

42 58449

2 F

1 1

OK à b...
OK à b...

RAPPORTS DE MISSIONS
SCIENCES DE LA MER

OCEANOGRAPHIE

Nb. 1

1988

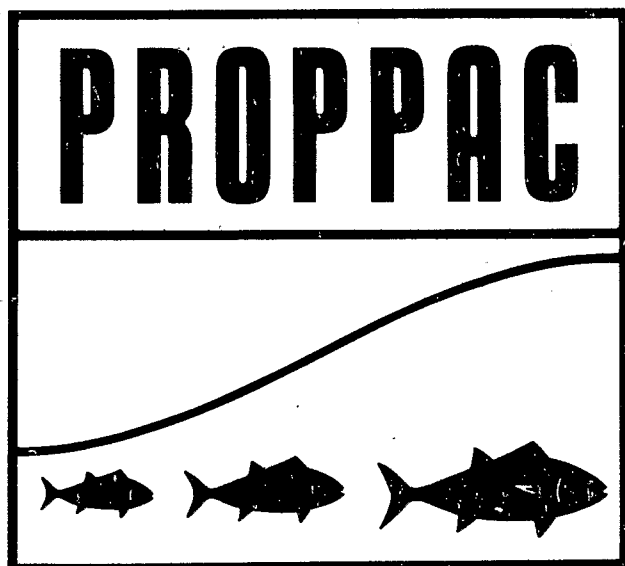
Rapport de la campagne
PROPPAC 02 du N.O. "CORIOLIS"
27 mars - 27 avril 1988

Jean BLANCHOT

Robert LE BORGNE

Aubert LE BOUTELLER

Marie-Hélène RADENAC



F 25607

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

ORSTOM

Centre de Nouméa

RAPPORT DE LA CAMPAGNE PROPPAC 02 DU N.O. CORIOLIS

(27 mars - 27 avril 1988)

J. BLANCHOT, R. LE BORGNE, A. LE BOUTEILLER & M.H. RADENAC
Centre ORSTOM de Nouméa B.P. A5 Nouméa cédex -
Nouvelle-Calédonie

I OBJECTIF DES CAMPAGNES PROPPAC.

La campagne PROPPAC 02 du N.O. CORIOLIS est la seconde des quatre campagnes prévues dans le programme PROPPAC, dont le thème général est l'étude des relations liant l'hydrologie et la biomasse/production planctonique dans le Pacifique occidental. PROPPAC comprend deux types de campagnes à la mer : une participation aux deux campagnes annuelles SURTROPAC (du Groupe SURTROPAC de l'ORSTOM/Nouméa) avec des stations de courte durée, d'une part et la réalisation de campagnes PROPPAC, d'autre part, consistant en une radiale et un point fixe. La position de ce dernier est choisie à la fin de la radiale, chaque point fixe représentant une situation "type" et permettant les mesures de paramètres qui ne peuvent être faites au cours des stations de 3 h des radiales. Les thèmes suivants sont considérés aux points fixes :

- étude de la variabilité à court-terme des paramètres hydrologiques et biologiques, du type ondes internes ou migrations nyctémérales du zooplancton.
- description de la distribution verticale de ces mêmes paramètres et étude de leurs relations. Un cas particulier de cette rubrique est celui de la relation existant entre les valeurs de surface et les valeurs intégrées.
- mesures ou évaluations des productions primaire et zooplanctonique, nécessitant l'immobilisation du navire et l'acquisition de nombreux paramètres. L'objectif est de déterminer les rapport P/B et de déterminer leurs facteurs de variation, en particulier d'origine hydrologique (advection, mélanges).
- description de la structure dimensionnelle des réseaux trophiques pélagiques, qui conditionne à la fois la valeur des taux de production et le rendement écologique du système.

II PLAN DE LA CAMPAGNE PROPPAC 02 (fig. 1)

La campagne a comporté deux phases :

(1) La radiale préliminaire (28 mars - 8 avril) a permis de décrire la situation océanographique le long du méridien 165° E, de 20° S à 6° N, à une période intermédiaire, entre celles de janvier 1988 (SURTROPAC 9) et juillet 1988 (SURTROPAC 10). Il était intéressant en particulier de savoir si la situation de type "El Niño" qui avait été observée en septembre 87 (PROPPAC 01) de fin "El Niño" en janvier 1988 (SURTROPAC 09) persistait. En outre, les résultats de la radiale ont permis de choisir la position de la station de 8 jours, représentative d'une structure hydrologique caractéristique. A PROPPAC 2, il s'est agi de l'upwelling équatorial. Les stations de la radiale comprenaient les opérations suivantes :

- météo complète
- un profil de courant 0-600 m avec un profileur TAREQ et deux courantomètres Aanderaa
- un trait de sonde CTD 0-1000 m
- des prélèvements à la rosette à 12 niveaux, avec mesures de : nitrate et nitrite (haute-sensibilité), phosphate, oxygène (pour calibration de la sonde), azote et phosphore organique dissous, ATP (adénosine tri-phosphate), examens du picó et du nanoplankton, (cyanobactéries et microalgues) chlorophylle a, b et c (de différentes classes de taille), carbone, azote et phosphore particulaires.
- un profil de pénétration de la lumière (aux stations ayant lieu de jour)
- mesures de production primaire en "in-situ" simulé
- mesures de poids sec, matière organique, azote et phosphore zooplanctoniques, prélèvements pour identifications, à partir de traits de filet WP-2 (0-500 m) et 35 µm (0-200 m).

(2) La station en dérive de 8 jours (13/4 au 20/4) a débuté à l'équateur sur 168° E et a consisté en un suivi de la bouée de la chaîne à thermistances. Ces dernières étaient placées le long d'une ligne de 250 m de long, entre 60 m de profondeur et 160 m, donc à la fois dans le courant sud-équatorial et le sous-courant de Cromwell. Les mesures étaient enregistrées toutes les 2 mn et n'ont porté que sur les trois premiers jours. En effet, la deuxième série de mesures, consécutive au changement des piles, a été perdue le dernier jour, en même temps que l'ensemble du mouillage. Néanmoins, ce dernier a pu être suivi pendant près de 8 jours et n'a dérivé que de 50 milles (fig. 14) dans une zone de forts courants. Ceci a été rendu possible grâce à une "drogue" parachutée, immergée dans le courant superficiel et qui permettait d'équilibrer l'influence du sous-courant sur la partie inférieure du mouillage.

Chaque jour, les opérations suivantes étaient faites à proximité immédiate du mouillage de la chaîne à thermistances (à l'exception de la station de 5.30 h qui avait lieu à 3 milles environ) :

- météo, toutes les 3 h.
- sonde 0-1000 m et profil de courants de 0 à 600 m toutes les 6 h.

- prélèvements à la rosette de bouteilles de 5 L. à 5.30 h, 12.00 h et 18.30 h (heure locale) pour les mesures de nitrate et nitrite (haute sensibilité), phosphate, carbone, azote, phosphore particulaire*, ATP**, chlorophylle a, prélèvements* pour comptages de cyanobactéries et microalgues en microscopie en épifluorescence.

(* matin, seulement ** matin et soir).

- mise à l'eau de deux lignes de production primaire, une fois par jour de 7.00 h à 17.00 h avec mesures d'incorporation de ^{14}C , ^{15}N , variations des concentrations en pigments chlorophylliens et effectifs de microalgues et cyanobactéries, et production d'oxygène. La première ligne supportait des flacons remplis à bord du bateau et la seconde, de bouteilles transparentes dont la fermeture était déclenchée du bord par messenger.

- un profil vertical de zooplacton (35-200 μm et $> 200 \mu\text{m}$) et des prélèvements pour l'étude de la répartition des particules en classes de tailles (C, N, P particulières, ATP, comptages microscopiques, pigments chlorophylliens a, b et c pour les fractions <1 , <3 et $<35 \mu\text{m}$) avec deux bouteilles Niskin de 30 L, associées. Ces prélèvements ont eu lieu le matin de 7.00 h à 8.30 h et le soir (une fois).

- un profil d'atténuation de la lumière, en milieu de journée, avec enregistrement quotidien de la lumière incidente.

- des prélèvements de zooplancton le matin et la nuit dans les couches 0-500, 0-200 m et 0-100 m pour les fractions de tailles 200-2000 μm , et 35-200 μm . Mesures de poids sec, poids sec sans cendre, composition élémentaire, respiration, excrétion (NH_4 , PO_4 , azote et phosphore totaux).

Le tableau 1 récapitule le nombre d'analyses et de mesures effectuées sur la radiale et au point fixe.

III EQUIPE SCIENTIFIQUE

10 scientifiques de l'ORSTOM embarquaient :

- océanographie physique :

Michel NEDELEC, électronicien
Jean-Yves PANCHE, électronicien
Marie-Hélène RADENAC, chercheur

- chimie :

Sylvain BONNET, technicien
Philippe GERARD, technicien

- production primaire - matériel particulière :

Jean BLANCHOT, chercheur
Aubert LE BOUTEILLER, chercheur
Henri WALICO, technicien

- production secondaire :

William DE BROUWER, technicien
Robert LE BORGNE, chercheur, Chef de mission.

IV RESULTATS PRELIMINAIRES

Rédigé un mois après le retour de campagne, ce rapport ne présente qu'une partie des résultats qui ont pu être obtenus rapidement. De ce fait, certains peuvent apparaître sous-représentés, ce qui est le cas des mesures de production au point fixe ou des données de la chaîne à thermistances, dont le traitement informatique n'a pu encore être fait en raison du changement de système, en cours au Centre ORSTOM de Nouméa.

(1.) RESULTATS DE LA RADIALE (28 mars-8 avril 1988)

1.1. Paramètres météorologiques (fig. 2, 3 et 4)

Les vents (fig. 2) n'ont jamais excédé 20 noeuds pendant la campagne. De 13°S à 2°S la direction dominante est nord ouest. De part et d'autre de cette zone, les vents soufflaient du nord est. L'absence de vents d'ouest au retour (20 au 27 avril 1988) laisse supposer que le vent de secteur ouest de l'aller n'était qu'épisodique. Les paramètres météorologiques des trajets aller et retour sont présentés sur les figures 3 et 4.

1.2. Températures (fig. 5)

La température de surface est assez élevée (>29° C au nord de 15°S et 30° vers 10°S). Un upwelling bien marqué (jusqu'à 100 m) apparaît au nord de 5S et la température de surface chute à moins de 28° C en surface.

Le sommet de la thermocline atteint 120 m au voisinage de l'équateur (60 m lors de la campagne PROPPAC 01 en octobre 1987). Un gradient important existe vers 150 m à 4°N.

1.3. Salinité (fig. 6)

La salinité est faible (<34.5‰) de 13°S à 5°S. Cette couche atteint une épaisseur de 100 m à 200 m au sud de 2°S. Au nord de 5°S l'upwelling est très marqué en salinité et de l'eau salée (35.4‰) est amenée en surface au voisinage de l'équateur.

1.4. Courants (fig. 7 et 8)

Depuis la dernière campagne PROPPAC, la branche nord du

courant sud équatorial (CSE) s'est réinstallée. Le transport vers l'ouest est assez fort et on note un courant atteignant 70 cm/s en surface de 5°S à 5°N. Elle est bordée au nord par le contre courant nord équatorial et au sud par le contre courant sud équatorial (CCS) ($U_{max} = 50$ cm/s). Le coeur du sous courant équatorial est situé vers 180 m et est très légèrement décalé vers le nord. Les branches nord et sud du sous courant restent centrées à 3°N et 3°S. Leurs vitesses atteignent respectivement 30 cm/s et 20 cm/s. Le courant équatorial intermédiaire est absent.

Dans la partie sud de la radiale (au sud du CCSE), on retrouve la branche sud du CSE de 14°S à 10°S, et le contre courant sud tropical vers 15°S.

La composante méridienne atteint des valeurs élevées en surface, notamment vers 15°S et 3°S (50 cm/s et -50 cm/s), à l'équateur (40 cm/s) et vers 5°N (60 cm/s).

1.5. Sels nutritifs (fig. 9 et 10)

Les coupes de nitrate (et nitrite) et de phosphate font apparaître le schéma désormais classique de la remontée des isolignes vers 10°S : alors qu'au sud de cette latitude, la teneur en $NO_3 + NO_2$ n'atteint guère que 6 $\mu\text{moles l}^{-1}$ à 160 m, au nord (de 10° S à 6° N), elle dépassera les 11 $\mu\text{moles l}^{-1}$.

Entre 8 et 10°S, on observe le dôme déjà signalé par OUDOT et WAUTHY (1976), qui peut atteindre la surface comme ce fut le cas lors de la radiale de PROPPAC 1 (septembre 1987).

Mais le phénomène majeur est l'existence de l'upwelling équatorial entre 3°S et 5°N (soit sur une distance de plus de 900 km) caractérisé par des concentrations en surface de nitrate et phosphate supérieures à 0.2 et 0.1 $\mu\text{moles l}^{-1}$, respectivement et dépassant 3 $\mu\text{moles l}^{-1}$ de N- NO_3 à 0° et 2° S. Depuis que les sels nutritifs sont dosés lors des radiales SURTROPAC (janvier 85) ou PROPPAC (septembre 87), c'est la première fois que des concentrations dépassent 0.5 μmoles de N- NO_3 , sont observées en surface, contrairement à la période allant de novembre 65 à août 76 (campagnes BORA, CYCLONE, EPONITE, FOC, MINEPO du N.O. CORIOLIS) pendant laquelle elles l'ont été 12 fois sur 15.

1.6. Chlorophylle a (fig. 11)

La distribution de la chlorophylle a le long de la radiale (fig. 11) montre deux zones d'enrichissement : l'une vers 10° S au niveau de la remontée de la thermocline (voir fig. 5), l'autre centrée sur l'équateur. A la richesse en sels nutritifs de l'upwelling équatorial correspond une biomasse phytoplanctonique relativement plus élevée, quoique fort modeste, paradoxalement. Ainsi, la concentration de la chlorophylle de surface n'est que de 0,20 mg. m^{-3} en moyenne (valeur calculée sur 32 mesures dans des eaux riches en nitrate).

Un autre trait caractéristique de cette radiale est constitué par la présence de cyanophycées du genre *Oscillatoria* (alias *Trichodesmium*) rencontrées de manière quasi continue de 17° S à 8° S, soit sur toute l'épaisseur de la couche euphotique, soit dans la cou-

che de surface seulement (trainées visibles sur l'eau à 13° S). Les profils de chlorophylle présentent alors deux pics, l'un en surface et l'autre à la profondeur habituelle au sommet de la nitracline, le premier pouvant égaler ou même largement dépasser le second. Une mer très calme et des eaux chaudes ($T > 28^{\circ} \text{C}$) semblent être deux des conditions qui ont favorisé le développement de ces algues.

La distribution par taille de la chlorophylle a été étudiée pour vérifier les résultats précédents et confirmer la relation très forte établie entre structure de taille et présence/absence de nitrate.

Les résultats sont ceux attendus :

- couche homogène épuisée en nitrate ($\text{NO}_3 < 0,02$ micromole) ; $\text{Chla} < 1 \mu\text{m} = 60\%$ de la chlorophylle totale en moyenne. Une exception cependant : les échantillons qui contiennent des *Oscillatoria*, grandes cellules riches en chlorophylle retenues sur le filtre de $1 \mu\text{m}$.

