

Quelques observations sur le phytoplancton du lac côtier de Varano (Mer Adriatique). Été 1983.

Claudio Tolomio

Dipartimento di Biologia, Università di Padova
Via Trieste 75, 351231 Padova, Italia.

Résumé : Pendant l'été 1983 nous avons effectué une recherche préliminaire sur les microalgues en suspension du lac côtier de Varano (Mer Adriatique moyenne), pour mettre en évidence les différences qu'on peut relever par rapport à la phase de marée (montante ou descendante), à la période des prélèvements (syzygie ou quadrature) et à la profondeur (surface ou fond). Dans ce but nous avons examiné le phytoplancton récolté dans deux stations fixées le long des canaux de communication avec la mer et d'autres stations distribuées vers l'intérieur du bassin.

La microflore planctonique est constituée par 72 taxons. Les Diatomées, surtout avec le genre *Chaetoceros*, dominant; parmi les Diatomées pennées, les formes tycho-pélagiques (*Amphora* sp.pl., *Licmophora* sp.pl., *Nitzschia* sp.pl.) jouent un rôle très important. Bien intéressante est la présence de *Coscinodiscus granii*, espèce endémique signalée précédemment à maintes reprises, et de deux formes appartenant au genre *Cyclotella*, qui montrent des caractères quelque peu singuliers.

La circulation des eaux n'est pas simple et, pour cela, influence d'une façon imprévisible la distribution du contenu biologique.

Summary : In the context of our several years researches on brackish phytoplankton in Adriatic Sea, in Summer 1983 a preliminary study has been started in Varano coastal lake (Gargano Promontory, Puglia).

Besides giving a first contribute to the knowledge of the typical and quite unstudied pelagic microflora in this basin, we meant to give evidence to the sea streams role on floating cells carrying and consequently on marine vivification proceeding. To this aim, we have chosen two collecting stations (named FC and FV) coinciding with the two communication channels to the sea, and other similar stations (A, B, C) between Foce Capoiale and centre of the basin.

The results have shown a strong prevalence, both in quality and in quantity, of the Diatoms, especially of some species of genus *Chaetoceros*, of *Rhizosolenia alata* f. *gracillima*, *Amphora hyalina* and *Cylindrotheca closterium*. Among Dinoflagellates only genus *Prorocentrum*, particularly *P. balticum*, was found in large quantity. All the other classes was desultorily found and in small quantity.

While selective action of lagoon water is evident on structure of phytoplanktonic communities, particular relations among distribution of floating vegetal cells, collecting depth levels and sea streams direction have not been found, so far as now.

Further researches are being held, yearly and in several different stations, to improve the knowledge both of the environment and of phytoplanktonic communities in this coastal lake.

INTRODUCTION

Dans le cadre des recherches sur les communautés phytoplanctoniques présentes dans les grands bassins saumâtres de la Mer Adriatique (Solazzi *et al.*, 1972 ; Tolomio *et al.*, 1976 ; Tolomio, 1976 a ; 1982 ; 1988) nous avons effectué une étude préliminaire dans le lac côtier de Varano (promontoire du Gargano, Puglia). La recherche est non seulement une première contribution à la connaissance typologique des populations phytoplanctoniques caractéristiques de ce bassin, jusqu'à maintenant peu étudiées (De Angelis, 1962), mais elle tend aussi à mettre en évidence le rôle joué par les courants de marée dans le transport et

dans les variations du phytoplancton au niveau des canaux de communication avec la mer (Tolomio, 1976 b).

Dans la zone marine en face du promontoire du Gargano les marées se ressentent de la conformation particulière du fond qui marque ici la limite entre l'Adriatique moyenne et l'Adriatique méridionale: le plan, légèrement incliné vers le Sud, augmente considérablement sa pente au niveau de la dépression de la Mer Adriatique méridionale (bassin de Bari), qui arrive à une profondeur de plus de 1200 mètres (Mosetti, 1958). L'amplitude de la marée est assez réduite, en moyenne a peu près de 40 cm, donc beaucoup plus réduite qu'on peut observer dans l'Adriatique septentrionale (Mosetti, 1983). Toutefois ceci n'empêche pas les courants d'atteindre une certaine intensité et, par conséquent, de jouer un rôle décisif dans la structure biologique de ce bassin côtier.

