

CONTRIBUTION A L'ETUDE DU GOLFE DE GUINEE
HYDROLOGIE ET COURANTS DANS LA REGION
DE L'ILE ANNOBON *

par

Yves GALLARDO

Océanographe-Physicien, Centre ORSTOM, Pointe-Noire (Congo-Brazza)

R é s u m é

L'importance de la pêche thonière autour de l'île Annobon (1°25'S - 5°37'E) a suscité cette étude. Les principales observations d'hydrologie et de plancton ont été réalisées sur quatre radiales N, S, E, W, au début et au milieu de la saison froide et de la saison chaude, en 1965 et 1966. La courantométrie a été effectuée en général au Nord de l'île, sur les fonds de 50 m, aux immersions 4 m, 20 m et 40 m. Les stations hydrologiques concernent une couche de 200 - 300 m approfondie à 600 m lors des deux dernières campagnes de saison chaude. Une station permanente d'observations quasi quotidiennes de la température et de la salinité de surface complète efficacement ce cycle annuel d'observations.

La distribution des caractéristiques hydrologiques est en accord avec les résultats dynamiques directs et indirects ; on met ainsi en évidence des contre-courants en relation avec des convergences et des divergences susceptibles de favoriser la production et le développement d'un macroplancton pouvant entraîner des concentrations de thons.

A b s t r a c t

The importance of the tuna fishery around the Annobon island (1°25'S - 5°37'E) gave rise to this study. The principal observations of hydrology and plankton were made on four transects N, S, E, W at the beginning and in the middle of the cold and of the warm season in 1965-1966. Currentology was made generally in the north of the island at the levels 4 m, 20 m and 40 m ; depth to the bottom was 50 m. The hydrological stations concern a layer, the depth of which is 200 - 300 m for the first and second cruises, and 600 m for the two others cruises during the warm season. A coastal station with daily measurements of surface temperature and salinity completes efficaciously the annual cycle of observations.

The distribution of the hydrological characteristics is in agreement with the direct and indirect dynamical results ; thus we put in evidence countercurrents, directly related to convergences and divergences which are able to give rise to the production and growth of macroplankton favourable to tuna concentrations.

* Manuscrit reçu le 29 avril 1969. Les résultats bruts d'observations sont consignés dans les "Cahiers Océanographiques", XX, 8, pp.711-724 et 9, pp.817-829.

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

I - CONDITIONS HYDROLOGIQUES DE SURFACE

La très faible superficie d'Annobon, moins de 17 km², son éloignement du Continent africain, et l'abrupt de son talus, lui confèrent un rôle privilégié de station océanique proche de l'équateur dans la zone de développement Nord extrême des eaux froides ($< 24^{\circ}\text{C}$).

La figure 1 montre que les parages d'Annobon sont occupés presque toute l'année par des eaux guinéennes, eaux à basse salinité et à haute température définies par BERRIT (1961) avec $t > 24^{\circ}\text{C}$, $S < 35 \text{‰}$. Les eaux froides à haute salinité ($t < 24^{\circ}\text{C}$, $S > 35 \text{‰}$), venues du Sud, n'atteignent Annobon qu'entre juin et août. Par rapport à Pointe-Noire, dont la latitude est proche de 5°S , le déphasage est inférieur à un mois, ce qui représenterait, en supposant le mouvement uniforme, une vitesse moyenne d'un noeud lors de la montée de ces eaux froides. En réalité l'apparition de ces eaux froides en surface est toujours précédée de celle des eaux chaudes tropicales ($t > 24^{\circ}\text{C}$, $S > 35 \text{‰}$) qui, certaines années, les recouvrent entièrement sans qu'elles puissent atteindre la surface (année 1966).

La figure 2 donne les positions moyennes de l'isotherme 24° entre juin et octobre 1965, année où la saison froide fut normale à Pointe-Noire. La position extrême est atteinte pendant la première quinzaine de juillet entre l'île Sao Thomé et l'île Principe ; à partir d'août la circulation est différente, l'isotherme 24° annonce son retrait vers le Sud par des oscillations, c'est du moins ce que suggèrent ses changements d'inclinaison. Dans la première quinzaine de septembre, si la position de l'isotherme 24° a peu varié au large, elle s'est déplacée sur le plateau continental de plus de cinquante milles vers le Sud, ce qui correspondrait à un flux côtier S E de l'ordre d'un demi-noeud.

Annobon connaît deux saisons : une longue saison chaude, d'octobre à mai, où les eaux guinéennes prédominent nettement sur les eaux tropicales, et une saison froide courte, en comparaison de Pointe-Noire, régie par des eaux originaires du front froid d'Angola installé vers 16°S .

II - EVOLUTION DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

II.1. Loin de l'île.

Les stations les plus éloignées sont à environ 25 milles de l'île.

II.1.1. Isothermes

Les coupes sont représentées en projection cylindrique autour de l'île par quelques isothermes caractérisant les deux thermoclines et la tran-

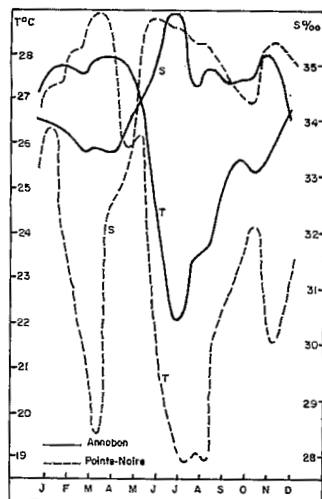


Fig. 1-Evolution en 1965 des températures et salinités à Annobon et à Pointe-Noire

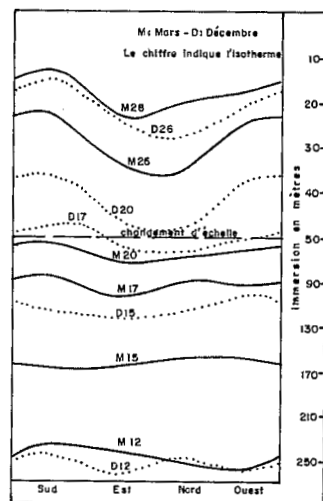


Fig.3-Evolution en saison chaude d'isothermes caractéristiques autour d'Annobon (loin de l'île)

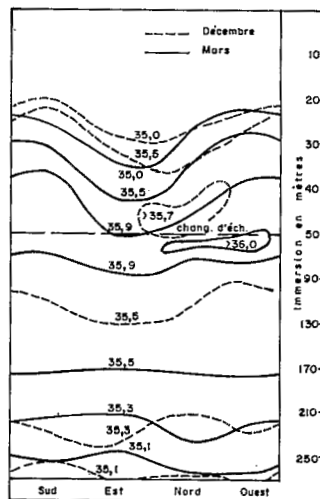


Fig.5-Isohalines en saison chaude (loin de l'île)

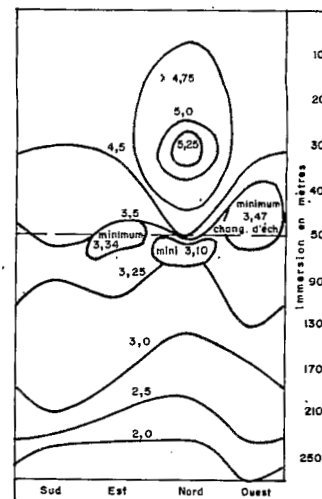


Fig. 7- Oxygène dissous (en ml/l) en début de saison chaude (loin de l'île) décembre 1965