- sommet de la nitracline : $\text{Chla} < 1 \mu\text{m} = \text{Chla} > 1 \mu\text{m}$

- au dessous du pic de chlorophylle : $\text{Chla} < 1 \mu\text{m} \approx 35 \%$

- couche de surface riche en nitrate : $\text{Chla} < 1 \mu\text{m} = 41 \%$ en moyenne.

Le filtre Nucléopore de $1 \mu\text{m}$ de porosité semble donc discriminer au mieux les petites cellules phytoplanctoniques très nombreuses dans les eaux épuisées en nitrate de celles, plus grandes, dont la biomasse domine dans la nitracline profonde ou dans les eaux de surface riches en nitrate. Les comptages au microscope en épifluorescence montrent que les cyanobactéries appartiennent presque toutes à la fraction inférieure à $1 \mu\text{m}$ tandis que les microalgues eucaryotes sont en majorité retenues sur le filtre de $1 \mu\text{m}$ (voir ci-dessous). La comparaison entre structure de taille de la chlorophylle et comptage de cellules phytoplanctoniques permet de suggérer que la biomasse chlorophyllienne des cyanobactéries serait majoritaire dans les eaux oligotrophes épuisées en sels nutritifs alors que la chlorophylle des cellules eucaryotes dominerait dans les eaux riches en nitrate.

Ce résultat est confirmé par les analyses de pigments au spectrophotomètre (méthode de JEFFREY & HUMPHREY, 1975) : le taux de chlorophylle b des fractions supérieures à $1 \mu\text{m}$ et à $3 \mu\text{m}$ est nettement supérieur à celui mesuré sur la fraction totale (fig. 12). Or seules les cellules eucaryotes sont connues aujourd'hui pour contenir de la chlorophylle b.

1.7. Zooplancton (fig. 13)

Contrairement à la radiale SURTROPAC 09 (janvier 1988), qui ne présente que peu de variation du poids sec du mésozooplancton (WP2) en fonction de la latitude, celle de PROPPAC 2 présente un enrichissement équatorial très marqué entre 3°S et 2°N , correspondant à celui des sels nutritifs ou de la chlorophylle a. La seconde zone de biomasse élevée est celle de 10°S , associée elle aussi au dôme de sels nutritifs noté précédemment. Le poids sec moyen par mètre-carré est de 875 mg à PROPPAC 2, valeur inférieure à celles des radiales de

janvier et juillet 84 (1109 et 1209), 85 (958, 1202), 86 (1086, 1133), 87 (1051 et 1193). Il est probable que la moyenne observée à PROPPAC 02 corresponde à un retour à la "normale" après un épisode El Niño caractérisé par des valeurs faibles : 639 à PROPPAC 01 (sept. 87) 657 à SURTROPAC 09 (janvier 88).

(2) RESULTATS DE LA STATION EN DERIVE A L'EQUATEUR (12-20 AVRIL 1988)

2.1. Trajectoire de la bouée dérivante et paramètres météorologiques (fig. 14, 15 et 16).

La bouée ne s'est que peu déplacée (50 milles) au cours des 8 jours de station. La trajectoire (fig. 14) a d'abord été orientée vers l'est puis s'est infléchi vers le nord au bout de 5 jours. Les vents (fig. 15) sont restés faibles et orientés nord-est à sud-est pendant toute la station. Les paramètres météorologiques sont présentés sur la figure 16.

2.2. Température.

Les résultats correspondent avec ceux de la radiale et l'évolution en température est faible.

2.3. Courants (fig. 18)

A cause de très forts courants de surface, bon nombre de mesures n'ont pu être effectuées correctement. Peu de variations sont notées.

2.4. Sels nutritifs (fig. 19)

En huit jours d'observation, les concentrations en nitrate sont restées relativement constantes, ce qui traduit la stabilité dans le temps de l'upwelling équatorial dans l'Ouest-Pacifique.

Dans le détail, on note des valeurs stables de concentrations de sels nutritifs en surface, du début au 5ème jour (station 44), puis une légère diminution par la suite. L'évolution temporelle de la distribution verticale du nitrate de la fig. 19 présente aussi une similitude avec celle de la température (fig. 17) qu'il sera intéressant d'étudier en détail.

2.5. Chlorophylle

La distribution de la chlorophylle se caractérise par la présence d'un pic très peu marqué, situé le plus souvent à 50 m. Malgré trois échantillonnages par jour seulement, des variations nycthérales très nettes sont mises en évidence (fig. 20). Leur amplitude moyenne est de 35 %. Ces variations sont en tous points comparables à celles obtenues à l'équateur dans l'Atlantique au cours de 13 jours d'étude en point fixe à 4° W (campagne CIPREA 4, octobre 1979) : les biomasses sont les mêmes, les profils ont même allure et les maxima (en début d'après-midi) et minima (en fin de nuit) semblent aux mêmes heures. Ces variations ont une double signification : elles reflètent, d'une part une grande productivité primaire; d'autre part, elles prouvent qu'un équilibre écologique avancé est atteint par l'écosystème.

La biomasse globale du phytoplancton ne varie pas significativement du premier au huitième jour du point fixe. En revanche, elle varie beaucoup au cours du cycle diurne du fait de l'étroite imbrication entre deux processus opposés : production photosynthétique au cours de la seule journée d'un côté, grazing quasi continu nuit et jour de l'autre.

Les premiers résultats de production primaire montrent aussi une très forte productivité puisque la teneur en chlorophylle augmente de 15 à 150 % entre 20 et 80 m dans les flacons placés en incubation in situ du lever au coucher du soleil (fig. 21).

2.6. Résultats des examens microscopiques en épifluorescence.

(a) Un profil caractéristique du point fixe est présenté (fig. 22). On notera que :

- le nombre des cyanobactéries varie peu de 0 à 80 m. Il est de l'ordre de $7 \text{ à } 8.10^6$ cellules l^{-1}
- le nombre des microalgues varie du simple au triple et culmine à 80 m (3.10^6 cellules l^{-1}),
- le nombre des cyanobactéries diminue rapidement à partir de 80 m,
- le nombre des microalgues diminue également à partir de 80 m, mais reste encore important à 130 m (8.10^5 cellules l^{-1}).

Le nombre des cyanobactéries présentes dans la couche 0-80 m est du même ordre de grandeur que celui trouvé au niveau du pic d'abondance de PROPPAC 1, comme si ce dernier s'étendait à toute la colonne d'eau. Enfin, il y a une grande homogénéité qualitative de l'aspect des cyanobactéries et des microalgues. Les premières sont rondes et très brillantes, les secondes sont petites ($\ll 4 \mu m$) et brillantes de 0 à 130 m. On ne retrouve plus les différences d'aspects (brillance, taille et forme) relevées au cours de la campagne PROPPAC 1.

(b) Augmentation du nombre des cyanobactéries et des microalgues en fin d'incubation en fonction de la profondeur.

Au point fixe la comparaison des effectifs obtenus sur 9 niveaux avant et après incubation in situ destinée à la mesure de la production primaire a été faite 8 fois. Les résultats de la station 39 sont présentés ci dessous, à titre d'exemple.

Effectif en fin d'incubation \
 Effectif en début d'incubation.

Profondeur (m)	5	20	40	50	60	70	80	100	130
Cyanobactéries	1.6	1.4	1.5	1.6	1.3	0.9	1.1	1.6	nd
Microalgues	1.8	1.9	2.3	1.2	nd	1.2	0.7	0.8	nd

Il y a augmentation des effectifs des cyanobactéries sur toute la colonne d'eau. De plus, la plupart des cyanobactéries à 5, 20, 40 et 50 m sont en cours de division. Il y a augmentation du nombre des microalgues dans la couche 0-70 m et diminution au delà.

(c) Répartition du nombre des cyanobactéries et des microalgues.

Afin de montrer l'importance respective des cyanobactéries et des microalgues en fonction de la taille, des séparations par filtration et des comptages ont été fait 8 fois au point fixe. Les résultats de la station 55 sont présentés ci-dessous.

% Des effectifs des cyanobactéries (<B) et des microalgues (MA) selon la profondeur et la gamme de taille.

Profondeur (cm)	0.2 - 35 m		1 - 35 m		0.2 - 1 m	
	CB	MA	CB	MA	CB	MA
20	100	100	18	95	78	5
50	100	100	19	68	76	30
100	100	100	26	78	95	48

On remarquera que les filtrations donnent des résultats satisfaisants à 20 et 50 m mais qu'à 100 m les résultats ne le sont pas.

Quelle que soit la profondeur, la plus grande part des cyanobactéries se retrouvent dans la fraction 1-35 μm .

2.7. Zooplancton (fig. 23)

Le schéma de l'évolution temporelle des biomasses (fig. 23) fait apparaître des chevauchements entre les couches 0-100, 0-200 et 0-500 m, qui traduisent un échantillonnage défectueux, dû au cisaillement de courants à l'équateur. Ceci peut expliquer l'absence de variations nycthémerales observée pour la couche 0-100 m, contrairement au point fixe de PROPPAC 1, situé dans une structure hydrologique très différente, il est vrai.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs moyennes de poids sec par mètre carré dans les trois couches ainsi que les résultats obtenus lors du point fixe de 8 jours à PROPPAC 1 (3° N), celui de deux semaines à PROLIGO (15° S, 173° E) et d'un troisième situé à 2°30 S sur 4° W (CIPREA 1, Golfe de Guinée) dans une situation d'upwelling équatorial.

POINT FIXE	0-100 m	0-200 m	0-500 m
PROPPAC 2	1110	1384	1600
PROPPAC 1	530	708	938
PROLIGO	339	584	680
CIPREA 1	4249	-	5341

Les résultats ci-dessus ayant été obtenus en tenant compte de l'effet des variations nycthémerales, avec des méthodes rigoureusement identiques (mêmes filets, mêmes profondeurs, mêmes mesures du poids sec) et dans des zones hauturières, il est possible de les comparer.

(1) Le point fixe de PROPPAC 2 présente les valeurs les plus élevées obtenues jusqu'à présent dans le Pacifique occidental lors des campagnes de l'ORSTOM postérieures à 1981. L'upwelling équatorial en est la cause.

(2) Toutefois, les valeurs sont très inférieures à celles d'un point fixe réalisé dans la zone équatoriale du Golfe de Guinée lors de CIPREA 1 et, d'une façon générale, à toutes les valeurs observées dans la zone équatoriale de l'Atlantique oriental à 4° W (voir tableau VI de LE BORGNE et al. 1983). Une telle différence, on l'a vu en 2.5., n'apparaît pas sur les valeurs intégrées de chlorophylle.

La distribution verticale du zooplancton est superficielle et régulièrement répartie dans la couche euphotique. Ainsi, 70 % du poids sec de zooplancton de la couche 0-500 m se trouvent dans les 100 premiers mètres (contre 56 % au point fixe de PROPPAC 1) et 88 % dans les 200 premiers. Pour ce qui est de la fraction 35-200 μm (dénommée "phyto"), la distribution est encore plus superficielle, puisque 94 % du poids sec de la couche 0-200 m se trouvent dans les 100 premiers mètres. En considérant le poids sec sans cendre (matière organique) au lieu du poids sec, on obtient des pourcentages quasiment identiques car la teneur du plancton en poids sec sans cendre est la même selon que l'on considère les couches 0-100, 0-200 ou 0-500 m.

La biomasse, par ailleurs, est régulièrement répartie dans les 100 premiers mètres, à l'instar de ce que l'on observe pour les paramètres décrivant les particules (tableau ci-dessous).

Pourcentages de plancton présent dans les différentes couches /0-100 m (8 stations)

Couche	35-200 μm (1)	> 200 μm (1)	copépodes (2)
0-20 m	22	25	26
0-40 m	44	50	48
0-60 m	65	73	69
0-80 m	85	91	89

- (1) Biomasse mesurée en phosphore
 (2) effectifs

Le microplancton (35-200 μm) représente 20 % du poids sec sans cendre du mésozooplancton (< 200 μm) et 30 % du poids sec, la différence provenant de teneurs plus faibles du microplancton en matière organique. Les valeurs sont bien plus faibles que lors du point fixe de PROPPAC 1 (50 %) et sont peut être caractéristiques de zones plus riches. De la même façon, l'importance de la biomasse des organismes de la classe de taille 200-500 μm par rapport à celle de 200 à 5000 μm , est plus faible qu'à PROPPAC 1 : 24 % contre 38 %. La figure 24 reprend ces valeurs sous une forme synthétique pour trois points fixes de biomasse décroissante : PROPPAC 1, PROPPAC 2, et PROLIGO.

Enfin, le zooplancton du point fixe équatorial est riche en matière organique, ce qui s'explique par l'abondance des crustacés dans les échantillons.

En conclusion, le niveau de biomasse, sa distribution superficielle, l'importance des classes de taille supérieures et la teneur élevée en matière organique sont caractéristiques d'une zone ri-

che.

V CONCLUSIONS

PROPPAC 2 est la quatrième campagne d'une série de sept, trimestrielles, couvrant la période allant de juillet (campagne SURTROPAC 8) à janvier 1989 (SURTROPAC 11).

Les résultats obtenus lors de la radiale faite sur le méridien 165° E montrent un retour à une situation océanographique "normale" après l'épisode El Niño observé sur les radiales de juillet 87 à janvier 88. Mais, surtout, apparaît pour la première fois depuis le début des radiales bi-annuelles SURTROPAC (janvier 84), un upwelling équatorial très marqué en salinité, sels nutritifs et, dans une moindre mesure, température de surface. L'upwelling s'étend, en latitude, sur 8 degrés et il a pu être étudié pendant 8 jours lors d'une station en dérive.

Les teneurs en sels nutritifs, chlorophylle et zooplancton sont restées sensiblement les mêmes lors de cette station dont la position a peu varié. Ceci montre la stabilité de l'upwelling équatorial dans le temps. L'un des objectifs de la mission était celui de déterminer la part des apports par advection verticale, et mélange du fait de l'existence d'un fort cisaillement de courants. La perte d'une partie des données de la chaîne à thermistances et la difficulté de dresser des profils de courants rendent incertaine la réalisation de ces objectifs.

Il est intéressant de comparer les données de biomasse à celles d'autres zones. Ainsi, on observe d'étonnantes similitudes entre deux études réalisées dans l'upwelling équatorial de l'Atlantique (4° W) et du Pacifique (168° E) pour ce qui est des variations nycthémerales de la chlorophylle. Or ces variations, si elles sont générales au milieu océanique tropical, ce qui n'est pas certain, sont rarement mises en évidence, surtout du fait de la difficulté de bien échantillonner la chlorophylle lorsque ses profils de distribution présentent des pics très marqués. Ainsi, ces variations sont à peine visibles lors des 8 jours de point fixe à 3° N (PROPPAC 1) et ne sont significatives que dans la couche de surface à PIRAL (12 jours de point fixe dans la convergence nord-équatoriale, 8 et 10 jours de point fixe dans le dôme de Guinée).

Les productions de chlorophylle dans les flacons d'incubation sont elles aussi directement comparables d'un upwelling équatorial à l'autre. Elles montrent que la chlorophylle augmente plus au cours de la journée dans les flacons d'incubation que dans le milieu naturel environnant. La production primaire mesurée dans des flacons en verre ou en polycarbonate serait-elle surestimée, et par l'effet de quel processus ? Inhibition du grazing ou augmentation de la productivité par adaptation rapide à un niveau d'éclairement artificiellement fixé le long de la ligue d'incubation? Les nombreuses expérimentations menées à ce jour lors des deux premières campagnes PIRAL apportent à peu près autant d'éléments de réponses favorables à l'une et à l'autre hypothèse pour tenter de progresser dans cette voie. Nous essaierons les inhibiteurs spécifiques des eucaryotes ou des procaryotes lors de

PROPPAC 3.

