

DEVELOPPEMENT DES POPULATIONS
PHYTOPLANCTONNIQUES CARACTERISTIQUES
POUR UN MILIEU EUTROPHISE
(BAIE DE KAŠTELA, ADRIATIQUE CENTRALE)

RAZVOJ FITOPLANKTONSKIH POPULACIJA
KARAKTERISTIČNIH ZA EUTROFIZIRANU SREDINU
(KAŠTELANSKI ZALJEV, SREDNJI JADRAN)

Tereza Pucher-Petković et Ivona Marasović

Institut d'Océanographie et de Pêche, Split

Au cours de cette dernière décennie, le phytoplancton de la baie de Kaštela a vécu un tas de changements, se manifestant sous forme de l'accroissement de la production primaire et de la densité, sous celle des différences du cycle saisonnier et du changement des proportions quantitatives entre les populations diatomiques. On a présenté les fluctuations saisonnières et celles à long terme des Diatomés *Nitzschia seriata*, *Skeletonema costatum* et *Leptocylindrus danicus*, qui au fur et à mesure sont devenues les trois espèces quantitativement les plus importantes dans la baie de Kaštela, influençant en grande mesure les fluctuations du phytoplancton total. On a décrit les changements reliés à l'eutrophisation graduelle de la région, conditionnée par des facteurs locaux. Cependant, malgré l'augmentation permanente des phosphates, celle de la production primaire et de la densité du phytoplancton dans la baie de Kaštela, les fluctuations à long terme naturelles y sont toujours présentes.

INTRODUCTION

La baie de Kaštela est certainement la région de l'Adriatique le plus longtemps et le plus systématiquement étudiée: tant son milieu abiotique que celui biotique. C'est déjà en 1934 que Ercegović a commencé les recherches qualitatives et quantitatives sur le phytoplancton. Ces recherches ne présentent pas des travaux-pilotes pour l'Adriatique seule, mais aussi bien pour la Méditerranée. Sur la base de cette étude complexe du phytoplancton et des facteurs abiotiques du milieu, il a constaté les lois fondamentales régissant la communauté phytoplanctonique. C'est pourquoi ces recherches représentent la base de toutes les recherches écologiques postérieures sur le phytoplancton dans l'Adriatique (Ercegović, 1936, 1940).

On a continué les recherches sur le phytoplancton de cette région dans la période de l'après-guerre. En effet, à partir de 1956/57 on étudie, dans le cadre des recherches sur la productivité de l'Adriatique centrale, la production primaire, la densité et plus tard la biomasse du phytoplancton. On effectue régulièrement les échantillonnages du phytoplancton une fois par mois, en étudiant en même temps tous les principaux niveaux trophiques de la chaîne alimentaire en mer ainsi que les paramètres physico-chimiques fondamentaux. L'étude permanente du phytoplancton nous a rendu possible de noter certains changements dans la baie de Kaštela au cours de la dernière décennie, changements qui, à notre avis, sont dus en grande mesure à l'influence de l'activité anthropogène et dont certains seront analysés dans le présent travail.

QUELQUES RESULTATS DES RECHERCHES EFFECTUEES JUSQU'A PRESENT

On citera quelques résultats des recherches sur le phytoplancton de la baie de Kaštela, déjà publiés, et qui sont étroitement liés au sujet de ce travail, c'est-à-dire aux effets de l'eutrophisation sur le phytoplancton.

Sur la base des résultats connus on pourrait conclure que la baie de Kaštela est une des régions les plus productives de la mer Adriatique (Pucher-Petković, 1974). Pendant les quinze dernières années, la production annuelle primaire dans cette baie varie entre 115 et 240 g C/m², alors que l'abondance annuelle numérique moyenne du phytoplancton se tient dans les limites de 400 et 1000 × 10³ cell./l. Auparavant, ces valeurs étaient quelquefois pour un ordre de grandeur inférieures aux valeurs actuelles. Ainsi par ex. l'abondance moyenne annuelle du phytoplancton dans la période de 1956/57 à 1963 variait dans les limites de 16 à 50 × 10³ cell./l. La biomasse du phytoplancton, obtenue par la mesure des pigments photosynthétiques, nous a fourni les valeurs de 15 à 35 mg de chlorophylle *a*/m² au cours d'une certaine année (Homen, 1979).

A part la convection verticale qui assure l'apport des sels nutritifs dans les couches de surface, d'autres facteurs influencent aussi la productivité de la baie, tels les surfaces cultivées et la zone forestière qui l'entourent, le fleuve Jadro qui se jette dans la baie. En plus, environ 60% des eaux résiduaires urbaines de Split sont déversées dans la baie de Kaštela. Ce sont des eaux au caractère mixte, partiellement industrielles, partiellement domestiques, ainsi que les effets qu'elles provoquent dans la mer, sont le résultat de cette pollution globale. Ces eaux étant plus légères, se retiennent à la surface et maintiennent un gradient vertical de salinité et celui de la densité très marqué et stable dans la période plus chaude de l'année.

