

Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan

Vol. IV, n°1, mars 1973, pp 91-124

CIRCULATION DANS LA PARTIE ORIENTALE DE L'ATLANTIQUE SUD

L. Lemasson et J.P. Rébert

R E S U M E

Les auteurs étudient la circulation dans l'Atlantique tropical sud à partir d'observations hydrologiques et courantométriques réalisées lors d'une campagne du N. O. CAPRICORNE en novembre 1971. Cette croisière a confirmé par des mesures directes la réalité du contre-courant sud-équatorial. Une discussion porte sur ce contre-courant sud-équatorial ainsi que sur l'existence d'une branche nord de ce courant mise en évidence par des mesures directes et la présence d'un noyau de salinité.

A B S T R A C T

The authors study the circulation in the South Tropical Atlantic from hydrology and current measurements made during a cruise of the N. O. CAPRICORNE in November 1971. Direct current measurements confirm the existence of the eastwards South Equatorial Counter-Current. The authors discuss the counter-current as confirmed by current measurements and high salinity core.

- SOMMAIRE -

1.- Introduction

2.- Méthodes

3.- Résultats

3.1.- Conditions météorologiques

3.2.- Courants observés

3.3.- Caractères hydrologiques des eaux de surface

3.4.- Flux géostrophique

4.- Discussion

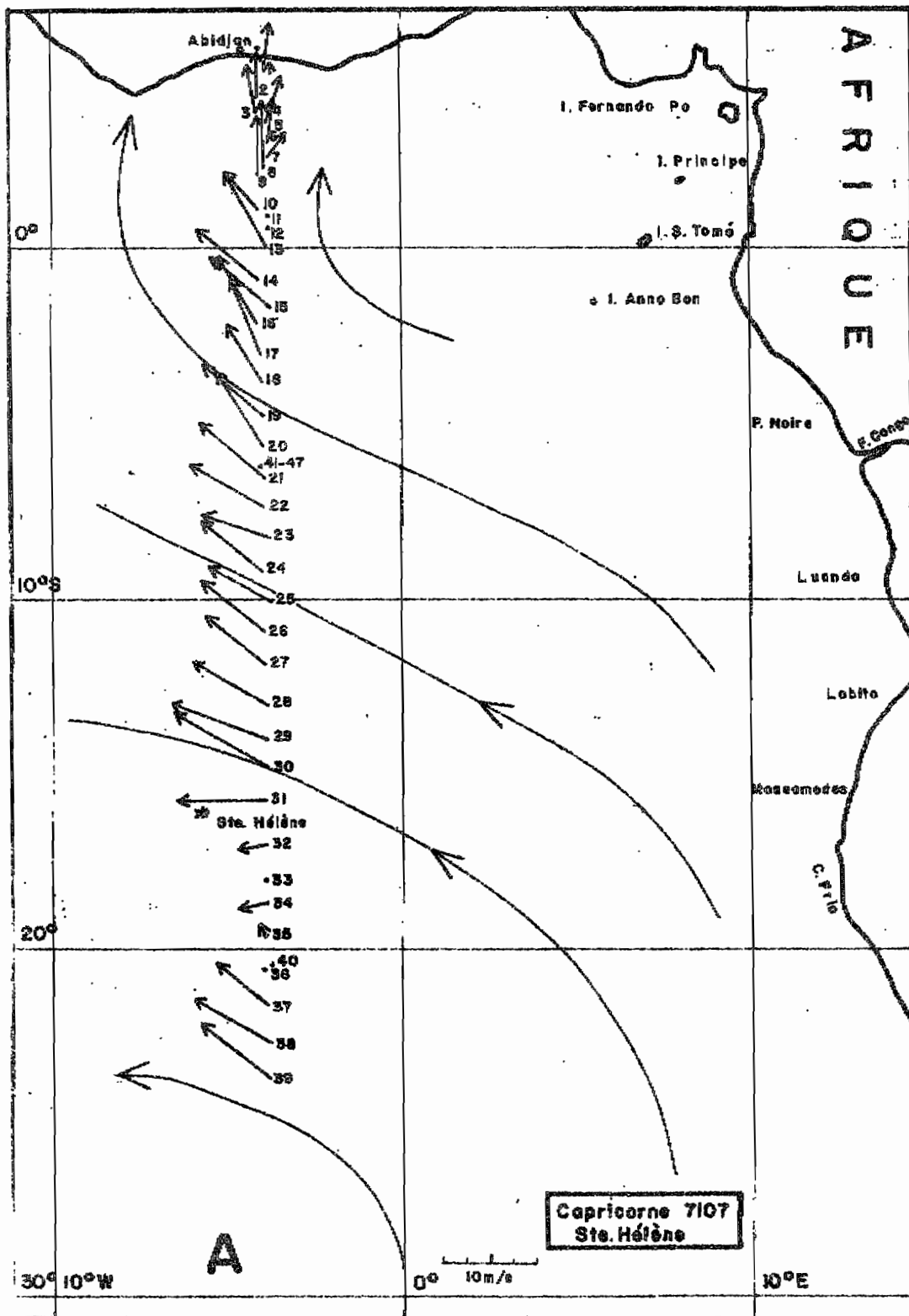


fig. 1: - Position des stations. Vents observés pendant la croisière.

Les données récoltées à bord du Capricorne comprenaient la température, la salinité, l'oxygène à l'aide d'une sonde in situ, des paramètres chimiques (sels nutritifs et particules en suspension), des observations sur la productivité primaire des masses d'eau et la distribution zooplanctonique; de ce fait, il était également intéressant de voir l'influence des courants sur la répartition de ces différents paramètres, problème étudié par DUFOUR et STRETTA (1972).

2.- METHODES

Le navire a occupé 41 stations hydrologiques régulièrement réparties sur le méridien 4°W (fig.1), dont 32 séries de mesures de courants.

Les mesures directes ont été faites avec des courantomètres Ekman, le navire étant en dérive; la couche de référence supposée de mouvement nul, ou très faible, était prise à 500m avec quelques mesures à 800m pour tester la validité de l'hypothèse. Le choix de la profondeur de 500m s'est avéré relativement bon, les écarts enregistrés avec les mesures faites en prenant une couche de référence plus profonde étant faibles et de l'ordre de la variabilité de la circulation superficielle.

Station 27: par rapport à 0m ;		
courant à 500m, V = 24 cm/s		dans le 135°.
courant à 800m, V = 24 cm/s		dans le 155°.
Station 36: par rapport à 0m ;		
courant à 500m, V = 32 cm/s		dans le 120°.
courant à 800m, V = 25 cm/s		dans le 125°.
Station 38: par rapport à 0m ;		
courant à 500m, V = 39,5 cm/s		dans le 150°.
courant à 620m, V = 42,5 cm/s		dans le 135°.

Des observations rapprochées étaient faites de la surface jusqu'à 150m. Au sud de l'équateur et au voisinage de celui-ci, les mesures sont imprécises, ce qui est dû à l'angle du câble qui, devenu trop important, ne permettait pas des observations suffisamment fiables; ces angles de câble souvent supérieurs à 50°, étaient vraisemblablement dus à des dérives très fortes de la couche de surface confirmées par les observations astronomiques (> 80 cm/s pour la couche de surface), plutôt qu'à un sous-courant équatorial violent; celui-ci atteint en effet ses vitesses minimales à cette époque de l'année et est assez mal défini comme nous le verrons par la suite.

Les courants géostrophiques étaient calculés à partir des données de température et de salinité recueillies par la sonde STD0 et traitées sur l'ordinateur du bord.

Enfin les analyses portant sur les paramètres chimiques étaient immédiatement faites à partir de prélèvements réalisés à la rosette "Multisampler".

On peut évidemment discuter la validité de la méthode de mesure des courants en différentielle; s'il est vrai que la précision reste faible et que l'on n'a qu'une mesure instantanée du vecteur courant qui n'est peut-être pas toujours le reflet de la circulation moyenne, le grand nombre de mesures, le parallèle avec les courants géostrophiques et la distribution de certaines propriétés donnent une description assez bonne des courants tant qualitative que quantitative.

Variabilité:

Au cours de la station 41 vers 5°S qui dura 24 heures, trois séries de mesures ont été faites toutes les 8 heures dans le but de tester la variabilité des courants. Celle-ci semble assez importante

puisque la direction du courant de surface est passée en 24 heures de 330° à 260°, le module de la vitesse variant peu en grandeur.

Cette variabilité, ou plutôt la faible stabilité, est également apparue lorsqu'aux environs de 20°S le vent est devenu quasiment nul pendant près de 48 heures; le courant de surface qui, jusqu'alors, avait une direction stable NW et une vitesse de l'ordre de 50 cm/s, est devenu presque nul (< 10 cm/s) et de direction très variable tournant du nord au sud avec apparition d'une composante est (st. 34) ce qui souligne la faible épaisseur de la couche de dérive due aux vents; entre 0 et 10m de profondeur, le vecteur courant tourne en moyenne de 90° sur la gauche, phénomène qui a été observé à toutes les stations au sud de 3°S (fig.2).

En ce qui concerne les courants géostrophiques, la station de 24 heures au point fixe a permis de faire 7 traits de sonde de 0 à 1.000m, espacés de 4 heures chacun: l'analyse des résultats montre que la hauteur dynamique présente un écart type de 1,5cm. Cet écart est dû à la fois à l'imprécision de l'appareil et aux variations propres à la structure des eaux (ondes internes). Il permet en tous les cas une approximation suffisante pour le calcul des vitesses dans la partie sud de la campagne (écart de 4 cm/s sur 60 milles à 15°S).

3.- RESULTATS

3.1.- Conditions météorologiques.

