

# 6 • Variations spatio-temporelles de la biomasse phytoplanctonique sur le plateau continental sénégalais

DIAFARA TOURÉ

Physicien, CRODT/ISRA, B.P. 2241, Dakar, Sénégal

ITAF DÈME GNINGUE

Chimiste, CRODT/ISRA, B.P. 2241, Dakar, Sénégal

## RÉSUMÉ

La distribution de la biomasse phytoplanctonique varie en fonction des saisons aussi bien en surface que dans la couche d'eau. En saison chaude, le maximum de biomasse est situé au sommet de la niracline entre 50 et 75 m. En surface, on observe trois concentrations principales: entre Saint-Louis et Kayar sur la côte nord, sur la Petite Côte et devant l'embouchure de la Casamance sur la côte sud. En saison froide, le maximum subsuperficiel remonte vers 10 m ou atteint la surface. A la côte, quatre concentrations principales sont observées, deux sur la côte sud dont les emplacements sont relativement inchangés et deux autres sur la côte nord à Saint-Louis et à Kayar. Cependant, selon l'intensité de l'upwelling, les emplacements et les concentrations de ces maxima peuvent changer.

## ABSTRACT

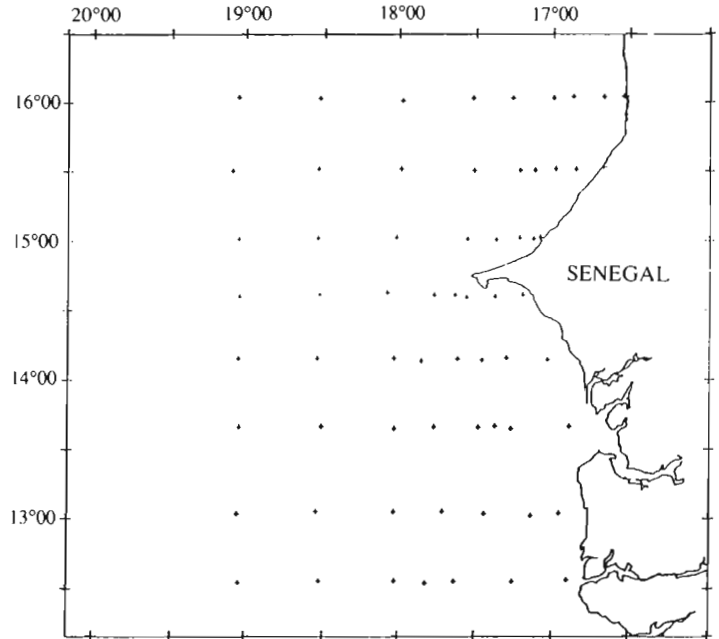
*Seasonal variabilities are observed for the distribution of phytoplankton biomasses in the water column and at the surface of the Senegalese continental shelf. During the warm season a maximum of biomass is observed at the top of the niracline between 50 and 75 meters in the water column. At the surface, three peaks of phytoplankton are observed: one between Saint-Louis and Kayar and two others off the South coast at the «Petite Côte» and off the Casamance mouth. During the cold season, the maximum of biomass observed in the water column is between 10 meters and the surface. Four peaks of phytoplankton concentrations are detected, two on the South coast for which the location is unchanged, two others on the North coast off Saint-Louis and Kayar. During the cold season the locations and concentrations of the peaks of maximum biomass can change according to the upwelling intensity.*

## INTRODUCTION

L'étude de la biomasse phytoplanctonique dans les eaux sénégalaises n'a été jusque là que très sporadique. Les rares travaux réalisés dans ce domaine (Rébert, 1978; Amade, 1977 et Touré, 1983) ont essentiellement porté sur la Baie de Gorée ou de Hann et les alentours de la presqu'île du cap Vert. Dans ce travail, nous essayons pour les principales saisons hydrologiques de décrire la variabilité spatio-temporelle de la biomasse phytoplanctonique des eaux maritimes sénégalaises en relation avec les conditions du milieu notamment le développement de l'upwelling. L'accent sera particulièrement mis sur l'étude du comportement des différents peuplements phytoplanctoniques des eaux sénégalaises en rapport avec le développement et la variabilité de l'upwelling entre 1986 et 1987. Les données utilisées sont celles des campagnes océanographiques réalisées au cours de cette période dans le cadre du Programme CIRSEN sur le plateau continental sénégalais et ses abords (fig. 1).

Fig. 1

Plan de campagne et position des stations.



### VARIATION SAISONNIÈRE

La figure 2 montre la variation des concentrations de chlorophylle en fonction de la profondeur de disparition du disque de Secchi. Il ressort qu'aux deux grandes saisons hydrologiques correspondent deux systèmes de production.

#### Saison chaude

*Distribution verticale.* La figure 3 montre la distribution verticale de la chlorophylle *a*, des sels nutritifs ( $\text{NO}_3$  et  $\text{PO}_4$ ), de la température et du pourcentage de saturation en oxygène. A cette époque, il est aisé de remarquer les rôles importants joués par la thermocline et la nitracline dans la répartition verticale des peuplements phytoplanctoniques et notamment leur influence sur la position du maximum de chlorophylle.

En effet, avec l'accalmie des vents, la structure hydrologique montre une stabilité élevée. Le fort éclaircissement aidant, on observe le développement du phytoplancton le long de toute la colonne d'eau (jusqu'à 75 m de profondeur).

Comme Morel (1982) pour le Dôme de Guinée, nous constatons également dans la région sénégalaise que la nitracline coïncide avec le milieu de la pycnocline.

Le maximum de chlorophylle *a* est en moyenne de l'ordre de  $3 \text{ mg/m}^3$  et se localise au sommet de la nitracline où les conditions d'éclaircissement et nutritives sont bonnes et la stabilité grande. Ce sont les situations tropica-

Fig.2

Relation entre les valeurs moyennes de la chlorophylle *a* dans la couche de surface (0-10m) et la profondeur de disparition du disque de Secchi (Zsec.).