Dans les recherches antérieures (Pucher-Petković, 1975, 1976) on avait étudié l'influence des eaux résiduaires urbaines sur les fluctuations saisonnières de l'abondance numérique du phytoplancton au cours d'une période englobant plusieurs années. Cette influence se manifeste surtout en été, pendant la stratification thermique et celle de la salinité de la mer, quand l'apport des sels nutritifs provenant du fond est très limité et quand, pratiquement, il n'y a pas de pluie et l'influence de la côte est plus forte, fait dû surtout à l'accroissement de la concentration de la population. En plus, en été

et en automne, cette baie se comporte en tant que bassin de dilution. Ceci veut dire que dans la couche de surface l'eau en sort principalement, alors que dans celle de fond elle pénètre. Dans ce cas, l'influence de la côte sur la baie est plus forte que dans d'autres saisons, quand un autre type de circulation se manifeste, entraînant une influence de la haute mer plus accentuée, sur les caractéristiques océanographiques de cette baie (Zore-Armada, 1979). C'est jusqu'en 1968 que l'été fut caractérisé par une densité de phytoplancton très basse, alors qu'au cours des dernières années, cette période aussi, connaît des quantités de phytoplancton très élevées. Certaines années, dans cette période, peut avoir lieu même le maximum de l'abondance numérique du phytoplancton, à cause duquel les amplitudes des oscillations saisonnières de la densité sont considérablement diminuées. Ce phénomène se manifeste surtout dans la couche supérieure euphotique, celle entre 0 et 10 m de profondeur, où peuvent apparaître des quantités plus grandes de phosphates ce qui caractérise généralement la période estivale (Pucher-Petković, 1975). Homen (1979) considère que, vu le maximum estival des Copépodes dans la région, l'excrétion directe du zooplancton pourrait se faire importante aussi pour la régénération des sels nutritifs.

RESULTATS DES RECHERCHES RECENTES ET DISCUSSION

Grâce à l'analyse de la communauté phytoplanctonique de la baie de Kaštela englobant plusieurs années, on peut remarquer certains changements qui se sont manifestés au cours des dernières 10 années tant en composition qualitative qu'en état dynamique de certaines populations de Diatomées. Ces changements pourraient également être attribués à l'eutrophisation de la baie. Ces recherches ont été effectuées sur la base du matériel prélevé dans la période de 1962 à 1977. La comparaison en a été faite avec les résultats obtenus par Ercegović (1936). La méthode de capture du phytoplancton et de l'élaboration des échantillons n'a pas été modifiée pendant tout ce temps et a été effectuée par la sédimentation et le dénombrement du matériel d'après Utermöhl. La Fig. 1 présente la station explorée (43°31'N; 16°23'E).

Les Diatomées sont le groupe prédominant de la communauté phytoplanctonique de la baie de Kaštela présentant entre 70,7 et 99,2% de l'abondance numérique du phytoplancton total (Tab. 3).

Par l'analyse séparée du nanoplancton (fraction de taille moindre de 50 μ) on a trouvé que, dans la baie de Kaštela, les Diatomées sont dominantes et que, dans cette fraction moindre du phytoplancton, elles présentent entre 55,6 et 97% du nombre total de cellules au cours de l'année (Pucher — Petković, 1973, Homen, 1979). On retrouve une telle situation prédominante de Diatomées dans toutes les deux composantes de taille (micro- et nanoplanctonique) dans les baies eutrophiques de l'Adriatique centrale, telles la baie de Kaštela et celle de Šibenik. Sinon, dans la région côtière il est plus fréquent que, dans la fraction de taille moindre du phytoplancton, prédominent les formes autotrophes de Flagellés de différents groupes systématiques, ainsi que les petits Dinoflagellés, appartenant en majorité à l'ordre Gymnodinales (par ex. dans le port de Split). Dans les eaux du large de

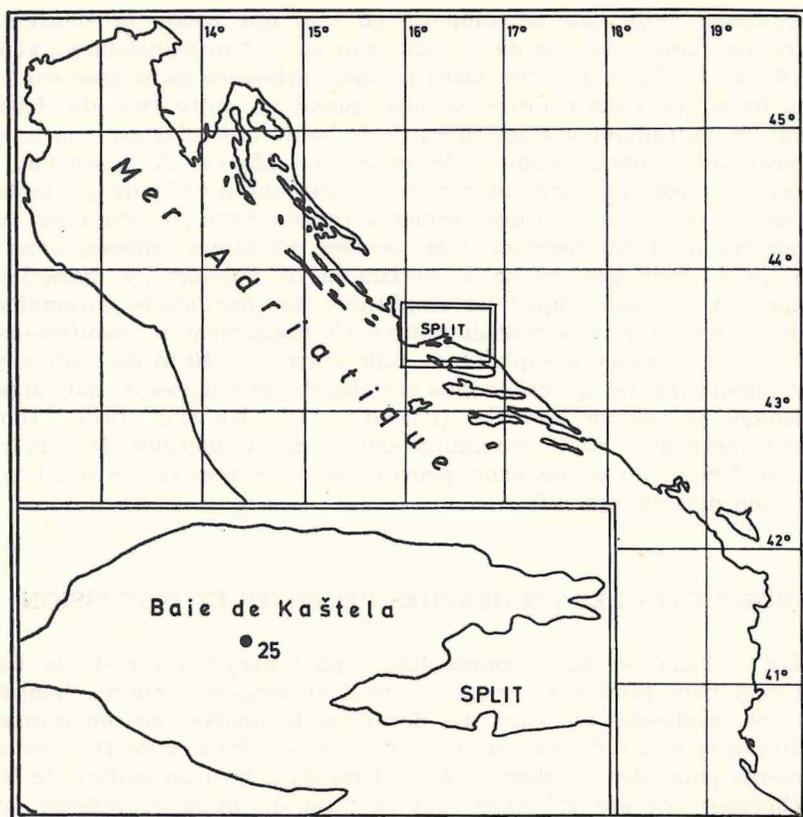


Fig. 1. Carte de la région avec la station où on effectue les recherches permanentes sur la communauté planctonique et les facteurs physico-chimiques.

l'Adriatique, ce sont les Coccolithophorides qui sont les plus importants dans le nanoplancton.