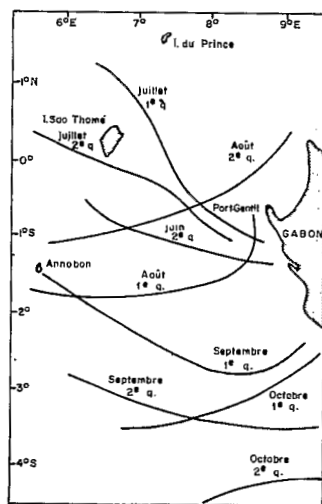


Fig. 2- Allure et position de l'isotherme 24° en 1965

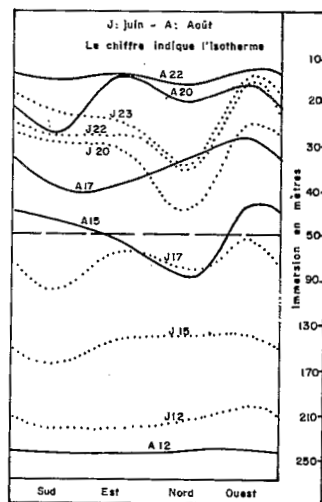


Fig.4- Isothermes en saison froide (loin de l'île)

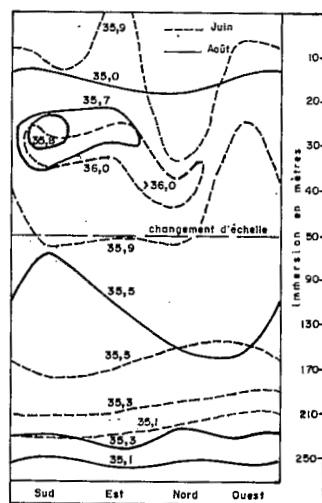


Fig.6-Isohalines en saison froide (loin de l'île)

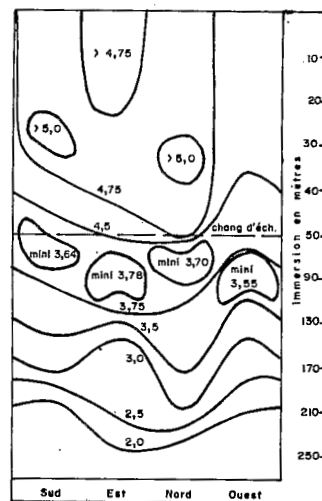


Fig.8- Oxygène dissous en pleine saison chaude (loin de l'île) mars 1966

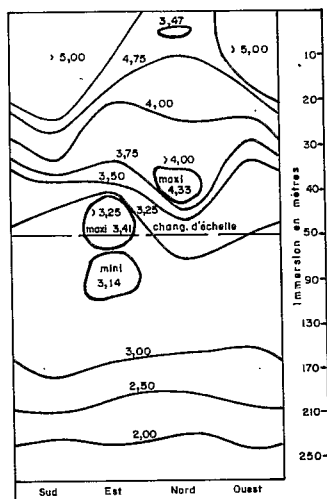


Fig. 9 - Oxygène dissous en pleine saison froide (loin de l'île) août 1965

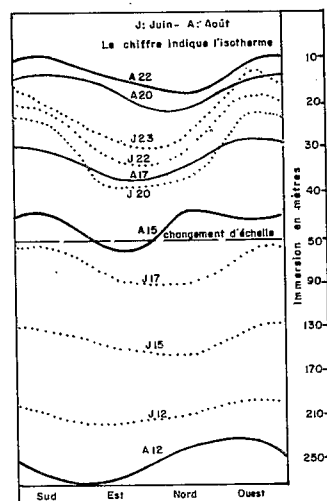


Fig. 11 - Isothermes en saison froide (près de l'île)

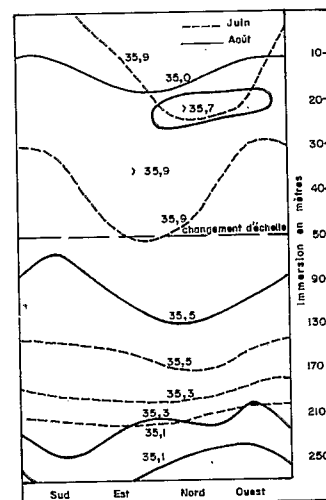


Fig. 13 - Isohalines en saison froide (près de l'île)

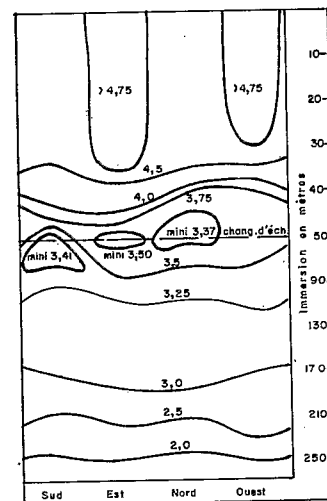


Fig. 15 - Oxygène dissous en début de saison chaude (près de l'île) décembre 1965

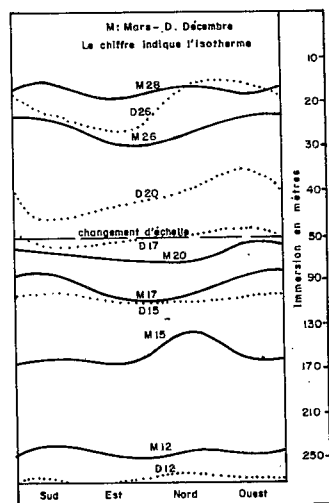


Fig. 10 - Isothermes en saison chaude (près de l'île)

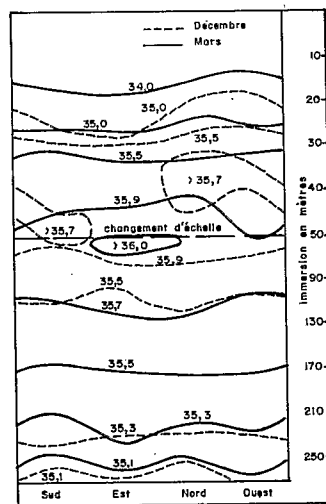


Fig. 12 - Isohalines en saison chaude (près de l'île)

