

**STRUCTURE THERMIQUE, COURANTOMETRIE
TENEUR EN PIGMENTS EN SAISON FROIDE 1976
DEVANT POINTE-NOIRE (REPUBLIQUE POPULAIRE DU CONGO)**



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

DOCUMENTS SCIENTIFIQUES DU CENTRE DE POINTE-NOIRE

Nouvelle Série N° 52.



Junin 1977

Structure Thermique, Courantométrie, Teneur en:
Pigments en Saison Froide 1976 devant
Pointe-Noire (République Populaire du Congo).

D. PETIT *

Document N° 52 N.S.
Juin 1977

* Océanographe, Centre ORSTOM, BP 1286, Pointe-Noire (Rép. Pop. du Congo)
Avec la participation de LOCKO A. et YOBA L.G. Assistants de recherche.

R E S U M E

Durant la saison froide 1976, les observations à 5 jours d'intervalle sur 300 milles carrés situés sur le plateau et la pente continentale, font apparaître une hétérogénéité dans les structures thermiques. La saison semble maintenue par des poussées d'eaux froides amenant un refroidissement inférieur à 2°C en deux mois dans les 50 m superficiels. Les teneurs en chlorophylle atteignent 29 mg/m³ en moyenne : la pénétration lumineuse se trouve limitée par l'abondance du phytoplancton. L'importance des concentrations est favorisée par l'épaississement de la couche homogène superficielle. Une orientation générale des courants côtiers au secteur sud, en fin août, amène le retour vers les conditions de saison chaude ; les biomasses phytoplanctoniques chutent ; un nouveau système hydrobiologique s'installe.

A B S T R A C T

During cold season 1976, every 5 days cruises observations were accomplished on 300 square sea miles on the shelf and continental slope. Those observations show an heterogeneity in the thermic structures. The season seems maintained by successive buoyancies of cold water that come up along the continental slope. After the establishment of the season, they are bringing a cooling of 2°C only in the 50 m upper layer at the end after two months. The chlorophyll concentrations measured reach 29 mg/m³ (in average). The penetration of the light is limited by phytoplankton abundance. Those concentrations are favoured by the thickening of the superficial homogeneous layer. At the end of August, the general orientation of coastal currents towards the south sector causes the coming back to the warm season conditions ; the phytoplankton biomass falls and a new hydrobiological system is settling.

R E S U M E N

Durante la estación fría 1976, las observaciones efectuadas en 5 días de intervalos sobre 300 millas cuadradas situadas en la meseta y pendiente continental hacen aparecer una heterogeneidad en las estructuras térmicas. La estación parece mantenida por unos impulsos de aguas frías, entrenando un enfriamiento inferior a 2°C en dos meses dentro de los 50 m superficiales.

La cantidad en clorofila alcanza un promedio de 29 mg/m³.

La penetración luminosa se vé limitada por la abundancia de fitoplancton.

La importancia de las concentraciones está favorecida por la espesura de la capa homogénea superficial. Una orientación general de las corrientes costeras en el sector Sud, a finales de Agosto, entrena el regreso hacia las condiciones de estación cálida ; las biomasas fitoplanctónicas sufren un descenso, un nuevo sistema hidrobiológico se instala.

1. INTRODUCTION

Pendant la saison froide 1976 (mai à septembre), dans le cadre de la réalisation d'un programme de Planctologie, une aire de 300 milles carrés a été étudiée à trois époques : juin, août, septembre. La zone était quadrillée par vingt stations espacées de 5 milles et parcourue en deux jours tous les cinq jours. Sa position (fig. 1) a été déplacée selon l'époque afin de mieux suivre le mouvement de la zone d'abondance maximale du copépoде C. carinatus, objet du programme d'étude (PETIT et COURTIES 1976).

Ainsi les six quadrillages de juin débutent à 18 milles de la côte (fonds de 90 à 1200 m), les sept du mois d'août à 10 milles (fonds de 60 ou 50 m à 120 m) ; la série d'observations du mois de septembre a dû être profondément modifiée en raison de la disparition précoce de l'espèce. On ne présentera que les résultats des deux quadrillages complètement effectués et situés entre les deux zones précédemment explorées (fonds de 70 m à 800 m).

Cet article succinct rend compte des observations thermiques, courantométriques et phytoplanctoniques (chlorophylle a) exécutés durant les campagnes. Etant donné la distribution superficielle de C. carinatus, on s'est limité à l'étude des 50 m superficiels.

