



Section de l'Ingénieur

LINDET

LA BIÈRE

G. MATHIEU, MILLARS ET FILS

G. MASSON

| | | |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------|
| 101. | Guillaume (Ch.-Ed.). | Monnier. |
| | Guye (Ph.-A.). | Moreau (Aug.). |
| Ed. de). | Guyou (Comm ^t). | Naudin (Laurent). |
| Fr.). | Hatt. | Ouvrard. |
| 1. | Hospitalier (E.). | Perrin. |
| Em.). | Hubert (H.). | Perrotin. |
| ron (H.). | Hutin. | Picou (R.-V.). |
| 2. | Jacométy. | Poulet (J.). |
| . | Jean (Ferdinand). | Resal (J.). |
| (G.). | Labouret (de). | Ricaud. |
| t. | Launay (de). | Rocques-Desvallées |
| 1. | Laurent (H.). | Rouché. |
| 2. | Lavergne (Gérard). | Sarrau. |
| es (Comm ^t). | . | |
| d. | . | |
| ut. | . | |
| nay. | . | |
| | . | |
| auvers-Dery. | . | |
| | . | |
| C.). | . | |
| nt. | . | |
| g (Comm ^t). | . | |
| | . | |

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉS

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTE, MEMBRE DE L'INSTITUT

LINDBT — La ~~Librairie~~

*Ce volume est une publication de l'Encyclopédie
scientifique des Aide-Mémoire ; F. Lafargue, ancien
élève de l'École Polytechnique, Secrétaire général,
46, rue Jouffroy (boulevard Malesherbes), Paris.*

N° 23 A.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

LA BIÈRE

PAR

L. LINDET

Docteur ès sciences
Professeur de Technologie agricole
à l'Institut national agronomique

PARIS

GAUTHIER-VILLARS ET FILS,

IMPRIMEURS-ÉDITEURS

Quai des Grands-Augustins, 55

G. MASSON, ÉDITEUR,

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, 120

(Tous droits réservés)

PREMIÈRE PARTIE

PARTIE THÉORIQUE

CHAPITRE PREMIER

PRÉLIMINAIRES

1. Définition de la bière. — La bière est un liquide alcoolique, agréable et légèrement nutritif, que l'on obtient en faisant fermenter un moût sucré et parfumé, à la production duquel concourent toujours et ont concouru de tout temps deux matières premières, l'orge et le houblon. L'orge fournit le sucre, qui se transforme ensuite en alcool, fournit la dextrine et les matières extractives, qui donnent à la bière de la

bouche ; le houblon communique à la bière son amertume et son parfum.

Bien que les matières premières employées à la fabrication de la bière soient toujours identiques, on constate une infinie variété et dans les procédés au moyen desquels on transforme ces matières premières, et dans les qualités de goût et de conservation que donne à la bière l'application de ces procédés. Chaque peuple a, pour ainsi dire, ses procédés de brassage qui lui sont personnels, et le travail poursuivi en Angleterre, en Allemagne, en France, donne naissance à des bières, qui présentent entre elles des différences marquées. On voit aussi dans un même pays, en France par exemple, les manières de fabriquer la bière changer d'une région à l'autre, et aboutir à la production de boissons bien différentes. La bière du Nord ne ressemble ni à la bière de Lyon, ni à la bière de Nancy.

Nous ne pourrons, dans le court espace qui nous est réservé, étudier les procédés anglais, belges, etc. et nous devons nous en tenir à ceux qui sont employés en France. Or, à côté de l'ancienne fabrication de la bière du Nord, de la bière de Paris, de la bière de Lyon, on a vu, dans ces dernières années, s'introduire en France la fabrication des bières façon allemande, dont la

consommation recherche de plus en plus le goût. Cette fabrication tend à remplacer celles auxquelles nous avons fait tout à l'heure allusion. Seule la bière du Nord, qui, à cause du bas prix auquel elle est produite, à cause de son goût spécial auquel les populations du Nord de la France sont habituées, résiste et résistera longtemps à la concurrence que les bières, façon allemande, font aux bières façon française.

2. Législation. — Nous donnerons dans ce paragraphe un résumé des dispositions législatives qui réglementent la fabrication de la bière.

Les brasseries sont soumises aux visites et vérifications des employés de la régie ; mais, par suite d'une disposition défectueuse de la loi, ces employés n'y peuvent pénétrer après le coucher et avant le lever du soleil.

Les brasseurs, pour faciliter le droit de surveillance que la régie est tenue d'exercer, doivent déclarer 24 heures d'avance dans les villes, et 12 heures dans les campagnes, le moment où ils se proposent de faire la trempette et l'entonnage, et dire la quantité de brassin qu'ils ont l'intention de fabriquer.

Le volume du moût, déposé soit dans des bacs ouverts ou fermés, soit dans les cuves de fer-

mentation, est pris en charge, déduction faite de 20 % pour déchets, coulage et accidents (Loi du 28 avril 1816).

La loi fait une distinction entre la bière forte, qui est le produit direct de la saccharification de l'orge, et la petite bière que l'on obtient en lavant les drèches, c'est-à-dire les résidus de la fabrication de la bière forte, et en ajoutant au liquide de lavage du glucose fermentescible. La bière forte paie par hectolitre 3^{fr},75, tandis que la petite bière n'acquitte que 1^{fr},25 (Loi du 30 décembre 1873). — Mais pour éviter que le brasseur ne fasse passer de la bière forte pour de la petite bière, la loi porte que le brasseur ne pourra bénéficier de la taxe réduite sur la petite bière, que dans le cas où il justifiera d'une quantité égale de bière forte, produite avec la même orge, et où il déclarera que la drèche a subi, pour la fabrication de la première bière, au moins deux trempes, et qu'en outre dans le moût de la petite bière, il n'est entré aucune portion du moût de la bière forte (Loi du 1^{er} mai 1822).

En dehors de ces taxes, les brasseurs doivent payer le droit de licence qui varie de 75 à 125^{fr} par an suivant les départements (Loi du 1^{er} septembre 1871). Ils doivent également acquitter,

pour le compte de leurs consommateurs, le droit d'entrée, qui, à Paris, par exemple, s'élève à 15^{fr} l'hectolitre.

Les bières françaises sont protégées par un droit qui s'élève par hectolitre à 12^{fr}.

3. Statistique de la brasserie. — La France produit une quantité d'orge qui serait largement suffisante pour alimenter ses brasseries. Cultivée en effet en 1889 sur une superficie de 873500 hectares, elle a fourni 9983000 quintaux, représentant 15805000 hectolitres. Mais toute l'orge obtenue en France n'a pas les qualités que réclame la brasserie (les statistiques agricoles ne font pas la distinction entre l'orge qui va à la fabrication de la bière et celle qui est destinée à l'alimentation), et l'on voit tous les ans le commerce de l'importation nous envoyer en France de grandes quantités d'orges de brasserie. On ne saurait dire quelles sont ces quantités ; on sait qu'en 1889, il a été importé 1530000 quintaux d'orge, dont 11000 par l'Allemagne, 98000 par l'Autriche, 503000 par l'Algérie ; mais là encore la statistique comprend dans le même chiffre des orges dont les emplois sont différents.

Nous pouvons arriver à des résultats plus certains en considérant les statistiques relatives à la

production et au commerce des houblons, qui, en presque totalité, se dirigent vers la brasserie.

La France a récolté en 1889, sur une superficie de 3135 hectares, 38000 quintaux de cônes de houblon. Sur cette quantité il en a été exporté vers l'Angleterre, la Belgique et l'Allemagne 10,000 quintaux. L'importation s'est élevée en 1889 à 31500 quintaux, dont 19000 nous sont venus d'Allemagne, et 12000 de Belgique.

Au moyen de ces matières premières de production indigène ou d'importation, nous produisons, à peu de choses près, la bière qui est nécessaire à notre consommation.

Nous n'exportons en effet (1889) qu'une faible quantité de bière (38500 hectolitres).

La quantité de bière importée est loin d'être aussi grande qu'on le suppose dans certains centres, à Paris par exemple, où l'on consomme des bières allemandes et autrichiennes. L'importation n'a atteint en effet en 1889 que 225000 hectolitres, c'est-à-dire un peu moins de 3 % de la consommation française.

| | | |
|----------------------|---------------|---------|
| Allemagne | 172500 | hectol. |
| Angleterre | 20500 | // |
| Autriche | 800 | // |
| Autres pays. | 30800 | // |
| Total. | <u>224800</u> | hectol. |

La France fabrique et consomme environ 8000000 d'hectolitres et, malgré ce chiffre élevé, elle n'atteint guère que le sixième rang parmi les nations productrices de bière, ainsi que le montre l'estimation suivante :

| Pays de production | Hectolitres |
|----------------------------|-------------|
| Allemagne | 47603000 |
| Grande-Bretagne | 46853000 |
| Etats-Unis | 36919000 |
| Autriche | 13728000 |
| Belgique | 10000000 |
| France et Algérie. | 8408000 |
| Russie | 2928000 |
| Danemark | 2186000 |
| Suède et Norwège | 1837000 |
| Suisse | 1186000 |
| Pays-Bas | 1071000 |
| Espagne | 1025000 |
| Italie | 712000 |

C'est dans le nord de la France que l'on voit consommer la bière en grande quantité. Là elle remplace le vin comme boisson journalière. Dans les villes du centre et du midi, la bière est une boisson de luxe que l'on consomme en dehors des repas. On peut se rendre compte de cette situation en examinant le tableau suivant où

nous avons fait figurer, à côté du chiffre auquel aboutit la consommation de la bière par an et pour chaque individu, le chiffre comparatif qui exprime la consommation du vin.

| Grands centres de consommation | Quantité de bière consommée | | Quantité de vin consommé par tête et par an |
|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---|
| | en hectolitres | en litres par tête et par an | |
| Lille . . . | 506500 | 359 | 29 |
| St-Quentin . . | 118500 | 281 | 42 |
| Tourcoing . . | 113000 | 271 | 14 |
| Roubaix . . . | 238500 | 245 | 19 |
| Dunkerque . . | 61500 | 175 | 29 |
| Amiens . . . | 63000 | 89 | 41 |
| Nancy . . . | 39500 | 56 | 170 |
| Paris . . . | 342500 | 12 | 195 |
| Marseille . . | 29000 | 10 | 182 |
| Lyon . . . | 29000 | 9 | 184 |

CHAPITRE II

L'ORGE ET LE MALT

L'ORGE

4. Les orges appartiennent toutes au genre *Hordeum*. L'épi est formé d'un axe ondulé, de même que dans le froment. Mais à chaque dent du rachis se trouvent trois épillets, et comme les gradins sur lesquels s'insèrent ces groupes des trois épillets sont opposés, on trouve autour de l'axe six épillets. Quand ces épillets sont également fertiles et symétriquement disposés, les orges sont dites à six rangs ou *hexastiques* ; celles-ci comprennent également les orges dites carrées

ou improprement à 4 rangs, dans lesquelles ces trois épillets de chaque groupe se trouvent sur un même plan vertical.

Dans certaines variétés, l'épillet du milieu de chacune des séries porte seul des fleurs fécondes, et se trouve plus développé que les autres. L'orge dans ce cas est dite orge à deux rangs ou *distique*.

Les orges Chevalier, si employées en brasserie, sont des orges à deux rangs. Les escourgeons, qui entrent également dans le travail de la bière, sont à six rangs, et sont carrés.

Le grain d'orge est, comme les grains des céréales, entouré d'un péricarpe, auquel se rattachent le testa, l'endoplèvre et la membrane embryonnaire. Au-dessous de cette enveloppe se trouve l'amande farineuse, formée de grandes cellules, à l'intérieur desquelles se trouvent enfermés les grains d'amidon et le gluten. Enfin à la base du grain est disposé l'embryon, qui va, dans la fabrication du malt, jouer un rôle capital; cet embryon comprend la tigelle et la gemmule, que les brasseurs confondent sous le nom de plumule, ou de germe, comprend encore la radicule, qui donne par son développement les radicelles, comprend enfin les cotylédons.

Les orges Chevalier sont des orges de printemps ; elles doivent être semées le plus tôt possible, en février ou au commencement de mars. Les escourgeons sont au contraire en général des orges d'automne, dont le semis doit être fait de septembre à octobre. Les orges de printemps sont mûres en août, celles d'automne doivent être coupées en juillet.

Le rendement moyen de la culture de l'orge s'est élevé pour la France en 1889 à 18^{hectol},10 par hectare. Mais il ne faut pas oublier que dans cette moyenne, figurent les rendements produits sur les terrains pauvres, et qu'il est facile, dans un bon terrain, d'obtenir des quantités de grains beaucoup plus grandes, quantités qui peuvent normalement s'élever jusqu'à 25 et 30^{hectol} par hectare.

Les orges dont la brasserie fait l'usage le plus général sont, comme il a été dit plus haut, des orges Chevalier. Elles sont cultivées en France, principalement en Champagne, et les orges de Champagne jouissent d'une réputation méritée. On produit aussi de petites quantités d'orges Chevalier dans la Sarthe et la Mayenne. Les principales variétés de ces orges sont désignées sous les noms de prima Dona, de Golden grain, Golden drop, Golden melon, etc. La

brasserie française fait également emploi des escourgeons d'Auvergne et des orges d'Algérie.

Elle fait venir encore une grande quantité d'orge de Hongrie et de Moravie (Chevalier), qui présentent les mêmes qualités que nos orges de Champagne. Les orges de Moravie arrivent en général à l'état de malt, c'est-à-dire ayant subi la germination. On introduit enfin de l'orge d'Allemagne; l'orge Impériale par exemple est très recherchée.

Si l'on désire se rendre compte des qualités que présentent ces différentes orges employées dans le travail de la brasserie française, il est nécessaire d'étudier, sous le rapport de la composition chimique, des rendements en malt, etc., chacun des types auxquels nous venons de faire allusion. C'est ce que nous avons fait, M. H. Herbet, préparateur à l'Institut agronomique et moi, en étudiant les quatre variétés suivantes :

1° Une orge Chevalier race française, type de l'orge de Champagne.

2° Une orge escourgeon race française.

3° Une orge Chevalier, importée de Hongrie.

4° Une orge d'Algérie.

Tous les chiffres qui vont suivre sont relatifs à ces quatre variétés.

5. Caractères d'une bonne orge de brasserie. — Les grains employés à la brasserie doivent être réguliers ; s'ils ne le sont pas, le brasseur est exposé à les voir, au mouillage, se pénétrer plus ou moins rapidement par l'eau, et produire une germination inégale.

L'orge ne doit être accompagnée ni de graines étrangères, ni de poussières, ni d'impuretés d'aucune sorte, qui produiraient un déchet trop considérable au nettoyage.

L'enveloppe doit être fine et se présenter avec une couleur jaune clair.

L'amande doit être bien pleine ; on recherche si elle a cette qualité en déterminant le poids de l'orge à l'hectolitre. Ce poids a varié, pour les diverses orges soumises à l'analyse, dans les proportions suivantes :

| Orge Chevalier race française | Orge Chevalier de Hongrie | Escourgeon | Orge d'Algérie |
|----------------------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 64 ^{kg} ,200 | 72 ^{kg} ,200 | 62 ^{kg} ,400 | 64 ^{kg} ,600 |

La cassure de l'amande doit être farineuse ; si elle est vitreuse, l'orge est considérée, à tort quelquefois, comme de qualité inférieure ; en

général, ces orges fournissent des malts qui ne se broient pas facilement ; elles contiennent une trop grande quantité de matières azotées et donnent souvent des moûts troubles. On trouve dans le commerce des instruments appelés *fari-natum*, au moyen desquels on peut se rendre compte de l'aspect intérieur de l'amande. Les grains d'orges sont introduits jusqu'à la moitié de leur hauteur dans des trous pratiqués sur une planchette métallique, et s'y trouvent maintenus dans une position verticale. Au moyen d'un couteau tranchant que l'on glisse le long de cette planchette, on coupe aisément les grains en leur milieu.

L'orge que l'on emploie au travail de la brasserie devant subir la germination, il est toujours bon d'en vérifier les facultés germinatives. A cet effet, l'orge est trempée à l'eau, dans les conditions qui seront discutées plus loin, et abandonnée à une douce chaleur soit dans un germinateur en terre poreuse, semblable à ceux que l'on rencontre dans le commerce, soit mieux encore entre des feuilles de papier buvard imbibé d'eau. La quantité de grains ne subissant pas la germination ne doit pas dépasser 5 % des grains mis en expérience.

6. Analyse de l'orge. — A ce premier examen physique doit succéder un examen chimique de l'orge que l'on désire employer.

On doit y doser l'eau, la quantité de matière utilisable dépendant naturellement du degré d'hydratation.

On doit également y doser l'amidon, c'est-à-dire la substance la plus précieuse pour le brasseur que l'orge contient; la proportion que l'on y rencontrera servira de guide pour fixer sa valeur. On parvient à faire ce dosage en transformant tout d'abord, par une méthode due à M. Mørker et à M. Lintner, l'amidon en amidon soluble. Pour obtenir cette transformation, on chauffe sous pression à 140° C. l'orge moulue au contact de l'eau; on filtre le liquide dont on transforme ensuite l'amidon soluble en glucose, en le chauffant pendant trois heures au bain-marie bouillant en présence d'acide chlorhydrique (10 % du liquide); on dose alors le glucose formé au moyen de la liqueur de Fehling (tartrate de cuivre et de potasse).

Le procédé que nous avons employé pour obtenir les résultats consignés ci-dessous dérive d'une méthode indiquée par M. P. Baudry, pour le dosage de la fécule dans la pomme de terre. Il consiste à chauffer à l'ébullition en présence de

l'eau saturée de sel marin et d'acide salicylique, à 107-108° par conséquent, les grains moulus. Dans ces conditions l'amidon se transforme en dextrine, qu'il ne reste plus qu'à convertir en glucose, comme dans le cas précédent, par l'acide chlorhydrique. Les quantités de glucose ainsi obtenues, et qui provenaient non seulement de la transformation de l'amidon, mais encore de la transformation des sucres et des dextrines contenus primitivement, mais en faible proportion dans l'orge, ont été par le calcul converties en amidon.

Le dosage des matières azotées est indispensable pour le brasseur qui veut connaître la valeur de l'orge qu'il emploie. Une orge ne doit pas contenir une trop forte proportion d'azote ; car les matières azotées en excès, se retrouvant ensuite dans la bière, contribueraient au développement des organismes de maladie ; ceux-ci rendraient la bière trouble et lui communiqueraient un goût anormal. Ce dosage peut être exécuté en transformant à chaud par l'acide sulfurique et le mercure les matières azotées en ammoniacalé, en chassant ensuite l'ammoniacalé du liquide au moyen de la soude, en présence du sulfure de sodium, et recueillant cette ammoniacalé dans une liqueur titrée (procédé

Kjeldahl). La quantité d'azote multipliée par 6,25 donne la teneur en matières azotées.

La quantité de matière grasse contenue dans l'orge est obtenue en épuisant l'orge concassée par l'éther, la benzine ou le sulfure de carbone.

Il est bon également, au moyen d'une incinération, de connaître la proportion de matières minérales, parmi lesquelles on peut encore doser les phosphates en les précipitant à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien ; les phosphates sont en effet des aliments nécessaires au développement de la levure.

Dans les analyses dont nous allons rendre compte, nous avons, outre les matières dont il vient d'être parlé, dosé les matières cellulosiques ; le résidu ligneux des grains soumis à l'ébullition en présence de l'acide salicylique était recueilli, lavé à l'eau chaude et desséché. Du poids de ce ligneux brut, et pour obtenir les matières cellulosiques, dont le chiffre est rapporté à l'analyse, on déduisait les matières azotées et les matières minérales, dosées séparément sur une partie de ce ligneux.)

| Matières dosées | Orge Chevalier race française | Orge Chevalier de Hongrie | Escour- geon | Orge d'Algérie |
|---|--|------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Eau | 14,70 | 12,93 | 14,78 | 11,98 |
| Matières saccharifi- fiables et fermentes- cibles (amidon, dextrine, sucre, etc., etc.) | 62,51 | 64,66 | 61,28 | 61,65 |
| Matières azotées. . | 9,94 | 9,90 | 9,81 | 10,34 |
| Matières cellulosi- ques | 8,90 | 8,43 | 10,02 | 11,50 |
| Matières grasses. . | 1,67 | 1,41 | 1,78 | 1,41 |
| Matières minérales. | 2,40 | 2,48 | 2,72 | 2,38 |
| Total | 100,12 | 99,81 | 100,39 | 99,26 |

Supposées sèches ces orges présenteraient la composition indiquée dans le tableau suivant :

| | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|
| Matières saccharifi- fiables et fermentes- cibles | 73,18 | 74,42 | 71,58 | 70,63 |
| Matières azotées. . | 11,62 | 11,40 | 11,46 | 11,84 |
| Matières cellulosi- ques | 10,42 | 9,70 | 11,70 | 13,18 |
| Matières grasses. . | 1,97 | 1,62 | 2,08 | 1,62 |
| Matières minérales. | 2,81 | 2,86 | 3,18 | 2,73 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,03 |

Comme il est facile de s'en rendre compte par ces analyses, les orges Chevalier sont plus riches en principes saccharifiables que les orges d'Algérie et les escourgeons ; elles contiennent moins de cellulose que ces dernières. Mais, comme les différences sont relativement faibles, il convient d'ajouter que les échantillons d'escourgeon et d'orge d'Algérie analysés représentaient de très belles orges, et qu'il n'est pas rare d'en rencontrer dans le commerce de la brasserie de beaucoup moins riches en amidon, et en revanche beaucoup plus pailleuses, c'est-à-dire renfermant plus de matières cellulosiques.

C'est également parce que ces orges étaient des orges de choix que l'on trouve chez toutes une teneur presque égale en matières azotées, tandis que des échantillons moins bien choisis, surtout en ce qui concerne l'escourgeon, auraient pu présenter une teneur de 14 à 15 % de matières azotées.

LA GERMINATION DE L'ORGE

7. Trempage. — Ce n'est pas à l'état naturel mais à l'état germé que l'orge doit être employée à la fabrication de la bière. Germée, elle contient un ferment soluble, la diastase, qui transformera l'amidon en sucre fermentescible. Pour que l'orge puisse germer, il est nécessaire de lui rendre artificiellement l'humidité qu'elle trouve naturellement dans le sol. On mouille donc l'orge avant de la faire germer, et cette opération a reçu le nom de trempage.

L'eau employée au trempage doit être choisie froide, aussi pure que possible d'organismes, qui viendraient plus tard troubler la bière. Elle ne doit être ni trop douce, ni trop dure et ne contenir ni trop de carbonate, ni trop de sulfate de chaux. L'eau de trempage enlève à l'orge une quantité de matières extractives, organiques et minérales qui représentent de 0,5 à 1 % de son poids. Ces matières extractives ne renferment ni sucres ni hydrates de carbone. L'orge pendant son trempage absorbe une quantité d'eau, dont

on pourra se rendre compte en examinant le tableau suivant :

| | Orge Chevalier race française | Orge Chevalier de Hongrie | Escour- geon | Orge d'Algérie |
|--|--|------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Augmentation du volume de l'orge après trempage. | 45,4 % | 54,6 % | 44,6 % | 48,5 % |
| Augmentation du poids de l'orge après trempage. | 53,6 % | 49,4 % | 53,4 % | 48,6 % |
| Matières enlevées par l'eau de trempage, % des grains. | 0,54 | 0,71 | 0,78 | 0,70 |
| Mat. azotées enlevées, % des grains. | 0,11 | 0,08 | 0,12 | 0,08 |

8. Germination. — L'orge mouillée est abandonnée à elle-même et l'on voit peu à peu l'embryon se développer; la gemmule et la tigelle s'allongent sous l'enveloppe, et la radicule vient percer l'épisperme (on dit alors que l'orge pique). La gemmule et la tigelle continuent à pousser, toujours recouvertes par l'enveloppe, et la radicule se développe en cinq ou six radicules (on dit que l'orge fourche).

Pendant la germination, le grain se trouve

soumis aux phénomènes généraux de la respiration. L'oxygène de l'air est absorbé et de l'acide carbonique sans cesse se dégage. Dans une germination normale, il ne se produit ni azote ni autre gaz que l'acide carbonique.

Le fait capital pour l'art de la brasserie, est la sécrétion, pendant la germination, d'une matière albuminoïde, la diastase, dont le poids varie de 0,5 à 1 % du grain (M. Stein, MM. Brown et Héron). M. Kjeldahl a étudié, dans une orge en couches, dont la germination a duré huit jours, la marche progressive que suit la production de cette diastase. Il a vu que le pouvoir saccharifiant de l'orge, qui n'est pas absolument nul dans le grain cru, reste stationnaire pendant les trois premiers jours, devient, le 5^e jour, deux fois plus fort qu'au début, et trois fois plus considérable qu'au début le 7^e jour, pour rester stationnaire du 7^e au 8^e.

Grâce à la présence de cette diastase à l'intérieur du grain qui germe, on voit, pendant la germination même, l'amidon se transformer partiellement en maltose et en dextrine. Le maltose, qui est plus dialysable, disparaît pour nourrir les radicelles et la plumule, et l'on ne retrouve, dans l'orge germée, comme indice de cette saccharification que la dextrine

plus colloïde qui n'a pu traverser les parois des cellules.

Il résulte des analyses qui sont transcrites plus loin que 10 % environ de l'amidon primitif disparaît pendant la germination. Une partie de cet amidon est brûlé par la respiration, une autre est utilisée à la formation des radicelles et du germe.

Il résulte également de ces analyses que la matière cellulosique du grain n'entre pas en jeu, pendant la germination, et que le ligneux des radicelles a pour unique origine la matière amylicée que l'orge contenait primitivement.

Les composés azotés se modifient également, et l'on retrouve dans l'orge germée de 1 à 3 % de matières azotées dialysables ou solubles, qui n'y étaient pas primitivement, et qui, dans cet état, ont pu en partie traverser les membranes et alimenter la jeune plante. La diastase, dont nous avons indiqué la nature albuminoïde, constitue l'une de ces transformations. On rencontre également des matières azotées solubles comme l'asparagine et la glutamine. Cette transformation partielle des albuminoïdes insolubles en matières azotées dialysables et solubles a peut-être lieu sous l'influence d'un ferment soluble,

la peptase, dont l'existence dans l'orge germée paraît aujourd'hui démontrée.

La matière grasse disparaît partiellement, par suite d'une saponification, donnant naissance à des acides gras qui sont brûlés et à de la glycérine qui est assimilée (M. Müntz). La quantité d'huile ainsi disparue peut s'élever jusqu'au $\frac{1}{3}$ du poids de celle que l'orge crue contenait, ainsi que le montrent nos analyses.

Pendant la germination il se forme aussi des acides organiques (acide malique, acide succinique, etc.).

Enfin, il y a lieu de faire remarquer qu'une partie des matières minérales passe, pendant la germination, dans le germe et dans les radicales.

Pour obtenir ces résultats, il est nécessaire d'établir la couche d'orge dans une obscurité relative, toujours favorable à la germination. L'humidité du germe doit être maintenue à un degré tel que l'orge ne puisse se dessécher. La température enfin doit être de 14 à 15° environ. Une température basse arrête la germination, une température élevée peut amener le développement des moisissures et des ferments de putréfaction.

9. Touraillage. — L'orge au sortir du germe prend le nom de malt. La plumule s'est développée, elle mesure les $\frac{3}{4}$ de la longueur du grain ; les radicules, qui se sont épanouies, mesurent une fois $\frac{1}{2}$ à deux fois cette même longueur. Pour éviter que la germination n'aille plus loin, le brasseur dessèche les grains de malt dans une étuve spéciale, nommée touraille. Cette opération est nécessaire parce que le brasseur ne peut employer le malt au fur et à mesure qu'il le fabrique ; parce que les radicules ne sauraient entrer dans la fabrication, et que l'on ne peut les détacher du grain que quand elles sont sèches ; parce qu'enfin le touraillage produit une légère torrification, qui donne à la bière un goût et un arôme spécial et lui communique une couleur d'autant plus brune que la torrification a été poussée plus loin.

La température de dessiccation ne doit pas dépasser 70° C. point auquel la diastase, comme toute matière albuminoïde, se coagule, et perd son activité saccharifiante. Même au-dessous de cette température le pouvoir saccharifiant de la diastase se trouve amoindri. M. Kjeldahl a montré que ce pouvoir, dans une couche de malt, qui était restée 20 heures à 41-51° C. (plateau supérieur de la touraille), avait diminué

de 10 %, et qu'il avait diminué de 50 % après que ce malt eut séjourné 20 heures à 59-70° (plateau inférieur).

Cependant, une fois le malt sec, on peut lui appliquer une température supérieure à 70°, sans craindre de perdre la totalité de la diastase (M. Kayser). Cette observation est générale pour tous les ferments solubles. Nous verrons plus loin l'application de ce principe et nous montrerons que la température à laquelle le malt est soumis en dernier lieu atteint 100° C.

Le tableau ci-dessous indique les rendements, obtenus avec les différentes orges employées, en malt humide, en malt sec, et en radicules ou touraillons :

| | Orge Chevalier race française | Orge Chevalier de Hongrie | Escour- geon | Orge d'Algérie |
|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------|-------------------|
| | pour cent | pour cent | pour cent | pour cent |
| Malt humide | 135 | 127,0 | 138,0 | 134,0 |
| Malt sec. | 80,4 | 80,6 | 79,8 | 87,0 |
| Touraillons | 2,0 | 2,8 | 1,8 | 2,1 |

LE MALT

10. Caractères d'un bon malt. — Le malt doit se présenter dans un état parfait de propreté, débarrassé de ses radicules desséchées, qui, introduites dans le moût, donneraient à la bière un goût amer désagréable et la troubleraient, débarrassée des poussières, au milieu desquelles peuvent se rencontrer des germes de maladie.

La couleur, l'odeur, la saveur du malt sont autant de caractères qui doivent entrer en ligne, quand on veut en apprécier les qualités. Le malt doit être en outre suffisamment friable pour que le concassage en soit facile et régulier.

11. Analyse du malt. — Le malt de bonne qualité ne renferme que 5 à 8 %, d'eau ; cette faible teneur en assure la conservation.

Le malt doit contenir le plus possible de diastase active. Le procédé en usage qui permet d'en connaître la proportion consiste à faire macérer le malt concassé dans l'eau froide, pour séparer ensuite par le filtre la partie soluble, qui contient alors la diastase. Une partie de la solution est ensuite mise en contact, à chaud, d'une cer-

taine quantité d'amidon soluble qu'elle saccharifie. En comparant la proportion de maltose formé et dosé par la liqueur de Fehling avec celle que donne, dans les mêmes conditions un malt déterminé, on peut se faire une idée de la quantité de diastase renfermée dans le malt (procédé de M. Lintner).

On peut également, en saccharifiant dans les conditions ordinaires de la brasserie le malt concassé, obtenir un moût dont on prend la densité. Cette densité peut être calculée soit en pesant une partie du moût pris sous un volume déterminé (pygnomètre), soit en descendant dans le moût un aréomètre (saccharomètres Bahling, Brix, Kayser, etc.). Il est facile même de doser dans ce moût le maltose par la liqueur de Fehling, et au moyen de la même liqueur, la dextrine après l'avoir transformée en glucose par l'acide chlorhydrique.

Il est bon de faire sur le malt les mêmes analyses que sur l'orge, y doser les matières azotées, les matières grasses, les matières minérales, et l'acide phosphorique.

Nous avons appliqué, M. Herbet et moi, aux malts, que nous avons obtenus en soumettant à la germination et au touraillage les orges dont il a été déjà plusieurs fois parlé, les procédés

d'analyse, et notamment le procédé à l'acide salicylique, qui nous avaient servi pour établir la composition de ces orges.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

| Matières dosées | Orge Chevalier race française | Orge Chevalier de Hongrie | Escourgeon | Orge d'Algérie |
|---|-------------------------------|---------------------------|------------|----------------|
| Eau | 6,33 | 7,27 | 7,93 | 7,18 |
| Matières saccharifiables et fermentescibles (amidon, dextrine, sucre) . etc., etc | 67,62 | 67,85 | 64,71 | 64,81 |
| Matières azotées . . | 11,57 | 10,56 | 10,43 | 10,88 |
| Matières cellulose-ques | 11,24 | 10,12 | 12,63 | 13,06 |
| Matières grasses. . | 1,34 | 1,30 | 1,55 | 1,36 |
| Matières minérales. | 2,54 | 2,28 | 2,83 | 2,19 |
| Total. | 100,64 | 99,38 | 100,08 | 99,48 |

La supériorité des orges Chevalier sur les escourgeons et les orges d'Algérie, supériorité que la richesse relative en matières saccharifiables et la pauvreté relative en cellulose établissent nettement, se trouve dans les malts encore plus accentuée que dans les orges crues. Mais, pour bien se rendre compte de la composition de ces

malts, il convient de les comparer aux orges correspondantes, prises à l'état sec, et en faisant entrer, dans le calcul de leur analyse, la proportion de malt anhydre que 100 d'orge sèche ont fournie.

| Matières dosées | Orge Chevalier race française | | Orge Chevalier de Hongrie | | Escoregeon | | Orge d'Algérie | |
|--|----------------------------------|-------|------------------------------|-------|------------|-------|----------------|-------|
| | Orge | Malt | Orge | Malt | Orge | Malt | Orge | Malt |
| Matières saccharifiables et fermentescibles | 73,18 | 63,63 | 71,42 | 62,83 | 71,58 | 60,63 | 70,63 | 61,03 |
| Matières azotées | 11,62 | 10,89 | 11,40 | 9,78 | 11,46 | 9,77 | 11,84 | 10,75 |
| Matières cellulosiques | 10,42 | 10,57 | 9,70 | 9,37 | 11,70 | 11,83 | 13,18 | 12,90 |
| Matières grasses | 1,97 | 1,26 | 1,62 | 1,21 | 2,08 | 1,45 | 1,62 | 1,34 |
| Matières 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 |

Il est facile de conclure d'après ces analyses que la matière amylicée a, comme nous le disions plus haut, disparu dans la proportion de 7 à 11 %. La formation des radicelles, dont la quantité n'excède pas 2 à 3 %, est insuffisante pour expliquer une aussi grande perte en amidon ; une partie de cet amidon a été brûlée à l'état d'eau et d'acide carbonique par le fait de la respiration.

