



Publications du
CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS
(C N E X O)

Série: Rapports scientifiques et techniques

N° 20 - 1975



ETUDE HYDROLOGIQUE
ET VARIATIONS SAISONNIERES
DANS LE PROCHE ATLANTIQUE
EN 1972

par

Béatrice FRUCHAUD

2L 087

C N E X O

Rapport Scientifique et Technique n° 20



ETUDE HYDROLOGIQUE ET VARIATIONS SAISONNIERES
DANS LE PROCHE ATLANTIQUE EN 1972

par

Béatrice FRUCHAUD

Contribution n° 263
du Département Scientifique
du Centre Océanologique de Bretagne
B.P. 337 - 29 N, Brest

Antenne du Laboratoire d'océanographie Physique
du Muséum National d'Histoire Naturelle, 43 rue Cuvier, Paris 5^e

**ETUDE HYDROLOGIQUE ET VARIATIONS SAISONNIERES
DANS LE PROCHE ATLANTIQUE EN 1972**

SOMMAIRE

I - INTRODUCTION	5
II - METHODOLOGIE	5
III - RESUME DES CAMPAGNES	6
IV - CARACTERES GENERAUX DE L'HYDROLOGIE DU PROCHE ATLANTIQUE	6
V - CLIMATOLOGIE EN 1972	8
VI - PRESENTATION DES DONNEES HYDROLOGIQUES EN 1972	11
A - Situation à la fin de l'hiver (Eophyas 22)	11
- Conditions de surface	
- Coupes verticales	
- Courant de densité	
B - Situation d'été (Phygas 23)	18
- Conditions de surface	
- Coupes verticales	
- Courant de densité	
C - Situation d'automne (Polygas 24)	29
- Conditions de surface	
- Coupes verticales	
- Courant de densité	
VII - VARIATIONS SAISONNIERES	36
VIII - COMPARAISON AVEC LES ETUDES ANTERIEURES	38
IX - CONCLUSION	42
BIBLIOGRAPHIE	43

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tous ceux qui ont permis de mener à bien cette étude :

- les équipages des navires océanographiques du CNEXO "LE NOROIT" et "JEAN CHARCOT" et du navire-école "LA PERLE" armé par l'ISTPM,

- les chercheurs et techniciens qui ont pris part aux campagnes,

- ceux qui ont participé au dépouillement et au traitement des données et en particulier le BNDO,

- ceux qui, dessinateurs, photographe, secrétaire, ont contribué à la mise au propre de ce travail, et tout spécialement le bureau de dessin du Laboratoire du Professeur Lacombe qui a retracé l'ensemble des coupes hydrologiques.

I - INTRODUCTION

Un grand nombre d'observations hydrologiques ont été faites dans l'Atlantique Nord Est entre les parallèles 44°N et 52°N dont la plus grande partie sur le plateau.

Il n'existe cependant pas d'études prolongées et régulières permettant de décrire les variations saisonnières des paramètres hydrologiques de surface.

Parmi les études publiées actuellement, il faut citer les travaux d'Helland-Hansen et Nansen (1926), Helland-Hansen (1930), plus récemment les études dirigées par le Professeur Le Floch et sur le plateau continental les mesures saisonnières acquises par l'I.S.T.P.M..

Il est d'abord nécessaire de faire une étude systématique et descriptive du Proche Atlantique, si l'on désire par la suite s'orienter vers des études plus ponctuelles et fondamentales des interactions océan-atmosphère.

Leur position géographique place les deux équipes brestoises d'océanographie physique en position privilégiée pour entreprendre de tels travaux. L'apport logistique du COB et plus particulièrement sur le plan informatique du BNDO permet de mener à bien un tel programme.

Compte-tenu de la durée des campagnes (3 semaines au maximum), la zone étudiée a été limitée à l'Ouest par le 18ème méridien, au Sud et au Nord par les parallèles 44°30N et 52°N, ce qui inclus le point K ($\varphi = 45^\circ\text{N}$, $G = 16^\circ\text{W}$).

Une soixantaine de stations distantes de 30 milles devaient être effectuées à chaque campagne sur les parallèles 44°30N, 47°N, 49°30N et 52°N ; mais les conditions météorologiques rencontrées ont contraint à des modifications ou à des amputations importantes de ce projet initial au cours des campagnes de printemps et d'automne.

II - METHODOLOGIE

Toutes les stations hydrologiques ont été effectuées à l'aide d'une sonde Bissett Berman (CTPO2) et son système d'acquisition et de traitement de données développé au COB (Madelain, Allenou, 1972). Cette sonde, munie d'un multiéchantillonneur de douze bouteilles, a permis des prélèvements d'eau pour étalonnage.

Les analyses de salinités ont été faites à l'aide d'un salinomètre Beckman, celles d'oxygène par la méthode de Winckler.

Après étalonnage la précision de la sonde est de :

- ± 0,01°C en température,
- ± 0,01‰ en salinité,
- ± 0,1 ml/l en oxygène,
- ± 6 dbar en pression.

A chaque campagne il a également été effectué un enregistrement en continu

de la température de surface à l'aide d'un poisson remorqué (précision après recalage : $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$). De plus, durant la campagne d'automne du "JEAN CHARCOT", il a été procédé à un enregistrement continu de la salinité de surface (précision après recalage : $\pm 0,05^{\circ}/\text{‰}$).

III - RESUME DES CAMPAGNES

Afin de repérer rapidement l'année et la période pendant laquelle elle a été effectuée, chaque campagne PHYGAS est dotée d'un nombre à deux chiffres :

- le premier est le chiffre des unités de l'année : 2 pour 1972,
- le second indique la saison :
 - . 1 pour l'hiver,
 - . 2 pour le printemps,
 - . 3 pour l'été,
 - . 4 pour l'automne.

(Ainsi, la campagne PHYGAS 23 est la campagne d'été de l'année 1972).

En 1972, trois campagnes ont été faites dans le Proche Atlantique :

- EOPHYGAS 22 (Figure 1) eut lieu sur le N.O. "LE NOROIT" du 30 avril au 16 mai. Elle comporte deux radiales est-ouest l'une par $44^{\circ}30\text{N}$, l'autre par 47°N reliées entre elles par une radiale nord-sud sur le $16^{\circ}15\text{W}$. Les conditions météorologiques défavorables n'ont permis d'effectuer que 31 stations dans le temps imparti.

- PHYGAS 23 (Figure 1) s'est déroulée du 17 août au 10 septembre sur le N.E. "LA PERLE". Le beau temps rencontré pendant presque toute la mission a permis d'exécuter quatre radiales est-ouest, par $44^{\circ}30\text{N}$, 47°N , $49^{\circ}30\text{N}$ et 52°N ainsi qu'une radiale nord-sud par $17^{\circ}15\text{W}$. Sur ce trajet 72 stations ont été faites.

- POLYGAS 24 (Figure 1) eut lieu du 20 octobre au 13 novembre sur le N.O. "JEAN CHARCOT". Soixante huit stations ont été effectuées sur quatre radiales est-ouest par $44^{\circ}30\text{N}$, 47°N , $49^{\circ}30\text{N}$ et 52°N , ainsi qu'une étude sur le plateau continental de la Bretagne à l'Irlande (Hénaff, 1972). Les vents se sont maintenus d'ouest à 10-20 noeuds durant presque toute la mission sauf pendant quelques jours en début et en fin de campagne où ils ont atteint 30 noeuds, ce qui est normal pour la saison.

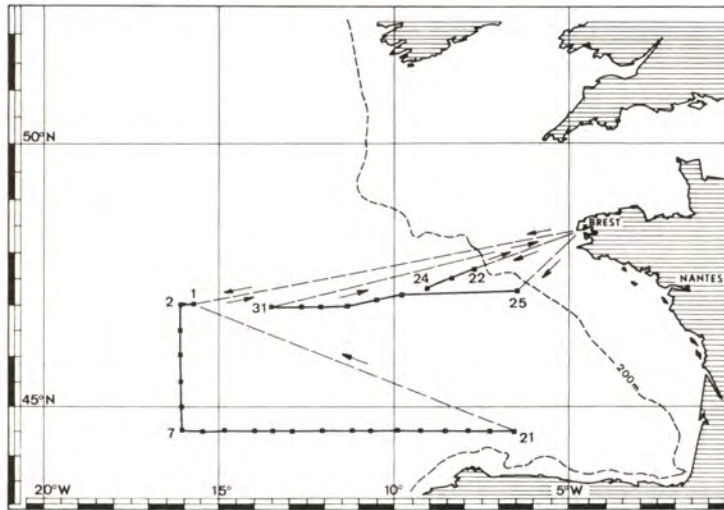
IV - CARACTERES GENERAUX DE L'HYDROLOGIE DU PROCHE ATLANTIQUE

Différents auteurs proposent une répartition verticale des eaux de tout l'Atlantique nord-est en plusieurs couches. Ce schéma établi d'après des travaux couvrant tout l'Atlantique nord (Sverdrup, Helland-Hansen, Tchernia, Lacombe,...) fut repris pour la partie est (Tchernia, Le Floch,...). De la surface au fond, ils distinguent :

- une couche superficielle dans laquelle les variations saisonnières sont importantes, située entre la surface et deux cents mètres,
- une masse d'eau entre 200 et 600 mètres environ, appelée Eau Centrale Nord Atlantique (E.C.N.A.),

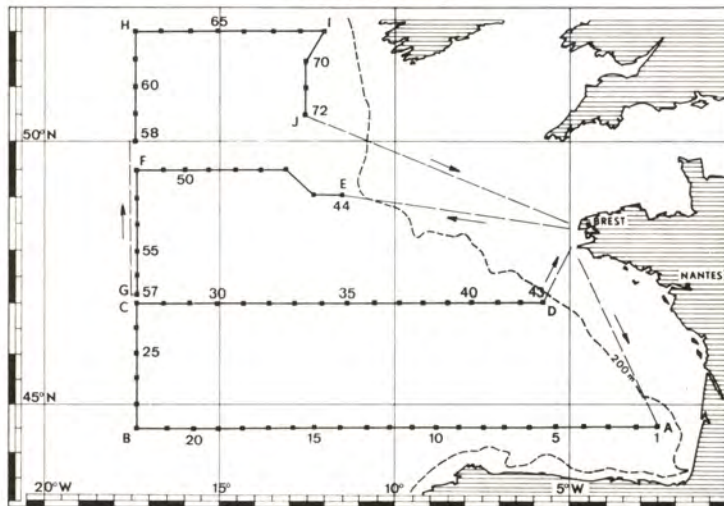
EOPHYGAS 22

30 Avril - 16 Mai 1972



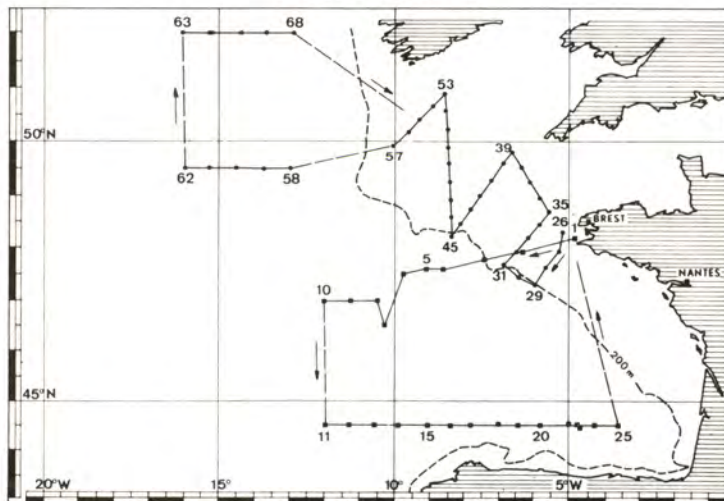
PHYGAS 23

17 Août - 10 Septembre 1972



POLYGAS 24

20 Octobre - 13 Novembre 1972



- au-delà, jusqu'à 2 500 mètres, une eau de transition : l'eau profonde nord Atlantique qui est un mélange de quatre eaux présentes dans des proportions variables suivant la zone considérée (Tchernia, 1969) et qui sont :

- . l'eau méditerranéenne
- . l'eau profonde de la mer du Labrador
- . l'eau arctique de fond
- . l'eau antarctique de fond aux caractéristiques très altérées.

Entre 44°N et 52°N, l'eau profonde est fortement influencée par l'apport d'eau d'origine méditerranéenne, qui se manifeste par un ou plusieurs maxima de salinité et un minimum de teneur en oxygène aux environs de 950-1 000 mètres. Cette eau d'origine méditerranéenne pénètre dans le golfe au niveau du Cap Finistère puis se répand vers l'est le long de la côte espagnole, une autre veine remontant vers le nord.

- l'eau de fond nord Atlantique, entre 2 500 m et le fond, eau type caractérisée par des températures comprises entre 2°5 C et 3°4 C et des salinités entre 34,90‰ et 34,97‰.

V - CLIMATOLOGIE EN 1972

Dans le but d'évaluer les écarts entre 1972 et une année normale, les températures de l'air et les précipitations ont été confrontées aux moyennes calculées sur une période de trente ans (1931-1960).

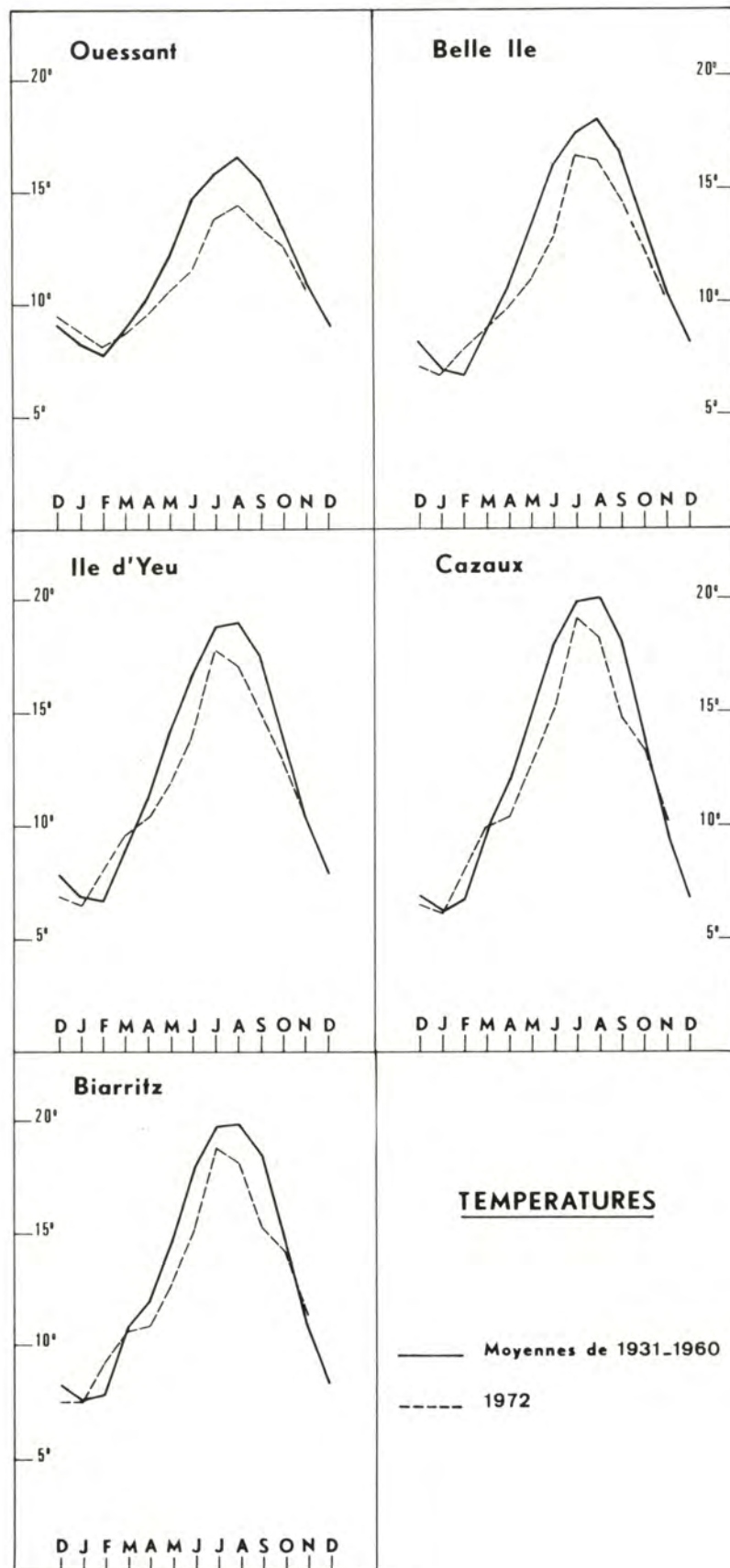
Cinq stations littorales ; Ouessant, Belle-Ile, Ile d'Yeu, Cazaux et Biarritz, pour lesquelles ces mesures étaient publiées par la Météorologie Nationale, ont été choisies sur la côte française.

En 1972, aux cinq stations, les températures de l'air sont inférieures à la moyenne d'environ 2°C de mars à octobre (Figure 2). Cet écart est particulièrement sensible en juin et octobre puisqu'il atteint 3°C. En novembre, la situation redevient normale.

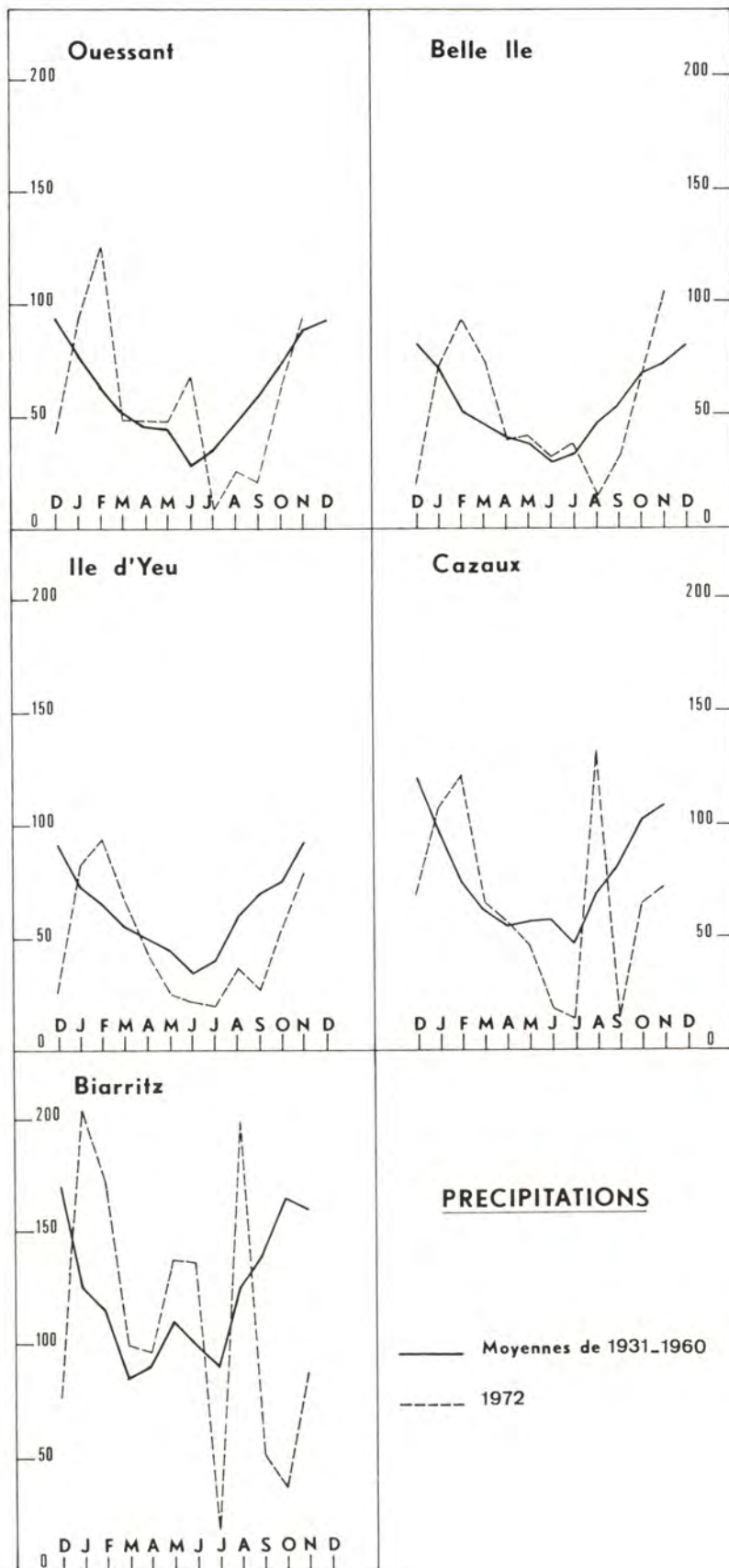
Seul le mois de février présente des températures supérieures d'1°C à la moyenne, températures qui sont accompagnées de pluies abondantes.

