

Cercetări marine	I.R.C.M.	Nr.14	77-89	1981
------------------	----------	-------	-------	------

CONSIDÉRATIONS SUR LE RAPPORT N/P DANS LES EAUX MARINES DU LITTORAL ROUMAIN DE LA MER NOIRE

Iulia Voinescu, Adriana Cociașu et Liliana Dorogan

Institut Roumain de Recherches Marines - Constanța

ABSTRACT:

The paper presents some considerations on N/P ratio in Danube water at Sulina and sea water from the littoral zone of Constantza and Mangalia and also in limits of 30 Km East from Constantza (0-50 m depth). The authors correlate the seasonal variations with antropic influences and biological cycle of phytoplankton.

CONSIDERATIONS GENERALES

Parmi les facteurs primordiaux qui influencent directement la production primaire des mers et des océans il y a les éléments biogènes, et de ceux-ci, particulièrement les sels d'azote et de phosphore. Entre les éléments nutritifs des eaux des mers il faut exister un certain rapport, de manière qu'il permette une appréciable productivité primaire. Dans le cas de l'azote et du phosphore, le rapport qui assure le développement optimal du phytoplancton est 7:1. Dès 1926, HARVEY avait mentionné que ces deux anions trophiques de l'eau de mer sont utilisés par le phytoplancton en rapport constant, fait confirmé par les observations ultérieures (4). L'utilisation simultanée de l'azote et du phosphore détermine, en conditions normales, un rapport N/P constant (5).

L'observation est valable pour beaucoup de masses d'eau, mais en certaines zones de l'océan mondial peuvent apparaître des variations significatives, comme suite des influences d'origine terrestre. Ainsi, on a signalé des valeurs extrêmement grandes du rapport N/P en Méditerranée, tandis que dans les eaux de l'Atlantique de Sud le rapport de ces deux nutriments a atteint des valeurs très réduites (8). De très grandes variations de ce rapport sont fréquemment rencontrées dans les eaux de surface des mers, étroitement lié au cycle biologique du phytoplancton. C'est ainsi que le rapport N/P peut se réduire beaucoup, se rapprochant du zéro, immédiatement après le développement du phytoplancton qui a consommé la plupart des sels d'azote.

Les eaux de mer du littoral roumain sont soumises, d'une part, à l'influence des eaux du Danube qui ont un taux élevé de sels d'azote et d'autre part, à l'influence de différentes sources de déversement d'eaux usées industrielles ou ménagères. Comme suite, les valeurs du rapport N/P varient entre de très grandes limites, étant une résultante de ces influences.

Bien que le rapport N/P soit bien analysé et connu pour beaucoup de secteurs marins (1, 4, 7), les données présentées dans ce travail constituent les premières observations concernant ce rapport pour le littoral roumain.

En vue de calculer le rapport N/P, on a déterminé les trois formes d'azote minéral (nitrates, nitrites et ammoniac) ainsi que le phosphore sous forme de phosphates, d'après les méthodes indiquées dans la littérature spécialisée (3, 11). Les résultats présentés concernent la période décembre 1979 - novembre 1981, et ils sont basés sur les valeurs moyennes mensuelles des paramètres analysés, déterminés journalièrement à Constanța, Mangalia et Sulina, et mensuellement sur le profil Est-Constanța (dans les cinq stations situées à 1; 5; 10; 20 et 30 milles marins distance de la côte, horizons 0-50 m).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Ce qui caractérise le rapport N/P de l'eau de mer de la zone étudiée au cours des deux années, ce sont les valeurs extrêmement élevées, conséquence de la puissante eutrophisation des

eaux de ce secteur. Une première cause de cette eutrophisation est l'apport d'eaux danubiennes ayant une haute teneur en sels d'azote, en augmentant ainsi la concentration de ces composants dans l'eau de mer. Cette influence est plus forte dans la partie nord du littoral, en diminuant petit à petit vers le sud, dû à la prédominance de la circulation des eaux de mer sur la direction nord-sud, caractéristique pour le secteur ouest de la mer Noire (10).

