

LA TERMINAISON DU CONTRE COURANT ÉQUATORIAL SUBSUPERFICIEL ATLANTIQUE (COURANT DE LOMONOSOV) DANS LE GOLFE DE GUINÉE

PH. HISARD et A. MORLIÈRE

Océanographes physiciens O.R.S.T.O.M.
Centre de Recherches Océanographiques, B.P. V18, Abidjan

RÉSUMÉ

Malgré l'importance du débit du Contre Courant Équatorial Subsuperficiel Atlantique (courant de Lomonosov), on ne sait pas de façon précise ce que deviennent les eaux qu'il transporte dans la partie orientale de la zone équatoriale qui forme le golfe de Guinée. Durant la saison chaude (hiver et printemps de l'hémisphère nord), le courant de Lomonosov qui a une vitesse élevée est un élément important de la circulation du golfe de Guinée qu'il pénètre profondément; il s'infléchit ensuite vers le sud-est au sud de l'île de Sao Tomé mais cependant il est aussi responsable du maximum de salinité subsuperficiel dans la partie nord du golfe de Guinée. Durant la saison froide (été de l'hémisphère nord), le courant de Lomonosov ralentit fortement comme le suggère la disparition presque complète de la langue équatoriale de salinité élevée dans le golfe de Guinée; il semble cependant que le courant de Lomonosov soit toujours présent bien que plus faible; il s'enfonce plus profondément sous le flux Ouest de surface qui transporte à cette époque de l'eau d'origine subtropicale sud-Atlantique dont la salinité est supérieure à celle qui le caractérise. Il devient alors impossible de détecter le courant de Lomonosov par la seule étude de la distribution verticale de la salinité. En automne la pente de la surface de la mer, le long de l'équateur, devient montante vers l'Est sous l'effet de la mousson de sud-ouest; le gradient de pression zonale qui en résulte s'oppose à l'extension vers l'Est du courant de Lomonosov dont la vitesse dans le golfe de Guinée est alors minimum.

Les données de la campagne de mai-juin 1968 du N. O. « Jean Charcot » permettent de préciser le devenir des eaux du courant de Lomonosov en fin de saison chaude; ce courant donne bien naissance, dans le fond du golfe de Guinée, à un flux Ouest que l'on observe vers 2°30' N et qui est la partie subsuperficielle de la branche nord du Courant Équatorial Sud; il existe cependant toujours une extension vers le sud-est du courant de Lomonosov, le long de la pente continentale des côtes d'Afrique.

L'étude de la zone frontale du Cap Lopez, dans le fond du golfe de Guinée, effectuée par le N. O. « Capricorne » en juin-juillet 1971, montre qu'en été le courant de Lomonosov atteint encore l'extrémité orientale du golfe de Guinée; la coexistence que l'on observe entre la zone frontale et le courant de Lomonosov sous-jacent (fait analogue à ce que l'on observe en juin dans la partie orientale de l'océan Pacifique (STEVENSON et TAFT, 1971) pose le problème de l'existence d'une relation plus ou moins directe entre les deux phénomènes.

ABSTRACT

The termination of the Atlantic Equatorial Undercurrent (the Lomonosov Current) in the gulf of Guinea.

The study of the Atlantic Equatorial Undercurrent extent in the gulf of Guinea is a main problem for a best understanding of the circulation in this area owing to both the high volume transport of water that entered the gulf and the seasonal variations that characterized it. During the northern winter and spring (« warm season ») as the Trades are weak in the equatorial area, the Undercurrent velocity reaches a maximum and the current penetrates

in the easternmost part of the gulf of Guinea; its flow pattern bends southeastward, around Sao Tome island but nevertheless, the salinity maximum in the northern part of the gulf appears to be from Undercurrent origin. During the northern summer (« cold season ») as the Trades are reinforced the Equatorial Undercurrent weakens and the salinity distribution at the depth of maximum value, no longer evidences an equatorial high saline tongue; however the Undercurrent is always present in the gulf of Guinea but it flows now under higher saline waters from subtropical origin that are carried away westward in the South Equatorial Current. In autumn, the Equatorial Undercurrent is slackened by changes in the isobaric slopes along the equator through the onset of the southwest monsoon; at this time the Undercurrent appears to vanish in the gulf of Guinea.

In May-June 1968, between 10° W and 0° , the Atlantic Equatorial Undercurrent was characterized by extreme values of both the zonal velocity maximum (nearly 100 cm/sec) and its associated salinity maximum ($36,40 \text{ ‰}$); its eastward flow was deflected northward near Sao Tome island then westward along $2^{\circ}30'$ N as a subsurface flow in the northern branch of the South Equatorial Current; the velocity maximum of this flow was about 50 cm/sec and it was linked to a subsurface salinity maximum that decreases westward in value. A southward extent of the Undercurrent was also evidenced along the continental slope of Africa, as far as 4° S- 10° E.

In June-July 1971, the Atlantic Equatorial Undercurrent was identified 30 miles only off Cap Lopez; its velocity maximum was still 38 cm/sec at about 50 m depth and its salinity was only $35,85 \text{ ‰}$; in the surface layer there was an hydrological front that separated the high saline subtropical waters (to the south) from the low saline Guinean waters (to the north). Such a structure has been observed in the Pacific Ocean (STEVENSON and TAFT, 1971) and let us to question the exact relationships between the hydrological front and the Equatorial Undercurrent.

1. INTRODUCTION

L'hydrologie de la zone équatoriale Atlantique dans le golfe de Guinée est caractérisée par l'existence de deux grandes saisons : en hiver et au printemps (de l'hémisphère nord) (saison chaude), la faiblesse des alizés ne permet pas que s'établisse une divergence des dérives superficielles à l'équateur; le golfe de Guinée est alors occupé par des eaux chaudes et peu productives. A cette époque, le contre-courant équatorial subsuperficiel (courant de Lomonosov) a une vitesse maximum élevée (proche de 100 cm/s) et il entraîne vers l'Est un maximum de salinité subsuperficiel qui atteint près de $36,40 \text{ ‰}$; le courant de Lomonosov pénètre profondément à l'intérieur du golfe de Guinée puis il s'infléchit vers le sud-est le long de la pente continentale des côtes d'Afrique lorsqu'il atteint l'île de Sao Tomé (RINKEL *et al.*, 1966; KOLESNIKOV *et al.*, 1971); il semble d'autre part qu'une certaine partie du courant s'infléchisse aussi vers le nord et qu'elle soit à l'origine du maximum de salinité subsuperficiel de la partie nord du golfe de Guinée (NEUMANN, 1966; LE FLOCH, 1970).

