

Mais les bacilles peuvent être extraordinairement résistants. Tandis qu'une année passée au contact de l'air, à la température ordinaire, suffit à tuer l'immense majorité des micrococci, j'ai trouvé, après sept et huit ans, quelques espèces de levures encore vivantes; quant aux bacilles, je n'ai trouvé morts, au bout de cet intervalle, que quelques espèces redoutant le contact de l'air pendant leur vie normale, et que nous apprendrons bientôt à connaître sous le nom d'*anaérobies*. Pour les autres, presque toutes celles que j'ai étudiées étaient encore vivantes, et quelques-unes semblaient même n'avoir aucunement souffert.

Quand la conservation a lieu en vases clos, d'où l'oxygène disparaît peu à peu, la vie des spores se prolonge encore plus. J'en ai trouvé de vivantes après un quart de siècle, et dont le rajeunissement n'était pas plus long que si elles dataient de la veille. Rien ne fait supposer qu'elles aient été atteintes en quoi que ce soit par ce long assoupissement, et il semble qu'on devra les trouver encore, après un nouveau quart de siècle, ce qu'elles sont aujourd'hui.

On voit leur vitalité prodigieuse. Hâtons-nous de dire que ce mode de conservation dans un liquide à l'abri de l'air est rare dans la nature, où la spore est surtout exposée à se dessécher et à être emportée par le vent. Or, dans ces conditions, je ne crois pas qu'il puisse rester une spore vivante après 20 ans. J'ai opéré sur des bourres de coton ayant cet âge, chargées de millions de germes puisés dans l'air depuis 20 ans. Tous ces germes, conservés depuis à la lumière diffuse, dans les conditions de la poussière de nos appartements, se sont montrés stériles; mais ils n'ont pas

besoin, d'ordinaire, d'une persistance de vie aussi longue. Il importe seulement que l'espèce puisse supporter quelques jours ou quelques semaines de souffrances ou de privations. C'est à quoi sert la spore. Comme la graine du végétal, elle est la forme résistante de l'individu, la forme de conservation de l'espèce.

Nous allons retrouver, à propos de l'action de la chaleur, cette indestructibilité relative des spores. Chaque microbe a une température de prédilection où sa reproduction est plus rapide et plus abondante, et dont il n'aime pas à s'écarter. Au-dessous, il souffre, suspend sa multiplication, l'arrête totalement lorsque la température s'approche de zéro, mais paraît toujours prêt à se réveiller quand on le réchauffe. Au-dessus, il souffre encore, mais d'une autre façon: non seulement il suspend sa multiplication, mais il s'affaiblit, son protoplasma se désagrège et devient granuleux, son rajeunissement devient plus difficile et plus lent. Il semble passer par une série de dégradations analogues à celles qu'il subit plus lentement au contact de l'air à température plus basse. Mais tout se passe, en résumé, à peu près de même au point de vue du résultat et, dans les deux cas, nous aboutissons à la mort.

Cette température mortelle est variable avec les diverses espèces. Elle est, en moyenne, comprise entre 50° et 60° pour les micrococci, entre 55° et 65° pour les levures, entre 70° et 100° pour les bacilles. On peut poser, comme règle générale, ne rencontrant qu'un petit nombre d'exceptions, que toutes les espèces de microbes, lorsqu'elles sont adultes et en voie de prolifération, sont mortes à la température de l'eau bouillante.

Mais il n'en est encore plus de même lorsqu'il s'agit des spores. La mort à 100° est au contraire l'exception. Pour les tuer il faut les porter pendant quelques minutes à 110°, 120° et même plus. On s'explique ainsi la persistance de la vie dans les liqueurs bouillies, et les difficultés qu'a rencontrées la solution de la question que nous nous sommes posée dans notre premier chapitre, de savoir si du moût de bière bouilli devait ou non s'altérer.

