

UDK: 582.2./3 (262.32) (252.47)
Original scientific paper

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DES COMMUNAUTES PHYTOPLANCTONIQUES ESTIVALES DANS LES ESTUAIRES DE QUELQUES FLEUVES DE LA MER ADRIATIQUE SEPTENTRIONALE

PRILOG POZNAVANJU LJETNIH ZAJEDNICA FITOPLANKTONA
U ESTUARIMA SJEVERNOG JADRANA

Claudio Tolomio

Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Padova, Padova, Italia

Pendant l'été 1982 nous avons effectués des échantillonnages, à différents niveaux, dans plusieurs stations fixées le long des estuaires des fleuves les plus importants qui se jettent dans l'Adriatique nord-occidentale; tout cela pour étudier l'influence de l'augmentation de la concentration saline sur la structure des populations phytoplanctoniques. En outre nous avons choisi des stations côtières, à des distances progressives de l'embouchure, pour vérifier les effets de la dessalure sur le plancton végétal néritique.

INTRODUCTION

Les zones d'estuaires constituent des biotopes particulièrement sélectifs en raison de la rapide variation des conditions ambiantes. Les organismes planctoniques qui y sont charriés souffrent de cette instabilité: les espèces d'eau douce, habituellement moins tolérantes, diminuent rapidement et d'une façon irréversible, au fur et à mesure qu'elles se rapprochent de la mer, pour être enfin remplacées par les espèces côtières; celles-ci, poussées par le coin salin, sont à même de remonter le cours du fleuve et, une fois revenues à la mer, de reprendre leur activité physiologique. Le seuil écologique s'identifie non tant à la zone de l'embouchure qu'au front du coin, parfois marqué et bien évident, parfois au contraire diffus et peu précis; ce seuil se caractérise plus par un changement de la typologie que par la densité des populations végétales en suspension. En effet la diminution numérique causée par l'instabilité du milieu est partiellement compensée par les poussées de développement, dues à l'état trophique des eaux d'estuaire, toujours assez riches en sels nutritifs. Néanmoins l'eutrophisation est le plus souvent relativement limitée à la zone proximale du débouché (Leveau et Coste, 1987) et les conditions locales (tor-

bidité élevée, salinité très fluctuante, etc.) peuvent limiter la productivité des masses d'eau, surtout au cœur du »panache« (A r f i, 1987).

Dans ces eaux un rôle décisif est joué par les variations du contenu salin, qui influencent énormément les fonctions vitales des cellules et, par conséquent, la composition et la densité du phytoplancton; tous les autres facteurs, température comprise, exercent une action moins immédiate et moins évidente. D'ailleurs le régime hydrique règle, à proximité de la côte, la dispersion des eaux continentales, aux-elles sont passivement liées plusieurs espèces d'eau douce. Parfois on retrouve ces formes même au large: cela met en évidence une certaine indépendance des eaux qui ont des caractères très différents (F r a n c o, 1973; M a r s h a l l, 1982; S p e c c h i e t F o n d a U m a n i, 1987). En ce cas il est possible de parler d'espèces indicatrices même si leur présence n'est pas toujours significative à cet égard (L e n z i G r i l l i n i, 1976).

MATERIEL ET METHODES

Dans cette recherche on a récolté des échantillons pendant les mois d'été 1982 le long de l'estuaire et dans la partie de la mer en face de l'embouchure de quelques fleuves qui se jettent dans l'Adriatique nord-occidentale (Fig. 1).

Dans chaque fleuve on a fixé une série de stations comme on le relève sur la Fig. 2. On a effectué toutes les récoltes pendant la même phase de marée à intervalles assez courts, en remontant le courant avec un bateau très rapide. Uniquement le long du Piave et du Sile on a effectué une double série de récoltes pendant la même journée, tant à marée montante qu' à marée descendante (Fig. 3).

En plus des niveaux de surface et de fond, selon la profondeur qui, dans tout le système littoral, peut varier même à court terme (V a r a n i e t Z u n i c a, 1974), on a considéré des niveaux intermédiaires pour une vérification ultérieure des résultats obtenus.

Pour la récolte des échantillons on a employé une bouteille Ruttner, munie d'un thermomètre à échelle décimale. On a relevé la transparence avec le disque de Secchi; le pH a été mesuré au moment des prélèvements par un appareil portable Radiometer mod. 29; on a calculé la chlorinité par titrage selon la méthode de Mohr; malgré les difficultés dans le cas d'eaux saumâtres (M a g a z z ù, 1965), nous avons converti les valeurs de chlorinité en valeurs de salinité uniquement pour plus de commodité.

On a étudié le phytoplancton, conservé en formaldéhyde (4%), selon la méthode de U t e r m ö h l (1958), en laissant déposer le matériel présent en suspension dans une quantité d'eau comprise entre 10 et 25 ml. Au microscope on a analysé 60 »champs«, choisis par hasard; enfin les résultats ont été rapportés à la superficie totale du fond de la cuvette de sédimentation. Tenu compte du volume d'eau laissée déposer, on a donc calculé le nombre de cellules par litre et le pourcentage de fréquence de chaque espèce en relation au nombre total de cellules.

Pour la classification taxinomique nous avons consulté: pour le Bacillariophycées B o u r r e l l y (1968), H u s t e d t (1930—66), P e r a g a l l o H. e t H. M. (1897—1908), V a n H e u r c k (1899), V a n d e r W e r f f e t H u l s (1957—

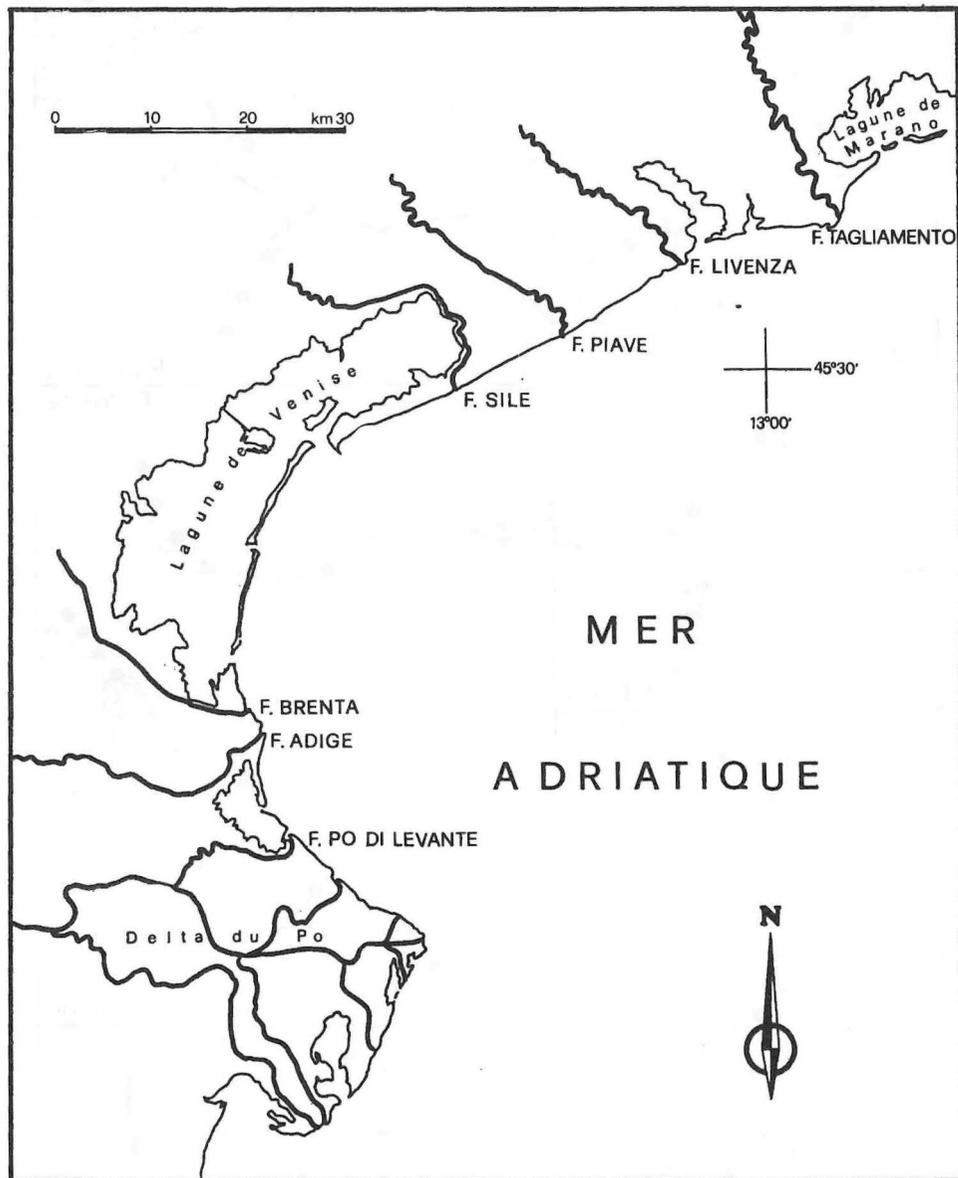


Fig. 1. Mer Adriatique nord-occidentale: les fleuves examinés.

