



**LES MAXIMUMS PROFONDS DE CHL A
EN MER DES SARGASSES.
DONNÉES PHYSIQUES, CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES.**

CAMPAGNE CHLOMAX

14 septembre - 13 octobre 1987

CNRS - GROUPE DE RECHERCHE P4
Production pélagique et phénomènes physiques

Sous la responsabilité de
Jacques NEVEUX
*Observatoire océanologique de Banyuls,
Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer.*

COF

CAMPAGNES OCÉANOGRAPHIQUES FRANÇAISES
N° 17 - 1992



27079

Campagnes Océanographiques Françaises

N° 17 - 1992

LES MAXIMUMS PROFONDS DE CHL A, EN MER DES SARGASSES. DONNÉES PHYSIQUES, CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES.

CAMPAGNE CHLOMAX
14 septembre - 13 octobre 1987

CNRS - GROUPE DE RECHERCHE P4
Production pélagique et phénomènes physiques

Sous la responsabilité de
Jacques NEVEUX
*Observatoire océanologique de Banyuls,
Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer.*



IFREMER

GROUPE MÉDIPROD

Le groupe MÉDIPROD rassemble des chercheurs de plusieurs laboratoires français qui ont pour but l'étude des problèmes liés à la dynamique de la production pélagique. Cette action commune a pour cadre le GDR P4 "*production pélagique et phénomènes physiques*" du CNRS.

Responsables

Guy JACQUES
Laboratoire Arago
66650 Banyuls-sur-Mer

Bernard COSTE
Centre d'Océanologie
de Marseille
Faculté des Sciences
de Luminy, case 901
13288 Marseille Cedex 9

Ce document a été élaboré à partir des données de la campagne dépouillées une année après la fin de celle-ci. Elles sont disponibles auprès des auteurs qui ont participé à la rédaction de ce fascicule.

Service de la Documentation
et des Publications (S.D.P.)
IFREMER - Centre de Brest
BP 70 - 29280 PLOUZANÉ
Tél. 98 22 40 13 - Télex 940627 F

ISSN - 0761-3989

© Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, Ifremer, 1992.

TABLE DES MATIERES

PARTICIPANTS		4
INTRODUCTION		5
- Objectifs		7
- Plan de la campagne		7
1. DESCRIPTION PHYSICOCHIMIQUE DU MILIEU		9
1.1 Hydrologie	<i>Tailliez D. et J. Neveux</i>	9
1.2 Sels nutritifs	<i>Cruzado A. et R. Varela</i>	11
1.3 Oxygène	<i>Varela R. et A. Cruzado</i>	12
Tableaux des données physicochimiques		17
1.4 Mesures optiques	<i>Bricaud A., A. Morel et D. Tailliez</i>	39
Irradiation journalière		39
Profils verticaux d'éclairement photonique		43
Profils verticaux de turbidité		47
2. STRUCTURE DES COMMUNAUTES BIOLOGIQUES		49
2.1 Picoplancton photosynthétique: mesure par cytométrie en flux	<i>Vaulot D. et C. Courties</i>	49
Tableaux des données cytofluorimétriques		55
2.2 Comptages des organismes nano- et picoplanc- toniques, autotrophes et hétérotrophes : mesure en microscopie à épifluorescence	<i>Fukai E.</i>	63
Tableaux des données d'épifluorescence		67
2.3 Comptages et identification du phytoplancton au microscope inversé	<i>Velasquez Z.</i>	74
2.4 Examen et identification du phytoplancton en microscopie électronique	<i>Dinet M.J.</i>	76
2.5 Distribution des chlorophylles et des phéopigments	<i>Neveux J.</i>	82
Tableaux des données de chlorophylles et des phéopigments		90
2.6 Carbone et azote organiques particuliers	<i>Neveux J.</i>	99
2.7 Mésozooplancton	<i>Razouls C. et B. Tardet</i>	100
3. BIOPHYSIQUE ET ACTIVITE PHOTOSYNTHETIQUE DU PHYTOPLANCTON		107
3.1 Coefficients spectraux d'absorption in vivo du phyto- plancton et de la matière particulaire non pigmentée	<i>Stramski D. et A. Bricaud</i>	107
3.2 Spectres d'excitation et d'émission de fluorescence du phytoplancton	<i>Neveux J.</i>	111
3.3 Production primaire <i>in situ</i>	<i>Neveux J. et R. Charra</i>	115
3.4 Relations lumière-photosynthèse aux bas niveaux photiques	<i>Neveux J. et R. Charra</i>	119
3.5 Activité des carboxylases	<i>Descolas-Gros C. et L. Oriol</i>	125
3.6 Cinétique de fluorescence de la chlorophylle <i>a in vivo</i>	<i>Jupin H.</i>	129
CONCLUSION		137

PARTICIPANTS

A) PERSONNEL SCIENTIFIQUE

Personnel embarqué

Nom	Prénom	Spécialité	Qualité
NEVEUX	Jacques ¹	<i>Pigments du phytoplancton</i>	CNRS(CR1)
ORIOLE	Louise ¹	<i>Phytoplancton</i>	CNRS(T3)
TARDET	Béatrice ¹	<i>Zooplancton</i>	Etudiante
JUPIN	Henri ²	<i>Induction de fluorescence</i>	Professeur
BRICAUD	Annick ³	<i>Propriétés optiques</i>	CNRS(CR1)
CHARRA	Robert ⁴	<i>Production primaire</i>	CNRS(T3)
FUKAI	Eri ⁴	<i>Nano- et picoplancton</i>	Etudiante
LOUIS	Francis ³	<i>Electronique</i>	CNRS(T2B)
MOREL	André ³	<i>Optique marine</i>	Professeur
STRAMSKY	Dariusz ⁵	<i>Optique phytoplancton</i>	Chercheur
TAILLIEZ	Dominique ³	<i>Hydrologie, optique</i>	CNRS(IE)
COURTIES	Claude ⁶	<i>Cytométrie en flux</i>	CNRS(IE)
VAULOT	Daniel ⁶	<i>Cytométrie en flux</i>	CNRS(CR2)
CRUZADO	Antonio ⁷	<i>Sels nutritifs</i>	Chercheur
VARELA	Ramiro ⁷	<i>Oxygène, sels nutritifs</i>	Chercheur

Personnel à terre intervenant après la campagne

CHRETIEN- NOT-DINET	Marie-Jo ¹	<i>Microscopie électronique et phytoplancton</i>	CNRS(CR1)
DESCOLAS- GROS	Chantal ¹	<i>Dosage des carboxylases</i>	CNRS(CR1)
RAZOULS	Claude ¹	<i>Zooplancton</i>	Professeur
VELASQUEZ	Zoila ⁷	<i>Phytoplancton</i>	Chercheur

Adresses:

- 1.- Observatoire des Sciences de l'Univers, Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer (France).
- 2.- Laboratoire de Biologie Végétale, Université de Perpignan, Avenue de Villeneuve, 66000 Perpignan (France).
- 3.- CEROV, LPCM, B.P. 8, 06230 Villefranche sur Mer (France).
- 4.- CEROV, SZV, 06230 Villefranche sur Mer (France).
- 5.- Department of Biological Sciences, University of Southern California, Los Angeles 90089-USA.
- 6.- Observatoire des Sciences de l'Univers, Station biologique, 29211 Roscoff (France).
- 7.- Centre d'estudis avançats de Blanes, Blanes (Girona) 17300, Espagne.

B) EQUIPAGE

Nom	Grade	Nom	Grade
G. GOASGUEN	Commandant	M. BIDAN	Matelot
A. MORZALEC	Second capitaine	A. GUILCHER	Matelot
M. LE NOGUILLARD	Lieutenant	J. PERHIRIN	Matelot
P. GUILLEMET	Lieutenant	F. LE SAOUT	M. mécanicien
J.Y. GUYONVARCH	Off. électronicien	C. GUEGUEN	O. mécanicien
J. GUILMIN	Chef mécanicien	P. PLOUHINEC	M. électricien
F. GRALL	Second mécanicien	J.P. GUILLOU	Cuisinier
Y. CLOATRE	Maître d'équipage	G. LE BOT	Maître d'hôtel
J. GUILCHER	Maître de manoeuvre	J. LE GOURIEREC	Aide de cuisine
J.F. RIOU	Chef de bordée	A. LE FRANCOIS	Garçon
R. LE GOASDUFF	Matelot	T. JOUANEU	Garçon

INTRODUCTION

Les milieux oligotrophes sont généralement caractérisés par une production planctonique faible consécutive à une stratification physique et à un appauvrissement en sels nutritifs de la couche superficielle. Dans ces milieux, la distribution verticale de la chlorophylle *a* (indicateur de la biomasse du phytoplancton), se caractérise par un maximum situé entre 50 et 130 m de profondeur, au niveau ou au-dessous de la limite inférieure de la zone euphotique, profondeur où l'éclairement correspond au 1% de la lumière solaire pénétrant à la surface de la mer.

Diverses hypothèses ont été émises pour expliquer ce maximum.

- Sédimentation d'algues carencées en nutriments qui s'accumulent à un niveau plus riche en substances nutritives où elles peuvent acquérir une meilleure flottabilité. Le maximum de chlorophylle coïncide, en effet, avec le sommet d'une nitracline. Là, les cellules vivotaient en attendant d'être réexpédiées vers la surface, dans un environnement plus favorable à leur développement, lors de phénomènes d'homogénéisation des eaux superficielles, en hiver.
- Production photosynthétique en place.
- Accumulation de débris végétaux; des taux importants de phéopigments *a* (dérivés de dégradation des chlorophylles) y ont été décelés.
- Broutage différentiel du zooplancton.
- Augmentation de la concentration en chl *a* intracellulaire sans changement important du nombre de cellules, suite à une adaptation des photosystèmes des algues aux faibles éclaircements (augmentation de l'efficacité de capture de l'énergie lumineuse).

Evidemment, l'existence des maximums profonds peut résulter d'une combinaison de plusieurs ou de l'ensemble des processus précités et tous les maximums profonds n'ont pas nécessairement la même origine. Si le maximum de chl *a* apparaît aujourd'hui comme une structure continue à travers les océans oligotrophes, il est intéressant de pénétrer à l'intérieur de cette structure afin de répondre à un certain nombre de questions qu'il soulève. Certaines observations récentes ont contribué à relancer l'intérêt des océanographes pour les maximums profonds de chl *a*. Par exemple, il est quasiment démontré que les concentrations relativement fortes en phéopigments *a* qui avaient été trouvées dans ces maximums sont en fait le résultat d'artefacts méthodologiques, ce qui bat en brèche l'hypothèse d'une accumulation de débris d'origine végétale. De plus, les maximums profonds apparaissent riches en chlorophylle *b*, pigment qui a été longtemps considéré comme négligeable en milieu océanique. Ce pigment est associé aux algues vertes *lato sensu* (Chlorophycées, Prasinophycées, etc.). Or, on signale rarement ce type d'algues dans les inventaires floristiques des régions oligotrophes et les quelques données quantitatives les concernant ne sont pas à même d'expliquer la présence d'aussi fortes concentrations en Chl *b*.

Par ailleurs, l'ordre de grandeur de la production primaire dans les systèmes oligotrophes apparaît encore incertain. Les estimations directes sont généralement réalisées à partir de la technique au ^{14}C sur des échantillons incubés en petits flacons. Or, des méthodes indirectes, utilisant 1) des traceurs comme ^3H (Jenkins, 1980), 2) la consommation d' O_2 sous la zone euphotique (Jenkins, 1982), 3) le flux de nitrates (Jenkins, 1988) et la production d' O_2 par photosynthèse dans la couche euphotique (Schulenberger et Reid, 1981; Jenkins et Goldman, 1985), suggèrent que la méthode au ^{14}C sousestime la production primaire globale des systèmes oligotrophes, jusqu'à parfois un ordre de grandeur.

En conséquence, quelle est la composition floristique réelle des communautés dans ces maximums? Existe-t-il des espèces qui leur sont spécifiques? Peuvent-elles être considérées comme photosynthétiquement adaptées à l'utilisation des faibles éclaircements? Quelle est l'importance du maximum profond dans la production primaire intégrée des mers oligotrophes? Ceci est essentiel quand on sait que la télédétection dont l'un des buts est l'estimation de la production primaire, à l'échelle de l'Océan mondial, ne tient compte en fait que du tiers supérieur de la zone euphotique et donc ignore l'existence du maximum profond.

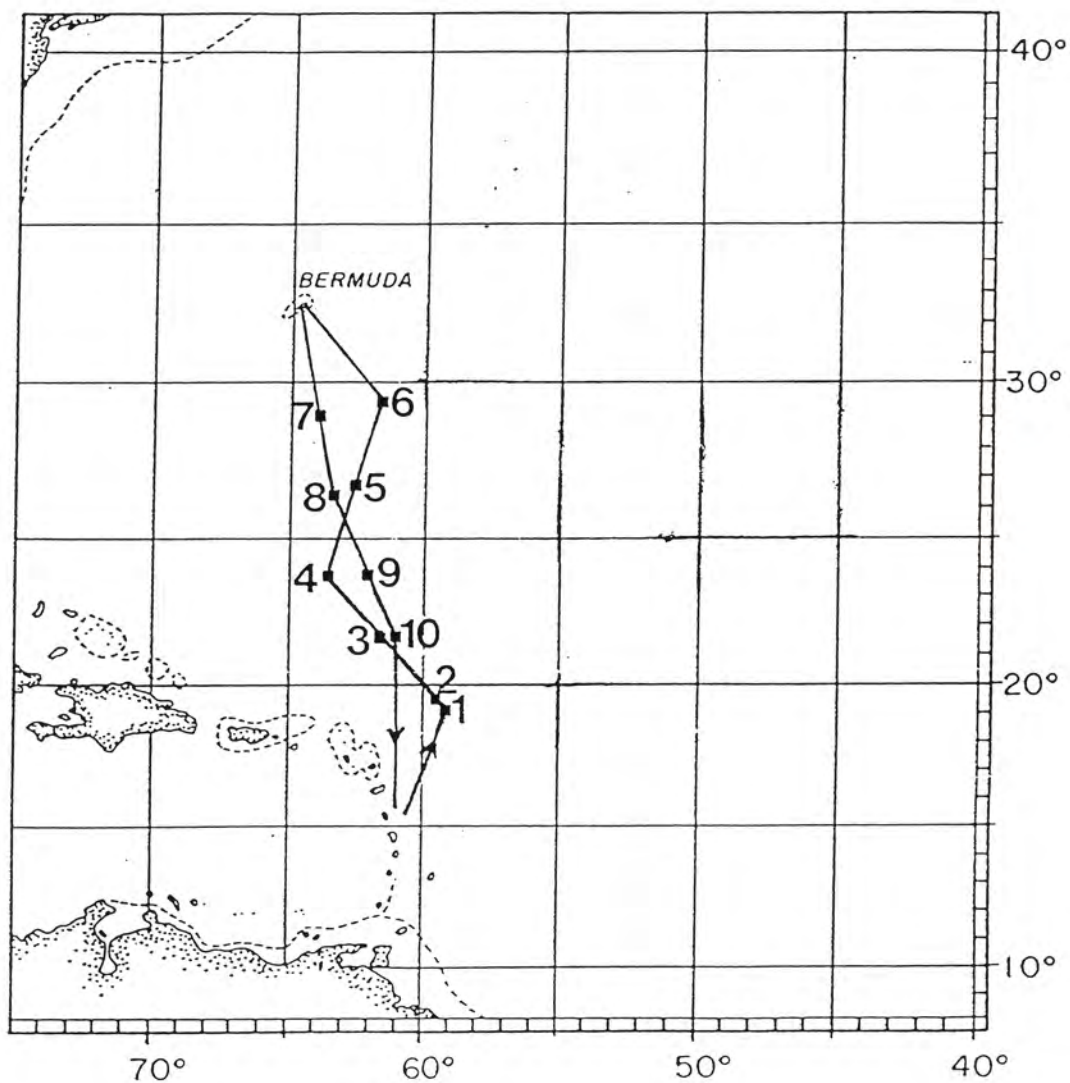


Fig 1- Stations principales de la campagne CHLOMAX
(14 septembre-13 octobre 1987)

N°	Longitude	Latitude	N°	Longitude	Latitude
1	58° 41 W	19° 09 N	6	61° 42 W	29° 38 N
2	59° 25 W	19° 33 N	7	63° 52 W	29° 06 N
3	61° 31 W	21° 44 N	8	63° 20 W	26° 17 N
4	63° 28 W	23° 44 N	9	62° 14 W	23° 45 N
5	62° 32 W	26° 48 N	10	60° 58 W	21° 22 N

OBJECTIFS

Les opérations de la campagne Chlmax (14 septembre- 13 octobre 1987) ont eu pour cadre le sud-ouest de la mer des Sargasses. Cette région a été choisie car elle figure parmi les plus pauvres de l'Océan mondial. Les principaux buts de la campagne étaient de préciser:

- 1) la structure, les propriétés optiques, l'état physiologique et l'activité photosynthétique des communautés composant les maximums profonds de chl *a*,
- 2) les particularités que possèdent ces communautés par rapport à celles qui occupent les zones plus superficielles.
- 3) le niveau de la production primaire d'une zone longtemps considérée comme un désert biologique.
- 4) les relations entre la distribution verticale du phytoplancton, les facteurs physiques qui contrôlent la stabilité de la colonne d'eau et les flux verticaux de sels nutritifs

PLAN DE LA CAMPAGNE

La campagne s'est déroulée sur le navire océanographique "Suroit", au voisinage de 61° W et entre 20 et 30° N (Fig.1). Elle comprenait deux parties.

Première partie (14-27 septembre 1987)

La première partie se composait de 5 stations courtes de 6 h (Sts 1-5) et d'une station longue de 6 jours (St. 6).

Aux stations courtes, les principales opérations débutaient à 3 h (TU-4) et comprenaient:

- profils de pénétration et de diffusion de la lumière;
- profils de bathysonde CTD 0-400 m (Tabl.1);
- prélèvements discrets à 11 niveaux avec la rosette de bouteilles Niskin 8l pour:
 - a) mesures des chlorophylles *a*, *b*, *c* et des phéopigments;
 - b) comptages des cellules picoplanctoniques au cytomètre en flux;
 - c) comptages des auto- et hétérotrophes du nano et du picoplancton au microscope à épifluorescence;
 - d) cinétique d'induction en présence de DCMU;
 - e) sels nutritifs;
 - f) oxygène dissous;
- trait vertical au filet triple WP2 pour prélever du zooplancton entre 0 et 600 m;
- prélèvements d'eau à plusieurs niveaux (suivant la structure verticale des paramètres physiques) à l'aide de bouteilles Niskin de 30 l, pour détermination:
 - a) des spectres d'absorption des algues,
 - b) des carboxylases,
 - c) des courbes lumière-photosynthèse aux faibles éclaircissements (inférieurs ou égaux au 1%), en incubateur artificiel;

A la station longue, mêmes opérations auxquelles on doit ajouter:

- des mesures *in situ* de la production primaire au cours d'une journée solaire;
- préparation d'échantillon pour identification au microscope électronique du phytoplancton;
- traits de filet vertical WP2, 0-50m, 0-100m, 0-200m: comparaison jour-nuit
- essais de mise en culture d'organismes photosynthétiques présents dans la région;
- quelques prélèvements pour détermination du carbone et de l'azote particulaire;
- profil bathysonde 0- 1500 m
- étude des variations jour-nuit, pendant 48 h, avec toutes les 6 h: bathysonde 0-200 m et prélèvements d'eau avec la rosette de bouteilles 8l.

Au cours de la deuxième partie ont été effectuées:
 - deux stations très courtes (1 à 2 h: Sts 7,9) en vue de déterminer un nombre de paramètres restreints, en particulier: propriétés optiques de la mer et du phytoplancton; dosage des chlorophylles;
 - deux stations longues, l'une de 5 jours (St.8), l'autre de 15 h (St.10), avec sensiblement le même type d'opérations qu'à la station 6.

REFERENCES

Jenkins, W.J., 1980. Tritium and ³He in the Sargasso Sea. *J. Mar. Res.*, 38: 533-569.
 Jenkins, W.J., 1982. Oxygen utilization rates in North Atlantic subtropical gyre and primary production in oligotrophic systems. *Nature*, 300: 246-248.
 Jenkins W.J. et J.C. Goldman, 1985. Seasonal oxygen cycling and primary production in the Sargasso Sea. *J. Mar. Res.*, 43: 465-491.
 Jenkins, 1988. Nitrate flux into the euphotic zone near Bermuda. *Nature*, 331: 521-523.
 Schulenberger E. et J.L. Reid, 1981. The pacific shallow oxygen maximum, deep chlorophyll maximum, and primary productivity reconsidered. *Deep-Sea Res.*, 28: 901-919.

```

*****
*                               Références suivant *
*   Station   Date              la hauteur échantillonnée *
*****
*                               0-200m   0-500m   0-1500m *
*                               *0-160m *0-400m
*
*   1         16/9/87                1                *
*   2         17/9/87                2                *
*   3         18/9/87              3bis*           3                *
*   4         19/9/87              4bis*           4                *
*   5         20/9/87              5bis*           5                *
*   6         21/9/87                601              601bis         *
*           22/9/87                602              602bis         *
*           23/9/87                603              *
*           *
*           613                      *
*           623                      *
*           633                      *
*           24/9/87                604              *
*           *
*           614                      *
*           624                      *
*           634                      *
*           25/9/87                605              615         *
*           26/9/87                606              616         626         *
*   7         4/10/87
*   8         5/10/87                810              811*          *
*           6/10/87                820              821*          *
*           7/10/87                830              831*          832         *
*           8/10/87                840              841*          *
*           9/10/87                850              851         *
*   9         10/10/87              950              *
*   10        11/10/87              960              962          961         *
*****
    
```

Tableau 1- Références des profils bathysonde

1. DESCRIPTION PHYSIQUE ET CHIMIQUE DU MILIEU

1.1. HYDROLOGIE

Tailliez Dominique. et Jacques Neveux

1.1.1. METHODES

Les données hydrologiques (température, salinité, densité) ont été obtenues à l'aide d'une sonde CTD Guidline 8705 et enregistrées à la fois sur bandes magnétiques et disquettes. En tout, 40 profils continus ont été réalisés: 22 entre 0-200m, 5 entre 0-400m, 7 entre 0-500m et 6 entre 0-1500m. Dans les tableaux situés en fin de chapitre (pages 17-38) figurent les données physiques moyennes (n = 15) enregistrées au moment du déclenchement des bouteilles Niskin de la rosette pour les prélèvements discrets. La tableau 1 indique les correspondances entre les références des profils bathysonde (avec prélèvements discrets) et la numérotation des stations principales¹.

1.1.2. RESULTATS

La température présente une distribution verticale tout à fait caractéristique des eaux centrales de l'Atlantique nord en période estivale et automnale (Fig.2).

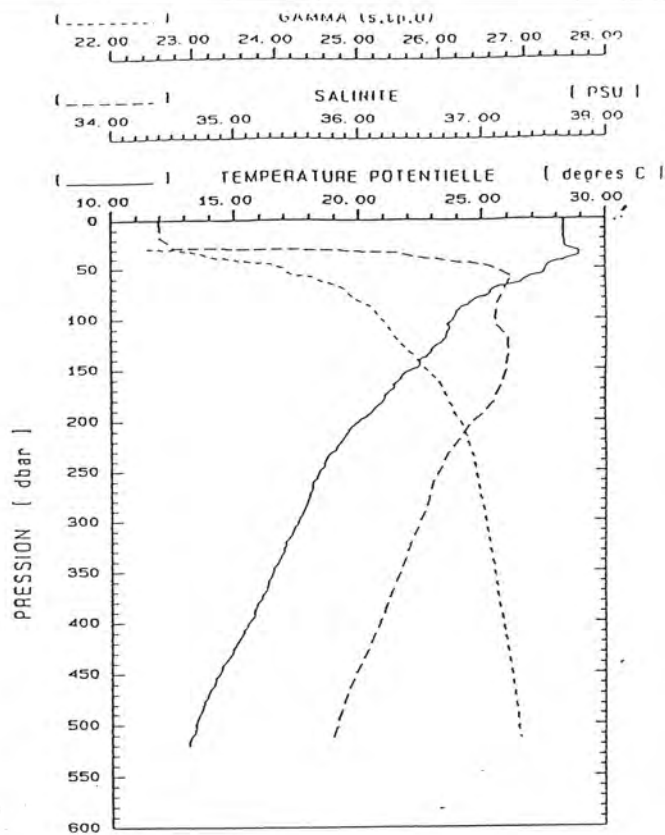
A la station 6, la plus au nord (200 milles au SE des Bermudes), on trouve deux thermoclines bien individualisées. La plus profonde, ou *thermocline permanente*, a son sommet situé vers 400 m. La plus superficielle, ou *thermocline saisonnière*, s'amorce vers 20-25m (baisse de température de 8°C entre 20 et 100 m). En allant vers le sud, la zone de transition entre les deux thermoclines s'atténue fortement donnant l'impression d'une thermocline quasi continue entre 40 et 500 m (Fig. 2, station 2). Les températures superficielles sont voisines de 28°5, sauf à la station 6 où elles sont inférieures à 28°C. Le maximum de biomasse du phytoplancton (chl a) se trouve 80 m au-dessous de l'amorce de la thermocline saisonnière (Fig. 3). Il est soumis à des températures de plus en plus froides en remontant vers le nord (de 23°5 à 19°5).

A la station 6, la salinité apparaît quasi homogène sur les 400 premiers mètres (de 36,7 PSU en surface à 36,45 PSU à 400 m: Fig. 2., station 6). Au sud, les eaux de surface sont dessalées et témoignent de la présence du courant équatorial (34,40 à 35,00 PSU: Fig. 2, station 2). On note, d'autre part, l'existence d'un maximum de salinité aux alentours de 100-150 m de profondeur. Il est d'autant plus marqué que l'on est plus sud. Il est généralement considéré comme le résultat de l'action des alizés qui produisent une forte évaporation au centre de la mer des Sargasses. Les eaux de surface plus salées deviennent plus denses, plongent et se répandent vers le sud et l'ouest. La plus forte valeur observée dans ce maximum de salinité est de 37,435 PSU (Station 10) et supérieure à la valeur maximale rapportée par Worthington (1976): 37,364 PSU

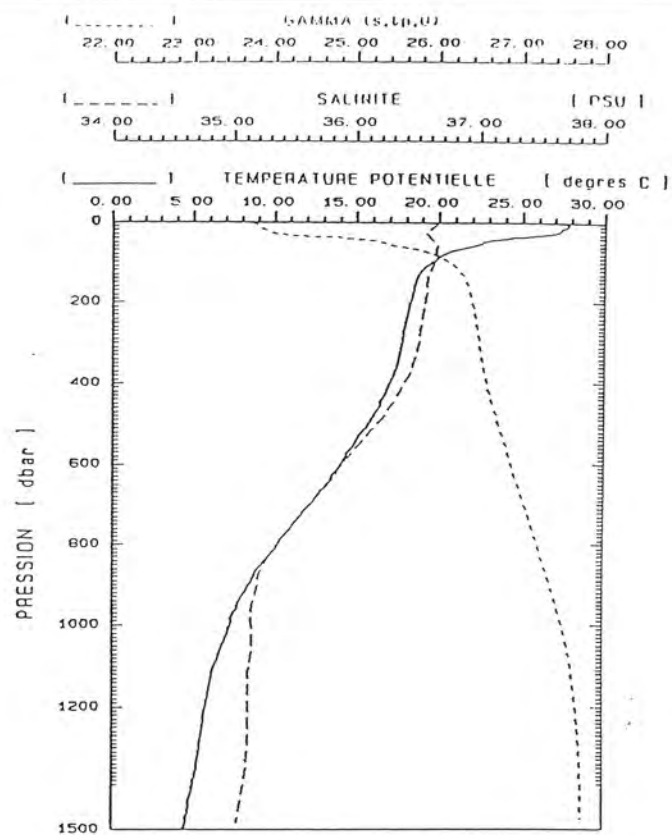
REFERENCES

Worthington L.V., 1976. On the North Atlantic circulation. *The John Hopkins Oceanographic studies* N°6, 110 pps.

¹ Dans les tableaux, les données sont généralement référencées par rapport au numéro de la station principale avec entre parenthèses le nombre correspondant à la palanquée discrète.



CHLOMAX
STATION 2
Date 17/09/87
Heure 6H 37min 47sec TU -4
Latitude 19.3290 N
Longitude 59.2530 W



CHLOMAX
STATION 601
Date 21/09/87
Heure 8H 16min 14sec TU -4
Latitude 29.3779 N
Longitude 61.4174 W

Fig. 2- Distribution verticale des températures, des salinités et des densités enregistrées au cours des profils continus de bathysonde aux stations 2 et 6

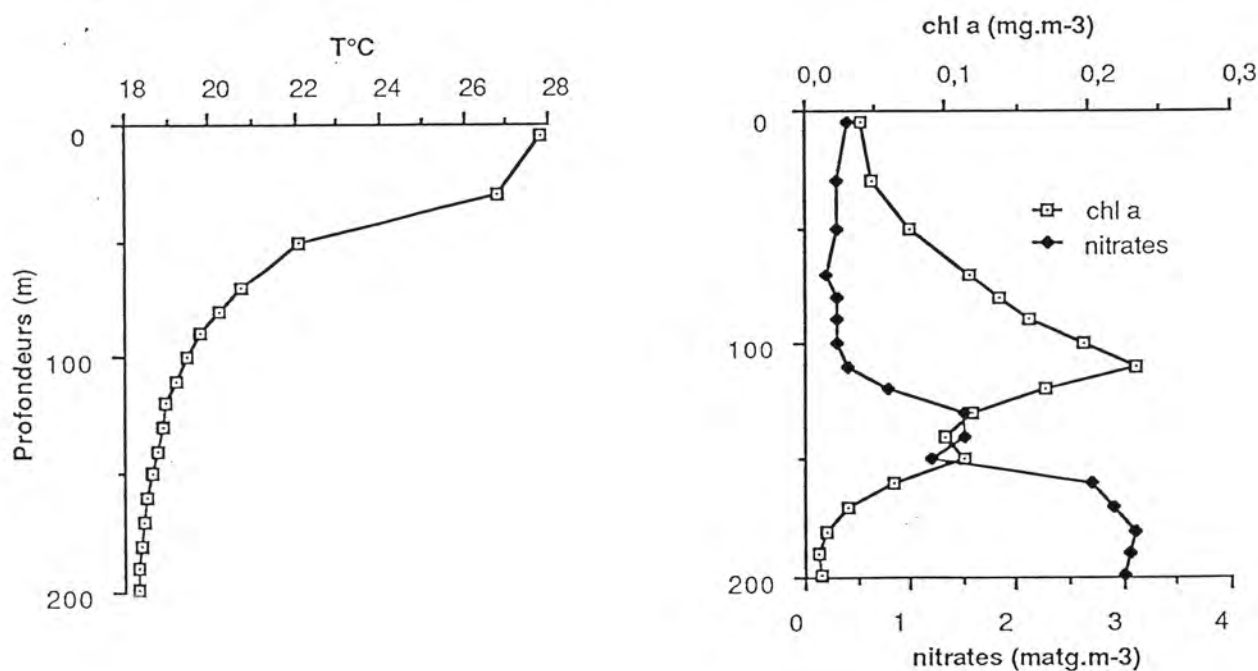


Fig. 3- Distribution verticale, dans la couche superficielle, de la température (à gauche), de la chl a et des nitrates (à droite) mesurés sur les prélèvements discrets, à la station 6.

1.2. SELS NUTRITIFS.

Cruzado Antonio et Ramiro Varela

1.2.1. METHODES

Des bouteilles Niskin de la rosette, l'eau est prélevée dans des flacons en plastique de 150 ml. En général, les analyses sont effectuées immédiatement. Si une conservation des échantillons de quelques heures est nécessaire, une goutte de chloroforme y est ajoutée et les flacons gardés dans un congélateur à -18°C ; au moment de l'analyse, la décongélation est réalisée le plus rapidement possible.

Les nitrates, nitrites, silicates ont été dosés sur un autoanalyseur Skalar à quatre voies.

Les techniques analytiques suivies sont celles décrites par Whitley *et al.* (1981) avec de légères modifications pour les adapter aux conditions d'oligotrophie de la mer des Sargasses (augmentation de la sensibilité par réduction du diamètre des tuyaux et utilisation de cuves de mesure d'un parcours optique de 50 mm).

L'eau distillée, nécessaire à la préparation des réactifs et des étalons, a été préparée au CEAB par osmose inverse (Milli-Rho), déionisation (Milli-Q) et distillation sur Pyrex en présence de permanganate de potassium.

Les solutions nécessaires à la préparation des gammes étalons ont été réalisées par dilution au $1/100^{\text{e}}$ (nitrites) ou au $1/25^{\text{e}}$ (nitrates, silicates) de solutions stocks contenant 5mM.

Des solutions d'eau de mer de surface ou de chlorure de sodium à 38 g.l^{-1} ont été utilisées pour les rinçages. Tous les réactifs sont de qualité analytique et les valeurs des blancs fréquemment contrôlées.

1.2.2 RESULTATS

Nitrates

Les valeurs en nitrates se trouvent généralement à la limite de détection de la méthode en surface et atteignent des concentrations supérieures à $20 \mu\text{mol.l}^{-1}$ entre 800 et 1500 m de profondeur (Fig. 4) dans des eaux de basses salinités. Le rapport $\text{NO}_3^-/\text{Salinité}$ est quasi-linéaire sur l'ensemble de la colonne d'eau, avec des teneurs en nitrate maximales dans les eaux à salinité comprise entre 35 et 35,3 PSU. Seule la station 4 se détache du reste, elle montre une remontée des eaux intermédiaires (le rapport $\text{NO}_3^-/\text{Salinité}$ étant similaire à celui des autres stations). On remarque aussi l'existence d'une nitracline accentuée qui commence à des profondeurs au-delà de 100 m, et souvent au niveau du maximum profond de chlorophylle (Fig. 3).

Silicates

Il existe une très bonne corrélation entre les concentrations en silicates et la salinité, sauf à la station 2, très riche en silicate ($> 4 \mu\text{mol.l}^{-1}$), qui montre des salinités très basses en surface. Les teneurs en silicates se maintiennent toujours au-dessus de la limite de détection de la méthode, entre $0.5 \mu\text{mol.l}^{-1}$ au-dessous de la surface et jusqu'à $16 \mu\text{mol.l}^{-1}$ aux alentours de 1000 m (Fig. 5).

Au-dessous de $26^{\circ}30 \text{ N}$, on trouve un minimum de silicates bien marqué vers 100-110 m.

REFERENCES

Whitley T.E., S.C. Malloy, C.J. Patton et C.D. Wirick. Automated nutrient analysis in seawater. *Environmental control technology and Earth Sciences*, TIC-4500.

1.3. OXYGENE

Varela Ramiro et Antonio Cruzado

1.3.1. METHODES

La détermination des concentrations en oxygène dissous a été effectuée à bord suivant la méthode classique de Winkler. Les valeurs sont exprimées en ml.l^{-1} .

1.3.2. RESULTATS

Les eaux sont généralement sursaturées en O_2 dans la première centaine de mètres avec des concentrations en surface voisines de $4,7\text{-}5 \text{ ml.l}^{-1}$ (Fig. 6). Ces concentrations atteignent un maximum d'environ $5,6\text{-}5,7 \text{ ml.l}^{-1}$ vers 50 m, puis décroissent lorsque la profondeur augmente. Les pourcentages de saturation restent supérieurs à 80% jusqu'à 300 m. Les minimums d'oxygène et du pourcentage de saturation se situent vers 800-900m. Ces résultats sont conformes à ce que l'on pouvait attendre dans cette région.

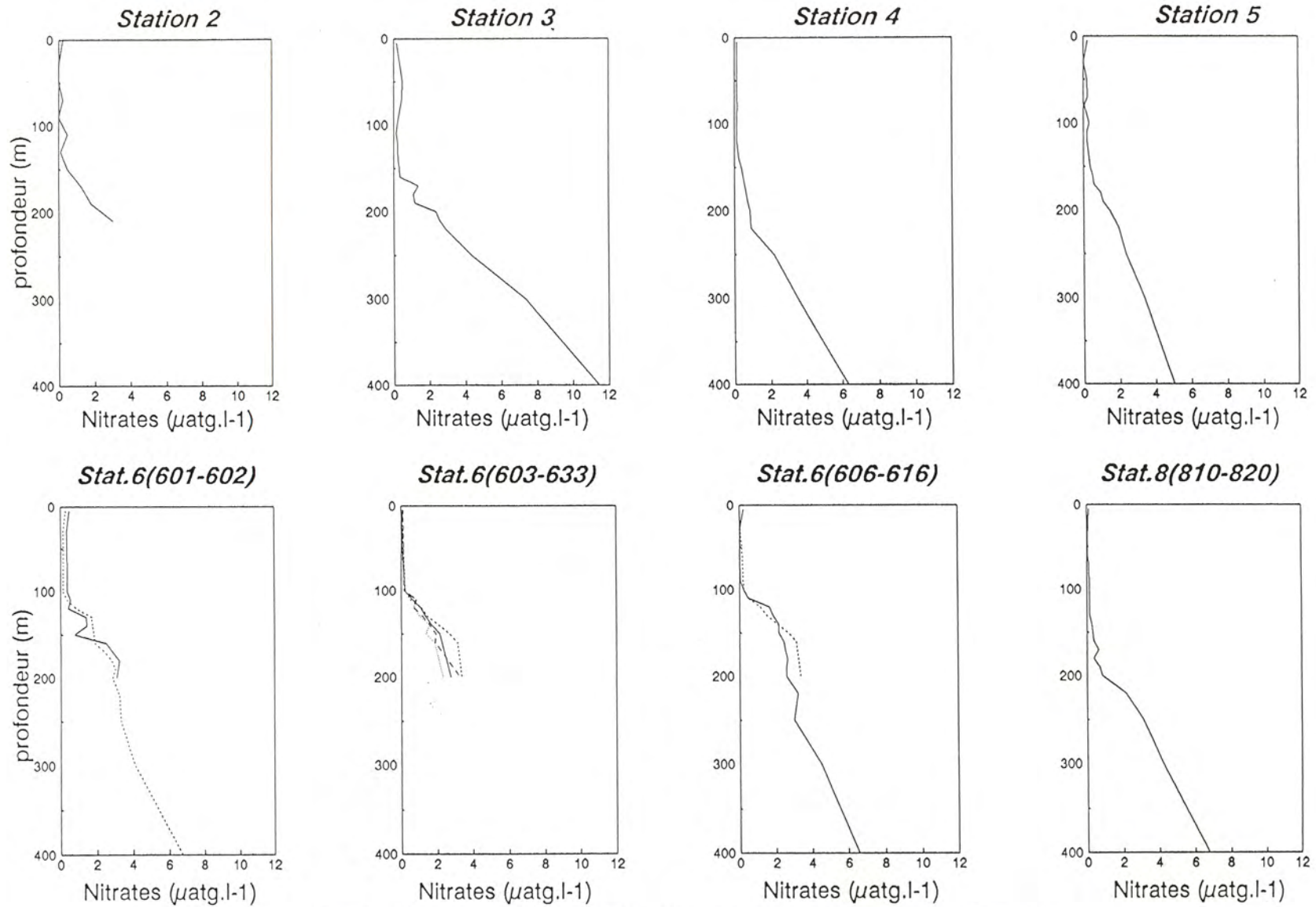


Fig. 4- Distribution verticale des nitrates à quelques stations

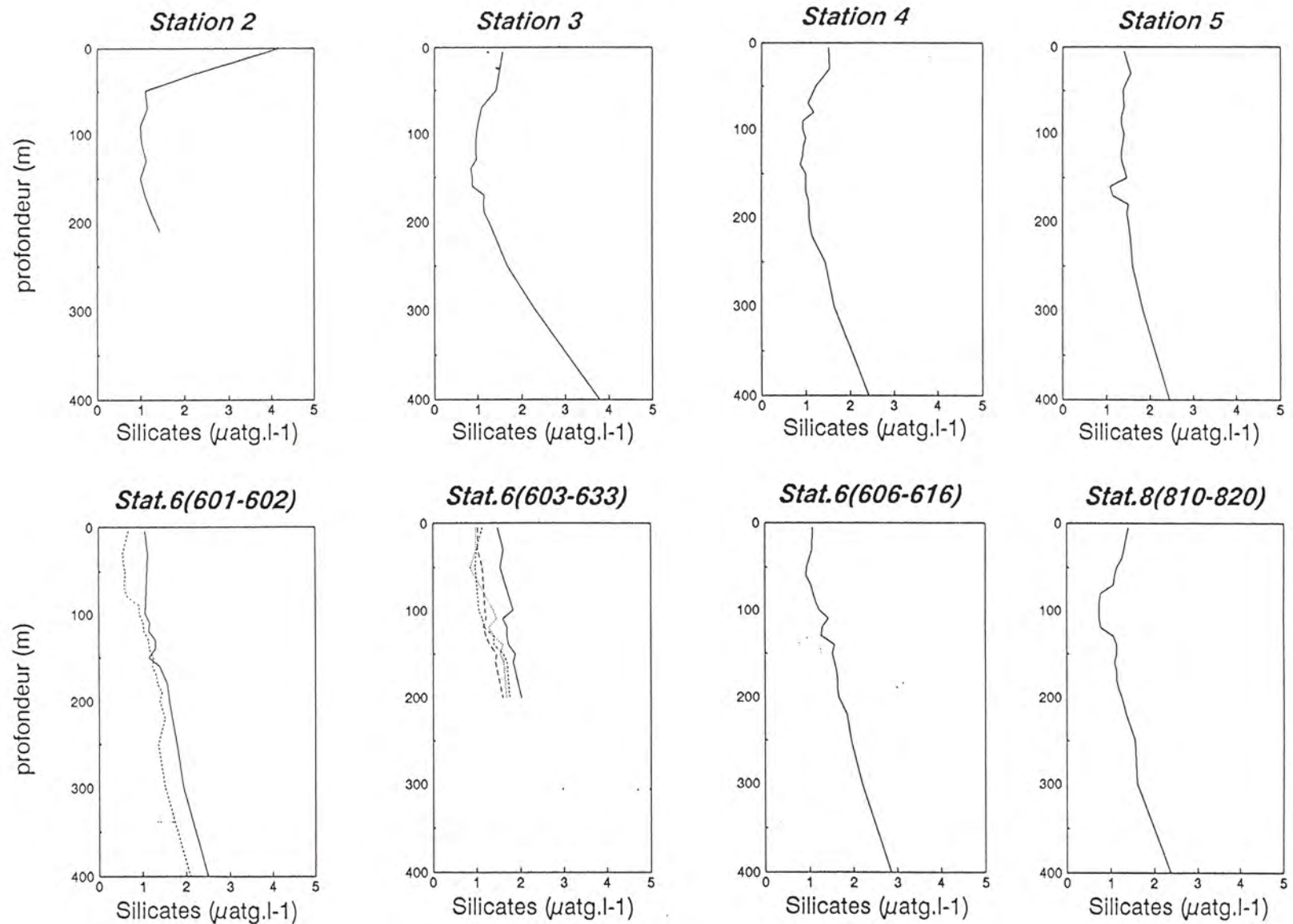


Fig. 5- Distribution verticale des silicates à quelques stations

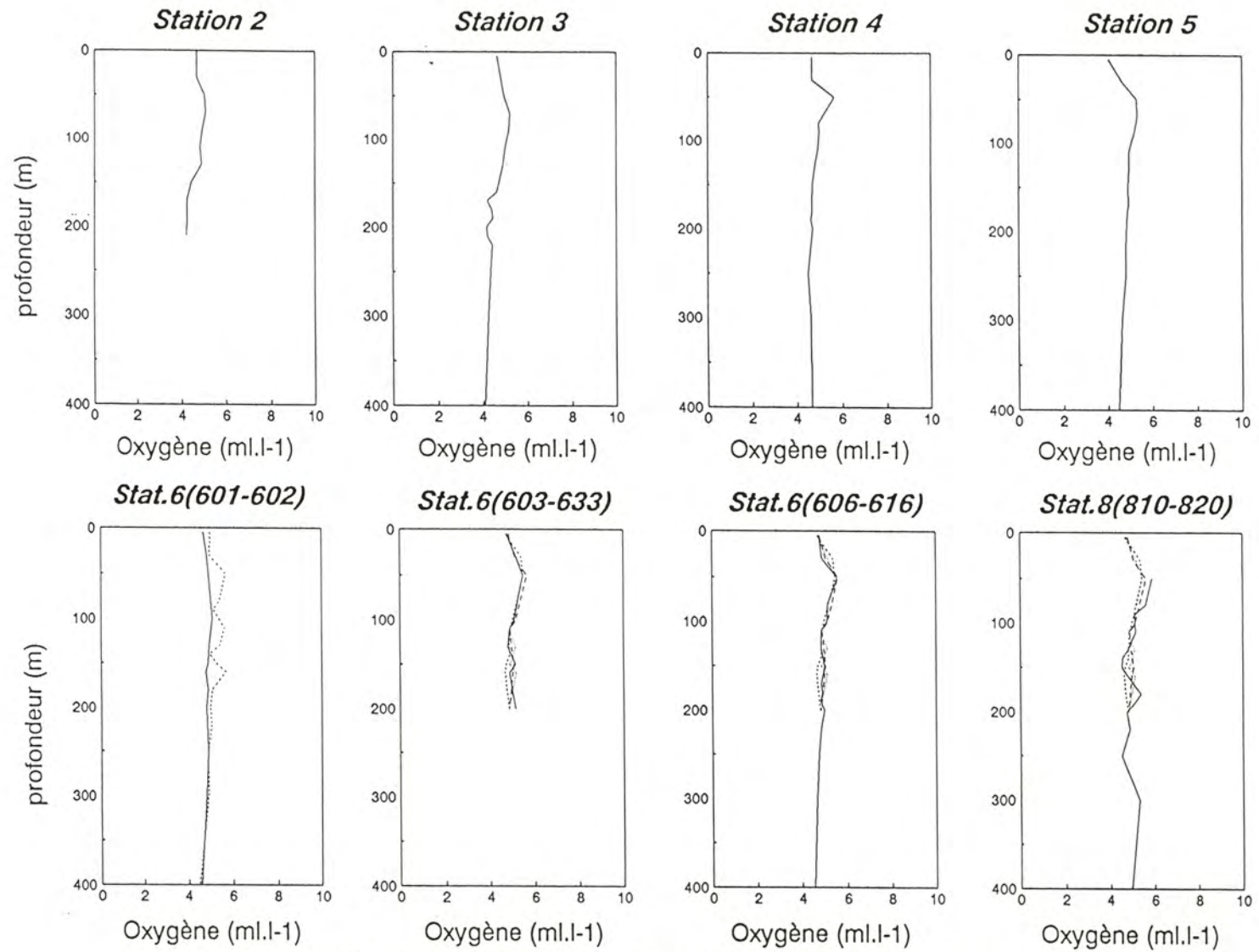


Fig. 6- Distribution verticale de l'Oxygène dissous à quelques stations

TABLEAUX DES DONNEES PHYSICOCHIMIQUES

Les données de sels nutritifs sont exprimées en $\mu\text{atg.l}^{-1}$: nitrates (NO_3), nitrites (NO_2), silicates ($\text{Si}(\text{OH})_4$). Les autres paramètres sont exprimés comme suit:

- Profondeur (Z)	m
- Oxygène dissous (O_2)	ml.l^{-1}
- Pourcentage de saturation en O_2 ($\%\text{O}_2$)	%
- Température (T)	$^{\circ}\text{C}$
- Salinité (S)	PSU
- Densité (SIGMAT) calculée selon UNESCO (1983)	

Les données physiques correspondent aux valeurs trouvées au moment du déclenchement des bouteilles Niskin de la rosette.