Rien ne met mieux en évidence la différence dans le degré de résistance à la chaleur des êtres adultes et de leurs spores que l'expérience bien connue de M. Tyndall. Une infusion de foin n'est pas stérilisée par trois heures d'ébullition continue, et se peuple au bout de deux ou trois jours de séjour à la chaleur. Mais elle peut être stérilisée par trois minutes d'ébullition, à raison d'une minute par jour pendant trois jours consécutifs. C'est que l'ébullition du premier jour a fait périr les adultes. Les spores ont résisté, mais, dans l'intervalle entre deux ébullitions, surtout si le liquide est conservé à l'étuve, elles se développent, prennent la forme adulte, et dès lors, deviennent justiciables de la seconde ébullition, ou de la troisième, si une cause quelconque a retardé leur développement.

Vis-à-vis de l'action solaire, étudiée pour la première fois par M. Downes, les différences sont du même ordre. D'après mes expériences, les espèces non productrices de spores, les micrococci, résistent beaucoup moins que les bacilles sporifères, lorsqu'ils sont exposés à sec à la lumière solaire. Il faut de six semaines à deux mois du soleil de nos contrées pour tuer les

derniers; il faut seulement de quelques heures à trois ou quatre jours pour les autres. D'après M. Arloing, les bâtonnets adultes, immergés dans un liquide nutritif et exposés en cet état au soleil, périssent encore plus rapidement qu'à sec. Vingt-cinq à trente heures d'insolation suffisent à tuer la bactérie charbonneuse. Enfin la sensibilité particulière des spores au sujet des conditions de leur rajeunissement se manifeste ici, comme dans l'expérience de M. Tyndall, par un fait bien net et en quelque sorte paradoxal. Il suffit d'exposer deux heures au soleil, à la température qui convient le mieux à l'éclosion des germes, un bouillon nutritif dans lequel on vient d'ensemencer des spores pour les voir arrêtées dans leur développement. Tout être est fragile en venant au monde.

Nous avons longuement insisté sur les différences dans la résistance à l'air, à la chaleur, à la lumière solaire, des microbes et de leurs spores, parce que ces faits ont des conséquences pratiques auxquelles l'hygiène est directement intéressée, et dont nous devons maintenant dire un mot.

La première est relative à la dissémination des germes dans l'air. Des êtres aussi minimes, se résolvant en spores encore plus petites, vivant en masses innombrables dans les innombrables cadavres animaux et végétaux que sèment sur le sol et dans les eaux les lois de la nature, doivent évidemment se répandre abondamment dans l'air, et d'une façon incessante. Mais ils y rencontrent, fonctionnant aussi d'une façon continue, des causes de destruction, dont nous venons de voir quelques-unes, et dont nous trouverons bientôt de plus

puissantes. La dessiccation, l'action de la lumière, celle de l'oxygène, et à l'occasion, de l'ozone atmosphérique, sont les principales. Ajoutons-y l'influence de cette dose de chaleur solaire qu'arrêtent les corpuscules en suspension dans l'air, et nous arriverons à comprendre que, après quelques jours de voyages aériens, cocci, bacilles, spores même puissent périr. Elles n'y mettent pas le même temps. Pour certaines espèces, il suffit de quelques heures, pour d'autres de quelques jours, pour d'autres de quelques mois. Mais l'important est qu'aucune ne résiste.

Si donc l'air *doit* contenir à chaque instant des germes vivants, il *doit* en contenir un bien plus grand nombre de morts et d'incapables de se reproduire. L'expérience est tout à fait d'accord avec cette conclusion. Les innombrables poussières qu'on voit danser dans un rayon de soleil pénétrant dans une chambre obscure sont pour la plupart, soit des substances minérales n'ayant jamais eu vie, soit des êtres organisés devenus des cadavres.