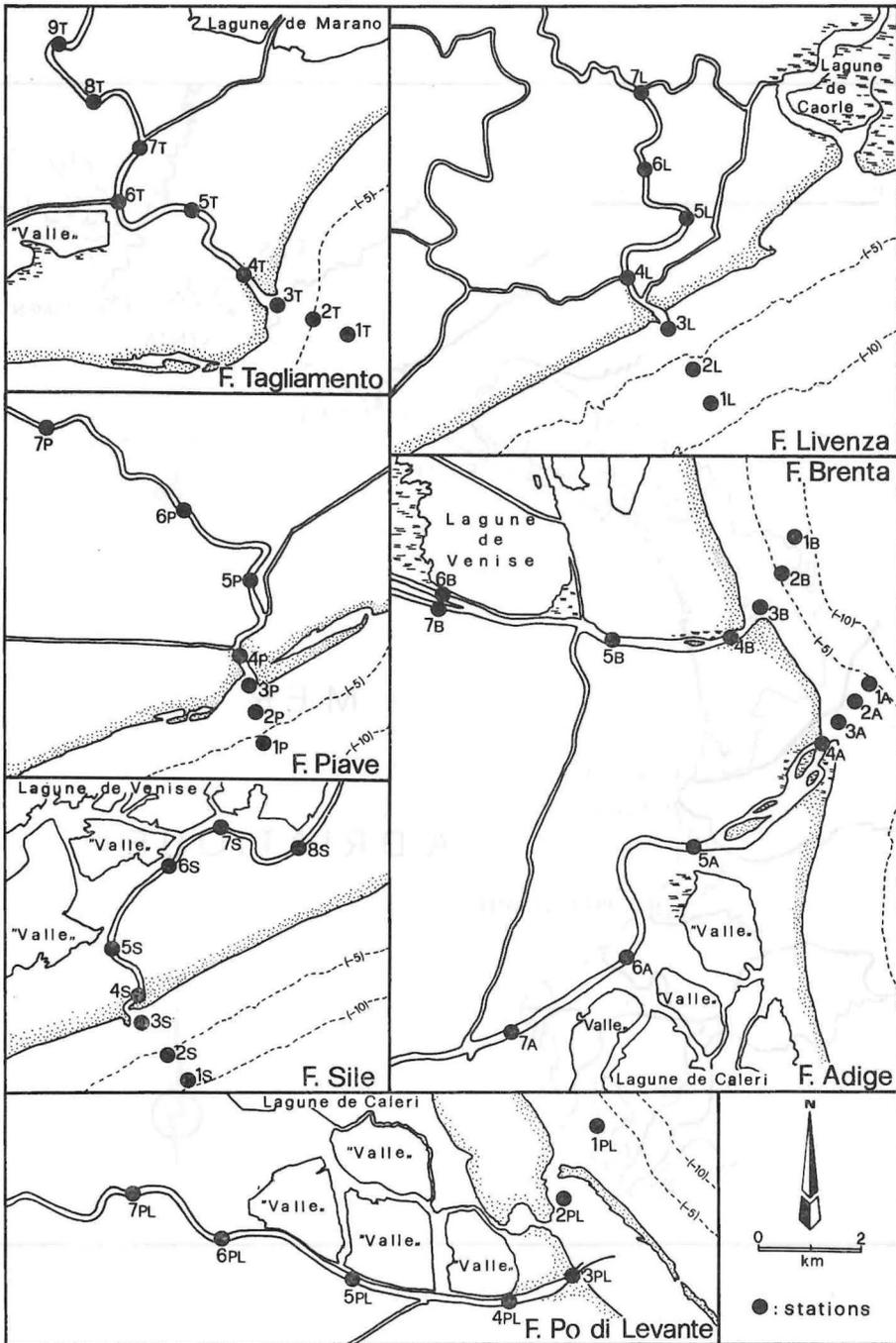


Fig. 2. Distribution des stations dans les estuaires examinés.

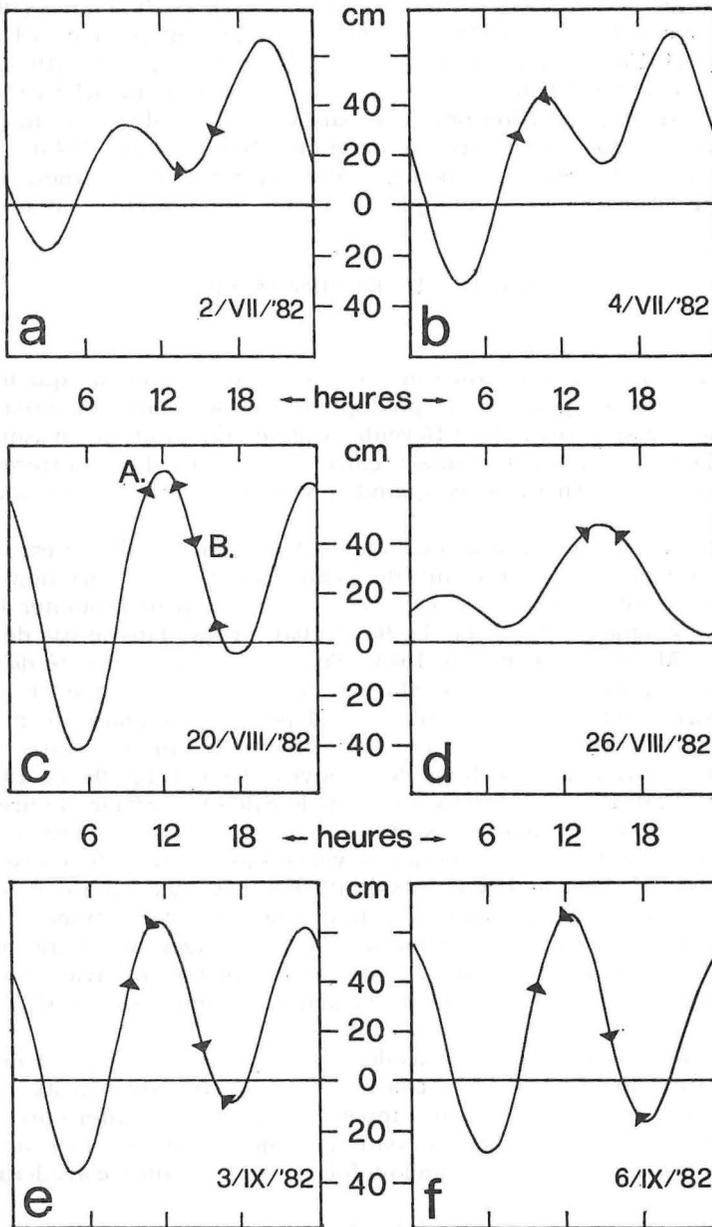


Fig. 3. Amplitudes des marées (de: »Previsioni delle altezze di marea per il bacino di S. Marco. Valori astronomici, 1982.« Comune di Venezia e Ministero Lavori Pubblici — Uff. Idrogr. Magistr. Acque Venezia) dans les jours des prélèvements: a) F. Livenza; b) F. Tagliamento; c) F. Adige (A.) et F. Brenta (B.); d) F. Po di Levante; f) F. Piave; e) F. Sile. La période du Prélèvement est compris entre les flèches.

—74); pour les Dinophycées Schiller (1933—37), Schilling (1913); pour les Cyanophycées Geitler (1925 et 1932); pour les Chlorophycées Lemmerman *et al.* (1915); pour les Chrysophycées Gemeinhardt (1930), Schiller (1930), Smith (1920). Nous avons mis à jour la nomenclature des Bacillariophycées selon la révision proposée par Van Landingham (1967—79).

On a calculé aussi les indices de diversité (Shannon, 1948) et de dominance (Hulburt, 1963), qui donnent des informations synthétiques sur la structure des communautés phytoplanctoniques qui caractérisent les échantillons analysés.

RESULTATS ET DISCUSSION

Hydrologie

La salinité et la température ne sont pas que les facteurs qui influencent plus directement les populations phytoplanctoniques; elles facilitent aussi le repérage de masses d'eau de différente origine. En effet de brusques variations ont lieu au niveau de contact entre des masses d'eau différentes; cela est particulièrement en évidence quand il y a des couches d'eau surposées et indépendantes.

Dans le sept fleuves examinés l'augmentation de la salinité est d'habitude assez progressive en s'approchant de l'embouchure. Les variations les plus remarquables sont en relation avec le coin salin qui peut remonter le courant de plusieurs kilomètres (Figs 4a, 8a, 9a et 10a), même dans le cas de fleuves à grand débit (Mioni et Grego, 1975). En tout cas la possibilité de remontée du coin salin, plus que de la conformation du lit du fleuve et du régime hydrique (débit, vitesse du courant, etc.), dépend de la phase de marée; cela a été mis en évidence par des récoltes effectuées tant en marée montante qu'en marée descendante le long des fleuves Piave (Figs 9a et 10a) et Sile (Figs. 11a et 12a). En effet, tandis que dans le Sile on a remarqué près du fond et dans les stations intérieures (exception faite pour la station 8S, not touchée par le front du coin) de considérables variations de salinité entre les deux séries de récolte, dans le Piave la salinité des niveaux inférieurs est élevée même pendant le reflux; les eaux marines, pénétrées précédemment, persistent par inertie (Cati, 1978) plus ou moins longtemps avec un mouvement oscillant car elles ne réussissent pas à s'écouler complètement avant la phase de marée successive. D'ailleurs l'effet de la marée est plus évident dans les eaux de surface.

Il est possible de faire des considérations analogues à regard des valeurs de température. En général on a constaté partout une stratification bien évidente: les eaux continentales, par rapport à leur densité inférieure, se disposent en surface et y restent même dans la zone de mer en face de l'embouchure (Fig. 6a: Fleuve Adige), quelquefois à une distance considérable de la côte.

Les eaux continentales se caractérisent soit par leur contenu salin, soit par leurs valeurs thermiques différentes. Quelquefois l'amplitude thermique peut s'élever à 5—6°C environ (Livenza, Tagliamento, Adige, Sile); parfois, au contraire, elle est moins considérable, 2—3°C (Brenta, Po di Levante, Piave). De toute façon les valeurs thermiques les plus basses caractérisent les eaux continentales, en particulier dans ces fleuves qui descendent des régions alpines.

En général on a remarqué une diminution de transparence en progressant de la mer vers l'intérieur, sauf le long du Po di Levante, où on a relevé des valeurs presque constantes et le long du Sile où on a constaté la plus grande turbidité dans l'embouchure. On a remarqué la moindre transparence dans les stations de l'intérieur le long de l'Adige (0,3—0,4) tandis que les eaux au large des fleuves Livenza et Tagliamento se sont révélées les plus limpides (Figs. 4a et 5a). Il faut rappeler que les conditions de transparence, en même temps que l'intensité des radiations lumineuses, peuvent influencer la biomasse phytoplanctonique et, par conséquent, la productivité (Strickland, 1960).

Les résultats du pH présentent quelquefois des variations assez considérables et sans rapport avec la qualité des eaux (Tab. 1). On a mesuré des valeurs assez basses, inférieures à pH 8, le long des fleuves Adige, Brenta et Piave (en marée descendante); à peu près pH 8 le long du Tagliamento et du Piave (en marée montante); des valeurs plus élevées pour les eaux du Sile, tant en marée montante qu'en marée descendante (pH > 8,5). En général les valeurs sont semblables à celles mesurées le long d'autres fleuves européens (Swale, 1969; Aykulu, 1978).

Tab. 1 — Valeurs de pH dans les stations examinées.

STATIONS		1	2	3	4	5	6	7	8	9
F. Livenza	S	8,10	8,15	8,00	8,00	7,85	7,75	7,80		
	F	8,20	8,20	8,10	8,00	8,05	8,00	7,90		
F. Tagliamento	S	8,00	8,15	8,05	8,05	8,05	8,05	7,95	8,00	7,85
	F	8,25	8,15	8,15	8,10	8,10	7,95	7,95	8,00	7,90
F. Adige	S	7,65	7,65	7,75	7,70	7,55	7,60	7,65	8,00	
	F	8,15	8,05	8,10	7,75	7,65	7,65	7,55	7,50	
F. Brenta	S	7,45	7,85	7,55	7,60	7,75	7,65	7,90		
	F	7,90	8,05	8,00	7,85	7,80	7,60	7,65		
F. Po di Levante	S	7,60	7,60	7,65	7,60	7,55	7,70	7,60		
	F	8,10	8,00	8,00	8,05	7,95	7,70	7,50		
F. Piave (m.m.)	S	8,05	7,85	8,10	8,10	7,85	7,85	7,55		
	F	8,05	8,15	8,15	7,90	7,95	7,95	7,85		
F. Piave (m.d.)	S	7,95	7,85	7,85	7,75	7,90	7,85	7,90		
	F	8,05	8,15	7,95	7,90	8,00	8,05	7,75		
F. Sile (m.m.)	S	8,40	8,40	8,45	8,60	8,50	8,65	8,50	8,10	
	F	8,30	8,40	8,30	8,45	8,25	7,95	7,60	8,10	
F. Sile (m.d.)	S	8,35	8,30	8,30	8,20	8,05	8,65	8,65	8,30	
	F	8,25	8,30	8,25	8,30	8,10	8,65	8,75	8,55	

Phytoplankton

L'étude du phytoplancton dans les eaux courantes revêt un caractère complètement contingent à cause des rapides déplacements des organismes en suspension. Cependant la comparaison entre des échantillonnages effectués le long du même cours d'eau permet de mettre en évidence les variations des communautés phytoplanctoniques par rapport aux variations du milieu. Ces communautés diffèrent d'un fleuve à l'autre: pour cela nous avons traité séparément les résultats du phytoplancton dans les divers fleuves.