Le régime des vents dans l'Atlantique sud dépend de la position de l'anticyclone qui oscille suivant les saisons autour d'une position moyenne voisine de 30°S. Toute la zone tropicale et équatoriale est donc soumise à l'action des alizés de direction générale sud-est dans la zone qui nous intéresse. Pendant l'hiver austral (juin-septembre),

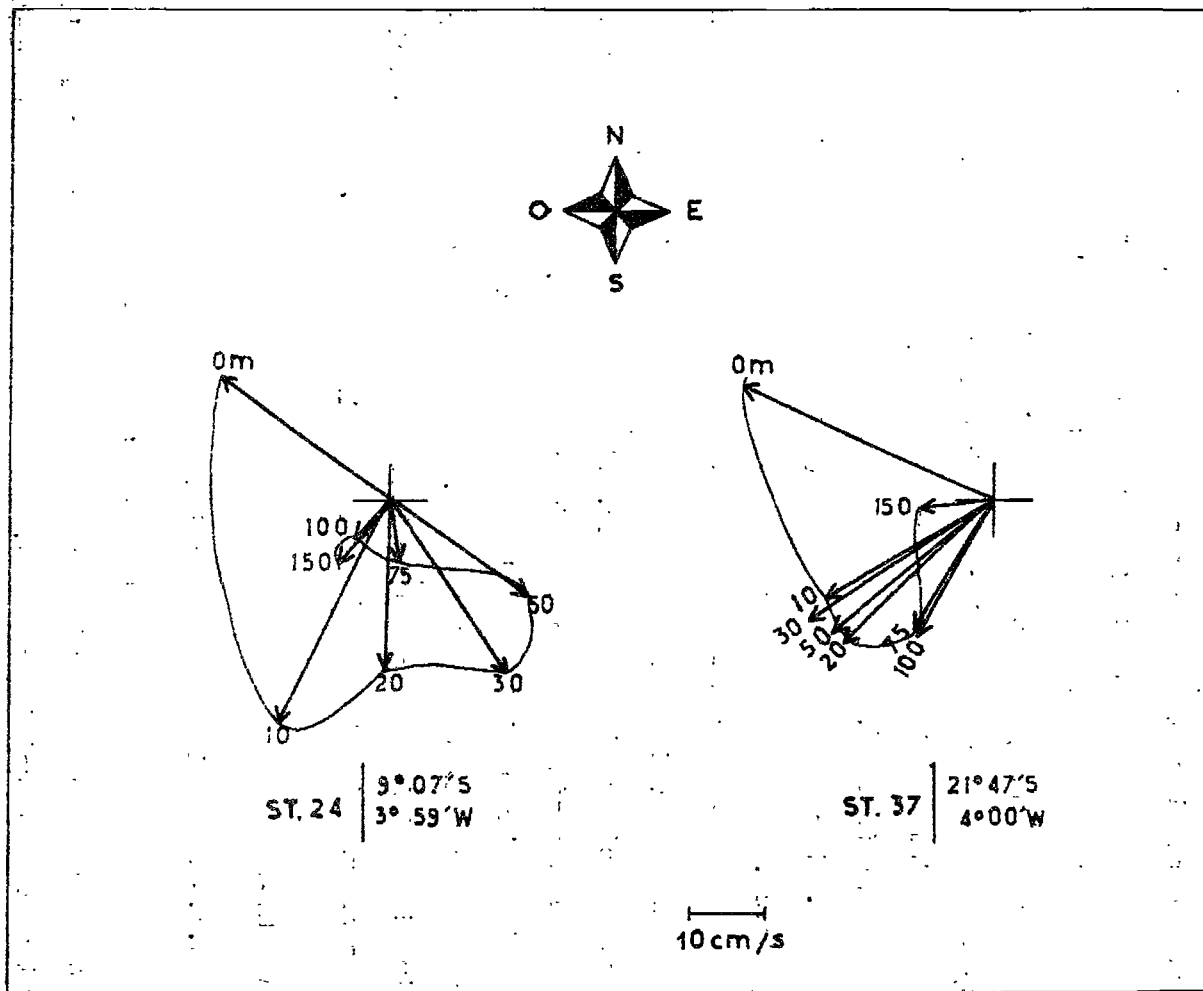


Fig. 2: - Distribution verticale des courants aux stations 24 et 37.

cette zone de hautes pressions remonte vers l'équateur, entraînant un renforcement des alizés qui au passage de l'équateur s'infléchissent et deviennent des vents de sud à sud-ouest dans l'hémisphère nord jusqu'aux côtes africaines (Côte d'Ivoire), l'équateur thermique se déplaçant alors vers le nord. Par contre, pendant l'été austral, on observe un déplacement vers le sud de l'anticyclone.

La croisière "Sainte-Hélène s'est donc déroulée pendant une période de transition (printemps austral); pendant toute la durée de la croisière, les vents ont soufflé d'une direction moyenne sud-est pratiquement constante, avec toutefois une période de calmes de 2 jours entre 18°S et 20°S, au sud-est de Sainte-Hélène. D'une façon générale, les vents se sont renforcés progressivement (fig.1) dans la zone méridionale et ont atteint une vitesse supérieure à 10 m/s dans la région nord de Sainte-Hélène, puis après la courte période de calmes (vent nul), le régime des vents de sud-est s'est de nouveau installé avec des vitesses voisines de 10 m/s.

3.2.- Courants observés.

La figure 3 représente les vecteurs courants aux différentes stations et aux niveaux 0m, 20m, 50m, et 100m. L'examen de ces figures fait apparaître en surface le mouvement général vers le nord-ouest des eaux superficielles, entre 2°N et 24°S, avec toutefois une faible composante est dans une zone voisine de 10°S à 11°S. Au nord de 2°N, on entre dans le courant de Guinée jusqu'à la côte africaine.

Les courants observés aux niveaux inférieurs ont des directions beaucoup plus variables et mettent en évidence la faible épaisseur de la couche transportée vers le nord-ouest: à partir de 20m, très rapidement, les courants prennent une direction sud-ouest à sud, avec

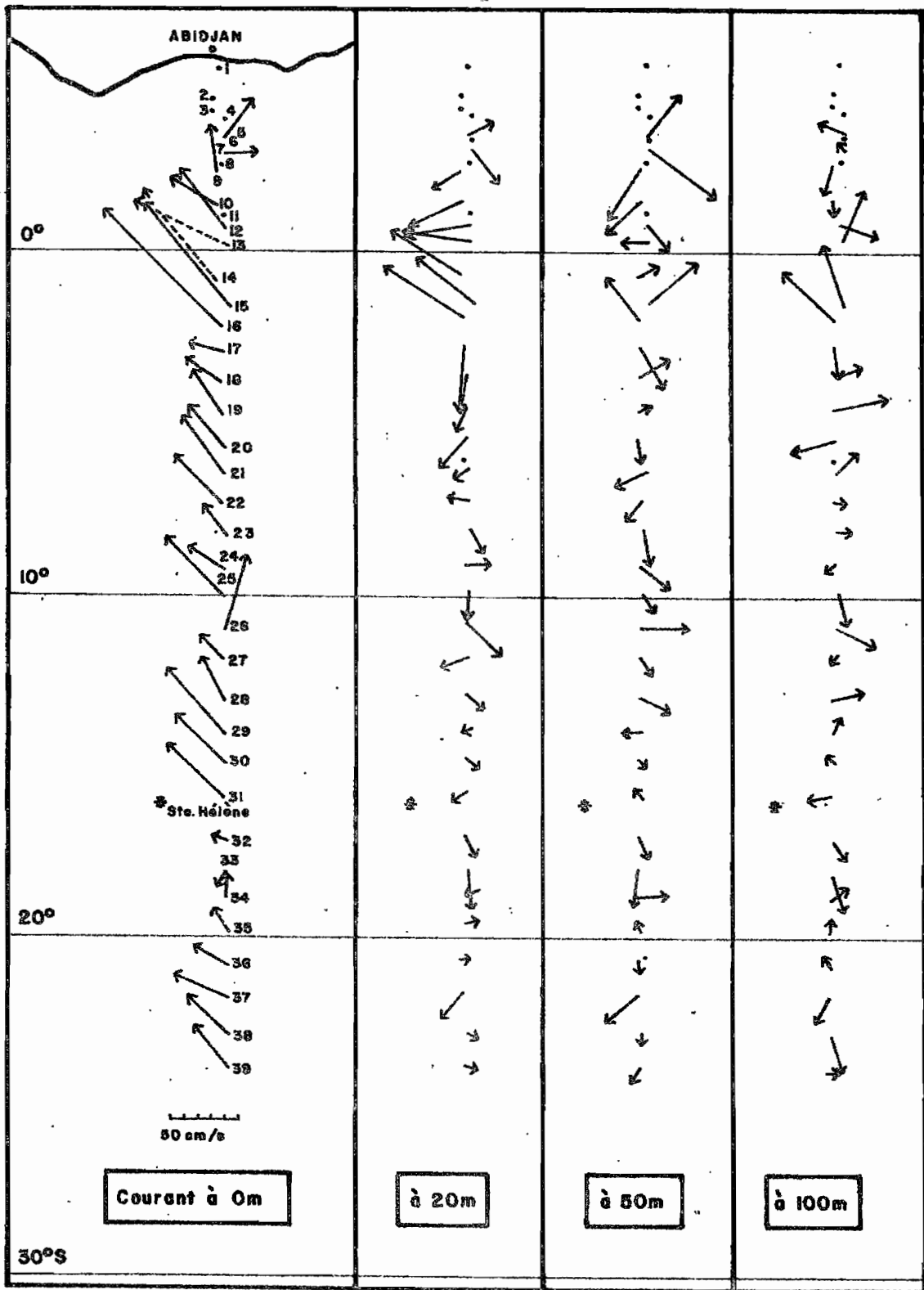


Fig. 3: - Courants observés aux niveaux 0, 20, 50 et 100 mètres.

