

Par des changements de milieu et dans cultures successives, sont solubles dans ainsi des races caractérisées chacune par un pigment tenu, non dans des races incolores peuvent être obtenues soit avec la bande dans le les races pigmentées qui en dérivent. Pour cela, Gessard à l'extérieur l'emploi de la chaleur ou au passage à travers l'organisme homogène. Dans

Quant aux changements morphologiques qui accompagnent le passage au sauvageau, les variations fonctionnelles, ils sont insignifiants. Comment dès lors, sous forme distinguer la race fluoresceigène du Bacille pyocyanique, sous forme étranges capables de faire de la fluorescence, ou bien une du même Bacille du nombre infini des microbes dépourvus de fluorescence chromogène?

Si l'on reporte dans un milieu à la gélose-peptone glycérine quelconque des races mentionnées, la sécrétion de pyocyanine rit et à nouveau. Bien qu'une sécrétion pigmentaire ne puisse être ts verts en général comme un caractère spécifique, on peut pourtant dire ce que cas actuel, que la pyocyanine est un des plus importants, sinon par les important caractère du Bacille.

Elle reparaît dans un milieu approprié, de la même façon que le il Bactériologie charbonneuse atténuée au point de ne plus tuer mégge cobaye, la virulence restée dans le germe affaibli trouve dans la ses un milieu particulièrement sensible, qui lui permet aussi de reparaître, de révéler la spécificité de la Bactériologie.

Gessard a obtenu des résultats analogues avec le Bacille cyanogène lait qui sécrète un pigment bleu, différent de la pyocyanine, et un pigment verdâtre fluorescent, comparable sous tous les rapports à celui du Bacille pyocyanique. Toutefois, pour les races obtenues avec le Bacille cyanogène, il n'a pas trouvé de milieu aussi favorable que pour celles de l'autre microbe à la restitution du pouvoir chromogène.

Ainsi, ces deux organismes, dont les races fluoresceigènes ou incolores ne se distinguent plus de beaucoup d'autres microbes, sont des exemples frappants de la variabilité des symptômes pour un même microbe et de l'identité des symptômes pour des microbes différents.

Les faits qui précèdent sont fort intéressants. Laissant de côté, pour le moment, les idées qu'ils soulèvent au point de vue de l'espèce en Bactériologie, nous voyons que les fonctions chromogènes sont subordonnées aux conditions de milieu. Elles dépendent à la fois du terrain de culture et de la qualité du microbe; comme la virulence des espèces pathogènes, elles peuvent être modifiées pour ainsi dire au gré de l'expérimentateur; et, de même que l'animal vivant permet d'apprécier les variations de la virulence, de même la culture nous décèle les variations de la fonction pigmentaire. On crée des races chez les microbes chromogènes, comme on en crée chez les microbes virulents. Non seulement on arrive à concevoir la vie sans la fonction, mais on parvient à dissocier la fonction elle-même chez les espèces polychromogènes.

Cette sécrétion de pigments divers par une même cellule microbienne

rien de plus étrange que la sécrétion, par la cellule du pavot, des nombreux alcaloïdes de l'opium, dont la physiologie nous révèle les propriétés si différentes, narcotiques chez les uns, convulsivantes chez les autres. Il n'est pas plus difficile de concevoir que la même culture renferme, à côté de la toxine qui tue, un principe différent qui vaccine.

La production de races incolores chez les microbes chromogènes et de races atténuées chez les microbes pathogènes est, au fond, un fait du même ordre que celui de la disparition suivant les milieux, les climats, des principes toxiques chez les Végétaux supérieurs: en Écosse, la Ciguë ne forme plus de conicine; dans les régions froides, l'Aconit perd ses propriétés vénéneuses. Mais transportées sur d'autres sols, ces plantes reprennent leur toxicité, de même que les microbes retrouvent, dans les conditions favorables, leurs propriétés chromogènes ou virulentes.

On pourrait presque dire, sous ce rapport, que le pouvoir chromogène et la virulence sont des fonctions de luxe, puisque, en somme, ces fonctions, distinctes de la nutrition élémentaire et de la multiplication, ne sont indispensables ni à la vie, ni à la reproduction du micro-organisme. Et même dans certains cas où la virulence, par exemple, disparaît en l'absence des conditions nécessaires à sa manifestation, il semble, non seulement que le développement n'en soit pas affecté, mais qu'il se fasse de plus en plus rapidement. Ainsi paraît-il en être du Bacille de la tuberculose qui, très virulent quand on le cultive sur des milieux solides, perd assez vite sa virulence en milieux liquides, alors que sa culture dans ces milieux se fait de plus en plus abondante et rapide. La glycérine, et aussi la glucose, sont pour le Bacille de la tuberculose des aliments qui semblent favoriser la force végétative du microbe aux dépens de la virulence. C'est la tendance au saprophytisme, à l'indifférence au point de vue pathogénique.