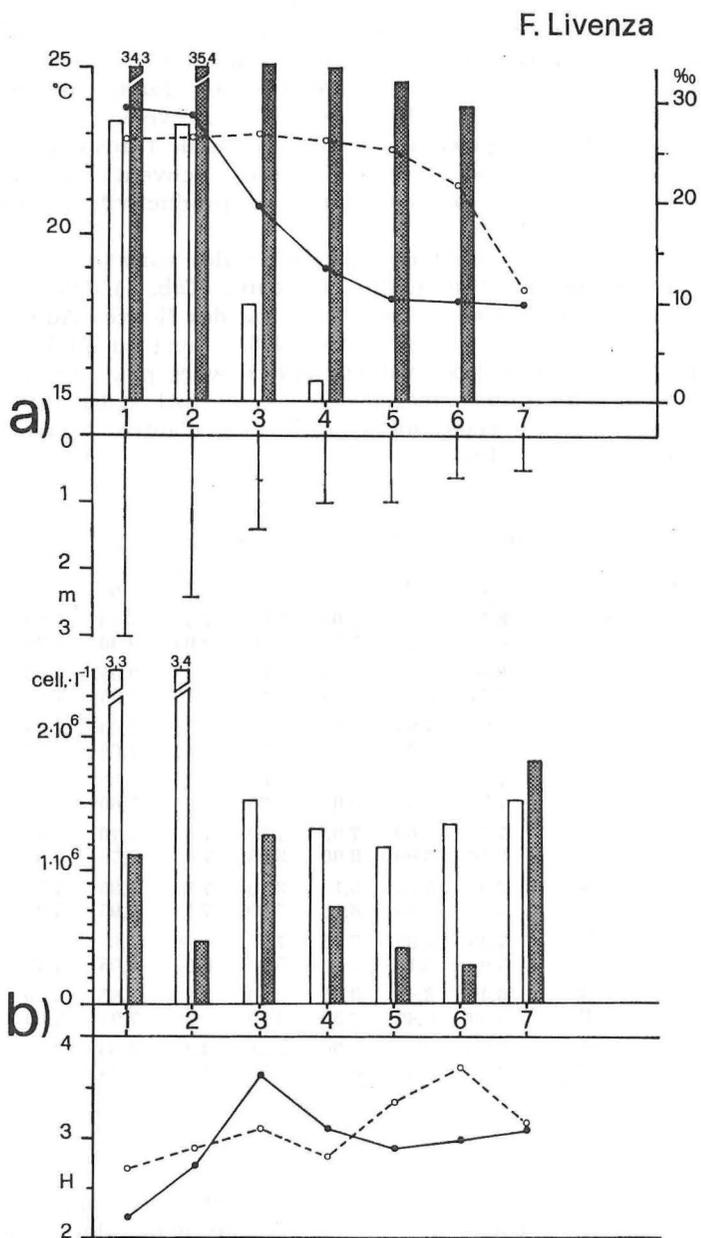


Fig. 4. Variations des valeurs de température (— = surface; - - - = fond), de salinité (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond), de transparence, de densité phytoplanctonique (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond) et de diversité (— = surface; - - - = fond) dans les stations du F. Livenza.

1) Fleuve Livenza

Les populations phytoplanctoniques présentent une très grande richesse au point de vue quantitatif dans les niveaux superficiels (exception faite pour la station 7L), avec des valeurs maximales supérieures à un million de cellules par litre. Dans les eaux de surface des stations 1L et 2L on a noté une «floraison» de *Stephanodiscus subsalsus* (Cl. - Eul.) Hust., responsable des maximums enregistrés (plus de $3 \cdot 10^6$ cell. \cdot l⁻¹: fig 4b).

Plusieurs taxons, horizontalement, sont distribués d'une façon tout à fait conforme à leur origine, fluviale ou marine. La concentration des Dinophycées augmente en même temps que l'influence marine et elles sont plus abondantes dans les eaux du fond, plus salées; parmi les Diatomées, *Leptocylindrus danicus* Cl., *Rhizosolenia alata* Bright. f. *gracillima* Cl. et *Ceratulina pelagica* (Cl.) Hend. sont des espèces présentes dans les stations côtières en quantité parfois considérable tandis que dans les stations fluviales elles ne sont distribuées que dans les eaux proches du fond. Au contraire les espèces *Diatoma vulgare* Bory et, plus encore, *Micractinium pusillum* Fres. (Chlorophycées) ne sont bien représentées près de l'embouchure que dans les eaux de surface, moins salées.

2) Fleuve Tagliamento

De l'analyse floristique du phytoplancton de ce fleuve on peut distinguer: les espèces qu'on retrouve dans toutes les stations comme *Cocconeis scutellum* Ehr., *Navicula cryptocephala* Kütz., *Amphora coffeaeformis* (Ag.) Kütz., *A. ovalis* (Kütz.) Kütz.; les espèces étroitement circonscrites aux stations les plus intérieures (*Encyonema* sp. pl.); les espèces présentes seulement dans les stations marines en face du débouché (*Chaetoceros* sp. pl., *Nitzschia seriata* Cl., *Proocentrum marinum* (Cienk.) Abé; les espèces qui peuvent remonter le cours d'eau vers l'intérieur, poussées par le coin salin (*Rhizosolenia alata* Bright, *Proocentrum micans* Ehr., *Ceratium furca* (Ehr.) Clap. et Lach., *C. fusus* (Ehr.) Dujard. Ilya, en outre, des espèces d'eau douce qu'on peut retrouver au de là de l'embouchure, si elles restent dans les eaux de surface, moins salées: *Synedra acus* Kütz. et *S. tabulata* (Ag.) Kütz. On peut aussi observer la présence quelquefois massive, malgré tout irrégulière, de certaines espèces considérées d'eau douce comme *Fragilaria capucina* Desm., *F. crotonensis* Kitt., *Gomphonema constrictum* Ehr., *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs.

Les données de concentration phytoplanctonique, dans l'ensemble, se sont révélées modestes: les valeurs vont, en moyenne, de 100.000 à 200.000 cell. l⁻¹ (Fig. 5b). Il n'y a pas de niveaux préférentiels et les valeurs les plus élevées se retrouvent tantôt en surface, tantôt près du fond, tantôt dans les niveaux intermédiaires. C'est la même chose pour ce qui concerne la comparaison entre les stations examinées.

3) Fleuve Adige

L'absence de «floraisons», la persistance d'un grand panache d'eaux douces même à marée haute et une transparence assez limitée conditionnent la quan-

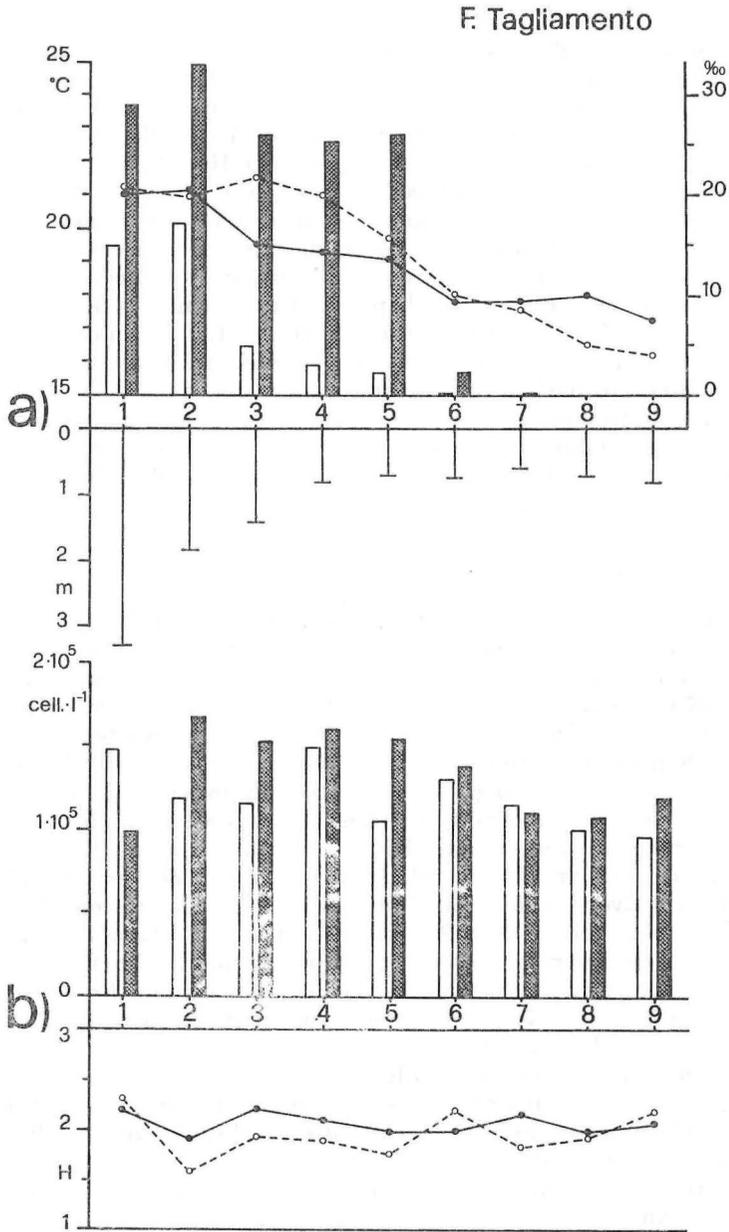


Fig. 5. Variations des valeurs de température (— = surface; - - - = fond); de salinité (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond), de transparence, de densité phytoplanctonique (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond) et de diversité (— = surface; - - - = fond) dans les stations du F. Tagliamento.

