

RECENTS PROGRES DES RECHERCHES OCEANOGRAPHIQUES
ENTREPRISES DANS LE PACIFIQUE SUD-OUEST

par

Henri ROTSCHI

Maître de Recherches à l'O.R.S.T.O.M.
Océanographe à l'Institut Français d'Océanie

S O M M A I R E

- I - Hydrologie superficielle du Pacifique Sud-Ouest
- II - Hydrologie profonde et dynamique dans l'Ouest
et le Sud de la Nouvelle-Calédonie
- III - Sur certaines caractéristiques chimiques des
eaux entourant la Nouvelle-Calédonie

I - HYDROLOGIE SUPERFICIELLE DU PACIFIQUE SUD-OUEST

Introduction

Depuis le mois de mars 1959, une campagne systématique d'échantillonnage superficiel en mer de Corail a été entreprise sous l'égide du C.L.O.E.C. Y participent le S/S "Caronte" de la Compagnie le Nickel et le M/S "Polynésie" des Messageries Maritimes qui collectent des échantillons aux heures synoptiques météorologiques sur le trajet Australie - Nouvelle-Calédonie.

Les renseignements ainsi recueillis, le long d'un itinéraire parcouru régulièrement au moins une fois par mois et qui est à la limite des mers de Corail et de Tasman, doivent permettre de mieux suivre l'évolution des conditions superficielles dans une région dont la physionomie dépend étroite-

ment de l'influx des masses d'eaux d'origines très variées et dont le mélange produit les couches superficielles du Pacifique sud-ouest; l'analyse de la nature des masses rencontrées peut également aider à définir l'intensité des grands courants océaniques qui entraînent celles-ci très loin de leur zone d'origine.

A ce travail systématique des bâtiments de la Marine marchande, s'ajoutent les observations faites à l'est et à l'ouest de la Nouvelle-Calédonie par les navires de guerre, et dont les résultats viennent compléter, dans d'autres régions et sur d'autres parcours, celles exécutées de Nouméa à Sydney.

Au 1er décembre 1959, le bilan du travail accompli s'établit de la manière suivante: entre l'Australie et la Nouvelle-Calédonie, le "Caronte" a récolté 281 échantillons et le "Polynésie" 234. L'escorteur "La Confiance" a collecté 279 échantillons principalement sur le parcours Nouméa-Papeete, effectué plusieurs fois et en Polynésie française, alors que le stationnaire "Tiaré" a récolté 207 échantillons autour de la Nouvelle-Calédonie, et entre celle-ci, les Nouvelles-Hébrides, les Fidji et les Wallis.

Tous ces échantillons ont été analysés pour la salinité au laboratoire d'Océanographie de l'Institut Français d'Océanie, soit par titration par la méthode de KNUDSEN, soit par mesure de conductivité au pont de salinité du C.S.I.R.O., et parfois par les deux méthodes.

Les données ainsi recueillies, température à $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ et salinité à $\pm 0,04$ o/oo, ont servi à établir des cartes de variations saisonnières des conditions hydrologiques de surface. De telles cartes, dessinées d'après une seule observation mensuelle, bien qu'elles n'aient aucune valeur statistique et qu'elles ne soient pas représentatives de la situation moyenne au cours d'un mois ou d'une saison, mais plutôt des conditions locales dues à l'advection et aux échanges d'énergie avec l'atmosphère, sont tracées à partir d'observations suffisamment rapprochées dans le temps pour que l'on puisse considérer que les changements intervenus pendant la durée de la traversée sont négligeables. Leur étude, tout en ne permettant pas de définir l'extension moyenne des courants, offre la possibilité de décrire leurs variations instantanées dues soit aux modifications des conditions atmosphériques locales, soit aux fluctuations dans leur force et leur direction.

La présente étude est consacrée à une analyse succincte, dans l'esprit qui vient d'être défini, de l'ensemble des observations du "Polynésie", de mars à décembre 1959.

Nature des eaux superficielles de la mer de Corail et courants.

Les études les plus récentes (ROCHFORD 1957, 1958 et 1959, ROTSCHI 1959)* ont montré que les eaux tant superficielles que profondes des mers de Corail et de Tasman sont formées à partir du mélange en proportions varia-

* Voir la bibliographie en fin d'article

bles de trois masses primaires extérieures. Celles-ci sont respectivement: la masse du courant équatorial sud (E.S.), originaire de la zone équatoriale du Pacifique, dont la température est élevée de l'ordre de 29°C et la salinité basse, 34,40 o/oo; la masse du Pacifique central sud-ouest (P.C.S.O.), formée vers 20°S et 120°W par évaporation d'eau superficielle, de forte salinité supérieure à 36,00 o/oo et de température relativement moins élevée que la précédente, voisine de 25°C ; la masse subantarctique (S.A.), dont la température et la salinité sont toutes deux basses, 35,00 o/oo et 10°C et qui est formée à partir d'eau Antarctique se réchauffant au cours de son déplacement vers le nord.

En analysant un grand nombre d'observations superficielles et sub-superficielles exécutées en toutes saisons dans le Pacifique sud-ouest, ROCHFORD a pu déterminer la manière dont les conditions moyennes évoluent d'une saison à l'autre.

Entre novembre et janvier, l'on observe des entrées massives d'eau équatoriale (E.S.) par le seuil Salomon Santa Cruz. Cette eau se met en direction du sud et dans son déplacement elle provoque d'intenses turbulences verticales amenant des mélanges d'eaux superficielles avec les eaux profondes. Dans les mois suivants, de février à avril, les mélanges verticaux perdent une partie de leur intensité, bien que la pénétration des eaux équatoriales semblât aussi forte. De mai à juillet, les eaux équatoriales sont beaucoup moins abondantes alors que les mélanges verticaux redoublent de force. D'août à octobre, il s'établit un équilibre particulièrement stable entre la circulation dans le sens horizontal et celle dans le sens vertical. Dans l'ensemble de la mer de Corail, les salinités les plus basses sont associées aux températures les plus élevées, ce qui caractérise la masse E.S.; les secondes restent relativement constantes alors que les premières croissent régulièrement en direction du sud. Cela est représentatif du mélange de la masse E.S. avec la masse P.C.S.O. Enfin, entre 19°C et 28°C , les salinités croissent avec les températures décroissantes, ce qui est également typique du mélange mentionné ci-dessus; une telle liaison entre la température et la salinité définit remarquablement bien la nature des eaux du centre de la mer de Corail.

Du point de vue dynamique, l'on peut préciser que, entre août et octobre, les déplacements de masses sont surtout latitudinaux, alors que pendant les mois qui suivent, ils deviennent essentiellement longitudinaux. Au début du second semestre (planche I, figure 1), il existe un fort écoulement vers l'ouest d'eau du courant équatorial sud. Au sud de la Nouvelle-Calédonie, entre cette dernière et la Nouvelle-Zélande, on assiste à une assez forte pénétration d'eau du Pacifique central sud-ouest, son flux se divisant en deux branches, l'une dirigée vers l'ouest à la latitude de 30°S , l'autre remontant vers le nord-ouest au voisinage de la Nouvelle-Calédonie. Le long de la côte orientale de l'Australie, on assiste à un écoulement vers le sud d'eau E.S. présente en quantités décroissantes; de 23°S à 30°S , latitude à laquelle se forme un courant d'est, elle se mélange avec des quantités croissantes d'eau P.C.S.O.

