



Variabilité du microphytoplancton et des Tintinnida (Protozoaires Ciliés) d'un secteur eutrophe du golfe d'Annaba (Méditerranée sud-occidentale)

Makhlouf OUNISSI ^{1, 2} et Hocine FREHI ²

¹ Institut universitaire de Biologie Marine, 2, rue du Professeur Jolyet, 33120 Arcachon, France

² Adresse actuelle : Département de Biologie Marine, ISN, Université Badji Mokhtar, BP 12 El-Hadjar, Annaba 23000, Algérie. Fax : (213) 8 83 07 29

Résumé : Le secteur ouest du golfe d'Annaba est une baie ouverte aux intrusions marines du large et aux apports continentaux provenant principalement de l'oued Seybouse. Les prélèvements de plancton par traits horizontaux ont été effectués dans quatre stations en 1992. Les résultats permettent de constater l'existence de deux zones présentant des différences fondamentales : la zone d'interface recevant les apports continentaux et la zone exposée directement aux intrusions des eaux marines. La première zone se distingue par ses eaux confinées, turbides, moins salées et hautement fertiles. Elle abrite des peuplements très denses mais faiblement diversifiés. Les populations de Diatomées y sont toujours abondantes et formées principalement par *Coscinodiscus radiatus*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros* spp. et *Rhizosolenia* spp.. Les Péridiniens *Protoperidinium depressum*, *Dinophysis caudata*, *Ceratium* spp. peuvent en saison chaude développer de forts effectifs. D'autre part, les Tintinnides se manifestent par des explosions démographiques, particulièrement en été, et sont constitués essentiellement par 4 à 5 espèces opportunistes telles que *Favella serrata*, *Tintinnopsis campanula*, *Porecus apiculatus*, *Codonellopsis murchella*. La deuxième zone est caractérisée par des eaux plus transparentes, moins fertiles et mieux renouvelées. Les Dinoflagellés dominent à ce niveau tandis que les peuplements de Diatomées et de Tintinnides diminuent en effectif et que leur hiérarchie d'abondance spécifique est remaniée. La prolifération de *Pseudo-nitzschia multiseries* en avril s'étend en revanche à l'ensemble du secteur. On constate enfin que l'ensemble des Protistes planctoniques étudiés semble principalement contrôlé par les facteurs physiques (intrusion d'eau néritique externe et apports continentaux).

Abstract: *Variability of microphytoplankton and Tintinnida (Ciliated Protozoa) in an eutrophic sector of the Annaba Gulf (S.W. Mediterranean).* The western sector of the Annaba Gulf is a bay opened to the outside neritic water and to the continental discharge proceeding principally from the Seybouse river. The plankton was sampled monthly by horizontal hauls in four stations in 1992. The results show the existence of two zones fundamentally different: the zone of interface, receiving the continental runoff, and the zone exposed directly to the intrusion of the outside waters. The first zone is highly fertile and distinguished by the low transparency and low salinity of enclosed waters. It shelters dense but weakly diversified populations. Diatom populations are abundant and comprise principally *Coscinodiscus radiatus*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros* spp. and *Rhizosolenia* spp.. The Dinophyceae *Protoperidinium depressum*, *Dinophysis caudata*, *Ceratium* spp. can, in hot season, develop into strong abundance. On the other hand, Tintinnida exhibit demographic explosions, particularly in summer and comprise essentially 4-5 opportunists species such as *Favella serrata*, *Tintinnopsis campanula*, *Porecus apiculatus*, *Codonellopsis murchella*. The second zone is characterized by its more transparent and renewed water with a low fertility. Dinoflagellates dominate in this area and diatom and tintinnid populations decrease in density and their hierarchy abundance is modified. The proliferation of *Pseudo-nitzschia multiseries* in April spreads however to the whole sector. It appears finally, that the fraction of the studied planktonic Protista seems to be controlled principally by the physical factors (intrusion of external neritic water and continental runoff).

Keywords : Microphytoplankton, Tintinnida, Plankton, Annaba Gulf.

Reçu le 2 avril 1998; accepté après révision le 8 mars 1999.

Received 2 April 1998; accepted in revised form 8 March 1999.

Introduction

Le plancton des côtes algériennes est peu connu. Les études abordant le microplancton sont rares et ont été concentrées sur la Baie d'Alger (Bernard, 1952; Samson-Kechacha, 1981; Gaumer, 1981). Récemment, Raimbault et al. (1990) et Iloul (1990), ont présenté des résultats préliminaires sur le phytoplancton des zones de l'ouest et du centre du Bassin algérien. Si la Méditerranée peut être considérée, par sa grande diversité phytoplanctonique, comme une "Amazonie" océanique (Margalef, 1994), la taxonomie du phytoplancton est presque abandonnée au profit d'études expérimentales. Dans cet ordre d'idée, le littoral de l'est algérien (500 km de côtes environ), reste entièrement inexploré. D'autre part, depuis 30 ans les phénomènes d'eutrophisation à phytoplancton apparaissent de plus en plus fréquemment dans le monde entier, en milieu littoral enrichi, ainsi que les proliférations d'espèces toxiques (Menesguen, 1991). Les anoxies aiguës du fond et les hypoxies consécutives ont de graves conséquences sur les populations benthiques et sur la qualité de l'eau. Le rôle du microzooplancton, et en particulier celui des Tintinnides, peut être déterminant dans le recyclage des producteurs primaires souvent excédentaires dans ce type d'environnement eutrophe, comme le soulignent Cattani et Corni (1992). Dans le même contexte, Heinbokel et Beers (1979) rapportent que, dans le sud de la baie de Californie, les Tintinnides consomment jusqu'à 20 % des producteurs primaires. En milieu subtropical particulièrement, ces Ciliés Oligotriches constituent numériquement jusqu'à 71 % du zooplancton total, et au sein du microzooplancton occupent une proportion importante de l'ordre de 90 % (Endo et al., 1983; Cabrini et al., 1989).

La zone côtière du golfe d'Annaba reçoit d'une part les apports continentaux et les rejets urbains et industriels d'une ville fortement urbanisée, principalement par l'oued Seybouse. D'autre part l'intrusion des eaux du large conditionne la circulation côtière et assure un certain renouvellement des eaux (LCHF, 1976).

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'études entreprises en 1992, centrées sur la caractérisation écologique du plancton d'un secteur côtier du golfe d'Annaba, en relation avec les influences continentales et les intrusions d'eaux extérieures provenant du large. Notre but est (1) de décrire l'évolution de la composition et de l'abondance du microphytoplancton et des Tintinnides et (2) de démontrer l'importance des fluctuations de ces données en relation avec l'environnement physico-chimique.

Matériel et méthodes

I. Zone d'étude

Le secteur ouest du golfe d'Annaba, reçoit les apports continentaux essentiellement par l'oued Seybouse au sud, aux-

quels s'ajoutent les rejets urbains et industriels de l'oued Bouhamra (également au sud) (Fig. 1). Avec un débit moyen de l'ordre de $15 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, le fleuve décharge annuellement dans le golfe $500.10^6 \text{ m}^3 d'eau environ. La synthèse des travaux du Laboratoire Central d'Hydraulique de France ou LCHF (1976) sur la courantologie du golfe d'Annaba montre que l'entrée du golfe est caractérisée par une circulation générale méditerranéenne permanente orientée vers l'est-sud-est. Au voisinage du Cap de Garde, un courant principal résiduel (eau nérétique externe) progresse vers la côte prenant une direction sud avec une vitesse de 0,25 à 0,35 m s^{-1} . Au sud, le courant s'affaiblit (0,10 à 0,25 m s^{-1}) et se dirige vers l'est.$

Il faut souligner par ailleurs que deux grandes crues ont eu lieu dans le golfe : les 27 et 28 mai 1992, deux jours avant les prélèvements et les 25 et 26 octobre 1992, un jour avant les prélèvements.

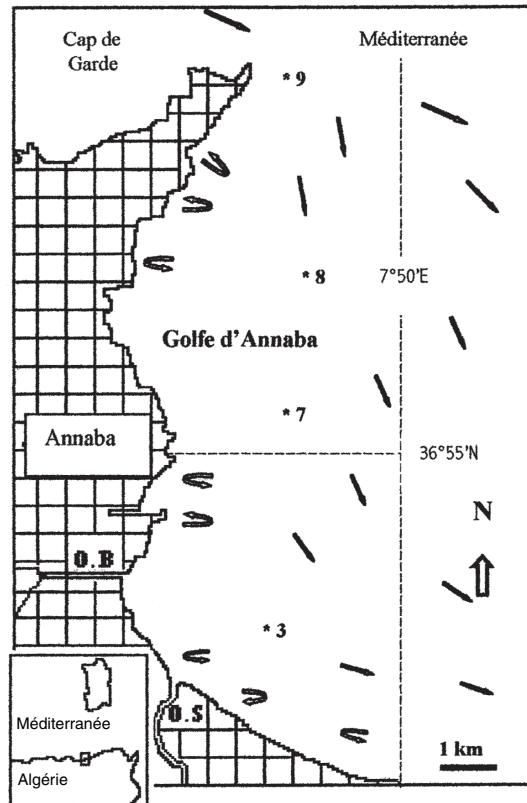


Figure 1. Carte du secteur Ouest du golfe d'Annaba montrant la localisation des stations prospectées (3, 7, 8 et 9) et schéma des principales trajectoires de courants, d'après le Laboratoire Central d'Hydraulique de France (1976). O. S et O. B : oued Seybouse et oued Bouhamra respectivement.