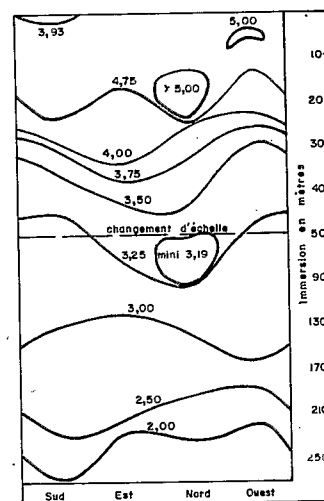


Fig. 14 - Oxygène dissous en pleine saison froide (près de l'île) août 1965

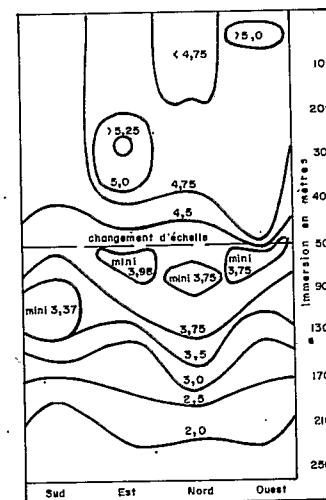


Fig. 16 - Oxygène dissous en saison chaude (près de l'île) mars 1966



Fig. 17-Phosphates inorganiques dissous (près de l'île) décembre 1965

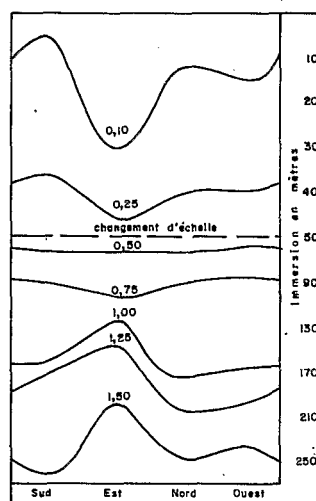


Fig. 18-Phosphates inorganiques dissous (près de l'île) mars 1966

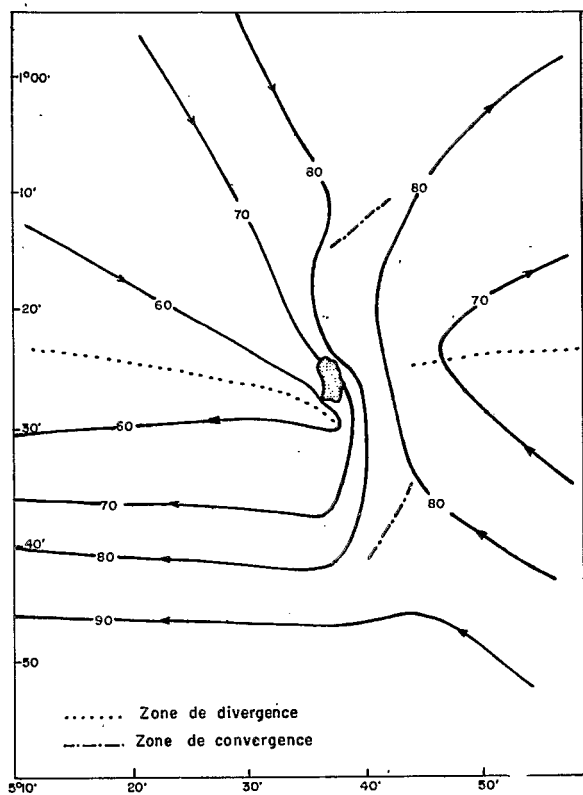
che d'eau intermédiaire (fig. 3 et 4). Dans toute la couche au-dessus de la seconde thermocline, dont l'immersion moyenne est de 230 m, les isothermes se sont enfoncées entre décembre et mars, c'est-à-dire du début au milieu de la grande saison chaude, Pointe-Noire étant pris comme référence. Une situation symétrique se retrouve entre juin et août, en début et milieu de saison froide. On remarque que l'isotherme 17° est plus profonde en juin qu'en décembre, alors que l'isotherme 12° est la moins immergée en juin et la plus immergée en décembre, ce qui laisse prévoir des circulations variées.

II.1.2. Isohalines.

Les maximums de salinité (fig. 5 et 6) dépassent 36 ‰ en mars et en juin, alors qu'ils restent inférieurs à 35,7 et 35,8 ‰ respectivement en décembre et en août ; leur immersion moyenne est de 50 m en saison chaude et de 30 m en saison froide. On constate l'existence d'une tranche d'eau, importante en décembre et surtout en août, dont la salinité est voisine de 35,5 ‰ et la température de 15°C, présentant par là les caractéristiques d'une eau type.

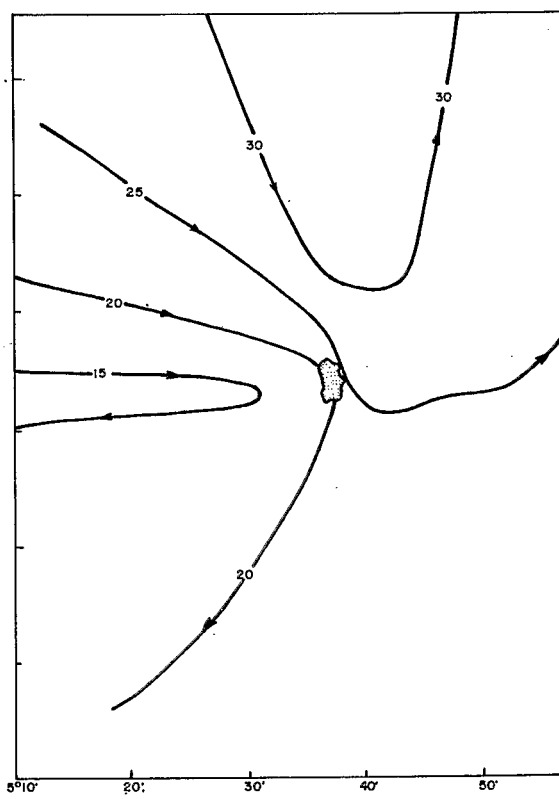
II.1.3. Oxygène dissous.

On voit (fig. 7, 8, 9) que la couche de saturation en oxygène dissous, supérieure à 4,5 ml/l, s'épaissit de la saison froide à la pleine saison chaude où il existe de fortes dissymétries dans les répartitions. En outre, de décembre à mars, la teneur augmente nettement entre les immersions 50 m et 150 m, de 3,2 ml/l à 3,8 ml/l environ.