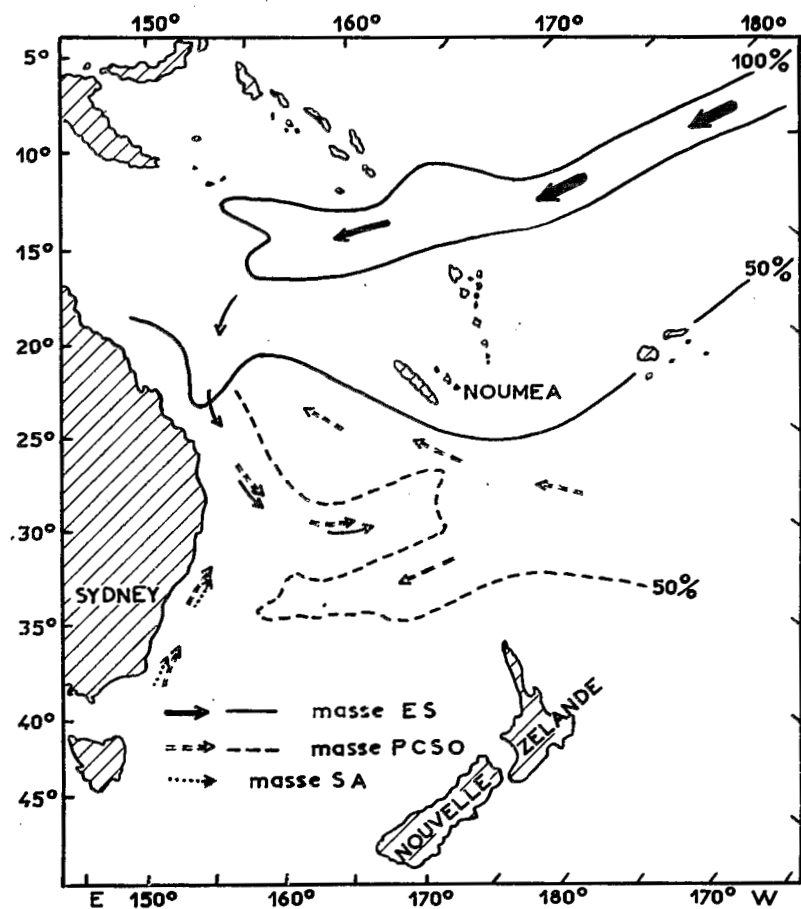


Fig. 1 Aout - Octobre

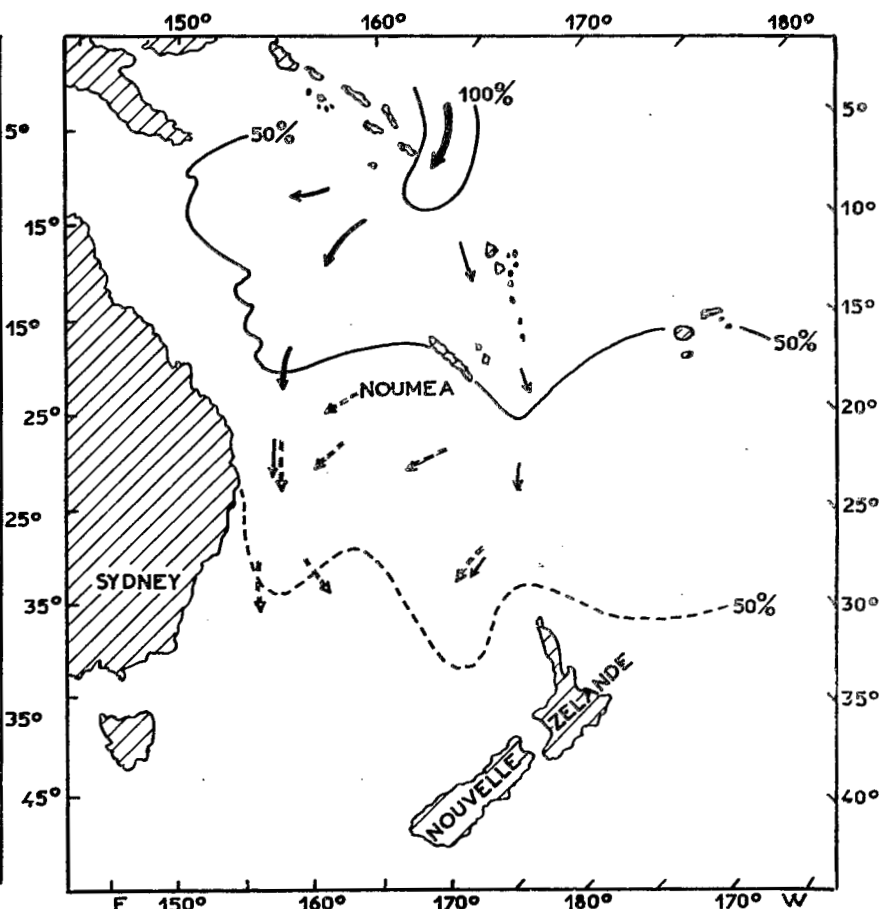
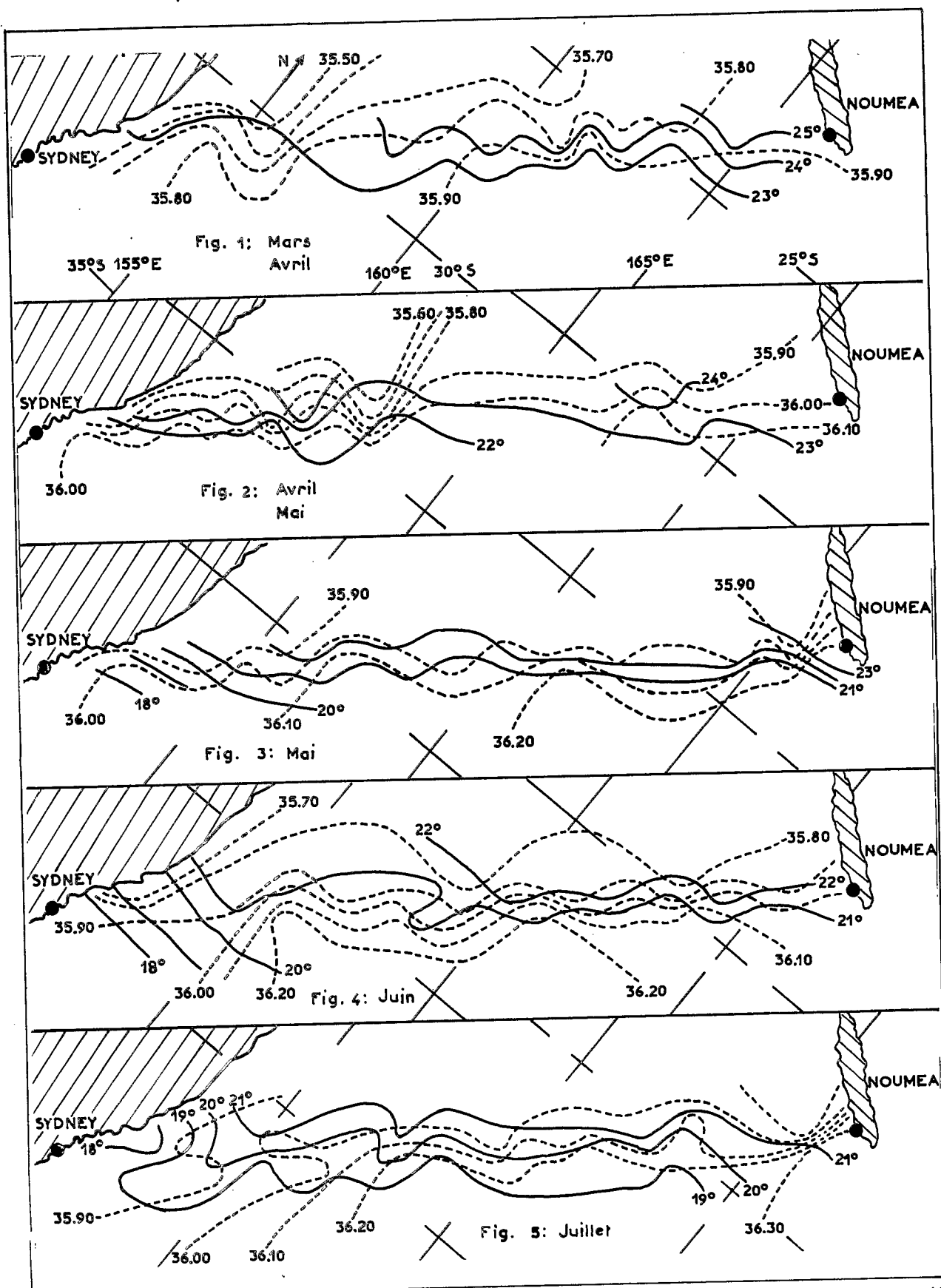
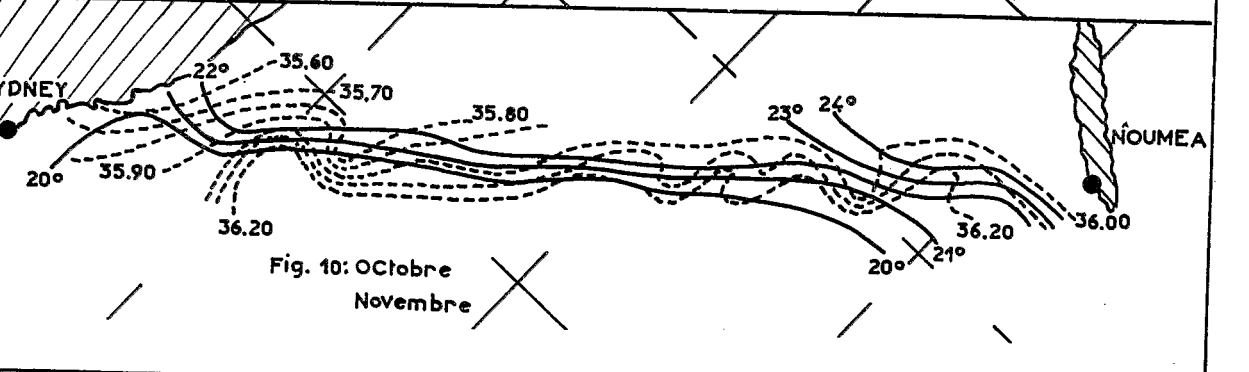
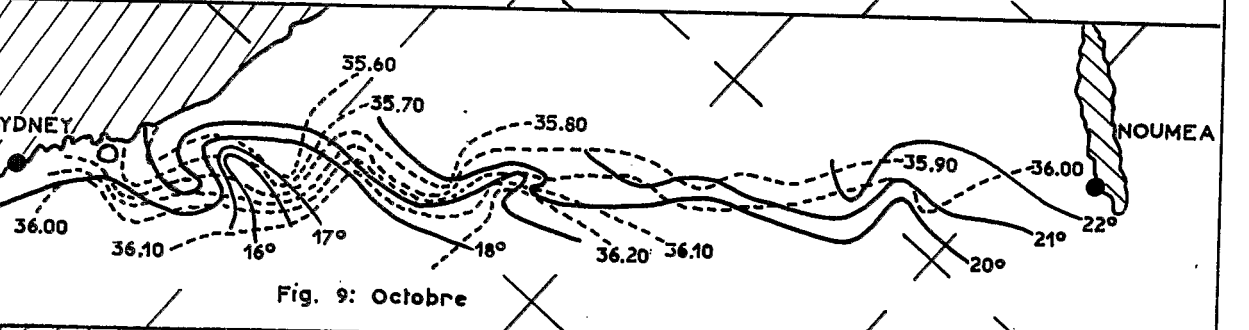
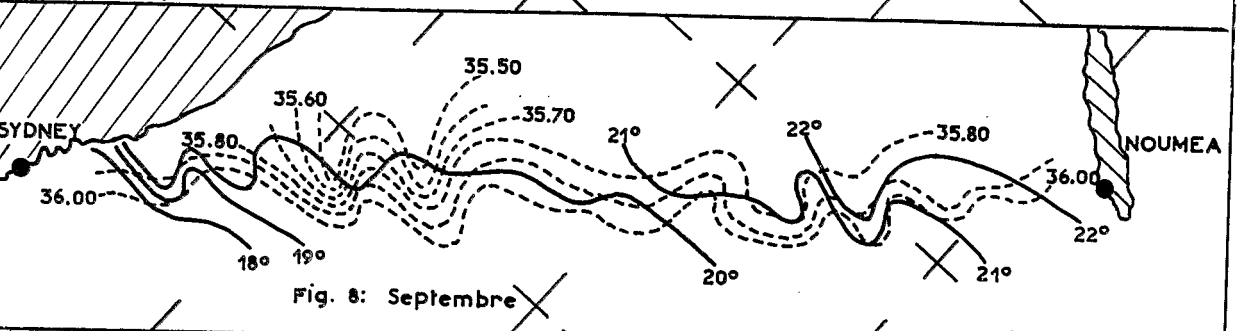
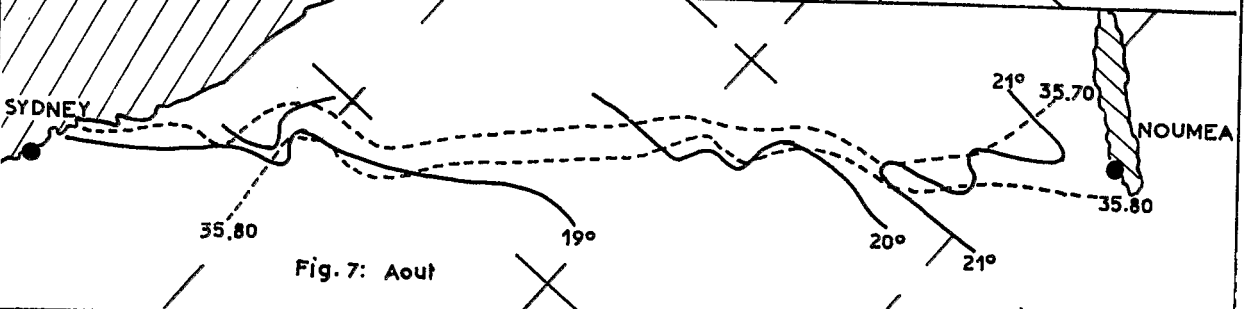
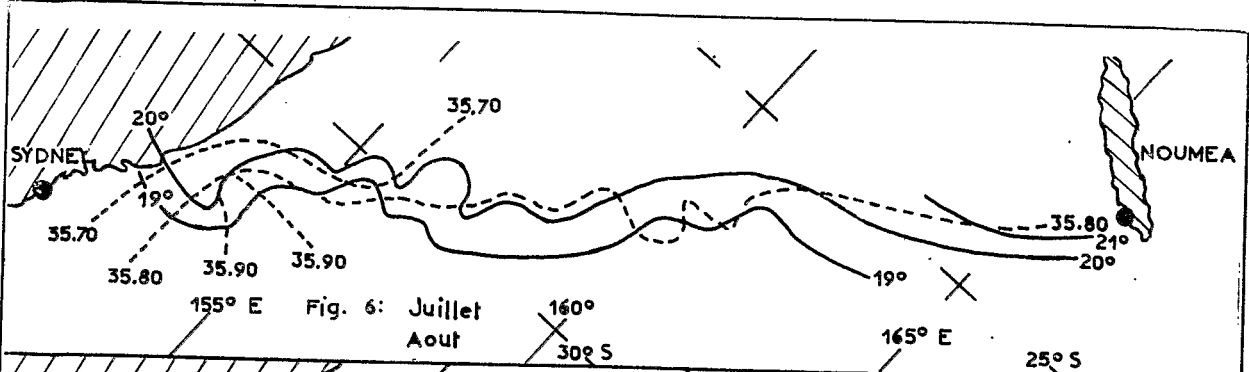