Figure 1. Map of the western sector of Annaba gulf showing the location of the prospected stations (3, 7, 8 and 9) and the principal paths of currents, modified from LCHF (Laboratoire Central d'Hydraulique de France, 1976). O. S and O. B.: oued Seybouse and oued Bouhamra.

II. Prélèvements et analyse des échantillons

Le plancton a été récolté chaque mois de février à octobre 1992 dans 4 stations, sauf pour les mois de juin et septembre où il n'y a pas eu de prélèvement. En juillet, deux prélèvements ont été réalisés (le 7: JL1 et le 26: JL2). L'emplacement des stations a été choisi selon un plan d'échantillonnage à choix raisonné, qui a l'avantage de fournir un échantillon efficace (Sherr, 1984). Les stations se situent ainsi à la fois dans un gradient bathymétrique croissant (St3: 5 m, St7: 20 m, St8: 24 m, St9: 28 m), dans l'axe de fertilisation continentale (oued Seybouse-Cap de Garde) et dans le sens inverse des entrées des eaux du large (Fig. 1). Ainsi la station 3 reçoit directement les apports de l'oued Seybouse et les rejets d'énormes complexes industriels de fabrication d'engrais et de produits phytosanitaires, auxquels s'ajoutent les rejets urbains provenant de l'oued Bouhamra. Au contraire la station 9, directement exposée aux eaux du large, ne reçoit les rejets continentaux que lors des grandes crues. Les stations 7 et 8 occupent des situations intermédiaires par rapport à ces stations extrêmes.

Les pêches du plancton ont été effectuées en surface, à 1 m de profondeur, à l'aide d'un filet à plancton WP₂ de 63 µm de vide de maille. Il est clair que cette maille ne récolte pas la totalité du phytoplancton, ni même celle des Tintinnides. Seule une partie du plancton (>63 µm) peut être en principe correctement échantillonnée.

Le volume filtré a été évalué par un volucompteur de type General Oceanics, placé au milieu du filet. Tous les échantillons ont été conservés dans une solution de formol à 4 %. Le tri et l'observation des Tintinnides de chaque échantillon ont été réalisés séparément sur 4 sous-échantillons. Les numérisations du phytoplancton ont été effectuées selon la méthode de sédimentation d'Uthermühl (1958). Les échantillons très denses ont été analysés à l'aide de cuves quadrillées de 5 ml, spécialement confectionnées. Après une sédimentation de 24 heures, le contenu de toute la cuve a été dénombré.

L'identification des espèces est basée sur la consultation des ouvrages et publications suivants: Trégouboff et Rose (1978); Sournia (1986); Ricard (1987); Larsen et Moestrup (1989), Thomsen (1992); Chrétiennot-Dinet et al. (1993). De plus, quelques espèces ont été identifiées au microscope électronique à balayage par le Dr J. Skov (Université de Copenhague, Danemark).

La diversité spécifique des peuplements a été estimée à partir de l'indice de Shannon et Weaver (1963). D'autre part, afin de décrire l'influence de l'environnement physico-chimique sur la fréquence et la distribution des principaux taxons microplanctoniques, nous avons eu recours à l'analyse des correspondances (Benzécri et Benzécri, 1980). Les fluctuations spatiales de sept paramètres environnementaux, aux quatre stations, ont ainsi été mises en correspondance,

en tant qu'observations supplémentaires, avec les fluctuations des fréquences relatives (observations actives) de 53 taxons dont 22 Péridiniens, 18 Diatomées et 13 Tintinnides. Cette analyse a été conduite à l'aide du logiciel Stat-itcf, version 4, 1988.

Résultats

I. Environnement physico-chimique et biomasse phytoplanctonique

La figure 2 montre les fluctuations mensuelles des paramètres physico-chimiques et de la biomasse chlorophyllienne aux quatre stations étudiées. La salinité s'abaisse jusqu'à 31,4 P.S.U à la station 3 mais reste peu variable dans le reste du secteur. Les crues ont eu lieu en mai et octobre 1992. La tranche d'eau transparente est toujours inférieure au 1/3 de la colonne d'eau.

Les teneurs en sels nutritifs et en chlorophylle *a*, anormalement élevées, traduisent une forte eutrophisation qui s'accentue en période de confinement estival. On constate, en outre, l'établissement d'un fort gradient côte-large résultant des influences continentales décroissantes. L'enrichissement augmente lors des crues survenues en mai et octobre et apporte notamment de grandes quantités de nitrates. Les concentrations des ions nitreux s'élèvent ainsi en octobre à 35,60 - 44 µmoles l⁻¹. Dans ces conditions d'enrichissement, la biomasse phytoplanctonique, exprimée en chlorophylle *a*, est toujours élevée même en hiver et varie en moyenne de 3,61 à 10,50 µg l⁻¹ (Fig. 2). La répartition spatiale de la biomasse chlorophyllienne est comparable à celle des sels nutritifs.

II. Composition, structure et abondance des peuplements

1. Le phytoplancton

Le tableau 1 donne l'inventaire taxinomique du phytoplancton observé. Cet inventaire, limité à une fraction d'espèces microplanctoniques parmi les plus abondantes (densité supérieure à 15 cellules l⁻¹ dans au moins trois prélèvements), comprend 21 taxons de Diatomées et 22 de Dinoflagellés. En fait, plus de 100 catégories cellulaires rares, sur l'identification desquelles subsistent quelques doutes, ont été éliminées de cette liste. S'ajoutent à cela quelques espèces d'eau douce récoltées occasionnellement.

La cinétique d'abondance saisonnière du phytoplancton montre l'apparition d'une poussée en avril où la densité dépasse 10⁶ cell. l⁻¹. Les peuplements de l'été sont peu denses n'atteignant pas 10³ cell. l⁻¹ sauf à la station 3 (Fig. 3). Le phytoplancton hivernal (février-mars) assez abondant, présente des densités comparables dans l'ensemble du secteur. Cette relative homogénéité spatiale semble due au mélange et à l'homothermie du milieu en cette époque de l'année.

