

EVOLUTION DES CARACTERISTIQUES CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DES SEDIMENTS
EN CIRCUIT CLOS

III. Bilan azoté de systèmes polytrophes

par

S.CHAMROUX et G.BOUCHER

avec la collaboration technique de C.FAIDY

CENTRE D'ETUDE D'OCEANOGRAPHIE ET DE BIOLOGIE
MARINE DU CNRS - ROSCOFF - FRANCE

RESUME

Dans des systèmes expérimentaux comportant du sable percolé par de l'eau de mer, la quantité de matière organique circulante différente pour chaque bac a été contrôlée. Des bilans d'azote ont été réalisés à différentes périodes au cours de leur évolution.

Deux types de métabolisme ont été observés selon les conditions trophiques :

- une perte d'azote (dénitrification), prédominante dans les conditions eutrophiques (environ 90% de l'azote fourni) et voisine de 35% en mésotrophie.
- un gain d'azote (fixation), prédominant dans les conditions oligotrophique et atrophique.

La rétention d'azote dans le sédiment augmente légèrement avec la quantité de matière organique circulante mais sans aucun rapport de proportionnalité. Tout se passe comme si le sédiment, par ses métabolismes bactériens, exerçait une certaine régulation de sa teneur en matière organique.

ABSTRACT : Chemical and Biological evolution of sediments in closed circuit :
III. Nitrogen balance in polytrophic systems.

The evolution of nitrogen content in experimental closed circuit sand filters was followed, each tank being fed with different quantities of soluble organic matter.

According to the trophic conditions, two types of metabolism could be observed :

- a loss of nitrogen (denitrification), reaching almost 90% of the nitrogen input in eutrophic conditions, and close to 35% in mesotrophic conditions.
- a gain in nitrogen (fixation), a predominant metabolism in oligotrophic and eutrophic conditions.

Nitrogen retention in the sediment increases slightly with the organic matter input, but no proportionality could be established. It seems that the sediment, by its bacterial metabolisms, regulates its own organic matter richness.

MOTS - CLES : Circuit clos - Sédiment - Bilan azoté

KEY - WORDS : Closed circuit- Sediment - Nitrogen balance.

INTRODUCTION

L'écologie se conçoit difficilement sans la mise en place de systèmes expérimentaux permettant de tester des hypothèses non vérifiables dans les conditions naturelles. Permettant également, nous l'avons vu (CHAMROUX et BOUCHER, sous presse) l'étude paramètre par paramètre, de facteurs indissociables dans le milieu naturel et aidant ainsi à progresser dans la compréhension de la régulation des écosystèmes. Les études de bilan s'appliquent particulièrement à de tels systèmes expérimentaux dans lesquels de nombreux paramètres sont contrôlés et maîtrisables.

Dans le présent travail, nous avons réalisé des bilans azotés, à différentes périodes, au cours de l'évolution de systèmes expérimentaux comportant du sable percolé par de l'eau de mer et dont la quantité de matière organique circulante a été contrôlée tout au long de l'expérience. Le principe de fonctionnement et l'évolution de ces systèmes ont été précédemment décrits (BOUCHER et CHAMROUX I. 1976, CHAMROUX, BOUCHER et BODIN II. 1977 ; CHAMROUX et BOUCHER I. 1978 ; BOUCHER II. 1978).

RESULTATS et DISCUSSION

1 - Evolution des bilans azotés de systèmes polytrophes

Les bacs expérimentaux sur lesquels nous avons travaillé, sont des systèmes clos soumis à un apport externe régulier de matière organique fournie sous forme soluble et particulièrement bien assimilable par les bactéries. Il s'agit d'un extrait de caséine contenant un mélange d'acides aminés et titrant 8% d'azote.

Bac	Aminoacides g/an	g Azote/an	atg Azote/an
4	0	0	0
3	3,12	0,249	0,017829
1	31,2	2,496	0,17829
2	312	24,96	1,7829

Tableau 1 : Quantité de matière organique fournie aux différents bacs comportant 6,5 litres de sable et 21 litres d'eau.

