

La découverte des cils chez les Bactéries a d'autant plus contribué à faire considérer ces organes comme la cause des mouvements qu'ils ne se rencontrent que chez les espèces mobiles et que leur rôle locomoteur n'est pas douteux chez d'autres organismes inférieurs, Algues, Infusoires, etc. Mais on ne les observe pas chez toutes les espèces mobiles et l'on sait d'autre part qu'ils font complètement défaut chez des Algues douées de mouvements bien manifestes, telles que les Oscillaires, les Diatomées et les Desmidiées, où ces mouvements sont dus à la contractilité du protoplasme.

Il ne faut d'ailleurs pas confondre ce phénomène de motilité vraie avec les mouvements qui sont déterminés, chez des organismes immobiles, par certaines conditions physiques et chimiques, et qui passent souvent inaperçus.

Observés jadis chez quelques gros spirilles, et en particulier par Cohn chez le *Spirillum volutans*, les cils ont été mis en évidence dans ces dernières années, surtout chez les bacilles; on ne les connaît encore que dans un petit nombre de microcoques (*Micrococcus agilis*, *Sarcina mobilis*, etc.). Koch est parvenu à les photographier après coloration, chez quelques espèces; mais leur étude n'a réellement progressé que par la technique de Loeffler et les perfectionnements qu'elle a reçus.

Le nombre des cils varie suivant les espèces; leur insertion est polaire ou diffuse. De là deux caractères que l'on peut, à l'exemple de Messea, faire intervenir pour distinguer, parmi les Bactéries ciliées ou Trichobactéries, les groupes suivants: 1° les *monotriches*, avec un seul cil à l'une des extrémités (*Bacillus pyocyaneus*, *Chromatium Okenii*, etc.); — les *amphitriches*, avec un seul cil à chaque extrémité (*Spirillum volutans*, etc.); — les *lophotriches* avec une touffe de cils à l'un des pôles (*Bacillus cyanogenus*, *Spirillum undula*, *rubrum*, *concentricum*, etc.); 4° les *pértriches*, avec des cils sur toute la surface du corps (*Bacillus subtilis*, *Proteus vulgaris*, *Bacillus typhosus*, *Bacillus longus fluorescens*, etc.). Rarement l'insertion est latérale, au voisinage de l'extrémité: on en trouve un exemple parmi les *monotriches* chez le *Spirillum sputigenum*, et parmi les *lophotriches*, chez les cellules mobiles spéciales que forment dans certaines conditions les filaments du *Cladothrix dichotoma*.

Le nombre des cils, à part le cas où ils sont diffus, a paru d'abord caractéristique pour certaines espèces, et il semble l'être réellement pour plusieurs; cependant, il est possible qu'il existe, pour une même espèce, certaines variations. C'est ainsi que, parmi les vibrions cholériques, ceux qu'on désigne sous le nom de vibrions type de Koch, de Hambourg, de Courbevoie, d'Angers, n'ont qu'un seul cil à une extrémité, tandis que ceux de Paris, de Massaouah, en ont deux à chaque extrémité, ou trois à l'une et le quatrième à l'autre, ou encore quatre à un pôle. Ces vibrions appartiennent-ils à une seule espèce, ou bien représentent-ils autant de variétés d'une même espèce, ou même des espèces différentes? La question n'est pas résolue.

D'autre part, les cils disposés en touffe à l'une des extrémités d'un bacille ou d'un spirille peuvent facilement, dans les préparations, s'accoler en une sorte de queue simulant un cil unique.

Tantôt presque rectilignes et tantôt ondulés, les cils ont toujours une longueur supérieure à celle du corps qui les porte: dans le vibrion du choléra, ils sont à peine une fois et demie plus longs que la cellule; dans certains microcoques du groupe des ferments oxydants, Winogradsky a vu la longueur du cil dépasser cinquante fois le diamètre du corps.

Quand une bactérie monotriche est sur le point de se diviser, un nouveau cil apparaît à l'opposé de celui qui existe déjà, ainsi que Butschli l'a constaté chez le *Chromatium*. De même, chez les lophotriches, une nouvelle touffe de cils se montre à l'opposé de la première. Et, comme la naissance des cils a lieu de très bonne heure, avant toute apparence de bipartition cellulaire, il en résulte qu'on peut facilement confondre, à un moment donné, une espèce monotriche avec une amphitriche, une lophotriche avec une espèce qui serait pourvue d'une touffe de cils à chaque pôle.

