

**Les levures : caractères morphologiques et physiologiques, applications des levures sélectionnées / par Edmond Kayser.**

**Contributors**

Kayser, Edmond.

**Publication/Creation**

Paris : Mason, [1896?]

**Persistent URL**

<https://wellcomecollection.org/works/akmu532e>

**License and attribution**

This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.



Wellcome Collection  
183 Euston Road  
London NW1 2BE UK  
T +44 (0)20 7611 8722  
E [library@wellcomecollection.org](mailto:library@wellcomecollection.org)  
<https://wellcomecollection.org>





*Section du Biologiste*

---

E. KAYSER

---

# LES LEVURES

---

CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

APPLICATIONS DES LEVURES SÉLECTIONNÉES

MASSON & C<sup>ie</sup>

GAUTHIER-VILLARS





PRESENTED BY

*Sir. Lauder Brunton*



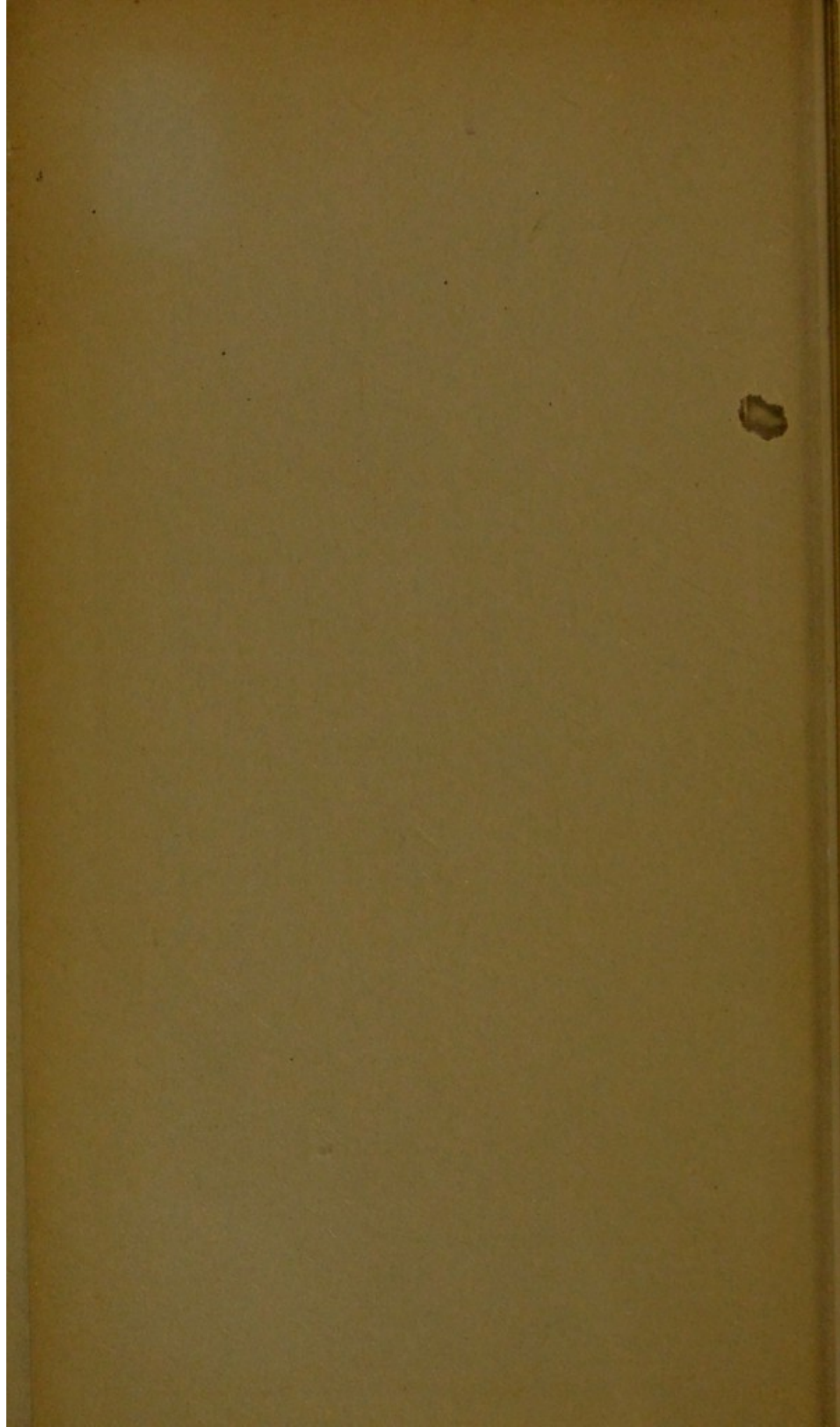
22102366033



Med  
K9615









ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE

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



*Ce volume est une publication de l'Encyclopédie  
scientifique des Aide-Mémoire ; F. Lafargue, ancien  
élève de l'École Polytechnique, Secrétaire général,  
169, Boulevard Malesherbes, Paris.*

N° 176 B



ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

---

# LES LEVURES

---

CARACTÈRES  
MORPHOLOGIQUES ET PHYSIOLOGIQUES  
APPLICATIONS  
DES LEVURES SÉLECTIONNÉES

PAR

EDMOND KAYSER

Ancien élève de l'Institut National Agronomique  
Docteur ès sciences  
Chef des travaux du laboratoire de fermentation  
à l'Institut National Agronomique



PARIS

MASSON ET C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS,

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, 120

GAUTHIER-VILLARS ET FILS,

IMPRIMEURS-ÉDITEURS

Quai des Grands-Augustins, 55

(Tous droits réservés)

[1896?]



15868 075



WELLCOME INSTITUTE LIBRARY	
Coll.	welMOMec
Call	
No.	QT

GA4



## PRÉFACE

---

Depuis la publication du traité classique de microbiologie de M. Duclaux, nos connaissances sur les levures alcooliques se sont considérablement accrues ; elles se développent d'ailleurs chaque jour davantage. D'autres ouvrages plus récents, tels que les traités de MM. Jörgensen, Lindner, envisagent surtout le côté morphologique et négligent la physiologie.

M. Léauté, pensant qu'il serait utile de présenter dans un recueil condensé l'état de la science des levures, m'a proposé de me charger de ce travail ; j'ai accepté cette invitation avec un plaisir d'autant plus grand que je répondais ainsi au désir maintes fois exprimé par nos élèves de trouver réunies, dans un petit recueil, les notions un peu éparses sur les levures alcooliques.

Je me suis borné à grouper aussi méthodiquement que possible les faits connus, à en donner de façon simple un aperçu général, en



m'étendant un peu plus sur les levures pures ou levures sélectionnées qui sont tout à fait à l'ordre du jour.

La majeure partie des exemples cités ont été choisis dans les expériences faites au laboratoire de fermentation de l'Institut Agronomique.

Le traité est divisé en deux parties comprenant chacune quatre chapitres, dont la table des matières indiquera la teneur.

Je serais satisfait si ce petit recueil pouvait servir de guide et de plan d'études à nos jeunes élèves ; si, de plus, j'avais pu démontrer aux praticiens combien les phénomènes de fermentation sont complexes ; combien les infiniment petits sont délicats et sensibles aux conditions extérieures, combien enfin il importe de bien se rendre compte des exigences des levures sélectionnées, pour en tirer le meilleur parti et éviter des échecs certains. En pratique, il faut envisager des solutions approximativement satisfaisantes et, dans ces conditions, l'emploi judicieux des levures sélectionnées pourra rendre, en maintes circonstances, de très sérieux services.

EDM. KAYSER.

---



## CHAPITRE PREMIER

---

### NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES FERMENTATIONS

Pendant longtemps on désignait sous le nom de « fermentations » tous les phénomènes dans lesquels une masse pâteuse (solide ou liquide) se boursoufflait avec forte production de gaz : telles la fermentation du jus de raisins dans les cuves de vendange et la fermentation de la pâte du pain additionnée de levain.

Plus tard, on a généralisé et on a appliqué cette dénomination à diverses réactions chimiques spontanées, où l'on voyait les corps se transformer, sans cause apparente : telles la saccharification du malt, l'acétification du vin, etc.

Le corps subissant la fermentation est la substance fermentescible, l'agent actif est le ferment.

Cette modification se fait sous l'influence d'un être vivant et organisé, ou bien la transformation de la matière organique est l'effet d'un principe azoté, soluble mais non organisé.



Dans le premier cas, l'acte chimique de la fermentation est essentiellement un phénomène corrélatif d'un acte vital commençant et s'arrêtant avec ce dernier. Il affecte les formes les plus variables « oxydations, réductions, hydratations, dédoublements » ; ce sont les fermentations proprement dites.

Dans le deuxième cas, une très faible quantité du principe azoté, d'origine animale ou végétale (diastase), suffit pour agir, par sa seule présence, sur le corps fermentescible : telles la transformation des matières albuminoïdes en peptones par la pepsine de l'estomac, la transformation de l'amidon en dextrine et en maltose sous l'influence de l'orge germée (amylase), etc.

On peut rapprocher ces deux genres de fermentations par la grandeur du rapport entre l'effet et la cause, par la disproportion énorme qui existe entre le poids de l'organisme ferment et celui de la substance fermentescible sur laquelle il agit ; pendant que le ferment organisé se trouve à la fin de la fermentation en quantité plus considérable, le ferment figuré reste sensiblement dans la même proportion, c'est ce qui sert à les distinguer.

**Nécessité des infiniment petits. Leur dissémination, caractère ferment.** — Les plantes supérieures constituent leurs tissus à



l'aide des principes enlevés au sol et à l'air ; au premier, elles empruntent les principes minéraux ; à l'air, elles prennent, grâce à leur chlorophylle, sous l'influence des rayons solaires, l'acide carbonique qui, combiné à l'eau, sert à former les composés hydrocarbonés : sucre, amidon, cellulose, etc.

Les plantes servent à la nourriture des animaux et la matière organique produite est devenue impropre à nourrir d'autres végétaux. Il faut qu'elle soit détruite et amenée à des éléments plus simples dont les termes extrêmes sont : l'acide carbonique, l'ammoniaque, le carbone et l'azote ; c'est le rôle des infiniment petits.

Ce sont eux qui sont chargés de former, à la surface de la terre, le contrepois des végétaux supérieurs. Il en résulte qu'ils doivent être doués d'une grande énergie de destruction, d'une grande vitesse de reproduction ; qu'ils doivent assez bien résister aux agents extérieurs et être disséminés un peu partout.

Pendant que des pigeons ne consomment par jour que  $1/14$  de leur poids de blé noir (Duclaux), l'*aspergillus niger* peut consommer  $1/6$  de son poids de sucre (Raulin), le ferment lactique  $1/5,5$  (Kayser), le *mycoderma aceti* transforme en acide acétique 100 fois son poids d'alcool (Duclaux).

Pour donner un exemple de la vitesse de re-



production de ces infiniment petits, il suffit de dire qu'il faut seulement quelques heures au mycoderma aceti pour recouvrir la surface d'une grande cuve ; or 30 000 cellules n'occupent qu'un millimètre carré de surface.

Ces infiniment petits ont besoin de force, comme tout être vivant, soit pour réparer les pertes résultant de leur fonctionnement soit encore pour constituer leurs tissus. Privés de chlorophylle, ils ne peuvent acquérir cette force qu'en brûlant les aliments préparés par les végétaux supérieurs ; ou bien à l'aide de l'oxygène de l'air atmosphérique : tels sont les mycodermes qui mènent alors une vie aérobie.

Mais on conçoit également qu'il peut exister, parmi les matériaux préparés par les végétaux supérieurs, des matières capables de se transformer en éléments plus simples avec dégagement de chaleur.

Les êtres qui ont la faculté de provoquer le dédoublement de ces substances, en leur empruntant l'oxygène dont ils ont besoin, et de profiter de la chaleur ainsi dégagée sont des ferments ; c'est ce qui a lieu dans la vie anaérobie ; exemple : transformation du sucre en alcool sous l'influence du ferment alcoolique.

Mais nous savons aussi que la vie anaérobie ne suffit pas pour amener la gazéification complète ; l'alcool produit peut, en brûlant, fournir



la chaleur nécessaire à la vie aérobie du bactérium aceti et se transformer en vinaigre, qui, à son tour, est détruit par d'autres infiniment petits qui le changent en eau et acide carbonique ; souvent les deux vies se manifestent en même temps.

M. Duclaux a résumé d'une façon admirable le cycle complet parcouru par la matière organique.

« La vie des grands végétaux et des grands  
« animaux se résume dans la création, aux  
« dépens de la chaleur solaire, de substances  
« dont la production exige une certaine dépense  
« de forces. C'est dans ces substances endother-  
« miques que s'implantent les êtres inférieurs.  
« De la force qu'ils y trouvent emmagasinée, ils  
« empruntent une portion pour la construction  
« de leurs tissus, ce qui les rend jusqu'à un  
« certain point indépendants des conditions  
« extérieures. Une autre portion est employée à  
« donner l'état gazeux à des substances primi-  
« tivement liquides ou solides. Une autre por-  
« tion enfin se transforme en chaleur sensible  
« et sert à élever la température du liquide où  
« se produisent tous ces phénomènes et par  
« suite a en activer la marche ».

**Historique de la fermentation alcoolique.** — L'histoire nous apprend que les Égyptiens et les Grecs se livraient à la culture de la



vigne et à la fermentation du jus de raisin, tandis que la fabrication de la bière se pratiquait chez les Germains, les Gaulois et les Espagnols. Ce sont les deux fermentations alcooliques types qui ont lieu sous l'influence de la « levure ».

C'est vers 1680 que Leuwenhœck constata le premier au microscope, la forme globulaire, ovoïde ou sphérique de cette levure.

Depuis Lavoisier, la fermentation alcoolique a fait l'objet de nombreuses recherches ; il convient surtout de citer : Thénard 1803, Astier 1813, Kiéser 1814, Persoon 1822, Desmazières 1825, Schmidt de Dorpat 1825, Turpin 1835, Kutzing 1836, Meyen 1837.

C'est à cette même époque que Cagniard de Latour et Schwann ont découvert en même temps, et d'une façon indépendante la nature vivante de la levure de bière.

Dumas considérait la fermentation comme corrélative de la vie de la levure ; mais l'organisation de la levure fut contestée par Berzélius qui attribuait le phénomène de la fermentation à des actions catalytiques.

Liebig l'expliquait par le mouvement que la levure en décomposition imprimait aux corps inaltérés (sucres).

Il était réservé à Pasteur de démontrer d'une façon irréfutable qu'il n'y avait jamais de fer-



mentation alcoolique sans qu'il y ait simultanément organisation, développement, multiplication de globules ou vie continue.

C'est ce qu'il a prouvé en provoquant la fermentation complète d'un liquide sucré dans lequel il n'ajouta que des matières minérales et une trace de levure ; cette levure, au lieu de se décomposer, bourgeonnait et augmentait de poids.

Nægeli est le principal représentant d'une autre théorie tenant le milieu entre celles de Pasteur et de Liebig : la théorie physico-moléculaire ; pour lui, la fermentation est la transmission, sur les substances fermentescibles, des états vibratoires des molécules ou des groupes d'atomes des différentes combinaisons qui constituent le protoplasma vivant ; ces mouvements détruisent ainsi l'équilibre des substances fermentescibles et les font entrer en décomposition, alors que ce protoplasma vivant reste inaltéré.

Cette transformation du sucre en alcool n'est pas le fait de la levure seule ; nous savons par les travaux de MM. Lechartier, Bellamy, Muntz, que la cellule végétale peut se comporter comme le ferment alcoolique, lorsqu'elle se trouve en l'absence d'oxygène.

Beaucoup d'autres savants ont étudié la fermentation alcoolique et les ferments alcooliques ; les faits trouvés par eux seront relatés au fur et à mesure que nous avancerons dans



cette matière. Il convient de citer les travaux de MM. Bail, de Bary, Brefeld, Reess, Duclaux, Gayon, Fernbach, Laurent, Delbruck, Hansen, Will, Lindner, Jörgensen, Lintner, Kukla, Efron, etc.

**Ferments alcooliques.** — La fermentation alcoolique consiste dans le dédoublement du sucre en alcool, acide carbonique, glycérine, acide succinique, etc., sous l'influence de divers ferments dits alcooliques.

Les moisissures n'agissent qu'exceptionnellement comme ferments alcooliques ; elles se comportent, en général, comme des agents de combustion :

En présence de beaucoup d'oxygène, la plante est un agent de combustion : elle brûle le sucre sans le faire passer par des états intermédiaires ; peut-être y a-t-il formation d'alcool, mais il est probablement brûlé tout de suite.

Lorsqu'on les immerge, à l'abri de l'oxygène, dans une solution de sucre, les moisissures (surtout les mucors) divisent leur mycélium en articles qui se multiplient, par bourgeonnement, en cellules plus ou moins rondes et provoquent la fermentation alcoolique. Elles conservent ces propriétés plus ou moins longtemps, et peuvent les reprendre après un nouveau passage à l'air ; les quantités d'alcool obtenues sont, en général, faibles.



Les ferments alcooliques proprement dits ou levûres appartiennent, à part quelques exceptions, au groupe des blastomycètes.

Reess, de Bary, Engel appelaient saccharomyces les champignons bourgeonnants; ils se basaient exclusivement sur la forme et les dimensions. M. Pasteur est venu ajouter, comme caractère important, la propriété de donner lieu à une fermentation alcoolique.

M. Hansen a modifié cette classification, en limitant le nom de saccharomyces aux champignons bourgeonnants donnant lieu, dans des conditions déterminées, à la formation d'ascospores.

Les ferments alcooliques sont, en général, des corpuscules ovales, ronds ou elliptiques; quelquefois, ils sont plus ou moins allongés; leur forme est donc très variable; les cellules atteignent 8, 9, 10  $\mu$  dans leur plus grand diamètre.

Leur membrane est mince, élastique, de nature cellulosique, et contient un protoplasma assez homogène et incolore, lorsque le globule est jeune, mais rempli de granulations plus ou moins fortes dans les vieilles cellules ou dans celles qui ont souffert de l'influence des agents extérieurs.

Dans leur intérieur on distingue, surtout, lorsque la cellule est jeune, une vésicule plus



claire, désignée du nom impropre de vacuole. Cette vacuole renferme un suc plus gélatineux et dans son intérieur se meut un petit granulum à peine perceptible, de nature inconnue.

Lorsqu'on place un globule de levure dans un liquide fermentescible, on voit apparaître en un ou plus rarement en deux points de sa surface, un mamelon ; ce renflement vésiculeux grossit peu à peu, en épaississant son enveloppe, et finit par atteindre la grosseur de la cellule mère. Ces jeunes cellules se détachent de la cellule initiale ou restent, encore quelque temps, adhérentes à la cellule qui leur a donné naissance ; puis chaque nouvelle cellule se met à proliférer à son tour et il naît ainsi une seconde génération.

Il est souvent possible de reconnaître dans les groupements ainsi formés le globule qui a donné naissance au groupe, par un protoplasma plus granuleux, contracté, à contours peu turgescents, épais, foncé, plissé à l'intérieur, à vacuoles irrégulières et avec amas de globules gras.

Lorsque les globules restent unis (en chapelets), on a la levure haute ; lorsque les globules sont isolés ou deux par deux, on a la levure basse.

Nous verrons plus tard que ce n'est pas le seul mode de développement ; Reess nous a



montré que le globule de levure soumis à l'inanition donne lieu à des spores endogènes.

Mais ni la forme, ni le mode de bourgeonnement, ne suffisent pour différencier les levures alcooliques. Nous verrons, dans le chapitre des levures pures, qu'il faut un ensemble de caractères spécifiques (d'ordre morphologique, chimique et physiologique), pour nous faire une idée bien exacte d'une race de levure et pour pouvoir la différencier d'une race voisine.

---



## CHAPITRE II

---

### CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES LEVURES

**Origine des levures alcooliques.** — Depuis longtemps déjà les savants se sont demandés d'où provenaient les ferments alcooliques ?

Les uns, comme de Brefeld, Pasteur, les considéraient comme des formes de développement de mucédinées plus complexes qui possèdent, en effet, les formes les plus variables, selon les milieux de culture ; d'autres, au contraire, de Bary, Hansen, les considèrent comme des espèces distinctes, présentant la forme ovale ou ronde, et se reproduisant par bourgeonnement.

Lorsqu'on immerge des mucors dans des liquides sucrés, le mycélium se divise en cellules plus ou moins rondes, en même temps, on constate une production d'alcool ; on a ainsi ce qu'on a appelé les formes levures.

Ces formes levures ont été observées pour le *dematium pullulans* par MM. de Bary et Loew,



pour le cladosporium par M. Cuboni, pour les ustilaginées et les basidiomycètes par M. de Brefeld, pour l'oïdium lactis par M. Duclaux, pour le tubercularia vulgaris par M. Laurent; M. Marciano a également trouvé que les moisissures, faisant fonction de ferments, sont très fréquentes sous les tropiques; la température joue certes un rôle dans ce phénomène.

En lavant à l'eau préalablement stérilisée des grappes de raisin ou du bois de vigne, M. Pasteur avait reconnu dans cette eau une multitude de corpuscules organisés, ressemblant à de la levûre et à des spores de moisissures; il émit l'hypothèse que parmi les formes levures, qu'on rencontrait sur les divers fruits, naissaient par une sorte de transformation, les ferments alcooliques.

La forme dematium donne, en effet, aisément naissance à de petites cellules ovales, capables de se détacher et de proliférer comme les levûres; mais cette propriété n'est pas suffisante, et, pour être complète, il faudrait voir la formation d'endospores et obtenir une fermentation alcoolique très active, deux caractères qui manquent encore pour le moment et laissent ainsi le problème non résolu.

Cependant Sadebeck dit avoir isolé du groupe « exoascus », des générations de levures capables de fermenter alcooliquement.



M. Marcato, en étudiant la fermentation du yaraque, a observé, dans le liquide fermenté, de longs tubes mycéliens, accompagnés de spores ressemblant, à la grandeur près, à une levure alcoolique du genre « *Saccharomyces* ». Ensemencés dans des solutions sucrées, ils déterminaient une fermentation alcoolique franche et, par une série de cultures successives, on obtenait une véritable levure alcoolique sans filament mycélien ; cette levure, portée dans une solution d'amidon soluble, remplissait le liquide d'un feutrage mycélien.

M. Juhler a signalé récemment la relation qui existe entre un *aspergillus* et une levure alcoolique.

M. Jörgensen, en étudiant des moisissures du raisin, reconnaissait avoir transformé un *dema-tium* en *torula* par une série de cultures alternatives aux températures de 25 et de 35°.

Mais cette transformation d'une moisissure en levure a été contestée par MM. Klöcker et Schioenning qui ont fait de nombreux essais infructueux, avec les mêmes matières premières.

Dans le même ordre d'idées, M. Sorel paraît avoir réussi à transformer l'*aspergillus orizæ*, en levure alcoolique.

Ce savant a montré que les conidies pouvaient, suivant les conditions, former un mycélium se



développant seul, ou un mycélium qui, par cloisonnements successifs, donnait des cellules ovales bourgeonnantes, avec fermentation alcoolique active. En ensemençant cette levure sur du riz gonflé par chauffage à 100°, M. Sorel revenait à l'*aspergillus orizæ*. Cette expérience a été répétée au laboratoire de fermentation sans le moindre succès. Y a-t-il des moisissures qui donnent lieu à une fermentation alcoolique, tout en ayant la propriété de produire des endospores dans certaines circonstances? Ceci est parfaitement possible, mais nous n'avons, quant à présent, pas le droit de généraliser le fait en ce qui concerne l'origine des levures de vin.

Trouve-t-on des ferments alcooliques à toutes les époques de l'année? Où passent-ils l'hiver?

Comment se fait leur dissémination sur les fruits?

M. Pasteur, en recherchant le moment de l'apparition et de la disparition des levures dans les vignes, a constaté qu'il n'y avait pas traces de levures ni sur la grappe, ni sur le bois du cep ou sur le sol de la vigne, quelques semaines avant la maturité du raisin. La levure n'est mûre, disait ce savant, que quand le raisin est mûr. On trouve d'ailleurs des levures très diverses sur les divers fruits, lorsque la maturité approche.

M. Miquel a montré qu'il n'y avait que peu



de levures dans l'air, il suppose que les levures sont transportées par les insectes.

M. Hansen, dans une belle étude sur la migration de la levure apiculée, nous a montré que la levure peut passer l'hiver, à l'état de levure, pendant trois années consécutives, sans perdre sa faculté de ferment.

Nous voyons que malgré les divers faits très intéressants apportés par ces savants, la question si importante de l'origine des levures demande encore de nouvelles recherches.

**Polymorphisme des levures.** — Les expériences de MM. de Bary et Pasteur sur le *dematium pullulans* ont montré qu'en l'ensemencant dans des solutions sucrées, on pourrait obtenir par cloisonnements successifs, des cellules de forme très variable, de contour plus ou moins épais, de couleur plus ou moins grise. Ces formes, sont dénuées du pouvoir ferment.

Nous savons depuis longtemps que beaucoup de levures présentent les formes les plus diverses et un exemple des plus frappants nous est fourni par le *saccharomyces pastorianus*, la levure que l'on rencontre souvent dans la fermentation des vins et des cidres.

Sur les fruits acides, elle se présente en articles allongés, rameux, souvent pyriformes, plus ou moins volumineux ; mais en cultures suivies et à l'abri de l'oxygène, les cellules pren-



nent la forme ronde ou ovale; pour lui faire reprendre sa forme primitive, il faut la placer dans des conditions analogues à celles qu'elle rencontre sur la pellicule des fruits; ainsi lorsqu'on la soumet à une sorte d'inanition, lorsqu'on la laisse sans aliments au contact de l'air, la levure change progressivement d'aspect, le protoplasma se rassemble au centre, se colore en jaune brun, devient granuleux avec des noyaux plus ou moins réguliers; la levure est en un mot polymorphe.

Lorsque la levure est ainsi soumise à des conditions d'inanition, par manque d'aliments sucrés, manque d'aliments azotés, avec grande acidité du milieu, il se fait dans les cellules un travail incessant; ces cellules continuent à respirer et à vivre, leurs contours s'épaississent, le protoplasma devient granuleux, la levure s'allonge beaucoup et s'épuise; le globule conserve très longtemps les traces de sa souffrance, et ce n'est que peu à peu par desensemencements successifs dans des milieux convenablement aérés, qu'il reprend ses formes ordinaires.

**Purification des levures.** — Malgré la diversité des formes d'une même levure, on est arrivé à distinguer et à différencier certaines levures les unes des autres, en se basant sur la forme : telles les levures hautes, les levures



basses, les *saccharomyces pastorianus*, les levures ellipsoïdales, les levures apiculées, etc.

La plupart des levures commerciales sont des mélanges assez complexes, et avec ce que nous savons déjà sur l'influence du milieu, on peut prévoir que telle levure qui existe en faible proportion dans un mélange, peut prendre le dessus sur ses voisines dans une expérience déterminée et sous certaines conditions. Nous verrons au Chap. IV les méthodes actuellement employées pour purifier les levures.

Autrefois on admettait qu'une levure pure devait d'abord présenter la même forme, à peu près la même grosseur, si elle était cultivée dans les mêmes conditions; elle devait se développer et mourir aux mêmes températures; elle devait fournir les mêmes produits en quantité et en qualité.

Souvent on profitait de la rapidité de développement d'une certaine levure; en l'ensemencant toutes les vingt-quatre heures dans un nouveau milieu, on finissait par la faire dominer complètement. C'est ainsi qu'on se débarrassait aisément des mycodermes, dont le développement est beaucoup plus lent, des bactéries par les milieux acides, des moisissures par le courant d'acide carbonique, ou encore on favorisait l'une aux dépens de l'autre, par des cultures alternatives dans du moût de bière et dans un milieu acidulé.



On pourrait encore se servir de l'action de l'épuisement par l'eau sucrée, en faisant des prises à divers moments pour ensemer un nouveau milieu sucré ou encore de l'influence de la chaleur.

Nous savons que le brasseur se débarrasse du *saccharomyces exiguus*, en faisant passer de temps en temps la fermentation par une température un peu élevée; d'autrefois la filtration suffit; les levures sauvages préfèrent plutôt les températures basses.

Ces divers moyens pour purifier les levures, bien que très imparfaits, ont cependant permis de distinguer un certain nombre de levures; et, à cet égard, il convenait de les relater brièvement.

**Vitalité de la levure.** — La durée de la conservation de la vie et surtout des qualités de diverses races de la levure, présente à la fois un intérêt scientifique et pratique.

Elle dépend non seulement de l'énergie de la race, de sa résistance aux agents extérieurs, mais encore de la variation de ceux-ci tels que température, lumière, oxygène, acidité du milieu, etc.

Nous savons que M. Pasteur a pu conserver vivante de la levure de bière mélangée à du plâtre pendant plus de dix mois et demi. M. Hansen a trouvé la levure apiculée vivante



après un séjour de deux ans dans le sol et M. Duclaux a vu des levures de bière vivantes après un séjour de quinze ans dans le liquide qu'elles avaient fait fermenter.

La lumière solaire leur paraît assez nuisible, surtout par les transformations chimiques auxquelles elle peut donner naissance; des petits matras Pasteur maintenus à l'abri du soleil, conservent la levure vivante pendant très longtemps; certaines races semblent cependant mourir très vite; c'est pourquoi on a la sage habitude ou de procéder à des rajeunissements fréquents ou encore de conserver la levure dans des solutions neutres de saccharose.

Mais la levure résiste beaucoup mieux à l'état desséché, et davantage à l'état de spores qu'à l'état de levures <sup>(1)</sup>.

C'est ainsi que j'ai eu entre les mains une levure de la canne à sucre, conservée sous la forme de vermicelle, dont la faculté fermentative n'avait pas varié depuis cinq ans; elle avait été apportée par M. Vassillière, Directeur de l'Agriculture.

D'autre part, des expériences de laboratoire m'ont montré que de la levure pure, desséchée

---

(1) La race, l'âge, l'origine, le mode de dessiccation (par l'air, l'acide sulfurique, la température élevée ou modérée), l'absence ou la présence de la lumière, l'épaisseur de la couche, etc., interviennent ici.



sur du papier buvard, était restée vivante pendant près de cinq ans; il y avait une différence de un à deux ans toutefois en faveur des spores de levures. La race elle-même joue ici un très grand rôle. Nous savons également que certains vigneronns dessèchent leurs lies d'une année à l'autre, et peuvent s'en servir avec avantage pour avoir de bonnes fermentations.

**Sucres fermentescibles.** — Les sucres de la formule  $C^6H^{12}O^6$  fermentent directement, d'autres ont besoin d'une hydratation préalable qui transforme le saccharose en glucose et en lévulose, le maltose en glucose, etc.

Sont donc fermentescibles le glucose, le lévulose, le galactose, le saccharose, le maltose, le lactose, le raffinose, etc.

Chaque sucre semble fermenter à sa manière, conformément à la résistance déterminée par les lois de la mécanique chimique. Les derniers essais de M. Fischer nous ont montré qu'il existe un rapport direct entre la constitution de la levure qui fait fermenter un sucre et ce sucre lui-même, il y a donc des levures de saccharose, de lactose, etc.

Il existe une véritable électivité des sucres et dans un mélange de deux sucres, tel sucre est attaqué de préférence par la levure *a*, tel autre par la levure *b*.

M. Dubrunfaut avait déjà observé qu'en sou-



mettant à la fermentation du sucre interverti, la rotation gauche initiale de la liqueur devenait constante jusqu'à ce qu'il y eut environ les deux cinquièmes du poids du sucre transformé en alcool; à partir de ce moment, la diminution de la rotation se faisait en progression géométrique quand les quantités d'alcool augmentaient en progression arithmétique, tandis qu'avec le glucose, la diminution de la rotation suit, dès le commencement, la formation d'alcool, de sorte que lorsqu'on arrête la fermentation, après avoir obtenu huit dixièmes de l'alcool qu'on peut produire, on trouve en dissolution un sucre gauche, le lévulose, plus difficile à attaquer.

La levure elle-même et toutes les conditions qui influent sur la fermentation alcoolique jouent ici un très grand rôle.

Il ressort, en effet, des expériences de MM. Gayon et Dubourg que certaines levures ont la propriété de faire fermenter le glucose de préférence au lévulose, de sorte que la rotation initiale à gauche du liquide augmente d'abord, passe par un maximum, revient à sa valeur initiale et décroît jusqu'à zéro.

D'autres levures, au contraire, font disparaître le lévulose plus vite que le glucose, telle le *saccharomyces exiguus*. Dans ce cas, la rotation initiale diminue, devient nulle, change de signe, passe à droite et redevient nulle :



Cette propriété élective spéciale pour le lévulose, est fortement influencée par la constitution du milieu de culture et la température ; c'est ainsi qu'à basse température, le lévulose peut disparaître en entier, avant que le glucose n'ait commencé à être attaqué.

L'exemple suivant nous fera voir l'influence de la levure et celle de la température ; de l'eau de touraillons, additionnée de 21,55 % de glucose d'une part, et de 21,22 % de lévulose, de l'autre, a étéensemencée avec deux levures pures 2 et 37 et abandonnée à 25 et à 35° ; le tableau donne les sucres disparus pour cent.

Levure	Température de 25°		Température de 35°	
	Glucose	Lévulose	Glucose	Lévulose
	Disparu	Disparu	Disparu	Disparu
2	98,3	92,1	78,6	69,3
37	97,7	89,2	91,6	83,1

M. Bourquelot a observé que dans un mélange de glucose et de lévulose, l'électivité peut être renversée, c'est-à-dire que c'est le sucre qui fermentait au commencement le moins vite, qui fermente à la fin plus vite, fait qui doit être attribué aux changements, aux modifi-



cations dans le milieu (dilution, alcool, température, acidité, etc.).

Certains sucres ne semblent fermenter qu'à moitié, c'est ainsi que M. Berthelot a constaté que la moitié du mélitose se transformait seulement en alcool, l'autre moitié restant sous la forme d'eucaline, isomère du glucose.

Un fait analogue a été constaté pour le mélitriose par M. Loiseau; ce savant a trouvé que la fermentation de ce sucre n'était complète qu'avec les levures basses, tandis que les levures hautes ne faisaient fermenter ce sucre que partiellement, c'est-à-dire au tiers; le mélitriose se dédoublerait en glucose et en une substance dextrogyre.

Un autre sucre qui a été l'objet de nombreuses recherches, surtout de M. Bourquelot, c'est le galactose; ce savant a démontré que ce sucre pouvait devenir fermentescible par entraînement. Lorsqu'on ajoute à des solutions de galactose, de faibles proportions de maltose, dextrose, lévulose, ou qu'on opère dans un liquide riche en matière azotée, certaines levures de bière peuvent transformer ce sucre en alcool, tout comme M. Péré a démontré que le *bacterium coli* attaque l'acide lactique gauche en présence d'acide lactique droit. Les levures de lactose m'ont également donné une fermentation alcoolique dans les solutions de galactose.



Quant à l'amidon et à la dextrine, les expériences de MM. Gayon et Dubourg nous ont montré que certains mucors donnent avec ces corps une véritable fermentation alcoolique; la dextrine est d'ailleurs transformée en alcool par le *Schizosaccharomyces Pombe*, levure d'Afrique que nous ne connaissons que depuis peu de temps.

Beaucoup de sucres ne sont pas encore fermentescibles, probablement parce que nous ne connaissons pas encore les levures appropriées; on admet cependant que les sucres dont le nombre d'atomes de C est divisible par trois, seront seuls fermentescibles; les pentoses ne le seraient donc jamais.

### Réactions microscopiques des levures.

— L'emploi des réactifs microscopiques pour les levures n'a qu'une importance tout à fait secondaire, mais il est utile d'en dire quelques mots.

Les levures contenant du glycogène se colorent en rouge brun par de la teinture d'iode.

L'acide picrique, l'acide osmique, l'hématoxyline font nettement ressortir le noyau cellulaire du globule de levure.

L'acide osmique colore les globules gras en jaune allant jusqu'au brun noirâtre; pour distinguer ces globules gras des cellules d'huile qu'on rencontre souvent dans les cellules du voile,



on traite successivement par l'alcool et l'acide sulfurique concentré ; les gouttelettes huileuses se colorent alors généralement en gris verdâtre et finalement en brun noirâtre.

Ce sont les spores qui se colorent, en général, le plus difficilement, mais conservent aussi le plus longtemps la matière colorante ; celle-ci est très facilement absorbée par la levure morte.

**Compte-levures.** — Lorsqu'on veut se faire une idée de la multiplication d'une levure, il faut ou peser la masse formée ou encore compter le nombre de globules de levure.

Dans ce dernier but, on se sert d'un compte-globules ; cet appareil se compose en général d'un porte-objets sur lequel on a collé un couvre-objets d'épaisseur connue et dans le milieu duquel on a pratiqué une ouverture circulaire ; le porte-objets est divisé en carrés de  $0^{\text{mm}},05$  de côté ; c'est dans la petite chambre ainsi formée, qu'on porte une gouttelette du liquide à étudier.

