

SUR UN NOYAU A FORTE TENEUR EN OXYGÈNE DANS LA PARTIE INFÉRIEURE DU COURANT DE CROMWELL

par F. ROUGÉRIE*

RÉSUMÉ

On rappelle qu'une des caractéristiques majeures du courant de Cromwell se trouve être l'homogénéité de sa teneur en oxygène dissous ; toutefois les résultats de 4 coupes sur les 8 effectuées à l'Équateur et à 170° E lors des croisières « Cyclone » indiquent une anomalie positive de la teneur en oxygène dans la partie inférieure du courant, sur l'isanoستère 180 cl/t. TSUCHIYA (1965) ayant montré que cette couche est alimentée par des eaux sortant de la mer du Corail, il convenait de préciser l'influence possible de la circulation superficielle néo-guinéenne sur l'écoulement des eaux sous-jacentes. Au nord de la Nouvelle-Guinée la mousson d'hiver engendre le courant côtier de la Nouvelle-Guinée qui coule vers le sud-est et en affectant les 300 premiers mètres, autorise une extension plus méridienne des eaux issues de la mer du Corail ; celles-ci effectuent un trajet plus direct pour alimenter le courant de Cromwell et conservent mieux leurs caractéristiques d'origine, notamment leur concentration en oxygène dissous.

Des considérations sur la distribution zonale de l'oxygène le long de l'équateur, et des mesures de courant viennent confirmer ce schéma de circulation sur 180 cl/t.

ABSTRACT

One of the main features of the Equatorial Undercurrent is the homogeneity of its dissolved oxygen content ; results of four vertical equatorial sections out of eight along 170° E during « Cyclone » cruises however give a positive anomaly of the oxygen content in the lower part of the current on the 180 cl/t surface (fig. 1 and 2). TSUCHIYA (1965) having shown that this part of the undercurrent could be fed by water of Coral Sea origin, it seemed worth stating the possible influence of the superficial circulation on the underrunning layer (fig. 5). North of New Guinea the winter moonsoon induces the New Guinea Coastal Current which runs south-east and affects the superficial layer down to 300 m, thus allowing the Coral Sea waters to extend only northward. These follow a more direct route than in summer to feed the Equatorial Undercurrent and keep better their original properties, especially their high oxygen content (fig. 6).

Dissolved oxygen content zonal distribution near the equator and current measurements seem to confirm this circulation diagram on the 180 cl/t surface.

* Centre O.R.S.T.O.M. de Nouméa (Nouvelle-Calédonie), B.P. 4.

INTRODUCTION

L'hypothèse de KNAUSS (1960), selon laquelle les eaux du courant de Cromwell étaient homogénéisées par suite d'une forte turbulence verticale ne fut pas confirmée par les premières observations du N. O. *Coriolis*.

En effet, les premières coupes Sud-Nord tracées au cours des croisières *BORA* en 1965-1966 montrent que la distribution des sels nutritifs, phosphates et nitrates, accuse de forts gradients verticaux ; par contre la teneur en oxygène présente une remarquable constance entre les surfaces isanostériques 350 cl/t et 160 cl/t et caractérise une zone homogène qui subsiste dans tout le