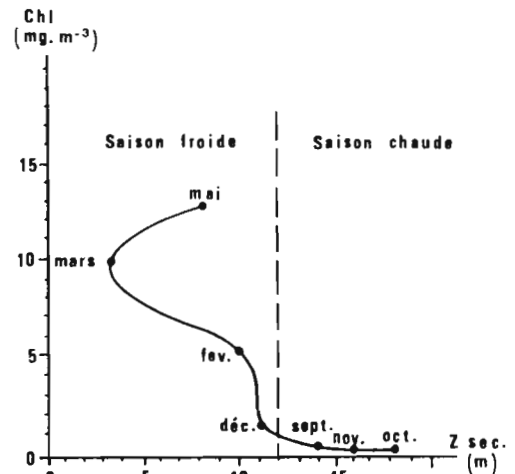
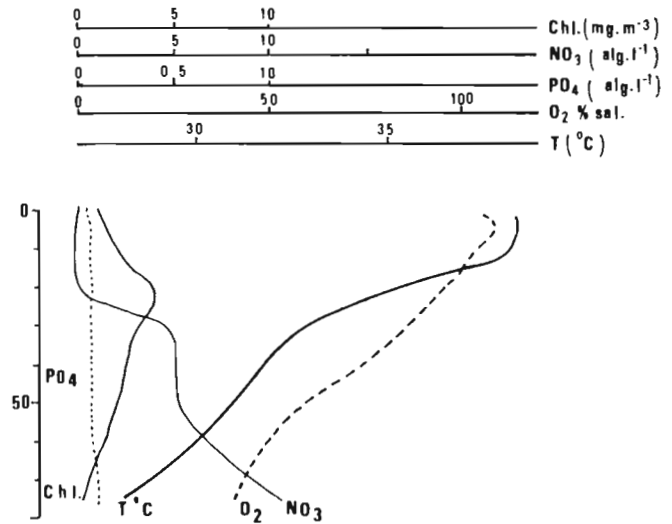


Fig.3

Distribution verticale de la chlorophylle *a*, des phosphates, des nitrates, de la température et du pourcentage de saturation en oxygène à une station au large de la baie de Gorée.



les typiques (STT) (Voituriez et Herbland, 1982). Sur les figures 4, 5 et 6 sont représentées les coupes de chlorophylle *a* aux radiales:

- 2: niveau - Saint Louis
- 4: niveau - Petite Côte
- 7: niveau - Casamance.

Ces figures montrent sur l'ensemble du plateau continental l'existence de deux types de maximum du phytoplancton:

- le maximum du large lié au sommet de la nitracline
- et celui de la côte qui est en surface et qui semble être lié à une autre source de sels nutritifs.

*Distribution en surface.* Sur la figure 7, on remarque au cours de cette période, dans les eaux sénégalaises, l'existence de trois concentrations principales de chlorophylle qui se développent essentiellement le long de la côte. Une concentration occupe toute la côte nord de Saint-Louis à Kayar, la seconde est localisée le long de la Petite Côte et la troisième devant l'embouchure de la Casamance.

Ces eaux relativement oligotrophes se caractérisent par de faibles biomasses phytoplanctoniques ( $1 \text{ à } 3 \text{ mg/m}^3$ ). Le cantonnement de ces peuplements phytoplanctoniques le long de la côte au moment où l'upwelling n'est pas en activité ne peut s'expliquer que par la présence dans les eaux d'éléments nutritifs issus de la régénération de la matière organique dégradée d'origine continentale. Selon Rébert (1978), cette matière organique dégradée proviendrait des phénomènes de pollution. Si

cette hypothèse est valable pour le phytoplancton de la baie de Hann, elle ne saurait l'être pour les autres peuplements qui sont suffisamment éloignées de la principale source de pollution (Dakar).

Toutefois, on constate sur la figure 8 que l'une des caractéristiques de cette période est le développement et le maintien de la biomasse ( $2 \text{ à } 3 \text{ mg/m}^3$ ) longtemps après le pic de nitrate. Ce qui étaye bien l'idée que le phytoplancton se développe aussi grâce à la régénération des sels nutritifs.

#### *Saison des eaux froides (fin décembre à mai)*

*Distribution verticale.* Si en saison chaude la constance du facteur lumière et la relative grande stabilité des eaux ont beaucoup facilité l'étude de la variabilité du phytoplancton qui ne dépend alors que des sels nutritifs, en saison froide, par contre, le développement de la turbulence rend ce phénomène plus complexe.

En fin décembre, les vents du nord sont encore faibles mais suffisamment réguliers pour provoquer le début de l'upwelling. Le début de la remontée des eaux profondes vers la surface engendre une turbidité importante par la remise en suspension des particules sédimentaires; ceci aura pour conséquence de limiter la pénétration de la lumière et par conséquent de gêner le développement du phytoplancton en profondeur. Cette période se caractérise par la disparition progressive de la couche homogène de surface et du soulèvement de la thermocline et de la nitracline. Pour les peuplements du large, le maximum se situe environ à l'immersion 10

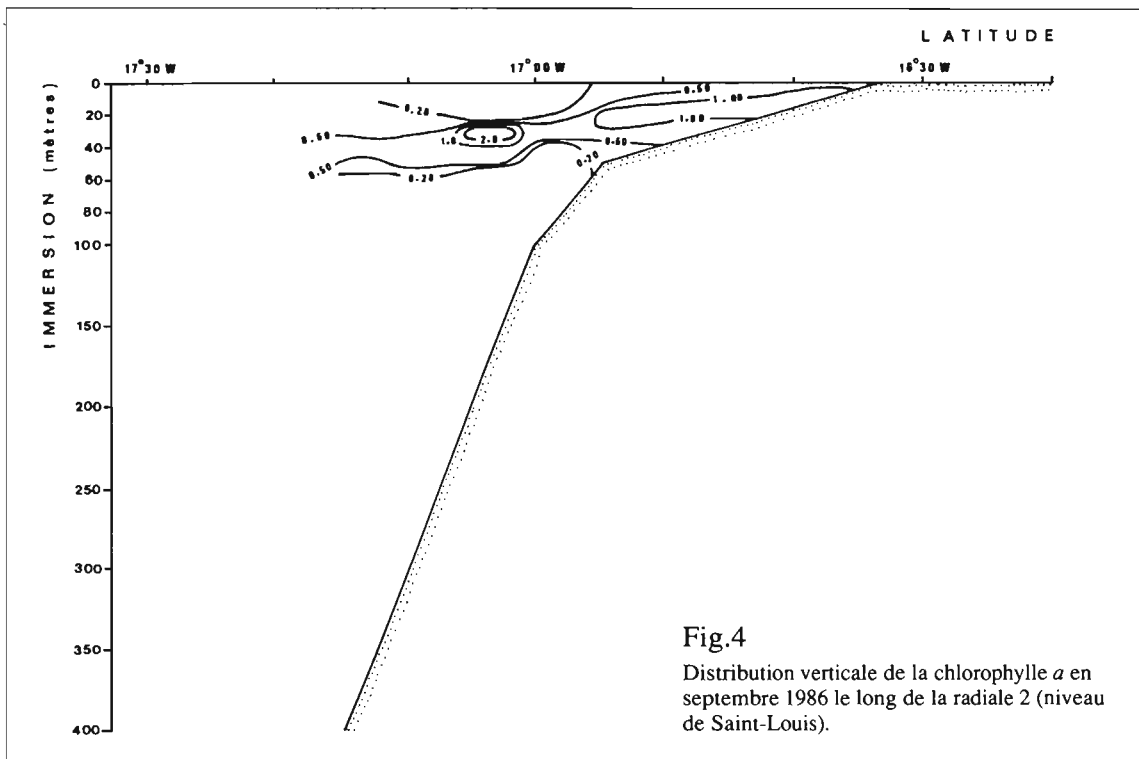


Fig.4  
 Distribution verticale de la chlorophylle *a* en septembre 1986 le long de la radiale 2 (niveau de Saint-Louis).