Jun 1965

Fig.19 - Topographie de la base de la thermocline



Jun 1965

Fig.20- Topographie du sommet de la thermocline

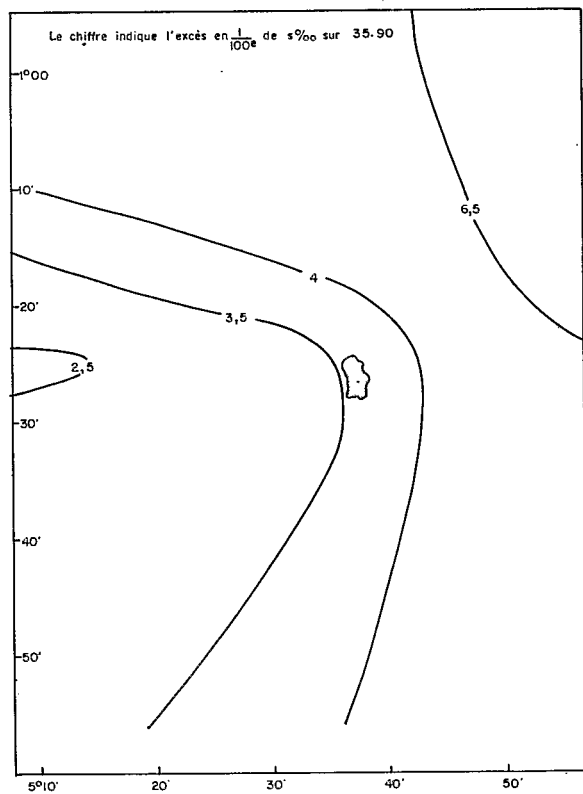


Fig. 21 - Maximum de salinité

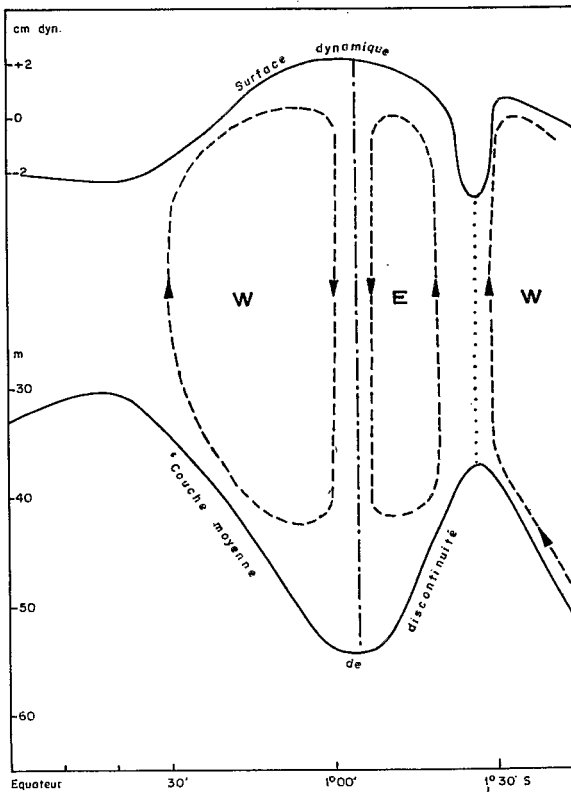


Fig.22 Convergences et divergences

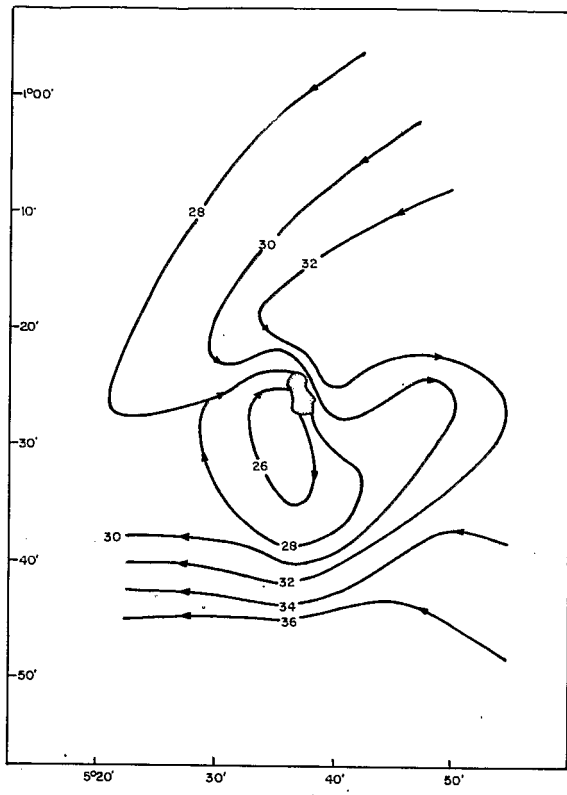


Fig.23-Topographie moyenne de la thermocline
Juillet-Août 1965

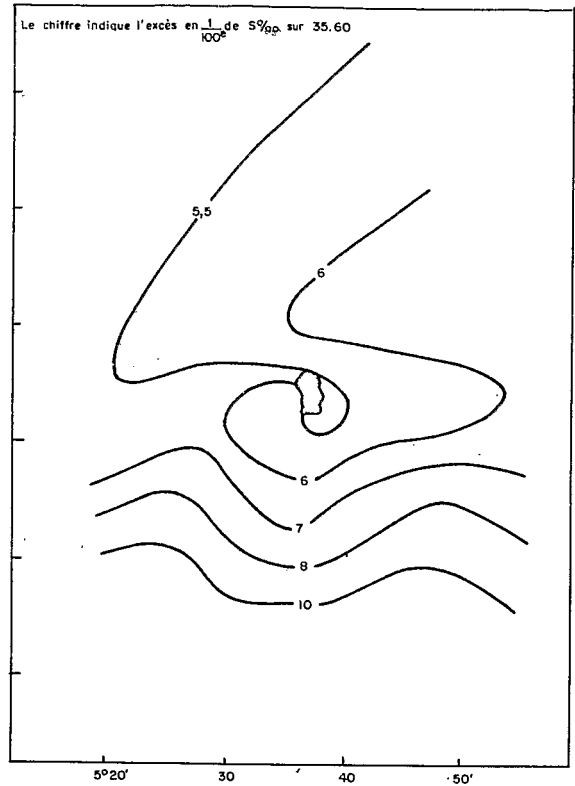


Fig. 24 - Maximum de salinité

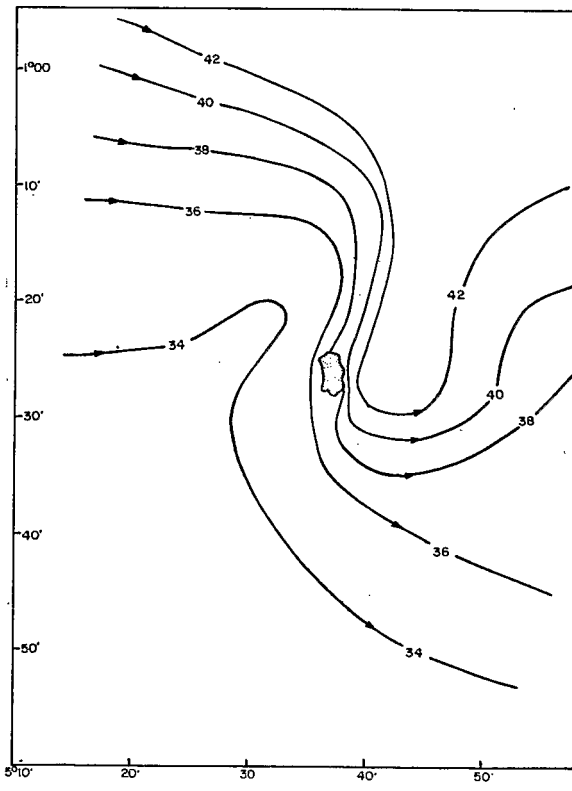


Fig.25 - Topographie moyenne de la thermocline
Décembre 1965

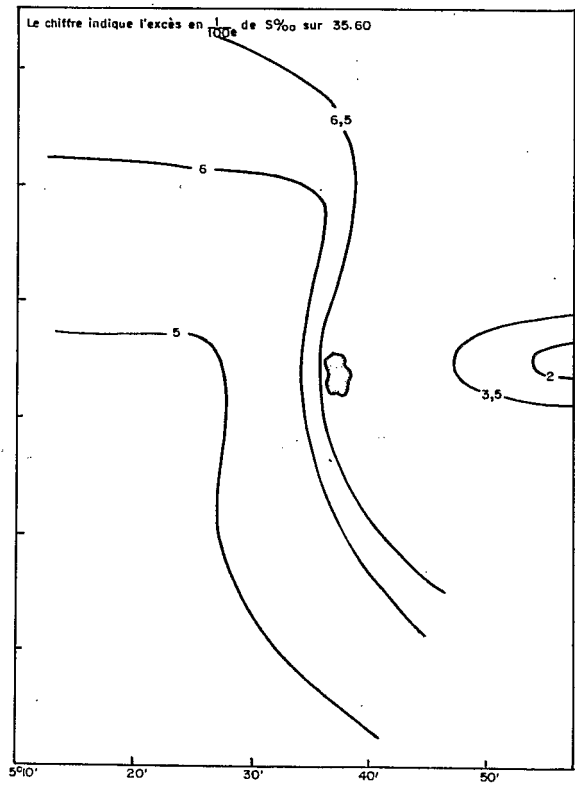
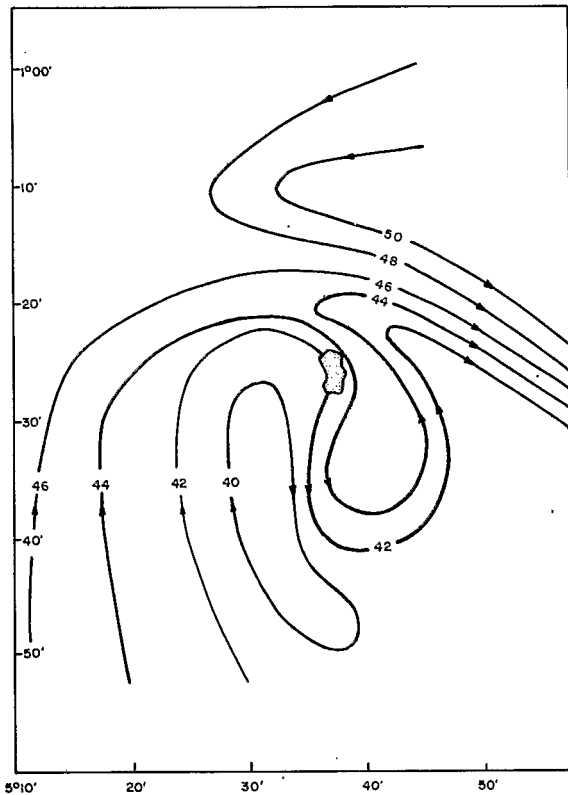


Fig. 26 - Maximum de salinité

Figures 23 à 26



Mars 1966

Fig. 27 - Topographie moyenne de la thermocline

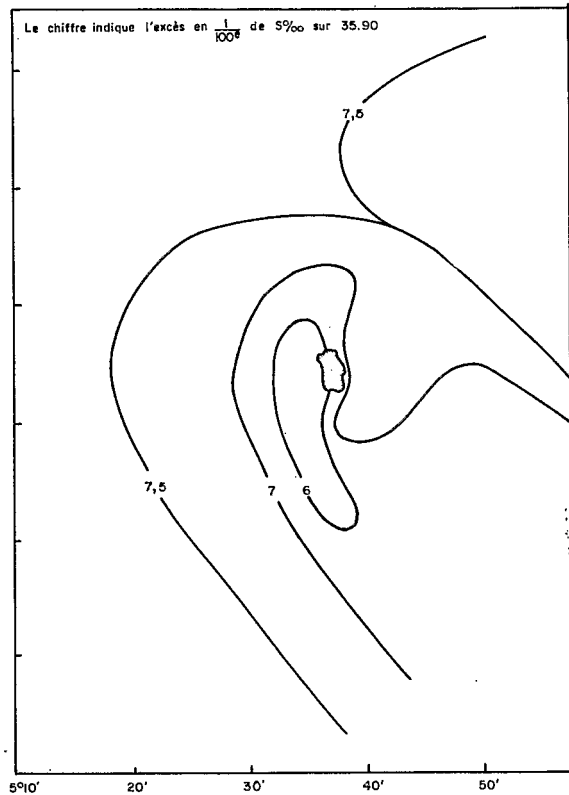


Fig. 28 - Maximum de salinité

II.2. Près de l'île.

II.2.1. Isothermes.

Les mêmes remarques sont à faire que dans II.1.1. avec en outre l'existence d'une dissymétrie caractérisée par une remontée des isothermes à l'Ouest et au Sud de l'île (fig.10 et 11). L'isotherme 15° se trouve à partir de 50 m en août, 100 m en décembre, 130 m en juin et 150 m en mars.

II.2.2. Isohalines.

Les maximums de salinité (fig.12 et 13) dépassent 36 ‰, en mars et 35,9 ‰, en juin ; en décembre et en août les valeurs sont voisines de 35,7 ‰. L'isohaline 35,3 ‰, représentative de la seconde thermocline, s'est enfoncée très sensiblement de 190 m à 230 m entre juin et août, où elle présente alors une grande dissymétrie entre le Sud et l'Ouest.

II.2.3. Oxygène dissous.

Sous la couche de "couverture" saturée, la zone des teneurs comprises entre 3,0 et 3,25 ml/l est très épaisse en août (50 m à 140 m) et en décembre (110 m à 180 m) ; par contre elle n'occupe qu'une dizaine de mètres en mars. Cette zone de mélange correspond approximativement à la tranche à caractère d'eau type mentionnée plus haut (fig.14, 15 et 16).

II.2.4. Phosphate inorganique dissous (fig.17 et 18).

Les prélèvements effectués en décembre et en mars ont été conservés à - 15°C, après addition de chloroforme. La méthode d'analyse est celle décrite par PARSONS et STRICKLAND.