Enfin, l'étude de l'importance des organismes de petite taille ($<1 \mu\text{m}$) dans la biomasse particulaire a pu être poursuivie en mesurant des différentes chlorophylle (a, b, et c) et en observant les cellules au microscope en épifluorescence. Les eaux contenant du nitrate, tant en surface qu'en profondeur, ont une proportion plus faible de procaryotes (cyanobactéries) que les eaux qui sont dépourvues de nitrate.

La biomasse du zooplancton, stable au cours de la station en dérive, est caractéristique d'une zone riche : distribution superficielle, dominance des organismes des classes de tailles supérieures, richesse en crustacés. Cependant, son niveau est très inférieur à celui que l'on observe dans l'upwelling équatorial de l'Atlantique alors que les valeurs de chlorophylle sont voisines. Y-a-t-il un contrôle du zooplancton par ses prédateurs qui soit plus important dans le Pacifique occidental que dans l'Atlantique oriental, en raison de stades d'évolution différents des écosystèmes pélagiques ?

Sonde 0-1000m (Salinité, Température, Oxygène).....	56
Profils de courants 0-600m (profileur Tareq et courantomètre Aanderaa).....	43
Chaîne à thermistances (11 niveaux).....	3j
Oxygène (méthode de Winkler).....	486
NO ₃ (Haute sensibilité).....	567
NO ₂ (Haute sensibilité).....	567
PO ₄	567
NH ₄	12
Carbone particulaire.....	147
Azote particulaire.....	147
Phosphore particulaire.....	197
Adénosine tri-phosphate (ATP).....	578
Echantillons pour comptages de cyanobactéries et microalgues.....	216
Chlorophylle <u>a</u>	992
Chlorophylle <u>b</u> , <u>c</u>	75
Mesures de production primaire (méthode à l'oxygène).....	54
Mesures de production primaire (variations de chlorophylle <u>a</u>)....	160
Mesures de production primaire (méthode au ¹⁴ C).....	144
Mesures de production primaire (méthode à ¹⁵ N)	95
Profils d'atténuation de la lumière.....	11
Poids sec de zooplancton (35-200µm).....	55
Teneur en matière organique du plancton (35-200µm).....	55
Teneur en carbone, azote, phosphore " (").....	44
Echantillons pour identification " (").....	36
Taux de respiration et d'excrétion (NH ₄ , PO ₄ , N et P total).....	21
Poids secs de zooplancton (>200µm).....	97
Teneur en matière organique du zooplancton (>200µm).....	97
Teneur en carbone, azote, phosphore " (").....	92
Echantillons pour identification " (").....	46
Taux de respiration et d'excrétion (NH ₄ , PO ₄ , N et P total).....	42
Comptages et biomasse (phosphore) par niveau (plancton >35µm)....	44
Comptages et biomasse (phosphore) par niveau (plancton ≥200µm)...	44

Tableau 1 - Récapitulatif du nombre de mesures réalisées lors de la campagne PROPPAC 2 du N.O. Coriolis.

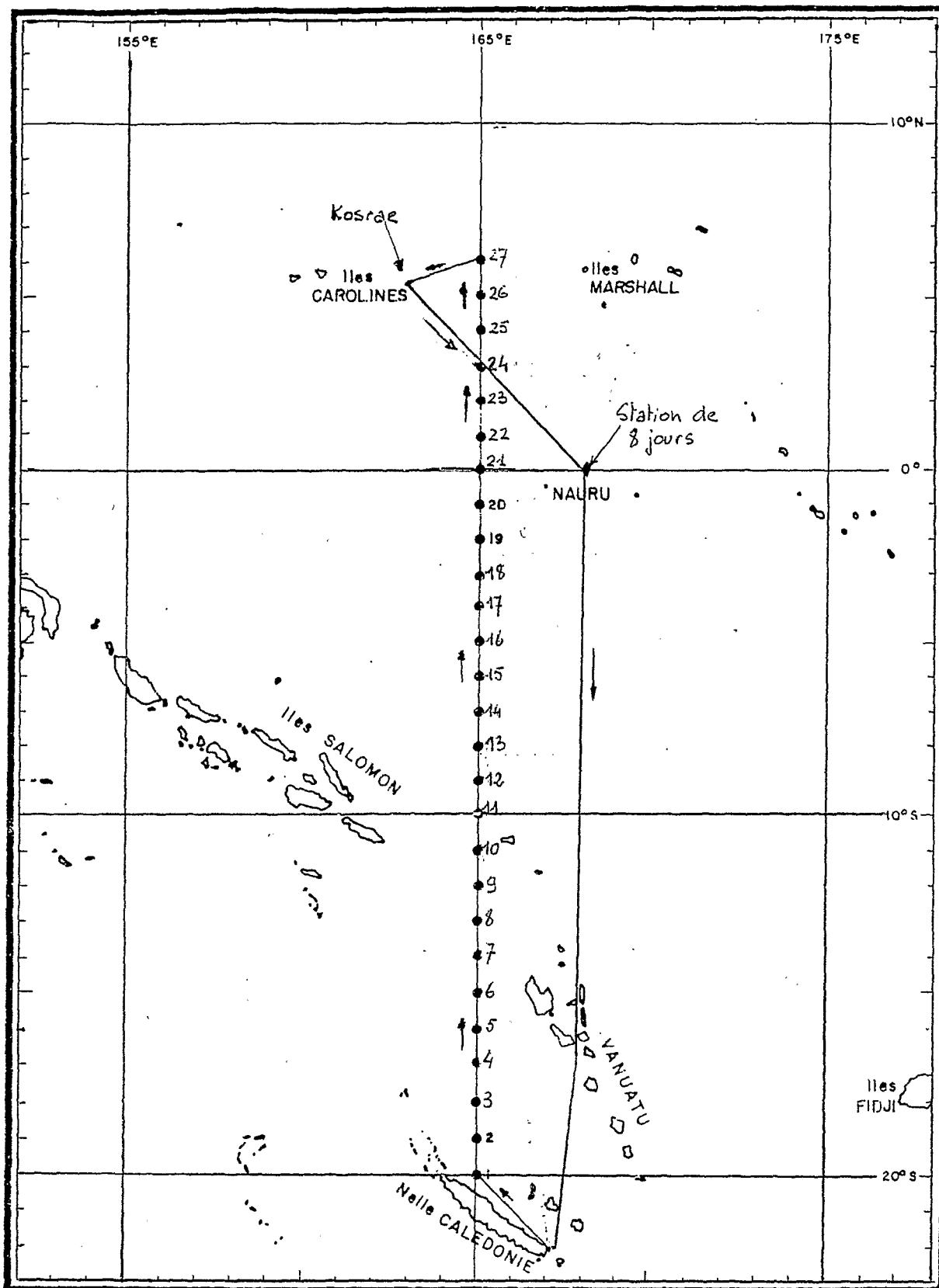


Fig. 1 - Plan de la campagne PROPPAC 2 (27 mars - 27 avril 1988)

PROPPAC 2 - VENT

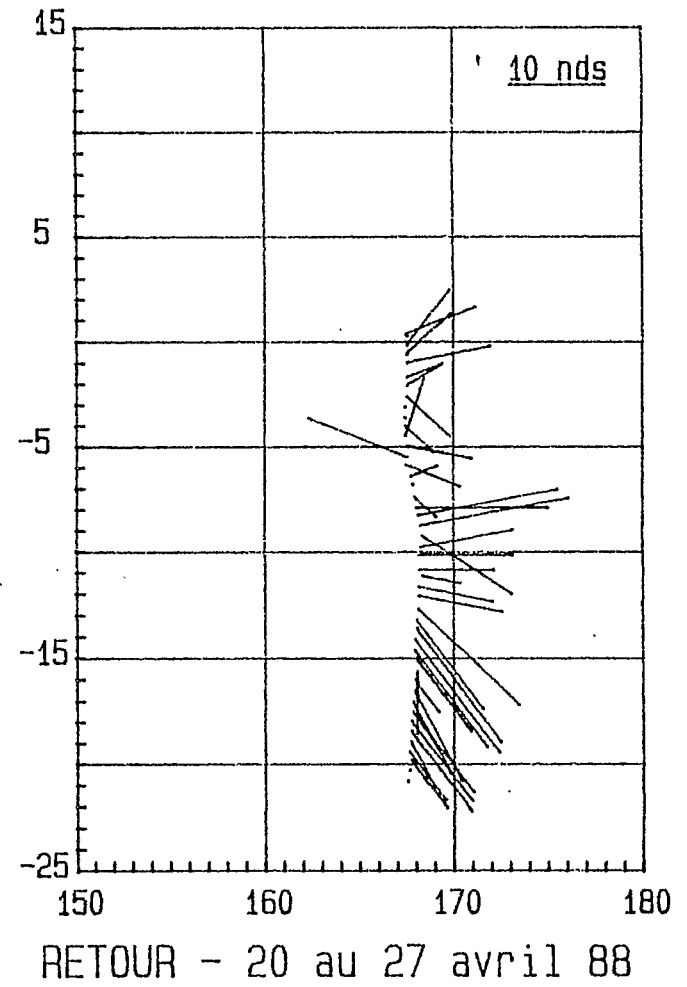
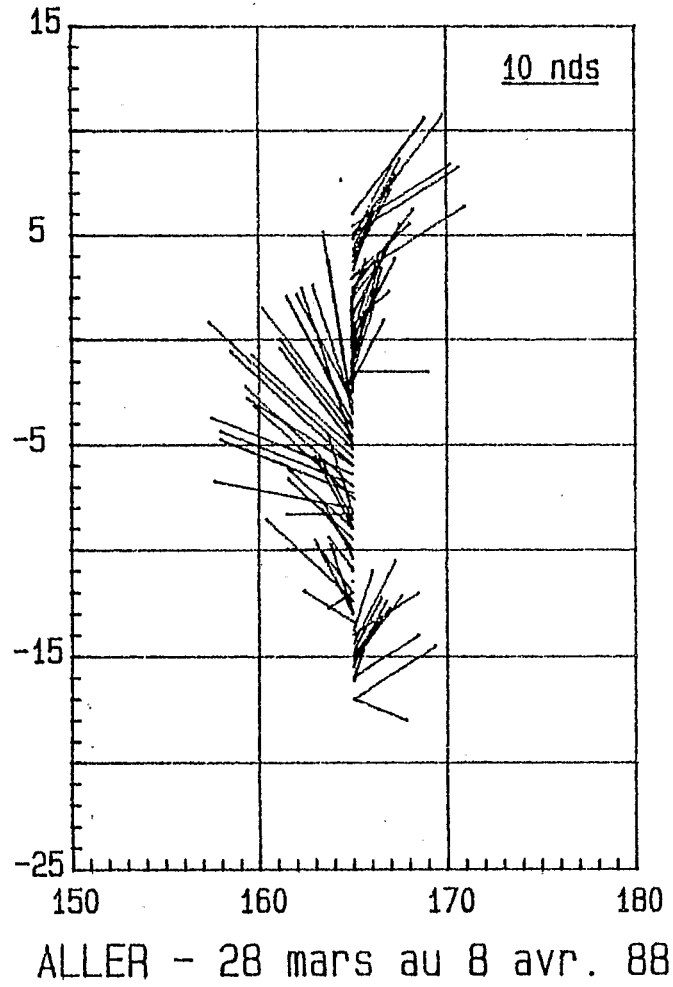


