

à ce qu'on croyait avant lui, les *seuls* produits de la fermentation alcoolique. Un peu plus de trois pour cent du sucre donnent de la glycérine, un peu moins de un pour cent donne de l'acide succinique. En somme, cinq pour cent du sucre échappent à l'équation de Lavoisier, à ce dédoublement en parties à peu près égales d'alcool et d'acide carbonique que subissent seuls les 95 pour cent de sucre restants, lorsque la fermentation se fait dans les conditions ordinaires.

Et voilà que ce phénomène n'a plus pour nous l'aspect simple que nous lui trouvions en commençant, et que nous rattachions si naturellement à la simplicité de sa cause. Il ne peut plus être question d'une simple dislocation chimique de la molécule du sucre. Aux dépens de cette molécule, nous voyons la levure former des tissus variés, de la matière azotée, de la cellulose, de la matière grasse. En même temps, le sucre subit les transformations les plus variées, devient de l'acide carbonique, de l'alcool, de la glycérine, de l'acide succinique, donne en proportions plus faibles d'autres corps que je pourrais citer, et d'autres encore que la science n'a pas encore appris à isoler, parce qu'il n'y a pas de chimie plus difficile que celle des êtres vivants. A la place du problème chimique que Lavoisier semblait avoir résolu, nous voyons se dresser un problème physiologique plus compliqué, plus délicat, mais aussi plus grand et plus fertile en conséquences.

Il en est une que nous devons signaler de suite, et dont l'importance va nous arrêter un instant. Reprenons pour cela le moût de bière dont nous parlions en

commençant. N'y semons pas de levure, et, pour le protéger contre les altérations dont nous le savons si facilement menacé, faisons-le bouillir pendant quelques minutes. Puis, laissons-le refroidir dans un vase bien bouché. Quel va être le sort de ce moût ainsi conservé ?

La question paraît simple à résoudre. Elle l'est si peu qu'elle a fait l'objet d'un procès de deux siècles de durée, dans lequel sont intervenus d'illustres savants de toutes les nations. L'Italie y est représentée par Redi et Spallanzani; l'Angleterre, par Needham et Tyndall; la Hollande, par Swammerdam; l'Allemagne, par Schwann, Schulze, Helmholtz et Liebig; la France par Buffon, Lavoisier, Gay-Lussac et Pasteur. La solution que ce dernier a donnée au procès, solution acceptée aujourd'hui de quiconque sait comprendre la valeur d'une preuve, nous permet d'affirmer ceci, que le moût de bière ainsi conservé gardera indéfiniment ses propriétés originelles. Dix, vingt ans après, on le retrouvera tel qu'on l'a laissé; s'il restait de l'air dans le flacon et si ce flacon a été laissé à l'obscurité, cet air n'aura perdu que des traces d'oxygène, remplacées par un volume à peu près équivalent d'acide carbonique. En d'autres termes, il n'y aura eu qu'une combustion insignifiante des matériaux du moût, se traduisant par un léger changement dans la saveur. Mais quant au sucre, à la matière azotée, à tous les éléments de ce liquide si complexe, le temps les respectera. Ils sont inaltérables et quasi éternels dans les conditions où nous les avons placés.

Il n'en va pas ainsi pour le moûtensemencé de levure ou abandonné à l'envahissement des espèces

microscopiques. Le sucre se détruit, des gaz se dégagent, emportant dans l'air sous forme d'acide carbonique, d'hydrogène ou de carbures d'hydrogène, une partie de la matière organique de la liqueur. S'il y a eu fermentation régulière, l'alcool sert temporairement de protection à labière; mais si on garde celle-ci trop longtemps, on la voit se couvrir de pellicules superficielles, de *fleurs*, dont le rôle est de brûler l'alcool en portant sur lui l'oxygène qu'elles puisent dans l'air. L'alcool disparu, le liquide se détériore de plus en plus, des moisissures variées apparaissent à la surface, détruisant et gazéifiant tout ce qu'elles rencontrent de matière organique, et, en quelques semaines, souvent en quelques jours, si les conditions sont favorables, à la place des 100 grammes de matériaux divers que renfermait un litre de bière, on ne trouve plus que quelques centigrammes de détrit. En cela se résume l'œuvre de la levure et des autres microbes que la bière a nourris simultanément ou successivement. Ils ont détruit, c'est-à-dire ramené aux formes simples d'eau, d'acide carbonique, d'hydrogène, d'ammoniaque, toute la matière organique venue à leur portée.

