

qui paraît constituer le ferment, loin de prospérer en présence d'oxygène libre, est rendue incapable de développement, sinon privée de vitalité par ce gaz (1). Il semble qu'il n'y ait aucune raison de supposer qu'un organisme, sur lequel l'oxygène libre agit comme poison, serait spécialement disposé à enlever cet élément à ses combinaisons. Nous avons ici, de fait, l'inverse des conditions de *Torula Cerevisiæ*. Mais il est tout naturel qu'une telle bactérie, croissant aux dépens d'une matière organique, prenne pour sa nutrition certains atomes de cette substance et laisse les autres libres de former de nouvelles combinaisons; et les décompositions produites de cette manière peuvent exercer une influence catalytique sur les particules voisines, soit qu'elles fassent partie du même corps, soit qu'elles appartiennent à tout autre composé instable présent dans la solution. Car, d'après cette opinion, de ce qu'une substance est le sujet général d'une fermentation, il ne s'ensuit pas qu'elle doive subir l'action primitive du ferment, ni même seulement qu'elle doive contribuer à la nutrition de l'organisme en végétation. Ainsi, pour autant que je sache, dans l'état actuel de nos connaissances, c'est une question non encore résolue que celle de savoir si, dans la fermentation lactique telle qu'elle se montre dans le lait, le *Bacterium lactis* n'emprunte pas sa nourriture exclusivement à la caséine dont

mais qui produit cette transformation, en quantité très considérable, quand elle est forcée de végéter sous la surface où il y a peu d'oxygène libre à sa disposition. M. Pasteur a démontré aussi que même *Penicillium glaucum* et *Aspergillus glaucus* produisent le même effet bien qu'à un degré beaucoup moindre, quand ils se trouvent dans les mêmes circonstances. (Voir *Etudes sur la Bière*.)

(1) Pour employer les propres expressions de Pasteur, l'atmosphère exerce sur elles une « influence mortelle »; c'est lui qui souligne le mot. (*Etudes sur la Bière*, p. 295.)

la décomposition pourrait exercer une influence catalytique sur le sucre de lait. Dans ce cas, l'ancienne opinion qui regardait la caséine comme le ferment serait vraie pour autant que celle-ci, sans être l'agent primitivement fermentatif, occuperait une position intermédiaire entre l'organisme et la matière qui subit la fermentation.

Dans les fermentations les plus typiques, comme l'alcoolique et la lactique, le phénomène le plus caractéristique et le plus frappant est la catalyse ou réduction d'une substance organique en composés plus simples, hors de toute proportion avec les nécessités de la nutrition de l'organisme fermentatif: mais ce serait certainement une grande erreur que de restreindre l'application du terme fermentation aux cas analogues. Il n'y a, je crois, qu'un terrain où nous puissions nous mettre à l'abri de l'erreur, c'est de regarder comme fermentatifs tous les changements déterminés par des organismes en croissance, dans les milieux qu'ils habitent, que ces changements soient ou ne soient pas proportionnés aux besoins de l'organisme. Ainsi l'odeur de moisi produite par la croissance de *Penicillium glaucum* sur de la pâte ou de la conserve, prouve la formation de quelque produit volatil aux dépens de la substance dans laquelle le fungus se développe. Je conçois que le changement chimique ainsi indiqué doit être rangé parmi les fermentations vraies, que le *penicillium* provoque ou non la décomposition de particules organiques plus nombreuses que celles qui contribuent actuellement à sa nutrition. De même, je regarderais la putréfaction comme une fermentation, sans me demander si la quantité d'albumine décomposée est ou n'est pas plus abondante qu'il ne le faudrait pour le développement des bactéries putréfactives. Il est



toutefois désirable de donner quelque dénomination distinctive aux fermentations telles que la lactique et l'alcoolique, chez lesquelles la réduction de la matière fermentescible se fait hors de toute proportion avec les nécessités de l'organisme intéressé; et, pour les cas de cette espèce, je me hasarderais à suggérer la désignation de *fermentations catalytiques*. Car il est certain que de la catalyse ou réduction de substances organiques en composés plus simples, sans perte ou gain d'atomes, a lieu dans ces fermentations, soit de la manière susdite, soit de quelque autre façon (1); de sorte que le terme proposé exprimerait une vérité établie, indépendamment de toute théorie.

