

Section de l'Ingénieur



E. OZARD

LA PRATIQUE

DES

FERMENTATIONS

INDUSTRIELLES

GAUTHIER-VILLARS

MASSON & C^{IE}

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

'AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉS

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

E. OZARD — Fermentations industrielles

1

*Ce volume est une publication de l'Encyclopédie
scientifique des Aide-Mémoire ; L. ISLER, Secrétaire
général, 20, boulevard de Courcelles, Paris.*

N° 313 B

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

LA PRATIQUE
DES
FERMENTATIONS
INDUSTRIELLES

PAR

M. ÉLISÉE OZARD

Chimiste agricole



PARIS

MASSON et C^{ie}, ÉDITEURS,

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, 120

GAUTHIER-VILLARS

IMPRIMEUR-ÉDITEUR

Quai des Grands-Augustins, 55

(Tous droits réservés)

PRÉFACE

L'industrie des fermentations a pour but de transformer un groupe de substances qu'on appelle improprement des hydrates de carbone en d'autres hydrates de carbone plus simples et qui sont des alcools.

Les applications de ces alcools sont très nombreuses et variées, aussi la fabrication du plus simple d'entre eux, l'alcool éthylique, forme une industrie d'une importance très considérable, dans le Nord de la France en particulier.

L'alcool n'a été obtenu pendant longtemps que par la distillation ménagée des boissons fermentées et surtout du vin, qui renferme en moyenne de 10 à 15 % d'alcool pur mélangé à de très nombreuses autres substances, dont l'ensemble constitue le vin. Par extension, on appelle industriellement « vin », tout liquide provenant de la fermentation alcoolique et devant être soumis à la distillation.

Presque tous les liquides sucrés que la nature nous offre dans les racines, les tiges, les fleurs

et les fruits des végétaux, sont susceptibles de fermentation alcoolique dans des conditions convenables ; l'industrie de l'alcool s'adresse également à d'autres substances, l'amidon, la fécule, la cellulose, qui servent aussi de matières premières, après qu'elle leur a fait subir divers traitements chimiques qui portent généralement le nom de saccharification.

Les agents de la fermentation alcoolique sont généralement des levures. Leur étude a été faite dans un volume de cette collection par la plume bien autorisée de M. Kayser. Nous ne dirons donc que peu de mots de ces organismes. De même, on trouvera dans l'ouvrage de M. H. Neuville, publié dans l'Encyclopédie, des détails sur d'autres ferments alcooliques, qui sont des moisissures et dont l'usage, très répandu en Extrême-Orient, tend à s'introduire chez nous depuis quelques années.

Ce n'est pas en quelques pages qu'on peut écrire, ou même condenser, un traité relatif aux fermentations industrielles. Mon travail n'a pas de prétentions aussi élevées. Ce n'est qu'un aide-mémoire, mais la forme que je lui ai donnée suffira largement, je l'espère, à montrer, d'une part, quel est l'état actuel et l'importance de l'industrie des fermentations et, d'autre part,

quels desiderata il reste encore à remplir de divers côtés dans cette importante branche de l'industrie nationale.

Je dois ici rendre un juste hommage de reconnaissance à M. M.-Emm. Pozzi-Escot, dont les conseils m'ont été très précieux.

Il a bien voulu me communiquer, à l'occasion de cette publication, plusieurs chapitres de l'ouvrage qu'il prépare sur les applications scientifiques et industrielles des Diastases et des Toxines et qui ont trait aux fermentations. J'ai puisé dans ces pages, au style sobre et précis, où la rigueur scientifique se joint à la hardiesse de l'hypothèse, d'utiles indications.

J'ai essayé dans les pages qui suivent d'extraire les principes essentiels et de montrer dans leurs grandes lignes, les règles qui doivent présider à la conduite des fermentations variées, qui permettent de transformer les matières sucrées ou amylacées en produits alcooliques.

Douai, le 1^{er} janvier 1903.

Elisée OZARD.

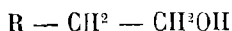
CHAPITRE PREMIER

—

L'ALCOOL ET LES MATIÈRES FERMENTESCIBLES

Les alcools sont des corps très importants appartenant à la chimie organique ; ils résultent du remplacement d'un ou plusieurs atomes d'hydrogène par un ou plusieurs hydroxyles dans une fonction carbure, on a ainsi des alcools monoatomiques et des alcools polyatomiques.

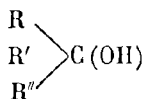
Les alcools monoatomiques peuvent être primaires :



ou secondaires



ou tertiaires



et peuvent appartenir en outre à une chaîne non saturée comme, le propénol (alcool ollylique)



Les alcools polyatomiques peuvent être à la fois alcools primaires, secondaires et tertiaires ou plusieurs fois primaires, secondaires ou tertiaires ; ils peuvent en outre renfermer des liaisons éthyléniques ou acétyléniques et d'autres fonctions telles que les fonctions cétone, aldéhyde ou éther oxyde ; ce sont alors des sucres proprement dits. On les désigne par égard aux caractères spécifiques de leurs molécules sous le nom de polyols, de polyolols ou polyonones et d'oxypolyols ou oxypolyolols ; enfin les alcools à la fois aldéhydes et cétones forment un groupe à part, les *osones*.

Aux alcools ou sucres que nous venons de citer se rattachent un grand nombre de dérivés, d'acides en particulier, qui dérivent des sucres par oxydation.

Comme propriétés générales des sucres, nous rappellerons simplement qu'ils jouissent généralement de l'activité optique ⁽¹⁾, qu'il existe un

(1) SIDERSKY. — *Polarisation et Saccharimétrie*. Encyclopédie Scientifique des Aide-Mémoire. Gauthier-Villars et Masson, éditeurs.

10 L'ALCOOL ET LES MATIÈRES FERMENTESCIbles

grand nombre de sucres isomères ne différant entre eux que par une structure particulière, ce qui amène à les écrire suivant une formule développée qui est la projection sur un plan de leur formule tétraédrique ; le nombre des isomères pour un sucre donné se calcule facilement à l'aide des formules suivantes :

$$N = 2^m = 2^{n-2} ;$$

pour les aldoses :



$$N = 2^{\frac{m}{2} - 1} \left(2^{\frac{m}{2} + 1} \right)$$

N étant le nombre des isomères possibles pour les alcools polyatomiques, m , le nombre des carbones asymétriques présents dans la molécule et n , le nombre total d'atomes de carbone.

La manière la plus simple de formuler un sucre consiste à donner un numéro d'ordre à chaque carbone, puis considérant la formule stéréochimique dans le plan, on met sous forme fractionnaire les numéros des carbones actifs en supprimant l'indication superflue des groupes inactifs et en mettant en numérateur les numéros des carbones portant des hydroxyles situés au-dessus de l'axe longitudinal de la molécule stéréochimique, les autres étant en dénominateur.

organisme inférieur, d'un végétal qui a reçu le nom de levure alcoolique.

L'alcool ou plus exactement les boissons fermentées alcooliques, ont été connues de toute antiquité, car la fermentation est un phénomène naturel qui naît spontanément quand on abandonne au contact de l'air une liqueur renfermant un sucre.

Quant aux origines de l'alcool distillé, elles se perdent dans les premiers siècles de la civilisation ; c'était l'eau ardente, l'eau de feu, l'eau de vie.

On doit distinguer deux alcools commerciaux : l'alcool d'industrie, c'est celui qui nous occupera exclusivement ; il résulte de la fermentation industrielle de la betterave, des grains, de la pomme de terre ou de la mélasse ; c'est un corps neutre à l'odorat, — et l'alcool naturel, d'un degré alcoolique moins élevé que le précédent, possédant un arôme particulier qui rappelle son origine et ses impuretés : ce sont les eaux-de-vie naturelles. A côté de l'alcool éthylique, la fermentation des sucres et des matières fermentescibles donne encore naissance à des alcools propyloxy et isopropyloxy, butyloxy et isobutyloxy, amyloxy et isoamyloxy, caproïque, capryloxy, etc. Il se produit aussi pendant la

fermentation alcoolique, les aldéhydes et les acides correspondant à ces alcools.

Cependant les agents producteurs de ces produits diffèrent entre eux. La fermentation alcoolique est le fait d'organismes particuliers, les *saccharomyces* ; dès qu'on voit le nombre d'atomes de carbone d'un alcool augmenter l'organisme producteur varie, quoique cependant, comme nous le verrons au chapitre suivant, beaucoup d'organismes soient capables de donner de l'éthanal ; la levure semble aussi capable de donner des alcools supérieurs, mais cette fonction n'est pas sa fonction normale.

L'industrie des fermentations a pour but exclusif la fabrication de l'alcool éthylique en partant de substances alcooligènes ; ce n'est qu'accessoirement, encore, qu'elle produit des alcools supérieurs tels que l'alcool amylique. On tend cependant aujourd'hui vers la fabrication scientifique de ce produit.

Les matières alcooligènes sont connues, nous l'avons dit, sous le nom de sucres ou de leurs dérivés. Généralement et industriellement, on en fait trois groupes : d'abord les matières directement fermentescibles, ce sont toujours des sucres en C⁶, tels que le glucose ; puis des matières nécessitant une *inversion*, c'est-à-dire un traite-

ment qui les ramène à l'état de sucres directement fermentescibles, c'est-à-dire en C^6 : ce sont toujours des alcools renfermant un nombre d'atomes de carbone multiple de six, par exemple, le saccharose, sucre en C^{12} ; puis finalement des matières dites amylacées qui ne peuvent fermenter sans une *saccharification*, opération qui a pour but de les hydrater et de les transformer en sucres fermentescibles.

L'industrie n'utilise pas les sucres naturels directement fermentescibles, tout au moins spécialement ; ils se rencontrent souvent à l'état de mélange avec les sucres du second groupe. Au second groupe appartient le sucre de la betterave, de la canne à sucre, du sorgho, du jus d'érable, etc. L'industrie utilise directement la betterave, la canne à sucre, le topinambour dont nous donnons la composition dans le tableau de la page suivante.

Ces sucres avant d'être fermentés doivent subir une inversion ; celle-ci peut être réalisée par les acides, mais toujours on abandonne à la diastase inversive de la levure le soin de faire cette inversion (1).

(1) Pozzi-Escot. — *Les Diastases et leurs applications*. Chap. *Sucrase*. Encyclopédie Scientifique des Aide-Mémoire. Gauthier-Villars et Masson, éditeurs.

Le troisième groupe est le plus nombreux. Il renferme les corps féculants et les corps à amidon. Ce sont les tubercules comme la pomme de terre, le manioc, les bananes, les légumineuses et les céréales. De tels produits ne sont pas par eux-mêmes des produits fermentescibles, ils ne le deviennent qu'après avoir subi une opération qui porte le nom de saccharification et qui est une hydratation.

Désignation	Betterave	Canne à sucre	Mélasse de betterave	Topinambour
Eau	83,5	72,25	19	77,18
Saccharose	10,5	16,50	44	//
Glucose	//	0,70	traces	//
Lévulose	//	//	//	} 14,27
Inuline	//	//	//	
Cellulose	//	9,50	//	0,88
Matières protéiques	0,8	//	//	4,09
// protéiques azotées	1,5	//	14	2,03
// organiques	2,9	0,65	//	//
// grasses	//	//	//	0,12
Sels minéraux	0,8	0,40	11	1,43

La saccharification peut être réalisée de deux façons différentes : par les acides et les diastases. L'étude des diastases saccharifiantes a été faite

avec une grande compétence dans un ouvrage de cette collection ; nous y renvoyons le lecteur, mais nous y reviendrons probablement nous-même dans un autre volume.

L'agent actif de la saccharification diastasique porte le nom d'amylase ; c'est une diastase hydratante qui existe dans l'orge germée ou malt. Le malt a remplacé actuellement à peu près partout la saccharification par les acides, ce qui est plus coûteux et fournit une drèche sans utilité au point de vue alimentaire.

CHAPITRE II

—

ÉTUDE GÉNÉRALE DES AGENTS DE LA FERMENTATION

Nous ne donnerons dans ce chapitre que des renseignements très généraux, car le sujet a été traité avec tous les développements qu'il comporte dans d'autres volumes de la collection par des savants de compétence indiscutable. M. Kayser pour les levures, M. E. Pozzi-Escot pour les diastases et M. H. Neuville pour les moisissures.

Les levures. — La fermentation alcoolique peut être produite par un grand nombre d'organismes : levures, moisissures, ferments, etc., mais ce sont les levures qui en sont les véritables agents. Dans tout liquide en voie de fermentation, on voit ces organismes vivants évoluer et se reproduire, ce qui avait laissé croire pendant longtemps que la transformation du sucre en alcool était un phénomène d'ordre biologique ;

ce n'est que tout récemment qu'on a pu montrer qu'il n'en était rien et qu'il s'agissait dans la transformation du sucre en alcool d'une pure action chimique sous la dépendance d'une diastase et le rôle de la levure se borne à sécréter cet agent chimique qui a reçu le nom de zymase.

La propriété d'être *ferment*, c'est-à-dire de donner de l'alcool en utilisant le sucre n'est plus aujourd'hui une propriété de structure cellulaire mais bien de fonction, nullement essentielle, mais variable avec les circonstances extérieures et le mode de nutrition. On a reconnu, en effet, que l'alcool se produit dans la vie des cellules animales ou végétales chaque fois qu'on fait passer ces cellules de la vie aérobie à la vie anaérobie par un artifice convenable. Cela est dû à l'entrée en jeu de diastases nouvelles ; on sait que celles-ci apparaissent dans une cellule suivant les besoins de la nutrition.

Le mécanisme de la transformation du sucre en alcool a été longtemps ignoré ; ce n'est pas que le phénomène de la fermentation n'ait été connue depuis les temps les plus reculés, mais la notion scientifique exacte de la transformation du sucre en alcool en un anhydride carbonique est de date toute récente. On savait qu'un être vivant, la levure, était toujours présent dans ce

phénomène, mais son rôle exact était inconnu. C'est alors que vint Pasteur qui, après avoir renversé l'ancienne théorie du mouvement communiqué, établit une théorie dont l'idée vraiment neuve fut que la levure était un être vivant et ne fonctionne comme levure, c'est-à-dire comme producteur d'alcool qu'en raison de ce fait et parce qu'elle cherchait sous l'influence de certaines circonstances, qui sont la vie anaérobie, à satisfaire ses besoins nutritifs (Pozzi-Escot).

L'agent de la fermentation le plus important jusqu'ici, celui dont les applications industrielles ont reçu le plus d'extension est la levure alcoolique. Au point de vue de son action sur le sucre, la levure jouit d'une fonction primordiale : elle l'invertit quand il se présente sous forme de saccharose, c'est-à-dire qu'elle le transforme en deux sucres isomères, le glucose et le levulose et elle transforme ensuite ces deux sucres en alcool pur.

Ces deux actions furent longtemps confondues ; Mitscherlich montra le premier que ces actions longtemps considérées comme concomitantes et même inséparables ne l'étaient pas en réalité et que l'inversion du saccharose pouvait être obtenue en dehors de la cellule par une

diastase; cette diastase qui a été isolée, a reçu le nom de *sucre*; nous venons de montrer comment s'effectue par la *zymase* le dédoublement des sucres invertis en alcool.

La levure n'est qu'un végétal ordinaire consommant un élément qu'il n'a pas créé, en brûlant une partie au contact de l'air pour refaire des tissus aux dépens de l'autre partie et résistant mieux que d'autres cellules quand on lui supprime le contact de l'oxygène parce qu'il secrète en plus grande abondance une diastase qui est la *zymase* et qui devient pour lui une source de chaleur et, par conséquent, de force.

L'industriel, qui ne recherche dans la levure que le pouvoir ferment, utilise seulement une de ses sécrétions et se trouve conduit, par suite, à lui faire mener une vie anaérobie, il n'est arrêté dans cette voie que par la nécessité de conserver sa cellule vivante, c'est-à-dire de lui faire reprendre de temps en temps le bain d'air, que les expériences de Denys Cochin ont fait voir indispensable.

Nous ne nous étendrons pas ici sur les caractères morphologiques des levures, attendu que M. Kayser leur a consacré un ouvrage de cette collection. Nous rappelons également qu'on trouvera dans un volume de M. Emm. Pozzi-Es-

cot ⁽¹⁾ paru dans cette collection, une étude sur les sécrétions diastasiques, sucrase et zymase qui nous intéressent chez la levure. Nous renvoyons en toute confiance nos lecteurs à cet ouvrage qui est un guide précieux pour l'industriel.

L'origine des levures restée assez longtemps obscure est aujourd'hui résolue dans ses traits généraux. On sait comment les hypothèses faites par Liebig, puis par Frémy pour expliquer la fermentation spontanée du moût de raisin furent victorieusement combattues par les recherches de Pasteur sur l'origine des germes de la levure produite en si grande abondance dans la cuve de vendange et sur leur répartition à la surface de la grappe à diverses époques. Depuis Pasteur, des recherches nombreuses ont été faites sur l'habitat et la diffusion des levures notamment par Chamberland, Hansen, BOUTROUX, Besler ainsi que sur l'idée qui avait été émise que la conservation des germes pouvait être assurée par une transformation en cellule de levures de certains organes de végétaux microscopiques.

On a ainsi montré que le genre de levures doit être considéré comme autonome, mais qu'il

(1) M.-E. Pozzi-Escor. — *Loc. cit.*

comprend un grand nombre d'espèces qu'on distingue en deux grandes catégories, les levures cultivées et les levures sauvages. Toutes les levures cultivées forment des spores endogènes et sont de vrais saccharomyces ; parmi les levures sauvages, les unes forment des ascospores, les autres, pas ; elles comprennent donc de vrais saccharomyces et des pseudo-saccharomyces.

La purification des levures est un problème délicat, car il s'agit non seulement de séparer les levures des organismes étrangers qui les souillent, ce qui est facile, mais encore de séparer les espèces ou les races, les unes d'avec les autres.

Pour cette dernière séparation, on est contraint de s'appuyer sur les différences de propriétés d'ordre divers : morphologie, température, acidité du milieu, nature des sucres, action du temps, de la chaleur, des antiseptiques. C'est long et difficile et ne présente jamais une certitude absolue car jusqu'ici il n'a pas été démontré que les propriétés d'une espèce soient immuables et que, par suite, au lieu d'aboutir à une séparation d'espèce, on n'ait pas été conduit à la création de nouvelles variétés.

Comme nous l'avons vu, la levure peut prendre deux genres de vie : l'un où elle est aérobie

et brûle les sucres sans donner de l'alcool et sans sécréter tout au moins sensiblement de zymase et l'autre qui est une vie anaérobie, celle où elle fonctionne comme ferment et sécrète le maximum de zymase (1). Dans les deux genres de vie, la levure a besoin, à côté d'aliments hydrocarbonés d'aliments azotés et on peut distinguer les aliments azotés de la vie aérobie et ceux de la vie anaérobie.

Les aliments azotés de prédilection de la vie aérobie ont été jusqu'ici peu étudiés; on sait seulement que ce sont des substances azotées complexes, mais susceptibles de traverser la paroi de la cellule, tandis que la levure fonctionnant comme ferment utilise des matériaux azotés plus simples tels que des sels ammoniacaux minéraux ou des amides.

Dans les mêmes conditions, en vie aérobie, la levure peut utiliser un assez grand nombre de composés hydrocarbonés, tandis qu'il n'y a qu'un petit nombre de substances capables de subir la fermentation alcoolique: ce sont les sucres et, parmi ceux-ci, presque exclusivement ceux en C⁵. A ce sujet, l'étude des diastases et de leur

1) Pour ce qui est de l'explication de ce phénomène, voir l'ouvrage de M. M.-Emm. Pozzi-Escot: *L'Énergie chimique de la cellule vivante*.

mode d'action vis-à-vis des sucres a complètement retourné les théories qui régnaient ici il y a dix ans seulement (1).

Le mécanisme de la nutrition de la levure semble avoir pour base, au moins en ce qui concerne l'alimentation de construction, la formation et la disparition de glycogène. En fermentation, la levure commence par mener une vie aérobie ; c'est la phase d'édification et de multiplication ; puis elle passe à une existence anaérobie qui est la phase de fermentation et finalement, après avoir consommé tout le sucre, repasse à une vie aérobie par suite du remplacement de l'acide carbonique par de l'oxygène. En somme, la levure se présente à nous comme un végétal aérobie qui peut résister mieux qu'un autre à la vie anaérobie et secrète en ce moment une zymase qui lui donne une importance industrielle exceptionnelle.

La levure présente des propriétés particulières dont la plus importante est l'accoutumance ou l'acclimatation ; cette question se ramène à des sécrétions de diastases, d'où la contingence est la fixité relative de ces propriétés. Cette acclimatation a reçu des applications industrielles très im-

(1) Pozzi-Escor. — *Les Diastases et leurs applications*, p. 84 et 174.

portantes. M. Effront a publié de très beaux travaux relativement à l'acide fluorhydrique et aux divers fluorures qui l'ont conduit à des résultats importants appliqués aujourd'hui industriellement et qui ont servi de point de départ à de nombreux travaux analogues, à citer en particulier l'acclimatation à l'acide sulfureux utilisé en vérification (Andrieux), l'acclimatation aux acides, etc.

Pour qu'une fermentation s'achève, il faut que les conditions de vie de la levure soient convenables au double point de vue physique et chimique et, pour que la fermentation soit rapide, il faut avoir, dès le début, une masse maxima de cellules.

La plus importante des conditions physiques à remplir dès le début est de maintenir la levure à une température convenable ; comme tous les autres organismes végétaux, c'est entre 25 et 30° qu'elle trouve son milieu calorique le plus favorable pour vivre. En fermentation industrielle, on cherche toujours à se maintenir entre ces limites.

Les conditions chimiques favorables à une bonne fermentation sont nombreuses ; la levure a besoin d'eau d'abord et elle ne vit bien que dans des liquides de densité moyenne dépassant

rarement 1150; elle a besoin, d'autre part, d'un aliment hydrocarboné; celui-ci doit être une hexose ou un sucre dédoublable par hydratation en hexose; elle ne peut utiliser directement les matières amylacées comme nous l'avons précédemment dit; il lui faut enfin un aliment azoté. Ce dernier renfermera de préférence de l'azote organique; c'est à tort qu'on donne à la levure de l'azote minéral même ammoniacal; elle n'en peut faire son profit qu'avec difficulté; ce qu'elle préfère c'est l'azote albuminoïde, l'azote des matières protéiques et des peptones. Enfin il lui faut des aliments minéraux. On n'est pas d'accord encore sur la nature et la valeur de ces éléments. M. Pozzi-Escot et le docteur Oscar Lœw, que j'ai consultés à cet égard, sont de mon avis, à savoir que les éléments les plus favorables sont les phosphates de potasse, de magnésie et de chaux. Les autres composés minéraux ou bien sont inutilisés par la levure ou bien viennent la gêner et entraver ses autres fonctions. Enfin la condition la plus favorable à la rapide multiplication de la levure est l'oxygène. On devra, au début d'une fermentation, aérer vigoureusement la levure afin de lui faire acquérir son maximum de force et lui permettre de développer son pouvoir ferment maximum.

Tels sont les points que l'industriel devra avoir toujours présents à l'esprit quand il voudra pratiquer en toute connaissance de cause la conduite des fermentations.

Moissures. — Au point de vue de l'industrie des fermentations, les moisissures présentent un grand intérêt depuis quelques années où l'on a vu s'introduire en fermentation industrielle certaines mucédinées venues d'Extrême-Orient. Les règles que nous avons données au sujet de la vie anaérobie de la levure et de son pouvoir ferment sont ici applicables et encore vraies. Ce n'est que tout récemment qu'il a été démontré que les moisissures secrètent de la zymase; cette démonstration a été faite par M. Pozzi-Escot en ce qui concerne l'*Aspergillus Orizæ*.

Les moisissures sont bien connues du public; on les rencontre un peu partout; dans les conditions ordinaires de la vie, elles se développent en détruisant la matière organique, mais, dans d'autres, elles engendrent de véritables fermentations dans lesquelles une masse relativement faible de moisissures arrive à transformer de grandes quantités de substance. Ce pouvoir ferment n'a été étudié scientifiquement que depuis peu de temps et l'idée-mère des industries auxquelles il a donné naissance est d'origine orientale.

Le nombre et l'importance des applications que ces organismes rendent possibles sont dus à leur richesse en éléments diastasiques et à la facilité avec laquelle ils semblent pouvoir sécréter ceux dont ils ont besoin. Ce qu'ils font le mieux, c'est la saccharification des matières amylacées et, à ce titre là, ils semblent très intéressants et appelés à un grand avenir.

Parmi les moisissures, il en est de nuisibles et il faut même dire que ce n'est que depuis peu de temps qu'on a su les employer de façon à leur faire accomplir un travail fructueux. Au nombre de celles qui ont reçu des applications industrielles, il faut citer : *Eurotium Orizæ*, avec laquelle les Japonais préparent le Koji, mais on ne peut faire que des saccharifications d'amidon ou de dextrine sans donner lieu à des fermentations : le *Mucor alternans*, étudié par MM. Gayon et Dubourg, qui exerce les deux actions à la fois ; l'*Amylomyces Rouxii*, étudié par M. Calmette puis par M. Sanguinetti, qui a reçu le premier une application à l'industrie des fermentations de la part de M. Boidin à Seclin, près de Lille, mais qui a été remplacé depuis par des mucors voisins, le *Mucor alternans* de MM. Gayon et Dubourg, capable d'un meilleur travail.

En théorie, il suffirait de semer les moisissures

dans un empois d'amidon pour qu'elles le transforment en sucres et ultérieurement en alcool. Elles jouent avec l'amidon le rôle de l'amylase et celui de la levure avec les sucres. Mais où elles peuvent le mieux être utilisées, c'est pour la saccharification. En pratique, elle ne peuvent pousser très loin la richesse alcoolique des liquides et donnent des fermentations lentes ; en outre, il est difficile de les ensemercer dans un empois d'amidon provenant de céréales, car cet empois se concrète à la température de culture de ces mucédinées. On a trouvé un moyen de remédier à ces défauts en utilisant principalement le pouvoir saccharifiant et en prenant une « levure » pour la sécrétion de la zymase et la production d'alcool. C'est là une utilisation industrielle très intéressante d'une vie en symbiose qu'il importe de remarquer (1).

Les Diastases. — Dans un ouvrage de cette collection, M. Pozzi-Escot a résumé ce que nous savons de précis sur les diastases et leurs applications (2) ; cela nous dispense

(1) Au sujet de ces moisissures, on verra, avec fruit, indépendamment de l'ouvrage de M. Neuville, la collection des Bulletins du College of Agriculture of the Imperial University of Tokio qui a publié une suite d'études très remarquables sur les ferments du Saké.

(2) Pozzi-Escot. — *Loc. cit.*

d'entrer ici dans des détails sur ce sujet. Il les définit en disant qu'elles sont le « véritable agent vital de la cellule » et il ajoute : « C'est grâce à elle que le protoplasme parvient à entretenir la vie, c'est-à-dire le mouvement dans la cellule qu'il gouverne. Autant nous avons de cellules différentes, aussi nombreux que soient les modes de nutrition et de reproduction, de sécrétion, en un mot d'assimilation et de désassimilation de la cellule, autant nous aurons de diastases différentes présidant à ces multiples échanges ».

Le nombre des diastases connues est très grand ; les plus importantes en fermentation sont l'amylase et ses analogues qui sont des diastases de liquéfaction et de saccharification des matières amylacées, la sucrase qui invertit le sucre et la zymase qui dédouble les hexoses en alcool et en gaz carbonique. Leur étude n'est pas de notre ressort.

Fermentations pures. — On dit qu'une fermentation est pure quand le liquide n'est envahi que par des saccharomyces, ce qui n'est jamais le cas, à moins d'opérer une stérilisation préalable de la matière fermentescible et de l'ensemencer ultérieurement avec des ferments absolument purs et en prenant les précautions jugées

nécessaires pour éviter une contamination par des ferments étrangers.

Industriellement, on dit qu'on opère en fermentations pures quand on met en train avec des levures cultivées; celles-ci sont de deux types : les levures hautes et les levures basses. Les levures basses sont caractérisées par ce fait qu'elles ne donnent qu'une légère écume et ne montent pas à la surface du liquide qu'elles font fermenter ; au contraire, les levures hautes agissent à la surface et donnent un véritable chapeau.

Les différences entre ces deux levures sont plus grandes encore : la levure basse agit, comme son nom même l'indique, à une température plus basse que la levure haute et elle donne des produits de goût différent, bien connus quand il s'agit de bière. Ces deux genres de levures se distinguent encore par le degré d'atténuation qu'elles peuvent donner et, dans chaque espèce, on distingue aussi des individus qui conduisent plus ou moins loin une fermentation.

La fermentation pure peut se réaliser de deux façons : ou bien on stérilise le liquide à fermenter par l'action de la chaleur ; cette stérilisation est la seule qui conduise à des fermentations pures. Elle se pratique de différentes façons et

nous aurons l'occasion d'y revenir, mais il faut toujours attendre au moins 100° ; ou bien on stérilise le liquide par un antiseptique. La mise en fermentation s'effectue ensuite dans le premier cas après refroidissement convenable par une levure pure et dans le second par une levure également pure, mais qui a été préalablement acclimatée à l'antiseptique utilisé. Par exemple, dans le procédé Effront, on stérilise par l'acide fluorhydrique et on ensemece par une levure acclimatée à cet acide. La stérilisation ainsi obtenue n'est que partielle, mais elle peut conduire à de très bons résultats.

La pratique de la fermentation pure exige donc, d'une part, un levain de levures absolument pur et, d'autre part, une stérilisation préalable des appareils de fermentation et de la matière à fermenter.

Industriellement, les levains purs se produisent en partant de levures pures ⁽¹⁾ que fournissent les établissements scientifiques et qu'on élève dans des appareils à levain spéciaux ; la stérilisation des appareils où se fait la fermentation s'obtient soit en employant des antiseptiques, soit par la

(1) Ces levures ne sont jamais pures de race, on les dit pures parce qu'elles sont généralement exemptes de ferments étrangers.

vapeur. La vapeur surchauffée est certainement le moyen le plus efficace, mais on peut avantageusement le combiner avec les antiseptiques.

Il faut aussi observer une grande propreté extérieure ; il faut cimenter le sol du local des fermentations ; les cuves à fermentation doivent être disposées de manière à ce que l'on puisse tourner autour, sous les planchers comme au-dessus. Les murs doivent être enduits d'un vernis qui les rend lisses et permet de les stériliser à la lance par un simple jet d'eau contenant du chlorure de chaux ou un autre antiseptique. Les cuves doivent être nettoyées avec soin tant extérieurement qu'intérieurement.