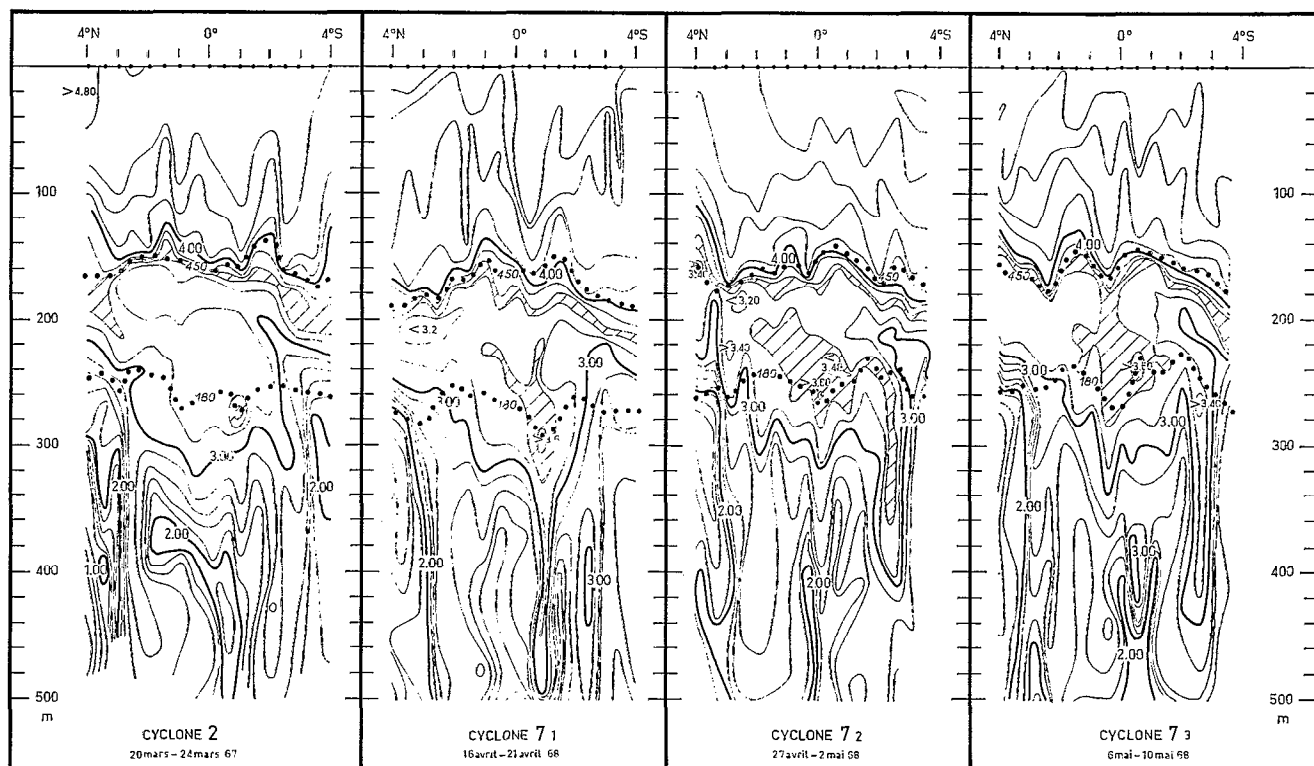


Fig. 1. — Distribution verticale de l'oxygène à 4° N-4° S et 170° E. Traits pleins : isoplètes d'oxygène tous les 0,2 ml/l ; traits pointillés ; isanostères 180 cl/t et 450 cl/t.

trajet vers l'est du courant de Cromwell (PICKARD, ROTSCHI, 1968 et PICKARD, ROTSCHI, RUAL, 1969).

En outre les trois coupes Sud-Nord successives à 170° E réalisées pendant la croisière « *Cyclone 7* » du N. O. *Coriolis* en avril-mai 1968, révèlent dans la partie inférieure du noyau du courant de Cromwell, située sous la base de la thermocline, une petite zone où la concentration en oxygène dissout atteint 3,6 ml/l sur 180 cl/t (fig. 1). Cette anomalie de la couche homogène avait déjà été notée dans les résultats de la croisière « *Cyclone 2* » (mars 1967). La distribution verticale de l'oxygène dissout est particulièrement caractéristique des eaux équatoriales occidentales et ROTSCHI et WAUTHY (1969) ont montré que l'on pouvait distinguer quatre couches successives :

- une couche superficielle homogène en oxygène et isotherme où, jusqu'à la surface isostérique 450 cl/t, la teneur en oxygène est supérieure à 4 ml/l,
- une première couche de transition entre 25 °C et 22 °C,
- une deuxième couche homogène en oxygène où la concentration moyenne est 3,3 ml/l jusque vers 13 °C et que l'on peut associer au courant de Cromwell,
- une deuxième couche de transition où le gradient vertical en oxygène est toutefois plus faible que dans la première.

L'homogénéité en oxygène dissous du flux sub-superficiel vers l'Est qui constitue le courant de Cromwell ayant été bien établie (KNAUSS, 1960), il est apparu que seule une étude détaillée de la circulation méridienne dans la zone originelle du courant de Cromwell permettrait d'expliquer l'anomalie positive de la couche homogène rencontrée pendant les croisières « *Cyclone 2 et 7* ».