Elles ont été par ailleurs enregistrées en continu lors de la descente de la bathysonde. Pour obtenir l'ensemble de ces données de bathysonde, s'adresser à D. Tailliez ou J. Neveux.

```

*****
*   Campagne :CHLOMAX           Date   : 17/09/87 Heure debut BTS: 6H 37mn 47s   Position 19 33 N *
*   Navire   :LE SUROIT        Station: 2      Heure fin BTS:   6H 51mn 11s   59 25 W *
*   Sonde (m):                  Heure /TU      :-4
*****
*   DONNEES METEOROLOGIQUES:    Heure d'observation: 7H 00 *
*   Vent:      NNE              10 Noeuds      Mer:                3 peu agitee*
*   Temperature de l'air -sec:  27 Deg C      Pression atm.:      1013 Hpa *
*   -hum:      Deg C           Nebulosite:         4 Octas *
*   Temperature de surface:    27,9 Deg C      Hygrometrie:        % *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION D'HYDROLOGIE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT
0	0,23	0,24	4,16			4,69	101,14	28,293	34,402	21,85
30	0,02	0,20	2,20			4,69	101,84	28,858	35,081	22,17
50	0,02	0,27	1,10			5,02	106,70	27,277	37,150	24,25
70	0,23	0,22	1,15			5,08	105,89	25,269	37,121	24,86
90	0,02	0,33	1,00			4,93	101,67	23,944	37,093	25,25
110	0,50	0,24	1,02			4,82	98,25	23,595	37,160	25,40
130	0,12	0,24	1,13			4,89	98,01	22,974	37,200	25,61
150	0,50	0,27	1,00			4,44	87,79	22,410	37,261	25,82
170	1,26	0,35	1,10			4,24	81,89	21,229	37,125	26,05
190	1,81	0,55	1,26			4,24	80,86	20,351	36,996	26,19
210	3,00	0,24	1,44			4,21	78,97	19,512	36,852	26,31

```

*****
*   Campagne :CHLOMAX           Date : 18/09/87 Heure debut BTS: 4H 10mn 50s   Position 21 44 N *
*   Navire   :LE SUROIT         Station: 3      Heure fin BTS:   4H 24mn 20s   61 31 W *
*   Sonde (m):                   Heure /TU           :-4                               *
*
*                               3bis    Heure debut BTS: 7H 55mn 17s   Position 21 44 N *
*                               Heure fin BTS:   8H 00mn 25s   61 31 W *
*****
*   DONNEES METEOROLOGIQUES           Heure d'observation:   5H 00   *
*   Vent:   S                        11 Noeuds           Mer:                   3 peu agitee*
*   Temperature de l'air -sec:        27 Deg C           Pression atm.:         1010 Hpa   *
*                               -hum:           Deg C           Nebulosite:           Octas   *
*   Temperature de surface:          28,4 Deg C           Hygrometrie:          %   *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION HYDROLOGIQUE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT
5	0,17	0,18	1,56			4,63	101,31	28,780	36,078	22,95
50	0,48	0,18	1,41			4,93	106,67	28,013	36,530	23,54
70	0,45	0,22	1,08			5,20	106,99	25,080	36,781	24,67
90	0,28	0,24	1,00			5,15	103,47	23,654	36,833	25,13
100	0,20	0,24	0,97					23,168	36,819	25,27
110	0,14	0,21	0,95			4,97	98,82	23,005	36,907	25,38
120	0,22	0,19	0,95					22,732	36,912	25,46
130	0,23	0,30	0,97			4,88	95,32	21,969	36,820	25,61
140	0,25	0,30	0,84					21,691	36,846	25,71
150	0,31	0,38	0,87			4,71	91,38	21,531	36,884	25,78
160	0,34	0,33	0,87			4,62	89,40	21,352	36,946	25,88
170	1,36	0,13	1,15			4,20	81,37	21,341	37,156	26,04
180	1,09	0,18	1,13			4,39	83,89	20,591	36,941	26,09
190	1,17	0,13	1,15			4,43	83,85	20,068	36,818	26,13
200	2,36	0,18	1,25			4,17	79,26	20,251	36,996	26,22
210	2,56	0,18	1,33			4,19	79,21	19,942	36,938	26,26
220	2,90	0,18	1,41			4,41	82,92	19,643	36,888	26,30
250	4,34	0,18	1,66			4,33	80,12	18,734	36,742	26,42
300	7,35	0,19	2,30			4,25	77,15	17,669	36,568	26,56
400	11,43	0,56	3,79			4,09	71,54	15,661	36,191	26,74
500	18,55	0,36	6,07			3,65	61,39	13,612	35,831	26,91

```

*****
*   Campagne :CHLOMAX           Date   : 19/09/87  Heure debut BTS: 4H 13mn 15s   Position 23 44 N *
*   Navire   :LE SUROIT        Station: 4      Heure fin BTS:   4H 27mn 49s   63 28 W *
*   Sonde (m): 5850 m          Heure /TU           :-4                      *
*
*                               4 bis  Heure debut BTS: 7H 40mn 10s   Position 23 44 N *
*                               Heure fin BTS:   7H 45mn 07s   63 28 W *
*****
*   DONNEES METEOROLOGIQUES:    Heure d'observation: 5H 00          *
*   Vent:                        Mer:                                     *
*   Temperature de l'air -sec:    27,6 Deg C      Pression atm.:      1010 Hpa          *
*                               -hum:          Deg C      Nebulosite:        3 Octas          *
*   Temperature de surface:      28,5 Deg C      Hygrometrie:       %                  *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CIMIQUES DE LA STATION D'HYDROLOGIE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT
5	0,13		1,50			4,66	102,30	28,876	36,298	23,08
30	0,13		1,53			4,66	102,29	28,872	36,297	23,08
50	0,13		1,22			5,67	119,81	26,663	36,644	24,07
70	0,13		1,04			5,19	106,83	25,103	36,778	24,66
80	0,17		1,17			4,97	101,63	24,675	36,885	24,87
90	0,13		0,92			5,00	100,42	23,617	36,869	25,17
100	0,13		0,92					23,138	36,865	25,31
110	0,13		0,99			4,93	97,53	22,718	36,858	25,43
120	0,13		0,94					22,442	36,859	25,51
130	0,20		0,92			4,80	93,87	22,024	36,850	25,62
140	0,26		0,87					21,860	36,841	25,66
150	0,41		0,99			4,71	91,53	21,644	36,848	25,72
160	0,48		0,99					21,570	36,881	25,77
170	0,57		0,99			4,68	89,86	20,933	36,813	25,89
180	0,66		1,05			4,68	89,18	20,490	36,779	25,99
190	0,73		1,07			4,63	88,07	20,371	36,808	26,04
200	0,84		1,07			4,71	88,85	19,901	36,733	26,11
220	0,92		1,12					19,356	36,651	26,19
250	2,18		1,43			4,50	83,46	18,908	36,665	26,32
300	3,52		1,63			4,63	84,86	18,232	36,585	26,43
400	6,29		2,42			4,65	83,68	17,209	36,438	26,57
500	10,34		3,49			4,36	76,31	15,705	36,179	26,72

```

*****
*      Campagne :CHLOMAX      Date : 20/9/87 Heure debut BTS:  4H 11mn 37s      Position 26 48 N *
*      Navire   :LE SUROIT   Station: 5      Heure fin BTS:    4H 25mn 47s      62 32 W *
*      Sonde (m):                Heure /TU           :-4                *
*
*                               5bis  Heure debut BTS:  7H 45mn 29s      Position 26 48 N *
*                               Heure fin BTS:    7H 50mn 05s      62 32 W *
*****
*      DONNEES METEOROLOGIQUES:      Heure d'observation:      5H 00      *
*      Vent:      NNE                5 Noeuds      Mer:                *
*      Temperature de l'air -sec:      26 Deg C      Pression atm.:      1012 Hpa      *
*                               -hum:      Deg C      Nebulosite:        2 Octas      *
*      Temperature de surface:      28 Deg C      Hygrometrie:        %                *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CIMIQUES DE LA STATION D'HYDROLOGIE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT
5	0,23	0,15	1,39			4,02	87,57	28,299	36,760	23,62
30	0,02	0,13	1,55			4,63	100,48	28,099	36,746	23,68
50	0,20	0,11	1,37			5,27	109,17	25,459	36,824	24,58
70	0,23	0,12	1,39			5,31	107,05	23,838	36,877	25,11
80	0,05	0,10	1,34			5,23	103,92	22,977	36,873	25,36
90	0,18	0,09	1,34			5,14	101,11	22,371	36,878	25,54
100	0,30	0,06	1,39			5,05	98,56	21,889	36,894	25,69
110	0,20	0,08	1,37			4,93	95,61	21,520	36,855	25,76
120	0,18	0,08	1,34					21,005	36,796	25,86
130	0,25	0,04	1,34			4,93	94,25	20,677	36,796	25,95
140	0,32	0,08	1,39					20,214	36,737	26,03
150	0,37	0,03	1,47			4,88	91,75	19,710	36,693	26,13
160	0,50	0,03	1,08					19,444	36,665	26,18
170	0,57	0,13	1,14			4,90	91,20	19,134	36,631	26,23
180	0,96	0,12	1,50			4,85	89,87	18,874	36,603	26,28
190	1,07	0,09	1,47			4,83	89,26	18,720	36,590	26,31
200	1,44	0,09	1,50					18,572	36,582	26,34
220	1,96	0,08	1,55			4,80	88,24	18,414	36,572	26,37
250	2,35	0,08	1,60			4,78	87,66	18,276	36,565	26,40
300	3,36	0,15	1,83			4,60	83,86	17,933	36,544	26,47
400	5,02	0,03	2,45			4,45	79,91	17,089	36,423	26,59
500	8,24	0,04	3,56			4,33	75,75	15,671	36,182	26,73

```

*****
*   Campagne :CHLOMAX           Date : 21/9/87 Heure debut BTS:  4H 09mn 11s   Position 29 38 N *
*   Navire   :LE SUROIT        Station: 6 (601) Heure fin BTS:   4H 15mn 46s   61 42 W *
*   Sonde (m):                  Heure /TU                :-4 *
*
*                               (601bis) Heure debut BTS:  8H 16mn 14s   Position 29 38 N *
*                               Heure fin BTS:   8H 55mn 01s   61 42 W *
*****
*   DONNEES METEOROLOGIQUES:      Heure d'observation:      5H 00 *
*   Vent:   SSW                   6 Noeuds                      Mer: *
*   Temperature de l'air -sec:     25,6 Deg C                Pression atm.:      1015 Hpa *
*                               -hum:      Deg C                Nebulosite:        Octas *
*   Temperature de surface:      Deg C                      Hygrometrie:       % *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION D'HYDROLOGIE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT
5	0,46	0,15	1,07			4,67	100,80	27,830	36,672	23,71
30	0,34	0,15	1,12			4,81	101,89	26,817	36,600	23,98
100	0,35	0,17	1,07			5,05	94,48	19,442	36,631	26,15
110	0,54	0,22	1,17			5,01	93,33	19,188	36,619	26,21
120	0,42	0,15	1,15					18,973	36,599	26,25
130	1,42	0,14	1,30			4,91	90,98	18,883	36,592	26,27
140	1,45	0,18	1,30					18,782	36,583	26,29
150	0,76	0,15	1,15			4,86	89,64	18,612	36,575	26,33
160	2,52	0,24	1,40			4,77	87,88	18,545	36,574	26,34
180	3,21	0,22	1,56			4,86	89,29	18,381	36,564	26,38
200	3,07	0,17	1,61			4,80	88,09	18,321	36,551	26,38
250	3,81	0,08	1,79			4,87	88,80	17,948	36,537	26,46
300	4,45	0,13	1,94			4,80	87,26	17,775	36,524	26,50
400	7,16	0,25	2,50					17,136	36,429	26,58
500	10,09	0,11	3,37			4,32	75,99	15,965	36,233	26,71
600	14,64	0,06	5,05					14,304	35,951	26,86
700	18,16	0,11	7,37			4,03	66,07	12,298	35,649	27,04
800	25,02	0,13	13,31			3,61	56,67	10,155	35,373	27,22
900	23,11	0,11	11,30			3,70	56,21	8,596	35,224	27,36
1000	24,27	0,07	13,82			4,21	62,25	7,327	35,169	27,51
1250	21,53	0,11	13,26			5,19	73,93	5,630	35,133	27,70
1500	20,17	0,11	12,24			5,92	82,10	4,483	35,028	27,76

```

*****
*   Campagne :CHLOMAX           Date : 22/9/87 Heure debut BTS:  4H 10mn 43s   Position 29 38 N *
*   Navire   :LE SUROIT        Station: 6 (602) Heure fin BTS:   4H 16mn 50s   61 42 W *
*   Sonde (m):                  Heure /TU                :-4 *
*
*                               (602bis) Heure debut BTS:  8H 10mn 58s   Position 29 38 N *
*                               Heure fin BTS:           8H 24mn 52s   61 42 W *
*****
*   DONNEES METEOROLOGIQUES:    Heure d'observation:    5H 00 *
*   Vent: SW                    11 Noeuds                    Mer: *
*   Temperature de l'air -sec:  27,3 Deg C                    Pression atm.: 1016 Hpa *
*                               -hum: Deg C                    Nebulosite: Octas *
*   Temperature de surface:    27,4 Deg C                    Hygrometrie: % *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION D'HYDROLOGIE

```

*****
*   Z (m)   NO3   NO2   SI(OH)4   NH4   PO4   O2   %SAT O2   T   S   SIGMAT *
*****
*   5       0,26  0,06  0,69                4,96  106,62  27,640  36,582  23,70 *
*   30      0,13  0,08  0,55                4,93  102,75  25,950  36,449  24,14 *
*   50      0,13  0,19  0,61                5,65  111,57  22,613  36,845  25,45 *
*   70      0,13  0,15  0,59                5,49  104,97  20,730  36,683  25,85 *
*   80      0,13  0,17  0,66                5,38  101,95  20,195  36,667  25,98 *
*   90      0,13  0,06  0,93                5,11  96,23   19,821  36,671  26,09 *
*   100     0,13  0,07  0,94                19,249 36,601  26,18 *
*   110     0,37  0,17  1,02                5,61  104,04  18,931  36,588  26,25 *
*   120     0,88  0,15  1,03                18,794 36,583  26,29 *
*   130     1,73  0,11  1,15                5,40  99,75   18,698  36,583  26,31 *
*   140     1,76  0,11  1,16                4,94  91,17   18,649  36,580  26,32 *
*   150     1,84  0,11  1,25                5,22  96,19   18,557  36,566  26,33 *
*   160     1,89  0,12  1,23                5,69  104,70  18,476  36,559  26,35 *
*   170     2,44  0,11  1,32                18,358 36,558  26,38 *
*   180     2,82  0,11  1,35                5,06  92,80   18,282  36,553  26,39 *
*   190     3,00  0,11  1,44                18,216 36,548  26,41 *
*   200     2,87  0,07  1,40                4,97  91,02   18,204  36,536  26,40 *
*   220     3,22  0,11  1,51                5,02  91,67   18,035  36,531  26,44 *
*   250     3,32  0,11  1,37                4,85  88,43   17,950  36,525  26,45 *
*   300     4,09  0,19  1,51                4,89  88,97   17,823  36,515  26,48 *
*   400     6,74  0,18  2,09                4,47  80,48   17,242  36,437  26,56 *
*   500     9,50  0,13  3,06                4,40  77,31   15,905  36,225  26,71 *
*****

```



```

*****
*      Campagne :CHLOMAX      Date : 23/09/87Heure debut BTS: 4H 10mn 43s      Position 29 37 N *
*      Navire :LE SUROIT      Station: 6 (603) Heure fin BTS: 4H 16mn 07s      61 43 W *
*      Sonde (m):                Heure /TU                :-4 *
*****
*      DONNEES METEOROLOGIQUES:                Heure d'observation:                5H 00 *
*      Vent: SW                5 Noeuds                Mer:                2 belle *
*      Temperature de l'air -sec: 26,6 Deg C                Pression atm.:                1017 Hpa *
*      -hum:                Deg C                Nebulosite:                2 Octas *
*      Temperature de surface: 27,4 Deg C                Hygrometrie:                80 % *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CIMIQUES DE LA STATION D'HYDROLOGIE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT
5	0,10	0,10	1,48			4,74	102,13	27,735	36,677	23,75
30	0,06	0,10	1,61			5,16	106,77	25,496	36,547	24,36
50	0,06	0,10	1,53			5,48	109,06	23,114	36,759	25,24
100	0,20	0,10	1,83			5,05	94,61	19,514	36,659	26,16
110	0,60	0,17	1,59			4,85	90,55	19,304	36,662	26,21
120	1,08	0,19	1,69					19,009	36,622	26,26
130	1,37	0,17	1,69			4,78	88,50	18,833	36,593	26,28
140	1,70	0,16	1,72					18,701	36,576	26,30
150	2,14	0,16	1,88			5,13	94,49	18,534	36,564	26,34
160	2,26	0,20	1,83			4,86	89,43	18,479	36,563	26,35
200	2,78	0,16	2,02			5,13	94,04	18,258	36,544	26,39

```

*****
*      Campagne :CHLOMAX      Date : 23/09/87Heure debut BTS: 10H 14mn 11s      Position 29 37 N *
*      Navire :LE SUROIT      Station: 6 (613) Heure fin BTS; 10H 19mn 49s      61 43 W *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CIMIQUES DE LA STATION D'HYDROLOGIE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT
5	0,01	0,10	1,13			4,72	101,72	27,745	36,669	23,74
30	0,07	0,10	1,00			5,40	113,31	26,247	36,690	24,23
50	0,14	0,10	0,97			5,47	107,77	22,507	36,762	25,41
100	0,23	0,16	1,05					19,523	36,674	26,17
110	0,47	0,18	1,13			4,88	91,00	19,238	36,643	26,22
120	1,13	0,18	1,18					18,997	36,620	26,26
130	1,49	0,19	1,40			4,86	89,84	18,741	36,577	26,29
140	2,09	0,18	1,40			4,85	89,52	18,654	36,578	26,32
150	2,70	0,18	1,61			4,71	86,81	18,568	36,579	26,34
160	3,14	0,18	1,69			4,65	85,58	18,481	36,579	26,36
200	3,38	0,18	1,75			4,82	88,28	18,191	36,579	26,44

 * Campagne :CHLOMAX Date : 23/9/87 Heure debut BTS: 16H 05mn 41s Position 29 37 N *
 * Navire :LE SUROIT Station: 6 (623) Heure fin BTS: 16H 10mn 55s 61 43 W *

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION D'HYDROLOGIE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT
5	0,10	0,21	0,98			4,71	101,73	27,865	36,673	23,70
30	0,15	0,21	0,98			5,19	106,91	25,216	36,597	24,48
50	0,13	0,21	0,85			5,47	108,42	22,866	36,778	25,32
100	0,16	0,28	1,38			5,11	95,36	19,294	36,625	26,19
110	0,77	0,07	1,46			4,86	90,43	19,115	36,633	26,24
120	0,68	0,08	1,28					18,893	36,587	26,26
130	1,06	0,22	1,41			5,13	94,82	18,736	36,576	26,30
140	1,55	0,06	1,60					18,700	36,572	26,30
150	1,39	0,05	1,54			4,87	89,90	18,662	36,572	26,31
160	1,88	0,25	1,62			5,14	94,75	18,583	36,567	26,33
200	2,32	0,06	1,68			4,84	88,74	18,269	36,544	26,39

 * Campagne :CHLOMAX Date : 23/9/87 Heure debut BTS: 22H 13mn 20s Position 29 37 N *
 * Navire :LE SUROIT Station: 6 (633) Heure fin BTS: 22H 18mn 41s 61 43 W *

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION D'HYDROLOGIE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT
5	0,13	0,15	1,03			4,82	104,58	27,749	37,683	24,50
30	0,13	0,05	1,03			5,09	106,23	25,965	36,625	24,27
50	0,15	0,04	1,13			5,63	110,09	22,056	36,755	25,54
100	0,15	0,01	1,19			5,15	95,98	19,217	36,611	26,20
110	0,85	0,28	1,22			4,91	91,36	19,111	36,634	26,24
120	0,71	0,11	1,16					18,852	36,584	26,27
130	1,20	0,02	1,22			4,97	91,82	18,708	36,573	26,30
140	1,59	0,24	1,30					18,611	36,572	26,32
150	1,92	0,20	1,46			5,06	93,12	18,482	36,561	26,35
160	1,90	0,02	1,43			5,00	91,94	18,436	36,559	26,36
200	3,29	0,12	1,59			4,85	88,88	18,240	36,551	26,40

```

*****
*   Campagne :CHLOMAX           Date : 24/09/87Heure debut BTS:  4H 08mn 13s   Position 29 33 N *
*   Navire   :LE SUROIT        Station: 6 (604) Heure fin BTS:   4H 13mn 30s   62 02 W *
*   Sonde (m):                  Heure /TU                       : -4 *
*****
*   DONNEES METEOROLOGIQUES:    Heure d'observation:      5H 00 *
*   Vent: SW                    16 Noeuds                      Mer: 4 agitee *
*   Temperature de l'air -sec:   26 Deg C                    Pression atm.: 1016 Hpa *
*   -hum:                        Deg C                      Nebulosite: 3 Octas *
*   Temperature de surface:     27,3 Deg C                    Hygrometrie: 77 % *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION HYDROLOGIQUE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT
5	0,07	0,16	0,60			4,76	102,53	27,715	36,686	23,76
30	0,07	0,07	0,90			5,08	107,39	26,676	36,669	24,08
50	0,09	0,07	0,90			5,52	108,54	22,395	36,752	25,44
100	0,17	0,23	1,00			5,11	95,56	19,413	36,644	26,17
110	0,67	0,16	0,68			4,96	92,28	19,111	36,627	26,24
120	0,78	0,23	0,73					18,850	36,583	26,27
130	1,11	0,09	0,90			5,01	92,61	18,745	36,574	26,29
140	1,74	0,21	0,95					18,661	36,577	26,32
150	2,03	0,14	1,03			5,01	92,29	18,539	36,566	26,34
160	2,16	0,14	1,03			5,01	92,17	18,468	36,560	26,35
200	3,40	0,17	1,28			4,79	87,80	18,249	36,552	26,40

```

*****
*   Campagne :CHLOMAX           Date : 24/09/87Heure debut BTS:  10H 20mn 11s   Position 29 33 N *
*   Navire   :LE SUROIT        Station: 6 (614) Heure fin BTS:   10H 25mn 39s   62 02 W *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION HYDROLOGIQUE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT
5	0,11	0,14	1,26			4,74	102,15	27,741	36,683	23,75
30	0,10	0,21	0,86			5,45	111,23	24,649	36,668	24,71
50	0,10	0,09	0,86			5,50	108,70	22,706	36,745	25,34
100	0,24	0,16	1,02			4,89	91,11	19,197	36,617	26,21
110	0,81	0,17	1,02			5,14	95,37	18,961	36,598	26,25
120	1,26	0,16	1,02					18,812	36,582	26,28
130	1,37	0,24	1,29			5,04	93,12	18,715	36,571	26,30
140	2,30	0,09	1,45					18,657	36,583	26,32
150	1,98	0,14	1,34			5,05	93,05	18,556	36,566	26,33
160	2,23	0,15	2,28			5,05	92,95	18,494	36,563	26,35
200	3,12	0,14	1,72			4,96	90,84	18,206	36,543	26,40


```

*****
*   Campagne :CHLOMAX      Date : 24/09/87Heure debut BTS: 16H 10mn 47s   Position 29 32 N *
*   Navire   :LE SUROIT   Station: 6 (624) Heure fin BTS: 16H 15mn 59s     62 11 W *
*   Sonde (m):              Heure /TU              :-4 *
*****
*   DONNEES METEOROLOGIQUES:      Heure d'observation: 16H 00 *
*   Vent: SSW                    6 Noeuds           Mer: 4 agitee *
*   Temperature de l'air -sec: 28 Deg C           Pression atm.: 1017 Hpa *
*   -hum: Deg C                   Nebulosite: 6 Octas *
*   Temperature de surface: 27,4 Deg C           Hygrometrie: 85 % *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION HYDROLOGIQUE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT
5	0,09		1,13			4,76	102,73	27,823	36,682	23,72
30	0,17		1,54			5,23	108,76	25,734	36,685	24,39
50	0,11		0,97			5,48	107,56	22,322	36,661	25,39
100	0,39		1,62			4,46	83,19	19,259	36,630	26,20
110	0,66		1,19			4,34	80,62	19,026	36,605	26,24
120	1,45		1,49					18,890	36,602	26,28
130	1,77		1,59			4,94	91,31	18,739	36,576	26,29
140	2,07		1,54					18,665	36,580	26,32
150	2,35		1,78			4,84	89,24	18,593	36,575	26,33
160	2,18		1,54			4,96	91,32	18,512	36,564	26,34
200	3,54		1,78			4,83	88,61	18,297	36,558	26,39

```

*****
*   Campagne :CHLOMAX      Date : 24/09/87Heure debut BTS: 22H 08mn 17s   Position 29 28 N *
*   Navire   :LE SUROIT   Station: 6 (634) Heure fin BTS: 22H 14mn 35s     62 20 W *
*   Sonde (m):              Heure /TU              :-4   :-4 *
*****
*   DONNEES METEOROLOGIQUES:      Heure d'observation: 22H 00 *
*   Vent: S                    12 Noeuds           Mer: 3 peu agitee *
*   Temperature de l'air -sec: 27,2 Deg C           Pression atm.: 1017 Hpa *
*   -hum: Deg C                   Nebulosite: 1 Octas *
*   -hum: Deg C                   Hygrometrie: 84 % *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION HYDROLOGIQUE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT
5	0,11		0,98			4,84	104,32	27,752	36,676	23,74
30	0,11		0,98			4,76	98,79	25,729	36,392	24,17
50	0,11		0,88			5,56	108,97	22,225	36,687	25,44
100	0,11		1,01			5,02	93,78	19,352	36,630	26,18
110	0,65		1,23			4,91	91,52	19,212	36,647	26,23
120	0,90		1,26					18,880	36,587	26,27
130	1,38		1,29			4,94	91,28	18,717	36,577	26,30
140	1,78		1,36					18,613	36,572	26,32
150	1,86		1,39			4,66	85,80	18,510	36,564	26,34
160	2,25		1,41			4,94	90,82	18,428	36,558	26,36
200	3,41		1,64			4,87	89,20	18,204	36,551	26,41

 * Campagne :CHLOMAX Date : 25/09/87Heure debut BTS: 4H 08mn 06s Position 29 28 N *
 * Navire :LE SUROIT Station: 6 (605) Heure fin BTS: 4H 13mn 29s 62 26 W *
 * Sonde (m): Heure /TU :-4 *

* DONNEES METEOROLOGIQUES: Heure d'observation: 5H 00 *
 * Vent: S 25 Noeuds Mer: 5 forte *
 * Temperature de l'air -sec: 27 Deg C Pression atm.: 1015 Hpa *
 * -hum: Deg C Nebulosite: 1 Octas *
 * Temperature de surface: 27,4 Deg C Hygrometrie: 77 % *

 * DONNEES PHYSICO-CIMIQUES DE LA STATION D'HYDROLOGIE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT
5	0,15		1,20			4,84	104,25	27,709	36,689	23,76
30	0,17		1,22			4,91	104,45	27,049	36,616	23,92
50	0,08		1,20			5,56	110,61	23,092	36,754	25,24
100	0,17		1,22			4,92	91,65	19,191	36,613	26,21
110	0,59		1,20			4,93	91,83	19,173	36,645	26,24
120	0,97		1,25					18,987	36,616	26,26
130	1,51		1,22			5,14	95,14	18,816	36,593	26,29
140	1,95		1,34					18,675	36,579	26,31
150	1,83		1,37			4,99	91,97	18,572	36,567	26,33
160	1,95		1,37			4,92	90,60	18,520	36,570	26,35
200	3,20		1,54			5,01	91,85	18,262	36,553	26,40

```

*****
*   Campagne :CHLOMAX           Date   : 26/09/87Heure debut BTS:  4H 09mn 46s   Position 29 37 N *
*   Bateau   :LE SUROIT        Station: 6 (606)  Heure fin BTS:   4H 14mn 58s   Position 61 44 W *
*   Sonde (m):                  Heure /TU           : -4                                     *
*
*                               (616)  Heure debut BTS:  9H 40mn 41s   Position 29 37 N *
*                               Heure fin BTS:   9H 51mn 02s   Position 61 50 W *
*****
*   Donnees meteorologiques:    Heure d'observation:  5H 00 *
*   Vent: WSW                   12 Noeuds                    Mer: 4 agitee *
*   Temperature de l'air -sec:  26 Deg C                    Pression atmospherique: 1016 Hpa *
*                               -hum: Deg C                    Nebulosite: 2 Octas *
*   Temperature de surface: 27,2 Deg C                    Hygrometrie: 77 % *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION D'HYDROLOGIE

```

*****
*   Z (m)   NO3   NO2   SI(OH)4   NH4   PO4   O2   %SAT O2   T   S   SIGMAT *
*****
*   5       0,22   1,07   4,80   103,17   27,606   36,664   23,78 *
*   30      0,03   1,06   4,92   105,71   27,590   36,652   23,77 *
*   50      0,03   0,95   5,59   111,19   23,096   36,727   25,22 *
*   60      0,03   0,93   5,48   105,31   21,045   36,664   25,75 *
*   70      0,03   1,04   20,449   36,678   25,92 *
*   80      0,06   1,08   5,15   96,68   19,642   36,636   26,11 *
*   90      0,06   1,14   19,447   36,642   26,16 *
*   100     0,22   1,23   5,12   95,38   19,192   36,611   26,20 *
*   110     0,48   1,44   4,87   90,51   19,053   36,615   26,24 *
*   120     1,64   1,28   18,852   36,579   26,27 *
*   130     1,84   1,27   4,85   89,76   18,809   36,596   26,29 *
*   140     2,15   1,57   18,656   36,587   26,32 *
*   150     2,16   1,52   5,01   92,16   18,458   36,568   26,36 *
*   160     2,43   1,57   4,95   90,98   18,403   36,569   26,37 *
*   170     2,52   1,62   4,87   89,43   18,350   36,569   26,39 *
*   180     2,63   1,64   4,92   90,24   18,283   36,561   26,40 *
*   190     2,59   1,64   4,84   88,67   18,219   36,553   26,41 *
*   200     2,58   1,67   5,00   91,54   18,184   36,545   26,41 *
*   220     3,23   1,85   4,85   88,55   18,027   36,529   26,44 *
*   250     3,00   1,95   4,75   86,56   17,917   36,522   26,46 *
*   300     4,50   2,20   4,67   84,89   17,774   36,514   26,49 *
*   400     6,58   2,86   4,54   81,39   17,006   36,387   26,58 *
*****

```

```

*****
*      Campagne :CHLOMAX      Date   : 26/9/87 Heure debut BTS: 16H 15mn 34s   Position 29 37 N  *
*      Navire   :LE SUROIT    Station: 6 (626) Heure fin BTS: 16H 49mn 45s   61 55 W  *
*      Sonde (m):              Heure /TU   :-4                               *
*****
*      DONNEES METEOROLOGIQUES:      Heure d'observation:      14H 00      *
*      Vent:      ENE                12 Noeuds      Mer:                3 peu agitee  *
*      Temperature de l'air -sec:    27,2 Deg C      Pression atm.:      1019 Hpa      *
*      -hum:              Deg C      Nebulosite:        6 Octas      *
*      Temperature de surface:    27,7 Deg C      Hygrometrie:       76 %      *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION D'HYDROLOGIE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT	T	S	SIGMAT
250	3,13		1,63					17,296	36,536	26,62
300	3,77		1,78					17,784	36,528	26,50
400	6,84		2,58					17,193	36,436	26,57
500	10,01		3,64			4,36	76,41	15,771	36,193	26,72
600	12,93		4,88			4,23	72,09	14,293	35,948	26,86
700	17,81		7,66			3,93	64,21	12,122	35,627	27,05
800	21,88					3,66	57,44	10,145	35,373	27,22
900	24,11					3,80	57,29	8,236	35,203	27,40
1000	23,56					4,23	62,31	7,164	35,138	27,50
1250	20,48					5,31	75,77	5,706	35,140	27,70
1500	18,94					5,96	82,52	4,416	35,017	27,76

```

*****
*   Campagne :CHLOMAX      Date : 05/10/87 Heure debut BTS: 4H 12mn 25s   Position 26 14 N *
*   Navire   :LE SUROIT   Station:  B (810) Heure fin BTS:  4H 17mn 48s   63 16 W  *
*   Sonde (m):              Heure /TU           : -4                      *
*
*                               (811) Heure debut BTS: 9H 21mn 18s   Position 26 17 N *
*                               Heure fin BTS:    9H 31mn 32s   63 20 W  *
*****

```

```

*   DONNEES METEOROLOGIQUES:      Heure d'observation:      5H 00      *
*   Vent:          SE              12 Noeuds      Mer:              3 peu agitee *
*   Temperature de l'air -sec:    26 Deg C      Pression atm.:    1012 Hpa      *
*                               -hum:          Deg C      Nebulosite:      2 Octas      *
*   Temperature de surface:      28,2 Deg C      Hygrometrie:     77 %      *
*****

```

```

*   DONNEES METEOROLOGIQUES:      Heure d'observation:      9H 00      *
*   Vent:          NNE            13 Noeuds      Mer:              3 peu agitee *
*   Temperature de l'air -sec:    28,6 Deg C      Pression atm.:    1012 Hpa      *
*                               -hum:          Deg C      Nebulosite:      6 Octas      *
*   Temperature de surface:      28,2 Deg C      Hygrometrie:     81 %      *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION HYDROLOGIQUE

```

*****
*   Z (m)   NO3   NO2  SI(OH)4   NH4   PO4   O2  %SAT O2   T   S   SIGMAT *
*****
*   5       0,12  0,06  1,41                28,545  36,641  23,45 *
*   40      0,06  0,08  1,26                27,341  36,834  23,99 *
*   50      0,06  0,09  1,14                5,90   122,85  25,720  36,909  24,56 *
*   60      0,06  0,07  1,09                24,873  36,917  24,83 *
*   70      0,12  0,07  1,07                23,971  37,007  25,17 *
*   80      0,12  0,06  0,77                5,60   112,54  23,595  37,021  25,29 *
*   90      0,15  0,08  0,74                5,12   101,72  22,915  37,002  25,48 *
*   100     0,13  0,08  0,74                22,306  36,929  25,60 *
*   110     0,13  0,10  0,74                5,16   100,70  21,887  36,887  25,69 *
*   120     0,13  0,08  0,77                5,01   97,35   21,611  36,923  25,79 *
*   130     0,15  0,10  1,07                4,82   93,22   21,318  36,950  25,89 *
*   140     0,24  0,14  1,14                4,57   87,78   20,912  36,925  25,99 *
*   150     0,30  0,12  1,14                4,56   87,07   20,564  36,891  26,05 *
*   160     0,37  0,13  1,09                19,901  36,760  26,13 *
*   170     0,64  0,10  1,14                5,12   96,32   19,719  36,765  26,18 *
*   180     0,36  0,09  1,14                5,43   101,24  19,227  36,655  26,23 *
*   190     0,71  0,09  1,19                5,13   95,31   19,021  36,640  26,27 *
*   200     0,86  0,10  1,26                4,77   88,44   18,907  36,620  26,29 *
*   220     2,16  0,13  1,36                4,90   90,52   18,680  36,636  26,36 *
*   250     3,10  0,19  1,56                4,51   82,76   18,301  36,596  26,42 *
*   300     4,22  0,10  1,61                5,32   96,80   17,822  36,534  26,49 *
*   400     6,77  0,13  2,38                4,95   88,31   16,733  36,360  26,62 *
*****

```

 * Campagne :CHLOMAX Date : 06/10/87 Heure debut BTS: 4H 09mn 12s Position 26 17 N *
 * Navire :LE SUROIT Station: 8 (820) Heure fin BTS: 4H 14mn 34s 63 16 W *
 * Sonde (m): Heure /TU :-4 *
 *
 * (821) Heure debut BTS: 9H 34mn 20s Position 26 19 N *
 * Heure fin BTS: 9H 44mn 35s 63 16 W *

 * DONNEES METEOROLOGOQUES: Heure d'observation: 5H 00 *
 * Vent: SSE 14 Noeuds Mer: 3 peu agitee *
 * Temperature de l'air -sec: 27 Deg C Pression atm.: 1013 Hpa *
 * -hum: Deg C Nebulosite: 4 Octas *
 * Temperature de surface: 28,2 Deg C Hygrometrie: 77 % *

 * DONNEES METEOROLOGOQUES: Heure d'observation: 9H 00 *
 * Vent: SSE 15 Noeuds Mer: 3 peu agitee *
 * Temperature de l'air -sec: 28,9 Deg C Pression atm.: 1013 Hpa *
 * -hum: Deg C Nebulosite: 6 Octas *
 * Temperature de surface: 28,2 Deg C Hygrometrie: % *

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION HYDROLOGIQUE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT
5	0,10	0,17	1,35			4,66	101,83	28,514	36,622	23,45
40	0,09	0,16	1,35			4,73	102,88	28,254	36,651	23,56
50	0,09	0,18	1,10			5,26	109,29	25,602	36,904	24,60
60	0,07	0,24	1,10					25,032	36,953	24,81
70	0,07	0,20	1,10					24,433	36,974	25,01
80	0,06	0,19	0,98			5,39	108,49	23,701	36,989	25,24
90	0,06	0,18	1,03			5,27	104,71	22,937	36,960	25,44
100	0,06	0,16	0,95					22,551	36,962	25,55
110	0,07	0,17	1,00			5,08	99,47	22,049	36,980	25,71
120	0,16	0,18	0,80			5,04	98,35	21,837	36,993	25,78
130	0,10	0,19	0,98			4,77	91,85	21,090	36,856	25,88
140	0,21	0,26	0,98			4,83	92,30	20,642	36,826	25,98
150	0,31	0,28	1,00			4,49	85,82	20,625	36,897	26,04
160	0,32	0,26	1,03			4,86	92,17	20,194	36,790	26,08
170	0,40	0,25	1,10			4,85	91,23	19,733	36,719	26,15
180	0,33	0,37	1,10			5,05	94,05	19,177	36,616	26,21
190	1,00	0,18	1,20			4,83	89,83	19,085	36,636	26,25
200	1,94	0,23	1,28			4,48	83,47	19,156	36,726	26,30
220	2,67	0,20	1,40					18,951	36,705	26,34
250	3,68	0,21	1,55			4,57	84,07	18,433	36,635	26,42
300	4,78	0,19	1,78			4,63	84,33	17,871	36,561	26,50
400	7,47	0,25	2,53			4,51	80,42	16,707	36,362	26,63

```

*****
*   Campagne :CHLOMAX           Date : 07/10/87 Heure debut BTS: 4H 06mn 37s   Position 26 17 N *
*   Navire   :LE SUROIT        Station: 8 (830) Heure fin BTS:   4H 12mn 05s   63 16 W *
*   Sonde (m):                  Heure /T   :-4                                     *
*
*                                     (831) Heure debut BTS: 9H 17mn 30s   Position 26 19 N *
*                                     Heure fin BTS:   9H 28mn 12s   63 17 W *
*****

```

```

*****
*   DONNEES METEOROLOGIQUES:      Heure d'observation:      5H 00 *
*   Vent:           SE             11 Noeuds      Mer:                    3 peu agitee *
*   Temperature de l'air -sec:     26,6 Deg C      Pression atm.:          1015 Hpa *
*   -hum:           Deg C          Nebulosite:             3 Octas *
*   Temperature de surface:       28,2 Deg C      Hygrometrie:            92 % *
*****

```

```

*****
*   DONNEES METEOROLOGIQUES:      Heure d'observation:      9H 00 *
*   Vent:           SE             13 Noeuds      Mer:                    3 peu agitee *
*   Temperature de l'air -sec:     28,7 Deg C      Pression atm.:          1015 Hpa *
*   -hum:           Deg C          Nebulosite:             2 Octas *
*   Temperature de surface:       28,2 Deg C      Hygrometrie:            78 % *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION HYDROLOGIQUE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	P04	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT
5	0,11	0,14	1,43			4,71	102,99	28,562	36,561	23,39
40	0,11	0,13	1,41			4,70	102,59	28,471	36,553	23,41
50	0,10	0,14	1,13			5,31	111,34	26,123	36,888	24,42
60	0,17	0,14	1,06					25,215	36,930	24,74
70	0,10	0,14	1,07					24,282	36,985	25,06
80	0,10	0,13	1,02			5,30	107,13	23,941	37,006	25,18
90	0,10	0,14	0,84			5,19	103,42	23,096	36,976	25,41
100	0,17	0,16	0,86					22,492	36,929	25,55
110	0,11	0,14	0,82			5,05	98,53	21,873	36,871	25,68
120	0,11	0,16	0,85			5,05	97,74	21,398	36,843	25,79
130	0,10	0,14	1,05			4,99	96,10	21,100	36,832	25,86
140	0,20	0,21	1,06			4,61	88,34	20,797	36,836	25,95
150	0,28	0,32	1,06			4,74	90,58	20,643	36,797	25,96
160	0,48	0,23	1,07					20,025	36,746	26,09
170	0,60	0,19	1,12			4,64	87,40	19,802	36,734	26,14
180	1,25	0,18	1,15			4,35	81,66	19,597	36,727	26,19
190	1,28	0,19	1,11			4,48	83,89	19,458	36,705	26,21
200	2,31	0,20	1,16			4,30	80,10	19,077	36,871	26,43
220	2,05	0,18	1,26			4,03	74,89	19,004	36,696	26,32
250	3,68	0,19	1,41			4,55	83,61	18,369	36,610	26,41
300	5,81	0,18	1,68			4,68	85,16	17,817	36,535	26,49
400	8,32	0,21	2,29			4,55	81,19	16,739	36,362	26,62


```

*****
*      Campagne :CHLOMAX      Date   : 07/10/87 Heure debut BTS: 16H 15mn 21s      Position 26 19 N *
*      Navire   :LE SUROIT    Station: 8 (832) Heure fin BTS: 16H 51mn 17s      63 19 W *
*      Sonde (m):              Heure /TU              : -4 *
*****
*      DONNEES METEOROLOGIQUES:      Heure d'observation:      16H 00 *
*      Vent:      SE      10 Noeuds      Mer:      1 calme *
*      Temperature de l'air -sec:      28,8 Deg C      Pression atm.:      1015 Hpa *
*      -hum:      Deg C      Nebulosite:      7 Octas *
*      Temperature de surface:      28,4 Deg C      Hygrometrie:      72 % *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION HYDROLOGIQUE

```

*****
*      Z (m)      NO3      NO2      SI(OH)4      NH4      PO4      O2      %SAT O2      T      S      SIGMAT *
*****
*      250      3,19      1,23      18,360      36,660      26,45 *
*      400      6,70      2,30      16,662      36,379      26,65 *
*      500      10,47      3,70      4,26      73,47      14,908      36,079      26,83 *
*      600      13,74      5,30      4,16      69,54      13,278      35,828      26,98 *
*      700      17,81      8,10      3,94      63,52      11,445      35,574      27,14 *
*      800      23,96      12,78      3,50      53,95      9,291      35,256      27,27 *
*      900      25,24      15,75      3,66      54,67      7,831      35,098      27,38 *
*      1000      24,88      16,45      3,93      57,31      6,730      35,040      27,49 *
*      1250      20,41      13,55      5,15      72,94      5,397      35,064      27,68 *
*      1500      19,91      13,00      5,78      80,47      4,643      35,056      27,76 *
*****

```

```

*****
*   Campagne :CHLOMAX      Date : 08/10/87 Heure debut BTS: 3H 49mn 41s   Position 26 17 N *
*   Navire   :LE SUROIT   Station: 8 (840) Heure fin BTS: 3H 55mn 16s   63 16 W *
*   Sonde (m):              Heure /TU           : -4 *
*
*                               (841) Heure debut BTS: 9H 33mn 23s   Position 26 17 N *
*                               Heure fin BTS: 9H 43mn 27s   63 20 W *
*****

```

```

*   DONNEES METEOROLOGIQUES:      Heure d'observation:      5H 00 *
*   Vent:           ESE           18 Noeuds      Mer:           3 peu agitee *
*   Temperature de l'air -sec:    26,6 Deg C      Pression atm.: 1016 Hpa *
*                               -hum:           Deg C        Nebulosite:    3 Octas *
*   Temperature de surface:      28,3 Deg C      Hygrometrie:   80 % *
*****

```

```

*   DONNEES METEOROLOGIQUES:      Heure d'observation:      9H 00 *
*   Vent:           SSE           15 Noeuds      Mer:           3 peu agitee *
*   Temperature de l'air -sec:    28,3 Deg C      Pression atm.: 1016 Hpa *
*                               -hum:           Deg C        Nebulosite:    6 Octas *
*   Temperature de surface:      28,2 Deg C      Hygrometrie:   83 % *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION HYDROLOGIQUE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT
5	0,15	0,11	1,66					28,554	36,592	23,41
40	0,13	0,03	1,30					27,816	36,860	23,86
50	0,12	0,10	1,25			5,30	110,95	26,022	36,934	24,49
60	0,07	0,01	1,00					24,913	36,981	24,87
70	0,08	0,01	0,97					23,853	36,996	25,20
80	0,08	0,01	1,23					23,800	37,016	25,23
90	0,07	0,01	1,02					22,950	37,007	25,47
100	0,04	0,00	0,95					22,570	36,991	25,57
110	0,08	0,01	1,25					22,229	36,974	25,66
120	0,05	0,01	1,00					21,748	36,959	25,78
130	0,05	0,01	0,97					21,333	36,920	25,87
140	0,05	0,18	1,02					21,110	36,904	25,92
150	0,05	0,16	1,10					20,845	36,880	25,97
160	0,00	0,18	1,25			4,41	83,76	20,269	36,838	26,09
170	0,50	0,01	1,23			4,59	86,78	20,000	36,816	26,15
180	0,88	0,03	1,28			4,60	86,62	19,765	36,805	26,20
190	0,70	0,02	1,41					19,548	36,780	26,24
200	0,91	0,02	1,58			4,46	82,99	19,093	36,687	26,29
220	2,38	0,02	1,66					18,829	36,698	26,36
250	3,08	0,02	1,79					18,465	36,656	26,43
300	4,41	0,01	2,07					17,763	36,532	26,51
400	7,19	0,00	2,73					16,686	36,370	26,64

 * Campagne :CHLOMAX Date : 09/10/87 Heure debut BTS: 3H 50mn 22s Position 26 19 N *
 * Navire :LE SUROIT Station: 8 (850) Heure fin BTS: 3H 55mn 57s 63 25 W *
 * Sonde (m): Heure /TU :-4 *
 *
 * 8 (851) Heure debut BTS: 8H 37mn 20s Position 26 19 N *
 * Heure fin BTS: 9H 12mn 19s 63 26 W *

 * DONNEES METEOROLOGIQUES: Heure d'observation: 4H 00 *
 * Vent: E 11 Noeuds Mer: 3 peu agitee *
 * Temperature de l'air -sec: 27 Deg C Pression atm.: 1018 Hpa *
 * -hum: Deg C Nebulosite: 2 Octas *
 * Temperature de surface: 28,2 Deg C Hygrometrie: 74 % *

 * DONNEES METEOROLOGIQUES: Heure d'observation: 10H 00 *
 * Vent: ESE 20 Noeuds Mer: 3 peu agitee *
 * Temperature de l'air -sec: 28,2 Deg C Pression atm.: 1018 Hpa *
 * -hum: Deg C Nebulosite: 3 Octas *
 * Temperature de surface: 28,2 Deg C Hygrometrie: 71 % *

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION HYDROLOGIQUE

Z (m)	NO3	NO2	SI(OH)4	NH4	PO4	O2	%SAT O2	T	S	SIGMAT	*
5	0,06	0,09	1,51								*
90	0,05	0,08	1,16					23,095	36,992	25,42	*
95	0,06	0,07	1,09					22,619	36,931	25,51	*
100	0,06	0,09	1,06					22,315	36,917	25,59	*
105	0,06	0,09	1,06					22,052	36,895	25,65	*
110	0,05	0,09	1,06					22,048	36,905	25,65	*
115	0,06	0,10	1,06					21,765	36,884	25,72	*
120	0,06	0,10	1,16					21,592	36,881	25,76	*
125	0,06	0,16	1,06					21,347	36,866	25,82	*
130	0,05	0,17	1,09					21,254	36,862	25,84	*
135	0,06	0,16	1,09					21,005	36,839	25,89	*
140	0,06	0,17	1,14					20,883	36,828	25,92	*
250	3,82		1,60			4,49	82,45	18,315	36,658	26,46	*
300	4,72		1,80			4,67	84,88	17,754	36,550	26,52	*
400	7,41		2,47			4,54	80,86	16,640	36,359	26,64	*
500	11,21		3,65			4,38	75,72	15,029	36,103	26,82	*
600	14,16		5,21			4,22	70,56	13,290	35,828	26,98	*
700	16,74		7,48			3,91	63,19	11,567	35,586	27,13	*
800	22,70		12,29			3,54	54,86	9,542	35,290	27,26	*
900	25,97		15,60			3,48	52,14	7,963	35,116	27,37	*
1000	26,13		16,39			3,84	56,17	6,870	35,037	27,47	*
1250	21,11		13,41			5,15	73,79	5,915	35,064	27,61	*
1500	20,23		12,62			5,72	79,66	4,658	35,051	27,76	*

```

*****
*   Campagne :CHLOMAX      Date   : 10/10/87  Heure debut BTS: 11H 23mn 25s   Position 23 45 N *
*   Navire   :LE SUROIT   Station: 9 (950)  Heure fin BTS:   11H 29mn 10s   62 14 W  *
*   Sonde (m):              Heure /TU           : -4                               *
*****

```

```

*   DONNEES METEOROLOGIQUES:      Heure d'observation:      11H 00      *
*   Vent:                          Noeuds                Mer:                4 agitee    *
*   Temperature de l'air -sec:      Deg C                Pression atm.:      Hpa         *
*   -hum:                          Deg C                Nebulosite:         Octas       *
*   Temperature de surface:        Deg C                Hygrometrie:        %           *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION HYDROLOGIQUE

```

*****
*           Z (m)      T      S      SIGMAT      *
*****
*           5      28,723  36,605  23,36      *
*           20      28,689  36,602  23,37      *
*           40      28,024  36,883  23,81      *
*           70      24,02   36,928  25,10      *
*           90      22,827  36,935  25,45      *
*          100      22,208  36,905  25,61      *
*          110      21,883  36,918  25,71      *
*          120      21,475  36,898  25,81      *
*          130      20,979  36,872  25,93      *
*          140      20,411  36,838  26,06      *
*          150      20,263  36,816  26,08      *
*****

```

```

*****
*   Campagne :CHLOMAX      Date : 11/10/87 Heure debut BTS: 4H 09mn 51s      Position 21 22 N      *
*   Navire   :LE SUROIT   Station: 10 (960) Heure fin BTS:  4H 15mn 45s      60 55 W      *
*   Sonde (m):              Heure /TU           : -4                      *
*
*                               (961) Heure debut BTS: 7H 56mn 32s      Position 21 22 N      *
*                               Heure fin BTS:   8H 31mn 33s      60 58 W      *
*
*                               (962) Heure debut BTS: 16H 13mn 27s     Position 21 23 N      *
*                               Heure fin BTS:   16H 25mn 53s     61 00 W      *
*****

```

```

*****
*   DONNEES METEOROLOGIQUES:      Heure d'observation:      5H 00      *
*   Vent:      ENE      15 Noeuds      Mer:      3 peu agitee      *
*   Temperature de l'air -sec: 27,6 Deg C      Pression atm.:      1014 Hpa      *
*                               -hum:      Deg C      Nebulosite:      3 Octas      *
*   Temperature de surface: 28,1 Deg C      Hygrometrie:      72 %      *
*****

```

```

*****
*   DONNEES METEOROLOGIQUES:      Heure d'observation:      8H 00      *
*   Vent:      E      14 Noeuds      Mer:      4 agitee      *
*   Temperature de l'air -sec: 28,3 Deg C      Pression atm.:      1015 Hpa      *
*                               -hum:      Deg C      Nebulosite:      4 Octas      *
*   Temperature de surface: 28,1 Deg C      Hygrometrie:      74 %      *
*****

```

DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA STATION HYDROLOGIQUE