Sulfobactéries. — Il existe un groupe de Bactéries qui ont besoin de soufre pour vivre et qui l'emmagasinent dans leur protoplasme: ce sont les Sulfobactéries. Elles comprennent des organismes pourvus d'un pigment rouge assimilateur, dont il a déjà été question, et d'autres espèces incolores (*Beggiatoa*, etc.). C'est donc un groupe purement physiologique, renfermant les formes les plus diverses.

Depuis longtemps, elles ont attiré l'attention par les grains opaques et brillants qu'elles contiennent, lesquels sont du soufre. Winogradsky a montré qu'elles ne peuvent se procurer ce soufre que par l'oxydation de l'hydrogène sulfuré, en sorte que ce dernier composé leur est indispensable; elles périssent s'il vient à leur manquer. Grâce à l'oxygène libre, elles font subir à l'hydrogène sulfuré un premier degré d'oxydation, qui met du soufre en liberté; puis, dans un second degré d'oxydation, elles transforment ce soufre en acide sulfurique, lequel est éliminé à l'état de sulfate, principalement de sulfate de chaux. Pour le reste, elles se montrent peu exigeantes; des traces de matières organiques nutritives

leur suffisent. Ce résultat est assez facile à concevoir pour les espèces rouges, qui paraissent assimiler directement le carbone de l'acide carbonique; il l'est moins pour les espèces incolores.

Les Sulfobactéries se rencontrent, soit dans les sources sulfureuses où on les connaît sous le nom de *sulfuraires* ou *barégiae*, soit dans des milieux où du sulfate de chaux est associé à des matières putrescibles. L'action réductrice, qui accompagne la putréfaction occasionnée par d'autres Bactéries, transforme le sulfate en sulfure, lequel, sous l'influence des acides, dégage de l'hydrogène sulfuré, et, dès lors, le liquide se trouve propre au développement des Sulfobactéries: c'est ainsi qu'on les trouve en grand nombre au bord de la mer, particulièrement dans les endroits où s'accumulent des plantes marines en putréfaction.

On peut rapprocher de ces organismes ceux qui vivent dans les sources ferrugineuses (*Crenothrix polyspora*, *Leptothrix ochracea*, etc.). La gaine gélatineuse de leurs filaments s'imprègne de sesquioxyde de fer, qui les colore en jaune-rouille. Ces Bactéries ferrugineuses ont besoin pour se développer de sels de protoxyde de fer; dans leur protoplasme, ces sels sont transformés par oxydation en sels de sesquioxyde, qui sont ensuite excrétés par la cellule et se déposent dans son enveloppe gélatineuse, où ils passent à l'état insoluble. L'oxygène de l'air n'intervient-il pas en même temps et le phénomène est-il le résultat pur et simple d'une oxydation dans le protoplasme, comme le pense Winogradsky? C'est ce qui n'est peut-être pas encore suffisamment prouvé. En tout cas, ces organismes sont des agents d'oxydation comparables, à cet égard, aux Sulfobactéries; c'est à leur action qu'il faut attribuer les dépôts de minéraux de fer limoneux si abondants dans certaines régions.

Nitrobactéries. — Un des phénomènes les plus importants dans la nature consiste dans la nitrification. C'est surtout à l'état de nitrate que les Végétaux supérieurs empruntent au sol l'azote dont ils ont besoin. Par une série de transformations successives, opérées par des micro-organismes divers, les matières azotées du sol sont amenées à l'état d'acide carbonique, d'eau et d'ammoniaque. L'azote revêt ainsi la forme minérale. A l'état de composé salin, l'ammoniaque peut bien servir d'aliment aux plantes vertes, comme Müntz l'a montré récemment; mais, le plus souvent, elle n'est utilisée qu'après sa transformation en nitrate. La nitrification est également le fait intéressant de la purification des eaux chargées de matières organiques.