Aujourd'hui la pratique des fermentations pures semble s'être complètement généralisée et on a, pour opérer de la sorte, des appareils très bien conçus qui permettent de fabriquer scientifiquement un levain pur industriel et d'ensemencer ultérieurement avec toutes les garanties nécessaires un moût préalablement stérilisé, avec ce levain pur.

Avantages de la fermentation pure. — La fermentation pure a des avantages tellement considérables et tellement évidents qu'il semble oiseux d'y insister. D'abord, par un choix judicieux de ferments, on arrive à obtenir des levures

donnant pour une même quantité de sucre un maximum absolu d'alcool, en un temps minimum; car la rapidité de la fermentation est aussi une grande question en fermentation industrielle. En outre, les levures pures ne donnent que de l'alcool éthylique et infiniment peu d'alcools supérieurs, produits de tête ou de queue. La rectification se trouve dès lors considérablement facilitée.

Dans la fabrication de l'alcool éthylique, ce qu'il faut chercher à avoir, c'est exclusivement une fermentation par les levures et, ce qu'on doit éviter, ce sont les ingérences microbiennes, les fermentations secondaires. Ces fermentations secondaires peuvent être, soit le fait de moisissures, soit celui de bactéries qui consomment le sucre en pure perte, ou de ferments sauvages, dont le rendement en alcool éthylique est moindre.

Les moisissures brûlent le sucre sans profit et les bactéries donnent des fermentations secondaires produisant des acides gras ou des alcools supérieurs qui se retrouvent en rectification.

Les levures commerciales ne sont pas pures, il faut absolument, si l'on veut obtenir de hauts rendements, utiliser des levures absolument pures obtenues, par exemple, par la méthode

Hansen, ou l'une des modifications industrielles connues des procédés de ce savant.

Ingérences microbiennes. — Dans certains cas, on cherche à favoriser au contraire la formation d'alcools supérieurs, butyliques et amyliques ; il faut, pour cela, travailler avec des ferments butyliques ou amyliques. Cette condition n'a pas encore été comprise et bien des industriels confondent même aujourd'hui les ferments butyliques avec les ferments butyriques !

Les ferments qu'on rencontre le plus souvent dans les fermentations microbiennes sont les ferments acétique, lactique et butyrique : il faut éviter à toute force ces trois ferments, car l'on ne sait pas encore les combiner en symbiose avec les ferments butylique et amylique et ils consomment en pure perte des quantités prodigieuses de matière fermentescible.

Le ferment butylique ou *bacillus butylicus* est très répandu ; il ressemble au ferment butyrique et s'attaque à de nombreux alcools polyatomiques qu'il transforme en alcool butylique et isobutylique, acides butyrique, acétique et formique, en dégageant de l'acide carbonique et de l'hydrogène. Le ferment butyrique lui-même ou *bacillus orthobutylicus* produit également et de l'acide butyrique et de l'alcool butylique.

L'alcool amylique est produit en petite quantité par la levure de bière, mais celle-ci doit, pour cela, se trouver dans des conditions de milieu toutes spéciales; il faut qu'elle ait une alimentation particulière : l'alcool amylique est un produit de souffrance. Il provient normalement d'un bacille particulier, le *bacille amylozyme*. Les industriels qui cherchent à accroître la proportion d'alcool amylique dans les produits de leur fermentation devraient cultiver ce ferment, le sélectionner et arriver à conduire énergiquement leur fermentation grâce à lui. Le bacille amylozyme se développe bien dans les bouillons de culture ordinaires : il fait fermenter les sucres et agit énergiquement sur les matières amylacées et donne avec elles une assez forte proportion d'alcool amylique.

Il convient de rappeler qu'à côté du grand intérêt industriel qu'offre la production de cet alcool, le bacille amylozyme vit parfaitement en symbiose avec la levure et offre cet avantage énorme, qu'il remplit le rôle d'agent saccharifiant absolument comme les *amylomyces*.

Fabrication de la levure pressée. — A proprement parler, il ne s'agit pas ici d'une industrie de fermentation ; la fabrication de la levure pressée n'a, en effet, d'autre but que la

production d'une levure appropriée aux besoins de la panification.

Pour satisfaire aux besoins auxquels est destinée cette levure, il faut que celle dernière remplisse certaines conditions ; elle doit être blanche, avoir une tendance à se dessécher et non à se ramollir ; enfin elle doit donner un grand dégagement d'acide carbonique à la fermentation. La levure de fermentation basse ne convient pas à ce genre de travail et on utilise exclusivement la levure de fermentation haute. L'une des levures pressées les mieux connues est la levure viennoise ; elle est caractérisée par l'emploi de levains lactiques et de vinasse.

On opère en moût trouble d'une densité assez faible et présentant un certain degré de viscosité afin que l'acide carbonique puisse entraîner la levure à la surface ; le degré de viscosité convenable est obtenu par un choix raisonné des matières premières.

Fabrication des levures pures. — Le principe est le suivant : Dans un moût stérilisé de composition convenable, on introduit une quantité déterminée de semence pure dont on accélère la multiplication au moyen d'un courant d'air pur.

Industriellement, la culture pure initiale se

fait dans un ballon Pasteur, puis on l'introduit dans un grand appareil en cuivre qu'on conduit absolument comme un ballon Pasteur : les appareils de ce système sont nombreux. A signaler particulièrement ceux de Hansen, Jacquemin, etc. Ce qui diffère, c'est la forme des appareils qui sont déjà très nombreux et qu'il serait fastidieux de décrire ici, car ils ne diffèrent que par des modifications de construction et de robinetterie. Ils doivent tous remplir une première condition indispensable, c'est d'être faciles à nettoyer et, par conséquent, à maintenir propres.

On peut ainsi partir d'une seule cellule et obtenir une levure pure de race unique : la première application qui fut faite dans ce sens est due à Victor Martinand.

Les milieux de culture sont formés de moûts de malt et suivant la destination de la levure ce moût est additionné ou non d'acides et de sucre. C'est ainsi que les Laboratoires Jacquemin fabriquent un type de levure HA — HD, acclimaté à une haute acidité et à une haute densité ; l'acidité est obtenue avec de l'acide sulfurique et la haute densité par une addition de sucre. Tout dépend au reste du travail auquel est destinée la levure.

La conservation des levures pures est un problème délicat. En général, on laisse déposer la levure et quand elle est assez épaisse on la décante dans un vase stérilisé; à l'Institut Pasteur, on ferme ces vases avec une rondelle de caoutchouc et un bouchon de porcelaine; à l'Institut La Claire et aux laboratoires Jacquemin, on a adopté une autre disposition qui consiste à expédier la levure en activité sans son moût nourricier. On fait choix d'une bonbonne en verre ou en fer blanc dont la fermeture est obtenue par un bouchon de liège portant un tube métallique percé d'une ouverture, le bouchon et le tube métallique étant soigneusement enveloppés de ouate salicylée et imbibés d'essence de cannelle de Chine, ce qui permet à la fermentation de se poursuivre aseptiquement.

On a également proposé de faire absorber la levure par des corps poreux, mais ces méthodes ne sont guère pratiques.

CHAPITRE III

TRAVAIL DE LA BETTERAVE

La betterave est excessivement riche en matières fermentescibles et forme la matière première par excellence de la distillerie agricole. Mais ce sont surtout les betteraves pauvres en sucre et insuffisantes pour le travail des sucreries qu'on soumet à la fermentation. La réception des betteraves, leur conservation en silos, leur transport au magasin et au lavoir, le traitement des eaux de lavage seront exposés ultérieurement.

L'extraction des jus se fait de deux manières, soit par l'usage de presses, soit par diffusion. Dans le premier cas, il faut râper les racines et ce sont les pulpes obtenues qu'on soumet à l'action de presses continues. On fait deux pressions, la première directe et la seconde après avoir additionné la pulpe ayant subi une première pression d'eau acidulée.

Ce système a des inconvénients nombreux ; d'abord l'épuisement est loin d'être complet et on laisse toujours de 1 à 3 % de sucre dans les pulpes ; celles-ci laissent passer des pulpes folles gênantes dans la fermentation ; enfin elles donnent un jus très chargé en matières peptiques et protéiques, qui les font mousser considérablement à la fermentation.

Le travail par diffusion est basé sur les phénomènes d'osmose qui permettent au sucre de passer à travers la membrane des cellules de betterave, celles-ci étant immergées dans un liquide qui est de l'eau. C'est une macération perfectionnée. Les racines, après un épierrage et un lavage, sont découpées en cossettes à l'aide d'un coupe-racines particulier et introduites dans un appareil de diffusion analogue à ceux qui servent en sucrerie ; on peut ici diluer sans crainte les jus et s'aider d'une addition d'acide ; ce procédé donne au point de vue économique d'excellents résultats et un épuisement très convenable presque absolu.

Le jus obtenu par l'un ou l'autre de ces procédés doit être mis en fermentation. Malgré les soins avec lesquels les opérations préliminaires ont été faites, le jus n'est jamais stérile et si on l'abandonnait à lui-même à une température

convenable, il ne tarderait pas à entrer en fermentation spontanée. Il faut absolument éviter cette fermentation qui est avant tout microbienne.

Dans un travail parfait, il faudrait d'abord stériliser le moût par une pasteurisation à 110, 120°, puis le refroidir et l'ensemencer avec un levain pur. Jusqu'ici cette stérilisation parfaite rencontre des difficultés d'application. On se contente le plus souvent de modifier le moût de façon à le rendre favorable à un développement de levures alcooliques et peu favorable aux microorganismes ennemis. Il faut, à cet effet, disposer d'abord d'un levain pur abondant et ensuite régler la température et l'acidité du milieu de façon à se maintenir dans les meilleures conditions d'évolution des levures et, au contraire, dans les conditions les plus mauvaises pour la vie et la multiplication des microorganismes ennemis.

En général, quand la betterave que l'on travaille arrive à l'usine dans un bon état, exempte d'altérations et quand, dans l'extraction du jus et sa conservation, on observe certaines précautions, on obtient un moût relativement pur. Si la betterave a passé en silos et si elle s'y est altérée, si le lavage a été incomplet, si l'extraction et la

conservation du jus n'ont pas été entourés de précautions convenables, on obtient un moût très impur et souillé de microorganismes parasites : bactéries, moisissures et levures de toutes sortes.

Il faut, par tous les moyens possibles, éviter cet envahissement du moût avant la mise en fermentation ; à cet effet, une propreté parfaite doit être de rigueur partout. Il serait bon de stériliser les appareils ou tout au moins de les entretenir dans une grande propreté. On les lave avec grand soin avant chaque mise en route et après les avoir soigneusement brossés avec une brosse en fils d'acier afin d'enlever les oxydes qui ont pu se former et qui, en se dissolvant dans les acides du moût, viendraient empêcher le développement des levures. Généralement, cet inconvénient est diminué par l'application sur toutes les parties métalliques d'une peinture ou d'un enduit protecteur.

Si, par suite d'un accident survenu en cours de marche, le travail a dû être suspendu pendant un certain laps de temps, la température des macérateurs baisse et il peut s'y développer une fermentation butyrique ; il faut alors sacrifier tout le contenu des macérateurs sans hésitation.

Stérilisation des moûts. — La stérilisation des moûts par la chaleur a une très grande importance; celle ci peut se faire avec divers dispositifs.

Le moût peut être chauffé dans un autoclave genre Krüger, qu'on refroidit par un serpentifroid et l'on peut adopter, dans ce cas, divers systèmes de récupération de la chaleur. On a imaginé divers dispositifs spéciaux qui portent le nom de stérilisateur-récupérateurs ou de pasteurisateurs.

Ceux ci peuvent être de deux systèmes : tubulaires ou à plaques; chaque système a ses partisans; nous croyons que le système à plaques qui a déjà fait ses preuves ailleurs, serait préférable au système à tubes. Il est plus facile à nettoyer et l'échange et la récupération de la chaleur s'y font avec une rare perfection.

Le stérilisateur-récupérateur le plus employé est le système Houdart-Egrot-Grangé. Il est basé sur le principe de Clément-Desormes relatif aux échanges de température entre une paroi chaude et un liquide amené à son contact. Il se compose essentiellement de plusieurs séries de tubes dans l'intervalle intertubulaire desquels une pompe refoule avec une grande vitesse le liquide à stériliser tandis que la vapeur circule rapidement dans les tubes.

Le système à plaques est de date toute récente ; il est presque exclusivement employé dans les grands centres vinicoles comme pasteurisateur ; il a été adopté à la brasserie par MM. Malvezin et Jacquemin ; il paraît réaliser le dernier degré de perfection qu'il soit possible d'obtenir en stérilisation industrielle, tant au point de vue de la perfection du travail qu'il est susceptible d'accomplir, qu'au point de vue de l'économie de calorique qu'il permet de réaliser.

L'appareil de Malvezin, connu dans l'industrie sous le nom de « Pastor » est essentiellement formé d'une colonne d'éléments ou plaques toutes égales qui rendent possible un double courant.

Ces plaques peuvent être de forme quelconque : rondes, rectangulaires, ovales, carrées, etc. ; elles peuvent être formées soit de cadres et de plaques ajustées ou rivées de toute façon ou provenir de fonte. Elles peuvent être planes, ondulées, à nervures, etc.

Chacune de ces plaques est creuse avec des rebords à rainure contenant un joint (*fig. 1*) ; des nervures augmentent la solidité, la surface de chauffe dirige les courants du moût. La surface inférieure de la plaque présente un relief venant s'encastrier dans la rainure correspon-

dante et formant, avec l'interposition d'une matière spéciale, joint parfait. Entre les deux

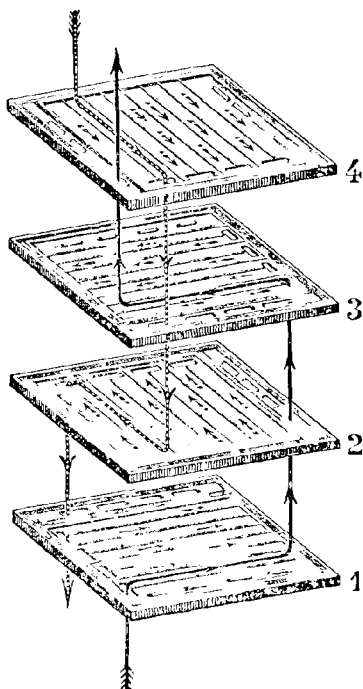


Fig. 1

courants, une rigole isolatrice évite toute communication entre eux. Des ouvertures disposées dans l'intérieur du rebord du cadre et dans

l'intérieur de la plaque, permettent la communication entre eux de tous les éléments de rang pair. De même, pour les éléments impairs.

Le courant du moût est très facile à comprendre.

Le moût entrant circule dans la plaque n° 1 ; il traverse le rebord de la plaque n° 2 sans se rencontrer avec le moût descendant qui y circule par des ouvertures isolées de toutes parts par un double joint parfait ayant une rigole d'isolement entre les deux joints et pénètre dans la plaque n° 3, y circule, traverse par son rebord la plaque n° 4 sans y rencontrer le moût descendant.

Le moût chaud, au contraire, circule sur la plaque 4, traverse la plaque 3 par son rebord sans rencontrer le courant qui y circule, descend dans la plaque 2, traverse la plaque 1 sans le rencontrer, etc.

Cette double circulation est obtenue par un seul modèle de plaques. C'est la même plaque, absolument interchangeable qui produit à elle seule les deux courants.

Le caléfacteur ressemble exactement à l'échangeur. Il est muni d'un réservoir portant deux thermomètres : l'un indique et enregistre la température de pasteurisation, l'autre commande

la valve d'admission du moût dans l'appareil. Ce régulateur automatique, si le moût n'a pas été chauffé suffisamment ferme la valve et le moût séjourne dans l'appareil jusqu'au moment où il a atteint la température fixée. Si la température augmente la valve s'ouvre de plus en plus et permet une plus grande admission de moût. Dans le caléfacteur, le moût croise un courant d'eau chaude réchauffée par un appareil spécial, qui lui communique en même temps son mouvement de rotation. On peut ainsi, par ce courant d'eau sous pression chauffer jusqu'à 100, 110, 120° et au-delà.

Ce système est surtout excellent en ce sens qu'il conduit à une utilisation parfaite de la chaleur ; le moût stérilisé et bouillant abandonne toute sa chaleur au moût froid qui entre dans l'appareil et peut êtreensemencé au sortir de l'appareil immédiatement ; il existe même des appareils où l'ensemencement se fait dans l'appareil lui-même et d'une façon méthodique. Cette dernière modification a été appliquée en brasserie où elle a donné des résultats exceptionnels.

De l'acidité initiale. — Les bactéries n'évoluant que difficilement dans les moûts acides, on a cherché à atténuer les effets d'une mauvaise stérilisation ou même à se passer totalement de celle-

ci, en acidifiant le moût au début de la mise en fermentation.

La dose d'acide employée varie beaucoup, ou dépasse toutefois rarement 3 grammes d'acide sulfurique par litre. Cette acidification se fait à l'aide d'acide sulfurique. Il faut remarquer que l'acide ajouté ne se retrouve pas à l'état libre dans le liquide, mais la plus grande partie, sinon la totalité se combine aux bases des sels d'acides gras que renferme le moût et l'acidité que révèle le dosage acidimétrique est due à la mise en liberté de ces acides gras, tout au moins pour les acidités moyennes.

Il est prudent de n'ensemencer les moûts très acides qu'avec une levure déjà acclimatée à une dose élevée d'acide, sans quoi le travail de la levure se fait mal. Les moûts stérilisés ont aussi besoin d'être acidifiés ; généralement, on se contente de leur donner une faible acidité, environ 1 gramme ; cependant on a reconnu qu'il y avait avantage à élever la dose d'acide et même à avoir dans le moût une certaine quantité d'acide sulfurique libre qui donne à la levure une plus grande activité et une plus grande force fermentative, ce qui diminuerait par suite la quantité de sucre consommée inutilement pour la multiplication de la levure.

On a reconnu, en outre, qu'une forte acidité en acide sulfurique libre agit favorablement sur l'assimilation des matières azotées par la levure en augmentant le pouvoir osmotique des cellules ou par les transformations qu'il fait subir aux matières azotées elles-mêmes.

Mise en fermentation des jus. — Le jus acidifié et stérilisé peut être mis en fermentation de deux manières, si on travaille avec stérilisation : directement par de la levure ou par des levains.

La mise en fermentation directe est la plus simple et aussi la plus employée dans la distillerie agricole. On commence à mettre en fermentation une première cuve ; à cet effet, on introduit 30 à 35 hectolitres de moût à 25-30° centigrades, puis on l'ensemence avec 15 ou 20 kilogrammes de levure pressée qu'on a préalablement mis en activité par délayage dans une *tine* avec un ou deux hectolitres de moût. Dès que la fermentation se déclare dans la cuve, ce dont on se rend compte facilement par l'odeur, on *coule* la cuve dans du moût frais. Ce remplissage ou coulage de la cuve doit se faire avec précaution ; il faut maintenir, en effet, la densité du moût en fermentation bien au-dessous de celle du moût frais : par exemple, pour un moût frais à 1035-1045, on maintiendra celle du

moût en travail à 1010-1020. Cette façon d'agir a sa raison d'être parce que l'abaissement de la densité permet de se faire une idée de l'activité avec laquelle a lieu la fermentation et ce que l'on cherche, c'est d'avoir une grande abondance de ferments alcooliques, afin qu'ils tiennent tête aux ferments parasites.

Si l'on coulait trop rapidement on diluerait trop les ferments et la cuve serait noyée ; il se passerait un temps d'arrêt avant le nouveau départ de la fermentation : cet accident porte le nom de *point mort*, en pratique.

Parfois on prépare aussi, dans une cuve d'une cinquantaine d'hectolitres, un premier levain avec lequel onensemence la cuve initiale.

La première cuve de la distillerie étant en fermentation active, on s'en sert pour la mise en fermentation des autres, le plus généralement par *coupage*, quelquefois par *débordement* ou par *cuve-mère*.

L'opération du coupage est simple ; une première cuve étant mise en fermentation et pleine, on la partage avec une autre cuve vide et on achève de remplir les deux cuves ; la première est abandonnée à elle-même et la seconde partagée de nouveau avec une cuve vide ; on remplit de nouveau les cuves 2 et 3 et la cuve 2 est aban-

donnée à elle-même, puis on partage 3 et ainsi de suite. Il est bien évident qu'au lieu de mettre la moitié de la cuve 1 dans la cuve 2, on peut n'y mettre qu'un tiers, un quart, un cinquième même, du premier moût, suivant qu'on veut conduire plus ou moins rapidement la fermentation.

Pour appliquer ce procédé, il est indispensable que toutes les cuves soient reliées entre elles par une communication, par un dispositif permettant de mettre en communication une cuve quelconque de la batterie avec une autre également quelconque.

La mise en fermentation *par débordement*, consiste à tenir en fermentation plusieurs cuves et c'est sur elles qu'on divise le jus nouveau en l'envoyant dans les cuves suivantes par un trop-plein. Cette méthode est surtout employée avec les jus de macération qui moussent peu, car elle devient inapplicable avec les jus moussant beaucoup.

La mise en fermentation par cuves-mères consiste à avoir une cuve plus élevée que les autres et dans laquelle on fait la première fermentation, puis on soutire, à intervalles réguliers de 3 ou 4 heures, une partie du moût dont on se sert comme pied de cuve, dans une cuve à fermentation. C'est en quelque sorte un levain

préalable qu'on utilise et la méthode peut donner de forts bons résultats, mais il faut pour cela que la fermentation dans la cuve mère soit pure.

On voit que, dans la mise en fermentation directe, c'est la même levure qui sert toujours ; on comprend facilement que sa pureté doit forcément aller en diminuant et l'on est obligé au cours d'une même campagne de recommencer plusieurs fois la mise en fermentation.

Pour éviter ces inconvénients et conserver à la fermentation une grande pureté, on a imaginé la mise en fermentation par *levains* de levures pures ; ce système peut conduire à des résultats bien préférables à ceux obtenus par fermentation continue et il est même indispensable pour les fermentations qui se font en moût stérile si l'on veut conserver tous les avantages inhérents à cette pratique.

Le principe est le suivant : on part de levures pures élevées, par exemple, dans un laboratoire scientifique et on fait, à l'aide d'une dose de quelques litres de levure, un premier levain d'une centaine de litres, avec du moût stérilisé ; ce premier levain en activité, on s'en sert pour ensemençer un second levain stérilisé, de plusieurs hectolitres, et c'est ce second levain qui sert de pied de cuve. Divers systèmes d'ap-

pareils ont été préconisés ; les mieux connus sont ceux de Jacquemin et de Fernbach.

Système Jacquemin. — Il est représenté par la *fig. 2*. A gauche, se trouve une pompe

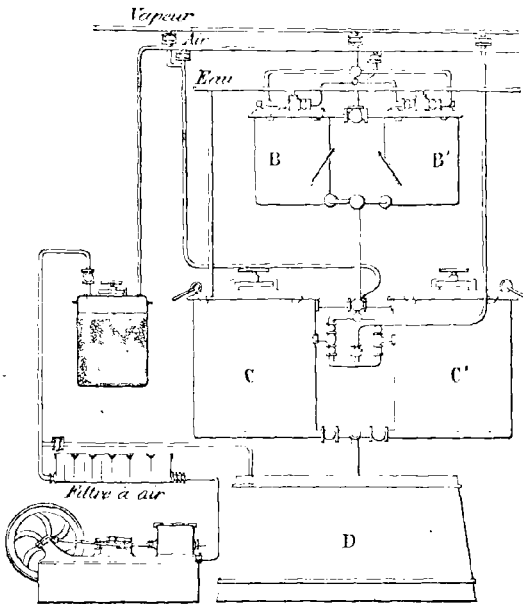


Fig. 2

à air destinée à fournir de l'air pour aérer les levains. La pompe à air aspire celui-ci

au-dessus de la toiture de la distillerie et le refoule dans un filtre à chicane en fonte rabattue, garni de coton salicylé, où il se débarrasse des germes qu'il tient en suspension ; entre le filtre et la pompe, on a disposé un laveur d'air à gravier ; le gravier est là pour pulvériser l'air et l'empêcher de passer sous forme de grosses bulles, sans se laver dans le liquide antiseptique.

A droite du schéma sont les appareils de culture industrielle de la levure pure. Ce sont d'abord, en haut à gauche, des robinets à raccord donnant des prises d'air et de vapeur indépendantes. On peut avoir besoin d'air pur dans la caverie pour aérer, par exemple, une cuve portée en fermentation vitreuse, ce qui n'est jamais le cas cependant dans les fermentations pures. On peut avoir besoin de vapeur pour réchauffer les bassines de petits levains par les temps froids. Ces deux robinets à raccord ont surtout pour destination la stérilisation du collecteur d'air. Il suffit de les réunir par un tube métallique en U et l'on passe à la vapeur le collecteur terminé par un robinet de purge. Stérilisation automatique, comme on le voit.

Sous les collecteurs d'air et de vapeur, figurent quatre séries de trois robinets dont un robinet d'air, un robinet de vapeur, séparé par

un robinet intermédiaire permettant d'ouvrir tantôt sur la vapeur, tantôt sur l'air.

Par une disposition spéciale, ce robinet intermédiaire ne laisse passer que l'air ou la vapeur, jamais les deux en même temps.

Dans les anciens appareils, les robinets étaient disposés sur les bassines. Dans les nouveaux, ils sont très au-dessus ; de cette façon, ils ne sont jamais atteints par le moût des bassines, ce qui écarte encore une cause de contamination.

Cette disposition permet enfin de n'avoir qu'un seul tuyau descendant dans les bassines, au lieu de deux. Et ce tuyau, amenant alternativement l'air pendant la prolifération de la levure et la vapeur pendant la stérilisation du moût de levain, se trouve automatiquement stérilisé lui-même à chaque opération.

On voit par le schéma que tous les tuyaux, qu'ils servent à l'adduction de l'air ou du moût, sont munis d'une prise de vapeur et terminés par des purgeurs ; ils sont donc faciles à stériliser.

Pour le moût, par exemple, chaque fois qu'il vient d'en passer ou qu'il va en passer par un tuyau quelconque, on lance un jet de vapeur et l'on est certain d'être à l'abri de toute contamination.

Les levains se font dans les bassines ; celles-ci sont munies d'un trou d'homme à la partie supérieure pour le nettoyage et d'un tube de dégagement pour l'air et l'acide carbonique pendant la prolifération ; enfin, on peut y disposer une soupape de sûreté et un reniflard.

Pour la mise en marche, on commence par remplir la bassine B de moût, jusqu'à la moitié de sa hauteur, et on porte à l'ébullition par le tube plongeant qui donne passage à la vapeur. Après quelques minutes d'ébullition, on arrête la vapeur et on ouvre le robinet d'air. La masse du moût est brassée vigoureusement et amenée au contact de la paroi de la bassine sur laquelle coule l'eau de réfrigération venant de la couronne placée sur le haut de la calandre. En quelques minutes, la température s'est abaissée à 30° centigrades et on introduit alors la levure initiale. Vingt-quatre heures plus tard, ce petit levain est bon à prendre et on l'envoie dans la grande bassine C où l'on a stérilisé, de la même manière que la veille, du moût de betteraves.

Mais, avant de descendre en C le petit levain de B, on a préparé du moût stérile en B', jusqu'à la moitié de la hauteur de la bassine, et l'on aensemencé, au moyen de quelques litres de moût en fermentation, refoulé par la pression

d'air de B en B'. Cela fait, on descend B en C et, dans douze heures, on en fait autant pour B' qu'on envoie en C', après avoir toutefois préparé un troisième moût de levain en B, que l'on ensemence, par refoulement, de quelques litres de moût en fermentation de B' et ainsi de suite.

Ainsi se trouve assuré le roulement des levains continus. Lorsque les levains des grandes bassines C et C' se trouvent achevés, ce qui demande douze heures environ de fermentation pendant lesquelles l'aération aura été continue, on les envoie dans les cuves à pied de la distillerie. C'est le troisième et dernier levain.

Dans ces cuves à pied, on ne stérilise plus le moût avec le soin qu'a exigé celui des bassines en cuivre. Nous prenons le moût de la distillerie tel qu'il a été préparé pour les grandes cuves et on l'aère pendant que dure sa fermentation.

Alors les opérations préparatoires sont terminées, on entre dans la cuverie et on aborde le travail industriel.

Si les levains, dans lesquels il est difficile de commettre une faute, ont été faits suivant les règles, on peut être certain que la fermentation des cuves marchera sans encombre, que la chute s'effectuera avec la régularité d'une horloge et qu'elle sera complète, et on constatera qu'il s'est

formé de 1 à 2 dixièmes d'acide organique, acide carbonique déduit, malgré la faible acidité minérale initiale qu'on peut employer avec les levures pures.

Procédé Fernbach. — M. Fernbach a adopté le dispositif suivant : une cuve cylindrique de 12 hectolitres, en cuivre étamé à l'étain, pourvue d'un robinet de vidange à sa partie inférieure, renfermant un serpentín disposé de telle façon qu'on puisse faire passer alternativement de la vapeur pour porter le moût à l'ébullition et de l'eau froide pour le refroidir ; munie, en outre, d'un couvercle à rebords qui n'est pas hermétique et qu'on place sur la cuve pendant les divers moments de l'ébullition. On introduit dans cette cuve le moût à 1030-1040, acidulé à un gramme d'acide sulfurique, et on le fait bouillir dix minutes, puis on le refroidit en faisant passer de l'eau dans le serpentín.

D'autre part, on prépare un bac plat quadrangulaire, en cuivre étamé, de 5 à 20 hectolitres ; ce bac porte sur son fond un tube percé de trous, agencé de telle sorte qu'on puisse y injecter de la vapeur pour le stériliser et de l'air comprimé filtré au préalable. Ce bac n'est pas couvert.

Avant l'usage, on le nettoie à fond avec du bisulfite de soude concentré, puis on le rince à

l'aide d'un jet de vapeur. Cela fait, on y introduit 5 hectolitres de moût stérilisé de la cuve à 28-30° centigrades, puis on y met la levure. On injecte un peu d'air et on abandonne 4 à 5 heures. Au bout de ce temps et si la fermentation est bien déclarée, on y fait couler encore 5 hectolitres du moût. Lorsque ce bac est en pleine fermentation, on brasse bien le liquide par une injection d'air et on le vide aux 4 cinquièmes dans une cuve ; ce qui reste, 1 cinquième, sert pour un nouveau levain et une nouvelle cuve.

