

NOTE SUR LA CIRCULATION DANS L'ATLANTIQUE TROPICAL LE LONG DE 10° W LE CONTRE-COURANT SUD ÉQUATORIAL

LIONEL LEMASSON

Océanographe au Centre de Recherches Océanographiques. B.P. V 18, Abidjan, Côte d'Ivoire

RÉSUMÉ

Des mesures directes de courant effectuées par le « Capricorne » en octobre 1973 ont permis de confirmer l'existence le long de 10° W de deux branches du contre-courant équatorial sud (CCES). La circulation géostrophique met également en évidence deux flux Est au niveau du maximum de salinité subtropical. Des vitesses supérieures à 20 cm/s ont été observées dans les deux veines de courant Est, associées à des salinités supérieures à 36,00 ‰; Il faut cependant noter la profondeur plus importante à laquelle la branche sud a été mesurée (100 m) par rapport à novembre 1971, et l'existence d'un noyau de vitesse vers l'ouest, supérieure à 20 cm/s, associé à un noyau de salinité, vers 7° S et 75 m de profondeur.

ABSTRACT

The author studies the east wards South Equatorial Counter-Current (CCES) along 10° W in the South Tropical Atlantic. Two branches of the CCES (5° S and 9° S) have been confirmed by direct measurements and geostrophic velocities.

Velocities of about 20 cm/s have been observed in the two current cores; the north branch does not seem associated with a salinity core; the south branch is deeper in october 1973 than in november 1971 (100 m). A subsuperficial Westwards current was measured around 7° S—depth: 50 m) and is also displayed in the geostrophic velocities.

INTRODUCTION

Les observations faites en octobre 1971 le long de 4° W avaient permis de mettre en évidence directement par des mesures de courant et indirectement par des calculs dynamiques (LEMASON et REBERT, 1973), ou par des paramètres biologiques (DUFOR et STRETTA, 1972) le contre-courant sud-équatorial dont l'existence jusqu'ici n'avait pu être suggérée que par la circulation géostrophique et les caractères hydrologiques de masses d'eau (REID, 1964; MAZEKA, 1968). C'est ainsi que le contre-courant sud équatorial avait été observé sur 4° W, entre 8° et 13° S,

et une branche nord observée vers 5° S avait pu être rattachée à ce Contre-courant. La réalité de ces deux flux de courant Est avait été discutée dans un article précédent (LEMASON et REBERT, id.). La croisière « RÉCIF » effectuée en octobre 1973 par le « CAPRICORNE » le long de 10° W entre 1° N et 12° S (campagne CAP 7314) avait pour objectif d'étudier l'extension zonale et la région d'origine de ce contre-courant sud équatorial, ce qui n'a pu malheureusement être réalisé qu'en partie pour des raisons extra-scientifiques.

Au cours de cette campagne des mesures directes de courants ont pu être faites, associées à des déter-

minations de paramètres chimiques (phosphore en particules, oxygène, nitrate) utilisés comme traceurs de circulation.

L'existence de la branche nord de ce courant Est avait été également suggérée par KHANAYCHENKO *et al.* (1965) qui à partir de l'étude de l'extension des différents maximums de salinité, avait estimé qu'il y avait un transport vers l'est au sud de 4° S. Une synthèse des travaux effectués sur la question a été établie par cet auteur (KHANAYCHENKO, 1974).

2. MÉTHODES

Les courants ont été mesurés en dérive avec un courantomètre Anderaa monté sur « current-profiler » (1) (DUING *et al.* 1972). Le principe en est le suivant :

Le courantomètre descend le long d'un câble lesté et est maintenu en position verticale par un lest équilibré de flottabilité légèrement négative. La vitesse de descente dépend de la densité des couches d'eau rencontrées et subit des variations assez faibles.

Cependant on considère la vitesse comme étant à peu près constante, et des observations effectuées à l'aide de l'échosondeur ont donné une vitesse moyenne de descente de 9 cm/s pendant 550 m.