En se fondant principalement sur la difficulté de leur coloration par les réactifs du protoplasme, Van Tieghem a admis que les cils ne sont que des appendices de la membrane, dépourvus de toute contractilité et de tout pouvoir locomoteur, et résultant simplement d'un étirement qui se produirait dans la portion de la membrane commune à deux cellules, quand celles-ci se séparent l'une de l'autre. Mais on sait que, chez les Flagellés, les cils très mobiles et en relation avec le protoplasme sont pourtant très difficiles à colorer; en outre, on verra plus loin, à propos de la multiplication des Bactéries par division, que cette manière de voir est contredite par les observations de Butschli sur la naissance des cils, et qu'elle ne saurait non plus rendre compte de la formation de ces organes quand ils sont multiples.

Toutefois, s'il n'est plus possible aujourd'hui de considérer les cils des Bactéries comme des prolongements inertes de la membrane, on ne connaît pas encore d'une façon suffisamment précise leurs rapports avec le protoplasme. Butschli, qui assigne à la membrane d'enveloppe une nature azotée et la considère comme la couche externe différenciée du protoplasme, regarde les cils comme une dépendance exclusive de cette membrane. D'autres auteurs pensent qu'ils traversent la membrane et constituent des prolongements rétractiles du protoplasme, analogues aux pseudopodes de certains organismes inférieurs. Mais les expériences de plasmolyse, dans lesquelles le protoplasme peut être contracté et séparé de la membrane sans qu'on arrive à distinguer un rapport entre lui et les cils, et sans que ces derniers cessent de se mouvoir, viennent infirmer cette opinion. A. Fischer, qui rattache franchement la motilité des Bactéries à la présence de cils et non à une contraction rythmique du protoplasme, pense que, malgré la contraction du contenu cellulaire, la base du cil reste en rapport avec une parcelle de protoplasme qui n'obéit pas à la plasmolyse. Quoi qu'il en soit, le fait que les cils peuvent conserver leurs mouvements durant la plasmolyse, quand celle-ci est modérée, et qu'ils continuent également à se mouvoir sans être rétractés durant la sporulation, comme on l'a vu pour les *Bacillus Solmsii*, *butyricus*, *limosus*, etc., permet d'assigner à ces organes une contractilité propre, qui les rapproche des cils des Infusoires et des Flagellés.

5° ZOOGLÉES

Dans un grand nombre d'espèces, la couche externe de la membrane se gonfle et forme une enveloppe gélatineuse d'épaisseur variable. Les cellules peuvent dès lors rester unies dans une gangue commune au fur et à mesure qu'elles prennent naissance, sous forme d'amas plus ou moins réguliers et volumineux, qu'on désigne sous le nom de *zooglées* (anciennes *Palmella*).

Tantôt la transformation gélatineuse se produit autour de cellules isolées ou groupées en petit nombre, et il en résulte des capsules (*Bacillus pneumoniae*,

Micrococcus tetragenus, etc.); tantôt elle n'envahit pas les cloisons séparatrices, et les cellules restent unies bout à bout; tantôt encore elle s'opère suivant la ligne médiane des cloisons, ce qui dissocie les cellules dans le liquide ambiant ou dans la gelée plus ou moins cohérente. Lorsque la gelée offre assez de cohérence pour ne point se dissoudre dans le liquide, l'ensemble de la zoogléa affecte une forme, une consistance, une couleur différentes suivant les espèces, et il en est souvent de même quand la Bactérie se développe sur un milieu solide. Des conditions déterminées sont fréquemment nécessaires : c'est ainsi que le Pneumocoque ne présente ordinairement pas de capsule dans les cultures, tandis qu'il en offre constamment dans l'économie animale.