En été et en automne (saison froide), la zone équatoriale du golfe de Guinée est sous l'influence d'un important courant d'alizés ayant une composante nord dominante; la divergence équatoriale qui en résulte provoque le refroidissement des eaux superficielles (MAZEIKA, 1968) dont le niveau de productivité atteint alors celui des eaux océaniques les plus riches. Les données des campagnes Equalant 2 montrent la très forte diminution d'épaisseur de la langue équatoriale de salinité élevée ainsi que la

diminution de la salinité au maximum qui atteint à peine $36,0 \text{ ‰}$; ceci suggère que le courant de Lomonosov est moins fort à cette saison dans le golfe de Guinée (NEUMAN, 1966). Il en est de même dans l'océan Pacifique où le courant de Cromwell a une vitesse plus faible lorsque les alizés sont plus forts (PHILANDER, *sous presse*). Les observations de la campagne du « Prof. A. PENCK » en mai-juin 1964 (STURM et VOIGT, 1966; SCHEMAINDA, 1967) montrent cependant que le courant de Lomonosov peut exister dans le golfe de Guinée, vers 4° W, associé à un maximum de salinité inférieur à $36,0 \text{ ‰}$. A cette époque on observe une augmentation de la vitesse et de l'épaisseur du Courant Équatorial Sud à l'équateur, qui transporte une eau d'origine subtropicale sud-Atlantique dont la salinité est voisine de $36,0 \text{ ‰}$; il devient alors impossible d'utiliser le seul critère de la présence à l'équateur d'une langue de salinité maximum pour attester la présence ou l'absence du courant de Lomonosov dans le golfe de Guinée. En automne, le ralentissement du courant de Lomonosov est encore plus sensible car l'accumulation des eaux superficielles dans le fond du golfe de Guinée qui s'est produite sous l'effet de la mousson de sud-ouest, crée une pente de la surface de la mer montante vers l'Est, le long de l'équateur (NEUMANN, 1966; HISARD, 1973).

Notons que dans l'océan Pacifique, le devenir des eaux du courant de Cromwell, à l'Est des îles Galapagos est lui aussi mal connu; certaines observations (avril 1958, septembre 1961) suggèrent que sa vitesse diminue fortement avant qu'il n'ait atteint les îles Galapagos et bien que l'on observe une remontée progressive du noyau de vitesse vers

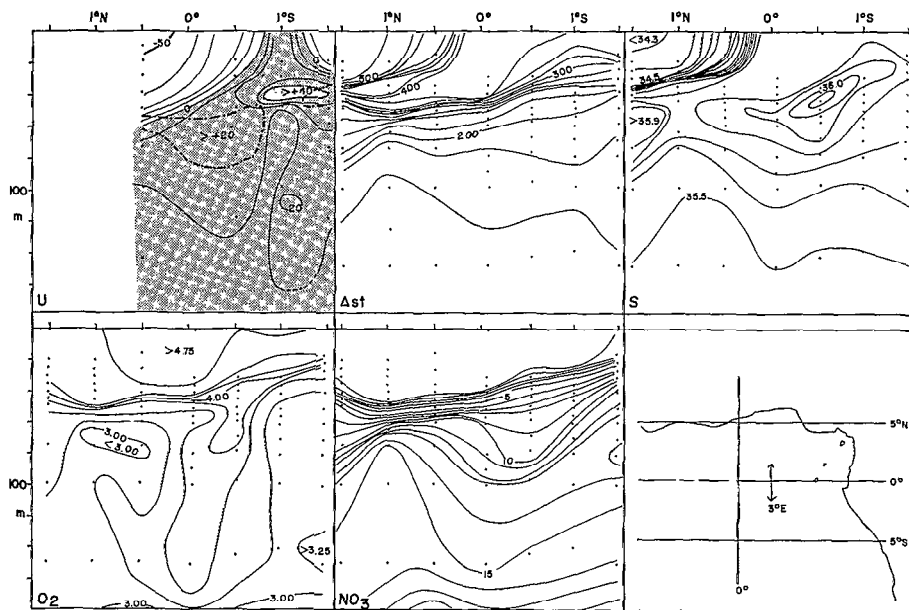


Fig. 1. — Distributions verticales, le long du méridien 3 °E, entre 1 °N et 1°S, de : (U), composante zonale de la vitesse (flux Est : valeurs positives ombrées ; le trait tireté localise la zone où la composante méridienne est supérieure à 20 cm/s (surface de référence à 500 m de profondeur) ; (Δst), l'anomalie thermostérique ; (S), la salinité en ‰ ; (O₂), l'oxygène en ml/l ; (NO₃), le nitrate en μatg/l. D'après les données de la campagne « Guinée 1 » du N.O. « Jean Charcot » en juin 1968.

