

**OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
OUTRE-MER**

CENTRE DE POINTE-NOIRE

OCEANOGRAPHIE

**Contribution
à l'étude du Golfe de Guinée**

**Hydrologie et courants
dans la région de l'île
Annobon**

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

par

Yves GALLARDO

R E S U M E

A partir d'une description minutieuse des conditions hydrologiques autour d'une île abrupte et minuscule du sud du Golfe de Guinée, de considérations théoriques sur la topographie dynamique et la conservation du maximum de salinité et de mesures directes de courants on arrive à dégager des schémas de circulation cohérents dans une région aux mouvements verticaux importants.

A B S T R A C T

Starting from an accurate description of the hydrological features around an abrupt and small island in the south of the Gulf of Guinea, from theoretical studies of the geostrophic method and of the conservation of the maximum salinity, and finally from direct measures of currents, we manage to bring out a coherent outline of the circulation in an area with large vertical movements.

AVANT-PROPOS

L'importance de la pêche thonière autour de l'île Annobon est à l'origine de cette étude ; la campagne thonière se déroule principalement de juillet à décembre, mais le thon est présent autour d'Annobon toute l'année ; aussi a-t-il paru intéressant d'effectuer un cycle annuel d'observations dans cette région, en début et milieu de saison froide d'une part, de saison chaude d'autre part.

Quatre campagnes océanographiques d'une douzaine de jours chacune, comportant principalement des observations hydrologiques et de courants, et des pêches de plancton sur quatre radiales nord, sud, est, ouest, ont été réalisées en juin, juillet, août, décembre 1965 et mars 1966. Une station permanente sur l'île complète efficacement ces séries d'observations ainsi que quelques stations effectuées ces dernières années dans les parages d'Annobon par le Centre O.R.S.T.O.M. de Pointe-Noire.

Après une description sommaire des conditions climatiques au cours de l'année, réglées sur le déplacement du front intertropical, nous essaierons de dégager l'évolution annuelle des eaux au-dessus de la seconde thermocline qui oscille autour de 250 mètres de profondeur ; puis une étude saisonnière plus détaillée des conditions physico-chimiques (T, S ‰, O₂, PO₄-P), appuyée par des mesures de courants, nous permettra d'établir un schéma de circulation compatible avec la stratification présente.

I. CONDITIONS HYDROLOGIQUES DE SURFACE

1. Climat d'Annobon

Annobon fait partie d'un ensemble volcanique de quatre îles alignées dans la partie orientale du Golfe de Guinée : seule des quatre à être située dans l'hémisphère sud ($1^{\circ}26'S - 5^{\circ}37'E$), elle est aussi la plus éloignée du continent africain, à plus de deux cents nautiques, et de ce fait la moins humide. Elle atteint son maximum de température en période de pluie, et les vents soufflent régulièrement toute l'année des secteurs SE à SW comme à Pointe-Noire.

Sa très faible superficie, moins de 17 km², son altitude relativement basse avec un point culminant à 655 mètres, et l'abrupt du talus insulaire s'ajoutant à l'éloignement du continent lui confèrent un rôle de station océanographique dans le Golfe de Guinée, rôle privilégié puisque, homologue du front intertropical météorologique qui atteint ces îles voisines en des mois différents, la zone frontale des eaux froides, dans son mouvement oscillant vers le nord, ne dépasse guère la latitude du Cap Lopez, c'est-à-dire la région des îles Annobon et Sao Thomé. Aussi, depuis mars 1964, des observations de température et de salinité de surface sont exécutées au nord de l'île pour le Centre O.R.S.T.O.M. de Pointe-Noire.

2. Eaux chaudes dessalées et front de saison froide

La figure 1, représente les variations de ces deux caractéristiques pour Annobon et Pointe-Noire en 1965. Les parages d'Annobon sont occupés la majeure partie de l'année par des eaux guinéennes chaudes dessalées ($S < 35 \text{‰}$, $t > 24^{\circ}$, par définition, BERRIT, 1961).

Les eaux froides et salées d'origine sud ($t < 24^{\circ}$, $S > 35 \text{‰}$) n'atteignent Annobon que pendant les mois de juin à août. Les eaux froides arrivent moins d'un mois après leur passage au large de Pointe-Noire, ce qui représente une vitesse de déplacement de l'ordre du noeud; en 1964 les passages de l'isotherme 24° ont eu lieu respectivement les 17 mai et 5 juin, ce qui impliquerait un courant de 0,9 noeud en supposant qu'il

porte régulièrement au NNW à cette époque de l'année d'après les indications des cartes de courants. Cependant, la situation n'est pas toujours aussi nette et le mois de mai 1965 et 1966 subit des alternances d'eaux chaudes dessalées, d'eaux chaudes relativement salées, et d'eaux chaudes salées devant Pointe-Noire, alors que début juin les eaux froides atteignent déjà Annobon, tout comme l'année précédente.

La figure 2 donnant les positions de l'isotherme 24° de juin à octobre 1965 comparée à la figure 1 permet de donner une explication simple du mécanisme du front : la montée des eaux froides de surface vers le Nord est d'abord plus rapide vers le large ; le fleuve Congo semble être la cause principale de ce ralentissement des eaux à la côte, d'une part en déviant leur trajectoire vers le large, d'autre part en les obligeant à plonger sous son parcours maritime ; par suite l'isotherme 24° prend une direction SSE-NNW pendant les mois de juin et juillet. Le front atteint sa position extrême vers le nord dans la première quinzaine de juillet ce que corrobore les minimums de température enregistrés à Annobon pendant cette période.

Dans la seconde quinzaine de juillet et pendant la première quinzaine d'août un mouvement vers le sud se développe au large, accompagné d'un changement d'inclinaison de l'isotherme 24° ; simultanément on observe à Annobon une nette dessalure des eaux de 1 ‰ environ ainsi qu'un réchauffement ; cependant, des fonds de 1000 m à la côte, l'isotherme prend une direction SW imputable, semble-t-il, à une remontée d'eau froide de toute façon favorisée par la permanence du courant côtier NW.

Pendant la seconde quinzaine d'août la progression vers le Nord reprend, mais plus accentuée à partir des accores ; parallèlement la dessalure des eaux d'Annobon a cessé et leur température tend à se stabiliser.

Dans la première quinzaine de septembre, si la position de l'isotherme 24° a peu changé au large elle a fortement varié à la côte de cent cinquante nautiques vers le sud ce qui correspondrait à un flux côtier SE de l'ordre de 0,4 noeud ; une nouvelle dessalure des eaux d'Annobon confirme cette hypothèse, ainsi qu'une dessalure et un réchauffement très nets devant Pointe-Noire où la petite saison chaude s'établit.

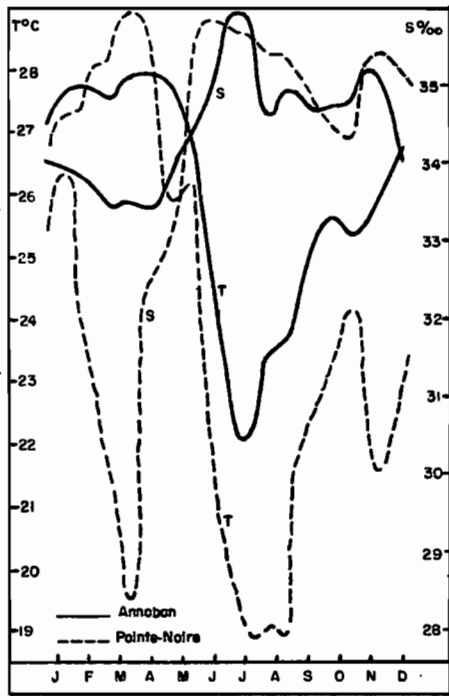


Fig. 1- Evolution en 1965 des températures et salinités à Annobon et à Pointe-Noire

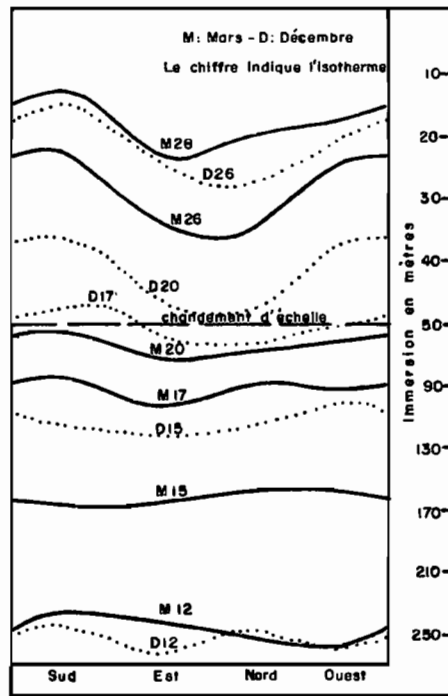


Fig. 3- Evolution en saison chaude d'isothermes caractéristiques autour d'Annobon (loin de l'île)

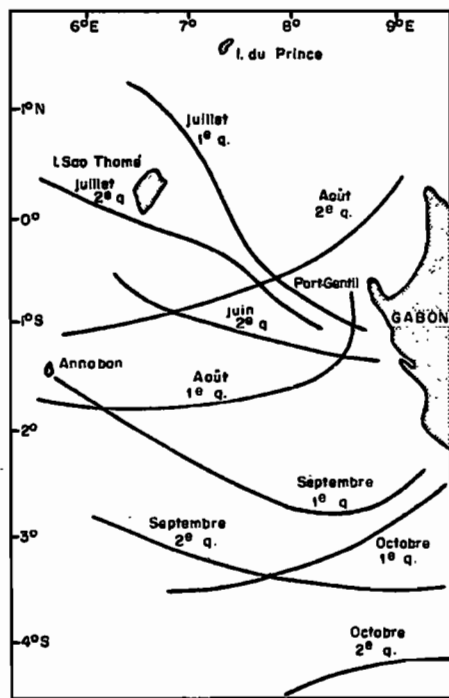


Fig. 2- Allure et position de l'isotherme 24° en 1965

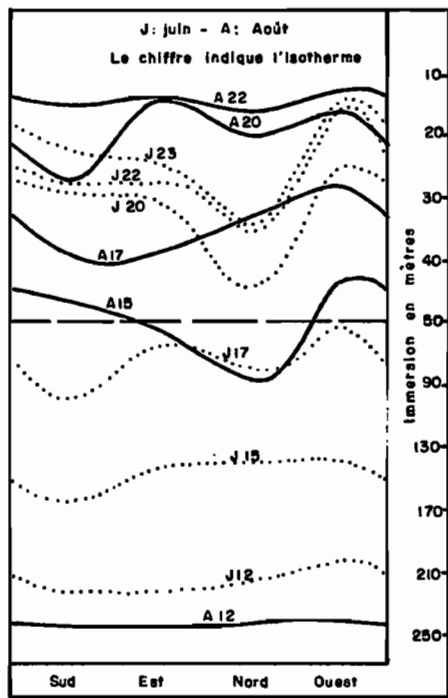
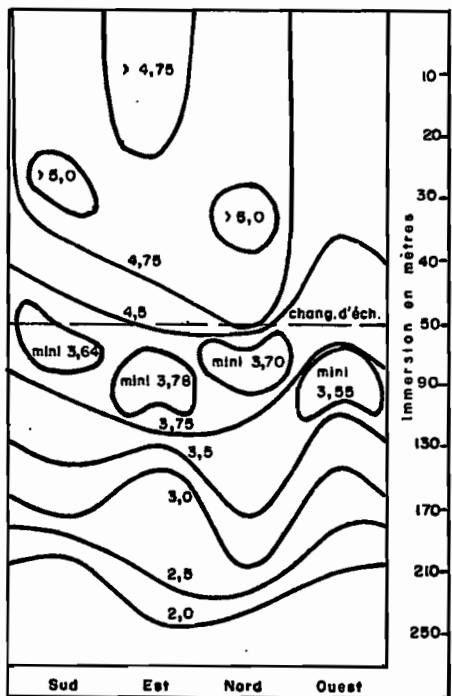
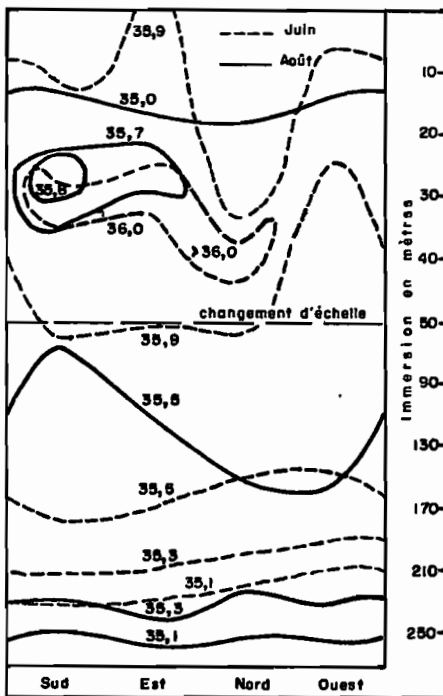
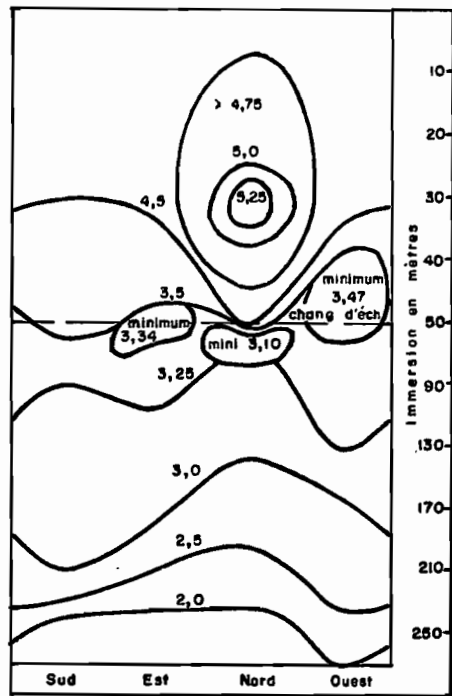
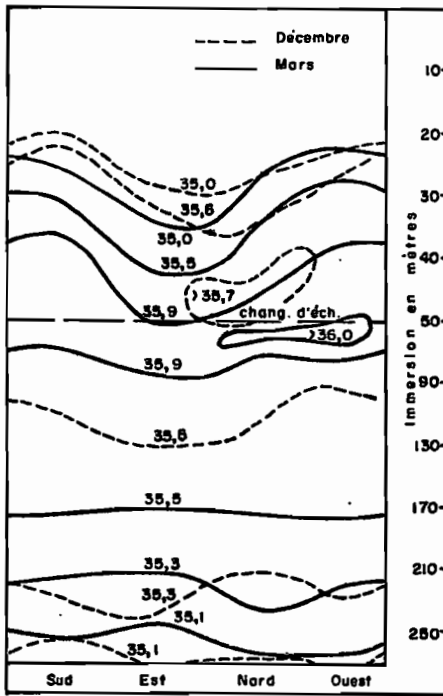


Fig. 4- Isothermes en saison froide (loin de l'île)



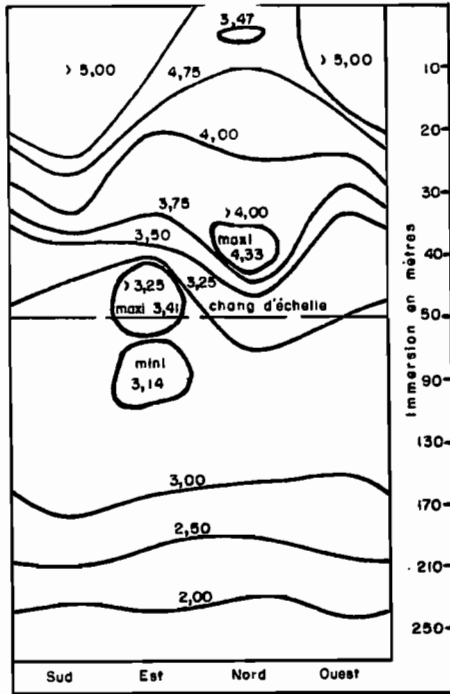


Fig. 9- Oxygène dissous en pleine saison froide (loin de l'île) août 1965

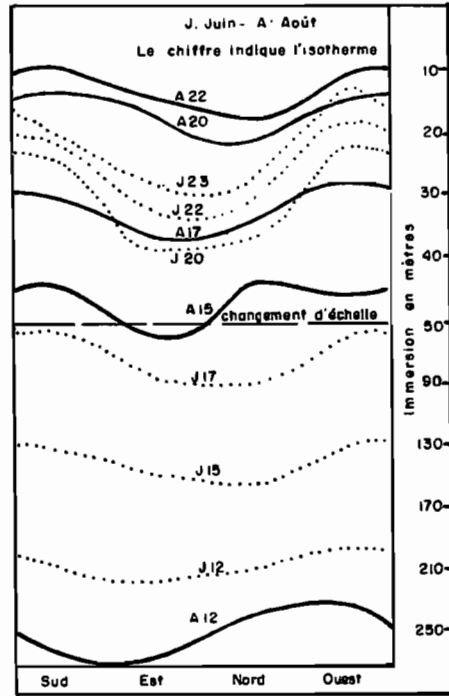


Fig. 11 - Isothermes en saison froide (près de l'île)

