

MODIFICATIONS SOUS L'INFLUENCE ANTHROPIQUE DANS LE DÉVELOPPEMENT QUANTITATIF ET DANS LA STRUCTURE DU PHYTOPLANCTON DU SECTEUR ROUMAIN DE LA MER NOIRE

NICOLAE BODEANU

Quantitative and qualitative modifications of phytoplankton communities in the Romanian littoral waters are analysed, with regard to the influence of anthropic processes and eutrophication that occurred during the last 10—15 years.

Pendant les 10—15 dernières années, l'action anthropique sur la mer Noire a été évidemment intensifiée. Le développement industriel et urbanistique, la pratique de l'agriculture intensive, la chimification de celle-ci dans les pays riverains et dans ceux des bassins des fleuves tributaires, ont déterminé la croissance du volume de déchets qui se déversent dans la mer, soit directement, soit par l'intermédiaire de ses affluents. Le long du littoral, on a intensifié le tourisme dans tous les pays riverains, et on a augmenté le volume des travaux dans les constructions pour l'édition de nouveaux ports, pour l'agrandissement et la modernisation de ceux déjà existents, pour la consolidation et l'aménagement du rivage, pour la construction de canaux de navigation, etc. En même temps on a intensifié la navigation maritime et on a multiplié les préoccupations en vue de l'exploitation des ressources marines ; d'ici une grande diversité d'activités, y compris la pêche, l'exploitation du sable et les forages pétroliers.

Tout cela a déterminé des modifications importantes dans le régime chimique des eaux de la mer et dans la structure de ses écosystèmes pélagiques et benthiques.

Ces modifications sont enregistrées surtout dans la partie nord-ouest, avec une faible profondeur de la mer, donc aussi le long de littoral roumain. C'est ici que se jettent les grands fleuves tributaires — le Danube, le Dniestr, le Boug et le Dniepr — dont les débits totaux sont d'environ 265 km³ par an, et dont le Danube représente environ 77% (B o l s a k o v, 1976).

Le Danube est le facteur le plus important de fertilisation des eaux de la vaste plate-forme continentale de la partie nord-ouest de la mer Noire. Ayant un bassin hydrographique extrêmement étendu (817.000 km²), le Danube réunit les déchets de huit pays européens, développés au point de

vue industrial, agraire, urbanistique et démographique. On peut considérer que presque toute l'activité humaine déployée en l'Europe centrale et du sud-est se reflète dans la partie nord-ouest de la mer Noire, ici menant pratiquement les voies de déversement des déchets résultés de ces activités.

Le contenu en substances chimiques que le Danube a actuellement diffère de celui d'autrefois, le fleuve jetant dans la mer maintenant, outre les substances toxiques (englobant D.D.T. et mercure), une charge nettement supérieure de sels minéraux et de substances organiques. Par ex., si pendant la période 1958—1959 la concentration des nitrates du fleuve oscillait entre 0—1700 µ g/l (Garisova et al., 1977), pendant les années 1977—1978 leurs limites d'oscillation se sont élevées entre 450—3.000 µ g/l (Zaitshev, 1979).

Les quantités de phosphates transportées par le Danube ont spécialement augmenté. Si pendant les années 1957 et 1958, par l'intermédiaire du fleuve sont arrivées dans la mer entre 0,907 et respectivement 3,698 mille tonnes de phosphore (Chirilă, 1965), pendant la période 1974—1977, la quantité moyenne annuelle de phosphore apportée a été de 21,850 mille tonnes (Şerbănescu et al., 1978), donc de 6 à 24 fois plus que durant les deux années prises comme référence.

En ce qui concerne la contribution du Danube en substances organiques, on peut apprécier que celle-ci a augmenté de plus de 2,5 fois pendant les années 1974—1977, quand en moyenne le fleuve a transporté dans la mer 4.886 mille tonnes (Şerbănescu et al., op-cit.), par rapport à la période antérieure 1949—1958, quand la moyenne des mêmes substances apportées a été de 1910 mille tonnes (Maistrenko, 1961).

Nous précisons que dans le cas des autres affluents de la partie nord-ouest de la mer, on constate les mêmes tendances de croissance de l'apport de sels minéraux et de substances organiques (Zaitshev, op. cit.; Sorokin, 1982).

La croissance de l'apport du Danube en sels minéraux et en substances organiques, le renforcement de l'action anthropique exercée directement sur le milieu marin, particulièrement par l'intermédiaire des déversements d'eaux résiduaires, ont déterminé l'augmentation dans les eaux littorales des stocks de nutriments utilisés par les algues. Conformément aux données publiées par Chirilă (1965), Cociasu et Popa (1976, 1980) ou pas encore publiées, mais qui ont été mises à la disposition par les deux derniers auteurs (que nous remercions par cette voie), à partir des premières années de la décennie 8, dans les eaux du littoral roumain on enregistre des quantités nettement supérieures à celle d'autrefois pour chaque catégorie de nutriments nécessaires aux végétaux marins (tableau 1).

Le stock des phosphates a particulièrement augmenté. Ainsi, par rapport aux valeurs moyennes pour la décennie 7, la teneur en phosphates des eaux du secteur Constanța s'est agrandie 17 fois pendant la première moitié de la décennie 8, pour que dans la seconde moitié de la même décennie l'augmentation soit encore plus grande — 19 fois.

Des croissances importantes ont enregistré aussi les nitrates, dont les quantités dans la deuxième moitié de la décennie 8 ont été plus de 8 fois plus élevées par rapport aux années 1959—1960.