RÉSULTATS

La méthode de mesure de l'oxygène dissous utilisée à bord du N. O. *Coriolis* est la méthode de Winkler améliorée en tenant compte des suggestions de GARRITT et CARPENTER (1966), le

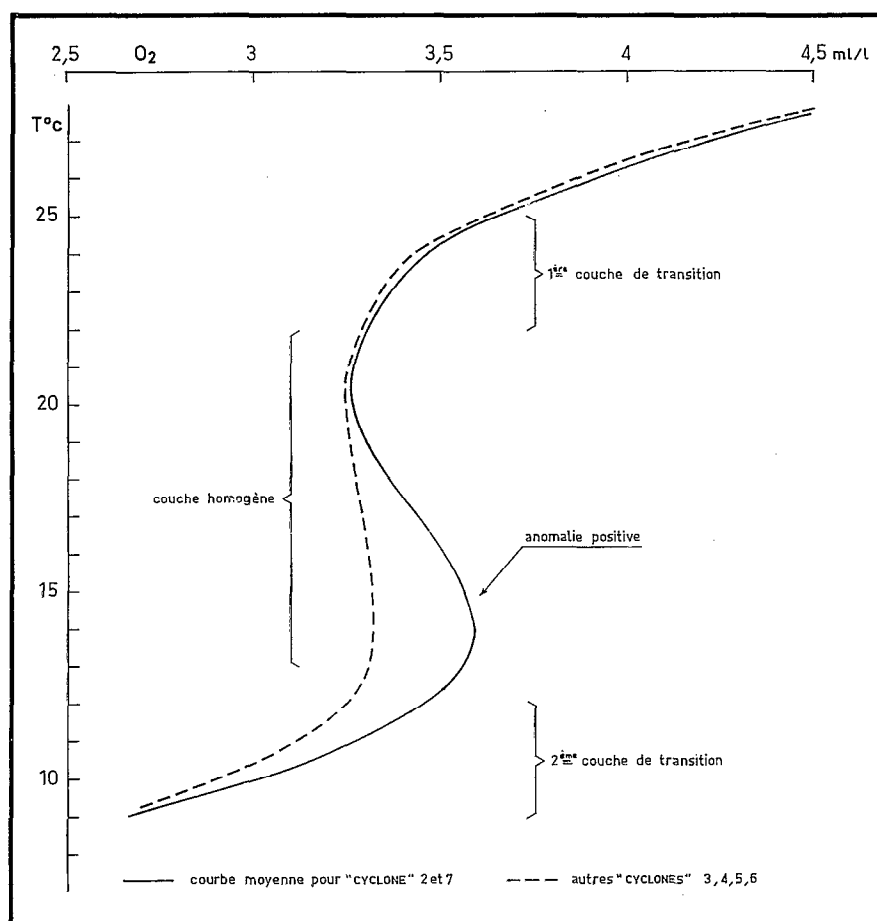


Fig. 2. — Courbes T-O₂ à 170° E et 0°30' S montrant la couche homogène en oxygène du courant de Cromwell, et l'anomalie positive observée aux croisières *Cyclone 2 et 7*.

dosage lui-même est fait avec un titrateur automatique Beckman modifié et adapté à un usage en mer (RUAL et VOITURIEZ, 1969).

Les principales modifications portent sur le flaconnage, l'utilisation d'iodure de potassium très concentré pour lutter contre la volatilisation de l'iode et un pH stabilisé entre 2,0 et 2,5 pour empêcher l'oxydation de l'iodure en iode. Dans ces conditions opératoires et au niveau de probabilité 95 %, la précision sur les mesures est de 0,06 ml/l.

Si toutes les données des croisières *Alizé* (1964-1965), *Bora* (1965-1966), *Cyclone* (1967-1968) du N. O. *Coriolis* confirment la distribution en deux couches homogènes de l'oxygène à l'équateur, les croisières *Cyclone* 2 (1 coupe) et *Cyclone* 7 (3 coupes) révèlent dans la partie inférieure de la 2^e zone homogène une masse d'eau où la concentration en oxygène atteint 3,6 ml/l (fig. 2).

Dans les quatre coupes citées effectuées à 170° E, cette petite zone est située entre 1° S et l'équateur et semble être stabilisée sur une surface isanostérique proche de 180 cl/t (35,00 ‰ en salinité et 14 °C en température). Cet accident de distribution de l'oxygène dans une zone où la teneur moyenne est de 3,3 ml/l pose le problème de l'origine de l'eau qui constitue la partie inférieure du courant de Cromwell.