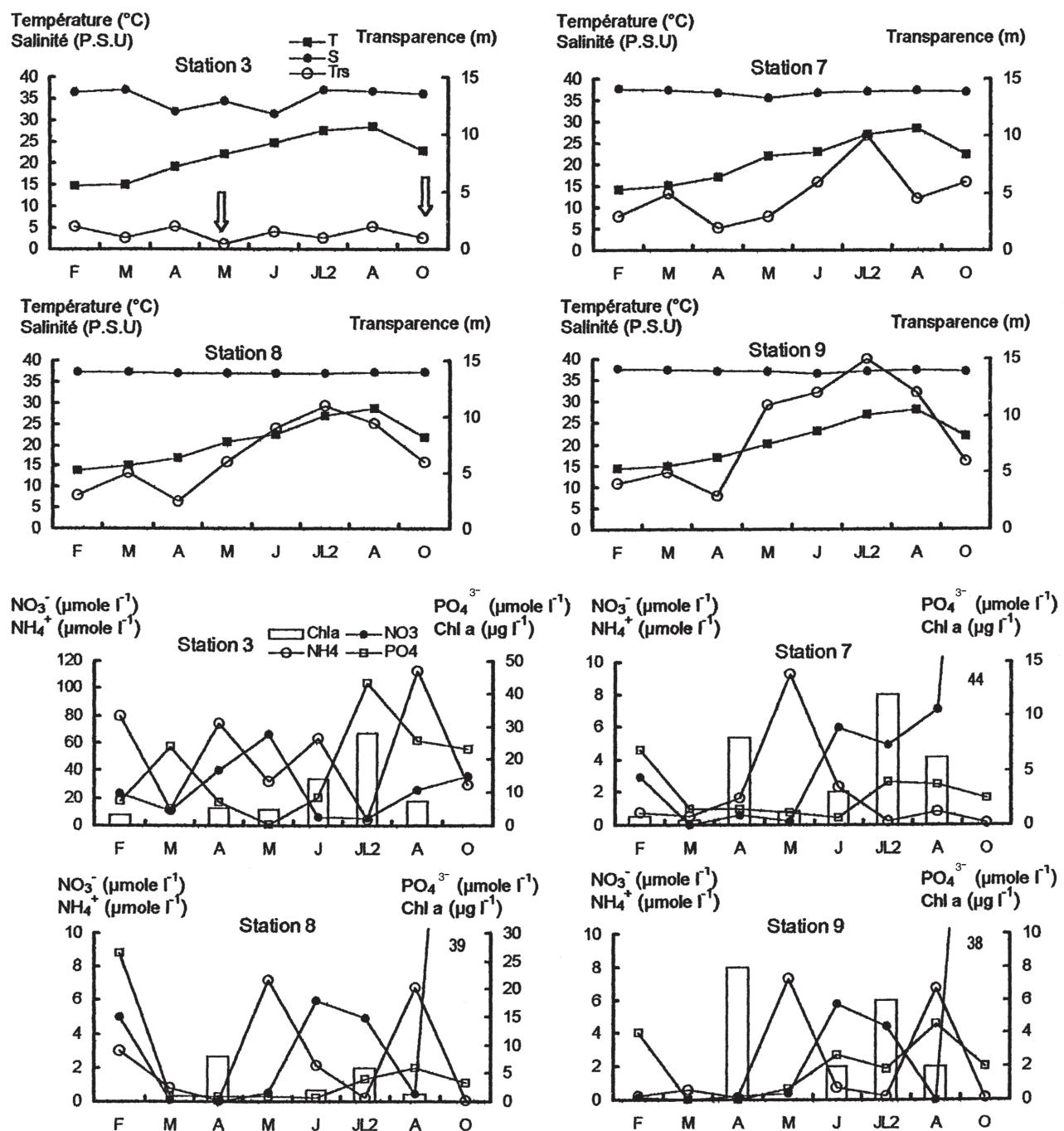


Figure 2. Variations des paramètres physico-chimiques et de la biomasse chlorophyllienne correspondant aux prélèvements du plancton dans les stations 3, 7, 8 et 9 entre février et octobre 1992 (d'après Ounissi et al., sous presse). Les périodes de crues sont indiquées par des flèches et les teneurs élevées en nitrates du mois d'octobre sont portées en chiffres. Noter également les valeurs manquantes des teneurs en Chl *a* (station 3 : mars et octobre, station 7 : octobre, stations 8 et 9 : février, mars, mai et octobre). F à J : février à juin ; JL2 : 26 juillet ; A et O : août et octobre.

Figure 2. Variation of the physico-chemical parameters and chlorophyll *a* biomass corresponding with plankton samples at stations 3, 7, 8 and 9 from February to October 1992 (after Ounissi et al., in press). The floods are indicated with arrows and the high values of nitrates are indicated in number. Note also the missing values of Chl *a* concentration (station 3: March and October, station 7: October, stations 8 and 9: February, March, May and October). F to J: February to June; JL2: July 26; A and O: August and October.

Tableau 1. Liste des espèces microphytoplanctoniques identifiées dans le golfe d'Annaba en 1992.
Table 1. List of microphytoplanktonic species identified in the gulf of Annaba, 1992.

Diatomées	Pseudo-nitzschia multiseries (Hasle) Hasle	Dinophysis caudata Kent
<i>Anaulus cretecus</i> Ehrenberg	<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell	<i>Dinophysis</i> spp.
<i>Astrionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round	<i>Rhizosolenia</i> spp.	<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh
<i>Bacteriastrum</i> spp.	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	<i>Gonyaulax jolliffei</i> Graham
<i>Bellerochea horologicalis</i> Von Stosch	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff	<i>Gonyaulax</i> spp.
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	<i>Thalassionema nitzschioïdes</i> Grunow Shustedt	<i>Goniodoma</i> sp.
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve		<i>Ornithocercus</i> spp.
<i>Chaetoceros</i> spp.		<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	<i>Amphisolenia spinulosa</i> Kofoid	<i>Protoperidinium divergens</i> (Bailey) Balech
<i>Detonula confervacea</i> (Cleve) Gran	<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	<i>Protoperidinium</i> sp.
<i>Guinardia flaccida</i> (Castacrane) H. Peragallo	<i>Ceratium tripos</i> (O. F. Müller) Nitzch	<i>Protoperidinium</i> spp.
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow	<i>Ceratium massiliense</i> (Gourret) Jörgensen	<i>Podolampas</i> spp.
<i>Lauderia borealis</i> Gran	<i>Ceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Vanhöffen	<i>Prorocentrum</i> spp.
<i>Leptocylindricus danicus</i> Cleve	<i>Ceratium furca</i> (Ehren.) Clapared & Lachmann	<i>Pyrophaecus horlogium</i> Stein
<i>Odontella mobilensis</i> (Bailey) Grunow	<i>Ceratium</i> spp.	
<i>Pleurosigma</i> spp.	<i>Cochlodinium</i> sp.	

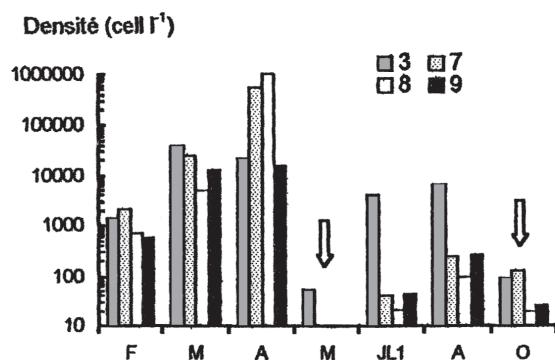


Figure 3. Variations de la densité (cell. l⁻¹) du microphytoplancton dans les stations 3, 7, 8 et 9 entre février et octobre 1992. Les périodes de crues sont indiquées par des flèches. JL1 = 7 juillet.

Figure 3. Variations in the density (cell. l⁻¹) of microphytoplankton at stations 3, 7, 8 and 9 from February to October 1992. The floods are indicated with arrows. JL1 = 7 July.

Les peuplements de l'hiver de la station 3 sont caractérisés par la dominance des Diatomées comme *Coscinodiscus radiatus*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros* spp., *Rhizosolenia styliformis*. (Fig. 4). *Rhizosolenia* spp., *Odontella mobilensis*, *Bacteriastrum* spp., *Pleurosigma* spp. et *Thalassionema nitzschioïdes* sont moins abondantes (20 à 1325 cell. l⁻¹, données non représentées). Les populations de Dinoflagellés sont assez fréquentes et représentées

en particulier par *Ceratium fusus*, *C. massiliense* et *Prorocentrum* spp.. Au niveau de la station 7, on trouve un peuplement comparable au sein duquel les espèces de *Ceratium* apparaissent plus fréquentes. *Protoperidinium* sp. y est également abondante. En revanche, lorsque l'on passe aux stations 8 et 9 plus exposées, on constate l'augmentation de la fréquence de Dinoflagellés tels que *Ceratium fusus*, *C. furca*, *C. massiliense* et *C. macroceros*. La densité et la composition des peuplements dans ces deux stations de la zone bien renouvelée en hiver sont très similaires.

Au printemps (avril), un développement exubérant de la Diatomée *Pseudo-nitzschia multiseries* est observé. Cette poussée qui a envahi tout le secteur, s'exprime par des densités allant de $1,63 \cdot 10^5$ à $1,03 \cdot 10^6$ cell. l⁻¹ (Fig. 3 et 4). Il s'agit d'une espèce toxique "d'eaux colorées". Au mois de mai, seul le phytoplancton de la station 3 a été analysé, (le contenu des autres récoltes ayant été détruit, à la suite d'un mauvais dosage accidentel de la solution de conservation). Une vingtaine d'espèces peu abondantes ont été identifiées. Les espèces du genre *Ceratium* (43 %), *Chaetoceros decipiens* (22,40 %), *Pseudo-nitzschia multiseries* (11,40 %), *Prorocentrum* spp. (14 %) et divers autres Dinoflagellés (5 espèces) dominent les communautés.

Au cours de la période estivale (juillet et août), interviennent des changements importants au niveau de la hiérarchie d'abondance des espèces. On remarque d'abord, au début de juillet, la poussée de la Diatomée *Thalassionema frauenfeldii* qui apparaît dans toutes les stations (Fig. 4)