Le lac de Varano présente une étendue de près de 6500 hectares ; il arrive, au centre, à une profondeur de 5 mètres, a un plan quadrangulaire (Fig. 1) et est alimenté par deux port-canaux (ou bouches) longs et étroits, Foce Capoiale et Foce Varano, placés aux extrémités de la barre sablonneuse qui sépare la pièce d'eau de la mer d'en face ; il y a, en outre, des cours d'eau à régime torrentiel et quelques sources sous-marines qui intéressent le secteur méridional et qui provoquent, au moins dans ces zones, une certaine dilution du contenu salin.

MATÉRIAUX ET MÉTHODES

Deux stations fixées dans les canaux de communication avec la mer (FC=Foce Capoiale ; FV=Foce Varano) ont été examinées (Fig.1). Dans chaque station les eaux de surface et du fond ont été étudiées, en considération des remarquables différences qui subsistent dans les bassins saumâtres caractérisés par une profondeur réduite, dans ce cas entre 1 et 3 mètres.

Cette recherche, effectuée au mois de juillet 1983, avait pour but: a) de vérifier le contenu biologique (phytoplancton) des eaux de surface et de fond dans les deux canaux ; b) de comparer les résultats obtenus dans les deux canaux pendant des prélèvements presque simultanés ; c) de contrôler les différences qualitatives et quantitatives du phytoplancton récolté pendant le flux et le reflux.

En outre nous avons examiné les possibilités d'expansion des eaux montantes vers l'intérieur du bassin par des échantillonnages effectués aussi bien pendant le flux que le reflux en différentes stations distribuées entre Foce Capoiale et le centre du lac (stations A, B et C).

Nous avons récolté les échantillons soit en quadrature (17 juillet), soit en syzygie (25 juillet) ; dans ce dernier cas nous avons effectué les récoltes toutes les six heures. Les deux séries de récoltes le long de la directrice Foce Capoiale-centre du lac ont été faites le 21 juillet.

Outre les échantillons du phytoplancton, fixé avec du formol (4 %) et observé au microscope d'après Utermöhl (1958), nous avons examiné la température et la salinité (méthode