Et ce fait n'est pas particulier au moût de bière. En quelque temps et en quelque lieu que se décompose de la matière organique, qu'il s'agisse de la destruction d'un brin d'herbe ou d'un chêne, d'un ciron ou d'une baleine, l'œuvre s'accomplit à peu près exclusivement par les infiniment petits. Ils sont les grands, presque les uniques agents de l'hygiène du globe; ils en font disparaître, plus rapidement que les chiens de Constantinople ou les fauves du désert, les cadavres de tout ce qui a eu vie. Ils protègent les vivants contre les morts.

Ils font même plus. S'il y a encore des vivants, si depuis les centaines de siècles que ce monde est habité la vie s'y poursuit, toujours également facile et abondante, c'est encore à eux qu'on le doit.

Il suffit en effet d'un instant de réflexion pour voir que la vie, celle des grands végétaux comme celle des animaux herbivores ou carnassiers, n'est autre chose que la mise en œuvre, l'organisation des gaz empruntés à l'atmosphère ou des matières azotées et salines existant en dissolution dans l'eau. On peut avec de l'air et les éléments gazeux qu'il renferme, avec de l'eau et les matières qu'y apportent les pluies, faire vivre et se développer le plus gros chêne, dont la masse organique dépasse de plusieurs centaines de fois celle qu'on pouvait trouver toute faite à l'origine, dans le volume de terre où il a enfoncé ses racines. Un chêne, une herbe, un animal nourri d'herbe, un carnivore faisant sa proie d'un herbivore, ont été originairement de l'eau, de l'acide carbonique, des sels ammoniacaux, des matières minérales solubles. Mais une fois produite, cette matière organique est devenue solide, insoluble dans l'eau; elle est immobilisée, incapable d'alimenter une vie végétale nouvelle, et si elle s'éternisait à cet état, si ses éléments ne rentraient pas dans le courant général, dans la circulation aérienne ou aqueuse du globe, l'atmosphère se dépouillerait bientôt de ses éléments organisables, l'eau de ses matériaux nutritifs, et la vie deviendrait impossible à la surface du globe.

Si donc l'atmosphère et l'eau regagnent incessamment ce que le monde vivant leur enlève sans cesse, si elles gardent leur composition et leurs vertus fécon-

dandes, si, par suite, des générations nouvelles peuvent se succéder sans fin, héritant non seulement de la forme, mais de la matière des générations précédentes, c'est parce qu'au monde des êtres que nous connaissons le mieux est juxtaposé ce monde d'êtres infimes que nous commençons à peine à connaître. Nous voyions tout à l'heure en eux les grands facteurs de l'hygiène publique, nous y trouvons maintenant les agents indispensables du maintien de la vie.

Ils sont bien petits, dira-t-on, pour une pareille tâche! La remarque est juste et va nous permettre de mettre en évidence une des particularités les plus curieuses de l'histoire de ces petits êtres, celle qu'il faudra nous habituer à voir contenue dans l'expression de *ferments*. Nous venons de voir que leur rôle est de détruire la matière organique; or les grands animaux en détruisent aussi, pour les besoins de leur alimentation. Mais voici la différence. Un homme consomme par jour une quantité d'aliments égale à un cinquantième de son poids. La levure de bière peut transformer par jour quatre à cinq fois son poids de sucre, c'est-à-dire deux cents fois plus que l'homme, et ce n'est pas le ferment le plus actif. L'agent ordinaire de l'acétification de la bière peut faire disparaître en un jour de 50 à 100 fois son poids d'alcool, et beaucoup d'autres microbes atteignent ou dépassent même ce degré de puissance.

