

Y. GALLARDO

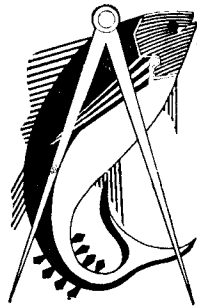
J C LE GUEN

CARACTERES HYDROLOGIQUES

des RÉGIONS FRONTALES

d'ANGOLA du GABON et du CONGO

FAVORABLES aux CONCENTRATIONS d'ALBACORES



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

DOCUMENTS SCIENTIFIQUES DU CENTRE DE POINTE-NOIRE

Nouvelle Série N° 23



13 JUILLET 1972

3 11 1972

CARACTERES HYDROLOGIQUES DES REGIONS FRONTALES
D'ANGOLA, DU GABON ET DU CONGO FAVORABLES
AUX CONCENTRATIONS D'ALBACORES

par

Yves GALLARDO * et Jean-Claude LE GUEN **

←->O<->

Document n° 23 N.S.
13 Juil. 1972.

* Océanographe physicien, C.R.O. BP V 18, Abidjan (Côte d'Ivoire).
** Océanographe biologiste, O.R.S.T.O.M. BP 1286, Pointe-Noire (Congo-Brazzaville).

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire
N° ? 5620, et 2
Cote : A

R é s u m é

Les migrations saisonnières de l'albacore (*Thunnus albacares*) de surface avec le front des eaux chaudes équatoriales sont connues depuis longtemps. On trouve devant le Gabon de juin à août, devant le Congo en septembre-octobre et devant l'Angola en novembre-décembre, des eaux à température et salinité moyennes (23-25°C, 34-35 ‰) où les albacores se concentrent plus volontiers. Ces eaux, dont l'origine serait côtière, se manifestent dans des fronts de dessalure qui sont de bons indicateurs de concentrations. Ces fronts semblent liés à des mécanismes enrichissants comme les divergences et les convergences ; des contre-courants sont toujours présents, qui favoriseraient le renouvellement du cycle - sels nutritifs, photosynthèse, plancton - commencé dans les upwellings côtiers.

A b s t r a c t

Seasonal migrations of apparent yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) with the front of warm equatorial waters are known since a long time. We find off Gabon from June to August, off Congo in September-October and off Angola in November-December waters with moderate temperatures and salinities (23-25°C, 34-35 ‰) where yellowfin concentrations are more abundant. These waters, supposed of coastal origin, appear in low-salinity fronts which are good signs of concentration. These fronts seem to be connected with fertilizing mechanisms like divergences and convergences ; countercurrents are always present, which would favour the renewal of the cycle - nutrients, photosynthesis, plankton - started in the coastal upwellings.

Depuis de nombreuses années, les biologistes des pêches de l'O.R.S.T.O.M. ont remarqué que les migrations des albacores de surface, suivaient le déplacement nord-sud du front des eaux chaudes caractérisé par la position de l'isotherme 24°C. Au mois de juin les albacores apparaissent entre le Cap Lopez et les îles Anno-Bon et Sao-Tomé ; jusqu'à la fin du mois de juillet les concentrations importantes restent cantonnées dans une bande étroite en latitude. A partir du mois d'août cette bande de concentration zonale s'étire vers le sud le long des accores du plateau continental congo-gabonais, c'est-à-dire le long d'un axe NW-SE. En octobre la flottille des canneurs se regroupe devant Pointe-Noire (5° Sud). En novembre-décembre les albacores se présentent encore en mattes importantes en surface pour disparaître rapidement des eaux angolaises. Pourtant un front d'eaux chaudes existe au contact des eaux froides remontées, apportées avec une branche côtière du courant de Benguela vers 14-16° Sud. C'est en décrivant ce front dans les différentes régions traversées qu'on espère faire ressortir des paramètres ou des mécanismes physiques déterminants pour les concentrations d'albacores en surface. Auparavant nous dirons quelques mots sur les fronts déjà signalés comme favorables aux thons dans diverses régions des océans.

LES FRONTS

En météorologie, lorsqu'une masse d'air chaud et une masse d'air froid se rencontrent, leur surface de contact définit un front thermique; d'une façon plus générale un front est une surface de discontinuité entre deux milieux aux propriétés physiques bien distinctes qui, théoriquement, ne se mélangent pas du fait de leur grande différence de densité. Si la masse d'air en mouvement est la plus chaude, le front prendra le nom de front chaud, et inversement.

En océanographie les mêmes définitions peuvent être utilisées ; on sait qu'en subsurface, les eaux intertropicales sont caractérisées par l'existence d'une thermocline où le gradient vertical de température peut dépasser 1 degré/mètre ; sous certaines conditions cette thermocline arrive à "crever" en surface et un front pourrait se définir à partir d'un cas limite de thermocline dont la profondeur devient nulle. C'est le cas des fronts d'upwellings côtiers où les eaux de la thermocline remontées en surface à la côte, dérivent ensuite vers le large pour glisser tôt ou tard sous des eaux plus légères (upwellings des régions équatoriales). On vient donc de donner un exemple de front froid qui résulterait d'une plongée d'eaux côtières froides sous des eaux pélagiques chaudes. Physiquement on conçoit mieux l'existence d'un front froid convergent que celle d'un front froid divergent où la thermocline viendrait subitement "crever" à la surface d'une zone privilégiée. Ce cas est pourtant plausible le long de l'équateur où la thermocline se rapproche de la surface (upwelling équatorial) et où une perturbation durant plusieurs jours (rotation importante des vents, apparition d'un contre-courant i.e. dirigé vers l'est, etc...) apporterait l'énergie suffisante à hisser la thermocline en surface dans des zones très localisées au voisinage desquelles les eaux légères seraient relativement plus lentes. Un front chaud divergent est facile à imaginer : lorsque la saison froide s'établit en juin dans la région des îles du Sud du golfe de Guinée, les eaux froides s'enfoncent en coin sous les eaux chaudes de la baie de Biafra ; mues par des actions diverses (courants de marée, brises de terre, courants de pente, etc...) les eaux chaudes peu salées du golfe peuvent remonter la pente des eaux froides salées à la manière d'une vague remontant le rivage et on peut supposer ce phénomène de front très transitoire, très superficiel et difficile à saisir. Le dernier cas, celui d'un front chaud convergent est envisageable : en effet des eaux chaudes mais très salées ont une densité suffisante pour plonger sous des eaux plus froides et on observe alors des inversions de température en subsurface.

Il est évident que la température n'est pas toujours le paramètre principal définissant un front : les fronts halins ne sont pas rares dans les régions intertropicales côtières où peuvent se côtoyer des eaux d'origine fluviatile et des eaux très salées venues des tropiques. Les gradients de densité observés mettent en évidence des fronts plus marqués que ceux d'origine thermique. De la même façon qu'ont été définis des fronts chauds et froids, on peut parler de fronts de "salure" et de "des-salure", faute de termes plus satisfaisants. On obtiendrait par le même processus que ci-dessus des fronts de "salure" et de "dessalure" soit convergents, soit divergents.

Dans les régions du Congo, du Gabon et d'Angola, les fronts sont généralement thermo-halins. L'absence de salinographe ne permettra pas de décider de la nature thermique ou haline d'un front dans certains cas, et par conséquent de sa nature dynamique : en effet la densité croît avec la salinité mais décroît avec la température et il ne sera pas toujours aisé de distinguer une convergence d'une divergence.