La fermentation lactique ressemble donc à la fermentation alcoolique en ce qu'elle est un type de fermentation catalytique, puisque le sucre de lait se réduit en acide lactique sans perte ni gain d'atomes, tandis que l'apparition simultanée d'un autre produit en petite quantité, présente un autre trait de ressemblance. Un nouveau point d'apparente analogie entre ces deux fermentations, a été mis en lumière par les recherches qui font le sujet de cette communication. Dans l'expérience où j'inoculai dix verres de lait bouilli, avec des gouttelettes censées contenir, chiffre moyen, un seul *Bacterium lactis* (voir p. 528), cinq des

(1) Liebig lança l'idée que la plante de levure pouvait, par son développement, produire une substance capable d'agir sur le sucre, comme l'émulsine agit sur l'amygdaline, un des plus beaux exemples de pure catalyse que connaissent les chimistes. Pasteur dit de cette supposition, dans l'ouvrage cité plus haut (*Etude sur la Bière*, p. 515), qu'elle concède le point pour lequel lui, Pasteur, a toujours combattu, savoir que l'organisme est l'agent fermentatif primaire et essentiel.

Bien qu'en présence des faits de Pasteur, pour le cas de la fermentation alcoolique, nous n'ayons guère besoin de ce principe, il ne semble pas improbable qu'on puisse l'appliquer à quelques unes des fermentations catalytiques.

verres en question étaient de ces verres à liqueur, munis de capsules, décrits plus haut, mais les cinq autres étaient des éprouvettes à couvercles convenables, que j'employai afin de pouvoir les transporter à Londres sans renverser le lait. Le lait se trouvait en quantité à peu près équivalente dans les deux séries de vaisseaux; mais les éprouvettes étant plus étroites que les verres à liqueur, le lait contenu dans celles-là avait une profondeur à peu près double et une surface libre considérablement plus petite que dans celles-ci, ce qui donnait à l'atmosphère bien moins d'accès jusqu'au liquide. Il en résulta une différence de temps très marquée pour la coagulation du lait dans les deux séries de verres; dans les éprouvettes où il y eut coagulation, celle-ci fut complète endéans les trois jours et demi après l'inoculation; dans tous les verres à liqueur, au contraire, le lait resta fluide au moins douze heures plus tard, et dans quelques uns de ces verres qui finirent par se coaguler, cette transformation ne s'opéra qu'environ vingt-quatre heures après qu'elle avait eu lieu dans les éprouvettes. En d'autres termes, en admettant que la coagulation du lait impliquât la formation d'une certaine quantité d'acide lactique, il parût que la plus libre exposition à l'air, permise par les verres à liqueur, y avait exercé une influence retardatrice sur la fermentation lactique. Ces faits me rappellèrent les observations de Pasteur relatives à l'effet qu'a l'exposition atmosphérique d'entraver la fermentation alcoolique. Pendant le temps écoulé entre la lecture de cette communication et sa publication, j'ai tenté de vérifier l'observation et de m'assurer si son analogie avec le fait correspondant de la fermentation alcoolique était réelle ou seulement apparente. Car on conçoit deux manières suivant



lesquelles l'oxygène pourrait retarder la fermentation lactique; ou bien, comme dans la fermentation alcoolique, en fournissant un élément nécessaire à la nutrition de l'organisme, et en prévenant ainsi son action désoxydante avec la catalyse concomitante, ou bien, suivant un principe diamétralement opposé, en exerçant sur *Bacterium lactis* une action toxique ou sédative, comme on sait qu'il en exerce une sur la bactérie de la fermentation butyrique. Mon investigation a pris des proportions plus grandes que je n'avais cru; mais je puis mentionner brièvement ici quelques uns des faits acquis par elle. Quand, imitant l'expérience de Pasteur avec la solution sucrée, j'eus exposé du lait venu d'une laiterie à l'atmosphère, en couche mince, et en prenant des précautions pour éviter l'évaporation, je trouvai que la coagulation du lait était bien plus retardée qu'elle ne l'avait été dans la couche liquide relativement profonde des verres à liqueur de la précédente expérience. Cet effet devint plus évident encore lorsque j'eus substitué de l'oxygène à l'air atmosphérique: mais un fait inattendu fut également mis au jour, c'est que le gaz acide carbonique est plus puissant encore que l'oxygène à retarder la fermentation lactique. Les rapports de ces gaz avec la croissance de *Bacterium lactis* doivent être réservés encore pour des études ultérieures.

J'ai représenté côte à côte, dans ce diagramme, les figures de *Torula Cerevisiae* et de *Bacterium lactis*, agrandies le même nombre de fois, d'après des esquisses faites à la camera lucida (les esquisses se trouvent en grandeur originale, pl. XX, fig. 9 et 12). Mon but est de faire ressortir le contraste remarquable qu'offrent ces organismes sous le rapport de la grandeur. Ce contraste est surtout frappant si