Nous verrons bientôt quelles peuvent être les raisons profondes de cette différence singulière dans l'activité spécifique des microbes et des grands animaux. Prenons-la maintenant comme un fait. Elle nous

explique comment les ferments peuvent suffire à leur lourde tâche; elle nous explique aussi comment, malgré l'importance du rôle qu'ils jouent, ils ont pu rester si longtemps ignorés ou méconnus. Leur infinie petitesse a, comme contre-partie, leur activité prodigieuse. De là, pour l'étude que nous allons avoir à en faire, un caractère spécial, parfois un peu étrange, auquel l'esprit a quelque peine à s'habituer, et qu'il faut pourtant bien saisir, si on ne veut pas passer en aveugle dans ce monde des infiniment petits, si riche en découvertes.

Un exemple curieux, par lequel je termine, va nous montrer ce qu'on peut attendre de l'intervention de l'idée de ferment dans l'étude des phénomènes de la vie, et nous révélera une autre face, non la moins intéressante, du rôle joué par les microbes dans l'économie générale du monde.

Une des maladies du bétail les plus meurtrières est celle qu'on désigne chez les moutons sous le nom de *sang de rate*, chez les bêtes à cornes sous le nom de *charbon*, chez l'homme sous le nom de *pustule maligne*. En dehors des pertes qu'elle occasionne et dont le chiffre s'élève annuellement à des millions, elle frappe l'imagination par la soudaineté de son apparition et de sa marche. Quelques jours à peine, souvent quelques heures seulement séparent le moment de la mort de celui où l'animal a paru malade.

Or, en 1851, deux médecins français, MM. Rayer et Davaine, en examinant au microscope le sang d'animaux morts de cette affection, y avaient constaté l'existence de petits corps filiformes, raides et immobiles

que la partie droite de la figure 2 représente mêlés aux globules sanguins normaux. Leur largeur était minime, de deux à trois millièmes de millimètre; leur longueur ne dépassait guère le diamètre d'un globule du sang. MM. Rayet et Davaine en notèrent l'existence, mais ne leur accordèrent pas d'autre attention.

En Allemagne, Pollender en 1855 et Brauell en 1857 reprirent et étendirent cette observation, mais sans arriver à autre chose qu'à établir un lien mystérieux entre le charbon et le développement du bâtonnet, de la *bactéridie*. Quant à voir entre les deux phénomènes ce que nous y voyons si naturellement aujourd'hui, une relation de cause à effet; quant à admettre qu'entre un organisme puissant et résistant comme celui du bœuf, et un être presque invisible, il pouvait s'établir une lutte où celui-ci avait raison de celui-là, il eût fallu, pour le faire, ou une audace d'esprit rare chez les savants, que l'expérience rend prudents dans leurs déductions, ou un génie d'intuition plus rare encore. La science n'était pas encore mûre pour voir naître une pareille hypothèse, encore moins pour la voir justifier.

Mais en 1861, M. Pasteur démontre que l'agent de la transformation de l'acide du lait aigri, ou acide lactique, en acide du beurre rance, ou acide butyrique, est un bâtonnet très ténu dont la forme et les dimensions sont tout à fait comparables à celles de la bactéridie de Davaine. Malgré sa petitesse, ce bâtonnet se montre très actif, et fait fermenter en quelques jours de grandes masses de matière. Dès lors les voies sont ouvertes. M. Davaine, mû par un sentiment profond et hardi, de la réalité des choses, se hâte de revenir sur

son observation de 1851, et puisqu'il est désormais permis d'attribuer à ces infiniment petits des effets hors de proportion apparente avec les causes, il se