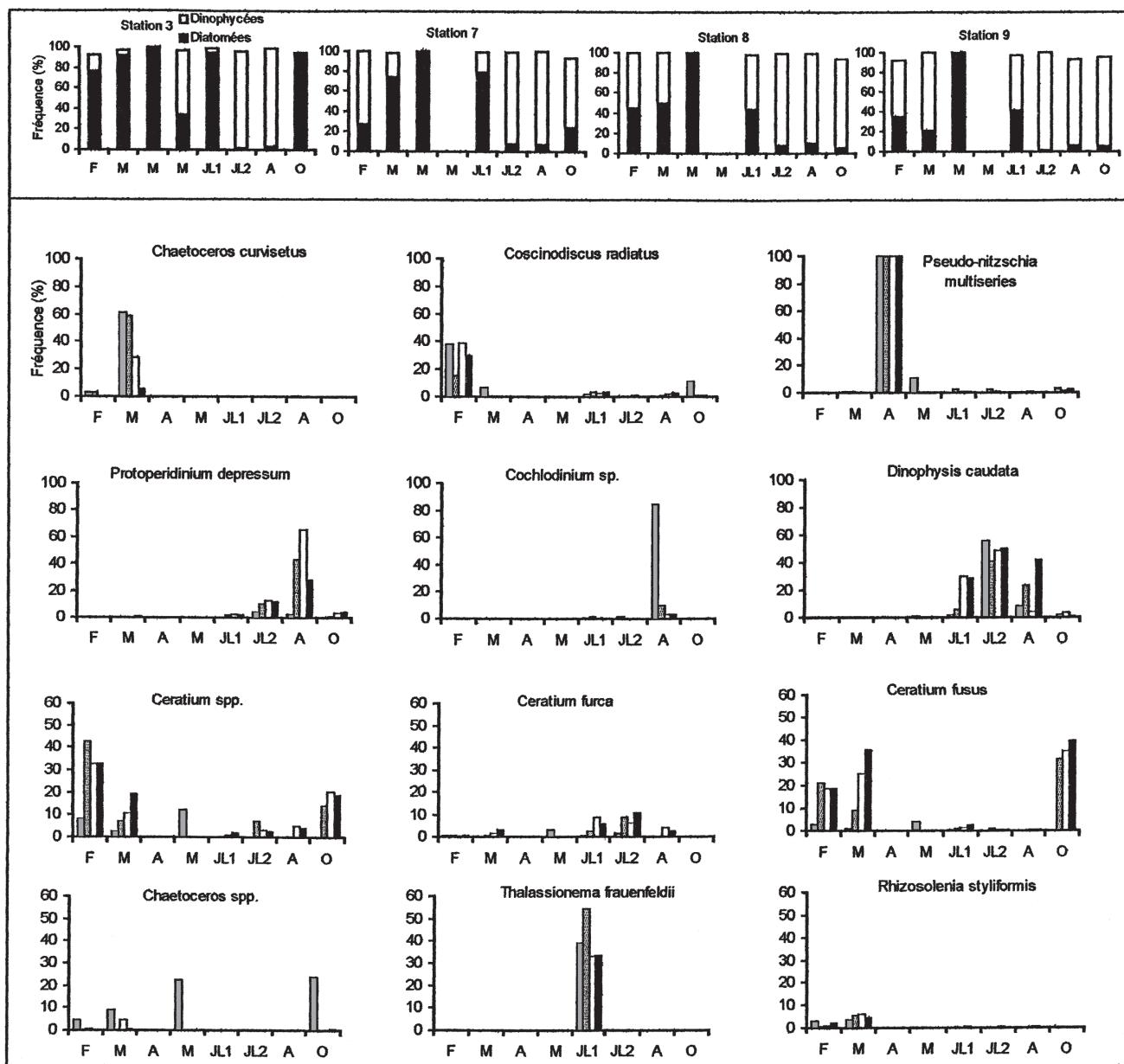


Figure 4. Variations de la fréquence relative (%) des Diatomées, Dinophycées (en haut) et des principales espèces microphytoplanctoniques (en bas) dans les stations 3, 7, 8 et 9 (indiquées comme dans la Figure 3) de février à octobre 1992. JL1 et JL2 : 7 et 27 juillet.

Figure 4. Variation in the relative frequency (%) of diatoms and Dinophyce and main microphytoplanktonic species at stations 3, 7, 8 and 9 (same labels as in Figure 3) from February to October 1992. JL1 and JL2: 7 and 26 July.

mais n'est franchement abondante que dans la station 3 (le phytoplancton dans le reste du secteur étant en effet peu abondant, Fig. 3). Outre ces espèces et quelques populations de l'hiver, d'autres taxons apparaissent également mais en faible nombre, comme *Hemiaulus hauckii*, *Guinardia flaccida*, *Cochlodinium* sp., *Dinophysis caudata*,

Protoperdinium depressum, *P. divergens*, *Pyrophacus horlogium*, *Diplopsalis lenticula*, *Goniodoma* sp., *Ornithocercus* spp. et *Podolampas* spp.. Fin juillet et en août, le microphytoplancton est riche mais faiblement abondant (sauf à la station 3, Fig. 3 et 4). Il se caractérise par la dominance, dans toute la frange littorale, des Dinophycées

de petite taille comme *Dinophysis caudata*, *Protoperidinium depressum*, *P. spp.*, *Procentrum spp.*, *Pyrophacus horlogium*. Parmi les Dinophycées, *Ceratium furca* et quelques espèces du même genre restent assez fréquentes, en particulier dans la zone exposée aux entrées du large (Fig. 4). Il faut souligner en outre que *P. depressum* et *Dinophysis caudata* monopolisent le peuplement en cette période estivale et paraissent exclure le reste des populations probablement par les toxines qu'elles émettent (de façon constitutive) dans le milieu (Andersen, 1996).

En octobre, les populations se sont réduites considérablement en effectifs en raison de la forte crue (25 et 26 octobre) qui s'est déchargée, par l'oued Seybouse (Fig. 3). Si la densité ne dépasse pas 125 cell. l⁻¹, la richesse du peuplement a cependant connu le maximum d'espèces, sauf à la station 3 (Fig. 5). Cette situation est la résultante de deux influences naturelles opposées : les courants en octobre apportent des espèces supplémentaires du large, en revanche les rejets continentaux, en période de crue notamment, exercent une réduction sélective à la fois spécifique et quantitative. En effet, à l'interface eau côtière-eau douce (station 3), les Dinophycées disparaissent totalement lors de la crue, tandis que les Diatomées opportunistes telles que *Coscinodiscus radiatus*, *Asterionellopsis glacialis*, et certaines espèces de *Chaetoceros* ne sont affectées qu'au niveau de la hiérarchie d'abondance (Fig. 4). Dans l'aire soumise aux agitations du courant (stations 8 et 9), les effets des rejets continentaux s'atténuent et le peuplement se trouve plus diversifié (Fig. 5). D'un autre point de vue quantitatif, on constate que dans ces conditions déséquilibrées les espèces de *Ceratium*

forment l'essentiel du peuplement. Outre les *Ceratium* et les espèces estivales, plusieurs taxons apparaissent avec de très faibles effectifs dans les stations ouvertes (de l'ordre seulement de une à quelques cellules par litre) telles que *Amphisolenia spinulosa*, *Gonyaulax spp.*, *Ornithocercus spp.* et *Gonyaulax (Spyraulax) jollifei*. Il semble que ces populations rares proviennent des eaux nérithiques externes entraînées par le courant résiduel de direction sud-est.

Il convient de signaler par ailleurs que l'indice de diversité connaît un maximum dans toutes les stations en hiver et en octobre (2 à 3,9 bits ind⁻¹) en raison du bon renouvellement des eaux par le courant qui se déploie intensivement le long de la côte à cette époque de l'année (Fig. 5). Des agitations ponctuelles des eaux, par temps de tempête (début juillet), aboutissent au même effet. Lorsque ces influences diminuent, (avril, fin juillet et août), l'organisation des peuplements reste sous la dépendance des rejets continentaux. Dans ces conditions, l'indice de diversité diminue pour atteindre un minimum en avril et août (Fig. 5). On constate en outre que la station 3, située dans l'embouchure, abrite un peuplement déséquilibré monopolisé par deux à trois espèces opportunistes (*Coscinodiscus radiatus* et *Chaetoceros spp.*).

2. Les Tintinnides (Tableau 2)

Les Tintinnides sont surtout abondants aux stations 3 et 9 où ils atteignent de fortes densités variant de 1 à 283 ind l⁻¹ (Fig. 6). Au niveau des stations 7 et 8 les densités sont beaucoup plus faibles et ne dépassent jamais 10 ind l⁻¹. Il faut remarquer que ces Protozoaires Ciliés forment numériquement une fraction importante du zooplancton, de l'ordre de 17-30 % en moyenne. Des chutes de densité s'observent dans la zone d'interface (stations 3, 7 et 8) par suite des crues survenues en mai et octobre. Les Tintinnides de la station 9, située plus loin des apports fluviaux, sont peu affectés par de telles influences (Fig. 6).

Le peuplement est constitué essentiellement par *Favella serrata*, *Tintinnopsis campanula*, *Porecus apiculatus* et *Favella adriatica*, presque toujours présentes par ailleurs (Fig. 7). *T. campanula* est plus fréquente en hiver que *P. apiculatus*. Cette dernière paraît en revanche plus abondante dans la station 3 directement exposée aux rejets. *Favella serrata*, espèce la plus abondante, colonise indifféremment le secteur. On constate également que *F. adriatica*, régulièrement abondante dans la station 3, n'apparaît que sporadiquement au niveau des stations 8 et 9. S'ajoutent à ces populations opportunistes, d'autres espèces qui se multiplient intensément mais sporadiquement en saison chaude. Il s'agit de *Codonellopsis morchella*, *Tintinnopsis cylindrica*, apparues en octobre et *Rhabdonella spiralis*, *Eutintinnus fraknoi*, *Eutintinnus lusus-undae* et *Tintinnopsis beroida*, présentes particulièrement en juillet et août. A l'exception de *T. cylindrica*, les fréquences de ces popula-