DISCUSSION

Origine de la couche homogène en oxygène.

La zone homogène en oxygène située sous une oxycline bien marquée ne peut résulter de processus de mélanges verticaux turbulents qui auraient alors nécessairement égalisé la distribution des sels nutritifs tels que phosphate et nitrate, ce qui n'est pas le cas ; il faut donc associer cette absence de gradient vertical au problème de l'origine des eaux du courant de Cromwell.

TSUCHIYA (1965) a montré que des eaux de la mer du Corail s'étendant vers le nord-ouest le long des côtes de la Nouvelle-Guinée s'intégraient dans la circulation équatoriale vers 135° E et constituaient la partie inférieure du courant de Cromwell. ROTSCHE et WAUTHY (1969) confirment cet apport d'eau de la mer du Corail au courant de Cromwell et montrent que la zone homogène en oxygène est le résultat de la superposition de deux masses d'eau d'origines différentes qui possèdent approximativement la même teneur en oxygène. La partie supérieure de cette couche homogène est constituée par des eaux du contre-courant équatorial nord qui ont plongé sous celles du courant équatorial dans le nord de la Nouvelle-Guinée ; des eaux issues de la Mer du Corail en occupent la partie inférieure.

La figure (3) montre l'évolution des diagrammes T-O₂ à 148° E et entre les latitudes 7° S et 6° N ; l'appauvrissement en oxygène des eaux sortant de la Mer du Corail et s'étendant vers le nord est particulièrement net ; sur l'isotherme 14 °C on note ainsi 3,70 ml/l d'oxygène dissous à 7° S, 3,30 ml/l à l'équateur et moins de 3 ml/l au nord. Une diminution parallèle de la salinité a été mise en évidence par HISARD et al. (1969), d'après les résultats des croisières 25 et 27 du *Vityaz*. Mais sur l'isanostère 180 cl/t, le gradient de salinité entre le détroit de *Vityaz* (35,2 ‰) et l'équateur (35,1 ‰), est faible et semble rester constant tout au long de l'année (fig. 4). Par contre, la diminution de la teneur en oxygène des eaux coralliennes au cours de leur circulation méridienne ne semble pas être toujours du même ordre de grandeur ; en effet, les valeurs obtenues par diverses expéditions (DANA, 1928-1930 ; SATUMA MARU, 1956) à 1° S et 145° E sont très proches de celles rencontrées en Mer du Corail ; cela semble indiquer que la circulation isentropique des eaux subsuperficielles, en particulier sur l'isanostère 180 cl/t, subit des fluctuations qui en accroîtraient passagèrement l'importance.