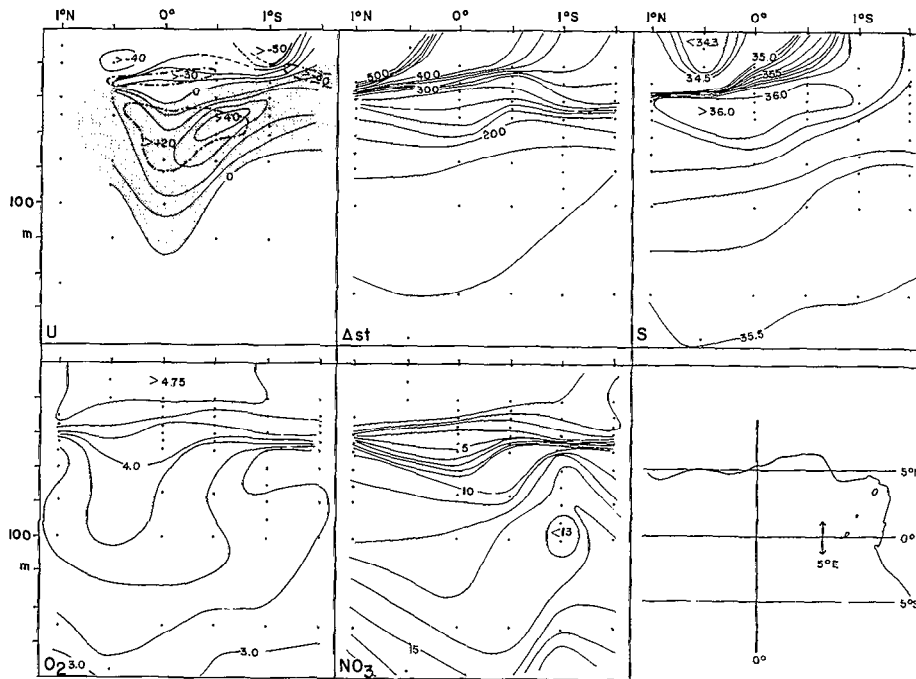


Fig. 2. — Distributions verticales, le long du méridien 5 °E (mêmes légendes que fig. 2).

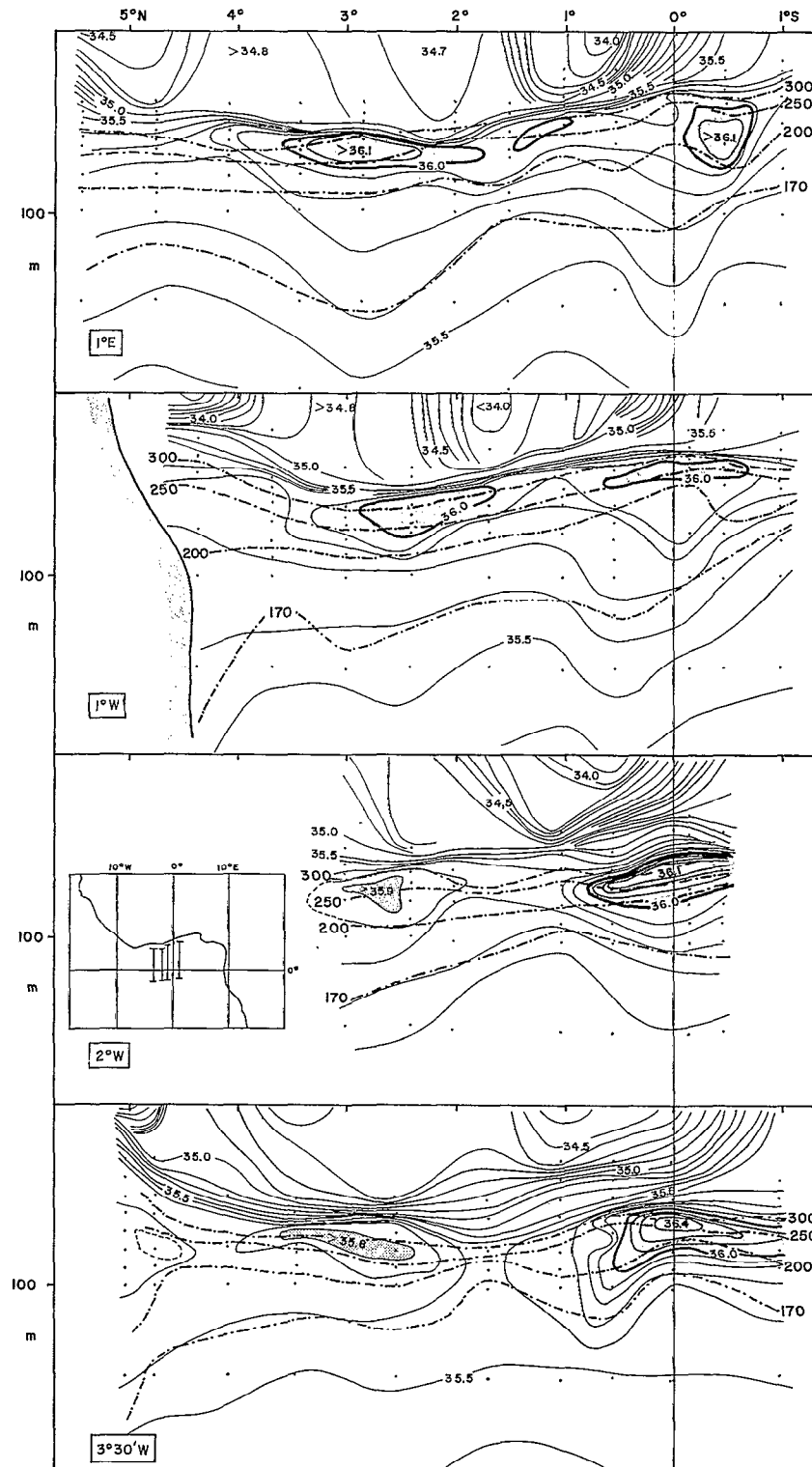


Fig. 3. — Distribution verticale de la salinité dans le golfe de Guinée, le long des méridiens 1 °E, 1 °W, 2 °W et 3 °30'W, en juin 1968. (campagne « Guinée 1 » du N.O. « Jean Charcot »); les traits en tiretés représentent les isanostères 300, 250, 200 et 170 cl/t.

