

Cercetări Marine	I.R.C.M.	Nr.11	33 - 49	1978
------------------	----------	-------	---------	------

**CONTRIBUTIONS A LA CONNAISSANCE  
DE LA DYNAMIQUE DES PHOSPHATES ET DES SILICATES  
DES EAUX MARINES DU LITTORAL ROUMAIN DE LA MER NOIRE**

**Adriana Cociașu et Lucia Popa**

Institut Roumain de Recherches Marines - Constanța

**ABSTRACT:**

This work points out certain characteristics of the distribution of the dissolved states of phosphorus and mineral silicium, determined by the hydrological and hydrobiological conditions specific to the years 1976 and 1977.

Les phosphates et les silicates, bien que constituants mineurs de l'eau de mer, présentent une importance considérable quant à l'appréciation de la productivité primaire, étant le premier anneau de la chaîne trophique en mer (1).

Leur manque ou leur présence en quantité insuffisante en mer, limite la production de la matière vivante; c'est pourquoi on les nomme souvent "éléments nutritifs" (4).

Leurs concentrations dans l'eau de mer présentent d'importantes variations, dû tant à leur rôle biologique qu'à l'apport continental de différentes provenances.

**RECHERCHES EFFECTUÉES ET RÉSULTATS OBTENUS**

Le travail ci-présent est fondé sur les observations effectuées dans la période 1976-77, journalièrement dans les

points littoraux Constanța, Agigea et Mangalia, et mensuellement sur un profil Est Constanța (44°10') jusqu'à 30 Mm au large.

On a collecté les échantillons d'eau à l'aide des bouteilles Nansen, aux horizons standard 0, 10, 20, 30, 40 et 50 m, en les analysant ensuite en laboratoire. Les phosphates ont été dosés selon la méthode de MURPHY et RILEY, et les silicates d'après MULLIN et RILEY (4).

Dans la zone étudiée, les éléments biogènes sont caractérisés par d'importantes modifications saisonnières et annuelles, dues tant au cycle biologique auquel ils participent, que surtout à l'influence continentale du secteur nord-ouest du bassin et au régime des courants marins.

Un apport aussi substantiel-spécialement pour la zone de petite profondeur - y ont les déversements d'eaux industrielles et ménagères, périodiquement, qui introduisent en mer d'importantes quantités d'éléments biogènes.

Les résultats obtenus mettent en relief certaines particularités de distribution des éléments nutritifs, caractéristiques aux années 1976 et 1977, déterminées par les conditions hydrologiques et hydrobiologiques spécifiques des années respectives. En continuant les observations de la période 1959-1975 (2), les données obtenues constituent des contributions essentielles pour la connaissance de la dynamique de ces éléments dans les eaux marines du littoral roumain de la mer Noire.

#### LES PHOSPHATES

De nos observations antérieures, on connaît bien qu'à partir de l'année 1969 dans la zone du littoral roumain, mais particulièrement dans sa partie sud, on enregistrait une augmentation appréciable de la teneur en phosphates, comme suite de l'utilisation des engrais chimiques en agriculture et des déversements d'eaux industrielles riches en phosphates, provenant de l'usine de superphosphates de Năvodari - située au nord de Constanța. C'est ainsi que l'on a obtenu, dans le point d'observations Constanța, une moyenne annuelle de la teneur en phosphates de 302,6 µg P/l en 1975 par rapport à la maxima moyenne annuelle de 11,8 µg P/l enregistrée dans la période 1959-1968 (2).