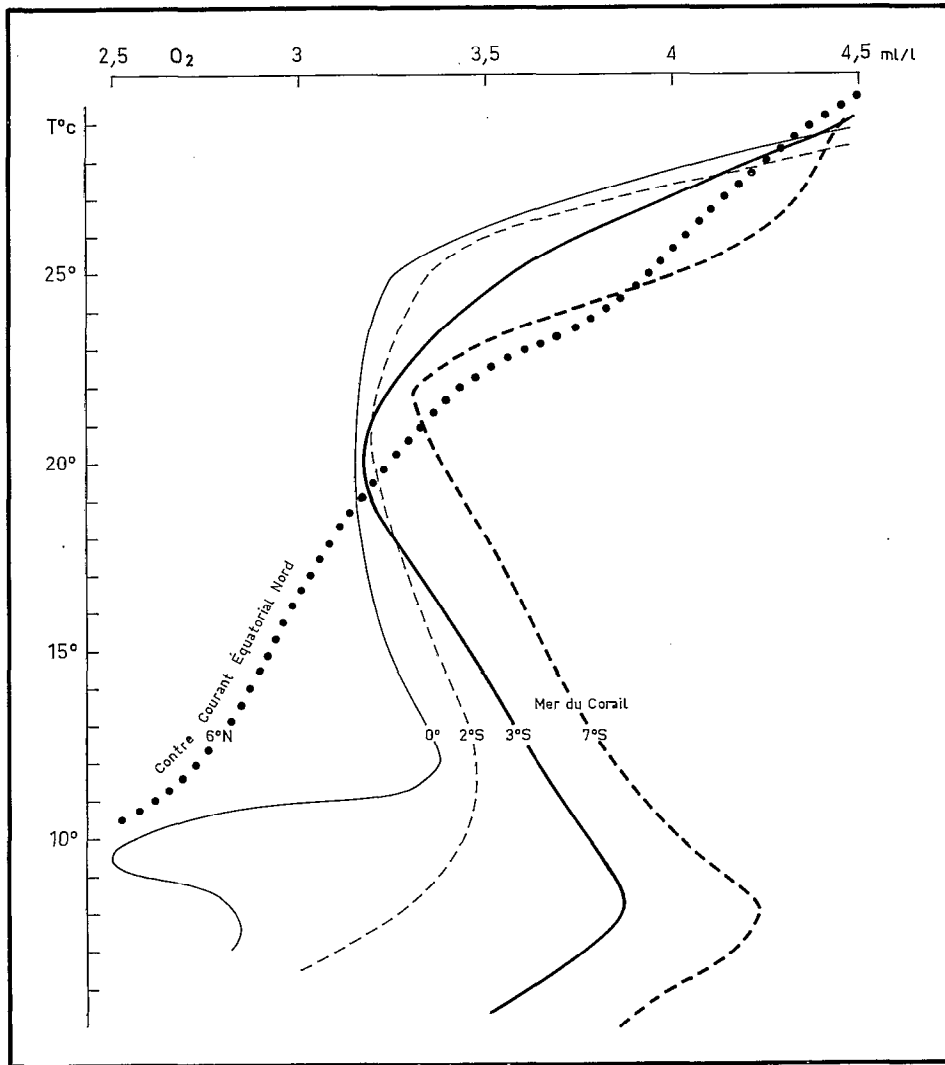


Fig. 3. — Évolution des courbes T-O₂ à 148° E entre 7° S et 6° N. Données du *Vityaz*, croisière n° 25.

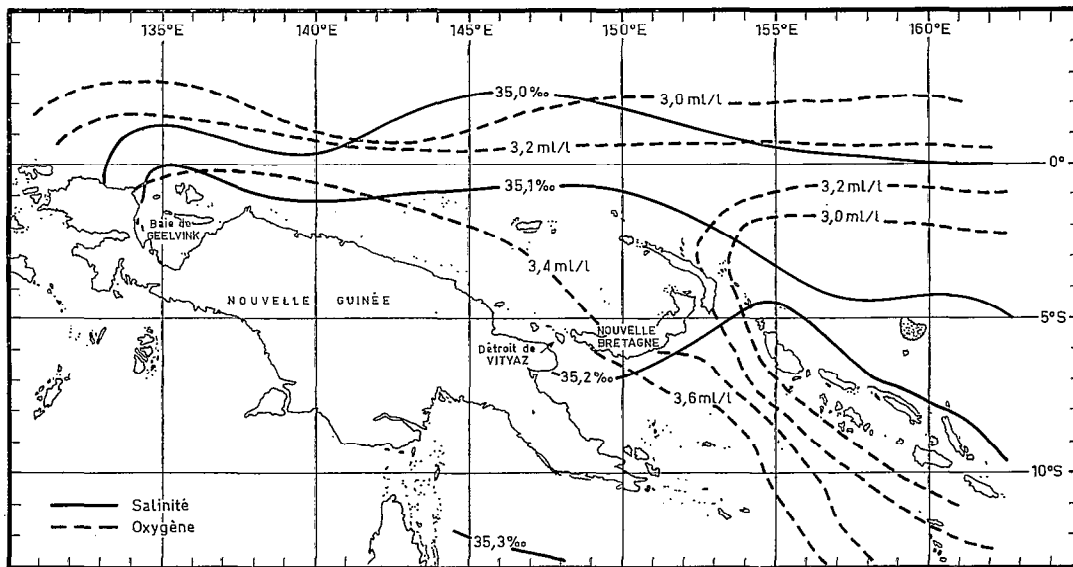


Fig. 4. — Distribution moyenne annuelle sur l'isanoستère 180 cl/t de la salinité et de l'oxygène dissous.

— salinité, tous les 0,1 ‰.
 - - - oxygène, tous les 0,2 ml/l.

Une des raisons de ces variations pourrait être un cheminement plus direct vers l'équateur des eaux sortant de la Mer du Corail. Si l'on fait l'hypothèse que les fluctuations de la circulation superficielle font sentir leurs effets jusque vers l'isosaline 180 cl/t, soit 250 m en moyenne, il devient important de préciser le schéma de la circulation dans la région nord de la Nouvelle Guinée (fig. 5).

