

VARIATIONS DES TENEURS EN NITRATES DANS LES EAUX DES SÉDIMENTS SUPERFICIELS DE LA RÉSERVE SOUS-MARINE DE MONACO

Lazaro Vanderlei FERNANDEZ*, François FERNEZ**, Michel BOISSON** et Mireille RICHOU***

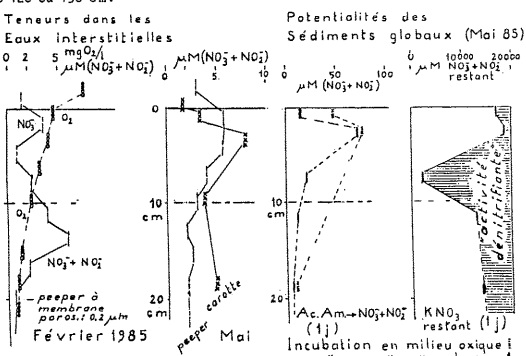
- * Laboratoire de Géodynamique Sous-Marine, CEROV, UA CNRS 725, Villefranche-sur-Mer (France)
- ** Association Monégasque pour la Protection de la Nature, Monaco (Principauté)
- *** Laboratoire de Chimie, Université de Toulon, La Garde (France)

La respiration des organismes benthiques, la forte activité microbienne dans les sédiments marins et l'oxydation de la matière organique entraînent l'utilisation de l'oxygène dissous dans les eaux interstitielles. Il en résulte que l'oxygène libre, qui provient de l'eau de mer sus-jacente, est présent en des teneurs qui décroissent de plus en plus vers le bas. Lorsque les teneurs deviennent trop faibles (ou nulles), les bactéries du sédiment utilisent d'autres oxydants (accepteurs d'électrons) dans l'ordre de leur efficacité au plan énergétique (Frölich et al., 1979; Aller et al., 1985, etc.) : d'abord les oxydes de Mn et les nitrates, puis en milieu encore plus réducteur, les oxydes de Fe et les sulfates, etc...

Les fortes teneurs en O₂ dans les eaux des premiers niveaux des sédiments favorisent la production de nitrates par les bactéries nitrifiantes. Ainsi, les eaux des sédiments superficiels contiennent fréquemment des nitrates en des concentrations nettement plus élevées que l'eau de mer sus-jacente. Du fait de la consommation des oxydants selon la séquence qui vient d'être décrite les teneurs en nitrates devraient décroître progressivement vers le bas, sous l'action des bactéries dénitrifiantes. De tels profils ont souvent été décrits (Billen, 1977; Vanderborght et Billen, 1975; Bagliniere, 1978; etc.).

Toutefois, certains auteurs ont aussi décrit des distributions verticales qui décroissent irrégulièrement avec la profondeur. Nous avons effectué des prélèvements d'eau interstitielles en bordure de la Réserve sous-marine de Monaco (vers -25 à -30m) à l'aide d'un "peeper" (capteur à membrane, avec des logettes superposées, remplies au départ d'eau distillée, et qui sont séparées des divers niveaux des sédiments par une membrane en nylon de 0,2µm de porosité). Le peeper est planté dans les sédiments et est laissé au fond pendant environ 3 semaines, jusqu'à ce que l'équilibre ionique entre l'eau interstitielle et l'eau des logettes soit établi.

L'expérience a été renouvelée à chaque saison en 1984 et en 1985. Les mesures ont montré que, évidemment, les teneurs en nitrates dissous dans les eaux des sédiments les plus superficiels varient considérablement au cours du temps. Les teneurs atteignent des valeurs relativement élevées au printemps et parfois en automne (Novembre). Les mesures ont aussi montré que fréquemment les teneurs étaient plus faibles vers les 5e à 10e cm sous l'interface que vers les 12e ou 15e cm.



Pour trouver l'explication de cette sorte d'anomalie de distribution, des estimations de l'activité enzymatique potentielle ont été faites. Pour cela nous avons utilisé la technique décrite par le Professeur J. Brisou (1982) : un certain volume (par ex. 1cm³) de sédiment est placé dans une solution riche en un Acide aminé, ou en NH₄Cl, ou en KNO₃. Après incubation, on mesure soit le NO₂ produit, soit le NO₃ consommé.

Le ressort de l'expérience que l'activité nitrifiante décroît avec la profondeur à partir du 2e ou 3e cm sous l'interface, mais elle existerait jusqu'au niveau du 2e maximum des teneurs en nitrates (vers le 14 ou 15e cm). De fait, la présence d'oxygène dissous en des teneurs d'environ 1,5 à 2mg/l conduit à admettre que la nitrification (nitration) est effectivement possible jusqu'à ces niveaux. Le minimum de teneurs en nitrates ne serait pas dû à une moindre activité nitrifiante, mais à une activité dénitrifiante nettement plus forte entre le 5e et le 9e ou 10e cm que en dessous ou en dessus. Lorsque la concentration en oxygène dissous devient inférieure à 1mg/l, la nitrification (nitration) semble impossible et les ions nitrates qui arrivent dans ces niveaux anoxiques par diffusion sont aussitôt consommés par les bactéries dénitrifiantes. On passe alors aux niveaux où la sulfato-réduction est le processus dominant.