Les matières azotées, les matières grasses, les matières minérales ont contribué à la formation du germe et des radicelles. Une partie de l'azote disparu se retrouve dans les touraillons, l'autre partie dans les eaux de trempage. Il en est de même pour les matières minérales.

Enfin les matières cellulosiques, qui n'ont pas été transformées pendant la germination, représentent, à quelques petites différences près, dues à des erreurs d'analyse, la même quantité dans le malt et dans l'orge crue correspondante.

LA DIASTASE OU AMYLASE.

12. La diastase, que nous nous sommes préoccupés d'obtenir pendant la germination, est, comme nous l'avons dit plusieurs fois, une matière albuminoïde. L'analyse élémentaire de cette diastase, supposée exempte de matières minérales, a donné à M. Lintner les résultats suivants :

| | |
|---------------------|--------|
| Carbone | 46,66 |
| Hydrogène | 7,35 |
| Oxygène | 34,46 |
| Azote | 10,41 |
| Soufre | 1,12 |
| Total | 100,00 |

On peut, de plusieurs façons, obtenir la diastase à l'état de pureté. Il suffit, par exemple, comme l'a indiqué Payen, de précipiter par l'alcool une solution d'orge que l'on a préalablement chauffée au-dessous de 70°, afin d'y coaguler certaines matières albuminoïdes qui, insolubles également dans l'alcool, se trouveraient mélangées à la diastase et diminueraient son pouvoir saccharifiant. Payen a lui-même modifié avantageusement ce procédé en supprimant le chauffage préalable et en précipitant d'une façon fractionnée, par deux ou trois additions successives d'alcool, la solution d'orge germée, dont on veut retirer la diastase ; les dernières portions précipitées sont plus actives, contiennent par conséquent la diastase à un état plus grand de pureté.

Le procédé proposé par M. Liutner dérive encore de celui de Payen ; il consiste à précipiter par l'alcool le produit filtré d'une macération d'orge germée effectuée dans l'alcool faible à 20 %.

On a proposé enfin, pour extraire la diastase, de précipiter par la chaux une solution de malt, additionnée préalablement d'acide phosphorique. Le phosphate de chaux qui se forme, dans ces conditions, entraîne mécaniquement la diastase à l'état insoluble.

La valeur de tous ces procédés a été récemment discutée par M. Lintner.

Isolée par l'alcool, la diastase se présente avec l'apparence d'une matière amorphe, légèrement caillibottée. Elle est soluble dans l'eau; elle est insoluble dans l'alcool, précipite par l'acide acétique et se redissout dans un excès de réactif. La diastase précipite par le sous-acétate de plomb, le bichlorure de mercure, donne la coloration rouge de l'albumine par le réactif de Millon (nitrate acide de mercure), donne une coloration bleue avec le réactif de Lintner (teinture alcoolique de gaïac), en présence de l'eau oxygénée.

Dubrunfaut, et plus tard Cuisinier ont prétendu que cette diastase était un mélange de plusieurs ferments solubles, l'un, la dextrinase, qui aurait la propriété de produire, aux dépens de l'amidon, beaucoup de dextrine et peu de maltose, l'autre, la maltase, qui fournirait au contraire plus de maltose que de dextrine. Cette opinion est difficilement admissible.

Cuisinier a signalé encore dans les grains crus, les grains de maïs spécialement, l'existence d'un ferment soluble, qu'il a appelé la glucase, et qui transformerait l'amidon en glucose (cérééalose). Si le fait est exact, l'action de la glu-

case pourrait être, dans certains cas, simultanée à celle de la diastase. De nouvelles recherches ne sont pas venues confirmer la découverte de Cuisinier.

Enfin il importe de signaler ici que, dans un travail récent, M. Reyschler a démontré l'action saccharifiante des albuminoïdes du gluten, par exemple, dissous dans les acides faibles. Dans certains cas encore, la saccharification produite par ces albuminoïdes peut se trouver parallèle à la saccharification normale.

CHAPITRE III

LA SACCHARIFICATION

13. Dans ce chapitre nous ferons une étude sommaire de l'amidon, puis nous examinerons l'action qu'exerce, sur cet amidon, la diastase dont il a été parlé plus haut, et nous discuterons enfin les différents produits qui peuvent résulter de cette action, c'est-à-dire l'amidon soluble, les dextrines et le maltose.

L'AMIDON

14. L'amidon est un des corps les plus répandus du règne végétal ; on le rencontre remplissant les cellules de toutes les graines, de tous les tubercules, de tous les fruits dits féculents ;

on le rencontre même dans certaines parties aériennes des plantes, dans les tiges par exemple.

Les grains d'amidon forment pour les plantes des réserves hydrocarbonées, où elles puisent chaque fois qu'elles se trouvent obligées, pour ainsi dire, d'accomplir une période nouvelle de leur vie végétale. Quand la graine développe sa tige et sa racine, quand le tubercule développe ses germes, c'est l'amidon qui disparaît et qui alimente les nouvelles cellules. Cette réserve hydrocarbonée que la vie végétale accumule dans les tubercules et dans les graines, c'est probablement aux dépens des sucres élaborés dans les feuilles qu'elle la constitue. Les sucres polymérisés et déshydratés seraient donc capables de donner naissance à la matière amylacée ; et à cette hypothèse se rattache celle que M. Aimé Girard a récemment émise, et par laquelle ce seraient le glucose et le lévulose, produits par l'inversion du saccharose primitivement formé dans les organes aériens, qui donneraient naissance, l'un à l'amidon, l'autre à la cellulose ; l'amidon possède en effet un pouvoir rotatoire droit comme le glucose, et la cellulose tourne à gauche, comme le lévulose, le plan de la lumière polarisée.

A l'intérieur des cellules, les grains d'amidon se présentent à l'état de corpuscules blancs et brillants, de forme et de dimensions différentes. L'amidon de l'orge, dont nous devons nous occuper spécialement, est elliptique, lenticulaire, et mesure en moyenne, d'après Wiesner, de 5 à 20 millièmes de millimètre.

Les grains d'amidon se développent par couches concentriques, autour d'un point central, (le hile), qui est le centre de leur alimentation. Les grains d'amidon ne sont pas, dans leur entier, formés par une substance unique, et il y a lieu de distinguer :

1° La granulose ou les granuloses, qui sont légèrement solubles dans l'eau, et dont il est facile de montrer la présence en broyant le grain au contact de l'eau, dans un mortier à parois rugueuses, filtrant la solution, et traitant cette solution par l'eau iodée qui se colore immédiatement en bleu.

2° Les celluloses ou amyloses, qui, d'après Nægeli jeune, sont au nombre de deux. L'une de ces amyloses jaunit au contact de l'iode après avoir été traitée par la diastase faible ; l'autre se présente à l'état de pellicules extrêmement ténues, insolubles dans l'eau, quand, par une longue ébullition au contact de cette eau, on a

transformé un empois en amidon soluble ; cette dernière cellulose est soluble dans la potasse étendue.

Au point de vue chimique, il n'y a pas de distinction à faire entre les granuloses et les amyloses ; tous ces corps sont des hydrates de carbone, répondant à la formule $C^xH^{10x}O^5$. La molécule de l'amidon est certainement d'un poids atomique plus élevé que celui dont la formule ci-dessus indique la grandeur, et il conviendrait de multiplier cette formule par un exposant ; cet exposant n'est pas encore aujourd'hui déterminé exactement, et les divers auteurs qui se sont attachés à le fixer, en ont fait varier la valeur depuis 3 jusqu'à 30. La formule de l'amidon serait donc $(C^xH^{10x}O^5)^n$, n étant égal à 3, 4, 6, 10, 12, 20 et même 30.

L'amidon chauffé vers 70-75° se distend ; les diverses couches dont nous avons parlé s'entr'ouvrent, et les différents grains éclatés se rejoignent pour former une masse compacte et épaisse, à laquelle on donne le nom d'empois. D'après Brown et Héron, l'amylose y serait seul à l'état gonflé et la granulose y serait à l'état soluble, mais englobé au milieu du réseau formé par le gonflement de l'amylose. L'empois ne saurait être filtré, ce qui indique bien sa na-

ture gélatineuse. Il est semi-transparent. Il fait dévier la lumière polarisée à droite ($\alpha_D = 216^\circ$ à 219°).

Si l'on fait bouillir l'empois au contact de l'eau, il se transforme à la longue en amidon soluble, dont la nature est essentiellement différente. Cet amidon soluble traverse en effet les filtres auxquels on le présente. Nous reviendrons plus tard sur ce composé.

La chaleur sèche transforme l'amidon en amidon soluble, en dextrine et même en glucose.

L'amidon, à l'état sec ou à l'état d'empois, se colore en bleu indigo, sous l'action de l'iode. Il semble, dans ces conditions, se former un composé défini (MM. Bondonneau, Mylius, Aimé Girard, etc...), auquel on a donné le nom d'iodure d'amidon. La quantité d'iode, absorbée par un amidon déterminé, dépend de la nature et de l'origine de l'amidon considéré (M. Aimé Girard). D'après ce savant, 1 grammé d'amidon d'orge absorbe 0^g,071 d'iode. L'iodure d'amidon présente le phénomène curieux de se décolorer à la chaleur de 100°, pour reprendre par le refroidissement, sa teinte bleue primitive (Guichard, Personne, etc..).

Les acides et les sels acides (chlorures de zinc, d'étain, etc...,) employés à froid, transforment

l'amidon en amidon soluble. Les acides étendus et chauds fournissent, aux dépens de l'amidon, des dextrines et du glucose. Enfin certains acides (acide sulfurique, nitrique, acétique, stéarique) se combinent avec l'amidon et forment de véritables éthers, (Fehling, Braconnot, M. Béchamp, M. Berthelot, MM. Schützenberger et Naudin, etc.).

Les alcalis transforment l'amidon à froid en empois et à chaud en amidon soluble.

LES TRANSFORMATIONS DE L'AMIDON PAR LA DIASTASE

15. Quand on met en présence de l'amidon cru, ou mieux encore de l'amidon à l'état d'empois, une solution de diastase où, ce qui revient au même, une solution d'orge germée, et si l'on a soin d'élever la température des liquides en contact, on voit tout d'abord la masse se liquéfier et prendre une fluidité qu'elle n'avait pas auparavant. Si l'on examine alors chimiquement les liquides ainsi fluidifiés, on voit qu'ils contiennent une grande quantité d'amidon soluble, un peu de dextrine et peut-être un peu de maltose. L'amidon soluble se trouve

donc, dans ce phénomène de liquéfaction, le produit principal de la réaction de la diastase sur l'amidon.

Si l'on abandonne à eux-mêmes, en leur conservant une température convenable, que nous fixerons tout à l'heure, les liquides ainsi fluidifiés, et si on suit par l'analyse chimique la nature des produits qui se forment, on voit que l'amidon soluble disparaît peu à peu pour produire en proportions déterminées des dextrines et du maltose. La diastase a donc agi sur l'amidon soluble et l'a dédoublé en donnant naissance aux deux hydrates de carbone dont il vient d'être parlé ; c'est là une seconde phase du phénomène que nous analysons, c'est la saccharification principale, c'est le dédoublement.

Les proportions de dextrines et de maltose produites par ce dédoublement sont, pour ainsi dire, constantes suivant les conditions dont nous parlerons plus loin. Mais on voit peu à peu, et cela toujours sous l'influence de la diastase, le moût abandonné à lui-même s'appauvrir de plus en plus en dextrines, s'enrichir au contraire en maltose. Il y a donc là ce que nous appellerons une saccharification ultérieure. Mais nous ferons remarquer dès maintenant, pour y revenir plus loin, que cette saccharification ultérieure

n'est jamais complète et n'aboutit pas à la disparition totale des dextrines.

Ainsi donc, dans l'opération que l'on désigne sous le nom général de saccharification diastasi-que, trois ordres de phénomènes qui se superposent et qui se produisent d'une façon concomitante et parallèle, la liquéfaction, le dédoublement, la saccharification ultérieure. Mais il sera toujours difficile de faire la distinction des uns et des autres, et de préciser les limites où l'un commence, où l'autre s'arrête, et dans la plupart des cas, nous les confondrons, pour ne constater que les résultats finaux auxquels leur ensemble a abouti.

Nous examinerons donc les différentes circonstances qui seront de nature à faire varier les proportions de dextrines et de maltose dans la saccharification de la matière amylacée.

Parmi tous les facteurs susceptibles de faire varier ces proportions, nous étudierons, comme étant celui dont le rôle a le plus d'importance, l'effet de la température à laquelle les liquides sont portés.

Tout d'abord, nous admettrons que la température de saccharification ne doit jamais dépasser 70°C. A cette température, en effet, la diastase se trouve coagulée, comme le serait l'albu-

mine du blanc d'œuf, et coagulée, elle cesse d'agir.

Nous admettrons également, dans les expériences qui vont suivre, que la température à laquelle nous soumettrons les liquides est maintenue pendant le temps le plus court possible, non seulement pour éviter en partie les phénomènes de saccharification ultérieure, mais aussi parce que, comme l'ont montré MM. Schwarzer, O'Sullivan, etc., la chaleur, quelle qu'elle soit, altère la diastase et en diminue les propriétés saccharifiantes ; la diastase ne serait donc plus la même, au commencement et à la fin de l'expérience.

La liquéfaction dont nous avons parlé plus haut se fait d'autant plus rapidement que la température est voisine de 70°. Au contraire, pour produire le dédoublement dans les conditions les plus favorables au travail de la brasserie, c'est-à-dire dans les conditions qui donneront le plus de maltose, seule substance fermentescible, il faut se rapprocher de la température de 63°. La diastase agit donc de deux façons différentes à la température de 68-70° et de 63°, et il est inutile, pour expliquer ce fait, de supposer, comme l'ont fait Dubrunfaut et Cuisinier, et comme nous l'avons signalé plus haut, l'existence

d'une dextrinase qui produirait la liquéfaction, et d'une maltase qui présiderait au dédoublement.

Il existe donc une température optima au delà et en deçà de laquelle il se forme d'autant moins de maltose qu'il se forme plus de dextrans, et cette température est celle de 63° C. Mais pour pouvoir vérifier ce fait, il faut se placer dans des conditions identiques, c'est-à-dire faire agir sur une même quantité d'amidon, et pendant le même temps, une même quantité de diastase, pour ne faire alors varier que les températures, et l'on trouve alors qu'au-dessus et au-dessous de 63°, il s'est produit une proportion de dextrans, par rapport au maltose, supérieure à celle que l'on obtient à cette température critique de 63° (MM. O'Sullivan, Kjeldahl, etc.). M. O'Sullivan a déterminé les quantités relatives de maltose et de dextrans produites, toutes conditions égales, à 63° et au-dessus; les équations de dédoublement qu'il a données peuvent se traduire par les chiffres suivants.

| | | | | | | |
|-----------------|------|-----|------------|------|-----|-------------|
| A 63° C. | 68 | 0/0 | de maltose | 32 | 0/0 | de dextrans |
| entre 64 et 68° | 34,5 | 0/0 | // | 65,5 | 0/0 | // |
| entre 68 et 70° | 17,4 | 0/0 | // | 82,6 | 0/0 | // |

Enfin M. Kjeldahl a fait la même étude des produits de dédoublement au-dessus et au-des-

sous de la température optima ; il a, au moyen des nombres obtenus, dressé des courbes, desquelles il résulte, entre autres faits, que la proportion de dextrines formées est sensiblement la même à 20° et à 70° C.

Mais, comme nous l'avons fait remarquer à plusieurs reprises, ces essais sont comparatifs, et l'on peut, en s'écartant des conditions que nous avons déterminées, faire varier les proportions relatives de maltose et de dextrines.

On peut, par exemple, en prolongeant la durée de la saccharification, obtenir à une température inférieure à 63°, de même qu'à une température supérieure à 63°, une quantité de maltose semblable à celle que l'on obtenait tout à l'heure à la température critique. C'est alors le phénomène de la saccharification ultérieure qui entre en jeu, c'est la diastase qui agit sur la dextrine. Mais, quelle que soit cette température, une fois le maximum de saccharification atteint, la diastase ne le dépasse pas, et les proportions relatives de maltose et de dextrines restent stationnaires (M. Kjeldahl).

On parvient au même résultat en augmentant la quantité de diastase ; là encore la saccharification ultérieure produit la transformation d'une partie des dextrines auxquelles le dédoublement

avait donné naissance. Mais là encore les phénomènes sont limités et ne peuvent dépasser le maximum de saccharification (M. Kjeldahl).

La concentration du moût n'exerce pas d'influence marquée sur la production de maltose, mais à la condition, bien entendu, que la quantité de diastase contenue dans le moût soit toujours proportionnelle à la quantité d'amidon qu'elle est chargée de transformer (M. Kjeldahl).

Nous avons parlé à plusieurs reprises d'un maximum de saccharification, c'est-à-dire un maximum de production de maltose qu'il semble impossible, dans les conditions ordinaires, de dépasser. C'est qu'en effet le maltose produit exerce une action retardatrice sur la saccharification ultérieure des dextrines, et que l'on voit, quand la proportion de maltose atteint un chiffre déterminé, qui, suivant les auteurs, varie de 66 à 80 % de l'amidon transformé, la production de maltose rester stationnaire (Payen). Dans ce phénomène, c'est bien, malgré les contradictions qui se sont produites à cet égard, le maltose qui fait obstacle à la transformation de la dextrine ; car si l'on ajoute de la levure de bière au liquide, on constate qu'au fur et à mesure que le maltose disparaît par la fermentation, à l'état d'alcool et d'acide carbonique, la diastase

reprend son action saccharifiante et transforme peu à peu les dextrines en maltose qui fermente (Payen). Au lieu de faire disparaître ce maltose par la fermentation alcoolique, on peut le séparer des dextrines par les phénomènes de dialyse (M. Brasse), les membranes dialytiques laissant traverser plus rapidement le maltose que les dextrines. On peut également débarrasser le moût du maltose au moyen de la phénylhydrazine qui le transforme en composé insoluble (M. Lindet), et dans l'un et l'autre cas, on assiste à la disparition partielle et progressive des dextrines que la diastase saccharifie dès lors librement.

Différents corps peuvent avoir encore une influence soit accélératrice, soit retardatrice sur la saccharification diastasique.

De faibles quantités d'acides, même minéraux, favorisent la production de maltose. Mais au delà d'une certaine limite, variable avec chacun d'eux, la présence des acides entrave cette production (MM. Kjeldahl, Leyser). L'acide fluorhydrique, qui est aujourd'hui assez employé dans la distillerie, suit la règle dont il vient d'être parlé (M. Effront).

Certains sels (le chlorure de sodium, les sulfates de chaux, de manganèse, etc...) ont une ac-

tion nulle ou presque nulle sur le phénomène de saccharification. Mais certains autres, les sels acides par exemple (le nitrate de plomb, les sulfates de zinc, de protoxyde de fer, comme l'a montré M. Kjeldahl, le bichlorure de mercure, comme l'a indiqué M. Duclaux) retardent d'une façon très notable le dédoublement de l'amidon.

Le phénol, la strychnine (M. Kjeldahl), le chloroforme (M. Müntz), les antiseptiques en un mot, qui ont une action si nette sur les ferments organisés, n'agissent que très peu sur les ferments solubles et notamment sur la diastase. Seul, parmi ces antiseptiques, l'acide salicylique entrave, dans une large mesure, l'action de cette diastase (M. Kjeldahl). L'alcool agit de même, en faisant subir au ferment soluble un commencement de coagulation.

L'air comprimé, qui gêne le développement des organismes, n'agit pas sur les ferments inorganisés (P. Bert).

Enfin les matières extractives du moût favorisent la saccharification (Basvitz), et l'empois lui-même, au sein duquel agit la diastase, empêche celle-ci de s'épuiser comme elle le ferait au contact de l'eau seule (M. Lintner).

LES PRODUITS DE LA SACCHARIFICATION

16. L'amidon soluble. — L'amidon soluble que nous avons vu être le premier terme de la transformation de l'amidon sous l'influence de la diastase peut être obtenu encore par divers procédés. Nous avons dit précédemment que l'amidon, soumis à une longue ébullition au contact de l'eau, devenait soluble dans l'eau ; le composé formé dans ce cas est encore l'amidon soluble. Pour augmenter la rapidité de la transformation, on peut, au lieu de faire bouillir à 100° l'empois d'amidon, le faire bouillir au delà de cette température, en ajoutant à l'empois de la glycérine. La réaction sera d'autant plus rapide que la quantité de glycérine sera plus grande, c'est-à-dire que la température d'ébullition sera plus élevée ; on peut, en ayant recours à cette manière de faire, opérer à des températures qui peuvent atteindre 180-190°. Les acides minéraux, le chlorure de zinc, agissant à froid, l'acide salicylique, l'acide benzoïque, agissant à chaud (M. Baudry), peuvent servir à préparer l'amidon soluble.

L'amidon soluble, qui se dissout en toutes

proportions dans l'eau est insoluble dans l'alcool. Le précipité que l'on obtient par addition d'alcool se redissout dans l'eau. L'amidon soluble, précipité par l'alcool, peut être recueilli et desséché ; il se présente alors sous la forme d'une matière cornée et transparente, qui, par la pulvérisation, se transforme en une poudre parfaitement blanche. Cette poudre perd, au bout d'un certain temps, sa solubilité primitive.

L'amidon soluble donne avec l'eau iodée une belle coloration bleue indigo, semblable à celle que l'on obtient avec l'empois, coloration qui disparaît également à la chaleur et réapparaît au refroidissement. Soumis à l'action de la diastase, l'amidon soluble donne naissance à des dextrines et à du maltose ; traité par les acides minéraux, il donne des dextrines et du glucose. Il se combine aux alcalis, à la potasse, à la baryte ; mais les combinaisons qu'il forme ainsi sont fort instables et bien mal définies.

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

Le pouvoir rotatoire de l'amidon soluble n'a pas été déterminé avec exactitude, et les différents auteurs qui se sont occupés de la question, ont donné successivement les chiffres $\alpha_D = 190^\circ$, $- 207^\circ$, $- 211^\circ$, $- 220^\circ$.

D'après MM. Pfeiffer et Tollens, l'amidon soluble a la même formule que l'amidon, $C^6H^{10}O^5$, qu'il serait nécessaire de multiplier par le coefficient 3 ou 4.

17, Les dextrines. — Les auteurs ont signalé un grand nombre de dextrines, et comme la préparation de ces dextrines à l'état de pureté présente de grandes difficultés, il est presque impossible aujourd'hui de distinguer l'individualité de chacune d'elles. Ce que l'on peut dire de certain, c'est que ces dextrines, nées de l'action de la diastase ou des acides sur l'amidon ou l'amidon soluble, forment une série de corps, intermédiaires entre cet amidon soluble d'une part, et le maltose ou le glucose d'autre part, ces deux sucres étant les produits finaux de la transformation de l'amidon par la diastase ou par les acides. Ces dextrines répondent toutes à la même formule $C^6H^{10}O^5$. Mais cette formule est d'autant moins polymérisée que la dextrine envisagée se rapproche plus du maltose ou du glucose. Elles dévient toutes à droite le plan de polarisation de la lumière, mais de quantités de moins en moins grandes, au fur et à mesure qu'elles s'éloignent de l'amidon. Elles réduisent la liqueur de Fehling, et avec d'autant plus d'intensité qu'elles

présentent plus d'analogie avec le maltose ou le glucose.

On obtient des dextrines en faisant agir la diastase sur l'amidon, l'amidon soluble, et l'amylo-dextrine. On en obtient également en saccharifiant l'amidon au moyen des acides dilués à l'ébullition ; la dextrine dans ce cas est le produit intermédiaire qui conduit à la formation du glucose. On arrive encore à la préparation d'une dextrine assez pure en chauffant à 110° . — 120° de l'amidon préalablement humecté avec de l'acide nitrique au $\frac{2}{1000}$ (Payen). Enfin M. Villiers a démontré récemment l'existence de trois dextrines, possédant les pouvoirs rotatoires de $\alpha_D = 156^{\circ}$, — 175° , — 207° , et d'une dextrine cristallisée ($\alpha_D = 159^{\circ}$), dans les produits de la transformation de l'amidon par le ferment butyrique.

On doit à M. Bondonneau un mode général de purification des dextrines, qui consiste à les débarrasser du glucose ou du maltose dont elles sont toujours accompagnées, en les faisant bouillir avec du chlorure de cuivre et de la soude.

Bien que les dextrines obtenues par la diastase présentent seules pour nous de l'intérêt, nous serons obligés, dans la suite de cet exposé, de décrire sommairement les autres dextrines,

qui sont analogues, quelquefois même identiques aux premières.

Nous distinguerons tout d'abord l'*amylo-dextrine*, que l'on confond quelquefois avec l'amidon soluble. Nægeli a signalé l'existence d'une amylo-dextrine cristallisée. Ce corps se colore en bleu par l'eau iodée.

Il y a lieu de distinguer également les *érythro-dextrines*, qui donnent avec l'iode une coloration rouge; l'une d'elles a été décrite par M. Brucke, une autre par M. O'Sullivan; celle-ci a comme pouvoir rotatoire 219° , et comme pouvoir réducteur de la liqueur de Fehling, $R = 1,8$, c'est-à-dire que 100 grammes de cette dextrine réduisent cette liqueur comme le ferait $1^{sr},8$ de glucose. Ces dextrines paraissent être produites uniquement par l'action des acides.

La classe la plus importante et la plus intéressante pour la brasserie est celle des *achroo-dextrines* qui ne donnent avec l'iode aucune coloration. Quatre de ces dextrines ont été étudiées par Musculus: l'une qui a été produite par la saccharification de l'amidon à $70-76^\circ$ et la précipitation au moyen de l'alcool de la dextrine débarrassée de maltose par la fermentation, ($\alpha_j = 210^\circ$, $R = 36,5$); l'autre produite par la saccharification faite à 76° , et prolongée pen-

dant une heure à 50-60° ($\alpha_j = 199$; $R = 20$); — la troisième, produite dans les mêmes conditions et abandonnée à elle-même, avant d'être précipitée par l'alcool, pendant cinq jours, à 20° C. en présence d'eau alcoolisée à 20 % ($\alpha_j = 190$; $R = 12$); — la dernière enfin, produite dans les mêmes conditions également, mais abandonnée pendant un an ($\alpha_j = 150$; $R = 28$).

A l'existence de ces quatre dextrines, M. O'Sullivan a opposé l'existence de quatre achroodextrines dont les pouvoirs réducteurs et les pouvoirs rotatoires ne présentent pas grande analogie avec ceux des précédentes. M. O'Sullivan admet lui-même que la variation qu'il a observée dans l'étude des pouvoirs réducteurs provient de ce que les dextrines contenaient toujours des quantités variables de maltose; nous ne citerons par conséquent que les pouvoirs rotatoires de ces dextrines qui sont de 216-217° pour la première et la seconde, de 215-217° pour la troisième, et de 212-214° pour la dernière.

M. Bondonneau, en purifiant par le procédé indiqué plus haut une dextrine de saccharification diastasiqne, a obtenu un corps qui n'avait aucun pouvoir réducteur et dont le pouvoir rotatoire était $\alpha_j = 176^\circ$.

A côté des amylo, érythro, achroo-dextrines, il faut encore signaler la malto-dextrine, dont les propriétés et la constitution se rapprochent le plus des propriétés et de la constitution du maltose lui-même. Cette malto-dextrine a été décrite pour la première fois par M. Hertzfeld, étudiée ensuite par MM. Brown et Morris, puis par M. Geduld. Le pouvoir rotatoire de ce corps est $\alpha_D = 193$, son pouvoir réducteur de 20,7, et il se comporte, dans toutes les réactions, comme s'il était formé par une combinaison de deux molécules d'achroo-dextrine pour une molécule de maltose.

Toutes les dextrines, quelles qu'elles soient, sont très solubles dans l'eau et sont précipitées par l'addition d'alcool, en une masse blanche, caillébotée, et qui se transforme aisément en un sirop visqueux. Desséchées et pulvérisées elles se présentent sous forme de poudre blanche et amorphe. On rencontre cependant dans le commerce des dextrines en poudre et qui sont plus ou moins colorées en brun; ces dextrines sont obtenues par la torrification de l'amidon en présence de petites quantités d'acide nitrique.

Les dextrines attaquées par la diastase donnent du maltose, attaquées par les acides don-

ment du glucose. Les dextrines se combinent aux alcalis; quelques-unes sont même précipitées par la baryte.

Les dextrines ne fermentent pas par la levure de bière, du moins dans les conditions ordinaires de la pratique industrielle.

La solution de dextrine est gommeuse et collante; aussi sa présence dans la bière donne-t-elle à cette boisson ce que l'on appelle du corps et de la bouche. La nature gommeuse de cette solution retarde le dégagement du gaz acide carbonique qui se trouve dissous dans la bière, et c'est à ces circonstances que la bière doit d'être une boisson mousseuse.

18, Le maltose. — Payen, à qui l'on doit la découverte des phénomènes de la saccharification, n'a pas découvert le maltose; il avait pris le sucre réducteur, dont on constate la présence dans un liquide saccharifié à la diastase, pour du glucose. C'est à Dubrunfaut, qui en 1847 en a soupçonné l'existence, que l'on doit véritablement la découverte de ce sucre. L'individualité du maltose a été ensuite confirmée par tous les auteurs qui se sont occupés de la saccharification. Il a été isolé par plusieurs chimistes, notamment par M. Soxhlet, par M. Jungfleisch, etc...

Pour isoler le maltose, on fait usage d'un empois de féculé que l'on a préalablement saccharifié au moyen d'une infusion de malt, employée en grande quantité, à la température de 63°, en un mot, dans les conditions les meilleures pour obtenir le maximum de maltose. La dextrine est tout d'abord précipitée par l'alcool, puis le maltose par l'éther. En recommençant plusieurs fois ce traitement sur le maltose ainsi obtenu, on parvient à l'isoler à l'état de pureté (MM. Schulze, Jungfleisch).

Il se présente sous la forme de petits cristaux blancs microscopiques.

Il est extrêmement soluble dans l'eau, et il y cristallise anhydre ou avec une molécule d'eau. Il est soluble dans les alcools méthylique et éthylique, insoluble dans l'éther.

Traité par les acides, il se transforme en glucose ou dextrose. Le maltose appartient en effet à la famille des saccharoses, répond à la formule $C^{12}H^{22}O^{11}$, et peut se dédoubler, sous l'influence des acides, en deux molécules de dextrose, de même que le saccharose fournit dans les mêmes circonstances deux molécules, l'une de dextrose, l'autre de lévulose.

Le maltose réduit la liqueur de Fehling, et son pouvoir réducteur est de 66, c'est-à-dire

qu'il réduit une quantité de cuivre égale aux $\frac{2}{3}$ de ce que réduirait le même poids de glucose.

Le maltose dévie à droite le plan de la lumière polarisée et son pouvoir rotatoire a été fixé à $\alpha_D = 139^{\circ},5$ (MM. O'Sullivan et Schulze) à $\alpha_D = 139^{\circ},3$ (M. Soxhlet, M. Jungfleisch).

Il fermente avec la levure de bière et donne les produits que nous signalerons dans un prochain chapitre.

CHAPITRE IV

—

LE HOUBLON

19. — Le houblon (*humulus lupulus*), est une urticée de grande taille qui peut atteindre 8 et 10 mètres. C'est une plante dioïque et les sujets femelles sont seuls cultivés d'une façon régulière. Eux seuls fournissent des fleurs, qui sont utilisées à la fabrication de la bière.

Le houblon est une plante annuelle que l'on coupe tous les ans à l'automne et qui repousse au printemps. Il peut être, de cette façon, cultivé sur un même terrain pendant quinze et vingt

ans. Dans de bonnes conditions il peut fournir de 1000 à 1200 kilogrammes de fleurs à l'hectare.