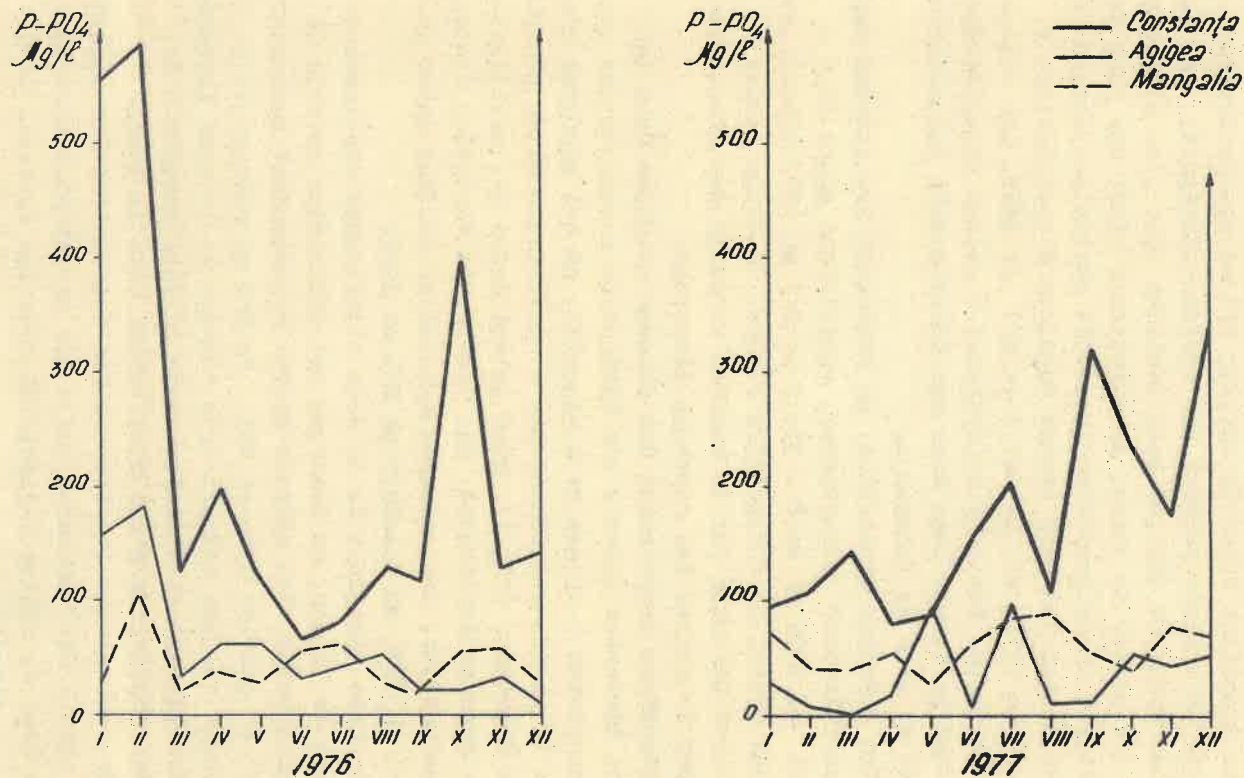
Au cours des années 1976 et 1977 la teneur en phosphate, sans atteindre la valeur de 1975, s'est pourtant maintenue élevée, les moyennes annuelles étant de 221,2  $\mu\text{g P/l}$  et respectivement 171,2  $\mu\text{g P/l}$ . Tout comme pendant les années antérieures, les données obtenues prouvent que les eaux côtières sont plus riches en phosphates que celles du large, en constituant ainsi une zone de grande fertilité et de grande productivité phytoplanctonique. On y signale également les plus larges domaines d'oscillation: 0-2392,0  $\mu\text{g P/l}$  en 1976 et 0-1607,3  $\mu\text{g P/l}$  en 1977. Les valeurs maxima de Constanța, beaucoup supérieures à celles enregistrées au sud ou vers le large, sont dues aux déversements industrielles qui ont lieu au nord de Constanța.

Les moyennes mensuelles, en atténuant les grandes amplitudes des oscillations journalières, oscillaient entre 65,6 - 588,6  $\mu\text{g P/l}$  en 1976 et 80,8 - 338,9  $\mu\text{g P/l}$  en 1977 (Fig.1), sans présenter une dynamique saisonnière claire, le cycle annuel du phosphore étant perturbé par la manière variable des évacuations, ainsi que par le régime des courants littoraux.

L'analyse comparative des données obtenues dans les trois points littoraux atteste une diminution accentuée des quantités de phosphates à Agigea et à Mangalia, ce qui confirme l'existence de la source supplémentaire d'enrichissement en phosphates près de Constanța (Fig.1). Bien qu'ici aussi les oscillations aient eu de grandes amplitudes, les limites de variation étaient beaucoup restreintes, les moyennes mensuelles variant entre 10,6-105,6  $\mu\text{g P/l}$  en 1976 et 1,1-89,3  $\mu\text{g P/l}$  en 1977.

En nous éloignant de la zone d'influence continentale vers le large de la mer, on remarque une diminution notable de la teneur en phosphates, les valeurs maxima représentant seulement 302,0  $\mu\text{g P/l}$  en janvier 1976 et 465,7  $\mu\text{g P/l}$  en octobre 1977. Il faut mentionner que les valeurs très élevées de la zone littorale diminuent brusquement en s'éloignant de la côte jusqu'à 5 Mm, même dans les conditions d'une circulation vers le large.

En poursuivant la distribution saisonnière des phosphates sur le profil Est Constanța, on a mis en évidence certaines différences dues au régime variable de tous les facteurs du milieu de la zone étudiée.



**Fig.1** - Variation moyenne mensuelle de la teneur en phosphates dans les eaux de sud du littoral roumain de la mer Noire.

développement phytoplanctonique de l'hiver, déterminait leur épuisement total (Fig.2).

Il faut mentionner qu'en février 1976 bien que dans la zone côtière de Constanța les concentrations aient été bien élevées durant l'entier mois (la moyenne mensuelle 588,6  $\mu\text{g P/l}$ ) sur le profil Est Constanța l'influence continentale ne fut pas sentie même à 1 Mm, où la valeur maxima signalée, déjà citée, était de seulement 30,1  $\mu\text{g P/l}$ . Cette situation était due à la domination des vents du N et du NNE qui créaient une circulation des eaux superficielles vers le sud et le sud-ouest, sans affecter la zone de haute mer.

Au printemps, on assiste à une augmentation de la teneur en phosphates dans la masse entière de l'eau. Après l'intense consommation de la période février-mars, quand quelquefois la teneur en phosphates diminuait jusqu'à 0, au mois de mai le grand débit des fleuves déterminait l'augmentation des concentrations de phosphates dans l'eau de mer.

En 1976, les phosphates présentaient une distribution assez homogène entre les limites de 22,5-33,5  $\mu\text{g P/l}$ , ayant des valeurs légèrement accrues dans les stations voisines à la côte.

