

Océanographie Biologique. — *Sur la distribution du molybdène en mer et ses relations avec la production primaire.* Note (\*) de MM. Alain Sournia et Jean Citeau, présentée par M. Théodore Monod.

Dans les parages de Nosy-Bé (Madagascar) et dans le centre du canal de Mozambique, la concentration de l'eau de mer en molybdène présente d'importantes variations saisonnières. Près de la côte, dans une zone riche en sels minéraux, une relation probable existe entre la teneur en cet oligo-élément et l'assimilation photosynthétique du carbone ; cette relation fait défaut dans les eaux oligotrophiques. Les résultats mettent en cause la double fonction du molybdène dans le cycle de l'azote : réduction de  $\text{NO}_3$  et fixation de  $\text{N}_2$ .

Le rôle et la distribution du molybdène dans les océans demeurent peu étudiés et mal connus ; il en est de même de nombreux autres éléments-traces (7). La concentration de ce métal dans l'eau de mer s'écarte rarement de l'intervalle 9-13  $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$  [(1), (5), (11)], quelques valeurs probablement erronées étant écartées ; des recherches très récentes au large de l'Afrique (8), entre les îles Canaries et le cap Vert, étendent cette marge de 2,1 à 18,8 mg, sans pouvoir expliquer une telle variabilité. On ne semble connaître jusqu'ici que deux cas de variations systématiques :

— Effet de dilution dans les estuaires [(1), (5)], se traduisant par une relation directe avec la salinité [les eaux douces sont ordinairement beaucoup plus pauvres que la mer en molybdène ; peut jouer aussi dans ces régions une adsorption sur les particules en suspension (11)] ;

— Variations saisonnières : le seul exemple disponible est celui de l'estuaire de Southampton (5) ; les variations observées entre l'hiver et le printemps y sont de faible amplitude, et il n'est pas assuré qu'elles soient de nature biologique.

Il est étonnant que les océanographes-biologistes n'aient encore accordé que si peu d'attention à cet oligo-élément, qui se trouve impliqué en deux points du cycle de l'azote : réduction des nitrates et fixation de l'azote moléculaire. Dans le domaine dulcaquicole, cette lacune a été soulignée par Hutchinson (6), puis comblée par Goldman [(3), (4)], cet auteur ayant démontré expérimentalement le rôle du molybdène en tant que facteur limitant de la production primaire dans un lac californien.

Une étude a donc été entreprise au Centre océanographique de Nosy-Bé (Madagascar), tant au large que sur le plateau continental ; la méthode suivie est adaptée de Tanaka et de Bachmann et Goldman (2).

PLATEAU CONTINENTAL. — Les mesures, réalisées au cours d'un programme conjoint d'hydrologie et de production primaire (10), portent sur deux stations : l'une au fond de la baie d'Ampasindava — celle-ci sujette à un afflux d'eau douce et une accumulation de sels minéraux en saison des pluies —, l'autre plus au large, sur le bord du plateau continental.

Pour l'ensemble de la période étudiée (avril à août 1971), la concentration en molybdène ne diffère pas significativement aux deux stations ; la moyenne de toutes les mesures est de  $10,6 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} \pm 4,9$  (écart-type sur 19 mesures). Par contre,

-7 NOV. 1972

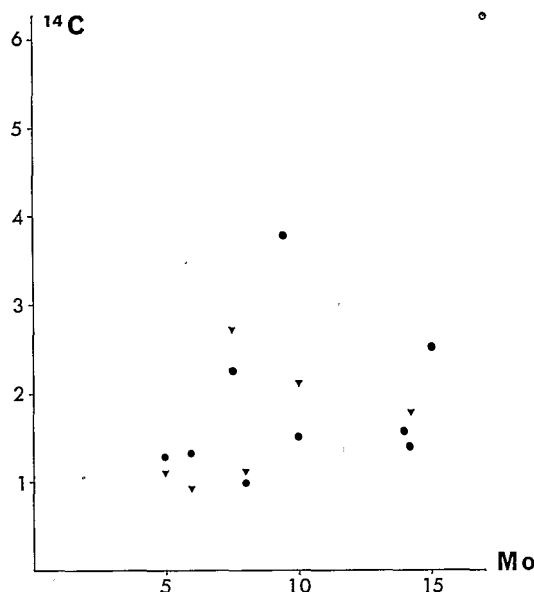
O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

5746 Océan.

pour les deux stations réunies, une variation saisonnière est évidente :  $13,1 \pm 3,4$  ( $n = 13$ ) à la fin de la saison des pluies, contre  $5,0 \pm 2,4$  ( $n = 6$ ) en saison sèche.

La production primaire a été mesurée par la méthode du  $^{14}\text{C}$ , *in situ* d'une part, en incubateur d'autre part, c'est-à-dire sous un éclairage artificiel constant (on sait que ce second procédé fournit un test de « ce que serait » l'activité photosynthétique si elle bénéficiait d'un éclairage sub-optimal). La figure montre que, à la station la plus côtière, la fixation du  $^{14}\text{C}$  en incubateur tend à croître dans le même sens que la concentration en molybdène ; les expériences *in situ* s'intègrent à cette tendance, à condition d'éliminer, comme on l'a fait sur cette figure, les données provenant des niveaux les plus profonds, où l'énergie lumineuse est limitante.



