

Océan

Extrait du Bulletin d'Information du Comité Central d'Océanographie
et d'Etude des Côtes, VII, 10, décembre 1955

ESQUISSE DE LA STRUCTURE HYDROLOGIQUE DE L'ATLANTIQUE EQUATORIAL
AU LARGE DE LA GUYANE ET DE L'EMBOUCHURE DE L'AMAZONE

par

Jean LE FLOCH

Chargé de recherches
à l'Office de la recherche scientifique et technique Outre-mer

S O M M A I R E

- 1 - Introduction - Exécution des mesures.
- 2 - Distribution verticale de la température.
- 3 - Distribution verticale de la salinité.
- 4 - Distribution verticale de la densité.
- 5 - Diagrammes Température-Salinité.
- 6 - Les couches superficielles :
 Influence des eaux provenant de l'Amazone
 Mouvement des eaux superficielles.
- 7 - La couche à maximum de salinité
- 8 - Les coupes 1-6 et 7-14.
- 9 - Conclusion

Bibliographie
Résultats des mesures

O. R. S. T. O. M.
Collection de Référence

n° 1501 B

1 - INTRODUCTION - EXECUTION DES MESURES

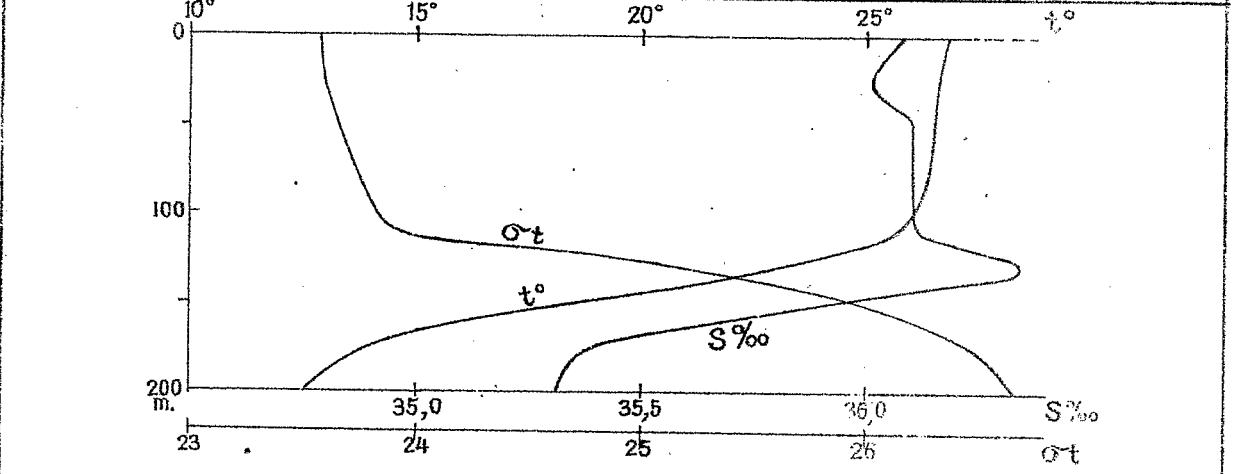
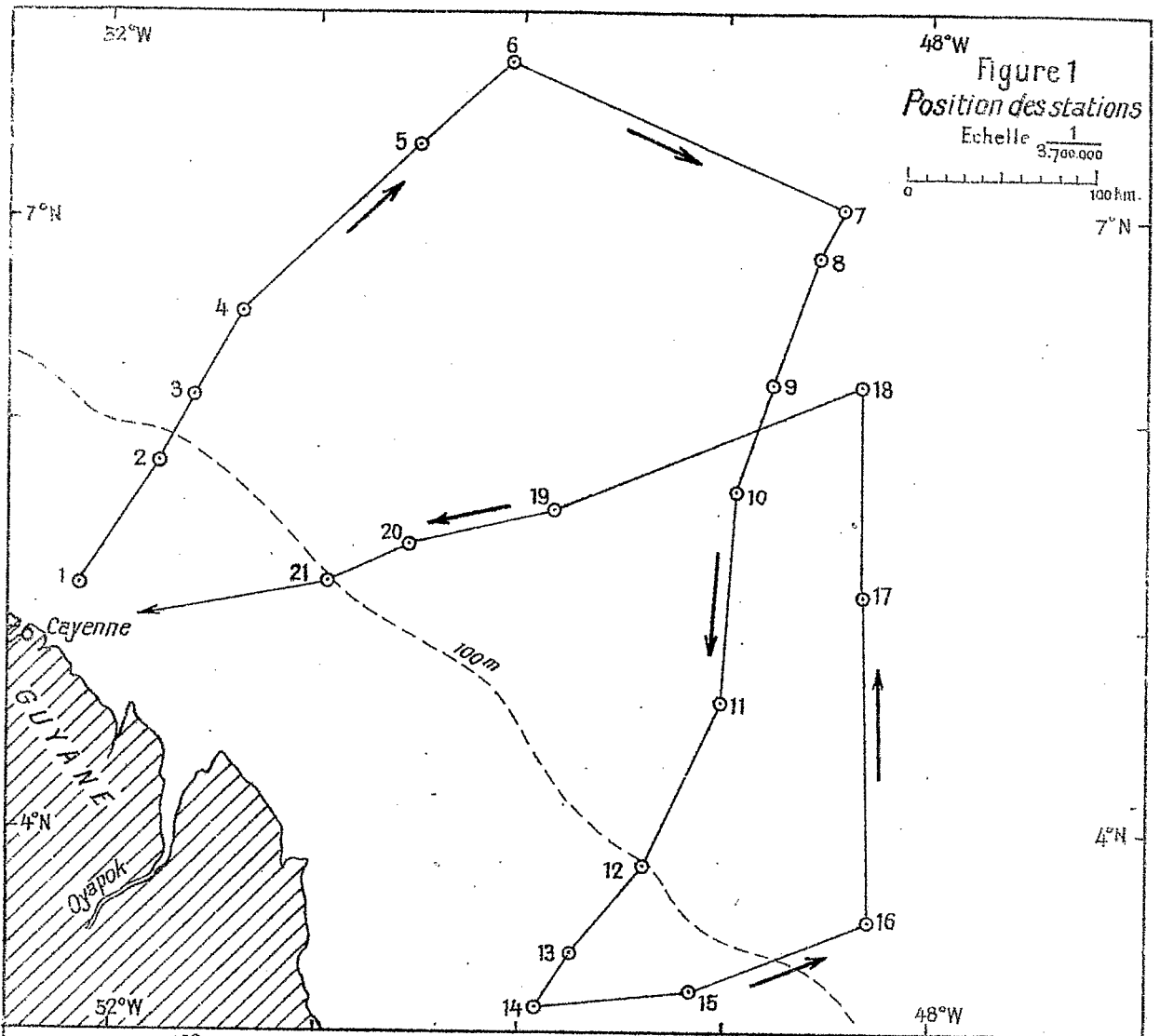
Le but de la présente note est de donner quelques indications sur la structure hydrologique de l'Atlantique équatorial au large des Guyanes française et brésilienne, d'après les mesures que nous avons effectuées dans cette région en 1953. La surface étudiée ne couvre que 55 000 milles carrés environ, et s'étend jusqu'à près de 250 milles de la côte. Cependant, malgré la faible étendue de la région explorée, celle-ci se révèle particulièrement intéressante par suite de la très grande influence des eaux de l'Amazonie sur les couches superficielles. Le travail présenté ici s'attache donc surtout à l'étude de ces couches, ainsi qu'à l'interprétation des résultats obtenus dans la couche de discontinuité, dont la structure assez compliquée montre que d'importantes variations peuvent être observées, et ceci assez rapidement.

Les observations ont été effectuées à bord de l'"ORSOM II" entre le 30 septembre et le 11 octobre 1953. Ce bateau, affecté à l'Institut français d'Amérique tropicale, qui a son siège à Cayenne, est destiné à entreprendre des recherches de biologie et d'océanographie physique au large de la Guyane française et dans les régions adjacentes. Il dispose d'un treuil électrique Bergen-Nautik avec 2 000 mètres de câble pour les prélèvements profonds, et d'un petit treuil à main équipé de 400 mètres de câble pour l'étude des couches superficielles.

Nous avons effectué 20 stations hydrologiques (fig.1, Pl.I), ainsi que quelques prélèvements et mesures de température supplémentaires en surface. Par suite de difficultés matérielles, il n'a pas été possible de faire des prélèvements à toutes les profondeurs standard. Les résultats des mesures sont présentés in fine.

La position donnée pour chaque station correspond au début des mesures. Par suite de l'importance des courants de surface et de leur direction assez variable, on a apporté un grand soin à la détermination des positions. Chaque jour la route suivie était contrôlée et calculée par 3 ou 4 séries d'observations astronomiques.

Les échantillons d'eau, conservés en double, ont été analysés par la méthode de KNUDSEN.



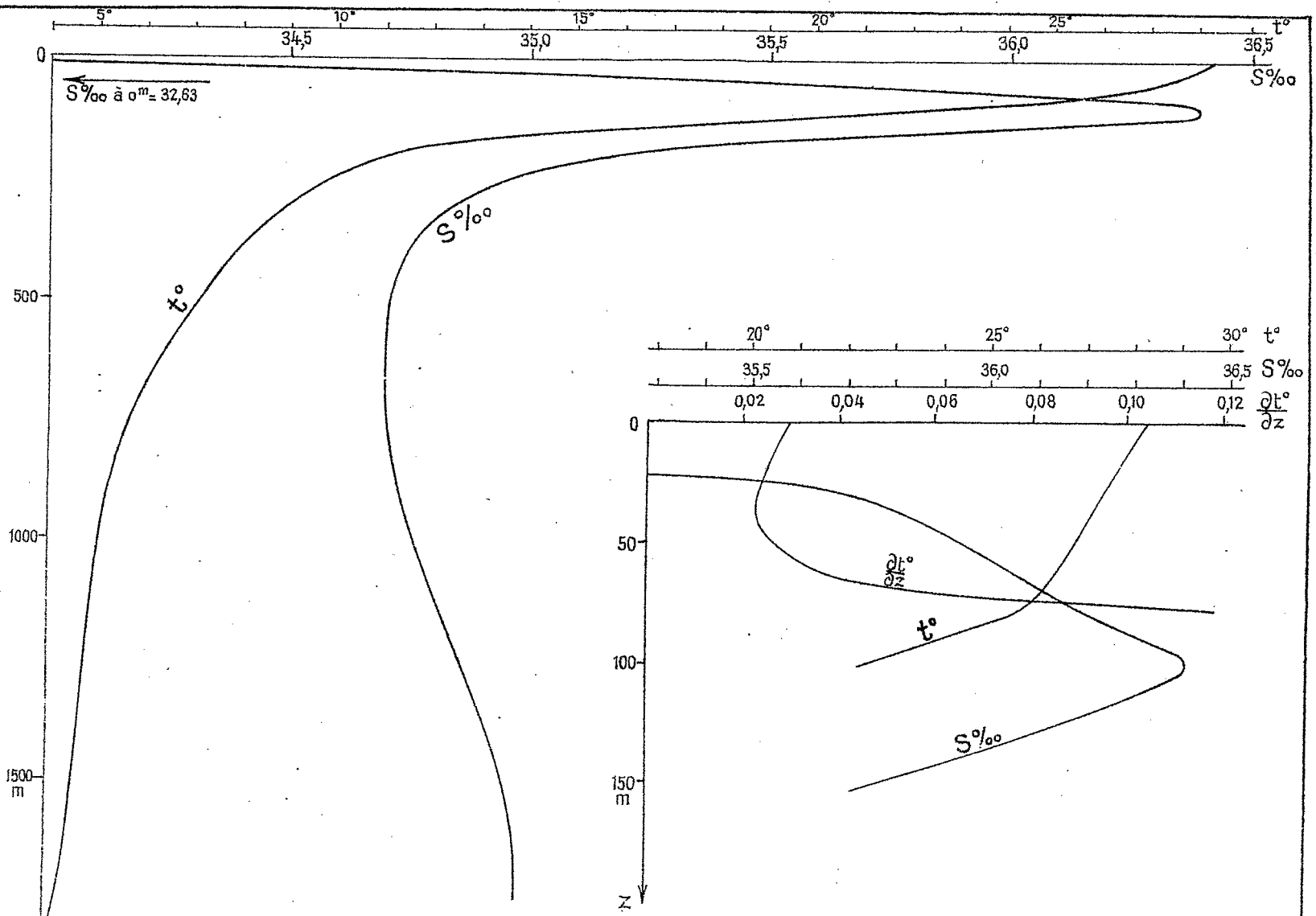


Figure 3. Répartition verticale de T , S et $\frac{\partial t^\circ}{\partial z}$ à la Station 5.

La carte de la figure 1 (Pl.I) donne la répartition des stations et les routes suivies du 30 septembre au 11 octobre sur une distance totale d'environ 1 100 milles. L'heure utilisée est celle en service à Cayenne, c'est-à-dire T.U. - 4 h.

Lorsque le prélèvement n'est pas effectué à une profondeur standard, les valeurs de la température et de la salinité à cette profondeur sont portées entre parenthèses dans le tableau des résultats.