Fig. 2 Novembre - Janvier

Distribution superficielle des masses en Mers de Corail et de Tasman et circulation superficielle (D'après Rochford)





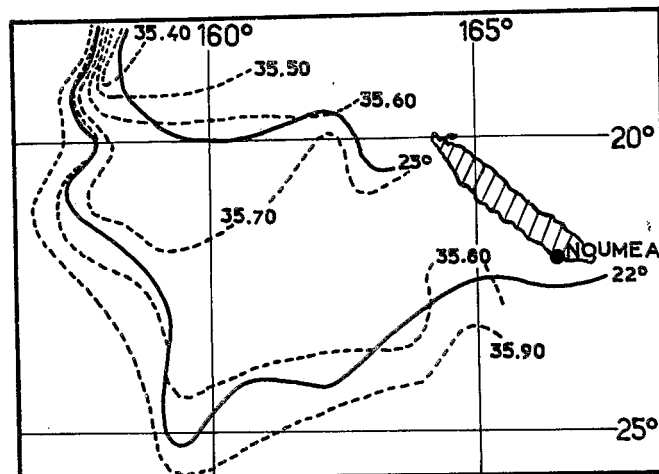


Figure 1

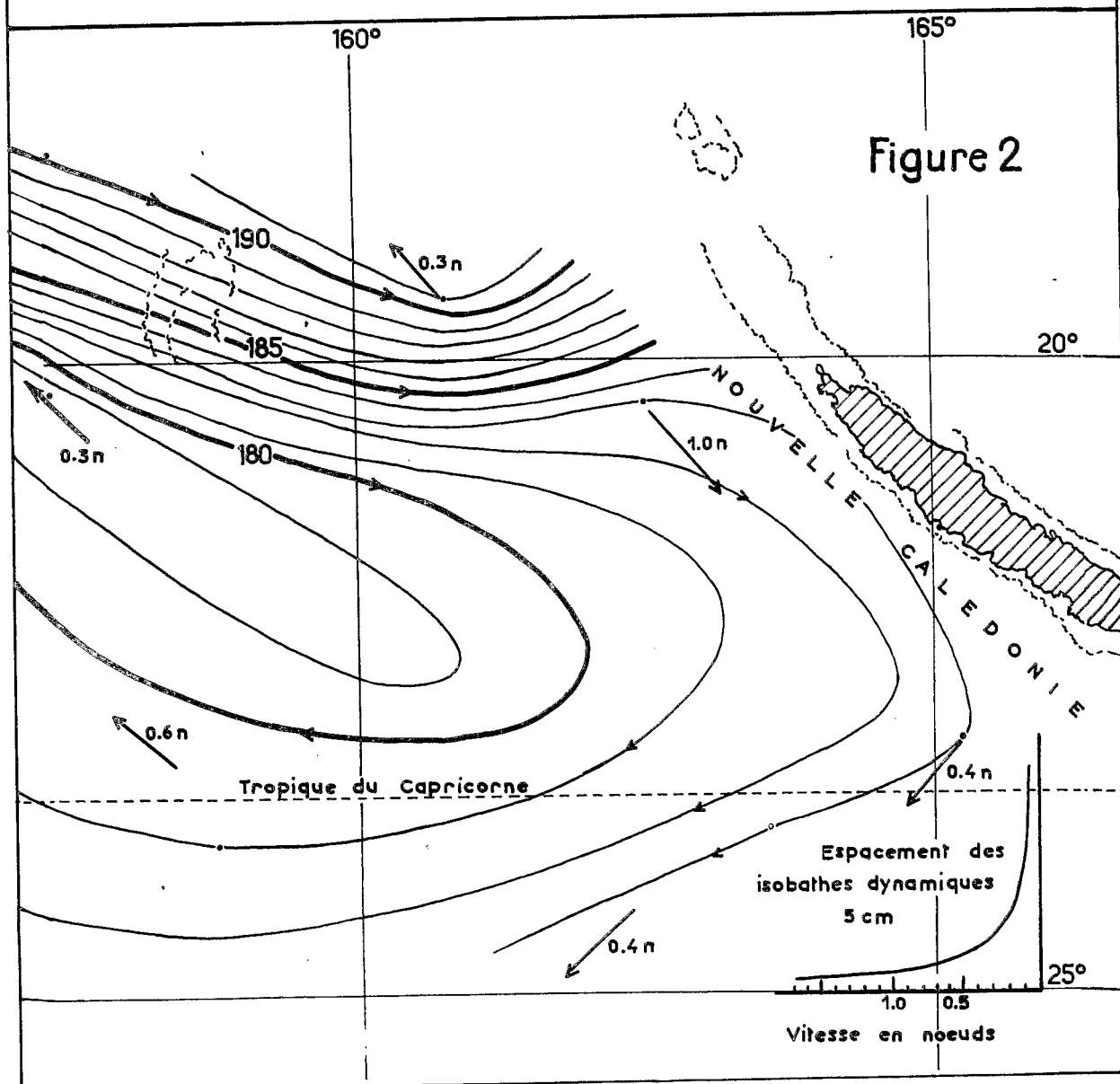


Figure 2

Dans les mois qui suivent, novembre à janvier (planche I, figure 2), les déplacements, nous l'avons déjà signalé, sont surtout longitudinaux. L'eau E.S. pénètre en mer de Corail entre les Salomon et les Hébrides. Dans son déplacement vers le sud, elle se combine avec l'eau P.C.S.O. et c'est un mélange des deux masses, mélange caractéristique, qui atteint la latitude de Sydney toutes les années entre octobre et décembre. Ce mélange constitue ce que l'on appelle l'eau de la mer de Corail. La forme des isoplèthes donnant le pourcentage de composition en eau E.S. et P.C.S.O. indique que cette dernière a plus d'extension en novembre-janvier que pendant les mois précédents. Cela est dû sans doute à ce que, pendant ceux-ci, les courants ouest sont forts.

En février-avril, l'extension en mer de Corail du courant équatorial sud est toujours aussi importante alors qu'en mai-juillet elle diminue beaucoup d'intensité, les mélanges verticaux liés à des turbulences prenant une influence dominante, ainsi que le retour en masse de l'eau P.C.S.O.

Cette image de la circulation et de la distribution superficielle des masses primaires en mer de Corail, déduite uniquement d'un ensemble d'observations superficielles plus ou moins bien réparties, coïncide avec les résultats des recherches entreprises par l'"Orsom III" sur les eaux du bassin des Hébrides et du canal entre la Nouvelle-Calédonie et les Nouvelles-Hébrides. La seule différence est la précision apportée par les travaux de l'"Orsom III" sur la diffusion de la masse E.S. pendant les mois d'hiver. Celle-ci en effet ne pénètre pas dans la région par le seuil Salomon-Nouvelles-Hébrides, qui livre au contraire passage à des eaux d'origine tropicale, plus salées et plus chaudes, mais entre Bougainville et la Nouvelle-Bretagne.

Il est évident que cette interprétation de la circulation ne tient compte que des courants généraux sans permettre une description détaillée de phénomènes locaux et instantanés. Nous allons voir cependant que dans l'ensemble, les observations superficielles faites au cours de 1959 s'insèrent sans aucune difficulté majeure dans ce schéma, et nous prendrons pour en faire la démonstration, la séquence des observations qui offre le plus de continuité, c'est-à-dire celle du M/S "Polynésie".

Les observations superficielles du M/S "Polynésie".

On trouvera dans les planches II et III la représentation des variations mensuelles de la distribution de la température et de la salinité établie d'après les observations superficielles du "Polynésie" sur le trajet Nouméa-Sydney. Les isothermes sont tracées de degré en degré, l'espacement des isohalines étant de 0,10 o/oo.

Du point de vue de la salinité, l'on constate que cette dernière, au large de l'Australie, atteint vers mars (figure 1) son minimum voisin de 35,50 o/oo et qu'à partir de cette époque elle tend à augmenter régulièrement pour prendre une valeur maximale 35,90 o/oo vers juillet (figure 5); ensuite,

elle décroît pour atteindre de nouvelles valeurs assez basses en fin d'année (figure 10). Au large de Nouméa par contre, elle varie dans des limites assez étroites autour de 36,00 o/oo, atteignant un maximum en juillet (figure 5), lorsque la salinité le long des côtes australiennes est également à son maximum.

Pour ce qui est de la température, ses variations sont inverses de celles de la salinité; elle décroît lorsque celle-ci croît. C'est ainsi que, au large de Sydney toujours, de valeurs voisines de 23°C en mars (figure 1), l'on passe à des valeurs voisines de 18°C à partir de mai (figures 3, 4 et 5), pour assister ensuite à une augmentation régulière correspondant à l'échauffement estival. Au large de Nouméa, on trouve un cycle sensiblement identique mais dont l'amplitude est moins marquée.

Dans l'ensemble, lorsque sur le trajet Nouméa-Sydney, l'on rencontre de forts gradients de température, l'on constate que ceux-ci sont associés à des gradients de salinité également forts; par exemple, figures 4, 8, 9 et 10 où des variations de salinité de l'ordre de 0,50 o/oo, 35,60 o/oo à 36,10 o/oo, correspondent à des variations de température de l'ordre de 5°C, entre 18°C et 23°C.

Hydrologiquement parlant, les eaux situées au sud de la ligne joignant Nouméa à Sydney, et à l'est de la longitude de 155° E ont une origine P.C.S.O. certaine. En effet, l'on y rencontre des salinités élevées qui passent de 35,90 o/oo en mars (figure 1) à 36,30 o/oo en juillet (figure 5), ces hautes salinités étant en général toujours associées à des températures supérieures à 20° C. Par contre, les eaux moins salées, voisines de la côte australienne, sont évidemment liées aux eaux E.S., comme l'indique l'orientation presque nord-sud des isohalines correspondant aux salinités les plus basses. Les variations de la salinité au voisinage de Nouméa et de Sydney peuvent donc fournir des renseignements importants sur les variations de la force des courants entraînant en mer de Corail les eaux E.S. et P.C.S.O. En effet, les seuils utilisés par ces dernières étant distants de Sydney de 1000 à 1500 milles et le parcours journalier de l'ordre de 15 milles, elles se manifesteront au voisinage de Sydney 2 à 3 mois après leur pénétration en mer de Corail.

Le maximum de salinité se rencontrant dans la région en juillet (figure 5) et la teneur en sels croissant régulièrement de mars à juillet, l'on peut estimer que l'eau P.C.S.O. passe en très grandes quantités entre la Nouvelle-Calédonie et la Nouvelle-Zélande vers avril-mai. A cette extension considérable des eaux salées vers l'ouest succède un retrait non moins marqué et qui est d'autant plus frappant qu'il intervient en août. Le mois de juin est donc caractérisé par un arrêt dans la pénétration d'eau P.C.S.O. en mer de Corail par le sud de la Nouvelle-Calédonie. Les eaux très salées réapparaissant dès septembre (figure 8), on peut penser que le transport vers l'ouest reprend à partir de la fin juillet ou du début août. En conclu-

sion, il apparaît que l'eau P.C.S.O. pénètre en quantités appréciables, tout au long de l'année, le maximum de transport se faisant vers mai, suivi d'un arrêt brutal d'une durée de un à deux mois et précédant une reprise progressive.