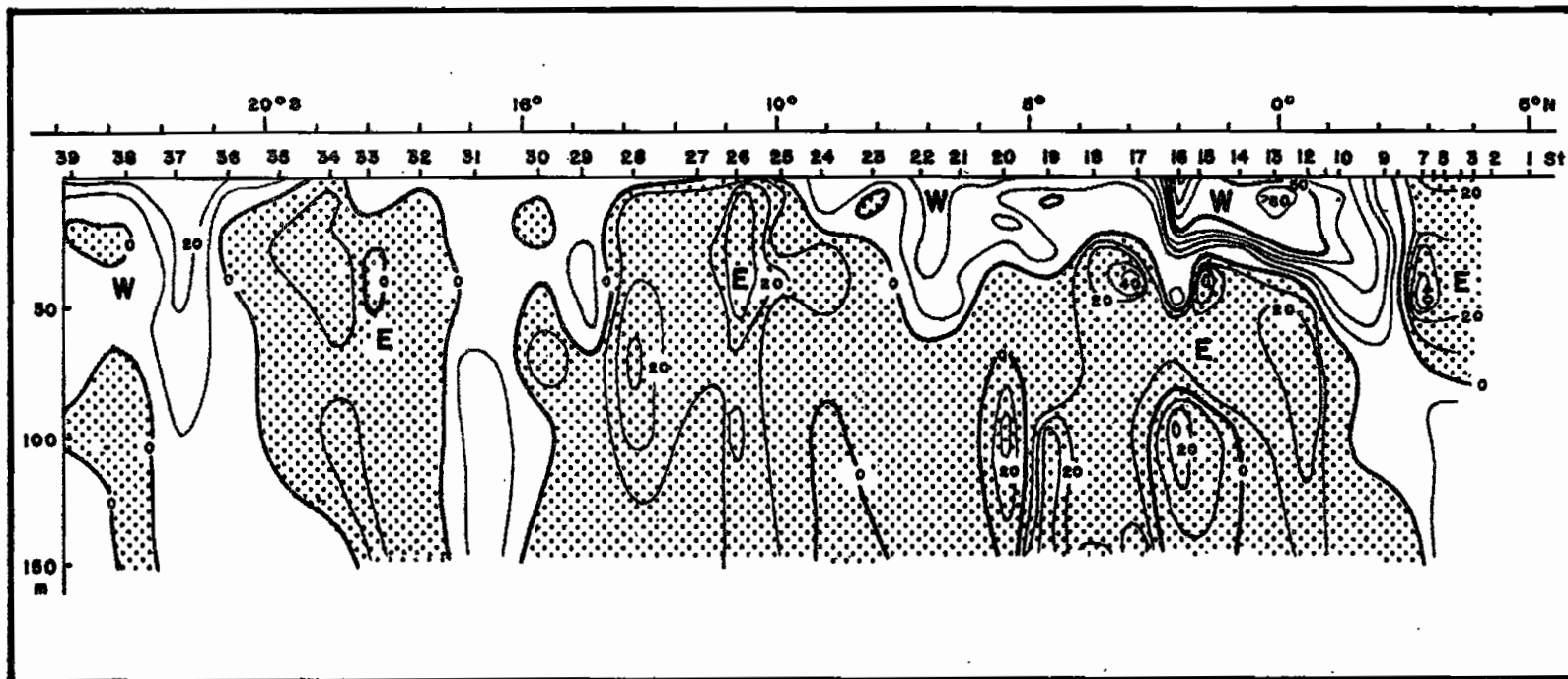


Fig. 4: - Distribution verticale de la composante E-W des courants mesurés en cm/s.

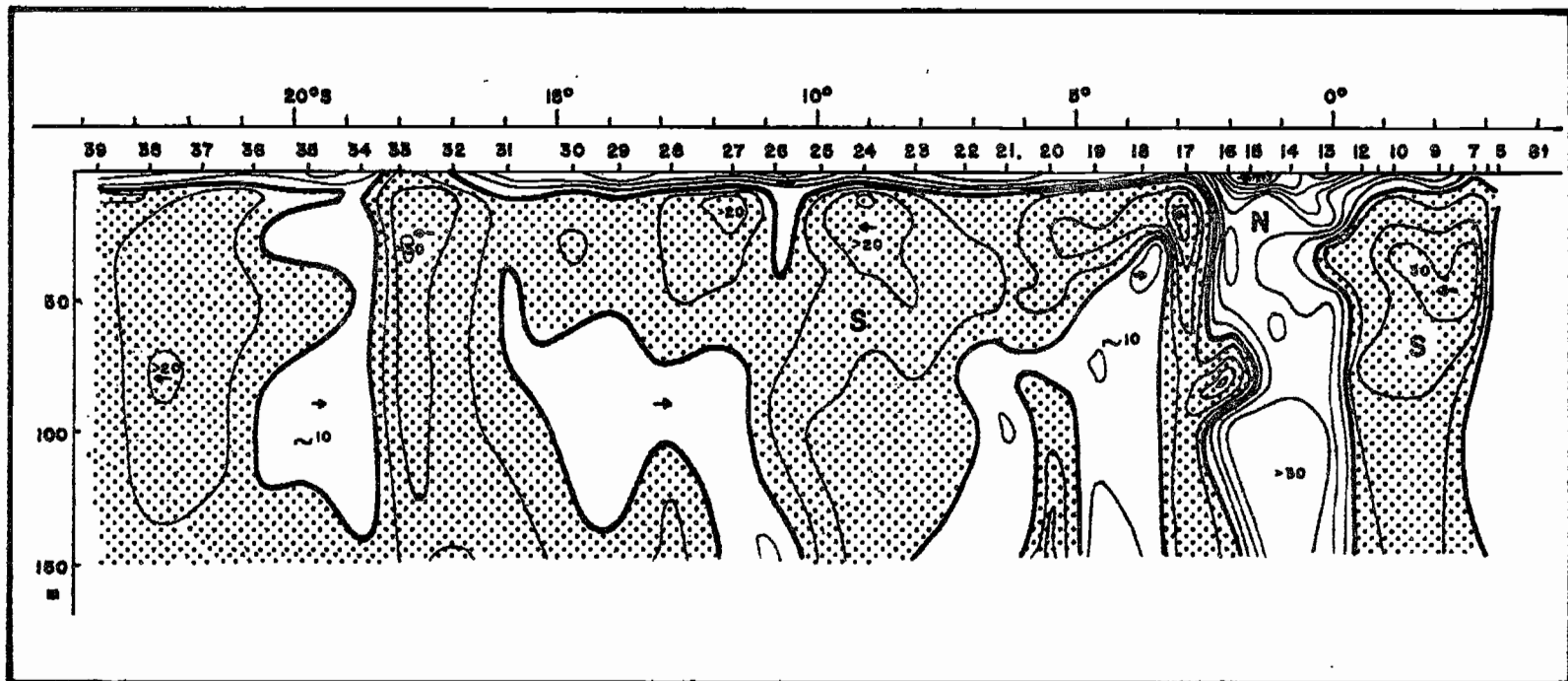


Fig. 5: - Distribution verticale de la composante N-S des courants mesurés en cm/s.

parfois une composante est. Notons qu'au sud de la station 16, on observe des courants sud, alors qu'au nord on se trouve dans le courant sud-équatorial qui, avec une vitesse supérieure à 80 cm/s porte au nord-ouest. Ceci engendre une divergence qui apparaît d'ailleurs sur la coupe dynamique (fig.11) et qui sera discutée par la suite.

Au sud de cette zone (8°S) les courants observés sont plus faibles et plus variables à mesure que l'on entre dans la zone de convergence que l'on trouve à partir de 20°S-25°S jusqu'à la convergence subtropicale voisine de 30°S.

L'examen des figures 4 et 5 représentant les distributions verticales des composantes zonales et méridiennes des courants permet de définir, à l'aide également des autres paramètres physicochimiques et biologiques, les limites des courants.

En partant de la côte à 5°N et en descendant vers le sud, on rencontre successivement les courants suivants:

1° - Courant de Guinée et contre-courant de Guinée.

5°N à 3°N. Stations 1 à 5.

Le courant de Guinée est constitué par le contre-courant équatorial et la continuation du courant des Canaries qui, longeant les côtes africaines, s'infléchit vers l'est et s'écoule le long de la Côte d'Ivoire pour s'évanouir plus à l'est dans la Baie de Biafra. Il est entretenu pendant son trajet dans le Golfe de Guinée par les vents du SW.

Son extension verticale intéresse une couche de 70m d'épaisseur environ; bien défini jusqu'à 3°N, le courant de Guinée s'infléchit dans sa partie sud vers le sud-est et s'affaiblit peu à peu dans la zone de convergence (convergence nord-équatoriale) qui est au centre d'un vortex anticyclonique que l'on trouve entre la Côte d'Ivoire et l'équateur.

Sous le courant de Guinée et coulant en sens inverse de celui-ci, c'est-à-dire vers l'ouest, on observe à partir de 70m et sur une épaisseur de 200m environ le contre-courant de Guinée; sa vitesse est relativement faible (voisine de 10 cm/s). Ce système de courant dont fait également partie le long de la côte ivoirienne le sous-courant ivoirien qui longe le talus continental sous le courant de Guinée et qui s'écoule vers l'ouest, a été étudié par LEMASSON et REBERT (1968-1972).

2° - Convergence nord-équatoriale.

3°N à 2°N. Stations 6 à 9.

Cette région de convergence que l'on trouve sur la partie sud du contre-courant équatorial est caractérisée par des courants faibles de direction assez mal définie. Elle forme la limite entre le courant de Guinée et le courant sud-équatorial qui s'écoule vers l'ouest.

Hydrologiquement elle se situe, entre 2°N et 3°N, dans une zone où l'on enregistre des salinités plus fortes en surface que dans les régions nord et sud, caractéristiques des eaux d'origine tropicale soumises à une forte évaporation, entraînées par le contre-courant équatorial.

Au nord, le courant de Guinée est caractérisé par des salinités faibles ($S < 34,00$ ‰ près de la côte) qui s'accroissent en allant vers le sud jusqu'à 2°-3°N (fig.6) pour ensuite redécroître et passer par un minimum vers 1°N dans le courant sud-équatorial ($S < 34,80$ ‰), ce qui indique un mélange de ces eaux au contact des "eaux guinéennes", eaux à très faible salinité observées au fond du Golfe de Guinée et qui sont à cette époque de l'année à leur maximum d'extension (BERRIT, 1966).