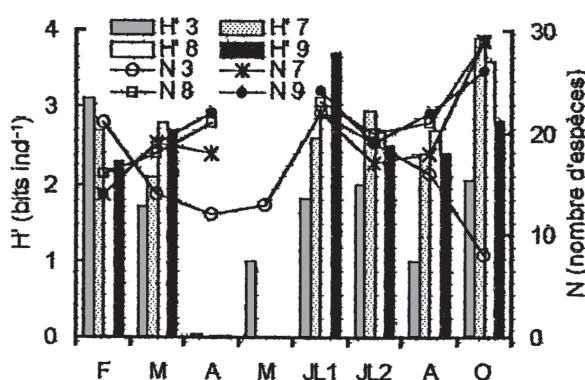
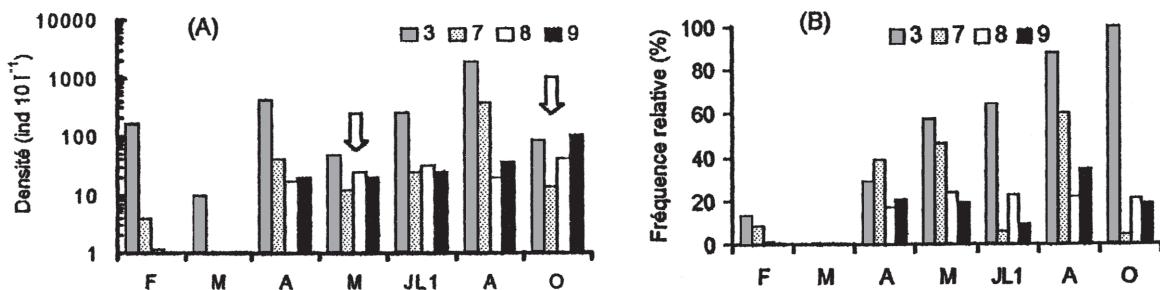
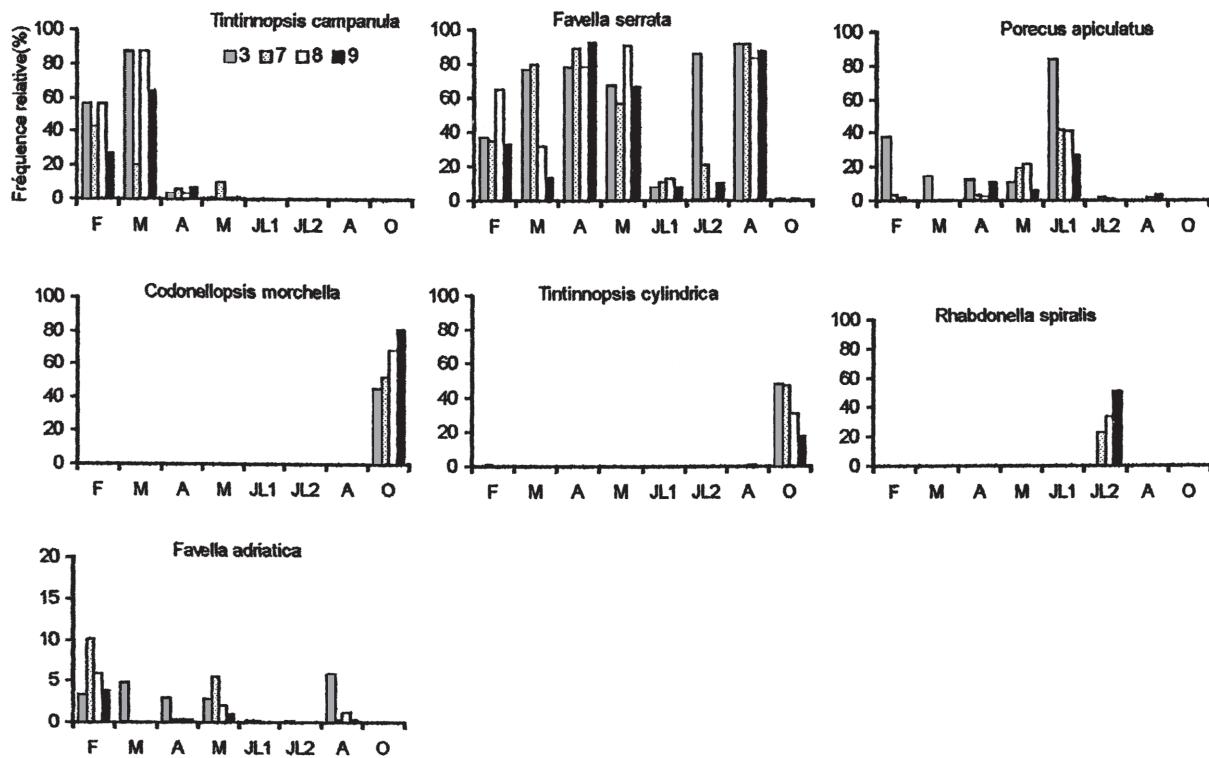


Figure 5. Variations du nombre d'espèces (N) et de l'indice de diversité de Shannon (H') des peuplements microphytoplanctoniques dans les stations 3, 7, 8 et 9 de février à octobre 1992.

Figure 5. Variations in the species number (N) and in the diversity index of Shannon (H') of microphytoplankton at stations 3, 7, 8 and 9 from February to October 1992.

Tableau 2. Liste des espèces de Tintinnides identifiées dans le golfe d'Annaba en 1992.**Table 2.** List of tintinnid species identified in the gulf of Annaba, 1992.

<i>Tintinnopsis beroida</i> (Stein)	<i>Codonellopsis morchella</i> (Cleve)	<i>Epiploctylis blanda</i> (Daday)
<i>Tintinnopsis campanula</i> (Ehrenberg)	<i>Coxiella annulata</i> (Daday)	<i>Rhabdonella spiralis</i> (Fol)
<i>Tintinnopsis cylindrica</i> Daday	<i>Helicostomella subulata</i> (Ehrenberg)	<i>Eutintinnus fraknoi</i> Daday
<i>Tintinnopsis angulata</i> Daday	<i>Porecus apiculatus</i> (Cleve)	<i>Eutintinnus lusus-undae</i> Entz Sr.
<i>Tintinnopsis butschlii</i> Daday	<i>Favella adriatica</i> (Imhof)	<i>Xystonella</i> spp.
<i>Tintinnopsis radix</i> (Imhof)	<i>Favella serrata</i> (Möbius)	

**Figure 6.** Variations (A) de la densité (ind $10 l^{-1}$) des Tintinnides et (B) de leur fréquence relative (%) au sein du zooplancton dans les stations 3, 7, 8 et 9 de février à octobre 1992. Les périodes de crues sont indiquées par des flèches.**Figure 6.** Variations (A) in the density (ind $10 l^{-1}$) of tintinnids and (B) in their relative frequency (%) within zooplankton at stations 3, 7, 8 and 9 from February to October 1992. The periods of floods are indicated with arrows.**Figure 7.** Variations de la fréquence relative (%) des principales espèces de Tintinnides dans les stations 3, 7, 8 et 9 de février à octobre 1992.**Figure 7.** Variation in the relative frequency (%) of the main tintinnid species at stations 3, 7, 8 and 9 from February to October 1992.

tions s'organisent selon une zonation superposable au gradient d'ouverture aux arrivées des eaux néritiques externes. D'autres espèces sont toujours peu fréquentes et apparaissent successivement de l'hiver à l'automne. Ce sont *Epiploctysis blanda*, *Tintinnopsis butshlii*, *Tintinnopsis radix*, *Tintinnopsis angulata*, *Coxliella annulata*, *Xystonella* spp. et *Helicostomella subultata*.

En ce qui concerne la structure du peuplement, on peut remarquer que les faibles valeurs de l'indice de diversité (1,28 bits ind⁻¹ en moyenne) indiquent un déséquilibre presque permanent (Fig. 8). La forte dominance de deux à trois espèces opportunistes évoluant dans un milieu fluctuant et très sélectif, explique cette situation. Lorsque les conditions physico-chimiques changent favorablement en février et début juillet par suite du renouvellement des eaux, sous l'effet du courant, la diversité augmente (1,54 à 3) dans l'ensemble du secteur (Fig. 8). En octobre, bien que le renouvellement du milieu s'améliore, l'action perturbatrice de la crue semble masquer l'expression d'une meilleure organisation du peuplement et l'indice de diversité reste faible.

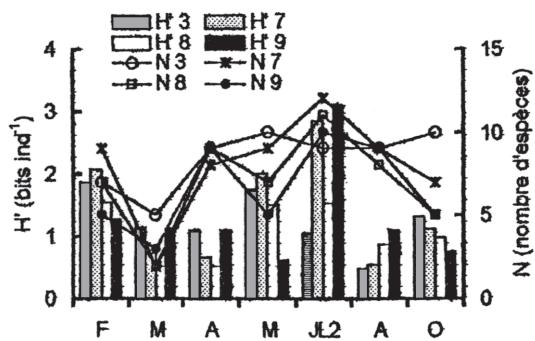


Figure 8. Variations du nombre d'espèces (N) et de l'indice de diversité de Shannon (H') des peuplements de Tintinnides dans les stations 3, 7, 8 et 9 de février à octobre 1992.

Figure 8. Variation in the species number (N) and in the diversity index of Shannon (H') of tintinnids at stations 3, 7, 8 and 9 from February to October 1992.