On commence, à cet effet, par prélever 50 centimètres cubes du liquide en fermentation bien agité et dilué au dixième (souvent on se sert d'acide sulfurique dilué au dixième, pour séparer les levures en grumeaux), afin d'avoir une répartition homogène de cellules ; il est bon que la densité du liquide soit telle que les cellules de levure puissent rester suspendues pendant quelques instants et tomber seulement au bout



d'un certain temps au fond pour être comptées ; il faut éviter la présence de l'air dans la chambre humide. On compte alors au grossissement de 300, le nombre de globules contenu, en moyenne, par carré ; chacun de ces carrés forme la base d'un prisme de  $0^{\text{m}^2},0025$ , de  $0^{\text{mm}},2$  de hauteur et de  $0^{\text{m}^3},0005$  de volume, unité de volume adopté.

On fait ensuite la moyenne des nombres de globules contenus dans un certain nombre de carrés, on répète cette opération quatre, cinq fois, et on établit la moyenne finale ; admettons que nous ayons trouvé 30 globules pour 5 carrés, on aura ainsi :

$\frac{30}{5}$  ou en réalité, dans le liquide primitif,

$$\frac{300}{5} = 60 \text{ globules.}$$



## CHAPITRE III

---

### COMPOSITION, NUTRITION AUTOPHAGIE DE LA LEVURE

**Composition de la levure.** — L'étude de la composition de la levure a de beaucoup précédé celle de ses propriétés comme être vivant; aujourd'hui elle ne présente qu'un intérêt tout à fait secondaire, parce que nous connaissons beaucoup mieux la levure : nous savons qu'elle est en voie de mutation continuelle, que le milieu de culture agit énormément sur sa composition, mais cette étude peut nous fournir néanmoins des indications précieuses sur la nature de la levure, sa manière de vivre, ses aliments de prédilection, c'est dans ce sens qu'elle pourra nous apporter quelques documents utiles.

De nombreux travaux sur ce sujet ont été faits par Mitscherlich, Mulder, Wagner, Dumas, Schlossberger, Payen, Liebig, Pasteur, Naegeli; ces savants ont constaté la présence des hydrates



de carbone (amidon, cellulose, glycogène), de matières protéiques et de matières minérales.

En délayant de la levure dans de l'eau alcoolisée et du chloroforme, sa densité a été trouvée de 1,180 environ ; elle doit évidemment varier beaucoup avec la nature de la levure, son âge, le mode d'alimentation, etc.

Voici, d'autre part, les résultats de l'analyse faite par différents savants sur de la levure privée, par des lavages répétés, des impuretés ; les nombres sont rapportés à cent de matières sèches et débarrassées de cendres.

Composition	Levure haute		Levure basse	
	Schlossberger	Mitscherlich	Dumas	Schlossberger
C	50,10	47,0	50,6	47,93
H	6,52	6,6	7,3	6,69
Az	11,84	10,0	15,0	9,77
O et S	31,59	36,4	27,1	35,61

On comprend aisément toutes les variations dans la composition d'un produit qui est en voie d'évolution chimique constante. On s'explique comment la levure haute peut être plus riche en azote, car restant moins longtemps en contact avec le liquide fermenté, elle lui cède beaucoup moins de matières azotées.

Le globule de levure est essentiellement com-



posé d'une enveloppe cellulosique, avec un protoplasma de nature albuminoïde.

Schlossberger a démontré avec netteté la présence dans la levure d'une enveloppe formée d'une matière analogue à la cellulose (30 à 37 %) et d'un contenu ressemblant à la matière azotée; il convient de dire que la levure ne contient pas toujours la même quantité de cellulose et cette cellulose n'est pas toujours la même; c'est ainsi que Pasteur et Liebig ont trouvé 17 à 18 % de cellulose; cette matière se forme probablement aux dépens du sucre.

M. Schutzenberger a démontré la présence d'une matière gommeuse.

M. Errera a reconnu la présence du glycogène qui peut monter jusqu'à 10 à 15 %; M. Laurent nous a montré que ce glycogène pouvait être formé aux dépens de beaucoup d'autres substances que la levure ne peut pas faire fermenter.

La levure contient également de la matière grasse atteignant environ 5 % de la matière sèche; pour les vieux globules dégénérés, cette teneur peut atteindre jusqu'à 20 %; la matière grasse de la levure est, en général, acide et composée des corps gras ordinaires et de cholestérine.

Loew a trouvé que le poids de cholestérine pouvait atteindre 0,06 % de la levure sèche; les vieux globules en contiennent parfois jusqu'à 0,5 % soit  $\frac{1}{50}$  du poids total de la matière grasse.



Cette matière grasse est sans doute également empruntée aux éléments du sucre; c'est ainsi que M. Pasteur a démontré la présence de matière grasse dans une levure cultivée dans une solution de saccharose additionnée d'extrait de levure, traité préalablement à plusieurs reprises par de l'alcool et de l'éther.

Quant aux matières azotées de la levure, leur teneur est très variable en quantité et sans doute aussi en qualité, comme ceci arrive pour les autres cellules végétales.

En résumé, nous voyons que les cellules de levure se rapprochent beaucoup des grands champignons.

Parmi les produits d'excrétion de la levure, il faut citer la leucine, la tyrosine, les acides volatils, etc.

L'analyse suivante, due à Belohoubek, nous renseigne sur la composition générale de la levure.

Composition	Levure fraîche	Levure desséchée
Eau . . . . .	68,02 %	"
Matières azotées . .	13,10	40,98
Matières grasses . .	0,90	2,80
Cellulose . . . . .	1,75	5,47
Matières amylacées .	14,10	44,10
Acides organiques. .	0,34	1,06
Matières minérales. .	1,77	5,54
Divers . . . . .	0,02	0,05



La richesse minérale de la levure est sujette à de grandes variations.

Levure haute		Levure basse	
Wagner	Mitscherlich	Wagner	Mitscherlich
2,5 ‰	7,7 ‰	5,3 ‰	7,5 ‰

Ces cendres sont surtout riches en acide phosphorique, potasse, magnésie, etc. ; Belohoubek nous a donné l'analyse suivante des cendres de levure :

Acide phosphorique . . . . .	51,1 ‰
Acide sulfurique. . . . .	0,57
Acide silicique . . . . .	1,60
Chlore . . . . .	0,03
Potasse . . . . .	38,68
Soude . . . . .	1,82
Magnésie . . . . .	4,16
Chaux . . . . .	1,99
Divers . . . . .	0,06

**Nutrition de la levure.** — La levure suit, comme toutes les plantes, les lois générales de la physiologie ; elle respire, assimile et modifie ses principes comme tous les êtres vivants ; il lui faut, comme nous l'avons vu par sa composition des principes minéraux, des principes azotés et des éléments hydro-carbonés.

**Alimentation minérale.** — M. Pasteur a le premier mis en évidence le caractère indispen-



sable de l'élément minéral pour la nutrition de la levure et l'accomplissement de la fermentation. Ce savant nous a montré que la fermentation pouvait avoir lieu dans un milieu formé d'eau sucrée, d'un sel ammoniacal (tartrate) et de cendres de levure; il a également montré qu'en supprimant les phosphates alcalins, la fermentation se ralentissait sensiblement; il en est encore de même si l'on porte les cendres de levure au rouge blanc et que les alcalis se volatilisent.

Pour se rendre un compte exact de l'utilité d'un élément minéral, il faut comparer, pour l'espèce étudiée le poids maximum de levure trouvé dans le milieu type, dans des conditions très favorables, à celui obtenu dans ce même milieu où on a supprimé cet élément; on peut encore étudier deux fermentations parallèles, tout à fait pareilles, dont l'une est complètement dépourvue de l'élément étudié, c'est ce que M. Raulin a pu réaliser pour l'*aspergillus niger*.

Mais pour tirer tout le profit de ces expériences, il faut être maître des deux conditions suivantes : 1° poids constant de la récolte; 2° poids de plante très élevé; or, ceci est difficile à réaliser pour la levure.

D'autres considérations rendent la solution du problème posé très délicate; il est fort difficile d'avoir des corps tout à fait purs, le sucre lui-même renferme toujours 0,006 % de soufre, la semence



apporte des éléments, les conditions biologiques de la levure (vie aérobie et anaérobie), sont très variables, l'âge de la levure, la nature de l'élément hydrocarboné, etc., influent beaucoup.

M. Mayer a fait les recherches les plus nombreuses sur l'alimentation minérale de levure; il a démontré que l'acide phosphorique et la potasse étaient des éléments indispensables pour la levure; la chaux peut faire défaut sans trop d'inconvénients, la magnésie est seulement utile.

On peut recommander comme milieu de culture les suivants :

Liquide Pasteur : Eau distillée 100 gr, sucre candi 10, cendres de levure 1, carbonate d'ammoniaque 1, (ou 0 gr, 1 de tartrate d'ammoniaque).

Liquide Cohn : Eau distillée 200 gr, tartrate d'ammoniaque 2, phosphate de potasse 2, sulfate de magnésie 1, phosphate bibasique de chaux 0,1.

Liquide Laurent : Sulfate d'ammoniaque 4gr,71, phosphate d'ammoniaque 0,75, sulfate de magnésie 0,1, par litre, le tout additionné de l'élément hydrocarboné à étudier.

Liquide Mayer : Sucre 15 grammes, phosphate de potasse 5, sulfate de magnésie 5, phosphate de chaux 0,5, nitrate d'ammoniaque 0,75 par litre, plus traces de bouillon Liebig.

**Alimentation azotée.**— Vers 1799, Fabroni avait déjà assimilé la levure à une substance azotée, de nature végétale, le gluten. Thénard



montra également que la levûre était très riche en azote.

Les aliments azotés se présentent sous trois formes : sels ammoniacaux, nitrates et matières albuminoïdes.

Quels sont ceux que la levûre préfère ?

L'assimilation de l'azote ammoniacal a été démontrée par les travaux de MM. Pasteur, Duclaux et Mayer.

M. Duclaux a opéré avec un liquide contenant 40 grammes de sucre, 1 gramme de tartrate droit d'ammoniaque, 15 grammes de levûre en pâte représentant 2<sup>gr</sup>,5 à l'état sec et renfermant 0,215 d'azote.

VARIATION DE L'AZOTE

Avant fermentation		Après fermentation	
		2 <sup>gr</sup> ,236 à 6,36 ‰ . . .	0,148
Levure . . . .	0,215	Sel ammoniacal. . . .	0,045
Tartrate . . .	0,152	Matière albuminoïde. .	0,150
	<hr/> 0,367		<hr/> 0,363

Il y a équivalence à quatre milligrammes près. Les trois quarts de l'ammoniaque avaient disparu; nous le trouvons dans la levûre et dans le liquide qui la baigne sous la forme de combinaisons azotées organiques, de matières albuminoïdes, tout comme ceci arrive chez les végétaux supérieurs; la levûre peut donc construire ses



matériaux albuminoïdes aux dépens des sels ammoniacaux.

D'après les expériences de Boussingault, les nitrates jouent un rôle des plus importants dans l'alimentation des végétaux supérieurs ; les travaux de Mayer et E. Laurent nous ont montré que, par contre, les levures ne pourraient pas les assimiler.

La levure ne peut se développer dans l'albumine de blanc d'œuf, la caséine, la fibrine ; nous savons que ces substances sont placées parmi les substances colloïdales non diffusibles à travers les membranes poreuses et peut-être aussi à travers les membranes cellulaires, c'est ce qui expliquerait leur non assimilation.

La levure peut fermenter dans le sérum du sang, du muscle ; ceci nous autorise à rechercher les aliments azotés de la levure parmi les matières albuminoïdes solubles dans l'eau et dialysables qu'on rencontre dans le sérum, ou encore dans les jus naturels (jus de raisins, etc.).

La levure s'accommode également de quelques substances organiques azotées telles que l'allantoïne, l'urée, l'acide urique, la guanine, la pepsine, etc.

L'assimilabilité de l'asparagine n'est pas démontrée, il y a peut-être transformation préalable de cette substance en aspartate d'ammoniacque, qui servirait à la nutrition de la levure comme sel ammoniacal.



Nous voyons que les substances azotées les plus impropres à l'alimentation de la levure sont les substances à composition complexe, pauvres en oxygène; les plus assimilables sont les sels ammoniacaux, les matières albuminoïdes peptonisées et quelques corps amidés.

On s'est souvent servi de l'eau de levure comme milieu de culture; ce milieu peut être très approprié à la condition qu'il ait été obtenu par macération avec de la levure jeune; avec la levure vieille on obtient trop de produits d'excrétion (créatine, créatinine), bien moins nutritifs.

La question de l'alimentation azotée de la levure est d'une grande importance pour certaines industries telles la brasserie, la boulangerie, la distillerie; la teneur en azote d'une levure peut devenir la cause d'avantages ou de déboires.

La richesse en azote d'une levure dépend de la race de levure, de son âge, de la richesse du milieu de culture, de la durée de l'expérience, de la température, etc; Kemps a pu constater de très grandes variations pour les diverses générations d'une même levure, de 9,18 % à 10,52 %.

Il est un fait connu en brasserie, c'est qu'une levure trop riche en azote devient paresseuse; pour diminuer cette teneur en azote, on cultive la levure à haute température dans un milieu sucré, minéral, fortement aéré mais dépourvu



d'azote ; le moût reprend ainsi vite l'azote de la levure. M. Hayduck a pu faire descendre des richesses en azote de levure de 9,57 à 7,89 ‰, de 9,07 à 8,28, de 9,02 à 7,03.

Des expériences faites avec deux levures de bière haute et basse, dans les mêmes conditions de température, et avec des moûts de richesse azotée différente, m'ont montré que la quantité d'azote prise au moût était toujours plus faible avec la levure basse qu'avec la levure haute ; cet exemple montre l'influence de la levure.

En général, lorsqu'on met en fermentation de l'eau sucrée avec de la levure, le poids de levure peut aller en augmentant, rester stationnaire ou diminuer pendant la fermentation suivant la proportion du sucre originaire ; mais le poids *total* de l'azote que la levure renferme à la fin de la fermentation est toujours inférieur à celui qui y existait au commencement.

Voici quelques nombres empruntés à une expérience de M. Duclaux qui le prouveront très nettement.

Analyse	Poids de sucre employé	Poids de levure sèche	Proportion d'azote ‰	Azote total de la levure	Azote total du liquide
Avant fermentation . .	gr. 40	2,501	8,63	0,215	0,152
Après fermentation . .	0	2,236	6,36	0,148	0,216



La quantité de sucre initial était très faible, la fermentation rapide et le poids de levure a varié très peu.

**Alimentation hydrocarbonée.**—La levure ne peut ni se multiplier, ni se nourrir sans la présence de matière hydrocarbonée ; c'est ce qui la différencie des végétaux supérieurs : étant pourvus de chlorophylle, ils peuvent élaborer eux-mêmes les hydrates de carbone dont ils ont besoin pour leur développement ; la levure est obligée d'emprunter ces éléments, directement ou indirectement aux végétaux munis de cellules chlorophylliennes.

Quels sont les aliments hydrocarbonés que la levure préfère ? Quels sont ceux dont elle peut se contenter ? Quels sont ceux qu'elle rejette ?

Pour fixer nos idées sur la valeur alimentaire d'un élément hydrocarboné, il suffit de l'ajouter au milieu Mayer ou Laurent, de constater comment la levure se comporte et de construire ensuite une échelle du pouvoir nutritif.

Comme le liquide Raulin pour la levure nous est encore inconnu, les résultats ne seront pas tout à fait exacts, mais ils nous renseignent d'une façon suffisante pour notre cause.

La composition du milieu même mise à part, il convient de signaler encore d'autres causes d'erreur, ainsi par exemple l'âge de la levure ; une vieille levure peut parfaitement vivre dans



un milieu impropre à la nutrition d'une jeune levure.

De plus, il y a lieu de signaler ici l'influence de la vie aérobie et anaérobie que nous examinerons plus loin ; c'est ainsi que certains aliments hydrocarbonés tels l'amidon, la dextrine ne peuvent être assimilés qu'au contact de l'air ; dans la famille des sucres nous en avons rencontré qui sont directement fermentescibles, d'autres seulement après inversion préalable, d'autres enfin ne sont fermentescibles que pour certaines levures, tel le lactose ; ceci nous montre l'influence de la race de levure employée.

MM. Pasteur, Naegeli nous ont fait voir que la levure de bière pouvait se nourrir de sucre, de mannite, de glycérine, de dextrine, d'amygdaline et de salicine.

M. Laurent a étendu beaucoup nos connaissances à cet égard et a groupé les hydrates en deux grandes classes.

La première comprend les corps incapables de nourrir la levure tels les alcools, les aldéhydes, les éthers, les acides gras (à l'état d'acides), les amides, le glyocolle, l'hydroquinone, la cellulose, etc.

Dans la seconde classe, nous trouvons les sels organiques : acétates, lactates, citrates, tartrates, malates, l'acide citrique, l'acide tartrique, l'acide malique, les succinates et les sucres, ensuite les



corps capables de devenir des sucres, les glucosides, la dextrine.

Il est évident qu'une telle classification ne peut être que provisoire.

L'assimilation de la salicine, de l'amygdaline, etc., des malates, des acétates, etc., est sans doute précédée d'une sorte de dédoublement à l'intérieur du globule de levure, comme cela a lieu dans la maturation des fruits.

**Glycogène.** — Lorsque la nutrition hydrocarbonée est suffisamment favorable, la levûre est capable de se faire des réserves hydrocarbonées constituées par du glycogène; ce fait a été constaté par MM. Pasteur, Béchamp, Duclaux, Naegeli, Errera, Loew et Laurent.

M. Pasteur avait observé qu'une levure bien nourrie donnait, par ébullition avec de l'acide sulfurique étendu, beaucoup de sucre, dû à la présence du glycogène.

La levure accumule et consomme constamment du glycogène. Ce travail s'accomplit à l'intérieur du globule de levure, probablement aux dépens du sucre d'abord; mais il ressort d'autres expériences que certains aliments hydrocarbonés y jouent aussi un rôle.

MM. Errera et Laurent nous ont montré que cette formation dépendait de beaucoup de facteurs parmi lesquels il faut citer l'acidité, l'aération, etc.



Ce dernier savant a observé la production du glycogène dans les colonies d'une levure de trois jours sur du moût de bière gélatinisé; sa production aux dépens de l'acide succinique, du succinate d'ammoniaque, des lactates, de la glycérine, de la mannite, de la salicine, asparagine, amygdaline, peptone, des sucres, etc.

La présence du glycogène dans le globule de levure, se reconnaît à la coloration brune foncée de ces globules, lorsqu'on les traite par de la teinture d'iode; cette teinte disparaît par chauffage à 60°; le glycogène se montre surtout à la fin de la fermentation principale et disparaît par fermentation spontanée de la levure.

M. Laurent a cherché à le doser à l'aide des trois procédés suivants :

- 1) En transformant le glycogène par les acides en sucre réducteur, sans altérer les membranes.
- 2) En pesant un poids de levure bien nourrie, à réserve abondante, en épuisant un poids égal par autophagie et déterminant la perte de poids.
- 3) En dosant la quantité d'alcool produite par un poids de levure soumise à l'autophagie et en en déduisant la quantité de matière sucrée consommée.

M. Laurent a ainsi pu constater des teneurs en glycogène de 32 à 58 %<sub>0</sub>. M. Clautriau a tout récemment obtenu des nombres analogues.



**Autophagie.** — Lorsque la quantité de levure n'est pas supérieure à 40 % du poids du sucre, la fermentation s'arrête toujours franchement; mais si le poids de levure devient voisin du poids du sucre, la fermentation continue, après disparition du sucre, d'autant plus longtemps que le poids de levure employée est plus grand.

Lorsqu'on a une fermentation pure, le gaz dégagé est de l'acide carbonique pur, qui peut souvent dépasser jusqu'à deux fois le poids normal calculé; la proportion d'alcool augmente également de jour en jour et on en obtient souvent une quantité plus grande que celle résultant du sucre (en apparence); c'est le phénomène de l'autophagie de la levure.

On peut l'observer facilement en abandonnant de la levure dans l'eau ordinaire additionnée d'antiseptiques (créosote, phénol, etc.).

C'est à MM. Schutzenberger et Destrem que nous devons la plupart des résultats connus; ces savants ont comparé la composition initiale et finale de deux masses égales de levure laissées pendant le même temps, vingt-quatre heures, dans une étuve à 30°; l'une abandonnée à elle-même, l'autre mise en présence de deux fois son poids de sucre.

Ils ont constaté une augmentation notable du poids de cellules vivantes, dans le cas où il y a



eu addition de sucre; fixation de C, H, O; élimination d'azote pendant la fermentation, en rendant soluble l'azote déposé à l'état insoluble dans les tissus de la levure. En l'absence de sucre, la levure a diminué de poids, la perte a surtout porté sur le C transformé en acide carbonique.

Mais dans les deux cas la partie soluble est moins riche en C et plus riche en O que la partie insoluble; il y a donc eu oxydation de la partie soluble dans l'eau chaude aux dépens de l'autre partie.

Si nous comparons le phénomène d'autophagie à celui de la fermentation, nous pouvons dire que si la levure est abandonnée à elle-même sans sucre, la désassimilation l'emporte sur l'assimilation; mais, en général, on peut admettre que c'est tantôt l'une, tantôt l'autre, qui marque le pas. La décomposition du sucre continue, en effet, très longtemps dans l'intérieur des globules de levure.

Si l'on épuise la levure par lavages répétés on obtient différents produits: de l'albumine, une gomme, de la leucine, de la tyrosine, de la xanthine, de la guanine qui sont des produits de dédoublement des matières protéiques primitivement insolubles dans le globule de levure.

---



## CHAPITRE IV

---

### LEVURES PURES

**Généralités.** — La différenciation des levures présente à la fois un intérêt pratique et un intérêt théorique. Il est, en effet, très important de savoir si les diverses levures dont on a affirmé l'existence, sont aptes à donner des produits différents ; si les troubles dans les fermentations industrielles doivent être attribués aux levûres sauvages. D'autre part, au point de vue physiologique, les travaux effectués avec des espèces pures peuvent seules entrer en ligne de compte ; les moyens indiqués au Chap. II pour la différenciation n'étaient pas suffisants, il fallait obtenir des espèces pures.

**Appareils, instruments, milieux de culture.** — Les appareils nécessaires pour la culture des levures sont ceux qui servent à l'isolement des différents microbes : les tubes à essai, les vases de Piétri, les matras Pasteur, les ballons Pasteur, les flacons de Hansen, des chambres



humides, l'autoclave Chamberland, le four à flamber, une étuve Pasteur, etc.

Les milieux de cultures sont ou solides ou liquides ; on se sert de solutions sucrées artificiellement ou encore d'infusions comme l'eau de touraillons, eau de levure, eau de malt ou encore des jus naturels comme les jus de raisins, de pommes, de navets, de carottes, etc. ; pour l'état solide, on les additionne de 7 à 8 % de gélatine ou de 2 % de gélose ; leur stérilisation a lieu d'après les méthodes usuelles : par chauffage à l'autoclave, ou encore au bain-marie à l'ébullition pendant trois jours consécutifs à vingt-quatre heures d'intervalle.

#### MÉTHODES DE PURIFICATION DES LEVURES

a) **Méthodes physiologiques.** — Les diverses espèces de levures qui se trouvent dans un mélange, dans une lie, par exemple, se multiplient inégalement, en raison de leur nature différente, si on les cultive, aux mêmes températures, dans un même milieu nutritif. Ce sont les espèces qui se trouveront dans des conditions les plus favorables, qui se multiplieront principalement.

Le hasard joue évidemment un grand rôle ici ; les espèces vigoureuses peuvent bien



prendre le pas sur les autres, mais les espèces plus chétives peuvent encore être présentes et n'attendre que des conditions plus favorables pour se développer.

L'habileté de l'opérateur est pour beaucoup dans la réussite. M. Pasteur s'est servi de cette méthode ; il a opéré avec une solution sucrée additionnée d'acide tartrique, favorisant ainsi les levures aux dépens des microbes qui préfèrent les milieux alcalins, et il a pu obtenir des levures tout à fait pures ; il va de soi que le microscope a dû être souvent consulté.

Nous avons appris depuis, par les travaux de Hansen, que l'acide tartrique favorisait souvent les levures sauvages, à tel point que ce sont ces dernières qui peuvent prendre le dessus et l'on obtient ainsi des espèces qu'on ne désirait pas.

Le procédé Effront à l'acide fluorhydrique paraît donner des résultats analogues ; le développement des levures sauvages et des myco-dermes peut parfois être plus considérable que celui des levures de culture.

*b) Méthodes de dilution.* — Le principe de cette méthode est de diluer le liquide contenant les organismes à purifier, de telle façon qu'on n'a plus qu'une seule cellule dans un volume donné de liquide.

Lister s'est servi le premier de cette méthode



dans l'étude des ferments lactiques ; il détermina, à l'aide du microscope, le nombre de bactéries prises dans une gouttelette de lait caillé, en examinant plusieurs champs microscopiques ; il estima ensuite la dilution à obtenir par addition d'eau stérilisée pour avoir moins d'une bactérie par gouttelette.

Cette méthode a été employée par Naegeli, Fitz, Pasteur ; M. Pasteur a desséché une petite portion de levure et l'a mélangée en poudre fine avec du plâtre ; on a laissé tomber cette poussière d'une certaine hauteur au-dessus d'un certain nombre de matras contenant des moûts stérilisés ; une partie s'est peuplée, l'autre est restée stérile.

Cette méthode déjà très parfaite a été perfectionnée par M. Hansen ; ce savant commence par diluer la levure développée, dans une proportion quelconque, avec de l'eau stérilisée ; on secoue vivement le liquide et on compte le nombre de cellules contenues dans un centimètre cube, en mettant une gouttelette sur le couvre-objets quadrillé et placé sur la chambre humide.

Connaissant ainsi le nombre de globules contenues dans une portion quelconque de liquide, on peut le diluer de telle sorte qu'un centimètre cube du mélange définitif contienne 0,5 de cellules ; si l'on fait alors la répartition



du liquide entre plusieurs ballons, quelques-uns pourront recevoir plusieurs globules, d'autres un seul (donnant lieu ensuite, par sa multiplication à une seule tache), d'autres aucun.

Supposons maintenant, pour fixer les idées, qu'une goutte contienne cinq cellules ; portons une goutte d'égale grosseur dans un matras Pasteur contenant dix centimètres cubes d'eau distillée stérile ; il y aura alors quelques chances que ce ballon ne renferme que cinq globules de levure ; secouons fortement et faisons tomber un centimètre cube dans dix autres matras Pasteur contenant du moût stérile, laissons reposer. Au bout de quelques jours, on remarquera une, deux, trois ou plusieurs taches blanches au fond de quelques-uns de ces matras ; il y a culture pure dans les matras ne contenant qu'une seule tache.

c) **Méthode des gouttelettes de Lindner.**

— M. Lindner a modifié cette méthode d'une façon très ingénieuse ; il prélève avec une pipette flambée un peu du mélange de levure diluée et touche successivement un certain nombre de points d'un vase stérile de Piétri, partout où il y aura une cellule vivante, il y aura une tache.

On voit que cette méthode revient à mélanger de la levure avec du moût stérilisé dans des proportions telles que les gouttelettes portées sur le couvre-objets ne renferment pas plus de



une à deux cellules ; on porte le couvre-objets sur la chambre humide et on suit la germination, sous le microscope, du globule de levure, son mode de multiplication, pour le différencier des autres impuretés qui y sont mélangées ; on peut donc s'assurer ainsi de la culture pure et en comptant le rang occupé par la gouttelette en porter une trace à l'aide d'un papier buvard flambé ou de la boucle de platine dans un matras Pasteur ou un tube à gélatine.

d) **Méthode des milieux solides.** — La méthode des milieux solides (milieux gélatinisés) a été inventée par Koch ; on a recours à la gélatine, à la gélose, à la gélose gélatinisée ou encore à la gélatine glycélinée.

M. Koch avait préconisé la gélose parce que 1° elle ne se liquéfie qu'à une température plus élevée que la gélatine et peut ainsi servir pour les cultures de microbes exigeant des températures de 38 à 40° ; 2° elle peut supporter la cuisson plus longtemps ; 3° beaucoup de microbes liquéfient la gélatine.

La gélatine présente les avantages suivants : 1° elle fond à plus basse température et est plus commode pour obtenir la séparation des germes ; 2° elle donne un milieu facilement clair ; 3° les colonies de microbes se présentent avec des caractères morphologiques plus tranchées.

*Mode opératoire.*—On commence par délayer



une parcelle de la culture impure dans une grande quantité d'eau stérilisée, et on introduit une goutte du nouveau mélange dans un bouillon gélatinisé rendu préalablement liquide; après agitation, on verse le contenu sur une grande plaque de verre recouverte ensuite d'une cloche; les colonies se forment et il ne reste qu'à les étudier. Si la dilution est suffisante, et si l'agitation a été convenable, on obtient des cultures très pures.

On peut aussi tremper un fil de platine terminé en boucle très étroite dans le mélange et le plonger successivement dans six à sept tubes contenant le milieu gélatinisé nutritif; les tubes sont bien agités et couchés presque horizontalement pour étendre la gélatine sur une certaine longueur. Deux ou trois colonies se développent dans certains tubes; on les ensemeince en milieu liquide et on vérifie leur pureté par le microscope. On peut arriver ainsi à une séparation parfaite, ainsi que j'ai pu m'en convaincre, en mélangeant à dessein des levures de vin, de cidre et des levures roses.

M. Hansen a perfectionné cette méthode; la gélatineensemencée est étalée sur un couvre-objets quadrillé en couche assez mince pour pouvoir être étudiée au microscope.

Par une dilution convenable, on n'a que peu de germes dans le milieu gélatinisé sur le



couvre-objets de la chambre humide ; on marque la place du germe et on peut poursuivre sa prolifération du commencement à la fin.

Les colonies suffisamment développées sont introduites dans un milieu liquide à l'aide du fil de platine stérilisé. Dans toutes ces méthodes, le passage à l'air peut devenir une cause d'infection, mais avec un peu de soins, on arrive facilement à s'en préserver, surtout si l'on fait l'ensemencement le matin, avant que le balayage ait soulevé les poussières du laboratoire et pas n'est besoin de se servir d'une caisse spéciale, sorte de chambre en verre.

Il est hors de doute que la méthode Hansen sur milieu solide a fait faire un grand progrès aux recherches de bactériologie en général.

Mais la culture sur milieux solides n'est pas sans défauts dont le principal consiste en ce que la nourriture n'arrive aux germes que par diffusion, et si lentement, que quelquefois les germes peuvent mourir avant leur développement ; les milieux liquides, au contraire, facilitent énormément la vie de ces germes.

#### DIFFÉRENCIATION DES LEVURES. GÉNÉRALITÉS

Par l'une ou l'autre des méthodes, nous avons pu isoler un certain nombre d'espèces issues d'une cellule unique ; il importe de les diffé-



rencier maintenant : nous avons à notre disposition des caractères d'ordre morphologique, chimique et physiologique.

*A priori* on peut admettre que l'aspect du globule de levure peut dépendre d'une foule de conditions : entre autres de la phase de développement dans laquelle se trouve le globule ; ainsi dans la période de croissance, le protoplasma est hyalin et homogène ; à mesure que l'activité végétative augmente, nous apercevons des corpuscules de différentes natures : des portions transparentes, remplies de liquide (vacuoles), de matière grasse, de grains de protoplasma condensé (granules de Raum) ; la consistance devient granuleuse avec l'âge, et si l'on met les vieux globules dans un moût fermentescible, les granulations disparaissent d'abord, puis les vacuoles et finalement on a un protoplasma tout à fait homogène.

Le globule de levure renferme également des noyaux qu'on peut apercevoir par la coloration à l'hématoxyline et à l'alun.

Hieronimus qui les a étudiés a constaté qu'ils se présentaient surtout dans des solutions de lactose et de saccharose ; ils sont disposés en spirales, en chapelets ou rassemblés en groupe.

On voit que le globule de levure est loin d'être identique à lui-même suivant son âge, les conditions dans lesquelles il se trouve, etc.



C'est ce qui a permis à M. Pasteur de dire que la levure est une réunion de cellules qui ne sauraient être individuellement identiques. Chacune des cellules a des propriétés d'espèce et de race qu'elle partage avec les cellules voisines et, en outre, des caractères propres qui la distinguent et qu'elle est susceptible de transmettre à des générations successives.

Passons maintenant en revue ces différents caractères et étudions les modifications qu'ils peuvent subir.

**Forme. Dimensions.** — La forme des cellules de levures est très variable ; il y en a de rondes, d'elliptiques, d'ovales ; d'autres présentent la forme de poires, de boudins, de citrons, de bouteilles, de filaments, d'outres, etc. ; cette forme dépend de la nature de la levure, de l'âge, de la température, de l'acidité du milieu, de sa nature, de sa richesse en principes nutritifs, de la présence ou de l'absence d'oxygène, des conditions extérieures ; ainsi les levures de bière sont ovales ou rondes, celles du vin rondes, elliptiques, les levures de fermentation secondaire sont elliptiques ou ont la forme allongée (*saccharomyces pastorianus*), les levures apiculées ont la forme de citron, le *saccharomyces Ludvigii* la forme en bouteille, le *saccharomyces Pombe* la forme oïdium.

Les globules vieux ont le protoplasma gra-



nulé, réfringent ; il ne remplit pas entièrement l'enveloppe, qui, de ce fait, paraît double.

A mesure que le globule vieillit, on voit apparaître une ou deux vacuoles, remplies de suc cellulaire, possédant à l'intérieur un petit grain plus réfringent ; peu à peu ces petits globules granulaires se condensent ; l'intérieur, chagriné, devient très réfringent ; le protoplasma se contracte, l'enveloppe perd son contour turgescent et on aperçoit des globules gras, brillants.

La température élevée agit de la même façon que l'âge : les globules ayant subi une température trop forte ont l'aspect souffreteux ; c'est ainsi que Hansen, en faisant développer une levure de bière basse alternativement aux températures de 27° et de 7° 1/2 a pu observer des colonies enchevêtrées avec ramifications mycéliennes, indice de souffrance, mélangées à des globules normaux.

L'acidité agit encore sur la forme des levures qui s'allongent outre mesure ; elle gêne moins les levures de vin habituées à vivre dans des milieux acides, mais cependant, on trouve souvent dans les lies des globules très allongés ; les levures de lait habituées au milieu neutre, deviennent excessivement rameuses dans des milieux acides.

Une richesse saccharine trop forte fait souffrir les globules à la longue, tandis qu'une richesse



normale les fait gonfler, en donnant lieu à des dépôts de glycogène ; l'absence de sucre favorise la formation des spores.

La présence ou l'absence d'oxygène peut encore modifier la forme ; après absorption de l'oxygène, les cellules deviennent ovales ou globuleuses, les articles courts et moins volumineux, et leur protoplasma est fluide et rempli de vacuoles transparentes.

Les dimensions suivent de près ces variations de forme : dans les moments de souffrance, la largeur diminue, la longueur augmente.

Cette grande variabilité des formes montre combien Pasteur avait raison de dire que des formes en apparence distinctes appartenaient souvent à une même espèce et que des formes semblables peuvent cacher des différences profondes.

Par suite de ces variations de forme et de dimensions, les caractères morphologiques ne peuvent qu'exceptionnellement servir à la détermination d'espèces comme les levures apiculées, les levures hautes, etc.

**Bourgeonnement.** — Tantôt les globules-filles restent attachés pendant un certain temps au globule-mère, tantôt ces cellules sont isolés ; nous avons ainsi la levure haute et la levure basse. Primitivement, ces désignations s'appliquaient surtout aux levures de brasserie (*fig. 1*).



M. Pasteur nous a déjà montré que le bourgeonnement d'une cellule ne se fait pas du tout de la même façon selon qu'elle est jeune ou qu'elle a vieilli hors du milieu nutritif.

Les levures hautes montrent des globules presque sphériques ou très peu allongés, de



Fig. 1. — *a*, levure haute; *b*, levure basse.

grosueur assez forte; les cellules des générations diverses restant attachées les unes aux autres, elles finissent par constituer des paquets rameux, ou chapelets; ce n'est que lorsque la fermentation est terminée qu'on peut trouver des globules isolés.

Ces levures aiment les températures élevées; elles montent à la surface des moûts, soulevées



par l'acide carbonique et y forment une sorte de chapeau très adhérent aux parois.

Les levures basses, par contre, montrent rarement le bourgeonnement en chapelets ; leurs globules se détachent facilement du globule-mère, et sont généralement deux par deux ou isolés ; elles font fermenter le moût à basse température et restent au fond des vases de fermentation.

Le bourgeonnement n'est pas le seul mode de multiplication des levures ; ainsi pour le schizosaccharomyces Pombe, le schizosaccharomyces octosporus, etc., la multiplication a lieu par cloisonnement.