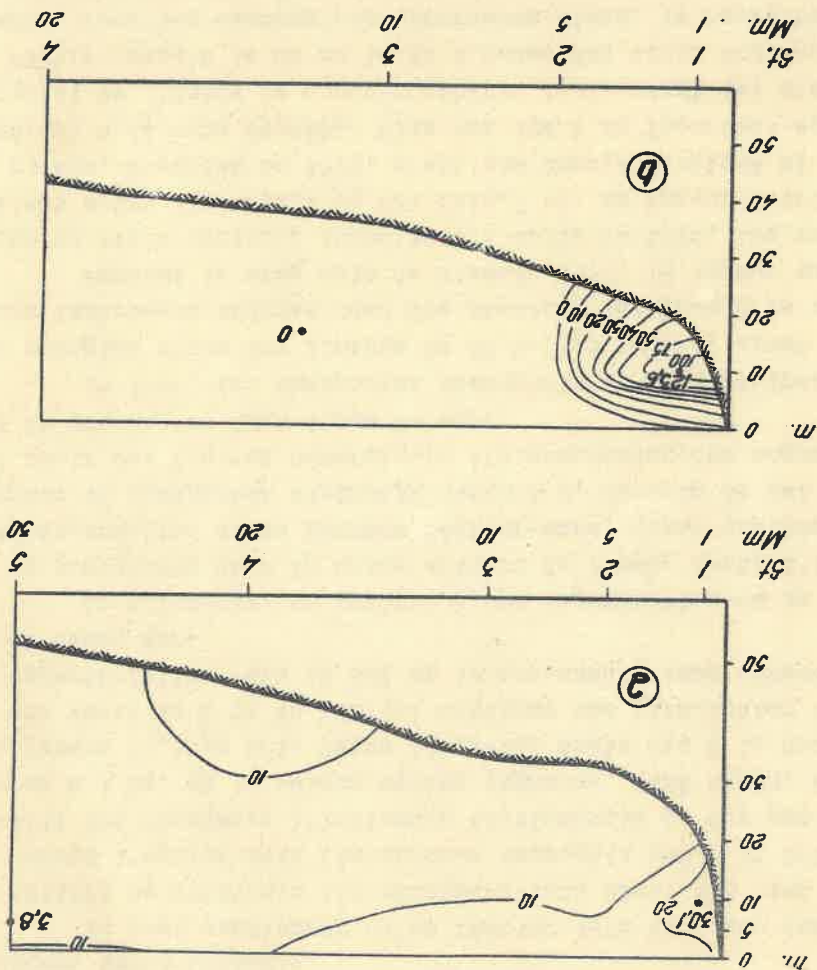
Pendant le même mois de l'année 1977, la teneur en phosphates était beaucoup supérieure à celle de 1976, les valeurs oscillant entre 71,4-291,1  $\mu\text{g P/l}$  (Fig.3 b). La teneur extrêmement élevée, signalée en 1977, n'est pas caractéristique ni à la saison, ni à la zone étudiée. Elle est due à un important apport industriel de l'Usine de superphosphates de Năvodari qui s'est fait sentir jusqu'à 30 Mm au large à cause des vents dominants de la terre. Pour les couches plus profondes d'eau, la haute teneur en phosphates pourrait être déterminée par un courant de fond, caractérisé par de grandes concentrations de phosphates.

Au mois d'août, la teneur en phosphates a beaucoup diminué dans la masse entière de l'eau comme suite du développement intensif du plancton végétal. La maxima enregistrée en 1976 était de seulement 8,6  $\mu\text{g P/l}$  (Fig.4 a). En 1977, les phosphates manquaient presque complètement (Fig.4 b). La répartition des isolignes dans ce cas était influencée par l'enregistrement de deux valeurs nettement supérieures dans les stations extrêmes du profil, déterminées par certains facteurs locaux.

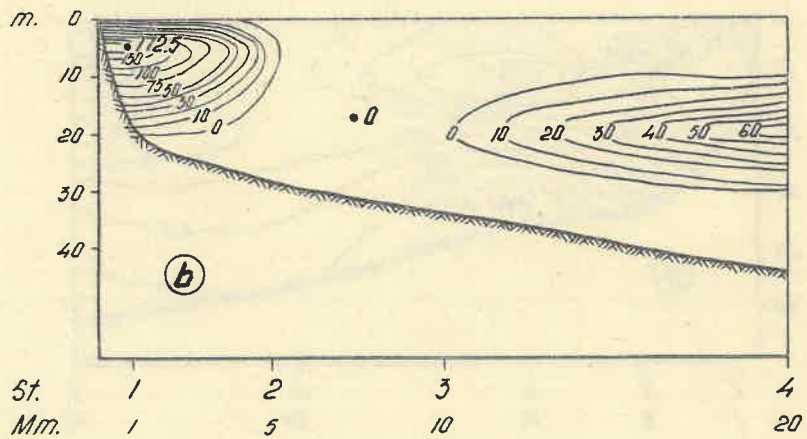
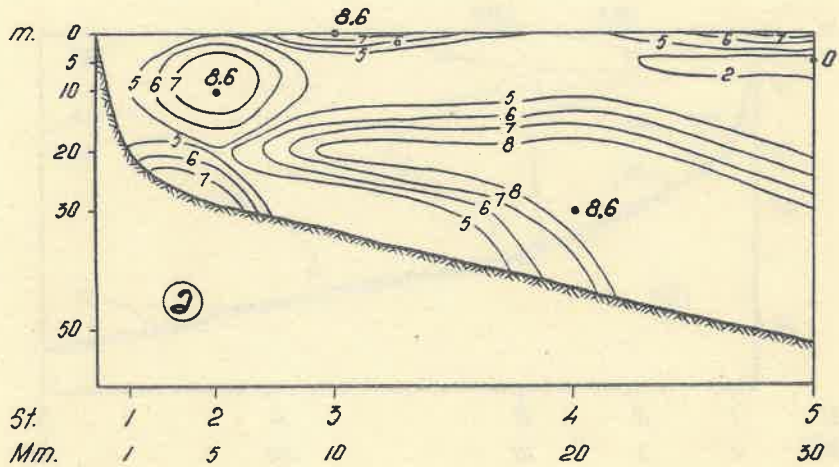
En février, la teneur en phosphates a oscillé entre 3,8-30,1 µg P/l en 1976, et entre 0-23,6 µg P/l en 1977, les maxima étant situés à la station située à la distance de 1 Km, zone directement influencée par la côte (Fig.2). Au reste du profil, la teneur en phosphates a beaucoup diminué. En 1976 les valeurs très faiblement enregistrées se situaient entre 7,0-10,0 µg P/l, tandis qu'en 1977 l'intense consommation des phosphates, comme suite du

