

LE ROLE DES PARTICULES EN SUSPENSION DANS L'EAU DU NIL EN CRUE DANS LA RÉPARTITION DES SELS NUTRITIFS AU LARGE DE SES EMBOUCHURES

par Youssef HALIM et Selim A. MORCOS

Entre les mois d'août et de novembre de chaque année, le Nil déverse dans la mer environ 34 milliards de tonnes d'eaux limoneuses, lourdement chargées de débris minéraux et organiques divers. Les matières en suspension atteignent environ 4 kg au m³ en amont de l'embouchure (ELSTER et GORGY, 1959). Une sédimentation active se produit par floculation à leur rencontre avec les eaux salées. Le courant est suffisamment puissant toutefois pour transporter la fraction fine du sédiment à des dizaines de milles de l'embouchure (JERLOV, 1951). Quoique la différence de densité retarde beaucoup la mision de ce « *courant du Nil* », large de plusieurs kilomètres, avec les eaux méditerranéennes qu'il traverse, son influence capitale sur l'hydrologie, la productivité et les pêcheries de cette région se fait immédiatement sentir. C'est par mision progressive que les sels nutritifs se propagent graduellement au-delà des limites de ce courant, provoquant et entretenant une augmentation spectaculaire de la productivité du phytoplancton.

Au cours d'un travail effectué précédemment par l'un de nous à l'embouchure de Damiette (HALIM, 1960), un double problème est apparu.

1) Le taux des sels nutritifs (phosphates et silicates) dans les eaux marines adjacentes est largement supérieur à la concentration calculée d'après le degré de mision avec les eaux du fleuve. Dans des eaux mélangées à raison de 9 % avec les eaux du Nil, les silicates ont augmenté de 18 % et les phosphates de 32,7 % environ, par rapport à leur concentration originale. Cette augmentation insolite ne s'observe que dans les premiers jours de la crue. L'accroissement massif de la production du phytoplancton qui s'ensuit a pour effet de réduire aussitôt le taux des sels nutritifs.

2) L'application des méthodes colorimétriques courantes au dosage des sels nutritifs dans les eaux du Nil présente de grandes difficultés, par suite de leur haute turbidité. Les dosages effectués soit après dilution du prélèvement, soit après sédimentation, donnent, respectivement, des résultats trop élevés ou trop faibles.

Une série d'expériences de laboratoire a été entreprise dans le but d'éclairer le rôle joué par les matières en suspension dans ces deux anomalies. Nous en donnons ici les résultats préliminaires.

D'après ELSTER et GORGY (1959), la fertilité du delta du Nil résulte de la sédimentation des phosphates et des nitrates adsorbés sur les particules en suspension dans l'eau du Nil. Environ 90 % des phosphates et les 2/3 des nitrates dissous se déposeraient avec les sédiments.

BIEN, CONTOIS et THOMAS (1958) ont observé l'abaissement trop rapide de la teneur en silicates des eaux du Mississippi débouchant dans le golfe du Mexique. De leurs expériences, ils concluent que les ions SiO₂ adsorbés sont emportés vers le fond par les particules en voie de déposition. Des observations faites sur des suspensions de bentonite, d'oxyde d'aluminium ou de

sédiments du fleuve ont donné une adsorption approximativement proportionnelle à la turbidité. HARVEY (1955) signale l'abaissement apparent de la concentration des phosphates dans les solutions troubles, sans toutefois l'expliquer.

Méthodes.

Les expériences ont été effectuées sur deux sortes d'échantillons : a) des prélèvements d'eau du Nil effectués à l'embouchure (Cl 0.03 ‰), utilisés tels quels sans aucun traitement préalable; b) des suspensoides de poudre fine de verre. La poudre utilisée est traitée au préalable par l'acide sulfurique chaud, rincée soigneusement et laissée à sédimenter pendant 30 minutes dans de l'eau distillée. Le sédiment est écarté, seule la fraction surnageant est retenue pour les expériences. Le suspensoire obtenu par ce procédé est relativement homogène. Il a également l'avantage d'être stérile, ne contenant pas de bactéries marines, et d'être exclusivement composé de particules inorganiques.