La figure 1 représente un enregistrement thermique dans le front d'Angola. C'est un exemple rare de front thermique pur, puisque les salinités étaient comprises entre 35,4 et 35,6 ‰ à plusieurs dizaines de milles à la ronde. On voit (fig. 1 b) que ce front est discontinu et transitoire et que son amplitude est importante dans une zone large d'une trentaine de milles que nous appellerons zone frontale : c'est l'étendue marine sur laquelle se manifestent ces fronts thermiques d'aspect transitoire. On définirait de la même façon une zone frontale haline.

CROMWELL et REID (1956) décrivent un front comme une étroite bande agitée de vaguelettes - c'est le "current rip" ou "tide rip" - qui peut concentrer des débris et produire un clapotis perceptible ; dans la région du Congo, la frange d'écume limitant le parcours maritime des eaux brunes du fleuve Congo visualise nettement un front halin, jusqu'à plusieurs dizaines de milles de l'estuaire.

Les déplacements saisonniers des fronts intertropicaux ont été analysés en détail par BERRIT (1962) et leur alternance selon l'hémisphère

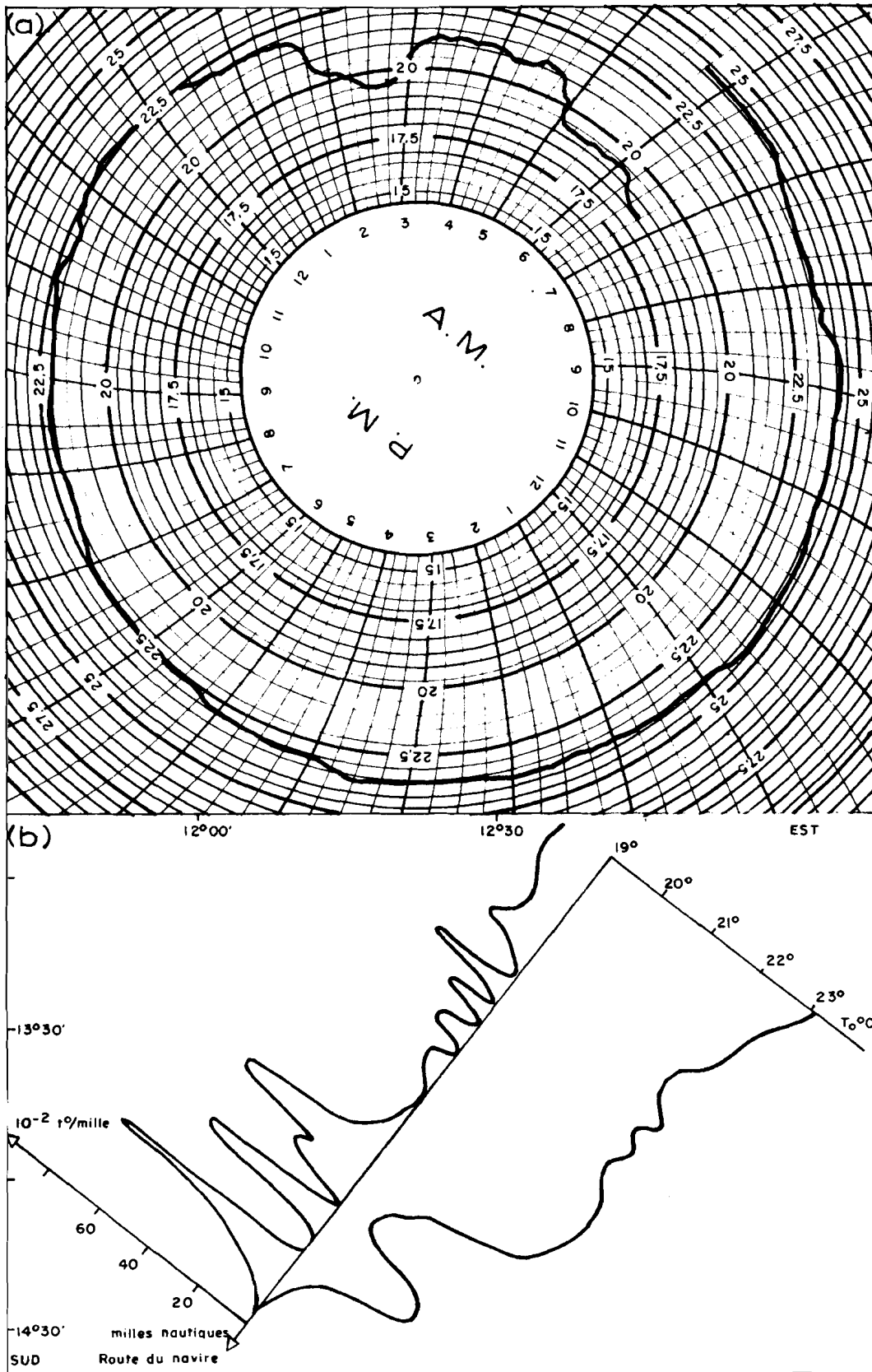


Fig. 1 - a. Thermogramme enregistré dans le front d'Angola
 b. Position du front et gradients de température (en valeur absolue). X, route du navire, est repérée dans le système d'axes Est et Sud. On repère par projection sur X, t° et grad. t° .

considéré, bien décrite. Les concentrations d'albacores ne sortent pas des limites géographiques de ces fronts, c'est-à-dire au nord du cap Blanc (Mauritanie) et, au sud du cap Frio (Angola).

CROMWELL et REID jr. (1956) ont défini une couche frontale stable ("frontal layer") s'enfonçant en oblique à partir du front dans des régions où la thermocline est au dessous de 100 m.

Les fronts séparant les eaux polaires froides à basse salinité des eaux subtropicales chaudes et relativement salées sont parmi les mieux connus avec ceux des convergences arctiques et antarctiques. Ceux qui se forment entre les eaux de la mer du Nord et celles de la Baltique sont assez remarquables. De nombreux travaux ont été réalisés sur les fronts du Kuroshio et de l'Oyashio : (UDA, 1938, 1943, 1953, 1954, 1955, 1959). Les régions frontales équatoriales ont été étudiées dans le Pacifique par CROMWELL (1953-1958), CROMWELL et REID (1956) déjà cités et par AUSTIN (1960) ; cette énumération ne prétend pas être exhaustive. Dans la plupart des cas l'étude des fronts a été entreprise à cause de leur liaison avec les zones de pêche. Décrire le mieux possible cette liaison représentera un progrès dans l'écologie de l'albacore. Mais auparavant seront relatés quelques travaux montrant l'importance des fronts dans l'écologie du thon.