TABLEAU I

Valeurs moyennes multiannuelles des quantités de phosphates, nitrates, silicates, substances organiques et phytoplancton des eaux de la mer dans le secteur Constanța, pendant les périodes 1960—1970, 1971—1975 et 1976—1980

	1960—1970	1971—1975	1976—1980
P—PO ₄ ($\mu\text{ g/l}$)	10,5	177,5	197,9
N—NO ₃ ($\mu\text{ g/l}$)	22,5*	—	188,8
Si—SiO ₃ ($\mu\text{ g/l}$)	1029	1714	857
Substances organiques (mg O ₂ /l)	1,96**	2,32	2,75
Phytoplankton (mg/m ³)	495***	719	2244

* Selon les données existant seulement pour les années 1959—1960 (Chirilă, 1965)

** Selon les données existant seulement pour l'année 1970

*** Selon les données pour l'intervalle 1959—1963 (Skolka, 1967)

Pour le contenu de substances organiques dans les eaux du littoral roumain, les données les plus anciennes dont on dispose remontent à 1970, mais la comparaison des valeurs enregistrées alors avec celles des périodes ultérieures met en évidence une croissance continue de celles-ci — jusqu'à 2,5 fois.

Une évolution en quelque sorte particulière ont eu les silicates. Leur stock a été en train de croître dans la première moitié de la décennie 8, quand, en moyenne, il a été environ 2 fois plus grand que pendant la décennie 7. Par la suite, dans la deuxième moitié de la décennie 8, et pendant les premières années de la décennie 9, le contenu en silicates a diminué sous la valeur moyenne pour la décennie 7. Le fait est dû à la diminution des silicates dans le Danube — probablement grâce à la création des nouveaux lacs de barrage où les sels respectifs se sédimentent (Pechenau et al., 1977; Serebreneskii et al., 1978) —, ainsi qu'à leur consommation intense dans la mer au cours des massives proliférations des diatomées.

Les croissances importantes des stocks de sels minéraux et de substances organiques ont créé aux algues planctoniques une nouvelle situation, complètement différente de celle d'autrefois: leur milieu naturel de vie est devenu une véritable solution nutritive. Le fait ne pouvait pas se passer sans avoir des implications sur le phytoplancton, qui a subi une série de modifications concernant le développement quantitatif ainsi que sa structure, modifications que nous analysons ci-dessous.

1. *Croissance des quantités globales de phytoplancton.* Par rapport à la valeur moyenne de 495 mg/m³, enregistrée dans les eaux du littoral roumain (entre les isobathes de 20—50 m) dans les années 1959—1963 (Skolka, 1967), la biomasse a augmenté 1,5 fois dans la première moitié de la décennie 8, pour que, dans sa deuxième moitié, la croissance soit d'environ 5 fois (la moyenne multiannuelle pour la période donnée étant de 2244 mg/m³).

TABLEAU 2

Quantités moyennes de phytoplancton des eaux côtières (0—1 mille marin) et des eaux du large (1—30 milles marins) dans le secteur Constanța

Année	Mois	mille cellules/litre			mg/m ³		
		A 0—1 Mm	B 1—30 Mm	A : B	A 0—1 Mm	B 1—30 Mm	A : B
1976	III—IV	7248	1525	4,8	23080	3480	6,6
1977	IV—VIII	2326	455	5,1	16232	3057	5,3
1978	III; V—VIII	138	89	1,6	1771	993	1,7
1981	V—VIII	155498	143	1087,4	16694	863	19,3

Les quantités de phytoplancton ont particulièrement augmenté dans le proche voisinage de la côte, zone directement soumise à l'action eutrophisante des déverseurs d'eaux résiduaires chargées de sels minéraux et de substances organiques. En nous rapportant seulement aux valeurs médiates (tableau 2), notons que les biomasses multimensuelles pour les eaux qui baignent la côte de Constanța (jusqu'à 1 mille marin distance de la côte), dépassent habituellement 10 g/m³ (la valeur moyenne obtenue à base d'enregistrements diurnes dans la période mars-septembre 1975, s'élevant à 23 g/m³); les moyennes de densité sont de l'ordre des millions de cellules/l (sans prendre aussi en considération la situation exceptionnelle de 1981, quand le développement luxuriant de certaines formes ultraplanctoniques a impliqué pour l'intervalle mai-août la moyenne extrêmement élevée de 155,5 millions cellules/l). En tant qu'indicateurs de référence, notons les moyennes de biomasse et de densité pour les eaux de faible profondeur qui baignent la côte enregistrées dans la période 1960—1970, et qui étaient de 1.627 mg/m³, respectivement de 1.256 mille cellules/l (B o d e a n u, 1978). Ces valeurs loin d'être insignifiantes, semblent très réduites par rapport aux chiffres correspondants aux dernières années: par exemple, par contraste avec les indices quantitatifs pour la période mars-septembre 1976 (23.080 mg/m³ et 7.248 mille cellules/l), la biomasse citée pour la période 1960—1970 est 14 fois plus réduite et la densité 5,8 fois.

Précisons qu'à l'accroissement des quantités de phytoplancton dans les eaux de la côte roumaine contribue — à côté du facteur principal, le riche stock de nutriments — la prédominance au cours de l'été de vents du nord et du nord-est, qui déterminent l'agglomération vers le littoral de l'algoflore du large de la mer et empêchent la dispersion (B o d e a n u, U ş u r e l u, 1981). Par conséquent, par rapport aux quantités se trouvant dans les eaux de haute mer (entre 1—30 milles marins p. ex.), celles-ci sont dans les eaux de la côte 1,7—6,6 fois plus grandes dans le cas de la biomasse et 1,6—5,1 fois plus grandes dans le cas de la densité (mais dans la situation exceptionnelle de mai-août 1981 mentionnée ci-dessus, la densité a été, dans les eaux côtières, environ 1.100 fois plus grande que dans le large) (Tableau no. 2).

2. *La croissance de l'ampleur et de la fréquence des phénomènes de floraison* constitue la conséquence la plus importante du renforcement du processus

anthropique d'eutrophisation, de l'accroissement du stock de nutrients dans nos eaux littorales (Boedanu, 1978; Boedanu, Roban, 1975; Boedanu, Ursurelu, 1979; 1981; Mihnea, Cuingtonu, 1982).

