

MZ 61019

2 F

17

RAPPORTS DE MISSIONS
SCIENCES DE LA MER
OCEANOGRAPHIE (~~PROPPAC~~)

No 3

1990

Rapport de la campagne PROPPAC 04
à bord du N.O. *LE SUROÏT*
(30 octobre au 26 novembre 1989)

Jean BLANCHOT
Jan DOWNS
Cécile DUPOUY-DOUCHEMENT
Harry HIGGINS
Robert LE BORGNE
Aubert LE BOUTEILLER
Marie-Hélène RADENAC
Martine RODIER



F 30136

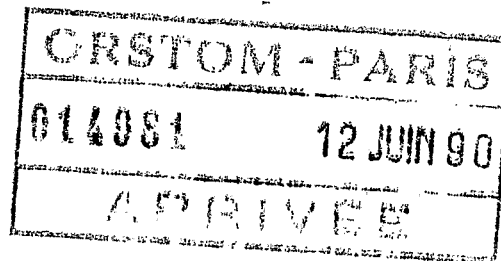
INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

CENTRE DE NOUMÉA

ORSTOM

RAPPORTS DE MISSIONS
SCIENCES DE LA MER
OCEANOGRAPHIE (PROPPAC)

1990



Rapport de la campagne PROPPAC 04
à bord du N.O. *LE SUROÏT*
(30 octobre au 26 novembre 1989)

Jean BLANCHOT

** Jan DOWNS

Cécile DUPOUY-DOUCHEMENT

*** Harry HIGGINS

Robert LE BORGNE

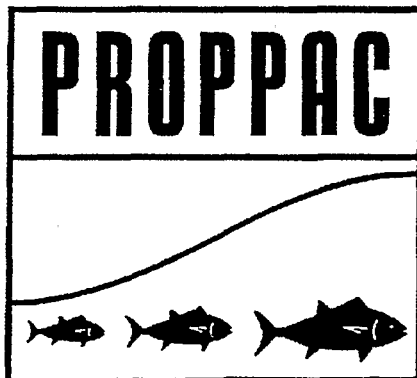
Aubert LE BOUTELLER

Marie-Hélène RADENAC

Martine RODIER

** MBARI, Monterey (USA)

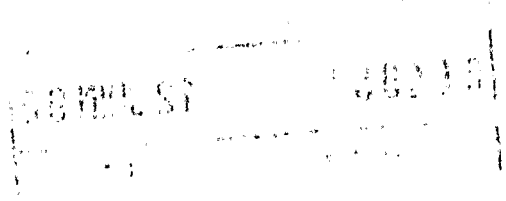
*** CSIRO, Hobart (AUSTRALIE)



CRSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

CENTRE DE NOUMÉA



© ORSTOM (Nouméa) 1990

Blanchot, J.

Downs, J.N.

Dupouy-Douchement, C.

Higgins, H.

Le Borgne, R.

Le Bouteiller, H.

Radenac, M.H.

Rodier, M.

Rapport de la campagne PROPPAC 04 à bord du N.O. *LE SUROÏT*
(30 octobre au 26 novembre 1989)

Nouméa : ORSTOM, 1990. 79 p.

Rapp. Missions : Sci. Mer : Océanogr.

CAMPAGNE OcéANOGRAPHIQUE ; OcéANOGRAPHIE PHYSIQUE ; OcéANOGRAPHIE BIOLOGIQUE

Imprimé par le Centre ORSTOM
de Nouméa
Mai 1990



ORSTOM Nouméa
REPROGRAPHIE

RESUME

La campagne PROPPAC 4, dont l'ORSTOM était maître d'oeuvre, s'est déroulée du 30 octobre au 26 novembre 1989 entre 20°S (nord de la Nouvelle-Calédonie) et 5°S le long de 165°E. L'objectif était de décrire en deux points fixes de 8 jours la variabilité à court-terme des paramètres hydrologiques et planctoniques, leur répartition le long de la colonne d'eau, la distribution des différentes classes d'organismes et de mesurer l'intensité des flux : advection et mélanges, taux de sédimentation, production primaire et secondaire. Ces informations, recueillies dans deux situations oligotrophes considérées comme typiques, doivent permettre de compléter les données rudimentaires de biologie qui sont collectées au cours des stations de courte durée des radiales bi-annuelles SURTROPAC depuis 1984 et servir à la définition de la relation production-hydrologie dans le Pacifique occidental.

La première station de 8 jours, dont la position a été choisie à l'issue d'une radiale préliminaire, était située à 7-8°S et caractérisée par une pycnocline profonde (75 m) et marquée, avec un maximum de chlorophylle vers 80-100 m. La seconde, située à 16°S, correspondait à une structure hydrologique avec un faible gradient et des sels nutritifs vers 140 m, le maximum de chlorophylle se situant à 120-140 m.

MOTS CLES :

CAMPAGNE OCEANOGRAPHIQUE; OCEANOGRAPHIE PHYSIQUE; OCEANOGRAPHIE BIOLOGIQUE

ABSTRACT

PROPPAC 4 cruise was made onboard R/V "Le Suroit" from the 30th of October to the 26th of November 1989, between 20°S (North of New Caledonia) and 5°S, along 165°E. Its goal was (1) to describe from two 8-day long stations, short-term variability of hydrographical and planktonic parameters, their vertical distribution and the size structure of the living organisms, and (2) to measure the intensity of the following fluxes : advection and mixing, sinking rates, primary and secondary productions. Such informations have been gathered in two oligotrophic situations, which are considered as typical of the western tropical Pacific. They are complementary data of those collected during short stations of bi-annual SURTROPAC transects which have been carried out since 1984, in order to study relationships linking hydrographical structures and planktonic productions in the western Pacific.

The first 8-day long station position was chosen after a preliminary transect. It was located between 7 and 8°S and was characterized by a deep and marked pycnocline (75 m), with a deep chlorophyll maximum (DCM) around 80-100 m. The second station was located between 15 and 16°S and displayed a low hydrological gradient with a deep nutricline at 140 m and a DCM at 120 m.

KEY-WORDS :

OCEANOGRAPHIC CRUISE; PHYSICAL OCEANOGRAPHY; BIOLOGICAL OCEANOGRAPHY

**RAPPORT DE LA CAMPAGNE PROPPAC 04
DU N.O "LE SUROIT"
(30 octobre - 26 novembre 1989)**

**J. BLANCHOT¹, J.N. DOWNS², C. DUPOUY-DOUCHEMENT¹,
H. HIGGINS³, R. LE BORGNE¹, A. LE BOUTEILLER¹,
M.H. RADENAC¹ & M. RODIER¹**

¹ Centre ORSTOM de Nouméa B.P. A5 Nouméa Cedex
Nouvelle-Calédonie

² MBARI, Monterey, Californie, U.S.A.

³CSIRO, Hobart, Australie

I - OBJECTIFS DES CAMPAGNES PROPPAC

La campagne PROPPAC 04 du N.O "LE SUROIT" était la quatrième et dernière, prévue 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 ou deux points fixes. La position de ces derniers 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 3h 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, d'origine hydrologique, en particulier (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 04 (Fig. 1)

La campagne a comporté une radiale descriptive dont les résultats ont permis de choisir la position des deux stations en dérive de 8 jours. Afin de gagner du temps, consacré à ces deux stations, la radiale de 165°E s'est arrêtée à 5°S, au lieu de 6°N habituellement. Les deux stations de 8 jours étaient choisies cette fois dans des eaux oligotrophes à gradient de température profond, la première entre 7° et 8°30 S avec un gradient marqué, la seconde entre 16° et 15°30 S avec un gradient faible.

LES HEURES ET DATES SONT EN TEMPS UNIVERSEL (T.U.) OU EN TEMPS LOCAL (T.U. + 11). SEUL LE PREMIER EST PRECISE DANS LA SUITE DU RAPPORT.

**Tableau 1 - Récapitulatif du nombre de mesures et observations réalisées
lors de la campagne PROPPAC 04 du N.O. LE SUROIT**

Sonde 0-1000 m (Salinité, Température, Oxygène)	103
Tirs de sondes XBT (0-450 m)	30
Température et salinité de surface	30
Nitrate et Chlorophylle de surface	30
Profils de courant 0-600 m (profileur UBO et courantomètre Aanderaa)	83
Chaîne à thermistances (10 niveaux)	2x8 j
Oxygène (méthode de Winkler)	586
NO ₃ (Haute sensibilité)	630
NO ₂ (Haute sensibilité)	438
PO ₄	822
Prélèvements pour métaux "trace" en surface (Zodiac)	8
Capacité complexante du cuivre (CuCC)	310
Lipides	4
Carbone particulaire	339
Azote particulaire	339
Phosphore particulaire (<35 µm)	480
Pièges à sédiments (200 m)	3x2 j
Echantillons pour comptages de cyanobactéries et microalgues	625
Echantillons pour comptages de bactéries hétérotrophes	384
Microscopie électronique	36
Chlorophylle a	1264
Spectrofluorimétrie (pigments)	96
HPLC (pigments)	588
Mesures de production primaire (variations de chlorophylle a)	384
Mesures de production primaire (méthode au ¹⁴ C)	853
Mesures de production primaire (méthode à ¹⁵ N)	178
Profils d'atténuation de la lumière	17
Poids sec de zooplancton (35-200 µm)	52
Teneur en matière organique du plancton (35-200 µm)	52
Teneur en carbone, azote, phosphore " (35-200 µm)	19
Echantillons pour identification " (35-200 µm)	17
Taux de respiration et d'excrétion (NH ₄ , PO ₄ , N et P total)	42
Poids secs de zooplancton (200-500) et (500-2000)	92
Teneur en matière organique du zooplancton (> 200 µm)	92
Teneur en carbone, azote, phosphore " (> 200 µm)	33
Echantillons pour identification " (> 200 µm)	51
Taux de respiration et d'excrétion (NH ₄ , PO ₄ , N et P total)	60
Expériences de grazing sur différentes classes de tailles zooplancton	4
Biomasse (phosphore) par niveau (plancton > 35 µm)	98
Comptages et biomasse (phosphore) par niveau (plancton > 200 µm)	98

1. La radiale (31 octobre - 4 novembre), de 19° à 5°S a consisté en :

1.1- mesures en route, tous les demi-degrés de latitude : profils de température (XBT), salinité, sels nutritifs ($\text{NO}_3\text{-N}$ et $\text{PO}_4\text{-P}$) et chlorophylle de surface, les prélèvements étant faits au seau. Les observations météorologiques (force et direction du vent, nébulosité, pression atmosphérique, températures de l'air sec et humide et de la mer) ont été effectuées toutes les 3 heures par la passerelle.

1.2- mesures en station (tableau 1) : 15 stations hydrologiques avec la sonde CTDO entre 0 et 300 m (0-1000 m à 19°S et 5°S pour prélèvements d'eau et étalonnage du capteur de salinité) et prélèvements à la rosette Niskin de bouteilles de 5 L à 12 niveaux pour les analyses suivantes : chlorophylle et phéopigments (par fluorimétrie, HPLC et spectrofluorimétrie), particules (carbone et azote), microscopie électronique et en épifluorescence, sels nutritifs, capacité complexante du cuivre. Enfin, 4 profils d'atténuation de la lumière ont été faits avec une cellule Biospherical montée sur la sonde CTDO aux stations de jour seulement.

2. Les stations en dérive de 8 jours : Station n° 1 (5 au 12 novembre), station n° 2 (17 au 24 nov.)

Ces stations ont été bâties sur le même schéma : à l'arrivée en station, la chaîne de 100 m, à 10 thermistances, et sa bouée porteuse de type "ATLAS" étaient mouillées; puis c'était le tour de la bouée des 10 séries de 5 pièges à sédiments. Le premier mouillage était suivi d'un bout à l'autre du "point fixe" de 8 jours, les stations se faisant à proximité. Les pièges à sédiments étaient récupérés au bout de 2 ou 3 jours. Cependant, la ligne de pièges a été perdue dès la première mise à l'eau et les suivantes ne comprenaient qu'un seul cadre de 2 pièges immergé à 200 m.

Le trajet suivi par le mouillage en dérive de la chaîne à thermistances est indiqué sur les figures 11 et 30, respectivement pour la première et seconde station en dérive. Les immersions des thermistances étaient comprises entre 145 et 55 m à la première station et 130 et 30 m à la seconde, c'est-à-dire dans la partie supérieure de la thermocline.

Chaque jour, les opérations suivantes ont été effectuées à proximité de la bouée de la chaîne à thermistances :

2.1- toutes les quatre heures environ (1,5,9,13,17 et 21 h) : météorologie, profil de courant 0-600 m et sonde CTDO 0-1000 m avec rosette de 12 bouteilles. Les prélèvements à la rosette étaient destinés aux mesures suivantes :

- analyses de sels nutritifs ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ et $\text{PO}_4\text{-P}$) à 5h et 17h.
- analyse de l'oxygène dissous pour étalonnage du capteur de la sonde à 5h, 13h et 17h.
- carbone et azote particulaires à 5h.
- pigments chlorophylliens par fluorimétrie à 5h, 13h et 17h.
- pigments chlorophylliens par HPLC : échantillons de 8 L pour H. HIGGINS à 14h et de 2 l pour J. DOWNS à 21 et 1h.
- échantillons pour mesures de la production primaire (^{14}C , ^{15}N , chlorophylle) à 5h et 13h.
- échantillons pour microscopie électronique à 14h et en épifluorescence (pico-et nanoplancton) à 5h et 13h.
- comptages des bactéries hétérotrophes à 5h et 14 h (en même temps que le profil HPLC), sur les échantillons de production primaire (3 stations) et sur les prélèvements profonds destinés à l'étalonnage du capteur de salinité (première et dernière sonde-rosette des stations en dérive).
- capacité complexante du cuivre (même schéma que pour les bactéries hétérotrophes).
- lipides à 3 stations seulement.

2.2- Mesures de production primaire "in situ" à 12 niveaux, les incubations débutant vers 6h30 et s'arrêtant à midi et à 17h30. Une deuxième ligne a été mise à l'eau en même temps que celles de 6h30 à six reprises et comportait les "perles" d'Y. DANDONNEAU (dispositif permettant le prélèvement et l'injection de ^{14}C in situ). Enfin, une ligne était mise à l'eau vers 14h et récupérée une heure plus tard, environ.

2.3- Prélèvements à la bouteille de 60 L à 6h30 à 8 niveaux pour mesures de carbone, azote et phosphore sur la fraction < 35 μm , phosphore sur celles de 35-200 et > 200 μm , et comptages des organismes de taille > 200 μm .

Tableau 2 : Récapitulatif des stations
RADIALES : 31 octobre - 4 novembre 1989

N.B. = Heure locale = heure TU + 11.

La pression maximale atteinte par la sonde CTDO est indiquée en décibars.

Les courants sont mesurés jusqu'à 600 db sauf indication contraire dans le tableau suivant.

st	position	date TU	heure TU	CTDO	rosette
1	19.14S 165.23E	31/10	5.40	995	*
2	18.00S 165.00E	31/10	13.00	310	*
3	17.00S 165.00E	31/10	21.04	300	*
4	16.00S 165.00E	1/11	3.20	310	*
5	15.00S 165.00E	1/11	10.21	300	*
6	14.00S 165.00E	1/11	16.56	295	*
7	13.00S 165.00E	1/11	23.15	295	*
8	12.00S 165.00E	2/11	5.55	300	*
9	11.00S 165.00E	2/11	12.02	295	*
10	10.00S 165.00E	2/11	18.08	295	*
11	9.00S 165.00E	3/11	0.21	295	*
12	8.00S 165.00E	3/11	7.26	295	*
13	7.00S 165.00E	3/11	14.35	295	*
14	6.00S 165.00E	3/11	21.00	295	*
15	5.00S 165.00E	4/11	3.52	1000	*

2.4- Prélèvements au filet à plancton (35 μm et 200 μm) de 9h à 11h, 19h à 20h et 21 à 22h. Les traits verticaux ont échantillonné les couches 0-100, 0-200 et 0-500 m. Les échantillons étaient destinés aux mesures de poids sec, poids sec sans cendre, carbone, azote et phosphore, identifications, incubations (mesures de respiration-excrétion, grazing).

2.5- Prélèvements d'eau de surface avec le zodiac à une encâblure au vent du navire, pour les analyses de métaux traces (4 fois seulement).

2.6- Profils d'atténuation de la lumière à 13h45. Enregistrement quotidien de la lumière incidente.

La liste des paramètres mesurés et le nombre d'observations sont indiqués sur le tableau 2.

III - METHODES

1. Hydrologie-courantologie

Des mesures haute fréquence de la température ont été enregistrées grâce à une chaîne à thermistances Aanderaa TR 7 (stockage des données sur RAM) dérivant librement avec la masse d'eau. Des mesures de pression au niveau de l'encodeur ont permis de juger des mouvements verticaux du mouillage. La cadence d'acquisition des 10 températures était de 2 minutes. Pendant les deux stations en dérive, la thermistance n° 10, située à la base de la couche homogène, a mal fonctionné.

Une sonde CTDO Seabird (SBE 9) est utilisée pour mesurer pression, température, salinité et oxygène dissous. Les capteurs ont été étalonnés par le constructeur avant l'embarquement. La sonde effectue 24 cycles de mesure par seconde. Les résultats enregistrés correspondent à une moyenne de chaque paramètre sur 24 cycles. La vitesse de descente est un paramètre important pour la qualité des mesures. Elle doit être la plus constante possible et de l'ordre de 1 m s^{-1} . Les valeurs de salinité de la sonde ont été contrôlées par des mesures faites sur de l'eau prélevée à la rosette entre 0 et 1000 m aux stations n° 1, 15, 60, 62 et 106 (Fig. 2). Les coupes de température, salinité et σ_t sont obtenues à partir de profils réduits (utilisation du logiciel SEASOFT de Sea Bird : élimination des remontées de la sonde, moyenne des mesures sur 5 db). Ayant des doutes sur la validité des mesures d'oxygène (après comparaison avec les valeurs obtenues par analyse), les coupes de O_2 obtenues par la sonde ne seront pas présentées dans ce rapport.

Les profils de courant (0-600 m) sont construits à partir des mesures d'un courantomètre Aanderaa RCM 7 gréé sur un profileur (Kiel-UBO) glissant librement le long d'un câble fixé sous une bouée dérivante. Il est lesté de façon à descendre à une vitesse moyenne de 6 m.mn^{-1} . Un cycle de mesure (direction + vitesse) est enregistré toutes les 30 secondes. La vitesse de référence à 600 m est déterminée grâce à un deuxième courantomètre Aanderaa fixé au bout du câble.

Les données de courantométrie de cette campagne sont extrêmement bruitées. Les coupes présentées sont donc à analyser avec précaution. Les stations douteuses (station en dérive n° 1: 25, 46, 56, 59; station en dérive n° 2: 62, 63, 64, 67, 76, 98, 100, 101, 103, 104) ont été éliminées ainsi que certains pics dus à des erreurs instrumentales. On peut donc considérer les coupes correctes d'un point de vue qualitatif.

2. Sels nutritifs (nitrate, nitrite, phosphate), matière organique dissoute et particulaire

2.1- L'analyse des sels nutritifs a été réalisée, à bord, à l'aide d'un Autoanalyseur II Technicon. Pour le nitrate de concentration $> 2 \mu\text{moles l}^{-1}$ et le phosphate, le dosage est réalisé selon les méthodes classiques (STRICKLAND et PARSONS, 1972). Pour des concentrations en nitrate $< 2 \mu\text{moles l}^{-1}$ et pour le nitrite, la méthode d'analyse "haute sensibilité" décrite par OUDOT et MONTEL (1988) est utilisée. La ligne de base est obtenue avec de l'eau de mer synthétique de salinité 35, préparée avec de l'eau bidistillée et du NaCl haute pureté.

2.2- L'azote et le phosphore organique total des expériences sur le zooplancton sont mesurés sous forme de nitrate et de phosphate (voir sels nutritifs), après irradiation aux UV et oxydation selon la méthode d'ARMSTRONG et TIBBITTS (1968). Les dosages sont effectués à bord.

2.3- Les échantillons pour la mesure du carbone et de l'azote particulaire (filtration sur filtres Whatman GF/F, $\phi = 25 \text{ mm}$, prébrûlés à 400°C pendant 12h) ont été ramenés congelés au laboratoire et analysés ultérieurement par un analyseur élémentaire Perkin Elmer CHN 2400. Le volume filtré est de 1 L pour les échantillons prélevés à la rosette et de 2 L pour ceux des bouteilles de 30 L.

2.4- Le phosphore particulaire est analysé à bord sous forme de phosphate par la méthode de MENZEL et CORWIN (1965), après filtration de 2 L sur filtres Whatman GF/F (25 mm) grillés à 400°C pour les particules < 35 µm et de 54 L sur des soies de 35 et 200 µm pour le zooplancton.

3. Oxygène dissous

L'oxygène dissous est déterminé par la méthode de titration de Winkler (STRICKLAND et PARSONS, 1972), utilisant le système de détection automatique suivant : titroprocesseur 686 connecté à une burette automatique de type Dosimat 665 (Metrohm).

4. Pigments chlorophylliens

4.1- Méthode au méthanol décrite par HERBLAND et al. (1985). Echantillons de 100 ml filtrés sur GF/F, extraits dans le méthanol à 95 % pendant 15 à 120 minutes et analysés sur fluorimètre Turner modèle 112. Etalonnage avec de la chlorophylle a pure Sigma dosée au spectrophotomètre.

Des essais au laboratoire avec de la chlorophylle b pure Sigma ont montré que l'estimation de la chlorophylle a dans un mélange Chla + Chlb était bonne avec la méthode employée ici, tant que Chlb < Chla. La teneur en Chla est sous-estimée de 5 à 10 % lorsque Chlb = Chla, et davantage encore lorsque Chlb > Chla, ce qui ne se produit dans le milieu naturel qu'en de rares occasions, au-dessous de la couche euphotique, et uniquement dans la fraction inférieure à 1 µm (d'après les analyses de J. NEVEUX à PROPPAC 3). Les autres analyses de pigments chlorophylliens sont en cours.

4.2- Spectrofluorimétrie : des échantillons (600 ml) ont été récoltés sur filtres Nuclepore et GF/F (25 mm), congelés aussitôt, puis lyophilisés et expédiés au laboratoire Arago (Banyuls) pour analyses ultérieures selon la méthode décrite par NEVEUX et PANOUSE (1987).

4.3- Méthode à l'acétone - DMSO : utilisée par J. DOWNS sur les prélèvements d'eau destinés à l'analyse en HPLC. (voir détails dans l' Addendum).

4.4- Chromatographie HPLC : méthode utilisée par H. HIGGINS. Des échantillons de 5 à 7 L ont été filtrés sur filtres GF/F de 47 mm (vide de 60 mm Hg) et conservés dans l'azote liquide. L'analyse HPLC se fait par la méthode de WRIGHT et SHEARER (1984) modifiée par WELSHMEYER et WRIGHT (sous presse). La composition de la population phytoplanctonique a été estimée à partir des données de pigments selon EVERITT *et al.* (1990) et vérifiée au microscope (grâce à G. HALLEGRAEFF). La méthode de J. DOWNS est décrite dans l' Addendum.

5. Production primaire

Les échantillons sont prélevés sur 12 niveaux à la rosette de bouteilles Niskin de 5 L à 5h du matin. Les incubations ont lieu in situ sur 2 lignes séparées, l'une relevée à midi (production primaire au ¹⁴C et synthèse de Chla), l'autre à 17h (mêmes incubations, avec en outre la production nouvelle avec ¹⁵NO₃).

Vers 13h, une autre rosette de 12 niveaux est destinée à une double expérimentation de courte durée (60 à 75 minutes), dont le but est de tester la possibilité d'estimer la production par une brève incubation in situ réalisée en mi-journée. D'autre part, trois "cinétiques lumière" sont pratiquées in situ à partir d'eau prélevée à 5m, 20m et 40m et incubée sur 6 niveaux répartis de 5m à 60m, dans le but de tester le degré d'adaptation à la lumière du phytoplancton présent dans une couche de mélange.

Enfin, le système à déploiement automatique de mesure de la production ("perles") imaginé par Y. DANDONNEAU a été testé 6 fois en parallèle avec les expérimentations du matin.

Les filtrations ont été faites sur GF/F rincés à l'eau de mer filtrée et aussitôt congelés. Au laboratoire, décongélation, addition immédiate de 100 µl de HCl 0,5 N, puis étuve à 60°C pendant 24 heures, et addition de 4,5 ml de liquide scintillant Packard. Comptages sur compteur en scintillation liquide Packard. Flacons d'incubation lavés tous les jours avec HCl 1 N et rincés deux fois à l'eau bidistillée.

6. Production azotée

Même protocole que pour la production primaire, mais flacons en verre de 1000 ml enrichis de 0,2 µmole (surface) à 2 µmoles (bas de la couche photique) de nitrate ¹⁵N. Echantillons recueillis sur filtres GF/F grillés à 400°C et immédiatement congelés jusqu'à analyse.

7. Lipides

Les particules recueillies sur un filtre GF/F de 47 mm de diamètre (vide de 16 mm Hg) provenaient de 16 L d'eau. Elles ont été conservées dans l'azote liquide jusqu'à l'analyse des lipides par la méthode de NICHOLS *et al.* (1990).

8. Traitement des échantillons destinés aux observations en épifluorescence

La méthodologie utilisée est la même que pour les trois campagnes précédentes. Dans les minutes qui suivent leur arrivée au laboratoire, les échantillons sont fixés avec du formol (concentration finale 1 %). On filtre aussitôt 100 ml d'eau sur filtre Nuclepore (diamètre 25 mm, porosité 0.2 µm) précoloré au noir d'Irgalan. La dépression de filtration est toujours inférieure à 125 mm Hg. Le vide est interrompu avant assèchement des filtres. Ceux-ci sont placés à l'obscurité sur des plateaux porte-filtre. Ceux qui seront comptés à terre sont aussitôt congelés à -20°C. Le microscope utilisé est un appareil Wild-Leitz Dialux 20, muni d'un Ploemopak pour l'observation en épifluorescence. Le brûleur est un HBO 50. Le filtre d'excitation est un I₂ (450-490 nm). Les cellules sont comptées sur 20 à 60 champs. Les effectifs comptés dépassent 200 pour le taxon le plus important. Si les effectifs du taxon le moins important n'atteignent pas 50, on continue le comptage jusqu'à ce que ce nombre soit atteint sans dépasser cependant l'observation de 60 champs. La précision de comptage est différente selon les taxons : au moins 200 cellules comptées (C.V. = 8 %, n = 3) pour le taxon le plus important et au moins 50 (C.V. = 22 %, n = 3) pour le taxon mineur. Le nombre d'organismes par unité de volume est déterminé par la formule (1)

$$N = \frac{n \cdot ncf}{ncc \cdot v} \quad (1)$$

N = nombre d'organismes par unité de volume
 ncf = nombre de champs sur la surface efficace du filtre
 ncc = nombre de champs observés
 v = volume d'eau filtré.

Les comptages sont faits dans les minutes qui suivent la filtration pour les comptages en mer et dans les minutes qui suivent la décongélation pour les comptages faits de retour à terre. Le liquide de montage utilisé en mer était l'huile d'immersion Cargille type B car sa forte viscosité empêche les cellules de bouger avec les mouvements du bateau. A terre on a utilisé indifféremment l'huile Cargille type B, le liquide de montage Sigma ou l'huile pour immersions Merck 4699. Ces trois produits de montage donnent en effet des résultats de comptage identiques pour le plancton autofluorescent.

9. Bactéries hétérotrophes

Les échantillons de 10ml d'eau sont conservés dans du formol à 2% (en volume/volume) et placés à 4°C. On a compté les Eubactéries à bord du bateau par la technique à l'Acridine orange (AODC : Acridine orange direct counting) de HOBBIÉ *et al.* (1977). Les agrégats de bactéries présents dans 1-2 ml d'eau, ont été brisés en faisant passer les échantillons dans une aiguille hypodermique 26 G avant la coloration à l'Acridine orange (concentration finale de 0,001%, 3 minutes) et en les filtrant ensuite sur un filtre Nuclepore en polycarbonate de 13 mm (0.2 µm). L'observation des Bactéries s'est faite en microscopie à épifluorescence (voir III.8) avec un grossissement de 1560 fois et leur nombre minimum était de 200 cellules comptées. On a distingué sept types de cellules en fonction de leur forme et les dimensions de ces cellules ont été déterminées avec un réticule gradué placé dans l'oculaire et préalablement étalonné avec un micromètre-objet.

10. Microscopie électronique

L'échantillon de 1 L est fixé avec du Lugol modifié (0.5% de concentration finale, D. THOMAS comm. pers.), puis conservé à l'obscurité à 4°C. Les examens microscopiques sont faits par G. HALLEGRAEFF selon la méthode décrite par HALLEGRAEFF (1984) et JEFFREY et HALLEGRAEFF (1987).

11. Capacité complexante du cuivre (CuCC)

10 ml d'eau ont été inoculés avec du cuivre inorganique (solution finale de 0.8M de CuSO_4) afin de déterminer la capacité complexante pour une version plus sensible de la méthode décrite par MACKEY (1983).

12. Métaux traces

L'échantillonnage d'1 L d'eau de surface s'est fait à partir du zodiac, celui-ci se trouvant au vent du navire afin d'éviter toute contamination, en utilisant une bouteille en polyéthylène lavée à l'acide ainsi que des gants. Les concentrations en métaux traces totaux sont déterminées par les méthodes décrites par MACKEY (1983).

13. Zooplancton

13.1- Prélèvements en traits verticaux avec des filets coniques de 35 µm (section d'ouverture : 0.09 m², longueur : 2.61 m) ou cylindro-coniques de 200 µm (filets WP-2, UNESCO, 1968). Le volume filtré est mesuré avec 2 débitmètres à chaque trait. Ces appareils ont été étalonnés en début de campagne en baie du Santal (Lifou). Utilisation de deux bouteilles Niskin de 30 L accouplées, pour description de la distribution verticale.

13.2- Biomasse, exprimée en poids sec, obtenue sur des échantillons récoltés par un, deux ou trois filets tamisés sur 200 ou 2000 µm selon le filet utilisé, rincés à l'eau douce et séchés à 60°C. Conservation à -20°C jusqu'au retour à terre; étuve 24h à 60°C, dessiccateur et pesée (0.1 mg). Pour les bouteilles de 30 L, recueil des animaux sur soies de 35 et 200 µm et analyse du phosphore particulaire immédiatement après le prélèvement.

- Le poids sec sans cendre est obtenu par combustion à 550°C pendant 1h, des échantillons pesés précédemment pour la mesure du poids sec.

- La composition élémentaire (C, N, P) est analysée sur des broyats de plancton réalisés à bord. Dilués dans de l'eau distillée, ces broyats sont mis dans des nacelles, séchés à 60°C, puis conservés à -20°C. La teneur du poids sec en phosphore est déterminée à terre par la méthode de MENZEL et CORWIN (1965), celle du carbone et de l'azote, avec un analyseur "CHN" Perkin-Elmer 2400.

13.3- Les échantillons destinés à l'identification des principales entités taxonomiques sont fixés au formol à 10 % neutralisé au borax.

13.4- La respiration et l'excrétion ont été déterminées sur des animaux mis en incubation pendant environ 20 heures, dans de l'eau tamisée sur 0.8 µm et maintenue à température constante.

13.5- Le "grazing". Des prélèvements spéciaux ont été faits pour récolter des animaux vivants et recueillir leurs pelotes fécales en vue de mesures des pigments (HPLC) et d'examen en microscopie en épifluorescence. Les animaux ont été maintenus environ 3h dans des récipients dont le fond était muni d'une soie à travers laquelle passaient les fèces. 4 classes de tailles d'animaux ont été considérées : 35-200 µm, 200-500 µm, 500-2000 µm et > 2000 µm (Euphausiacés). Il y a eu 4 expériences au 2ème point "fixe".

14. Mesures d'optique

Elles ont eu pour but la détermination de l'éclairement disponible pour la photosynthèse (P.A.R., "Photosynthetic Available Radiation") en fonction de la profondeur et la détermination de l'épaisseur de la zone euphotique. Elles permettent de calculer les coefficients d'atténuation verticale dans la zone euphotique K, en vue d'estimer la profondeur du signal satellitaire en couleur de l'eau, estimée à 1/K.

Les profils de pénétration de la lumière sont obtenus à l'aide de deux quantamètres : un QSP-200 Seabird (capteur sphérique) (Biospherical Inst., Booth, 1976) monté sur le cadre de la sonde rosette, lors de la radiale et des stations en dérive n° 1 et 2, et le LI-COR (capteur plan) utilisé aux précédentes PROPPAC monté sur le câble de la sonde à la station en dérive n° 2 seulement, pour inter-comparaison. Le rayonnement global incident est mesuré avec un pyranomètre Kipp and Zonen relié à un enregistreur et un intégrateur TSM. La lumière visible incidente est mesurée avec un quantamètre associé à un intégrateur LI-COR.

Le PAR à chaque profondeur est calculé en pourcentage du PAR sous la surface, ce dernier n'étant pas mesuré mais estimé à partir du PAR incident. De cette façon, les valeurs de PAR sont corrigées des variations de l'éclairement incident. Le coefficient d'atténuation est déterminé graphiquement sur les droites $\log(\text{PAR}) = f(z)$ par la formule :

$$K_{\text{PAR}} = \frac{\log(\text{PAR}_{z_1}) - \log(\text{PAR}_{z_2})}{z_2 - z_1}$$

z_1 et z_2 étant les deux profondeurs délimitant des segments de droite sur les courbes $\log(\text{PAR}) = f(z)$.

Intercomparaison LI-COR et QSP-200

Les profils verticaux du PAR obtenus à la station en dérive n° 2 au QSP-200 sont bruités et montrent une variabilité plus importante que le LI-COR du jour 1 au jour 8 (par exemple : la profondeur du 1% varie entre 70 et 107 m). Le coefficient d'atténuation moyen du QSP-200 est inférieure ($K_{\text{PAR}} = 0.0301 \text{ m}^{-1} \pm 0.0084$) à celui du LI-COR (0.0346 ± 0.0041). Les points d'inflexion sont différents de ceux du LICOR.

Cet écart peut être attribué à une mauvaise position du QSP-200 sur le cadre de la sonde-rosette et à l'absence de correction instantanée satisfaisante de ces données pour l'éclairement incident.

Les valeurs obtenues avec le QSP-200 peuvent donc être utilisées pour comparer les résultats de la radiale et des deux stations en dérive mais sont, en tout état de cause, inférieures et plus variables que celles que l'on aurait eues avec le LI-COR.