Fig. 2

Fig. 3 METEO proppac 2

28 mars au 8 avril 1988

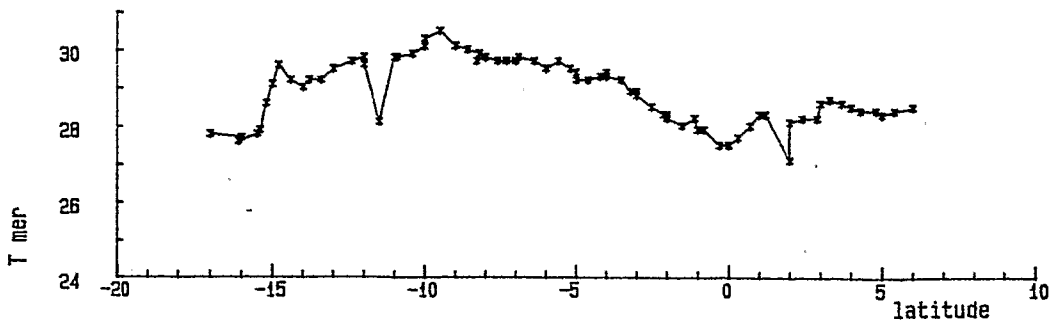
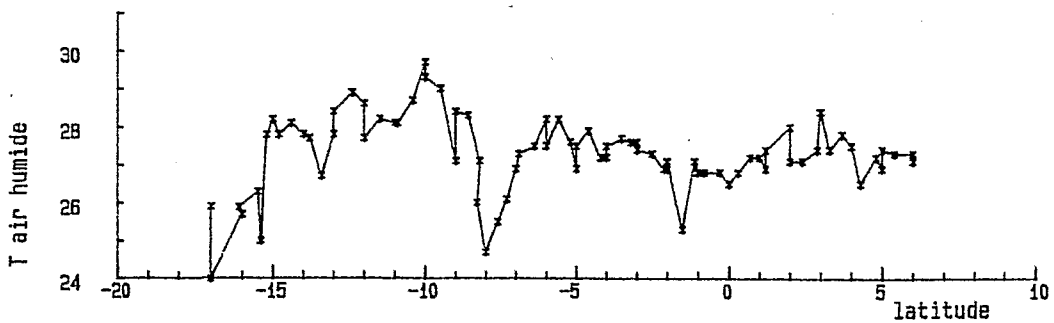
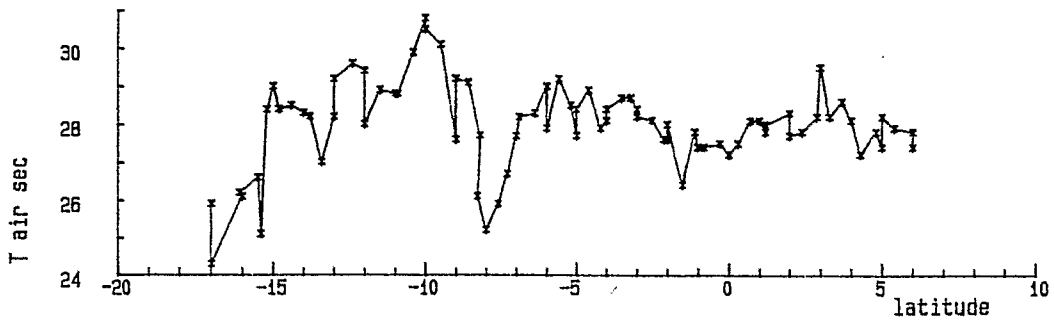
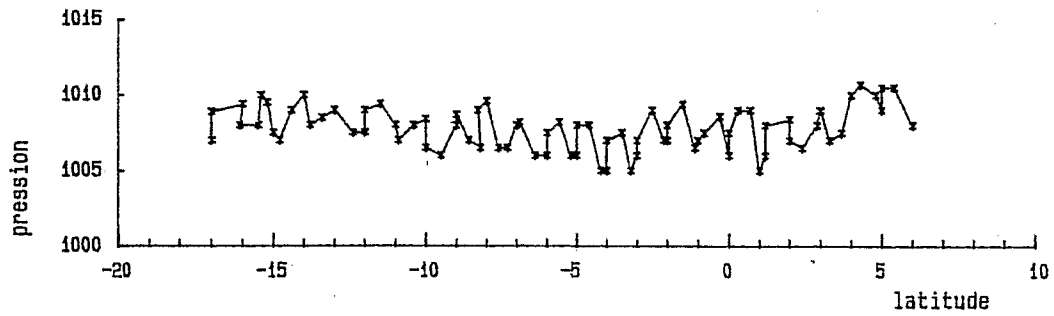
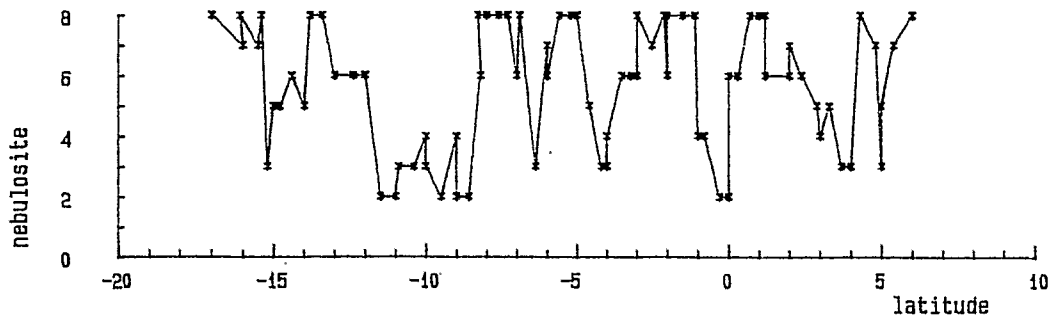
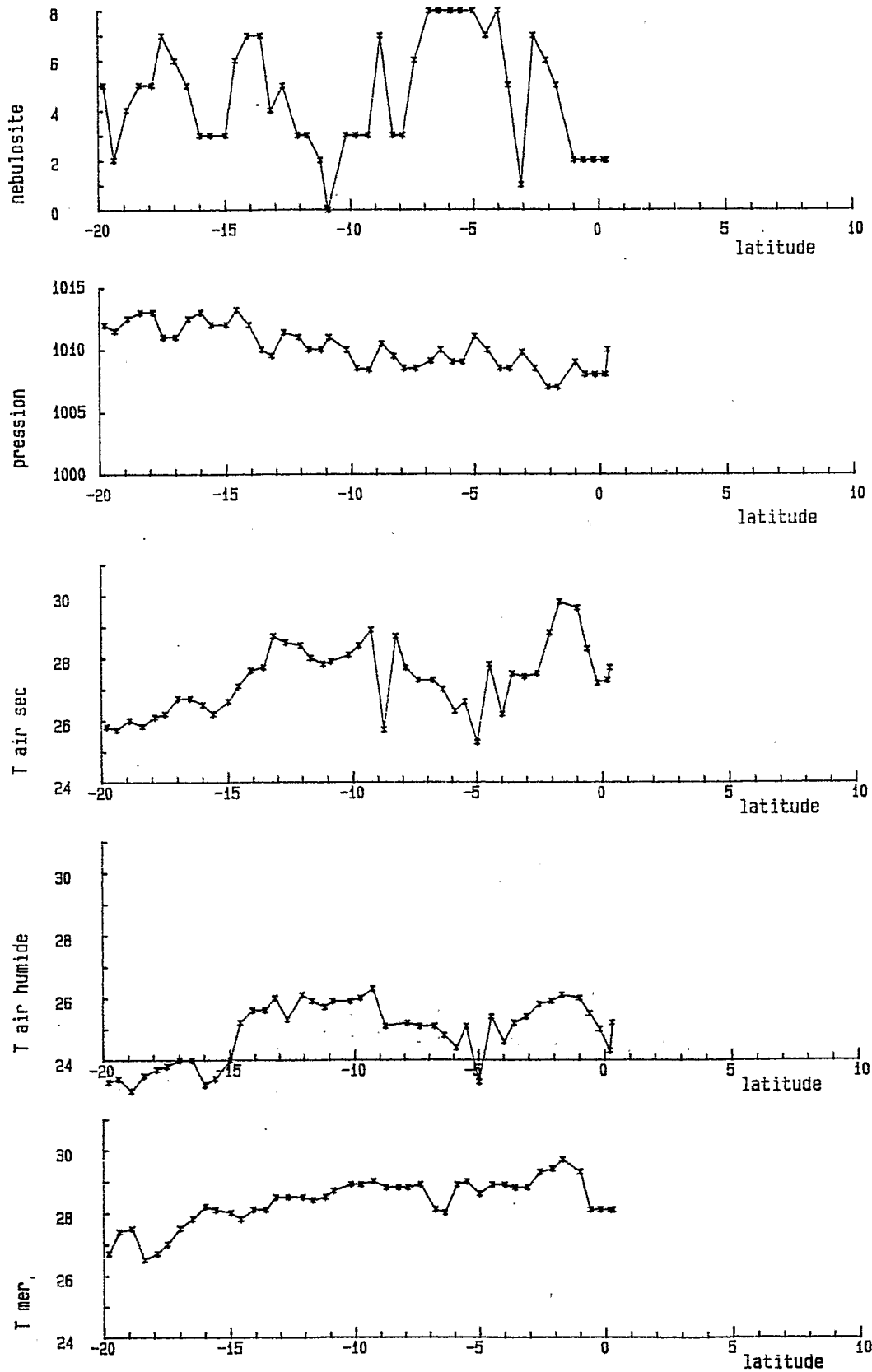


Fig. 4 METEO proppac 2

20 au 27 avril 1988



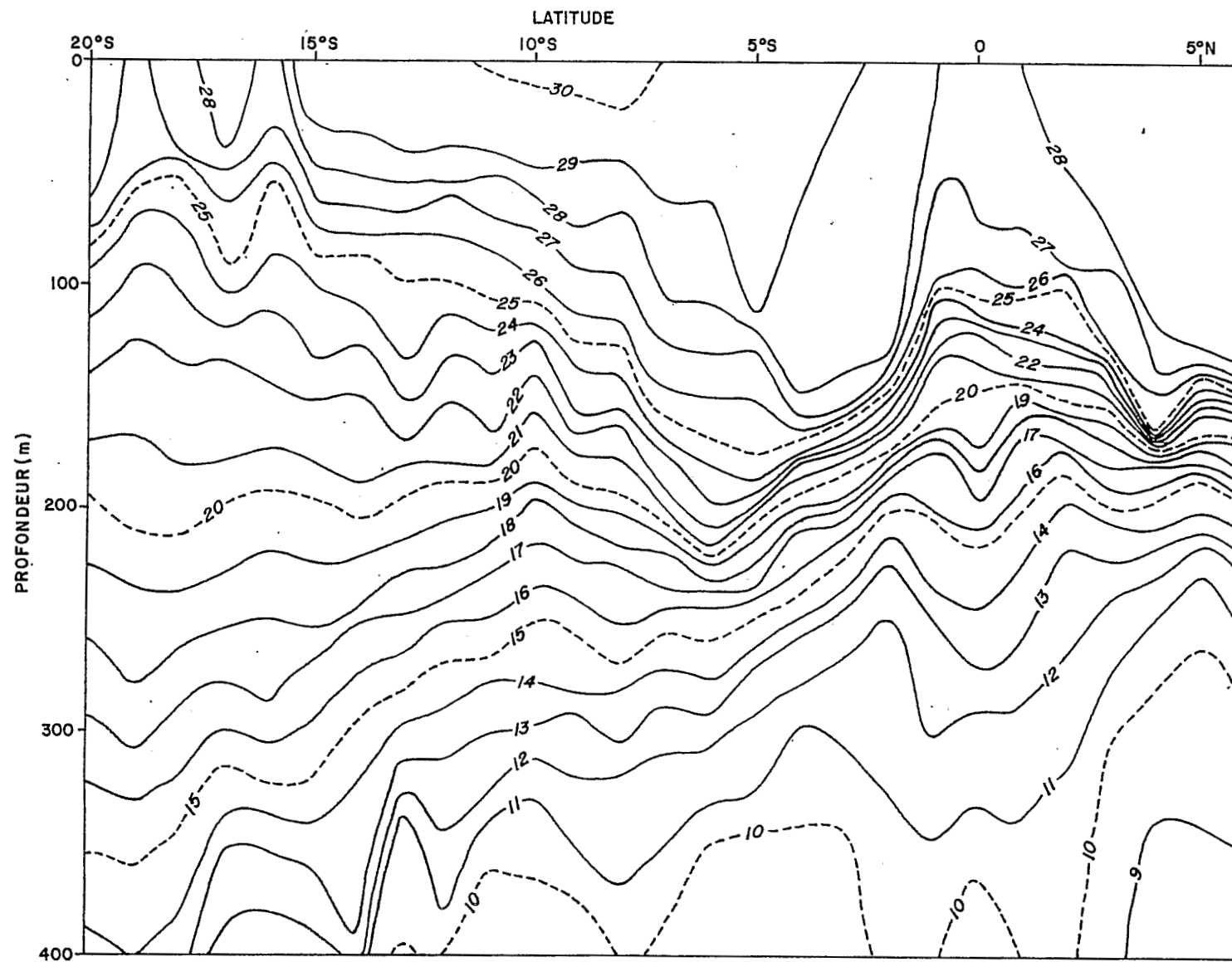


Fig. 5 - Profil de température le long de la radiale de PROPPAC 2 (165°E)

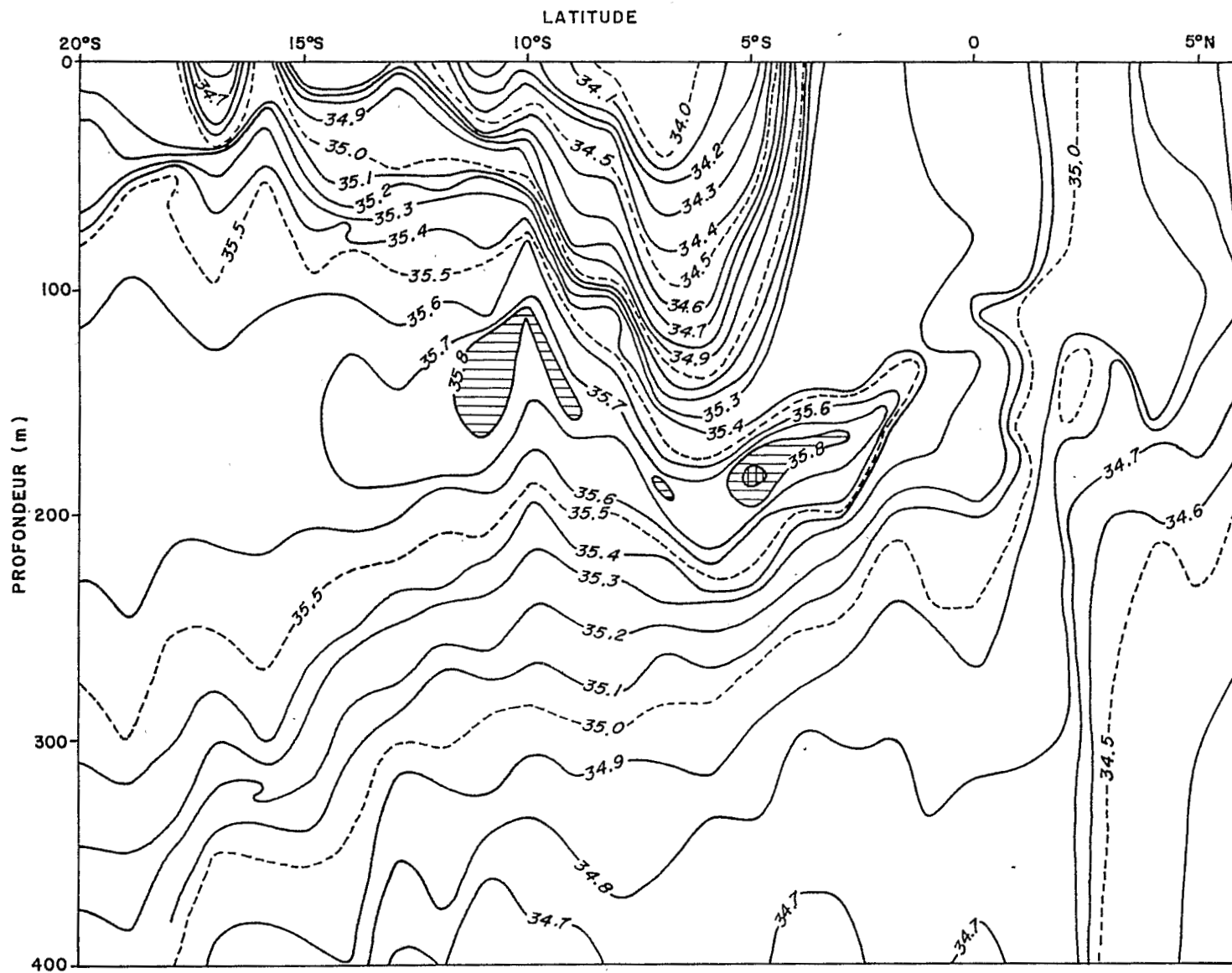


Fig. 6 - Profil de salinité le long de la radiale de PROPPAC 2 (165°E)