Les profils de vitesse ont été faits entre la surface et 500 m; parallèlement des mesures de courant ont été effectuées avec un courantomètre Ekman entre 0 et 200 m, la surface de référence étant également choisie à 500 m, de façon à pouvoir comparer avec les mesures de l'Aanderaa et avec les mesures effectuées sur 4° W en 1971. Le choix de la surface de mouvement nul à 500 m avait été fait, en novembre 1971, campagne CAP 7107 du Capricorne (LEMASSON *et al.* id.), en comparant des mesures directes faites à 500 m et 800 m : les écarts entre les mesures étaient de l'ordre de la précision de celles-ci. La validité de la méthode de mesures des courants en différentielle a été discutée. Elle permet de donner, avec des moyens faibles et en un temps relativement court, une description qualitative de la circulation dans la région étudiée. Une détermination indirecte de cette surface a été faite également par KHANAYCHENKO (1974); des considérations sur les résultats obtenus en utilisant la méthode de DEFANT et celle de MAMAIEV pour la détermination de la couche de référence pour les calculs dynamiques ont amené cet auteur à prendre également 500 m comme

niveau de mouvement nul pour ses mesures de courant en différentielle.

A chaque station un trait de sonde STDO était fait entre 0 et 1000 m, accompagné de prélèvements à la Rosette Multisampler aux niveaux remarquables. Les particules en suspension, caractérisées par le phosphore en particules, étaient déterminées à chaque station à partir de filtrations portant sur 4 l d'eau en moyenne.

L'intérêt de la détermination du phosphore en particules était apparu lors de la campagne « Sainte-Hélène » de novembre 1971 où les concentrations en particules avaient été utilisées pour la caractérisation des masses d'eau.

Au total 17 stations de courantométrie ont été effectuées entre 1° N et 12° S. Cinq stations ne comportant que des traits de sonde ont été faites sur 15° W entre 12° S et 8° S.

3. RÉSULTATS

Les profils verticaux de courants établis à l'aide des mesures fournies par les deux courantomètres sont semblables; toutefois les vitesses maximales mesurées par le courantomètre Ekman dans le noyau de vitesse du sous-courant équatorial, ou courant de Lomonosov, sont un peu plus faibles que celles données par le courantomètre Aanderaa.

Ceci peut s'expliquer par le manque de précision de la mesure de la profondeur de la couche de référence dans le cas du profil au courantomètre Ekman (angle du câble très important dans la zone équatoriale, occasionnant vraisemblablement une inclinaison du courantomètre) alors que dans le cas du courantomètre Aanderaa, d'une part celui-ci travaillait verticalement vu le système de fonctionnement du « profiler », d'autre part la profondeur de chaque niveau de mesure était enregistrée directement.

Nous avons donc utilisé de préférence les données fournies par l'Aanderaa.

3.1. Distribution verticale de la composante zonale

Les mesures directes ont pu mettre en évidence sur 10° W, vers 5°30 S et vers 9° S deux flux vers l'est correspondant aux deux branches du contre-courant sud équatorial, branches dont l'existence avait été envisagée par MAZEIKA (1968) (fig. 1).

Le courant situé le plus au sud, soit entre 8° S et 11° S, a son maximum de vitesse vers 100 m de profondeur et dépasse 20 cm/s. Il intéresse une couche qui s'étend de 75 m jusqu'à une profondeur

(1) Nous remercions vivement M. Le Professeur DUING de l'Institute of Marine Science de Miami pour le matériel qu'il a bien voulu nous prêter pour la réalisation de cette étude.

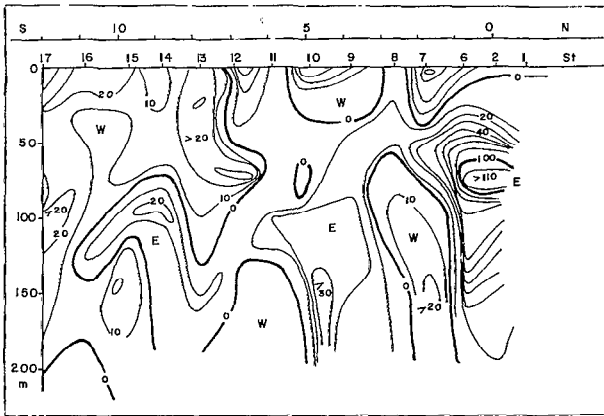


Fig. 1. — Distribution verticale de la composante W des vecteurs vitesses mesurés au « Current-profiler » (courantomètre Anderaa, référence à 500 m) en cm/s. Les deux branches du CCEs apparaissent bien différenciées vers 100 m de profondeur (5° S et 9° S), la branche nord atteint la surface entre 6° S et 7° S.