En Adriatique centrale, on a enregistré jusqu'à présent 120 espèces pélagiques de Diatomées (Pucher—Petković, 1966) dont 70 apparaissent en moyenne au cours de l'année dans le plancton d'Utermöhl de la baie de Kaštela. Parmi elles, on trouve un nombre plus élevé de formes dominantes, représentées avec plus de 10% du nombre total de Diatomées. Sur le tableau 1 figurent les espèces dominantes du travail d'Ercegović (1936) pour l'année 1934 et celles de nos données pour la période 1962—1970 pour les différentes saisons de l'année.

Le tableau 1 démontre que, parmi les Diatomées, apparaissent, au cours de cette période, 39 espèces dominantes. Le nombre des espèces dominantes varie d'après les saisons entre 19 au printemps et 28 en hiver. La période hivernale est caractérisée surtout par la domination des espèces du genre *Chaetoceros* et des Diatomées du groupe de Pennées appartenant aux genres *Thalassionema*, *Thalassiothrix* et *Asterionella*. L'espèce quantitativement importante de cette période de recherche est *Thalassiothrix frauenfeldi*, domi-

Tableau 1, Espèces dominantes de Diatomées dans la baie de Kaštela pour l'année 1934 ainsi que pour la période 1962—1970

Espèces dominantes de Diatomées	I—III Hiver	IV—VI Printemps	VII—IX Été	X—XII Automne
<i>Melosira sulcata</i>	+			
<i>Skeletonema costatum</i>		+	+	+
<i>Thalassiosira</i> sp.		+		+
<i>Dactyliosolen mediterraneus</i>	+			+
<i>Leptocylindrus danicus</i>	+	+	+	+
<i>Guinardia blavyana</i>	+		+	
<i>Rhizosolenia delicatula</i>		+		
<i>Rhizosolenia stolterfothi</i>			+	
<i>Rhizosolenia imbricata</i>			+	
<i>Rhizosolenia styliiformis</i>	+			
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>				+
<i>Rhizosolenia calcar avis</i>			+	
<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>gracillima</i>		+	+	
<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	+	+	+	
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	+			+
<i>Chaetoceros atlanticus</i> var. <i>neapolitana</i>				+
<i>Chaetoceros dadayi</i>			+	+
<i>Chaetoceros rostratus</i>	+	+		+
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	+	+	+	+
<i>Chaetoceros decipiens</i>	+			+
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	+	+	+	+
<i>Chaetoceros compressus</i>	+	+		
<i>Chaetoceros affinis</i>	+	+	+	+
<i>Chaetoceros laciniatus</i>	+			
<i>Chaetoceros brevis</i>	+			
<i>Chaetoceros subsecundus</i>	+	+	+	+
<i>Chaetoceros diversus</i>	+	+	+	+
<i>Chaetoceros wighami</i>	+			
<i>Chaetoceros vixvisibilis</i>	+	+		
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	+	+		+
<i>Chaetoceros tortissimus</i>	+			
<i>Cerataulina bergoni</i>	+	+	+	+
<i>Hemiaulus haucki</i>	+	+	+	+
<i>Hemiaulus sinensis</i>			+	+
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	+		+	
<i>Thalassiothrix longissima</i>	+			
<i>Thalassiothrix frauenfeldi</i>	+	+	+	+
<i>Asterionella japonica</i>	+			
<i>Nitzschia seriata</i>	+	+	+	+

nante dans toutes les saisons, de sorte à être présente dans chaque prélèvement phytoplanctonique. En mars 1967 on a enregistré pour la première fois l'espèce *Asterionella japonica* qui, dès alors, peut dominer parmi les Diatomées de la période hivernale. C'est donc en hiver que le nombre d'espèces

dominantes est le plus élevé, étant donné la diversité considérable des espèces du genre *Chaetoceros*.

Dans la période de recherche 1971—1977 (Tableau 2) c'est *Asterionella japonica* qui successivement devient de plus en plus abondante, de sorte que sa domination s'étend aussi sur les autres saisons de l'année. Cette espèce fut enregistrée par Ercegović (1940) dans la région des canaux de l'Adriatique centrale. Le même auteur mentionne l'espèce *Skeletonema costatum*

Tableau 2. Espèces dominantes de Diatomées dans la baie de Kaštela dans la période 1971—1977

Espèces dominantes de Diatomées	I—III Hiver	IV—VI Printemps	VII—IX Été	X—XII Automne
<i>Skeletonema costatum</i>	+	+	+	+
<i>Leptocylindrus danicus</i>	+	+	+	+
<i>Leptocylindrus minimus</i>				+
<i>Guinardia blavyana</i>			+	
<i>Rhizosolenia delicatula</i>		+		
<i>Rhizosolenia stolterfothi</i>			+	
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>			+	
<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	+	+		
<i>Chaetoceros danicus</i>				+
<i>Chaetoceros rostratus</i>		+		
<i>Chaetoceros convolutus</i>		+		
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	+			+
<i>Chaetoceros compressus</i>	+	+		
<i>Chaetoceros affinis</i>	+			+
<i>Chaetoceros laciniosus</i>				+
<i>Chaetoceros wighami</i>			+	+
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	+		+	+
<i>Eucampia zodiacus</i>			+	
<i>Eucampia cornuta</i>			+	
<i>Cerataulina bergoni</i>				+
<i>Hemiaulus haucki</i>		+		+
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	+			+
<i>Thalassiothrix frauenfeldi</i>	+			
<i>Asterionella japonica</i>	+		+	
<i>Nitzschia seriata</i>	+	+	+	+