2 - DISTRIBUTION VERTICALE DE LA TEMPERATURE

La structure hydrologique de l'Atlantique équatorial est bien connue depuis les travaux du "Météor". Dans une représentation schématique de la distribution des températures on observe d'abord en surface, une couche, d'épaisseur variable avec la situation géographique, homogène au point de vue thermique.

La répartition verticale des températures à la station 17 (fig.2, Pl.I) représente très bien ces conditions puisque la température, qui atteint $26^{\circ}90$ en surface ne diminue que de $0^{\circ}70$ lorsque l'on passe à la profondeur de 100 mètres. Dans la région étudiée, la distribution verticale des températures correspond en général à ce schéma, avec cependant des irrégularités à certaines stations. En particulier le gradient vertical de température n'est pas toujours voisin de zéro. A la station 5 par exemple, la diminution de température dans les 25 premiers mètres est égale à celle qu'on observe entre 0 et 100 mètres à la station 17 (fig.3, Pl.II).

Cependant le gradient vertical de température dans cette couche superficielle presque homogène reste toujours très faible par rapport à celui qu'on constate entre 75 et 175 mètres, par exemple à la station 5, où l'on a une zone de discontinuité thermique.

Cette couche de discontinuité thermique est une autre caractéristique des eaux équatoriales. Elle apparaît nettement sur les figures 2 et 3 (Pl.I et Pl.II). L'épaisseur et la profondeur de cette couche varient suivant les stations.

En vue d'étudier les eaux superficielles homogènes, DEFANT utilise le gradient vertical de température. Il prend comme profondeur maximum de cette couche de discontinuité la profondeur à laquelle le gradient de température atteint $0^{\circ}02$ par mètre, ce qui permet de représenter numériquement l'épaisseur de la couche presque isotherme superficielle.

Cependant, les observations que nous présentons ici montrent qu'à certaines stations le gradient vertical de température, entre la surface et la couche de discontinuité, peut être supérieure à $0^{\circ}02$, bien que gardant une valeur faible. C'est le cas à la station 5 (fig. 3, Pl. II).

De même l'épaisseur de la zone de discontinuité thermique est déterminée par DEFANT en lui donnant comme limite inférieure la profondeur où le gradient de température atteint de nouveau $0^{\circ}02$ par mètre.

Au-dessous, le gradient de température est faible et, dans la région étudiée ici, la température est d'environ 4° à 1 800 mètres.

3 - DISTRIBUTION VERTICALE DE LA SALINITE

Dans l'ensemble de l'Atlantique équatorial la couche superficielle isotherme possède également une salinité à peu près constante. A la station 17, par exemple, la salinité est voisine de 36.10 o/oo jusqu'à 100 mètres de profondeur. Toutefois, dans la région étudiée, l'homogénéité des couches superficielles est perturbée par l'influence de l'eau douce provenant de l'Amazone. Cette influence est évidemment très importante dans les régions côtières au Sud. A la station 14, la salinité de surface est de 19.16 o/oo seulement. Mais cette influence est limitée aux couches superficielles, puisqu'à 10 mètres à la même station la salinité atteint 35.64 o/oo. Cependant, de faibles salinités dues à la présence d'eau provenant de l'Amazone peuvent être observées très au large, comme on le constate à la station 5 (fig. 3, Pl. II)*.

* N.D.L.R. Ceci est à rapprocher de la faible salinité superficielle rencontrée par la "Jeanne d'Arc" à 600 milles environ au Nord des bouches de l'Amazone (32.90 o/oo par $11^{\circ}10'N - 50^{\circ}29'W$).

A toutes les stations de la région étudiée, on observe au-dessous de la couche homogène (ou de la couche mélangée lorsqu'il y a influence des eaux de l'Amazone), une surface où la salinité est maximum. Ce maximum apparaît sur les courbes des deux stations 5 et 17 prises comme exemple (fig.2 et 3, Pl. I et II). La valeur de ce maximum et la profondeur à laquelle il est observé sont variables avec les stations. La plus haute salinité observée dans cette couche est de 36.44 o/oo. On remarque immédiatement, à l'examen des figures 2 et 3, que la couche à forte salinité est très peu épaisse. Il est donc possible dans certains cas que le véritable maximum n'ait pas été atteint.

D'autre part, puisque, dans le cas actuel, cette couche de salinité maximum se trouve, soit au-dessous d'une couche homogène à salinité assez forte (36.05 o/oo par exemple), soit au-dessous d'une couche mélangée à de l'eau douce où la salinité croît avec la profondeur à partir d'une valeur superficielle qui peut être faible, il est intéressant de remarquer que le maximum de salinité est indépendant des caractéristiques de la couche supérieure. Ainsi, à la station 17 (fig.2, Pl.I), on observe un maximum de salinité de 36.35 o/oo à 130 mètres, la couche homogène superficielle ayant une salinité moyenne de 36.10 o/oo environ, avec une épaisseur d'une centaine de mètres. Par contre, à la station 5 (fig.3, Pl.II) où l'on observe pourtant en surface une eau à 32.63 o/oo, un maximum de 36.41 o/oo, donc supérieur à celui observé à la station 17, est enregistré à 100 mètres de profondeur.

De même, dans des conditions différentes, puisque la profondeur n'atteint que 39 mètres (il ne s'agit donc plus d'un maximum intermédiaire de salinité), on observe à la station 14 une salinité de 36.15 o/oo à 25 et 35 mètres alors qu'en surface on a seulement 19.16 o/oo.

La couche intermédiaire à maximum de salinité pourra donc être étudiée indépendamment des eaux superficielles.

Au-dessous de la couche très salée, une zone de discontinuité à très fort gradient vertical de salinité présente des caractéristiques analogues à la couche de discontinuité thermique déjà signalée.

La salinité diminue ensuite beaucoup plus lentement quand la profondeur augmente. Elle atteint un minimum correspondant à l'eau intermédiaire d'origine antarctique vers 600 mètres. Ce minimum est de 34.69 o/oo à la station 5 (fig.3, Pl.II). Il atteint 34.63 o/oo plus au large.

Entre 1 500 et 1 800 mètres, la salinité est légèrement inférieure à 35.00 o/oo. A la station 5, la zone de mélange entre l'eau intermédiaire d'origine antarctique et l'eau de fond se situe entre 600 et 1 500 mètres.

4 - DISTRIBUTION VERTICALE DE LA DENSITE

La couche des σ_t en fonction de la profondeur fait apparaître 3 régions distinctes :

1 - Une couche superficielle homogène où la densité varie très peu avec la profondeur (fig.2, Pl.I). Par suite de l'influence des eaux de l'Amazone, cette homogénéité peut disparaître, et, au-dessous d'eaux de surfaces légères, le gradient vertical de densité peut être très important même au large.

2 - Une couche de discontinuité où la densité augmente très rapidement avec la profondeur.

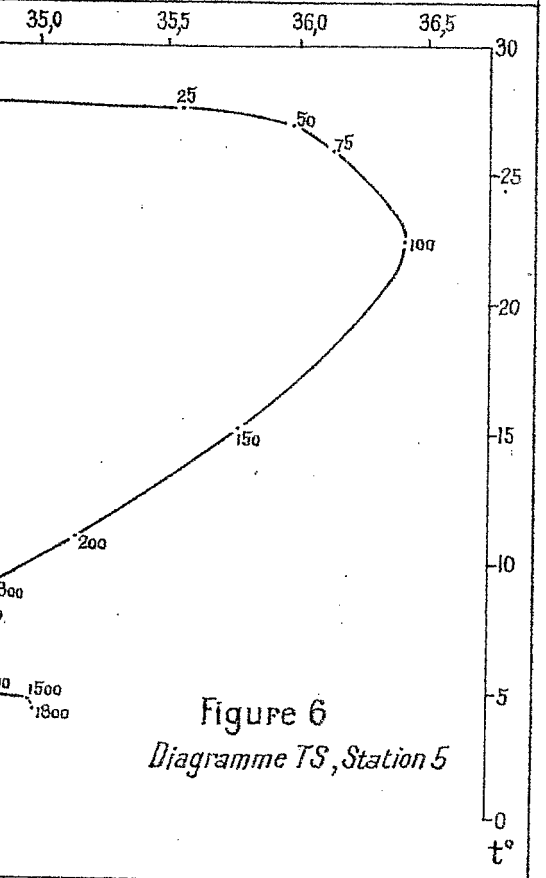
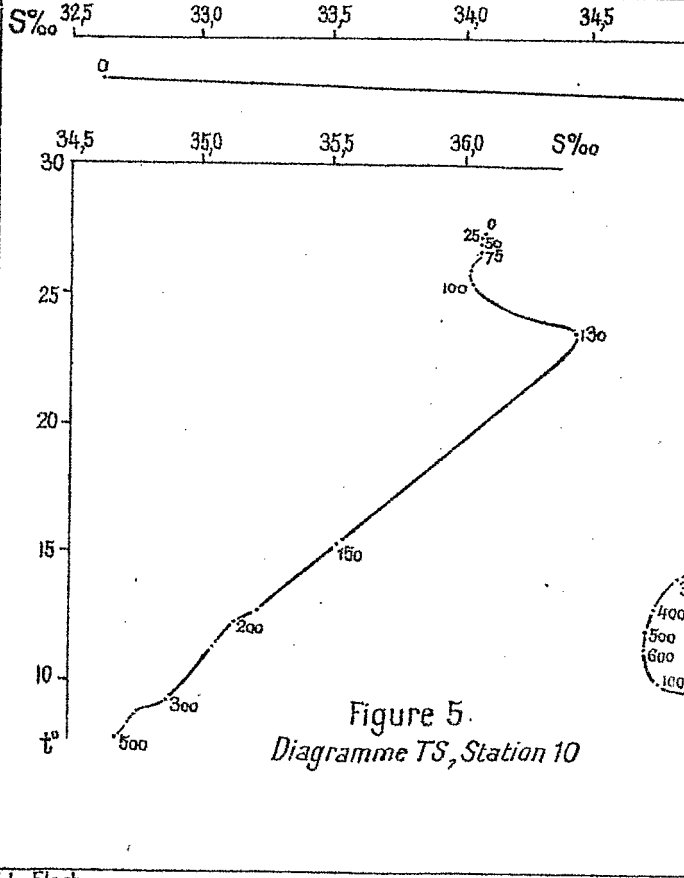
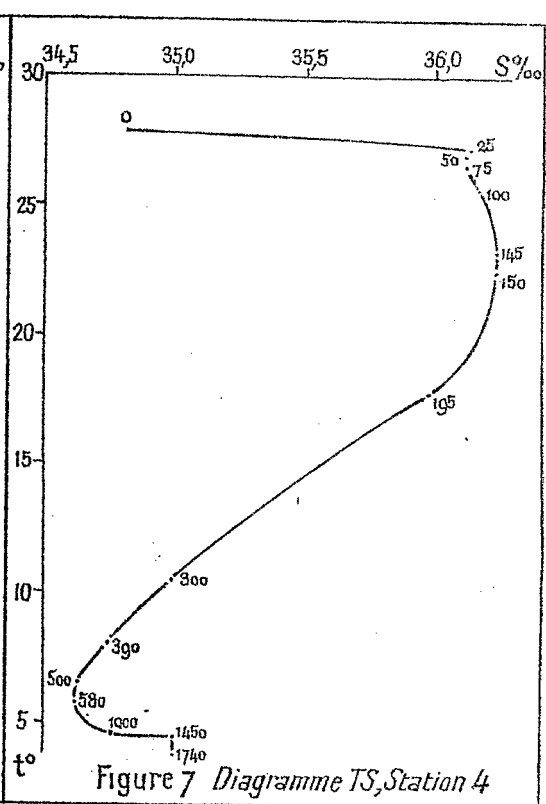
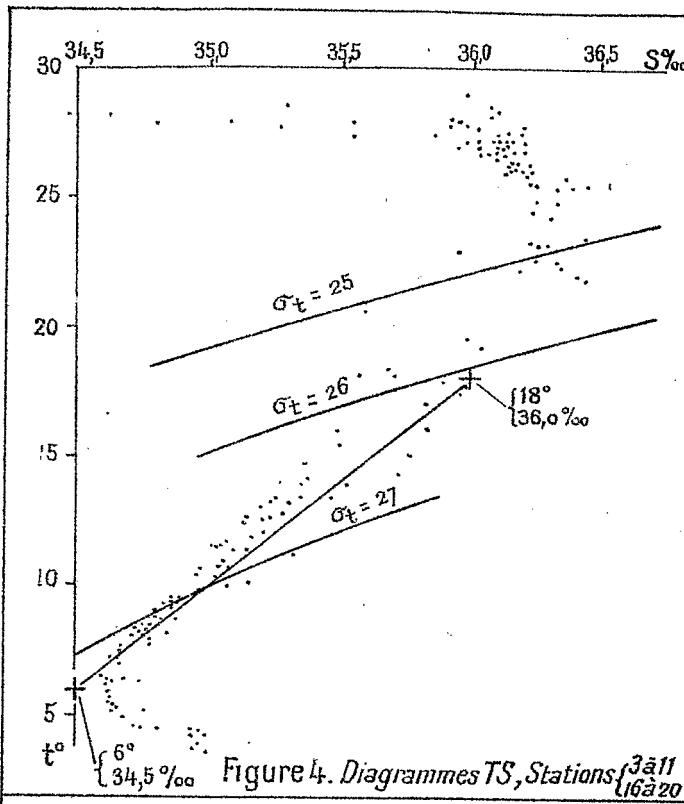
3 - Au-dessous, le gradient vertical de densité devient beaucoup plus faible.