IMPORTANCE DES FRONTS EN ECOLOGIE DU THON

R.C. GRIFFITHS (1962), fait remarquer que, si les fronts ont été étudiés d'un point de vue dynamique et physique, leur biologie reste peu connue. On sait qu'il y a relation entre les fronts et l'abondance de poisson ; les pêcheries japonaises de thon rouge, de germon et de listao (bluefin, albacore and skipjack), sont étroitement liées au front de l'Oyashio et du Kuroshio (UDA et ISHINO, 1958). Les germons sont aussi nettement associés au front du Gulf-Stream (WALFORD, 1958). BLACKBURN (1962) a montré que la pêche de l'albacore (yellowfin) dans le golfe de

Téhuantépec était associé à des fronts d'upwellings dus aux vents. Sur la côte occidentale d'Afrique les équipes de l'ORSTOM basées à Dakar, Abidjan et Pointe-Noire s'intéressent depuis de nombreuses années aux déplacements saisonniers des concentrations d'albacores, Pointe-Noire étant la plus ancienne station des trois : ainsi plusieurs campagnes dirigées par ROSSIGNOL ont conduit à l'hypothèse que les fortes concentrations se situaient à la limite des eaux chaudes dans la fourchette 23-27°C. LE GUEN, POINSARD et TROADEC (1965) ont fait ressortir l'intérêt de l'isotherme 24°C, déjà cité en introduction. Les enquêtes réalisées à bord des thoniers canneurs français, japonais et espagnols ont confirmé chaque année, depuis 1964, la migration du thon avec le front (LE GUEN, POINSARD, 1966 ; POINSARD, 1967), l'albacore ne se concentrant que rarement dans des eaux de surface plus froides que 23°C.

A partir de ces constatations assez générales on a essayé de voir de plus près quelle était la force et la fréquence de cette liaison en mesurant les gradients de température et de salinité le long des parcours des thoniers, en distinguant les deux cas suivants: présence et absence de concentration. Les observations portent sur trois périodes différentes :

- A : 18 observations du N.O. OMBANGO dans les zones de pêche, du 29 août au 3 septembre 1966, de 8°E à la côte entre 1,5°S et 3°S.
- B : 32 observations des thoniers, pendant la deuxième quinzaine d'août 1967, de 7° E à la côte entre 0,5°N et 3,5°S.
- C : 24 observations de l'OMBANGO dans les zones de pêche, du 17 au 27 octobre 1967, sur les accores entre 6° S et 12,5°S.

TABLEAU I..

	PRESENCE	ABSENCE
A	T= 23,0 Gradient T= $18 \cdot 10^{-3}$ (par mille) S= 35,14 Gradient S= $30 \cdot 10^{-3}$ S max= 35,58 D= 24,0 Gradient D= $25 \cdot 10^{-3}$	T= 22,2 Gradient T \neq 0 S= 35,71 Gradient S \neq 0 Gradient D \neq 0
B	T= 24,5 Gradient T= $17 \cdot 10^{-3}$ S= 34,74 Gradient S= $87 \cdot 10^{-3}$ S max= 35,76 D= 23,3 Gradient D= $75 \cdot 10^{-3}$	T= 23,6 Gradient T= $6 \cdot 10^{-3}$ S= 34,71 Gradient S= $5 \cdot 10^{-3}$ Gradient D= $2 \cdot 10^{-3}$
C	T= 25,1 Gradient T= $12 \cdot 10^{-3}$ S= 33,33 Gradient S= $27 \cdot 10^{-3}$ S max= 36,02 D= 22,0 Gradient D= $20 \cdot 10^{-3}$	T= 22,3 Gradient T= $60 \cdot 10^{-3}$ S= 35,43 Gradient S= $5 \cdot 10^{-3}$ Gradient D= $18 \cdot 10^{-3}$

Dans ce tableau $1 + 10^{-3} D$ donnerait la densité de l'eau de mer. Les gradients sont calculés entre chaque station de pêche. Les rendements de la pêche ont été respectivement pour chaque période :

A = 5,7 tonnes/jour

B = 7,5 tonnes/jour

C = 10,7 tonnes/jour.

Pendant la période C (Angola) le rendement est le meilleur ; en effet l'albacore est plus facile à repérer et à pêcher parce qu'il se concentre le long du talus continental (accores). Cependant les tonnages débarqués provenant des eaux gabonaises sont supérieurs à ceux des eaux surplombant les accores d'Angola. La pêche dure plus longtemps au Gabon. Il y a donc là un aspect différent de la relation "abondance-front" bien mise en évidence dans ce tableau par la relation "présence-gradient", selon qu'on considère les périodes A-B ou la période C : la relation est certaine devant le Gabon (A-B), elle reste indéterminée devant l'Angola (C) si l'on en juge d'après les gradients de densité.

Toutefois des remarques importantes sont à dégager de ce tableau :

- L'influence des gradients de salinité sur les gradients de densité est très supérieure à celle des gradients thermiques.

- Pendant la période C la relation "présence-gradient de salinité" est forte.

- La comparaison des rendements pendant les périodes A, B et C impliquerait que les concentrations augmentent quand les salinités diminuent. Ce résultat est à contrôler pour un plus grand nombre de périodes mais il confirme déjà l'influence des fronts de "dessalure" sur les concentrations d'albacores.

- L'albacore de surface est très tolérant vis à vis des salinités : la fourchette observée est au moins de 32 à 36 ‰. Par contre les eaux à température inférieure à 22,5°C ne lui conviennent guère.

- La relation "rendement-température" pendant les périodes A, B, C semble moins linéaire que la relation "rendement-salinité" ; ceci peut

corroborer l'action prépondérante des fronts de "dessalure" sur les concentrations.

En résumé on peut affirmer que les fronts de "dessalure" sont ceux ayant le meilleur impact sur les concentrations d'albacores en surface. La corrélation avec les fronts thermiques semble, à notre avis, secondaire : on trouve bien des concentrations d'albacores dans des eaux guinéennes à 26-29°C où il n'y a pas de gradients thermiques (BAUDIN-LAURENCIN, REBERT, 1970).

La question se pose alors, une fois trouvé un paramètre physique lié aux concentrations d'albacores, tel un front de "dessalure", d'imaginer quel facteur trophique attirant cette espèce pourrait être à son tour directement lié aux fronts de "dessalure". Rappelons que la tolérance de l'albacore est grande pour la salinité, ce qui écarte l'hypothèse du front de "dessalure" agissant comme facteur physiologique. Par contre les langues d'eau à basse salinité ont en général un passé côtier récent, beaucoup de phytoplancton, donc du zooplancton herbivore, du micronecton, des petits poissons pélagiques et ... de l'albacore. Tout cet enchaînement reste à démontrer, mais il n'est pas impossible que la chaîne soit beaucoup plus courte : en effet nous avons constaté les impacts directs et rapides des gradients de salinité sur les concentrations et, au large de la Californie mexicaine, BLACKBURN (1966) a trouvé une chaîne courte - front d'upwelling, chlorophylle de surface, crabes pélagiques, albacores - ces derniers ne franchissant pas les températures inférieures à 20°C.

POSTEL (1969) avance que "80 % des populations de yellowfin de surface se trouvent dans une étroite bande axée sur la rupture de pente (du plateau continental)". Cette constatation mérite une attention particulière parce qu'elle s'applique à l'Atlantique tropical africain de la Mauritanie à l'Angola et implique, dans des régions où les gradients halins restent négligeables et où les accores sont entre 200 et 500 m de fond, l'existence de mécanismes autres que les fronts de "dessalure". Dans le paragraphe suivant seront passés en revue divers facteurs mécaniquement favorables aux concentrations d'albacores.