pour les périodes automnale et printanière dans la baie de Kaštela. Dans nos échantillons, elle apparaît à peine en mai 1968, depuis quand elle fait partie des Diatomées plus importantes de la baie de Kaštela, dont on reparlera plus largement plus tard. *Leptocylindrus danicus*, Diatomée commune dans la baie de Kaštela est présente en quantités plus grandes à peine depuis 1973 et devient une des espèces les plus abondantes de cette région. L'analyse des populations de Diatomées a démontré un appauvrissement général du nombre d'espèces dominantes. Dans cette période, 25 espèces apparaissent parmi les Diatomées dominantes, dont 11 en hiver, 9 au printemps, 11 en été et 13 en automne. La période 1971—1977 est caractérisée par un nombre réduit de formes dominantes parmi les espèces appartenant au genre *Chaetoceros*.

D'autre part, certaines autres Diatomées qui furent dominantes au cours de toute l'année, prédominent maintenant seulement dans une saison déterminée de l'année. Ceci se rapporte principalement à l'espèce *Thalassiothrix frauenfeldi*, qui est maintenant prédominante seulement parmi les Diatomées de la période hivernale, *Cerataulina bergoni*, qui prévaut en automne et *Herminiaulus haucki* qui prédomine au printemps et en automne. Ce changement est dû à l'abondance numérique relative augmentée des espèces *Nitzschia seriata*, *Skeletonema costatum* et *Leptocylindrus danicus*, dans cette période, de sorte que, peu à peu, ces trois Diatomées deviennent les espèces quantitativement plus importantes dans la baie de Kaštela. Ceci est le changement plus significatif par rapport aux années précédentes de recherches. Sur le tableau 2 figure la liste des Diatomées dominantes dans la période 1971—1977.

Le tableau 3 nous permet de suivre le développement des trois Diatomées au cours de toute la période de recherches. On voit que l'espèce *Nitzschia seriata* n'était pas dominante dans la région jusqu'à 1963 inclus, mais que depuis 1964 à 1972 son abondance annuelle relative moyenne présente entre 39,0 et 85,0% de Diatomées. Depuis 1973 son abondance relative dans le groupe de Diatomées est moins élevée (10,4 à 40,8%), car en ce moment elle partage la domination avec les espèces *Skeletonema costatum* et *Leptocylindrus danicus*. En effet, depuis 1970, l'espèce quantitativement la plus importante de la région devient *Skeletonema costatum*, alors que *Leptocylindrus danicus* s'y joint, en des proportions plus grandes, à peine en 1973.

Les figures 2a, 2b, 2c et 2d présentent les fluctuations saisonnières des espèces *Nitzschia seriata*, *Skeletonema costatum* et *Leptocylindrus danicus*

Tableau 3. Fluctuations pluriannuelles de l'abondance numérique du phytoplancton total et de l'abondance relative du groupe de Diatomées et des espèces *Nitzschia seriata*, *Skeletonema costatum* et *Leptocylindrus danicus* parmi les populations de Diatomées

Année	Phytoplancton total		Diatomées Participation % (0+10 m)	<i>Nitzschia</i> Participation %	<i>Skeletonema</i> Participation parmi les Diatomées % (0+10 m)	<i>Leptocylindrus</i>
	Moyenne annuelle	N/1 (0+10 m)				
1934	92	971	94,6	0,0	0,0	1,5
1962	76	089	96,3	3,7	0,0	0,8
1963	55	083	94,4	9,9	0,0	0,8
1964	246	719	99,2	85,0	0,0	0,1
1965	266	941	98,9	61,8	0,0	3,2
1966	431	462	98,5	81,0	0,0	0,4
1967	76	355	96,7	67,7	0,0	0,2
1968	998	949	98,7	76,6	2,8	0,9
1969	681	828	97,3	64,4	1,7	3,8
1970	883	438	97,9	39,0	45,8	1,7
1971	471	681	95,2	43,6	19,9	4,3
1972	583	418	88,5	71,6	9,1	1,1
1973	436	667	93,1	17,0	20,9	11,2
1934	93	871	94,6	0,0	0,0	1,5
1975	795	953	80,8	40,8	11,3	13,5
1976	409	729	70,7	10,4	5,8	6,1
1977	827	196	79,3	21,2	8,7	25,7