C'est la présence d'une gaine gélatineuse dense qui communique au *Cladothrix dichotoma* la forme ramifiée qu'il présente. Mais il s'agit, comme on l'a fait remarquer précédemment, d'une fausse ramification. Cet organisme, le plus élevé en organisation parmi les Bactériacées, se compose à l'origine d'un filament principal fixé par l'une de ses extrémités. Vers l'extrémité opposée, ce filament se rompt en un point, et le tronçon inférieur continue de s'allonger en glissant à côté du tronçon supérieur. La soudure a lieu grâce à la gaine gélatineuse. De nouveaux rameaux naissent ensuite sur le filament et sur les premières branches formées. En réalité, l'ensemble représente, non pas un seul individu, mais une colonie. Il n'en est plus de même chez les *Streptothrix* et *Actinomyces*, qu'on avait jusqu'à ces derniers temps, avant les recherches de Sauvageau et Radais, rangés dans les Bactériacées, à côté du *Cladothrix*. Les organismes qui portent ces noms possèdent la ramification vraie du mycélium des Champignons hyphomycètes, auxquels ils se rattachent aussi par d'autres caractères. Aucune Bactériacée ou Cyanophycée ne possède un semblable mycélium.

L'état zoogléique présente tous les degrés, depuis le simple voile formé, par exemple, par le *Bacillus subtilis* à la surface d'une infusion de foin, jusqu'aux masses compactes qui finissent par envahir parfois tout le liquide nutritif. Parmi ces dernières, les plus remarquables sont celles du *Kéfir* et du *Leuconostoc*.

Le premier se présente sous forme de grains employés par les habitants du Caucase dans la préparation d'une liqueur gazeuse et acide qu'ils retirent du lait; ces grains dépassent souvent la grosseur d'une noix et sont formés en majeure partie par des bâtonnets ou des filaments enchevêtrés dans une masse gélatineuse, qui contient à la fois des cellules de levure et une bactérie qu'on a désignée sous le nom de *Dispora caucasica*.

Le second, qui forme la gomme de sucrerie, est une bactérie ronde, en chapelet, avec enveloppe gélatineuse compacte ressemblant à du frai de grenouille et pouvant remplir en quelques heures des cuves entières.

Le mode de groupement des cellules fournit, pour différencier et caractériser les formes, des indices d'autant plus utiles que souvent la distinction des cellules isolées devient plus difficile. Les cellules isolées doivent certainement offrir des différences spécifiques, mais l'observation morphologique ne permet plus de les reconnaître facilement; par contre, ces différences deviennent plus marquées lorsque ces mêmes cellules sont réunies entre elles. C'est ainsi que nombre de cellules qui, par rapport aux Bactéries, sont énormes et fort compliquées, comme celles d'une plante de la famille des Liliacées, ne peuvent être rapportées avec certitude, quand on les considère isolément, à un Lis ou à une

Tulipe; et, pourtant, leur union naturelle et leur mode de groupement ne pourront jamais fournir qu'un Lis ou une Tulipe, et c'est par là seulement qu'on pourra reconnaître qu'elles sont d'origine différente.

6° FORMES ANORMALES OU D'INVOLUTION

Quand une espèce a dépassé le point culminant de son développement et commence à vieillir; quand, de plus, les conditions de milieu sont devenues défavorables, soit par épuisement des substances nutritives, soit par formation de nouveaux composés résultant de la vie même des Bactéries, on voit fréquemment apparaître des formes irrégulières ou d'involution.

Le Bacille de la diphtérie, qui présente dans les cultures jeunes la forme de petits coins mousses, isolés ou réunis par paires, uniformément colorables, revêt ordinairement dans les cultures âgées l'aspect de massues ou d'haltères plus ou moins courbes, dont le contenu, après coloration, se montre formé de granules en série que l'on pourrait confondre avec un streptocoque. D'autres bacilles donnent des filaments enlacés comme une masse de cheveux, ou enroulés en spirale les uns sur les autres, disposition qu'on désignait à tort sous le nom de *Spirulina* (*Bacillus anthracis*, *Proteus vulgaris*, etc.). Il n'est pas jusqu'à l'existence de ramifications qu'on ne rencontre parfois chez les Bacilles de la diphtérie, de la tuberculose, etc., et l'on pourrait citer encore beaucoup d'autres exemples de formes anormales apparaissant dans des conditions analogues. Le plus souvent, ces formes d'involution sont un indice de dégénérescence et de mort; mais il est possible que, dans certains cas, l'anomalie dépende de l'adaptation à une fonction spéciale, comme chez plusieurs Bactéries des fermentations. C'est ainsi que le *Bacillus aceticus*, qui végète surtout en chapelet dans les milieux qu'il acétifie, fournit aussi des articles longs et renflés, mélangés aux cellules courtes qui peuvent être considérées comme caractéristiques de l'espèce.

