

Quand le moût inoculé est froid, des ouvriers le versent dans des tonneaux de bois, où il fermente et vieillit. On utilise toujours des fûts de chêne ou de châtaignier qui ont déjà contenu auparavant du vin, parce que le bois neuf contient trop de tannins astringents (le vin les extrait au cours de sa maturation). Avant l'emploi, les tonneaux sont raclés, nettoyés et «méchés»: on y a fait brûler une mèche au soufre afin d'éliminer les moisissures indésirables, qui donneraient de mauvais goûts. Toutefois ces traitements n'éliminent pas complètement des fibres du bois les levures, sous forme de cellules ou de spores; ces micro-organismes contribuent au démarrage de la fermentation.

La fermentation, complexe même avec les levures spécialement cultivées utilisées pour les ales et les lagers, l'est encore plus avec les levures sauvages et les bactéries qui donnent les lambics. L'activité bactérienne ne présente pas de danger pour la santé humaine, car l'acidité du liquide, la présence des résines du houblon, la forte concentration en alcool éthylique évitent la prolifération des micro-organismes pathogènes. Cette propriété explique pourquoi les consommateurs de bières et de vins échappèrent à bien

des épidémies et des intoxications, au Moyen Âge.

Festin de levures

Hubert Verachtert et ses collègues de l'Université de Louvain étudient la chimie organique de la fermentation des lambics depuis les années 1970. Ils ont identifié 100 souches différentes de levures, 27 souches de bactéries acétiques (qui forment de l'acide acétique en présence d'oxygène) et 38 souches de bactéries lactiques (qui forment de l'acide lactique) dans un seul type de lambic.

La fermentation du lambic peut être schématisée en quatre étapes principales qui se superposent. Des levures sauvages, *Kloeckera apiculata*, et des entérobactéries sont les premiers micro-organismes installés. Les entérobactéries apportent un arôme doux, fruité ou végétal. Les levures *Kloeckera* ont peu d'influence sur le goût, mais leurs enzymes dissocient les protéines, ce qui améliore la limpidité de la bière à basse température. Puis des levures *Saccharomyces* produisent l'alcool éthylique qui sera présent dans le produit fini, ainsi que les esters aromatiques qui confèrent aux lambics des saveurs semblables à celles des ales. Des bac-

téries lactiques font alors de l'acide lactique, qui donne à la bière sa légère acidité. Enfin des levures *Brettanomyces* engendrent de nombreux autres esters, qui font la spécificité des lambics: un goût fruité et vineux.

La première étape de la fermentation commence, trois à sept jours après la mise en fût, par la prolifération des entérobactéries et des levures sauvages. Les entérobactéries se multiplient très rapidement et donnent lieu à une fermentation acide mixte, où les molécules de glucose sont transformées à la fois en alcool éthylique et en dioxyde de carbone, et aussi en acide lactique et en acide acétique. Cependant ces entérobactéries ne survivent pas dans l'acide acétique ou dans l'alcool éthylique; elles meurent progressivement en 30 à 40 jours. La levure *Kloeckera apiculata* se développe en consommant le glucose, mais pas les sucres plus complexes; aussi disparaît-elle assez rapidement, après avoir épuisé le glucose et après avoir produit une petite quantité d'alcool éthylique et l'essentiel de l'acide acétique trouvé dans le produit final.

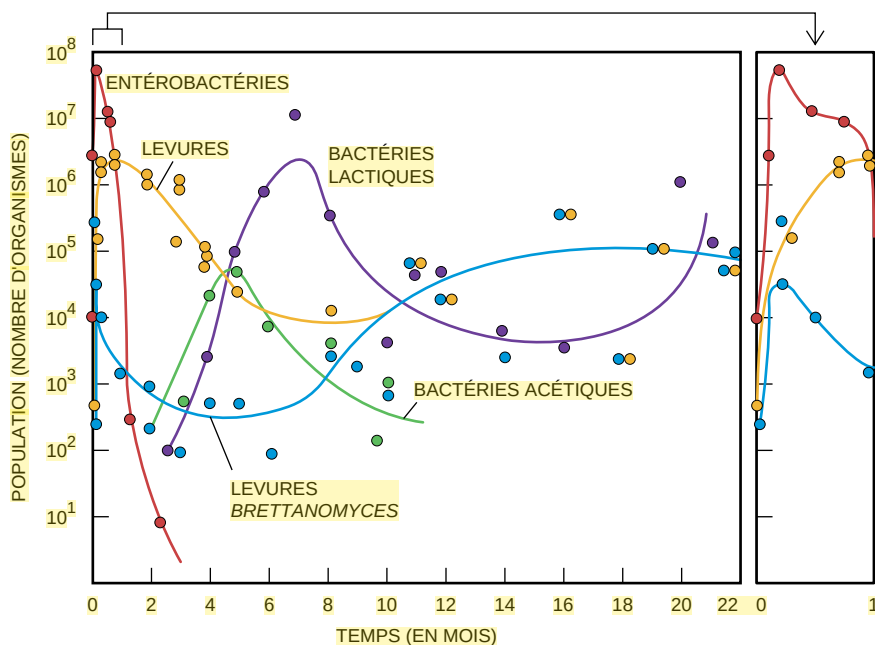
Après 10 ou 15 jours, c'est le début de la fermentation principale, productrice d'alcool éthylique. Les levures sauvages sont supplantées par les levures *Saccharomyces*, du même genre