37

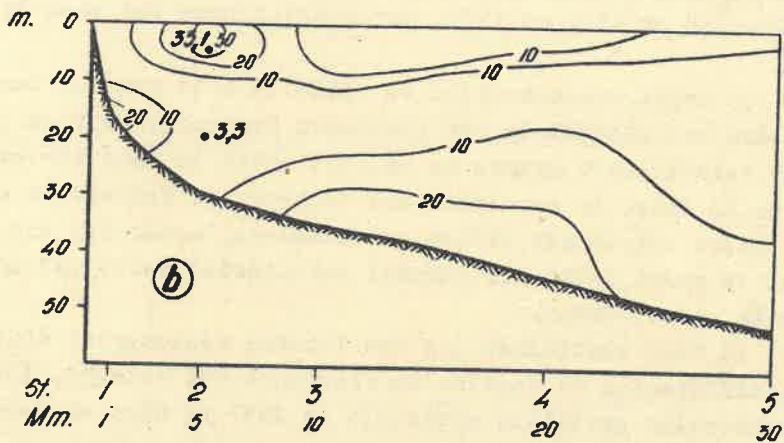
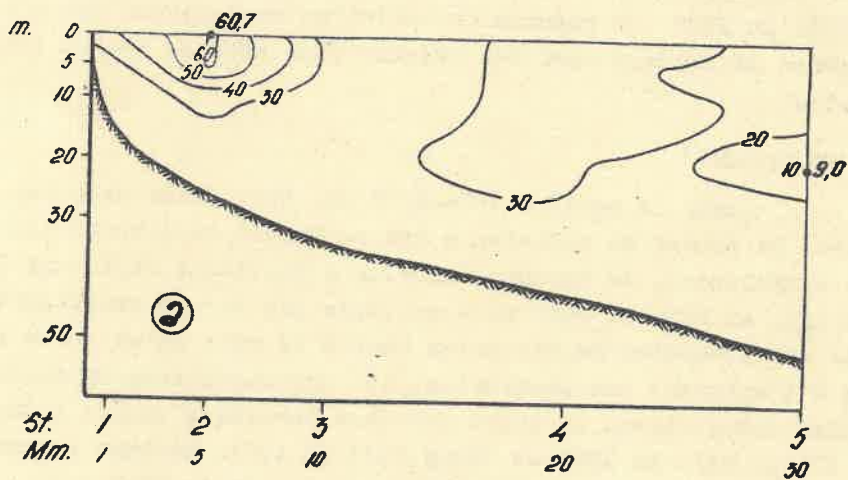
Fig.2 - Distribution verticale des phosphates sur le profil Est - Constanta en février 1976 (a) et février 1977 (b).







**Fig.4** - Distribution verticale des phosphates sur le profil Est - Constanța en août 1976 (a) et août 1977 (b).



**Fig.5** - Distribution verticale des phosphates sur le profil Est - Constanța en novembre 1976 (a) et novembre 1977 (b).

Comme effet des processus de régénération qui commencent en même temps que le refroidissement des eaux superficielles, en automne la teneur en phosphates a augmenté dans la masse entière de l'eau. C'est ainsi qu'en novembre, ayant lieu un intense échange vertical, la distribution des phosphates a eu un aspect assez homogène, ayant des valeurs fréquentes entre 20 et 30 $\mu$ g P/l

en 1976. En 1977, le spectre de variation des valeurs était plus restreint et déplacé vers des valeurs plus petites (5-20  $\mu\text{g P/l}$ ) (Fig.5).