F. Adige

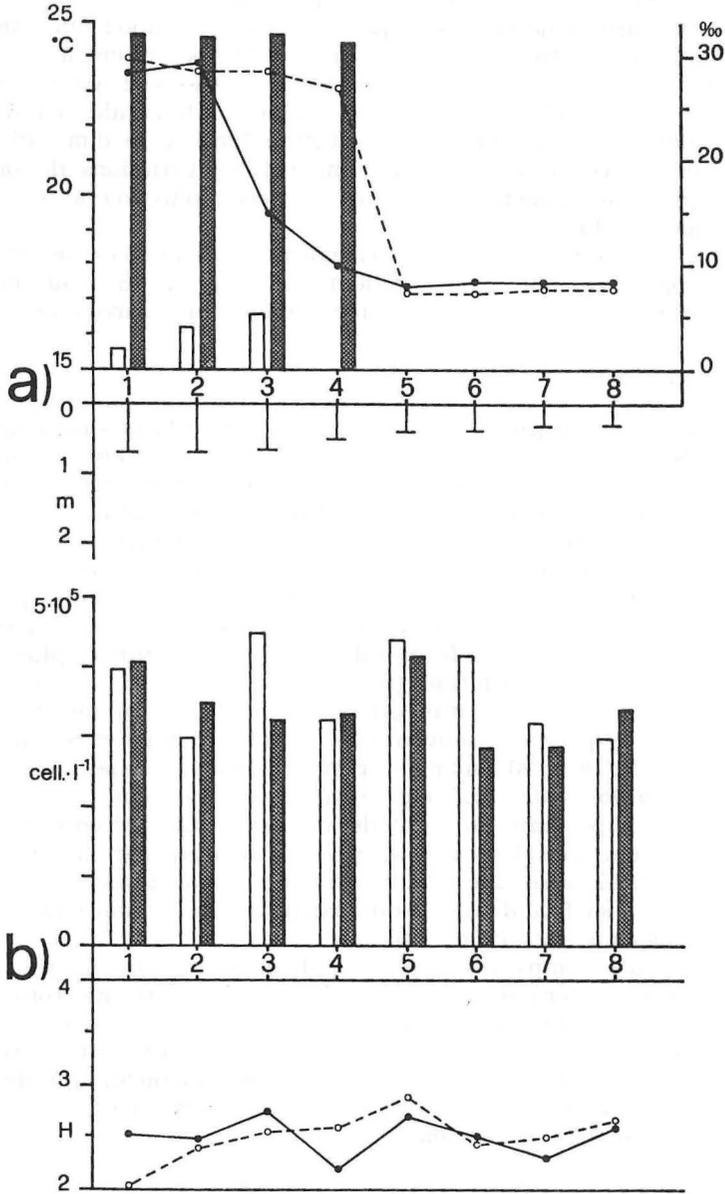


Fig. 6. Variations des valeurs de température (— = surface; - - - = fond), de salinité (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond), de transparence, de densité phytoplanctonique (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond) et de diversité (— = surface; - - - = fond) dans les stations du F. Adige.

tité de phytoplancton retrouvée dans cet estuaire, avec des valeurs qui varient en moyenne entre $3 \cdot 10^5$ et $4 \cdot 10^5$ cell. \cdot l⁻¹ (fig. 6b).

Les eaux marines ne dépassent pas le seuil de l'embouchure, même pendant le flux: près du fond les eaux les plus salées s'arrêtent à la station 4A, tandis qu'en surface dans les quatre premières stations et à tous les niveaux dans les autres on relève des eaux d'origine continentale. La distribution qualitative des cellules végétales reflète cette situation: la diminution accusée par quelques espèces, dès qu'il y a d'importantes variations de salinité, est compensée par une augmentation d'autres espèces, plus tolérantes aux conditions contingentes du milieu.

On peut noter ces variations surtout parmi les Diatomées; les Dinophycées et les Chlorophycées, qui avaient ailleurs un rôle pas du tout négligeable, paraissent ici peu significatives, avec une présence en pourcentage très faible.

4) Fleuve Brenta

La phase de marée (reflux) conditionne en partie la typologie des populations végétales récoltées aux différents niveaux et dans les diverses stations fixées le long du cours de ce fleuve. Quelques espèces, normalement dominantes dans les stations intérieures et le plus souvent représentées par le Chlorophycées et par quelques genres de Bacillariophycées oligohalines peuvent gagner la pleine mer en restant en surface, dans les eaux d'origine moins salées et, par conséquent, moins denses. Le mélange hydrique permet, au moins pendant un certain laps de temps, la survie simultanée d'espèces d'origines différentes comme, par exemple, quelques formes du genre *Chaetoceros* et plusieurs Chlorophycées. *Skeletonema costatum* (Grev.) Cl., qui dépasse quelquefois le million de cellules par litre, paraît préférer des eaux à salinité intermédiaire, conformément à ce qu'on a si souvent constaté (Tolomio et Solazzi, 1979; Tolomio *et al.*, 1980; Montresor *et al.*, 1982) et expérimenté (Blanc et Leveau, 1970b). *Nitzschia longissima* (Bréb.) Grun. f. *parva* Grun., espèce toujours importante au point de vue quantitatif, présente des poussées massives seulement dans les eaux les plus influencées par la mer, avec une distribution verticale assez inconstante par rapport à la salinité; la prédominance observée en surface dans les stations en face de l'estuaire ne subsiste pas aussi nettement dans les stations intérieures.

Si l'on fait une comparaison entre les diverses stations, on peut observer, en avançant vers l'intérieur, une quantité de cellules presque constante relativement aux eaux superficielles tandis que pour les niveaux inférieurs on remarque une certaine augmentation (Fig. 7b); ceci peut être parce que les espèces qui contribuent le plus à la biomasse phytoplanctonique de l'estuaire sont oligohalines, présentes dans les stations intérieures à tous les niveaux et dans les stations marines seulement en surface.

5) Fleuve Po di Levante

Les valeurs de concentration phytoplanctonique se sont révélées assez élevées, normalement supérieures dans les niveaux proches de la surface, surtout dans les stations les plus intérieures (Fig. 8b); les anomalies enregistrées dans la station 2PL peuvent être imputées à la particulière conformation de

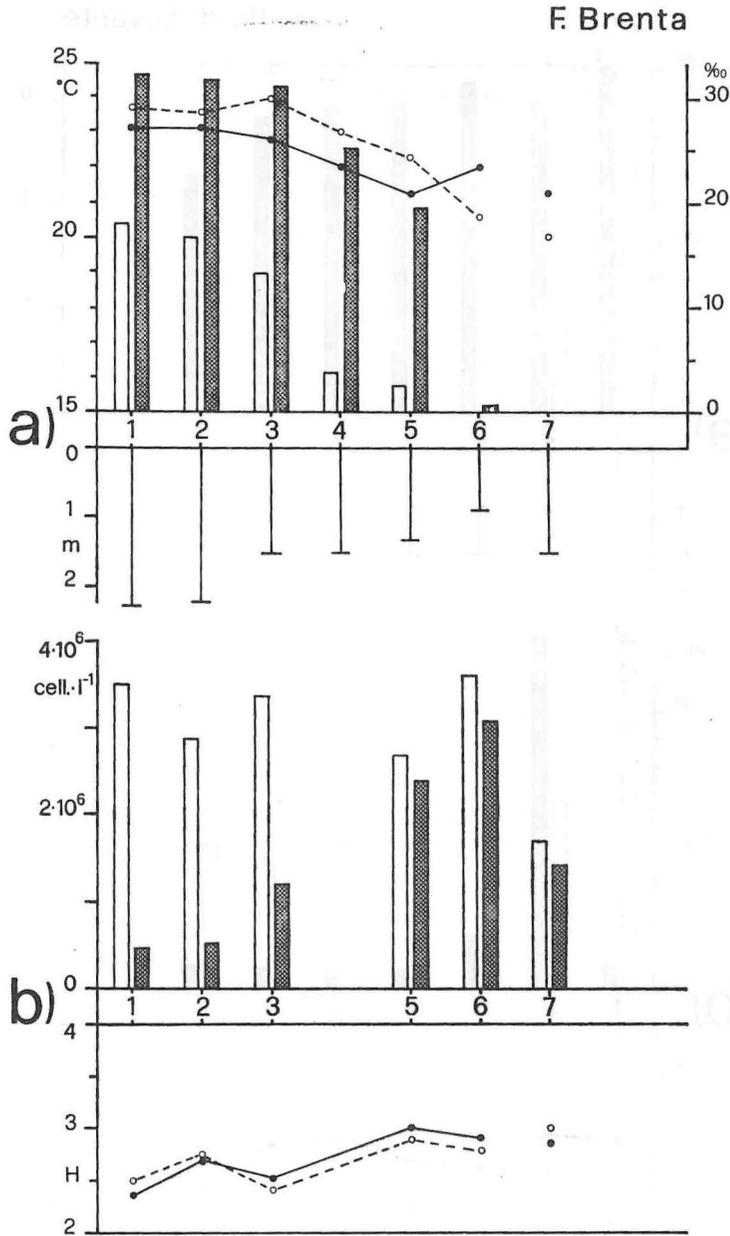


Fig. 7. Variations des valeurs de température (— = surface; - - - = fond), de salinité (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond), de transparence, de densité phytoplanctonique (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond) et de diversité (— = surface; - - - = fond) dans les stations du F. Brenta.

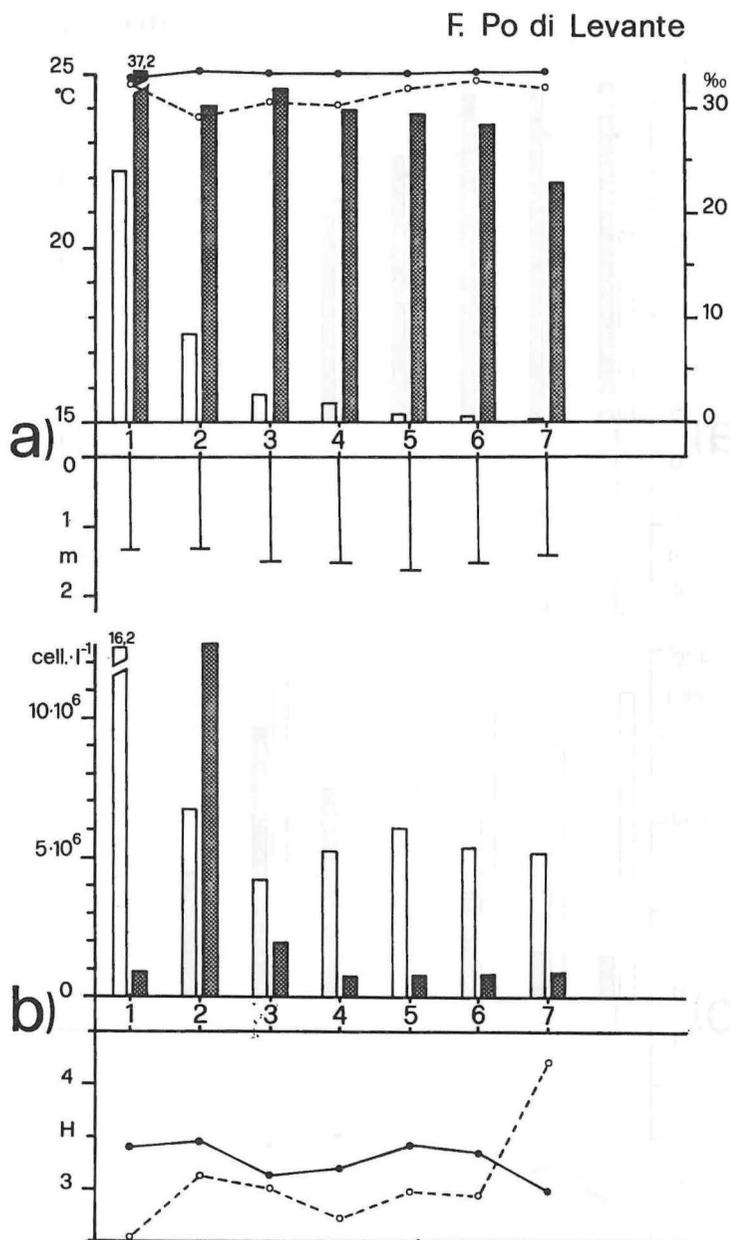


Fig. 8. Variations des valeurs de température (— = surface; --- = fond), de salinité (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond), de transparence, de densité phytoplanctonique (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond) et de diversité (— = surface; --- = fond) dans les stations du F. Po di Levante.