Les précipitations (Figure 3) sont également supérieures à la normale durant tout le premier semestre 1972. Pendant les trois mois d'été, si l'on note une relative sécheresse au nord, il n'en est pas de même au sud où le mois d'août fut très pluvieux : la hauteur d'eau tombée étant voisine du double de la moyenne sur trente ans.

L'année 1972 peut donc être considérée comme particulièrement froide. Les conditions rencontrées lors de la première campagne saisonnière (31 avril, 16 mai) étaient celles d'une fin d'hiver et non de printemps. La campagne d'été (17 août - 10 septembre) a été effectuée par des températures d'un mois de juin normal ; seule la dernière campagne (20 octobre - 13 novembre) s'est déroulée dans des conditions climatologiques habituelles à cette époque de l'année.



- Fig. 2 -



- Fig. 3 -

VI - PRESENTATION DES DONNEES HYDROLOGIQUES DE 1972

A - Situation à la fin de l'hiver (Eophygas 22)

Conditions de surface (Figure 4)

Sur toute la zone étudiée durant cette campagne, les températures de surface sont voisines de 12°C , si bien qu'il est difficile de tracer une carte des isothermes de surface. On remarque cependant un accroissement d' 1°C environ du nord-est au sud-ouest.

Les salinités de surface qui restent voisines de $35,60^{\circ}/\text{‰}$ présentent également la même homogénéité et la même distribution.

Coupes verticales (Figures 5 à 7)

Sur les deux radiales est-ouest (Figures 5.a-5.b, 6.a-6.b) on remarque une grande homogénéité dans les cinq cents premiers mètres ; homogénéité qui sur les deux coupes se fait sentir plus fortement à l'est du 9°W où la salinité reste voisine de $35,60^{\circ}/\text{‰}$ ($\pm 0,04^{\circ}/\text{‰}$) et la teneur en oxygène dissous de 6 ml/l ($\pm 0,2 \text{ ml/l}$).

Seules les deux dernières stations à l'ouest de la coupe sud s'écartent sensiblement de cette distribution.

Au-delà de cinq cents mètres, la présence de l'eau méditerranéenne se manifeste par une augmentation de la salinité et une diminution de la teneur en oxygène.

Sur la coupe sud, on remarque, vers 1 050 mètres, deux noyaux très salés ($S > 36,00^{\circ}/\text{‰}$) l'un double et très important au niveau du Cap Finistère, l'autre plus au large vers 16°W . Des salinités supérieures à $35,70^{\circ}/\text{‰}$ sont observées sur toute la radiale. Plus au nord de telles salinités n'apparaissent qu'à l'est du $12^{\circ}30\text{W}$; vers 16°W , elles n'atteignent même plus $35,60^{\circ}/\text{‰}$.

La coupe nord-sud (Figure 7) montre vers le nord une remontée en immersion de la zone influencée par l'eau d'origine méditerranéenne.

Courant de densité (Figure 4)

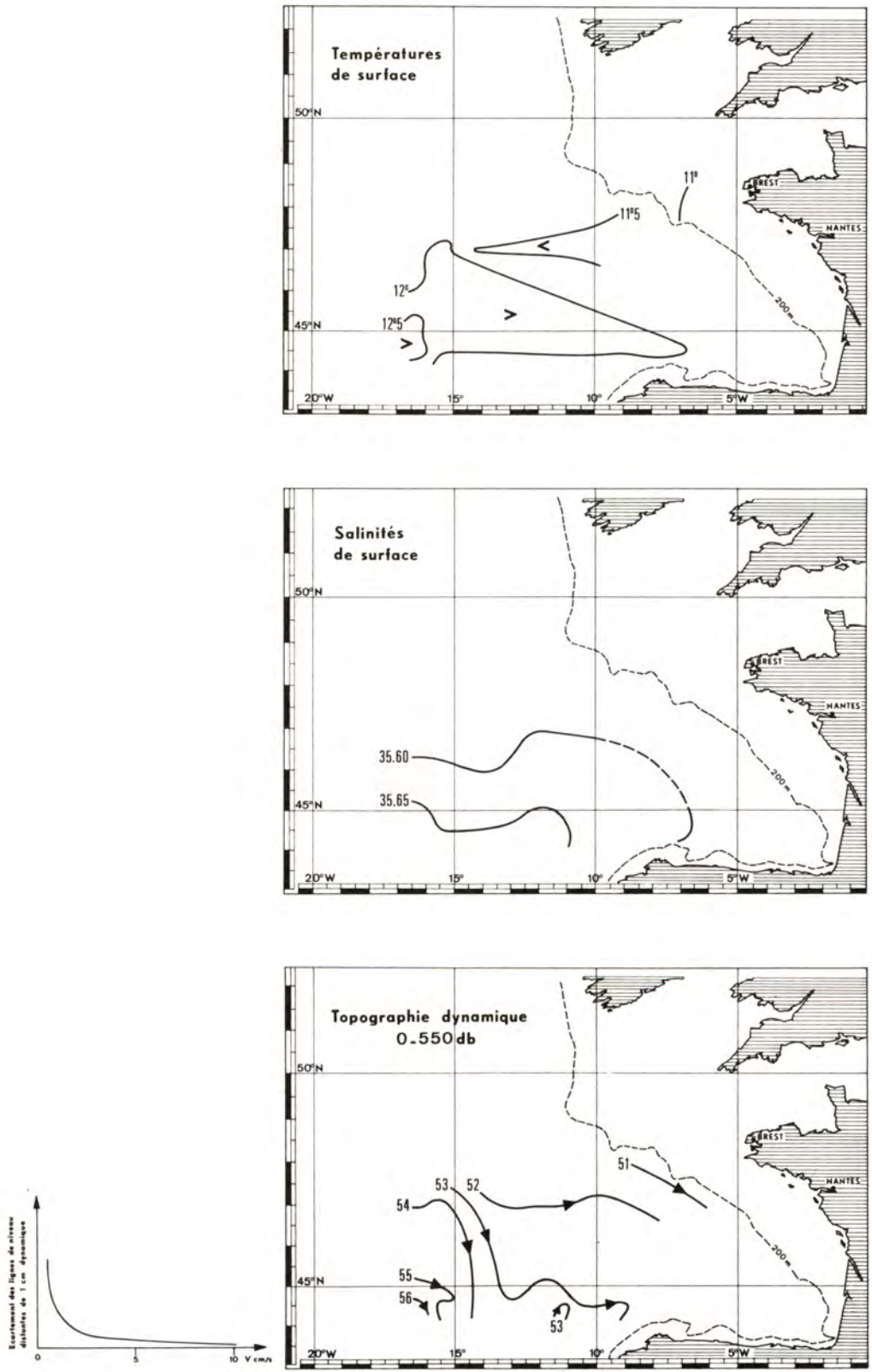
Le choix d'une surface de référence entre la surface de la mer et 1 200 dbar (pressions maximales atteintes aux trois campagnes) se pose. Il semble logique de prendre comme référence l'immersion du minimum de salinité (vers 600 m) car il est situé à la limite commune de deux eaux se dirigeant dans l'ensemble l'une vers le sud (Eau Centrale Nord Atlantique), l'autre vers le nord (eau d'origine méditerranéenne).

La topographie dynamique de la surface de la mer par rapport à la surface 550 dbar indique la présence (Figure 4) d'un courant général orienté au sud-est avec des vitesses très faibles, de l'ordre de $0,5$ à 1 cm/s dans la majeure partie de la zone ; elles atteignent au maximum 2 cm/s par 47°N et 15°W .

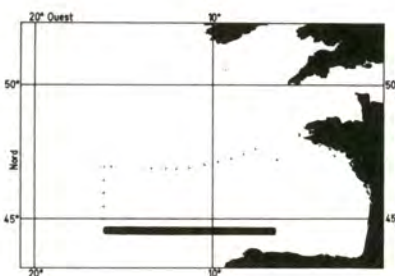
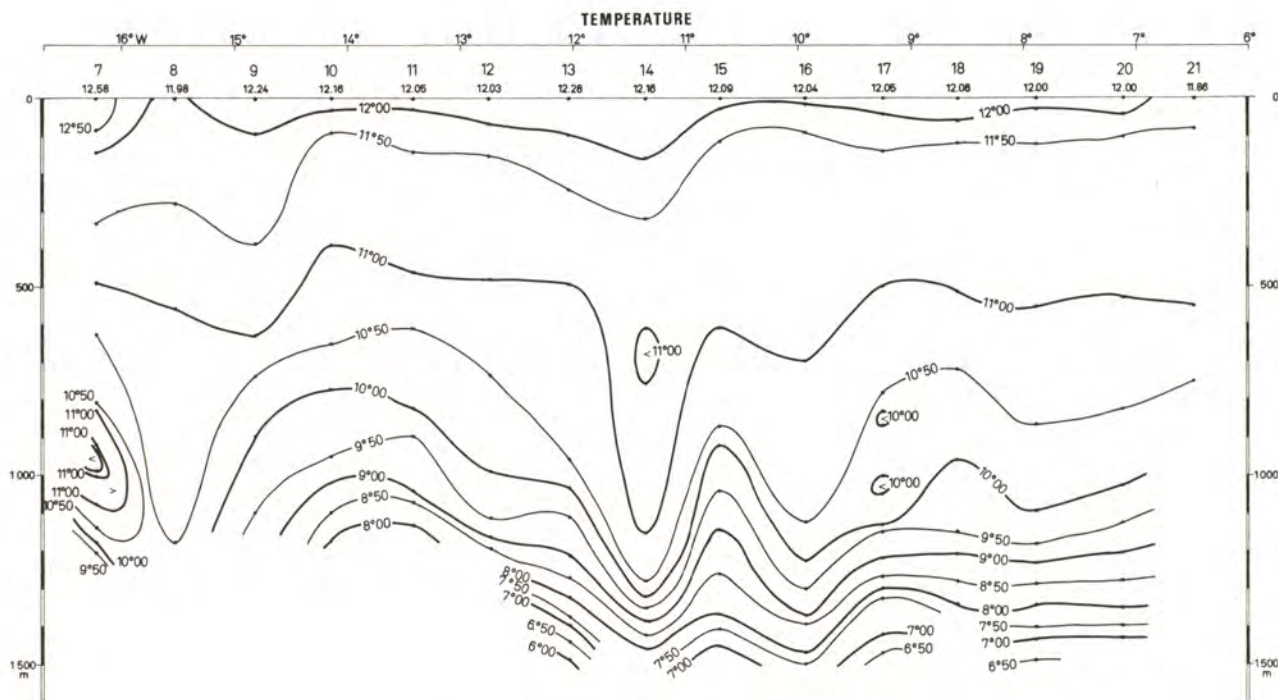
Le choix d'autres surfaces de référence ne modifie pas sensiblement ces résultats.

EOPHYGAS 22

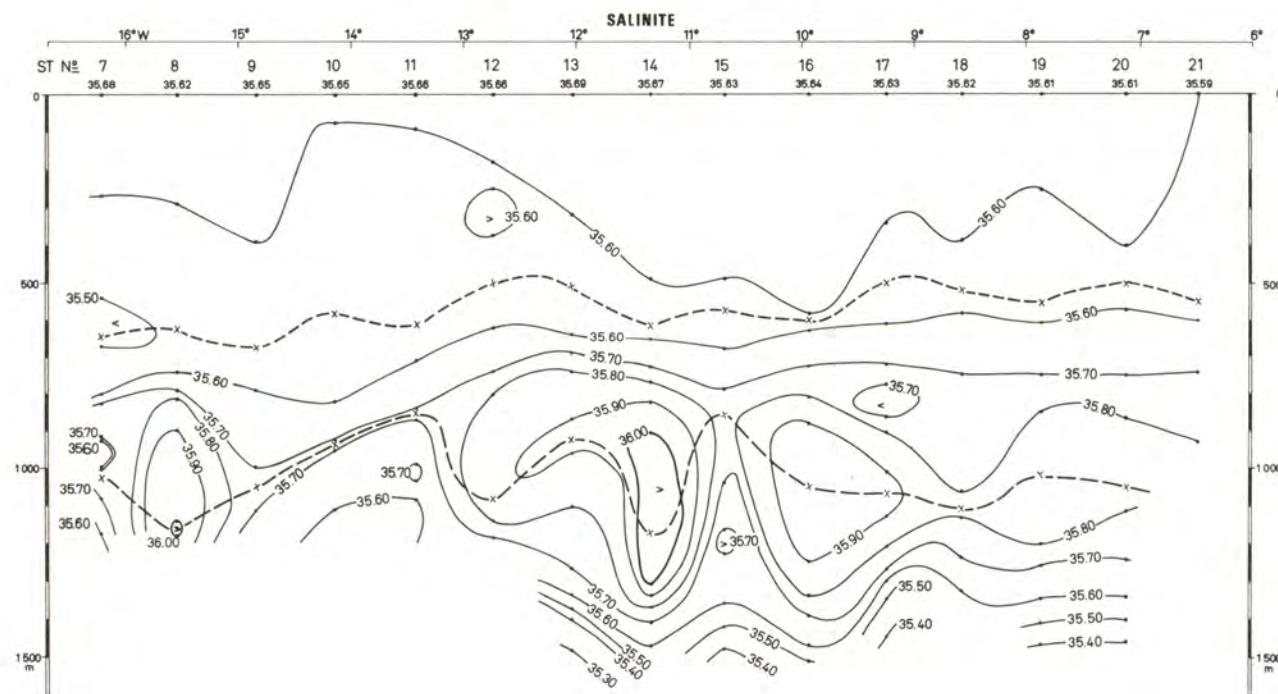
30 Avril - 16 Mai 1972



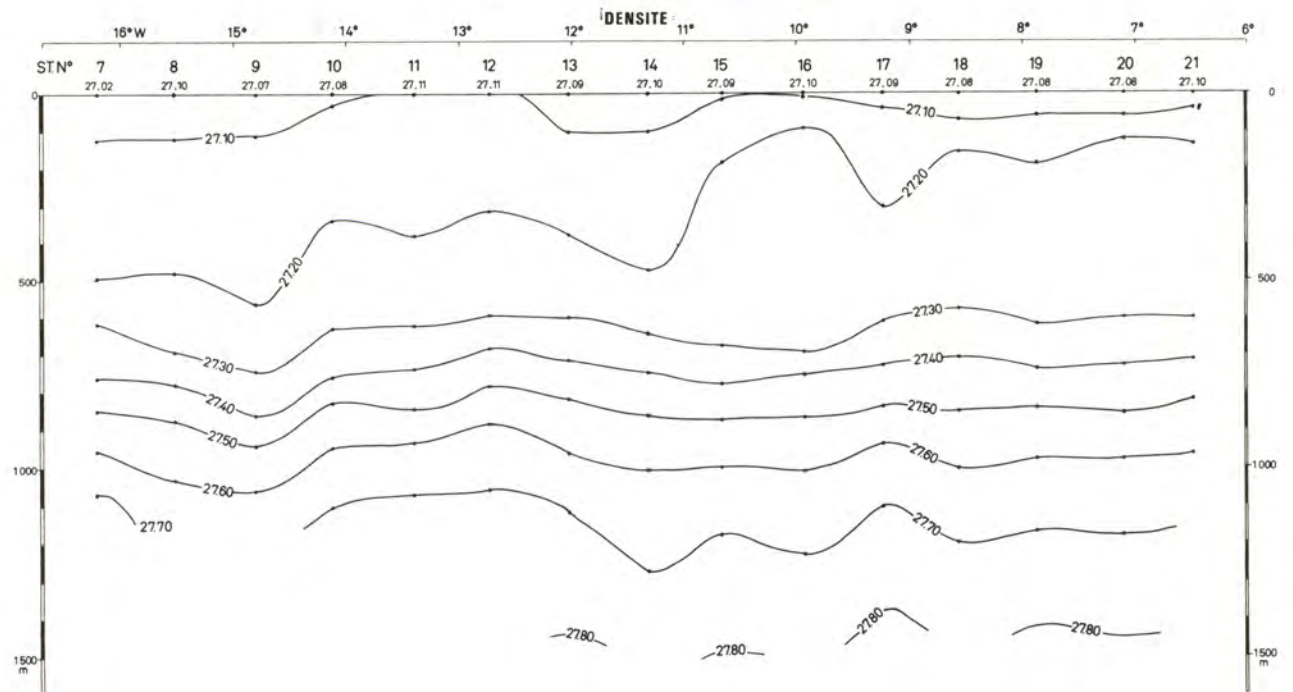
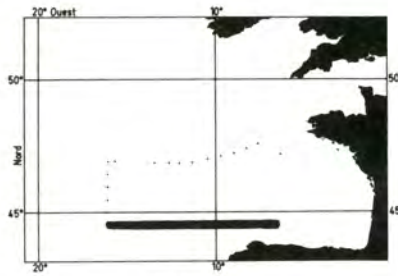
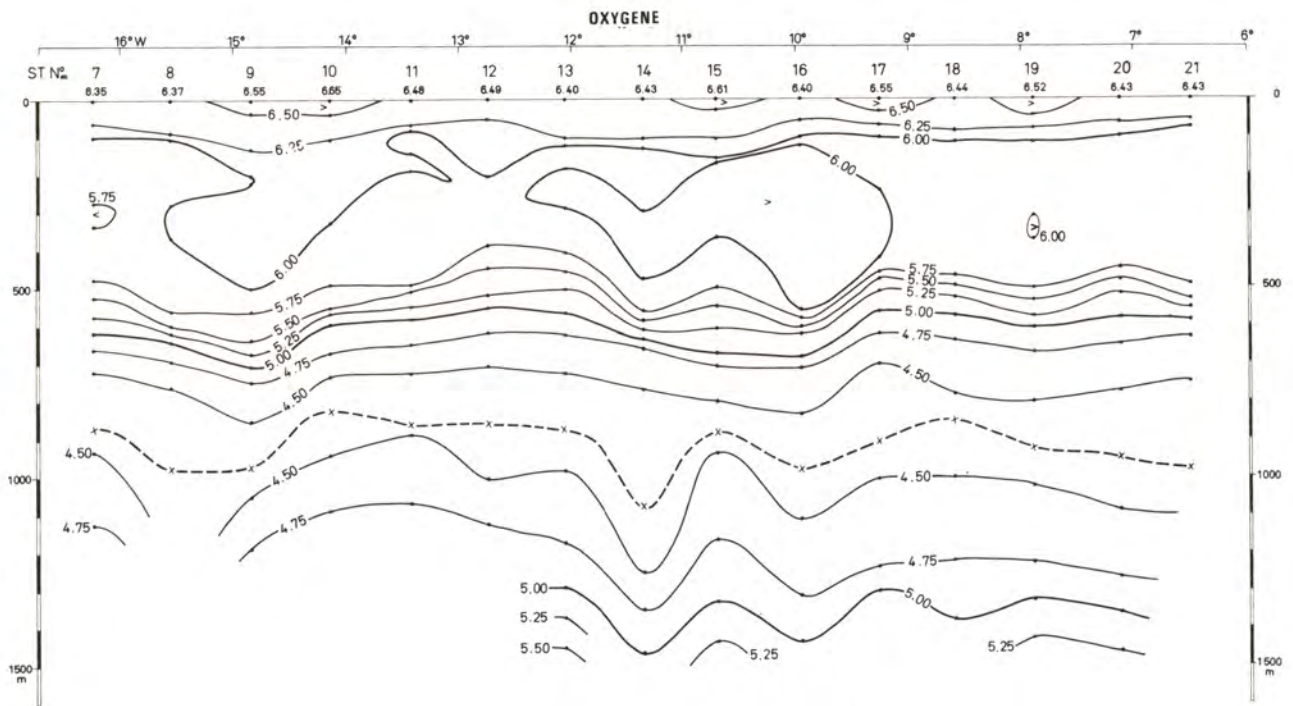
- Fig. 4 -