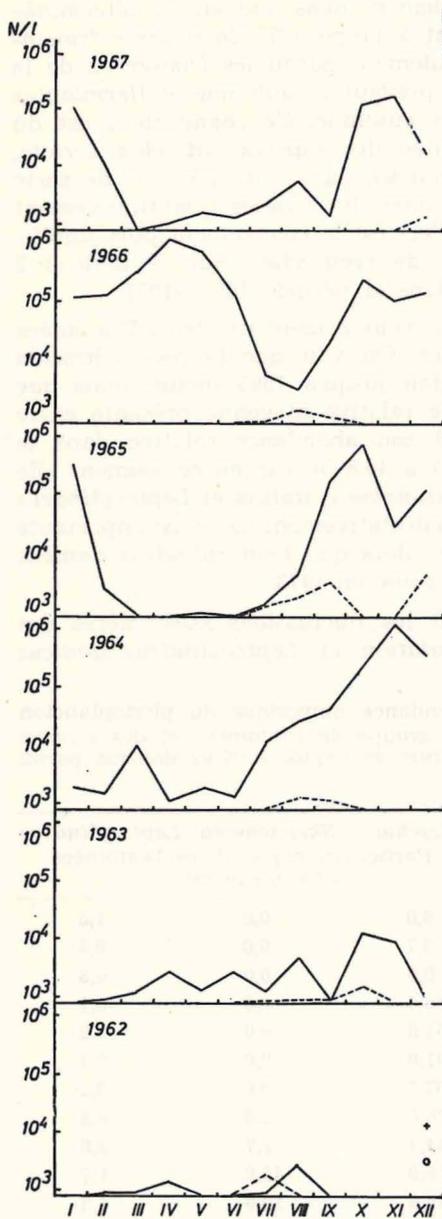


Fig. 2a. Fluctuations saisonnières des espèces *Nitzschia seriata* (ligne pleine) et *Leptocylindrus danicus* (ligne en tirets) de 1962 à 1967 dans la baie de Kaštela

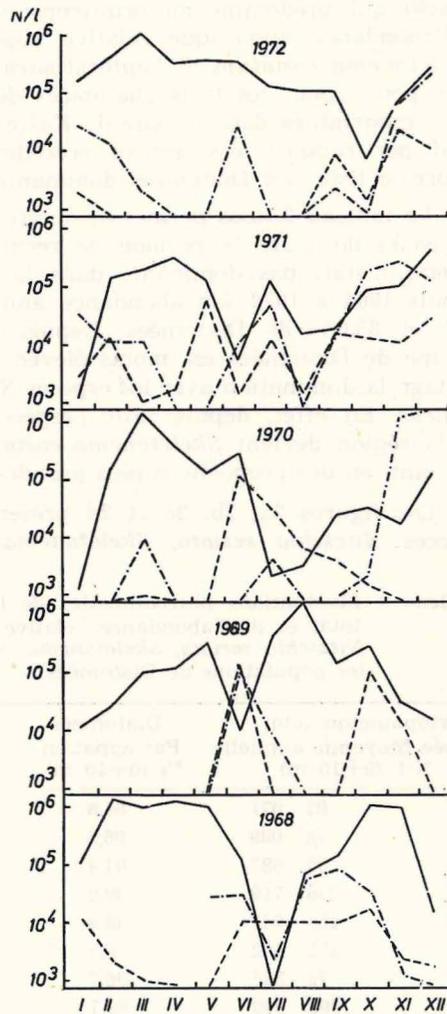


Fig. 2b. Fluctuations saisonnières de espèces *Nitzschia seriata* (ligne pleine), *Leptocylindrus danicus* (ligne en tirets) et *Skeletonema costatum* (ligne en tirets et pointillés) de 1968 à 1972 dans la baie de Kaštela

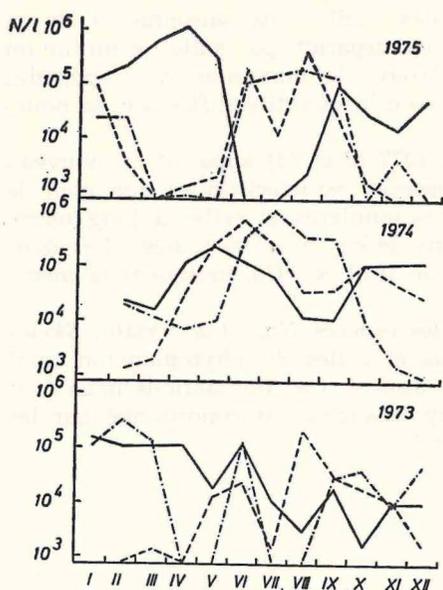


Fig. 2c. Fluctuations saisonnières des espèces *Nitzschia seriata* (ligne pleine), *Leptocylindrus danicus* (ligne en tirets) et *Skeletonema costatum* (ligne en tirets et pointillés de 1973 à 1975 dans la baie de Kaštela

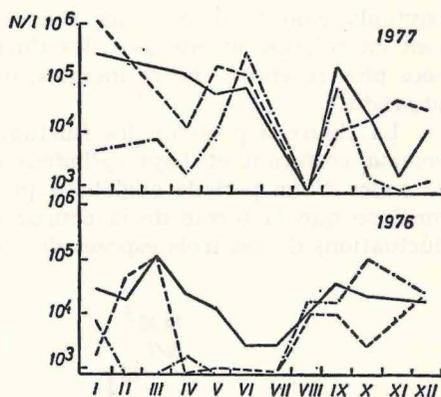


Fig. 2d. Fluctuations saisonnières des espèces *Nitzschia seriata* (ligne pleine), *Leptocylindrus danicus* (ligne en tirets) et *Skeletonema costatum* (ligne en tirets et pointillés de 1976 à 1977 dans la baie de Kaštela

dans la période de 1962 à 1977. Les années de recherche y sont groupées sur la base de certaines caractéristiques dans l'apparition de ces espèces.

De 1962 à 1967, seule *Nitzschia seriata* (Fig. 2a) est importante parmi ces espèces. La courbe de ses fluctuations saisonnières est bimodale, avec un maximum notable dans la période hiverno-printanière et celle automnale et avec un minimum pendant la partie plus chaude de l'année. *Leptocylindrus danicus* n'apparaît que temporairement avec des valeurs modestes dans la période chaude.