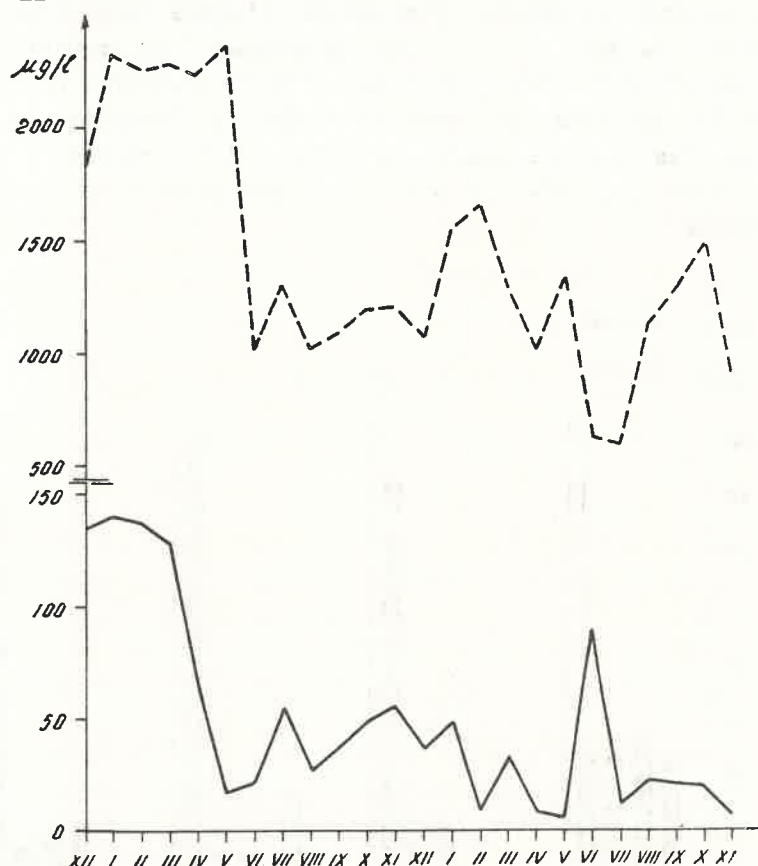


Fig.1 - Valeurs moyennes mensuelles de ΣN (---) et des phosphates (—) à Sulina en 1980 et 1981

La preuve du rôle du Danube dans l'eutrophisation des eaux littorales est constituée par la très haute concentration de l'azote minéral total de l'eau fluviale, rencontrée au cours des

deux années (Fig.1). Les concentrations maximales, de $2350 \mu\text{g N/l}$ en 1980 et $1650 \mu\text{g N/l}$ en 1981, ont été atteintes pendant la période d'hiver - printemps. Par rapport aux valeurs élevées des sels d'azote, la concentration du phosphore, bien qu'à des plus hauts niveaux que dans l'eau de mer, a été plus réduite. Comme suite, les valeurs du rapport N/P ont été élevées durant tout cet intervalle. Généralement, les variations saisonnières sont réduites et, ainsi qu'il résulte de l'histogramme (Fig.2), les valeurs du rapport N/P supérieures à 20/1 prédominent. On a enregistré des écarts pendant la saison d'hiver de l'année 1980, quand ainsi l'azote que le phosphore se sont maintenus à de grandes valeurs, et le rapport N/P a enregistré une distribution plus homogène par classes de grandeur, de même au cours de l'automne de l'année 1981. Les très grandes valeurs du rapport N/P (trouvées pour cette saison) sont dues cette fois à la concentration très diminuée des phosphates.