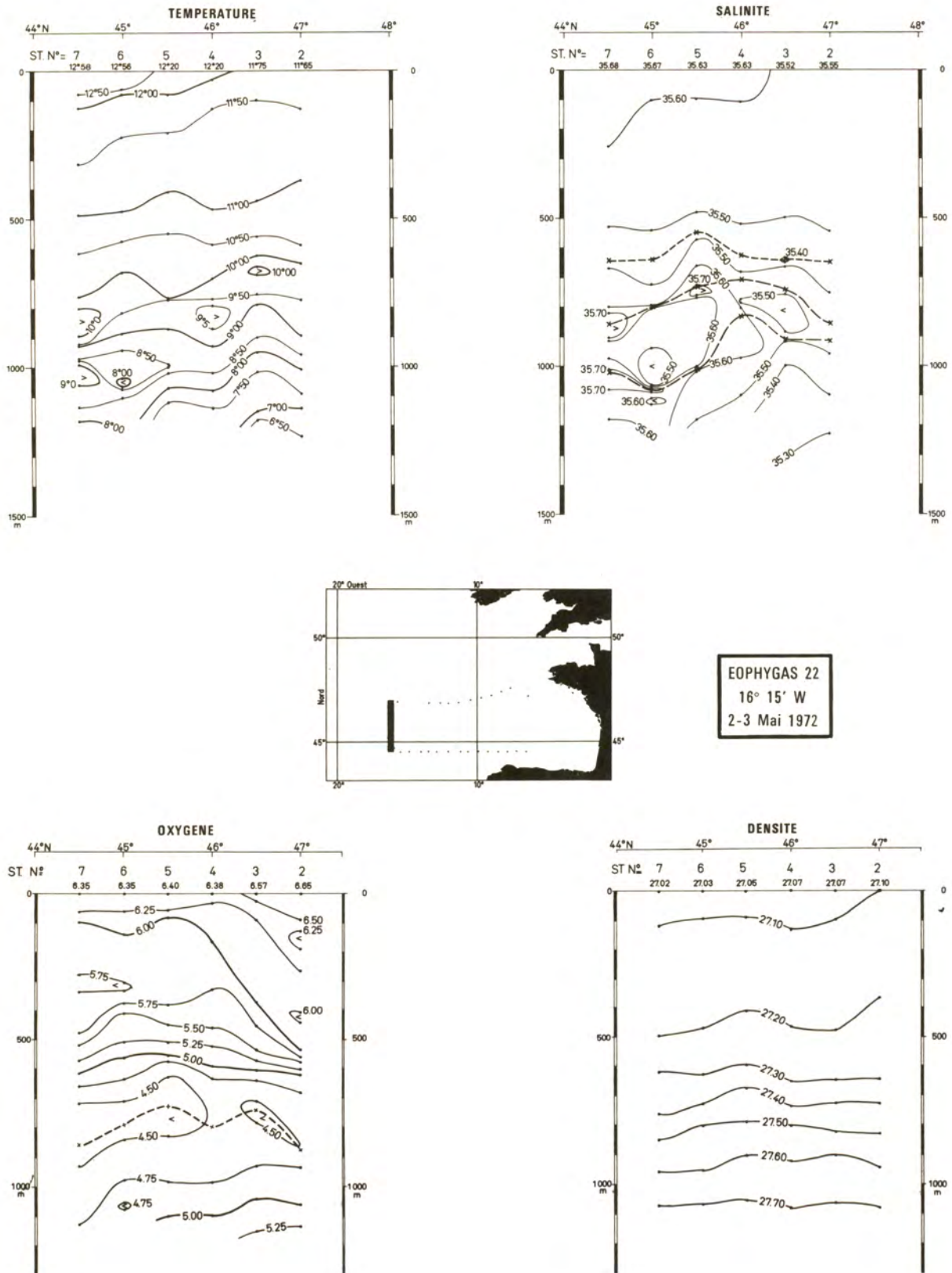
EOPHYGAS 22
 44° 30' N
 3-5 Mai 1972



- Fig. 5 a -



- Fig. 5 b -



- Fig. 7 -

B - Situation d'été (Phygas 23)

Conditions de surface (Figure 8)

Dans la plus grande partie de la zone étudiée, les salinités de surface sont comprises entre $35,55\text{‰}$ et $35,65\text{‰}$ et les températures de surface entre 17°C et $18,5^{\circ}\text{C}$. De même qu'au printemps, on observe au sud-ouest de la zone un accroissement simultané de la température et de la salinité.

A l'est du 9^{ème} méridien, une augmentation de la température s'accompagne d'une forte diminution de la salinité. Ce phénomène s'accroît vers le fond du Golfe de Gascogne où les faibles salinités s'expliquent par les fortes précipitations qui s'y produisent (200 mm d'eau tombés à Biarritz au cours du mois d'août 1972).

Coupes verticales (Figures 9 à 14)

Les trois coupes par $44^{\circ}30\text{N}$, 47°N et $49^{\circ}30\text{N}$ indiquent comme au mois de mai une assez grande homogénéité de la couche 100-500 mètres ; cette homogénéité est plus grande à l'est qu'à l'ouest et croît du nord au sud.

Par $49^{\circ}30\text{N}$ la coupe semble se diviser en deux de part et d'autre du $14^{\circ}30\text{N}$ alors que sur les deux sections plus au sud c'est le 9^{ème} méridien qui fait le partage.

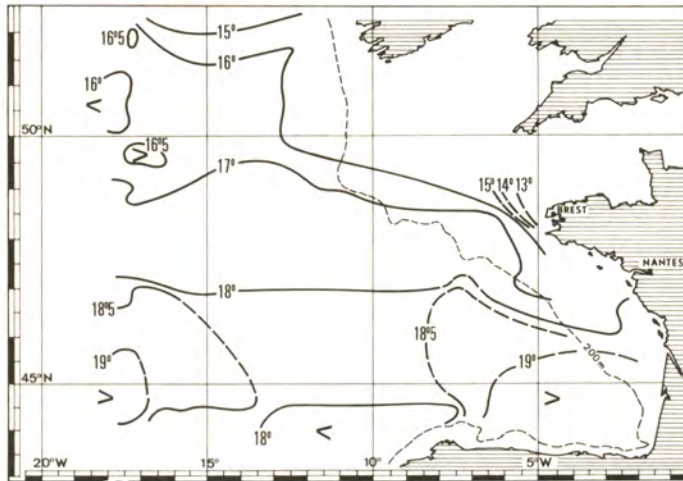
Les différences de structure dans la couche 100-500 mètres d'E.C.N.A. suggèrent une division des coupes en deux parties ; au niveau de l'eau méditerranéenne cette division apparaît également ; les parties ouest sont moins influencées que les parties est. En effet, les maxima de salinité observés à l'ouest sont beaucoup plus faibles, ainsi que l'extension de la veine en immersion. Si au sud les maxima sont encore importants dans la partie ouest ($S > 35,60\text{‰}$), par $49^{\circ}30\text{N}$ ils n'atteignent pas $35,50\text{‰}$ à l'ouest de la coupe. Cette atténuation s'accompagne d'une remontée vers la surface de la veine d'eau d'origine méditerranéenne beaucoup plus rapide à l'ouest ; de 1 000 mètres par $44^{\circ}30\text{N}$, les maxima de salinités remontent vers 850 mètres par 47°N et vers 800 mètres par $49^{\circ}30\text{N}$, alors qu'à l'est ils se maintiennent en moyenne entre 950 et 1 000 mètres. Les minima de salinité, limites supérieures de la zone d'influence méditerranéenne, sont plus profonds à l'ouest qu'à l'est. Ces deux remarques montrent bien que l'extension en immersion de la veine d'eau méditerranéenne est moins grande à l'ouest (ceci est particulièrement net par 47°N). Le même phénomène est observé pour les teneurs en oxygène qui dans cette tranche d'eau représente un paramètre essentiellement conservatif.

Très forte sur la coupe sud où l'on observe, notamment au niveau du Cap Finistère vers 950-1 000 mètres des salinités supérieures à $36,00\text{‰}$ et des températures dépassant 11°C , l'influence méditerranéenne s'atténue vers le nord. Sur le 47°N , les salinités maximales sont de l'ordre de $35,80\text{‰}$ et n'atteignent pas $35,70\text{‰}$ par $49^{\circ}30\text{N}$. On remarque là aussi une corrélation entre la structure de la couche 100-500 mètres et celle de la zone influencée par l'eau d'origine méditerranéenne. La coupe nord-sud (Figure 13) par $17^{\circ}30\text{W}$ montre encore plus clairement les phénomènes constatés sur les coupes est-ouest : remontée vers la surface de la veine d'eau méditerranéenne lors de son extension vers le nord ; baisse de son influence manifestée par le rétrécissement de la veine en immersion et par l'atténuation des valeurs maxima de salinité et minima d'oxygène.

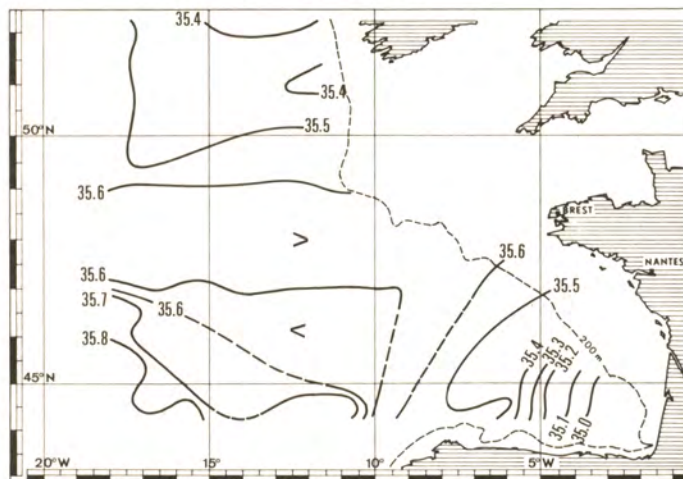
PHYGAS 23

17 Août - 10 Septembre 1972

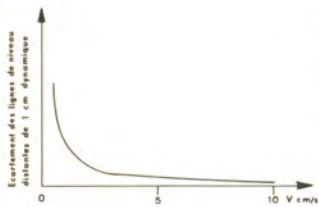
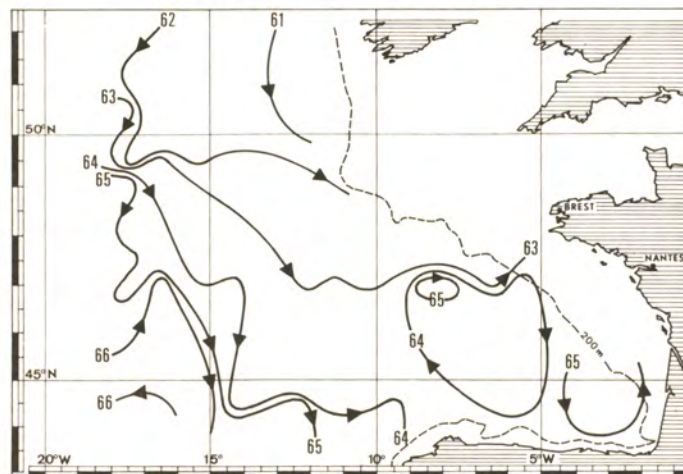
Températures de surface