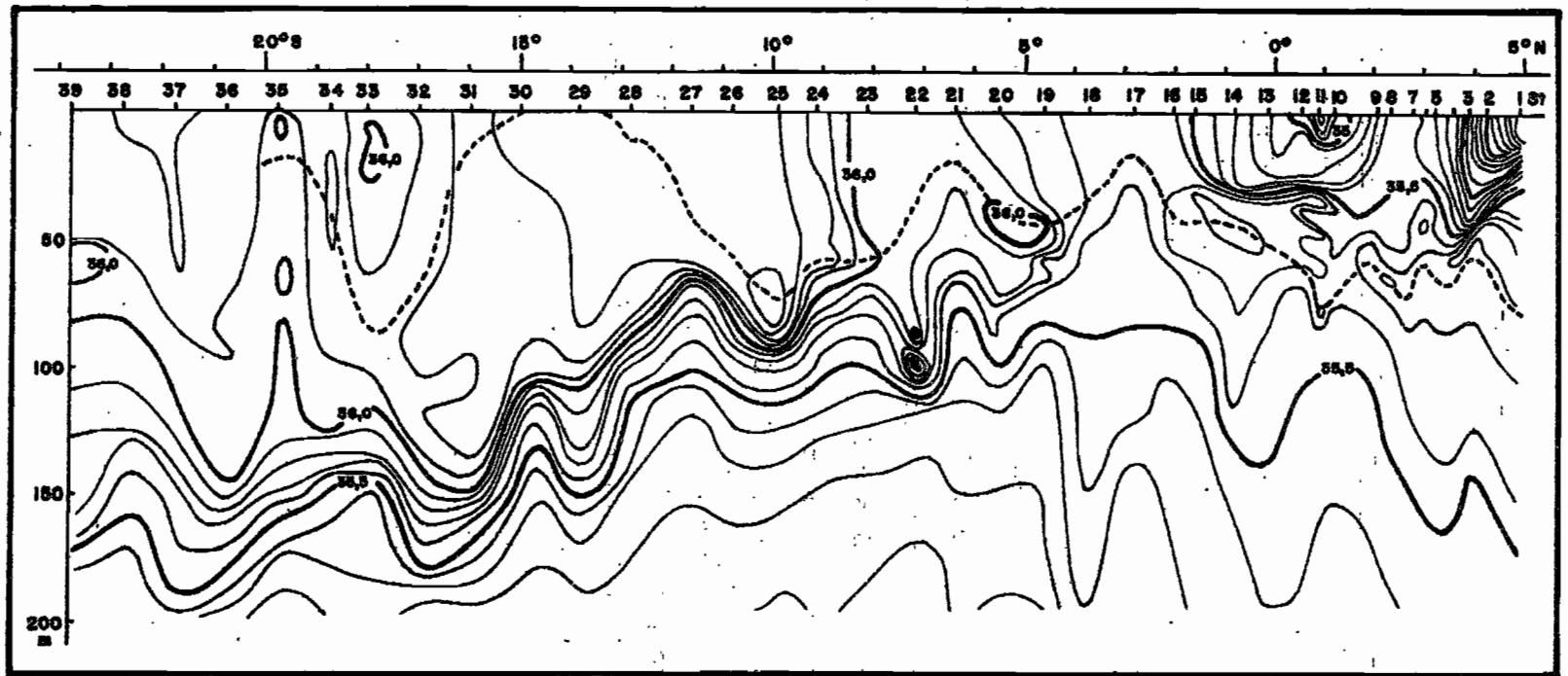


Fig. 6: - Distribution verticale de la salinité.

3° - Courant sud-équatorial, et sous-courant équatorial.

2°N à 3°30S. Stations 10 à 17.

Au sud de la convergence, on entre dans le courant sud-équatorial de direction NW, très stable et de vitesse supérieure à 80 cm/s dans la zone équatoriale, et qui n'intéresse qu'une couche de 30 à 40m.

Hydrologiquement, nous avons vu que ce courant se caractérise par des eaux de salinité inférieure à 35,00 ‰ (fig.6) et relativement pauvres ($< 0,2 \mu\text{tg/l PO}_4\text{-P}$). Par contre, ces eaux se différencient très nettement des eaux de la convergence par la concentration du phosphore en particules qui est un reflet de la quantité de particules en suspension (les particules analysées avaient un diamètre compris entre $0,45 \mu$ et 300μ) qui elles-mêmes sont les résidus d'une **activité** biologique antérieure: dans les eaux pauvres et peu productives de la convergence, on observe des concentrations inférieures à $0,030 \mu\text{tg/l}$ de P particulaire alors que dans le courant sud-équatorial, les concentrations s'élèvent à plus de $0,060 \mu\text{tg/l}$, valeurs comparables à celles du courant de Guinée et qui rappellent une activité biologique relativement récente (fig.7).

Lors de cette campagne, le courant de Lomonosov ou sous-courant équatorial n'est pas apparu très nettement; les mesures directes ont été perturbées par le fort courant de surface et de ce fait sont peu fiables. On peut toutefois déterminer la position du courant par les autres paramètres hydrologiques, en particulier la salinité. Le maximum de salinité que l'on trouve toujours dans le sous-courant est ici relativement faible (35,86 ‰ à la station 14) par rapport aux valeurs observées en général à cette longitude de 4°W et qui sont supérieures à 36,00 ‰.

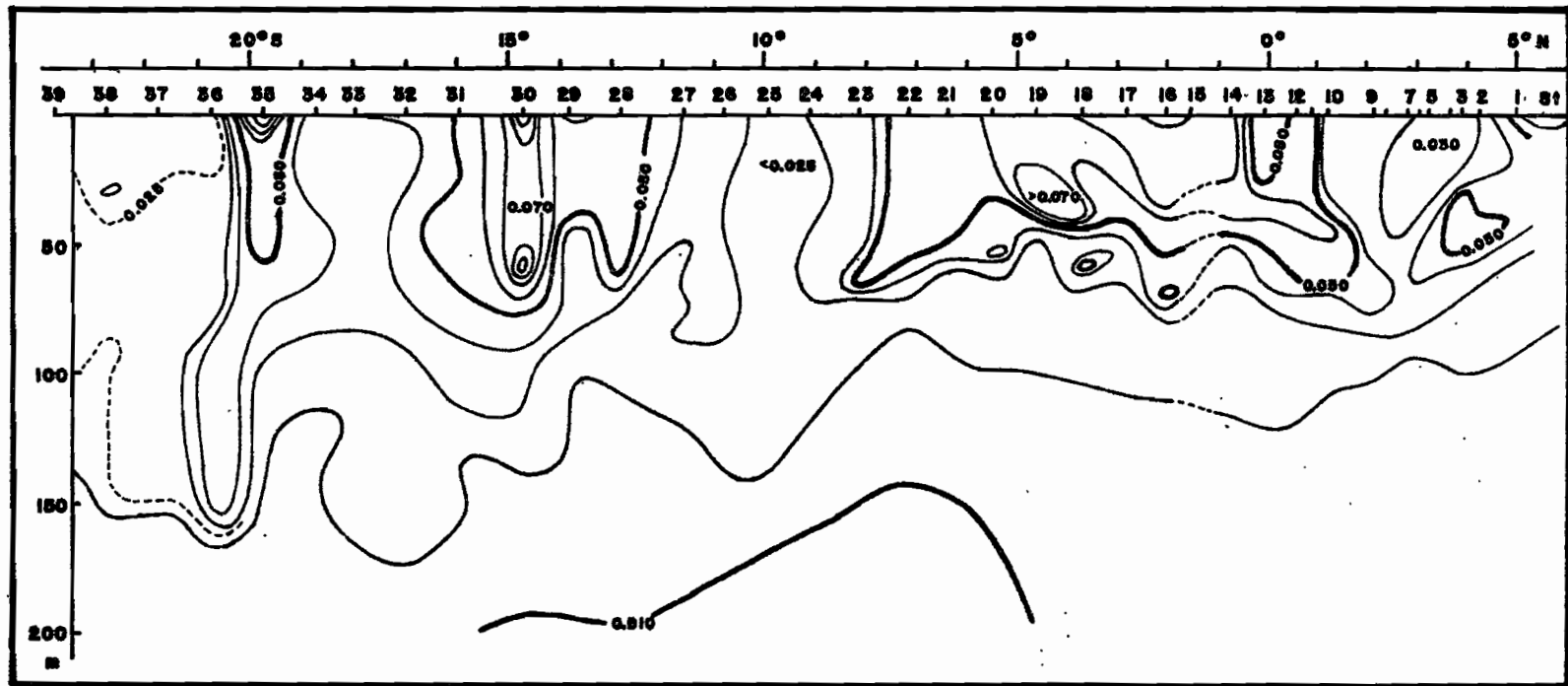


Fig. 7 : - Distribution verticale du phosphore en particules (en µatg/l).

> 36,20 ‰ en mai 1963 à 5°W par le ZVEZDA (Equalant 1)

> 36,40 ‰ en juin 1968 à 5°W par le CHARCOT (Equalant 1)

Observé à 1°S dans une position sud par rapport à l'équateur, le sous-courant est très affaibli à cette époque de l'année; des vitesses de l'ordre de 20 cm/s ont été mesurées. La distribution verticale des températures (fig.8), associée à celle de la salinité et de l'oxygène (fig.12), permet de situer l'extension verticale de ce courant; axé en gros sur le parallèle 1°S, il s'étendrait d'une profondeur de 30m jusqu'à 150m environ; et en latitude, si on prend l'isohaline 35,80 ‰ comme limite de la veine centrale du contre-courant, celui-ci s'étendrait de l'équateur à 1°30 S, extension qui est également suggérée par la distribution des températures et qui est à rapprocher des observations précédentes; le sous-courant équatorial lors d'une croisière du "M.LOMONOSOV" en novembre 1962 avait été observé, sur la longitude 30°W, à 60 milles au sud de l'équateur ce qui tend à montrer la grande variabilité de ce sous-courant et sa tendance à se placer au sud de l'équateur. Le débit calculé entre 0° et 1°10S donne un transport de $33,6 \cdot 10^6$ m³/s vers l'est ce qui est un résultat voisin des $37,4 \cdot 10^6$ m³/s trouvés le long d'une section à 18°W (KHANAYCHENKO et al., 1965).

4° - Courant de dérive des alizés.

3°30S à 8°S. Stations 18 à 23.