Quand le brassin a refroidi, habituellement toute une nuit, il est versé dans des fûts de bois (à gauche) qui ont contenu du vin (le bois de fûts neufs conférerait un goût déplaisant). Même après avoir été nettoyés et désinfectés, les tonneaux contiennent encore des spores de levures qui favorisent la fermentation. Après une semaine environ, la fermentation est si violente que de la mousse jaillit de l'orifice de dégazage des fûts.



La bière vieillit durant un an ou plus. Puis, sur la seule base de dégustations, elle sera éventuellement coupée avec des lambics plus jeunes ou plus âgés.



2. LA FERMENTATION DES BIÈRES LAMBIC résulte de la prolifération et du déclin de plusieurs populations de micro-organismes, au cours de quatre étapes principales. Dans la première, des bactéries entériques et des levures sauvages prédominent, dissociant le glucose en alcool éthylique, en dioxyde de carbone et en acides organiques variés. Puis diverses levures produisent plus d'alcool éthylique. Lors de la troisième étape, des bactéries lactiques et acétiques produisent davantage de ces acides respectifs. Enfin les levures *Brettanomyces* créent les nombreux esters qui rendent la bière particulièrement aromatique.

taxonomique que les levures utilisées pour la fabrication des ales – bières de fermentation haute – (*Saccharomyces cerevisiae*) ou des lagers – bières de fermentation basse – (*Saccharomyces carlsbergensis*). Seulement une ale ou une lager ne fermentent que pendant une semaine.

Dans les lambics, les levures *Saccharomyces* assimilent et fermentent la plupart des molécules de sucre, qu'elles transforment en alcool éthylique et en dioxyde de carbone. La fermentation se manifeste pendant quelques jours par des émissions de mousse et des débordements par le trou d'évacuation du gaz carbonique; puis la fermentation se poursuit, plus calmement, pendant sept mois environ. Elle ne donne pas aux lambics leur goût caractéristique, mais elle met le moût dans un état qui permet leur mélange.

La troisième étape, qui chevauche la deuxième, commence après trois ou quatre mois : les bactéries lactiques et acétiques prolifèrent, avec une activité maximale six à huit mois après le début de la fermentation. On commence d'ailleurs le brassage du lambic entre octobre et avril, parce que ce pic d'activité a lieu lors des chaleurs estivales, quand les températures sont supérieures à 20-25 °C.

Les bactéries sont responsables de la légère acescence des lambics. Elles appartiennent principalement au genre *Pediococcus*, qui transforme les sucres en acide lactique. Certaines souches de *Pediococcus* ont une fâcheuse tendance à rendre le lambic visqueux – on dit qu'il devient filant. Cette viscosité finit par disparaître, ne laissant qu'une légère turbidité, qui ne peut être éliminée par filtration.

Parfois les bactéries acétiques donnent également une acidité excessive, quand elles forment de l'acide acétique à partir de l'alcool éthylique. Toutefois cette acidité ne devient gênante qu'avec les fûts endommagés ou fuyards, qui permettent à l'air d'alimenter les bactéries aérobies *Acetomonas*.

Après huit mois de fermentation, une nouvelle prolifération de levures marque le début de la quatrième et dernière étape de la fermentation. Ces souches de levures, découvertes dans la bière lambic, appartiennent principalement au genre *Brettanomyces*. Elles déterminent le goût de la bière. Le profil aromatique est déterminé par les concentrations respectives en esters, dont la synthèse est favorisée par les *Brettanomyces* : ces levures fabriquent une enzyme qui transforme les acides et l'alcool éthylique en esters. Les

plus puissants de ces esters sont le lactate d'éthyle et l'acétate d'éthyle, sous-produits des acides lactique et acétique de l'étape précédente.

En présence d'air, les levures *Brettanomyces* et d'autres levures forment un voile à la surface de la bière. Sans ce voile, la bière s'oxyderait et les bactéries acétiques proliféreraient, faisant du vinaigre au lieu de la bière. Malgré les efforts des brasseurs, cet accident survient parfois.

Une autre fermentation

Même après cette fermentation complexe de près d'un an, la bière n'est généralement pas bonne à boire. Nous l'avons vu, le plus commun des lambics non parfumés, la gueuze, est un mélange de bières jeunes et vieilles, dont le goût va du doux (quand les bières jeunes dominent) à l'acidulé et riche (quand les bières vieilles dominent). Après l'assemblage, qui se décide par dégustation, une fermentation supplémentaire a lieu, parce que les sucres présents dans le jeune lambic sont alors au contact de levures plus développées, d'un lambic âgé d'environ deux ou trois ans. Dans la méthode traditionnelle, cette fermentation a lieu en bouteille.