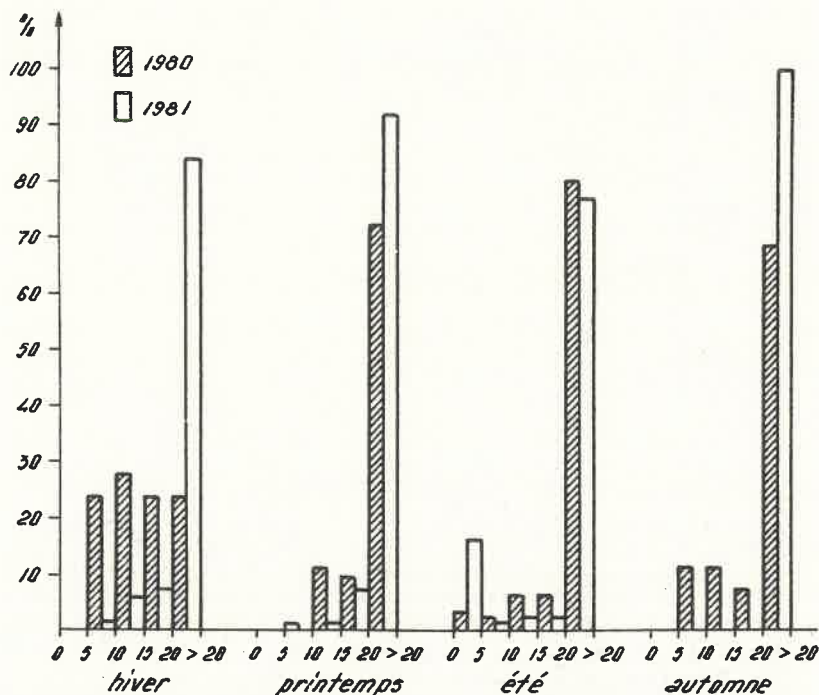


Fig.2 - Histogramme des valeurs du rapport N/P de l'eau du Danube à Sulina en 1980 et 1981