La récolte des fleurs de houblon a lieu en France de la fin d'août au milieu de septembre. Les grandes perches sur lesquelles le houblon a enroulé ses branchages feuillus, sont arrachées du sol et couchées à terre. Le pied de la plante est coupé à une hauteur de 30 à 40 centimètres, et immédiatement on procède à la récolte en cueillant avec soin les fleurs, dont la queue doit être conservée. Les fleurs sont ensuite desséchées, soit en les exposant au soleil, soit en les plaçant sur le plateau d'une étuve spéciale, qui porte le nom de touraille. La température de dessiccation ne doit pas dépasser 30°, afin que le houblon ne perde rien de son arôme et de son parfum. On laisse ensuite le houblon reprendre à l'air un peu d'humidité et on le loge dans de grands sacs, en le comprimant soit à la main, soit à l'aide d'une presse. C'est dans cet état que le houblon est expédié dans les brasseries. Les sacs contiennent en général 50 kilogrammes de houblon.

Les fleurs femelles du houblon sont formées par la réunion de folioles écailleuses (bractées), et réunies les unes aux autres sous forme de

cône. Les ovaires de la fleur, qui sont placés à la base des folioles, et qui adhèrent à leur face interne, sont pourvus de petites glandes. Ces glandes une fois desséchées prennent l'aspect d'une poudre jaune, facile à écraser sous les doigts, et laissant sur la peau une tache persistante. A cette poudre jaune, on donne le nom de *lupulin* ou de *lupuline*.

La présence de cette lupuline dans les cônes de houblon a, pour l'art de la brasserie, un intérêt de premier ordre ; de la quantité de lupuline qu'un houblon renferme, de la qualité même de cette lupuline, dépend la valeur du houblon considéré. La proportion de lupuline est assez variable, et on la voit osciller, pour les différents houblons livrés au commerce de la brasserie, entre 8 et 20%. Quant à la qualité, elle est sujette également à bien des variations, qui dépendent de la proportion des différents principes entrant dans la composition de la lupuline. On rencontre en effet dans la lupuline plusieurs principes différents, dont chacun va jouer dans la fabrication un rôle indépendant. C'est tout d'abord une matière amère, appelée elle-même lupuline, qui donne à la bière son amertume ; c'est ensuite une résine qui se dissout dans l'alcool formé par la fermentation ; c'est enfin

une essence qui, se diffusant dans le moût, lui communique son parfum.

Le houblon, abstraction faite de cette lupuline, contient encore d'autres principes, dont l'utilité ne saurait être méconnue. Le plus important de ces principes est sans aucun doute le tannin. Ce tannin, pendant l'ébullition que le moût subit au contact du houblon, se combine aux matières albuminoïdes solubles que l'orge apporte, et les précipite à l'état insoluble. Il résulte de ce fait que le moût se trouve ainsi débarrassé de la plus grande partie des matières azotées, qui auraient contribué à nourrir les ferments de maladie et à rendre par conséquent ce moût altérable. Il en résulte également que ces matières albuminoïdes, au moment où elles se précipitent, englobent et entraînent les matières qui se trouvent en suspension dans le moût. Le moût s'éclaircit peu à peu sous l'influence du houblonnage, et l'ouvrier a soin de prolonger l'ébullition jusqu'au moment où les flocons de tannate d'albumines nagent au milieu d'un liquide absolument transparent ; c'est ce qu'il exprime en disant que le moût présente *une bonne cassure*.

Nous donnons ci-après l'analyse des différents houblons qu'emploie la brasserie, en emprun-

tant à un travail de M. Grenet les chiffres suivants.

| Matières dosées | Bourgogne | Belgique | Bavière |
|---------------------------|-----------|----------|---------|
| Eau | 14,50 | 17,00 | 13,70 |
| Résine, gomme (lupuline). | 20,32 | 24,84 | 23,87 |
| Glucose | 4,13 | 0,62 | 1,05 |
| Tannin. | 1,66 | 1,57 | 7,29 |
| Ligneux | 47,19 | 46,72 | 43,04 |
| Sels solubles | 4,45 | 5,17 | 5,11 |
| Sels insolubles | 6,67 | 3,08 | 4,95 |
| Pertes | 1,08 | 1,20 | 0,99 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Le fait capital qui ressort de la comparaison de ces chiffres est la richesse en tannin du houblon de Bavière. Celui-ci est en effet, comme le houblon de Bohême, d'ailleurs très recherché, non seulement à cause de la finesse de son arôme, mais parce qu'il produit, sous un poids relativement faible, la précipitation d'une grande quantité de matières albuminoïdes.

Le brasseur doit pouvoir à la simple vue se rendre compte de la valeur d'un houblon.

Ce houblon doit être vert, légèrement jaune. Il doit se présenter en cônes aplatis, entiers et munis de leur queue. Si les cônes en effet ne

sont pas entiers, si les folioles se trouvent indépendantes les unes des autres, il y a grande chance pour que la lupuline se soit échappée.

En froissant la base des cônes, on voit se détacher la lupuline, que l'on peut aisément recueillir et peser. Cette lupuline doit être d'un beau jaune clair, elle doit posséder une odeur agréable et aromatique. Il n'est pas utile même, pour juger de cette odeur, de séparer ainsi la lupuline ; en entr'ouvrant au moyen des doigts un cône de houblon, en le froissant même légèrement, il est facile de se rendre compte du parfum que sa lupuline dégage.

Le houblon ne doit contenir que 15 % d'eau environ ; s'ils sont plus secs, les cônes sont sujets à se désagréger et à laisser échapper leur lupuline. S'ils sont plus hydratés, ils sont sujets à s'échauffer en magasin et à prendre une odeur qui en abaisserait, d'une façon considérable, la valeur industrielle.

Il est bon également de faire du houblon, que le brasseur veut employer, une étude chimique tant soit peu sommaire, y doser par exemple la résine, dont on déduit le poids, en faisant d'une part l'extract aqueux, et de l'autre l'extract alcoolique, et en prenant la différence de ces deux extraits. Nous ne possédons pas malheureusement

ment de procédés pour doser, dans le houblon, les deux principes sur lesquels il serait intéressant d'avoir une donnée exacte, la matière amère, et l'essence parfumée.

Comme il a été dit plus haut, on cultive le houblon en France, spécialement dans les départements du Nord, de Meurthe-et-Moselle et de la Côte-d'Or. Les départements de l'Aisne, des Vosges et de Saône-et-Loire en fournissent de petites quantités.

On a vu également que la France exportait du houblon en Angleterre, en Belgique et en Allemagne, et qu'elle en recevait également de ces mêmes pays. Elle en reçoit également d'Autriche. Parmi tous les houblons d'importation, ceux que la brasserie réclame de préférence, sont les houblons de Bavière et les houblons de Bohême.

CHAPITRE V

—

LA FERMENTATION ALCOOLIQUE

20. Nous avons étudié précédemment, au point de vue théorique, le phénomène de la saccharification diastatique, c'est-à-dire la transformation de l'amidon que l'orge contient, en un mélange de dextrines et de maltose. Dans les conditions où cette saccharification a lieu, c'est-à-dire en présence de l'eau chaude, on voit les éléments solubles de l'orge, se dissoudre dans le moût sucré que l'on s'attache à produire. Nous avons vu également que le houblon, bouillant au contact de ce moût, était chargé de l'aromatiser et d'en assurer la conservation ; il ne nous reste plus pour transformer ce moût en boisson alcoolique qu'à faire fermenter le maltose qu'il renferme.

LES LEVURES

21. C'est à des organismes microscopiques, formés de cellules indépendantes, désignés sous le nom de levures, qu'est due la transformation des sucres, et notamment du maltose en alcool. Ces organismes vivent, se développent et se reproduisent en absorbant une partie des éléments azotés et minéraux du moût de bière, et en décomposant la molécule sucrée qui donne alors naissance à un grand nombre de produits parmi lesquels on rencontre en première ligne l'alcool et l'acide carbonique. L'alcool donne la *force* à la bière, et en fait une boisson spiritueuse ; l'acide carbonique lui donne le gaz et en fait une boisson gazeuse et mousseuse.

22. Races de levures propres au travail de la brasserie. — Les cellules-levures qui sont capables de provoquer la fermentation alcoolique sont extrêmement nombreuses ; mais toutes sont loin de s'appliquer au travail de la brasserie. Plusieurs ne peuvent exercer leur action que sur certains sucres et sont incapables de faire fermenter le maltose. D'autres, tout en

faisant fermenter le maltose, produisent, par suite de phénomènes encore mal connus, des goûts amers que le brasseur ne saurait accepter; d'autres enfin, parce qu'elles ne se déposent pas facilement une fois leur action terminée, rendent la bière trouble. Les levures qui seront incapables de faire fermenter le maltose, celles qui rendront la bière amère, celles enfin qui la rendront trouble, devront être considérées comme des levures de maladie, et ne devront pas figurer dans la composition des levains industriels.

Les cellules-levures que la brasserie doit exclusivement employer appartiennent toutes à l'espèce *saccharomyces* et spécialement au genre *saccharomyces Cerevisiæ*.

Les *saccharomyces* forment des cellules arrondies, en général elliptiques, qui s'allongent quelquefois, reliées les unes aux autres, et prennent alors la forme rameuse. Il est souvent difficile de caractériser une levure par sa forme, tellement cette forme est changeante, suivant les conditions dans lesquelles la levure a végété. Ce qui complique encore le problème, c'est qu'en dehors de la forme qu'elle affecte d'ordinaire, chaque espèce de levure peut prendre, en s'accroissant au contact de l'air, une forme différente qui est la forme aérobie. La dimension or-

dinaire des globules de levure, tant qu'ils ne revêtent pas la forme ramense variée entre 8 et 10 μ (ou millièmes de millimètre) dans leur plus grande longueur.

Les saccharomyces se reproduisent de deux façons différentes. Le mode de reproduction le plus ordinaire est le bourgeonnement. A une certaine époque de son existence, la cellule développe à sa surface une petite excroissance. Cette excroissance grossit peu à peu, et quand elle a pris les dimensions de la cellule mère, elle s'en détache pour former elle-même une cellule indépendante. Mais il est une autre condition de formation, qui servira même à caractériser l'espèce, et qui est la sporulation. A l'intérieur de la cellule, placée dans des conditions déterminées, on voit apparaître des corpuscules arrondis, auxquels on donne le nom de spores endogènes, ou endospores ou ascospores. Au moment où ces spores ont pris un développement suffisant, la membrane de la cellule qui les ensachait, pour ainsi dire, disparaît et ces spores deviennent libres.

On connaît de nombreuses races de saccharomyces cerevisiæ, que l'on peut séparer tout d'abord en deux grandes catégories : les saccharomyces qui sont capables de faire fermenter de

préférence la bière à une température variant de 1 à 7 ou 8° C. (ce sont les levures basses), les saccharomyces qui la font fermenter de préférence également à 15 ou 20° C. (ce sont les levures hautes).

C'est M. Pasteur qui a le premier signalé cette différence entre les levures qui produisent la fermentation basse et la fermentation haute. Il a montré l'indépendance de ces deux espèces, et annoncé qu'elles ne peuvent se transformer l'une dans l'autre. En général l'aspect de ces deux levures n'est pas le même. Les cellules des unes et des autres se groupent en se développant d'une façon différente. Les cellules de levure basse sont groupées par deux ou par trois ; celles de levure haute se disposent sous forme de paquets rameux. Cette distinction, qui a été faite pour la première fois par M. Pasteur, n'est plus tout à fait exacte, et l'on rencontre des levures hautes qui ne se présentent pas en groupes étoilés.

Ce sont les saccharomyces cerevisiæ de fermentation basse qui ont été jusqu'ici les seuls étudiés avec grand soin. M. Hansen a caractérisé parmi eux deux races qu'il a appelées la levure I Carlsberg et la levure II Carlsberg, et qui portent ainsi le nom du laboratoire où les re-

cherches, qui ont permis de les découvrir, ont été effectuées. La première est plus allongée, elle devient plus aisément granuleuse que la seconde ; la seconde donne une bière de meilleure qualité que la première, mais qui se conserve un peu moins bien.

23. Autres saccharomyces et autres organismes accompagnant les saccharomyces cerevisiæ. — A côté des saccharomyces *cerevisiæ*, il n'est pas rare de rencontrer dans les levures industrielles d'autres organismes, présentant avec les premiers de grandes analogies, décomposant le sucre de la même façon, se reproduisant par bourgeonnement, capables de former des spores, etc. : ce sont des saccharomyces également, mais des saccharomyces impropres au travail de la brasserie, parce que, comme il a été dit plus haut, ils communiquent l'amertume et le trouble à la bière qu'ils produisent.

Parmi ces saccharomyces, on trouve le *saccharomyces ellipsoideus*, le même que celui qui, déposé sur les pellicules des fruits, des raisins notamment, provoque, pour la plus grande part, la fermentation alcoolique du vin. Il convient admirablement à la fabrication de cette boisson,

mais ne saurait se prêter à celle de la bière ; car sa présence dans le moût qui fermente empêche la bière de s'éclaircir.

Le *saccharomyces ellipsoideus* forme des cellules ovales, mesurant en moyenne 6^{μ} dans leur plus grande longueur.

Les *saccharomyces Pastorianus*, auxquels il faut attribuer également un rôle important dans la fabrication du vin, doivent être considérés comme des ferments de maladie pour la bière. L'un d'eux, le *S. Pastorianus* I, rend la bière amère, un autre, le *S. Pastorianus* III, produit de la bière trouble (M. Hansen). Ces levures prennent aisément l'aspect rameux, et les cellules s'allongent jusqu'à acquérir une longueur de 20μ .

Il convient également de citer comme *saccharomyces* étrangers, dont il faut éviter la présence dans les moûts de bière, le *saccharomyces conglomeratus*, la levure caséuse de M. Pasteur, le *saccharomyces exiguus Reesii* (le plus petit de tous, il mesure de $2^{\mu},5$ à 5^{μ}), le *saccharomyces minor Engel*, le *saccharomyces Marxianus* (celui-ci ne fait pas fermenter le maltose), la levure de M. Roux (celle-ci n'a pas d'action sur le saccharose), le *saccharomyces membranæ faciens* (cet organisme n'attaque aucun sucre,

il forme un voile caractéristique à la surface des liquides sur lesquels il se développe), etc., etc...

Les organismes, qui sont capables de transformer le sucre en alcool, s'étendent au delà de la classe des saccharomyces. Ce sont des levures présentant souvent de l'analogie avec les saccharomyces, mais qui s'en distinguent par ce fait qu'elles sont incapables de former des endospores. Parmi ces organismes se rencontrent un ferment appelé par erreur *saccharomyces apiculatus* (il ne forme jamais de spores endogènes), les *torula*, la myco-levure de M. Duclaux, le *mucor circinelloides* de M. Gayon. Tous ces ferments doivent être éliminés des levains que l'on se propose d'introduire dans les moûts.

Enfin, et à côté de ces saccharomyces et de ces levures étrangères, se développent des ferments plus dangereux encore ; car ils vivent soit aux dépens du sucre sans produire d'alcool, soit aux dépens de l'alcool lui-même ; ce sont alors de véritables ferments de maladie.

Parmi ces organismes, nous trouvons les bactéries. C'est le ferment lactique (*bacterium acidi lactici*), ce sont les mycoderma aceti (*bacterium aceti* et *bacterium Pastorianum*), ce sont les bactéries de la fermentation butyrique, de la

fermentation visqueuse ou mannitique, le *mycoderma cerevisiæ*, les *sarcina*, etc...

Puis nous rencontrons les moisissures, dont la présence est beaucoup plus rare que celle des organismes précités, le *botrytis cinerea*, le *penicillium glaucum*, l'*eurotium*, le *mucor racemosus*, *mucedo*, le *fusarium*, le *dematium pululans* de M. Pasteur, etc.

24. Modes de séparation des organismes; production des levures pures. — Les premières méthodes pour la séparation des différentes espèces microscopiques ont été proposées par M. Pasteur, qui, au cours de ses belles et classiques recherches sur la bière, s'est préoccupé spécialement de purifier les levures alcooliques des ferments dit de maladie. A cette époque, on n'avait pas attaché une grande importance à ce fait que tous les saccharomyces n'étaient pas propres au travail de la brasserie, et l'on ne considérait comme ferments de maladie que les bactéries et les organismes autres que les saccharomyces. Les procédés de M. Pasteur consistaient à cultiver, à l'aide de ces ballons dont la forme est aujourd'hui devenue classique, dans un moût stérilisé et additionné soit d'acide tartrique, soit de bitartrate de potasse, soit d'alcool,

la levure que l'on désirait débarrasser des bactéries, des mucors, des moisissures. En général, le milieu que l'on proposait ainsi à leur développement n'était pas propre à tous ces organismes ; il convenait mieux aux levures qu'aux ferments de maladie, et l'on voyait alors les levures prendre le pas sur ceux-ci et en étouffer la reproduction ; les ferments de maladie venaient à dépérir, incapables de reprendre leur activité première. Depuis on a proposé, dans le même but, de faire cette purification de la levure en présence d'acide phénique, d'acide fluorhydrique (M. Effront), d'acide sulfureux (M. Linossier), de sous-nitrate de bismuth (M. Gayon).

La purification des levures, telle que nous venons de l'exposer, a été reconnue aujourd'hui insuffisante ; les travaux de M. Hansen ont montré, en effet, ainsi qu'il a été exposé plus haut, qu'un grand nombre de saccharomyces représentaient pour la bière des levures de maladie. Or ces saccharomyces s'accoutument, aussi bien que les saccharomyces cerevisiæ, de ces milieux artificiels de culture, et s'y développent avec la même énergie. Il est donc nécessaire si l'on veut atteindre un degré plus grand encore de purification, de pouvoir séparer entre eux les différents saccharomyces.

On ne peut y parvenir que d'une seule façon, en ensemençant dans un milieu convenable une seule cellule, et en plaçant cette cellule dans des conditions telles qu'elle puisse se reproduire, se développer et donner naissance à un nombre considérable de cellules toutes semblables à elle-même, de même race par conséquent.

Le problème de l'ensemencement d'une seule cellule a été résolu pour la première fois par M. Pasteur. Ce savant prenait une certaine quantité de levure, préalablement purifiée, la mélangeait à du plâtre et la faisait sécher à basse température ; puis il pulvérisait le mélange ainsi obtenu, et le répandait dans l'air sous forme de poussière. Il ouvrait ensuite une série de ballons contenant du moût stérilisé ; et dans ces conditions, on voyait, grâce à la grande dilution des germes de levures dans l'air, les ballons s'ensemencer d'une, de deux ou de trois cellules. Autour de chaque cellule on voyait alors se développer une colonie, et l'on choisissait alors aisément ceux des ballons qui n'en contenaient qu'une seule.

M. Hansen a perfectionné l'idée de M. Pasteur d'une façon ingénieuse et pratique. Le savant Danois délaie dans une certaine quantité d'eau

une faible quantité de levure, puis il compte au microscope le nombre de cellules que contient un volume connu de cette eau ; ce nombre calculé, il dilue le liquide de telle façon qu'une goutte renferme en moyenne une cellule de levure. En ensemençant une goutte de liquide dans un ballon de moût stérilisé, on a des chances pour que la levure qui s'y développe provienne d'une cellule unique. Comme dans le cas précédent, il est facile de se rendre compte de la réussite de l'opération, en examinant si, au fond du ballon, il s'est formé une ou plusieurs colonies.

M. le D^r Koch obtient le même résultat en délayant dans du moût de bière gélatinisée à 30° C. une petite quantité de levure préalablement purifiée, et en étendant ensuite le liquide sur une plaque de verre. La gélatine se solidifie par refroidissement ; la plaque de verre est portée à l'étuve, et la levure se développe en autant de colonies qu'il y a eu de cellules ensemençées. Il est alors facile de prélever sur chacune des colonies un nombre quelconque de cellules, qui proviennent dans ces conditions d'une cellule unique.

Lorsque, par une des méthodes que nous venons de décrire, on est parvenu à produire une

certaine quantité de levure, il est intéressant d'en pouvoir contrôler la pureté, intéressant également de connaître l'espèce que l'on a sous les yeux.

Certaines levures sont nettement caractérisées par leur forme et par leurs dimensions, et il est facile de reconnaître au microscope au milieu des *saccharomyces cerevisiæ* le *saccharomyces exiguus*, par exemple, à cause de sa petite taille, le *saccharomyces apiculatus* qui affecte la forme d'un citron, même les *saccharomyces Pastorianus*, qui prennent si facilement l'aspect rameux. Mais en général, un simple examen microscopique ne suffit pas, pour distinguer dans une levure les *saccharomyces* de race différente. Deux levures distinctes peuvent affecter la même forme, et être identifiées au microscope, de même qu'une levure de race pure peut renfermer des cellules d'un aspect qui n'est pas conforme à celui que présente d'ordinaire la cellule type de l'espèce considérée.

M. Hansen a imaginé une méthode pour le contrôle de la pureté, qui repose sur ce fait que les *saccharomyces cerevisiæ* sont ceux de tous les *saccharomyces* qui tardent le plus à former leurs endospores ; si l'on se met dans des conditions telles de température, que les *saccharomy-*

ces cerevisiae sporulent au bout de 60 heures par exemple, et si l'on trouve dans la levure examinée des cellules où les spores apparaissent avant ce laps de temps, on peut être à peu près certain que la levure contient des saccharomyces étrangers.

Les procédés dont il vient d'être parlé, qui permettent d'obtenir des levures de race pure, et d'en contrôler la pureté, font pressentir qu'il est possible d'introduire en brasserie l'emploi de ces levures. Il est en effet relativement facile de reprendre la culture obtenue dans un ballon Pasteur par exemple, et de l'introduire dans un grand appareil en cuivre, construit d'après les mêmes principes que le ballon, rempli de moût stérilisé, et de reproduire ainsi une importante quantité de levure. En faisant passer ces cultures dans une série d'appareils de plus en plus grands, on parvient à fabriquer des quantités de levure qui peuvent s'élever jusqu'à plusieurs kilogrammes, et qui proviennent toujours de la cellule uniqueensemencée au début.

Les premiers appareils imaginés dans cet ordre d'idées sont dus à M. Pasteur. D'autres depuis en ont construit, qui répondent parfaitement au but que l'on se propose d'obtenir. La place nous manque ici pour les décrire et nous

nous contenterons de les citer. Ce sont ceux de M. Hansen, qui fonctionnent à la brasserie de Carlsberg, ceux de M. Velten, qui fournissent de la levure pure à la brasserie de la Méditerranée, ceux de M. Marx, ceux de M. Fernbach, etc...

L'emploi de cette levure de race pure est-elle recommandable aux brasseurs ? La question est encore assez discutée. Quand on fait fermenter un moût en présence de cette levure de race pure, on produit une bière qui se conserve pendant un temps très long, qui est franche de goût, mais qui n'a pas l'arome de celle que l'on obtient au moyen d'une levure composée de plusieurs races. C'est que chaque levure donne à la bière un goût spécial et unique ; or c'est un fait général que plusieurs aromes mélangés en proportions déterminées produisent une meilleure impression au palais, comme à l'odorat, que chacun des aromes pris isolément. Cet inconvénient n'avait pas échappé à M. Pasteur, qui s'attachait plutôt à débarrasser la levure des organismes étrangers, des bactéries, que de séparer les différentes races. L'idée de faire de la bière avec de la levure de cellule unique, émise pour la première fois par M. Pasteur, a été reprise, dans ces dernières années, par M. Hansen. Certaines brasseries sont parvenues, en travaillant de cette

façon, à produire une bière, au goût de laquelle se sont habitués ses consommateurs, mais beaucoup d'autres ont conservé leur ancienne levure, pure de bactéries, mais non pure de race.

CONDITIONS FAVORABLES AU DÉVELOPPEMENT DE LA LEVURE

25. La levure, pour remplir sa fonction alcoolique en même temps que pour se multiplier, doit se trouver à une température convenable, avoir à sa disposition une quantité d'air suffisante, trouver autour d'elle enfin les aliments azotés, hydrocarbonés, minéraux qui lui sont nécessaires.

La température dont la levure a besoin varie, comme il a été dit précédemment, avec l'espèce que l'on considère. Nous avons distingué les levures basses qui n'agissent que vers des températures variant entre 1 et 7 ou 8°, et les levures hautes qui agissent entre 15 et 20°.

La levure doit être aérée ; c'est encore là une condition nécessaire du travail. Nous verrons plus tard qu'il est souvent d'usage de battre la levure au contact de l'air avant de l'introduire dans les cuves de fermentation. M. Pasteur a

reconnu que la levure avait une force fermentative d'autant plus grande qu'elle avait été plus aérée ; M. Delbrück a montré que les moûts chargés de drêche, fournissaient plus d'alcool que les moûts clairs et il a attribué ce fait à ce que, pendant la fermentation, les débris de drêche, soulevés par l'acide carbonique, ramenaient sans cesse à la surface de la cuve, à l'air par conséquent les globules de levure. Nous avons nous-mêmes constaté que des fermentations de ce genre fournissaient moins d'alcools supérieurs que les fermentations de moût clair, parce que, dans ces conditions, la fermentation alcoolique vraie avait été plus active, et que les organismes étrangers qui produisent la majeure partie des alcools supérieurs n'avaient pu se développer.

Il ne faut pas cependant exagérer l'aération de la cuve ; car M. Pasteur a démontré que l'air en excès poussait à la multiplication de la levure, au détriment de la production de l'alcool. Ce principe a été vérifié plusieurs fois depuis, et c'est ce principe que l'on met en pratique dans certaines fabriques de levure.

La bonne aération de la levure n'est pas suffisante pour en assurer le développement ; il faut en outre que la levure ait à sa disposition des

aliments minéraux, des aliments azotés, et des aliments hydrocarbonés.

Si l'on soumet à l'analyse organique une levure, préalablement desséchée, et si on la suppose débarrassée de ses cendres, on voit qu'elle contient en moyenne d'après M. Duclaux :

| | |
|---------------------|-----------|
| Carbone | 45 à 52,5 |
| Hydrogène | 6 à 7 |
| Oxygène | 30 à 39 |
| Azote | 9 à 15 |
| Soufre | 0,6 à 0,7 |

Le carbone, l'hydrogène et l'oxygène ont été empruntés soit aux matières ternaires que le moût contient, soit au sucre, au contact duquel la levure fermente. L'azote est pris aux matières azotées du moût ; il en est de même du soufre, que toutes les matières albuminoïdes contiennent en petite quantité. Toutes les matières azotées ne sauraient cependant être décomposées par la levure ; celle-ci ne peut assimiler l'albumine de l'œuf (M. Pasteur), la caséine, la fibrine (M. Mayer) ; mais elle assimile avec facilité les peptones, et nous avons vu que le malt contenait une peptase, capable de peptoniser les matières albuminoïdes et colloïdales ; elle assimile

plus facilement encore les corps dont la constitution se rapproche de la constitution des sels ammoniacaux, l'urée par exemple, et à fortiori les sels aminoniacaux eux-mêmes (M. Pasteur).

Si de l'analyse organique on passe à l'analyse élémentaire, on voit que la levure a assimilé ce carbone, cet hydrogène et cet oxygène, pour créer de la cellulose, de la matière grasse, et principalement ce corps hydrocarboné, encore mal défini, auquel nous donnerons plus loin le nom de glycogène; on voit également qu'elle a assimilé l'azote et qu'elle en a constitué la matière albuminoïde que sa cellule renferme en grande abondance. Cette analyse élémentaire de la levure a été faite par M. Belohoubek, et reproduite par M. Duclaux (microbiologie).

| | |
|--|--------|
| Corps hydrocarboné, glycogène. | 44,10 |
| Cellulose | 5,47 |
| Matière grasse | 2,80 |
| Acides organiques | 1,06 |
| Matières azotées | 40,98 |
| Matières minérales | 5,54 |
| Pertes | 0,05 |
| Total | 100,00 |

Mais l'alimentation de la levure, n'est pas purement hydrocarbonée et azotée; elle est égale-

ment minérale, et d'après les analyses de ses cendres, faites également et sur la même levure, dont nous venons de donner la composition, par M. Belohoubek, on peut prévoir quels sont les aliments minéraux, dont la levure peut avoir besoin.

| | |
|------------------------------|--------|
| Acide phosphorique | 51,09 |
| Acide sulfurique. | 0,57 |
| Silice. | 1,60 |
| Chlore | 0,03 |
| Potasse | 38,68 |
| Soude | 1,82 |
| Magnésie | 4,16 |
| Chaux. | 1,99 |
| Oxyde de fer | 0,06 |
| Total. | 100,00 |

LES

PRODUITS DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE

26. Parmi les produits que forme la levure au moment où elle agit sur les sucres pour les décomposer, il convient de signaler l'invertine. L'invertine est un ferment soluble, une diastase, que la levure sécrète, dès qu'elle entre en activité et qui a le pouvoir de transformer le

saccharose en dextrose et lévulose; peut-elle également dédoubler le maltose, et est-il nécessaire comme dans le cas du saccharose, que ce maltose soit transformé en glucoses, pour que la levure puisse le faire fermenter? C'est là un fait, qui n'a pas encore été bien étudié jusqu'ici.

Sans nous préoccuper ici de cette question, examinons quels sont les produits finaux de la décomposition du maltose. Ce sont ceux dont on constate la production quand on fait fermenter du glucose, du lévulose, du saccharose, en un mot un sucre quelconque. Peut-être ces différents produits, dont nous allons parler, ne sont-ils pas engendrés dans les mêmes proportions, par la fermentation du maltose, que par la fermentation des autres sucres; mais cette autre question n'a pas encore été, à notre connaissance du moins, élucidée scientifiquement.

C'est à deux composés seulement, l'alcool éthylique (C^2H^5O) et l'acide carbonique CO^2 , que se sont pendant longtemps bornées nos connaissances sur les produits de la décomposition des sucres par la levure, et Gay-Lussac, qui en avait pour la première fois découvert la formation, pensait que la somme des poids de ces deux corps était égale au poids du sucre dé-

composé; il avait établi alors une formule simple qui représentait cette décomposition.

M. Pasteur a vu, au début même de ses expériences sur la fermentation, qu'il n'en était pas ainsi, et qu'il fallait compter également comme produit de la destruction du sucre tout d'abord une certaine quantité de matière organisée, de levure par conséquent, puis deux corps, qu'il a rencontrés constamment dans les liquides fermentés, la glycérine ($C^3H^8O^3$), c'est-à-dire un alcool triatomique, celui qui fait partie de la constitution même des matières grasses neutres, et l'acide succinique ($C^4H^6O^4$), identique avec celui que l'on retire du succin ou ambre jaune.

Depuis, on a signalé, dans les produits de la fermentation du sucre, bien d'autres composés; c'est l'aldéhyde (C^2H^4O) et l'acide acétique ($C^2H^4O^2$) premiers produits de l'oxydation de l'alcool. Ce sont les alcools dits supérieurs, c'est-à-dire ceux qui font partie, comme l'alcool éthylique, de la série grasse, et qui contiennent plus de carbone et d'hydrogène que lui, l'alcool propylique (C^3H^8O), l'alcool isobutylique ($C^4H^{10}O$), et surtout l'alcool amylique ($C^5H^{12}O$); ce sont encore des glycols et spécialement le glycol isobutylénique, ce sont enfin les bases, étudiées par MM. Kræmer, Morin, etc.

Bien que les éthers ne soient que des produits secondaires résultant de la combinaison des alcools précités avec les acides et notamment avec l'acide acétique, il convient de les citer ; car ils donnent aux boissons alcooliques un goût et un arôme, dont il est facile de saisir l'importance.

Tous ces produits que nous venons d'énumérer sont évidemment en minime quantité par rapport à la grande masse d'alcool et d'acide carbonique, et l'équation de Gay-Lussac, qui représente ces deux corps se formant seuls aux dépens du sucre et en quantités à peu près égales, conserve encore au point de vue pratique tout son intérêt.

Tous ces produits sont-ils bien, et dans leurs proportions exactes, ceux de la vie de la levure ; il est au contraire probable qu'une portion de ces impuretés qui accompagnent l'alcool et l'acide carbonique est due au développement d'organismes étrangers. M. Lindet a observé ce fait à propos de la production des alcools supérieurs, qui sont engendrés, pour la plus grande partie du moins, par des infiniment petits autres que la levure, infiniment petits qui sont étouffés au début de la fermentation par la levure vraie, et reprennent leur ac-

tion quand celle-ci a terminé la sienne, infiniment petits dont le développement se fait beaucoup moins sentir dans les fermentations actives que dans les fermentations lentes. Ces organismes sont peut-être analogues à la bactérie que M. Perdrix vient de faire connaître (bactille amylozyme) et qui produit, aux dépens de l'amidon, de grandes quantités d'alcool amylique.

Les bases, dont nous avons également signalé l'existence à côté de l'alcool, sont dues pour une grande partie à l'action d'organismes autres que la levure (M. Lindet).