```

*****
*   Z (m)      T      S      SIGMAT      Z (m)      T      S      SIGMAT      Z (m)      T      S      SIGMAT      *
*****
*   5      28,437      35,147      22,36      130      24,377      37,397      25,35      300      17,875      36,550      26,49      *
*   30      29,079      36,175      22,92      140      24,282      37,403      25,38      400      16,003      36,263      26,72      *
*   40      28,741      36,409      23,21      150      23,524      37,372      25,58      500      13,788      35,877      26,91      *
*   50      27,899      36,724      23,73      160      23,633      37,403      25,57      600      11,783      35,577      27,08      *
*   60      26,969      36,916      24,17      170      22,570      37,233      25,75      700      10,059      35,330      27,20      *
*   70      26,532      37,049      24,41      180      22,143      37,213      25,86      800      8,293      35,085      27,30      *
*   80      25,541      37,159      24,81      190      21,543      37,155      25,99      900      6,844      34,917      27,38      *
*   90      25,474      37,159      24,83      200      21,732      37,161      25,94      1000     6,086      34,878      27,45      *
*   100     25,052      37,202      24,99      220      19,917      36,912      26,24      1250     5,247      34,978      27,63      *
*   110     24,875      37,246      25,08      250      19,400      36,844      26,33      1500     4,559      35,000      27,73      *
*   120     24,669      37,284      25,17
*****

```

1.4.MESURES OPTIQUES

Bricaud Annick, André Morel et Dominique Tailliez

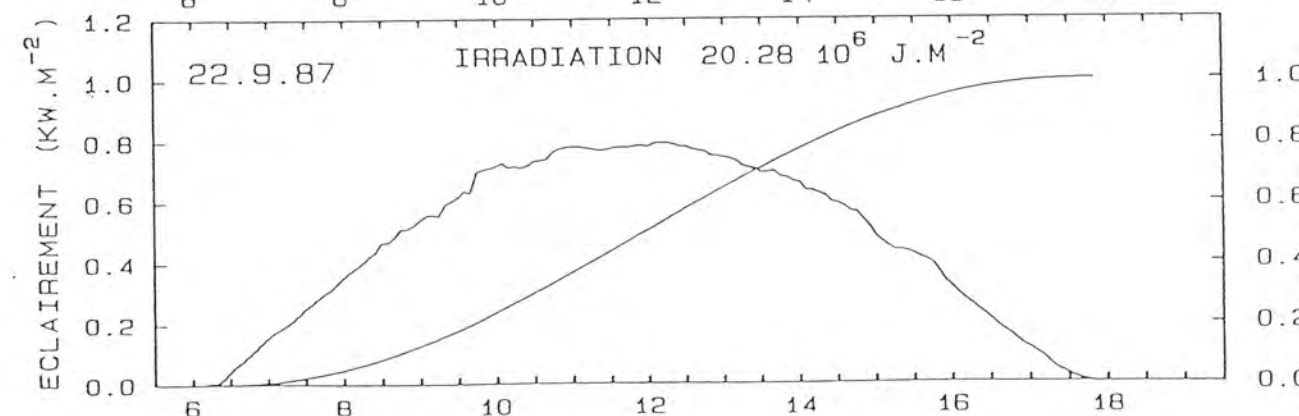
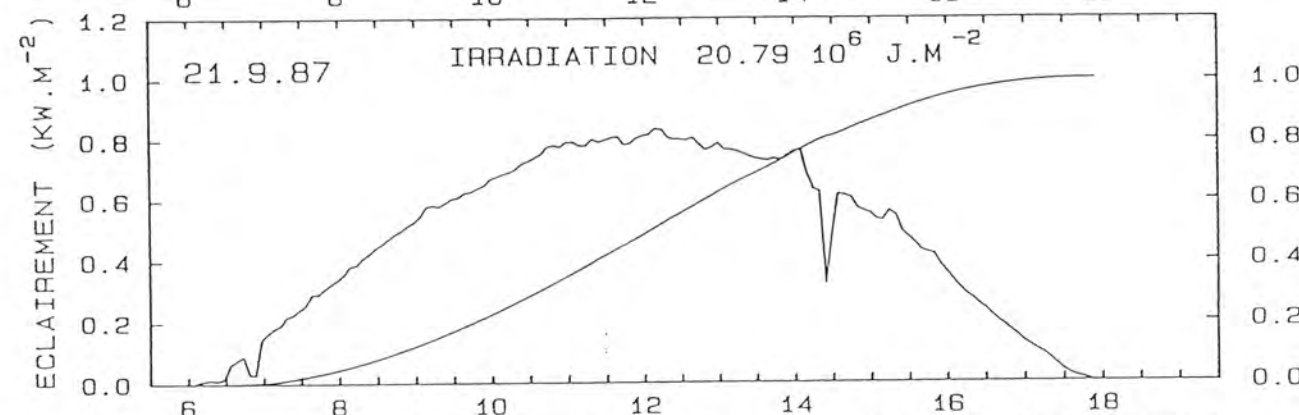
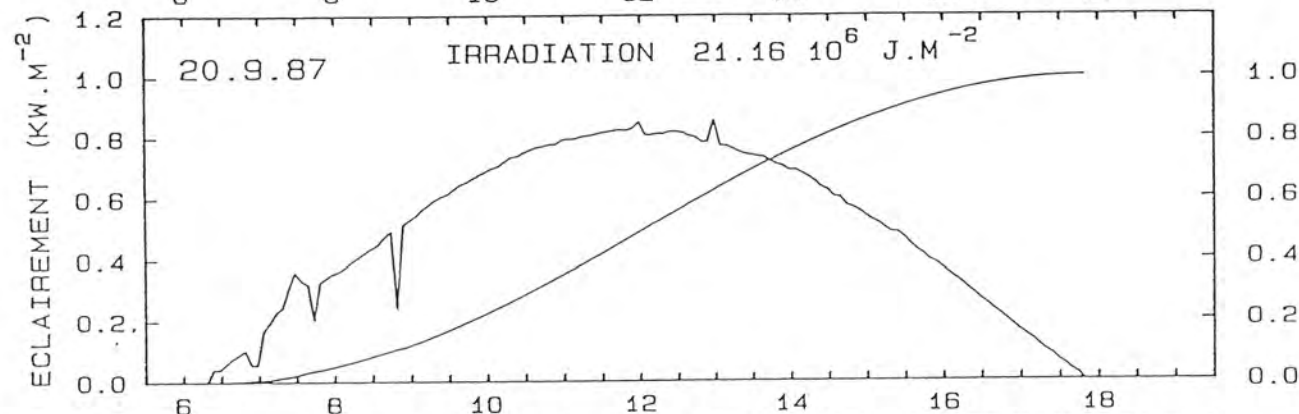
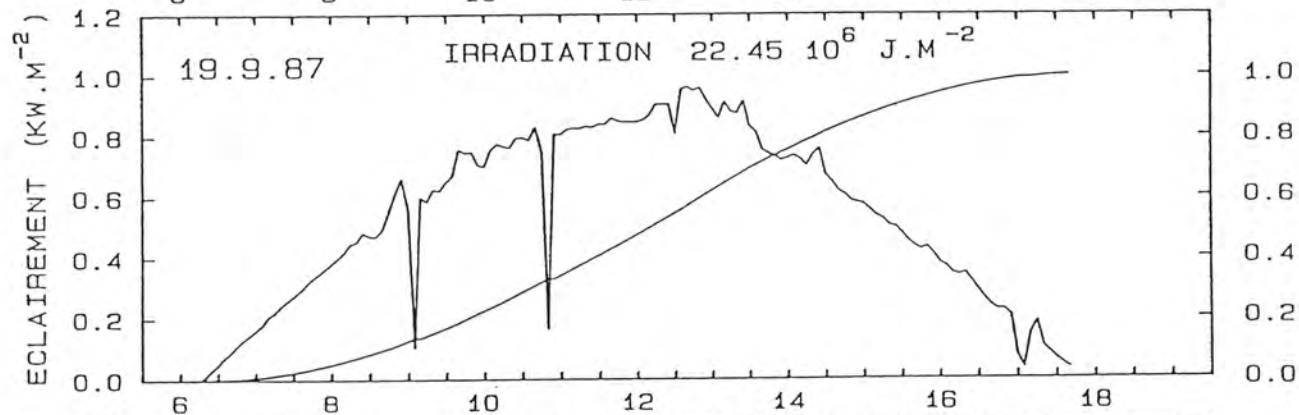
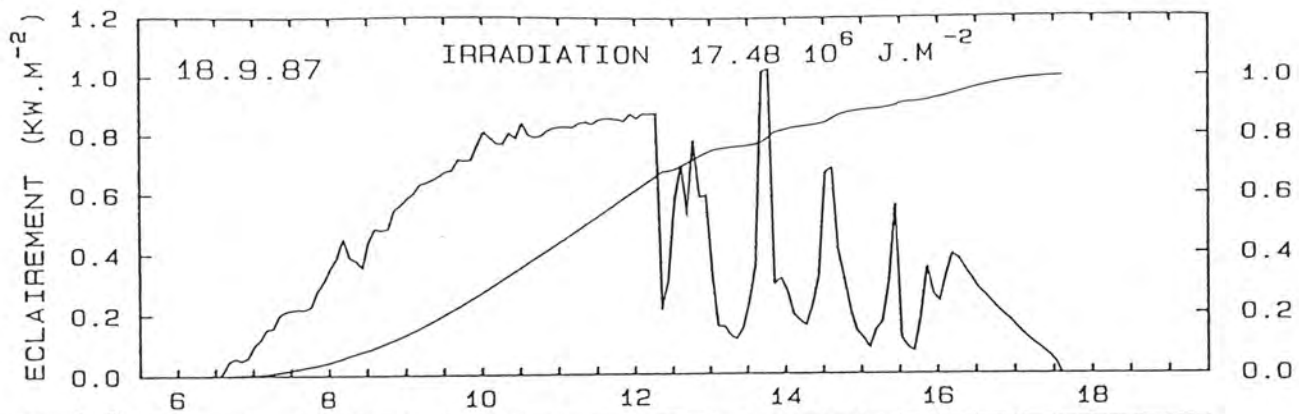
1.4.1 IRRADIATION JOURNALIERE

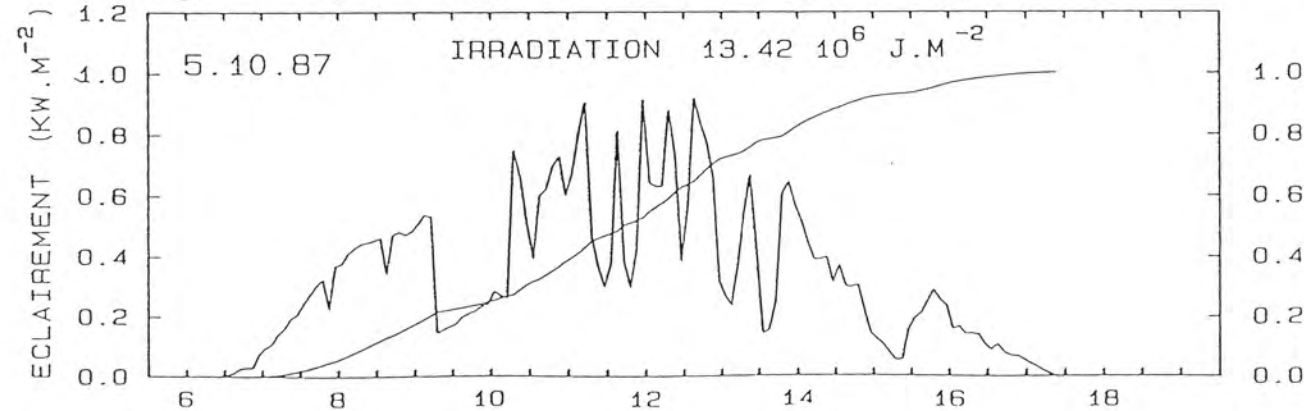
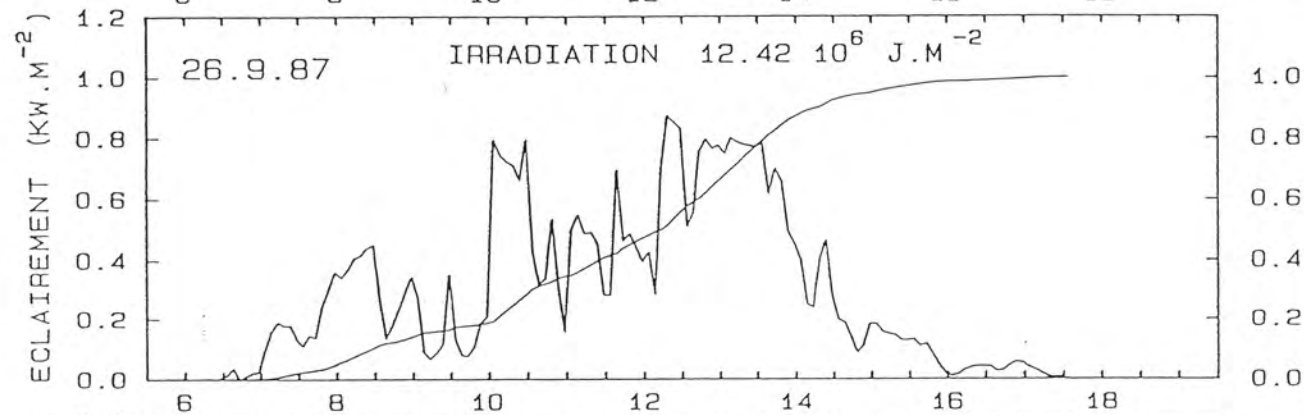
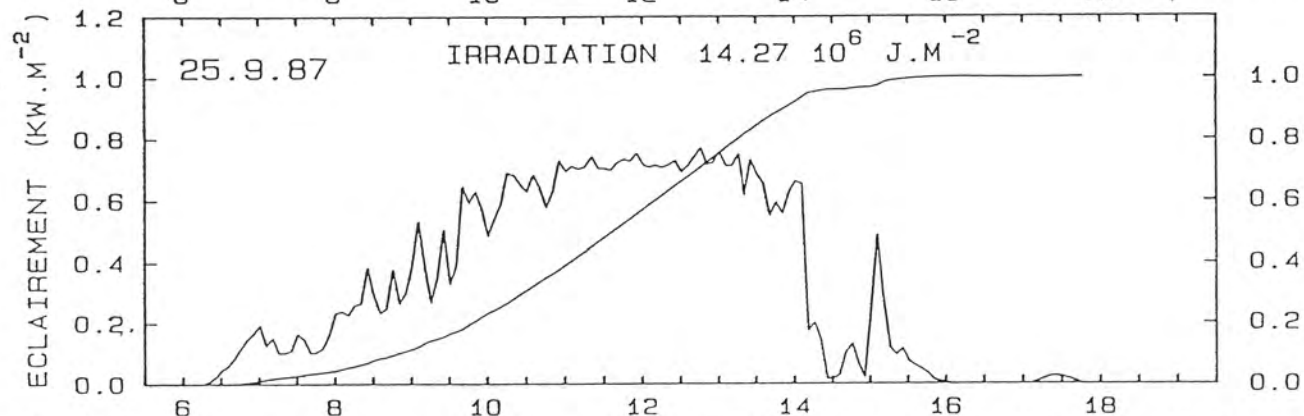
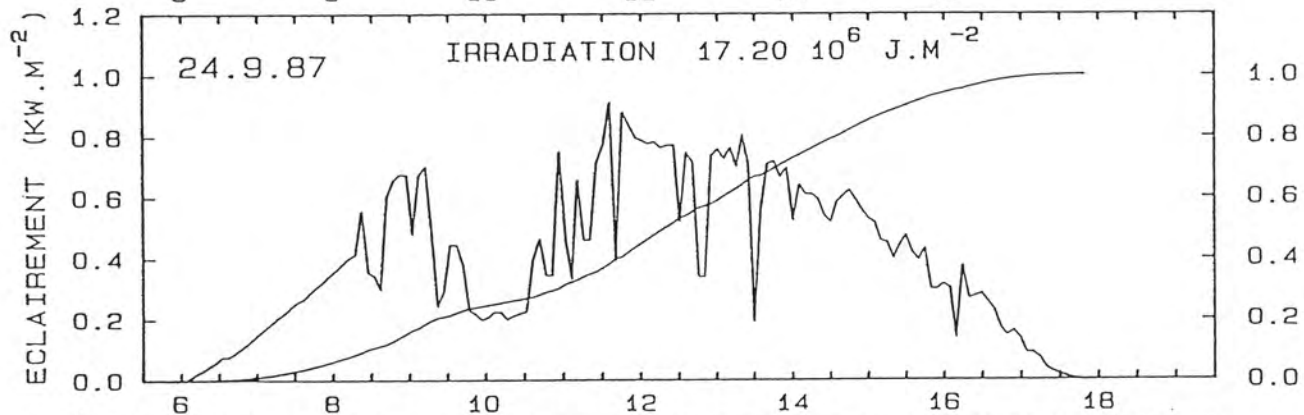
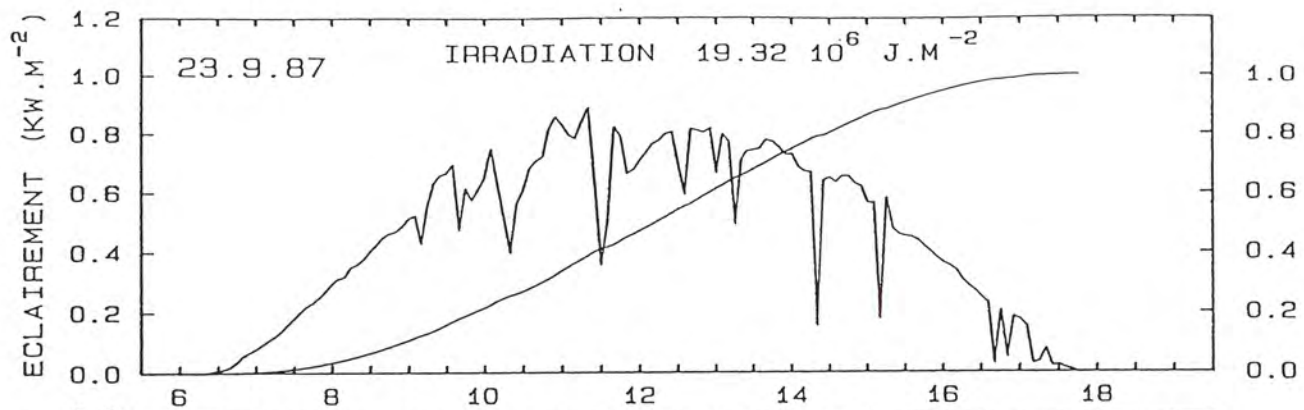
L'énergie totale incidente (350 - 2500 nm) au-dessus de la surface a été mesurée avec un solarimètre Kipp et Zonen placé au sommet d'un mât, dans la mesure du possible hors de toute ombre, et enregistrée en continu du lever au coucher du soleil (Fig. 7) . La digitalisation a été effectuée avec un pas de 5 mn. Sur chaque graphique des pages suivantes figurent :

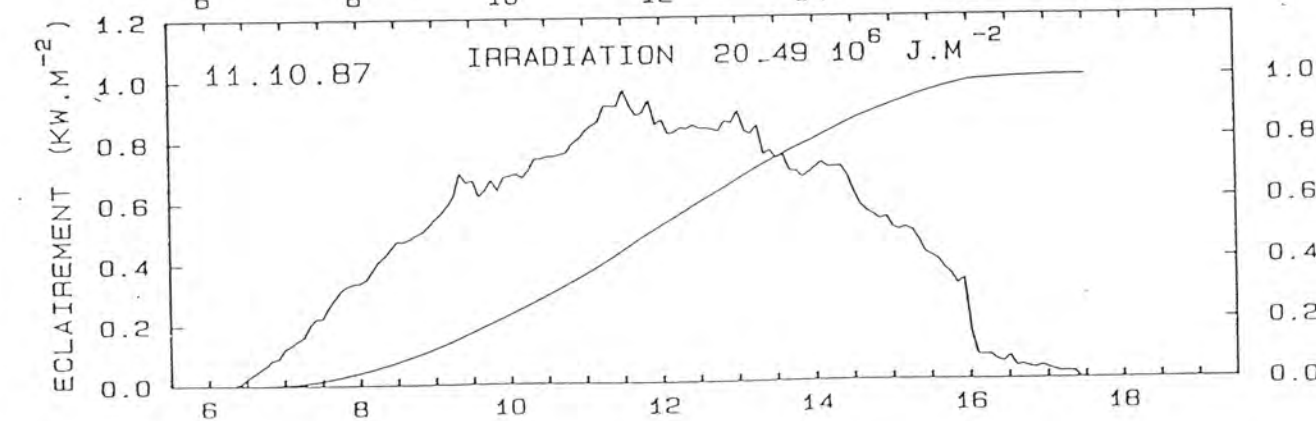
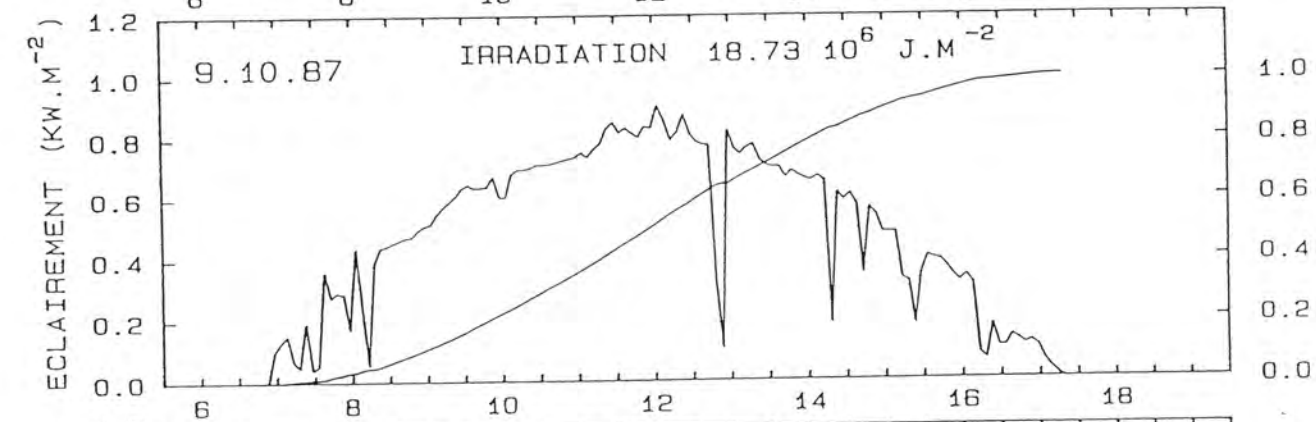
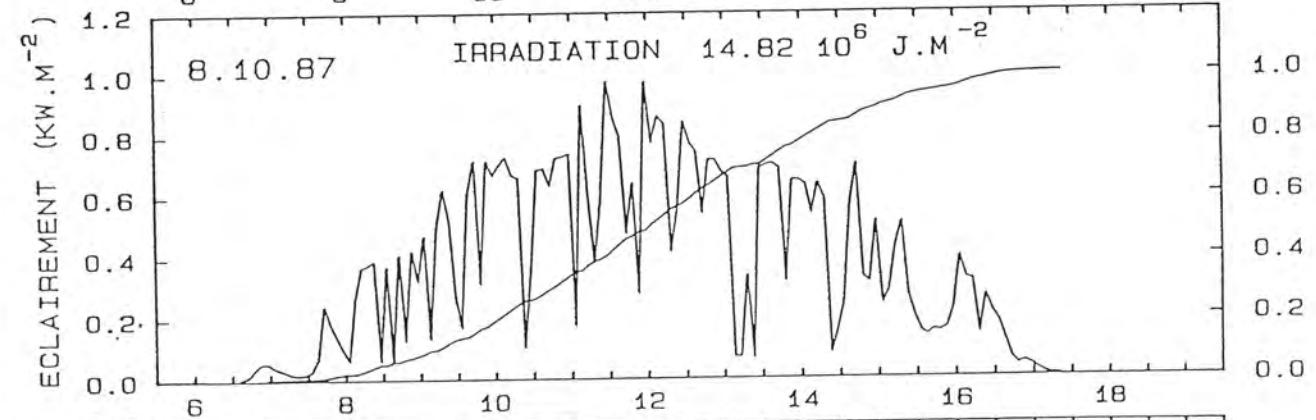
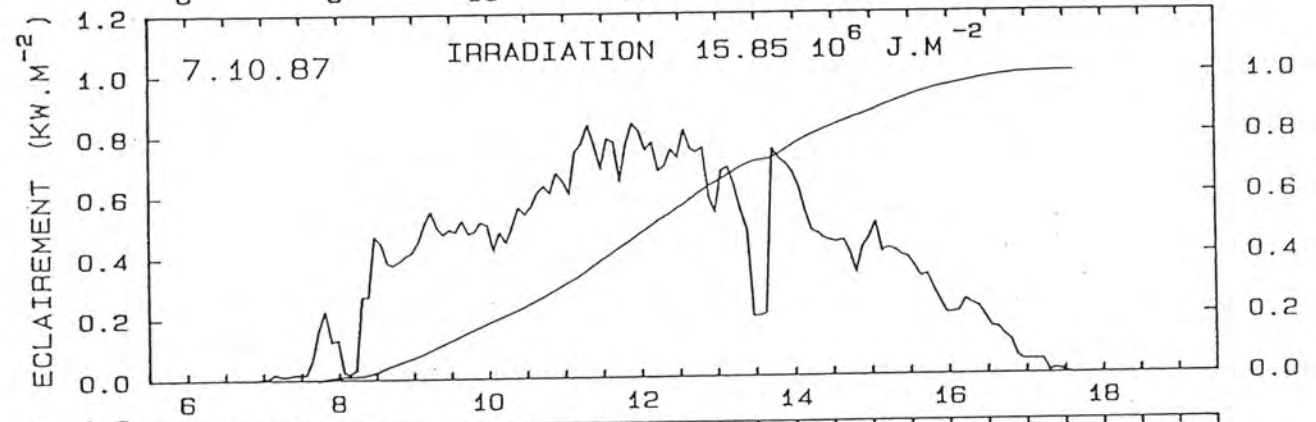
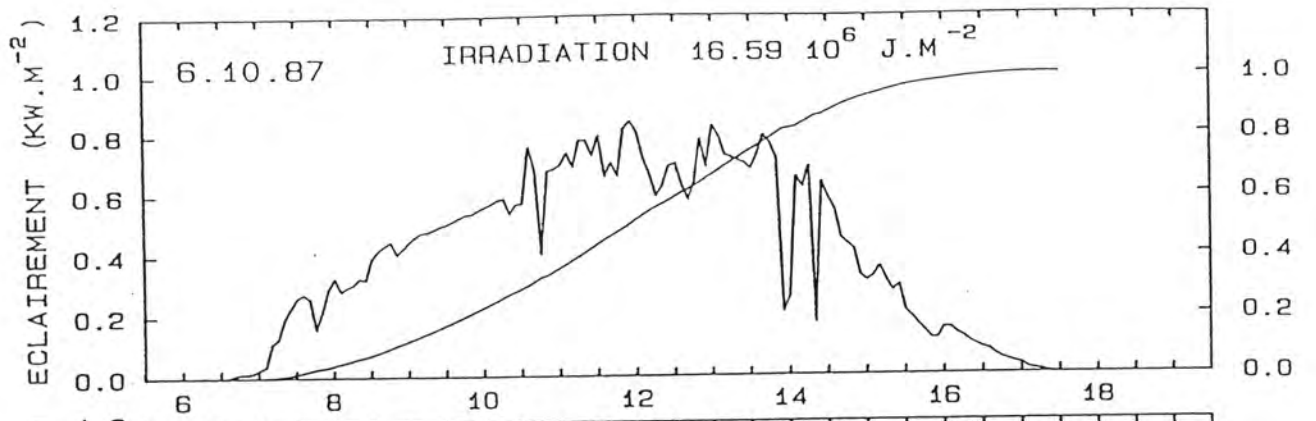
- la courbe de l'éclairement, exprimé en KW. m^{-2} (ordonnées à gauche), en fonction de l'heure locale;
- la courbe des valeurs cumulées de l'irradiation à partir du lever du soleil, rapportées à l'irradiation journalière totale (ordonnées à droite); en un instant donné, le produit de cette valeur par l'irradiation totale fournit donc l'irradiation intégrée sur la période comprise entre le lever du soleil et cet instant .

La valeur de l'irradiation journalière, obtenue par intégration de la courbe, et exprimée en J.m^{-2} , est indiquée sur chaque figure.

* Figures 7. (pages 40 à 42). Eclairement (Kw.m^{-2}) en fonction de l'heure locale du jour (ordonnées à gauche). Irradiation cumulée, à partir du lever du soleil, rapportée à l'irradiation totale de la journée (ordonnées à droite).







1.4.2. PROFILS VERTICAUX D'ECLAIREMENT PHOTONIQUE.

Les profils d'éclairement photonique descendant ont été déterminés en valeurs relatives avec un quantamètre prototype (Prieur, 1970), descendu par paliers jusqu'à la profondeur maximale (Fig. 8: pages 44 à 46). Les mesures ont été corrigées du courant d'obscurité du photomultiplicateur, des variations de l'énergie incidente au-dessus de la surface déterminées à l'aide du solarimètre (cf. 1.4.1.), et enfin du facteur d'immersion. Les profondeurs indiquées correspondent aux longueurs de câble filées.

Les figures suivantes montrent les éclairagements photoniques aux différentes profondeurs pour chaque station (PAR (z)), exprimés en % de la valeur mesurée au-dessus de la surface (PAR(0⁺)), et portés selon une échelle logarithmique en fonction de la profondeur z. Certaines stations ne figurent pas par suite soit de mauvaises conditions de mesure (fortes variations de l'énergie incidente ou mer agitée - stations 2, 605, 840) , soit d'un mauvais fonctionnement du quantamètre (stations 1, 4).

REFERENCE

Prieur, L. 1970. Photomètre marin mesurant un flux de photons (quantamètre). *Cah. Oceanogr.* 22, 5 : 493 - 501.

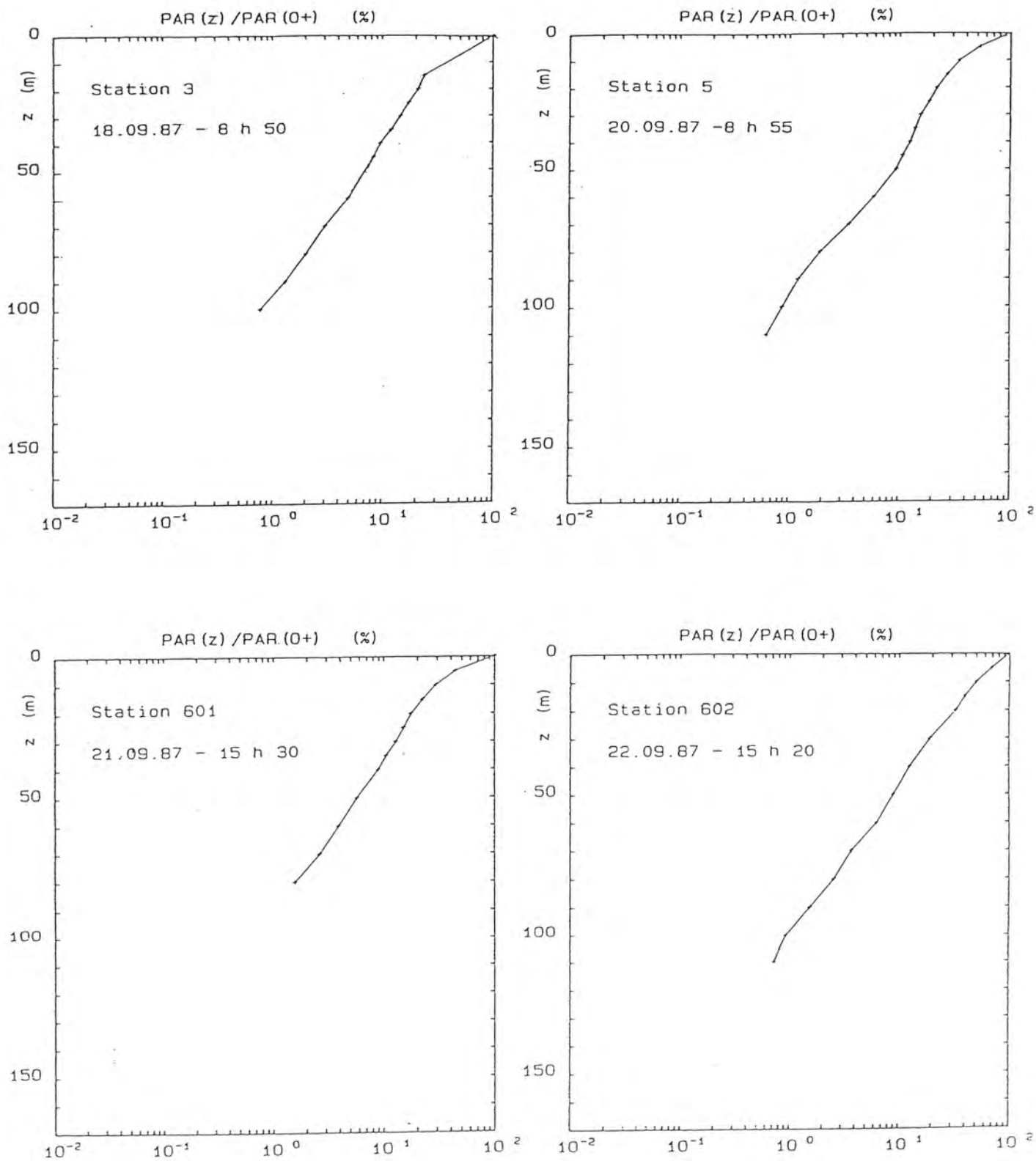
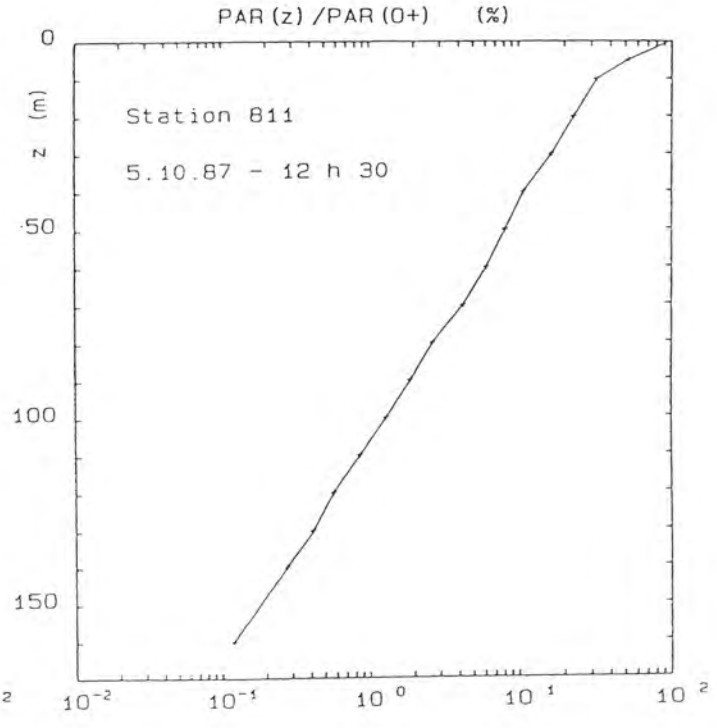
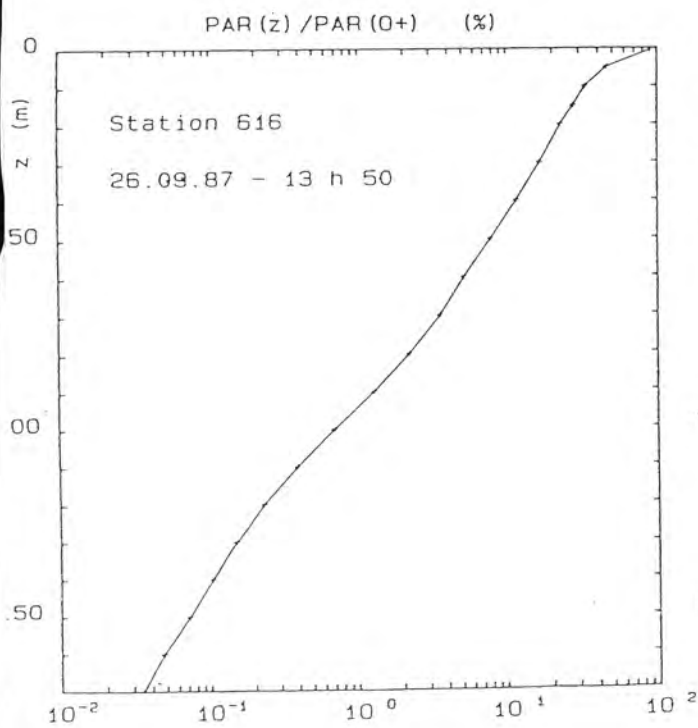
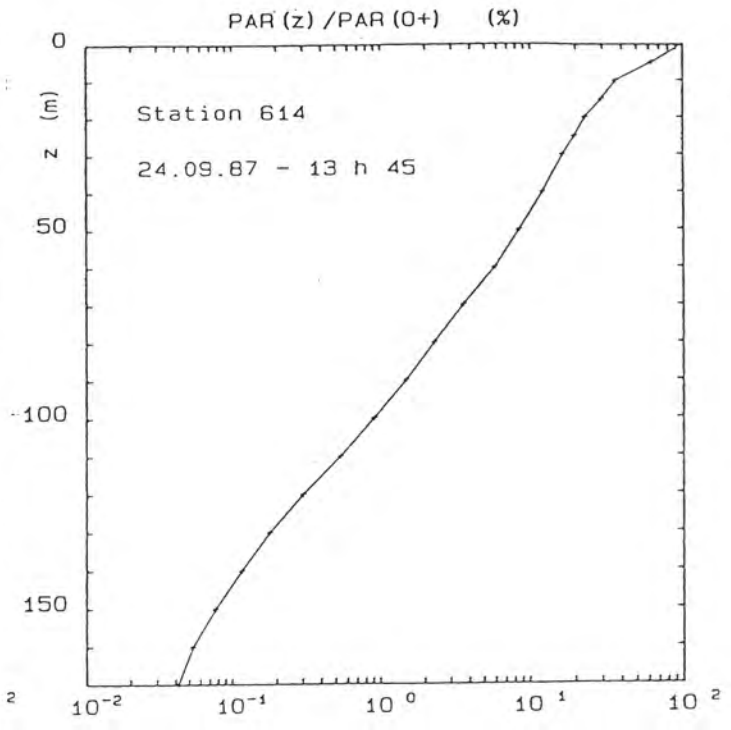
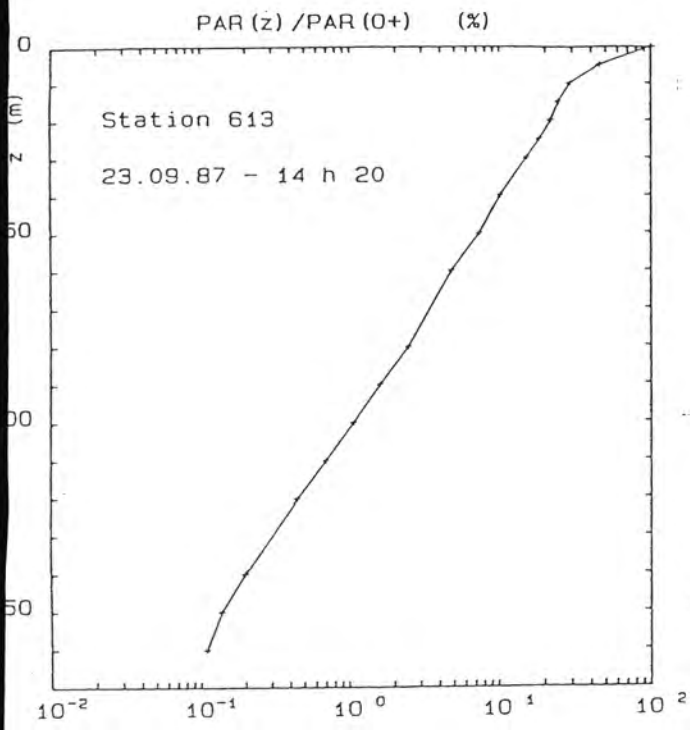


Fig. 8 (pages 44-46) Eclaircissements photoniques aux différentes profondeurs, en % des valeurs mesurées au-dessus de la surface.



2. STRUCTURE DES COMMUNAUTES BIOLOGIQUES

2.1 PICOPLANCTON PHOTOSYNTHETIQUE: MESURE PAR CYTOMETRIE EN FLUX

Vaulot Daniel et Claude Courties

INTRODUCTION

La cytométrie en flux est maintenant une méthode bien établie en océanographie pour déterminer l'abondance et les caractéristiques cellulaires des principaux composants du picoplancton photosynthétique (Chisholm *et al.* 1988a). Cette technique a été appliquée pendant la campagne CHLOMAX, au cours de laquelle a été embarqué un cytomètre trieur. Elle a permis de quantifier l'abondance de trois populations: les prochlorophytes récemment décrits par Chisholm *et al.* (1988b), les cyanobactéries de type *Synechococcus* et les picoeucaryotes. De plus, la mesure de la fluorescence chlorophyllienne des cellules individuelles a permis d'estimer la biomasse de ces populations.

2.1.1. METHODES

La concentration et les paramètres cellulaires (diffusion à 90° = LS90, fluorescences de la chlorophylle et de la phycoérythrine) du picoplancton ont été mesurés durant avec un cytomètre en flux embarqué EPICS 541 (Coulter, Hialeah, FL USA), équipé d'un laser argon Coherent 90-6. En routine, 2 replicats de 200 ml ont été analysés (raie laser 488 nm, puissance 1,5 W); certains échantillons ont aussi été analysés avec les raies 457 et 515 nm. Des billes de 1 µm (Polysciences) ont été ajoutées pour servir de standard interne de fluorescence. La fluorescence de la phycoérythrine a été mesurée entre 530 et 640 nm et celle de la chlorophylle au delà de 640 nm. Les différents signaux (mode pic) ont été amplifiés logarithmiquement sur trois décades. Les données, stockées en mode liste, ont été traitées sur un microordinateur de type IBM PC avec le logiciel CYTOPC. Tous les paramètres ont été normalisés aux billes de 1 µm.

2.1.2. RESULTATS ET DISCUSSION

Trois populations picoplanctoniques ont été distinguées par cytométrie en flux.

Prochlorophytes

La première population est caractérisée par un LS90 et une fluorescence rouge très faibles, ainsi que par l'absence de fluorescence orange (phycoérythrine). Avec la configuration cytométrique utilisée, ces cellules ne sont détectées qu'en profondeur à partir de 80-100m, 20 à 30 m au dessus du maximum profond de chlorophylle. La petite taille de ces cellules a été confirmée par le fait que la majorité d'entre elles passent à travers un filtre Nuclepore de 0,8 µm. Ces cellules sont aussi caractérisées par les rapports élevés $F_{488}:F_{515}$ et $F_{488}:F_{457}$ où F_x indique la fluorescence rouge excitée à x nm. Ces indices ainsi que la présence de chlorophylles similaires aux divinyl-chlorophylles *a* et *b* dans les fractions de taille où ces cellules dominaient nous ont conduit à les identifier (Neveux *et al.* 1989) aux prochlorophytes océaniques décrits par Chisholm *et al.* (1988b). De telles cellules ont été observées depuis dans l'Atlantique, le Pacifique, et la Méditerranée (Li and Wood 1989; Olson *et al.* 1990; Vaulot *et al.* 1990).

Les concentrations maximums mesurées en mer des Sargasses pendant CHLOMAX voisinent 100 000 cell ml⁻¹ (Table 2 et Fig. 9) et se situent juste au-dessus du maximum profond de chlorophylle. Il faut noter que des mesures plus récentes par cytométrie en flux réalisées avec une meilleure sensibilité ont permis d'établir la présence de prochlorophytes plus près de la surface dans la mer des Sargasses en été, mais à des concentrations plus faibles qu'en profondeur (Olson *et al.* 1990). En direction du fond, les concentrations cellulaires décroissent de manière exponentielle, alors que la fluorescence de la chlorophylle est accrue plus de dix fois; cela est dû à un phénomène de photoadaptation. La profondeur d'apparition des prochlorophytes semble directement liée à celle de la nitracline; quand cette dernière s'abaisse, le profil de prochlorophytes est déplacé vers le bas (comparer stations 5 et 6 pour lesquelles les profondeurs où l'on trouve 0,5

$\mu\text{M NO}_2$ sont respectivement 160 et 110 m; Fig. 9). Sur l'ensemble des stations, la forme et l'intensité du profil de concentration est cependant extrêmement reproductible, ce qui suggère une très grande stabilité des facteurs qui contrôlent les populations de prochlorophytes dans cette région en été.

Synechococcus

Les cyanobactéries de type *Synechococcus* sont caractérisées par leur petite taille et la fluorescence orangée de la phycoérythrine. Contrairement aux prochlorophytes, elles sont cantonnées dans la partie supérieure de la zone euphotique et disparaissent rapidement entre 100 et 150 m (Fig. 9). Les concentrations maximales observées en surface sont de l'ordre de $7000 \text{ cell ml}^{-1}$ (Table 2). La fluorescence de la phycoérythrine, en général uniforme dans la couche de mélange (20-30 m), s'accroît ensuite, par photoadaptation des cellules avec la profondeur, et peut être multipliée par un facteur de 50 (Fig. 9). A l'échelle de l'ensemble des stations, la variabilité observée est faible, mais légèrement plus importante que celle des prochlorophytes. Cette variabilité pourrait être due à des blooms localisés déclenchés par des apports nanomolaires de nitrates (Glover *et al.* 1988).

Picoeucaryotes

La troisième population picoplanctonique est de taille plus importante (0,8-3 μm , déterminée par filtration différentielle sur filtre Nucleopore) et ne possède qu'une fluorescence rouge. Les rapports $F_{488}:F_{515}$ et $F_{488}:F_{457}$ sont respectivement 3,7 et 2,3 fois moins élevés que pour les prochlorophytes suggérant la présence de chlorophylle *c* plutôt que *b*. Bien que nous n'ayons pas identifiés ces cellules de manière définitive, il est probable que ce soient des eucaryotes, peut-être apparentés aux Chrysophytes. Il est aussi possible que différentes populations ayant la même signature cytométrique aient été présentes aux différentes stations. La concentration maximum de ces cellules se situe autour de $1000 \text{ cell ml}^{-1}$. Leur distribution verticale ressemble fortement à celle des cyanobactéries (Fig. 9). On notera cependant qu'elles présentent un profil plus uniforme dans les cent premiers mètres, qu'elles sont présentes plus profond et que leur fluorescence augmente de manière moins rapide ou même pas du tout dans certain cas (Stn. 2). Sur l'ensemble des stations, leur variabilité est plus importante que celle des cyanobactéries et des prochlorophytes.

Contribution du picoplancton à la biomasse chlorophyllienne

La cytométrie en flux permet de mesurer la fluorescence chlorophyllienne des cellules. Cette fluorescence est, en première approximation, proportionnelle au contenu en chlorophylle, mais dépend aussi de la composition pigmentaire et de la concentration intracellulaire en chlorophylle ("packaging effect", Perry *et al.* 1989; Sosik *et al.* 1989). Dans le cas des mesures effectuées pendant CHLOMAX, on trouve une excellente corrélation entre la fluorescence totale des prochlorophytes et la concentration en chlorophylle *b* mesurée par spectrofluorométrie (Fig. 10A). Cela suggère:

1) que la majorité de la chlorophylle *b* en profondeur (c.a.d. là où nous avons pu mesurer les prochlorophytes) est contenue dans la population de prochlorophytes

2) que la fluorescence cellulaire mesurée par cytométrie en flux est bien proportionnelle au contenu pigmentaire.

Nous avons établi le profil de fluorescence totale contenu dans le picoplancton à la station 5 (Fig. 10B). On note le très bon accord entre ce profil et celui de la chlorophylle *a* sauf dans la région 90 - 120 m. Or, c'est précisément dans cette région que nous n'avons pas pu mesurer les prochlorophytes, alors que des mesures plus récentes ont montré qu'ils étaient bien présents (Olson *et al.* 1990). La différence entre les deux courbes peut probablement être attribuée à ces cellules. En dehors de cette zone, la concordance des profils suggère que le picoplancton est probablement le contributeur majeur au signal chlorophyllien. Deux zones distinctes apparaissent: entre la surface et 80 m, les eucaryotes dominent la biomasse chlorophyllienne, alors qu'au-dessous ce sont les prochlorophytes. En revanche, les cyanobactéries de type *Synechococcus* ont toujours une contribution négligeable. Il faut cependant noter que cela n'est probablement pas vrai si la biomasse photosynthétique est exprimée en terme de carbone, étant donné que la majorité du matériel pigmentaire accessoire des *Synechococcus* est composée de phycobiliprotéines.

REFERENCES UTILISANT LES DONNEES COLLECTEES DURANT CHLOMAX

- Neveux, J., Vaulot, D., Courties, C. et E. Fukai, 1989. Green photosynthetic bacteria associated with the deep chlorophyll maximum of the Sargasso Sea. *C. R. Acad. Sci. (Paris) III* 308: 9-14.
- Vaulot, D., Courties, C. et F. Partensky, 1989. A simple method to preserve oceanic phytoplankton for flow cytometric analyses. *Cytometry* 10: 629-635.
- Vaulot, D., Partensky, F., Neveux, J., Mantoura, R. F. C. et C. Llewellyn, 1990. Winter presence of prochlorophytes in surface waters of the northwestern Mediterranean Sea. *Limnol. Oceanogr.* 35: 1156-1164.

AUTRES REFERENCES

- Chisholm, S. W., Olson, R. J. et C.M. Yentsch, 1988a. Flow cytometry in Oceanography: status and prospects. *Eos* 69: 562-572.
- Chisholm, S. W., Olson, R. J., Zettler, E. R., Waterbury, J., Goericke, R. et N. Welschmeyer, 1988b. A novel free-living prochlorophyte occurs at high cell concentrations in the oceanic euphotic zone. *Nature*, Lond. 334: 340-343
- Glover, H. E., Prézelin, B. B., Campbell, L., Wyman, M. et C. Garside, 1988. A nitrate-dependent *Synechococcus* bloom in surface Sargasso Sea water. *Nature*, Lond. 331: 161-163
- Li, W. K. et A.M. Wood. 1988. Vertical distribution of North Atlantic ultraphytoplankton: analysis by flow cytometry and epifluorescence microscopy. *Deep-Sea Res.* 35: 1615-1638
- Olson, R. J., Zettler, E. R., Altabet, M. A., Dusenberry, J. A. et S.W. Chisholm, 1990. Spatial and temporal distributions of prochlorophyte picoplankton in the North Atlantic Ocean. *Deep-Sea Res.*: 37: 1033-1051.
- Perry, M. J. et S.M. Porter, 1989. Determination of the cross-section absorption coefficient of individual phytoplankton cells by analytical flow cytometry. *Limnol. Oceanogr.* 34: 1731-1742
- Sosik, H. M., Olson, R. J. et S.W. Chisholm, 1989. Chlorophyll fluorescence from single cells: interpretation of flow cytometric signals. *Limnol. Oceanogr.* 34: 1749-1761

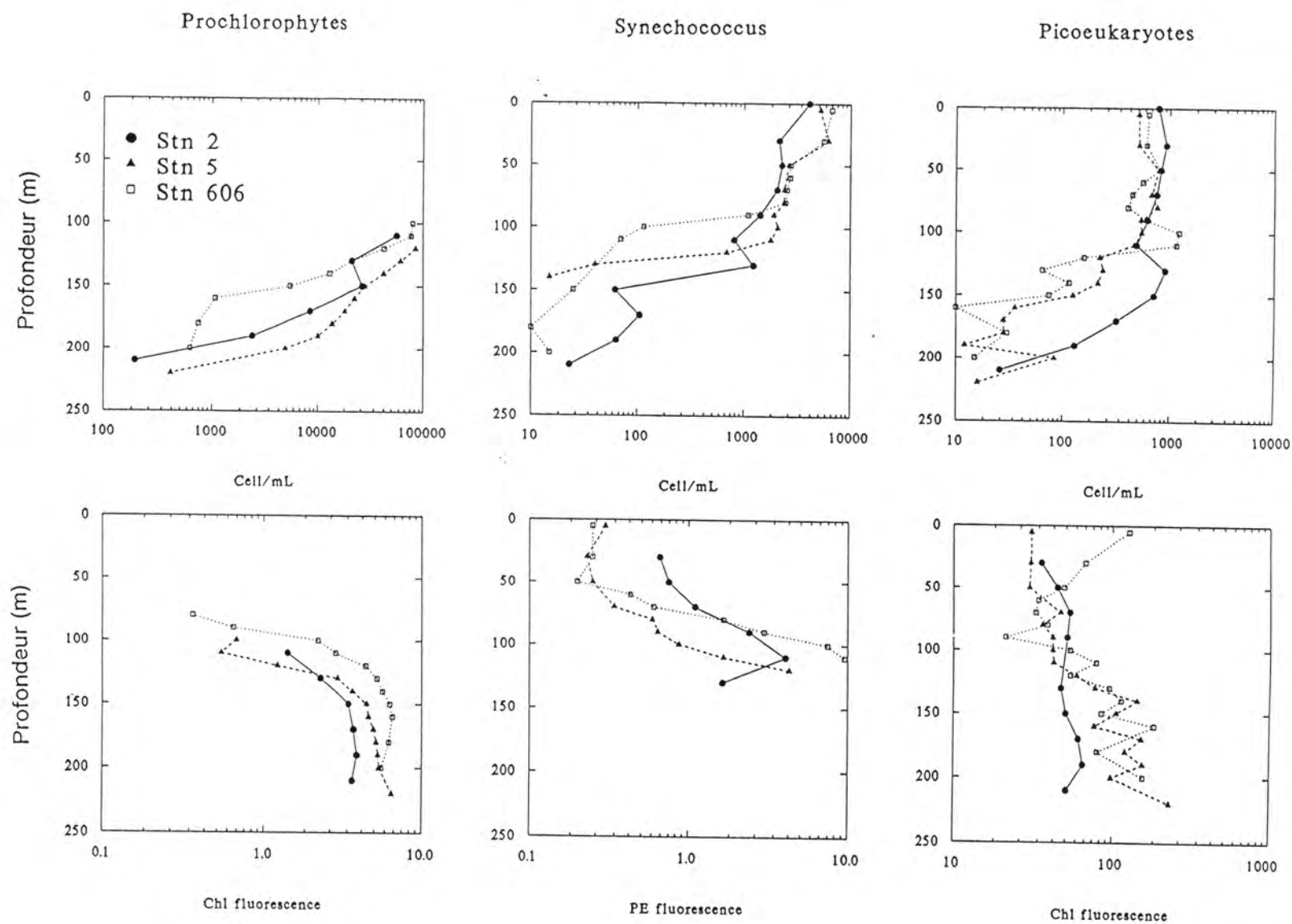
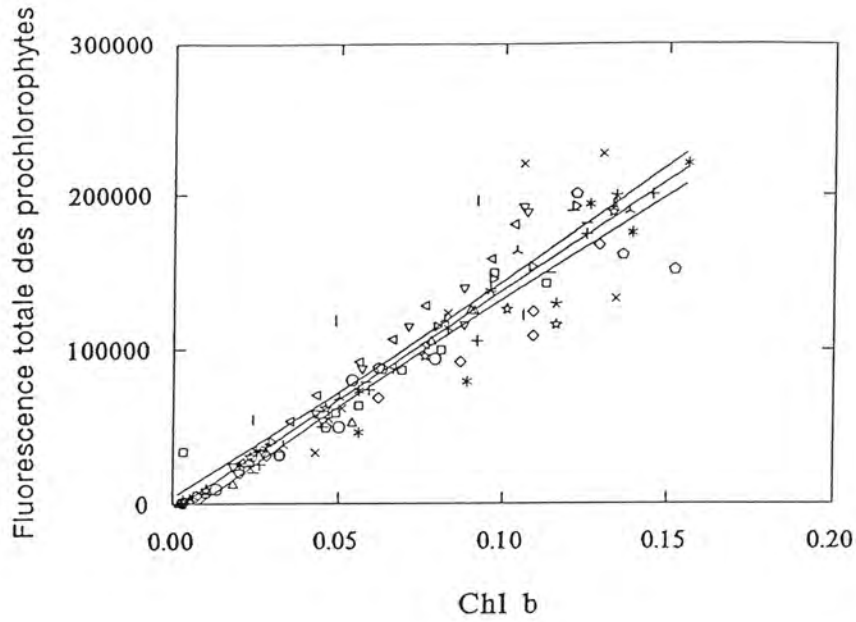


Fig. 9 (*en haut*) Distribution verticale (en nombre de cellules/ml) des prochlorophytes (à gauche), des Cyanobactéries de type *Synechococcus* (au milieu) et des picoeucaryotes (à droite) aux stations 2, 5 et 6 (606). (*en bas*) Variations avec la profondeur de la fluorescence par cellule (normalisée par rapport à celle de billes de $1\mu\text{m}$ Polysciences) pour chacune des 3 populations désignées ci-dessus.

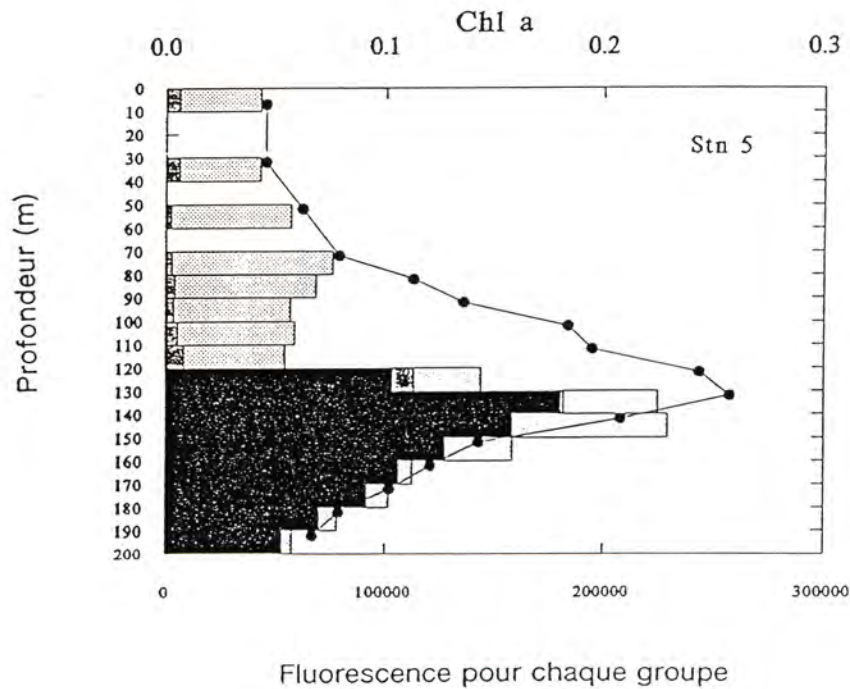
	Prochlorophytes	<i>Synechococcus</i>	Picoeukaryotes
Concentration (cell ml⁻¹)			
Mean	35700	1342	481
SD	32600	1802	317
Maximum	128000	6780	1397
LS90 (/1 μm beads)			
Mean	.083	.078	3.561
SD	.036	.035	1.703
Maximum	.193	.320	8.564
Pigment fluorescence* (/1 μm beads)			
Mean	3.56	4.08	73.7
SD	1.70	4.70	52.9
Maximum	8.56	20.86	345.2

* Phycoérythrine pour les *Synechococcus*, chlorophylle a pour les prochlorophytes et les picoeucaryotes

Tableau 2- Données statistiques sur les différentes populations mesurées pendant la campagne CHLOMAX par cytométrie en flux.



A



B

Fig. 10 A) Relation entre la concentration en chl b (ng.ml^{-1} , non corrigée pour la présence des chl a et chl b procaryotiques) et la fluorescence totale des prochlorophytes par ml (mesurée par cytométrie en flux et normalisée à celle de billes de $1\mu\text{m}$ Polysciences), $r^2 = 0,90$ $n = 126$. Les différents symboles correspondent aux différentes stations (Sts 2 à 606); B) Contribution des différents groupes du phytoplancton à la fluorescence totale par ml, à la station 5. Prochlorophytes (noir); *Synechococcus*: gris foncé; Picoeucaryotes (gris clair). Les points noirs reliés par une ligne continue correspondent au profil de chl a (ng.l^{-1} , non corrigée pour la présence des chl a et chl b procaryotiques).

TABLEAUX DES DONNEES DE CYTOMETRIE EN FLUX

Synechococcus

Syncell *	nombre de cellules par ml
SynFALS *	diffusion vers l'avant par cellule
SynLS90 *	diffusion à angle droit par cellule
SynGreen *	fluorescence de la phycoérythrine par cellule
SynRed *	fluorescence de la chlorophylle a par cellule

Prochlorophytes

ProCell *	nombre de cellules par ml
ProLS90 *	diffusion à angle droit par cellule
ProRed *	fluorescence de la chlorophylle a par cellule

Picoeucaryotes (0,8-2 µm)

EukCell *	nombre de cellules par ml
EukFALS *	diffusion vers l'avant par cellule
EukLS90 *	diffusion à angle droit par cellule
EukRed *	fluorescence provenant de la chlorophylle a

Conditions d'analyse:

Puissance du laser	1500 mW
Longueur d'onde du laser	488 nm
Filtre dichroïque	SP 640
Filtre vert (filtre placé côté émission devant le premier photomultiplicateur)	LP 530
Filtre rouge (filtre placé côté émission devant le second photomultiplicateur)	LP 630

* Tous ces paramètres sont normalisés par rapport à des billes Polysciences de 1 µm.

* Station 2 *												
*Prof (m)	SynCe11	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCe11	ProLS90	ProRed	EukCe11	EukFALS	EukLS90	EukRed *

* 0	4124								780			*
* 30	2154	0,06	0,10	0,66	1,04				930	2,46	2,59	9,87 *
* 50	2290	0,05	0,10	0,75	1,13				833	2,14	1,86	12,46 *
* 70	2068	0,04	0,11	1,10	1,59				757	2,23	4,08	14,85 *
* 90	1434	0,06	0,11	2,41	3,13				624	2,28	5,58	14,33 *
* 110	816	0,08	0,10	4,08	5,39	56730	0,05	0,39	492	2,02	6,52	*
* 130	1239	0,06	0,12	1,64	2,26	21700	0,07	0,63	912	2,31	6,17	13,13 *
* 150	62	0,21	0,32	0,95	3,35	26921	0,12	0,96	713	2,23	8,89	14,04 *
* 170	105	0,12	0,20	0,76	1,46	8364	0,13	1,04	320	2,89	11,14	16,83 *
* 190	63	0,16	0,23	0,59	1,76	2384	0,13	1,09	130	3,12	10,52	17,98 *
* 210	23	0,06	0,20	1,02	3,13	195	0,10	1,02	26	2,91	9,20	14,17 *

* Station 3 *												
*Prof (m)	SynCe11	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCe11	ProLS90	ProRed	EukCe11	EukFALS	EukLS90	EukRed *

* 5	5158	0,09	0,12	0,53	1,78				852	2,17	1,95	53,22 *
* 50	4238	0,07	0,09	0,46	1,30				792	1,94	1,71	56,20 *
* 70	2712	0,05	0,08	0,57	1,58				692	1,64	1,63	73,09 *
* 90	3013	0,05	0,08	1,08	2,50				621	1,89	2,01	75,85 *
* 100	2930	0,05	0,09	1,78	4,16				547	2,06	2,55	83,04 *
* 110	1613	0,07	0,09	3,01	7,00	41521	0,04	0,80	571	2,17	4,31	84,65 *
* 120	1215	0,09	0,10	4,34	11,10	55093	0,04	1,00	568	2,09	4,60	85,60 *
* 130	457	0,17	0,09	7,32	21,45	69263	0,06	1,80	754	2,12	5,92	76,65 *
* 140	98	0,26	0,13	11,07	34,20	41557	0,10	3,00	851	2,08	6,73	71,80 *
* 150	21	0,34	0,14	12,63	40,20	30041	0,12	3,50	749	2,24	7,71	75,30 *
* 160	6	0,18	0,07	6,61	20,70	12186	0,13	4,24	348	2,64	8,71	93,81 *
* 170	0					5180	0,15	5,00	211	2,96	9,56	110,61 *
* 180	0					4749	0,15	5,00	160	2,75	8,36	124,35 *
* 190	0					2485	0,15	4,89	102	2,80	8,55	122,28 *
* 200	0					508	0,16	4,94	25	2,80	9,06	115,82 *
* 210	0					190	0,17	5,17	14	3,01	7,87	115,57 *
* 220	0					47	0,14	4,25	10	3,26	8,51	122,50 *
* 250	0					5	0,03	1,75	4			*

* Station 4 *												
*Prof (m)	SynCe11	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCe11	ProLS90	ProRed	EukCe11	EukFALS	EukLS90	EukRed *

* 5	5071	0,07	0,10	0,33	1,15				731	1,83	1,91	21,37 *
* 30	4996	0,07	0,09	0,33	1,13				553	1,54	1,28	31,98 *
* 50	1778	0,06	0,08	0,31	0,92				601	1,08	1,15	38,58 *
* 70	1886	0,05	0,08	0,48	1,36				435	1,61	1,38	43,34 *
* 80	2294	0,06	0,08	0,60	1,74				471	1,36	1,27	48,15 *
* 90	2318	0,06	0,08	1,32	3,91	53868	0,02	0,43	404	1,44	1,39	47,61 *
* 100	2078	0,07	0,08	1,92	5,87	102870	0,02	0,52	462	1,71	1,85	41,78 *
* 110	675	0,09	0,08	3,54	12,04	108488	0,04	1,07	396	1,77	2,28	40,35 *
* 120	276	0,14	0,10	5,84	20,00	88157	0,08	2,18	743	1,91	7,34	64,86 *
* 130	6	0,21	0,13	10,38	37,27	61100	0,13	3,09	714	2,10	10,55	69,45 *
* 140	2	0,29	0,27	13,07	44,77	42042	0,14	3,32	628	2,53	12,34	78,18 *
* 150	4	0,16	0,07	7,22	23,04	29100	0,11	3,95	615	2,23	7,64	124,36 *
* 160	2	0,24	0,09	8,59	33,05	20360	0,14	4,30	515	2,56	10,18	95,10 *
* 170	3	0,35	0,12	13,04	46,85	13117	0,14	4,45	397	2,81	12,47	111,40 *
* 180	2	0,18	0,06	5,84	14,55	7183	0,15	4,65	287	3,18	15,63	121,85 *
* 190	2	0,09	0,08	7,13	22,25	6755	0,15	4,38	176	3,11	17,58	228,81 *
* 200	2	0,12	0,06	8,11	23,68	5422	0,15	4,45	149	3,01	16,12	345,18 *
* 250	0					206	0,17	3,45	22	1,97	8,84	153,50 *
* 500	0					110	0,19	1,77	3			*

* Station 5 *

*Prof (m)	SynCe11	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCe11	ProLS90	ProRed	EukCe11	EukFALS	EukLS90	EukRed
*	5	5234	0,09	0,09	0,30	1,14			512	1,55	0,96	30,91
*	30	6274	0,09	0,08	0,23	0,95			518	1,56	1,13	30,70
*	50	2640	0,07	0,07	0,25	0,86			790	1,55	1,71	30,00
*	70	2404	0,06	0,04	0,34	1,10			678	1,58	1,49	47,00
*	80	2402	0,05	0,06	0,59	1,70			766	1,47	1,11	36,39
*	90	1925	0,06	0,07	0,64	1,83			545	1,27	1,32	42,30
*	100	2095	0,06	0,06	0,87	2,50	0,03	0,67	550	1,50	1,42	42,21
*	110	1805	0,06	0,05	1,66	4,54	0,02	0,54	465	1,79	2,23	42,83
*	120	700	0,09	0,07	4,30	14,17	85205	0,04	1,21	225	0,97	1,35
*	130	40	0,17	0,05	9,31	32,00	61900	0,06	2,92	240	0,61	1,40
*	140	15	0,07	0,04	4,88	14,88	42715	0,07	3,71	215	1,89	4,82
*	150	0					28316	0,08	4,52	126	2,03	4,61
*	160	0					22858	0,10	4,65	36	2,21	5,02
*	170	0					18370	0,09	5,00	28	2,45	6,13
*	180	0					13578	0,09	5,18	28	2,04	3,48
*	190	0					10004	0,09	5,32	12	1,18	4,33
*	200	0					4878	0,10	5,41	84	2,12	4,26
*	220	0					418	0,10	6,50	16	1,85	7,38
*	250	0					26	0,06	5,33	4		

* Station 6(601) *

*Prof (m)	SynCe11	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCe11	ProLS90	ProRed	EukCe11	EukFALS	EukLS90	EukRed
*	5	5460	0,07	0,09	0,25	1,00			515	2,27	0,82	23,47
*	30	5655	0,08	0,08	0,23	0,83			690	2,42	1,21	21,78
*	100	345	0,12	0,06	5,60	19,00	84360	0,05	1,82	755	0,84	0,95
*	110	95	0,17	0,06	8,55	30,41	69710	0,07	2,76	1210	1,26	2,70
*	120	30					49210	0,08	3,47	830	1,49	3,38
*	130	50					38715	0,08	3,76	565	1,57	3,38
*	140	20					28895	0,07	3,97	360	1,30	2,37
*	150											
*	160	0					8230	0,11	4,86	20	2,42	6,38
*	180	0					465	0,06	2,45			
*	200	0					720	0,07	2,77			

* Station 6(602) *

*Prof (m)	SynCe11	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCe11	ProLS90	ProRed	EukCe11	EukFALS	EukLS90	EukRed
*	5	5705	0,06	0,07	0,21	0,80			780	2,06	2,32	61,16
*	30	3840	0,07	0,06	0,17	0,71			925	1,72	1,57	45,08
*	50	2185	0,04	0,05	0,21	0,75			985	1,73	2,14	45,88
*	100	735	0,08	0,06	3,44	10,84	82840	0,03	1,20	625	1,36	1,94
*	110	5					49710	0,06	2,87	780	1,43	2,85
*	120	10					43415	0,08	3,44	550	1,89	4,06
*	130	0					21355	0,10	4,04	220	1,98	3,81
*	140	10					15080	0,10	4,20	220	2,00	3,91
*	150	5					13565	0,10	4,32	160	2,17	4,12
*	160	0					6735	0,11	4,64	65	2,50	4,19
*	200	0							100	2,72	4,83	117,00

* Station 6(603) *												
*Prof (m)	SynCell	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCell	ProLS90	ProRed	EukCell	EukFALS	EukLS90	EukRed

* 5	4113	0,08	0,09	0,25	1,03				915	1,93	2,56	27,51
* 30	2438	0,08	0,08	0,22	0,85				1175	1,89	2,83	16,40
* 50	4013	0,08	0,09	0,21	0,69				1398	1,79	2,40	18,49
* 100	605	0,09	0,06	3,89	12,92	81118	0,04	1,34	850	1,44	2,77	57,03
* 110	40	0,10	0,06	5,22	17,03	71905	0,06	2,33	1295	1,36	3,90	83,71
* 120	13	0,08	0,09	4,97	20,75	41425	0,07	3,00	488	1,96	4,92	92,09
* 130	0					26188	0,08	3,51	480	2,09	6,58	200,19
* 140	3					17948	0,09	3,83	308	2,40	6,96	222,76
* 150	0					7220	0,09	4,32	310	2,71	7,17	219,28
* 160	0					4285	0,09	4,65	255	2,66	8,03	248,02
* 200	18	0,10	0,05	6,22	20,99	978	0,08	5,18	258	3,14	9,60	287,15

* Station 6(613) *												
*Prof (m)	SynCell	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCell	ProLS90	ProRed	EukCell	EukFALS	EukLS90	EukRed

* 5	4068	0,10	0,08	0,22	0,87				760	1,72	0,85	21,09
* 30	2198	0,08	0,07	0,21	0,79				660	2,09	0,87	20,41
* 50	2835	0,07	0,07	0,23	0,80				690	1,74	0,64	19,23
* 100	365	0,13	0,06	4,98	15,96	74363	0,04	1,56	1018	1,66	2,43	86,01
* 110	75	0,13	0,07	5,72	19,01	70770	0,06	2,67	1333	1,66	3,86	63,67
* 120	18	0,15	0,05	7,11	24,70	35280	0,07	3,57	675	1,94	4,66	70,27
* 130	0					21645	0,10	4,42	418	1,74	3,24	114,32
* 140	5					13025	0,09	4,74	265	2,15	5,46	122,65
* 150	10					6010	0,09	5,07	220	2,59	6,65	191,59
* 160	10					1798	0,09	5,24	120	2,13	5,27	137,43
* 200	13	0,08	0,05	6,22	30,57	705	0,07	4,05	28	3,05	5,62	83,48

* Station 6(623) *												
*Prof (m)	SynCell	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCell	ProLS90	ProRed	EukCell	EukFALS	EukLS90	EukRed

* 5	6315	0,22	0,11	0,16	0,63				590	2,48	1,63	41,01
* 30	3520	0,09	0,07	0,17	0,69				740	2,35	1,45	37,11
* 50	2285	0,07	0,07	0,20	0,70				718	2,44	1,13	37,14
* 100	383	0,14	0,06	5,46	16,59	77260	0,05	2,09	778	1,51	1,60	66,81
* 110	5	0,10	0,03	4,63	15,15	40385	0,08	3,76	608	1,39	2,62	94,81
* 120	8	0,22	0,07	10,64	35,55	48273	0,08	4,16	548	1,88	3,89	79,52
* 130	5	0,18	0,04	10,48	33,07	27545	0,09	4,87	278	2,03	4,00	86,63
* 140	5	0,24	0,05	12,25	37,77	17423	0,09	5,05	255	2,10	4,57	91,87
* 150	3	0,06	0,04	4,18	13,33	17138	0,09	5,10	270	1,92	4,17	112,03
* 160	8	0,19	0,10	12,44	36,88	9525	0,09	5,18	310	2,37	5,03	165,43
* 200	15	0,18	0,06	8,21	27,03	1340	0,08	5,46	95	2,51	5,61	164,35

* Station 6(633) *												
*Prof (m)	SynCell	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCell	ProLS90	ProRed	EukCell	EukFALS	EukLS90	EukRed

* 5	4330	0,10	0,09	0,17	0,74				530	1,67	1,03	18,30
* 30	3550	0,09	0,08	0,19	0,75				1063	2,07	1,82	12,31
* 50	2505	0,07	0,08	0,22	0,74				1105	1,94	1,43	17,80
* 100	445	0,13	0,06	5,00	15,16	81405	0,04	1,50	750	1,37	1,59	48,75
* 110												
* 120	20	0,17	0,06	7,48	24,56	56855	0,08	3,43	840	1,25	2,28	54,94
* 130	35	0,17	0,06	7,50	25,32	48195	0,09	4,07	615	1,56	3,26	60,37
* 140	10	0,05	0,06	7,35	20,09	25530	0,12	4,64	300	1,63	2,93	73,86
* 150	0					10930	0,12	4,96	115	1,96	4,40	70,45
* 160	15	0,14	0,07	6,93	36,01	2440	0,11	5,38	40	2,25	3,47	77,72
* 200	5					265	0,05	4,49	10	3,01	5,80	51,70

* Station 6(604) *												
*Prof (m)	SynCell	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCell	ProLS90	ProRed	EukCell	EukFALS	EukLS90	EukRed

* 5	5470	0,09	0,08	0,21	0,87				950	2,07	0,95	25,93
* 30	4840	0,09	0,08	0,20	0,77				775	2,21	1,10	28,83
* 50	2945	0,06	0,07	0,24	0,80				955	1,74	0,70	32,01
* 100	540	0,13	0,06	5,27	16,28	92795	0,04	1,61	1095	1,27	1,05	45,14
* 110	30	0,16	0,06	6,98	22,69	61085	0,05	2,97	1105	1,26	2,66	48,48
* 120	20	0,08	0,07	4,53	14,46	52035	0,09	3,64	805	1,35	2,74	62,77
* 130	5					32995	0,10	4,15	500	1,46	3,17	65,71
* 140	0					17085	0,09	4,61	335	1,91	4,21	67,24
* 150	5					7925	0,09	4,87	195	1,63	3,41	69,78
* 160	5					4090	0,09	4,94	110	2,16	4,99	79,08
* 200	5					125	0,06	4,12	15	2,70	4,85	53,69

* Station 6(614) *												
*Prof (m)	SynCell	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCell	ProLS90	ProRed	EukCell	EukFALS	EukLS90	EukRed

* 5	4965	0,09	0,10	0,21	0,78				745	2,44	1,26	27,58
* 30	2530	0,06	0,08	0,21	0,72				685	2,07	1,18	41,49
* 50	2430	0,05	0,07	0,26	0,78				765	2,13	1,39	41,16
* 100	0					77010	0,06	2,46	995	1,16	1,60	45,19
* 110	0					52225	0,10	3,69	445	1,34	2,51	50,18
* 120	0					40305	0,11	4,06	360	1,32	2,28	46,74
* 130	0					27125	0,11	4,40	260	1,51	3,14	53,71
* 140	5					14560	0,09	4,73	210	1,77	4,68	68,28
* 150	5					7805	0,09	4,83	165	1,72	4,13	53,67
* 160	0					5105	0,09	4,92	110	2,05	4,41	50,08
* 200	5					565	0,08	5,51	30	1,47	4,62	50,98

* Station 6(624) *												
*Prof (m)	SynCell	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCell	ProLS90	ProRed	EukCell	EukFALS	EukLS90	EukRed

* 5	4795	0,11	0,10	0,17	0,68				470	3,32	1,64	27,60
* 30	3285	0,09	0,08	0,21	0,75				595	3,14	2,01	49,65
* 50	2935	0,07	0,07	0,25	0,78				650	2,69	1,53	47,19
* 100	105	0,14	0,07	5,56	17,91	70790	0,07	2,83	645	1,50	0,82	66,27
* 110												
* 120	5					40825	0,12	4,28	505	1,80	3,17	69,31
* 130	15	0,13	0,07	7,24	24,71	21230	0,13	4,96	230	2,33	3,81	75,44
* 140	5					14650	0,14	5,04	215	2,35	4,21	78,44
* 150	5					9710	0,13	5,12	140	2,20	3,84	90,38
* 160	5					4915	0,13	5,17	85	2,33	3,96	62,76
* 200	0					120	0,10	4,85	20	3,51	5,61	75,54

* Station 6(634) *												
*Prof (m)	SynCell	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCell	ProLS90	ProRed	EukCell	EukFALS	EukLS90	EukRed

* 5	5535	0,09	0,11	0,17	0,67				575	3,34	1,87	23,67
* 30	3380	0,08	0,09	0,21	0,81				670	3,26	1,94	22,22
* 50	2730	0,06	0,08	0,28	0,85				835	2,57	1,15	20,34
* 100	675	0,13	0,08	4,76	13,80	90830	0,05	1,46	715	1,67	0,79	53,83
* 110	40	0,15	0,06	7,49	24,52	72405	0,09	3,04	1060	1,21	1,08	60,63
* 120	10	0,18	0,07	7,39	26,41	53740	0,11	4,22	570	1,64	2,58	79,64
* 130	15	0,15	0,06	7,33	23,55	25535	0,13	4,82	240	1,88	2,99	112,44
* 140	0					11650	0,13	5,30	165	2,47	4,44	132,65
* 150	5					6210	0,11	5,32	190	2,44	5,13	136,95
* 160	15	0,22	0,08	10,25	34,56	4185	0,12	5,57	200	3,09	5,37	205,52
* 200	5					50	0,11	5,92	5			

* Station 6(605) *													
*Prof (m)	SynCell	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCell	ProLS90	ProRed	EukCell	EukFALS	EukLS90	EukRed	*

* 5	4415	0,10	0,10	0,23	1,06				735	3,02	3,52	22,45	*
* 30	4045	0,10	0,08	0,24	1,01				830	3,59	4,92	14,54	*
* 50	2475	0,06	0,07	0,24	0,91				645	2,35	3,29	52,41	*
* 100	210	0,14	0,06	7,68	22,71	79865	0,05	1,62	295	1,16	3,17	114,31	*
* 110	20	0,18	0,08	13,32	42,45	70565	0,07	2,83	365	0,94	1,77	75,56	*
* 120													*
* 130	0					29830	0,10	4,63	150	1,18	3,09	105,71	*
* 140	0					15900	0,11	5,48	60	1,70	5,84	92,04	*
* 150	0					9425	0,12	5,86	65	1,60	4,88	117,98	*
* 160	0					5895	0,09	6,15	10	0,61	0,24	55,27	*
* 200	0					50	0,16	8,56	5	0,12	0,68	28,63	*

* Station 6(606,616) *													
*Prof (m)	SynCell	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCell	ProLS90	ProRed	EukCell	EukFALS	EukLS90	EukRed	*

* 5	6705	0,08	0,10	0,25	1,00				630	3,61	5,38	125,87	*
* 30	5665	0,11	0,11	0,25	1,00				610	2,81	2,18	67,47	*
* 50	2740	0,05	0,06	0,20	0,87				810	1,18	1,13	49,75	*
* 60	2715	0,05	0,06	0,43	1,27				565	1,78	0,68	34,18	*
* 70	2555	0,05	0,06	0,60	1,77				450	1,25	0,66	32,86	*
* 80	2470	0,09	0,06	1,66	4,86	128030	0,02	0,36	410	1,28	0,58	39,00	*
* 90	1110	0,11	0,06	2,99	8,68	123530	0,03	0,64	615	0,78	0,47	21,23	*
* 100	115	0,14	0,06	7,49	25,20	79875	0,05	2,20	1235	0,69	0,39	53,95	*
* 110	70	0,16	0,07	9,57	32,68	77610	0,06	2,84	1165	0,78	0,35	79,16	*
* 120	5					43295	0,09	4,48	160	0,81	1,18	54,43	*
* 130	5					21595	0,08	5,26	65	1,42	2,77	95,05	*
* 140	5					12880	0,10	5,70	115	1,22	2,95	114,00	*
* 150	25					5440	0,08	6,30	75	1,58	4,30	85,25	*
* 160	0					1080	0,09	6,55	10	0,30	0,29	182,10	*
* 180	10					755	0,09	6,24	30	0,31	0,37	79,81	*
* 200	15					630	0,07	5,60	15	1,98	4,92	154,00	*

* Station 7 *													
*Prof (m)	SynCell	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCell	ProLS90	ProRed	EukCell	EukFALS	EukLS90	EukRed	*

* 5	6780	0,08	0,09	0,22	0,86				665	2,45	1,22	17,81	*
* 40	2920	0,05	0,08	0,22	0,74				835	2,55	1,71	23,97	*
* 80	1435	0,10	0,07	4,21	12,12	97385	0,04	1,17	925	1,17	0,82	51,95	*
* 100	105	0,19	0,07	11,09	32,93	58345	0,07	3,10	585	1,51	1,03	88,31	*

* Station 8(810) *													
*Prof (m)	SynCell	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCell	ProLS90	ProRed	EukCell	EukFALS	EukLS90	EukRed	*

* 5	5840	0,09	0,09	0,38	1,42				770	1,58	1,94	13,85	*
* 40	5060	0,07	0,09	0,34	1,24				805	2,01	2,10	31,17	*
* 70	3310	0,04	0,07	0,39	1,73				955	1,35	2,08	54,35	*
* 90	2185	0,05	0,07	1,14	3,22				525	2,02	2,32	52,38	*
* 100	1860	0,06	0,06	1,64	4,71	31450	0,02	0,50	475	0,99	1,04	87,74	*
* 110	1635	0,07	0,07	2,74	7,93	79290	0,02	0,57	470	0,95	1,34	101,02	*
* 120	525	0,12	0,07	5,65	17,97	93030	0,04	1,15	670	1,91	4,64	87,34	*
* 130	35	0,29	0,10	15,53	43,83	47190	0,08	2,97	570	1,89	5,01	76,23	*
* 140	5					38165	0,09	4,00	435	1,82	4,35	95,16	*
* 150	10					28470	0,09	4,93	230	1,83	4,73	123,22	*
* 200	0					6620	0,09	5,65	100	2,99	7,07	210,50	*

* Station 8(820) *													
*Prof (m)	SynCe11	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCe11	ProLS90	ProRed	EukCe11	EukFALS	EukLS90	EukRed	*

* 5	6020	0,12	0,09	0,34	1,28				885	2,61	3,35	12,49	*
* 50	1860	0,09	0,07	0,33	1,15				860	2,94	3,01	16,44	*
* 70	1965	0,06	0,06	0,38	1,25				705	2,03	1,70	27,38	*
* 90	2540	0,05	0,03	1,04	2,97				320	1,76	0,74	27,96	*
* 100	2245	0,05	0,03	1,47	4,10				360	1,42	0,68	44,18	*
* 110	1220	0,10	0,04	3,97	11,95				415	1,15	0,79	26,07	*
* 120	420	0,16	0,04	7,05	23,35	95540	0,03	1,23	270	1,19	0,86	35,33	*
* 130	135	0,28	0,06	14,22	46,79	42145	0,04	2,58	250	1,29	1,87	144,05	*
* 140	10	0,25	0,08	16,52	51,79	35445	0,05	3,64	215	2,12	3,72	231,33	*
* 150	5					27025	0,06	4,53	235	1,70	2,98	177,90	*
* 200	0					3455	0,07	6,07	130	2,41	4,85	266,66	*

* Station 8(830) *													
*Prof (m)	SynCe11	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCe11	ProLS90	ProRed	EukCe11	EukFALS	EukLS90	EukRed	*

* 5	6660	0,09	0,10	0,31	1,15				645	2,18	2,11	22,35	*
* 50	3155	0,07	0,10	0,28	0,96				1050	2,28	2,27	24,73	*
* 70	2440	0,08	0,11	0,35	1,08				990	1,97	2,56	28,85	*
* 90	2760	0,05	0,08	0,81	2,27				760	2,09	2,61	29,46	*
* 100	2470	0,05	0,07	1,36	3,96				825	2,18	3,87	30,32	*
* 110	1610	0,07	0,07	2,75	8,35	107235	0,03	0,54	505	1,71	1,98	47,12	*
* 120	750	0,15	0,07	6,77	23,92	90180	0,04	1,31	465	1,55	2,84	47,04	*
* 130	225	0,25	0,09	11,99	43,56	58595	0,06	2,44	645	1,32	2,86	54,24	*
* 140	45	0,34	0,13	16,69	55,54	36950	0,08	3,54	315	1,46	3,44	58,00	*
* 150	25	0,31	0,11	15,18	53,12	29835	0,09	4,12	305	1,87	4,36	68,56	*
* 200	0					7845	0,12	5,16	160	2,01	4,75	92,48	*

* Station 8(840) *													
*Prof (m)	SynCe11	SynFALS	SynLS90	SynGreen	SynRed	ProCe11	ProLS90	ProRed	EukCe11	EukFALS	EukLS90	EukRed	*

* 5	5390	0,10	0,09	0,36	1,34				475	1,63	1,52	35,36	*
* 50	2505	0,04	0,06	0,28	0,96				805	1,90	1,54	41,17	*
* 70	1975	0,04	0,06	0,45	1,35				820	1,26	1,37	44,81	*
* 90	2570	0,05	0,06	1,07	3,07				570	1,57	1,65	48,20	*
* 100	2405	0,05	0,06	1,44	4,06				470	1,66	2,41	69,90	*
* 110	1985	0,06	0,06	2,30	6,59				580	1,79	3,21	47,14	*
* 120	430	0,15	0,06	7,58	24,84	96875	0,03	1,18	260	0,75	0,84	46,12	*
* 130	90	0,29	0,08	17,62	56,32	51700	0,06	2,82	300	1,50	3,40	83,85	*
* 140	40	0,31	0,06	19,08	61,56	50595	0,07	3,51	275	1,62	3,80	112,15	*
* 150	10	0,26	0,08	14,83	48,70	34635	0,07	3,73	245	1,57	3,51	77,65	*
* 200	0					5835	0,09	5,28	95	2,08	5,66	201,80	*