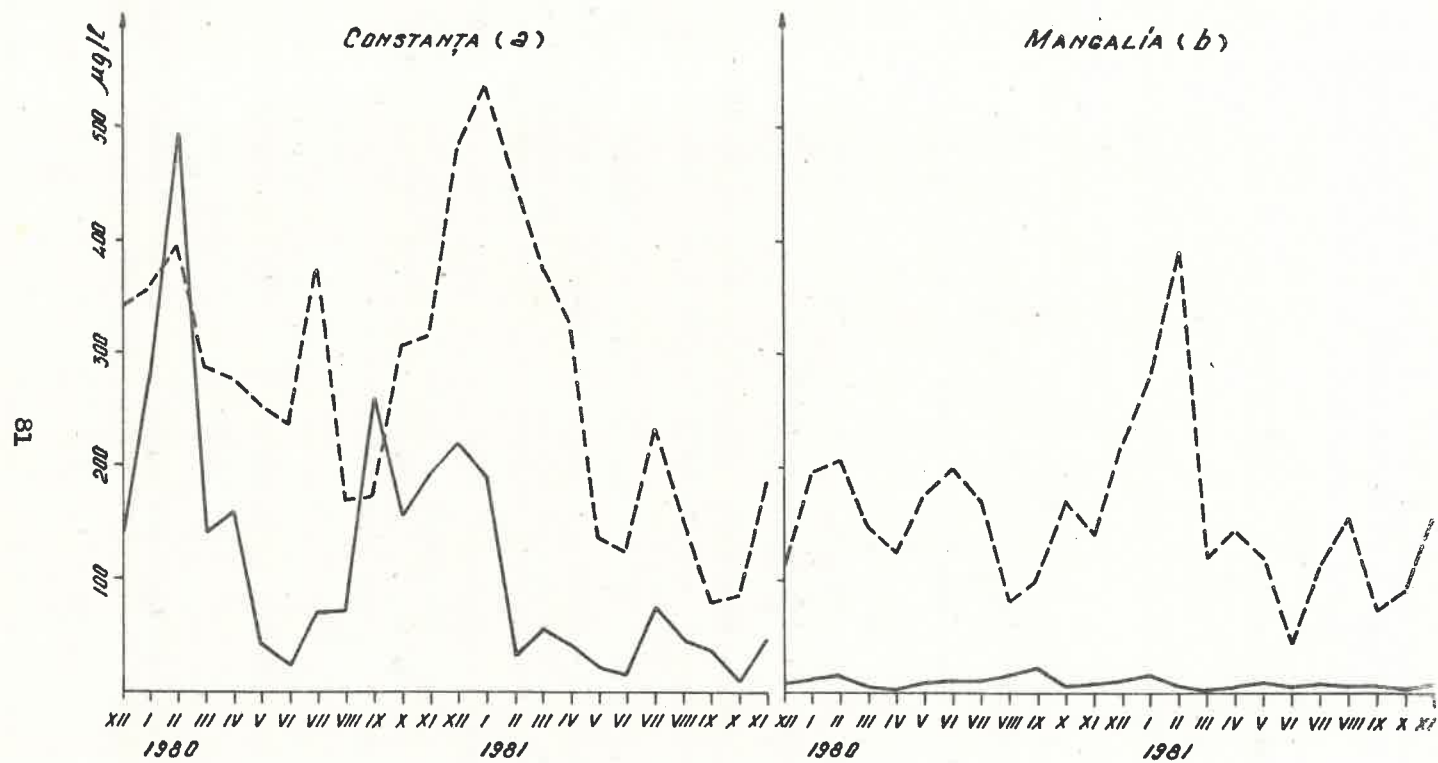


Fig.3 - Valeurs moyennes mensuelles de ΣN (---) et des phosphates (—) à Constanța (a) et Mangalia (b) pendant la période décembre 1979 - novembre 1981

Les eaux marines côtières de la zone située dans le proche voisinage des embouchures des fleuves constituent un cas particulier pour les valeurs du rapport N/P. Dans ces eaux, comme conséquence de l'abondance des sels d'azote apportées par les eaux fluviales, le rapport N/P varie entre de très grandes limites, atteignant souvent des valeurs de centaines et milliers par un. La partie ouest de l'Adriatique en constitue un exemple, dans la zone des embouchures du Pô (9), situation ressemblante à celle de notre littoral.

Dans l'eau de mer de la zone à petite profondeur, à Constanța et à Mangalia, les valeurs élevées du rapport N/P sont caractéristiques pour la période étudiée, étant donné qu'à l'influence des eaux du Danube s'ajoute l'apport des eaux usées industrielles ou ménagères. On a rencontré une situation d'exception au cours de l'hiver et de l'automne de l'année 1980 quand, grâce aux déversements abondants en eaux usées industrielles, riches en phosphates, au nord du point d'observation Constanța, leur concentration dans l'eau de mer s'est maintenue élevée (Fig. 3a). Pendant ces saisons la quantité de phosphates a dépassé celle de l'azote minéral, ce qui a déterminé des valeurs réduites du rapport N/P, prédominant, telles qu'elles résultent de l'histogramme, la classe de grandeur 0-5 (Fig. 4).

La concentration des deux anions trophiques dans l'eau de mer à Mangalia a été plus petite (Fig. 3 b), comme suite de la diminution de l'influence du Danube et des déversements d'eaux usées d'origine terrestre. Étant donné que cette diminution est beaucoup plus accentuée dans le cas du phosphore, les valeurs du rapport N/P se maintiennent élevées. En analysant la distribution par classes de grandeur des valeurs du rapport N/P, on observe que celle-ci est relativement homogène (Fig. 5).

Le développement intense des peuplements phytoplanctoniques a impliqué, au printemps surtout, mais aussi en été, une consommation augmentée des sels avec azote et phosphore. Néanmoins, par rapport aux valeurs des phosphates qui diminuent beaucoup, la concentration des sels à azote se maintient à des valeurs élevées, ce qui explique les hautes valeurs du rapport N/P, phénomène plus accentué à Mangalia au printemps. La plus importante contribution à la grande concentration des sels d'azote, enregis-

trée en été, appartient aux sels d'ammonium, résultées par la suite du processus de minéralisation de la matière organique, processus intense pendant cette période chaude de l'année.