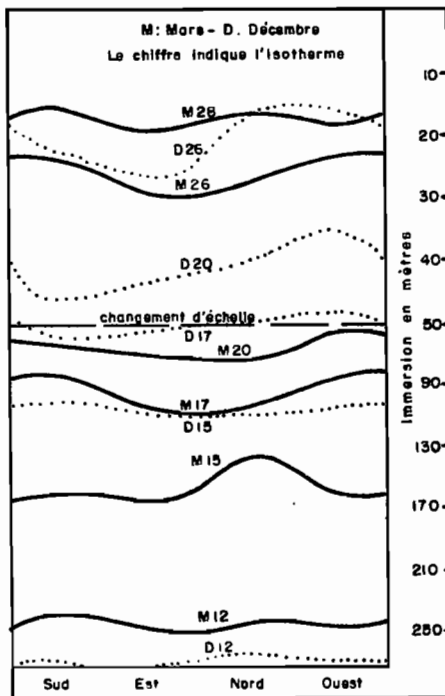


Fig. 10- Isothermes en saison chaude (près de l'île)

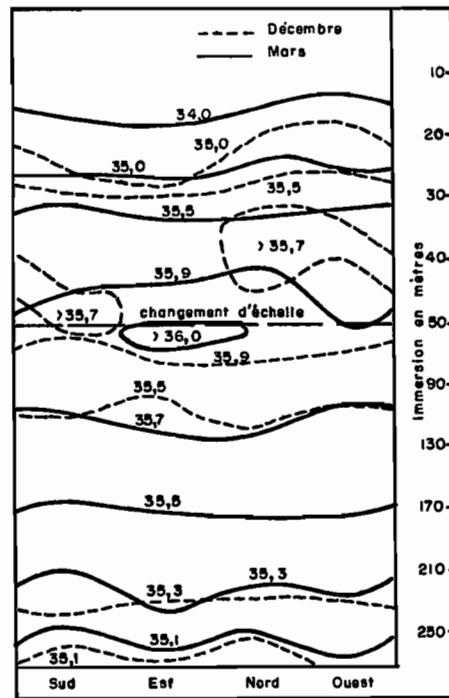


Fig. 12- Isohalines en saison chaude (près de l'île)

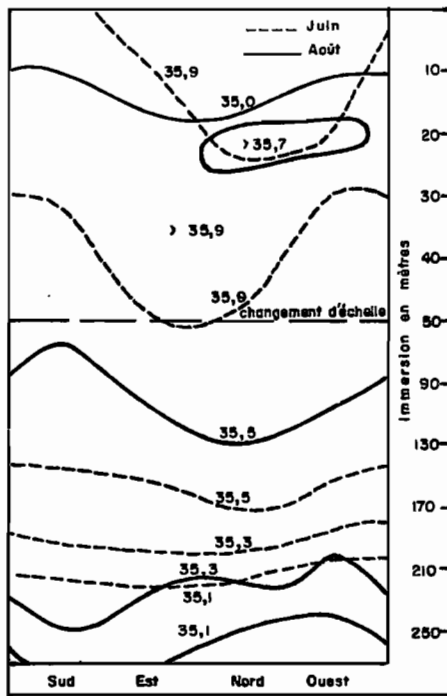


Fig.13- Isohalines en saison froide (près de l'île)

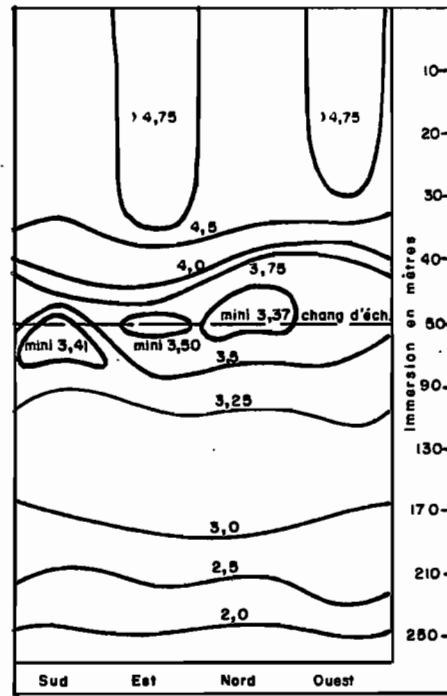


Fig.15- Oxygène dissous en début de saison chaude (près de l'île) décembre 1965

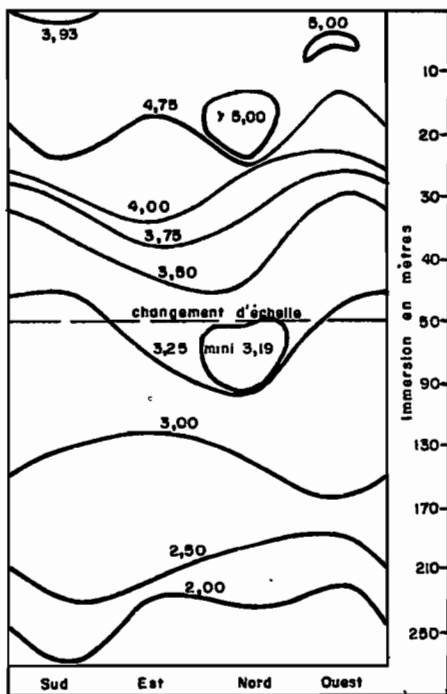


Fig.14- Oxygène dissous en pleine saison froide (près de l'île) août 1965

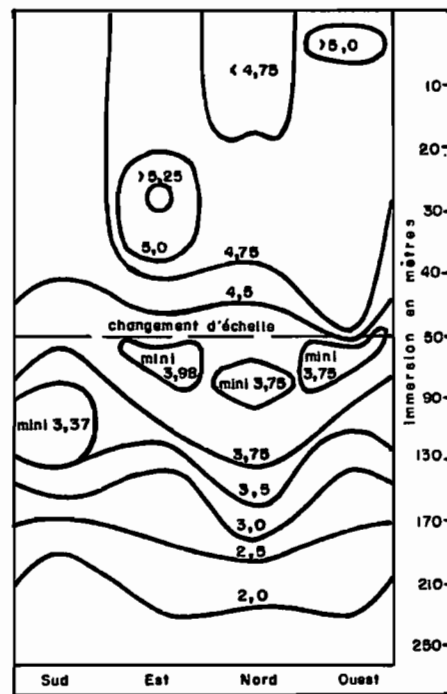


Fig.16- Oxygène dissous en saison chaude (près de l'île) mars 1966

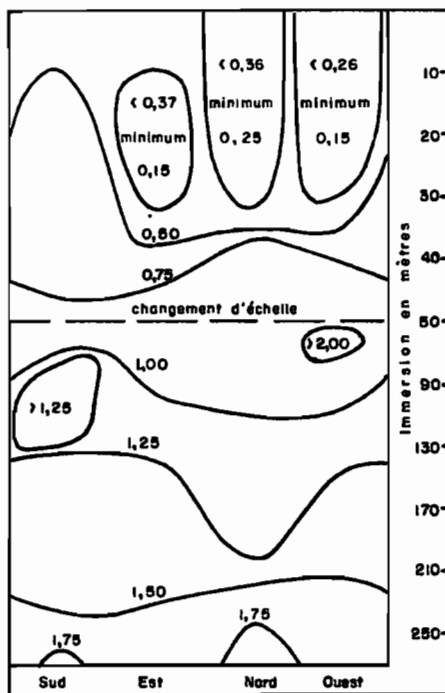


Fig. 17- Phosphates inorganiques dissous (près de l'île) décembre 1965

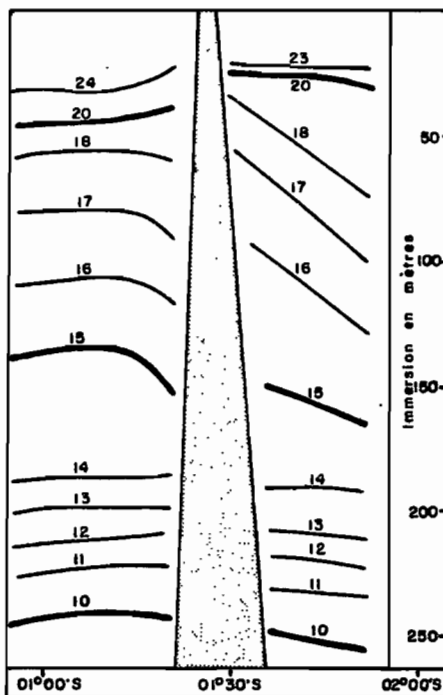


Fig. 19- Isothermes - coupe nord-sud - 15, 18 juin 1965

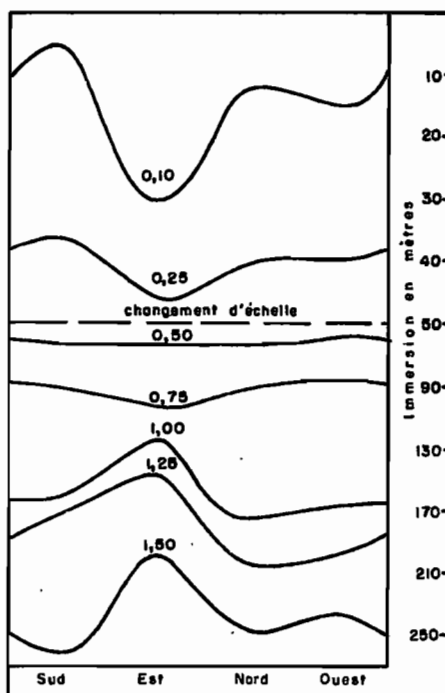


Fig. 18- Phosphates inorganiques dissous (près de l'île) mars 1966

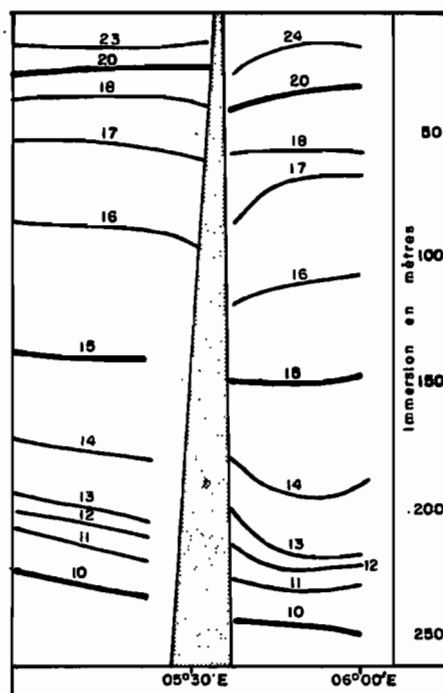


Fig. 20- Isothermes - coupe ouest-est - 16, 17 juin 1965

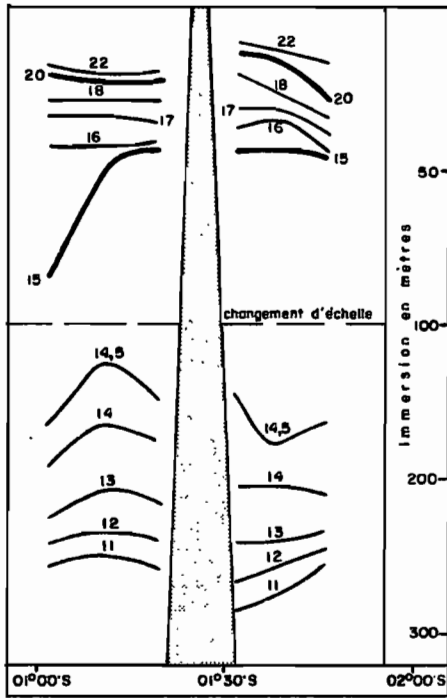


Fig. 21 - Isothermes - coupe nord-sud 31 juil. 1 août 1965

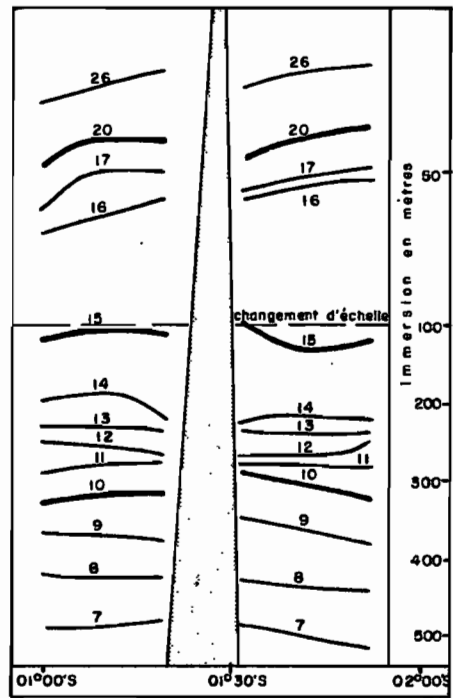


Fig. 23 - Isothermes - coupe nord-sud - 12, 13 déc. 1965

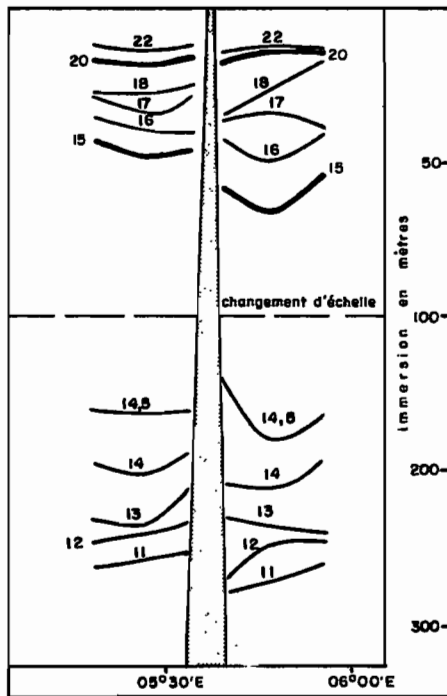


Fig. 22 - Isothermes - coupe ouest-est. 2, 3 août 1965

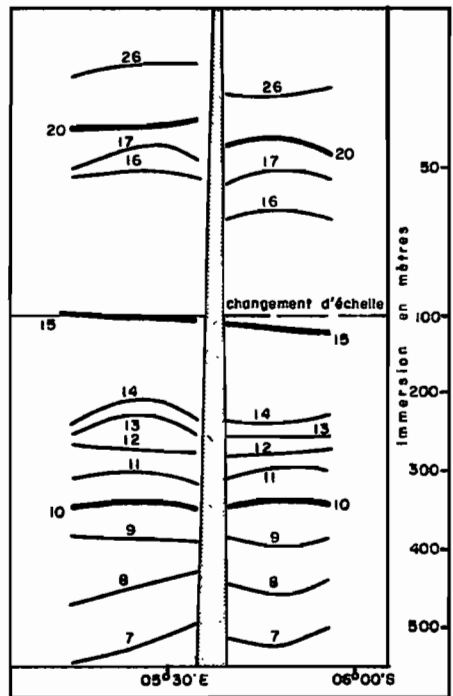


Fig. 24 - Isothermes - coupe ouest-est 14, 15 déc. 1965

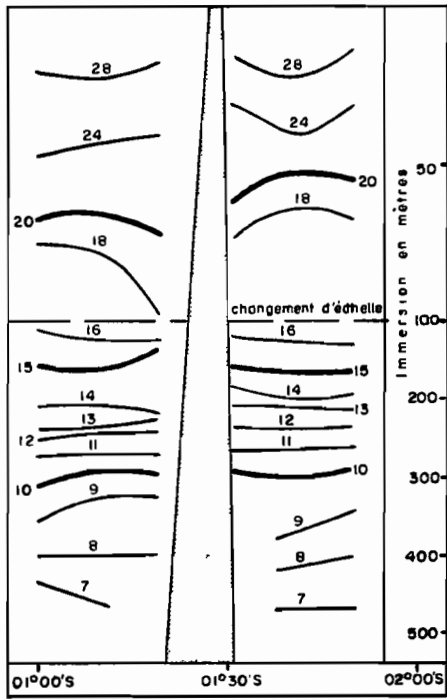


Fig.25- Isothermes - coupe nord-sud . 25,28 mars 1966

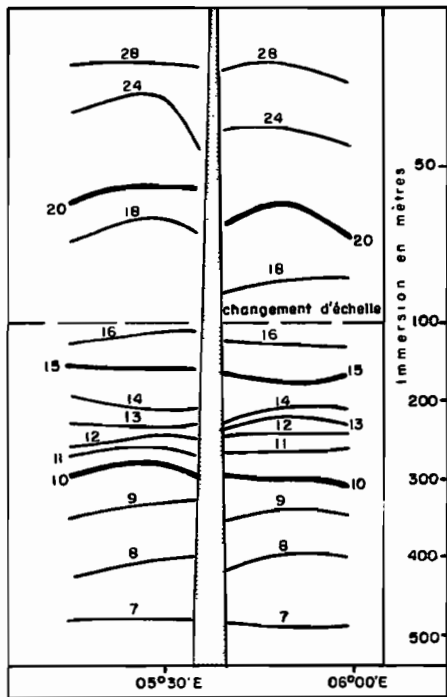


Fig.26- Isothermes - coupe ouest-est . 26,27 mars 1966

De septembre à novembre prend place une période de transition difficile à définir mais qui a plutôt des caractéristiques de saison chaude ($t > 24^\circ$, $S < 35 \text{ ‰}$). Décembre est un mois de grande saison chaude à Annobon et de petite saison froide à Pointe-Noire.