Les minima de salinité rencontrés le long de la côte australienne au mois de mars (figure 1) et en novembre (figure 10) et séparés par des valeurs de l'ordre de 35,90 o/oo (figure 5) indiquent que la branche corallienne du courant équatorial sud atteint un maximum de développement et d'intensité vers le début de l'année et à partir d'août, son minimum d'extension se situant vers avril et mai. Ce minimum coïncidant avec un maximum dans le transport vers l'ouest d'eau P.C.S.O. provoque la formation, par mélange de beaucoup d'eau P.C.S.O. avec des quantités moindres d'eau E.S., d'une masse typique de la mer de Corail qui occupe le nord de la ligne Nouméa-Sydney, où la salinité à l'est de 155° E varie peu autour de 35,80 o/oo, la température étant supérieure à 20°C.

Par contre, les eaux que l'on rencontre immédiatement à l'est de Sydney, de juillet à octobre (figures 5, 6, 7, 8 et 9), qui ont une salinité élevée; supérieure à 35,70 o/oo, et une température inférieure à 20°C, sont typiques du centre de la mer de Tasman et elles sont dues à d'intenses mélanges verticaux provoquant un refroidissement des eaux superficielles. Cette masse, centre Tasman, adjacente à la côte australienne au milieu de l'année, se déplace vers l'est en octobre pour faire place à une eau plus marquée par la masse E.S.

Une dernière remarque enfin: la salinité des eaux rencontrées tout au long de 1959 est anormalement élevée si on la compare à l'ensemble des observations faites antérieurement. Il est, pour le moment, difficile de déterminer les causes de ces anomalies, mais les conclusions atteintes gardent cependant leur valeur car elles ont été formulées non à partir des valeurs absolues mais des variations de ces dernières.

Conclusions

Les faits les plus saillants de la description de ROCHFORD trouvent leur confirmation dans l'analyse qui vient d'être faite. C'est en novembre janvier qu'il situe la plus forte entrée d'eau E.S. et c'est au début de l'année qu'elle doit se produire pour expliquer la salinité le long de la côte australienne en mars avril. Il estime d'autre part que c'est de mai à juillet que les eaux équatoriales sont le moins abondantes et la distribution superficielle de la salinité en 1959 implique que c'est en avril mai que s'est produit un retrait dans la pénétration par le nord des eaux E.S.

De même, il existe des fluctuations assez considérables dans la pénétration de l'eau P.C.S.O., le maximum de transport se faisant en mai, comme l'a signalé ROCHFORD.

Enfin, de juillet à octobre, l'on retrouve, comme il l'a prédit, au large de Sydney, une masse centre Tasman formée au sein de l'eau P.C.S.O. par turbulences verticales et, en octobre, apparaît bien comme prévu l'eau corallienne.

II - HYDROLOGIE PROFONDE ET DYNAMIQUE DANS L'OUEST ET LE SUD

DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

Introduction

Des recherches profondes poursuivies dans le cadre des activités scientifiques du C.L.O.E.C. et du programme de travail du Centre d'Océanographie de l'Institut Français d'Océanie, ont été exécutées au cours de la croisière "Dauphin" du "Tiaré" et de la croisière "Choiseul" de l'"Orsom III" complétées par trois croisières plus courtes de ce navire.

La croisière "Dauphin", dont le programme était limité à la température et à la salinité, et qui s'est déroulée en août 1959 sur l'itinéraire Nouméa, banc Capel, îles Chesterfield, Nouméa, porte sur 9 stations avec récolte de 96 échantillons jusqu'à la profondeur nominale de 1 500 mètres. Ses résultats ont été publiés dans la série des rapports scientifiques de l'Institut Français d'Océanie (ROTSCHI, 1959).

La croisière "Choiseul", exécutée en mai 1959, a été consacrée à l'étude de la région comprise entre la Nouvelle-Calédonie, l'île Norfolk et les longitudes 162° E et 172° E. 29 stations comportant chacune 12 prélèvements ont été faites en quatre sections. 337 échantillons ont ainsi été récoltés jusqu'à la profondeur nominale de 1 200 mètres, les propriétés étudiées, outre la température et la salinité, étant la concentration en oxygène et en phosphore minéral dissous, le pH et l'alcalinité, la transparence, l'activité photosynthétique et la concentration en phytoplancton des couches de la zone euphotique. En outre, l'"Orsom III" a exécuté deux croisières de complément entre la Nouvelle-Calédonie et la partie sud des Nouvelles-Hébrides, comportant quatorze stations, et une croisière dans le sud-ouest de Nouméa comportant 10 stations. Pour ces trois sorties, la profondeur maximale de travail a été uniformément 1 200 mètres, toutes les stations étant faites selon le même schéma que pour les grandes croisières; le programme d'océanographie physique était également le même. 288 échantillons d'eau ont ainsi été récoltés.

En ce qui concerne les observations profondes, le bilan de l'année s'établit donc de la manière suivante: 96 échantillons récoltés par le "Tiaré" au sud-ouest et à l'ouest de la Nouvelle-Calédonie et 625 échantillons récoltés par l'"Orsom III" essentiellement à l'est et au sud de cette île.

Tous les échantillons recueillis ont été analysés à l'Institut Français d'Océanie et s'il est encore trop tôt pour donner une description complète des résultats acquis, d'autant plus que ces observations font partie d'un travail d'ensemble tendant à dégager une vue détaillée de l'hydrologie de la mer de Corail au voisinage de la Nouvelle-Calédonie, il est ce-

pendant possible de dessiner certains traits essentiels à l'hydrologie et à la dynamique de la région, telles qu'elles apparaissent à la lumière des travaux exécutés jusqu'à ce jour.

Observations du "Tiaré".

La figure 1 de la planche IV donne la représentation de la distribution superficielle de la température et de la salinité établie d'après les résultats des 9 stations et des analyses des prélèvements superficiels récoltés entre ces dernières. Les isothermes dont l'espacement est de 1°C sont en traits pleins, les isohalines espacées de 0,10 o/oo sont en tirets.

Toute la zone comprise entre la Nouvelle-Calédonie et le plateau des Chesterfield est occupée par l'eau du type mer de Corail, fortement influencée par la masse P.C.S.O., et dont la salinité varie entre 35,60 o/oo et 35,80 o/oo alors que sa température oscille entre 22°C et 23°C . Ce n'est qu'à l'extrême nord de la région étudiée qu'apparaît une eau de salinité plus basse, 35,40 o/oo dans laquelle l'influence équatoriale transparaît. L'extension vers le sud et l'ouest de cette eau équatoriale semble contrariée par la présence de l'eau P.C.S.O., salinité supérieure à 35,90 o/oo, à l'ouest des Chesterfield.

La physionomie ainsi décrite semble très proche de celle rencontrée en mai 1958 par l'"Orsom III" (ROTSCHI 1958), dans laquelle la salinité est comprise entre 35,30 o/oo et 35,70 o/oo, et la température entre 26°C et 25°C ; c'est-à-dire où la salinité est plus basse et la température plus élevée qu'en 1959. La différence entre les températures observées est manifestement due au refroidissement hivernal qui joue encore entre mai et août; celle entre les salinités s'explique par une extension moins grande en mer de Tasman de l'eau P.C.S.O. en mai 1958 qu'en août 1959, ce qui coïncide assez bien avec ce qui a pu être déduit des observations superficielles faites en 1959 et donnant les mois de mai juin comme les limites entre son maximum et le minimum d'extension des eaux originaires du Pacifique central.

De même, les deux croisières indiquent une influence assez faible du courant équatorial sud, puisque les eaux E.S. à 50 %, salinité 35,40 o/oo, ne se font guère ressentir au sud de la latitude 20°S .

Du point de vue de la dynamique, la figure 2 de la planche IV donne la topographie dynamique de la surface par rapport à 1000 décibars, ainsi qu'une échelle de courants et les observations de dérives déduites par le "Tiaré" de la comparaison des positions estimées et astronomiques. On constate d'abord l'existence d'un courant circulaire orienté dans le sens des aiguilles d'une montre, et dont la vitesse est très faible, de l'ordre de 0,3 noeud dans ses parties les plus rapides. D'autre part, les dérives observées par le "Tiaré" coïncident en direction avec les courants géostrophiques, sauf le courant le plus fort, proche de la Nouvelle-Calédonie, et qui pourrait être dû partiellement à un courant de marée et à une dérive de

vent. Enfin, cette topographie est proche de celle rencontrée par l'"Orsom III", et qui était également caractérisée par un mouvement giratoire dans le sens des aiguilles d'une montre, le courant le long du Tropique du Capricorne étant d'ouest; les gradients de pente étaient cependant plus élevés et le centre du mouvement giratoire beaucoup plus proche de la Nouvelle-Calédonie.

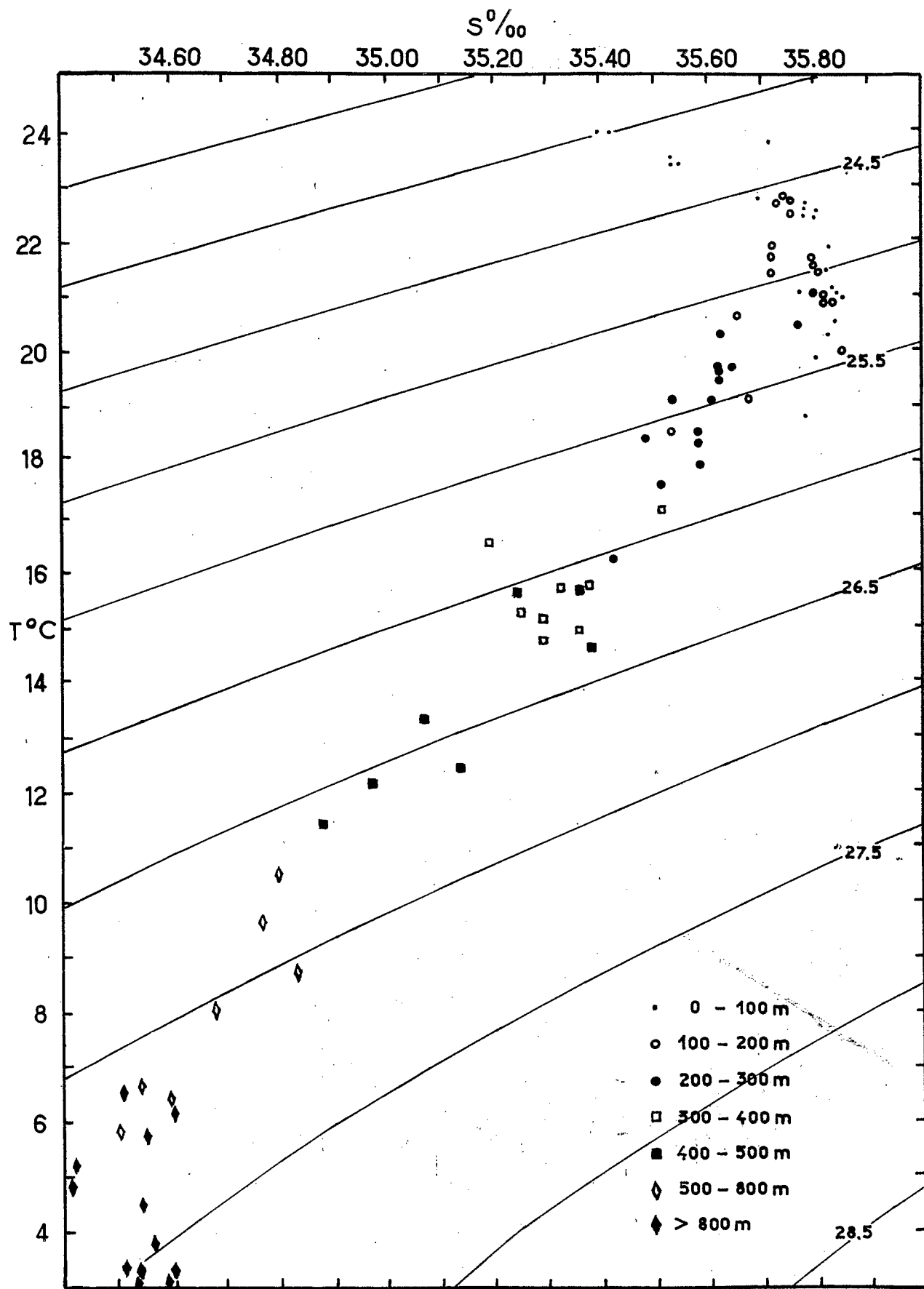
En ce qui concerne la nature de la stratification jusqu'à 1 200 mètres, le diagramme T-S de l'ensemble des observations (planche V) indique clairement que l'on se trouve face à une masse type de la région. On rencontre en effet, comme dans toute la mer de Corail, au voisinage de 800 mètres, un minimum de salinité défini par une température de l'ordre de 5°C et une salinité voisine de 34,40 o/oo. Ce minimum est spécifique de l'eau Antarctique intermédiaire qui se déplace en profondeur vers l'équateur. En surface, l'on trouve une couche relativement homogène, de 100 m à 200 m d'épaisseur et qui est due à la combinaison de l'eau P.C.S.O. et de l'eau E.S. en proportions à peu près équivalentes. Entre ces deux couches, on rencontre une eau intermédiaire dont les propriétés thermohalines sont fonction directe des quantités d'eaux Antarctique et superficielles entrant dans le mélange. Il semble cependant que les mouvements de mélanges verticaux ont été plus intenses en août 1959 qu'en juin 1958, car les eaux de surface sont apparemment plus riches en eaux Antarctique au cours de cette saison là qu'elles ne le sont en juin. Le mois d'août coïncide donc avec une turbulence verticale accrue, ce qui confirme les conclusions du chapitre précédent.