Celles-ci présentent des cellules cylindriques, arrondies aux extrémités, de grandeur assez variable, et, en général, d'autant plus grandes que le milieu leur est plus favorable ; on voit peu à peu une sorte de tuyau se former, s'allonger, jusqu'à prendre la longueur de la cellule originale à laquelle il finit par ressembler complètement ; quelquefois plusieurs cellules, restant attachées les unes aux autres, présentent des excroissances en forme d'outres très-allongées. Les cloisons s'observent, en général, vers le milieu de la cellule et peuvent être diversement dirigées.

Le protoplasma, assez homogène, présente de fines granulations par endroits.



Comme intermédiaire entre le bourgeonnement habituel et celui par cloisonnement, nous avons le mode de multiplication du *saccharomyces Ludvigii* : Les jeunes cellules présentent des formes assez régulières ; elles sont légèrement ovales et s'accroissent dans le sens de la longueur ; quand la cellule a atteint une certaine dimension, il se forme une cloison transversale généralement au milieu. Au bout de quelque temps, lorsque la tension interne est devenue trop forte, il se produit dans cette cloison une séparation et les deux nouvelles cellules s'arrondissent aussitôt ; en général, ces cellules restent liées ensemble par un point, autour duquel elles tournent comme autour d'une charnière, puis elles se séparent.

**Aspect du dépôt.** — La levure peut flotter rester en suspension, se coller au fond des ballons, se prendre en grumeaux, se tasser, grimper le long des parois etc. ; elle clarifie ainsi le liquide fermenté plus ou moins vite.

M. Hansen a observé, en 1884, que certains *saccharomyces* semblent sécréter un réseau gélatineux qui se présente sous la forme de cordes ou de lames entre lesquelles sont logés les globules ; cette sécrétion gélatineuse paraît jouer un rôle dans la formation en grumeaux. On peut observer ce réseau, soit dans la formation des voiles, dans les cultures sur gélatine ou



encore en mettant une faible quantité de levure de brasserie au fond d'un bocal couvert et laissé en repos ; la levure, est ainsi desséchée lentement, et délayée dans l'eau à nouveau, elle montre nettement ce réseau.

La nature et la quantité des aliments azotés, la densité des globules, l'excès de principes nutritifs, la race de la levure, etc., paraissent intervenir dans ce phénomène.

**Voiles.** — Lorsqu'une levure a donné lieu à une fermentation alcoolique, elle ne vieillit pas totalement ; une partie des globules se mettent à bourgeonner au contact de l'air et vient former soit un voile mycodermique à la surface du liquide, soit une couronne, un anneau sur la ligne de contact de cette surface avec les parois du ballon ; la levure vit ainsi comme une moisissure, en large surface ; elle absorbe l'oxygène de l'air et brûle, grâce à lui, les diverses matières hydrocarbonées. Exemple, la pellicule mycodermique de la myco-levure.

D'après M. Pasteur, toute levure peut se présenter sous deux états : anaérobie pendant la fermentation et aérobie après la fermentation ; c'est alors qu'elle montera à la surface pour vivre au contact de l'air, comme une moisissure.

L'aérobie de la levure haute apparaît en petits mamelons isolés à la surface du liquide fermenté



en cellules d'aspect sphérique, bourgeonnant en paquets rameux.

L'aérobie de la levure basse rappelle la levure basse par ses formes, ses dimensions, son mode de bourgeonnement.

Ces levures aérobies ont une existence indépendante de celle de la levure-mère, et le voile qu'elles forment se disloque très facilement.

M. Will a constaté que la formation des véritables cellules du voile est toujours précédée de celle de petites cellules qu'il a considérées comme « la première génération des cellules à voiles ».

Dans les vieilles cultures de voiles, on peut trouver toutes les formes cellulaires jusqu'aux formes très allongées presque mycéliennes, avec ramifications très nombreuses : formes en boudins avec de larges vacuoles, cellules tubuliformes, etc. On voit aussi des formes en poire, en citron, en massues ; ces cellules peuvent atteindre 24, 40 et jusqu'à 100  $\mu$  ; on y a observé également des cellules sporulées, d'autres qui présentaient un noyau très net. Les voiles ne se forment pas à toutes les températures.

D'autre part, la formation du voile peut être complète, sans que la fermentation principale soit terminée, comme j'ai pu le constater avec des levures de banane, d'ananas qui donnent lieu à des voiles dans les vingt-quatre heures ; la nature du sucre lui-même intervient. Lorsqu'on agite ce



voile, des fragments tombent au fond et le voile lui-même se renouvelle, il en résulte que la clarification de pareils liquides est difficile.

Beaucoup de levures donnent naissance à un voile plus ou moins rapidement; l'immobilité du liquide, l'accès libre de l'air à la surface du liquide sont des conditions essentielles du phénomène. M. Will a constaté que l'aération favorise beaucoup la formation des voiles; la température, l'acidité du milieu jouent également un certain rôle.

Ces voiles sont plus ou moins épais, d'aspect variable; ils se déposent plus ou moins vite; quelquefois ce voile s'épaissit jusqu'à prendre la forme d'une peau grisâtre et plissée; ceci arrive surtout dans les milieux acides, comme je l'ai constaté avec les levures de bananes.

Certaines levures forment des voiles très minces d'un gris mat; d'autres, des voiles épais en forme de bourrelets glutineux, farineux, secs ou brillants; les globules du voile sont très allongés.

M. Hansen a observé qu'on peut caractériser les races par les températures limites (6 à 40°) entre lesquelles la formation des voiles peut avoir lieu, par le temps que celle-ci exige à une température déterminée, enfin par l'apparence des cellules du voile.

Cette formation des voiles s'accompagne tou-



jours d'une décoloration du moût : elle se manifeste surtout dans les ballons un peu grands et aux températures élevées.

M. Will a constaté qu'on pouvait déceler la présence des cellules de voile dans la levure du dépôt à l'aide de l'acide sulfurique concentré : ces cellules sont remplies de gouttes d'huile que cet acide colore depuis le gris verdâtre jusqu'au brun noirâtre.

**Anneau. Couronne.** — Le voile occupe quelquefois toute la surface du liquide uniformément ; d'autres fois il reste attaché aux parois.

Ces voiles changent d'aspect avec l'âge, comme nous l'avons vu ; les voiles épais, lourds, tombent peu à peu au fond, et il ne reste finalement qu'un voile extrêmement léger et mince ; souvent, il s'est formé, le long des parois, un véritable anneau de cellules à enveloppe épaisse ; les globules y sont très allongés comme ceci a lieu sur la gélatine ; dans cet anneau, on trouve souvent des globules à spores, notamment dans les solutions minérales, renfermant du phosphate acide de potasse, du sulfate de magnésie, de l'acide citrique, de la peptone et du saccharose.

Certaines levures forment un anneau ou une couronne très accusée ; chez d'autres, elle est très faible, quelques-unes enfin, ne la possèdent jamais.



**Spores.** — Cagniard de Latour et Schwann avaient constaté vers 1839 que les levures, se multipliaient de deux façons : à la manière des champignons, par bourgeonnement de nouvelles cellules à leurs extrémités ou encore par formation, dans l'intérieur des cellules de petits corps qui devenaient libres par la rupture des cellules mères.

La première description de ces petits corps, ou spores fut faite par MM. de Seynes et Reess vers 1869 ; Reess nous a montré que, placée dans un milieu non nutritif, la levure fructifiait par sporulation interne.

Lorsqu'on abandonne la levure en masse pâteuse sur des tranches de carottes ou de pommes de terre, on peut apercevoir, au bout d'un certain temps, variable avec les espèces, à l'intérieur du globule, la masse protoplasmique devenant finement granuleuse, avec de petites vacuoles qui disparaissent peu à peu ; en même temps, on observe des globulins gras de grosseur variable et des corpuscules de protoplasma arrondis ; ces amas de protoplasma condensé s'entourent bientôt d'une paroi apparaissant plus ou moins distinctement suivant l'espèce ; ils forment dans la cellule un îlot qui bientôt se cloisonne pour donner des gonflements de deux, trois, quatre amas ou plus avec un noyau plus réfringent, ce sont les spores des levûres.



Dans cette transformation, chaque cellule est devenue une thèque dont la forme varie suivant le nombre de spores qu'elle renferme ; elliptique, lorsqu'elle contient deux spores, triangulaire avec trois spores, losangique ou tétraédrique avec quatre spores.

Ces spores sont les organes de résistance du globule de levure vis à vis des agents extérieurs ; leurs contours sont assez nets, elles sont plus riches en protoplasma et plus pauvres en eau ; quelquefois leur formation est précédée de celle d'une ou plusieurs vacuoles ; d'après certains auteurs et chez quelques levures, le granulum se partage en deux parties, lors de la formation des spores.

Reess, plaçant les levures parmi les ascomycètes les appela « ascospores ».

Engel a étendu de la levure fraîche, lavée à grande eau, à la surface d'un bloc de plâtre maintenu humide ; les spores s'obtiennent ainsi facilement et c'est une des méthodes les plus fréquemment employées.

M. Elion se sert de cubes de porcelaine dé-gourdie, faciles à nettoyer.

Les spores peuvent être obtenues dans beaucoup d'autres cas : chaque fois qu'on soumet la levure à l'inanition, en masse pâteuse, sur du papier à filtrer maintenu humide (lorsqu'on la place dans l'eau de levure, sur de la gélatine



stérilisée et solidifiée) ; quelquefois on en rencontre dans les voiles ; on obtient également des spores enportant de la levure jeune dans des solutions de lactose additionnée de traces de bouillon Liebig (Duclaux). M. Pasteur en a observé, en abandonnant une levure épuisée dans une solution de saccharose.

Le nombre des spores obtenu peut être de deux, trois, quatre jusqu'à dix ; leur grandeur varie de  $2\frac{1}{2}$  à  $6,4\ \mu$ . Leur forme est, en général, ronde, plus ou moins circulaire, en rognons, en fèves (*S. marxianus*) ou a l'apparence d'un chapeau (*S. anomalus*).

M. Beyerinck a également constaté que la formation des spores chez le schizosaccharomyces octosporus (à huit spores) était précédée de celle de huit noyaux ; peut-être en est-il ainsi pour d'autres espèces.

La structure anatomique des spores est très variable, elle a servi à M. Hansen à différencier les espèces.

Ce savant a observé que les levures de culture développaient leurs spores, à certaines températures, plus tardivement que les levures sauvages ; les jeunes spores des bonnes levures présentent une membrane distincte à contenu irrégulier, granuleux, muni de vacuoles ; celles des levures sauvages, au contraire, ont généralement une membrane peu apparente, avec un



contenu réfringent, homogène ; ces spores sont, en outre, plus petites ; mais ces caractères n'ont rien d'absolu.

En général, la formation des spores, dépend beaucoup de l'état des cellules : les globules de levure peuvent s'être formés à haute ou à basse température, être jeunes ou vieux, faibles ou vigoureux, sortir de tel ou tel milieu ; aussi pour tirer un profit réel de cette formation des spores au point de vue de la caractérisation des espèces, il faudrait toujours opérer avec une levure du même âge, la rajeunir le même nombre de fois, de la même façon, la maintenir à la même température, en un mot opérer avec un milieu type.

Resterait à chercher ensuite le meilleur mode opératoire pour obtenir le plus rapidement le plus grand nombre de spores possible dans le plus grand nombre de globules.

On admet que, pour la formation des spores, il faut des levures jeunes, vigoureuses, un support poreux modérément humide, abondance d'air, absence d'aliments et température convenable.

Certaines levures donnent très difficilement des spores ; j'ai remarqué que les levures de vin en donnent plus facilement que les levures de bière ; quelques levures de vin sporulent même dans le liquide fermenté, ainsi que le *S. Ludvigi*, le *schizosaccharomyces Pombe*, le *S. Bailii*.



La faculté de former des spores se perd quelquefois, notamment, si on laisse vieillir la levure, mais elle peut reparaitre au bout d'un certain nombre de générations (4, 6, 10); les cellules qui proviennent de la germination de spores ne donnent pas forcément des cellules à spores.

Pour la différenciation des espèces, on est convenu de comparer les temps nécessaires à la formation des premières spores; ce temps n'est pas fixe; il est, au contraire, variable, et dépend entre autres du nombre et de la durée des rajouissements qu'a subis la levure avant d'être mise à l'inanition (Hansen).

Aderholdt suppose qu'il existe une relation entre la rapidité de formation des spores et la résistance plus ou moins grande de la levure à l'alcool; des expériences personnelles, faites avec différentes levures, m'ont montré qu'on peut se trouver en présence de tous les cas possibles et qu'il n'existe pas de liaison entre les deux phénomènes.

Peut-être y a-t-il certain rapport entre la formation des spores et la richesse en azote des globules de levure; M. Van Laer croit que les levures riches en azote forment leurs spores plus tard; la qualité de l'aliment azoté, du milieu où les levures se sont développées peuvent jouer ici un certain rôle.

La température et surtout les températures



limites sont parmi les facteurs les plus à envisager dans cette étude : la sporulation est, en général, lente à basse température ; elle est plus rapide quand la température augmente jusqu'à une température optima, puis se ralentit ; les températures limites sont comprises entre 1 à 37° 1/2 ; le plus grand nombre des levures forment des spores entre 15 et 25° ; ce sont surtout les températures extrêmes qui servent à distinguer les espèces.

En prenant comme abscisses les températures et comme ordonnées les temps nécessaires à la sporulation, M. Hansen a pu voir que les courbes obtenues pour six espèces avaient une grande ressemblance.

Il a constaté de plus que les différences de temps pouvaient devenir très grandes aux températures inférieures, tout en restant presque insensibles aux températures voisines de 25 à 30°.

Ainsi, pour deux levures dont les spores se forment vers 25-30°, à peu près au bout du même temps, aux températures inférieures à 15°, on trouve les différences suivantes :

*S. Cerevisiae* à 11° 1/2 — 10 jours

*S. Pastorianus* // — 77 heures.



M. Nielsen a observé des différences analogues, comme le montre le tableau suivant :

S. membranefaciens	S. Ludvigii
De 32 1/2 à 32° — 18 heures	19-21 heures
" 7 1/2 à 6° — 6 à 7 jours	13-14 jours

D'où il résulte qu'il est bon d'essayer deux températures ; on peut ainsi avoir une bonne levure et une levure sauvage formant leurs spores en même temps à 25°, mais se différenciant à 15°.

C'est sur ce fait que M. Hansen a pu baser sa méthode d'analyses des levures de la bière basse ; ces levures forment bien plus tardivement leurs spores que les levures sauvages. MM. Holm et Poulsen sont arrivés à retrouver ainsi jusqu'à  $\frac{1}{200}$  de levure sauvage.

**Germination des spores.** — Les spores, mises dans un milieu sucré, rompent leur enveloppe, deviennent libres et bourgeonnent comme des cellules ordinaires.

*Premier groupe.* — Pendant cette germination, les spores se gonflent et les parois de la cellule primitivement épaisses se dilatent, deviennent minces, puis se rompent, n'enveloppant les spores que partiellement ou encore elles sont absorbées complètement et un bourgeon se



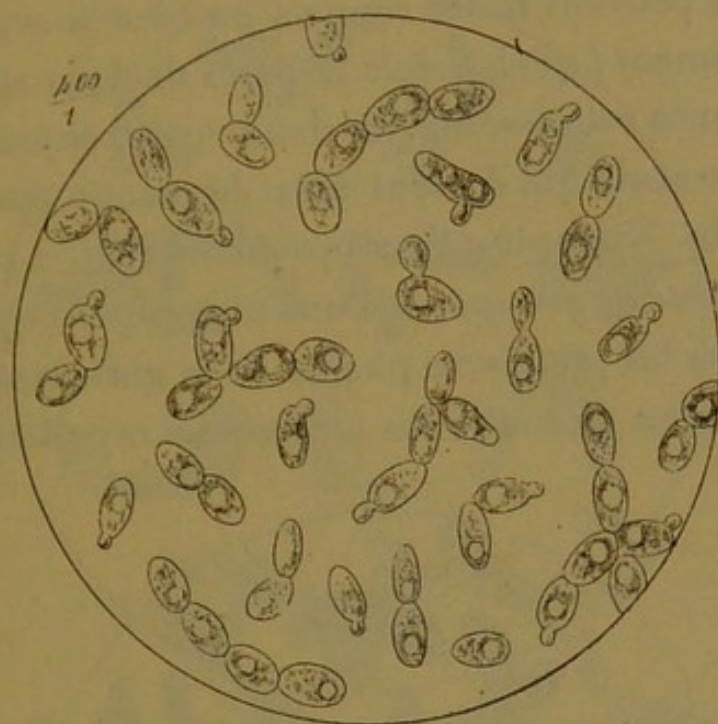


Fig. 2. — Levure de vin.

forme (exceptionnellement dans l'intérieur de la cellule-mère); une fois les bourgeons formés, les

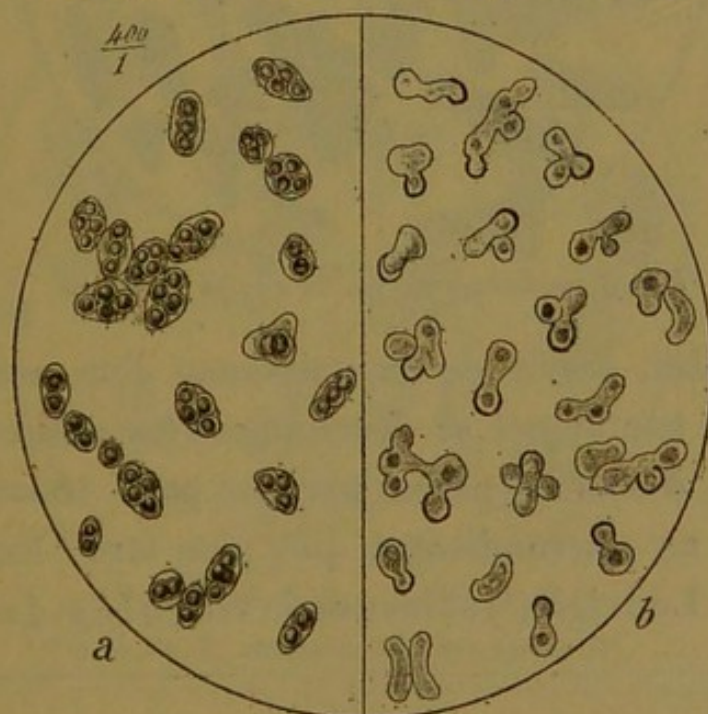
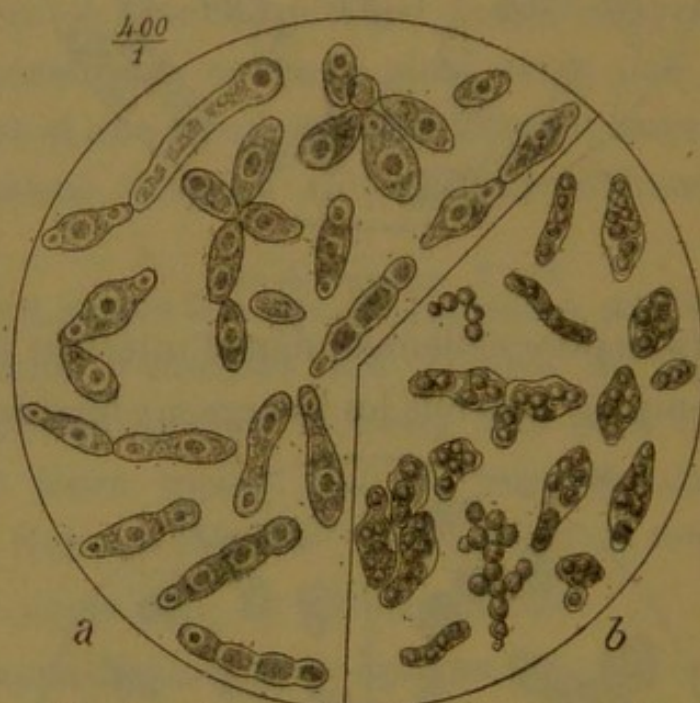


Fig. 3. — Spores (a); spores en germination (b).  
(de la levure de vin, fig. 2).



spores peuvent rester réunies ou bien se séparer rapidement ; quelquefois la paroi de deux spores contiguës est dissoute, les deux spores se fondent en une seule qui devient ainsi beaucoup plus résistante. Exemple : *S. ellipsoïdeus* (*fig. 2 et 3*).

*Deuxième groupe.* — Dans ce groupe, on constate dès les premières phases de la germination, une fusion de toutes les formations mycéliennes



*Fig. 4.* — Levure de vin 74 (*a*) et spores (*b*)

nouvelles, suivie de la naissance d'un promycélium sur lequel se développent les cellules de levure, d'abord séparées par une paroi transversale et ne s'arrondissant que plus tard. Exemple : *S. Ludvigii*<sup>(1)</sup> et levure de vin 74 (*fig. 4 et 5*).

(1) La levure 74, retirée d'une lie de vin portugais où



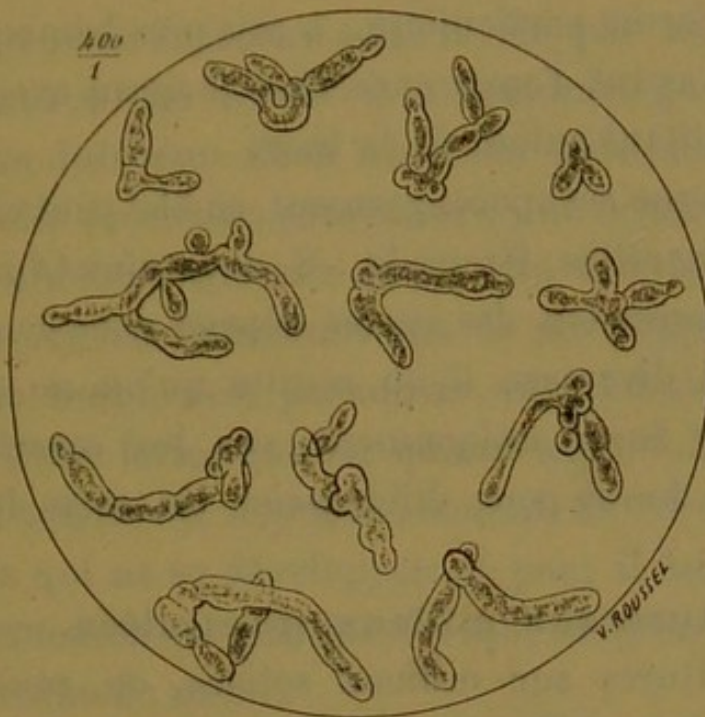


Fig. 5. — Spores de levure 74 en germination.  
Troisième groupe. — On trouve des spores

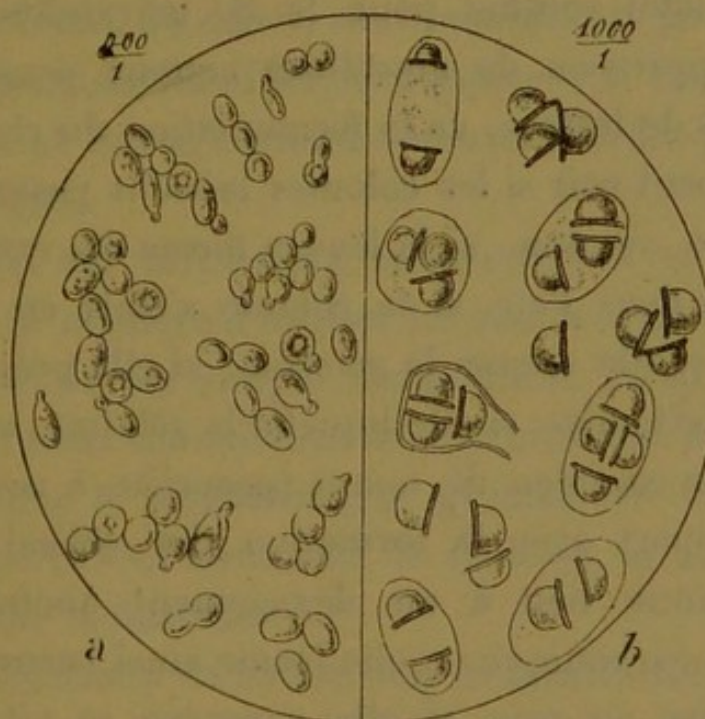


Fig. 6. — *S. anomalus* (a); ses spores (b).

elle dominait, ressemble sous bien des rapports au *S. Ludvigii*; mais, d'après certaines expériences, il y a lieu de croire que ce n'est pas le même saccharomyces.



d'une forme particulière, à peu près hémisphériques ayant l'apparence d'un chapeau avec un filet saillant autour de la base.

Lorsque ces spores germent, ce filet peut rester ou disparaître. Exemple : *S. anomalus* (*fig. 6*).

La formation des spores dépend donc de conditions diverses; il en résulte qu'on ne peut pas se baser uniquement sur les caractères qu'elle donne pour différencier les races de levure.

**Culture sur milieux gélatinisés.** — Par les cultures sur milieux solides, on constate souvent des différences à l'œil nu; on remarque ainsi quelquefois un véritable mycélium (forme amœboïde) comme pour le *S. marxianus* ou une apparence de mycélium comme pour les levures de lactose, de la fermentation du rhum.

On peut voir si les colonies laissent passer la lumière ou non, si la levure forme des ramifications dans l'air, si la colonie s'étale en largeur, si elle creuse la gélatine, si elle présente des monticules, si elle liquéfie la gélatine, et au bout de combien de temps (propriété à mettre en rapport avec la formation des voiles); si elle donne lieu à un dégagement abondant d'acide carbonique, si elle forme ainsi beaucoup de fentes ou peu, si elle conserve sa vitalité plus ou moins longtemps, si elle donne facilement des cellules géantes, etc.



Un autre caractère a été révélé par les expériences de M. Holm : il a démontré que, lorsqu'on introduit dans un moût gélatinisé, des cellules de levure provenant d'une fermentation à son début, environ 40 % des cellulesensemencées ne donneront pas de développement; si on ensemence, par contre, des globules de la fin d'une fermentation, quand les cellules sont déjà affaiblies, il y a seulement 25 % de cellules qui ne se développeront pas; il faut donc ensemençer sur gélatine, lorsque la fermentation approche de sa fin.

**Différenciations physiologiques.** — La forme, les dimensions de la cellule, l'aspect de la colonie, du dépôt, sont insuffisants pour bien caractériser les différentes espèces; il faut absolument recourir aux différences d'ordre physiologique.

Un des principaux caractères est ici fourni par la manière d'utiliser les sucres : par fermentation ou par simple assimilation. Jusqu'à présent nous connaissons des levures qui font fermenter le saccharose, le glucose, le lévulose, d'autres font fermenter le maltose, le lactose et même la dextrine.

Beaucoup de sucres non fermentescibles pour le moment, peuvent le devenir par la suite; nous savons en effet, par les derniers travaux de Fischer, que les sucres dont le nombre



d'atomes de C est divisible par 3 doivent être fermentescibles.

Un autre caractère différentiel est fourni par la faculté que possèdent certaines levures, d'attaquer tel sucre plus facilement que tel autre; c'est ce qui a été démontré par MM. Gayon et Dubourg pour le lévulose et le glucose.

La propriété pour certaines levures, d'attaquer plus rapidement certains sucres, a été utilisée par M. Martinand, qui a pu, en se servant en outre des différences relatives à la formation de leurs spores, caractériser ainsi les levures de maltose et de glucose; lorsqu'on ensemence dans des solutions de maltose (moût d'orge non houblonné), ces deux races de levures, on constate qu'au bout de six jours les levures de bière laissent 0,6 à 0,93 % du maltose primitif, les levures de vin 1,86 à 2,54 %; dans les solutions de sucre de canne interverti, au contraire, les levures de bière laissent 0,176 % et les levures de vin seulement 0,033 % du sucre initial environ; il convient d'opérer sur des moûts de richesse saccharine moyenne et à des températures peu élevées.

Une autre différence résulte de l'influence de l'acidité ou de l'alcalinité du milieu: les levures se développent plus ou moins vite dans ces milieux et M. Duclaux a fondé là-dessus une méthode de différenciation très commode; on



ensemence les levures dans des milieux sucrés, acidulés à raison de 1 ‰, 2 ‰, 3 ‰ d'acide tartrique et on note le temps écoulé avant l'apparition d'un trouble franc dû au développement de la levure.

Pour les levures de bière, on se sert aussi des différences constatées dans le degré d'atténuation, le goût, l'arôme, le temps qu'elles mettent à faire disparaître une quantité donnée de sucre, leur degré de résistance aux ferments étrangers, les qualités de conservation imprimées au liquide qu'elles ont fait fermenter.

On pourrait faire des remarques analogues pour les levures de vin et de cidre.

Les conditions ordinaires interviennent aussi beaucoup, notamment la température, l'acidité (nature et quantité); d'autres différences résultent des quantités des produits divers auxquels les levures donnent naissance dans des conditions identiques, comme le prouvent les exemples suivants où les quantités sont rapportées au litre.

**Sucre restant.** *a) Influence de la levure et de la température.*

Désignation des levures	25°	35°
Levure 2. . . .	28 <sup>r</sup> ,70	1158 <sup>r</sup> ,00
Levure 32. . . .	2, 89	36, 66



*b) Influence de l'acidité (acide tartrique et malique en proportions égales à 35°).*

Désignation des levures	2 ‰	4 ‰
Levure 3. . . .	137,51	148,00
Levure 15. . . .	85,27	85,27

*c) Influence de la nature de l'acide (température 35°).*

Désignation des levures	Acide tartrique		Acide malique	
	7 <sup>gr</sup> ,50	18 <sup>gr</sup> ,87	6 <sup>gr</sup> ,70	18 <sup>gr</sup> ,67
Levure 7. . .	86 <sup>gr</sup> ,8	51 <sup>gr</sup> ,1	46 <sup>gr</sup> ,0	40 <sup>gr</sup> ,9
Levure 71. . .	68, 6	28, 3	20, 0	10, 0

**Glycérine obtenue.** *a) Influence de la levure.*

Désignation des levures	Glycérine	Durée de la fermentation
Johannisberg I. . .	7 <sup>gr</sup> ,136	17 jours
Crimée. . . . .	5, 248	30 jours

*b) Influence de la levure et de l'acidité.*

Désignation des levures	Moût neutre	Moût acide
Levure 2. . . . .	18 <sup>gr</sup> ,442	18 <sup>gr</sup> ,733
Levure 32. . . . .	3, 080	3, 170



**Variation de l'atténuation apparente.***Influence de la combinaison de deux levures.*

S. Octoporus.	83,2	Pombe + Logos . . .	97,3
S. Pombe . .	84,0	Octosporus + Pombe.	88,05
S. Logos . .	93,8	Octosporus + Logos.	96,70

**Pouvoir réducteur des levures.** — Les phénomènes de réduction accomplis dans le liquide de fermentation ont été l'objet de nombreux travaux, tels la formation d'aldéhyde (Durin et Roeser), d'acide sulfureux (Haas), d'hydrogène sulfuré (Nessler, Sonnino, Rey-Pailhade), la réduction des nitrates (E. Laurent), du sulfate de cuivre (Rommier, Quantin, Chuard), et on comprend aisément qu'on pourrait tirer de ces divers phénomènes des caractères différentiels pour les diverses levures.

M. Nastucoff a tout récemment étudié cette action réductrice des levures; il a employé le sulfate de magnésie et comme indicateur le sous-nitrate de bismuth; il est arrivé à des différenciations très nettes d'après la coloration du sulfure de bismuth formé.

Voici quelques résultats obtenus, en adoptant, comme unité, la levure de champagne qui a donné le noircissement maximum, avec le sel de bismuth.

Levure de champagne . . . . .	1,00
S. Pastorianus I . . . . .	0,50
Levure apiculée . . . . .	0,35



M. Nastucoff a également comparé le pouvoir réducteur au pouvoir ferment ; il a constaté qu'il n'existe aucune relation entre ces deux facteurs.

Désignation des levures	Pouvoir réducteur	Alcool $\frac{0}{10}$
S. Pastorianus . . .	0,86	2,12
Levure de vin . . .	0,65	7,32
S. Apiculée . . . .	0,39	3,90

**Variation des espèces.** — Toutes ces propriétés sont-elles héréditaires ? En existe-t-il de passagères, en existe-t-il qui peuvent devenir permanentes ? Y en a-t-il enfin d'autres qui sont réellement spécifiques ?

Les levures cultivées dans les mêmes conditions et rajeunies de la même manière ont des propriétés qu'elles transmettent à leurs descendants.

Ceux qui ont examiné des colonies sur gélatine y ont observé souvent un mélange de cellules allongées et ovales ; les cellules allongées donnent, en général, naissance à des cellules allongées, ce n'est que par une série de cultures successives qu'on atteint une grande homogénéité.

Dans le même ordre d'idées, M. Hansen a constaté que le *saccharomyces Ludvigii* cultivé sur gélatine pouvait donner naissance à des végétations sporifères ou non ; en changeant le mode de culture, il a pu empêcher la sporulation.



Le même savant a également remarqué que le *saccharomyces Pastorianus* pouvait perdre la faculté de former des spores : par culture dans un moût oxygéné pendant un temps assez long, au voisinage de la température limite supérieure pour la formation des spores ; des faits analogues ont été observés au laboratoire de fermentations.

Des spores de levure de pale ale, conservées dans leur milieu de production depuis 1889, ont été rajeunies par M. Boullanger ; il a constaté que les nouveaux globules formaient leurs spores dans les mêmes conditions ; par contre, la levure de pale ale rajeunie depuis cette date, en cultures successives, avait perdu la faculté de donner des spores.

Des âges différents peuvent amener aussi pour une même espèce : un retard dans la formation des spores, la perte de la propriété de former des voiles, ou encore une diminution de l'atténuation.

J'ai également observé que le passage par les spores pouvait augmenter le pouvoir ferment. C'est ainsi que dans un moût de raisins à 33,1 % de glucose, la levure de vin 9 a fait disparaître 24,4 %, la levure rajeunie par ses spores 26 % de sucre.

Ce rajeunissement semble également augmenter le degré de résistance à la chaleur



(à l'état sec ou humide) et on peut constater une différence de 5 à 10°; par contre, les levures rajeunies de temps à autre et conservées au laboratoire dans des solutions sucrées, ont diminué leur résistance à la chaleur de quelques degrés (M. Boullanger); la diminution de la résistance à la chaleur est beaucoup moins rapide pour les levures conservées à l'état de spores.

Nous savons que certaines levures supportent mieux la température élevée de 35° que d'autres; j'ai essayé de renforcer le pouvoir ferment de plusieurs levures par cultures successives, à cette température, avec réensemencement toutes les vingt-quatre heures je n'ai pu obtenir la moindre augmentation dans le pouvoir ferment ni dans l'activité fermentescible.

**Classification.** — M. Hansen a classé les levures en deux groupes : les saccharomyces proprement dits, jouissant de la faculté de donner des endospores et les non-saccharomyces ne formant jamais de spores.

A) *Saccharomyces proprement dits*, divisés en deux classes :

1° ceux sécrétant de la sucrase et provoquant la fermentation alcoolique; ils comprennent :

a) Ceux faisant fermenter vigoureusement le saccharose, le dextrose, le maltose; exemple : les levures de brasserie.



b) Ceux qui font fermenter le saccharose, le dextrose, le lévulose, et non le maltose ; exemple : *saccharomyces Ludwigii*, *saccharomyces exiguus*.

Il convient de rattacher ici un sous-groupe formé par les levures qui font fermenter le sucre interverti, le glucose, le lévulose, mais non le saccharose ; exemple : *saccharomyces mali* Duclauxi.

2° Ceux qui ne sécrètent pas de sucrase et ne produisent pas de fermentation alcoolique, exemple : *saccharomyces membranæfaciens*.

B) *Non-saccharomyces* comprenant trois classes :

1° Ceux faisant fermenter les solutions de dextrose et de sucre interverti ; exemple : *saccharomyces Rouxii*, levure apiculée.

2° Ceux qui ne sécrètent pas de sucrase, mais font fermenter le saccharose, le maltose, le dextrose ; exemple : *monilia candida*.

3° Ceux qui font fermenter le saccharose, le glucose, le galactose, le lactose ; exemple : levures de lactose.

**Levures de brasserie.** — Levures, en général, rondes et grosses ; on y distingue les levures hautes et les levures basses, faciles à reconnaître par leur mode de bourgeonnement. D'autres différences résultent de leur faculté de former des spores (propriété très prononcée chez



les levures hautes), de faire fermenter le méli-triose et le mélibiose (propriété des levures basses), ou soit encore fournies par l'aspect de la couverture qu'elles forment dans les bacs de fermentation, par les Kräusen, la clarification rapide de la bière, l'atténuation, le dépôt formé, le goût de la bière, sa conservation, plus ou moins longue, etc.