Ainsi donc, la question de l'origine des produits de la fermentation se complique de ce fait que le ferment employé n'est jamais d'une pureté absolue, et que les organismes étrangers à la levure peuvent de leur côté ajouter, à ceux de cette levure, leurs composés de sécrétion.

Elle se complique encore de ces autres faits que la levure, pour se reproduire et constituer sa cellule, doit respirer et donner de l'acide carbonique, qui n'est pas attribuable à la décomposition directe du sucre; qu'elle doit se nourrir, c'est-à-dire décomposer les matériaux hydrocarbonés et azotés à sa disposition, et que certains corps, dont la présence dans les produits fermentés

a pu être attribuée à l'action de la levure sur le sucre, doivent être considérés comme les résidus chimiques de son alimentation ; résidus chimiques dont la nature et les proportions peuvent varier avec la nature des matériaux que la levure désagrège, et avec les conditions dans lesquelles se fait cette désagrégation.

Elle se complique enfin de ce que la levure, vivant dans un milieu sucré, accomplit une fonction vitale, se divisant en plusieurs périodes, et que les produits excrétés par elle ne sauraient être les mêmes dans les unes et dans les autres.

Ceci nous amène par conséquent à exposer succinctement de quelle façon peut se produire l'acte de la fermentation alcoolique ; et comment cet acte est lié avec les différentes périodes de la vie de la levure.

M. Nægeli, puis M. Laurent, ont montré que, pendant la fermentation, la levure s'assimile le sucre qu'elle doit ensuite faire fermenter ; elle s'en fabrique une réserve hydrocarbonée, un glycogène, en le combinant à son tissu, puis le décompose à l'intérieur même de sa cellule. Mais elle ne décompose ce glycogène qu'à la condition de le reconstituer immédiatement en réabsorbant le sucre qui se trouve autour d'elle.

Voilà donc une première période de la vie fermentative de la levure, celle où elle assimile et désassimile continûment. La cellule est pleine, elle est dans toute l'activité de sa vie. A cette première période en succède une autre, celle où la levure n'ayant plus de sucre à sa disposition consomme sa réserve hydrocarbonée, son glyco-gène, sans en reconstituer de nouveau.

Enfin la levure arrive à accomplir une troisième période, dite d'autophagie; la cellule maigrit, se granule et se déforme, la levure vit sur elle-même, et consomme sa cellulose et sa matière grasse.

Les deux premières périodes ne sont pas essentiellement différentes, et il est possible que les produits sécrétés dans les deux cas soient les mêmes; mais ils ne sont certainement pas les mêmes, ou ne sont pas engendrés dans les mêmes proportions, quand s'accomplit la troisième période, la période d'autophagie.

MM. Béchamp, Schützenberger, Duclaux ont montré que, dans cette dernière période, il se produit beaucoup d'acide acétique, il se produit également de la leucine, de la tyrosine, dont nous n'avons pas fait mention à propos des corps résultant de la fermentation alcoolique. Enfin M. d'Udransky a émis l'opinion que la

glycérine elle-même prenait naissance pendant l'autophagie.

On voit alors combien cette question des produits de la fermentation alcoolique est difficile à résoudre. Où commencent les dernières périodes, où finissent les premières, et peut-on faire le départ des quantités produites pendant la fermentation alcoolique normale de celles produites pendant l'autophagie ? Peut-on séparer les corps provenant de la décomposition directe du sucre de ceux qui représentent les résidus chimiques de ce que la levure n'a pu assimiler, de ceux enfin qui ont pour origine le développement des organismes étrangers à la levure ?

CHAPITRE VI

—

LA BIÈRE

27. Il est presque superflu d'insister sur les qualités que la bière doit posséder. Il est évident que la bière doit être franche et agréable de goût. Il est évident aussi qu'elle doit contenir assez d'alcool pour lui donner de la force et lui permettre de se conserver, assez de dextrine pour lui donner de la bouche et former à la surface du verre une mousse persistante; elle doit renfermer assez d'acide carbonique pour être gazeuse.

La bière, au moment de son débit, doit être limpide et transparente; une bière qui est trouble est une bière dans laquelle la fermentation

n'est pas terminée, ou dans laquelle s'est développé un *saccharomyces* étranger, un ferment de maladie, le ferment du tour, le ferment de la pousse, le ferment de l'amer, etc. Quelquefois encore, le trouble que l'on constate dans la bière est dû à la présence d'une substance à laquelle on a donné le nom de glutine. Cette glutine provient de l'action de la diastase ou plutôt de la peptase sur les matières albuminoïdes de l'orge, sur le gluten en particulier; elle est soluble à chaud et se dépose par le refroidissement de la bière en caves. Ce sont les orges très azotées, les escourgeons, qui fournissent les bières les plus sujettes à être troublées par la glutine, et c'est dans les bières de fermentation basse qu'il est le plus souvent donné, à cause de la faible solubilité de la glutine à froid, d'en constater la présence.

La bière, pour être de bonne qualité, doit pouvoir être conservée le plus longtemps possible. L'alcool et le tannin en assurent la conservation en empêchant les organismes de maladie de se développer.

A l'examen extérieur que le brasseur peut faire de son produit peut succéder un examen chimique. Le brasseur peut doser dans sa bière l'alcool en faisant usage, soit d'un petit alam-

bie (alambic Salleron) soit d'un ébullioscope, (ébullioscope Amagat, Malligand, etc...). Il peut y doser l'extrait sec, c'est-à-dire rechercher la quantité de matières extractives contenues dans la bière, et dans ce but, il peut se contenter de prendre la densité de la bière (densité apparente), et la densité de la bière, débarrassée d'alcool, et ramenée à froid à son volume primitif (densité réelle). Il peut même, dans ces liquides, doser le maltose, qui n'a pas subi la fermentation, doser également la dextrine : les procédés sont ceux que nous avons indiqués pour l'analyse du malt.

Si le brasseur veut se rendre compte de la marche de la fermentation, il doit comparer l'extrait du moût et l'extrait de la bière, et estimer ainsi ce qu'il nomme l'*atténuation*. Il retranche la densité apparente de la bière de la densité du moût, divise cette différence par la densité du moût, et il obtient ainsi le degré d'atténuation apparente. Il peut également substituer à la densité apparente dans le numérateur de cette fraction la densité réelle, et il obtient alors le degré d'atténuation réelle. Ces prises de densité ont lieu au moyen des saccharomètres dont nous avons parlé plus haut.

Nous avons relevé à l'Exposition de brasserie,

qui se tint à Paris en 1887, les analyses que différents brasseurs avaient fait faire de leur bière par le laboratoire municipal, et qu'ils affichaient devant leurs kiosques de débit. Nous extrayons de ces analyses les chiffres suivants :

| Brasseries | Alcool 0/0 | Extrait 0/0 | Sucra réducteur 0/0 | Dextrine 0/0 |
|---------------------------------------|---------------|----------------|---------------------------|-----------------|
| <i>Comète</i> (Châlons-sur-Marne) . | 5,8 | 7,77 | 1,16 | 3,14 |
| <i>Flèche d'or</i> (Savigny-sur-Orge) | 4,5 | 7,48 | 1,24 | 3,13 |
| <i>Gallia</i> (Paris) | 5,5 | 7,09 | 0,79 | 4,20 |
| <i>Maxéville</i> (près Nancy) . . | 4,9 | 8,28 | 1,47 | 2,88 |
| <i>Méditerranée</i> (Marseille) . . | 5,8 | 6,30 | 0,62 | // |
| <i>Peters</i> (Puteaux, Seine) . . | 6,4 | 7,13 | 0,94 | 4,32 |
| <i>Cirier</i> (Saint-Germain) . . | 4,5 | 6,65 | 0,65 | 3,48 |

CHAPITRE VII

LA DRÊCHE ET LES TOURAILLONS

28. La drêche. — La drêche est le résidu, formé de la partie ligneuse du grain, qui a résisté à la saccharification ; elle contient, à côté de la cellulose, de la matière azotée et de la matière minérale, et constitue par conséquent pour le bétail un aliment de premier ordre.

Pour donner une idée de la valeur de cette drêche, nous avons, avec les malts produits plus haut, fabriqué des mouls de bière ; la drêche a été séchée et on y a dosé ensuite les matières azotées et les matières minérales. Ces matières azotées et ces matières minérales ont été rapportées non pas à 100 de drêche, mais à 100 de malt. Cette manière de faire nous a semblé préférable, en ce sens que le prix de vente

de la drèche est établi, non pas sur le poids brut de cette drèche, mais sur le poids du malt, qui l'a fourni.

| Matières dosées | Orge Chevalier | Orge de Hongrie | Escour- geon | Orge d'Algérie |
|---|-------------------|-----------------------|-----------------|-------------------|
| Drèche sèche $\frac{0}{10}$ du malt . | 28,5 | 23,5 | 30,2 | 29,2 |
| Matière azotée $\frac{0}{10}$ du malt . | 5,17 | 5,14 | 5,09 | 5,07 |
| Mat. minérale $\frac{0}{10}$ du malt . | 1,45 | 1,09 | 1,74 | 1,31 |

29. Touraillons. — Les touraillons qui provenaient de dégermage de nos malts ont été analysés également ; ils ont présenté la composition suivante, rapportée à 100 de touraillons secs.

| Matières dosées | Orge Chevalier | Orge de Hongrie | Escour- geon | Orge d'Algérie |
|--|-------------------|-----------------------|-----------------|-------------------|
| Touraillons secs $\frac{0}{10}$ du malt | 2,0 | 2,8 | 1,8 | 2,1 |
| Mat. azotée $\frac{0}{10}$ du touraillon. | 29,31 | 33,59 | 25,67 | 30,12 |
| Mat. minérale $\frac{0}{10}$ du touraillon | 6,80 | 6,22 | 7,77 | 6,32 |

En général, ces touraillons sont mélangés à la drèche, et vendus ainsi pour la nourriture des animaux.

DEUXIÈME PARTIE

PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE PREMIER

FABRICATION DU MALT

30. La fabrication du malt, c'est-à-dire la transformation de l'orge en orge germée, est une opération distincte dans le travail de la brasserie, si distincte même que certains brasseurs achètent leur matière première des mains d'industriels spéciaux nommés malteurs. Si cette manière de faire n'est pas essentiellement économique, elle a l'avantage d'éloigner la mal-

terie de la brasserie. La malterie en effet amène dans la brasserie des poussières qui proviennent du nettoyage des grains, du dégermage, du concassage ; or, parmi les poussières, il est bien fréquent de rencontrer des germes de maladie. C'est dans ce même ordre d'idées que certains brasseurs, qui font eux-mêmes leur malt, ont installé leurs ateliers de malterie loin de leurs ateliers de brassage.

Ce n'est pas aussitôt après la récolte qu'il convient de faire germer l'orge ; l'expérience démontre qu'elle germe alors irrégulièrement, et qu'il est préférable d'attendre deux mois environ pour procéder au maltage. L'opération ne peut guère commencer avant octobre.

Elle ne doit pas non plus être prolongée au-delà du mois de mars ou d'avril, car, lorsque arrivent les chaleurs, la germination cesse de se faire dans de bonnes conditions ; le malt fabriqué pendant l'été n'a jamais les qualités du malt fabriqué pendant l'hiver, et à basse température, alors que les grains mouillés ne sont exposés ni à sécher spontanément, ce qui arrêterait la germination, ni à fermenter et à pourrir, ce qui les rendrait impropres au travail de la brasserie.

31. Nettoyage et classement des grains.

— Les grains avant d'être employés à la malterie subissent un nettoyage qui sera d'autant plus parfait que le brasseur sera plus soucieux de la qualité de sa bière. Ce nettoyage consiste en général à faire passer la graine dans un crible et dans un tarare. Le crible a pour but de séparer des grains les matières étrangères qui les souillent, le sable, les mottes de terre, etc...; le tarare a pour but d'enlever, par une aspiration ménagée, une partie de la poussière qui était adhérente à la surface de ces grains. Il est inutile de signaler l'importance que possède surtout cette dernière opération, puisqu'elle enlève les poussières au milieu desquelles se trouvent les ferments nuisibles. Il y aurait même intérêt, dans les grandes brasseries surtout, à soigner davantage ce nettoyage, et à employer les machines perfectionnées dont la meunerie fait usage pour le nettoyage de ses grains.

A cette première opération, il est bon d'en faire succéder une seconde, qui consiste à classer et diviser les grains suivant leur grosseur; car si l'on soumet au trempage des grains de taille différente, on constatera dans l'hydratation de ces grains des irrégularités, qui se manifestent au moment de la germination et qui nuisent

à la qualité du malt. Ce classement des orges s'obtient au moyen d'un crible semblable à ceux que le commerce des grains emploie fréquemment.

32. Trempage de l'orge. — Les cuves de trempage, dites *cuves mouilloires*, sont en ciment ou en tôle de fer, recouvertes d'un enduit au minium. Elles sont rectangulaires ; leurs dimensions sont extrêmement variables ; leur largeur est d'ordinaire 2 mètres à 2^m,50, leur profondeur est à peu près la même, et leur longueur varie de 3 à 10 mètres ; elles peuvent contenir à la fois depuis 300 jusqu'à 1000 kilogrammes d'orge. Elles portent à la partie supérieure un robinet, qui permet d'y amener de l'eau pure et froide ; elles portent à la partie inférieure une soupape, pouvant être mue de l'extérieur, et au moyen de laquelle il est facile de faire écouler vers les germoirs l'orge trempée. Les cuves sont munies de thermomètres.

Dans la cuve mouilloire, on fait arriver l'eau froide, à 10 ou 15° centigrades, puis on y verse le grain que l'on veut mouiller ; en opérant de cette façon, et non de la façon contraire, on a l'avantage de voir, à la surface de la cuve mouilloire, nager les grains légers, les grains

avariés, que l'on doit se garder de faire entrer dans la fabrication, et que de cette façon on élimine aisément.

L'orge reste ainsi au repos, au contact de l'eau froide pendant 60 heures environ ; pour éviter que l'orge ne s'épuise partiellement au contact de l'eau, on fait en sorte de ne pas renouveler l'eau, on fait en sorte également de ne pas remuer l'orge dans la cuve mouilloire.

Plusieurs signes extérieurs permettent à l'ouvrier malteur de juger si l'orge est suffisamment trempée. Coupée entre les dents, elle doit offrir un degré de mollesse déterminée, que l'ouvrier a l'habitude de saisir ; elle doit également, précisément à cause de ce degré de mollesse, se laisser traverser avec une certaine facilité par la pointe d'une aiguille ; enfin le grain coupé en deux, et frotté sur un corps rugueux, sur une poutre de bois, sur la paroi de la cuve, par exemple, doit laisser une trace blanche d'amidon.

Quand le grain est suffisamment trempé, on le fait écouler par la bonde de fond, et soit au moyen de petits chariots, soit au moyen de vis d'Archimède, disposées horizontalement et tournant à l'intérieur de caisses de bois, on le dirige vers les germeoirs.

33. Germination. — La germination de l'orge mouillée a lieu ordinairement dans des salles spéciales, dites *germoirs*, où elle est étalée en couches et pelletée à intervalles réguliers ; elle peut être également, au moyen de procédés mécaniques et pneumatiques, obtenue dans des conditions plus rapides et plus économiques. Nous aurons donc à distinguer les deux manières de faire.

Germination ordinaire. — Les germoirs sont en général des salles basses et voûtées. On les construit en sous-sol, mais en ayant soin que ce sous-sol fasse partie du bâtiment même de la brasserie ou de la malterie ; de cette façon on évite que ce germoir soit trop humide et soit exposé à recevoir des infiltrations d'eau. Les germoirs étant au sous-sol et voûtés, ils reçoivent la lumière de soupiraux latéraux, et qui, partant de la partie supérieure du pied-droit de la cave, vont rejoindre le sol. Ces soupiraux sont faciles à fermer, au moyen de trappes ou de fenêtres, de façon à pouvoir régler aisément l'accès de l'air chaud ou l'accès de la lumière. On sait que l'obscurité a une influence générale sur la germination des plantes ; les brasseurs attachent une grande importance à ce que l'orge en

germination ne soit exposée qu'à une lumière diffuse.

Les germoirs ont des dimensions extrêmement variables ; les bons types de germoirs ont 3^m,50 à 4 mètres de hauteur au sommet de la voûte, 8 mètres de large ; leur longueur peut atteindre depuis 10 jusqu'à 50 mètres.

Le sol du germoir est dallé ou fait en ciment sur béton, ou encore fait en briques sur champ, recouvertes de ciment ; il ne doit présenter ni interruptions dans le jointoiement des dalles, ni fissures, dans lesquelles l'eau d'égouttage de l'orge ou l'eau du nettoyage séjourneraient pendant la germination et qui s'opposeraient ainsi à un nettoyage parfait du germoir. Les murs et le plafond voûté doivent être fréquemment peints à la chaux pour éviter le développement des organismes de maladie, et spécialement des moisissures.

L'orge trempée est étalée sur le sol du germoir en un seul tas rectangulaire, qui se trouve distant de 60 à 75 centimètres du mur, pour trois côtés du germoir et de 2 à 3 mètres pour le quatrième côté ; cette disposition est nécessitée par la pratique du pelletage. Les tas sont établis d'une façon régulière, et les couches, bien égalisées à la pelle, doivent avoir une hauteur de

15 à 25 centimètres suivant la température à laquelle l'orge est soumise pendant la germination.

Au bout de 48 heures environ, l'orge *pique*, puis la radicule se développe, et l'orge *fourche*. Si l'on abandonnait ainsi l'orge à elle-même, on ne tarderait pas à voir les radicelles se feutrer, en s'enchevêtrant les unes dans les autres ; il faut au contraire que chacun des grains d'orge puisse germer, ayant ses radicelles indépendantes de celles du grain voisin ; il faut en outre que la masse ne s'échauffe pas, et c'est à ce double résultat que l'on parvient en procédant aux pelletages.

L'ouvrier, muni d'une pelle plate en bois, placé dans l'espace réservé de 2 ou 3 mètres entre le mur et la couche, et ayant la couche à sa droite, entame le tas d'orge en rejetant à sa gauche et à 60 ou 75 centimètres du mur la pelletée d'orge qu'il enlève ; il détache ainsi, en avançant d'un pas, à chaque pelletée, une bande d'orge, parallèle à l'un des côtés du rectangle, et forme une nouvelle bande à 60 ou 75 centimètres du mur opposé. Il revient en arrière, détachant une nouvelle bande et la juxtaposant contre la bande précédemment établie, et ainsi de suite jusqu'à ce que la couche, gardant ses dimen-

sions rectangulaires, soit entièrement transportée parallèlement à elle-même, de droite à gauche, par rapport à l'opérateur ; à ce moment l'espace réservé de 2 ou 3 mètres se trouve du côté opposé où il se trouvait tout à l'heure. L'ouvrier pelleteur a soin, au moment où il jette sa pelletée d'orge, de la retourner, de façon que les grains qui se trouvaient à la partie supérieure de la couche se trouvent maintenant à la partie inférieure. Il a soin en outre de projeter en l'air sa pelletée, et de faire en sorte que les grains se refroidissent au contact de l'air, de faire en sorte également que les radicelles reprennent entre elles leur indépendance. Les pelletages doivent être fréquents, surtout au commencement de la germination, au moment où les radicelles tendent à s'enchevêtrer. A la fin ils sont moins utiles. En général, on les exécute toutes les 8 ou 10 heures.

Au bout d'une dizaine de jours, si l'on a eu soin de maintenir la température vers 15° C. la germination peut être arrêtée ; la plumule mesure les $\frac{3}{4}$ de la longueur du grain.

Germination mécanique et pneumatique. — Depuis quelques années, on s'attache, dans le but d'économiser le temps, la main-d'œuvre et

l'emplacement, à produire la germination de l'orge sur une épaisseur, non plus de 15 à 25 centimètres, mais de 60 à 75 centimètres. Dans ces conditions, on ne saurait songer à pelleter à bras d'homme, et il est nécessaire que le germoir soit muni de pelleteurs mécaniques. Il est nécessaire également, pour activer la germination, de faire constamment traverser la couche d'orge par un courant d'air humide et froid. Nous aurons donc à examiner, après avoir fait la description de ces nouveaux germoirs, les pelleteurs mécaniques et les ventilateurs.

Dans des salles basses, voûtées, également peu éclairées, sont disposées en quelque sorte des caisses rectangulaires ayant, par exemple, de 3 à 5 mètres de largeur sur 15 à 25 mètres de longueur. Les parois de ces caisses sont formées par un mur de maçonnerie cimentée, et le fond en est fait de plaques de tôle perforée, juxtaposées en plancher à 60, 70 centimètres au-dessus du sol du germoir. Ces plaques de tôle peuvent, au moyen d'une charnière, être relevées contre les parois de la caisse, et il est facile, grâce à ce dispositif, de débarrasser les plateaux du malt, dont la germination est terminée. Il suffit de faire avancer au-dessous d'eux un petit chariot, de faire tomber dans ce chariot le malt, en rele-

vant les tôles au fur et à mesure qu'elles sont dégarnies.

Parallèlement à la plus petite dimension de la caisse rectangulaire, et occupant toute la largeur de cette caisse, se trouve disposé le bâti qui porte les pelleteurs mécaniques ; ces pelleteurs, au nombre de huit, sont formés d'éléments de vis d'Archimède, qui s'enfoncent dans la couche, comme s'enfonceraient des tire-bouchons. Chacune des vis ne compte que deux ou trois spires, et ces spires sont alternativement dextrogyre sur un pelleteur, lévogyre sur le pelleteur suivant. Les spires ont environ 30 centimètres de diamètre. Par un mécanisme, qu'il est facile d'imaginer, et dont la partie essentielle est une sorte de roue à crémaillère, le bâti qui porte les pelleteurs peut être animé d'un mouvement lent d'avant en arrière et d'arrière en avant (1 mouvement en cinq minutes), tout le long du germoir. C'est donc en faisant accomplir à l'appareil ce mouvement, et cela toutes les huit ou dix heures en moyenne, plus fréquemment au commencement qu'à la fin de l'opération, que l'on parvient à remplacer le pelletage à bras, et à retourner cette couche de 60 à 70 centimètres de hauteur.

Mais, comme nous l'avons dit, la germination

serait irrégulière si l'on ne se préoccupait pas d'humidifier et d'aérer continuellement la couche d'orge. C'est à quoi l'on parvient, soit en refoulant au moyen de ventilateurs au-dessous des plaques de tôle qui forment le fond du germoir, soit en aspirant au-dessus de la couche d'orge, au moyen d'un ventilateur également, un courant d'air humide. Ce courant d'air est produit en forçant l'air du ventilateur à traverser une série de tambours rotatifs, verticaux, dont la surface cylindrique est en tôle perforée, et est continuellement arrosée d'eau froide ; on parvient au même résultat, en faisant passer le courant d'air du ventilateur à travers un lit de coke, humecté d'eau à basse température. Lorsque la germination est complète, on substitue au courant d'air humide un courant d'air sec, qui détermine un commencement de dessiccation du malt.

De même que dans le cas du maltage ordinaire, la germination est arrêtée quand la plume mesure les $\frac{3}{4}$ de la longueur du grain. Comme dans le cas précédent aussi, la germination dure une dizaine de jours, le maltage pneumatique et mécanique n'ayant l'avantage que de permettre le travail régulier sur une couche dont la hauteur dépasse de beaucoup la hauteur ordinaire.

34. Tourailage. — Le tourailage a pour effet de dessécher l'orge qui sort du germoir. Les tourailles sont des pièces rectangulaires en maçonnerie, mesurant de 7 à 10 mètres de chaque côté, mesurant de 12 à 15 mètres de hauteur. A la partie inférieure se trouve le foyer, et au-dessus de ce foyer, les toiles métalliques, où l'orge, étalée en couches de 10 centimètres, se dessèche progressivement ; au-dessus enfin, le bâtiment se termine par une courte cheminée droite, destinée à enlever la vapeur d'eau produite par la dessiccation du malt.

La chaleur nécessaire au tourailage peut être produite de façons différentes.

Tantôt, à la base de la touraille, se trouve disposé un foyer à coke, dont les gaz chauds traversent simplement les étages de la touraille pour s'échapper par la cheminée. La touraille est dite alors « touraille à fumée ».

Tantôt on construit, au-dessus même de ce foyer à coke, des buses, extérieures à la touraille, par lesquelles s'enfile continuellement un courant d'air, appelé par le tirage général. Quand la touraille n'est pas assez élevée pour produire ce tirage, on place à la partie supérieure de la cheminée un petit ventilateur, ou bien on détermine un courant d'air forcé en envoyant dans

la pièce qui renferme la base de la touraille, l'air d'un ventilateur.

Tantôt enfin la partie inférieure de la touraille renferme un calorifère, et c'est l'air chaud de ce calorifère qui, traversant les plateaux, produit la dessiccation de l'orge ; la touraille est alors dite à air chaud. Il est nécessaire dans ce cas, pour amortir la température du calorifère, d'envoyer en même temps un courant d'air froid.

Entre le foyer, quel qu'il soit, et le plateau inférieur, se trouve un étage intermédiaire qui comprend la chambre de distribution ; il faut en effet que l'air chaud et l'air froid, que l'air et la fumée, se présentent à l'orge dans un état de mélange suffisamment homogène pour que la dessiccation se fasse régulièrement. L'appareil de distribution est formé par une série de carneaux, disposés horizontalement sous forme d'étoiles, à l'intérieur desquels circulent les gaz qu'il s'agit de mélanger. Ceux-ci s'échappent de ces carneaux, par de petites ouvertures latérales, qui les obligent à ralentir leur marche et leur permettent de se diffuser les uns dans les autres.

Au-dessous enfin de cet appareil de distribution est un toit de tôle, qui sert à la fois à rassembler, pour ainsi dire, les gaz chauds, et à empêcher que les radicelles desséchées sur les

plateaux supérieurs, venant à traverser les toiles métalliques, ne tombent soit sur l'étoile de distribution, dont elles obstrueraient les ouvertures, soit sur le foyer incandescent.

Les plateaux sur lesquels le malt est étalé sont en général au nombre de deux. Ils sont carrés ou rectangulaires, et mesurent de 7 à 10 mètres de côté. Ils sont supportés par des traverses et tringles de fer. La surface des plateaux est, tantôt formée d'une simple tôle perforée, tantôt constituée par une série de fils de fer, disposés parallèlement et écartés l'un de l'autre d'un millimètre environ. Ces fils sont maintenus rigides et parallèles, par leur enroulement autour de tringles de fer, perpendiculaires à ces fils, et distantes les unes des autres de 10 à 15 centimètres. Le plateau supérieur porte en outre des ouvertures, faciles à fermer au moyen de trappes en tôle perforée ou en tissu de fil de fer, permettant de faire écouler le malt du plateau supérieur sur le plateau inférieur.

Dans le mur de la touraille sont percées deux portes à la hauteur de chacun des plateaux, de façon à pouvoir entrer aisément dans la touraille. Ces portes, et principalement celle du plateau inférieur, servent pour le déchargement du malt desséché.

Quand la touraille a deux plateaux, ce qui est le cas tout à fait général, ces plateaux ont entre eux une distance de 2 mètres à 2^m 50. Le malt séjourne sur chaque plateau 24 heures, y compris le temps nécessaire au chargement et au déchargement.

La conduite du foyer, le tirage, l'accès de l'air, sont calculés de façon que le malt, qui est étalé sur le plateau supérieur, soit soumis pendant les 24 heures nécessaires à sa dessiccation à une température qui s'élèvera progressivement de la température ordinaire à celle de 75-76° C., et que celui qui couvre le plateau inférieur soit échauffé progressivement aussi jusqu'à la température de 98-99° C. On répand alors sur le plateau supérieur l'orge qui sort du germoir, et quand elle a subi une dessiccation presque complète, on la descend, au moyen des trappes dont il a été parlé plus haut, sur le plateau inférieur. Naturellement les deux plateaux sont chargés à la fois, le premier du malt humide, le second du malt qui a subi le travail de dessiccation sur le premier.

Pour que la dessiccation se fasse d'une façon régulière, il est nécessaire de venir sur les plateaux de la touraille pelleter l'orge qui se dessèche ; il est nécessaire également d'y pénétrer

pour l'y répartir uniformément. Ce pelletage se fait dans des conditions analogues à celles indiquées pour le pelletage au germoir. Quand le malt est suffisamment sec pour être évacué hors du plateau inférieur, on le ramasse au moyen d'une large pelle, munie de rebords élevés, que l'on pousse d'un côté et que l'on traîne de l'autre au moyen de cordes, sur le plateau même de la touraille.

Pour éviter le pelletage, qui constitue une opération dangereuse et pénible pour les ouvriers malteurs, on munit fréquemment chacun des plateaux de pelleurs mécaniques.

Ces pelleurs sont toujours portés par un arbre horizontal qui a la largeur de la touraille, et qui, à l'aide d'une chaîne sans fin s'enroulant sur deux pignons dentés, peut recevoir, en même temps qu'un mouvement de rotation sur lui-même, un mouvement d'avant en arrière et d'arrière en avant, qui l'oblige à parcourir toute la longueur de la touraille. L'arbre dont il a été parlé plus haut et qui se trouve distant de 20 centimètres environ du plateau porte des agitateurs. Tantôt ces agitateurs sont formés de palettes perpendiculaires, qui, à chaque rotation, de l'arbre, viennent plonger dans le grain en dessiccation, et le soulever pour le laisser retom-

ber ensuite ; quelquefois aussi, sont montés sur l'arbre, des lames chantournées, nues ou garnies de brosses, qui sont assemblées de façon à former un tambour allongé, dont l'arbre représente l'axe de rotation.

Il a été dit plus haut que le malt se desséchait presque entièrement sur le plateau supérieur, et que la quantité d'eau évaporée sur le plateau inférieur était insignifiante. Le séjour de l'orge sur celui-ci est cependant indispensable ; le malt y prend un goût, un arôme, qu'il est nécessaire de voir s'y développer ; le malt y grille. Le rôle que l'on demande à chaque plateau d'accomplir est alors essentiellement différent ; aussi faut-il, au plateau supérieur, donner beaucoup de ventilation et peu de chaleur, pour amener rapidement la dessiccation du malt ; faut-il, au plateau inférieur, donner de la chaleur et peu de ventilation pour déterminer une légère torrification de l'orge ; or, en général, la touraille a deux plateaux, et l'air chaud qui doit amener la ventilation de la couche supérieure traverse inutilement la couche inférieure ; de même, la couche du second plateau n'a pas besoin de la chaleur que l'on applique à la couche du premier. Aussi plusieurs brasseurs préfèrent-ils faire usage de deux tourailles à un seul plateau ; dans l'une

on envoie beaucoup d'air et peu de chaleur, pour ne diriger dans l'autre que de la chaleur sèche.

35. Dégermage. — Les radicules desséchées ne sauraient entrer à la brasserie. Leur friabilité permet de les détacher très aisément du grain.

Les grains de malt, munis de leurs radicules, sont introduits dans un crible rotatif, à l'intérieur duquel ils roulent les uns sur les autres ; les radicules se brisent et se séparent. Le crible est garni extérieurement d'une grosse toile métallique qui laisse passer les radicules, et retient le malt dégermé.

A ce dégermage, il est bon de faire succéder un nettoyage, au moyen de brosses rotatives et de tarares ; plus les grains ont une surface brillante et nette de poussières, moins ils apportent au brasseur de germes étrangers.

Souvent le malt n'est pas employé immédiatement (cette manière de faire est d'ailleurs préférable) ; il doit être alors conservé en sacs ou mieux encore en silos, c'est-à-dire dans une vaste chambre, tenant la hauteur de plusieurs étages, et dont les parois sont faites de planches de bois. A la partie inférieure, le silo se termine en tronc de pyramide ; il est fermé par

une trappe qui permet, au fur et à mesure des besoins, l'évacuation du malt. C'est toujours débarrassé de ses radicules que le malt doit être conservé. S'il en était autrement, on verrait les radicules desséchées absorber l'humidité atmosphérique et devenir le siège de moisissures.

Quand le malt a été conservé en magasin, c'est au sortir du magasin et au moment où il va être concassé qu'il doit subir le nettoyage dont nous venons de parler.

36. Concassage. — Le concassage du malt dégermé et nettoyé a lieu entre deux cylindres de fonte trempée, et qui portent à leur surface soit des saillies parallèles à leurs génératrices, soit des cannelures disposées en hélice. Ces deux cylindres sont disposés dans le plan horizontal et sont établis sur un bâti de fonte : l'un est à poste fixe ; l'autre peut être, parallèlement à lui-même, rapproché ou éloigné du premier. Au-dessus de ces cylindres se trouve une trémie, munie d'un distributeur, qui répartit uniformément les grains sur toute la longueur des cylindres.

Le malt ne doit pas être moulu ; il doit être simplement concassé en trois ou quatre fragments. Par une mouture trop fine, on obtiendrait

une farine qui formerait magma à la saccharification ; en outre, l'enveloppe serait fragmentée trop finement, et viendrait boucher les trous de la tôle perforée de la cuve-matière, à travers lesquels doit avoir lieu la filtration du moût.