#### LES SILICATES

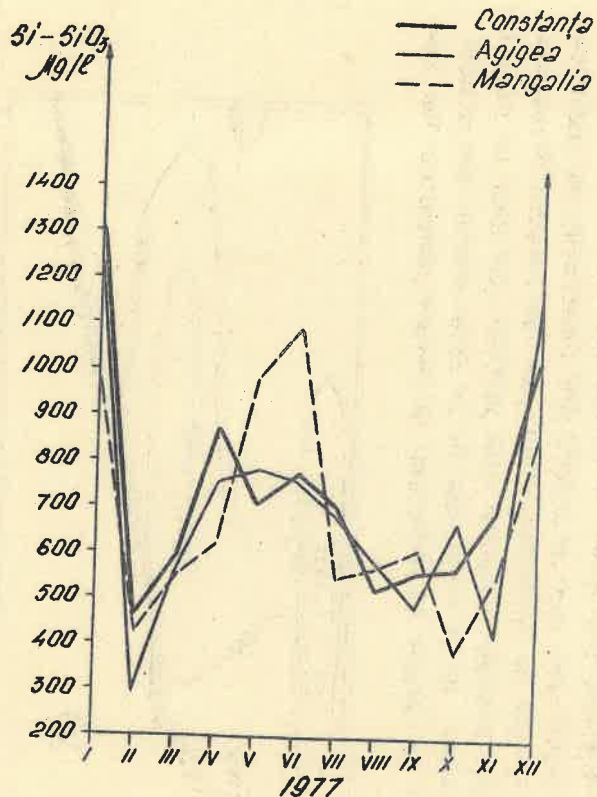
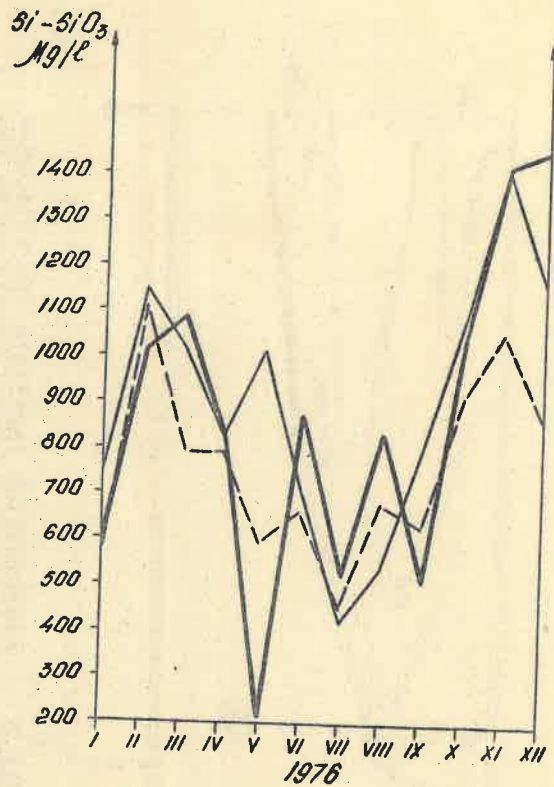
Après la période 1970-1975 où, tout comme pour les phosphates, la teneur en silicium a été nettement supérieure aux années antérieures, la moyenne annuelle à Constanța dépassant 1500  $\mu\text{g Si/l}$  (2), en 1976 et 1977 on a constaté une baisse considérable de la concentration de silicates tant à la côte qu'en haute mer. Mais à l'encontre des phosphates, les concentrations moyennes annuelles enregistrées au cours des deux dernières années à Constanța, 870  $\mu\text{g Si/l}$  en 1976 et 732  $\mu\text{g Si/l}$  en 1977, étaient au niveau de la période 1959-1969. Néanmoins, la teneur en silicates a présenté des variations à grandes amplitudes, 18-2832  $\mu\text{g Si/l}$  en 1976 et 25-3366  $\mu\text{g Si/l}$  en 1977, caractéristiques aux eaux littorales.

La haute concentration du silicium à la surface dans la zone côtière est déterminée par plusieurs facteurs, dont on cite la valeur relativement grande du rapport entre la longueur et la surface de la côte, le caractère des rochers qui forment la côte, les particules argileuses riches en silicates, apportées par les vents, et le grand débit continental caractérisé aussi par une teneur élevée en silicates.

Il faut mentionner que les limites rencontrées étaient beaucoup différentes du domaine de fréquence des valeurs, les moyennes mensuelles oscillant entre 210 et 1457  $\mu\text{g Si/l}$  en 1976 et 460-1301  $\mu\text{g Si/l}$  en 1977 (Fig.6).

Sauf quelques exceptions déterminées par le régime des courants de la zone littorale, la teneur en silicates des eaux de la zone Mangalia était plus réduite que celle de Constanța. Les plus grandes différences étaient signalées en novembre et décembre 1976 et en janvier 1977 (363  $\mu\text{g Si/l}$ ; 594  $\mu\text{g Si/l}$  et respectivement 317  $\mu\text{g Si/l}$ ) (Fig.6).