Cela posé, il y a une remarque à faire : le nombre de microbes restés vivants sera d'autant plus restreint que les causes de production et de dissémination seront moins puissantes autour du lieu d'observation. Elles seules en effet peuvent beaucoup varier par suite de la présence ou de l'absence de matière organique décomposable, de l'agitation ou du calme de l'air, etc. Les causes de destruction, représentées par l'action de la lumière et de l'oxygène atmosphérique, sont à peu près constantes. Aussi trouvera-t-on, par exemple, moins de germes dans l'air sur la montagne que dans la plaine, dans un désert de glace que sur un sol

fécond, en pleine campagne qu'au voisinage des habitations, dans une maison bourgeoise que dans une caserne ou une école, dans une cave où le sol est sec et l'air tranquille que dans une cour humide balayée par le vent. Toutes ces notions, élémentaires aujourd'hui, ont dû être péniblement établies à l'origine, et l'ont été surtout par les expériences de M. Pasteur. De tout ce qu'on a appris depuis sur ce sujet, on peut conclure que l'air est un milieu relativement pauvre en microbes vivants.

Il en est tout autrement pour les solides et les liquides. Les couches supérieures du sol sont imprégnées de matière organique en voie de décomposition, et sont non seulement peuplées, mais même saturées de spores dont le rôle est terminé, de microbes adultes en voie d'action et de prolifération, de germes dans l'attente de conditions favorables à leur développement, et gênés ou étouffés par la vie surabondante autour d'eux. Les générations microscopiques s'y succèdent sans fin depuis des siècles, et le procès de destruction y est plus lent que dans l'air, à cause de la présence d'un aliment, de la rareté relative de l'oxygène, de l'humidité persistante du sous-sol, etc. Les eaux météoriques, tombant après avoir opéré une sorte de lavage grossier de l'air, arrivent impures à la surface de ce sol, et y deviennent encore plus impures. Soit qu'elles aient seulement léché la surface terrestre, soit qu'elles y aient pénétré à faible profondeur, on les retrouve en effet prodigieusement peuplées. Mises alors en contact avec nos vêtements, nos ustensiles, elles laissent sur tout ce qu'elles touchent des dépôts plus ou moins

adhérents de germes, que de faibles courants d'air ne détacheront pas, qu'on n'apercevra même pas quelquefois au microscope, mais qu'il suffira, pour les rendre visibles à l'œil, de faire se multiplier dans une goutte de liquide organique.

Un calcul facile va nous renseigner sur la puissance de dissémination venant de cette voie. Paris est allé chercher dans la vallée de la Vanne, à une distance de 170 kilomètres, les eaux les plus pures qu'il ait pu trouver. Leur limpidité est en effet exemplaire. La plupart des sources captées et les plus abondantes sont presque absolument dénuées de germes, mais il en est quelques-unes, très limpides comme les autres, et où j'ai trouvé jusqu'à 60,000 germes par centimètre cube. Il ne faut pas être surpris de ce chiffre. Nous avons vu tout à l'heure que tous ces germes réunis ne pèsent pas un dix-millième de milligramme. Ces eaux de valeur médiocre se diluent d'ailleurs dans un volume beaucoup plus grand d'eau très pure, et le mélange, lorsqu'il débouche dans les réservoirs de la ville, contient rarement plus de 100 germes vivants par centimètre cube.

J'ai vu, d'un autre côté, que l'épaisseur de la couche d'eau adhérente à la surface d'un solide, qu'on lave sans l'essuyer, est d'à peu près 5 dix-millièmes de millimètre. Avec un centimètre cube d'eau des sources en question, on pourrait donc recouvrir une surface de deux mètres carrés, et avec 60,000 germes répartis sur cette surface, on en aurait 3 par centimètre carré. Or, je le répète, cette eau est très belle, très pure, et cent fois, mille fois moins chargée que la plupart des eaux domestiques. On comprend donc quelle source d'infection peut devenir le plus petit corps solide que les eaux

usuelles ont touché ou lavé, le plus petit fragment de linge qu'elles ont imprégné. Auprès des germes ayant cette origine, ceux qu'apporte l'air sont presque négligeables. Concluons que, dans tous les cas de contagion, c'est contre les solides et les liquides qu'il faut surtout se mettre en garde. Le contact direct d'un malade, d'un objet qu'il a touché, d'un linge dont il s'est servi, de la main de son infirmier ou de l'instrument de son chirurgien, est autrement dangereux pour ses voisins que la respiration de l'air où il a vécu. On se préoccupe beaucoup de la bonne ventilation des hôpitaux, et on a raison : on ne se préoccupe pas assez de la transmission bien plus active des germes par les corps solides ou liquides.