Des phénomènes d'exception jusqu'à la décennie 8 se produisent à présent annuellement, dans toutes les saisons sauf en hiver (leur ampleur augmentant à partir de 1974, depuis quand ont lieu régulièrement des floraisons d'*Exuviaella cordata*). Les densités des formes responsables de la floraison dépassent de beaucoup celles enregistrées autrefois par n'importe quelle espèce phytoplanctonique du littoral roumain. Dans la première moitié du printemps se développent massivement les diatomées et parmi elles, *Skeletonema costatum* peut atteindre la densité de jusqu'à 100 millions cellules/l (telle celle d'avril 1976), tandis que son maximum connu dans la décennie 7 (Boedanu, 1969) a été de 18 millions de cellules/l. Les floraisons provoquées par les péridiniens, autrefois plus rares, sont devenues maintenant des processus habituels dans la période chaude de l'année. *Goniaulax polygramma*, produit avec une régularité presque annuelle, à partir de 1977, des floraisons dans la deuxième moitié du printemps, ses densités pouvant dépasser 97 millions de cellules/l (comme en avril 1978). En été ont lieu d'amples phénomènes de floraison déterminés par le péridinien *Exuviaella cordata*, dont le développement dépasse souvent 100 millions de cellules/l, atteignant même la densité colossale de 463 millions de cellules/l (en juillet 1982), tandis que son maximum de la décennie 7 (Solká, Cautiș, 1971) a été de 50 millions cellules/l. En automne on enregistre — particulièrement dans la zone de mer avoisinante du Delta du Danube — des floraisons provoquées par la diatomée *Cerataulina bergenii* dont les densités peuvent atteindre 14 millions de cellules/l (comme en septembre 1980), par rapport à son maximum de la décennie 7, de 922 mille cellules/l; quoique les densités de *Cerataulina* soient inférieures à celles des espèces mentionnées plus haut, elle détermine — grâce à sa taille plus robuste que celle de la plupart des composantes du phytoplancton — des croissances importantes de la biomasse algale. En mentionnant aussi la floraison provoquée par l'organisme zooplanctonique du groupe des Cystoflagellées, *Noctiluca miliaris*, à la mi-juillet 1981, floraison aussi spontanée que spectaculaire — pour la couleur étrange, rose intense, produite par son agglomération —, nous précisons qu'à côté des espèces énumérées, il y en a aussi d'autres qui ont produit des phénomènes similaires.

Au cours des intenses processus de floraison qui se produisent à présent, la biomasse du phytoplancton atteint des valeurs particulièrement élevées par rapport à celles d'autrefois. Jusqu'au début de la décennie 8 la biomasse maximum signalée au cours des floraisons dans la partie nord-ouest de la mer n'a pas dépassé la valeur de 52 g/m³ (Ivanov, 1967). A l'heure actuelle nous avons enregistré dans la couche superficielle de la mer, dans la zone de Constanța, 361 g/m³ (en juillet 1982) et 310 g/m³ dans la zone de Portița (en septembre 1980) et Nesterova (1977) a trouvé une biomasse phytoplanctonique de 420 g/m³ dans le golfe d'Odessa.

N'étant pas produites par des espèces d'algues nocives, les floraisons de la mer Noire n'ont pas pour résultat de phénomènes de toxicité. On peut apprécier que les processus de floraison de la mer Noire présentent un côté positif par leur conséquence directe (la croissance de la biomasse du phyto-

TABLEAU 3

Densités maximales (mille cellules/l) des plus importantes espèces de masse du phytoplancton du littoral roumain* pendant les périodes 1960—1970 et 1971—1982

E s p è c e	1960—1970	1971—1982
1. Espèces dont les densités ont augmenté pendant la dernière période		
<i>Exuviaella cordata</i>	50.814	462.700
<i>Goniaulax polygramma</i>	—	97.600
<i>Skeletonema costatum</i>	18.080	97.360
<i>Cyclotella caspia</i>	28.072	300.000
<i>Cerataulina bergonii</i>	922	14.000
<i>Eutreptia lanowii</i>	—	34.000
<i>Euglena sp.</i>	—	3.780
<i>Skeletonema subsalsum</i>	—	3.310
<i>Thalassiosira parva</i>	360	2.060
<i>Thalassiosira subsalina</i>	216	636
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	405	6.100
<i>Chaetoceros socialis</i>	1.342	2.610
<i>Chaetoceros similis</i>	470	6.800
<i>Chaetoceros similis f. solitarius</i>	—	13.200
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	144	878
<i>Chaetoceros insignis</i>	—	342
<i>Thalassionema nitzschioïdes</i>	739	1.200
<i>Nitzschia holsatica</i>	—	420
<i>Nitzschia closterium</i>	110	259
<i>Prorocentrum scutellum</i>	—	447
<i>Gymnodinium rhomboides</i>	—	2.072
<i>Gymnodinium splendens</i>	—	255
<i>Glenodinium apiculatum</i>	—	300
<i>Pontosphaera huxleyi</i>	95	1.230
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	—	840
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	—	1.376
<i>Chlamydomonas sp.</i>	—	558
<i>Raciborskia salina</i>	—	5.532
<i>Microcystis pulverea</i>	—	19.403
<i>Microcystis aeruginosa</i>	—	1.800
<i>Gloecapsa crepidinum</i>	—	1.107
<i>Chromulina sp.</i>	—	1.000.000
2. Espèces dont les densités ont diminué pendant la dernière période		
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>	3.200	—
<i>Leptocylindrus minimums</i>	6.834	425
<i>Leptocylindrus danicus</i>	7.075	864
<i>Detonula confervacea</i>	935	310
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	632	206
<i>Diatoma elongatum</i>	437	—
<i>Melosira moniliiformis</i>	281	—
<i>Nitzschia seriata</i>	3.072	3.600
<i>Nitzschia delicatissima</i>	21.000	4.570
<i>Nitzschia linearis</i>	216	—
<i>Nitzschia hybrida</i>	267	—
<i>Nitzschia longissima</i>	276	—
<i>Nitzschia apiculata</i>	398	—

* On a retenu seulement les espèces dont les valeurs maxima pendant les périodes respectives dépassaient 100 mille cellules/l; le signe — marque l'absence de telles valeurs de densité pour les espèces respectives (et non pas leur absence complète) dans la période de référence.

plancton) et, notamment, par son effet direct (la croissance de la bioproduction du pélagial). Le fait se reflète dans l'augmentation pendant les dernières années des quantités de poissons planctonophages (sprat et anchois) (Gomoiu, 1982), ce qui a permis l'extension de leur capture, vers la haute mer, par l'intermédiaire des navires.