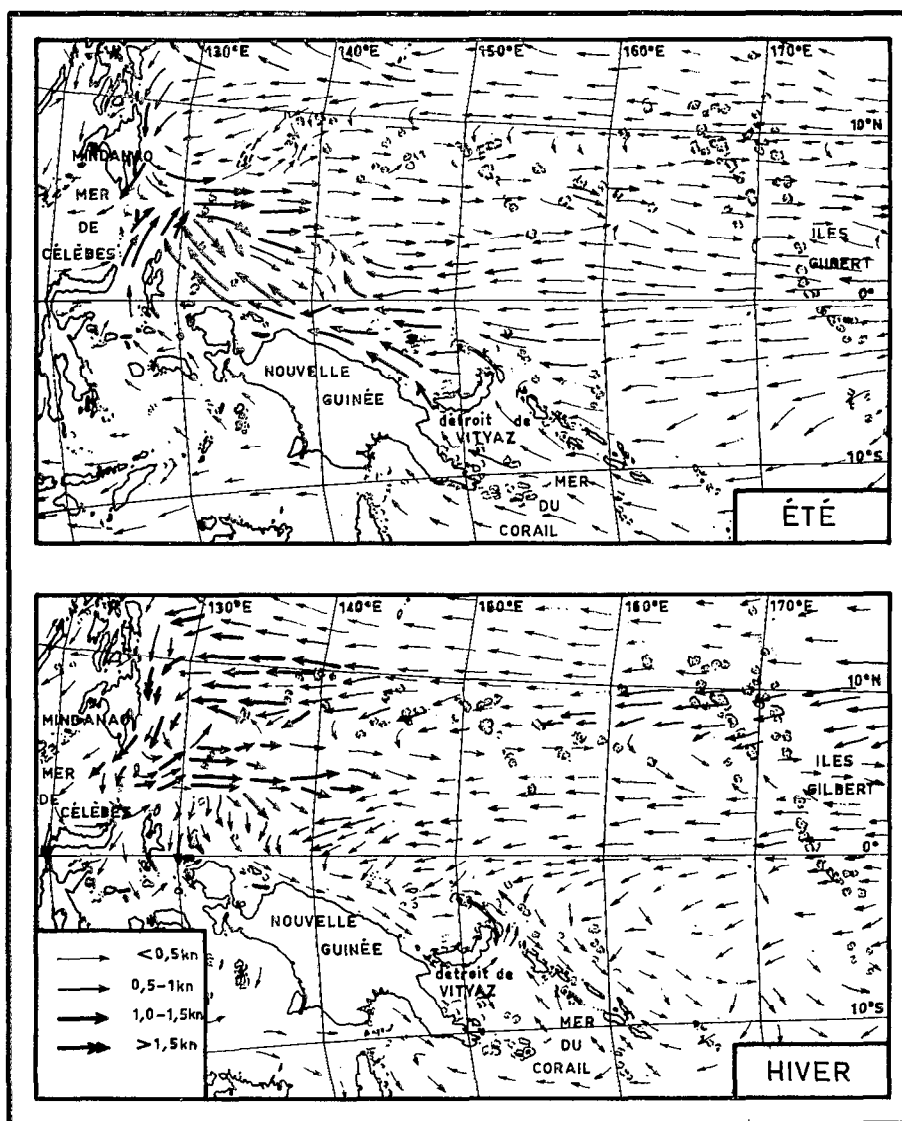


Fig. 5. — Circulation superficielle dans le nord de la Nouvelle-Guinée à deux époques de l'année. Tiré du « Morskoï Atlas ».

A partir d'avril, la mousson du sud-est renforce le courant équatorial sud qui dépasse alors l'équateur et atteint la bordure est des îles de la Sonde ; on peut penser que cette circulation superficielle et subsuperficielle engendre en profondeur un flux d'eau dans la même direction ; les eaux sortant de la Mer du Corail entre la Nouvelle-Guinée et la Nouvelle-Bretagne, par le détroit de Vitiaz peuvent s'écouler jusqu'au niveau de la baie de Geelvink où l'on trouve encore 3,4 ml/l sur l'isosaline 180 cl/t.