Les levures de la fermentation secondaire ont, en général, la membrane cellulaire mince; leurs cellules sont ovales, allongées ou en forme de boudins; il en existe à atténuation forte ou faible.

M. Kukla a cherché à classer les levures de brasserie d'après l'aspect du globule : granulations plus ou moins fines, absence ou présence de vacuoles, etc., d'après lui, les levures les plus énergiques ont le protoplasma grossièrement granulé et sans vacuoles.

Mais un autre caractère de classification plus sûr, est fourni par l'atténuation, c'est-à-dire la diminution de la densité du moût par suite de la fermentation : dans ce sens, quelques levures bien étudiées à Berlin et en Belgique ont servi à former une classification nouvelle.

En désignant par atténuation limite, l'atténuation maxima à laquelle une levure peut donner lieu dans un moût de bière, exempt de diastase, on a classé les levures de brasserie en



levures du type Froberg à forte atténuation et en levures du type Saaz à faible atténuation ; tout récemment un nouveau type Logos a été étudié par M. Van Laer et on a ainsi des types Saaz-Froberg, Froberg-Logos avec tous leurs intermédiaires.

**Levures de vin.** — Ici nous rencontrons les formes les plus variées, rondes, elliptiques, en citron, en bouteilles, etc. ; ces levures se distinguent par leur résistance à la chaleur, à l'acidité ; par la quantité de sucre qu'elles peu-

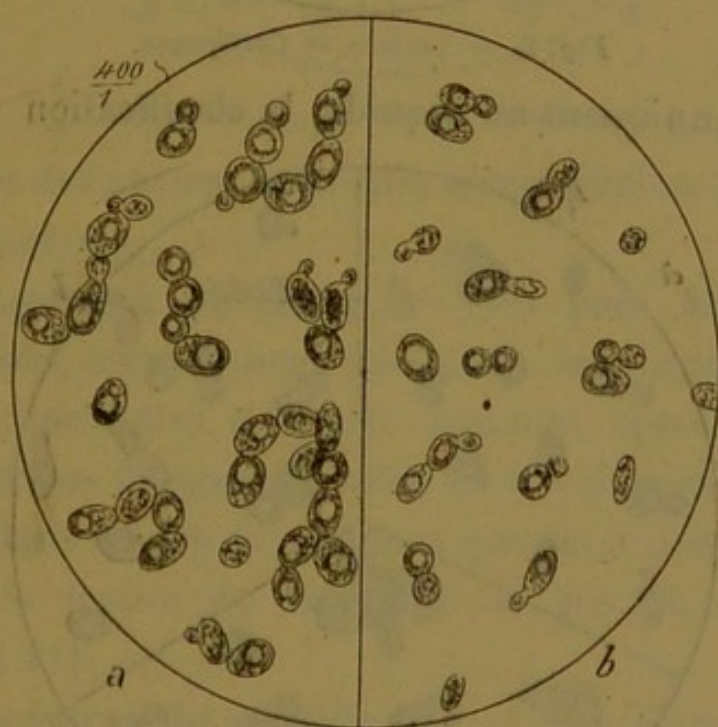


Fig. 7. — Saint-Émilion (a) ; Clos-Vougeot (b).

vent faire disparaître, la rapidité, la régularité, la durée de la fermentation ; l'alcool formé, la quantité d'acides volatils, le bouquet qu'elles



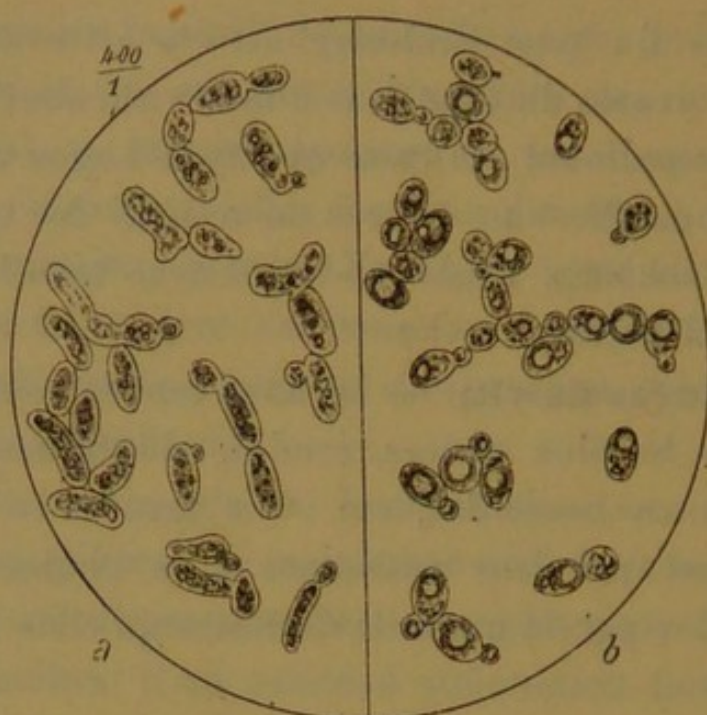


Fig. 8. — Levures de Champagne.

communiquent au liquide, la clarification plus

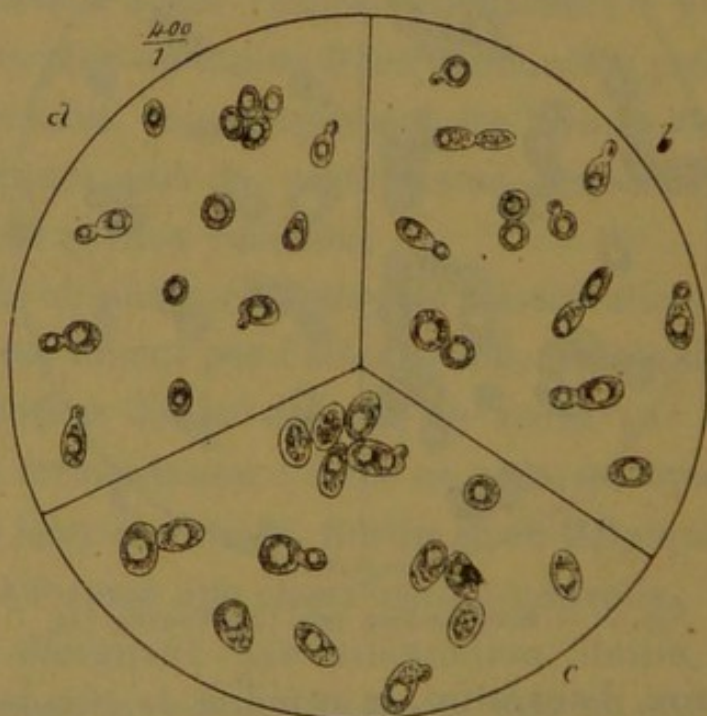


Fig. 9. — Levures de Champagne.

ou moins rapide du liquide fermenté; il existe



un grand nombre de levures très différentes les

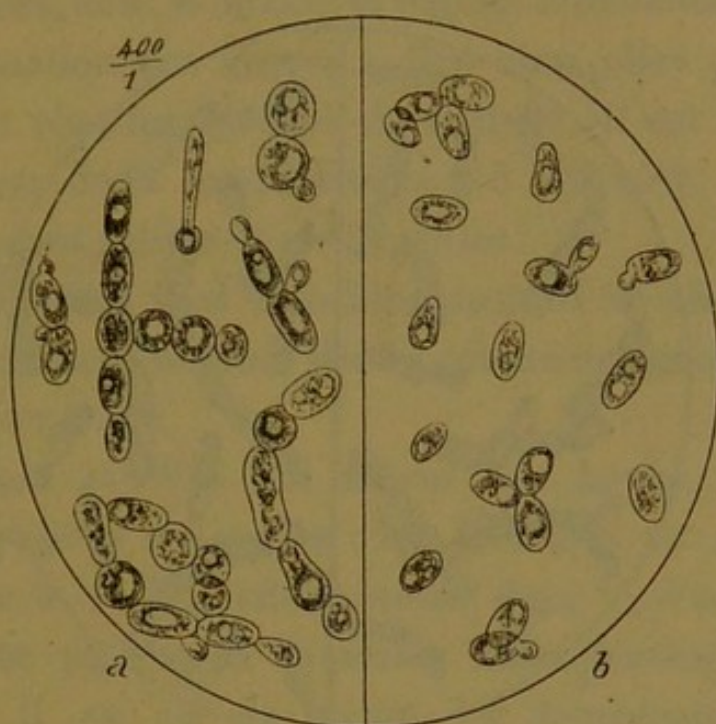


Fig. 10. — Levures de Champagne.

unes des autres, dans une même région (*fig.* 7, 8, 9 et 10).

**Levures de cidre.** — On peut faire les mêmes observations que pour les levures de vin ; peut-être même le bouquet apporté par certaines levures de cidre se fait-il mieux sentir dans le jus de pommes que celui donné par de la levure de vin dans le jus de raisins (*fig.* 11).

**Levures de distillerie.** — Les levures de distillerie sont, en général, des levures hautes ; il y a des levures de distillerie de grains, de betteraves, de mélasses, etc., caractérisées par leur résistance à l'acidité, aux ferments étran-



gers, par leur pouvoir ferment, les quantités

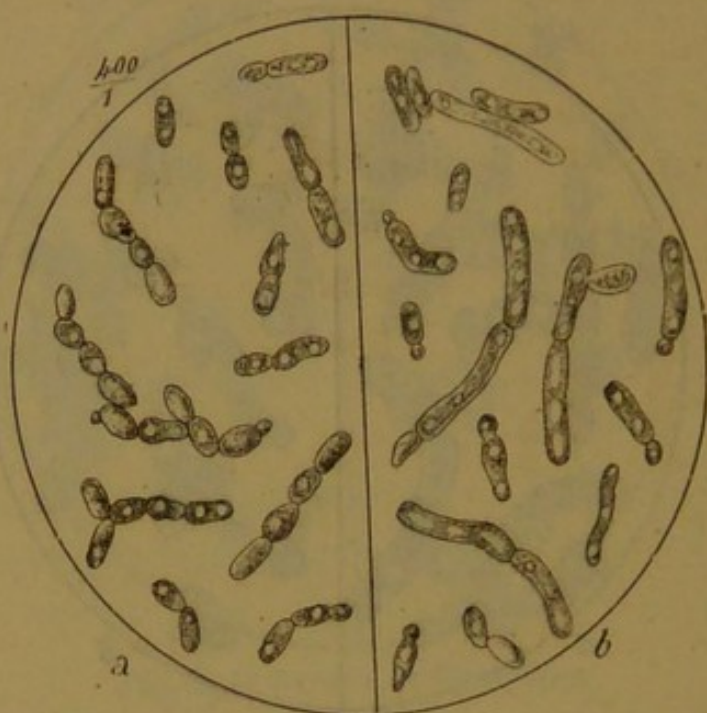


Fig. 11. — Levures de cidre.

d'alcool qu'elles peuvent produire, etc.

**Levures de lactose.** — On désigne sous ce nom les levures qui, ensemencées dans le lait, y produisent une fermentation alcoolique avec dégagement d'acide carbonique; la caséine se coagule peu à peu en grumeaux fins restant isolés et se réunissant en une masse unique par le chauffage en présence d'un acide.

**Levures sauvages.** — Ce sont les levures qui peuvent causer une altération de goût dans les liquides fermentés : donnant l'amertume à la bière (Hansen), au cidre (Kayser), au vin (Pichi); elles peuvent produire une grande acidité, troubler le liquide et empêcher la clarification.



Ces levures présentent, en général, des cellules allongées, dont la masse se dépose difficilement; la formation des spores a lieu chez elles plus tôt que chez les levures de culture (il est bon d'essayer deux températures, 15 et 25°); ces spores sont petites et réfringentes.

Ces levures sont nuisibles, surtout si elles se trouvent dans le moût dès le commencement de sa fermentation.

Hansen et Will ont fourni une bonne méthode pour la distinguer : les solutions de saccharose à 10  $\frac{0}{0}$ , additionnées de 4  $\frac{0}{0}$  d'acide tartrique paraissent favoriser leur développement; il en est de même des températures basses, ce qui est d'une certaine importance pour les brasseries à fermentation basse.

D'après les expériences de Will, elles seraient plus sensibles aux antiseptiques (acide sulfureux, bisulfite de chaux), que nos levures cultivées.

**Levures rouges.** — Ces levures se rencontrent assez souvent dans l'air, dans l'eau, les caves, les germoirs de brasserie, etc.; elles poussent facilement sur de l'empois d'amidon, dans des moûts de bière, dans le lait, etc., mais ne font pas fermenter le maltose, le saccharose, le dextrose, etc.; toutefois Kramer dit avoir découvert dans un cidre une *torula rose* faisant fermenter ces derniers sucres.



Elles sont assez résistantes aux antiseptiques, au formol; etc., on en a trouvé qui liquéfient la gélatine, qui forment des endospores, etc., leur couleur est d'un rouge plus ou moins pâle, elle ne se fait nettement voir, du moins pour quelques-unes dont j'ai poursuivi le développement, qu'au bout d'un certain temps, au contact de l'air, comme s'il se produisait un phénomène d'oxydation.

**Torulas.** — On désigne, par ce nom, des levures spéciales, qu'on trouve fréquemment dans les germoirs de distillerie, de brasserie, dans les tuyauteries mal nettoyées, sur les murs humides, etc.

De forme sphérique ou un peu allongée, elles se multiplient, en général, par bourgeonnement; tantôt il en résulte un véritable chapelet, tantôt, au contraire, les petits bourgeons naissant tout autour de la cellule-mère lui forment une véritable couronne; les cellules les plus externes sont toujours les plus petites. La multiplication par voie mycélienne, peut avoir lieu, exceptionnellement. Leurs dimensions (très variables) peuvent être comprises entre un et demi et quatre et demi  $\mu$ . Ces torulas présentent des vacuoles et lorsqu'elles sont de très petites dimensions, on peut y constater la présence de beaucoup de gouttelettes d'huile d'un ton verdâtre ou encore des granulations



très réfringentes; à côté de ces petites cellules se rencontrent des cellules géantes, non turgescentes.

Sur les milieux gélatinisés, les colonies sont d'un blanc de neige ou d'aspect gras glaireux.

Dans les milieux liquides, des globules vivent en profondeur, d'autres en mycodermes donnant des voiles d'un gris mat à la surface du liquide; quelquefois ce voile est remplacé par un anneau.

En général, les torulas ne sécrètent pas de sucrase et n'attaquent pas le saccharose; on en trouve cependant qui peuvent le faire fermenter en donnant 6 à 7 % d'alcool; elles attaquent le dextrose et très facilement le maltose dans le moût de bière.

Rentrent dans cette catégorie : le saccharomyces Kephyr Beyerinck à cellules allongées, le saccharomyces tyrocola à petites cellules arrondies, les levures de lactose, la torula rouge de Kramer ainsi que la torula novæ Carlsbergensis qui font fermenter le maltose, le saccharose et le dextrose.

**Mycodermes.** — Tout le monde a vu les fleurs du vin ou de la bière. Examinés au microscope, ces voiles plissés présentent la plus grande ressemblance, comme grosseur, avec les véritables levures.

Les cellules sont cependant plus claires, moins



réfringentes que celles des *saccharomyces*; en général, le protoplasma est homogène, on peut aussi observer un, deux, trois grains réfringents par cellule ou des vacuoles allongées, avec un, deux globules gras uniformément répartis dans les divers globules.

Ces mycodermes présentent les mêmes formes ainsi que le même mode de bourgeonnement que les *saccharomyces*, avec, en général, de longues ramifications. Ils sont très avides d'oxygène, forment à la surface du liquide une pellicule plus ou moins épaisse, plus ou moins plissée, à toucher gras, se laissant difficilement mouiller par les liquides. Ils forment sur gélatine des colonies blanches ou grises. Leur développement a surtout lieu entre 5 et 15°.

Ils ne sécrètent pas de diastases, ne font fermenter ni le saccharose, ni le maltose, ni le glucose; cependant M. Lasché semble avoir rencontré des mycodermes *cerevisiæ* donnant jusqu'à 2,5 % d'alcool.

Ces mycodermes occasionnent, en général, des troubles surtout dans la bière de garde, lui donnent souvent un goût très désagréable.

#### LEVURES DIVERSES

***Saccharomyces cerevisiæ*.** — Ce sont les levures de bière : elles sont hautes ou basses, à cellules rondes ou ovales, de 8 à 9 et 12  $\mu$ ; don-



nent facilement des spores de 5 à 6  $\mu$ ; font fermenter saccharose, maltose, glucose.

**Saccharomyces marxianus (Hansen).** — Dans le moût de bière cette levure se présente sous la forme de petites cellules ovales, ovoïdes; avec le vieillissement des cellules apparaissent de petits corpuscules d'apparence mycélienne, ressemblant à des moisissures, flottant d'abord dans le liquide et tombant ensuite. Les colonies sur gélatine montrent des cellules allongées en forme de boudin. Les ascospores sont réniformes sphériques ou ovales.

Fait fermenter saccharose, dextrose et non le maltose.

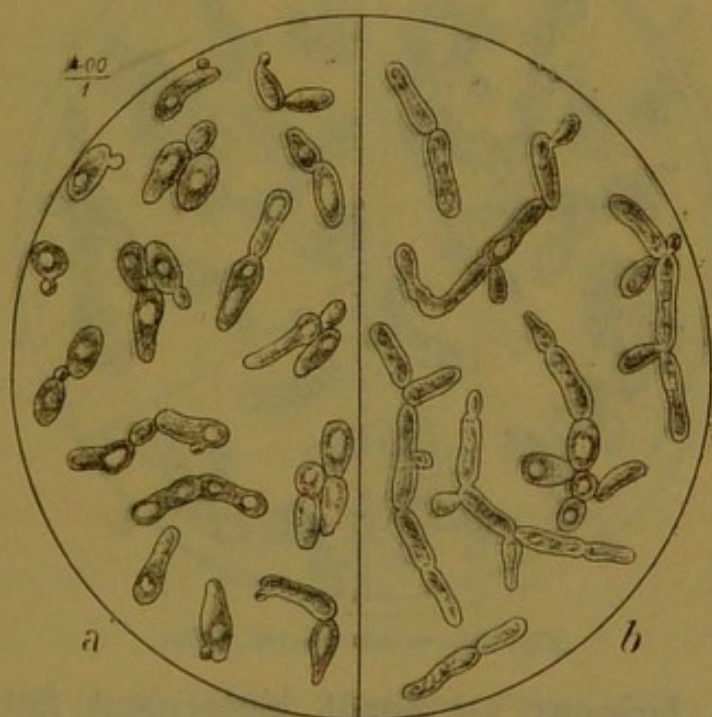


Fig. 12. — Culture jeune (a); la même, plus âgée (b).

**Saccharomyces Pastorianus (fig. 12).** —

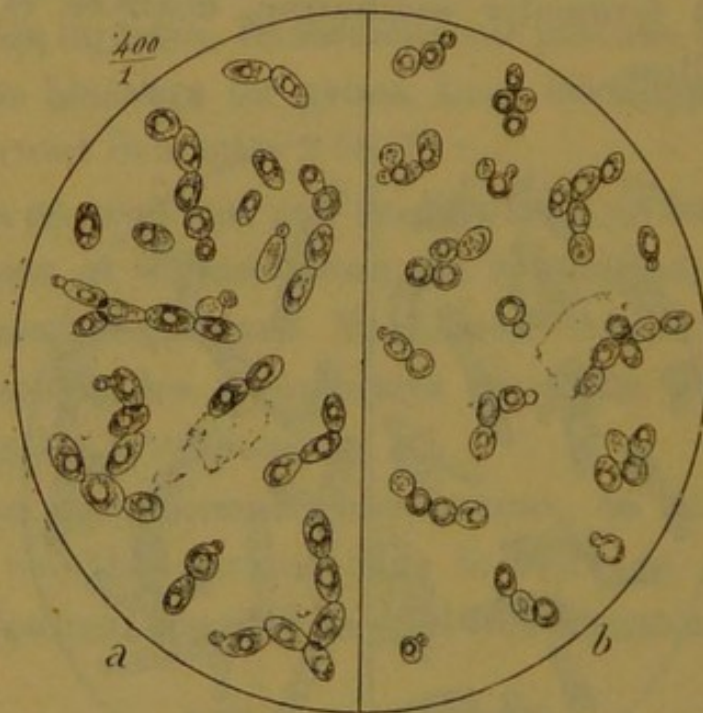


Levures à cellules ovales, pyriformes, allongées de 12, 18 et 24  $\mu$  présentant quelquefois des chaînes ramifiées d'articles allongés en massue; lorsque le développement est rapide, les bourgeons ont la forme arrondie.

Il existe différentes espèces de *Pastorianus*, donnant toutes facilement naissance à des spores et à des voiles; elles produisent des troubles et des mauvais goûts; font fermenter les solutions de saccharose et de maltose.

**Saccharomyces mali Duclauxi** (*fig. 13 a*).

— Cellules de 6 à 12  $\mu$  de long sur 4 à 7  $\mu$  de



*Fig. 13.* — Levures de cidre.

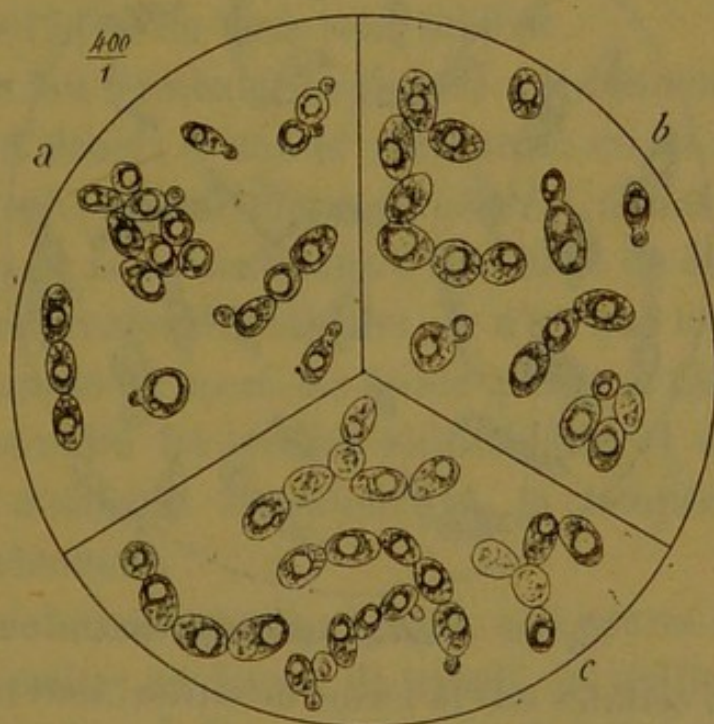
large, forment un dépôt légèrement flottant, donnent lieu à un voile, assez sensibles à l'acidité, meurent vers 55°; les spores se forment à



15° au bout de trente heures; cette levure ne fait fermenter ni le saccharose, ni le maltose, fait fermenter le sucre interverti, en donnant du bouquet aux liquides obtenus.

**Saccharomyces mali Risleri** (*fig. 13 b*). — Globules sphériques de 4 à 6  $\mu$ , tués par chauffage à 60°, dépôt adhérent aux parois, spores formées à 15° au bout de 90 heures; cette levure fait fermenter le saccharose, le glucose, le maltose.

**Saccharomyces vini Muntzii** (*fig. 14 a*)<sup>(1)</sup>. — Globules en chapelets, de 3  $\mu$  de large sur



*Fig. 14.* — Levures de vin.

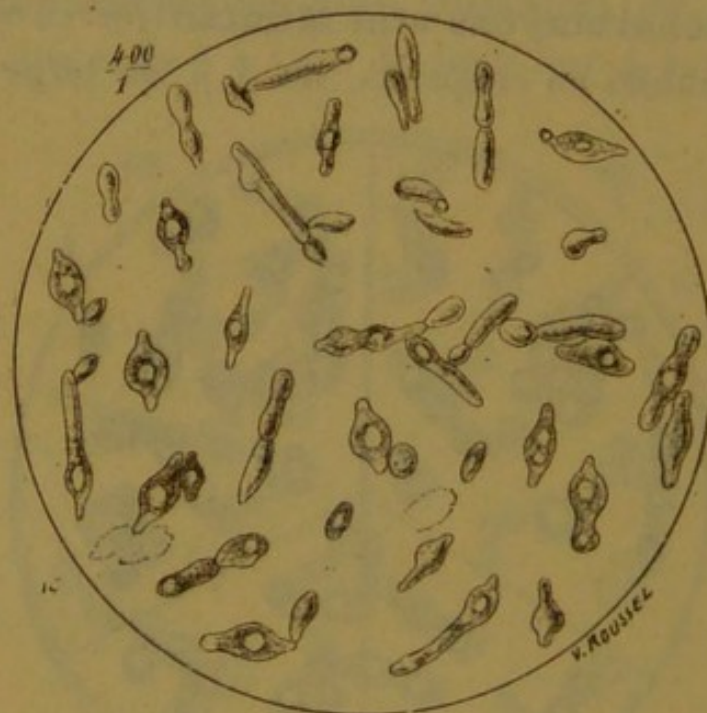
6 à 7  $\mu$  de long, meurent vers 55°; proto-

(1) Les deux champs *b* et *c* représentent des levures de vin de Langlade et de Lorraine.



plasma à vacuoles ; spores formées à 25° au bout de 42 heures ; levure donnant de bonnes fermentations aux températures élevées ; fait fermenter saccharose, glucose, lévulose, maltose.

**Saccharomyces apiculatus** Reess (*fig. 15*) <sup>(1)</sup>. — Cette levure de forme particulière se rencontre surtout dans la première phase de la fermentation du jus de raisins, et sur les fruits mûrs et doux, tels que les cerises, les fraises, les framboises.



*Fig. 15.* — Levure apiculée de cidre.

Les cellules ont la forme de citron, sont ovales ou mamelonnées aux deux pôles ; les bour-

(1) Nom impropre d'après M. Hansen ; il existe diverses variétés de levures apiculées et celles du jus de pommes ne se comportent probablement pas toujours comme celles du jus de raisins.



geons peuvent se montrer tout autour du globe-mère ; on rencontre également des formes étranges en demi-lune ou ressemblant à de véritables bactéries, les dimensions sont, en général, petites.

Les cellules ovales doivent passer par plusieurs bourgeonnements avant de prendre la forme de citron qui peut de nouveau disparaître au bourgeonnement suivant ; les formes en citron prennent surtout naissance pendant les premières phases de la culture.

M. Hansen a constaté que cette levûre peut passer l'hiver en terre sans souffrir.

Elle fait fermenter le glucose, en donnant 4 à 5 % d'alcool ; et non le saccharose ou le maltose ; cette levûre donne, en général, moins d'alcool pour la même quantité de sucre ne détruit que les levures ellipsoïdales ; ce n'est que lorsque la quantité de sucre est faible qu'il y a ressemblance entre les levures ellipsoïdales et apiculées ; d'ailleurs l'aération et la température interviennent.

**Saccharomyces exiguus.** — Levures à cellules petites en forme de sabots, de quilles, de toupies ; 5  $\mu$  de longueur sur 2 $\mu$ ,5 de largeur au gros bout ; forment des voiles et une sorte de couronne à la surface des liquides ; les cellules du voile et du fond se ressemblent ; deux à trois spores par cellule en file longitudinale.



Reess l'a considérée comme une levure de fermentation secondaire de la bière ; mais elle ne donne pas lieu à une maladie ; elle produit peu d'alcool dans le moût de bière et fait activement fermenter les solutions de saccharose, de dextrose.

**Saccharomyces anomalus.** — Il en existe plusieurs espèces décrites par Hansen, Reess et Lindner.

Levures à cellules, en général, petites, ovales, quelquefois allongées en forme de boudins, mais de dimensions assez variables ; donnent dès le début un voile gris mat, dans lequel on trouve des spores d'une forme particulière en hémisphère avec un filet saillant, partant de la base ; souvent elle donne naissance à une bonne odeur éthérée de fruits.

On la rencontre dans des brasseries et sur des raisins pourris.

**Saccharomyces conglomeratus.** — Levures à cellules sphériques de 5 à 6  $\mu$  de diamètre, qui se développent irrégulièrement et restent agglomérées en grappes ; les asques sont réunies deux par deux. Cette levure se rencontre dans les lies de vin, sur des raisins en pourriture.

**Saccharomyces Rouxii.** — Petite levure ronde à globules, souvent réunis, de 4 à 5  $\mu$  de diamètre ; ne fait pas fermenter le saccharose,



mais très activement les solutions de sucre interverti ou de glucose.

**Saccharomyces Ludvigii.** — Découvert dans le mucilage d'un chêne vivant, ce saccharomyces présente des dimensions très variables ; à côté des formes elliptiques, on a les formes en flacons, en tubes allongés, en citron ; beaucoup de cellules présentent des cloisons ; sur gélatine on a des taches d'un gris clair.

Cette levure produit très facilement des spores ; ces spores, en germant, donnent naissance à un tube duquel se sépare peu à peu de nouvelles cellules de levures par des parois transversales nettement accusées ; cette levure meurt au bout de deux ans à peine de séjour dans des solutions de saccharose ; elle fait fermenter le saccharose et le glucose, mais non le galactose, le maltose, le raffinose,

**Saccharomyces membranæfaciens (Hansen)** (*fig. 16*). — Cellules allongées et ovales, paraissant plus ou moins vides ; vacuoles nombreuses, donnent dans le moût de bière un voile très fortement plissé et grisâtre ; sur gélatine des taches d'un gris mat, tirant souvent un peu sur le rouge ; ces tâches d'abord arrondies s'étendent en surface plissée ; cette levure ressemble beaucoup aux mycodermes ; elle liquéfie la gélatine.

Les spores de forme irrégulière sont assez abon-



dantes; elle ne fait fermenter ni le maltose, ni le saccharose, ni le glucose.

On l'a trouvée dans le mucilage des racines

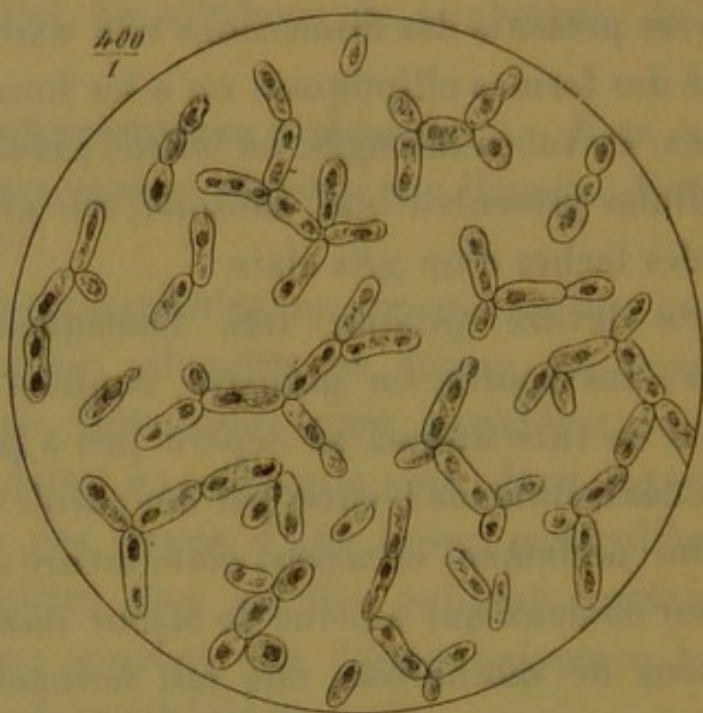


Fig. 16. — *Saccharomyces membranefaciens*.

de l'orme (Hansen) et sur du cassis (Boutroux).

**Levures de lactose** (fig. 17). — On en connaît cinq à six capables de faire fermenter le sucre de lait :

*Levure Adametz*. — Globules ovales, elliptiques, longueur 7 à 10  $\mu$ , largeur 5  $\mu$ ; on rencontre souvent deux bourgeons aux deux extrémités d'un même globule; meurt à l'état humide vers 55°; à l'état sec, elle résiste au-delà de 100°; pas de spores.

*Levure Duclaux*. — Globules ronds, souvent



ramifiés, meurent à l'état humide vers 50°; à l'état sec vers 65°; pas de spores.

*Levure Kayser.* — Globules de 6 à 8  $\mu$  de longueur sur 3 à 5  $\mu$  de largeur; meurt vers

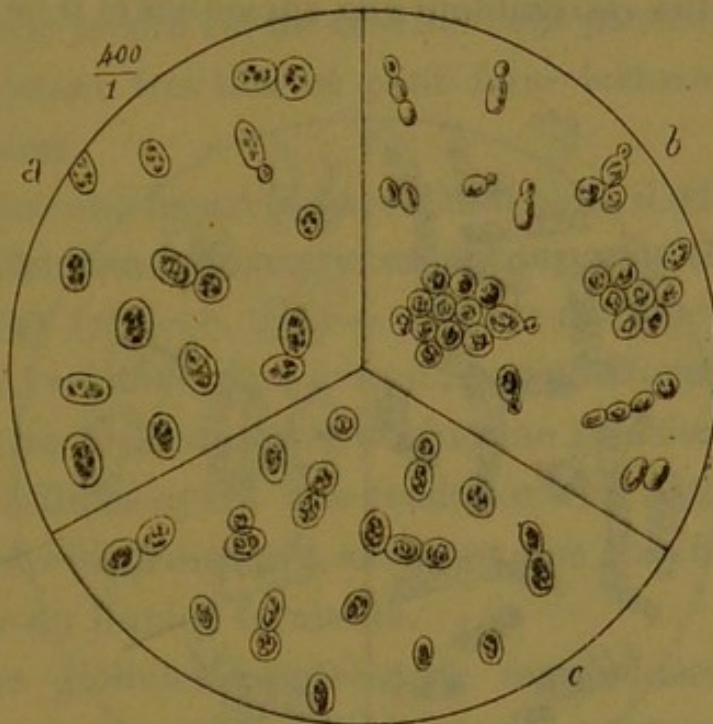


Fig. 17. — Lev. Adametz (a); lev. Kayser (c); lev. Duclaux (b).

55° à l'état humide; résiste vers 95° à l'état sec; pas de spores.

Nous abordons maintenant l'étude des saccharomycètes se multipliant par scissiparité.

**Schizosaccharomyces Pombe** (fig. 18, I). — Cellules cylindriques, arrondies aux extrémités, de dimensions grandes mais assez variables : lorsque la nourriture manque, les cellules diminuent beaucoup jusqu'à atteindre la grosseur des cellules de levures de bière, d'autres fois, on croit avoir affaire à un oïdium lactis.



A un moment donné on voit se former, dans l'intérieur des cellules, une cloison très nette, allant de l'extérieur vers l'intérieur; les cellules jeunes sont plus minces d'abord, mais, peu à peu, elles ressemblent aux anciennes et il ne reste

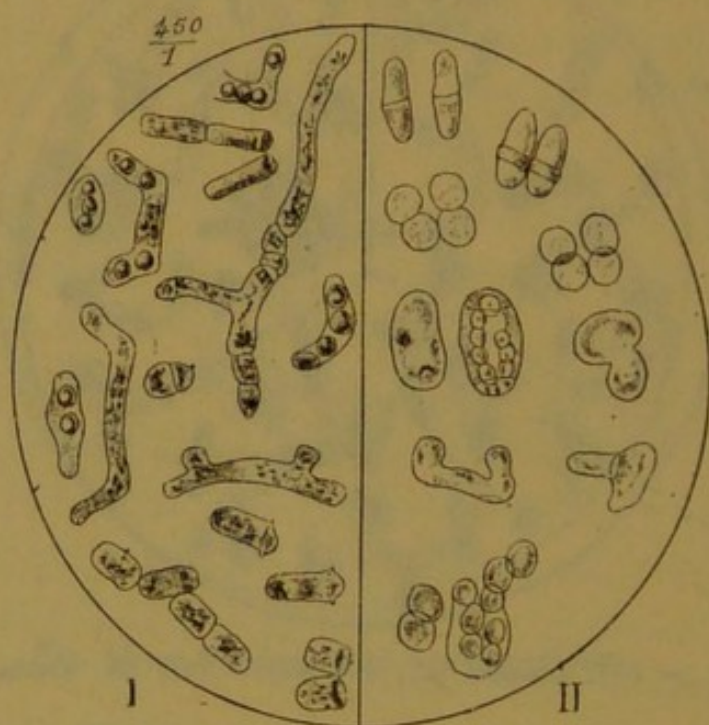


Fig. 18. — Schizosaccharomyces.

finalement qu'une sorte de couronne séparatrice.

En l'absence d'air, on peut obtenir des tubes très longs avec de nombreuses cloisons, se formant un peu partout, sans qu'il y ait séparation immédiate; quelquefois les deux parties se séparent incomplètement et il existe ainsi une véritable charnière; de plus, les deux bouts d'une même cellule ne sont pas pareils, l'un est arrondi, l'autre présente une sorte de couronne;



le protoplasma est assez homogène avec quelques granulations par endroits; cette levure donne facilement des spores, quelquefois même dans les liquides fermentés.