FACTEURS DIVERS FAVORABLES A L'ALBACORE

Tout le long de la côte ouest-africaine, au dessus du plateau continental et au voisinage des accores, lieux de prédilection des albacores, la circulation est complexe. HART et CURRIE (1965), ont donné pour l'upwelling du SW africain un schéma de circulation où apparaît une zone de convergence sur le plateau, entre un upwelling côtier et un second upwelling au niveau des accores. Cette région est réputée très poissonneuse (pêcheries de Walvis-Bay) mais ses eaux très froides attirent d'autres espèces que l'albacore. Il existe une liaison, encore inexplicée, entre contre-courants et upwellings dans ces régions côtières. Cependant ces divergences et convergences sont très bien interprétées du point de vue biologique qui fait de leur ensemble un cycle complet de fertilisation des eaux. Les divergences, par leurs ascendances, favorisent les remontées des sels nutritifs et par suite le développement du phytoplancton ; une convergence placée entre elles correspond à une inversion de sens des circulations (horizontale et verticale) : les plongées d'eaux accélèrent la reminéralisation, les cellules convergentes groupent le plancton en essaims qui attirent le necton.

On retrouve ce schéma de HART et CURRIE en début de saison froide aux latitudes moins élevées : par exemple sur la radiale de Pointe-Noire où la pêche a été fructueuse aux mois de mai et juin, en 1969.

A partir du mois de septembre où traditionnellement des concentrations importantes apparaissent dans la région de Pointe-Noire, un contre-courant sud se développe sur le plateau et avec lui une cellule de convergence, tous deux plus importants qu'en saison froide. Dans le tableau ci-après, des mesures faites au courantomètre EKMAN le 9 octobre 1967 sur les fonds de 75 m de la radiale de Pointe-Noire, montrent l'importance et la régularité de ce contre-courant.

TABLEAU II

Immersion	Vitesse (cm/s)	Direction (degrés)	Température	Salinité
4 m	40	295	25,3	30,39
7 m	18	235	-	-
10 m	24	180	24,7	34,75
20 m	27	130	24,6	34,83
30 m	24	140	24,2	34,89
40 m	24	160	23,8	34,95
50 m	34	135	23,3	34,98
60 m	négligeable	-	20,2	35,41

On voit que les eaux de ce courant de pente ne sont pas, jusqu'à l'immersion 50 m, une barrière physiologique pour l'albacore et qu'elles ont les mêmes caractéristiques que les eaux de la zone frontale gabonaise (tableau I, A) qui lui sont favorables. Vers la côte, en deçà des fonds de 50 m, les coupes thermiques montrent que l'upwelling persiste jusqu'au mois de décembre ; au dessous de la thermocline, située vers l'immersion 50 m, les courants sont plus lents et plus changeants avec toutefois des directions W à NW prédominantes, sur les fonds de 500 m. En accord avec ces mesures directes, il apparaît le long des accores une remontée des isothermes situés sous la thermocline entre les immersions 60 m et 200 m. Enfin, dernière remarque très importante, la thermocline s'élève régulièrement des accores vers le large jusqu'à une dizaine de mètres de la surface, à quelques deux cents milles de la côte : c'est la région du dôme d'Angola considérée par BEARDSLEY (1969) comme favorable à l'albacore. Quoiqu'il en soit, on arrive à déduire par recoupements un schéma de circulation riche en convergences et divergences (fig. 2) en accord avec un profil d'oxygène dissous particulier au voisinage des accores. Les deux "poches" d'oxygène dissous, celle inférieure à 1 ml/l et celle supérieure à 2 ml/l, accrochées aux accores, sont peut-être des indices écologiques intéressants.

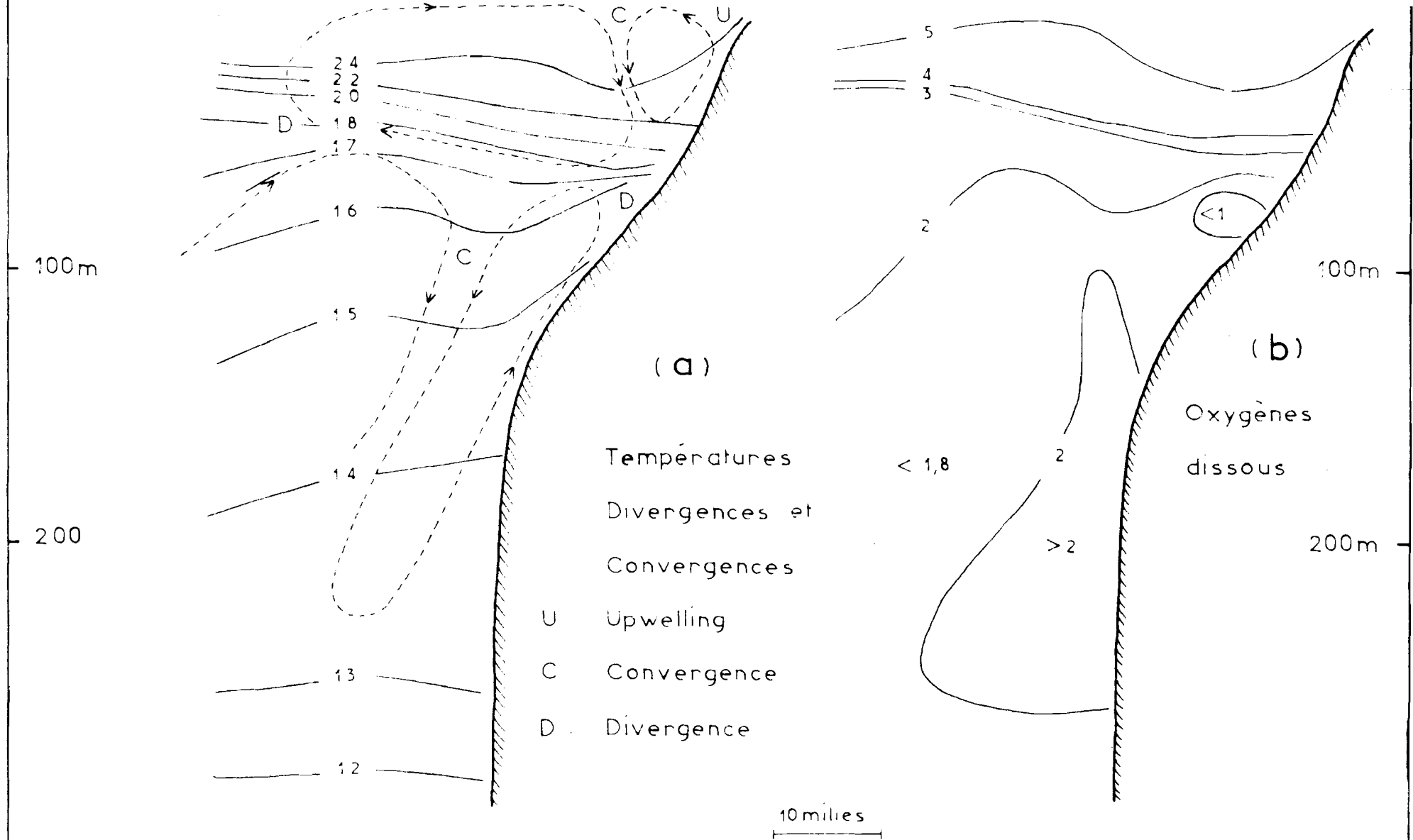


Fig.2 a-b. Coupes sur la radiale de Pointe Noire (5° Sud) 4-6 Octobre 1967

On remarque l'importance des mouvements verticaux et leur diversité susceptibles de concentrer l'albacore. L'accord avec les oxygènes est bon

Sur les figures 3 et 4 correspondant à la période C du tableau I on retrouve, sur des profils cette fois parallèles à la côte, confirmation de la prédilection de l'albacore (et d'autres espèces) pour les eaux surmontant à la fois des convergences et des divergences. On remarque que, dans certains cas, elles coïncident avec les fronts thermo-halins en surface. Dans la plupart des cas, les fronts de surface semblent liés aux "plongées" et remontées plus profondes des isothermes.