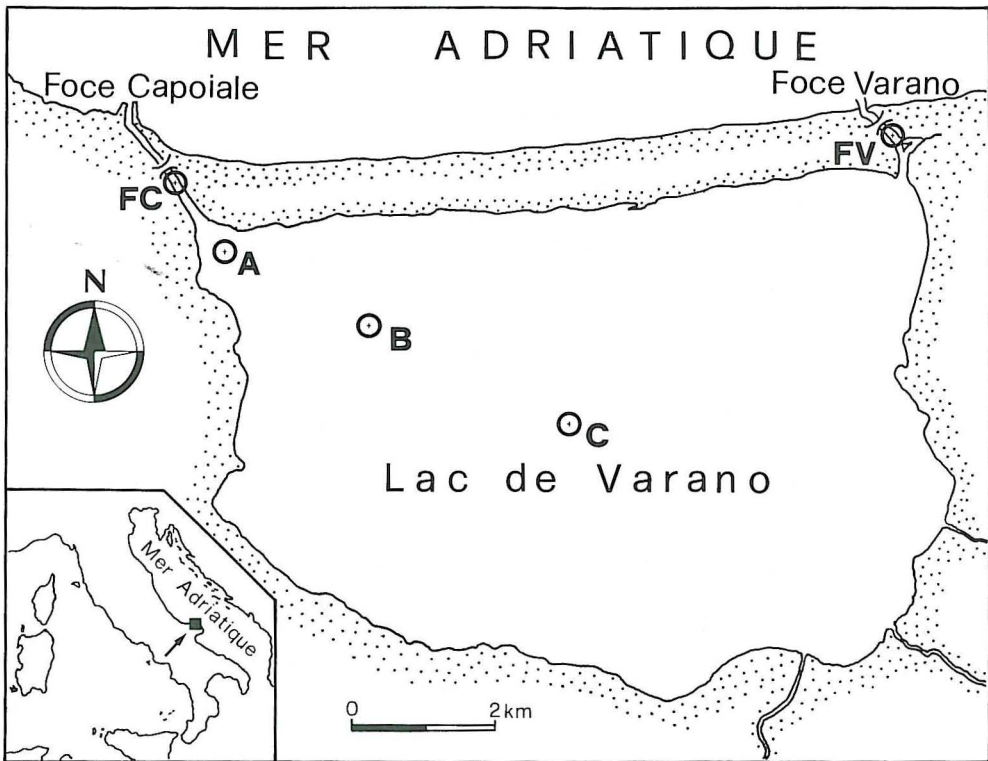


Fig. 1 : Le lac de Varano : stations de prélèvement.

Mohr-Knudsen, malgré la faible constance des rapports ioniques dans les eaux saumâtres : Magazzù, 1966), facteurs qui d'une part influencent directement les organismes planctoniques, de l'autre révèlent la présence de corps hydriques différents.

Les espèces phytoplanctoniques les plus significatives ont été étudiées au microscope électronique à balayage (M.E.B.), suivant la méthode habituelle (Tolomio, 1981).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

La microflore observée dans l'ensemble des échantillonnages est constituée par 72 taxons dont 48 Bacillariophycées, qui prédominent, 17 Dinophycées, 2 Cyanophycées et 1 Chrysophycée.

Les espèces tychopélagiques, c'est-à-dire celles qui vivent sur des substrats les plus différents (*Amphora* spp., *Licmophora* spp., *Nitzschia* spp.), jouent sans doute un rôle très important. Le genre *Chaetoceros*, dont quelques espèces sont bien représentées, domine

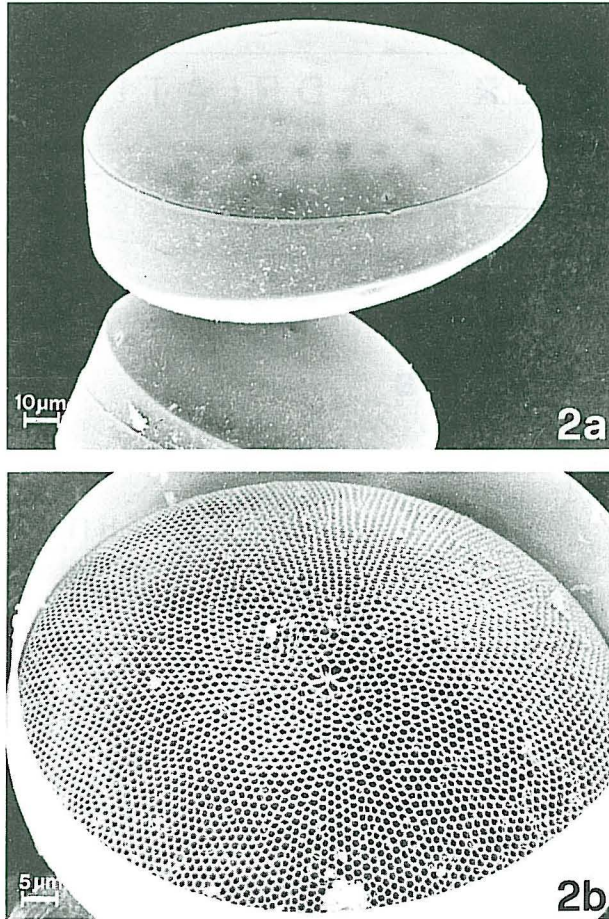


Fig. 2 : *Coscinodiscus granii* : a) vue de profil avec une ceinture connective asymétrique ; b) individu "ouvert" : le frustule de la cellule-fille montre la disposition de l'ornamentation.