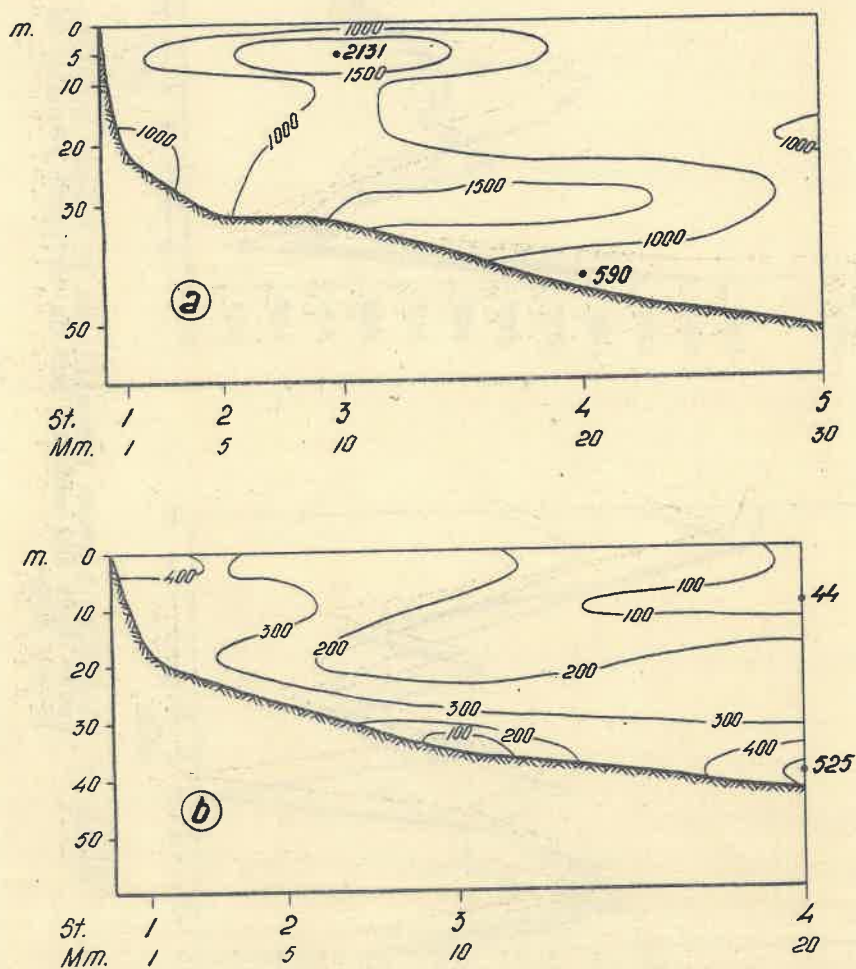
En ce qui concerne la dynamique annuelle des silicates dans la zone littorale, on remarque une distribution saisonnière à des valeurs réduites pendant les périodes avec une intense activité biologique, et à valeurs élevées en hiver, comme suite des



**Fig.6** - Variation moyenne mensuelle de la teneur en silicates dans les eaux du sud du littoral roumain de la mer Noire

processus de régénération après le déclin des diatomées.

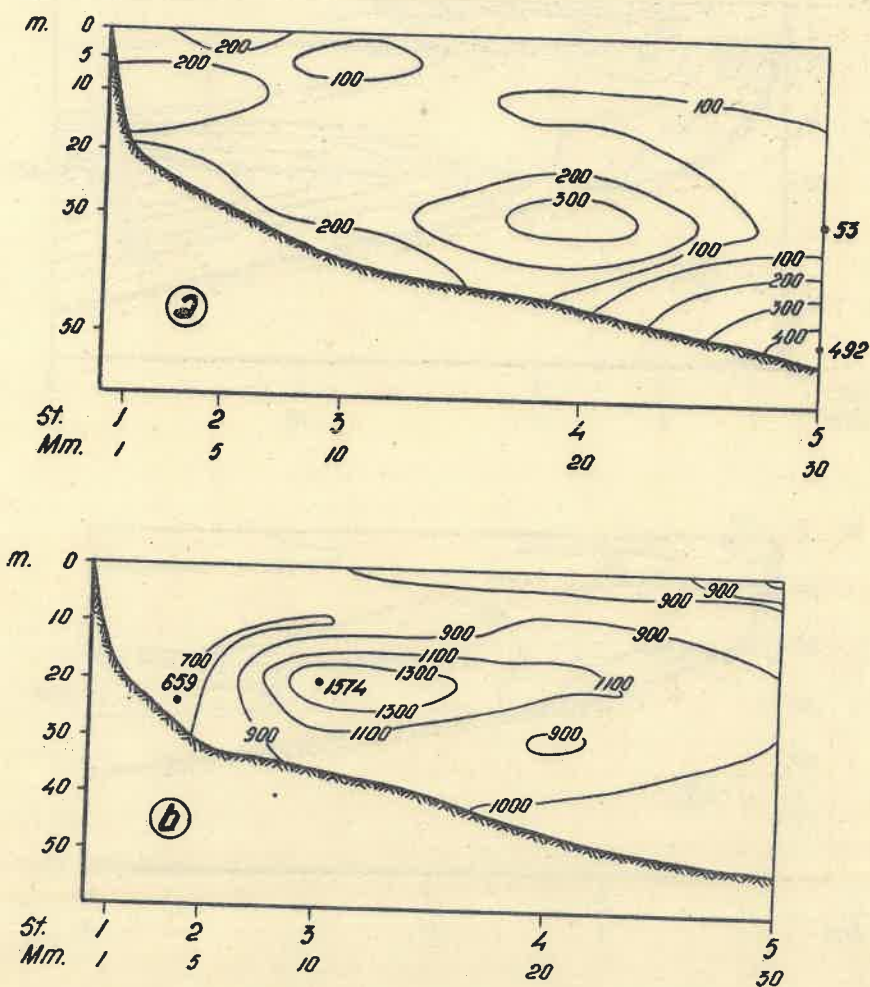
En haute mer, sur le profil Est Constanța, on constate que les eaux de mer se caractérisaient par des valeurs relativement homogènes, presque toujours plus petites que dans la zone de petite profondeur, où le voisinage de la côte exerce une grande influence sur la teneur en silicium. On trouve néanmoins des ex-



**Fig.7** - Distribution verticale des silicates sur le profil Est - Constanța en février 1976 (a) et février 1977 (b).

ceptions, la teneur en silicates s'augmentant à mesure de l'éloignement de la côte, dû au régime des courants marins de la zone respective.