La période jusqu'à 1972 (Fig. 2b) est caractérisée par l'accroissement quantitatif de l'espèce *Leptocylindrus danicus* ainsi que par l'apparition de la Diatomée *Skeletonema costatum* qui se classe parmi les formes phytoplanctoniques dominantes. La floraison de l'espèce *Nitzschia seriata* dure maintenant plus longtemps et son minimum printanier est maintenant moins intensif et limité à une période de temps moins longue. Jusqu'à l'année 1973, c'est le type trimodale de sa courbe saisonnière qui prédomine, avec un accroissement hiverno-printanier, printano-estival et celui automnal. L'espèce *Leptocylindrus danicus* est plus fréquente dans cette période qu'auparavant. *Skeletonema costatum*, apparaissant en 1969, atteint depuis lors des maximums saisonniers notables, avec des valeurs entre 10^5 et 10^6 de cell./l, pour la plupart vers la fin de l'automne.

La figure 2c présentant la période jusqu'à 1975 nous fait voir que maintenant les maximums saisonniers de ces trois espèces alternent. C'est la raison

principale pour laquelle les amplitudes des oscillations saisonnières de la densité du phytoplancton diminuent alors, et disparaît, par suite, le minimum estival caractéristique. Regner (1979) trouve le maximum de Copépodes dans cette période qu'elle met en relation avec la quantité suffisante de nourriture.

Dans la dernière période, celle jusqu'à 1977 (Fig. 2d) apparaît de nouveau le minimum estival, tant pour ces trois espèces caractéristiques que pour le phytoplancton total, dont les fluctuations saisonnières et celles à long terme sont en relation étroite avec les fluctuations de ces trois Diatomées. Les données plus récentes, encore inédites, datant de 1978 et 1979, indiquent la même situation.

La figure 3 présente les fluctuations des espèces *Nitzschia seriata*, *Skeletonema costatum* et *Leptocylindrus danicus* et celles du phytoplancton total au cours d'une période englobant plusieurs années. Ces fluctuations nous font conclure que la forme de la courbe du phytoplancton est conditionné par les fluctuations de ces trois espèces dominantes.

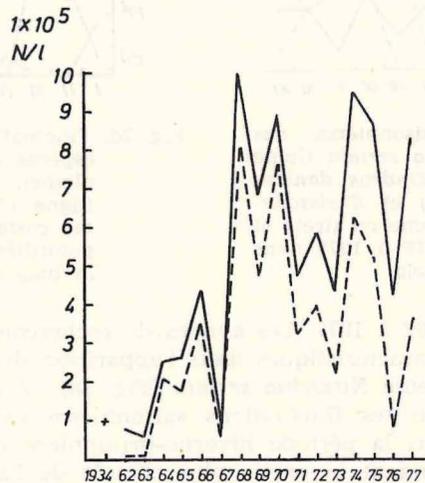


Fig. 3. Fluctuations à long terme de l'abondance numérique du phytoplancton total (ligne pleine) et des espèces *Nitzschia seriata*, *Leptocylindrus danicus* et *Skeletonema costatum* ensemble (ligne en tirets) dans la couche euphotique supérieure (0-10 m) de la baie de Kaštela

Etant donné l'augmentation de l'abondance numérique du phytoplancton au cours de la période passée et les changements se rapportant à la structure et la dynamique des populations diatomiques, on estime que la baie de Kaštela se trouve dans la phase du début de l'eutrophisation. Cette phase est caractérisée par la pullulation en masse de certaines espèces de Diatomées, considérées comme «opportunistes» (Perès, 1976). Ce groupe est formé justement des espèces traitées ci-dessus, ainsi que de certaines autres, telles

Eucampia cornuta et *Eucampia zoodiacus*, qui à peine dans la période 1971—1977 sont apparues dans cette baie (Tableau 2) et qui peuvent pendant quelques années être dominantes dans la période estivale, en apparaissant en association avec les espèces *Skeletonema costatum* et *Leptocylindrus danicus*.

Les résultats similaires ont été obtenus auparavant, pendant les expérimentations sur la fertilisation artificielle du lac de l'île de Mljet. Les recherches effectuées dans les conditions normales, de 1951 à 1953, ont démontré le caractère oligotrophique de cette région. Ce n'est que pendant le maximum automno-hivernal et celui printanier du phytoplancton que la densité s'est élevée à 100 et 200×10^3 cell./l. Les maximums étaient dûs à la poussée des espèces appartenant aux genres *Chaetoceros* et *Bacteriastrum* ainsi qu'à l'espèce *Thalassiothrix frauenfeldi* (Pucher—Petković, 1957). En 1954 a été effectuée la fertilisation du lac de Mljet au moyen du superphosphate, auquel on avait ajouté préalablement de l'acide sulfurique, et de l'extrait de terre comme agent complémentaire de fertilisation (Buljan, 1957). Après les expérimentations sur la fertilisation, effectuées pendant la stagnation estivale du phytoplancton en juillet, août et septembre, la densité du phytoplancton a augmenté de plus de 20 fois et ceci comme conséquence de la poussée des espèces *Leptocylindrus adriaticus* et *Nitzschia* sp. (le plus probablement *N. delicatissima*). Les espèces dominantes avant l'expérimentation, étaient maintenant de moindre importance (Pucher-Petković, 1960).

L'eutrophisation graduelle de la baie de Kaštela est suggérée également par le fait que, le long de toute la période étudiée, on observe une tendance à l'accroissement des phosphates qui, même si très modéré, est permanent et suivi de l'accroissement parallèle de la production primaire. Sur le tableau 4 figurent les moyennes mobiles de ces deux paramètres pour les périodes de cinq années, à partir de 1962 en avant.