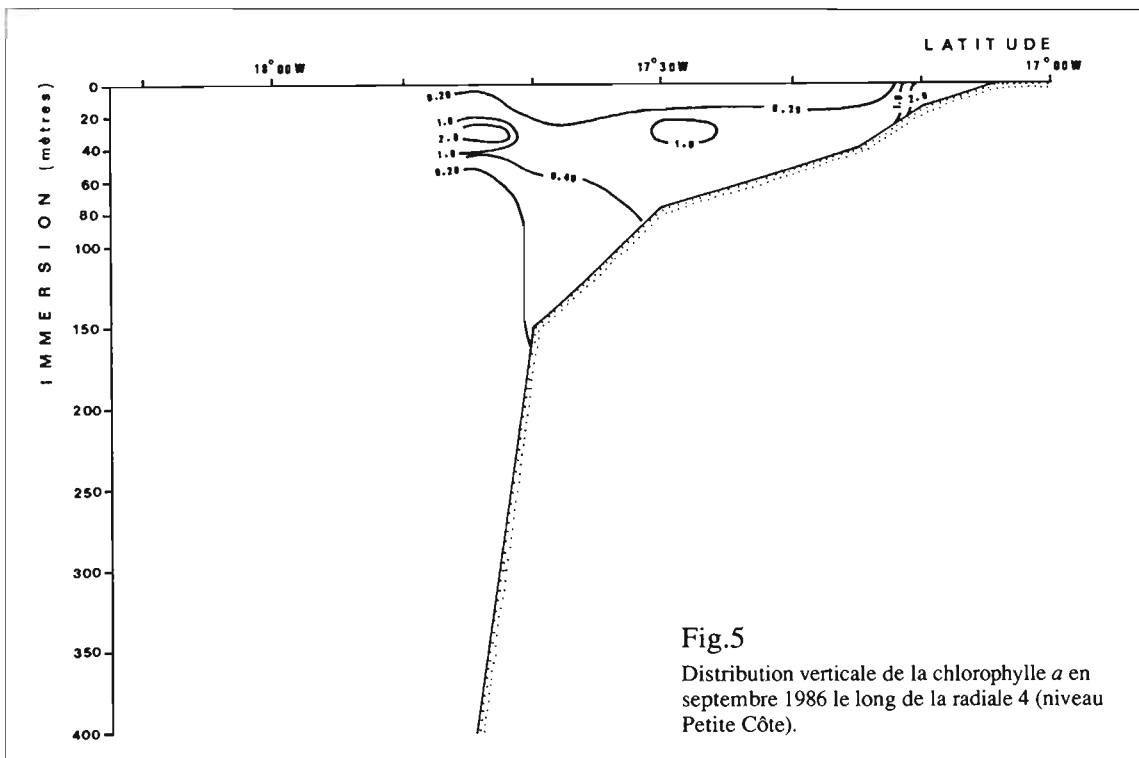
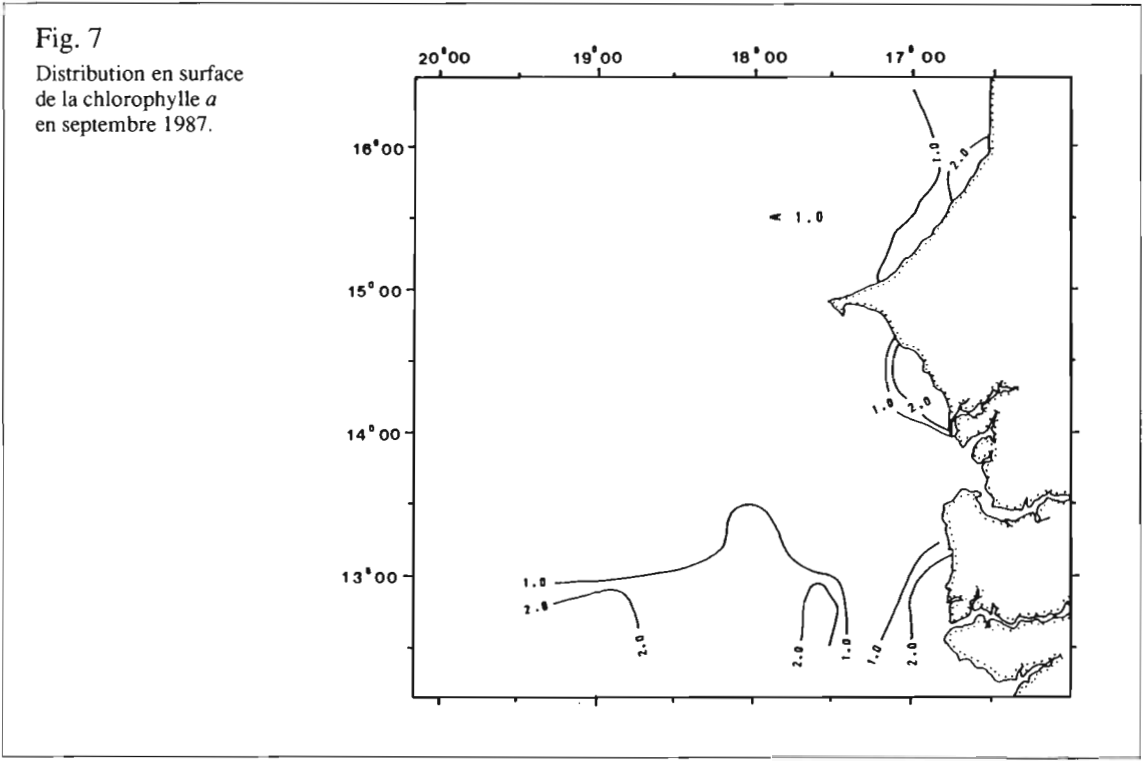
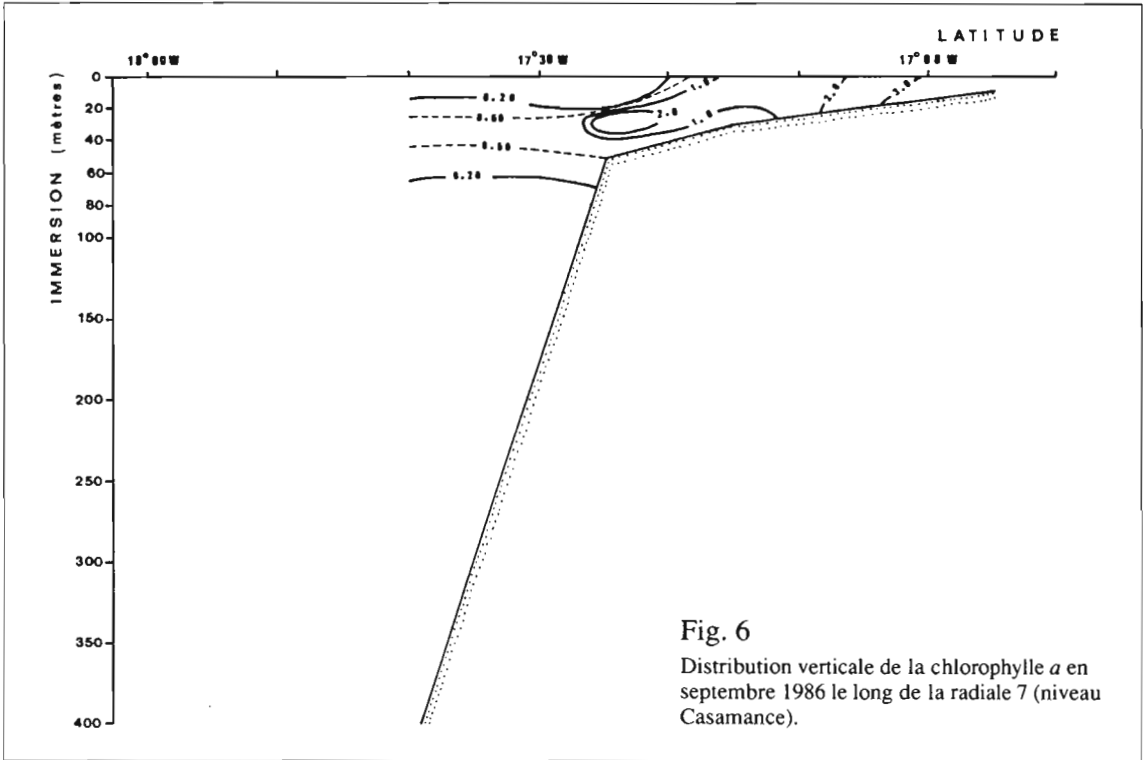
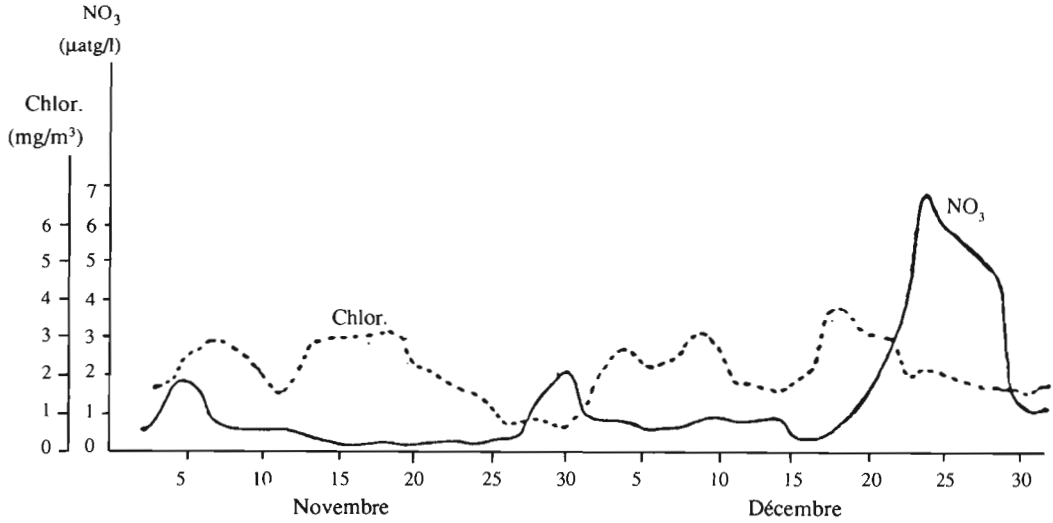