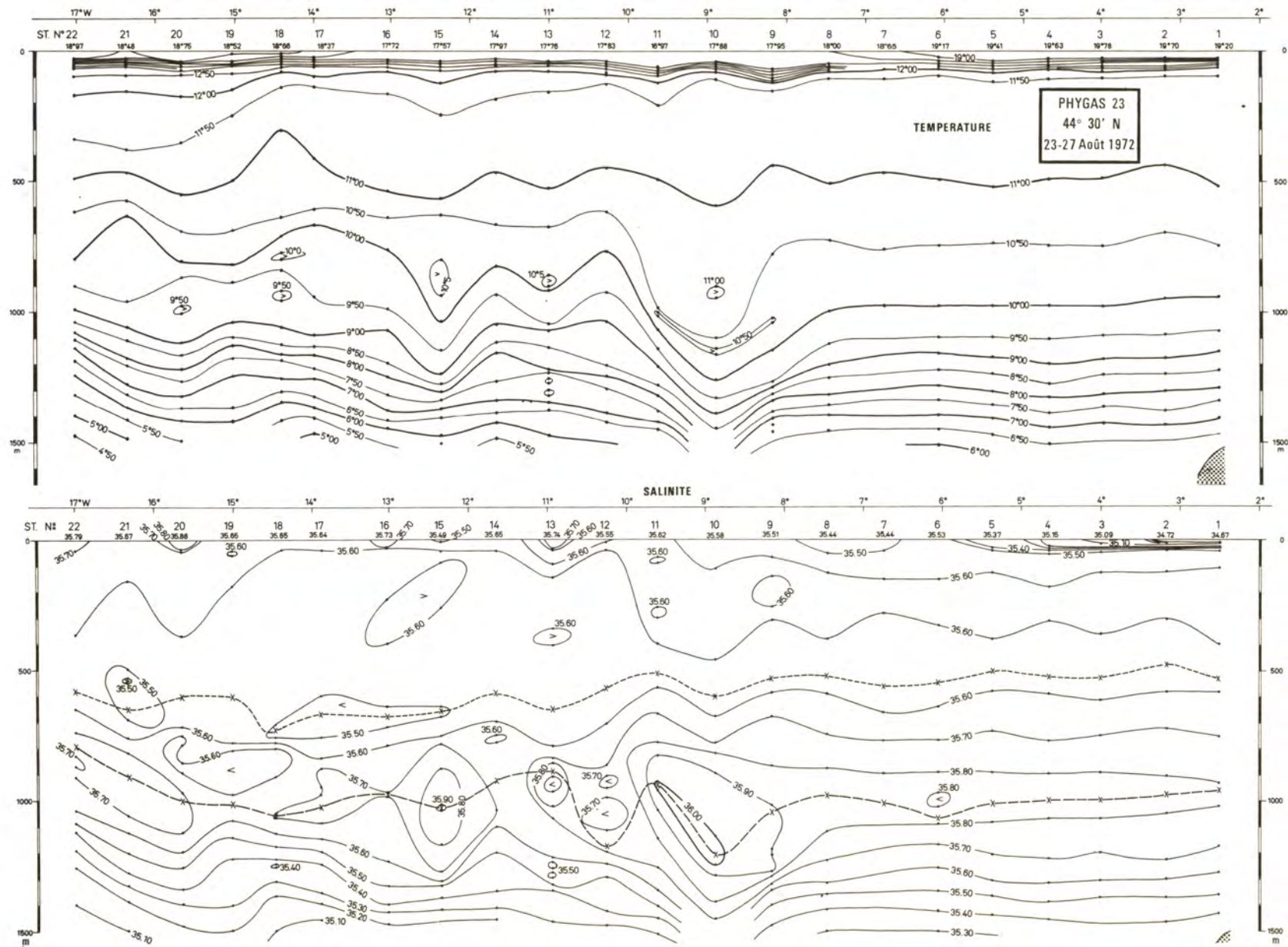


Salinités de surface

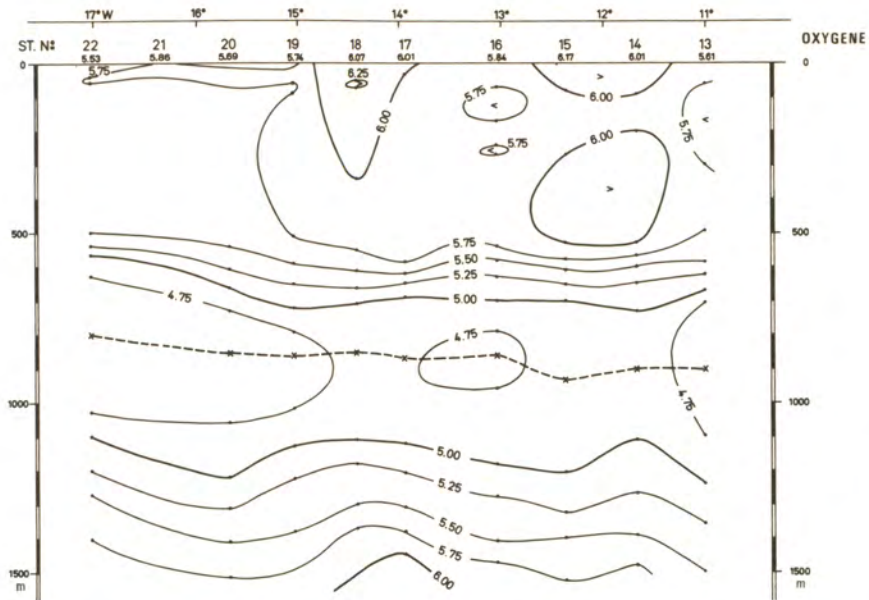


Topographie dynamique 0-600db

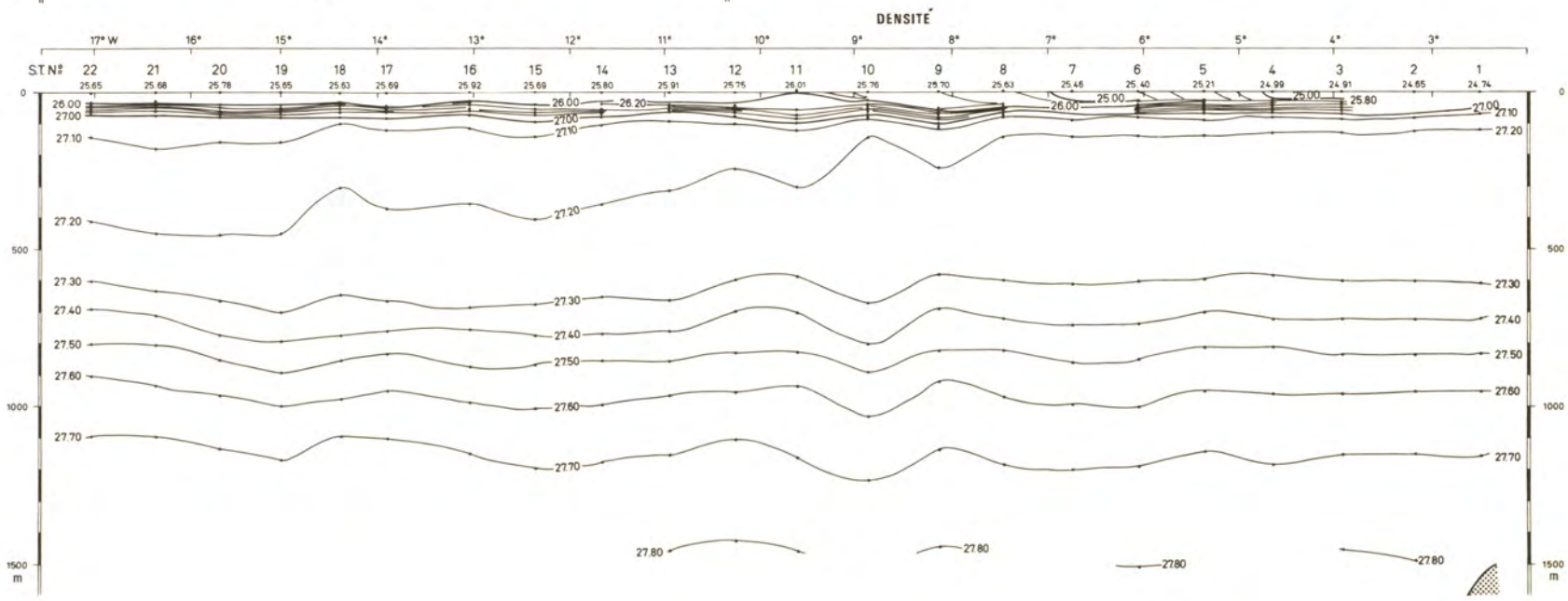
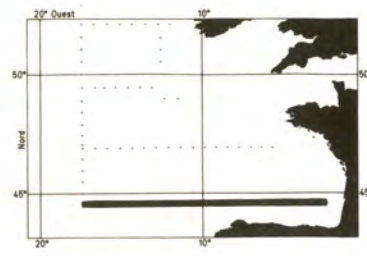




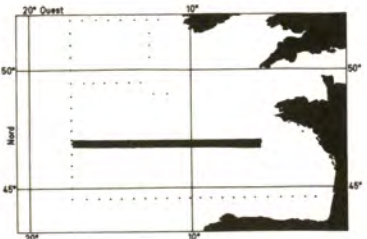
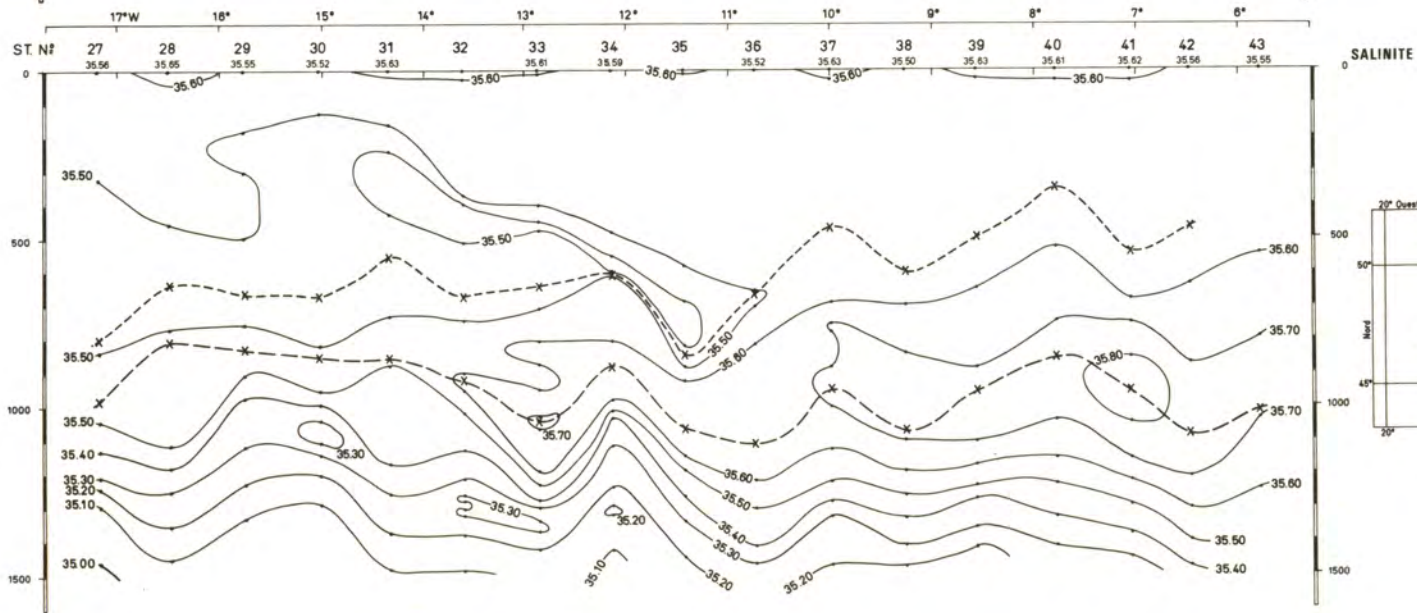
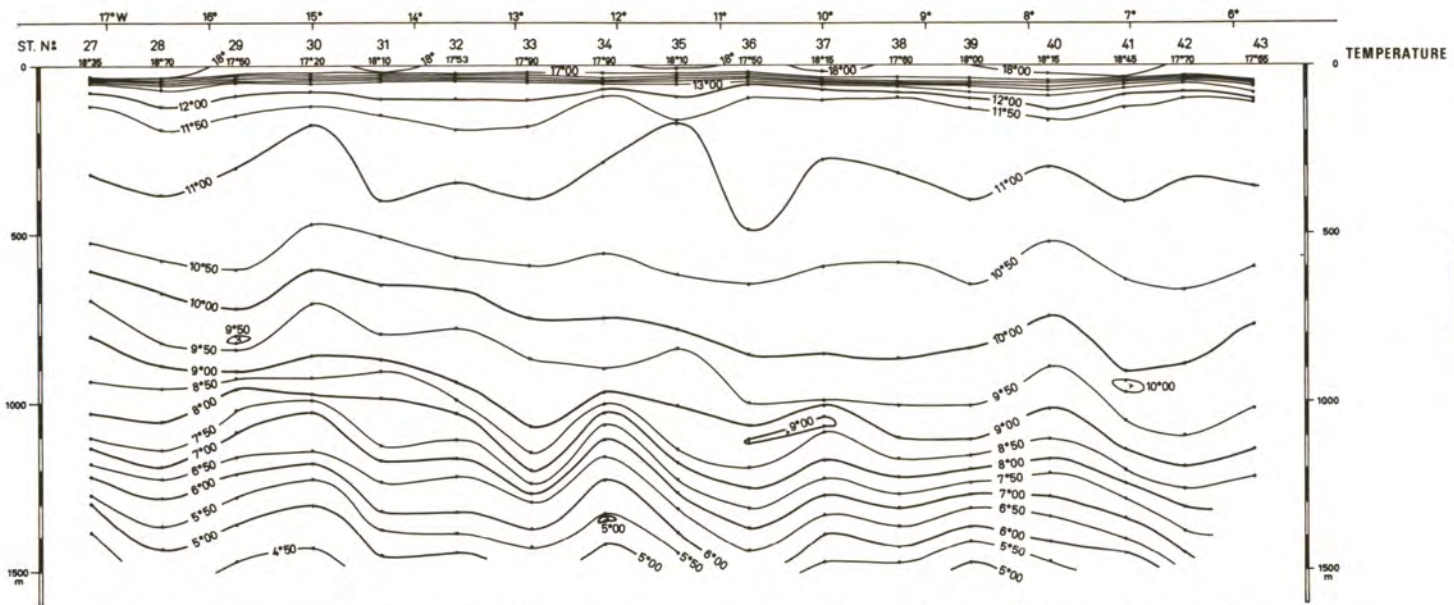
- Fig. 9 a -



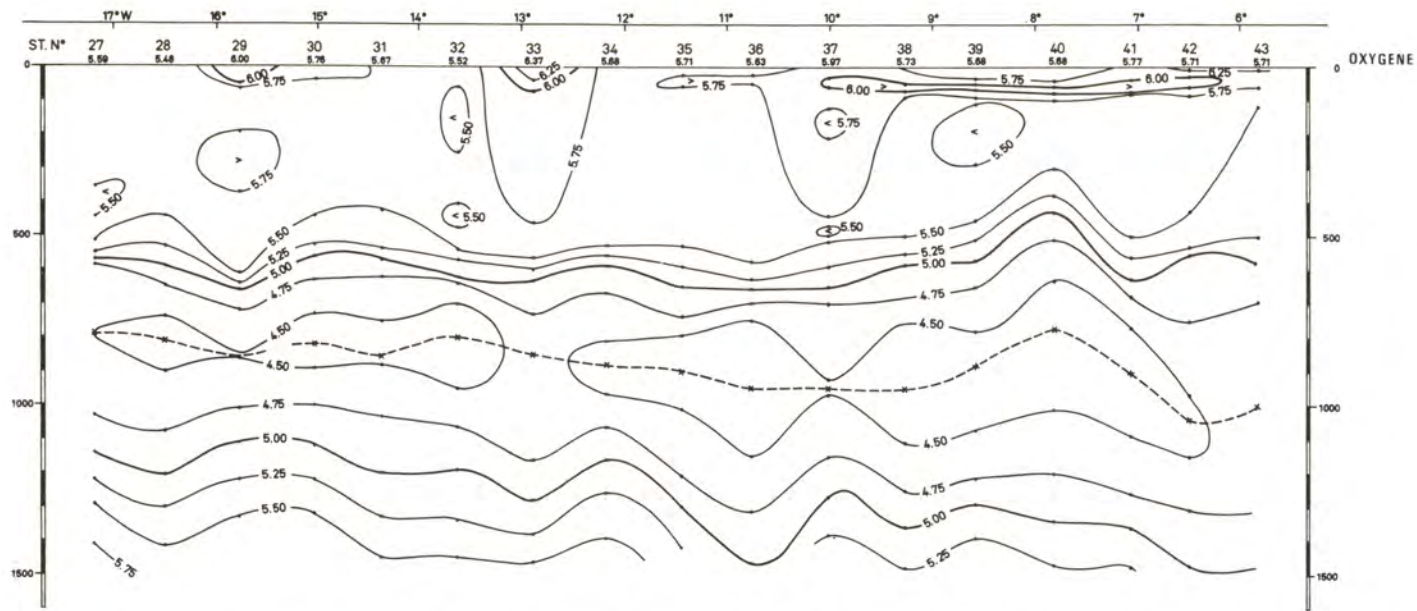
PHYGAS 23
 44° 30' N
 23-27 Août 1972



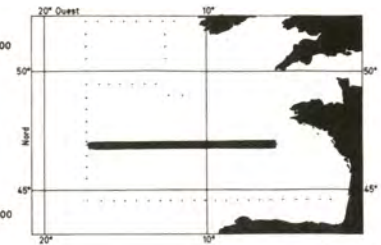
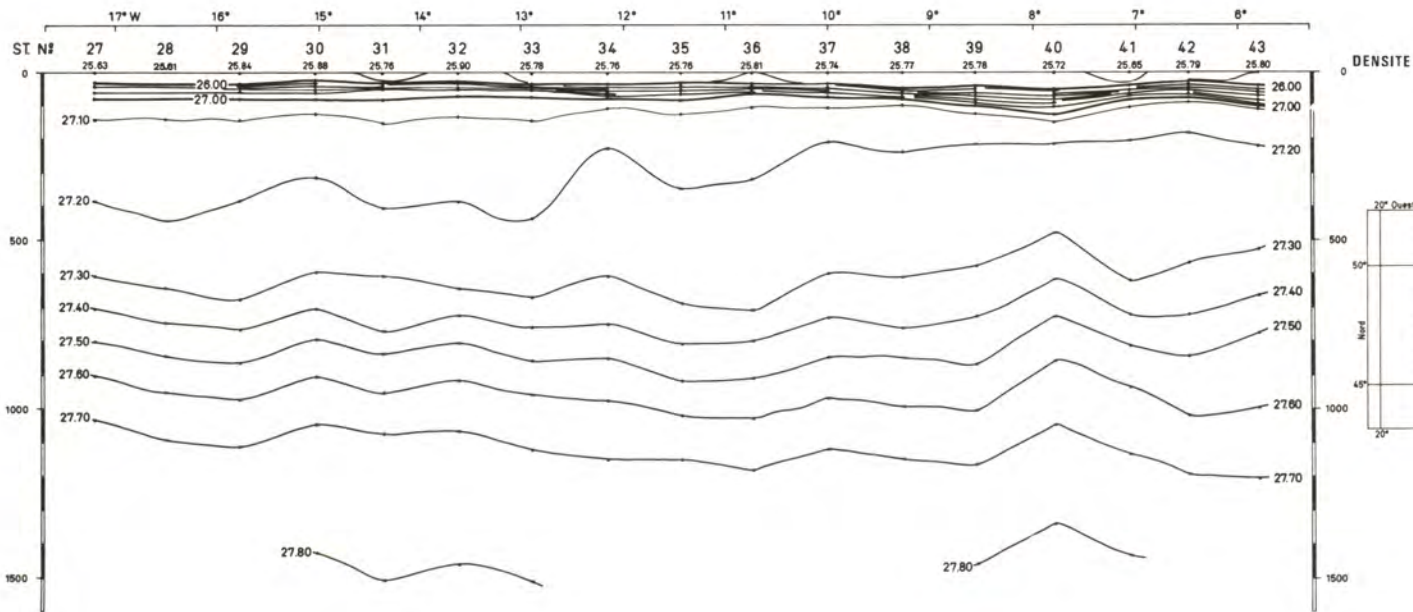
- Fig. 9 b -



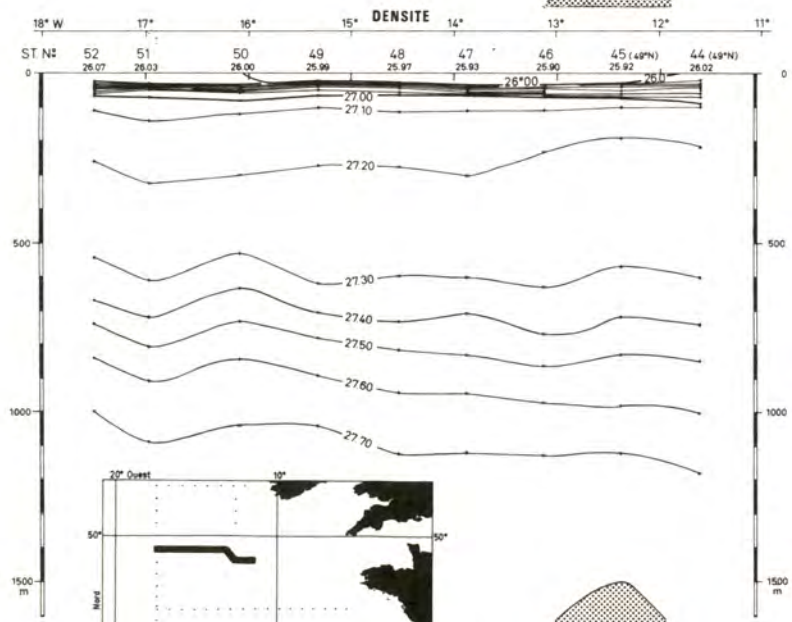
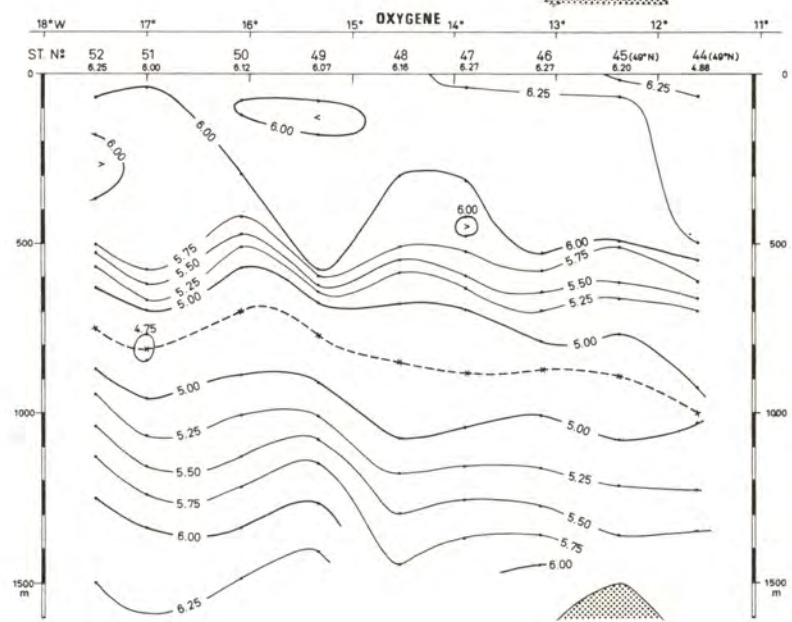
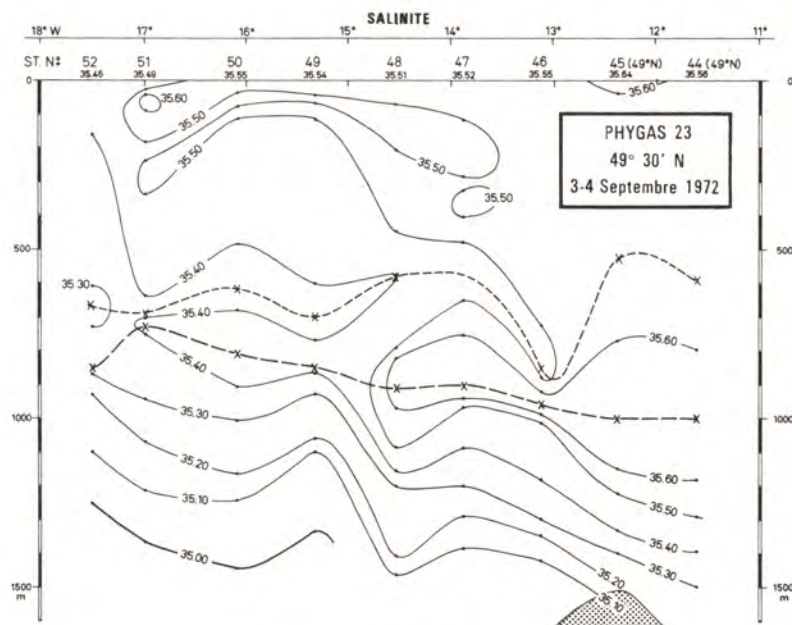
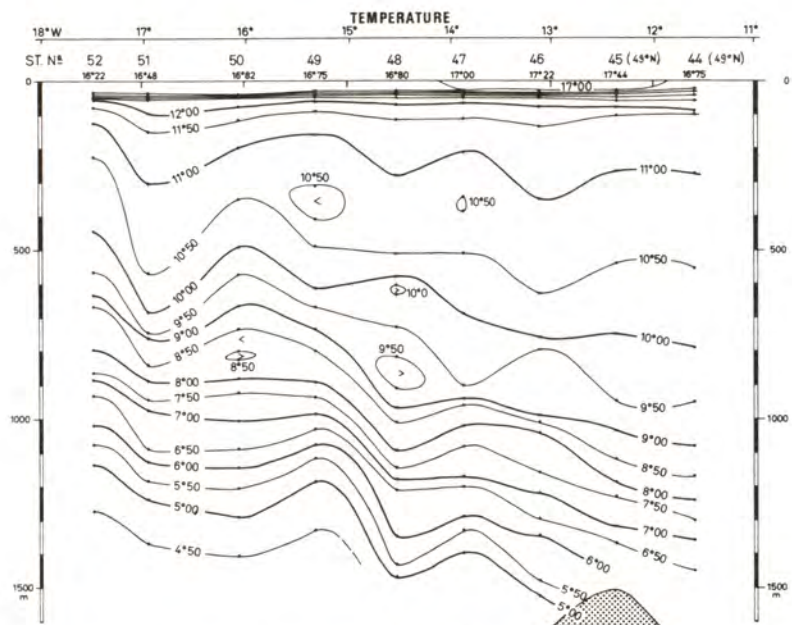
- Fig. 10 a -



