

LE PHYTOPLANCTON DU GOLFE DE FOS (MEDITERRANÉE NORD-OCCIDENTALE)

Marc TRAVERS et Ki-Tai KIM

*Centre d'océanologie de Marseille, Station Marine d'Endoume
Rue de la Batterie-des-Lions 13007 Marseille, FRANCE
and Marine Science Institute, Yeungnam University
Gyongsan 631, Republic of KOREA*

ABSTRACT: During two years water samples were taken for phytoplankton study from three levels at a station that continuously receives a flow of water at a very low salinity over underlying seawater. This double influence induces vertical heterogeneity of the environment and controls phytoplankton composition and abundance. Identification of the abundant algae leads to a list of 125 taxa belonging to 10 classes. Diatoms are the most diversified one, including a majority of marine taxa. But the highest cell numbers are due to freshwater taxa: diatoms, blue-green algae and, above all, small chlorophyceae. Temporal and vertical variations are described. At 0 m phytoplankton taxonomical composition is approximately the same as in Etang de Berre or Canal de Caronte but, due to dilution, the population density is much less high and the annual cycle more pronounced. In underlying water marine influence generally prevails in composition and abundance of phytoplankton. A more or less sharp vertical gradient of abundance is always observed. The surface average is a little inferior to 10^7 cell \cdot l $^{-1}$, the 7 m average is only about $2 \cdot 10^5$ cell \cdot l $^{-1}$.

RÉSUMÉ: Le phytoplancton a été régulièrement étudié pendant deux ans à 3 niveaux en une station qui reçoit constamment au-dessus de l'eau de mer un afflux d'eaux très peu salées. Cette double influence entraîne une hétérogénéité verticale du milieu, et régit la composition et l'abondance du phytoplancton. L'identification des algues dominantes conduit à une liste de 125 taxons répartis en 10 classes. Celle des Diatomées est la plus diversifiée, avec une majorité de taxons marins. Mais les densités les plus élevées sont dues à des taxons d'eau douce: Diatomées, Cyanophycées et surtout petites Chlorophycées. Les variations temporelles et verticales sont décrites. A 0 m la composition taxinomique ressemble beaucoup à celle observée dans l'étang de Berre ou le canal de Caronte. L'abondance et la composition du phytoplancton sous-jacent dépendent en général surtout de l'influence marine. On observe constamment un gradient vertical plus ou moins fort de la densité des populations, entre des moyennes d'environ 10^7 cell. l $^{-1}$ en surface et $2 \cdot 10^5$ cell.l $^{-1}$ à 7 m.

Introduction

Les zones côtières de la plupart des mers du globe sont plus productives, à tous les niveaux trophiques, que ne le sont les eaux océaniques, situées plus au large. Elles doivent surtout cette richesse plus grande à l'influence de la topographie (faible profondeur et proximité de la côte) sur l'hydrodynamisme et le cycle des éléments nutritifs, mais les apports continentaux peuvent aussi jouer un rôle important, surtout sensible dans les mers oligotrophes, comme la Méditerranée.

C'est pourquoi l'on s'intéresse de plus en plus aux régions côtières bénéficiant de ces sources d'enrichissement. Ainsi sur la côte méditerranéenne française un ensemble de recherches se développe depuis quelques

années dans la région du Golfe de Fos.

Le Golfe de Fos, situé sur la côte méditerranéenne française à quelque 30 km à l'ouest du Golfe de Marseille, est beaucoup plus influencé que celui-ci par les apports d'eaux douces. En effet, d'une part il est très proche de l'embouchure principale du Rhône (fig. 1), d'autre part et surtout il reçoit sur sa rive orientale le débouché du Canal de Caronte qui fait communiquer ainsi l'étang de Berre avec la mer. Or, ce vaste étang reçoit plusieurs cours d'eau. Aux rivières naturelles de débit faible ou modéré s'est ajouté depuis 1966 un cours d'eau beaucoup plus important: le canal provenant de la centrale hydro-électrique de Saint Chamas, vers laquelle a été dérivée une grande partie des eaux de la Durance, affluent ma-

jeur du Rhône. Cette dérivation a entraîné un abaissement considérable de la salinité de l'étang. Simultanément, dans le canal de Caronte, le flux superficiel de sortie des eaux vers le Golfe de Fos est devenu très supérieur au flux d'entrée qui, juste au-dessus du fond, apporte de l'eau de mer dans l'étang. Ainsi le Golfe de Fos reçoit-il la plupart du temps par le canal de Caronte un apport quotidien régulier d'environ 23.10^6 m^3 d'une eau dont la salinité est généralement comprise entre 2 et 5‰. Toutefois, pendant la fin de l'été et en automne, cet apport peut être fortement réduit et sa salinité peut alors s'élever jusqu'à 14‰.

Le Golfe de Fos reçoit aussi par l'ouest quelques apports d'eau douce provenant du Rhône par le canal Saint-Louis. Il peut même parfois recevoir des eaux venant de l'embouchure principale du Rhône.

Cette dessalure constitue un facteur écologique essentiel pour le Golfe de Fos, dessalé en surface mais marin près du fond. Ce fort gradient de salinité entraîne un aussi fort gradient de densité qui se trouve encore renforcé en été par un gradient thermique. Il en résulte une stratification permanente qui gêne considérablement les échanges de toute nature entre couches superposées.

Les apports saumâtres enrichissent aussi la couche

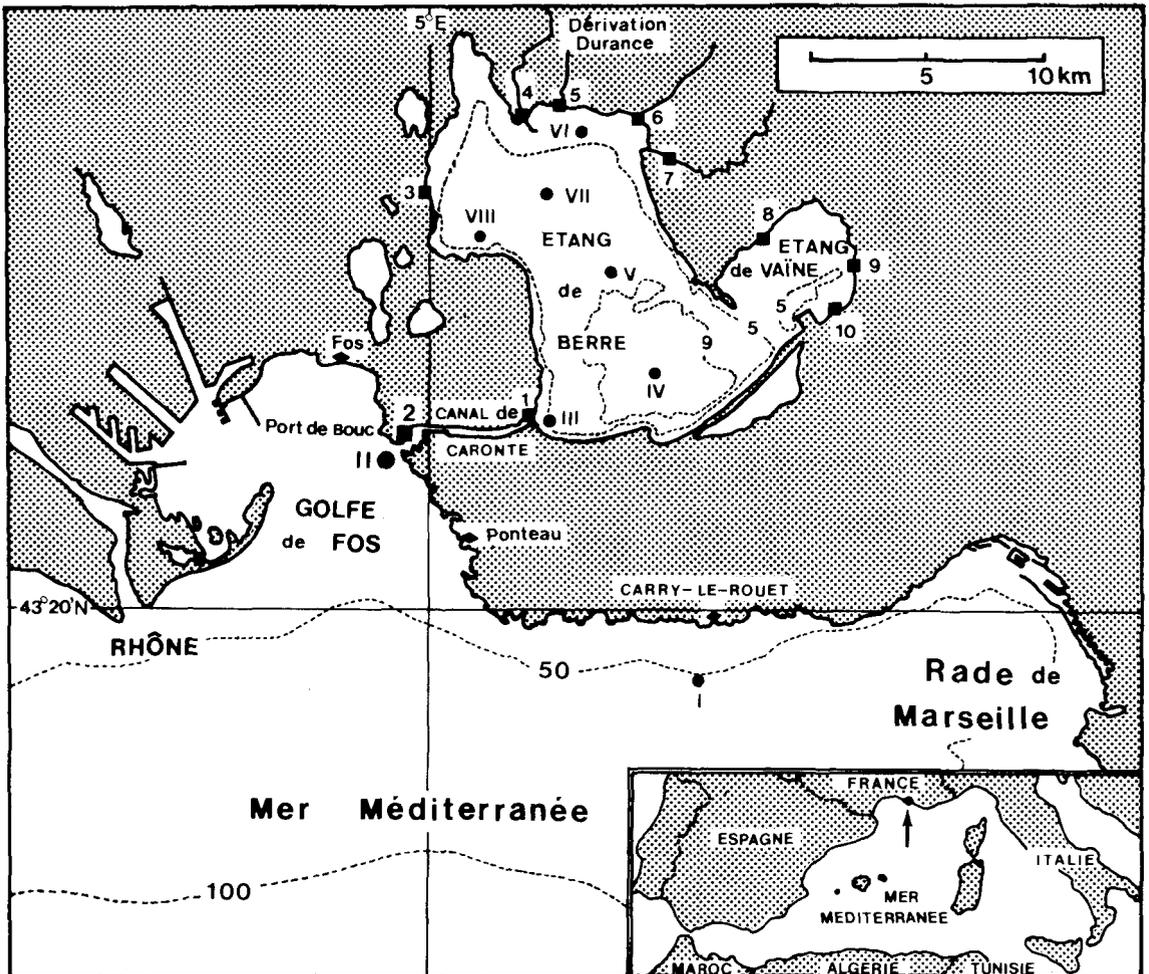


Fig. 1. Geographical situation of the Gulf of Fos.

superficielle du Golfe de Fos en éléments nutritifs, notamment azote et silicium, en tripton qui contribue notablement à réduire la transparence (Kim et Travers, 1983), et enfin en polluants divers venant des zones industrielles qui entourent l'étang de Berre. A ces polluants s'ajoutent ceux qui proviennent directement du complexe industriel de Fos même, de celui de Lavéra et des effluents urbains locaux.