15. Pièges à sédiments (Voir compléments dans l' Addendum).

La première série de pièges ayant été perdue lors de la première mise à l'eau (désolidarisation des flotteurs de sub-surface de la bouée due à la rupture du cordage), il a fallu créer un système avec les pièces détachées. Un cadre de 2 pièges de 1,3 L a donc été immergé à 200 m pendant des périodes de 2-3 jours. La fermeture, prévue dans le système d'origine par un mécanisme d'horlogerie, a été assurée par messenger. Ce dispositif de fermeture n'a pas toujours bien fonctionné, de sorte que les données recueillies doivent être considérées avec prudence. Les mesures suivantes ont pu être faites sur les 3 déploiements : examens en épifluorescence, chlorophylle, CHN, HPLC, phosphore organique particulaire.

IV - EQUIPE SCIENTIFIQUE

- Océanographie physique :

David ANTOINE, informaticien (1)
 Philippe ARROYAS, électronicien (1)
 Jean-Yves PANCHE, électronicien (1)

- Chimie :

Sylvain BONNET, chimiste (1)
 Olivier ROBERT-TRAEGER, stagiaire (2)

- production primaire - matériel particulière :

Jean BLANCHOT, chercheur (pico et nanoplancton) (1)
 Jan DOWNS, chercheur (pièges à sédiments, HPLC) (3)
 Cécile DUPOUY-DOUCHEMENT, chercheur (optique ss marine) (1)
 Aubert LE BOUTEILLER, chercheur (pigments, prod. primaire) (1)
 Henri WALICO, biologiste (1)

- bactéries hétérotrophes :

Harry HIGGINS, chercheur (microscopie, HPLC, lipides, métaux) (4)

- production secondaire, zooplancton :

Alain LAPETITE, biologiste (1)
 Robert LE BORGNE, chercheur, Chef de Mission (1)

- (1) Centre ORSTOM de Nouméa, Nouvelle-Calédonie
- (2) Université Française du Pacifique, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
- (3) Monterey Bay Aquarium Research Institute, Monterey, USA
- (4) CSIRO, Dept. of Oceanography, Hobart, Australie

- Collaborations nationales et internationales :

Alain DESSIER (ORSTOM/Brest) : écologie des copépodes
 Jan DOWNS (MBARI, USA) : participante à la campagne
 Harry HIGGINS (CSIRO, Australie) : participant à la campagne
 Jacques NEVEUX (CNRS/Banyuls s/m) : spectrofluorimétrie
 Gerd SLAWYK (CNRS/Marseille) : Azote 15

V - RESULTATS PRELIMINAIRES

Rédigé quatre 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 aux stations de 8 jours.

1. RESULTATS DE LA RADIALE 19°-5°S (31 octobre-4 novembre 89)

Les observations de la radiale avaient pour but de choisir la position des deux stations de 8 jours et de réaliser quelques études détaillées sur les pigments chlorophylliens.

1. Vents (Fig. 3 et 4)

Les vents d'est à sud-est bien établis, de 15 à 20 noeuds entre 20°S et 8°S, faiblissent (inférieurs à 4 noeuds) en même temps qu'ils s'orientent au sud, au-delà de 7°S.

2. Hydrologie (Fig. 5 à 7)

On retrouve la structure hydrologique généralement observée au sud de 5°S : gradient thermique faible au sud de 10-11°S, marqué au nord; le gradient de salinité est bien marqué vers 100 m; les isohalines remontent vers 5-7°S, indiquant la possibilité de l'existence de l'upwelling équatorial. Notons cependant que les eaux chaudes à 29°C, qui étaient absentes depuis juin 1988, sont présentes au nord de 6°S et que la campagne SURTROPAC 13 de décembre 1989 n'a pas mis d'upwelling en évidence.

3. Sels nutritifs

Les sels nutritifs ont été mesurés sur la radiale aux latitudes 16°S, 14°S, 13°S, 12°S, 10°S, 9°S, 8°S et 6°S. Le nombre de profondeurs échantillonnées a été par ailleurs réduit à 6, une station sur deux. Les coupes présentées ont donc nécessité pour leur tracé de fortes extrapolations.

Nitrate (Fig. 8). La couche homogène est dépourvue de nitrate (au seuil de 0.05 μM) et le sommet de la nitracline, défini par l'isoligne 0.1 μM , se situe entre 70 et 100 m. Le gradient de nitrate est plus marqué au nord de 10-11°S et coïncide avec la remontée des isolignes. Enfin, on observe un approfondissement des isolignes entre 12 et 13°S, comme sur les autres radiales.

Phosphate (Fig. 9). La distribution du phosphate suit dans ses grandes lignes celle du nitrate. Les concentrations en surface et sur toute la couche homogène sont supérieures à 0.2 μM .

Nitrite (Fig. 10). La distribution du nitrite montre la présence de maxima (concentrations > 0.2 μM) au nord de 10°S entre 110 et 130 m. La plus forte valeur rencontrée est 0.45 μM à 6°S à 100 m.

4. Pigments chlorophylliens

La radiale a été l'occasion d'une étude détaillée des pigments chlorophylliens sur plusieurs classes de taille par 3 méthodes différentes : fluorimétrie (à bord), spectrofluorimétrie et HPLC. Les analyses sont en cours. Les données de fluorimétrie ont confirmé un résultat désormais classique, aussi bien dans l'Atlantique que dans le Pacifique tropical du large :

quand $\text{NO}_3 < 0,1 \mu\text{M}$, on a $|\text{Chla} < 1 \mu\text{m}| > |\text{Chla} > 1 \mu\text{m}|$

quand $\text{NO}_3 > 0,1 \mu\text{M}$, on a $|\text{Chla} < 1 \mu\text{m}| < |\text{Chla} > 1 \mu\text{m}|$

La seule exception à cette règle est due à la présence de *Trichodesmium* dans la couche de surface (0 à 60 m) épuisée en nitrates, à 14 et 15°S.

2. RESULTATS DE LA STATION EN DERIVE N° 1 (5 - 12 NOVEMBRE)

Le choix de cette station de 8 jours s'est porté sur une zone de gradient thermique marqué et profond, rencontrée vers 7°S. La liste des stations sonde-courantomètre est indiquée sur le tableau 3.

1. Trajectoire, suivi de la masse d'eau

Débutée à 7°00'S, 165°00'E le 4 novembre à 18.00 TU (soit le 5 à 5h en H.L.) la première station en dérive s'est achevée le 12 novembre à 11.30 TU à 8°32'S, 164°27'E (Fig. 11). Une dérive importante, orientée d'abord vers le sud puis vers le sud-sud-ouest s'est produite. La bouée dérivante a parcouru environ 11 milles vers le sud en 30 heures, puis 86 milles vers le sud-sud-ouest en 150 heures.

Les diagrammes T/S de la première station en dérive sont présentés sur la figure 12. De faibles variations apparaissent en surface, au sommet de la thermocline (27°C) et au niveau du maximum de salinité (35.8).

2. Paramètres météorologiques

Au cours de la première station en dérive, les vents (Fig. 13) effectuent une rotation, dans le sens des aiguilles d'une montre, du secteur sud au secteur sud-est. D'abord très faible (inférieure à 5 noeuds) pendant 36 heures, leur vitesse n'excède pas 10 noeuds par la suite, excepté pendant un coup de vent avec rafales à 30 noeuds le 7 novembre vers 12.00 TU (station 32).

3. Hydrologie

Le tracé de la température de surface en fonction du temps (Fig. 14) met surtout en évidence le cycle diurne. Le maximum à 30°C des 24 premières heures est lié à l'absence de vent. L'inexistence du maximum diurne pendant la journée du 10 novembre (de 120 à 144 heures) peut être due à la forte nébulosité ce jour là.

Les coupes de température (Fig. 15), salinité (Fig. 16) et sigma-theta (Fig. 17) mettent en évidence une couche homogène épaisse de 60 m qui présente peu de variations au cours de la station. Le réchauffement diurne se manifeste en surface (10 m) par la présence d'eaux à 29.5°C.

4. Courantologie

Cette station s'est déroulée à la limite séparant le courant sud équatorial (CSE) d'une branche du contre courant sud équatorial (CCSE). La composante zonale (Fig. 18) d'abord ouest (CSE) de la surface à 200 m, s'oriente ensuite à l'est (CCSE). Cette transition s'effectue vers 7°50'S (soit après 85 heures de dérive). La composante méridienne (Fig. 19) reste orientée au sud sur les 200 premiers mètres et au nord dans la couche inférieure. Elle est plus forte dans le CCSE.

5. Chaîne à thermistances

Le mouillage de la chaîne à thermistances a été largué le 4 novembre à 17.30 TU (7°00'S, 165°00'E) et récupéré le 12 novembre à 11.30 TU (8°32'S, 164°27'E). La pression moyenne enregistrée à la profondeur de la dernière thermistance était de 146 db 0.9 db. Cette faible variation de pression permet de conclure que la chaîne était verticale et les 9 thermistances, échelonnées entre 146 et 66 m. Pour plus de clarté, nous présentons les tracés de seulement 5 thermistances (du 4 novembre, 18.20 TU, au 12 novembre, 7.22 TU) sur la figure 20. La thermistance n° 9 est située à la base de la couche homogène. L'enregistrement met en évidence une périodicité d'environ 12 heures à toutes les profondeurs. La variabilité haute fréquence peut être très forte (baisse de 1.9°C à 146 db en 1h15 après 139 heures de station).

Tableau 3 : Récapitulatif des stations
STATIONS EN DERIVE 1 : 4-12 novembre 1989

N.B. Heure locale = heure TU + 11

la pression maximale atteinte par la sonde CTDO est indiquée en décibars.

les courants sont mesurés jusqu'à 600 db sauf indication contraire dans le tableau suivant.

st	position	date TU	heure TU	CTDO	rosette	courant
16	7.00S 164.59E	4/11	20.23		*	
17	7.02S 164.58E	5/11	1.10	995	*	
18	7.02S 164.59E	5/11	5.40	1000	*	*
19	7.02S 164.59E	5/11	9.37	985	*	*
20	7.05S 164.58E	5/11	13.51	995	*	*
21	7.07S 164.59E	5/11	17.17	1000	*	*
22	7.08S 164.59E	5/11	21.38	995	*	*
23	7.11S 164.58E	6/11	2.30	1000	*	*
24	7.12S 164.58E	6/11	5.42	1000	*	*
25	7.16S 164.56E	6/11	9.47	995	*	douteux
26	7.20S 164.56E	6/11	13.33	995	*	*
27	7.22S 164.56E	6/11	17.17	995	*	*
28	7.23S 164.56E	6/11	21.30	1000		*
29	7.25S 164.56E	7/11	1.40	1005	*	*
30	7.28S 164.54E	7/11	5.28	995	*	*
31	7.30S 164.54E	7/11	9.34	995	*	*
32	7.33S 164.52E	7/11	13.27	995	*	*
33	7.34S 164.50E	7/11	17.13	995	*	*
34	7.36S 164.51E	7/11	21.20	995		*
35	7.38S 164.49E	8/11	1.40	995	*	*
36	7.41S 164.48E	8/11	5.45	1000	*	
37	7.45S 164.47E	8/11	9.35	1000		*
38	7.48S 164.45E	8/11	13.58	995		376
39	7.50S 164.45E	8/11	17.20	995	*	571
40	7.52S 164.45E	8/11	21.30	1000		
41	7.56S 164.43E	9/11	5.51	1275	*	*
42	7.59S 164.42E	9/11	9.42	995		*
43	8.01S 164.41E	9/11	13.30	995		*
44	8.02S 164.41E	9/11	17.12	1000	*	*
45	8.04S 164.40E	9/11	21.30	1005		*
46	8.06S 164.39E	10/11	1.45	995	*	douteux
47	8.08S 164.38E	10/11	5.35	1000	*	*
48	8.11S 164.37E	10/11	9.50	995		*
49	8.12S 164.36E	10/11	13.45	995		*
50	8.14S 164.35E	10/11	17.16	1000	*	*
51	8.16S 164.34E	10/11	21.45	995		
52	8.18S 164.34E	11/11	1.46	995	*	*
53	8.19S 164.32E	11/11	5.53	1000	*	*
54	8.21S 164.32E	11/11	9.40	1000		
55	8.24S 164.31E	11/11	12.50	995	*	*
56	8.25S 164.31E	11/11	17.19	1000	*	douteux
57	8.27S 164.29E	11/11	21.50	995		*
58	8.29S 164.30E	12/11	1.45	995	*	*
59	8.30S 164.29E	12/11	5.47	1000	*	douteux
60	8.32S 164.28E	12/11	8.55	995	*	

6. Sels nutritifs (Fig. 21 à 23)

En huit jours de station en dérive, les concentrations en sels nutritifs sont restées relativement constantes. La situation générale sur l'ensemble de la coupe est identique à celle rencontrée aux mêmes latitudes pendant la radiale, 37 heures auparavant :

- sommet de la nitracline situé entre 70-90 m et absence de nitrate (au seuil de 0.05 μM) sur toute la couche homogène (0-60 m);
- présence de phosphate ($> 0.1 \mu\text{M}$) sur toute la colonne d'eau;
- présence de nitrite ($> 0.1 \mu\text{M}$) entre 75 et 145 m et zone de maxima (0.4-0.5 μM) située entre 90 et 120 m.

Les coupes de sels nutritifs et d'oxygène (voir ci-après) ne permettent pas de mettre en évidence l'existence de variations diurnes marquées, compte tenu d'une maille d'échantillonnage voisine de 12 heures.

Le coup de vent à la station 32 (J3, 66h) n'entraîne pas de modifications remarquables au niveau de la structure chimique des masses d'eau entre 0 et 200 m; il en est de même lors du passage entre le CSE et le CCSE à la station 39 (85h).

7. Oxygène dissous (Fig. 24)

De façon générale, l'oxygène présente peu de variations au cours des huit jours de station, les plus fortes variations étant observées dans la couche de mélange.

Dans les 80 premiers mètres, les concentrations en oxygène se situent entre 4.3 et 4.4 ml.l^{-1} , à l'exception du premier jour et de quelques valeurs supérieures dans la couche de mélange ($>4.4 \text{ ml.l}^{-1}$). Au delà de 80 m, les concentrations diminuent; le gradient étant maximum entre 80 et 120 m. On notera que la teneur en oxygène ne dépasse pas 4.5 ml.l^{-1} sur l'ensemble des observations.

8. La chlorophylle (Fig. 25)

La chlorophylle a présente des variations nyctémérales significatives (au moins 6 fois sur 8) en surface et à 100 m (couche 80-120 m renfermant le maximum de Chla). En surface (0 à 20 m), la chlorophylle décroît de 6h à 17h puis augmente la nuit (Fig. 25). L'amplitude est de 20% environ à 5m, et 10% à 20m. Ce résultat suggère un effet de l'excès de lumière en surface, d'où baisse de la teneur cellulaire au cours de la journée, puis augmentation nocturne. Cette interprétation est confirmée par l'observation inverse lors des deux seules journées pluvieuses : la chlorophylle augmente alors légèrement en surface au lieu de baisser (Fig. 25). Entre 80 et 120 m, la chlorophylle augmente de 6h à 13h puis décroît légèrement l'après-midi, selon le schéma classique décrit au niveau du maximum de chlorophylle lors de chacune des autres études en position fixe du programme PROPPAC. De 20 à 80 m puis au-dessous de 120 m, les variations ne sont pas significatives.

9. Analyses des pigments (HPLC)

Les analyses ne sont pas terminées au moment de la rédaction de ce rapport.

10. Examens au microscope en épifluorescence

Les cyanobactéries (*Synechococcus*) ont des effectifs faibles ($< 2.5 \cdot 10^6$ cellules l^{-1}), la zone la plus riche étant située entre 0 et 80 m (fig. 26). Les microalgues ont des effectifs faibles de la surface à 70 m et des effectifs importants ($> 1.2 \cdot 10^6$ cellules l^{-1}) de 70 à 120 m (fig. 26).

11. Mesures optiques

Les profils verticaux du PAR obtenus à partir des données de la cellule QSP-200 au point fixe 1 montrent une variation importante du jour 1 au jour 7 (la profondeur du 1% varie entre 96 et 103 m) et des points d'inflexion marqués, variant entre 70 et 90 mètres. Le

coefficient d'atténuation moyen au point fixe 1 est de $K = 0.0364 \text{ m}^{-1}$ (0036) à comparer à ceux des stations de la radiale dont la moyenne est faible ($K_{PAR} = 0.027 \text{ m}^{-1} \pm 0.0008$), excepté à la station 4 (0.048 m^{-1}).

12. Production primaire

Dès les premières expériences de production primaire, un fait troublant fut noté : la chlorophylle n'augmentait pas systématiquement dans les flacons d'incubation comme observé d'habitude aussi bien lors des missions PROPPAC précédentes que dans l'Atlantique tropical (missions CIPREA et PIRAL). Ce résultat fut interprété à bord comme étant dû à l'extrême oligotrophie du milieu. Une certaine similitude entre les variations observées dans les flacons et celles du milieu (baisse en surface et augmentation au niveau de Chla max) laissait pourtant penser que les mesures de production étaient bonnes. Des incubations à l'obscurité furent tout de même pratiquées in situ pour confirmer les résultats. Elles montrèrent que la chlorophylle ne baissait pas dans les flacons obscurs prélevés et incubés à 10 et 20 m. La baisse de chlorophylle mise en évidence dans les flacons clairs entre 10 et 60 m pouvait donc résulter d'une adaptation du phytoplancton à une lumière abondante.

Les analyses de ^{14}C montrèrent qu'en réalité, la production primaire était faible ou nulle dans certains flacons, ou plus exactement dans ceux remplis à certaines bouteilles de la rosette. Finalement, la correspondance étroite entre baisse de chlorophylle et inhibition de la photosynthèse permit d'éliminer systématiquement toutes les valeurs provenant de 7 bouteilles polluées de la rosette.

Ces observations sont à rapprocher de celles rapportées récemment par WILLIAMS et ROBERTSON (1989) qui accusent le sandow des bouteilles Niskin. Il n'est pas sûr que les élastiques soient en cause dans notre cas puisqu'ils ont tous été remplacés dès le début de la mission à partir d'une seule et même pièce coupée en 12 morceaux. Lors de cette mission, nous avions le projet de tester une bouteille GO-FLO commandée chez General Oceanics. Nous l'attendons encore aujourd'hui...

Les mesures de production primaire dans l'Atlantique (CIPREA) et celles dans le Pacifique (PROPPAC) ont permis d'aboutir à un résultat fondamental : pour un ensoleillement moyen, le profil de productivité ($\text{mgC} \cdot \text{mgChla}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) en un lieu donné est *unique*. Cela signifie que dans un certain système hydrologique, la distribution verticale de la productivité est parfaitement définie à l'aide de 8 ou 10 incubations successives de production primaire, même si certaines conditions de milieu changent ou si les profils de chlorophylle fluctuent d'un jour à l'autre comme ce fut le cas à PROPPAC 3 par exemple.

En conséquence, il est raisonnable de regrouper toutes les données de production collectées en un point fixe afin de construire un profil moyen de productivité pour une lumière incidente proche de la moyenne. C'est ce que nous avons fait, faute de mieux, à partir des données provenant des 5 bouteilles de la rosette considérées comme non polluées, c'est-à-dire celles pour lesquelles la chlorophylle augmentait, ou en tout cas, ne diminuait pas lors de l'incubation. Les résultats sont résumés dans le tableau 4. Cinq niveaux sont décrits par au moins 15 valeurs, avec des écarts-type assez petits. Les productivités sont faibles, les plus faibles jamais obtenues par la méthode décrite ici, employée lors des programmes CIPREA, PIRAL et PROPPAC. Elles représentent sans doute les valeurs minimales possibles dans les eaux tropicales du large, bien qu'il soit impossible d'affirmer péremptoirement que les 5 bouteilles Niskin retenues ne présentaient aucune forme de pollution.

Tableau 4 : Productivité (mgC.mgChla⁻¹.h⁻¹) estimée à la position (7-8°S, 165°E). Chlorophylle moyenne mesurée à 6h du matin. Production (P en mgC.m⁻³.h⁻¹) calculée à l'aide de la productivité et de Chla. moy., s et n étant respectivement la moyenne, l'écart-type et le nombre de valeurs

Z (m)	Productivité			Chla moy.	P
	moy.	s	n		
5	5.28	1.56	17	0.075	0.40
10	4.02	0.91	5	0.076	0.31
20	3.59	0.51	5	0.076	0.27
30	3.54	0.60	5	0.080	0.28
40	2.92	0.65	5	0.081	0.24
70	1.58	0.58	17	0.166	0.26
100	0.41	0.21	16	0.326	0.13
120	0.26	0.09	15	0.224	0.06
150	0.09	0.07	16	0.091	0.01

La production primaire moyenne calculée donne un ordre de grandeur du flux de carbone à 7-8°S : environ 310 mg.m⁻².jour⁻¹. Cette valeur est faible, comparée aux autres données de PROPPAC (voir ci-après). Elle est cependant bien supérieure à beaucoup de valeurs rapportées dans la littérature (voir par exemple les cartes publiées récemment par BERGER, 1989).

13. Zooplancton

Le schéma présentant les variations des biomasses planctoniques (Fig. 27) ne montre pas de tendance entre le début et la fin de la station en dérive pour les différentes couches échantillonnées. Les variations nyctémérales sont faibles, le rapport entre biomasses diurnes et biomasses nocturnes étant de 0.82, 0.90 et 1.08 pour les couches 0-100, 0-200 et 0-500 m avec le filet WP-2. Ces variations s'observent aussi sur le microplancton (35-200 µm), contrairement aux résultats des autres "points fixes" de PROPPAC : 0.72 et 0.85 pour les couches 0-100 et 0-200m, respectivement.

La biomasse est un peu plus faible que lors d'un autre point fixe réalisé dans les eaux oligotrophes, à PROLIGO (Fig. 28), pour les différentes couches, ce qui indique l'oligotrophie de la station en dérive n° 1.

Ce caractère oligotrophe se retrouve dans la distribution verticale : 55 % du zooplancton des 500 premiers mètres se trouve dans la couche 0-100 m et 74 % dans la couche 0-200 m. Dans la couche superficielle (150 premiers mètres), le maximum de zooplancton est généralement situé à 80-90 m (6 cas sur 8), donc au-dessus ou au niveau de celui de la chlorophylle.

Enfin, la structure dimensionnelle du plancton place ce point fixe parmi ceux des eaux oligotrophes (Fig. 29) : le microplancton représente 45 % de l'ensemble de la classe de taille 35-2000 µm, valeur à comparer aux 16 % du point fixe de PROPPAC 2 dans l'upwelling équatorial.

L'ensemble de ces résultats porte sur des biomasses exprimées en poids sec sans cendre (paramètre proche de la matière organique), mais les conclusions restent vraies si l'on considère le poids sec.

3. RESULTATS DE LA STATION EN DERIVE N° 2 (17 - 24 NOVEMBRE)

La position de cette station de 8 jours correspond à une zone de gradient thermique faible, rencontré vers 16°S. La liste des stations sonde-courantométrie est indiquée sur le tableau 5.

1. Trajectoire, suivi de la masse d'eau

La station (Fig. 30) a eu lieu du 16 novembre à 17.00 TU (soit 4h en H.L.) position 15°58'S, 165°13'E, au 24 novembre à 9.30 TU (15°28'S, 165°20'E). Le mouillage de la chaîne à thermistances parcourt d'abord 17 milles vers le nord-nord-est en 115 heures puis 14 milles vers le nord-nord-ouest en 62 heures. Sa trajectoire, pendant le trajet nord-nord-est, est plus instable que celle de la première station en dérive : boucle cyclonique de 10 heures après 31 heures de station, progression quasi nulle pendant 6 heures après 57 et 79 heures de dérive. La direction et la vitesse de déplacement sont ensuite beaucoup plus stables.

Les diagrammes T/S de la deuxième station en dérive (Fig. 31) présentent des perturbations au niveau de la halocline supérieure (34.8) dont la profondeur varie, et au niveau du maximum de salinité (35.6).

2. Paramètres météorologiques

L'orientation des vents (Fig. 32) est de secteur est à sud. Leur force est de 10 à 20 noeuds pendant la majeure partie de la station (126 heures). Ils s'orientent, ensuite au sud-est en se renforçant (20 à 30 noeuds).

3. Hydrologie (Fig. 34 à 36)

Le cycle diurne est bien mis en évidence sur l'enregistrement de la température de surface, excepté pendant le coup de vent en fin de station (fig. 33). Les valeurs de la couche superficielle ($> 28^{\circ}\text{C}$ et 34,5%) sont plus élevées que celles mesurées pendant la radiale au même endroit et semblent plutôt correspondre à la situation rencontrée entre 12°S et 13°S en début de campagne, deux semaines auparavant. L'épaisseur de la couche homogène de surface est très variable, sauf en fin de station, pendant le coup de vent où elle reste stable (50 m, $T = 28^{\circ}\text{C}$, $S = 34,5$). Auparavant, elle varie de 0 à 40 m.

4. Courantologie (Fig. 37 et 38)

Pour des profondeurs supérieures à 200 m, le courant zonal (Fig. 37) est faible. Au-dessus, on trouve le contre courant sud tropical (vers l'est, $u = 20$ à 40 cm.s^{-1}). Après 96 heures de station, le courant zonal faiblit (approche de la branche sud du CSE). La composante méridienne reste très instable tout au long de la station.

5. Chaîne à thermistances (Fig. 39)

Mouillée le 16 novembre à 19.24 TU par 15°58'S, 165°14'E, la chaîne à thermistances a été relevée le 24 novembre à 7.26 TU par 15°28'S, 165°20'E. Malgré la dérive (environ un demi degré), on peut considérer que l'appareil s'est maintenu au sein de la même masse d'eau (voir les diagrammes T/S, Fig. 31). Pour cette deuxième station, les mesures sont conservées du 16 (20.22 TU) au 24 (7.12 TU) novembre. Peu de mouvements verticaux ont été enregistrés (profondeur de la première thermistance : $128 \text{ db} \pm 1.2 \text{ db}$). Des fluctuations à haute fréquence d'une amplitude importante existent : 2.2°C en 44 mn à 68 db (t n°7) après 67 heures de station. La périodicité de 12 heures est aussi présente pour les mesures de cette deuxième station en dérive.

Tableau 5 : Récapitulatif des stations
STATION EN DERIVE 2 : 12-24 novembre 1989

N.B. : Heure locale = heure TU + 11.

la pression maximale atteinte par la sonde CTDO est indiquée en décibars.

les courants sont mesurés jusqu'à 600 db sauf indication contraire dans le tableau suivant.

st	position		date TU	heure TU	CTDO	rosette	courant
61	15.58S	165.12E	16/11	17.13	995	*	
62	15.57S	165.14E	16/11	21.05	995	*	douteux
63	15.57S	165.14E	17/11	1.46	995	*	douteux
64	15.57S	165.15E	17/11	5.28	995	*	douteux
65	15.56S	165.14E	17/11	9.35	1000	*	
66	15.57S	165.15E	17/11	13.33	995	*	*
67	15.55S	165.15E	17/11	17.16	1000	*	douteux
68	15.53S	165.17E	17/11	21.40	1000		*
69	15.52S	165.17E	18/11	1.43	995	*	*
70	15.50S	165.16E	18/11	5.25	995	*	*
71	15.51S	165.16E	18/11	9.40	1000	*	*
72	15.53S	165.17E	18/11	13.33	995	*	*
73	15.51S	165.18E	18/11	17.12	1000	*	*
74	15.50S	165.18E	18/11	21.10	1000		*
75	15.52S	165.17E	19/11	1.16	995	*	
76	15.52S	165.17E	19/11	5.34	1000	*	douteux
77	15.48S	165.19E	19/11	9.36	1000	*	*
78	15.48S	165.19E	19/11	13.30	995	*	
79	15.46S	165.20E	19/11	17.11	1000	*	*
80	15.46S	165.19E	19/11	21.35	1000		*
81	15.45S	165.19E	20/11	1.40	1000	*	*
82	15.44S	165.19E	20/11	5.26	1000	*	*
83	15.44S	165.18E	20/11	9.35	995	*	*
84	15.45S	165.19E	20/11	13.30	995	*	*
85	15.44S	165.20E	20/11	17.11	995	*	*
86	15.43S	165.21E	20/11	21.10	1000		*
87	15.43S	165.22E	21/11	1.33	995	*	*
88	15.42S	165.22E	21/11	5.28	995	*	*
89	15.40S	165.22E	21/11	9.30	995	*	*
90	15.39S	165.24E	21/11	13.30	995	*	*
91	15.38S	165.24E	21/11	17.16	995	*	*
92	15.37S	165.23E	21/11	21.15	1000		*
93	15.37S	165.24E	22/11	1.12	995	*	
94	15.36S	165.23E	22/11	5.36	995	*	*
95	15.35S	165.22E	22/11	9.12			*
96	15.34S	165.22E	22/11	13.00			*
97	15.34S	165.21E	22/11	18.19	995	*	*
98	15.33S	165.23E	22/11	22.00	995	*	douteux
99	15.32S	165.22E	23/11	2.12	1000	*	
100	15.32S	165.22E	23/11	5.38	995	*	douteux
101	15.32S	165.21E	23/11	9.35	995	*	douteux
102	15.31S	165.22E	23/11	13.10	1000	*	*
103	15.30S	165.22E	23/11	17.17	995	*	douteux
104	15.29S	165.22E	23/11	21.30	1000		douteux
105	15.29S	165.21E	24/11	1.09	995	*	
106	15.29S	165.20E	24/11	5.04	1000	*	

6. Sels nutritifs (Fig. 40 à 42)

La distribution des sels nutritifs est différente de celle rencontrée deux semaines avant, aux stations de la radiale. Leurs valeurs mesurées sont très faibles sur toute la colonne d'eau, nitrate et phosphate atteignant les valeurs minimales enregistrées depuis le début du programme en 1984.

En huit jours de station en dérive, les trois sels nutritifs (NO_3 , NO_2 , PO_4) suivent dans leurs grandes lignes la même évolution. Mais, compte tenu de la pauvreté en sels nutritifs de la zone étudiée et des profondeurs d'échantillonnage maximum de 150 m le matin et de 180 m le soir, l'interprétation des coupes (Fig. 40 à 42) est délicate. A l'exception du dernier jour, la nitracline dont le sommet est défini par l'isoligne $0.1 \mu\text{M NO}_3\text{-N.l}^{-1}$, est toujours en dessous de 120 m et les concentrations de phosphate sont inférieures à $0.1 \mu\text{M}$ sur les 120 premiers mètres. Entre les jours J3 et J6, on note un approfondissement de la nitracline et de l'isoligne $0.1 \mu\text{M}$ des phosphates en dessous de 140 m. Cette tendance est extrêmement marquée le quatrième jour : concentration la plus faible de nitrate enregistrée au cours de la station ($0.318 \mu\text{M}$ à 180 m à $t = 84\text{h}$) et concentrations de phosphate $< 0.11 \mu\text{M}$ sur la couche 0-180 m. En fin de station ($t = 180\text{h}$), la remontée en l'espace de 24 heures, de la nitracline et de l'isoligne $0.1 \mu\text{M}$ du phosphate de 120 à 90 m est importante.

Le maximum profond de nitrite, situé entre 120 et 170 m est peu marqué ($< 0.2 \mu\text{M}$) au cours de la station. Le dernier jour, il remonte et se renforce, avec des concentrations de $0.27 \mu\text{M}$ à 120 m. Pour certaines stations la concentration du nitrite peut devenir supérieure à celle du nitrate, à une profondeur donnée.

7. Oxygène dissous (Fig. 43)

La structure rencontrée est différente de celle décrite au premier point fixe. La coupe met en évidence l'existence d'une zone plus oxygénée ($> 4.7 \text{ ml l}^{-1}$) entre 70 et 140 m, bien définie sur les 5 premiers jours et morcellée au-delà. L'oxycline est bien marquée et se situe entre 140 et 150 m. La distribution de l'oxygène dans les couches profondes suit dans ses grandes lignes celle des sels nutritifs avec un enfoncement des isolignes au cours du quatrième jour et une remontée le dernier jour.

En surface et subsurface (0-30 m), les concentrations sont généralement inférieures à 4.5 ml.l^{-1} , sauf à partir du jour J6 où on remarque une réoxygénation ($> 4.5 \text{ ml.l}^{-1}$) et homogénéisation de la couche superficielle. Ce changement de structure est certainement lié à un mélange consécutif au coup de vent enregistré à partir de $t = 144\text{h}$.

8. Chlorophylle (Fig. 44)

Le système étudié à la seconde station en dérive représente sans doute l'une des situations les plus oligotrophes qui se puisse observer en milieu tropical puisque la couche d'eau épuisée en nitrate a varié de 120 à 150 m d'épaisseur. Paradoxalement, la biomasse chlorophyllienne totale (0 à 200 m) n'est pas très faible : elle est en moyenne de $26,8 \text{ mg.m}^{-2}$, valeur très proche de celle obtenue vers 7°S à la première station de 8 jours ($27,4 \text{ mg.m}^{-2}$). Ces chiffres sont à comparer à la valeur moyenne calculée à partir des 56 stations réalisées hors upwelling lors des 3 premières campagnes PROPPAC : $28,6 \text{ mg.m}^{-2}$. Ce résultat confirme une notion désormais classique : la quantité totale de chlorophylle présente dans l'océan tropical du large (en dehors de l'upwelling équatorial) ne varie que dans une gamme très étroite en fonction de la région et de la saison.

Autre paradoxe : près de la moitié de la chlorophylle se trouve au-dessous de la couche euphotique, là où nos mesures de production ne détectent quasiment plus de fixation de carbone.

Les variations nyctémérales de la chlorophylle observées à cette station, sont en tout point semblables à celles observées à 7°S , avec baisse diurne des teneurs en surface et augmentation simultanée vers 120 m au niveau du maximum de chlorophylle (Fig. 45).

En revanche, la structure de taille du phytoplancton est très différente d'un point fixe à l'autre dans la couche de surface (Tableau 8). A 20 m, la chlorophylle domine nettement dans la fraction $< 1 \mu\text{m}$ à 7°S tandis que c'est l'inverse à 16°S . L'explication réside dans la présence au

second point "fixe" de nombreuses cellules de 2 à 7 μm dans les 60 premiers mètres, cellules dont la fluorescence est proche de celle des cyanobactéries et qui ont été dénommées provisoirement *pseudo-trichodesmium* (voir ci-dessous). Ces cellules ont une biomasse chlorophyllienne suffisante pour modifier la distribution de taille typique de la chlorophylle dans les eaux épuisées en nitrate.

9. Analyses des pigments (HPLC)

Les analyses ne sont pas terminées au moment de la rédaction de ce rapport.

10. Examens au microscope en épifluorescence

La distribution des *Synechococcus* est très proche de celle du premier point fixe. On note cependant des effectifs encore assez importants à 120 m (Fig. 46). Les effectifs des microalgues sont faibles de la surface à 70 m et plus élevés de 80 m à 150 m (Fig. 46).