Le plus fréquemment, les teneurs en nitrates (comme aussi celles en ammoniacale) dans l'eau de mer sont plus faibles que celles dans les eaux des sédiments situés juste sous l'interface. Un flux F s'établit des sédiments vers l'eau de mer sus-jacente. La valeur de ce flux est proportionnelle à la différence des concentrations ainsi que l'indique la loi de diffusion de Fick (Bernier, 1971; Li et Gregory, 1974; Vanderborght et Billen, 1975; etc.) :

$$F = D_s \frac{\Delta C}{\Delta z}$$

ΔC = différence des teneurs entre les 2 niveaux considérés distants l'un de l'autre d'une hauteur Δz.

D_s : coefficient de dispersion; on ne peut pas utiliser directement le coefficient de diffusion ionique D parce que, d'un côté, la diffusion dans les milieux poreux est plus faible que dans l'eau, mais, d'un autre côté, l'action des vagues et des courants près du fond et la bioturbation accélèrent nettement la migration ionique. G. Billen (1977) estime que le coefficient de dispersion atteint fréquemment 5x10⁻⁶ cm²/s dans les faibles fonds, ce qui est le cas de la Réserve de Monaco (-25 à -30m).

En utilisant pour le calcul une valeur de 2x10⁻⁶ cm²/s pour ce coefficient, et en prenant la valeur de 30µM (NO₃⁻) comme différence de concentration sur une hauteur Δz = 1cm on pose F = 2x10⁻⁶ x 30 x 10⁻⁶ M/1000cm³/1cm (Juin 1984).

= 3 x 10⁻¹⁰ M/cm²/s
Soit environ F = 0,8mg(N)/m²/j (cette valeur correspondant à une estimation minimaliste du coefficient de dispersion).

Par ailleurs, au moment de la forte production primaire, la quantité de Carbone utilisé par le phytoplancton pour son développement atteindrait environ 250mg(C)/m²/j devant Monaco (Brouardel et Rink, 1963). A cela correspond une utilisation d'Azote d'environ 40mg/m²/j.

Si l'on compare avec le flux F à partir des sédiments tel qu'il vient d'être calculé (avec un coefficient D_s = 2x10⁻⁶ cm²/s), un/50ème de l'apport en azote proviendrait des sédiments.

Puisque de fait, le coefficient de dispersion est vraisemblablement nettement plus élevé à Monaco (soit environ 2x10⁻⁵ cm²/s), ce pourrait être près du cinquième de l'azote nécessaire au développement phytoplanctonique qui proviendrait des sédiments superficiels. Il est cependant évident qu'une part de l'Azote des sédiments est transformé en N₂ inutilisable, et une autre part, importante, reste stockée, fossilisée en quelque sorte.

ALLER R., MACKIN J., ULLMAN W., CHEN-HOU W., SHING-MINT, JIAN-CAI J., YIONG-NIAN S., JIA-ZHEN H., 1985 - Continental Shelf Research, 4, 172, Pergamon Pr., 227-251.
BAGLINIERE 1978 - Thèse 3e C, Univ. Paris VI, Lab. Géodyn. Villefranche/Mer, 119p.
BERNER R., 1971 - Mc-Graw Hill Book Co., Frank Pr., 240p.
BILLEN G., 1977 - Thèse Univ. Libre Bruxelles, 266p.
BROUARDEL J., RINK E., 1963 - Annales Inst. Océanographique (Paris), XI, 2, 111-162.
FROELICH J., 1982 - Annales Inst. Michel Peche (Toulon), 13, 36-46.
FROELICH P., KLINCKHAMMER G., BINDER M., LUIDIKI N., HIATI G., CULLIN D., DAUPHIN P., HAMMOND D., HARIMAN B., MAYNARD V., 1979 - Geochimica et Cosmochim. Acta, 43, Pergamon Pr., 1075-1090.
LI Y., GREGORY J.P., 1975 - Geochimica Cosmochim. Acta, 38, 703-714.
VANDERBORCHT J.P., BILLEN G., 1975 - Limnology and Oceanography, v.20 (6), 953-961

Travail réalisé dans le cadre d'un contrat des Communautés Européennes ("Ecosystèmes marins")

CHIMIE DES EAUX INTERSTITIELLES DU LAC DE TUNIS - ACTIVITÉ BACTÉRIENNE

A. ADDED

Département de Géologie, Faculté des Sciences de Tunis, Tunis (Tunisie)

Les résultats analytiques des éléments (SO₄⁼, S⁼, NH₄⁺, PO₄³⁻, alcalinité totale Fe⁺⁺ et Mn⁺⁺), dans les eaux interstitielles récoltées par le dialyseur (peeper), témoignent d'une activité bactérienne du type sulfato-réductrice dans le sédiment.

En effet, les concentrations des sulfates diminuent au fur et à mesure qu'on s'enfonce dans le sédiment contrairement à celles de NH₄⁺, PO₄³⁻, S⁼ et de l'alcalinité totale (fig. page 2 - a,b,c,e,f).