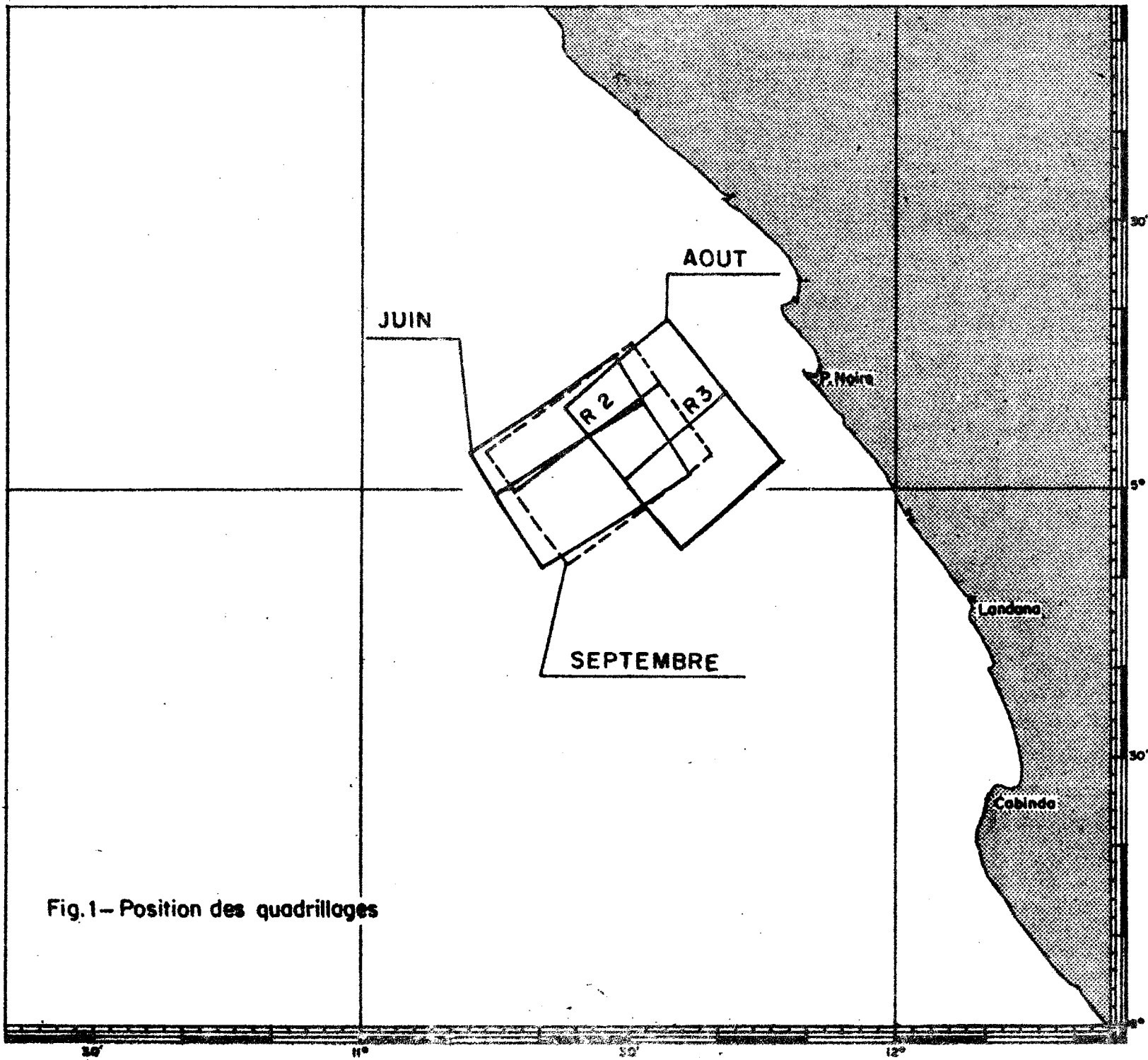


Fig.1- Position des quadrillages

2. EVOLUTION THERMIQUE

Les mesures de température ont été réalisées au bathythermographe. L'évolution de la structure thermique est représentée suivant une radiale (radiale 2 ou 3 selon la disposition du quadrillage) et suivant un isobathe (fig. 2). La figure 7 permet de suivre l'évolution de la température moyenne dans l'ensemble de la zone (moyenne des températures moyennes par station, obtenues par planimétrie des bathythermogrammes).

Selon les observations journalières au wharf de la C.P.C. (LOCKO et YOBA, sous presse), la saison froide a débuté fin avril ; les premiers refroidissements des eaux à 17 m ont lieu vers le 10/4. Notre série d'observations débute alors que les couches d'eau chaude superficielle ont déjà été refoulées.

Durant le mois de juin, le refroidissement paraît occasionné par une succession de poussées d'eaux froides (16° - 17° C) remontant sans doute la pente continentale et s'étendant sur le plateau ; ces eaux n'affleurent pas : la couche de couverture supérieure à 20° C se maintient. Il s'établit ainsi un système à tendance divergente sur les bords du plateau, convergente vers le large où les eaux superficielles se trouvent refoulées. Le milieu est hétérogène : l'aspect fortement plissé des surfaces isothermes en latitude comme en longitude laisse supposer qu'il existe une turbulence devant favoriser les échanges verticaux (sels nutritifs). La puissance de la thermocline est celle qui existe en général dans la région. Le gradient thermique varie en moyenne de 0,3 à 0,5 $^{\circ}$ C/m ; il atteint exceptionnellement 1° C/m. La couche suprathermoclinale est très mince (de 1,5 à 4 m en moyenne).

En début août, plus à la côte, on retrouve les mêmes conditions ; le refroidissement s'est poursuivi, l'épaisseur de la thermocline a augmenté (10-12 m en moyenne) ; les surfaces isothermes conservent leurs "ondulations". Le maximum du refroidissement est atteint durant l'observation du 16/8 (isotherme 16° atteignant 20 m, température moyenne sur l'air : 16° 5). La couche homogène superficielle s'épaissit puis les

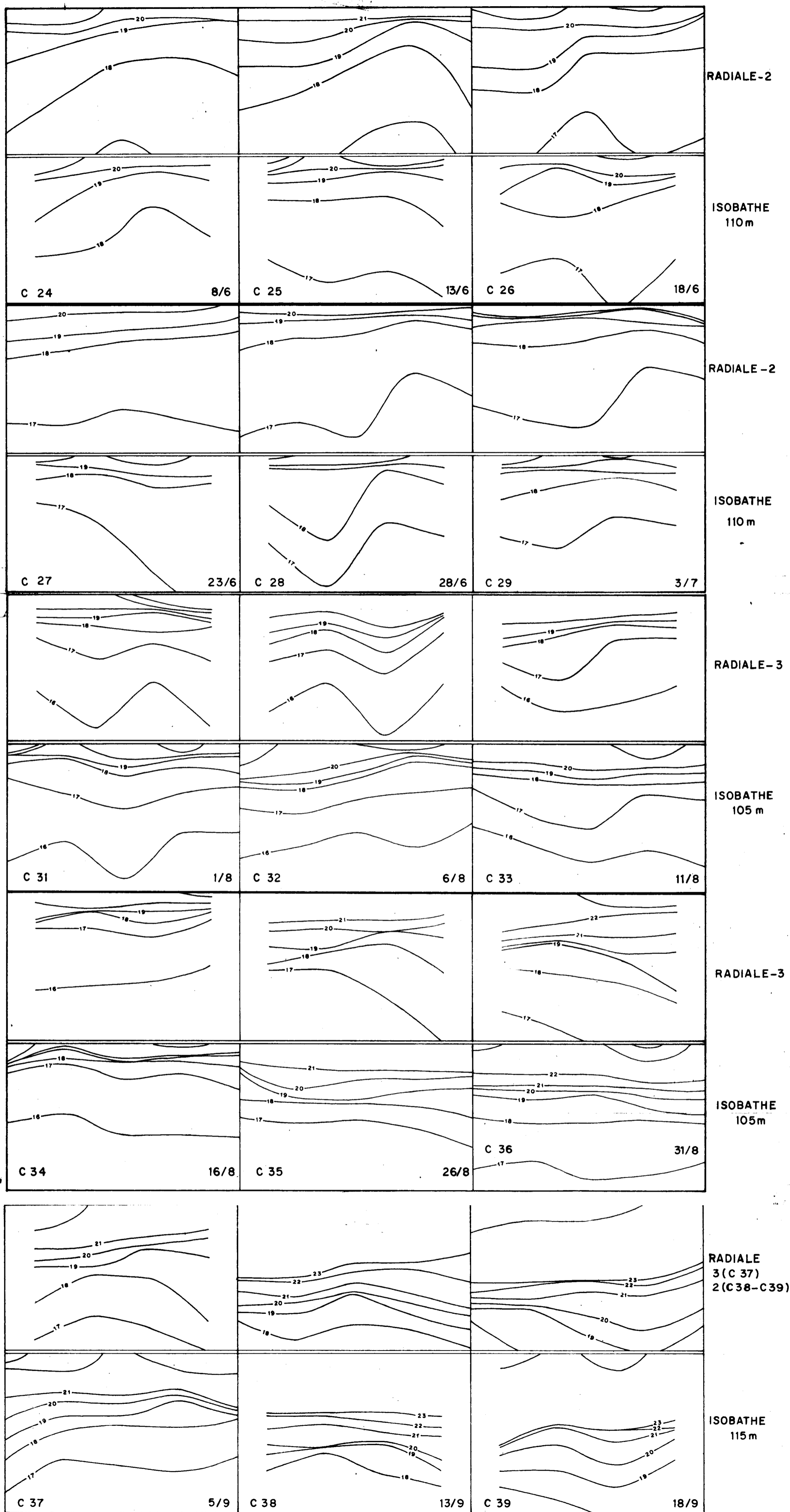


Fig.2 - Profils thermiques 0-50m suivant une radiale ou un isobathe

thermes tendent à l'horizontalité et s'enfoncent ; la thermocline se renforce. La région la plus côtière devient une zone de "convergence". Un nouveau réchauffement a lieu avant le 13/9 avec arrivée massive d'eaux superficielles à 23°. La couche homogène atteint 19 m le 13, 24 m le 18/9.