Du choix de la levure. — Le choix d'une levure doit être basé sur le travail diastasique qu'elle doit fournir. En fermentation de betteraves, on se sert de la zymase ; la levure doit agir comme agent d'inversion et sécréter de la sucrase. On conçoit facilement ces deux fonctions que doit remplir la levure : l'inversion du sucre d'une part, et sa fermentation. Il faut donc une levure qui puisse s'acquitter avec facilité de ces deux fonctions ; il faut, par suite, qu'elle soit active et appropriée au travail qu'elle est appelée à remplir.

La levure de brasserie qu'on utilise souvent ne saurait convenir ; elle est, en effet, habituée à un moût neutre et il lui faut s'acclimater à

l'acidité du moût de distillerie, avant de pouvoir faire un bon travail. Il n'y a pas, du reste, que l'acidité qui la dépayse : dans le moût de brasserie, elle s'attaque au maltose et ne connaît pas le saccharose. Aussi a-t-on cherché, de bonne heure, à sélectionner des levures pures à l'usage spécial de la distillerie agricole ; les uns ont pris des levures de brasserie et ont cherché à les cultiver et à les acclimater ; les autres se sont adressés aux levures de vin et il semble qu'il était plus logique, plus rationnel d'agir ainsi, d'abord parce que la fermentation du moût de raisin rappelle celle du moût de betteraves et s'en rapproche un peu par sa composition, et parce que la fermentation du moût de raisin se fait, comme celle du moût de betteraves, à une température relativement élevée, tandis que la levure de bière n'est guère habituée à travailler au-dessus de 10 ou 15° centigrades.

Il semble donc, à tout prendre, que le meilleur type de levure doit être une levure de vin ou une levure ayant subi au préalable une acclimatation convenable.

Contrôle de la fermentation. — La pureté de la fermentation doit être suivie constamment au microscope ; on s'assure que la fermentation reste pure et que le nombre des bâtonnets reste

faible ; s'il venait à augmenter, il faudrait rechercher immédiatement la cause de contamination et y porter remède.

L'acidité joue un rôle considérable : on ne doit pas trouver, en bonne fermentation, un accroissement d'acidité à la chute, supérieur à 0^{sr},2 ou 0^{sr},3.

Ainsi, une cuve en fermentation avec une acidité de 2^{sr},8 ne doit pas tomber à une acidité supérieure à 3 grammes ou 3^{sr},1. Si l'accroissement d'acidité a été supérieur, c'est que la fermentation n'a pas été pure.

Enfin, on doit suivre la densité du moût ; c'est le guide le plus précieux pour le distillateur, car elle le renseigne immédiatement sur la marche de sa fermentation.

Dans certains cas, la fermentation donne lieu à la production de mousses abondantes ; on détruit celles-ci en mettant sur la cuve une couche de *dégras* qui abaisse la mousse. Ce cas se présente, avec une intensité toute particulière, pour les moûts de betteraves ayant été conservés en silos ou en bateaux.

Des difficultés de la fermentation. — La mise en fermentation des moûts de betteraves offre parfois de grandes difficultés de mise en route ou bien, la mise en route étant effectuée,

traîne en longueur et ne donne que de très mauvais rendements.

Il y a quelques années, 1895-1896, un phénomène très singulier et sur lequel on a beaucoup discuté, a été signalé par MM. Caruchet et Arachequesne. Des moûts en pleine fermentation et très purs, alimentés avec des jus de betteraves arrachées avant les pluies, s'arrêtaient subitement dès que, dans le travail, on voulait leur substituer des betteraves arrachées pendant la période de pluies qui succéda à la grande sécheresse.

A la façon dont tombaient les cuves, on crut à la présence d'un antiseptique et Arachequesne eut l'idée que cet antiseptique pouvait bien n'être qu'un mélange d'acides volatils ou fixes tels que l'acide oxalique. On constatait, en effet, qu'après ébullition et refroidissement, ces jus réfractaires fermentaient sans difficulté, qu'ils fermentaient bien aussi en les étendant d'eau et qu'ils semblaient également bien fermenter en les traitant au préalable par un lait de chaux.

M. Barbet émit à ce moment une hypothèse nouvelle ; il admit qu'il existait dans ces moûts une diastase particulière qu'il appelait *saccharogénique*, diastase existant à l'état normal dans

les betteraves non mûres et qui serait entrée ici en conflit direct avec la diastase inversive de la levure qu'il appelle *saccharophagique* ; cette diastase serait, en quelque sorte, la contre-diastase de la sucrase. Cette diastase, suivant M. Barbet, existe normalement dans la betterave non sucrée et serait très sensible au froid.

L'hypothèse de M. Barbet a été vivement attaquée et il semble qu'elle n'ait reçu aucun crédit ; M. Pozzi-Escot, dont la compétence en la matière ne saurait faire doute et qui a étudié la question de près, semble cependant, sans être affirmatif, admettre comme probable l'intervention d'une diastase saccharogénique. « Il n'est pas douteux, nous disait-il, qu'il existe une diastase saccharogénique dont le rôle doit être de former les sucres dans les végétaux, mais cette diastase est-elle une sucrase agissant de son mode réversible ou bien en est-elle différente ? Nous ne connaissons pas actuellement de diastase de cet ordre. Prinsens-Gerlig, de Java, prétend bien avoir découvert une diastase productrice de saccharose, mais les renseignements qu'il m'a fournis, joints à ceux qui ont été publiés par M. Pellet, ne nous apprennent encore rien de neuf ! »

La discussion de ces faits semble ajournée pour le moment. On a, du reste, reconnu qu'il

était possible de parer aux difficultés de ces fermentations par le chauffage.

L'accident le plus fréquent, en cours de fermentation des betteraves, est connu sous le nom de *fermentation nitreuse* ; il est caractérisé par ce fait, que le jus en fermentation, peut se recouvrir de bulles jaunâtres d'acide hypoazotique ; ce fait est dû à une fermentation microbienne.

En cours de fermentation, on remédie à cet inconvénient par une forte aération qui tue le ferment butyrique. Mais il vaut mieux prévoir que guérir et l'on doit toujours veiller à une scrupuleuse propreté des appareils de distillerie, car c'est de là que vient le mal.

Conduite de la fermentation. — Les jus qui fermentent le plus facilement sont ceux qui viennent des presses ; ceux de diffusion fermentent avec difficulté. Ces différences proviennent de la nature même des moûts qui, dans le premier cas, représentent le suc de la betterave et dans le second, ont déjà subi un traitement osmotique qui a éliminé bon nombre de substances colloïdes qui sont un aliment pour la levure. D'autre part, la température à laquelle se fait la diffusion provoque la coagulation d'une grande partie de substances azotées, albumine et légu-

mine qui, dans le travail de la presse, sont au contraire peptonisées (on l'admet).

Il faudra donc employer, avec la diffusion, des levures sobres en ce qui concerne leur alimentation azotée, — et les levures de vin sont dans ce cas, — et ajouter, d'autre part, au moût des matières nutritives; diverses formules de sels nourriciers minéraux et azotés ont été conseillées, c'est une affaire d'industrie dans laquelle nous ne nous prononcerons pas.

Il faut, en outre, conserver au moût pendant toute la fermentation une grande régularité : même acidité, même température et sensiblement même composition. On dispose souvent, dans ce but, de cuves de mélange et de réfrigérants; le meilleur système de réfrigérant est le système du pasteurisateur *Pastor*, car il permet en même temps de préserver le moût de toute infection et de l'aérer.

L'aération des moûts est, on le sait, une question de toute première importance; l'oxygène de l'air revivifie la levure et le manque d'aération conduit à coup sûr à des fermentations mauvaises et bactériennes, car la levure devient lente et ne parvient plus que difficilement à vaincre les bactéries.

Quand une fermentation produit beaucoup de

mousses, on abat ces dernières par une addition de dégras, mais il faut modérer la dose de celui-ci qui gêne considérablement en rectification.

Installation d'une cuverie. — Soit une distillerie agricole utilisant 100 000 kilogrammes de racines par 24 heures; elle met en fermentation en moyenne 1 400 hectolitres de moût par 24 heures; il faudra donc avoir des cuves d'une capacité totale de 1 600 hectolitres. Il est, en effet, prudent de donner aux cuves un volume de 10 à 12 % supérieur à celui du jus. On divisera donc cette capacité suivant le nombre de cuves dont on veut disposer. La dimension des cuves n'a pas une très grande importance. Les grandes cuves sont plus économiques. Chaque cuve vidée, il faut, si l'on veut travailler convenablement, la laver avec un liquide antiseptique intérieurement et aussi extérieurement.

Les cuves se font indistinctement en bois, en tôle ou en ciment armé; elles doivent être faciles à nettoyer. Il est bon de pouvoir régler la température de la fermentation suivant les besoins; aussi est-il à recommander de disposer dans les cuves un serpentín métallique dans lequel il sera possible de faire passer soit un courant d'eau froide, soit un jet de vapeur. On fait généralement choix de serpentíns mobiles.

Comme nous l'avons déjà dit, la salle de fermentation devra être disposée de manière à pouvoir être facilement nettoyée; les murs seront vernis et le sol dallé avec soin ou cimenté et avec une pente suffisante pour éviter les stagnations de liquide.

L'aération devra être rendue facile par un grand nombre de fenêtres bien disposées et orientées vers le nord autant que possible. L'éclairage aura lieu à l'électricité.

Quant on marche avec des levains, on dispose généralement une salle à part pour ceux-ci.

On fait souvent les fermentations dans des cuves fermées; cette pratique peut conduire à d'excellents résultats, mais les cuves sont plus difficiles à nettoyer; elles permettent de recueillir l'acide carbonique. Elles sont munies de thermomètres à poste fixe et de serpentins.

CHAPITRE IV

—

FERMENTATION DES MÉLASSES

La question, pour être examinée en toute rigueur, ne devrait pas être posée comme une question du travail cellulaire, mais bien de travail diastasique. C'est, en effet, aux diastases de la levure, *sucrase* d'abord, puis *zymase* ensuite qu'incombe le travail de la mélasse. C'est en considérant la résistance de la sucrase d'abord, de la zymase ensuite, sécrétée par une cellule levure, qu'on peut se rendre compte de la valeur d'une levure. On dit souvent qu'une levure dégénère dans un moût de mélasse : c'est une grave erreur. Ce n'est pas la levure qui dégénère car elle continue à se reproduire abondamment, ce sont ses sécrétions. C'est en cela surtout qu'on voit combien est irraisonné l'emploi de levures de brasserie en distillerie de mélasse.

Le distillateur a toujours tendance à substituer la quantité à la qualité de sa levure ; cette

pratique est irrationnelle, car la dépense en levure peut être rendue de ce fait assez élevée et le rendement alcoolique est diminué parce que la levure consomme une partie de l'hydrate de carbone pour la construction de ses tissus et leur entretien.

Des mélasses. — La loi française accorde aux fabricants de sucre, une décharge de 14 kilogrammes de sucre par 100 kilogrammes de mélasses vendues à la distillerie, à condition que cette mélasse renferme au moins 44 % en poids de sucre cristallisable. On conçoit donc que les fabricants aient avantage à se rapprocher du minimum toléré et à additionner leurs mélasses, quand c'est possible, d'une certaine quantité d'eau.

Ces mélasses contiennent en moyenne :

Sucre cristallisable	44 à 46 %
Glucose	Traces
Sels (cendres carbonatées).	10 à 12
Eau	15 à 19
Matières organiques	22 à 28

Les mélasses contiennent, en général, des nitrates, de l'ammoniaque combiné, de l'asparagine, de la bétaine, de l'acide asparagique, de l'acide glutamique, de la leucine, de la tyrosine, des matières pectiques, des sucres divers, des acides de la série grasse.

La première opération à laquelle sont soumises les mélasses devant subir la fermentation est une acidification à l'acide sulfurique. On sait, en effet, qu'en arrivant de la sucrerie ou de la sucraterie, les mélasses sont forcément légèrement alcalines, ce qui est une excellente condition pour le développement des ferments parasites. L'acide sulfurique met en liberté les acides gras combinés. Ceux-ci ne sont pas totalement déplacés, car il faudrait une quantité d'acide sulfurique très considérable, qui aurait le grave défaut de transformer le carbonate salin, résidu de la distillation des vinasses en sulfate, sans intérêt. On ajoute seulement assez d'acide pour déplacer les acides lactiques, tartriques et citriques, qui sont très favorables à une bonne fermentation.

Préparation des mélasses. — Si on commence directement une mélasse après l'avoir simplement acidifiée et étendue d'eau pour en faire un moût fermentescible on constate que la fermentation se déclare avec difficulté et ne parvient pas à mener à bout la fermentation du sucre et se trouve exposée à de nombreux accidents provenant de la présence des acides gras ou des nitrates toujours abondants. Pour parer à cet inconvénient, on a imaginé le *dénitrage*.

Le dénitration consiste simplement en un échauffage à l'ébullition et en une insufflation d'air.

L'opération se fait dans un bac dénitrateur : la mélasse préalablement diluée et acidifiée y est conduite puis chauffée à l'ébullition pendant un quart d'heure au moins durant lequel on y fait passer un courant d'air.

Grâce à cette opération, la majeure partie des acides volatils toxiques pour la levure que renferme la mélasse sont chassés. Il y a en même temps décomposition et dépôt des sels ammoniacaux composés.

Le dénitration peut donner lieu à des dispositions nombreuses suivant qu'on dilue, avant ou après, et suivant le mode adopté pour le chauffage et l'insufflation d'air ; il existe des appareils continus pour le dénitration.

Il faut surtout éviter pendant cette opération de caraméliser le sucre de la mélasse car en outre de la perte qui en résulterait, les produits de cette caramélisation sont très antiseptiques pour la levure.

On conseille de ne pas acidifier totalement la mélasse et de n'y mettre avant le dénitration que les $\frac{3}{4}$ par exemple de l'acide total. Il faut, en outre, maintenir la masse bien en mouvement et

même il y aurait avantage à ne pas atteindre l'ébullition, mais de se contenter d'une température de 90-95°. On évitera surtout de dénitrer sans addition d'eau ; cette façon d'agir en usage dans quelques distilleries est très dangereuse.

L'opération du dénitrage est équivalente à une stérilisation ; aussi est-elle souvent considérée comme telle avec les moûts pauvres en acides volatils.

Il ne faudrait pas croire que cette ébullition de la mélasse en moût acide entraîne une inversion du sucre ; c'est une erreur très répandue, mais à tort. Il faut bien considérer, en effet, que l'acidité de la mélasse, dans ces conditions, est surtout due à des acides gras et que l'acide sulfurique libre n'y est qu'en très faible quantité. La quantité de sucre inverti par cette opération est excessivement faible. Il faut considérer, du reste, que la sucrase de la levure se charge elle-même de cette inversion du sucre et que l'activité de la sucrase suffit largement à pourvoir la levure en sucre nourricier.

La stérilisation des mélasses. — L'opération du dénitrage équivaut à une stérilisation. Celle-ci est excessivement utile et même indispensable, car la mélasse est généralement très impure. Dans les sucreries, elle n'est l'objet

d'aucun soin susceptible de la préserver des altérations et si elle se conserve à peu près bien cela tient à la grande concentration du sirop. Dans le transport de la sucrerie à la distillerie, transport qui se fait avec des tonneaux, elle est exposée à toutes sortes d'avaries et d'altérations. Les citernes et les réservoirs où se conservent les mélasses sont très rarement nettoyés et il en résulte des fermentations bactériennes qui aident à la contamination des mélasses.

La mélasse stérilisée est refroidie jusqu'à une température convenable pour la mise en fermentation, puisensemencée.

Mise en fermentation. — La mélasse stérilisée doit être rendue propre à l'ensemencement, c'est-à-dire qu'elle doit être étendue d'eau jusqu'à un degré convenable, si cela n'a pas été fait au préalable, puis acidifiée au degré voulu.

En France, on adopte une densité de 8 à 10° Baumé, mais, en Belgique, on marche avec une densité plus élevée, cette façon de faire a sa raison d'être car elle correspond à une économie de combustible lors de la préparation des salins.

Il est nécessaire, après la fermentation des mélasses et avant de les envoyer à la distillation, de les laisser en repos pendant quelques heures ; dans cette opération, il se forme un dépôt cal-

caire qu'il faut éviter d'envoyer aux appareils à distiller ; en Belgique, on filtre même les mélasses à cause des hautes doses de levure que l'on utilise et qui, à la distillation, fourniraient des produits à odeur infecte et dont il serait difficile de débarrasser les flegmes. Cette filtration demande une assez forte pression.

La quantité d'acide nécessaire à la mise en fermentation dépend de la mélasse ; il est généralement nécessaire de faire une analyse préalable, sorte d'essai industriel, au laboratoire.

La mise en fermentation peut se faire de différentes façons : directement ou par des levains ; ces derniers peuvent être préparés, soit avec de la mélasse même, soit avec un moût de grains.

La mise en fermentation directe demande une première cuve d'environ 50 hectolitres ; on la remplit de mélasse au degré voulu de dilution et d'acidité et on y délaye 150 kilogrammes environ de levure liquide. Dès que la fermentation est bien déclarée, on vide ce premier levain de 50 hectolitres dans une grande cuve de 5 à 600 hectolitres qu'on achève de remplir en 6 ou 7 heures avec de la mélasse identique à celle qui a servi à la mise en train du levain.

On voit que ce système se rapproche de celui

que nous avons employé dans la mise en fermentation continue du moût de betteraves. Seulement ici, les mélasses étant toujours très impures, il est impossible de faire de la fermentation continue par suite de la dégénérescence de la levure.

Les doses de levures employées sont toujours très élevées ; elles ne sont jamais inférieures à 3 ou 4 % du poids du sucre et on les voit parfois s'élever à 10 %. On peut diminuer cette dose vraiment extraordinaire en ajoutant au moût de mélasse des matières nutritives favorisant l'évolution des levures.

L'emploi des levains est surtout à recommander quoiqu'il apporte une légère complication au travail habituel ; c'est le seul mode de travail que l'on puisse adopter avec les levures pures sélectionnées que l'industrie fournit depuis quelques années.

Il faut avant tout disposer de mélasses absolument pures et de bonne qualité ; il faut leur ajouter des matières alimentaires telles que des corps azotés et de l'acide phosphorique, aptes à développer les propriétés de la levure. On peut généralement se contenter de germes de malt ou, ce qui est plus commode, des extraits de germe : ceux-ci sont formés de germes de malt

traités par de l'acide tartrique et du phosphate d'ammoniaque, ou bien on épuise les germes par de la soude caustique étendue dans une batterie de macérateurs.

Le moût servant de levain, additionné ou non de matières alimentaires, doit être stérilisé puis refroidi et amené à une température convenable et ensemencé avec la levure; pendant toute la durée de la fermentation du levain, on maintient une légère insufflation d'air. On fait, en général, un levain de 10 hectolitres. Lorsque la densité du moût de levain est tombée de moitié, on l'ensemence dans les cuves de fermentation de 50 hectolitres, qu'on remplit successivement du moût de mélasse maintenu à 25-28° C., par plusieurs charges successives.

On peut aussi établir avec les levains un système de fermentation continu; quand les cuves de 50 hectolitres sont en fermentation, on les vide dans les grandes cuves qu'on remplit alors graduellement avec du moût à 1060-1090 et maintenu à environ 20° C. Il faut, dans ces cuves, mettre chaque fois un levain nouveau et c'est seulement le travail des levains de 10 hectolitres qu'on peut rendre continu.

On peut remplacer le moût de betteraves par un moût de grains dans la préparation des le-

vains. On utilise avec avantage à cet effet un moût levain préparé par la saccharification du maïs. Le maïs est, en effet, très riche en matières azotées et en phosphates ; on le saccharifie par l'acide chlorhydrique. L'avantage d'employer un moût de grains réside d'abord en sa plus grande richesse en matières azotées et, en outre, dans la facilité avec laquelle on opère la stérilisation complète. Après la saccharification, la neutralisation de l'acide se fait par de la chaux cuite depuis peu, c'est-à-dire à peu près stérile.

Le moût de maïs se fait à 1 040 ou 1 050 et exige environ 15 kilogrammes de maïs par hectolitre de moût.

On a aussi conseillé les levains de moût de malt, mais ils sont coûteux et, de plus, fort difficiles à stériliser complètement ; ils sont peu utilisés.

Choix de la levure. — On utilise, en général de la levure de brasserie ; levure haute ou levure basse, mais principalement la levure haute. Dans la mise en fermentation pour les levains où la dose initiale de levure doit être pure et n'a pas besoin d'être abondante, on utilise depuis quelque temps déjà les levures de vin qui sont des levures basses. On a préconisé aussi une levure de vin qui aurait été acclimatée

aux substances antiseptiques de la mélasse : ce système qui, à l'origine, avait la prétention de remplacer le dénitration, doit être simplement considéré comme une amélioration de la résistance de la levure. Mais même avec cette prétention, plus modeste que celle qu'on trouve dans le brevet, il est certain que l'acclimatation de la levure aux substances volatiles antiseptiques de la mélasse, est une excellente idée et qu'on doit pouvoir, *a priori*, arriver à obtenir une levure très résistante par ce moyen là. La pratique industrielle prononcera à ce sujet, car on ne peut nullement tabler sur des essais de laboratoire.

Mais il faudrait aussi savoir ce que sont ces produits volatils de la mélasse, c'est un point au sujet duquel on reste dans un vague qui peut surprendre à plus d'un titre.

On a introduit en distillation de mélasses les levures de vin comme en distillerie agricole. On utilise à cet effet les appareils à levain continus que j'ai fait connaître au chapitre précédent. Naturellement et quoi qu'on ait dit ou écrit à ce sujet, l'avantage des levures pures et des levures de vin se retrouve ici : l'expérience a démontré avec éloquence ce que le simple raisonnement suffisait à prévoir : à savoir que, plus pures sont

les fermentations, plus purs sont les flegmes et la rectification doit forcément donner une quantité notablement accrue d'alcool de cœur si la levure employée est une levure neutre.

L'avantage des levures pures est manifeste surtout quand on examine de près les levures résiduaires, en usage généralement dans les distilleries travaillant encore par les anciens procédés : par son origine, son mode d'envoi et sa réception, cette levure n'est souvent qu'un mélange de bactéries, de moisissures et de bons ferments, surtout pendant la saison chaude. D'autre part, la distillerie recevant tous les jours la dose de levure dont elle a besoin, se trouve à la merci d'un retard, toujours possible, souvent réel.

Comme type de régularité de marche d'une fermentation avec ferments purs de vin, voici quelques exemples copiés au hasard sur les tableaux de la cuverie Corbehem (Pas-de-Calais) pris à 5 ans d'intervalle :

Cuve n° 1. — Pied de cuve, le 21 mars 1895 à 5 heures du soir.

Pleine, le 22 à 4 heures du matin.

Durée totale de chargement compris à 1080 de densité : 32 heures, (voir tableau de la page suivante).

Cuve n° 1

Heures	Densité	Température
4	5 ^o ,9	26 ^o
6	5,5	28
8	5,1	29
10	4,7	30
midi	4,2	31
2	3,7	32
4	3,3	33
6	2,9	34
8	2,5	35
10	2,2	35
minuit	2,1	36
1	2,0	36

Cuve n° 2

Heures	Densité	Température
10	5 ^o ,8	26 ^o
minuit	5,4	27
2	5	28
4	4,5	30
6	4,1	31
8	3,7	32
10	3,2	33
midi	2,8	34
2	2,5	"
4	2,4	"
6	2,1	35
7	2,0	"

Cuve n° 2. — Pied de cuve, le 21 mars 1895 à 4 heures du matin.

Pleine, le 22 mars 1895 à 10 heures du soir.

Durée totale : 32 heures (voir 2^e tableau de la p. 81).

Cuve n° 5. — Pied de cuve, le 26 mars 1900 à 11 heures 45 du soir.

Pleine, le 27 mars 1900 à 7 heures 35 du matin.

Cuve n° 5

Heures	Densité	Température
7,35	6,4	26
10	5,7	27
midi	5	28
2	4,3	29
4	3,6	30
6	3,1	31 $\frac{1}{2}$
8	2,7	32 $\frac{1}{2}$
10	2,4	33
minuit	2,2	33 $\frac{1}{2}$
2	2,1	35

Nous en resterons là des avantages des fermentations pures avec levain et nous allons voir maintenant comment doivent être conduites les fermentations.

Conduite des fermentations. — Dans la conduite de la fermentation, on doit surtout con-

sidérer la densité du chargement (densité initiale), la nature de la mélasse, la proportion de levain employé, la température et la rapidité de la fermentation, la température extérieure.

Les cuves portent un numéro d'ordre et l'ouvrier chargé de la surveillance doit avoir un carnet sur lequel il notera à des intervalles réguliers, la densité et la température de chaque cuve. Quand une cuve fermente au départ avec une température au-dessous de la température habituelle, on coule plus chaud la dernière portion du moût afin de réchauffer toute la masse.

La fermentation à fond d'une bonne mélasse se réalise facilement, mais si l'on a affaire à une mélasse plus ou moins altérée il faut augmenter le volume du levain qui est de $\frac{1}{10}$ du volume total pour de bonnes mélasses ; il faut aussi augmenter la température initiale et diminuer la densité ce qui active la fermentation et obvie à une trop rapide dégénérescence de la levure ; enfin on augmente l'acidité s'il y a lieu.

Une bonne façon de travailler consiste à mélanger ses mélasses, pourvu qu'elles ne présentent pas de trop grandes différences ; on régularise ainsi beaucoup le travail de la cuverie et l'on a des fermentations plus régulières. Naturellement, il faut éviter de mélanger à des mé-

lasses saines des mélasses fortement souillées de bactéries. De même, des mélasses fortement chargées d'acides volatils doivent être dénitrées avec une forte insufflation d'air et mises en fermentation avec un fort levain et à haute température. On a recommandé aussi, dans ce cas, de neutraliser les mélasses avant la mise en fermentation et, après la stérilisation, par du carbonate de calcium, puis, acidifier de nouveau. Enfin dans le cas des mélasses bactériennes, quelques praticiens prétendent qu'on arrive à de très bons résultats par une addition de tanin ou un collage avec des blancs d'œuf ou de l'albumine. L'acidité des mélasses est une question de première importance. On doit d'abord toujours travailler des mélasses acides. Quant à la dose d'acide à employer elle dépend de la mélasse et de sa nature. On peut aller avec avantage, dans certains cas jusqu'à 2^{gr},5 d'acidité exprimée en acide sulfurique par litre, mais cette dose est bien rarement dépassée.

Il est des mélasses qui contiennent du raffinose (sucre en C¹⁸ qu'on appelle aussi mélitose et qui est une combinaison triple de glucose, lévulose et de galactose). Ce sucre se rencontre principalement dans les mélasses qui ont été traitées par la strontiane ; il provient directement de la

betterave. La levure affaiblie, comme celle des boulangers, ne fait fermenter la méltose qu'au tiers ; les levures hautes agissent de même et laissent un résidu appréciable ; mais les levures basses et la levure de vin en particulier, donnent lieu, au contraire, à une fermentation totale.

CHAPITRE V

FERMENTATION DES MÉLASSES DE CANNES. FABRICATION DU RHUM

La source la plus importante de la production de l'alcool dans les pays chauds est la canne à sucre, soit par le travail direct du vesou, soit surtout par la fermentation des mélasses de canne.

La fermentation du vesou donne plus spécialement ce que l'on appelle l'*eau-de-vie de canne* ou quelquefois du *rhum d'habitant* : ce produit est très peu connu en Europe.

La distillation de la mélasse de canne fermentée donne un produit brut que l'on appelle *tafia* aux Antilles, *cana* dans la République Argentine, *cachaça* au Brésil, etc. Enfin, on réserve généralement le nom de *rhum* au liquide préparé pour la consommation, amélioré par le vieillissement ou par certains coupages.

Fermentation du vesou. — Elle est peu pratiquée. Le jus de la canne est extrait par

simple ou double pression, à l'aide de moulins analogues à ceux de la sucrerie. On se contente généralement de le lamiser, afin de retenir les brindilles de bagasses, et on l'abandonne à la fermentation spontanée.

Comme pour le raisin, celle-ci s'établit spontanément, mais elle est plus active et se termine en une dizaine d'heures. Le ferment naturel se trouve en grande quantité sur la surface extérieure et cirreuse de la canne; ce sont des levures qui ne sont pas de même nature que celles qui existent en Europe et elles ont notamment une température d'élection assez élevée, ce qui explique leurs prétendues propriétés nouvelles. Leur étude a été faite avec un soin particulier par M. Delafond.

Il a reconnu qu'il leur faut au moins une température de 30° pour se développer normalement, enfin qu'à 35° les fermentations se font très rapidement et dans de bonnes conditions, avec des chutes à zéro.

Ces ferments supportent des doses d'acidité très fortes; malheureusement, il est difficile de leur donner, aux colonies, sans grands frais, tout l'acide qu'elles réclament. On a recommandé, à ce sujet, l'utilisation des vinasses résultant de fermentations antérieures.

Le moût du vesou est surtout rendu visqueux par une fermentation secondaire, dite *fermentation visqueuse* ou *fraie de grenouille* ; celle-ci est due à un organisme bactérien qui se présente en chapelets de renflements. On ne connaît pas encore très bien les propriétés de ce ferment dont il faut éviter les effets.

Mélasses de cannes. — Le travail des mélasses de cannes ressemble beaucoup à celui des mélasses de betteraves ; cependant la composition de ces mélasses est très différente de celle des mélasses de betteraves ; elles contiennent excessivement peu de matières salines ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte à l'examen des tableaux d'analyse des uns et des autres et infiniment moins aussi d'acides volatils et de nitrates (voir tableau de la p. 89).

En général, la fermentation part d'elle-même quand les mélasses sont diluées à 8-10° Baumé. On fait généralement une première introduction d'un pied de cuve avec un levain de levure de panification ou bien en mélangeant à la mélasse quelques bagasses fraîches. La canne à sucre est, en effet, au moment de sa récolte, couverte d'une levure alcoolique. On conçoit facilement qu'opérant avec un empirisme aussi absolu, on soit conduit à des fermentations très irrégulières. Il

faut remarquer, d'autre part, que la mélasse a si peu de valeur aux colonies qu'on n'acidifie presque jamais, car l'acide est un produit cher qu'on est obligé souvent de faire venir de loin et à très grands frais.