La température optima pour le développement de cette levure est de 28 à 30°; elle pousse la fermentation très loin et peut faire fermenter la dextrine.

C'est une levure retirée d'une bière d'Afrique.

**Schizosaccharomyces octosporus (Beyerinck)** (*fig.* 18, II). — Levure de dimensions assez variables, de 2 à 20  $\mu$ ; par une forte aération, on peut constater un énorme grossissement des cellules ayant une tendance très nette à se prendre en grumeaux, amenant une clarification facile du liquide fermenté.

Les globules montrent de nombreuses cloisons et un noyau cellulaire qui peut se cloisonner lui-même, de façon à donner deux, quatre noyaux; les spores sont au nombre de huit; la levure paraît être assez difficile au point de vue de la nutrition azotée.

Elle fait bien fermenter le glucose, le lévulose, moins bien le maltose, et non le saccharose, le lactose, le raffinose, l'arabinose, l'inosite; elle donne un mauvais goût aux liquides fermentés.

Origine : raisins de Corinthe.

**Monilia candida.** — On réunit sous ce nom



un grand nombre de moisissures différentes, formées d'un mycélium simple, mais de couleur variable.

La *monilia candida*, étudiée par Hansen, donne une couche mycélienne blanche sur du fumier frais, sur les fruits; ensemencée dans du moût, elle fournit une abondante végétation de cellules ayant l'aspect de levures, et forme un voile épidermique dans lequel les cellules s'allongent de plus en plus pour former finalement un véritable mycélium.

La fermentation est en général lente, mais plus énergique vers 40°; on peut obtenir jusqu'à 5 % d'alcool en volume; elle fait fermenter le maltose et le saccharose sans inversion préalable,

Avec des moûts concentrés, elle détruit pendant le même temps, 15 à 30 %, de sucre de moins que les levures de bière; mais si l'on enlève par stérilisation les produits accumulés par la première fermentation et jouant pour elle le rôle d'antiseptiques, la *monilia* peut faire fermenter de nouvelles quantités de maltose.

---



## DEUXIÈME PARTIE

---

### CHAPITRE PREMIER

---

#### PHYSIOLOGIE DE LA LEVURE THÉORIE DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE

##### **Caractères physiologiques des levures.**

**Vie aérobie et anaérobie.** — Certaines espèces végétales vivant d'ordinaire au libre contact de l'air, peuvent s'accommoder, pendant un temps plus ou moins long, de la privation d'oxygène, tels certains mucors qui, dans ces nouvelles conditions de vie, acquièrent alors la propriété de devenir ferment.

Entre ces mucédinées et les levures proprement dites, il convient de placer une petite levure étudiée par M. Duclaux et qu'il a appelée *mycoleuvre* (fig. 19).

Cette levure se montre spontanément à la surface du liquide Raulin, lorsqu'il est exposé en large surface à l'air et lorsque l'acide tartrique a diminué de moitié; elle se développe



sous forme de voile régulier, quelquefois très épais et plissé; les cellules sont ovoïdes, granuleuses, assez petites et se comportent tout à fait comme les moisissures; elle rappelle la le-

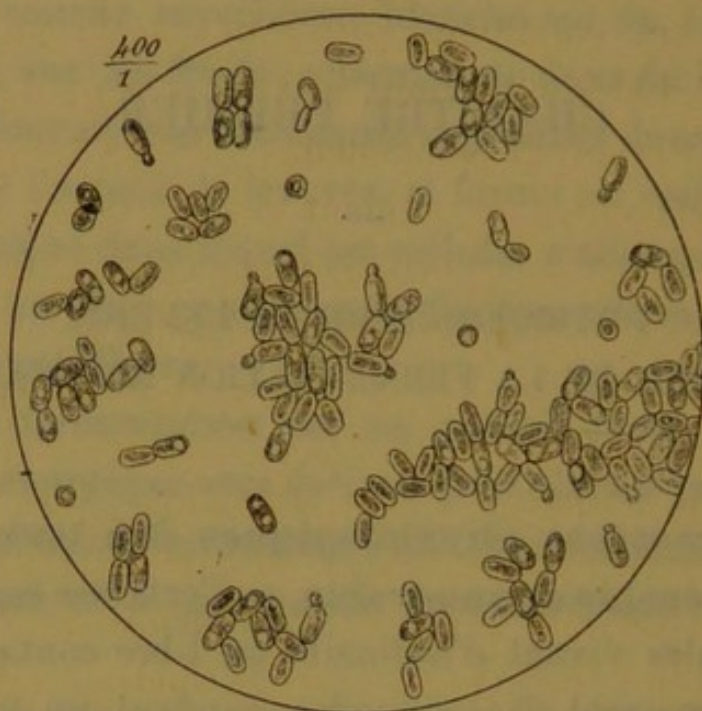


Fig. 19. — Mycoleuvre (Duclaux).

vure par son aspect, son mode de bourgeonnement et les paquets rameux qu'elle forme; cependant on voit assez souvent les globules deux par deux.

C'est un agent très actif de combustion, ainsi dans une expérience de M. Duclaux où il y a eu abondance d'oxygène, le poids de levure représentait 35 % du poids du sucre disparu dans les six jours, 50 % étaient transformés en acide carbonique; il n'y avait que des traces d'alcool.

Si on met cette levure en profondeur dans un



flacon tout à fait rempli, on obtient une franche fermentation alcoolique; le rapport pondéral entre le poids de levure produit et le poids de sucre disparu peut descendre à un quarantième; dans ces conditions, on peut obtenir jusqu'à 3 % d'alcool, surtout si l'on a soin de faire passer la levure préalablement par un bain d'air.

Les levures proprement dites vivent à l'état normal, en profondeur comme le mycélium de mucédinées; elles se tassent au fond des vases et les cellules de la surface seules sont en contact avec l'air.

Mais la levure est apte à adopter les deux genres de vie : vit-elle au contact de l'air, il y a multiplication abondante du poids de levure, le rapport entre la levure et le sucre transformé est très grand; une partie du sucre sert à former les tissus de la plante, l'autre est brûlé aux dépens de l'oxygène puisé dans l'air et le liquide sucré; la levure se comporte comme une mucédinée, elle vit de la vie aérobie.

Si la vie a lieu en l'absence d'air, il y a multiplication pénible, le rapport entre le poids du végétal formé et le sucre transformé est une fraction très petite; c'est la vie anaérobie.

Souvent ces deux genres de vie se manifestent simultanément.

Ainsi dans une cuvette large avec une épaisseur de quelques millimètres de liquide, le



poids de levure constitue parfois 25 % du poids de sucre disparu ; si nous exagérons l'épaisseur du liquide et si nous laissons s'accumuler la levure au fond, on aura deux couches de levure, l'une menant la vie aérobie, l'autre la vie anaérobie.

Ce cas se présente dans la plupart des fermentations : ainsi, dans un flacon entièrement rempli, il y a, au début, beaucoup d'oxygène avec multiplication abondante de levure ; plus tard, cet oxygène ayant disparu, la levure mènera la vie anaérobie : le rapport entre la levure obtenue et le poids de sucre disparu est d'autant plus faible que la vie anaérobie domine davantage.

Si l'on enlève à peu près complètement l'oxygène dès le début, comme l'a fait M. Pasteur, dans un ballon où le liquide a bouilli, la fermentation est excessivement lente, presque interminable, la multiplication de la levure est presque nulle, la plus grande partie du sucre devient alcool et on obtient des rapports très faibles : un deux centième, un deux cent cinquantième jusqu'à un cinq centième entre la levure et le sucre.

Dans ces conditions d'existence, l'activité de la vie cellulaire diminue énormément, la puissance reproductive se perd presque complètement, surtout si l'on pousse l'élimination d'air aussi loin que l'a fait M. Cochin. Ce savant a opéré



en un milieu maintenu à l'abri de l'air et en communication avec un flacon contenant de la potasse destinée à absorber l'acide carbonique produit. Par cultures successives dans des milieux privés d'O de la même façon, il a pu constater que de la levure née à l'abri de l'oxygène, était incapable de produire la fermentation.

En résumé, une partie du sucre sert à former de l'alcool et de l'acide carbonique, une autre à la multiplication de la levure; dans la vie aérobie, nous trouvons un sixième du sucre irréductible sous la forme de levure; dans la vie anaérobie, nous obtenons des poids de levure bien plus faibles ( $\frac{1}{50}$ ,  $\frac{1}{100}$ , etc., du poids du sucre).

La formation de l'alcool, moins riche en oxygène que le sucre, la constitution des tissus de la levure sont deux phénomènes de réduction, qui se trouvent opposés à un phénomène d'oxydation, la formation d'acide carbonique.

Dans les deux vies, nous trouvons ce phénomène de réduction : dans la vie aérobie la formation de levure avec traces d'alcool, dans la vie anaérobie, la formation de levure avec beaucoup d'alcool; seules, la source et la nature de l'oxygène diffèrent; dans le premier cas, il vient de l'air, dans le second cas, de l'air et du sucre; dans le premier cas, il est libre, dans le second cas, la majeure partie se trouve à l'état de combinaisons dans le sucre.



La levure, comme tout végétal, a besoin de chaleur pour constituer ses tissus et pour son entretien dont la quantité dépensée est proportionnelle au poids des cellules et au temps. Cette chaleur résulte de la combinaison exothermique d'un certain nombre d'atomes d'oxygène avec un certain nombre d'atomes de C et d'H.

Lorsque l'oxygène à l'état libre fait défaut, la levure a la faculté de le prendre au sucre, et devra détruire d'autant plus de sucre, qu'elle trouvera moins de cet oxygène à l'état libre.

Or, la levure trouvant dix fois moins de chaleur disponible dans 100 grammes de sucre, lorsqu'elle en fait de l'alcool et de l'acide carbonique que quand elle brûle le sucre au contact de l'air, elle devra décomposer dix fois plus de sucre pour produire un même travail de construction et d'entretien.

Toutes les levures ne jouissent pas au même degré du *pouvoir ferment*, ne peuvent pas également vite passer de la vie aérobie à la vie anaérobie; il y en a qui attaquent le sucre avec lenteur, dégagent peu d'acide carbonique, et jouissent, par conséquent, bien plus longtemps du contact de l'oxygène libre.

**Pouvoir ferment.** — Qu'est-ce que le pouvoir ferment? Existe-t-il une relation entre l'existence du globule de levure et le pouvoir ferment?



Pasteur a défini le pouvoir ferment par le rapport entre le poids de l'aliment transformé et le poids des cellules ou microbes qui l'a détruit; il a voulu ainsi montrer que le pouvoir ferment correspondait à la notion mécanique du travail, car il n'a pas fait intervenir la notion du temps.

La valeur d'un microorganisme comme ferment ou son pouvoir ferment peut être exprimé de différentes façons : ainsi pour la levure par la quantité maxima d'alcool produit ou par le rapport du poids de l'alcool au poids du sucre disparu ou encore par le rapport de la quantité de sucre détruit au poids de levure obtenu ; on est convenu d'appeler *pouvoir ferment* de la levure, la quantité de sucre détruite par un gramme de levure dans des conditions déterminées.

Il en résulte que le fabricant de levure devra rechercher des conditions de travail où le pouvoir ferment est faible, par contre le brasseur, celles pour lesquelles le pouvoir ferment est élevé.

Ce pouvoir ferment dépend naturellement de divers facteurs, ainsi de la présence ou de l'absence de l'oxygène, de la composition du milieu de culture, de sa richesse en hydrates de carbone, en matières azotées, de son acidité, de la nature de cette dernière, etc.



Versons dans une cuvette large un liquide fermentescible qu'on ensemence faiblement; en arrêtant l'expérience dès les premiers jours, le poids de levure produit peut atteindre le quart de celui du sucre disparu : le pouvoir ferment sera donc égal à 4.

Il existe une relation intime entre la privation d'oxygène et le caractère ferment.

Le poids de sucre qu'un poids de levure déterminé peut faire disparaître est d'autant plus élevé que l'oxygène fait davantage défaut dès le commencement de l'expérience et l'on voit que, dans ces conditions, et suivant la durée de l'expérience, le pouvoir ferment peut atteindre des nombres assez élevés 100, 150, 175, 200.

Les exemples suivants nous montrent que ce pouvoir ferment peut varier beaucoup selon les conditions de l'expérience.

a) Il varie avec la levure :

Eau de touraillons à 196<sup>gr</sup>,22 de saccharose par litre.

Levure	Levure produite	Sucre restant	Pouvoir ferment
2	2 <sup>gr</sup> ,56	21 <sup>gr</sup> ,3	68
1/4	3 ,72	10 ,2	50

b) Il varie avec la température (25 et 35°).



Eau de touraillons à 86<sup>gr</sup>,21 de saccharose par litre.

Levure	Levure produite		Sucre restant		Pouvoir ferment	
	25°	35°	25°	35°	25°	35°
2	18 <sup>r</sup> ,43	18 <sup>r</sup> ,01	0	0	60	85
32	2 ,19	0 ,72	0	0	39	119

c) Il varie avec la richesse en matières azotées du milieu :

Eau de touraillons sucrée additionnée de différentes doses de peptone.

30/0 Peptone			0,5 0/0 Peptone		
Poids de levure	Pouvoir ferment	Sucre restant	Poids de levure	Pouvoir ferment	Sucre restant
0,224	61	5,04	0,154	42	12,25

d) Il varie avec la nature du sucre :

Eau de touraillons additionnée de 21,55 0/0 de glucose ou de 21,22 0/0 de lévulose (25 et 35°).

Levure sucre		Poids de levure	Pouvoir ferment à 25°	Sucre restant	Poids de levure	Pouvoir ferment à 35°	Sucre restant
2	Lévulose.	2,300	84,9	16,85	1,300	113,1	65,10
	Glucose .	2,250	96,0	2,50	1,700	100,2	45,15
37	Lévulose.	3,100	61,1	22,75	2,125	82,9	35,92
	Glucose .	2,625	80,4	4,67	2,650	74,8	17,95



e) Il varie avec l'acidité du milieu :

Eau de touraillons à 86<sup>gr</sup>,21 de sucre conservée neutre ou additionnée de 2<sup>gr</sup>,22 d'acide tartrique par litre.

LEVURE 32

Analyse	A 25°		A 35°	
	Moût acide	Moût neutre	Moût acide	Moût neutre
Sucre restant . . . . .	0	0	6,10	0
Poids de levure. . . . .	1,87	2,19	0,64	0,72
Pouvoir ferment . . . . .	46	39	125	119

f) Il varie avec la nature de l'acide :

Eau de touraillons à 196<sup>gr</sup>,22 de saccharose par litre additionnée de 5<sup>gr</sup>,71 d'acide tartrique par litre ou de 5<sup>gr</sup>,38 d'acide malique.

Levure	Poids de levure	Sucre restant avec Acide tartrique	Pouvoir ferment	Poids de levure	Sucre restant avec Acide malique	Pouvoir ferment
2	1,54	66,6	84	2,16	46,9	69
16	2,36	75,9	51	2,24	32,7	74
19	1,60	53,1	90	2,02	39,2	77

g) Il varie avec la dose d'un même acide :

Eau de touraillons à 162<sup>gr</sup>,3 de saccharose



et additionnée respectivement de 7 grammes, 3<sup>gr</sup>,50 et 1<sup>gr</sup>,75 d'acide citrique, par litre (25 et 35°).

## LEVURE 71

Analyse	Dose maxima		Dose moyenne		Dose minima	
	25°	35°	25°	35°	25°	35°
Sucre restant . .	2,4	51,6	2,4	10,5	2,4	9,1
Poids de levure .	1,025	0,705	1,225	1,295	1,425	1,385
Pouvoir ferment .	158	147	132	119	114	112

Tout le sucre disparu n'est pas entièrement transformé en alcool, une partie devient de l'eau et de l'acide carbonique; il en résulte que, si nous introduisons dans la définition du pouvoir ferment, la quantité d'alcool produit, nous voyons qu'il dépend à la fois de la quantité de sucre transformé et de la nature de cette transformation.

La propriété d'être ferment n'est pas inhérente à des cellules d'une nature spéciale, et n'est pas une condition de l'existence de la levure : La cellule végétale se comporte exactement comme la levure et devient ferment en l'absence d'oxygène.

Nous savons, en effet, par les travaux de Bérard, de MM. Lechartier et Bellamy que les fruits mûrs détachés de l'arbre continuent à



vivre, que le sucre disparaît, qu'il se forme de l'alcool et de l'acide carbonique. M. Muntz nous a montré depuis que, dans des espaces privés d'air, des plantes entières ou des parties de plantes se comportaient de même et formaient de l'alcool et de l'acide carbonique.

**Activité, énergie d'une levure.** — Une levure donnée peut faire disparaître une même quantité de sucre plus ou moins rapidement; nous savons déjà que différents facteurs interviennent : l'état de la levure, son âge, l'aération du milieu, l'acidité du milieu, etc., mais il sera toujours possible de se placer dans les mêmes conditions, de comparer deux levures entre elles et de voir au bout de combien de temps, elles feront disparaître la même quantité de sucre; la plus active sera celle qui l'aura fait disparaître le plus rapidement.

On peut appeler *activité* d'une levure, la quantité de sucre que l'unité de poids de cette levure fait disparaître dans l'unité de temps, dans des conditions déterminées; c'est cette quantité que nous appellerons  $\alpha$ .

Le sucre disparu a servi d'une part à produire un poids de levure  $l$  pendant le temps  $t$ ; cette quantité de sucre est sensiblement proportionnelle au poids de levure et peut être exprimée par  $ml$ ,  $m$  étant une constante sensiblement égale à l'unité, car la composition chimique du



sucré et de la levure ne varie pas dans des limites trop étendues ; une autre partie du sucre a été employée pour la dépense d'entretien de la levure ; elle sera évidemment proportionnelle au poids de levure  $l$ , au temps  $t$ , multiplié par la quantité de sucre consommé dans l'unité de temps par l'unité de levure, c'est-à-dire par l'activité  $a$  et sera donc représentée par  $alt$ , si toutefois l'activité de la levure reste constante pendant toute la durée de la fermentation.

Le poids de sucre disparu  $S$  est donc égal

$$S = ml + alt.$$

Mais la dépense d'entretien a été calculée comme si le poids de levure était resté constant depuis le commencement jusqu'à la fin de la fermentation, ceci n'est pas le cas, mais il est toujours possible d'imaginer une quantité de levure invariable telle qu'agissant depuis le commencement jusqu'à la fin de la fermentation, elle aurait produit, dans le même temps, le même effet que celui qu'ont produit les quantités variables de levure qui ont agi réellement ; tout se passe, comme l'a démontré M. Hansen, comme si le tiers de la levure finalement trouvé avait agi pendant toute la durée de la fermentation ; mais peu importe, considérons avec M. Duclaux le poids  $l$  de la levure comme représentant le poids réel.



Nous avons

$$S = ml + alt$$

$$\frac{S}{l} = \text{pouvoir ferment} = m + at.$$

Nous voyons que ce pouvoir ferment dépend en réalité du temps et de l'activité de la levure. Nous voyons également qu'un ferment est d'autant plus actif qu'il détruit à poids égal plus de sucre.

Dans la vie aérobie où le pouvoir ferment est faible, la dépense de construction l'emporte ; dans la vie anaérobie où le pouvoir ferment est élevé, c'est la dépense d'entretien qui décide de la valeur de  $a$ .

A) *Expérience avec les sucres lévulose et glucose ; durée de la fermentation à 25° : 7 jours et à 35° : 5 jours.*

Levure	Sucre	Valeur de $a$	
		25°	35°
2	Lévulose	12,1	22,6
2	Glucose	13,5	20,1
37	Lévulose	8,6	16,6
37	Glucose	11,5	15,0

Nous voyons que  $a$  est plus élevée pour le lévulose à 35°, plus faible à 25° que pour le glucose ; ceci a lieu pour les deux levures ; mais



ces résultats ont été obtenus à la fin de l'expérience et il serait intéressant de voir, par des prises faites aux différents moments, au bout de combien de temps, une levure donnée fait disparaître, dans les mêmes conditions, la même quantité de lévulose ou de glucose; existe-t-il toujours la même différence qu'à la fin, la destruction des deux sucres ne marcherait-elle pas à un moment donné de pair, les différences ne se faisant sentir qu'à partir d'une certaine teneur en sucre.

B) *Expérience avec différentes doses de peptone ; sucre primitif 18<sup>gr</sup>,70, durée quatre jours.*

Peptone	3 0/0	1,2 0/0	0,5 0/0
<i>a</i>	15	12	10

L'activité est donc d'autant plus grande qu'il y a plus de matières azotées.

Il est maintenant facile de comprendre le phénomène de la fermentation alcoolique, en nous rapportant à ce que nous venons de dire sur les deux genres de vie de la levure et sur son pouvoir ferment.

**Influence de l'oxygène. Respiration de la levure.** — Brefeld avait prétendu que la levure ne pouvait vivre sans oxygène libre;



M. Pasteur est venu démontrer que les fonctions fermentatives de la levure sont précisément une conséquence nécessaire de la vie sans air, de la vie sans oxygène libre.

Les cellules de levure introduites dans un milieu aéré, absorbent très facilement l'oxygène et donnent lieu à un dégagement correspondant d'acide carbonique; c'est même un des moyens pour obtenir de l'eau désoxygénée. Il suffit de délayer dans de l'eau 1 à 2 grammes de levure fraîche par litre et de l'abandonner pendant quelques heures à la température de 25 à 30°; toute absorption d'oxygène cesse, lorsqu'on tue la levure par chauffage préalable. La levure est, en effet, très friande d'oxygène, elle enlève cet élément très vite aux solutions d'hémoglobine.

M. Schutzenberger faisait circuler à la température de 35°, du sang défibriné et saturé d'oxygène à travers un long tube en baudruche mince; ce tube plongeait dans du sérum bien exempt de globules sanguins et contenant de la levure de bière en suspension: le sang sortait avec une coloration brun noirâtre. C'est, en effet, vers 33 à 40° que la quantité d'oxygène consommé dans l'unité de temps par l'unité du poids de levure est maxima.

On peut admettre qu'à la température ordinaire des fermentations entre 20 et 25°,



1 gramme de levure sèche abandonnée dans l'eau pure peut transformer, en moyenne, par heure, 5 centimètres cubes d'oxygène en acide carbonique.

Cette activité respiratoire est indépendante de la masse de la levure et de la quantité d'oxygène présent. Elle est bien moindre après des lavages enlevant les principes oxydables contenus dans la levure.

En large surface, c'est-à-dire lorsque l'oxygène arrive facilement à son contact, M. Pasteur a constaté que 1 gramme de levure absorbait plus de 40 milligrammes d'oxygène, soit un vingt-cinquième de son poids.

Quelle influence l'oxygène exerce-t-il sur la levure ? On trouve qu'après le contact de l'oxygène de l'air, le travail de nutrition de la levure est plus énergique et que, selon les circonstances, ce gaz est absorbé en plus ou moins forte quantité.

L'oxygène est emmagasiné peu à peu dans les cellules, il se fixe sur les principes oxydables ; plus tard, il servira à leur donner un élan de vie et de nutrition qui s'étendra ensuite aux générations successives.

Mais la levure ne borne pas son action absorbante à l'oxygène dissous, elle s'attaque encore à l'oxygène combiné ; c'est ainsi que les moûts se décolorent pendant la fermentation



et beaucoup plus facilement avec certaines levures qu'avec d'autres; l'oxygène dissous rajeunit la levure, mais une levure trop vieille est incapable de s'emparer de l'oxygène combiné.

M. Schutzenberger, en déterminant la dose d'oxygène que l'unité de levure absorbe, dans l'unité de temps, dans une eau aérée sans addition d'éléments nutritifs, a constaté que l'oxygène absorbé était proportionnel au temps et au poids de levure.

La présence de l'oxygène aide à la multiplication de la levure dont le rajeunissement favorise une nouvelle absorption d'oxygène.

Cette prolifération est surtout rapide au début, mais elle va peu à peu en se ralentissant, sa durée est d'autant plus courte que la température est plus élevée jusqu'à une certaine limite; d'autant plus lente, avec une activité moindre que la température est basse.

Au fur et à mesure de son absorption, l'oxygène est remplacé par l'acide carbonique peu favorable à la multiplication. Aussi le fabricant de levure doit-il aérer beaucoup le liquide pendant la fermentation : le meilleur critérium de l'effet produit réside dans l'augmentation du poids de levure et dans la diminution du temps employé à la disparition du sucre.

M. Hansen a étudié la multiplication de la



levure, voici quelques-uns des résultats obtenus par ce savant.

Périodes	Nombre de cellules		
	Liquide non aéré	Liquide aéré	En faveur du liquide aéré
Premier jour . . .	55	55	//
Deuxième jour. . .	279	800	621
Troisième jour . .	405	1 498	1 094

M. Hansen a ainsi trouvé que, dans une fermentation, tout se passe comme si pendant toute la durée de l'expérience, il y avait une quantité de levure égale au tiers du poids final ; si nous appliquons ce chiffre à l'expérience de M. Pasteur citée précédemment, nous trouvons que l'activité respiratoire sera représentée par  $\frac{3}{25}$  ou  $\frac{1}{8}$  ; c'est-à-dire qu'un gramme de levure peut consommer par heure 120 milligrammes d'oxygène, alors qu'un globule sanguin n'en consomme qu'un  $\frac{1}{33}$  de son poids.

Cette influence de l'oxygène ne peut être mieux représentée que par l'expérience suivante de M. Pasteur :

« Lorsqu'on introduit dans un liquide sucré  
« privé d'air, une levure déjà vieillie, la fermen-  
« tation devient interminable. Le dégagement  
« d'acide carbonique se fait par bulles de plus



« en plus petites, de plus en plus rares pour  
« cesser bientôt complètement. Si, à ce moment,  
« on fait arriver une bulle d'air imperceptible,  
« l'oxygène qu'elle contient se dissout rapide-  
« ment et se diffuse dans le liquide. Moins d'une  
« heure après, dans ce liquide saturé d'acide  
« carbonique, le dégagement de gaz a repris  
« de l'activité et dure pendant quelques jours,  
« puis s'arrête de nouveau pour être réveillé par  
« une nouvelle bulle aussi petite que la pre-  
« mière ».

On peut dire que toute levure qui n'a pas reçu de ses ascendants une dose minima d'oxygène finit par périr. La levure a, en général, suffisamment d'oxygène à sa disposition, ce n'est qu'avec des moûts concentrés que l'aération, surtout au début, peut être utile. Le passage de la vie aérobie à la vie anaérobie où la levure joue le rôle de ferment se fait sans transition sensible ni dans la forme, ni dans l'aspect, ni dans le mode d'existence du globule de levure.

La levure prend l'oxygène là où elle le trouve en décomposant les substances qui en renferment; c'est cette propriété qui la rend ferment.

Une minime partie de cet oxygène sert à la construction de ses tissus, une autre, bien plus grande, est dépensée pour son entretien; c'est cette dernière qui sert à un travail positif, qui fournit la chaleur dont la levure a besoin, et



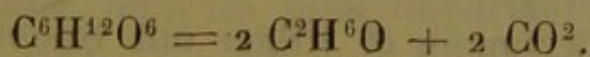
c'est ainsi que l'oxygène devient pour la levure la source de toute activité vitale.

La chaleur dégagée dans le dédoublement du sucre paraît être, d'après les dernières recherches de M. Bouffard, de 23 à 24 calories par molécule de sucre détruite.

**Variations des produits de la fermentation alcoolique.** — La fermentation alcoolique a pour principal effet la transformation du sucre en alcool sous l'influence des levures ou de certaines moisissures.

Le sucre est scindé en deux parties, l'une, l'acide carbonique plus riche que le sucre, en oxygène, l'autre, moins riche, l'alcool.

Gay-Lussac avait représenté le phénomène par l'équation très simple :



Ce qui donne en théorie :

Pour le glucose cristallisé.	46,46 d'alcool
// glucose anhydre .	51,10 //
// sucre candi . . .	53,8 //

Nous savons que cette équation ne résume pas la transformation complète : M. Pasteur nous a montré qu'il se formait également de la glycérine, de l'acide succinique et, d'après ce savant, 105<sup>gr</sup>,65 de sucre de raisins donnent à peu près :

Alcool . . . . .	51,11
CO <sup>2</sup> . . . . .	49,42
Acide succinique . . . . .	0,673
Glycérine . . . . .	3,40
Levure . . . . .	1,30



Depuis ces premiers travaux, la fermentation alcoolique a fait l'objet de nombreuses recherches qui nous ont appris que ces divers produits variaient dans des proportions assez grandes; en outre, on a trouvé parmi les corps formés des alcools supérieurs, des aldéhydes, des acides volatils, des éthers, de la tyrosine, de la leucine, etc., les uns provenant du sucre, les autres, au contraire, étant des produits de souffrance de la levure.

M. Lindet a montré que la production d'alcools supérieurs était relativement faible, avec une fermentation active du fait d'un ensemencement abondant, d'une température relativement basse ou encore de l'addition de principes azotés tels que drêches stérilisées.

MM. Thylmann et Hilger ont trouvé que la glycérine variait beaucoup avec les conditions de fermentation; l'addition de principes nutritifs, l'élévation de température paraissent favoriser la production de glycérine; une fermentation lente et une température basse agissent en sens contraire.

Les recherches de Rau semblent établir une relation directe entre la production d'alcool et la formation d'acide succinique; d'après ce savant, l'addition de principes nutritifs au liquide fermentescible est sans effet sur la production d'acide succinique.



M. Effront, a constaté que la glycérine et l'acide succinique se produisent surtout dans les dernières phases de la fermentation et il en conclut que ce sont des produits dus à l'affaiblissement de la levure.

L'aldéhyde a été reconnu par M. Duclaux dans la fermentation du sucre de lait; MM. Linnossier et Roux ont obtenu le même produit dans la fermentation du glucose par la moisissure du muguet.

M. Roeser, à son tour, a trouvé que l'aldéhyde se formait surtout en présence d'air et que les diverses levures pouvaient donner des quantités variables d'aldéhyde.

Nous arrivons enfin aux produits d'excrétion de la levure, dont les plus importants sont les acides volatils.

On sait qu'au moment où tout le sucre est transformé, l'acide acétique produit ne dépasse 0,05 % du poids du sucre.

En lavant de la levure, on arrive toujours à lui enlever les acides volatils (acide acétique, acide propionique, acide valérianique), mais on trouve au bout de quelques heures une même quantité.

La vie cellulaire continue, en effet, pendant quelque temps, aux dépens des matières du globule lui-même; c'est pendant ces mutations intracellulaires des tissus que l'acide acé-



tique se forme et les quantités d'acide produit sont assez exactement en rapport avec l'activité de la vie cellulaire dans les conditions considérées.

La formation d'acide acétique augmente beaucoup à partir du moment où la fermentation proprement dite a cessé. Ainsi M. Duclaux a trouvé, en faisant fermenter 200 grammes de sucre avec 1 kilogramme de levure, 1<sup>gr</sup>,20 d'acide acétique et après avoir abandonné le liquide à lui-même pendant deux jours, la dose était de 2<sup>gr</sup>,10.

Le tartrate d'ammoniaque, le phosphate d'ammoniaque, l'acidité du milieu paraissent également favoriser cette formation; en général, les quantités d'acides volatils sont d'autant plus grandes que le milieu est moins nutritif ou que la levure souffre davantage.

M. Boullanger a trouvé la quantité d'acides volatils suivante par litre avec des doses variables de peptone.

Moût additionné de 3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> de peptone	Moût additionné de 1,2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> de peptone
0 <sup>gr</sup> ,481	0 <sup>gr</sup> ,759

Nous nous rappelons que l'addition de la peptone a augmenté le pouvoir ferment, l'activité



fermentescible de la levure ; la fermentation était plus vite terminée avec 3 % de peptone, il s'est formé moins d'acides volatils ; cependant la dose de 3 % de peptone aurait été nuisible à la longue à la levure ; on sait, en effet, que les levures riches en azote deviennent bientôt très paresseuses.

La formation de ces acides doit être attribuée, d'après M. Duclaux, au mécanisme de l'alimentation azotée ; ceci a été prouvé à nouveau par les dernières expériences de M. Kruis ; on a également trouvé de l'acide formique, mais cet acide peut se former à la longue, par le seul contact prolongé de l'air, dans un moût, même après stérilisation.

Lorsqu'on place la levure dans un milieu non sucré, elle donne naissance à certains produits secondaires : leucine, tyrosine, ammoniacque, etc. ; ce sont là des produits de décomposition des matières albuminoïdes que, selon le mode d'existence qu'elle mène, la levure peut attaquer et détruire dans certaines circonstances ; la production de ces corps s'observe moins facilement et moins souvent dans les milieux sucrés, étant masquée par les produits de décomposition du sucre.

Ces différents produits de la fermentation alcoolique sont formés, sans doute, dans des proportions très variables selon les circonstances



dans lesquelles on opère et sous l'influence de différents facteurs que nous allons étudier.

1° *Influence du ferment alcoolique employé.*  
— Nous savons que certaines moisissures jouissent d'un pouvoir fermentescible : le penicillium glaucum, l'aspergillus niger, appartenant aux ascomycètes, le rhizoporus nigricans, l'aspergillus orizæ, la monilia candida, les mucorinées, une moisissure que j'ai rencontrée sur l'ananas, une autre provenant de la banane, etc.

L'aspergillus et le penicillium ne donnent que peu d'alcool ; avec les mucorinées, les quantités d'alcool sont plus élevées mais variables d'une espèce à l'autre et avec les sucres employés.

Ainsi le mucor circinelloïdes a fourni à M. Gayon :

Dans du moût de bière . . . . .	4,1	°/° d'alcool
Dans du jus de raisins . . . . .	4,7	"
Dans une solution de glucose . . . .	3,9	"
Dans une solution de lévulose. . . .	4,7	"

et ce savant a préconisé l'emploi de cette moisissure pour extraire des mélasses, le sucre de canne qu'elle n'attaque pas ; aujourd'hui nous connaissons des levures agissant de la même façon, c'est-à-dire n'attaquant pas le sucre de canne.

Voici les quantités d'alcool obtenues avec d'autres espèces, dans du moût de bière : le mucor erectus donne jusqu'à 8 °/° d'alcool, le



mucor spinosus 5  $\%$ , le mucor racemosus 7  $\%$ .

Le champignon du muguet étudié par MM. Linnossier et G. Roux, fait également fermenter le lévulose, le glucose, le maltose, en donnant naissance à de l'alcool, de la glycérine, de l'acide succinique, de l'acide acétique, de l'acide butyrique, de l'aldéhyde, etc.

La moisissure de l'ananas m'a donné jusqu'à 1  $\%$  d'alcool avec des solutions de saccharose et de glucose.

Ce sont là cependant des nombres relativement faibles, les levures nous montreront des différences plus grandes en alcool, glycérine, acide succinique, acides volatils, etc.

Je me contenterai de citer quelques exemples, montrant nettement les quantités variables de ces produits selon la levure employée (toutes les autres conditions étant les mêmes); tout est encore rapporté au litre.

*a) Variation de l'alcool, acide acétique, glycérine, acide succinique dans une même eau de touraillons.*

Levure	Alcool en volume	Acide acétique	Glycérine	Acide succinique
1	95,9	0,809	4,725	0,957
37	87,6	0,781	2,815	0,818



*b) Variation de la glycérine dans quatre moûts de raisin différents (Wortmann).*

Levure	Moût 1	Moût 2	Moût 3	Moût 4
A	4,204	6,054	5,906	5,258
W	6,018	6,992	6,530	5,626

*c) Variation du sucre restant et des acides volatils avec des levures de cidre.*

Levure	Sucre restant	Acides volatils en acide acétique
<i>b</i>	6,87	0,28
<i>e</i>	6,89	0,11
<i>l</i>	20,75	1,09

*2° Influence de la température.* — Nous savons que les levures basses de brasserie préfèrent les températures de 5 à 10°; les levures hautes, les levures de distillerie, les levures de cidre supportent bien 20, 22, 25°; aux températures de 32, 33 et quelquefois 35°, les levures de vin donnent encore de bonnes fermentations.

On comprend dès lors que selon la température basse ou élevée, les produits obtenus seront différents; voici quelques exemples ayant trait à des levures de vin,ensemencées dans la



même eau de touraillons contenant 180<sup>gr</sup>,7 de sucre et maintenue à 25 et à 35°.

Levure	25°			35°		
	Sucre restant	Acides volatils (C <sup>2</sup> H <sup>4</sup> O <sup>2</sup> )	Glycérine	Sucre restant	Acides volatils (C <sup>2</sup> H <sup>4</sup> O <sup>2</sup> )	Glycérine
2	2,70	0,979	3,405	115,0	0,780	1,243
8	3,15	1,112	3,943	74,4	1,504	2,990
9	2,84	0,862	3,060	58,5	0,828	1,947

La température influe encore beaucoup sur les poids de levure produite, comme le montre le tableau suivant ; on a mis en égard les pouvoirs ferments variables avec la levure et la température.