Par rapport à 1974, prise comme année de référence pour fixer le début des observations zooplanctoniques, la saison froide 1976 a débuté avec un mois d'avance. Selon les observations faites au Wharf, l'essentiel du refroidissement régional est acquis en une quinzaine de jours : la majeure partie de la masse d'eau passe alors de 26°C à 20°C, grâce au refoulement des eaux de couverture ; cette couche met un mois à disparaître en région littorale.

Dans l'aire prospectée, les observations montrent qu'après ce refroidissement brutal, le milieu suit une évolution thermique lente : l'abaissement de la température moyenne jusqu'au maximum du refroidissement n'atteindra pas 2°C. Le maintien des eaux à "basse" température semble dû en particulier à des poussées d'eau froide refoulant les eaux superficielles au large. La fin de saison est provoquée par un retour des eaux chaudes superficielles : en moins d'un mois, la température moyenne remonte de 4°C.

3. COURANTOMETRIE

Des mesures de courant ont été réalisées, à chaque campagne, en deux stations des quadrillages : à 16 et 28 milles de la côte en juin (fonds de 90 et 350 m) ; à 11 et 21 milles en août (fonds de 60 et 110 m) ; à 15 et 25 milles en septembre (fonds de 70 et 115 m).

Les mesures ont été exécutées au mouillage, à l'aide d'un courantomètre EKMAN à 5 et 25 m d'immersion, soit dans les deux couches superficielles qui nous intéressaient. En effet, les résultats d'observation de GUILLERM en 1974 (PETIT et COURTIÈS 1976) indiquent que l'on peut à cette époque de l'année, distinguer grossièrement trois couches ayant des déplacements propres : 0-10 m ; 10-50 m ; 50-100 m.

Les résultats sont illustrés par les figures 3 et 4 qui représentent, l'une, l'évolution chronologique des vecteurs vitesse, l'autre, celle de la composante perpendiculaire à la côte, orientée à 30° par rapport au nord. C'est cette composante qui doit permettre à l'espèce C. carinatus d'envahir les eaux du plateau continental.

En général, les courants dépassent la vitesse de 10 cm/sec (maximum enregistré 52 cm/sec) ; on remarque une grande variation de leur intensité d'une campagne à la suivante, parfois même une inversion dans leur direction au cours d'une même campagne alors que les deux stations ne sont espacées que de 10 milles. Il est donc prétentieux de vouloir connaître le régime des courants de dérive côtiers si l'on ne dispose pas d'une couverture d'observation étendue et fréquente. Variabilité des courants et structures thermiques accidentées sont sans doute liées.

Il existe une assez bonne concordance entre les directions des courants à 5 m ce qui est logique puisque ces courants sont induits par les vents. La concordance n'existe plus à 25 m, où les deux stations d'observation ne se trouvent dans le même système de dérive qu'à partir de fin août.

Trois phénomènes apparaissent nettement :

- la présence des courants portant au secteur nord en début juin, et qui sont responsables de l'apport subsuperficiel d'eau froide à la côte;
- la rotation des courants vers le secteur ouest dès la fin juin en surface, à 25 m à la station la plus au large, avec une baisse d'intensité ;
- l'orientation générale au secteur sud en fin août : SE à 25 m SW ou W en surface. La station côtière dispose d'un régime de courant sud depuis le début du mois.

Par rapport à la saison froide 1974 ; il semble que les transports vers la côte aient été beaucoup moins fréquents cette année, la direction des courants étant plutôt tangentielle au profil côtier (fig. 4). L'"appel d'eau" vers l'ouest (PITON et al. 1977) semble avoir été principalement comblé subsuperficiellement dans la zone du plateau par des eaux provenant du nord et créant un système de dérive assez stable portant au sud-sud-est. D'après PITON et al. (ibidem) ce système était interrompu en octobre

