

Les ferments d'une théorie

Extrait remanié d'un article tiré de la revue trimestrielle « Les génies de la science - Pasteur »
Novembre 2007 – Janvier 2008

Louis PASTEUR (1822-1895), chimiste français de grande renommée, a écrit dans son introduction à son *Mémoire sur la fermentation appelée lactique* (1857) :

5 *Je crois devoir indiquer en quelques mots comment j'ai été conduit à m'occuper de recherches sur les fermentations. [...] On s'étonnera peut-être de me voir aborder un sujet de chimie physiologique bien éloigné en apparence de mes premiers travaux. Il s'y rattache néanmoins très directement.*

10 *Dans l'une de mes dernières communications à l'Académie, j'ai établi que l'alcool amylique, contrairement à ce que l'on avait cru jusqu'alors, était une matière complexe formée de deux alcools distincts, isomères, l'un déviant à gauche le plan de polarisation de la lumière, l'autre dépourvu de toute action. [...] Je résolus dès lors de faire une étude approfondie des deux alcools amyliques, de déterminer, s'il était possible, les causes de leur production simultanée et leur véritable origine, sur laquelle certaines idées préconçues me portaient à ne point partager l'opinion commune. [...]*

15 Pasteur en vient donc à étudier le processus de fermentation conduisant à la formation des alcools en question. Il recourt cette fois à un microscope, un instrument qui, à cette époque n'a pas sa place dans un laboratoire de biochimie tel que le sien, et avec lequel il commence à étudier les sucres de fermentation, filtrés ou non. C'est aussi le microscope qui permet aujourd'hui de comprendre l'état des connaissances de l'époque sur la fermentation et le duel qui, d'ici peu, opposera deux géants
20 européens de la science, Pasteur et le grand chimiste allemand Justus von Liebig (1803-1873).

Le premier à avoir observé les levures au microscope, celles de la bière en l'occurrence, fut le naturaliste hollandais Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723), qui les décrit comme formées de
25 petits globules sphériques ou ovoïdes. Mais celui qui en donna une première lecture scientifique fut l'italien Adamo Fabbroni qui, en 1787, dans son *Raisonnement sur l'art de faire du vin*, écrit qu'une matière végétalo-animale du moût induisait la fermentation dans les corps auxquels elle se mélangeait.

30 Pasteur, dans son *Mémoire sur la fermentation alcoolique* de 1860, cite la contribution du savant italien, en réduisant toutefois son mérite, comme il le fait souvent avec ceux qui l'ont précédé : « Fabbroni, savant italien, au milieu de beaucoup de vues et de faits erronés, rapproche et identifie même la levure avec le gluten. C'était un progrès. Cela donnait une indication sur la place que doit occuper la levure parmi les produits organiques. [...] Cette assertion de Fabbroni mit en quelque
35 sorte à l'ordre du jour la question de la nature du ferment ».

Si Fabbroni est le chef de file de ceux qui voyaient dans la levure, nommée aussi *ferment*, l'agent responsable de la fermentation, les porte-étendards de l'opinion adverse, selon laquelle la fermentation est un phénomène chimique pur dans lequel la levure ne joue aucun rôle (du moins en tant que substance vivante), sont des savants renommés : Antoine Laurent de Lavoisier (1743-
40 1794), père de la chimie, et Justus von Liebig, chimiste réputé, membre de la *Royal Society* de Londres et de l'Académie des sciences de Paris, inventeur du lait artificiel, de l'extrait de viande homonyme, des tablettes de bouillon, et fondateur de l'entreprise du même nom.

45 Lavoisier avait appliqué à la fermentation la méthode qui lui avait permis de révolutionner la chimie
en son temps : il l'avait réduite à une formule algébrique. Selon Lavoisier, pour qui « rien ne se
perd, rien ne se crée », si on met du sucre sur un des plateaux d'une balance et, sur l'autre, l'alcool
formé et l'acide carbonique dégagé – les deux produits de la fermentation -, on obtient un équilibre
parfait. Dans ce processus, la levure ne joue aucun rôle, car « la levure étant résorbée comme elle
50 est rentrée, je ne puis en tenir compte ». Cette opinion fut partagée par les chimistes des générations
suivantes, notamment Louis Jacques Thénard (1777-1857) et Louis Joseph Gay-Lussac (1778-
1850).

En Allemagne aussi, von Liebig et à sa suite, nombre de savants allemands, considéraient la levure
vivante comme un simple spectateur de la fermentation. Toutefois, l'explication de von Liebig était
55 différente : « La levure de bière et en général toutes les matières animales et végétales en
putréfaction reportent sur d'autres corps l'état de décomposition dans lequel elles se trouvent elles-
mêmes ; le mouvement qui par la perturbation de l'équilibre s'imprime à leurs propres éléments se
communiqué également aux éléments des corps qui se trouvent en contact avec elle. » Ainsi, le
ferment ne joue pas un rôle parce qu'il est vivant, mais parce qu'il est mort : « C'est la portion morte
60 de la levure, celle qui a vécu et qui est en voie d'altération, qui agit sur le sucre. » Le processus se
déroulerait en deux étapes : la multiplication de la levure, puis sa transformation et sa mort, cette
dernière provoquant la fermentation.

Cette thèse, portée par la réputation et la personnalité de von Liebig, eut l'avantage. Qu'en pense
65 Pasteur lorsqu'il commence son étude de la fermentation ? « Liebig a développé ses opinions dans
la plupart de ses ouvrages avec une persistance et une conviction qui peu à peu les ont fait
trionpher. Aujourd'hui elles sont admises généralement en Allemagne et en France », relate-t-il
dans son *Mémoire sur la fermentation alcoolique* de 1860.