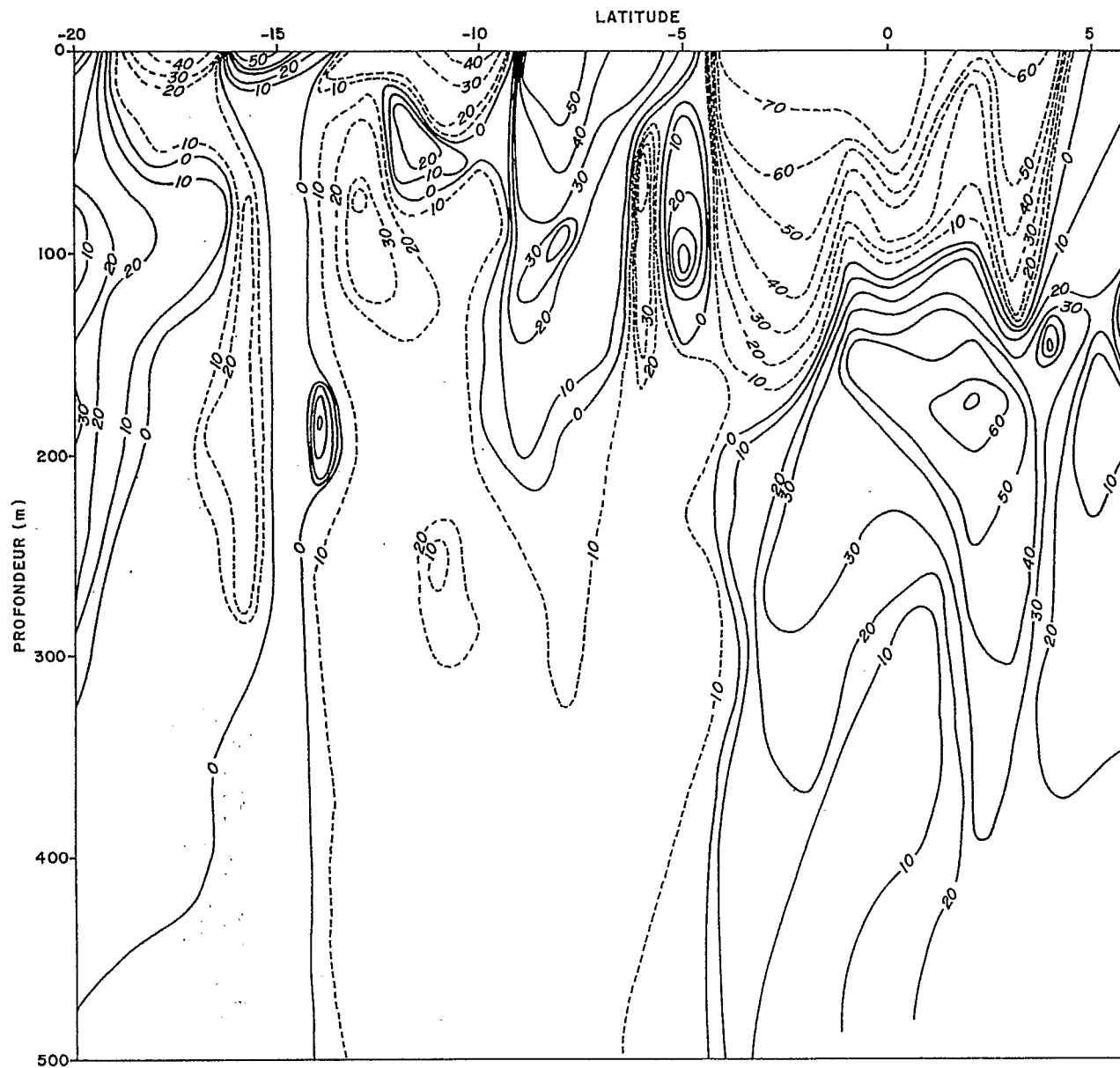


Fig. 7 - Profil de la composante zonale des courants le long de la radiale de PROPPAC 2 (165°E)

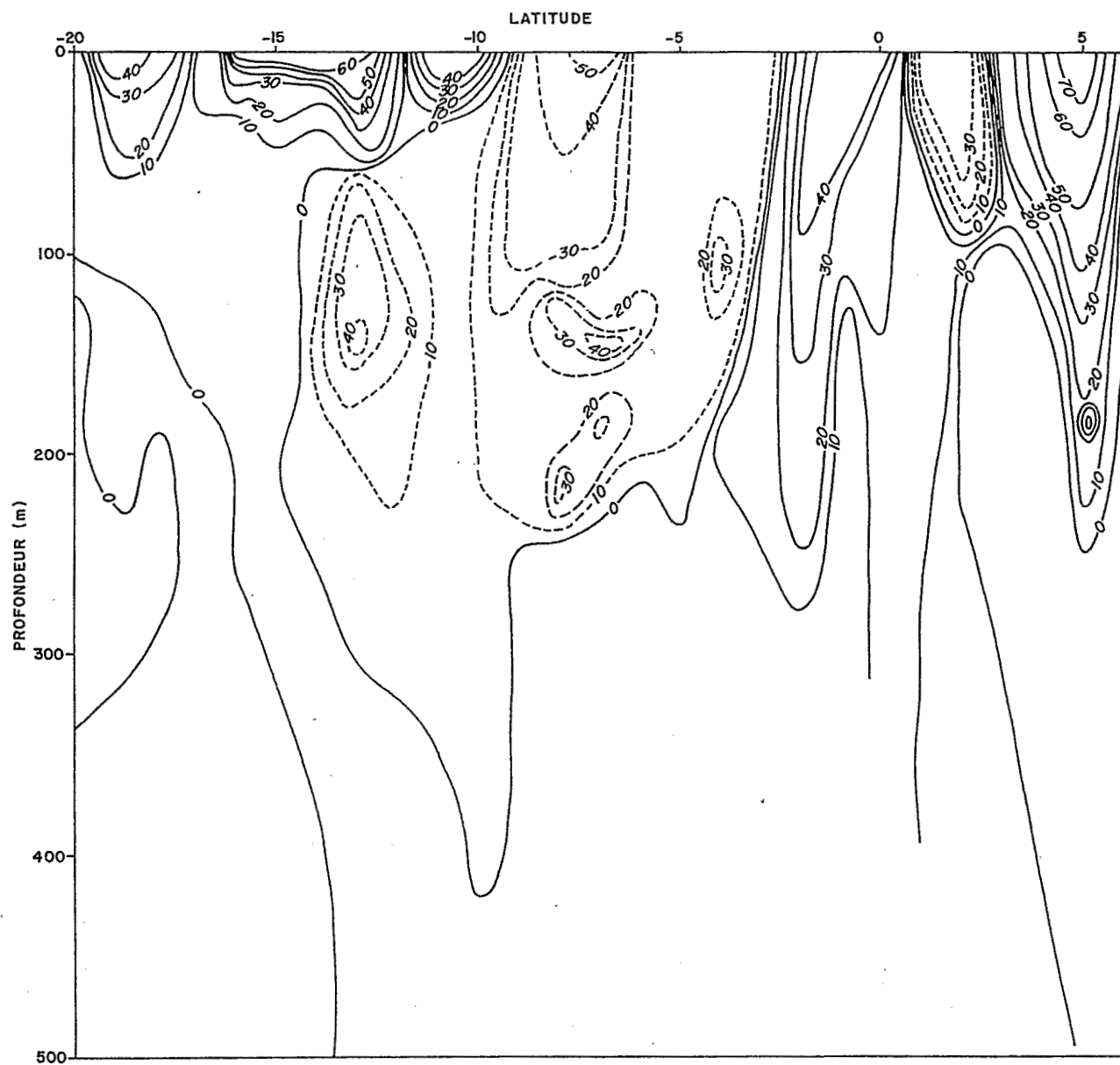


Fig. 8 - Profil de la composante méridienne des courants le long de la radiale de PROPPAC 2 (165°E)

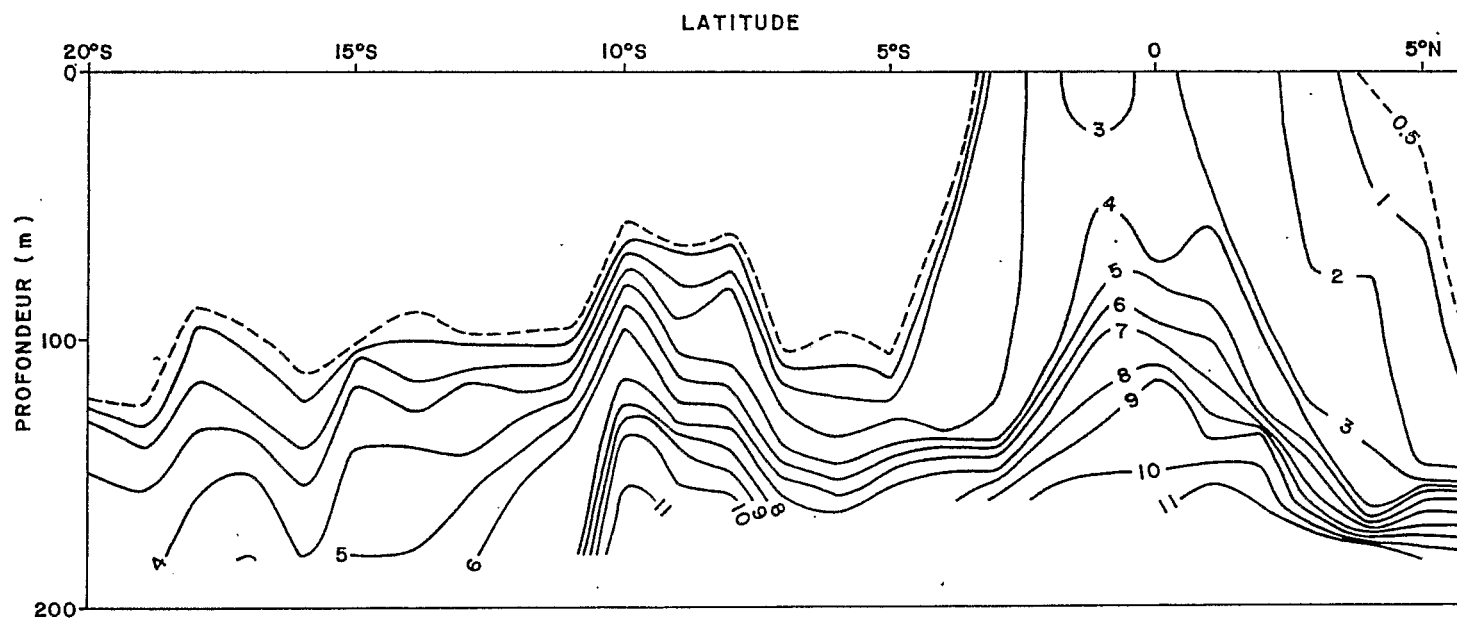


Fig. 9 - Profil de concentration en $N-NO_3$ et $N-NO_2$ ($\mu\text{mole.l}^{-1}$) le long de la radiale de PROPPAC 2 (165°E)

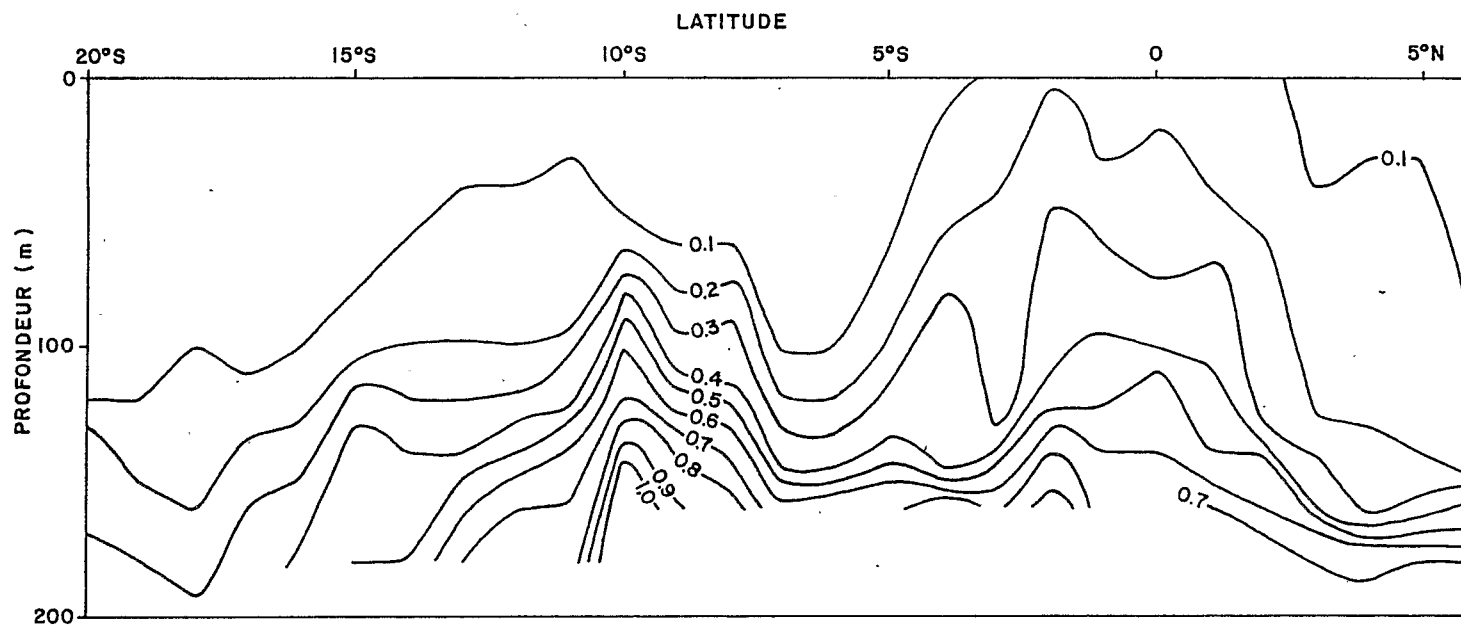


Fig. 10 - Profil de concentration de P-PO₄ ($\mu\text{mole.l}^{-1}$) le long de la radiale de PROPPAC 2 (165°E)

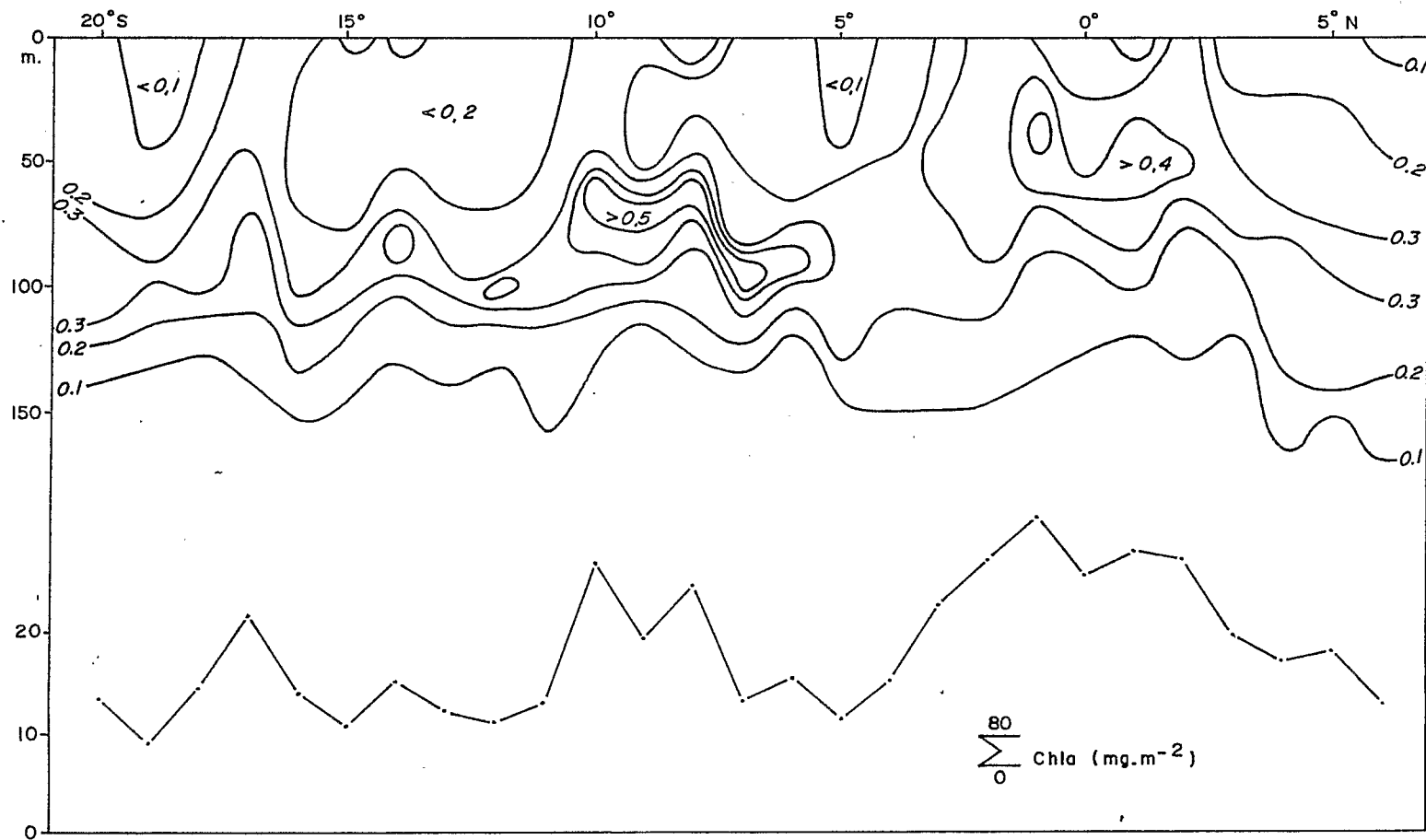


Fig. 11 - Distribution de la chlorophylle a (mg.m^{-3}) le long de la radiale 165.E.
Valeurs intégrées de la surface à 80m.