Au sud du courant sud-équatorial et coulant dans le même sens que ce dernier, mais de vitesse plus faible (20 à 30 cm/s en surface aux stations 18 à 22), on trouve le courant de dérive des alizés que l'on confond en général avec le courant sud-équatorial. Cependant il semble plus juste de faire une distinction entre les 2 courants

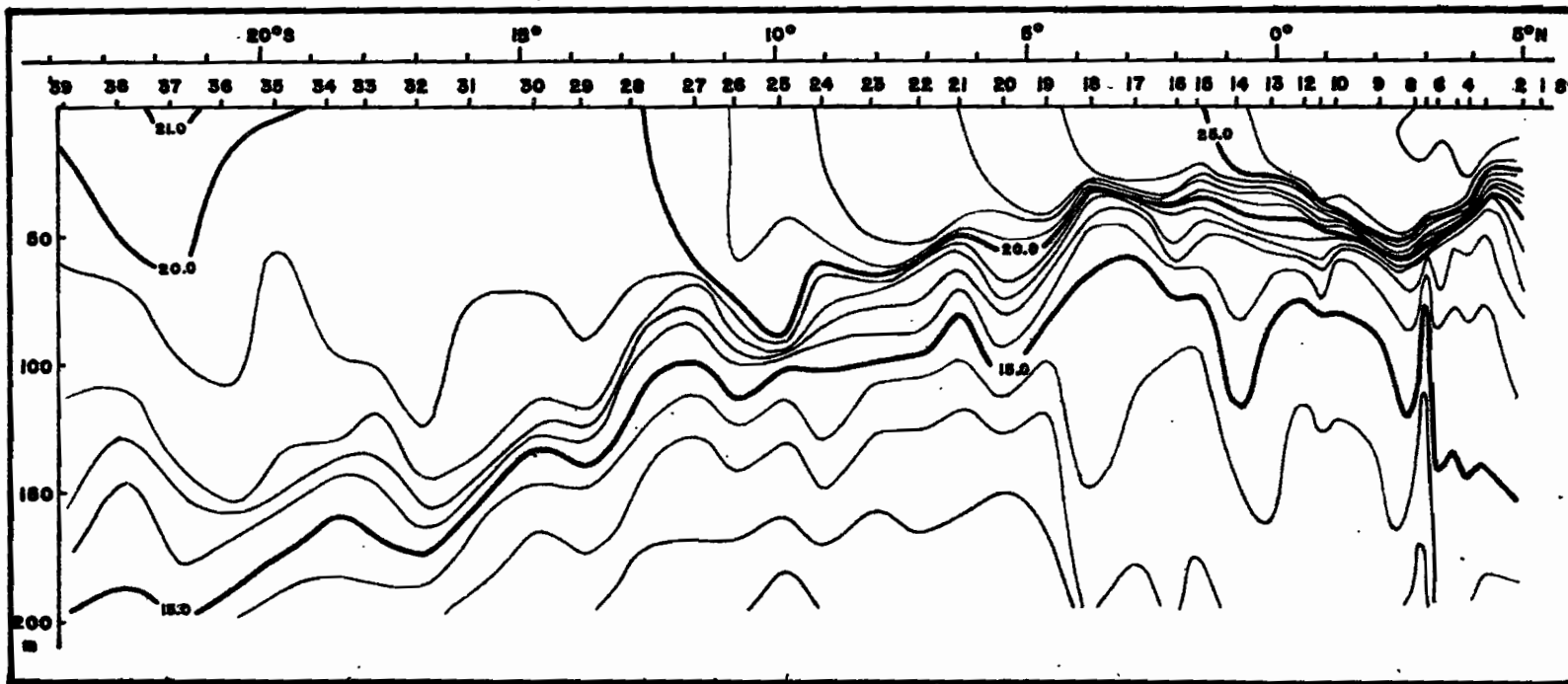


Fig. 8 : - Distribution verticale de la température.

comme le suggère le Meteorological Office qui désigne la région située au sud de 6°S comme étant le "courant de dérive des alizés du sud-est".

Plusieurs facteurs permettent d'étayer cette distinction; il existe une limite "dynamique" entre les 2 courants qui sont séparés par une zone de divergence qui apparaît très nettement sur les cartes de distribution horizontale des courants: au niveau 20m, à partir de la station 16 incluse (2°S), les vecteurs courants sont dirigés vers le sud engendrant une remontée d'eau plus froide et plus riche, ce qui est particulièrement visible sur la distribution verticale des silicates: l'isoplèthe 5,0 $\mu\text{atg/l}$ passe de 50m de profondeur à la surface, en 30 milles. Cette divergence est la continuation de la divergence que DEFANT (1936) appelle "divergence équatoriale"; celle-ci longe la zone équatoriale et s'incurve vers le SE pour traverser les zones tropicales de l'équateur, à partir de la longitude 5°W, jusqu'à l'Afrique du Sud; elle est alors appelée "divergence du Courant de Benguela".

Ces eaux provenant de la divergence et qui sont entraînées vers l'ouest par le courant de dérive, se caractérisent par une productivité plus forte que les eaux du courant sud-équatorial (DUFOR et STRETTA, 1972). A 5°S, et à une profondeur de 50m, on observe un noyau de salinité supérieure à 36,02 ‰ qui se situe dans une zone où le courant porte à l'est (fig.3 et 4). L'existence de ce courant dirigé vers l'est et peu étendu en latitude (4°S à 6°S) et l'origine de ce maximum seront discutées par la suite parallèlement à celles du contre-courant sud-équatorial.

5° - Contre-courant sud-équatorial (C.C.S.E.).

8°S à 13°S. Stations 23 à 28.

Le courant de dérive des alizés s'affaiblit en direction du sud jusqu'à disparaître; en effet, on observe en surface un courant

vers l'est entre 10°S et 11°S qui, à partir de 10m de profondeur, intéresse toute la couche d'eau entre les latitudes 8°S à 13°S. Ce courant dirigé vers l'est s'étend sur une épaisseur de 150m et correspond au transport vers l'est que REID (1964) avait mis en évidence. Ce courant se caractérise par des eaux pauvres, peu chargées en particules (fig.7), (une concentration voisine de 0,020 $\mu\text{atg/l}$ de P particulaire a été mesurée alors que dans le courant de dérive on observe des concentrations supérieures à 0,050 $\mu\text{atg/l}$), peu productives, ce qui s'explique par leur origine subtropicale; on observe un maximum de salinité ($> 36,40\%$) vers 70-80m de profondeur à une latitude de 10°S, qui provient des eaux oligotrophes à forte salinité de la convergence tropicale.

Les vitesses enregistrées sont de l'ordre de 30 cm/s, et sont maximales entre 10°S et 11°S, c'est-à-dire dans la zone du maximum de salinité.

6° - Dérive du courant de Benguela.

13°S à 17°S. Stations 29 à 33.

A partir de 13°S, on entre dans une région où la couche des 100 premiers mètres, plus froide que dans les régions voisines, est pratiquement isotherme (entre 19°C et 20°C). Le maximum de salinité est superficiel et se déplace vers l'ouest avec toutefois des vitesses très faibles, inférieures à 10 cm/s. Cette eau se caractérise par une densité plus forte que celle des eaux situées au nord et au sud de cette région, ce qui est illustré sur la figure 9 par la remontée des isopycnes en surface.

Ce courant correspond à la branche ouest du courant de Benguela qui s'écoule vers l'ouest sous l'action des alizés tout en se mélangeant avec les eaux chaudes, pauvres et à salinité supérieure à 36,40 ‰ du contre-courant sud-équatorial au nord et de la convergence

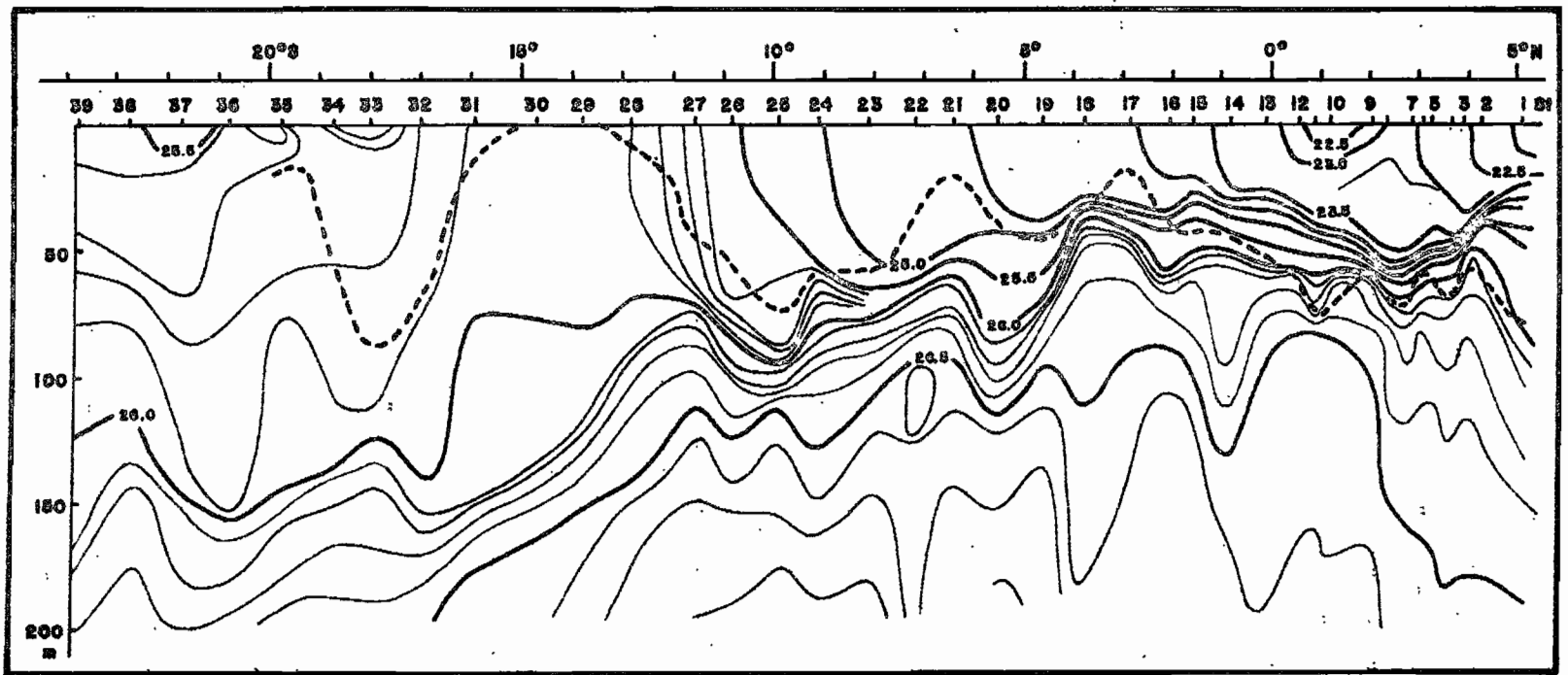


Fig. 9: - Distribution verticale des σ_t .

subtropicale au sud. Le résultat est une eau plus froide et plus riche que les eaux de la zone de convergence (fig.7 et 8) et qui est le siège d'une productivité plus forte (DUFOR et STRETTA, 1972): le relèvement de l'isotherme 20° qui atteint la surface à 12°S et à 20°S montre que ces eaux benguéléennes n'intéressent qu'une couche comprise entre 0 et 80m.