Composition des mélasses de cannes

Désignation	Mélasse de Java		
	Analyses de M. Prinsens-Gerligs		
	Variations extrêmes		Moyenne
Sucre cristallisable	3,7	44,3	35,3
Réducteurs	18,8	39,4	27,6
Dextrose	8,2	22,9	14,2
Lévilose	5,6	16,5	13,4
Cendres totales	4,58	9,04	8,08
Eau	17,1	42,3	19,1
Matières organiques.	11,23	"	11,23
Densité	1,315	1,481	1,481
Acidité en acide acétique	"	0,5	0,29
Pureté réelle par rapport au saccharose.	9,8	53,7	43,6
Matières azotées		2	2,21

Depuis quelque temps cependant, les procédés de fermentations avec des levains purs et continus, c'est-à-dire le travail méthodique, semble sur le point de prendre pied en distillerie de

mélasses de cannes ou même dans la fermentation simple des bagasses trop pauvres pour servir à l'extraction du sucre.

Il faut d'abord remarquer que la mélasse de cannes, sans être aussi riche en principes alimentaires que celle de betteraves, est suffisamment bien pourvue cependant de matières azotées pour qu'il ne soit pas nécessaire de lui en ajouter ; elle est, d'autre part, excessivement pauvre, sinon exempte en nitriles et acides volatils quand elle n'a pas encore fermenté ; elle est enfin riche en glucose, ce qui est une excellente condition pour la bonne fermentation.

Il convient d'opérer une stérilisation comme pour la mélasse de betteraves, avec addition d'acide sulfurique. Le moût refroidi peut être ensemencé par un levain préparé suivant la méthode des levains continus avec une levure basse de vin ou une levure de canne purifiée et sélectionnée.

L'un des premiers qui ait cherché à améliorer les fermentations de mélasses de cannes, semble avoir été M. Émile Barbet, qui imagina à cette occasion un système de fabrication de levure pure connue sous le nom d'*aérobiose* et qui fut breveté par la Société Anonyme des Ferments industriels.

CHAPITRE VI

FERMENTATION DES GRAINS ET DES MOÛTS PROVENANT DES MATIÈRES AMYLACÉES SACCHARIFIÉES.

Les moûts de grains et de matières amylacées proviennent directement de la saccharification ; leur mise en fermentation s'est faite pendant longtemps avec des levures de brasserie, mais on leur a substitué aujourd'hui à peu près partout la mise en fermentation par levains.

Préparation des levains. — La préparation des levains est souvent simplifiée ; on opère comme il suit : Le distillateur se procure une première dose de levure et il se sert de cette levure pour mettre en marche un levain de 4 à 5 hectolitres qu'il met dans un petit local à une température de 25 à 30° C. Dès que le levain est prêt, il l'envoie dans le macérateur, le mélange à toute la masse saccharifiée qu'il envoie dans une cuve ; il a eu soin cependant au préalable

de conserver $\frac{1}{5}$ ou $\frac{1}{10}$ de son levain, ce qu'il appelle la *levure-mère* et dont il se sert pour la mise en route d'un autre levain. Par ce moyen, il arrive à s'affranchir complètement de son fournisseur de levure.

Comme les levures aiment surtout les moûts acides et que les moûts de substances amylacées saccharifiées par les diastases ne contiennent que fort peu d'acides, on pratique une *acidification spontanée*. La réalisation de cette acidification spontanée, est des plus simples : on expose le moût à une température de 50°, grâce à laquelle il ne tarde pas à entrer en pleine fermentation lactique.

Cette acidification lactique a tous les caractères de l'empirisme le plus absolu ; elle est l'œuvre de la pratique : on avait remarqué, en effet, qu'à une température de 50° et en présence d'acide lactique, il se produisait une transformation des matières albuminoïdes des céréales en matières peptonées assimilables par la levure. Cette peptonisation s'active en moût lactique ou sulfurique.

Effront dit à ce sujet : « On chercha à favoriser par tous les moyens à la disposition du distillateur, la production des peptones ; on donna la préférence au malt sec sur le malt vert parce que

la peptone existe dans le premier et ne se trouve pas dans le second (1); on essaya de pousser l'acidification au maximum et de prolonger l'acidification le plus possible, toujours dans le but de favoriser la peptonisation. En un mot, on tenta de donner au procédé un caractère systématique et raisonné en accord avec l'explication théorique qu'on en donnait; malheureusement l'explication ne valait pas grand'chose et les tentatives faites pour améliorer le procédé n'aboutirent qu'à des perturbations et à des difficultés insurmontables dans le mode de travail.

« Leur insuccès força les promoteurs de la théorie à sortir des généralités et ils entrèrent dans la voie des recherches expérimentales. L'analyse comparative des mouls acidifiés ou non montra que le levain lactique ne renforce nullement l'action des peptases et l'on s'aperçut bientôt que le rôle qu'on se plaisait à attribuer aux peptones revenait plutôt aux acides !

« Complètement abandonnée, la théorie de la peptonisation fit place à la théorie antiseptique; suivant celle-ci le levain lactique préserve les levures des bactéries et des moisissures et joue, en somme, un rôle antiseptique. La nouvelle

(1) Pozzi-Escor.— *Les Diastases et leurs applications.*

théorie reposait surtout sur l'observation générale que les moûts acides se conservent mieux que les moûts neutres et que le moût fermenté est d'autant moins acide que le levain l'est plus fortement ».

L'acide lactique agit donc comme un antiseptique assez puissant pour les moisissures et certaines bactéries anaérobies ; les germes du bacille lactique sont offertes par l'air ; l'opération doit durer de 40 à 60 heures. Cela dépend comment le levain sait conserver sa température ; mais il faut éviter surtout que celle-ci ne s'abaisse trop, car, au dessous de 50°, le levain deviendrait infailliblement la proie de ferments butyriques. L'acidité, dans une opération bien conduite, doit atteindre 5 ou 6 grammes complés en acide sulfurique.

Il faut maintenir la température élevée non seulement pour éviter des infections parasites, mais aussi et surtout parce que nous savons maintenant, grâce aux travaux qui ont été faits sur les ferments lactiques que, parmi ces ferments, ceux qui travaillent le mieux et donnent le plus d'acide sont ceux qui exigent une température élevée ; 55° C. doit être considéré comme convenant particulièrement bien.

L'acide lactique est non seulement un anti-

septique pour les bactéries étrangères, mais le ferment lactique est lui-même un antiseptique par son propre produit d'excrétion. On sait, en effet, depuis longtemps, que beaucoup d'acide dans les levains donne peu d'augmentation d'acidité dans les cuves de fermentation.

Ces levures semblent s'accommoder très bien de l'acide lactique et on a constaté qu'elles acquièrent, par le passage dans le levain, des propriétés nouvelles; une activité plus considérable aussi. Cela provient du mode d'action de l'acide lactique qui diminue la reproduction de la levure et exerce ses sécrétions diastasiques en la forçant à assimiler activement les matières nutritives à sa disposition.

La mise en fermentation lactique spontanée telle qu'on l'a longtemps réalisée est soumise à de nombreux aléas, surtout au début de la campagne et il faut souvent longtemps avant qu'une bonne fermentation lactique se soit établie. On a eu l'idée de préparer des levains de ferments lactiques purs et, dans cette voie, on a été amené à sélectionner ces ferments et à faire choix de ferments lactiques très actifs et très énergiques. On a recommandé le *bacillus acidificans longissimus*.

Le moût que l'on utilise pour la préparation

de ces levains est rarement constitué par le moût de saccharification; généralement, on préfère faire un moût spécial, pour lequel on utilise avantageusement du malt vert, du malt sec ou du seigle. On combine le plus souvent un moût de malt vert avec du moût sucré pris dans la cuve matière. Cette façon d'agir est très avantageuse au point de vue économique et permet d'augmenter beaucoup la concentration du levain et, par suite, de mettre en fermentation des moûts épais.

La préparation du moût à levain se fait le plus souvent dans de petites cuves en bois qui doivent être très propres. Voici comment on opère d'après Dejoué, avec le malt vert: « Ce malt bien écrasé, autant que possible par deux passages à travers le broyeur, est versé dans la cuve et additionné d'eau à 68-70° C., à raison de $\frac{1}{3}$ de litre par kilogramme de malt qu'on brasse énergiquement à l'aide d'un fourquet. Il se produit immédiatement un commencement de saccharification qui rend la masse plus fluide et l'agitation plus facile; on peut alors, sans se soucier de la destruction d'un peu de diastase, ajouter de l'eau à 88-90° C., jusqu'à ce qu'on obtienne une température de 65° C. dans le mélange et abandonner la saccharification pendant 2 heures.

Les grains servant à la préparation du levain doivent toujours par des nettoyages à sec suivis, si c'est nécessaire par des lavages à l'eau, être débarrassés autant que possible des microorganismes et des poussières qui y adhèrent; en outre, il faut faire subir au moût saccharifié une stérilisation en le portant à une température de 75° C. qu'on maintient pendant 15 minutes.

Ce réchauffage est très utile et produit d'autant plus d'effet que les matières premières employées étaient plus souillées par les bactéries. Pour qu'il n'allère pas les matières azotées, il est nécessaire que le moût de levain soit très concentré et renferme une forte dose de sucre. Outre la destruction des bactéries, ce réchauffage a encore l'avantage de produire une désagrégation et, par tant, une saccharification plus complète de l'amidon contenu dans le moût à levain.

Dans un moût très concentré, il est impossible de réchauffer à 75° C. par addition d'eau chaude; on se sert, dans ce but, d'un fourquet à vapeur, consistant en un tuyau de vapeur en cuivre rouge élamé portant à son extrémité inférieure un cadre à trois branches verticales, formé de tubes creux également en cuivre rouge élamé et percé de petits trous. La partie supérieure du tube recourbé à angle droit, est raccordée à

une tubulure de prise de vapeur, par un tuyau de caoutchouc. Au moyen de ce fourquet, on remue la masse pendant qu'on y injecte doucement de la vapeur. Le tube est recouvert d'un fourreau en bois pour qu'on puisse le tenir facilement à la main sans être incommodé par la chaleur.

Dans les distilleries d'une certaine importance, au lieu de préparer les levains à la main, on se sert toujours d'appareils mécaniques.

Ces appareils sont dénommés macérateurs et sont de divers systèmes, les plus connus sont ceux d'ElleMBERGER et de PANCKSH.

Le moût à levain saccharifié est introduit dans les vases destinés à l'acidification ; ces vases sont introduits dans une salle étuve où on peut se contenter de les recouvrir de sacs ou bien encore de les réchauffer de temps à autre par un fourquet à vapeur.

Quand l'acidification n'augmente plus, on reprend le moût et on le refroidit à 20° par un appareil réfrigérant convenable. Ce refroidissement doit être rapidement conduit. Généralement, on prend un long serpentín dans lequel on fait passer de l'eau froide ; on préfère aujourd'hui cependant les systèmes de réfrigérants à mouvement continu ; le meilleur serait, à notre avis,

un système à plaques analogue à celui utilisé dans le pasteurisateur Malvezin.

Dès que le moût est arrivé à 18 ou 20° C., on y ensemence la levure; celle-ci est généralement de la levure pressée de panification. Dès que le levain entre en fermentation, on suit les progrès de celle-ci au Baling ou au Brix; le levain est mûr quand le degré a diminué de moitié; on peut alors l'employer et on l'envoie, pour cela, aux cuves de fermentation, sauf une petite quantité, le $\frac{1}{10}$ généralement, qui sert de levure-mère pour un nouveau levain.

Souvent avant d'envoyer le levain aux cuves et après avoir prélevé la levure-mère, on renforce le levain en y ajoutant son volume de moût ordinaire et l'on attend qu'il soit en pleine fermentation avant de l'envoyer à la cuverie.

Dès que le levain arrive dans la cuve, il ne met pas celle-ci en fermentation active, la levure commence à se multiplier considérablement et, quand elle a envahi tout le champ, elle commence la fermentation proprement dite ou principale; c'est la phase de destruction du maltose en dextrose, puis, par l'action de la zymase alcoolique, en alcool et gaz carbonique. Dans cette phase, la température monte beaucoup au point d'arriver et même dépasser 30° C.

La fermentation principale laisse, comme résidu fermentescible, de la dextrine, cette dernière est détruite entièrement dans une troisième phase de la fermentation qui est la phase de fermentation complémentaire. La diastase existant encore dans le moût transforme cette dextrine en maltose et ce maltose peut alors être attaqué par la levure.

On a quelquefois cherché à régler la température de la fermentation principale, car celle-ci est d'autant meilleure qu'elle s'effectue plus exactement entre 25 et 30°; on a monté, à cet effet, dans certaines cuveries, des cuves avec réfrigérants permettant de refroidir les cuves si besoin.

Considérations sur les levains lactiques.
— On voit facilement, par ce qui précède, que la méthode de fermentation des matières amylacées par des levains lactiques est, malgré tout, encore régie par un vaste empirisme et, par suite, comme tous les procédés empiriques, un peu capricieuse. On sait que les ferments butyriques, dont le commensalisme avec la levure est tellement à redouter, trouvent, dans les levains et les moûts lactiques, un milieu de culture favorable; on aura donc toujours à craindre l'ingérence de ces bactéries.

D'autre part, il faut bien remarquer que ce

procédé est en contradiction flagrante avec les règles de propreté méticuleuse que l'on doit observer partout en distillerie ; enfin la fermentation de l'acide lactique est une dépense qui se calcule en perte très sensible d'alcool. Il vaudrait mieux, à tous les points de vue, pour ceux qui considèrent l'acidification lactique comme nécessaire et même indispensable, de faire appel à de l'acide lactique du commerce ; on y gagnerait certainement beaucoup au point de vue de la propreté et de la perte de temps sinon comme prix de revient.

La méthode des levains lactiques a fait place à la méthode de fermentation par levains purs et qu'on a appelée, parce qu'elle repose sur les méthodes pasteuriennes, la méthode française, par opposition à la méthode avec levains lactiques qui est plus spécialement la méthode allemande.

La fermentation par les levains purs. — Ces méthodes sont basées sur un principe unique qui est la stérilisation des moûts et la mise en fermentation par des levains purs ; comme nous l'avons dit dans les premiers chapitres, la stérilisation peut être obtenue par la chaleur ou bien par les antiseptiques.

De nombreux brevets ont été pris depuis quelques années à ce sujet et nous n'entrepren-

drons pas de les décrire, le principe de la méthode ayant été donné, nous ferons choix de deux types : le procédé Jacquemin et, pour la stérilisation au moyen des antiseptiques, celui d'Effront.

Procédé Jacquemin. — La méthode de M. Jacquemin a été indiquée, il y a quelques années, dans le journal *L'Alcool et le Sucre* de M. Emile Barbet ; elle consistait, de prime abord, dans la préparation d'un levain dans une cuve de 15 hectolitres et ensemencement au moyen d'une levure pure de vin. Au début, on préparait le moût du levain comme nous l'avons indiqué dans la préparation des levains purs continus en fermentation de betterave. Dans la suite, M. Jacquemin a appliqué son appareil à levains continus à la fermentation des matières amylacées et, au lieu de prendre un moût spécial, il prélève du moût ordinaire de la cuverie.

Le moût ainsi prélevé est renforcé par une addition de malt, ensuite, après un brassage de trois quarts d'heure ou d'une heure, on porte à 100° pendant environ 30 minutes, à seule fin de le stériliser, puis, avant le refroidissement, on y ajoute de l'acide sulfurique de façon à obtenir une acidité de 0^{gr},75 par litre. On refroidit le moût après l'avoir laissé quelque temps à 25°

pour permettre la peptonisation des albuminoïdes. Quand le moût est pauvre en matières azotées, il convient de l'enrichir avec des peptones, des sels nourriciers, ou bien en employant, au lieu d'eau, un lait de malt obtenu avec les drèches sortant de la colonne et filtrées autant que possible. Enfin le moût amylicé lui-même est ensemencé après stérilisation et acidification à l'acide sulfurique.

Ce procédé, qui présente sans doute des avantages, est jusqu'à présent très peu employé.

Procédé Effront. — Le procédé Effront repose sur l'emploi des antiseptiques et, en particulier, de l'acide fluorhydrique et des fluorures, il a eu et conserve une très grande vogue.

L'acide fluorhydrique est un antiseptique, aussi le côté original du docteur Effront a été de procéder à la culture et à l'acclimatation des levures à cet acide et à ses sels. L'acclimatation se fait en élevant les levures dans un moût dont on augmente progressivement la teneur en acide fluorhydrique de façon à passer de 1 gramme à 30 grammes d'acide par hectolitre en un temps relativement court. Cette dose d'acide enraye complètement le développement des bactéries et n'a plus aucune influence sur les levures acclimatées. Ainsi donc avant de préparer le levain,

on acclimata la levure, cette acclimatation se fait avec du moût ordinaire et l'on doit partir de levures pures.

La levure ayant été acclimatée, on la met dans le moût du premier levain; celui-ci renferme de 5 à 10 grammes d'acide fluorhydrique par hectolitre. Ce moût se prépare simplement par saccharification à 60° sans stérilisation; on prend aussi avantageusement le moût même de la cuve-matière.

Le levain mûr, on ensemeuce la cuve en mettant 4 % du levain, il est inutile de dépasser cette dose; le moût de la cuve doit être acidulé au préalable avec au moins 10 grammes d'acide fluorhydrique par hectolitre.

L'acide fluorhydrique se remplace pratiquement par le fluorure d'ammonium ou d'aluminium à la dose de 50 grammes par hectolitre de levain.

On a montré que l'acide fluorhydrique, loin de gêner la levure, activait au contraire son pouvoir ferment et inversif. Sorel a particulièrement étudié la question de la fermentation des jus amylicés en présence d'acide fluorhydrique et aujourd'hui, grâce à l'emploi de cet antiseptique, la fermentation de ces matières, considérée longtemps comme difficile et délicate, est devenue

aussi simple que celle des mélasses et des betteraves.

Travail par les mucédinées. — On a introduit récemment en distillerie une variété de moisissures connues sous le nom de mucors et d'amylomyces (1). Ces moisissures sont à la fois des agents secréteurs de diastase hydratante, de sucrase et de zymase. Elles jouissent donc de la curieuse propriété de faire fermenter directement les moûts de matières amylacées ou d'amidon. J'ai indiqué, au début, les grandes lignes du mode d'action de ces ferments.

Comme nous l'avons montré, les propriétés d'une cellule varient beaucoup avec ses conditions de vie et l'on peut, en particulier, par la vie aérobie ou anaérobie, modifier complètement la nature de ses sécrétions diastasiques. Un exemple frappant nous est donné par les mucédinées qui, en vie anaérobie, secrètent de la zymase.

Il y a à peine une dizaine d'années que les propriétés de ces moisissures sont connues. Fokannec, le premier, en 1890, essaya de les introduire aux États-Unis, non pas comme fer-

(1) Voir Pozzi-Escot. — *Les Diastases et leurs applications*, Chap. VII, p. 166. Dans cette collection.

ments, mais comme agents de saccharification succédanée du malt.

Au point de vue de leur pouvoir saccharifiant, les amylomyces se conduisent absolument comme le malt; le pouvoir amylasique est tel qu'en quatre jours 64 % de l'amidon peut être saccharifié et la saccharification se poursuit jusqu'au bout si le sucre est utilisé à mesure de sa formation. Aussi, dans le travail par les amylomyces, si l'on veut obtenir une bonne saccharification, il conviendra de ménager, soit l'amylase existant, soit la plante elle-même, pour pouvoir activer la saccharification de l'amidon lorsque la fermentation ayant détruit une certaine quantité de sucre, le reste de l'amidon pourra être saccharifié à son tour.

Au commencement de leur utilisation, on élevait les moisissures sur de grandes aires planes avec du son, par exemple, et l'on se servait d'un lait saccharifiant obtenu en délayant la moisissure, soit à l'état frais, soit desséchée avec de l'eau. Cette solution possédait les mêmes propriétés que le malt et permettait d'en supprimer l'usage en saccharification. Malheureusement, comme avec le malt, il n'était pas possible de travailler aseptiquement.

Le problème du travail aseptique a été résolu

par M. Bordin. Après avoir constaté que les mucédinés travaillent et opèrent difficilement la liquéfaction de l'amidon cuit, il a imaginé le procédé suivant : Les grains de céréales sont d'abord soumis à la cuisson ordinaire sous pression. L'empois résultant de la cuisson est dirigé dans une cuve de liquéfaction où il rencontre de l'eau contenant une quantité de malt correspondant à 1 à 2 % du poids du grain, puis le moût est stérilisé par un chauffage de 20 minutes à 120 degrés et dirigé à l'ébullition vers la cuve de fermentation.

Lorsque le remplissage de la cuve est terminé, on stérilise pendant quelques minutes toutes les ouvertures en y faisant passer de la vapeur ou du moût bouillant ; on remplace alors le courant de vapeur par un courant d'air, puis au moyen d'un tuyau circulaire percé de trous, on fait monter de l'eau autour de la cuve jusqu'à ce que la température soit de 40°. A ce moment, on ensemence une petite quantité de mucédinée qu'on a fait pousser sur 30 à 40 grammes de vin stérilisé ou sur toute autre matière nutritive (cette quantité de mucédinée est suffisante pour produire la saccharification de 25 000 kilogrammes de grains préalablement liquéfiés).

Lorsqu'après 24 heures, la mucédinée a com-

plètement envahi le moût et commencé la saccharification, on ajoute, pour une cuve de mille hectolitres, 500 centimètres cubes d'une culture de levure pure correspondant à 3 ou 4 grammes de levure pressée. Celle-ci se développe rapidement et 20 heures plus tard la fermentation devient très active; il suffit de laisser se continuer pendant deux jours encore pour avoir une fermentation complète.

L'opération tout entière nécessite donc 4 à 5 jours. Cela n'a rien d'étonnant si l'on songe aux faibles quantités de semence utilisées qui doivent d'abord se multiplier et envahir le moût. En faisant des levains, on pourrait diminuer considérablement le temps de fermentation et même faire fermenter plus vite que par les anciennes méthodes basées sur l'emploi de malt, mais il a semblé jusqu'ici qu'il était préférable d'éviter une complication, quitte à installer quelques cuves de plus.

Des essais faits à l'usine de Seclin, il résulte que le procédé permet d'obtenir 66 litres $\frac{1}{4}$ d'alcool pur par 100 kilogrammes d'amidon employé, soit un rendement de 97,5 %.

Les mucédinées employées étaient au début du travail à Seclin, l'*amylomyces Rouxii*, puis plus tard, il fut remplacé par le mucor β qui

permet de faire fermenter des moûts plus divisés que l'amylomyces Rouxii. Enfin, en dernier lieu, on appliqua une autre mucédinée, le mucor γ qui donne une atténuation de $\frac{10}{1}$ à $\frac{10}{1}$ de degrés Baling plus forte que le mucor β .

Marche des opérations. Travail préliminaire. — La cuisson des grains se fait, chez MM. Boidin et Colette à Seclin, dans des cuiseurs Henze sous lesquels on introduit les grains avec deux fois leur poids d'eau ; la cuisson s'effectue en 2 heures 40' sous une pression de $1^{\text{kg}} \frac{1}{2}$ au début, puis de 3^{kg} et enfin, dans les derniers moments, de 4^{kg} et l'on effectue la vidange sous cette dernière pression.

La liquéfaction de l'empois obtenu par la cuisson se fait dans une cuve-matière ou macérateur dans laquelle on met à l'avance la quantité de malt jugée nécessaire, environ 1 % à l'état de malt vert, et la température ne doit pas dépasser 70° ; aussi règle-t-on convenablement l'arrivée de la masse cuite.

Dès que la liquéfaction est jugée convenable, on stérilise toute la masse en la portant à l'ébullition, puis après l'avoir diluée au degré convenable par de l'eau bouillante, on l'envoie bouillante à la cuve de fermentation.

Les cuves de fermentation sont en tôle : elles portent, suivant leur axe vertical, un arbre armé de bras servant d'agitateurs, cet arbre passe à travers le couvercle par un joint hydraulique. Chaque cuve porte, en outre, un tuyau de remplissage et un tuyau de dégagement pour l'acide carbonique. Elles sont munies de tubulures d'ensemencement, de prises d'essai, etc.

Le moût est maintenu à l'ébullition dans les cuves elles-mêmes, puis celles-ci sont fermées et on y injecte de l'air en même temps qu'on provoque le refroidissement par un ruissellement d'eau sur les parois. Dès que la température est descendue à 38°, on procède à l'ensemencement du moût.

Comme nous l'avons vu, on se sert d'une très faible quantité de semence pure dans chaque cuve ; on n'utilise que le contenu d'un ballon Pasteur de 1 litre.

On conçoit qu'il importe dès lors d'obtenir une multiplication rapide ; pour cela, l'agitateur étant toujours en mouvement, on injecte doucement de l'air dans toute la masse cuite. La moisissure se développe rapidement et vit ainsi en profondeur sans jamais exercer d'action comburante et, petit à petit, l'amidon soluble disparaît ; en même temps, la fermentation alcoo-

lique commence, mais, comme fermentation alcoolique par la moisissure seule serait trop lente, on procède à un nouvel ensemencement par une levure cultivée après avoir refroidi le mout jusqu'à 33°.

Au début de l'application du procédé *amylo*, il n'était pas possible de travailler en mout épais, car l'*Amylomyces Rouxii* utilisé cessait d'agir en présence de $4 \frac{1}{2} \%$ d'alcool ; c'est alors que se sont introduits les mucors β et γ dont nous avons déjà dit deux mots.

Avec le mucor β , on peut saccharifier et fermenter des mouts de 18 à 20 kilogrammes de grains par hectolitre, ce qui permet d'obtenir des mouts à 7 ou $7 \frac{1}{2} \%$ d'alcool ; le mucor γ jouit des mêmes avantages, mais il donne une acidité plus faible que le mucor β .

Avantages et critique du procédé amylo.

— Dans l'ancien procédé qui a été décrit, on utilise de 12 à 15 kilogrammes de malt par 100 kilogrammes de grain ; il y a donc, par suite du maltage, une perte minima de 1^{kg},400 d'amidon, soit 1 litre d'alcool par 100 kilogrammes de grains. Avec le procédé amylo et suivant M. Boidin, cette perte se réduirait à 0,1 ou 0,2 % d'alcool du poids du grain.

Dans la fabrication des levains lactiques, une certaine quantité d'amidon est perdue par l'acidification et une autre quantité ne subit pas l'empesage. Cette perte est évitée dans le système Boidin puisque le levain lui-même est devenu inutile.

Dans la saccharification ordinaire par le malt, il y a 2 à 4 % d'amidon qui ne sont pas liquéfiés; en comptant, au minimum, $2\frac{1}{2}$ %, il y a encore une perte de 1 litre par 100 kilogrammes de grains.

Dans le procédé *amylol*, l'amidon qui a échappé à la liquéfaction est partiellement dissous lors de la stérilisation du moût et, à la fin de la fermentation, il est impossible de retrouver de l'amidon, même au microscope, si le travail a été normal. L'attaque de l'amidon est donc absolument complète et si le rendement ne dépasse pas 97,5 %, cela tient au ralentissement que subissent toutes les actions diastasiques avant d'arriver à leur fin.

Dans les fermentations industrielles les mieux conduites, il y a toujours perte de matière hydrocarbonée résultant de l'action des microparasites de la fermentation; la propreté absolue étant impossible à réaliser par les anciennes méthodes, ces pertes sont inévitables; elles sont d'ailleurs la cause de tous les ennuis du distil-

lateur, puisqu'elles ont pour résultat de ralentir ou d'arrêter prématurément l'action diastasique.

Avec l'asepsie qui est nécessaire dans le procédé *amylo*, ces infections ne se produisent pas.

Il importe, avec ce procédé, d'employer des cultures d'une propreté absolue, car vu la petite quantité de semence utilisée, un seul germe étranger pourrait compromettre tout le travail.

Il faut considérer aussi, dans cette méthode, que la valeur nutritive de la drèche est considérablement éliminée par suite de son épuisement presque complet.

L'économie de main-d'œuvre est compensée et au-delà par la grande quantité de charbon qu'il est nécessaire d'utiliser pour la stérilisation des mouts. Il faut remarquer cependant que les tourteaux de mucédinées renferment une huile de valeur.

D'après MM. Collette et Boidin, le procédé *amylo* donnerait l'alcool avec un bénéfice de 4 fr. 42 par hectolitre. Quoi qu'il en soit, il faut considérer que l'usine de Seclin a dû cesser sa fabrication.

CHAPITRE VII

—

FERMENTATION DES MOÛTS DE TOPINAMBOURS

Le topinambour se rapproche de la pomme de terre en tout ce qui concerne sa culture, mais s'en éloigne complètement pour ce qui est de sa composition chimique qui se rapproche énormément de celle de la betterave.

Le moût de ces tubercules provenant de la diffusion, après saccharification de l'inuline, se présente dans un état de pureté microbienne très considérable car la saccharification de l'inuline demande une ébullition prolongée et en moût acide.

La mise en fermentation de ce moût pur peut se faire très facilement et directement par l'un des procédés que l'on a vus au sujet de la fermentation des moûts de betteraves.

Il est à recommander d'employer ici strictement les levures pures et sélectionnées et, par

suite, en système à levains continus. C'est une première mise de fonds qu'on récupère facilement et en très peu de temps. Il importe, en effet, de ne pas négliger de profiter de la grande pureté du moût et de sa richesse en éléments azotés pour faire de la fermentation scientifique.

Pour obtenir de bons rendements, il faut marcher en moût acide, à température suffisamment élevée, avec une levure très active et ne pas trop aérer le moût dans lequel la levure a une tendance à proliférer considérablement.

Le 12 avril 1893, M. Lucien Lévy communiquait à l'Académie des Sciences l'intéressante note que je reproduis ci-dessous. Depuis cette époque, les levures de vin ont été employées avec le plus grand succès dans la distillation des topinambours en distillerie agricole.

Voici le texte de la note : « Dans ces dernières années, plusieurs expérimentateurs ont utilisé des levures pures de vin pour différentes fermentations. C'est ainsi que l'on a obtenu des résultats favorables avec les grains et les betteraves. J'ai pensé qu'il serait intéressant d'appliquer la même méthode aux topinambours. Ces tubercules sont très riches en matières sucrées difficilement inversibles et la lenteur de la fermentation qui résulte de cette stabilité est une source

de déboires dans la conduite de l'opération suivant la méthode courante. J'ai employé, dans les recherches que je vais décrire, une levure de Romanée-Conti spécialement préparée pour moi par M. G. Jacquemin, ce dont je dois ici le remercier bien sincèrement.