Fig.5  
 Distribution verticale de la chlorophylle *a* en septembre 1986 le long de la radiale 4 (niveau Petite Côte).



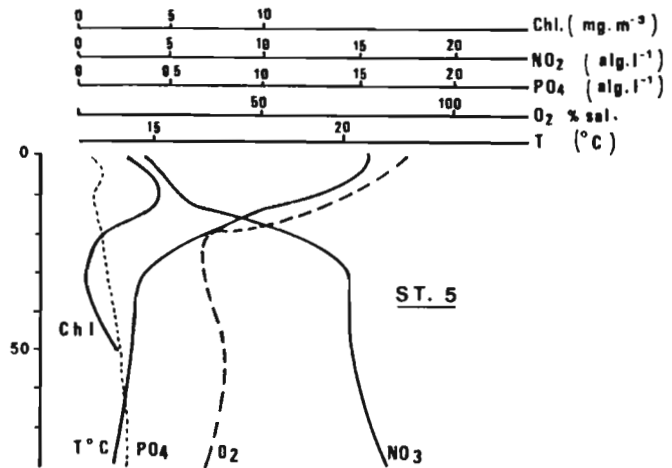
**Fig.8**

Distribution temporelle des valeurs moyennes de la chlorophylle *a* et des nitrates de surface à la station côtière de Thiaroye en saison chaude.



**Fig. 9**

Distribution verticale de la chlorophylle *a*, de la température, des nitrates, des phosphates et du pourcentage de saturation en oxygène à une station au large de la baie de Gorée à la fin du mois de décembre 1985.



mètres toujours au sommet de la nitracline dans les eaux bien éclairées de la pycnocline (fig. 9).

Quand l'upwelling est intense (février-mars), les nutriments arrivent en surface. L'éclairement solaire incident pénétrant mal ( $Z_{sec} = 5$  m) à cause de l'augmentation de l'absorption et de la diffusion par les substances dissoutes et en suspension, le développement du phytoplancton se limite à la couche superficielle (jusqu'à 20-30 mètres) et le maximum de chlorophylle est en surface (fig. 10).

Cette situation est bien illustrée par les coupes réalisées aux niveaux de Saint-Louis, de la Petite Côte et de la Casamance (fig. 11, 12, 13). On constate sur ces figures qu'au nord comme au sud, le maximum des peuplements du large se retrouve en surface, alors qu'à la côte c'est toute la colonne d'eau (0-10 m) qui est occupée par le phytoplancton.