La limite nord de ce transport ouest est également le siège d'une divergence vers 13°S (que l'on peut appeler divergence sud-équatoriale), ce qui favorise aussi l'enrichissement non négligeable des eaux superficielles (PO₄-P et NO₃-N sont voisins respectivement de 0,4 µatg/l et 2,0 µatg/l).

7° - Zone de la convergence sub-tropicale.

18°S à 24°S. Stations 34 à 39.

Les eaux rencontrées au sud de la dérive de Benguéla sont plus chaudes, plus pauvres, avec un maximum de salinité superficiel, et ont des mouvements relativement faibles. Les observations ont donné des courants inférieurs à 10 cm/s et très variables, avec en moyenne une direction générale vers le sud. On entre dans la zone de la convergence sub-tropicale qui se rattache à l'existence de l'anticyclone de l'Atlantique sud, et qui s'étend géographiquement entre 25°S et 40°S environ (DEFANT, 1936). L'appauvrissement en sels nutritifs est général en allant vers le sud, ce qui correspond aux eaux oligotrophes de la convergence.

3.3.- Caractères hydrologiques des eaux de surface.

Les différents courants qui viennent d'être décrits sont également définis par leur caractéristique température-salinité ainsi que l'illustre le diagramme T-S des eaux de surface pour les différentes stations représentées figure 10.

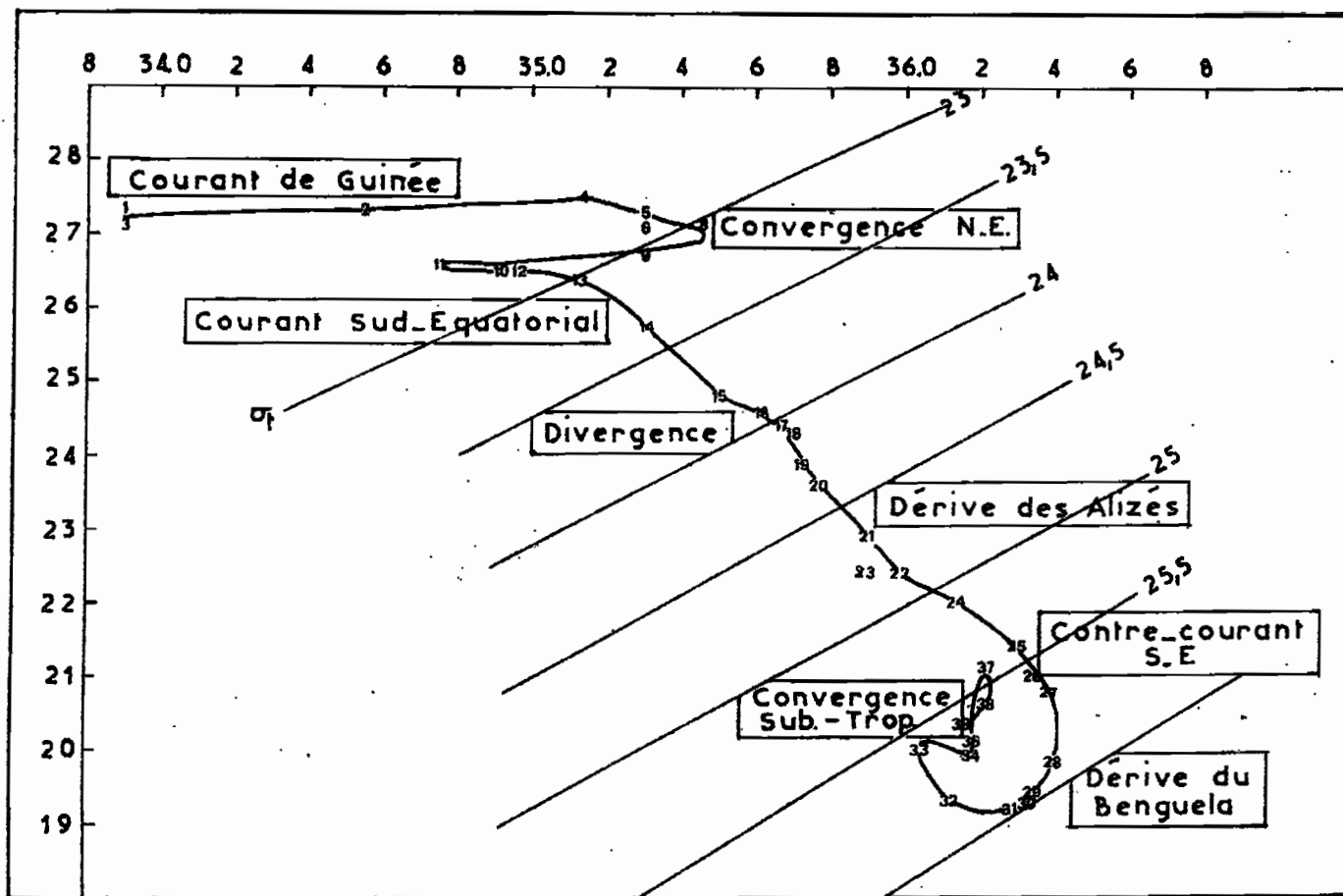


Fig. 10: - Diagramme T-S des eaux de surface.

Dans l'ensemble, les températures décroissent en allant vers le sud en même temps que les salinités augmentent. Ce phénomène est particulièrement net entre le courant sud-équatorial et le contre-courant sud-équatorial, les points s'alignant sur une droite de mélange entre ces deux eaux. Le mélange est spécialement actif dans la région de la divergence en raison du brassage des eaux, qui sont normalement peu miscibles étant donnée leur forte densité. Les eaux froides de la dérive du Benguela sont nettement différenciées des eaux de la convergence subtropicale dont la densité est voisine de celles du C.C.S.E. Les caractéristiques de la convergence sont un peu plus floues en surface mais on voit apparaître dès le niveau 10m une eau type de température et salinité voisines de 21°C et 36,10 ‰ respectivement.

3.4.- Flux géostrophique.

L'anomalie géopotentielle a été calculée en prenant la surface 1 000 décibars comme référence (fig.11).

La distribution verticale des hauteurs dynamiques résume parfaitement la description précédente. On retrouve au sud de la Côte d'Ivoire le contre-courant de Guinée avec une composante est de la vitesse de 18 cm/s vers 50m, et entre 3°N et l'équateur le courant sud-équatorial. Vers 1°30'S, on enregistre un creux dynamique assez important qui correspond à la divergence que nous avons appelée divergence équatoriale, et la topographie indique un courant vers l'est qui correspond effectivement au sous-courant équatorial. Autour de 5°S, on observe un flux est, dans la zone étroite où se situe le noyau de salinité supérieure à 36,00 ‰; ensuite, entre 8°S et 11°30'S, le flux également vers l'est correspond au contre-courant sud-équatorial (C.C.S.E.).

Les vitesses calculées sont relativement faibles: 14 cm/s vers l'est entre l'équateur et 8°S, et 18 cm/s à 100m entre 4°S et 6°S;

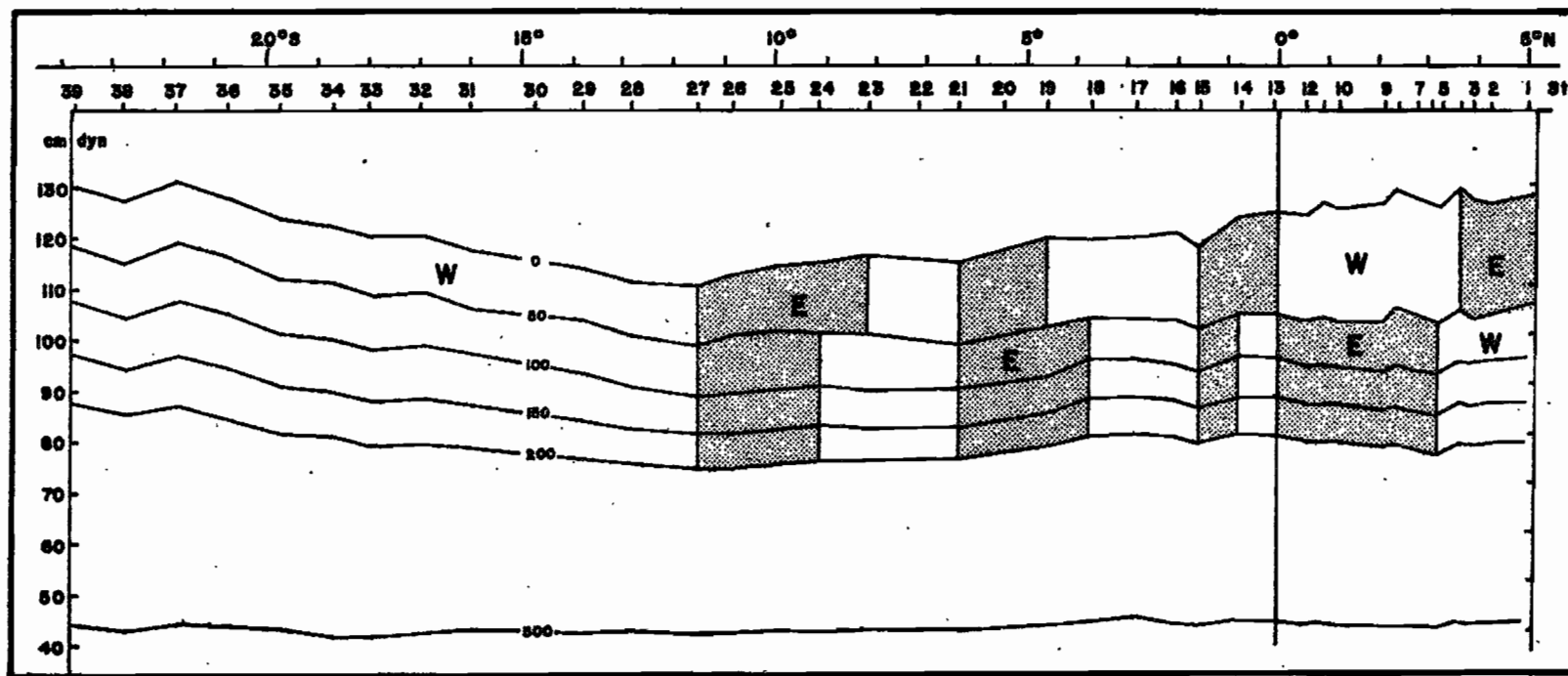


Fig. 11: - Distribution de l'anomalie géopotentielle le long de 4°W par rapport à 1,000 décibars.