Il y a apparition de nouvelles cyanobactéries sphériques dont le diamètre varie de 2 à 7 μm , mais le plus souvent 2 μm (dans 30% des cas et 3 μm (35% des mensurations). Nous leur avons arbitrairement donné le nom de *pseudo-trichodesmium* pour les caractériser. Les effectifs sont abondants dans les 60 premiers mètres (Fig. 46).

Pour la première fois au cours des campagnes PROPPAC, les effectifs des cyanobactéries (*Synechococcus*) sont du même ordre de grandeur que ceux des microalgues. Enfin l'apparition (*pseudo-trichodesmium*) en nombre équivalent à celui des microalgues dans les 60 premiers mètres a des conséquences sur la répartition de la chlorophylle par fraction de taille, comme on l'a vu précédemment.

11. Mesures optiques (Fig. 47)

Les profils verticaux du PAR tracés à partir des données de la cellule LI-COR, pour les jours 1 à 8, sont semblables. L'éclairement PAR moyen atteint 23.2% (0.78%) de la valeur de PAR à 20 mètres et 16.4% (0.87%) à 30 mètres (Fig. 47). Le 1%, qui fixe l'épaisseur de la zone euphotique, se situe entre 100 et 110 mètres. Le coefficient d'atténuation moyen, K, est de 0.035 m^{-1} (0.0041) de 20 à 90 mètres (Tableau 6) et de 0.045 m^{-1} entre 90 et 150 mètres (Fig. 47). Le signal satellite couleur de l'eau provient donc en moyenne à PROPPAC 04 d'une profondeur (1/K) de 29 mètres.

Ce sont les eaux les plus claires rencontrées dans le programme PROPPAC. Pour comparaison, à PROPPAC 01 (point fixe à 3N) le coefficient d'atténuation moyen obtenu avec la même cellule LI-COR était de 0.042 m^{-1} , et à PROPPAC 02 (point fixe à l'équateur) de 0.063 m^{-1} . Ces valeurs donnent des profondeurs moyennes du signal satellite de 24 m à 3N à PROPPAC 01, et de 16 m seulement à l'équateur à PROPPAC 02. Le coefficient d'atténuation dépendant de la concentration en seston (particules) et de l'eau de mer elle-même, il sera intéressant d'étudier les relations le liant au carbone particulaire ou à la chlorophylle sur l'ensemble des observations réalisées dans le cadre des campagnes PROPPAC.

Tableau 6 : Résumé des valeurs du coefficient d'atténuation de l'éclairement, K, PAR (en m^{-1}) obtenues avec les deux cellules QSP-200 et LI-COR.
(Entre parenthèses, écart-type)

	QSP-200	LI-COR
Radiale (ensemble) (stn. 4)	0.027 (0.0008.n=4) 0.041	- -
Point fixe n°1	0.0364 (0.0036.n=6)	-
Point fixe n°2	0.0301 (0.0084.n=7)	0.0346 (0.0041.n=6)

12. Production primaire

Bien que lavées avec HCl entre les deux points fixes, les bouteilles de la rosette ont produit les mêmes artefacts. Comme à 7°S, les données des 5 bouteilles "propres" permettent de calculer un profil de productivité moyenne pour un ensoleillement moyen (Tableau 7). La production peut ensuite être calculée aisément à partir des valeurs de chlorophylle. Les valeurs sont nettement plus élevées qu'à 7°-8°S sans que la lumière incidente ait varié sensiblement. Il est possible que les pseudo-trichodesmium observés dans la couche de surface soient particulièrement productifs. Des mesures quotidiennes de la production à 20 m dans les fractions < 1 µm, > 1 µm et totale le confirment (Tableau 8). La majorité de la production primaire à 20 m est due aux organismes de taille supérieure à 1µm à 15-16°S alors qu'à 7-8°S, biomasse et production dominaient dans la fraction < 1 µm.

A 60,80 et 90 m, la fraction inférieure à 1 µm contient la majeure partie de la biomasse et de la production, comme on pouvait s'y attendre puisqu'il s'agit d'eaux épuisées en nitrate.

**Tableau 7 : Productivité moyenne (mgC.mgChla⁻¹.h⁻¹) estimée à 15-16°S, 165°E.
Profil moyen de Chla (mg.m⁻³) à 6h. Production calculée (mgC.m⁻³.h⁻¹)
moy., s et n étant respectivement la moyenne, l'écart-type et le nombre de valeur**

Z (m)	Productivité			Chla moy.	P
	moy.	s	n		
5	7.51	1.85	20	0.083	0.62
10	7.52	0.56	4	0.075	0.56
20	7.28	0.60	4	0.079	0.58
30	6.28	1.11	4	0.080	0.50
40	5.92	1.11	4	0.097	0.57
70	2.49	0.52	8	0.119	0.30
80	2.56	0.30	2	0.143	0.37
90	2.45	0.45	4	0.160	0.39
100	1.04	0.30	13	0.191	0.20
110	0.49	0.17	4	0.185	0.09
120	0.48	0.26	19	0.240	0.12
130	0.26	0.16	6	0.238	0.06
150	0.20	0.11	19	0.193	0.04

A 7°-8°S, le maximum de chlorophylle et le sommet de la nitracline étaient à 100 m environ. A 120 m, la chlorophylle dominait donc dans la fraction > 1 µm : il en est toujours ainsi dans les eaux riches en nitrate. En revanche, la production est très modeste dans cette même fraction. Les mesures indiquent que dans cette situation, ce seraient les cellules inférieures à 1 µm qui réaliseraient l'essentiel de la production. Comme les cyanobactéries sont rarissimes à ce niveau, on pense immédiatement aux prochlorophytes, petites bactéries riches en chlorophylle b et très abondantes au bas de la couche euphotique. Il faut bien noter cependant un point important : si notre méthode au ¹⁴C convient à la mesure de la production primaire des prochlorophytes, les valeurs fournies indiquent clairement que leur production serait finalement très modeste (Tableaux 4 et 8).

Tableau 8 : Pourcentages de chlorophylle et de production assurés par la fraction < 1 μ m. Moyennes pour les deux station en dérive de 8 j.

Z(m)	Station 1		Station 2	
	Chla<1	P<1	Chla<1	P<1
20	60	60	45	28
60	62	64	55	64
80	-	-	55	75
90	-	-	57	75
120	35	77	55	80

La production totale moyenne à 15°-16°S est de 50 mgC.m⁻².h⁻¹, soit près de 500 mgC.m⁻².jour⁻¹. Il s'agit d'une valeur forte comparée aux rares données récentes de la littérature pour les régions d'extrême oligotrophie. Il est difficile pourtant d'imaginer de quelle manière nous aurions pu surestimer la production. De même, notre estimation de la chlorophylle semble de l'ordre de grandeur attendu. La productivité (Tableau 7) est très comparable à celle trouvée à PROPPAC 1 (3°N) et à PROPPAC 3 (4°N). S'agirait-il d'une production de régénération essentiellement, c'est-à-dire consommée et "brûlée", au fur et à mesure ? Ou bien les déserts océaniques doivent-ils être considérés comme verdoyants, comme se demandait KERR (1983), il y a quelques années ?

13. Zooplancton (Fig. 48)

Contrairement à ce qui se passait à la première station en dérive, la biomasse du zooplancton ne peut pas être considérée comme stable pendant les 8 jours d'observation : on observe en effet une augmentation du poids sec de mésozooplancton (filet WP-2) entre le troisième jour (60ème heure) et le sixième jour (132ème heure), période où l'on a noté aussi des modifications dans la distribution verticale des sels nutritifs (V-3.6). Cette observation n'implique pas de relation de cause à effet, mais peut traduire l'échantillonnage d'un milieu un peu différent de celui observé au début, puis à la fin.

Les variations nyctémérales sont marquées : le rapport des biomasses de jour sur celles de nuit est, en effet, de 55% pour la couche 0-100 m, 60% pour celle de 0-200 m et 80% pour 0-500m. (ce dernier résultat indiquant que des traits 0-500m ne permettent pas de s'affranchir totalement de l'effet des migrations verticales dans le cas des eaux oligotrophes). Des variations jour/nuit s'observent aussi pour le microplancton du filet de 35 μ m, les valeurs de jour représentant 70% des valeurs de nuit pour les couches 0-100 et 0-200 m.

La biomasse moyenne de zooplancton est la plus faible de tous les "points fixes" de PROPPAC et de PROLIGO (station à 15°S sur 173°E), quelle que soit la couche échantillonnée (Fig. 27). Elle est même encore plus faible que la moyenne calculée sur une radiale méridienne partant de Tahiti vers la convergence subtropicale à 41°S (campagne PROSGERMON), zone réputée oligotrophe par excellence (Tableau 9).

Tableau 9 : Comparaison des valeurs de poids sec par mètre carré (mg.m⁻²) de mésozooplancton dans différentes zones oligotrophes du Pacifique sud

Campagne	0-100m	0-200m	0-500m
PROLIGO	339	584	680
PROSGERMON	-	377	608
PROPPAC 4 st 1	331	446	616
st 2	244	335	476

Comme dans les autres points fixes de zone oligotrophe, la distribution verticale du zooplancton est moins superficielle que celle des eaux de l'upwelling équatorial : 51% de la biomasse des 500 premiers mètres se trouve dans la couche 0-100 m et 70% dans les 200 premiers.

Enfin, la structure dimensionnelle du plancton présente une part importante de petits individus : 48% des organismes de taille comprise entre 35 et 2000 μm , passent à travers une soie de 200 μm (Fig. 28), valeur la plus élevée observée jusqu'à présent.

Les données des expériences de "grazing" sont en cours d'acquisition. Les observations en microscopie à épifluorescence ont mis en évidence de nombreuses cyanobactéries dans les fèces de Copépodes ou dans leur tube digestif (un tiers des copépodes examinés), ce qui laisse supposer qu'elles sont ingérées soit directement, soit en association avec des particules plus grosses (aggrégats, Ciliés nus, etc.,...).

VI - CONCLUSIONS GENERALES

PROPPAC 4, la dernière des quatre campagnes du programme PROPPAC, a eu pour objectif l'étude des systèmes oligotrophes du sud de la radiale de 165E, dans le Pacifique ouest, complétant ainsi les trois situations décrites précédemment. Mais elle comportait cette fois deux stations en dérive de 8 jours -au lieu d'une habituellement- précédées d'une radiale descriptive plus courte, allant de 19S à 5S seulement. La campagne s'est déroulée à bord du navire océanographique "Le Suroit", plus spacieux que le "Coriolis" des autres missions, ce qui a permis d'embarquer 13 scientifiques au lieu de 10, dont deux collègues australien et américain, et de mesurer davantage de paramètres, en particulier pour ce qui est des pigments phytoplanctoniques, de la biomasse des bactéries hétérotrophes et de la sédimentation des particules.

La stratégie utilisée une fois encore, a reposé sur le suivi d'un mouillage en dérive -celui de la chaîne à thermistances- les prélèvements ayant lieu à proximité pendant 8 jours. Lors de la première station en dérive, on est passé d'un courant superficiel (courant sud équatorial) à un autre (contre courant sud équatorial), mais cela ne s'est traduit ni par une modification des diagrammes T/S, ni par un signal particulier dans les coupes de sels nutritifs, ni par une modification des valeurs de biomasses planctoniques. Lors de la seconde station de 8 jours, on a observé des variations de l'épaisseur de la couche de mélange et de la profondeur de la halocline supérieure sans que cela ne semble altérer la distribution et la concentration des sels nutritifs situés bien en dessous, ni les valeurs de biomasses planctoniques, ni les profils de productivité primaire. Aucun des critères examinés à l'heure actuelle ne semble donc contredire l'hypothèse du suivi d'un écosystème unique, lors de chacune des deux stations de longue durée.

La première a eu lieu entre 7 et 8S et a présenté une pycnocline profonde, surtout marquée en salinité. La profondeur à laquelle apparaît le nitrate (au seuil de 0.1 $\mu\text{mole.l}^{-1}$) est celle de la pycnocline, vers 70-90m. La concentration de ce sel atteint 10 $\mu\text{moles.l}^{-1}$ à 180m. Contrairement à ce qui sera observé lors de la seconde station de 8 jours, la couche de mélange dépourvue de nitrate, comporte du phosphate. La seconde station, située entre 15 et 16S, au large du Vanuatu, a présenté une pycnocline moins profonde et moins marquée qu'à la première et une nitracline, dont la profondeur est indépendante de celle de la pycnocline, située bien en dessous entre 120 et 140m. Les concentrations de nitrate sont les plus faibles jamais observées depuis le début des mesures, en janvier 1985 et n'atteignent pas 3 $\mu\text{moles.l}^{-1}$ à 180m.

Il est intéressant de comparer les conséquences de ces deux situations hydrologiques sur les biomasses et productions planctoniques, l'une (station n° 2) devant a priori être plus pauvre que l'autre puisque les sels nutritifs sont situés plus en profondeur à des concentrations plus faibles. C'est ce qui s'observe effectivement pour la profondeur du 1% de lumière, fonction de l'abondance des particules, de 100-110m à la station 2 et de 96-103m à la station 1. La biomasse zooplanctonique y est également plus faible, le rapport entre la station 1 et la 2 étant de 1.3. Mais ces observations ne sont pas confirmées par celles des paramètres caractérisant le phytoplancton : les valeurs intégrées de chlorophylle sont voisines aux deux stations et, de

toute façon, du même ordre que les valeurs moyennes calculées pour la radiale 165E, hors de l'upwelling équatorial. Par ailleurs, la production primaire mesurée au ^{14}C est même supérieure à la station 2, peut-être en raison de la présence des "*pseudo-trichodesmium*" qui pourraient utiliser l'azote atmosphérique dans les 60 premiers mètres et épuiser le phosphate de la couche homogène. Comment alors expliquer que la biomasse zooplanctonique soit plus faible à la station 2 alors qu'il n'en va pas de même pour celle du phytoplancton ? On peut avancer deux hypothèses : ou bien la production primaire est mal utilisée par ses consommateurs, ou bien on a assisté à un développement temporaire, mais modeste, de la production phytoplanctonique sans que les répercussions aient pu encore s'observer sur le reste du réseau trophique. Enfin, ces deux stations correspondent à des situations encore plus oligotrophes que celles qui ont pu être observées dans l'Atlantique ou le Pacifique.

Les résultats préliminaires de PROPPAC 4 apportent aussi des éléments intéressants sur la connaissance du fonctionnement des écosystèmes hauturiers de l'ouest Pacifique, complétant les observations faites dans les rapports précédents.

- Tout d'abord, on retrouve les variations diurnes de la chlorophylle, celles de la couche superficielle pouvant être attribuées à l'excès de lumière et celles du maximum profond, à de la production. Entre ces deux couches, aucune variation significative n'a pu être observée parce que l'un et l'autre facteur ne sont pas suffisamment forts.

- Le phytoplancton est dominé par les cyanobactéries dans la couche dépourvue de nitrate, couche qui est aussi le siège de l'essentiel de la production primaire. En dessous, dominant les microalgues. La seconde station présente cependant un cas particulier parmi les situations étudiées jusqu'à présent, car les 60 premiers mètres comportent des cellules de taille supérieure à $1\ \mu\text{m}$, dénommées *pseudo-trichodesmium*, car elles ont la fluorescence des cyanobactéries. En conséquence, la production primaire de cette couche dépourvue de nitrate y est assurée par des cellules de taille $> 1\ \mu\text{m}$, contrairement aux observations habituelles.

- Le profil de productivité, rapport entre la production primaire mesurée au ^{14}C et la biomasse chlorophyllienne, est caractéristique d'un lieu donné et il est étroitement associé au profil de lumière. En dessous de la couche euphotique, il n'y a pratiquement plus de production mesurable par la technique au ^{14}C , mais il reste encore des quantités importantes de chlorophylle (près de la moitié de la quantité totale à la station 2).

- Enfin, le zooplancton des eaux oligotrophes présente une distribution verticale plus profonde, en relation avec ce qui est observé pour la chlorophylle. Y a-t-il une relation directe entre zooplancton et phytoplancton ? La présence de nombreuses cyanobactéries dans le tube digestif et les pelottes fécales de copépodes pourrait l'indiquer, mais rien ne prouve qu'elles soient assimilées.

- Les organismes de la classe de taille la plus petite de zooplancton représentent une fraction plus importante de la biomasse totale dans les eaux oligotrophes, leur pourcentage suivant une relation inverse de celle de la biomasse zooplanctonique, quand on considère les 5 situations étudiées à PROPPAC. L'origine d'une telle relation doit probablement être recherchée dans l'augmentation de la complexité du réseau trophique des zones riches (cas de l'upwelling équatorial) aux zones oligotrophes.

ADDENDUM

Le texte de J. DOWNS étant parvenu au moment de l'impression du rapport, a été reproduit tel quel, sans être traduit ni modifié pour éviter les répétitions avec d'autres parties du rapport.

1. Fluorometric pigment analysis

Determination of chlorophyll *a* and total phaeopigments was made according to the basic method and calculations of Lorenzen (1966) with the following differences. Water samples were filtered onto Whatman GF/F glass-fiber filters. Filters were extracted in 5 ml of a 40 : 60 mixture by volume of DMSO : 90% acetone (v/v, water). Tubes of extract were allowed to sit 4-12 h in cold and dark conditions, then homogenized and the fluorescence read in a Sequoia-Turner 112 fluorometer. The fluorometer was calibrated with pure chlorophyll *a* from Sigma, dissolved in the same DMSO-90% acetone solvent. All pigment concentrations were calculated and reported on a molar basis.

2. HPLC pigment analysis

Samples for HPLC analysis were filtered onto Whatman GF/F glass-fiber filters under low light or dark conditions. Following 1-2 rinses with 0.45 μm -filtered seawater, the filters were folded, blotted dry and stored in vials frozen in liquid nitrogen for transport and until analysis.

For analysis, the filter is placed in a centrifuge tube and covered with 2 ml 90% acetone (by volume with water; all water previously purified using a Milli-Q de-ionizing system). The tubes are sonicated (Ultrason X, 3000 watt probe) for 7 min and the filters allowed to extract in the dark at 5° C overnight. The extract is then filtered with a 0.45 μm Gelman Acrodisc CR filter assembly. Immediately prior to injection, 0.5 ml of extract is mixed with 0.5 ml water and the solution directly injected into a 500- μl sampling loop, plumbed to a high-performance liquid chromatography system.

HPLC separation is made using a Hewlett Packard 1090 Series L liquid chromatograph with a diode array detector and fitted with a reversed-phase octadecyl C₁₈ polymeric column (Whatman RAC II, Partisil 5 ODS-3, 10 cm length). The separation employs three solvents : (A) = 70:30 (by volume) solution of methanol and aqueous sodium acetate buffer (0.05 M, pH = 7.00, I = 0.05), (B) = 100% methanol, and (C) = 100% acetone. Solvents are pumped at 1.0 ml/min as follows : 70% methanol-aqueous buffer (A) for 2 min, followed by a linear gradient to 100% methanol (B) by 14 min. At this point, acetone is introduced to the methanol in a linear gradient to a 90:10 (B:C) mix by 15 min, to 80:20 by 23 min, and to 70:30 by 27 min. The 70:30 methanol : acetone mix is held constant to the end of the run at 36 min. Column regeneration is effected by running the reverse gradient in a slightly accelerated manner, completing the entire solvent program in 50 min. The column is stored in non-buffered 70% methanol. All solvents are HPLC purity reagent grade, prefiltered through GF/F filters into clean, rinsed glassware, and purged with helium prior to use. A layer of helium is maintained over the solvents during all runs.

Visible absorption is monitored and recorded by the diode array detector at 410, 440 and 666 nm wavelengths. Chromatograms yield summed absorbance for these three wavelengths. Peak areas are integrated and pigment concentrations calculated using calibration regressions. In addition, chromatograms can be replotted at each of the individual wavelengths. The diode array detector also records the visible absorption spectra (400-700 nm) at 0.17 second intervals for all peaks during the run, allowing peak identification to be made.

Calibration of the HPLC for chlorophylls *a* and *c* was done using extracts from *T. weissflogii* and *Isochrysis galbana* and for chlorophyll *b* from *Dunaliella tertiolecta*; all cultures were in log-phase growth. Chlorophyllide *a* was made by extracting *T. weissflogii* in 50% acetone (by volume with water). Phaeophorbide *a* and phaeophytin *a* were prepared from their parent Mg-bearing pigment from *T. weissflogii*-derived chlorophyll *a* by the method of Mantoura and Llewellyn (1983). The concentrations of chlorophylls *a*, *b* and *c* were calculated

using the appropriate spectrophotometric trichromatic equation of Jeffrey and Humphrey (1975) and of all the pigments using the relation $(E / M) * 1000 = \text{mM}$ of Lorenzen and Jeffrey (1980), where E = the spectrophotometric extinction and (M) = the molar extinction coefficient, both for the red maximum. A dilution series was prepared in red light, injected and peak areas recorded. A least squares regression was calculated. The molar extinction coefficients for all chlorophylls were calculated from the weight-specific absorption coefficients in Lorenzen and Jeffrey (1980); those for chlorophyllide a , phaeophorbide a and phaeophytin a are from Lorenzen and Downs (1986). All pigment concentrations are calculated on a molar basis.

3. Particulate organic carbon and nitrogen analysis

Aliquots from the sediment traps were filtered onto previously combusted (400°C, 12 h) glass-fiber filters (Whatman, GF/F). Folded filters were stored individually over silica desiccant for transport. To remove any inorganic carbonate, filters were acid-fumed by placement in a desiccator over an open container of full-strength HCl for 12 hours. Filters were packed into tin boats and analysed for carbon, nitrogen and hydrogen content in a Control Equipment Corporation elemental analyzer using acetanalide as a standard.

4. Trap flux calculation

Downward vertical fluxes (of pigments, POC, PON and POP) were calculated as follows :

$$\text{Flux} = \frac{(\text{concentration}) \times (\text{trap volume})}{(\text{trap area}) \times (\text{conversion}) \times (\text{time})}$$

and so, with the correct units for the traps used :

$$\text{Flux} = \frac{[\mu\text{g/l}] \times (1.365 \text{ l})}{(0.00407 \text{ m}^2) \times (1000 \text{ l/m}^3) \times (\text{d})} = \text{mg/m}^2/\text{d}$$

Site	Trap exposure time	Dates (local)
Point fixe 1 (7°S)	12.02 d	10-12 November 1989
Point fixe 2 (15°S)	2.38 d	17-19 November 1989
Point fixe 2 (15°S)	4.19 d	20-24 November 1989

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES CITEES

- ARMSTRONG F.A.J. et TIBBITTS S., 1968 - Photochemical combustion of organic matter in sea-water, for nitrogen, phosphorus and carbon determination. *Journal Marine Biological Association of United Kingdom*, 48 : 143-152.
- BERGER W.H., 1989 - Appendix. Global Maps of Ocean Productivity. In "Productivity of the ocean : Present and Past", W.H. BERGER, SMETACEK V.S. and WEFER G., eds : pp. 429-455, John WILEY & sons Ltd.
- EVERRIT D.A., WRIGHT S.W., VOLKMAN J.K., THOMAS D.P. and LINDSTROM E.J., 1990 - Phytoplankton community composition in the western equatorial Pacific determined from pigment distribution. *Deep-Sea Res.* : in press.
- HALLEGRAEFF G.M., 1984 - Species of the diatom genus *Thalassiosira* in Australian waters. *Botanica Marina*, XXVII, fasc. II : 495-513.
- HERBLAND A., LE BOUTELLER A. et RAIMBAULT P., 1985 - Size distribution of phytoplankton biomass in the Equatorial Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research*, 32 : 819-836.
- HOBBIE J.E., DALEY R.J. and JASPER S., 1977 - The use of Nuclepore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *Applied Environmental Microbiology*, 33 : 1225-1228.
- JEFFREY S.W. and HALLEGRAEFF G.M., 1987 - Phytoplankton pigments, species and light climate in a warm-core eddy of the East Australian Current. *Deep-Sea Research*, 34 : 649-673.
- KERR R.S., 1983 - Are the ocean's desert blooming ? *Science*, 220 : 397.
- MACKEY D.J., 1983 - The strong complexing capacity of sea water - an investigation of south-eastern Australian coastal waters. *Marine Chemistry*, 14 : 73-87.
- MENZEL D.W. et CORWIN N., 1965 - The measurement of total phosphorus in sea-water based on the liberation of organically bound fractions by persulfate oxidation. *Limnology and Oceanography*, 10 : 280-282.
- NEVEUX J. et PANOUSE M., 1987 - Spectrofluorometric determination of chlorophylls and pheophytins. *Archiv für Hydrobiologie*, 109 (4) : 567-581.
- NICHOLS P.D., VOLKMAN J.K. and EVERRIT D.A., 1990 - Occurrence of cis-6-hexadecenoic acid and other unusual fatty acids in the lipids of ocean particulate matter. *Oceanologica Acta.* : in press.
- OUDOT C. et MONTEL Y., 1988 - A high sensitivity method for the determination of nanomolar concentrations of nitrate and nitrite in sea-water with a Technicon Autoanalyzer II. *Marine Chemistry*, 24 : 239-252.
- STRICKLAND J. et PARSONS T., 1972 - A practical handbook of seawater analysis. *Fisheries Research Board Canada, Bulletin 167* : 310 pp.
- UNESCO, 1968 - Zooplankton sampling. *Monographs on oceanographic, methodology 2* : 174 pp.

WILLIAMS P.J. Le B. and ROBERTSON J.I., 1989 - A serious inhibition problem from a Niskin sampler during plankton productivity studies. *Limnology and Oceanography*, 34 : 1300-1305.

WRIGHT S.W. and SHEARER J.D., 1984 - Rapid extraction and high performance liquid chromatography of chlorophylls and carotenoids from marine phytoplankton. *Journal of Chromatography*, 294 : 281-295.

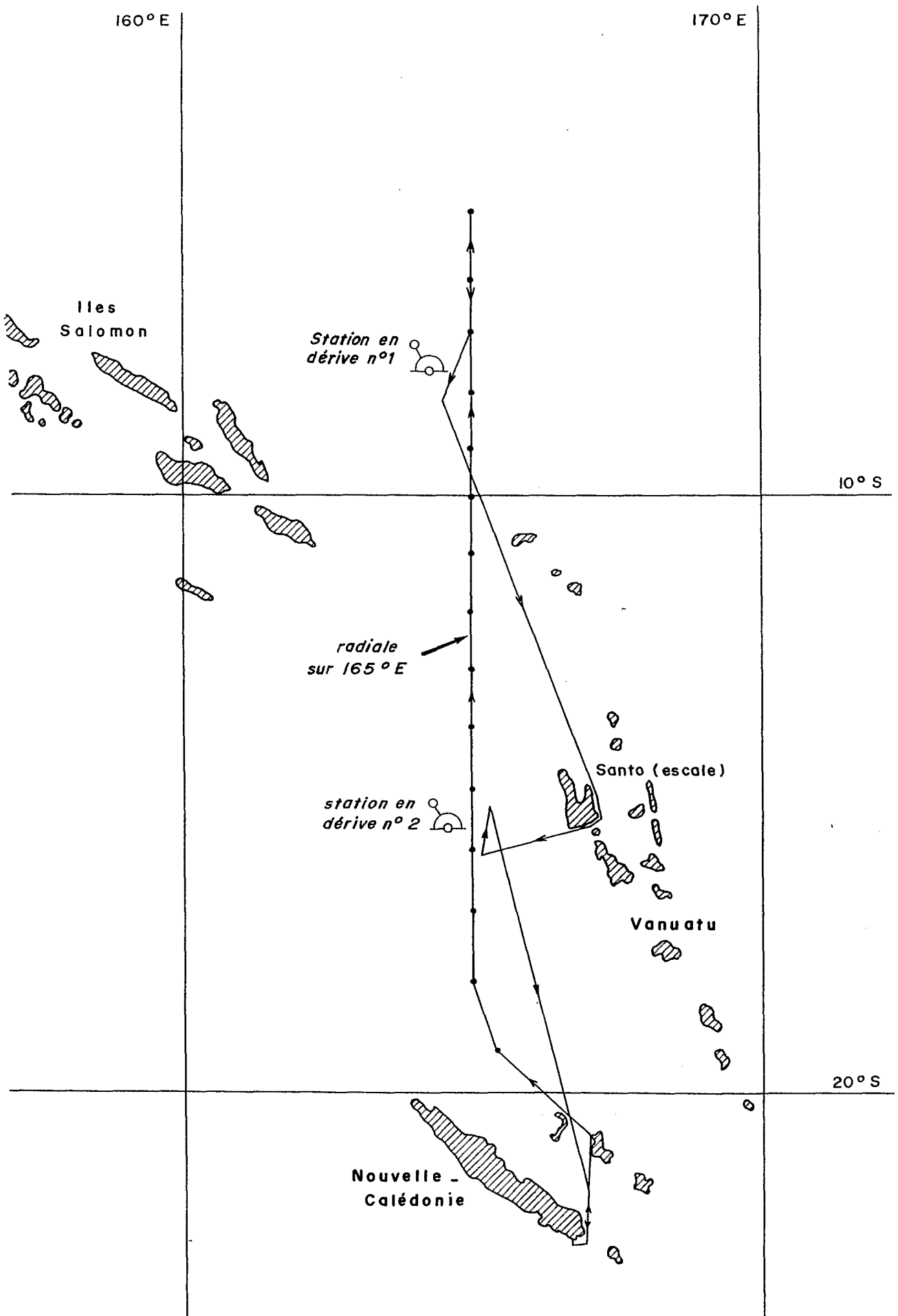
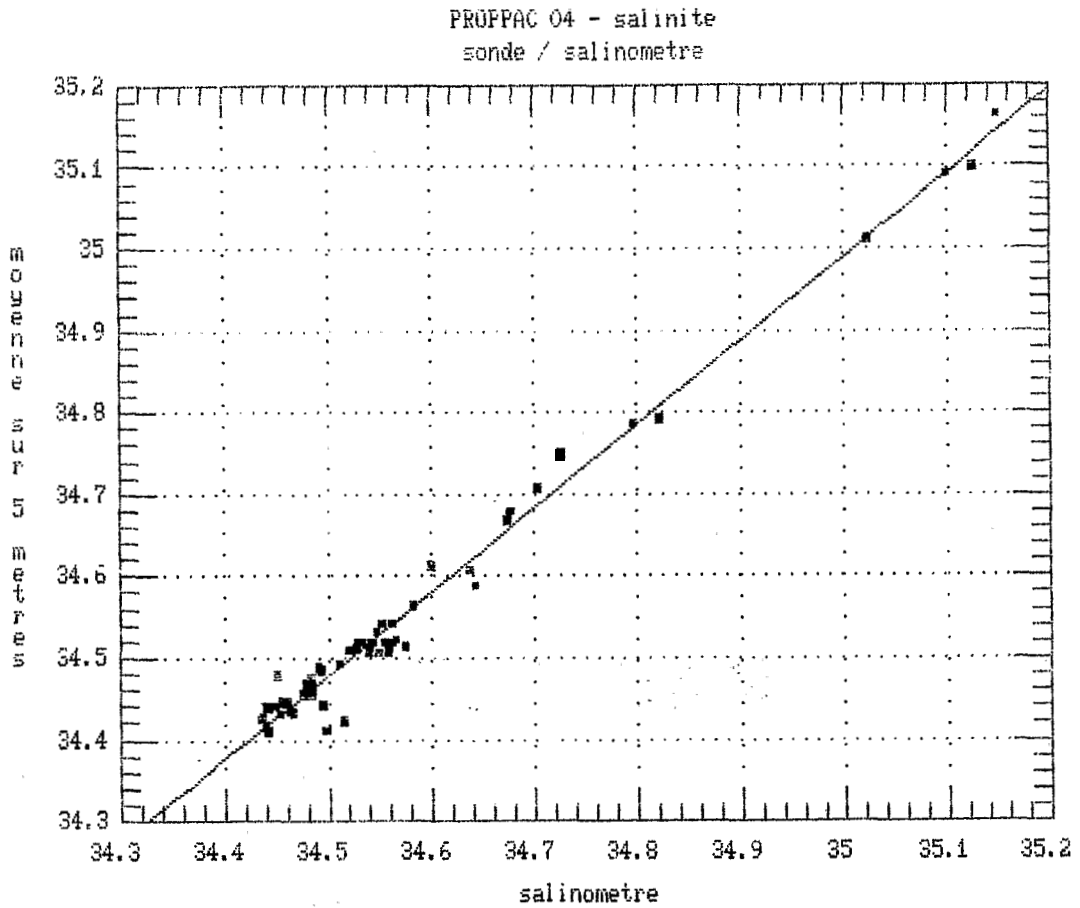


Fig. 1- Plan de la campagne PROPPAC 4 (30 octobre - 26 novembre 1989)

RADIALE

31 octobre - 4 novembre 1989

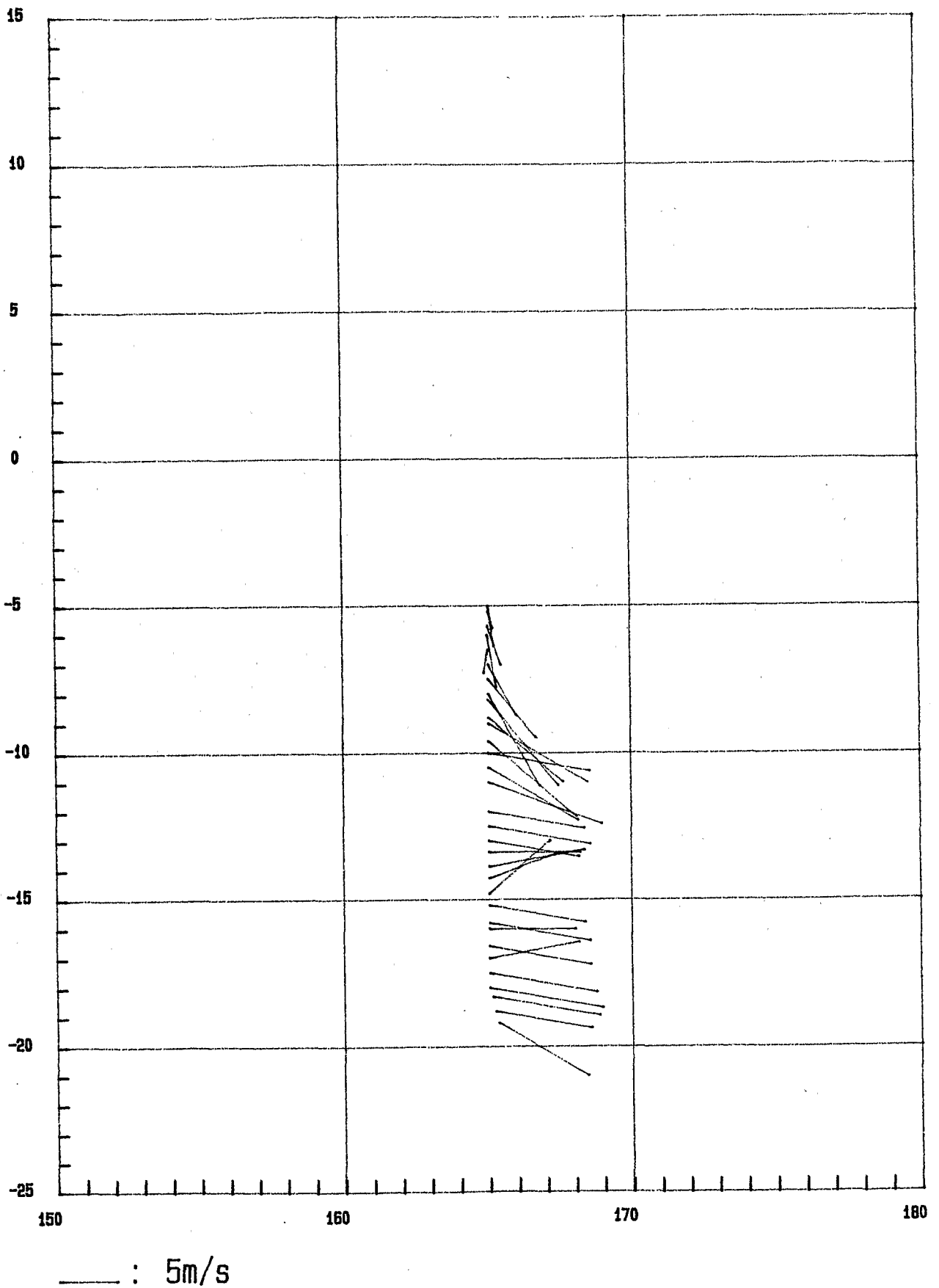


Ss = salinite sonde (moyenne sur 5 db)
Sw = mesure au salinometre

$$Ss = 1.02 Sw - 82.95 Sw$$

Fig. 2- Vérification (pour l'ensemble de la campagne) des valeurs "sonde" de la salinité à l'aide de prélèvements dans la couche homogène et entre 400 et 1000 m (mesures au salinomètre).