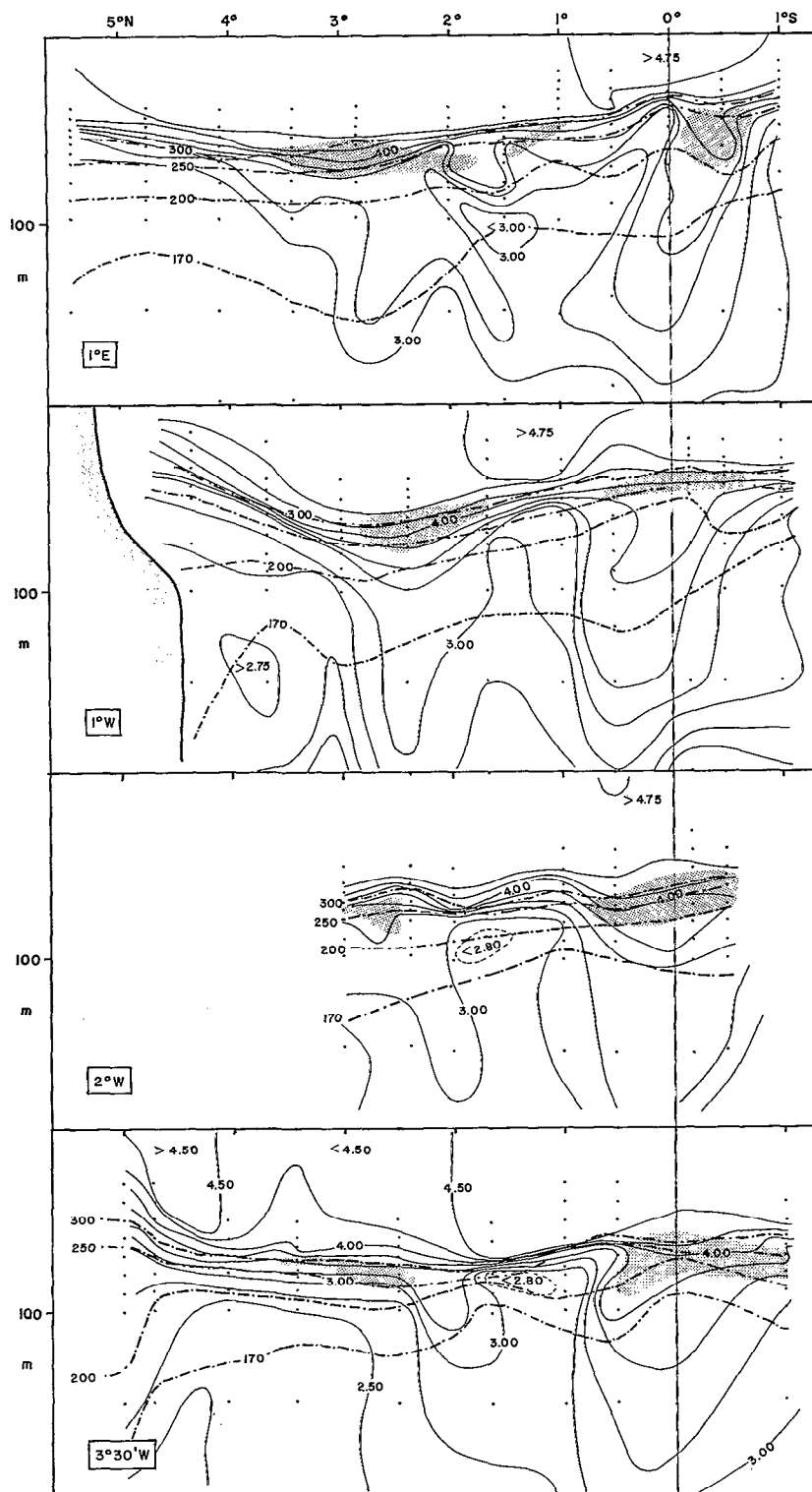


Fig. 4. — Distribution verticale de l'oxygène (ml/l) dans le golfe de Guinée, le long des méridiens 1 °E, 1 °W, 2 °W et 3°30'W, en juin 1968 (campagne « Guinée 1 » du N. O. « Jean Charcot ») ; les traits en tiretés représentent les isanostères 300, 250, 200 et 170 cl/l. Les noyaux de salinité de la figure 4 sont représentés par des zones ombrées.

la surface, le courant semble s'enfoncer en profondeur lorsqu'il atteint la longitude de ces îles (KNAUSS, 1960 et 1966). D'autres observations (février-mars 1964; février 1969) montrent une division du courant en deux branches de part et d'autre des îles Galapagos et l'on suppose qu'il alimente alors le Courant Équatorial Sud (terminologie de Sverdrup) (CHRISTENSEN, 1971). Enfin en été (juin 1969), le courant de Cromwell a été observé très près des côtes américaines de l'Équateur, sous le front hydrologique équatorial de surface; les indices de la présence du courant de Cromwell semblaient s'atténuer lorsque le front hydrologique était moins nettement marqué (STEVENSON et TAFT, 1971).

2. LA TERMINAISON DU COURANT DE LOMONOSOV EN MAI-JUIN 1968.

Au cours de la campagne « Guinée 1 » du N. O. « Jean Charcot » qui s'est déroulée dans le golfe de Guinée du 24 mai au 16 juillet 1968, douze sections méridiennes ont été effectuées entre d'une part la côte d'Afrique (5° N environ) et le parallèle 1°30' S et d'autre part les méridiens 10° W et 5° E (LEMASSON *et al.*, 1969).

A cette époque, le courant de Lomonosov était particulièrement puissant; sa vitesse maximum, vers 10° W, était de 100 cm/s, vers 70-80 m de profondeur (surface de référence à 500 m de profondeur); elle était associée à une forte valeur du maximum de salinité subsuperficiel, proche de 36,40 ‰; pendant la campagne le vent soufflait en moyenne de la direction 150° avec une vitesse de 6 m/s (HISARD, 1973). Vers 3° E et 5° E (fig. 1

et 2), la valeur du maximum de salinité subsuperficiel décroissait jusqu'à 36,10-36,00 ‰; le noyau de vitesse se relevait quelque peu vers la surface et atteignait 45 m de profondeur; la valeur de la composante zonale n'était plus que de 40 cm/s, mais l'on notait l'apparition d'une composante méridienne dirigée vers le nord, d'une valeur supérieure à 20 cm/s. L'anomalie thermostérique à la profondeur du noyau de vitesse était de 250 cl/t; les isolignes d'oxygène et de nitrate présentaient à l'équateur une déformation caractéristique de la présence du contre-courant équatorial subsuperficiel.