Cette association front de surface-mouvements verticaux profonds semble la règle générale puisqu'elle apparaît près de l'île Anno-Bon (fig. 5 a, b) en pleine période de pêche. Les conditions de surface sont comparables à celles du tableau I A et, d'après la figure 5 a, des oscillations de "dessalure" d'une durée de quelques jours et d'une période de deux à trois semaines liées à une très nette remontée de la thermocline (fig. 5 b), donc à une augmentation de la photosynthèse, sont un indice écologique intéressant. Le mécanisme physique de ces oscillations n'est pas évident ; cependant on sait que le profil de température de la figure 5 b correspond entre 50 m et 200 m, dans la tranche isotherme voisine de 15°C, au contre-courant de LOMONOSSOV (atlantic equatorial undercurrent). On constate que l'oscillation de "dessalure" est synchronisée d'un épaissement important de la veine centrale, au dessus de 100m et au dessous de 200 m. Pendant l'oscillation, la direction du courant a tourné du NW au SE dans la couche de surface, qui, on suppose, a été entraînée par le courant E de subsurface lors de son épaissement. Ce mécanisme doit avoir une grande influence sur les concentrations d'albacores : en effet il semble contenir tout ce qui a été dit jusqu'ici sur les indices favorables, tels les fronts de "dessalure" et les divergences subsuperficielles. Quant à la formation des eaux frontales assez froides et peu salées, elle reste problématique : les diagrammes T-S (fig. 5 c) montrent qu'elles pourraient provenir d'un mélange d'eaux un peu plus salées et plus chaudes situées plus au nord, côté chaud du front, et d'eaux plus froides et moins salées qui ne peuvent se former qu'à la côte près des estuaires. Ainsi des eaux à salinité d'environ 36‰.

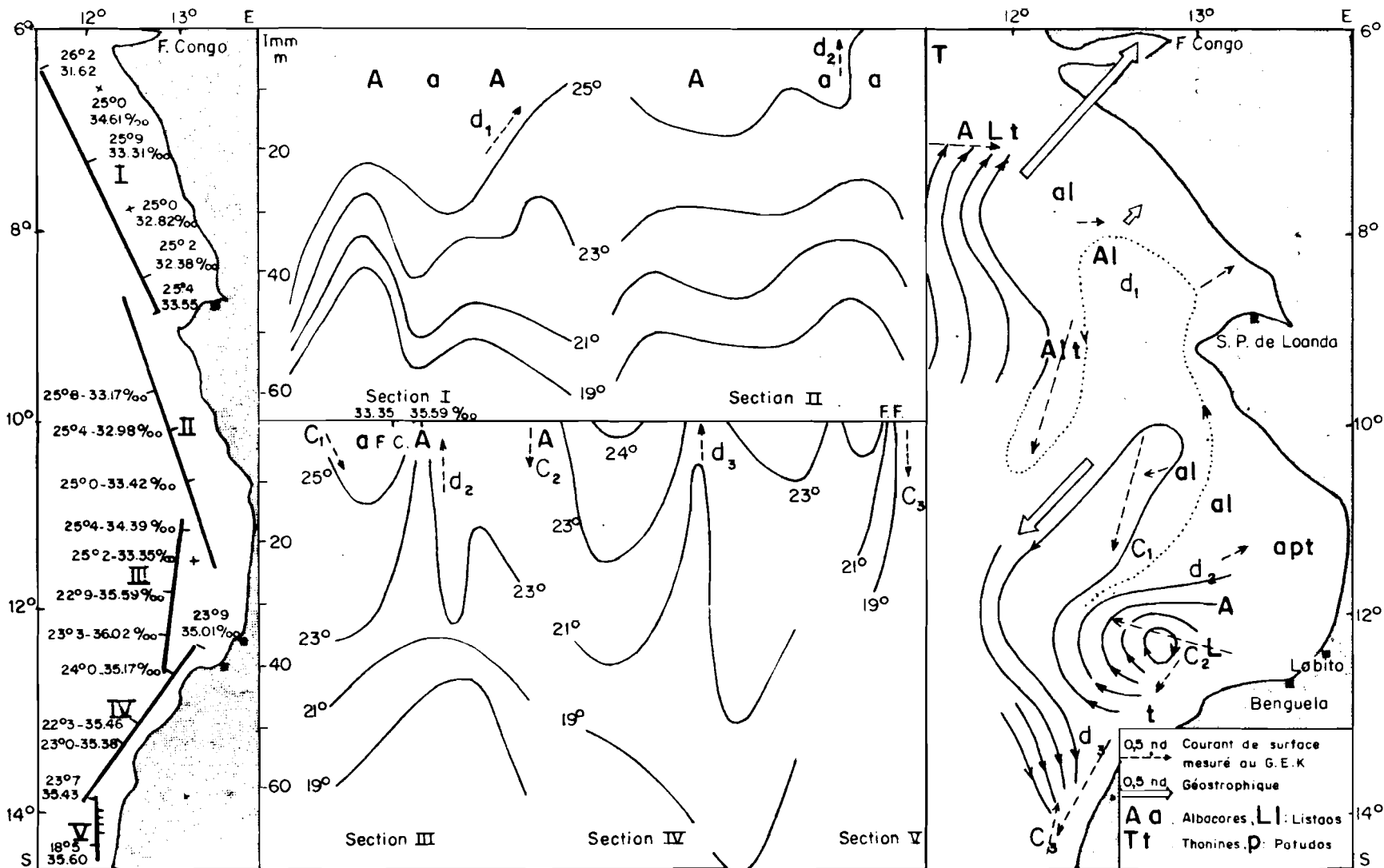


Fig. 3 - Coupes verticales sur des sections parallèles à la côte dans la région du front. Présence de l'Albacore.

A : fortes concentrations d'albacores - a. faibles concentrations d'albacores
 F.C. : front chaud - F.F. : front froid - C. : convergence - d. : divergence

Fig. 4 - Tourbillons et méandres de courant favorables au thon dans la région du front.