En résumé Annobon connaît deux saisons, l'une longue de plus de six mois, régie par les eaux chaudes dessalées du Golfe, l'autre plus courte, de juin à août, en relation avec le courant froid du Benguela, mais perturbée par des "incursions" d'eau moins froide et dessalée. Le régime marin n'est semblable à celui de Pointe-Noire que pour ces grandes saisons où le front se déplace rapidement, à un noeud en moyenne, et où le déphasage n'est que de 20 jours environ.

II. EVOLUTION ANNUELLE DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

1. Loin de l'île

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

1.1. Isothermes

Les coupes sont représentées en projection cylindrique autour de l'île par quelques isothermes caractérisant les deux thermoclines et la tranche d'eau intermédiaire (fig. 3 et 4 ; tableaux I, II, III, IV).

1.1.1. L'isotherme 26°

En début de saison chaude, au mois de décembre, l'isotherme 26° s'enfonce de 15 m à 28 m du sud au nord de l'île ; en mars, les immersions de 30 m au Nord et à l'Est, de 20 m au Sud et à l'Ouest sont dépassées. Des eaux chaudes ont dû affluer régulièrement durant ces quatre mois du N-E, c'est-à-dire de la Baie de Biafra.

1.1.2. L'isotherme 22°

En début de saison froide l'isotherme 22° a une immersion égale de 25 m au Sud et à l'Est mais une grande dissymétrie existe entre le Nord et l'Ouest où elle s'élève de 35 m à 16 m. Début août elle s'est stabilisée autour de 15 m.

1.1.3. L'isotherme 20°

Sa profondeur moyenne croît beaucoup de 20 m à 65 m entre les pôles de saison froide et chaude bien qu'elle oscille autour de 35 m en décembre et juin ; ceci donne à penser qu'il arrive des eaux froides en décembre à Annobon correspondant à la petite saison froide de Pointe-Noire.

1.1.4. L'isotherme 17°

Plus profonde en juin qu'en décembre, 70 m contre 55 m en moyenne, elle atteint ses positions extrêmes en août à 35 m et en mars à 90 m. Ainsi au dessous de 35 m on trouve une situation de fin de saison chaude en juin et de petite saison froide en décembre.

1.1.5. L'isotherme 15°

Elle caractérise la couche d'eau entre les deux thermoclines, en occupant parfois une centaine de mètres. Son immersion maximale est en mars à plus de 160 m ; en juin elle est encore de 140 m environ tandis qu'en décembre elle est remontée à 120 m et en août autour de 50 m. Nous reviendrons plus loin sur le caractère d'eau-type que peut présenter la tranche correspondant à cette isotherme.

1.1.6. L'isotherme 12°

Elle représente dans les grandes lignes la seconde thermocline ; nous remarquerons qu'elle se situe autour de 240 m en août contre 220 m seulement en juin. C'est en décembre que la profondeur maximale est atteinte, plus de 250 m, tandis qu'en mars elle est légèrement inférieure.

1.1.7. Résumé

L'examen de ces isothermes a montré des différences d'évolution dans le temps allant parfois jusqu'à la contradiction. Ceci laisse prévoir qu'il existe des circulations variées dans la région d'Annobon venant se greffer sur le schéma ordinaire des transports sud et nord d'eaux guinéennes et benguéléennes.

1.2. Isohalines (fig. 5 et 6 ; tableaux V, VI, VII, VIII).

1.2.1. L'isohaline 35 ‰

Nous considérons ici l'isohaline 35 ‰ de la couche supérieure ; elle atteint son immersion maximale, 34 m, en mars à l'Est ; en décembre elle monte à 28 m au Nord et à l'Est. Elle n'existe pas en juin mais se retrouve en août à 15 m par suite d'un afflux d'eaux dessalées.

1.2.2. L'isohaline 36 ‰

Elle correspond au maximum de salinité dans cette région mais on ne l'a trouvée qu'en mars, à plus de 60 m au Nord et à l'Ouest, et en juin, au Nord, jusqu'à 40 m d'immersion.

1.2.3. L'isohaline 35,9 ‰

Elle enveloppe évidemment les maximums de mars et juin sur une épaisseur de 50 m sauf en juin à l'Ouest où la tranche s'amincit à 20 m. Son immersion moyenne est de 25 m en juin et de 60 m en mars.

1.2.4. L'isohaline 35,7 ‰

Elle est voisine du maximum de décembre entre 40 et 50 m au Nord ; en août elle se situe entre 20 et 30 m au Sud et à l'Est, dans la zone du maximum.

Nous considérons maintenant les isohalines situées sous le maximum de salinité.

1.2.5. L'isohaline 35,5 ‰

C'est au mois de mars qu'elle est la plus profonde, régulièrement autour de 175 m ; elle s'élève en juin au Nord et à l'Ouest à 150 m ; en août elle occupe de pair avec l'isotherme 15° la presque totalité de l'eau "inter-thermoclines" qui tend à devenir une eau type. En décembre elle atteint de nouveau une épaisseur d'eau d'une quarantaine de mètres entre les thermoclines.

1.2.6. L'isohaline 35,3 ‰

En juin elle est la moins immergée autour de 195 m ; en août elle s'enfonce à plus de 230 m confirmant l'évolution nette déjà indiquée dans 1.1.6. En décembre et mars la position oscille sensiblement autour de 220 m mais de façon opposée.

1.2.7. L'isohaline 35,1 ‰

Elle suit les variations de l'isohaline 35,3 ‰ d'une façon générale mais elle s'en écarte plus en décembre et moins en août vers le NW ou le SE.

1.2.8. Résumé

Les isohalines loin de l'île montrent aussi de fortes variations dans le temps et dans l'espace ; les maximums de salinité différents, notamment, confirment 1.1.7.

1.3. Oxygène dissous (fig. n° 7, 8 et 9, tableaux IX, X, XI).

Les teneurs supérieures à 4,5 ml/l n'occupent que les vingt premiers mètres en août tandis qu'elles atteignent déjà 50 m en décembre au Nord et les dépassent en mars au Nord et à l'Est. En août, au dessous de 100 m, les valeurs se répartissent assez régulièrement autour de l'île, 3,0 ml/l vers 160 m, 2,5 ml/l à 200 m, et 2,0 ml/l à 240 m, tandis qu'en décembre et en mars il y a de fortes dissymétries dans les répartitions : on remarquera par exemple en décembre à l'Ouest un enfoncement de 30 m des isolignes 2,0 et 2,5 ml/l.

D'autre part de décembre à mars il y a une nette augmentation de la teneur entre 50 et 150 m de 3,25 ml/l à 3,8 ml/l en moyenne.

2. Près de l'île

2.1. Isothermes

Elles sont représentées par les figures 10 et 12 (voir aussi tableaux I, II, III, IV).

2.1.1. L'isotherme 26°

Elle s'est enfoncée de huit mètres en moyenne entre décembre et mars, et son immersion est toujours plus faible à l'Ouest et au Sud de l'île.

2.1.2. L'isotherme 22°

Elle s'est bien rapprochée de la surface de juin à août, d'une quinzaine de mètres mais est plus immergée à l'Est et au Nord, comme dans 2.1.1.

2.1.3. L'isotherme 20°

En juin et août elle évolue parallèlement à l'isotherme 22°, en décembre elle oscille autour de 40 m pour s'enfoncer à plus de 60 m en mars.

2.1.4. L'isotherme 17°

Elle est plus profonde en juin qu'en décembre (même remarque dans 1.1.4), et atteint ses positions extrêmes en août, plus de 30 m, et en mars, plus de 90 m.

Pour 2.1.3 et 2.1.4 la même dissymétrie qu'en 2.1.1 et 2.1.2 existe sauf décembre où elle est plus prononcée entre le Sud et l'Ouest de l'île.

2.1.5. L'isotherme 15°

Elle occupe une grande épaisseur d'eau en août où on la trouve à partir de 50 m et en décembre à partir de 100 m (voir 1.1.5). En mars elle dépasse en général 150 m et en juin 130 m. Ces variations très fortes d'amplitude, entre juin et août notamment, laissent présumer des mouvements verticaux et horizontaux importants entre les thermoclines.

2.1.6. L'isotherme 12°

Elle est la moins immergée en juin, 200 m, et la plus profonde en décembre, 270 m ; elle présente une forte dissymétrie SE-NW en août en montant de 270 m à 230 m.

2.1.7. Résumé

Les mêmes remarques sont à faire que dans 1.1.7 avec en outre l'existence d'une dissymétrie caractérisée par une remontée des isothermes à l'Ouest et au Sud.

2.2. Isohalines

Elles sont représentées par les figures 12 et 13 et les tableaux V, VI, VII, VIII.

2.2.1. L'isohaline 35 ‰

Elle est un peu plus profonde en mars qu'en décembre où elle atteint sa plus grande immersion 28 m, à l'Est. Elle reparait en août entre 10 et 20 m.

2.2.2. L'isohaline 36 ‰

Elle n'a été trouvée qu'en mars à l'Est et au Nord vers 60 m.

2.2.3. L'isohaline 35,9 ‰

Représentant la zone du maximum de salinité en mars et juin elle prend le plus d'ampleur à l'Est.

2.2.4. L'isohaline 35,7 ‰

Elle enveloppe le maximum de salinité de décembre et août. Elle semble disparaître à l'est de l'île en décembre et au Sud en août.

2.2.5. L'isohaline 35,5 ‰

Elle correspond en gros à l'isotherme 15° sous le maximum de salinité ; en décembre et en août elle occupe une couche importante autour de 100 m (voir 1.2.5). En mars elle plonge jusqu'à 170 m et elle oscille encore autour de 150 m en juin.

2.2.6. L'isohaline 35,3 ‰.

Elle s'est enfoncée très sensiblement entre juin 190 m, et août, 230 m, où elle présente une grande dissymétrie entre les côtes sud et ouest.

En décembre elle s'étend régulièrement au voisinage de 230 m et en mars elle oscille sensiblement autour d'immersions supérieures à 210 m.

2.2.7. L'isohaline 35,1 ‰.

En juin elle est assez régulière autour de 210 m mais en août, en passant des côtés sud et est au Nord et à l'Ouest, elle grimpe de 275 m à 245 m ; en mars et décembre, où elle est légèrement plus profonde, elle a une allure de sinusofide entre 250 et 270 m.

2.2.8. Résumé

Les maximums de salinité différents, les fortes variations d'amplitude et les immersions irrégulières trouvées près de l'île doivent correspondre à des circulations d'origine différente.

2.3. Oxygène dissous (fig. 14, 15, 16 ; tableaux IX, X, XI).

Les plus fortes teneurs ont été mesurées en saison chaude, en mars, où l'isoligne 4,5 ml/l évolue autour de 45 m contre 25 m seulement en saison froide, en août ; en décembre sa position est intermédiaire. L'isoligne 3,5 subit des variations plus accentuées, 35 m en août, 70 m en décembre, 130 m en mars, tandis qu'à partir de 3,0 ml/l la situation se modifie, les plus fortes teneurs se trouvant en décembre 3,0 ml/l à 170 m et 2,0 ml/l à 250 m contre 240 m environ en août et 220 m seulement en mars.

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. Elle correspond approximativement à la tranche à caractère d'eau type déjà mentionnée dans 2.1.5. et 2.2.5.

2.4. Phosphates inorganiques dissous

2.4.1. Technique

Des mesures de phosphates dissous ont été effectuées en décembre et mars pour les stations à toucher l'île. Les prélèvements ont été conservés, après addition de chloroforme, à -15°C environ. Des échantillons en double, les uns filtrés sur filtre Millipore HA 0,45 μ , les autres non filtrés, n'ont pas donné de différence significative. La méthode d'analyse employée est celle décrite par PARSONS et STRICKLAND (voir bibliographie).

2.4.2. Résultats (fig. 17 et 18)

Les teneurs exprimées en μ gat/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 1,00 et 1,25 μ gat/l a 60 mètres d'épaisseur en décembre contre une vingtaine de mètres seulement en mars (voir 2.1.5, 2.2.5 et 2.3).

III. ETUDE DES COURANTS

1. Difficultés

Ce chapitre a pour but 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 dans cette région subissant en outre les fluctuations du front ne permet d'aborder une étude des courants qu'avec prudence. Dans cet esprit nous avons essayé d'une part de recueillir le maximum de mesures directes au cours des mois de juillet-août et décembre et d'introduire d'autre part une méthode de détermination des lignes de courant, libérée des incertitudes imposées à la méthode dynamique par la proximité de l'équateur et permettant de la compléter efficacement.

2. Processus d'étude des courants

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.