Les phosphates sont analysés suivant la méthode de HARVEY (1955). Un facteur f est obtenu par étalonnage du photocolorimètre utilisé, permettant de calculer la concentration de l'échantillon d'après sa densité optique. La turbidité E_t est mesurée en premier lieu et les réactifs introduits. La densité optique est mesurée après 5 à 8 minutes donnant E_r . $(E_r - E_t) f = C_1$, la concentration des phosphates de l'échantillon. Les deux mesures de E_t et E_r sont effectuées dans les mêmes conditions en prenant bien soin de maintenir la solution bien homogène par agitation continue.

Le photocolorimètre utilisé est du type « Hilger Spekker absorptiomètre ». Le facteur f est constant pour toutes les concentrations inférieures à 7.5 $\mu\text{at.g/l}$.

Échantillon	Turbidité E_t	Concentration originale C_1	Concentration finale C_2	Adsorption (%)
Eau du Nil additionnée de 2 μ at.g./l ($q = 2$)	0.125	3.25	4.63	31
	0.175	4.20	5.16	52
	0.295	4.18	5.68	25
	0.423	4.83	6.60	12
	0.445	5.06	5.36	85
Suspensoides artificiels en eau distillée ($q = 2$)	0.357	0.0	0.88	56
	0.456	0.0	0.79	60
	0.577	0.0	0.69	65

TABLE. 1. — Exemples d'adsorption des phosphates par des solutions troubles.

Adsorption des phosphates par les particules en suspension.

A un échantillon d'eau trouble traité comme précédemment (mesure de C_1) est ajouté 1 ml de solution de phosphate, de manière à en augmenter la concentration d'une quantité connue q , généralement 2 $\mu\text{at.g/l}$. C_2 est mesuré, donnant la concentration des phosphates en solution après addition de q . Chaque série d'expériences est accompagnée d'une solution étalon en eau distillée. Les résultats (tabl. 1) s'accordent à démontrer dans tous les cas sans exception l'adsorption d'une fraction plus ou moins grande des phosphates introduits. Les phosphates récupérés ($C_2 - C_1$) sont toujours inférieurs à q .

La fraction adsorbée $[q - (C_2 - C_1)]/q$ est proportionnelle à la turbidité pour les suspensoides artificiels, mais elle est très variable pour les prélèvements du Nil. Ceci appelle quelques remarques.

1) Pour les eaux naturelles, le pourcentage adsorbé ne présente pas de rapport apparent avec la turbidité optique. E_s , en effet, ne représente qu'une mesure globale de la densité optique d'une solution trouble. La structure physico-chimique du sédiment, les dimensions des particules peuvent être différents pour des valeurs identiques de E_t . Dans le cas des eaux du Nil, la turbidité est causée par des matières colloïdales et par des particules organiques et minérales de différentes dimensions, dont les proportions relatives sont variables d'un prélèvement à un autre. Dans des suspensoïdes aussi hétérogènes, la turbidité ne peut qu'être très approximativement proportionnelle à la surface totale adsorbante.

2) En dépit de la présence d'ions phosphates disponibles en solution (C_1 étant supérieur à zéro), la surface adsorbante des particules n'est pas saturée. Entre P_a la quantité adsorbée, et P_d , la quantité disponible il existe un état d'équilibre instable qui peut s'exprimer par :

$$P_a = P_d \times k \quad \dots\dots\dots (1)$$

k est une constante caractéristique de chaque échantillon. Elle dépend de la surface totale adsorbante et de la température. L'addition d'une certaine quantité de phosphates a pour effet de déranger cet équilibre en augmentant P_d . Le retour à l'équilibre s'effectue par l'adsorption d'une nouvelle fraction. Pour une suspension homogène, il y a un rapport bien défini entre le nombre d'ions adsorbés, la surface adsorbante ou le poids du corps adsorbant et la concentration. Elle peut s'exprimer provisoirement par l'équation empirique suivante, modifiée d'après FREUNDLICH (GLASSTONE, 1947) :

$$x/m = k c^{1/n} \quad \dots\dots\dots (2)$$

où k et n sont des constantes, x le poids adsorbé, m le poids de l'adsorbant et c , la concentration finale; x est proportionnel à c pour toute valeur constante de m .