Schloësing et Müntz avaient établi que les nitrates ne se forment plus dans un sol stérilisé par la chaleur ou par les agents connus comme contraires à la vie en général; l'intervention d'êtres animés se trouvait hors de doute. Mais c'est seulement dans ces dernières années qu'on est parvenu à isoler les Bactéries qui sont les agents de la nitrification. Après les tentatives plus ou moins heureuses de Warington, de Frankland et d'autres, Winogradsky a réussi à montrer que deux sortes de microbes,

absolument distincts, concourent à la formation de l'ammoniaque en acide nitrique. Les premiers sont les ferments nitreux, les seconds les ferments nitriques. Dans l'un ou l'autre groupe, les micro-organismes ne sont pas identiques; des différences morphologiques ont du moins été constatées pour les ferments nitreux, quand ils provenaient de localités très éloignées. Il en est vraisemblablement de même pour les ferments nitriques.

Pour se développer, les ferments nitreux n'ont besoin que d'un sel ammoniacal, tel que le sulfate, plus une faible quantité d'un phosphate alcalin et de carbonate de chaux ou de magnésic. La présence de l'oxygène de l'air est indispensable; et, chose assez inattendue, toute matière organique entrave l'oxydation de l'ammoniaque. Cette oxydation ne va pas au delà de la formation d'acide nitreux.

Incapables au contraire d'oxyder l'ammoniaque, les ferments nitriques fixent l'oxygène sur l'acide nitreux, qu'ils prennent à l'état où le laissent les premiers. Leur existence a été prouvée dans des terres de provenance très diverse par Winogradsky, qui a surtout étudié et cultivé une espèce du sol de Quito. Le pouvoir oxydant de ce microbe s'est montré beaucoup plus considérable que celui des espèces provenant d'autres régions. Pas plus que le ferment nitreux, le ferment nitrique n'a besoin de matière organique pour son développement. Sa puissance oxydante est extraordinairement marquée: une quantité presque impondérable de substance vivante transformée en nitrate un poids considérable de nitrite; par contre, la faible énergie de son processus vital le place au degré le plus inférieur de l'échelle des êtres vivants. En présence de l'activité de ce vigoureux nitrificateur du sol de Quito, on ne peut s'empêcher de penser à ces énormes dépôts de salpêtre du Pérou et du Chili, formés dans des conditions dont nous ne savons rien aujourd'hui, mais qui paraissent résulter d'une nitrification gigantesque remontant aux premiers âges de la terre.

Les Nitrobactéries possèdent cette autre propriété remarquable de pouvoir se passer d'aliments organiques. Elles peuvent croître naturellement, se multiplier indéfiniment et exercer leur action dans un milieu privé des dernières traces de carbone organique. Il faut alors que leur substance se forme aux dépens du carbone des carbonates. Cette synthèse se distingue de l'action chlorophyllienne en ce qu'il n'y a pas de dégagement corrélatif d'oxygène; d'ailleurs, les rayons solaires ne sont pas nécessaires, car les expériences de Winogradsky ont été faites à l'obscurité. Les Nitrobactéries sont donc des types physiologiques à part: tandis que les phénomènes de destruction tiennent la première place dans la vie des autres microbes, ils sont remplacés chez elles par une action oxydante, spécialement adaptée à l'oxydation de l'ammoniaque pour les uns, à celle de l'acide nitreux pour les autres, et cette oxydation leur fournit l'énergie nécessaire à la vie.

Bactéries fixatrices d'azote. — Jusqu'à ces dernières années, le rôle

de l'azote libre comme aliment, ~~qui~~ considéré ~~comme~~ nul. Des travaux récents ont renversé cette notion classique et prouvé que les microbes peuvent fixer l'azote de l'atmosphère; de sorte que, si nombre d'entre eux président, avec une activité fâcheuse, au départ, à l'état d'azote gazeux, d'une partie de l'azote organique de la matière vivante, il en est d'autres, heureusement, qui viennent compenser cette action. Bien que le phénomène intéresse avant tout la chimie agricole, il ne saurait être passé complètement sous silence dans cet aperçu biologique.

Tranchée négativement par Boussingault et par beaucoup d'autres chimistes, la question de la fixation de l'azote libre par les plantes a été soulevée de nouveau par Berthelot, dont les expériences ont établi que cette fixation a réellement lieu, principalement dans certains sols, en donnant naissance à des composés organiques complexes de l'ordre des albuminoïdes, tandis qu'elle ne se produit pas dans les mêmes sols stérilisés. Ce savant ayant constaté, en outre, qu'elle est exaltée par certaines plantes, telles que les Légumineuses, la question se trouvait placée sur son véritable terrain. Hellriegel et Wilfarth ont découvert que le phénomène, chez les Légumineuses, se produit avec le concours de certains micro-organismes; dont l'action est corrélative du développement de nodosités sur les racines. Leur méthode, indirecte, était fondée sur l'analyse des sols, des graines et des plantes.