III. Relation environnement-phytoplancton-Tintinnides

La correspondance entre fluctuations des paramètres physico-chimiques et chlorophylle *a* d'une part, fréquences des taxons planctoniques d'autre part, permet de caractériser les peuplements et leur environnement dans les différentes stations par l'analyse factorielle de correspondance. Bien que les espèces rares et très localisées (poussée de *Pseudo-nitzschia multiseries*) aient été éliminées, le plan factoriel des axes 1-2 (expliquant 95,2 % de l'inertie), est quelque peu affecté par l'effet Guttman en raison d'une certaine liaison des axes. Néanmoins, dans le plan 1-2 (Fig. 9), on distingue trois groupements. Le contingent d'espèces opportu-

nistes formé par 6 Diatomées et 2 Dinophycées, est discriminé dans la partie positive de l'axe 1. Il s'agit de *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioïdes*, *Astrionellopsis glacialis*, *Bacteriastrum* spp., *Anaulus cretecus*, *Odontella mobiliensis*, *Cochlodinium* sp. et *Prorocentrum* spp.. Ces éléments très résistants évoluent dans des conditions d'eutrophisation à la station 3, caractérisée par des teneurs excessives en ammonium, phosphates et Chl *a*. S'ajoutent à ces taxons, les espèces de *Chaetoceros* et les Diatomées plus généralement ainsi que plusieurs espèces de Tintinnides telles que *Porecus apiculatus*, *Favella adriatica*, *Tintinnopsis cylindrica* et *Eutintinnus blanda*, qui attestent d'une grande tolérance vis-à-vis des stress occasionnés par les décharges hydriques continentales (mai et octobre) et du confinement estival localisé à ce niveau côtier.

Le deuxième ensemble, isolé dans la partie négative du plan par rapport à l'axe 1, est composé dans une large mesure des populations de Dinophycées et de quelques Tintinnides fréquentant préférentiellement les aires ouvertes (stations 9, 8 et dans une moindre mesure la station 7). On y rencontre principalement les Tintinnides *Tintinnopsis campanula*, *T. beroida* et *Rhabdonella spiralis*, les Péridiiniens du genre *Ceratium* (*C. fusus*, *C. tripos*, *C. furca*, *C. massiliense*, *C. spp.*) et dans une moindre mesure quelques espèces du genre *Protoperidinium*. Les Diatomées *Bellerochea horlogicalis* et *Hemiaulus hauckii* semblent provenir des eaux externes et sont ainsi plus inféodées à ce type d'habitat ouvert. S'ajoute enfin à ces immigrants, un regroupement d'espèces d'eaux intérieures peuplant l'ensemble du secteur indépendamment de ses différences écologiques. Ce sont les éléments localisés près du centre de gravité ou près de la station 7, comme les Tintinnides *Favella serrata*, *Coxliella annulata*, les Diatomées *Coscinodiscus radiatus*, *Chaetoceros decipiens*, *Thalassionema frauenfeldii*, *Pseudo-nitzschia multiseries*, *Rhizosolenia styliformis* et certaines espèces appartenant aux genres *Dinophysis* et *Protoperidinium*. D'autre part, la projection de la température et de la salinité près du centre de gravité indique que la valeur moyenne de ces facteurs ne semble pas être décisive quant à la distribution des populations. A l'opposé, la transparence des eaux a incontestablement un effet sur la ségrégation des peuplements planctoniques.

Il apparaît à travers ces constatations que le facteur 1 représente l'influence des rejets continentaux, très marquée, mais localisée au niveau de la zone d'interface (stations 3 et 7). Dans ces conditions, les peuplements planctoniques sont dominés par un faible nombre d'espèces abondantes, notamment les populations de *Coscinodiscus radiatus*, *Chaetoceros* spp., *Skeletonema costatum*, *Favella* et *Tintinnopsis* qui accompagnent les eaux moins salées et les pollutions organique, chimique et urbaine. La diversité y est faible, particulièrement lors des crues et en été.

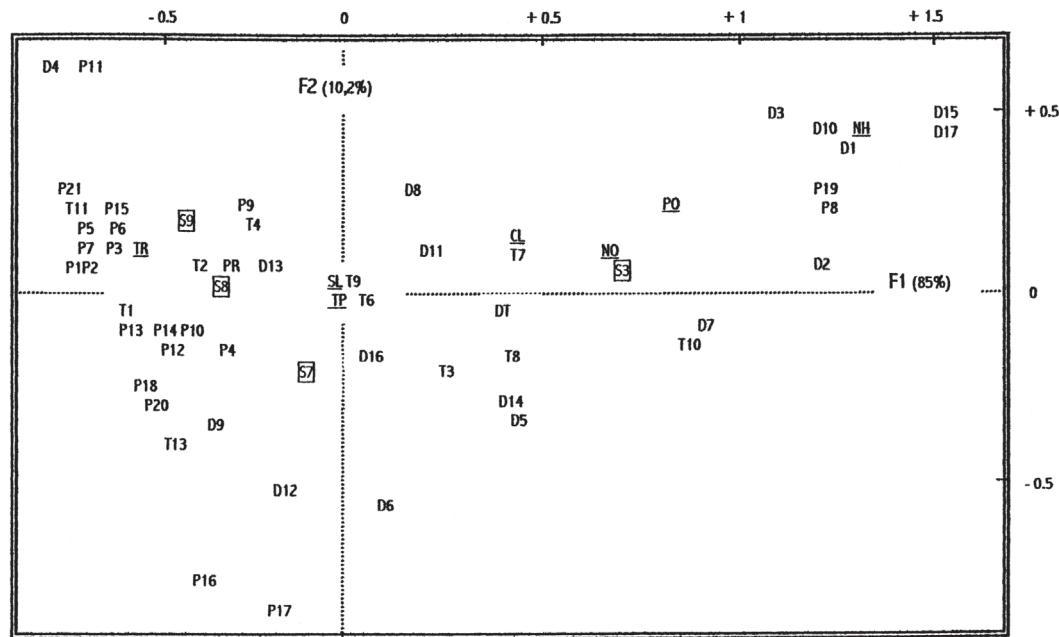


Figure 9. Analyse factorielle des correspondances montrant la projection simultanée dans le plan factoriel F₁-F₂ des observations actives (fréquences relatives moyennes de 53 taxons) et des observations supplémentaires (valeurs moyennes de 7 facteurs de l'environnement) relevées simultanément dans 4 stations (variables actives). (S3 à S9) station 3-station 9, (TP) température, (SL) salinité, (TR) transparence, (NO) nitrates, (NH) Ammonium, (PO) phosphates, (CL) chlorophylle a, (DT) Diatomées totales, (D1) *Anaulus cretecus*, (D2) *Asterionellopsis glacialis*, (D3) *Bacteriastrum* spp., (D4) *Bellerochea horlogicalis*, (D5) *Chaetoceros curvisetus*, (D6) *Chaetoceros decipiens*, (D7) *Chaetoceros* spp., (D8) *Coscinodiscus radiatus*, (D9) *Hemiaulus hauckii*, (D10) *Odontella mobiliensis*, (D11) *Pleurosigma* spp., (D12) *Pseudo-nitzschia multiseries*, (D13) *Rhizosolenia styliformis*, (D14) *Rhizosolenia* spp., (D15) *Skeletonema costatum*, (D16) *Thalassionema frauenfeldii*, (D17) *Thalassionema nitzschioïdes*, (PR) *Péridiniens totaux*, (P1) *Amphisolenia spinulosa*, (P2) *Ceratium fusus*, (P3) *Ceratium tripos*, (P4) *Ceratium massiliense*, (P5) *Ceratium macroceros*, (P6) *Ceratium furca*, (P7) *Ceratium* spp., (P8) *Cochlodinium* sp., (P9) *Dinophysis caudata*, (P10) *Dinophysis* spp., (P11) *Diplopsalis lenticula*, (P12) *Goniiodoma* sp., (P13) *Ornithocercus* spp., (P14) *Protoperidinium depressum*, (P15) *Protoperidinium divergens*, (P16) *Protoperidinium* sp., (P17) *Protoperidinium* spp., (P18) *Podolampas* spp., (P19) *Prorocentrum* spp., (P20) *Pyrophacus horlogium*, (P21) *Gonyaulax jollifei*, (T1) *Tintinnopsis beroida*, (T2) *Tintinnopsis campanula*, (T3) *Tintinnopsis cylindrica*, (T4) *Tintinnopsis* spp., (T5) *Codonellopsis morchella*, (T6) *Coxliella annulata*, (T7) *Poreucus apiculatus*, (T8) *Favella adriatica*, (T9) *Favella serrata*, (T10) *Epilobocylis blanda*, (T11) *Rhabdonella spiralis*, (T12) *Eutintinnus fraknoi*, (T13) *Eutintinnus lusus-undae*.

Figure 9. Factorial correspondence analysis. Simultaneous projection of mean relative frequencies of 53 taxa and 7 environmental data obtained in four stations in the factorial plan F₁-F₂.

Le facteur 2 explique l'influence des intrusions des eaux du large. Cette influence, largement masquée par la forte pollution et les crues intermittentes, reste limitée dans l'espace (station 9 et 8) et à la période d'homothermie et de brassage (hiver et automne). Les peuplements de cette zone exposée sont mieux organisés et constitués de Dinophycées et de certains Tintinnides largement abondants par ailleurs.