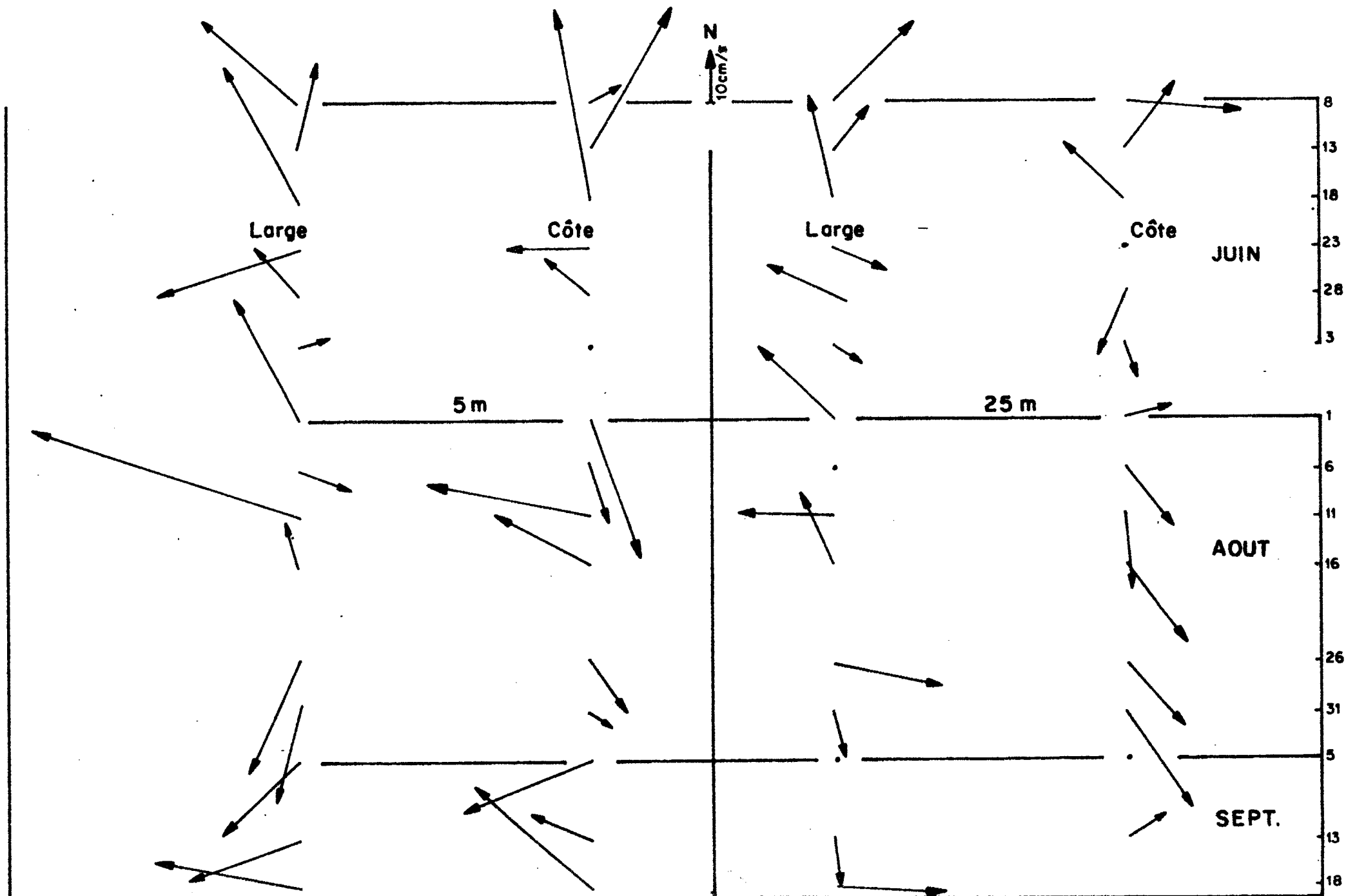


Fig.3— Evolution des courants au cours de la saison

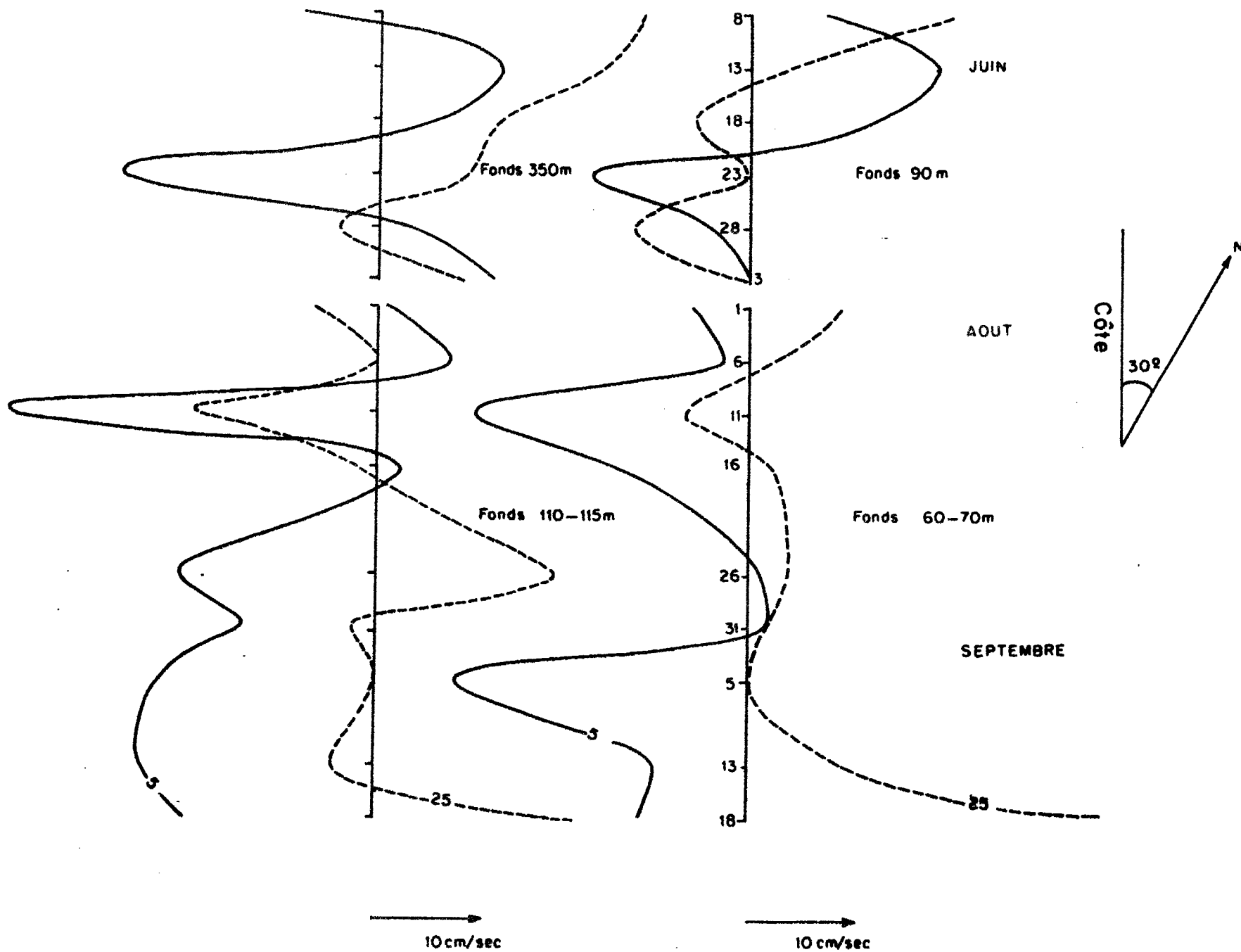


Fig. 4 — Variations de la composante perpendiculaire à la côte, à 5 et 25m

puisqu'ils constataient alors un retour au flux nord-ouest sur une bande s'étendant jusqu'à 30 milles de la côte.

La confrontation des mesures de courants et des profils thermiques montre que le réchauffement des masses d'eau sur le plateau s'est déclenché lors de l'orientation générale des courants au secteur sud.

4. TENEURS EN PIGMENTS.

4.1. Obtention des résultats.

Les teneurs en chlorophylle a et phéopigments a ont été mesurées par fluorimétrie. Le fluorimètre TURNER a été étalonné par rapport à un spectrophotomètre à l'aide de chlorophylle a (extrait d'épinard, fourni par SIGMA). Les mesures au spectrophotomètre ont été réalisées à 663 m μ avec correction de lecture à 750 m μ . Les concentrations des solutions étalon ont été calculées, sachant qu'1 gr. de chlorophylle a donne une absorption de 89.31 par cm (ANONYME, 1966).

Les lectures avant et après acidification des solutions étalon acétoniques de chlorophylle sont dans le rapport 1,70, ce qui indique que l'on peut admettre qu'elles contiennent uniquement de la chlorophylle a.

Dans les échantillons naturels, on a assimilé tous les pigments chlorophylliens à la chlorophylle a et à ses produits de dégradation ("Phéopigments a").

Si F_{chl} est la fluorescence émise par la fraction de chlorophylle active d'un échantillon

F_{ψ} celle émise par la fraction de phéopigments

F_0 et F_a les lectures au fluorimètre avant et après acidification de l'extrait acétonique

$$\text{On a : } F_{chl} + F_{\psi} = F_0$$

$$\frac{F_{chl}}{\Delta} + F_{\psi} = F_a$$

Δ étant le rapport de fluorescence de l'extrait avant et après acidification. Il est égal à 1,7 pour les solutions étalon. Pour chacun des

quadrillages, lorsque Δ excède cette valeur, on a choisi pour l'ensemble de la campagne la valeur maximale trouvée (cas de 18 échantillons), dans le cas contraire, on a utilisé 1,70.

Des relations précédentes, on déduit :

$$F_{chl} = \frac{\Delta}{\Delta - 1} (F_o - F_a)$$

$$F_{\psi} = F_o - F_{chl}$$

Si K (1) est le coefficient de conversion Fluorescence - Concentration en pigment (mg/m^3), pour un filtre et une fente donnés (étalonnage) on a :

$$Chl a (mg/m^3) = K F_{chl}$$

$$Phéo a (mg/m^3) = K (F_o - F_{chl})$$

4.2. Procédure d'échantillonnage.

En chaque station, 250 ml d'eau sont prélevés à la bouteille de 5 l aux niveaux théoriques de pénétration de 100, 50, 25, 10 et 1% de la lumière incidente, ces niveaux étant déterminés d'après la profondeur d'extinction d'un disque de Secchi. Les cinq échantillons mélangés fournissent un échantillon de 250 ml filtré sur millipore HA 0.45 μ . Les filtres sont conservés en dessiccateur et au frais jusqu'à extraction des pigments à l'acétone à 90% et passage au fluorimètre après centrifugation.