parmi les formes eupélagiques ; nous avons observé également la présence de *Rhizosolenia alata* Brightw., quelquefois massive. De toute façon il s'agit de formes qui caractérisent aussi le phytoplancton d'autres lagunes adriatiques (Marchesoni, 1954 ; Solazzi *et al.*, 1972 ; Voltolina, 1975 ; Tolomio, 1976 a ; 1982). Très intéressante se révèle la présence de *Coscinodiscus granii* Gough (Figs 2 a et 2 b), espèce endémique quelquefois bien abondante et déjà trouvée précédemment à maintes reprises (Tolomio, données pas publiées). Au point de vue taxinomique, malgré l'analyse au M.E.B., quelques incertitudes subsistent encore à l'égard de deux formes qui appartiennent au genre *Cyclotella* et qui présentent des caractères quelque peu singuliers. L'une (Fig. 3 a), très petite (diamètre : 6 μm environ), ressemble à *Cyclotella caspia* Grun., espèce bien tolérante aux variations halines et caractérisée, dans la zone centrale de la valve, par 1-3 "strutted processes" (=eccentric mucillage pores" : Hasle, 1962), visibles aussi bien à l'extérieur (Fig. 3 a) qu'à l'intérieur (Fig. 3 b) ;

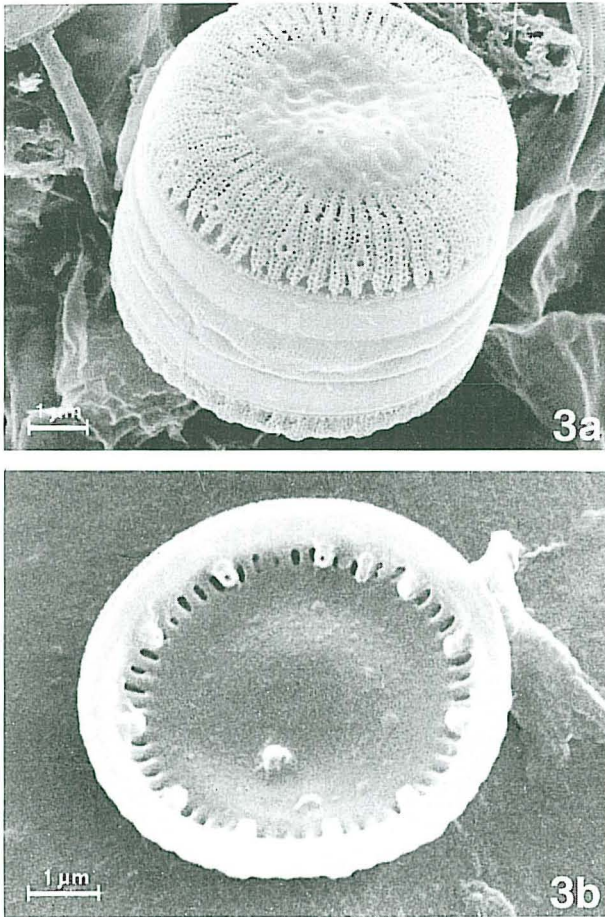


Fig. 3 : *Cyclotella* sp. 1 : a) vue d'ensemble du frustule ; b) demi-valve vue intérieurement : on peut observer les petits tubes qui correspondent aux trous visible à l'extérieur.

l'autre (Fig. 4 a), plus grande (diamètre : $13 \div 15 \mu\text{m}$) et avec des "strutted processes" plus nombreux (jusqu'à 7), peut être attribuée à *Cyclotella striata* (Kütz.) Grun., suivant la description proposée par Takano (1976). Dans plusieurs exemplaires de cette dernière forme on a remarqué une évidente rayure cicatricielle (Fig. 4 b) ou des nodules, en double suite, le long du marge de la valve (Fig. 4 c).

Parmi les Dinophycées, c'est le genre *Prorocentrum* qui domine, en particulier *P. balticum* (Lohm.) Loeb. (syn.: *Exuviaella baltica* (Lohm.) Loeb.), qui a été retrouvé dans tout le bassin aux différentes phases de la marée. Cela confirme les observations effectuées par De Angelis (1962) dans les eaux d'autres lagunes italiennes.

