

Pasteur et les maladies du vin

François Gros et Béatrice Salviat

Pendant des millénaires, le vin fut l'affaire exclusive des vignerons qui parvinrent, de génération en génération, à transmettre des techniques empiriques souvent très fines pour élaborer l'excellence : sélection de terroirs, de cépages, travail de la vigne. Rituel s'accomplissant dans le mystère des caves, la vinification relevait presque de la magie.

Mais au XVIII^e siècle, les découvertes scientifiques ouvrent la voie à une profonde évolution des techniques en permettant la compréhension des mécanismes naturels qui font le vin et leur maîtrise de plus en plus raisonnée. Les travaux de Antoine Laurent de Lavoisier sur la fermentation vineuse conduisent à mettre en équation la fermentation alcoolique qui, par l'action des levures, transforme les sucres en alcool éthylique. Les avancées de la chimie annoncent de lents mais profonds bouleversements.

Au siècle suivant, politiques et scientifiques se mobilisent pour sauver la précieuse boisson. L'empereur Napoléon III prie Louis Pasteur d'enrayer les graves menaces qui pèsent sur la qualité du vin français, siège d'altérations trop fréquentes. La biologie va rejoindre la chimie.

Nous sommes en 1863. Âgé de quarante et un ans, Louis Pasteur jouit déjà d'une réputation de grand savant. Il s'intéresse à « la fermentation » depuis six ans. Pour être plus exact, il faudrait mettre ce mot au pluriel, car « des fermentations », il en existe de différentes sortes. L'une d'entre elles consiste en la transformation du sucre du lait en acide lactique (la fermentation lactique), une autre permet la transformation des sucres du raisin ou de la farine en alcool (la fermentation alcoolique déjà nommée), une autre encore aboutit à la transformation de l'alcool du vin en vinaigre (la fermentation acétique). D'autres enfin conduisent à des produits toxiques et nauséabonds (dans la vase des étangs, par exemple, ou dans des déchets agricoles en décomposition tels que le fumier).

Les chimistes soutiennent que ces fermentations sont « œuvre de mort ». Ne sont-elles pas manifestes sur les cadavres ? Pasteur prétend, lui, qu'elles sont « œuvre de vie », car il est persuadé qu'elles se réalisent exclusivement sous l'action d'êtres vivants depuis qu'en 1857, il a observé une cuve dans laquelle s'effectuait une fermentation lactique. Enthousiaste, il avait alors dessiné sur son cahier de laboratoire les minuscules bâtonnets observés sous son microscope. Son intuition ne l'avait pas trompé, les ferments sont bien de petits êtres vivants. Il ne lui restait plus qu'à les chercher partout où se produisent des fermentations.

On dit que le vin se bonifie en vieillissant. Or les maladies qui le frappent agissent bien avant cette bonification. Elles n'ont donc rien à voir avec un

vieillessement naturel : ce sont des fermentations pathologiques. Louis Pasteur montra que chacune de ces maladies était causée par un ferment différent. Mais s'il put ainsi expliquer l'origine des maladies du vin, cela ne lui fournissait pas pour autant une parade. Or il s'était engagé auprès de l'empereur à trouver un remède aux altérations du vin. Dans ce but, il expérimenta et mit au point un procédé efficace de conservation. Très en vogue à la fin du XIX^e siècle, ce procédé appelé « pasteurisation » est encore utilisé de nos jours pour divers aliments. Nous en expliquerons le principe. Mais auparavant, pour mieux comprendre l'ampleur et l'originalité des travaux de Pasteur, il convient de rappeler les processus « normaux » de fermentation qui permettent la transformation du jus de raisin en bon vin.

Les fermentations impliquées dans la fabrication du vin

Le vin s'élabore à partir de raisin écrasé dans des cuves. Avant l'écrasement, sur la peau des grains, se trouvent des levures. La peau fait barrage et les empêche de pénétrer à l'intérieur du grain. Après l'écrasement, c'est différent, les levures entrent en contact avec le sucre : la fermentation alcoolique peut commencer. Le mot « fermentation » vient du latin *fervere*, qui signifie « bouillonner », et le gaz émis lors de ce bouillonnement n'est autre que le gaz carbonique.

Avant Pasteur, dès 1837, un physicien français, le baron Charles Cagniard de Latour, avait clairement indiqué que la transformation du sucre en alcool était la conséquence de l'activité des levures. Le rôle de ces ferments avait été également remarqué par les biologistes allemands Theodor Schwann et Franz Schulze. Mais à l'époque, ces observations donnaient lieu à des interprétations pour le moins fantaisistes. On sait aujourd'hui que les levures utilisent l'énergie libérée au cours de la fermentation pour organiser la matière organique nécessaire à leur reproduction.