Les teneurs exprimées en $\mu\text{g}/\text{l}$ sont inférieures en mars, où l'on ne trouve pas de teneur supérieure à 0,25 dans les quarante premiers mètres, à celles de décembre, 0,50 en moyenne. La tranche des teneurs comprises entre 1,0 et 1,25 à 60 m d'épaisseur en décembre et seulement 20 m en mars (voir II.2.3.).

III - ETUDE DYNAMIQUE

III.1. Difficultés.

Nous essaierons de dégager des schémas cohérents de la circulation dans la couche de couverture et au sein de la première thermocline. La complexité des courants dans le golfe de Guinée en général et en particulier dans cette zone équatoriale soumise en outre, en saison froide, aux fluctuations d'un front, ne permet d'aborder qu'avec prudence une étude des courants. Dans cet esprit nous avons essayé de recueillir le maximum de mesures directes et d'introduire une méthode de détermination des lignes de courant, libérée des incertitudes des calculs géostrophiques près de l'équateur.

III.2. Processus d'étude des courants.

III.2.1. Théorie dynamique.

Nous utiliserons la topographie moyenne de la couche de discontinuité : dans l'hémisphère Sud la couche de discontinuité s'enfonce à gauche du courant, d'où la circulation au-dessus de cette couche.

III.2.2. Maximum de salinité.

Comme il est situé dans la thermocline, nous faisons l'hypothèse que dans une zone de faible extension, il a tendance à se conserver le long des

lignes de courant, d'où leur détermination. Afin de réduire au mieux les erreurs de localisation et d'évaluation du maximum, nous avons choisi en fait une tranche déterminée par plusieurs points de la thermocline enveloppant le maximum, tranche dont la quantité de sel a été obtenue par intégration graphique.

III.2.3. Courantométrie.

Les immersions observées, 4 m, 20 m et 40 m, correspondent aux couches de "couverture" et de discontinuité. Ces résultats, acquis sur les fonds de 50 m seulement, sont extrapolables au large d'après les études théoriques d'EKMAN vérifiées qualitativement par SVERDRUP : la force de Coriolis étant faible au voisinage de l'équateur, la diminution de profondeur, bien que conduisant à une variation de densité moyenne sur une verticale, n'entraîne pas de déviation du courant.

III.2.4. Déplacements du front de saison froide.

La position de l'isotherme 24° , chaque quinzaine, donne le courant moyen (fig.2).