L'utilisation de la profondeur d'extinction du disque de Secchi pour la détermination des niveaux de pénétration de la lumière prête à critique (STRICKLAND 1958, NELLEN 1967, LORENZEN 1970, STRICKLAND et al. 1970). Ce procédé a été utilisé faute d'appareillage. D'autre part en eau côtière, RYTHER et YENTSCH (1958) trouvent une bonne correspondance

(1) On a trouvé les coefficients multiplicateurs suivants:

Fente 3	:	2,212
10	:	0,912
30	:	0,317
Filtre 50 % (Le coefficient de réduction est de 1,9)		
Avec Fente 10	:	1,738
30	:	0,624
Filtre 10 % (le coefficient de réduction est de 9,7)		
Avec Fente 10	:	8,911
30	:	2,922

entre mesures de pénétration de la lumière et niveaux estimés à partir des profondeurs d'extinction du disque de Secchi. DUFOUR (in DUFOUR et MERLE 1972) étudiant le cycle saisonnier de la biomasse phytoplanctonique sur fonds de 17 m constate qu'en saison froide, les maxima de chlorophylle sont situés dans la couche superficielle ou subsuperficielle (au dessus de 10 m). Il estime (d'après la relation de RILEY et SCHURR) à 42 % la part d'absorption de la lumière pénétrante, due au phytoplancton. On doit donc admettre d'une part que les valeurs d'extinction révélées par le Secchi sont principalement dues à la production phytoplanctonique dans la région considérée, d'autre part que cette production est surtout superficielle. Il est vraisemblable qu'avec l'incidence sur la transparence des fortes densités phytoplanctoniques observées, la profondeur critique doit être rapidement atteinte ; DUFOUR considère qu'une photosynthèse positive n'excède pas 8 mètres.

En conséquence on peut considérer comme satisfaisante l'évaluation de la biomasse phytoplanctonique à partir d'un échantillonnage couvrant une épaisseur égale à trois fois la profondeur d'extinction du disque de Secchi.

LORENZEN (1970) dans les eaux anglaises constate que les teneurs en chlorophylle a de surface représentent bien à elles seules l'évolution de la biomasse totale.

Plutôt que d'adopter un profil d'échantillonnage vertical rigide (1), il nous est apparu plus justifié de serrer les observations dans la zone d'abondance en tenant compte des variations éventuelles de la transparence du milieu.

4.3. Variations des profondeurs d'extinction du disque de Secchi.

La figure 5 représente les variations de la transparence des eaux sur l'étendue de la zone. En juin, sauf au premier et dernier quadrillage,

(1) Pour parvenir à une meilleure estimation de la biomasse, ce procédé aurait exigé un nombre de prélèvements verticaux beaucoup plus considérable ... BERMAN (1972) mesurant la biomasse totale d'un lac à hétérogénéité verticale accusée, trouve une différence de 19 % entre les estimations faites par échantillonnage en continu d'une part et pas moins de 8 niveaux de prélèvement sur une profondeur de 20 m, d'autre part.

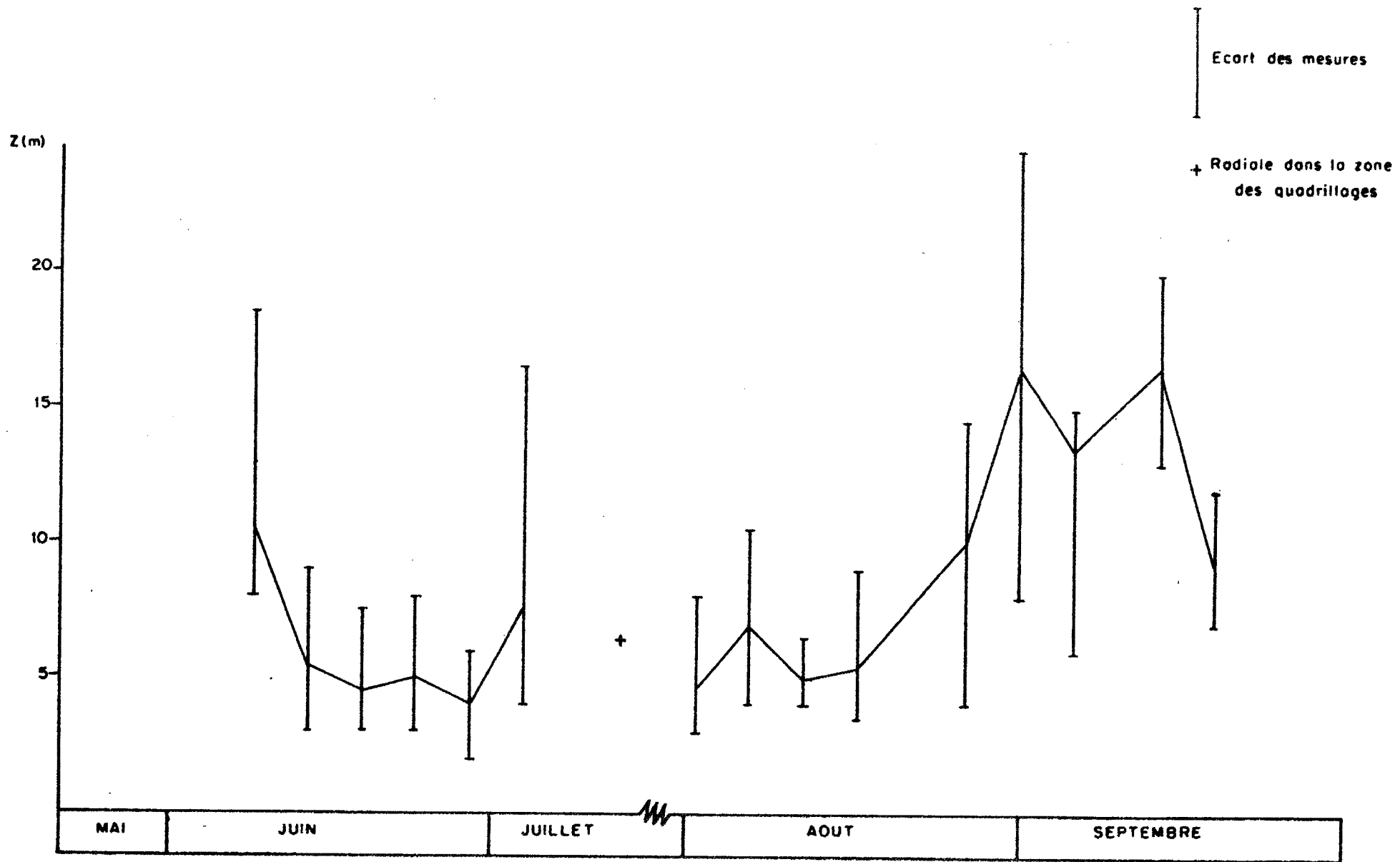


Fig. 5 — Médiane des profondeurs d'extinction du disque de secchi

les profondeurs d'extinction sont inférieures à 10 m. La région possède des conditions très homogènes. Début juin et juillet les eaux du large sont plus claires qu'à la côte. Les zones de faible transparence et de concentration maximale en chlorophylle coïncident.