CHAPITRE II

BRASSAGE

37. — C'est en opérant de façons bien différentes et en appliquant sous des formes variées les principes de la saccharification diastasique, que le brasseur parvient à transformer l'amidon du malt en maltose et en dextrine, et à fabriquer le moût sucré qui doit donner la bière.

Tantôt on le voit recouvrant le malt concassé d'eau tiède, produire un brassin et soumettre à l'ébullition une partie de ce brassin : il fait alors de la *décoction* ; tantôt il épuise simplement le malt par des additions successives d'eau bouillante ; il fait alors de l'*infusion*.

Toutes les bières françaises étaient fabriquées

autrefois par infusion, comme sont fabriquées encore aujourd'hui les bières anglaises et les bières belges, et l'on rencontre encore dans le nord de la France, dans le centre et spécialement à Lyon, nombre de brasseries, qui travaillent encore par les anciens procédés. Mais depuis plusieurs années, on a vu, en France, s'introduire les procédés de décoction, tels qu'ils sont pratiqués en Autriche et en Allemagne. Ces procédés de décoction, et notamment le procédé bavarois, se répandent de jour en jour dans nos brasseries perfectionnées, le goût des bières allemandes, de fermentation basse, que l'on obtient par ce procédé, devenant de plus en plus recherché ; on rencontre de ces brasseries travaillant au procédé bavarois dans toutes les parties de la France, à Paris, à Châlons, à Nancy, à Compiègne, à Tours, à Chartres, à Nantes, à Lyon, à Saint-Etienne, etc... etc... L'ancienne fabrication de la bière de Lyon n'a pas complètement disparu, mais elle perd du terrain tous les jours, et les procédés d'infusion auxquels nous avons fait allusion tout à l'heure se cantonnent de plus en plus dans le Nord, où ils ont encore une très grande importance. Ils répondent aux procédés de fermentation haute et produisent une bière d'un goût spécial, d'un

prix relativement peu élevé et, comme il a été dit déjà au commencement de ce volume, une bière à laquelle la population du nord de la France ne renoncera pas de sitôt. A Lille, et dans d'autres villes du Nord, on rencontre un procédé de brassage, qui se rapproche à la fois des procédés d'infusion et des procédés de décoction, et que nous pourrions appeler le procédé mixte.

Nous commencerons d'abord par étudier le procédé par décoction bavarois, comme étant celui qui est le plus scientifiquement répandu, et celui qui produit la bière de plus fine qualité et de meilleure conservation ; c'est à ce procédé surtout que nous consacrerons la plus grande partie de ce chapitre. Nous étudierons ensuite les procédés par infusion ; nous examinerons enfin le procédé mixte ou procédé lillois.

PROCÉDÉ PAR DÉCOCTION BAVAROIS

DEUX TREMPES ÉPAISSES ET UNE TREMPÉ CLAIRE

38. Nous allons tout d'abord décrire les différentes opérations que le brasseur devra exécuter ; nous examinerons ensuite en détail les différents appareils dont il pourra faire usage pour pratiquer ces opérations.

Disons tout d'abord que pour obtenir 100 hecto-

litres d'une bière répondant aux qualités des bières allemandes par décoction et fermentation basse, il faut employer 2500 à 3000 kilogrammes de malt et 120 hectolitres d'eau environ.

39. Exposé des opérations. — Le premier soin du brasseur est d'hydrater le malt concassé, c'est-à-dire d'en faire, avec de l'eau tiède, une bouillie épaisse. C'est ce qu'il appelle *faire la salade*. Cette opération peut être conduite dans la cuve même où se fera la saccharification et que nous appellerons cuve-matière ; elle peut être faite également avant l'introduction du malt dans la cuve-matière, au moyen d'un appareil spécial que nous décrirons sous le nom d'hydrateur ou *Vormaische*. Cette opération n'a d'autre but que de dissoudre la diastase et de préparer ainsi la saccharification. Sur le malt, le brasseur doit ajouter toute l'eau qui lui est nécessaire pour faire son brassin, et il doit l'ajouter suffisamment chaude pour que la température du mélange soit de 35 à 38° C. (28 à 30° R).

Quand le malt est resté au contact de l'eau tiède pendant dix ou quinze minutes, le brasseur procède à la première *trempe épaisse* (1^{er} *Dichmaische*). Au moyen d'une pompe, il enlève de la cuve-matière environ le $\frac{1}{3}$ du moût

pâteux et le dirige dans une cuve spéciale, que nous appellerons cuve à *Maisches* ou cuve à vager, parce que, dans cette cuve, l'agitateur produira à la surface du liquide des remous continuels. Dans cette cuve le brasseur élève progressivement la température du moût, se maintenant le plus longtemps possible vers 62-63°C. (50° R.), c'est-à-dire vers la température optimale de saccharification, dépassant ensuite ce point pour porter enfin franchement le moût à l'ébullition. Ce chauffage progressif doit être accompli en une heure, une heure et quart. Il est facile de se rendre compte que, dans la portion du moût ainsi réchauffée, une partie de l'amidon s'est saccharifiée, mais qu'une autre partie, n'ayant pas eu le temps de subir l'action de la diastase, s'est transformée en empois ; ainsi modifié, l'amidon est devenu plus aisément saccharifiable par la diastase qu'on va lui présenter tout à l'heure ; en effet, le brasseur, aussitôt l'ébullition atteinte, met en contact le moût bouillant et le moût resté tiède dans la cuve-matière. La diastase du moût réchauffé a été détruite par l'ébullition, mais celle du moût tiède est en quantité suffisante pour achever la réaction. Par suite de ce mélange, la température du moût s'élève à 50°C. (40° R.).

Dès que les deux moûts sont, grâce au jeu des agitateurs de la cuve-matière, convenablement mélangés, le brasseur commence la seconde *trempe épaisse* (2° *Dichmaische*). Il prélève encore, au moyen de la pompe, le tiers du moût pâteux que la cuve renferme, et le réchauffe dans les mêmes conditions que tout à l'heure, lentement quand il se trouve dans les environs de la température de 50° R., brusquement quand il approche de l'ébullition. Le chauffage ne dure plus aussi longtemps ; $\frac{3}{4}$ d'heure suffisent pour produire le résultat, et quand l'ébullition est atteinte, le moût bouillant est rejeté dans la cuve matière, et produit par son mélange, avec le moût tiède, une température finale de 62-63° C. (50° R.).

Le brasseur donne alors une troisième trempe. Mais ce n'est plus une *trempe épaisse*, c'est une *trempe claire* (une *Lautermatische*), c'est-à-dire qu'il soutire, en laissant le liquide se décantier, une quantité de moût clair, représentant environ le tiers du moût total, et qu'il le réchauffe dans des conditions identiques à celles dans lesquelles il a réchauffé les trempes épaisses. La durée du chauffage est d'une $\frac{1}{2}$ heure à $\frac{3}{4}$ d'heure, et, comme dans les cas précédents, ce chauffage aboutit à l'ébullition du moût, qui est immédiatement rejeté sur le moût pâteux de la

cuve-matière ; la température du mélange atteint alors 72°-75° C. (58-60° R.).

Ainsi donc c'est au moyen d'une hydratation, de deux trempes épaisses et d'une trempe claire que s'obtient la saccharification du malt. Il est à peine besoin de faire remarquer que, pendant ces décoctions, les matières contenues dans le moût se modifient, que le sucre s'y caramélise, que certaines substances encore mal connues y prennent un arôme, un goût qu'elles ne possédaient pas auparavant. Les modifications ne doivent pas être les mêmes quand on donne la trempe claire, ou quand on donne la trempe épaisse, et l'on comprend par conséquent que cette manière de faire, qui communique à la bière un goût spécial, soit respectée exactement par le brasseur qui veut produire une bière d'un type déterminé, emportant avec elle, pour ainsi dire, sa marque de fabrique.

La troisième trempe est faite, et le moût est abandonné à lui-même, au repos, pendant une heure environ, dans la cuve-matière, ou dans une cuve spéciale, la cuve à filtrer.

Par le faux-fonds perforé de l'une ou de l'autre de ces cuves, on soutire le moût clair (*on met la cuve en perçe*), et l'on dirige ce moût clair vers la cuve à houblonner.

Commence alors la cuisson et le houblonnage de la bière. Le moût est introduit dans la cuve, comme il vient d'être dit, et là, porté franchement à l'ébullition. L'ébullition dure de trois à quatre heures, et c'est pendant cette ébullition que l'on ajoute le houblon destiné à parfumer, aromatiser la bière, en même temps qu'à précipiter les matières albuminoïdes qu'elle contient. La quantité qu'il en faut employer varie de 250 à 350 grammes par hectolitre, soit 25 à 35 kilogrammes pour les 100 hectolitres que nous nous sommes proposé de fabriquer. Certains brasseurs ajoutent dès le début de la cuisson tout le houblon nécessaire, d'autres l'ajoutent en deux ou trois fois, en ayant soin de mettre la dernière portion dix minutes, un quart d'heure avant que l'ébullition prenne fin.

Lorsque l'ouvrier juge que le houblonnage est terminé, ce dont il s'aperçoit à la *cassure*, c'est-à-dire à l'aspect que prennent les matières albuminoïdes coagulées, il arrête le feu de la chaudière et dirige le moût houblonné dans des caisses en tôle galvanisée, munies d'un faux-fond perforé, et qui, à cause du rôle qu'elles remplissent, portent le nom de filtres à houblon.

La préparation du moût n'est cependant pas terminée, car la drêche que l'on a laissée dans la

cuve-matière, ou dans la cuve à filtrer, est encore toute gonflée de liquide sucré. C'est alors que l'on procède au lavage de la drèche. A l'aide de fourches, on repique la drèche, puis on l'arrose d'eau portée préalablement à la température de 75° C. (60° R.) ; on soutire par les faux-fonds, l'eau de lavage ; on recommence deux et trois fois cette opération, et l'on obtient finalement un moût faible, produit de l'épuisement de la drèche.

Dans certaines brasseries, où l'on ne fait pas de petite bière, ce moût est, au fur et à mesure de la production, dirigé vers la chaudière à cuire, où le moût fort se houblonne et se trouve ainsi mélangé au précédent. Mais quand le brasseur s'attache à fabriquer de la petite bière, il envoie le moût faible dans une chaudière spéciale, où il le chauffe en présence du houblon. C'est également ce moût faible houblonné, dans lequel le brasseur ajoute une certaine quantité de glucose de fécule, pour en augmenter, plus tard, la force alcoolique, qui constitue, après fermentation, ce que l'on désigne sous le nom de petite bière.

40. Exposé des appareils. — La description qui vient d'être faite des opérations par lesquelles passe la fabrication du moût sucré et houblonné doit être complétée par celle des appareils que la

pratique de ces opérations nécessite; et il nous faut maintenant examiner en détail : 1° les hydrateurs, au moyen desquels le brasseur débat le malt et fait la salade ; 2° les cuves-matière dans lesquelles on vient, au moyen des pompes, puiser soit les trempes épaisses, soit les trempes claires, et dans lesquelles on renvoie ces mêmes trempes, une fois réchauffées à l'ébullition ; 3° les pompes destinées à extraire les trempes ; 4° les chaudières à vapeur ou chaudières à maïches, qui permettent de les réchauffer ; 5° les cuves à filtrer, à l'intérieur desquelles le moût est abandonné à la saccharification après les trois décoctions qu'il a subies, et grâce au faux-fond desquelles il est facile de soutirer le moût clair, cuves à filtrer dans lesquelles également doivent avoir lieu les lavages de la drêche ; 6° les chaudières à cuire et à houblonner où s'exécute la dernière des opérations que le moût sucré ait à subir.

1° *Hydrateurs.*

Les hydrateurs sont constitués par une boîte cylindrique soit en fonte, soit en cuivre, qui mesure 35 centimètres environ de hauteur, sur 25 centimètres de diamètre ; la boîte est disposée

verticalement. Elle communique par la partie supérieure à un gros tuyau qui amène le malt moulu, et elle porte à la partie inférieure une large buse inclinée, qui entraîne vers la cuve-matière le malt hydraté. A l'intérieur et vers le haut de la boîte se trouve un tuyau circulaire percé de trous opposés et que l'on fait communiquer avec un réservoir élevé, rempli d'eau tiède ; en passant alors dans la boîte, le malt moulu est soumis à un violent arrosage et se trouve immédiatement délayé. Au-dessous du serpentín d'eau et vers le milieu de la boîte on dispose quelquefois une cloison conique, ayant la forme d'un chapiteau et destiné à maintenir quelque temps le malt, sous la pluie d'eau qui l'humecte. Quelquefois encore (et il en est ainsi dans l'hydrateur Neubecker d'Offenbach), l'intérieur de la boîte est divisé par trois ou quatre cloisons obliques, sur chacune desquelles jaillit une pluie d'eau. Le malt est obligé alors de cascader de cloison en cloison, et le mélange qu'il s'agit d'effectuer se fait alors d'une façon plus parfaite. Les boîtes cylindriques des hydrateurs peuvent en général s'ouvrir aisément, afin de permettre de nettoyer et de remédier aux engorgements.

2^o *Cuves-matières.*

Les *cuves-matières* sont faites de tôle en général ; elles sont ou bien cylindriques ou bien carrées. Leurs dimensions sont extrêmement variables et dépendent naturellement de l'importance de la brasserie ; elles peuvent avoir depuis 3 et 4 mètres jusqu'à 6 mètres de diamètre. Leur hauteur est proportionnelle et représente environ le tiers de la largeur.

Diverses dispositions peuvent être adoptées dans le but de produire le brassage du moût au sein même de la cuve-matière. Toutes les cuves, et quelle que soit la complication de leurs appareils de brassage, portent un agitateur commandé en général par dessus. Cet agitateur est formé par un arbre vertical, auquel sont adaptées deux palettes horizontales soit en bois, soit en tôle. Ces palettes sont disposées au fond de la cuve ; elles sont inclinées par rapport au plan horizontal, peuvent même, manœuvrées par une manivelle extérieure, prendre au cours du travail une inclinaison déterminée ; elles tournent avec une vitesse d'une quinzaine de tours à la minute, et leur rôle est de ramener continuellement du fond vers la partie supérieure de la cuve le brassin qu'il s'agit de mélanger.

Dans les petites cuves, cette disposition suffit pour produire le brassage ; on ajoute cependant quelquefois, dans le but de rompre le courant du brassin, qui tend naturellement à tourner circulairement autour de la cuve, un système formé de deux grilles en fer, ayant la hauteur de la cuve-matière, ayant une longueur égale à la moitié de la largeur de celle-ci ; ces deux grilles, opposées l'une à l'autre, sont attachées d'un côté seulement, et cela au moyen de gonds ou charnières, à la paroi de la cuve ; l'autre extrémité de la grille est libre. Grâce au mouvement du brassin dans l'intérieur de la cuve, on voit ces grilles osciller d'avant en arrière, et d'arrière en avant, et produire des remous, qui assurent l'homogénéité du brassin.

Dans les grandes brasseries, et quand il s'agit de travailler de fortes quantités de brassin, le système d'agitateurs dont nous venons de parler doit être considéré comme insuffisant. A l'intérieur de la cuve, se trouve alors une sorte de chariot, qui, recevant son mouvement au centre de la cuve même, peut, avec une vitesse de 15 à 20 tours, tourner autour de celui-ci. Ce chariot porte des séries d'agitateurs, dont la disposition et la commande sont telles qu'ils produisent le brassage du moût, soit dans le sens horizontal, soit dans le sens vertical, soit dans les deux à la

fois. Ce système d'agitateurs est indépendant de l'agiteur à palettes.

Dans la cuve-matière se trouve en général disposé un faux-fond fait de tôle ou de feuilles de cuivre, percé de trous destinés à filtrer le moût saccharifié. En général le faux-fond n'est pas d'un seul morceau ; il est divisé en six ou huit secteurs indépendants. Chacun de ces secteurs correspond à une petite cuvette plate, munié de rebords, et de chaque cuvette part un tuyau de cuivre, fermé d'un robinet ; les six ou huit robinets viennent saillir extérieurement à la cuve, et il est facile, lorsque l'on met la *cuve en perce*, de voir si chacun des secteurs laisse passer du moût clair, et de fermer le robinet correspondant à celui dont la filtration serait défectueuse.

3° *Les pompes à maisches.*

Les pompes destinées au mouvement des trempes sont des pompes aspirantes et foulantes dont la construction n'offre rien de particulier.

4° *Les chaudières à maisches ou à vaguer.*

Ces chaudières sont en cuivre rouge ; elles ont des capacités variables, établies naturellement d'après les capacités des cuves-matières cor-

respondantes ; leur volume est à peu près le tiers du volume de celles-ci.

Leur forme est variable également ; tantôt elles sont cylindriques, portent un fond plat ou convexe et se terminent à la partie supérieure par une hausse arrondie. A partir de cette hausse, les bords de la chaudière se redressent et s'ouvrent à l'extérieur comme les parois très aplatis d'un entonnoir. Tantôt encore les chaudières sont hémisphériques, et portent vers le bord un renflement ventru, qui en élargit la surface.

Les chaudières sont en général recouvertes soit d'un dôme fixe, soit d'un dôme mobile, au-dessus duquel se dresse une cheminée d'appel.

Elles sont munies d'un agitateur, fait d'un arbre vertical, pouvant être mù de l'extérieur avec une vitesse de 25 tours environ ; cet arbre porte deux palettes, disposées perpendiculairement, et dont la forme est symétrique de celle qu'affecte le fond de la chaudière. Sur ces palettes sont en outre montées des chaînettes traînantes, rattachées à leurs deux extrémités à ces palettes mêmes. Au moment où les agitateurs tournent, ces chaînettes viennent racler le fond de cette chaudière et détachent les parties de drèche qui peuvent y adhérer.

Les chaudières à vaguer sont chauffées à feu nu ou bien à la vapeur. Dans ce dernier cas, on dispose autour de la chaudière une double enveloppe, à l'intérieur de laquelle circule de la vapeur prise au générateur. Quand elles doivent être chauffées à feu nu, on les asseoit sur un massif de maçonnerie, à la partie inférieure duquel est établi un foyer à la houille ; les flammes, après avoir chauffé directement le fond de la chaudière, viennent par des carneaux latéraux en chauffer les bords, pour de là se diriger vers la cheminée d'appel de l'usine. Un grand nombre de brasseurs préfèrent chauffer à feu nu, plutôt qu'à la vapeur, et prétendent que cette manière de faire communique à la bière un goût plus satisfaisant.

5° *Les cuves à filtrer et à laver.*

Les cuves à filtrer sont en général, de même que les cuves-matière, en tôle ; elles sont de forme cylindrique ou plus ordinairement de forme rectangulaire.

Elles portent à la partie inférieure un simple agitateur à palettes, qui est commandé par dessous. Elles sont, comme les cuves-matière, munies d'un faux-fond divisé en six, huit ou

dix secteurs ; à chacun de ces secteurs correspond un tuyau et un robinet de soutirage.

Les cuves à filtrer et à laver sont recouvertes d'un dôme mobile, que l'on peut aisément, à l'aide de chaînes roulant sur poulies, monter ou descendre. Sous le dôme est placé l'appareil au moyen duquel on peut arroser la drêche d'eau chaude. Cet appareil consiste quelquefois en une étoile à quatre branches, formée de tuyaux creux et percés de trous ; quelquefois aussi, et pour obtenir le même résultat, on dispose sous le dôme à quatre points symétriques des pommes d'arrosoir, par lesquelles on fait arriver l'eau de lavage.

6° *Les chaudières à cuire et à houblonner.*

Les chaudières à houblonner sont en cuivre rouge, comme les chaudières à vaguer. Elles sont rectangulaires ou circulaires, quelquefois munies d'un rebord ventru ; elles ne comportent pas d'agitateurs.

Elles sont recouvertes d'un dôme fixe, surmonté d'une cheminée, destinée à entraîner les vapeurs. En général, à la naissance de cette cheminée, on dispose un renflement, qui a pour effet de récolter une partie des vapeurs conden-

sées dans la cheminée, et qui, sans cette précaution, retomberaient incessamment dans la chaudière ; or, ces vapeurs, qui entraînent certaines substances aromatiques du houblon, possèdent une odeur désagréable, qu'il y a intérêt à éliminer. A la base du renflement dont il vient d'être parlé, se trouve un petit tuyau, destiné à l'évacuation de ces eaux aromatiques condensées.

Les chaudières à houblon sont en général chauffées à feu nu.

Nous venons de voir qu'en dehors de l'hydrateur et des pompes, qui sont des appareils accessoires, les opérations de la brasserie ont lieu dans quatre appareils essentiels : la cuve-matière, la chaudière à vaguer, la cuve à filtrer et la chaudière à cuire. Ces quatre appareils ne sont pas indispensables et dans toutes les petites brasseries, où l'on ne fait qu'un brassin par jour, on les réduit à deux seulement : une cuve-matière qui sert en même temps de cuve à filtrer et à laver, une chaudière à vaguer qui sert en même temps de chaudière à cuire. On empâte dans la cuve-matière et on réchauffe les trempes dans la chaudière à vaguer ; on filtre dans la cuve-matière, et l'on dirige le moût filtré dans la chaudière à vaguer qui sert de chaudière à cuire. Dans les grandes brasseries, là où l'on

fait par jour plusieurs brassins, on se trouve obligé de revenir aux quatre appareils ; le brassin est emmagasiné dans la cuve à filtrer, pour pouvoir recommencer un nouveau brassin dans la cuve-matière ; un moût cuit dans la chaudière à houblonner, pendant qu'un autre brassin se réchauffe dans la chaudière à vagner.

PROCÉDÉS PAR INFUSION

41. Nous avons vu précédemment, en étudiant le procédé de décoction, de quelle façon on élève progressivement la température du brassin ; par l'addition au brassin d'une partie du moût réchauffé à l'ébullition, on parvient à le faire passer de la température de 35-38° C. à celle de 50°, puis à celle de 62-63°, et enfin à celle de 72-75°.

C'est à un résultat analogue, mais en suivant un mode opératoire différent, que conduit le procédé de l'infusion ; au lieu de réchauffer le brassin par l'addition de trempes successives, le procédé de l'infusion le réchauffe au moyen d'additions d'eau bouillante, et dans ce cas, comme dans le premier, nous retrouvons l'appli-

cation d'un des principes que nous avons émis dans le chapitre III de la Partie théorique ; au fur et à mesure que le liquide s'épuise de diastase, au fur et à mesure qu'il reste des grains d'amidon plus difficilement saccharifiables, il faut élever la température de saccharification et remédier ainsi au manque de diastase et à la résistance de l'amidon.

C'est par le procédé de l'infusion que l'on travaille encore dans toute la région du Nord, que l'on travaille à Lyon et dans quelques autres villes de France, dont le nombre, comme nous l'avons dit déjà, devient de plus en plus restreint.

Il existe bien des procédés d'infusion, qui ne diffèrent entre eux que par de petits changements dans le mode opératoire. Nous n'avons pas la prétention de les décrire tous et nous nous bornerons à examiner le procédé le plus ordinairement employé, celui que l'on applique dans le Nord et à Lyon, puis nous ferons connaître une modification de ce procédé qui est employé dans quelques villes du nord de la France.

L'outillage que nécessite le procédé de l'infusion est beaucoup plus simple que celui qu'exige le procédé de la décoction ; il comporte une cuve-matière et une chaudière à cuire, et ce que nous avons dit de ces deux engins nous dispense de

faire, séparément, ainsi que nous l'avons fait plus haut, la description des procédés et la description des appareils.

Les quantités d'orge et de houblon qu'il s'agit d'employer, pour produire la même quantité de bière, sont à peu près les mêmes que celles indiquées déjà, au sujet du premier procédé.

Le brasseur commence par faire la salade, c'est-à-dire par empâter le malt. Mais la quantité d'eau qu'il ajoute au débattage est beaucoup plus faible que dans le premier cas ; elle représente à peu près le poids du grain employé, c'est-à-dire le quart de ce qui sera nécessaire. L'eau doit être prise à 40 ou 50° C., de façon que par son mélange avec le malt froid la température de la pâte atteigne 30 à 35° C. Le débattage doit être fait dans la cuve-matière, par le jeu des agitateurs ; rarement, à notre connaissance du moins, on emploie, dans ce but, les hydrateurs, dont le fonctionnement s'applique difficilement à la préparation de pâtes aussi épaisses.

On abandonne, pendant un quart d'heure, la pâte à elle-même, et mettant les agitateurs en mouvement, on introduit dans la cuve-matière une quantité d'eau bouillante qui représente à peu près deux fois le poids du grain. Grâce à cette addition d'eau bouillante, la température

du brassin s'élève à 60-65° C ; on procède alors au brassage proprement dit, en continuant de faire fonctionner les agitateurs, et en cherchant à maintenir le plus possible cette température de 60 à 65°. Dans ce but, les cuves-matière portent une double enveloppe à l'intérieur de laquelle il est facile d'introduire de la vapeur. Au bout d'une demi-heure, trois quarts d'heure, une heure quelquefois, on arrête les agitateurs, on abandonne le moût à lui-même, de façon que les enveloppes du grain, se déposant les premières sur le faux-fond de la cuve, forment un filtre naturel, qui permet d'obtenir un meilleur soutirage du moût clair. On soutire et l'on dirige le moût vers la chaudière à houblonner.

On procède alors à la seconde trempe, c'est-à-dire que l'on verse sur la drèche, encore chaude, une quantité d'eau bouillante représentant à peu près le poids du grain ; la température s'élève alors à 70-75° C ; on brasse pendant un quart d'heure, et l'on soutire comme dans le premier cas. Le moût obtenu par cette seconde trempe rejoint dans la chaudière à cuire le moût de la première trempe.

Dans les brasseries où l'on se préoccupe de faire de la petite bière, on fait une seconde

trempe très sommaire en n'ajoutant que très peu d'eau, de façon à ne pas trop épuiser la drêche. Cette seconde trempe ne peut être supprimée ; la loi, comme on l'a vu au chapitre 1 de la partie théorique, oblige le brasseur à la donner.

La drêche, qui est restée dans la cuve-matière, est immédiatement soumise aux lavages dans les conditions que nous avons indiquées à propos du travail par décoction, et le produit de ces lavages est mélangé au moût des trempes directes, quand le brasseur ne cherche à faire que de la bière forte, ou bien est cuit et houblonné séparément, quand le brasseur fait, en même temps que de la bière forte, de la petite bière.

La cuisson et le houblonnage du moût se poursuit, d'ordinaire, dans le Nord, d'une façon un peu différente de celle que nous avons indiquée plus haut ; le moût est cuit tout d'abord sans houblon, et ce n'est qu'à la fin, au moment où les matières albuminoïdes sont coagulées par l'ébullition, que l'on ajoute le houblon. Dans ces conditions le houblon est mieux utilisé ; le tannin qu'il contient est absorbé en moindre quantité par la matière azotée ; c'est peut-être à ce fait qu'il faut attribuer la résistance relative à l'altération que possèdent certaines bières du Nord.

Nous avons vu tout à l'heure le procédé classique de l'infusion, et nous avons dit aussi que ce procédé recevait quelquefois de légères modifications. L'une de ces modifications consiste à attaquer le malt à 65° C. à faire par conséquent l'empâtage à cette température. Dans la cuve-matière, on place de l'eau à 75° C. et on y fait tomber le malt moulu, en ayant soin de brasser énergiquement. Puis, pour procéder à la première trempe, ou bien on continue à ajouter de l'eau chaude à 65° et l'on réchauffe vers 70°, à l'aide de la double enveloppe de vapeur, ou bien on ajoute sur la *salade* chaude de l'eau à 80° C. Lorsque la première trempe est ainsi donnée, on soutire ; on fait une seconde trempe et l'on procède comme à l'ordinaire.

PROCÉDÉ MIXTE OU PROCÉDÉ LILLOIS

42. Le procédé que nous allons exposer et qui est fréquemment employé à Lille, à Arras, etc., comprend une trempe d'infusion et une trempe claire de décoction.

On commence tout d'abord par débattre, dans la cuve-matière, le malt moulu avec une quantité d'eau qui représente à peu près trois fois son

pois. L'eau doit être ajoutée à la cuve à 65°, de façon que, le mélange une fois fait, la pâte ait une température d'environ 50° C. On abandonne ce moût à lui-même pendant vingt minutes.

Au bout de ce temps, on tire par le faux-fond de la cuve-matière une trempe claire (*lautermaische*), à laquelle on donne le nom de *masse*. Le volume du liquide ainsi soutiré représente un peu moins de la moitié du volume d'eau ajoutée au débattage. La *masse* est introduite dans une chaudière en cuivre, de forme sphérique, couverte d'un dôme fait de cuivre également, et surmontée d'une cheminée; cette chaudière, munie d'un agitateur à chaînettes flottantes, rappelle les chaudières à vaguer, dont nous avons déjà donné la description. Dans cette chaudière à masse, le moût clair est réchauffé et cuit, comme on réchauffe et comme on cuit la trempe claire de décoction.

Pendant que l'on réchauffe la *masse*, on s'occupe de donner sur la cuve-matière une trempe d'infusion, en faisant arriver dans cette cuve-matière de l'eau bouillante (à peu près le poids du grain); la température s'élève à 70° C.; le brassage proprement dit commence, dure de une heure à une heure et demie, et quand il est ter-

miné, le moût est abandonné quelques instants à lui-même. On soutire par les faux-fonds et l'on dirige le moût clair vers les chaudières à cuire.

On revient alors à la masse, qui maintenant se trouve en pleine ébullition et on la rejette sur la cuve-matière. On brasse pendant quelques instants, puis on soutire, pour envoyer le moût dans la chaudière à cuire où se trouve déjà celui qui provient de la trempé directe d'infusion.

Il n'y a plus qu'à procéder, comme à l'ordinaire, dans la cuve-matière, aux lavages de la drêche épuisée et à diriger le moût faible vers une chaudière à cuire spéciale, destinée à la fabrication de la petite bière.

La cuisson et le houblonnage se font dans les conditions qui viennent d'être indiquées pour la préparation de la bière du Nord. Le moût est cuit, puis additionné de houblon, au moment où la cuisson touche à sa fin.

CHAPITRE III

REFROIDISSEMENT DU MOUT

43. Le moût cuit et houblonné, débarrassé même par une filtration grossière des cônes de houblon épuisés, doit être soumis à un refroidissement rapide; plus ce refroidissement sera long à se produire en effet, plus il y aura de chances pour que le moût se trouve envahi par les ferments que l'air tient en suspension.

C'est en général au contact de l'air que ce refroidissement a lieu, c'est-à-dire dans les conditions les plus défavorables à la conservation de la bière, et cependant l'expérience a montré depuis longtemps qu'il était difficile de s'écarter de cette pratique, et que l'on ne saurait refroidir le moût à l'abri de l'air sans diminuer les qualités

de la bière à laquelle ce moût donne naissance. C'est qu'en effet la levure, dont on va tout à l'heure ensemer le moût, doit trouver à sa disposition de l'oxygène pour s'organiser et provoquer la fermentation ; en sorte que l'opération que nous allons étudier dans ce chapitre doit être considérée comme produisant tout à la fois l'aération du moût et son refroidissement.

La température à laquelle il convient de refroidir le moût dépend, bien entendu, de la nature de la fermentation que l'on veut produire. Nous distinguerons dans le chapitre suivant, comme nous l'avons fait d'ailleurs au chapitre v de la Partie théorique, la fermentation haute qui se fait vers 12, 15, 18 et 20° C., la fermentation basse qui a lieu vers 5 ou 7° C.

C'est toujours en deux fois qu'est conduit dans les brasseries le refroidissement de la bière. Dans une première opération, on fait descendre la température du moût jusqu'à 50° environ, et dans une seconde, on amène ce moût à la température qui convient à sa mise en levain.

Le premier refroidissement a lieu dans de grands bacs plats, rectangulaires, mesurant 10 et 15^m de côté, mesurant 15^{cm} de profondeur. Ces bacs sont en tôle rivée ; il sont portés sur des chantiers de bois, de façon que l'air exté-

rieur puisse avoir au-dessous d'eux libre accès. Ils sont disposés en général à la partie supérieure de la brasserie, et recouverts par une construction, fermée latéralement par de simples volets, à travers lesquels puissent se développer de larges courants d'air. D'un côté de chacun des bacs se trouve le tuyau qui amène le moût chaud. D'un autre côté est établi le déversoir qui permet le départ du moût refroidi. Le moût chaud est étendu sur une épaisseur qui ne doit pas dépasser 10^{cm}, et dans ces conditions, grâce au refroidissement que les courants d'air déterminent au-dessus et au-dessous des bacs, la température du moût descend rapidement à 50° c.

La seconde partie du refroidissement doit être plus rapide que la première ; il faut en effet que le moût ne séjourne que le moins de temps possible au voisinage de la température de 40°, température qui est éminemment favorable au développement de la fermentation lactique.

C'est au moyen de l'eau froide que l'on parvient à amener rapidement le moût à la température convenable, pour la mise en levain, et les appareils dont on fait usage sont les réfrigérants à tubes, système Baudelot, ou les réfrigérants à plaques ondulées, système Lawrence.