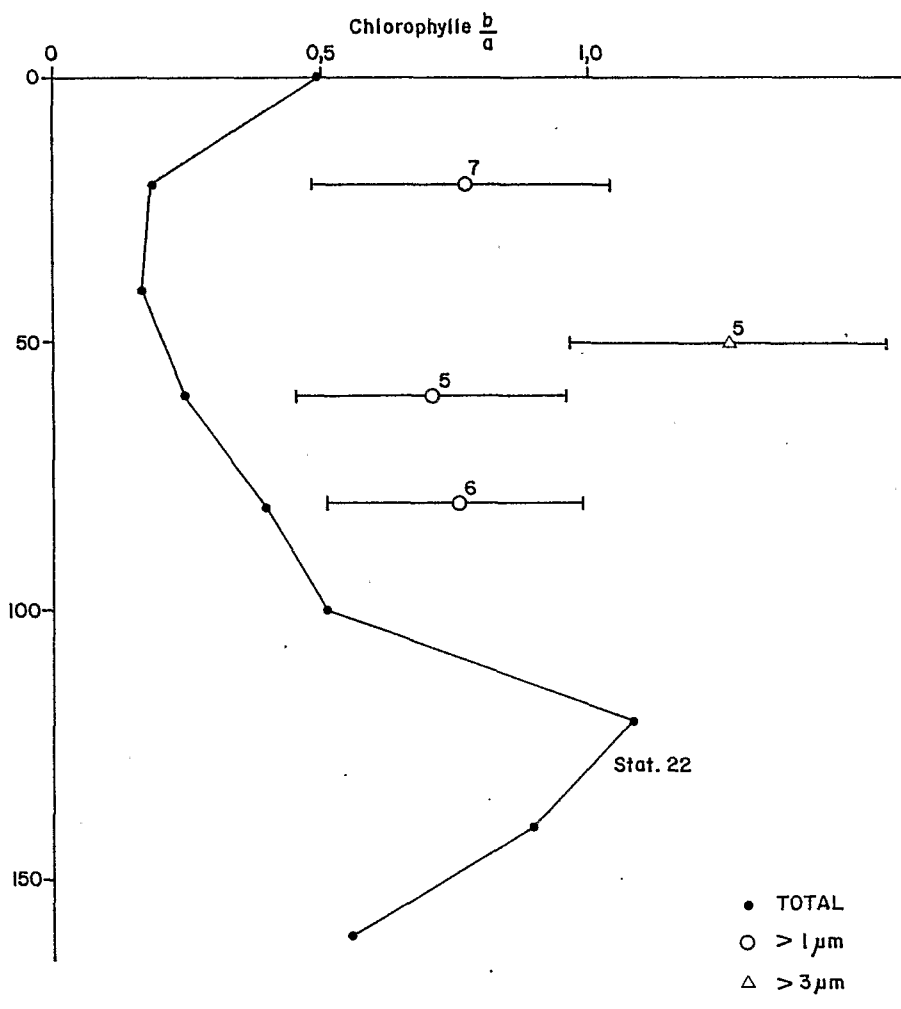


Fig. 12 - Distribution du rapport chlorophylle b/chlorophylle a dans la fraction totale à la station 22, typique. Valeurs moyennes de ce rapport dans les fractions > 1 μm et > 3 μm (les chiffres indiquent le nombre de mesures).

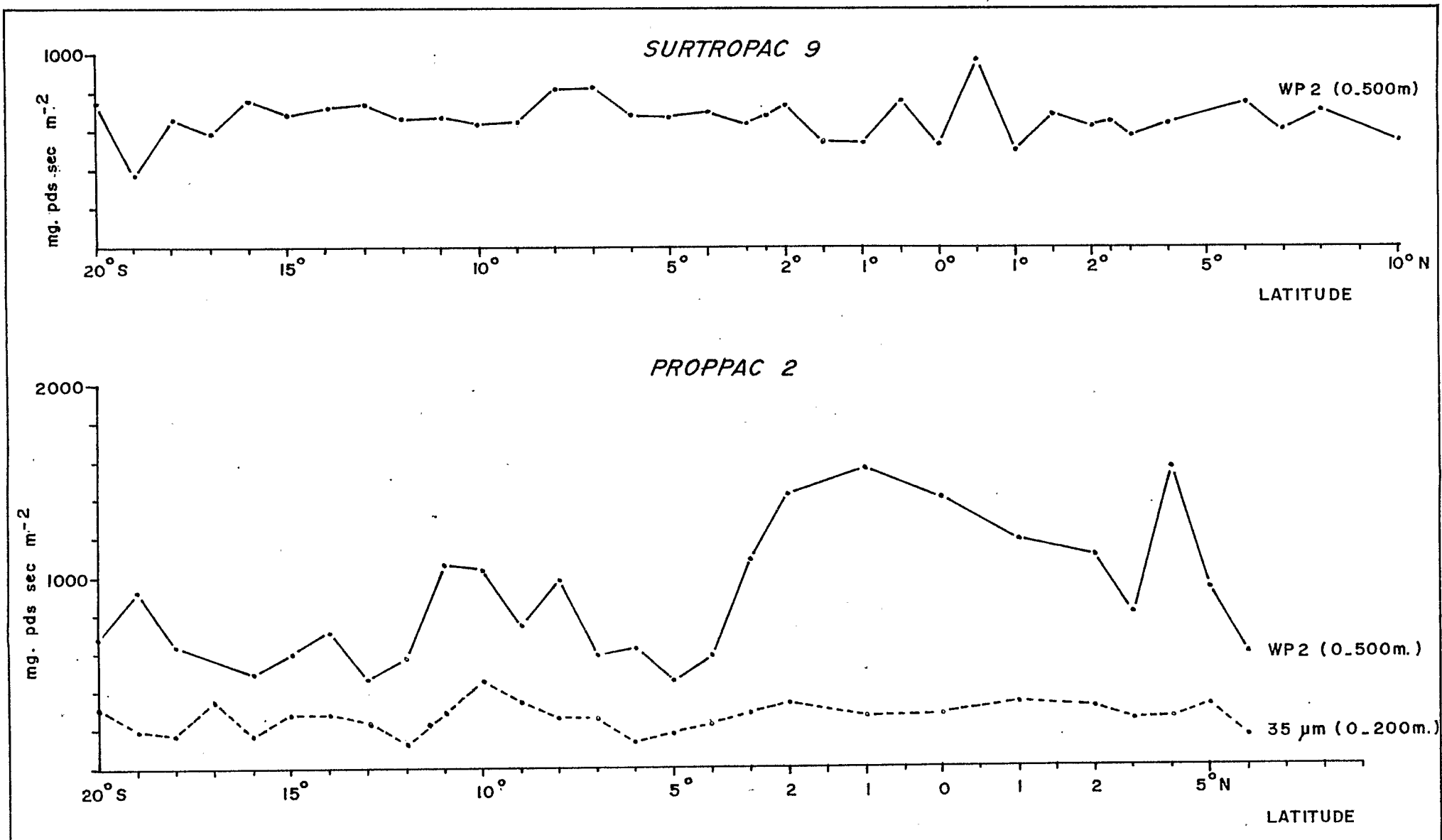


Fig. 13 - Distribution du poids sec de zooplancton le long de la radiale 165°E de SURTROPAC 09 (janvier 1988) et de PROPPAC 02 (avril 1988) (WP-2 : plancton de la classe 200-2000 μm. 35μm : classe 35-200μm).

PROPPAC 2

station en derive - 12 au 20 avril 1988

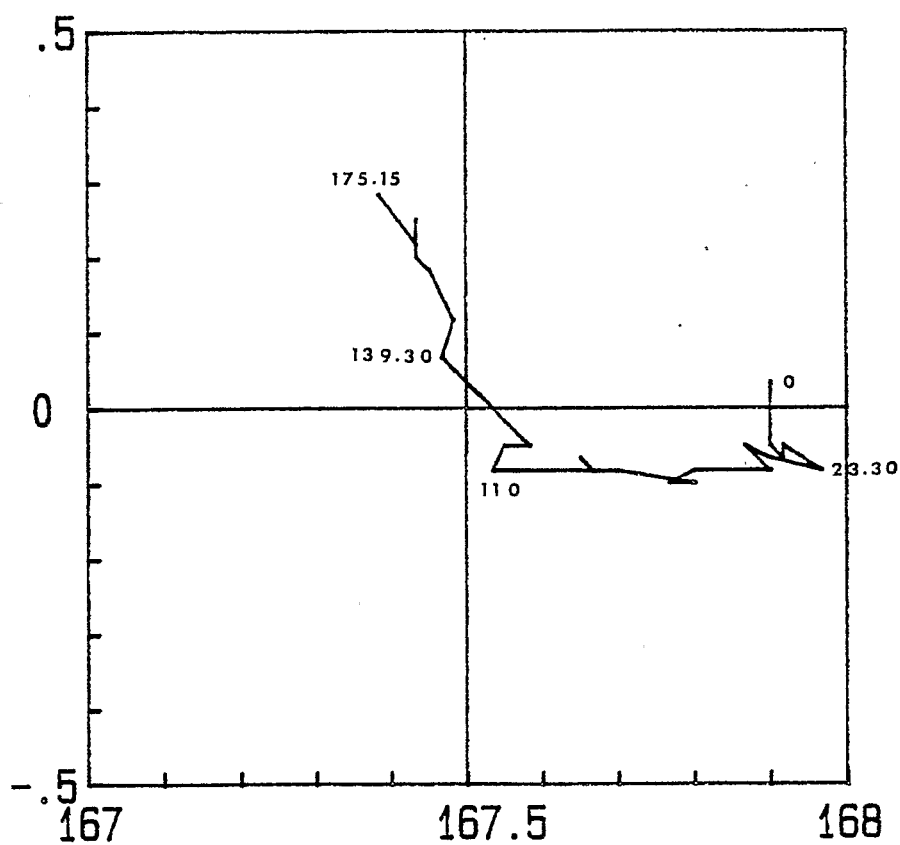


Fig. 14

PROPPAC 2 - station en derive - 12 au 20 avril 1988

evolution du vent

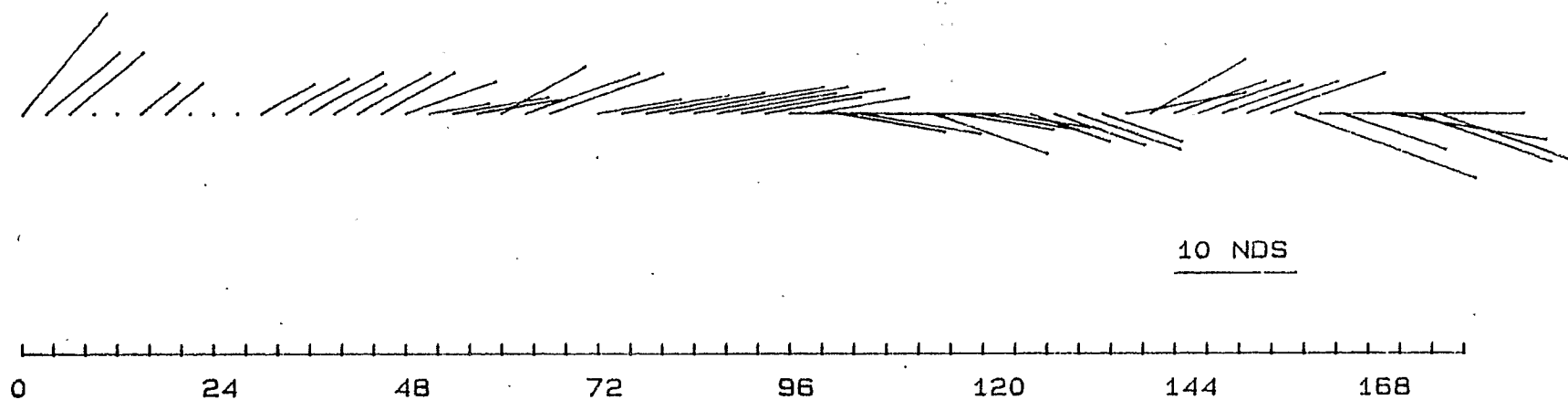
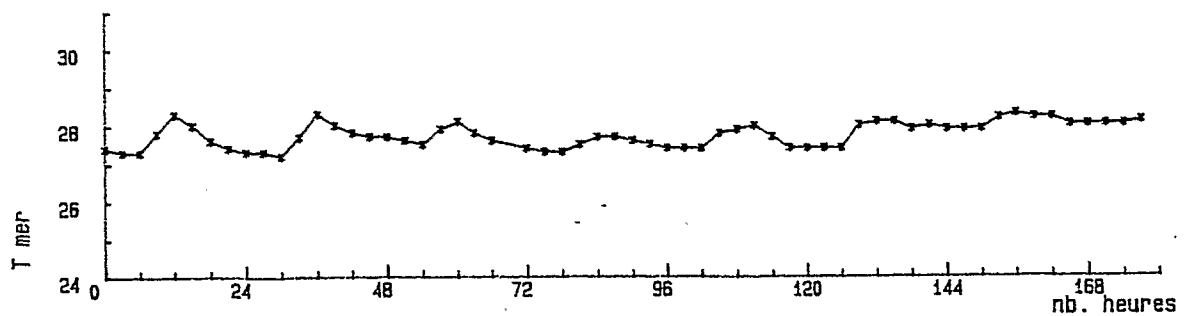
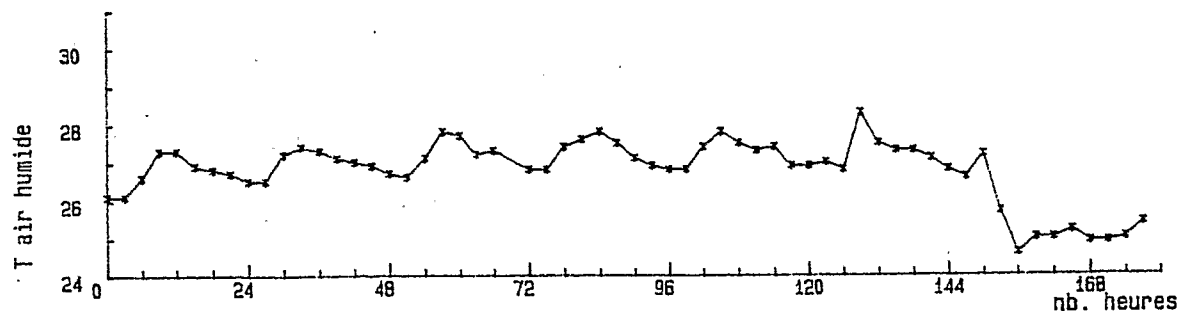
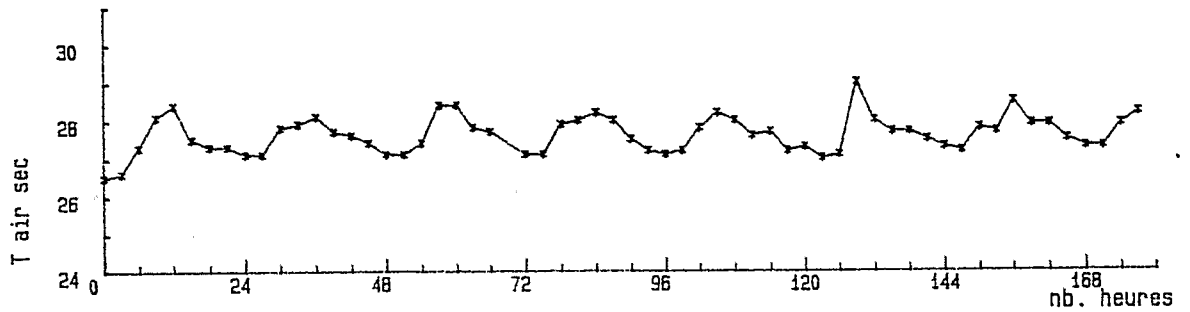
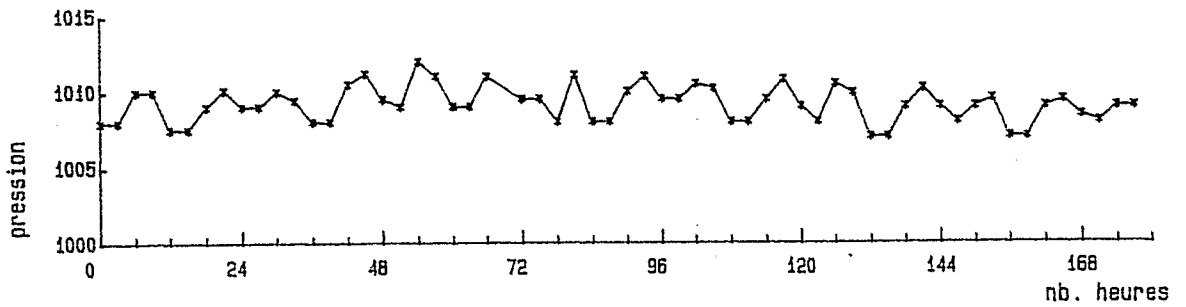
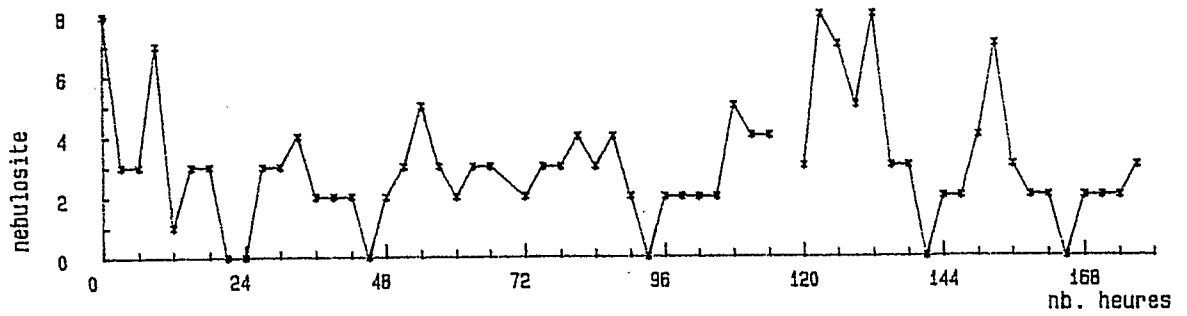