Mais d'où viennent les sucres du raisin qui servent d'aliment aux levures ? Ces sucres, essentiellement du glucose et du fructose, sont produits par la vigne au cours de la photosynthèse puis transformés en alcool et en gaz carbonique. La compréhension et la quantification de la fermentation alcoolique, en permettant de « mesurer » le vin, lui ont fait perdre une partie de son mystère et l'ont transformé en objet scientifique. Sachant par exemple que 17 grammes de sucre par litre de moût vont donner après fermentation 1 % d'alcool, soit 1°, on peut, en mesurant la quantité de sucre dans le moût avec un densimètre, prévoir le titre alcoolique du vin en devenir.

Les sucres ne sont pas le seul constituant du moût. Ce dernier contient également des acides organiques – acide tartrique et acide malique en particulier –, mais aussi des molécules aromatiques, des colorants, des protéines (en particulier des enzymes capables d'accélérer diverses réactions chimiques), des vitamines, des tanins et, on l'oublie trop souvent, de l'eau, sans laquelle la biochimie

du vin ne pourrait avoir lieu. Le gaz carbonique dégagé pendant la fermentation peut rester ou non dans le vin.

C'est l'évolution de ces constituants, d'abord massive au cours de la fermentation alcoolique puis soigneusement contrôlée par le vinificateur, qui assure la bonification du vin au cours de son vieillissement. Au cours du premier hiver, les vins rouges subissent une deuxième fermentation plus discrète qui permet la transformation de l'acide malique en acide lactique : on parle de « fermentation malo-lactique » (elle est différente de la fermentation lactique qui acidifie le lait). Le vin perd de son acidité et gagne en souplesse et en rondeur. Il peut alors être mis en bouteilles ou continuer sa maturation dans des barriques de chêne.

Le vieillissement naturel du vin

Les vignerons voyaient la cause des maladies du vin dans une sorte de « vieillissement » trop poussé. On savait que le vieillissement d'un vin accroît généralement son moelleux, modifie son opacité et sa couleur, mais qu'un vieillissement prolongé peut lui faire totalement perdre sa force et son caractère.

En s'intéressant au rôle de l'air dans ce vieillissement, Pasteur confirma qu'il était en réalité très complexe, avec deux effets en apparence opposés sur la qualité des vins, l'un bénéfique, l'autre néfaste. D'une part l'oxygène exerce un effet nocif car il peut favoriser le développement de micro-organismes nuisibles, d'autre part il contribue à éliminer l'acidité et le goût râpeux du vin nouveau. En présence d'oxygène, une partie des pigments colorés précipite et une teinte « pelure d'oignon » particulièrement appréciée peut apparaître. En somme, c'est l'oxygène qui confère au vin vieux sa qualité, mais c'est également lui qui la lui fait perdre si son action se prolonge trop longtemps. Pasteur démontra ces faits en comparant le devenir d'un vin nouveau placé soit dans un tube bien rempli et dont l'embouchure était scellée par de la cire, soit dans un tube de même capacité à moitié rempli cette fois et fermé par un bouchon de liège qui laissait l'oxygène diffuser lentement à travers son épaisseur tout en protégeant le vin des contaminations par les poussières et les micro-organismes présents dans l'air extérieur. Dans le premier tube, il n'observa aucune altération, mais le vin demeura acide et râpeux comme un vin nouveau. Dans le second, le vin acquit le moelleux et les caractéristiques d'un vin convenablement vieilli : son bouquet était merveilleux.

Dans les caves, la barrique, tout en permettant une oxydation très contrôlée et bénéfique des constituants initiaux, apporte aussi des éléments venant du bois lui-même. Ce sont les tanins (déjà présents dans le raisin lui-même) qui donnent du corps et des arômes agréables au vin.

Le vin n'est pas totalement dépourvu d'êtres vivants : il contient des bactéries et les levures responsables de la fermentation alcoolique. Saturées d'alcool, asphyxiées par manque d'oxygène, affamées par manque de sucre et de protéines, complètement inhibées par le dioxyde de soufre que le vigneron ajoute

parfois, elles ne peuvent plus se reproduire. Mais elles sont encore là !