Les réfrigérants système Baudelot sont for-

més par la juxtaposition de tubes en cuivre de 2 à 3^{cm} de diamètre. Ces tubes en cuivre qui mesurent 2 à 3 mètres de long, sont placés les uns au-dessus des autres et sont traversés de bas en haut, depuis le tube inférieur jusqu'au tube supérieur, par un courant d'eau froide. Au-dessus de cette série de tubes se trouve une goulotte, qui s'étend sur toute la longueur de l'appareil, et qui est percée de trous à la partie inférieure. C'est par l'intermédiaire de cette goulotte que le moût est délivré au refroidisseur. Le moût ruisselle alors en nappe presque continue à la surface des tubes, et vient à la partie inférieure se rassembler dans une autre goulotte longitudinale, qui fait office de collecteur. On conçoit alors que, si l'on fait choix d'une eau suffisamment froide et si on règle le courant d'eau d'une façon convenable, on parvient à obtenir rapidement le refroidissement du moût qu'il s'agit de mettre en fermentation.

Lawrence a imaginé de remplacer l'appareil tubulaire dont le réfrigérant Baudelot est composé par un appareil formé de deux plaques de cuivre rouge, ondulées parallèlement l'une à l'autre, séparées de 3 à 4^{cm}, et entre lesquelles circule de bas en haut une nappe continue d'eau froide. L'appareil offre cet avantage qu'il peut

être aisément nettoyé, les deux plaques de cuivre ondulée pouvant être séparées l'une de l'autre. Comme dans le réfrigérant Baudelot, le moût, distribué à la partie supérieure par une goulotte longitudinale, se distribue régulièrement sur la surface ondulée du refroidisseur.

Lorsqu'au moyen de ces appareils on se propose de refroidir des moûts destinés à la fermentation basse, à 5 et 7°, on superpose l'un au-dessus de l'autre deux réfrigérants identiques, ou bien on divise le réfrigérant en deux parties. Dans la partie supérieure du réfrigérant, qui est d'ailleurs la plus développée, circule de l'eau froide provenant d'un puits, d'une rivière, etc. Dans la partie inférieure, circule de l'eau glacée, que l'on amène à 1° ou 2° C. au moyen d'une machine à glace. On pourrait y faire circuler également le liquide incongelable de la machine à glace elle-même; mais ce liquide est une solution de chlorure de calcium ou de sodium, et l'on aurait à craindre, s'il se produisait la moindre fuite dans le réfrigérant, de voir ce liquide se mélanger au moût.

On rencontre encore dans quelques brasseries un réfrigérant à double circulation, dans lequel le moût se refroidit à l'abri de l'air. Ce réfrigérant est formé d'une série de tubes disposés ver-

ticalement en jeu d'orgues. Ces tubes ont 15^{cm} environ de diamètre, et contiennent à l'intérieur d'autres tubes concentriques à surface ondulée. C'est alors dans ces tubes intérieurs que circule l'eau froide, c'est dans l'espace annulaire réservé entre les deux tuyaux concentriques, que circule la bière à refroidir, et les choses sont disposées de telle façon que l'eau et la bière marchent à l'intérieur de l'appareil en sens inverse l'une de l'autre.

L'aération du moût, telle qu'elle est produite pendant le refroidissement, est jugée quelquefois insuffisante, et on l'augmente alors, en injectant de l'air dans le moût refroidi, au moment où il se rend à la cuve de fermentation. Ce courant d'air est en général stérilisé de germes atmosphériques par son passage à travers un lit de coton.

CHAPITRE IV

FERMENTATION DU MOÛT

44. Ainsi qu'il a été dit à plusieurs reprises au cours de cet ouvrage, le brasseur peut opérer la fermentation de son moût, soit à une température basse, soit à une température relativement haute, faire de la fermentation basse ou de la fermentation haute.

Cette distinction de deux méthodes de fermentation ne repose pas seulement sur la différence qui existe entre les températures auxquelles les moûts sont soumis ; elle repose également sur ce fait, que, dans la fermentation dite haute, la levure vient en général occuper, sous forme d'écumes, la partie supérieure de la cuve, tandis

que, dans la fermentation dite basse, la quantité d'écumes soulevées est relativement faible, et que la plus grande partie de la levure se dépose au fond de la cuve de fermentation.

C'est toujours dans les brasseries qui opèrent par décoction que l'on exécute la fermentation basse, et dans les brasseries qui travaillent par infusion ou par le procédé mixte, que l'on pratique la fermentation haute. Les bières de Nancy (Tantonville, Maxéville), de Châlons-sur-Marne, d'Ivry, de Puteaux, etc., sont des bières de fermentation basse ; les bières du Nord, les bières de Lyon sont des bières de fermentation haute.

Quelle que soit la température choisie, la fermentation a lieu toujours en deux fois, et il convient de distinguer la fermentation tumultueuse, pendant laquelle la plus grande partie du sucre disparaît, de la fermentation complémentaire, beaucoup plus lente, pendant laquelle le moût achève de s'alcooliser, pendant laquelle également le goût de la bière se modifie et s'améliore, par suite de la formation d'éthers odorants. La fermentation tumultueuse est conduite toujours à une température plus élevée que la fermentation complémentaire.

MÉTHODE PAR FERMENTATION BASSE

45. C'est à la méthode de fermentation basse, correspondant aux méthodes de décoction et spécialement à la méthode bavaroise, que nous donnerons d'abord notre attention.

La fermentation tumultueuse se poursuit à une température variant de 5 à 7°, 5 C. (4 à 6° R.) la fermentation complémentaire à une température variant de 0 à 1° C.

Les caves ou entonneries, dans lesquelles a lieu la première fermentation, doivent être fraîches ; mais, comme il est impossible d'obtenir naturellement cette température de 5 à 7° en toute saison, on a recours soit à l'emploi de glacières, soit à l'emploi de machines à glace.

Quand on fait usage de glacières on sacrifie une partie de la cave de fermentation pour y loger de la glace ; la glacière est comme une cave, murée de tous côtés, et la fraîcheur qu'elle répand autour d'elle est suffisante pour abaisser la température des caves voisines.

Mais en général (et cette manière de faire tend à se répandre de plus en plus, parce qu'elle est plus simple et plus économique), on préfère

établir sur la voûte de la cave une série de tuyaux parallèles, à l'intérieur desquels on fait circuler d'une façon continue le liquide incongelable d'une machine à glace ; ce procédé offre l'avantage que l'on peut aisément, en réglant le courant du liquide incongelable, régler exactement la température de l'entonnellerie.

Les murs des caves doivent être tenus, dans le plus grand état de propreté, ils doivent être badigeonnés fréquemment à la chaux, ou mieux encore recouverts d'un vernis (vernis Fernbach). Le sol doit être dallé avec soin et facile à nettoyer.

La fermentation dite tumultueuse a lieu dans des cuves, et ces cuves sont rangées sur un, deux ou trois rangs dans l'intérieur de la cave. Les cuves sont portées sur des dés en maçonnerie ; elles doivent être suffisamment éloignées du mur, pour que l'on puisse les visiter de tous côtés ; entre deux rangs, on doit ménager un espace suffisant pour pouvoir les sortir, dans le cas où une réparation est nécessaire, dans le cas, plus fréquent, où les cuves ont besoin d'être goudronnées.

Le long des cuves se trouve quelquefois disposée une tuyauterie à travers laquelle circule de l'eau refroidie par la machine à glace ; sur

cette tuyauterie sont montées des tubulures, auxquelles on adapte des tuyaux de caoutchouc. Cette tuyauterie est destinée à desservir les réfrigérants dont nous parlerons plus loin et qui servent à refroidir l'intérieur des cuves de fermentation.

Les cuves sont en général faites de douves de chêne. Elles ont la forme d'un tronc de cône dont la plus grande base est disposée à la partie inférieure; elles sont cerclées de fer. Elles sont ouvertes à l'air libre. Elles portent au bas un orifice qui permet le décuvage. Leur capacité varie entre 15 et 40 hectolitres.

Depuis quelque temps, on a remplacé dans quelques brasseries les cuves en bois par des cuves en ardoise. Ces cuves sont construites au moyen de cinq plaques épaisses d'ardoise, qui sont maintenues perpendiculairement les unes aux autres au moyen d'un ciment spécial. Ces cuves carrées en ardoise, dont le prix est plus élevé que le prix des cuves en bois, ont l'avantage cependant d'être plus faciles à entretenir dans un état convenable de propreté, et pour la même capacité d'être moins encombrantes que les cuves tronconique en bois.

Les cuves, avant de recevoir le moût, doivent avoir été nettoyées avec le plus grand soin et

même, quand elles sont en bois, repassées au goudron ; elles sont remises en place, et on y introduit le moût refroidi à 5°C. (4° R.), puis le levain.

Nous ne saurions négliger, avant d'aller plus loin, de dire quelques mots du levain et de sa préparation.

Le levain est recueilli au fond des cuves, et l'on choisit, bien entendu, pour faire le prélèvement de levain, les cuves dont la fermentation a été normale et régulière ; la levure est placée dans un petit baquet soigneusement nettoyé, et là, délayée dans l'eau très froide, ordinairement dans de l'eau refroidie à la machine à glace. On laisse la levure se déposer, on décante l'eau surnageante, on la délaie de nouveau pour la laisser se déposer encore. Après avoir ainsi lavé deux ou trois fois la levure par décantation, on en entretient la fraîcheur en renouvelant de temps à autre l'eau glacée qui la recouvre. Il faut avoir soin alors de ne pas la délayer, car on arriverait à l'épuiser ; ce renouvellement de l'eau glacée a lieu jusqu'à ce que le levain soit appelé à entrer en travail. Quelques brasseurs ont soin avant de faire ces lavages, dont il vient d'être parlé, de traiter le dépôt des cuves par l'eau alcoolisée, afin d'enlever ainsi la résine, dont les

globules de levure sont recouverts ; mais cet usage semble disparaître de plus en plus.

La salle où s'exécute le travail des levains doit être maintenue toujours dans le plus grand état de propreté ; elle doit toujours être refroidie et maintenue à la plus basse température possible, au moyen de la tuyauterie de la machine à glace.

C'est à l'état pâteux que la levure est introduite dans la cuve ; son volume représente alors $\frac{1}{2}$ litre environ par hectol. de moût ; avant de l'ajouter à ce moût, on a coutume de la battre au contact de l'air, de façon à l'oxygéner et lui donner la plus grande vitalité possible.

Le moût refroidi est versé dans la cuve, puis additionné de levain aéré, et la cuve est abandonnée à la fermentation ; l'acide carbonique se dégage, ramenant à la surface une certaine quantité de mousses. A ces mousses, formées presque exclusivement de globules de levure, se trouvent mélangées des particules insolubles de la résine, que le houblon a apportée.

L'acte même de la fermentation développe de la chaleur, et l'on verrait, si l'on n'avait soin de refroidir le moût en fermentation, la température s'élever progressivement depuis 5°C. jusqu'à 8 et 10°C. (7 à 8°R). Certains brasseurs laissent

la température monter jusqu'à 6 ou 7°C. avant de refroidir, d'autres refroidissent dès le début même de la fermentation, et maintiennent ainsi la cuve entre les températures de 5 et 7°C.

Le refroidissement de la cuve peut avoir lieu de deux façons différentes ; quand la brasserie ne possède pas de machine à glace, elle fait usage de *nageurs*. Les nageurs sont des seaux en zinc, dont la forme est tantôt celle d'un cylindre, tantôt celle d'un cône. Ces nageurs en général ont une hauteur de 60 à 70^{cm}, une largeur de 60^{cm}, et sont munis à leur partie supérieure d'un rebord évasé, capable de leur donner une assiette suffisante, et leur permettre de flotter sur la cuve. Les nageurs sont remplis de glace, et descendus dans le liquide en fermentation.

Quand la brasserie possède une machine à glace, on dispose dans chacune des cuves un réfrigérant spécial. Ce réfrigérant, dit réfrigérant drapeau, est formé d'une plaque creuse, rectangulaire, ayant 70° sur 50°, et à l'intérieur de laquelle peut circuler en chicane un courant d'eau glacée. Le réfrigérant porte à sa partie supérieure deux tubes, l'un pour l'entrée, l'autre pour la sortie de l'eau, tubes que l'on met en communication avec la tuyauterie dont il a été parlé plus haut. Dans ces réfrigérants, on pour-

rait faire circuler le liquide incongelable, mais on préfère, à cause des fuites qui pourraient se produire, et comme nous l'avons fait remarquer à propos de l'usage des réfrigérants Lawrence ou Baudelot, y faire circuler de l'eau simplement refroidie à la machine.

Exécutée dans ces conditions, la fermentation dure une quinzaine de jours ; au bout de ce temps, on voit les mousses s'abaisser, cesser de se produire, le liquide tend à s'éclaircir ; la fermentation est terminée. On soutire alors et l'on envoie le liquide dans les foudres des caves de garde, où il va subir la fermentation complémentaire. Quant aux fonds de cuve, et pour éviter de perdre le liquide, dont ils se trouvent mélangés, ils sont filtrés à travers des chaussees métalliques.

Nous avons indiqué, comme température régulière de fermentation basse, 5 à 7°C. ; mais certains brasseurs, dont l'outillage est moins perfectionné, ou qui désirent obtenir une bière de qualité déterminée, n'observent pas exactement cette température, et entonnent à 7, 8 et même 10°C.

Aussitôt la fermentation tumultueuse terminée, la fermentation complémentaire commence. Elle a lieu dans des caves froides, appelées *caves*

de garde, dont la température de 0 à 1°, est maintenue, soit au moyen de caves glacières, c'est-à-dire de caves remplies de glace, soit, ce qui a lieu aujourd'hui d'une façon générale, au moyen des tuyaux de la machine à glace, tuyaux que l'on dispose comme dans les entonneries, au sommet de la voûte de la cave. Les caves doivent être nettoyées et entretenues très propres. Elles sont toujours disposées en sous-sol, et maintenues obscures, tandis que les entonneries, placées en sous-sol également, sont en général maintenues claires au moyen de croisées ou de soupiraux. On a besoin d'éclairer de temps à autres cependant les caves de fermentation complémentaire ou caves de garde, pour la manipulation des foudres, l'ouillage, le soutirage. Cet éclairage a lieu quelquefois à l'électricité, qui offre dans ce cas l'avantage de ne pas échauffer l'atmosphère de la cave.

La fermentation complémentaire est toujours conduite dans des foudres, dont la capacité varie de 40 à 60 hl. Ces foudres sont faits de douves de chêne, extrêmement épaisses, de façon à résister à la pression développée à l'intérieur. Les foudres sont cerclés de fer ; ils sont munis d'un trou de bonde à la partie supérieure, et d'une porte de bonde avec ajutage de robinet sur le

fond. Les foudres sont établis sur chantiers ; ils supportent en général d'autres foudres placés ou gerbés au-dessus d'eux.

Au commencement de la fermentation complémentaire, la levure crache par la bonde ; on nettoie et on essuie celle-ci avec le plus grand soin et l'on procède à l'ouillage, c'est-à-dire au remplissage du foudre avec une nouvelle quantité de bière. On place alors, sans l'enfoncer, la bonde sur le trou de bonde, et quand la bière cesse de cracher, on l'y enfonce d'une façon définitive. L'acide carbonique continue à prendre naissance à l'intérieur du foudre, la bière acquiert *de la force*, et s'éclaircit lentement. Quand on se propose de faire de la bière jeune, on maintient cette bière en cave pendant quinze jours, un mois au plus. Nous verrons plus loin que la bière, dans ces conditions, doit en général être éclaircie artificiellement ; mais quand on se propose de faire de la bière, dite de garde, on la conserve dans les foudres pendant un temps minimum de trois mois. La bière alors s'éclaircit d'elle-même.

MÉTHODE PAR FERMENTATION HAUTE

46. La fermentation haute est conduite soit dans des cuves, soit dans des tonneaux.

La première manière de faire n'est pas essentiellement différente de celle que nous avons décrite pour la fermentation basse ; ce sont des cuves identiques dont on fait usage ; on entonne, on met en levain de la même façon, on refroidit même pendant la fermentation ; ce qui différencie nettement les deux procédés, c'est la température à laquelle s'établit la fermentation. On peut considérer comme fermentations hautes toutes celles qui ont lieu au-dessus de 10 ou 12°C. A Lyon, on entonne en général à 15°C. (12°R.), et au moyen de réfrigérants on maintient le moût à cette température pendant toute la durée de l'opération. Dans le Nord on entonne à 18-20 et même 22°C.

La durée de la fermentation est naturellement d'autant plus courte que la température est plus élevée ; maintenue par exemple aux degrés que nous avons indiqués, la fermentation de la bière de Lyon, de la bière du Nord, dure de quatre à cinq jours.

La fermentation complémentaire s'exécute

dans le procédé par fermentation haute, comme il s'exécute dans le procédé par fermentation basse. La température, toujours plus élevée que dans le premier cas, peut varier de 5 à 10°C. La bière ainsi fabriquée ne saurait être considérée comme bière de garde. Elle est livrée après 15 jours, un mois de cave. Certains brasseurs, dans le but de produire une bière de qualité spéciale, exécutent à haute température la fermentation tumultueuse, et à basse température la fermentation complémentaire.

Comme nous l'avons dit précédemment, la fermentation haute peut avoir lieu non plus dans des cuves, mais dans des tonneaux. Il en est souvent ainsi à Lyon, il en est toujours ainsi dans le Nord. Là en effet le moût fermente dans les tonneaux ou rondelles, qui sont ensuite directement livrés au consommateur. La bière alors ne subit chez les brasseurs que la fermentation tumultueuse; c'est chez le consommateur ou le débitant qu'elle achève, en général, sa fermentation, qu'elle est soignée, c'est-à-dire ouillée, sou-tirée, etc.

Dans la région du Nord, on opère de la façon suivante : La mise en levain est faite non pas dans le vase de fermentation, mais dans une cuve spéciale, et le moût ensemen-cé est immédiate-

ment distribué dans les rondelles. La température de l'entonnage varie, comme nous avons eu l'occasion de le dire, de 18 à 22°C. Le tonneau est complètement rempli et l'on ne tarde pas à voir, par suite de la production de l'acide carbonique, la levure cracher par la bonde ouverte ; elle sort du tonneau, ruisselle sur les douves et retombe dans un caniveau placé au-dessous des tonneaux. La levure est recueillie, battue au contact de l'air pour l'oxygéner, et introduite de nouveau dans la rondelle qui la rejette encore ; la levure est recueillie de même ; mais, cette fois, elle est mise à part et constitue le levain pour une nouvelle fermentation. L'opération dure de trois à quatre jours, et au bout de ce temps le tonneau est expédié, sans attendre que la bière s'y éclaircisse. Lorsque le consommateur ne peut se charger de la soigner, le brasseur le fait à son compte, en la laissant séjourner pendant une quinzaine de jours dans une cave à 6 ou 8°C.

Au lieu de laisser la levure sortir librement du tonneau et ruisseler sur les douves, on préfère, à Lyon, pencher l'un vers l'autre les tonneaux deux à deux, de façon que les bondes soient rapprochées. Au-dessous de ces bondes, et entre les deux tonneaux, on place un bac plat,

destiné à recueillir le levain ; on obtient aussi le même résultat en adaptant sur les bondes de chacun des tonneaux un col de cygne en fer blanc, capable de déverser la levure dans un petit cuveau.

CHAPITRE V

SOINS APPORTÉS A LA BIÈRE EN VUE DE SA CONSERVATION ET DE SON DÉBIT

47. Dans ce chapitre nous allons passer en revue rapidement les opérations que nous pourrions appeler complémentaires, et qui nous permettraient d'achever et de parfaire la boisson à la fabrication de laquelle nous venons de consacrer les chapitres précédents.

La bière doit se présenter au consommateur avec toutes les qualités que nous lui avons attribuées pour la définir. Elle doit être sans cesse mousseuse, c'est-à-dire gazeuse ; aussi aurons-nous à examiner de quelle façon on maintient la pression dans les foudres de garde, de quelle

façon on la tire à la brasserie pour la loger soit dans les tonneaux, soit dans les bouteilles d'expédition, de quelle façon on la tire au café pour la servir au consommateur. Elle doit être limpide et transparente ; aussi étudierons-nous les procédés au moyen desquels on éclaircit la bière, on la colle, et on la filtre. Enfin la bière doit toujours se présenter dans un état de conservation parfaite ; aussi décrirons-nous les soins que l'on apporte dans le nettoyage et le goudronnage des fûts d'expédition, les soins que l'on apporte dans le transport de la bière, les procédés que l'on emploie pour pasteuriser, c'est-à-dire stériliser la bière.

CONSERVATION DE LA PRESSION DANS LES FOUDRES

48. En général, c'est en enfonçant fortement la bonde, au moment où la fermentation complémentaire se termine, que l'on parvient à conserver la pression dans les foudres. Dans quelques brasseries, et notamment à la brasserie de Puteaux (Seine), on voit un dispositif ingénieux qui permet d'obtenir le résultat dont nous venons de parler. Tous les foudres d'une même

cave communiquent par la bonde et au moyen de tubes de caoutchouc avec un tuyau placé à la partie supérieure de la cave, et parallèlement à sa longueur, en sorte que le foudre qui se trouve encore en fermentation apporte de l'acide carbonique à celui dont la fermentation est terminée. L'excès de cet acide carbonique est obligé de se dégager par un tuyau qui plonge verticalement dans un puits de 3 mètres rempli d'eau ; de cette façon l'acide carbonique qui se répartit ainsi dans les foudres s'y trouve toujours dissous avec une pression d'un quart d'atmosphère environ.

ÉCLAIRCISSEMENT ET COLLAGE DE LA BIÈRE

49. Quand la bière est une bière de garde et quand la fabrication en a été bien conduite, elle doit, dans le temps pendant lequel on la laisse séjourner à la cave, s'éclaircir d'elle-même et abandonner sous forme de lies les globules de levure et les autres matières qui s'y trouvent en suspension.

Mais quand la bière est une bière jeune, que l'on doit livrer rapidement, il faut aider à son éclaircissement. On se sert dans ce but de copeaux,

ou plutôt de languettes découpées dans du bois de noisetier. Ces languettes offrent au dépôt de la levure une bien plus grande surface que les parois mêmes du tonneau, et la clarification de la bière se fait plus rapidement.

Ces copeaux peuvent servir plusieurs fois ; il suffit de les laver à l'eau bouillante et de les sécher.

Enfin, quand le brasseur est pressé par le temps et qu'il veut livrer une bière franchement mousseuse, il la colle ; la colle, employée pour obtenir ce résultat, est de la colle de poisson, ou ichtyocolle, que l'on retire de la membrane interne de la vessie natatoire de certains esturgeons. On commence par la faire gonfler dans l'eau tiède, puis dans une solution d'acide tartrique, et quand la matière est bien gonflée, que le liquide est bien épaissi, on l'ajoute à la bière, en ayant soin de l'y mélanger intimement. On voit alors peu à peu la colle de poisson se déposer, entraînant avec elle les impuretés qui troublaient la bière. La quantité de colle de poisson nécessaire pour le collage d'un hectolitre de bière varie entre 5 et 10 grammes.

FILTRATION DE LA BIÈRE

50. Le public s'est habitué depuis quelques années à ne consommer qu'une bière d'une limpidité parfaite, et le brasseur se trouve obligé de filtrer souvent même la bière de garde. Il y parvient, soit au moyen des filtres Stockheim, soit au moyen des filtres Enzinger.

Les filtres Stockheim sont formés d'une caisse en fonte cylindrique mesurant 75^{cm} environ de diamètre, et 15^{cm} de hauteur ; cette caisse est fermée par deux plaques de fonte, légèrement bombées, que l'on peut appliquer d'une façon hermétique sur la partie cylindrique de la caisse, au moyen d'écrous et de boulons à rabattement. La caisse disposée sur champ communique d'un côté avec le foudre par l'intermédiaire d'une pompe, d'un autre côté avec le fût d'expédition ou l'appareil au moyen duquel on remplit les bouteilles. Sur chacun de ces conduits se trouve disposé un vase de verre, par lequel la bière est obligée de passer, et qui permet de se rendre compte de la différence de limpidité entre la bière qui vient du foudre et la bière qui a traversé le filtre.

L'appareil de filtration qui se trouve à l'intérieur de la caisse est formé de deux tôles perforées entre lesquelles on bourre de la pâte à papier. Ce filtre est spécialement employé au travail de la petite bière.

L'appareil Enzinger semble être plus généralement répandu pour la filtration de la bière forte de fermentation basse ; il se compose d'une série de cadres en étain, de forme carrée, et mesurant environ 20 centimètres de côté et 3 ou 4 millimètres d'épaisseur. Ces cadres sont placés verticalement, dans une position telle que l'une des diagonales du carré soit verticale, et sont serrés les uns contre les autres, au moyen d'une vis de pression, entre deux sommiers, dont l'un est fixe et l'autre mobile. Les sommiers qui se trouvent ainsi à chacune des extrémités de l'appareil sont creux ; l'un reçoit sous pression la bière à filtrer, l'autre emmagasine la bière filtrée ; au-dessus de chacun d'eux est disposé, comme dans le filtre Stockheim un vase de verre.

La surface de filtration est dans ce cas obtenue au moyen de feuilles de gros papier buvard, que l'on interpose entre chaque cadre d'étain. Chacun des cadres et chacun des carrés de papier est percé à l'angle inférieur et à l'angle supérieur de deux trous circulaires, et la super-

position de ces trous forme tout du long du filtre quatre tuyaux ; deux de ces tuyaux, l'un en bas, l'autre en haut, communiquent avec le sommier qui reçoit la bière à filtrer, et de deux en deux cadres les trous, correspondant à ces tuyaux, communiquent au moyen de petits orifices verticaux avec l'intérieur du cadre, qui est fermé à droite et à gauche par une feuille de papier. Dans chacune de ces chambres de filtration ainsi établies, la bière filtre de l'intérieur à l'extérieur, et comme ces chambres sont disposées de deux en deux cadres, et comme chacune d'elles touche de chaque côté une chambre voisine, qui est vide, c'est dans ces chambres vides que la bière filtrée vient se déverser. Les deux autres tuyaux, dont nous avons parlé, et qui sont en relation avec le sommier à bière filtrée, communiquent avec ces dernières chambres, au moyen d'orifices semblables aux premiers, et sont chargés par conséquent d'être les collecteurs de la bière filtrée, de la conduire dans l'intérieur du sommier et de là au dehors.

Les papiers peuvent être aisément changés, ils sont d'un prix relativement peu élevé. Si l'on a soin de les laisser tremper dans l'eau quelque temps avant d'en faire usage, ils ne communiquent pas à la bière de mauvais goût.

La seule chose que l'on puisse peut-être leur reprocher, comme à tous les surfaces filtrantes d'ailleurs, c'est de déterminer le départ d'une petite quantité de gaz.

TIRAGE DE LA BIÈRE

51. Il y a lieu de distinguer sous ce titre deux opérations distinctes. Le brasseur tire la bière contenue dans les foudres de garde, pour l'introduire soit dans les fûts d'expédition, soit dans les bouteilles ou canettes. Le débitant, le limonadier tire la bière contenue dans les fûts dont il vient d'être parlé pour la servir à ses clients. Les appareils nécessaires dans l'un et l'autre cas ne sauraient être les mêmes.

52. Tirage de la bière chez le brasseur.
— Cette opération peut être faite tout d'abord de la façon la plus simple ; si l'on se propose de remplir un fût d'expédition, on fait communiquer le robinet du foudre avec la bonde du fût ; au besoin, on fait usage de pompes rotatives, et l'on soutire ainsi la bière comme on soutire le vin.

Le tirage dans la bouteille exige un instrument spécial, que l'on rencontre aussi bien dans le travail des vins et des liqueurs que dans le travail de la bière. Cet instrument est une remplisseuse automatique, dite *soutireuse à siphons*, composée d'une petite auge métallique, continuellement pleine de la bière que l'on se propose d'embouteiller. Au fond de cette auge s'appuient les extrémités d'une série de siphons, dont l'une des branches est, jusqu'à moitié, noyée dans le liquide, dont l'autre est rejetée au dehors. Dans cet état, les siphons restent continuellement amorcés. Mais ils peuvent, par un mouvement de bascule, s'abaisser d'arrière en avant; la branche extérieure devenant alors plus grande que la branche intérieure, les siphons fonctionnent, et s'arrêtent aussitôt qu'ils sont relevés.

Pour faire usage de l'appareil, on introduit la branche extérieure de l'un des siphons dans la bouteille que l'on veut remplir, le poids de la bouteille fait abaisser le siphon qui fonctionne aussitôt; la bouteille se remplit, mais le liquide, ne peut déborder; car les choses sont disposées de telle façon que le niveau supérieur du liquide, dans le goulot de la bouteille, soit à la même hauteur que le liquide contenu dans l'auge;

l'écoulement s'arrête donc de lui-même aussitôt que la bouteille est pleine. On retire la bouteille, le siphon se redresse, grâce à un contrepoids dont il est chargé, et cesse de couler, jusqu'au moment où l'on adapte à ce siphon une nouvelle bouteille vide dont le poids l'entraîne de nouveau.

Cet appareil a le grave inconvénient d'opérer le transvasement de la bière à l'air libre, ce qui peut en amener l'altération, et ce qui détermine forcément la perte d'une certaine quantité de gaz. Aussi a-t-on imaginé des appareils très ingénieux qui permettent de faire le transvasement de la bière sous pression et de l'introduire dans les fûts ou dans les bouteilles en lui conservant tout le gaz dont elle est chargée. Ce sont les appareils *isobarométriques*, fabriqués par M. Enzinger et imités aujourd'hui par nos constructeurs français.

Ces appareils isobarométriques sont construits soit pour tirer la bière en bouteilles ou canettes, soit pour la tirer dans les fûts.

Occupons-nous du premier cas, qui est de beaucoup le plus fréquent.

L'appareil se compose d'un vase cylindrique en verre fermé en haut et en bas par deux calottes de cuivre. Ce vase peut résister à une forte pression. La calotte supérieure porte un robinet

qui est toujours ouvert, mais dont l'orifice, du côté de la calotte, peut être fermé par une tige conique, adaptée verticalement à un flotteur. De la calotte supérieure part également un petit tube, qui descend le long du vase, et entre à l'intérieur du robinet de débit dont nous allons parler plus bas. Dans la calotte inférieure débouche le tube qui amène la bière, débouche également un tube qui conduit la bière au robinet de débit. Le robinet de débit est à trois voies; en tournant la clef de ce robinet dans un certain sens, on établit la communication avec l'air et le gaz carbonique qui sont contenus à la partie supérieure du vase de verre; en le tournant en sens contraire, on établit la communication d'une part avec la partie supérieure du vase, qui contient le gaz comprimé, d'une autre avec la partie inférieure qui contient la bière sous pression.

L'extrémité inférieure du robinet est garnie d'une rondelle de caoutchouc qui vient s'appuyer sur le goulot de la bouteille qu'on lui présente; un plateau que peut élever ou abaisser une pédale supporte le fond de la bouteille et tient celle-ci appliquée contre le robinet.

La bière, arrivant dans le vase de verre sous pression, soulève le flotteur et ferme la commu-

nication avec l'air. La bouteille est disposée sous le robinet ; on ouvre celui-ci dans un sens déterminé, le gaz pénètre et remplit sous pression la bouteille. Puis on ouvre le robinet dans un sens différent et, pendant que la bière s'écoule, le gaz de la bouteille remonte par la voie restée ouverte, et vient s'accumuler de nouveau dans le vase de verre. Quand ce gaz vient à y être contenu en trop grand excès, il fait contre-pression sur la bière qui arrive dans le vase de verre, abaisse le flotteur et s'échappe par le petit robinet de la calotte supérieure. La bouteille étant ainsi remplie sous la même pression que celle existant dans le vase de verre, l'écoulement s'arrête, on ferme le robinet et, abaissant le plateau, on enlève la bouteille.

Pour simplifier cette description nous avons admis que l'on ne pouvait à l'aide de cet appareil remplir qu'une bouteille à la fois ; mais en réalité, sur un même vase de verre, sont adaptés six, huit et dix robinets, semblables à celui dont nous avons parlé, munis de leur tuyau d'air, et portant la disposition des trois voies. Un ouvrier peut seul desservir un de ces appareils, car le temps qui lui est nécessaire pour mettre en place chacune des six ou dix bouteilles est celui que demande une des bouteilles pour se

remplir. L'ouvrier est obligé de tourner continuellement autour de son appareil. Quelquefois aussi ces appareils sont portés sur un plateau rotatif, et l'ouvrier reste en place, recevant d'un côté les bouteilles vides, soigneusement rincées que lui passe un aide, délivrant d'un autre, à un ouvrier qui les bouche, les bouteilles qu'il vient de remplir.

Nous avons intentionnellement passé sous silence, parce que la place nous fait défaut, la description des machines à rincer les bouteilles, des machines à boucher, à capsuler, etc. qui sont les accessoires nécessaires des appareils à tirer que nous venons de décrire.