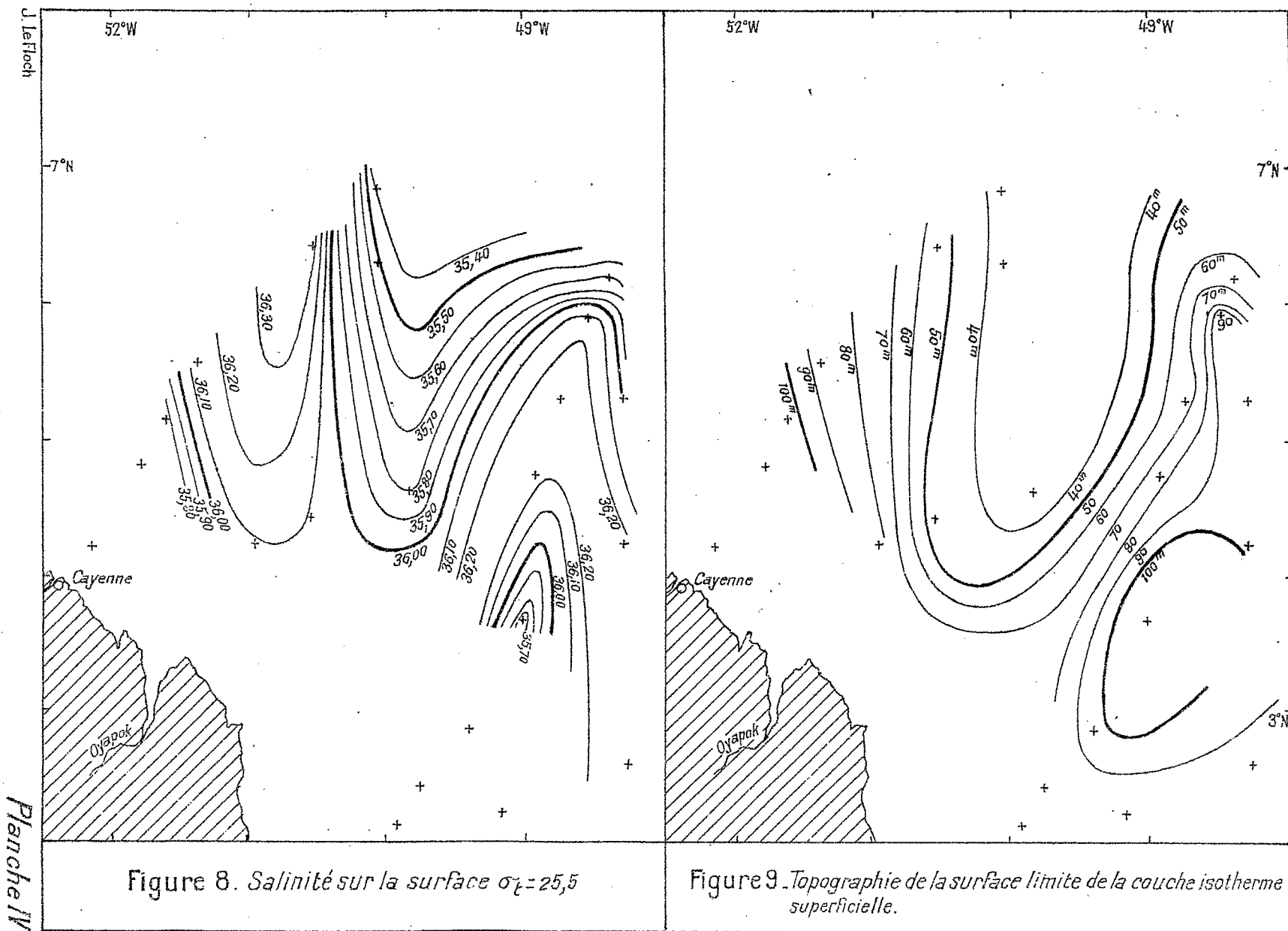
5 - DIAGRAMMES TEMPERATURE-SALINITE

Le diagramme T-S correspondant à l'ensemble des observations pour les stations 3 à 11 et 16 à 20 est représenté sur la figure 4 (Pl.III). Les stations effectuées par faible profondeur ne sont pas utilisées. Les points correspondant à 0 mètre des stations 5 et 6 ne sont pas portés sur le diagramme: les salinités de surface à ces stations sont en effet de 32.63 o/oo et 32.83 o/oo, donc en dehors du graphique.

En ce qui concerne les eaux superficielles, les courbes T-S présentent deux aspects différents :

- la figure 5 (Pl.III) correspond à la station 10 et montre l'aspect de la courbe lorsqu'il n'y a en surface que de l'eau Atlantique non mélangée. On remarque l'homogénéité de la couche superficielle jusqu'à plus de 75 mètres : les points correspondant à 0, 25, 50 et 75 mètres étant très groupés,
- en présence d'eaux superficielles contenant une proportion plus ou moins importante d'eau douce provenant de l'Amazone, la relation T-S a l'aspect obtenu par exemple à la station 5 (fig.6, Pl.III).





Dans ce dernier cas, la couche homogène peut subsister au-dessous des eaux de surface peu salées. C'est le cas, par exemple, à la station 4, où les points correspondant à 25, 50 et 75 mètres sont très groupés (fig.7, Pl.III).

On peut prendre comme caractéristiques moyennes des eaux superficielles homogènes dans la région étudiée :

$$\begin{aligned} T &= 27^{\circ}00 \\ S \text{ o/oo} &= 36.10 \text{ o/oo} \end{aligned}$$

Au-dessous de la couche à maximum de salinité, les points correspondant à la couche de discontinuité et à la zone de mélange avec l'eau intermédiaire antarctique sont disposés en ligne droite. Sur la figure 4 (Pl.III) on a tracé les courbes $\sigma_t = 25$, $\sigma_t = 26$, $\sigma_t = 27$. On remarque que, sur une même surface σ_t , d'importantes variations de température et de salinité sont observées. Bien qu'en profondeur la dispersion des points T-S soit assez faible, la faible inclinaison de la courbe $\sigma_t = 27$ sur la courbe T-S moyenne montre que la densité constante $\sigma_t = 27$ est obtenue avec des températures et salinités très variables.

De même, dans la couche de discontinuité, on observe d'importantes variations de la température et de la salinité sur chaque surface σ_t ; ce qui apparaît par exemple sur la carte représentée figure 8 (Pl.IV) montrant la répartition des salinités sur la surface $\sigma_t = 25,5$.

La variation rapide des caractéristiques T-S dans la couche de discontinuité est mise en évidence sur les diagrammes des figures 5, 6 et 7 (Pl.III), sur lesquels les profondeurs sont indiquées.

On a tracé sur la figure 4 (Pl.III) la droite passant par les points :

$$\begin{aligned} T = 6^{\circ} & & S = 34.50 \text{ o/oo} \\ T = 18^{\circ} & & S = 36.00 \text{ o/oo} \end{aligned}$$

correspondant à la relation moyenne observée dans l'Atlantique Sud (d'après Sverdrup; "The Oceans"). Nos observations se situent légèrement au-dessus de cette droite.

Dans la région étudiée, les caractéristiques moyennes de l'eau intermédiaire d'origine antarctique, qui apparaît sur les courbes T-S par un minimum de salinité, sont les suivantes :

$$T = 6^{\circ} \quad S \text{ o/oo} = 34.61 \text{ o/oo}$$

Cette eau est observée vers 600 mètres de profondeur.

6 - COUCHES SUPERFICIELLES.

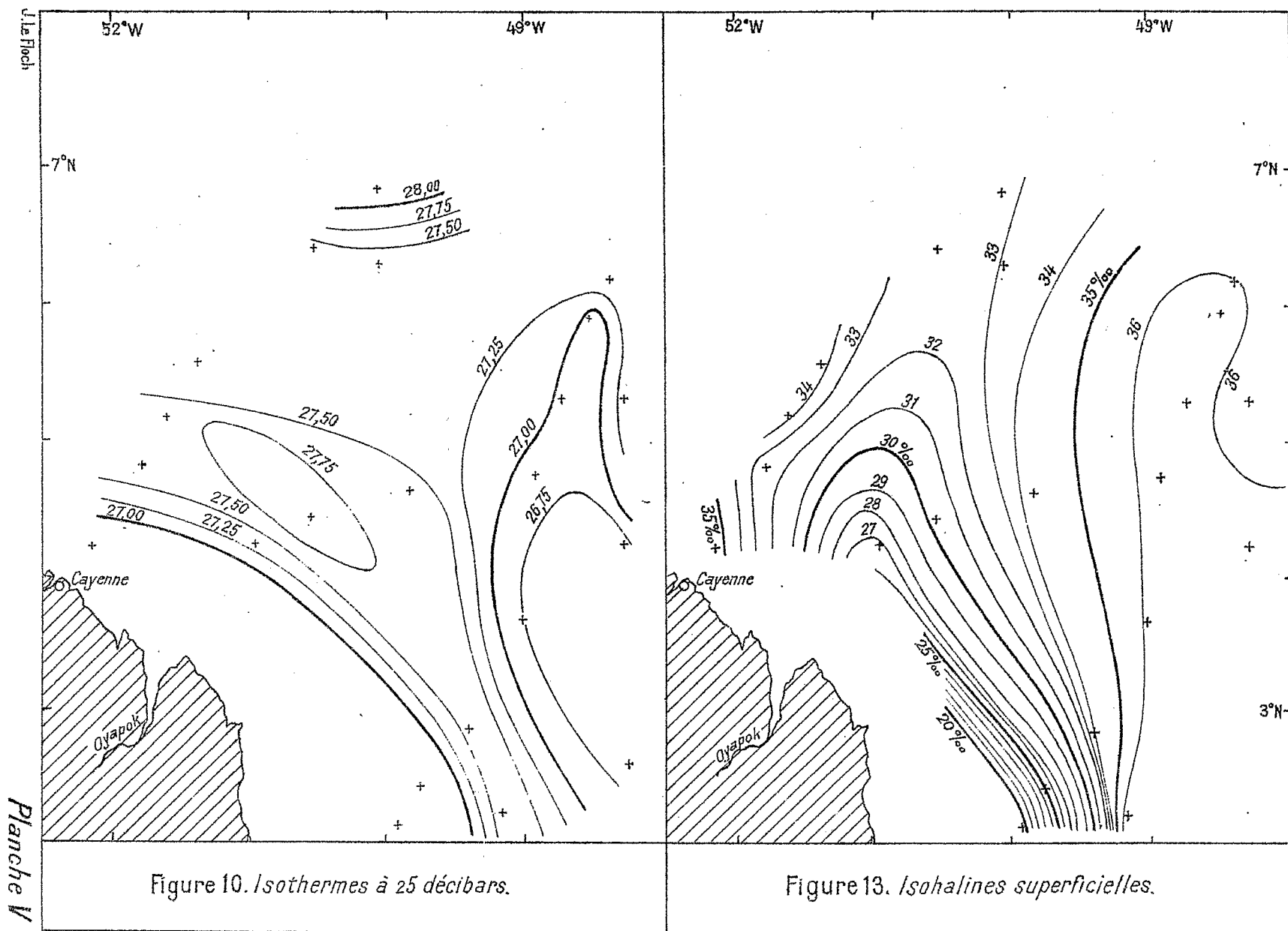
Nous avons déjà indiqué qu'en vue d'évaluer l'épaisseur de la couche superficielle isotherme DEFANT considérait que sa limite inférieure était donnée par la profondeur à laquelle le gradient vertical de température atteint 0°02 par mètre.

Il arrive cependant que, dans la région que nous étudions, le gradient de température, bien que faible près de la surface, soit toujours supérieur à cette valeur. Ce cas est observé par exemple à la station 5 (fig.3, Pl.II). De même aux stations 6 et 7 le gradient minimum de température est supérieur à 0°02 par mètre. Cette valeur se situe d'ailleurs au-dessus de la profondeur à laquelle commence la couche de discontinuité thermique. Il n'y a donc aucun inconvénient à essayer d'évaluer la limite supérieure de celle-ci en la faisant coïncider avec la profondeur à laquelle le gradient vertical de température atteint 0°03 par mètre.

Dans la région considérée, cette profondeur varie entre 40 et 110 mètres : les variations sont donc importantes; et la figure 9 (Pl.IV) montre que la topographie de la surface limite ainsi définie est assez compliquée et ne peut correspondre à un état permanent.

A cette topographie correspondrait un mouvement des eaux du Nord vers le Sud dans la partie Ouest de la carte, et sensiblement Sud-Nord à l'Est avec une rotation anticyclonique au Sud-Est. Ce mouvement serait aussi celui de l'eau de surface si la couche thermique homogène était également isohaline. L'influence des eaux de l'Amazonie détruit cette homogénéité et en surface les conclusions précédentes ne restent valables que pour la moitié Est de la carte.