Mais, si les floraisons du printemps restent sans effets directs concernant la dégradation du milieu aquatique, les basses températures et l'hydrodynamisme spécifique à la saison empêchant de telles conséquences, les choses changent dans le cas des floraisons qui se produisent en été. Les processus cataboliques qui ont lieu dans les agglomérations algales dans des conditions d'accalmie et températures élevées déterminent l'installation de l'hypoxie, la concentration d'oxygène de l'eau marine diminuant à des valeurs au-dessous de 2—3 mg O₂/l. En même temps, la grande quantité d'algues planctoniques vieillies et mortes, ainsi que les produits d'excrétion de celles-ci, déterminent des croissances considérables du taux de substances organiques dans l'eau. L'installation de l'hypoxie et l'existence des grandes quantités de suspensions algales qui, colmatant les branchies des animaux filtrateurs, rendent difficile leur respiration, déterminent la mortalité en masse des poissons, des crustacés benthiques et surtout des mollusques sur de larges étendues du fond marin (Gomoiu, 1976; Tiganuș, 1976, 1982). Certes, le déclenchement de la mortalité massive des organismes benthiques constitue un nouveau facteur générateur de substance organique dégradée, de pollution secondaire d'origine biologique, qui empire de façon évidente la qualité de l'eau marine, y compris en ce qui concerne sa valeur balnéaire. Comme effets immédiats de cet état de choses, notons la consistance mucilagineuse-visqueuse de l'eau, son odeur d'algues et de poisson altéré, ainsi que l'aspect désagréable des véritables foyers d'infection représentés par les amas de gobies, crabes, algues macrophytes et surtout de mollusques apportés par les vagues et entassés sur la côte.

3. *Croissance du nombre d'espèces de masse.* L'excès de nutriments, en rendant la compétition pour la nourriture entre les peuplements phytoplanctoniques sans objet, détermine la végétation quasi-permanente — y compris durant les phénomènes de floraison — d'une grande diversité d'espèces (Bodeanu, 1978; Bodeanu, Roban, 1975; Bodeanu et al., 1978); beaucoup d'entre celles-ci donnent de grands développements quantitatifs aux côtés des formes responsables de la floraison.

La plupart des espèces principales du phytoplancton ont à présent des densités supérieures à celles d'autrefois (tableau 3); de nombreuses formes qui ont maintenant des végétations massives, ne dépassaient pas, au cours de la décennie 7, les valeurs numériques de l'ordre des dizaines de mille de cellules par litre (parmi lesquelles il y a les péridiniens *Goniaulax polygramma*, *Prorocentrum micans*, *Gymnodinium rhomboïdes*, les diatomées *Chaetoceros similis* f. *solitarius*, *C. insignis*, les euglénidés *Eutreptia lanowii* et *Euglena* sp., etc.). Ce fait implique la présence d'un nombre accrû d'espèces de masse par rapport au passé. Si pendant la période 1960—1970 nous n'avons dans le secteur roumain de la mer que 38 espèces dont les densités dépassaient 100 mille cellules/l (Bodeanu, 1978), dans la période 1971—1982 le nombre des espèces de la même catégorie que nous avons enregistrées était 61; des

mêmes formes de masse, le nombre de celles ayant des densités de l'ordre des millions a augmenté presque 3 fois — de 9 espèces dans la décennie 7, à 24 pendant l'intervalle 1971—1982 (tableau 4).

TABLEAU 4

Le nombre des espèces ayant un développement en masse dans le phytoplancton du littoral roumain pendant les périodes 1960—1970 et 1971—1982

Densité maximum	1960—70	1971—82
100 mille — 1 million cell/l	29	37
1—10 millions de cell/l	5	16
plus de 10 millions de cell/l	4	8
T o t a l :	38	61

On observe néanmoins l'existence de certaines espèces de masse dont les densités ont diminué au-dessous des valeurs enregistrées au cours des années 60, fait qui, selon notre avis, doit être mis sur le compte des processus de pollution. Dans cette catégorie il y a une série de diatomées de haute importance quantitative autrefois, telles que *Rhizosolenia calcar-avis*, *Leptocyclindrus minimus*, *L. danicus*, *Detonella conservacea*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Nitzschia delicatissima* (tableau 3).

En nous rapportant aux espèces de masse, nous croyons nécessaire de noter aussi l'observation qu'à présent une diatomée très importante du point de vue quantitatif, *Cyclotella caspia*, se présente dans sa presque totalité sous forme de cellules isolées, les colonies de rangées lâches de cellules (qui représentaient autrefois le mode principal d'existence de l'espèce), n'apparaissant qu'accidentellement pendant les dernières années. De même, la population de cette espèce est formée à présent avant tout de menues cellules, au diamètre de 5—6 μ , souvent de seulement 3 μ , à côté de celles-ci étant plus rarement présentes les cellules de dimensions habituelles dans la décennie 7, de 6—15 μ .

Le nanisme et l'absence des colonies sont bien entendu liés aux densités supérieures atteintes par *C. caspia* pendant les dernières années (jusqu'à 300 millions de cellules/l). L'accumulation d'une quantité pareille d'individus ne peut pas être possible sans un rythme rapide de la division binaire (fait caractéristique au milieu riche en nutriments), division qui, aux diatomées, implique la réduction progressive de la taille, aux lignées qui proviennent des individus qui héritent les hypovalves des cellules-mères. En même temps le rythme rapide de division prive probablement les cellules du temps nécessaire à la formation des filaments gélatineux qui assurent leur union en colonie.