En hiver (au mois de février), tout comme pour la zone côtière, la teneur en silicates dans la couche 0-50 m était plus petite en 1977. Si en 1976 les valeurs oscillaient entre

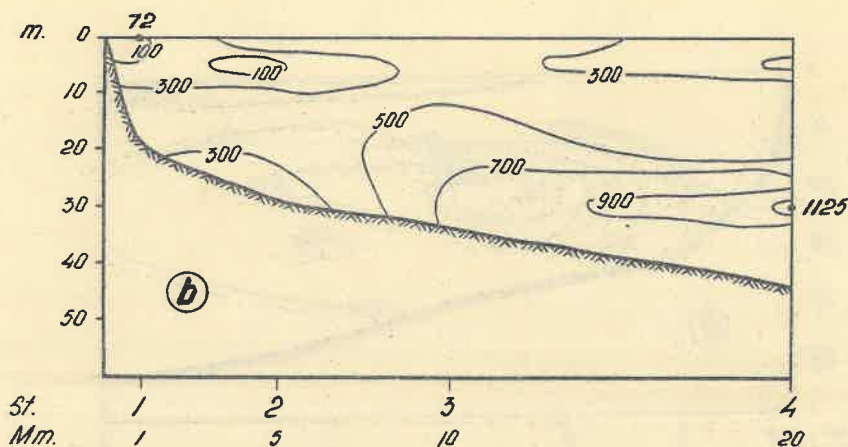
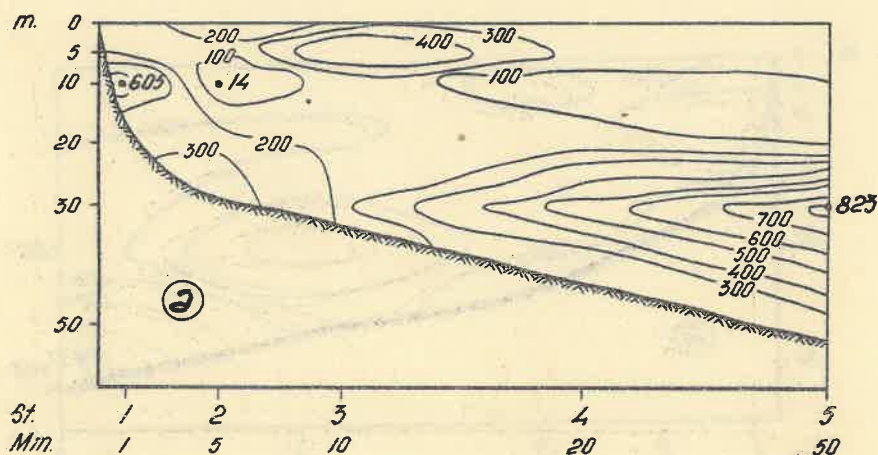


**Fig. 8** - Distribution verticale des silicates sur le profil Est - Constanța en mai 1976 (a) et mai 1977 (b)

500 et 1500 $\mu$ g SI/l, en 1977 la valeur maxima était de seulement 525 $\mu$ g SI/l (Fig.7).

Les concentrations réduites du mois de février 1977 - les plus petites de toute l'année - s'expliquent par l'intense consommation due à la floraison du phytoplancton en hiver.

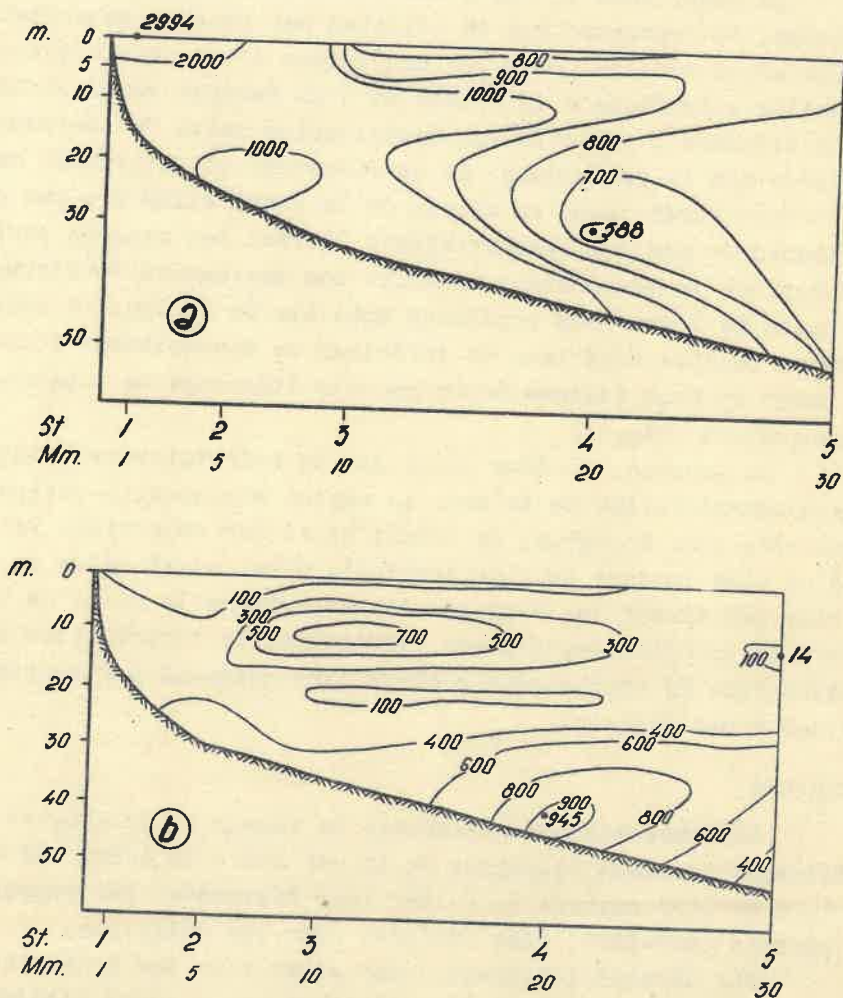
On a constaté également des quantités réduites de sili-