Les sections méridiennes de salinité et d'oxygène entre les méridiens 1° E et 3°30' W (fig. 3 et 4), montrent distinctement le noyau équatorial subsuperficiel de salinité qui est entraîné par le courant de Lomonosov ainsi que la déformation caractéristique des isolignes d'oxygène qui s'incurvent fortement vers le bas à l'équateur. Vers 2°30' N, il existe un deuxième noyau subsuperficiel de salinité, pratiquement à la même profondeur que le noyau équatorial et qui est de même associé à une déformation en creux des isolignes d'oxygène; d'est en ouest, la valeur du maximum de salinité décroît tandis que la déformation des isolignes d'oxygène va s'atténuant. Les distributions horizontales de la salinité et de l'oxygène sur la surface isanostère 250 cl/t (qui se trouve à la profondeur du noyau de vitesse du courant de Lomonosov) suggèrent fortement qu'il y a une continuité entre la langue équatoriale de salinité élevée, riche en oxygène, et la langue de mêmes caractéristiques que l'on identifie le long de 2°30' N jusque vers 5° W (fig. 5 et 6).

Des mesures directes de courant montrent l'existence au nord de l'équateur d'un flux Ouest ayant une vitesse de 50 cm/s (fig. 7); on peut identifier

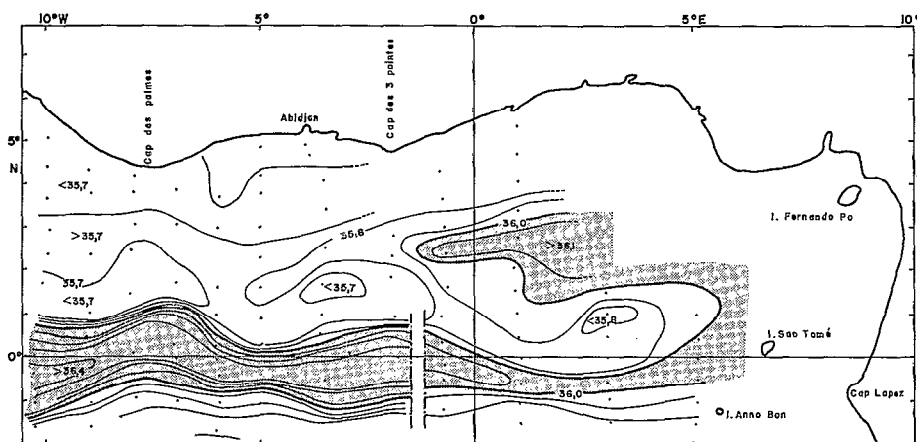


Fig. 5. — Distribution de la salinité le long de la surface isanostère 250 cl/t, dans le golfe de Guinée en mai-juin 1968 (campagne « Guinée 1 » du N.O. « Jean Charcot »); les valeurs supérieures à 36,0 ‰ sont ombrées. Les points figurent la position des stations hydrologiques. La bande limitée par deux lignes en tirets, vers 1°W, figure une interruption de 15 jours des observations entre la partie Ouest et la partie Est de la campagne.

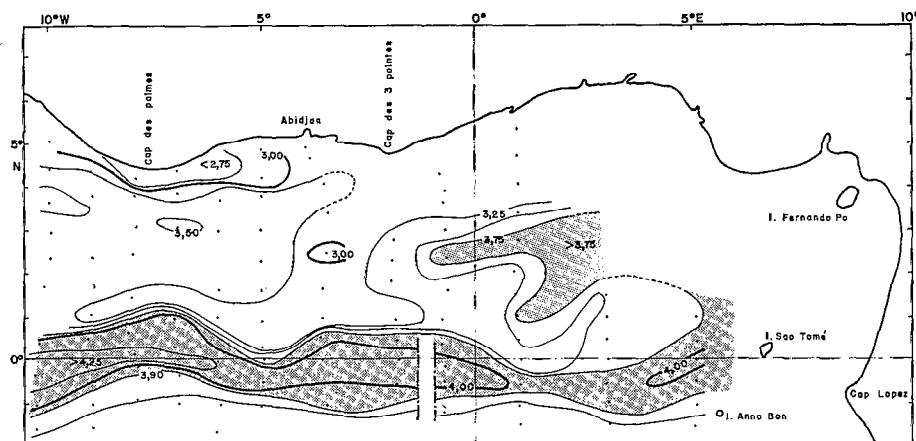


Fig. 6. — Même légende que fig. 5, relative à l'oxygène (en ml/l) ; les valeurs supérieures à 3,75 ml/l sont ombrées.

ce flux Ouest avec la branche nord du Courant Équatorial Sud (DOUBRAVIN, 1970) dont la structure se révèle être double : elle entraîne en effet d'une part des eaux superficielles dessalées qui sont originaires du fond du golfe de Guinée et d'autre part, en subsurface, des eaux caractérisées par une salinité maximale (cf. fig. 7). Ce flux Ouest subsurface qui est sans doute axé vers 2°30' N et que ces caractéristiques semblent autoriser à identifier comme une extension du flux du courant de Lomonosov, est certainement continu avec le flux Ouest identifié par GÉRARD *et al.* (1965), sous le courant de Guinée ; en mai 1972, lors de la campagne 7210 du N. O. « Capricorne », un flux Ouest de 60 cm/s a été mis en évidence vers 2°30' N, entre 2 et 3° de longitude Est ; il transportait un maximum de salinité voisin de 36,10 ‰ et l'analyse hydrologique suggérait que ce maximum provenait des eaux du courant de Lomonosov (LEMASSON et REBERT, 1973).

La surface isanostère 170 cl/t est à une profondeur d'environ 100 m à l'équateur et se trouve de ce fait dans la partie inférieure du courant de Lomonosov ; vers 2°30' N, cette surface est à une profondeur voisine de 120 m, ce qui correspond à la base de la branche nord du Courant Équatorial Sud (fig. 3, 4 et 7) ; la distribution horizontale de l'oxygène sur cette surface isanostère souligne à nouveau la continuité qui existe entre les structures qui caractérisent le courant de Lomonosov, le long de l'équateur, et celles que l'on observe vers 2°30' N (fig. 8) ; notons la similitude qui existe dans la distribution de l'oxygène à l'équateur dans l'océan Atlantique et dans l'océan Pacifique où l'on observe, sur la surface 160 cl/t, le long de l'équateur, une bande à teneurs élevées en oxygène (TSUCHIYA, 1968).