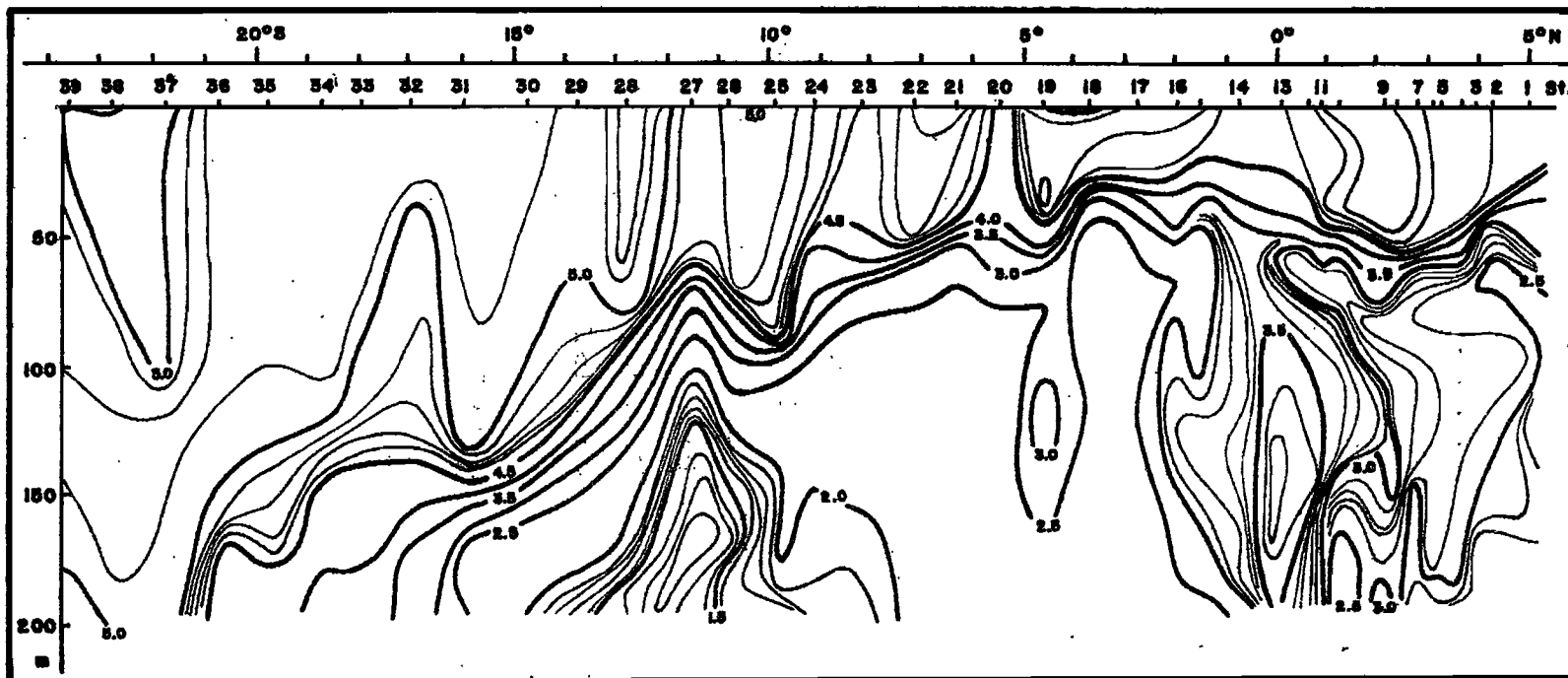


Fig. 12: - Distribution verticale de l'oxygène dissous (en ml/l).

7 cm/s en surface dans le C.C.S.E. Autour de 12°S, le profil dynamique indique une divergence nette, et ensuite un transport vers l'ouest faible (4cm/s) jusqu'à 22°S; cette divergence située à la limite des deux courants décrits plus haut, entraîne une remontée d'eau dans les couches subsuperficielles, en dessous de 70m, comme on peut le constater sur la distribution verticale de l'oxygène dissous (fig.12).

4.- DISCUSSION

Un point intéressant de cette étude est, nous l'avons vu, la circulation et le transport des différents maximums de salinité en particulier ceux que l'on trouve vers 5°S d'une part et vers 10°S d'autre part, et qui peuvent donner lieu à différentes interprétations.

REID (1964) a discuté l'existence du contre-courant sud-équatorial à partir d'une section faite en juillet 1963. La section étudiée était en réalité située plus à l'ouest (10°S à 15°W) que dans notre cas; dans ces conditions, un flux géostrophique vers l'est apparaissait nettement entre 5°S et 12°5'S, avec une vitesse voisine de 9 cm/s à 200m; en surface, le calcul donnait une composante vers l'est de 2 à 6 cm/s.

Les résultats obtenus par les mesures directes lors de la croisière Sainte-Hélène confirment donc l'existence de ce contre-courant, qui serait un peu plus étroit que lors des mesures de "l'ARGO", puisqu'il a été trouvé entre 8°S et 13°S.

La vitesse géostrophique maximum a été évaluée à 6 cm/s pour la couche de surface, ce qui est tout à fait comparable en intensité aux résultats de REID. Par contre, les mesures directes donnent des vitesses instantanées supérieures à 30 cm/s dans la couche des 50 premiers mètres, le courant vers l'est n'apparaissant que dans les couches subsuperficielles sous la couche de surface entraînée vers l'ouest par les alizés.

Ce contre-courant est également caractérisé par un noyau de salinité supérieure à 36,40‰, centré sur 10°S, à une profondeur de 50m, très bien individualisé (fig.6), et qui n'avait pas été noté en 1963. Ceci était sans doute dû à la trop grande distance entre les stations (150 milles en latitude) alors que le noyau trouvé lors de la croisière Sainte-Hélène n'était décelable que sur 60 milles environ.

Les eaux transportées par ce contre-courant se différencient des eaux de la dérive de Benguela au sud et de la dérive des alizés au nord par une grande pauvreté en éléments nutritifs (PO_4-P voisin de 0,16 $\mu\text{atg/l}$), en chlorophylle "a" ($< 0,05$ mg/l entre 0 et 50m), ou en zooplancton (DUFOUR et STRETTA, 1972). Ce sont des eaux quasiment désertiques, pauvres en particules en suspension (teneurs en particules voisines de 0,25 mg/l et P particulaire inférieur à 0,025 $\mu\text{atg/l}$) alors que, au nord, les eaux de la dérive des alizés ont des concentrations supérieures à 0,40 mg/l pour les particules et à 0,070 $\mu\text{atg/l}$ pour le P particulaire, ce qui indique qu'elles n'ont eu aucune activité biologique depuis très longtemps puisque tous les détritiques d'origine biologique ont pu être détruits et que ces processus d'oxydation sont relativement longs.

Hydrologiquement, elles se rattachent aux eaux de la zone de convergence subtropicale de l'Atlantique sud qui ont des caractéristiques voisines (maximum de salinité, pauvreté en matière organique, σ_t voisin de 25,5). On peut donc supposer l'origine de ce courant proche de cette dernière zone; l'extension vers l'est du contre-courant est importante puisque des eaux de ce type ont été observées jusque vers 9°E en mars 1971 (GALLARDO, et al., 1972).

Au voisinage de l'Angola, ce courant est alors repris par la branche ouest de Benguela (ou dérive de Benguela) à laquelle il se mélange; ces eaux enrichies en éléments nutritifs et plus productives sont ensuite entraînées vers l'ouest (fig.14).

MAZEIKA (1968), dans son étude globale de la circulation de l'Atlantique sud-est à partir des résultats d'Equalant, a également décelé l'existence d'un sous-courant vers l'est axé sur 4°S environ qui à partir de 14°W s'infléchit vers le sud-est; il note que ce courant pourrait être différent du C.C.S.E. décrit par REID, que lui-même trouve alors entre 7°S et 12°S sur 15°W. Effectivement cette hypothèse peut se justifier à l'examen de la figure de la salinité et de la figure des courants à 50m; sur 5°S, et à 50m de profondeur, on observe un noyau de salinité étroit entre 4°S et 6°S de 36,00 ‰, entraîné vers l'est. Ce noyau pourrait correspondre à ce flux étroit dirigé vers l'est, lors d'Equalant, situé sur 4°S le long de 15°W, donc plus au nord que le C.C.S.E., et qui s'infléchit vers le sud-est pour se trouver à 5°S le long de 4°W. Son origine est plus incertaine. L'existence du maximum de salinité, quoiqu'affaibli (environ 36,00 ‰), le rattache au maximum de salinité subtropical, mais la richesse relative des eaux le différencie du C.C.S.E.; il est possible, bien que l'origine hydrologique d'eau tropicale oligotrophe soit la même, que les eaux de ce courant se soient mélangées, par mélange vertical, avec les eaux du courant sud-équatorial et celles de la divergence équatoriale. La coupe des anomalies dynamiques corrobore l'existence de cette veine de courant: un flux géostrophique vers l'est apparaît entre 4°30'S et 6°S avec des vitesses de 14 cm/s.

L'existence de ce courant vers l'est avait été également suggérée par KHANAYCHENKO et al. (1965) à partir de l'étude de l'extension des différents maximums de salinité, et un transport d'eau avait été envisagé au sud de 4°S, ce qui rejoint les conclusions de MAZEIKA (1968) établies à partir des courants géostrophiques.

Le schéma de la circulation générale est illustré par les figures 13 et 14 sur lesquelles apparaissent les courants décrits.