Les tubercules radicaux des Légumineuses renferment des organismes dont la forme est celle de bâtonnets relativement gros, ordinairement irréguliers, souvent pourvus de deux ou trois branches. Ce sont là des déformations que l'on peut considérer comme maladives et qui semblent être en rapport avec la propriété spéciale que ces Bactéries possèdent, comme on le verra plus loin, de fixer l'azote gazeux du sol et de l'atmosphère. Cultivées, en effet, en dehors de la plante dans des milieux artificiels, ces Bactéries reprennent leur forme normale.

Quant aux variations morphologiques spéciales qu'on obtient par l'emploi de divers agents physiques ou chimiques, on aura l'occasion de les examiner à propos du polymorphisme.

7° MULTIPLICATION PAR DIVISION

Le principal mode d'extension de l'espèce consiste dans la division, dont la rapidité est fonction directe des conditions de nutrition, d'aération, de température, etc. Ordinairement, l'accroissement de la cellule ou du filament, chez les Champignons, est unipolaire, tandis qu'il est bipolaire chez les Bactéries. Cet accroissement précède la division transversale. Lorsque la cellule bactérienne a atteint les dimensions qui, dans les conditions normales, semblent

fixes pour l'espèce, elle se partage en deux parties égales. On a pu constater que, souvent, il ne s'écoule que 20 à 50 minutes entre deux divisions successives, ce qui explique l'envahissement si rapide de certains milieux par les Bactéries.

La marche de la division ne peut être suivie dans les détails que chez les formes les plus grosses. Butschli l'a observée dans le *Chromatium*, qui appartient au groupe des Bactéries sulfureuses. Dans cette espèce, une cloison commence à se développer en anneau à la périphérie; pendant ce temps, les extrémités correspondantes des deux cellules filles s'arrondissent, puis se détachent l'une de l'autre. Un nouveau cil apparaît au pôle antérieur de la cellule mère, peu de temps avant la séparation définitive; de sorte que l'une des bactéries filles subit toujours un renversement des pôles, par comparaison avec la bactérie mère. Cette formation du flagellum est intéressante également, en ce qu'elle montre bien qu'il ne résulte pas d'un étirement de la lamelle moyenne gélatinisée de la cloison commune aux deux cellules filles.

D'une façon générale, on constate que, lorsque la cellule est sphérique, tantôt elle commence à s'allonger en forme de biscuit, avant de s'étrangler et de se couper, comme dans le *Chromatium*, en deux moitiés qui s'arrondissent en s'isolant (*Micrococcus ureæ*, etc.), ou en restant accolées en file (*Streptococcus*): par suite, l'étranglement accompagne ou suit de très près le cloisonnement; tantôt les deux moitiés se séparent par une cloison et présentent une forme hémisphérique, en restant accolées plus ou moins longtemps par leur face plane (*Diplococcus meningitis*, etc.); parfois même, cette face interne paraît légèrement concave, de sorte que les deux éléments semblent réniformes (*Micrococcus gonorrhœæ*): ici donc, l'étranglement n'accompagne pas le cloisonnement.

L'aspect lenticulaire de la cloison qui sépare les deux cellules rappelle celui qu'on observe chez les *Spirogyra* et autres Algues chlorophycées, où la désarticulation d'un tronçon de filament commence par le décollement central de la cloison médiane.

Lorsque la cellule est en bâtonnet, elle peut se diviser aussi suivant les deux modes précédents. Si la cloison ne se dédouble pas, les cellules restent unies en filament plus ou moins long; les cloisons de séparation sont parfois si minces qu'il est nécessaire de les colorer ou de contracter le protoplasme pour les apercevoir.

Tandis que les formes arrondies se divisent, comme on l'a vu, suivant les espèces, dans une, deux ou trois directions, les formes plus ou moins allongées ou spiralées ne se divisent qu'en direction transversale. Il est vrai que Metschnikoff a signalé, chez un organisme qu'il considère comme une bactérie, le *Pasteuria ramosa*, une division longitudinale s'opérant d'une façon incomplète et permettant la production de formes ramifiées, lesquelles restent unies en colonies; mais la nature bactérienne de cet organisme reste douteuse.