Un certain nombre de données sur le phytoplancton du Golfe de Fos ont été apportées par Blanc et Leveau (1970 a,b, 1973, 1980), Blanc et al. (1975, 1976 a,b), Bourgade et al. (1976) et, de façon plus détaillée, par Benon et al. (1976, 1977 a,b, 1979) et par Bourgade (1977, 1979, 1981 a,b,c,d). A l'exception de certains travaux de Bourgade (1977, 1981 a,b,c,d), extrêmement côtiers (port de Ponteau), il s'agit là de recherches portant généralement sur un réseau important de stations, mais limitées à des périodes très brèves. En outre, elles ne concernent que la surface. En revanche, les données qui vont être présentées ont été régulièrement échelonnées sur deux ans et se répartissent sur trois niveaux. Elles permettront ainsi d'avoir un jugement mieux fondé et plus complet sur l'influence que peuvent avoir les apports continentaux sur la nature et l'abondance du phytoplancton du Golfe de Fos.

Matériel et méthodes

Les données présentées ici ont été recueillies entre le 25 janvier 1977 et le 7 novembre 1978 à la station II (fig. 1). Cette station est située dans le Golfe même, mais à proximité (500 m environ) de la rade de Port-de-Bouc, débouché occidental de canal de Caronte, au-dessus de 14 m de fond, par 43° 23' 33" de latitude N et 4° 58' 54" de longitude E. Elle a été visitée 31 fois avec l'"Alciopé", navire de 48 tonneaux, long de 18 m. Les prélèvements et mesures y ont été effectués en surface et à 4 et 7 m de profondeur.

A proximité de la station II se trouve la station 2 (43° 23' 48" N; 4° 59' 8" E) qui est située à la pointe de la jetée Nord limitant la rade de Port-de-Bouc, près de fonds de 13m. Station côtière, effectuée par terre, elle ne comporte que le niveau de surface mais a pu être visitée 52 fois entre le 7 décembre 1976 et le 11 décembre 1978. Quelques données concernant le phytoplancton de cette station ont été publiées en même temps que celles concernant l'étang de Berre en raison de leur forte parenté (Kim et Travers, 1984). D'autre part, d'intéressantes comparaisons pourront être faites avec les résultats obtenus pour le phytoplancton de la station I, en milieu franchement marin, à mi-chemin entre les golfes de Fos et de Marseille (fig. 1; 43° 18' 26" N; 5° 8' 28" E; profondeur:

54m) et publiés par Kim (1980).

L'eau prélevée a été fixée au Lugol à l'acétate de sodium (Utermöhl, 1958) et conservée à l'obscurité en flacons de verre ordinaire jusqu'à étude. Celle-ci a été réalisée peu de temps après (quelques semaines au maximum) selon la méthode d'Utermöhl, avec un microscope inversé Wild. Pour certaines identifications difficiles, il a cependant été quelquefois nécessaire d'avoir recours au microscope droit et à des échantillons non fixés. Néanmoins, il a pu demeurer des doutes sur l'identité de petites cellules fragiles. Des confusions limitées ont probablement pu être faites entre *Oscillatoria okenii* et *O. rubescens*, ou bien entre *Cyclotella glomerata*, *C. kuetzingiana* et *C. melosiroides*, ou bien encore entre les variétés *falcatus*, *mirabilis* et *radiatus* d'*Ankistrodesmus falcatus*, quand l'un des deux ou trois taxons ressemblants était particulièrement abondant. Il est possible aussi que les effectifs de *Chlorella miniata* englobent parfois des individus de quelque autre petite Chlorophycée. Quant à la Cyanophycée (ou Cyanobactérie) *Wolleea saccata*, son identification nous paraît correcte en dépit de ce qu'on sait actuellement de la répartition de ce taxon dans le monde. Enfin, les appellations *Nitzschia "delicatissima"*, *N. "pacifica"* et *N. "seriata"* ne désignent pas de véritables espèces mais des "complexes" de "*Pseudonitzschia*" tychoépélagiques généralement difficiles à identifier au niveau de l'espèce (Hasle, 1965).

En outre, bien que les densités de populations soient exprimées en nombres de cellules par litre, il s'agit en réalité de filaments pour ce qui concerne les Cyanophycées filamenteuses.

Résultats

Composition du phytoplancton

Le tableau I donne un inventaire taxinomique général du phytoplancton observé. Cet inventaire limité à 125 unités systématiques ne concerne guère que les taxons les plus abondants, aucun effort n'ayant été fait pour l'accroître, par exemple en observant des récoltes de filets fins qui auraient notamment beaucoup accru la diversité des Dinoflagellés. Tel qu'il est donc, l'inventaire présenté est fortement dominé par les Diatomées, avec 80 espèces et 4 autres variétés. On trouve ensuite les Chlorophycées, avec 18 taxons, puis 10 espèces de Dinoflagellés et 8 espèces de Cyanophycées (Cyanobactéries).

Parmi les taxons de Diatomées on note une certaine prédominance (61%) des Centriques. D'ailleurs le genre planctonique *Chaetoceros* est le plus diversifié, suivi d'assez loin par *Nitzschia*, surtout représenté par des espèces tychoépélagiques, et par les genres centriques planctoniques *Cyclotella* et *Rhizosolenia*.

L'inventaire comprend des taxons marins, surtout nombreux chez les Diatomées, et des taxons d'eau douce. Ce sont assurément ces derniers qui constituaient les populations les plus abondantes, comme en témoigne le tableau II. Ce tableau présente pour les espèces les mieux représentées une sorte de résumé simplifié des variations

saisonnnières et verticales de leur abondance. Il utilise pour cela un code chiffré qui se réfère directement à la moyenne pondérée mensuelle de la densité de population du taxon considéré, puisque chaque chiffre indique la classe d'abondance obtenue après transformation logarithmique (\log_{10}) de la densité moyenne.

Tabl. I. Inventaire des taxons observés. List of observed taxa.

Cyanophycées

Aphanizomenon gracile Lemmermann
Borzia trilocularis Cohn
Nostoc cf. *parmelioides* Kützing
Oscillatoria okenii Agardh
Oscillatoria rubescens De Candolle
Rhabdoderma lineare Schmidle & Lauterborn
Spirulina major Kützing
Wolleea saccata (Wolle) Bornet & Flahaut

Diatomées

Asterionella formosa Hassall
Asterionella gracillima (Hantzsch) Heiberg
Asterionella japonica Cleve
Bacteriastrum delicatulum Cleve
Chaetoceros affinis var. *willei* (Gran) Hustedt
Chaetoceros atlanticus f. *audax* (Schütt) Gran
Chaetoceros brevis Schütt
Chaetoceros compressus Lauder
Chaetoceros concavicornis Mangin
Chaetoceros convolutus Castracane
Chaetoceros curvisetus Cleve
Chaetoceros debilis Cleve
Chaetoceros decipiens Cleve
Chaetoceros densus Cleve
Chaetoceros diadema (Ehrenberg) Gran
Chaetoceros didymus Ehrenberg var. *protuberans* (Lauder) Gran & Yendo
Chaetoceros difficilis Cleve
Chaetoceros gracilis Schütt
Chaetoceros lacinosus Schütt
Chaetoceros lauderi Ralfs
Chaetoceros lorenzianus Grunow
Chaetoceros muelleri Lemmermann
Chaetoceros pendulus Karsten
Chaetoceros perpusillus Cleve
Chaetoceros peruvianus Brightwell
Chaetoceros simplex Ostenfeld
Chaetoceros socialis Lauder
Chaetoceros teres Cleve
Chaetoceros vistulae Apstein
Cocconeis pediculus Ehrenberg
Cocconeis placentula var. *euglypta* (Ehrenberg) Cleve
Cyclotella bodanica Eulenstein
Cyclotella comensis Grunow
Cyclotella comta (Ehrenberg) Kützing var. *comta*
Cyclotella glomerata Bachmann
Cyclotella kuetzingiana Thwaites
Cyclotella melosiroides (Kirchner) Lemmermann