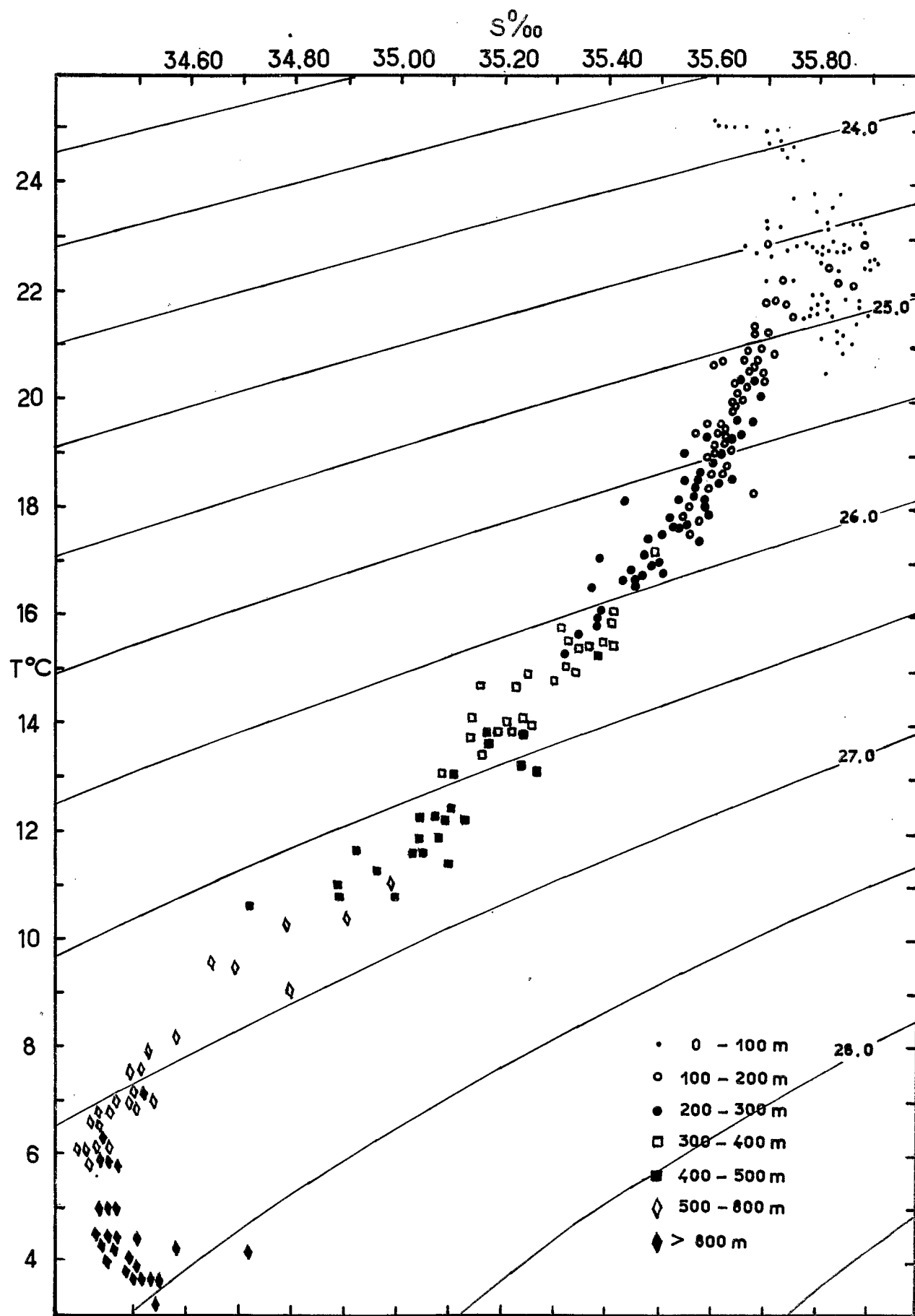
Observations de l'"Orsom III"

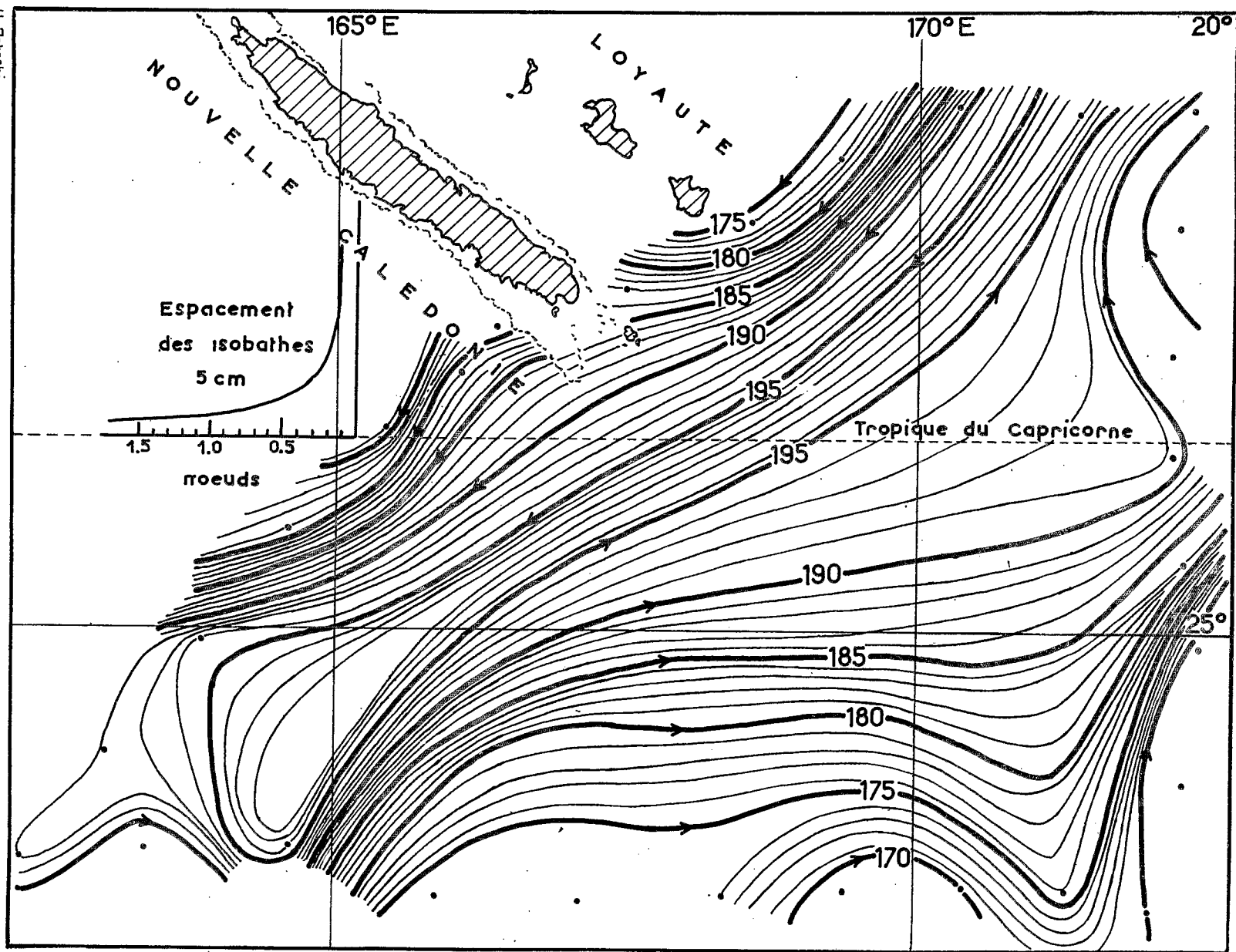
Les observations effectuées par l'"Orsom III" au cours de 1959 avaient deux objectifs bien déterminés. D'une part l'étude hydrologique et dynamique des eaux situées au sud de la Nouvelle-Calédonie; ce fut l'objet des croisières "Choiseul" de 29 stations et 59-10 de 10 stations. D'autre part l'étude de l'évolution des conditions hydrologiques dans le canal des Nouvelles-Hébrides, entre la Calédonie et Anatom, et ce fut l'objet des premières stations de la croisière "Choiseul" et des croisières 59-6 de 5 stations et 59-8 de 9 stations. Enfin, la croisière "Choiseul" était consacrée à une région qui avait déjà fait l'objet de recherches de la part du "Tiaré" l'année précédente, au cours de la croisière "Bounty", les observations de l'"Orsom III" devant confirmer et compléter dans le domaine de la chimie et de la biologie celles de la Marine Nationale.