Le fait que dans les milieux de culture algale à grandes quantités de nutriments, les colonies sont absentes habituellement (y compris aux genres comme *Scenedesmus*, *Oocystis*, etc. — qui dans le milieu naturel ne se présentent que dans des colonies, leur construction étant beaucoup plus stable que celle de *Cyclotella*), vient à l'appui de la supposition que le manque de colonies chez les populations actuelles de la diatomée respective est déterminé par l'eutrophisation, implicitement par les conditions de multiplication rapide.

4. La présence parmi les espèces de masse d'un grand nombre de formes d'origine dulçaquicole constitue à présent un trait caractéristique du phytoplancton du secteur roumain de la mer Noire. Parmi les 61 espèces qui, dans la période 1971—1982 ont eu des densités supérieures à 100 mille cellules/l, 21 sont dulçaquicoles; certaines d'entre elles (comme *Skeletonema subsalsum*, *Microcystis pulvrea*, *Gloeocapsa crepidinum*, etc.) réalisent des développe-

ments qui s'expriment en valeurs numériques de l'ordre des millions de cellules par litre. L'ample développement des espèces dulçaquicoles, souvent dans des zones assez éloignées des embouchures du Danube et dans des conditions de salinité relativement élevée (au-dessus de 10 S %) relève qu'elles se sont adaptées au régime de salinité des eaux du littoral roumain de la mer. En même temps le fait met en évidence la capacité de ce milieu eutrophisé de nourrir un nombre toujours plus grand d'algues planctoniques.

5. *Modifications des proportions dans lesquelles sont représentés les divers groupes d'algues.* Les changements d'ordre quantitatif produits dans le phytoplancton sous l'influence du processus anthropique d'eutrophisation se reflètent aussi dans les proportions entre les groupes taxonomiques du phytoplancton. Les changements respectifs visent la structure qualitative ainsi que celle quantitative du phytoplancton.

En ce qui concerne la structure qualitative, comparée à la situation de la décennie 7, la proportion des espèces de diatomées s'est réduite (de 66,6% à 45,6% du total des taxons), les proportions des espèces de péridiiniens augmentant (de 19,1 à 25,2%), de chlorophytes (de 4,8 à 13,5%) et de cyanophytes (de 3,5 à 8,5%) (tableau 5).

TABLEAU 5

Structure par groupes systématiques du phytoplancton du littoral roumain pendant les périodes 1960—1970 et 1971—1980

Groupe systématique	1960—1970		1971—1980	
	Nr. espèces	%	Nr. espèces	%
Bacillariophyta	209	66,6	145	45,6
Pyrrhophyta	60	19,1	80	25,2
Chlorophyta	15	4,8	43	13,5
Cyanophyta	11	3,5	27	8,5
Chrysophyta	14	4,7	17	5,3
Euglenophyta	2	0,6	4	1,3
Xanthophyta	3	0,9	2	0,6
Total	314	100,0	318	100,0

Dans la structure quantitative on constate, par rapport à la même période de référence, la diminution du taux des diatomées (surtout à l'indicateur de biomasse — de 84,5 à 60,9%) et la croissance de celui des péridiiniens (dans le cas du même indicateur — de 15,1 à 37,7%) (tableau 6); la croissance réalisée par les péridiiniens représente notamment l'expression dans la structure du phytoplancton de la grande fréquence des phénomènes de floraison provoqués par ceux-ci.

* * *

Les données présentées mettent en relief que les stocks de phytoplancton ont augmenté pendant les dernières années, étant nettement supérieurs à ceux d'avant la décennie 8.

TABLEAU 6

Proportions (%) entre les groupes principaux d'algues dans la densité et la biomasse du phytoplancton du littoral roumain pendant les périodes 1960—1970 et 1971—1980

	Groupes	Proportion (%) en	
		1960—1970	1971—1980
Densité	Diatomées	92,1	84,1
	Péridiniens	7,6	11,3
	D'autres groupes	0,1	4,1
Biomasse	Diatomées	81,5	60,9
	Péridiniens	15,1	37,7
	D'autres groupes	0,4	1,4

Un intérêt particulier présente le problème de la mesure dans laquelle les consommateurs directs du phytoplancton utilisent les stocks respectifs. Il faut dire que ce problème difficile ne peut pas être complètement éclairci à présent, étant donné que pour notre secteur marin les études sur le budget énergétique de l'écosystème font défaut. Quand même, une appréciation globale sur le problème respectif peut être effectuée prenant en discussion les rapports entre les biomasses du phytoplancton et celles de son consommateur direct, le zooplancton. Dans un sens large, ces rapports peuvent être considérés comme indices indirects de la consommation de l'algoflore planctonique, la mesure de son utilisation étant d'autant plus grande que les indices respectifs sont plus petits.

Envisageant le point de vue que le rendement écologique minimum d'un anneau trophique inférieur à celui immédiatement supérieur est d'environ 10% (Lindeman, 1942; Slobodkin, 1959, 1960, 1962), il résulte que pour une consommation normale les herbivores aquatiques ont besoin d'une quantité de substances organiques végétales tout au plus 10 fois plus grande que le poids de leur corps.

Si l'on analyse les rapports mensuels entre les biomasses phyto- et zooplanctoniques enregistrées au cours de deux cycles annuels sur un radial est Constanța (ayant 5 stations d'observation emplacées entre 1 mille marin et 30 milles marins distance de la côte), on constate que dans 50% des cas les valeurs sont supérieures à 10:1 (tableau 7).