```

*****
*
*                               Station 8(850)                               *
*Prof (m) SynCe11 SynFALS SynLS90 SynGreen SynRed ProCe11 ProLS90 ProRed EukCe11 EukFALS EukLS90 EukRed *
*****
*      5      6050      0,09      0,09      0,32      1,17                               830      1,48      1,78      31,87 *
*      90      2650      0,04      0,06      0,84      2,20                               555      1,52      0,89      36,40 *
*      95      2835      0,04      0,05      1,11      2,92                               440      1,32      0,81      33,89 *
*     100      2315      0,04      0,05      1,59      4,13                               345      0,98      0,84      56,36 *
*     105      1905      0,05      0,05      2,43      6,49                               655      1,25      2,12     130,33 *
*     110      1960      0,05      0,05      2,30      6,21                               365      0,89      0,48      48,59 *
*     115      1545      0,07      0,04      3,48      9,85     115215      0,02      0,64      330      0,89      0,39      41,55 *
*     120      990      0,11      0,05      5,80     17,41     107635      0,03      0,89      440      1,47      3,67     108,06 *
*     125      500      0,16      0,05      9,72     29,02     85435      0,03      1,41      295      0,90      0,40      57,27 *
*     130      285      0,17      0,05      9,96     30,28     64675      0,03      1,66      175      1,02      1,16      57,24 *
*     135      150      0,31      0,09     20,86     61,25     45620      0,05      2,58      200      1,24      0,96      69,76 *
*     140      85      0,21      0,06     14,42     41,28     47295      0,06      2,78      235      1,00      1,55      55,67 *
*****

```

```

*****
*
*                               Station 10(960)                               *
*Prof (m) SynCe11 SynFALS SynLS90 SynGreen SynRed ProCe11 ProLS90 ProRed EukCe11 EukFALS EukLS90 EukRed *
*****
*      5      4920      0,06      0,06      0,31      1,05                               720      2,45      1,58      36,95 *
*     30      3535      0,07      0,07      0,25      1,00                               495      1,75      1,22      44,10 *
*     70      2700      0,05      0,06      0,43      1,30                               580      1,78      1,61      59,85 *
*     90      2445      0,05      0,06      0,88      2,37                               630      2,22      1,66      55,26 *
*    100      2490      0,05      0,06      1,17      3,25                               550      2,26      2,77      67,55 *
*    110      1925      0,05      0,06      1,28      3,48                               580      1,70      3,04      44,00 *
*    120      2175      0,07      0,05      2,68      7,67     77360      0,02      0,56      415      2,06      2,31      82,17 *
*    130      615      0,14      0,07      7,10     20,90     61545      0,04      1,25      585      2,23      4,95      47,70 *
*    140      485      0,23      0,07     12,64     36,68     64040      0,05      1,84      455      1,48      2,01      83,79 *
*    200      10      0,00      0,00      0,00      0,00      5290      0,08      5,11      35      1,84      3,02      93,53 *
*****

```


2.2.COMPTAGES DES ORGANISMES NANO- ET PICOPLANCTONIQUES, AUTOTROPHES ET HETEROTROPHES: MESURE EN MICROSCOPIE A EPIFLUORESCENCE

Fukai Eri.

INTRODUCTION

Depuis la découverte de l'importance dans le milieu océanique des cyanobactéries du genre *Synechococcus*, les organismes de petite taille, autotrophes et hétérotrophes, ont été de plus en plus étudiés, cela grâce à l'utilisation de la microscopie à épifluorescence (Waterbury *et al.*, 1979), et plus récemment de la cytométrie en flux.

Dans la mer des Sargasses, l'ultraplancton (0,2-5 μm) ainsi que le picoplancton (0,2-2 μm) autotrophe, peuvent représenter une part importante de la biomasse chlorophyllienne et de la production primaire. La distribution verticale des organismes picophytoplanctoniques et, en particulier, des *Synechococcus* et des eucaryotes est ainsi bien étudiée dans cette région, mais essentiellement dans sa partie nord (Murphy et Haugen, 1985 ; Glover *et al.*, 1988).

Par contre, d'une manière générale, les organismes hétérotrophes, constitués essentiellement de flagellés (Johnson *et al.*, 1982) et, dans une moindre mesure, de ciliés (Sherr *et al.*, 1986), sont moins bien connus. Ils contrôlent par prédation, la dynamique des populations phytoplanctoniques qui est par ailleurs régulée par les apports en sels nutritifs et l'éclairement.

2.2.1. METHODES

Les cellules contenues dans 50 ml d'eau de mer ont été, recueillies sur des membranes Nuclepore (0,2 μm , noires). Ces membranes ont été conservées au congélateur (moins de trois semaines) avant leur examen au microscope à épifluorescence. Cette méthode permet le dénombrement des cellules autotrophes, à partir de leur autofluorescence liée à leurs pigments photosynthétiques, et celui des organismes hétérotrophes par marquage au DAPI, selon la méthode classique de Porter et Feig (1980).

Diverses catégories d'organismes ont ainsi été déterminées:

- 1/ *autotrophes* : nano- (NA), pico-planctoniques (PA) et cyanobactéries (Cyano)
- 2/ *hétérotrophes* : nano- (NH), pico-planctoniques (PH) et bactéries (Bac).

Les résultats de ces comptages sont donnés en nombre de cellules.ml⁻¹, et non en biomasse (carbone) qui nécessiterait l'utilisation délicate de facteurs de conversion.

2.2.2. RESULTATS

Distribution verticale des organismes autotrophes (Fig. 11)

Chaque catégorie de cellules autotrophes présente un profil vertical particulier. Ainsi, la concentration des cyanobactéries (Cyano) est maximale en surface ($\sim 2.10^3$ cell.ml⁻¹), diminue en profondeur et devient très faible en dessous de 100 m. Au cours des stations en point fixe, cette structure est stable. On remarque par ailleurs une légère évolution du sud au nord avec la présence d'un maximum profond aux stations du sud qui disparaît au nord.

La distribution verticale des pico-autotrophes (PA) diffère de celle des cyanobactéries, tout d'abord, par les valeurs des concentrations cellulaires plus faibles, mais également par la forme du profil. En effet, la concentration cellulaire en surface n'est pas maximale mais faible (0,2-3.10² cell.ml⁻¹) et il apparaît un maximum profond (3-13.10² cell.ml⁻¹) situé à 130 m au sud et à 100 m au nord.

La répartition verticale des nano-autotrophes (NA), ressemble à celle des pico-autotrophes, quoique leur concentration soit encore moins élevée. La variabilité des résultats sur ces deux derniers groupes de cellules est plus élevée que pour les cyanobactéries, en raison d'une moindre précision des comptages pour les faibles concentrations.

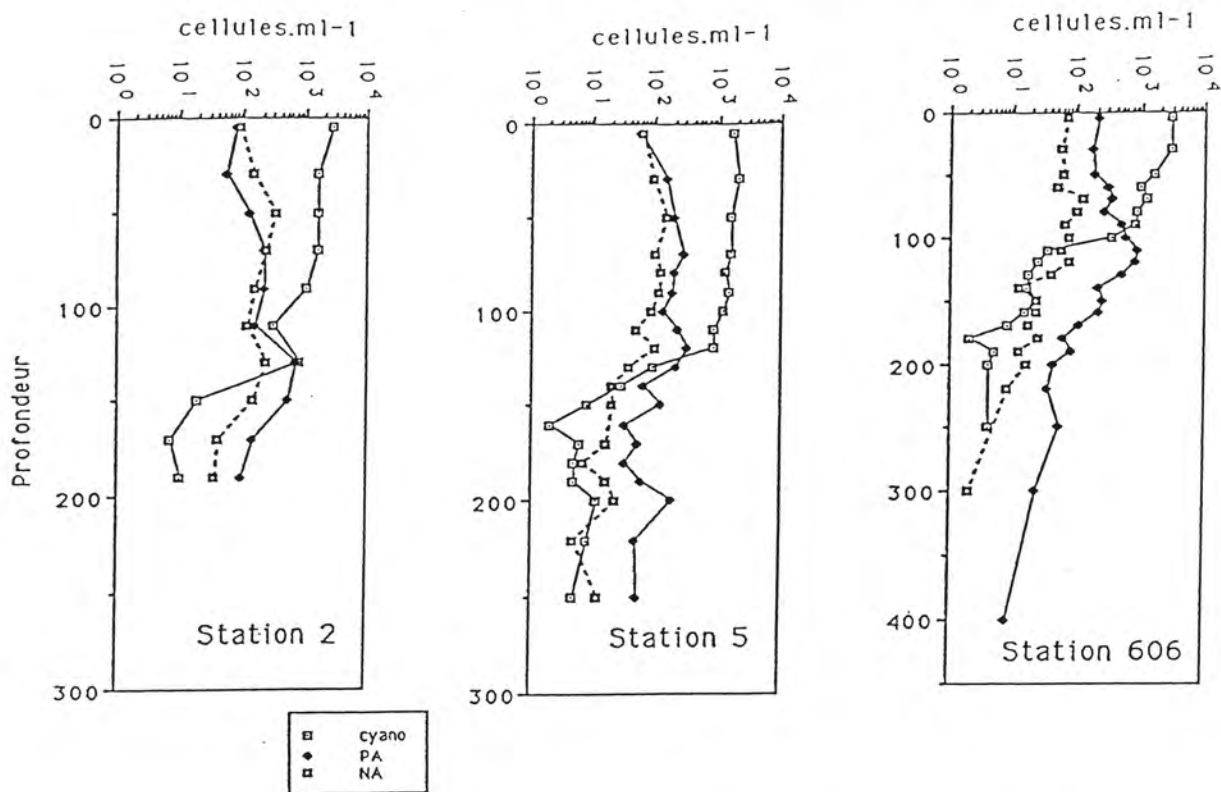


Fig. 11 - Distribution verticale des cyanobactéries, des nano- et des picoplankton à quelques stations (Comptages en épifluorescence).

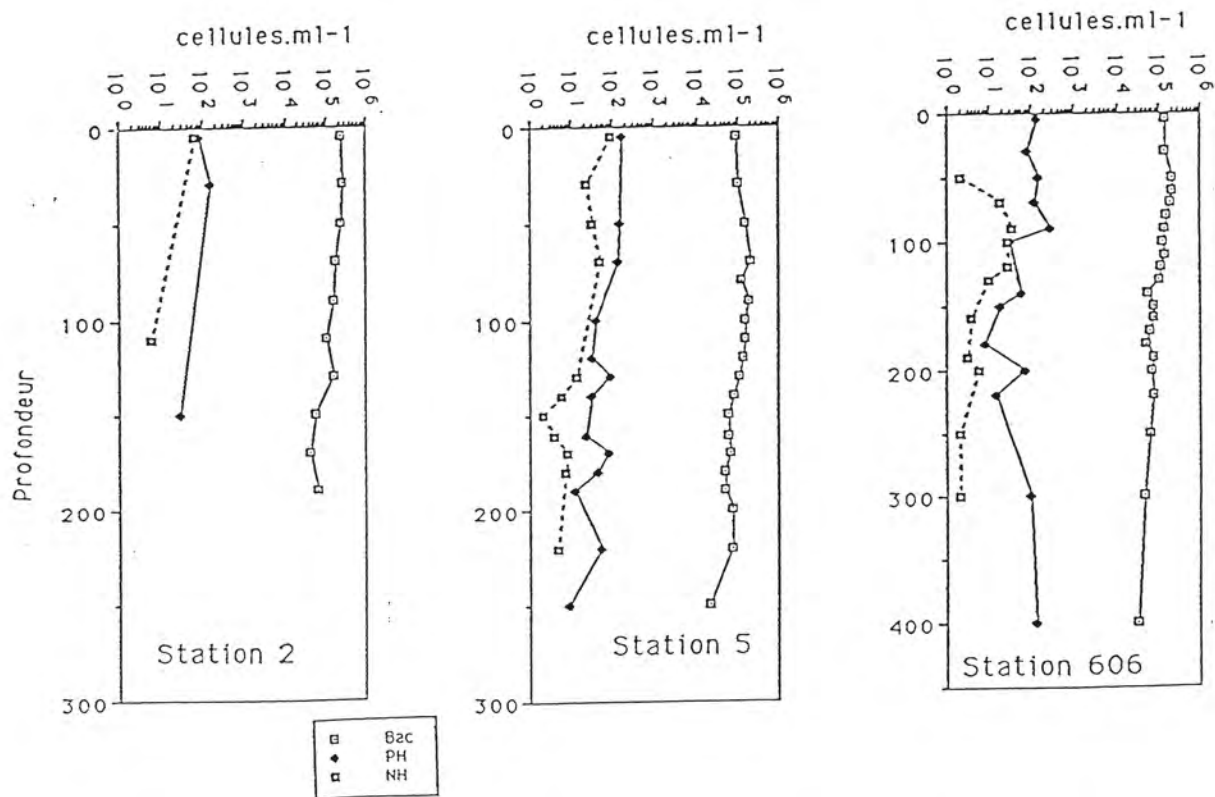


Fig. 12 - Distribution verticale des bactéries, des nano- et des picohétérotrophes à quelques stations (Comptages en épifluorescence).

Distribution verticale des organismes hétérotrophes (Fig. 12)

Les bactéries (Bac) sont abondantes sur toute la colonne d'eau ($\sim 10^5$ cell.ml⁻¹), il apparaît néanmoins un maximum de cellules, en surface dans le sud et en profondeur, situé autour de 60 m, dans le nord. La concentration en bactéries diminue légèrement en profondeur.

Comparés aux bactéries, les organismes hétérotrophes nano- (NH) et picoplanctoniques (PH) apparaissent peu nombreux sur l'ensemble de la colonne d'eau. Ils sont surtout abondants dans les 50 premiers mètres et diminuent en profondeur. Les concentrations maximales des pico-hétérotrophes dépassent rarement : $\sim 7.10^2$ cell.ml⁻¹, et celles des nano-hétérotrophes, 1.10^2 cell.ml⁻¹. On remarque également une légère augmentation du nombre d'organismes au niveau du maximum profond de chlorophylle, ce qui pourrait avoir comme conséquence une augmentation de la prédation à ce niveau. Là encore, les faibles concentrations de ces organismes entraînent une diminution de la précision des comptages, et une plus grande variabilité des observations.

Le maximum profond de chl a est, constitué essentiellement par les nano- (NA) et les pico-autotrophes (PA), et non par les cyanobactéries, nombreuses en surface. Cependant, la cytométrie en flux a mis en évidence la présence, à partir d'une centaine de mètres, d'un grand nombre de cellules de Prochlorophytes (0,4-0,8 μ m), non visibles en microscopie à épifluorescence à cause de leur fluorescence trop faible (Neveux *et al.*, 1989). Ces dernières représentent environ 50% de la biomasse chlorophyllienne. Néanmoins, les autres autotrophes (NA et PA); en dépit de leurs faibles concentrations, peuvent représenter une biomasse importante à cause de leur taille et leur biovolume plus élevés. On remarque également une augmentation des organismes hétérotrophes "prédateurs" au niveau du maximum profond de chl a. Par ailleurs, il est possible que les cellules de prochlorophytes (non visibles par autofluorescence) aient été confondues avec des bactéries hétérotrophes de taille identique lors des comptages en microscopie à épifluorescence, après marquage au DAPI. Il faut ajouter que les résultats des comptages en épifluorescence sont souvent inférieurs à ceux de la cytométrie en flux, d'où le risque d'une certaine sous-estimation, du moins dans les cents premiers mètres de la colonne d'eau.

REFERENCES

- Glover H.E., Prézélin B.B., Campbell L. et M. Wyman, 1988. Pico- and ultraplankton Sargasso Sea communities; variability and comparative distributions of *Synechococcus* spp. and algae. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 49: 127-139.
- Johnson P.W., Xu H. et J. McN. Sieburth, 1982. The utilization of chroococcoid Cyanobacteria by marine protozooplankters but not by calanoid copepods. *Ann. Inst. Océanogr.*, 58(S): 297-308.
- Murphy L.S. et E. Haugen, 1985. The distribution and abundance of phototrophic ultraplankton in the North Atlantic. *Limnol. Oceanogr.*, 30: 47-58.
- Neveux, J., Vaulot, D., Courties, C., Fukai, E., 1989. Green photosynthetic bacteria associated with the deep chlorophyll maximum of the Sargasso Sea. *C. R. Acad. Sci. (Paris) III* 308: 9-14.
- Porter K.G. et Y.S. Feig, 1980. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnol. Oceanogr.*, 25: 943-948.
- Sherr E.B., Sherr E.B., Fallon R.D. et S.Y. Newell, 1986. Small, aloricate ciliates as a major component of the marine heterotrophic nanoplankton. *Limnol. Oceanogr.*, 31: 177-183.
- Waterbury J.B., Watson S.W., Guillard R.R.L. et L.E. Grand, 1979. Widespread occurrence of an unicellular marine planktonic Cyanobacterium. *Nature*, 277: 293-294.

TABLEAUX DES DONNEES DU NANO ET DU PICOPLANCTON

Les données sont exprimées en nombre de cellules par ml.

Cyan	cyanobactéries
nano-aut.	nanoplancton autotrophe
pico-aut.	picoplancton autotrophe
Bact.	bactéries
nano-het.	nanoplancton hétérotrophe
pico-het.	picoplancton hétérotrophe

```

*****
*                               Station 2                               *
*****
*prof. (m)  Cyano. Pico-aut. Nano-aut.  Bact. Pico-het. Nano-het.*
*
*   5      2666    72    85  239000    77    63 *
*   30     1521    52   140  252000    146    *
*   50     1510   116   309  234000    *
*   70     1509   214   218  175000    *
*   90      986   204   146  159000    *
*  110     286   148   114  105000    6 *
*  130     792   689   216  147000    *
*  150      18   507   134   53300    29 *
*  170       7   141    40   39700    *
*  190      10    92    35   60000    *
*****
*                               Station 3                               *
*****
*prof. (m)  Cyano. Pico-aut. Nano-aut.  Bact. Pico-het. Nano-het.*
*
*   5      3069    343   189  130000    149    21 *
*   50     1872    288   256  107000    34    *
*   70      482    228   100   70700    *
*   90      713    260    63   79100    *
*  100     1913    887   392  165000    *
*  110     1173    547   173  160000    *
*  120      330    267    91   70800    170   15 *
*  130      328    838   265  155000    *
*  140      86    383    62   62300    *
*  150      29    465    68   61300    *
*  160      26    375    51   83600    *
*  170       4     92     9   68400    70    13 *
*  180      15    118    11   69100     8    *
*  190       9    103    18   67300    *
*  200      22     57     8   39600    16    10 *
*  210       7     24     2   27800    24     5 *
*  220      12     52     8   37000    32     *
*  250       8     12     4   38500    47     2 *
*****
    
```

 * Station 4 *

prof. (m)	Cyano.	Pico-aut.	Nano-aut.	Bact.	Pico-het.	Nano-het.
*						*
* 5	2733	259	171	129000	556	7 *
* 30	3016	380	228	112000	95	*
* 50	552	217	144	97000	82	*
* 70	135	50	46	35800	89	*
* 80	1693	244	128	190000	526	20 *
* 90	2163	212	103	189000	696	144 *
* 100	1169	234	90	120000	149	12 *
* 110	314	112	40	70600	40	*
* 120	205	336	54	156000	38	*
* 140	54	90	31	127000	96	4 *
* 150	7	151	36	105000		*
* 160	8	85	6	86800	15	12 *
* 170	17	250	11	61900	23	66 *
* 180	73	194	22	80500	68	7 *
* 190	19	200	17	616000	7	10 *
* 200	31	155	18	53500	4	*
* 220	13	81	6	61700	43	6 *
* 250	6	25	0	39900	25	2 *

 * Station 5 *

prof. (m)	Cyano.	Pico-aut.	Nano-aut.	Bact.	Pico-het.	Nano-het.
*						*
* 5	1676	54	60	90800	161	84 *
* 30	2021	145	90	98600		22 *
* 50	1510	193	143	156200	146	31 *
* 70	1524	271	96	207000	137	46 *
* 80	1228	199	123	127800		*
* 90	1460	184	111	190300		*
* 100	1131	131	84	152200	38	*
* 110	837	220	49	154100		*
* 120	815	312	95	145500	31	*
* 130	90	205	37	118600	88	13 *
* 140	28	65	19	85800	32	6 *
* 150	8	118	19	63100		2 *
* 160	2	31		58500	22	4 *
* 170	6	51	16	68200	80	8 *
* 180	5	32	7	49000	43	7 *
* 190	5	58	16	49500	12	*
* 200	11	179	22	78200		*
* 220	8	49	5	71100	54	5 *
* 250	5	51	12	21700	9	*

```

*****
*
*                               Station 6(601)                               *
*****
*prof. (m)   Cyano. Pico-aut.Nano-aut.   Bact. Pico-het.Nano-het.*
*
*      5      2065      100      45  150000      61      *
*     30      1964      90      34  153000      30      47 *
*    100      300      371      54  151000      *
*    110      46      58      7   94800      *      7 *
*    130      33      138      19  107000      *
*    140      4      32      7   43200      17      17 *
*    150      58      265      18  55300      *      10 *
*    160      *      107      5   45200      *      7 *
*    180      12      36      6   53900      10      4 *
*    200      2      28      8   50300      21      *
*****
*
*                               Station 6(602)                               *
*****
*prof. (m)   Cyano. Pico-aut.Nano-aut.   Bact. Pico-het.Nano-het.*
*
*      5      1723      20      8  154000      147      *
*     30      529      5      14  197300      212      9 *
*     50      952      25      25  162000      221      2 *
*    100      352      128      16  116000      *      2 *
*    110      48      64      26  103200      52      *
*    120      56      107      26  98200      44      *
*    130      14      100      24  53300      24      *
*    140      12      94      10  53200      2      2 *
*    150      12      84      12  57800      14      *
*    160      4      86      7   58400      11      *
*    200      32      32      2   45200      18      12 *
*****
*
*                               Station 6(603)                               *
*****
*prof. (m)   Cyano. Pico-aut.Nano-aut.   Bact. Pico-het.Nano-het.*
*
*      5      1680      23      10  117000      157      29 *
*     30      1089      25      33  108000      83      *
*     50      1079      56      33  177000      72      26 *
*    100      515      272      63  162000      20      *
*    110      56      169      47  130000      26      *
*    120      25      197      46  113000      *
*    130      7      170      23  106000      37      *
*    140      17      52      12  67100      64      *
*    150      18      98      5   97600      *      11 *
*    160      11      82      7   47400      *
*    200      10      28      4   52800      26      8 *
*****

```