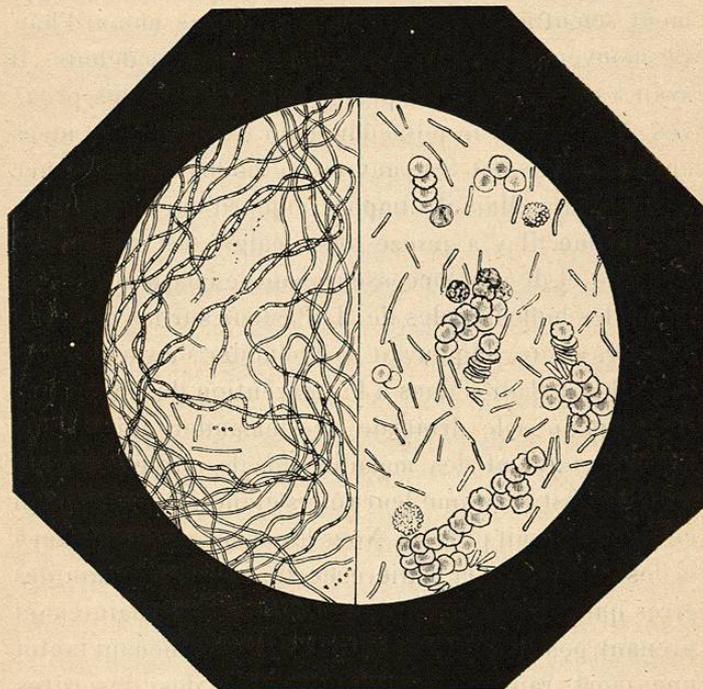


Fig. 2.

## BACTÉRIDIE DU CHARBON.

en cultures artificielles.

dans le sang d'un animal  
charbonneux.

demande si l'agent morbifique du charbon, l'agent de transport de la maladie d'une bête sur une autre, ne serait pas précisément la bactéridie qu'il avait observée autrefois avec M. Rayet. Cette filiation

d'idées n'est pas une hypothèse. Elle a été avouée dès l'origine par M. Davaine, dont la sincérité a égalé ainsi la perspicacité scientifique.

De ce travail de Davaine date l'admirable mouvement scientifique auquel nous assistons aujourd'hui. Ce mouvement a été lent et pénible à ses débuts. Il avait à conquérir les esprits en accumulant des preuves solides, et ne possédait pour cela que les idées encore étroites et les pauvres méthodes d'une science à ses débuts. Mais il s'impose aujourd'hui d'une façon souveraine. Il y a quinze ans, malgré les travaux de Davaine et de ses successeurs sur le charbon, malgré même les belles études de M. Pasteur sur les maladies des vers à soie, on pouvait se demander s'il y avait vraiment des maladies dues à l'intervention des microbes. Voilà qu'on a le droit de se demander aujourd'hui s'il y a vraiment des maladies où ils n'interviennent pas. Et c'est ainsi que leur rôle s'étend au delà de tout ce qu'on pouvait prévoir. Nous les avons vus présidant à la destruction de la matière morte, à la disparition des êtres que la vie a abandonnés; les voici maintenant prenant possession des êtres vivants; y amenant tantôt une mort rapide, tantôt seulement des désordres locaux; attendant dans d'autres cas, lorsqu'ils ne sont pas assez forts pour lutter et pour vaincre, qu'une circonstance extérieure quelconque, une perte de sang, un refroidissement, affaiblisse l'animal sur lequel ils sont implantés et leur rende leur proie plus facile à saisir.

Dans ce double rôle, quand ils travaillent pour nous comme lorsqu'ils travaillent contre nous, ils sont les mêmes, cherchent à satisfaire les mêmes besoins

physiologiques, manifestent ce double caractère d'infinie petitesse dans les moyens apparents, d'énergie destructive puissante dans les résultats. Étudier les ferments et les lois de la fermentation, c'est donc en quelque sorte étudier les lois de la santé et de la maladie. C'est aussi, comme nous l'avons fait remarquer, étudier les lois de l'hygiène.

Établissons donc solidement les bases de cette science; visitons soigneusement l'édifice déjà considérable qu'elles portent; montrons-en les parties achevées que leur durée a déjà consacrées, les parties faibles, les parties inachevées, celles qu'on voit à peine sortir de terre. Je voudrais même faire quelque chose de plus, et indiquer la perspective de celles que le travail souterrain de la science est en ce moment même occupé à fonder. Avec un bon architecte, ce qu'on voit d'une construction permet de deviner ce qu'on ne voit pas. Avec une œuvre de la nature, le plan est tracé d'avance et immuable. Il ne s'agit que d'en bien étudier les portions réalisées pour le voir se dresser tout entier devant l'esprit, sinon dans ses détails, du moins dans ses grandes lignes. C'est ce que nous allons essayer de faire avec la prudence que commande le sujet, et avec tout ce qu'il nous est possible d'y mettre de méthode, de précision, et de brièveté.