2.2. Maximum de salinité

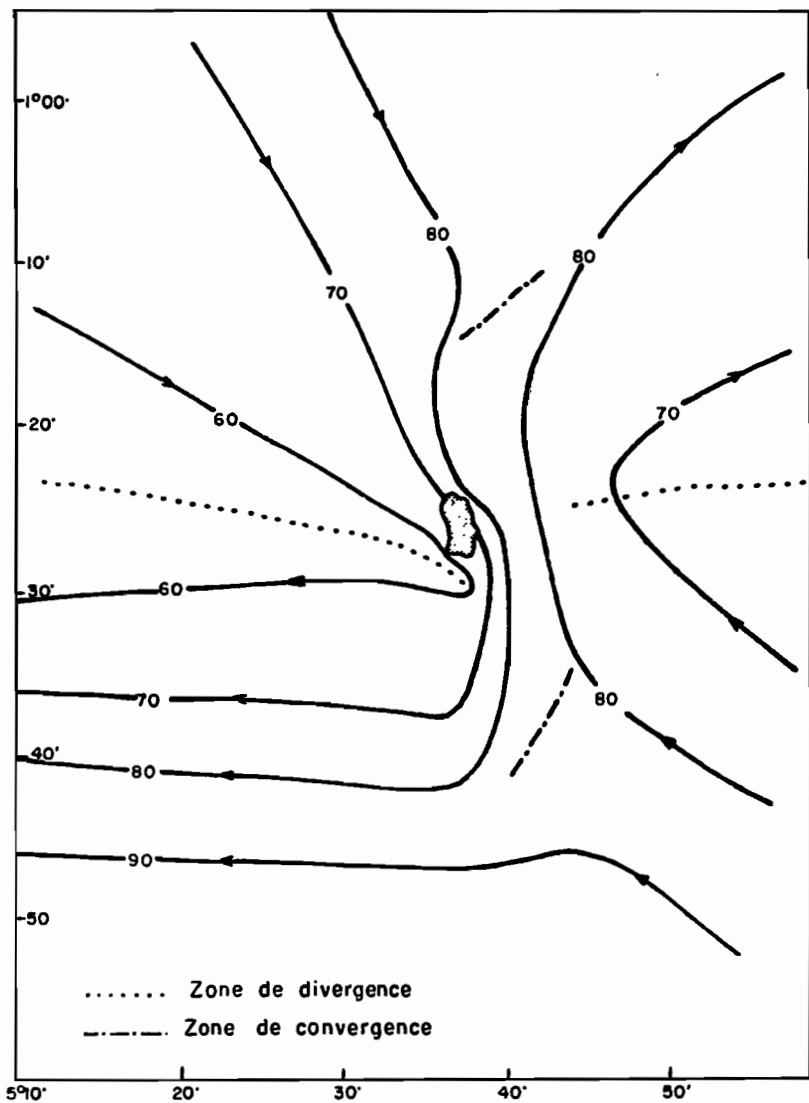
Il est toujours situé dans la couche de discontinuité dont le mouvement est laminaire. Nous sommes amenés à faire l'hypothèse que le maximum, dans une zone de faible extension, a tendance à se conserver le long des lignes de courant, d'où leur détermination. Afin de réduire au mieux les erreurs de localisation et de mesure du maximum, nous avons choisi une tranche déterminée par plusieurs points enveloppant le maximum et dont la quantité de sel a été obtenue par intégration graphique des courbes S (7).

2.3. Courantométrie

Des mesures ont été faites au courantomètre EKMAN en juillet-août, décembre et mars. Les immersions exploitées 4 m, 20 m, et 40 m correspondent aux couches de couverture et de discontinuité. Bien que les courants aient été mesurés sur les fonds de 50 m seulement, on peut les extrapoler plus au large d'après les études théoriques d'EKMAN qualitativement en accord avec les résultats de SVERDRUP : la force de Coriolis étant faible au voisinage de l'équateur, la modification de profondeur, bien que conduisant à une variation de densité moyenne sur une verticale, n'entraîne pas de déviation du courant.

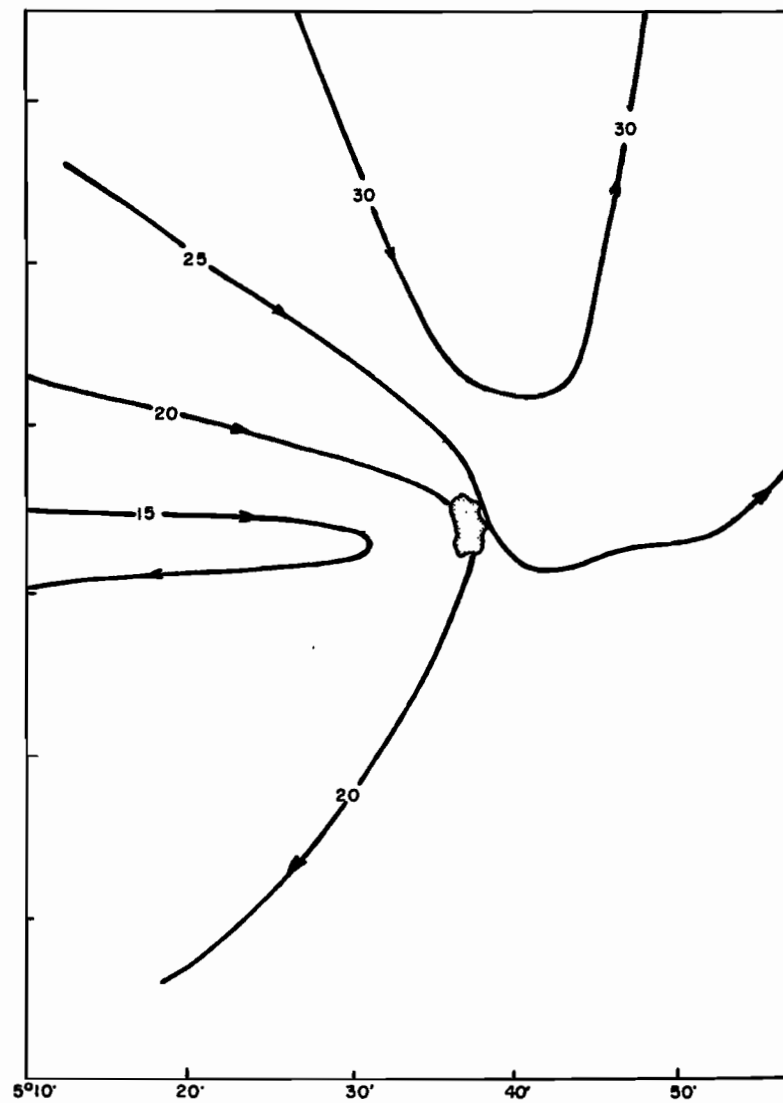
2.4. Déplacement du front de saison froide

Nous avons vu au chapitre I que la position de l'isotherme 24° (fig. 2) chaque quinzaine en saison froide donnait le courant moyen dans l'intervalle, d'où un autre moyen de vérification des résultats théoriques en saison froide.



Jun 1965

Fig.27- Topographie de la base de la thermocline



Jun 1965

Fig.28- Topographie du sommet de la thermocline

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 contre-courants W et E impliquent l'existence de convergences et divergences (voir fig. 30). Par suite, si une telle situation se présentait autour d'Annobon, l'accord entre les résultats du chapitre II concernant les plongées et remontées des caractéristiques physico-chimiques et ceux de la méthode dynamique confirmerait la validité de cette dernière.

2.6. Upwellings

D'une façon générale, les vents soufflant du secteur sud, et Annobon étant orientée sensiblement N-S, des remontées d'eau doivent se produire sur la côte ouest ; au N-W de l'île pour des vents du S-W, elles doivent aussi se manifester. Cependant il peut arriver que des courants à composante principale sud entraînent les eaux superficielles au large de la côte sud et y provoquent des remontées d'eau, d'où un autre moyen de vérification.

3. Résultats

Ils sont représentés sur les figures 27 et 40.

3.1. Juin (figures 27 à 30)

Les topographies de la base et du sommet de la thermocline indiquent toutes deux l'existence de courants opposés autour de l'île issus d'une branche du courant NW du Benguela au SE de l'île d'une part, et d'un courant dirigé vers l'est au NW de l'île, d'autre part.

Sur la figure 29, l'allure des lignes de courant déduites du maximum de salinité offre une ressemblance satisfaisante avec les précédentes et si elle ne permet pas d'obtenir le sens du courant elle indique cependant son immersion (voir tableau V) ; on en conclut que la circulation doit être à peu près uniforme dans les cinquante premiers mètres, exceptée la couche superficielle vraisemblablement occupée par le courant de dérive NNW.

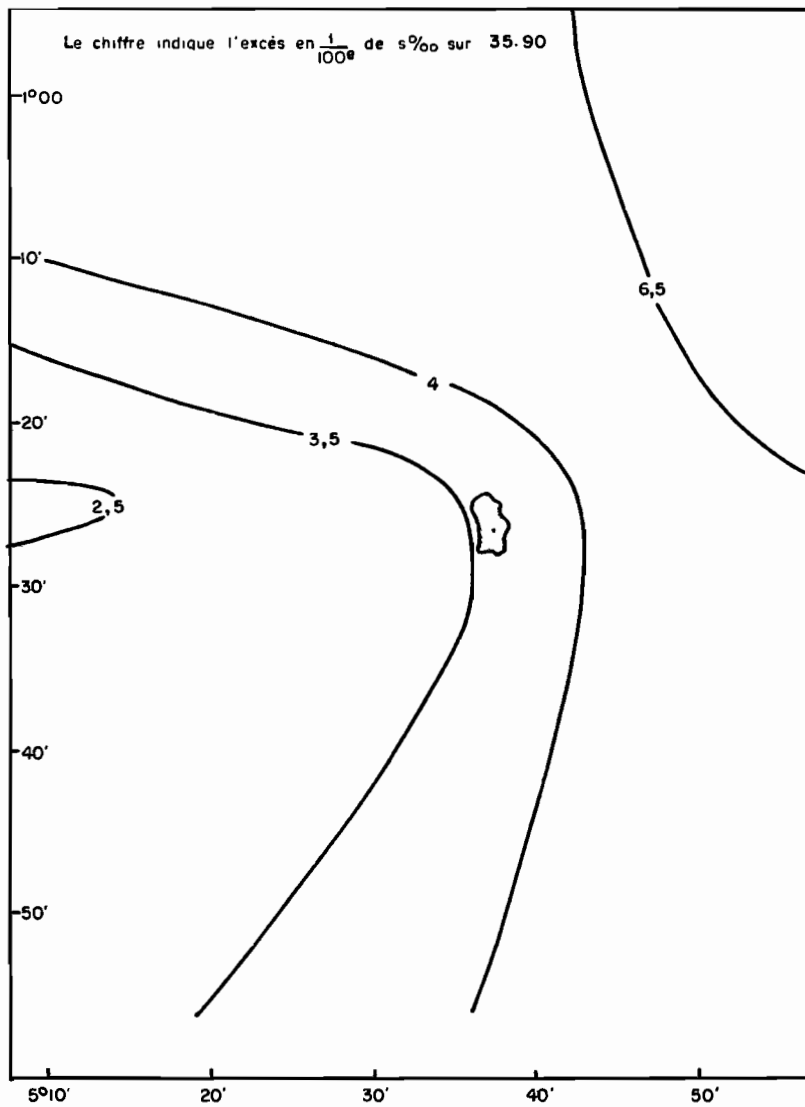


Fig. 29 - Maximum de salinité

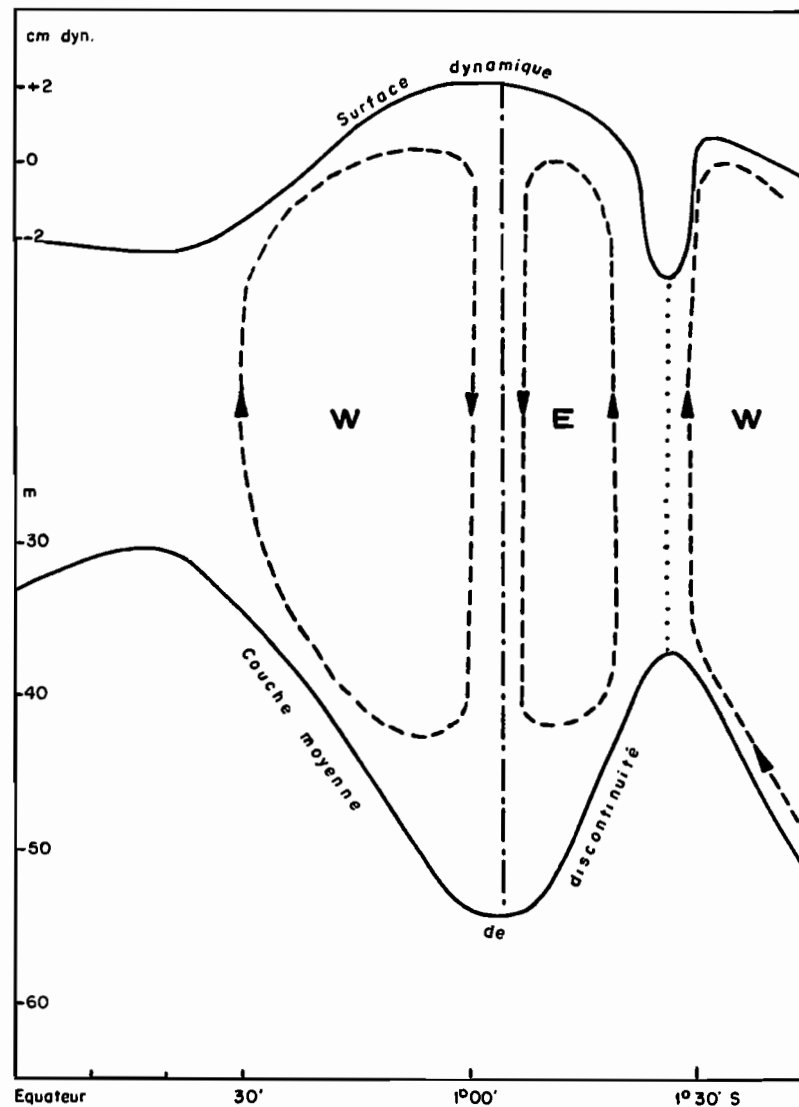


Fig. 30 Convergences et divergences

La figure 2 donnant les positions de l'isotherme 24° est aussi en accord avec les précédentes puisqu'elle indique entre la deuxième quinzaine de juin et la première de juillet un courant moyen NNE au NE de l'île de l'ordre de 0,3 noeud.

La figure 30 s'inspirant du schéma théorique de SVERDRUP montre les convergences et divergences résultant de l'existence de courants opposés : elle a été construite pour une section N-S traversant l'île et implique une zone de convergence au nord de l'île et de divergence à l'Ouest et à l'Est. Les figures 4 et 6 satisfont à cette exigence loin de l'île ; près de l'île la situation se complique un peu à l'Est et au Sud-Est où le front des eaux froides produit une convergence d'une autre nature (voir fig. 11, 13 et 20). Ces résultats corroborent ceux du chapitre II (voir 1.1.2, 1.2.3).

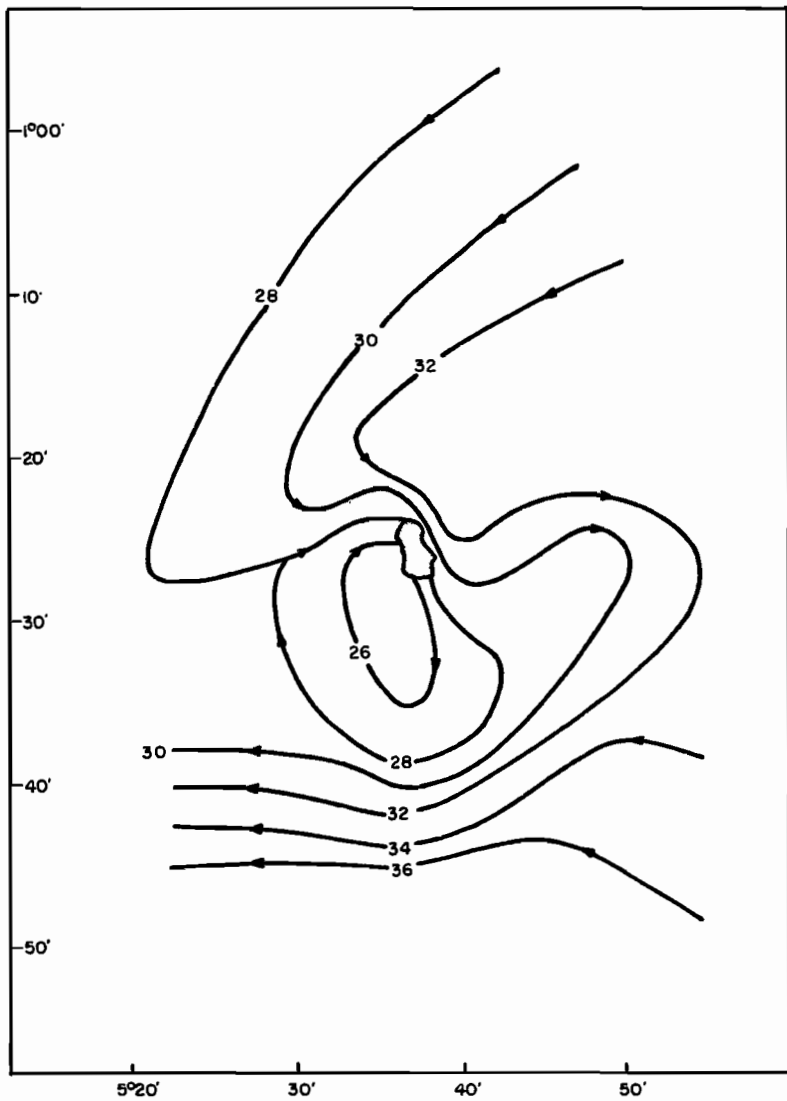
La figure 19 montre des remontées d'eau au nord et au sud de l'île. Au Nord elles sont imputables au vent qui a soufflé régulièrement du secteur sud ; au Sud la remontée concerne les isothermes 18°, 17° et 16° et semble provoquée par le courant sud déduit des topographies (voir fig. 27 et 28).