« Les tubercules lavés, coupés en tranches fines sont épuisés par quatre fois leur poids d'eau à 60°, contenant 2 pour 1 000 de bitartrate de potasse; après un contact de quatre ou cinq heures, on décante et l'on traite de nouveau par la même quantité d'eau acidulée. Les eaux d'épuisement réunies constituent un liquide de densité 1,03 ou 1,04 au plus, c'est-à-dire moins lourd que le mout de betteraves dont on se sert habituellement.

« Le mout doit être soumis à la fermentation et stérilisé, puis ensemencé avec de la levure précédente, ou mieux, avec un levain constitué par une culture de cette levure. Dans ces conditions, la fermentation se met plus rapidement en marche; le passage d'un courant d'air stérilisé active la fermentation de telle sorte qu'à la température de 20-25°, elle est terminée en trois jours.

« On soumet le liquide ainsi obtenu à une première distillation, en recueillant un volume

d'alcool égal à la moitié du volume du vin, puis à une seconde distillation dans les mêmes conditions. Enfin le flegme est rectifié par distillation fractionnée à l'aide d'un appareil à boules.

« Au début, il se produit quelques bulles d'un liquide bouillant à 25-28°, ayant l'odeur et les propriétés réductrices de l'aldéhyde. Il est sans doute constitué par la majeure partie de ce composé.

« Puis le thermomètre monte rapidement à 77°,5-78°, il passe au liquide alcoolique marquant 90°G-L. et doué encore d'une odeur piquante et de propriétés réductrices ; le poids de l'alcool contenu dans ce liquide ne représente pas 4 pour 1 000 du poids des topinambours, c'est-à-dire 5 % de celui de l'alcool total produit.

« La température s'élevant à 79-79°,5, il distille alors un liquide de très bon goût marquant 92-93°G-L. et renfermant un poids d'alcool pur dépassant les 5 % du poids des topinambours ou les 76 % de l'alcool total.

« Après le passage de ce liquide, le thermomètre s'élève à 80° ; il distille à ce moment un liquide d'odeur moins parfaite, mais constituant encore un alcool de bon goût et contenant environ les 16 % de l'alcool total.

« Le thermomètre ne tarde pas à s'élever rapidement vers 95°, un liquide trouble à odeur butyreuse distille ; enfin la température atteint 100°. La quantité d'alcool récoltée pendant cette période de la distillation représente environ 1,6 % de l'alcool total produit.

« J'ai comparé ces résultats à ceux de la distillation fractionnée d'un alcool de topinambours industriel, et d'un alcool produit par moi à l'aide de la levure de boulangerie ordinaire. Ils sont nettement plus avantageux tant par la qualité que par la quantité du produit.

« La méthode que je viens de décrire est en définitive intéressante à deux points de vue : 1° elle donne très peu de produits de tête et 2° elle fournit une forte proportion d'alcool de bon goût ».

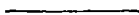
Contrôle du travail. — Il est identiquement semblable à celui de la cuverie en fermentation des betteraves.

On contrôle les épuisements en se servant de la liqueur de Fehling.

Caroubes et sorgho. — La mise en fermentation des moûts provenant des caroubes et du sorgho ne présente aucune difficulté. Elle doit se faire de préférence pour l'un et pour l'autre avec des levains de levures pures et sélectionnées et

un système de levains continus ; la levure de vin convient surtout pour le sorgho.

Pour les caroubes, il faudrait, au préalable, acclimater une levure aux impuretés qu'on rencontre dans le moût.



CHAPITRE VIII



FERMENTATION DU MOÛT DE BIÈRE

La fabrication de la bière a fait l'objet d'un ouvrage entier de cette collection (1); aussi serons-nous très bref à cette occasion.

Le moût de bière est obtenu en partant du malt et c'est en variant les modes de saccharification diastasique de ce malt que le brasseur parvient à faire les différents types de bière. Les procédés qui cherchent à épuisier ce malt sont de deux types : le procédé par *décoction* et le procédé par *infusion*. Le procédé par infusion est le plus ancien. Le procédé par décoction a été employé en Allemagne : c'est le procédé bavarois ; il se répand aujourd'hui partout, car il répond au besoin de la fabrication de la *bière basse* qui prend aujourd'hui le pas sur la *bière haute*. On combine quelquefois ces deux systèmes : on a alors le procédé mixte ou lillois.

(1) LINDET. — *La Bière*.

Le moût qui vient de la saccharification et du houblonnage a besoin, avant d'être mis en fermentation, d'être refroidi ; suivant le genre de fermentation adopté, il faut refroidir plus ou moins. Le refroidissement a généralement lieu au contact de l'air : c'est une faute énorme.

On commence par mettre le moût dans un bac rectangulaire plat, puis ensuite on fait passer ce moût déjà refroidi à 50° dans des réfrigérants tubulaires ou à plaques ondulées. Ces appareils ont tous le grave défaut de refroidir au contact de l'air, de tenir beaucoup de place et d'utiliser une très grande quantité d'eau. En outre, comme il ne sont pas d'une étanchéité absolue, quand on a besoin de refroidir le moût de 1 ou 2° centigrades, il n'est pas possible d'utiliser directement le liquide de la machine frigorifique, car il pourrait se produire un mélange de ce liquide au moût.

La pratique du refroidissement tel qu'il est ainsi effectué comporte une aération du moût favorable à la fermentation.

On a introduit récemment, en brasserie, l'appareil à plaques système Malvezin ; nous avons déjà indiqué la construction de cet appareil et son fonctionnement parfait. Il permet le refroidissement immédiat et intégral du moût à quel-

que degré qu'il le faille et, en outre, il a cet avantage immense d'occuper une place infime. L'appareil Pastor, de la Brasserie de la Glacière, à Paris, est formé d'une pile de plaques carrées de 35 centimètres de côté et de 1 mètre de hauteur environ : la réfrigération du moût y est obtenue par un seul passage. Ce système est complètement à l'abri des infections microbiennes. Par un dispositif très ingénieux, on peut aérer le moût avec de l'air stérilisé tout en le refroidissant. On a même imaginé un dispositif permettant l'ensemencement direct des moûts par des quantités connues de levure. A cet effet, l'une des dernières plaques de l'appareil est plus épaisse que les autres et porte un raccord, qui permet à une pompe d'envoyer le levain dans le moût refroidi. On obtient ainsi une réfrigération et un ensemencement à l'abri de toute infection par l'air. C'est un système très bien conçu et l'un des cas où l'utilisation des échanges caloriques est réalisée avec la plus grande perfection.

La fermentation du moût de brasserie peut être réalisé de deux façons, à haute température ou à basse température. Cette distinction n'est pas seulement une affaire de température : la bière haute est très différente de la bière basse

et les levures des unes et des autres fermentations jouissent de propriétés et de caractères très différents.

Dans la fermentation haute, la levure vient occuper le haut du liquide en fermentation et forme un chapeau dans la cuve en soulevant une grande quantité d'écume : dans la fermentation basse, au contraire, la levure reste au fond de la cuve. La fermentation haute se fait aux environs de 20°, la fermentation basse vers 6 ou 8°.

Toujours la fermentation de la bière se fait en deux phases : l'une qui est la phase active et pendant laquelle la plus grande partie du sucre est transformée en alcool ; la seconde phase est la phase de fermentation secondaire ; elle ne donne que peu d'alcool, mais la levure de cette vie nouvelle forme des éthers odorants et modifie avantageusement les qualités de la bière. La première phase est rapide et ne demande que quelques jours ; la seconde phase est beaucoup plus lente et s'effectue pendant des mois.

La fabrication de la bière basse se fait dans des cuveries où l'on fait circuler constamment dans des tuyaux un liquide refroidi par une machine à glace de façon à maintenir toujours la température aux environs de 5 à 6° centigrades. Les cuves se font généralement en bois, mais,

depuis quelque temps, on a introduit des cuves en ardoise ou en verre et ciment armé, qui ont l'avantage de se nettoyer avec une grande facilité.

On utilise, comme levain, la levure qu'on recueille au fond des cuves d'une fermentation précédente. On lave cette levure avec de l'eau glacée sans la délayer. On introduit la levure sous une forme pâteuse dans la cuve ; on emploie environ 1 demi-litre de levure par hectolitre de mout.

Pendant la fermentation principale, on règle la température des cuves qui ne doit pas dépasser 5 à 7° par l'emploi de réfrigérants, ceux-ci sont soit des *vageurs*, c'est-à-dire des seaux en zinc dans lesquels on met de la glace, soit des serpentins en métal dans lesquels on dirige le liquide refroidi d'une machine frigorifique ou de l'eau simplement glacée.

Dans ces conditions, la fermentation basse dure environ 15 jours ; au bout de ce temps, la bière est, en effet, soutirée et mise en foudre de 50 hectolitres environ qu'on conserve dans des caves dites de garde où la température doit être maintenu à zéro : c'est la période de la fermentation secondaire.

On maintient la température dans des limites convenables par l'emploi de machines frigorifiques. Pendant la fermentation secondaire, la

levure crache par la bonde des foudres ; on la recueille. A l'intérieur, la bière prend de la force, c'est-à-dire se charge d'acide carbonique, se bonifie et s'éclaircit.

Les cellules de levure basse sont, comme nous l'avons dit, différentes de celles de la levure haute : cette dernière est en paquets rameux ; la levure basse, au contraire, est isolée ou par groupes de deux ou trois.

Nous venons de voir comment se conduit la fermentation basse. La fermentation haute se fait dans des cuves comme la fermentation basse. La seule différence réside dans la température où se fait la fermentation, à part, bien entendu, la condition de levures différentes. En fermentation haute, on fermente vers 18-20°, jamais on ne descend au-dessous de 12° et l'on emploie une levure haute totalement différente de la levure basse. La fermentation est plus courte et ne dure que quatre ou cinq jours ; la fermentation secondaire se fait à 10° environ et ne dure que 20 à 30 jours. Souvent on remplace les cuves par des tonneaux. Pendant la fermentation, la levure ruisselle par la bonde : on la recueille et on la met de côté pour l'introduire de nouveau après avoir été aérée par un battage à l'air.

Nouvelle méthode de fermentation basse.

— On a vu s'introduire depuis quelque temps un nouveau procédé de fabrication de la bière. Il repose dans l'emploi d'une levure basse fermentant à haute température ; le fait en lui-même est très ordinaire. Seulement jusqu'ici on n'avait pas su utiliser les levures basses aux températures ordinaires et en tirer profit. M. Jacquemin qui est l'initiateur de ce procédé a pris récemment un brevet pour la fabrication de la bière suivant ces principes. Le procédé a déjà reçu un commencement d'application industrielle et semble, s'il est permis de se haser sur ces premiers essais, avoir donné raison à son promoteur.

L'avantage de ce procédé serait de fournir des bières jouissant des qualités des bières basses et susceptibles de se conserver pendant les chaleurs sans avoir besoin de glace. En outre, la fabrication se trouve fortement dégrevée par suite de la suppression de machines frigorifiques. Fermentant à température élevée, on marche naturellement relativement vite.

Les levures basses fermentant à haute température sont bien connues, ce sont les levures de vin ordinaires. Pasteur les avait déjà essayées. Souhaitons un meilleur succès à cette nouvelle tentative.

CHAPITRE IX

—

FERMENTATION DES FIGUES

La composition des figues est très variable suivant les espèces et suivant la maturité. Voici, à titre d'exemple, l'analyse que j'ai faite tout récemment d'un lot moyen de figues :

Eau	84,65
Sucre inverti	10,00
Acidité en SO^4H^2	0,036
Cendres.	1,057
Matières pectiques	1,573
Matières extractives	2,614

Elles ne renferment pas d'amidon, ni aucune substance capable d'être saccharifiée.

Le figuier d'Inde ou de Barbarie est très abondant dans la zone méridionale de l'Europe et dans les pays barbaresques : on le trouve aussi en grande quantité au Mexique et il sert principalement à former des haies, grâce aux épines qu'il porte. Ses fruits, comme le montre l'ana-

lyse, renferment une forte proportion de sucre directement fermentescible constitué presque uniquement par du glucose. Il y aurait donc grand intérêt à utiliser ce fruit pour la production industrielle de l'alcool.

Les fruits abandonnés à eux-mêmes après avoir été écrasés se mettent facilement en fermentation, car ils portent de nombreuses levures alcooliques ; mais cette fermentation est loin d'être pure et de très nombreuses variétés de bactéries évoluent avec la levure.

La fermentation directe pourrait être obtenue facilement dans des conditions relativement bonnes à la condition d'acidifier très fortement

Le meilleur mode de travail consiste à découper ces fruits en cossettes avec des appareils analogues à ceux qui servent en sucrerie pour la betterave ou pour la fabrication du cidre de pomme, en extrayant le jus par pression et reprenant le marc avec une certaine quantité d'eau de manière à avoir en volume le poids des fruits employés.

On fera bouillir le liquide ainsi obtenu, ce qui éliminera les matières pectiques et on l'ensemencera après refroidissement avec une bonne levure pure, de préférence en cuve fermée et suivant la méthode des levains continus. •

L'alcool ainsi obtenu est de très bonne qualité. Il renferme, à l'état de flegmes, des éthers aromatiques à odeur agréable qu'il est, du reste, facile d'éliminer par rectification. On obtient un rendement de 40 à 60 litres d'alcool à 100 degrés pour 1 000 kilogrammes de fruits, suivant la richesse même de ces fruits en sucres fermentescibles.

CHAPITRE X

—

L'INDUSTRIE DE LA LEVURE PRESSÉE DE PANIFICATION.

La levure doit être blanche, inodore et sans saveur, supporter facilement le transfert et dégager beaucoup de gaz au moment de l'action.

On peut utiliser la levure de fermentation haute, mais la levure de fermentation basse ne convient pas parce qu'elle a subi un commencement d'autodigestion et se conserve mal ; aussi, dans les contrées où l'on ne fabrique que de la bière basse, on a dû se préoccuper de la fabrication spéciale de levures destinées à la panification.

La levure de panification peut être préparée de deux manières, en moût clair et en moût trouble. La fabrication en moût clair est à peu près abandonnée, sauf comme fabrication accessoire du genièvre ; elle consiste à ensemercer un

moût clair de malt qu'on fait fermenter dans des bacs peu profonds et à recueillir la levure qui s'est formée.

La levure fabriquée en moût trouble porte le nom de levure viennoise ; elle est caractérisée par l'emploi d'un levain lactique et de vinasse.

En principe, on part d'un moût trouble de faible densité jouissant d'une grande viscosité et on le met en fermentation par un levain lactique spécial.

Pour préparer le moût, on prend généralement du malt sec ou vert, indifféremment ; il est indispensable de moudre très finement : on a généralement recours à des meules ou à des moulins à cylindres. On peut remplacer le malt par du seigle, du blé, de l'avoine, du maïs.

Sauf le maïs, les autres matières premières ne sont pas soumises à la cuisson avant la saccharification, on se contente d'en provoquer l'empâtage.

L'empâtage se fait dans des cuves munies de vageurs puissants ; on prend, en moyenne, 2 kilogrammes d'eau par kilogramme de farine. La température de l'eau servant à l'empâtage est choisie de telle sorte qu'on ait environ 50 degrés au moment de la saccharification. Dès que l'empâtage est terminé, on élève la température jus-

qu'à 60 degrés par injection de vapeur et on suit la marche de la saccharification à l'aide de la teinture d'iode.

Si l'on traite du maïs, il est nécessaire de faire monter la température de saccharification jusqu'à 75° et il est bon d'ajouter au maïs 10 % de malt.

Une bonne saccharification doit conduire à un mélange en proportion sensiblement égale de maltose et de dextrine ; il reste, en général, 10 % d'amidon, mais comme les vinasses retournent à la fabrication, on ne perd presque rien.

En sortant de la saccharification, le moût est refroidi de façon à ce qu'après l'avoir additionné de la quantité voulue de vinasse et d'eau froide il soit à la température d'ensemencement. Le refroidissement est généralement obtenu par un réfrigérant du genre de ceux utilisés en distillerie.

La préparation du levain est différente de celles vues jusqu'ici. On utilise du malt sec germé et de l'orge ; le malt doit être germé long et faiblement touraillé et on le mout aussi fin que possible pour obtenir un levain très concentré.

L'empâtage et la macération se font dans l'appareil à levain lui-même et à la main généralement, à moins que l'on ne dispose d'un va-

gueur puissant; on doit s'attacher à aérer fortement le moût pendant la fabrication et l'acidification du moût se fait immédiatement après que la saccharification est terminée.

On le laisse refroidir à 50-55° et on l'ensemence avec une culture pure de ferment lactique. Naturellement, pendant toute la durée de la fermentation lactique, le moût est conservé dans une salle à part, chauffée à 35°.

Dès que l'acidité finale a été obtenue, on refroidit le moût à l'aide d'un réfrigérant puissant jusqu'à 17° centigrades et on le met en fermentation avec de la levure-mère et un peu de levure seule. L'emploi d'une levure pure qui permet le choix d'une race ayant des caractères tout à fait appropriés au genre de fermentation que l'on veut obtenir a donné d'excellents résultats dans la fabrication de la levure viennoise. Au bout de 8 à 9 heures, le levain est mûr, la fermentation diminue d'intensité et au bout de 11 à 12 heures le levain peut être utilisé.

A cet effet, on prend bien soin que la température du moût principal soit identique à celle du levain. On ajoute ensuite de la vinasse et de l'acide lactique ou de l'acide sulfurique de manière à ne pas trop dépayser la levure; la dose d'acide à ajouter aux cuves est d'autant plus

forte que les matières employées sont plus impures.

Les cuves où se fait la fermentation ne doivent pas être pleines, car la fermentation produit une écume très abondante qui peut monter de 50 à 70 centimètres. Au bout de 10 à 12 heures, la couche d'écume baisse : c'est à ce moment que l'on doit recueillir la levure.

Le ramassage de la levure se fait avec de grandes cuillers en fer blanc munies d'un très long manche. On peut aussi très avantageusement disposer de racleurs qui font tomber d'un seul coup toute la levure et toute la mousse en donnant, par suite, une grande économie de main-d'œuvre.

La levure doit être immédiatement refroidie puis tamisée afin, d'une part, de la durcir et de diluer le moût qui l'entoure et ensuite afin de séparer les drèches et les parties mucilagineuses qui accompagnent la levure. Après le tamisage, la levure est lavée avec de l'eau glacée et quelquefois turbinée. Enfin, souvent, on mélange la levure d'amidon de riz.

La levure lavée et additionnée ou non d'amidon, est soumise à l'action de filtres-presses dont la description n'est pas à faire ici. Au sortir du filtre-presse, la levure est fortement tassée dans

des cuvelles et l'on arrose abondamment la couche supérieure pour éviter une autocombustion.

C'est sous cette dernière forme que se présente la levure destinée à l'emballage. Celui-ci se fait à l'aide d'une machine à briquettes. Pour l'emballage, on prend un papier parcheminé et un papier ordinaire plus fort.

Modifications récentes. — On a apporté récemment quelques modifications au procédé de fabrication qui vient d'être exposé. Ces perfectionnements portent sur l'emploi de graines trempées à la place de grains moulus, sur l'usage de tamiseurs; sur la mise en mouvement du moût au moyen de serpentins ou d'agitateurs.

Conservation de la levure viennoise. — Cette conservation est très délicate et oblige le fabricant à ne produire sa levure qu'au fur et à mesure des commandes. MM. Boidin et Colltete ont résolu le problème d'une façon très élégante en mélangeant la levure avec une substance inerte : la fécule. La fécule a, en effet, la propriété de dessécher la levure et de faciliter sa conservation, la levure séchée par la fécule est séparée de celle-ci par tamisage. Voici comment on opère : la levure est réduite en petites boules, puis mélangée à de la fécule commerciale et

introduite dans des sacs en coton qu'on met immédiatement dans des tambours de dessiccation.

Ceux-ci sont de grands cylindres rotatifs dont une partie forme crible ; on y ajoute de la fécule qui, en tombant sur les sacs, vient les dessécher. La levure sèche, on la jette sur un sasseur de meunerie ; la fécule passe et la levure est reçue à l'extrémité du tamis.

Fermentation panaire. — La réalité de la fermentation panaire a été établie par M. BOUTROUX ; cette fermentation empêche le développement des bactéries qui feraient aigrir la pâte. Pendant la fermentation panaire, il y a multiplication des levures ; cela vient surtout de la vie aérobie de la levure qui s'empare de l'oxygène de la farine, bien plus que du sucre formé par l'amylase.

CHAPITRE XI

FERMENTATION DU JUS DU RAISIN : VINIFICATION

La fermentation du jus de raisin donne le vin : elle porte le nom de vinification. Il y a bien longtemps que l'on sait faire le vin, mais il n'y a que peu de temps qu'on ne le fait plus selon des méthodes empiriques. Essentiellement rurale, l'industrie du vin, car c'en est une véritable aujourd'hui, s'était tenue en dehors de la science et le paysan avec ses coutumes était l'oracle absolu.

Cependant l'école pasteurienne, après avoir pris contact avec les causes de la fermentation alcoolique et, en particulier, avec Pasteur lui-même, de la fermentation du moût de raisin et des altérations microbiennes du vin, avait mis en relief le rôle prépondérant des infiniment petits en vinification, mais il fallut, pour secouer l'inertie du viticulteur, la crise vinicole terrible

qui débuta réellement vers 1880 et qui, par les conditions économiques troublées et nouvelles qu'elle fit surgir, montra au monde vinicole français les nouveaux éléments dont, dorénavant, il devait tenir compte. Dès ce jour, la viticulture, grâce aux intelligences d'élite qui prirent la tête du mouvement, participa à l'immense effort industriel qui a marqué la fin du XIX^e siècle.

Ce qu'on doit chercher, dans les méthodes de vinification scientifiques nouvelles, c'est qu'elles donnent à la fois le maximum de qualité et de quantité avec un prix de revient minimum.

Autrefois on se contentait de vinifier le moût obtenu en écrasant les raisins à la cuve ou sous la maille d'un pressoir, puis en abandonnant à la fermentation spontanée due aux innombrables micro-organismes principalement composés de levures, qui abondent sur la pellicule du raisin.

Aujourd'hui, on s'efforce de régulariser la fermentation, d'éviter les ingérences microbiennes qui, en demeurant dans le vin fait, déterminent ultérieurement des troubles néfastes.

La fermentation vinaire se fait généralement dans des cuves recouvertes d'une bâche en toile épaisse ; souvent aussi, elle se fait en foudres ou en barriques pour les vins blancs. Il faut, du reste, distinguer très nettement la vinification

en rouge et la vinification en blanc, car elles ne mettent pas en jeu le même processus.

Vinification en rouge. — Elle ne se fait jamais en barriques, assez souvent en foudres et presque toujours en cuves ; celles-ci sont en bois ou en ciment. Le moût qu'on y introduit provient d'opérations préliminaires ; il est ou non pourvu de sa rafle. Pour que la fermentation soit convenable, il faut :

1° Que le ferment vinique agisse seul ;

2° Que la transformation du sucre en alcool soit rapide et intégrale ;

3° Que les parties solides du fruit subissent un contact suffisant avec le liquide pour lui céder les substances solides qui lui sont nécessaires.

Cuvaison ordinaire. — La méthode de vinification courante consiste à laisser le moût introduit dans la cuve entrer en fermentation spontanée et conduire celle-ci où il le voudra. C'est ainsi que l'on opère le plus souvent. Le raisin est cueilli, porté à la cuve, foulé et abandonné à lui-même jusqu'au moment où la fermentation apparente cesse. Cependant, soir et matin, le vigneron monte sur sa cuve et la *boule*, c'est-à-dire qu'il enfonce le *chapeau* qui s'est formé à la surface du moût.

On conçoit, dans ces conditions, à quel vaste

empirisme est soumise la fermentation et l'on se demande comment ont pu être obtenus, en opérant de la sorte, les vins qui ont fait le renom de la France.

On sait combien est complexe le vin ; à côté de l'alcool, il renferme la matière colorante ; celle-ci est entièrement contenue dans la pellicule du grain. Il faut donc, si l'on veut obtenir des vins colorés, extraire toute la matière colorante de la pellicule et, pour cela, il faut que la pellicule baigne dans le moût et subisse l'action dissolvante de la chaleur et de l'alcool ; il faut donc mettre en contact la partie solide et la partie liquide pendant la fermentation.

Or, sous l'influence du jus qui se dégage, les parties solides montent à la surface et forment *chapeau*. Divers dispositifs permettent de retenir dans la cuve le chapeau. On a fait des cuves à cloisons et on a préconisé le remontage des moûts. Ce remontage des moûts a, en outre, l'avantage d'entretenir une circulation dans les cuves et de donner lieu à une légère aération.

De nombreux procédés ont été imaginés pour faciliter, soit l'immersion du chapeau, soit la circulation méthodique des moûts ; on en trouvera quelques-uns décrits dans l'ouvrage sur le *Vin* paru de cette même collection.

Acidité des moûts. — Les moûts de vin doivent être acides ; cet acide est le plus souvent normal, — tous les moûts sont acides, — mais il peut arriver que, par excès de maturation ou par suite du mauvais état de la vendange, le moût ait besoin d'être acidifié ; on fait alors appel à de l'acide tartrique ou à de l'acide citrique. L'acidité est favorable à la levure ; elle facilite la dissolution de la matière colorante et elle s'oppose jusqu'à un certain degré au développement des bactéries.

Température. — La fermentation dégage une grande quantité de chaleur et l'expérience a montré que la fermentation vinique n'est convenablement faite que dans certaines limites qui sont comprises entre 20 et 30° ; la température la plus favorable étant celle de 28°. En général, dans les régions tempérées, dans l'Ouest, le Sud-Ouest et le Centre, cette température est généralement normale. Dans le Nord et l'Est, il convient souvent de réchauffer une partie du moût pour activer la fermentation. Dans le Midi, au contraire, et en Algérie et Tunisie, la température s'élève trop et on a été obligé de recourir à divers dispositifs de réfrigération. Ceux-ci sont constitués par des bacs réfrigérants ou par des serpents dans lesquels on fait passer de l'eau

froide, ou encore à l'aide de réfrigérants indépendants dont l'industrie offre divers spécimens.

Aération. — L'aération des moûts a été recommandée comme une excellente pratique. Il faut toutefois se souvenir que c'est une arme à deux tranchants et que, poussée trop loin, elle peut fournir un vin éventé et ayant, par suite, perdu beaucoup de sa valeur. Sous l'influence d'une légère aération, la levure s'active, la fermentation devient plus régulière et plus rapide. Elle permet l'obtention de vins qui vieillissent et développent plus facilement les éthers spéciaux qui caractérisent et font apprécier les vins provenant de diverses sortes de raisins. Les vins obtenus avec des moûts aérifiés se conservent plus longtemps et sont plus limpides parce que les substances albuminoïdes sont en partie précipitées et celles qui restent encore dans le vin se trouvent sous une forme assez rapprochée de l'ammoniaque qui n'est pas sujette aux modifications donnant naissance à des substances insolubles.

Les avantages de l'oxygénation des moûts ne sont donc pas douteux et l'égrappage mécanique, en assurant la bonne aération de la vendange, complète les bons effets déjà reconnus, tels que ceux qui résultent du triage qui élimine les éléments les plus redoutables pour la conservation

du vin. L'aération agit en quelque sorte comme agent de défécation pouvant remplacer le plâtrage avec avantage.

Additions à la vendange. — Dans le but de favoriser le résultat de la fermentation, on pratique souvent des additions à la vendange. Le plâtrage a été longtemps très employé, mais, par suite, des exigences de la loi, il a été remplacé par le phosphatage.

Pour remédier à la pauvreté en tanin de la vendange, on pratique le tanisage ; le tanin ajouté à la vendange se dissout pendant la fermentation et agit favorablement sur la conservation du vin une fois fait. Enfin le sucrage des moûts est utilisé pour augmenter le degré alcoolique et la stabilité des vins.

Telle est, en quelques mots, dans ses traits généraux, la méthode de fermentation ordinaire ; elle se résume dans la mise en fermentation directe du moût avec ou sans addition de produits spéciaux destinés à améliorer le vin et dans le perfectionnement des méthodes de cuvaison où des dispositifs spéciaux agissent pour faciliter la fermentation et la mise en dissolution des éléments utiles du vin.

Il convient d'ajouter à ce que nous avons dit sur les cuvaisons appropriées à la qualité des

vins qu'en général, on active la fermentation pour avoir des cuvaisons courtes, favorables à la bonne tenue du vin. Par des procédés spéciaux de cuvaison, on peut obtenir des vins rosés. Enfin, on a proposé de travailler les moûts par macération et par diffusion.

Suivant les régions, les méthodes de vinification varient; la durée de la cuvaison s'accroît ou diminue, les procédés de mise en fermentation se différencient.

Méthodes de vinification en rouge perfectionnées. — On a apporté de grands perfectionnements à la méthode de vinification directe en cherchant à lui appliquer les procédés des fermentations pures par levains. La stérilisation des moûts avec mise en fermentation ultérieure par un levain pur a conduit, dans ces dernières années, à de très beaux résultats.

L'application des ferments purs en vinification ne date que d'une quinzaine d'années et semble prendre aujourd'hui une très grande extension. Personne ne songe à contester les nombreux avantages que la vinification peut retirer de l'emploi des levures pures sélectionnées. Dans la fermentation spontanée que le jus de raisin subit fatalement, la levure qui se trouve naturellement à la surface du grain et qui se

développe dans le moût en y produisant de l'alcool, est toujours accompagnée d'une foule d'organismes variés qui peuvent intervenir, soit pendant la fermentation tumultueuse, soit lorsque celle-ci est achevée pour déposer dans le vin des produits divers qui en diminuent toujours la qualité.

C'est surtout lorsque la fermentation a été anormale et incomplète, c'est-à-dire lorsqu'il reste encore du sucre non transformé, que le vin est sujet à s'altérer et à devenir malade par suite du développement de ces organismes.

La première condition d'une bonne vinification est donc une fermentation régulière, rapide et poussant aussi loin que possible la transformation du sucre en alcool et gaz carbonique.

Comme il arrive très souvent à la suite des conditions de maturité défectueuses du raisin, et même lorsque le raisin a mûri dans des conditions en apparence tout à fait normales, que la levure est trop peu abondante à la surface du grain pour qu'une fermentation rapide s'établisse franchement et d'emblée, on voit qu'il y a déjà intérêt à venir en aide aux ferments naturels languissants, en introduisant dans la vendange une levure convenablement choisie.