A partir de novembre, la mousson du nord-ouest déclenche une renverse des courants de surface qui se traduit par un écoulement vers le sud-est du courant côtier de la Nouvelle-Guinée (WYRTKI, 1961). Ce flux néo-guinéen peut atteindre 2 nœuds en surface et il suffit qu'il affecte les 300 premiers mètres pour empêcher l'extension vers l'ouest des eaux issues de la mer du Corail. Celles-ci auront alors une circulation uniquement méridienne et ne pourront alimenter le courant de Cromwell qu'à l'est de 145° E (fig. 6).

Il est donc possible qu'entre novembre et mars, date à laquelle le flux néo-guinéen méridional disparaît, arrivent à l'équateur des eaux encore fortement marquées par leur origine corallienne et possédant des teneurs en oxygène proches de 3,7 ml/l sur 180 cl/t ; ces eaux que leur déplacement isentropique le long de l'isanostère 180 cl/t situe à la partie inférieure du courant de Cromwell, s'appauvrissent en oxygène au cours de leur cheminement vers l'est, mais peuvent encore posséder 3,6 ml/l à 170° E, ce qui fut observé lors des croisières « *Cyclone 2 et 7* ».

Entre avril et octobre ce trajet « court » pourrait être abandonné sous l'effet de la mousson du sud-est, produisant un entraînement des eaux superficielles et sub-superficielles vers l'ouest. Dans ce cas les eaux sortant de la mer du Corail pourraient n'atteindre l'équateur qu'à l'ouest de 140° E.

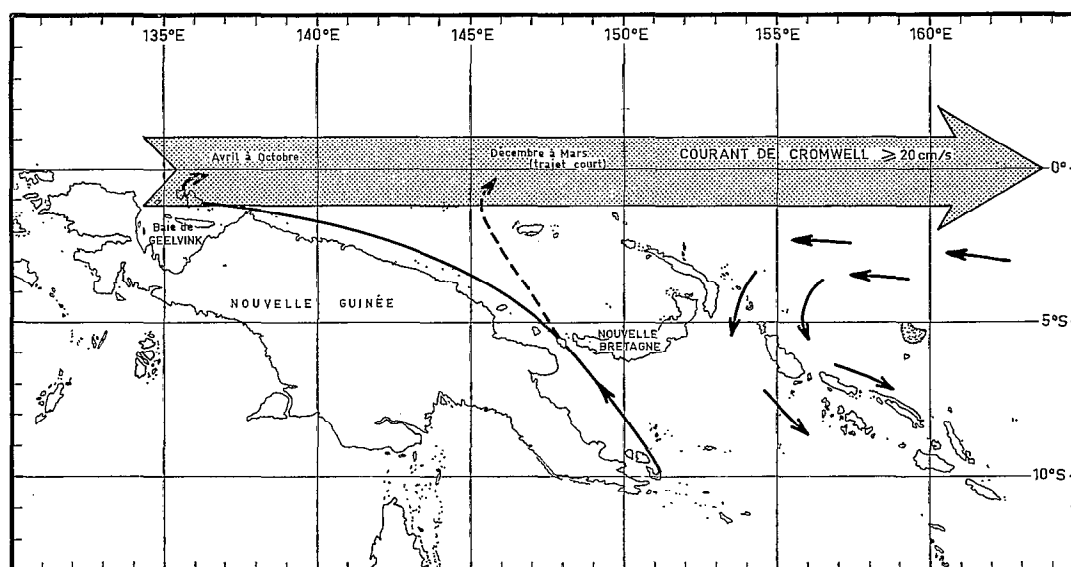


Fig. 6. — Circulation supposée le long de l'isanostère 180 cl/t à deux époques de l'année.

Distribution de l'oxygène le long de l'équateur et mesures de courant.

Les résultats de la croisière « *Alizé* » effectuée le long de l'équateur donnent une idée du taux d'affaiblissement de la teneur en oxygène des eaux de la couche homogène du courant de Cromwell. A 160° E, 3,3 ml/l furent mesurés sur 180 cl/t alors qu'à 140° W, la teneur était de 3 ml/l, soit une perte de 0,3 ml/l pour 60° de longitude ; l'affaiblissement supposé de 0,1 ml/l pour 25° de longitude (entre 145° E et 170° E) reste donc dans le même ordre de grandeur.