Le caractère isotherme de la couche d'eau située au-dessus de la surface représentée figure 9 (Pl.IV) n'est d'ailleurs qu'approximatif. En surface la température varie entre



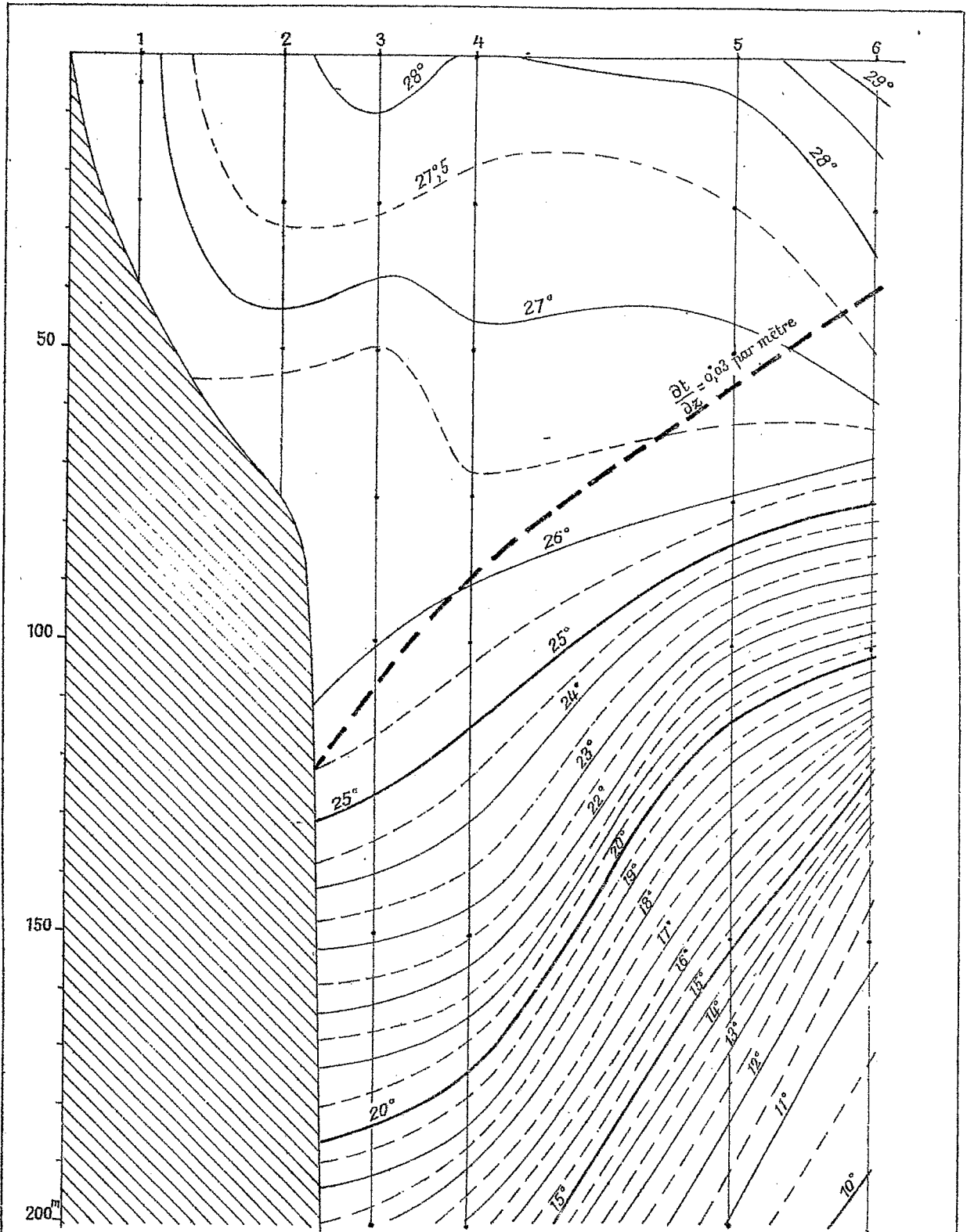


Figure 11. Isothermes sur la coupe verticale stations 1 à 6.

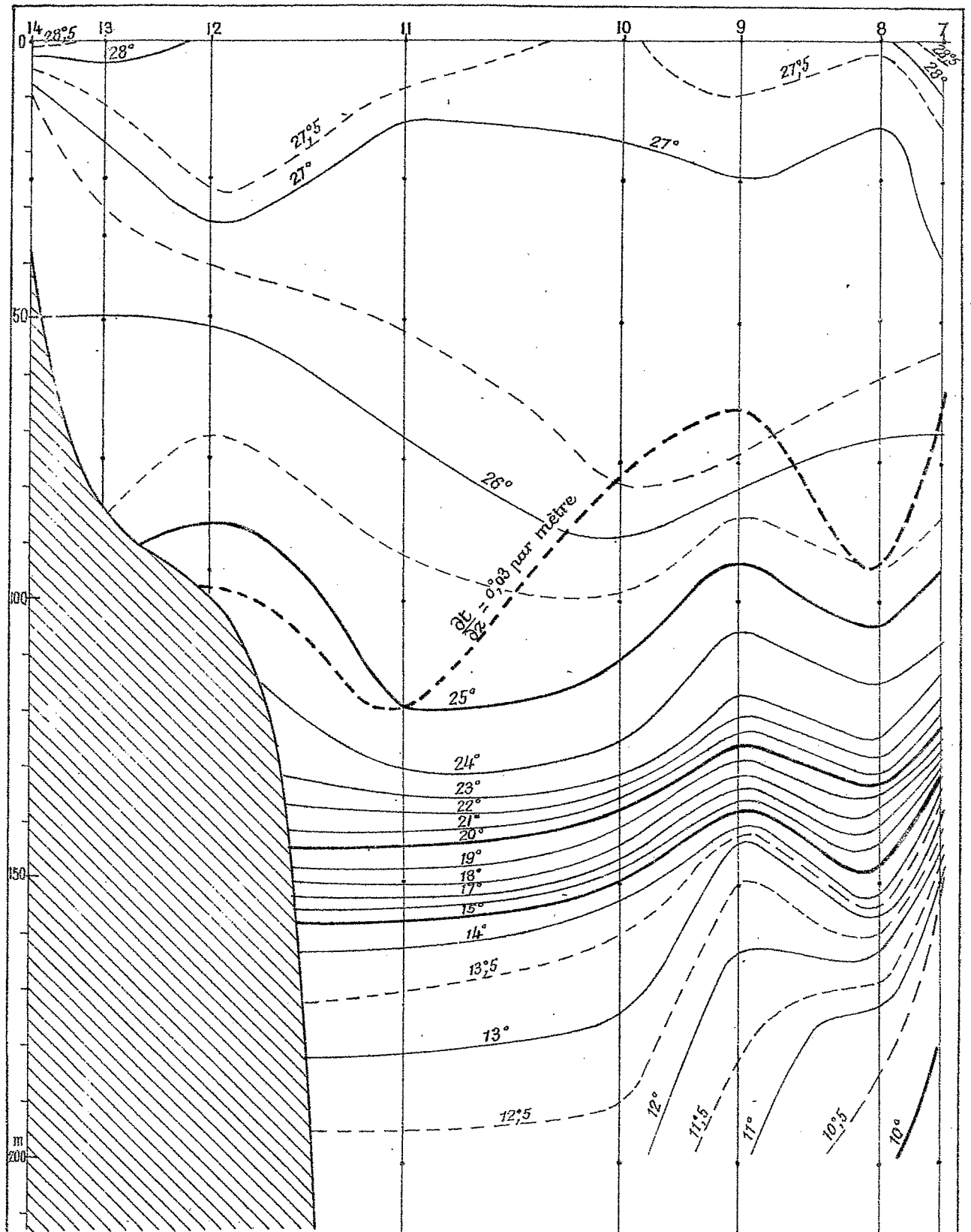


Figure 12. Isothermes sur la coupe verticale stations 7 à 14.

26°77 et 29°39. En profondeur, et dans la couche considérée, ces variations restent cependant assez faibles. A 25 mètres par exemple, les températures extrêmes observées ne diffèrent que de deux degrés : les températures les plus faibles, inférieures à 27°, étant enregistrées près de la côte et dans une bande assez étroite, orientée Nord-Sud, à l'Est (fig.10, Pl.V). C'est vers 50 mètres de profondeur que la distribution horizontale des températures comporte les plus faibles variations, les extrêmes observés étant : 26° et 27°51. On voit donc que l'on peut considérer comme pratiquement isotherme la couche située au-dessus de la surface où le gradient de température atteint 0°03 par mètre.

Cette surface ne coïncide pas avec une surface isotherme, ce qui apparaît nettement sur les coupes (figures 11, Pl.VI, et 12, Pl.VII). Elle ne coïncide pas non plus avec une surface σ_t ; on observe en effet une assez bonne corrélation entre les profondeurs de $\sigma_t = 24,0$ et celles où le gradient vertical de température atteint 0°03 par mètre. Cette corrélation montre que, vers 100 à 110 mètres de profondeur, la limite inférieure de la couche superficielle est assez voisine de la surface $\sigma_t = 24,0$; mais que, pour les plus faibles profondeurs, elle se trouve nettement au-dessus.

En général, les couches superficielles de l'Atlantique équatorial ne sont pas seulement homogènes au point de vue thermique, mais également en ce qui concerne la répartition verticale des salinités. Ceci n'est pas le cas pour la région étudiée ici, sauf à l'Est, par suite de l'influence de l'eau douce provenant de l'Amazone.

Influence des eaux provenant de l'Amazone.

Cette influence apparaît immédiatement à l'examen d'une carte représentant les salinités de surface (fig.13, Pl.V).

Au Sud, la salinité est inférieure à 20.00 o/oo à 60 milles de la côte. Ces deux chiffres suffisent à montrer l'importance de l'influence des eaux de l'Amazone sur les caractéristiques hydrologiques observées au large. Malgré cette très faible salinité, la largeur de la bande d'eaux mélangées reste, au Sud, très faible puisque, sur 40 milles environ, la salinité passe de 20.00 o/oo, à l'Ouest, à 36.00 o/oo, à l'Est.

Plus au Nord, l'influence des eaux de l'Amazone se fait sentir dans une région beaucoup plus étendue vers le large puisque des salinités inférieures à 33.00 o/oo sont observées à plus de 200 milles de la côte.

Les observations montrent cependant que des salinités plus élevées peuvent être observées près de la côte (aux stations 1 et 2, des variations importantes de la salinité ont été observées en quelques heures). Ceci correspondrait à des mouvements tourbillonnaires englobés dans des eaux mélangées à faible salinité.

L'épaisseur de la couche d'eau à faible salinité est très faible au Sud : à la station 14 où la salinité de surface est de 19.36 o/oo, la salinité à 10 mètres est de 35.64 o/oo et elle est supérieure à 36.00 o/oo à 25 mètres.

Vers le NW, par suite du mélange, la salinité des eaux superficielles augmente, tandis qu'en profondeur elle diminue. L'influence de l'eau douce se manifeste donc plus profondément qu'au Sud. Ce point apparaît sur une carte représentant la topographie de la surface 36.00 o/oo; l'eau de salinité supérieure à ce chiffre pouvant être considérée comme non mélangée (fig. 14, Pl.VIII).

Les figures 13 (Pl.V) et 14 (Pl.VIII) montrent qu'à l'Est une assez importante région, limitée par l'isohaline 36.00 o/oo sur la figure 13 (ou la cote zéro sur la figure 14), est caractérisée par l'absence d'une proportion quelconque d'eau douce. On retrouve dans cette région les caractéristiques d'homogénéité des eaux superficielles, ceci jusqu'à une assez grande profondeur : une centaine de mètres. Cette propriété est mise en évidence par la coupe représentée figure 20 (Pl.XI), passant par les stations 7 à 14, donc en partie par la région indiquée. L'homogénéité des 100 mètres supérieurs entre les stations 7 et 11 y apparaît de façon particulièrement nette.

Par opposition, on remarquera la très grande importance du gradient vertical de salinité dans les couches superficielles aux stations 12, 13 et 14, par suite de la présence d'une proportion importante, en surface, d'eau provenant de l'Amazonie. Sur la coupe représentée figure 21 (Pl.XII), l'influence de cette eau est plus faible, mais le gradient vertical de salinité reste assez grand, à la surface et immédiatement au-dessous d'elle, dans les 40 premiers mètres.

Mouvement des eaux superficielles

Les résultats précédents permettent quelques conclusions quant aux courants de surface.