Dans le même temps que la campagne du N. O. « Jean Charcot », deux autres campagnes se sont

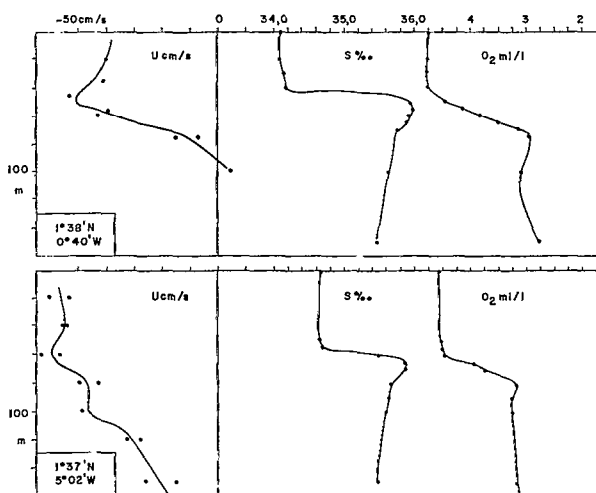


Fig. 7. — Distributions verticales de la composante zonale de la vitesse U cm/s (négatif vers l'ouest), de la salinité (S ‰) et de l'oxygène (O_2 ml/l) en deux stations caractérisant la branche nord du Courant Équatorial Sud (campagne « Guinée 1 » du N.O. « Jean Charcot »).

déroulées dans la partie sud du golfe de Guinée : campagne OM 36 du N. O. « Ombango » (C.R.O. de Pointe-Noire) entre l'équateur, à l'Est de Sao Tome, et Pointe-Noire, le long de la côte d'Afrique, et la campagne n° 3 du N. O. « Akademik Kurchatov » (MOROSHKIN *et al.*, 1970) entre les latitudes 5° S et 20° S, du méridien 4° W à la côte d'Afrique. Ces campagnes ont montré que la masse d'eau subtropicale de l'Atlantique Sud, de salinité supérieure à 36,0 ‰, restait située vers 8° S et que par conséquent elle ne pouvait être responsable de la formation de la langue de salinité élevée identifiée

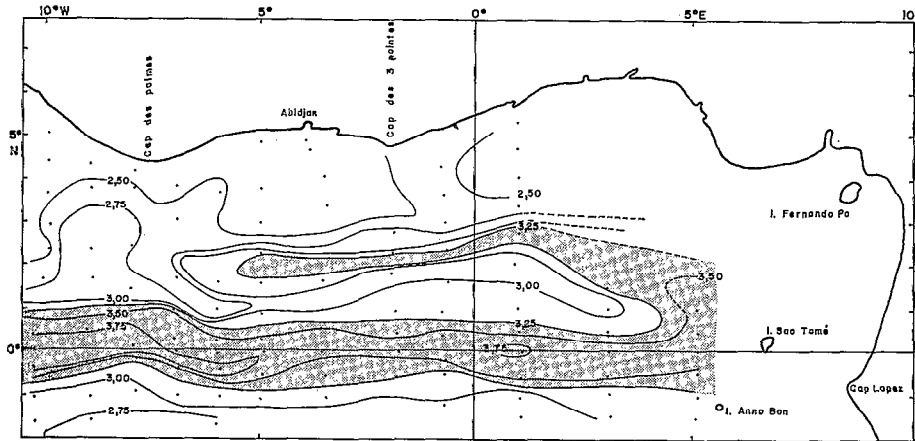


Fig. 8. — Distribution horizontale de l'oxygène (ml/l) le long de la surface isanostère 170 cl/t, dans le golfe de Guinée, en mai-juin 1968 (campagne « Guinée I » du N.O. « Jean Charcot »); les valeurs supérieures à 3,25 ml/l sont ombrées. Les points figurent la position des stations hydrologiques.

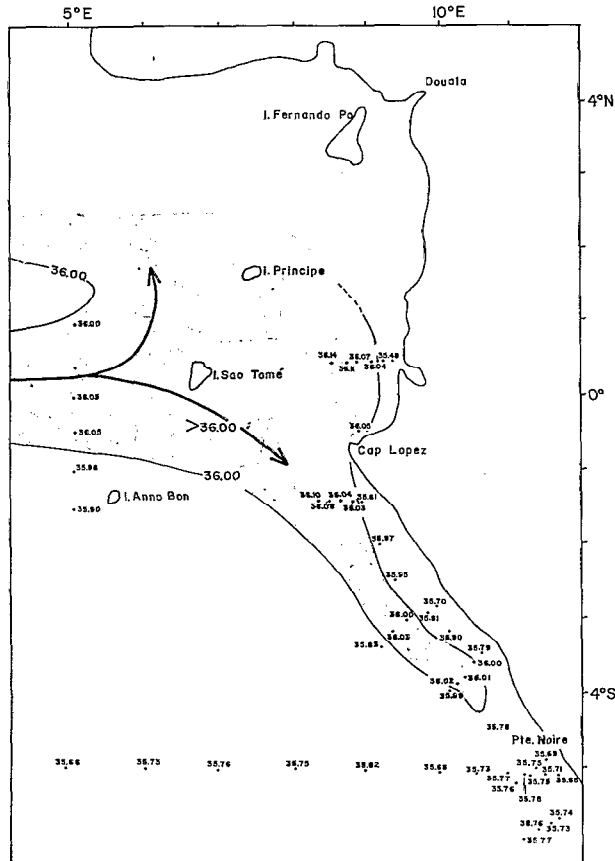


Fig. 9. — Distribution horizontale du maximum subsurface de salinité (‰) en mai-juin 1968, d'après les données de la campagne OM 36 du N.O. « Ombango », complétées par les données de la campagne « Guinée I » du N.O. « Jean Charcot » (le long de 5 °E) et les données de la campagne n° 3 du N.O. « Akademik Kurchatov » (le long de 5 °S).

vers 2°30' N, dans la partie nord du golfe de Guinée; de plus, les données de la campagne OM 36, montrent qu'il existait en mai 1968, une branche du courant de Lomonosov déviée vers le sud-est, le long de la côte d'Afrique, que l'on pouvait identifier par l'extension du maximum subsurface de salinité depuis la zone équatoriale (fig. 9); cette branche sud du courant de Lomonosov a déjà été reconnue par RINKEL *et al.* (1966) en mars-avril 1964 et on pouvait l'observer aussi en mai 1966 (REBERT, 1966) jusque vers 8° S.