Mais c'est l'analyse des résultats quantitatifs qui présente le plus d'intérêt, même si ceux-ci ne sont pas représentatifs de la biomasse phytoplanctonique à cause de la différente

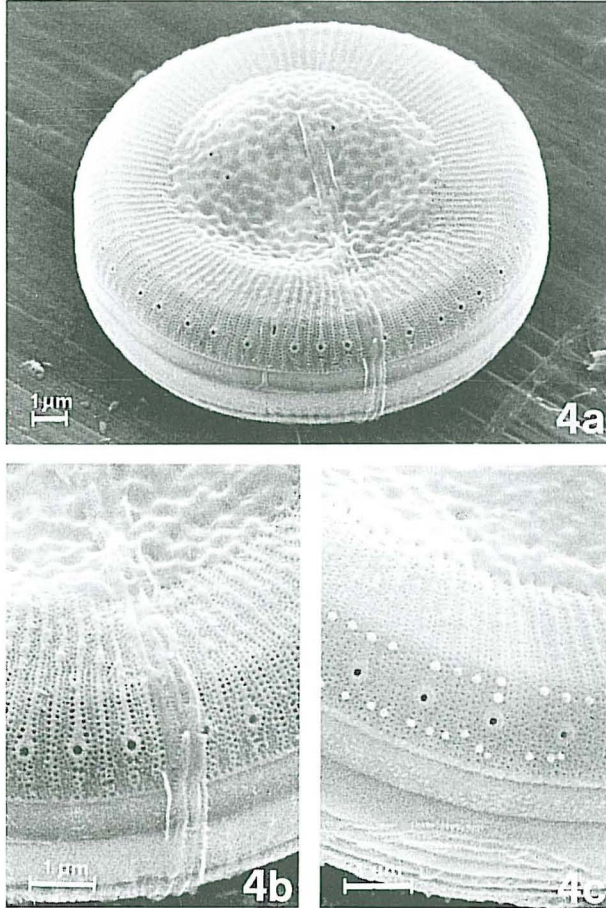


Fig. 4 : *Cyclotella* sp. 2 : a) vue d'ensemble du frustule ; b) détail de la fine structure de la face valvaire et de la rayure cicatricielle observée dans plusieurs individus ; c) double suite de nodules présente dans quelques exemplaires, le long du bord de la valve.

incidence d'espèces à volume cellulaire et, par conséquent, à contenu en carbone, très divers.

La comparaison entre les échantillons des deux niveaux n'a pas révélé une constante stratification des cellules en suspension dans les deux bouches. En effet, certaines fois la concentration est plus grande en surface, d'autres au fond, abstraction faite de la direction du courant. A ce propos il faut remarquer que les eaux de surface, surtout pendant le changement de direction du courant, à cause d'un phénomène d'inertie cinétique, coulent à une vitesse différente et quelquefois en sens opposé aux eaux du fond. De cette façon, les eaux gardent une certaine indépendance et, par conséquent, des corps hydriques bien distincts entrent en contact en permettant leur comparaison.

Il résulte de l'analyse des prélèvements correspondants qu'il y a, presque toujours à Foce Capoiale, une plus grande densité de phytoplancton, atteignant quelquefois en surface des valeurs remarquables (plus de 4 millions de cell. l^{-1} le 25 juillet à 2 heures dans les eaux descendantes ; environ 3,5 millions de cell. l^{-1} le 17 juillet à 14 heures dans les eaux montantes). A Foce Varano la quantité de cellules végétales en suspension est apparue, au contraire, presque toujours modeste, en témoignage du rôle très différent joué par les deux bouches dans le régime hydrodynamique et dans les processus de vivification du bassin. En effet, dans cette station on a rarement dépassé 500.000 cell. l^{-1} , avec des valeurs en surface de peu de milliers comme le 25 juillet à 2 heures et demie (17.000 cell. l^{-1}) et à 8 heures et demie (49.000 cell. l^{-1}).