En août on retrouve les mêmes conditions de faible transparence qu'en juin les mesures sont assez homogènes. La transparence augmente ensuite brutalement pour plus de la moitié des stations (situées au large et au sud) ; cette baisse de turbidité coïncide avec la réapparition d'une couche d'eau superficielle plus chaude : les changements dans les caractéristiques optiques et thermiques des eaux sont liées.

L'étude des variations de la transparence et des teneurs en chlorophylle, quadrillage par quadrillage fait apparaître une forte corrélation (- 0,51 à -0,93) dont le degré de signification croît avec les teneurs en chlorophylle d'un quadrillage à l'autre (de 5 à moins de 0,1 %). Deux époques ne présentent pas cette corrélation : celles où la transparence est la plus élevée (31/8 et 13/9). On peut dire que pour ces deux situations les concentrations ou la distribution verticale en chla sont telles qu'elles n'influent plus sur les mesures de transparence.

Il n'existe pas de relation transparence - teneur en phéopigments.

4.4. Teneurs en chlorophylle a

Pour représenter la "patchiness" dans l'aire quadrillée, on a partagé les valeurs de concentrations en chlorophylle a en six classes ayant une progression géométrique de raison 2 (la première contenant les valeurs inférieures à 1 mg/m³) ; le tracé des isoplèthes a été réalisé par interpolation linéaire entre les valeurs brutes de deux stations voisines. On doit admettre que le procédé de découpage est arbitraire, puisqu'il ne s'appuie sur aucune étude de dispersion. Entre stations espacées de 0,1 m dans une baie, PLATT et al. (1970) remarquent une forte variabilité de la distribution et mettent en évidence la présence des "taches" de 0,5 à 1 milles. Cependant, en période de bloom, ils constatent une tendance "contagieuse" dans les concentrations sur

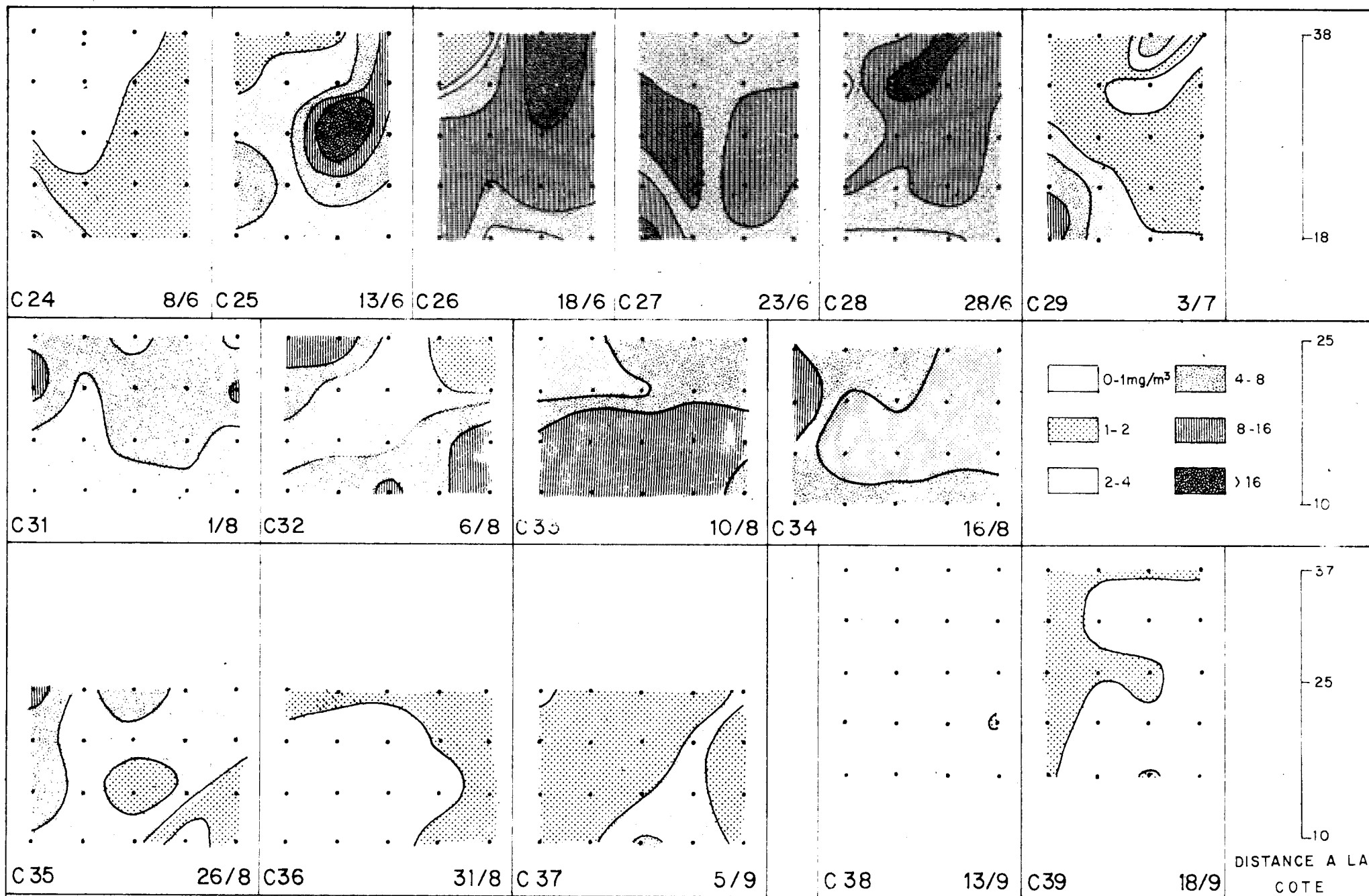


Fig. 6 - Répartition spatiale de la chlorophylle a

l'ensemble de la région qui n'exclue pas une forte dispersion des valeurs. Comme cela a déjà été mis en évidence pour le zooplancton, (en particulier FRONTIER 1973) nous avons constaté que la variance croit avec la moyenne de concentrations (de 0,14486 à 1,76277 (valeurs en logarithme) pour des moyennes allant de 0,54 à 9,48 mg/m³).

Durant la période d'observation, deux blooms ont eu lieu, s'étendant chacun au moins sur une quinzaine de jours. En juin, les valeurs observées atteignent fréquemment 10 mg/m³ (soit par m² de l'ordre de 100 à 150 mg) ; les maxima sont de 25 et 29 mg/m³ (le 13 et 28/6). Le bloom d'août est moins riche et les valeurs culminent à 15 mg/m³. Il apparaît que l'arrivée "d'eaux chaudes" (supérieures à 21°) après le 5/9 stoppe la forte production.

D'après les concentrations relevées dans divers travaux, la région semble donc parmi les plus riches connues. Dans l'upwelling du Pérou, STRICKLAND et al. signalent plus de 10 mg/m³ (in DEERS et al. 1971) ; au large de la Californie, EPFLEY et al. (1970) relèvent des "pics" atteignant 25 mg/m³ sur des observations en continu ; HOBSON et LORENZEN (1972) trouvent jusqu'à 26 mg/m³ dans les eaux côtières à la hauteur de Malvis Bay ; dans l'upwelling mauritanien, HERBLAND et al. (1973) mesurent des concentrations de plus de 40 mg/m³. Les fortes valeurs que nous avons observées ne sont pas exceptionnelles pour la région : DUFOUR (loc. cit.) note en 1971 une teneur de 58 mg/m³ sur fonds de 17 m. On doit rappeler que les maxima que nous avons indiqués se rapportent à des moyennes sur cinq profondeurs.