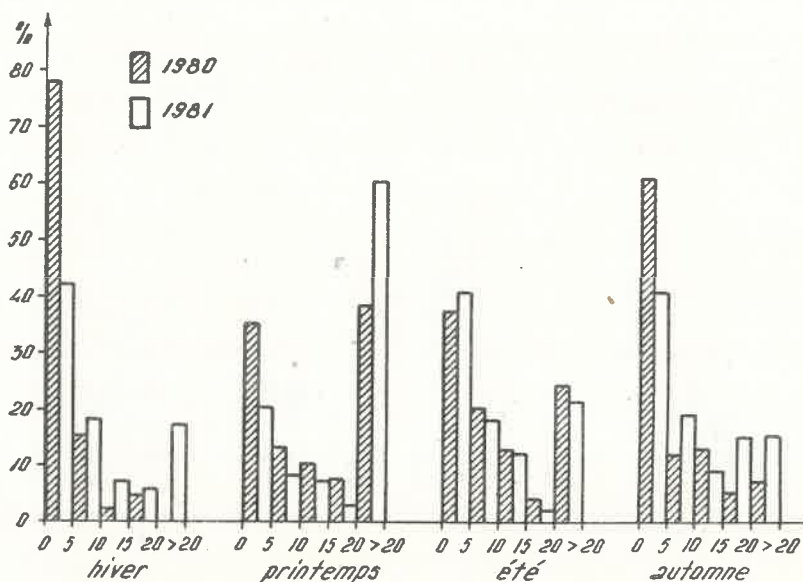


Fig.4 - Histogramme des valeurs du rapport N/P de l'eau de mer à Constanța en 1980 et 1981

Ce qui caractérise l'année 1981 c'est le maintien de la concentration des sels d'azote à des valeurs élevées, et la diminution accentuée du taux de phosphore de l'eau de mer, par rapport à l'année 1980. Comme suite, le rapport N/P a enregistré des valeurs plus hautes par rapport à l'année antérieure. Ainsi, par exemple, à Constanța, la valeur maximale du rapport N/P en 1980 a été 79/1 par rapport à 447/1, le maximum atteint en 1981 (au printemps).

Une autre caractéristique de l'année 1981 en ce qui concerne les paramètres analysés, ce sont les valeurs extrêmement élevées des sels à N trouvées en hiver ainsi à Constanța (plus de 500 µg N/l) qu'à Mangalia ($\approx$ 400 µg N/l). Les observations hydrologiques indiquent pour cette période une circulation intense sur la direction sud, ce qui permet la corrélation des hautes valeurs des sels d'azote avec l'apport des eaux fluviales, qui se sont

ressenties jusqu'au secteur Mangalia. Ainsi on peut expliquer le taux élevé des grandes valeurs enregistrées par le rapport N/P dans l'eau de mer à Mangalia pendant l'hiver de cette année (Fig.5).

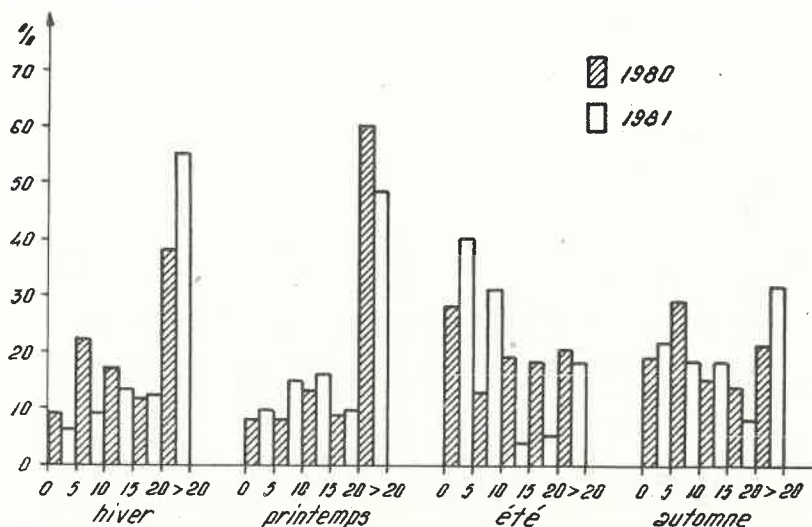


Fig.5 - Histogramme des valeurs du rapport N/P de l'eau de mer à Mangalia en 1980 et 1981