Levure	A 35°		A 25°	
	Poids par litre	Pouvoir ferment	Poids par litre	Pouvoir ferment
2	0,566	116,3	1,492	119,3
9	0,922	132,6	1,350	131,8
27	1,444	75,6	1,324	132,3
18	1,144	103,8	1,976	90,1

3° *Influence de la richesse saccharine.* — Les



solutions saccharines à 30 % peuvent être considérées comme renfermant les quantités maxima de sucre fermentescible, et sont déjà nuisibles à l'action de la sucrase. D'autres facteurs peuvent faire varier cette limite : des levures de vin (qui, en général, ne peuvent faire fermenter complètement du moût de raisins à 30 % de sucre) ont pu transformer presque tout le sucre d'un moût de miel additionné de principes minéraux à 30, 43 % de glucose ; dans ce moût

la levure 9 a laissé 2,15 de sucre par litre

la levure 49 a laissé 2,63 de sucre //

ce qui correspond à 16,9 et 16,7 % d'alcool.

Des teneurs de 10 à 20 % en saccharose, sucre interverti, glucose ou maltose sont les plus favorables pour une bonne fermentation. Dans ces solutions de divers sucres, les levures assez énergiques se conduisent de la même manière bien que les pouvoirs osmotiques soient inversement proportionnels aux poids atomiques.

Certains auteurs admettent deux concentrations optima pour le saccharose ; entre 2 à 4 % et 20 à 25 % selon Wiesner.

M. Archleben étudiant dans du moût de bière, la multiplication des globules pour les fabriques de levures, a constaté deux optima compris entre 10 à 14 % et 19 à 25 % de sucre.



On peut aussi se rendre compte de l'influence de la richesse saccharine, en étudiant les produits obtenus, notamment les acides volatils (produits de souffrance).

On observe que le milieu le plus riche en sucre sera aussi le plus riche en acides volatils.

4° *Influence de la nature des sucres.* — Eau sucrée additionnée d'une faible quantité d'eau de levure, destinée à fournir la matière azotée et minérale etensemencée très faiblement.

Analyse	Lactose 9 <sup>gr</sup> ,948	Glucose 9 <sup>gr</sup> ,814	Sucre incris- tallisable 9 <sup>gr</sup> ,976	Sucre candi 9 <sup>gr</sup> ,899
Levure formée. . . .	0,192	0,170	0,136	0,152
Acide succinique . .	0,075	0,066	0,058	0,068
Glycérine. . . . .	0,338	0,297	0,280	0,288

On voit les variations nettes dans la teneur du liquide fermenté en glycérine et en acide succinique, en passant d'un sucre à l'autre.

5° *Influence de la matière azotée.* — On peut admettre que la matière azotée active la fermentation, c'est ce qui ressort d'ailleurs suffisamment des exemples cités plus haut à propos de l'activité fermentescible; il paraît également démontré, que les doses de glycérine et d'acide succinique sont moindres, lorsque la



matière azotée se trouve en suffisante quantité dans le milieu.

6° *Influence de l'acidité.* — Un acide influe non seulement par sa quantité, mais encore par sa nature sur les divers produits de la fermentation alcoolique; la glycérine et les acides volatils peuvent par exemple varier dans de notables proportions :

Dans du moût de raisin rendu neutre, additionné ensuite de divers acides en quantité équivalente et à peu près égale à l'acidité d'un moût normal, deux levures de vin ont donné à M. Lafar les quantités de glycérine suivantes :

Analyse	Glycérine par litre	
	Levure 1	Levure 2
Moût normal. . . . .	6 <sup>gr</sup> ,96	6 <sup>gr</sup> ,98
Moût neutre . . . . .	7, 30	8, 72
Additionné d'acide succinique . . . . .	6, 98	8, 32
Additionné d'acide acétique . . . . .	5, 66	6, 06
Additionné d'acide oxalique . . . . .	7, 34	6, 92
Additionné d'acide malique . . . . .	7, 72	7, 56
Additionné d'acide tartrique . . . . .	6, 98	7, 44

L'acidité volatile est aussi variable : avec une acidité initiale de 4 grammes d'acide tartrique par litre, la levure 14 a donné dans l'eau de touraillons, 0<sup>gr</sup>,25 d'acide acétique et, avec une



acidité initiale de 8 grammes, 0,58 d'acide acétique par litre.

D'autre part, la levure 71 a donné naissance à 0<sup>gr</sup>,57 d'acide acétique avec 3<sup>gr</sup>,75 d'acide tartrique dans le moût à l'origine et 0<sup>gr</sup>,30 seulement avec 3<sup>gr</sup>,50 d'acide citrique par litre.

Enfin les poids de levure varient aussi avec l'acide employé :

Levure	Moût neutre		Moût avec acide tartrique		Moût avec acide malique	
	Poids par litre	Pouvoir ferment	Poids par litre	Pouvoir ferment	Poids par litre	Pouvoir ferment
7	3,00	62	1,38	90	3,00	58
19	3,32	59	1,60	90	2,02	77
37	2,76	71	1,48	130	1,16	109

7° *Influence du temps et de la quantité de levure employée.* — Un excès de levure de semence ne diminue pas le temps de la fermentation ; la durée est avant tout proportionnelle à la quantité de sucre (Exemple p. 144).

De même, 40 grammes de levure ont fait disparaître en 16 minutes, 1 gramme de glucose contenu dans 200 centimètres cubes d'eau ; il leur fallait 34 minutes pour faire disparaître



1 gramme de saccharose, à cause de l'intervention préalable.

150 <sup>cm</sup> <sup>3</sup> d'eau avec Sucre	Avec 20 grammes de levure	
	Temps de destruction (en minutes)	Rapport
0gr,5	55'	0,5
1	108'	1
2	215'	2
3	430'	4

8° *Influence du traitement préalable.* — Les levures fluorurées donnent lieu à une fermentation plus active; M. Effront a trouvé avec elles, augmentation d'alcool, diminution de glycérine et d'acide succinique; chaque levure a, sans doute, des exigences particulières pour cette fluoruration.

Dans le même ordre d'idées des levures habituées à l'acide sulfureux, arrivent à faire fermenter plus tôt les moûts mutés (Station œnologique du Gard).

9° *Influence de l'aération.* — L'aération augmente le poids de levure obtenu; ceci a une grande importance pour les fabriques de levure où l'on peut obtenir maintenant, grâce aux nouveaux procédés 20 à 25 % du poids du malt en levure.



M. Delbruck a remarqué que les races qui donnent les meilleurs résultats sans aération, ne gardent pas forcément leur rang dans des moûts aérés.

**Sécrétion des diastases.** — Les levures ont, à leur disposition, des diastases leur permettant de faire fermenter, après transformation préalable, certains sucres.

Nous savons que, pendant la première partie de sa vie, la plante accumule dans ses tissus certains éléments qui, au moment de la floraison ou de la fructification deviennent solubles, sous l'influence des diastases, et interviennent ainsi dans la nutrition végétale et animale.

Ces diastases n'ont pas encore pu être obtenues à l'état de pureté absolue, aussi leurs propriétés sont sujettes à de grandes variations.

C'est par ces diastases ou ferments solubles élaborés par les cellules vivantes que le rôle des organismes microscopiques a été expliqué.

Ces diastases sont des substances solubles; elles sont présentes toutes les fois qu'il doit se produire une digestion quelconque dans l'intérieur des cellules; leurs propriétés sont analogues à celles des microbes, et leur caractère principal est d'opérer en poids faible et invariable sur une grande quantité de matières à transformer.



C'est encore une diastase qui, d'après M. Berthelot, intervient dans le dédoublement du sucre de canne en deux autres sucres ; cet agent actif, principe neutre et azoté, présent dans la betterave, est aussi excrété par la levure ; on le rencontre toujours en plus ou moins grande quantité dans les eaux de lavage de la levure.

Le pouvoir inversif des globules de levûre paraît intimement lié à la facilité avec laquelle leur membrane se laisse traverser par les substances albuminoïdes ; les travaux de MM. Fischer et Thierfelder nous ont appris que la faculté pour certaines levures de faire fermenter un sucre est due à ce que ces levûres peuvent sécréter la diastase permettant d'hydrolyser le sucre considéré.

Ainsi la levure apiculée, la levure de M. Roux ne secrétant pas de sucrase, ne peuvent pas faire fermenter le saccharose.

De même, une levure de Saaz étudiée à Berlin, jouit de la faculté de faire fermenter le maltose, sans pouvoir agir sur la dextrine.

Certaines levures sont des productrices très actives de diastase ; dont la diffusion hors des cellules varie beaucoup avec le mode de vie (aérobie ou anaérobie) de la levure (A. Fernbach).

Beaucoup de levures secrètent :



1° La sucrase, intervertissant le sucre de canne.

2° La glucase, intervertissant le maltose (maltase de M. Bourquelot).

D'autres sécrètent la lactase, leur permettant de faire fermenter le sucre de lait.

D'autres enfin sécrètent la mélibiase transformant le mélibiose en glucose et en galactose; cette diastase ne serait pas sécrétée par les levures hautes permettant ainsi de les différencier des levures basses de brasserie.

Rappelons du reste que certains microorganismes font fermenter le sucre candi sans inversion préalable, telle la *monilia candida* (Hansen).

---



## CHAPITRE II

---

### INFLUENCE DES AGENTS PHYSIQUES, CHIMIQUES ET ANTISEPTIQUES

Les recherches rapportées dans ce chapitre ont été généralement faites avec des levures industrielles et, il est fort probable qu'avec des levures pures, les résultats auraient été différents ; partout d'ailleurs où il était possible de le faire, nous donnons les résultats obtenus avec des levures pures.

**Influence des agents physiques.** *Chaleur.*  
— L'action de la chaleur varie suivant que la levure se trouve à l'état humide ou sec, à l'état de levure ou à l'état de spores.

La levure humide meurt entre 50° et 60° ; par un chauffage de 5' en tubes effilés, beaucoup périssent à 50°, d'autres à 55°, quelques-unes plus rares à 60° ; les spores résistent à une température, en général, de 5° supérieure.

A l'état sec certaines levures supportent, sans



périr, un chauffage de cinq minutes en courant d'air à 100, 110, 120°; des spores d'une levure anglaise ont ainsi résisté jusqu'à 120°, tandis que la levure mourait vers 115°.

*Froid.* — Les expériences de Cagniard Latour, de MM. Pictet et Yung nous ont appris que la levure pouvait résister à des froids très intenses : 204 heures à — 130°.

On n'aperçoit aucune altération au microscope, mais souvent les fonctions physiologiques sont un peu modifiées.

*Lumière. Électricité.* — Ne paraissent avoir que peu d'action; toutefois la marche de la fermentation paraît être un peu plus lente à l'obscurité.

M. Martinand a fait quelques recherches sur l'action de la lumière solaire : à une température de 40 à 45°, la levure peut être détruite par une exposition au soleil pendant quatre heures; une exposition de trois jours avec une température de 36° produit le même effet; à l'abri de la lumière, au contraire, les levures résistent fort longtemps à cette température de 36 à 40°. La lumière solaire paraît donc agir quelquefois énergiquement sur la vitalité des levures, fait d'une certaine importance pour la vinification.

*Pression.* — M. Regnard a soumis de la levure à une pression de 1 000 atmosphères pendant une heure, sans diminuer sa vitalité;



M. Melsens est même allé jusqu'à des pressions supérieures à 8 000 atmosphères sans constater le moindre effet.

**Influence des agents chimiques. Eau.** — L'eau est absolument nécessaire à la vie de la levure qui en contient, en général, 72 %; même dans les liqueurs concentrées sa teneur ne descend guère au-dessous de 25 %.

Des chauffages, des traitements par l'alcool, les sirops sucrés, les solutions concentrées de sels, en diminuant cette teneur, font contracter le protoplasma qui se sépare de l'enveloppe, et quand la richesse en eau n'est plus que de 13 %, la levure meurt.

**Gaz.** — M. Dumas, en mettant la levure en contact avec différents gaz : Oxygène, azote, oxyde de carbone, hydrogène, protoxyde d'azote, hydrogène protocarboné n'a constaté aucune différence dans le mode de fermentation entre la levure traitée et celle qui n'avait pas subi l'influence du gaz. Toutefois la levure sortant d'un bain de protoxyde d'azote paraissait produire une fermentation plus rapide. L'acide cyanhydrique à la dose de 18 milligrammes pour 5 grammes de levure arrête son action.

**Métalloïdes.** — En présence de soufre, on observe un dégagement d'hydrogène sulfuré; le chlore, à très faible dose, fait périr la levure.

**Acides minéraux.** — La levure a, en gé-



néral, une réaction acide ; on ne peut la saturer à l'eau de chaux, que passagèrement, à moins d'en ajouter de fortes quantités.

L'équivalent du pouvoir acide de la levure fraîche, essorée sur plusieurs doubles de papier buvard, jusqu'à ce qu'elle contienne environ 20 % de matières sèches, oscille entre 25 à 30 dix millièmes de son poids d'acide sulfurique monhydraté.

Il y a des levures plus résistantes à l'acidité, précisément celles qui en produisent davantage ; tel le schizosaccharomyces Pombe qui donne trois fois autant d'acidité que la levure de Froberg.

*Acide carbonique.* — Cet acide entraverait la fermentation, en agissant comme antiseptique ; mais son action est certainement faible. En se dégageant dans la fermentation, il amène les globules de levure au contact de l'air libre et favorise ainsi leur développement.

*Acide sulfureux.* — Assez étudié par suite de son emploi dans la vinification des vins blancs.

La dose mortelle peut varier avec la composition chimique du milieu, l'état, l'âge de la levure, la température, la pression, la profondeur de la couche liquide, l'agitation, la durée d'action, etc.

M. Linossier a constaté qu'une solution renfermant un cinquième de son volume d'acide



sulfureux détruisait toutes les levures après contact d'un quart d'heure; la dose toxique varie avec la durée du contact et les races de levures. La présence de faibles quantités d'un acide minéral exalte beaucoup la toxicité de l'acide sulfureux.

Le tableau suivant résume les recherches de M. Linossier ;

Avec une solution de :

18 <sup>r</sup> ,25	par litre	la levure meurt au bout de :	un quart d'heure
08 <sup>r</sup> ,27	"	"	une heure
08 <sup>r</sup> ,108	"	"	24 heures
08 <sup>r</sup> ,054	"	"	plusieurs jours

Certaines espèces étant plus résistantes que d'autres, on a pu se servir de cet acide pour la sélection des levures (R. Wischin).

*Acide borique.* — La fermentation est arrêtée par des doses d'acide borique variant de 0,9 à 1 ‰, ralentie par une dose de 0,7 à 0,8 ‰; une dose de 0,2 ‰ est sans effet.

Si on laisse la levure en contact pendant quelques heures seulement avec des solutions à 1 ‰, 2 ‰, jusqu'à 3 ‰ de cet acide, on constate que la fermentation part plus lentement; le retard est proportionnel à la durée du contact et à la dose employée.

D'après Wille, les levures sauvages sont plus résistantes à cet acide.

*Autres acides minéraux.* — Acide phos-



phorique, acide sulfurique, acide nitrique, acide arsénieux, etc.

A faibles doses, ces divers acides sont sans action sur la fermentation ; Hayduck a constaté que la levure pouvait supporter sans inconvénient 1,3 % d'acide phosphorique et 0,5 % d'acide sulfurique.

*Acide fluorhydrique et fluorures.* — L'addition de l'un ou l'autre de ces corps renforce, en général, l'activité de la levure ; elle semble acquérir de nouvelles propriétés (travaux de MM. Sorrel et Effront).

M. Effront, en étudiant l'influence des fluorures sur les levures de bière a constaté qu'en cultivant de la levure dans un moût contenant 200 à 300 milligrammes de fluorure, on affaiblit sensiblement son pouvoir de multiplication ; en habituant la levure de bière ou de distillerie à des doses croissantes de fluorures, on peut beaucoup augmenter le pouvoir ferment.

Les fortes doses diminuent l'intensité de multiplication dans de notables proportions et la levure devient d'autant plus active que le premier milieu de culture était plus aseptique ; le fluorure de sodium arrête la fermentation à la dose de un centième.

Cet acide fluorhydrique et les fluorures doivent agir très différemment sur les diverses levures, pour lesquelles il doit exister des doses



optima correspondant à un maximum d'activité et on peut prévoir qu'on peut favoriser l'une des levures aux dépens de l'autre et empêcher la dégénérescence d'une race déterminée.

Nous avons vu, plus haut, l'influence de cet acide sur les produits de la fermentation (Effront). Déjà, l'acide fluorhydrique joue, en distillerie, le rôle de protecteur contre les mauvais ferments.

**Sels.** — M. Dumas a mis en contact avec un gramme de levure, pendant trois jours, 30 à 40 grammes de solutions salines saturées. Après ce temps, il remplaçait la solution saline par une solution sucrée et observait la marche de la fermentation.

Il a pu classer les sels en quatre groupes :

1° Ceux qui favorisent la fermentation, exemple : Phosphate de potassium, sulfate de potassium, chlorure de potassium, phosphate d'ammonium, sulfate de calcium, etc.

2° Ceux qui ralentissent la fermentation, exemple : Nitrate de potassium, arséniate de potassium, iodure de potassium, borax, etc.

3° Ceux qui favorisent plus ou moins l'inversion sans donner lieu à une fermentation. Exemple : Azotite de potassium, chromate de potassium, sel ammoniacal, etc.

4° Ceux qui ne produisent ni fermentation, ni interversion, exemple : Acétate de potassium, monosulfure de sodium, etc.



Voici d'ailleurs les résultats obtenus avec quelques sels étudiés plus particulièrement : Homeyer a constaté qu'une addition de 0,1 à 0,5 % d'hydrofluosilicate de calcium ou d'un sel de borohydrofluosilicate arrêta la fermentation pendant plusieurs semaines ; le silicate de soude l'arrête complètement à la dose de 1 à 2 % ; le sulfate de chaux paraît être un excitant.

*Bases et carbonates alcalins.* — N'arrêtent la fermentation qu'à fortes doses, probablement en gênant l'action de la sucrase ou des autres diastases.

*Acides organiques.* — D'après des recherches de Neale, la fermentation est arrêtée par des solutions à 0,2 % d'acide formique, 0,5 % d'acide acétique, 0,15 % d'acide propionique, 0,05 % d'acide butyrique. M. Lafar a démontré que certaines levures fermentaient encore très activement avec 1 % d'acide acétique.

D'après M. Laurent, la multiplication de la levure n'est nullement gênée par 1 % d'acide glycolique, d'acide lactique, succinique, malique, tartrique, citrique ; ces doses peuvent être dépassées, comme me l'ont montré des expériences personnelles ; si la dose des acides n'est pas trop élevée, on constate souvent une exaltation des facultés de la levure.

L'acide lactique peut être aisément supportée



à la dose de 2 0/0, sans amener un grand changement, comme le montre le tableau suivant :

FERMENTATION D'UNE EAU DE TOURAILLONS  
A 164<sup>gr</sup>,3 DE GLUCOSE PAR LITRE  
ADDITIONNÉE DE DOSES DIVERSES D'ACIDE LACTIQUE

Levure	Sucre restant par litre				
	Milieu neutre	A 0,8 0/0 Acide lactique	B 1,2 0/0 Acide lactique	C 1 6 0/0 Acide lactique	D 2 0/0 Acide lactique
K	22,6	23,8	24,9	25,3	25,6
A	21,5	24,5	25,3	26,1	38,4

Nous voyons, de plus, que la race de levure considérée joue un grand rôle.

L'acide oxalique retarde, en général, la fermentation ; par contre, une teneur modérée en acide salicylique semble plutôt augmenter la force fermentative de la levure (Heinzelmann).

**Antiseptiques proprement dits.** — Les substances antiseptiques peuvent se comporter très différemment dans la fermentation alcoolique ; leur action dépend de leur nature, de leur dilution, de la quantité de levure sur laquelle elles agissent, de l'âge de cette levure, de la nature du moût, de la température, la durée, etc. ; nous voyons qu'une foule de facteurs interviennent ici et que les résultats obtenus sont tout à fait contingents.



M. Biernacki a trouvé que diverses substances antiseptiques peuvent accélérer la fermentation alcoolique par des dilutions déterminées, tel le bichlorure de mercure; tels encore l'acide sulfureux, l'acide fluorhydrique, etc. Il est possible de faire fermenter une solution sucrée reposant sur une couche de chloroforme.

C'est, du reste, une propriété presque générale pour tous les antiseptiques d'accélérer, à faibles doses, la fermentation; ces doses étant, du reste, variables suivant les corps (très minimes, par exemple, pour le chlore).

Les antiseptiques d'origine organique agissent moins activement que ceux d'origine inorganique; la puissance antifermentescible des substances organiques semble être d'autant plus grande qu'elles sont plus riches en carbone.

La quantité de substance antifermentescible influe moins que le rapport qui existe entre elle et le nombre de cellules vivantes, exposées à subir son influence.

Deux méthodes se présentent à nous pour cette étude.

*Première méthode.* — On sème dans un milieu de composition constante, renfermant l'antiseptique à étudier <sup>(1)</sup>, des cellules en nombre dif-

---

(<sup>1</sup>) La dose de l'antiseptique doit être suffisante pour



férent ; on les laisse se multiplier pendant le même temps dans les mêmes conditions ; si l'effet de l'antiseptique est indépendant du nombre de globules, le nombre final de globules restera proportionnel à ce qu'il était au commencement. Si l'action antiseptique augmente à mesure que diminue le nombre de globules, le développement sera surtout lent dans les ballons qui n'auront reçu qu'une faible quantité de semences à l'origine ; les nombres proportionnels seront plus grands après culture, quand on passera des matras faiblement ensemencés à l'origine à ceux qui l'ont été fortement.

On voit qu'il suffit dès lors de compter le nombre de cellules soit par la méthode sur gélatine ou au compte-gouttes et de comparer les nombres entre eux.

*Deuxième méthode.* — On introduit un nombre différent de cellules dans des quantités égales d'une solution antiseptique, mais choisie convenablement c'est-à-dire incapable de tuer toutes les cellules introduites.

Les matras les moins chargés à l'origine le

---

gêner, mais incapable d'arrêter le développement de la levure.

Il faut, en outre, que le matras le plus chargé ne renferme pas un nombre de cellules trop grand pour se gêner les unes les autres ; c'est ce qu'une expérience à blanc déterminera.



seront encore après ou on constatera un retard général avec proportionnalité de la dose de semence la plus faible à la dose la plus forte. M. Mann a pu observer que, pour certains sels métalliques, la quantité d'antiseptique nécessaire pour tuer la levure augmente avec le poids de levure; que pour d'autres, au contraire, parmi lesquels il faut citer les sels de plomb, de fer, de cuivre, etc., les quantités varient avec la dilution de la solution et le temps de l'action.

*Alcool.* — Ce corps n'est guère nuisible qu'à partir d'une dose de 10 à 12 ‰, variable du reste avec la race employée.

M. Regnard a recherché quelles doses minima de divers alcools arrêtaient la fermentation alcoolique; il a trouvé qu'une solution de 2 grammes de sucre de raisins dans 250 grammes d'eau ne fermentait pas en présence de 2 ‰ d'alcool méthylique, 15 ‰ d'alcool éthylique, 10 ‰ d'alcool propylique, 2,5 ‰ d'alcool butylique, 1 ‰ d'alcool amylique, 0,2 ‰ d'alcool caproïque, 0,1 ‰ d'alcool caprylique; les alcools paraissent donc d'autant plus vénéneux que le nombre de C est plus élevé. Certaines levures de vin, essayées dans du moût de miel additionné d'éléments minéraux nous ont donné jusqu'à 16,5 ‰ d'alcool éthylique.

*Chloroforme.* — Une solution aqueuse et



saturée de chloroforme arrête l'action d'une levure vieille et ralentit seulement celle d'une levure jeune.

M. Duclaux a eu des fermentations dans des solutions sucrées, additionnées de 1 % de chloroforme.

Salkowski a remarqué que de la levure plongée dans l'eau chloroformée à 15° donnait lieu à du sucre, de la leucine, de la tyrosine; ce phénomène ne s'observait pas avec une levure stérilisée.

*Bichlorure de mercure.* — Des doses très faibles augmentent l'activité de la levure pendant un temps plus ou moins long, ainsi des doses de 1 à 500 000 ou 1 à 700 000.

*Autres antiseptiques.* — La levure est tuée par les doses suivantes de :

Hydrate de chloral, 1 à 60; benzol, 1 à 200; toluol, 1 à 300; xylol, 1 à 300; sulfate de cuivre, 1 à 600.

*Alcaloïdes.* — La quinine ralentit d'abord, pour l'arrêter ensuite, l'activité de la levure; la nicotine, en solution neutre, l'accélère; la créatine diminue et la strychnine augmente d'abord, puis diminue aussi cette même activité.

**Diminution de l'énergie fermentative sous l'action des antiseptiques.** — Je me contenterai de donner quelques nombres trouvés par M. le Dr Will.



DIMINUTION DE L'ÉNERGIE FERMENTATIVE  
SOUS L'ACTION DES ANTISEPTIQUES

Éléments	Concen- tration	Pouvoir ferment		
		à l'origine	après contact de	
			1 minute	5 minutes
Sulfate de fer . .	10 0/0	83	70	42,3
Acide borique . .	7 0/0	64,6	//	52,0
Borax . . . .	5 0/0	46,9	//	32,6
Acide salicylique .	5 0/0	40,6	//	0
Acide oxalique . .	10 0/0	79,1	13,8	0



## CHAPITRE III

---

### FABRICATION DE LA LEVURE

#### **Fabrication de la levure pressée. —**

Le moût destiné à la culture de la levure se prépare avec du malt seul ou du malt additionné de seigle et de maïs. Les matières employées pour le levain sont broyées et mises en contact avec l'eau chaude, de façon que le mélange soit à une température voisine de  $64^{\circ}$ ; on évite la formation des grumeaux par une agitation énergique. On abandonne le mélange pendant 1 à 2 heures, à la température de  $62^{\circ}$ . Le moût est ensuite laissé pendant quelques heures (vers  $50^{\circ}$ ) dans des cuvettes couvertes, mélangé à nouveau et abandonné jusqu'à acidification convenable. On refroidit à  $17^{\circ}$ , on ajoute la levure-mère et on laisse fermenter la masse pendant environ 20 heures; les  $\frac{9}{10}$  dixièmes de ce moût



(environ 1 kilogramme de levure pour 100 kilogrammes de matières premières), servent pour ensemençer la grande cuve contenant le moût de grains dont les proportions varient selon les pays :

Pays	Malt	Seigle	Maïs
Allemagne . . .	27	37	35
// . . .	25	50	20
Amérique . . .	10	40	50
Autriche . . .	30	40	30
France. . . .	33	33	33
Hongrie . . .	30	30	40

La température y monte jusqu'à 23 et 25°. Le moût du levain est très concentré (24 à 26° Balling), le moût de grains est très dilué, le rapport entre la matière sèche et l'eau employée est souvent de 1 à 5.

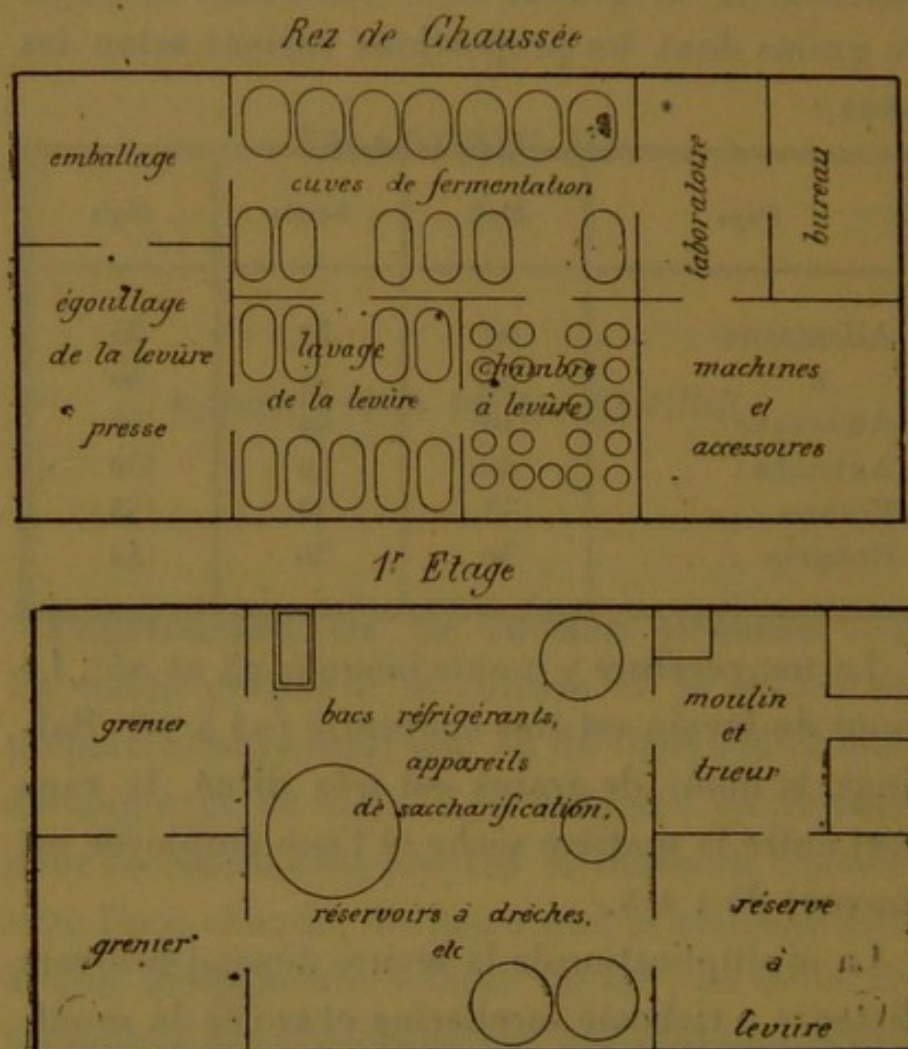
La multiplication de la levure dépend de divers facteurs : richesse saccharine et azotée du moût, nombre de globules ensemençés, richesse azotée de la levure, acidité du moût, aération, etc.

Autrefois on obtenait 9, 10, 12 kilogrammes de levure pour 100 kilogrammes de malt, aujourd'hui, grâce à des aérations <sup>(1)</sup> bien comprises, le rendement peut monter jusqu'à 20 à 25 %. La levure obtenue est pressée et souvent

(1) En opérant en moût clair.



additionnée de fécule dans des proportions très variables (*fig. 20*).



*Fig. 20.* — Schéma d'une fabrique de levure.

Le brasseur récolte 8 à 15 fois le poids de levure ensemencée dans la cuve.

**Essai commercial d'une levure.** — Nous ne citerons que les deux procédés les plus employés, ceux de Hayduck et de Meissl ; le principe est celui-ci : une levure est d'autant plus énergique que, toutes choses égales d'ailleurs,



elle produit plus d'acide carbonique pour une même quantité de sucre disparu.

*Méthode de Meissl.* — On délaie, dans 50 centimètres cubes d'eau ordinaire ou d'une solution de gypse 4<sup>sr</sup>,5 du mélange suivant : 400 grammes de sucre candi, 25 grammes de phosphate d'ammoniaque et 25 grammes de phosphate de potasse. On introduit cette solution dans un ballon à dosage d'acide carbonique et on y ajoute 1 gramme de levure à essayer, on mélange le tout intimement et on pèse; on fait fermenter pendant six heures à 30°, on refroidit rapidement après le passage d'un courant d'air pour chasser l'acide carbonique produit, on pèse à nouveau : la différence de poids nous renseigne sur la valeur de la levure.

M. Meissl appelle levure normale celle qui, dans les conditions indiquées, dégage 1<sup>sr</sup>,75 d'acide carbonique et lui donne la valeur unité 100; si la levure essayée n'en donne que 1,30 nous aurons :

$$\frac{1,75}{1,30} = \frac{100}{x}; \quad x = 74,28 \text{ } ^0\text{/}_0.$$

*Méthode de M. Hayduck.* — Elle consiste à faire fermenter au bain-marie maintenu à 30° une solution sucrée (à 10 <sup>0</sup>/<sub>0</sub>), additionnée de sels minéraux et de 10 grammes de levure; l'acide carbonique produit est recueilli et dosé volumé-



triquement; la quantité dégagée pendant une demi-heure sert de base; tous les nombres sont rapportés à la quantité de sucre décomposée par 100 grammes de levure pendant une demi-heure.

**Soins à donner à la levure.** — La levure commerciale renferme, en général, des levures diverses et des bactéries qui amèneraient vite sa décomposition.

Pour la purifier, on a recours à des procédés de lavage par décantations successives ou à des séparations mécaniques; c'est ainsi que le brasseur rejette la couche supérieure et la couche inférieure, et ne garde que la couche moyenne de levure produite.

Le fabricant de levure pressée, la traite par lavages successifs et la soumet finalement à la presse.

La levure pressée est livrée au commerce en morceaux de toute grosseur; elle se conserve suivant la saison, plus ou moins longtemps.

**Conservation de la levure.** — La levure doit être quelquefois conservée d'une année à l'autre.

La plus ou moins longue conservation dépend et de sa pureté ou plutôt de sa contamination par des bactéries et du nombre de traitements qu'elle aura subis.



On a quelquefois recours à la réfrigération, mais si elle est excessive, elle peut devenir très nuisible à l'activité et à la reproduction de la levure au point de vue industriel.

Lorsque la levure est pure et maintenue à l'abri de toute contamination, elle peut supporter les plus grandes variations de température sans perdre le pouvoir de se reproduire.

M. Duclaux a retrouvé vivantes des levures de quinze ans, employées par M. Pasteur dans ses études sur la bière.

M. Hansen nous a montré que des solutions à 10 % de saccharose constituaient un milieu très favorable pour la conservation des levures qui gardent leurs propriétés spécifiques.

Mais la levure commerciale ne se comporte pas de même.

Une des plus anciennes méthodes usitées que nous avons signalées plus haut, était de la mettre en formes en la faisant passer à travers le filtre-pressé ; elle garde ainsi de 70 à 80 % d'eau et peut être conservée au frais pendant trois à cinq jours ; mais, plus ou moins vite, cette levure s'échauffe peu à peu, s'émiette, devient molle, collante, se liquéfie et est envahie par des cultures bacillaires qui la décomposent rapidement.

La levure peut être conservée soit à l'état humide, soit à l'état sec.



*Conservation à l'état humide.* — Si la levure est conservée sous cet état, il faut lui enlever par la presse toute trace de liquide fermenté qui pourrait favoriser la putréfaction. Pour éviter, autant que possible, la décomposition, on additionne les eaux de lavage d'antiseptiques, d'acide salicylique à raison de 20 grammes par litre, d'acide fluorhydrique et de fluorures (M. Effront); d'autres la mélangent avec de l'alcool à 25 %, de la glycérine, du houblon, des solutions concentrées de sucre, etc.

Tout récemment, on a recommandé l'emploi de moût stérilisé et gélatinisé à raison de 5 à 15 % qu'on verse dans des vases stériles sur de la levure pure.

Ces divers procédés peuvent rendre de grands services, lorsqu'il s'agit de conserver la levure pendant quelques semaines seulement ou au besoin pendant quelques mois, en la maintenant dans des endroits bien frais.

*Conservation à l'état sec.* — Si l'on veut conserver la levure plus longtemps ou l'expédier à de grandes distances, il faut des soins particuliers.

Nous avons déjà vu plus haut (I<sup>re</sup> partie, chap. II), que la vitalité des levures est bien plus grande à l'état sec qu'à l'état humide; il est donc préférable de dessécher la levure.

Balling déjà a mélangé de la levure avec de la



farine et du noir animal et a desséché le mélange doucement à l'ombre.

Nous allons passer en revue quelques-uns des procédés employés.

*Procédé Hansen.* — Ce procédé ne s'applique qu'à de petits échantillons de levure ; il consiste à placer une goutte de levure entre des doubles de papier buvard stérilisé.

*Procédé Reinke.* — La levure lavée avec soin est fortement comprimée, puis enveloppée dans des doubles de papier buvard stérile. Le paquet est passé au rouleau entre des feuilles d'amiante stérilisées et desséchées au préalable pour absorber l'humidité.

Les dernières traces d'humidité sont absorbées par exposition du paquet de levure sur des plaques de plâtre ; la levure est ensuite enfermée dans des boîtes en fer blanc soudées.

*Procédé Kieselwalter.* — La levure bien lavée, pressée est mise en contact avec de l'alcool pendant quelques heures, puis pressée à nouveau. On l'expose ensuite sur une toile inclinée, à l'action d'un courant d'air sec. La poudre est conservée dans des bouteilles hermétiquement closes.