*Distribution en surface.* Le passage de la saison chaude à la saison des eaux froides d'upwelling se caractérise par une redistribution des concentrations de chlorophylle. Aux trois précédentes concentrations s'ajoute une quatrième qui fait son apparition à la côte nord. Si l'emplacement des deux concentrations de phytoplancton de la partie sud du plateau continental varie peu, au nord par contre, on observe deux peuplements phytoplanctoniques situés respectivement devant Saint-Louis et Kayar.

Comme Rolfe (1982) pour l'upwelling mauritanien, nos observations dans les eaux sénégalaises indiquent une forte variabilité de la biomasse phytoplanctonique avec l'intensité de l'upwelling. Les figures 14a, 14b, 15a et 15b représentent la distribution en surface de la température de l'eau et des concentrations de chlorophylle *a* en saison d'upwelling, des années 1986 et 1987. On remarque que, d'une année à l'autre, malgré la variabilité de l'intensité de l'upwelling, les quatre principaux peuplements phytoplanctoniques restent toujours caractéristiques des eaux sénégalaises de cette période. Il n'y a que leur emplacement ainsi que leur concentration qui peuvent varier en fonction de l'intensité de la remontée des eaux.

En 1986, année à fort upwelling, toutes les concentrations de phytoplancton sont localisées à la côte (fig. 14b). Seule la concentration de la Petite Côte s'est déplacée vers le sud pour se développer aux alentours de la pointe de Sangomar. Ceci pourrait s'expliquer par le fort développement de l'upwelling du sud de la presqu'île du cap Vert ( $T^{\circ} < 15^{\circ}C$ ) où les conditions de turbulence et de turbidité ne favorisent pas le développement des peuplements phytoplanctoniques. Ceci est bien étayé par la figure 16. Sur cette figure, on remarque qu'à partir de décembre, bien que la teneur des eaux de surface en nitrate ait fortement augmenté, on n'observe plus de relation entre ce nutriment et la concentration de chlorophylle. On remarque par contre que ce sont les eaux du pourtour immédiat de la source de remontée comme celles de la pointe de Sangomar qui offrent les meilleures conditions de développement au phytoplancton.

Quant au peuplement situé entre la Gambie et la

Casamance, il est à son tour divisé en deux peuplements situés de part et d'autre de la veine d'eau froide d'upwelling.

La concentration du large (sur les fonds de 30 mètres) est légèrement plus importante (plus de  $5 \text{ mg/m}^3$ ) que celle qui est plaquée à la côte.

En 1987, année à upwelling faible (minimum de température  $15,8^{\circ}C$ ) (figure 15a), on retrouve encore les quatre peuplements de phytoplancton mais légèrement plus développés. En effet, l'upwelling étant moins intense, la stabilité des eaux devient plus grande alors que les éléments nutritifs et le rayonnement solaire sont abondants. Le peuplement de Saint-Louis se développe jusqu'au niveau de Kayar. A la latitude de Kayar, contrairement aux situations précédentes, le peuplement phytoplanctonique se développe au large sur le rebord du plateau continental. Quant au peuplement de la région de la Petite Côte, il s'est beaucoup développé autour de l'upwelling, occupant ainsi toute la zone comprise entre le cap Manuel et la pointe de Sangomar (fig. 15b). Celui de l'extrême sud du plateau continental s'est aussi davantage développé (plus de  $11 \text{ mg/m}^3$ ).

## CONCLUSION

Les observations réalisées au cours de ces deux années (1986 et 1987) ne sont pas suffisantes pour permettre une description exacte de la variabilité spatio-temporelle de la teneur en chlorophylle des eaux sénégalaises. Elles ont toutefois permis de localiser les différents peuplements phytoplanctoniques et d'avoir un aperçu de leur comportement en fonction de l'intensité de la remontée des eaux profondes. Un certain nombre de problèmes demeurent et parmi eux:

- le cantonnement de la plupart des peuplements phytoplanctoniques le long de la côte aussi bien en saison chaude qu'en saison froide;

- la composition de ces peuplements phytoplanctoniques qui restent toujours distincts les uns des autres.

Ces campagnes océanographiques ont été réalisées une fois tous les trois ou quatre mois. Il est évident qu'il existe une forte variation aussi bien entre les saisons qu'à l'intérieur d'une même saison. Il serait donc intéressant de suivre en continu l'évolution des profils de chlorophylle à une station du large débarrassée de toute contamination côtière et qui pourrait être visitée au moins une fois par semaine.

Fig. 10

Distribution verticale de la chlorophylle *a*, de la température, des nitrates, des phosphates et du pourcentage de saturation en oxygène à une station au large de la baie de Gorée à la fin du mois de février 1985.

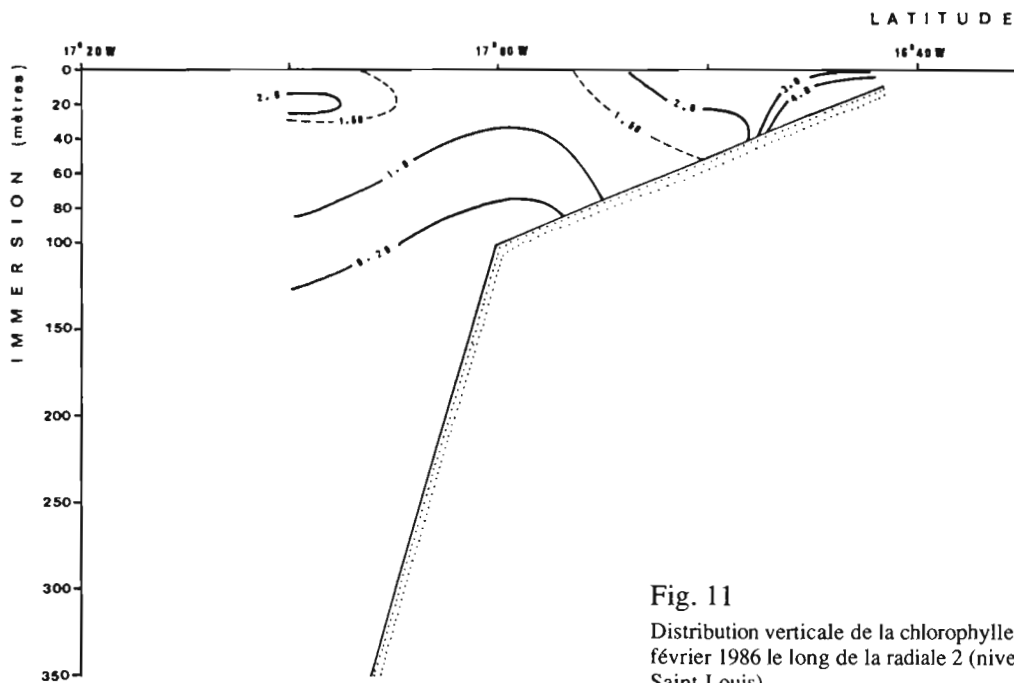
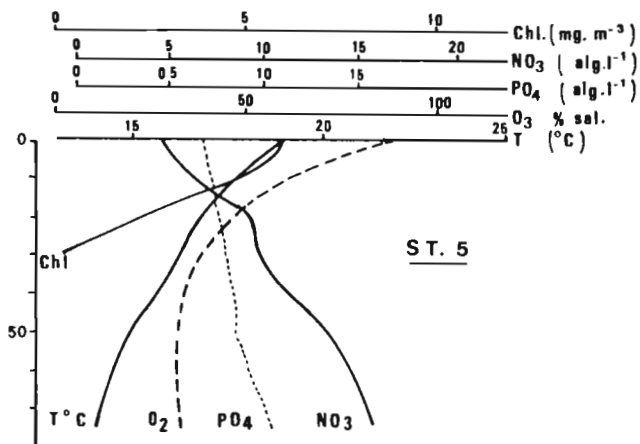