La différente amplitude de marée observée en quadrature et en syzygie (et, par conséquent, la différente action cinétique dans les divers secteurs du bassin) n'influence ni les valeurs quantitatives ni la typologie de la microflore lagunaire. Il faut seulement signaler, en syzygie, une certaine augmentation des Dinophycées, qui, en marée montante, peuvent dépasser 150.000 cell. l^{-1} .

De nombreuses espèces présentent une densité très faible et sont rarement notées. Seules *Cylindrotheca closterium* (Ehr.) Reim. & Lew. et *Rhizosolenia alata* Brightw f. *gracillima* (Cl.) Grun. sont bien représentées dans la plupart des prélèvements. Du reste *Rhizosolenia alata* f. *gracillima* est la seule espèce qui est présente en quantité massive avec plus de $3,3 \cdot 10^6$ cell. l^{-1} dans les eaux montantes de surface à Foce Capoiale.

Toutefois ce qui différencie le plus le plancton qui entre du plancton qui sort à travers les deux bouches est exclusivement la *facies* à *Chaetoceros* : tandis qu'à Foce Capoiale nous avons observé plusieurs espèces, dont certaines aussi bien représentées (*Chaetoceros vixvisibilis* Sch.), à Foce Varano le genre *Chaetoceros* a été trouvé sporadiquement et en concentrations très faibles.

L'étude des échantillons récoltés le long du transept de Foce Capoiale jusqu'au centre du lac a confirmé l'importance de ce *facies* dans les communautés phytoplanctoniques présentes dans ces eaux. Quelques espèces (*Chaetoceros brevis* Schütt, *Ch. radians* Schütt, *Ch. vixvisibilis*) sont bien représentées dans toutes les stations, quoiqu'avec des concentrations différentes, par rapport au niveau, à la phase de marée et à la distance de la mer. La quantité massive de cellules remarquées pendant ces deux séries d'échantillonnages, en particulier en phase de reflux (toujours au-dessus de $5 \cdot 10^6$ cell. l^{-1}) est à imputer surtout au genre *Chaetoceros* dans son ensemble. En outre le fait que quelques espèces de ce genre soient particulièrement bien représentées dans les eaux intérieures porte à croire que des conditions particulières de ce milieu (sels nutritifs, dilution des eaux, régime thermique) sont en mesure de provoquer l'accroissement de quelques formes non autochtones mais sans aucun doute à très large répartition écologique comme, par exemple, *Chaetoceros vixvisibilis*. Cette espèce, déjà signalée pour Foce Capoiale, à la station située au centre du lac dans plusieurs échantillons dépasse 500.000 cell. l^{-1} . Il faut en outre rappeler que dans la station C nous avons remarqué, sans trouver d'explication, l'absence presque totale de Diatomées pennées, qui semblent circonscrites aux eaux les plus proches à la bouche ; ici les espèces les plus fréquentes et les plus répandues sont *Amphora hyalina* Kütz. (à peu

près $1,5 \cdot 10^6$ cell. l^{-1} au fond de la station A pendant la marée montante) et *Cylindrotheca closterium* (un peu moins d'un demi-million de cellules par litre dans le même prélèvement).

Rarement et à propos des formes les plus nombreuses, nous avons observé une différence évidente dans la structure des populations par rapport à la phase de marée et ceci surtout en correspondance du canal et de la station A. Une diminution de l'effet du mouvement "oscillant" des corps hydriques a été observée en avançant vers le centre du lac.

Au fond se concentrent surtout les formes d'origine marine qu'on peut toutefois aussi retrouver fréquemment dans les niveaux superficiels, presque toujours un peu moins salés (avec des différences de 1-2 ‰, environ).