Par cet apport extérieur nous avons créé pendant deux ans des conditions: mésotrophe (Bac 1), oligotrophe (Bac 3) et eutrophe (Bac 2). Sur le bac 4, ne recevant aucun apport, nous avons suivi l'évolution d'un sédiment non nourri pendant un an.

Connaissant, à chaque instant, les quantités d'azote organique fournies à chaque système, nous avons calculé le pourcentage d'azote total retrouvé. En effet, mis à part que l'apport éventuel d'azote par incorporation directe d'azote gazeux n'est pas connu, la totalité de l'azote fourni doit se retrouver dans les divers compartiments des bacs expérimentaux sous forme organique ou

inorganique , dissoute ou particulaire (bactéries, microfaune et même macrofaune).

La figure 1 résume les bilans azotés de ces bacs aux périodes les plus caractéristiques de leur évolution.

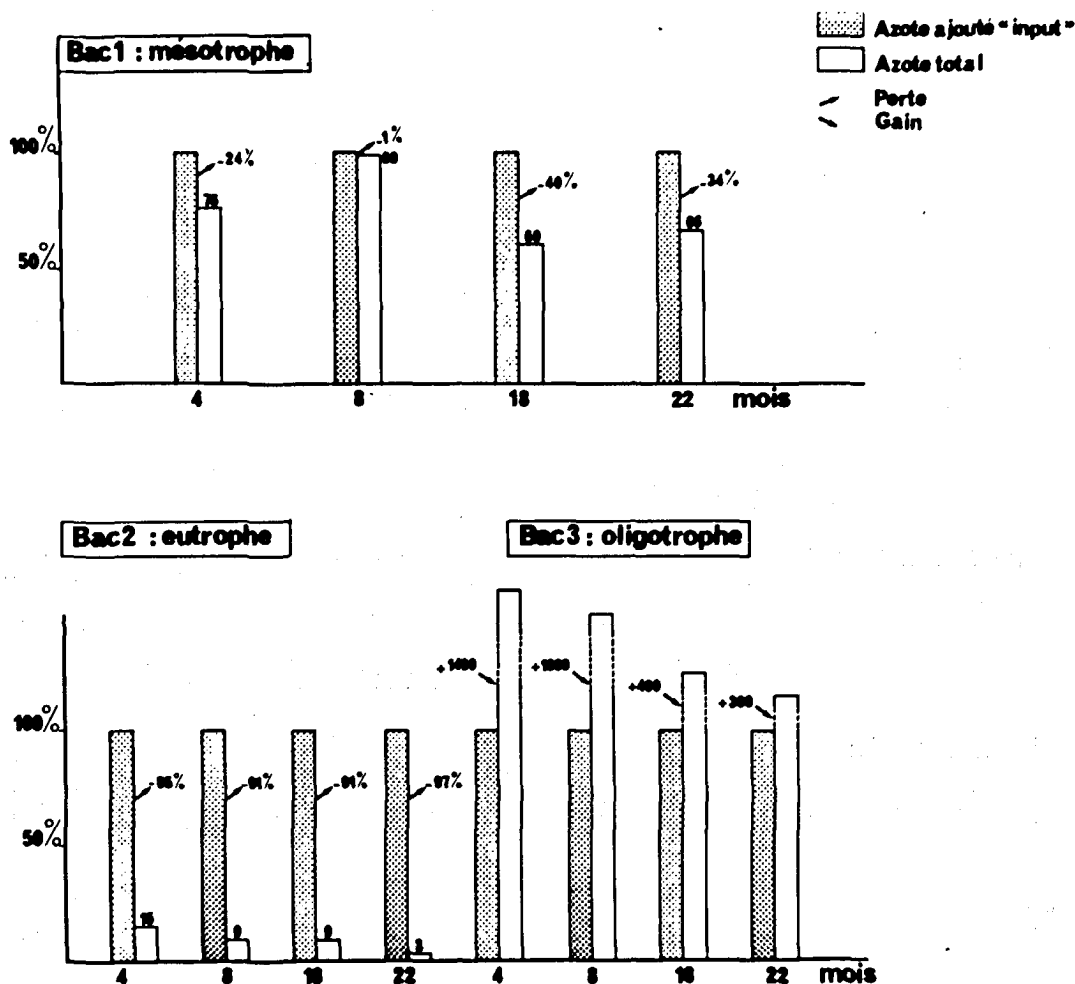


Figure 1 : Evolution des bilans azotés dans les bacs mésotrophe (n°1), eutrophe (n°2) et oligotrophe (3°). L'azote ajouté étant considéré comme 100%, l'azote retrouvé est exprimé par $\frac{\text{Azote au moment } t - \text{Azote initial} \times 100}{\text{Azote ajouté}}$