D'autre part, l'examen des données morphologiques des populations de Tintinnides (Tableau 3) permet de remarquer que, très généralement, les grandes espèces telles que *Poreucus apiculatus*, *Rhabdonella spiralis*, *Tintinnopsis cylindrica* T. spp., *Favella serrata*, *Coxliella annulata* se concentrent à la station 3. Celle-ci abrite par ailleurs un peu-

plement dense de Diatomées, constitué notamment d'espèces de grande taille (voir Margalef, 1994) dont les cellules sont isolées, telle que *C. radiatus* ou en chaîne (*Chaetoceros*, *Bacteriastrum*, *S. costatum*, etc.). Certaines Dinophycées (*Cochlodinium* sp. et *Prorocentrum* spp.) de grande taille sont également plus abondantes dans la station 3. A l'inverse, les Tintinnides de petite taille sont plus fréquents aux stations riches en microalgues isolées et de faible dimension. Dans l'échelle temporelle on peut retrouver une coïncidence de taille également. Ces constatations supposent l'existence de liens trophiques liés à la taille mais également à l'hydrologie et à l'eutrophie littorale, susceptibles de provoquer de telles répartitions.

Tableau 3. Dimension (longueur en μm) des principales espèces de Tintinnides, estimées à partir de 4 mensurations individuelles.
Table 3. Size (length in μm) of the principal tintinnid species, estimated from 4 individual measurements.

Espèces	Taille	Espèces	Taille	Espèces	Taille
<i>Eutintinnus fraknoi</i>	440-500	<i>Tintinnopsis cylindrica</i>	315	<i>Tintinnopsis beroida</i>	190-315
<i>Porecus apiculatus</i>	375-440	<i>Favella serrata</i>	250-315	<i>Tintinnopsis campanula</i>	190
<i>Rhabdonella spiralis</i>	250-500	<i>Coxliella annulata</i>	190-315	<i>Codonellopsis morchella</i>	125
<i>Tintinnopsis</i> spp.	250-440	<i>Helecostomella subulata</i>	250-280		

Discussion

Les conditions rigoureuses régnant dans le secteur étudié exercent une large sélection biologique qui reflète la faible inertie du milieu par rapport aux influences continentales. Parmi les 43 taxons phytoplanctoniques identifiés seule une dizaine d'entre eux dominent successivement le peuplement. L'effet de la saison est ainsi marqué au niveau de l'abondance mais s'exprime aussi dans les successions des populations microplanctoniques. Le phytoplancton présente de fortes fluctuations d'abondance allant de quelques dizaines à plus 10^6 cell. l^{-1} . Des densités extrêmement faibles s'observent en effet lors des crues et en période de confinement estival (Fig. 10). Au niveau de l'aire de dilution, les effectifs augmentent en été (par rapport au reste du secteur) sans toutefois présenter des valeurs que justifie-

raient les conditions trophiques locales telles que l'abondance des sels nutritifs (Fig. 2 et 3). Les teneurs élevées en Chl *a* (4,32 à 13 $\mu\text{g l}^{-1}$) de l'été restent importantes par rapport aux effectifs, ce qui suppose la prépondérance des formes de grande taille en cette saison.

Si l'on excepte la poussée de *Pseudo-nitzschia multiseries*, l'ordre d'abondance, dans ce secteur du golfe d'Annaba, est comparable à celui du microphytoplancton observé dans le golfe de Gênes (au début de l'été 1972) où les densités des Diatomées et Dinophycées ne dépassent pas ensemble 10^4 cell. l^{-1} (Jacques et al., 1976). Le microphytoplancton des eaux libanaises (Lakkis et Zeidane, 1985) semble beaucoup plus dense: la moyenne annuelle de 10 stations côtières polluées a varié entre 3.10^4 et $9.9 \cdot 10^4$ cell. l^{-1}). D'un point de vue qualitatif, il est clair que le golfe d'Annaba abrite des populations caractéristiques des eaux

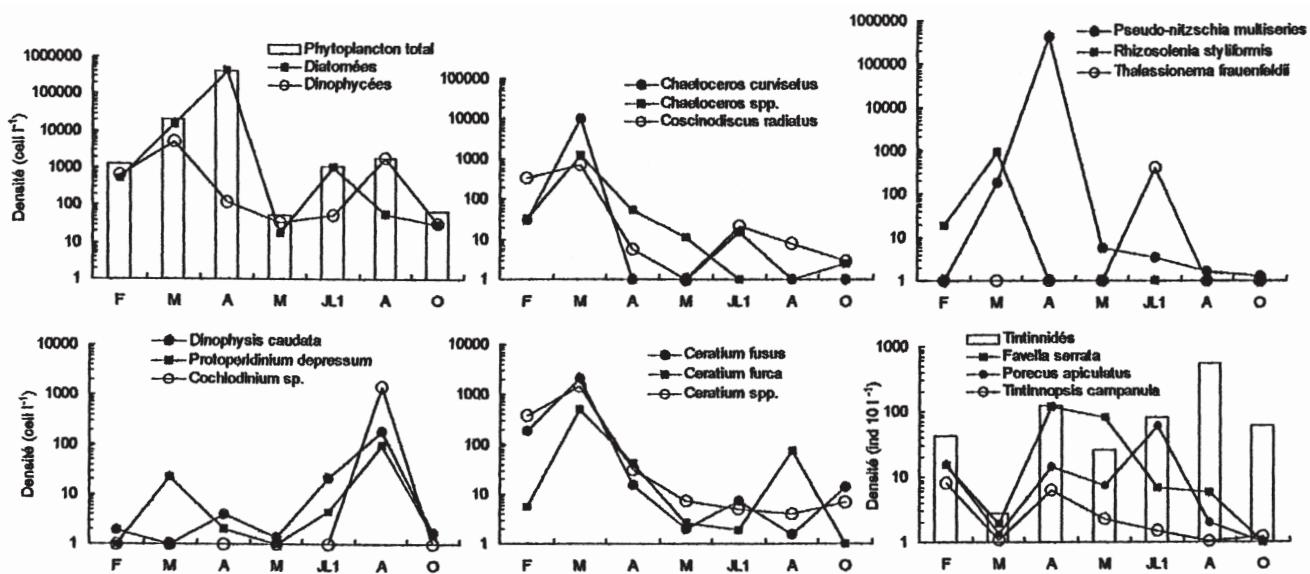


Figure 10. Variations de la densité moyenne (calculée à partir des valeurs individuelles des différentes stations étudiées) des peuplements de microphytoplancton et de Tintinnidés et de leurs principales espèces dans le secteur étudié de février à octobre 1992.

Figure 10. Variation in the mean density (computed from individual values of different studied stations) of the microphytoplanktonic and tintinnid communities and their main species at the studied sector from February to October 1992.

néritiques polluées comme *Thalassionema frauenfeldii*, *Chaetoceros*, *Pseudo-nitzschia multiseries*, *Rhizosolenia*, *Coscinodiscus radiatus*, *Ceratium fusus*, *C. furca*, *C. massiliensis*, *Protoperidinium depressum*, *Dinophysis caudata*, *Skeletonema costatum* et *Prorocentrum*. En Méditerranée, on rencontre ces mêmes populations ou leurs proches congénères dans les localités polluées (Arfi et Leveau, 1983; Lakkis et Zeidane, 1985; Gotsis-Skretas et Friligos, 1990). Les successions saisonnières sont également très similaires. On note cependant la prépondérance de *Coscinodiscus radiatus* dans le golfe d'Annaba. Il convient de remarquer également que la hiérarchie d'abondance de telles espèces d'eaux eutrophes est largement modifiée, au fur et à mesure qu'on se dirige vers la zone exposée. En effet, on observe généralement que les Diatomées, en particulier le genre *Chaetoceros*, sont plus fréquentes à la station 3 tandis que les Dinophycées abondent plutôt au niveau des stations plus exposées aux entrées d'eaux du large (Fig. 4). Cette distribution bipolaire pourrait s'expliquer partiellement par le fait que les *Chaetoceros* (et la plupart des Diatomées) d'une part, et les *Dinophysis* (et la plupart des Dinophycées) d'autre part, s'excluent mutuellement dans l'espace par les toxines qu'elles émettent dans le milieu (Andersen, 1996). Il n'est pas exclu par ailleurs que la modification du rapport N/P soit responsable de cette ségrégation qualitative de la flore algale.

En ce qui concerne la cinétique d'abondance des Tintinnides, on ne trouve aucune tendance saisonnière et les fluctuations sont énormes allant de 0,001 à 183 ind l⁻¹ avec une moyenne de 12,8 ind l⁻¹. Cette variabilité est due dans une large mesure aux effets des crues abaissant la salinité et ramenant divers polluants (Fig. 10). Il n'est pas exclu toutefois que la prolifération d'algues toxiques telle que *Pseudo-nitzschia multiseries* (Skov et al., 1995) soit également responsable de telles mortalités.

Les Tintinnides occupent une proportion importante au sein du zooplancton avec un pourcentage d'abondance variant de 17 à 30 %, selon la saison. L'essentiel de la densité revient aux espèces opportunistes comme *Favella serrata*, *Porecus apiculatus*, *Tintinnopsis campanula*. Les espèces pérennes, *Favella* spp. et *Tintinnopsis* spp. sont caractéristiques d'eaux côtières méditerranéennes eutrophes dans lesquelles se développent de fortes populations (Revelante et Gilmartin, 1983). Dans le Nord de l'Adriatique, Fonda Unami et al. (1985) rapportent que *Favella serrata* constitue à elle seule 87,6 % du peuplement de Tintinnidés.