En abscisses : concentration en molybdène,  $\text{mg.m}^{-3}$ . En ordonnées : fixation photosynthétique du  $^{14}\text{C}$ ,  $\text{mg.C.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$ , à partir d'expositions de 6 h, soit *in situ* (triangles), soit en éclairage artificiel (points)

Plus au large, sur le talus continental, aucune corrélation de ce type n'est observée. Si l'on considère que les sels nutritifs y sont moins abondants et la production moindre (<sup>10</sup>), on peut définir comme suit la relation entre production et oligo-élément aux deux stations : l'effet de l'oligo-élément ne se fait sentir qu'après celui des sels minéraux, et dans les conditions optimales d'éclairage.

Une mesure isolée, en mai 1971 dans la baie du Centre océanographique, est d'un intérêt considérable. Ce prélèvement a été effectué dans une « eau rouge » à *Oscillatoria* (= *Trichodesmium*) *thiebautii*, et il fournit la plus forte concentration de tous nos résultats, soit  $22 \text{ mg.m}^{-3}$ . On sait que de fortes présomptions existent pour que ces organismes, à l'instar de bien d'autres Cyanophycées, soient capables de fixer l'azote atmosphérique (<sup>9</sup>).

EAUX DU LARGE. — Deux croisières ont été réalisées (navire océanographique « Vauban ») dans le centre du canal de Mozambique au Sud de l'île Juan de Nova,

en juin puis en octobre-décembre 1971. Dans chaque cas pris isolément, les concentrations en métal sont assez homogènes et ne laissent déceler de variations significatives dans aucune des trois dimensions ; mais si l'on compare comme précédemment les deux saisons, une différence devient manifeste :  $9,4 \pm 0,8$  mg ( $n = 11$ ) en juin,  $12,3 \pm 1,9$  ( $n = 18$ ) à la fin de l'année.

Ces eaux sont pauvres en sels minéraux et peu productives. La relation décrite plus haut fait ici défaut.

DISCUSSION. — Les variations saisonnières rapportées ici sont très accusées. Leur origine nous échappe ; est-elle biologique ? Il est seulement assuré qu'une dilution par l'eau douce n'est pas en cause : les fluctuations de salinité sur le plateau continental (de 30 à 35 ‰ environ) sont beaucoup plus réduites que celles rapportées plus haut [(1), (5)], et ce sont les salinités minimales qui sont ici concomitantes des concentrations maximales en molybdène. Nous regrettons de ne pas disposer de mesures dans l'eau des fleuves de la région, mais pouvons signaler que le lac Amparibe (Nosy-Bé) ne contient que des traces du métal, et que l'eau de pluie en est dépourvue. Quant aux variations dans l'espace, dans les deux domaines néritique et océanique, elles ne nous permettent aucune conclusion sur une relation systématique avec la profondeur ou la position géographique.

Que penser de la relation probable entre production primaire et molybdène ? Il serait hâtif d'en déduire un effet limitant, car celui-ci reste à prouver par un test d'enrichissement ; toutefois, on ne peut plus assurer que la disponibilité « dépasse le plus souvent, et de loin, les besoins biologiques dans les conditions naturelles » (5). A noter que cette relation ne joue que dans les eaux les plus riches en sels azotés (si le molybdène est bien un facteur limitant de la réduction des nitrates, il ne peut intervenir qu'en présence de ceux-ci...). D'autre part, notre prélèvement dans les eaux à *Oscillatoria* met en cause la seconde fonction du molybdène dans le métabolisme de l'azote.

Sous quelle forme l'élément intervient-il dans ces phénomènes ? La méthode utilisée ne permet pas, en effet, de distinguer la phase dissoute de la phase figurée, ni l'état ionique de l'état complexé.

Les recherches actuelles sur la production primaire en milieu aquatique semblent s'être quelque peu détournées du cycle du carbone pour se pencher sur celui de l'azote : nous espérons avoir montré que, dans une telle perspective, le rôle du molybdène ne doit pas être négligé.

(\*) Séance du 28 août 1972.

(1) J. D. BURTON, *J. Cons. perm. int. Explor. Mer*, 33 (1), 1969, p. 103-104.

(2) J. CITEAU, Analyse du molybdène dissous dans l'eau de mer, *Centre ORSTOM Nosy-Bé, docum. scient.*, 29, 1972, p. 1-14 + figures.

(3) C. R. GOLDMAN, *Science*, Washington, 132 (3433), 1960, p. 1016-1017.

(4) C. R. GOLDMAN, in : H. L. GOLTERMAN et R. S. CLYMO, Chemical environment in the aquatic habitat, *Proc. IBP Symp.*, Amsterdam, 1967, p. 229-238.

(5) P. C. HEAD et J. D. BURTON, *J. mar. biol. Assoc. U. K.*, 50 (2), 1970, p. 439-448.

(6) G. E. HUTCHINSON, *A Treatise on limnology*, J. Wiley, 1, 1957, 1 015 pages.

- (7) F. A. RICHARDS, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 10 (4), 1956, p. 241-243.  
(8) J. P. RILEY et D. TAYLOR, *Deep-Sea Res.*, 19 (4), 1972, p. 307-317.  
(9) Références et discussion in : A. SOURNIA, *Année biol.*, 9 (1-2), 1970, p. 63-76.  
(10) A. SOURNIA, *Cah. Off. Rech. scient. techn. Outre-Mer*, série Océanogr. (sous presse).  
(11) K. SUGAWARA et S. OKABE, *J. Earth Sc.*, 8 (1), 1960, p. 93-107. Certains résultats, exprimés ici par rapport à la chlorinité, peuvent prêter à confusion.

*Muséum National d'Histoire Naturelle,  
Laboratoire des Pêches Outre-Mer,  
57, rue Cuvier, 75005 Paris ;  
Centre ORSTOM d'Océanographie,  
B. P. n° 68, Nosy-Bé, Madagascar.*