

ROLE ET IMPORTANCE DES BACTERIES DANS L'EAU

par A. WURTZ

Chef de travaux à la *Station Centrale d'Hydrobiologie appliquée.*

(Fin) ⁽¹⁾

3. — LES BACTÉRIES DE L'EAU DANS LE CYCLE DU SOUFRE

Leucothiobactéries ou *Bactéries sulfuraires incolores*. — Ce groupe ne renferme pas de pigment photosynthétique ; les réactions effectuées sont les mêmes (oxydation de l'Hydrogène sulfuré, accumulation du Soufre colloïdal dans les cellules, oxydation du Soufre en acide sulfurique), mais elles se font sans le secours de l'énergie lumineuse. Ces Bactéries sont toujours autotrophes, mais elles construisent leur substance organique par chimiosynthèse. L'énergie nécessaire à leur vie est tirée de l'oxydation de l'Hydrogène sulfuré. C'est dans ce groupe que l'on rencontre l'immense *Achromatium oxaliferum*, long de 100 μ . Les Bactéries les plus connues de ce groupe sont les *Beggiatoa*, qui sont des formes filamenteuses, vivant dans les eaux très riches en matières organiques en putréfaction, par conséquent en Hydrogène sulfuré ; elles forment souvent de longues touffes blanches ondulant dans l'eau, et sont l'indice, comme on peut le concevoir facilement, d'eaux assez polluées.

La décomposition des substances organiques renfermant du Soufre par des Bactéries de la putréfaction, n'est pas la seule source d'Hydrogène sulfuré de l'eau. Je n'ai pas besoin de parler des sources sulfureuses, riches en Hydrogène sulfuré et en sulfures, où se développe évidemment une flore extrêmement riche de Bactéries sulfuraires. Celles-ci, en fixant dans leurs cellules le Soufre tellurique dégagé dans les sources sulfureuses, le rendent assimilables aux Végétaux sous forme de sulfates et augmentent ainsi la quantité totale de Soufre mis à la disposition de l'ensemble du monde vivant.

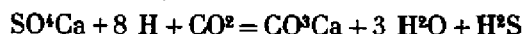
Bactéries sulforéductrices.

Il y a encore une autre source d'Hydrogène sulfuré dans l'eau ; ce sont les sulfates qui sont réduits par les *Bactéries sulforéductrices*. Outre les sulfates, tous les autres composés du Soufre se trouvant dans l'eau (sul-

(1) Voir *Bulletin* : — n° 143, Octobre-Décembre 1946, p. 80.

fites, hyposulfites) sont réduits en Hydrogène sulfuré par ces Bactéries qui jouent, dans le cycle du Soufre, le même rôle que les dénitrifiantes dans le cycle de l'Azote.

Les Végétaux verts utilisent le Soufre minéral sous forme de sulfates ; les Bactéries sulforéductrices utilisent également les sulfates et en font de l'Hydrogène sulfuré. Pour se développer, il faut à ces dernières une eau riche en sulfates, en matières organiques, sans Oxygène libre, car elles sont anaérobies. L'action d'une Sulforéductrice classique : *Vibrio desulfuricans*, en supposant qu'elle attaque le sulfate de Calcium (gypse), peut s'écrire de la manière suivante :



La matière organique sert de donateur d'Hydrogène. Dans cette réaction, par un phénomène curieux, les Bactéries sulforéductrices sont, comme les dénitrifiantes, des agents précipitant le carbonate de Calcium. On voit qu'à côté des sulfates, il faut encore une source de gaz carbonique, c'est-à-dire une décomposition assez poussée des matières organiques. Je ne pourrai pas répéter assez combien tous ces cycles se pénètrent et dépendent l'un de l'autre, et combien, en voulant les isoler par la pensée, on risque d'en donner une image fautive.

5. — LES BACTÉRIES DE L'EAU DANS LE CYCLE DU PHOSPHORE

Le cycle du Phosphore est relativement peu compliqué ; les Plantes utilisent les composés phosphorés sous forme de phosphates, en font des composés phosphorés organiques ; les Animaux dépendent, bien entendu, des Végétaux pour leurs besoins en Phosphore, et les Bactéries jouent un rôle extrêmement important dans la régénération des phosphates à partir des détritiques et des cadavres d'Animaux et de Végétaux.

Le Phosphore existe dans les organismes sous forme de phospholipides et de nucléoprotéines. Les os des Animaux sont formés en majeure partie de phosphate tricalcique.