Fig. 11

Distribution verticale de la chlorophylle *a* en février 1986 le long de la radiale 2 (niveau Saint-Louis).



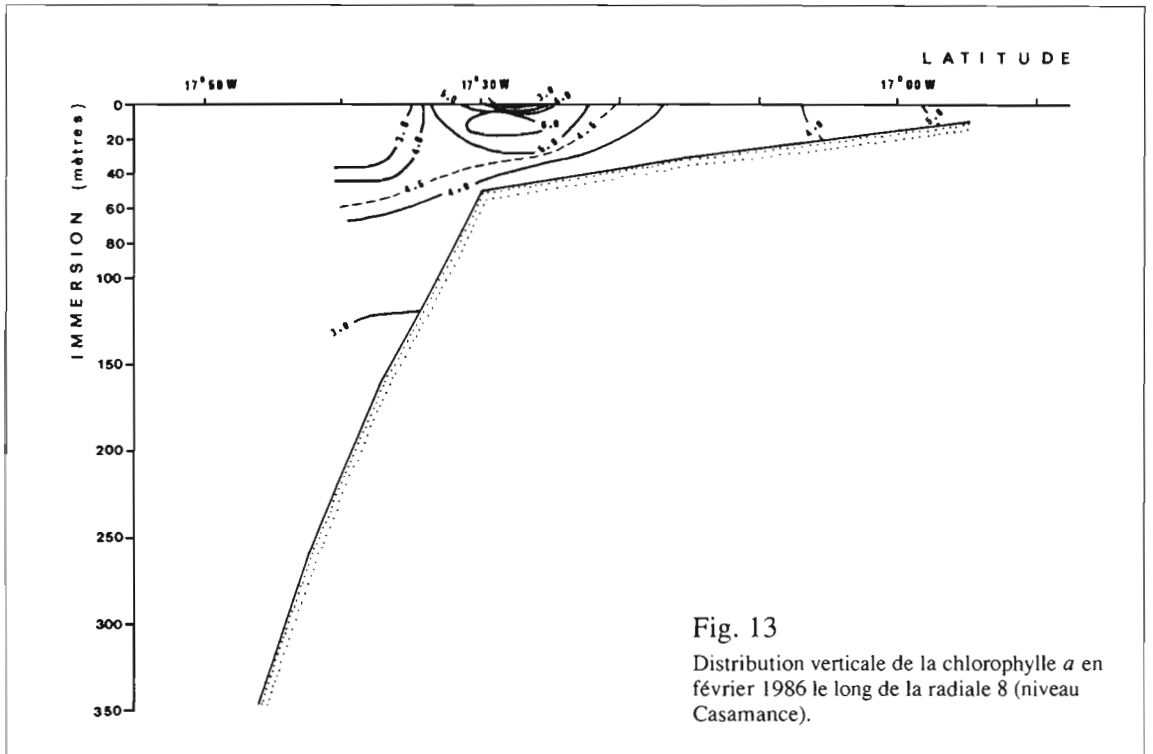
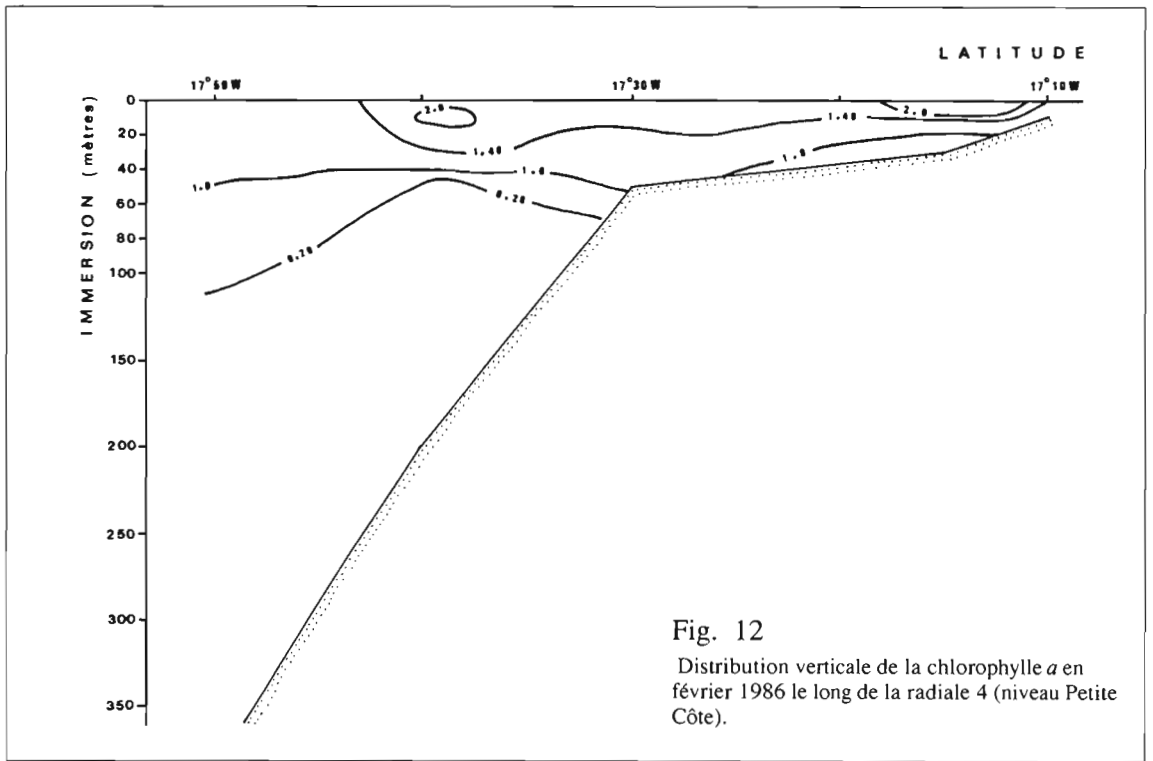
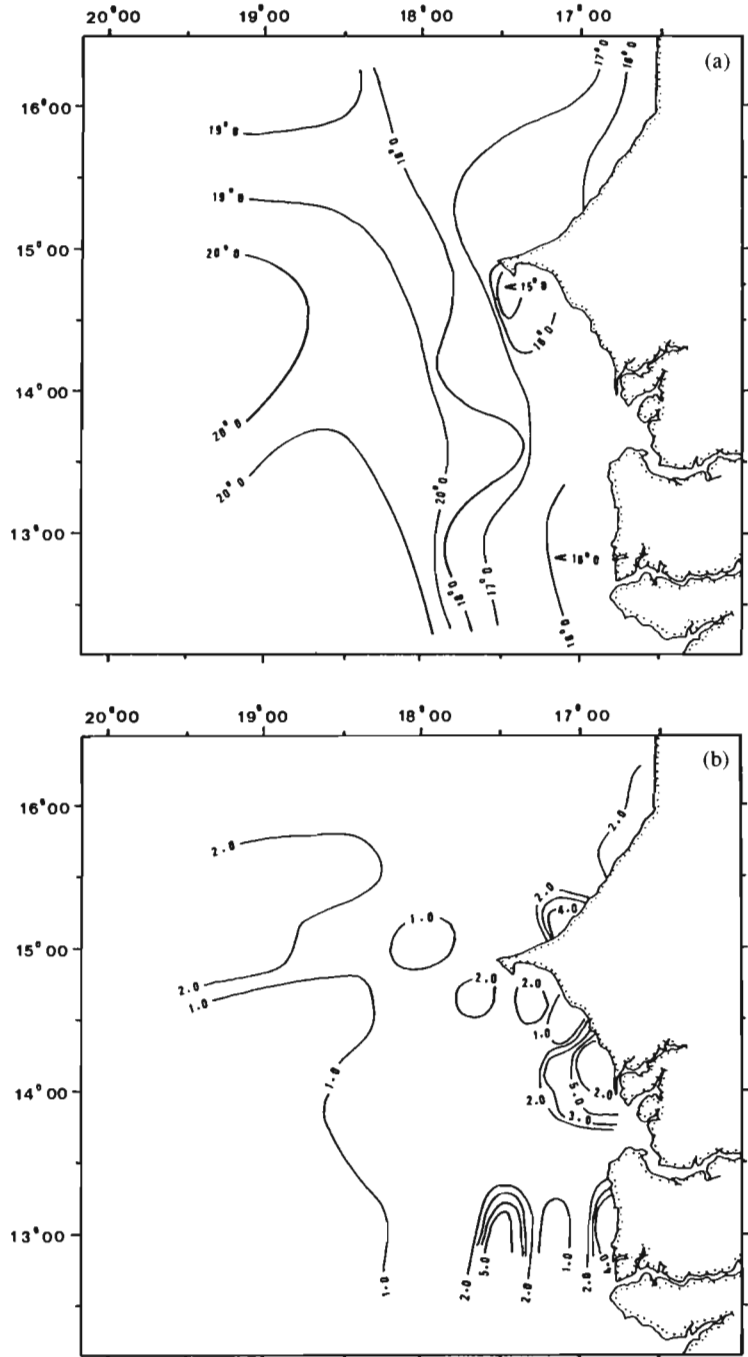