Tableau 4. Fluctuations des valeurs moyennes des phosphates (P-PO₄ µg at/l) et de la production primaire (g C/m²/an) dans la baie de Kaštela de 1962 à 1977 (Buljan et Zore-Armanda, 1966; Vukadin, données inédites)

Période	P-PO ₄ µg at/l	Production primaire (g C/m ² /an)
1962—1966.	0,049	115,5
1963—1967.	0,052	121,2
1964—1968.	0,059	136,1
1965—1969.	0,061	159,4
1966—1970.	0,062	168,5
1967—1971.	0,070	185,9
1968—1972.	0,075	196,9
1969—1973.	0,077	196,6
1970—1974.	0,084	198,8
1971—1975.	0,088	202,5
1972—1976.	0,083	206,3
1973—1977.	0,080	206,3

La figure 4, représentant les fluctuations à long terme de l'abondance numérique du phytoplancton dans la colonne d'eau, celles des précipitations et de la transparence de l'eau de mer, rend évidente l'interdépendance de ces trois paramètres. La transparence, comme indicateur grossier de la production du phytoplancton, suit les fluctuations de sa densité. On peut en déduire que l'influence du phytoplancton sur la transparence de cette baie est plus forte que la présence de la matière turbide. Le cours des quantités annuelles de précipitations (données de la station météorologique de l'Institut, sur la pointe de Marjan) suit relativement bien, même si plus faiblement que la transparence, les fluctuations de la densité du phytoplancton, ce qui est compréhensible étant donné que l'apport des matières nutritives du continent dans la baie ne se fait que partiellement.

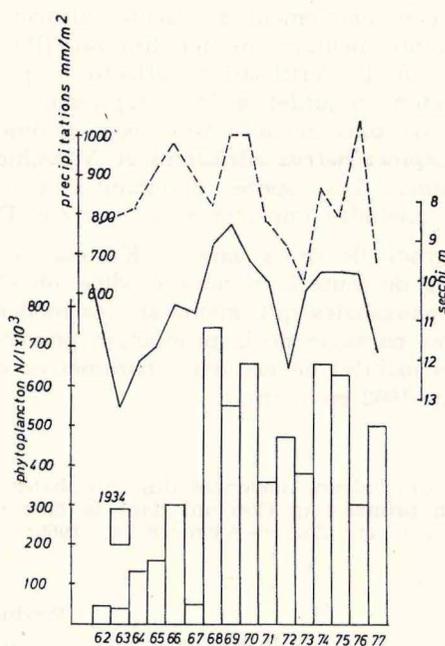


Fig. 4. Interdépendance de la densité du phytoplancton, de la transparence (ligne pleine) et des précipitations (ligne en tirets) dans la baie de Kaštela

Le ci-dit peut nous faire conclure que les facteurs locaux provenant du continent (eaux résiduaires urbaines, eaux des précipitations) règlent en grande mesure les fluctuations saisonnières et celles à long terme du phytoplancton de la baie de Kaštela. Ces facteurs influencent considérablement l'augmentation graduelle de la productivité de la baie. Cependant, les périodes de 2 à 3 années caractérisées par une abondance numérique du phytoplancton élevée sont suivies des périodes plus courtes d'une abondance moins grande et d'une baisse légère de phosphates, liée à une stagnation de la production

primaire. Un tel cours de ces trois paramètres les dernières années, nous fait conclure que, hors l'accroissement général de la productivité dans cette région, se manifestent également les fluctuations naturelles sur une échelle plus large. Cependant, les minimums de densité du phytoplancton, apparus en 1973 et 1976, sont de 5 fois plus hauts que les minimums qui ont eu lieu avant 1968 (Fig. 3, Tableau 4).

CONCLUSIONS

Il semble que les changements dans la structure et la dynamique du phytoplancton, observés au cours des dernières dix années dans la baie de Kaštela pourraient être mis en relation avec l'eutrophisation graduelle de la région. On a remarqué le suivant :

Les fluctuations saisonnières du phytoplancton, caractérisées auparavant par un minimum estival apparent, ne sont plus aussi marquées étant donné que les quantités du phytoplancton restent relativement élevées durant l'été aussi.

Le nombre d'espèces de Diatomées dominantes est diminué dans la période 1971—1977, comparé à l'année 1934 et à la période 1962—1970.

La domination dans la communauté phytoplanctonique est prise par les Diatomées *Nitzschia seriata*, *Leptocylindrus danicus* et *Skeletonema costatum*, qui sont typiques pour les milieux eutrophiques. Ces trois espèces ensemble orientent les fluctuations saisonnières et celles à long terme du phytoplancton total.

On a remarqué l'apparition et la domination des espèces *Eucampia zoodiacus* et *Eucampia cornuta* dans la période estivale ainsi que celle de l'espèce *Asterionella japonica*, qui se classe parmi les Diatomées plus abondantes.

L'abondance relative des espèces appartenant au genre *Chaetoceros* est en général diminuée. On n'observe plus la présence des espèces *Chaetoceros tetrastichon* et *Chaetoceros dadayi*.

On a noté un accroissement léger mais permanent de phosphates, dû aux facteurs locaux et suivi d'une augmentation parallèle de la production primaire et celle de la densité du phytoplancton.

Hors la tendance générale à l'augmentation de la densité du phytoplancton, on a noté les périodes de densité plus basse, qui relèvent l'influence des fluctuations naturelles.