Les phosphates sont indispensables à la croissance du Phytoplancton. On les trouve généralement en très petite quantité (moins de 100 milligrammes par m³ d'eau), et pourtant leur absence peut limiter ou même arrêter la productivité d'un étang ou d'un lac. D'où l'introduction d'engrais phosphatés dans les étangs dont on veut augmenter la productivité en Phytoplancton, et corrélativement la production en Poissons.

Régénération des phosphates par les Bactéries.

L'attaque des composés phosphorés organiques et la régénération des phosphates par les Bactéries semblent être très rapides. On a essayé de savoir à quel niveau se faisait la régénération des phosphates. Comme il y

a généralement plus de phosphates en profondeur, on pourrait avoir tendance à croire qu'ils sont régénérés uniquement dans la vase, au fond de l'eau. Il semble, au contraire, que le plancton soit attaqué directement, avant qu'il ne touche au fond, même dans les zones supérieures ; si l'on ne trouve presque pas de phosphates près de la surface, c'est qu'ils sont utilisés par le phytoplancton à une grande vitesse, aussi rapidement qu'ils sont régénérés.

Les expériences ont été faites surtout pour l'eau de mer ; il manque encore des documents sur les eaux douces. Ainsi on ne sait pas s'il existe une flore bactérienne spécifique, capable de libérer les phosphates à partir des phospholipides et des phosphoprotéines, ou bien si toutes les Bactéries communément lipolytiques ou protéolytiques peuvent remplir ce rôle.

Solubilisation des phosphates par les Bactéries.

Le Phosphore existe dans les roches, dans le sol, sous forme de phosphate tricalcique (Apatite), normalement insoluble dans l'eau ; c'est ce qui explique en partie la faible quantité de phosphates dissous dans l'eau. Mais la solubilité du phosphate tricalcique dépend du pH. Elle est augmentée par la présence d'acides même faibles, le Phosphore insoluble se transformant en composés solubles ; elle est diminuée en milieu alcalin. Or les Bactéries secrétant des substances même faiblement acides, diminuent le pH et permettent la solubilisation du phosphate tricalcique qui entre grâce à elles, dans le cycle biologique. Il en est de même de la dissolution des phosphates des os des animaux dont ces Bactéries se chargent également.

6. — RÔLE NUTRITIF DES BACTÉRIES DANS L'EAU

En dehors de ce rôle fondamental de destructeurs de matière organique, et de minéralisateurs, les Bactéries peuvent également jouer un rôle dans la nutrition des Animaux microscopiques du Plancton, et des Animaux qui pullulent à la surface ou dans la vase.

D'après BAIER, les Animaux pouvant se nourrir de Bactéries, peuvent se subdiviser en trois catégories :

1° Les Animaux planctoniques, nageant dans l'eau libre ou à la surface de l'eau.

2° Les Animaux vivant sur la pellicule superficielle ou dans les couches supérieures de la vase.

3° Les Animaux qui « broutent » sur les substrats solides de l'eau : pierres, plantes aquatiques, bois, etc.

Il est probable que les Poissons ne peuvent pas se nourrir de Bactéries, car l'appareil filtrant formé par leurs branchies n'est pas assez fin. Par

contre, les têtards de Grenouilles, possédant un appareil filtrant très fin, peuvent retenir, toujours selon BAIER, des Bactéries comme *Bacillus mesentericus* et *B. fluorescens*.

Parmi les Animaux du premier groupe, selon NAUMANN, *Diaptomus* est capable d'attraper les Bactéries. *Cyclops strenuus* ne peut pas les attraper isolément, mais probablement lorsqu'elles sont agglomérées en amas, ou lorsqu'elles sont plus grandes (Thiobactéries).

Le mode de nutrition des *Infusoires Ciliés* est trop connu pour qu'il soit utile d'y insister ; on sait que les Paraméries se nourrissent presque exclusivement de Bactéries ; comme d'autre part les Infusoires sont la principale nourriture des très jeunes alevins de Poissons, on comprend facilement, là encore, le rôle fondamental des Bactéries.

Pour de nombreux Rotifères possédant un appareil de filtration spécial sous forme de couronne ciliaire (dont surtout *Conochilus*, *Triarthra*, *Brachionus urceolaris*, etc.) les Bactéries constituent une partie importante de la nourriture. Les larves de Moustiques, dont l'appareil de filtration est extrêmement fin, se nourrissent également de Bactéries, en même temps que de détritiques organiques de toutes sortes. Pour les *Flagellés hétérotrophes*, la preuve de la nutrition bactérienne est faite comme pour les *Infusoires Ciliés*, car on les a vus attraper les Bactéries par leurs flagelles ou par une partie quelconque de leur corps et les ingérer.