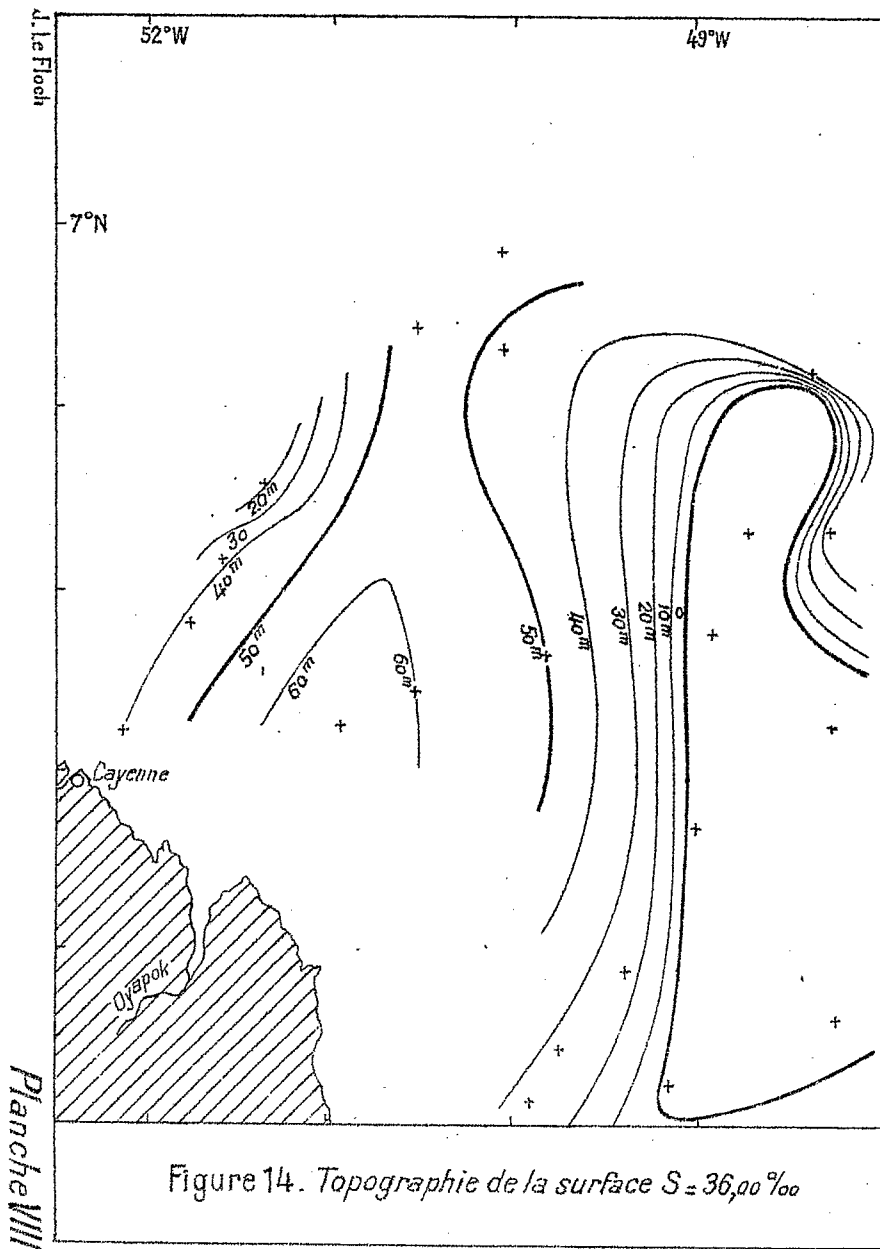


Figure 14. Topographie de la surface $S = 36,00\text{‰}$

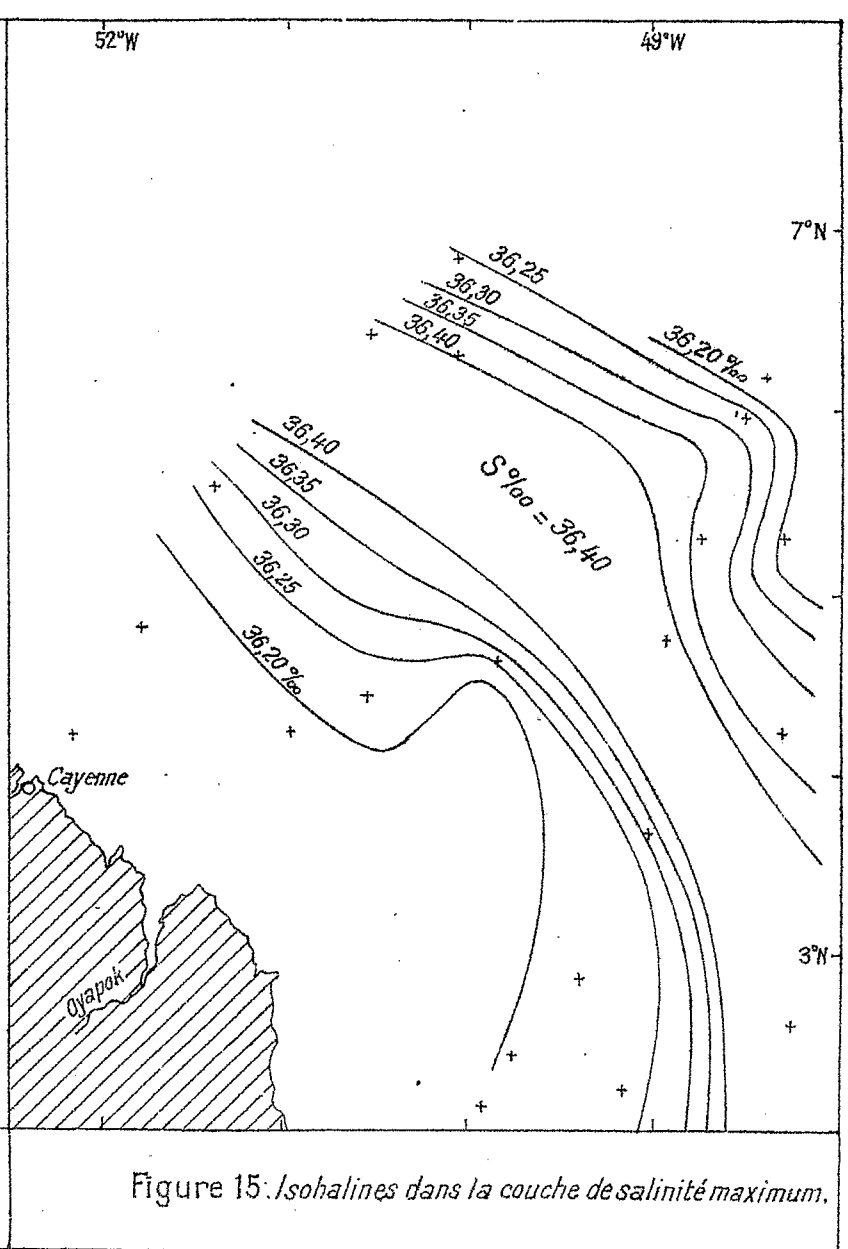


Figure 15. Isohalines dans la couche de salinité maximum.

Bien que l'ensemble des mesures ait été effectué dans un intervalle de temps assez court, on ne peut les considérer comme simultanées, par suite de variations très rapides des caractéristiques hydrologiques en chaque point. Ainsi à la station 2, voisine de la côte, la salinité passe de 34.00 o/oo, à 20 heures le 1er octobre, à 32.80 o/oo, à 4 heures 30 le 2. De même, au large, à la station 9 par exemple, la salinité de surface varie de 0,11 o/oo en moins de 3 heures (36,17 et 36,06).

D'ailleurs même en profondeur la topographie compliquée des surfaces σ_t ou de la couche de discontinuité, semblable à celle de la figure 9 (Pl.IV), montre que le régime n'est pas permanent.

Quelques indications sur la circulation de l'eau de surface peuvent cependant être obtenues :

A l'Est du méridien $50^{\circ}30'W$ on peut considérer que le courant suit à peu près les isohalines. Au Sud-Est, le tracé de l'isohaline 36.00 o/oo montre que le courant équatorial portant à l'Ouest, est dévié vers le Nord. Au Nord-Est, le tracé en S de l'isohaline 36.00 o/oo correspond à la formation d'un mouvement tourbillonnaire qui, après fermeture de l'isohaline sur elle-même, se déplacera vers le NW en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre.

Ceci correspond à peu près au mouvement au niveau du sommet de la couche de transition tel qu'il apparaît sur la carte de la figure 9 (Pl.IV) (à l'Est de $50^{\circ}W$). Par contre, cette carte met en évidence à l'Ouest de ce méridien un mouvement dirigé vers le Sud qui n'est pas observé en surface. Cependant les isohalines 33.00 o/oo et 34.00 o/oo à l'Ouest de $51^{\circ}W$ correspondent vraisemblablement à un tel mouvement (vers le SW) rejoignant à la station 2 le courant parallèle à la côte portant au NW.

7 - LA COUCHE A MAXIMUM DE SALINITE

Elle est observée à toutes les stations. Dans la région située en dehors de l'influence de l'eau de l'Amazone (fig.14, Pl.VIII) elle se situe au-dessous de la couche homogène au point de vue salinité, mais à l'intérieur de la couche de discontinuité thermique (fig.2, Pl.I).

La couche fortement salée est remarquable par sa faible épaisseur : à la station 17 par exemple où le maximum de salinité atteint 36.35 o/oo à 130 mètres, on observe une salinité supérieure à 36.20 o/oo sur une épaisseur de 20 mètres environ. Par suite de cette très faible épaisseur, il n'est pas certain que le maximum net de salinité ait toujours été observé. La valeur la plus élevée atteint 36.44 o/oo (stations 10 et 16); et la valeur la plus faible est 36.18, près de la côte (station 3).

La distribution des salinités dans la couche de salinité maximum est représentée sur la figure 15 (Pl.VIII). Elle est caractérisée par la présence d'une bande étroite, d'environ 60 milles de large, orientée SE-NW, dont la salinité est supérieure à 36.40 o/oo et de part et d'autre de laquelle la salinité est plus faible.

Cette bande plus salée se situe en moyenne à plus grande profondeur que les couches à maximum de salinité adjacentes, comme on le constate sur la figure 16 (Pl.IX) représentant la topographie de la couche de salinité maximum. Près de la côte la couche fortement salée se situe vers 75 mètres de profondeur. Sa profondeur augmente jusqu'à 120 à 140 m quand on s'éloigne de la côte, pour diminuer ensuite.

Ces caractéristiques sont assez voisines de celles obtenues par le "Météor" dans la même région; cependant les salinités maximum que nous avons observées sont légèrement plus faibles, ainsi que la largeur de la bande de salinité supérieure à 36.40 o/oo.

C'est cette couche de salinité maximum qui est utilisée par DEFANT pour l'étude des courants dans la couche de discontinuité. Il est évident que, puisque une couche d'une trentaine de mètres d'épaisseur existant entre deux couches de salinité plus faible conserve ses caractéristiques sur des distances très grandes (l'origine de l'eau très salée observée ici se situe dans l'Atlantique Sud entre 10 et 20°S), la turbulence est très réduite et le mélange vertical très faible.

Cette très faible turbulence se comprend d'ailleurs, étant donnée la très forte stabilité observée dans la couche de discontinuité.

Dans ces conditions, DEFANT estime que le courant au niveau de la couche à maximum de salinité, donc dans la couche