Où trouver et comment se procurer des solides et des liquides privés de germes? Nous avons à faire à cette question deux réponses, dont l'une a des conséquences pratiques bonnes à enregistrer de suite, et l'autre une valeur théorique que nous apprécierons bientôt.

En pratique, et pour commencer par la stérilisation des liquides, nous obtiendrons de l'eau pure en la chauffant quelques minutes à 125° dans une marmite de Papin ou une machine à vapeur. Comme nous l'avons vu, la sécurité est moins absolue avec une simple ébullition à 100°, mais en revanche cette dernière opération est facile, toujours utile, et il est bon de la faire subir à toutes les eaux de service, surtout aux eaux de boisson, en temps d'épidémie.

Un moyen plus sûr, très souvent plus pratique, est la filtration au travers de cloisons poreuses d'un grain

assez fin pour arrêter au passage les germes en suspension, en laissant passer une eau limpide et très pure. Les filtres ordinaires ne suffisent pas, et n'arrêtent que les éléments les plus grossiers. Il faut recourir à la terre de porcelaine, par exemple au filtre Chamberland, fig. 5. Ce filtre est formé d'un vase poreux allongé A, solidement fixé à la partie inférieure d'un récipient métallique. Ce vase reçoit de l'extérieur avec ou sans pression, par le robinet E, l'eau qu'il s'agit de stériliser, et qui ressort par B après s'être dépouillée de tous ses éléments solides figurés et vivants.

Pour les solides, on les stérilisera, soit en les chauffant à sec à 150°, soit en traitant par l'eau ou la vapeur d'eau à 2 atmosphères ceux qu'on ne peut ni mettre au contact d'une flamme, ni chauffer à sec. Tous ces moyens sont simples. Pour leur économie, il faut la mettre en balance avec les vies humaines qu'ils sauveront par centaines, quand ils seront employés.

En dehors de cette source artificielle de liquides et de solides stériles, nous avons les sources naturelles. La terre est un filtre tellement puissant, retenant avec une telle énergie, au travers de ses méats capillaires, les corps solides que les eaux emportent avec elles, qu'après un certain parcours dans les profondeurs du sol ces eaux sont complètement dépouillées des germes puisés à la surface. Les sources alimentées par de pareilles eaux seront en général pures, surtout dans les terrains volcaniques et primitifs. Dans les terrains calcaires, où les eaux circulent, non dans des fissures imperceptibles, mais dans les larges méats qu'elles savent s'ouvrir, il pourra en être autrement. Tel est le cas pour certaines des sources de la Vanne.

De même, les masses compactes du sol, celles que n'effleure pas la charrue, et dont la profondeur est assez grande pour qu'elles ne reçoivent que des eaux