Pour que cette addition de levure puisse avoir

l'effet utile qu'on en attend, il est absolument indispensable que la levure ajoutée ait une activité suffisante pour envahir rapidement toute la masse du moût et pour poursuivre jusqu'au bout la transformation intégrale du sucre, de manière qu'aucune portion de ce sucre ne devienne la proie des organismes autres que la levure, et que la richesse du vin en alcool, qui constitue un des éléments principaux de sa valeur marchande, soit aussi élevée que le permet la teneur du moût en sucre.

On voit donc que, si la levure ajoutée à la vendange est douée des qualités d'activité indispensables à la réussite, son emploi a pour effet d'augmenter la richesse alcoolique du vin et d'accroître sa stabilité. *Mais ce n'est pas tout* : On trouve, à la surface des grains de raisins murs, un très grand nombre de variétés de levures qui diffèrent les unes des autres par leurs propriétés : les unes sont capables de mener la fermentation plus loin que les autres et de produire une fermentation plus rapide ; il y en a, — et c'est là un point des plus importants, — qui communiquent aux liquides qu'elles font fermenter un bouquet spécial et caractéristique. C'est principalement sur les raisins des grands crus qu'on rencontre ces levures à bouquet. Les

moûts provenant de raisins communs fermentés avec ces levures participent toujours dans une mesure sensible au bouquet du cru auquel la levure a été empruntée. Il s'ensuit qu'en ajoutant ces levures à la vendange, on communique au vin des qualités de bouquet et, par suite, une valeur marchande qu'il n'aurait pas si on le laissait subir la fermentation naturelle. Le point essentiel pour atteindre ce résultat, c'est que le choix de la levure employée ait été judicieux et qu'on ait suivi, dans son emploi, une méthode rationnelle.

Les faits qui précèdent ont été l'objet de critiques très violentes, surtout de la part des propriétaires des grands crus. Mais la pratique a montré que ces critiques étaient sans fondements et que les faits précédents sont rigoureusement vrais, naturellement dans une certaine limite.

La préparation d'un levain est très simple : on prélève un volume suffisant de moût, 2 hectolitres par exemple ; on stérilise par la chaleur et, après refroidissement, on l'ensemence avec une levure pure commerciale convenablement choisie ; dès que le levain est mûr, on peut s'en servir pour la mise en fermentation du moût ; en règle générale, un bon levain d'un hectolitre est suffisant pour une cuve de 15 à 20 hectolitres.

Stérilisation des moûts. — Il était logique de penser que les levures sélectionnées placées dès le commencement de la vinification dans un milieu dénué de ferments sauvages ou bactéries, devaient acquérir une plus grande vigueur et atteindre un degré de prolifération plus intense que, mises en contact avec des éléments défavorables qui les forcent à dépenser inutilement une partie de leur vitalité, en raison du principe de la lutte pour l'existence. On a été conduit alors à stériliser les moûts de raisin.

Longtemps avant de connaître les causes de la fermentation, on chauffait les moûts dans le but de modifier avantageusement les qualités et la couleur des vins. On avait soin de ne pratiquer le chauffage que sur une portion de la vendange qui était ensuite mélangée au reste ; ou bien, on introduisait dans le produit chauffé, puis refroidi, des ralles ou grappes non cuites qui provoquaient la fermentation par les levures naturelles dont elles étaient le support.

C'est M. Louis Marx qui paraît être le premier à avoir opéré scientifiquement cette pasteurisation du moût de raisin dans le but de le faire fermenter par des levures sélectionnées. Avant de publier ses recherches, il en avait effectué le dépôt, dans les formes légales, en l'étude de

M^e Provençal, notaire à Marseille, le 5 novembre 1885. Enfin dans le numéro de novembre 1888 du *Moniteur Scientifique Quesneville*, il publia un très important mémoire sur les levures de vin, dont je détache le passage suivant qui démontre bien la priorité de ce savant dans la question de stérilisation des moûts :

« La stérilisation du moût par la chaleur en pressant les raisins et en les soumettant avec leur jus, soit à une température de 110° centigrades dans un autoclave en bois, ou en métal n'ayant aucune action sur le moût, pendant une demi-heure, soit par une heure d'ébullition ; soit pendant 5 heures à la température de 90° centigrades ne m'a pas donné de résultats satisfaisants. Le goût des vins se trouvait modifié. Ils prenaient, entre autres, un goût de cuit, les clarifications étaient difficiles.

« On obtient de meilleurs résultats en stérilisant les moûts pendant une heure à la température de 75°, en laissant refroidir *et en répétant cette stérilisation vingt-quatre heures après*. Cependant cette manière de stériliser les vins par la chaleur n'est pas encore parfaite.

« Le moût était stérilisé directement dans la cuve où se trouvait un serpentin galvanisé dans

lequel passait de la vapeur, et qui servait en même temps d'agitateur.

« Après la stérilisation le moût était refroidi en faisant passer, en place de la vapeur, un courant d'eau froide dans le serpentín agitateur. Pendant qu'il se refroidissait, il était oxygéné par un courant d'air pur barbotant dans sa masse.

« Une pompe refoulait de l'air à travers un filtre en coton stérilisé et l'air filtré et pur se rendait dans la cuve. La levure choisie pure étaitensemencée lorsque le moût était froid ».

Si les expériences de M. Louis Marx n'ont pas été couronnées d'un entier succès à cette époque, cela tient sans nul doute aux défauts des appareils qu'il avait à sa disposition. Il a ouvert la voie aux expérimentateurs qui devaient facilement réussir à stériliser les moûts de vins en les faisant passer à travers les pasteurisateurs perfectionnés.

Toutefois il faut reconnaître que le fameux « goût de cuit » dont il parlait dans sa publication et qui était dû aux défauts du chauffage, était de nature à décourager les chercheurs. C'est, en effet, cette légende du *goût de cuit*, considéré comme constituant une difficulté insurmontable qui fut cause de l'oubli dans lequel

restèrent ces recherches pendant une dizaine d'années, jusqu'au moment de la publication des beaux travaux qui ont été brevetés par M. Rosenthal et M. Frantz Malvezin.

Les procédés de vinification reposant sur une stérilisation complète et préalable du moût et sur un ensemencement ultérieur de ces moûts stérilisés par une levure convenablement choisie ont déjà fait leurs preuves. Les résultats obtenus dans cette voie sont très encourageants, mais les difficultés d'application sont que cette méthode relève plutôt des moyens de la grande industrie et ne s'adresse qu'à un nombre de gros propriétaires ou de groupements collectifs, seuls assez puissants pour les mettre en œuvre.

Grâce à l'application raisonnée de cette méthode, la fermentation vinaire devient un opération tout à fait scientifique et industrielle dont on peut espérer de très beaux résultats. Le moût étant stérilisé, il suffirait théoriquement de l'ensemencer d'une levure pure de grand cru pour obtenir un vin rappelant par le bouquet le vin d'où la levure est originaire. En 1897, M. Jacquemin a montré, fait qui semble avoir été corroboré depuis par Rosenthal, qu'il existe dans les feuilles de vigne des composés inodores et sapides propres à donner, par dédoublement, sous

l'influence des diastases de la levure, des produits odorants. Ces produits émigreraient au moment de la maturation des feuilles dans le fruit. La caractéristique des grands crus résiderait dans la nature particulière de ces substances. Malvezin a fondé à Bordeaux une usine où l'on extrait des feuilles de vigne de cru, ces produits qui, ajoutés à des moûts ordinaires avant la fermentation, doivent augmenter et parachever l'œuvre de la levure,

Il convient de remarquer toutefois que la composition de ces extraits n'a été l'objet d'aucune étude vraiment scientifique et que l'intuition et le hasard semblent avoir été les seuls guides. C'est un sujet d'étude qui mérite d'être fait, car l'on reste encore bien en droit de douter.

Ces méthodes sont parmi celles qui offrent le plus d'intérêt à la vinification industrielle et scientifique, car elles permettent d'améliorer considérablement les produits de qualité ordinaire. Elles sont déjà mises en pratique dans de grands vignobles du Bordelais et du Midi. L'œuvre des coopératives vinicoles sera de les mettre à la disposition de la petite production d'une manière économique.

Il faut ajouter que la fermentation conduite suivant ces règles s'effectue sans l'inter-

vention de bactéries ou de moisissures étrangères, que, par le chauffage, les diastases oxydantes causes de la casse ultérieure du vin sont détruites, qu'on obtient donc à coup sûr un vin de tenue parfaite. D'autre part, par le chauffage, la couleur de la pellicule est extraite en totalité ; c'est donc un vin plus coloré et, par suite de la non intervention des ferments étrangers, un vin plus alcoolique que l'on obtient.

Comme terme intermédiaire, Andrieux et Martinand ont proposé une semi-stérilisation par l'acide sulfureux. On ajouterait au moût, dès la cueillette du raisin, une dose d'acide sulfureux telle, que les levures et ferments naturels ne puissent évoluer et le moût ainsi traité seraitensemencé et mis en fermentation par une levure acclimatée à l'acide sulfureux. Ce procédé, qui donne des résultats bien moins bons que ceux obtenus par la stérilisation à la chaleur, est cependant utilisable dans certains cas avec avantage.

En effet, une des grandes difficultés de la stérilisation par la chaleur, réside dans la délicatesse du moût ; il ne faut pas l'aérer à chaud de peur de lui donner un goût de cuit ; il ne faut pas non plus le chauffer trop fort ; on a imaginé une série d'appareils qui réalisent la stérilisation

sous 70-75° à l'abri de l'air. L'un des appareils les plus employés à cet effet est un appareil à plaques portant le nom de *Pastor* (voir *fig. 1*, p. 46); on utilise aussi des appareils à faisceaux tubulaires.

De quelque façon qu'ait été conduite la fermentation, le décuvage doit être effectué à la fin de celle-ci; le marc est porté à la presse. Les presses sont de divers modèles; cependant les presses à moteur et à vis sans fin, qui permettent d'extraire le maximum de jus, sont employées dans toutes les installations modernes. Le marc résiduel contient encore du vin; aussi doit-on en effectuer le lavage à l'aide d'appareils diffuseurs spéciaux. Le liquide obtenu est ensuite distillé, ce qui vaut mieux que de distiller directement le marc.

On a cherché à appliquer le même procédé de diffusion à la vendange fraîche; c'est le procédé Andrieux. Tel que son promoteur l'a appliqué, c'est un simple déplacement des jus, utilisant de haut en bas une pression d'eau, laquelle forme piston hydraulique transmettant l'effort à tous les points de la masse et dans toutes les directions. L'application de ce système demande une vendange parfaitement foulée et une série d'appareils de diffusion. L'idée est très sédui-

sante ; malheureusement les premiers résultats pratiques n'ont pas donné ce qu'on espérait et je crois l'idée ajournée.

Fabrication des vins blancs. — La fabrication des vins blancs est différente de celle des vins rouges. Le raisin, dès sa cueillette, est pressé et l'on sépare le moût des parties solides ; le moût clair ainsi obtenu est mis en fermentation et on pratique le débourage et l'épuration des moûts.

Le moût débourbé, c'est-à-dire séparé de toute matière solide provenant de la grappe, est soumis à une fermentation lente, dite souvent fermentation basse. Au lieu de s'effectuer dans des cuves, cette fermentation se fait dans des tonneaux de petite dimension, de 3 à 4 hectolitres, en général, et elle dure souvent plusieurs mois. On ne remplit pas ces fûts complètement, de manière à ce que l'écume produite par la fermentation ne se déverse pas au dehors.

Comme pour les vins rouges, la fermentation des vins blancs peut être aussi conduite par des levures pures et on peut lui appliquer les procédés de stérilisation dont il vient d'être fait mention.

Nous n'entrerons pas ici dans les détails de la fabrication même des vins ; c'est une industrie

excessivement complexe. Nous avons simplement voulu montrer que la fermentation des vins peut être assimilée aux autres fermentations, qu'elle est industrielle aux mêmes titres et qu'elle doit bénéficier également de l'amélioration dont on a fait bénéficier les fermentations industrielles. Il serait à souhaiter et il paraît même probable, que la vinification, jusqu'ici essentiellement rurale, deviendra industrielle. Il en résulterait certainement une amélioration considérable des vins qui pourraient être faits scientifiquement.

Mais il faut pour cela que l'usine à vin cesse d'être une *utopie* et que des coopératives se forment, car l'application raisonnée des méthodes scientifiques à la vinification demande une mise de fonds qui ne peut être amortie que par une production assez considérable.

CHAPITRE XII

—

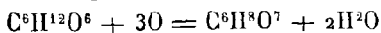
FERMENTATIONS DIVERSES

Industrie de l'acide citrique de fermentation. — Wehmer, en étudiant les bactéries aérobies, a découvert un phénomène qui a beaucoup frappé l'attention quand il a été publié : c'est la production d'acide citrique par certaines mucédinées.

Malheureusement le phénomène est peu connu, car il a fait l'objet de diverses prises de brevets sur lesquels on garde jalousement le secret.

Ce que l'on sait de précis, c'est que l'acide citrique est un produit intermédiaire de la vie des moisissures au même titre que l'acide oxalique, par exemple, et qu'il ne subsiste dans le liquide en fermentation que si on prend soin de le protéger par la présence de bases, en particulier de la chaux.

Le phénomène est dû à une oxydation du sucre conforme à l'équation :



Ce phénomène est très singulier : on sait, en effet, que le glucose est un sucre à chaîne droite ; or, l'acide citrique est constitué par une chaîne latérale. Il a donc fallu que les bactéries occasionnent une rupture avec soudure ; on ne conçoit pas très bien comment a pu s'effectuer ce phénomène.

Les moisissures productrices d'acide citrique ont été dénommées, par Wehmer, des *citromyces*. Il en a caractérisé deux en particulier : le *citromyces Pfefferianus* et le *citromyces glaber*. Tous deux donnent de l'acide citrique. Il doit exister d'autres espèces produisant également de l'acide citrique et la réaction indiquée par Denigès aidera à les retrouver.

Ce que l'on ne connaît pas, ce sont les meilleures conditions d'action de ces ferments. On peut dire cependant que la production d'acide citrique dépend à la fois du milieu de culture et de la facilité de pénétration de l'oxygène. Il y a à chercher un optimum qui, tout en fournissant le maximum de plante nécessaire pour que la transformation soit rapide, ne la laisse pas se multiplier assez pour qu'elle absorbe à son profit une grande partie du sucre alimentaire.

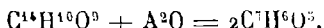
Industrie de l'acide gallique. — L'acide gallique s'obtient par la fermentation du tanin.

La transformation du tanin en acide gallique avait été observée d'abord par Scheele. M. Van Tieghem montra qu'il s'agit d'une fermentation et que l'agent de celle-ci est une moisissure.

Les agents de cette fermentation sont des pénicillius, entre autres le *Penicillium glaucum* et des aspergillus, tel l'*Aspergillus niger*.

Il faut, pour que cette fermentation ait lieu, que le milieu soit convenable et propre au développement des moisissures ; la transformation a lieu rapidement avec une décoction de noix de Galles qui offrent un milieu nutritif ; elle est lente avec le tanin seul.

La forme de la réaction n'est pas encore très bien connue, mais il est plus que probable qu'il s'agit d'une simple hydratation :



Mais cette formule n'est qu'un schéma très loin de la vérité, attendu que les tanins sur lesquels agissent les moisissures sont loin d'être des tanins purs.

Récemment, M. Fernbach a isolé la diastase agent de cette hydratation et l'a appelée tannase ; introduite dans une solution de tanin, elle y provoque immédiatement la formation d'un amas d'aiguilles cristallines d'acide gallique.

Pour obtenir l'acide gallique, les industriels se contentent d'exposer les noix de Galles entières à une température de 25 à 30° pendant un mois environ en ayant soin de les maintenir immergées et de remuer souvent de fond en comble la masse. Pendant cette opération, les noix gonflent ; il se produit d'abord une fermentation silencieuse, puis un dégagement de gaz. Quand celui-ci a cessé, on juge que la fermentation est terminée.

La noix de Galles apporte le ferment ; celui-ci se développe et, grâce au brassage, il ne peut fructifier en comburant en pure perte le tanin. Le dégagement gazeux est dû à la fermentation du glucose résultant du dédoublement des glucosides de tanin ; il faut que ce glucose disparaisse, car il serait une gêne dans la cristallisation.

Cette fermentation gallique est régie par le plus vaste empirisme ; le fabricant ignore, en général, les conditions les meilleures pour atteindre une production maxima et s'il applique une méthode qui lui donne celle-ci, c'est d'une façon purement inconsciente. Ce qu'il faut éviter, c'est que le mycellium de la mucédinée prenne un contact trop prolongé avec l'air.

En fait, les noix de Galles ne donnent guère en-

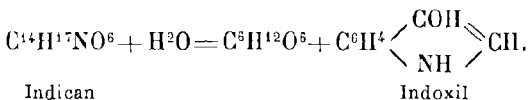
core aujourd'hui que 20 % d'acide gallique alors qu'elles en pourraient donner presque 60 %. Afin d'arriver à ce taux normal maximum, il faudrait faire les fermentations en vases clos dans lesquels on ne ferait entrer qu'une quantité d'air réglée pour suffire au seul développement du mycellium, sans lui permettre d'agir comme agent comburant.

Fermentation de l'orseille. — L'orseille s'obtient par la fermentation du lichen à orseille. On commence par extraire la couleur du végétal, l'érythrine, on la concentre et on en développe la couleur. Pour l'extraire, on fait bouillir les lichens avec du carbonate d'ammoniaque ou de l'ammoniaque. Le dédoublement de l'érythrine en orseille est le fait d'une action diastasique. On favorise cette action en laissant macérer les plantes en milieu alcalin. Il s'agit ici d'une hydratation.

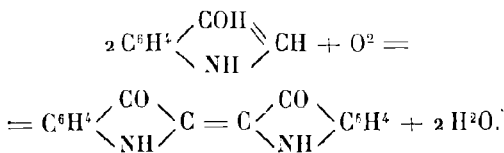
Fabrication de l'indigo. — L'indigo existe sous forme de glucoside dans de nombreux végétaux, les indigofera aux Indes. Ces plantes coupées le matin sont liées en gerbes et mises debout et serrées dans une cuve en maçonnerie qu'on remplit d'eau et on les laisse environ 12 heures. Le liquide étant devenu jaune clair on le décante et on le bat énergiquement pour

l'oxyder ; il se dépose des flocons vert bleu d'indigo ; on décante et on jette le liquide de décauntation. Quant à l'indigo, on le fait bouillir afin d'éviter une nouvelle fermentation et on envoie le dépôt bouillant sur un filtre où il s'égoutte. L'indigo est fait.

L'indigo n'existe pas tout formé dans les indigofera ; ceux-ci renferment une glucoside, l'indican qui se dédouble par fermentation en indigo et en sucre :



L'agent de ce dédoublement est une diastase ; c'est du moins ce qu'a montré Bréaudat, puis ensuite Pozzi-Escot. En effet, ce dédoublement de l'indican se poursuit parfaitement dans un liquide contenant du sublimé, de l'acide phénique ou des fluorures ; le rôle des microbes est donc tout à fait secondaire. L'indoxil produit par la diastase s'oxyde à l'air avec facilité :



La fabrication de l'indigo naturel a pris, dans ces derniers temps, une tournure toute scientifique devant la concurrence de l'indigo de synthèse.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	Pages 5
-------------------	------------

CHAPITRE PREMIER

<i>L'alcool et les matières fermentescibles</i>	8
---	---

CHAPITRE II

<i>Étude générale des agents de la fermentation</i>	17
Les levures	17
Moisissures	27
Les Diastases	29
Fermentations pures.	30
Avantages de la fermentation pure.	33
Ingérences microbiennes	35
Fabrication de la levure pressée.	36
Fabrication des levures pures	37

CHAPITRE III

<i>Travail de la betterave</i>	40
Stérilisation des moûts.	41
De l'acidité initiale	48
Mise en fermentation des jus.	50

	Pages
Système Jacquemin	54
Procédé Fernbach	59
Du choix de la levure	60
Contrôle de la fermentation	61
Des difficultés de la fermentation	62
Conduite de la fermentation	65
Installation d'une cuverie	67

CHAPITRE IV

<i>Fermentation des mélasses</i>	69
Des mélasses	70
Préparation des mélasses	71
La stérilisation des mélasses	73
Mise en fermentation	74
Choix de la levure	78
Conduite des fermentations	82

CHAPITRE V

<i>Fermentation des mélasses de cannes. Fabrication du rhum</i>	86
Fermentation du vesou	86
Mélasses de cannes	88

CHAPITRE VI

<i>Fermentation des grains et des mouts provenant des matières amylacées saccharifiées.</i>	86
Préparation des levains	91
Considérations sur les levains lactiques	100
La fermentation par levains purs	101
Procédé Jacquemin	102
Procédé Effront	103
Travail par les mucédinées	105

TABLE DES MATIÈRES

167

	Pages
Marche des opérations. Travail préliminaire	109
Avantage et critique du procédé amylo	111
CHAPITRE VII	
<i>Fermentation des moûts de topinambours</i>	114
Distillation	114
Contrôle du travail	118
Caroubes et sorgho	118
CHAPITRE VIII	
<i>Fermentation du moût de bière</i>	120
Méthodes ordinaires	120
Nouvelle méthode de fermentation basse.	126
CHAPITRE IX	
<i>Fermentation des figues</i>	127
CHAPITRE X	
<i>L'industrie de la levure pressée de panification.</i>	130
Modifications récentes	135
Conservation de la levure viennoise	135
Fermentation panaire	136
CHAPITRE XI	
<i>Fermentation du jus de raisin. Vinification</i>	137
Vinification en rouge	139
Additions à la vendange	143
Méthodes de vinification en rouge perfection- nées	144

	Pages
Stérilisation des moûts	148
Fabrication des vins blancs	155

CHAPITRE XII

<i>Fermentations diverses</i>	157
Industrie de l'acide citrique de fermentation.	157
Industrie de l'acide gallique	158
Fermentation de l'orseille	161
Fabrication de l'indigo	161

MASSON & C^{ie}, Éditeurs
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, Boulevard Saint-Germain, Paris (6^e)
P. n^o 301.

EXTRAIT DU CATALOGUE (1)

(Septembre 1902)

La Pratique Dermatologique

Traité de Dermatologie appliquée

Publié sous la direction de MM

ERNEST BESNIER, L. BROCCQ, L. JACQUET

Par MM. AUDRY, BALZER, BARBE, BAROZZI, BARTHÉLEMY, BENARD, ERNEST BESNIER
BODIN, BROCCQ, DE BRUN, DU CASTEL, J. DARIER
DEHU, DOMINICI, W. DUBREUILH, HÜDELO, L. JACQUET, J.-B. LAFFITTE
LENGLET, LEREDDE, MERKLEN, PERRIN
RAYNAUD, RIST, SABOURAUD, MARCEL SEE, GEORGES THIBIERGE, VEYRIÈRES

4 forts volumes richement cartonnés toile, très largement illustrés de figures en noir et de planches en couleurs. En souscription jusqu'à la publication du tome IV. 150 fr.

TOME I. 4 fort vol. gr. in-8^o avec 230 fig. en noir et 24 pl. en coul. 36 fr.

Anatomie et Physiologie de la Peau. — Pathologie générale de la Peau. — Symptomatologie générale des Dermatoses. — Acanthosis Nigricans. — Acnés. — Actinomycose. — Adénomes. — Alopecies. — Anesthésie locale. — Balanites. — Bouton d'Orient. — Brûlures. — Charbon. — Classifications dermatologiques. — Dermatitis polymorphes douloureuses. — Dermatophytes. — Dermatozoaires. — Dermites infantiles simples. — Ecthyma.

TOME II. 4 fort vol. gr. in-8^o avec 168 fig. en noir et 21 pl. en coul. 40 fr.

Eczéma. — Electricité. — Eléphantiasis. — Epithélioma. — Eruptions artificielles. — Erythème. — Erythrasma. — Erythrodermes. — Esthiomène. — Favus. — Folliculites. — Furonculose. — Gale. — Gangrène cutanée. — Greçures. — Greffe. — Hématodermites. — Herpès. — Hydroa vacciniiforme. — Ichtyose. — Impétigo. — Kératodermie. — Kératose pileaire. — Langue.

TOME III. 4 fort vol. gr. in-8^o avec 201 fig. en noir et 19 pl. en coul. 40 fr.

Lèpre. — Lichen. — Lupus. — Lymphadénie cutanée. — Lymphangiome. — Madura (pied de). — Mélanodermies. — Miliium et pseudo-Miliium. — Molluscum contagiosum. — Morve et Farcin. — Mycosis fongoiide. — Nævi. — Nodosités cutanées. — Œdème. — Ongles. — Maladie de Paget. — Papillomes. — Pelade. — Pellagre. — Pemphigus. — Perleche. — Phtiriase. — Pian. — Pityriasis, etc.

Sous presse : TOME IV

(1) La librairie envoie gratuitement et franco de port les catalogues suivants à toutes les personnes qui lui en font la demande. — Catalogue général. — Catalogues de l'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoires : I. Section de l'ingénieur. II. Section du biologiste. — Catalogue des ouvrages d'enseignement.

Traité de Chirurgie

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

Simon DUPLAY

Professeur à la Faculté de médecine
Chirurgien de l'Hôtel-Dieu
Membre de l'Académie de médecine

Paul RECLUS

Professeur agrégé à la Faculté de médecine
Chirurgien des hôpitaux
Membre de l'Académie de médecine

PAR MM.

BERGER, BROCA, PIERRE DELBET, DELENS, DEMOULIN, J.-L. FAURE FORGUE, GÉRARD MARCHANT, HARTMANN, HEYDENREICH, JALAGUIER KIRMISSON, LAGRANGE, LEJARS, MICHAUX, NÉLATON, PEYROT PONCET, QUÉNU, RICARD, RIEFFEL, SEGOND, TUFFIER, WALTHER

Ouvrage complet

DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFOUNDUE

8 vol. gr. in-8° avec nombreuses figures dans le texte. 150 fr.

TOME I. — 1 vol. grand in-8° de 912 pages avec 218 figures 18 fr.

RECLUS. — Inflammations, traumatismes, maladies virulentes.
BROCA. — Peau et tissu cellulaire sous-cutané.

QUÉNU. — Des tumeurs.
LEJARS. — Lymphatiques, muscles, synoviales tendineuses et bourses séreuses.

TOME II. — 1 vol. grand in-8° de 996 pages avec 361 figures 18 fr.

LEJARS. — Nerfs.
MICHAUX. — Artères.
QUÉNU. — Maladies des veines.

RICARD et DEMOULIN. — Lésions traumatiques des os.
PONCET. — Affections non traumatiques des os.

TOME III. — 1 vol. grand in-8° de 940 pages avec 285 figures 18 fr.

NÉLATON. — Traumatismes, entorses, luxations, plaies articulaires.
QUÉNU. — Arthropathies, arthrites sèches, corps étrangers articulaires.

LAGRANGE. — Arthrites infectieuses et inflammatoires.
GÉRARD MARCHANT. — Crâne.
KIRMISSON. — Rachis.
S. DUPLAY. — Oreilles et annexes.

TOME IV. — 1 vol. grand in-8° de 896 pages avec 354 figures 18 fr.

DELENS. — L'œil et ses annexes.
GÉRARD MARCHANT. — Nez, fosses

nasales, pharynx nasal et sinus.
HEYDENREICH. — Mâchoires.

TOME V. — 1 vol. grand in-8° de 948 pages avec 187 figures 20 fr.

BROCA. — Face et cou. Lèvres, cavité buccale, gencives, palais, langue, larynx, corps thyroïde.
HARTMANN. — Plancher buccal, glandes

des salivaires, œsophage et pharynx.
WALTHER. — Maladies du cou.
PEYROT. — Poitrine.
PIERRE DELBET. — Mamelle.

TOME VI. — 1 vol. grand in-8° de 1127 pages avec 218 figures 20 fr.

MICHAUX. — Parois de l'abdomen.
BERGER. — Hernies.
JALAGUIER. — Contusions et plaies de l'abdomen, lésions traumatiques et corps étrangers de l'estomac et de l'intestin. Occlusion intestinale, péritonites, appendicite.

HARTMANN. — Estomac.
FAURE et RIEFFEL. — Rectum et anus.
HARTMANN et GOSSET. — Anus contre nature. Fistules stercorales.
QUÉNU. — Mésentère. Rate. Pancréas.
SEGOND. — Foie.

TOME VII. — 1 fort vol. gr. in-8° de 1272 pages, 297 fig. dans le texte 25 fr.

WALTHER. — Bassin.
FORGUE. — Urètre et prostate.
RECLUS. — Organes génitaux de l'homme.

RIEFFEL. — Affections congénitales de la région sacro-coccygienne.
TUFFIER. — Rein. Vessie. Urètres. Capsules surrénales.

TOME VIII. 1 fort vol. gr. in-8° de 971 pages, 163 fig. dans le texte 20 fr.

MICHAUX. — Vulve et vagin.
PIERRE DELBET. — Maladies de l'utérus.
SEGOND. — Annexes de l'utérus,

ovaires, trompes, ligaments larges, péritoine pelvien.
KIRMISSON. — Maladies des membres.

Traité d'Anatomie Humaine

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE

P. POIRIER

Professeur agrégé
à la Faculté de Médecine de Paris
Chirurgien des Hôpitaux.

A. CHARPY

Professeur d'anatomie
à la Faculté de Médecine
de Toulouse.

AVEC LA COLLABORATION DE MM.

O. Amoëdo — A. Branca — Cannieu — B. Cunéo — G. Delamare
Paul Delbet — P. Fredet — Glautenay — Gosset
P. Jacques — Th. Jonnesco — E. Laguesse — L. Manouvrier — A. Nicolas
Nobécourt — O. Pasteau — M. Picou
A. Prenant — H. Rieffel — Ch. Simon — A. Soulié

5 volumes grand in-8°. *En souscription* : 150 fr.
Chaque volume est illustré de nombreuses figures en noir et en couleurs.

