

Distribution et rôle des bactéries dans les Systèmes Océaniques

Armand BIANCHI

Microbiologie Marine, CNRS U.P.R. 223, Faculté des Sciences de Luminy Case 907, Marseille
(France)

(Résumé*)

1. La zone littorale. La production bactérienne hétérotrophe représente de 20 à 40% de la production primaire quotidienne. Pendant la floraison des algues les bactéries présentent une grande versatilité nutritionnelle, orientée vers l'utilisation des composés organiques dissous de faible poids moléculaire. Lors du déclin du phytoplancton ces bactéries sont remplacées par des cellules mieux équipées en exoenzymes leur permettant de dégrader les composés de poids moléculaire élevé constituant les algues mortes. L'assimilation d'azote dissous par ces micro-organismes conduit à une production d'azote organique particulaire (sous forme de cellules bactériennes) de l'ordre de $7 \mu\text{g atN l}^{-1} \text{ h}^{-1}$, et à la régénération de $0.50 \mu\text{g at.N.NH}_4 \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Les microprédateurs peuvent se développer à des taux de croissance de $1,7$ à $2,7 \text{ j}^{-1}$, équivalents à ceux des bactéries qu'ils ingèrent à des taux horaires pouvant atteindre 70% de leur propre volume. Ces capacités d'ingestion expliquent l'efficacité des prédateurs dans la régulation des effectifs microbiens.

L'étude de l'impact d'un apport fluvial sur les microflores a été étudié au niveau du débouché du Rhône en Méditerranée. Les micro-organismes phototrophes et les hétérotrophes sont plus abondants dans les eaux du fleuve que dans l'eau de mer, mais les activités (taux d'incorporation de thymidine et de leucine) sont similaires dans les deux systèmes, avec une plus forte activité par cellule dans l'eau de mer. Dans la couche d'interface les concentrations bactériennes sont faibles, mais les taux d'incorporation des traceurs sont doubles par rapport à ceux mesurés dans l'eau de mer et dans l'eau douce.

2. Le milieu pélagique. Les concentrations, les biomasses et les activités bactériennes diminuent avec la profondeur d'eau. Ces diminutions sont irrégulières, liées aux variations de concentration en matériel énergétique. Les activités métaboliques doivent être mesurées en respectant les conditions de température et pression de leur niveau d'origine. Une étude comparative (prélèvement et culture d'eau profonde sans décompression, mise en incubation *in situ* par submersible) montre que la décompression pourrait provoquer une inhibition des activités respiratoires. Dans les conditions du milieu profond l'essentiel de la matière organique serait essentiellement respirée et consacrée au métabolisme cellulaire de base.

Les microflores associées aux particules sont taxonomiquement et physiologiquement différentes des bactéries libres dans l'eau. Siège principal de la nitrification dans la colonne d'eau, elles peuvent fonctionner comme des couples d'oxydo-réduction où peuvent cohabiter des bactéries aérobies telles les nitrifiantes, et des anaérobies telles des méthanogènes méthylotrophes. On retrouve dans le matériel particulaire certaines espèces de bactéries également isolées des tractus digestifs de la faune marine.

3. L'interface eau-sédiment. Pour définir dans quelle mesure les bactéries associées au matériel particulaire déposé s'intègrent dans la microflore des sédiments on a comparé les souches isolées de plusieurs centaines d'échantillons d'eau et sédiments prélevés au niveau de l'interface benthique. Ces comparaisons ont montré la très nette distinction entre les microflores des eaux proches du fond, composées essentiellement de pseudomonades, et les microflores, plus hétérogènes, des sédiments les plus superficiels où ce groupe est minoritaire. A cette différenciation taxonomique des communautés microbiennes pélagiques et benthiques correspond une différenciation physiologique. Dans les masses d'eaux profondes les bactéries disposent essentiellement de matériel organique dissous, le matériel particulaire labile ayant été dégradé lors de sa chute. Le métabolisme de ces microflores est surtout orienté vers l'utilisation des composés organiques de faible poids moléculaire. Dans le sédiment de surface la réserve organique comprend du matériel particulaire frais produit par la macrofaune benthique. Ce matériel est scindé en petites molécules avant utilisation, d'où la fréquence et la diversité des exoenzymes produites par les bactéries des sédiments superficiels par rapport aux capacités exoenzymatiques réduites des microflores des eaux sus-jacentes.

4. Les sédiments. Dans les 10 premiers mm, des effectifs en bactéries hétérotrophes viables importants (plusieurs millions de bactéries/ml de sédiment) n'ont pu être observés que dans les zones lagunaires ou la frange littorale. Au delà d'une centaine de m de profondeur d'eau les effectifs dans les sédiments superficiels sont plus faibles, limités à quelques milliers ou dizaines de milliers de cellules viables par ml.

Dans l'épaisseur sédimentaire les effectifs des microflores diminuent rapidement. Quelle que soit leur concentration à la surface du sédiment, on observe très fréquemment une diminution des effectifs bactériens de l'ordre d'une puissance de 10 lors de chaque passage du film de surface (inférieur à 1 mm) à la pellicule sous-jacente de 2mm, puis à la couche de 2cm et au sédiment de subsurface (2 à 10 cm). Les passées sédimentaires stériles alternent avec des niveaux bactériologiquement actifs. On a pu dénombrer plusieurs millions de bactéries viables par ml de sédiment dans des niveaux âgés de plusieurs millions d'années. Ces microflores anciennes ne sont pas sporulées, leur persistance implique donc le maintien d'une activité métabolique, limitée mais permanente depuis leur dépôt. Ces conditions permettent une activité géochimique microbienne au cours de la diagenèse précoce.

Dans les sédiments le principal facteur de régulation des activités microbiennes est la nature et la concentration des accepteurs terminaux d'électrons. Selon les concentrations en oxygène moléculaire, en substrats fermentescibles, en nitrate, en sulfate, la matière organique est préférentiellement dégradée par le type bactérien le mieux adapté qui devient prédominant. Il impose ses produits métaboliques qui seront repris plus ou moins rapidement par d'autres chaînes microbiennes. En milieu anoxique la minéralisation est donc réalisée par une succession de réactions d'oxydo-réduction, effectuées par différents types bactériens spécifiques. Dans des sédiments on peut mettre en évidence la présence concomitante de populations microbiennes aérobies et anaérobies, distribuées dans des microniches à leur échelle de taille. Les microaérophiles, qui exigent la présence d'oxygène moléculaire mais à une concentration inférieure à celle de l'air paraissent bien adaptées aux environnements sédimentaires. Parmi les activités anaérobies la sulfato-réduction se traduit par centaines de μmoles de sulfate réduit par litre de sédiment et par jour, alors que la respiration nitrate et la méthanogénèse concernent seulement quelques μmoles à quelques dizaines de μmoles de nitrate consommé ou de méthane réduit. En milieu marin, dominé par la sulfato-réduction, la méthanogénèse découle surtout de la réduction de la triméthylamine.

La distribution des bactéries constitue un patchwork, mais leur rôle doit être considéré comme un continuum dans lequel les microflores opèrent en associations à l'échelle d'espace de leur taille microscopique et à l'échelle de temps de leur vitesse de génération, mais dont les conséquences sur l'environnement interviennent à l'échelle planétaire et au niveau des temps géologiques.

* Synthèse des travaux du Laboratoire de Microbiologie Marine.