Cyclotella operculata (Agardh) Kützing
Cylindrotheca closterium (Ehrenberg) Reimann & Lewin
Detonula pumila (Castracane) Schütt
Diatoma elongatum (Lyngbye) Agardh
Diatoma vulgare var. *productum* Grunow
Diatoma vulgare var. *vulgare*
Ditylum brightwellii (West) Grunow
Eucampia zodiacus Ehrenberg
Fragilaria crotonensis Kitton
Fragilaria intermedia Grunow
Gomphonema olivaceum (Lyngbye) Kützing var. *olivaceum*
Grammatophora angulosa Ehrenberg
Guinardia flaccida (Castracane) Peragallo
Hemiaulus hauckii Grunow
Hemiaulus sinensis Greville
Lauderia annulata Cleve
Leptocylindrus danicus Cleve
Leptocylindrus mediterraneus (H. Peragallo) Hasle
Licmophora abbreviata Agardh
Navicula cryptocephala Kützing var. *cryptocephala*
Navicula viridula Kützing var. *viridula*
Nitzschia acicularis (Kützing) Smith var. *acicularis*
Nitzschia clausii Hantzsch
Nitzschia "delicatissima" Cleve
Nitzschia longissima (Brébisson) Grunow
Nitzschia pacifica Cupp
Nitzschia palea (Kützing) Smith
Nitzschia pungens Grunow var. *atlantica* Cleve
Nitzschia "seriata" Cleve
Pinnularia microstauron (Ehrenberg) Cleve var. *brebissonii* (Kützing) Mayer
Pinnularia microstauron var. *microstauron*
Rhizosolenia alata Brightwell f. *alata*
Rhizosolenia alata f. *gracillima* (Cleve) Grunow
Rhizosolenia delicatula Cleve
Rhizosolenia fragilissima Bergon
Rhizosolenia hebetata Bailey f. *semispina* (Hensen) Gran
Rhizosolenia setigera Brightwell
Rhizosolenia stollerfothii Peragallo
Skeletonema costatum (Greville) Cleve
Skeletonema subsalsum (Cleve-Euler) Hustedt
Surirella ovata Kützing var. *ovata*
Surirella ovata var. *salina* (Smith) Rabenhorst
Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenberg var. *ulna*
Thalassionema nitzschoides (Grunow) Van Heurck
Thalassiosira decipiens (Grunow) Jörgensen
Thalassiothrix frauenfeldii Grunow
Thalassiothrix mediterranea Pavillard

	Prof	1977										1978												
		J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	0m	.	.	.	5	.	.	.	6	5	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.
	4m	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros compressus</i>	7m	.	.	.	4	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros difficilis</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	6	.	4	.	.	.
	4m	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	7m	.	.	.	.	.	.	4	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros lacinosus</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	4m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	7m	.	.	.	.	.	4	4	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	0m	.	.	.	6	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.
	4m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	6	.
	7m	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	5	.
<i>Chaetoceros muelleri</i>	0m	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.
	4m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.
	7m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	4m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	7m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cyclotella comta</i>	0m	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cyclotella glomerata</i>	0m	.	.	.	.	6	7	6	6	4	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.
	4m	.	.	.	.	5	5	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	7m	.	.	.	.	5	5	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cyclotella melosiroides</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	4	5	.	7	7	7	5	4	.
	4m	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	6	6	5	5	.	.	.
	7m	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	5	5	.	.	.	.	.
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.
	4m	.	.	.	.	4	4	.	.	.	.	.	.	.	.	5	4	.	.	4	.	.	.	.
	7m	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Detonula pumila</i>	4m	.	.	.	4	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	7m	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Diatoma elongatum</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.
	4m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Diatoma vulgare</i> var. <i>productum</i>	0m	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0m	.	.	.	5	.	6	7	4	.	.	.	.	.	.	5	.	6	7	.	.	.	.	.
	4m	.	.	.	4	.	5	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.
	7m	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fragilaria intermedia</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	7	.	5	.	.
	4m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	6	.	5	.	.
	7m	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	5	.	5	.	.
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	4	.	.	.	.
	4m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	4	6	.	4	.	.	.	.
	7m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	4	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lauderia annulata</i>	4m	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	7m	.	.	.	4	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0m	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	6	7	.	6	.	5	.	.
	4m	.	.	.	4	5	4	5	.	4	.	.	.	.	.	4	5	6	7	4	5	.	.	.
	7m	.	.	.	4	5	.	.	4	.	.	.	.	.	.	5	5	6	.	5	.	.	.	.
<i>Navicula viridula</i>	0m	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nitzschia acicularis</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	4	5	.	.	.	.	.	.	.
	4m	4	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.
	7m	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nitzschia "delicatissima"</i>	0m	.	.	5	5	.	.	.	6	.	5	.	.	.	.	5	.	6	.	.	.	.	6	.
	4m	.	.	4	4	4	.	4	4	.	4	.	.	.	.	5	4	6	.	4	4	.	6	.
	7m	.	.	4	4	4	.	4	4	.	4	.	.	.	.	4	4	4	.	4	4	.	6	.
<i>Nitzschia "pacific"</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	4m	.	.	3	4	.	5	5	.	4	3	.	.	.	.	.	.	6	.	4	.	5	.	.
	7m	.	.	3	4	.	4	4	.	4	5	.	.	.	.	.	4	.	.	4	.	.	.	.
<i>Nitzschia palea</i>	0m	.	.	.	.	5	5	.	3	.	.	.	.	.	4	.	.	5	.	.	.	.	.	.
	7m	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nitzschia pungens</i> var. <i>atlantica</i>	0m	.	.	.	5	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	4	.	6	.	.	.	4	.	.
	4m	.	.	4	5	4	5	.	4	.	.	.	.	.	4	.	5	7	6	.	.	.	5	.
	7m	.	.	.	5	.	4	.	4	3	.	.	.	.	4	.	5	5	.	.	4	.	.	.
<i>Nitzschia "seriata"</i>	0m	.	.	.	5	5	.	.	.	.	5	.	.	.	.	4	.	4	.	5	.	.	.	.
	4m	.	.	.	5	.	4	.	.	3	.	4	.	.	.	4	.	.	6	.	.	.	.	.
	7m	.	.	.	5	4	4	.	.	4	.	.	.	3	4	4	4	.	.	.	4	.	.	.
<i>Pinnularia microstauron</i>	0m	.	.	.	.	5	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>alata</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	4m	.	.	.	.	.	4	.	.	3	4	.	.	.	.	4	.	.	.	.	4	.	.	.
	7m	.	.	.	.	.	.	.	.	3	4	.	.	.	.	4	4	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>gracillima</i>	4m	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.
	7m	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhizosolenia delicatula</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	6	.
	4m	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	4	6	.	.	.	.	.
	7m	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	4	5	.	4	.	4	4	.	6	.