Les concentrations minimales de SO₄⁼ et maximales de S⁼, NH₄⁺, PO₄³⁻ et de l'alcalinité totale, sont respectivement égales à 9 mM, environ 2mM, 6 mM, environ 0,04 mM et 22 meq/l.

Au printemps, au mois d'Avril 86, à 13 cm sous l'interface, on assiste à une chute importante des concentrations de sulfures et d'ammoniacale, et à une chute plus faible des concentrations de PO₄³⁻ et de l'alcalinité.

En même temps, à 13 cm sous l'interface, les concentrations des sulfates dans les eaux interstitielles atteignent celles de l'eau surajacente.

Il semble donc que les changements de concentrations de l'hiver au printemps soient imputables à la bioturbation par les polychètes, que nous avons rencontré jusqu'à 13 cm de profondeur dans le sédiment pendant le mois d'avril 1986. En hiver (au mois de janvier) la bioturbation n'existe pas, mais en observant la distribution des sulfates nous pouvons noter qu'à 4 cm sous l'interface, il y a oxydation des sulfures en sulfates.

En été, les concentrations sont très fortes, dès l'interface, du fait de la reprise d'une activité bactérienne intense dans un milieu fortement anoxique.

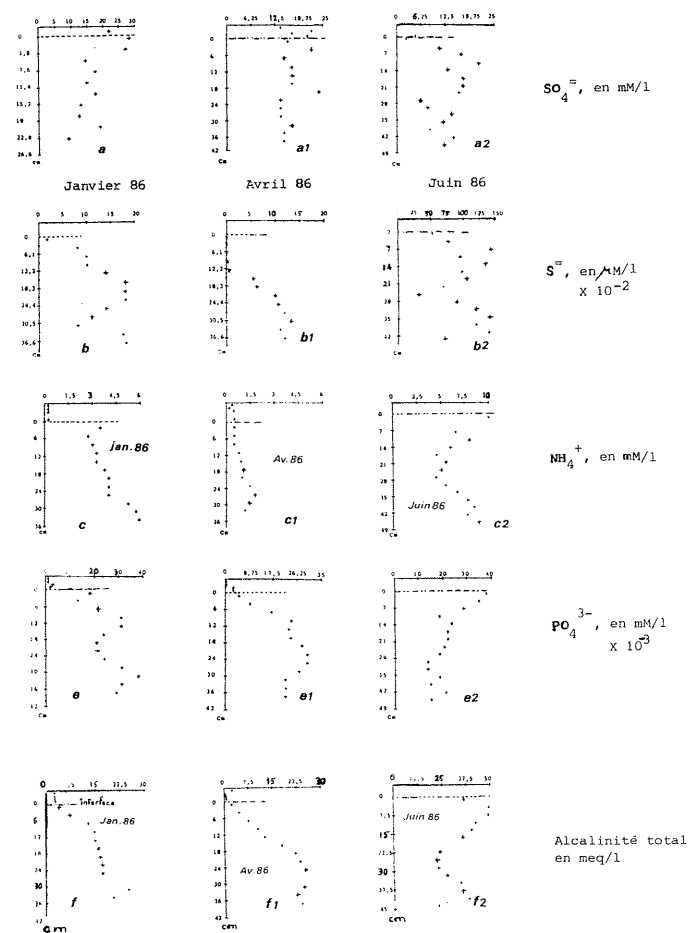
Il semble donc que, dans le lac de Tunis, les distributions des éléments, produits de la décomposition sulfato-réduction de la matière organique, soient modifiées par l'oxydation en hiver, et par la bioturbation par les polychètes au printemps.

En été, il n'y a ni oxydation, ni bioturbation (voir distribution des sulfates. Fig. a2) mais la distribution des éléments dépend d'une activité bactérienne dans le milieu hérité fortement perturbé.

D'autres facteurs comme le taux du carbone organique dans le sédiment et les phénomènes de précipitation minérale, semblent jouer un rôle dans les distributions verticales des éléments.

Références

- Berner R.A., 1971 : Principles of chemical sedimentology MC Graw-Hillbook compagny; 240p.
- Dieter M. Imboden and Abraham Lerman : Chemical models of lakes. Lakes Chemistry Geology Physics edited by A.Lerman; Springer Verlag, New York Heidelberg Berlin.
- Lyons W.B., 1979 : Early diagenesis of trace metals in nearshore long island sound sediments. Ph. D. Univ. Connecticut, 274p.
- Froelich P.N. et al, 1978 : Early Oxidation of Organic matter in pelagic sediments of the eastern equatorial atlantic : suboxic diagenesis. Geochim. et Cosmochim. Acta, 43.
- George W. Kipphut and Christopher S. Martin, : Biogeochemical Cycling in an organic-rich coastal marine basin - 3, Dissolved gas transportin methane-saturated sediments. Geochimica et Cosmochimica Acta 1982. Vol. 46, pp 2049-2060.



Alcalinité totale en meq/l