La désorption des phosphates.

Toute augmentation de P_d , comme on l'a vu, provoque l'adsorption d'une nouvelle fraction des phosphates disponibles. Ce phénomène est soit de nature physique et donc réversible, soit dû à une réaction physico-chimique irréversible et permanente.

Afin de s'assurer de la réversibilité de $P_a = P_d \times k$ une série d'essais a été effectuée sur des prélèvements d'eaux troubles et sur des suspensoïdes artificiels, ces derniers additionnés au préalable d'une quantité connue de phosphates.

Chaque prélèvement est divisé en une série de sous-prélèvements dilués dans l'eau distillée et leur concentration déterminée : $E'_r - E'_t = C'_1$. Les exemples du tableau 2 montrent $C'_1/(C_1 \text{ calculé})$ supérieur à l'unité pour toutes les dilutions de plus de 50 %.

Pour les prélèvement dilués à 25 %, $C'_1/(C_1 \text{ calculé}) = 136$ à 161 %; à 10 %, la concentration atteint 554 %. A la fois dans les suspensoïdes artificiels et dans les prélèvements d'eau du Nil la réduction du taux des phosphates par dilution est suivie aussitôt par la libération ou *désorption* d'une quantité considérable des phosphates adsorbés. Le phénomène est donc bien réversible et il s'agit bien d'une adsorption physique à la surface des particules et non pas d'une chemisorption permanente.

Cette désorption par simple dilution des eaux trouble, observée aussi bien dans les conditions naturelles qu'en laboratoire, présente une importance capitale pour la productivité marine autour des bouches du Nil.

Discussion.

Par suite de leur grande surface adsorbante les fines particules d'argile et de silt charriées par le courant du Nil en crue constituent une importante réserve de sels nutritifs adsorbés. Deux processus opposés se produisent à l'embouchure, la sédimentation rapide des particules les moins fines et la dilution graduelle du courant par les eaux marines. Le premier a pour effet de retrancher

du cycle une fraction des sels nutritifs adsorbés; le second, par contre, contribue à enrichir les eaux marines par la désorption progressive des sels adsorbés à mesure que le courant s'éloigne de l'embouchure.

Prélèvement		Dilution (%)	PO ₄ obtenu / PO ₄ calculé (%)
Eau du Nil	I	75	108
		50	129
		25	161
	II	75	90
		50	98
		25	136
III	10	554	
Suspensoïdes artificiels	I	10	120
		5	140
		1	375
	II	10	160
		5	350

TABLE. 2. — Exemples de désorption des phosphates par dilutions progressives.

Cet article constitue un premier rapport sur des travaux actuellement en cours.

Department of Oceanography. Faculty of Science. Alexandrie (Egypte).

OUVRAGES CITÉS

- BIEN (G.S.), CONTOIS (D.E.) et THOMAS (W.H.), 1958. — The removal of soluble silica from fish water entering the sea. — *Geochem. et Cosmochem. Acta*, **14** (1/2) : 35.
- ELSTER (H.J.) et Gorgy (S.), 1959. — Der Nilschlamm als Nährstoffregulator im Nill delta. — *Naturwissen.*, **46** (4), S. 147.
- GLASSTONE (S.), 1947. — Text-book of Physical chemistry. — New York, London.
- HALIM (Y.), 1960. — Observations on the Nile bloom of phytoplankton in the Mediterranean. — *J. Cons.*, **26** (1) : 57-67.
- HARVEY (H.W.), 1955. — The Chemistry and fertility of Sea Waters. — Cambridge.
- JERLOV (N.G.), 1951. — Optical measurement of particle distribution in the Sea. — *Tellus*, **3** : 122-8.