Il convient de signaler par ailleurs, que l'indice de diversité des protistes planctoniques connaît un maximum en hiver et en octobre (Fig. 5 et 8), en raison du bon renouvellement des eaux (par le courant se déployant intensivement dans la région à cette époque de l'année) entraînant ainsi des populations supplémentaires. Lorsque ces influences dimi-

nuent au printemps et notamment en été, l'organisation des peuplements reste sous la dépendance des apports continentaux qui tendent généralement à la déstructuration des communautés. L'indice de diversité s'abaisse ainsi à un minimum.

Sur le plan environnement général, on peut retenir le caractère hautement eutrophe du secteur étudié. Les teneurs en sels nutritifs et en Chl *a* sont en effet anormalement élevées et traduisent une eutrophisation qui s'accentue en période de confinement estival. Cette eutrophisation se répartit dans l'espace selon un fort gradient côte-large. L'enrichissement augmente lors des crues survenues en mai et octobre, et la tranche d'eau transparente est toujours inférieure au 1/3 de la colonne d'eau.

D'un autre point de vue écologique, on doit souligner que globalement les petites Dinophycées localisées dans la frange ouverte s'accompagnent de petits Tintinnides, et ceux de grandes tailles se concentrent dans la zone riche en grosses Diatomées isolées ou en chaînes. Cette coïncidence suppose l'existence de liens trophiques particuliers, s'effectuant selon la taille, entre microphytoplancton et Tintinnides. En dépit d'une telle interaction biologique et de l'explosion démographique des Tintinnides, le phytoplancton, comme le système pélagique en général, demeure essentiellement contrôlé par les facteurs physiques. L'existence dans le secteur étudié de deux influences naturelles (courants et apports terrestres) très contrastées offre des conditions écologiques très particulières. Les protistes planctoniques ainsi que leur environnement évoluent dans un système à faible inertie fluctuant selon la prépondérance des flux continentaux ou des intrusions du large. Enfin, le faible hydrodynamisme local ne semble pas assurer un renouvellement suffisant susceptible de faire face à l'eutrophisation et à ses incidences sur le fonctionnement écologique du secteur étudié.

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre du programme national 'Ecobaie' (Contrat ISN, Université d'Annaba-Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, N° F.230.01.10.94). Les auteurs remercient les chercheurs océanographes de divers laboratoires français notamment les Drs J. Castel, J.-C. Sorbe, G. Seguin, C. Razouls, S. Frontier et M.-L. Furnestin, ainsi que deux arbitres anonymes pour leurs conseils, corrections et aides documentaires.

References

- Andersen P. 1996. Design and implementation of some harmful algal monitoring systems. *Intergovernmental Oceanographic Commission, Technical series N° 44*, 103 pp.
- Arfi R. & Leveau M. 1983. Impact d'une perturbation détritique

- et polluante sur la structure et le fonctionnement des populations phytoplanctoniques. *Océanis*, **9** (8): 653-675.
- Benzécri J.P. & Benzécri F.** 1980. *Pratique de l'analyse des données. I. Analyse des correspondances. Exposé élémentaire*. Dunod, 424 pp.
- Bernard F.** 1952. Eaux atlantiques et méditerranéennes au large de l'Algérie. I. Hydrologie, sels nutritifs et phytoplancton en 1950. *Annales de l'Institut Océanographique*, Paris, **27**: 1-48.
- Cabrini M., Milani L., Fonda Unami S. & Honsell G.** 1989. Relazioni trofiche tra fitoplancton e microzooplankton nel Golfo di Trieste. *Oebalia*, **15**, n° sp.: 383-396.
- Cattani O. & Corni M.G.** 1992. The role of zooplankton in eutrophication, with special reference to the Northern Adriatic Sea. *Science of the Total Environment*, suppl.: 137-158.
- Chrétiennot-Dinet M.-J., Sournia A., Ricard M. & Billard C.** 1993. A classification of the marine phytoplankton of the world from class to genus. *Phycologia*, **32** (3): 159-179.
- Endo Y., Hasumoto H. & Taniguchi A.** 1983. Microzooplankton standing crop in the western subtropical Pacific off the Bonin Islands in winter. *Journal of Oceanographical Society of Japan*, **39**: 185-191.
- Fonda Unami S., Honsell G., Cabrini M. & Milani L.** 1985. A Tintinnid 'bloom' in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). *Oebalia*, n° sp, **11**: 149-156.
- Gaumer G.** 1981. Evolution annuelle des communautés microplanctoniques de la Baie d'Alger. Variations de la composition spécifique liées à la nature du facteur nutritionnel limitant la biomasse algale. Thèse de 3^e cycle, Université de Paris 6, 91 pp.
- Gotsis-Skretas O. & Friligos N.** 1990. Eutrophication and phytoplankton ecology in the Thermaikos Gulf. *Thalassographica*, **13** (1): 1-12.
- Heinbokel J.F. & Beers J.R.** 1979. Studies on the functional role of Tintinnids in the Southern California Bight. III. Grazing impact of natural assemblages. *Marine Biology*, **25**: 23-32.
- Illoul H.** 1990. Densités des populations phytoplanctoniques. Résultats préliminaires. In: *Campagnes Océanographiques Françaises*, IFREMER, **11**: 111-114.
- Jacques G., Minas M., Neveux J., Nival P. & Slawyk G.** 1976. Conditions estivales dans la divergence de Méditerranée Nord-occidentale. III. Le phytoplancton. *Annales de l'Institut Océanographique*, Paris, **52** (2): 141-152.
- Laboratoire Central d'Hydraulique de France** 1976. *Extension du port d'Annaba : synthèse de l'étude générale des conditions naturelles dans le golfe d'Annaba*. LCHF, Maisons-Alfort, 50 pp.
- Lakkis S. & Zeidane R.** 1985. Modifications de l'écosystème planctonique par la pollution des eaux côtières libanaises. In : *Les effets de la pollution sur les écosystèmes marins*, Réunion FAO/PNUE Blanes, Espagne, 7-11 octobre 1985, FIRI/R352 (Suppl.): 123-159.
- Larsen J. & Moestrup Ø.** 1989. *Guide to toxic and potentially toxic marine algae*. The fish inspection service, Ministry of fisheries, Denmark, 61 pp.
- Margalef R.** 1994. Through the looking glass: how marine phytoplankton appears through the microscope when graded by size and taxonomically sorted. *Scientia Marina*, **58** (1-2): 87-101.
- Menesguen A.** 1991. Présentation du phénomène d'eutrophisation littorale. In : "La mer et les rejets urbains", IFREMER *Actes de colloques*, Bendor 13-15 juin 1990, **11**: 35-52.
- Ounissi M., Fréhi H. & Khélifi-Touhami M.** Composition et abondance du zooplankton en situation d'eutrophisation dans un secteur côtier du golfe d'Annaba (Algérie). *Annales de l'Institut Océanographique*, Paris (sous presse).
- Raimbault P., Taupier-Letage I. & Illoul H.** 1990. Importance relative de différentes classes de taille du phytoplankton. *Campagnes Océanographiques Françaises*, IFREMER, **11**: 108-110.
- Revelante N. & Gilmartin M.** 1983. Microzooplankton distribution in the Northern Adriatic Sea, with emphasis on the relative abundance of ciliated protozoans. *Oceanologica Acta*, **6**: 407-415.
- Ricard M.** 1987. *Atlas du phytoplankton marin. Vol. II. Diatomophycées*. CNRS, Paris, 297 pp.
- Samson-Kechacha F.L.** 1981. Variations saisonnières des matières nutritives de la Baie d'Alger : recherches des facteurs contrôlant le développement du phytoplankton. Thèse de 3^e cycle, USTHB, Alger, 98 pp.
- Skov J., Lundholm N., Moestrup Ø. & Larsen J.** 1995. Potentially toxic phytoplankton 4. The genus *Pseudo-nitzschia* (Diatomophyceae, Bacillariophyceae). *ICES, Fiche d'identification du plancton* N° 182.
- Shannon C. E. & Weaver W.** 1963. *The mathematical theory of communication*. Urbana Univ. Press, Illinois, pp
- Sherrer B.** 1984. *Biostatistiques*. Gaëtan Morin, Québec, 841 pp.
- Sournia A.** 1986. *Atlas du phytoplankton marin, Vol. I. Cyanophycées, Dictyocophycées, Dinophycées et Raphidophycées*. CNRS, Paris, 219 pp.
- Thomsen H.A.** 1992. *Plankton i de indre danske farvande. Analyse of forekomsten af alger af heterotrofe protister (ekspl. Ciliater) i kattegat*. **11**, Miljoministriet Miljostyrelsen, Denmark, 331 pp.
- Trégouboff G. & Rose M.** 1978. *Manuel de planctonologie méditerranéenne*. CNRS, 587 pp.
- Utermöhl H.** 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Association Internationale de Limnologie Théorique et Appliquée*, **9**, 38 pp.