Mis en bouteilles, le vin sera protégé de l'oxydation par une atmosphère confinée pauvre en oxygène. Dès l'ouverture de la bouteille, les constituants aromatiques pourront en revanche être oxydés au contact de l'air dans une carafe, dans le verre ou même dans la bouche (le geste qui consiste à maintenir quelques instants le vin dans sa bouche en se gargarisant manque certes d'élégance mais accroît le plaisir des sens).

Très éphémère, la dégustation n'est habituellement pas la partie la plus pénible de la longue histoire du vin. À condition toutefois que ce vin n'ait pas « tourné à l'amer » ! Le moment est venu de parler des maladies du vin que Pasteur fut amené à étudier.

Les fermentations « irrégulières », sources des maladies du vin

Les maladies pouvaient affecter les vins de plusieurs manières. La principale maladie était la piquûre acétique, qui se traduisait par un aigrissement rendant le vin difficilement consommable. Les vins blancs mousseux, les champagnes pouvaient être atteints d'une autre maladie, appelée « graisse » parce que le vin revêtait une consistance plus ou moins huileuse, avec dépôts de tartre et de lie.

Pasteur avait eu l'occasion d'observer les méfaits du vin ainsi « tourné » dans la cave paternelle. Dès 1858, il y avait noté, par analyse microscopique, la présence de levures « filiformes » (de forme différente de celle de la levure ordinaire) qui pouvaient être jugées responsables de cette maladie par les transformations chimiques qu'elles étaient capables de produire. Mais toutes ces nuisances étaient déjà connues de façon empirique. Certes, Pasteur était familier des vigneron du Jura, puisque ses parents avaient une demeure familiale à Arbois. Mais il était tout de même loin de posséder une connaissance étendue des maladies du vin. Il avait quitté la région arboisienne depuis longtemps pour ses travaux et ses enseignements et n'y revenait que sporadiquement, à l'occasion des vacances. C'est d'ailleurs avec une certaine naïveté qu'il aborda le problème lorsque l'empereur le lui demanda.

Après quelques essais réalisés dès septembre 1863 avec certains de ses élèves, il comprend qu'il va devoir mener lui-même ses propres enquêtes auprès des vigneron. Il ne cessera de se déplacer dans toute la région, visitant les caves, prenant une foule de notes. Les hypothèses sont nombreuses et il ne faut en négliger aucune. À chaque fois qu'il a affaire à un échantillon de vin altéré, Pasteur y trouve, à côté de la levure ordinaire, des ferments distincts de cette levure, bien sûr, et de morphologies différentes selon le type de maladie. Il en conclut que ces germes inhabituels sont responsables des maladies observées et qu'ils provoquent des altérations issues de fermentations concurrençant la fermentation alcoolique normale. D'autres travaux le conduisent à généraliser l'idée qu'à chaque type de fermentation correspond une catégorie particulière

de micro-organismes. Il fonde ainsi les bases de la microbiologie, ouvrant une nouvelle ère industrielle, celle de la bio-industrie, elle-même annonciatrice de nos biotechnologies modernes.

La mise au point du procédé de pasteurisation et ses conséquences

La démonstration était faite : ce sont des micro-organismes qui sont responsables des maladies du vin. Comment, dès lors, se protéger de leur intervention inopinée ? Dans un premier temps, Pasteur pense à utiliser des produits chimiques doués de propriétés antiseptiques pour tuer les germes indésirables à des températures compatibles avec la préservation des éléments organiques du vin (c'est-à-dire à des températures inférieures à 40 °C, car au-delà les enzymes sont détruites). Mais les résultats se révèlent décevants ou peu reproductibles. Il a alors l'idée de chauffer à des températures comprises entre 60 et 100 °C en absence d'air. Le procédé de stérilisation partielle qui sera décrit plus tard sous le nom de « pasteurisation » est né. Le 1er mai 1865, Pasteur présente à l'Académie des sciences une note intitulée « Procédé pratique de conservation et d'amélioration des vins ». Il a préalablement déposé un brevet d'invention susceptible de couvrir ce procédé pendant quinze ans. L'usage de la pasteurisation s'étendra en outre à d'autres produits de consommation (bière, cidre, lait et autres denrées périssables).

Pasteur pressent aussi que ses observations relatives à la contamination microbienne des vins ont un rapport avec les perturbations qui se produisent dans les tissus animaux (maladies infectieuses). En 1866, il dépose entre les mains de Napoléon III l'ouvrage dans lequel se trouvent résumés ses résultats. Tout en marquant, on l'a vu, le début de la microbiologie œnologique, cet ouvrage annonce la suite des travaux de Pasteur sur les maladies infectieuses et la théorie des germes.