3.2. Juillet-août (fig. 31, 32, 37 et 38).

Rappelons que les stations ont été effectuées les 31 juillet, 1er, 2 et 3 août. Là encore, lignes de courant déduites de la topographie moyenne de la thermocline et du maximum de salinité coïncident de façon remarquable. Trois systèmes de courants interfèrent dans la région : les courants NW et E déjà rencontrée en juin et un flux SW au nord-est de l'île.

Les résultats de la courantométrie (fig. 37, c, d) montrent nettement à 4 m ce flux d'eaux dessalées, dévié en SSE, à l'est de l'île le 30 juillet. La station côtière indique en effet les valeurs de S ‰ suivantes (voir aussi fig. 1).

<u>Date</u>	S ‰	<u>Date</u>	S ‰	<u>Date</u>	S ‰
26.7.65	35.77	29.7	34.99	1.8	34.63
27.7	35.80	30.7	34.58	2.8	34.81
28.7	35.80	31.7	34.53	3.8	34.76



Juillet-Août 1965

Fig. 31-Topographie moyenne de la thermocline

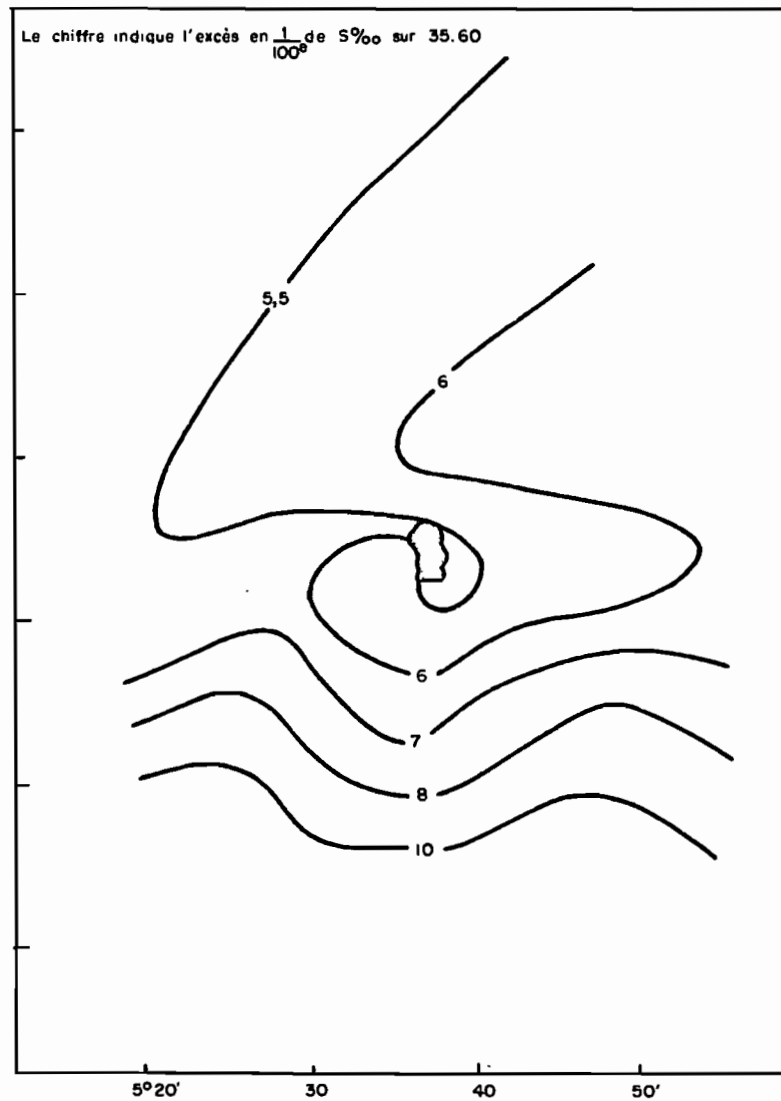


Fig. 32 - Maximum de salinité

Il s'agit donc certainement d'un flux d'eaux dessalées provenant de la Baie de Biafra. La figure 38 indique que ce flux sud est freiné progressivement par le courant NW qui reprend le dessus dans la couche superficielle quelques jours plus tard.

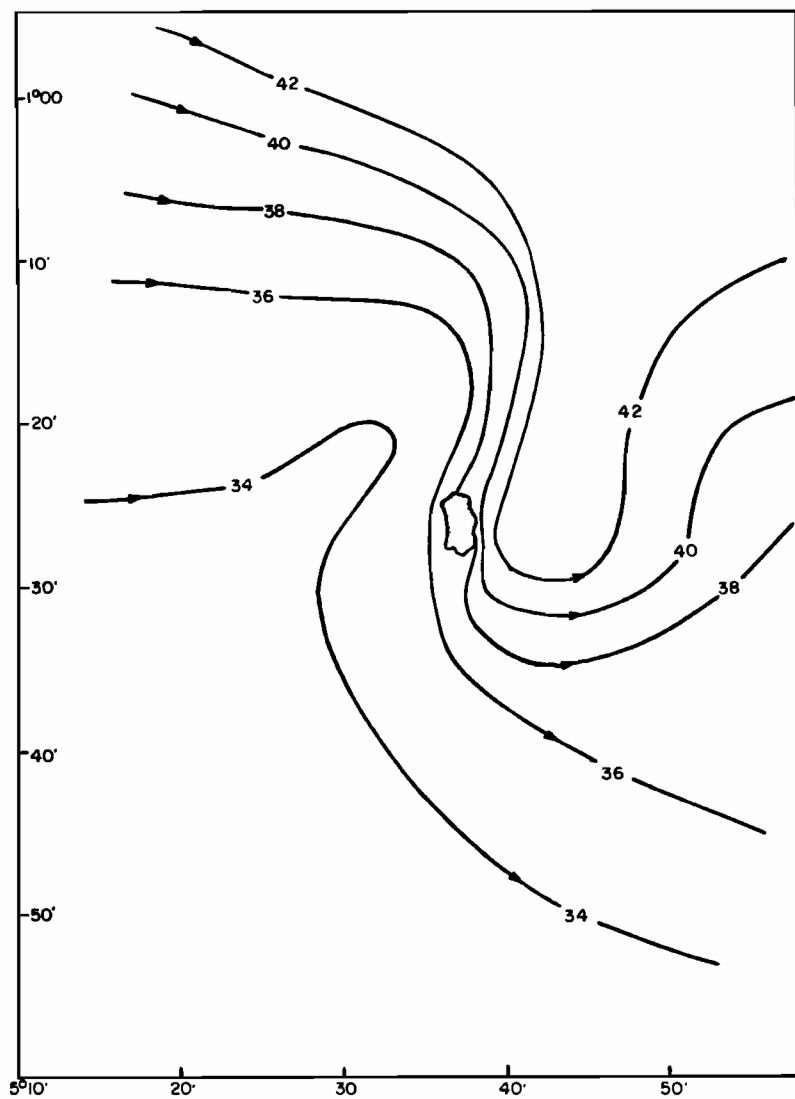
La tranche du maximum de salinité (voir tableau VI) comprise entre les limites extrêmes 15 m et 50 m incite à comparer plus particulièrement la figure 32 aux composantes à 20 m et 40 m de la figure 37 o, d : seule la composante sud est nette à l'est de l'île.

Remarquons que toutes les mesures (fig. 37 et 38) donnent des courants à 20 m et 40 m à composante sud prédominante quel que soit le sens du courant dans la couche superficielle ; ainsi la composante sud du courant à 40 m, renforcée par le flux d'eaux dessalées, devient supérieure à celle de la couche de couverture (fig. 37 o).

Le déplacement du front de saison froide (fig. 2) indique aussi un flux sud important dans la région d'Annobon entre la deuxième quinzaine de juillet et la première quinzaine d'août, de l'ordre de 0,3 noeud.

Annobon à cette époque est aussi occupée par des systèmes de courants opposés ; le schéma de la figure 30 est applicable : on doit trouver, du nord au sud, des convergences entre courants W et E et des divergences entre courants E et W. Les figures 13 et 14 indiquent bien toutes deux une convergence au Nord par la plongée de l'isohaline 35 ‰ d'une part et l'augmentation de la teneur en oxygène dissous d'autre part. La figure 22, les tableaux VI et IX montrent une plongée des caractéristiques à la station intermédiaire 603 à l'ouest de l'île, en accord avec la topographie dynamique. La figure 14 met aussi en évidence par les teneurs en oxygène une divergence au Sud près de l'île entre les immersions 30 m et 50 m liée au changement de direction du courant d'est en ouest. La figure 9 indique une divergence au Nord loin de l'île impliquant l'existence d'un contre-courant E plus au Nord.

Un upwelling important se remarque sur la figure 21 au sud de l'île, sans doute en liaison comme en juin avec le flux sud d'eaux dessalées mentionné ci-dessus. Quant à la remontée des isothermes à l'ouest de l'île (fig. 22), elle est certainement provoquée par le vent de secteur sud, puisque le 2 août (fig. 38) le courant NW commence à se rétablir.



Décembre 1965

Fig. 33 - Topographie moyenne de la thermocline

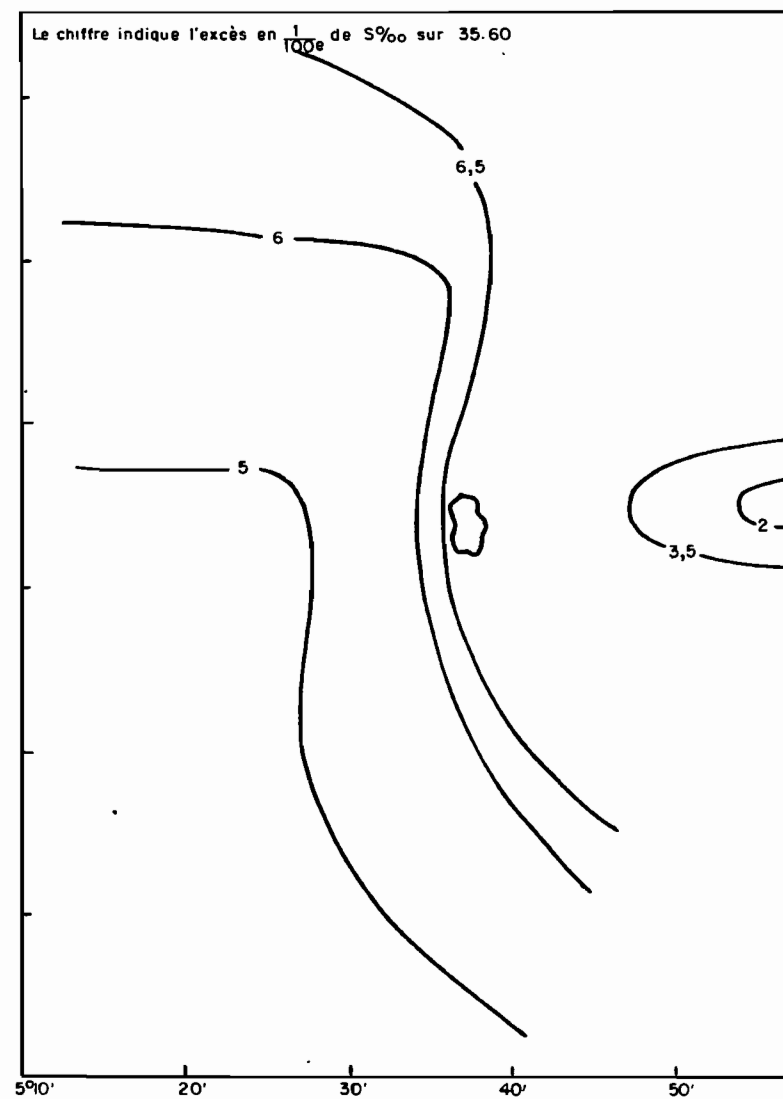


Fig. 34 - Maximum de salinité

3.3. Décembre (fig. 33, 34, 39, 40 a, b).

En décembre l'analogie est moins forte (fig. 33 et 34) que précédemment quoique satisfaisante, d'autant plus que la figure 33 rend compte de la circulation au-dessus de 40 m tandis que le maximum de salinité se trouve à 60 m en moyenne.

Ici aussi des systèmes de courants doivent se rencontrer dans la région, l'un dirigé vers l'est, à l'ouest de l'île, et l'autre à direction prédominante ouest, à l'est de l'île. Ils donnent naissance près de l'île à une résultante sud confirmée par la courantométrie (fig. 39 c et 40 a, b) qui indique d'ailleurs des flux SW périodiques (fig. 39, c et 40, b), correspondant à des eaux dessalées de la Baie de Biafra (voir fig. 1) signalant le début de la saison chaude mentionné dans le chapitre I. On peut remarquer que la seconde composante du système ouest a dévié du nord au sud entre les 11 et 17 décembre ; tout se passe comme si le système NW de saison froide s'était estompé pour laisser place au flux SW de saison chaude.

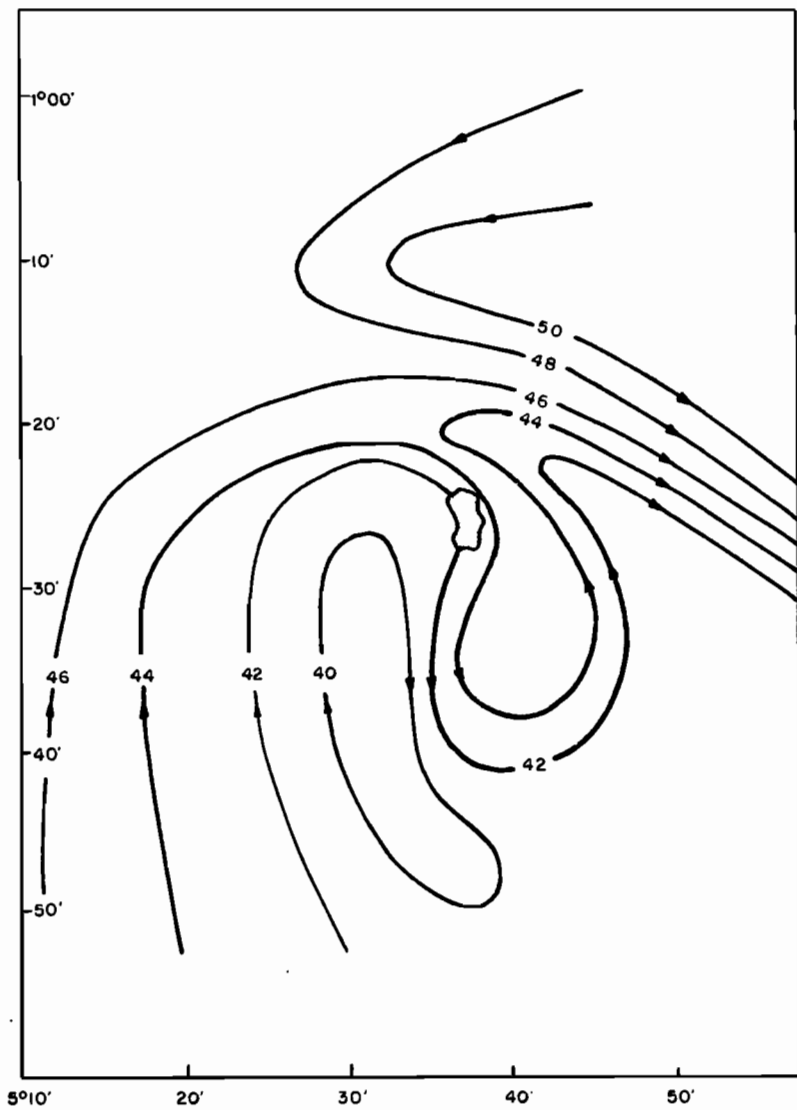
On peut encore appliquer le schéma de la figure 30 ; les figures 12 et 15 mettent en évidence une convergence à l'Est, près de l'île compatible avec la bifurcation W-E du courant. Loin de l'île on retrouve bien des divergences à l'Ouest et à l'Est (fig. 6 et 7) mais en réalité à l'extrême Nord il y a certainement une belle plongée d'eau d'après le maximum d'oxygène de la figure 7, impliquant un courant W plus au nord.