de 200 m. Il correspond au contre-courant sud équatorial mesuré sur 4° W en novembre 1971, mais il se trouve en octobre 1973 à une profondeur supérieure : en novembre 1971 il s'étendait sur 150 m d'épaisseur depuis la profondeur de 10 m. On retrouve ses caractéristiques : vitesse voisine de 20 à 30 cm/s, salinité de 36,00 ‰ à 36,40 ‰, phosphore en particules inférieur à 0,020 µatg/l caractérisant des eaux pauvres en seston donc des eaux à forte salinité en provenance de la zone de la convergence tropicale.

Il est cependant intéressant de souligner que la branche sud du contre-courant sud équatorial se trouve à une profondeur supérieure à celle de novembre 1971 sur 4° W, et que la veine de courant maximum se trouve à la base du maximum de salinité subtropical, alors qu'en 1971 sur 4° W il était particulièrement bien caractérisé par un noyau de salinité (fig. 2 a).

Sur la radiale effectuée le long de 15° W on observe toutefois un noyau de salinité élevée ($S > 36,75$ ‰; fig. 2 b) entre 50 et 100 m de profondeur qui pourrait également correspondre au contre-courant sud équatorial puisque se trouvant à la même latitude voisine de 10° S.

Malheureusement il n'y a pas eu de mesures directes de courant sur cette radiale; cependant la circulation géostrophique indique un flux vers l'est dans la couche d'eau intéressée par le maximum de salinité, avec des vitesses supérieures à 10 cm/s.

Plus au nord, vers 5° S, on observe un autre flux dirigé vers l'est dont la veine de vitesse maximum est située vers 100 mètres de profondeur et au delà. Ce flux apparaît également en surface entre 5° 30 S et 7° S; les vitesses maximales observées sont voisines de 30 cm/s vers 150 m. Cette branche nord du contre-courant sud équatorial serait le flux différencié par MAZEIKA (1968) de celui que REID (1964) situe plus au sud. La réalité de ces deux branches a été discutée par LEMASSON et REBERT (id.). Ce flux ne semble pas caractérisé par un maximum de salinité (fig. 2 a) bien qu'en novembre 1971, sur 4° W un noyau de salinité ait pu être associé à ce transport vers l'est; la veine se situe à la base d'un noyau de salinité bien délimité. Il

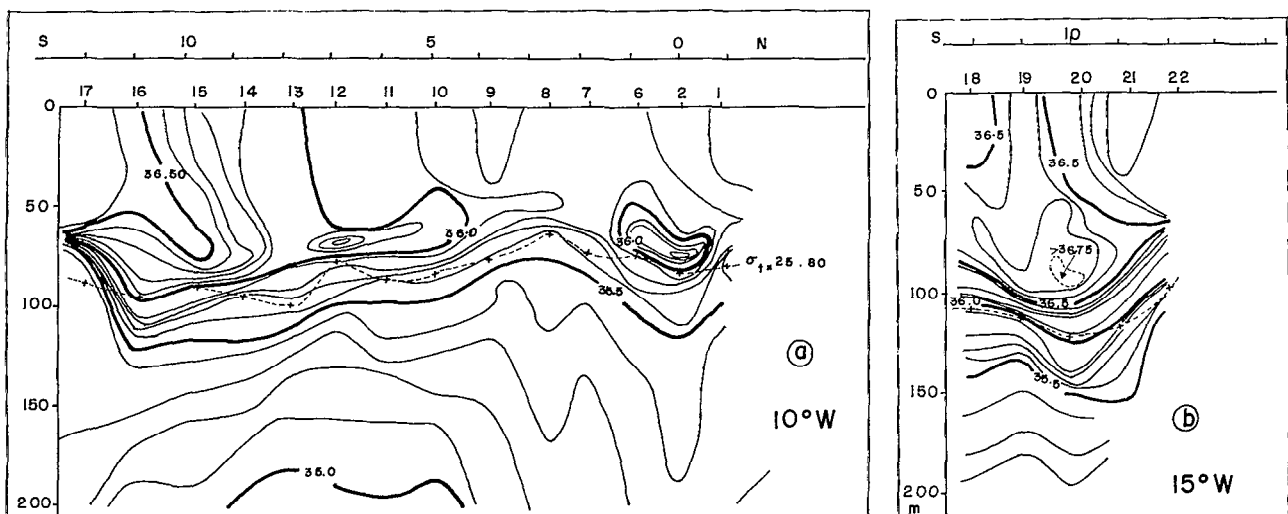


Fig. 2. — Distribution verticale de la salinité le long de 10° W (fig. 2a) et de 12° W (fig. 2b).