8° SPORULATION

On désigne sous le nom de spores, en général, des cellules spéciales qui, se séparant de la plante mère, peuvent dans certaines conditions germer et reproduire une nouvelle plante. Perty a eu sous les yeux, en 1852, la formation de la spore dans un bacille qu'il appela *Sporonema gracile*; mais cette observation, insuffisante au point de vue biologique, a passé inaperçue. En réalité, c'est Pas-

teur qui, le premier, a caractérisé la spore des Bactéries, en montrant que les corpuscules germes de la flacherie des vers à soie étaient capables de résister pendant longtemps à la dessiccation. Observée ensuite par Cohn dans le *Bacillus subtilis*, par Koch dans le *Bacillus anthracis*, la formation de la spore a été constatée depuis dans nombre de Bactéries.

Les spores apparaissent surtout quand le milieu nutritif est devenu impropre à la croissance, soit par épuisement de quelqu'un des principes nécessaires, soit par accumulation des produits sécrétés par la plante et qui sont nuisibles à son développement.

Toutefois, dans plusieurs cas, comme dans les formes comprises sous le nom de *Bacillus amylobacter*, une partie des cellules donne des spores, tandis que les autres continuent à végéter et à se diviser. De même, chez le *Bacillus mesentericus vulgatus*, les spores apparaissent dans les cultures à 56-58°, au bout de 4 à 5 jours, et, 2 mois plus tard, on retrouve encore dans le même milieu des bacilles en voie de division. Ici, par conséquent, la spore prend naissance comme chez beaucoup de Champignons, ou comme la graine des plantes supérieures, simplement parce qu'elle est une forme de l'évolution du bacille; c'est un puissant moyen de rajeunissement de l'espèce.

Néanmoins, pour montrer que le phénomène dépend ordinairement des conditions de milieu, il suffit de rappeler que le *Bacillus anthracis* ne fait pas de spores dans le sang des animaux vivants, tandis qu'il les produit dans le bouillon de poule, où sa culture est facile; le Bacille de la Jacinthe ne les forme pas non plus dans l'intérieur de la plante vivante, mais seulement dans les liquides de culture.

On a distingué et on distingue encore souvent, d'après leur mode de formation, deux sortes de spores: les *endospores* et les *arthrospores*. Les premières, ou spores ordinaires, sont de beaucoup les plus répandues; elles résultent de la condensation totale ou partielle du contenu cellulaire, autour duquel apparaît une nouvelle membrane, à l'intérieur de la membrane de la cellule mère, qui se détruit ensuite pour mettre la spore en liberté. Les secondes n'ont été rencontrées que chez quelques espèces spéciales, assez différentes des Bactéries ordinaires; elles proviennent de la transformation d'une cellule entière, qui grossit et épaissit sa membrane en formant une sorte de kyste capable de passer, comme les premières, à l'état de vie latente.

1° La formation endosporee est connue chez un assez grand nombre de Bactéries plus ou moins allongées ou spiralées; mais, chez les microcoques, le *Sarcina pulmonum* et le *Micrococcus ochroleucus* sont à peu près les seuls chez lesquels on l'a constatée d'une façon certaine.

Avant l'apparition des spores, les cellules ou articles grossissent et se remplissent de matières de réserve. Parfois elles renferment de la substance amylicée et leur contenu se colore en bleu par l'iode (*Bacillus butyricus*, *Spirillum amyliferum*, *Bacterium Pastorianum* et parfois *Leptothrix buccalis*). Ailleurs, il y a sans doute quelque autre hydrate de carbone destiné surtout à l'élaboration de la membrane.

Le contenu cellulaire peut rester homogène ou devenir granuleux. La sporulation est précédée de la transformation granuleuse dans les *Bacillus anthracis*, *subtilis*, *sessilis*, *megatherium*, *leptosporus*, etc.; elle ne l'est pas dans les *B. inflatus*, *carotarum*, etc. Tantôt tout le contenu est employé à la formation de la spore (*B. anthracis*, *carotarum*, *leptosporus*, *subtilis*, *tumescens*, etc.);