Schlœsing fils et Laurent ont confirmé cette démonstration par la méthode directe, c'est-à-dire par la culture des Légumineuses, en présence d'une atmosphère confinée et le dosage de l'azote gazeux avant et après la culture. Leurs expériences tendent également à montrer que les Bactéries des nodosités ne sont pas les seuls organismes inférieurs capables de fixer directement l'azote gazeux. Effectivement, Winogradsky a réussi dans ces derniers temps à isoler et à cultiver un microbe, voisin par ses caractères des ferments butyriques, qui a la propriété de fixer l'azote gazeux dans un milieu rigoureusement privé d'azote combiné, mais contenant une substance fermentescible, telle que le glucose. Nul doute qu'il existe d'autres microbes doués de la même propriété.

Les microbes des nodosités des Légumineuses ont été cultivés par divers auteurs en milieu artificiel; leur inoculation dans les racines détermine la formation des nodosités. A chaque espèce de Légumineuses correspond presque un organisme spécial, qui lui est adapté pour la symbiose, et en l'absence duquel la jeune plante reste chétive ou meurt. Le parasite pénètre par les poils radicaux; quand la nodosité s'est formée et accrue, il prend des formes bizarres désignées sous le nom de « bactéroïdes », lesquelles meurent ensuite et laissent le parenchyme du tubercule bourré de leurs cadavres. A la période d'invasion et de premier développement du microbe, la plante, ayant épuisé les réserves de sa graine et devant subvenir aux besoins de son hôte, souffre et paraît en état d'inanition: c'est la « faim d'azote ». Une fois la symbiose établie, l'azote nécessaire à la végétation est emprunté directement à l'air du sol

ou de l'atmosphère. Après leur mort, les bactéroïdes, riches en matières albuminoïdes, se détruisent et servent à la nutrition de la plante hôtalière ou à l'enrichissement du sol.

Tels sont les principaux faits qui paraissent actuellement bien établis. Ce qui est encore insuffisamment connu, c'est l'histoire morphologique de ces organismes et surtout le mécanisme qui leur permet de fabriquer de la matière albuminoïde avec l'azote de l'air.

III. — L'espèce en Bactériologie.

La distinction de l'espèce, en histoire naturelle, est d'autant moins facile que les organismes sont plus simples. Les êtres supérieurs présentent, au cours de leur évolution, une succession de formes qui servent de caractères spécifiques, et, souvent, il suffit d'en considérer un petit nombre, parfois même une seule, pour arriver à la détermination. Mais ces formes correspondent à des organes, ou tout au moins à des degrés de différenciation qui s'effacent peu à peu chez les Bactéries; ici, les diversités d'aspect se fondent en une apparence monotone et de moins en moins différenciée, pour se réduire à des variations dans la forme d'une cellule, et, alors même qu'on a suivi le développement tout entier, la simplicité des formes bactériennes rend souvent incertaine la détermination spécifique.

A la difficulté qui provient de la ressemblance extérieure offerte par des espèces différentes, vient encore s'ajouter la variation fréquente des caractères morphologiques sous l'influence des milieux; de sorte qu'aucun caractère, pris isolément, ne peut servir de base à une distinction rigoureuse. Il faut donc s'adresser en même temps aux propriétés biologiques, sans oublier qu'elles-mêmes manquent de stabilité. Les agents virulents, par exemple, s'atténuent par l'action de la chaleur, de l'air, de la lumière, du milieu nutritif, etc., et, sans changer de caractères morphologiques, un même microbe peut ne plus jouir des mêmes propriétés.

Ces variations morphologiques et physiologiques ont été, en partie, la cause de la négation de l'espèce chez les Bactéries. Toutefois, on n'a pas tardé à faire justice des théories d'après lesquelles quelques espèces seulement, ou même une seule espèce, pourraient revêtir, en des métamorphoses successives, les aspects les plus imprévus et les fonctions les plus diverses. La Mycologie, elle aussi, a passé par une phase où florissaient de semblables idées, que le polymorphisme normal de divers Champignons avait contribué à faire surgir. Les organismes plus élevés, qui se prêtent mieux au contrôle et sont plus faciles à suivre, ne montrent aucun exemple de ce transformisme à outrance. Il en est de même chez les Bactéries, et la fixité relative de l'espèce reste une loi générale.