De plus, il peut être significatif de remarquer que les 4 coupes qui possèdent une anomalie positive en oxygène dans la zone homogène eurent lieu en mars (« *Cyclone 2* ») et avril-mai (« *Cyclone 7* ») i.e., dans le trimestre suivant la disparition du courant côtier de Nouvelle-Guinée.

D'après les coupes de courantométrie de « *Cyclone 7* » (réalisées avec 3 courantographes à enregistrement « in situ » Hydro Product) la veine d'eau de 3,6 ml/l en oxygène se déplace à la vitesse moyenne de 30 cm/s ; le temps nécessaire pour parcourir 25 degrés de longitude est donc en accord avec le décalage observé.

CONCLUSION

Il paraît donc possible que l'extension vers le nord-ouest des eaux sub-superficielles de la mer du Corail soit périodiquement contrariée pendant la mousson d'hiver, entraînant un trajet plus direct des eaux vers l'équateur et leur permettant de mieux conserver les caractéristiques de leur origine corallienne.

L'anomalie positive observée occasionnellement, de la teneur en oxygène de la couche homogène du Courant de Cromwell à 170° E ainsi que les eaux fortement oxygénées situées au nord des côtes de Nouvelle-Guinée jusqu'à 140° E seraient ainsi la conséquence des fluctuations de la circulation superficielle sur l'entraînement subsuperficiel, en direction du nord-ouest des eaux de la mer du Corail.

BIBLIOGRAPHIE

- CARRITT (D. E.) et CARPENTER (J. A.), 1966. — Comparison and evaluation of currently employed modification of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea-water. *J. mar. Res.*, Vol. 24, n° 3, pp. 286-318.
- HISARD (Ph.), MAGNIER (Y.) et WAUTHY (B.), 1969. — Comparison of the Hydrographic Structure of Equatorial Waters North of New Guinea and at 170° E. *J. mar. Res.*, Vol. 27, n° 2, pp. 191-205.
- KNAUSS (J. A.), 1960. — Measurements of the Cromwell current. *Deep-Sea Res.*, Vol. 6, n° 4, pp. 265-286.
- MORSKOI ATLAS-USSR, 1950. — Vol. II, Physical geography. Voennomorskoe Ministero, 76 feuilles.
- PICKARD (G. L.) et ROTSCHI (H.), 1968. — Structure hydrologique associée au courant de Cromwell dans le Pacifique Occidental. *C.R. Ac. Sci. Paris*, t. 267, pp. 1557-1560 (13 novembre 1968).
- PICKARD (G. L.), ROTSCHI (H.) et RUAL (P.), 1969. — Variations hydrologiques et dynamiques à court terme à l'équateur, par 170° E. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.* Vol. VII, n° 1, pp. 83-98.
- ROTSCHI (H.), WAUTHY (B.), 1969. — Remarques sur le courant de Cromwell. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.* Vol. VII, n° 2, pp. 27-43.
- RUAL (P.), VOITURIEZ (B.), 1969. — Modification et automatisation de la méthode de Winkler pour le dosage en mer de l'oxygène dissous. *Init. Doc. Tech. O.R.S.T.O.M.*, n° 10.
- TSUCHIYA (M.), 1965. — Distribution of salinity, oxygen content, and thickness at 160 cl/t of thermocline anomaly in the inter-tropical Pacific Ocean. *Stud. trop. Oceanogr.*, Miami, Vol. 5, pp. 37-41.
- TSUCHIYA (M.), 1968. — Equatorial circulation of the South Pacific Ocean. Proceedings ninth general meeting of the SCOR. *South Pacific Symposium*. 21 p.
- WYRTKI (M. K.), 1961. — Scientific results of marine investigations of the South China sea and the gulf of Thailand. 1959-1961. *Naga Report*, Vol. 2, 195 p.

RAPPORTS SCIENTIFIQUES

- ALIZÉ, Croisière *Alizé*, 1964-1965. Rap. Scient. n° 2. O.R.S.T.O.M. Centre de Nouméa.
- CYCLONE 2, Croisière *Cyclone 2*, 1967. Rap. Scient. n° 20. O.R.S.T.O.M. Centre de Nouméa.
- CYCLONE 7, Croisière *Cyclone 7*, 1968. Rap. Scient. n° 31. O.R.S.T.O.M. Centre de Nouméa.
- DANA, DANA Report n° 12, 1937.
- SATUMA-MARU, 1956, *Equapac Expedition*.
- VITYAZ 25, Rap. N.O.D.C.