En analysant les variations saisonnières du rapport N/P sur un profil qui arrive jusqu'à 30 milles marins est de Constanța, on a constaté que celles-ci diffèrent d'une année à l'autre, comme suite de la concentration beaucoup différente des deux ions trophiques. C'est ainsi qu'en 1980, à la suite d'une plus grande quantité de phosphates au cours de toute l'année, et surtout en hiver, le rapport N/P a eu des valeurs plus petites, phénomène qui s'accroît à mesure de la croissance de la profondeur (Fig.6).

Le développement massif des peuplements phytoplanctoniques au printemps a eu comme résultat la diminution de la concentration du phosphore en mer, ce qui explique la prédominance des grandes valeurs du rapport N/P (supérieures à 20/l). La réduction du rapport N/P mise en évidence à mesure de la croissance de la profondeur est due à la diminution de la consommation du phosphore. En vérité, les processus d'intense consommation de l'azote et surtout du phosphore ont lieu principalement dans la couche

0-10 m. Au-dessous de cette profondeur, la quantité de phosphore augmente sensiblement, en diminuant ainsi la valeur du rapport N/P.

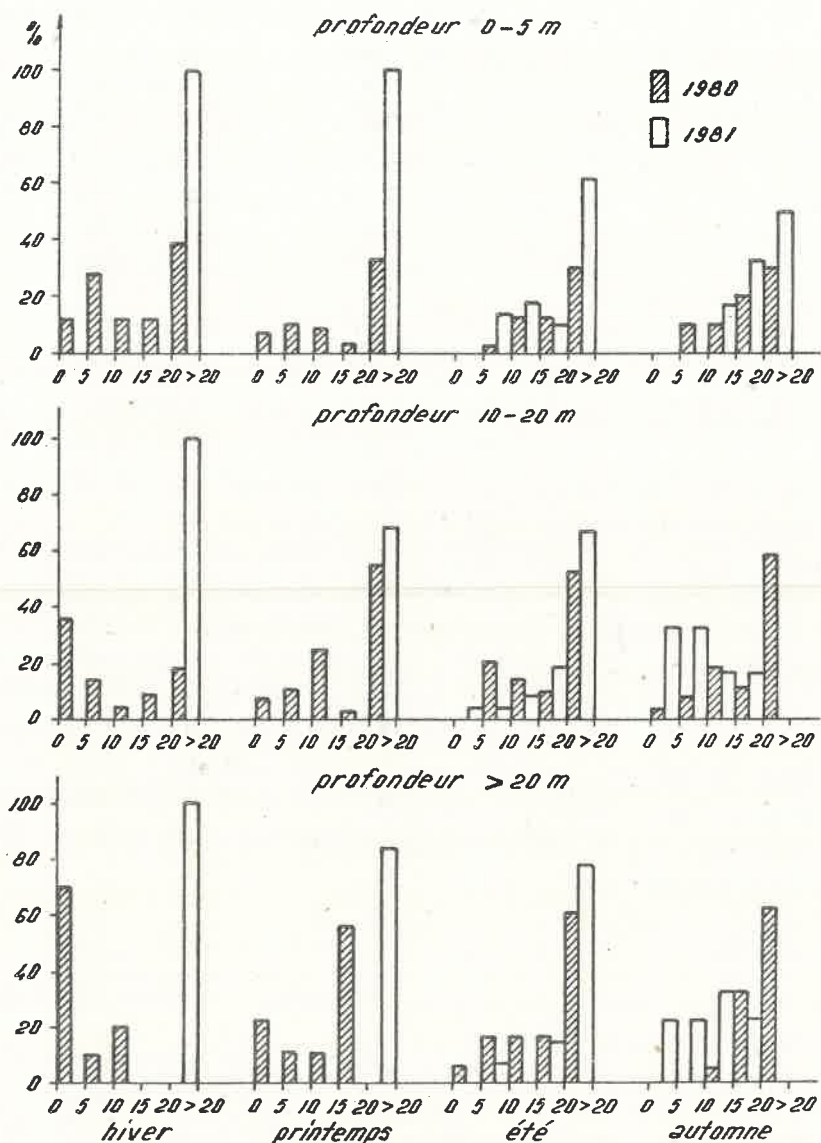


Fig.6 - Histogramme des valeurs du rapport N/P de l'eau de mer sur le profil Est-Constanța en 1980 et 1981

En été, mais surtout en automne, par la suite de la réduction de la consommation de sels nutritifs, il aurait fallu que la valeur du rapport N/P diminuât, et qu'il existât une plus uniforme distribution par classes de grandeur. Mais, dès résultats obtenus on observe, par contre, la prédominance des grandes valeurs du rapport N/P (supérieures à 20/1) dans tous les horizons. La cause y est le phénomène d'"upwelling", signalé pendant cette période de l'année 1980. Cela a déterminé le maintien des niveaux des nutriments, surtout des sels à N, à de taux élevés dans la couche 0-50 m. On y ajoute les grands débits du Danube, qui ont atteint en juin et juillet des moyennes de 8344 et respectivement 7181 m³/sec.