	Prof	1977												1978										
		J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	0m	5	6	6
	4m	.	.	4	4	.	.	.	3	4	.	.	.	.	.	.	5	6	6	4	4	.	6
	7m	.	.	.	.	.	.	.	4	4	.	.	.	.	.	.	5	4	.	4	4	.	6
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>	4m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	6
	7m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	4	.	.	.	.	.
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	4m	.	.	.	4	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.
	7m	.	.	4	4	.	.	.	3	4	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	5
<i>Skeletonema costatum</i>	0m	.	.	.	5	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	7	.	5	.	.	.
	4m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	7	.	5	.	.	.
	7m	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	4	.	.	.
<i>Surirella ovata</i> var. <i>salina</i>	7m	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Synedra ulna</i>	0m	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	4	.	.	.
	4m	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	4	.	.	.
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	4m	.	.	.	.	4	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	7m	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5
	4m	.	.	.	4	4	.	.	3	.	.	.	.	4	.	.	4	.	4	.	.	.	5
	7m	.	.	4	4	4	4	3	4	4	.	.	.	4	4	4	4	4	.	.	.	.	5
<i>Thalassiothrix mediterranea</i>	4m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.
	7m	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.
Chlorophycées																								
<i>Ankistrodesmus convolutus</i> var. <i>minutus</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	4m	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> var. <i>falcatus</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	4	5	7	6	.	5	6	.	6
	4m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	4	5	.	.	.	.	.	.
	7m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	4	.	.	.	.
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> var. <i>mirabilis</i>	0m	.	.	.	.	5	5	6	5	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.
	4m	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> var. <i>radiatus</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	4	3	.	.	.	.	.	.	6	5	.	.	.	.	.
	4m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.
<i>Chlorella miniata</i> + <i>Chlorella</i> spp.	0m	7	.	7	7	8	8	7	.	7	8	7	6	.	7	6	8	8	.	8	8	.	8	
	4m	.	.	.	7	7	7	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	8	.	6	.	6	7
	7m	.	.	.	7	6	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	6	.	6	.	7
<i>Hyaloraphidium contortum</i>	0m	.	.	5	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	5	7	.	.	.	.	.	.
	4m	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	7m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.
<i>Kirchneriella elongata</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.
<i>Kirchneriella obesa</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Scenedesmus crassus</i>	0m	.	.	6	6	6	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	0m	5	.	5	6	6	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	4m	.	.	5	5	4	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.
	7m	4	.	5	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Scenedesmus</i> spp. (2 cellules)	0m	.	.	6	5	6	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	4m	.	.	4	4	5	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tetraspora gelatinosa</i>	0m	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	7	7	.	.	.	.	.	.
Cryptophycées																								
<i>Rhodomonas pusilla</i>	0m	5	.	5	5	.	.	.	5	6	5	.	.	.	.	.	.	6	5	.	.	.	.
	4m	.	.	.	.	.	.	.	4	5	4	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.
	7m	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.
Dinoflagellés																								
<i>Ceratium fusus</i>	7m	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.

Evolution et répartition verticale du phytoplancton

L'évolution du phytoplancton à la station 2, c'est-à-dire à la sortie du canal de Caronte, ressemble beaucoup à celle qui a été observée dans l'ensemble de l'étang de Berre (Kim et Travers, 1984, fig. 4 et 5). De même, la composition de son phytoplancton superficiel est pratiquement la même que dans l'étang de Berre.

Lorsque l'on passe de la station 2, littorale et abritée, à la station II, toute proche, mais plus profonde et beaucoup plus exposée, interviennent des changements beaucoup plus importants que pendant toute la traversée

du chenal de Caronte. En effet, on a vu plus haut que le Golfe de Fos présente une forte hétérogénéité verticale surtout marquée aux abords du canal de Caronte. En surface on y trouve une eau saumâtre très dessalée provenant de l'étang de Berre. A 4m, on rencontre habituellement les caractéristiques de l'eau de mer mais il peut aussi y avoir d'importantes perturbations d'origine superficielle. Elles sont bien plus rares à 7m où le milieu est presque toujours typiquement marin. Dans l'eau superficielle on observe généralement des taxons d'eau douce originaires de l'étang de Berre; exceptionnellement, ils peuvent aussi

abonder jusqu'à 4 ou même 7m. A ces niveaux il est cependant plus habituel de récolter des taxons marins. Bien que le phytoplancton de surface ressemble fortement à celui de l'étang de Berre et du canal de Caronte, il est en général beaucoup moins dense et le cycle annuel d'abondance est plus nettement marqué (fig. 2). En particulier, les populations y sont beaucoup plus clairsemées en hiver et au début du printemps, parfois aussi en été, après l'importante poussée printanière.

Période hivernale: janvier-mars 1977

Les échantillons prélevés de janvier à mars 1977 ont permis de constater la forte hétérogénéité verticale de la répartition (fig. 3), c'est-à-dire une grande pauvreté numérique dans l'eau subsuperficielle où la densité des populations ne dépasse pas $5000 \text{ cell. l}^{-1}$, contrastant avec des valeurs beaucoup plus élevées dans l'eau superficielle où elles peuvent dépasser $5 \cdot 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$. Le phytoplancton est surtout fortement dominé sur le plan numérique par de minuscules chlorelles (surtout *Chlorella miniata*) dont l'abondance atteint $3 \cdot 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$. Il comprend aussi des populations de *Glennodinium inaequale*

surtout développé en surface, et de *Scenedesmus quadricauda*, présent à tous niveaux.

Oscillatoria rubescens apparaît en surface début mars et même se développe un peu vers la profondeur en fin de mois. Notons enfin le développement relatif, à 4 et 7m, de diverses espèces de *Nitzschia* et autres Diatomées marines.

Grandes poussées: avril-juin 1977

En avril commence la poussée phytoplanctonique printanière qui dure jusqu'à fin juin. On peut en réalité diviser la période printanière en deux poussées: l'une, qui culmine en mai, l'autre en juin. On remarque une nette stratification verticale de la densité des populations, les densités de surface étant 10 à 100 fois supérieures à celles de 7m.

Au moment de la grande poussée de mai, la densité des populations superficielles dépasse un peu $70 \cdot 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$, alors qu'elle est seulement de $14 \cdot 10^6$ à 7m. En juin, après une régression importante à tous les niveaux, les valeurs remontent jusqu'à $67 \cdot 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$ dans les eaux superficielles et seulement $1,3 \cdot 10^6 \text{ cell. l}^{-1}$ à 7m. Les taxons responsables du développement dans les eaux

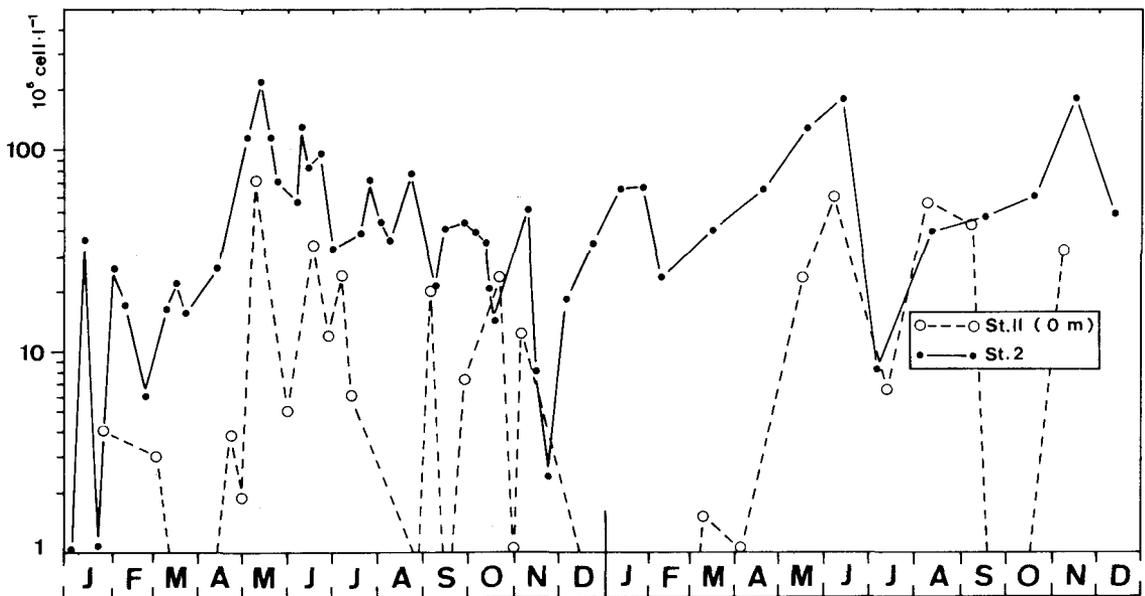


Fig. 2. Evolution de la densité des populations phytoplanctoniques de surface en 1977-1978 aux stations II et 2. Evolution of surface phytoplankton abundance in 1977-1978 at stations II and 2.

superficielles proviennent de l'étang de Berre. Une fois de plus, les petites Chlorelles sont très fortement prédominantes, suivies par *Cyclotella glomerata* ($2 \cdot 10^6$ cell. l^{-1} en juin) et la Myxophycée *Wollea saccata* (qui atteint près de $2 \cdot 10^6$ filaments. l^{-1} en juin). Les Chlorophycées *Scenedesmus quadricauda* et *S. crassus* ne dépassent pas $240,000$ cell. l^{-1} . Outre ces espèces, d'autres taxons se multiplient également mais irrégulièrement, sans jamais dépasser $100,000$ cell. l^{-1} , tels *Bacteriastrium delicatulum*, *Chaetoceros muelleri*, *Navicula viridula*, *Pinnularia microstauron*, *Rhodomonas pusilla* qui se présentent au début de cette période, tandis que *Diatoma vulgare* var. *productum*, *Nitzschia palea*, *Oscillatoria rubescens*, *Ankistrodesmus falcatus* var. *mirabilis* se développent ensuite.