Fig. 14

- (a) Distribution en surface de la température en février 1986.
- (b) Distribution en surface de la chlorophylle *a* en février 1986.



**Fig. 15**

- (a) Distribution en surface de la température en mars 1987.
- (b) Distribution en surface de la chlorophylle *a* en mars 1987.

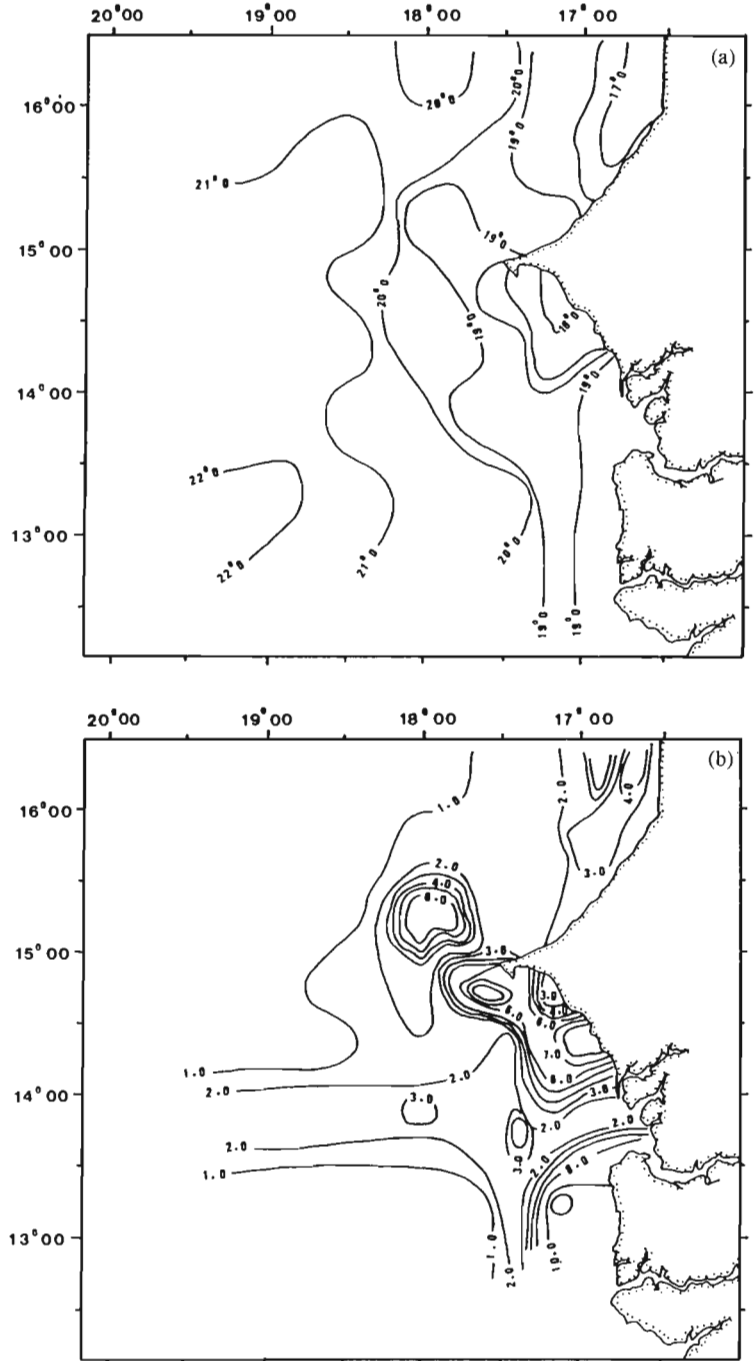
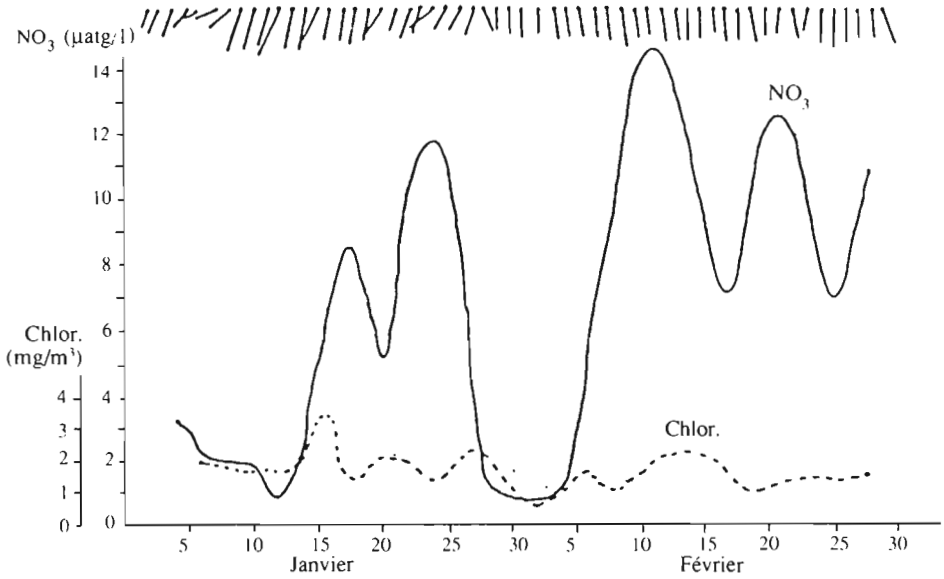