VENTS PROPPAC 04 : 31 oct. - 4 nov. 1989

Fig. 3- Force (m.s.⁻¹) et direction du vent au cours de la radiale.

31 octobre - 4 novembre 1989

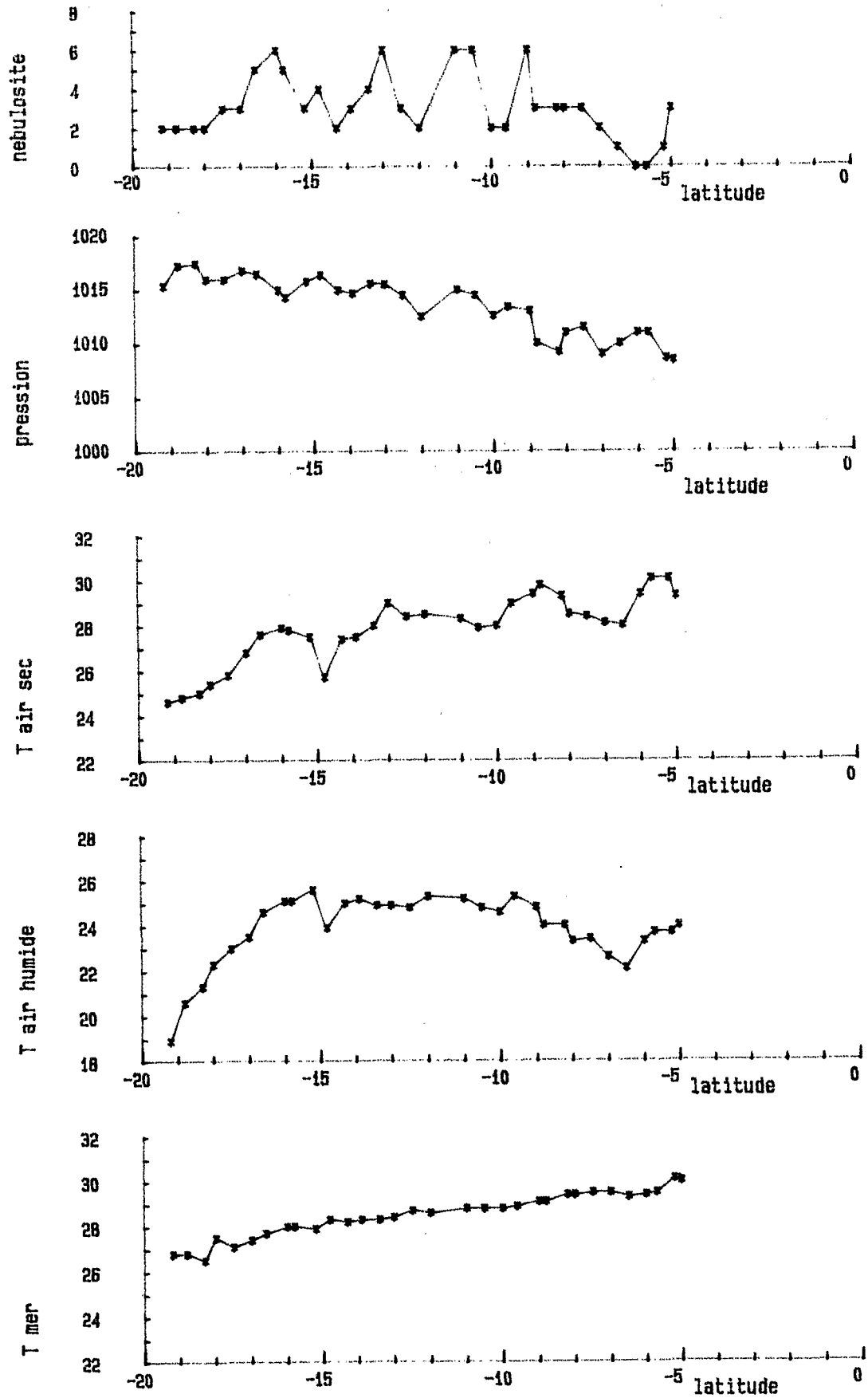


Fig. 4- Observations météorologiques au cours de la radiale.

nébulosité : octa
pression atmosphérique : hPa
température air sec : °C
température air humide : °C
température de la mer : °C

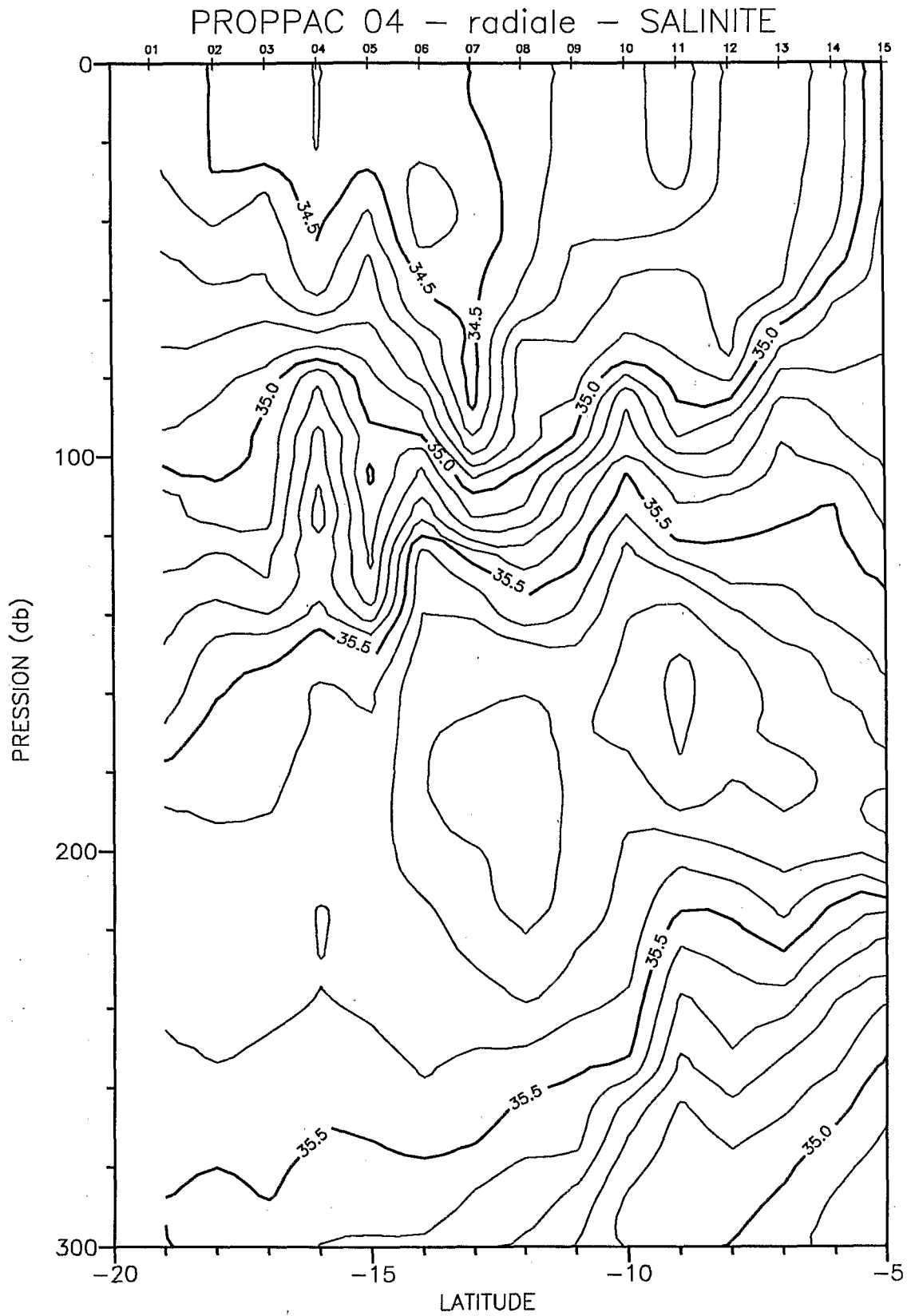


Fig. 6- Coupe de salinité le long de la radiale.

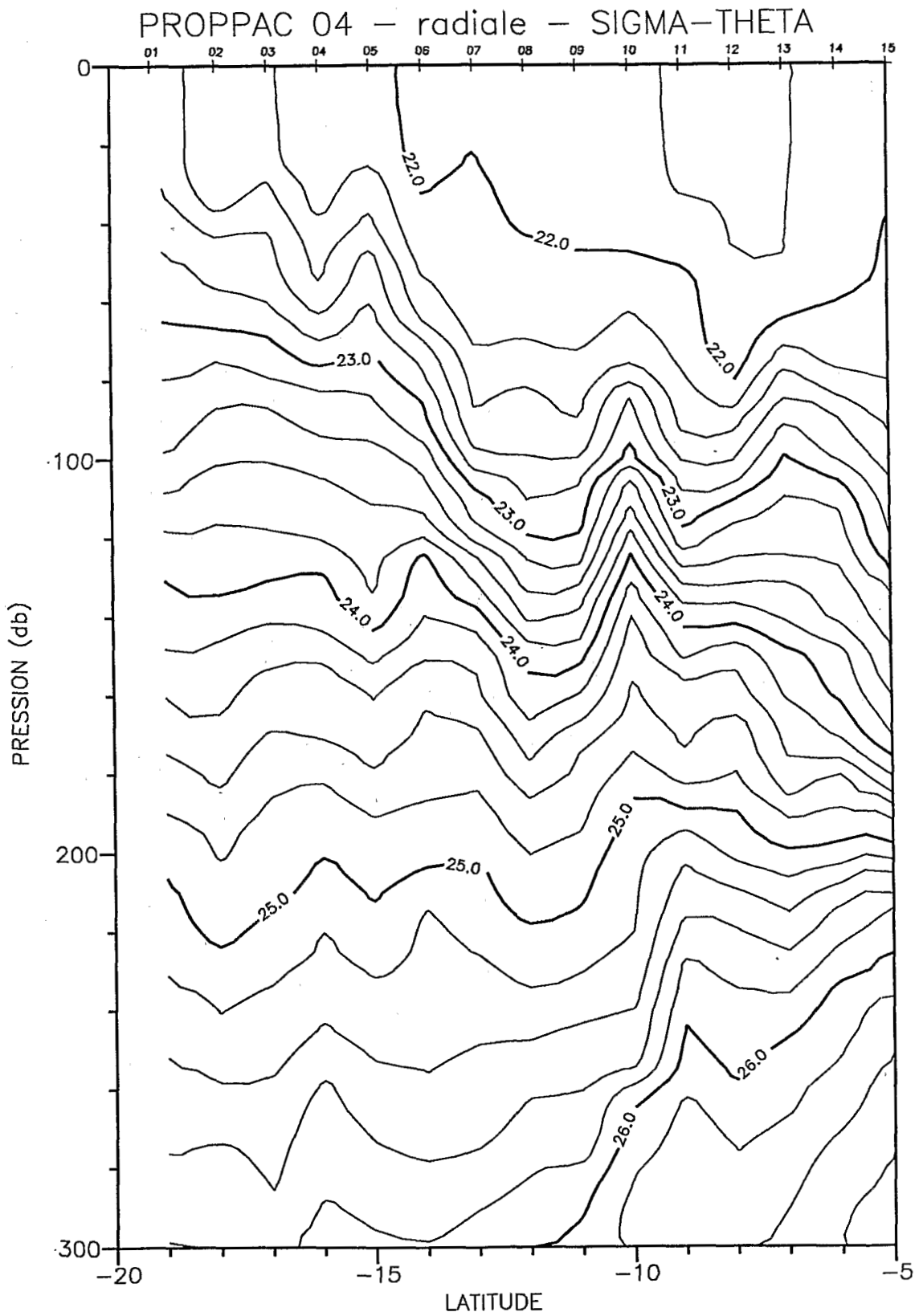


Fig. 7- Coupe de sigma-théta (kg.m^3) le long de la radiale.

PROPPAC 04 - radiale - NITRATE

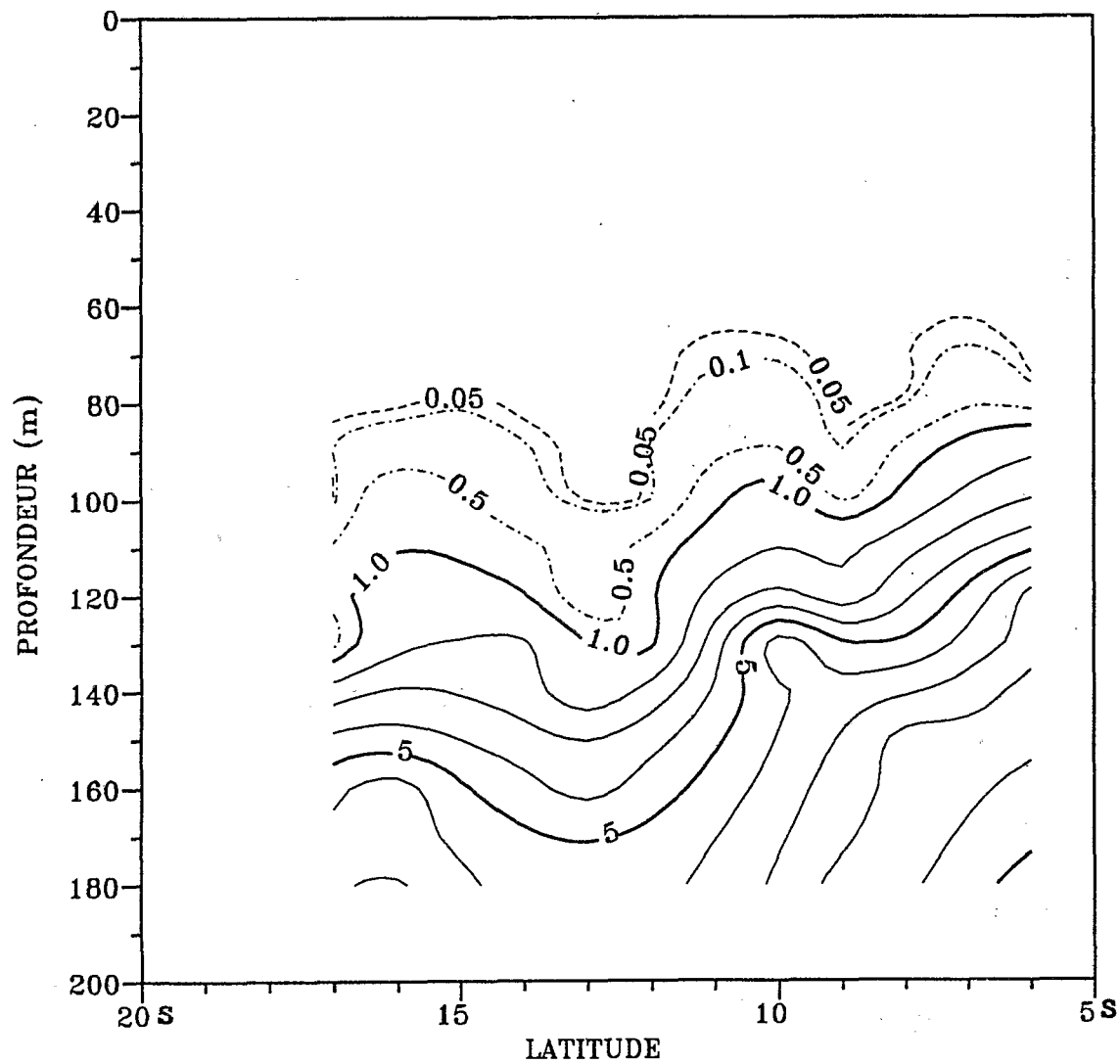


Fig. 8- Coupe de nitrate ($\mu\text{mole.l}^{-1}$) le long de la radiale.

PROPPAC 04 - radiale - PHOSPHATE

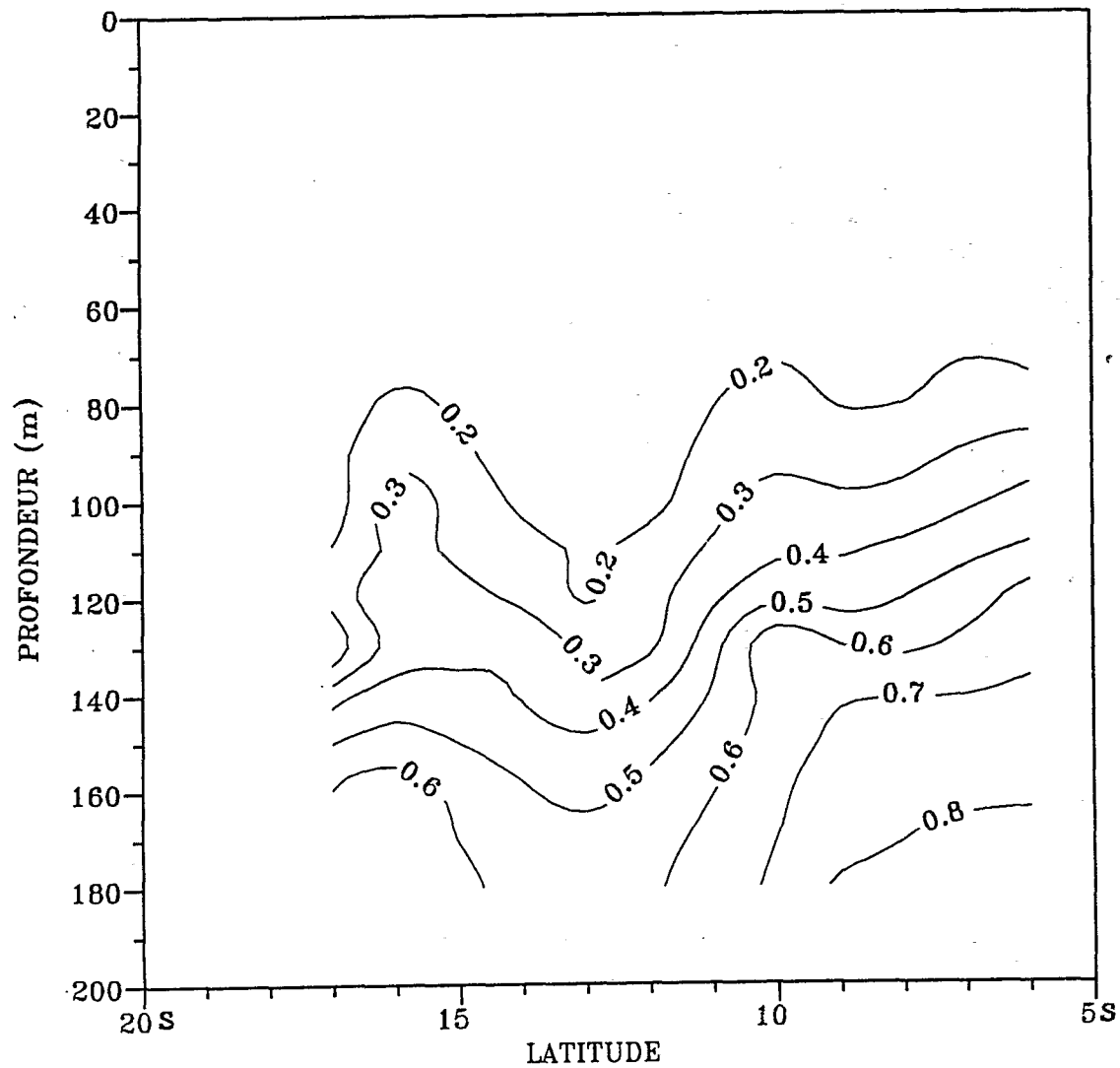


Fig. 9- Coupe de phosphate ($\mu\text{mole.l}^{-1}$) le long de la radiale.

PROPPAC 04 - radiale - NITRITE

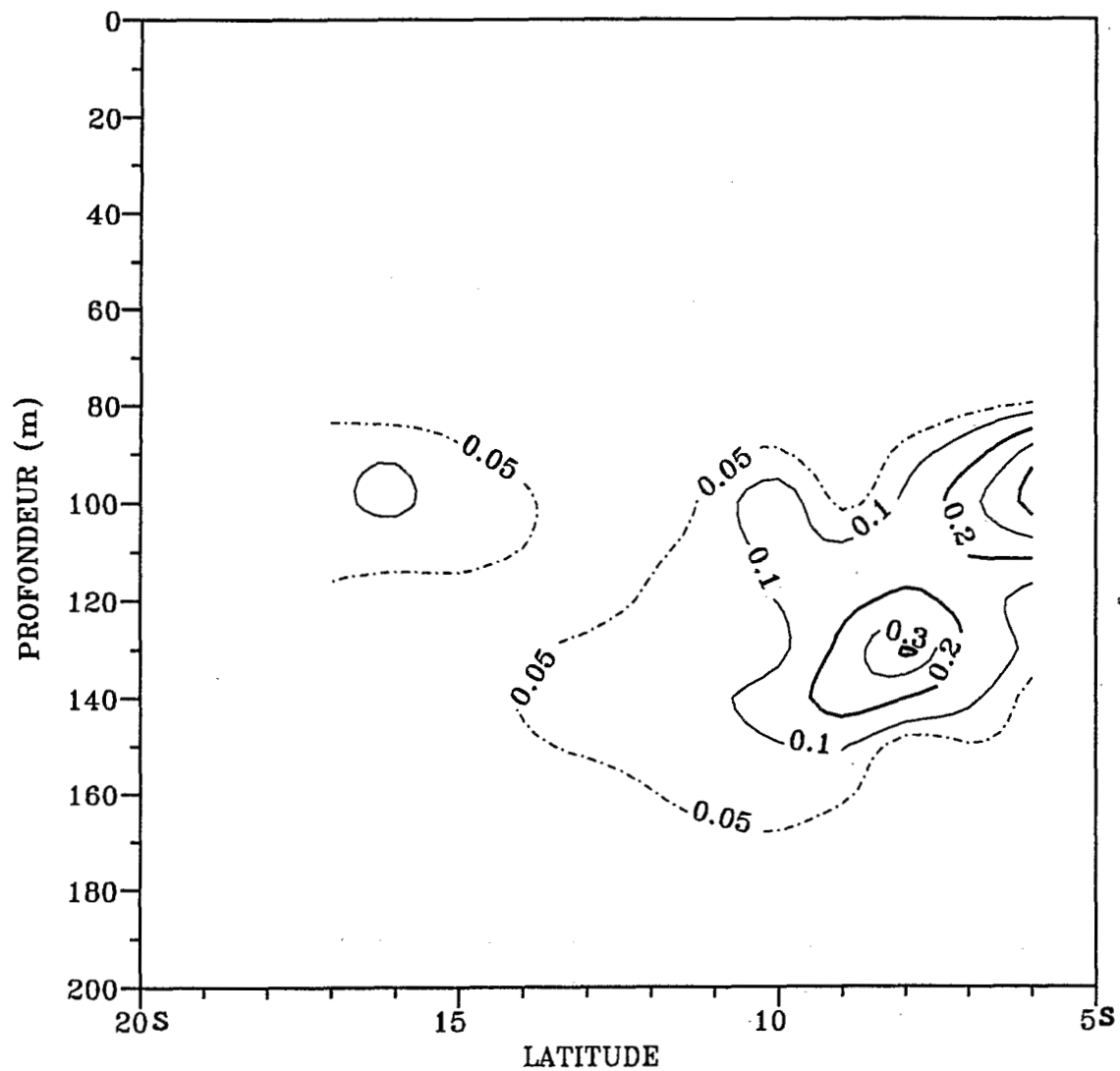


Fig. 10- Coupe de nitrite ($\mu\text{mole.l}^{-1}$) le long de la radiale.

STATION en DERIVE 1

4 - 12 novembre 1989

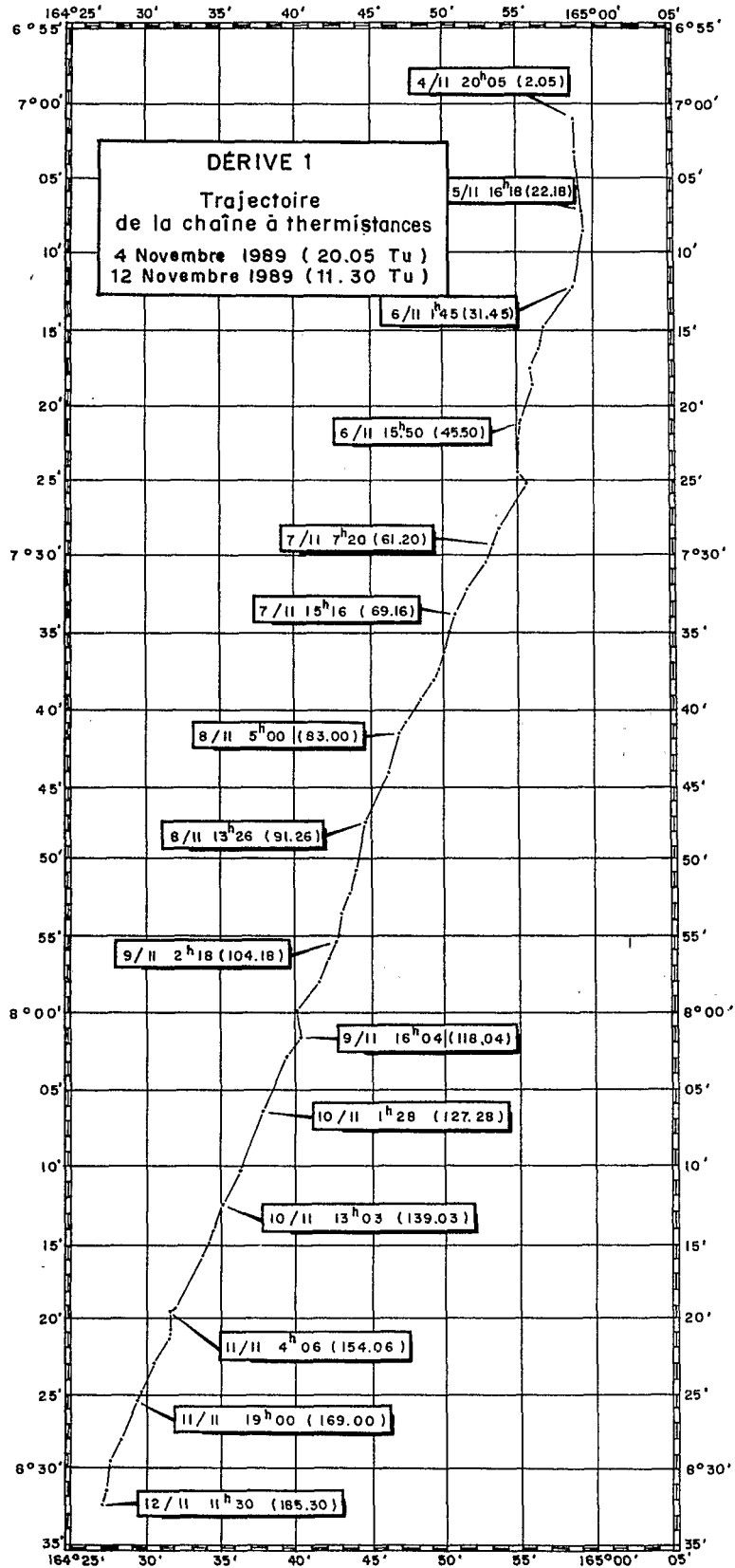


Fig. 11- Trajectoire de la première station en dérive (suivi de la chaîne à thermistances).
- date et heure TU
- le temps écoulé depuis le début de la station est indiqué entre parenthèses.

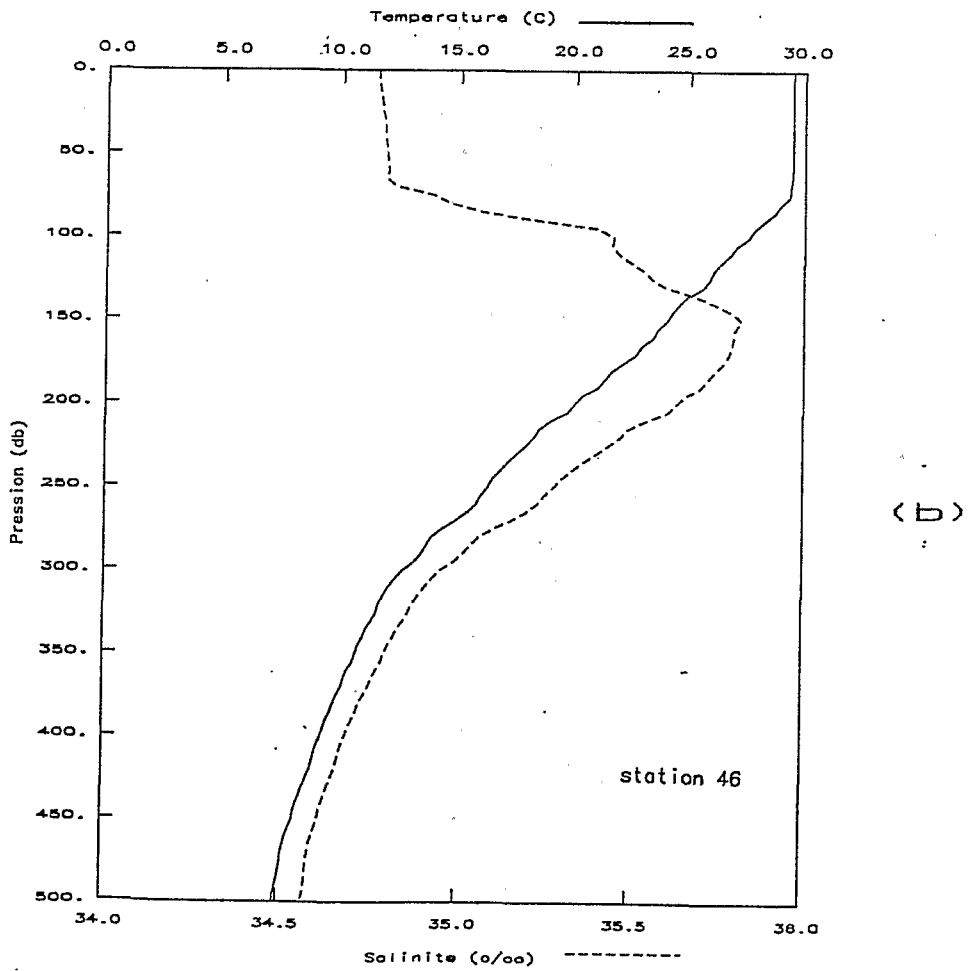
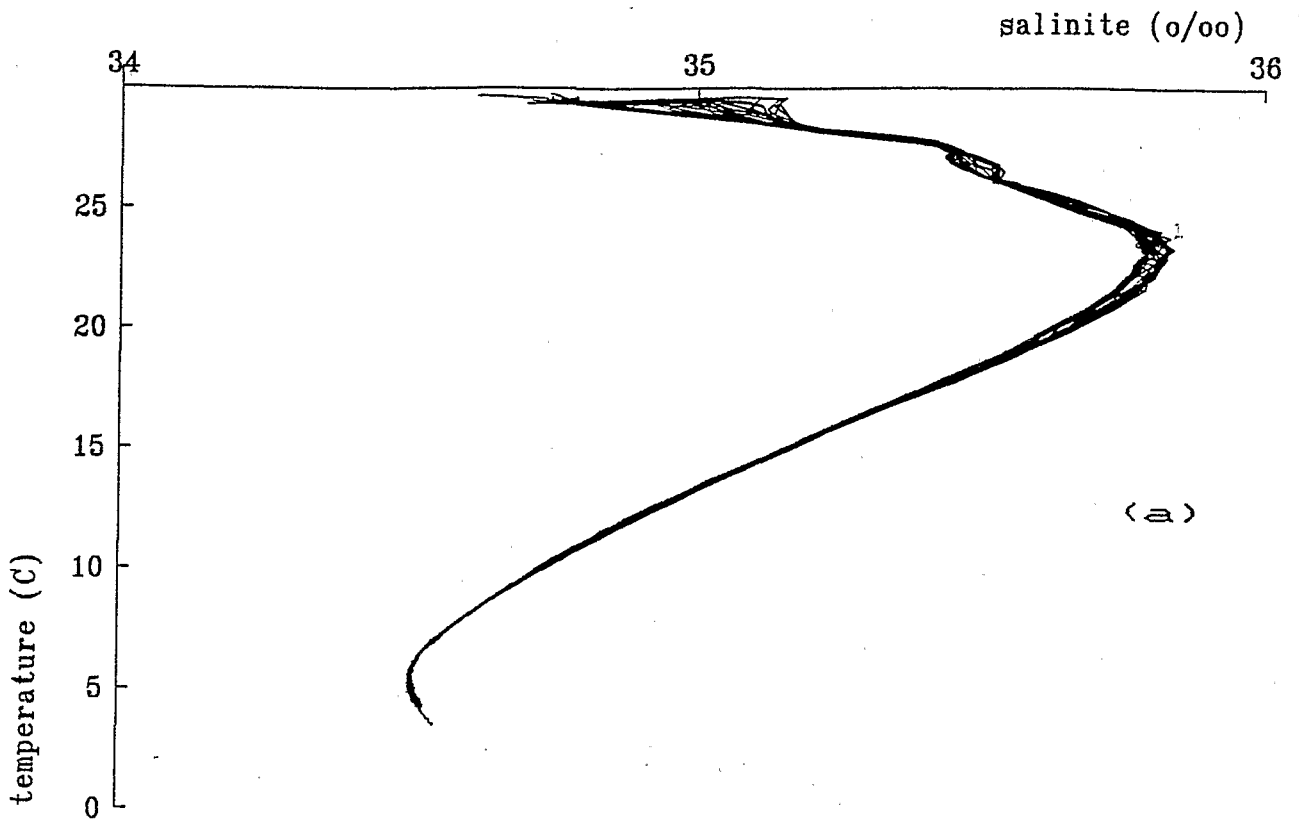


Fig. 12- (a) : Superposition des diagrammes T/S de la première station en dérive.
 (b) : Profils type de température et salinité pendant la station en dérive 1.