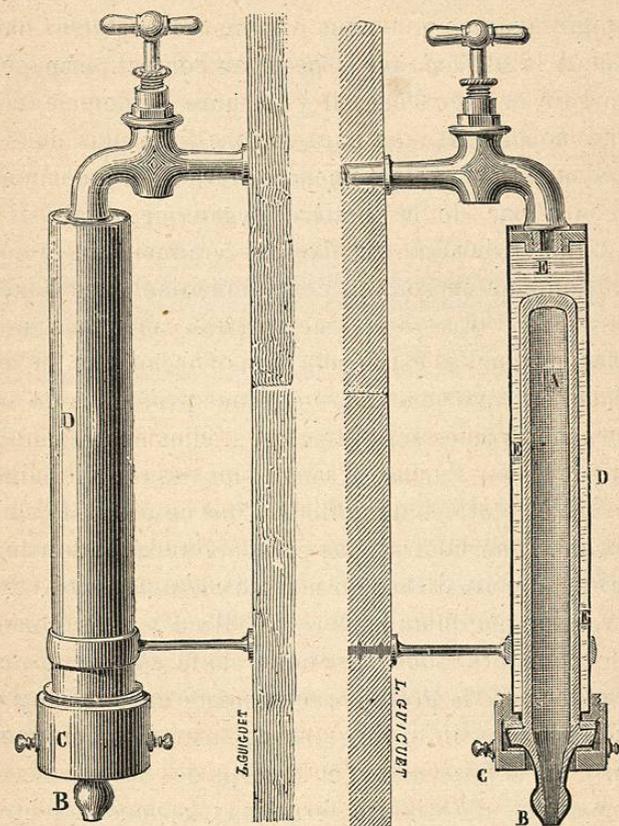


Fig. 5.

purifiées, celles, encore plus nombreuses qu'on ne pense, dont l'imperméabilité est absolue et que l'eau n'a pas pénétrées depuis les temps géologiques, sont aussi stériles que les eaux venant des profondeurs.

On a quelquefois comparé la terre à un grand organisme vivant. Cette comparaison, un peu superficielle, peut cependant nous servir à nous représenter la distribution des germes dans un être vivant par analogie avec ce que nous venons de constater dans le sol. A la surface, sur la peau, en contact permanent avec l'air et avec l'eau, il y en aura évidemment un grand nombre. Il y en aura encore bien plus dans le canal intestinal, si largement ouvert, si fréquemment parcouru par de la matière organique. Mais ni le sang, ni l'urine, ni les liquides vraiment intérieurs de l'économie ne sont en communication avec l'extérieur qu'au travers de membranes, muqueuses ou autres, auxquelles est dévolu, dans l'organisme, le rôle purificateur que jouent les couches profondes du sol. Si ces membranes sont intactes, si elles ne présentent point de lésion, l'urine, le sang et les tissus qu'il baigne devront être privés de germes. C'est ce que M. Pasteur a vérifié. Il ne faudrait pas en conclure qu'il doit toujours en être ainsi chez un homme *en bonne santé*. Cette expression n'a qu'un sens relatif. Il y a des cas, comme je le montrerai, où une bonne santé apparente peut coexister avec la présence temporaire dans le sang de germes inoffensifs ou de germes de maladies bénignes. Mais c'est là l'exception, et le corps des animaux et de l'homme est d'ordinaire fermé aux germes des êtres microscopiques. C'est là la conclusion théorique dont je parlais tout à l'heure et que nous aurons plus tard à utiliser.

### CHAPITRE III

#### ALIMENTATION GAZEUSE DES FERMENTS. AÉROBIES ET ANAÉROBIES

**SOMMAIRE :** Vie de la levure à l'abri de l'air. — Elle est alors *ferment*, décompose le sucre en alcool et acide carbonique. — Vie au contact de l'air. — Elle brûle le sucre en proliférant beaucoup, à la façon des grands végétaux. — Les grands végétaux peuvent aussi vivre sans air, et sont *ferments*. — Relations entre ces deux modes d'existence. Le sucre en fermentation doit fournir à la levure de la matière alimentaire et de la chaleur. — Théorie de la fermentation alcoolique.

Le plan de ce livre ne nous permet pas de faire l'étude individuelle des diverses fermentations, pas même des plus importantes. Mais nous allons essayer de rattacher aux faits les mieux connus de la plus connue d'entre elles, la fermentation alcoolique, un certain nombre de notions générales dont l'ensemble constituera un résumé assez complet de ce que nous savons sur le monde des infiniment petits. Ce sera une étude faite de haut, où les menus détails nous échapperont, mais où, je l'espère, n'en apparaîtront que mieux les grandes lignes.

En nous mettant à ce point de vue, nous pouvons réduire cette histoire des microbes à l'étude de leurs besoins nutritifs et des moyens qu'ils emploient pour les satisfaire. C'est en cela que git leur grande diffé-