```

*****
*
*                               Station 6(613)                               *
*****
*prof. (m)   Cyano. Pico-aut. Nano-aut.   Bact. Pico-het. Nano-het.*
*
*      5      1680      23      10  117000      161      *
*      30      1089      25      33  108000      50      30 *
*      50      1079      56      33  177000      75      *
*     100      515      272      63  162000      33      *
*     110       56      169      47  130000                2 *
*     120       25      197      46  113000                *
*     130        7      170      23  106000      18      *
*     140       17      52      12   67100      41      15 *
*     150       18      98       5   97600                *
*     160       11      82       7   47400                2 *
*     200       10      28       4   52800      10      *
*****
*
*                               Station 6(623)                               *
*****
*prof. (m)   Cyano. Pico-aut. Nano-aut.   Bact. Pico-het. Nano-het.*
*
*      5      487      30      23  132554      187      20 *
*     30     2255     297      71  216085      39      *
*     50     1864     337     112  284369     341     47 *
*    100     406     314     111  140441                *
*    110      43     771      94  169645                *
*    120      33     492      38   83406                *
*    130      35     348      25   86841                20 *
*    140      11     376      47  122685                *
*    150      49     621      33  112153                *
*    160      74     349      48   77440                *
*    200      99     202      16  123191                11 *
*****
*
*                               Station 6(633)                               *
*****
*prof. (m)   Cyano. Pico-aut. Nano-aut.   Bact. Pico-het. Nano-het.*
*
*      5     2242      74      29  154323      204      8 *
*     30     1858     158      48  142203      167      *
*     50     1059     112      32  142682      168     11 *
*    100      119     152      18   68138                *
*    110       29     243      23   49531                6 *
*    120       25     369      90  110357      10      *
*    130       13     245      75   82609                *
*    140       16     161      20   69168                16 *
*    150       11     138       9   64635                *
*    160        7      96      13   60792      12      *
*    200        5      47       2   43281      24     10 *
*****

```

 * Station 6(604) *

*prof. (m)	Cyano.	Pico-aut.	Nano-aut.	Bact.	Pico-het.	Nano-het.	*
*							*
* 5	2950	200	61	146000	263		*
* 30	2521	178	71	142000	274		*
* 50	1310	134	48	217000	169	7	*
* 100	406	600	72	124000			*
* 110	41	266	66	139000		32	*
* 120	24	771	75	109000			*
* 130	16	470	39	99400			*
* 140	9	137	16	48700			*
* 150	25	144	10	70000		10	*
* 160	15	207	22	74500			*
* 200	4	41	16	69800	31		*

 * Station 6(614) *

*prof. (m)	Cyano.	Pico-aut.	Nano-aut.	Bact.	Pico-het.	Nano-het.	*
*							*
* 5	2280	86	32	148390	133		*
* 30	3272	280	121	204983	77		*
* 50	1677	119	44	170012	191	2	*
* 100	373	1354	80	172947	32	22	*
* 110	30	671	73	139964			*
* 120	49	669	35	157871		27	*
* 130	31	641	4	80118		10	*
* 140	14	228	7	40980			*
* 150	21	440	13	98034		4	*
* 160	20	146	6	72956		4	*
* 200	28	161	0	77112	69	6	*

 * Station 6(624) *

*prof. (m)	Cyano.	Pico-aut.	Nano-aut.	Bact.	Pico-het.	Nano-het.	*
*							*
* 5	3069	174	32	165085	232	53	*
* 30	2006	234	47	129640	169		*
* 50	1568	355	75	160500	75		*
* 100	167	979	57	154319			*
* 110	102	567	70	146970	38	25	*
* 120	24	782	49	126810			*
* 130	18	476	28	80636			*
* 140	25	591	20	89215	2	32	*
* 150	11	334	8	70924	14		*
* 160	13	293	24	52318		10	*
* 200	5	56	12	49275	45	2	*

 * Station 6(605) *

*prof. (m)	Cyano.	Pico-aut.	Nano-aut.	Bact.	Pico-het.	Nano-het.	*
*							*
* 5	2828	202	75	123000			*
* 30	3324	167	43	130000	87		*
* 50	1687	231	69	195000	116		*
* 100	263	466	18	117000	269	33	*
* 110	26	1345	43	143000			*
* 140	25	273	7	55000	60	27	*
* 150	20	334	33	74100	18		*

 * Station 6(606,616) *

*prof. (m)	Cyano.	Pico-aut.	Nano-aut.	Bact.	Pico-het.	Nano-het.	*
*							*
* 5	2889	201	68	135300	133		*
* 30	2923	173	57	136700	82		*
* 50	1494	183	59	206100	154	2	*
* 60	923	299	48	215800			*
* 70	1135	328	115	191200	116	18	*
* 80	827	251	99	152400			*
* 90	746	475	62	135500	269	33	*
* 100	335	533	72	121900	32	28	*
* 110	34	806	55	141600			*
* 120	25	771	75	109400		27	*
* 130	17	460	39	99400		10	*
* 140	16	205	12	51900	60		*
* 150	23	239	22	72100	18		*
* 160	15	207	22	74500		4	*
* 170	8	101	17	59400			*
* 180	2	58	25	48700	8		*
* 190	5	79	12	73300		3	*
* 200	4	41	16	69800	69	6	*
* 220		35	8	75900	15		*
* 250	4	53		60400		2	*
* 300		22	2	46300	95	2	*
* 400		8		32300	129		*

 * Station 8(810,811) *

*prof. (m)	Cyano.	Pico-aut.	Nano-aut.	Bact.	Pico-het.	Nano-het.	*
*							*
* 5	2612	98	16	83100	127	20	*
* 40	2324	136	58	105930	258		*
* 50	1250	116	19	140000	151	11	*
* 60	1302	287	34	181000			*
* 70	894	123	14	86100	91	23	*
* 80	1184	248	23	96600	72	2	*
* 90	1337	294	31	148000		10	*
* 100	1075	310	43	135000	24		*
* 110	1488	480	45	186000			*
* 120	541	386	24	135000		8	*
* 130	21	262	19	62800	14	7	*
* 140	18	511	18	120000		3	*
* 150	5	698	14	122000	431		*
* 160	10	466	11	117000			*
* 170	29	283	14	68200		8	*
* 180	19	177	25	63900			*
* 200	19	183	6	58000	21		*
* 220	13	65	11	60800	22		*
* 250	19	47	8	50300	239		*

 * Station 8(820) *

*prof. (m)	Cyano.	Pico-aut.	Nano-aut.	Bact.	Pico-het.	Nano-het.	*
*							*
* 5	4426	135	31	155000	239		*
* 50	1709	261	48	247000	339	8	*
* 70	1558	420	84	178000	400	9	*
* 90	1902	369	40	212000	182		*
* 100	1889	458	29	178000	76		*
* 110	912	357	56	151000	56		*
* 120	302	318	22	146000	69		*
* 130	143	643	63	141000			*
* 140	76	458	38	119000			*
* 150	8	534	32	105000			*
* 200	6	158	12	73000	247		*

 * Station 8(830) *

*prof. (m)	Cyano.	Pico-aut.	Nano-aut.	Bact.	Pico-het.	Nano-het.	*
*							*
* 5	2453	118	22	100000	129	11	*
* 50	1960	311	33	169000	59	10	*
* 70	1647	480	55	151190		34	*
* 90	2081	450	36		81		*
* 100	1591	430	52	145000			*
* 110	839	255	26	141000	35		*
* 120	481	220	7	87800	20	2	*
* 130	205	481	27	101000	6	10	*
* 140	67	528	32	95400		6	*
* 150	28	536	16	103000			*
* 200	11	319	11	58900			*

2.3. COMPTAGES ET IDENTIFICATION DU PHYTOPLANCTON AU MICROSCOPE INVERSE

Velasquez Zoila

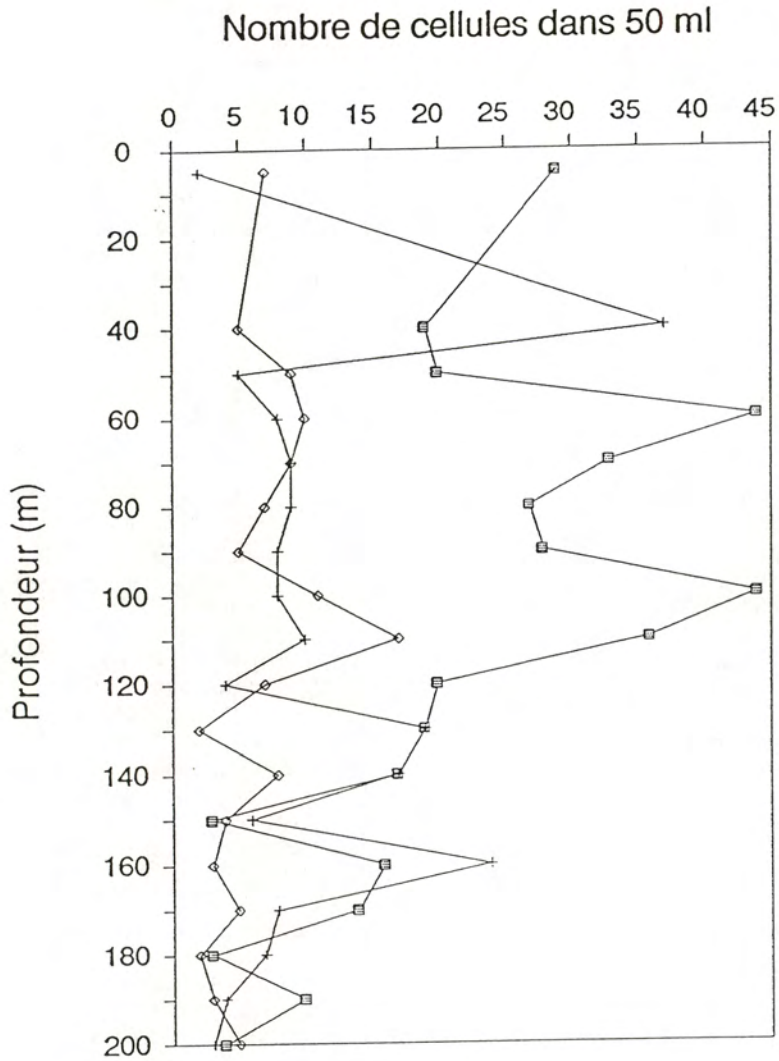
2.3.1. METHODES

Les échantillons ont été préservés à l'aide de quelques gouttes de Lugol (Iodure potassique/lode) et mis à sédimenter dans des cylindres de 50 ml ayant à la base une cuvette d'Utermöhl. L'examen microscopique a été effectué avec un microscope inversé Olympus. Cette étude a été réalisée uniquement à la station 8(850).

2.3.2. RESULTATS

La distribution des cellules phytoplanctoniques apparaît en moyenne assez homogène dans les 150 premiers mètres (Fig. 13). Au-dessous, leur concentration diminue nettement. Il n'y a pas de corrélation entre le nombre total de cellules et la concentration en chl *a*. La distribution des diatomées montre deux pics, l'un vers 40 m où dominent les genres *Skeletonema* et *Hemiaulus*, l'autre dans le maximum profond (130-150 m), constitué des genres *Nitzschia* et *Thalassiotrix*. Entre 0 et 120 m, les dinoflagellés appartiennent aux genres *Gonyaulax*, *Peridinium* et *Amphidoma*. Leur maximum de densité se situe entre 60 et 110 m de profondeur. Les hétérotrophes montrent un maximum au-dessus du pic profond des diatomées (110 m). D'autres groupes apparaissent aussi présents mais en nombre moins important.

La fixation au lugol et la technique d'Utermöhl ont été largement utilisées dans le passé pour comptabiliser les espèces du phytoplancton. Les résultats ont peu de correspondance avec ceux de la cytométrie en flux qui montre un picoplancton très abondant (cf: 2.1.), non visible en utilisant la technique d'Utermöhl. De plus, le lugol tend à détruire les coccolithes des coccolithophoridés dont de nombreuses espèces ont été par ailleurs observées en microscopie électronique (cf: 2.4.).



□ DINOFLAGELLATES + DIATOMS ◇ HETEROTROPHS

Fig. 13- Distribution verticale des Diatomées, Dinoflagellés et hétérotrophes (technique d' Utermöhl): station 8(805)

2.4. EXAMEN ET IDENTIFICATION DU PHYTOPLANCTON EN MICROSCOPIE ELECTRONIQUE A BALAYAGE

Chrétiennot-Dinet Marie-Josèphe

Deux stations (6 et 8) ont été prospectées pour l'identification du micro- et du nanoplancton en microscopie électronique à balayage (MEB). La technique utilisée permet d'identifier les cellules à paroi calcifiée (coccolithophorides) ou siliceuse (Diatomées et Silicoflagellés) mais aussi celles qui possèdent des structures organiques solides (Dinoflagellés, kystes, divers) ou qui laissent des traces de leur présence: filaments de *Phaeocystis*, écailles de *Chrysochromulina* (Prymnesiophycées) ou de *Pyramimonas* (Prasinophycées: photo 11).

2.4.1. MATERIEL ET METHODES

Les prélèvements d'eau ont été effectués en surface (5 m) et à 100 m de profondeur. Une filtration différentielle a permis de séparer les organismes recueillis sur des filtres Nuclepore de porosité 3, 1 et 0,2 μm . Environ 10 litres d'eau ont été filtrés pour chaque prélèvement. Après concentration, l'échantillon a été recueilli sur filtre Nuclepore 0,2 μm . Après rinçage, puis séchage à l'air libre, les filtres ont été montés sur support métallique, ce qui permet leur stockage avant métallisation et observation au microscope électronique.

2.4.2. RESULTATS

La plupart des cellules ont été observées sur les filtres de 3 μm . Les éléments retenus sur les filtres de 1 μm correspondent à des formes enkystées dont il est difficile de dire exactement l'appartenance (Chloro- ou Chrysophycées: photo 12). Par contre, les populations recueillies sur les filtres de 3 μm donnent des résultats très intéressants, même si les données sont surtout qualitatives. On remarque en effet que les deux stations sont dominées par les coccolithophorides (Prymnesiophycées), qualitativement et quantitativement : sur les quelques 90 espèces inventoriées dans les deux stations, 14 appartiennent aux Diatomées, 16 aux Dinoflagellés et 60 aux coccolithophorides (photos 1 à 12). Il est étonnant de constater la richesse spécifique de ces deux stations, qui à elles seules, possèdent des représentants d'un peu plus de la moitié des genres de coccolithophorides décrits (et un genre nouveau). La comparaison avec une étude réalisée dans les eaux tropicales et subtropicales d'Australie (Hallegraeff, 1984), qui a utilisé une méthodologie similaire (filtration d'eau sur Nuclepore et examen au microscope électronique à balayage pour la détermination spécifique), montre que ces deux stations possèdent plus d'espèces que n'en avait inventorié Hallegraeff pour l'ensemble des eaux côtières et océaniques de la zone tropicale et subtropicale (59 espèces appartenant à 38 genres trouvées à *Chlomax*, contre 42 pour 30 genres dans les eaux Australiennes). Une grande partie de la population est commune aux deux études (29 espèces réparties dans 24 genres), la principale différence se trouve parmi les holococcolithophorides (dont les coccolithes sont composés de microcristaux de calcite sous forme de simples rhomboèdres et qui sont plus fragiles que les autres coccolithes: photos 5 à 8). En effet, si l'on regroupe les deux prélèvements, presque tous les genres d'holococcolithophorides décrits dans les zones tempérées y sont représentés (10 genres sur 12), alors que dans les eaux australiennes, seuls 4 genres étaient signalés.

Par ailleurs, la présence massive (numériquement) d'*Emiliana huxleyi* confirme ici sa réputation d'espèce ubiquiste. Si l'on compare entre elles les stations de surface et celles de 100 m; on remarque que si les prélèvements de surface sont assez comparables, ceux de 100 m sont très différents. La station 6(605) ne montre aucune espèce phytoplanctonique (à part quelques kystes), alors que la station 8(810) s'avère être la plus riche (particulièrement en coccolithophorides) avec une cinquantaine d'espèces. Deux interprétations sont possibles : la première est que les populations à 100 m étaient effectivement très différentes, la seconde, en se référant à l'analyse des chlorophylles (dont les valeurs sont proches aux deux stations) permet d'envisager un problème technique de filtration qui se serait traduit par une perte de matériel.

Le tableau 3 résume rapidement la répartition des groupes taxonomiques aux divers points.

Station	606	605	820	810
Profondeur (m)	5	100	5	100
Dinoflagellés	5	0	11	3
Diatomées	8	0	2	6
Coccolithophorides	24	2	16	43
Divers	7	2	7	5

Tableau 3 : Nombre de genres représentés dans chacun des groupes taxonomiques aux deux stations considérées et aux deux profondeurs choisies.

Dans ces groupes taxonomiques, une quinzaine d'espèces sont communes aux deux prélèvements de surface des stations 6 et 8, il n'y a presque aucun point commun entre la surface et 100 m à la station 6, et 8 espèces seulement se trouvent à la fois en surface et à 100 m à la station 8.

Signalons enfin que la richesse de ces prélèvements a également permis d'illustrer une grande partie des coccolithophorides de l'Atlas du phytoplancton marin (Chrétiennot-Dinet, 1990) et qu'une publication sur ces populations est en cours de rédaction.

REFERENCES

- Chrétiennot-Dinet, M.J., 1990. *Atlas du phytoplancton marin*. Vol. 3. Editions du CNRS, Paris : 261 p.
- Hallegraeff, G.M., 1984. Coccolithophorids (calcareous nanoplankton) from Australian waters. *Botanica marina*, 27 (6) : 229-247.

Légendes de la planche (page suivante)

Photos 1 à 4: Dinoflagellés

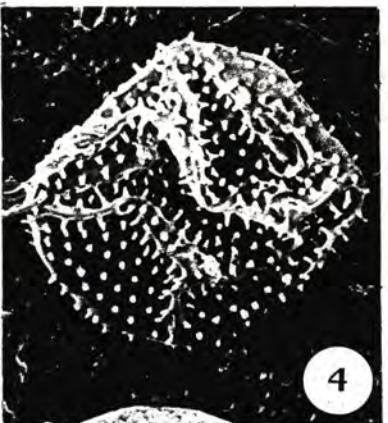
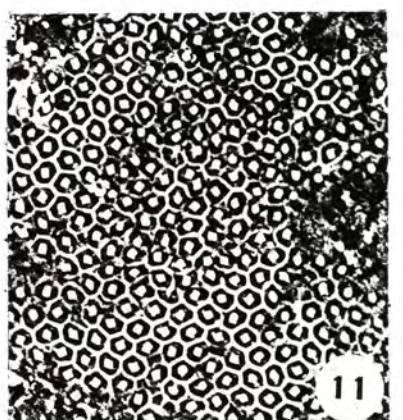
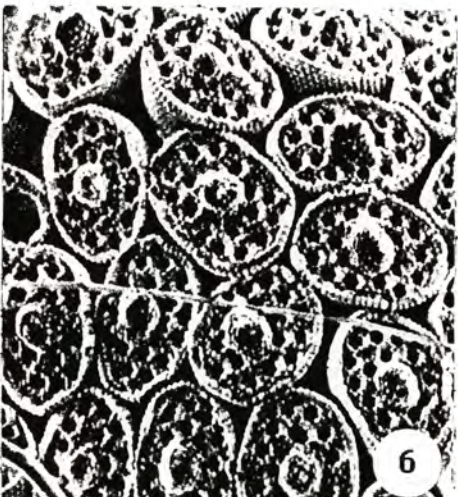
- 1: *Achradina pulchra* Lohmann (x 3 700), st. 606, 5m.
 2: *Prorocentrum triestinum* Schiller (x 2 550), st. 606, 5m.
 3: *Mesoporos perforatus* (Gran) Lillick (x 4 000), st. 606, 5m.
 4: Kyste (probablement de Dinoflagellé) (x 6 000), st. 606, 5m.

Photos 5 à 8 : Holococcolithophorides

- 5: *Flosculosphaera calceolariopsis* Jordan & Kleijne, nov. gen., sp.nov., nom. prov. (x 6 800), st 606, 5m.
 6: *Calyptrolithina multipora* (Gaarder) Norris (x 7 800), st. 820, 5m.
 7: *Syracolithus schilleri* (Kamptner) Kamptner (x 5 400), st. 810, 100m.
 8: *Gliscolithus amitakareneae* Norris (x 9 200), st. 810, 100m.

Photos 9 à 12: Divers

- 9: Cyanobactéries dans un film de mucus (x 4 300), st. 605, 5m.
 10: Un choanoflagellé (en haut à droite) et une coccolithophoride (*Polycrater galapagensis*, Manton et Oates) (x 2 200), st. 820, 5m.
 11: Empreinte de *Pyramimonas* (Prasinophyceae) (x 7 000), st. 820, 5m.
 12: Petit kyste (Chloro- ou Prasinophyceae ?) (X 9 200), st. 605, 5m.



CHLOMAX 1987		St.606	St.605	St. 820	St. 810
		5 m	100 m	5 m	100 m
DIATOMEES					
<i>Bacteriastrum</i>	<i>sp.</i>				+
<i>Chaetoceros</i>	<i>sp.</i>			+	
<i>Coscinodiscus</i>	<i>sp.</i>				+
<i>Dactyliosolen</i>	<i>sp.</i>	+			
<i>Haslea</i>	<i>sp.</i>	+		+	
<i>Leptocylindrus</i>	<i>mediterraneus</i>				+
<i>Minidiscus</i>	<i>comicus</i>				+
<i>Nitzschia</i>	<i>bicapitata</i>	+			+
<i>Nitzschia</i>	<i>sp.1</i>	+			
	<i>sp.2</i>	+			
	<i>sp.3</i>				+
Pennée indéterminée		+			
<i>Synedra</i>	<i>sp.</i>	+			
<i>Thalassiosira</i>	<i>sp.</i>	+			
DINOFLAGELLES					
<i>Achradina</i>	<i>pulchra</i>	+			
<i>Mesoporos</i>	<i>perforatus</i>	+		+	
<i>Oxytoxum</i>	<i>crassum</i>			+	
O.	<i>sp.</i>				+
<i>Prorocentrum</i>	<i>triestinum</i>	+			
P.	<i>sp.</i>			+	
<i>Protoceratium</i>	<i>sp.</i>			+	
<i>Protoperdinium</i>	<i>sp1</i>			+	+
	<i>sp.2</i>			+	
<i>Pyrodinium</i>		+			
<i>Thoracosphaera</i>				+	+
<i>Dino sp.1</i>		+		+	
<i>Dino sp.3</i>		+			
<i>Dino sp.4</i>				+	
<i>Dino sp.6</i>				+	
<i>Dino sp.5</i>					+
COCCOLITHOPHORIDES					
<i>Acanthoica</i>	<i>quattrosolina</i>				+
<i>Alisphaera</i>	<i>unicornis</i>			+	
<i>Algirosphaera</i>	<i>oryza</i>	+			+
<i>Anacanthoica</i>	<i>sp.</i>				+
<i>Anoplosolenia</i>	<i>brasiliensis</i>	+			+
<i>Calcidiscus</i>	<i>leptoporus</i>			+	+
<i>Calciosolenia</i>	<i>murrayi</i>				+
<i>Calyptrolithina</i>	<i>fragaria</i>				+
<i>Calyptrolithina</i>	<i>garderae</i>	+			
<i>Calyptrolithina</i>	<i>multipora</i>	+		+	
<i>Calyptrolithophora</i>	<i>catillifera</i>	+		+	
<i>Calyptrolithophora</i>	<i>gracillima</i>			+	
<i>Calyptosphaera</i>	<i>oblonga</i>	+			

CHLOMAX 1987		St.606	St.605	St. 820	St. 810
		5 m	100 m	5 m	100 m
<i>Calyptosphaera</i>	<i>tholifera</i>				+
<i>Caneosphaera</i>	<i>halldalii</i>				+
<i>Caneosphaera</i>	<i>molischii</i>				+
<i>Ceratolithus</i>	<i>cristatus</i>			+	+
<i>Coronosphaera</i>	<i>binodata</i>				+
<i>Coronosphaera</i>	<i>maxima</i>				+
<i>Coronosphaera</i>	<i>mediterranea</i>	+		+	
<i>Coronosphaera</i>	<i>molischii</i>				+
<i>Cylothella</i>	<i>annulus</i>				+
<i>Daktylethra</i>	<i>pirus</i>	+			+
<i>Deutschlandia</i>	<i>anthos</i>				+
<i>Discosphaera</i>	<i>coccolithes</i>	+			+
<i>Emiliana</i>	<i>huxleyi</i>	+		+	+
<i>Flosculosphaera</i>	<i>calceolariopsis</i>	+			
<i>Gephyrocapsa</i>	<i>protohuxleyi</i>				+
<i>Gliscolithus</i>	<i>amitakarenae</i>				+
<i>Helicosphaera</i>	<i>wallichii</i>	+			+
<i>Helladosphaera</i>	<i>arethusae</i>				+
<i>Helladosphaera</i>	<i>aurisinae</i>				+
<i>Helladosphaera</i>	<i>cornifera</i>	+			+
<i>Helladosphaera</i>	<i>gracilis</i>				+
<i>Homozygosphaera</i>	<i>triarcha</i>	+		+	
<i>Michaelsarsia</i>	<i>elegans</i>				+
<i>Neosphaera</i>	<i>coccolithomorpha</i>			+	+
<i>Oolithotus</i>	<i>fragilis</i>				+
<i>Palusphaera</i>	<i>vandeli</i>				+
<i>Periphyllophora</i>	<i>mirabilis</i>	+			
<i>Polycrater</i>	<i>galapagensis</i>	+		+	
<i>Pontosphaera</i>	<i>discopora</i>	+			+
<i>Pontosphaera</i>	<i>syracusana</i>				+
<i>Rhabdosphaera</i>	<i>clavigera</i>	+		+	+
<i>Syracolithus</i>	<i>quadriperforatus</i>	+			
<i>Syracolithus</i>	<i>schilleri</i>	+			+
<i>Syracosphaera</i>	<i>ampliora</i>				
<i>Syracosphaera</i>	<i>histrica</i>				+
<i>Syracosphaera</i>	<i>nana</i>				+
<i>Syracosphaera</i>	<i>nodosa</i>				+
<i>Syracosphaera</i>	<i>ossa</i>				+
<i>Syracosphaera</i>	<i>pulchra</i>	+		+	+
<i>Syracosphaera</i>	<i>pirus</i>				+
<i>Syracosphaera</i>	<i>rotula</i>				+
<i>Umbellosphaera</i>	<i>irregularis</i>				+
<i>Umbellosphaera</i>	<i>tenuis</i>	+			+
<i>Umbilicosphaera</i>	<i>hulburtiana</i>	+		+	
<i>Umbilicosphaera</i>	<i>sibogae</i>	+			
<i>Zygosphaera</i>	<i>amoena</i>	+		+	
<i>Zygosphaera</i>	sp.	+		+	

CHLOMAX 1987		St.606	St.605	St. 820	St. 810
		5 m	100 m	5 m	100 m
PRYMNESIOPHYCEES					
<i>Chrysochromulina</i>	<i>discophora</i>			+	
<i>Chrysochromulina</i>	<i>sp.</i>	+		+	
<i>Phaeocystis</i>	<i>scrobiculata</i>	+			
Kystes divers					
		+	+	+	+
CHRYSOPHYCEES					
<i>Meringosphaera</i>	<i>mediterranea</i>	+		+	
PRASINOPHYCEES					
<i>Pyramimonas</i>	<i>sp.</i>	+		+	+
<i>Pterosperma</i>	<i>vanhoeffenii</i>			+	
CHOANOFLAGELLES					
		+		+	
CYANOPHYCEES					
<i>Synechococcus</i>	<i>sp.</i>	+			+
ACANTHAIRES					
			+		
TINTINNIDES					
<i>Dictyocystis</i>	<i>magna</i>				+
SILICOFLAGELLES					
<i>Dictyocha</i>	<i>fibula</i>				+

2.5. DISTRIBUTION DES CHLOROPHYLLES ET DES PHEOPIGMENTS

Neveux Jacques et Louise Oriol

Les chlorophylles *a* (chl *a*), *b* (chl *b*), *c* (chl *c*) et les phéopigments *a* (phéo *a*), *b* (phéo *b*), *c* (phéo *c*) ont été analysés afin de déterminer la biomasse totale des autotrophes (chl *a*), leur composition taxonomique grossière (chl *b*, chl *c*) et leur état physiologique [chl *a*/(chl *a* + phéo *a*)]. La distribution relative de ces divers paramètres entre les différentes classes de taille du phytoplancton a également été étudiée sur quelques échantillons.

2.5.1. METHODES

Les chlorophylles et les phéopigments ont été dosés par la méthode de Neveux et Panouse (1987), sur un spectrofluorimètre MPF 66 de Perkin Elmer fonctionnant en mode "ratio". Généralement, 0,5-1 litre d'eau de mer est filtré sous vide léger, à travers des filtres Whatman GF/F de 47 mm de diamètre. Les pigments ont été immédiatement extraits dans 6 ml d'acétone pure (l'eau retenue sur le filtre étant considérée comme suffisante pour obtenir une solution finale de pigments dans l'acétone à 90%), par broyage des filtres à l'aide d'une baguette de verre. Les extraits étaient ensuite conservés au réfrigérateur, entre 12 et 24 h avant l'analyse. La mesure de la fluorescence des extraits à six couples de longueurs d'onde (excitation, émission) et le calcul des concentrations des six pigments (résolution d'un système de six équations linéaires à six inconnues) sont effectués automatiquement grâce au pilotage du spectrofluorimètre par ordinateur. Les couples de longueurs d'onde de mesure correspondaient aux maximums d'excitation et d'émission de fluorescence des six pigments à doser. Pour phéo *c*, la position du second pic d'émission a été choisie afin d'essayer d'améliorer la précision dans l'estimation de ce pigment. Un échantillon solide de phéophytine *a* incluse dans du polyméthacrylate de méthyle a permis de corriger les valeurs de fluorescence de la dérive observée dans la réponse du spectrofluorimètre.

La répartition des pigments entre les différentes classes de taille du phytoplancton a été obtenue par filtrations successives sur des membranes Nuclepore en polycarbonate de porosité 10 µm, 3 µm, 1 µm, 0,6 µm puis sur Whatman GF/F (ou parfois Nuclepore 0,2 µm). Les pigments ont ensuite été extraits dans 6 ml d'acétone à 90%, au réfrigérateur, pendant 12 à 24 h.

Enfin, trois échantillons d'environ 13 l d'eau de mer ont été filtrés sur Whatman GF/F (47 mm de diamètre) et les filtres conservés dans l'azote liquide avant l'analyse en laboratoire des chlorophylles par chromatographie sur colonne de cellulose (Deroche, 1971).

2.5.2. RESULTATS

Distribution spatiale

Dans l'ensemble de la zone étudiée, l'existence d'un maximum profond de chl *a* aux environs de 100-130 m est clairement visible (Fig. 14). Les valeurs de chl *a* de surface sont comprises généralement entre 0,039 et 0,057 µg.l⁻¹. Les concentrations augmentent ensuite lentement avec la profondeur dans la première partie de la zone euphotique (50 premiers mètres), puis avec un gradient plus marqué jusqu'au niveau du maximum profond où elles atteignent 0,2-0,4 µg.l⁻¹. Cependant, à la station 2, située dans le courant nord-équatorial, les concentrations dans la partie supérieure de la zone euphotique, étaient plus élevées et comprises entre 0,10 et 0,15 µg.l⁻¹. Dans le reste de la zone, deux valeurs relativement élevées ont été enregistrées en surface (0,17 et 0,19 µg.l⁻¹ respectivement aux stations 6(603) et 8(840). Le pourcentage de chl *a* dite "active" [représenté par l'expression: (chl *a* x 100 / (chl *a* + phéo *a*))] est toujours supérieur à 90% (taux de phéopigments < 10%) dans la zone des 160 premiers mètres. Dans la partie supérieure de la zone euphotique, les rapports chl *b*/chl *a* (*b/a*) et chl *c*/chl *a* (*c/a*) sont pratiquement constants, voisins de 0,10-0,15, puis le rapport *b/a* augmente fortement pour atteindre un maximum 20 à 30 m (0,5-0,6) en dessous du maximum profond de chl *a* (Fig. 15). L'amplitude des variations du rapport *c/a* est beaucoup plus réduite que celle du rapport *b/a*, avec un minimum de *c/a* situé à l'intérieur du maximum profond. Les concentrations en pigments accessoires (*b* et *c*) des échantillons de surface (5 m) aux stations 6(606) et 8(840), ne montrent pas, contrairement, à la chl *a* de valeurs nettement plus élevées

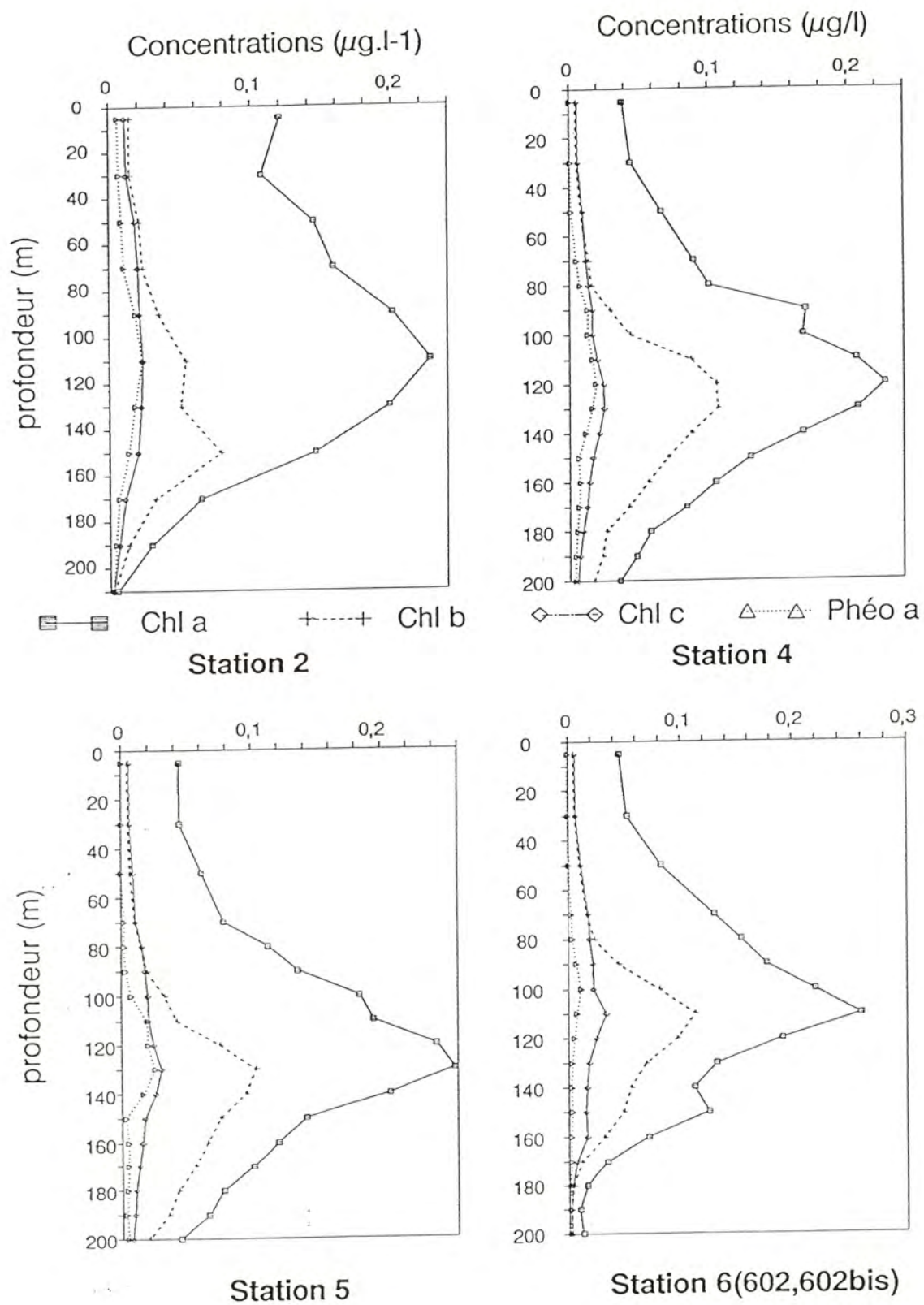
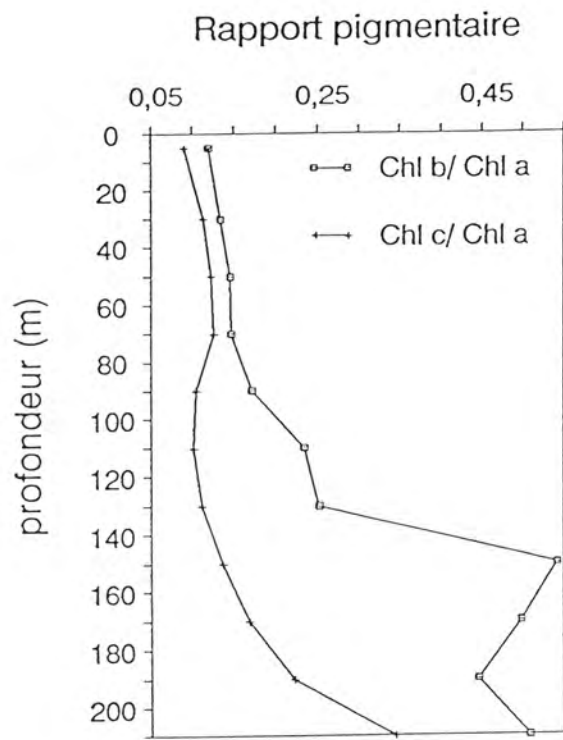
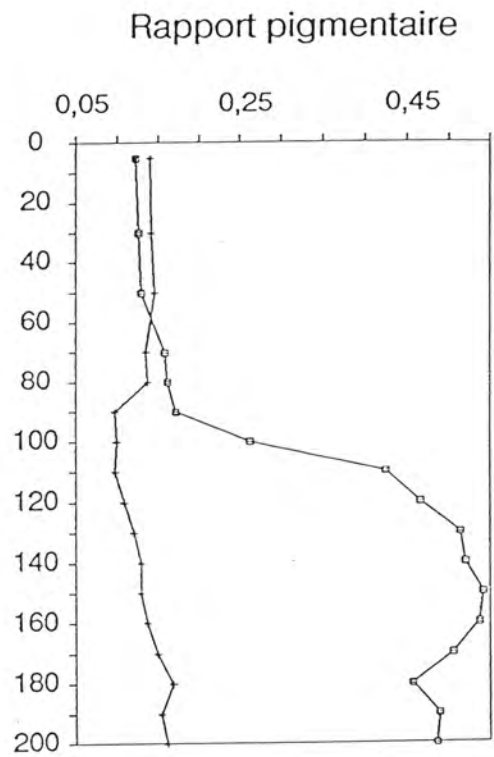


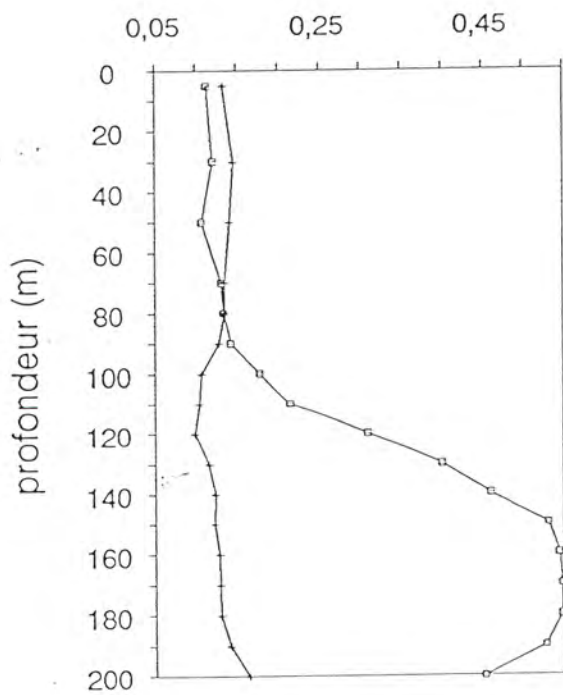
Fig. 14 - Distribution verticale des chlorophylles a, b, c et des phéopigments a à quelques stations.



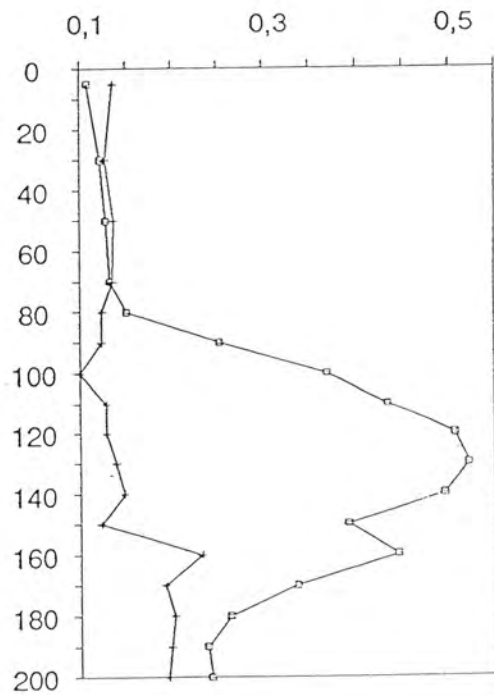
Station 2



Station 4



Station 5



Station 6(602,602bis)

Fig. 15 - Rapports pigmentaires à quelques stations.

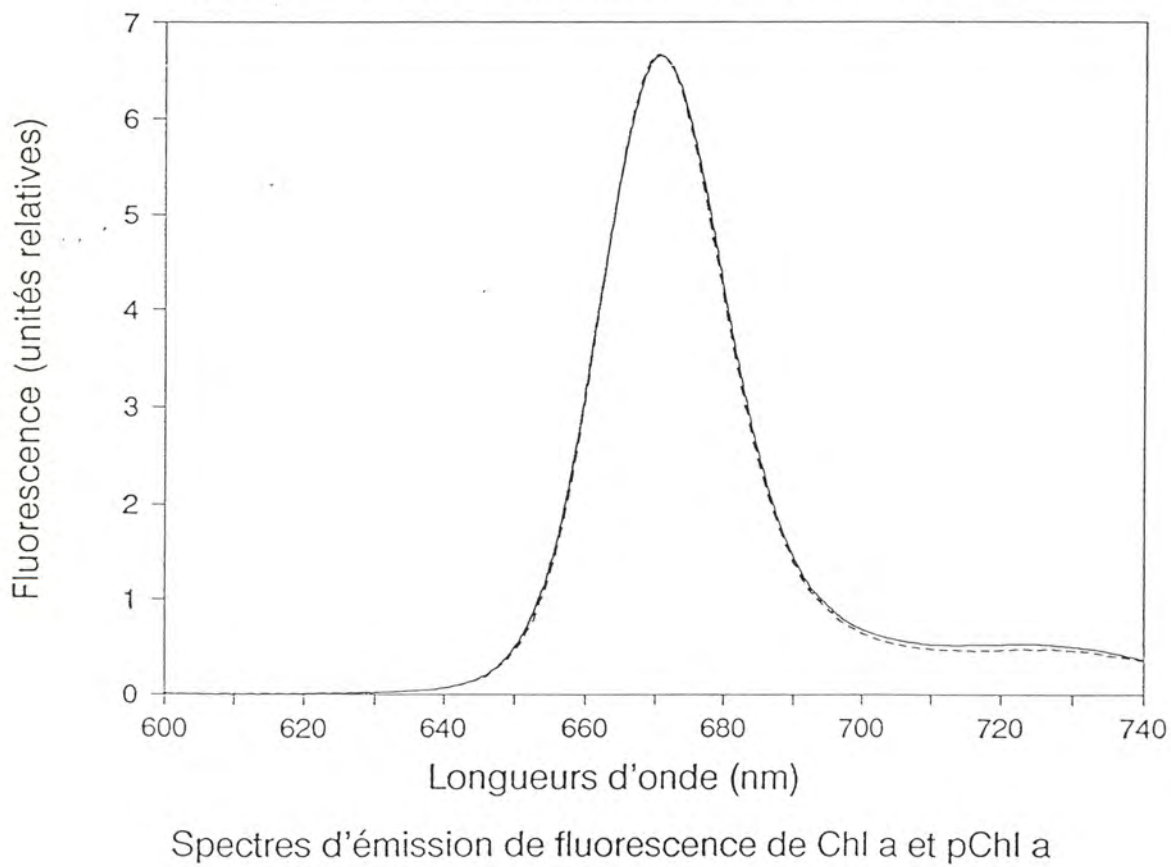
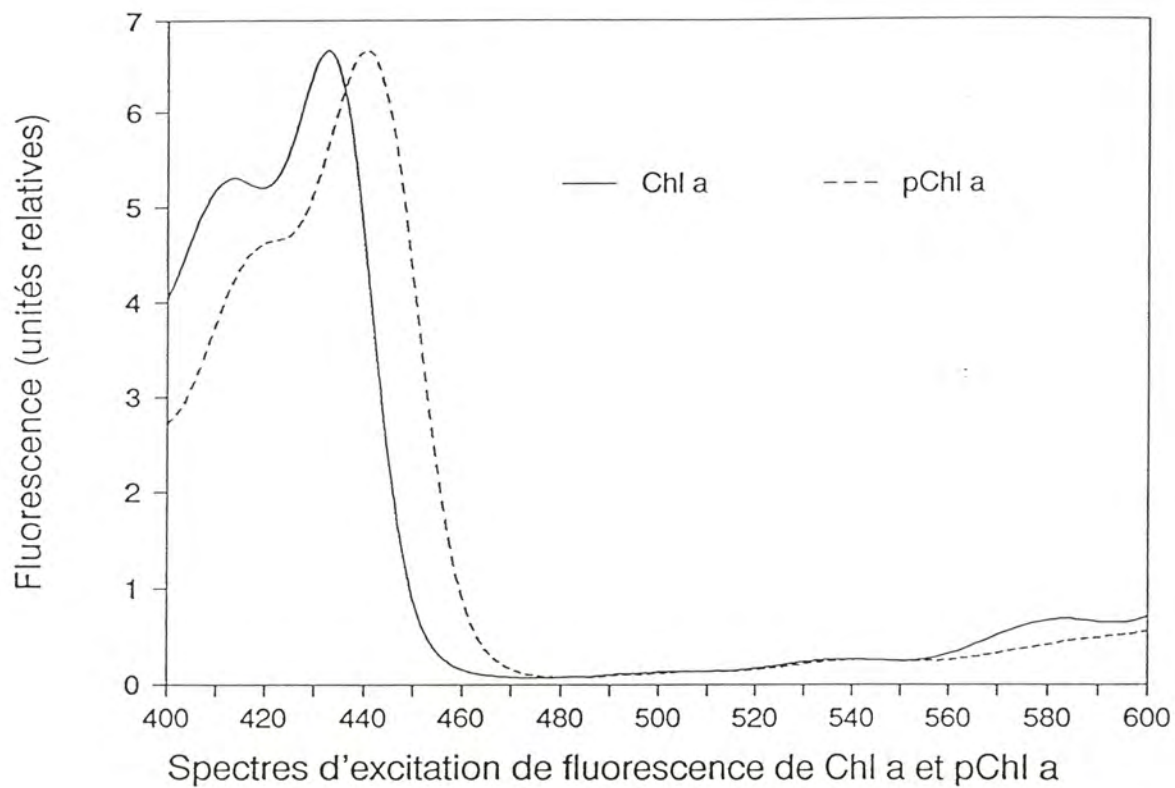
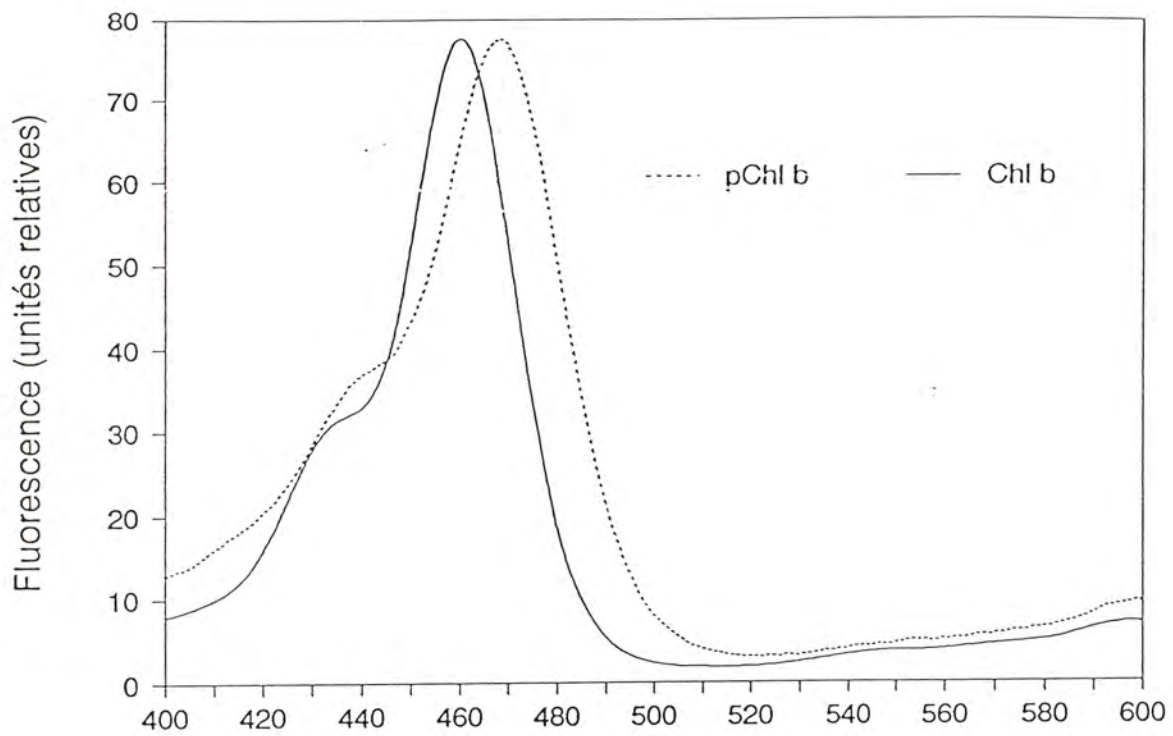


Fig. 16a - Spectres d'excitation et d'émission de fluorescence de la chlorophylle a (Chl a) et de la chlorophylle a procaryotique (pChl a).



Spectres d'excitation de fluorescence de Chl b et pChl b

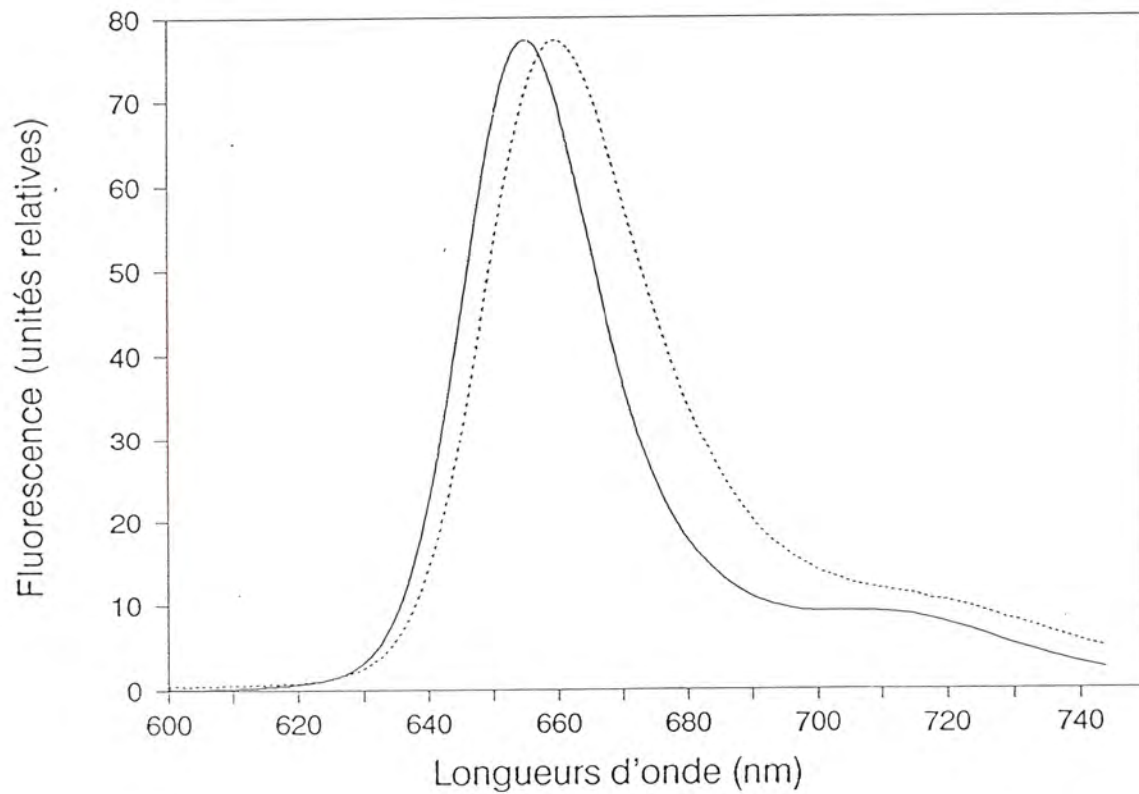


Fig. 16b - Spectres d'excitation et d'émission de fluorescence de la chlorophylle *b* (Chl *b*) et de la chlorophylle *b* procaryotique (pChl *b*).

TABLEAUX DES DONNEES DE CHLOROPHYLLES A,B,C ET PHEOPIGMENTS A

A) *Tableaux des concentrations* (pages 90 à 95)

Les concentrations en pigments sont exprimées en $\mu\text{g.l}^{-1}$.

Chl a (Chlorophylle a), Chl b (Chlorophylle b), Chl c (Chlorophylle c), Pheo a (Phéopigments a). % Chl a correspond au rapport $100[\text{Chl a}/(\text{Chl a} + \text{Phe a})]$.

Dans ces tableaux ne figurent pas les données calculées des phéopigments b et des phéopigments c, car elles ne peuvent pas être considérées comme représentatives de ces pigments. L'existence de la chlorophylle a procaryotique dans les extraits entraîne (ceci a pu être testé en utilisant la méthode spectrofluorimétrique sur une solution pure de ce pigment), en effet, une surestimation des phéopigments b qui montrent un maximum de concentration dans les maximums profonds de chl a. Par ailleurs, la détermination des phéopigments c par la méthode utilisée ici n'offre pas une grande précision (cf: Neveux et Panouse, 1987).

B) *Tableau des valeurs intégrées* (page 96)

C) *Tableau de la distribution des pigments ($\mu\text{g/l}$) et des rapports pigmentaires entre les différentes classes de taille du phytoplancton* (pages 97-98)

Remarque: à la station 5 (120 m), la fraction 0,2-0,6 μm a été estimée à partir de la différence entre la fraction totale mesurée après filtration sur GF/F et la somme des autres fractions.