De l'étude de la dynamique annuelle de ces rapports résulte que dans la période froide, jusqu'au mois de mai compris, les biomasses du phytoplancton sont extrêmement grandes par rapport à celle du zooplancton (parfois dépassant 1000 fois), fait lié notamment à l'absence du synchronisme dans le développement des composantes des deux anneaux de la chaîne trophique; dans cette période le phytoplancton, formé notamment de diatomées ayant des affinités cryophiles, prolifère intensément, tandis que pour les organismes zooplanctoniques de la mer Noire, les conditions de température restent jusqu'au mois de mai peu favorables à la prolifération massive. Par conséquent, d'importantes quantités d'algues planctoniques produites au cours des floraisons du printemps sont perdues comme base trophique, ampli-

TABLEAU 7

Rapports entre les biomasses phytoplanctoniques (Fpk) et zooplanctoniques (Zpk) dans le secteur Constanța (depuis la côte jusqu'à une distance de 30 milles marins vers le large) dans les années 1977 et 1980*

Mois	Biomasse (mg/m³)		Fpk: Zpk	Mois	Biomasse (mg/m³)		Fpk: Zpk	
	Fpk	Zpk			Fpk	Zpk		
1977							1980	
I	153,43	4,10	37,4:1	I	233,30	5,21	44,8:1	
II	5890,57	4,87	1209,6:1	II	1292,78	23,15	45,9:1	
III	1121,25	7,52	149,1:1	III	1950,98	23,05	84,6:1	
IV	9610,14	68,10	141,1:1	IV	1580,16	17,55	904,3:1	
V	2765,65	97,42	28,4:1	V	12096,45	532,12	22,7:1	
VI	1933,21	702,17	2,5:1	VI	2181,73	275,27	7,9:1	
VII	560,65	954,22	0,6:1	VII	1334,85	330,92	3,9:1	
VIII	446,62	715,02	1,5:1	VIII	7589,07	266,22	28,5:1	
IX	2386,73	63,38	37,7:1	IX	2009,49	137,99	14,6:1	
X	2114,99	435,42	4,9:1	X	187,13	263,85	0,7:1	
XI	547,31	427,43	1,3:1	XI	515,19	909,19	0,6:1	
XII	122,88	79,02	1,6:1	XII	915,69	1401,79	0,7:1	

* Les données sur la biomasse zooplanctonique ont été obtenues par A. Petran (IRCM Constanța)

fiant ainsi, après leur mort, le processus de pollution organique de la mer.

Les conditions favorables de température en été permettent au zooplancton de se développer intensément sur le compte de la riche base trophique primaire produite au cours des floraisons de cette saison, de sorte que, en dépit des grandes quantités de phytoplancton, les rapports entre la biomasse de celui-ci et celle du zooplancton diminuent sous la valeur de 10:1.

Dans l'intervalle entre la fin de l'été et le début de l'automne, ces rapports augmentent au-dessus de la valeur de 10:1, pour diminuer de nouveau dans le dernier quart de l'année, quand le zooplancton semble réaliser une utilisation complète du phytoplancton (celui-ci étant déjà en petites quantités par rapport aux périodes antérieures).

Pour compléter la représentation des rapports entre les biomasses des deux éléments voisins de la chaîne trophique, dans tout l'espace du littoral roumain de la mer, notons par la suite aussi les situations de deux autres zones caractéristiques.

Dans les eaux du proche voisinage de la côte (jusqu'à l'isobathe de 10 m, située à environ 2 milles marins de celle-ci) de la partie sud du littoral roumain, les rapports respectifs sont presque toujours situés au-dessus de la valeur de 10:1, la réduction sous cette valeur n'étant enregistrée qu'au début de l'été (tableau 8). Dans la partie nord du littoral roumain, partie située sous l'influence plus directe du Danube, les rapports sont particulièrement élevés au printemps (jusqu'à 4155:1 dans le secteur Portița) restant en été aussi beaucoup- au dessus de la valeur de 10:1 (tableau 9).

TABLEAU 8

Rapports entre les biomasses phytoplanctoniques (Fpk) et celles zooplanctoniques (Zpk)* dans les eaux côtières (jusqu'à l'isobathe de 10 m) de la zone sud du littoral roumain en 1983

Mois	Biomasse (mg/m ₃)			Fpk: Zpk	Mois	Biomasse (mg/m ₃)			Fpk:	Zpk
	Fpk	Zpk				Fpk	Zpk			
	Secteur Năvodari					Secteur Eforie Sud				
II	199,07	4,82	41,3:1		II	146,13	0,74	197,5:1		
IV	251,95	9,07	25,5:1		IV	18,00	1,53	11,8:1		
V	420,47	6,61	63,6:1		V	173,81	0,96	181,1:1		
VI	9412,54	7613,83	1,2:1		VI	745,08	182,83	4,1:1		
VII	5008,45	121,81	41,1:1		VII	2525,50	1502,50	1,7:1		
VIII	877,83	15,30	57,1:1		VIII	1165,68	9,04	128,9:1		

* Les données sur la biomasse zooplanctonique ont été obtenues par A. Petran (IRCM Constanța)

TABLEAU 9

Rapports entre les biomasses phytoplanctoniques (Fpk) et celles zooplanctoniques (Zpk) dans les eaux de la zone nord du littoral roumain, au printemps et en été de l'année 1982*

Secteur	Biomasse (mg/m ₃)			Fpk: Zpk	Secteur	Biomasse (mg/m ₃)			Fpk:	Zpk
	Fpk	Zpk				Fpk	Zpk			
	M a r s					A o û t				
Sulina	2150,22	2,48	867,0:1		Sulina	3734,12	98,62	37,9:1		
Mila 9	1014,52	4,18	242,7:1		Mila 9	21351,05	348,49	61,3:1		
Sf. Gheorghe	1731,52	2,49	695,4:1		Sf. Gheorghe	9427,71	153,55	61,4:1		
Portița	5152,34	1,24	4155,1:1		Portița	19532,09	150,18	130,1:1		
Gura Buhaz	12377,42	5,16	2398,7:1		Gura Buhaz	3704,02	159,27	23,3:1		

* Les données sur la biomasse zooplanctonique ont été obtenues par A. Petran (IRCM Constanța)

Envisageant l'ensemble des données concernant les rapports entre les biomasses phyto- et zooplanctoniques, on peut conclure que l'existence au littoral roumain de stocks en excès de phytoplankton continue, fait mis en relief également dans d'autres travaux (Băcescu et al., 1967; Skolka, 1967; Bodeanu, 1978; Bodeanu et al., 1978; Porumb, Ușreliu, 1979).