VENTS - 7S : 4 - 12 novembre 1989

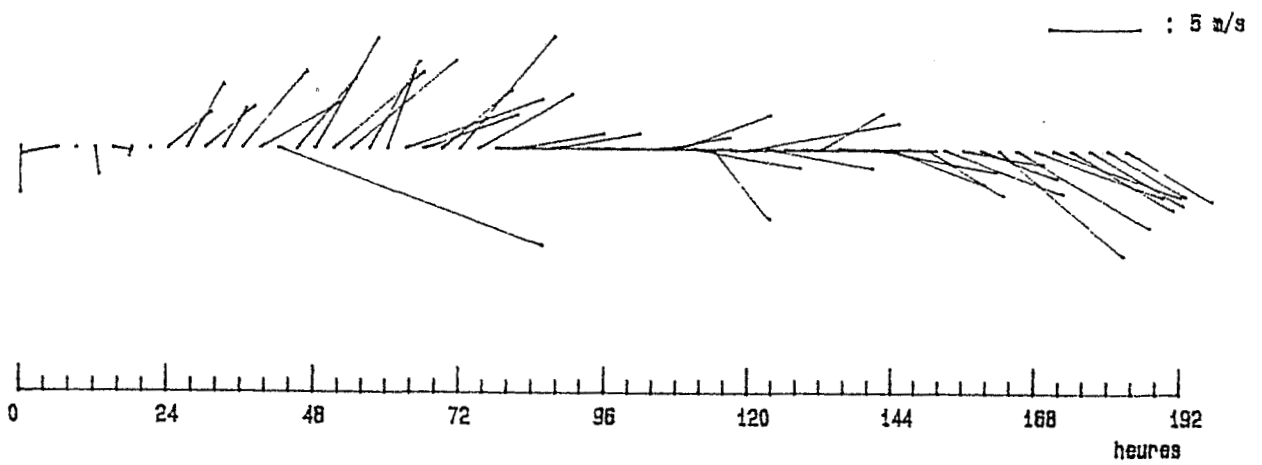


Fig. 13- Force ($m.s^{-1}$) et direction du vent au cours de la première station en dérive.

7S : 4 - 12 novembre 1989

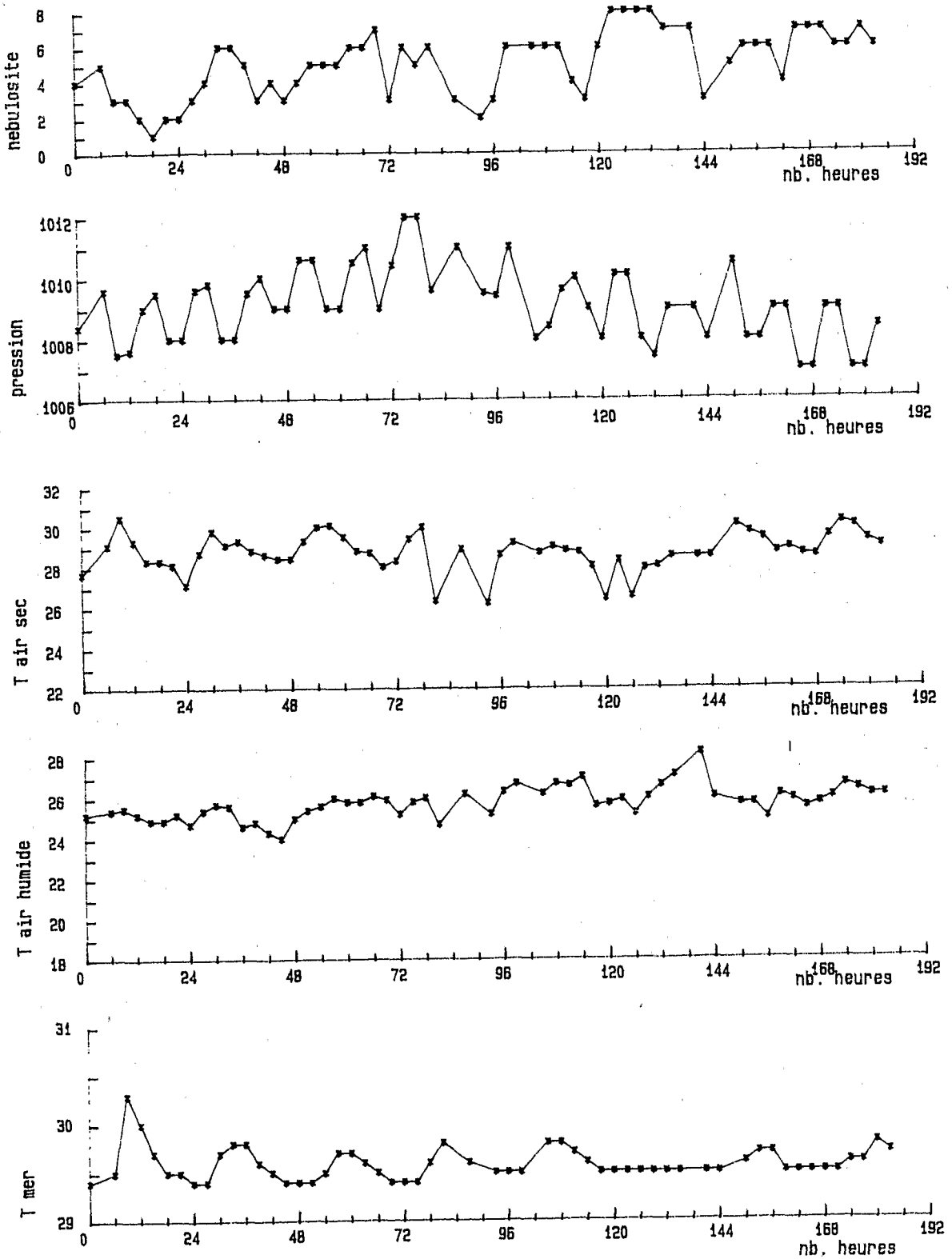


Fig. 14- Observations météorologiques au cours de la première station en dérive.

nébulosité : octas
 pression atmosphérique : hPa
 température air sec : °C
 température air humide : °C
 température de la mer : °C

PROPPAC 04 - station en derive 1 : 4 - TEMPERATURE

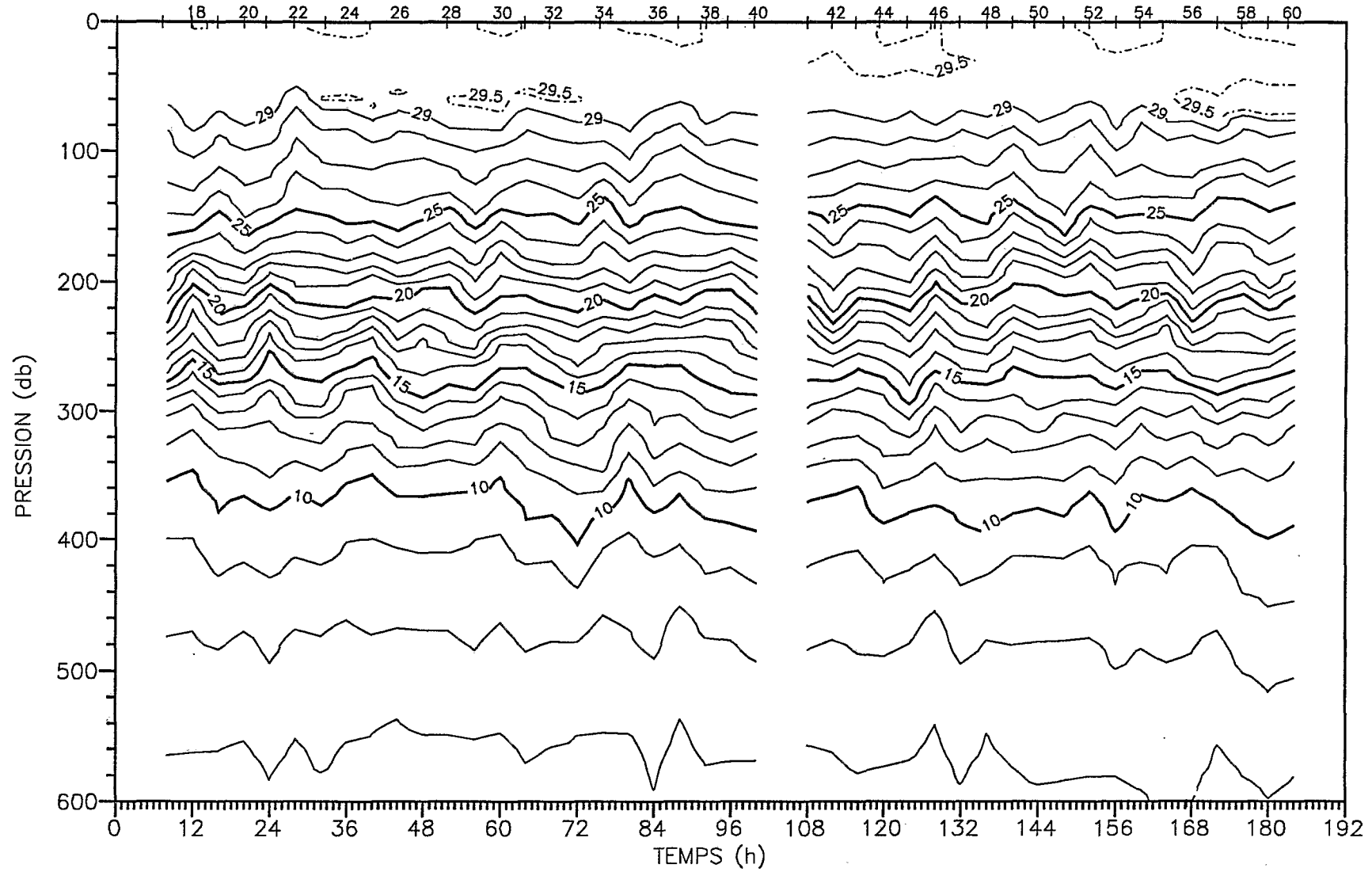


Fig. 15- Evolution de la température (°C) au cours de la première station en dérive.

PROPPAC 04 — station en derive 1 : 4 — SALINITE

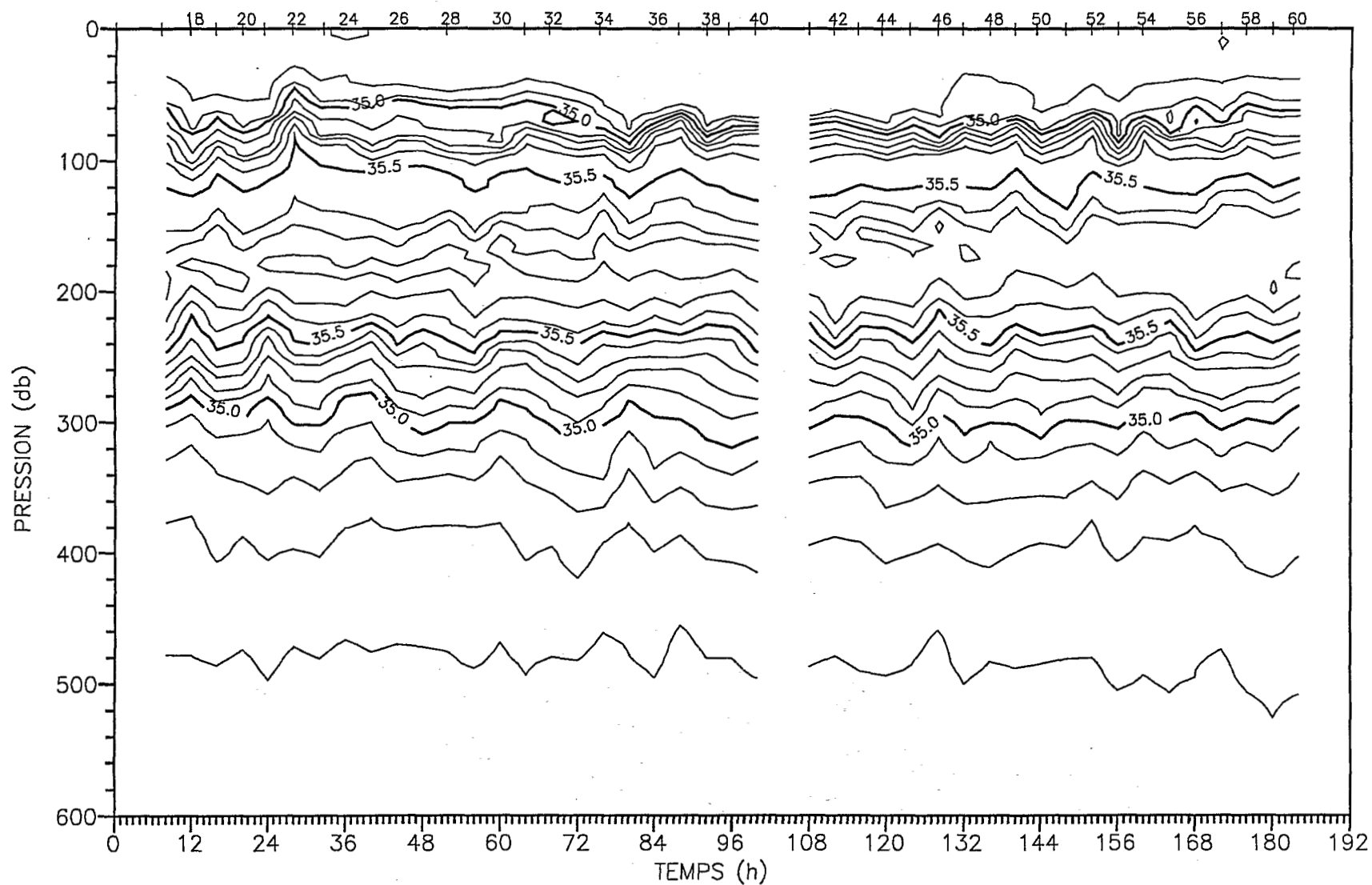


Fig. 16- Evolution de la salinité au cours de la première station en dérive.

PROPPAC 04 - station en derive 1 : 4 - SIGMA-THETA

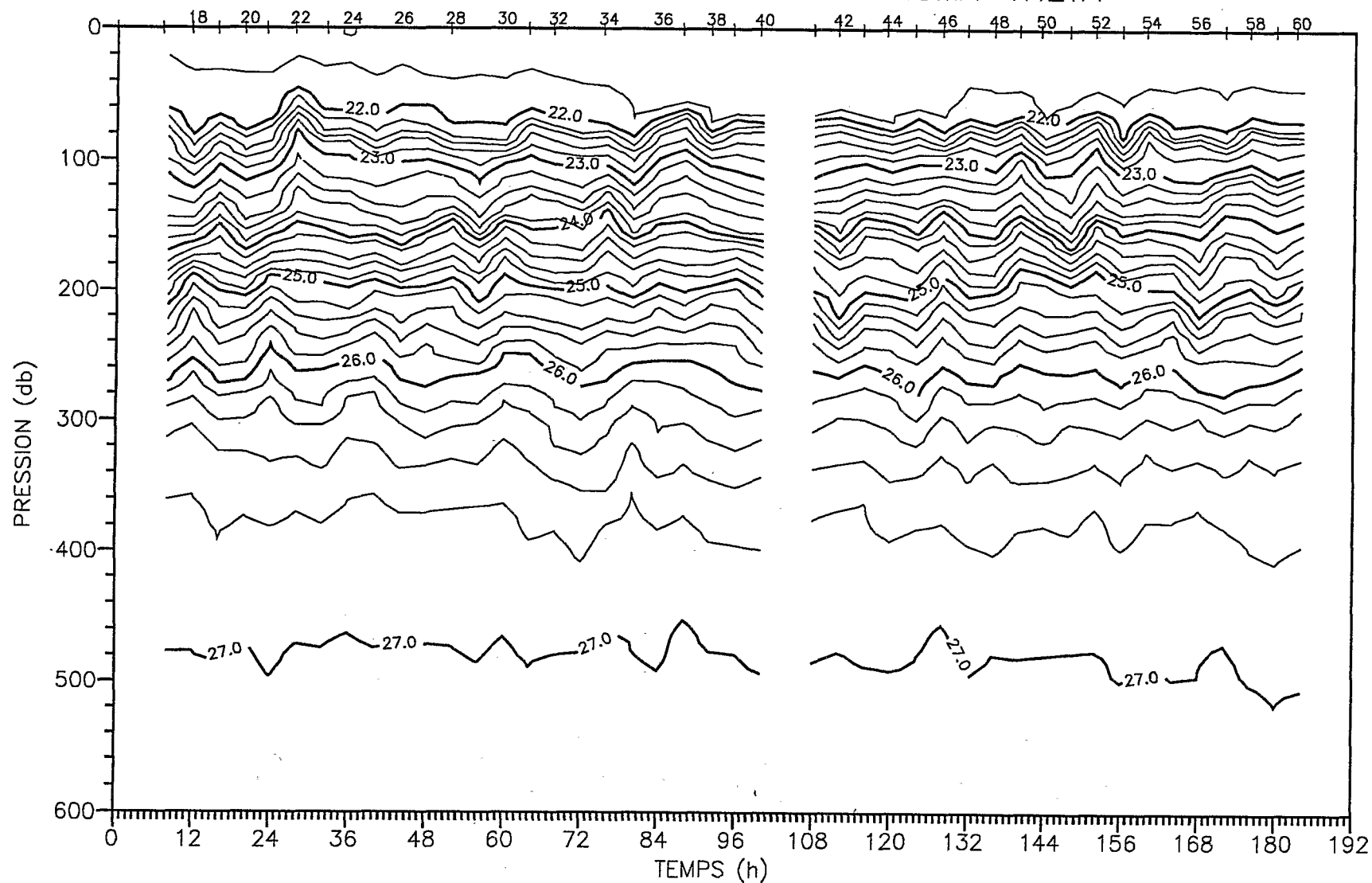


Fig. 17- Evolution de sigma-théta (kg.m^3) au cours de la première station en dérive.

PROPPAC 04 - station en dérive 1 : 4 - COMPOSANTE ZONALE

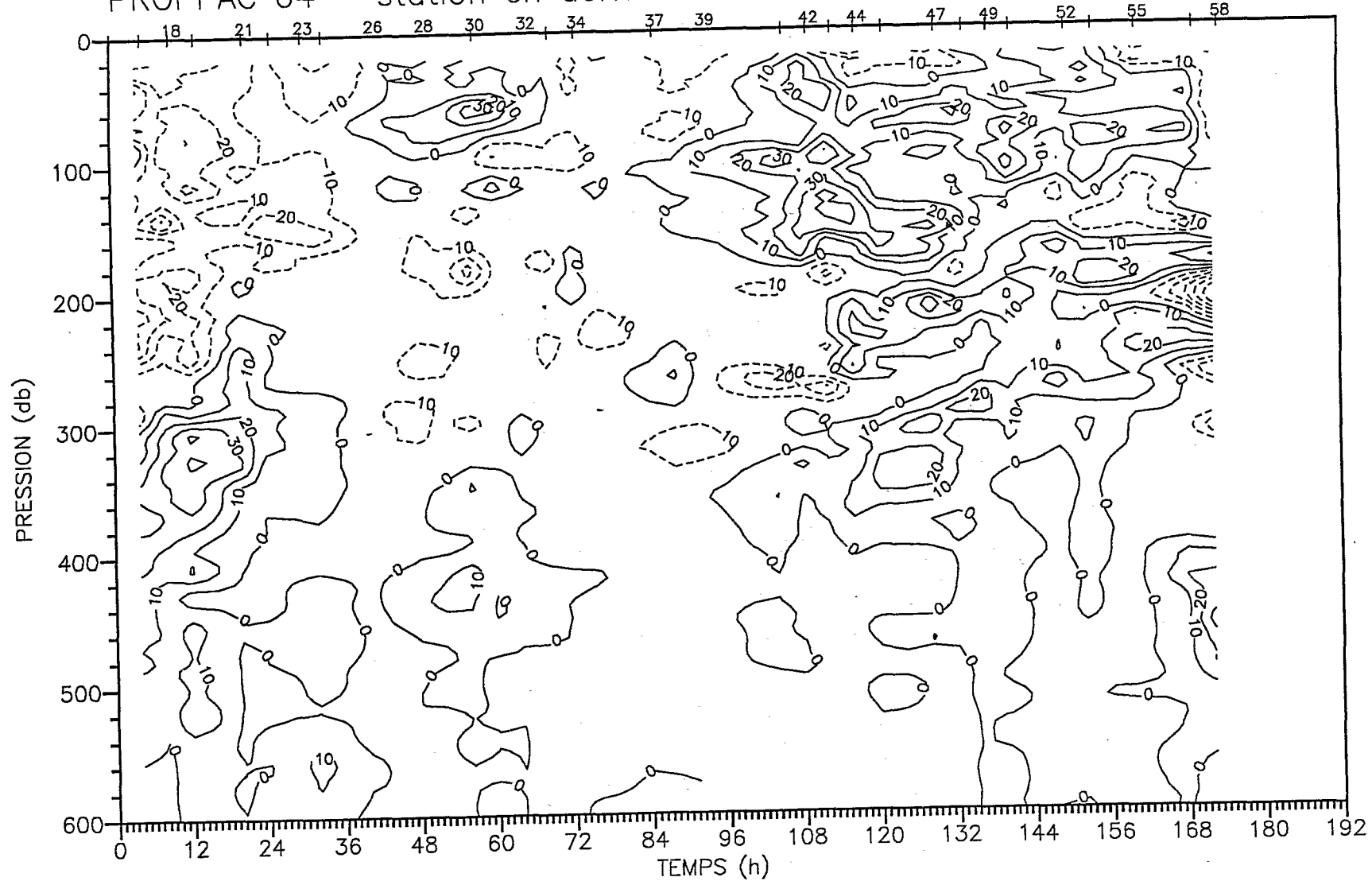


Fig. 18- Evolution de la composante zonale du courant ($\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$) au cours de la première station en dérive.

PROPPAC 04 – station en dérive 1 : 4 – COMPOSANTE MERIDIENNE

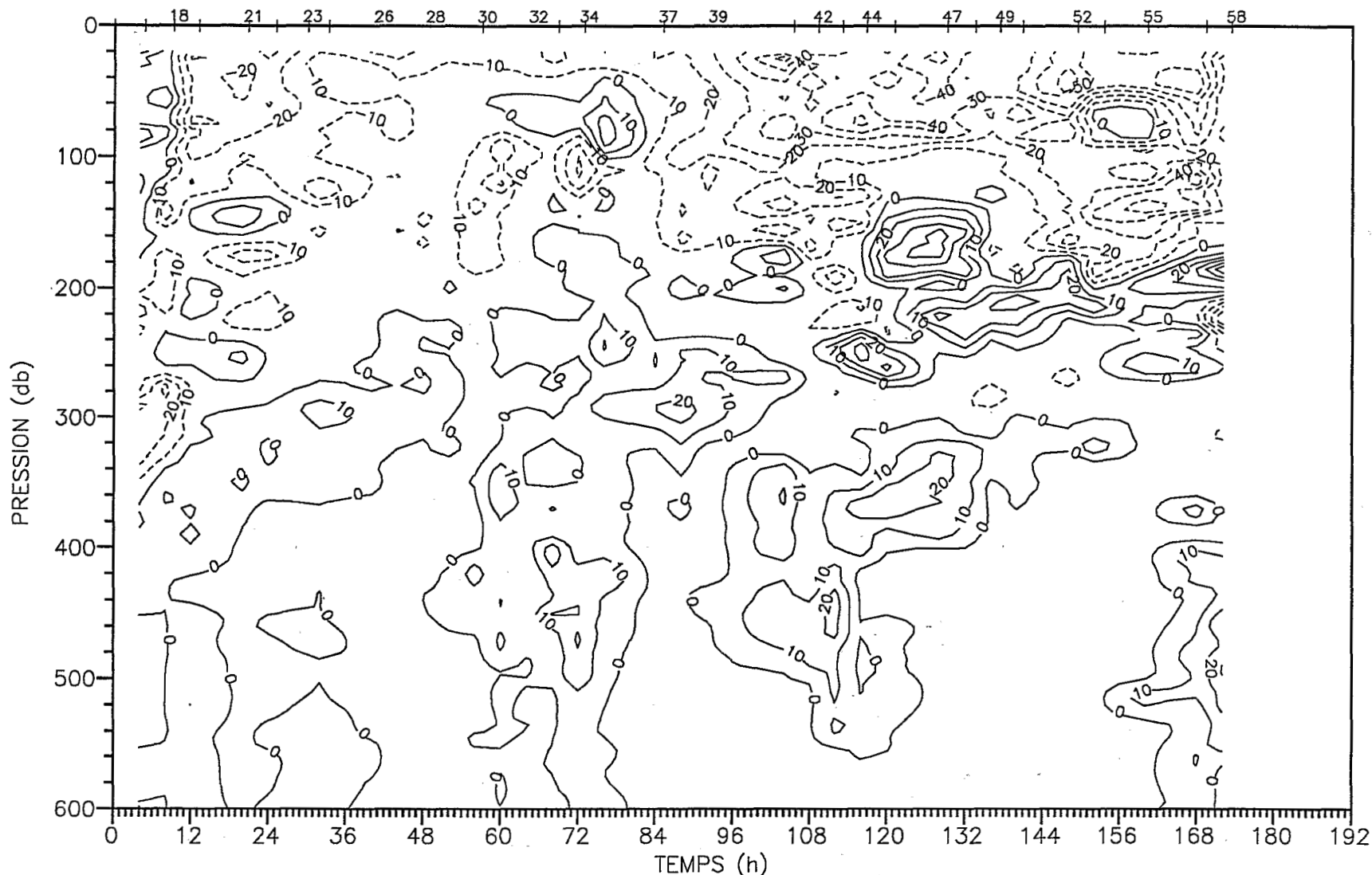


Fig. 19- Evolution de la composante méridienne du courant (cm.s⁻¹) au cours de la première station en dérive.

PROPPAC 04 - station en derive 1 - CHAÎNE A THERMISTANCES

du 4/11/89 (18.20 TU) au 12/11/89 (7.22 TU)

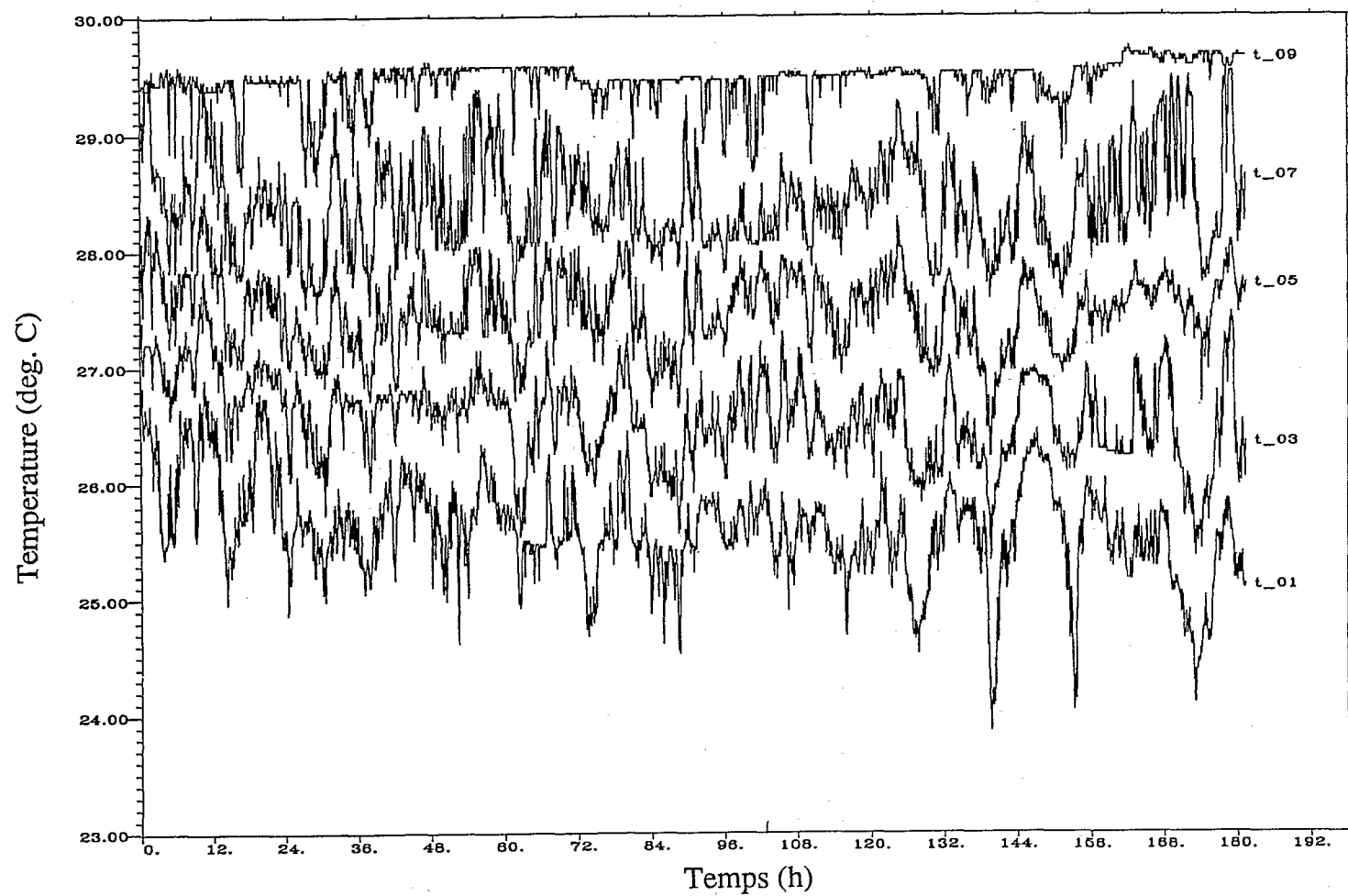


Fig. 20- Température enregistrée par 5 thermistances de la chaîne à thermistances au cours de la première station en dérive. Les thermistances sont espacées de 20 db. t n°1 à 146 db.

PROPPAC 04 - station en derive 1 - NITRATE

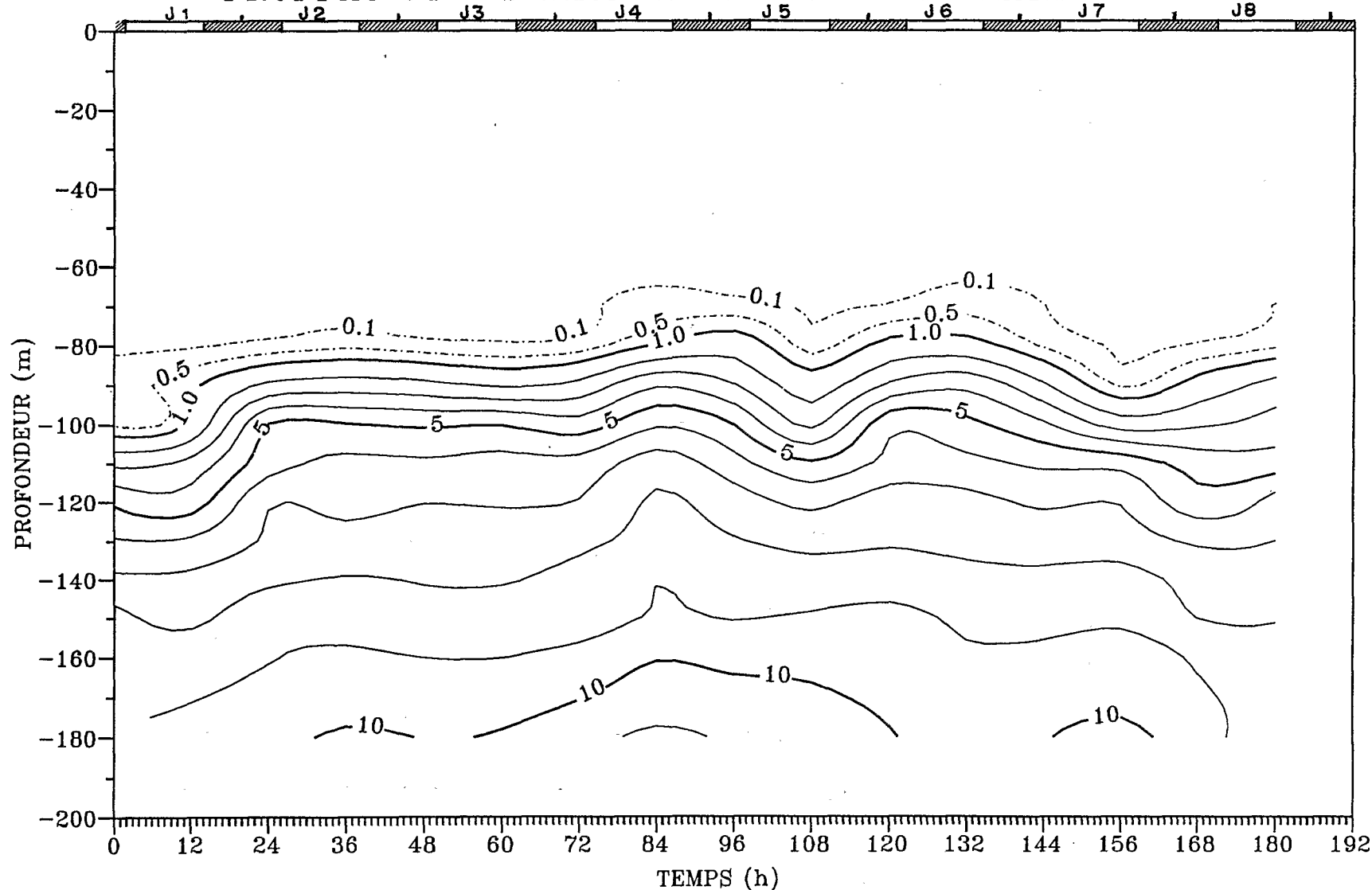


Fig. 21- Evolution du nitrate ($\mu\text{mole.l}^{-1}$) au cours de la station en dérive n  1, à compter de l'heure d'arrivée (18h T.U. le 4/11/89).