ÉTAT DE LA PUBLICATION (SEPTEMBRE 1902)

- TOME PREMIER** (*Deuxième édition, entièrement refondue*). — **Embryologie**.
Notions d'embryologie. — **Ostéologie**. Considérations générales, des
membres, squelette du tronc, squelette de la tête. — **Arthrologie**.
Développement des articulations, structure, articulations des mem-
bres, articulations du tronc, articulations de la tête. 1 vol. gr. in-8°
avec 807 figures. 20 fr.
- TOME II** (*Deuxième édition, entièrement refondue*). — 1^{er} Fascicule : **Myo-
logie**. Embryologie, histologie, peauciers et aponévroses. 1 vol. gr.
in-8° avec 334 figures. 12 fr.
- 2^e Fascicule (*Deuxième édition, entièrement refondue*) : **Angéiologie**.
Cœur et Artères. Histologie. 1 vol. gr. in-8° avec 150 figures. 8 fr.
- 3^e Fascicule : **Angéiologie** (*Capillaires, Veines*). 1 vol. gr. in-8°
avec 75 figures. 6 fr.
- 4^e Fascicule : **Les Lymphatiques**. 1 vol. gr. in-8° avec 117 fig. 8 fr.
- TOME III** (*Deuxième édition, entièrement refondue*). — 1^{er} Fascicule :
Système nerveux. Méninges, moelle, encéphale, embryologie, his-
tologie. 1 vol. gr. in-8° avec 265 figures 10 fr.
- 2^e Fascicule (*Deuxième édition, entièrement refondue*) : **Système
nerveux**. Encéphale. 1 vol. grand in-8° avec 131 figures. 10 fr.
- 3^e Fascicule : **Système nerveux**. Les nerfs, nerfs craniens, nerfs
rachidiens. 1 vol. gr. in-8° avec 205 figures. 12 fr.
- TOME IV**. — 1^{er} Fascicule (*Deuxième édition, entièrement refondue*) : **Tube
digestif**. Développement, bouche, pharynx, œsophage, estomac,
intestins. 1 vol. gr. in-8°, avec 205 figures 12 fr.
- 2^e Fascicule : **Appareil respiratoire**. Larynx, trachée, poumons,
plèvre, thyroïde, thymus. 1 vol. gr. in-8°, avec 121 figures. 6 fr.
- 3^e Fascicule : **Annexes du tube digestif**. Dents, glandes salivaires,
foie, voies biliaires; pancréas, rate, Péritoine. 1 vol. gr. in-8° avec
361 fig. en noir et en couleurs. 16 fr.
- TOME V**. — 1^{er} Fascicule : **Organes génito-urinaires**. Reins, uretère, ves-
sie, urètre, prostate, verge, périnée, appareil génital de l'homme,
appareil génital de la femme. 1 vol. gr. in-8° avec 431 figures. 20 fr.
- 2^e Fascicule : **Les Organes des Sens** (sous presse).

CHARCOT — BOUCHARD — BRISSAUD

BABINSKI, BALLEZ, P. BLOCH, BOIX, BRAULT, CHANTEMESSE, CHARRIN, CHAUFFARD, COURTOIS-SUFFIT, DUTIL, GILBERT, GUIGNARD, L. GUINON, G. GUINON, HALLION, LAMY, LE GENDRE, MARFAN, MARIE, MATHIEU, NETTER, (ERTINGER, ANDRÉ PETIT, RICHARDIÈRE, ROGER, RUAULT, SOUQUES, THIBIERGE, THOINOT, FERNAND WIDAL.

Traité de Médecine

DEUXIÈME ÉDITION

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

BOUCHARD

Professeur à la Faculté de médecine
de Paris,
Membre de l'Institut.

BRISSAUD

Professeur à la Faculté de médecine
de Paris,
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

10 vol. gr. in-8°, av. fig. dans le texte. *En souscription.* 150 fr.

TOME I^{er}

1 vol. gr. in-8° de 845 pages, avec figures dans le texte. 16 fr.

Les Bactéries, par L. GUIGNARD, membre de l'Institut et de l'Académie de médecine, professeur à l'École de Pharmacie de Paris. — **Pathologie générale infectieuse**, par A. CHARRIN, professeur remplaçant au Collège de France, directeur du laboratoire de médecine expérimentale, médecin des hôpitaux. — **Troubles et maladies de la Nutrition**, par PAUL LE GENDRE, médecin de l'hôpital Tenon. — **Maladies infectieuses communes à l'homme et aux animaux**, par G.-H. ROGER, professeur agrégé, médecin de l'hôpital de la Porte-d'Aubervilliers.

TOME II

1 vol. grand in-8° de 894 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

Fièvre typhoïde, par A. CHANTEMESSE, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Maladies infectieuses**, par F. WIDAL, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Typhus exanthématique**, par L.-H. THOINOT, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Fièvres éruptives**, par L. GUINON, médecin des hôpitaux de Paris. — **Erysipèle**, par E. BOIX, chef de laboratoire à la Faculté. — **Diphthérie**, par A. RUAULT. — **Rhumatisme**, par (ERTINGER, médecin des hôpitaux de Paris. — **Scorbut**, par TOLLEMER, ancien interne des hôpitaux.

TOME III

1 vol. grand in-8° de 702 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

Maladies cutanées, par G. THIBIERGE, médecin de l'hôpital de la Pitié. — **Maladies vénériennes**, par G. THIBIERGE. — **Maladies du sang**, par A. GILBERT, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Intoxications**, par A. RICHARDIÈRE, médecin des hôpitaux de Paris.

TOME IV

1 vol. grand in-8° de 680 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

Maladies de la bouche et du pharynx, par A. RUAULT. — **Maladies de l'estomac**, par A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral. — **Maladies du pancréas**, par A. MATHIEU. — **Maladies de l'intestin**, par COURTOIS-SUFFIT, médecin des hôpitaux. — **Maladies du péritoine**, par COURTOIS-SUFFIT.

TOME V

1 vol. gr. in-8° avec fig. en noir et en coul. dans le texte. 18 fr.

Maladies du foie et des voies biliaires, par A. CHAUFFARD, professeur agrégé, médecin des hôpitaux. — **Maladies du rein et des capsules surrénales**, par A. BRAULT, médecin des hôpitaux. — **Pathologie des organes hématopoïétiques et des glandes vasculaires sanguines**, par G.-H. ROGER, professeur agrégé, médecin de l'hôpital de la Porte-d'Aubervilliers.

TOME VI

1 vol. grand in-8° de 612 pages avec figures dans le texte. 14 fr.

Maladies du nez et du larynx, par A. RUAULT. — **Asthme**, par E. BRISAUD, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'hôpital Saint-Antoine. — **Coqueluche**, par P. LE GENDRE, médecin des hôpitaux. — **Maladies des bronches**, par A.-B. MARFAN, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Troubles de la circulation pulmonaire**, par A.-B. MARFAN. — **Maladies aiguës du poumon**, par NETTER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux.

TOME VII

1 vol. grand in-8° de 550 pages avec figures dans le texte. 14 fr.

Maladies chroniques du poumon, par A.-B. MARFAN, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Phtisie pulmonaire**, par A.-B. MARFAN. — **Maladies de la plèvre**, par NETTER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Maladies du médiastin**, par A.-B. MARFAN.

TOME VIII

1 vol. grand in-8° de 580 pages avec figures dans le texte. 14 fr.

Maladies du cœur, par ANDRÉ PETIT, médecin des hôpitaux. — **Maladies des vaisseaux sanguins**, par W. CETTINGER, médecin des hôpitaux.

Traité de Physiologie

J.-P. MORAT

Professeur à l'Université de Lyon.

PAR

Maurice DOYON

Professeur agrégé
à la Faculté de médecine de Lyon

5 vol. gr. in-8° avec fig. en noir et en couleurs. En souscription. 55 fr.

- I. — **Fonctions d'innervation**, par J.-P. MORAT. 1 vol. gr. in-8°, avec 263 figures noires et en couleurs. 15 fr.
- II. — **Fonctions de nutrition** : Circulation, par M. DOYON; Calorification, par P. MORAT. 1 vol. gr. in-8° avec 173 figures en noir et en couleurs. 12 fr.
- III. — **Fonctions de nutrition (suite et fin)** : Respiration, excretion, par J.-P. MORAT; Digestion, Absorption, par M. DOYON. 1 vol. gr. in-8°, avec 167 figures en noir et en couleurs. 12 fr.

Traité des Maladies de l'Enfance

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

J. GRANCHER

Professeur à la Faculté de médecine de Paris,
Membre de l'Académie de médecine, médecin de l'hôpital des Enfants-Malades.

J. COMBY

Médecin des hôpitaux.

A.-B. MARFAN

Agrégé, Médecin des hôpitaux.

5 vol. grand in-8° avec figures dans le texte. . . 90 fr.

CHAQUE VOLUME EST VENDU SÉPARÉMENT

Traité de Pathologie générale

Publié par **Ch. BOUCHARD**

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté de Médecine de Paris.

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION : **G.-H. ROGER**

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, Médecin des hôpitaux.

COLLABORATEURS :

MM. ARNOZAN, D'ARSONVAL, BENNI, R. BLANCHARD, BOULAY, BOURCY, BRUN, CADJOT, CHABRIÉ, CHANTEMESSE, CHARRIN, CHAUFFARD, COUMONT, DEJERINE, PIERRE DELBRET, DEVIC, DUCAMP, MATHIAS DUVAL, FÉRÉ, FRÉMY, GAUCHER, GILBERT, GLEY, GUIGNARD, LOUIS GUINON, J.-F. GUYON, HALLÉ, HÉNOCCQUE, HUGGONENQ, LAMBLING, LANDOÛZY, LAVERAN, LEBRETON, LE GENDRE, LEJARS, LE NOIR, LERMOYER, LETULLE, LUBET-BARBON, MARFAN, MAYOR, MÉNÉTRIER, NETTER, PIERRET, G.-H. ROGER, GABRIEL ROUX, RUFFER, RAYMOND, TRUPIER, VUILLEMIN, FERNAND WIDAL.

6 volumes, en souscription jusqu'à la publication du tome VI. 120 fr.

TOME I

1 vol. grand in-8° de 1018 pages avec figures dans le texte : 18 fr.

Introduction à l'étude de la pathologie générale. — Pathologie comparée de l'homme et des animaux. — Considérations générales sur les maladies des végétaux. — Pathologie générale de l'embryon. Tératogénie. — L'hérédité et la pathologie générale. — Predisposition et immunité. — La fatigue et le surmenage. — Les Agents mécaniques. — Les Agents physiques. Chaleur. Froid. Lumière. Pression atmosphérique. Son. — Les Agents physiques. L'énergie électrique et la matière vivante. — Les Agents chimiques : les caustiques. — Les intoxications.

TOME II

1 vol. grand in-8° de 940 pages avec figures dans le texte : 18 fr.

L'infection. — Notions générales de morphologie bactériologique. — Notions de chimie bactériologique. — Les microbes pathogènes. — L'eau, l'air et l'air, agents des maladies infectieuses. — Des maladies épidémiques. — Sur les parasites des tumeurs épithéliales malignes. — Les parasites.

TOME III

1 vol. in-8° de 1400 pages, avec figures dans le texte, publié en deux fascicules : 28 fr.

Fasc. I. — Notions générales sur la nutrition à l'état normal. — Les troubles préalables de la nutrition. — Les réactions nerveuses. — Les processus pathogéniques de deuxième ordre.

Fasc. II. — Considérations préliminaires sur la physiologie et l'anatomie pathologiques. — De la fièvre. — L'hypothermie. — Mécanisme physiologique des troubles vasculaires. — Les désordres de la circulation dans les maladies. — Thrombose et embolie. — De l'inflammation. — Anatomie pathologique générale des lésions inflammatoires. — Les altérations anatomiques non inflammatoires. — Les tumeurs.

TOME IV

1 vol. in-8° de 719 pages avec figures dans le texte : 16 fr.

Evolution des maladies. — Sémiologie du sang. — Spectroscopie du sang. Sémiologie. — Sémiologie du cœur et des vaisseaux. — Sémiologie du nez et du pharynx nasal. — Sémiologie du larynx. — Sémiologie des voies respiratoires. — Sémiologie générale du tube digestif.

TOME V

1 fort vol. in-8° de 1180 pages avec nombr. figures dans le texte : 28 fr.

Sémiologie du foie. — Pancréas. — Analyse chimique des urines. — Analyse microscopique des urines (Histo-bactériologique). — Le rein, l'urine et l'organisme. — Sémiologie des organes génitaux. — Sémiologie du système nerveux.

TOME VI

1 vol. grand in-8° avec figures dans le texte (sous presse)

Les troubles de l'intelligence. — Sémiologie de la peau. — Sémiologie de l'appareil visuel. — Sémiologie de l'appareil auditif. — Considérations générales sur le diagnostic et le pronostic. — Diagnostic des maladies infectieuses par les méthodes de laboratoire. — Cyto-diagnostic des épanchements séro-fibrineux. — Ponction lombaire. — Applications cliniques de la cryoscopie. — De l'élimination provoquée comme méthode du diagnostic. — Les rayons de Röntgen et leurs applications médicales. — Thérapeutique générale. — Hygiène.

Traité de Physique Biologique

publié sous la direction de MM.

D'ARSONVAL

Professeur au Collège de France
Membre de l'Institut et de l'Académie
de médecine.

GARIEL

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées
Prof. à la Faculté de médecine de Paris
Membre de l'Académie de médecine.

CHAUVEAU

Profes. au Muséum d'histoire naturelle
Membre de l'Institut
et de l'Académie de médecine.

MAREY

Professeur au Collège de France
Membre de l'Institut
et de l'Académie de médecine.

Secrétaire de la rédaction : **M. WEISS**

Ingénieur des Ponts et Chaussées
Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris

3 vol. in-8°. En souscription 60 fr.

TOME PREMIER. 1 fort vol. in-8°, avec 591 figures dans le texte. . 25 fr.

Sous Presse : Tome II

L'ŒUVRE MÉDICO-CHIRURGICAL

Dr **CRITZMAN**, directeur

Suite de Monographies cliniques

SUR LES QUESTIONS NOUVELLES

en Médecine, en Chirurgie et en Biologie

Chaque monographie est vendue séparément. 1 fr. 25

Il est accepté des abonnements pour une série de 10 Monographies au prix payable d'avance de 10 fr. pour la France et 12 fr. pour l'étranger (port compris).

DERNIÈRES MONOGRAPHIES PUBLIÉES

- N° 27. **Traitements modernes de l'hypertrophie de la Prostata**, par le Dr E. DESNOS, ancien interne des hôpitaux.
- N° 28. **La Gastro-entérostomie**, par MM. ROUX et BOURGET, professeurs de l'Université à Lausanne.
- N° 29. **Les Ponctions rachidiennes accidentelles et les complications des plaies pénétrantes du rachis par armes blanches sans lésions de la moelle**, par le Dr E. MATHIEU, médecin inspecteur de l'armée, ancien directeur et professeur au Val-de-Grâce.
- N° 30. **Le Ganglion Lymphatique**, par HENRI DOMINICI.

Traité de Technique opératoire

CH. MONOD

Professeur agrégé à la Faculté
de médecine de Paris

Chirurgien de l'Hôpital Saint-Antoine
Membre de l'Académie de médecine

PAR

J. VANVERTS

Ancien interne lauréat des Hôpitaux
de Paris

Chef de clinique à la Faculté
de médecine de Lille

2 forts vol. gr. in-8°, avec très nombreuses figures dans le texte.
En souscription. . . 35 fr.

Les Difformités acquises de l'Appareil locomoteur

PENDANT L'ENFANCE ET L'ADOLESCENCE

Par le Dr E. KIRMISSON

Professeur de Clinique chirurgicale infantile à la Faculté de médecine
Chirurgien de l'hôpital Trousseau

1 vol. in-8° avec 430 figures dans le texte. . . 15 fr.

Ce volume fait suite au **Traité des Maladies chirurgicales d'origine congénitale** (312 figures et 2 planches en couleurs). *Publié en 1898* . . . 15 fr.
Ces deux ouvrages constituent un véritable traité de Chirurgie orthopédique.

Traité d'Hygiène

Par A. PROUST

Professeur d'Hygiène à la Faculté de Paris, Membre de l'Académie de médecine
Inspecteur général des Services sanitaires.

Troisième édition revue et considérablement augmentée

AVEC LA COLLABORATION DE

A. NETTER

et

H. BOURGES

Agrégé
Médecin de l'hôpital Trousseau

Chef du laboratoire d'hygiène
à la Faculté de médecine

Ouvrage couronné par l'Institut et la Faculté de médecine

1 vol. in-8°, avec fig. et cartes pub. en 2 fasc. *En souscription.* . . 18 fr.

Traité de Chirurgie d'urgence

Par Félix LEJARS

Professeur agrégé, Chirurgien de l'hôpital Tenon.

TROISIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE

1 vol. gr. in-8° de 1005 pages, avec 751 fig. dont 351 dessinées d'après nature, par le Dr DALEINE, et 172 fotogr. origio. Relié toile. 25 fr.

Manuel de Pathologie externe, par MM. RECLUS, KIR-
 MISSON, PEYROT, BOUILLY, professeurs agrégés à la Faculté de
 médecine de Paris, chirurgiens des hôpitaux. Édition complète
 illustrée de 720 figures. 4 volumes in-8°. 40 fr.
Chaque volume est vendu séparément. 10 fr.

Manuel pratique du Traitement de la Diphtérie
 (Sérothérapie, Tubage, Trachéotomie), par M. DEGUY, chef
 du laboratoire de la Faculté à l'hôpital des Enfants, et Benjamin
 WEILL, moniteur de tubage et de trachéotomie à l'hôpital des
 Enfants-Malades. Introduction par A.-B. MARFAN, professeur agrégé,
 médecin de l'hôpital des Enfants-Malades. 1 vol. in-8° broché, avec
 figures et photographies dans le texte 6 fr.

Les Maladies infectieuses, par G.-H. ROGER, professeur
 agrégé, médecin de l'hôpital de la Porte-d'Aubervilliers. 1 vol. in-8°
 de 1520 pages publié en 2 fascicules avec figures 28 fr.

Précis d'Histologie, par Mathias DUVAL, professeur à la
 Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine.
Deuxième édition, revue et augmentée, illustrée de 427 figures dans
 le texte. 1 vol. gr. in-8° de 1020 pages 12 fr.

Traité élémentaire de Clinique thérapeutique,
 par le Dr Gaston LYON, ancien chef de clinique médicale à la
 Faculté de médecine de Paris. *Quatrième édition revue et augmentée*.
 1 fort volume in-8° de 1540 pages, cartonné toile. 25 fr.

Les Maladies du cuir chevelu. — I. Maladies sébor-
 rhéiques : **Séborrhée, Acnés, Calvitie**, par le Dr R. SA-
 BOURAUD, chef du laboratoire de la Ville de Paris à l'hôpital Saint-
 Louis, membre de la Société de Dermatologie. 1 volume in-8°, avec
 91 figures dans le texte dont 40 aquarelles en couleurs . . . 10 fr.

Nouveaux procédés d'Exploration. *Leçons de Patholo-
 gie générale*, professées à la Faculté de médecine par Ch. ACHARD,
 agrégé, médecin de l'hôpital Tenon, recueillies et rédigées par
 MM. P. SAINTON et LEPER. 1 vol. in-8°, avec figures en noir et
 en couleurs 8 fr.

Les Tics et leur traitement, par Henry MEIGE et E. FEIN-
 DEL. Préface de M. le Professeur BRISSAUD. 1 vol. in-8° de
 640 pages 6 fr.

Bibliothèque Diamant

des Sciences médicales et biologiques

Cette collection est publiée dans le format in-16 raisin, avec nombreuses figures dans le texte, cartonnage à l'anglaise, tranches rouges.

Sous presse

Manuel de Bactériologie médicale, par le Dr BERLIOZ, professeur à l'École de médecine de Grenoble. 1 vol.

Derniers volumes publiés dans la Collection

Manuel de Diagnostic médical et d'Exploration clinique, par P. SPILLMANN, professeur à la Faculté de médecine de Nancy, et P. HAUSHALTER, professeur agrégé. *Quatrième édition entièrement refondue*. 1 vol. avec 89 figures. 6 fr.

Précis de Microbie. *Technique et microbes pathogènes*, par M. le Dr L.-H. THOINOT, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, et E.-J. MASSELIN, médecin-vétérinaire. Ouvrage couronné par la Faculté de médecine. *Quatrième édition entièrement refondue*. 1 volume, avec figures en noir et en couleurs. 8 fr.

Éléments de Physiologie, par Maurice ARTHUS, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille. 1 vol., avec figures. 8 fr.

Manuel de Thérapeutique, par le Dr BERLIOZ, professeur à l'École de médecine de Grenoble, avec préface du Professeur BOUCHARD. *Quatrième édition revue et augmentée*. 1 vol. 6 fr.

Manuel de Pathologie interne, par G. DIEULAFOY, professeur à la Faculté de médecine de Paris. *Treizième édition entièrement refondue et augmentée*. 4 vol. avec fig. en n. et en coul. 28 fr.

Manuel d'Anatomie microscopique et d'Histologie, par M. P.-E. LAUNOIS, professeur agrégé à la Faculté de médecine. Préface de M. le Professeur Mathias DUVAL. *Deuxième édition entièrement refondue*. 1 volume avec 261 figures 8 fr.

Éléments de Chimie physiologique, par Maurice ARTHUS, professeur à l'Université de Fribourg (Suisse). *Quatrième édition revue et corrigée*. 1 volume, avec figures 5 fr.

Précis de Bactériologie clinique, par le Dr R. WURTZ, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris. *Deuxième édition revue et augmentée*. 1 volume, avec tableaux et figures. 6 fr.

Précis d'Anatomie pathologique, par M. L. BARD, professeur à la Faculté de médecine de Lyon. *Deuxième édition revue et augmentée*. 1 volume, avec 123 figures 7 fr. 50

Bibliothèque

d'Hygiène thérapeutique

DIRIGÉE PAR

Le Professeur PROUST

Membre de l'Académie de médecine, Médecin de l'Hôtel-Dieu,
Inspecteur général des Services sanitaires.

*Chaque ouvrage forme un volume in-16, cartonné toile, tranches rouges,
et est vendu séparément : 4 fr.*

Chacun des volumes de cette collection n'est consacré qu'à une seule maladie ou à un seul groupe de maladies. Grâce à leur format, ils sont d'un maniement commode. D'un autre côté, en accordant un volume spécial à chacun des grands sujets d'hygiène thérapeutique, il a été facile de donner à leur développement toute l'étendue nécessaire.

VOLUMES PARUS

L'Hygiène du Goutteux, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.

L'Hygiène de l'Obèse, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.

L'Hygiène des Asthmatiques, par E. BRISSAUD, professeur agrégé, médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

L'Hygiène du Syphilitique, par H. BOURGES, préparateur au laboratoire d'hygiène de la Faculté de médecine.

Hygiène et thérapeutique thermales, par G. DELFAU, ancien interne des hôpitaux de Paris.

Les Cures thermales, par G. DELFAU, ancien interne des hôpitaux de Paris.

L'Hygiène du Neurasthénique, par le professeur PROUST et G. BALLEZ, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. (*Deuxième édition.*)

L'Hygiène des Albuminuriques, par le Dr SPRINGER, ancien interne des hôpitaux de Paris, chef de laboratoire de la Faculté de médecine à la Clinique médicale de l'hôpital de la Charité.

L'Hygiène du Tuberculeux, par le Dr CHUQUET, ancien interne des hôpitaux de Paris, avec une introduction du Dr DAREMBERG, membre correspondant de l'Académie de médecine.

Hygiène et thérapeutique des maladies de la Bouche, par le Dr CRUET, dentiste des hôpitaux de Paris, avec une préface de M. le professeur LANGELONGUI, membre de l'Institut.

Hygiène des maladies du Cœur, par le Dr VAQUEZ, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux, avec une préface du professeur POTAIN.

Hygiène du Diabétique, par A. PROUST et A. MATHIEU.

L'Hygiène du Dyspeptique, par le Dr LINOSSIER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon, membre correspondant de l'Académie de médecine, médecin à Vichy.

Sous presse :

Hygiène du Larynx, du Nez et des Oreilles, par M. le Dr LUBET BARRON.

Traité

DE

Chimie industrielle

Par R. WAGNER et F. FISCHER

QUATRIÈME ÉDITION FRANÇAISE ENTIÈREMENT REFOUDUE

Rédigée d'après la quinzième édition allemande

par le D^r L. GAUTIER

2 vol. grand in-8° avec de nombreuses figures dans le texte

En souscription. 30 fr.

A l'apparition du Tome II, le prix de l'ouvrage sera porté à 35 francs.

Dans cette quatrième édition, l'ouvrage a subi un remaniement si complet et si profond qu'on peut le considérer comme un livre nouveau, absolument au niveau des progrès de la science et répondant de la manière la plus complète aux besoins de l'industrie chimique actuelle. Tous les perfectionnements de la chimie technologique y sont exposés avec tous les développements qu'ils comportent et afin de rendre encore plus facile l'intelligence du texte, de nombreuses figures nouvelles ont été introduites.

Ainsi refondue et mise au courant, nous espérons que la nouvelle édition française de la *Chimie industrielle* recevra de la part du public un accueil aussi favorable que celui qui a été fait aux éditions précédentes.

Le Constructeur, principes, formules, tracés, tables et renseignements pour l'établissement des *projets de machines* à l'usage des ingénieurs, constructeurs, architectes, mécaniciens, etc., par **F. Reuleaux**. *Troisième édition française*, par **A. Debize**, ingénieur des manufactures de l'Etat. 1 volume in-8° avec 184 figures. 30 fr.

Traité d'analyse chimique qualitative, par **R. Frésenius**. Traité des opérations chimiques, des réactifs et de leur action sur les corps les plus répandus, essais au chalumeau, analyse des eaux potables, des eaux minérales, du sol, des engrais, etc. Recherches chimico-légales, analyse spectrale. *Dixième édition française* d'après la 16^e édition allemande, par **L. Gautier**. 1 vol. in-8° avec grav. et un tableau chromolithographique 7 fr.

Traité d'analyse chimique quantitative, par **R. Frésenius**. Traité du dosage et de la séparation des corps simples et composés les plus usités en pharmacie, dans les arts et en agriculture, analyse par les liqueurs titrées, analyse des eaux minérales, des cendres végétales, des sols, des engrais, des minerais métalliques, des fontes, dosage des sucres, alcalimétrie, chlorométrie, etc. *Septième édition française*, traduite sur la 6^e édition allemande, par **L. Gautier**. 1 vol. in-8° avec 251 grav. dans le texte . . 16 fr.

Traité d'Analyse chimique quantitative par Electrolyse, par **J. RIBAN**, professeur Chargé du cours d'Analyse chimique et maître de Conférences à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris. 1 volume grand in-8°, avec 96 figures dans le texte **9 fr.**

Manuel pratique de l'Analyse des Alcools et des Spiritueux, par **Charles GIRARD**, directeur du Laboratoire municipal de la Ville de Paris, et **Lucien CUNIASSE**, chimiste-expert de la Ville de Paris. 1 volume in-8° avec figures et tableaux dans le texte. Relié toile **7 fr.**

Chimie Végétale et Agricole (*Station de Chimie végétale de Meudon, 1883-1889*), par **M. BERTHELOT**, sénateur, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, professeur au Collège de France. 4 volumes in-8° avec figures dans le texte. **36 fr.**

Précis de Chimie analytique, Analyse qualitative, Analyse quantitative par liqueurs titrées, Analyse des gaz, Analyse organique élémentaire, Analyses et Dosages relatifs à la Chimie agricole, Analyse des vins, Essais des principaux minerais, par **J.-A. MUL-
LER**, docteur ès sciences, professeur à l'École supérieure de Sciences d'Alger. 1 volume in-12, broché. **3 fr.**

Précis de Géographie économique

PAR MM.

MARCEL DUBOIS

Professeur de Géographie coloniale
à la Faculté des Lettres de Paris

J.-G. KERGOMARD

Professeur agrégé d'histoire
et Géographie au Lycée de Nantes

DEUXIÈME ÉDITION

entièrement refondue et mise au courant des dernières statistiques

AVEC LA COLLABORATION DE

M. Louis LAFFITTE

Professeur à l'École de Commerce de Nantes

1 vol. in-8°. **8 fr.**

On vend séparément :

La France, l'Europe. 1 vol. **6 fr.**

L'Asie, l'Océanie, l'Afrique et les Colonies. 1 vol. **4 fr.**

Cette œuvre fera époque dans l'enseignement de la Géographie. Elle est la seule, à notre connaissance, en dehors des travaux suscités par la Société de Géographie commerciale, qui traite d'une façon principale cette branche de la géographie. (*Bulletin de la Chambre de Commerce de Paris.*)

OUVRAGES DE M. A. DE LAPPARENT

Membre de l'Institut, professeur à l'École libre des Hautes-Études.

TRAITÉ DE GÉOLOGIE

QUATRIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFOUNDUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE

3 vol. grand in-8°, avec nomb. fig. cartes et croquis . . 35 fr.

- Abrégé de géologie.** *Quatrième édition, entièrement refondue.* 1 vol. in-16 de viii-299 pages avec 141 gravures et une carte géologique de la France en chromolithographie, cartonné toile 3 fr.
- Notions générales sur l'écorce terrestre.** 1 vol. in-16 de 156 pages avec 33 figures, broché. 4 fr. 20
- La géologie en chemin de fer.** Description géologique du Bassin parisien et des régions adjacentes. 1 vol. in-18 de 608 pages, avec 3 cartes chromolithographiées, cartonné toile. 7 fr. 50
- Cours de minéralogie.** *Troisième édition, revue et augmentée.* 1 vol. grand in-8° de xx-703 pages avec 619 gravures dans le texte et une planche chromolithographiée. 15 fr.
- Précis de minéralogie.** *Troisième édition, revue et augmentée.* 1 vol. in-16 de xii-398 pages avec 235 gravures dans le texte et une planche chromolithographiée, cartonné toile. 5 fr.
- Leçons de géographie physique.** *Deuxième édition, revue et augmentée.* 1 vol. grand in-8° de xvi-718 pages avec 162 figures dans le texte et une planche en couleurs. 12 fr.
- Le siècle du Fer.** 1 vol. in-18 de 360 pages, broché 2 fr. 50

Guides du Touriste, du Naturaliste et de l'Archéologue

publiés sous la direction de M. Marcellin BOULE

Pour paraître en mai 1903 : LA SAVOIE

VOLUMES PUBLIÉS

- Le Cantal**, par M. BOULE, docteur ès sciences, et L. FARGES, archi- viste-paléographe. 1 vol. avec 85 fig. et 2 cartes en coul.
- La Lozère**, par E. CORD, ingénieur-agronome, G. CORD, docteur en droit, avec la collaboration de M. A. VIRÉ, docteur ès sciences. 1 vol. in-16 avec 87 fig. et 4 cartes en coul.
- Le Puy-de-Dôme et Vichy**, par M. BOULE, docteur ès sciences, Ph. GLANGEAUD, maître de conférences à l'Université de Clermont, G. ROUCHON, archiviste du Puy-de-Dôme, A. VERNIÈRE, ancien président de l'Académie de Clermont. 1 vol. avec 109 figures et 3 cartes en coul.
- La Haute-Savoie**, par MARC LE ROUX, conservateur du Musée d'Annecy. 1 vol. avec 105 fig. et 3 cartes en couleurs.