2 - Métabolismes régulant l'évolution des systèmes polytrophes

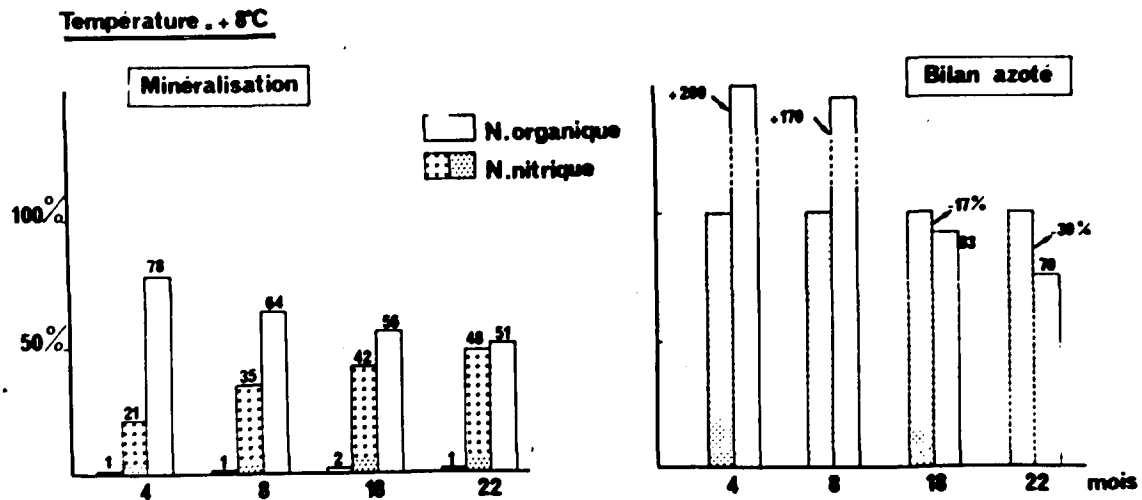
L'intérêt majeur de tels bilans est de pouvoir mettre en évidence les principaux métabolismes bactériens intervenant dans l'évolution de la matière organique des systèmes.

Deux types de métabolismes, antagonistes apparaissent très nettement à la lecture de ces résultats. La régulation se fait essentiellement par perte ou par gain d'azote selon les conditions de l'environnement.

En régime eutrophe (Bac 2), les pourcentages d'azote total retrouvés à chaque instant sont extraordinairement faibles et ne dépassent jamais 10% de ce qui a été fourni. La perte d'azote dans ce système, est en moyenne de 90% tout au long de l'expérimentation.

En régime mésotrophe, les pertes sont moindres et se stabilisent autour de 30%. Il est intéressant de noter l'influence des facteurs de l'environnement (température ou percolation).