En considérant la répartition géographique de la biomasse, on ne met pas en évidence de relation entre teneur et structure thermique particulière. Par ailleurs, l'étendue prospectée était trop petite pour pouvoir suivre dans le temps le déplacement des "taches" : la force des courants superficiels est en général supérieure à 10 cm/sec.

La figure 7 représente l'évolution de la teneur moyenne en chlorophylle a sur l'ensemble de l'aire étudiée (moyenne des teneurs aux 20 stations). La variation d'une campagne à l'autre est encore importante. La baisse de biomasse à partir du 16/8 coïncide avec l'élévation de la température moyenne entre 0 et 50 m. Une étude spécifique aurait sans doute révélé un changement de communauté phytoplanctonique entre

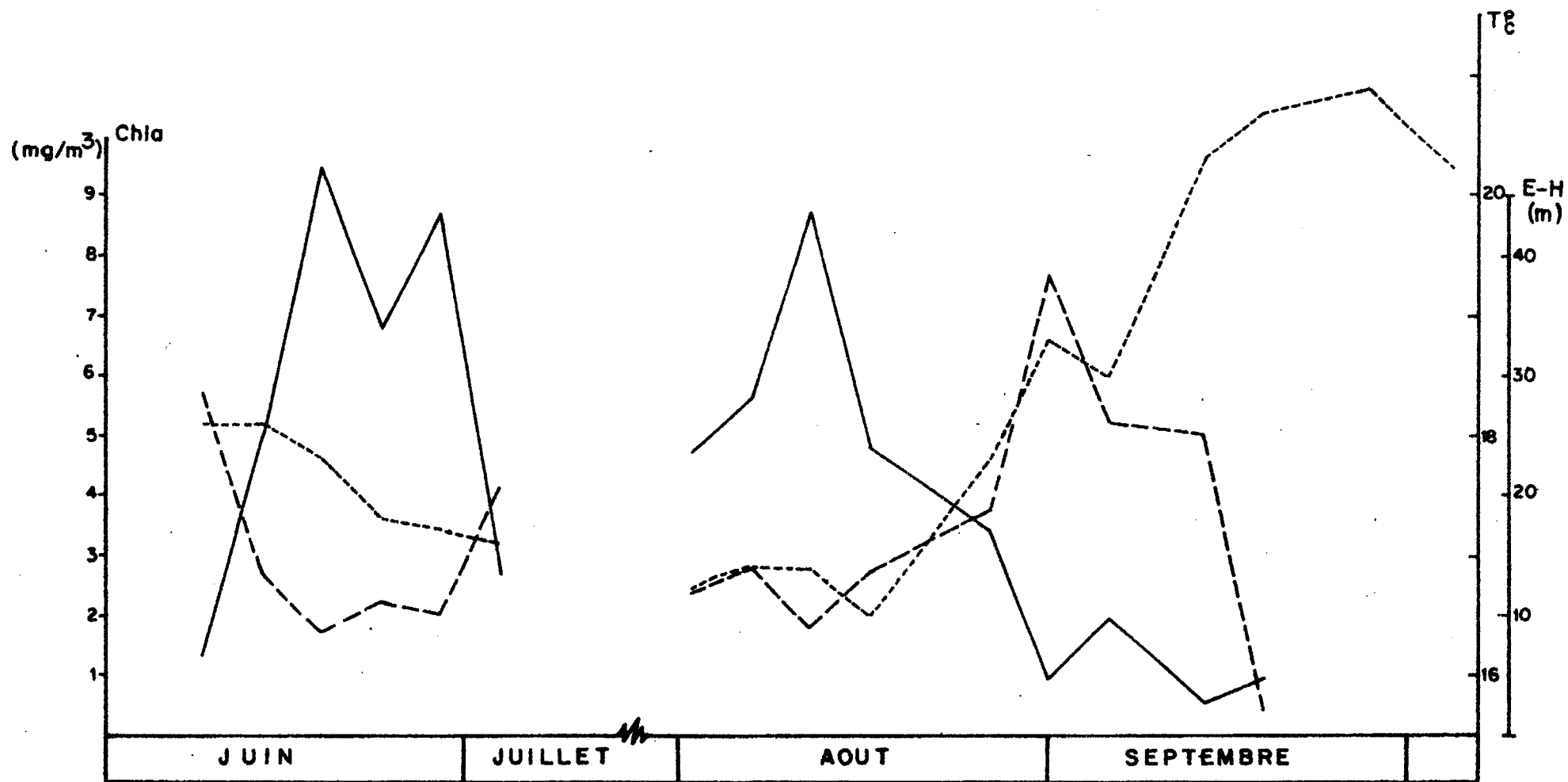


Fig. 7 - Variation de la teneur moyenne en chlorophylle a, de la température moyenne (0-50m) et de la différence zone euphotique- couche homogène (E-H) dans l'aire quadrillée

————— Chla - - - - - E-H T°C

mi-août et mi-septembre. La remontée de température est provoquée par l'épaississement de la couche homogène superficielle. Son épaisseur dépasse celle de la couche euphotique (délimitée par le niveau 1 % de lumière incidente) sur la moitié des stations à la dernière campagne.

Jusqu'à mi-août, la couche superficielle est généralement inférieure à 7 m (parfois absente) ; la lumière pénètre donc aisément au delà de la thermocline. Cette situation favorise la forte production phytoplantonique et permet sans doute les fortes biomasses mesurées. Nous avons déjà indiqué la corrélation existant entre profondeur d'extinction du disque de Secchi et teneur en chl_a au sein même des campagnes. Sur l'ensemble de la saison, cette corrélation est de $-0,83$ ($S > 99,9 \%$) : la production est telle que l'importance de la pénétration lumineuse est directement liée à l'abondance phytoplantonique.

Nous avons voulu prendre en considération les variations de la couche homogène. Jusqu'au 26/8 l'épaississement de la couche homogène conduit à augmenter les valeurs de biomasse moyenne, mais la corrélation ($0,55$) n'atteint pas le seuil de signification. Son introduction dans la corrélation antérieure, (soit chl_a/zone euphotique - couche homogène) augmente très nettement le degré de relation ($-0,89$, $S > 99,9 \%$). Dans la situation de saison froide où la thermocline est proche de la surface, un épaississement de la couche homogène favorise l'augmentation de la biomasse phytoplantonique. Cette couche étant le siège d'une forte turbulence, on doit supposer que l'augmentation de la zone de turbulence est bénéfique en gênant la sédimentation des organismes.

Après le 26/8 avec l'épaississement considérable de la couche euphotique (26 à 45 m), l'accroissement de la couche homogène ne semble plus jouer le même rôle (l'introduction des valeurs postérieures au 26/8 affaiblit considérablement la relation précédente). L'enfoncement de la thermocline, l'augmentation de son intensité (gradient supérieur à $0,4^\circ\text{C}/\text{m}$) doivent freiner le transport des sels nutritifs vers la surface.