Bien que l'apport d'eaux douces dans le bassin lagunaire soit négligeable, nous avons remarqué, surtout à Foce Capoiale, de fortes oscillations salines par rapport au moment des marées avec des valeurs comprises entre 23-25 ‰ (marée descendante) et 36-38 ‰ (marée montante). A Foce Varano, les variations ont été plus limitées et la salinité s'est maintenue sur des valeurs comparativement élevées mais inférieures à 28 ‰, même pendant le reflux.

Au cœur du bassin, l'effet des déplacements d'eau semble être insignifiant ; la preuve en est que le long du transect le contenu salin se maintient presque constant avec des variations maximales de 3 ‰, aussi bien en surface qu'au fond (22-25 ‰). Tous les organismes, phytoplancton compris, se ressentent d'une telle stabilité saline comme on l'a déjà dit précédemment.

Les observations sur la température sont très simples. Des différences verticales supérieures à 0,5 °C ont été rarement trouvées : ceci s'est le plus souvent vérifié en reflux, peut-être à cause d'une forte augmentation de la température des eaux superficielles à l'intérieur du bassin. Dans l'ensemble, il résulte que la température est comprise, dans les trois séries de prélèvements, entre 24,4 et 30,3 °C. Par conséquent, les espèces qui prolifèrent davantage en cette période dans les eaux de Varano doivent être nécessairement thermophiles ou, au moins, eurhythmes, du fait que les valeurs relatives à l'été 1983 se sont révélées au-dessus de la moyenne.

Considérant que la température et surtout la salinité sont parmi les facteurs qui agissent davantage, même à court terme, sur la sélection naturelle et sur la survivance des organismes végétaux des milieux aquatiques côtiers, et des milieux saumâtres en particulier, une interprétation immédiate sur le changement de structure des populations phytoplanctoniques est fournie par les données de diversité spécifique selon la formule de Shannon (Travers, 1971). En effet un index bas correspond à un remarquable développement d'une ou de peu d'espèces tandis qu'un index élevé dénote un grand nombre d'espèces, chacune représentée par peu d'exemplaires. Dans les bouches, les valeurs sont complètement fortuites et ne sont pas en rapport avec la direction du courant et le niveau, peut être à cause du mélange hydrique existant ici (H compris entre 1,3 et 3,6) ; au contraire, le long de la directrice qui va de la bouche au centre du lac, on a observé, surtout au moment du flux, une diminution régulière et considérable des valeurs, plus accentuée dans les eaux du fond (H de 3,6 à 0,7), où les espèces d'origine marine sont plus concentrées. En surface, les varia-

tions sont petites (H compris entre 2,2 et 2,8) et témoignent la meilleure adaptation au milieu des formes qui sont sujettes aux mouvements "pendulaires" des courants de marée.

On ne peut pas généraliser ces considérations au cours de l'année : les résultats dépendent, en effet, de la composition contingente du phytoplancton, qui varie, comme chacun sait, de façon remarquable suivant les saisons dans les zones de latitude moyenne.

CONCLUSIONS

Le phytoplancton et l'hydrologie de ce bassin méritent des études ultérieures, déjà entreprises. La circulation des eaux, qui dépend du bon fonctionnement des bouches, semble être plus complexe que la configuration géographique plutôt simple du bassin ne le laisse croire. Il y a beaucoup à étudier sur les échanges du matériel biologique avec la mer d'en face et sur les effets de la vivification marine ainsi que sur la réelle composition des populations phytoplanctoniques qui se succèdent pendant les autres périodes de l'année.

Cette recherche nous a permis, toutefois, d'obtenir d'utiles informations sur la typologie estivale des communautés de microalgues caractérisant les eaux de ce bassin. En particulier, on a mis en évidence des différences entre les deux exutoires : en effet, il y a presque toujours une densité de cellules végétales en suspension plus élevée à Foce Capoiale. En outre, on a remarqué l'absence d'une nette stratification du phytoplancton : du reste, il n'existe pas de différences considérables de salinité entre les deux niveaux examinés.

Au point de vue qualitatif, les Dinophycées sont plus abondantes pendant les périodes de syzygie, lorsque l'amplitude de marée est plus grande.