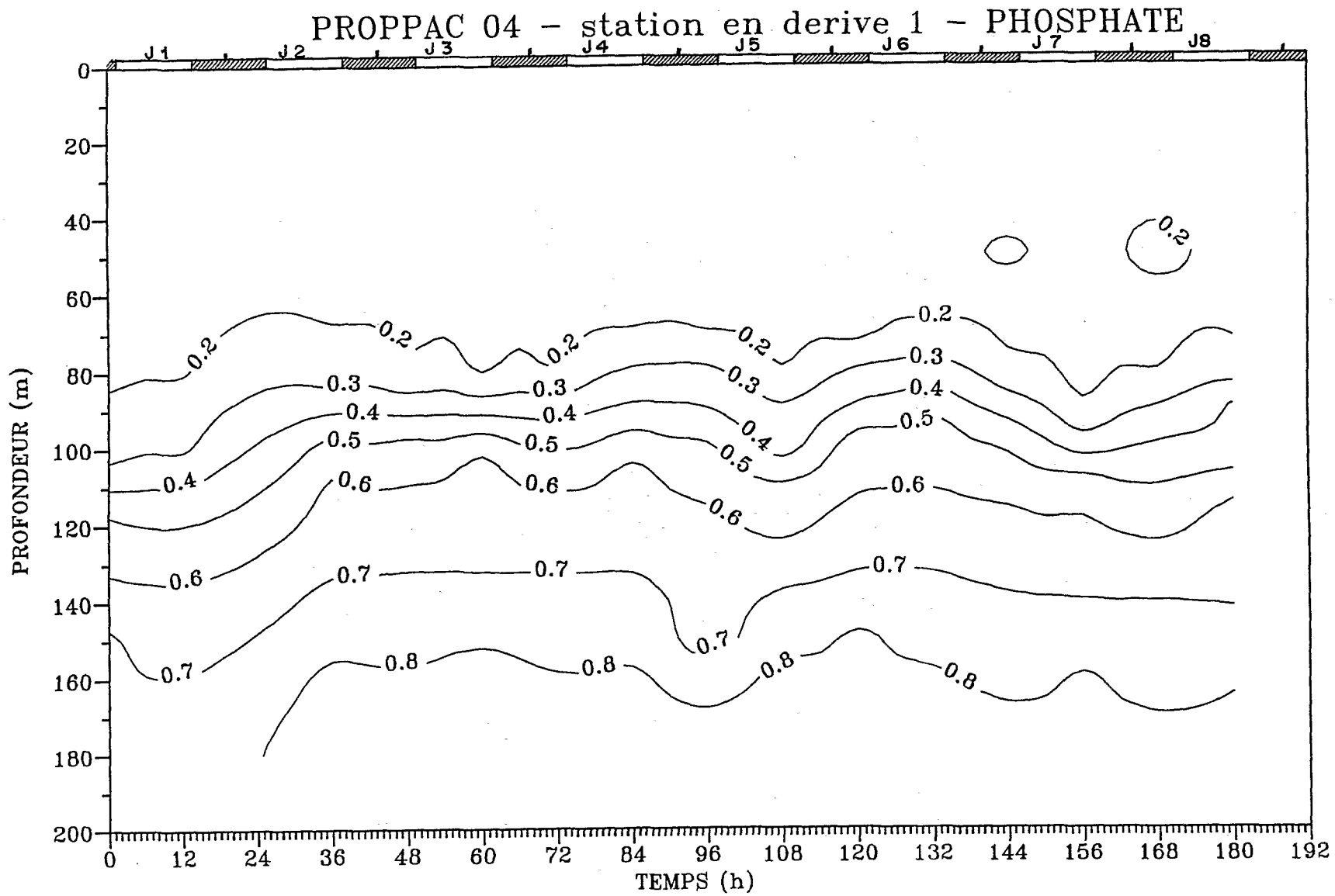


Fig. 22- Evolution du phosphate ($\mu\text{mole.l}^{-1}$) au cours de la station en dérive n° 1.

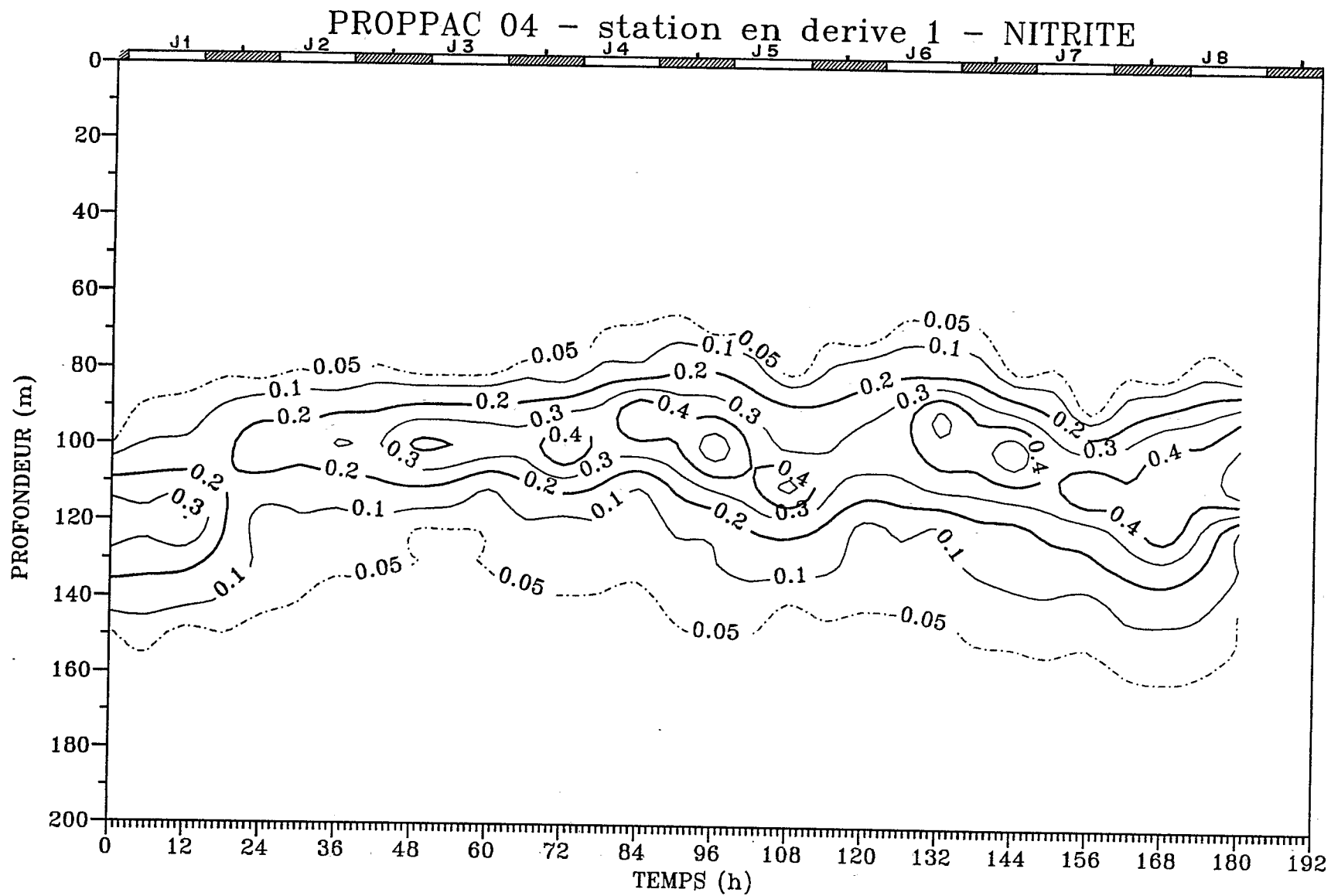


Fig. 23- Evolution du nitrite ($\mu\text{mole.l}^{-1}$) au cours de la station en dérive n° 1.

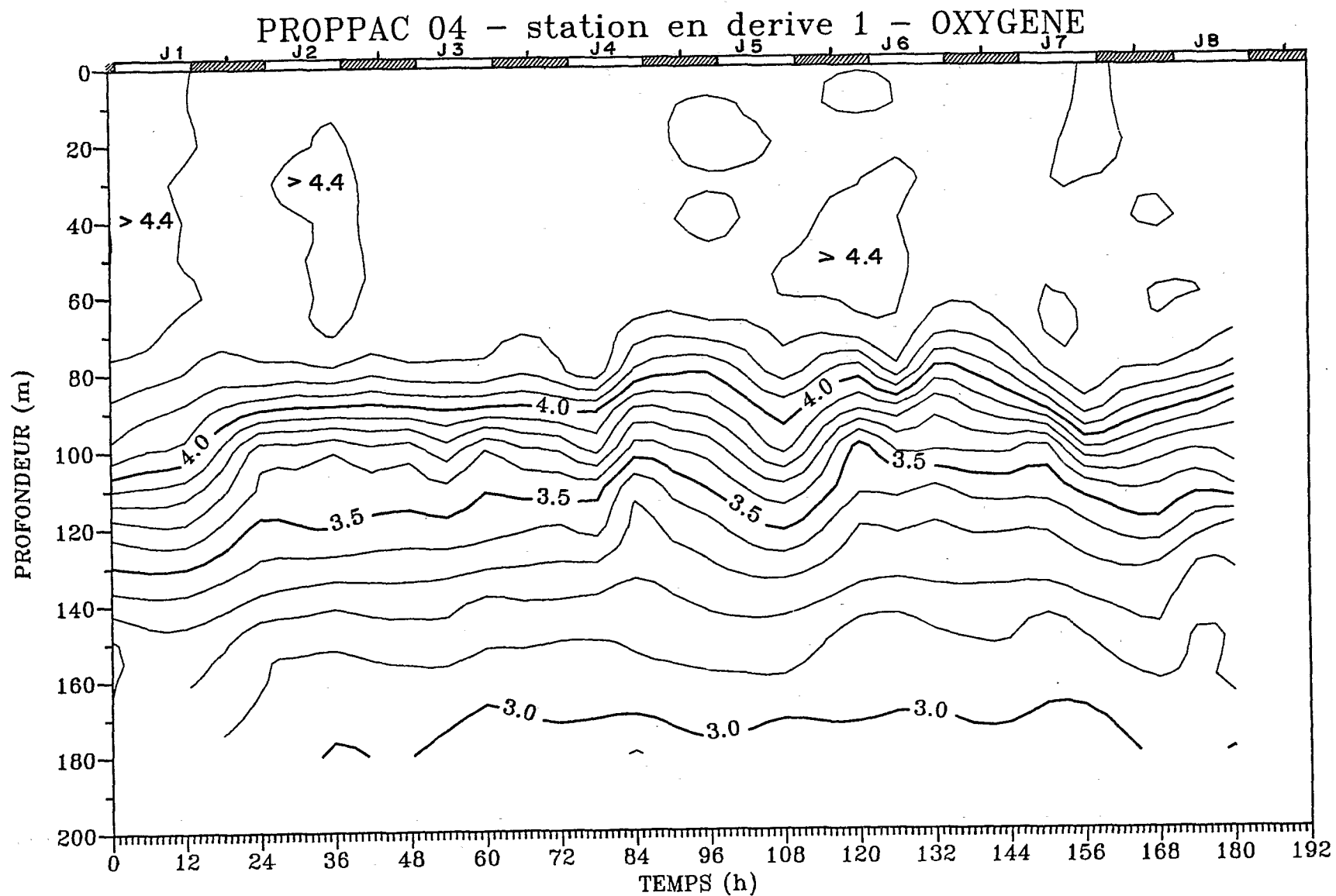


Fig. 24- Evolution de l'oxygène dissous (ml.l^{-1}) au cours de la station en dérive n° 1.

PROPPAC 04 - station en derive 1 - CHLOROPHYLLE

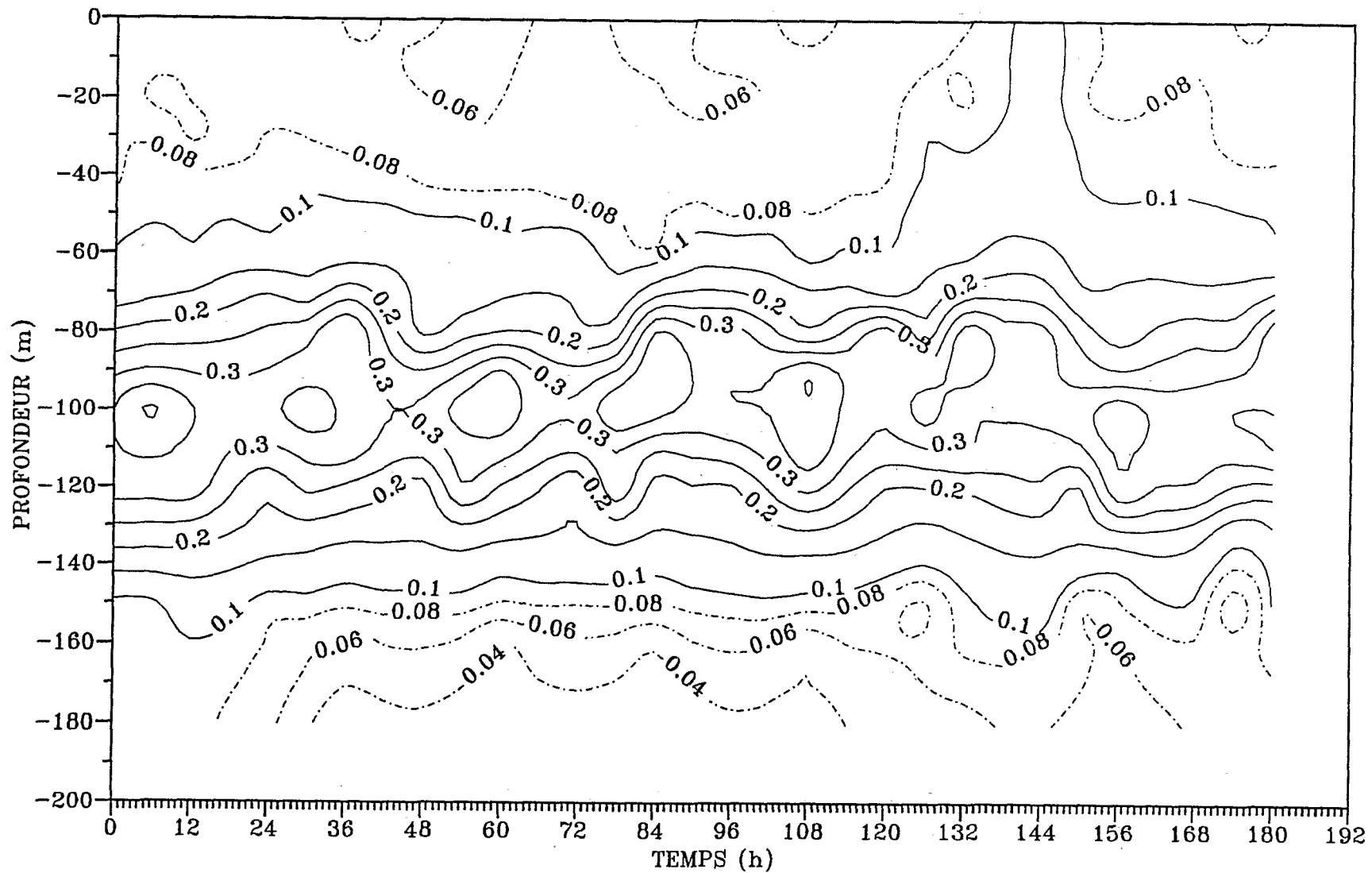
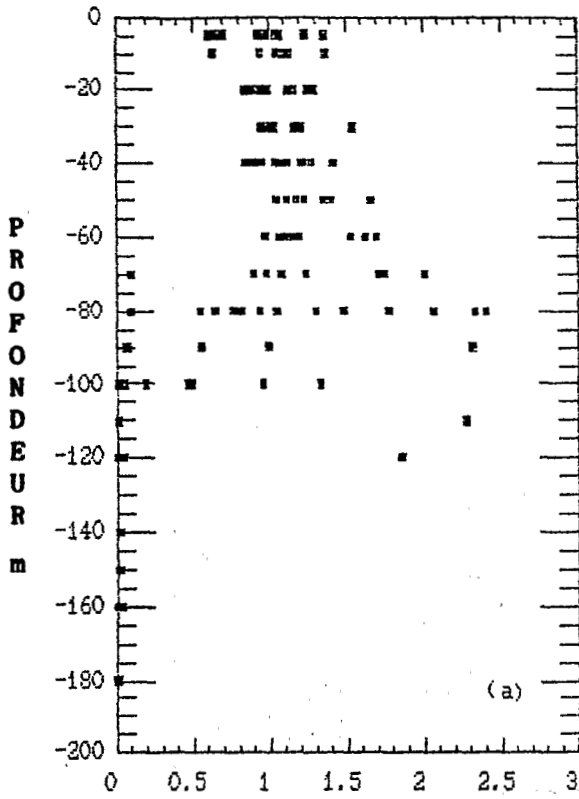
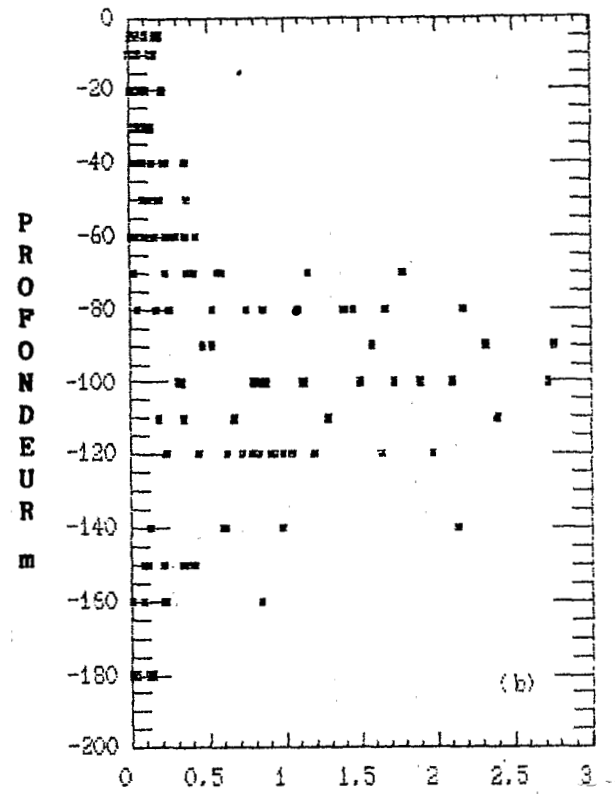


Fig. 25- Evolution de la distribution verticale de la chlorophylle à la station en dérive n° 1. Noter les variations nyctémérales très nettes à 100m au niveau du maximum de chlorophylle.



CYANOBACTERIES 10^6 CELLULES l^{-1}



MICROALGUES 10^6 CELLULES l^{-1}

Fig. 26- Effectifs des cyanobactéries (a) et des microalgues (b) à la station en dérive n° 1.

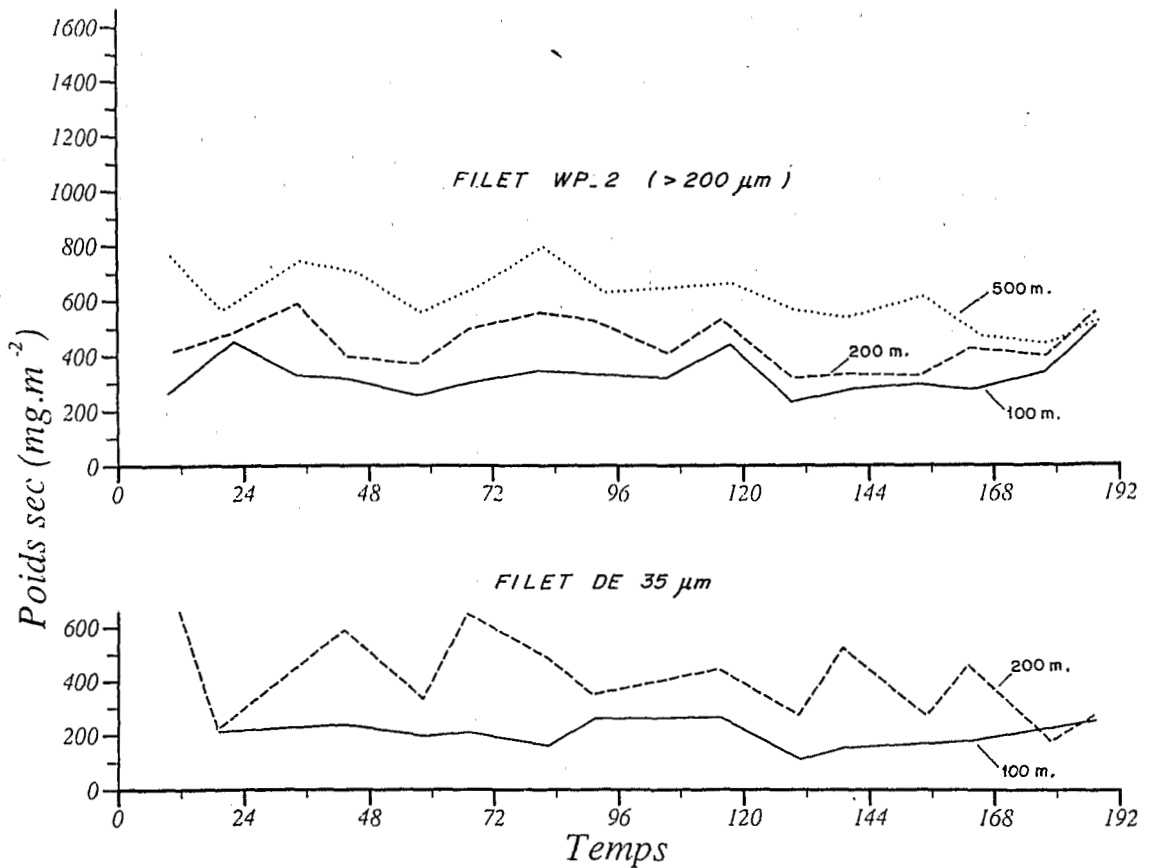


Fig. 27- Evolution de la biomasse du zooplancton (filet WP-2 et filet de 35 μm) dans les couches 0-100, 0-200 et 0-500m à la station en dérive n° 1.

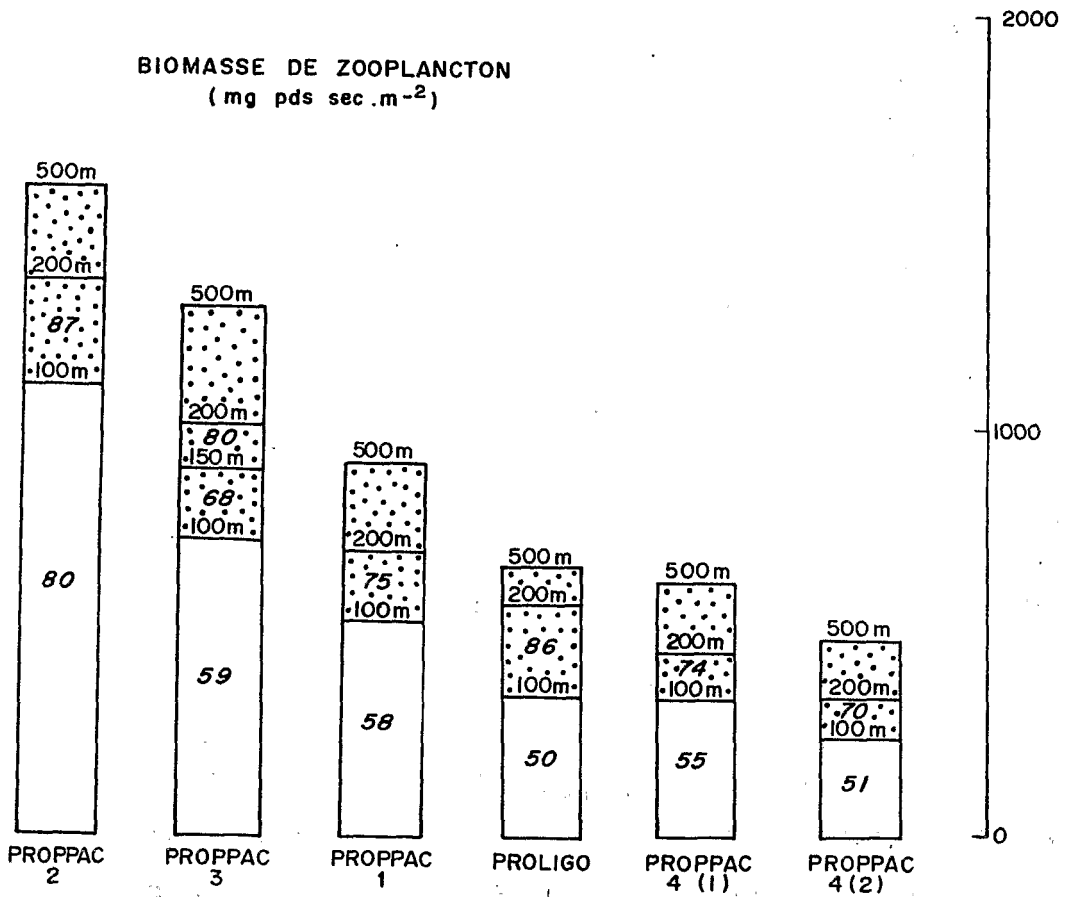


Fig. 28- Poids sec par mètre carré du zooplancton (>200 µm) lors de 6 stations de longue durée dans l'ouest Pacifique.

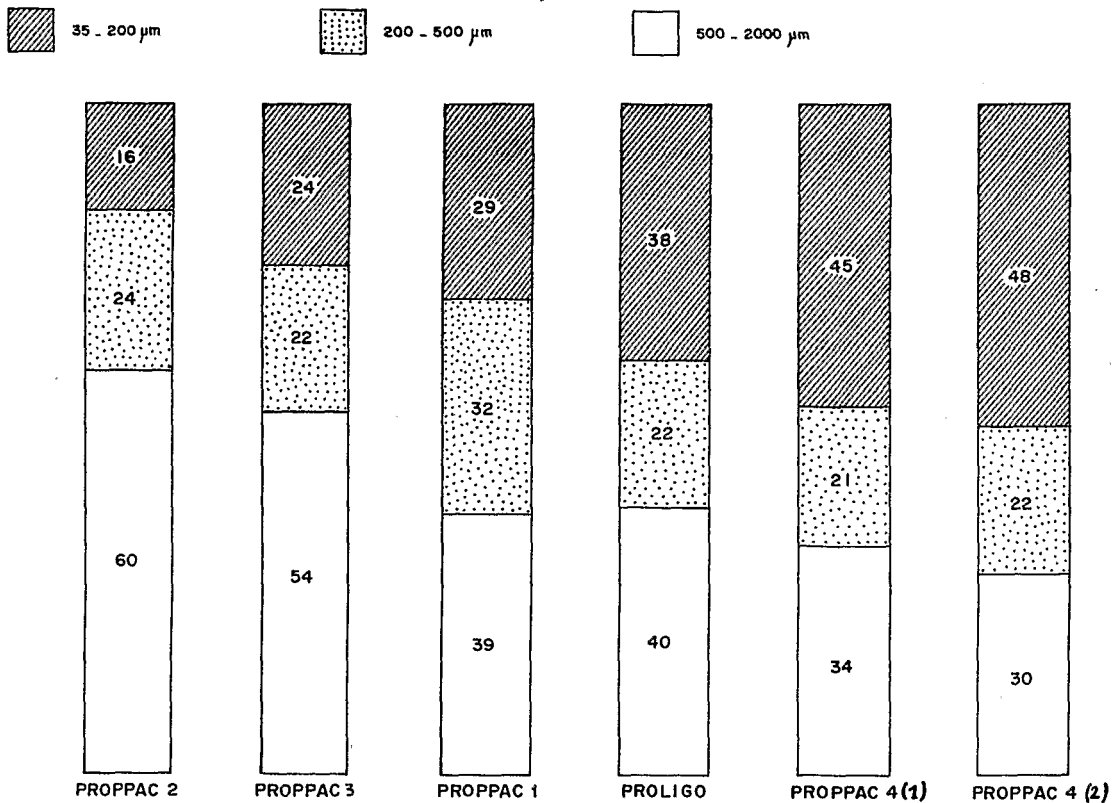


Fig. 29- Importance (en pourcentage) des différentes classes de tailles du plancton, observée à 6 stations classées par ordre décroissant de biomasse.

STATION en DERIVE 2

12 - 24 novembre 1989

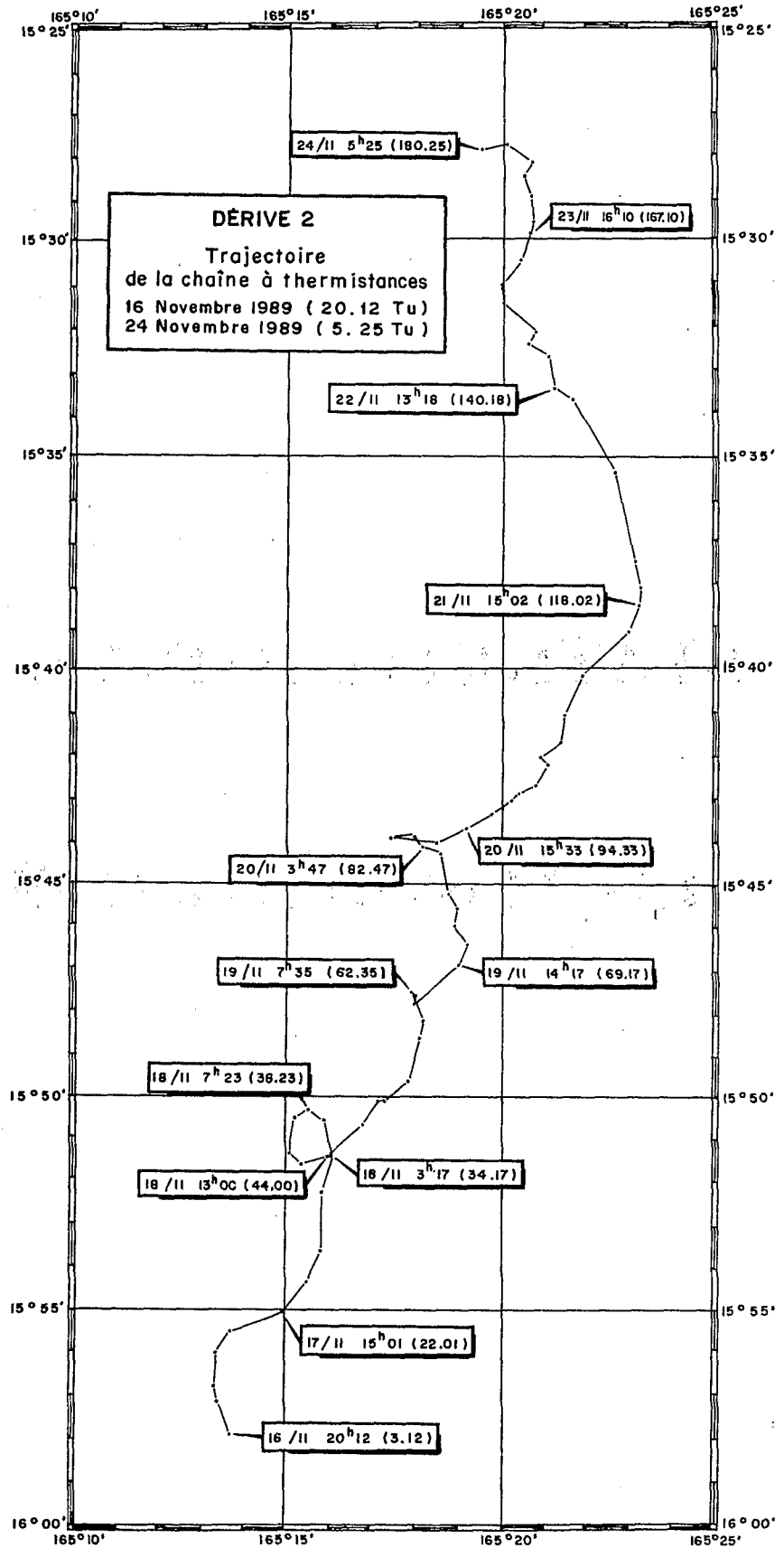


Fig. 30- Trajectoire de la deuxième station en dérive (suivi de la chaîne à thermistances).
- date et heure TU
- le temps écoulé depuis le début de la station est indiqué entre parenthèses.