Fig. 15

Fig. 16 METEO proppac 2
12 au 20 avril 1988



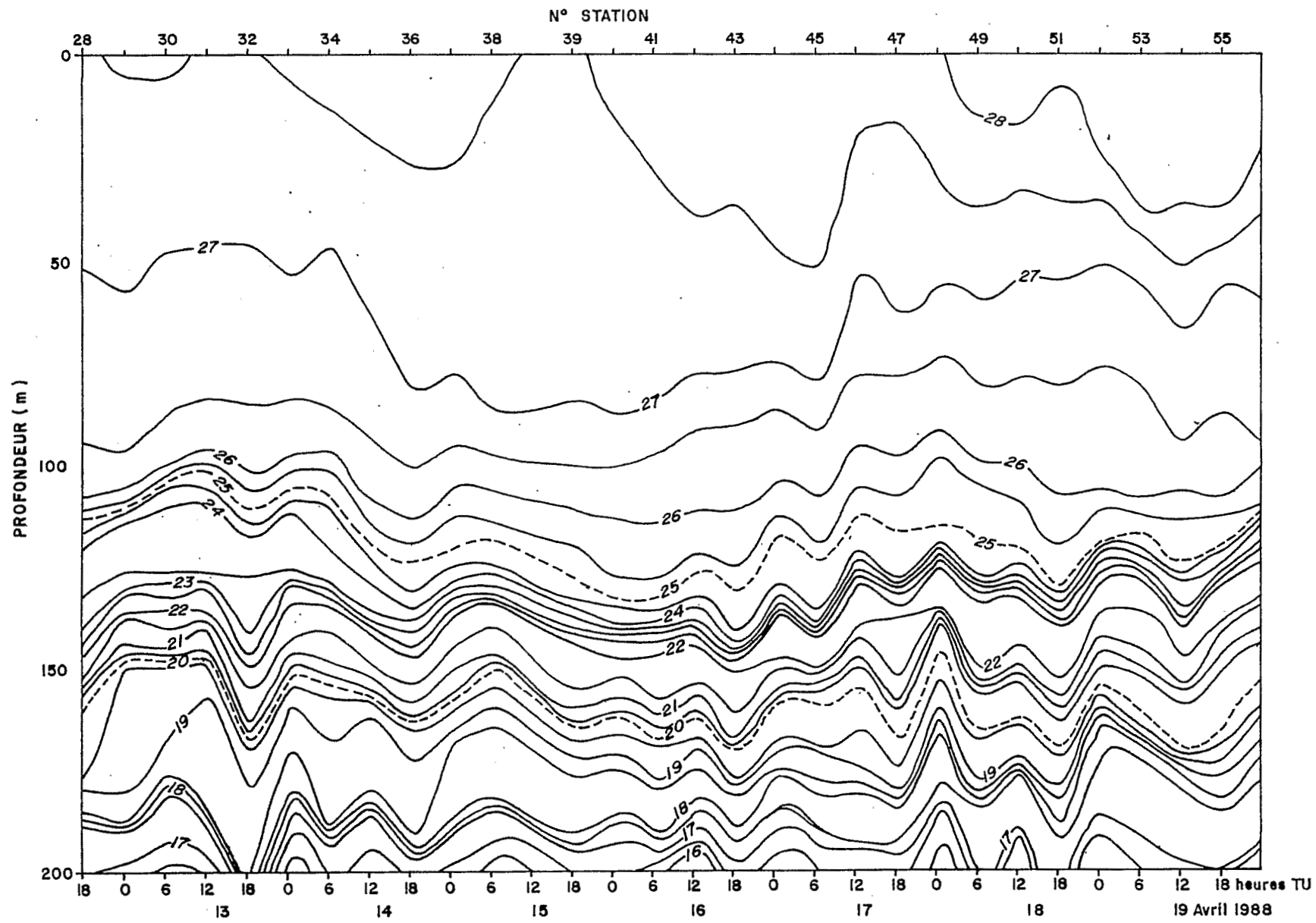


Fig. 17 - Evolution de la température (données de la sonde CTDO) lors de la station en dérive (PROPPAC 2)

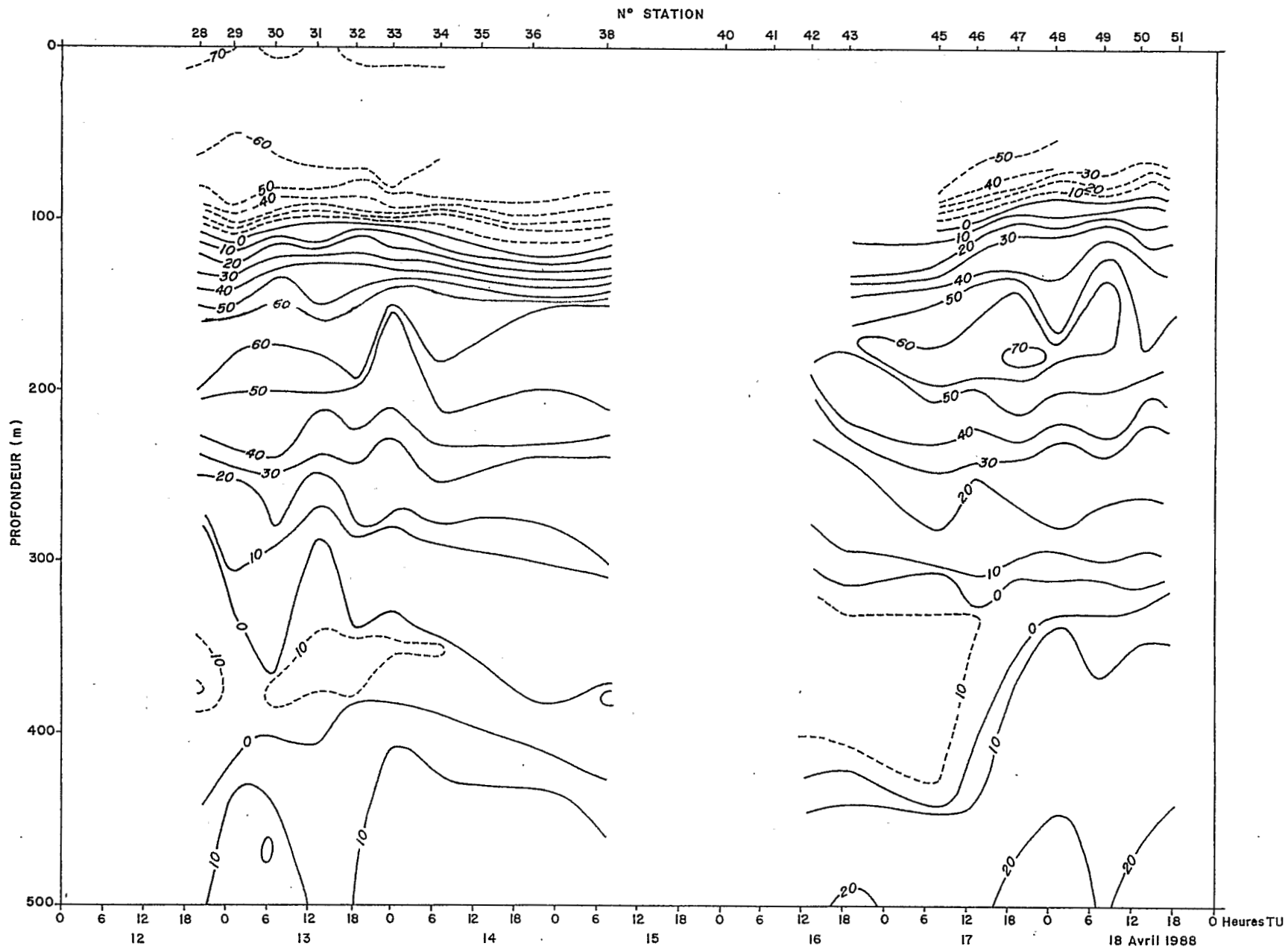


Fig. 18 - Composante méridienne du courant lors de la station en dérive (PROPPAC 2). Vitesse en cm.S⁻¹

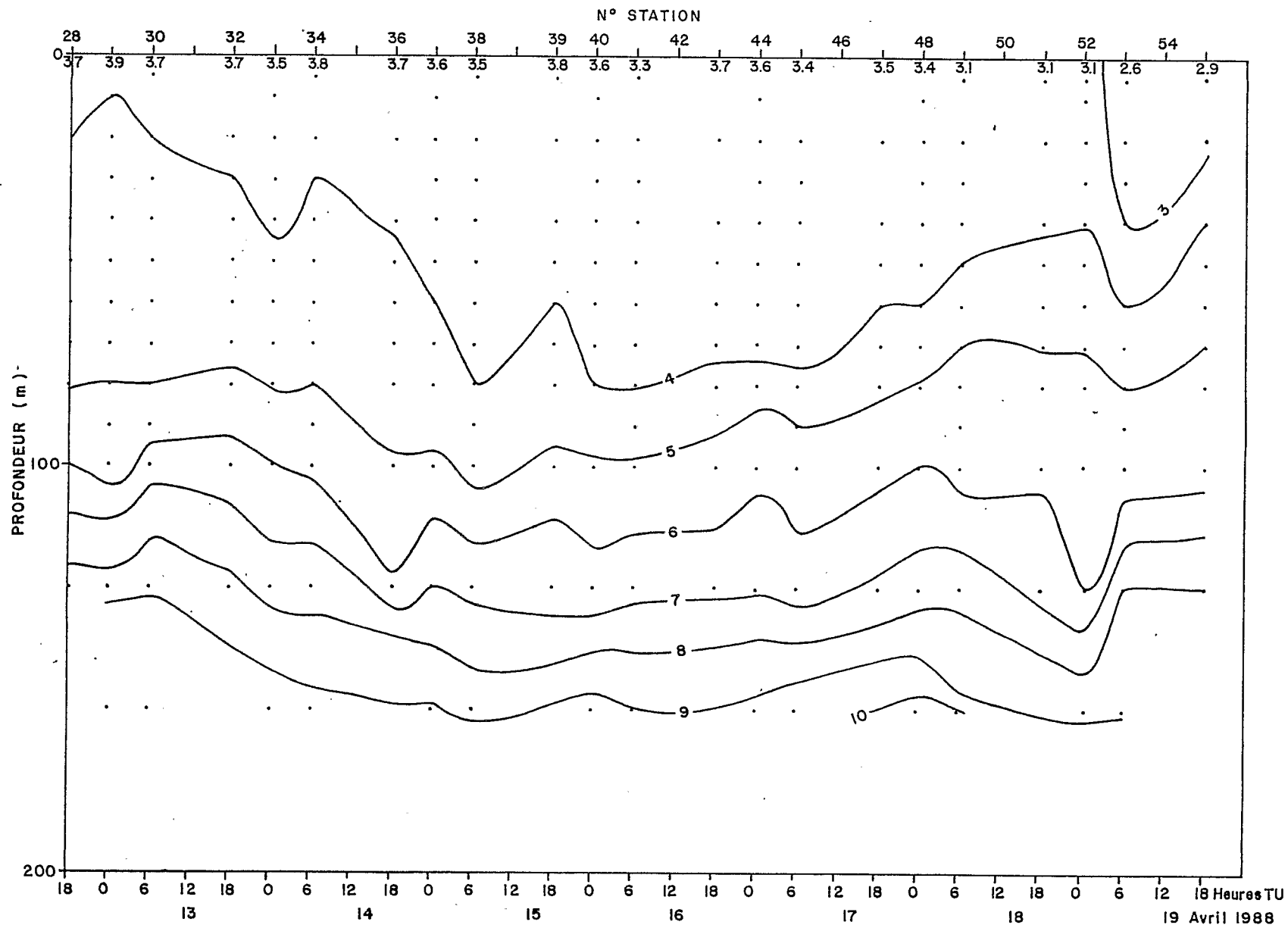


Fig. 19 - Evolution du nitrate et nitrite ($\mu\text{mole. l}^{-1}$) lors de la station en dérive (PROPPAC 2)

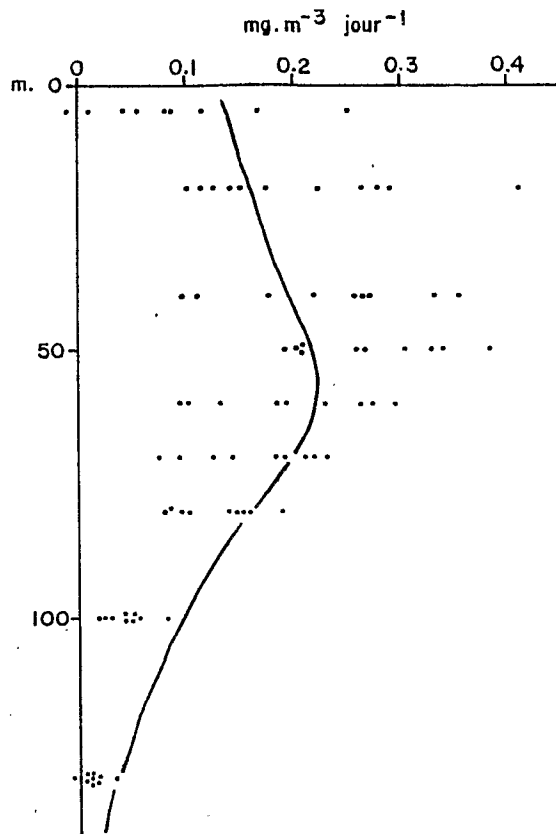


Fig. 21 - Production de chlorophylle dans les flacons au cours de la journée. Valeurs correspondant à 8 jours de mesure. La courbe représente le profil moyen de chlorophylle (mg.m^{-3}) en début de journée.