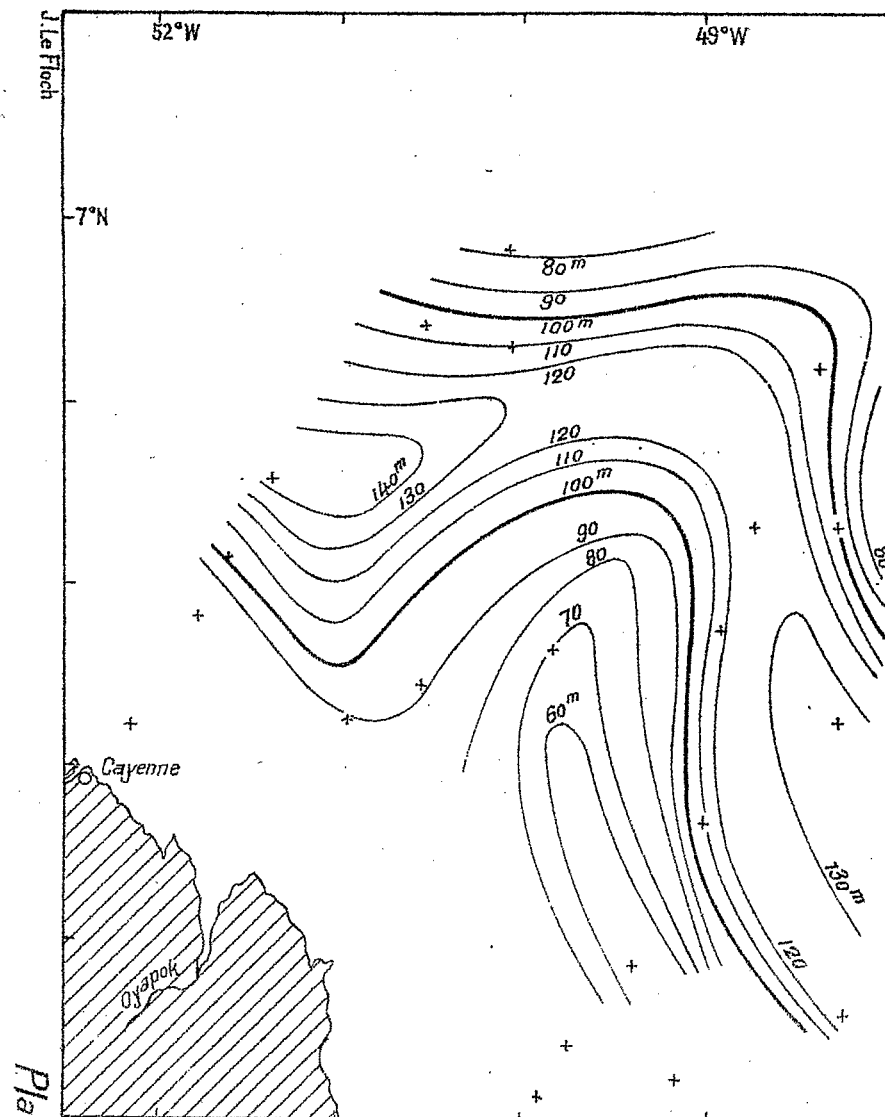


Figure 16. *Topographie de la surface de salinité maximum.*

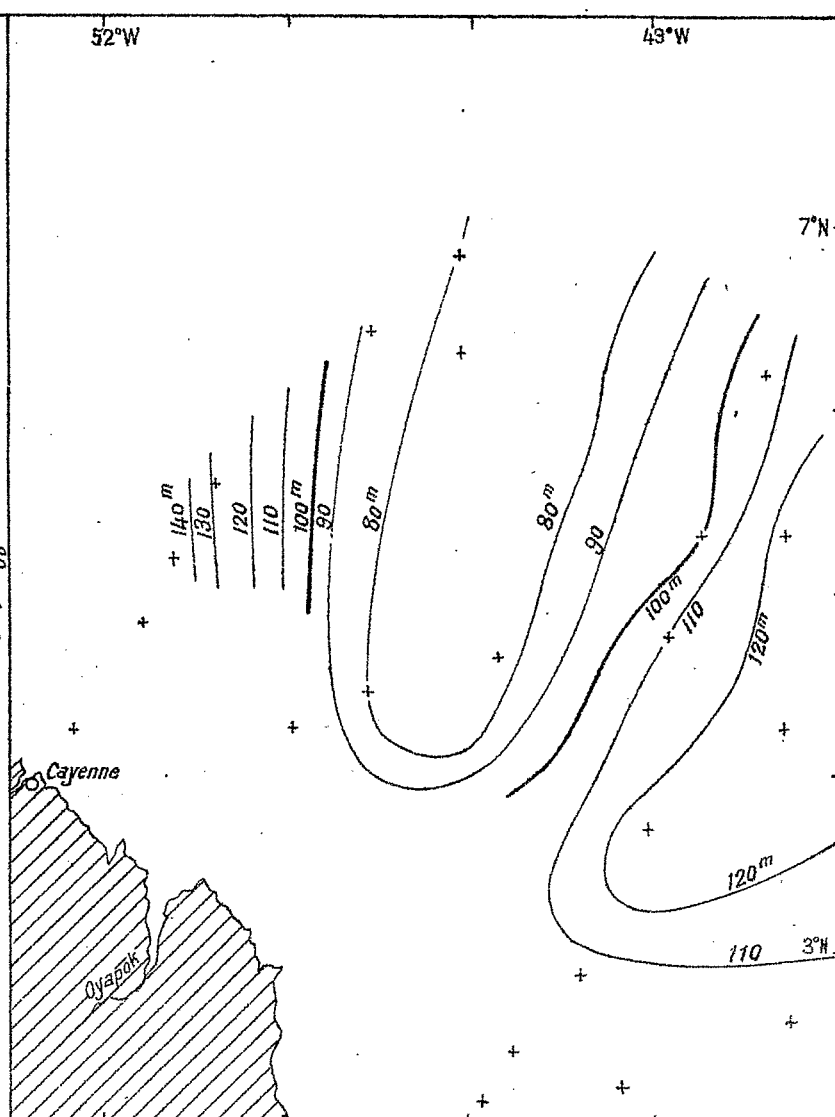


Figure 17. *Topographie de la surface $\sigma_t = 24,5$*

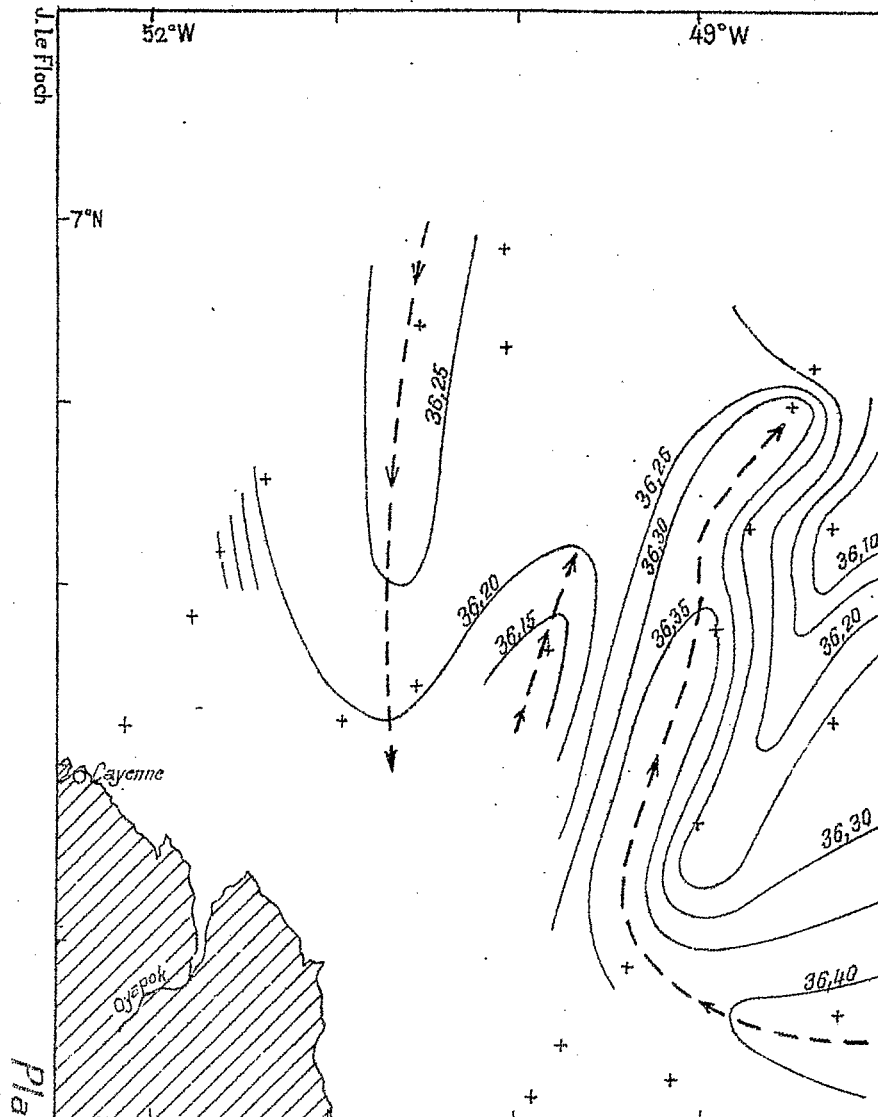


Figure 18. Salinités sur la surface $\sigma_t = 24,5$

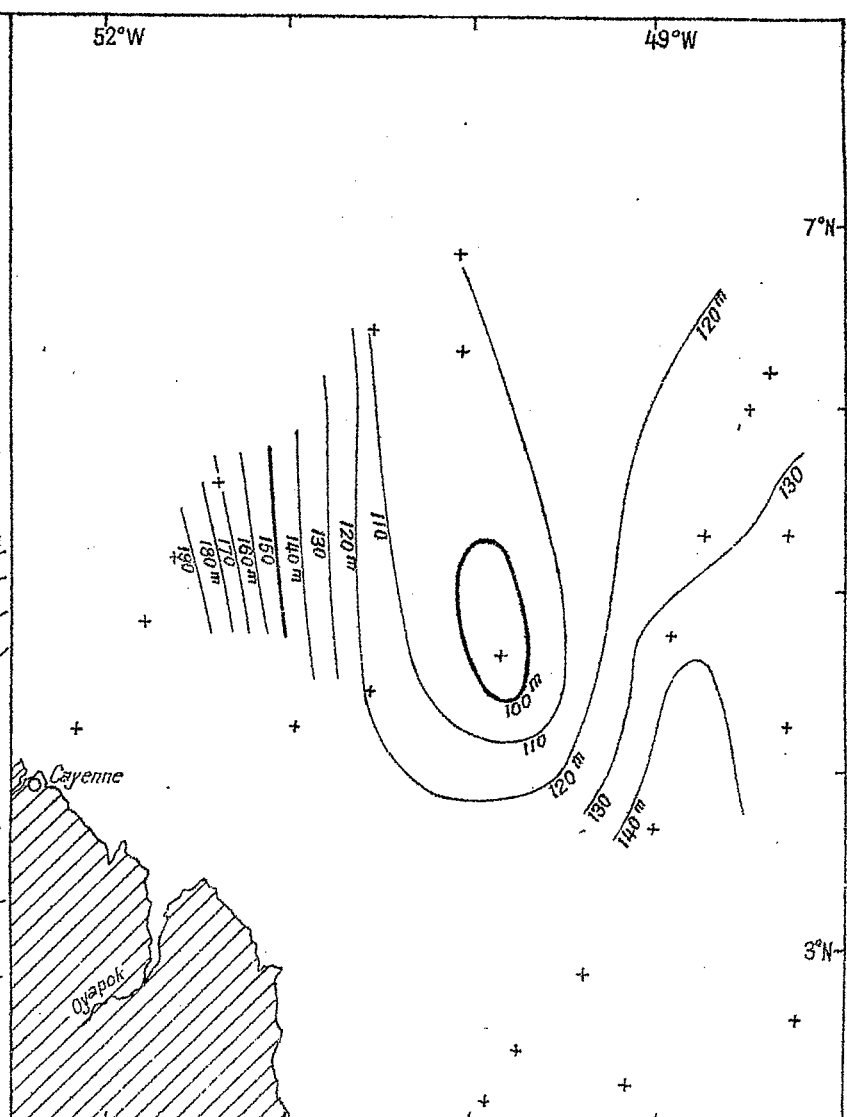


Figure 19. Topographie de la surface $\sigma_t = 25,5$

de discontinuité, suit les isohalines, ce qui conduit à une description cohérente de la circulation dans l'ensemble de l'Atlantique équatorial.

Dans le cas actuel, il s'agit d'une région peu étendue où des détails qui pourraient passer inaperçus à l'échelle de l'ensemble de l'Atlantique équatorial ne peuvent être négligés. Il semble que la méthode consistant à admettre que le courant suit sensiblement les isohalines ne puisse être utilisée. En effet, lorsque l'on compare la carte donnant la répartition des salinités dans la couche de salinité maximum, et la carte représentant la topographie de cette couche, on constate que cette hypothèse ne peut être employée ici. Les contours des isohalines et les lignes de niveau devraient donner des résultats à peu près cohérents, ce qui n'est pas le cas.

Nous avons vu d'autre part qu'une indication sur les courants au sommet de la couche de discontinuité était fournie par la carte donnant la topographie de la surface où le gradient de température atteint $0^{\circ}03$ (fig.9, Pl.IV). Ces derniers résultats ne sont pas en accord avec ceux que l'on obtiendrait en admettant, soit que le courant suit les isohalines, soit qu'il suit les lignes de niveau de la couche à maximum de salinité.

La méthode employée par DEFANT a été critiquée par MONTGOMERY, qui suppose que le mouvement se fait le long des lignes de niveau des surfaces σ_t , avec mélange latéral sur ces surfaces, ce mélange étant prépondérant, le mélange vertical pouvant être considéré comme faible.

La topographie de la surface $\sigma_t = 24,5$ portée sur la figure 17 (Pl.IX) offre un aspect assez voisin de celui de la surface représentant la limite inférieure de la couche thermique homogène. D'après cette topographie, on observe deux axes principaux de courant. Le premier, à l'Est, peut être schématisé par la ligne de niveau 110 mètres, le courant portant à l'Ouest est dévié vers le Nord; ceci correspond d'ailleurs au mouvement observé en surface dans la même région. A l'Ouest, entre les méridiens $50^{\circ}30'$ et $51^{\circ}30'W$, le deuxième axe de courant est orienté Nord-Sud, le courant portant au Sud.

Il est évident qu'une telle circulation n'est pas permanente.

Si l'on considère maintenant la distribution des salinités sur la surface $\sigma_t = 24,5$, les directions de courant dé-

finies précédemment sont retrouvées : ce sont les axes de deux langues de salinité maximum. Ils se superposent exactement aux axes de courant définis à l'aide de la topographie de la surface σ_t (fig. 18, Pl.X).

Au niveau de $\sigma_t = 25,5$ des conclusions semblables peuvent être déduites de la topographie de cette surface (fig. 19, Pl.X) et de la répartition des salinités sur celle-ci (fig. 8, Pl.IV).

8 - LES COUPES 1-6 ET 7-14

Ces coupes permettent de donner quelques indications complémentaires sur la couche de discontinuité.

La très faible épaisseur de la couche à maximum de salinité y est mise en évidence. Sur les deux coupes (fig.21, Pl.XII) et 22 (Pl.XIII), cette épaisseur est du même ordre de grandeur et n'est pas liée à l'importance du maximum de salinité.

La couche de discontinuité de salinité n'a pas le même caractère sur les 2 coupes : le long de la coupe 1 - 6 (fig.21, Pl.XII), elle est plus épaisse. Ceci se retrouve également sur les coupes thermiques.

La figure 22 (Pl.XIII) donne les caractéristiques de l'eau profonde, et, en particulier, de l'eau intermédiaire antarctique observée vers 600 mètres de profondeur.