Nous considérons que les grands stocks de phytoplankton représentent une importante réserve nutritive pour l'augmentation de la bioproductivité du secteur roumain de la mer Noire, en agissant dans ce sens par la croissance dirigée des animaux filtrateurs et phytophages valeureux au point de vue économique et par l'acclimatation de nouvelles espèces de la même catégorie qui utilisent de manière plus complète la riche base trophique primaire.

CONCLUSIONS

Comme suite du renforcement sous l'action anthropique du processus d'eutrophisation du milieu marin, le phytoplancton des eaux du littoral roumain a subi, par rapport à la situation des années '60, une série de changements consistant en :

- d'importantes croissances de ses biomasses et de ses densités globales :

- la croissance de l'ampleur et de la fréquence des phénomènes de floraison :

- l'augmentation du nombre des espèces de masse ;

- la participation aux intenses processus de développement, à côté des espèces autochtones marines et saumâtres, de nombreuses espèces d'origine dulçaquicole ;

- la modification des proportions dans lesquelles sont représentés les divers groupes systématiques dans la structure qualitative et quantitative du phytoplancton, modification consistant principalement dans la diminution de la contribution des diatomées en faveur de certains groupes qui contiennent beaucoup d'espèces ayant des affinités mixotrophes (péridiniens, cyanophytes).

Les grands rapports entre les biomasses phyto- et zooplanctoniques suggèrent l'existence de stocks en excès d'algues planctoniques au cours de longs intervalles de l'année, stocks qui constituent une importante réserve nutritive pour la croissance de la bioproducțivitate du littoral roumain de la mer.

MODIFICĂRI SUB INFLUENȚA ANTROPICĂ ÎN DEZVOLTAREA CANTITATIVĂ ȘI ÎN STRUCTURA FITOPLANCTONULUI SECTORULUI ROMÂNESC AL MĂRII NEGRE

REZUMAT

Intensificarea acțiunii antropice în mediul marin a determinat schimbări evidente în regimul chimic al apelor litoralului românesc al Mării Negre, cea mai importantă dintre acestea constând în creșterea cantităților de săruri minerale și substanțe organice. S-a creat astfel pentru algele planctonice o situație nouă, complet diferită de cea din trecut, mediul lor natural de viață devenind o veritabilă soluție nutritivă complexă. Ca urmare, fitoplanctonul a suferit o serie de modificări de ordin cantitativ și calitativ constând din :

1. *Creșterea cantităților globale.* Pentru întreg spațiul sectorului românesc al mării, biomasa a crescut în a doua jumătate a deceniului 8 de aproape 5 ori față de valorile ei de la începutul deceniului 7. În apele din învecinarea tărmului, unde impactul antropic este deosebit de intens, creșterile de biomasă au fost de pînă la 14 ori, iar de densitate de pînă la 6 ori în comparație cu valorile pentru perioada 1960—1970.

2. *Creșterea amplitudinii și frecvenței fenomenelor de înflorire.* În trecut fenomene de excepție, acestea se produc în prezent an de an, densitățile formelor responsabile de înflorire (*Exuviaella cordata*, *Goniaulax polygramma*,

Skeletonema costatum, *Cerataulina bergonii* și altele) depășind mult pe cele înregistrate de oricare specie din fitoplanctonul litoralului românesc.

3. *Cresterea numărului speciilor de masă*. În perioada 1971—1982, numărul speciilor cu densități de peste 100 mii cel/l a fost de 1,6 ori mai mare, iar al speciilor cu densități de ordinul milioanelor de cel/l, de 2,7 ori mai mare decât în perioada 1960—1970. De asemenea, în cazul speciei de masă *Cyclotella caspia* se semnalează modificări morfologice (nanism, absența coloniilor) legate de intensele ei dezvoltări din ultimii ani, implicit de schimbările din mediu ce favorizează asemenea dezvoltări.

4. *Prezența între speciile de masă a unui număr sporit de forme de origine dulcicolă*, fapt ce evidențiază nu numai capacitatea acestora de adaptare la mediul pontic, ci și capacitatea mediului respectiv, eutrofizat, de a nutri tot mai numeroase populații de alge planctonice.

5. *Modificări ale proporțiilor în care sunt reprezentate diversele grupe sistematice de alge*. Aceste modificări produse atât în structura calitativă cât și în cea cantitativă a fitoplanctonului, constau în esență în diminuarea contribuției diatomeelor în favoarea peridineelor, clorofitelor și cianofitelor, în rîndul căror se află multe specii cu afinități mixotrofe.

Raporturile mari dintre biomasele fito- și zooplanctonului, sugerează existența la litoralul românesc a unor stocuri în exces de alge planctonice, în cursul unor lungi intervale din an cuprinzând perioadele ianuarie — mai, sfîrșitul verii și începutul toamnei. Cantitățile mari de fitoplancton constituie o însemnată rezervă nutritivă pentru creșterea bioproducției apelor litoralului românesc al mării, pentru sporirea dirijată a organismelor filtratoare și fitofage valoroase economic și pentru aclimatizarea de noi specii de animale marine din aceeași categorie.