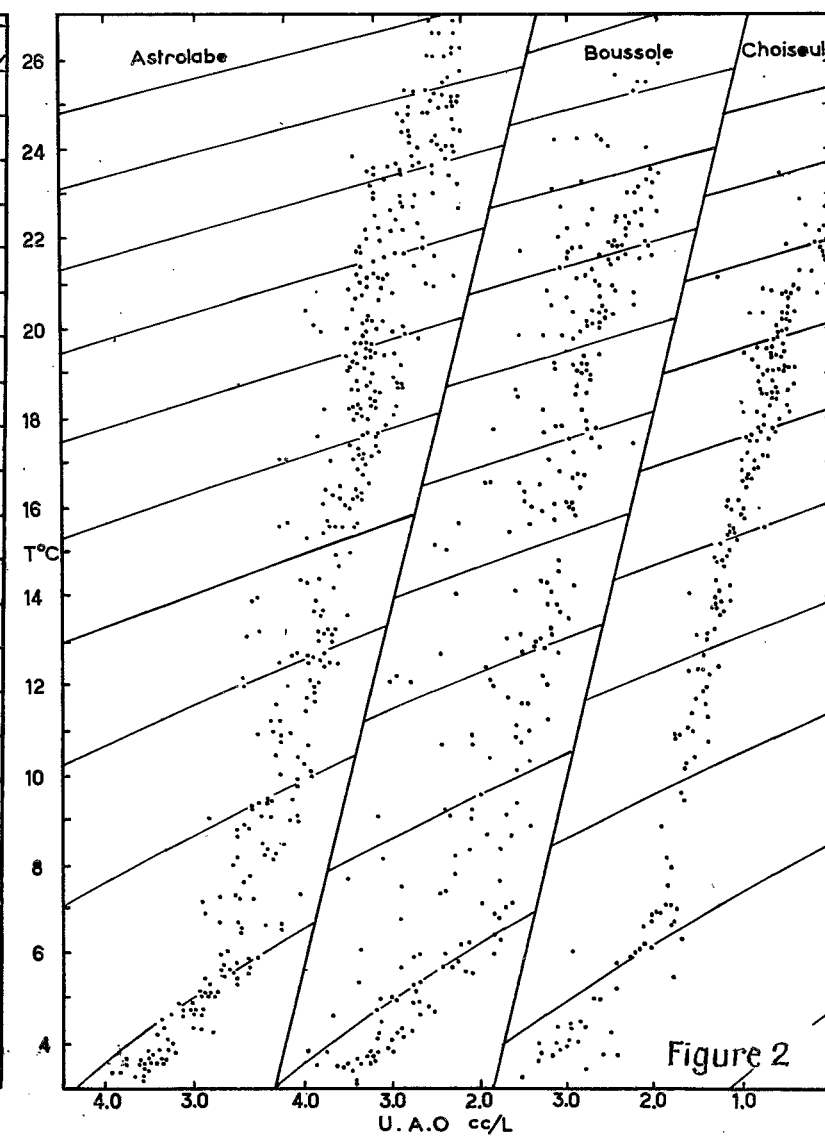
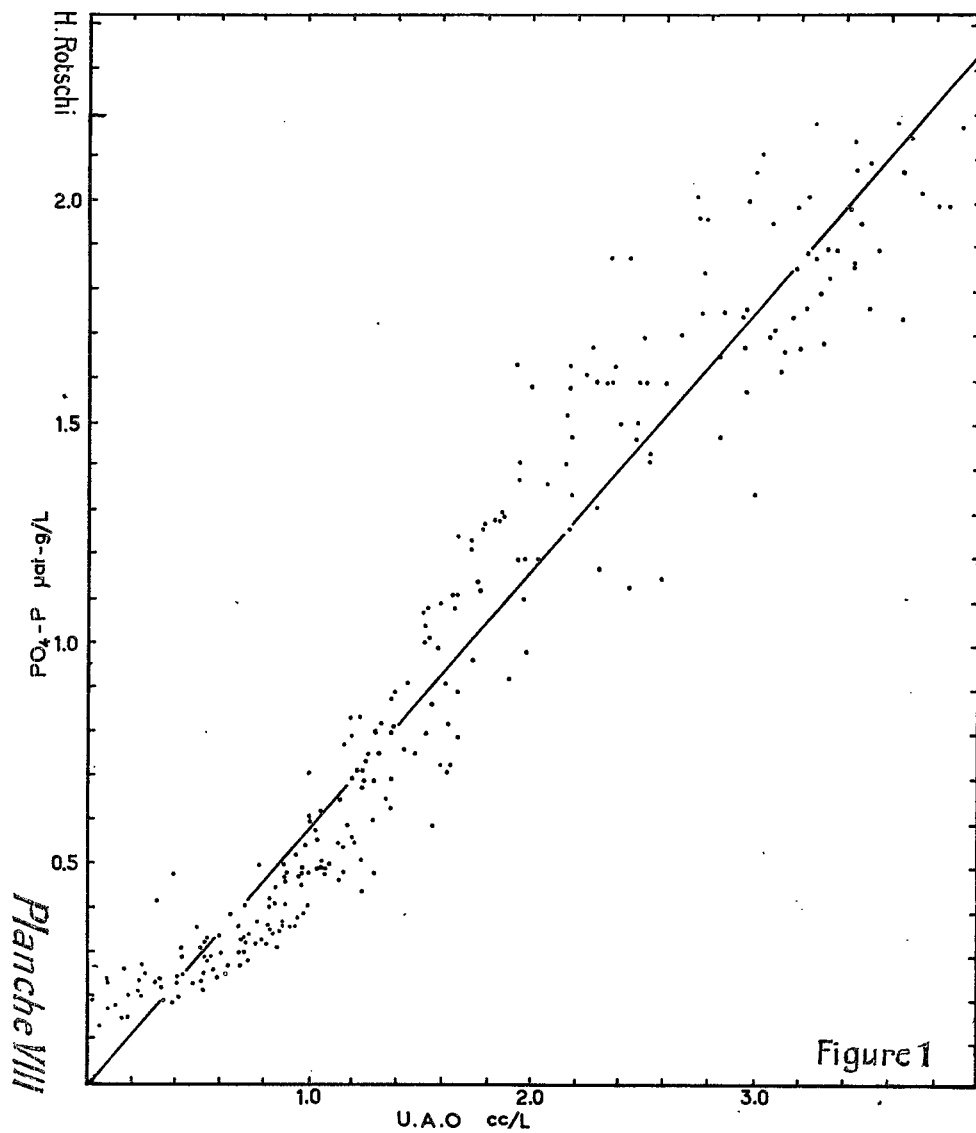
Les résultats des observations faites au cours de la croisière "Choiseul" seront publiés dans la série des rapports scientifiques du Centre d'Océanographie de l'Institut Français d'Océanie (ROTSCHI 1960, sous presse).

On trouvera planche VI le diagramme T-S de l'ensemble des stations exécutées qui présente lui aussi une forme caractéristique de la zone sud-ouest du Pacifique. On rencontre successivement, de la surface au fond, une









couche relativement homogène de 100 m à 150 m d'épaisseur et dont la salinité varie dans des limites assez étroites, 35,60 o/oo à 35,90 o/oo, la température variant de 25°C à 21°C; vers 800 m une eau Antarctique intermédiaire dont la température est voisine de 5°C et la salinité de l'ordre de 34,40 o/oo, et entre ces deux couches, une eau intermédiaire dont la composition varie linéairement, entre ces deux limites, en fonction de la profondeur. Il faut noter toutefois que les eaux à salinité maximale sont associées à des températures assez basses de 24°C à 21°C qui les rapprochent de celles que l'on rencontre entre 100 m et 200 m dans le nord de la mer de Corail. L'influence de l'eau Antarctique intermédiaire est donc beaucoup plus forte à la latitude du Tropique du Capricorne qu'à celle des Nouvelles-Hébrides.

Du point de vue dynamique, on avait remarqué (ROTSCHI, 1958) que les recherches du "Tiaré" en 1958 avaient mis en évidence l'existence, entre la pointe sud de la Nouvelle-Calédonie et l'île Norfolk, d'un courant dirigé vers le sud sud-ouest dans la partie nord du seuil et vers le nord-est dans sa partie sud. Ces observations confirmaient les conclusions tirées par HAMON de l'étude des cartes de courant publiées par le "Royal Netherlands Meteorological Institute" et précisant qu'au nord un courant d'ouest de 4,4 milles par jour devait exister, alors qu'au sud on rencontrerait plutôt un courant d'est très faible; les volumes transportés vers l'ouest dans les 200 premiers mètres seraient de l'ordre de $5.10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$. Tout en étayant ces remarques, les résultats de la croisière "Bounty" avaient permis de préciser que l'inversion entre les deux courants se faisait à 200 milles au sud de la Nouvelle-Calédonie, bien au sud du parallèle 25° S. Le bilan des transports dans les mille premiers mètres de la mer se soldait par un déplacement net vers l'ouest de l'ordre de 7 millions de m^3/sec .

Les observations de l'"Orsom III" au cours de la croisière "Choi-seul" confirment en tous points les conclusions précédentes. La topographie dynamique de la surface par rapport à 1000 m (planche VII) révèle la présence, dans la partie nord-ouest de la zone étudiée, d'un courant dirigé vers le sud-ouest et dont la force est de l'ordre de 25 cm/sec, c'est-à-dire 0,5 noeud. Par contre, dans la zone sud-est, le courant est inverse et sa force est également de l'ordre de 0,5 noeud là où il est le plus rapide. A l'opposé de ce que l'on note sur les observations du "Tiaré", la zone de divergence entre ces deux courants contraires est plus proche de la Nouvelle-Calédonie que de Norfolk; le renversement des courants se produit en effet à moins de 100 milles du sud de la Nouvelle-Calédonie.

Par contre, si l'on s'en tient au bilan des transports, on constate qu'entre les stations 18 et 19, celles de la section ouest-est où le gradient de pente est le plus élevé, le transport vers le nord-est, dans les premiers mille mètres, est de l'ordre de $15.10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$; celui vers l'ouest au sud de la Calédonie, dans la même couche est du même ordre, les variations du courant et du transport en fonction de la profondeur étant les mêmes au nord et au sud du seuil.

La différence entre "Bounty" et "Choiseul" réside essentiellement dans le transport en-dessous de 100 m, les volumes déplacés dans toutes les couches étant sensiblement plus élevés pendant la première croisière que pendant la seconde. Par contre, les déplacements dans les cent premiers mètres sont pratiquement les mêmes. On trouve donc là une autre preuve de l'existence de fluctuations saisonnières dans l'écoulement des masses d'eau entre la Nouvelle-Calédonie et Norfolk, la première étant fournie par les migrations de la zone de contact entre les deux courants opposés.

Conclusions

Les travaux exécutés en 1959 par le "Tiaré" et l'"Orsom III" ont répété, en des périodes différentes de l'année, les recherches faites à l'ouest et au sud de la Nouvelle-Calédonie par ces deux navires. Elles ont montré que les principaux traits de la circulation que l'on peut déduire de la topographie dynamique de la surface par rapport à 1000 m, tels qu'ils apparaissaient, autour de la Nouvelle-Calédonie, des travaux entrepris en 1958, se répétaient d'année en année et même en des mois différents. Cependant, les légères différences notées entre 1958 et 1959 font penser que l'on a essentiellement affaire à des évolutions saisonnières.