cette embouchure (fig. 2f) avec sa large barre sableuse qui provoque un détournement du courant sortant et une forte turbulence hydrique en marée montante. En pleine mer (st. 1PL) la stratification est encore plus évidente, avec une remarquable concentration en surface de quelques espèces, en particulier *Thalassiosira rotula* Meun. (plus de $5 \cdot 10^6$ cell. $\cdot 1^{-4}$) et *Cylindrotheca closterium* (Ehr.) Reim. et Lew. ($7,7 \cdot 10^6$ cell. $\cdot 1^{-4}$).

Les mêmes espèces dominent aussi dans la station 2PL mais seulement près du fond, où l'on a remarqué un grand nombre de cellules du genre *Chaetoceros* (*Ch. curvisetus* Cl., *Ch. compressus* Laud., *Ch. socialis* Laud., etc.) et une certaine quantité de Haptophycées (Coccolithophorides: *Cyrcosphaera nodosa* Kamp.)

En progressant vers l'intérieur, le nombre des espèces augmente considérablement de même que le nombre d'individus de Chlorophycées, d'abord seulement dans les eaux superficielles, puis également dans les niveaux situés au-dessous. *Crucigenia* résulte le genre le plus répandu: l'espèce *C. rectangularis* (Braun) Gay est présente plusieurs fois avec plus de $1 \cdot 10^5$ cell. $\cdot 1^{-4}$.

La phase de marée, pendant laquelle on a effectué les prélèvements (marée haute) justifie la présence de formes marines jusqu'aux zones les plus intérieures (st. 7PL), où toutefois le coin salin n'avait pas encore épuisé sa poussée de remontée (près du fond, salinité au-dessus de $12 \cdot 10^{-3}$ (voir les illustrations)).

6) Fleuve Piave

Pendant la marée montante dans les stations touchées par le coin salin qui pénètre sur plusieurs kilomètres et qui intéresse même les eaux proches de la surface, on a noté une augmentation de la densité phytoplanctonique au fur et à mesure qu'on s'approche de l'embouchure; pendant le reflux, au contraire, la quantité de cellules est sensiblement inférieure, de toute façon plus importante près du fond, où la salinité est plus haute. (figs 9a, 9b, 10a et 10b).

Dans les stations en mer (1P et 2P) ou près de l'embouchure (3P), les espèces qui dominent sont *Chaetoceros neogracilis* Van Land., *Nitzschia longissima* (Bréb.) Grun. f. *parva* Grun. et *N. seriata* Cl.; leur influence tend à baisser pendant la marée descendante, surtout dans les eaux de surface et dans les zones intérieures. D'autres espèces marines (*Skeletonema costatum* (Grev.) Cl., *Rhizosolenia alata* Bright. f. *gracillima* Cl., *Rhizosolenia fragilissima* Berg.) sont moins abondantes: pendant le flux elles s'avancent jusqu'à la station 6P et sont présentes à tous les niveaux tandis que pendant le reflux elles se concentrent près du fond.

Les Dinophycées sont rares, circonscrites aux stations dans la mer; au contraire les Chlorophycées, toutes d'eau douce, peuvent être poussées vers le large pendant la marée descendante, en se maintenant en surface: le genre *Scenedesmus* est le plus représenté.

7) Fleuve Sile

Si l'on compare les résultats obtenus dans les deux séries de prélèvements (marée montante et marée descendante: figs 11b et 12b), la distribution des espèces apparaît similaire, même s'il y a quelquefois des différences substan-

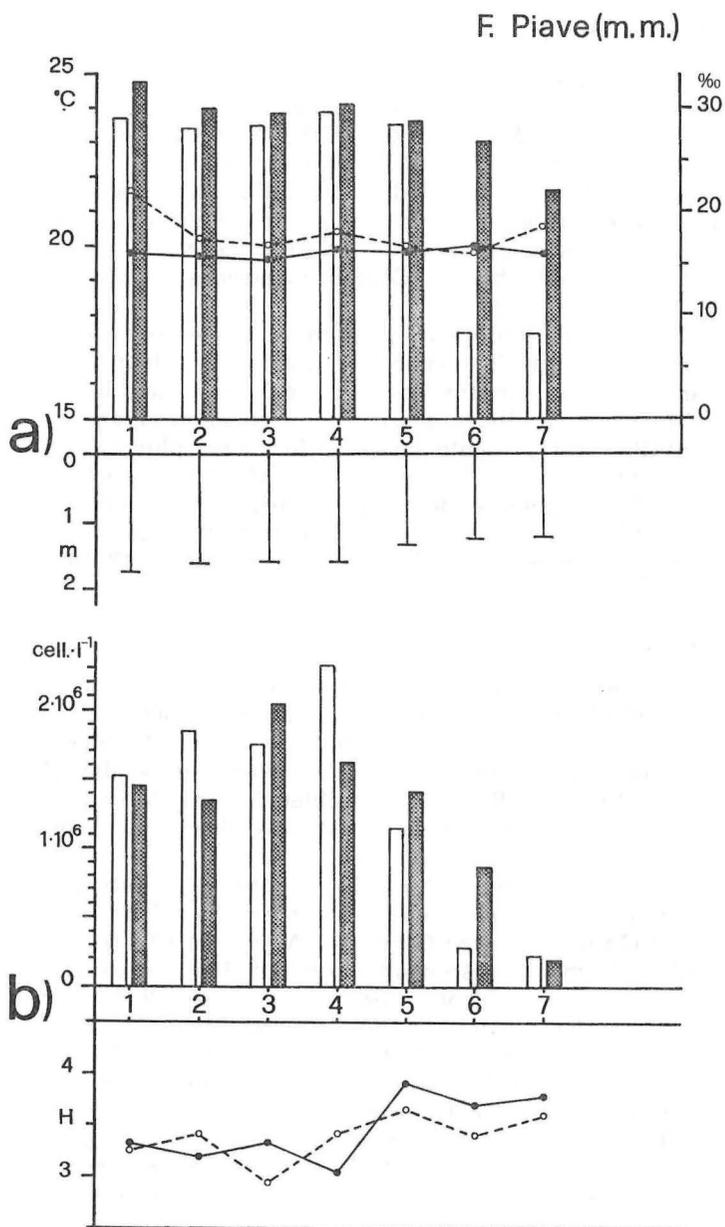


Fig. 9. Variations des valeurs de température (— = surface; - - - = fond), de salinité (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond), de transparence, de densité phytoplanctonique (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond) et de diversité (— = surface; - - - = fond) dans les stations du F. Piave en marée montante (m.m.).

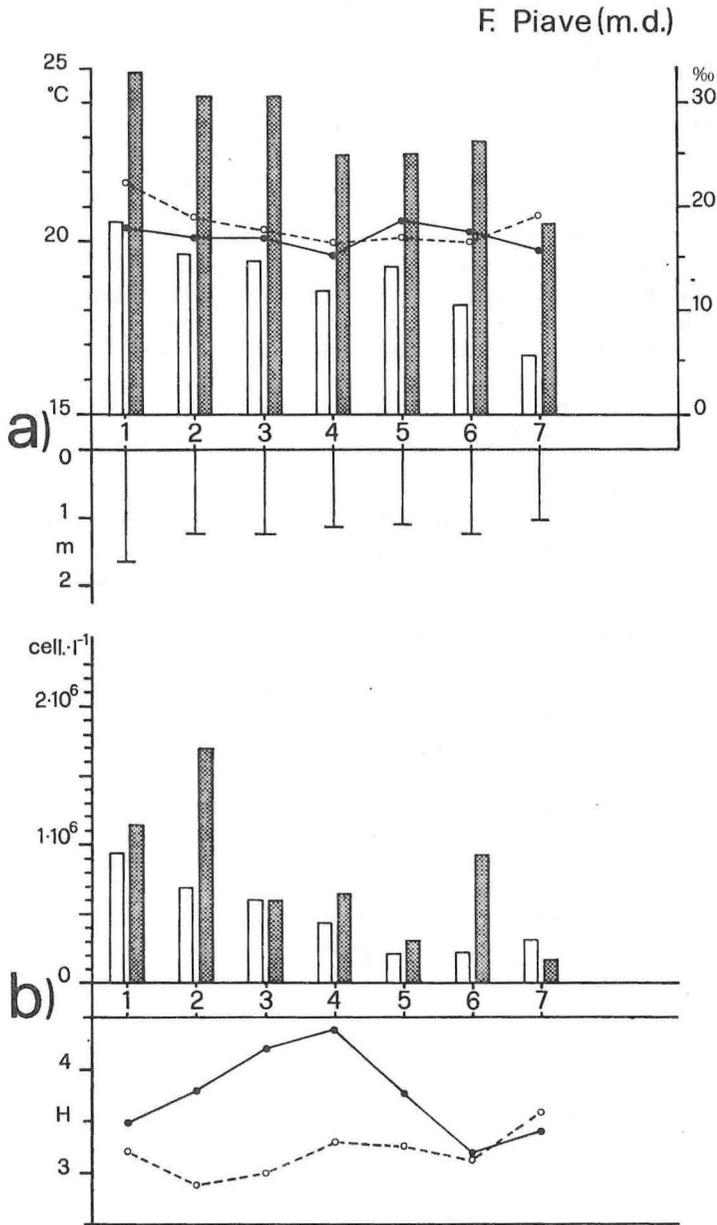


Fig. 10. Variations des valeurs de température (— = surface; - - - = fond), de salinité (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond), de transparence, de densité phytoplanctonique (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond) et de diversité (— = surface; - - - = fond) dans les stations du F. Piave en marée descendante (m.d.).

tielles au point de vue quantitatif. Dans les deux phases opposées de la marée il est possible de séparer les stations de prélèvements en trois groupes: les quatre premières (1S, 2S, 3S et 4S), où, dans les niveaux superficiels, même pendant le reflux, les formes qui d'habitude vivent rarement en zones oligohalines sont présentes en quantités significatives; les stations 5S et 6S, placées dans la partie du fleuve où les oscillations du front du coin salin sont les plus évidentes; enfin les stations les plus intérieures (7S et 8S), où peuvent difficilement arriver les espèces néritiques, charriées près du fond par les eaux du courant montant. Même dans ce dernier cas l'analyse des résultats a mis en évidence la distribution préférentielle de la part de quelques groupes systématiques: vers la mer dominant les Chrysophycées, les Bacillariophycées centriques et quelques pennées comme *Nitzschia longissima* (Bréb.) Grun. f. *parva* Grun. ($3 \cdot 10^6$ cel. \cdot l⁻¹ dans la station 2S à — 3 m) et *N. seriata* Cl., cette dernière espèce très fréquente en tout le bassin septentrional de la Mer Adriatique (Votolina, 1971a et 1971b), surtout pendant la saison froide; vers l'intérieur on observe un grand nombre de Bacillariophycées pennées, jamais toutefois en quantité massive, quelques centriques (*Thalassiosira* sp. avec des valeurs supérieures à $2 \cdot 10^6$ cell. \cdot l⁻¹), les Euglenophycées et les Chlorophycées, qui, toutefois, présentent toujours de faibles concentrations.