Parmi les Diatomées plusieurs espèces du genre *Chaetoceros* jouent un rôle très important ; quelquefois elles présentent un grand nombre de cellules, surtout à Foce Capoiale et dans les stations au cœur du bassin. Ici, près du fond, on a observé des populations plus homogènes ; cela est prouvé par des indices de diversité bien petits.

Dans l'ensemble le phytoplancton du bassin est abondant avec des valeurs qui atteignent, dans le secteur occidental, quelques millions de cellules par litre. En outre, au cours de cette recherche, nous n'avons pas analysé la fraction la plus petite du phytoplancton, c'est-à-dire le picoplanton ($< 2 \mu\text{m}$), dont l'évaluation, par une méthode appropriée, sera effectuée au cours de nos recherches ultérieures.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- DE ANGELIS C.M., 1962. Distribuzione ed ecologia di alcune specie di Dinoflagellati di acque salmastre. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 32 : 301-314.
- HASLE G.R., 1962. Three *Cyclotella* species from marine localities studied in the light and electron microscopes. *Nova Hedwigia*, 4 : 299-307.
- MAGAZZÙ G., 1966. Il problema della salinità nelle acque salmastre. *Atti Soc. Pelor. Sc. fis., mat., nat.*, 12 : 689-702.

- MARCHESONI V., 1954. Il trofismo della laguna veneta e la vivificazione marina. III. Ricerche sulle variazioni quantitative del fitoplancton. *Archo Oceanogr. Limnol.*, 9 : 153-285.
- MOSETTI F., 1958. Le maree dell'Adriatico. *Atti Ist. Ven. Sc., Lett. ed Arti*, 117 : 291-306.
- MOSETTI F., 1983. Caratteristiche fondamentali dell'idrologia dell'Adriatico. *Atti Conv. Int. "I problemi del Mare Adriatico"*, Trieste, 26/27 settembre 1983 : 209-239.
- SOLAZZI A., C. TOLOMIO, C. ANDREOLI, G. CANIGLIA & V. COLLIVA, 1972. La Laguna di Lesina (Foggia). Carico microfitico in un ciclo annuale. *Mem. Biogeogr. Adr.*, 9 : 1-42.
- TAKANO H., 1976. Scanning Electron Microscopy of Diatoms - I. *Cyclotella striata* (Kuetz.) Grunow. *Bull. Tokai Fish. Res. Lab.*, 86 : 51-57.
- TOLOMIO C., 1976 a. Variazioni stagionali e stazionali del fitoplancton nella Laguna di Marano (Udine). *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 40 : 133-237.
- TOLOMIO C., 1976 b. Su la vivificazione marina attraverso il porto-canale di Primero (Laguna di Grado). *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, 31 : 319-327.
- TOLOMIO C., 1981. *Protoperidinium maranense* sp. nov., une nouvelle dinophycée de la Mer Adriatique. *Phycologia*, 20 : 377-384.
- TOLOMIO C., 1982. Ricerche sul fitoplancton e su alcuni fattori ambientali nella Laguna di Grado (Gorizia). *Riv. Idrobiol.*, 21 : 75-96.
- TOLOMIO C., 1988. Il fitoplancton della Valle di Brenta (Laguna di Venezia). Indagini stagionali: Giugno 1980 - Marzo 1982. *Archo Oceanogr. Limnol.*, 21 : 117-150.
- TOLOMIO, C., A. SOLAZZI, R. GUSO, L. FINO, P. FAVERO & T. CECCHINATO, 1976. Il fitoplancton della Laguna di Caorle (Venezia). Studio qualitativo. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, 31 : 343-350.
- TRAVERS, M., 1971. Diversité du microplankton du Golfe de Marseille en 1964. *Mar. Biol.*, 8 : 308-343.
- UTERMÖHL, H., 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton - Methodik. *Mitt. int. Verein. theor. angew. Limnol.*, 9 : 1-38.
- VOLTOLINA, D., 1975. The phytoplankton of the lagoon of Venice : November 1971 - November 1972. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 39 : 206-340.