Pasteur est parvenu, en un temps très court, à remplir sa mission. Pourtant, l'explication qu'il donne des fermentations n'est que partielle. Certes, ses travaux marquent un progrès décisif par rapport aux tenants de théories physico-chimiques vagues et invérifiables, mais en passant à côté de ce qui se passe à l'intérieur des cellules, il ne va pas à l'encontre de la théorie vitaliste qui prétend que les êtres vivants sont doués de propriétés particulières impossibles à analyser par de simples lois physiques et chimiques. On a montré depuis que les propriétés des systèmes vivants étaient parfaitement explicables dans un cadre physico-chimique !

Les substances qui rendent possibles les fermentations sont, nous les avons déjà évoquées, les « enzymes » (du grec en, dans, et zumê, levure). Fabriquées par les cellules vivantes, elles sont aussi capables d'agir en dehors de ces cellules, in vitro, dans des conditions précises d'environnement (température, acidité, présence de produits divers). Deux ans après la mort de Pasteur, le savant alle-

mand Eduard Buchner établira qu'un extrait acellulaire de levures est capable de transformer le sucre en alcool. Non seulement les fermentations vont pouvoir être comprises et contrôlées encore plus finement, mais, plus généralement, on va enfin pouvoir décrire et expliquer les centaines de réactions chimiques qui se produisent habituellement à l'intérieur de chaque type de cellules vivantes. L'association de la chimie et de la biologie donne bientôt naissance à la biochimie.

L'abandon de la pasteurisation du vin

À l'époque de Pasteur, son procédé était le seul moyen efficace pour conserver le vin. Mais, inconvenient de taille, il empêchait les bons microbes dont Pasteur ignorait l'existence de provoquer les fermentations naturelles du vin (principalement la fermentation alcoolique) qui, nous l'avons déjà dit, améliorent son goût durant son vieillissement – ce qu'on appelle la « maturation » du vin.

La pasteurisation du vin a donc peu à peu été remplacée par une hygiène rigoureuse – déjà recommandée par Pasteur mais techniquement impossible à son époque – durant les vendanges et la vinification ainsi que par un contrôle des conditions complexes, mais connues désormais, des modes de développement des microbes. On sait maintenant éviter que les quatre « mauvais » microbes découverts par Pasteur (il n'y en a pas plus aujourd'hui) se multiplient dans le vin et, au contraire, y favoriser le développement des « bons » microbes en jouant sur la température du vin, son exposition à l'air ou encore en l'additionnant de sucre ou de produits chimiques, tout cela dans des limites définies et contrôlées par l'État.

Conclusion

Les travaux de Pasteur sur les maladies du vin n'illustrent pas seulement l'efficacité de sa méthode, laquelle impliquait une grande indépendance d'esprit (Pasteur fut d'ailleurs qualifié de « franc-tireur de la science »), une parfaite rigueur expérimentale ainsi que le courage d'entreprendre et de défendre ses idées. Ils éclairent une autre facette de son caractère : un esprit éminemment pratique mis au service des causes les plus concrètes pour autant qu'elles servent à la collectivité. Une grande partie des travaux sur le vinaigre et le vin fut menée à Arbois, en contact direct avec les producteurs. La mise au point de la pasteurisation nécessita en effet de nombreuses consultations avec eux pour s'assurer que la chaleur appliquée n'altérerait pas le goût du produit. Pasteur travailla aussi avec des ingénieurs sur les aspects techniques de sa méthode. Il réfléchit également à son utilisation industrielle : ses publications contiennent des spécifications détaillées et des croquis d'équipement témoignant de la prise en considération de facteurs tels que le prix de revient et d'autres aspects économiques de la conservation des aliments et des boissons par la chaleur. Il tenait à ce lien permanent entre les hommes de métier et les scientifiques.

En 1872, lors d'un congrès viticole et séricicole, Louis Pasteur eut cette phrase qu'il convient de rappeler sans cesse, en ce nouveau siècle où les sciences de la vie connaissent un développement sans précédent grâce au formidable pouvoir démultiplicateur des techniques et où le public, comme les autorités gouvernementales, s'interroge sur la finalité de la recherche : « Il n'existe pas une catégorie de sciences auxquelles on puisse donner le nom de sciences appliquées. Il y a la science et les applications de la science, liées entre elles comme le fruit et l'arbre qui l'a porté. »