En juin-juillet 1971 (campagne 7103 du N. O. « Capricorne ») des mesures directes de courant effectuées dans la région de l'île de Sao Tomé et du Cap Lopez, ont montré que le courant de Lomonosov était présent dans le fond du golfe de Guinée, même en été, mais qu'à cette époque il était beaucoup moins salé que le flux Ouest de surface; vers 0°45' S, au sud de Sao Tomé, la vitesse du courant de Lomonosov était de 48 cm/s vers 50 m de profondeur, et la salinité associée était de 35,85 ‰; en revanche, dans la couche superficielle il y avait un flux Ouest de 58 cm/s associé à une salinité de 36,10 ‰ (surface de référence à 400 m de profondeur) (fig. 10). Les fortes salinités qui sont transportées vers l'Ouest dans les couches superficielles, proviennent de l'eau subtropicale sud-Atlantique, remontant en été vers l'équateur et participant alors à la formation dans le golfe de Guinée du maximum de salinité. La remontée vers le nord de ces eaux de salinité élevée en été, provoque la formation d'une zone frontale très marquée, à la latitude du Cap Lopez, par leur affrontement avec la masse d'eau dessalée de la partie nord du golfe de Guinée; cette zone frontale est le siège de phénomènes d'enrichissement très particuliers et il s'y développe

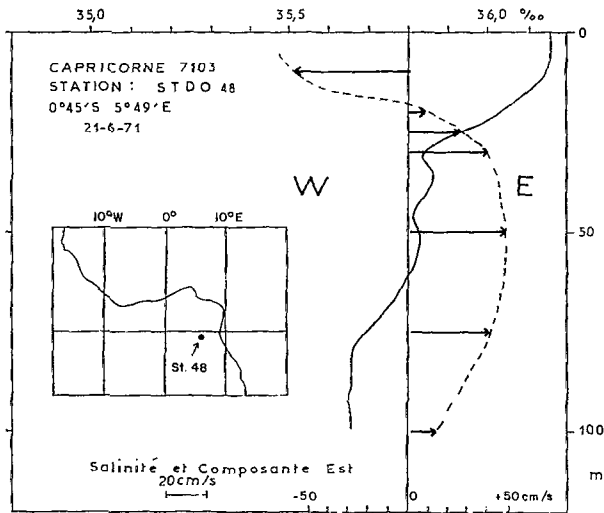


Fig. 10. — Distributions verticales de la salinité (‰) et de la composante zonale du courant (cm/s) au sud de l'île de Sao Tome en juillet 1971 (campagne 7103 du N.O. « Capricorne »).

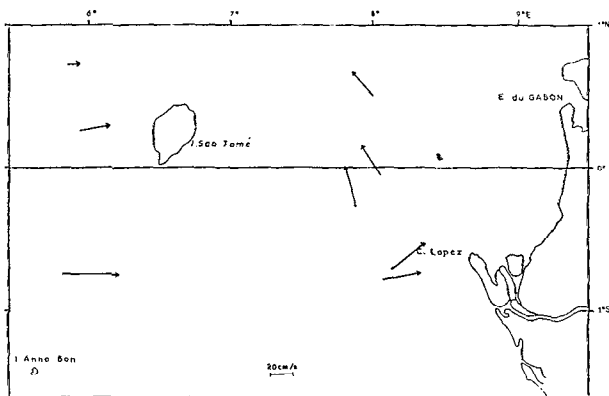


Fig. 11. — Distributions des vecteurs courant à 50 m de profondeur, dans le fond du golfe de Guinée, en juillet 1971 (campagne 7103 du N.O. « Capricorne »).

de fortes concentrations de thons (VOITURIEZ *et al.*, 1973; DUFOUR et STRETTA, *sous presse*). Des mesures directes de courant ont été effectuées de part et d'autre du front à 0°45'S-8°09'E, à quelques milles au large du Cap Lopez; à 50 m de profondeur le courant était de 32 cm/s au 079°, et de 38 cm/s au 053° (au sud et au nord du front), tandis qu'en surface le courant était respectivement de 43 cm/s au 300° et de 14 cm/s au 360°; ces mesures suggèrent une rotation vers le nord, du flux du courant de Lomonosov, à l'approche du Cap Lopez (fig. 11), (le vent pendant les mesures soufflait du 220° à 4 m/s). Le fait que l'on observe le flux Est du courant de Lomonosov jusque sous la zone frontale de l'extrême partie Est du golfe de Guinée est à rapprocher des observations similaires faites dans

l'océan Pacifique (STEVENSON et TAFT, 1971) où le courant de Cromwell était plus marqué, en fin de parcours, lorsque la zone frontale superficielle était plus accentuée; la relation entre les deux phénomènes, s'il y en a une, mérite d'être l'objet d'une étude plus approfondie à cause de l'importance des mécanismes d'enrichissement qui affectent cette région. L'importance probable du courant de Lomonosov sur ces mécanismes, dans le fond du golfe de Guinée, avait déjà été émise comme hypothèse par GALLARDO et LE GUEN (1972) étudiant les conditions hydrologiques autour de l'île Anno Bon.

3. CONCLUSION

Le devenir exact des eaux du contre-courant subsuperficiel équatorial dans la partie extrême-orientale des océans Atlantique et Pacifique reste encore à préciser; si dans certaines occasions ce courant paraît être affaibli considérablement en fin de parcours, en avril et en septembre dans l'océan Pacifique, en automne dans l'océan Atlantique, aux autres saisons il arrive sous la forme d'un flux puissant jusqu'à l'extrémité de la zone équatoriale et participe alors directement à la formation soit de flux de retour vers l'Ouest soit de courants côtiers. Dans le golfe de Guinée, le courant de Lomonosov forme ainsi la partie subsuperficielle de la branche nord du Courant Équatorial Sud vers 2°30' N et donne d'autre part un flux sud-est le long du talus continental des côtes d'Afrique; ces deux structures sont particulièrement nettes au printemps (de l'hémisphère nord) lorsque le courant de Lomonosov a une vitesse élevée et est associé à une forte valeur du maximum de salinité subsuperficielle; en été, il semble, contrairement à ce que l'on croyait, que ce courant quoique plus faible qu'au printemps, atteigne quand même le fond du golfe de Guinée; il est plus difficile à identifier à cette saison sur des bases hydrologiques car les eaux qu'il transporte sont alors moins salées que les eaux superficielles dérivées de la masse d'eau subtropicale sud-Atlantique et remontées vers le nord; en automne, l'extension vers l'Est du courant de Lomonosov est contrariée par la modification de la pente des isobares due à l'accumulation d'eau dans le fond du golfe de Guinée sous l'effet de la mousson de sud-ouest (NEUMANN, 1966). L'hypothèse d'une interaction entre le contre-courant subsuperficiel équatorial et le front hydrologique équatorial que l'on observe en été dans la partie orientale du golfe de Guinée est soulevée; il est difficile de savoir si cette interaction est réelle mais l'importance des processus biologiques qui se développent alors dans cette région justifie qu'une attention particulière soit accordée à l'étude de la circulation dans cette région.