Influence de la Température



Influence de la vitesse de percolation

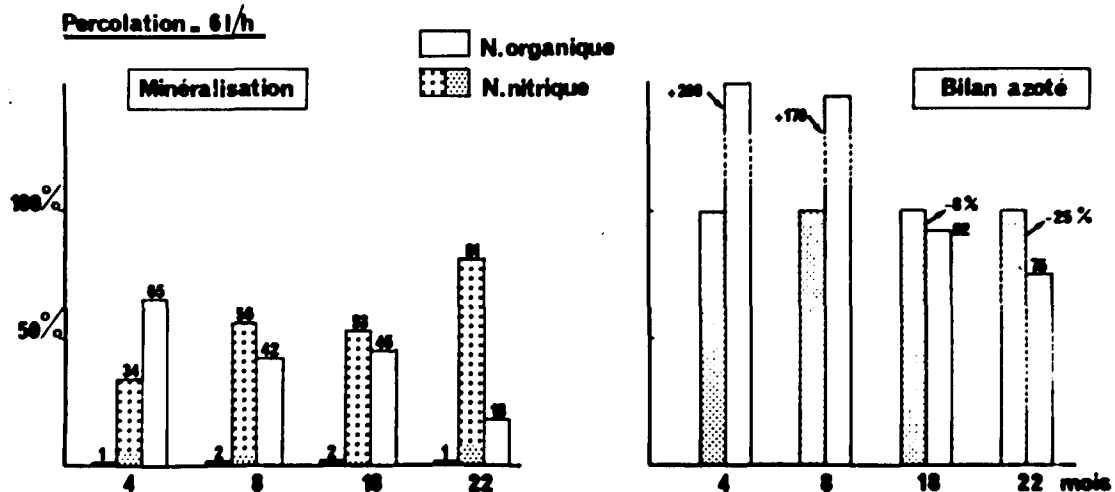


Figure 2 : Influence de la température et de la vitesse de percolation sur la minéralisation dans des systèmes mésotrophes.

La figure 2 montre pendant le début de l'expérimentation un gain d'azote à basse température aussi bien qu'à forte percolation. Après 22 mois, dans ces deux conditions, la perte devient très voisine de celle observée en mésotrophie à 12° C et percolation moyenne (Bac 1).

En régime oligotrophe (Bac 3), le gain d'azote est particulièrement élevé au début de l'expérience. Bien qu'il diminue progressivement, il demeure encore de 300% après 22 mois. Le même phénomène beaucoup moins prononcé apparaît dans le bac non nourri.