On peut faire les mêmes observations pour les deux phases de marée: ceci démontre que souvent les effets de l'action hydrodynamique dus aux courants de marée peuvent avoir des résultats très faibles et que les corps hydrique, même dans ces zones, maintiennent leurs peuplements planctoniques d'une manière plus stable qu'on ne croit grâce à des déplacements oscillants.

Les communautés côtières en face du débouché sont caractérisées par des «facies» à *Chaetoceros* (*Ch. cf. muelleri* Lemm., *Ch. radians* Schütt, *Ch. cf. simplex* Ost., *Ch. socialis* Laud., ce dernier seulement en marée montante), à *Leptocylindrus danicus* Cl. et à *Skeletonema costatum* (Grev.) Cl., qui, dans certains prélèvements effectués à marée haute, dépasse $5 \cdot 10^6$ cel. \cdot l⁻¹. D'autre part on sait que cette espèce est très fréquente dans des eaux rendues mesohalines par des apports fluviaux (Blanc et Leveau, 1970a; Tolomio, 1977; Marzocchi *et al.*, sous presse).

A l'exception de *Thalassiosira* sp., auparavant mentionnée, dans les eaux continentales on ne remarque aucune espèce qui présente une abondance significative; par conséquent la densité totale est faible avec des valeurs comprises entre $2 \cdot 10^6$ et $4 \cdot 10^6$ cell. \cdot l⁻¹, et donc totalement inférieures à celles relevées au débouché et dans la partie de mer d'en face ($10 \cdot 10^6$ cel. \cdot l⁻¹ et même plus: (Figs 11b et 12b).

La basse concentration phytoplanctonique des eaux fluviales cause une diminution de la biomasse là où, pendant le reflux, elles se répandent plus facilement. D'habitude il y a une nette stratification de la surface vers le fond tandis que, dans les stations intérieures, le jeu des courants et des contre-courants provoque, avec la succession d'apport allochtones, une distribution très irrégulière, surtout en marée montante.

CONCLUSIONS

La structure hydrologique de la Mer Adriatique septentrionale est très influencée par le Pô et les autres fleuves du bassin versant (Specchi et

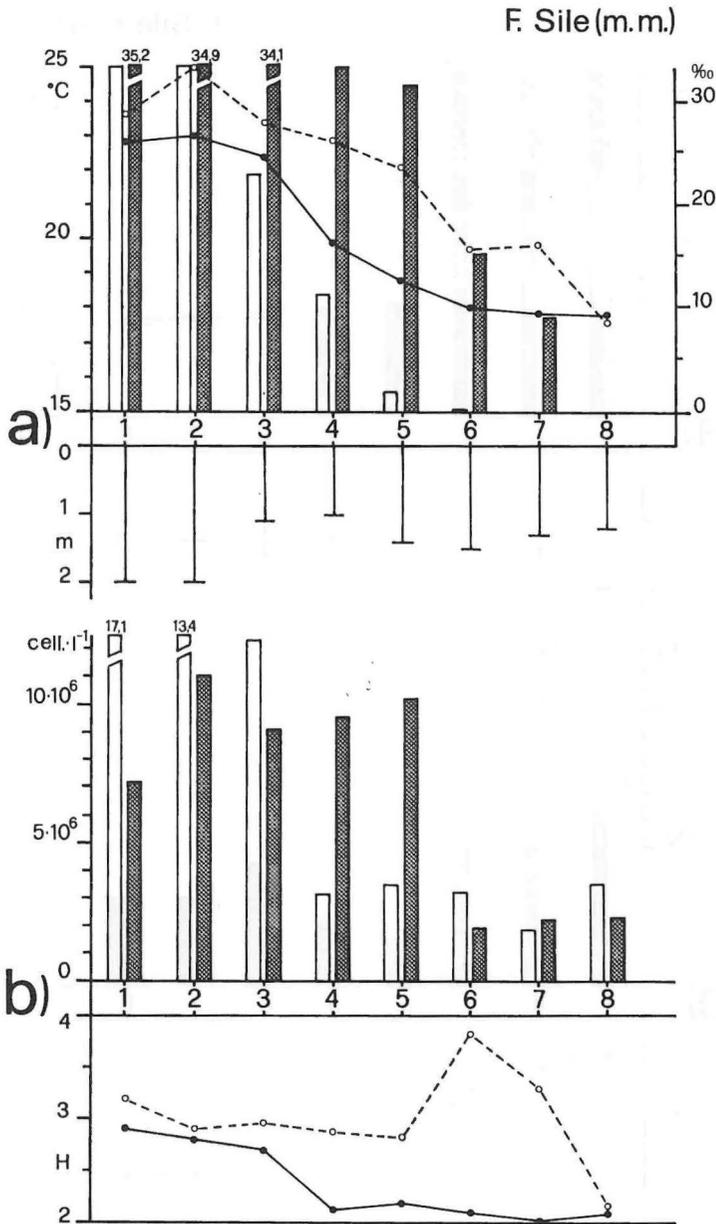


Fig. 11. Variations des valeurs de température (— = surface; - - - = fond), de salinité (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond), de transparence, de densité phytoplanctonique (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond) et de diversité (— = surface; - - - = fond) dans les stations du F. Sile en marée montante (m.m.).

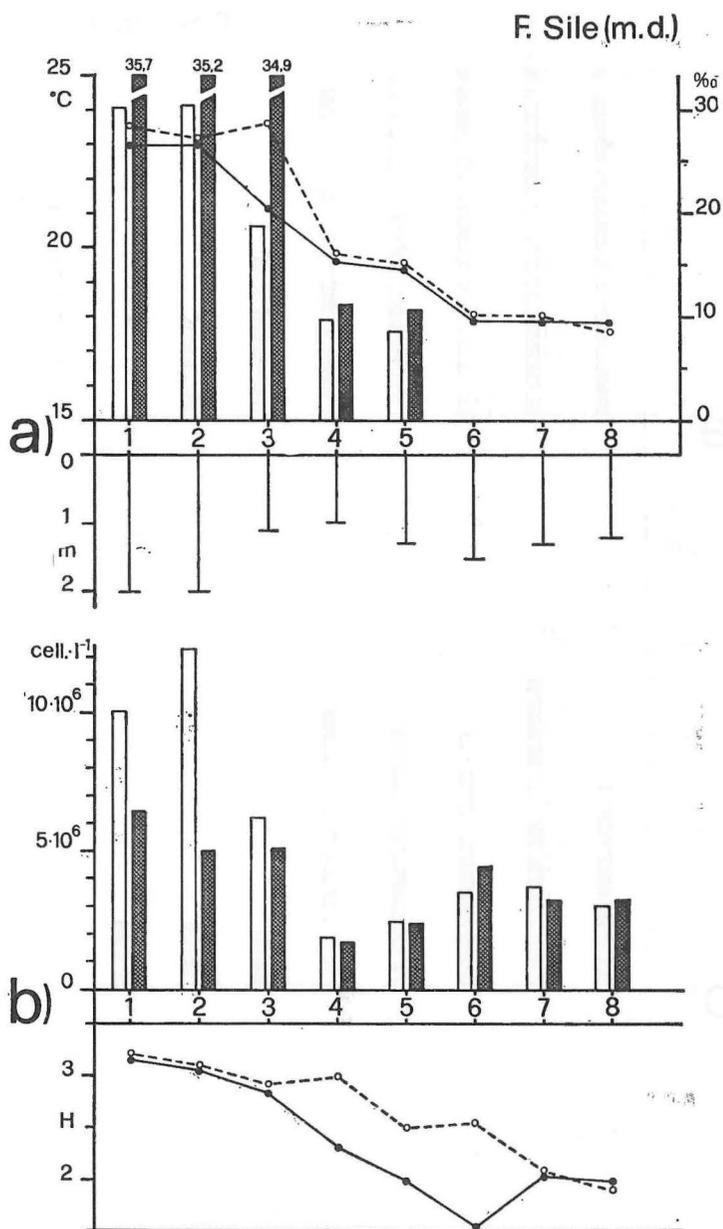


Fig. 12. Variations des valeurs de température (— = surface; - - - = fond), de salinité (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond), de densité phytoplanctonique (histogrammes blancs = surface; histogrammes ponctués = fond) et de diversité (— = surface; - - - = fond) dans les stations du F. Sile en marée descendante (m.d.).

Fonda Umani, 1987). Les cours d'eau exercent leur influence même sur les communautés planctoniques (typologie et biomasse: Stirn, 1969) et sur la production primaire (Franco, 1984). Toutes ces considérations ont amené à faire cette recherche qui représente une première contribution à une plus complète connaissance de l'écosystème adriatique.

L'examen des résultats obtenus par l'analyse du phytoplancton permet de faire quelques remarques.