9 - CONCLUSION

Les résultats précédents ne constituent qu'une esquisse des caractéristiques hydrologiques au large de la Guyane et de l'embouchure de l'Amazone. Cette région, limitée ici à 55 000 milles carrés environ, est particulièrement intéressante par la possibilité d'étudier, sur une étendue assez faible, la zone marine soumise à l'influence des eaux de l'Amazone, et une structure profonde susceptible de présenter des variations importantes. Des mesures systématiques effectuées régulièrement dans cette région présenteraient donc un intérêt certain. C'est ce que nous avons essayé de montrer dans ces notes.

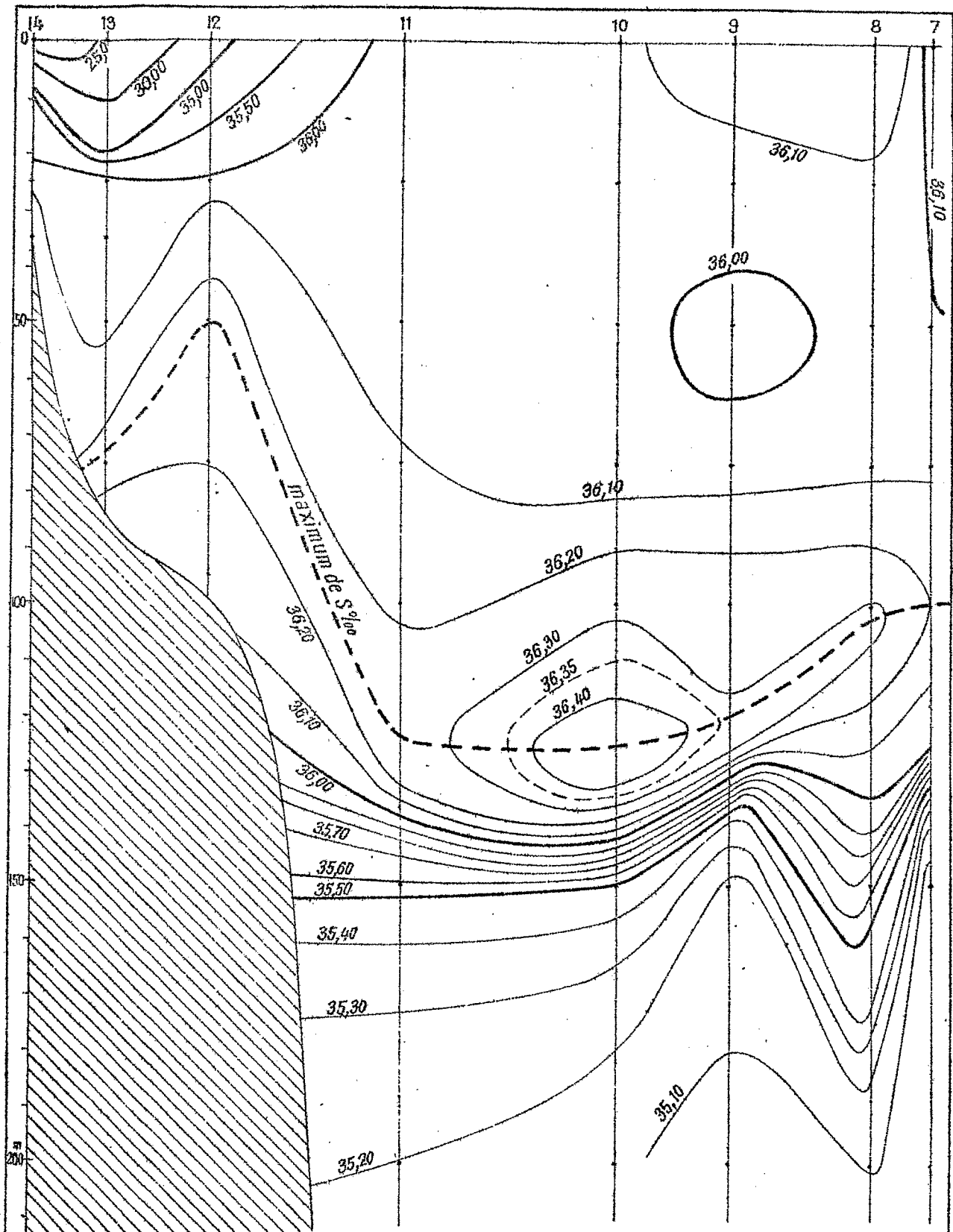


Figure 20. Isohalines dans la coupe verticale stations 7 à 14.

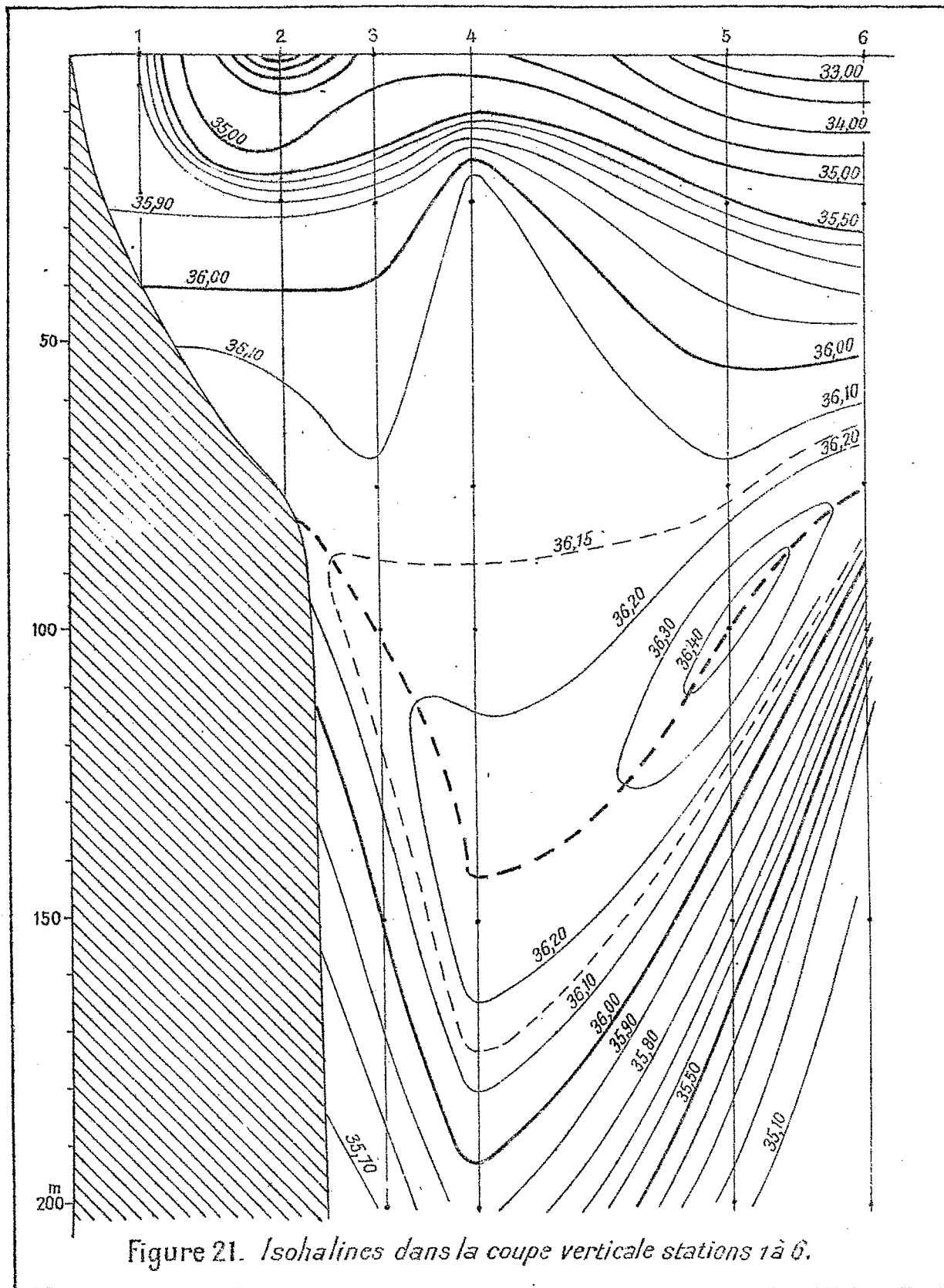


Figure 21. Isohalines dans la coupe verticale stations 1 à 6.

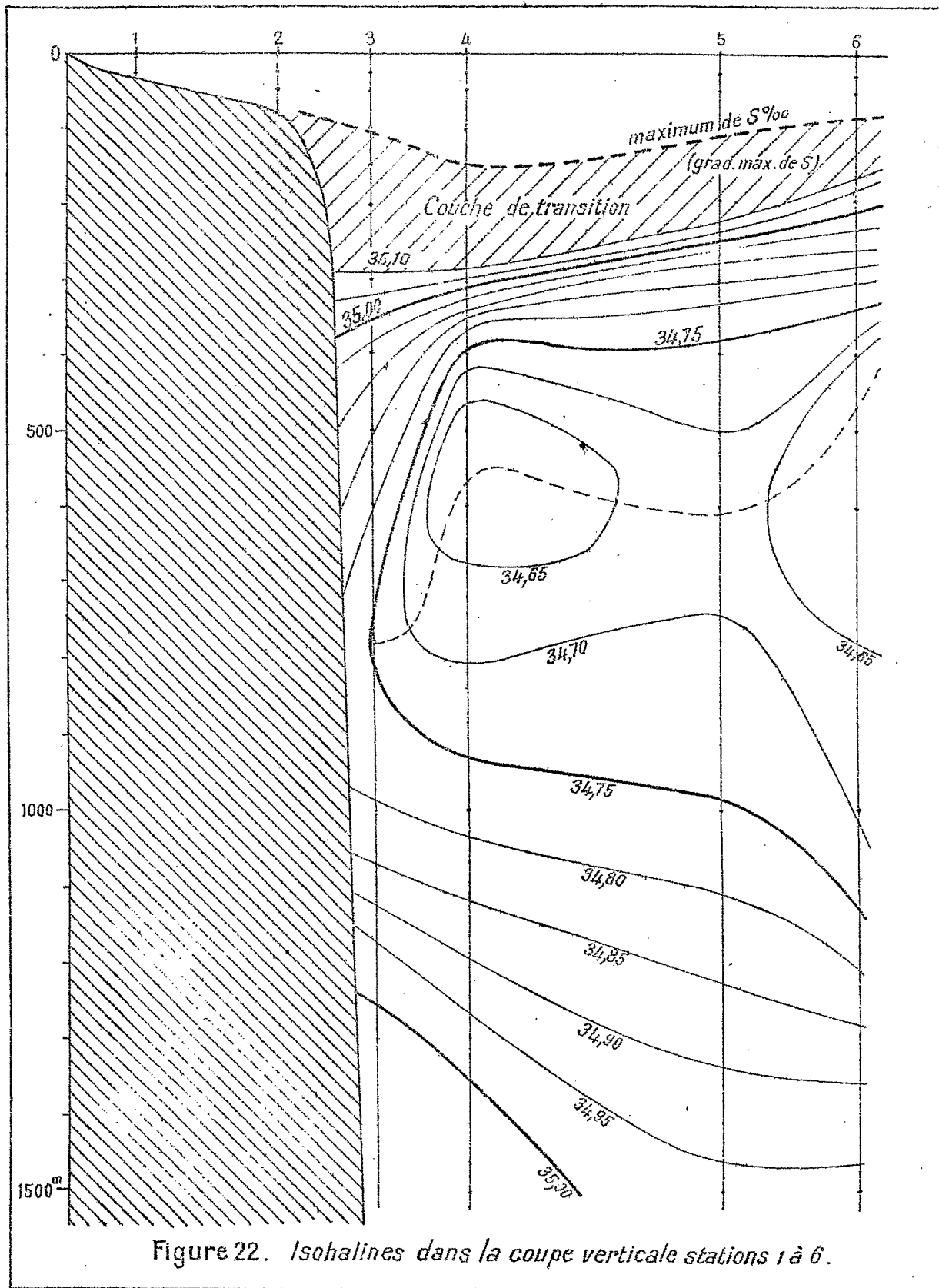


Figure 22. Isohalines dans la coupe verticale stations 1 à 6.

BIBLIOGRAPHIE

SVERDRUP, JOHNSON AND FLEMING. The Oceans.

DEFANT. Die Troposphäre. Deutsche Atlant. Exp. Meteor, 1936.

MONTGOMERY. Circulation in upper layers of southern North Atlantic deduced with use of isentropic analysis. 1938.

MONTGOMERY. Ein Versuch den vertikalen und seitlichen Austausch in der Tiefe der Sprungschicht im äquatorialen Atlantischen Ozean zu bestimmen. 1939.