OUVRAGES CITÉS

- Buljan, M. 1957. Fluctuation of temperature in the waters of the open Adriatic. *Acta Adriat.*, (8)7:26.
- Buljan, M. et M. Zore-Armanda. 1966. Hydrographic data on the Adriatic Sea collected in the period from 1952 through 1964. *Acta Adriat.*, 12:1—438.
- Buljan, M. et M. Zore-Armanda. 1979. Hydrographic properties of the Adriatic Sea in the period from 1965 through 1970. *Acta Adriat.*, 20(1—2):1—368.
- Ercegović, A. 1936. Etudes qualitative et quantitative du phytoplancton dans les eaux côtières de l'Adriatique orientale moyenne au cours de l'année 1934. *Acta Adriat.*, 1(9):1—125.
- Ercegović, A. 1940. Weitere Untersuchungen über einige hydrographische Verhältnisse und über die Phytoplanktonproduktion in den Gewässern der östlichen Mitteladria. *Acta Adriat.*, 2(3):1—40.
- Homen, B. 1979. Seasonal fluctuations of the phytoplankton biomass in the Central Adriatic coastal area. *Acta Adriat.*, 19(12):1—47.
- Pérès, J.-M. 1976. Action des facteurs de pollution sur les communautés pélagiques. Pollution et eutrophisation. *Dans La pollution des eaux marines*, 131—139. Ed. par Gauthier-Villars, Bordas, Paris: 231 p.
- Pucher-Petković, T. 1957. Etude du phytoplancton dans la région de l'île de Mljet dans la période 1951—1953. *Acta Adriat.*, 6(5):1—56.
- Pucher-Petković, T. 1960. Effet de la fertilisation artificielle sur le phytoplancton de la région de Mljet. *Acta Adriat.*, 6(8):1—24.
- Pucher-Petković, T. 1966. Végétation des Diatomées pélagiques de l'Adriatique moyenne. *Acta Adriat.*, 13(1):1—97.
- Pucher-Petković, T. 1973. Recherches préliminaires sur la photosynthèse du nanoplancton et du microplancton dans les eaux de l'Adriatique moyenne. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.*, 21(8):445—448.
- Pucher-Petković, T. 1974. Essai d'évaluation de la production primaire annuelle dans l'Adriatique. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.*, 22(9):71—72.
- Pucher-Petković, T. 1975. Fitoplankton Kaštelanskog zaljeva u odnosu na organsku poluciju. *Pomorski zbornik*, 13:491—500.
- Pucher-Petković, T. 1976. Effet des eaux résiduaires urbaines sur la densité et l'évolution saisonnière du phytoplancton. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.*, 23(9):93—94.
- Regner, D. 1979. The influence of eutrophication on the Copepods in the coastal area of Split (Central Adriatic). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 25/26(8):101—102.
- Zore-Armanda, M. 1970. Zaštita mora u splitskoj regiji. II Konferencija o zaštiti Jadrana, Hvar, 11—13. travnja 1979. I knj.: 373—379.

Reçu pour la publication le 18 septembre 1980.

RAZVOJ FITOPLANKTONSKIH POPULACIJA
KARAKTERISTIČNIH ZA EUTROFIZIRANU SREDINU
(KAŠTELANSKI ZALJEV, SREDNJI JADRAN)

Tereza Pucher-Petković i Ivona Marasović

Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split

KRATKI SADRŽAJ

U ovom radu su obrađeni rezultati dugogodišnjih istraživanja fitoplanktonske zajednice Kaštelanskog zaljeva, na osnovi čega su analizirane promjene koje su uslijedile za posljednjih desetak godina unutar te zajednice.

Kaštelanski zaljev kraj Splita spada među najproduktivnija područja Jadranskog mora, s prosječnom godišnjom primarnom proizvodnjom od 115 do 240 g C/m² i prosječnom godišnjom gustoćom fitoplanktona od 300 do 700 × 10³ st./l. Karakteristično je da oba parametra u posljednje vrijeme pokazuju trend porasta, što se dovodi u vezu s povećanom eutrofikacijom od strane kopna.

U jednom ranijem radu razmatran je utjecaj gradskih otpadnih voda na sezonski ciklus fitoplanktona i njegovu numeričku abundanciju kroz višegodišnji aspekt. U ovom radu praćene su, međutim pojave koje su, prema našem mišljenju, također rezultat eutrofikacije zaljeva, a odražavaju se na kvalitativnom sastavu i povećanoj gustoći, kao i na promijenjenim kvantitativnim odnosima između pojedinačnih dijatomejskih populacija. Naime, neke dijatomeje, koje do sada nisu bile značajne ili se čak uopće nisu ni javljale u ovom području, sada postaju dominantne, sačinjavajući najveći dio fitoplanktonske biomase. To se naročito odnosi na vrste *Skeletonema costatum*, *Nitzschia seriata* i *Leptocylindrus danicus*. Zapažena je i pojava vrsta karakterističnih za eutrofiziranu morsku sredinu, a koje se ranijih godina uopće nisu sretale u Kaštelanskom zaljevu: *Eucampia zoodiacus*, *Eucampia cornuta* i naročito *Asterionella japonica*, koja se zadnjih godina javlja u značajnim količinama. Osim toga, nestale su neke vrste koje smo ranijih godina redovito nalazili u Kaštelanskom zaljevu: *Chaetoceros tetrastichon*, *Chaetoceros dadayi*.

Pored navedenih promjena, uočen je i lagani, ali karakteristični porast fosfata u razdoblju istraživanja, koji je praćen paralelnim porastom proizvodnje, što nas zajedno upućuje na zaključak da se Kaštelanski zaljev nalazi u početnoj fazi eutrofikacije, iako u tom području još uvijek značajan utjecaj imaju i prirodne fluktuacije.