Les taxons responsables du développement du phytoplancton dans les eaux sous-jacentes pendant cette poussée printanière appartiennent surtout au phytoplancton marin. *Thalassiothrix frauenfeldii* se multiplie activement et diverses *Nitzschia* sont en plein développement, en particulier *N. closterium* (= *Cylindrotheca* c.), *N. "delicatissima"*, *N. "pacific"*, ainsi que *N. pungens* var. *atlantica* et *N. "seriata"*, bien qu'elles soient plus abondantes en surface. *Chaetoceros lorenzianus* et *Fragilaria crotonensis* (10^4 à 10^5 cell. l^{-1}) sont aussi des espèces constitutives de la poussée des eaux subsuperficielles où elles

sont mieux représentées.

Outre ces taxons principaux, on peut citer d'autres participants à cette poussée, tels *Chaetoceros compressus*, *Detonula pumila* (*Schroederella delicatula*), *Skeletonema costatum* et *Thalassiothrix mediterranea* qui se multiplient intensément mais sporadiquement au début de cette période, et d'autres taxons qui se multiplient parfois pendant la période postérieure: *Asterionella japonica*, *Chaetoceros difficilis*, *C. lacinosus*, *Rhizosolenia alata* f. *alata*, *R. alata* f. *gracillima*, *R. delicatula*, *R. fragilissima*, *Thalassionema nitzschioides*.

Période estivale: juillet-septembre 1977

Cette période estivale est moins riche en phytoplancton que le printemps, mais comprend quelques poussées brèves, surtout superficielles. La densité maximale atteint $24 \cdot 10^6$ cell. l^{-1} le 7 juillet et $27 \cdot 10^6$ le 6 septembre en surface alors qu'elle ne dépasse jamais 10000 cell. l^{-1} au-dessous de 4m en septembre.

En surface les taxons principaux de la poussée de juillet sont en particulier des Chlorelles qui sont responsables des variations essentielles, puis *Fragilaria crotonensis* qui présente un maximum de 5500000 cell. l^{-1} , le 12 juillet, puis diminue peu à peu. *Cyclotella glomerata* se multiplie au début de juillet, plus activement qu'en mai,

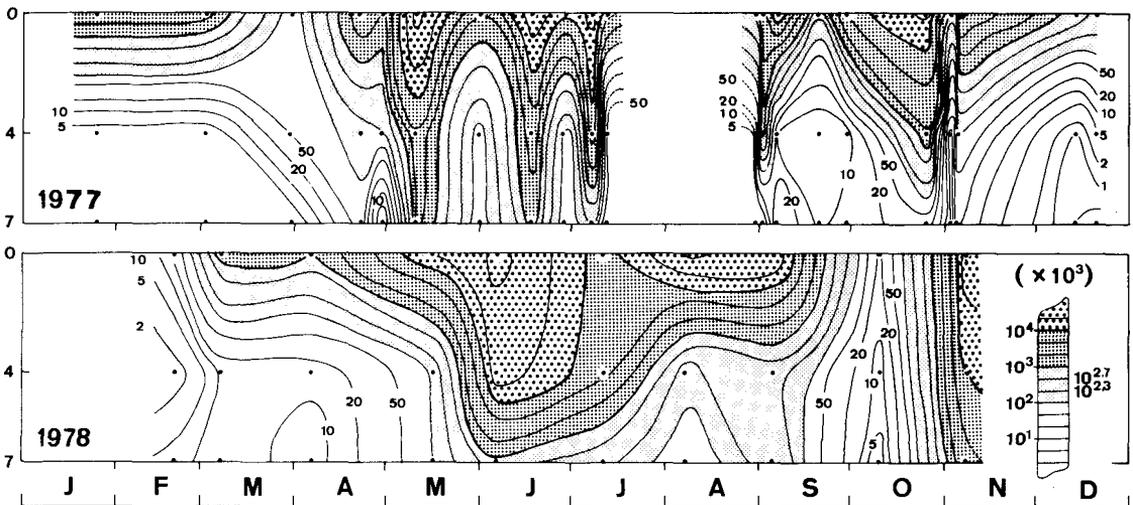


Fig. 3. Evolution annuelle à la station II de la densité des populations (en 10^3 cellules par litre). Annual evolution at station II of phytoplankton abundance (10^3 cells per liter).

et atteint la densité de $850000 \text{ cell.l}^{-1}$, *Cyclotella comta* et *Nitzschia palea* atteignent 10^5 cell.l^{-1} . On peut encore citer *Leptocylindrus danicus*, *Ankistrodesmus falcatus* var. *mirabilis* et *Wollea saccata*, relativement abondants en surface de juillet à début septembre. Dans les eaux sous-jacentes, c'est la multiplication de *Nitzschia "pacifica"* et *Thalassiothrix frauenfeldii* qui dure pendant toute cette période.

Outre les petites Chlorophycées, la poussée de septembre est conduite par *Bacteriastrium delicatum* qui se développe activement fin août, atteint un maximum de $650000 \text{ cell.l}^{-1}$ en surface et se maintient jusqu'à fin septembre, malgré une diminution importante. Ensuite, *Nitzschia "delicatissima"* et *N. pungens* var. *atlantica* s'accroissent notablement, surtout en surface. Fin septembre, la multiplication de *Rhizosolenia* (*R. alata* f. *alata*; *R. stolterfothii*, notamment dans les eaux superficielles; *R. fragilissima*) constitue l'essentiel du phytoplancton présent.

Période automnale: octobre à décembre 1977

En automne, la densité des populations est maximale en octobre, atteignant $22,5.10^6 \text{ cell.l}^{-1}$ en surface, mais décroissant fortement avec la profondeur dans les eaux sous-jacentes.

La forte densité dans les eaux de surface est essentiellement due à de très petits flagellés nus, pas tous identifiés, qui peuvent atteindre un maximum de $20.10^6 \text{ cell.l}^{-1}$ le 25 octobre, et à *Rhodomonas pusilla*, dont la densité excède 10^6 cell.l^{-1} . *Nitzschia "delicatissima"*, *N. "pacifica"*, *N. "seriata"*, *Rhizosolenia fragilissima* et *R. stolterfothii* se multiplient d'abord abondamment dans les eaux superficielles et un peu moins dans les couches sous-jacentes. *Thalassiothrix frauenfeldii* qui a déjà fait son apparition au cours de la période estivale continue son développement dans les eaux subsuperficielles mais est moins abondant que pendant la période antérieure.

Oscillatoria rubescens (300000 filaments. 1^{-1}), et *Rhabdoderma lineare* (200000 filaments. 1^{-1}) sont les espèces essentielles du phytoplancton en novembre et décembre.

Période hivernale: janvier-début avril 1978

La densité des populations s'abaisse en février jusqu'à $730000 \text{ cell.l}^{-1}$ en surface et moins de $11000 \text{ cell.l}^{-1}$ à 7m. *Oscillatoria rubescens*, *Wollea saccata* et *Ankistrodesmus falcatus* var. *falcatus* se développent en surface et dominant de plus en plus les autres espèces (et se multiplieront encore plus lors de la poussée printanière). On doit citer aussi la présence régulière en surface de *Nitzschia acicularis* et de *N. palea*, moins abondante.

Dans les eaux sous-jacentes dominent très relativement *Hemiaulus hauckii*, *Nitzschia "seriata"*, *Rhizosolenia delicatula* et *Thalassiothrix frauenfeldii*. *Nitzschia (Cylindrotheca) closterium* se multiplie à tous les niveaux début avril puis diminue brusquement.

Poussée printanière: mi-avril-mi-juillet 1978

Dès mi-avril commence vraiment la poussée printanière qui se développe graduellement, jusqu'en juin, où elle culmine avant de régresser un peu. La densité aux niveaux de 0 et 4m atteint en juin un maximum de plus de $46.10^6 \text{ cell.l}^{-1}$, mais à 7m ne s'élève qu'à près de 10^6 cell.l^{-1} .