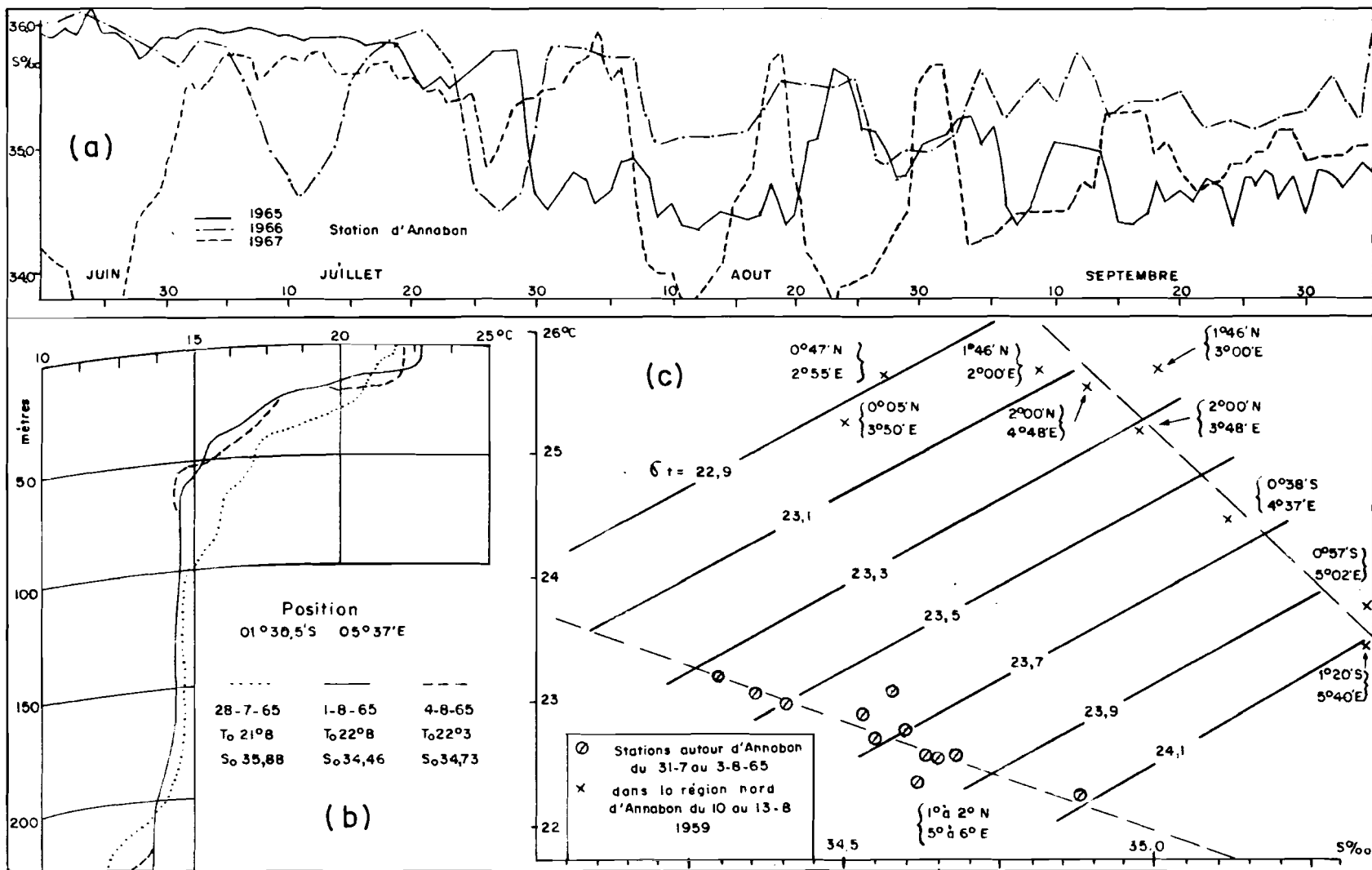


Fig. 5 - Les eaux froides dessalées de la zone frontale dans la région d'Annobon
 a. Oscillations des salinités à Annobon indiquant celles du front.
 b. Modification de la structure thermique lors d'une oscillation.
 c. Diagramme T.S. moyen de la couche de couverture.

et à température voisine de 21°C, dérivant de la côte gabonaise vers le NW ou l'W, rencontreraient les eaux chaudes voisines de 24°C - 35 ‰ auxquelles elles se mélangeraient tout en étant déviées vers le SW puis le S en direction de l'île Anno-Bon ; l'élément moteur de cette bifurcation des courants "frontaux" du NW vers le S serait le contre-courant de LOMONOSSOV, qui, en poussant les eaux vers le Gabon, induirait un courant de pente dirigé vers le S dans l'hémisphère sud. Mais alors, il entrerait dans le schéma général de l'upwelling puisqu'il favoriserait les contre-courants côtiers de subsurface.

DISCUSSION

On est parti de la constatation que les migrations des concentrations d'albacores suivaient celles d'un front ; on a montré qu'il y a effectivement une dépendance étroite entre la pêche et des fronts de "dessalure". Mais on a remarqué en même temps la grande tolérance de l'albacore pour les salinités et sa répulsion pour les eaux trop froides, i.e. inférieures à 22°C environ. Or ces eaux froides (fig. 6 et 7) occupent une vaste région et repoussent l'albacore plus au nord dans une zone frontale issue des fronts de "dessalure" ; celui-ci reste à proximité des eaux froides probablement fertiles parce que d'origine côtière ou provenant d'une branche du courant de Benguela (fig. 8, section I). Cependant, comme l'abondance d'albacore se signale principalement dans la zone frontale, il est logique de supposer que l'essentiel de sa nourriture s'y trouve ; il y aurait donc, en même temps que la formation de ces eaux, un mélange "biologique" enrichissant. On peut imaginer qu'entre le front froid côtier et le front de dessalure du large (fig. 8) se développe et s'auto-entretient un cycle biologique complet, puisqu'il y a évolution d'un écosystème d'upwelling dans une circulation W le long d'une zone frontale comprenant des convergences puis des divergences, ces dernières pouvant relancer le cycle biochimique (photosynthèse possible