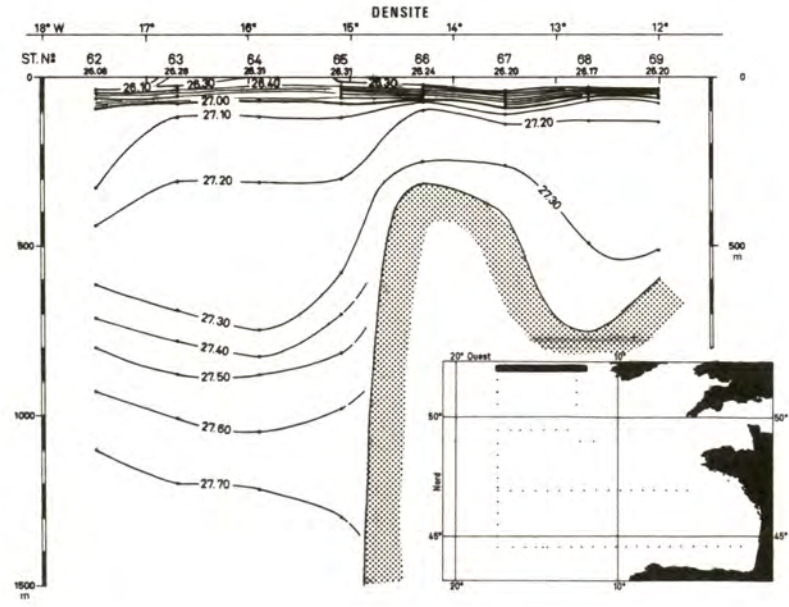
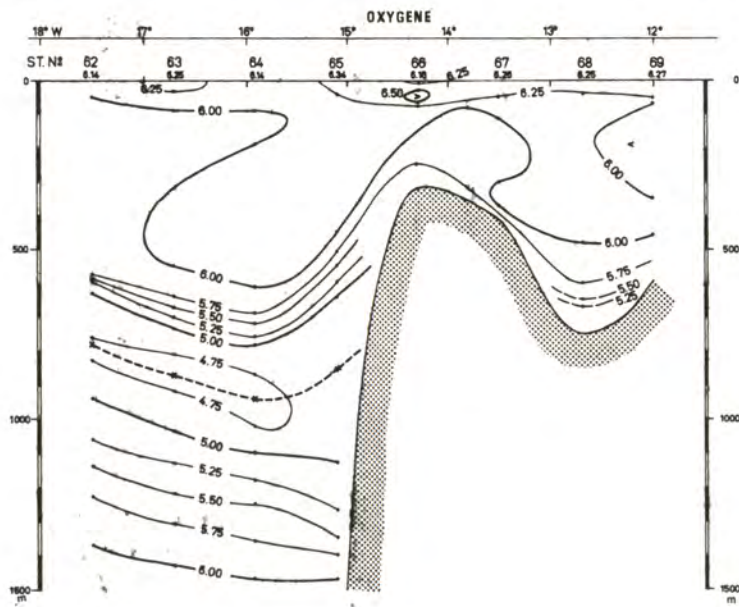
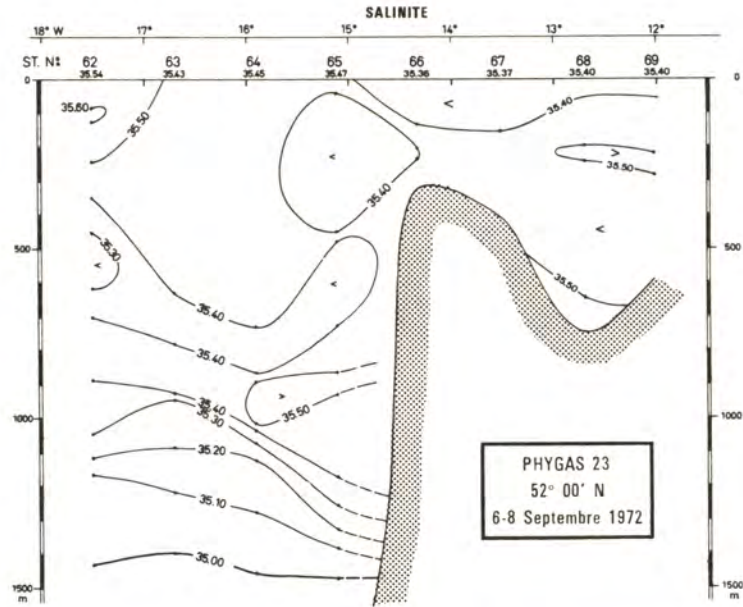
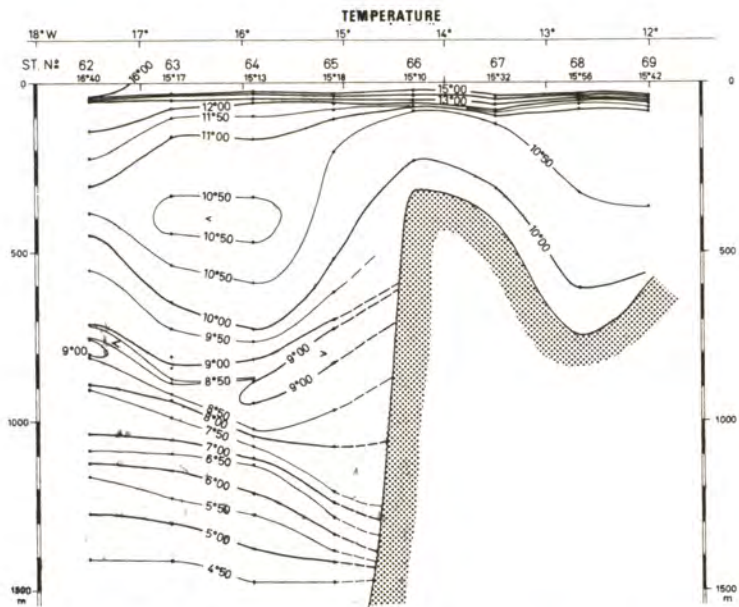
PHYGAS 23
47° 00' N
28-31 Août 1972



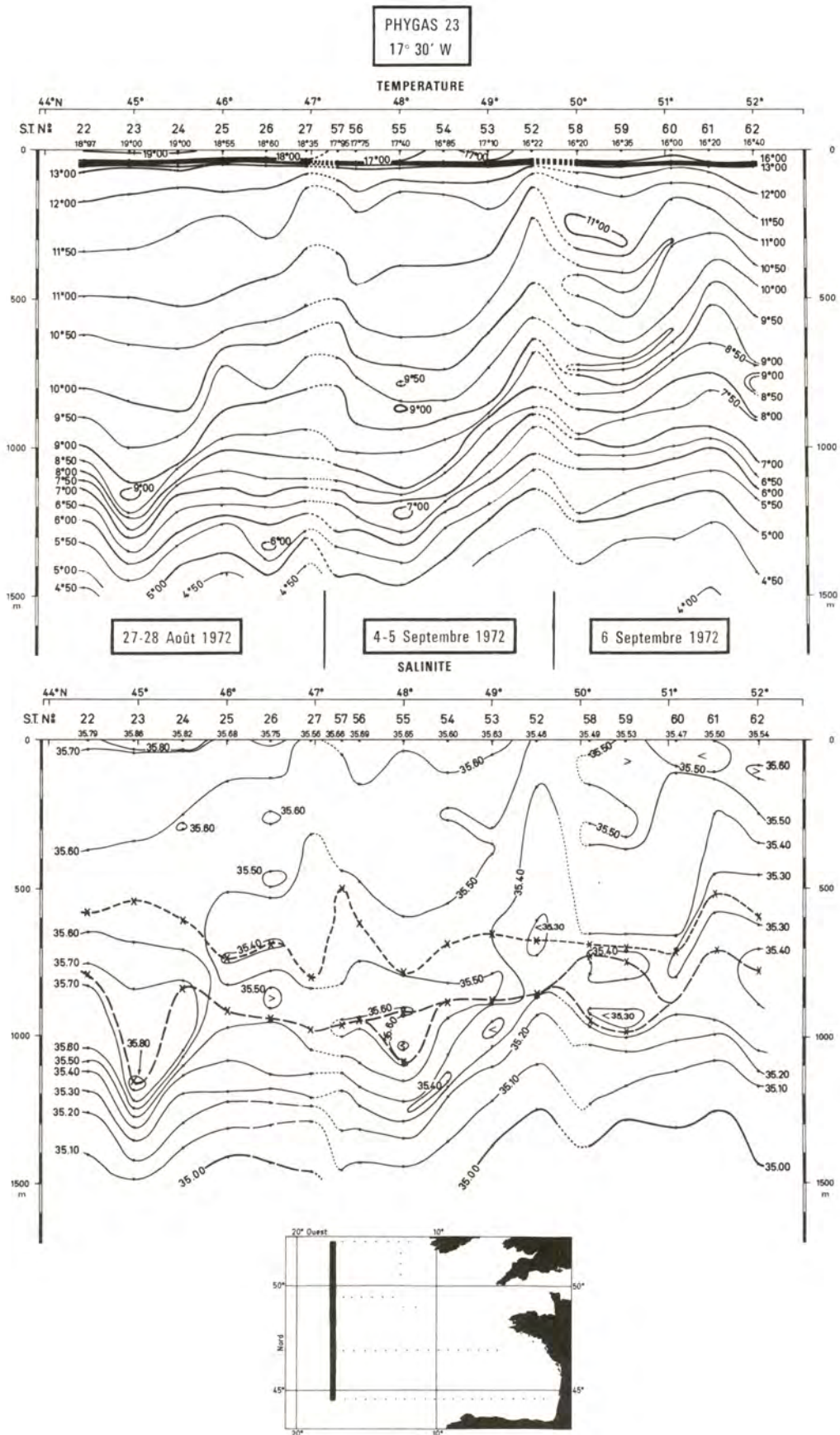
- Fig. 10 b -



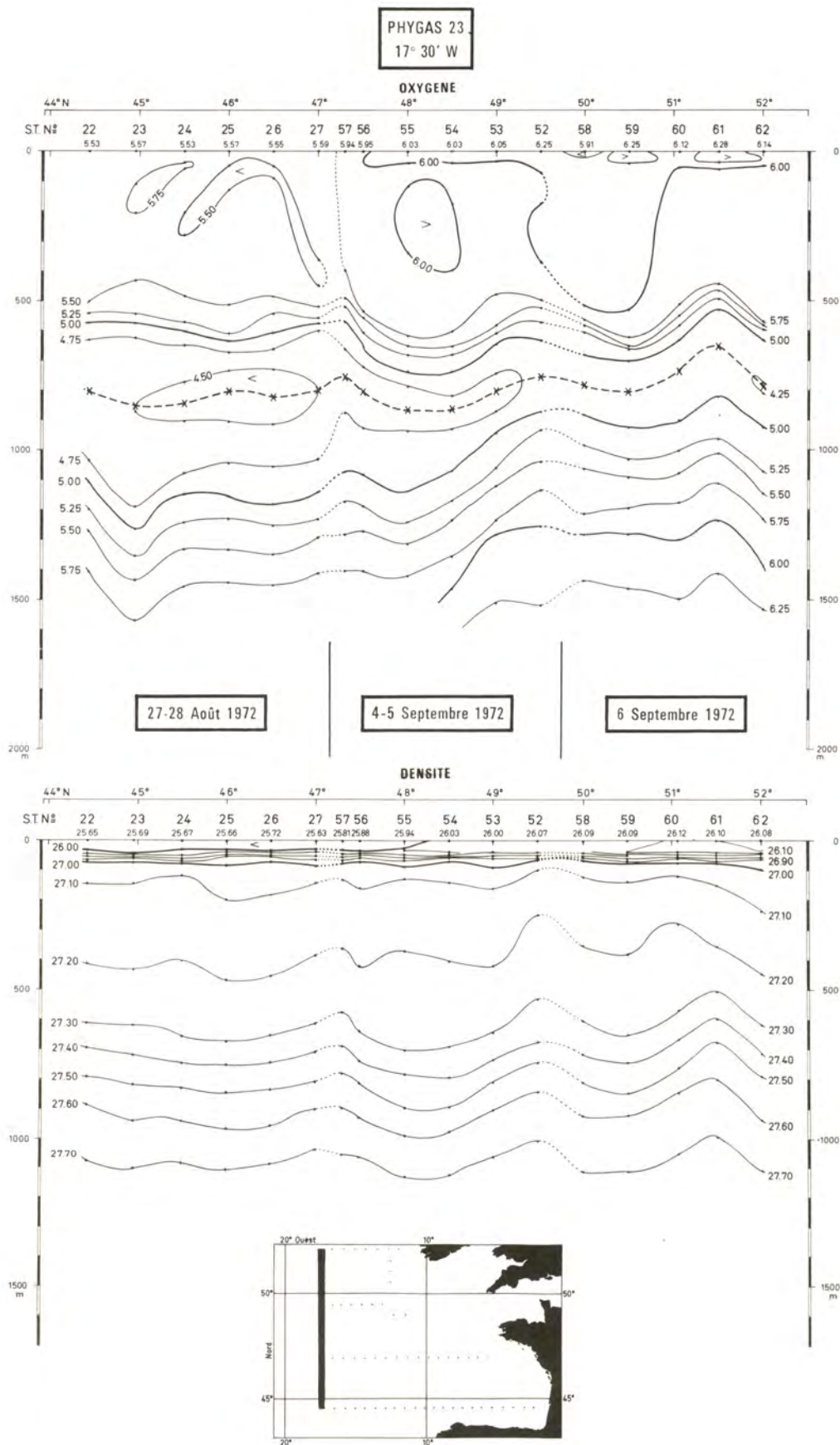
- Fig. 11 -



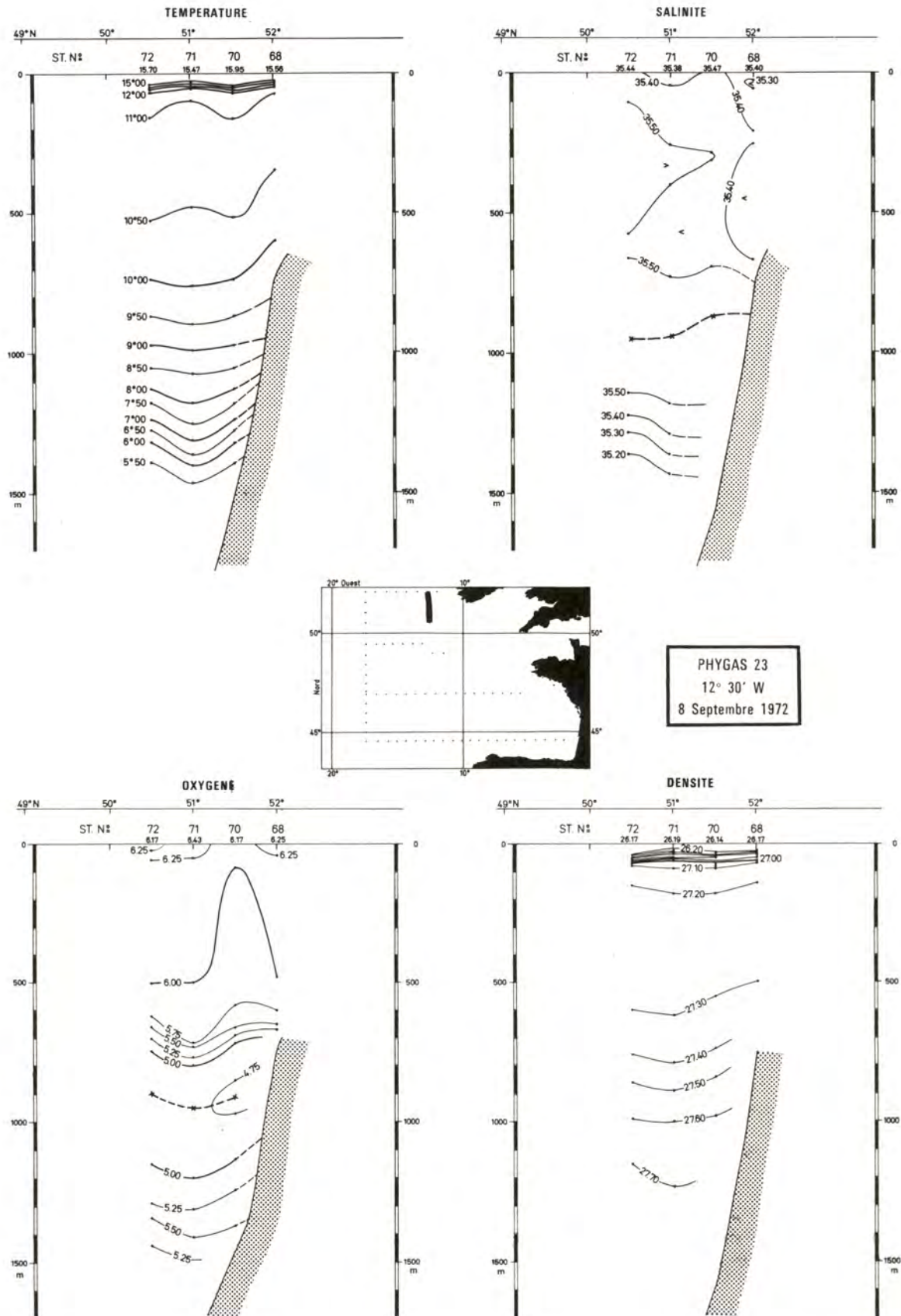
- FIG. 12 -



- Fig. 13 a -



- Fig. 13 b -



- Fig. 14 -

Courant de densité (Figure 8)

Les différences de hauteur dynamique entre la surface de la mer et 600 dbar (surface de référence toujours choisie en tenant compte du minimum de salinité) indiquent pour la surface un courant général portant au sud-est. La vitesse maximale est faible : 4 cm/s ; elle l'est encore plus, inférieure à 1 cm/s, dans la presque totalité de la zone et plus particulièrement dans la partie centrale.