La figure 23 montre un upwelling au nord de l'île ; les observations de vent ce même jour indiquent un vent de secteur SW favorable à une remontée d'eau dans cette zone.

3.4. Mars (fig. 35, 36 et 40, c).

Les figures 35 et 36 offrent une bonne concordance. Comme en décembre trois systèmes de courants convergent dans la région d'Annobon : le contre-courant E, un flux SW de la Baie de Biafra et une branche plus importante qu'en décembre du courant NW du Benguela.

Les quelques mesures effectuées au nord de l'île (fig. 40, c), donnent une composante principale ouest qui correspondrait à une intensification du courant NW d'après les figures 35 et 36.



Mars 1966

Fig. 35- Topographie moyenne de la thermocline

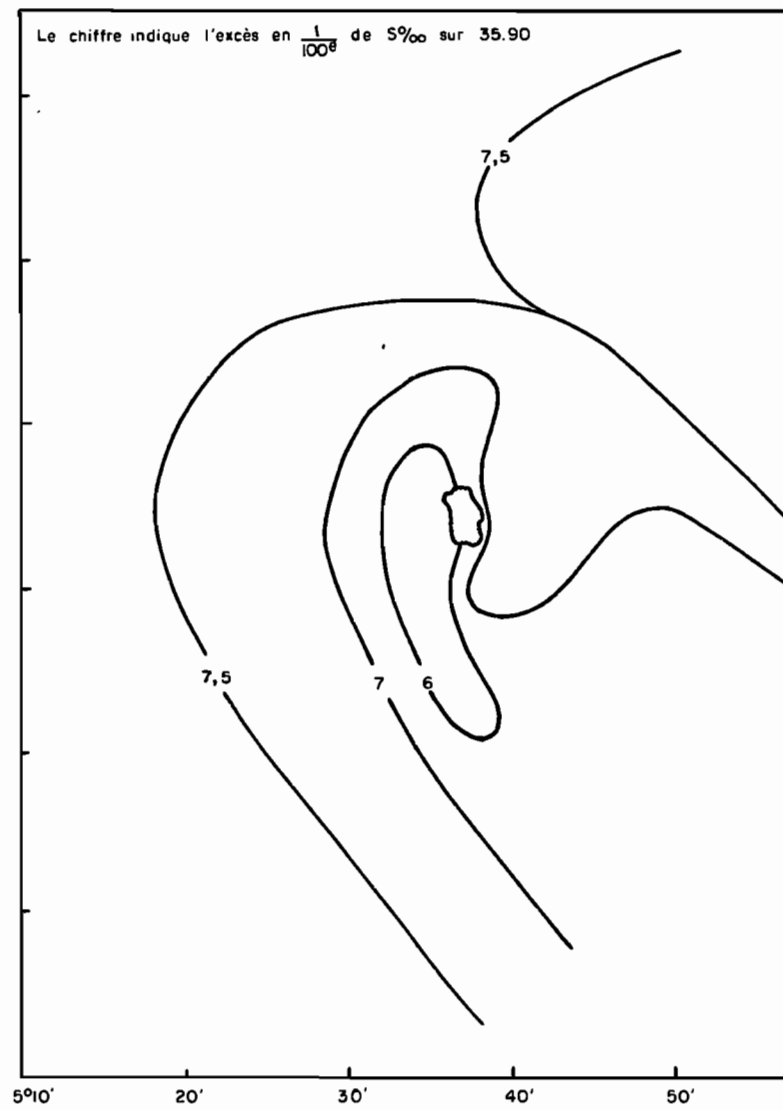


Fig. 36 - Maximum de salinité

Loin de l'île, au NE, le changement de direction W-E du courant est en accord avec la convergence indiquée figure 5. A l'ouest de l'île le changement E-W entraîne au contraire une divergence visible sur la figure 8. Les figures 16 et 18 mettent en évidence une convergence à l'Est près de l'île, par l'augmentation de la teneur en oxygène dissous et la diminution de la teneur en phosphate dissous. Elles corroborent la déviation W-E du courant (fig. 35).

La figure 25 montre des remontées d'eau au nord et au sud de l'île, les premières causées par un vent de secteur S-W, les secondes par un courant sud d'entraînement des eaux superficielles (fig. 35).

4. Discussion

4.1. Validité des deux méthodes

Des résultats précédents il ressort que les deux méthodes proposées dans 2.1 et 2.2 conduisent à des conclusions semblables et qu'elles sont confirmées par des mesures de courant directes (2.3) ou indirectes (2.4), et par des mouvements verticaux (2.5 et 2.6) nécessairement en relation avec la circulation horizontale d'après la théorie.

La méthode d'investigation des lignes de courants basée sur la conservation d'une quantité de sel moyenne au sein de la thermocline peut être elle-même considérée comme une autre vérification de la validité[⊗] de la méthode dynamique dans cette région d'Annobon limitée entre les latitudes 1°S et 2°S, à condition évidemment que les stations soient suffisamment rapprochées pour déceler tous les changements de pente de la couche de discontinuité en relation avec les courants contraires. Il semble que l'utilisation des deux méthodes conjuguées donne une connaissance convenable des différents systèmes de courants en présence et de leur composition.

4.2. Système de courants

D'une façon générale deux systèmes de courants prédominent toute l'année dans la région d'Annobon : l'un à composante principale E, venant

⊗ validité qualitative mais non quantitative.

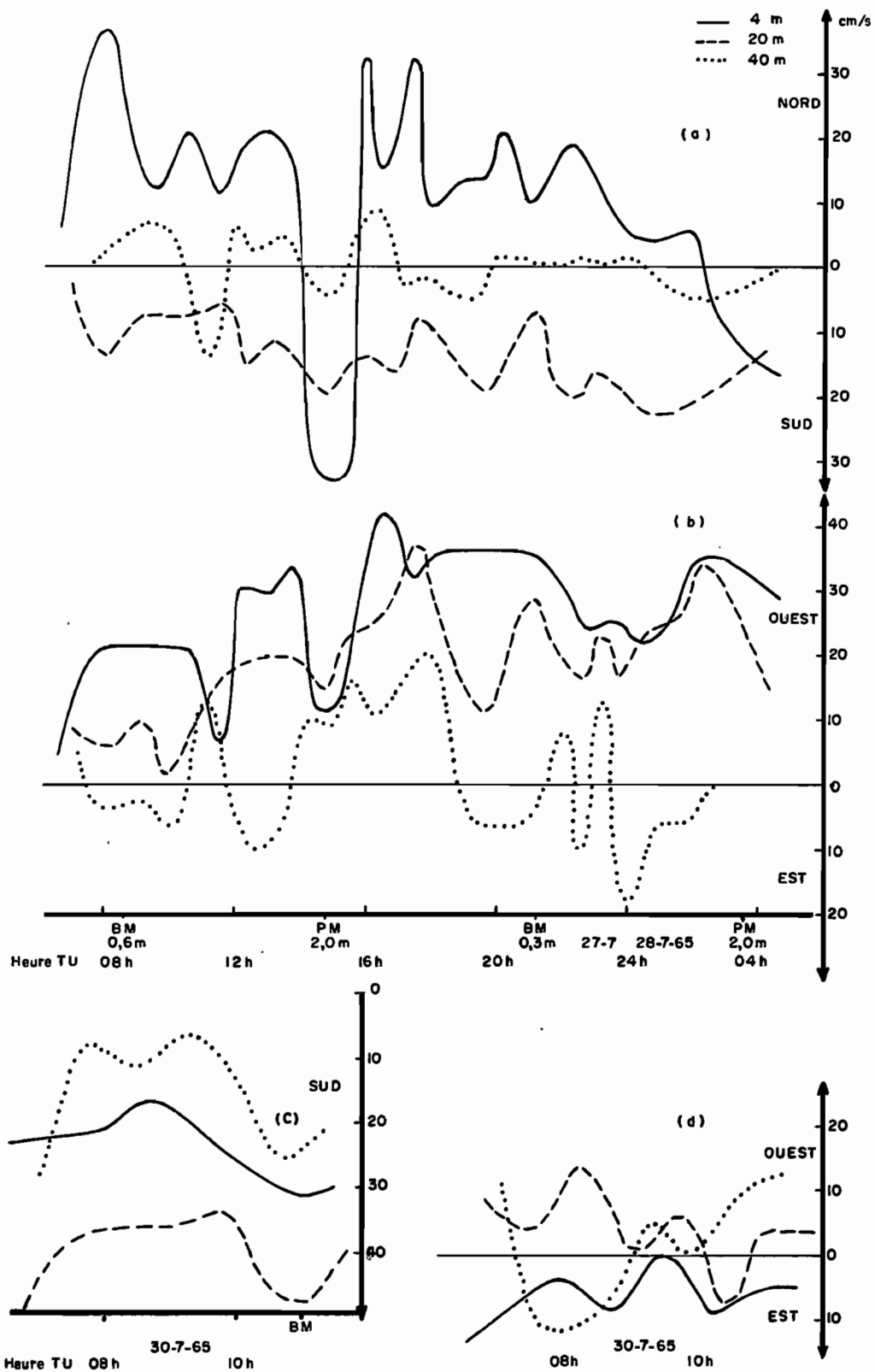
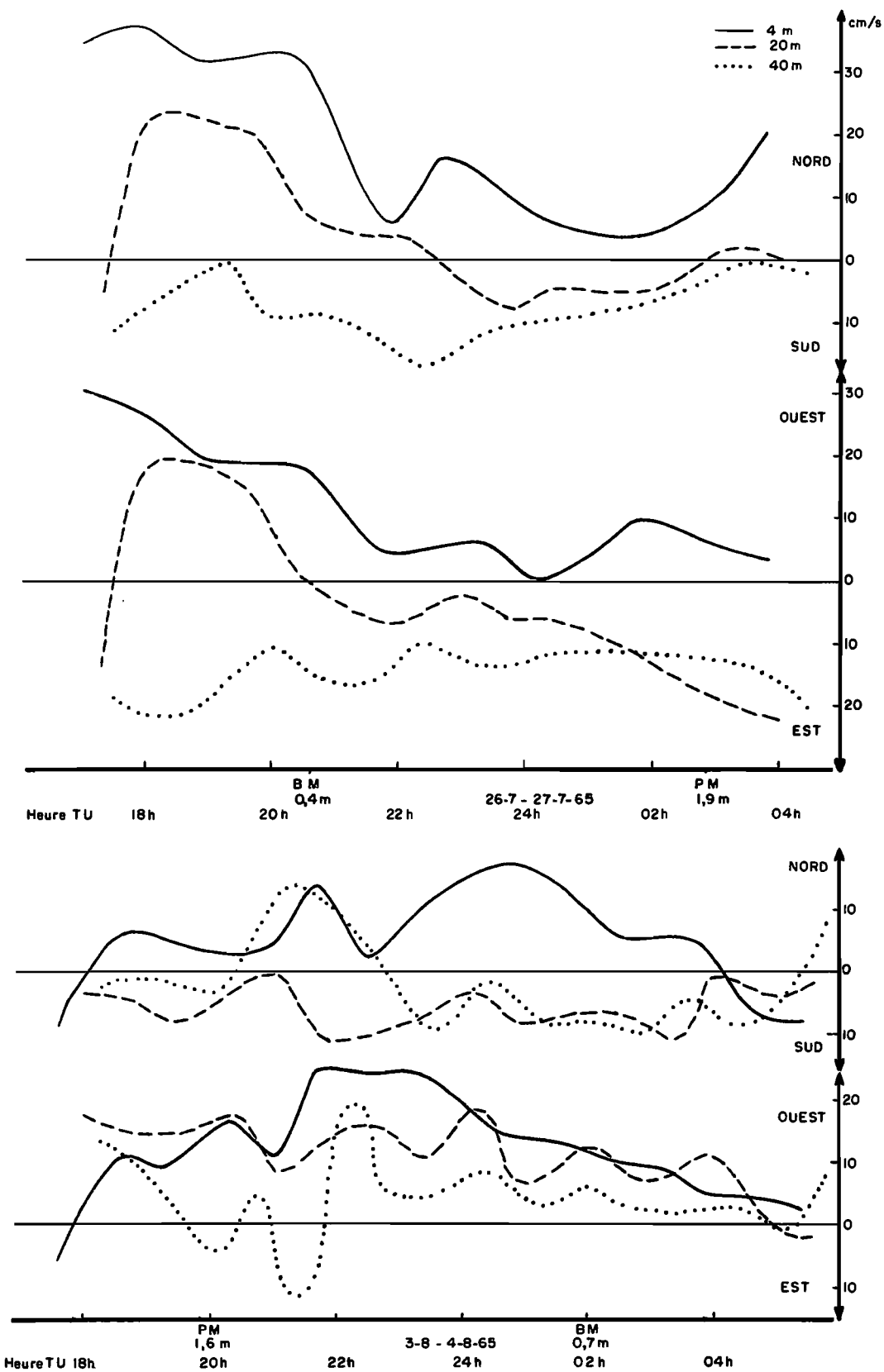


Fig.37 - Composantes du courant moyen à 4 m, 20 m et 40 m avant et au passage des eaux dessalées
Figures a,b, sud de l'île ; c,d, est de l'île - fonds de 50 m



**Fig.38- 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**

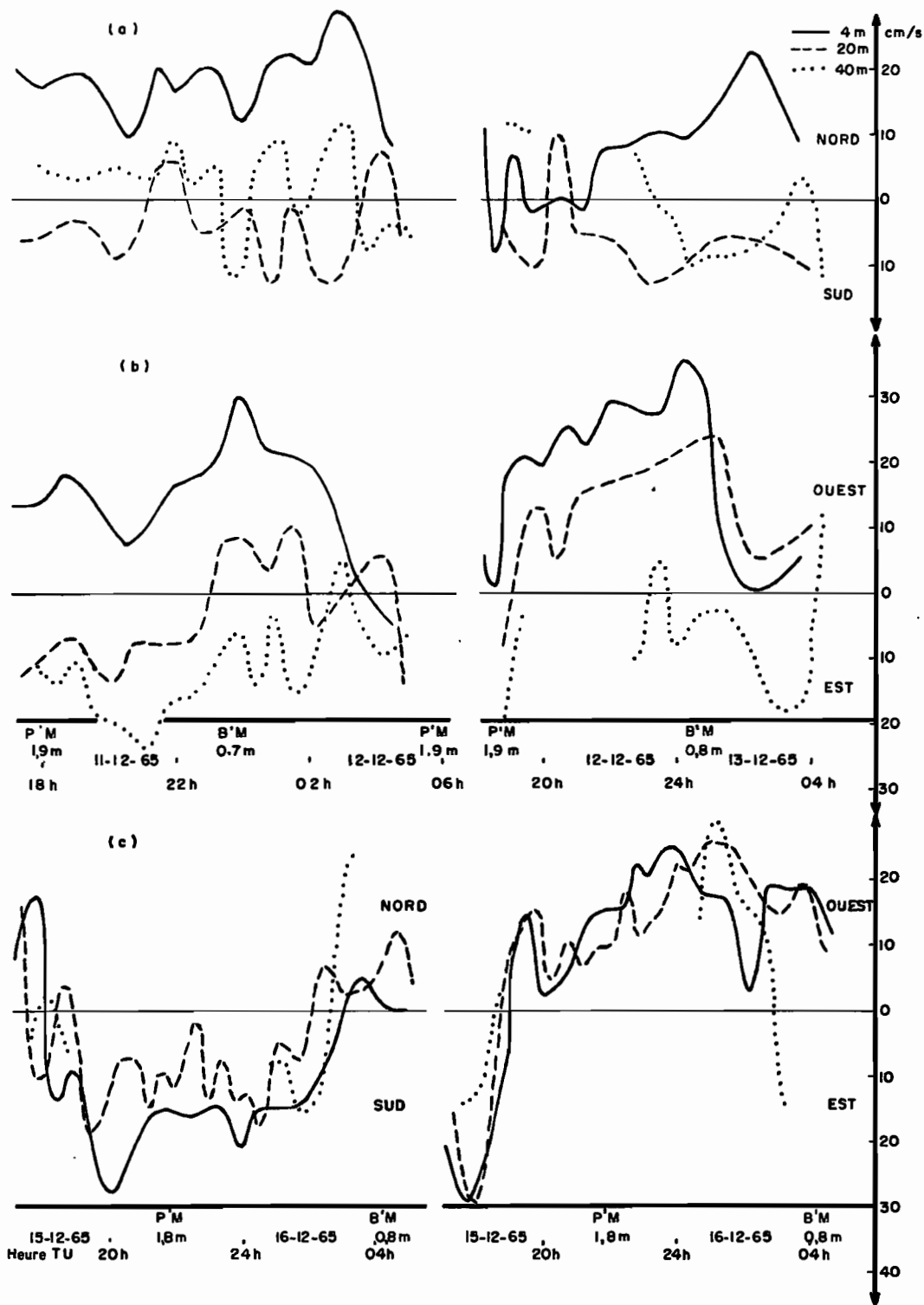


Fig.39-Composantes du courant moyen à 4m, 20m et 40m avant(a et b) et pendant (c) le passage d'un courant portant au S.W. nord de l'île - fonds de 50 m