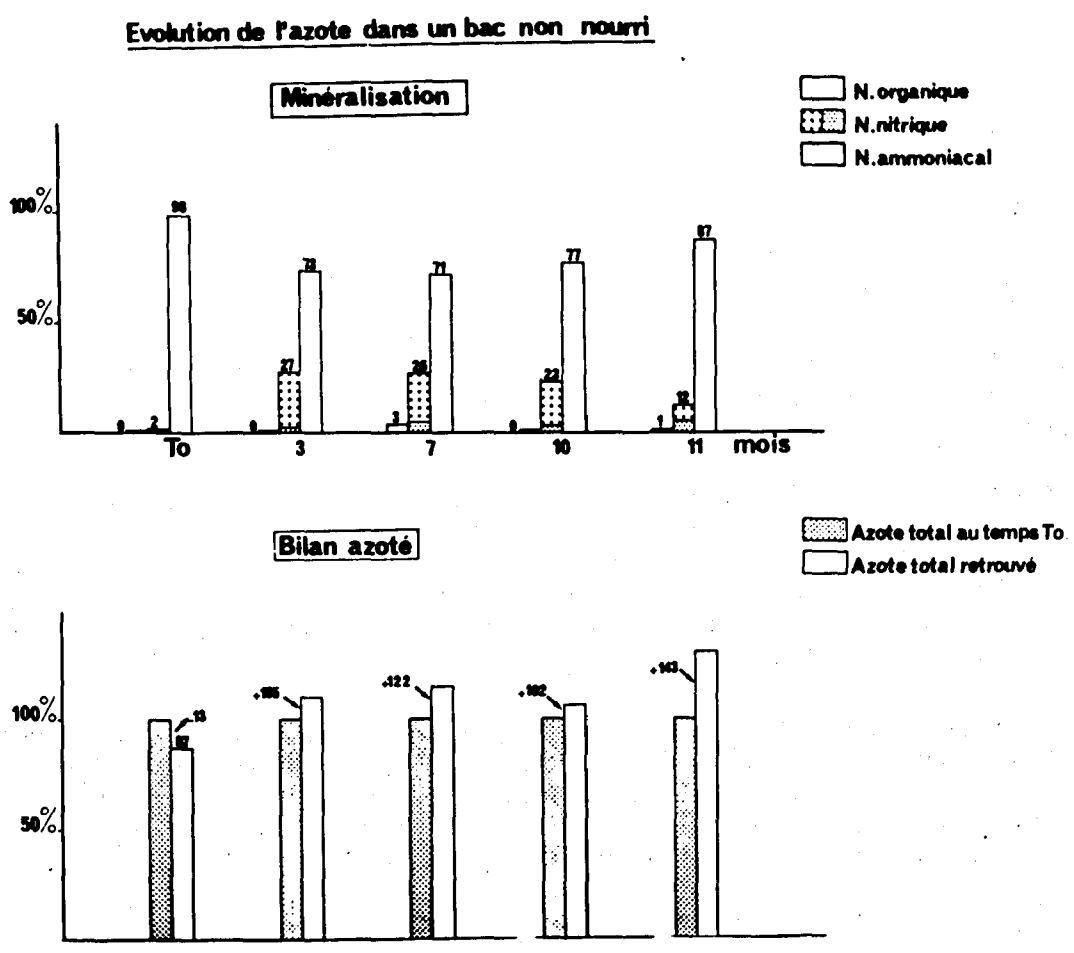


Figure 3 : Evolution de la minéralisation et du bilan azoté dans un bac non nourri.

3 - Pouvoir régulateur du sédiment

Afin de connaître le type d'évolution au cours du temps des teneurs en azote total dans le sédiment et dans l'ensemble des bacs (eau + sable), les ajustements de regression linéaire ont été calculés en faisant l'hypothèse que l'accumulation est un phénomène linéaire. Les équations sont posées avec X exprimé en jours et Y exprimé en μg azote, soit dans le sable du bac, soit dans l'ensemble sable et eau. Les ajustements ont été testés par le test de Fisher (tableau n°2). Seuls les ajustements obtenus dans les bacs mésotrophe (n° 1) et eutrophe (n° 2) sont significatifs à $p < 0.05$ et même $p < 0.01$.

Bac	Equation	F
Atrophe n° 4	Sable $y = 83,71 X + 162981$ Total $y = 143,95 X + 177210$	0,53 0,90
Oligotrophe n°3	Sable $y = 21,92 X + 178090$ Total $y = 124,17 X + 169967$	0,43 5,76
Mésotrophe n°1	Sable $y = 114,37 X + 155502$ Total $y = 244,85 X + 149152$	11,61 * 11,34 *
Eutrophe n°2	Sable $y = 318,37 X + 161993$ Total $y = 318,02 X + 172996$	21,20 * 9,46 *

Tableau 2 : Equation des droites de regression linéaire des teneurs en Azote total dans le sable, et le sable et l'eau des modules expérimentaux. La conformité est testée par le test de Fisher (* * significatif à $p < 0,01$).

La figure 4 montre l'évolution en fonction du temps des teneurs en azote total dans le sable et dans l'ensemble des bacs ainsi que l'évolution de l'azote ajouté régulièrement sous forme d'acides aminés. Quel que soit l'apport contrôlé d'azote, la teneur retrouvée en fin d'expérience dans le sable ou dans sable + eau tend à augmenter avec le temps comme l'attestent les pentes positives des droites de regression.