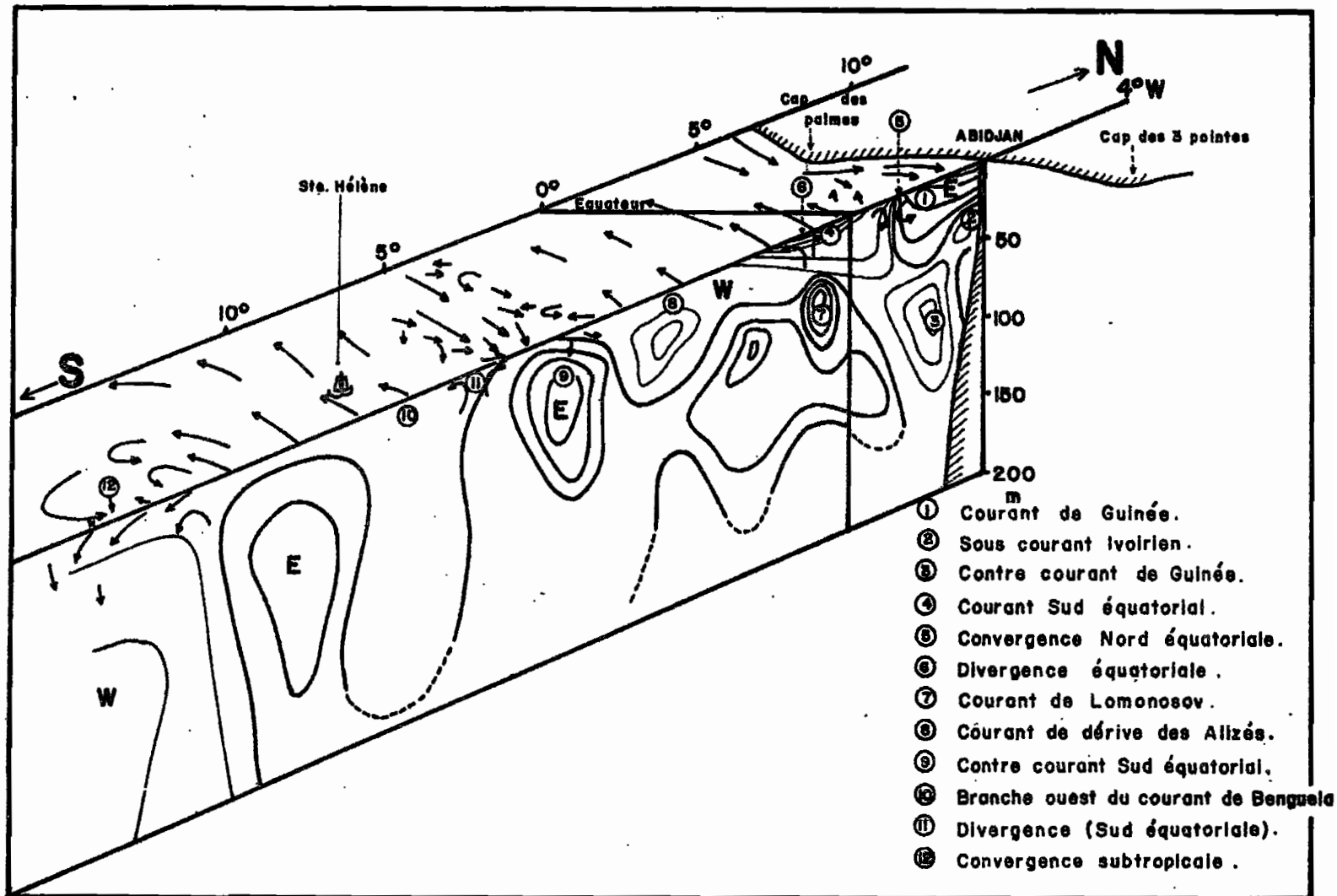


Fig. 13: - Distribution spatiale des courants au voisinage du méridien 4°W.

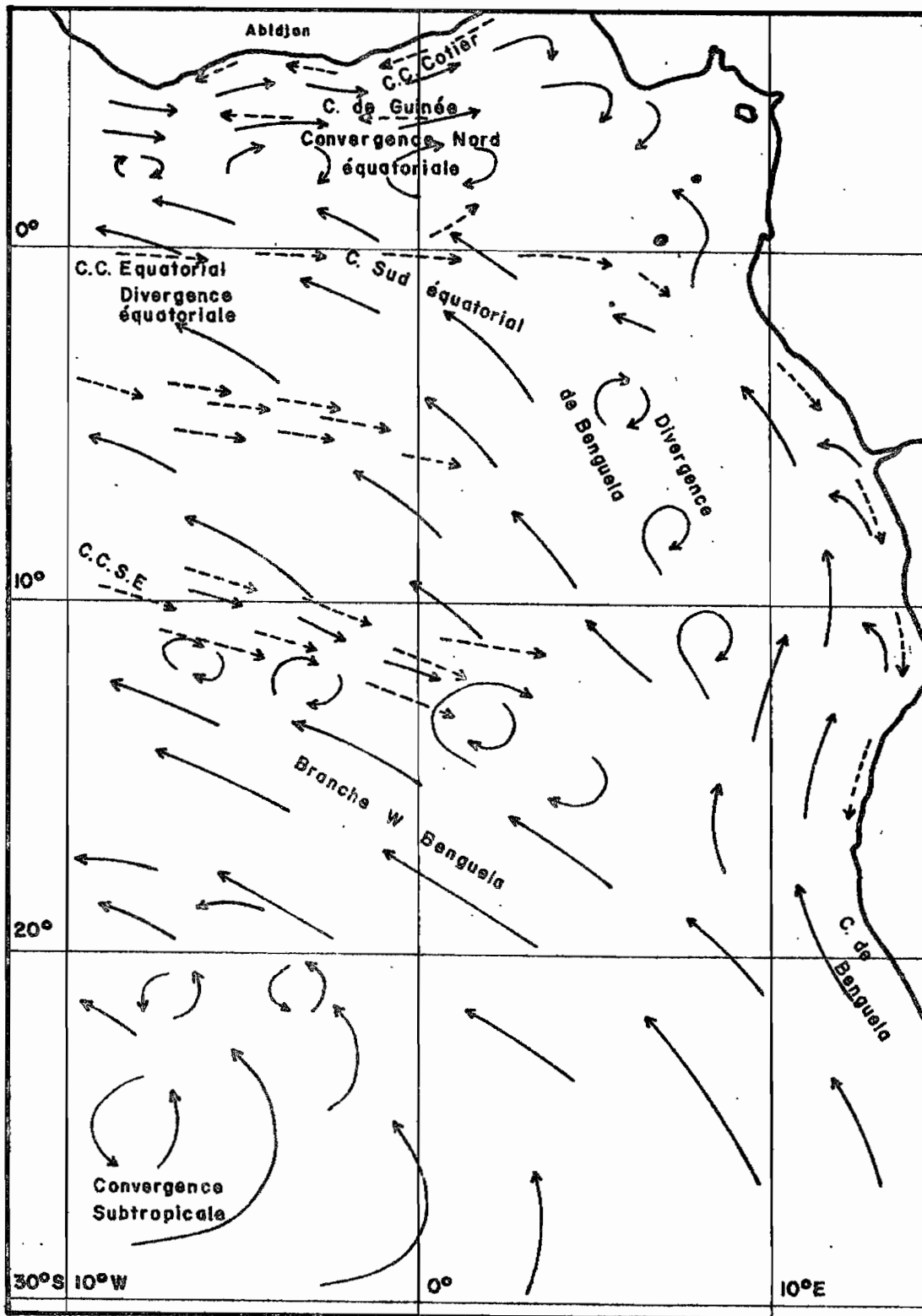


Fig.14: - Circulation superficielle et sub-superficielle dans la partie orientale de l'Atlantique sud.

Bien que la position et la force des deux courants est soient certainement variables suivant les saisons, ceux-ci doivent avoir une existence permanente puisqu'ils ont été décrits à des saisons différentes. Les mesures directes et les données tant biologiques que chimiques donnent une certitude en ce qui concerne le C.C.S.E.; par contre, ce que l'on pourrait appeler la branche nord de ce C.C.S.E. et qui est axée sur 5°S est moins nette, bien que les données hydrologiques et les mesures directes de ce courant donnent de bonnes indications de son existence. Le débit de cette branche nord du C.C.S.E. calculé à partir des données dynamiques donne une valeur moyenne de $19.10^6 \text{ m}^3/\text{s}$, ce qui est du même ordre de grandeur que les transports calculés à partir des données d'Equalant: $12.10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ et $13.10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ pour L'EXPLORER,

$20.10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ pour le PILLSBURY, en avril 1963.

Le débit de la branche sud donne un transport est voisin de $24,3.10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ (entre 0 et 500m).

L'ensemble du transport vers l'est, au sud de l'équateur, donne donc un flux global voisin de $77.10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ qui équilibre les transports vers l'ouest dûs aux alizés.

- BIBLIOGRAPHIE -

- Anon., 1971.- Croisière "Sainte-Hélène".
Labo. Océanogr., Centre-O.R.S.T.O.M., Abidjan.
- BERRIT (G.R.), 1966.- Les eaux dessalées du Golfe de Guinée.
Doc. Scient. Prov., Centre. Rech. Océanogr. - Abidjan, 9:
1-15
- DEFANT (A.), 1936.- Die Troposphäre des Atlantischen Ozeans. Deutsche
Atl. Exped. "Meteor" 1925-1927, Wiss. Erg., 6, 1 (3):
289-411.

- DUFOUR (Ph.) et STRETTA (J.M.), 1972.- Production primaire et secondaire le long de 4°W. (en préparation).
- KHANAYCHENKO (H.), KHLYSTOV (N.) et ZHIDKOV (V.), 1965.- The system of equatorial counter-currents in the Atlantic Ocean. *Oceanology*, 5, 2: 24-32.
- LEMASSON (L.) et REBERT (J.-P.), 1968.- Observations de courants sur le plateau continental ivoirien. Mise en évidence d'un sous-courant. *Doc. Scient. Prov. - Centre Rech. Océanogr. - Abidjan*, 22: 1-66.
- LEMASSON (L.) et REBERT (J.-P.), 1972.- Les courants marins dans le Golfe Ivoirien. *Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.* (sous presse).
- MAZEIKA (P.), 1968.- Eastward flow within the South Equatorial Current in the Eastern South Atlantic. *J. Geophysical Res.*, 73, 18: 5819-5828.
- REID (J.), 1964.- A transequatorial Atlantic oceanographic section in July 1963 compared with other Atlantic and Pacific sections. *J. Geophysical Res.*, 69, 24: 5205-5215.

* *

RÉPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

MINISTÈRE
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**CENTRE DE RECHERCHES
Océanographiques
ABIDJAN**

DOCUMENTS SCIENTIFIQUES

SOMMAIRE

- A. HERBLAND, R. LE BORGNE et B. VOITURIEZ —
Production primaire, secondaire et régénération des
sels nutritifs dans l'upwelling de Mauritanie 1-75
- D. BINET. — Note sur l'évolution des populations de
Copépodes pélagiques de l'upwelling mauritanien
(mars-avril 1972) 77-90
- L. LEMASSON et J. P. REBERT. — Circulation dans
la partie orientale de l'Atlantique sud 91-124