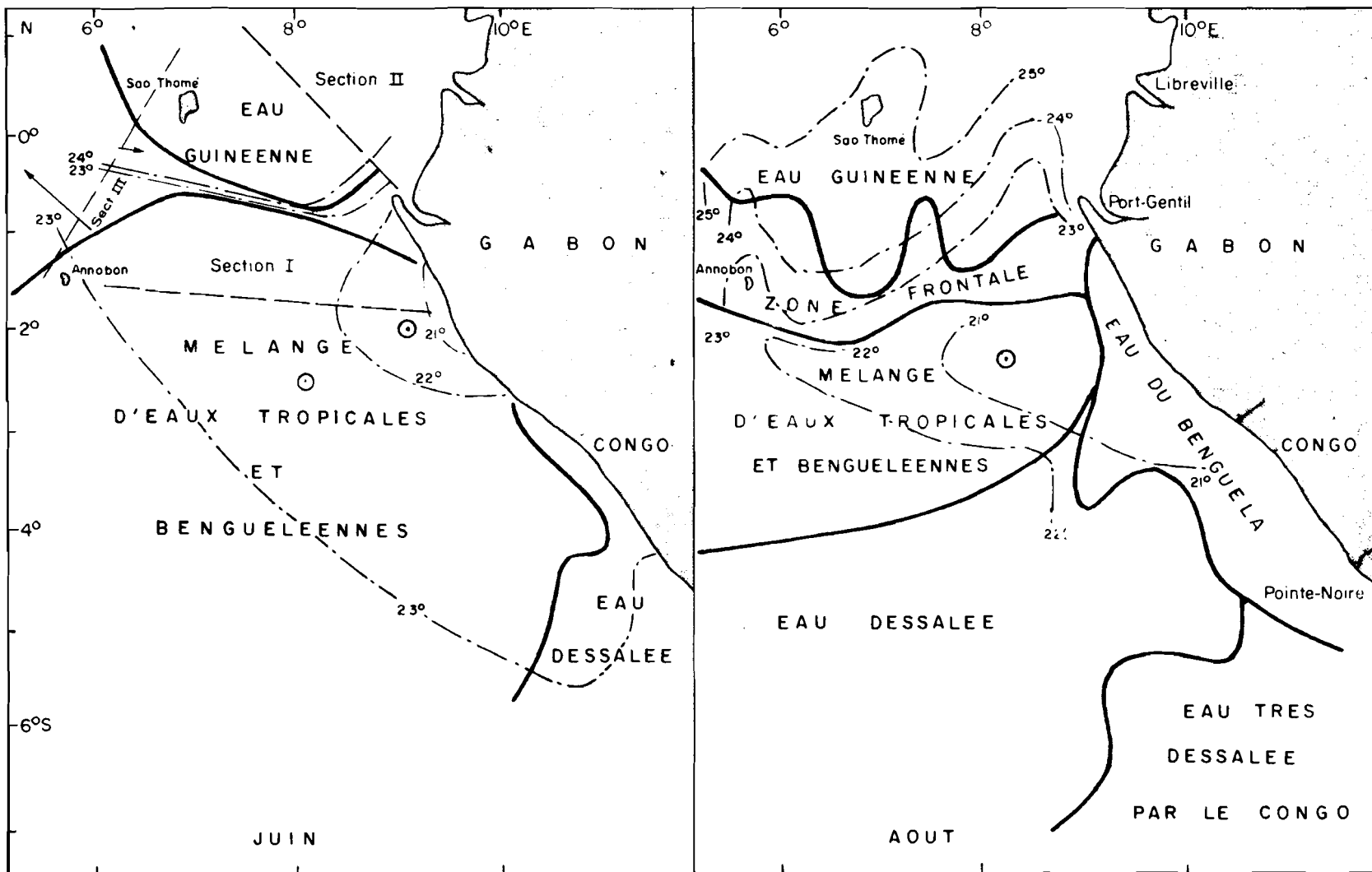


Fig. 6

Fig. 7

Les catégories d'eaux dans la région frontale du Gabon

⊙ mélange d'eaux tropicales et benguéliennes donnant des eaux froides salées

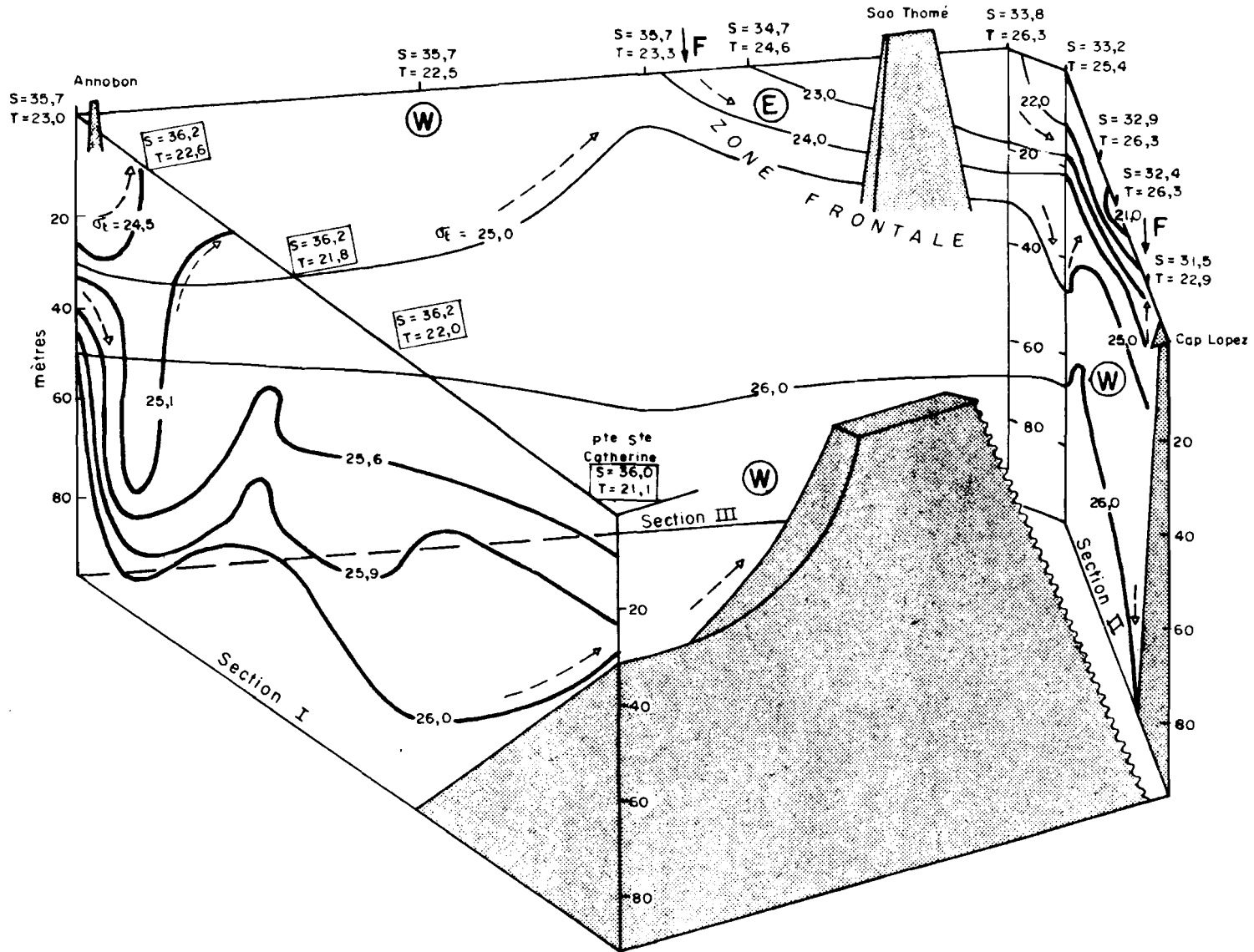


Fig. 8 - Bloc-diagramme des densités dans la région du Front du Gabon
4 au 8 juin 1959 (Voir fig 6)

(E) (W)

Courant de surface à composante principale E, W - F: front

—→

Circulation théorique, divergences et convergences

dans une thermocline plus proche de la surface). En même temps la circulation s'inverserait avec le contre-courant E et le cycle recommencerait cette fois en direction de la côte. Des mécanismes semblables s'appliqueraient aux autres régions (fig. 2 et 3).

X

X

X

BIBLIOGRAPHIE

- AUSTIN (T.S.) - 1960 - Oceanography of the east central equatorial Pacific as observed during expedition Eastropic. U.S. Fish and Wildl. Serv., Fish. Bull., 60, 168, pp. 257-282.
- BEARDSLEY (G.L.) - 1969 - Distribution et apparent relative abundance of yellowfin tuna in the eastern tropical atlantic in relation to oceanographic features. Bull. Mar. Sci., 19, 1, pp. 48-56.
- BERRIT (G.R.), TROADEC (J.P.) - 1960 - Richesse en phytoplancton des eaux côtières dans la région de Pointe-Noire. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire n° 84, 26 p. multigr.
- BERRIT (G.R.) - 1961 - Etude des conditions hydrologiques en fin de saison chaude entre Pointe-Noire et Loanda. Cah. océanogr. C.C.O.E.C., XVIII, 7, pp. 456-461.
- BERRIT (G.R.) - 1962 - Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le golfe de Guinée - Observations de surface le long des lignes de navigation. Cah. océanogr. C.C.O.E.C., XIII, 10, pp. 715-727 ; XIV, 10, pp. 719-729.
- BERRIT (G.R.) - 1965 - Observations océanographiques dans la région de Pointe-Noire. Année 1964. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire n° 272, 57 p. multigr.
- BLACKBURN (M.) - 1962 - Distribution and abundance of tune related to wind and ocean conditions in the gulf of Tehuantepec, Mexico. Scripps Cont., 32, Cont. 1391, 28 p.
- BLACKBURN (M.) - 1966 - Tuna oceanography off Baya California - 17th Pacific Tuna Conference Lake Arrowhead, California.
- CROMWELL (T.) - 1953 - Circulation in a meridional plant in the Central Equatorial Pacific. Jour. Mar. Res., 12, 2, pp. 196-213.
- CROMWELL (T.) - 1958 - Thermocline topography, horizontal currents and ridging in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. trop. Tuna Comm., Bull., 3, 3, pp. 135-164.