En 1981, la quantité de phosphore de l'eau de mer a diminué sensiblement par rapport à la période antérieure. Comme suite, le rapport N/P a augmenté, atteignant généralement des valeurs supérieures à 20/1 (Fig.6). Au printemps, la concentration de phosphates étant petite, le développement du phytoplancton a déterminé souvent des valeurs du phosphore de zéro analytique. L'augmentation de la quantité de phosphore de l'eau de mer, en été et surtout en automne a déterminé la diminution du rapport N/P, donc une répartition plus homogène par classes de grandeur, et à mesure de l'augmentation de la profondeur, la disparition des rapports supérieurs à 20/1. Donc, dans les conditions de l'année 1981, en l'absence du phénomène d'upwelling et d'autres sources qui puissent modifier sensiblement la concentration des deux ions trophiques, la variation saisonnière du rapport N/P sur le profil Est-Constanța a été dépendante principalement du cycle biologique du phytoplancton.

CONCLUSIONS

Des résultats de nos recherches concernant le rapport N/P résulte ce qui s'ensuit:

Dans l'eau du Danube, à Sulina, le rapport N/P eut, pour toute la période étudiée, de grandes valeurs (de l'ordre des centaines et même des milliers), comme suite du taux élevé de l'eau fluviale en sels d'azote. L'influence des eaux fluviales, plus grande à Constanța, a déterminé de grandes valeurs du rapport N/P.

Au cours des périodes où l'apport des eaux usées industrielles riches en phosphore (provenant du combinat de superphosphates de Năvodari) s'est ajouté à l'influence du Danube, le rapport N/P a beaucoup diminué, atteignant souvent des valeurs inférieures à l'unité.

La diminution de l'influence du Danube, ainsi qu'un degré plus réduit de pollution avec des eaux usées, dans la zone Mangalia, ont déterminé un niveau plus réduit des deux nutriments, azote et phosphore. La concentration beaucoup réduite des phosphates par rapport aux sels d'azote explique les valeurs élevées du rapport N/P.

Outre ces facteurs anthropiques, la variation du rapport N/P dépend du cycle biologique de la mer. Ainsi, malgré toutes les influences terrigènes exercitées sur cette zone, au printemps on a mis en évidence la prédominance d'un grand rapport N/P (des valeurs supérieures à 20/1) comme suite de la diminution accentuée des phosphates, responsables du développement du phytoplancton.