correspond au flux décrit par KHANAYCHENKO (1964) qui le situe, à partir des observations du « ZVEZDA », entre 3°30 S et 6°30 S sur environ 200 milles de largeur avec une vitesse maximale en octobre de 60 cm/s. Les concentrations en seston sont faibles ($P_p < 0,020 \mu\text{atg/l}$) dans la veine subsuperficielle, et voisines de $0,035 \mu\text{atg/l}$ en surface au sud de 5°30 S.

Il est intéressant de noter que KHANAYCHENKO avait émis l'hypothèse de l'existence sur 25° W, d'une ramification du contre-courant sud équatorial qui s'incurverait à partir de cette longitude vers le sud-est entre 7° et 9° S.

Il y a donc confirmation des résultats obtenus en novembre 1971 sur 4° W, c'est à dire de l'existence de deux flux Est constituant le contre-courant équatorial sud.

3.2. Extension du maximum de salinité et circulation géostrophique :

Les vecteurs courants et la salinité sur la surface $\sigma_t = 25,80$ sont représentés sur la figure 3; cette surface σ_t se situe en effet au niveau inférieur du maximum de salinité subtropical du sud, du noyau de salinité du sous-courant équatorial et du maximum

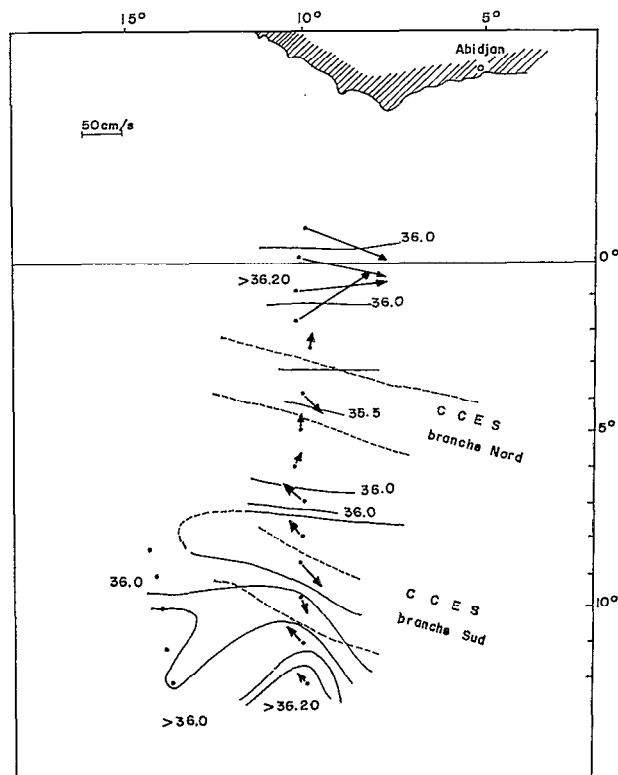


Fig. 3. — Salinités et courants sur la surface $\sigma_t = 25,80$ dont la profondeur est voisine de 75 m (cf. fig. 2).

situé vers 6° S et 7° S, et se situe également dans la thermocline; la circulation sur cette surface représente bien les courants dans les différents flux observés, à une profondeur variant entre 75 et 100 mètres : branches nord et sud du contre-courant sud équatorial.