Ce maximum numérique est encore dû en premier lieu au genre *Chlorella* qui peut atteindre $33.10^6 \text{ cell.l}^{-1}$. Il est bien secondé par diverses Diatomées très abondantes: *Cyclotella melosiroides*, *Rhizosolenia fragilissima*, *Leptocylindrus danicus* et *Skeletonema costatum* qui peuvent dépasser $2.10^6 \text{ cell.l}^{-1}$, *Chaetoceros decipiens*, *Nitzschia pungens* var. *atlantica* et le genre *Cyclotella* qui dépassent $1,5.10^6 \text{ cell.l}^{-1}$. *Hyaloraphidium contortum* apparaît en mai où sa densité dépasse 10^6 cell.l^{-1} , mais disparaît aussitôt après. *Rhodomonas pusilla* et *Ankistrodesmus falcatus* var. *falcatus* se maintiennent bien pendant ce mois, atteignant 10^6 cell.l^{-1} .

Outre ces taxons qui constituent la poussée des eaux superficielles, *Leptocylindrus danicus* et *Rhizosolenia delicatula* se développent progressivement dans les eaux sous-jacentes mais pendant la grande poussée de juin, leur maximum atteint la surface. Diverses espèces de *Nitzschia* demeurent dans les eaux subsuperficielles. En particulier, *N. "delicatissima"* et *N. pungens* var. *atlantica* sont en grande floraison à 4m tandis que *N. "pacifica"* et *N. "seriata"* se développent plus modestement à 7m.

Période estivale: mi-juillet-septembre 1978

En août, on remarque encore l'hétérogénéité verticale considérable de la densité des populations: on évalue la densité en surface à $54.10^6 \text{ cell.l}^{-1}$ alors qu'on en trouve seulement 55000 à 7m. Cette hétérogénéité s'atténue un peu au début de septembre où l'on compte $44.10^6 \text{ cell.l}^{-1}$ à 10m pour près de 400000 à 7m (le rapport des densités à 0 et 7m demeure encore très élevé, bien sûr, mais il a cependant été divisé par près de 10).

Les petites Chlorophycées (comme *Chlorella miniata*, en particulier) sont encore les responsables principales des nombres considérables observés en surface en août et septembre. Elles sont toutefois accompagnées d'autres organismes abondants et de taille plus importante. On y trouve des Diatomées comme *Fragilaria intermedia*

($3,6 \cdot 10^6$ cell. l^{-1} en août, $5,5 \cdot 10^6$ cell. l^{-1} en septembre), *Cyclotella melosiroides* ($4,7 \cdot 10^6$ cell. l^{-1} en août) et *Leptocylindrus danicus* (près de 10^6 cell. l^{-1} en septembre). Les Cryptophycées, surtout représentées par le genre *Cryptomonas*, atteignent $4,6 \cdot 10^6$ cell. l^{-1} en septembre. Quant aux filaments de Myxophycées, moins nombreux mais plus volumineux, ils sont abondamment présents grâce à *Oscillatoria rubescens* (750000 filaments. l^{-1} en septembre) et *Wollea saccata* (240000 l^{-1} en août).

Le niveau de 4m, peu peuplé en août (160000 cell. l^{-1}) est alors faiblement dominé par les Diatomées *Cyclotella melosiroides*, *Fragilaria intermedia* et *Skeletonema costatum*. En septembre, la richesse des eaux superficielles s'est un peu étendue plus profondément et l'on trouve à 4m plus de $1,2 \cdot 10^6$ cell. l^{-1} , dont près de 700000 petites Chlorelles, 120000 *Fragilaria intermedia* et 71000 cellules de *Leptocylindrus danicus*.

Période automnale: octobre-décembre 1978

Octobre voit à tous les niveaux une régression considérable de la densité du phytoplancton, mais en novembre est observé un nouveau développement massif, surtout marqué en surface ($31 \cdot 10^6$ cell. l^{-1}) et même à 7m ($4 \cdot 10^6$ cell. l^{-1}). Contrairement à ce qui a été vu antérieurement, la composition de ce plancton diffère peu d'un niveau à l'autre. On y voit pourtant une prépondérance numérique des Chlorelles. Elles sont essentiellement accompagnées par des Diatomées, notamment *Rhizosolenia fragilissima* (960000 cell. l^{-1} à 0m, 360,000 à 4m), *R. delicatula* (720,000 à 0m), et des espèces de *Chaetoceros* et *Nitzschia*.

Comparaison des deux années 1977 et 1978

Sans être exactement identiques, les cycles annuels de développement du phytoplancton en 1977 et 1978 dans le Golfe de Fos se ressemblent beaucoup. A la fin de l'hiver et au début du printemps les populations apparaissent relativement abondantes en surface, tandis que les eaux sous-jacentes demeurent pauvres. Puis la multiplication intense des organismes se propage au cours du printemps vers les niveaux plus profonds et les densités atteignent ou dépassent en surface $50 \cdot 10^6$ cell. l^{-1} . Pendant l'été, cette densité régresse de façon presque constante dans les eaux subsuperficielles mais peut encore être l'objet en surface de multiplications exubérantes atteignant quelques dizaines de millions de cellules par litre. En automne, cette stratification peut disparaître et les densités élevées réapparaître jusqu'à 7m de profondeur.

Les calculs de moyennes pondérées confirment ce qu'on peut voir par comparaison des figures, c'est-à-dire

que le phytoplancton est globalement plus abondant en 1978 qu'en 1977, puisque les valeurs de ces moyennes annuelles s'élèvent respectivement à 3456000 et 1891000 cell. l^{-1} .

Diverses espèces se retrouvent dans plusieurs poussées et se développent massivement chaque année. Il en est ainsi pour les Chlorelles, les Cyanophycées des genres *Oscillatoria* et *Wollea* et pour un certain nombre de Diatomées parmi lesquelles les plus notables sont *Leptocylindrus danicus*, *Cylindrotheca closterium*, *Nitzschia "delicatissima"*, *N. "pacifica"*, *N. pungens* var. *atlantica*, *N. "seriata"*, *Rhizosolenia alata* f. *alata*, *R. fragilissima*, et *Thalassiothrix frauenfeldii*. Parmi ces taxons, *Leptocylindrus danicus*, *Nitzschia "seriata"*, et à un moindre degré *N. pungens* var. *atlantica*, ont une préférence marquée pour le printemps.

Au contraire, d'autres espèces, comme *Asterionella japonica*, *Bacteriastrium delicatulum*, *Chaetoceros lacinosus*, *Cyclotella glomerata*, *Fragilaria crotonensis* et *Rhizosolenia stouterfothii* ne se sont développées intensivement qu'en 1977 tandis que *Chaetoceros muelleri*, *Cyclotella melosiroides*, *Fragilaria intermedia*, *Hemiaulus hauckii*, *Rhizosolenia delicatula* et *R. hebetata* var. *semispina* n'ont présenté de populations importantes qu'en 1978.

Discussion

La composition taxinomique, l'abondance et la répartition du phytoplancton observé à la station II sont sous la dépendance prépondérante de deux influences opposées. En surface arrivent des eaux très dessalées riches en éléments nutritifs, en tripton et en plancton dulçaquicole. Les eaux proches des fonds sont au contraire typiquement marines et par conséquent plus pauvres en composés dissous et en seston, avec un plancton plus rare et adapté aux eaux polyhalines.

Cette double influence régit incontestablement les répartitions verticales constatées dans le Golfe de Fos, qu'il s'agisse de la densité des populations ou de leur nature. Elle explique aussi les ressemblances ou les différences que l'on peut observer entre le phytoplancton de la station II et, d'une part, celui du canal de Caronte et de l'étang de Berre (Kim et Travers, 1984), d'autre part celui de la station I, typiquement marine, étudiée à la même époque au large de Carry-le-Rouet (Kim, 1980).

Abondance du phytoplancton

Le phytoplancton est presque toujours beaucoup plus abondant à la station II qu'à la station I, ce que résumant

bien les deux moyennes pondérées bisannuelles qui s'élèvent respectivement à 2333000 et 320000 cell.l⁻¹. Le gradient vertical de la densité de population est aussi beaucoup plus fort à la station II. Les moyennes suivantes, exprimées en milliers de cell.l⁻¹, résument clairement cette répartition verticale:

	0m	4m	7m	10m	25	50
Station II	10746	1807	201			
Station I	1581	1241	140	68	133	18

Il faut remarquer que les valeurs relativement fortes indiquées pour les niveaux de surface et de 4m à la station I ne reflètent pas vraiment une situation moyenne. Elles résultent en effet de l'existence de développements massifs très sporadiques (Kim, 1980) mais exerçant une influence considérable dans le calcul de la moyenne. Or, ces poussées subites et rares, très limitées dans le temps et l'espace, correspondent à la dérivation vers l'est de masses d'eaux superficielles dessalées et chargées en plancton dulçaquicole, provenant du Golfe de Fos ou de l'embouchure du Rhône. Cette observation confirme donc l'existence d'une forte corrélation entre les apports d'eaux douces et la densité des populations phytoplanctoniques.