Fig. 16

Distribution temporelle des valeurs moyennes lissées des concentrations de nitrates et de la chlorophylle *a* de surface à la station côtière de Thiaroye, en relation avec les vents journaliers de Dakar-Yoff.



## DISCUSSION

**FREON:** Il est remarquable de constater que les zones de pêche coïncident avec les zones de concentration du phytoplancton !

**FONTENEAU:** Les sardinelles sont abondantes quelle que soit la saison; il y a sans doute un enrichissement de la zone côtière en dehors de la saison d'upwelling.

**CECCHI:** Il semble qu'en saison chaude, les zones à production phytoplanctonique élevée se situent devant les embouchures des fleuves. En dehors de la saison d'upwelling, ce type d'enrichissement n'est donc pas à négliger.

**ROY:** En saison chaude, l'enrichissement côtier peut être lié à des ondes internes. Lors des campagnes CIRSEN, nous avons observé lors de points fixes au large de la Casamance des oscillations, dues à la marée, de très fortes amplitudes (oscillations verticales de la thermocline de 30 à 40 mètres) à l'accore du plateau continental. Ces ondes internes peuvent être à l'origine d'enrichissements non négligeables.

**MARCHAL:** On a vu qu'il y a du phytoplancton en saison chaude, réparti sur une colonne d'eau importante. Si l'on considère les biomasses phytoplanctoniques intégrées sur la colonne d'eau, les diffé-

rences observées entre saison chaude et saison d'upwelling ne vont-elles pas être réduites ?

**TOURE:** En saison d'upwelling, bien que les teneurs en chlorophylle ne soient pas toujours supérieures à celles de saison chaude, le «turn-over» est beaucoup plus important. La production est donc beaucoup plus élevée durant les périodes d'upwelling que durant la saison chaude.

**BINET:** Il faut aussi rappeler que, pour les copépodes, c'est surtout la densité en phytoplancton qui est importante. Mieux vaut, à biomasse égale, un bloom homogène qu'une biomasse largement répartie.

**HERBLAND:** Les figures proposées sont des images instantanées. Il existe une variabilité à court terme, non mesurable par un suivi tel que vous l'avez pratiqué et qui pourrait être mesurée par l'imagerie satellitaire.

**DEMARCO:** On observe effectivement des perturbations à court terme dans la structure de l'upwelling sous forme de pulsations. Il existe une variabilité temporelle insoupçonnable par les mesures classiques, d'où l'intérêt d'un suivi continu à l'aide des satellites.

**LEVENEZ:** Il existe des concentrations d'organismes le long de la thermocline. Celles-ci disparaissent lorsque l'upwelling se déclenche. Existe-t-il un suivi de la

variabilité du phytoplancton liée à celle de la thermocline ?

TOURE: Nous n'avons pas, au Sénégal, étudié les phénomènes à court terme.

HERBLAND: On observe au large des concentrations de phytoplancton dues à des blooms le long des divergences des grands courants. On observe également des fluctuations saisonnières dans les communautés phytoplanctoniques avec, en particulier, des apparitions de blooms constitués de toutes petites cellules. Ces modifications doivent probablement se dissiper sur l'ensemble de la chaîne trophique.

## BIBLIOGRAPHIE

- Amade Ph. 1977. Etude biochimique de la baie de Gorée. Résultats de mesures. Arch. Centre de Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye, 42.
- Morel A. 1982. Optical properties and radiant energy in the waters of the Guinea Dome and the Mauritanian upwelling area in relation to primary production. Rapp. P.-v. Réunion. Cons. int. Explor. Mer. 180: 94-107.
- Rébert J.P. 1978. Les teneurs en chlorophylle des eaux de surface à la station côtière de Dakar (Résultats des mesures de 1973-1977). Doc. Centre de Rech. Oceanogr. Dakar-Thiaroye, 67: 14p.
- Rolfe B. 1982. The phytoplankton in the West African upwelling area north of Cap Blanc in January and February 1975. Rapp. P.-v. Réunion. Cons. int. Explor. Mer., 180: 239-243.
- Touré D. 1983. Contribution à l'étude de l'«upwelling» de la Baie de Gorée (Dakar-Sénégal) et de ses conséquences sur le développement de la biomasse phytoplanctonique. Doc. Sc. Centre Rech. Océanogr., Dakar-Thiaroye, n° 93.
- Voituriez B. et Herbland A. 1982. Comparaison des systèmes productifs de l'Atlantique Tropical Est: Dômes thermiques, upwelling côtier et upwelling équatorial. Rapp. P.-v. Réunion. Cons. int. Explor. Mer., 180: 114-130.