Il apparaît nettement que le bac non nourri et le bac oligotrophe sont fixateurs d'azote puisque les pentes des droites de regression sont, soit positives, soit supérieures à celles de l'apport contrôlé. Les bacs mésotrophe et eutrophe perdent au contraire une grande partie de l'azote fourni puisque les pentes des droites de regressions sont inférieures à celles de l'apport organique.

Alors que les quantités d'azote sont fournies dans le rapport 0,1, 10, 100, la quantité retrouvée dans le sédiment après deux ans varie au plus de deux fois entre les bacs eutrophe (394 mgat N) et oligotrophe (194 mgat N). Bien que le sédiment retienne une quantité d'azote plus forte en eutrophie (140% de la valeur initiale) qu'en oligotrophie (18% de la valeur initiale), il n'y a pas de relation de proportionnalité entre l'azote circulant et l'azote fixé au sédiment. En absence d'apport externe d'azote, le sédiment pourrait même avoir tendance à fixer plus d'azote (36% de la valeur initiale après deux ans) qu'en présence d'un faible apport de matière organique (18%)

Le sédiment possède donc un pouvoir régulateur et les quantités qu'il fixe ne sont pas le reflet du flux azoté.

Dans l'ensemble des bacs (eau + sédiment), la quantité totale d'azote retrouvée est encore beaucoup plus constante quelles que soient les conditions du fait d'une production plus importante d'azote inorganique dans l'eau circulante en régime mésotrophe et oligotrophe. L'accumulation d'azote du bac eutrophe (405 mgat N) n'est plus que de 1,5 fois celle du bac oligotrophe (262 mgat N) après deux ans d'expérience.