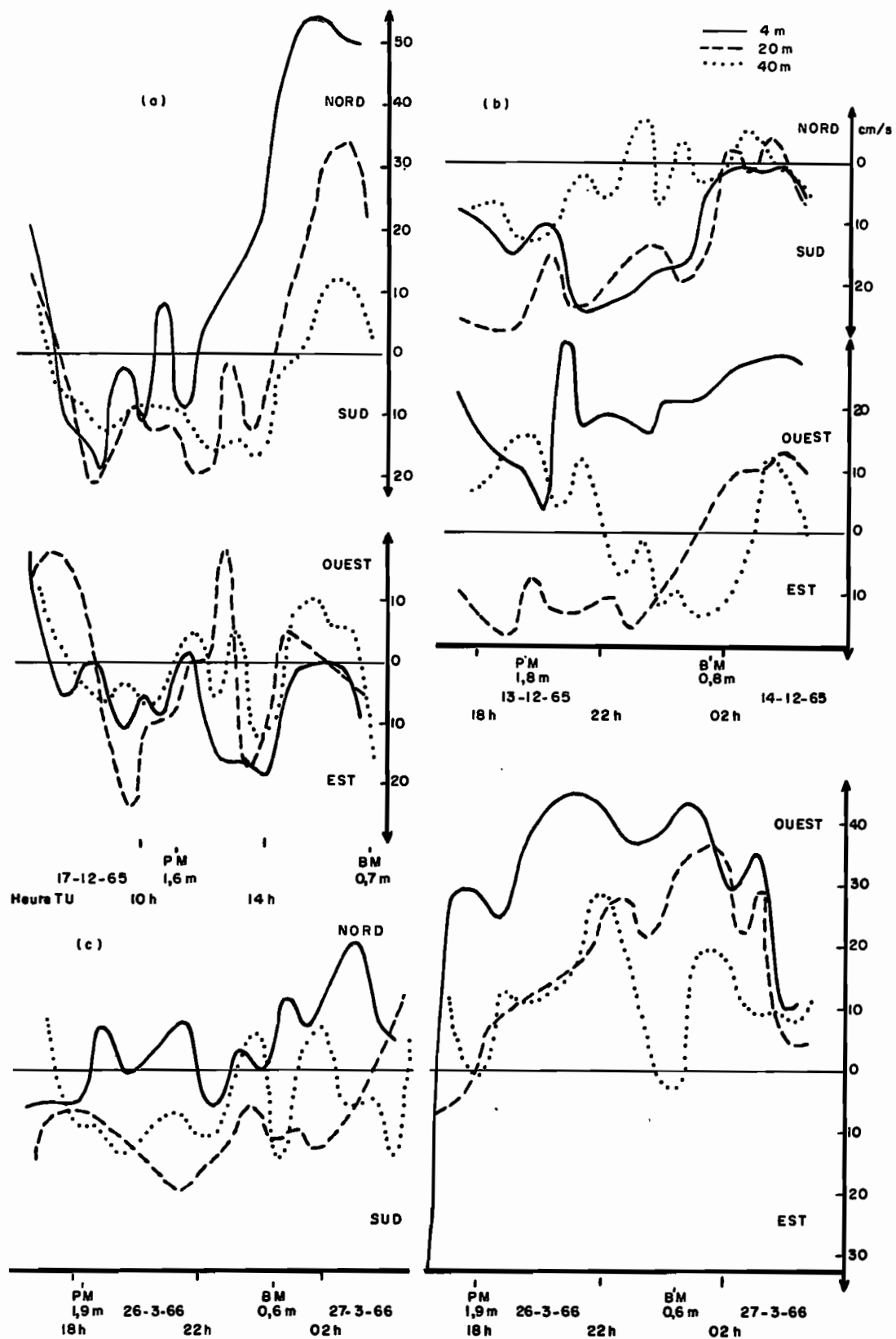


Fig. 40 - Composantes du courant moyen à 4m,20m et 40m
Fig.(a) ouest,fig.(b) sud de l'île, décembre 1965
fonds de 50m-fig.(c) nord de l'île, mars 1966-fonds
de 45 m

du NW, l'autre à composante principale W, originaire du SE. Un troisième système à caractère périodique, formé d'eaux dessalées s'écoulant du NE vers le SW, vient fréquemment perturber les deux premiers, même en saison froide (voir 3.2). Le système 1 doit être dérivé du sous-courant ou du contre-courant équatorial, le système 2 est une branche du courant froid du Benguela ; quant au système 3, il peut être ou bien issu de la résultante des branches côtières de 1 et 2, ou bien considéré comme un courant de pente issu de l'augmentation de niveau dans la Baie de Biafra consécutive aux fortes précipitations et peut-être aussi aux afflux périodiques dus aux vents du S et SW, ou encore plus probablement formé de l'imbrication de ces divers facteurs. En l'absence de 3 le courant de dérive NNW occupe les premiers mètres.

4.3. Les deux maximums de salinité

En mars et juin on trouve autour d'Annobon une tranche à maximum de salinité voisine de 35,98 ‰, tandis qu'en août et décembre elle est proche de 35,66 ‰. L'examen des figures 29 et 36 montre que le premier maximum vient du Sud et de l'Est en relation avec le courant du Benguela et sa branche côtière, tandis que l'autre maximum semble bien lié au contre-courant E et arrive du NW soit directement comme en décembre, soit en longeant la côte guinéenne jusqu'en Baie de Biafra comme en août. Ces résultats sont en accord avec ceux de BERRIT et DEFANT mentionnés par LONGHURST (voir bibliographie).

IV. OXYGENE ET PHOSPHATE INORGANIQUE DISSOUS

On essaie dans ce chapitre de dégager les facteurs biologiques pouvant influencer les teneurs en O_2 et PO_4-P dissous.

1. Sursaturation en oxygène dissous

Les sursaturations dans la couche supérieure oscillent entre 2 % et 7 % en août, 4 % et 10 % en décembre, 1 % et 14 % en mars. Si l'on consi-

dère que ces excès sont essentiellement dûs à la photosynthèse on voit qu'elle est importante dans la région d'Annobon et particulièrement en saison chaude. Le disque de Secchi étant visible jusqu'à 19 m en août et 25 m en mars, la zone euphotique est toujours épaisse mais sans doute plus en saison chaude qu'en saison froide. En mars surtout, les sursaturations présentent de grands écarts d'une station à l'autre, indiquant par là qu'il doit exister des zones de concentration biologique dénommées essaims.

2. Sous-saturation en oxygène dissous

En août, sur trois stations, il a été enregistré au voisinage de la surface de très importantes sous-saturations atteignant jusqu'à 30 % et dont l'origine reste problématique. De telles sous-saturations ont été aussi remarquées en fin de saison froide devant Pointe-Noire.

3. Phosphates inorganiques dissous

Les teneurs trouvées en décembre sont appréciables mais faibles en mars dans la couche de couverture. Il n'a pas été fait de mesures en saison froide mais on sait qu'à Pointe-Noire il y a une nette croissance du taux de sels nutritifs à cette époque.

4. Distribution verticale de O₂ et PO₄-P

Elle semble être en relation avec la pente de la couche de discontinuité : ainsi il y a régulièrement une chute du taux d'oxygène dissous et une croissance des teneurs en phosphates à la base de la thermocline. Cette propriété indépendante de la nature des mouvements verticaux peut être représentée de la façon suivante : tout se passe comme si, dans leur lente chute en profondeur, les excréments et les organismes planctoniques morts s'accumulaient au fond de la couche de discontinuité de densité qui les freine, favorisant le développement d'une zone d'oxydation intense et par suite de minéralisation des phosphates organiques.

On retrouve un minimum d'oxygène juste au dessous de la seconde thermocline ; quant aux phosphates ils continuent à croître régulièrement

jusqu'à un maximum qu'on sait être situé autour de 700 m, immersion correspondant à un état d'équilibre en densité 1.027.

5. Résumé

La présence de la première thermocline, et à un degré moindre de la seconde, favorisant l'accumulation de sels nutritifs dont la quantité augmente aussi près de la surface en période d'upwelling et la bonne activité photosynthétique sont des indices de richesse planctonique.

V. PRESENCE DU THON

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

Les pêches de thon à la traîne ont toujours été plus fructueuses près de l'île, du SE au NE, dans des zones de divergence très souvent. Le thon, quoique présent à toute époque, était cependant moins abondant en décembre ; or l'examen des figures 27 à 36 indique qu'en décembre l'influence du courant froid du Benguela dans les parages d'Annobon a été plus faible qu'à aucune autre époque.

Loin de l'île, l'Albacore n'a été capturé qu'à l'Est, zone du courant froid ; d'autre part les thoniers pêchent surtout à l'est des îles de Sao-Thomé et d'Annobon.

Nous avons essayé de voir s'il y avait une forte corrélation entre l'abondance du zooplancton et l'existence de remontées d'eaux : les résultats ont été variables allant de l'accord intégral comme en juin jusqu'à la contradiction, comme en août.

De ces constatations, on peut raisonnablement penser que le thon recherche les zones de courants et contre-courants engendrant des mouvements

verticaux mais qu'il a toujours tendance à se grouper du côté de la branche côtière du courant du Benguela, sans doute parce qu'elle est plus riche en matières nutritives que le contre-courant venu du large.

x

x

x

LEGENDE DES FIGURES

- Fig. 1 - Evolution des températures et salinités à Annobon et à Pointe-Noire.
- Fig. 2 - Allure et position de l'isotherme 24° en 1965.
- Fig. 3 - Evolution en saison chaude d'isothermes caractéristiques autour d'Annobon (loin de l'île).
- Fig. 4 - Isothermes en saison froide (loin de l'île).
- Fig. 5 - Isohalines en saison chaude (loin de l'île).
- Fig. 6 - Isohalines en saison froide (loin de l'île).
- Fig. 7 - Oxygène dissous (en ml/l) en début de saison chaude (loin de l'île)-décembre 1965.
- 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.10 - Isothermes en saison chaude (près de l'île).
- Fig.11 - Isothermes en saison froide (près de l'île).
- Fig.12 - Isohalines en saison chaude (près de l'île).
- Fig.13 - Isohalines en saison froide (près de l'île).
- Fig.14 - Oxygène dissous en pleine saison froide (près de l'île)-août 1965.
- Fig.15 - Oxygène dissous en début de saison chaude (près de l'île)-décembre 65.
- 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.
- Fig.19 - Isothermes. Coupe nord-sud. 15-18 juin 1965.
- Fig.20 - Isothermes. Coupe ouest-est. 16-17 juin 1965.
- Fig.21 - Isothermes. Coupe nord-sud. 31 juillet - 1er août 1965.
- Fig.22 - Isothermes. Coupe ouest-est. 2-3 août 1965.
- Fig.23 - Isothermes. Coupe nord-sud. 12-13 décembre 1965.
- Fig.24 - Isothermes. Coupe ouest-est. 14-15 décembre 1965.
- Fig.25 - Isothermes. Coupe nord-sud. 25-28 mars 1966.
- Fig.26 - Isothermes. Coupe ouest-est. 26-27 mars 1966.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME - 1964 - Equalant I, II (Data Report) - Washington, D.C. I, 790 p., II, 483 p.
- 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.
- DEFANT (A.) - 1961 - Physical Oceanography, I. Pergamon Press, 729 p.
- DEUTSCHES HYDROGRAPHISCHES INSTITUT - 1964 - Monatskarten für den Südatlantischen Ozean. Hamburg, 12 p.
- FUGLISTER (F.C.) - 1960 - Atlantic Ocean Atlas. Woods Hole Oceanographic Institution, Atlas Series, I, 209 p.
- 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.
- 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 - Manuel 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.

PUBLICATIONS MULTIGRAPHIÉES DU CENTRE ORSTOM DE POINTE-NOIRE

BERRIT (G.R.) - 1965 - Observations océanographiques dans la région de Pointe-Noire - Année 1964. Document n° 272, 61 p.

CROSNIER (A.), GALLARDO (Y.) - 1965 - OM 27 - Rapport de Campagne. Document n° 277, 37 p.

CROSNIER (A.), REBERT (J.P.) - 1966 - OM 29 - Rapport de campagne. Document n° 312, 49 p.

DONGUY (J.R.), HARDIVILLE (J.) - 1964 - Prospection des eaux côtières de l'île d'Annobon. Document n° 211, 11 p.

GALLARDO (Y.), LE GUEN (J.C.) - 1965 - OM 26 - Rapport de Campagne. Document n° 283, 26 p.

GALLARDO (Y.), REBERT (J.P.) - 1966 - Observations océanographiques dans la région de Pointe-Noire - Année 1965. Document n° 313, 73 p.

GALLARDO (Y.) - 1966 - OM 30 - Rapport de Campagne. Document n° 320, 45 p.

LE GUEN (J.C.), POINSARD (F.), TROADEC (J.P.) - 1965 - La pêche de l'albacore dans la zone orientale de l'Atlantique intertropical. Document n° 263, 27 p.

LISTE DES TABLEAUX ANNEXES

=====

Tableaux I, II, III, IV : Profondeurs des valeurs rondes
des températures

Tableaux V, VI, VII, VIII : Profondeurs des valeurs rondes
des salinités.

Tableaux IX, X, XI : Profondeurs des valeurs rondes des
teneurs en oxygène dissous.

PROFONDEURS DES VALEURS RONDES DES TEMPERATURES

Tableau I. OM 26 - Juin 1965.

ST. N°	NORD 15-6-65			EST 16-6-65			OUEST 17-6-65			SUD 18-6-65		
	582	B.T.	583	584	B.T.	585	586	B.T.	587	588	B.T.	589
24	20	30	30	25	15	14			3			
23	28	34	34	28	26	24	13	15	14	20	21	22
22	31	35	35	32	28	25	18	19	16	21	22	25
21	34	36	36	35	29	27	20	20	19	22	24	26
20	37	42	44	38	33	30	22	22	25	24	25	29
19	41	44	49	43	42	41	28	29	30	27	30	40
18	58	54	56	57	56	56	39	35	35	33	46	73
17	90	79	80	84	68	66	61	55	52	55	68	99
16	117	107	110	117	110	105		87	85		100	128
15	154	135	139	149	150	146		140	138		150	164
14	187	188	190	181	195	190		180	172		190	191
13	199	200	203	201	218	213		204	194		207	211
12	209	212	216	215	224	222		210	202		217	222
11	225	223	228	228	232	230		220	210		230	232
10	245	242	248	245	247	250		235	225		248	254

Tableau II. OM 27 - Juillet-Août 1965.