Manuscrit reçu au S.C.D. le 28 novembre 1973.

BIBLIOGRAPHIE

- CHRISTENSEN (N.), 1971. — Observations of the Cromwell Current near the Galapagos islands. *Deep-Sea Res.*, 18 : 27-34.
- DUFOUR (Ph.) et STRETTA (J.-M.), 1973. — Fronts thermiques et thermo-halins dans la région du Cap Lopez (golfe de Guinée) : phytoplancton, zooplancton, micronecton et pêches thonnières. *Cahiers C.R.O.*, Abidjan (*sous presse*).
- DOUBRAVIN (V. F.), 1970. — Les résultats d'observations des courants dans le golfe de Guinée, d'août à octobre 1965. *Trav. AtlantNIRO XXXVII* : 150-172 (en russe ; traduct. Ph. Hisard, Centre O.R.S.T.O.M., Abidjan).
- GALLARDO (Y.) et LE GUEN (J.-C.), 1972. — Caractères hydrologiques des régions frontales d'Angola, du Gabon et du Congo, favorables aux concentrations d'albacore. *Doc. Sci. Centre O.R.S.T.O.M.*, Pointe Noire, n° 23, 18 p.
- GERARD (R.), SEXTON (R.) et MAZEIKA (P.), 1965. — Parachute drogue measurements in the eastern tropical Atlantic in September 1964. *J. Geoph. Res.*, 70 (22) : 5696-5698.
- HISARD (Ph.), 1973. — Variations saisonnières à l'équateur dans le golfe de Guinée. *Cah. O.R.S.T.O.M., série Océanogr.*, XI (3) (*sous presse*).
- KNAUSS (J. A.), 1960. — Measurements of the Cromwell Current. *Deep-Sea Res.*, 6 : 265-286.
- KNAUSS (J. A.), 1966. — Further measurements and observations on the Cromwell Current. *J. Mar. Res.*, 24 : 205-240.
- KOLESNIKOV (A. G.), BOGUSLAVSKI (S. G.), KUKLIN (G. N.), SHIREY (V. A.) et KIRYOUKIN (V. G.), 1971. — Lomonosov Current in the Gulf of Guinea. *Oceanology*, 11 (3) : 311-315 (traduction américaine).
- LE FLOCH (J.), 1970. — La circulation des eaux d'origine subtropicale dans la partie orientale de l'Atlantique équatorial étudiée en relation avec les mesures faites à bord du N. O. « Jean Charcot » en mai 1968. *Cah. O.R.S.T.O.M., série Océanogr.*, VIII (3) : 77-113.
- LEMASSON (L.), NOEL (J.) et REBERT (J.-P.), 1969. — « Guinée 1 », croisière du navire océanographique « Jean Charcot ». *Trav. Doc. O.R.S.T.O.M.*, n° 3, 87 p.
- LEMASSON (L.) et REBERT (J.-P.), 1973. — Circulation dans le golfe de Guinée ; étude de la région d'origine du sous-courant ivoirien. *Cah. O.R.S.T.O.M., série Océanogr.*, XI (3) (*sous presse*).
- MOROSHKIN (K. V.), BUBNOV (V. A.) et BULATOV (R. P.), 1970. — Water circulation in the eastern south Atlantic Ocean. *Oceanology*, 10 (1) : 27-34 (traduction américaine).
- NEUMANN (G.), 1966. — The Equatorial Undercurrent in the Atlantic Ocean. Actes symp. océanogr. ress. Halieut. Atlant. trop., Abidjan : 33-34.
- PHILANDER (G.), 1973. — The Equatorial Undercurrent : measurements and theories. *Reviews of Geophysics and Space Physics*, 11(3) : 513-570.
- REBERT (J.-P.), 1966. — Conditions hydrologiques au sud de Pointe-Noire en début de saison froide, aperçu sur la transition. *Doc. Sci. Centre Océanogr. Pointe-Noire* ; n° 333, 20 p. (*multigraph.*).
- RINKEL (M. O.), SUND (P.) et NEUMANN (G.), 1966. — The Undercurrent in the gulf of Guinea, based upon observations during Equalant III. *J. Geoph. Res.*, 71 (16) : 3893-3901.
- SCHEMAINDA (R.), 1967. — Das Ozeanographische Beobachtungsmaterial der Tropenexpedition mit dem Forschungsschiff « Professor Albrecht Penk » in dem Golf von Guinea von April bis Juli 1964. *Geod. Geophys. Veroff IV* (2) : 92 p.
- STEVENSON (M. R.) et TAFT (B. A.), 1971. — New evidence of the Equatorial Undercurrent east of the Galapagos islands. *J. Mar. Res.*, 29 : 103-115.
- STURM (M.) et VOIGT (K.), 1966. — Observations of the structure of the Equatorial Undercurrent in the gulf of Guinea. *J. Geoph. Res.*, 71 : 3105-3108.
- TSUCHIYA (M.), 1968. — Upper waters of the Intertropical Pacific Ocean. *Johns Hopkins Oceanogr. Stud.*, 4, 50 pp.
- VOITURIEZ (B.), VERSTRAETE (J.-M.) et LE BORGNE (R.), 1973. — Conditions hydrologiques de la zone frontale du Cap Lopez pendant la campagne thonnière de juin-juillet 1971. *Cah. O.R.S.T.O.M., série Océanogr.*, XI (2) : 229-249.