Les machines isobarométriques permettent également de remplir les fûts. La disposition du robinet, relié alors au vase de verre, au moyen de tuyaux de caoutchouc, est exactement la même; on adapte alors le robinet sur la bonde même du fût que l'on veut remplir. Comme dans le cas précédent, on fait arriver dans le fût d'abord la pression d'air et de gaz, puis on fait arriver la bière, qui y coule sous pression, tandis que le gaz reflue vers le vase de verre.

53. Tirage de la bière chez le débitant.

— Le débitant reçoit du brasseur les fûts de

bière qu'il descend immédiatement dans sa cave. Sa cave doit être froide ; au besoin, il doit la refroidir en y plaçant une glacière. C'est là une condition essentielle aussi bien pour assurer sa conservation que pour la rendre agréable à boire.

En général, la bière est refroidie au moment d'être servie, c'est-à-dire que le débitant dispose, dans le trajet des tuyaux qui amènent la bière de la cave au café, une caisse remplie de glace. Les tuyaux dont il vient d'être parlé y sont enroulés sous forme de serpent, et c'est en passant à travers les spires de ce serpent que la bière acquiert le degré voulu de température.

C'est de plusieurs façons que l'on parvient à faire monter la bière de la cave au débit.

Dans quelques pays, dans le Nord par exemple, c'est à l'aide d'une pompe, à travers laquelle passe la bière, que l'on atteint ce résultat.

Mais il est préférable de remonter la bière en appliquant, à l'intérieur du fût, sur la surface de la bière, une pression d'air, ou mieux encore d'acide carbonique.

L'air peut être dirigé dans le fût soit au moyen d'une pompe à volant, soit au moyen d'une pompe à pédale. Les pompes peuvent comprimer l'air directement dans le fût ; elles peuvent le comprimer également dans un récipient de

tôle ; c'est alors le récipient de tôle qui est mis en communication avec le fût. Une fois l'air ainsi comprimé dans le fût ou dans le récipient, on peut tirer une certaine quantité de bière sans renouveler la pression.

On peut encore, pour obtenir sur le fût la pression nécessaire, le mettre en communication avec un cylindre dit *hydraulique*, qui est relié avec la conduite d'eau de la ville. L'eau arrive donc dans ce cylindre sous pression, y comprime l'air à la partie supérieure. De la partie supérieure alors part un tuyau qui, passant à travers un flotteur, destiné à en régulariser le débit, communique avec le fût.

Enfin, on peut remplacer l'air comprimé par le gaz acide carbonique. On trouve aujourd'hui dans le commerce des tubes de fer forgé, à l'intérieur desquels se trouve de l'acide carbonique liquéfié. Dès que le cylindre est ouvert, l'acide carbonique se vaporise et prend l'état gazeux. Sur le sommet du tube, et pour en modérer l'écoulement, on dispose un détendeur spécial, et c'est après avoir traversé ce détendeur que le gaz se rend vers le fût.

Quel que soit le gaz employé, que ce soit de l'air, ou de l'acide carbonique, l'appareil de soutirage est le même. C'est un instrument que l'on

désigne sous le nom de *plongeur*, et qui est formé d'un boisseau à robinet que l'on enfonce verticalement, le tonneau étant placé debout, dans le trou de soutirage. A l'intérieur de ce boisseau, passe un long tube de cuivre, que l'on peut enfonce plus ou moins. C'est par cette tige que s'élève la bière, c'est par l'espace annulaire réservé entre le boisseau et le tube de cuivre, qu'arrive l'air comprimé ou l'acide carbonique. Ce tube, qui élève la bière, est prolongé par un autre tube qui, traversant la voûte de la cave, arrive au lieu de débit. C'est dans la salle de débit que se trouve disposé le robinet qui ouvre ou qui ferme ce tuyau, et la pression de gaz existant d'une façon permanente à l'intérieur du fût, s'exerçant sur la surface du liquide, on conçoit que l'ouverture de ce robinet détermine l'ascension et le tirage de la bière.

Au lieu de mettre la pression directement sur le fût, certains débitants préfèrent laisser écouler leur bière dans un vase de verre, de forme sphérique, et faire arriver la pression sur ce vase même, qui sert ainsi d'intermédiaire entre le fût et l'appareil de débit. On peut de cette façon économiser l'emploi du plongeur.

NETTOYAGE ET GOUDRONNAGE DES FUTS
ET DES FoudRES

54. Les fûts d'expédition et les foudres où s'accomplit la fermentation complémentaire sont toujours goudronnés à l'intérieur, et le goudron que l'on destine à cet usage n'est autre que de la colophane brune (résidu de la distillation de la térébenthine). Chaque fois qu'ils rentrent en circulation, c'est-à-dire chaque fois que l'on se propose de les remplir de bière nouvelle, les foudres et les fûts doivent être débarrassés de leur ancien goudron, et goudronnés de nouveau. Ces opérations peuvent être évitées quelquefois quand il s'agit des foudres, et que ces foudres reçoivent de la bière aussitôt après avoir été vidés, mais elles sont indispensables quand il s'agit des fûts d'expédition, qui restent toujours quelque temps, la bonde ouverte, chez le consommateur, et qui peuvent se tapisser intérieurement de moisissures.

Le nettoyage de ces fûts doit être très soigné, si l'on veut que la bière, que l'on y va loger, ne s'altère pas chez le consommateur. Le fût, aussitôt de retour à la brasserie, est visité intérieure-

rement, en y descendant une chandelle allumée ; on en extrait les bouchons de bonde, qui ont pu y être introduits ; le fût est ensuite lavé en faisant pénétrer par la bonde un jet de vapeur, puis un jet d'eau chaude. Il est enfin lavé extérieurement.

Commence alors le dégoudronnage. Le fût est renversé la bonde en dessous, et l'on introduit, dans le trou de cette bonde, l'ajutage de l'appareil à dégoudronner. Cet appareil se compose d'un cylindre de fonte, à l'intérieur duquel est disposé un foyer de coke. Au milieu de ce foyer circule un serpentín de fer forgé, à l'extrémité supérieure duquel se trouve un injecteur de vapeur. Cet injecteur fait appel d'air, et l'air circulant de bas en haut dans le serpentín vient s'échauffer au contact du coke incandescent ; quelquefois aussi cet injecteur aspire directement les gaz du foyer. Le mélange d'air chaud et de vapeur passe alors dans un tuyau extérieur au foyer et qui se termine par deux ou trois ajutages ouverts à leur extrémité et dirigés verticalement. C'est sur ces ajutages que l'on dispose les fûts à dégoudronner. Par la bonde ouverte, s'écoule alors l'ancien goudron. Il est inutile de faire remarquer que par cette opération même le fût se trouve stérilisé.

Sans attendre que le fût se refroidisse, on verse au moyen d'une poche et d'un entonnoir, par la bonde ouverte, une certaine quantité de goudron (colophane brune), que l'on a eu soin au préalable de porter à une température légèrement supérieure à son point de fusion. Le fût est bouché aussitôt au moyen d'une bonde de bois, basculé de façon à y répartir le goudron uniformément, puis séparé de son bouchon et débarrassé enfin de son excès de goudron.

Pour mieux répartir encore le goudron dont les parois se sont recouvertes, on roule le fût de nouveau. On peut faire usage, pour obtenir aisément ce résultat, de *rouleurs* mécaniques. Ces rouleurs sont formés de deux grands arbres en fer, disposés parallèlement l'un à l'autre à un écartement de 40, 50 ou 60 centimètres. Ils portent de distance en distance des galets circulaires, mesurant 20 centimètres de diamètre environ. Les deux arbres en fer tournent lentement sur eux-mêmes, et dans le même sens. Les fûts sont placés sur les galets, et entraînés par le mouvement de rotation.

C'est d'une façon analogue que l'on prépare les foudres ; quand leurs dimensions sont trop grandes pour qu'ils soient placés sur la machine à dégoudronner, ils sont disposés sur deux

cales, la bonde en dessous, et c'est par la porte de bonde alors que l'on fait pénétrer le tuyau qui amène l'air chaud de l'appareil à dégoudronner. La porte de bonde est fermée, et par la bonde on introduit également le goudron chaud. On roule alors le foudre ; en général on le roule à la main, les rouleurs mécaniques n'étant pas suffisamment puissants.

On se sert cependant quelquefois d'appareils spéciaux formés par un grand cadre de fer, dont on peut, au moyen de trous et de gougeons, augmenter ou diminuer les dimensions, suivant la taille du foudre que l'on veut rouler.

Le cadre est porté sur deux tourillons et peut aisément, à l'aide d'une manivelle et d'engrenages convenablement disposés, tourner sur lui-même suivant un axe parallèle à son grand côté. Le foudre est assujéti à l'intérieur de ce cadre au moyen de deux mâchoires, qui peuvent l'incliner plus ou moins par rapport au plan du cadre. Cette disposition permet de rouler le foudre dans toutes les situations possibles et de répartir ainsi uniformément le goudron.

TRANSPORT DE LA BIÈRE, WAGONS-GLACIÈRES.

55. Le transport de la bière a lieu d'ordinaire dans des wagons spécialement aménagés et construits de façon que la bière ne soit, en aucun cas, exposée à une élévation de température. Ces wagons, qui appartiennent aux brasseries elles-mêmes, sont des wagons entièrement clos, munis à droite et à gauche d'une porte roulante; à l'intérieur se trouvent disposées des caisses remplies de glace, munies d'un tube qui conduit l'eau de fusion de la glace en dehors du wagon. Ils sont peints à la couleur blanche afin de ne s'échauffer que le moins possible aux rayons du soleil.

Du chemin de fer ou de la brasserie, la bière est conduite chez le débitant ou chez le consommateur dans des chariots découverts. L'heure la plus convenable pour le transport de la bière, surtout en été, est le matin.

PASTEURISATION DE LA BIÈRE

56. Depuis plusieurs années, on s'attache à prémunir les bières, surtout les bières destinées à l'exportation, contre les altérations résultant du développement des ferments de maladies.

On peut y parvenir en y dissolvant un antiseptique, l'acide salicylique par exemple ; mais il est inutile de signaler les inconvénients qui résultent de cette manière de faire. D'ailleurs les pouvoirs publics ont fait justice de cette pratique dangereuse, en interdisant l'entrée en France et la vente des bières salicylées.

Le seul procédé qui puisse être employé pour la conservation de la bière est le chauffage ou pasteurisation, qui donne de si bons résultats pour la conservation du vin.

On ne saurait facilement employer au chauffage de la bière les appareils déjà construits en vue du chauffage du vin. La bière est une boisson gazeuse, et le gaz se perd pendant le chauffage. Cependant M. Kuhn a construit un appareil, qui permet de chauffer la bière, tout en lui conservant son gaz ; mais cet appareil tout nou-

veau ne fonctionne pas encore d'une façon régulière dans nos brasseries.

Le chauffage a lieu en général dans les bouteilles et les canettes d'expédition.

Les bouteilles ou les canettes sont remplies et soigneusement bouchées ; on adapte même sur le goulot de la bouteille, et embrassant la cordeline, un capuchon métallique qui empêche le bouchon de sortir au moment de la poussée du gaz.

Les bouteilles sont alors placées, soit le goulot en haut, soit, ce qui est préférable pour éviter la perte de gaz, le goulot en bas, dans une caisse métallique, à la partie inférieure de laquelle se trouve un faux fond perforé. La caisse est alors remplie d'eau de façon à ce que les bouteilles y soient complètement noyées ; à l'aide d'un serpentín disposé au-dessous du faux fond, on élève progressivement la température de l'eau jusqu'à 50-55° C., puis on laisse refroidir. L'application de cette température a pour effet non de tuer, mais de paralyser les ferments de maladie, qui pourraient altérer la bière, et la bière peut alors se conserver pendant de longs mois, supporter les transports que nécessite son exportation. Malheureusement ce chauffage altère légèrement la finesse de la bière.

DESSICATION DE LA DRÈCHE

57. — A la question de conservation de la bière, se rattache nécessairement la question de conservation de la drèche. Une tentative a été faite dans ces dernières années par MM. Venuleth et Ellenberger pour dessécher la drèche au moment où elle sort de la cuve-matière ou de la cuve à filtrer.

La drèche tout humide passe entre deux cylindres de fonte, animés d'un mouvement lent de rotation, et à l'intérieur desquels circule de la vapeur. La drèche s'attache alors à la surface de ces cylindres, et s'y dessèche; des couteaux tangents aux cylindres viennent continuellement en détacher le produit sec. La drèche passe alors dans une sorte de noyère chauffée extérieurement, au milieu de laquelle des agitateurs de forme spéciale, la fannent au contact de l'air, et en terminent sa dessiccation.

M. Donard, de Rouen, a proposé dans le même but, un appareil, où la drèche est desséchée dans le vide et à basse température.

BIBLIOGRAPHIE

I. OUVRAGES D'ORDRE GÉNÉRAL CONCERNANT LA BRASSERIE

- PASTEUR. — *Etudes sur la bière* (1876).
- PASTEUR. — *Etudes sur le vin* (1873).
- HANSEN, PEDERSEN, KJELDAHL, etc. — *Comptes-Rendus des travaux du laboratoire de Carlsberg.*
- DUCLAUX. — *Microbiologie.*
- SCHUTZENBERGER. — *Les fermentations.*
- MULLER. — *Manuel du brasseur* (1873).
- MULDER. — *Guide du brasseur.*
- LACAMBRE. — *Fabrication des bières.*
- CARTUYVELS et STAMMER. — *Fabrication de la bière et du malt.*
- JOHNSON. — *Essais sur la science pratique du brassage.*
- BOULIN. — *Fabrication de la bière.*
- PUVREZ-BOURGEOIS. — *Fabrication des bières et du malt.*

- MARX. — *Agenda du brasseur.*
 " *Manuel du brasseur.*
Revue universelle de la Brasserie et de la mal-
terie (Paris).
Journal des brasseurs (Lille).
Gazette du brasseur (Bruxelles).

II. MÉMOIRES RELATIFS A L'AMIDON

- BÉCHAMP. — *Comptes-Rendus de l'Académie*
des sciences, 1854; XXXIX, 653.
 PAYEN. — *Comptes-Rendus de l'Académie des*
sciences, 1861; LIII, 813. — 1865; LXI,
 1021. *Annales de physique et de chimie* (2)
 1836; LXI, 351 et 355.
 PERSONNE. — *Comptes-Rendus de l'Académie des*
sciences, 1865; LXI, 993.
 BONDONNEAU. — *Comptes-Rendus de l'Académie*
des sciences, 1877; LXXXV, 671.
 BOURQUELOT. — *Comptes-Rendus de l'Académie*
des sciences, 1887; CIV, 71 et 177).
 AIMÉ GIRARD. -- *Comptes-Rendus de l'Académie*
des sciences, 1887; CIV, 1629. *Annales de*
physique et de chimie (6) XII, 275.

III. MÉMOIRES SUR LA DIASTASE
ET LA SACCHARIFICATION DIASTASIQUE

- PAYEN. — *Annales de physique et de chimie* (2) 1833; LIII, 73. — (2) 1834; LVI, 337. — (2) 1835; LX, 441. — (2) 1837, LXV, 225. — (4) 1865, IV, 286. — *Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, 1861; LIII, 1217. — *Annales du Conservatoire des arts-et-métiers*, II, 601. — *Mémoire des savants étrangers*, IX, 32.
- GUÉRIN-VARRY. — *Annales de physique et de chimie*, (2) 1835; LX, 32.
- BOUCHARDAT. — *Annales de physique et de chimie*, (3) 1845; XIV, 61.
- DUBRUNFAUT. — *Annales de physique et de chimie* (3) 1847; XXI, 178. Brevet, 2 mars 1881.
- MUSCULUS. — *Annales de physique et de chimie* (3) 1860; LV, 203. — (5) 1874; II, 385. *Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, 1862; LIV, 194. — 1869; LXVIII, 1267.
- MUSCULUS et GRUBER. — *Société chimique*, 1878; XXX, 54.
- O'SULLIVAN. — *Moniteur scientifique*, 1874; 210. — *Société chimique*, 1879; XXXII, 493.

- KJELDAHL. — *Comptes-Rendus du laboratoire de Carlsberg*, 1879 ; 148.
- CUISINIER. — *Brevets*, 7 décembre 1881. — 19 juin, 3 juillet, 31 décembre 1883, 25 mars 1885. — 23 janvier 1886. — 17 mars 1887.
- BRASSE. — *Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, 1885 ; C, 454.
- BOURQUELOT. — *Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, 1887 ; CIV, 71 et 576.
- LINTNER. — *Moniteur scientifique*, 1888 ; 257.
- LINDET. — *Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, 1889 ; CVIII, 453.
- EFFRONT. — *Moniteur scientifique*, 1890 ; 449, 790, 1013.

IV. MÉMOIRES SUR LES DEXTRINES ET LE MALTOSE

- BIOT ET PERSOZ. — *Annales de physique et de chimie*, (2), 1833 ; LII, 72.
- PAYEN. — *Annales de physique et de chimie*, (2), 1834 ; LV, 225. — (2), 1836 ; LXI, 372. — (2), 1837 ; LXV, 234.
- GUÉRIN VARRY. — *Annales de physique et de chimie* (2), 1835 ; LX, 68.
- MUSCULUS. — *Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, 1870, LXX, 857.

- MUSCULUS ET GRUBER. — *Société chimique*, 1878 ;
XXX, 54.
- MUSCULUS ET DE MEHRING. — 1879 ; XXXI, 105.
- BONDONNEAU. — *Société chimique*, 1874 ; XXI,
51, 150. — 1875 ; XXIII, 98.
- O'SULLIVAN. — *Société chimique*, 1879 ; XXXII,
493.
- HERZFELD. *Société chimique*, 1880 ; XXXIV, 538.
- SOXHLET. — *Moniteur scientifique*, 1882 ; 108.
- JUNGFLEISCH. — *Manipulations de Chimie*, p. 819.
- GEDULD. — *Journal de la distillerie Française*,
26 mars 1891.
- VILLIERS. — *Comptes-Rendus de l'Académie des
sciences*, 1891, CXII, 435, 536.

IV. MÉMOIRES RELATIFS AUX LEVURES
ET A LA FERMENTATION ALCOOLIQUE

- PASTEUR. — *Comptes-Rendus de l'Académie des
sciences*, 1857 ; XLV, 1032. — 1858, XLVI, 179
et 857, 1858 ; XLVII, 224 et 1011. — 1859,
XLVIII, 640, 735, 737, 1149. — 1860, L, 1083.
— 1861 ; LII, 1260. — 1864 ; LVIII, 144 ; —
1872, LXXV, 781 et 784. — *Annales de phy-
sique et de chimie* (3). — 1862 ; LXIV, 5. 2 ;
— *Société chimique*, 1861.

- BERTHELOT. — *Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, 1859, XLVIII, 691. — 1860; L, 980. *Annales de physique et de chimie*, 1858, L, 326.
- BERTHELOT-PASTEUR. — *Discussion. Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, 1887-88, 1878-79.
- BÉCHAMP. — *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences*, 1863, XLVI, 969, 1086. 1231. — 1863, LVII, 496, 674, — 1864, LVIII, 601, 1116. — 1865; LX, 241. — 1865; LXI, 689. — 1872; LXXIV, 184. — 1872, LXXV, 1036.
- DUCLAUX. — *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences*, 1864; LIX, 450. *Annales de l'Ecole Normale*, I, 1865.
- MELSENS. — *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences*, 1870, LXX, 629.
- DUMAS. — *Annales de physique et de chimie*, (5), 1874; III, 57. *Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, 1872, LXXV, 277.
- ENGEL. — *Thèse, Paris*, 1872.
- SCHUTZENBERGER. — *Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, 1874, LXXVIII, 493 et 698. — *Société chimique*, 1874; XXI; 204. *Moniteur scientifique*, 1879, 909.
- SCHUTZENBERGER ET DESTREM. — *Comptes-Rendus*

- de l'Académie des sciences*, 1879 ; LXXXVIII, 287, 383, 593.
- ROUX. — *Société chimique*, 1881 ; XXXV, 371.
- HENNINGER ET LEBEL. — *Société chimique*, 1881 ; XXXVI, 642.
- HENNINGER. — *Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, 1882 ; XCV, 94.
- LEBEL. — *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences*, 1882 ; XCVI, 1368.
- COCHIN. — *Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, XCVI, 852.
- BOURQUELOT. — *Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, 1885 ; C, 1404, 1466.
- GAYON. — *Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, 1886 ; CIII, 883. — 1890 ; CX, 865.
- CLAUDON ET MORIN. — *Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, 1887 ; CIV, 1109.
- MORIN. — *Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, 1887 ; CV, 1019.
- GRÉHANT ET QUINQUAUD. — *Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, 1888 ; CVI, 609, 1249.
- LINDET. — *Comptes-Rendus de l'Académie des sciences*, 1888 ; CVI, 280. — 1888 ; CVII, 182. — 1890. CXII, 236. — 1891 ; CXII, 102. — 1891 ; CX I, 663. — *Société chimique*, 1889 ; II, 195.

- SALKOWSKY. — *Société chimique*, 1890 ; III,
470.
- D'UDRANSKY. — *Société chimique*, 1890 ; III,
470.
- LAURENT. — *Annales de l'institut Pasteur*,
1889, 13.
- PERDRIX. — *Annales de l'institut de Pasteur*,
1890, 288.
-

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

Partie théorique

CHAPITRE PREMIER

Preliminaires

| | Pages |
|--------------------------------------|-------|
| Définition de la bière | 5 |
| Législation | 7 |
| Statistique de la brasserie. | 9 |

CHAPITRE II

L'orge et le malt

| | |
|--|----|
| L'orge | 13 |
| Caractères d'une bonne orge de brasserie | 17 |
| Analyse de l'orge | 19 |
| La germination de l'orge | 24 |
| Trempage. | 24 |
| Germination. | 25 |
| Touraillage | 29 |

| | Page |
|------------------------------------|------|
| Le malt | 31 |
| Caractères d'un bon malt | 31 |
| Analyse du malt | 31 |
| La diastase ou amylase. | 35 |

CHAPITRE III

La saccharification

| | |
|---|----|
| L'amidon. | 39 |
| Les transformations de l'amidon par la diastase | 44 |
| Les produits de la saccharification | 53 |
| L'amidon soluble | 53 |
| Les dextrines | 55 |
| Le maltose | 60 |

CHAPITRE IV

| | |
|-----------------------------|----|
| <i>Le houblon</i> | 63 |
|-----------------------------|----|

CHAPITRE V

La fermentation alcoolique

| | |
|---|----|
| Les levures | 71 |
| Races de levures propres au travail de la brasserie | 71 |
| Autres saccharomices et organismes ac- compagnant le <i>S. Cerevisiæ</i> | 75 |
| Modes de séparation des organismes; pro- duction des levures pures | 78 |
| Conditions favorables au développement de la levure | 85 |
| Les produits de la fermentation | 89 |

CHAPITRE VI

| | Pages |
|---------------------------|-------|
| <i>La bière</i> | 97 |

CHAPITRE VII

| | |
|---|-----|
| <i>La drêche et les touraillons</i> | 101 |
|---|-----|

DEUXIÈME PARTIE

Partie pratique

CHAPITRE PREMIER

Fabrication du malt

| | |
|--|-----|
| Nettoyage et classement des grains | 105 |
| Trempage de l'orge | 106 |
| Germination | 108 |
| Germination ordinaire | 108 |
| Germination pneumatique | 111 |
| Touraillage | 115 |
| Dégermage | 121 |
| Concassage | 123 |

CHAPITRE II

Brassage

| | |
|---|-----|
| Procédé par décoction ou bavarois | 126 |
|---|-----|

| | Pages |
|------------------------------------|-------|
| Procédé par infusion | 142 |
| Procédé mixte ou lillois | 147 |

CHAPITRE III

| | |
|--|-----|
| <i>Refroidissement du moût</i> | 150 |
|--|-----|

CHAPITRE IV

Fermentation du moût

| | |
|--|-----|
| Méthode par fermentation basse | 158 |
| Méthode par fermentation haute | 167 |

CHAPITRE V

*Soins apportés à la bière en vue de sa conservation
et de son débit*

| | |
|--|-----|
| Conservation de la pression dans les foudres | 172 |
| Eclaircissage et collage de la bière | 173 |
| Filtration de la bière | 175 |
| Tirage de la bière | 178 |
| Chez le brasseur | 178 |
| Chez le débitant | 183 |
| Nettoyage et goudronnage des fûts et des foudres | 187 |
| Transport de la bière | 191 |
| Pasteurisation de la bière | 192 |
| Dessiccation de la drêche | 194 |

ST-AMAND (CHER). IMPRIMERIE DESTENAY, DUSSIÈRE FRÈRES

BULLETIN DES ANNONCES

REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES & APPLIQUÉES

paraissant le 15 et le 30 de chaque mois, par cahiers de 32 pages
grand in-8° colombier, imprimés à 2 colonnes
avec de nombreuses figures dans le texte.

DIRECTEUR : **LOUIS OLIVIER**, DOCTEUR ÈS SCIENCES

Cette *Revue*, à laquelle collaborent 31 membres de l'Académie des Sciences de Paris et les savants les plus illustres de tous pays, a pour objet d'exposer, à mesure qu'ils se produisent et en quelque pays qu'ils s'accomplissent, les progrès des SCIENCES POSITIVES et de leurs APPLICATIONS PRATIQUES : *Astronomie, Mécanique, Physique, Chimie, Géologie, Botanique, Zoologie, Anatomie, Physiologie générale et Physiologie humaine, Anthropologie, — Géodésie, Navigation, Génie civil et Génie militaire, Industrie, Agriculture, Hygiène publique, privée et professionnelle, Médecine, Chirurgie.*

Chacun de ses numéros renferme trois parties :

1° La première se compose d'ARTICLES ORIGINAUX, de grandes analyses critiques et de revues spéciales ; le lecteur y trouvera la *synthèse précise des grandes questions à l'ordre du jour* ; celles qui se rapportent à la MÉDECINE sont dans chaque numéro l'objet d'un article spécial.

2° La deuxième partie est consacrée à l'ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE DÉTAILLÉE des livres et des mémoires importants, récemment parus sur les sciences *mathématiques, physiques, naturelles, médicales* ;

3° La troisième partie renferme le compte rendu des travaux présentés aux Académies et aux principales Sociétés savantes du monde entier.

Tous ceux qui, à des titres divers, s'intéressent au progrès théorique et pratique des sciences, trouveront dans cette *Revue* le tableau complet du mouvement scientifique actuel.

SPÉCIMEN D'UN NUMÉRO

- I. — H. POINCARÉ, *de l'Institut* : Les Géométries non-Euclidiennes.
- II. — D^{re} MAGNAN et SÉRIEUX : Les Aliénés persécuteurs ; leurs caractères anthropologiques et psychiques ; leur diagnose.
- III. — J. BERGERON, *docteur ès sciences* : La Faune dite « primordiale » a-t-elle été la première ? Découvertes récentes de la paléontologie et de la pétrographie sur ce sujet (avec de nombreuses figures).
- IV. — J. BOUVEAULT, *docteur ès sciences* : La Synthèse des alcaloïdes naturels (avec exemples de préparation).
- V. — *Analyse bibliographique* : 1^o Sciences mathématiques ; 2^o Sciences physiques ; 3^o Sciences naturelles ; 4^o Sciences médicales.
- VI. — *Académies et Sociétés savantes de la France et de l'Etranger*

NOTA. — La *Revue* publie, avec chacun de ses numéros, un **Supplément** de huit colonnes renfermant : 1^o Les nouvelles de la Science et de l'Enseignement ; 2^o les sommaires de 300 périodiques scientifiques classés par ordre de science.

Un Numéro spécimen sera adressé gratuitement à toute personne qui en fera la demande.

PRIX DU NUMÉRO: **80 centimes**

Abonnements : chez Georges CARRÉ, Éditeur

58, rue Saint-André-des-Arts, Paris

| | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| Paris..... | Un an, 18 fr. ; 6 mois, 10 fr. |
| Départements et Alsace-Lorraine..... | — 20 — — 11 — |
| Union postale..... | — 22 — — 12 — |

TRAITÉ
DE PHYSIQUE INDUSTRIELLE
PRODUCTION ET UTILISATION
DE LA CHALEUR

PAR L. SER

Professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures.

AVEC LA COLLABORATION DE MM.

L. CARETTE et E. HERSCHER

Ingénieurs des Arts et Manufactures, Membres de la Société des Ingénieurs civils,
Membres de la Société de médecine et d'hygiène professionnelle.

2 forts volumes in-8° illustrés de 790 figures. 45 fr.

- I. — Principes généraux et appareils considérés d'une manière générale indépendamment de toute application particulière (foyers récepteurs de chaleur, cheminées, ventilateur, thermodynamique). 1 fort volume in-8° avec 362 figures. . . 22 fr. 50*
- II. — Chaudières à vapeur. — Distillation. — Évaporation et séchage. — Désinfection. — Chauffage et ventilation des lieux habités. 1 fort volume in-8° avec 428 figures. 22 fr. 50*

Le *Traité de Physique industrielle* est avant tout le résumé du cours professé à l'École Centrale par le savant et regretté professeur, depuis qu'il occupait la chaire de M. Pécelet.

C'est en même temps un ouvrage absolument pratique, s'adressant non seulement aux élèves, mais aux ingénieurs, aux Architectes, aux Membres des Comités d'hygiène, etc.

Le second volume est publié avec la précieuse collaboration de deux hommes bien connus par leur compétence industrielle, et tient compte, par conséquent, de tous les travaux, de toutes les découvertes qui se sont produits depuis l'Exposition de 1889.

Il traite de deux questions très diverses: Les *Chaudières à vapeur* et le *Chauffage et la Ventilation*.

Nous l'avons, pour la facilité des lecteurs, publié en deux fascicules qu'on peut acheter séparément.

LIBRAIRIE G. MASSON, 110, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, A PARIS

BIBLIOTHÈQUE DIAMANT

DES

SCIENCES MÉDICALES ET BIOLOGIQUES

Collection publiée dans le format in-18 raisin, cartonnée à l'anglaise

- Manuel de Pathologie interne**, par G. DIEULAFOY, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux, lauréat de l'Institut (Prix Montyon). 6^e édition. 2 vol. 15 fr.
- Manuel du diagnostic médical**, par P. SPILLMANN, professeur à la Faculté de médecine de Nancy et P. HAUSHALTER, chef de clinique médicale. 2^e édition, entièrement refondue . . . 6 fr.
- Manuel d'anatomie microscopique et d'histologie**, par P.-E. LAUNOIS et H. MORAU, préparateurs-adjoints d'histologie à la Faculté de médecine de Paris, préface de M. Mathias DUVAL, professeur à la Faculté de médecine de Paris. 6 fr.
- Sémiologie et diagnostic des maladies nerveuses**, par Paul BLOCC, chef des travaux anatomo-pathologiques à la Salpêtrière, lauréat de l'Institut, et J. ONANOFF. 5 fr.
- Manuel de thérapeutique**, par le D^r BERLIOZ, professeur à la Faculté de médecine de Grenoble, précédé d'une préface de M. Bouchard, professeur à la Faculté de médecine de Paris. . . 6 fr.
- Précis de médecine médicale et vétérinaire**, par le D^r L.-H. THOINOT, ancien interne des hôpitaux et E.-J. MASSELIN, médecin-vétérinaire, 2^e éd., 75 fig. noires et en couleurs. 6 fr.
- Précis de médecine judiciaire**, par A. LACASSAGNE, professeur à la Faculté de médecine de Lyon. 2^e édition . . . 7 fr. 50
- Précis d'hygiène privée et sociale**, par A. LACASSAGNE, professeur à la Faculté de médecine de Lyon. 3^e édition revue et augmentée. 7 fr.
- Précis d'anatomie pathologique**, par L. BARD, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon. 7 fr. 50
- Précis théorique et pratique de l'examen de l'œil et de la vision**, par le D^r CHAUVEL, médecin principal de l'armée, professeur à l'École du Val-de-Grâce. 6 fr.
- Le Médecin. Devoirs privés et publics; leurs rapports avec la Jurisprudence et l'organisation médicales**, par A. DECHAMBRE, membre de l'Académie de médecine 6 fr.
- Guide pratique d'Électrothérapie**, rédigé d'après les travaux et les leçons du D^r ONITS, lauréat de l'Institut, par M. BONNEFOY. 3^e édition, revue et augmentée d'un chapitre sur l'électricité statique, par le D^r DANION 6 fr.
- Paris : sa topographie, son hygiène, ses maladies**, par Léon COLIN, directeur du service de santé du gouvernement militaire de Paris 6 fr.