Chaque volume in-16, relié toile anglaise 4 fr. 50

MISSION SAHARIENNE FOUREAU-LAMY

D'Alger au Congo par le Tchad

Par F. FOUREAU

Lauréat de l'Institut.

1 fort volume in-8°, avec 170 figures reproduites directement d'après les photographies de l'auteur, et une carte en couleurs des régions explorées par la Mission.

Broché : 12 francs. — Richement cartonné : 15 francs.

Traité de Zoologie

Par Edmond PERRIER

Membre de l'Institut et de l'Académie de médecine,
Directeur du Muséum d'Histoire Naturelle.

FASCICULE I : Zoologie générale. 1 vol. gr. in-8° de 412 p. avec 458 figures dans le texte.	12 fr.
FASCICULE II : Protozoaires et Phytozoaires. 1 vol. gr. in-8° de 452 p., avec 243 figures.	10 fr.
FASCICULE III : Arthropodes. 1 vol. gr. in-8° de 480 pages, avec 278 figures.	8 fr.
Ces trois fascicules réunis forment la première partie. 1 vol. in-8° de 1344 pages, avec 980 figures.	30 fr.
FASCICULE IV : Vers et Mollusques. 1 vol. gr. in-8° de 792 pages, avec 565 figures dans le texte.	16 fr.
FASCICULE V : Amphioxus, Tuniciers. 1 vol. gr. in-8° de 221 pages, avec 97 figures dans le texte.	6 fr.
FASCICULE VI : Vertébrés. (Sous presse).	

PETITE BIBLIOTHÈQUE DE " LA NATURE "

Recettes et Procédés utiles, recueillis par Gaston TISSANDIER, rédacteur en chef de *la Nature*. *Dixième édition*.

Recettes et Procédés utiles. Deuxième série : La Science pratique, par Gaston TISSANDIER. *Cinquième édition*, avec figures dans le texte.

Nouvelles Recettes utiles et Appareils pratiques. Troisième série, par Gaston TISSANDIER. *Quatrième édition*, avec 91 figures dans le texte.

Recettes et Procédés utiles. Quatrième série, par Gaston TISSANDIER. *Troisième édition*, avec 38 figures dans le texte.

Recettes et Procédés utiles. Cinquième série, par J. LAFARGUE, secrétaire de la rédaction de *la Nature*. Avec figures dans le texte.

Chacun de ces volumes in-18 est vendu séparément

Broché 2 fr. 25 | Cartonné toile 3 fr.

La Physique sans appareils et la Chimie sans laboratoire, par Gaston TISSANDIER, rédacteur en chef de *la Nature*. *Septième édition des Récréations scientifiques. Ouvrage couronné par l'Académie (Prix Montyon)*. Un volume in-8° avec nombreuses figures dans le texte. Broché, 3 fr. Cartonné toile, 4 fr.

LA GÉOGRAPHIE

BULLETIN

DE LA

Société de Géographie

PUBLIÉ TOUS LES MOIS PAR

LE BARON HULOT, Secrétaire général de la Société

ET

M. CHARLES RABOT, Secrétaire de la Rédaction

ABONNEMENT ANNUEL : PARIS : 24 fr. — DÉPARTEMENTS : 26 fr.
ÉTRANGER : 28 fr. — Prix du numéro : 2 fr. 50

Chaque numéro, du format grand in-8°, composé de 80 pages et accompagné de cartes et de gravures nombreuses, comprend des mémoires, une chronique, une bibliographie et le compte rendu des séances de la Société de Géographie. Cette publication n'est pas seulement un recueil de récits de voyages pittoresques, mais d'observations et de renseignements scientifiques.

La chronique, rédigée par des spécialistes pour chaque partie du monde, constitue un résumé complet du *mouvement géographique* pour chaque mois.

La Nature

REVUE ILLUSTRÉE

des sciences et de leurs applications aux arts et à l'industrie

DIRECTEUR : **Henri de PARVILLE**

Abonnement annuel : Paris : 20 fr. — Départements : 25 fr. —
Union postale : 26 fr.

Abonnement de six mois : Paris : 10 fr. — Départements : 12 fr. 50.
— Union postale : 13 fr.

Fondée en 1873 par GASTON TISSANDIER, la *Nature* est aujourd'hui le plus important des journaux de vulgarisation scientifique par le nombre de ses abonnés, par la valeur de sa rédaction et par la sûreté de ses informations. Elle doit ce succès à la façon dont elle présente la science à ses lecteurs en lui ôtant son côté aride tout en lui laissant son côté exact, à ce qu'elle intéresse les savants et les érudits aussi bien que les jeunes gens et les personnes peu familiarisées avec les ouvrages techniques; à ce qu'elle ne laisse, enfin, rien échapper de ce qui se fait ou se dit de neuf dans le domaine des découvertes qui modifient sans cesse les conditions de notre vie.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette. — 2840.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, A PARIS (6^e).

Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

TRAITÉ DE MÉCANIQUE RATIONNELLE

Par Paul APPELL,

Membre de l'Institut.

TOME I. — *Statique. Dynamique du point*, avec 178 figures; 2^e édition entièrement refondue; 1902..... **18 fr.**

TOME II. — *Dynamique des systèmes. Mécanique analytique*, avec figures. (Sous presse.)

TOME III. — *Equilibre et mouvement des milieux continus*, avec 70 figures; 1903..... **17 fr.**

LEÇONS

DE

MÉCANIQUE ÉLÉMENTAIRE

A L'USAGE DES ÉLÈVES DES CLASSES DE PREMIÈRE

(LATIN-SCIENCES OU SCIENCES-LANGUES VIVANTES)

Conformément aux programmes du 31 mai 1902.

PAR

P. APPELL,

Membre de l'Institut,
Professeur à la Faculté des Sciences.

J. CHAPPUIS,

Docteur ès Sciences,
Professeur à l'École Centrale.

Volume in-18 jésus avec figures; 1902..... **2 fr. 75 c.**

COURS DE MÉCANIQUE

A L'USAGE DES CANDIDATS

A L'ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES,

Par **P. APPELL,**

Membre de l'Institut, Professeur à l'École Centrale,
Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Un volume in-8 de 272 pages, avec 143 figures; 1902.. **7 fr. 50 c.**

1

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LEÇONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE
annexé à l'Université de Liège,

Par **Eric GÉRARD**,

Directeur de cet Institut.

6^e ÉDITION, DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I : *Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs et des transformateurs électriques*; avec 388 figures; 1900..... 12 fr.

TOME II : *Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Applications de l'Électricité à la téléphonie, à la télégraphie, à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à l'éclairage, à la métallurgie et à la chimie industrielle*; avec 387 figures; 1900..... 12 fr.

TRACTION ÉLECTRIQUE,

Par **Eric GÉRARD**.

(Extrait des *Leçons sur l'Électricité* du même Auteur.)

Volume grand in-8 de vi-136 pages, avec 92 figures; 1900..... 3 fr. 50 c.

MESURES ÉLECTRIQUES,

Par **Eric GÉRARD**.

2^e édition, gr. in-8 de 532 p., avec 247 fig.; 1901. Cartonné toile anglaise.... 12 fr.

LE FROMENT ET SA MOUTURE

TRAITÉ DE MEUNERIE D'APRÈS UN MANUSCRIT INACHEVÉ

De **Aimé GIRARD**,

Membre de l'Institut,

Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'Institut national agronomique,

Par **L. LINDET**,

Docteur ès Sciences, Professeur à l'Institut national agronomique.

Un beau volume grand in-8, avec 85 figures et 3 planches; 1903..... 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

COURS D'ANALYSE

PROFESSÉ A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Par G. HUMBERT,

Membre de l'Institut, Professeur à l'École Polytechnique.

TOME I : *Calcul différentiel. Principes du calcul intégral. Applications géométriques.* Avec 111 figures; 1903. 16 fr.
TOME II. (Sous presse.)

COURS D'ANALYSE INFINITÉSIMALE

Par Ch.-J. de la VALLÉE-POUSSIN,

Professeur à l'Université de Louvain.

Un volume grand in-8 de xiv-372 pages; 1903. 12 fr.

LEÇONS

SUR LA THÉORIE DES FONCTIONS

Par Émile BOREL,

Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

Exposé de la théorie des ensembles et applications; 1898. 3 fr. 50 c.
Leçons sur les fonctions entières; 1900. 3 fr. 50 c.
Leçons sur les séries divergentes; 1901. 4 fr. 50 c.
Leçons sur les séries à termes positifs; 1902. 3 fr. 50 c.
Leçons sur les fonctions méromorphes; 1903. 3 fr. 50 c.
Leçons sur les séries de polynomes. (Sous presse.)

COURS D'ANALYSE MATHÉMATIQUE

Par E. GOURSAT,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

TOME I : *Dérivées et différentielles. Intégrales définies. Développement en séries. Applications géométriques.* Grand in-8; 1902. 20 fr.
TOME II : (Sous presse.)

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

ÉLÉMENTS DE LA THÉORIE

DES

FONCTIONS ELLIPTIQUES

PAR

Jules TANNERY et Jules MOLK.

TOME I : Introduction. Calcul différentiel (I ^e Partie); 1893.....	7 fr. 50 c.
TOME II : Calcul différentiel (II ^e Partie); 1896.....	9 fr. »
TOME III : Calcul intégral (I ^e Partie); 1898.....	8 fr. 50 c.
TOME IV : Calcul intégral (II ^e Partie) et Applications; 1902.....	9 fr. »

LEÇONS SUR LA THÉORIE DES GAZ

Par L. BOLTZMANN,

Professeur à l'Université de Leipzig,

TRADUITES PAR A. GALLOTTI, ancien Élève de l'École Normale;

AVEC UNE *Introduction* ET DES *Notes*

PAR M. BRULLOUIN, Professeur au Collège de France.

1^{re} PARTIE. GRAND IN-8 DE XIX-204 PAGES AVEC FIGURES; 1902. 8 fr.

NOTIONS FONDAMENTALES

DE

CHIMIE ORGANIQUE,

Par Ch. MOUREU,

Professeur agrégé à l'École supérieure de Pharmacie de l'Université de Paris.

UN VOLUME IN-8 DE VI-292 PAGES; 1902.

BROCHÉ 7 FR. 50 C. | CARTONNÉ 8 FR. 50 C.

LA TRACTION ÉLECTRIQUE

PAR CONTACTS SUPERFICIELS DU SYSTÈME DIATTO,

Par Ch. JULIUS, Ingénieur.

GRAND IN-8 DE 66 P., AVEC 12 FIG. OU PLANCHES; 1902. 2 FR. 75 C.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TRAVAUX
DU
CONGRÈS DE PHYSIQUE

RÉUNI A PARIS EN 1900, SOUS LES AUSPICES DE LA SOCIÉTÉ
FRANÇAISE DE PHYSIQUE,

Rassemblés et publiés par

Ch.-Éd. GUILLAUME et L. POINCARÉ,
Secrétaires généraux du Congrès.

QUATRE VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES.

TOMES I, II et III. *Rapports présentés au Congrès.* 3 volumes se vendant
ensemble..... 50 fr.

On vend séparément :

TOME I : *Questions générales. Métrologie. Physique mécanique. Phy-
sique moléculaire*..... 18 fr.

TOME II : *Optique. Électricité. Magnétisme*..... 18 fr.

TOME III : *Electro-optique et ionisation. Applications. Physique cos-
mique. Physique biologique*..... 18 fr.

TOME IV : *Procès-verbaux. Annexes. Liste des membres; 1901*..... 6 fr.

ABRÉGÉ

DES

INSTRUCTIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Par Alfred ANGOT,

Météorologiste titulaire au Bureau central météorologique,
Professeur à l'Institut national agronomique.

Brochure in-8 de VIII-44 pages avec figures; 1902.... 1 fr. 50 c.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DE

MÉTÉOROLOGIE

Par Alfred ANGOT,

Météorologiste titulaire au Bureau Central météorologique,
Professeur à l'Institut national agronomique et à l'École supérieure
de Marine.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 103 FIG. ET 4 PL.; 1899. 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LEÇONS SUR LA THÉORIE DES FORMES

ET LA GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE SUPÉRIEURE,

à l'usage des Étudiants des Facultés des Sciences,

Par **H. ANDOYER**,

Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

DEUX BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Volume de vi-508 pages; 1900..... 15 fr.
TOME II..... (En préparation.)

COURS D'ÉLECTRICITÉ

Par **H. PELLAT**,

Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

3 volumes grand in-8, se vendant séparément :

TOME I : *Électrostatique. Loi d'Ohm. Thermo-électricité*, avec 145 figures;
1901..... 10 fr.

TOME II : (*Sous presse.*) — TOME III : (*En préparation.*)

ESSAI SUR LES

FONDEMENTS DE LA GÉOMÉTRIE

Par **B.-A.-W. RUSSELL**,

Traduction par **C. CADENAT**, revue et annotée par l'Auteur
et par **Louis COUTURAT**.

Grand in-8, avec 11 figures; 1901..... 9 fr.

GUIDE PRATIQUE

POUR LES

CALCULS DE RÉSISTANCE

DES

CHAUDIÈRES A VAPEUR ET L'ESSAI DES MATÉRIAUX EMPLOYÉS,

Publié par l'Union Internationale, des Associations de surveillance d'Appareils à vapeur,

TRADUIT SUR LA 7^e ÉDITION ALLEMANDE,

Par **G. HUIN**, Ancien Élève de l'École Polytechnique, Capitaine d'Artillerie,

E. MAIRE, Ingénieur E. C. P., Directeur de l'Association des
Propriétaires d'appareils à vapeur du Nord-Est,

Avec la collaboration de **H. WALTHER MEUNIER**, Ingénieur E. C. P.,
Ingénieur en chef de l'Association alsacienne des Propriétaires d'appareils à vapeur.

Un volume in-12 raisin, avec 10 figures; 1901..... 2 fr. 75 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

COURS DE PHYSIQUE MATHÉMATIQUE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES.

THÉORIE ANALYTIQUE DE LA CHALEUR

MISE EN HARMONIE AVEC LA THERMODYNAMIQUE
ET AVEC LA THÉORIE MÉCANIQUE DE LA LUMIÈRE.

Par **J. BOUSSINESQ**,

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

Deux volumes grand in-8 se vendant séparément :

TOME I : *Problèmes généraux*. Vol. de xxvii-533 p.; av. 14 fig.; 1901. 10 fr.

TOME II : *Échauffement par contact et échauffement par rayonnement. Conductibilité des aiguilles, lames et masses cristallines. Courants de convection. Théorie mécanique de la lumière*..... (Sous presse.)

LES CARBURES D'HYDROGÈNE (1851-1901)

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

Par **M. BERTHELOT**,

Sénateur, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

3 volumes grand in-8, se vendant ensemble..... 45 fr.

TOME I : *L'Acétylène : synthèse totale des carbures d'hydrogène*. Volume de x-414 pages. — TOME II : *Les Carbures pyrogénés. Séries diverses*.

Volume de iv-558 pages. — TOME III : *Combinaison des carbures d'hydrogène avec l'hydrogène, l'oxygène, les éléments de l'eau*. Vol. de iv-459 pages.

COMPTE RENDU DU

Deuxième Congrès international des Mathématiciens

TENU A PARIS DU 6 AU 12 AOUT 1900.

PROCÈS-VERBAUX ET COMMUNICATIONS

PUBLIÉS PAR

E. DUPORCQ,

Ingénieur des Télégraphes, Secrétaire général du Congrès.

UN BEAU VOLUME GRAND IN-8 DE 456 P., AVEC FIGURES; 1902. 16 FR.

L'ANNÉE TECHNIQUE (1901-1902)

TRAMWAYS. CYCLES. TRAVAUX PUBLICS. CONSTRUCTIONS MARITIMES
ET NAVALES. ARMEMENTS. NAVIGATION AÉRIENNE,

Par **A. DA CUNHA**, Ingénieur des Arts et Manufactures;

Avec Préface de **M. Émile Trélat**, Directeur de l'École spéciale d'Architecture.

UN BEAU VOL. GR. IN-8 DE VIII-271 P. AVEC 114 FIG.; 1902. 3 FR. 50 C.

L'année 1903-1904 est en vente au même prix.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

COURS DE PHYSIQUE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Par J. JAMIN et E. BOUTY.

Quatre tomes in-8, de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et 14 planches; 1885-1891. (OUVRAGE COMPLET)..... 72 fr.

TOME I. — 9 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec 150 figures 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 figures. 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*; 139 fig. et 3 planches. 4 fr.
3^e fascicule. — *Etude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques; Optique physique*; avec 249 fig. et 5 planches, dont 2 planches de spectres en couleur..... 14 fr.

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

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

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

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

TABLES GÉNÉRALES des quatre volumes. In-8; 1891..... 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

1^{er} SUPPLÉMENT. — **Chaleur. Acoustique. Optique**, par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8, avec 41 fig.; 1896. 3 fr. 50 c.

2^e SUPPLÉMENT. — **Électricité. Ondes hertziennes. Rayons X**; par E. BOUTY. In-8, avec 48 figures et 2 planches; 1899. 3 fr. 50 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS

ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE.

TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

CONFORME AU PROGRAMME DU COURS DE L'ÉCOLE CENTRALE (E. I.)

Par **ALHEILIG** et **C. ROCHE**, Ingénieurs de la Marine.

TOME I (412 fig.); 1895..... 20 fr. | TOME II (281 fig.); 1895..... 18 fr.

CHEMINS DE FER

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION.

E. DEHARME,

PAR

A. PULIN,

ing^r principal à la Compagnie du Midi.

ing^r Insp^r p^{al} aux chemins de fer du Nord.

Un volume grand in-8, xxii-441 pages, 95 figures, 1 planche; 1895 (E. I.). 15 fr.

CHEMINS DE FER.

ÉTUDE DE LA LOCOMOTIVE. — LA CHAUDIÈRE.

E. DEHARME.

PAR

A. PULIN.

Un volume grand in-8 de vi-608 p. avec 131 fig. et 2 pl.; 1900 (E. I.). 15 fr.

CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL TRAMWAYS

Par **Pierre GUÉDON**, Ingénieur.

Un beau volume grand in-8, de 393 pages et 141 figures (E. I.); 1901..... 11 fr.

LA BETTERAVE AGRICOLE ET INDUSTRIELLE

Par **L. GESCHWIND** et **E. SELLIER**, Chimistes.

Grand in-8 de iv-668 pages avec 130 figures; 1902 (E. I.)..... 20 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

INDUSTRIES DU SULFATE D'ALUMINIUM, DES ALUNS ET DES SULFATES DE FER,

Par Lucien GESCHWIND, Ingénieur-Chimiste.

Un volume grand in-8, de viii-364 pages, avec 195 figures; 1899 (E. I.). 10 fr.

COURS DE CHEMINS DE FER

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par G. BRICKA,

Ingénieur en chef de la voie et des bâtiments aux Chemins de fer de l'État.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.)

TOME I: avec 326 fig.; 1894.. 20 fr. | TOME II: avec 177 fig.; 1894.. 20 fr.

COUVERTURE DES ÉDIFICES

ARDOISES, TUILES, MÉTAUX, MATIÈRES DIVERSES,

Par J. DENFER,

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 429 FIG.; 1893 (E. T. P).. 20 FR.

CHARPENTERIE MÉTALLIQUE

MENUISERIE EN FER ET SERRURERIE,

Par J. DENFER,

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.).

TOME I: avec 479 fig.; 1894.. 20 fr. | TOME II: avec 571 fig.; 1894.. 20 fr.

ÉLÉMENTS ET ORGANES DES MACHINES

Par Al. GOUILLY,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8 DE 406 PAGES, AVEC 710 FIG.; 1894 (E. I.).... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

MÉTALLURGIE GÉNÉRALE

PROCÉDÉS DE CHAUFFAGE

Par **U. LE VERRIER**,

Ingénieur en chef des Mines, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

Grand in-8, de 367 pages, avec 171 figures; 1902 (E. I.)..... 12 fr.

VERRE ET VERRERIE

Par **Léon APPERT** et **Jules HENRIVAUX**, Ingénieurs.

Grand in-8 avec 130 figures et 1 atlas de 14 planches; 1894 (E. I.)..... 20 fr.

BLANCHIMENT ET APPRÊTS

TEINTURE ET IMPRESSION

PAR

Ch.-Er. GUIGNET,

Directeur des teintures aux Manufac-
tures nationales
des Gobclins et de Beauvais,

F. DOMMER,

Professeur à l'École de Physique
et de Chimie industrielles
de la Ville de Paris,

E. GRANDMOUGIN,

Chimiste, ancien Préparateur à l'École de Chimie de Mulhouse.

GR. IN-8, AVEC 368 FIG., ET ÉCH. DE TISSUS IMPRIMÉS; 1895 (E. I.). 30 FR.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

Par **Aug. FÖPPL**, Professeur à l'Université technique de Munich.

TRADUIT DE L'ALLEMAND PAR **E. HAHN**, Ing. de l'École Polytechnique de Zurich.

GRAND IN-8, DE 489 PAGES, AVEC 74 FIG.: 1901 (E. I.)... 15 FR.

CONSTRUCTION PRATIQUE des NAVIRES de GUERRE

Par **A. CRONEAU**,

Professeur à l'École d'application du Génie maritime.

TOME I : avec 305 fig. et un Atlas de 11 pl. in-4°; 1894..... 18 fr.

TOME II : avec 59 fig.; 1894..... 15 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

PONTS SOUS RAILS ET PONTS-ROUTES A TRAVÉES
MÉTALLIQUES INDÉPENDANTES.

FORMULES, BARÈMES ET TABLEAUX

Par **Ernest HENRY**,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 267 FIG. ; 1894 (E. T. P.). 20 FR.

Calculs rapides pour l'établissement des projets de ponts métalliques et pour le contrôle de ces projets, sans emploi des méthodes analytiques ni de la statique graphique (économie de temps et certitude de ne pas commettre d'erreurs).

CHEMINS DE FER.

EXPLOITATION TECHNIQUE

PAR MM.

SCHÖLLER,

Chef adjoint des Services commerciaux
à la Compagnie du Nord.

FLEURQUIN,

Inspecteur des Services commerciaux
à la même Compagnie.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC FIGURES: 1901 (E. I.)..... 12 FR.

TRAITÉ DES INDUSTRIES CÉRAMIQUES

TERRES CUITES.

PRODUITS RÉFRACTAIRES. FAÏENCES. GRÈS. PORCELAINES.

Par **E. BOURRY,**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8, DE 735 PAGES, AVEC 349 FIG. ; 1897 (E. I.). 20 FR.

RÉSUMÉ DU COURS

DE

MACHINES A VAPEUR ET LOCOMOTIVES

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par **J. HIRSCH,**

Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées,
Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

2^e édition. Gr. in-8 de 510 p. avec 314 fig. ; 1898 (E. T. P.). 18 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LE VIN ET L'EAU-DE-VIE DE VIN

Par **Henri DE LAPPARENT**,

Inspecteur général de l'Agriculture.

INFLUENCE DES CÉPAGES, CLIMATS, SOLS, ETC., SUR LE VIN, VINIFICATION, CUVERIE, CHAIS, VIN APRÈS LE DÉCUVAGE. ÉCONOMIE, LÉGISLATION.

GR. IN-8 DE XII-533 P., AVEC 111 FIG. ET 28 CARTES; 1895 (E. I.) 12 FR.

TRAITÉ DE CHIMIE ORGANIQUE APPLIQUÉE

Par **A. JOANNIS**, Prof^r à la Faculté de Bordeaux,

TOME I: 688 p., avec fig.; 1896. 20 fr. | TOME II: 718 p., avec fig. 1896. 15 fr.

MANUEL DE DROIT ADMINISTRATIF

Par **G. LECHALAS**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

TOME I; 1889; 20 fr. — TOME II: 1^{re} partie; 1893; 10 fr. 2^e partie; 1898; 10 fr.

MACHINES FRIGORIFIQUES

PRODUCTION ET APPLICATIONS DU FROID ARTIFICIEL,

Par **H. LORENZ**, Professeur à l'Université de Halle.

TRADUIT DE L'ALLEMAND PAR **P. PETIT**, et **J. JAQUET**.

Grand in-8 de ix-186 pages, avec 131 figures; 1898 (E. I.)... 7 fr.

COURS DE CHEMINS DE FER

(ÉCOLE SUPÉRIEURE DES MINES),

Par **E. VICAIRE**, Inspecteur général des Mines,

rédigé et terminé par **F. MAISON**, Ingénieur des Mines.

Gr. in-8 de 581 pages avec nombreuses fig.; 1903 (E. I.)... 20 fr.

COURS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

ET DE GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE,

Par **Maurice D'OCAGNE**,

Ing^r et Prof^r à l'École des Ponts et Chaussées, Répétiteur à l'École Polytechnique.

GR. IN-8, DE XI-428 P., AVEC 340 FIG.; 1896 (E. T. P.)... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LES ASSOCIATIONS OUVRIÈRES
ET LES ASSOCIATIONS PATRONALES,

Par **P. HUBERT-VALLEROUX**, Docteur en Droit.

GRAND IN-8 DE 361 PAGES; 1899 (E. I.)..... 10 FR.

TRAITÉ DES FOURS A GAZ
A CHALEUR RÉGÉNÉRÉE. DÉTERMINATION DE LEURS DIMENSIONS.

Par **Friedrich TOLDT**, Ingénieur,

TRADUIT DE L'ALLEMAND par **F. DOMMER**, Ingénieur des Arts
et Manufactures.

Un volume grand in-8 de 392 pages, avec 68 figures; 1900 (E. I.). 11 fr.

BETTERAVE AGRICOLE ET INDUSTRIELLE

Par **L. GESCHWIND**, Ingénieur chimiste,
et **E. SELLIER**, Chimiste.

ANALYSE INFINITÉSIMALE
A L'USAGE DES INGÉNIEURS,

Par **E. ROUCHÉ** et **L. LÉVY**,

TOME I : *Calcul différentiel*. VIII-557 pages, avec 45 figures; 1900..... 15 fr.

TOME II : *Calcul intégral*. 829 pages, avec 50 figures; 1903..... 15 fr.

COURS D'ÉCONOMIE POLITIQUE
PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par **C. COLSON**, Conseiller d'État.

TOME I : *Exposé général des Phénomènes économiques. Le travail et les ques-
tions ouvrières*. Volume de 600 pages; 1901..... 10 fr.

TOMES II et III..... (Sous presse.)

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS.

QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55, A PARIS (6^e).

Envoi franco dans l'Union postale contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose de plus de 200 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la Science, de l'Art et des applications pratiques.

DERNIERS OUVRAGES PARUS :

LES PHOTOTYPES SUR PAPIER AU GÉLATINOBROMURE,

Par F. QUÉNISSET.

In-18 jésus, avec figures et 1 planche spécimen; 1901..... 1 fr. 25 c.

LES AGRANDISSEMENTS,

Par G. GUILLON.

In-18 jésus, avec figures; 1901..... 2 fr. 75 c.

A B C DE LA PHOTOGRAPHIE MODERNE,

Par W.-K. BURTON.

5^e édition. Traduction sur la 12^e édition anglaise, par G. HUBERSON.

In-18 jésus, avec figures; 1901..... 3 fr.

LA PHOTOGRAPHIE AU CHARBON,

Par Paul DARBY.

Brochure in-18 de 36 pages..... 1 fr.

REPRODUCTION DES GRAVURES, DESSINS, PLANS, MANUSCRITS,

Par A. COURRÈGES, Praticien.

In-18 jésus, avec figures; 1900..... 2 fr.

LA PHOTOGRAPHIE. TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE,

Par A. DAVANNE.

2 beaux volumes grand in-8, avec 234 fig. et 4 planches spécimens... 32 fr.
Chaque volume se vend séparément..... 16 fr.

LES AGRANDISSEMENTS PHOTOGRAPHIQUES,

Par A. COURRÈGES, Praticien.

In-18 jésus, avec 12 figures; 1901..... 2 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS.

TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,

Par C. FABRE, Docteur ès Sciences.

4 beaux vol. grand in-8, avec 724 figures et 2 planches; 1889-1891... **48 fr.**
Chaque volume se vend séparément 14 fr.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

1^{er} Supplément (A). Un beau vol. gr. in-8 de 400 p. avec 176 fig.; 1892. **14 fr.**

2^e Supplément (B). Un beau vol. gr. in-8 de 424 p. avec 221 fig.; 1897. **14 fr.**

3^e Supplément (C). Un beau vol. gr. in-8 de 400 pages; 1903..... **14 fr.**

Les 7 volumes se vendent ensemble..... **84 fr.**

LA PHOTOGRAPHIE D'ART

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900,

Par C. KLARY.

Grand in-8 de 88 pages, avec nombreuses illustrations et planches; 1901..... **6 fr. 50 c.**

COMMENT ON OBTIENT UN CLICHÉ PHOTOGRAPHIQUE,

Par Marcel MOLINIÉ.

Petit in-8 de 188 pages..... **2 fr.**

MANUEL DU PHOTOGRAPHE AMATEUR,

Par F. PANAJOU,

Chef du Service photographique à la Faculté de Médecine
de Bordeaux.

3^e ÉDITION COMPLÈTEMENT REFOUDUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.

Petit in-8, avec 63 figures; 1899..... **2 fr. 75 c.**

TRAITÉ PRATIQUE DES TIRAGES PHOTOGRAPHIQUES,

Par Ch. SOLLET.

Volume in-16 raisin de vi-240 pages; 1902..... **4 fr.**

LA PHOTOGRAPHIE ANIMÉE,

Par E. TRUTAT,

Avec une Préface de M. MAREY.

Un volume grand in-8, avec 146 figures et 1 planche; 1899..... **5 fr.**

ESTHÉTIQUE DE LA PHOTOGRAPHIE.

Un volume de grand luxe in-4 raisin, avec 14 planches et 150 figures. **16 fr.**

**TRAITÉ PRATIQUE
DE PHOTOGRAVURE EN RELIEF ET EN CREUX,**

Par Léon VIDAL.

In-18 jésus de xiv-445 p. avec 65 figures et 6 planches; 1900..... **6 fr. 50 c.**

33024. — Paris, Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.