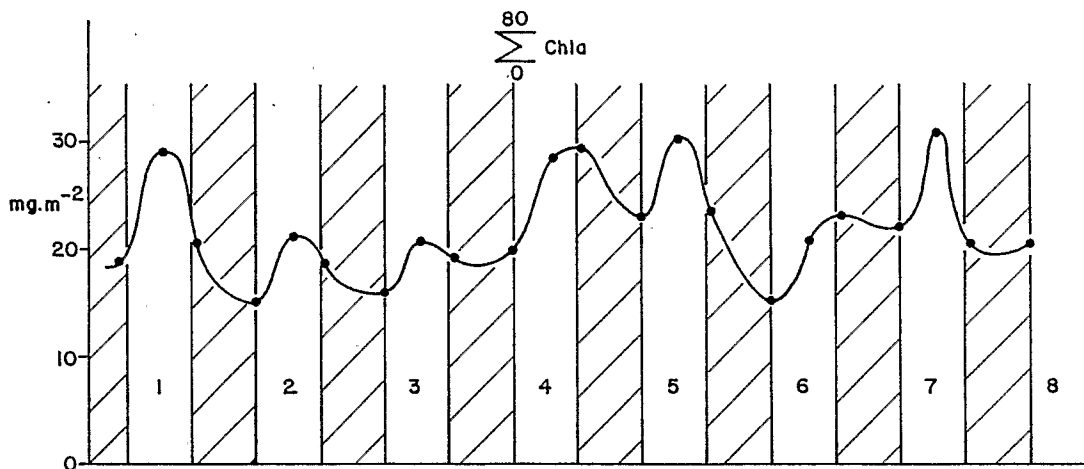


Fig. 20 - Variations de la chlorophylle contenue dans les 80 premiers mètres au cours des 8 jours de station en dérive.

PROPPAC 2

STATION 39

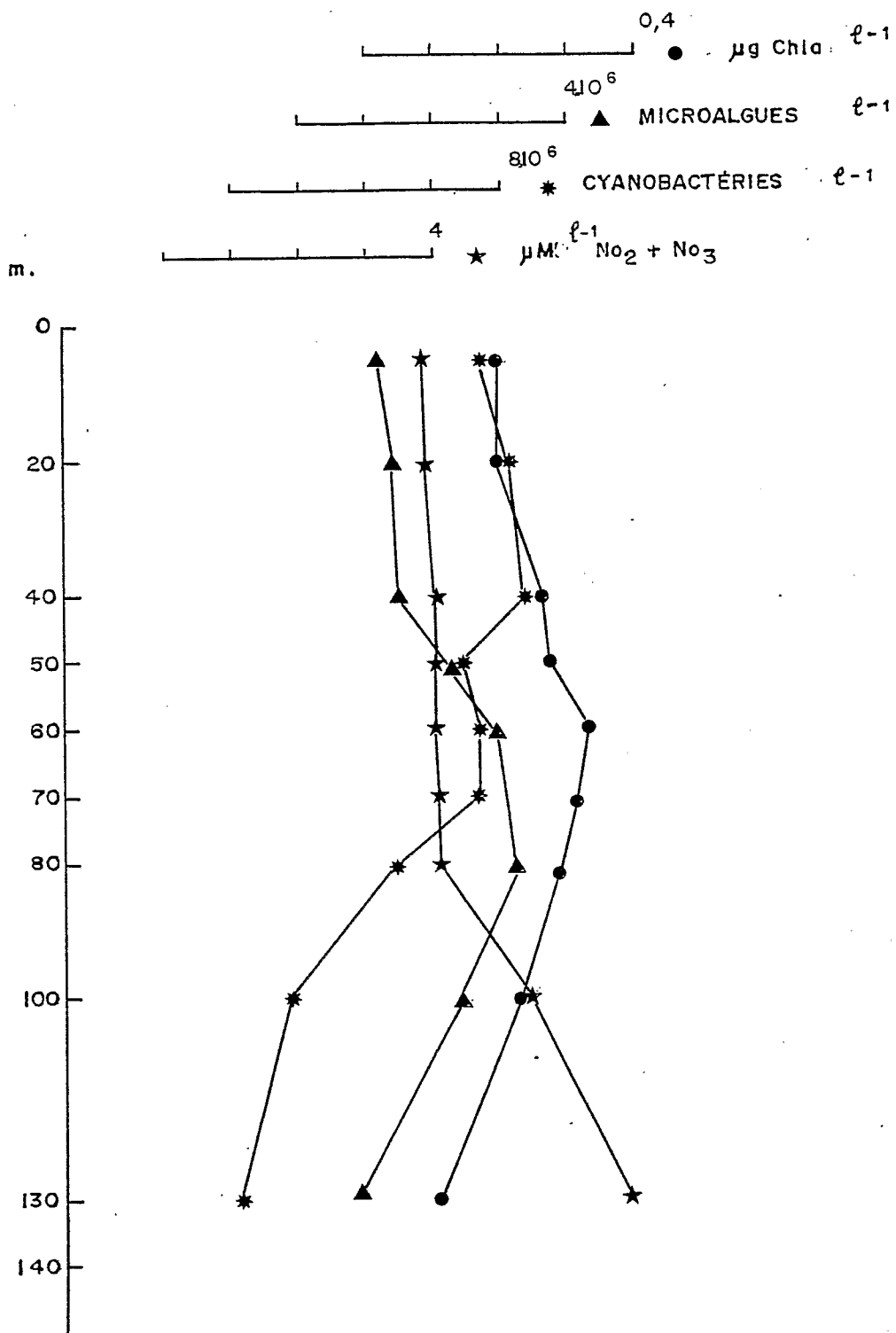


Fig. 22 - Profils verticaux des concentrations de sels nutritifs, chlorophylle a, cyanobactéries et microalgues lors de la station en dérive.

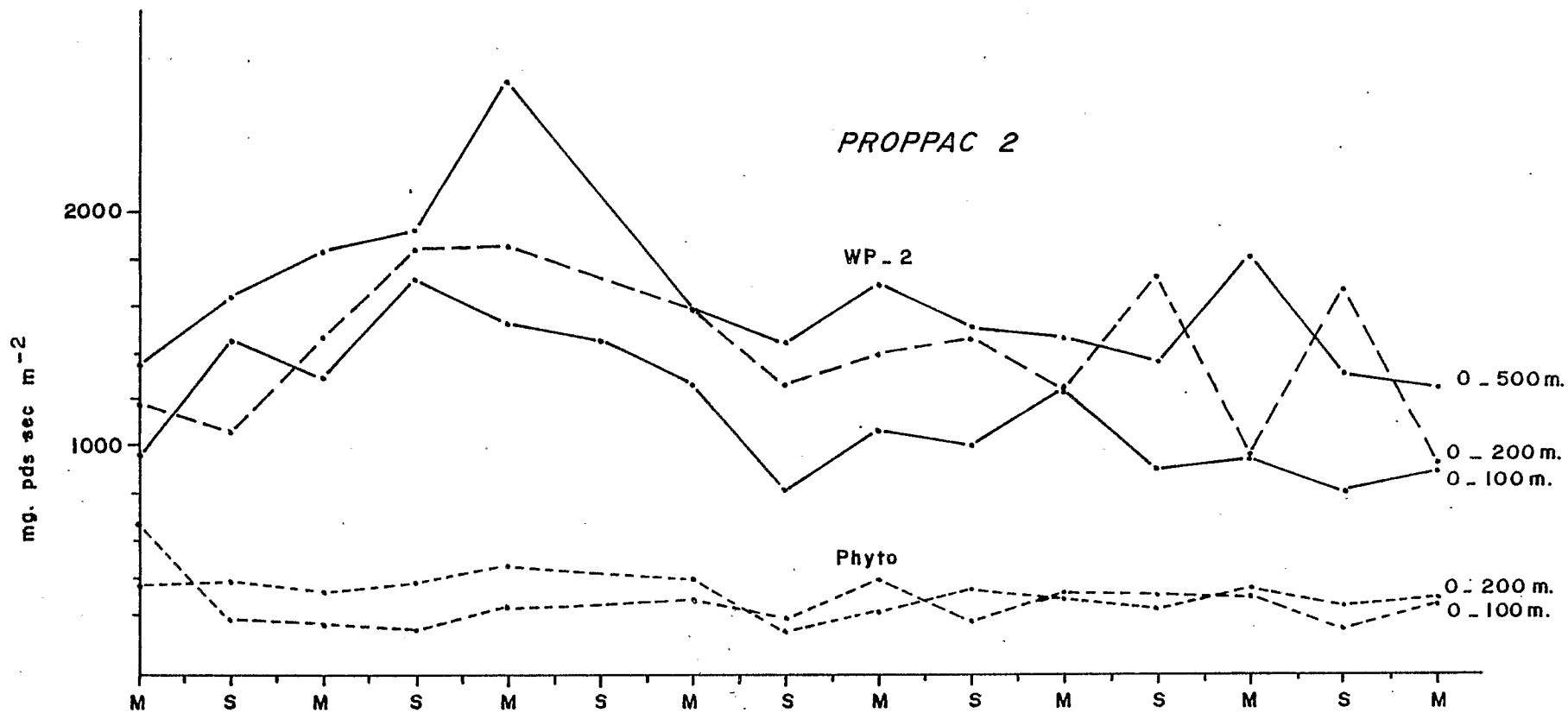


Fig. 23 - Evolution du poids sec de mésozooplancton (>200 μ m) et de microzooplancton (35-200 μ m) capturé avec les filets WP-2 et "Phyto" dans les couches 0-100, 0-200, 0-500m lors de la station en dérive.

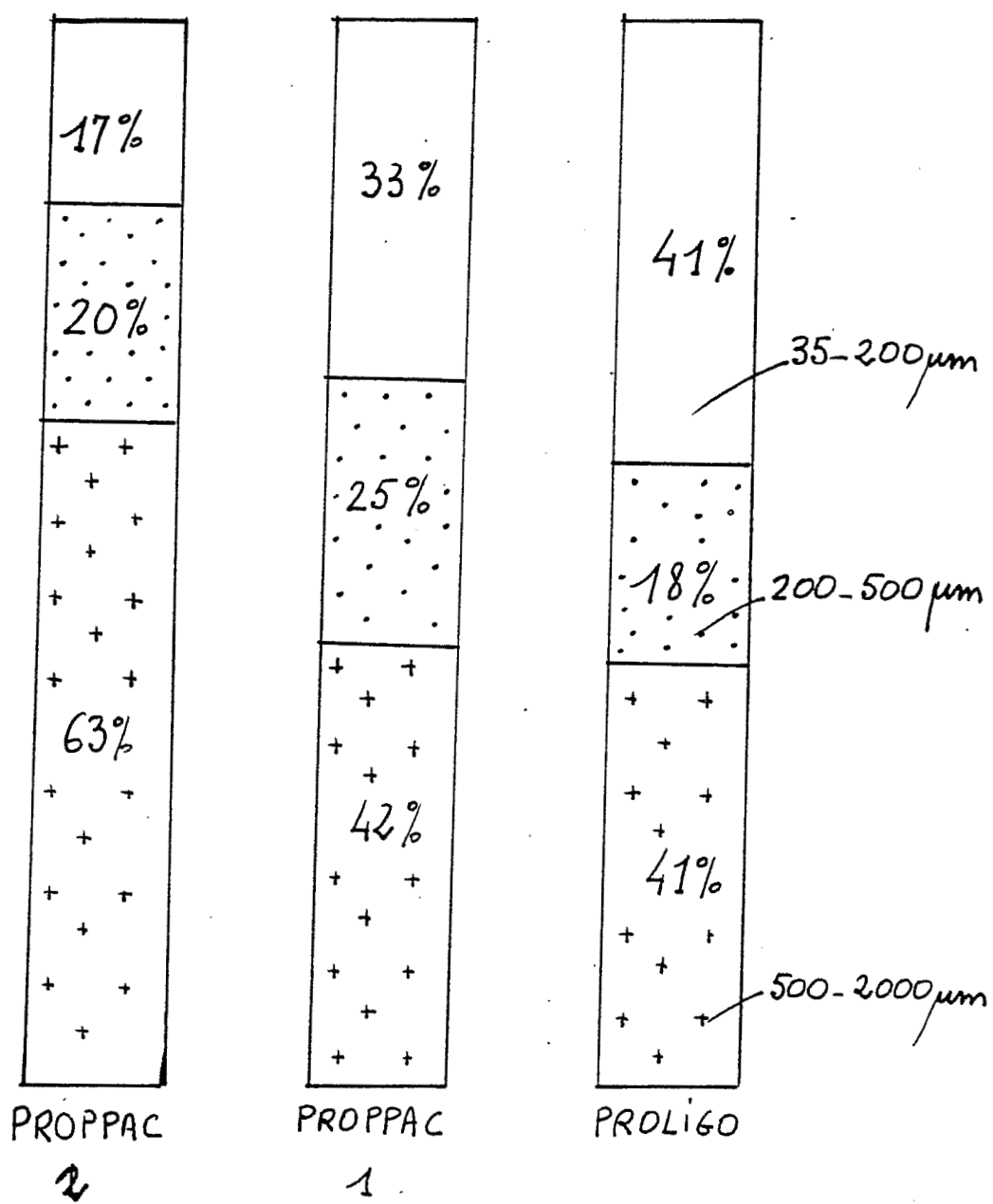


Fig. 24 - Importances respectives (en %) des différentes classes de tailles du zooplancton 35-200µm lors des points fixes de PROPPAC 1 et 2 et PROLIGO.