RESULTATS DES MESURES

effectuées par l'"ORSOM II" dans l'Atlantique équatorial en 1953

Heure TU-4	Profond. m	Température Degrés Cent	Salinité o/oo	σ_t	Heure TU-4	Profond. m	Température Degrés Cent	Salinité o/oo	σ_t
Station N°1 - 30 septembre 1953 5°12'N - 52°09'W Fond à 33 m					Station N°3 - 2 octobre 1953 6°08'N - 51°35'W				
17 00	0	26.87	35.86	23.43	12 00	0	28.15	34.74	22.17
17 50	0	26.77	36.00	23.57	10 00	25	27.73	35.91	23.19
18 45	5	26.85	-	-	09 15	25	27.72	-	-
18 30	25	26.79	35.90	23.49	09 15	50	26.52	36.04	23.67
Station N°2 - 1er et 2 octobre 1953 5°46'N - 51°48'W Fond à 75 m					09 15	75	26.15	36.11	23.84
					10 00	100	26.03	36.18	23.94
17 55	0	27.98	34.07	21.72	(150)	23.27	35.96	24.60	
20 00	0	27.94	34.00	21.69	(200)	18.28	35.69	25.64	
20 30	0	27.90	-	-	(290)	10.60	35.10	26.94	
22 45	0	27.90	33.95	21.66	(300)	10.44	35.08	26.95	
01 15	0	27.70	33.53	21.42	10 00	400	9.38	34.94	27.03
04 30	0	27.64	32.80	20.89	(500)	8.45	34.87	27.12	
04 25	25	27.64	35.79	23.13	(600)	7.64	34.82	27.21	
04 15	50	26.81	36.08	23.61	11 15	775	6.15	34.74	27.35

Heure TU-4	Profond. m	Température Degrés Cent	Salinité o/oo	σ_t	Heure TU-4	Profond. m	Température Degrés Cent	Salinité o/oo	σ_t
Station N°4 - 2 octobre 1953 6°31'N - 51°22'W					Station N°6 - 3 octobre 1953 7°45'N - 50°03'W				
20 45	0	27.82	34.79	22.33	17 35	0	29.39	32.83	20.33
20 15	25	27.35	36.15	23.50	20 20	25	28.25	35.28	22.54
20 15	50	26.95	36.13	23.61		(50)	27.51	35.95	23.28
	(75)	26.45	36.14	23.75	20 20	75	25.09	36.27	24.29
20 15	100	25.68	36.17	24.03		(100)	20.44	35.62	25.14
17 40	145	23.14	36.25	24.87	20 20	150	11.21	35.10	26.84
	(150)	22.65	36.25	25.00		(200)	9.81	34.99	27.00
17 40	195	17.72	35.99	26.11		(300)	8.20	34.80	27.11
	(200)	17.08	35.93	26.23	19 30	400	6.87	34.63	27.17
	(300)	10.44	34.99	26.89		(500)	6.19	34.62	27.25
17 40	390	8.04	34.74	27.09	19 30	600	5.72	34.63	27.33
	(400)	7.85	34.72	27.10	19 30	1000	4.55	34.69	27.49
	(500)	6.38	34.63	27.23	17 35	1500	4.52	34.96	27.72
17 40	580	5.83	34.62	27.31	17 35	1800	3.98	34.97	27.79
	(600)	5.75	34.63	27.32					
19 05	965	4.51	-	-	Station N°7 - 4 octobre 1953 7°04'N - 48°26'W				
	(1000)	4.50	34.78	27.58	12 40	0	28.71	35.97	22.98
19 05	1450	4.45	35.01	27.77	10 25	25	27.37	35.97	23.35
	(1500)	4.30	35.01	27.79		(50)	26.65	36.02	23.62
19 05	1740	3.83	35.01	27.88	10 47	75	25.87	36.08	23.90
Station N°5 - 3 octobre 1953 7°21'N - 50°30'W					10 47	100	24.92	36.20	24.31
08 20	0	28.20	32.63	20.58	10 47	150	10.60	35.05	26.89
08 15	25	27.49	35.55	22.99	11 40	160	10.32	34.99	26.91
08 15	50	26.87	35.97	23.51		(200)	9.64	34.90	26.95
08 30	75	25.87	36.13	23.95	11 40	275	8.95	34.79	26.99
08 30	100	22.23	36.41	25.25		(300)	8.73	34.77	27.00
09 15	150	15.08	35.77	26.57	11 40	400	7.87	34.69	27.06
09 15	200	10.90	35.14	26.92		(500)	7.18	34.64	27.13
	(300)	8.98	34.84	27.04	12 35	600	6.54	34.61	27.20
09 15	400	7.82	34.74	27.13		(800)	5.81	34.62	27.31
	(500)	7.07	34.70	27.20	12 35	900	5.57	34.64	27.34
09 15	600	6.41	34.69	27.27			5.11	34.67	27.42
10 25	1000	5.02	34.76	27.50					
10 25	1500	4.58	34.96	27.71					
10 25	1800	4.08	34.98	27.79					

Heure TU-4	Profond. m	Température Degrés Cent	Salinité o/oo	σ_t	Heure TU-4	Profond. m	Température Degrés Cent	Salinité o/oo	σ_t
Station N°8 - 4 octobre 1953 6°48'N - 48°31'W					Station N°10 - 5 octobre 1953 5°40'N - 48°57'W				
21 30	0	28.00	36.08	23.22	24 00	0	27.22	36.08	23.48
21 05	25	26.86	36.08	23.59	22 00	25	26.90	36.06	23.56
21 05	50	26.89	-	-	22 00	50	26.80	36.06	23.58
21 30	50	26.90	36.09	23.59	22 00	75	26.71	36.07	23.63
21 05	75	25.89	36.08	23.89	22 32	90	25.99	36.20	23.97
20 40	85	25.73	36.17	23.97		(100)	25.50	36.28	24.18
	(100)	25.20	36.32	24.30	22 32	130	23.53	36.44	24.90
20 40	125	22.90	-	-		(150)	15.27	35.52	26.32
	(150)	14.40	35.72	26.67	23 05	160	13.54	35.35	26.57
20 40	170	11.17	35.34	27.03	22 32	180	12.95	35.21	26.59
	(200)	10.16	35.12	27.03		(200)	12.25	35.13	26.66
19 00	300	9.19	34.85	26.99	23 05	225	11.23	35.05	26.79
	(400)	8.46	34.72	27.00	23 35	300	9.15	34.87	27.02
18 05	440	8.17	34.69	27.02		(400)	8.50	34.74	27.02
	(500)	7.65	34.69	27.10	23 35	430	8.32	34.72	27.02
18 05	525	7.33	34.69	27.14		(500)	7.92	34.68	27.05
19 00	550	7.25	-	-	23 35	515	7.86	34.67	27.06
Station N°9 - 5 octobre 1953 6°11'N - 48°47'W					Station N°11 - 6 octobre 1953 4°38',5N - 49°00'W				
09 15	0	27.71	36.17	23.39	16 45	0	27.77	36.06	23.28
12 00	0	28.10	36.06	23.18	18 10	0	27.47	-	-
12 55	0	28.25	-	-	18 07	22	26.83	36.06	23.60
08 25	25	27.01	36.06	23.54		(25)	26.75	36.06	23.61
08 25	50	26.79	35.97	23.54	18 07	45	26.64	36.06	23.65
08 25	75	26.51	36.06	23.69		(50)	26.56	36.06	23.67
12 35	85	25.60	36.18	24.06		(75)	26.03	36.11	23.88
	(100)	24.30	36.23	24.51	17 43	100	25.32	36.18	24.15
12 35	115	23.08	36.28	24.89	17 32	125	24.81	36.26	24.38
10 25	120	22.52	36.33	25.10		(150)	18.00	35.59	25.74
12 35	140	13.29	35.23	26.53	17 32	165	13.88	35.35	26.50
	(150)	12.60	35.18	26.62		(200)	12.30	35.20	26.70
10 25	190	11.31	35.07	26.79	18 07	220	11.81	35.17	26.78
	(200)	11.05	35.05	26.82	16 32	270	10.81	35.10	26.91
	(300)	9.47	34.87	26.96		(300)	10.33	35.03	26.93
10 25	350	8.97	34.81	27.00	16 32	390	9.19	34.85	26.99
11 25	375	8.77	34.83	27.04		(400)	9.11	34.84	27.00
	(400)	8.53	34.78	27.04		(500)	8.13	34.72	27.05
11 25	500	7.91	-	-	16 32	540	7.67	34.67	27.09
	(500)	7.91	34.71	27.08					
11 25	600	7.08	34.65	27.15					

Heure TU-4	Profond. m	Température Degrés Cent	Salinité o/oo	σ_t	Heure TU-4	Profond. m	Température Degrés Cent	Salinité o/oo	σ_t
Station N° 12 - 7 octobre 1953 3°49'N - 49°23'W Fond à 100 m					Station N° 16 - 8 octobre 1953 3°35'N - 48°17'W Fond à 450 m				
04 50	0	27.90	34.76	22.27	09 50	0	27.30	36.02	23.41
05 14	25	27.60	36.02	23.31	13 30	0	27.51	-	-
04 50	50	25.99	36.22	23.98	10 22	22	26.72	36.06	23.63
04 50	75	25.34	36.20	24.17		(25)	26.72	36.06	23.63
04 50	95	24.68	36.18	24.35	10 22	45	26.71	36.06	23.63
						(50)	26.61	36.07	23.65
					10 22	85	25.97	36.17	23.95
					10 50	100	25.29	36.38	24.32
					10 50	130	21.95	36.44	25.34
						(150)	19.40	36.05	25.73
						(200)	14.77	35.37	26.33
10 35	0	28.43	25.68	15.30	10 50	260	12.18	35.17	26.70
10 42	25	26.69	36.08	23.64		(300)	11.00	35.07	26.84
10 42	50	26.01	-	-	11 51	400	8.90	34.85	27.04
11 00	50	25.98	-	-	Station N° 17 - 9 octobre 1953 5°10'N - 48°19'W				
11 15	50	26.01	36.09	23.88	01 55	0	26.90	36.09	23.59
10 42	75	25.72	36.22	24.06	00 16	25	26.70	36.02	23.60
					00 16	50	26.68	-	-
Station N° 14 - 7 octobre 1953 3°08'N - 49°54'W Fond à 39 m					00 35	50	26.66	36.11	23.68
14 30	0	28.70	19.16	10.36		(75)	26.43	36.11	23.75
14 50	10	26.51	35.64	23.38	00 35	100	26.20	36.11	23.83
14 50	25	26.25	-	-	00 55	130	22.50	36.35	25.12
15 10	25	26.20	36.15	23.86		(150)	17.79	35.90	26.03
14 50	35	26.23	36.15	23.86	00 55	175	14.05	35.39	26.50
					01 30	190	13.03	35.32	26.65
						(200)	12.60	(35.29)	(26.71)
					01 30	280	10.99	-	-
					Station N° 18 - 9 octobre 1953 6°12'N - 48°20'W				
Station N° 15 - 7 octobre 1953 3°14'N - 49°10'W Fond à 90 m					10 35	0	27.80	35.55	22.89
23 10	0	27.89	36.06	23.24	08 40	25	27.27	35.91	23.33
23 28	24	27.64	36.22	23.45	08 58	50	26.94	36.08	23.57
23 28	48	26.52	36.09	23.72		(75)	26.56	36.14	23.73
23 28	82	25.07	36.02	24.11					

Heure TU-4	Profond. m	Température Degrés Cent	Salinité o/oo	σ_t	Heure TU-4	Profond. m	Température Degrés Cent	Salinité o/oo	σ_t
08 58	100	25.98	36.11	23.89	05 20	110	15.60	35.50	26.25
09 24	140	19.45	35.99	25.67	06 00	140	12.44	-	-
	(150)	17.00	35.84	26.18		(150)	12.10	35.12	26.68
09 24	185	11.18	35.14	26.88	06 00	185	11.19	35.03	26.78
10 05	200	10.77	35.07	26.88					
09 24	275	9.48	-	-					
	(300)	9.12	34.82	26.98					
10 05	310	9.00	34.79	26.98					
	(400)	7.93	34.67	27.05	14 45	0	29.15	-	-
10 05	420	7.72	34.65	27.06	14 13	25	27.92	35.10	22.84
	(500)	7.00	34.61	27.13	14 13	50	27.29	35.86	23.29
	(600)	6.46	34.61	27.21	15 22	90	23.18	36.24	24.83
	(700)	6.00	34.62	27.28		(100)	22.17	36.19	25.10
11 10	750	5.82	-	-	15 22	135	17.65	35.97	26.13
	(800)	5.50	34.64	27.35		(150)	16.17	35.85	26.38
11 10	950	4.65	34.67	27.47	14 48	185	13.91	35.55	26.65
	(1000)	4.54	34.70	27.51		(200)	13.33	35.47	26.71
11 10	1150	4.52	34.99	27.74	14 48	280	10.72	35.12	26.94
						(300)	10.00	35.05	26.99
					14 48	370	8.05	34.79	27.13
Station N°19 - 10 octobre 1953 5°34'N - 49°50'W					Station N°20 - 10 octobre 1953 5°24'N - 50°31'W				
06 00	0	28.00	34.47	22.02	Station N°21 - 10 octobre 1953 5°12'N - 50°57'W Fond à 80 m				
06 26	25	27.62	35.23	22.71	21 15	0	28.55	26.69	16.03
05 20	30	27.52	-	-	21 00	25	27.45	35.85	23.23
06 35	50	26.79	36.02	23.57		(50)	26.00	-	-
05 20	70	25.20	36.20	24.21	21 10	60	25.25	-	-
	(75)	24.46	36.17	24.41					
	(100)	18.10	35.70	25.80					