III.2.5. Convergences et divergences.

Au voisinage de l'équateur, les changements de pente de la couche de discontinuité sur une section N-S, en relation avec des courants et des contre-courants W et E, impliquent l'existence de convergences et de divergences (voir fig.22) que confirmerait leur compatibilité avec la distribution des caractéristiques physico-chimiques.

III.2.6. Upwellings.

D'une façon générale, les vents soufflant de secteur Sud, et Annobon étant orientée sensiblement N-S, des remontées d'eaux doivent se produire à l'Ouest. Il peut arriver aussi que des flux à composante principale Sud provoquent des remontées d'eau sur le plateau Sud dont la pente est la plus faible.

III.3. Résultats.

Il s'agit de comparer et de contrôler sur les figures 19 à 32 ce qui vient d'être dit en III.2.

III.3.1. Juin.

Les figures 20 et 21 mettent en évidence un flux E à l'Ouest de l'île et un flux N à l'Est, corroborant l'évolution de l'isotherme 24° (fig.2) entre la dernière quinzaine de juin et la première de juillet.

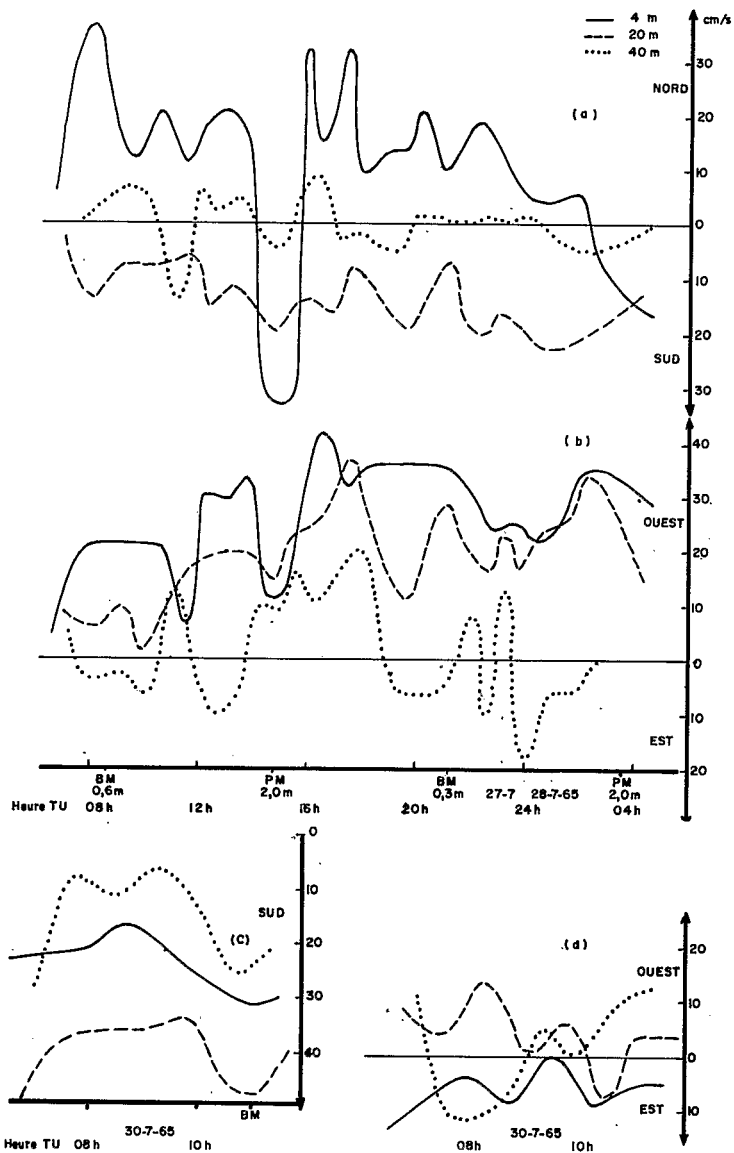


Fig.29- Composantes du courant moyen à 4 m, 20 m et 40 m avant et au passage des eaux dessalées
Figures a,b, sud de l'île; c,d, est de l'île - fonds de 50 m

Figures 29 et 30

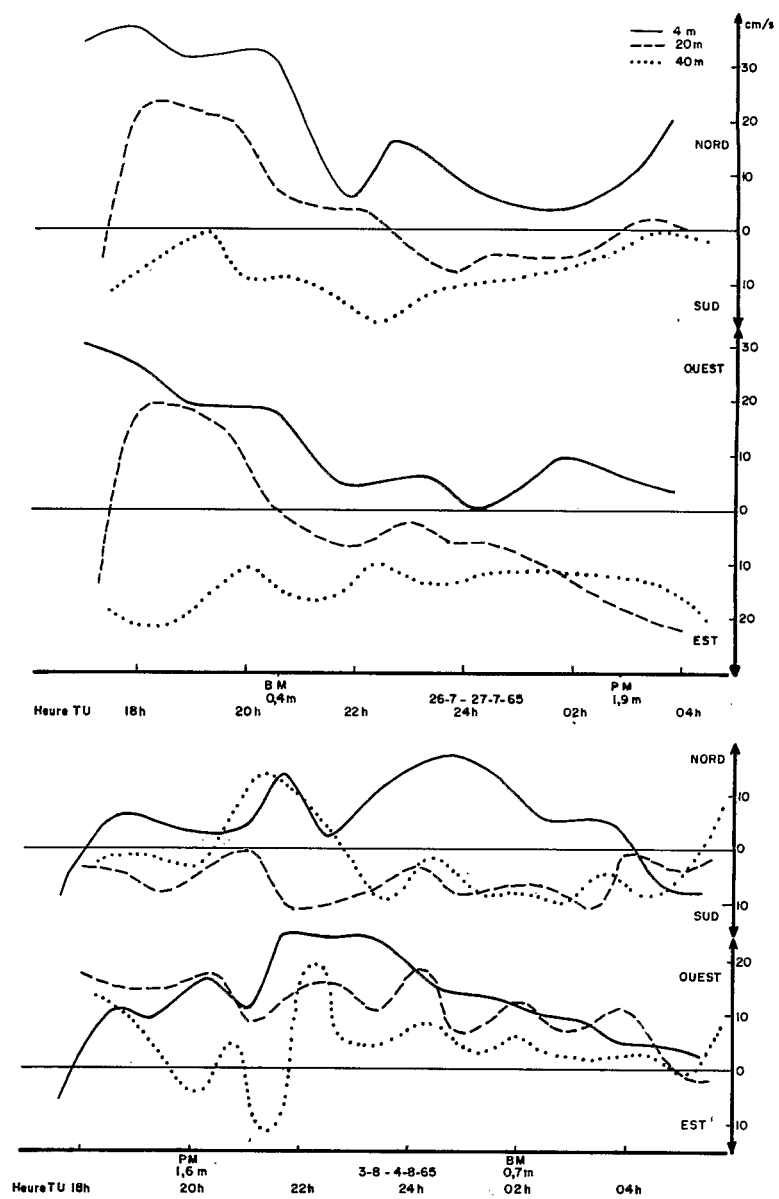


Fig.30- Composantes du courant moyen à 4 m, 20 m et 40 m avant et après le passage des eaux dessalées
Nord de l'île - fonds de 55 m