- CROMWELL (T.), REID (J.L. jr.) - 1956 - A study of oceanic fronts. Tellus, VIII, 1, pp. 94-101.
- CROSNIER (A.), GALLARDO (Y.) - 1965 - OM 27. Rapport de campagne. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire n° 312, 49 p. multigr.
- CROSNIER (A.), GALLARDO (Y.), GHENO (Y.), REBERT (J.P.) - 1966 - OM 28 (Angola). Rapport de campagne. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire n° 319, 48 p. multigr.
- DONGUY (J.R.), HARDIVILLE (J.), LE GUEN (J.C.) - 1964 - Essai de représentation du bilan d'eau douce dans une région marine - Applications à la baie de Biafra. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire n° 213, 9 p. multigr.
- EQUALANT I, II - 1964 - (Data Report) Washington, D.C., I, 790 p. ; II, 483 p.
- EQUALANT III - 1965 - (Data Report) Washington D.C., III, 449 p.
- FUGLISTER (F.C.) - 1960 - Atlantic Ocean Atlas. Woods Hole Oceanographic Institution, Atlas Series, I, 209 p.
- GALLARDO (Y.), LE GUEN (J.C.) - 1965 - OM 26. Rapport de campagne. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire n° 283, 26 p. multigr.
- GALLARDO (Y.), REBERT (J.P.) - 1966 - Observations océanographiques dans la région de Pointe-Noire en 1965. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire n° 313, 73 p. multigr.
- GALLARDO (Y.) - 1966 - Contribution à l'hydrologie du bassin d'Angola. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire n° 343, 31 p. multigr.
- GALLARDO (Y.), REBERT (J.P.) - 1967 - Observations océanographiques dans la région de Pointe-Noire. Année 1966. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire n° 378, 72 p. multigr.
- GALLARDO (Y.) - 1968 - OM 34. Sous-courant équatorial. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire n° 411, 20 p. multigr.
- GALLARDO (Y.) - 1970 - Contribution à l'étude du Golfe de Guinée. Hydrologie et courants dans la région de l'île Annobon. Cahiers océanographiques, 22, 3, pp. 277-288.

- GHENO (Y.), POINSARD (F.) - 1968 - Observations sur les jeunes sardinelles de la baie de Pointe-Noire (Congo). Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire n° 404, 31 p. multigr.
- GRIFFITHS (C.) - 1962 - Studies of oceanic fronts in the mouth of the gulf of California, an area of tuna migrations. Scripps Cont., 32, Cont. 139, 27 p.
- GUILLEM (A.J.M.), MARTEAU (J.) - 1966 - Prospection de la zone de pêche du thon - Mission effectuée par l'"Ombango" au large des côtes du Congo et du Gabon du 29 août au 3 septembre 1966. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire n° 327, 15 p. multigr.
- HART (T.J.), CURRIE (R.I.) - 1960 - The Benguela current. "Discovery" Rep., 31, pp. 123-298.
- LACOMBE (M.) - 1965 - Cours d'océanographie physique. Gauthier - Villars, Paris, 392 p.
- LA FOND (E.C.) - 1961 - Oceanography and food. Naval Research Reviews, O.N.R. Dept. of Navy, Wash. D.C., November 1961, pp. 9-13.
- LE GUEN (J.C.), POINSARD (F.), TROADEC (J.P.) - 1965 - La pêche de l'albacore dans la zone orientale de l'Atlantique intertropical. La Pêche Maritime, n° 1048, pp. 536-541.
1965 - The Yellowfin tuna fishery in the eastern tropical atlantic. Comm. Fish. Rev., august 1965, pp. 7-18.
- LE GUEN (J.C.), FONTANA (A.), GALLARDO (Y.), GUILLEM (J.M.) - 1968 - OM 33 (Angola). Rapport de campagne. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire n° 400, 12 p. multigr.
- MANAR (T.A.) editor - 1967 - Progress in 1965-66 at the bureau of Commercial Fisheries, Biological Laboratory, Honolulu Circular 274.
- POINSARD (F.), BINET (D.), DESSIER (A.), REBERT (J.P.) - 1967 - OM 32. Campagne Annobon V. Rapport de campagne. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire n° 387, 32 p. multigr.
- POSTEL (E.) - 1969 - Répartition et abondance des thons dans l'Atlantique tropical. Actes du Symposium sur l'Océanographie et les ressources halieutiques de l'Atlantique tropical, Abidjan, 20-28 octobre 1966. UNESCO, F.A.O. - pp. 109-138.

- REBERT (J.P.), GAYDE (J.), GUILLERM (J.M.), MARTEAU (J.) - 1966 - OM 31 (Angola). Rapport de campagn. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire n° 324, 24 p. multigr.
- REBERT (J.P.) - 1966 - Conditions hydrologiques au sud de Pointe-Noire, en début de saison froide. Aperçu sur la transition. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire n° 333, 20 p. multigr.
- ROSSIGNOL (M.) - 1955 - Premières observations sur la biologie des sardinelles dans la région de Pointe-Noire (Sardinella aurita Val., Sardinella eba Val.). Rapp. Proc. verb. Cons. int. Explor. Mer, 137, pp. 17-28.
- SOARES NETO (T.), DE PAIVA (I.) - 1966 - Ciclo anual do zooplanton colhido na Baía Farta em 1960. Notas mimeogr. Centro Biol. aquat. trop. (Lisboa), 2, 1966, 61 p.
- UDA (M.) - 1938 - Researches on "Siome" or current rip in seas and oceans. Geoph. Mag., 11, 4, pp. 307-72.
- " - 1943 - On the structure of the boundary of water masses. Jour. Ocean. Soc., 2, 4, pp. 9-16.
- " - 1953 - On convergence and divergence in the northwest Pacific in relation to fishing grounds and productivity. Bull. Jap. Soc. sci. Fish., 19, 4, pp. 435-438.
- " - 1954 - Studies on the relation between whaling grounds and hydrographic conditions. Sci. Rep. Whale Res. Inst., 9, pp. 179-187.
- " - 1955 - Researches on the fluctuation of the North Pacific circulation. Rec. Oceanogr. Works Jap., 2, 2, pp. 43-55.
- " - 1959 - Oceanographic seminars. Mam. Rep. Series (Oceanographic and Limnological) 51, Fisheries Res. Bd. of Canada, 110 pp.
- UDA (M.), ISHINO (M.) - 1958 - Enrichment pattern resulting from eddy systems in relation to fishing grounds. Jour. Tokyo Univ. Fish., 44, 1-2, pp. 105-129.
- WALFORD (L.A.) - 1958 - Living resources of the sea. Ronald Press Co., New-York, 321 p.