En ce qui concerne les Animaux du deuxième groupe (surtout des *Nématodes*, *Tubifex*, larves de Chironomides, Mollusques), les mêmes remarques peuvent être faites : ces Animaux absorbent tout le substratum dans leur tube digestif, les substances organiques et les Bactéries utilisables sont digérées ; les substances inutilisables sont rejetées sous forme de déchets.

Parmi les Animaux qui « broutent » le substratum (*Mollusques*, *Amibes*, certains *Ostracodes* et *Copépodes*), l'observation par HORHAMMER de *Cyclops strenuus* broutant les Bactéries typhiques en culture à la surface de la gélatine est certainement la plus curieuse.

Quant à savoir d'une manière précise si la masse bactérienne totale de l'eau est assez grande pour constituer une partie importante de la nourriture de ces Animaux, nous avons encore fort peu de documents. Seule la valeur nutritive des grosses Bactéries semble être établie avec certitude. Le rôle des Rhodothiobactéries est le plus aisé à déterminer car elles sont colorées en rouge. UTERMOHL a constaté que l'intestin de Cladocères, vivant dans des nuages de Bactéries pourpres, est rempli de ces organismes et coloré en rouge. BAIER raisonne de la manière suivante sur les données d'UTERMOHL, qui a compté jusque 200.000 colonies de *Pelochromatium roseum* par cm^3 : chaque cellule ayant un volume de 50μ , cela donne un volume de $10.000.000 \mu^3 = 1/100 \text{ mm}^3$ de Bactéries par cm^3 d'eau. Si l'on prend, pour un Cladocère, comme volume intestinal environ $1/50 \text{ mm}^3$ et si l'on suppose que le coefficient de renouvellement du contenu intestinal

est de 30 minutes, il faut, pour que l'intestin se remplisse uniquement de Bactéries, que l'animal filtre pendant ce temps 2 cm³ d'eau, c'est-à-dire environ 1 mm³ à la seconde, ce qui est matériellement certainement possible.

Des expériences précises ont été faites sur des Cladocères (*Daphnia pulex*), des Rotifères (*Brachionus urceolaris*) et des larves de Moustiques, placés les uns dans de l'eau d'étang filtrée au filtre poreux, donc exempte de Bactéries, les autres dans de l'eau renfermant une suspension bactérienne. Dans l'eau filtrée, les Daphnies sont mortes en 2-4 jours, les Rotifères en 1-3 jours, les larves de Moustiques en 9 jours, tandis que dans l'eau renfermant les Bactéries, tous ces Animaux ont vécu environ quatre semaines.

Il semble donc que certains Protozoaires, Cladocères, Copépodes, Ostracodes, Rotifères, larves de Moustiques, de Chironomides, Nématodes et probablement aussi les têtards de Grenouilles, peuvent manger et digérer les Bactéries de l'eau et de la vase, et que ces Bactéries ont une valeur nutritive plus ou moins grande pour eux.

Conclusion.

L'activité des Bactéries se résume en une remise en circulation des éléments nutritifs de l'eau. Le Carbone des matières organiques est libéré sous forme de gaz carbonique, l'Azote sous forme d'ammoniaque, de nitrites et de nitrates, le Phosphore sous forme de phosphates, le Soufre sous forme de sulfates, etc. Les Bactéries sont donc des organismes *destructeurs* et *minéralisateurs* de la matière organique vivante. Dans le cycle de la matière vivante, elles sont le chaînon essentiel situé entre le mécanisme constructeur, c'est-à-dire la synthèse organique, et l'ensemble des substances minérales nécessaires à cette synthèse. Si elles n'existaient pas, si elles ne poussaient pas le mécanisme de destruction jusqu'à la minéralisation, les matières premières (Carbone, Azote, Phosphore, Soufre) feraient défaut et le mécanisme constructeur par les Plantes ne serait pas possible.

Si l'on ajoute à ce rôle essentiel des Bactéries, celui de servir encore accessoirement de nourriture à certains Animaux, on peut bien répéter ma phrase du début et affirmer que sans le règne bactérien, il n'y aurait ni règne animal, ni règne végétal, c'est-à-dire pas de vie dans les eaux.