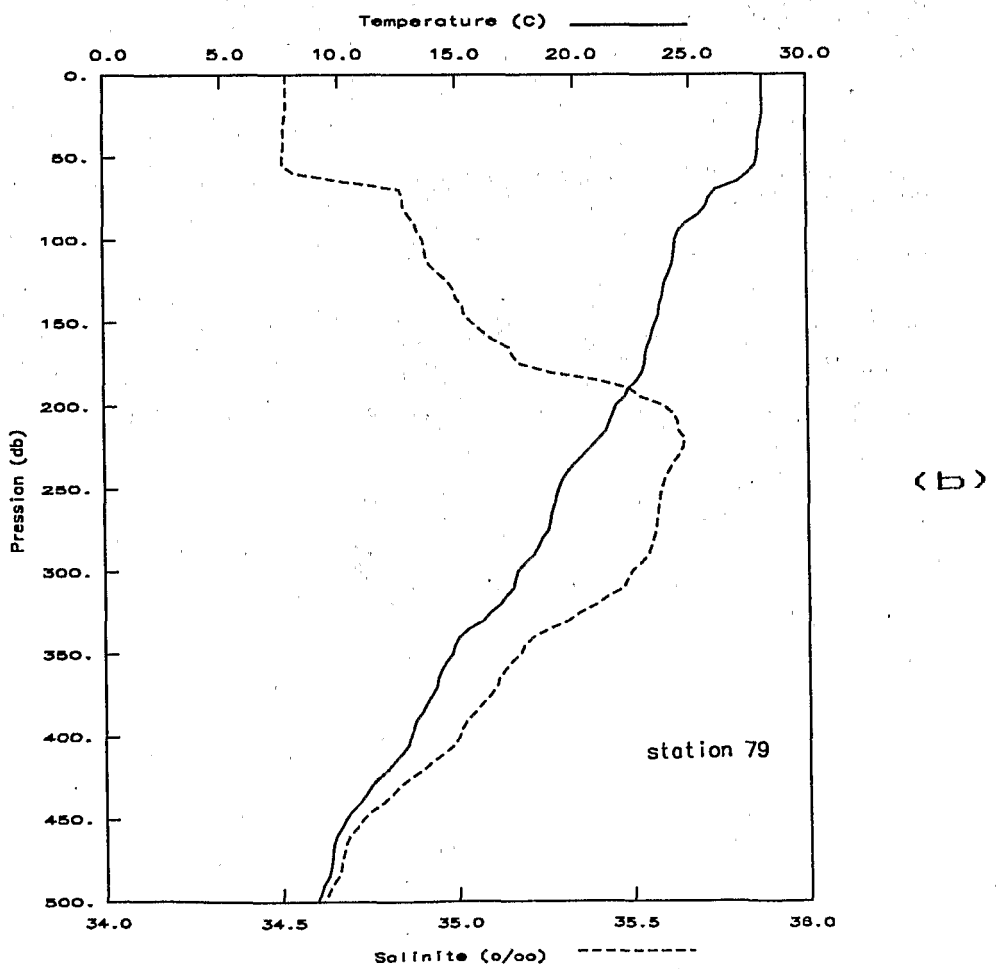
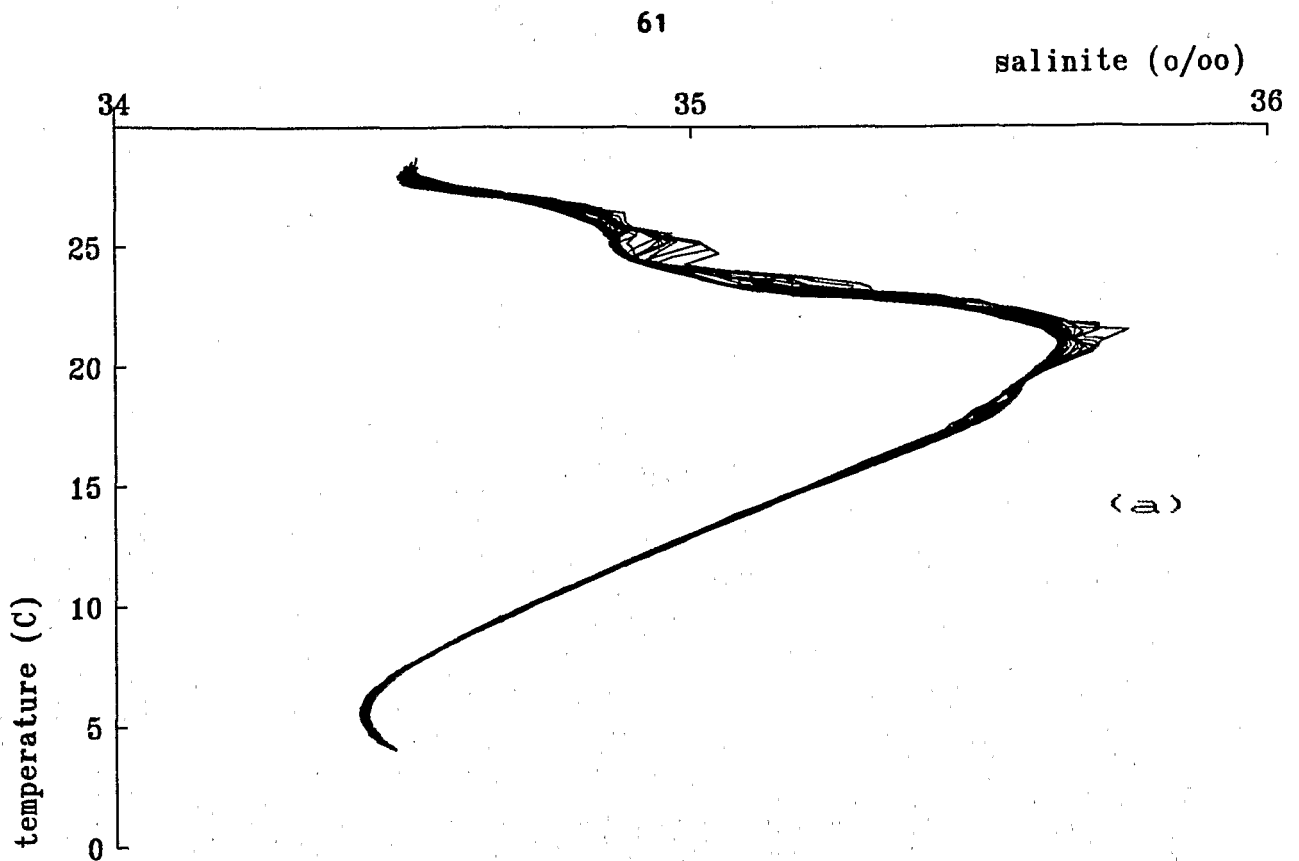


Fig. 31- (a) : Superposition des diagrammes T/S de la deuxième station en dérive.
 (b) : Profils type de température et salinité pendant la station en dérive 2.

VENTS - 15.5S : 16 - 24 novembre 1989

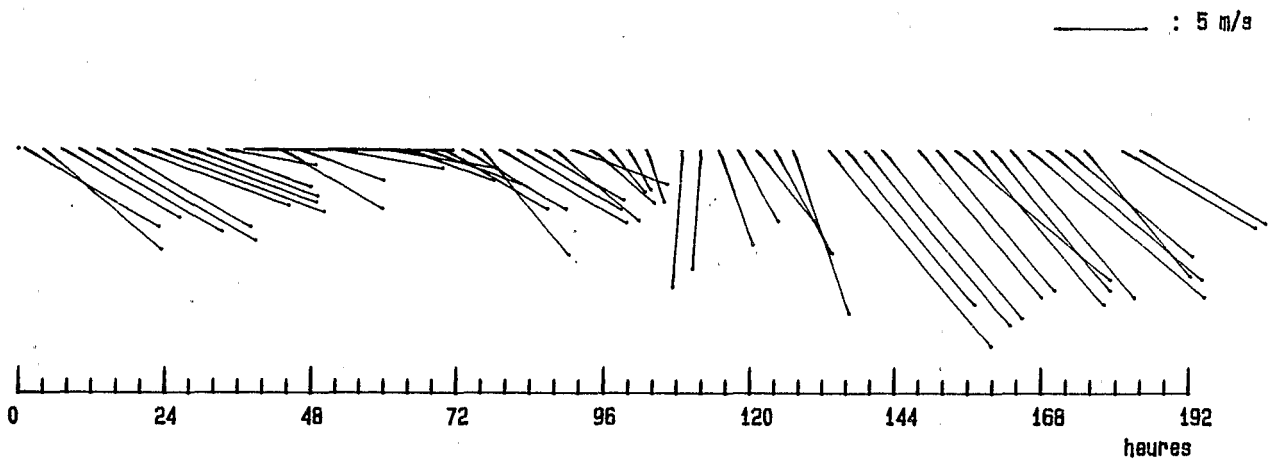


Fig. 32- Force ($m.s^{-1}$) et direction du vent au cours de la deuxième station en dérive.

15.5S : 16 - 24 novembre 1989

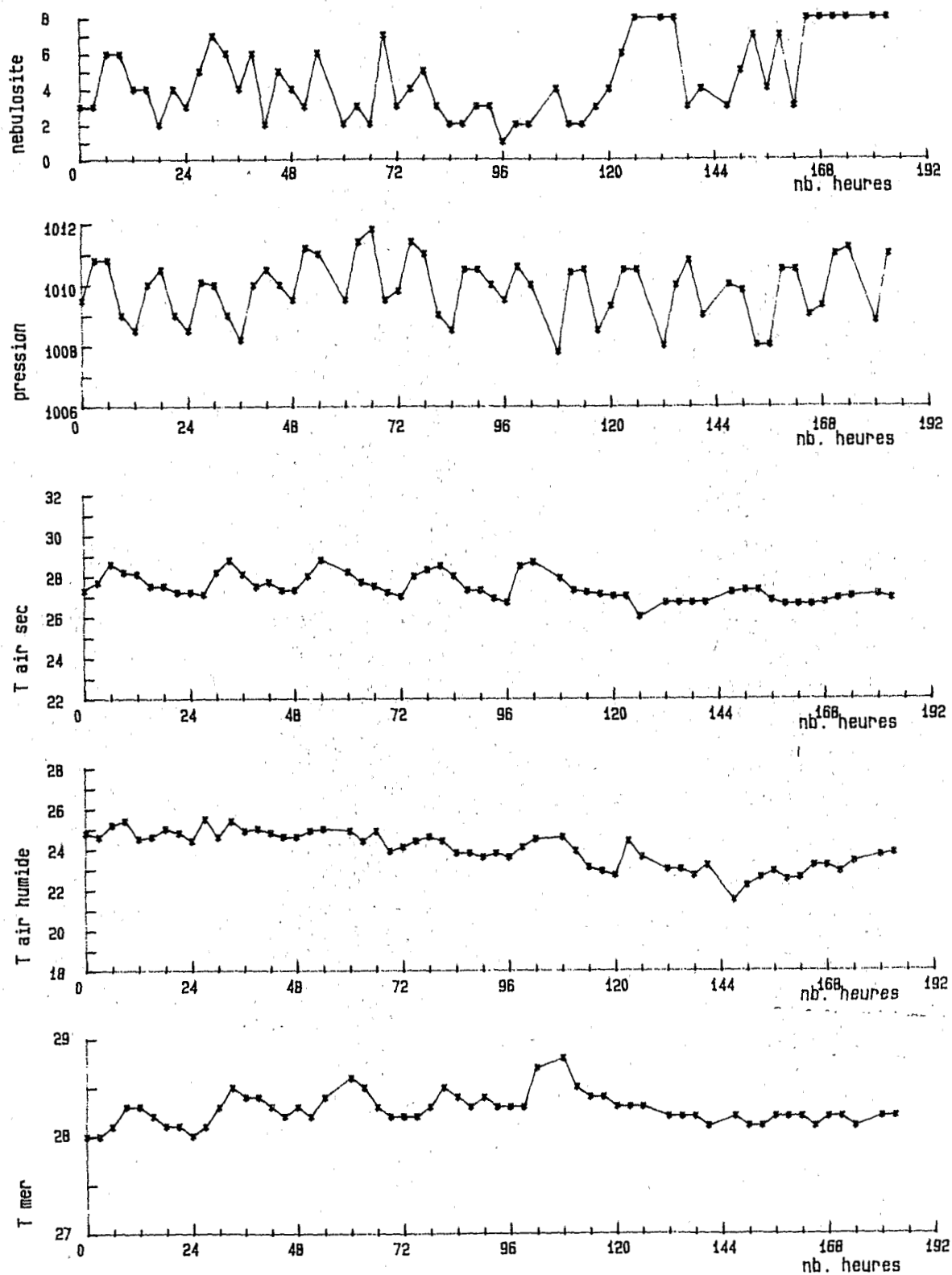


Fig. 33- Observations météorologiques au cours de la deuxième station en dérive.

nébulosité : octa
pression atmosphérique : hPa
température air sec : °C
température air humide : °C
température de la mer : °C

PROPPAC 04 - station en derive 2 : 4 - TEMPERATURE

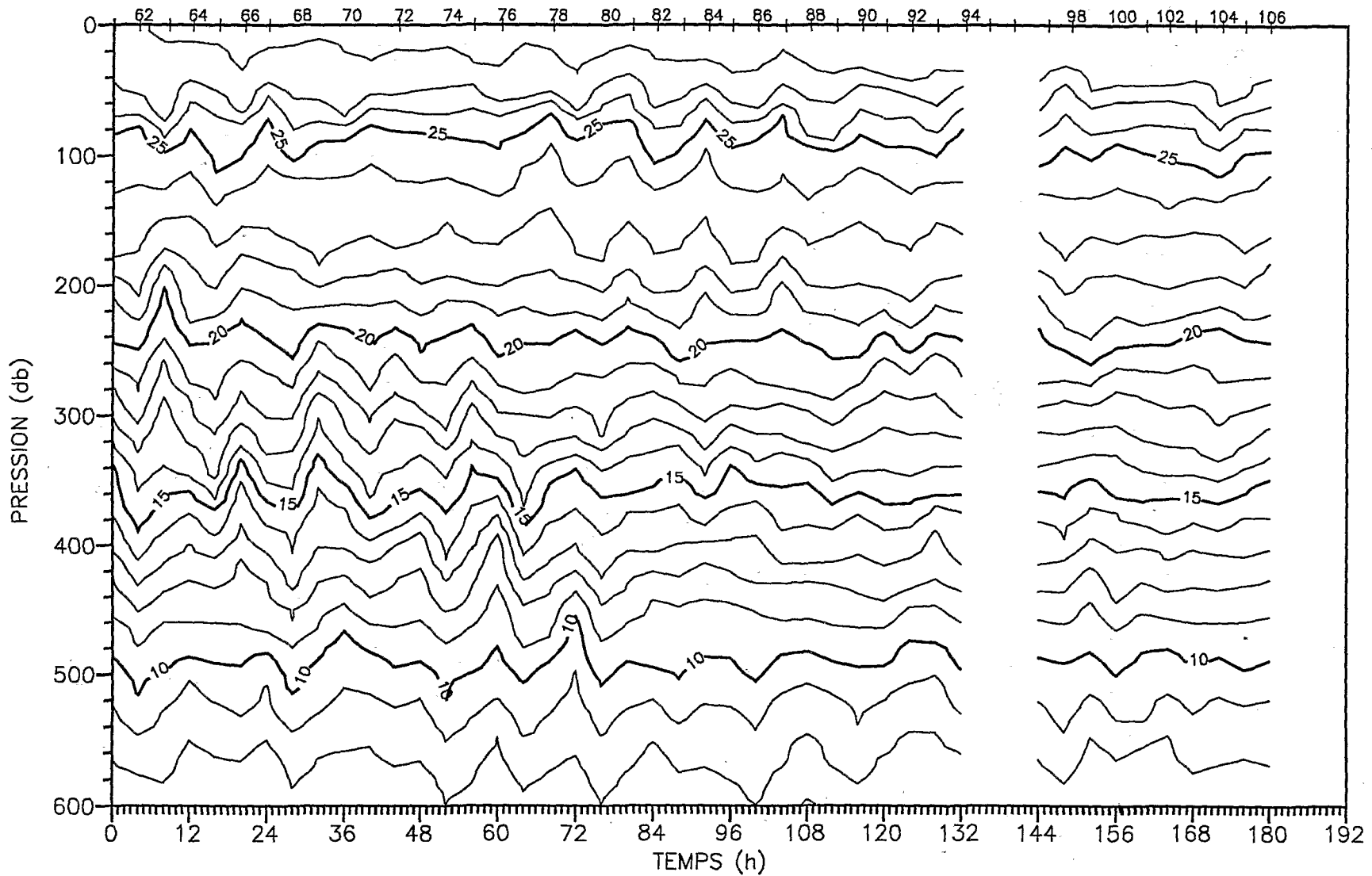


Fig. 34- Evolution de la température (°C) au cours de la deuxième station en dérive.

PROPPAC 04 - station en derive 2 : 4 - SALINITE

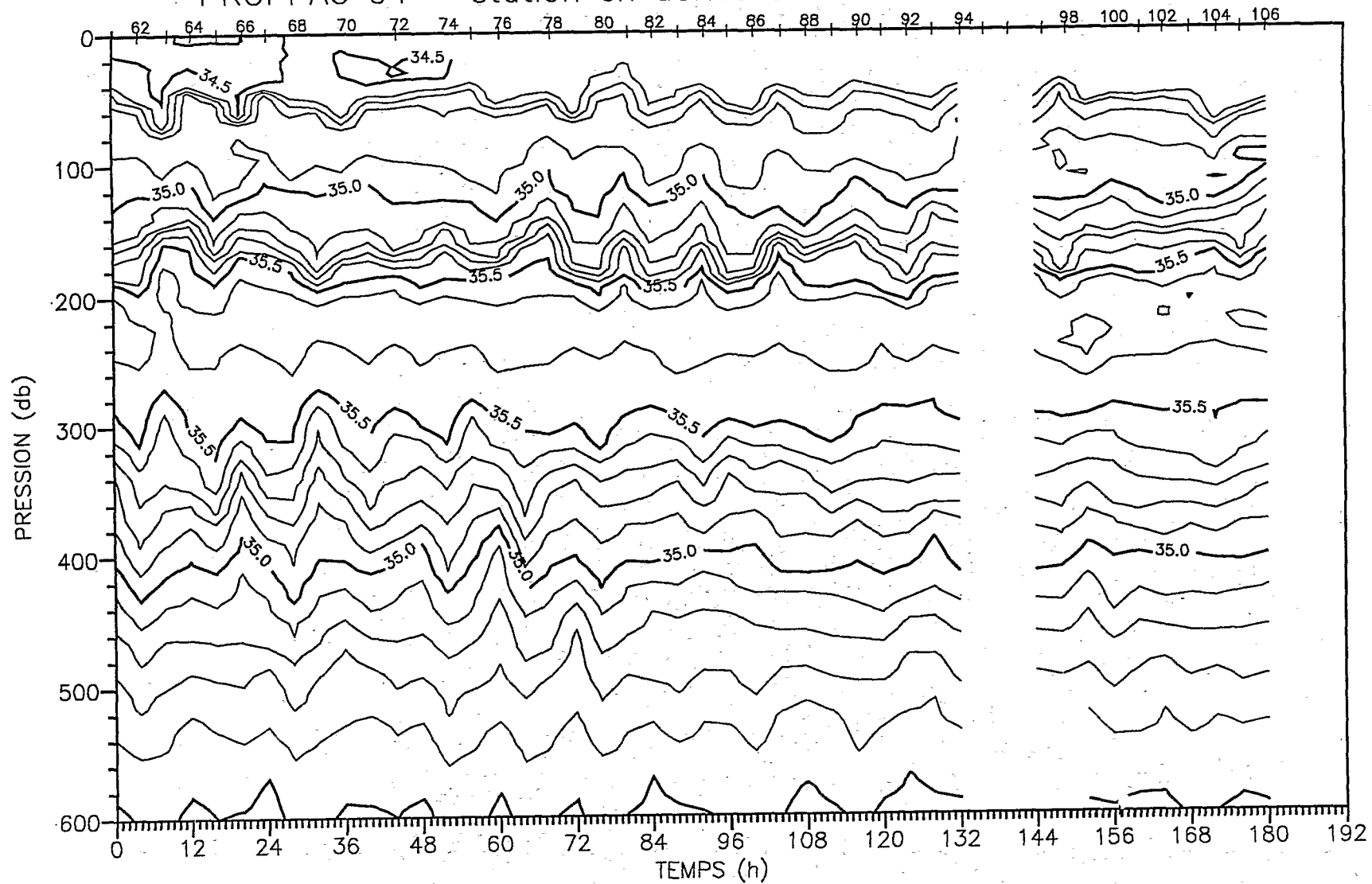


Fig. 35- Evolution de la salinité au cours de la deuxième station en dérive.

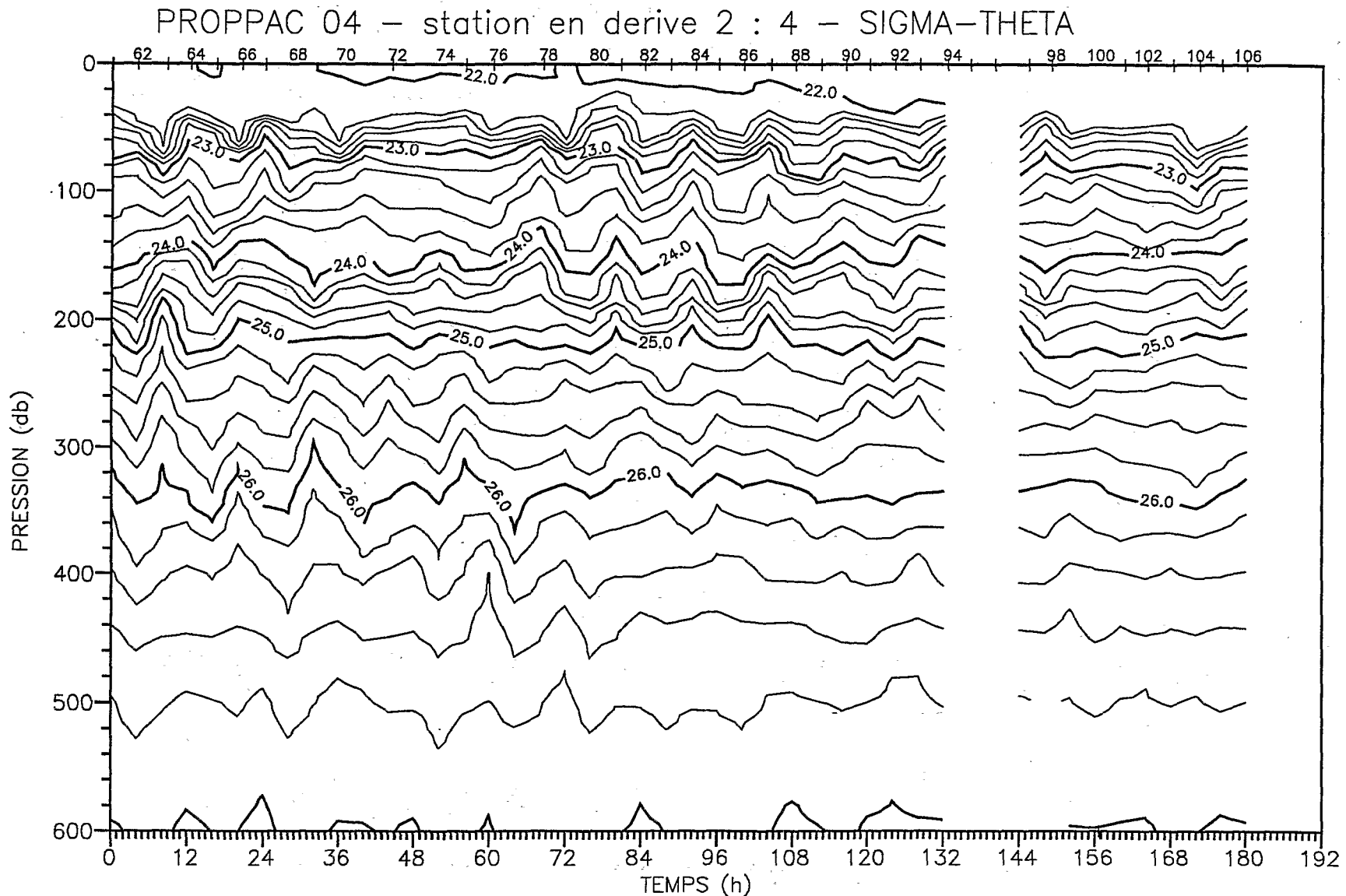


Fig. 36- Evolution de sigma-théta (kg.m^{-3}) au cours de la deuxième station en dérive.

PROPPAC 04 - station en derive 2 : 4 - COMPOSANTE ZONALE

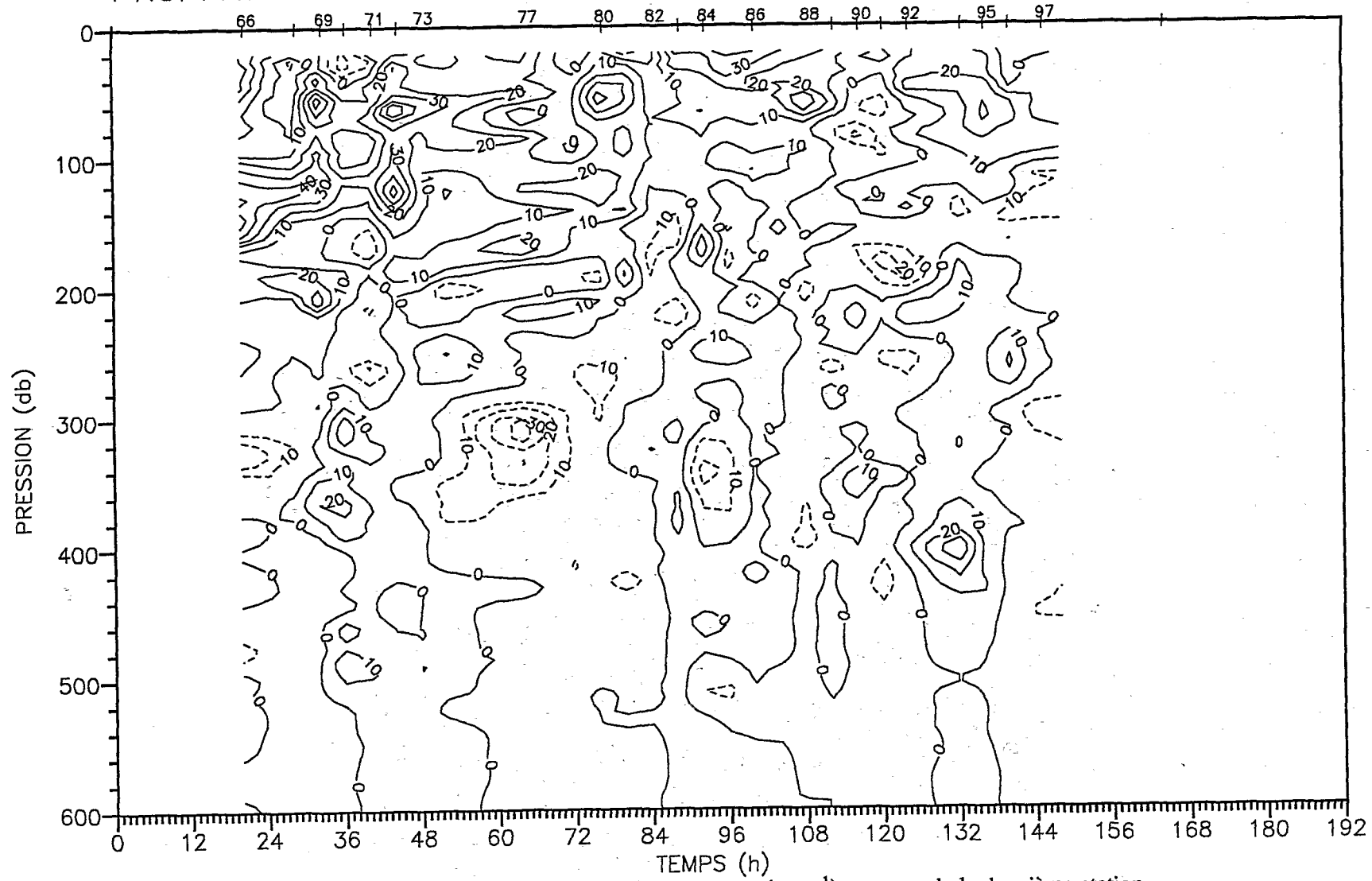


Fig. 37- Evolution de la composante zonale du courant (cm.s⁻¹) au cours de la deuxième station en dérive.

PROPPAC 04 - station en dérive 2 : 4 - COMPOSANTE MERIDIENNE

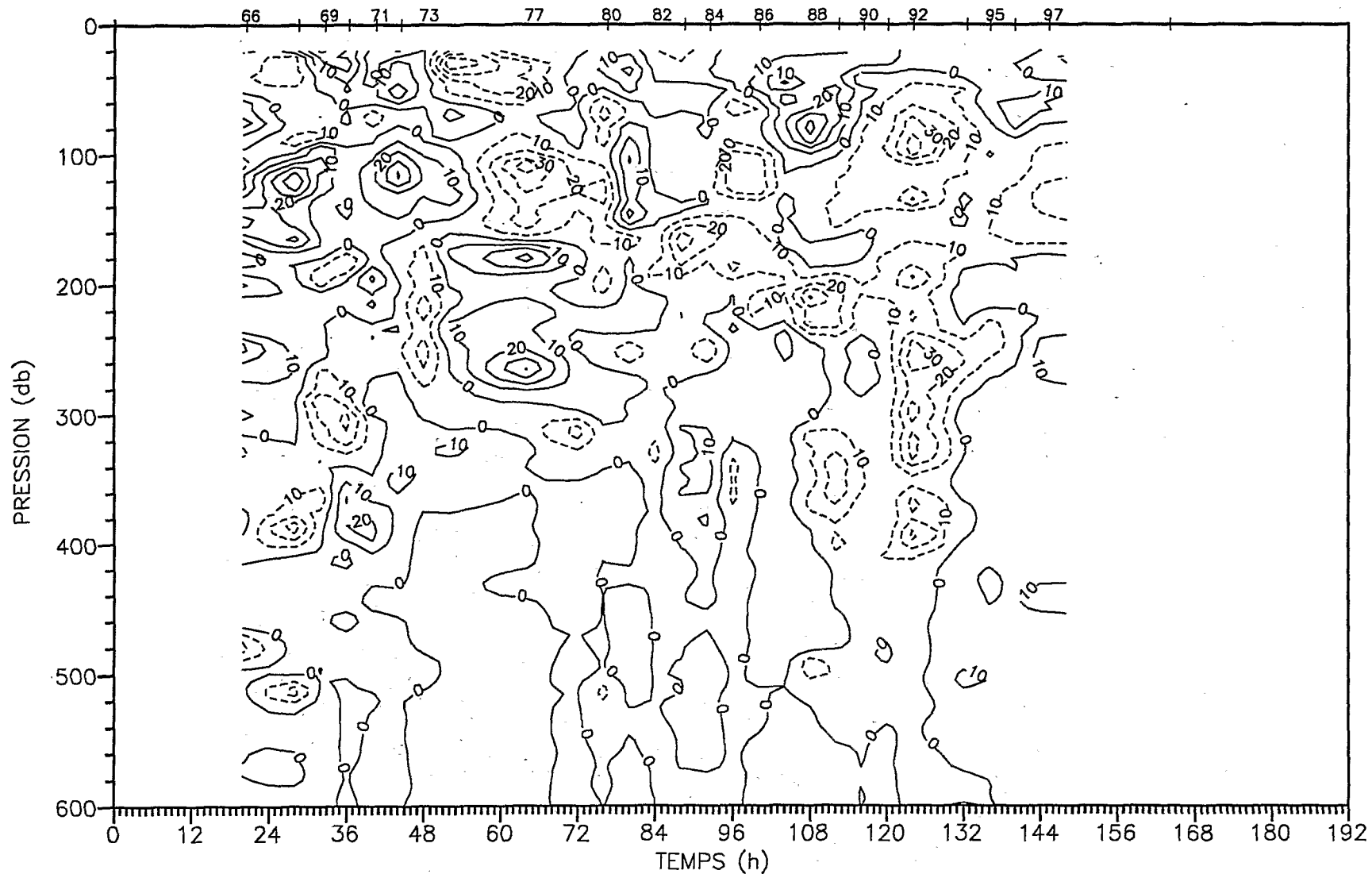


Fig. 38- Evolution de la composante méridienne du courant (cm.s⁻¹) au cours de la deuxième station en dérive.

PROPPAC 04 - station en derive 2 - CHAÎNE A THERMISTANCES

du 16/11/89 (20.22 TU) au 24/11/89 (7.12 TU)

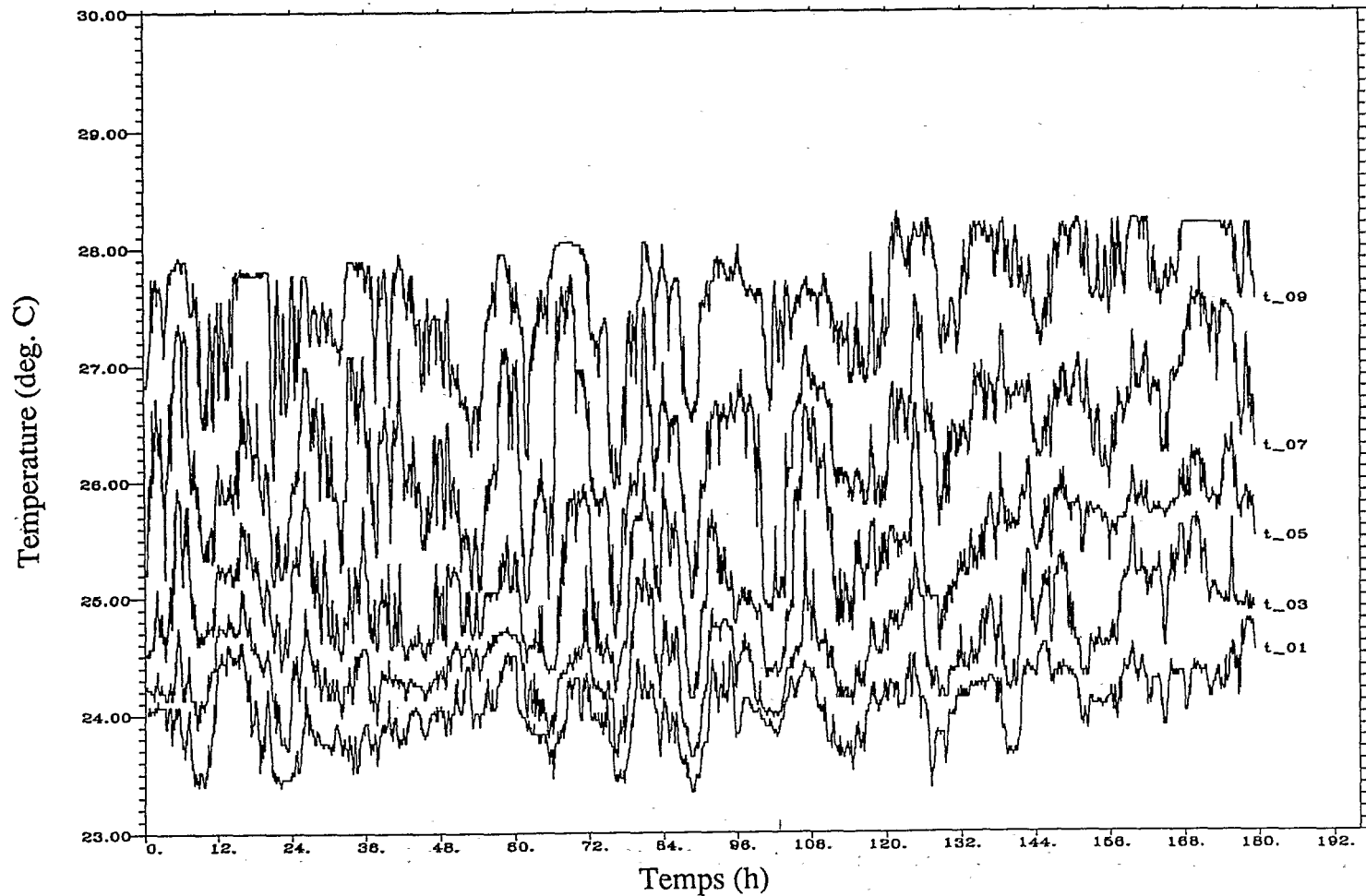


Fig. 39- Température enregistrée par 5 thermistances de la chaîne à thermistances au cours de la deuxième station en dérive. Les thermistances sont espacées de 20 db. t n° 1 à 128 db.