```

*****
*                               *
*                               Station 2                               *
*                               *
*****
*Prof. (m)  Chl a  Chl b  Chl c  Pheo a  % Chl a *
*
*      5   0,121  0,015  0,011  0,0064  95 *
*      30  0,108  0,015  0,012  0,0070  94 *
*      50  0,145  0,021  0,018  0,0088  94 *
*      70  0,159  0,023  0,020  0,010   94 *
*      90  0,201  0,035  0,021  0,018   92 *
*     110  0,228  0,054  0,023  0,023   91 *
*     130  0,199  0,050  0,022  0,018   92 *
*     150  0,146  0,079  0,020  0,014   91 *
*     170  0,065  0,032  0,011  0,0068  91 *
*     190  0,030  0,013  0,0067 0,0045  87 *
*     210 0,0055 0,0028 0,0019 0,0026  68 *

```

```

*****
*                               *
*                               Station 3(3,3bis)                       *
*                               *
*****
*Prof. (m)  Chl a  Chl b  Chl c  Pheo a  % Chl a *
*
*      5   0,053  0,0070  0,0072  0,0012  98 *
*     50  0,091  0,012  0,012  0,0024  97 *
*     70  0,116  0,018  0,016  0,0031  97 *
*     90  0,172  0,027  0,019  0,0075  96 *
*    100  0,217  0,034  0,023  0,0099  96 *
*    110  0,263  0,091  0,025  0,011   96 *
*    120  0,270  0,060  0,026  0,011   96 *
*    130  0,263  0,091  0,027  0,017   94 *
*    140  0,217  0,090  0,025  0,012   95 *
*    150  0,166  0,078  0,022  0,0089  95 *
*    160  0,111  0,054  0,016  0,0083  93 *
*    170  0,042  0,021  0,0078  0,0046  90 *
*    180  0,040  0,020  0,0067  0,0039  91 *
*    190  0,033  0,018  0,0056  0,0035  91 *
*    200  0,012  0,0045  0,0033  0,0025  83 *
*    210 0,0087 0,0033 0,0024 0,0026  77 *
*    220 0,0035 0,0019 0,0012 0,0018  66 *
*    250 0,0024 0,0017 0,0010 0,0020  54 *

```

* Station 5(5,Sbis) *						* Station 6(601) *						

*Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	* Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	*

* 5	0,045	0,0051	0,006	0,0004	99	* 5	0,044	0,0048	0,0063	0,0000	100	*
* 30	0,045	0,0055	0,0066	0,0003	99	* 30	0,049	0,0059	0,0069	0,0008	98	*
* 50	0,062	0,0067	0,0088	-0,0009	102	* 100	0,309	0,109	0,037	0,014	96	*
* 70	0,079	0,010	0,011	0,0021	97	* 110	0,316	0,122	0,039	0,014	96	*
* 80	0,113	0,015	0,015	0,0018	98	* 120	0,238	0,088	0,019	0,0094	96	*
* 90	0,136	0,020	0,018	0,0029	98	* 130	0,220	0,097	0,028	0,012	95	*
* 100	0,184	0,033	0,020	0,0076	96	* 140	0,167	0,080	0,021	0,0087	95	*
* 110	0,195	0,042	0,020	0,019	91	* 150	0,094	0,030	0,012	0,0026	97	*
* 120	0,244	0,076	0,024	0,020	92	* 160	0,069	0,030	0,012	0,0032	96	*
* 130	0,258	0,103	0,030	0,025	91	* 180	0,012	0,0031	0,0027	0,0020	86	*
* 140	0,208	0,096	0,026	0,016	93	* 200	0,0078	0,0022	0,0016	0,0017	82	*
* 150	0,143	0,076	0,018	0,0032	98	* 250	0,0016	0,0006	0,0003	0,0016	50	*
* 160	0,121	0,066	0,016	0,0049	96	* 300	0,0013	0,0005	0,0002	0,0014	47	*
* 170	0,102	0,056	0,013	0,0046	96	* 400	0,0012	0,0005	0,0002	0,0016	43	*
* 180	0,079	0,043	0,010	0,0040	95	* 500	0,0008	0,0003	0,0002	0,0007	52	*
* 190	0,067	0,035	0,0095	0,0036	95	*						*
* 200	0,045	0,020	0,0074	0,0046	91	*						*

* Station 6(602,602bis) *						* Station 6(603) *						

*Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	* Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	*

* 5	0,046	0,0050	0,0063	0,0000	100	* 5	0,192	0,0050	0,0064	0,0010	99	*
* 30	0,053	0,0065	0,0068	-0,0000	100	* 30	0,064	0,0070	0,0088	0,0020	97	*
* 50	0,083	0,011	0,011	0,0007	99	* 50	0,078	0,011	0,011	0,0018	98	*
* 70	0,130	0,017	0,018	0,0029	98	* 100	0,313	0,109	0,042	0,019	94	*
* 80	0,154	0,023	0,019	0,0037	98	* 110	0,338	0,129	0,046	0,015	96	*
* 90	0,177	0,045	0,022	0,0073	96	* 120	0,226	0,109	0,030	0,0119	95	*
* 100	0,220	0,081	0,022	0,011	95	* 130	0,164	0,087	0,022	0,0084	95	*
* 110	0,260	0,113	0,034	0,0075	97	* 140	0,119	0,062	0,018	0,0074	94	*
* 120	0,191	0,097	0,025	0,0054	97	* 150	0,098	0,028	0,011	0,0058	94	*
* 130	0,132	0,069	0,018	0,0034	97	* 160	0,050	0,020	0,0090	0,0032	94	*
* 140	0,112	0,056	0,017	0,0029	97	* 200	0,026	0,0069	0,0049	0,0044	85	*
* 150	0,125	0,049	0,015	0,0033	97	*						*
* 160	0,071	0,032	0,017	0,0025	97	*						*
* 170	0,034	0,012	0,0066	0,0025	93	*						*
* 180	0,016	0,0043	0,0033	0,0018	90	*						*
* 190	0,010	0,0024	0,0020	0,0022	82	*						*
* 200	0,013	0,0031	0,0025	0,0017	88	*						*

* Station 6(613) *						* Station 6(623) *						

*Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	* Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	*

* 5	0,052	0,0049	0,0060	0,0013	98	* 5	0,043	0,0055	0,0060	-0,0001	100	*
* 30	0,065	0,0075	0,0091	0,0007	99	* 30	0,064	0,0085	0,0087	0,0006	99	*
* 50	0,089	0,012	0,012	0,0012	99	* 50	0,095	0,014	0,015	0,0032	97	*
* 100	0,352	0,116	0,052	0,018	95	* 100	0,377	0,126	0,046	0,0020	99	*
* 110	0,327	0,133	0,045	0,013	96	* 110	0,349	0,152	0,044	0,015	96	*
* 120	0,206	0,101	0,028	0,0088	96	* 120	0,235	0,122	0,030	0,0066	97	*
* 130	0,137	0,076	0,019	0,0051	96	* 130	-	-	-	-	-	*
* 140	0,094	0,046	0,015	0,0045	95	* 140	0,125	0,062	0,019	0,0048	96	*
* 150	0,050	0,023	0,0092	0,0027	95	* 150	0,113	0,063	0,016	0,0030	97	*
* 160	0,031	0,010	0,0065	0,0024	93	* 160	0,098	0,046	0,016	0,0017	98	*
* 200	0,014	0,0032	0,0026	0,0031	82	* 200	0,031	0,0096	0,0063	0,0066	82	*

***** Station 6(633) *****							***** Station 6(604) *****							
*Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	*	Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	*	
*						*							*	
*	5	0,039	0,0052	0,006	-0,0001	100	*	5	0,045	0,012	0,0068	0,0009	98	*
*	30	0,07	0,0083	0,0104	-0,0007	101	*	30	0,067	0,0079	0,010	0,0003	100	*
*	50	0,084	0,0114	0,0119	0,0010	99	*	50	0,103	0,012	0,014	0,0011	99	*
*	100	0,278	0,106	0,028	0,0003	100	*	100	0,336	0,114	0,043	0,0064	98	*
*	110	0,285	0,132	0,036	0,008	97	*	110	0,289	0,125	0,040	0,0034	99	*
*	120	0,222	0,134	0,026	0,0013	99	*	120	0,220	0,121	0,027	0,0029	99	*
*	130	0,151	0,092	0,018	0,0004	100	*	130	0,163	0,096	0,021	0,0039	98	*
*	140	0,087	0,049	0,013	0,0023	97	*	140	0,100	0,058	0,015	0,0035	97	*
*	150	0,054	0,024	0,0102	0,0025	96	*	150	0,068	0,029	0,011	0,0056	92	*
*	160	-	-	-	-	-	*	160	0,076	0,024	0,010	0,0056	93	*
*	200	0,0102	0,0031	0,0021	0,0030	77	*	200	0,0087	0,0031	0,0019	0,0030	74	*
***** Station 6(614) *****							***** Station 6(624) *****							
*Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	*	Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	*	
*						*							*	
*	5	0,045	0,0052	0,0068	-0,0002	100	*	5	0,047	0,0070	0,0068	-0,0003	101	*
*	30	0,071	0,0097	0,010	0,0003	100	*	30	0,068	0,0095	0,010	-0,0002	100	*
*	50	0,094	0,013	0,014	0,0009	99	*	50	0,100	0,014	0,014	0,0008	99	*
*	100	0,364	0,138	0,050	0,013	96	*	100	0,396	0,145	0,048	0,012	97	*
*	110	0,235	0,133	0,039	0,0058	98	*	110	0,373	0,153	0,048	0,011	97	*
*	120	0,188	0,104	0,024	0,0086	96	*	120	0,252	0,125	0,033	0,0052	98	*
*	130	0,144	0,082	0,019	0,0023	98	*	130	0,166	0,092	0,021	0,0065	96	*
*	140	0,100	0,050	0,015	0,0040	96	*	140	0,115	0,059	0,017	0,0070	94	*
*	150	0,072	0,033	0,013	0,0041	95	*	150	0,085	0,045	0,014	0,0042	95	*
*	160	0,053	0,023	0,010	0,0041	93	*	160	0,060	0,026	0,010	0,0051	92	*
*	200	0,020	0,0051	0,0042	0,0068	75	*	200	0,0097	0,0028	0,0022	0,0031	76	*
***** Station 6(634) *****							***** Station 6(605) *****							
*Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	*	Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	*	
*						*							*	
*	5	0,042	0,0061	0,0053	-0,0002	100	*	5	0,039	0,0063	0,0064	0,0023	94	*
*	30	0,072	0,011	0,0087	0,0001	100	*	30	0,045	0,0075	0,0074	0,0025	95	*
*	50	0,092	0,013	0,013	0,0005	99	*	50	0,092	0,018	0,013	0,0033	97	*
*	100	0,318	0,134	0,044	0,0056	98	*	100	0,288	0,116	0,033	0,0079	97	*
*	110	0,275	0,106	0,034	0,011	96	*	110	0,298	0,134	0,037	0,0006	100	*
*	120	0,233	0,130	0,030	0,010	96	*	120	0,233	0,122	0,030	0,012	95	*
*	130	0,152	0,083	0,018	0,0050	97	*	130	0,171	0,096	0,023	0,0044	97	*
*	140	0,105	0,051	0,014	0,0043	96	*	140	0,116	0,067	0,018	0,0053	96	*
*	150	0,096	0,043	0,015	0,0032	97	*	150	0,088	0,047	0,015	0,0077	92	*
*	160	0,055	0,023	0,0088	0,0013	98	*	160	0,059	0,028	0,011	0,0011	98	*
*	200	0,0048	0,0015	0,0010	0,0020	71	*	200	0,011	0,0032	0,0028	0,0034	76	*

Station 6(606,616)							Station 7							
*Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	*	Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	*	
*						*							*	
*	5	0,054	0,0095	0,0016	-0,0007	101	*	5	0,043	0,0063	0,0060	-0,0018	104	*
*	30	0,042	0,0042	0,0059	-0,0001	100	*	40	0,093	0,012	0,012	0,0006	99	*
*	50	0,092	0,013	0,012	0,0006	99	*	80	0,394	0,126	0,055	0,0022	99	*
*	60	0,154	0,018	0,023	0,002	99	*	100	0,349	0,131	0,049	0,0064	98	*
*	70	0,184	0,026	0,025	0,0079	96	*							*
*	80	0,234	0,056	0,030	0,0098	96	*							*
*	90	0,269	0,089	0,029	0,011	96	*							*
*	100	0,396	0,139	0,045	0,014	97	*							*
*	110	0,298	0,156	0,040	0,0233	93	*							*
*	120	0,196	0,126	0,025	0,015	93	*							*
*	130	0,125	0,083	0,019	0,0085	94	*							*
*	140	0,095	0,056	0,016	0,0070	93	*							*
*	150	0,061	0,025	0,011	0,0055	92	*							*
*	160	0,035	0,010	0,0075	0,0033	91	*							*
*	170	0,038	0,0098	0,0067	0,0033	92	*							*
*	180	0,028	0,0064	0,0054	0,0035	89	*							*
*	190	0,029	0,0079	0,0053	0,0037	89	*							*
*	200	0,015	0,0052	0,0033	0,0060	71	*							*
Station 8(810,811)							Station 8(820,821)							
*Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	*	Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	*	
*						*							*	
*	5	0,057	0,0091	0,0089	0,0011	98	*	5	0,057	0,0089	0,0089	0,0009	98	*
*	40	0,071	0,0089	0,011	0,0013	98	*	40	0,065	0,0074	0,011	0,0027	96	*
*	50	0,086	0,011	0,013	0,0014	98	*	50	0,074	0,0093	0,012	0,0025	97	*
*	60	0,110	0,014	0,017	0,0020	98	*	60	0,098	0,011	0,015	0,0032	97	*
*	70	0,106	0,014	0,016	0,0021	98	*	70	0,098	0,015	0,016	0,0033	97	*
*	80	0,162	0,023	0,024	0,0048	97	*	80	0,161	0,022	0,024	0,0054	97	*
*	90	0,186	0,028	0,024	0,0058	97	*	90	0,177	0,026	0,023	0,0060	97	*
*	100	0,231	0,039	0,026	0,0098	96	*	100	0,204	0,029	0,025	0,0063	97	*
*	110	0,296	0,052	0,028	0,014	95	*	110	0,266	0,059	0,027	0,0092	97	*
*	120	0,314	0,090	0,032	0,015	95	*	120	0,295	0,105	0,028	0,013	96	*
*	130	0,280	0,134	0,031	0,012	96	*	130	0,266	0,097	0,034	0,012	96	*
*	140	0,215	0,121	0,028	0,013	94	*	140	0,209	0,099	0,027	0,010	95	*
*	150	0,178	0,109	0,022	0,012	94	*	150	0,177	0,109	0,025	0,011	94	*
*	160	0,168	0,095	0,022	0,010	94	*	160	0,175	0,094	0,022	0,0050	97	*
*	170	0,113	0,063	0,015	0,0060	95	*	170	0,134	0,072	0,019	0,0052	96	*
*	180	0,082	0,042	0,012	0,0054	94	*	180	0,078	0,036	0,010	0,0060	93	*
*	190	0,068	0,038	0,011	0,0044	94	*	190	0,093	0,055	0,014	0,0063	94	*
*	200	0,062	0,035	0,0097	0,0067	90	*	200	0,046	0,024	0,0085	0,0054	89	*

Station 8(830,831)							Station 8(840,841)							
*Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	*	Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	*	
*						*							*	
*	5	0,043	0,0060	0,0073	0,0004	99	*	5	0,172	0,0060	0,0080	-0,0007	100	*
*	40	0,057	0,0065	0,0087	0,0013	98	*	40	0,122	0,0080	0,011	0,0009	99	*
*	50	0,068	0,0086	0,011	0,0018	97	*	50	0,075	0,0095	0,012	0,0008	99	*
*	60	0,084	0,011	0,013	0,0020	98	*	60	0,091	0,011	0,014	0,0010	99	*
*	70	0,095	0,013	0,015	0,0030	97	*	70	0,111	0,015	0,015	0,0008	99	*
*	80	0,130	0,017	0,019	0,0045	97	*	80	0,123	0,038	0,010	0,0055	96	*
*	90	0,143	0,022	0,019	0,0050	97	*	90	0,161	0,026	0,020	0,0061	96	*
*	100	0,205	0,033	0,025	0,0062	97	*	100	0,184	0,031	0,023	0,010	95	*
*	110	0,281	0,054	0,028	0,0100	97	*	110	0,229	0,045	0,024	0,009	96	*
*	120	0,294	0,087	0,028	0,01	97	*	120	0,278	0,095	0,023	0,013	96	*
*	130	0,273	0,108	0,031	0,011	96	*	130	0,285	0,120	0,029	0,0085	97	*
*	140	0,212	0,099	0,025	0,010	95	*	140	0,222	0,111	0,026	0,0070	97	*
*	150	0,172	0,091	0,023	0,0094	95	*	150	0,205	0,104	0,027	0,0053	97	*
*	160	0,154	0,085	0,019	0,0067	96	*	160	0,146	0,087	0,020	0,0036	98	*
*	170	0,122	0,079	0,018	0,005	96	*	170	0,111	0,058	0,031	0,0038	97	*
*	180	0,098	0,060	0,015	0,0058	94	*	180	0,087	0,053	0,014	0,0035	96	*
*	190	0,094	0,056	0,014	0,0054	95	*	190	0,080	0,046	0,013	0,0034	96	*
*	200	0,065	0,041	0,011	0,0055	92	*	200	0,055	0,033	0,010	0,0030	95	*
*						*							*	
Station 8(850)							Station 9(950)							
*Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	*	Prof. (m)	Chl a	Chl b	Chl c	Pheo a	% Chl a	*	
*						*							*	
*	5	0,047	0,0052	0,0067	-0,0008	102	*	5	0,043	0,0044	0,0067	0,0009	98	*
*	90	0,156	0,019	0,019	0,0055	97	*	20	0,042	0,0039	0,0062	0,0010	98	*
*	95	0,182	0,025	0,023	0,0060	97	*	40	0,068	0,0068	0,0096	0,0014	98	*
*	100	0,257	0,037	0,026	0,0098	96	*	70	0,100	0,011	0,018	0,0027	97	*
*	105	0,279	0,044	0,027	0,0075	97	*	90	0,174	0,022	0,025	0,0100	95	*
*	110	0,268	0,041	0,027	0,0082	97	*	100	0,192	0,028	0,025	0,0120	94	*
*	115	0,295	0,054	0,028	0,0076	97	*	110	0,246	0,039	0,027	0,0120	95	*
*	120	0,270	0,061	0,025	0,0067	98	*	120	0,280	0,078	0,027	0,0150	95	*
*	125	0,310	0,096	0,027	0,0075	98	*	130	0,298	0,132	0,034	0,0160	95	*
*	130	0,318	0,104	0,032	0,0080	98	*	140	0,173	0,098	0,025	0,011	94	*
*	135	0,272	0,100	0,032	0,0078	97	*	150	0,175	0,099	0,024	0,011	94	*
*	140	0,257	0,094	0,031	0,0080	97	*						*	

```

*****
*                               Station 10(960,962)                               *
*****
*Prof. (m)  Chl a   Chl b   Chl c   Pheo a   % Chl a *
*****
*      0   0,052   0,0048   0,0059   0,0011   98 *
*      5   0,055   0,0050   0,0071   0,0010   98 *
*     30   -       -       -       -       - *
*     40   0,059   0,0066   0,0085   0,0008   99 *
*     60   0,101   0,012   0,015   0,0052   95 *
*     70   0,106   0,014   0,015   0,0058   95 *
*     80   0,159   0,019   0,023   0,013   92 *
*     90   0,143   0,019   0,019   0,0062   96 *
*    100   0,183   0,025   0,021   0,014   93 *
*    110   0,216   0,032   0,024   0,016   93 *
*    120   0,291   0,048   0,024   0,021   93 *
*    130   0,303   0,078   0,035   0,019   94 *
*    140   0,307   0,092   0,034   0,018   94 *
*    150   0,171   0,070   0,025   0,011   94 *
*    160   0,171   0,073   0,022   0,011   94 *
*    170   0,112   0,062   0,016   0,0067   94 *
*    180   0,077   0,039   0,013   0,0041   95 *
*    190   0,049   0,017   0,0090   0,0036   93 *
*    200   0,055   0,028   0,0096   0,0047   92 *
*****

```

Tableau des valeurs intégrées ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$) des chlorophylles *a, b, c* et des phéopigments *a*.

* Stations	Chl a	Chl b	Chl c	Phe a	Hauteur int.(m)	b/a	c/a	%Chl a	*
*									*
*	2	28,06	6,77	3,34	2,37	210	0,24	0,12	92,2 *
*	3	25,70	6,98	3,07	1,22	210	0,27	0,12	95,5 *
*	4	21,39	7,81	2,79	1,50	200	0,37	0,13	93,4 *
*	5	22,95	7,32	2,94	1,20	200	0,32	0,13	95,0 *
*	6(601)	26,10	7,18	2,66	0,85	200	0,27	0,10	96,8 *
*	6(602)	20,69	6,55	2,77	0,60	200	0,32	0,13	97,2 *
*	6(603)	30,25	9,61	3,75	1,41	200	0,32	0,12	95,6 *
*	6(613)	26,71	9,07	3,90	1,10	200	0,34	0,15	96,0 *
*	6(623)	29,92	10,81	4,07	0,71	200	0,36	0,14	97,7 *
*	6(633)	22,54	8,59	2,82	0,27	200	0,38	0,13	98,8 *
*	6(604)	26,45	9,17	3,54	0,65	200	0,35	0,13	97,6 *
*	6(614)	25,71	9,59	3,75	0,93	200	0,37	0,15	96,5 *
*	6(624)	29,34	10,62	3,89	0,91	200	0,36	0,13	97,0 *
*	6(634)	25,19	9,57	3,40	0,59	200	0,38	0,13	97,7 *
*	6(605)	24,31	9,80	3,30	0,84	200	0,40	0,14	96,7 *
*	6(606,616)	24,76	8,56	3,24	1,20	200	0,35	0,13	95,4 *
*	8(810,811)	29,14	9,31	3,70	1,26	200	0,32	0,13	95,8 *
*	8(820,821)	28,03	8,86	3,68	1,15	200	0,32	0,13	96,1 *
*	8(830,831)	26,83	8,72	3,44	1,02	200	0,32	0,13	96,3 *
*	8(840,841)	30,77	8,98	3,48	0,83	200	0,29	0,11	97,4 *
*	10(960,962)	27,52	6,49	3,45	1,64	200	0,24	0,13	94,4 *
*									*
*	Moyenne	26,303	8,588	3,379	1,060		0,327	0,128	96,14*
*	Ecart type	2,787	1,263	0,401	0,437		0,044	0,009	1,49*

Hauteur int.(m) = Hauteur d'intégration en mètres
 b/a = rapport Chl b/ Chl a
 c/a = rapport Chl c/ Chl a
 % Chl a = $100[\text{Chl a}/(\text{Chl a} + \text{Phe a})]$

FILTRATIONS DIFFERENTIELLES

* Station 3-5m *									

*Fractions	Chl a	Chla(%)	Chl b	Chlb(%)	Chl c	Chlc(%)	b/a	c/a	*

* > 10um	0,006	16,3	0,0013	16,6	0,0011	14,1	0,219	0,191	*
* 3-10	0,009	24,4	0,0018	23,5	0,0018	22,2	0,207	0,201	*
* 1-3	0,012	34,6	0,0014	18,8	0,0024	30,8	0,117	0,197	*
* 0,2-1	0,009	24,8	0,0032	41,1	0,0026	33,0	0,356	0,294	*

*Sommes	0,036	100	0,0077	100	0,0079	100	0,215	0,221	*

*Tot. GF/F	0,048		0,0063		0,0065		0,131	0,135	*

* Station 5-120m *									

*Fractions	Chl a	Chla(%)	Chl b	Chlb(%)	Chl c	Chlc(%)	b/a	c/a	*

* > 3um	0,037	16,9	0,0151	21,8	0,0068	31,2	0,409	0,183	*
* 1-3	0,046	21,1	0,0066	9,5	0,0098	45,4	0,143	0,214	*
* 0,6-1	0,082	37,6	0,0475	68,6	0,0033	15,4	0,579	0,041	*
* 0,2-0,6*	0,053	24,3	0,0000	0,0	0,0018	8,1	0,000	0,033	*

*GF/F	0,218	100	0,0692	100	0,0217	100	0,317	0,100	*

* Station 6(602)-110m *									

*Fractions	Chl a	Chla(%)	Chl b	Chlb(%)	Chl c	Chlc(%)	b/a	c/a	*

* > 10um	0,011	4,8	0,0052	4,2	0,0015	5,1	0,483	0,143	*
* 3-10	0,029	13,1	0,0090	7,3	0,0055	18,4	0,310	0,188	*
* 1-3	0,094	42,3	0,0143	11,6	0,0191	63,9	0,152	0,203	*
* 0,6-1	0,070	31,3	0,0797	64,7	0,0015	5,1	1,146	0,022	*
*GF/F-0,6	0,017	7,9	0,0151	12,2	0,0023	7,5	0,864	0,129	*
* 0,2-GF/F	0,001	0,6							*
*Sommes	0,222	100	0,1232	100	0,0298	100	0,555	0,134	*

*Tot. GF/F	0,260		0,1130		0,0340		0,435	0,131	*

* Station 7-5m *									

*Fractions	Chl a	Chla(%)	Chl b	Chlb(%)	Chl c	Chlc(%)	b/a	c/a	*

* > 10um	0,013	31,3	0,0028	44,8	0,0018	33,4	0,222	0,143	*
* 3-10	0,009	21,9	0,0020	31,2	0,0015	28,0	0,222	0,172	*
* 1-3	0,011	27,6	0,0009	14,56	0,0017	31,5	0,082	0,153	*
* 0,6-1	0,006	15,2	0,0005	8,16	0,0003	4,6	0,084	0,041	*
* 0,4-0,6	0,002	4,0	0,0001	1,28	0,0001	2,0	0,049	0,067	*
* 0,2-0,4	0,000	0,1	0,0000	0	0,0000	0,4	0,000	0,000	*
*Sommes	0,040	100	0,0063	100	0,0054	100	0,155	0,134	*

*Total 0,2	0,039		0,0057		0,0054		0,146	0,138	*
*Tot. GF/F	0,044		0,0049		0,0053		0,111	0,120	*

* Station 7-100m *								

*Fractions	Chl a	Chla(%)	Chl b	Chlb(%)	Chl c	Chlc(%)	b/a	c/a *

*> 10um	0,024	7,2	0,0058	4,4	0,0054	10,6	0,245	0,228 *
* 3-10	0,092	28,1	0,0199	15,1	0,0215	42,1	0,217	0,234 *
* 1-3	0,082	25,0	0,0199	15,1	0,0184	36,0	0,244	0,225 *
* 0,6-1	0,114	34,9	0,0777	58,8	0,0043	8,4	0,682	0,038 *
* 0,4-0,6	0,013	4,0	0,0080	6,1	0,0006	1,2	0,606	0,045 *
* 0,2-0,4	0,003	0,8	0,0009	0,7	0,0009	1,8	0,346	0,346 *
*Sommes	0,327	100	0,1322	100	0,0511	100	0,404	0,156 *

*Total 0,2	0,308		0,1260		0,0513		0,409	0,167 *
*Tot. GF/F	0,349		0,1310		0,0489		0,375	0,140 *

* Station 8(850)-90m *								

*Fractions	Chl a	Chla(%)	Chl b	Chlb(%)	Chl c	Chlc(%)	b/a	c/a *

*> 10um	0,011	8,9	0,0012	6,4	0,0025	15,3	0,105	0,219 *
* 3-10	0,026	20,6	0,0063	33,7	0,0053	32,5	0,239	0,201 *
* 1-3	0,029	22,2	0,0056	29,9	0,0042	25,8	0,196	0,147 *
* 0,6-1	0,038	29,9	0,0038	20,3	0,0034	20,9	0,099	0,089 *
* 0,2-0,6	0,024	18,5	0,0018	9,6	0,0009	5,5	0,076	0,038 *
*Sommes	0,128	100	0,0187	100	0,0163	100	0,146	0,127 *

*Tot. GF/F	0,156		0,0187		0,0189		0,120	0,121 *

* Station 8(850)-140m *								

*Fractions	Chl a	Chla(%)	Chl b	Chlb(%)	Chl c	Chlc(%)	b/a	c/a *

*> 10um	0,008	3,6	0,0026	3,0	0,0013	4,4	0,329	0,165 *
* 3-10	0,023	10,5	0,0095	11,0	0,0043	14,6	0,413	0,187 *
* 1-3	0,061	27,7	0,0092	10,7	0,0153	51,9	0,151	0,252 *
* 0,6-1	0,103	47,0	0,0552	64,0	0,0076	25,8	0,536	0,074 *
* 0,2-0,6	0,024	11,1	0,0097	11,3	0,0010	3,4	0,398	0,041 *

*Sommes	0,219	100	0,0862	100	0,0295	100	0,393	0,135 *

*Tot. GF/F	0,257		0,0940		0,0306		0,366	0,119 *

* Station 10(960)-130m *								

*Fractions	Chl a	Chla(%)	Chl b	Chlb(%)	Chl c	Chlc(%)	b/a	c/a *

*> 10um	0,011	3,2	0,0031	5,0	0,0015	4,3	0,287	0,139 *
* 3-10	0,036	10,5	0,0133	21,3	0,0062	17,9	0,370	0,173 *
* 1-3	0,060	17,6	0,0081	13,0	0,0137	39,6	0,135	0,229 *
* 0,6-1	0,113	33,2	0,0181	29,0	0,0074	21,4	0,160	0,065 *
* 0,2-0,6	0,121	35,5	0,0198	31,7	0,0058	16,8	0,164	0,048 *

*Sommes	0,341	100	0,0624	100	0,0346	100	0,183	0,102 *

*Tot. GF/F	0,303		0,0770		0,0352		0,254	0,116 *



2.6. CARBONE ET AZOTE ORGANIQUES PARTICULAIRES

Neveux Jacques¹

2.6.1 METHODES

Six échantillons de 12 l ont été filtrés sur Whatman GF/F. Les filtres étaient ensuite desséchés à l'étuve à 60°C et conservés en présence de silicagel en attendant l'analyse. Les mesures ont été réalisées au CREMA-L'Houmeau sur un autoanalyseur CHN Carlo Erba.

2.6.2 RESULTATS

Les valeurs de carbone particulaire sont voisines de 30 mg.m⁻³ près de la surface et comprises entre 25 et 42 dans le maximum profond. Les teneurs en azote particulaire varient entre 2,5 et 3,8 mg.m⁻³ dans la zone des 120 premiers mètres. Ces résultats sont tout à fait comparables aux données historiques obtenues dans les régions oligotrophes (Eppley *et al.*, 1988).