Tout d'abord la typologie du plancton végétal présente des caractères particuliers qui diffèrent d'un fleuve à l'autre; dans les zones d'embouchure uniquement nous pouvons observer des populations presque semblables par rapport au transport et à l'important mélange dus au courant de gradient qui se manifeste dans une circulation contraire au mouvement des aiguilles d'une montre (Mosetti, 1967), avec des différences de densité qui atteignent le maximum en été. Ces mouvements rhéologiques jouent un grand rôle même dans l'aspect physiographique des unités littorales de l'Adriatique du Nord (Zunica, 1971). D'autre part ces courants peuvent étendre les effets des eaux fluviales même loin des zones de l'embouchure (Zore Armanda et Vučkak, 1984), en provoquant des variations dans la structure des populations phytoplanctoniques (Revelante et Gilmartin, 1977; Marzocchi *et al.*, 1979) et zooplanctoniques (Revelante *et al.*, 1985). Nous pouvons encore constater que beaucoup des espèces néritiques trouvées sont présentes pendant le cours de l'été dans tout le secteur nord-occidental de l'Adriatique (Marchesoni, 1954); parmi les espèces d'eau douce certaines se révèlent cosmopolites et sont présentes même dans les eaux de fleuves extra-européens (Hallim, 1960; Marshall, 1985).

Au point de vue quantitatif nous avons remarqué de fortes différences entre les cours d'eau examinés, à cause, peut-être, de conditions particulières plus ou moins favorables à des poussées de croissance phytoplanctoniques dans les eaux fluviales les plus intérieures; toutefois dans ces zones à grande sélectivité ce phénomène est souvent en corrélation avec les chances de survie des espèces les plus nombreuses qui, à court terme, ne sont pas toujours les plus tolérantes. Il est à signaler que plusieurs espèces, se trouvant dans un milieu très particulier, ne peuvent pas s'adapter et par conséquent elles baissent; »par contre, celles qui arrivent à se maintenir dans un tel milieu, soit en raison de leur euryhalinité, soit de leur eurythermie, n'ont pas à subir un trop grande concurrence interspécifique, elles présentent très souvent un développement intense« (Blanc *et al.*, 1969).

La réduction du nombre des espèces avec une augmentation des individus est mis en évidence même par les indices de diversité (Figs 4b—12b) et de dominance (Fig. 13): leur cours, quelquefois plutôt irrégulier, reflète la situation d'extrême variabilité où vit le phytoplancton dans des zones si hétérogènes au point de vue écologique, en particulier pour ce qui concerne le contenu salin, avec des oscillations, même à court terme, de $23-30 \cdot 10^{-3}$ (Figs 4a—12a). D'autre part il semble que la salinité est le facteur déterminant aussi bien de la typologie que de la biomasse phytoplanctonique. Toutefois la salinité n'agit pas toujours dans le même sens: la corrélation inverse entre le nombre de cellules et le contenu salin (Franco *et al.*, 1982; Socal *et al.*, 1982) peut être valable dans des zones où les populations ont déjà pris une structure

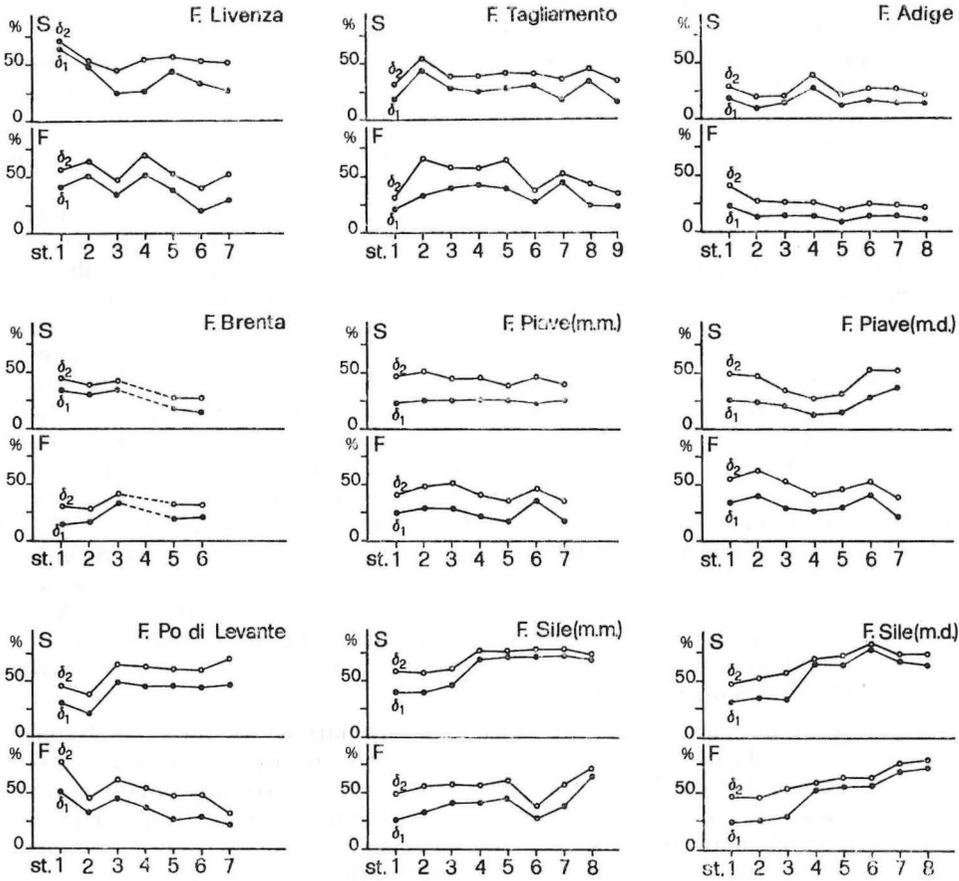


Fig. 13. Evolution comparée des mesures de dominance δ_1 et δ_2 dans les stations examinées.

durable, tandis que, où il y a des apports d'eaux continentales en évolution continue, peuvent se produire des effets qui limitent les poussées quantitatives (Côté, 1981):

Les stress physiologiques influencent surtout l'activité osmotique; les possibilités trophiques sont en effet liées à l'assimilation de substances nutritives de la cellule à travers la paroi et, par conséquent, à la direction des courants de transport. La présence plus ou moins significative d'ions en solution comme Na^+ et Ca^+ peut produire des effets spécifiques sur les récepteurs des membranes et donc sur l'entrée et la sortie de l'eau, y compris les sels nutritifs (facteur trophique: Pora 1973 et 1981). Plus que la salinité totale on dirait donc que la proportion entre les ions revêt une grande importance: Droop (1958) formule l'hypothèse que la tolérance aux variations d'ions Na^+ soit le facteur le plus important qui distingue les espèces néritiques de celles d'estuaire.

Il semble que la température et le pH n'aient pas de rôles aussi importants: dans certains cas les oscillations sont modestes (F. Brenta, F. Po di Levante, F. Piave), dans autres, même si plus consistantes (F. Livenza, F. Tagliamento, F. Adige, F. Sile), elles sont subordonnées à l'effet produit par le contenu salin. Dans ces derniers cas nous avons remarqué une certaine concordance entre les variations thermiques et les variations halines (Figs 4a—12a), comme en témoignent des corps hydriques divers se différenciant relativement à plusieurs facteurs.

La tolérance écologique est donc multiple pour la plupart des espèces d'estuaire et, sauf les formes typiquement d'eau douce, permet une survie suffisamment active et quelquefois pendant un laps de temps assez long.

De la distribution verticale des cellules en suspension nous pouvons tirer peu d'indications: l'amplitude de la couche photosynthétique, qu'on peut assez approximativement calculer en multipliant les valeurs de transparence par un coefficient différent par rapport à la qualité de l'eau (Vatova, 1964), est quelquefois tellement réduite que, près du fond, les processus de photosynthèse sont presque impossibles.

Tout cela n'empêche de relever un nombre plus élevé de cellules dans les niveaux inférieures à cause ou de l'enfoncement d'un grand nombre d'individus, provoqué par les mouvements hydrodynamiques, ou de l'immixtibilité de corps hydroques superposés à concentration phytoplanctonique différente ou de la naturelle coulée au fond d'espèces destinées à enrichir les thanatocoenoses du sédiment.

Pour ce qui concerne les niveaux intermédiaires, les données obtenues confirment la tendance mise en évidence par les valeurs relevées en surface et au fond; uniquement dans les zones de plus grande turbulence, près de l'embouchure, il y a des situations assez anormales.

Les eaux d'estuaire, comme les eaux lagunaires (Tolomio, 1976 et 1978), ne semblent pas être caractérisées par un phytoplancton exclusif de ce milieu (espèces caractéristiques): tous les organismes qu'on y retrouve sont typiquement liés au jeu dynamique des corps hydriques qui y sont charriés et ils ne peuvent que constituer des associations éphémères.

BIBLIOGRAPHIE

- Arfi, R. 1987. Hydrologie et charge nutritive à l'embouchure du Rhône (saison froide). *Boll. Ecol.*, 18: 123—130.
- Aykulu, G. 1978. A quantitative study of the phytoplankton of the River Avon, Bristol. *Br. Phycol. J.*, 13: 91—102.
- Blanc F. et M. Leveau. 1970a. Effets de l'eutrophie et de la dessalure sur les populations phytoplanctoniques. *Mar. Biol.*, 5: 283—293.
- Blanc F. et M. Leveau. 1970b. Eco-physiologie des populations phytoplanctoniques dans des milieux eutrophiques. *Téthys*, 2: 321—328.
- Blanc, F., M. Leveau et K. Szekiolda. 1969. Effects eutrophiques au débouché d'un grand fleuve (Grand Rhône). *Mar. Biol.*, 3: 233—242.
- Bourrelly, P. 1968. Les algues d'eau douce. Initiation à la Systématique. Tomo II, Partie V: Diatomophycées (Bacillariophycées). Ed. Boubée & Cie, Paris, 428 pp.