A l'est du 9ème méridien, on note un grand tourbillon anticyclonique ; un petit tourbillon également anticyclonique (déjà noté par Helland-Hansen en 1930) apparaît centré par 8°W et 47°N (vitesse 4 cm/s).

Le fond du Golfe est le siège d'une circulation cyclonique, les eaux légères (chaudes et peu salées) étant plaquées à la côte.

C - Situation d'automne (Polygas 24)

Conditions de surface (Figure 15)

Dans presque toute la zone du proche Atlantique couverte, les températures de surface sont voisines de 15°C ($\pm 0,5^\circ\text{C}$) et les salinités sont comprises entre 35,60‰ et 35,75‰.

Dans la partie nord, comme en été, les salinités et les températures décroissent vers le nord.

Le golfe a toujours des salinités de surface qui décroissent vers l'est, par contre la carte des températures de surface ne suggère plus de division de part et d'autre du 9ème méridien.

Coupes verticales (Figures 16 à 19)

Sur les quatre coupes, en dehors du plateau, on remarque toujours l'homogénéité de la couche 100-500 mètres d'autant plus prononcée vers le sud-est.

L'influence de l'eau d'origine méditerranéenne se fait fortement sentir au sud où des salinités supérieures à 35,80‰ sont observées sur toute la coupe ; un noyau particulièrement salé ($S > 36,10^\circ$ ‰), pauvre en oxygène ($O_2 < 4,25$ ml/l) et plus chaud, est toujours situé au niveau du Cap Finistère. On retrouve encore des salinités supérieures à 35,80‰ vers 47°30N, 9°30W, la veine salée étant canalisée par le plateau. Par 49°30N, on observe toujours vers 950 mètres des salinités atteignant 35,70‰ ; mais par 52°N l'influence est très atténuée, les salinités ne dépassant pas 35,50‰, des teneurs en oxygène inférieures à 4,50 ml/l persistent cependant.

Au sud, dans le fond du golfe, les salinités de la couche superficielle, entre la surface et la thermocline, décroissent vers l'est comme en été.

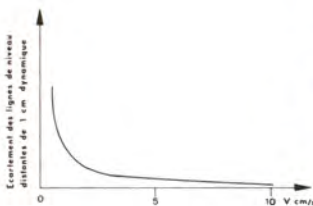
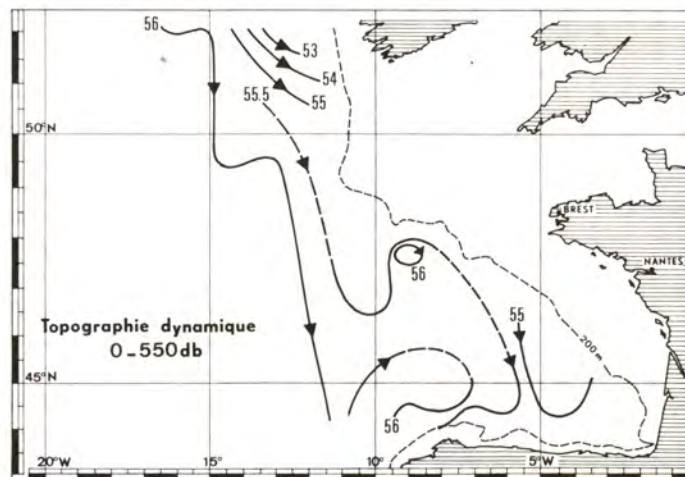
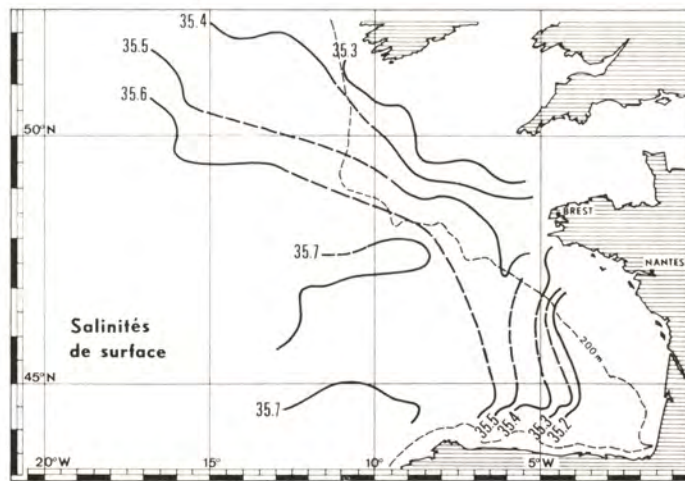
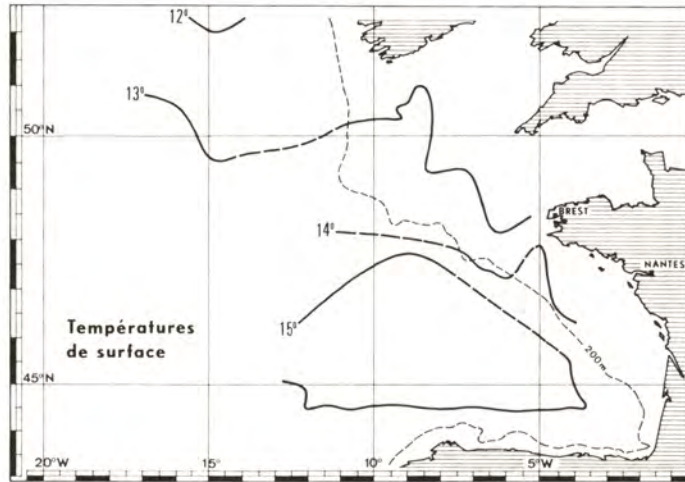
Courant de densité (Figure 15)

La topographie dynamique de la surface de la mer relative à l'isobare 550 dbar montre comme aux campagnes précédentes une circulation générale vers le sud-est. Le tourbillon, observé en été, centré par 47°30N et 8°W, apparaît également ainsi que la circulation cyclonique dans le fond du Golfe.

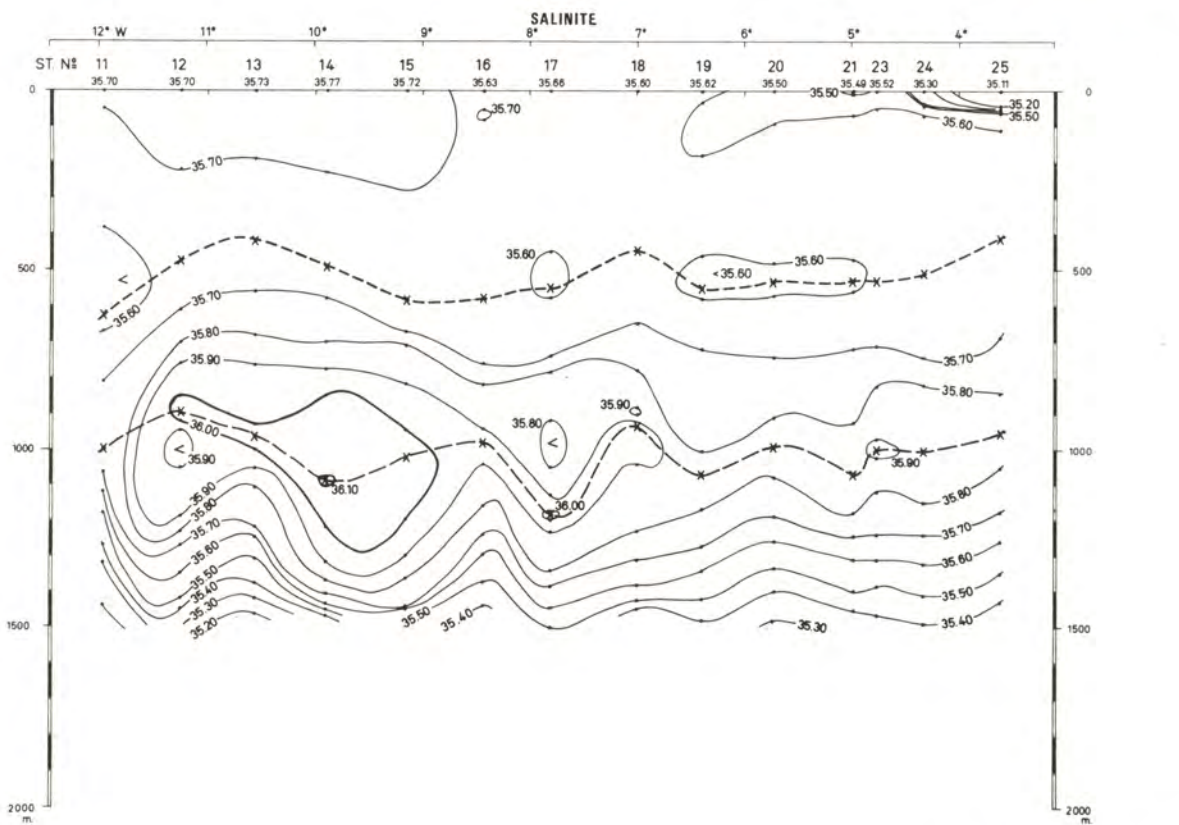
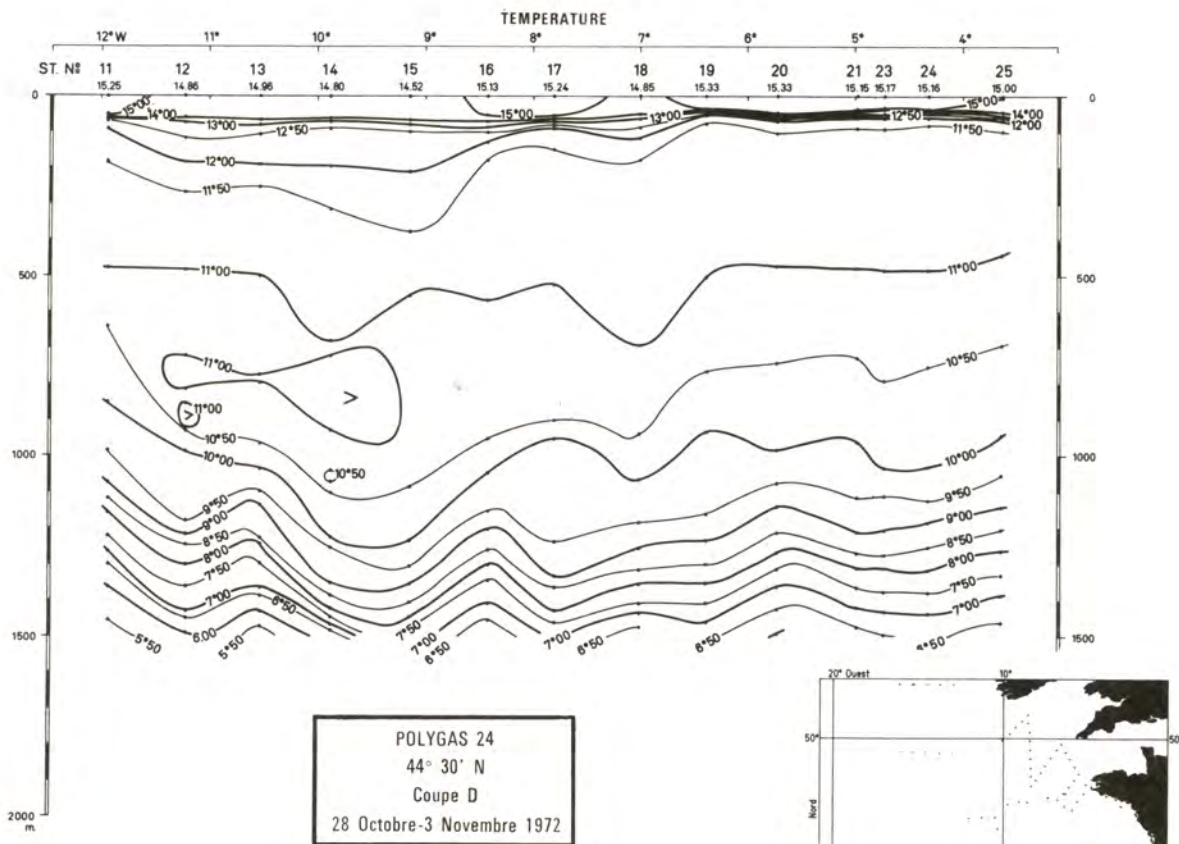
La vitesse des courants comme aux deux autres campagnes est à cette époque-ci très faible : inférieure à 1 cm/s dans la majeure partie de la zone, atteignant au maximum 5 cm/s par $\varphi = 47^\circ 40\text{N}$ et $G = 9^\circ 30\text{W}$.