BIBLIOGRAPHIE

- BĂCESCU (M.), GOMOIU (M. T.), BODEANU (N.), PETRAN (ADRIANA), MÜLLER (G. I.), CHIRILĂ (V.), 1967 — Dinamica populațiilor animale și vegetale din zona nisipurilor fine de la nord de Constanța în condițiile anilor 1962—1965. In : Ecologie marină, 2: 7—139, București.
- BODEANU (N.), 1969 — Cercetări asupra fitoplanctonului din zona de mică adâncime de la litoralul românesc al Mării Negre. In : Ecologie marină, 3: 65—148, București.
- BODEANU (N.), 1978 — Compoziția și dinamica fitoplanctonului și microfitobentosului din apele costiere românești ale Mării Negre. Ministerul Educației și Învățământului, Institutul de științe biologice: 1—25, București.
- BODEANU (N.), ROBAN (ANCA), 1975 — Données concernant la floraison des eaux du littoral roumain de la mer Noire avec le périodien *Exuviaella cordata* Ostf. Cercetări marine, 8: 43—62.
- BODEANU (N.), ROBAN (A.), UŞURELU (MIOARA), 1978 — Eléments concernant la structure et la dynamique du phytoplancton du littoral roumain de la mer Noire pendant la période 1972—1977. Cercetări marine, 11: 61—76.
- BODEANU (N.), UŞURELU (MIOARA), 1979 — Dinoflagellate bloom in Romanian Black Sea coastal waters. In : Toxic Dinoflagellate Blooms: 151—154, New York, Amsterdam, Oxford.
- BODEANU (N.), UŞURELU (MIOARA), 1981 — Particularités de la structure et de la répartition du phytoplancton de la zone sud du littoral roumain dans les conditions de pré-dominance de la circulation atmosphérique de nord. Cercetări marine, 14: 129—144.
- BOLSAKOV (V. S.), 1970 — Transformația recină vod v Cernom more: 1—328, Kiev.

- CHIRILĂ (V.), 1965 — Observații asupra condițiilor fizico-chimice ale Mării Negre la Mamaia, în anii 1959 și 1960, In : Ecologie marină, 1: 139—185, București.
- COCIAȘU (ADRIANA), POPA (LUCIA), 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.
- COCIAȘU (ADRIANA), POPA (LUCIA), 1980 — Observations sur l'évolution des principaux paramètres physico-chimiques de l'eau marine de la zone Constanța. *Cercetări marine*, 13: 51—61.
- GARISOVA (N. A.), ENACHI (I. G.), IVANOV (A. I.), 1977 — Bakterio-i fitoplankton kak pokazateli evtrofirovaniia Dunai na sovetskem uciastke. In : Tezisi dokladî vtorogo Vsehsoiuznogo soveshchaniia po antropogennomu evtrofirovaniu prirodnih vod, 2: 175—180, Zvenigorod.
- GOMOIU (M. T.), 1976 — Modificări în structura biocenozelor bentale de la litoralul românesc al Mării Negre. *Cercetări marine*, 9: (supl.): 119—142.
- GOMOIU (M. T.), 1982 — Tendințe în evoluția ecosistemelor marine costiere din partea de nord-vest a Mării Negre. In : Simpozionul « Ecoluție și adaptare »: 59—73, Cluj-Napoca.
- IVANOV (A.), 1967 — Fitoplankton. In : Biologhia severo-zapadnoi ciasti Cernogo moria: 59—75, Kiev.
- LINDEMAN (R. L.), 1942 — The trophic dynamic aspect of ecology. *Ecology*, 23: 399—418.
- MAISTRENKO (Iu. G.), 1961 — Stok organicieskih veščestv Dnepra i Dunaia v Ciernoe more. *Naukovi Zapiski*, 3: 108—116.
- MIHNEA (PIA-ELENA), CUINGIOGLU (ELVIRA), 1982 — Particularités des phénomènes de floraison ». *Cercetări marine*, 15: 27—59.
- NESTEROVA (D. A.), 1977 — Razvitie fitoplanktona severo-zapadnoi ciasti Cernogo moria v vesenni, letnii i osennii periodi. *Biologhia moria*, 43: 17—23.
- PECHEANU (I.), MIHNEA (R.), ȘERBĂNESCU (O.), CUINGIOGLU (ELVIRA), 1977 — Le phosphore anorganique, le silicium et les suspensions totales transportées par le Danube dans la mer Noire dans la période 1974—1977. *Cercetări marine*, 10: 67—75.
- PORUMB (FLORICA), UŞURELU (MIOARA), 1979 — Relation zooplancton — phytoplankton dans les eaux côtières de la mer Noire. *Rapp. Comm. Int. mer Médit.*, 25/26, 8: 83—84.
- SKOLKA (H.), 1967 — Considerații asupra variațiilor calitative și cantitative ale fitoplantonului litoralului românesc al Mării Negre. In : Ecologie marină, 2: 193—293, București.
- SKOLKA (H.), CAUTIŞ (ILEANA), 1971 — Floraison d'*Exuviaella cordata* Ostenf. et ses conséquences sur la pêche maritime en Roumanie au cours de l'année 1969. *Cercetări marine*, 1: 59—82.
- SLOBODKIN (L. B.), 1959 — Energetics in *Daphnia pulex*. *Ecology*, 40: 232—243.
- SLOBODKIN (L. B.), 1960 — Ecological energy relationships at the population level. *An. Nat.*, 94: 213—236.
- SLOBODKIN (L. B.), 1962 — Growth and regulation of animal populations: 1—184. New York.
- SOROKIN (IU. I.), 1982 — Cernoe more: 1—216. Moscova.
- ȘERBĂNESCU (O.), PECHEANU (I.), MIHNEA (R.), CUINGIOGLU (ELVIRA), 1978 — Le Danube comme agent d'eutrophisation de la mer Noire. In : IVes Journées Etud. Pol. lutions (Antalya, 1978): 457—459, Monaco.
- ȚIGĂNUŞ (VICTORIA), 1976 — Observații asupra bentosului marin din zona Constanța în condițiile anului 1975. *Cercetări marine*, 9 (supl.): 151—158.
- ȚIGĂNUŞ (VICTORIA), 1982 — Evolution des principales communautés benthiques du secteur marin situé devant les embouchures du Danube pendant la période 1977—1980. *Cercetări marine*, 15: 89—106.
- ZAITSEV (IU.), 1979 — Problèmes biologiques de la partie nord-ouest de la mer Noire. *Cercetări marine*, 12: 7—32.