```

*****
*Station prof.(m)   C      N      Chl a   C/N   C/Chl a  N/Chl a *
*
* 6(606)           5  33,46  3,40  0,054  9,84    620    63,0 *
* 6(606)          100 41,10  3,79  0,396 10,84   104     9,6 *
* 8(820)           5  26,46  2,51  0,057 10,54   464    44,0 *
* 8(820)          120 29,30  3,09  0,417  9,48    70     7,4 *
* 8(830)          150 17,42  1,19  0,172 14,64   101     6,9 *
* 8(840)           90 26,04  2,98  0,161  8,74   162    18,5 *
*****

```

Tableau 4 Relations entre les teneurs en carbone particulaire (C), azote particulaire (N), et chlorophylle a (Chl a) dans quelques échantillons. Les teneurs sont exprimées en µg.l⁻¹.

REFERENCE

Eppley R.W., E. Swift, D.G. Redalje, M.R. Landry et L.W. Haas, 1988. Subsurface chlorophyll maximum in August-September 1985 in the CLIMAX area on the North Pacific. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 42: 289-301.

¹ Nous remercions le CREMA-L'Houmeau et Daniel Delmas qui a réalisé ces quelques analyses.

2.7. MESOZOOPLANCTON

Razouls Claude et Béatrice Tardet

2.7.1. METHODES

Vingt-quatre pêches verticales de zooplancton ont été effectuées au moyen du filet type WP2 entre 0-600 m, 0-200 m, 0-100 m et 0-50 m aux stations 1,2,3,4,5,6 et 8.

La biomasse totale du mésozooplancton a été déterminée par la méthode de Lovegrove (1966) et exprimée en mg de poids sec par m² (Table 5). Les organismes des différents groupes qui le composent (copépodes, chaetognathes, ostracodes, etc.) ont été dénombrés.

L'échantillonnage par trop réduit au cours de cette campagne n'a pas permis de traitement statistique mais a fourni des indications intéressantes.

2.7.2. RESULTATS

Biomasse

Les valeurs moyennes (Moy: Tableau ci-dessous) pour l'ensemble de la radiale et pour chaque profondeur échantillonnée sont les suivantes :

	0-50	0-100	0-200	0-600
n	4	4	6	9
Moy	91	160	188,67	295,55
SD	25,20	87,82	102,41	110,02
Cv%	27,69	54,89	54,28	37,23

Nombre de Copépodes par m²

	0-50	0-100	0-200	0-600
n	4	3	6	7
Moy	1914	7493	5199	6594
SD	1297	1179	2348	3558
Cv%	67,7	15,7	45,2	113,6

Les biomasses moyennes (B) en fonction des profondeurs exprimées en mg.m⁻³ (Fig. 17), et le nombre de copépodes par m⁻³ (N) sont calculés pour les quatre tranches d'eau entre 0 et 600 m par différence entre pêches verticales :

	0-50	50-100	100-200	200-600
B	1,82	1,38	0,2867	0,2672
N	38	75	26	11

Distribution de la biomasse et du nombre de copépodes selon la radiale Sud-Nord

Afin de comparer les différentes stations entre elles, seuls les résultats obtenus pour les 600 premiers mètres seront considérés. Les figures 18 et 19 indiquent l'hétérogénéité et l'amplitude des variations de la biomasse et du nombre des copépodes.

On observe un gradient décroissant de biomasse vers la partie médiane de la radiale prospectée correspondant à la partie centrale de cette zone des Sargasses. Le nombre de copépodes montre les valeurs les plus faibles aux stations sud (3052 par m⁻²) ; s'accroissent vers la partie centrale (8278 par m⁻²) et sont les plus élevées à la station la plus au nord (30786 par m⁻²).

Effet jour-nuit

Seules les données des stations 6 et 8 peuvent fournir une indication sur un éventuel effet du cycle nyctéméral des organismes sur la biomasse dans les différentes tranches d'eau.

		jour	nuit
St. 6	0-50	72	128
	0-100	240	248
	0-200	316	308
	0-600	468	320
	Sommes	1096	1004
St. 8	0-50	64	100
	0-100	112	40
	0-200	108	60
	0-600	172	168
	Sommes	456	388

Les différences observées ne sont pas significatives.

Rapport entre le nombre de copépodes et le nombre total des organismes du zooplancton pour chaque profondeur

	0-50	0-100	0-200	0-600
n	4	3	6	8
Moy	0,85	0,89	0,83	0,83
SD	0,048	0,012	0,047	0,047
Cv%	5,6	1,4	5,7	5,7

Le pourcentage des copépodes dans les pêches apparaît sensiblement constant et ne permet pas de mettre en évidence des différences entre les profondeurs et entre les stations.

Composition du zooplancton autre que les copépodes

Cinq groupes ont été pris en compte : Annélides (formes larvaires et juvéniles), Ostracodes, larves d'Euphausiacés et de Décapodes, Chaetognathes, Appendiculaires.

Le tableau 6 exprime les nombres et les pourcentages de ces divers groupes pour chaque pêche. Les pourcentages toutes pêches confondues donnent :

	Annél.	Ostrac.	Larves E+D	Chaetog.	Append.
n	21	21	21	22	20
Moy	11,3	70,6	8,4	48,5	9,3
SD	13,3	103,4	3,99	79,2	6,5
Cv%	117,7	146,5	47,5	163,3	69,9

Relation entre les copépodes et les chaetognathes

L'importance des chaetognathes dans les prélèvements suggère une relation avec les copépodes qui constituent l'une de leur source trophique.

La corrélation (Fig 20) est significative à plus de 99%, $r = 0,887$ pour $n-1 = 20$.

Comparaison des biomasses obtenues avec celles d'autres régions oligotrophes

La mer des Sargasses est considérée comme l'une des moins productive avec des valeurs de biomasse les plus faibles. Une comparaison des données obtenues avec quelques secteurs géographiques dont les eaux sont de caractère oligotrophe peut être observée à partir des résultats exprimés ci-dessous :

(0-600 m)	MD55 Brésil	467,5 ± 134,1	Cv = 29%	mg.m ⁻²
(0-600 m)	Oc. Indien	1517,1 ± 257,8	Cv = 32%	"
(0-600 m)	Guidome	1886,7 ± 598,5	Cv = 31,7%	"
(0-600 m)	Demeraby	1978,7 ± 331,6	Cv = 16,8%	"
(0-600 m)	Médit. (bouée)	157,9 ± 25,2	Cv = 16,0%	"
(0-200 m)	Medip. I	282,9 ± 120,6	Cv = 42,6%	"
(0-200 m)	Medip. II	2870,4 ± 1501,5	Cv = 52,3%	"

Les biomasses du mesozooplancton au cours de la campagne "Chlomag", bien qu'inférieures à celles des autres secteurs géographiques prospectés, ne sont pas les plus faibles (Méditerranée : point médian entre Nice et Calvi, prélèvements réalisées durant le mois de septembre à la bouée laboratoire).

Comme on l'observe en Méditerranée, les variations annuelles peuvent être importantes et nous ne connaissons pas l'évolution du mesozooplancton au cours du temps dans la mer des Sargasses dont l'état doit être plus stable. Le temps de renouvellement de la biomasse, dont les copépodes sont en grande partie responsables, est également inconnu.

REFERENCES

- Lovegrove, T., 1966. The determination of the dry weight of plankton and the effect of various factors on the values obtained. In H. Barnes: *some contemporary studies in marine science*: 429-467.
- Razouls, C., 1969. Données sur la biomasse du zooplancton de Méditerranée occidentale. Mission du Laboratoire Arago sur la Bouée Laboratoire du 9 au 22 septembre 1967 par 42°8N et 07°50E. *Vie Milieu* XX (1-B): 75-90.
- Razouls C., et A. Thiriot. 1972-73. Données quantitatives du mésoplancton en méditerranée occidentale (saisons hivernales 1966-1970). *Vie Milieu*, XXIII(2-B): 209-241.
- Razouls, C. et S. Razouls, 1978-79. Valeur énergétique de l'échelon secondaire pélagique dans différentes aires marines. *Vie Milieu* 28-29 (1 AB):39-50
- Chahsavar-Archad, V. et C. Razouls, 1982. Les copépodes pélagiques au sud-est des îles du Cap vert (mission Guidôme du N.O. "Jean Charcot", sept.-oct. 1976). II- Aspects quantitatifs. *Vie Milieu*, 32(2): 89-99.
- Razouls, C., 1984. Biomasse du mesozooplancton en Océan Indien au cours de la mission Safari II (MD27): 69-74. In Résultats de campagnes océanographiques du M.S. "Marion Dufresne" et de prospections littorales de la vedette "Japonaise". *CNFRA* n°55.
- Razouls, C., 1985. Biomasse du mesozooplancton au large de la Guyane française. *Oceanol. Acta*, 8(1): 125-129.
- Razouls, C., S. Razouls et Maria Luisa Motta Schurze, 1988. Etude quantitative du mesozooplancton, pp.108-116. In : *Rapports des campagnes à la mer*. MD55/Brésil. N° 87-03. TAAF et Mission de Recherche Universidade Santa Ursula Brasil.
- Schulz, K., 1984. Aspects of calanoid copepods distribution in the upper 200 m of the central and southern Sargasso Sea in spring 1979. *Sylogus*, 58: 459-466.

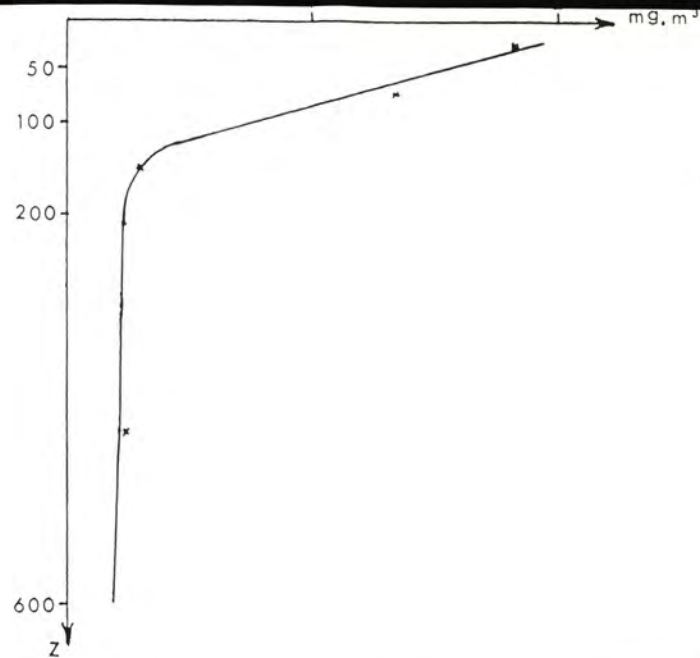


Fig. 17 : Distribution de la biomasse mg/m^3 de 0-600m

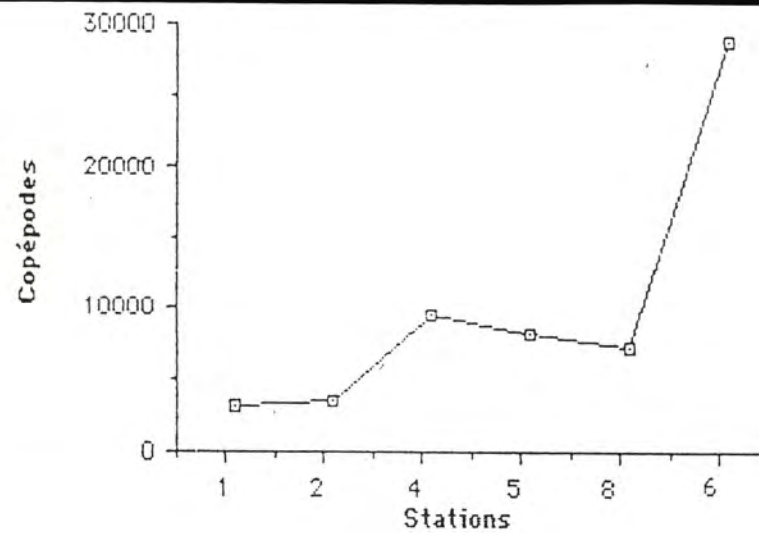


Fig. 19 : Copépodes/ m^2 (0-600m) selon la radiale S-N

103

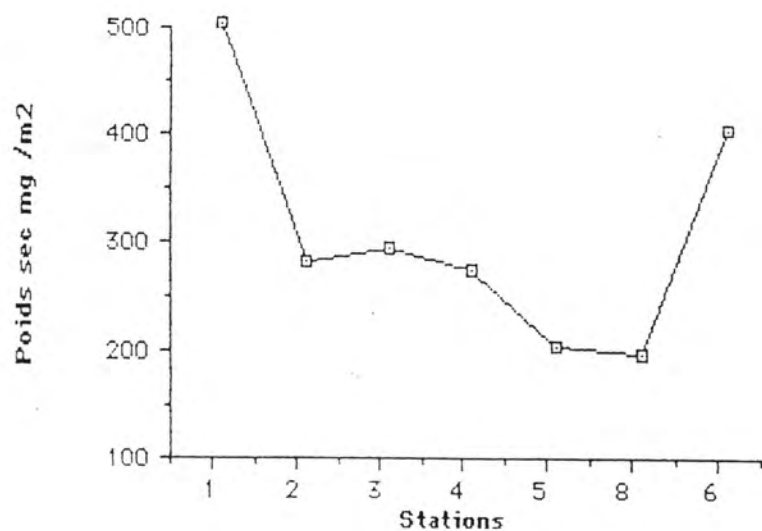


Fig. 18 : Biomasses (0-600m) selon la radiale S-N

$\text{N} \cdot 10^3$

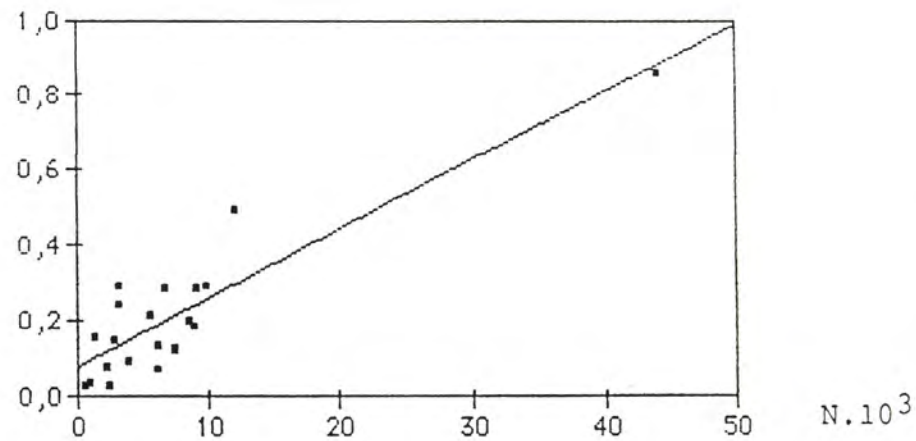


Fig. 20 : Relation entre les copépodes (abscisse) et les chaetognathes (ordonnée)

Tableau 5- Biomasse et nombre total d'organismes du mesozooplancton.

Station	Date	Heure	Profondeur	mg/pêche	mg/m2	mg/m3	N total/m2	N cop/m2	Nc/Nt
1	16-09	20:30	0-600	124	496	0,83	2852	2396	0,84
2	17-09	5:30	0-600	68	272	0,45	3252	2716	0,84
3	18-09	7:50	0-75	-	-	-	48020	45618	0,95
3	18-09	11:30	0-600	36	284	0,47	-	-	-
4	19-09	7:30	0-600	66	264	0,44	11260	8790	0,78
5	20-09	7:30	0-600	49	196	0,33	8924	7438	0,83
6	22-09	12:30	0-50	18	72	1,44	720	626	0,87
6	22-09	12:50	0-100	60	240	2,4	-	-	-
6	22-09	13:30	0-200	79	316	1,58	3680	3092	0,84
6	22-09	14:10	0-600	117	468	0,78	47392	43956	0,93
6	23-09	2:00	0-50	32	128	2,56	2584	2214	0,86
6	23-09	2:30	0-100	62	248	2,48	10348	8960	0,87
6	23-09	3:00	0-200	77	308	1,54	7768	6624	0,85
6	23-09	3:50	0-600	80	320	0,53	14180	11930	0,84
6	24-09	23:00	0-190	26	104	1,16	7208	6146	0,85
6	24-09	23:35	0-160	59	236	1,48	6736	5618	0,83
8	6-10	12:30	0-100	28	112	1,12	6756	6072	0,9
8	6-10	13:00	0-200	27	108	0,54	1792	1300	0,73
8	6-10	13:15	0-50	16	64	1,28	4364	3910	0,9
8	6-10	13:50	0-600	43	172	0,29	11968	9752	0,81
8	6-10	22:15	0-50	25	100	2	1184	914	0,77
8	6-10	22:30	0-100	10	40	0,4	8344	7446	0,89
8	6-10	22:50	0-200	15	60	0,3	9588	8412	0,88
8	6-10	23:30	0-600	47	188	0,31	4148	3136	0,76

Tableau 6- Nombres d'organismes et pourcentages des divers groupes (copépodes exclus).

St.	Date	Heure	Profondeur	N cop/m2	Chaetogn. m-2	% (1)	Ostr. m-2	% (2)	Append. m-2	% (3)	Ann. m-2	% (4)	L. Crust. m-2	% (5)
1	16-09	20:30	0-600	2396	28	7	294	73,9	24	6	14	3,5	38	9,5
2	17-09	5:30	0-600	2716	150	35	118	27,6	98	22,9	2	0,5	60	14
3	18-09	7:50	0-75	45618	238	13	960	52,5	20	1,1	20	1,1	162	8,9
4	19-09	7:30	0-600	8790	186	10,9	1448	84,6	-	-	16	0,9	62	3,6
5	20-09	7:30	0-600	7438	118	11,9	722	73,1	48	4,9	42	4,3	58	5,9
6	22-09	12:30	0-50	626	26	93	-	-	2	7,1	-	-	-	-
6	22-09	13:30	0-200	3092	240	58	104	25,1	26	6,3	16	3,9	28	6,8
6	22-09	14:10	0-600	43956	856	36,8	966	41,7	358	15,4	38	1,6	104	4,5
6	23-09	2:00	0-50	2214	76	36,4	44	21,1	54	25,8	10	4,8	25	12
6	23-09	2:30	0-100	8960	284	32,7	340	39,2	136	15,7	60	6,9	48	5,5
6	23-09	3:00	0-200	6624	284	37	386	50,3	12	1,6	34	4,4	52	6,8
6	23-09	3:50	0-600	11930	494	31,9	796	51,4	78	5	102	6,6	80	5,2
6	24-09	23:00	0-190	6146	134	19,1	396	56,4	72	10,3	50	7,1	50	7,1
6	24-09	23:35	0-160	5618	214	30,4	342	48,6	68	9,7	30	4,3	50	7,1
8	6-10	12:30	0-100	6072	74	19,2	220	57	44	11,4	6	1,6	42	10,9
8	6-10	13:00	0-200	1300	158	52,7	64	21,3	20	6,7	18	6	40	13,3
8	6-10	13:15	0-50	3910	94	46,1	58	28,4	16	7,8	2	1	34	16,7
8	6-10	13:50	0-600	9752	294	17,6	1194	71,4	64	3,8	94	5,6	26	1,6
8	6-10	22:15	0-50	914	34	34,7	16	23,5	10	14,7	2	2,9	4	5,9
8	6-10	22:30	0-100	7446	132	21	432	68,8	-	-	20	3,2	44	7
8	6-10	22:50	0-200	8412	198	21,4	582	63	26	2,8	46	5	72	7,8
8	6-10	23:30	0-600	3136	296	40,1	228	30,9	44	6	50	6,8	120	16,3

3. BIOPHYSIQUE ET ACTIVITE PHOTOSYNTHETIQUE DU PHYTOPLANCTON

3.1. COEFFICIENTS SPECTRAUX D'ABSORPTION *IN VIVO* DU PHYTOPLANCTON ET DE LA MATIERE PARTICULAIRE NON PIGMENTEE

Stramski Dariusz et Annick Bricaud

INTRODUCTION

Dans la zone étudiée, la matière en suspension se compose essentiellement de trois types de particules : le phytoplancton vivant, les débris biogènes associés au phytoplancton, et les microorganismes hétérotrophes (bactéries) ; les particules terrigènes sont en général en concentration négligeable (sauf en cas d'apports atmosphériques épisodiques).

Les mesures effectuées dans cette zone entrent dans le cadre d'une étude dont l'objectif est double :

- déterminer les coefficients d'absorption des populations naturelles (phytoplancton et matière non pigmentée), et leur variabilité dans le milieu naturel, afin de modéliser (ou inversement d'interpréter analytiquement) les propriétés optiques inhérentes (absorption) ou apparentes (coefficient d'atténuation diffuse, réflectance diffuse) des eaux de mer ;

- déterminer les coefficients d'absorption du phytoplancton *vivant* dans le milieu naturel, afin d'évaluer le montant de l'énergie capturée pour la photosynthèse; ces coefficients constituent, avec l'énergie radiative disponible pour la photosynthèse (PAR) et les paramètres des courbes lumière - photosynthèse, les données d'entrée essentielles pour modéliser la production primaire *in situ*.

3.1.1. METHODES

Les coefficients d'absorption de la matière particulaire totale ($a_p(\lambda)$) ont été déterminés après concentration des particules sur filtre (Whatman GF/F 25 mm) humide, par référence à un filtre vierge (Trüper et Yentsch 1957).

Au cours de 15 stations, entre 0 et 250 m, 64 échantillons ont été prélevés ; les volumes filtrés ont varié entre 3 et 10 litres. Les densités optiques des échantillons ($DO_p(\lambda)$) ont été mesurées entre 380 et 750 nm avec un spectrophotomètre double-faisceau Perkin-Elmer 571, en utilisant le compartiment proche du détecteur afin de récupérer la quasi-totalité de la lumière diffusée par le filtre et les particules.

Les coefficients d'absorption de la matière particulaire non pigmentée ($a_d(\lambda)$) ont ensuite été déterminés séparément, par la méthode de Kishino *et al.* (1985) : après la mesure de $DO_p(\lambda)$, le filtre échantillon est placé dans le méthanol absolu à 4 °C pendant 45 à 60 mn afin d'extraire les pigments, puis le filtre "décoloré" est séché et à nouveau immergé dans l'eau de mer filtrée pendant 1 h ; le même traitement est appliqué au filtre référence. Enfin, les densités optiques des échantillons ($DO_d(\lambda)$) sont à nouveau mesurées.

Les densités optiques mesurées ont été converties en coefficients d'absorption par la relation :

$$a_{p/d}(\lambda) = 2.3 DO_{p/d}(\lambda) S / (V \cdot b(\lambda))$$

où S est la surface utile du filtre, V le volume filtré et b est le facteur d'amplification du chemin optique. Pour le type de filtre utilisé, ce facteur peut être estimé approximativement en utilisant la relation (Bricaud et Stramski, 1990):

$$b(\lambda) = 1.63 DO(\lambda)^{-0.22}$$

Après extraction dans le méthanol, l'absorption mesurée est due aux particules non pigmentées (détritus et bactéries), ainsi qu'aux cellules dépigmentées et aux pigments non extractibles dans le méthanol (phycobilines en particulier). La différence des coefficients d'absorption $a_p(l)$ et $a_d(l)$ est due aux pigments *in vivo* présents dans les cellules phytoplanctoniques, ainsi qu'aux phéopigments encore présents dans les détritus. Ces coefficients ($a_{ph}(l) = a_p(l) - a_d(l)$) ont été transformés en coefficients "spécifiques" (= par unité de concentration en pigments) en les normalisant par la concentration en chlorophylle *a* + phéophytine *a* déterminée par spectrofluorimétrie (cf: 2.5.).

3.1.2. RESULTATS

La figure 21 montre, à titre d'exemple, les coefficients d'absorption spectraux obtenus à différentes profondeurs pour la matière particulaire totale (a_p), la matière non pigmentée (a_d), et les coefficients spécifiques d'absorption du phytoplancton vivant (a_{ph}^*).

Les valeurs spectrales de a_p montrent les maxima d'absorption attendus vers 675 et 443 nm (chl *a*) ainsi que vers 490 nm (caroténoïdes). Les variations en fonction de la profondeur sont également représentatives de la situation observée aux différentes stations: tandis que l'amplitude des spectres de a_p augmente jusqu'au niveau du maximum de chlorophylle puis décroît au-delà, l'amplitude de a_d croît de façon continue de la surface vers le fond, le rapport a_p/a_d (la proportion de matière non pigmentée) augmentant brutalement au-dessous du maximum profond.

Les coefficients d'absorption spécifiques moyens du phytoplancton vivant, obtenus pour la couche superficielle (5 - 60 m) et pour la couche profonde (100 - 180 m) sont montrés (avec les spectres des écarts-type) sur la figure 22. Ces valeurs moyennes mettent en évidence :

- la différence de comportement spectral de l'absorption dans ces deux couches : aux environs de 480 et 650 nm, des bandes d'absorption, très faiblement marquées en surface, apparaissent nettement en profondeur, vraisemblablement dues à l'augmentation du rapport chl *b* / chl *a* au-dessous de 70 m ; de même pour la bande d'absorption à 595 nm (chl *c*). Le maximum d'absorption dans le bleu est décalé de 440 nm en surface vers 447 nm en profondeur, ce qui pourrait confirmer la présence de Prochlorophytes (un décalage similaire a été observé par Chisholm *et al.* (1988) pour les pigments de ces cellules après extraction dans le diethyl ether).

- la décroissance des coefficients d'absorption spécifiques de la surface vers la profondeur. La figure 21 montre que cette décroissance se situe principalement au-dessous du maximum profond (cependant, compte tenu de la possible sous-estimation des concentrations en chl *a* due à la présence des prochlorophytes, il n'est pas exclu que les coefficients d'absorption spécifiques soient surestimés dans la zone du maximum). Conformément aux prévisions théoriques (cf. Morel et Bricaud, 1981), cette décroissance pourrait résulter d'une augmentation de la concentration intracellulaire en pigments, en réponse à la diminution de l'éclairement disponible (photoadaptation).

Les spectres d'absorption des particules détritiques (Fig. 23) montrent une dépendance spectrale exponentielle, de la forme

$$a(l) = a(l_0) \exp(-S(l - l_0))$$

à laquelle se superpose une absorption résiduelle due aux pigments non extraits (de l'ordre de 5% de l'absorption initiale). La "pente" S varie pour l'ensemble des échantillons de 0.008 à 0.015 nm^{-1} (valeur moyenne $0.0109 \pm 0.0019 \text{ nm}^{-1}$).

REFERENCES

- Bricaud A. et D. Stramski. 1990. Spectral absorption coefficients of living phytoplankton and non-algal biogenous matter : a comparison between the Peru upwelling area and Sargasso Sea. *Limnol. Oceanogr.*, 35, 3 : 562 - 582.
- Chisholm S.W., R.J. Olson, E.R. Zettler, R. Goericke, J.B. Waterbury and N.A. Welschmeyer. 1988. A novel free-living prochlorophyte abundant in the oceanic euphotic zone. *Nature*, 334 ; 340 -343.
- Kishino M., M. Takahashi, N. Okami et S. Ichimura. 1985. Estimation of the spectral absorption coefficients of phytoplankton in the sea. *Bull. Mar. Sc.* ,37 ; 634 - 642.
- Morel A. et A. Bricaud. 1981. Theoretical results concerning light absorption in a discrete medium , and application to specific absorption of phytoplankton. *Deep-Sea Res.*,28A, 11 ; 1375 - 1393.
- Trüper H.G. et C.S. Yentsch. 1967. Use of glass-fiber filters for the rapid preparation of in vivo absorption spectra of photosynthetic bacteria. *J. Bacteriol.* 94; 1255 - 1256.

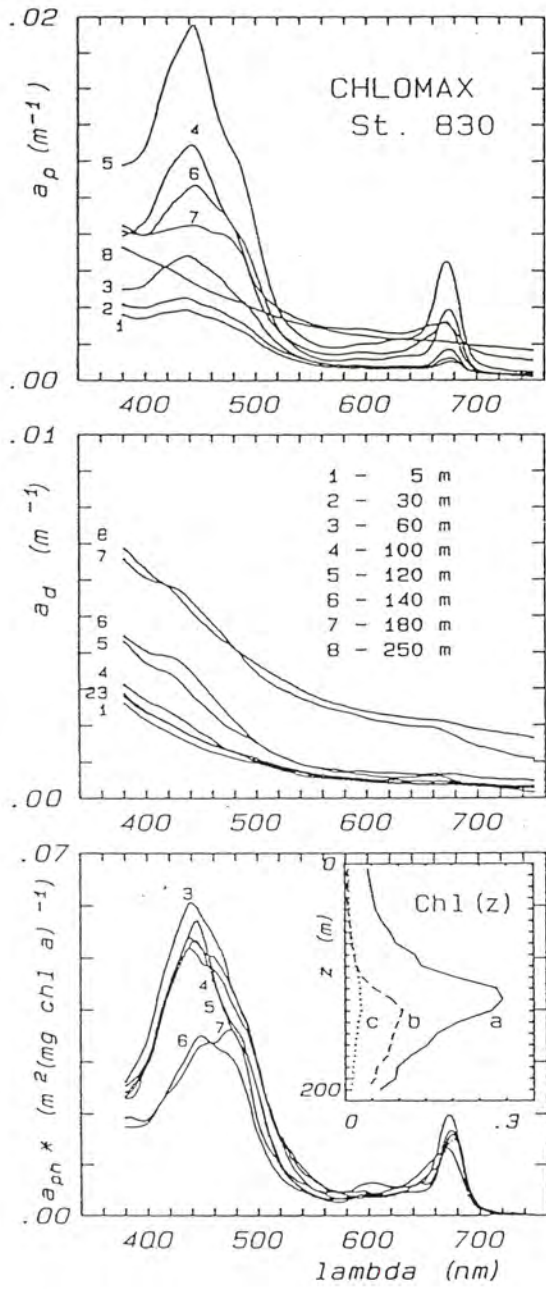


Fig. 21

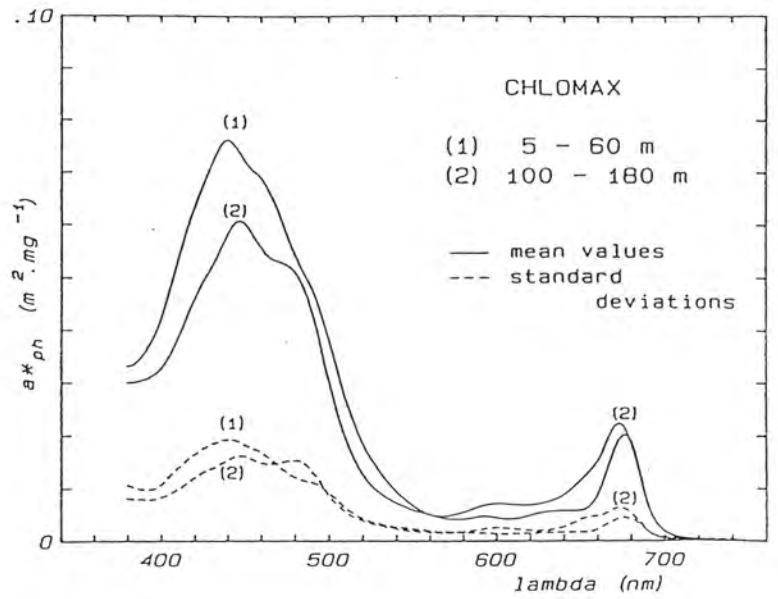


Fig. 22

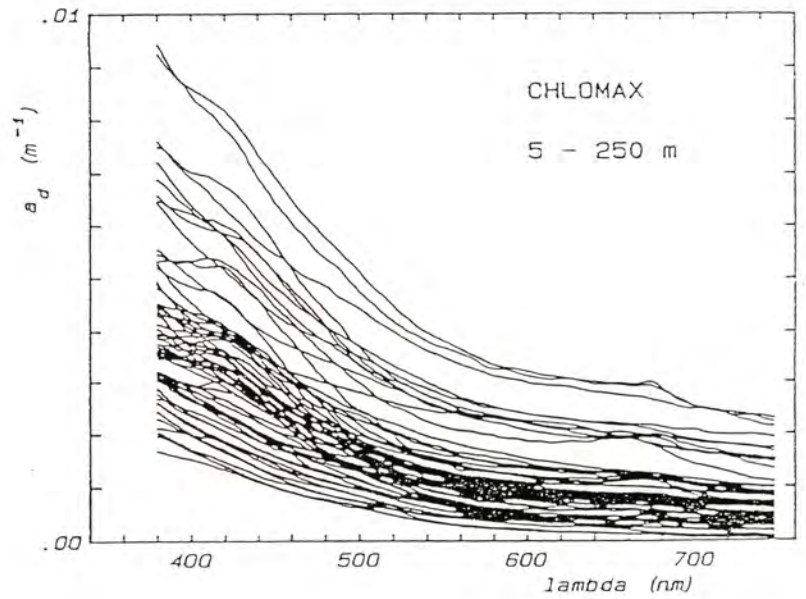


Fig. 23

3.2. SPECTRES D'EXCITATION ET D'EMISSION DE FLUORESCENCE DU PHYTOPLANCTON

Neveux Jacques

INTRODUCTION

In vivo, l'énergie solaire absorbée par les pigments photosynthétiques est, en faible proportion, perdue sous forme d'une fluorescence rouge provenant des molécules de chl *a* (maximum d'émission vers 680 nm) de l'ensemble des autotrophes. A cette fluorescence s'ajoute celle des molécules de phycoérythrine (fluorescence orangée) et de phycocyanine (fluorescence rouge) plus spécifiquement associées aux cyanobactéries (et éventuellement aux Cryptophycées). Les spectres d'excitation de fluorescence de la chl *a* sont fonction des propriétés d'absorption, non seulement de la chl *a* elle-même, mais également des pigments accessoires (chl *b* et *c*, caroténoïdes, phycobilines), qui en transférant l'énergie absorbée à la chl *a*, jouent un rôle photosensibilisateur de celle-ci.

D'autre part, la fluorescence de la chl *a* apparaît essentiellement issue des molécules collectrices associées au photosystème II des algues. Son spectre d'excitation reflète davantage le spectre d'action de la photosynthèse (Neori *et al.*, 1986) que le spectre d'absorption des particules dont une composante n'est pas liée à la photosynthèse.

3.2.1. METHODES

Les spectres ont été réalisés sur le spectrofluorimètre Perkin Elmer MPF 66 (spectre d'excitation entre 400 et 600 nm, spectre d'émission entre 550 et 800 nm). Les particules contenues dans 1 l d'eau de mer étaient concentrées environ 100 fois par filtration sur des membranes Nuclepore 0,2 µm (réduction du volume à 10 ml environ et remise en suspension des cellules par agitation du système de filtration; mesure en cuve de 1 cm de chemin optique). Les spectres d'excitation entre 400 et 600 nm ont été corrigés à l'aide de la Rhodamine B (compteur de quantas).

3.2.2. RESULTATS

Les spectres d'excitation de fluorescence entre 400 et 600 nm (Fig 24), normalisés par rapport à leur maximum, montrent, en fonction de la profondeur, un déplacement vers les grandes longueurs d'onde du maximum dans le bleu (de 438 à 453 nm). Par ailleurs, on constate une efficacité accrue des radiations situées vers 475-480 nm avec apparition d'un second pic d'excitation dont l'intensité dépasse celle du premier à 150 m. Ces changements sont en grande partie liés aux modifications taxonomiques et pigmentaires (abondance des prochlorophytes ou bactéries vertes) qui caractérisent les maximums profonds et à l'adaptation des autotrophes à l'utilisation de la lumière disponible aux bas niveaux photiques.

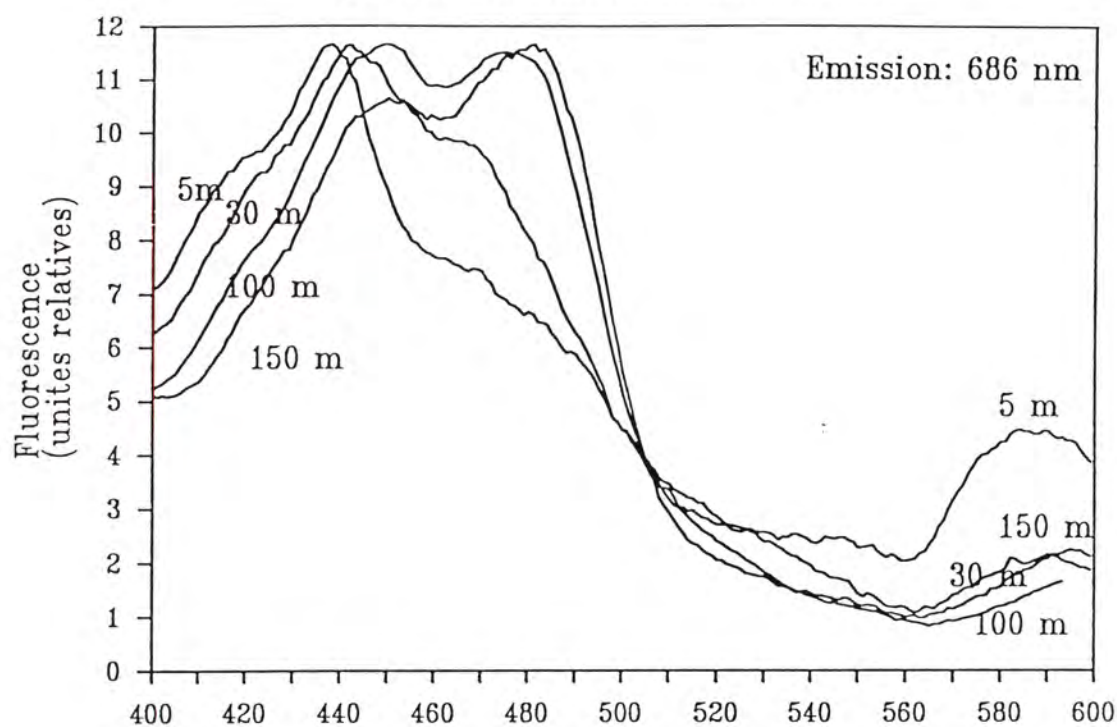
Les spectres d'émission correspondant à une excitation à 450 nm (Fig. 24) sont très semblables au niveau du pic d'émission de la chl *a* (vers 680 nm).

L'excitation à 515 nm (Fig. 25) permet de mettre en évidence plusieurs pics d'émission de fluorescence, en dehors de celui de la chl *a*, dont l'intensité relative apparaît variable. Ils révèlent l'existence des phycobilines associées aux cyanobactéries (phycoérythrines et phycocyanines). Les résultats indiquent une certaine hétérogénéité dans la nature des phycobilines et suggèrent l'existence de plusieurs populations de cyanobactéries. On note que le pic d'émission vers 570 nm, caractéristique des phycoérythrines, n'est pas toujours visible (st 601-5m: Fig 25).

REFERENCES

- Neori A., M. Vernet, O. Holm-Hansen et F.T. Haxo, 1986. Relationship between action spectra for chlorophyll *a* fluorescence and photosynthetic O₂ evolution in algae. *J. Plank. Res.*, 8: 537-548.

Spectres d'excitation de fluorescence



Spectres d'émission de fluorescence

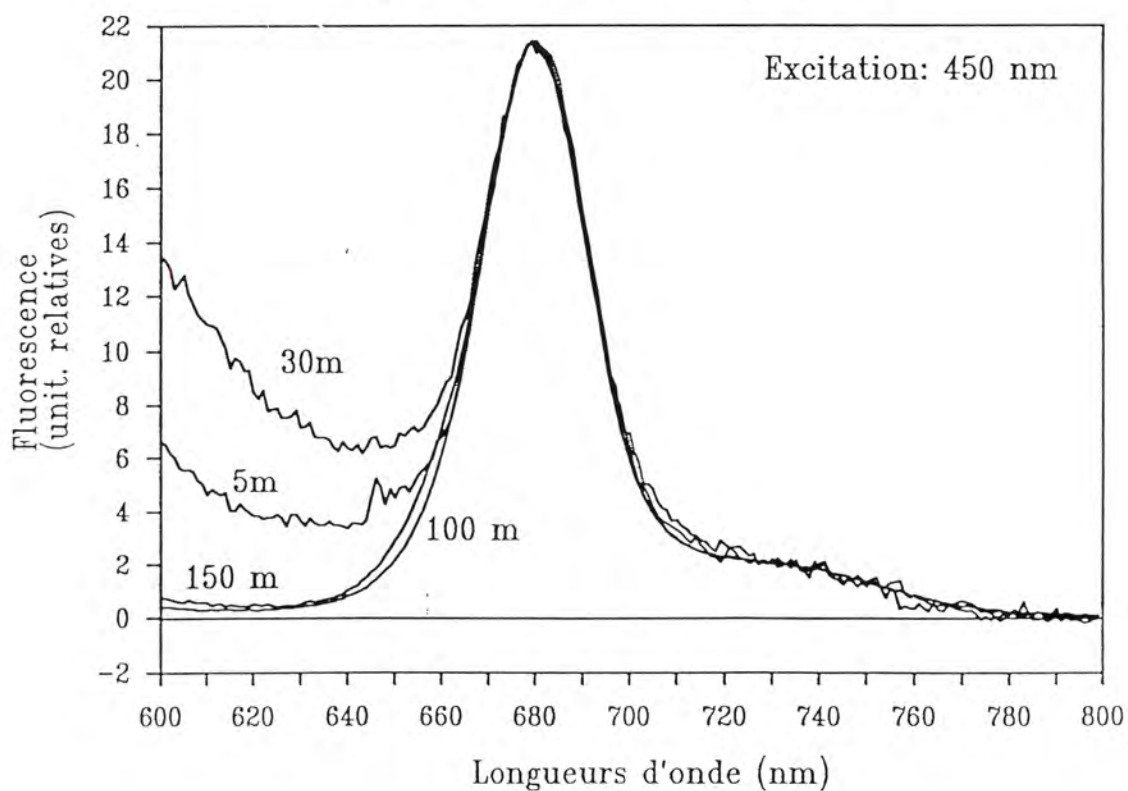
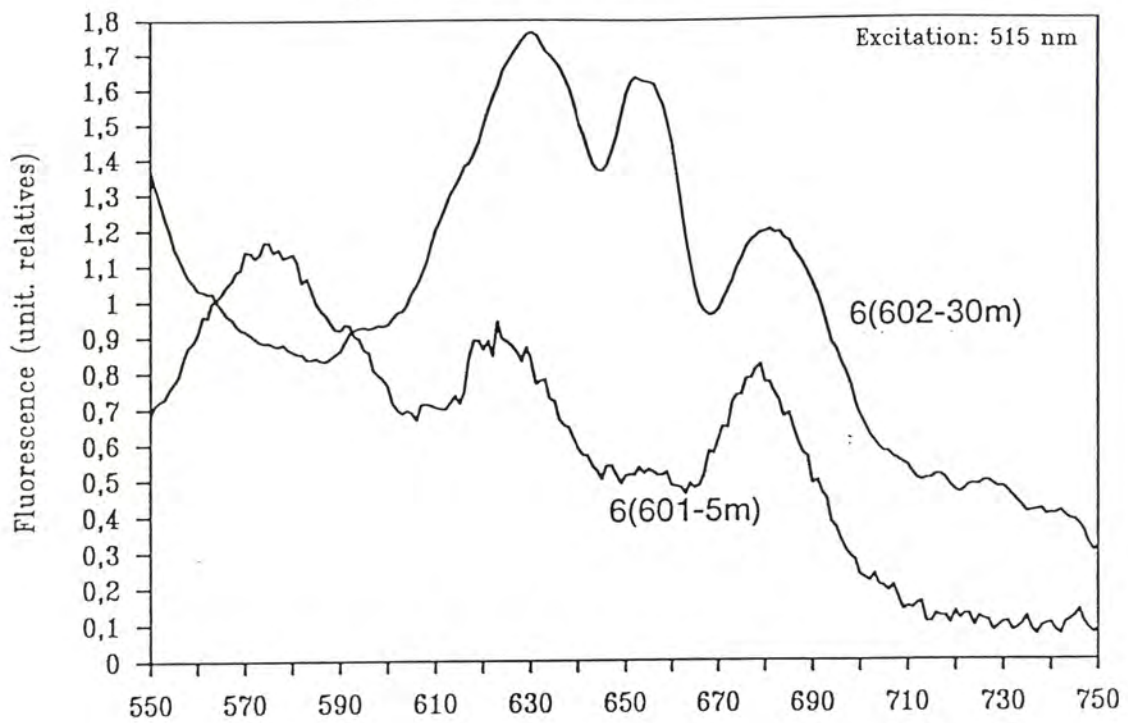


Fig. 24- Spectres d'excitation (émission à 686 nm) et d'émission (excitation à 450 nm) de fluorescence des particules (essentiellement émission de fluorescence due à la chl a du phytoplancton) en fonction de la profondeur, à la station 6(602).

Spectre d'émission de fluorescence



Spectre d'excitation de fluorescence

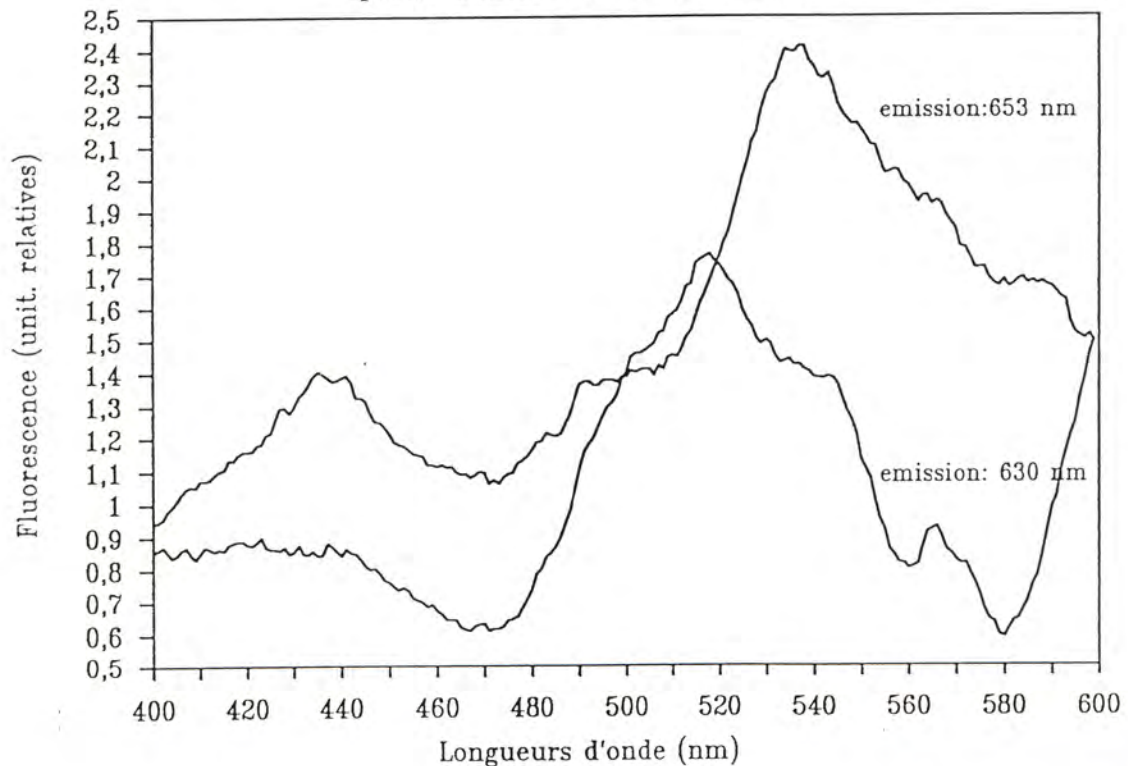


Fig. 25- (en haut) Spectres d'émission de fluorescence des particules (excitation à 515 nm; excitation des phycobilines, en particulier des phycoérythrines, et de la chl a du phytoplancton) pour les échantillons de 5 m à la station 6(601) et de 30 m à la station 6(602). (en bas) Spectres d'excitation de fluorescence des particules (émission à 653 ou 630 nm correspondant aux phycobilines) pour l'échantillon de 30 m à la station 6(602).

3.3. PRODUCTION PRIMAIRE *IN SITU*

Neveux Jacques et Robert Charra

INTRODUCTION

Cette étude a été entreprise afin d'estimer de manière détaillée la production primaire au niveau du maximum profond de chl *a* et d'apprécier l'importance relative de ce maximum dans la production primaire totale de la colonne d'eau.

3.3.1. METHODES

Avant le lever du soleil, 10 échantillons provenant de la rosette étaient récupérés dans des flacons en verre Schött et lena de 250 ml, additionnés de ^{14}C -bicarbonate (1 ml d'une solution contenant $20 \mu\text{Ci.ml}^{-1}$) et remis à leur profondeur d'origine. Les mesures étaient plus particulièrement serrées dans la zone du maximum profond de chl *a*. Au coucher du soleil, donc après un temps d'incubation de 12 h environ, les flacons étaient remontés et filtrés sur des membranes en fibre de verre GF/F de 25mm de diamètre. La filtration était effectuée en présence d'une lumière d'ambiance de couleur bleue et de faible intensité ($0,35 \mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Les filtres placés au fond de fioles à scintillation en polyéthylène, étaient recouverts avec 0,5 ml d'une solution d'HCl 1 N (élimination des restes de CO_2 radioactif non fixé) et cette solution était laissée à évaporer toute la nuit. Enfin, 10 cc de Lumagel étaient ajoutés et les flacons bouchés, puis conservés au congélateur en attendant d'être mesurés (le détecteur de radioactivité embarqué sur le "Suroit" n'a jamais fonctionné suite à une avarie lors du transport). La radioactivité incorporée a été mesurée un mois environ après la campagne (après réchauffement des fioles) sur un compteur à scintillation Beckman. Au début de l'incubation ($t=0$), un témoin était immédiatement filtré après l'inoculation du ^{14}C -bicarbonate et traité comme les flacons incubés. La radioactivité trouvée était considérée comme valeur du blanc et soustraite des mesures. La radioactivité de la source était mesurée à chaque expérience. Un flacon noir était réalisé à une profondeur, généralement celle où se situait le maximum profond de chl *a*.

Malheureusement nous n'avions pas pu obtenir pour les prélèvements de la campagne le prêt de bouteilles de type Go-flo qui sont actuellement recommandées dans le protocole d'estimation de la production primaire en milieu oligotrophe. Ceci a pu entraîner dans certains cas une sous-estimation de cette production comme semble l'indiquer l'évolution des caractéristiques de la fluorescence *in vivo* au cours d'incubations effectuées dans les mêmes conditions (cf:3.6.).

3.3.2. RESULTATS

La distribution verticale de la production primaire montre toujours un minimum vers 50-70 m (Fig. 26 et table 7), entouré de deux maximums, l'un dans la zone superficielle (0-30m), l'autre dans le maximum profond de chl *a* ou légèrement au-dessus. Les valeurs intégrées sur les 150 (ou 160) premiers mètres sont comprises entre 0,15 et 0,44 $\text{g.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ et sont en moyenne supérieures à celles déterminées dans la même région par Ryther et Menzel (1960). Toutefois, les prélèvements sur lesquels ces auteurs ont effectué leurs mesures restaient limités à la première centaine de mètres. La contribution du maximum profond correspond en moyenne à 17% de la production primaire intégrée. Les plus faibles valeurs de la production intégrée (0,15 et 0,17) ont été observées les jours les moins ensoleillés.

Si on essaie de corriger les données de "Chl_a" à partir de la courbe de Chavez et Barber (1987) qui compare les mesures de production sur des prélèvements réalisés soit à partir de bouteilles Go-flo, soit à partir de bouteilles Niskin, on constate que les valeurs obtenues seraient largement supérieures à celles trouvées dans des milieux comparables à la mer des Sargasses (septembre-octobre) en utilisant les méthodes ultrapropres.

REFERENCES

- Ryther J.H. et D.W. Menzel, 1960. The seasonal and geographical range of primary production in the Western Sargasso Sea. *Deep-Sea Res.*, 6: 235-238.
- Chavez F.P. et R.T. Barber, 1987. An estimate of new production in the equatorial Pacific. *Deep-Sea Res.*, 34: 1229-1243.

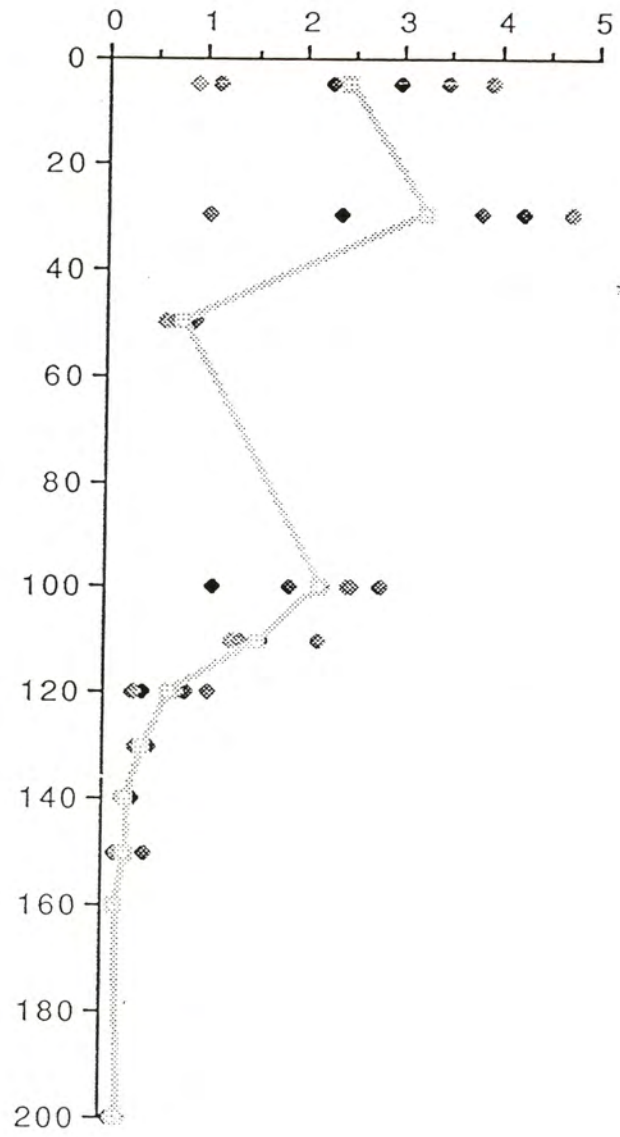


Fig. 26- Production primaire *in situ* à la station 6(601 à 606). La courbe représente les moyennes (à partir de six profils) des valeurs obtenues aux différents niveaux de mesure.

* Stations *							
	6(601)	6(602)	6(603)	6(604)	6(605)	6(606)	10(960)*

* Prof. (m)							
* 0							10 *
* 5	2,96	2,27	3,44	3,92	0,89	1,17	6,66 *
* 30	2,37	4,23	3,81	4,75		1,02	3,93 *
* 50		0,9	0,9	0,6	0,68	0,69	
* 70							1,63 *
* 90							3,32 *
* 100	1,07	1,89	2,81	2,46	2,21	2,51	2,49 *
* 110	1,57		2,18	1,29	1,39	1,37	2,38 *
* 120	0,40	0,81	1,05	0,73	0,72	0,31	1,38 *
* 130	0,45	0,39	0,47	0,32		0,32	
* 140	0,19	0,31	0,23	0,24	0,21	0,24	0,79 *
* 150	0,14	0,43	0,22	0,21	0,18	0,17	
* 160	0,12						0,50 *
* 200	0,09	0,20	0,19	0,13	0,20	0,17	

* Valeurs							
*intégrées	0,24	0,25	0,29	0,29	0,15	0,17	0,45 *
*sur 150							
*ou 160 m							

Tableau 7- Mesures *in situ* de la production primaire ^{14}C ($\text{mg C}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{j}^{-1}$) et valeurs intégrées ($\text{g C}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{j}^{-1}$).

3.4 RELATIONS LUMIERE-PHOTOSYNTHESE AUX BAS NIVEAUX PHOTIQUES

Neveux Jacques et Robert Charra

INTRODUCTION

Dans les eaux tropicales oligotrophes le maximum de transmission de la lumière solaire se situe vers 480-490 nm. Aussi, les communautés de phytoplancton des maximums profonds de chl *a* vivent-elles dans une ambiance de faibles intensités de lumière bleue. Plusieurs expériences ont été menées afin de démontrer l'adaptation des algues à l'utilisation de ces faibles lumières.

3.4.1. METHODES

Les assimilations photosynthétiques, en présence de bicarbonate marqué au ^{14}C , ont été réalisées dans un incubateur artificiel lui-même situé à l'intérieur d'un conteneur climatisé à la température régnant au niveau du maximum profond de chlorophylle (le plus souvent 21°C). Trois qualités de lumière étaient disponibles mais jamais simultanément. La lumière était fournie par 6 tubes fluorescents type cool white. Elle était débarrassée de la plus grande partie des radiations infrarouges par passage au travers d'un film antisolairescotchtint (SC) adhérent sur une plaque de verre ordinaire. La qualité finale de la lumière dépendait en outre de filtres colorés en Altuglas placés à l'entrée de l'incubateur: filtre bleue (B = réf: Altulor 1110 0300, épaisseur 3 mm: éclairement résultant, dépendant de la distance à la source, compris entre 0,2 et 10 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$) ou vert (V = réf: Altulor 1110 0400, épaisseur 3 mm: éclairement résultant compris entre 0,12 et 6 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$) ou combinaison des deux (BV: éclairement résultant compris entre 0,02 et 1 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$). Les maximums de transmission des systèmes de filtres se situaient respectivement à 458 nm (SC + B), 505 nm (SC + V) et 486 nm (SC + BV). 5 échantillons pouvaient ainsi être placés à 4 ou 5 intensités lumineuses différentes (Tableau 8).

Diverses expérimentations ont été menées à l'aide de ce système d'incubation.

1) Courbes lumière photosynthèse sur des échantillons provenant de trois profondeurs (5m, 30 m et maximum profond de chl *a*). Pour deux de ces échantillons (30m et maximum profond), l'effet de la nature des récipients d'incubation sur l'assimilation a été analysé (flacons en verre Schött-lena et en polycarbonate Nalgene). 6 expérimentations de ce type ont été réalisées [Stations 2,3,4,5,6(601, 606)].

2) Comparaison des assimilations photosynthétiques obtenues en fonction des membranes de filtration utilisées [filtres en nitrate de cellulose ou filtres en fibre de verre GF/F: station 6(602)].

3) Courbes lumière-photosynthèse (triplicats) au niveau du maximum profond (st. 6) avec l'éclairement B (603), BV (604), V (605).

A chaque échantillon de 250 ml, 1 ml d'une solution de $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ était ajouté. Après une incubation d'environ 10 à 12 h, les échantillons étaient maintenus à l'obscurité avant d'être filtrés sur des membranes en fibre de verre GF/F de 25 mm de diamètre. La filtration était effectuée en présence d'une lumière d'ambiance de couleur bleue et de faible intensité ($0,35 \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Au début de l'incubation ($t=0$), un témoin était immédiatement filtré après l'inoculation du ^{14}C -bicarbonate et traité comme les flacons incubés. La radioactivité de la source était mesurée à chaque expérience. Une incubation à l'obscurité était réalisée sur chaque échantillon.

3.4.2. RESULTATS

L'incubation en lumière bleue (B) montre que les communautés prélevées dans la couche superficielle 0-30 m sont mal adaptées à utiliser les plus faibles éclaircements. Les fixations de CO_2 à l'obscurité (N) sont comparables voire légèrement supérieures à celles obtenues entre 0,2 et 2 $\mu\text{E.m}^{-2}.\text{sec}^{-1}$. Par contre, pour ces mêmes éclaircements, les communautés des maximums profonds de chl a présentent une adaptation remarquable, avec de très faibles fixations à l'obscurité et une augmentation quasi linéaire de la production (P) entre 0,2 et 2 $\mu\text{E.m}^{-2}.\text{sec}^{-1}$. Cette adaptation est particulièrement bien illustrée par les figures 26 et 27 où les fixations à l'obscurité ont été soustraites des mesures de production. On notera toutefois une relativement grande variabilité (facteur 4 à 5) dans les rapports de productivité observés [(P-N)/Chl a].

Tableau 8 Mesures de la production primaire ^{14}C , en incubateur artificiel. Les échantillons ont été soumis à divers éclairagements de basses intensités simulant celles règnant dans les maximums profonds de chl a.

*	Eclair.	Station 2			Station 3			*			
*	Int.(B)	5m	30m	110m	5m	50m	140m	*			

*	9,96	0,451	0,957	0,463	0,247	0,320	0,416	*			
*	1,64	0,171	0,103	0,291	0,178	0,119	0,268	*			
*	0,56	0,156	0,041	0,159	0,073	0,094	0,146	*			
*	0,35	0,168	0,042	0,154	0,100	0,131	0,079	*			
*	0,00	0,192	0,048	0,098	0,066	0,103	0,040	*			
*								*			
*	Chl a	0,121	0,108	0,228	0,053	0,091	0,217	*			

*	Eclair.	Station 4			Station 5			*			
*	Int.(B)	5m	30m	120m	5m	30m	120m	*			

*	9,96	0,083	0,244	0,543	0,225	0,264	1,370	*			
*	1,64	0,057	0,053	0,341	0,073	0,062	0,409	*			
*	0,56	0,032	0,047	0,120	0,083	0,059	0,158	*			
*	0,35	0,034	0,044	0,045	0,101	0,078	0,068	*			
*	0,00	0,037	0,045	0,036	0,084	0,065	0,030	*			
*								*			
*	Chl a	0,039	0,045	0,227	0,045	0,045	0,244	*			

*	Eclair.	Station 6(601)			6(602)			*			
*	Int.(B)	5m	30m	120m	110m			*			

*	9,96	0,108	0,400	1,700	2,440			*			
*	1,64	0,051	0,100	0,600	0,783			*			
*	0,56	0,045	0,086	0,202	0,255			*			
*	0,35	0,056	0,090	0,095	0,110			*			
*	0,20				0,053			*			
*	0,00	0,048	0,081	0,035	0,020			*			
*								*			
*	Chl a	0,044	0,049	0,238	0,260			*			

*	Eclair.	Station 6(603)				*Eclair.	Station 6(604)				*
*	Int.(B)	100m (triplicats)		Moyen.*	Int(BV)	100m (triplicats)		Moyen.*			*

*	9,96	0,597	0,536	1,640	0,924*	0,96	0,158	0,160	0,156	0,158	*
*	1,64	0,338	0,424	0,328	0,363*	0,18	0,033	0,033	0,033	0,033	*
*	0,56	0,101	0,126	0,100	0,109*	0,08	0,024	0,027	0,027	0,026	*
*	0,35	0,054	0,052	0,054	0,053*	0,03	0,026	0,026	0,027	0,026	*
*	0,20	0,037	0,041	0,043	0,040*	0,02	0,031	0,035	0,029	0,032	*
*	0,00	0,024	0,024	0,024	0,024*	0,00	0,031	0,031	0,031	0,031	*
*					*						*
*	Chl a	0,313	0,313	0,313	0,313*	0,336	0,336	0,336	0,336	0,336	*

*	Eclair.	Station 6(605)				*Eclair.	Station 6(606)				*
*	Int.(V)	100m (triplicats)		Moyen.*	Int.(B)	100m	120m	140m			*

*	5,64	0,340	0,479	0,387	0,402*	9,96	1,830	0,379	0,157		*
*	0,91	0,065	0,072	0,098	0,078*	1,64	0,841	0,249	0,115		*
*	0,31	0,043	0,037	0,041	0,040*	0,56	0,315	0,083	0,094		*
*	0,20	0,038	0,030	0,041	0,036*	0,35	0,149	0,042	0,056		*
*	0,12	0,034	0,034	0,041	0,036*	0,20	0,073	0,060	0,031		*
*	0,00	0,026	0,026	0,026	0,026*	0,00	0,027	0,027	0,027		*
*					*						*
*	Chl a	0,288	0,288	0,288	0,288*	0,396	0,196	0,095			*

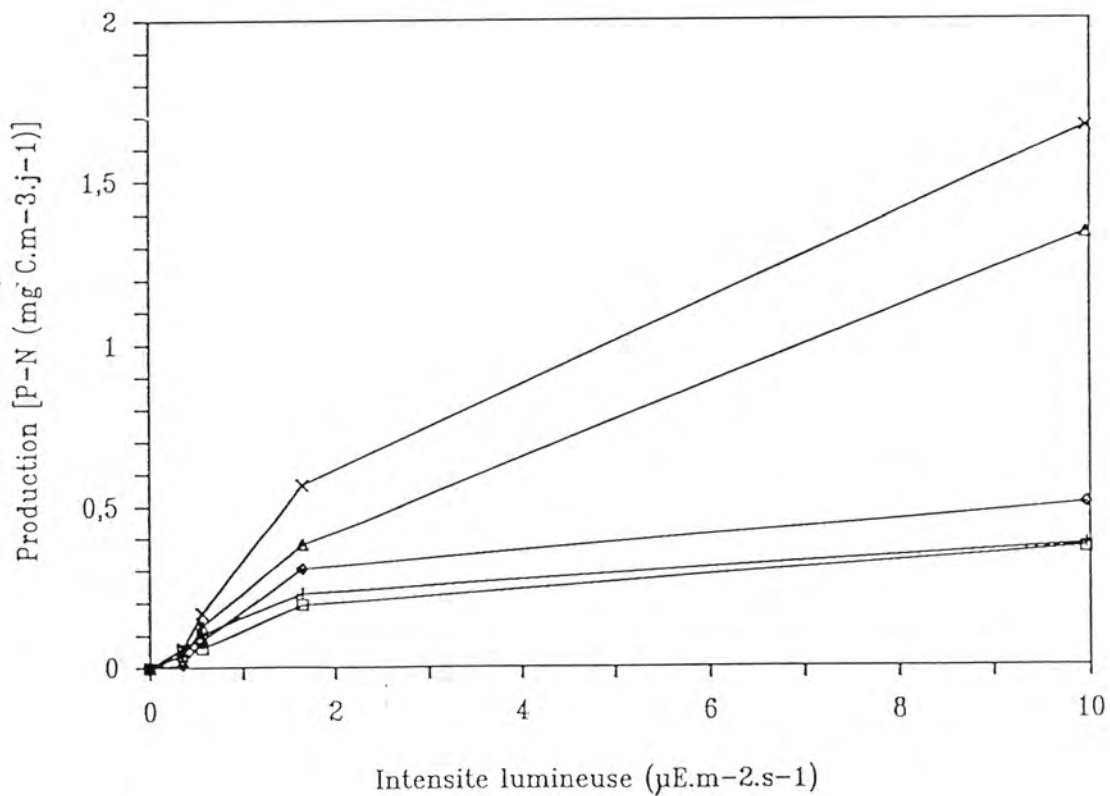
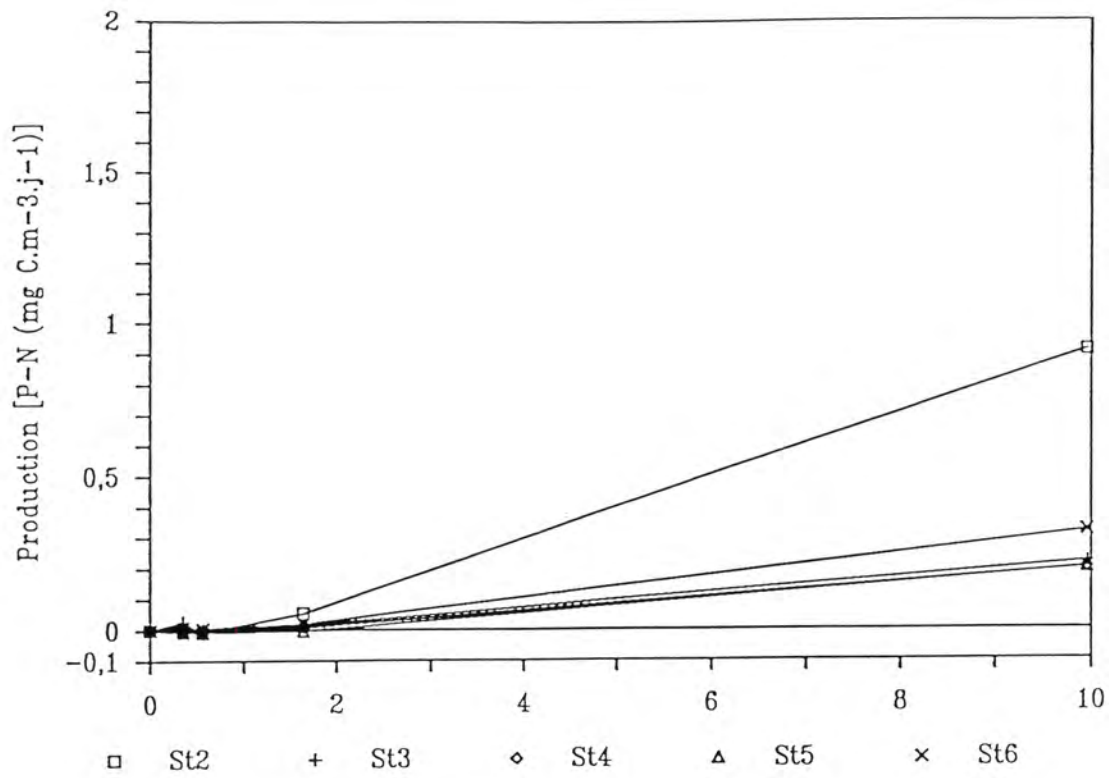


Fig. 27- Courbes lumière-photosynthèse aux bas éclairiments de lumière bleue. Comparaison entre les échantillons de la couche superficielle (en haut) et ceux des maximums profonds de chl *a* (en bas). Les valeurs de fixation du CO_2 à l'obscurité (N) ont été soustraites des productions claires afin de bien mettre en évidence l'adaptation des algues des maximums profonds à l'utilisation des basses lumières.

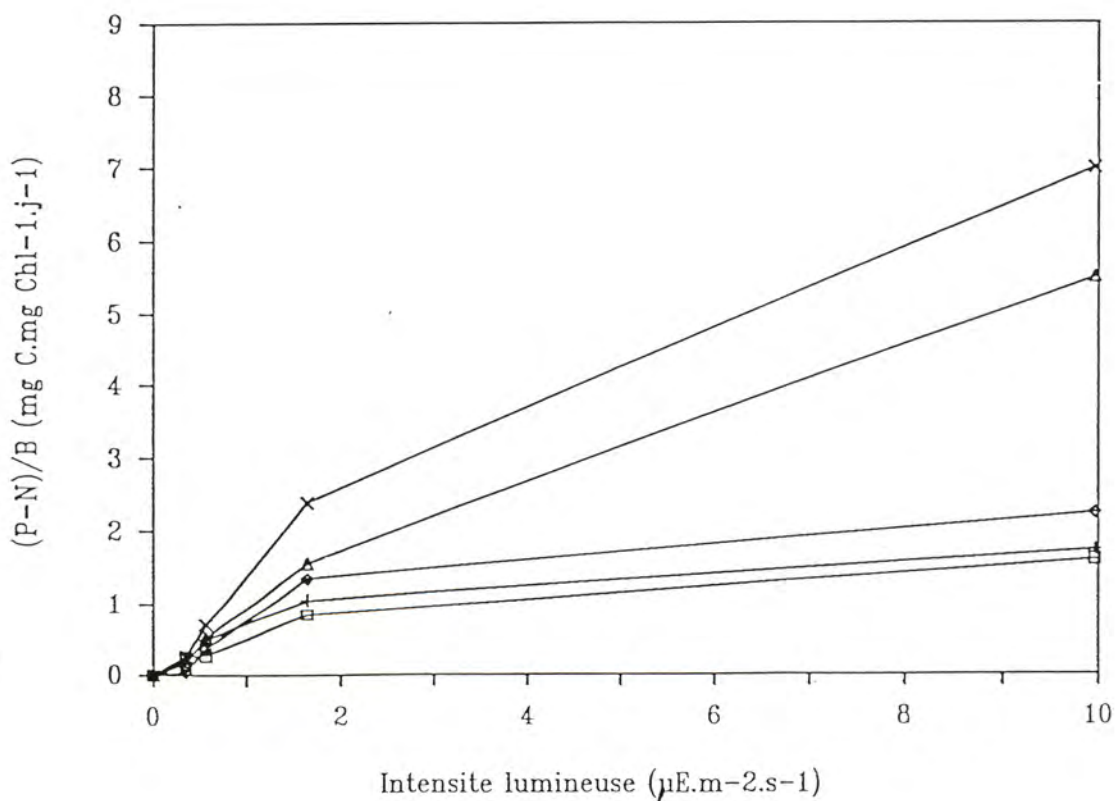
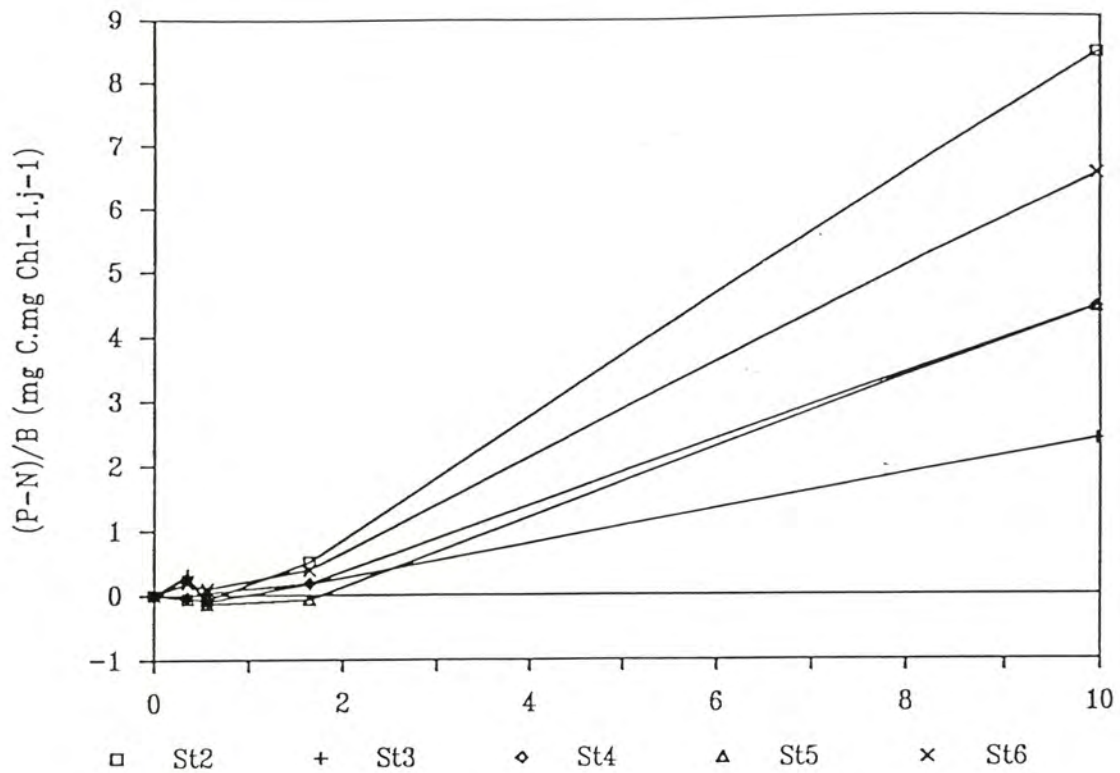


Fig. 28- Courbes lumière-photosynthèse normalisées par rapport à la concentration en chl a. Comparaison entre les échantillons de la couche superficielle (en haut) et ceux des maximums profonds de chl a (en bas). Les valeurs de fixation du CO_2 à l'obscurité (N) ont été soustraites des productions claires afin de bien mettre en évidence l'adaptation des algues des maximums profonds à l'utilisation des basses lumières.

3.5. ACTIVITES DES CARBOXYLASES

Descolas-Gros Chantal et Louise Oriol

INTRODUCTION

Dans le phytoplancton, la fixation du carbone inorganique met en jeu deux groupes de carboxylases: 1) la ribulose-1,5 bisphosphate carboxylase (Rubisco) 2) les β carboxylases (phosphoénolpyruvate carboxylase: PEPC; phosphoénolpyruvate carboxykinase: PEPCK). Ces deux groupes coexistent dans les algues photosynthétiques. Chez une espèce donnée, on ne rencontre qu'une β -carboxylase. La part de carbone inorganique fixée par l'un ou l'autre des mécanismes est fonction des espèces, des conditions de milieu, et de l'état physiologique des algues; elle dépend en outre de la présence d'organismes hétérotrophes qui peuvent fixer le CO_2 par β -carboxylation.

3.5.1. METHODES

Nous avons dosé en conditions standards les activités de la Rubisco et celles de deux β carboxylases: PEPC et PEPCK. Pour chaque prélèvement 15 litres d'eau ont été filtrés sur des filtres Whatman GF/F. Les filtres ont été conservés dans l'azote liquide à -196°C . Les tests enzymatiques ont été faits sur le même extrait pendant une incubation de 20 minutes à 25°C . Les activités sont exprimées en nmol de CO_2 fixées par litre et par heure ou en nmol de CO_2 fixées par litre et par μg de chl a. L'activité β -carboxylase est la somme des activités PEPC et PEPCK. La fixation totale de CO_2 est la somme des activités Rubisco et β carboxylases. Le rapport C4/C3 (%) est le rapport des activités β carboxylases sur l'activité Rubisco x 100 (Tableau 9).

3.5.2. RESULTATS

Les activités dominantes sont les activités Rubisco et PEPCK. L'activité PEPCK se rencontre d'une part chez les diatomées mais aussi chez de petites espèces de flagellés comme les coccolithophoridés. Les activités PEPC apparaissent occasionnellement et demeurent faibles. Cette campagne est caractérisée par des activités faibles et des rapports C4/C3 élevés (entre 40 et 250%). Ces rapports élevés résultent des faibles valeurs de l'activité Rubisco. Cette activité montre cependant un optimum au niveau du maximum de chlorophylle (voir le profil 624: Fig. 29).

Lorsque les résultats sont exprimés par μg de chl a, une corrélation très forte entre l'activité Rubisco et la profondeur apparaît (Fig. 30B); cette corrélation est supérieure à celle obtenue avec la seule chl a (Fig. 30D) et met en évidence deux nuages de points un premier avec une forte variabilité des données (en surface surtout) et où les activités sont supérieures à $10 \text{ nmol/h}/\mu\text{g}$ chl a et un autre nuage, dont font partie les points du maximum de chl a, avec des valeurs faibles et moins dispersées. Il semblerait que nous soyons en présence de deux communautés ayant une dynamique différente vis à vis de la fixation du carbone inorganique. Plusieurs hypothèses sont envisageables.

- Les communautés du maximum de chlorophylle sont constituées d'espèces ayant des Rubisco différentes et dont les caractéristiques cinétiques ne seraient pas celles habituellement rencontrées. Ceci est tout à fait plausible étant donné la composition tout à fait originale des communautés présentes dans les maximums (cf: 2.1 et 2.2).

- Les vitesses de turn-over sont différentes en surface et en profondeur.

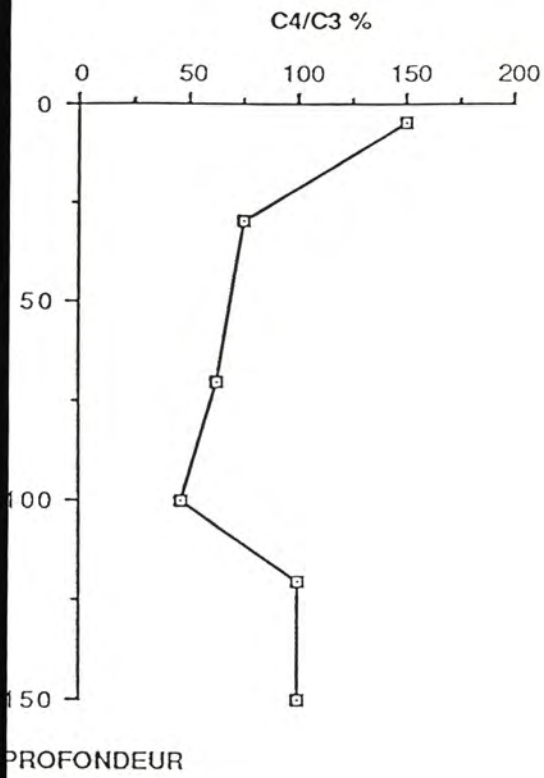
- Les mécanismes de fixation sont différents, il faut noter les valeurs élevées du rapport C4/C3(%) qui pourraient être due, en partie au moins, à certains organismes hétérotrophes fixant le CO_2 .

Il apparaît dans tous les cas que la fixation du carbone est faible lorsque les taux de Rubisco par unité de chl a sont faibles.

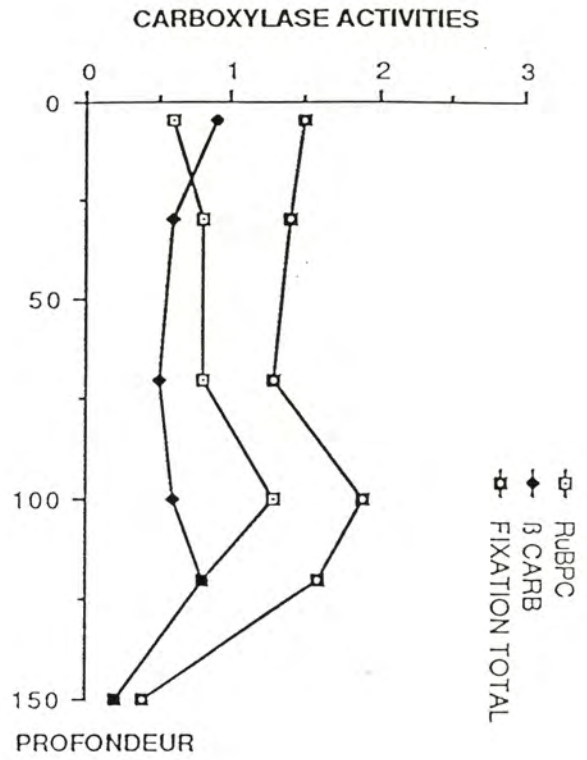
STATIONS	PROFONDEUR (m)	RuBPC nmol/l/h	PEPC nmol/l/h	PEPCK nmol/l/h	β CARB nmol/l/h	FIX. TOT nmol/l/h	C4/C3%	RuBPC/CHLa nmol/ μ gChla/h	β CARB/CHLa nmol/ μ gChla/h	FIX T /CHLa nmol/ μ gChla/h
2	5	1,8	0,4	0,4	0,8	2,6	44	16,5	7,3	23,9
	30	1,4	0,6	0,9	1,5	2,9	107	14,4	15,5	29,9
	110	0,6	0,9	0,6	1,5	2,1	250	2,9	7,4	10,3
3	5	1,3	0,2	0,7	0,9	2,2	69	27,1	18,8	45,8
	50	1,3	0,1	1,5	1,6	2,9	123	15,9	19,5	35,4
	140	0,6	0,1	0,3	0,4	1	67	3,1	2,1	5,1
4	5	0,6	0,3	1,8	2,1	2,7	350	17,1	60	77,1
	30	0,6	0,3	0,8	1,1	1,7	183	14,6	26,8	41,5
	120	0,4	0,1	0,4	0,5	0,9	125	2,0	2,5	4,4
5	5	0,9	0,1	1,1	1,2	2,1	133	22,5	30	52,5
	30	0,5	0	0,4	0,4	0,9	80	12,5	10	22,5
	120	1,3	0,2	0,6	0,8	2,1	61	5,9	3,6	9,5
6(21)	5	1,4	0,1	1,9	2	3,4	143	35,0	50	85
	30	0,6	0,1	0,5	0,6	1,2	100	15,0	15	30
	120	0,5	0,2	0,5	0,7	1,2	140	2,4	3,3	5,7
6(22)	5	1,2	0,2	1,2	1,4	2,6	117	30,0	35	65
	30	1,5	0	0,9	0,9	2,4	60	30,0	18	48
	120	1,3	0	1	1	2,3	77	7,6	5,9	13,5
6(24)	5	0,6	0,2	0,7	0,9	1,5	150	12,8	19,1	31,9
	30	0,8	0,1	0,5	0,6	1,4	75	13,8	10,3	24,1
	70	0,8	0,5	0	0,5	1,3	62	6,7	4,2	10,8
	100	1,3	0,2	0,4	0,6	1,9	46	4,1	1,9	6
	120	0,8	0,1	0,7	0,8	1,6	100	4,3	4,3	8,6
	150	0,2	0,2	0	0,2	0,4	100	4,4	4,4	8,9
8	5	0,9	0,3	0,8	1,1	2	122	15,8	19,3	35,1
	50	0,9	0,1	0,8	0,9	1,8	100	10,5	10,5	20,9
	80	0,7	0	0,5	0,5	1,2	71	4,3	3,1	7,4
	100	0,6	0,1	0,1	0,2	0,8	33	2,6	0,9	3,5
	120	0,5	0,2	0,5	0,7	1,2	140	1,6	2,2	3,8
	150	0,4	0,4	0,1	0,5	0,9	125	2,2	2,8	5,1
10	90	0,7	0,1	0,7	0,8	1,5	114	4,9	5,6	10,5
	120	2	0,3	1,7	2	4	100	6,9	6,9	13,7
	150	1	0,4	1,6	2	3	200	5,8	11,7	17,5

Tableau 9- Activités potentielles des enzymes de carboxylation et leur relation avec la biomasse chlorophyllienne.

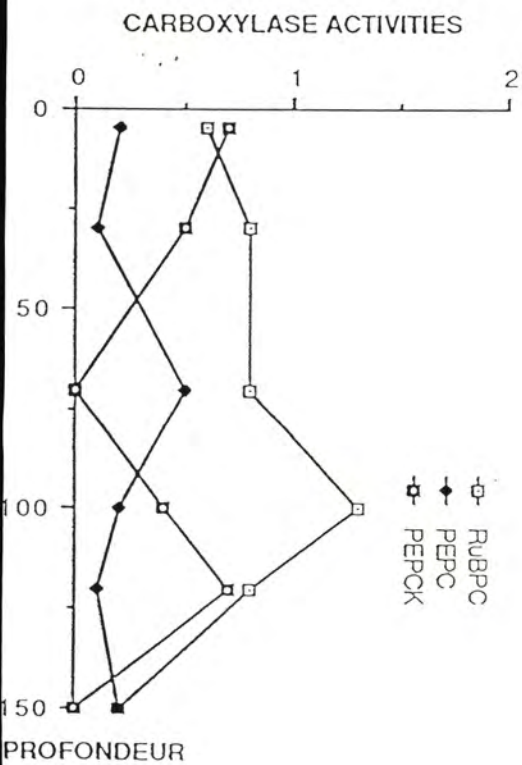
STATION 6(24)



STATION 6(24)



STATION 6(24)



STATION 6(24)

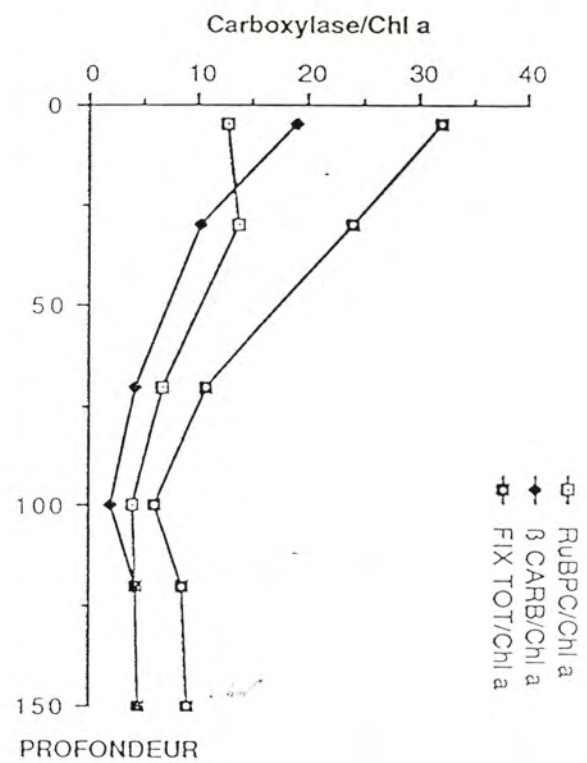


Fig. 29- Activités des enzymes de carboxylation à la station 6(624)

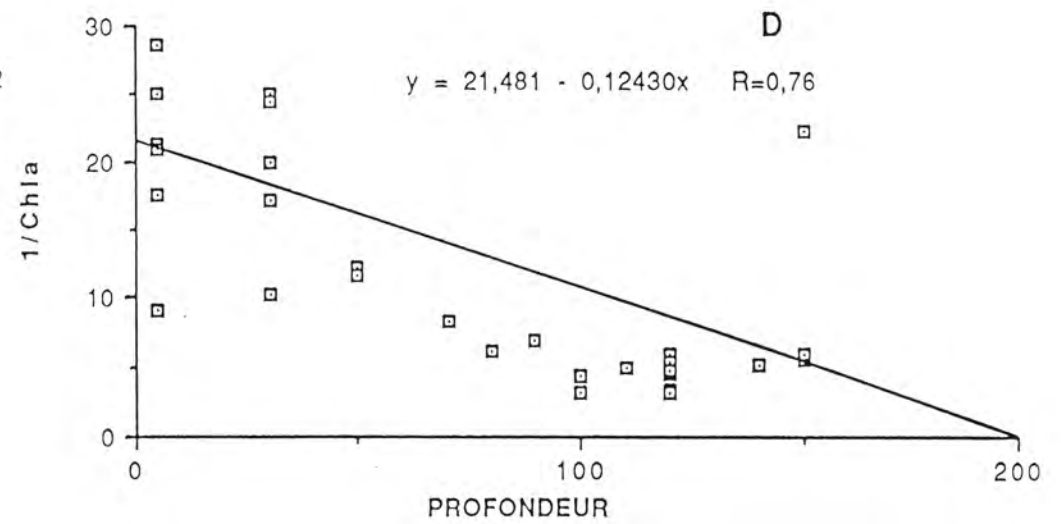
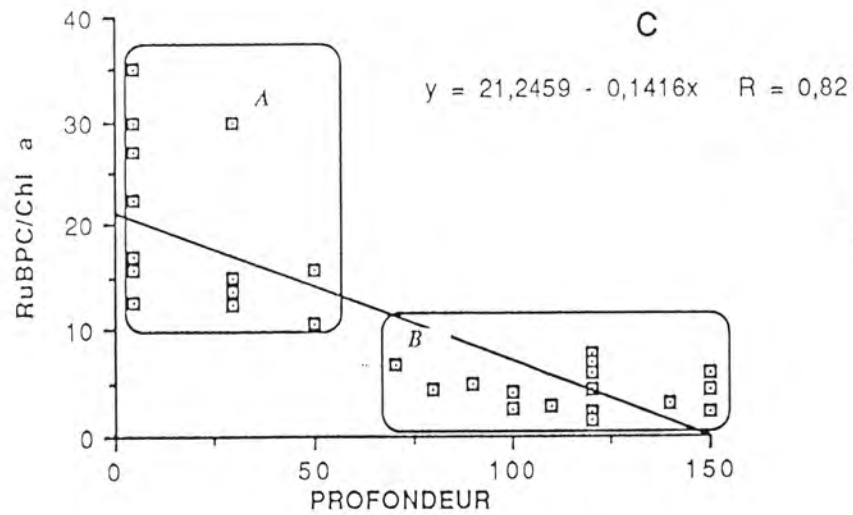
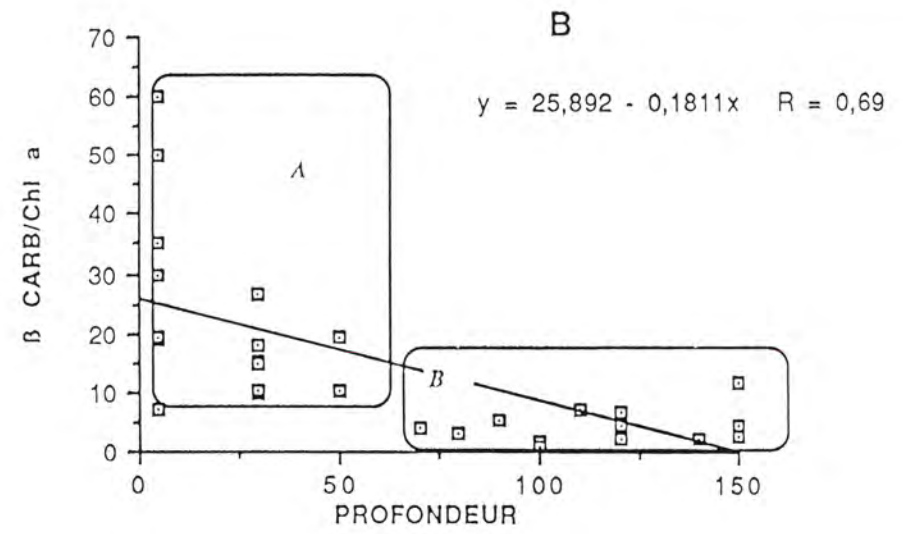
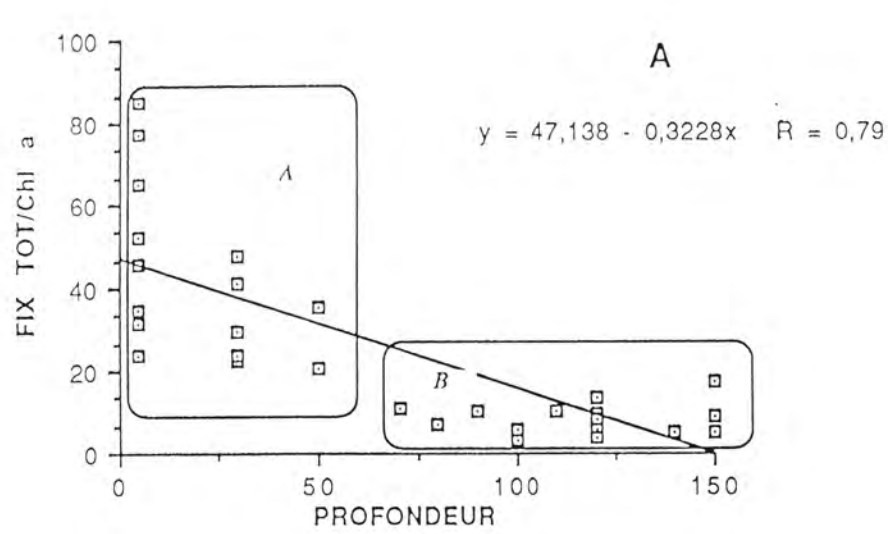


Fig. 30- Relations entre la fixation du CO_2 (normalisée par rapport à la concentration en chl a) et la profondeur: A) fixation totale, B) et C) fixation par les diverses voies métaboliques, respectivement β -carboxylases et RuBP carboxylase. D) Relations entre l'inverse de la concentration en chl a et la profondeur.

3.6. CINÉTIQUE DE FLUORESCENCE DE LA CHLOROPHYLLE A *IN VIVO*

Jupin Henri

INTRODUCTION

Les cinétiques d'induction de fluorescence de la chl *a in vivo* reflètent des variations dans l'état d'oxydoréduction du premier accepteur d'électrons associé au photosystème II (Q) des végétaux. En présence de DCMU, la cinétique (Fig. 31) présente une augmentation rapide du rendement de fluorescence jusqu'à un niveau maximum (Fm) où Q est totalement réduit. L'aire (*Aire*) comprise entre la courbe, l'asymptote et l'axe des ordonnées est proportionnelle à la concentration en centres actifs du photosystème II présents dans l'échantillon; elle reflète l'activité photoréductrice maximale des algues. Cette mesure rapide apparaît donc comme une bonne caractéristique de "l'état sanitaire" du phytoplancton. Ainsi, une algue en bon état aura un rapport Fm/Fo voisin de 2 et une *Aire* importante alors qu'un échantillon inactif d'un point de vue photosynthétique montrera un rapport Fm/Fo = 1 et une *Aire* quasiment nulle, même si les échantillons présentent des concentrations en chl *a* identiques.

3.6.1. METHODES

Les mesures ont été réalisées sur des échantillons d'eau de mer prélevés, avant le lever du soleil, au moyen de bouteilles Niskin. A partir de chacune des bouteilles, trois replicats étaient récupérés dans des flacons noirs de 250 cc et maintenus à l'obscurité avant les mesures. 1% d'une solution 10^{-4} M de DCMU (concentration finale dans l'échantillon = 10^{-6} M) est ajouté 30 secondes avant l'enregistrement de la cinétique. Les mesures ont été effectuées avec un fluorimètre entièrement automatisé et construit au laboratoire Arago (en collaboration avec le laboratoire de biologie végétale de Perpignan).

Par ailleurs, cette technique a permis de contrôler l'état fonctionnel des communautés après incubation d'échantillons (en flacon de 1 litre) dans des conditions identiques à celles des mesures de production primaire ^{14}C *in situ* (Station 8: opérations 3 à 6; station 10: opération 7). Les incubations ont été réalisées sur des échantillons totaux et sur la fraction < 3 μm obtenue après filtration de l'échantillon total sur une membrane Nuclepore 3 μm de 142 mm de diamètre et selon la technique décrite par Sheldon et Rassoulzadegan (1987). La filtration sur 3 μm était supposée éliminer les prédateurs des cellules de plus petites tailles et donc de permettre une détermination plus précise du taux de croissance de ces cellules.

3.6.2. RESULTATS

Si l'on considère les communautés situées au voisinage du maximum profond de chl *a* (entre 50 et 150 m), on constate une bonne corrélation entre l'*Aire* et la concentration en chl *a* (Fig. 32 et 33). Les rapports Fm/Fo sont proches de 2 et les valeurs des *Aires* suffisamment élevées pour indiquer des communautés en bon état physiologique.

Dans l'opération 5 (Fig. 34), on peut noter que l'incubation a profondément perturbé l'échantillon. Après 12 h (mesures faites après le coucher du soleil), les valeurs de Fo, Fm, et de l'*Aire* ont fortement diminué, et même si les concentrations en chl *a* augmentent de 10 à 20 % dans le maximum profond, il ne semble pas que ce soit en faveur d'une activité photoréductrice potentielle plus intense car l'*Aire* a diminué. A 5 m toutefois, la forte diminution des concentrations en chlorophylles apparaît en partie liée à un problème d'échantillonnage.

Par contre l'opération 7 (Fig. 35) montre que les communautés sont généralement restées en bon état au cours de l'incubation; cette opération coïncide par ailleurs avec la plus forte mesure de production intégrée *in situ*.

Le plus souvent, la filtration sur 3µm avant incubation s'est montrée nocive pour les cellules et donc peu adaptée à une étude de leur taux de croissance.

Malheureusement, il n'a pas été possible de comparer les opérations 3 à 6 (Station 8) avec des mesures de production primaire *in situ*. La validité de ces dernières a en effet été rejetée suite à des erreurs expérimentales flagrantes.

REFERENCES:

Sheldon R.W. et F. Rassoulzadegan, 1987. A method for measuring plankton production by particle counting. *Mar. Microb. Food Webs*, 2: 29-44.

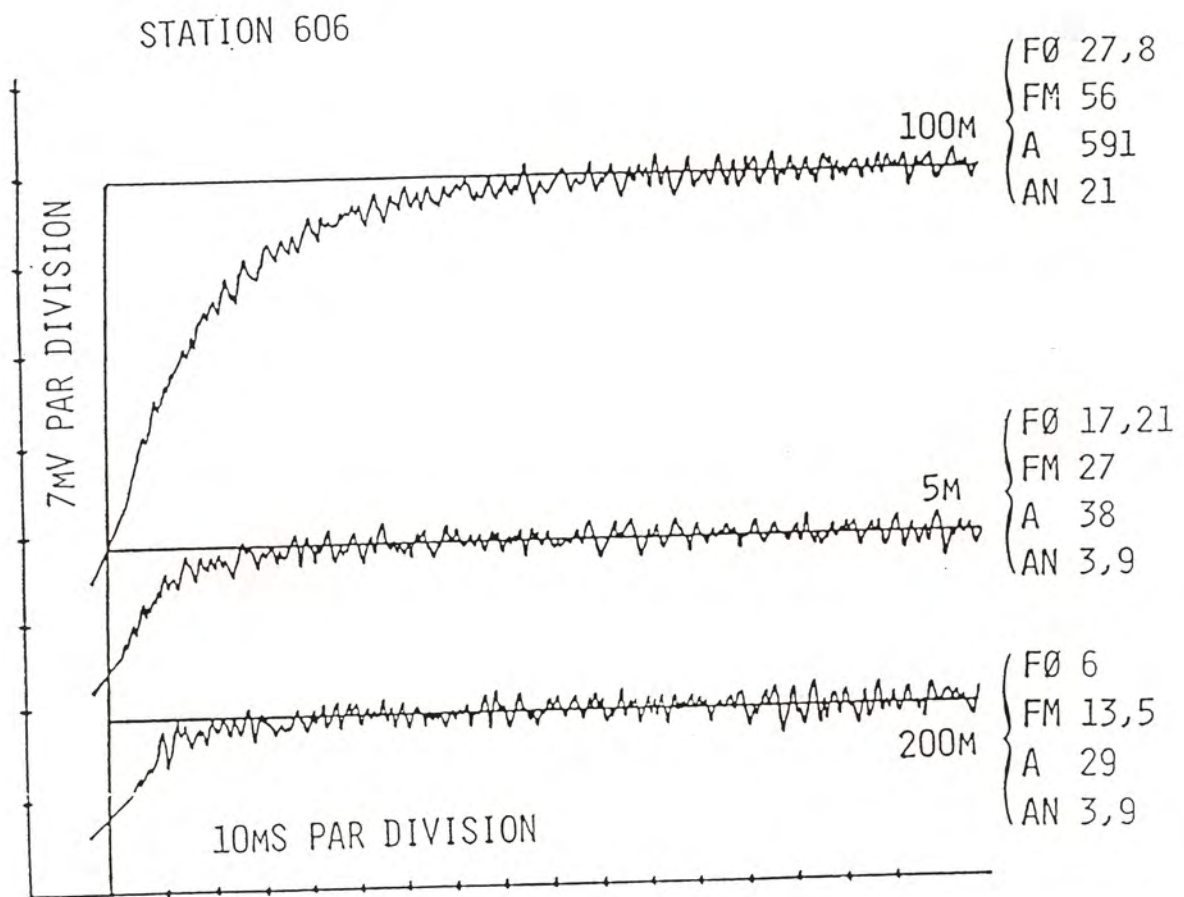


Fig. 31- Cinétiques d'induction de fluorescence de la chl *a* *in vivo* obtenues sur des échantillons d'eau de mer, à la station 6(606) et à 3 profondeurs, après empoisonnement par le DCMU (10^{-6} M). F₀ est déterminé par l'intersection de la tangente à la courbe au temps $t = 2$ ms et l'axe des ordonnées. Le niveau de fluorescence F_M correspond à l'asymptote de la courbe. A représente l'Aire comprise entre l'asymptote, la courbe et l'axe des ordonnées. AN représente l'aire normalisée telle que $AN = A(F_M - F_0)$.

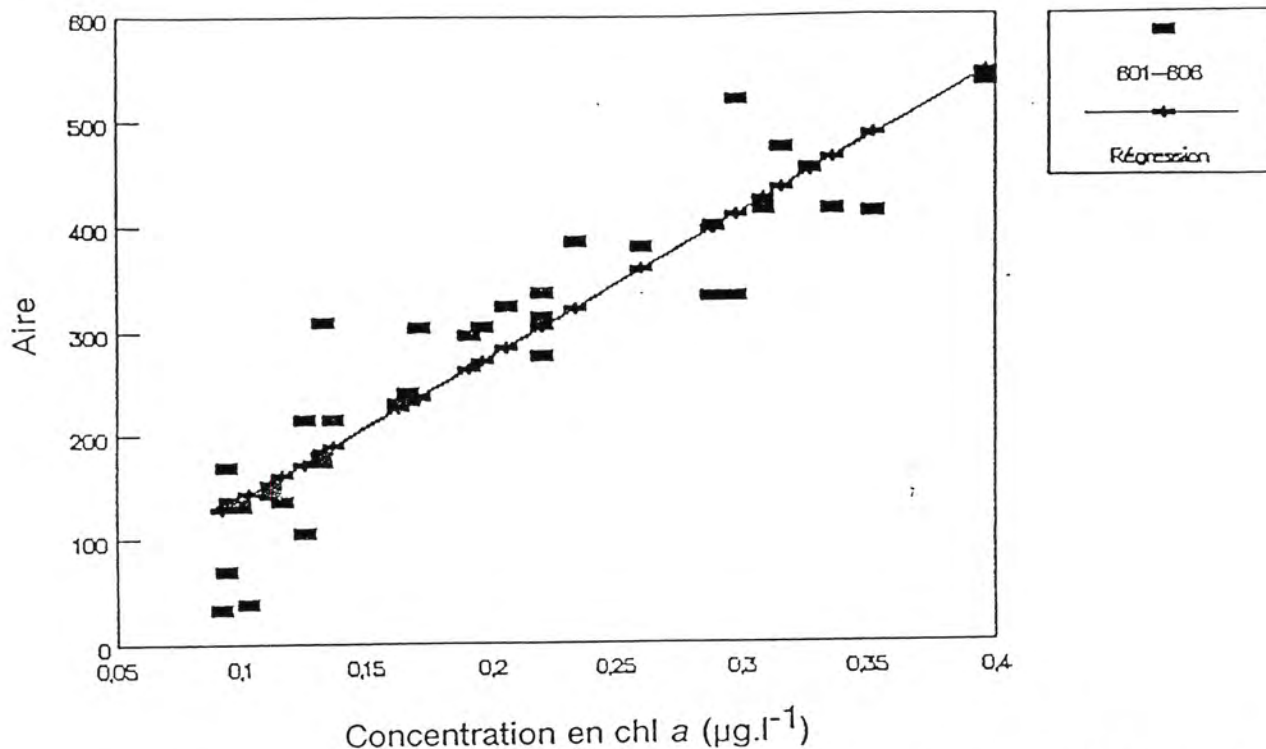


Fig. 32- Corrélation entre la teneur en chl a et l'Aire de la cinétique d'induction de fluorescence, à la station 6(601 à 606).

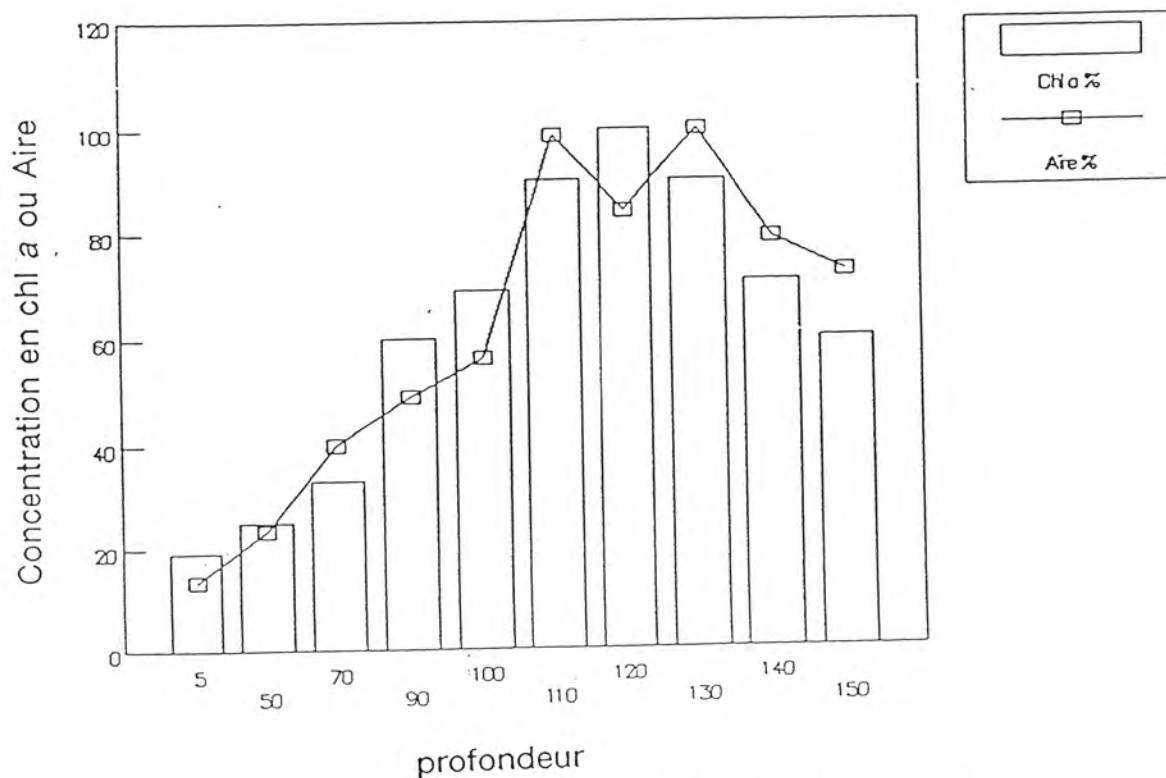


Fig. 33- Relations avec la profondeur de la teneur en chl a et de l'Aire de la cinétique d'induction à la station 8(820). Les valeurs sont exprimées en pourcentage des maximums observés. La corrélation entre l'Aire et la concentration en chl a est particulièrement nette.

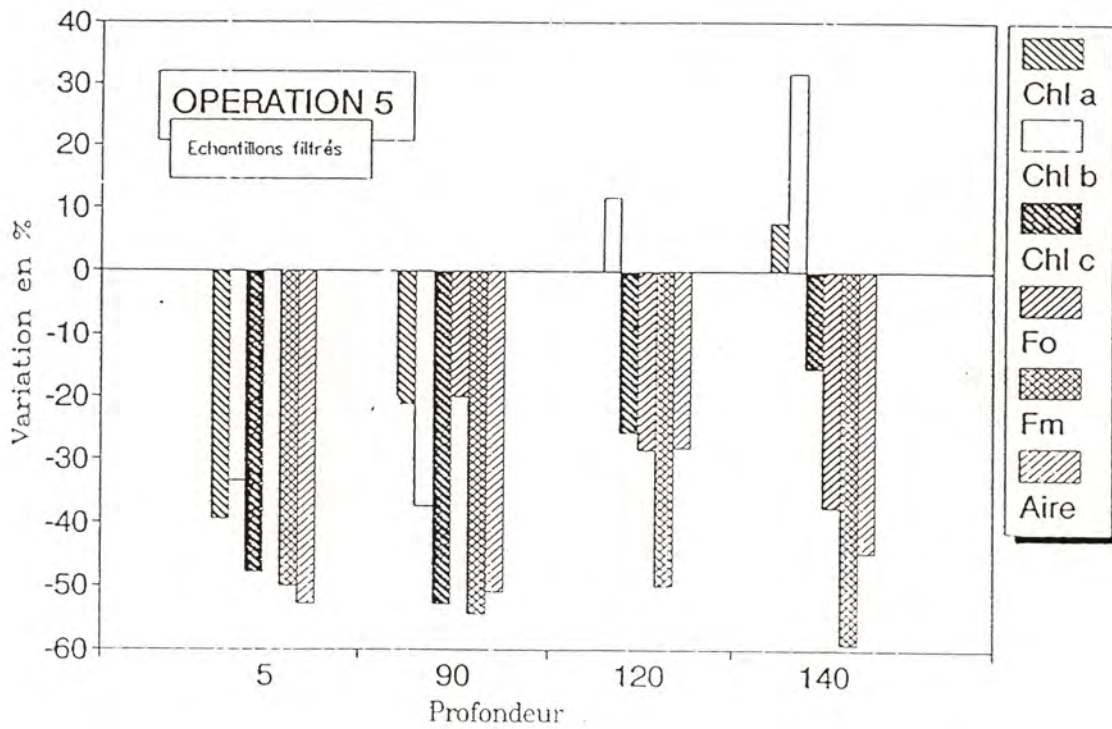
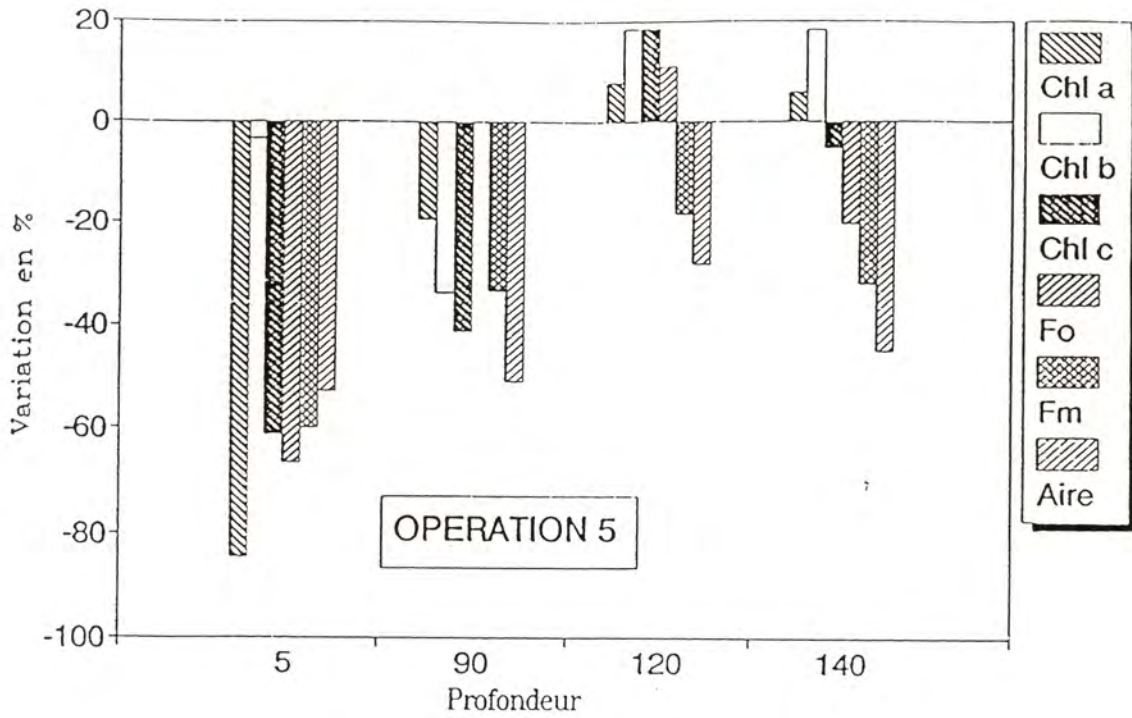


Fig. 34- Evolution des concentrations en chlorophylle et des caractéristiques de la cinétique d'induction de fluorescence effectuée en présence de DCMU, dans la fraction totale (en haut) et dans la fraction des cellules $<3 \mu m$ (en bas), après 12 h d'incubation *in situ* [Station 8(840)].

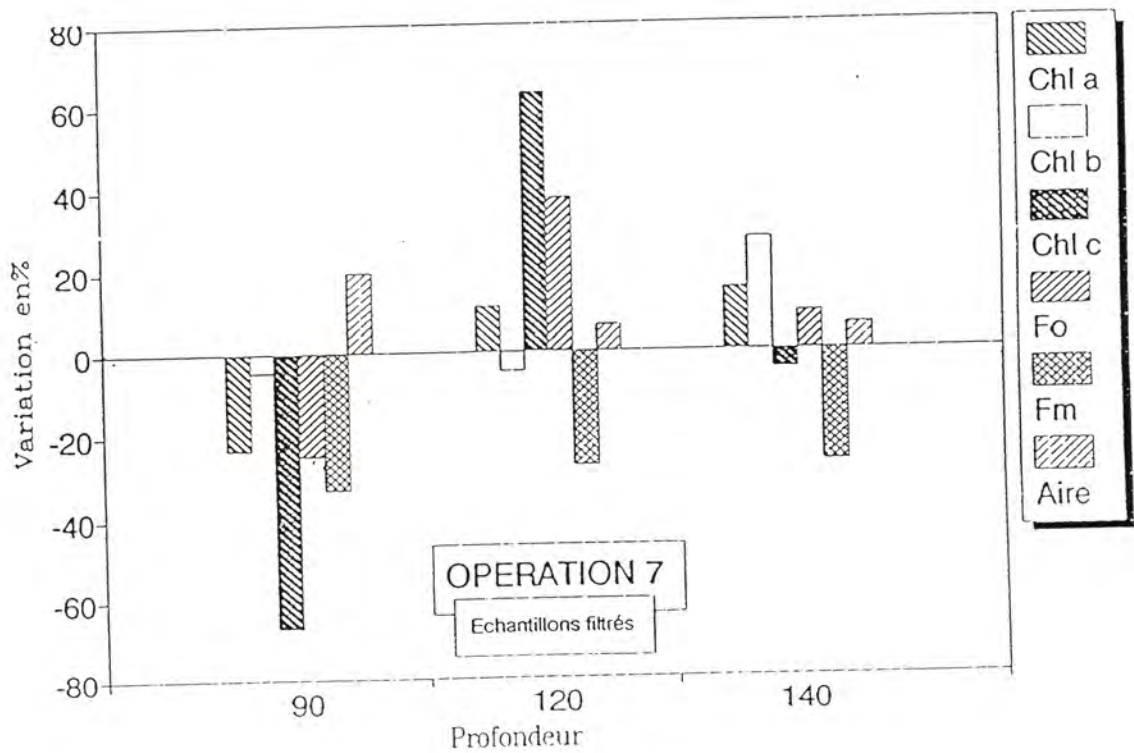
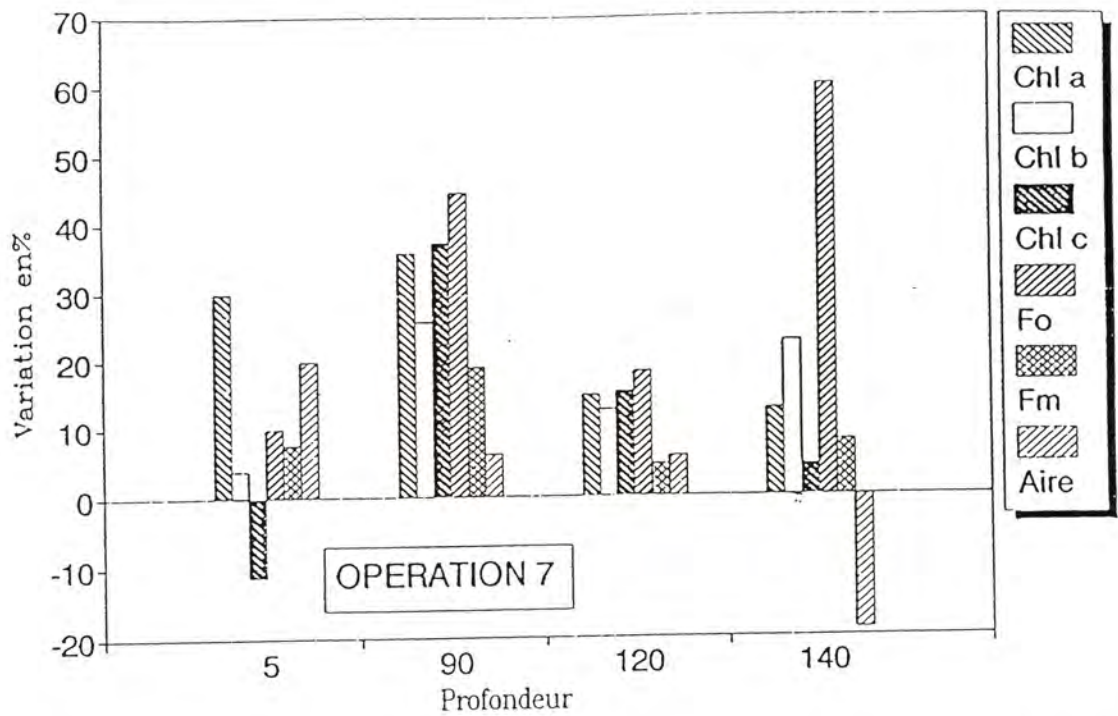


Fig. 35- Evolution des concentrations en chlorophylle et des caractéristiques de la cinétique d'induction de fluorescence effectuée en présence de DCMU, dans la fraction totale (en haut) et dans la fraction des cellules $<3 \mu\text{m}$ (en bas), après 12 h d'incubation *in situ* (Station 10).

*Station	Prof.(m)	Chl a	Aire	*	Station	Prof.(m)	Chl a	Aire *	
*	2	5	0,121	92	*	6(602)	5	0,046	53 *
*		30	0,108	155	*		30	0,053	86 *
*		110	0,228	322	*		50	0,083	117 *
*					*		100	0,220	354 *
*	4	5	0,039	20	*		110	0,260	463 *
*		30	0,045	24	*		120	0,191	378 *
*		50	0,067	30	*		130	0,132	265 *
*		70	0,09	90	*		140	0,112	227 *
*		80	0,101	80	*		150	0,125	190 *
*		90	0,171	190	*		160	0,071	128 *
*		100	0,169	210	*		200	0,013	34 *
*		110	0,207	325	*				*
*		120	0,227	467	*	6(603)	5	0,052	66 *
*		130	0,208	425	*		30	0,065	98 *
*		140	0,169	352	*		50	0,089	124 *
*		150	0,131	310	*		100	0,352	492 *
*		160	0,106	240	*		110	0,327	535 *
*		170	0,085	180	*		120	0,206	404 *
*					*		130	0,137	293 *
*	5	5	0,045	20	*		140	0,094	248 *
*		30	0,045	25	*		150	0,050	150 *
*		50	0,062	55	*		160	0,031	98 *
*		70	0,079	75	*		200	0,014	51 *
*		80	0,113	120	*				*
*		90	0,136	130	*	6(604)	5	0,045	68 *
*		100	0,184	215	*		30	0,067	95 *
*		110	0,195	262	*		50	0,103	121 *
*		120	0,244	380	*		100	0,336	491 *
*		150	0,143	324	*		110	0,289	476 *
*		160	0,121	280	*		120	0,220	370 *
*		170	0,102	218	*		130	0,163	316 *
*		180	0,079	190	*		140	0,100	211 *
*		190	0,067	117	*		150	0,068	107 *
*		200	0,045	50	*		160	0,076	78 *
*					*		200	0,009	23 *
*	6(601)	5	0,044	56	*				*
*		30	0,049	74	*	6(605)	5	0,039	50 *
*		100	0,309	490	*		30	0,045	60 *
*		110	0,316	561	*		50	0,092	114 *
*		120	0,133	384	*		100	0,288	424 *
*		130	0,220	410	*		110	0,298	422 *
*		140	0,167	312	*		120	0,233	460 *
*		150	0,094	173	*		130	0,171	390 *
*		160	0,069	133	*		140	0,116	215 *
*		180	0,012	23	*		150	0,088	155 *
*		200	0,008	10	*		160	0,059	123 *
*					*		200	0,011	40 *
*					*				*

Tableaux 10. Données brutes des mesures de l'aire d'induction (Aire, unités relatives) et de la chl a correspondante ($\mu\text{g.l}^{-1}$).