nous comparons la *Torula Cerevisiae* au *Bacterium lactis*, tel que nous le trouvâmes après trois jours de développement dans du lait dilué de 1200 parties d'eau (fig. 11). Les bactéries y sont devenues si petites que les individus qui composent n'importe quelle paire, n'égalent pas, en grandeur, les plus petits granules de la torule. Comme elles étaient immobiles, j'aurais eu beaucoup de peine à les reconnaître pour des bactéries, sans leur mode de groupement et les circonstances de leur production. Toutefois, c'étaient bien indubitablement des *Bacterium lactis*, et, un seul de ces granules à peine visibles, introduit dans un gallon de lait incontaminé amènerait, endéans les trois jours, sa conversion en une masse solide. En dépit de son extrême petitesse, c'est un ferment tout aussi puissant que la *Torula*; et cette circonstance a, ce me semble, une portée intéressante sur la pathologie. Car on ne peut pas dire que c'est chose improbable, qu'il puisse exister d'autres organismes aussi petits relativement à *Bacterium lactis*, que celui-ci l'est relativement à la *Torula*. Mais si tel est le cas, de semblables organismes doivent être complètement imperceptibles à l'œil humain armé des meilleurs microscopes que nous possédions. Puisque donc nous voyons que mon hypothèse ne peut pas être regardée comme extravagante, nous ne sommes pas autorisés à dire, de ce que nous ne trouvons pas d'organisme par le microscope dans un liquide infectieux donné, que ces organismes n'y existent certainement pas, et que pour cela nous devons abandonner complètement l'idée à laquelle nous pourrions d'ailleurs être conduits par analogie, l'idée que le virus en question peut être de nature organisée. Nous voyons, dis-je, par la comparaison des deux esquisses, qu'il est loin d'être impossible



qu'il puisse exister des organismes ultra-microscopiques aussi réels, aussi distincts de structure et aussi puissants dans leurs effets que le *Bacterium lactis*.

Mais, tandis que nous avons ainsi raison de regarder comme non improbable l'existence d'organismes fermentatifs ultra-microscopiques, nous ne sommes point fondés du tout à admettre que des bactéries visibles au microscope ont des germes ultra-microscopiques. La seule raison qu'il y ait en faveur de cette opinion fréquemment exprimée, j'oserais presque dire, admise comme axiome, c'est, je crois, le fait suivant : il est démontré que l'eau ordinaire, ajoutée même en petite quantité à des liquides organiques, y provoque le développement de bactéries, alors que dans cette eau le microscope est impuissant à découvrir des bactéries. Mais nous sommes sujets à oublier combien il est extrêmement difficile, avec les très forts grossissements qu'on est obligé d'employer, de découvrir des objets aussi petits que les bactéries, à moins qu'elles ne soient présentes en grand nombre. Or, si nous nous rappelons les expériences d'inoculation de lait par de très petites gouttelettes d'eau (expériences relatées page 513), nous voyons que dans l'échantillon d'eau ordinaire alors examiné, il ne pouvait y avoir plus d'environ une particule capable de devenir bactérie par chaque 1/100 goutte. Une gouttelette de cette dimension, toute petite qu'elle est, étalée entre deux lamelles de verre planes pour l'examen microscopique, occuperait une surface d'environ un demi-pouce carré, et nous pourrions scruter cette goutte un jour entier sans trouver une bactérie unique y contenue. Je pris un jour la peine de rechercher le *Bacterium lactis* dans du lait dilué avec de l'eau bouillie, au point de ne posséder en moyenne qu'une

seule bactérie de pleine grandeur par chaque 1/100 goutte, mais j'échouai après des recherches prolongées. Mais la difficulté aurait été immensément augmentée, si la bactérie avait séjourné dans l'eau pendant trois jours et avait pris les caractères figurés planche XX, fig. 11, si menus et si indéfinis, qu'un tel individu, bien placé dans le champ microscopique, ne serait probablement pas remarqué, ou, s'il était aperçu, serait négligé comme étant de nature incertaine. Je puis rattacher à ce qui précède une observation que je fis il y a cinq ans et que je n'ai point encore publiée. J'introduisis de l'eau ordinaire dans trois verres à liqueur munis de capsules-couvercles, purifiés par la chaleur et protégés par des cloches de verre. Après une semaine écoulée, comme j'examinais cette eau dans une chambre obscure, à la lueur d'une chandelle placée au côté opposé du vaisseau (excellent moyen pour découvrir les premières apparences nébuleuses déterminées par un développement bactérien dans un liquide transparent), je pus tout juste distinguer à la surface un voile bleuâtre et délicat, qui, à l'examen microscopique, se trouva composé de bactéries immobiles, de forme variable, étroitement rapprochées et en majeure partie extrêmement petites. Ceci m'expliqua, chose qui m'avait d'abord embarrassé, pourquoi j'avais vu de petites bactéries dans une goutte d'eau retirée d'un verre à vin où ce liquide était resté en repos pendant un ou deux jours, et que j'avais disposée entre la lentille à immersion et un verre couvre-objet. Avec la goutte d'eau j'avais pris, sans doute, une portion du voile bactérien de la surface.

Ainsi donc, il existe de fait des bactéries adultes, bien qu'elles puissent être très petites, disposées comme de