**Fig.9** - Distribution verticale des silicates sur le profil Est - Constanța en août 1976 (a) et août 1977 (b).

câtes pendant les mois de mars et d'avril 1977, comme suite de la même cause.

Au mois de mai, tandis qu'en 1976 la teneur en silicates a beaucoup diminué (le spectre de variation des valeurs étant de seulement 51-492  $\mu\text{g Si/l}$ ), en 1977, bien que pendant une période d'intense activité phytoplanctonique, on enregistrerait une aug-



**Fig. 10** - Distribution verticale des silicates sur le profil Est - Constanța en novembre 1976 (a) et novembre 1977 (b)

mentation appréciable, les valeurs oscillant entre les limites 659-1514 $\mu$ g Si/l (Fig.8).

De même que pour les phosphates, ces valeurs élevées  $\mu$  qui ne sont pas habituelles à la saison et à la zone étudiées, étaient dues aux apports continentaux favorisés par la domination des vents de la terre.

En août, vers la fin d'une période à intenses processus biologiques, la concentration de silicium des couches superficielles était assez réduite. Dans les conditions d'une stratification thermosaline spécifique à la saison et d'un échange vertical réduit, le silicium a présenté une distribution nette de croissance des valeurs par la profondeur. La consommation des silicates des couches supérieures jusqu'au niveau de la thermocline n'a pas pu être recouverte par les concentrations élevées des couches profondes, parce que la thermocline limitait les mouvements verticaux de la masse de l'eau. Les gradients très élevés de densité déterminent aux couches supérieur et inférieur un comportement différent, comme de deux fluides entre lesquels l'échange de substance est presque nul (Fig.9).

En automne, en même temps que le refroidissement des couches superficielles de la mer, le régime thermosalin obtient un caractère plus homogène, en créant ainsi des conditions favorables à un plus intense échange vertical. C'est ainsi qu'en novembre, bien que durant les deux ans d'observations la gamme de concentrations enregistrées eût été différente, la distribution des silicates dans la couche 0-50 m était plus homogène par rapport à la saison d'été (Fig.10).

#### CONCLUSIONS

Les observations concernant la teneur en phosphates et en silicates des eaux roumaines de la mer Noire au cours des années 1976 et 1977 mettent en relief leur diminution par rapport à la période 1969-1975, plus évidente pour les silicates.

Nos données indiquent, tout comme pour les années antérieures, l'existence dans la zone littorale d'un excès d'éléments biogènes d'origine terrestre qui crée aux eaux côtières un degré plus élevé de fertilité.

Les concentrations extrêmement grandes de la zone cô-

tière, dues aux apports d'eaux fluviales, industrielles et ménagères, diminuent vite à mesure qu'on s'éloigne de la côte, les masses d'eau du large de la mer ayant une teneur plus réduite et plus homogène en éléments biogènes.

En participant aux processus biologiques du milieu marin, ces éléments présentent une dynamique saisonnière plus ou moins évidente, dépendant des particularités du régime climatologique et hydrobiologique des années respectives. Cette distribution est moins accentuée dans le proche voisinage de la côte, où la consommation des nutriments dans les processus biologiques est vite refaite par l'apport continental.

Pour les zones de haute mer, spécialement dans la période de forte stratification thermique, on remarque la tendance d'augmentation de la concentration par la profondeur, plus évidente au-dessous de l'horizon de 30 m. En même temps, on remarque une couche intermédiaire, ayant des valeurs plus réduites que celles des couches superficielles, couche située au voisinage de la thermocline, là où l'on rencontre pendant la saison respective les agglomérations phytoplanctoniques.

Les phosphates, à l'encontre des silicates, présentent pendant les périodes à intense activité biologique des baisses de la concentration jusqu'à l'épuisement total; c'est pourquoi on leur attribue le rôle de facteur limitatif dans le développement du phytoplancton marin.

#### BIBLIOGRAPHIE:

1. BRUEVICI S.V. - 1953 - *Himlea i biologhiceskaia produktivnosti*, Cernogo Morea. Tr.Inst.Okeanol. AN.SSSR, 7: 11-56.
2. COCIASU A., POPA L. - 1976 - Dynamique des phosphates et des silicates des eaux marines du littoral roumain de la Mer Noire dans la période 1959-1975. Cercetări marine, 9: 41-58.
3. DOBROJANSKAIA M.A. - 1963 - Rejima fosfatov i nitratov v Cernom More. Referat po Sovescenii Akad.Nauk, SSSR.
4. IVANOFF A. - 1972 - Introduction a l'Océanographie. Libraire Vuibert, Paris.
5. STRICKLAND J.D.H. , PARSONS T.R. - 1972 - A Practical Handbook of Sea Water Analysis. Fish.Research. Board of Canada.