Le système des deux courants opposés, que l'on rencontre au sud de la Nouvelle-Calédonie, évolue en force et en direction, surtout en ce qui concerne les courants de sud-ouest; en particulier l'inclinaison des isobares profondes est bien moindre pendant "Choiseul" que pendant "Bounty". Cependant, la distribution superficielle de la température et de la salinité montre qu'elle n'est pas du tout associée aux courants géostrophiques de surface. Les eaux les plus froides et les plus salées qui ont une origine P.C.S.O. certaine, et qui devraient être associées à un déplacement général vers l'ouest participent au contraire au mouvement qui entraîne les masses superficielles hors de la mer de Tasman. Il faut donc admettre qu'en cette saison de l'année, la pénétration de ces eaux, dans la région, se fait plus au sud, entre l'île Norfolk et la Nouvelle-Zélande, à partir de la latitude de 30° S, car le courant du sud-ouest voisin de la Nouvelle-Calédonie est associé à des eaux de température élevée et de salinité relativement basse, augmentant vers l'ouest par mélange avec des eaux de plus en plus salées. Pour ce qui est de la circulation à l'ouest de la Nouvelle-Calédonie, les deux croisières "Astrolabe" et "Dauphin" confirment la présence d'un courant circulaire, dans le sens des aiguilles d'une montre, et dont le centre est plus ou moins près de la côte calédonienne selon la saison. Dans les deux cas, l'on rencontre à proximité immédiate des Chesterfield une eau chaude et peu salée qui est d'origine équatoriale, bien que pendant "Dauphin", son extension vers le sud ait été nettement moins grande que pendant la croisière précédente.

Enfin, que ce soit en mai, au sud de la Nouvelle-Calédonie, ou en août à l'ouest, les couches superficielles rencontrées sont beaucoup plus marquées par l'eau Antarctique intermédiaire qu'elles ne l'étaient en 1958. L'on peut penser que cela est dû à une augmentation de la turbulence verticale.

III - SUR CERTAINES CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DES EAUX ENTOURANT

LA NOUVELLE-CALEDONIE

Introduction

Les recherches entreprises par l'"Orsom III" comprennent l'étude systématique de la distribution, tant en surface qu'en profondeur, de certains sels nutritifs dissous, tels que phosphate, carbonate et de l'oxygène en solution.

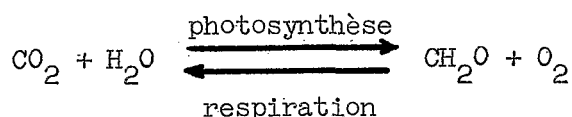
Le but de ces travaux est double. D'une part ils représentent une tentative pour dégager les lois générales reliant la nature des eaux à la distribution de la vie. D'autre part, certaines propriétés non conservatives peuvent être utilisées, dans des cas bien déterminés, à l'identification des masses entrant dans la composition de la physionomie d'une région.

En ce qui concerne le premier objectif, la teneur en oxygène peut varier par échange à travers la surface de la mer, suivant que la pression partielle de gaz en solution est supérieure ou inférieure à sa pression partielle dans la couche d'air en contact avec la mer. Par exemple, dans les couches superficielles de l'océan, où se produit une intense activité photosynthétique, l'oxygène est en excès et il y a sursaturation et dégagement du gaz dans l'atmosphère. Au contraire, là où un upwelling transporte en surface des eaux profondes soussaturées, l'oxygène a tendance à être absorbé par la mer. Ces mécanismes n'affectent en aucune sorte la distribution des sels nutritifs.

Il n'en est pas de même de la photosynthèse, des activités biologiques, des processus circulatoires et de mélanges qui tous affectent à la fois la concentration en oxygène et en sels.

En effet, la photosynthèse, dont le bilan annuel dans une zone superficielle donnée se solde par la production d'une certaine quantité de matière organique vivante, comme sur terre, produit de l'oxygène et consomme des sels nutritifs. Les processus biologiques par contre, respiration des plantes, des animaux, activité bactérienne, tendent à brûler de la matière organique en consommant de l'oxygène et en produisant du gaz carbonique et des sels minéraux susceptibles de passer en solution dans la mer à plus ou moins longue échéance. Enfin, la circulation des masses d'eau d'origine et de propriétés différentes, favorise la diffusion qui peut affecter tous les éléments en solution, et les mélanges dont les conséquences sont les mêmes.

En particulier, la photosynthèse et la respiration, c'est-à-dire la production d'hydrates de carbone et leur combustion, sont schématisées dans la simple équation suivante:



Comme la matière vivante est également composée d'éléments divers parmi lesquels l'azote, le phosphore, le silicium, le sodium, le calcium, le potassium, ceux-ci sont fixés et libérés selon des mécanismes qui accompagnent la réaction de base de synthèse ou de combustion et dans des proportions qui dépendent essentiellement de la composition des tissus vivants.

On a pu montrer (REDFIELD 1934) qu'il existe une liaison statistique entre les quantités de gaz carbonique, de nitrate, de phosphate et d'oxygène produites ou consommées au cours de la décomposition ou de la formation en mer de la matière organique. Les rapports entre atomes produits ou consommés sont: O/C/N/P/ = 212/106/16/1, en admettant que, conformément à l'équation précédente, il y ait toujours deux fois plus d'atomes d'oxygène impliqués que d'atomes de carbone.

Ces rapports statistiques varient de manière substantielle dans certains cas. Par exemple, près des côtes, des eaux douces peuvent affecter considérablement la teneur en sels nutritifs de la mer. Des différences dans la composition du plancton sont susceptibles de modifier également ces rapports, de même que la rapidité avec laquelle certains éléments constitutifs de la matière organique passent en solution; en particulier, le zooplancton vivant libre du phosphate, et les Copépodes se nourrissant de diatomées produisent de l'azote. De même, dans les zones de convergence voisines des pôles, il se forme en surface des masses fortement oxygénées, mais également chargées en sels nutritifs. Ces masses, lorsqu'elles émigrent en profondeur, forment des couches subsuperficielles dans lesquelles la teneur en phosphate et nitrate est supérieure à ce qu'elle serait si ces sels n'étaient dus qu'à la décomposition de matière organique.

En fait, les rapports O/P déterminés dans différentes parties de l'Atlantique et en diverses profondeurs sont essentiellement variables, mais ce rapport est élevé au voisinage de la couche où la teneur en oxygène est minimale. Pour les couches profondes de l'Atlantique, il est voisin de 255/1, beaucoup plus fort que celui qui ressort des études de REDFIELD. La différence, c'est-à-dire l'excès d'oxygène consommé tient à ce que l'oxydation de l'azote réclame un supplément d'oxygène d'environ 20 %.

L'existence de telles relations, traduisant les lois chimiques de combinaison des éléments en proportions déterminées, permet de calculer, à partir des variations de l'un de ceux-ci, la quantité des autres qui a été impliquée dans un cycle biologique donné. Par exemple, les teneurs en oxygène et en gaz carbonique sont modifiées par échange avec l'atmosphère; celles en phosphate ne le sont pas; celles-ci peuvent donc servir à évaluer

les changements intervenus dans celles-là par le jeu de mécanismes biologiques ou physiques et en particulier les échanges avec l'atmosphère.

Ces relations biochimiques entre oxygène et sels nutritifs offrent des moyens de décrire les changements intervenus dans le milieu marin; elles sont dues à des mécanismes biologiques liés à l'existence de la vie, et elles sont beaucoup plus utiles que l'étude des concentrations seules. Mais, puisque leur valeur quantitative dépend de l'origine des eaux ou des mécanismes propres à des populations limitées à certaines masses, elles peuvent également servir à caractériser ces dernières et à suivre leur évolution au cours de déplacements et de mélanges. C'est le deuxième but des recherches entreprises par l'"Orsom III".

Généralement, les masses sont caractérisées par leurs propriétés conservatives: température et salinité. Dans quelques cas cependant, masses à diagrammes T-S similaires, étude de la dynamique d'une masse homogène, le recours à des propriétés non conservatives peut être utile: on étudie alors soit les variations de la distribution de l'oxygène ou des sels nutritifs en solution, soit les relations entre ceux-ci.

En particulier, on a utilisé les relations oxygène salinité, oxygène σ_t et la liaison entre l'oxygène et la température ou la chlorinité. Par ces méthodes, la différenciation de masses d'eaux similaires, comme celles de la mer des Sargasses et du Gulf Stream, celles de l'Atlantique nord-ouest, a été rendue possible; on a montré que parfois la relation oxygène salinité se comportait comme si l'oxygène était une propriété conservative; on a évalué l'effet du mélange de deux masses sur la variation diurne de la teneur en oxygène des eaux peu profondes.

L'étude de la chimie de l'eau de mer fournit donc d'excellentes méthodes pouvant être utilisées dans l'analyse de multiples problèmes inhérents à la circulation et au déplacement des masses d'eaux entraînées parfois très loin de leur zone d'origine et dont l'identification par les méthodes classiques se révèle quelquefois difficile.

Relation entre l'oxygène et le phosphore dans le Pacifique sud-ouest.

Pratiquement, toutes les croisières de l'"Orsom III", depuis 1956, ont fait l'objet d'une étude systématique de la répartition en profondeur de l'oxygène et du phosphore minéral dissous. Les résultats des analyses (ROTSCHI 1958, 1959) sont exprimés en microatome-gramme/litre pour le phosphore et en centimètre-cube/litre pour l'oxygène dissous. Comme il est admis que dans les couches profondes qui ne sont pas touchées par l'activité photosynthétique, la teneur en phosphate dépend de la quantité d'oxygène qui a été utilisée dans la combustion de matière organique, on exprime la teneur en oxygène dissous en déficit au lieu de teneur vraie. Le déficit est la différence entre la teneur de la masse d'eau étudiée, lorsque cette masse est saturée et sa teneur actuel-

le. Puisque à un moment de son existence cette masse se trouvant en surface fut saturée en oxygène, ce déficit représente la quantité d'oxygène qui fut utilisée à des fins biologiques; on l'appelle l'utilisation apparente de l'oxygène (U.A.O.) et c'est cette quantité qui est employée dans l'étude de la liaison entre l'oxygène et le phosphore.

Pour chaque croisière de l'"Orsom III", on a déterminé le coefficient de corrélation entre l'utilisation apparente de l'oxygène (U.A.O.) exprimée en cc/l et la teneur en phosphate exprimée en microatome-gramme/l, et le coefficient de régression du phosphore en oxygène permettant d'établir l'équation de la droite de régression.

On trouvera sur la figure 1 (Pl.VIII) une représentation de la variation de la teneur en phosphore en fonction de celle en oxygène. Le tableau I donne les différents coefficients de corrélation obtenus, ainsi que la valeur statistique du rapport P/O , r étant le coefficient de corrélation et b le coefficient de régression.

On constate en premier examen que toutes les corrélations sont hautement significatives. On a montré ailleurs (ROTSCHI 1959) qu'en ce qui concerne les trois croisières 56-5, "Astrolabe" et "Boussole", faites dans la même région, 56-5 et "Boussole" en fin d'année, et "Astrolabe" en milieu d'année, la différence entre les coefficients de régression obtenus en ces deux saisons, était significative et qu'on retrouvait ce phénomène dans d'autres régions de l'océan Pacifique.

TABLEAU I

Valeur du coefficient de corrélation r , du coefficient de régression b ,
et du rapport O/P pour chacune des croisières de l'"Orsom III"

Croisière	56-5	Astrolabe	Boussole	Choiseul	59-6	59-8	59-10
r	0,964	0,903	0,968	0,969	0,910	0,951	0,955
b	0,452	0,479	0,588	0,710	0,644	0,594	0,655
P/O	1/197	1/180	1/152	1/126	1/139	1/150	1/136

De même, la différence entre les coefficients de corrélation des deux croisières, "Astrolabe" et 59-6 dans la même région et au même mois n'est pas significative, alors que celle entre les coefficients de 59-6 et des autres croisières de 1959 l'est. Nous retrouvons donc cette caractéristique, déjà signalée, des eaux de la région, et qui fait que l'oxygène et le phosphate ne sont pas liés de manière aussi rigoureuse en juin que pendant les autres mois de l'année.