Si le lambic âgé prédomine, les levures *Brettanomyces* assimilent les sucres complexes, formant un produit fini très sec et très aromatique (en raison de l'activité estérificatrice des levures *Brettanomyces*). Les mélanges dont l'âge moyen est inférieur sont plus doux et plus moelleux. Les équipes de dégustateurs sont composées de spécialistes qui, connaissant très bien les normes classiques, obtiennent un produit final aux caractéristiques reproductibles en coupant des lambics très différents. Quel que soit le mélange final, le lambic diffère des ales et des lagers par ses acides organiques et ses esters abondants.

La plupart des produits actuels sont assez doux, filtrés et pasteurisés. Les mélanges vieillis, refermentés en bouteille, nécessitent des manipulations soigneuses et un stockage en cave sombre et fraîche pendant plus d'un an.

Les lambics fruités subissent également une fermentation secondaire, due au sucre des fruits. Le lambic à la cerise est sans doute le plus traditionnel. On utilisait jadis la cerise de Schaerbeek, petite cerise noire très acide, mais

celle-ci n'est presque plus cultivée, et les brasseurs emploient généralement la cerise Gorsem, plus grosse, plus juteuse, qui confère un goût plus moelleux. Lors de la cueillette des cerises, en juillet, les ouvriers brasseurs préparent tous les tonneaux nécessaires pour la production de kriel d'une année entière : ils mettent environ 80 kilogrammes de fruits entiers, avec leur noyau, par fût de 650 litres, où ils versent le lambic jeune de l'année ; la fermentation repart pour un à deux ans.

Les lambics survivront-ils ? Ce sont des anachronismes vivants, dont les spécificités sont aussi des handicaps commerciaux. Avant les travaux de Louis Pasteur, les lambics étaient les seules bières qui se conservaient pendant des mois, voire des années. À un coût relativement faible, les brasseurs pouvaient en produire d'importantes quantités durant l'hiver et vendre leur produit toute l'année. Aujourd'hui toutefois, la conservation n'est plus un problème, mais le vieillissement de grandes quantités de boisson immobilise les capitaux. L'avantage des lambics est devenu un inconvénient.

En outre, de nombreuses lois et réglementations sur les produits alimentaires imposent un contrôle minutieux de l'ensemble du procédé de préparation. Or, par sa nature même, la fermentation spontanée n'est pas véritablement contrôlable.

Le futur des bières lambic est entre les mains d'amateurs aventureux, petit groupe qui réclame les spécialités gastronomiques traditionnelles. Ce groupe semble se développer, et de plus en plus de consommateurs délaissent les nourritures industrielles pour les grands classiques : fromages au lait cru, pains à l'ancienne, vins fins, bières trappistes et véritables ales. Qui sait ? Si cette tendance continue, la lambic pourrait encore perdurer un nouveau demi-millénaire.

Jacques de KEERSMAECKER est directeur de la Brasserie *Belle-Vue*, à Bruxelles.

Les mémoires de Jef Lambic, La technique belge éditions, Bruxelles, non daté.

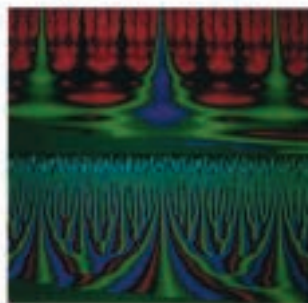
Jean-Xavier GUINARD, *Lambic*, Classic Beer Style Series, Brewers Publications, Boulder, Colorado, 1990.

Michael JACKSON, *Michael Jackson's Beer Companion*, Running Press, 1993.

Martin LODAHL, *Lambic : Belgium's Unique Treasure*, in *Brewing Techniques*, vol. 3, n° 4, pp. 34-46, juillet-août 1995.

SCIENCES D'AVENIR

BARBARA BURKE HUBBARD
**ONDES ET
ONDELETTES**
LA SAGA D'UN OUTIL MATHÉMATIQUE



PRIX D'ALEMBERT 1996

ONDES ET ONDELETTES

B. Burke Hubbard

L'élaboration des ondelettes est une saga moderne. Fourier a inventé la décomposition d'un signal en éléments simples ; pour les besoins de l'analyse du signal, physiciens et mathématiciens ont inventé une nouvelle décomposition en ondelettes. Celle-ci est utile dans de nombreuses applications et ses richesses ne sont pas toutes exploitées.

Barbara Burke Hubbard est écrivain scientifique : elle retrace avec simplicité et chaleur comment les scientifiques pensent et hésitent avant que n'écluse une idée, et comment ils coopèrent. Voir bon de commande p. 98

**POUR LA
SCIENCE**
DIFFUSION BELIN