La distribution verticale des vitesses géostrophiques déduites des hauteurs dynamiques, est représentée fig. 4. La surface de référence a été prise à 500 db de façon à pouvoir comparer les résultats aux mesures directes. La figure 4 fait ressortir 3 grands flux au sud de l'équateur :

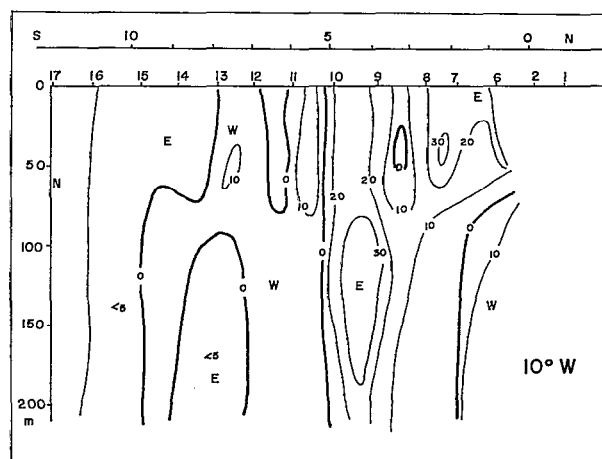


Fig. 4. — Courants géostrophiques en cm/s (surface de référence : 500 db) Les deux branches du CCEs sont présentes, bien que la branche Sud soit plus faible par rapport aux courants directement observés.

— un flux Est important, jusqu'à 5° S, avec des vitesses supérieures à 30 cm/s entre 100 et 150 m, à 4°30 S, qui correspond à la branche nord du contre-courant sud équatorial;

— un flux Est, plus faible, de vitesse voisine de 10 cm/s, correspondant à la branche sud du contre-courant sud équatorial, entre 8° et 11° S;

— entre les 2, on observe un flux vers l'ouest avec un maximum de vitesse supérieure à 10 cm/s entre 7° et 8° S. Il correspond au noyau de vitesse vers l'ouest observé à partir des observations directes (fig. 1).

4. CONCLUSION

Les mesures directes de courant et la circulation déduite des calculs géostrophiques précisent bien l'existence du contre-courant sud équatorial le long de 10° W et sa ramification en 2 branches;

en outre la circulation géostrophique permet également le long de 15° W de confirmer l'extension vers l'ouest de la branche sud de ce contre-courant. Il y a cependant un caractère intéressant de cette circulation qui n'était pas apparu lors de la campagne CAP 7107 « Sainte-Hélène » de novembre 1971, c'est la présence entre les deux flux Est d'un noyau de vitesse assez élevée (vitesse supérieure à 30 cm/s) à 75 m de profondeur, large de 120 milles et atteignant la surface entre 7° et 8° S; ce noyau est en outre associé sur cette radiale à un maximum de salinité très net (salinités supérieures à 36,30 ‰; fig. 2 a).

Ce flux ouest correspondrait au Courant de dérive des alizés (LEMASSON *et al.* id.) qui s'étend

au sud de 3° S, bien que les concentrations en seston (phosphores en particules voisin de 0,025 µatg/l) soient faibles par rapport à celles de novembre 1971.

Un autre trait intéressant de cette circulation en octobre par rapport à novembre 1971 est l'enfoncement en profondeur de la veine de vitesse de la branche S du CCEs. Cela peut s'expliquer par le renforcement en surface des flux ouest (Courant de dérive des Alizés, Dérive de Benguela), renforcement dû aux alizés, dont l'intensité décroît d'octobre jusqu'à l'été austral (janvier à mars).

Manuscrit reçu au S.C.D. de l'O.R.S.T.O.M. le 23 septembre 1975.

BIBLIOGRAPHIE

- DUFOUR (Ph.) et STRETTA (J. M.), 1973. — Production primaire, biomasses du phytoplancton et du Zooplancton dans l'Atlantique Tropical sud, le long du méridien 4° W. *Cah. O.R.S.T.O.M.*, vol. XI, 4 : 419-429.
- DUING (W.) et JOHNSON (D.), 1972. — High resolution current profiling in the straits of Florida. *Deep Sea Research* vol. 19 : 259-274.
- KHANAYCHENKO (N.), KHILYSTOV (N.) et ZHIDKOV (V.), 1965. — The system of equatorial Counter currents in the Atlantic Ocean. *Oceanology*, 5, 2 : 24-32.
- KHANAYCHENKO (N.), 1974. — Les systèmes des Contre-courants équatoriaux dans l'Océan. *Gidrométéorizdat*. Leningrad, 158 p.
- LEMASSON (L.) et REBERT (J. P.), 1973. — Circulation dans la partie orientale de l'Atlantique Sud. *Doc. Scient. CRO - Abidjan*, vol. IV, n° 1 : 91-124.
- 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.