LIBRAIRIE G. MASSON, 120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, A PARIS

DICTIONNAIRE
DES ARTS & MANUFACTURES
ET DE L'AGRICULTURE

FORMANT UN TRAITÉ COMPLET DE TECHNOLOGIE

Par **Ch. LABOULAYE**

Avec la collaboration de Savants, d'Industriels et de Publicistes

SEPTIÈME ÉDITION, PUBLIÉE EN 5 VOLUMES

REVUE ET COMPLÉTÉE À LA SUITE DE L'EXPOSITION DE 1889

Imprimée sur deux colonnes avec plus de 5,000 figures
dans le texte. Prix des 5 volumes : brochés. **120 fr.**
reliés. **145 fr.**

Le *Dictionnaire des Arts et Manufactures* est devenu, par son grand et légitime succès, un ouvrage classique parmi les ingénieurs et tous ceux qui s'intéressent aux progrès de l'industrie.

C'est un ouvrage de recherches et d'études que l'on consulte, non seulement pour y trouver des renseignements sur sa propre industrie, mais souvent aussi sur les procédés des industries connexes, et sur les questions générales qui intéressent toute entreprise industrielle. L'Exposition de 1889 a fourni une abondante récolte d'indications précieuses, mises à profit par les collaborateurs de M. Ch. Laboulaye qui continuent son œuvre. Parmi les sujets remaniés ou traités à nouveau dans leur entier, nous citerons : l'électricité (installation d'éclairage, projets de machine, transport de la force, etc.), le verre, le sucre, les constructions métalliques, l'éclairage, la métallurgie, les canaux, le matériel des chemins de fer, les instruments d'agriculture, la statistique graphique, la statistique industrielle et agricole, les institutions de prévoyance (caisses de retraites, assurances, sociétés coopératives, réglementation du travail, syndicats professionnels, etc.). La nouvelle édition du *Dictionnaire des Arts et Manufactures* est tenue au courant des progrès, et nous avons lu avec grand intérêt, parmi les articles nouveaux, ceux qui se rapportent à la statistique et aux institutions de prévoyance. Cette nouvelle édition a obtenu le succès de ses devancières.

(Extrait de *La Nature*.)

LIBRAIRIE G. MASSON, 120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, A PARIS

TRAITÉ DE MÉDECINE

Publié sous la direction de MM. CHARCOT et BOUCHARD, membres de l'Institut et professeurs à la Faculté de médecine de Paris et BRISSAUD, professeur agrégé, par MM. BABINSKI, BALLET, BRAULT, CHANTESESSE, CHARRIN, CHAUFFED, COURTOIS-SUFFIT, GILBERT, GUINON, LE GENDRE, MAREFAN, MARIE, MATHIEU, NETTER, OETTINGER, ANDRÉ PETIT, RICHARDIÈRE, ROGER, RUALLT, THIBERGE, L.-H. THOINOT, FERNAND VIDAL. 6 vol. in-8. avec figures (3 volumes publiés au 1^{er} mai 1892) *En souscription* 112 fr.

TRAITÉ DE CHIRURGIE

Publié sous la direction de MM. SIMON DUPLAY, professeur de clinique chirurgicale à la Faculté de médecine de Paris, et PAUL RECLUS, professeur agrégé, par MM. BERGER, BROCA, DELBET, DELENS, GÉRARD-MARCHANT, FORGIE, HARTMANN, HEDENRICH, JALAGUIER, KIRBYSSON, LAGRANGE, LEJARS, MICHAUX, NÉLON, LENOIT, POUJAT, POCHERT, QUENT, RICARD, SYGOND, TEFER, WAITHER. 8 fois volumes in-8 avec nombreuses figures (7 volumes publiés au 1^{er} mai 1892). *En souscription* 140 fr.

TRAITÉ DE GYNÉCOLOGIE CLINIQUE ET OPÉRATOIRE

Par S. POZZI, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, chirurgien de l'hôpital Lourcine-Pascal 2^e édition. 1 vol. in-8, relié toile avec 500 figures dans le texte 30 fr.

LEÇONS SUR LA PATHOLOGIE COMPARÉE DE L'INFLAMMATION

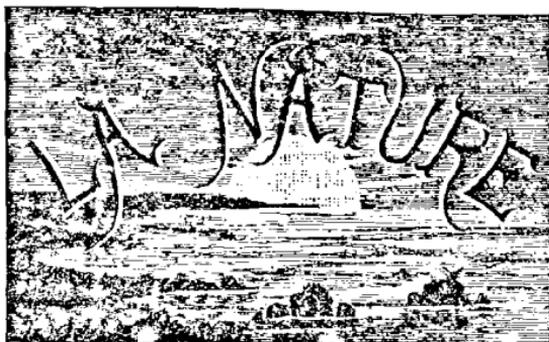
Faites à l'Institut Pasteur en avril et mai 1891, par Elie METchnikoff, chef de service à l'Institut Pasteur. 1 vol. in-8 avec 65 figures dans le texte, en noir et en couleur et 8 planches en couleur 9 fr.

LE DIABÈTE PANCRÉATIQUE

Expérimentation, Clinique, Anatomie pathologique, par le Dr J. THIBROUX, interne, médaille d'or des hôpitaux, membre de la Société anatomique. 1 vol. in-8, avec planches et graphiques hors texte 8 fr.

LIBRAIRIE G. MASSON, 120, BOULEVARD ST-GERMAIN, PARIS.

VINGTIÈME ANNÉE



37 VOLUMES PARUS

REVUE DES SCIENCES
ET DE LEURS APPLICATIONS AUX ARTS ET A L'INDUSTRIE

Journal hebdomadaire illustré

RÉDACTEUR EN CHEF : GASTON TISSANDIER

Cette revue, si savamment dirigée par M. TISSANDIER, répond à un besoin actuel. Tous ceux qui se préoccupent un peu des progrès scientifiques, des découvertes utiles faites à chaque instant, trouveront dans ses précieuses pages toutes les trouvailles intéressantes, enregistrées au jour le jour. Sans peine, il pourront profiter du travail accumulé dans cette véritable Encyclopédie. Ils n'y rencontreront pas seulement les résultats pratiques auxquels on est arrivé; ils y verront également les tentatives faites par les chercheurs dans telle ou telle voie le but qu'ils poursuivent, les moyens qu'ils emploient. A ce titre, *La Nature* est doublement utile aux inventeurs. Elle peut les éclairer parfois, souvent leur indiquer des sujets de recherches. En tous cas, ce sera toujours avec profit qu'ils l'auront consultée. Bref, c'est un ouvrage véritablement utile pour beaucoup de gens, intéressant pour tous. Le texte en est toujours rédigé d'une façon brève et concise; les illustrations sont dues à nos meilleurs artistes et gravées avec le plus grand soin.

PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL :

Paris, 20 fr. — Départements, 25 fr. — Union postale, 26 fr.

Les 37 premiers volumes sont en vente, et sont vendus chacun :

Broché, 10 fr. — Relié, 13 fr. 50.

LIBRAIRIE G. MASSON, 120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, A PARIS

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

Quai des Grands-Augustins, 55.

Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris

LEÇONS DE CHIMIE

(à l'usage des Élèves de Mathématiques spéciales)

PAR

Henri GAUTIER

Ancien élève de l'École Polytechnique,
Professeur de l'École Monge et au collège Sainte-Barbe,
Professeur agrégé à l'École de Pharmacie ;

ET

Georges CHARPY

Ancien Élève
de l'École Polytechnique, professeur à l'École Monge.

Un beau volume grand in-8, avec 83 figures ; 1892. . . 9 fr.

Ces *Leçons de Chimie* présentent ceci de particulier qu'elles ne sont pas la reproduction des Ouvrages similaires parus dans ces dernières années. Les théories générales de la Chimie sont beaucoup plus développées que dans la plupart des Livres employés dans l'enseignement ; elles sont mises au courant des idées actuelles, notamment en ce qui concerne la théorie des équivalences chimiques. Toutes ces théories, qui montrent la continuité qui existe entre les phénomènes chimiques, physiques et même mécaniques, sont exposées sous une forme facilement accessible. La question des nombres proportionnels, qui est trop souvent négligée dans les Ouvrages destinés aux candidats aux Écoles du Gouvernement, est traitée avec tous les développements désirables. Dans tout le cours du Volume, on remarque aussi une grande préoccupation de l'exactitude, les faits cités sont tirés des mémoires originaux ou ont été soumis à une nouvelle vérification. Les procédés de l'industrie chimique sont décrits sous la forme qu'ils possèdent actuellement. L'ouvrage ne comprend que l'étude des métaux, c'est-à-dire les matières exigées pour l'admission aux Écoles Polytechnique et Centrale.

En résumé, le Livre de MM. Gautier et Charpy est destiné, croyons-nous, à devenir rapidement classique.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS
Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris

COURS DE PHYSIQUE

DE
L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

PAR M. J. JAMIN

QUATRIÈME ÉDITION

AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFONDUE,

PAR

M. BOUTY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Quatre Tomes in-8, de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et
14 planches sur acier, dont 2 en couleur; 1885-1891. (Ouvrage
COMPLÉT) 72 fr.

On vend séparément :

TOME I. — 9 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec 150 fig.
et 1 planche 5 fr.
2^e fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Thermométrie. Dilatations*; avec 98 fig. 5 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches 5 fr.
3^e fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la chaleur*;
avec 47 figures 5 fr.

TOME III. — ACOUSTIQUE; OPTIQUE. — 22 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Acoustique*; avec 123 figures. 4 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Optique géométrique*; avec 139 figures et 3 plan-
ches 4 fr.
3^e fascicule. — *Étude des radiations lumineuses, chimiques et*
colorifiques; Optique physique; avec 249 fig. et 5 planches, dont
2 planches de spectres en couleur 14 fr.

(*) Les matières du programme d'admission à l'École Polytechnique sont comprises dans
les parties suivantes de l'Ouvrage : Tome I, 1^{er} fascicule; Tome II, 1^{er} et 2^e fascicules;
Tome III, 2^e fascicule.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

TOME IV (1^{re} Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 fig. et 1 planche 7 fr.
 2^e fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 fig. et 1 planche 6 fr.

TOME IV. — (2^e Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.

- 3^e fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Electromagnétisme. Induction*; avec 240 figures. 8 fr.
 4^e fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 fig. et 1 pl. 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES.

Tables générales, par ordre de matières et par noms d'auteurs, des quatre volumes au Cours de Physique. In-8; 1891 10 c.

Tous les trois ans, un supplément, destiné à exposer les progrès accomplis pendant cette période, viendra compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

Pour ne pas trop grossir un ouvrage déjà bien volumineux, il a fallu dans cette nouvelle édition en soumettre tous les détails à une revision sévère, supprimer ce qui avait quelque peu vieilli, sacrifier la description d'appareils ou d'expériences qui, tout en ayant fait époque, ont été rendus inutiles par des travaux plus parfaits; en un mot, poursuivre dans ses dernières conséquences la transformation entreprise non sans quelque timidité dans l'édition précédente. Au reste, pour tenir un livre au courant d'une Science dont le développement est d'une rapidité si surprenante, et dans laquelle un seul résultat nouveau peut modifier jusqu'aux idées même qui servent de base à l'enseignement, il ne suffit pas d'ajouter des faits à d'autres faits: c'est l'ordre, l'enchaînement, la texture même de l'ouvrage qu'il faut renouveler. On se ferait donc une idée inexacte de cette quatrième édition du *Cours de Physique de l'École Polytechnique* en se bornant à constater que ces quatre Volumes se sont accrus de près de 500 pages et de 150 figures, soit de un septième environ: les modifications touchent, pour ainsi dire, à chaque page et c'est en réalité au moins le tiers du texte qui a été écrit à nouveau d'une manière complète.

DUHEM. — Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Lille. *Leçons sur l'électricité et le Magnétisme.* 3 volumes grand in-8, avec 215 figures:

Tome I, 1891; 16 fr. — Tome II, 1892; 14 fr. — Tome III, 1892; 15 fr.

JAMIN et BOUTY. — *Cours de Physique à l'usage de la classe de Mathématiques spéciales.* 2^e édition. Deux beaux volumes in-8, contenant ensemble plus de 1060 pages, avec 458 figures géométriques ou ombrées et 6 planches sur acier; 1886 20 fr.

On vend séparément :

- TOME I.** — Instruments de Mesure. Hydrostatique. — Optique géométrique. Notions sur les phénomènes capillaires. In-8, avec 312 fig. et 4 pl. 10 fr.
TOME II. — Thermométrie. Dilatations. — Calorimétrie. In-8, avec 146 fig. et 2 pl. 10 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris

BARILLOT (Ernest), membre de la Société chimique de Paris. — **Manuel de l'analyse des vins Dosage des éléments naturels. Recherche analytique des falsifications.** Petit in-8, avec nombreuses figures et Tables; 1889. 3 fr. 50

BONNAMI (H.), Ingénieur-Directeur des usines de Pont-de-Pany et Malain, Conducteur des Ponts et Chaussées. — **Fabrication et contrôle des chaux hydrauliques et ciments. Théorie et pratique. Influences réciproques et simultanées des différentes opérations et de la composition sur la solidification. Énergie. Thermodynamique. Thermochimie.** In-8, avec figures; 1888. 6 fr. 50

CHAPPUIS (J.), Agrégé, Docteur ès Sciences, Professeur de Physique générale à l'École Centrale, et **BERGET (A.)**, Docteur ès Sciences, attaché au laboratoire de Recherches physiques de la Sorbonne. — **Leçons de Physique générale. Cours professé à l'École Centrale des Arts et Manufactures et complété suivant le programme de la Licence ès Sciences physiques.** 3 volumes grand in-8 se vendant séparément; **Tome I: les rayons de mesure. Chaleur.** Avec 175 figures; 1881. . . 14 fr. **Tome II: Électricité et Magnétisme.** Avec 305 figures; 1891. . . 13 fr. **Tome III: Acoustique. Optique; Electro-optique.** Avec 193 figures; 1892. 10 fr.

DESFORGES (J.), Professeur de travaux manuels à l'École industrielle de Versailles, ancien Garde d'Artillerie, ancien Chef aux ateliers des Forges et Fonderies de la Marina de l'État, à Roelle. — **Cours pratique d'enseignement manuel, à l'usage des candidats aux Écoles nationales d'Arts et Métiers et aux Écoles d'apprentis et d'Élèves mécaniciens de la flotte, et à l'usage des aspirants au certificat d'aptitude pour l'enseignement du travail manuel, des élèves des écoles professionnelles industrielles, etc. — Ajustage — Forge. — Fonderie. — Chaudronnerie. — Menuiserie.** In-4 oblong, comprenant 76 planches de dessin avec texte explicatif; 1889. . . 5 fr.

ENDRÈS (E.), Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées. — **Manuel du Conducteur des Ponts et Chaussées.** Ouvrage indispensable aux Conducteurs et Employés secondaires des Ponts et Chaussées et des Compagnies de Chemin de fer, aux Gardes-mines, aux Gardes et Sous-Officiers de l'Artillerie et du Génie, aux Agents voyers et aux Candidats à ces emplois. *Ho été d'une souscription des Ministères du Commerce et des Travaux publics, et recommandé pour le service vicinal par le Ministre de l'Intérieur.* 7^e édition modifiée conformément au décret du 9 juin 1884. 3 volumes in-8. . . 27 fr.

On vend séparément :

Tome I : Partie théorique, avec 407 fig.; et **tome II : Partie pratique,** avec fig. 2 vol. in-8; 1884 14 fr.

Tome III : Partie technique. In-8, avec 211 fig. 1884 . . . 9 fr.

Ce dernier Volume est consacré à l'exposition des doctrines spéciales qui se rattachent à l'Art de l'Ingénieur en général et au service des Ponts et Chaussées en particulier.

GOULIER (C.-M.), Colonel du Génie en retraite. — **Études théoriques et pratiques sur les levés topométriques et en particulier sur la tachéométrie.** Un vol. in-8 de xxii 512 pages, avec fig. et un portrait de l'Auteur, photographié par Dujardin; 1892. . . 8 fr.

ÜPTNER DE JONSTORFF (Baron Hanns). — **Traité pratique de Chimie métallurgique.** Traduit de l'allemand par E. Vasta, Ingénieur des Arts et Manufactures. Edition française, revue et augmentée par l'Auteur. Grand in-8, avec nombreuses figures et 2 planches; 1891. 10 fr.

ACOUTURE (Charles). — **Répertoire chromatique. Solution raisonnée et pratique des problèmes les plus usuels dans l'étude et l'emploi des couleurs.** 29 TABLEAUX EN CHROMO représentant 952 teintes différentes et définies, groupées en plus de 600 gammes typiques. In-4, contenant un texte de xi-141 pages, vrai traité de la science pratique des couleurs, accompagné de nombreux diagrammes, et suivi d'un atlas de 29 tableaux en chromo qui offrent à la fois l'illustration du texte et de nouvelles ressources pour les applications; 1890. (Ouvrage honoré de la MÉDAILLE D'OR de la Société industrielle du Nord de la France, le 18 janvier 1891).

Broché. 25 fr. | Cartonné. 30 fr.

ÉVY (Maurice), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France et à l'École Centrale des Arts et Manufactures. — **La Statique graphique et ses applications aux constructions.** 2^e ÉDITION. 4 vol. grand in-8, avec 4 Atlas de même format. (Ouvrage honoré d'une souscription du ministère des Travaux publics).

I^{re} PARTIE : *Principes et applications de la Statique graphique pure.* Grand in-8 de xxviii-549 pages, avec Atlas de 26 planches; 1886. 22 fr.

II^e PARTIE. — *Flexion plane. Lignes d'influence. Poutres droites.* Grand in-8 de xiv-345 pages, avec un Atlas de 6 planches; 1886. 15 fr.

III^e PARTIE. — *Arcs métalliques. Ponts suspendus rigides. Coupôles et corps de révolution.* Grand in-8 de ix-418 pages avec un Atlas de 6 planches; 1887. 17 fr.

IV^e Partie. — *Ouvrages en maçonnerie. Systèmes réticulaires à lignes surabondantes. Index alphabétique des quatre Parties.* Grand in-8 de x-350 pages, avec Atlas de 4 planches; 1888. 15 fr.

MIQUEL. — **Manuel pratique d'Analyse bactériologique des eaux** in-18 jésus, avec figures; 1891. 2 fr. 75 c.

WITZ (Aimé), Docteur ès Sciences, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur aux Facultés catholiques de Lille. — **Cours de manipulations de Physique, préparatoire à la Licence** (ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE). Un beau volume in-8, avec 166 figures 1883. 12 fr.

WITZ (Aimé). — **Exercices de Physique et applications, préparatoires à la Licence** (ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE). In-8, avec 114 figures; 1889. 12 fr.

WYROUBOFF (G.). — **Manuel pratique de Cristallographie. Détermination des formes cristallines.** in-8, avec figures et 6 planches en taille-douce; 1889. 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS
Envoi franco contre mandat-poste du valeur sur Paris

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose d'environ 150 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la science, de l'art et des applications pratiques.

A côté d'ouvrages d'une certaine étendue, comme le *traité* de M. Davanne, le *Traité encyclopédique* de M. Fabre, le *Dictionnaire de Chimie Photographique* de M. Fourtier, etc., elle comprend une série de monographies nécessaires à celui qui veut étudier à fond un procédé et apprendre les tours de main indispensables pour le mettre en pratique. Elle s'adresse donc aussi bien à l'amateur qu'au professionnel, au savant qu'au praticien.

EXTRAIT DU CATALOGUE.

Balagny (George), Membre de la Société française de Photographie, Docteur en droit. — *Traité de Photographie par les procédés pelliculaires*. Deux volumes grand in-8, avec figures ; 1889-1890.

On vend séparément :

TOME I : Généralités. Plaques souples. Théorie et pratique des trois développements au fer, à l'acide pyrogallique et à l'hydroquinone . . . 4 fr.

TOME II : Papiers pelliculaires. Applications générales des procédés pelliculaires. Phototypie. Contre-Types. — Transparents . . . 4 fr.

Chable (E.), Président du Photo-Club de Neuchâtel. — *Les travaux de l'amateur photographe en hiver*. 2^e édition. In-18 Jésus, avec 2 planches et nombreuses figures ; 1892 3 fr.

Davanne. — *La Photographie. Traité théorique et pratique*. 2 beaux volumes grand in-8, avec 234 figures et 4 planches spécimens. 32 fr.

On vend séparément :

1^{re} PARTIE : Notions élémentaires. — Historique. — Épreuves négatives. — Principes communs à tous les procédés négatifs. — Épreuves sur albumine, sur collodion, sur gélatino-bromure d'argent, sur pellicules, sur papier. Avec 2 planches et 120 figures ; 1836 . . . 16 fr.

2^e PARTIE : Épreuves positives : aux sels d'argent, de platine, de fer, de chrome. — Épreuves par impressions photomécaniques. — Divers : Les couleurs en Photographie. Épreuves stéréoscopiques, Projections, agrandissements, micrographie. Réductions, épreuves microscopiques. Notions élémentaires de Chimie ; vocabulaire. Avec 2 planches et 114 figures ; 1888 16 fr.

- ENCAS (C.)**, Docteur ès Sciences. — *Traité encyclopédique de Photographie*. 4 beaux volumes gr. in-8, avec plus de 700 figures et planches; 1889 1891. 43 fr. »
Chaque volume se vend séparément 11 fr.
Les trois ans, au Soudan et, destiné à rassembler les progrès accomplis pendant cette période, vient tout compléter ce Traité et le maintenir courant des dernières découvertes.
- A** **premier Supplément** est mis en souscription. Il est publié
A par les présents volumes en cinq fascicules dont le premier a
A paru le 15 juillet 1892. La souscription sera close le 15 décembre 1892.
B Prix du supplément pour les souscripteurs. 10 fr.
B Le prix sera porté ultérieurement à 14 fr.
- B** **errier (H.)**. — *Dictionnaire pratique de Chimie photographique*,
B contenant une *Etude méthodique des divers corps utilisés en Photogra-*
E *phie*, précédé de *Notions usuelles de Chimie* et suivi d'une *Description*
E *détaillée des Manipulations photographiques*. Grand in-8, avec
E figures; 1892 8 fr. »
E *Les Pontifs sur verre. Théorie et pratique. Les positifs pour projections.*
E *Stéréoscopes et vitraux. Méthodes opératoires. Coloriage et montage.*
E Grand in-8, avec figures; 1892 4 fr. 50
E *La pratique des projections. Etude méthodique des appareils. Les*
E *accessoires; usages et applications diverses des projections. Con-*
E *sulta des séances. 2 volumes in-18 Jésus se vendant séparément.*
E I. *Les appareils* avec 67 figures; 1892; 2 fr. 75
E II. *Les projections* avec figures (Sous presse).
- L** **onde (A)**, Chef du service photographique à la Salpêtrière. — *La*
L *Photographie instantanée*. 2^e édition. In-18 Jésus, avec belles figures;
L 1890 2 fr. 75
L — *Traité pratique du développement*. Etude raisonnée des divers révé-
L *lateurs et de leur mode d'emploi*. 2^e édition. In-18 Jésus, avec figu-
L *res et 4 doubles planches en photocollographie; 1892 2 fr. 75*
- M** **ercler (P)**, Chimiste, Lauréat de l'École supérieure de Pharmacie de
M *Paris*. — *Virages et fixages. Traité historique, théorique et pratique*.
M 2 vol. in-18 Jésus; 1892 5 fr.
- On vend séparément :*
- I^{re} Partie : *Virages aux sels d'or* 2 fr. 75
 II^e Partie : *Virages aux divers métaux et fixages*. 2 fr. 75
- T** **rutat (E)**, Docteur ès sciences, Directeur du Musée d'Histoire
T *naturelle de Toulouse*. — *Traité pratique des agrandissements photo-*
T *graphiques*. 2 vol. in-18 Jésus, avec 105 figures; 1891.
- I^{re} Partie : *Obtention des petits clichés; avec 52 figures* 2 fr. 75
 II^e Partie : *Agrandissements; avec 53 figures* 2 fr. 75
- *Impressions photographiques aux encres grasses. Traité pratique de*
photocollographie à l'usage des amateurs. In-18 Jésus, avec nombreu-
ses figures et 1 planche en photocollographie; 1892 2 fr. 75
- V** **idal (Léon)**, officier de l'Instruction publique, Professeur à l'École
V *nationale des arts décoratifs*. — *Manuel pratique d'Orthochromatisme*.
V *In-18 Jésus avec figures, 2 planches dont une en photocollographie*
V *et un spectre en couleur; 1891 2 fr. 75*
- V** **ieuille**. — *Nouveau guide pratique du photographe amateur*. 3^e édit.
V *refondue et beaucoup augmentée*. In-18 Jésus avec fig. 1892. 2 fr. 75

BIBLIOTHÈQUE

DES
ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES

128 Ouvrages in-18 jésus ou petit in-8

(Voir le Catalogue général ou le prospectus détaillé.)

- **Précis d'analyse qualitative.** Recherche des métalloïdes et de métaux usuels dans les mélanges de sels, les produits d'art et les substances minérales; par *L. Babu*, Ingénieur des mines. In-18 jésus; 1888. 2 fr.
- **Éléments et méta-éléments** Mémoire lu à la Société chimique de Londres par *William Crookes*. Traduit, avec l'autorisation spéciale de l'auteur, par *Willy Levy*, Ingénieur civil, Membre de la Société chimique de Paris. In-18 jésus; 1888. 1 fr.
- **Les Étoiles filantes et les Bolides;** par *Félix Hémeul*, Inspecteur général honoraire de l'Instruction publique. Petit in-8, avec 32 figures. 2 fr. 50
- **Chaleur et froid;** par *Tyndall*. 2^e édition. In-18 jésus. 2 fr. 50
- **La lumière;** par *Tyndall*. 2^e édition. In-18 jésus. 2 fr. 50
- **Manuel de l'analyse des vins;** par *Barillot*, Membre de la Société chimique de Paris. Petit in-8, avec nombreuses figures et Tables. 3 fr. 50
- **Les allages.** Trois leçons lues devant la Société des Arts de Londres; par *W. Chandler Roberts-Austen*, F. R. S. Traduites de l'anglais par G. RICHARD, Ingénieur civil des Mines. In-18 jésus, avec figures. 1 fr. 75
- **Influence des grands centres d'action de l'atmosphère sur le temps;** par *Raymond*, Membre de la Société météorologique de France. In-18 jésus, avec figures. 1 fr. 50
- **Fabrication des tubes sans soudure.** PROCÉDÉ MANNESMANN; par *Reuleaux*. Conférence faite à la Société des Ingénieurs allemands le 16 avril 1890. In-18 jésus. 0 fr. 75
- **La vie et les travaux de Henri Sainte-Claire Deville,** par *Jules Gay*. Petit in-8, avec portrait hors texte de Henri et Charles Sainte-Claire Deville. 2 fr. 50
- **Manuel pratique d'analyse bactériologique des eaux,** par le *Dr H. Niquel*, Docteur ès sciences et en médecine, Chef du service microbiographique à l'Observatoire municipal de Montsouris. In-18 jésus, avec figures. 2 fr. 75
- **Bulles de Savon.** Quatre conférences sur la capillarité faites devant un jeune auditoire; par *C.-V. Boys*. Traduit de l'anglais par Ch. Ed. GRILLON, Docteur ès sciences, avec de nouvelles Notes de l'Auteur et du Traducteur. In-18 jésus, avec 60 fig. et 1 pl. 2 fr. 75

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRES

COLLABORATEURS

Section du Biologiste

| MM. | MM. | MM. |
|-------------------|-----------------------|-----------------|
| Arloing (S.). | Feulard. | Marfan. |
| Auvard. | Filhol (H.). | Marie (A.). |
| Ballet (Gilbert). | François-Franck (Ch.) | Martin (A.-J.). |
| Bar. | Gamaleia. | Maygrier. |
| Barthélemy. | Gariel. | Merklen. |
| Baudouin. | Gérard-Marchant. | Meyer. |
| Bazy. | Gilbert. | Napias. |
| Beauregard (H.). | Girard (Aimé). | Nocard. |
| Bergé. | Girard (A.-Ch.). | Olivier (Ad.). |
| Bergonié. | Gley. | Olivier (L.). |
| Berne (G.). | Gombault. | Ollier. |
| Berthant. | Graucher. | Patouillard. |
| Blanc (Louis). | Guerne (J. de). | Peraire. |
| Bianchard (R.). | Hanot. | Perrier (Edm.). |
| Bonnaire. | Hartmann (H.). | Peyrot. |
| Brault. | Hébert (A.). | Polin. |
| Brissaud. | Henneguy. | Pouchet (G.). |
| Broca. | Hénocque. | Pozzi. |
| Brocq. | Heydenreich. | Prillieux. |
| Brun. | Jacquet. | Quénu. |
| Brun (de). | Joffroy. | Reclus. |
| Budin. | Johannès-Chatin. | Retterer. |
| Castex. | Kœhler. | Roger (H.). |
| Cazal (du). | Labit. | Ruault. |
| Chantemesse. | Landouzy. | Séglas. |
| Charrin. | Langlois (P.). | Segond. |
| Cornevin. | Lannelongue. | Sérieux. |
| Crouzat. | Lapersonne (de). | Spillmann. |
| Guénot (L.). | Lavarenne (de). | Straus. |
| Dastre. | Laveran. | Talamon. |
| Dehérain. | Lavergne. | Testut (Léo). |
| Delorme. | Layet. | Tissier. |
| Demelin. | Le Dentu. | Thoulet (J.). |
| Dubois (Raphaël). | Legrain. | Trousseau. |
| Durand-Fardel. | Legroux. | Vallon. |
| Duval (Mathias). | Lermoyez (M.). | Viala. |
| Faisans. | Letulle. | Weill (J.). |
| Féré. | Lhôte. | Weiss (G.). |
| Fernbach (A.). | Magnan. | Wurtz. |

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

DIRIGÉE PAR M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

Collection de 300 volumes petit in 8 (30 à 40 volumes publiés par an)

CHAQUE VOLUME SE VEND SÉPARÉMENT : BROCHÉ, 2 FR 50; CARTONNÉ, 3 FR.

Ouvrages en cours de publication

Section de l'Ingénieur

A. GOULLY.— Transmission de la force par air comprimé ou rarefié.

R.-V. PICOU.— Distribution de l'électricité par installations isolées.

DUQUESNAY.— Résistance des matériaux.

DWELSHAUVERS-DERY.— Étude expérimentale calorimétrique de la machine à vapeur.

A. MADAMET.— Tiroirs et distributeurs de vapeur. — Appareils de mise en marche et de changement de marche.

MAGNIER DE LA SOURCE.— Analyse des vins.

ALHELLIG.— Recette, conservation et travail des bois, outils et machines-outils.

R.-V. PICOU.— Distribution de l'électricité par usines centrales.

AIMÉ WITZ.— Thermodynamique à l'usage des Ingénieurs

LINDET.— La bière.

LE CHATELIER.— Le Grisou.

TH. SCHLÉSING fils.— Chimie agricole.

SAUVAGE.— Les divers types de moteurs à vapeur.

H. GAUTIER.— Essais d'or et d'argent.

H. LAURENT.— Théorie des jeux de hasard.

CRONEAU.— Canons. Torpilles et Cuirasses.

GERARD-LAVERGNE.— Les Turbines.

LECOMTE.— Les textiles végétaux. Leur examen microscopique.

DE LAUNAY.— Formation des gîtes métallifères.

BUDEBOUT.— Appareils accessoires des moteurs à vapeur.

FERDINAND JEAN.— L'industrie des peaux et des cuirs.

LAURENT NAUDIN.— Fabrication des vernis.

HÉBERT.— Examen sommaire des bois-sous falsifiées.

GURNEZ.— La décoration de la porcelaine au feu de moufle.

L. H. LÉAUTÉ et A. BÉRARD.— Transmissions par câbles métalliques.

Section du Biologiste

FAISANS — Maladies des organes respiratoires. Méthodes d'exploration. Signes physiques.

MAGNAN et SÉRIEUX. — Le délire chronique à évolution systématique.

AUVARD. — Séméiologie génitale de la femme.

G. WEISS. — Technique d'électrophysiologie.

BAZY. — Maladies des voies urinaires. Urètre. Vessie. Exploration et traitements d'urgence.

WURTZ. — Technique bactériologique.

TROUSSEAU. — Hygiène de l'œil.

FERRÉ. — Epilepsie.

LAVERAN. — Paludisme.

POLIN et LABIT. — Examen des aliments suspects.

MÉGNIN. — Les acariens parasites.

BERGONIÉ. — Physique médicale.

DÉMELIN. — Anatomie obstétricale.

CUENOT. — Les moyens de défense dans la série animale.

DE LAPERSONNE. — Maladies des paupières et des membranes de l'œil.

BUDIN. — Thérapeutique obstétricale.

KÖHLER. — Application de la photographie aux sciences naturelles.

LETULLE. — Maladies aiguës de la cellule.

DE BRUN — Mal e de p y s cha n g e

BAZY. — Etude des troubles fonctionnels des voies urinaires.

FAISANS. — Diagnostic précoce tuberculeux

DASTRE. — La Digestion

AIME GIRARD — La botterava à l

BROCC et JACQUET é el tairo et prat

LANNELONG r u rurgicale

STRAUS s s

NA A n u s r e i o

no gie du

l o g i e g é n é r