- Cati, L. 1981. *Idrografia e Idrologia del Po*. Ed. Ist. Poligr. e Zecca dello Stato, Roma, 310 pp.
- Côté, R. 1981. Variations saisonnières de la production primaire dans les eaux de surface de la rivière du Saguenay. *Hydrobiologia*, 83: 3—10.
- Droop, M. R. 1958. Optimum relative and actual ionic concentrations for growth of some euryhaline algae. *Verh. Internat. Ver. Limnol.*, 13: 722—730.
- Franco, P. 1973. L'influenza del Po sui caratteri oceanografici e sulla distribuzione della biomassa planctonica dell'Adriatico settentrionale. *Ann. Univ. Ferrara*, 1: 96—117.
- Franco, P. 1984. Fattori influenti sulla produttività primaria dell'Adriatico settentrionale. *Boll. Oceanol. Teor. Appl.*, 2: 125—140.
- Franco, P., G. Socal et F. Bianchi. 1982. Fitoplancton nell'Adriatico settentrionale. *Crociere 1978. Naturalista sicil.*, 4 (suppl.): 29—38.
- Geitler, L. 1925. *Die Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*. Ed. G. Fisher, Jena, 12: 463 p.
- Geitler, L. 1932. Cyanophyceae. In: Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. *Akad. Verlags. m.b.H., Leipzig*, 14: 780 p.
- Gemeinhardt, K. 1930. Silicoflagellatae. In: Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. *Akad. Verlags. m.b.H., Leipzig* 10 (2): 1—82.
- Halim, Y. 1960. Observations on the Nile bloom of phytoplankton in the Mediterranean. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer*, 26: 57—67.
- Hulburt, E. M. 1963. The diversity of phytoplanktonic populations in oceanic, coastal and estuarine regions. *J. mar. Res.*, 21: 81—93.
- Hustedt, P. 1930—66. *Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete*. In: Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. *Akad. Verlags. m.b.H., Leipzig*, 7: Tl. 1, 920 p.; Tl. 2, 845 p.; Tl. 3, 816 p. (pas complété).
- Lemmermann, E., J. Brunthaler et A. Pascher. 1915. *Die Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*. Ed. G. Fischer, Jena, 5: 236 pp.
- Lenzi Grillini, C. R. 1976. Indicatori biologici di inquinamento marino: fitoplancton. *Archo Oceanogr. Limnol.*, 18 suppl. 3: 1—21.
- Leveau, M. et B. Coste. 1987. Impacts des apports rhodaniens sur le milieu pélagique du Golfe du Lion. *Bull. Ecol.*, 18: 119—122.
- Magazzù, G. 1966. Il problema della salinità nelle acque salmastre. *Atti Soc. Pelor. Sc. ff.mm.nn.*, 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.
- Marshall, H. G. 1982. The composition of phytoplankton within the Chesapeake Bay Plume and adjacent waters off the Virginia Coast, U.S.A. *Estuar., Coastal and Shelf Sc.*, 15: 29—43.
- Marshall, H. G. 1985. Phytoplankton assessment of the Duplin River, Georgia. *Castanea*, 50: 187—194.
- Marzocchi, M., A. Solazzi, C. Tolomio, P. Favero et F. Cavolo. 1979. Composizione del fitoplancton in alcune stazioni costiere del medio e alto Adriatico occidentale. *Atti Conv. Scient. Naz. Prog. Final. Oceanogr. e Fondi Mar.*, CNR, 95—106.
- Marzocchi, M., C. Tolomio, A. Solazzi, M. Montresor et F. Cavolo. *Sous presse*. Dynamics of the phytoplanktonic populations along the boundary stretch of the Pila Po (March 1977—October 1979).

- Mioni, F. et G. Grego. 1975. Indagine sulla risalita del cuneo salino lungo alcuni rami del Delta del Po. 76 Riun. A.E.I., 1—5.
- Montresor, M., C. Salafia, A. Solazzi, C. Tolomio et M. Marzocchi. 1982. I popolamenti fitoplanctonici nell'Alto Adriatico Occidentale (Primavera-Estate 1978). *Atti Conv. U.O. sottoprog. Risorse Biol. e Inquin. Mar.*, CNR, 47—59.
- Mossetti, F. 1967. Caratteristiche idrologiche dell'Adriatico Settentrionale. Situazione estiva. *Atti Ist. Ven. Sci. Lett. ed Arti*, 125: 147—175.
- Peragallo, H. et M. Peragallo. 1897—1908. Diatomées marines de France et des districts maritimes voisins. Ed. J. Tempère, Grez sur Loing, 491 pp.
- Pora, E. A. 1973. Le facteur ropique en biologie marine. *Archo Oceanogr. Limnol.*, 18 suppl.: 63—93.
- Pora, E. A. 1981. Reflexions sur l'importance du facteur ropique dans la physiologie des organismes d'eaux saumâtres. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 27: 163—165.
- Revelante, N. et M. Gilmartin. 1977. The effects of northern italian rivers and eastern Mediterranean ingression on the phytoplankton of the Adriatic Sea. *Hydrobiologia*, 56: 229—240.
- Revelante, N., M. Gilmartin et N. Smodlaka. 1985. The effects of Po River induced eutrophication on the distribution and community structure of ciliated protozoan and micrometazoan populations in the northern Adriatic Sea. *J. Plank. Res.*, 7: 461—471.
- Schiller, J. 1930. Coccolithinae. In: Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Akad. Verlags. m.b.H., Leipzig, 10: 89—273.
- Schiller, J. 1933—1937. Dinoflagellatae (Peridineae). In: Rabenhorst's Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Akad. Verlags., Leipzig, 10 (3): Tl. 1, 617 p.; Tl. 2, 589 p.
- Schilling, A. J. 1913. Die Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Ed. G. Fischer, Jena, 3: 66 p.
- Shannon, C. E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell. Syst. tech. J.*, 27: 379—423.
- Smith, G. 1920. Phytoplankton of the Inland Lakes of Wisconsin. *Pubbl. by the State, Madison*, 1: 185 pp.
- Socal, G., F. Bianchi et P. Franco. 1982. Abbondanza e biomassa fitoplanctoniche nell'Adriatico Settentrionale. *Crociere 1979. Atti Conv. U. O. sottoprog. Risorse Biol. e Inquin. Mar.*, CNR, 25—32.
- Specchi, M. et S. Fonda Umani. 1987. Influenza del Po sul sistema pelagico dell'Adriatico. *Bull. Ecol.*, 18: 135—144.
- Strickland, J. D. H. 1960. Measuring the production of marine phytoplankton. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 122: 172 pp.
- Swale, E. M. F. 1969. Phytoplankton in two English rivers. *J. Ecol.*, 57: 1—23.
- Štirn, J. 1969. Pelagial severnega Jadrana. *Razprave SAZU*, 12: 43—132.
- Tolomio, C. 1976. Problematica e dinamica del fitoplancton nelle acque salmastre. *Archo Oceanogr. Limnol.*, 18 suppl. 3: 343—356.
- Tolomio, C. 1978. Catalogo delle Diatomee e delle Peridinee più significative segnalate nelle acque salmastre italiane. *Mem. Biol. Mar. e Ocean.*, 8: 129—150.
- Tolomio, C. et A. Solazzi. 1979. Ciclo di 24 ore in una stazione costiera nell'Alto Adriatico (Fitoplancton). *Nova Thalasia*, 3 suppl.: 285—307.
- Tolomio, C., M. Marzocchi, A. Solazzi, F. Cavolo et C. Salafia. 1980. Popolamenti fitoplanctonici in una stazione antistante il Delta del Po. *Nova Thalasia*, 4: 5—15.

- Tolomio, C., F. Cavolo, M. Marzocchi et A. Solazzi. 1981. Delta del Po. II. Ricerche fitoplanctoniche e idrologiche nella Sacca del Canarin (novembre 1977—ottobre 1978). *Nova Thalassia*, 5: 5—17.
- Utermöhl, H. 1958. Vervollkummung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. int. Verein. Theor. angew. Limnol.*, 9: 1—38.
- Van der Werff, A. et H. Huls. 1957—1974. Diatomeënfloora van Nederland. Den Haag, afl. 1—10.
- Van Heurck, H. 1899. *Traité des Diatomées*. Ed. H. Van Heurck, Anversa, 572 pp.
- Van Landingham, S. L. 1967—1979. Catalogue of the fossil and recent genera and species Diatoms and their synonyms. Verlag. Von J. Cramer, Lehre, 1—8: 4654 pp.
- Varani, L. et M. Zunica. 1974. Documenti cartografici per l'interpretazione del regime litoraneo tra l'Isonzo e il Foglia. CNR, Tip. Antoniana, Padova, 42 pp.
- Vatova, A. 1964. Sulla produttività della Laguna di Grado-Marano. *Rend. Acc. Naz. Lincei, Cl. Sc. ff. mm. nn.*, 37: 330—333.
- Voltolina, D. 1971a. Distribuzione quantitativa e qualitativa del fitoplancton nell'Adriatico Settentrionale. III. Inverno 1966. *Archo Oceanogr. Limnol.*, 17: 71—93.
- Voltolina, D. 1971b. Distribuzione quantitativa del fitoplancton nell'Adriatico Settentrionale. IV. Primavera 1966. *Archo Oceanogr. Limnol.*, 17: 169—177.
- Zore-Armanda, M. et Z. Vučak. 1984. Some properties of the residual circulation in the northern Adriatic. *Acta Adriat.*, 25: 101—117.
- Zunica, M. 1971. Ricerche sulle variazioni delle spiagge italiane. Le spiagge del Veneto. CNR, Tip. Antoniana, Padova, 144 pp.

Accepted: June 9, 1988

PRIOLOG POZNAVANJU FITOPLANKTONSKE ZAJEDNICE U LJETNOM PERIODU U PODRUČJU UŠĆA NEKIH RIJEKA SJEVERNOG JADRANA

Claudio Tolomio

Odjel za biologiju, Sveučilište u Padovi, Padova, Italia

KRATKI SADRŽAJ

Nedovoljan broj podataka o fitoplanktonskim zajednicama ušća naveo nas je da započnemo istraživanja o njima. U toku ljeta 1982. izvršena su promatranja i uzeti uzorci sa više razina sa postaja duž završne linije ušća i u zoni mora ispred ušća nekih važnih rijeka koje se ulijevaju u sjevero-zapadni Jadran: Tagliamento, Livenza, Piave, Sile, Brenta, Adige, Po i Levante.

Na unutrašnjim postajama proučavao se utjecaj progresivnog povećanja saliniteta na biljni fitoplankton koji se kreće prema moru. Na priobalnim postajama razmještenim duž jednog transekta na određenim udaljenostima od ušća, kontrolirao se utjecaj sniženja saliniteta na neritski fitoplankton.

Identifikacija vodenih masa različitog porijekla bila je moguća na osnovu podataka o temperaturi i salinitetu koji najčešće odgovaraju različitim biološkim sadržajima. Međutim, u slučajevima vrtložnih gibanja i turbulencije populacije se miješaju do te mjere da je lako pronaći zajedno slatkovodne, boćatne i morske oblike.

Klasa Diatomeae je dominantna; neke vrste su pokazale široku ekološku valencu i ravnomjerno su raspoređene u prostoru. Druge, manje tolerantne vrste su ograničene na one vodene mase u kojim obično žive i razmnožavaju se. Neznatan broj odstupa od ovoga; neke druge klase kao Chlorophyceae i Dinophyceae pokazuju, u odnosu na svoje porijeklo, komplementarnu rasprostranjenost, tako što su prve učestalije na unutrašnjim postajama, posebno u površinskim vodama, a druge u moru ispred ušća.

Selektivnost, s aspekta fiziologije, vezana je prvenstveno za mogućnost osmotskih izmjena koje zavise o sadržaju soli u tijelu kao i o prisustvu određenih iona u vodi. Samo povremeno, tipične neritske forme mogu ući u riječnu struju u pridnenom sloju. Zbog toga se nastojalo definirati ulogu koju imaju struje suprotnog smjera sa dna (cuneo salino) na prijenos i na mogućnosti miješanja fitoplanktonskih skupina različitog porijekla.

Ne može se, međutim, zaboraviti da cuneo salino predstavlja pojavu, krajnje promjenjivu od slučaja do slučaja, u direktnoj ovisnosti o plimi i oseki.

Zbog svega ovoga a i zbog hidrodinamike samog ušća, možda je nemoguće razlikovati fitoplanktonske vrste karakteristične za zone na prijelazu veoma različitih ekosistema.