En ce qui concerne les phéopigments, leurs pourcentages sont les plus faibles durant le bloom de juin (de l'ordre de 6 à 10 % des pigments totaux), ils varient entre 8 et 39 % (26/8), valeur maximale trouvée.

CONCLUSIONS.

Après un refroidissement relativement rapide à son début, et que nous n'avons pas suivi, la saison évolue lentement, le refroidissement gagnant que moins de 2°C en plus de deux mois. Le maintien de la saison semble dû à des poussées d'eaux inférieures à 18° entraînant une déformation importante des isothermes. L'observation fréquente d'une aire nous a permis de constater la forte hétérogénéité des structures thermiques et des peuplements phytoplanctoniques. Deux blooms ont pu être suivis produisant de fortes biomasses. D'après les mesures de pénétration de la lumière faites au disque de Secchi, le degré de transparence des eaux se trouve alors directement lié à l'abondance de la floraison. Dans cette période où la faible profondeur de la thermocline doit favoriser les apports en sels nutritifs en surface, l'épaississement de la couche homogène semble contribuer à augmenter les biomasses phytoplanctoniques. Le réchauffement, modifiant la structure thermique, est commandé par un changement de courant dans l'aire étudiée. Ces phénomènes entraînent la chute de la biomasse phytoplanctonique, tandis que la transparence des eaux s'accroît. C'est alors la période de transition vers le retour des conditions de saison chaude.

B i b l i o g r a p h i e

- ANONYME, 1966 - Détermination of photosynthetic pigments in sea-water. Monographs on Oceanographic methodology. UNESCO 69 p.
- BEERS (J.R.), STEVENSON (M.R.), EPPLEY (R.W.), BROOKS (E.R.), 1971 - Plankton populations and upwelling off the coast of Peru, June 1969. Fishery Bull., 69 (4): 859-876.
- BERMAN (T.), 1972 - Profils of chlorophyll concentration by in vivo fluorescence ; some limnological applications. Limnol. Oceanogr., 17 (4): 616-618.
- DANDONNEAU (Y.), 1972 - Etude du phytoplancton sur le plateau continental de Côte d'Ivoire. II. Représentativité de l'eau de surface pour la description et pour l'interprétation des phénomènes dynamiques. Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., 10 (3): 267-274.
- id. , 1973 - Etude du phytoplancton sur le plateau continental de Côte d'Ivoire. III. Facteurs dynamiques et variations spatio-temporelles. Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., 11 (4): 431-454.
- DUFOUR (Ph.), MERLE (J.), 1972 - Station côtière en Atlantique tropical. Hydroclimat et Production primaire. Doc. Scient. Centre ORSTOM Pointe-Noire, 25 N.S.
- EPPLEY (R.W.), REID (F.M.H.), STRICKLAND (J.D.H.), 1970 - The ecology of the plankton off La Jolla, California, in the period April through September 1967 - Part III. Estimates of phytoplankton crop size, growth rate, and primary production. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Univ. California, 17.
- FRONTIER (S.), 1973 - Etude statistique de la dispersion de zooplancton. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 12: 229-262.
- HART (J.T.), 1962 - Notes in the relation between transparency and plankton content of the surface waters of the southern ocean. Deep Sea Res., 9: 109-114.
- HERBLAND (A.), LE BORGNE (R.), VOITURIEZ (B.), 1973 - Production primaire, secondaire et régénération des sels nutritifs dans l'upwelling de Mauritanie. Doc. Scient. Cent. Rech. Oceanog. Abidjan, 4(1): 1-75.

- HERBLAND (A.), VOITURIEZ (B.), 1974 - La production primaire dans l'upwelling mauritanien. Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., 12 (3): 187-201.
- HOBSON (L.A.), LORENZEN (C.J.), 1972 - Relationships of chlorophyll maxima to density structure in the Atlantic Ocean and Gulf of Mexico. Deep Sea Res., 19 (4): 297-306.
- LOCKO (A.), YOBA (L.G.), (sous-*presse*). Résultats des observations météorologiques et physico-chimiques effectuées au Wharf de la C.P.C. Pointe-Noire en 1976.
- LORENZEN (C.J.), 1966 - A method for continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration, Deep-Sea Res., 13: 223-227.
- id. , 1970 - Surface chlorophyll as an index of the depth chlorophyll content and primary productivity of the phytoplankton of the euphotic layer. Limnol. Oceanogr., 15(3): 479-480.
- id. , 1972 - Extinction of light in the Ocean by phytoplankton. J. Cons. Int. Explor. Mer, 34 (2): 262-267.
- NELLEN (W.), 1967 - Horizontale und vertikale Verteilung der Plankton Produktion in Golf von Guinea und in angrenzenden Meeresgebieten während der Monate Februar bis Mai 1964. Kieler Meeresf., 23 (1): 48-67.
- PETIT (D.), COURTIES (Cl.), 1976 - Calanoïdes carinatus (copépode pélagique) sur le plateau continental Congolais. I. Aperçu sur la répartition bathymétrique, géographique et biométrique des stades ; générations durant la saison froide 1974. Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., 14 (3): 177-199.
- PETIT (D.), 1977 - Campagnes planctoniques "Calcar" 1976. Récapitulatif des prélèvements et des mesures phytoplanktoniques et phys. ques. Doc. Scient. Centre ORSTOM Pointe-Noire, 621 S.R.
- PITON (B.), PERRIN (R.), GAUSI (J.P.), 1977 - Nouvelles considérations sur les saisons marines et la circulation superficielle dans le golfe de Guinée. Doc. Scient. Centre ORSTOM Pointe-Noire, 49 N.S.
- PLATT (T.), DICKIE (L.M.), TRITES (S.R.), 1970 - Spatial heterogeneity of phytoplankton in a near shore environment. J. Fish. Res. Bd. Canada, 27: 1453-1473.
- RYTHER (J.H.), YENTSCH (C.S.), 1957 - The estimation of phytoplankton production in the ocean from chlorophyll and light data. Limnol. Oceanogr., 2: 281-286.

- STEELE (J.M.), YENTSCH (C.S.), 1960 - The vertical distribution of chlorophyll. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 39: 217-226.
- STEEMAN NIELSEN (E.), 1958 - Light and the organic production in the sea. Rapp. P.V. Cons. Int. Expl. Mer, 144: 141-148.
- STRICKLAND (J.D.H.), 1958 - Solar radiation penetrating the ocean. A review of requirements data and methods of measurement with particular reference to photosynthetic productivity. J. Fish. Res. Bd. Canada, 15 (3): 453-493.
- STRICKLAND (J.D.H.), SOLORZANO (L.), EPPLEY (R.W.), 1970 - The ecology of the plankton off La Jolla, California, in the period April through September 1967. Part 1. General introduction, hydrography and chemistry. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Univ. California, 17: 1-22.
- STRICKLAND (J.D.H.), PARSONS (T.R.), 1972 - A practical hand book of seawater analysis. Fish. Res. Bd. Canada Bull., 167, 311 p.
- VOITURIEZ (B.), DANDONNEAU (Y.), 1974 - Relations entre la structure thermique, la production primaire et la régénération des sels nutritifs dans le dôme de Guinée. Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., 12 (4): 241-255.
- YENTSCH (C.S.), MENZEL (D.W.), 1963 - A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescences. Deep Sea Res., 10: 221-231.