```

*****
* Station Prof.(m)  Chl a  Aire  *  Station Prof.(m)  Chl a  Aire *
*****
* 6(606)           5  0,054  50  *  8(810)           5  0,057  58 *
*                  30  0,042  35  *                  40  0,071  89 *
*                  50  0,092  100 *                  50  0,086  90 *
*                  100 0,396  590 *                  60  0,110  138 *
*                  110 0,298  570 *                  70  0,106  128 *
*                  120 0,196  360 *                  80  0,162  243 *
*                  130 0,125  270 *                  90  0,186  223 *
*                  140 0,095  190 *                  100 0,231  263 *
*                  150 0,061  98  *                  110 0,296  316 *
*                  160 0,035  50  *                  120 0,314  403 *
*                  200 0,0146  30 *                  130 0,280  389 *
*                  *                  140 0,215  333 *
*                  *                  150 0,178  273 *
* 6(613)           100 0,352  481 *                  160 0,168  103 *
*                  110 0,327  581 *                  170 0,113  178 *
*                  120 0,206  387 *                  180 0,082  109 *
*                  130 0,137  280 *                  190 0,068  78 *
*                  *                  200 0,062  93 *
*                  *                  *
* 6(614)           110 0,235  450 *                  8(820)           5  0,057  70 *
*                  120 0,188  390 *                  *                  50  0,074  110 *
*                  130 0,144  318 *                  *                  70  0,098  178 *
*                  *                  *                  90  0,177  215 *
* 6(623)           100 0,377  220 *                  *                  100 0,204  245 *
*                  110 0,349  432 *                  *                  110 0,266  420 *
*                  120 0,235  485 *                  *                  120 0,295  360 *
*                  130          111 *                  *                  130 0,266  425 *
*                  *                  *                  140 0,209  340 *
* 6(624)           100 0,396  580 *                  *                  150 0,177  312 *
*                  110 0,373  590 *                  *                  200 0,046  80 *
*                  120 0,252  410 *                  *                  *
*                  130 0,166  280 *                  *                  *
*                  *                  *                  8(830)           5  0,043  50 *
* 6(633)           100 0,278  442 *                  *                  50  0,068  90 *
*                  110 0,285  468 *                  *                  70  0,095  140 *
*                  120 0,222  435 *                  *                  90  0,143  225 *
*                  130 0,151  286 *                  *                  100 0,205  258 *
*                  *                  *                  *                  110 0,281  335 *
*                  *                  *                  *                  120 0,294  430 *
*                  *                  *                  *                  130 0,273  450 *
* 6(634)           100 0,318  430 *                  *                  140 0,212  337 *
*                  110 0,275  580 *                  *                  150 0,172  282 *
*                  120 0,233  450 *                  *                  200 0,065  118 *
*                  130 0,152  280 *
*****

```

CONCLUSION

Dans le sud-ouest de la mer des Sargasses (septembre-octobre 1987), les caractéristiques hydrologiques étaient conformes aux observations antérieures faites dans cette région. Les stratifications physiques, chimiques et biologiques étaient très marquées. Le maximum de chl *a* se situait entre 100 et 130 m, à l'amorce de la nitracline où légèrement au-dessus.

La cytométrie en flux et l'analyse des chlorophylles ont permis d'associer les fortes teneurs en chl *b*, souvent présentes dans les maximums profonds de chl *a*, à un nouveau type de cellule procaryote, très abondant (10^5 cell.ml⁻¹) et de très petite taille (< 1 µm). Il contient en fait des chlorophylles dont les maximums d'excitation de fluorescence (et d'absorption), dans l'acétone à 90%, sont décalés de 7-8 nm vers les grandes longueurs d'onde par rapport à ceux des chlorophylles *a* et *b* des eucaryotes. Il constitue jusqu'à 50% de la biomasse chlorophyllienne dans les maximums de chl *a*. Il représente un élément majeur du picoplancton, composé par ailleurs de Cyanobactéries (*Syneccoccus*: 7.10^3 cell.ml⁻¹ au maximum) et de petits eucaryotes (1.10^3 cell.ml⁻¹ au maximum) qui eux se cantonnent plutôt dans la couche superficielle des 100 premiers mètres. Ainsi, les observations anciennes qui indiquaient une certaine incompatibilité entre les analyses pigmentaires (fortes teneurs en chl *b*) et les inventaires floristiques (abondance de Chlorophycées et Prasinophycées rarement signalée) ont été réconciliées. Les teneurs en phéopigments sont négligeables, ce qui confirme que leurs fortes teneurs au niveau du maximum de chl *a*, rapportées maintes fois dans la littérature (suite à l'utilisation intensive de la méthode fluorimétrique de Yentsch et Menzel, 1963), sont en fait généralement le résultat d'un artefact méthodologique lié à la présence de populations contenant des pigments de la famille des chlorophylles *b*. Le décalage en longueurs d'onde dans l'absorption de la lumière par les pigments se retrouvent dans les propriétés spectrales *in vivo* des communautés (spectres d'absorption, spectres d'excitation de fluorescence).

Les communautés des maximums de chl *a* apparaissent en bon état physiologique. Elles sont bien adaptées à l'utilisation photosynthétique des basses intensités de lumière contrairement aux communautés plus superficielles. Les mesures de production primaire *in situ* montrent que la zone du maximum de chl *a* (entre 100 et 160 m) représente en moyenne 17% de la production primaire totale intégrée. Cette dernière varie entre 0,15 et 0,44 g.m⁻².sec⁻¹. Toutefois, elle a pu être sous-estimée puisque les caractéristiques des cinétiques d'induction de fluorescence des cellules, après incubation dans des conditions similaires à celles des mesures de production, indiquent dans certains cas une perturbation dans l'état physiologique des cellules. La plus forte valeur de production intégrée est associée à des communautés qui sont restées en bon état pendant toute la durée des incubations.

Les inventaires floristiques montrent une grande diversité de populations, particulièrement bien illustrée par le groupe des coccolithophoridés représentés par 59 espèces appartenant à 38 genres.

Chez les hétérotrophes, les bactéries sont abondantes sur toute la colonne d'eau (10^5 cell.ml⁻¹) alors que les représentants du nano et picoplancton sont moins nombreux (maximums respectifs de 10^2 et 10^3 cell. ml⁻¹).

Les résultats permettent d'invalider certaines hypothèses susceptibles d'expliquer la formation et la maintenance des maximums profonds de chl *a*, au moins dans cette région, comme celles d'une accumulation par sédimentation des cellules venant des couches supérieures ou d'une accumulation de détritiques d'origine végétale. Le maximum profond apparaît comme une zone de production en place représentant sans doute une part relativement importante de la production "nouvelle" (utilisation des nitrates comme source d'azote) de cette région.

Les travaux de la campagne Chlomag ont par ailleurs conduit les participants à de nouveaux développements méthodologiques susceptibles de contribuer à une meilleure description des communautés phytoplanctoniques dans les systèmes oligotrophes. Comme exemples, on peut citer l'augmentation de la sensibilité de la technique cytofluorimétrique et l'amélioration de l'analyse des chlorophylles par spectrofluorimétrie permettant d'estimer séparément les deux types de chl *a* et de chl *b*. Cette séparation permet une meilleure estimation de la biomasse chlorophyllienne totale et apporte une information taxonomique non négligeable. D'ores et déjà ces techniques ont pu être employées dans diverses mers oligotrophes et indiquent une plus grande diversité dans les communautés picoplanctoniques qu'on pouvait le supposer, même au niveau des prochlorophytes. Ces derniers constituent un domaine particulièrement attractif en tant que nouveaux modèles biologiques et en tant que précurseurs éventuels des eucaryotes.

REFERENCES

Yentsch C.S. et D.W. Menzel, 1963. A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and pheophytin by fluorescence. *Deep-Sea Res.*, 10:221-231.

BILAN PROVISOIRE DES PUBLICATIONS UTILISANT DES DONNEES DE LA CAMPAGNE CHLOMAX

Bricaud, A. et D. Stramsky, 1990. Spectral absorption coefficients of living phytoplankton and nonalgal biogenous matter. A comparison between the Peru upwelling area and the Sargasso Sea. *Limnol. Oceanogr.*, 35: 562-582.

Neveux, J., Vaultot, D., Courties, C., Fukai, E., 1989. Green photosynthetic bacteria associated with the deep chlorophyll maximum of the Sargasso Sea. *C. R. Acad. Sci. (Paris) III* 308: 9-14

Vaultot, D., Courties, C., Partensky, F., 1989. A simple method to preserve oceanic phytoplankton for flow cytometric analyses. *Cytometry* 10: 629-635

Vaultot, D., Partensky, F., Neveux, J., Mantoura, R. F. C., Llewellyn, C. (1990). Winter presence of prochlorophytes in surface waters of the northwestern Mediterranean Sea. *Limnol. Oceanogr.* 35: 1156-1164.

Trois articles sont par ailleurs en cours de rédaction.

La campagne Chlomag du n.o. "Suroît" avait pour but essentiel de préciser la structure et l'activité des communautés planctoniques dans les maximums profonds de chlorophylle *a* d'une zone océanique oligotrophe. Elle s'est déroulée dans le sud-ouest de la mer des Sargasses, du 14 septembre au 13 octobre 1987, entre 20 et 30°N et aux environs de 61°W. La structure des communautés a été principalement déterminée grâce à l'utilisation de diverses techniques quantitatives et qualitatives (analyse spectrofluorimétrique des chlorophylles ; comptages des cellules du pico et du nanoplancton en combinant la cytométrie en flux, la microscopie à épifluorescence et la microscopie inversée ; identification des espèces (en particulier coccolithophoridés, par microscopie électronique à balayage ; comptages et biomasse du mesozooplancton). L'activité et l'état physiologique du phytoplancton ont été déterminés à partir des mesures de production primaire *in situ*, de courbes lumière-photosynthèse et de la mesure des cinétiques d'induction de fluorescence de la chlorophylle *a in vivo*. Les résultats mettent en évidence, en particulier dans les maximums profonds de chl *a*, un grand nombre de cellules procaryotes d'un type nouveau (bactéries vertes photosynthétiques ou prochlorophytes). Ces cellules contiennent des chlorophylles dont les maximums d'excitation de fluorescence sont décalés d'environ 7-8 nm vers les grandes longueurs d'onde, par rapport à ceux des chlorophylles *a et b* des eucaryotes. Les communautés des maximums profonds de chl *a* apparaissent en bon état physiologique et bien adaptées à l'utilisation des basses lumières. L'étude des structures hydrologique et chimique de la région concernée a également été effectuée. Ces travaux pluridisciplinaires ont été organisés dans le cadre de la formation CNRS-GDR P4 (production pélagique et phénomènes physiques) et réalisés par une équipe scientifique regroupant des chercheurs de divers laboratoires français (Station biologique de Roscoff, LPCM et Station zoologique de Villefranche-sur-Mer, Laboratoire Arago de Banyuls-sur-Mer, Laboratoire de biologie végétale de Perpignan) et d'un laboratoire espagnol (CEAB Blanès).

*The Chlomag cruise was carried out aboard R.V. "Suroît" and was focused on planktonic community structure and photosynthetic activities in the deep chlorophyll maximum which are regularly observed in oligotrophic marine ecosystems. It was conducted in the SW Sargasso Sea, between 20 and 30°N and all along 61°W approximately. Communities structure was determined using several quantitative and qualitative technics (spectrofluorometric analysis of chlorophylls; cell counts of pico and nanoplankton using flow cytometry, epifluorescence and inverted microscopy; species identification by scanning electron microscopy, particularly coccolithophorids; total biomass and counts of the various components of the mesozooplankton). Physiological state and photosynthetic activities of phytoplankton were assessed from *in situ* primary production measurements, photosynthesis-light curves and from induction kinetics of *in vivo* chlorophyll *a* fluorescence in presence of DCMU. The results showed large quantities of a new type of prokaryotes (green photosynthetic bacteria or prochlorophytes) in the deep chlorophyll *a* maximum. It contains chlorophylls which exhibit a 7-8 nm shift in their fluorescence excitation maximum as compared to chlorophylls *a* and *b* from eukaryotes. Photosynthesis-light curves revealed that algae from the deep chlorophyll *a* maximum are really photoadapted to the use of low light levels. Fluorescence induction kinetics indicated that they are in good physiological state. Hydrological and chemical structure of the sampling area were also investigated. This work has been organized and funded by the CNRS-GDR P4 (pelagic production and physical phenomena) and was accomplished by a multidisciplinary research team composed of scientists from different French and one Spanish laboratories.*

Service de la Documentation
et des Publications (S.D.P.)
IFREMER - Centre de Brest
BP 70 - 29280 PLOUZANÉ
Tél. 98 22 40 13 - Télex 940627 F

ISSN - 0761-3989

© Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, Ifremer, 1992.