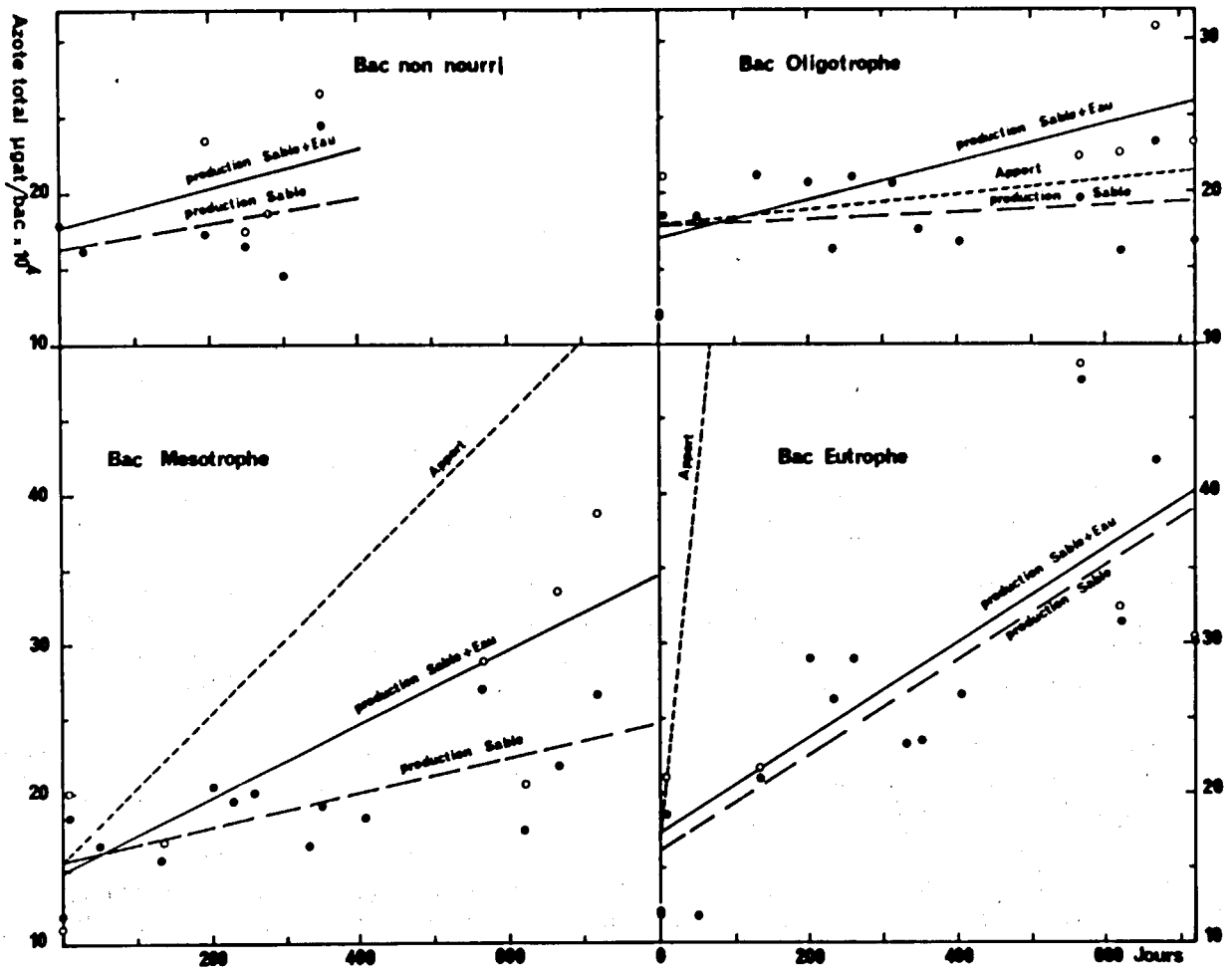


Figure n°4 : Regressions linéaires de l'apport organique et des teneurs en azote total par rapport au temps, retrouvées dans le sable et dans l'ensemble des modules expérimentaux (sable + eau) (•) : azote total dans le sable - (◦) .

Ces résultats rejoignent les observations de PUGH (1976) et confirment les hypothèses de OLIFF et al. (1970) sur le rôle auto-régulateur assuré par le sédiment des plages. La possibilité de réaliser des bilan permet ainsi de clairement mettre en évidence ces mécanismes de régulation de la teneur des sédiments en azote. Par dénitrification en zones eutrophe et mésotrophe et par fixation d'azote en zone oligotrophe, les populations bactériennes pourraient réguler une teneur relativement stable d'azote organique dans le sédiment, dont le niveau n'est probablement caractéristique que de la granulométrie. Elles seraient elles mêmes modulées par les quantités de matière organique circulante.

BIBLIOGRAPHIE

- BOUCHER G. , sous presse - Evolution des caractéristiques chimiques et biologiques des sédiments en circuit clos : II. Effet de la matière organique circulante sur la méiofaune de systèmes polytrophes. Publications Scientifiques et Techniques du CNEXO : Actes et Colloques.
- BOUCHER G. et S. CHAMROUX - 1976 - Bacteria and meiofauna in an experimental sand ecosystem. I. Material and preliminary results. J. exp. mar. Biol. Ecol., 24, p. 237-249.
- CHAMROUX S., BOUCHER G. et P. BODIN - 1977 - Etude expérimentale d'un écosystème sableux. II. Evolution des populations de bactéries et de méiofaune. Helgoländer wiss. Meeresunters., 30, p. 163-177.
- CHAMROUX S. et G. BOUCHER - sous presse - Evolution des caractéristiques chimiques et biologiques des sédiments en circuit clos : I. Evolution des différentes formes de l'azote et des populations bactériennes. Publications Scientifiques et Techniques du CNEXO : Actes et Colloques.
- OLIFF W.D., GARDER B.D., TURNER W.D. et J.B. SHARPS - 1970 - The chemistry of the interstitial water as a measure of conditions in a sandy beach. Water Res., 4, p. 179-188.
- PUGH K.B. - 1976 - An annual cycle, at constant temperature, in a model sandy beach. I. Nutrient chemistry. J. exp. mar. Biol. Ecol., 22, p. 179-192.