Pour ce qui est du rapport entre les atomes d'oxygène consommés et ceux de phosphore produit, la relation quantitative P/O prend des valeurs différentes selon les croisières, mais elle est comprise entre les valeurs 1/126 et 1/197. Toutes ces valeurs diffèrent quelque peu du rapport théorique idéal 1/270, déduit de la composition du plancton et des réaction de photosynthèse et de combustion. Il diffère également de celui qui a été déterminé expérimentalement en Atlantique, 1/180, et, fait plus important, il est systématiquement inférieur; donc la quantité d'oxygène apparemment utilisée est moindre que la quantité théorique ou bien la quantité de phosphore produit est supérieure.

Dans la première éventualité on peut conclure que les couches profondes se sont enrichies en oxygène. Cela serait dû soit à une diffusion, ou à des mélanges avec une masse plus riche en oxygène mais de même teneur en phosphate, soit au fait que si les masses subsuperficielles sont d'origine Antarctique, leur teneur au moment de la saturation en surface était supérieure à celle postulée, car leur température fut plus basse.

Il faut remarquer toutefois, que les deux rapports P/O les plus bas, 1/126 et 1/136 sont ceux des croisières les plus sud dans lesquelles l'influence de la masse Antarctique intermédiaire est la plus élevée, ce qui confirmerait l'hypothèse précédente.

Enfin, l'examen de la figure 1 de la planche VIII révèle que si le groupement des points représentatifs de la relation entre l'oxygène et le phosphore se fait selon une droite significative, il est possible de dégager deux familles de points. La première comprend toutes les valeurs inférieures à 0,50 microatome-gramme/l de phosphore et 1,20 cc/l d'oxygène; sa droite de régression a une pente nettement moins forte. La deuxième rassemble toutes les valeurs supérieures; la pente de sa droite de régression est plus élevée.

Les données des croisières "Astrolabe", "Boussole" et "Choiseul" ayant été séparées de cette manière, on a obtenu pour le rapport P/O les valeurs suivantes: 1/328, 1/276 et 1/209 pour les faibles teneurs en phosphore et 1/161, 1/164 et 1/117 pour les teneurs plus élevées des couches plus profondes. Les autres croisières de l'"Orsom III" présentent les mêmes caractéristiques et il est possible d'affirmer que jusqu'à des teneurs en phosphate de l'ordre de 0,50 à 0,70 microatome-gramme/litre, c'est-à-dire jusqu'à des profondeurs de 300 à 400 m, où l'influence de la masse Pacifique central-sud-ouest est supérieure à celle de la masse Antarctique intermédiaire, la relation entre l'oxygène consommé et le phosphore produit est proche du rapport théorique 1/270. Lorsque l'influence de la masse Antarctique devient plus forte, la valeur du rapport diminue rapidement jusqu'à des valeurs de l'ordre de 1/120, ce qui montre clairement que la teneur à saturation réelle est supérieure à celle utilisée dans les calculs ou que la quantité de phosphore "préformé" est équivalente à celle qui fut produite par la suite.

Relation entre l'oxygène et la température

Presque toutes les études entreprises jusqu'à présent par l'"Orsom III", dans les mille premiers mètres du Pacifique sud-ouest, ont porté sur des régions dans lesquelles la variation de la teneur en oxygène dissous jusqu'à 1000 m de profondeur est très faible, toutes les concentrations étant voisines de 4,00 cc/l. Les zones du maximum et du minimum de teneur en oxygène sont faiblement marquées et il est impossible d'utiliser les teneurs réelles dans une étude de la dynamique de la région, ni même de son hydrologie.

Nous avons montré que la relation quantitative P/O peut servir à l'identification des masses dans lesquelles l'influence de l'eau Antarctique intermédiaire est plus ou moins marquée. Il est possible de prendre la teneur en oxygène pour une identification plus précise.

La figure 2 de la planche VIII donne pour chacune des trois croisières "Astrolabe", "Boussole" et "Choiseul" le diagramme d'ensemble des variations de l'utilisation apparente de l'oxygène (U.A.O.) en fonction de la température.

Nous constatons que les points représentatifs des observations se groupent en deux familles distinctes. D'une part, tous les points correspondant à des températures supérieures à 7°C sont pratiquement associés à des utilisations apparentes d'oxygène inférieures à 2,00 cc/l; d'autre part, les U.A.O. supérieures à 2,5 cc/l sont toutes associées à des températures inférieures à 6°C.

Le calcul statistique révèle l'existence de corrélations significatives entre la température et l'U.A.O., comme l'indique le tableau II.

TABEAU II

Coefficient de corrélation r et coeff. de régression b entre la température et l'U.A.O. pour les trois croisières "Astrolabe", "Boussole" et "Choiseul" de l'"Orsom III"

Croisières	Températures supérieures à 6°C			Températures inférieures à 6°C		
	Astrolabe	Boussole	Choiseul	Astrolabe	Boussole	Choiseul
r	0,912	0,836	0,948	0,932	0,343	0,625
b	0,1167	0,1181	0,1183	0,438	0,379	0,364
z/σ_z	30	20	30	15	2,5	3

Toutes les corrélations pour des températures supérieures à 6°C sont hautement significatives puisque z/σ_z est de l'ordre de 20 à 30. Pour des températures inférieures à 6°C la corrélation pour "Astrolabe" est hautement significative, celle pour "Choiseul" est très significative, celle de "Boussole" l'étant un peu moins.

Il est intéressant de noter enfin que les coefficients de régression de l'U.A.O. en T° C sont divisés en deux groupes parfaitement distincts. D'une part pour les températures élevées, le coefficient de régression est de l'ordre de 0,118; il traduit le fait qu'une variation de température de 1°C entraîne une variation de l'oxygène consommé de 0,118 cc/l, la pente de la droite de régression étant négative; d'autre part, pour des températures inférieures, le coefficient de régression est de l'ordre de 0,400 ce qui signifie qu'une diminution de la température de 1°C est liée à une augmentation de la consommation en oxygène de 0,4 cc/l.

Comme nous l'avons signalé (ROTSCHI 1959), la température de 6°C associée à une salinité de l'ordre de 34,40 o/oo, marque la limite supérieure de l'eau Antarctique intermédiaire dans la région; il apparaît que la relation oxygène température peut être utilisée pour l'identification de certaines masses subsuperficielles. Les eaux de la couche intermédiaire de mélange entre la masse P.C.S.O. et la masse A.I. sont caractérisées par une relation quantitative entre la température et l'U.A.O. qui peut se traduire de la manière suivante:

$$\Delta \text{U.A.O. cc/l} = - 0,118 \Delta T^{\circ} \text{ C}$$

Cette relation est applicable à toutes les températures supérieures à 6°C.

Pour la masse Antarctique intermédiaire dont la température est inférieure à 6°C, la relation s'écrit:

$$\Delta \text{U.A.O. cc/l} = - 0,400 \Delta T^{\circ} \text{ C}$$

Cette dernière relation s'applique également aux eaux Antarctique profondes caractérisées par une légère augmentation de la salinité à partir du minimum Antarctique intermédiaire.

CONCLUSIONS

Les quelques résultats qui viennent d'être discutés ont permis, à partir de données chimiques simples telles que la concentration en oxygène et en phosphore minéral dissous, de décrire un certain nombre de caractéristiques hydrologiques de la région, confirmant ou précisant les conclusions atteintes par les seules données conservatives: température et salinité.

Il apparaît que dans le Pacifique sud-ouest, et plus particulièrement dans la mer de Corail et dans le nord de la mer de Tasman, la couche de la mer située sous la zone euphotique, mais au-dessus de la profondeur à partir de laquelle l'influence de la masse Antarctique intermédiaire devient dominante, présente des caractéristiques chimiques telles que les teneurs en phosphore et en oxygène dissous sont liées par une relation très proche de celle que l'on rencontre dans les autres océans. Par contre, les couches plus profondes sont enrichies en oxygène, car l'utilisation apparente de ce dernier est plus faible que plus près de la surface ou au contraire elles sont plus riches en phosphore; ces deux hypothèses supportent celles d'une origine Antarctique de ces eaux et elles confirment les analyses hydrologiques qui ont été faites de la nature des masses de la région. La dernière est également reliée à la distribution générale du phosphore en solution dans l'eau de mer et qui donne des teneurs beaucoup plus élevées dans le Pacifique que dans l'Atlantique.

Enfin, une méthode commode d'identification des masses est la relation entre la température et l'U.A.O. qui, dans toute la région et jusqu'à 1000 m de profondeur au moins, permet une différenciation aisée entre ce qui est d'origine Antarctique pure et ce qui est mélangé.

BIBLIOGRAPHIE ^{*}

I

- ROCHFORD D.J. (1957) - The identification and nomenclature of the surface water masses in the Tasman Sea.
Aust. J. Mar. Freshw. Res. 8
- ROCHFORD D.J. (1958) - The seasonal circulation of the surface water masses of the Tasman and Coral seas.
C.S.I.R.O. Aust. Div. Fish. Oceanogr. Rep. 16
- ROCHFORD D.J. (1959) - External water masses of the Tasman and Coral Seas.
C.S.I.R.O. Aust. Div. Fish. Oceanogr. Tech. Pap. 7
- ROTSCHI H. - Hydrologie et dynamique du nord-est de la mer de Corail
(sous presse)

II

- ROTSCHI H. (1958) - "Orsom III", Croisière "Astrolabe". Océanographie Physique.
O.R.S.T.O.M., I.F.O., Rapp. Sc. n°8
- ROTSCHI H. (1958) - Remarques sur la circulation océanique entre la Nouvelle-Calédonie et l'île Norfolk.
Cahiers Océanographiques, XI, 6

^{*} Chacune des trois parties de l'article possède sa bibliographie propre

- ROTSCHI H. (1959) - Résultats des observations scientifiques du "Tiaré", Croisière "Dauphin".
C.L.O.E.C., I.F.O., Rapp. Sc. n°14
- ROTSCHI H. (1960) - "Orsom III", Croisière "Choiseul". Océanographie Physique.
O.R.S.T.O.M., I.F.O., Rapp. Sc. n°15 (sous presse)

III

- REDFIELD A.C. (1934) - On the composition of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton. In James Johnstone Mem. Vol., Univ. Press of Liverpool, pp. 176-192
- ROTSCHI H. (1958) - "Orsom III", Croisière 56-5. Océanographie Physique.
O.R.S.T.O.M., I.F.O., Rapp. Sc. n°5
- ROTSCHI H., ANGOT M., LEGAND M. (1959) - "Orsom III", Croisière "Astrolabe", Chimie, Productivité, Zooplancton.
O.R.S.T.O.M., I.F.O., Rapp. Sc. n° 9
- ROTSCHI H., ANGOT M., LEGAND M. (1959) - "Orsom III", Croisière "Boussole", Chimie, Productivité, Zooplancton.
O.R.S.T.O.M., I.F.O., Rapp. Sc. n° 12
- ROTSCHI H. - Hydrologie et dynamique du nord-est de la mer de Corail.
Cahiers Océanographiques (sous presse)
- ROTSCHI H. - Remarques sur la relation entre l'oxygène et le phosphore minéral dissous en mer de Corail.
Comptes rendus de l'Académie des Sciences (sous presse)