POLYGAS 24

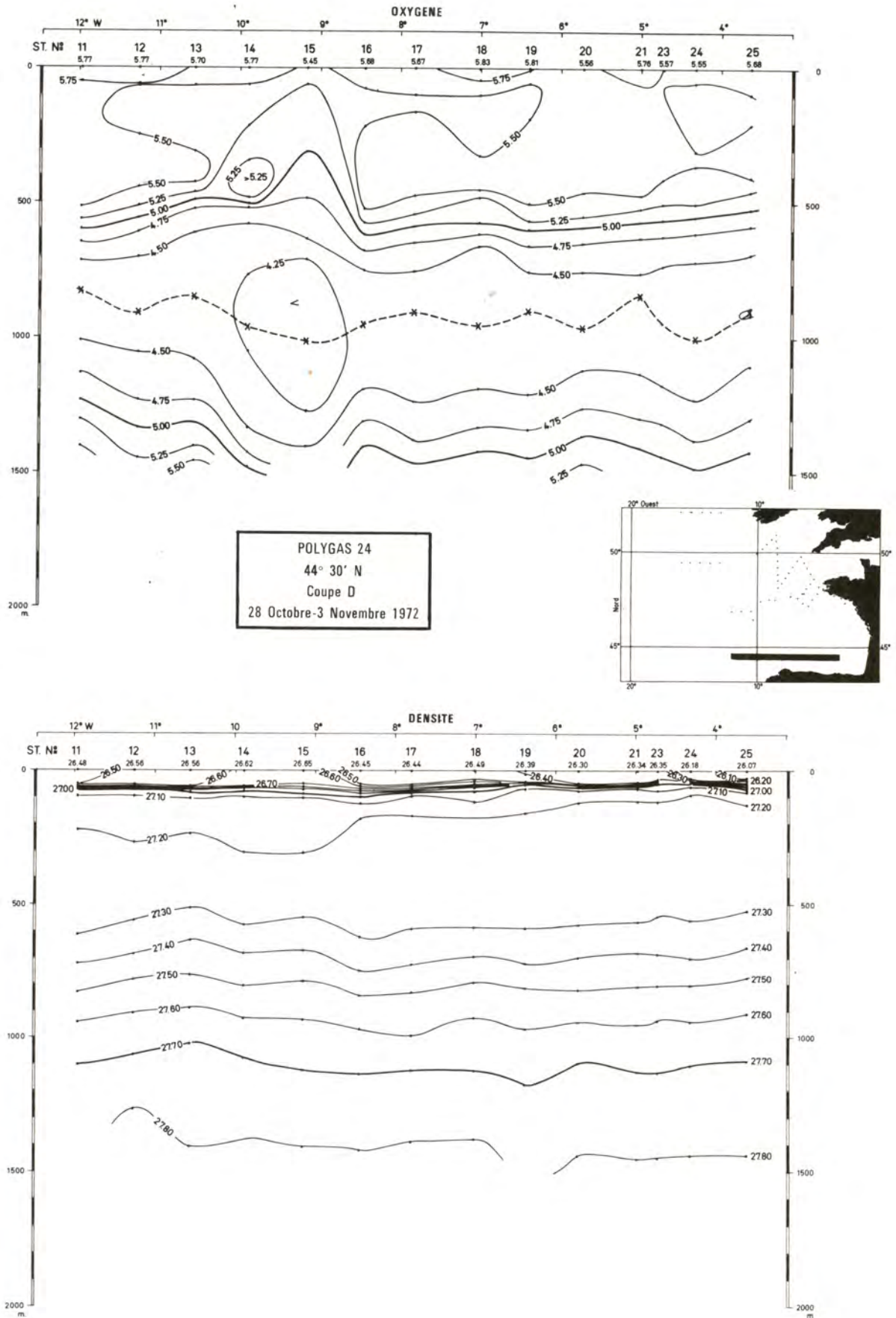
20 Octobre - 13 Novembre 1972



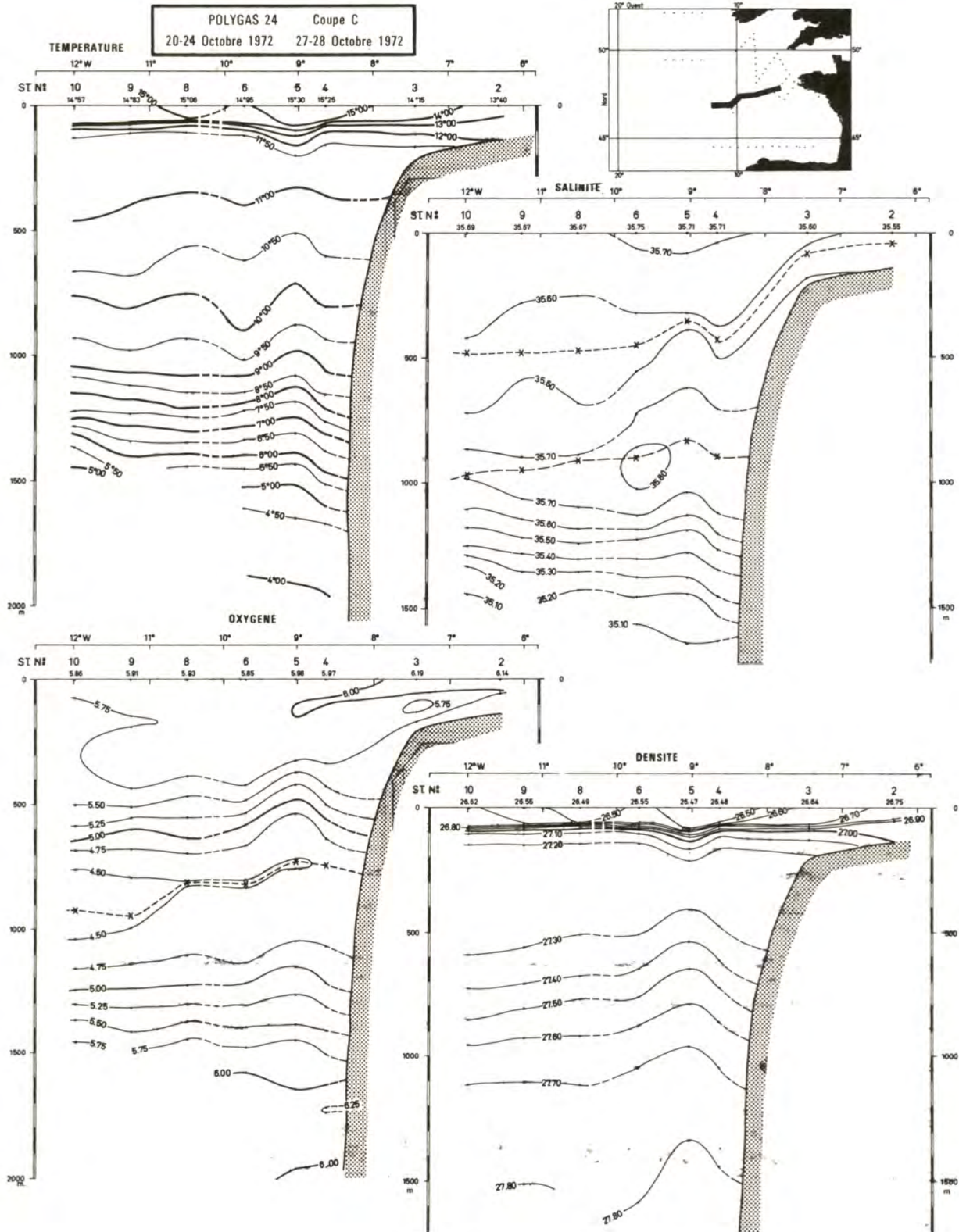
- Fig. 15 -

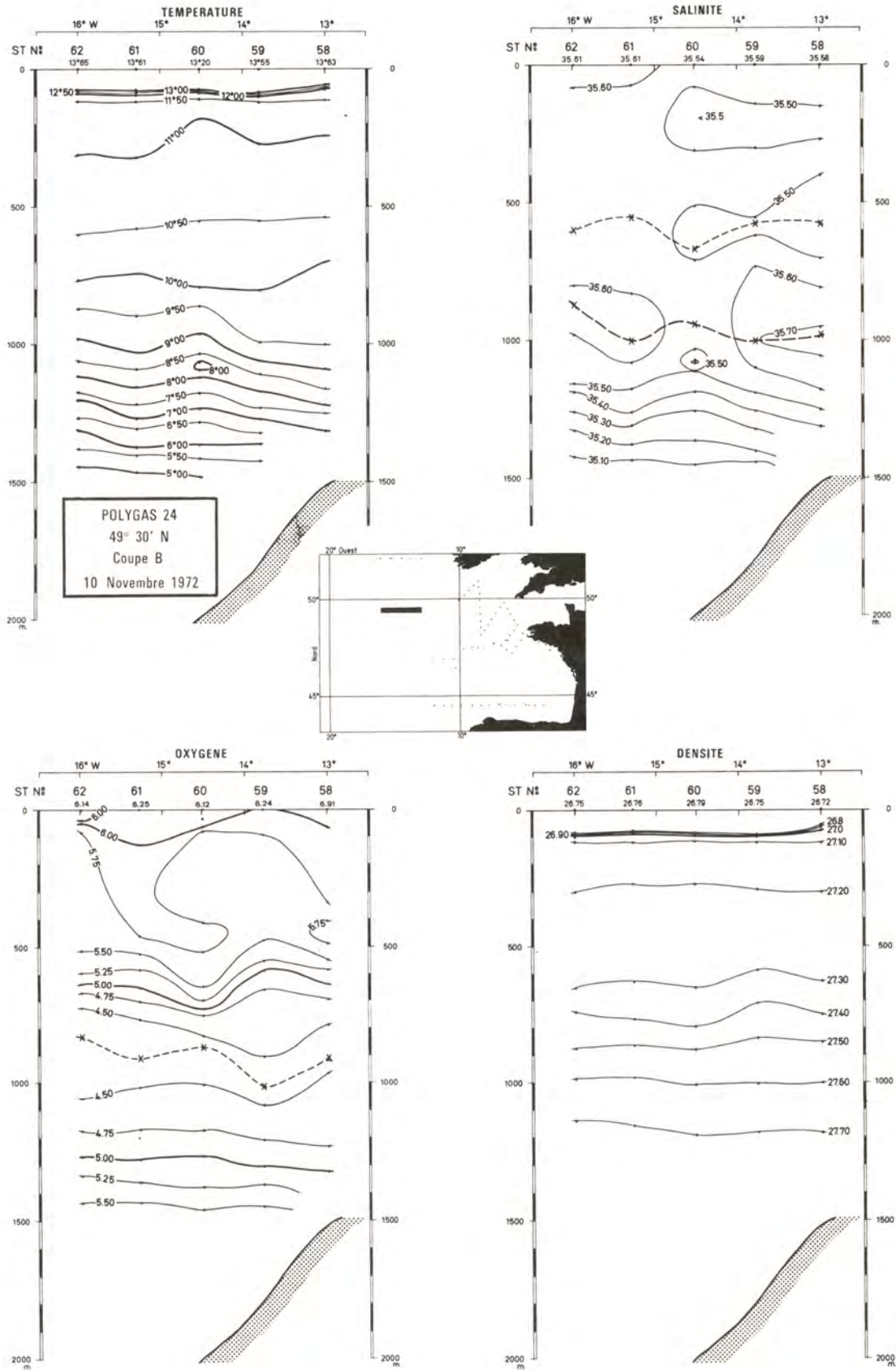


- Fig. 16 a -

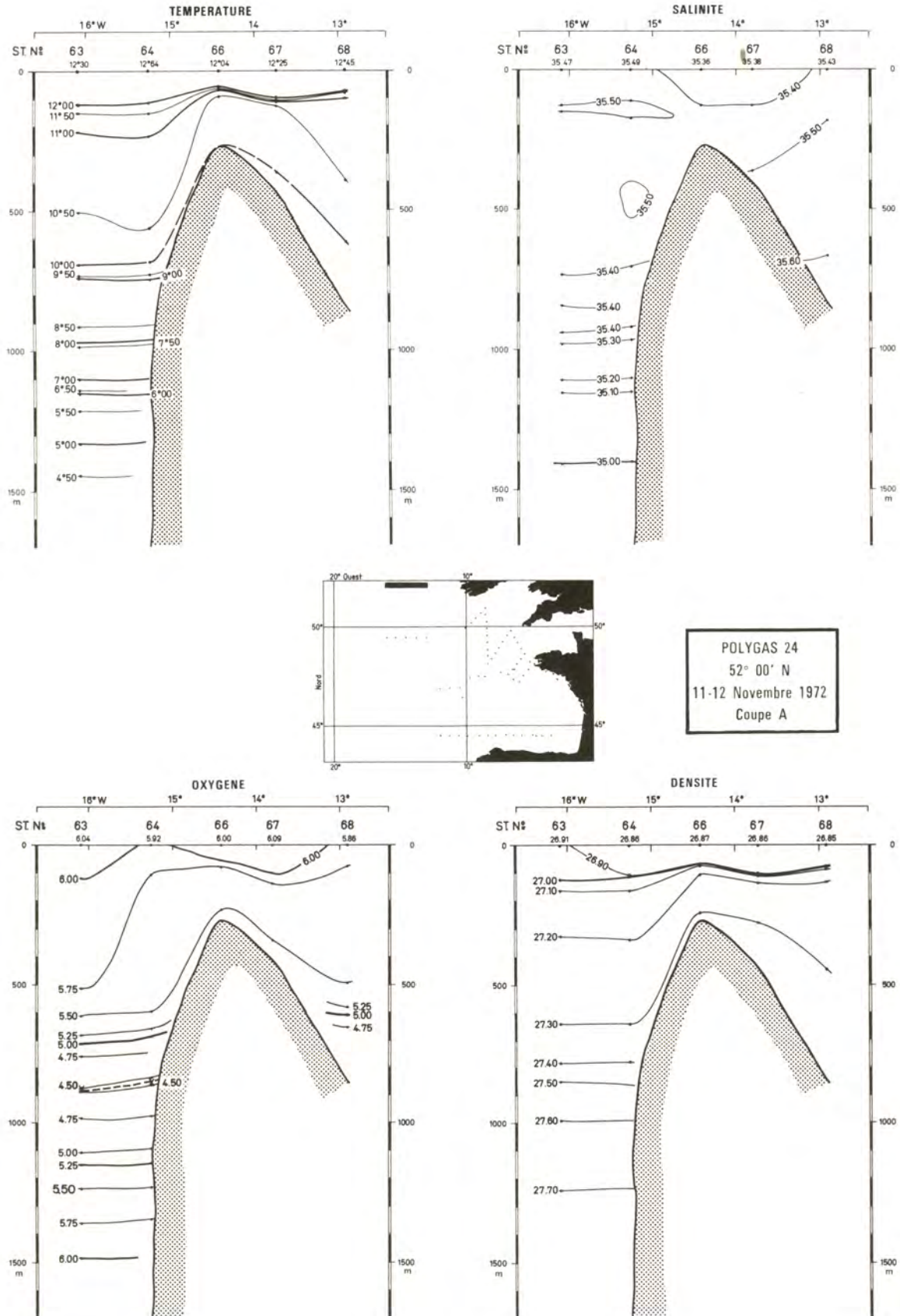


- Fig. 16 b -





- Fig. 18 -



- Fig. 19 -

VII - VARIATIONS SAISONNIERES

Dans la zone commune aux deux campagnes Eophygas 22 et Phygas 23, on constate une élévation d'environ 6°C des températures de surface entre le mois de mai 1972 et la fin du mois d'août (Figures 4 et 8) ; ce qui correspond à un accroissement moyen voisin de 2°C par mois. Par contre, les salinités de surface voisines de $35,60^{\circ}/\text{oo}$ ne présentent pas de différence notable pour cette période ($\Delta S < 0,05^{\circ}/\text{oo}$).

Entre fin août et fin octobre les températures de surface diminuent de 3°C dans toute la zone commune aux deux campagnes Phygas 23 et Polygas 24 (figures 8 et 15). Dans le fond du golfe le refroidissement est plus important puisqu'il atteint 4°C . On remarque également un accroissement de la salinité d'environ $0,1^{\circ}/\text{oo}$ au centre de la zone et dans le fond du golfe (où il atteint $0,15^{\circ}/\text{oo}$ vers 3°W).

Les courants de surface calculés par la méthode dynamique portent au sud-est tout au long de l'année, au moins aux trois périodes étudiées, le fond du golfe étant occupé par un tourbillon cyclonique. Ces courants ne présentent pas de différences importantes entre les saisons ni en direction ni en intensité. En supposant une vitesse moyenne de 2 cm/s il faudrait deux ans pour que l'eau du 52ème parallèle atteigne le 44ème. On peut donc penser que les variations saisonnières ne sont dues qu'aux seuls échanges avec l'atmosphère et que les phénomènes d'advection peuvent être négligés.

Le mauvais recouvrement des trajets des trois campagnes ne permet de comparer les profils verticaux des différents paramètres qu'en un nombre restreint de points.

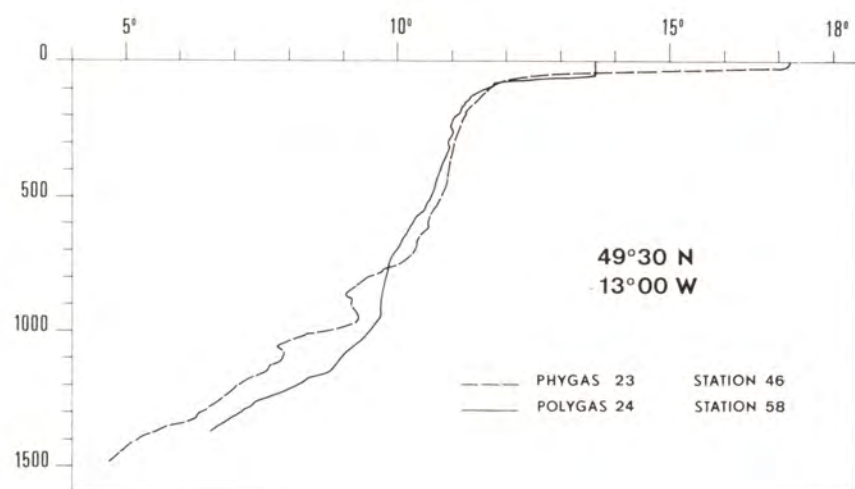
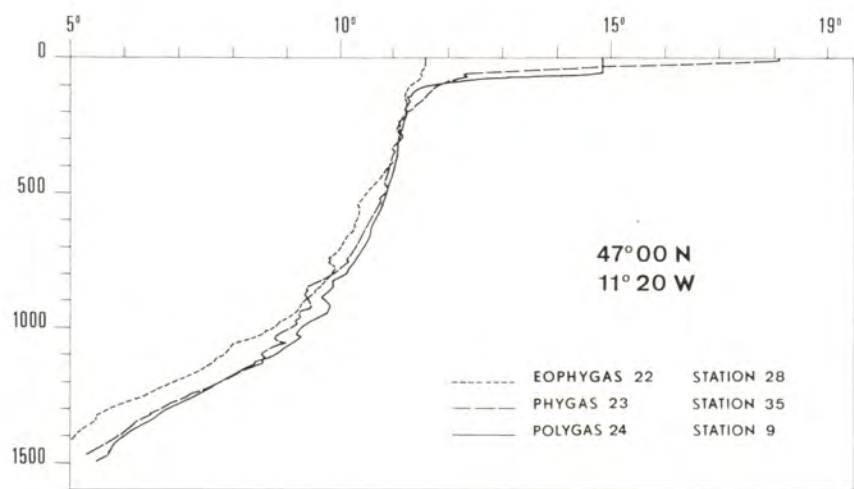
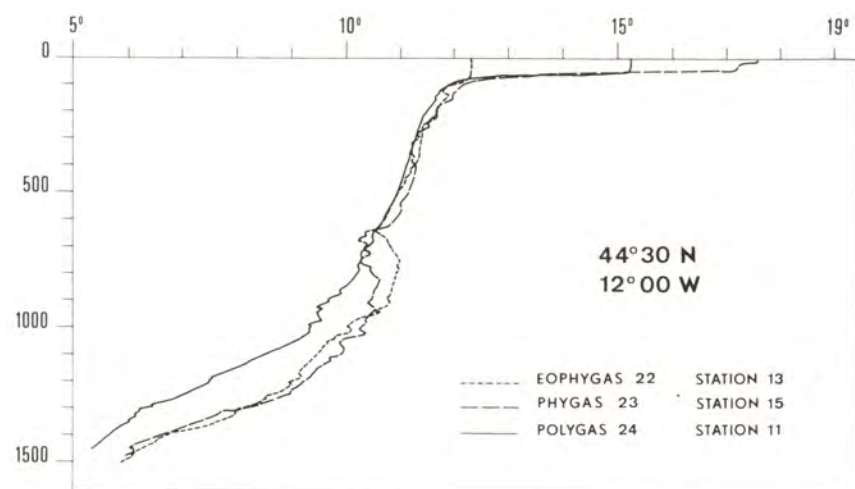
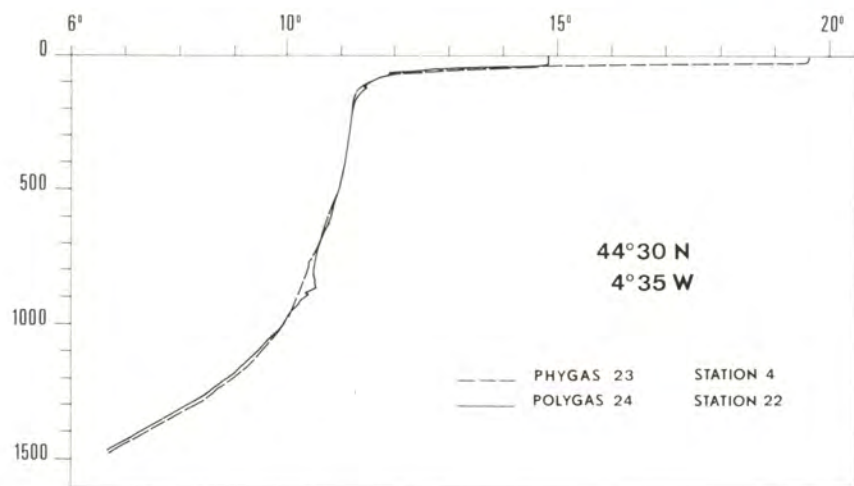
La figure 20 montre ceux obtenus aux trois saisons par $\varphi = 44^{\circ}30\text{N}$, $G = 12^{\circ}\text{W}$ et $\varphi = 47^{\circ}\text{N}$, $G = 11^{\circ}20\text{W}$.

Les fluctuations importantes de l'écoulement de l'eau d'origine méditerranéenne au niveau du Cap Finisterre sont probablement la cause des écarts observés localement à deux saisons au-delà de cinq cents mètres. Dans la couche susjacent au contraire, on observe aux différentes saisons une remarquable identité des profils de température sauf évidemment dans la couche superficielle. L'épaisseur d'eau influencée par le réchauffement ou le refroidissement saisonnier est de l'ordre de 200 mètres. Ceci est corroboré par une étude faite aux trois campagnes dans une zone comprise entre les parallèles 46°N et 48°N et les méridiens 9°W et 13°W : 92 % des variations du contenu thermique moyen de la couche 0-500 m ont lieu dans les cents premiers mètres ; 6,5 % dans la couche 100-200 m.

Par $\varphi = 47^{\circ}\text{N}$ et $G = 11^{\circ}20\text{W}$, entre 200 et 400 mètres, les profils de température sont identiques aux trois saisons, le réchauffement estival dû à l'absorption de l'énergie solaire se fait sentir jusqu'à 200 mètres. Très important près de la surface puisqu'il atteint $6,5^{\circ}\text{C}$, le réchauffement n'est plus que de $0,5^{\circ}\text{C}$ à 100 mètres. Fin octobre, en période de refroidissement, la température qui en surface a diminué de $3,5^{\circ}\text{C}$ est la même sur une soixantaine de mètres. Sous cette couche isotherme on observe un fort gradient de température ; au-delà de 150 mètres la température est déjà celle observée en fin d'hiver avant le réchauffement estival.