70 La thèse de la vitalité et du rôle de la levure avait, pour sa part, deux défenseurs, l'un français, le
physicien et ingénieur, Charles Cagniard De La Tour (1777-1859), et l'autre allemand, le
physiologiste Theodor Schwann (1810-1882). Les deux hommes avaient publié indépendamment en
1836-1837 deux mémoires soutenant cette théorie. Le français affirmait : « La levure est un amas de
globules susceptibles de se reproduire par bourgeonnement, et non une matière simplement
75 organique ou chimique, comme on le supposait. [...] C'est très probablement par quelque effet de
leur végétation que les globules de levure dégagent de l'acide carbonique de la liqueur sucrée et la
convertissent en liqueur spiritueuse. » Quant à Schwann, il avait reproduit le procédé d'Appert
(confiseur parisien très prisé qui a mis au point la conservation des aliments par stérilisation), mais
en modifiant un point essentiel : « Au lieu de se borner à chauffer en vases clos à la température de
80 100° des liquides fermentescibles, il les place en contact avec de l'air ordinaire préalablement
calciné », raconte Pasteur dans son *Mémoire*. Aucune fermentation ou putréfaction ne s'était
développé dans ces préparations, même après plusieurs semaines, ce qui n'aurait pas été le cas avec
de l'air non calciné. Cela signifiait que l'oxygène n'était pas le seul composant de l'air nécessaire
pour la fermentation : il existait autre chose, et « ce quelque chose, germes, ozone, particules
85 solides, fluides..., est détruit par la chaleur » conclut Pasteur.

C'est donc sur les traces de Cagniard De La Tour et de Schwann que s'engage Pasteur en 1857 pour
démontrer que les affirmations de Lavoisier et de von Liebig sont erronées. En étudiant la
production d'alcool amylique par fermentation, puis la fermentation de l'acide tartrique, le jeune
90 savant se convainc que la fermentation est un processus biologique c'est-à-dire que la levure, son
agent, est un organisme vivant. Reste à le prouver.

Pour approfondir ses recherches, Pasteur étudie la fermentation lactique, c'est-à-dire la production

95 d'acide lactique, observée par exemple dans le lait aigri. Ce choix peut paraître étrange, car éloigné
des préoccupations des industriels, mais il n'est pas dicté par les seuls intérêts pratiques : les travaux
sur la fermentation lactique sont rares, contrairement à ceux sur la fermentation alcoolique, ce qui
laisse le champ libre à Pasteur. Notamment, aucune levure lactique n'a encore été décrite. En outre,
l'acide lactique est produit en grande quantité durant la fermentation défectueuse de la betterave qui
100 préoccupe tant les industriels. Enfin, l'acide lactique est un sous-produit de l'alcool amylique
optiquement actif.

Comme point de départ, Pasteur s'appuie sur une expérience présentée en 1843 à l'Académie des
sciences par Théophile Jules Pelouze et Amédée Gélis : les deux chimistes ont observé que l'acide
lactique, au fur et à mesure qu'il apparaît dans de l'eau sucrée en fermentation, inhibe sa propre
105 production mais qu'il suffit d'ajouter de la craie à la préparation pour en maintenir la neutralité et
relancer le processus de fermentation. Pasteur répète l'expérience et note, au-dessus de la craie et
sur les parois du récipient, l'apparition de petites taches grisâtres. Examinées au microscope, ces
taches semblent constituées de fibrine et de caséine, substances désignées par von Liebig et ses
partisans comme des réactifs chimiques indispensables à la fermentation.

110 Non convaincu, Pasteur a l'heureuse idée de prélever ces particules et de les inséminer dans un
milieu plus simple, composé de craie, de sucre et d'un nutriment liquide. Quel est ce nutriment ? Le
jeune savant a choisi un extrait de levure de bière, dilué, chauffé et filtré pour qu'il ne reste plus que
la partie soluble de la levure, c'est-à-dire ses nutriments. En effet, il suppose déjà que les taches
115 grisâtres sont ou contiennent un ferment vital, qui pourrait croître dans les mêmes conditions que la
levure de bière. C'est ce qui se passe. Pasteur non seulement identifie la levure, mais la cultive. En
avril 1857, dans son *Mémoire sur la fermentation appelée lactique*, il décrit ses expériences et
anticipe les étapes suivantes qui consistent à transposer les résultats obtenus pour la fermentation
lactique au cas alcoolique :

120 *Il m'est d'avis, au point où je me trouve de mes connaissances sur le sujet, que quiconque
jugera avec impartialité les résultats de ce travail et ceux que je publierai prochainement
reconnaîtra avec moi que la fermentation s'y montre corrélative de la vie, de l'organisation de
globules, non de la mort ou de la putréfaction de ces globules, pas plus qu'elle n'y paraît comme un
phénomène de contact, où la transformation du sucre s'accomplirait en présence du ferment sans
125 lui rien donner, sans lui rien prendre.*

Trois années d'expérimentations s'écoulaient encore avant que Pasteur ne présente à l'Académie son
Mémoire sur la fermentation alcoolique. La caséine, l'albumine et les autres substances qui, dans la
théorie de von Liebig, déclenchaient la fermentation par contact, sont ainsi reléguées au rang de
130 simples nutriments d'un acteur principal, le ferment. Pasteur démontre en outre qu'en les remplaçant
par un sel d'ammoniaque ou des composés azotés, on observe la croissance de la levure aux dépens
de ces substances : la levure les utilise comme nutriments.