L'abondance du plancton superficiel de la station II est directement issue des apports venant de l'étang de Berre par le canal de Caronte, mais elle a cependant déjà subi une forte dilution puisque la valeur moyenne de surface n'est que le 1/8 environ de ce qu'elle est dans le sud de l'étang de Berre. En outre, ce dernier, à la différence du Golfe de Fos, ne présente qu'un très faible gradient vertical: au sud on y trouve en moyenne 84.10⁶ cell.l⁻¹ à 0m, 83.10⁶ à 4m et 64.10⁶ à 7m (Kim et Travers, 1984).

Si l'on considère les fluctuations saisonnières de la densité du phytoplancton, on retrouve pour notre station du Golfe de Fos une situation intermédiaire entre celles qui ont été observées dans l'étang et à Carry-le-Rouet. Le schéma général d'évolution, entre 0 et 7m, est assez similaire dans les stations I et II mais il est à la station du Golfe de Fos des poussées superficielles supplémentaires qui précèdent ou prolongent les poussées principales, par exemple en juillet et octobre 1977 ou en mars 1978. Cette multiplication des poussées n'atteint cependant pas l'exubérance continue du développement phytoplanctonique dans l'étang.

Composition du phytoplancton

On observe encore une situation tout à fait intermédiaire si l'on examine la composition taxinomique du phytoplancton. En effet, parmi les 125 taxons reconnus à la station

II, 76 ont été également trouvés pendant la même période dans l'étang de Berre et 84 à Carry-le-Rouet, mais le nombre des taxons communs aux trois milieux dans nos récoltes n'est que de 41, dont 32 Diatomées, presque toutes marines. En revanche, les Chlorophycées sont typiquement dulçaquicoles: parmi les 18 taxons récoltés à la station II, 17 l'ont été également dans l'étang, mais seulement 6 à la station I, et ce à la faveur des dérivations de nappes superficielles d'eaux dessalées. Les Cyanophycées observées sont également dulçaquicoles, les 8 espèces reconnues à la station II l'ayant été aussi dans l'étang de Berre.

Pour tenter de mieux évaluer la ressemblance du phytoplancton de la station II avec celui de la station I ou avec celui de l'étang de Berre, on peut avoir recours à un indice (ou coefficient) de similarité (ou de similitude, ou de communauté, ou de coïncidence, ou de ressemblance) basé sur la simple présence ou absence des espèces. Si on désigne par a le nombre des espèces reconnues en un lieu A, par b le nombre des espèces reconnues en un lieu B, et par c le nombre des espèces reconnues à la fois en A et B, on peut notamment utiliser les coefficients suivants qui varient tous entre 0 et 1:

- le coefficient de Jaccard (1901) : $\frac{c}{a + b - c}$, qui donne

la proportion d'espèces communes sur l'ensemble

- celui de Kulczynski (1928): $\frac{c/a + c/b}{2}$, c'est-à-dire

la moyenne des proportions d'espèces communes de chaque inventaire. (Il s'agit en fait ici d'une version simplifiée de l'indice proposé par Kulczynski-1928, p. 181).

- celui de Czekanowski (1913), identique à ceux de

Dice-1945 et de Sørensen-1948): $\frac{2c}{a + b}$

c'est-à-dire la proportion d'espèces communes/par rapport au nombre moyen d'espèces par inventaire

L'usage de ces trois coefficients nous donne ici (%):

Ressemblance

entre :	Jaccard	Kulczynski	Czekanowski
St. II et étang	32,6	51,0	49,2
St. II et st. I	48,0	66,9	66,9
étang et st. I	17,0	30,1	29,0

Les trois coefficients conduisent sensiblement aux mêmes conclusions: le phytoplancton de la station II, considérée dans son ensemble, est plus proche de celui de la station I que de celui de l'étang bien qu'il offre aussi avec lui une bonne ressemblance. Mais ces évaluations ne distinguent pas les niveaux. En réalité, malgré un cer-

tain mélange vertical, le plancton superficiel de la station II ressemble surtout à celui de l'étang de Berre, tandis que celui des eaux sous-jacentes est surtout marin. Ainsi la composition taxinomique du phytoplancton confirme dans une large mesure la distinction de deux couches superposées dans le Golfe de Fos. Plus précisément, le fort gradient vertical des densités de populations s'accompagne d'un gradient qualitatif dans la composition du phytoplancton et ces deux gradients biologiques dépendent directement de ceux que révèlent les travaux hydrologiques.

Accessoirement, il est très logique de constater une ressemblance beaucoup plus faible entre les inventaires de l'étang et de la station I, quel que soit le coefficient employé. On peut d'ailleurs remarquer que les taxons communs à ces deux milieux sont essentiellement des Diatomées (35 sur 45) et que ce sont, soit des espèces marines pénétrant en effectifs réduits jusque dans l'étang avec les courants "profonds", soit des espèces dulçaquicoles parvenues jusqu'à la station I à la faveur de dérives d'eaux dessalées vers l'est.

Comparaison avec les travaux publiés

Si l'on excepte quelques arrivées massives de Chlorelles, les densités de populations et leurs variations saisonnières observées dans les eaux marines de la station II, c'est-à-dire à 4 et 7 m, tout comme celles constatées en même temps près de Carry-le-Rouet (St. I), ne s'éloignent guère des résultats obtenus dans le voisinage par Travers (1973) dans le Golfe de Marseille, Blanc et Leveau (1973), au large du Golfe de Fos, Patrity (1976 a et b) dans le Golfe et le Port de Marseille, et Bourgade (1977) aux abords de la centrale E.D.F. de Martigues-Ponteau (entre les stations I et II). En revanche les eaux superficielles de la station II, sont si fortement influencées par les eaux venant de l'étang de Berre qu'elles contiennent un phytoplancton très différent de celui qu'ont observé ces auteurs.

Dans les eaux marines, la composition taxinomique et la nature des espèces responsables des poussées, montrent aussi de fortes ressemblances avec celles qu'ont décrites Devèze (1959), Travers (1973), Blanc et Leveau (1973), Bourgade (1977) et Benon et al. (1977 b).

Cependant le nombre des taxons de Dinoflagellés signalés est bien inférieur à celui qu'indiquent certains de ces auteurs, notamment Devèze (1959) et Travers (1973) car ces derniers ont pu récolter beaucoup d'espèces rares au moyen de filets fins.

L'inventaire du tableau I a été comparé à celui établi par Travers (1975) pour le Golfe de Marseille d'après les travaux antérieurs des auteurs, ainsi qu'aux résultats des différents auteurs ayant travaillé dans le Golfe de Fos ou

ses abords immédiats (cf. Introduction). Il apparaît ainsi que parmi les 125 taxons identifiés à la station II, 47 n'avaient pas encore été signalés dans le secteur avant les présentes recherches. Il s'agit essentiellement des 8 espèces de Cyanophycées, dont la totalité ont également été observées dans l'étang de Berre (Kim et Travers, 1984) et dont deux ont été retrouvées à la station I (Kim, 1980); de 18 taxons de Diatomées, dont 15 récoltés aussi dans l'étang et 7 à la station I et de 15 Chlorophycées, toutes également vues dans l'étang, alors que 5 seulement l'ont été à la station I.

Au total, sur 47 taxons nouveaux pour les parages, 40 ont été simultanément identifiés dans l'étang de Berre. Cette remarque s'accorde avec le fait qu'il s'agit pour la plupart d'algues dulçaquicoles provenant d'eaux douces très dessalées.

Conclusion

En raison de la stratification due aux différences de densité, la masse des eaux subsuperficielles du Golfe de Fos n'est que faiblement, rarement ou indirectement influencée par les apports organiques et inorganiques des eaux douces ou dessalées. Le phytoplancton sous-jacent aux eaux de surface est essentiellement constitué d'espèces marines fortement dominées par les Diatomées. Son abondance, sa composition et ses variations saisonnières sont proches de celles constatées dans les eaux marines des secteurs voisins.