Plus au sud, par $\varphi = 44^{\circ}30\text{N}$ et $G = 12^{\circ}\text{W}$, la couche intéressée par les variations saisonnières semble n'être que de cent cinquante mètres, il y aurait également un léger retard dans le refroidissement ($+ 0,25^{\circ}\text{C}$) et un enfoncement moindre de la thermocline. Ceci est encore plus remarquable dans le golfe

VARIATIONS DES PROFILS DE TEMPERATURES



- Fig. 20 -

($\varphi = 44^{\circ}30N$, $G = 4^{\circ}35W$) où la thermocline ne paraît pas ou très peu s'enfoncer par rapport à la situation estivale, bien que l'abaissement de la température de surface soit très important ; les très forts gradients de densité au niveau de la thermocline freinent le phénomène d'enfoncement, en effet un abaissement d'encre 1,5°C de la température serait nécessaire pour provoquer un accroissement de la couche homogène d'une dizaine de mètres.

Plus au nord, par contre, par $\varphi = 49^{\circ}30N$ et $G = 13^{\circ}00W$, le refroidissement est plus avancé (de près d'1°C) et la thermocline est plus profonde. Ceci s'accroît encore par $52^{\circ}N$ où la couche homogène de surface dépasse cent mètres.

L'examen des cartes de contenu thermique (figure 21) montre le même phénomène de refroidissement plus "tardif" au sud. Vers $52^{\circ}N$ la perte de quantité de chaleur entre l'été et l'automne est de 10 kcal/cm^2 , ce qui correspond à une diminution de la température moyenne sur cent mètres d'1°C, alors que vers le $45^{\circ}N$, à l'ouest du $10^{\circ}W$, un tel écart ne semble pas atteint ($< 5 \text{ kcal}$). Par contre, à l'est du 9ème méridien le refroidissement a une amplitude plus grande, la perte est de plus de 10 kcal/cm^2 sur 100 mètres.

Pour la période de réchauffement on note également une différence entre l'est et l'ouest du 9ème méridien. En hiver les températures moyennes sur 100 mètres sont pratiquement celles observées en surface à la même époque, $11,5^{\circ}C$ à $12,5^{\circ}C$; la situation à la fin du mois d'août indique une augmentation d'environ $2,5^{\circ}C$ de la température moyenne à l'ouest du $9^{\circ}W$ alors qu'elle atteint et dépasse $3^{\circ}C$ dans le golfe.

En résumé, nous retiendrons donc qu'un fort réchauffement (des températures de surface et températures moyennes sur 100 mètres) se produit entre la fin de l'hiver et la fin de l'été, l'amplitude étant plus grande dans le golfe.

De l'été à l'automne le refroidissement mensuel moyen est approximativement le même ($1,6^{\circ}C$ par mois en surface) que le réchauffement estival. Il est particulièrement rapide dans la partie nord où l'hiver commence plus tôt et dans le golfe ce qui est probablement lié aux interactions avec les masses continentales.

VIII - COMPARAISON AVEC LES ETUDES ANTERIEURES

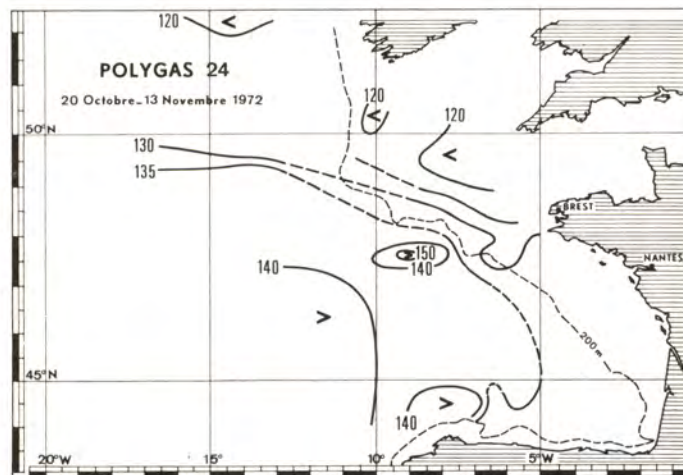
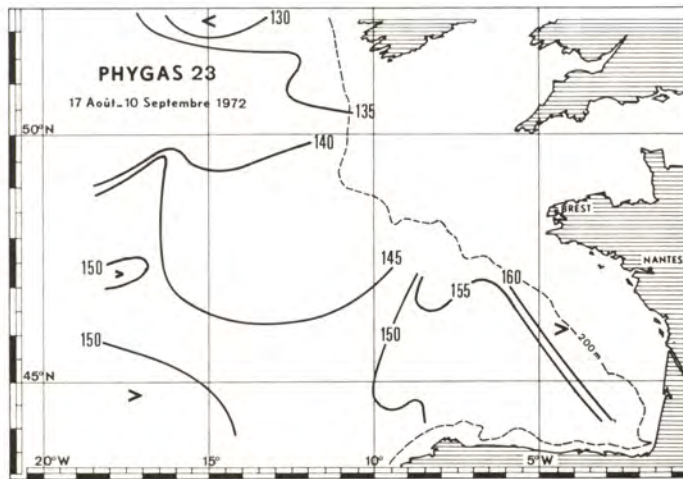
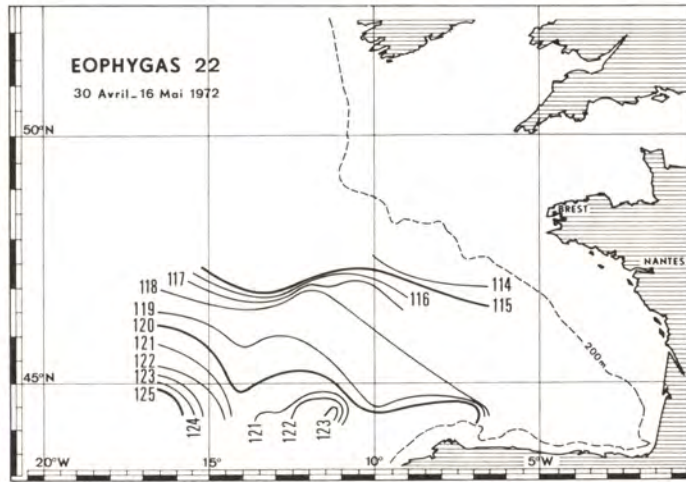
A partir d'une étude d'Holland-Hansen (1930) dans le Golfe de Gascogne et le proche Atlantique, Sverdrup a proposé en 1940 une courbe (Q_t) montrant les variations temporelles de la quantité de chaleur mise en jeu dans les phénomènes de réchauffement et de refroidissement (Figure 22). L'étude d'Holland-Hansen fut faite à partir d'un nombre très réduit de stations, surtout en période de refroidissement (trois seulement en décembre et situées très au sud de la zone, aucune en octobre et novembre). Afin de minimiser l'erreur due à la grande dispersion de ses stations Holland-Hansen, au lieu d'étudier les températures réelles, utilise ce qu'il appelle des anomalies de température : différences entre les températures réelles et des températures déduites des salinités à l'aide d'un diagramme T-S moyen du secteur considéré.

Afin de comparer avec nos résultats de contenu thermique, nous avons intégré la courbe donnée par Sverdrup et avons supposé que toutes les variations de la quantité de chaleur n'intéressaient que les deux cents mètres superficiels.

Les profils moyens de température, établis par le Service Hydrographique et

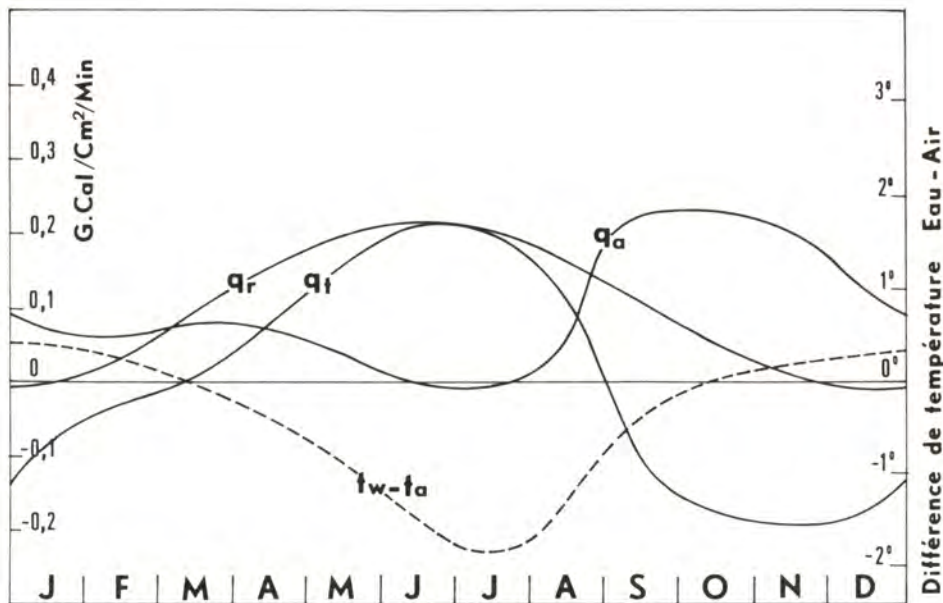
CONTENU THERMIQUE

Des 100 premiers mètres



- Fig. 21 -

Océanographique de la Marine (SHOM) à partir de l'ensemble des stations hydrologiques effectuées antérieurement à 1971, ont permis de calculer les contenus thermiques moyens mois par mois des deux cents premiers mètres. L'étude du SHOM porte sur une zone située au centre de la région que nous étudions.



- Fig. 22 -

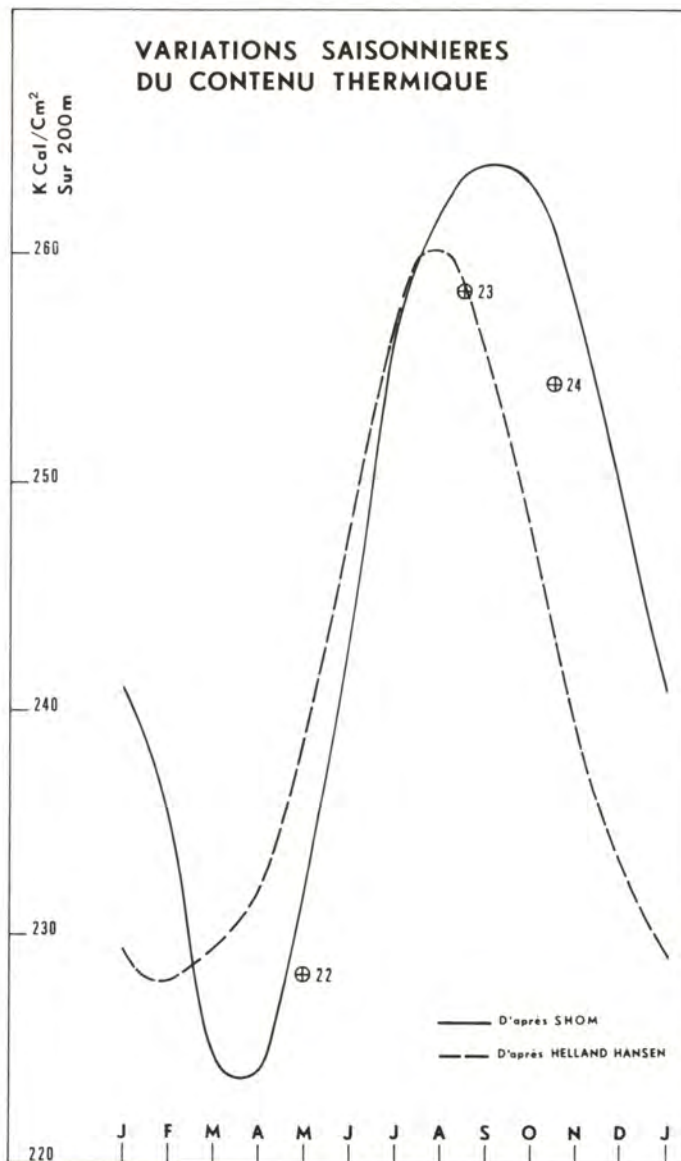
Sur la figure 23 nous avons reporté la courbe tirée des résultats du SHOM, les trois points représentatifs de nos trois campagnes (repérés par le numéro de la campagne) et la courbe déduite de l'étude de Sverdrup. Cette dernière a été calée de manière à faire coïncider les moyennes du minimum et du maximum des deux courbes. Les contenus thermiques représentatifs de chacune de nos campagnes sont des moyennes calculées sur les deux cents premiers mètres des stations effectuées entre les parallèles 46°N et 48°N et les méridiens 9°W et 13°W (5 ou 6 stations à chaque mission).

Bien que les périodes de contenu thermique minimal soient observées à 45 jours d'écart, la période de réchauffement rapide est constatée sur les deux courbes entre le début d'avril et la fin juillet. Par contre, l'étude d'Helland-Hansen indique un refroidissement très précoce (2 mois d'avance) par rapport aux mesures du SHOM. Cet écart peut s'expliquer d'une part par la dispersion et la faible quantité des données à la disposition d'Helland-Hansen et d'autre part par les conséquences de l'augmentation de la salinité constatée fin octobre. En effet, cet accroissement de 0,1‰ de la salinité modifie les anomalies de température, sur lesquelles Helland-Hansen base son étude, en les diminuant de 0,85°C ; ceci abaisse le contenu thermique sur deux cents mètres de 17 kcal/cm², ce qui correspond à la différence au mois de novembre entre les deux courbes (18 kcal).

Les faibles valeurs de contenu thermique calculées à partir de nos campagnes sont dues aux conditions météorologiques rencontrées au cours de 1972. Lors de

Eophygas 22, en mai, le contenu thermique est celui obtenu en temps normal une quinzaine de jours plus tôt, ce qui ne paraît pas surprenant si on remarque que les températures moyennes de l'air sont celles d'un mois d'avril normal (Figure 2). Fin août, pendant Phygas 23, la quantité de chaleur emmagasinée est celle contenue généralement mi-juillet ce qui s'explique si l'on considère les températures de l'air anormalement basses qui reflètent le peu de radiation solaire reçue par la surface marine durant la période de réchauffement. Bien que début novembre la situation climatique soit redevenue normale, le contenu thermique demeure faible en raison de la situation antérieure.

On remarquera que les trois points déduits de nos campagnes donnent des valeurs qui sont inférieures, en moyenne, de 6 kcal/cm^2 à celles déduites de la courbe SHOM. Ainsi, sur une année froide, l'amplitude des variations saisonnières est réduite de 15 %.



- Fig. 23 -

IX - CONCLUSION

Les seules valeurs obtenues au cours des trois campagnes de 1972 ne permettent pas encore de tirer de conclusions détaillées sur les variations saisonnières des paramètres hydrologiques du proche Atlantique et du Golfe de Gascogne.

Dès à présent, d'une première année d'étude de ce programme pluriannuel, on peut déduire plusieurs points :

- tout le secteur étudié, mis à part la partie extrême sud-ouest, semble en dérivation sur la circulation nord Atlantique ; ce phénomène s'accroît à l'est dans le Golfe de Gascogne ;

- les régions fortement influencées par l'eau d'origine méditerranéenne (vers 950-1 000 m) sont également celles où l'homogénéité de la couche d'eau centrale nord Atlantique est la plus grande ; cette influence méditerranéenne est plus marquée à l'est le long du talus continental ;

- les variations saisonnières ne sont sensibles que dans les deux cents premiers mètres ;

- les températures de surface au cours de l'année 1972 ont varié d'environ 6°C alors que le contenu thermique des cents premiers mètres n'indique qu'une variation de 3°C de la température moyenne sur cent mètres. Ces valeurs de 1972, année particulièrement froide sont inférieures de 15 % aux moyennes ;

- les variations saisonnières dans le golfe ont une amplitude plus grande que dans le reste de la zone étudiée ;

- l'hiver arrive plus tôt au nord, ce qui explique le refroidissement précoce que l'on y observe.

Ces quelques points seront confirmés ou précisés par les résultats des missions postérieures et pourront éventuellement orienter le déroulement des nouvelles campagnes. Les mesures effectuées en 1973, année relativement "chaude", promettent d'être très intéressantes.

BIBLIOGRAPHIE

COSTE B. (1970)

Résultats de la mission Hydratlante I du Jean Charcot. Sels Nutritifs.
Téthys, Vol. 2, n° 1, 1970.

HELLAND-HANSEN B. (1930)

Physical oceanography and meteorology results of the "Michael Sars" North Atlantic deep-sea expedition, 1910.

HELLAND-HANSEN B. and NANSEN F. (1926)

The Eastern North Atlantic. Geofysiske Publikasjoner, Vol. IV, n° 2.

HENAFF G.

Contribution à l'étude de l'océanographie physique du secteur Nord Gascogne.
Thèse 3ème cycle.

KIMBALL H.H. (1928)

Amount of solar radiation that reaches the surface of the earth on the land and on the sea, and methods by which it is measured. Monthly Weather Review, Vol. 56, n° 10, oct. 1928, 393-399.

LACOMBE H.

Quelques éléments de l'extension des eaux méditerranéennes dans l'océan Atlantique
COEC VIII, n° 5, mai, 210-225.

LACOMBE H. (1970)

Physical oceanography of the eastern boundary current of the Atlantic Ocean.
ICSU/SCOR, 1970, rep. 70-13 : 1 General and Economic Papers, 47-66. Inst. Geol. Sci. Londres, HMSO.

LE FLOCH J.

Quelques propriétés des eaux d'origine méditerranéenne dans le Golfe de Gascogne.
Travaux du CREO, Vol. VII, fasc. 3 et 4, 25-28.

LE FLOCH J.

Sur la circulation de l'eau d'origine méditerranéenne dans le Golfe de Gascogne et ses variations à la courte période. Cah. Océan. XXI, 7, juillet-août 1969, 653-661.

LE FLOCH J.

Evolution rapide de régimes de circulation non permanents des couches d'eaux superficielles dans le secteur sud-est du Golfe de Gascogne. Cah. Océan., XXII, 3.

MADELAIN F., ALLENOU J.P. (1972)

Réalisation d'une centrale de mesures embarquée pour l'acquisition et le traitement en temps réel des données hydrologiques. Rapp. Sc. et Tech. du CNEXO, n° 12.

PICAUT J.

Influence de la topographie du fond sur la circulation générale dans le Golfe de Gascogne. Thèse de 3ème cycle.

Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

Conditions hydrologiques du Golfe de Gascogne. N° 448, EPSHOM/E/OC, 1971.

SVERDRUP, JOHNSON, FLEMING

The Oceans, 1942.

SVERDRUP H.U. (1940)

On the annual and diurnal variation of the evaporation from the oceans. Journal of Marine Research, t. 3, n° 2, 93-104, 1940.

TCHERNIA P.

Cours d'Océanographie Régionale - Océan Atlantique. Service Central Hydrographique de la Marine, Paris 1969.

VINCENT A. et KURC G. (1969)

Hydrologie. Variations saisonnières de la situation thermique du Golfe de Gascogne en 1967. Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 33 (1), 79-96, 1969.

VINCENT A. et KURC G. (1969)

Les variations de la situation thermique dans le Golfe de Gascogne et leur incidence sur l'écologie et la pêche de la sardine en 1968. Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 33 (2), 203-212, 1969.

Edité par
le Service de Documentation
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay

Avril 1975

*Toute demande de cette publication devra être adressée
au Service de l'Information du CNEXO
Boîte Postale 107
75783 PARIS-CEDEX 16*