*Procédés basés sur le pouvoir des substances absorbantes.* — On a essayé de mélanger la levure pressée avec des substances capables de former avec elle une poudre qu'on sèche ensuite



à basse température. On a employé le houblon, le noir animal (Balling), le plâtre (Pasteur), de la farine de riz, de maïs, de la fécule, etc.

Quelquefois la levure est longue à reprendre ses propriétés primitives, il y a beaucoup de chances de contamination.

C'est pour éviter ces inconvénients, que tout récemment Héron a préconisé le mélange de la levure avec une matière fermentescible pouvant former avec elle une masse dure et compacte, la rendant plus apte à produire des fermentations rapides.

**Expédition des levures.**— L'expédition des levures doit toujours se faire dans des vases hermétiquement clos pour éviter les poussières de l'air.

Pour de grandes quantités, on emploie les bouteilles, les boîtes soudées qu'on entoure de glace et de sciure de bois.

Pour de petites quantités, surtout, lorsqu'il s'agit de levures pures, on a le papier stérilisé, le flacon Chamberland rempli de coton stérile et cacheté à la cire ou encore des ampoules de verre fermées aux deux bouts.

**Multiplication de la levure pure.** — La préparation d'une levure issue d'une cellule unique est, une opération de laboratoire, exigeant beaucoup de soins; en pratique, le problème semble encore plus compliqué, mais est,



en réalité, plus simple; il est, en effet, relativement facile de partir d'une minime quantité de semence pure et de la multiplier ensuite pour pouvoir ensemençer, soit une cuve de vendange, soit un brassin. Il faut pouvoir obtenir de fortes quantités à l'aide d'un appareil de multiplication.

On peut se contenter de très faibles quantités de semence et la multiplier ensuite en pied de cuve à l'aide de moût stérile; mais souvent on a besoin de grandes quantités et alors il faut recourir aux appareils de multiplication.

Ces appareils doivent remplir diverses conditions, être continus, ce qui a le grand avantage d'espacer le plus possible les ensemençements de l'appareil et d'éviter ainsi les infections, être facilement stérilisables et être d'un maniement commode et simple.

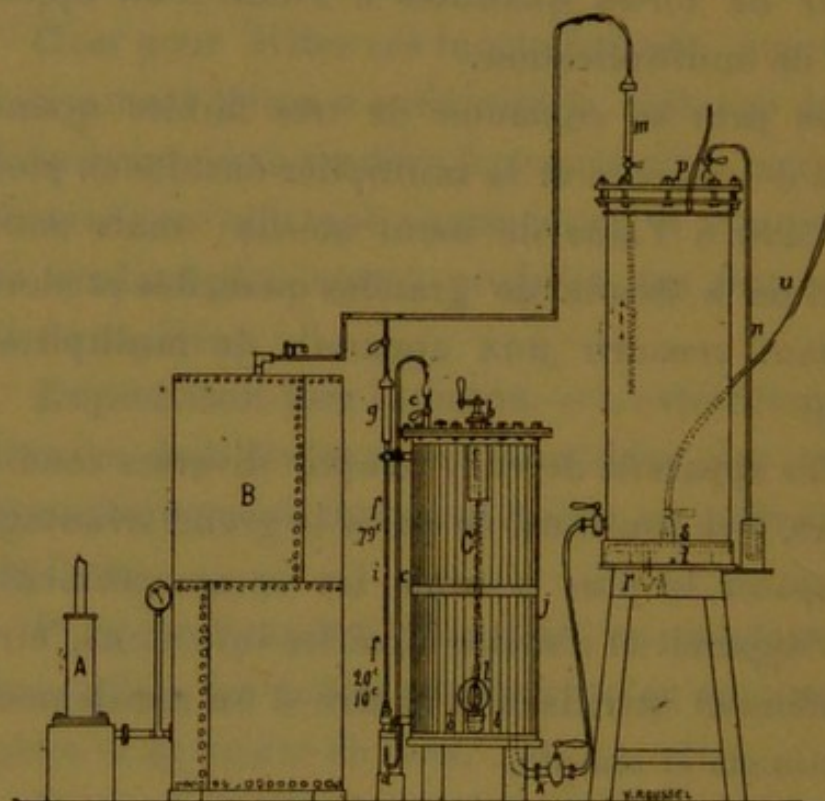
Nous ne décrivons que les plus connus.

**Appareil Hansen Kuhle.** — C'est le premier en date permettant de produire, d'une manière continue, une quantité de levure suffisante pour les besoins de la fabrication. Il se compose d'un réservoir dans lequel une pompe à air comprime l'air à quatre atmosphères, d'un récipient à moût et d'une cuve de fermentation; une série d'accessoires qu'on voit sur le dessin, complètent cet ensemble (*fig. 21*).



C'est ainsi que la cuve de fermentation est munie de tuyaux à robinets pour l'introduction du moût, l'évacuation de la levure et de la bière, la sortie de l'acide carbonique; l'arrivée

Fig. 21



de l'air a lieu au travers de filtres à coton stérilisé.

Le récipient à moût possède de même un filtre à coton, un tube pour l'arrivée du moût, etc.

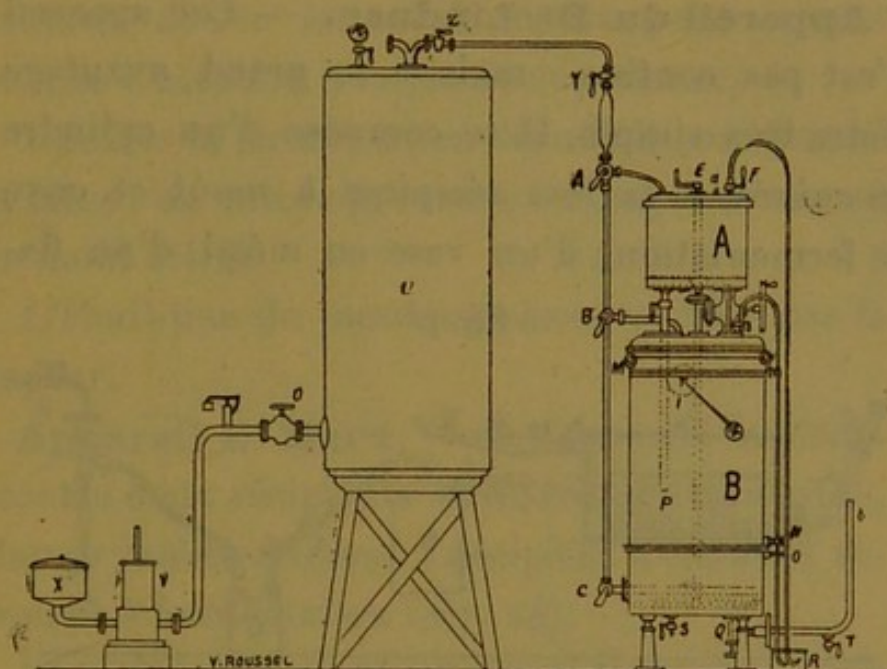
La stérilisation de la cuve et du récipient se fait à l'aide d'un courant de vapeur.

**Appareil Jörgensen et Bergh.** — Cet appareil est une modification du précédent; il se



compose d'une pompe puisant l'air extérieur au travers d'un filtre et le comprimant dans un

Fig. 22



réservoir; celui-ci est muni d'un manomètre et d'une soupape de sûreté et communique avec l'appareil producteur de levûres par l'intermédiaire d'un deuxième filtre (*fig. 22*).

L'appareil producteur comprend deux cylindres superposés, de capacités inégales communiquant ensemble par l'intermédiaire d'un tube. Chacun des cylindres possède un agitateur; des tubes munis de filtres pour l'entrée de l'air, recourbés et plongeant dans l'eau pour la sortie de l'acide carbonique, d'autres enfin pour la vidange et l'entrée du moût, l'évacuation des eaux de condensation, etc.

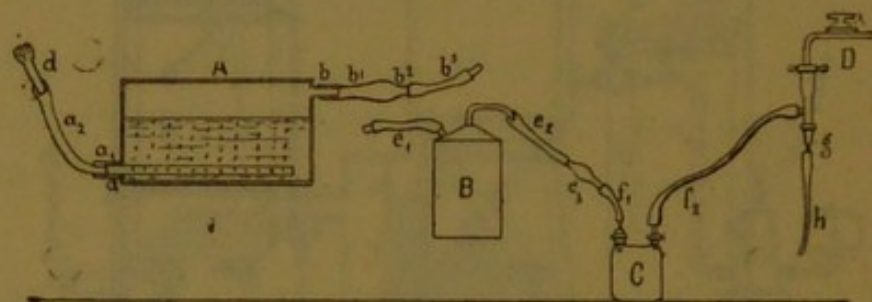
Ces deux appareils sont d'un prix élevé



d'une manipulation délicate; ils exigent une surveillance constante; de plus, beaucoup de soins d'entretien et de réparation.

**Appareil du Dr Lindner.** — Cet appareil n'est pas continu, mais a le grand avantage d'être très simple. Il se compose d'un cylindre en cuivre, à la fois récipient à moût et cuve de fermentation; d'un vase en métal, d'un fla-

Fig. 23



con laveur et d'une trompe destinée à produire un courant d'air par aspiration.

Ces diverses pièces peuvent être réunies par l'intermédiaire de tubes de verre et de caoutchouc (*fig. 23*).

Le cylindre, soigneusement nettoyé, reçoit 50 litres de moût bouillant, qu'on porte à nouveau à l'ébullition au moyen d'une rampe à gaz placée sous le cylindre. Après avoir adapté le filtre à coton, on éteint le gaz, on fait tourner le cylindre de  $180^\circ$  autour de son axe, puis après une dernière ébullition de quelques minutes, on aère pendant que le moût se refroidit; la levure estensemencée à l'aide du vase en



métal avec toutes les précautions usitées pour ces sortes de manipulations ; on fait une nouvelle aspiration par la trompe ; le cylindre est retourné de  $180^{\circ}$  autour de son axe pour amener le tube d'aération à la partie supérieure.

Une fois la fermentation terminée, on évacue la bière ; on enlève la levure au moyen d'eau ou de moût stérile.

L'ébullition du moût peut aussi se faire par la vapeur.

**Appareil L. Marx.** — Cet appareil se compose de deux récipients cylindriques en cuivre, élamés intérieurement : récipient à moût et récipient à fermentation (*fig. 24*).

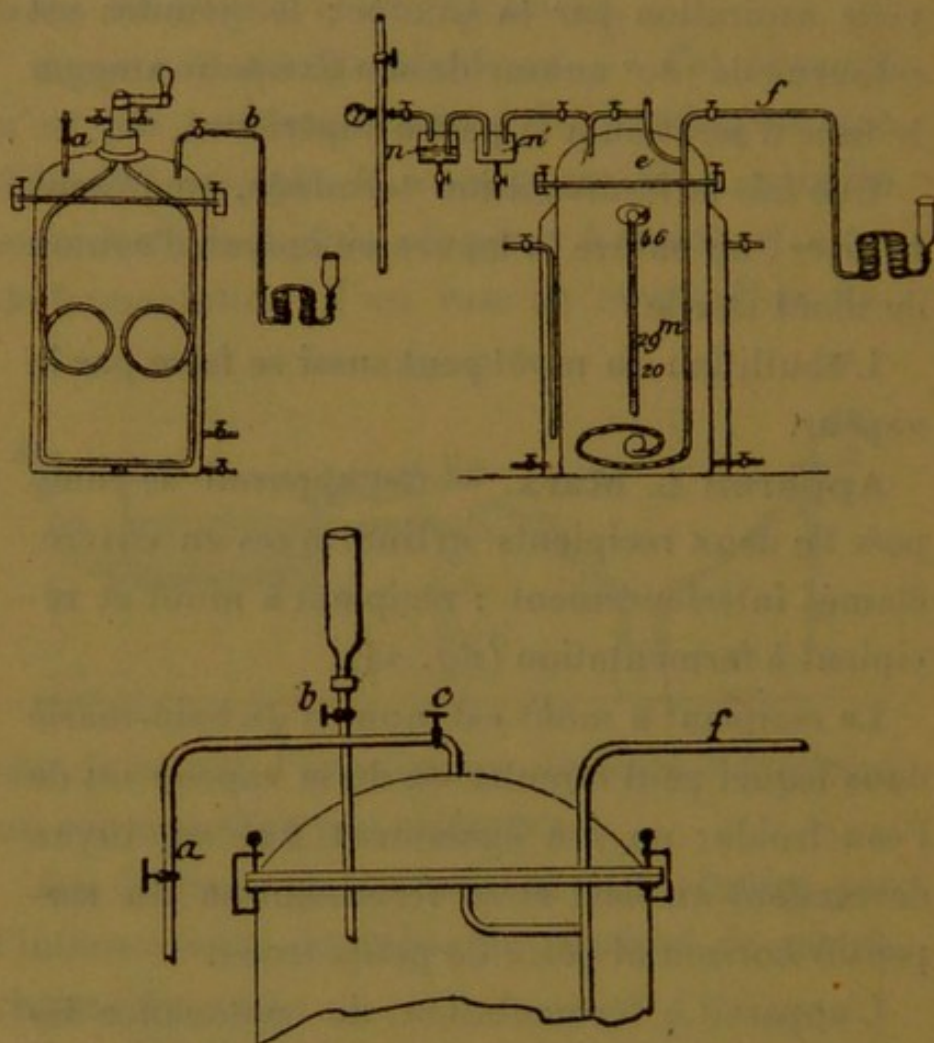
Le récipient à moût est muni d'un bain-marie dans lequel peut circuler ou de la vapeur ou de l'eau froide ; on y a également fixé un tuyau descendant au fond et se terminant en un serpent horizontal percé de petits trous.

L'appareil à fermentation, de contenance légèrement plus faible, porte à son sommet un presse-étoupe qui serre une tige en communication avec un serpent. Ce serpent remplit un triple but : il doit servir à stériliser l'appareil par ébullition d'eau ou par la vapeur, à maintenir la température à un degré convenable par circulation d'eau, à délayer la levure dans le moût. Des filtres à coton empêchent l'entrée de l'air impur et une série de tuyaux



que le dessin nous montre, servent à l'entrée du

Fig. 24



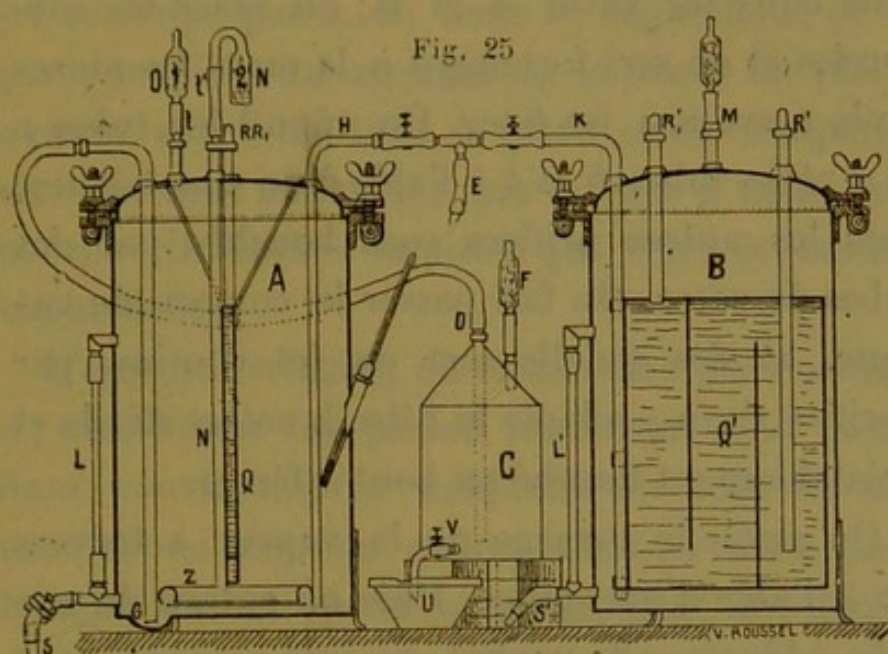
moût, à la sortie de la bière, à l'ensemencement de la levure, etc.

**Appareil A. Fernbach.** — L'appareil se compose de trois vases cylindriques en cuivre, étamés intérieurement : le vase producteur de levure, le stérilisateur, le collecteur de levure.

La fermeture est partout assurée d'une manière hermétique ; l'appareil est continu.



Au fond du vase producteur est placée une boîte plate dont le couvercle est percé de petits trous, et dont l'intérieur communique avec l'air



extérieur par l'intermédiaire d'un tube à coton.

Deux autres tubes pénètrent dans ce vase, l'un allant jusqu'au fond, le tube à levure, l'autre jusqu'à une certaine hauteur, le tube à bière.

Tous ces tubes sont protégés par le couvercle qui présente, en outre, une tubulure pour ensementer la levure et un ajutage permettant de faire ruisseler de l'eau le long des parois; ce vase possède également un tube à niveau et un thermomètre.

Le stérilisateur ressemble beaucoup au vase producteur.

Le vase collecteur est muni de trois tubulures, deux en haut et une en bas (*fig. 25*).



*Mode d'emploi.* — Le tube inférieur *s* du niveau étant muni d'un caoutchouc et fermé par un bouchon de verre, on verse du moût bouillant dans les vases A et B; on place les couverts et on sert fortement à la main les pinces à vis servant à les fixer. On réunit les tubes *p* et *d* et les tubes *h* et *k* à l'aide d'un caoutchouc; tous les autres orifices sont bouchés par des tubes de verre. On fait passer le courant de vapeur, et dès qu'elle sort en jet continu par l'orifice *f*, on y adapte le filtre à coton stérile et préalablement flambé au bout inférieur.

On arrête le passage de la vapeur à travers *dp* à l'aide d'une pince. Puis on enlève de *a* le tube adducteur de vapeur, on met une pince sur le caoutchouc de *v* et on adopte à ce caoutchouc le tube en biseau *u*. On enlève la pince qui est sur le tube *f*. On adapte ensuite le tube de vapeur en *e* et on fait passer le courant de vapeur; au bout de quelques instants, on met une pince sur le caoutchouc du côté de l'orifice *h*.

La vapeur passe alors par *k* et amène peu à peu le liquide de B à l'ébullition. Quand la vapeur sort depuis quelques minutes en jet continu par *m*, on cesse de la faire passer en mettant aussitôt une pince sur le caoutchouc *k* et un tube à coton sur *m*, en employant les mêmes précautions que pour le tube à coton de l'orifice *f*.

On enlève le tube qui amène la vapeur en *e*,



et on le remplace par un bouchon de verre flambé dans la flamme d'une lampe à alcool. On fait passer la vapeur par  $n$  et lorsqu'elle sort en jet continu, par  $a$ , on serre le caoutchouc de  $n$  par une pince en arrêtant la vapeur ; on place aussitôt sur  $o$  un tube à coton et on remplace en  $n$  le tube adducteur par le tube à coton recourbé. On enlève la pince qui serre le caoutchouc de  $n$ .

L'appareil refroidi, on ensemence par l'orifice  $o$  ; aussitôt on fait passer le courant d'air pendant une heure, en adaptant au tube  $o$ , un caoutchouc mis en communication avec une trompe à eau ; opération qu'on peut d'ailleurs répéter à intervalles réguliers.

L'expérience apprend quelle est la rapidité du courant d'air variable pour chaque levure qui est la plus favorable et s'il faut aérer d'une manière continue ou intermittente ; on peut d'ailleurs surveiller la marche de l'opération, en prélevant une prise par la tubulure  $s$ .

On siphonne la bière aussitôt que la levure est bien reposée ; on fait passer la levure dans le collecteur  $C$  à l'aide de la trompe et on la recueille par l'orifice  $v$ .

Cet appareil, essayé au laboratoire de fermentation, nous a donné de bons résultats ; il est d'ailleurs d'un usage très commode et facile.



## CHAPITRE IV

---

### APPLICATIONS — LEVURES SÉLECTIONNÉES

M. Pasteur nous avait montré qu'en ensemençant une levure de vin dans un moût d'orge, on obtenait une bière spéciale, un vin d'orge ; démontrant l'influence de la levure sur la boisson fermentée.

M. Hansen nous a fait voir depuis, que certaines maladies de la bière étaient dues au développement de saccharomyces et, qu'en général, la levure pouvait influencer sur les qualités des boissons obtenues.

Le brasseur se servit le premier des levures sélectionnées ; le vigneron, le fabricant de cidre, le distillateur ont suivi.

Mais pour obtenir des boissons de bonne qualité, les levures employées doivent être appropriées au moût à ensemençer ; leur recherche



constitue un problème qui ne peut être résolu que par de nombreux essais.

Cette race doit non seulement être douée d'un certain degré de résistance pour prendre le pas sur les espèces étrangères, mais elle doit aussi améliorer les produits, soit au point de vue du goût et de la valeur marchande, soit encore au point de vue de la conservation.

Quelquefois une race unique donnera de bons résultats, obtenus d'autres fois par un mélange; il est arrivé que deux races prises isolément pouvaient donner un produit irréprochable et que, mélangées, elles donnaient mauvais goût.

**Brasserie.** — Pour le brasseur, l'application des levures sélectionnées est des plus faciles et doit aussi donner les résultats les plus nets. Il peut opérer en moût presque stérile et est maître de la composition de ce dernier.

De plus, il peut conduire les fermentations à sa guise; il suffit de maintenir dans le plus grand état de propreté les locaux, les ustensiles, etc., pour conserver à ses levains une pureté relative; tant que la proportion de levure de maladies ne dépasse pas un vingt-deuxième, leur influence n'est pas préjudiciable.

L'emploi des levures pures a provoqué en brasserie : des changements dans l'atténuation, la cassure, la clarification, la limpidité, le moel-



leux de la bière et une meilleure conservation, etc.

Désignation des levures	Quantités par litre				
	Extrait	Maltose	Dextrine	Alcool en grammes	Atténuation
Levure de Froh- berg . . . . .	40,37	9,32	20,93	52,72	76,5
Levure de Saaz.	56,85	17,50	30,24	41,40	66,9

La simple inspection de ce tableau montre les grandes variations dans les produits obtenus.

**Vinification.** — Pour le vigneron, le problème est beaucoup plus difficile, la composition du milieu varie avec l'année, la région, le cépage, et d'un moût à l'autre.

Le tableau suivant nous montre la multiplication de diverses levures dans différents moûts :

VARIATION DU NOMBRE DE GLOBULES  
PAR CENTIMÈTRE CUBE DE VIN

Moût	Levure J.	Levure W	Levure A.
1	61,400	44,300	116,400
17	165,800	146,000	152,600
21	44,000	47,600	114,000



De nombreux essais ont été faits dans les différents pays, les résultats ont été souvent négatifs, mais souvent aussi on a constaté l'influence manifeste de la levure, soit dans la variation des produits, soit par un bouquet spécial, par une fermentation et une clarification plus rapide.

Examinons quelques essais faits avec des levures pures; voici tout d'abord des expériences faites par M. Perraud de Villefranche en 1891.

Désignation des levures	Alcool	Acidité	Extrait sec	Couleur
Levure de Bourgogne I. . . . .	7	6,8	21	1,04
Levure de Beaujolais II . . . . .	6,5	6,5	19,5	1,00
Témoin. . . . .	6,3	5,0	19,4	0,75

Dans les vins ensemencés, on a constaté que toutes les propriétés des vins, appréciables à la dégustation, ont été améliorées sous l'influence des levures; la levure de Bourgogne a donné un vin très velouté, très brillant, très fin et bouqueté; la levure de Beaujolais un vin étoffé et parfumé; le témoin était vert et plat.



## ESSAIS FAITS DANS L'AUDE EN 1892

Désignation des levures	Quantités par litre			
	Extrait	Alcool	Acidité totale	Acidité volatile (C <sup>2</sup> H <sup>4</sup> O <sup>2</sup> )
Témoin . . .	15,20	69,5	6,95	0,329
Levure 5. . .	16,05	73,5	6,32	0,422
Levure 40 . .	16,50	79,0	7,04	0,400
Levure 1. . .	16,75	74,0	7,04	0,433

A la dégustation, ces vins ont été reconnus nettement différents les uns des autres, marquant bien l'influence de la levure.

## ESSAIS FAITS DANS LE GARD EN 1893

Désignation des levures	Quantités par litre			
	Extrait	Alcool	Acidité totale	Acidité volatile (C <sup>2</sup> H <sup>4</sup> O <sup>2</sup> ).
1 Témoin . .	19,1	97,0	5,692	3,162
2 Levure 10 .	21,7	112,0	4,284	0,651
3 Levure 12 .	20,2	109,0	4,549	0,655

Fermentation très tumultueuse pour le témoin ; le classement des vins par les dégustateurs de la région a été le suivant 2, 3 et témoin.

Les levures de vin ont déjà été essayées dans



d'autres fermentations, dans le moût d'orge, dans la fermentation du jus obtenu après saccharification de l'asphodèle (Rivière et Bailhache); j'ai eu l'occasion de montrer leur utilité dans la fermentation du jus de bananes, etc.

**Fabrication du cidre.** — Résultats analogues à ceux du vin (expériences de MM. Nathan, Martinand, Jacquemin, Kayser, etc.).

**Distillerie.** — L'application des levures devait entraîner également ici de très grands progrès : rendement en alcool plus élevé, atténuation meilleure, alcools plus purs, fermentation de moûts plus concentrés, etc.

Toutes ces améliorations ont, en effet, été constatées dans les distilleries de betteraves, de grains, de topinambours (Lévy), etc., l'emploi des levures de vin peut être recommandé; tout récemment encore, une de nos levures de vin essayées dans une distillerie de betteraves a donné des résultats bien supérieurs à ceux obtenus jusqu'alors.

**Boulangerie.** — La fermentation panaire est une des moins connues, bien que les organismes qui interviennent ou semblent y jouer un rôle aient été l'objet d'études nombreuses par MM. Laurent, Chicandard, Boutroux, Peters.

Ces êtres sont très nombreux, mais leur rôle est mal connu; on y a trouvé quelques espèces



de levures mélangées à des milliers de bâtonnets de diverse nature; on a reconnu la présence presque constante d'une petite levure ronde de 3 à 5  $\mu$  de diamètre, ressemblant fortement au *saccharomyces minor*.

On a constaté quelquefois la formation de faibles quantités d'alcool, mais c'est probablement un produit accidentel.

On sait cependant que les boulangers apprécient le plus les levures riches en azote comme le montrent les nombres suivants dus à M. Briant.

Désignation des levures	Matière azotée 0/0 dans la levure sèche	Opinion des boulangers
Échantillon 1 .	69,80	excellente
" 2 .	64,20	bonne
" 3 .	56,40	mauvaise
" 4 .	42,70	très mauvaise

#### FERMENTATIONS COMPLEXES OU SYMBIOTIQUES

On appelle ainsi des fermentations qui ont lieu par l'association de deux ou de plusieurs êtres d'espèces différentes dont l'un élabore ou dont chacune élabore des aliments au profit de son voisin.

Les fermentations qui nous intéressent ici sont celles dans lesquelles la levure intervient



pour amener la fermentation alcoolique. Ces phénomènes sont beaucoup plus nombreux qu'on ne l'a cru pendant longtemps et peut-être arriverons-nous un jour à expliquer ainsi un certain nombre de maladies des boissons fermentées (bière, vin, cidre).

Contentons-nous pour le moment d'en signaler quelques-unes.

Une des mieux étudiées est celle qui donne lieu à la *fermentation de la bière de gingembre*. Ward y a reconnu l'intervention de plusieurs espèces dont les plus importantes sont la bactérie appelée « *bacterium vermiforme* » et une levure.

La bactérie est douée d'un remarquable polymorphisme; ses articles sont tantôt arrondis, tantôt bacillaires, allongés en filaments droits ou enroulés en spirale, parfois nus, parfois enveloppés dans une gaine gélatineuse.

La levure est beaucoup plus active en présence de la bactérie qui semble avoir pour mission de détruire certains produits nuisibles à la levure.

*Koumys des Tartares*. — C'est du lait de jument fermenté sous l'influence de ferments du sucre et de la caséine (levures, ferments lactiques).

*Képhyr*. — Les semences de képhir constituent une masse gélatineuse cérébriforme à



l'état sec; l'analyse bactériologique y a découvert une levure et une bactérie (*dispora caucasica*), courte, cylindrique ou se présentant en filaments.

*Saké.* — Vin de riz du Japon et de l'Indochine; obtenu par l'action de différents êtres parmi lesquels l'*eurotium orizæ*; l'amidon du riz est transformé en maltose et glucose qui fermentent ensuite alcooliquement.

La levure chinoise qui donne lieu à une fermentation analogue est encore constituée par le mélange d'une moisissure et de plusieurs levures; l'être le plus actif est l'*amylomyces Rouxii* étudié par M. Calmette.

*Chicha des Indiens d'Amérique ou vin de maïs.* — Cette boisson est due à l'action de levures et de vibrions (Marcano).

*Arrak* ou boisson obtenue par la fermentation de mélasse de sucrerie et de farine de riz. — Le ferment ou *Raggi* est composé de bactéries, moisissures (*chlamydomucor oryzæ*, *rhizopus orizæ*), et deux levures (Harlay).

Dans le même ordre d'idées, il faut encore citer la fermentation du fromage d'Edam due à l'association de ferments lactiques et du *saccharomyces tyrocola* (Beyerinck).

---



## BIBLIOGRAPHIE

---

- ADERHOLDT. — *Morphologie der deutschen Sacch. ellipsoideus*. Rassen Landw. Jahrbücher, 1894.
- BERTHELOT. — *Sur la fermentation alcoolique*. Ann. de chimie et physique. 1857 et C. R. 1860.
- BOURQUELOT. — *Les fermentations*. Paris, 1896.
- BOUTROUX. — *Sur l'habitat et la conservation des levures spontanées*. Bulletin de la société Linnéenne de Normandie, 3<sup>e</sup> série, VII, 1883.
- DUCLAUX. — *Chimie biologique*. Paris, 1883.
- *Fermentation alcoolique du sucre de lait*. Ann. Inst. Pasteur, 1887.
- *Recherches sur les vins*. Ann. de chimie. et phys. t. III, 1874.
- *Sur l'absorption de l'ammoniaque par la levure de bière*. C. R. t. L, IX.
- *Sur la production des acides volatils pendant la fermentation alcoolique*. Ann. de l'École normale supérieure, 1865 et 1866.
- *Conservation des levures*. Ann. Inst. Pasteur, 3<sup>e</sup> ann. 1889. Ascospores, Ibid.
- *Pouvoir ferment et activité d'une levure*. Annales Inst. Pasteur, 1896.
- EFFRONT. — *Influence de l'acide fluorhydrique et des*



- fluorures sur les levures de bière*. C. R. t. CXVII, Ann. 1893, t. CXVIII, Ann. 1894, t. CXIX. Ann. 1894.
- FERNBACH (A.). — *Sur la sucrase de la levure*. Ann. Inst. Pasteur 1890 et 1889, *Levure et Oxygène*. Bière et boissons fermentées. Paris, n° 3, 1895.
- *Levain et levures pures*. Bière et boissons fermentées, 1896.
- FORTI (C.). — *Contribuzione alla conoscenza dei lieviti di vino*. Le Stazione sperimentale agrarie Italiane, vol. XXI, 1891.
- GARNIER. — *Ferments et fermentations*. Paris, 1888.
- GAYON et DUBOURG. — *Fermentation de la dextrine et de l'amidon par les mucors*. Ann. Inst. Past. 1887.
- GIRARD (A.). — *Fabrication de la bière*. Rapport 1875.
- *Fermentation panaire*. C. R. t. CI, 1885.
- GREG. PERCIVAL. — *Selectet Yeasts Centralblatt fur Bacter. u. Parasitenkunde* 1896, 2<sup>me</sup> partie.
- GUICHARD (P.). — *Microbiologie du distillateur*. Paris, 1896.
- HANSEN (E. CH.). — *Untersuchungen aus der Praxis der Gährungsgewerbe*. Heft. I et II. Munchen, 1890 et 1892.
- *Saccharomyces colorés en rouge et cellules rouges ressemblant à des saccharomyces*. C. R. des Medd. fra. Carlsb. Labor. 1879.
- *Circulation du saccharomyces apiculatus dans la nature*. Ibid. 1881, et Ann. de Microgr. 1896.
- *Recherches sur la phys. et la morphologie des ferments alcooliques*. Ascospores, torulas Ibid. 1883 et 1886.
- JACQUEMIN (G.). — *Les saccharomyces ellipsoïdaux et*



- leurs applications industrielles*, C. R. 1888, et brochure sur les levures sélectionnés. Nancy, 1895.
- *Bouquet des boissons fermentées*. C. R. t. CX, 1890.
- JÖRGENSEN (A.). — *Les microorganismes de la fermentation*. Paris, 1895.
- KAYSER (E.). — *Action de la chaleur sur les levures*. Ann. Inst. Pasteur 1889.
- *Levures de cidre*, ibid. 1890.
- *Ferments de l'ananas*, ibid. 1891.
- *Levures de lactose*, ibid. 1891.
- *Levures de vin*, ibid. 1891 et 1896.
- *Vitalité des levures*. Bière et boissons fermentées, 1895.
- *Levures de vin*. Revue de viticulture. 1896, Paris, nos 117 et 127.
- *Levures de vin*. Bas-Rhône, Nîmes, 1896, n° 16, 18, 19.
- *Levures sélectionnées en vinification* (Rapports. Bulletin du ministère de l'Agriculture. Paris, 1892, 1893, 1894, 1895 et 1896).
- *Levures de bananes*. Bière et boissons fermentées, 1896.
- KLÖCKER U. SCHIOENNING. — *Experimentelle Untersuchungen über die vermeintliche Umbildung verschiedener Schimmelpilze u. Saccharomyceten*, Centralblatt für Bacter. und Parasitenkunde. 1896. 2<sup>me</sup> partie.
- KOCH. — *Jahresbericht über Gährungsorganismen*. 1890, 1891, 1892, 1893. Braunschweig.
- KOSUTANY. — *Einfluss der verschiedenen Weinhefensorten auf den Charakter des Weines*. Landw. Versuchstat. 1892, vol. XI.



- LAER (VAN). — *Application industrielle de la méthode Hansen à la fermentation haute*. C. R. de la station scient. de brasserie Gand, 1890.
- *Levure mixte de fermentation haute*. Bull. de l'association belge des chimistes, novembre 1895.
- LAFAR. — *Studien über den Einfluss organischer Säuren auf Eintritt und Verlauf der alkoholischen Gährung*. Zeitschrift für Spiritusindustrie. 1895.
- LAURENT (E.). — *Bactérie de la fermentation panaière*. Bull. de l'Acad. Roy. de Belgique, 1885.
- *Nutrition hydro-carbonée et azotée de la levure*. Ann. Inst. Pasteur, 1889.
- *Formation du glycogène chez les levures*. Ann. Inst. Pasteur, 1889.
- *Note sur les formes-levures chromogènes* Bull), Soc. Roy. de Belgique, t. XXIX. II.
- LÉVY (L.). — *Fermentation du jus de topinambour par les levures de vin*. C. R. t. CX3.
- LINET (L.). — *Influence de la température de fermentation sur la production des alcools supérieurs*. C. R. t. CVII, 1888, C. R. t. CXII. 1891.
- LINDNER (P.). — *Die Ascosporen und ihre Beziehungen zur Constanz der Heferassen*. Wochenschrift f. Brauerei. 1887 et 1888.
- *Gährversuche mit verschiedenen Hefen*. Ibid. 1888.
- *Wachsthum der Hefen auf festen Nährböden*. Woch. f. Brauerei, 1893.
- *Schizosaccharomyces Pombe*. Ibid. 1893.
- *Microscopische Betriebscontrolle in den Gährungs Gewerben*. Berlin, 1895.
- MARTINAND. — *Étude sur l'analyse des levures de brasserie*. C. R. Acad. Paris, t. CVII, 1888.



- MARTINAND. — *Manuel de vinification*. Paris, 1895.  
 — *Influence des rayons solaires sur les levures*. C. R. t. CXIII, Ann. 1891.
- MARSHALL WARD. — *The ginger beer plant and the organism Composing it*. Philos. Roy. Soc. 1892.
- MARX (L.). — *Laboratoire du brasseur*. 2<sup>e</sup> éd. Paris, 1889.  
 — *Les levures de vin*. Moniteur scientifique du Dr Quesneville. Paris, 1888.
- MAYER (AD.). — *Die Gährungschemie*. 4<sup>e</sup> edit. 1895.
- MULLER-THURGAU. — *Über den Ursprung der Weihen*. Zeitschrift für Spiritusindustrie, 1890.  
 — *Ueber die Vergährung des Traubenzuckers durch zugesetzte Hefe*. Zeitschrift für's Ges. Brauwesen. 1890.
- MUNTZ (A.). — *Recherches sur la fermentation alcoolique intra-cellulaire des végétaux*. C. R. t. LXXXVI, 1878.
- NATHAN. — *Die Bedeutung der Hefenreinzucht für die Obstweinbereitung*. Der Obstbau, 1891 et 1892.
- NASTUCOFF. — *Pouvoir réducteur des levures*. Ann. Inst. Pasteur 1895.
- PASTEUR (L.). — *Mémoire sur la fermentation alcoolique*. Ann. Chim. et Phys. 1860 et 1861.  
 — *Études sur le vin*. 1866.  
 — *Études sur la bière*. 1875.  
 — *Sur la diffusion des levures alcooliques*. C. R. 1876.
- PERRAUD (J.). — *Application des levures sélectionnées en vinification*. 1892, 1893, 1894 et 1895. Travaux de la station œnologique de Villefranche (Rhône).
- PICHI (P.). — *Sopra l'azione dei sali di rame nel mosto di uva sul sacchar. ellipsoïdeus*. Nuova rassegna di viticoltura ed enologia, 1891.