Sur le profil Est-Constanța, au cours des deux années, les variations du rapport N/P ont été dépendantes principalement du cycle biologique des peuplements phytoplanctoniques. Les valeurs plus grandes de ce rapport de 1981 sont dues au niveau beaucoup diminué de phosphates par rapport à l'année antérieure. Le phénomène d'upwelling mis en évidence en été et en automne de l'année 1980 a entraîné d'importantes quantités de sels d'azote dans la couche 0-50 m, ce qui a déterminé de grandes valeurs du rapport N/P mises en évidence pendant ces saisons.

En conclusion, la connaissance du rapport des principaux ions trophiques, azote et phosphore, présente importance puisqu'elle donne des informations sur le degré d'eutrophisation d'un bassin aquatique, et, finalement, sur sa productivité. Les expérimentations de laboratoire concernant l'influence du rapport N/P sur la culture des algues unicellulaires ont mis en évidence l'existence d'un rapport N/P optimal pour différentes espèces phytoplanctoniques (2). Dans le cas de l'algue unicellulaire Chlorella sp., le test en laboratoire de différents rapports N/P (5) a prouvé que le rapport N/P qui assure le développement optimal a été 3/1. L'étude du rapport N/P de l'eau de mer pourrait

donc constituer un indicateur pour le développement particulier d'un ou d'autre groupe phytoplanctonique, étant connu que chacun de ceux-ci exige un certain rapport N/P pour son développement optimal.

Pour les eaux situées devant le littoral roumain, l'influence du Danube, ainsi que l'apport d'eaux usées, créent les conditions nécessaires à une puissante eutrophisation, fait relevé également par les valeurs du rapport N/P. La diminution de ce rapport à des valeurs inférieures à l'unité, surprise au cours de certaines saisons, a été corrélée soit avec une intense consommation des sels d'azote, exigée par le développement du phytoplancton, soit avec une augmentation de la concentration des phosphates, due à un apport accru d'eaux usées. Mais ces cas extrêmes sont annihilés par la remise en circuit des sels d'azote et phosphore, résultats de la minéralisation de la matière organique, ainsi que de la dispersion dans la masse de l'eau des eaux usées déversées en mer.

BIBLIOGRAPHIE:

1. ARMSTRONG F.A., 1965 - Phosphorus. Chemical Oceanography, 1, Ed. by J.P.Riley and G.Skirrow, London and New York Academic Press: 323 - 364.
2. BOUGIS P., 1974 - Ecologie du plancton marin. I. Le phytoplancton. Ed. Masson et Cie: 195.
3. GRASSHOFF K., 1976 - Methods of Sea water Analysis. Verlag Chemie - Weinheim New York: 305.
4. KETCHUM B.M., VACCARO R.F., CORWIN M., 1958 - The annual cycle of phosphorus and nitrogen in New England coastal waters. J.Mar.Res., 17: 243 - 251.
5. MIHNEA P., VOINESCU I., 1975 - The influence of N/P ratio on the synthesis and growth processes of Chlorella sp. alga isolated from the Black Sea. Cercet.mar., IRCM, 8: 63 - 70.
6. RAYMONT J.G., 1963 - Plankton and Productivity in the Oceans. Pergamon Press: 147.
7. REDFIELD A.C., KETCHUM B.M., RICHARDS F.A., 1963 - The influence of organisms on the composition of sea water. The Sea, New York Intersci. publ., 2: 326.

8. RILEY J.P., SKIRROW G., 1965 - Chemical Oceanography, 1, Acad. Press London and New York: 361.
9. SCACCINI A., SCACCINI-CICATELLI M., 1969 - Premiers résultats sur la diffusion des sels nutritifs dans les eaux de l'Adriatique occidentale. Rapp.et Proc. Verb., 19, 4: 753 - 754.
10. SERPOIANU Gh., NAE I., 1975 - Observations sur la circulation des eaux superficielles dans la partie ouest de la mer Noire. Cercet.mar., IROM, 10: 35 - 49.
11. STRICKLAND J.D.H., PARSONS T.R., 1960 - A manual of Sea water Analysis. Bull.Fish.Res.Bd.Canada, 125: 61 - 69.