ST. N°	NORD 31-7-65			SUD 1-8-65			OUEST 2-8-65			EST 3-8-65		
	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607
23		16	14	6								11
22	18	19	16	9	11	15	11	14	12	14	12	14
21	20	19	18	11	13	25	14	16	14	15	12	14
20	21	22	20	13	15	27	15	19	16	17	13	14
19	23	24	22	16	20	29	19	22	19	26	15	15
18	27	27	27	19	25	33	24	27	27	34	26	16
17	34	32	33	30	30	38	28	34	28	36	34	39
16	40	42	43	36	33	44	40	40	35	42	50	40
15	44	49	84	44	42	46	46	48	43	59	67	54
14	174	165	191	202	208	208	188	200	194	206	210	191
13	215	206	224	239	237	231	206	232	230	228	234	239
12	240	233	241	264	256	244	232	240	244	267	247	245
11	257	248	256	284	274	252			261	277	269	259

Tableau III. OM 29 - Décembre 1965

ST. N° °C	NORD 12-12-65			SUD 13-12-65			OUEST 14-12-65			EST 15-12-65		
	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771
26	17!	21!	28!	22!	18!	15!	16!	16!	20!	26!	26!	24!
25	21!	24!	30!	24!	21!	18!	19!	18!	21!	28!	28!	26!
24	25!	28!	31!	26!	24!	22!	26!	20!	24!	28!	29!	28!
23	29!	30!	39!	28!	28!	26!	28!	28!	29!	30!	31!	30!
22	33!	34!	45!	30!	34!	29!	31!	30!	32!	36!	37!	41!
21	36!	37!	47!	35!	38!	32!	34!	38!	34!	40!	39!	43!
20	40!	40!	48!	46!	40!	36!	35!	38!	37!	43!	40!	46!
19	44!	44!	53!	48!	49!	38!	40!	39!	40!	47!	41!	48!
18	47!	48!	57!	50!	50!	44!	44!	40!	48!	50!	49!	50!
17	50!	50!	62!	56!	51!	48!	48!	42!	50!	54!	50!	54!
16	58!	63!	70!	59!	54!	53!	53!	50!	53!	66!	63!	66!
15	109!	105!	117!	99!	128!	115!	105!	100!	100!	107!	115!	121!
14	218!	185!	196!	222!	216!	220!	224!	201!	226!	226!	228!	216!
13	231!	225!	226!	234!	238!	236!	243!	217!	243!	244!	242!	243!
12	264!	253!	249!	266!	266!	246!	268!	262!	258!	270!	265!	262!
11	270!	273!	286!	276!	278!	269!	304!	290!	298!	296!	283!	289!
10	314!	315!	326!	288!		321!	339!	328!	333!	335!	328!	332!
9	377!	366!	367!	345!		380!	380!	376!	377!	376!	387!	374!
8	418!	419!	419!	424!		436!	420!	437!	460!	434!	450!	426!
7	477!	484!	490!	482!		512!	488!	511!	536!	504!	515!	491!
6				585!		603!					587!	600!

Tableau IV. OM 30 - Mars 1966.

ST. N° °C	NORD 25-3-66			EST 26-3-66			OUEST 27-3-66			SUD 28-3-66		
	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799
28	16!	22!	20!	19!	16!	23!	18!	16!	17!	15!	21!	13!
27	19!	24!	28!	24!	21!	29!	20!	17!	21!	19!	25!	17!
26	27!	27!	35!	29!	25!	33!	23!	20!	24!	23!	30!	22!
25	38!	29!	40!	34!	29!	37!	25!	22!	28!	27!	34!	25!
24	40!	42!	47!	38!	37!	44!	45!	26!	32!	30!	39!	31!
23	50!	58!	57!	50!	49!	56!	50!	43!	56!	47!	44!	42!
22	67!	61!	61!	60!	54!	62!	52!	48!	58!	52!	47!	47!
21	70!	64!	64!	65!	56!	66!	54!	52!	60!	57!	49!	51!
20	72!	66!	68!	69!	62!	73!	57!	56!	61!	62!	54!	55!
19	74!	73!	70!	73!	74!	78!	59!	60!	67!	68!	58!	61!
18	98!	80!	75!	90!	86!	86!	71!	66!	74!	73!	65!	67!
17	104!	90!	88!	106!	99!	104!	83!	85!	93!	85!	81!	85!

16	124	124	114	122	127	130	110	113	125	120	124	131
15	136	163	157	165	176	166	161	157	158	158	166	168
14	219	208	109	229	208	210	208	212	194	185	199	195
13	224	235	239	237	221	232	232	234	230	208	212	215
12	241	242	250	246	242	241	249	244	257	235	238	236
11	271	266	272	264	266	263	272	257	272		265	262
10	298	292	310	298	299	308	302	282	299		301	292
9	327	323	356	354	339	345	326	335	352		377	340
8	396	397	401	415	396	399	399	406			419	401
7		465	433	488	488	489	485	484			468	473
6			580	593	598	620	604				564	576

PROFONDEURS DES VALEURS RONDES DES SALINITES

Tableau V. OM 26 - Juin 1965.

ST. N° S ‰	NORD 15-6-65		EST 16-6-65		OUEST 17-6-65		SUD 18-6-65	
	582	583	584	585	586	587	588	589
35.10	217	221	223	229				
35.20	210	212	209	220		199		
35.30	200	200	201	208		191		
35.40	190	(176)	199	192		173		
35.50	174	(150)	156	170		148		175
35.60	130	126	132	117		109		146
35.70	107	102	108	91		72		115
35.80	81	68-15,5	81	64	55	42		94
35.90	48-28-22	57-33	50-10,0	53	29	25-6	28	57-10,5
36.00		37		32-25				34-27
max.	-	-	-	-	-	-	-	-
	35.97	36.02	35.97	36.01	35.99	35.94	35.97	36.01
	40 m	40 m	31 m	28 m	21 m	17 m	22 m	30 m

Tableau VI. OM 27 - Juillet-Août 1965.

ST. N° S %	NORD 31-7-65			SUD 1-8-65			OUEST 2-8-65			EST 3-8-65		
	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607
34.50		9	9	7								
34.75	16	13	13	9	10		9	14	11	15	13	15
35.00	17	16	18	11	11	271-12	11	16	14	18	15	16
35.10	249-17	250-17	252-20	276-11	267-12	248-14	242-12	249-16	257-15	274-20	257-15	256-17
35.20	240-17	243-18	238-21	264-12	250-13	240-16	228-13	240-17	242-16	244-22	246-16	249-17
35.30	221-18	215-20	222-23	252-13	233-13	227-17	204-14	231-18	230-16	225-23	231-17	241-18
35.40	183-18	170-21	194-25	203-14	205-14	206-19	190-15	206-18	208-17	106-25	209-18	209-18
35.50	130-18	97-22	152-27	67-14	53-15	66-20	107-16	154-19	152-50	109-27	165-60	106-19
									18		19	
35.60	45-18	46-24	46-28	35-15	37-16	46-21	46-17	36-20	35-19	45-27	50-20	43-19
35.70	26-19	30-25				35-22	23-18	30-23				29-21
35.80						30-23						
max.	35.72	35.71	35.69	35.69	35.70	35.83	35.71	35.72	35.69	35.69	35.70	35.71
	22 m	28 m	33 m	25 m	25 m	25 m	20 m	26 m	22 m	30 m	27 m	25 m

Tableau VII. OM 29 - Décembre 1965.

ST. N° S %	NORD 12-12-65			SUD 13-12-65			OUEST 14-12-65			EST 15-12-65		
	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771
34.20						5						
34.30				7	10	17				22	-20,0	23
34.40	-10,0	10		14	16	18		16	16	23		24
34.50	16	18	21	19	18	18	7	16	18	24	584-26	25
34.60	473-16	488-20	518-22	483-21	18	495-18	483-10	488	520-19	493-24	487	501-26
34.70	416-17	426-22	428-24	416-22	20	434-19	420-12	417	440-20	425-25	423	430-26
34.80	379-18	367-24	370-25	367-23	20	380-20	380-14	367	358-20	374-26	367	378-27
34.90	334-20	315-25	329-26	320-24	22	324-20	346-16	326	325-22	334-27	320	330-28
35.00	278-21	286-27	297-28	278-25	300-23	279-20	314-18	293-18	298-23	295-28	287-28	294-28
35.10	252-22	263-28	267-29	258-26	270-24	253-20	282-20	268	272-24	268-28	264	273-29

35.20	240-24	240-30	232-31	250-27	250-25	240-20	253-21	244	248-25	247-29	246	255-30
35.30	228-25	214-32	212-33	238-28	234-26	226-21	230-23	217	228-26	230-30	232	239-30
35.40	209-26	178-34	187-35	213-28	209-27	196-22	209-25	180	194-27	204-30	203	210-31
35.50	118-28	119-36	123-37	111-29	131-28	108-22	104-26	99-20	94-28	99-30	103-30	130-31
35.60	69-30	71-38	75-39	65-32	56-29	60-23	54-30	53-25	54-30	60-31	66-33	81-36
35.70	45-32	50-39	54-44	56-44	52-32		40-34					
max.	35.72	35.73	35.71	35.72	35.73	35.70	35.71	35.67	35.68	35.67	35.66	35.64
	33 m	42 m	50 m	50 m	43 m	29 m	36 m	30 m	36 m	45 m	45 m	50 m

Tableau VIII. OM 30 - Mars 1966.

ST. N° S %	NORD 25-3-66			EST 26-3-66			OUEST 27-3-66			SUD 28-3-66		
	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799
33.5	0-13	14	13	14	18	16			5	13	10	
34.0	16	19	18	19	20	22	14	9	14	17	16	16
5	19	24	24	603-24	588-24	26	20	15	19	22	20	21
6	19	497-24	460-24	491-25	465-24	482-27	500-22	490-17	20	23	486-21	490-22
7	385-20	425-25	402-25	404-26	388-25	383-28	409-23	422-18	21	24	412-22	396-23
8	342-21	363-26	356-26	345-26	342-26	340-30	355-24	356-19	344-22	24	363-23	345-24
9	300-22	308-26	319-27	305-27	307-26	309-32	318-25	304-20	306-23	25	320-24	305-24
35.0	272-24	271-27	284-28	277-27	278-27	275-34	290-26	273-22	281-24	26	284-25	275-25
1	250-26	258-28	264-30	259-28	250-28	243-35	267-27	253-23	265-25	27	254-26	252-26
2	234-28	246-29	247-32	245-29	233-29	223-37	246-28	241-24	245-26	228	228-28	234-27
3	218-30	232-30	234-34	233-30	218-29	210-38	228-30	231-25	221-27	208	208-29	220-28
4	199-32	209-30	214-36	216-32	205-30	196-40	208-31	213-26	197-28	188	188-30	202-28
5	176-33	183-31	173-38	172-34	183-30	170-42	175-32	160-28	176-29	164	164-31	178-29
6	148-35	152-32	128-40	136-37	143-32	135-44	135-37	132-29	148-30	142	142-37	149-30
7	123-36	120-35	101-42	122-39	110-33	113-45	104-41	105-30	113-31	107	107-42	108-31
8	100-38	88-39	83-44	104-41	92-34	95-47	81-46	78-33	88-33	78	78-43	77-35
9	78-41	79-46	74-48	76-44	80-38	86-51	70-53	64-39	74-39	59	59-45	58-40
36.0	54	72-59	63-56	67-50	58	72		54-48	65-51			
max.	36.00	36.02	36.01	36.04	36.00	36.00	35.94	36.01	36.04	35.97	35.95	36.00
	54 m	65 m	60 m	60 m	58 m	72 m	60 m	51 m	60 m	50 m	48 m	47 m

PROFONDEURS DES VALEURS RONDES DES TENEURS
EN OXYGENE DISSOUS

Tableau IX. OM 27 - Juillet-Août 1965.

ST. N° O ₂ ml/l	NORD 31-7-65			SUD 1-8-65		OUEST 2-8-65			EST 3-8-65			
	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607
5.00	13				10	24	5		16			11
4.75	25	12	10	6-20	16	27	13	20	17	17	14	17
4.50	25	20	19	5-24	18	29	18	22	18	22	15	18
4.25	26	27	22	4-26	21	31	20	24	20	28	17	19
4.00	26	29	24	3-28	25	33	23	28	24	34	38	20
3.75	33	31	44	30	31	36	26	32	28	38	42	33
3.50	44	34	46	35	39	38	30	36	33	43	45	38
3.25	97	36	70	45	57	45	46	48	50	74	54	62-40
3.00	141	107	156	133	168	176	164	142	150	123	157	164
2.75	164	130	171	191	188	195	177	178	177	182	186	180
2.50	196	163	189	228	205	209	187	204	204	217	212	197
2.25	220	202	211	253	221	214	200	229	230	228	226	232
2.00	235	228	228	268	240	234	220	236	242	232	234	239
1.75		255	260	288- 300	252- 280	244- 262- 271		244	258			

Tableau X. OM 29 - Décembre 1965.

ST. N° O ₂ ml/l	NORD 12-12-65			SUD 13-12-65		
	760	761	762	763	764	765
5.25			34-27!			
5.00			37-25!			
4.75		35!	44-38-22-7!		7!	27!
4.50	34!	37!	53!	34!	35!	30!
4.25	37!	39!	53!	40!	38!	31!
4.00	38!	40!	53!	42!	39!	32!
3.75	39!	42!	54!	45!	42!	33!
3.50	75-54-44!	81-60-43!	54!	47!	46!	57!
3.25	104!	109!	55!	93!	149!	90!
3.00	187!	157!	137!	170!	175!	208!
2.75	450-200!	512-174!	472-166!	482-191!	192!	496-222!
2.50	428 210!	445-185!	447-193!	447-206!	206!	469-228!
2.25	408-221!	397-202!	419-212!	415-222!	219!	445-233!
2.00	388-241!	356-242!	384-231!	386-242!	232!	418-237!
1.75	353-270!		316-278!	350-276!	255!	371-257!

ST. N° O ₂ ml/l	OUEST 14-12-65			EST 15-12-65		
	766	767	768	769	770	771
4.75	30!	25!	32!	35!	32!	30!
4.50	34!	28!	33!	38!	35!	33!
4.25	36!	32!	35!	40!	38!	37!
4.00	37!	35!	37!	44!	41!	40!
3.75	39!	37!	38!	46!	44!	44!
3.50	72!	68-40!	100-55-42!	83-50!	90-54-47!	176-57-48!
3.25	115!	99!	131!	106!	113!	104!
3.00	170!	149!	162!	183!	171!	175!
2.75	482-216!	174!	550-196!	203!	206!	507-193!
2.50	454-229!	455-195!	490-234!	448-218!	461-224!	455-207!
2.25	429-237!	429-217!	425-252!	397-232!	429-240!	417-222!
2.00	396-249!	398-242!	386-271!	352-249!	395-257!	387-234!
1.75		340-300!	325!		325!	351-259!

Tableau XI. OM 30 - Mars 1966.

ST. N° O ₂ ml/l	NORD 25-3-66			EST 26-3-66		
	788	789	790	791	792	793
5.25				26-29!		
5.00			28-38!	21-37!		
4.75	18-38!	20-47!	52!	41!	25-31!	27-42!
4.50	45!	52!	57!	47!	10-37!	14-52!
4.25	51!	56!	60!	53!	49!	57!
4.00	57!	61!	63!	59-70-85!	53!	74!
3.75	75-137!	65-120!	66-79-112!	105!	55!	119!
3.50	161!	139!	162!	117!	56-72-103!	128!
3.25	173!	171!	190!	127!	137!	136!
3.00	182!	179!	205-523!	137-556!	156!	142!
2.75	189!	187-409!	214-460!	151-492!	174-505!	180-467!
2.50	194!	196-380!	221-427!	182-443!	190-450!	213-408!
2.25	206-383!	207-364!	227-396!	208-406!	205-411!	227-383!
2.00	225-350!	225-330!	236-363!	228-380!	221-375!	240-362!
1.75	291!	262-290!	269-313!	249-346!	246-399!	272-324!

ST. N° O ₂ ml/l	OUEST 27-3-66			SUD 28-3-66		
	794	795	796	797	798	799
5.25	0!					
5.00	6!					22-30!
4.75	21-30-49!					35!
4.50	55!	40!	10-36!	0-17-41!	10-29!	41!
4.25	56!	47!	56!	46!	44!	46!
4.00	57-71-82!	52!	58!	52!	48!	48!
3.75	97!	57!	61!	59!	52-80-119!	52-67-94!
3.50	111!	60-65-106!	107!	78-134!	144!	140!
3.25	121!	117!	123!	149!	157!	162!
3.00	137!	128!	141!	155!	165-525!	172!
2.75	154-425!	136-489!	159!	162!	174-460!	177-475!
2.50	175-380!	150-448!	176!	168!	180-425!	182-439!
2.25	199-345!	183-407!	190!	176!	183-393!	186-400!
2.00	232-308!	210-367!	207-350!	191!	195-240!	197-352!
1.75		231-322!	233-294!	223!		225-296!