- PICHI (P.). — *Sulla fermentazione del mosto di uva con fermenti selezionati*, Ibid. 1892.
- RAYMANN et KRUIS. — *Chemisch biologische Studien* Prague, 1891 et 1895. Wochenschrift für Brauerei, 1892 et 1896.
- RAU. — *Bernsteinsäure als Product der alkoholischen Gährung*. Arch. f. Hygiene. vol. XIX.
- REGNARD (P.). — *Influence des divers agents phys. sur la fermentation alcoolique*. Ann. de chim. et phys. 1874.
- *Influence de la pression sur la levure*. C. R. t. XCVIII, Ann. 1884.
- *Action des antiseptiques*. Soc. de biologie, IX, 1887.
- REINCKE. — *Die Conservirung der Hefen*. Zeitschrift für Spiritusindustrie, 1888.
- *Das Trocknen der Hefe*. Ibid. 1891.
- *Hefen in sudlichen Climaten*. Wochenschrift für Brauerei, 1893.
- RIETSCH et HERSELIN. — *Fermentation apiculée et influence de l'aération dans la fermentation elliptique à haute température*. C. R. t. CXXI, année 1895.
- RIETSCH. — *Communication de bouquets aux vins par les levures sélectionnées*. Bull. de la soc. d'agric. 1890.
- ROUX. — *Sur une levure qui ne sécrète pas de ferment inversif*. Bull. soc. chim. Paris, 1881.
- SCHUTZENBERGER. — *Les fermentations*. 6<sup>e</sup> édition, Paris, 1896.
- SCHROHE. — *Gährungstechnisches Jahrbuch*. 1891 et 1892, Berlin.
- SOREL (E.). — *Fermentation par l'aspergillus orizæ*. C. R. t. CXXI, Ann. 1895.



- SOREL (E.). — *Action de l'acide fluorhydrique sur les levures*. C. R. t. CXVIII, Ann. 1894.
- THYLMANN et HILGER. — *Ueber die Producte der alkoholischen Gährung*. Wochenschrift für Brauerei, 1889.
- WEIN. — *Zymotechnisches Centralblatt*. 1893 et 1894, Munich.
- WILL (H.). — *Ueber einige wichtige Hefearten und deren Unterscheidungsmerkmale*. Allg. Brauer u. Hopfenzeitung. 1885.
- *Ueber Sporen und Kammhautbildung bei Unterhefe*, Zeitsch. f. ges. Brauwesen 1887.
- *Ueber Zwei wilde Hefearten*. Ibid. 1891.
- *Ueber die Wirkung einiger Desinfectionsmittel auf Hefe*. Zeitsch. für ges. Brauwesen, 1893.
- *Beobachtungen über die Lebensdauer getrockneter Hefe*. Ibidem 1896.
- *Die Hefezellen und deren Aussehen und Beschaffenheit in den verschiedene Stadien der Entwicklung*. Zym. Centralbl. du Dr Wein, 1<sup>re</sup> année, 1893.
- WORTMANN. — *Untersuchungen über reine Hefen*. Landw. Jahrbücher, 1892 et 1894.
- *Ueber die Anwendung von reingezüchteten Hefen bei der Schaumveinbereitung u. Apfelweinbereitung*. Weinbau und Weinhandel, 1893.
-







# TABLE DES MATIÈRES

---

## PREMIÈRE PARTIE

	Pages
PRÉFACE . . . . .	5

### CHAPITRE PREMIER

<i>Notions générales</i> . . . . .	7
Généralités sur les fermentations. . . . .	7
Dissémination des infiniments petits. Caractère ferment . . . . .	8
Historique de la fermentation alcoolique . . . .	11
Ferments alcooliques . . . . .	14

### CHAPITRE II

<i>Caractères généraux des levures</i> . . . . .	18
Origine des levures alcooliques. . . . .	18
Polymorphisme des levures . . . . .	22
Purification des levures . . . . .	23



	Pages
Vitalité des levures . . . . .	25
Sucres fermentescibles. . . . .	27
Réactions microspiques des levures . . . . .	31
Compte-Levures . . . . .	32

## CHAPITRE III

<i>Composition, nutrition, autophagie de la levure.</i>	34
Composition de la levure. . . . .	34
Nutrition minérale de la levure . . . . .	38
Nutrition azotée de la levure . . . . .	40
Nutrition hydrocarbonée de la levure . . . . .	45
Glycogène . . . . .	47
Autophagie de la levure . . . . .	49

## CHAPITRE IV

<i>Levures pures.</i> . . . .	51
Généralités . . . . .	51
Appareils, instruments, milieux de culture. .	51
Méthode de purification de la levure. . . . .	52
Différenciation des levures . . . . .	58
<i>a) Différences morphologiques. Généralités</i> .	60
<i>b) Différences physiologiques. Généralités. In-</i> <i>fluences diverses</i> . . . . .	81
Pouvoir réducteur des levures . . . . .	85
Variation des espèces . . . . .	86
Classification des levures pures . . . . .	88



## TABLE DES MATIÈRES

199

	Pages
Levures cultivées. . . . .	89
Levures sauvages. . . . .	94
Levures rouges . . . . .	95
Torulas . . . . .	96
Mycodermes. . . . .	97
Description de levures diverses. . . . .	98

## DEUXIÈME PARTIE

## CHAPITRE PREMIER

<i>Physiologie de la levure. Théorie de la fermentation alcoolique . . . . .</i>	111
--	-----

Caractères physiologiques de la levure. Vie	
aérobie et anaérobie . . . . .	111
Pouvoir ferment. Variations. . . . .	116
Activité, énergie de la levure . . . . .	122
Influence de l'oxygène, respiration de la levure.	125
Variations des produits de la fermentation alcoolique. Influences diverses. . . . .	131
Sécrétion des diastases . . . . .	145

## CHAPITRE II

<i>Influence des agents physiques et chimiques . . . . .</i>	148
Généralités. Méthodes d'études. . . . .	148
Influence des agents physiques (chaleur, froid, lumière, électricité, pression) . . . . .	148
Influence des agents chimiques (eau, gaz, mé-	



	Pages
talloïdes, acides minéraux, sels divers, acides organiques) . . . . .	150
Antipseptiques proprement dits (alcool, chloroforme, bichlorure de mercure), antiseptiques divers, alcaloïdes . . . . .	156
Diminution de l'énergie fermentative par les antiseptiques. . . . .	160

## CHAPITRE III

<i>Fabrication de la levure</i> . . . . .	162
Levure pressée . . . . .	162
Essai commercial, méthodes. . . . .	164
Soins à donner à la levure . . . . .	166
Conservation de la levure. Procédés divers . . . . .	166
Expédition de la levure . . . . .	170
Levure pure. . . . .	170
Multiplication. Généralités. Appareils de multiplication . . . . .	170

## CHAPITRE IV

<i>Applications</i> . . . . .	180
Levures sélectionnées (en brasserie, en vinification, en cidrerie, en distillerie, en boulangerie). . . . .	180
Fermentations symbiotiques . . . . .	186
BIBLIOGRAPHIE. . . . .	189





**MASSON & C<sup>ie</sup>, Éditeurs**  
**LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE**  
**120, Boulevard Saint-Germain, Paris (6<sup>e</sup>)**  
P. n° 273.

**EXTRAIT DU CATALOGUE <sup>(1)</sup>**  
(Mars 1902)

# *La Pratique* *Dermatologique*

**Traité de Dermatologie appliquée**

Publié sous la direction de MM

**ERNEST BESNIER, L. BROcq, L. JACQUET**

Par MM. AUDRY, BALZER, BARBE, BAROZZI, BARTHÉLEMY, BENARD, ERNEST BESNIER  
BODIN, BROcq, DE BRUN, DU CASTEL, J. DARIER

DEHU, DOMINICI, W. DUBREUILH, HUDELO, L. JACQUET, J.-B. LAFFITTE  
LENGLET, LEREDDE, MERKLEN, PERRIN

RAYNAUD, RIST, SABOURAUD, MARCEL SÉE, GEORGES THIBIERGE, VEYRIÈRES

*4 volumes richement cartonnés toile formant ensemble environ  
3.600 pages, très largement illustrés de figures en noir et de planches  
en couleurs. En souscription jusqu'à la publication du tome III. 150 fr.  
Chaque volume sera vendu séparément.*

## **TOME PREMIER**

1 fort vol. gr. in-8° avec 230 figures en noir et 24 planches en couleurs.  
Richement cartonné toile. . . 36 fr.

**Anatomie et Physiologie de la Peau. — Pathologie générale de la  
Peau. — Symptomatologie générale des Dermatoses. — Acan-  
thosis Nigricans. — Acnés. — Actinomyose. — Adénomes. —  
Alopécies. — Anesthésie locale. — Balanites. — Bouton d'Orient.  
— Brûlures. — Charbon. — Classifications dermatologiques. —  
Dermatites polymorphes douloureuses. — Dermatophytes. —  
Dermatozoaires. — Dermites infantiles simples. — Ecthyma.**

## **TOME II**

1 fort vol. gr. in-8° avec 168 figures en noir et 21 planches en couleurs.  
Richement cartonné toile. . . 40 fr.

**Eczéma. — Electricité. — Eléphantiasis. — Epithélioma. — Eruptions  
artificielles. — Erythème. — Erythrasma. — Erythrodermes. —  
Esthiomène. — Favus. — Folliculites. — Furunculose. — Gale. —  
Gangrène cutanée. — Gerçures. — Greffe. — Hématodermes. —  
Herpès. — Hydroa vacciniforme. — Ichtyose. — Impétigo. —  
Kératodermie. — Kératose pilaire. — Langue.**

## **TOME III (pour paraître en mai 1902)**

**Lèpre. Lichen. — Lupus. — Lymphangiome. — Mycosis fongoïde.  
Œdème. — Ongles. — Pelade. — Pemphigus. — Phtiriase. —  
Pityriasis.**

(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-Mémoire : I. Section de l'ingé-  
nieur. 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 REFONDUE

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.

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. Amoêdo — A. Branca — Cannieu — B. Cunéo — Paul Delbet  
P. Fredet — Glantenay — 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 (MARS 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 membres, articulations du tronc, articulations de la tête. 1 vol. gr. in-8° avec 807 figures. . . . . 20 fr.

TOME II (*Deuxième édition, entièrement refondue*). — 1<sup>er</sup> Fascicule : **Myologie.** Embryologie, histologie, peauciers et aponévroses. 1 vol. gr. in-8° avec 331 figures. . . . . 12 fr.

2<sup>e</sup> Fascicule (*Deuxième édition, entièrement refondue*) : **Angéiologie.** Cœur et Artères. Histologie. 1 vol. gr. in-8° avec 150 figures. . . . . 8 fr.

3<sup>e</sup> Fascicule : **Angéiologie** (*Capillaires, Veines*). 1 vol. gr. in-8° avec 75 figures. . . . . 6 fr.

4<sup>e</sup> Fascicule : **Les Lymphatiques** (sous presse).

TOME III (*Deuxième édition, entièrement refondue*). — 1<sup>er</sup> Fascicule : **Système nerveux.** Méninges, moelle, encéphale, embryologie, histologie. 1 vol. gr. in-8° avec 265 figures. . . . . 10 fr.

2<sup>e</sup> Fascicule (*Deuxième édition, entièrement refondue*) : **Système nerveux.** Encéphale. 1 vol. grand in-8° avec 131 figures. . . . . 10 fr.

3<sup>e</sup> Fascicule : **Système nerveux.** Les nerfs, nerfs craniens, nerfs rachidiens. 1 vol. gr. in-8° avec 205 figures. . . . . 12 fr.

TOME IV. 1<sup>er</sup> Fascicule (*Deuxième édition, entièrement refondue*) : **Tube digestif.** Développement, bouche, pharynx, œsophage, estomac, intestins. 1 vol. gr. in-8°, avec 205 figures. . . . . 12 fr.

2<sup>e</sup> Fascicule : **Appareil respiratoire.** Larynx, trachée, poumons, plèvre, thyroïde, thymus. 1 vol. gr. in-8°, avec 121 figures. . . . . 6 fr.

3<sup>e</sup> 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<sup>er</sup> Fascicule : **Organes génito-urinaires.** Reins, uretère, vessie, 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<sup>e</sup> Fascicule : **Les Organes des Sens** (sous presse).



CHARCOT — BOUCHARD — BRISSAUD

BABINSKI, BALLEZ, P. BLOCQ, BOIX, BRAULT, CHANTEMESSE, CHARRIN, CHAUFFARD, COURTOIS-SUFFIT, DUTIL, GILBERT, GUIGNARD, L. GUINON, G. GUINON, HALLION, LAMY, LE GENDRE, MARFAN, MARIE, MATHIEU, NETTER, CÉTINGER, ANDRÉ PETIT, RICHARDIÈRE, ROGER, RUALT, SOUQUES, THIBIERGE, THOINOT, FERNAND VIDAL.

# 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<sup>er</sup>

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. VIDAL, 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. RUALT. — **Rhumatisme**, par CÉTINGER, 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. RUALT. — **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 hématopoiétiques 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. RUULT. — **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**

(Pour paraître en mars 1902.)

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

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

## Traité de Physiologie

PAR

**J.-P. MORAT**

Professeur à l'Université de Lyon.

**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. 50 fr.

- I. — **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.  
II. — **Fonctions de nutrition (suite et fin)** : Respiration, excrétion, par J.-P. MORAT; Digestion. Absorption, par M. DOYON. 1 vol. gr. in-8°, avec 167 figures en noir et en couleurs. . . . . 12 fr.

*Sous presse* : **Système nerveux.**

## 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 de pathologie générale 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, CADIOT, CHABRIÉ, CHANTEMESSE, CHARRIN, CHAUFFARD, COURMONT, DEJERINE, PIERRE DELBET, DEVIC, DUCAMP, MATHIAS DUVAL, FÉRÉ, FRÉMY, GAUCHER, GILBERT, GLEY, GUIGNARD, LOUIS GUINON, J.-F. GUYON, HALLÉ, HÉNOQUE, HUGOUNENQ, LAMBLING, LANDOUZY, LAVERAN, LEBRETON, LE GENDRE, LEJARS, LE NOIR, LERMOYER, LETELLE, LUBET-BARBON, MARFAN, MAYOR, MÉNÉTRIER, NETTER, PIERRET, G.-H. ROGER, GABRIEL ROUX, RUFFER, RAYMOND, TRIPIER, VUILLEMIN, FERNAND VIDAL.

6 volumes grand in-8°, avec figures dans le texte.

Prix en souscription jusqu'à la publication du t. 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. — Le sol, l'eau 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 sur le diagnostic et le pronostic. — Diagnostic et pronostic. — Radiographie. — Hygiène. — Thérapeutique générale.

# 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° 25. **L'Asepsie opératoire**, par PIERRE DELBET, chirurgien des hôpitaux, professeur agrégé à la Faculté de médecine, et BIGEARD, chef de clinique.
- N° 26. **Anatomie chirurgicale et médecine opératoire de l'Oreille moyenne**, par AUG. BROCA, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, chirurgien des hôpitaux.
- 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.



*Vient de paraître :*

## MANUEL PRATIQUE DU TRAITEMENT DE LA DIPHTÉRIE

SÉROTHÉRAPIE — TUBAGE — TRACHÉOTOMIE

PAR

**M. DEGUY**

Chef du laboratoire de la Faculté  
à l'hôpital des Enfants  
(Service de la diphtérie).

**Benjamin WEILL**

Moniteur de tubage et de trachéotomie  
de la Faculté  
à l'hôpital des Enfants-Malades.

**Introduction par A.-B. MARFAN**

Professeur agrégé à la Faculté, 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 1.520 p. en 2 fascicules avec fig. . . . . 28 fr.

## Traité d'Hygiène

Par **A. PROUST**

Professeur d'Hygiène à la Faculté de médecine de l'Université de Paris  
Membre de l'Académie de médecine, du Comité consultatif d'hygiène publique  
de France, Inspecteur général des Services sanitaires.

*Troisième édition revue et considérablement augmentée*

AVEC LA COLLABORATION DE

**A. NETTER**

et

**H. BOURGES**

Professeur agrégé à la Faculté  
de médecine

Médecin de l'hôpital Trousseau

Chef du laboratoire d'hygiène  
à la Faculté de médecine

Chef du laboratoire à l'hôpital Trousseau

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. origin. 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.

**Leçons sur les maladies du sang** (*Clinique de l'Hôpital  
Saint-Antoine*), par Georges HAYEM, professeur à la Faculté de  
médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine, recueillies  
par MM. E. PARMENTIER, médecin des hôpitaux, et R. BEN-  
SAUDE, chef du laboratoire d'anatomie pathologique à l'hôpital  
Saint-Antoine. 1 vol. in-8°, broché, avec 4 planches en couleurs,  
par M. KARMANSKI . . . . . 15 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 de Microbiologie**, par E. DUCLAUX, membre de  
l'Institut de France, directeur de l'Institut Pasteur, professeur à la  
Sorbonne et à l'Institut national agronomique. 1 vol. gr. in-8°.  
I. Microbiologie générale. — II. Diastases, toxines et venins. —  
III. Fermentation alcoolique. — IV. Fermentations variées des di-  
verses substances ternaires.

Chaque volume grand in-8°, avec figures dans le texte . . 15 fr.

**La pression artérielle de l'homme à l'état normal  
et pathologique**, par le Professeur POTAIN, membre de  
l'Institut. 1 volume in-8° avec figures et tracés . . . . . 5 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 1.540 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.

**Leçons cliniques de Chirurgie infantile**, par Aug.  
BROCA, professeur agrégé à la Faculté de médecine, chirurgien de  
l'hôpital Tenon (Enfants-Malades). 1 volume in-8° broché, avec  
73 figures et 6 planches hors texte . . . . . 10 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.*

*Viennent de paraître*

**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.**

*Derniers volumes publiés dans la Collection*

**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). *Troisième édition revue et corrigée.* 1 volume, avec figures . . . . . **4 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 125 figures . . . . . **7 fr. 50**

*Sous presse*

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



## 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.

L'hygiène thérapeutique s'appuie directement sur la pathogénie ; elle doit en être la conclusion logique et naturelle. La genèse des maladies sera donc étudiée tout d'abord. On se préoccupera moins d'être absolument complet que d'être clair. On ne cherchera pas à tracer un historique savant, à faire preuve de brillante érudition, à encombrer le texte de citations bibliographiques. On s'efforcera de n'exposer que les données importantes de pathogénie et d'hygiène thérapeutique et à les mettre en lumière.

### 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 LANNE-LOGUE, 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.



# Traité

DE

# Chimie industrielle

Par R. WAGNER et F. FISCHER

QUATRIÈME ÉDITION FRANÇAISE ENTIÈREMENT REFONDUE

Rédigée d'après la quinzième édition allemande

par le D<sup>r</sup> 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.

**Charles Gerhardt.** *Sa vie, son Œuvre, sa Correspondance* (1816-1856).

Document d'Histoire de la Chimie, par MM. Édouard Grimaud, de l'Institut et Charles Gerhardt, ingénieur. 1 vol. in-8° de xi-595 p. avec portrait. 15 fr.

**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<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> 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'Ecole supérieure des Sciences d'Alger. 1 volume in-12, broché. . . . . 3 fr.

### COURS PRÉPARATOIRE AU CERTIFICAT

#### D'ÉTUDES PHYSIQUES, CHIMIQUES & NATURELLES (P.C.N.)

*Cours élémentaire de Zoologie*, par **Rémy PERRIER**, maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Paris, chargé du Cours de Zoologie pour le Certificat d'études P. C. N. *Deuxième édition*, entièrement revue. 1 volume in-8° avec 699 figures dans le texte, relié toile . . . . . 10 fr.

*Traité des Manipulations de Physique*, par **B.-C. DAMIEN**, professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Lille, et **R. PAILLOT**, agrégé, chef des Travaux pratiques de physique à la Faculté des Sciences de Lille. 1 vol. in-8° avec 246 fig. 7 fr.

*Eléments de Chimie organique et de Chimie biologique*, par **W. ŒCHSNER DE CONINCK**, professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier. 1 volume in-16. . . 2 fr.

*Eléments de Chimie des métaux*, par **W. ŒCHSNER DE CONINCK**, professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier. 1 volume in-16 . . . . . 2 fr.

*Eléments de Botanique*, par **Ph. VAN TIEGHEM**, membre de l'Institut, professeur au Muséum d'histoire naturelle. *Troisième édition*, revue et augmentée. 2 volumes in-16 de 1.170 pages avec 580 figures, cartonnés toile . . . . . 12 fr.



**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. . . . . 1 fr. 20

**La géologie en chemin de fer.** Description géologique du Bassin parisien et des régions adjacentes (Bretagne aux Vosges. — Belgique à Auvergne). 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 1902 :*

**LA HAUTE SAVOIE**

**VOLUMES PUBLIÉS**

**Le Cantal,** par M. BOULE, docteur ès sciences, et L. FARGES, archiviste-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 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.

*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 566 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*. Neuvième 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. LAFFARGUE, 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, fait connaître, dans le plus bref délai, toutes les nouvelles reçues des voyageurs en mission par la Société de Géographie, et présente un résumé des renseignements fournis par les publications étrangères : elle constitue, en un mot, un résumé 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 trouvent chaque jour des applications nouvelles et modifient sans cesse les conditions de notre vie.



**LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS**

55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, A PARIS (6<sup>e</sup>).

---

Envoi *franco* contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

# HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES DANS L'ANTIQUITÉ ET AU MOYEN AGE,

**Par H.-G. ZEUTHEN,**

Professeur à l'Université de Copenhague.

**ÉDITION FRANÇAISE, REVUE ET CORRIGÉE PAR L'AUTEUR**

Traduite par JEAN MASCART.

Un volume in-8 de xv-296 pages, avec 31 figures; 1902 ..... 9 fr.

---

# HISTOIRE DE L'OBSERVATOIRE DE PARIS DE SA FONDATION A 1793,

**Par C. WOLF,**

Membre de l'Institut, Astronome honoraire de l'Observatoire.

Un volume gr. in-8 de xii-392 pages, avec 16 planches; 1902. 15 fr.

---

# TIR DES FUSILS DE CHASSE

**Par JOURNÉE,**

Lieutenant-Colonel au 69<sup>e</sup> régiment d'Infanterie.

DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFONDUE.

Un beau volume gr. in-8 de vi-387 pages, avec 147 fig.; 1902.. 12 fr.

---

# 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.



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<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> édition, gr. in-8 de 532 p., avec 217 fig.; 1901. Cartonné toile anglaise.... 12 fr.

## LES DÉCHARGES ÉLECTRIQUES DANS LES GAZ,

Par **J.-J. THOMSON**, D. Sc. F. R. S.

OUVRAGE TRADUIT DE L'ANGLAIS, AVEC DES NOTES; PAR LOUIS BARBILLION,  
ET UNE PRÉFACE DE CH.-ED. GUILLAUME.

Volume in-8 de xiv-172 pages, avec 41 figures; 1900..... 5 fr.

## TRAITÉ DE MAGNÉTISME TERRESTRE,

Par **E. MASCART**,

Membre de l'Institut.

Volume grand in-8 de vi-441 pages, avec 94 figures; 1900..... 15 fr.



LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

COURS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

# TRAITÉ D'ANALYSE

Par Émile PICARD,

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

TOME I : Intégrales simples et multiples. — L'équation de Laplace et ses applications. Développement en séries. — Applications géométriques du Calcul infinitésimal. 2<sup>e</sup> édition, revue et corrigée; 1901..... 16 fr.

TOME II : Fonctions harmoniques et fonctions analytiques. — Introduction à la théorie des équations différentielles. Intégrales abéliennes et surfaces de Riemann. 1893..... 15 fr.

TOME III : Des singularités des intégrales des équations différentielles. Étude du cas où la variable reste réelle et des courbes définies par des équations différentielles. Equations linéaires; analogies entre les équations algébriques et les équations linéaires. 1896..... 18 fr.

TOME IV : Équations aux dérivées partielles..... (En préparation.)

## LEÇONS

# SUR LA THÉORIE DES FONCTIONS

Par Émile BOREL,

Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

TOME I : *Exposé de la théorie des ensembles et applications*; 1898... 3 fr. 50 c.

TOME II : *Leçons sur les fonctions entières*; 1900..... 3 fr. 50 c.

TOME III : *Leçons sur les séries divergentes*; 1901..... 4 fr. 50 c.

TOME IV : *Leçons sur les séries à termes positifs*; 1902..... 3 fr. 50 c.

# COURS D'ANALYSE MATHÉMATIQUE

Par E. GOURSAT,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

TOME I : *Dérivées et différentielles. Intégrales définies. Développements en séries. Applications géométriques.* Grand in-8. Un fascicule (368 pages) est paru. Prix du volume complet pour les souscripteurs..... 17 fr.

## LE SYSTÈME MÉTRIQUE

# DES POIDS ET MESURES

SON ÉTABLISSEMENT ET SA PROPAGATION GRADUELLE

Par G. BIGOURDAN,

Astronome titulaire à l'Observatoire de Paris.

Petit in-8 en caractères elzéviens, titre en 2 couleurs, 17 figures et 10 planches ou portraits; 1901..... 10 fr.



**LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS**

---

SERVICE GÉOGRAPHIQUE DE L'ARMÉE

---

# NOUVELLES TABLES DE LOGARITHMES A CINQ DÉCIMALES

POUR LES LIGNES TRIGONOMÉTRIQUES  
DANS LES DEUX SYSTÈMES DE LA DIVISION **CENTÉSIMALE**  
ET DE LA DIVISION **SEXAGÉSIMALE** DU QUADRANT  
ET POUR LES NOMBRES 1 A 12 000.

---

*Edition spéciale à l'usage des Candidats aux Écoles Polytechnique  
et de Saint-Cyr.*

UN VOLUME GRAND IN-8; 1901. CARTONNÉ..... 3 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. BRILLOUIN, Professeur au Collège de France.

1<sup>re</sup> PARTIE. GRAND IN-8 DE XIX-204 PAGES AVEC FIGURES; 1902. 8 fr.

---

## LA CONVENTION DU MÈTRE

ET LE BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES,

**Par Ch.-Ed. GUILLAUME,**

Directeur adjoint du Bureau International des Poids et Mesures.

UN VOLUME IN-4, AVEC NOMBREUSES FIGURES; 1901... 7 FR. 50 C.

---

## LEÇONS SUR LES MOTEURS A GAZ ET A PÉTROLE,

FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE BORDEAUX,

**Par L. MARCHIS,**

Professeur adjoint de Physique à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

UN VOLUME IN-16 DE L-175 PAGES AVEC 19 FIGURES; 1901. 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 : *Électro-optique et ionisation. Applications. Physique cos-  
mique. Physique biologique*..... 18 fr.

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

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES  
D'ACOUSTIQUE ET D'OPTIQUE

A L'USAGE DES CANDIDATS AU CERTIFICAT D'ÉTUDES PHYSIQUES,  
CHIMIQUES ET NATURELLES (P. C. N.),

**Par Ch. FABRY,**

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Marseille.

Un volume in-8, avec 205 figures ; 1898..... 7 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'Ecole 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,**

Maitre 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<sup>e</sup> 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.



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-333 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.

**GUSTAVE ROBIN**,

Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Paris.

## ŒUVRES SCIENTIFIQUES

réunies et publiées sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique,

Par **Louis RAFFY**,

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Paris.

TROIS VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

MATHÉMATIQUES : *Nouvelle théorie des fonctions exclusivement fondée sur l'idée de nombre*. Un volume grand in-8..... (Sous presse.)

PHYSIQUE : Un volume grand in-8, en deux fascicules :

*Physique mathématique*. Grand in-8; 1899..... 5 fr.

*Thermodynamique générale*. Grand in-8; 1901..... 9 fr.

CHIMIE : *Leçons de Chimie physique*, professées à la Faculté des Sciences de Paris. Un volume in-8..... (En préparation.)



## 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<sup>er</sup> fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec 150 figures et 1 planche..... 5 fr.  
 2<sup>e</sup> fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures..... 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

- 1<sup>er</sup> fascicule. — *Thermométrie, Dilatations*; avec 98 figures. 5 fr.  
 2<sup>e</sup> fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches..... 5 fr.  
 3<sup>e</sup> fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la chaleur*; avec 47 figures..... 5 fr.

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

- 1<sup>er</sup> fascicule. — *Acoustique*; avec 123 figures..... 4 fr.  
 2<sup>e</sup> fascicule. — *Optique géométrique*; 139 fig. et 3 planches. 4 fr.  
 3<sup>e</sup> 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<sup>re</sup> Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.

- 1<sup>er</sup> fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 figures et 1 planche..... 7 fr.  
 2<sup>e</sup> fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 figures et 1 planche..... 6 fr.

TOME IV (2<sup>e</sup> Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.

- 3<sup>e</sup> fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction*; avec 240 figures..... 8 fr.  
 4<sup>e</sup> 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<sup>er</sup> SUPPLÉMENT. — *Chaleur. Acoustique. Optique*, par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8, avec 41 fig.; 1896. 3 fr. 50 c.  
 2<sup>e</sup> 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

RÉDIGÉ CONFORMÉMENT AU PROGRAMME DU COURS DE L'ÉCOLE CENTRALE

PAR

**ALHEILIG,**

Ingénieur de la Marine.

**Camille ROCHE,**

Ancien Ingénieur de la Marine.

DEUX BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. I.) :

TOME I : avec 412 figures; 1895 ..... 20 fr.

TOME II : avec 281 figures; 1895 ..... 18 fr.

## CHEMINS DE FER

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION.

PAR

**E. DEHARME,**

Ing<sup>r</sup> principal à la Compagnie du Midi.

**A. PULIN,**

Ing<sup>r</sup> Insp<sup>r</sup> p<sup>al</sup> 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.

PAR

**E. DEHARME,**

Ing<sup>r</sup> principal à la Compagnie du Midi.

**A. PULIN,**

Ing<sup>r</sup> Insp<sup>r</sup> p<sup>al</sup> aux chemins de fer du Nord.

Un volume grand in-8 de vi-608 p. avec 131 fig. et 2 pl.; 1900 (E. I.). 15 fr.

## TRAITÉ PRATIQUE

DES

## CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

ET DES

## TRAMWAYS

Par **Pierre GUÉDON,**

Ingénieur, Chef de traction à la C<sup>ie</sup> générale des Omnibus de Paris.

Un beau volume grand in-8, de 393 pages et 141 figures (E. I.); 1901..... 11 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 CHAUSSEES,

Par **C. 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

## 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 Gobelins 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.

UN VOLUME GRAND IN-8 DE 674 PAGES, AVEC 368 FIGURES ET ÉCHAN-  
TILLONS DE TISSUS IMPRIMÉS; 1895 (E. I.) ..... 30 FR.

## RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

ET

ÉLÉMENTS DE LA THÉORIE MATHÉMATIQUE DE L'ÉLASTICITÉ

Par Aug. FÖPPL,

Professeur à l'Université technique de Munich.

TRADUIT DE L'ALLEMAND PAR E. HAHN,

Ingénieur diplômé 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,

Ingénieur de la Marine,

Professeur à l'École d'application du Génie maritime.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8 ET ATLAS; 1894 (E. I.) :

TOME I : avec 305 fig. et un Atlas de 11 pl. in-4°; 1894..... 18 fr.

TOME II : avec 359 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 755 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<sup>e</sup> édition. Gr. in-8 de 510 p. avec 314 fig.; 1898 (E. T. P.). 18 fr.



## LE VIN ET L'EAU-DE-VIE DE VIN

Par **Henri DE LAPPARENT**,

Inspecteur général de l'Agriculture.

INFLUENCE DES CÉPAGES, DES CLIMATS, DES SOLS, ETC., SUR LA QUALITÉ DU VIN, VINIFICATION, CUVERIE ET CHAIS, LE 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**,

Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux,  
Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1896 (E. I.).

TOME I: 688 p., avec fig.; 1896. 20 fr. | TOME II: 718 p., avec fig. 1896. 15 fr.

---

## MANUEL DE DROIT ADMINISTRATIF

SERVICE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES CHEMINS VICINAUX,

Par **G. LECHALAS**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. T. P.).

TOME I; 1889; 20 fr. — TOME II: 1<sup>re</sup> partie; 1893; 10 fr. 2<sup>e</sup> partie; 1898; 10 fr.

---

## MACHINES FRIGORIFIQUES

PRODUCTION ET APPLICATIONS DU FROID ARTIFICIEL,

Par **H. LORENZ**,

Ingénieur, Professeur à l'Université de Halle.

TRADUIT DE L'ALLEMAND AVEC L'AUTORISATION DE L'AUTEUR, PAR

**P. PETIT**,

Prof<sup>r</sup> à la Faculté des Sciences de Nancy,  
Directeur de l'Ecole de Brasserie.

**J. JAQUET**,

Ingénieur civil.

Grand in-8 de ix-186 pages, avec 131 figures; 1898 (E. I.)... 7 fr.

---

## COURS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

ET DE GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE,

Par **Maurice D'OCAGNE**,

Ingr<sup>r</sup> et Prof<sup>r</sup> 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,  
Avocat à la Cour de Paris, 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, Professeur à l'Académie impériale des Mines de Leoben.

TRADUIT DE L'ALLEMAND SUR LA 2<sup>e</sup> ÉDITION REVUE ET DÉVELOPPÉE PAR L'AUTEUR,

Par F. DOMMER,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

Professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris.

Un volume grand in-8 de 392 pages, avec 68 figures; 1900 (E. I.). 11 fr.

---

ANALYSE INFINITÉSIMALE  
A L'USAGE DES INGÉNIEURS,

Par E. ROUCHÉ et L. LÉVY,

2 VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES (E. T. P.) :

TOME I : *Calcul différentiel*. VIII-557 pages, avec 45 figures; 1900..... 15 fr.

TOME II : *Calcul intégral*..... (Sous presse.)

---

COURS D'ÉCONOMIE POLITIQUE  
PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par C. COLSON,

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Conseiller d'État.

---

TROIS BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. T. P.) :

TOME I : *Exposé général des Phénomènes économiques. Le travail et les questions ouvrières*. Volume de 600 pages; 1901..... 10 fr.

TOMES II et III..... (Sous presse.)



# 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.

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

## A B C DE LA PHOTOGRAPHIE MODERNE,

Par W.-K. BURTON.

5<sup>e</sup> édition. Traduction sur la 12<sup>e</sup> édition anglaise, par G. HUBERSON.

In-18 jésus, avec figures; 1901..... 3 fr.

## LA PHOTOGRAPHIE DES COULEURS,

PAR LA MÉTHODE INTERFÉRENTIELLE DE M. LIPPMANN,

Par A. BERGET.

2<sup>e</sup> édition, entièrement refondue. In-18 jésus, avec fig.; 1901... 1 fr. 75 c.

## FABRICATION DES PLAQUES AU GÉLATINOBROMURE,

Par BURTON. — Traduction par HUBERSON.

In-18 jésus, avec figures; 1901..... 0 fr. 50 c.

## 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.



**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 le Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

1<sup>er</sup> Supplément (A). Un beau vol. gr. in-8 de 400 p. avec 176 fig.; 1892. 14 fr.

2<sup>e</sup> Supplément (B). Un beau vol. gr. in-8 de 424 p. avec 221 fig.; 1897. 14 fr.

Les 6 volumes se vendent ensemble..... 72 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.

**MANUEL DU PHOTOGRAPHE AMATEUR,**

Par F. PANAJOU,

Chef du Service photographique à la Faculté de Médecine de Bordeaux.

3<sup>e</sup> ÉDITION COMPLÈTEMENT REFONDUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.

Petit in-8, avec 63 figures; 1899..... 2 fr. 75 c.

**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  
DES AGRANDISSEMENTS PHOTOGRAPHIQUES  
A L'USAGE DES AMATEURS,**

Par E. TRUTAT.

2<sup>e</sup> édition, revue et augmentée. 2 vol. in-18 jésus..... 5 fr.

*On vend séparément :*

I<sup>re</sup> PARTIE : *Obtention des petits clichés*, avec 81 figures; 1900.... 2 fr. 75 c.

II<sup>e</sup> PARTIE : *Agrandissements*, avec 60 figures; 1897..... 2 fr. 75 c.

**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.