En revanche, la couche superficielle du Golfe de Fos est très fortement influencée par les apports d'origine continentale, tout particulièrement par les eaux provenant de l'étang de Berre. Ainsi le phytoplancton du Golfe de Fos, notamment aux abords du débouché du Canal de Caronte, est en quelque sorte du phytoplancton saumâtre plus ou moins dilué par les eaux sous-jacentes. Bien que nettement diminuée par rapport à l'étang de Berre, la densité des populations phytoplanctoniques, avec une moyenne de 10^7 cellules par litre environ est beaucoup plus élevée dans ces eaux superficielles que dans le milieu sous-jacent. La composition taxinomique est également très influencée par les apports saumâtres. Les Diatomées marines sont ici dominées en effectifs par des populations dulçaquicoles de Diatomées, Cyanophycées et surtout Chlorophycées, petites mais souvent très nombreuses.

L'enrichissement du Golfe de Fos par les eaux d'origine continentale est donc avant tout un enrichissement direct en biomasse phytoplanctonique produite dans ces sortes de bassins de culture que constituent les étangs de Berre et Caronte (Kim et Travers, 1984). Les effets sur le phytoplancton des apports en éléments nutritifs dissous

et en matière organique non vivante sont moins évidents car ils demandent un certain délai, qui permet une dispersion par dilution et mouvements des masses d'eaux.

Remerciement

Il nous est agréable de remercier ici le Dr. A. Ittis pour l'aide qu'il nous a apportée dans l'identification de certains taxons d'eau douce.

Bibliographie

- Benon P., Blanc F., Bourgade B., David P., Kantin R., Kerambrun P., Leveau M., Romano J. C., Sautriot D., 1976. Golfe de Fos. Impact de la pollution sur un écosystème méditerranéen côtier. Analyse descriptive de la structure du Golfe de Fos. *Suppl. 1 au Bull. Observ. Mer.*, 3, 15 pp.
- Benon P., Blanc F., Bourgade B., David P., Kantin R., Leveau M., Romano J.C., Sautriot D., 1977 a. Impact de la pollution sur un écosystème méditerranéen côtier. II. Relations entre la composition spécifique des populations phytoplanctoniques et les taux de pigments et de nucléotides adényliques (A.T.P., A.D.P., A.M.P.). *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 62 (5): 631-648.
- Benon P., Bourgade B., Kantin R., 1977 b. Impact de la pollution sur les écosystèmes méditerranéens côtiers. Aspects planctoniques. Thèse 3^e cycle. Aix-Marseille II, 2 tomes. 454 pp. + 235 fig.
- Benon P., Blanc F., Bourgade-Lê B., Kantin R., Leveau M., 1979. Relations phyto-zooplanctoniques dans une aire eutrophe fortement polluée: le Golfe de Fos (France). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 25/26 (8): 97-98.
- Blanc F., Leveau M., 1970 a. Effets de l'eutrophie et de la dessalure sur les populations phytoplanctoniques. *Mar. Biol.*, 5: 283-293.
- Blanc F., Leveau M., 1970 b. Eco-physiologie des populations phytoplanctoniques dans les milieux eutrophiques. *Téthys.* 2 (2): 321-328.
- Blanc F., Leveau M., 1973. Plancton et eutrophie: aire d'épandage rhodanienne et Golfe de Fos (traitement mathématique des données). Thèse Univ. Aix-Marseille: 681 + XXXIX pp.; + 260 fig.
- Blanc F., Leveau M., 1980. Impact des arrivées d'eaux douces sur les populations planctoniques néritiques. *Rev. Biol. Ecol. médit.*, 6 (3/4): 137-148.
- Blanc F., Leveau M., Bonin M.C., 1975. Ecosystème planctonique. Structure et fonctionnement en relation avec des phénomènes de dystrophie (Golfe de Fos). *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 60 (3): 359-378.
- Blanc F., Leveau M., Bonin M.C., 1976 a. Situation hydrobiologique du Golfe de Fos en 1969. *Rev. int. Océanogr. médit.*, 41/42: 41-75.
- Blanc F., Leveau M., Kerambrun P., 1976 b. Eutrophie et pollution: structure et fonctionnement du sous-écosystème planctonique. 10th *Europ. Symp. on mar. Biol.*, Ostend, sept. 17-23, 1975, vol. 2:61-83.
- Bourgade B., 1977. Impact des rejets thermiques sur les populations phytoplanctoniques aux abords de la centrale thermique E.D.F. Martigues-Pontheau. *Téthys.*, 8 (1): 47-62.
- Bourgade-Lê B., 1979. Communautés phytoplanctoniques dans le Golfe de Fos (France). *Rapp. Comm. int. Méd Médit.*, 25/26 (8): 93-94.
- Bourgade-Lê B., 1981 a. Effets immédiats des chocs mécaniques, thermiques et chimiques sur le phytoplancton à la centrale de Martigues-Pontheau. pp. 556-571. In: Anonyme: Influence des rejets thermiques sur le milieu vivant en mer et en estuaire (2^{es} journées de la thermo-écologie). E.D.F.
- Bourgade-Lê B., 1981 b. Impact différé du transit sur le phytoplancton étudié par suivi des populations dans les sacs dialysants. pp. 572-587. In: Anonyme: Influence des rejets thermiques sur le milieu vivant en mer et en estuaire (2^{es} journées de la thermécologie). E.D.F.
- Bourgade-Lê B., 1981 c. Conséquences des chocs mécaniques et thermiques sur les populations phytoplanctoniques entraînées dans les circuits de refroidissement d'une centrale thermoélectrique. V^{es} *journées d'Etudes Pollutions*, CIESM, Cagliari 1980: 695-700.
- Bourgade-Lê B., 1981 d. Incidence de la chloration sur des populations phytoplanctoniques naturelles. V^{es} *Journées Etudes Pollutions*, Cagliari, CIESM 1980: 701-708.
- Bourgade B., Benon P., Kantin R., 1976. Les rejets d'eau chaude en mer: impact sur les populations phytoplanctoniques. III^{es} *Journées Etud. Pollutions*. Split, CIESM: 119-120.
- Czekanovski J., 1913. *Zays Metod Statystycznych*. Varsovie.
- Devèze L., 1959. Cycle biologique des eaux et écologie des populations planctoniques. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume.*, Bull. 15:1-220.

- Dice L.R., 1945. Measures of the amount of ecologic associations between species. *Ecology*, 26 : 297-302.
- Hasle G.R., 1965. Nitzschia and Fragilariopsis species studied in the light and electron microscopes. II. The group Pseudonitzschia. *Norske Vidensk. -Akad. Oslo, I. Mat.-Naturv. Kl.*, N.S., 18, 1-45, P1. 1-17.
- Jaccard P., 1901. Distribution de la flore alpine dans le bassin des Dranses et dans quelques régions voisines. *Bull. Soc. Vaudoise Sc. Nat.*, 37: 241-272.
- Kim K-T., 1980. Contribution à l'étude de l'écosystème pélagique dans les parages de Carry-le-Rouet. 3. Composition spécifique, biomasse et production du microplancton. *Téthys*, 9 (4): 317-344.
- Kim K-T., Travers M., 1983. La transparence et la charge sestonique de l'étang de Berre (côte méditerranéenne française). Relations avec les affluents et le milieu marin voisin. *Hydrobiologia*, 107: 75-95.
- Kim K-T., Travers M., 1984. *Le phytoplancton des étangs de Berre et Vaïne*. (Méditerranée nord-occidentale). *Intern. Rev. ges. Hydrobiol.*, 69(3): 361-388.
- Kulczyunski S., 1928. *Die Pflanzenassoziationen der Pieninen*. *Bull. Int. Acad. polonaise Sc. et Lettres; Classe Sc. Math. et Nat., Série B.*, Suppl. 2 (1927): 57-203.
- Patriti G., 1976 a. Structure et fonctionnement de la partie planctonique dans l'écosystème des zones fermées et semifermees des ports de Marseille (dystrophie et pollution). Thèse Univ. Aix-Marseille II: 202 pp.
- Patriti G., 1976 b. Quelques aspects de l'évolution journalière du plancton dans le milieu portuaire de Marseille. *Cah. Biol. mar.*, 17 (2): 139-155.
- Sørensen T., 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons. *K. danske Vidensk. Selsk. Skr.* (Biol.) 5: 1-34.
- Travers M., 1973. Le microplancton du Golfe de Marseille: variations de la composition systématique et de la densité des populations. *Téthys*, 5 (1): 77-99.
- Travers M., 1975. Inventaire des Protistes eucaryotes du Golfe de Marseille et de ses parages. *Ann. Inst. océanogr., Paris*, 51 (1): 51-75.
- Utermöhl H., 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Ass. internat. Limnol. Théor. appl. Comm.* 9, 38 pp.

This article was presented by professor M. Travers;
it was accepted for printing on 30, December, 1987.