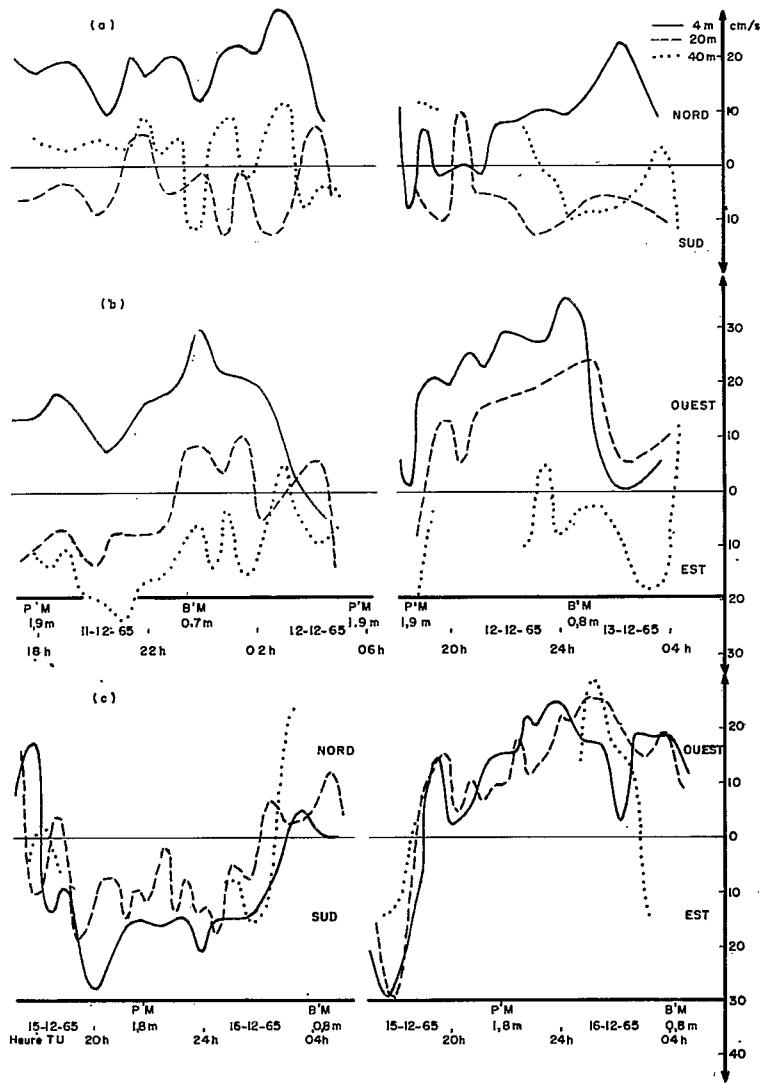


Fig.31 - Composantes du courant moyen à 4m, 20m et 40m avant (a et b) et pendant (c) le passage d'un courant portant au S.W. nord de l'île - fonds de 50 m

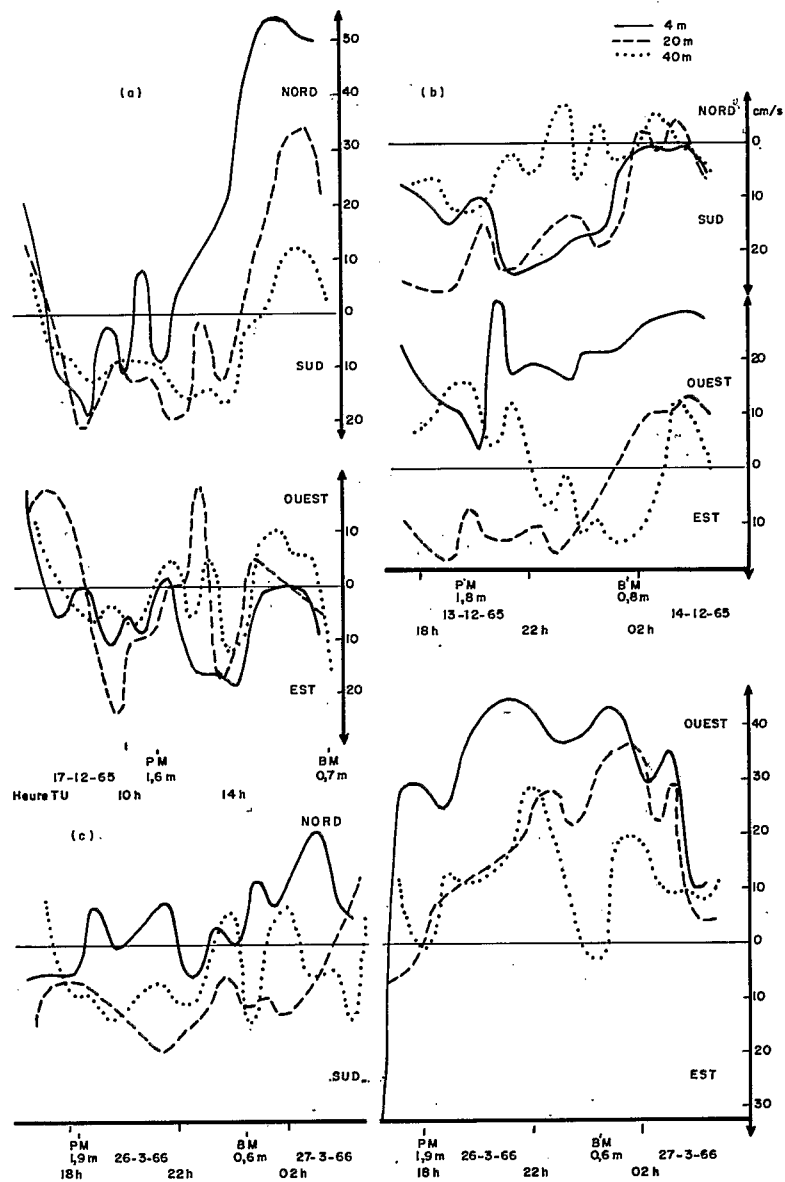


Fig.32 - Composantes du courant moyen à 4m, 20m et 40m Fig.(a) ouest, fig.(b) sud de l'île, décembre 1965 fonds de 50m - fig.(c) nord de l'île, mars 1966 - fonds de 45 m

La figure 22, s'inspirant du schéma théorique de SVERDRUP, implique une zone de convergence au Nord de l'île et de divergence à l'Ouest et à l'Est. Les résultats loin de l'île le confirment (fig.4 et 6). Les remontées d'eau au Nord sont imputables au vent qui a soufflé régulièrement du secteur Sud ; au Sud la remontée est subsuperficielle et semble provoquée par le courant Sud déduit des topographies (fig.19 et 20).

III.3.2. Juillet-août.

On se reportera aux figures 23, 24, 29 et 30. La concordance est bonne entre les circulations déduites de la méthode dynamique et de celle du maximum de salinité. Un troisième flux SW mesuré directement vient interférer avec ceux déjà rencontrés en juin (fig.29 et 30) ; le déplacement Sud de l'isotherme 24° dans l'intervalle est aussi en accord.

Le schéma, figure 22, est encore applicable et les figures 13 et 14 indiquent bien toutes deux une convergence au Nord de l'île et une divergence au Sud, près de l'île, liées au changement de direction E-W du courant. Une divergence au Nord loin de l'île implique l'existence d'un contre-courant E plus au Nord.

III.3.3. Décembre.