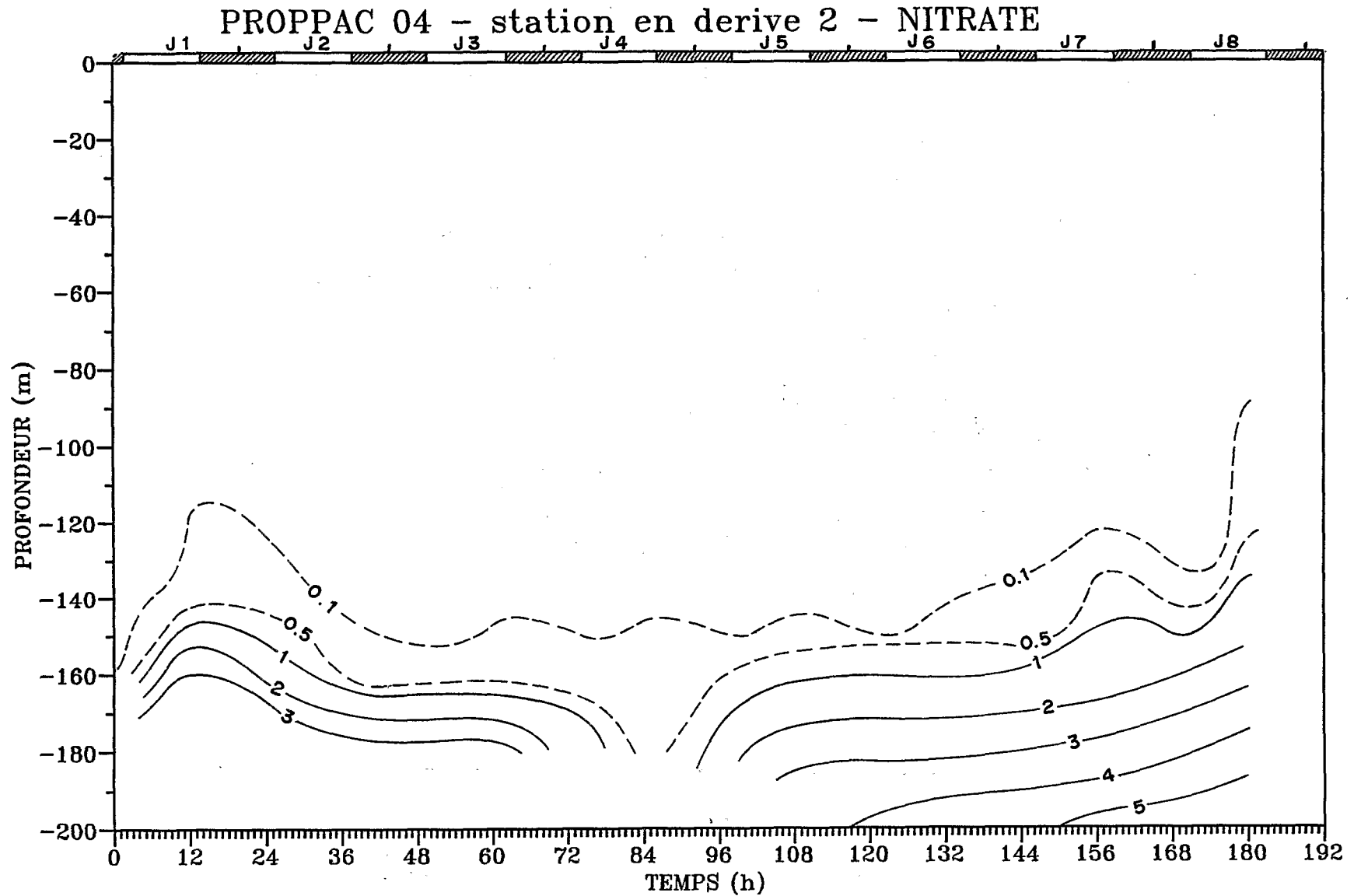


Fig. 40- Evolution du nitrate ($\mu\text{mole.l}^{-1}$) au cours de la station en dérive n  2, à compter de l'heure d'arrivée (17h T.U. le 16/11/89).

PROPPAC 04 - station en derive 2 - PHOSPHATE

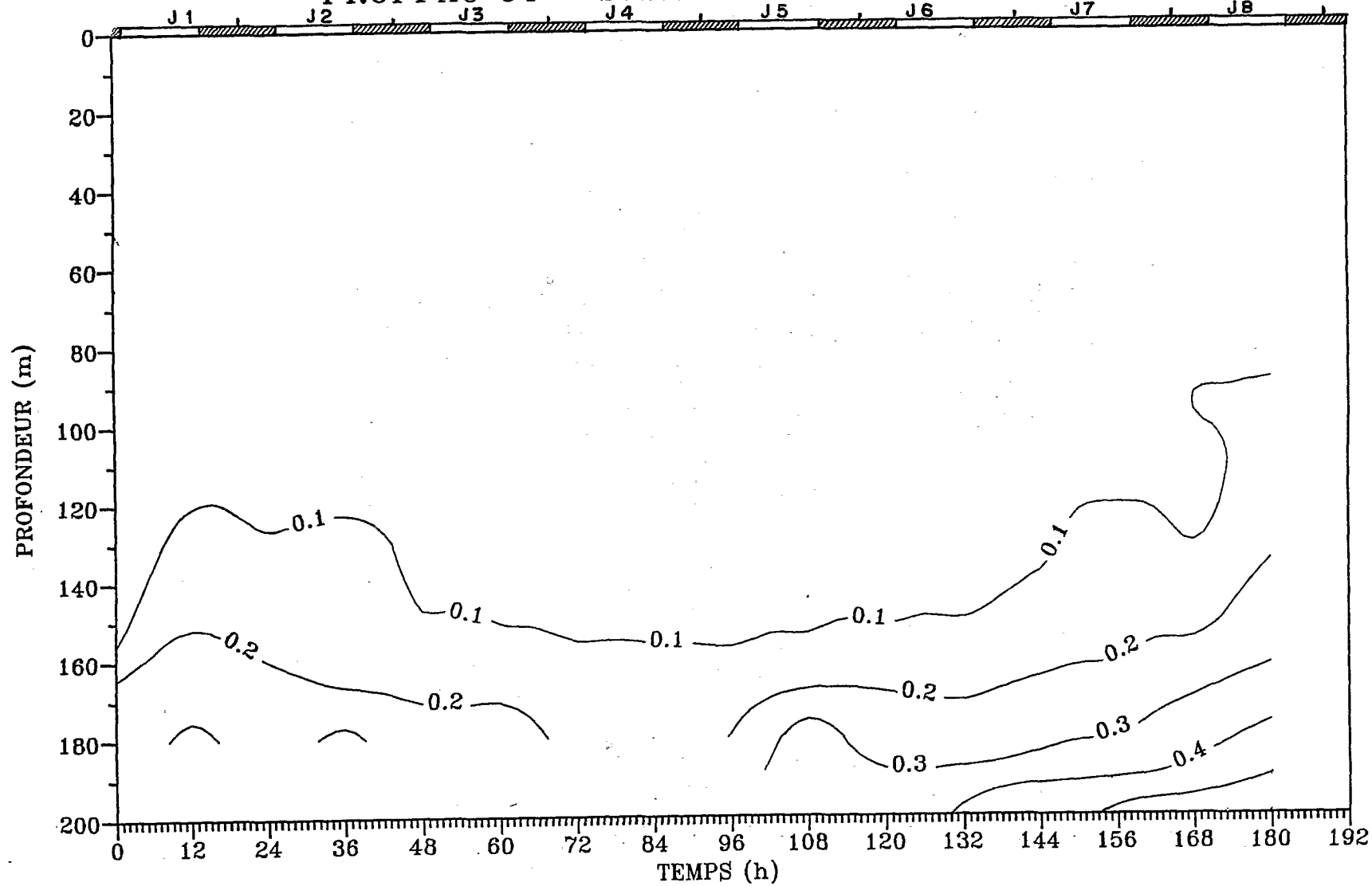


Fig. 41- Evolution du phosphate ($\mu\text{mole.l}^{-1}$) au cours de la station en dérive n° 2.

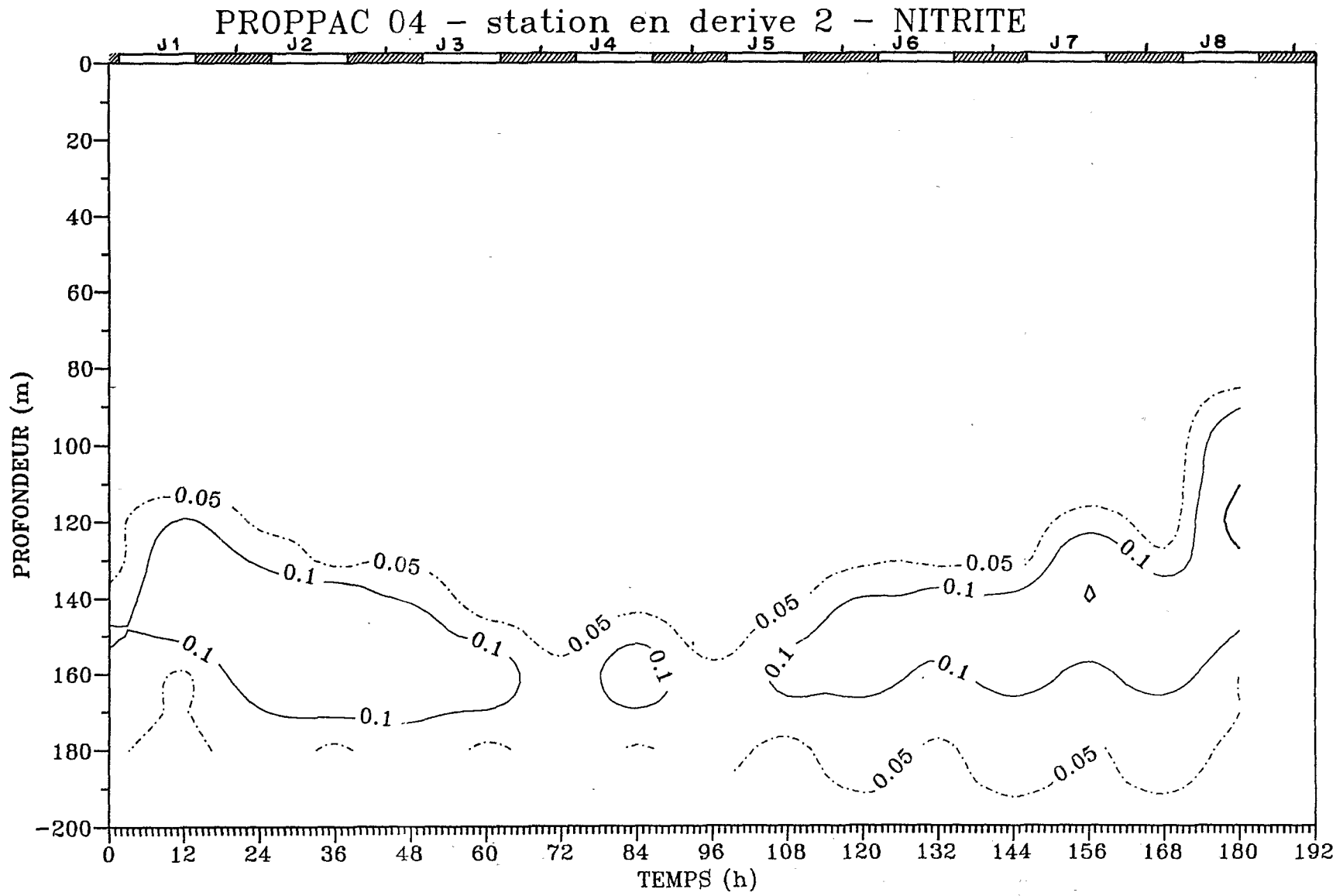


Fig. 42- Evolution du nitrite ($\mu\text{mole.l}^{-1}$) au cours de la station en dérive n  2.

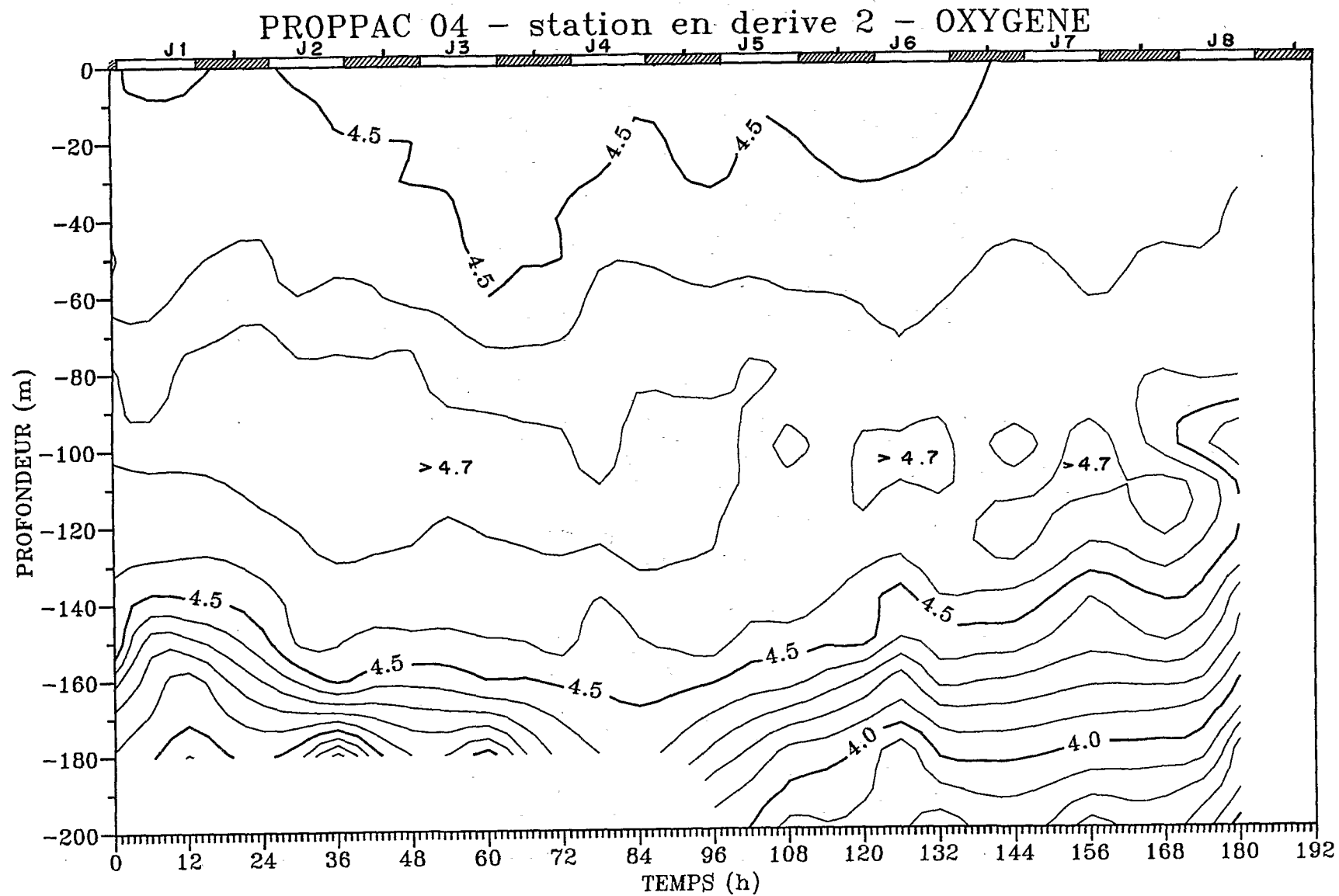


Fig. 43- Evolution de l'oxygène dissous (ml.l^{-1}) au cours de la station en dérive n° 2.

PROPPAC 04 - station en derive 2 - CHLOROPHYLLE

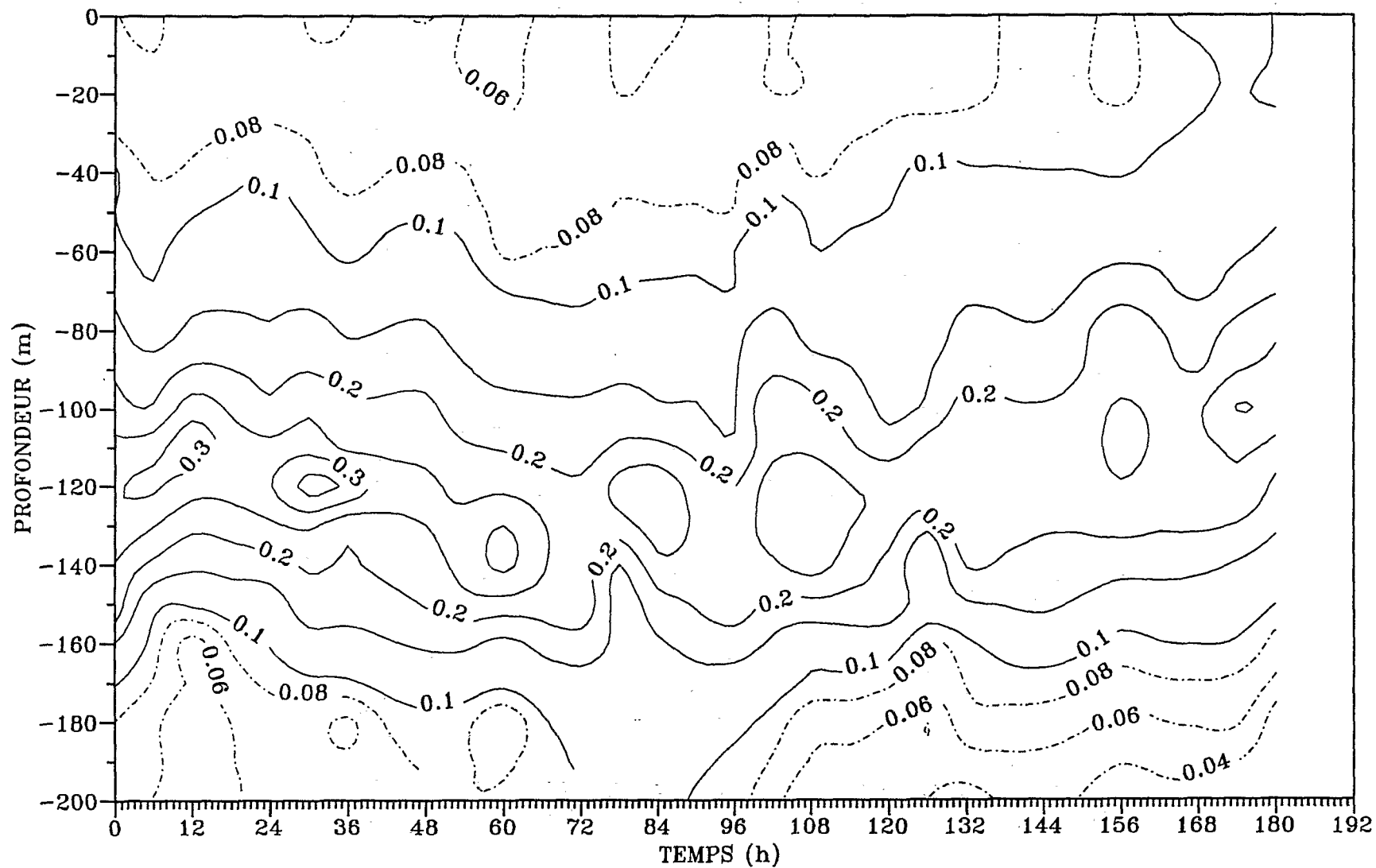


Fig. 44- Evolution de la distribution verticale de la chlorophylle à la station en dérive n° 2.

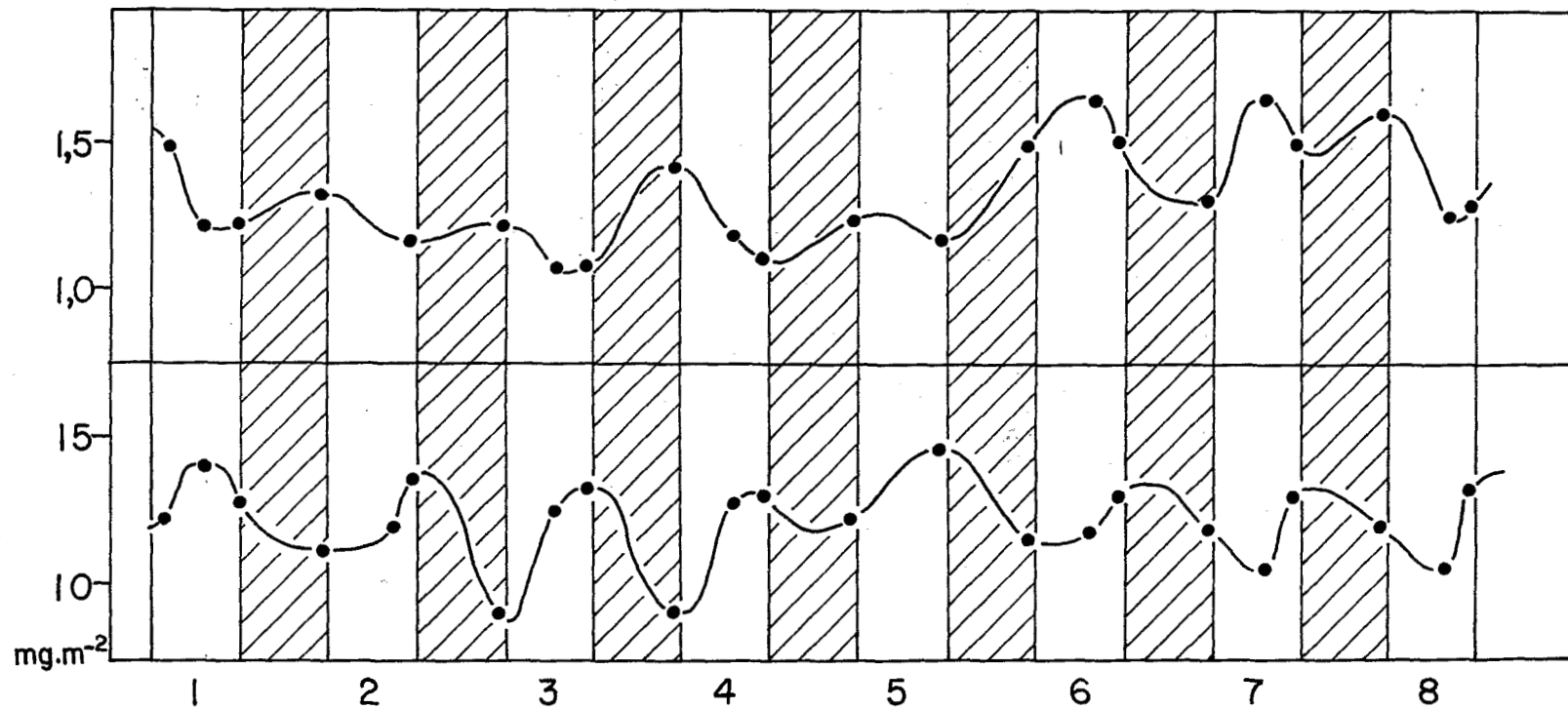


Fig. 45- Variations de la chlorophylle (en mg.m⁻²) dans les couches 0-20m (en haut) et 80-120m (en bas). Le jour 6 fut très pluvieux.

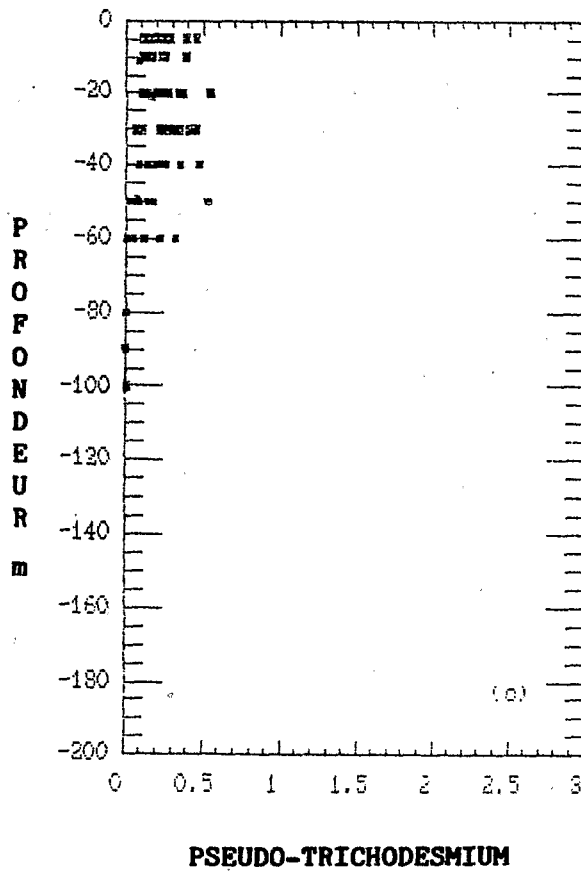
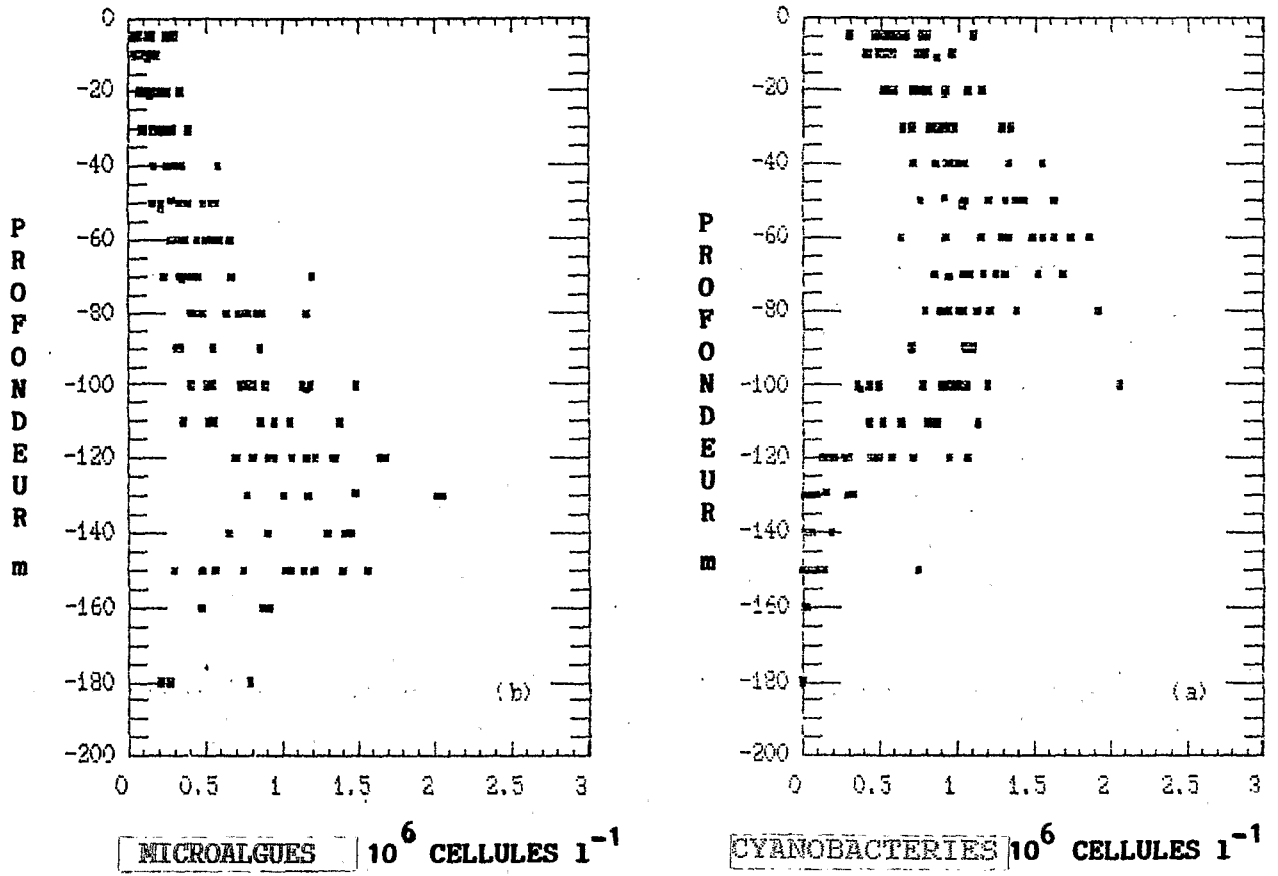


Fig. 46- Effectifs des cyanobactéries (a), des microalgues (b) et des *pseudo-trichodesmium* (c) à la station en dérive n° 2.

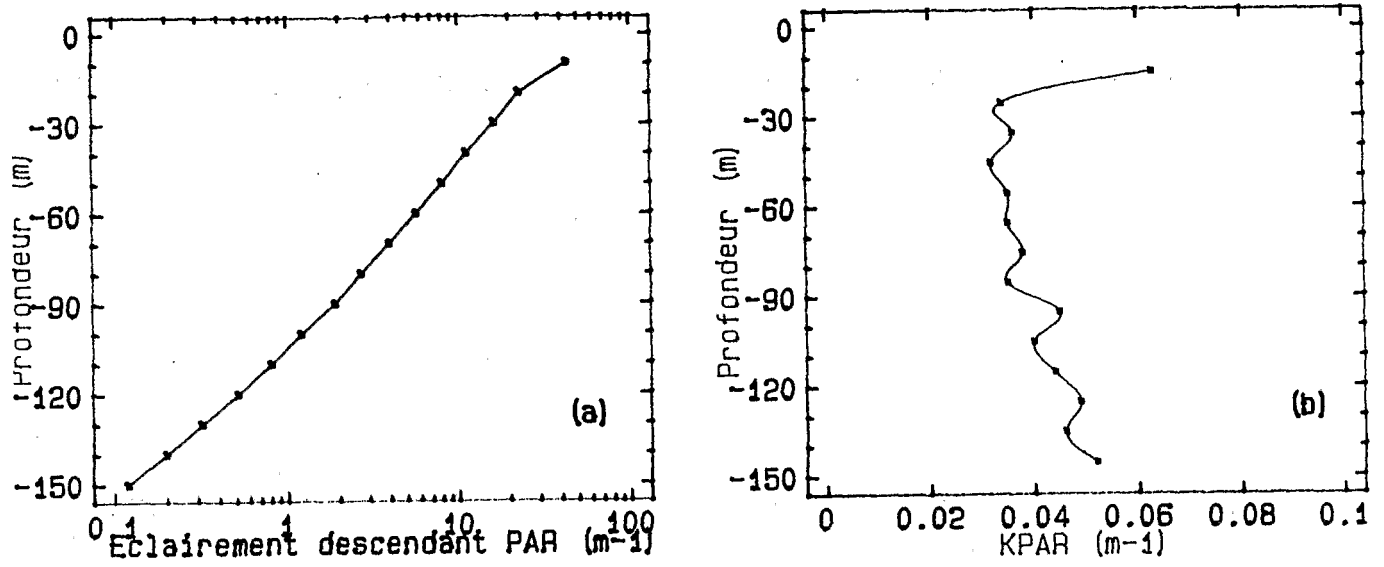


Fig. 47- Profils moyens de l'éclaircement descendant et du coefficient KPAR à la station n° 2.

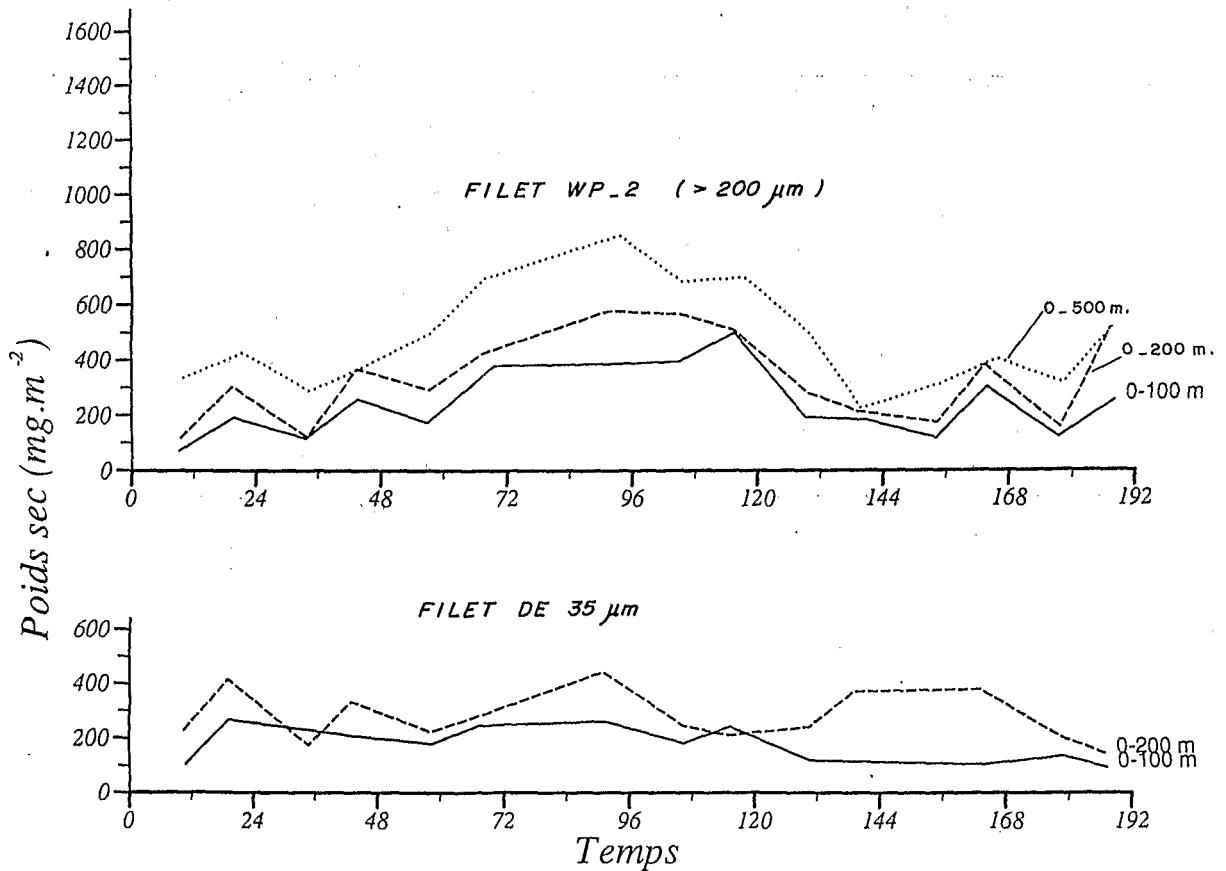


Fig. 48- Evolution de la biomasse du zooplancton (filet WP-2 et filet de 35 μm) dans les couches 0-100, 0-200 et 0-500m à la station en dérive n° 2.