L'analogie est moins grande que pour juin et juillet (fig.25 et 26), mais il faut tenir compte que le maximum de salinité donne la circulation à 60 m environ. Un flux E, à l'Ouest de l'île, et un flux à direction prédominante W à l'Est de l'île, se conjuguent près de l'île en une résultante Sud confirmée par la courantométrie (fig. 31,c et 32,a,b) qui indique des flux SW d'eaux à basse salinité issues de la baie de Biafra.

Les figures 12 et 15 font ressortir une convergence à l'Est, près de l'île, compatible avec la bifurcation W-E du courant ; loin de l'île, à l'Est et à l'Ouest, on trouve des divergences (fig.6 et 7), tandis qu'au Nord une belle plongée d'eau déduite des oxygènes (fig.7) impliquerait un courant W en approchant de Sao Thomé.

III.3.4. Mars.

Les figures 27 et 28 offrent une bonne concordance ; trois systèmes de courants convergent dans la région d'Annobon comme en décembre : E, NW et SW. Les quelques mesures près de l'île (fig. 32c) sont en faveur d'un moment principal vers l'Ouest.

Les changements W-E et E-W sont respectivement en relation avec la convergence (fig.5) et la divergence (fig.8). De même les figures 16, 18 et 27 s'accordent à mettre en évidence une convergence à l'Est près de l'île.

III.4. Discussion.

III.4.1. Validité des deux méthodes.

Des résultats précédents il ressort qu'il est possible de s'assurer par "recoupements" de la circulation prépondérante dans la région d'Annobon. La topographie dynamique inculque une bonne idée de la distribution des courants bien que nos calculs géostrophiques en donnent une vitesse très exagérée. L'importance des mouvements verticaux, qu'il est raisonnable de supposer, permet, à partir des oxygènes ou des phosphates dissous, d'imaginer les types de circulation les plus probables ou d'en contrôler la compatibilité. Dans un domaine plus concret, un résultat satisfaisant à ces méthodes de "recoupements" a pu être obtenu, lorsque nous avons mesuré le sous-courant équatorial en décembre 1967, à l'Ouest des îles Annobon et Sao Thomé, en nous inspirant des figures 25 et 26.

III.4.2. Courants dominants.

D'une façon générale, prédominant dans la région d'Annobon, un courant E venant du NW et un courant W issu du Sud. Une troisième circulation, à caractère périodique, formée d'eaux à basse salinité s'écoulant principalement du NE vers le SW, vient fréquemment perturber les deux premières, même en saison froide. La circulation 1 doit être dérivée du sous-courant et du contre-courant équatoriaux ; le système 2, dont la part principale est la dérive due aux vents, est de toute façon lié aux oscillations du front froid d'Angola où par 16°-17°Sud les vents atteignent 30 à 40 noeuds ; quant au troisième type de circulation, dont la période moyenne est de quelques semaines et la durée de quelques jours, sa cause reste problématique, bien qu'il semble synchrone du sous-courant équatorial.

III.4.3. Les deux maximums de salinité.

En mars et en juin on trouve autour d'Annobon une tranche à maximum de salinité voisine de 35,98 ‰ tandis qu'en août et en décembre elle est proche de 35,66 ‰. D'après les figures 21 et 28 le premier maximum viendrait du Sud, soit par les régions côtières d'Angola et du Congo, soit directement avec les oscillations d'eau tropicale océanique. Le second maximum correspond aux valeurs marginales, entre 1° et 2° de latitude, du sous-courant équatorial où il pourrait donc trouver son origine.

IV - CONCLUSION

Les chapitres précédents ont fait ressortir la présence permanente de systèmes de courants opposés dans la région d'Annobon entraînant des dissymétries dans la répartition des caractéristiques physico-chimiques autour de l'île.

Les moyennes des courants mesurés à chaque saison nous portent à considérer, vu leur faiblesse et d'après ce qui précède, la région d'Annobon comme un carrefour où viennent s'annuler des transports importants, ce qui doit permettre à la fois un apport et une accumulation d'éléments nutritifs, et, par suite, de plancton favorable aux concentrations de thons.

BIBLIOGRAPHIE

- BERRIT (G.R.) - 1961 - Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le golfe de Guinée - Observations de surface le long des lignes de navigation. Cahiers Océanographiques, XIII, 10, pp.715-727 - XIV, 9, pp.633-643 - XIV, 10, pp.719-729.
- BERRIT (G.R.), DONGUY (J.R.) - 1964 - La petite saison chaude en 1959 dans la région orientale du golfe de Guinée. Cahiers Océanographiques, XVI, 8, pp.657-672.
- BERRIT (G.R.) - 1965 - Observations océanographiques dans la région de Pointe-Noire - Année 1964. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire, n° 272, 61 p. multigr.
- DEFANT (A.) - 1961 - Physical Oceanography, I. Pergamon Press, 729 p.
- DEUTSCHES HYDROGRAPHISCHES INSTITUT - 1964 - Monatskarten für den Südatlantischen Ozean. Hamburg, 12 p.
- DONGUY (J.R.), HARDIVILLE (J.) - 1964 - Prospection des eaux côtières de l'île d'Annobon. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire, n° 211, 11 p. multigr.
- EQUALANT I, II (Data Report) - 1964 - Washington, D.C. I, 790 p., II, 483 p.
- FUGLISTER (F.C.) - 1960 - Atlantic Ocean Atlas. Woods Hole Oceanographic Institution, Atlas Series, I, 209 p.
- GALLARDO (Y.), REBERT (J.P.) - 1966 - Observations océanographiques dans la région de Pointe-Noire - Année 1965. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire, n° 313, 73 p. multigr.
- GALLARDO (Y.) - 1968 - OM 34 - Sous-courant équatorial. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire, n° 411, 20 p. multigr.
- HARVEY (H.W.) - 1963 - The chemistry and fertility of sea waters, Cambridge at the University Press, 240 p.
- LACOMBE (H.) - 1965 - Cours d'Océanographie physique. Gauthier-Villars, 392 p.

- LE GUEN (J.C.), POINSARD (F.), TROADEC (J.P.) - 1965 - La pêche de l'albacore dans la zone orientale de l'Atlantique intertropical. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire, n° 263, 27 p. multigr.
- LONGHURST (A.R.) - 1962 - A review of the oceanography of the gulf of Guinea. Bulletin de l'I.F.A.N., série A, XXIV, 3, pp.633-663.
- McGILL (D.A.) - 1964 - The distribution of phosphorus and oxygen in the Atlantic Ocean. Progress in Oceanography, vol.2. M. SEARS (ed.) Pergamon Press, pp.127-207.
- PARSONS (T.R.), STRICKLAND (J.D.H.) - 1960 - Manual of sea water analysis. Fisheries Research Board of Canada, OTTAWA, pp.37-53.
- RAYMONT (J.E.G.) - 1963 - Plankton and Productivity in the Oceans. Vol. 18, Pergamon Press, Oxford, 660 p.
- SERVICE HYDROGRAPHIQUE DE LA MARINE -
Annuaire des marées pour l'an 1965 - Tome II, pp.81-83.
Annuaire des marées pour l'an 1966 - Tome II, p. 79.
- SVERDRUP (H.U.), JOHNSON (M.W.), FLEMING (R.H.) - 1942 - The Oceans, their physics, chemistry and general biology. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.Y., 1087 p.

551.465.4