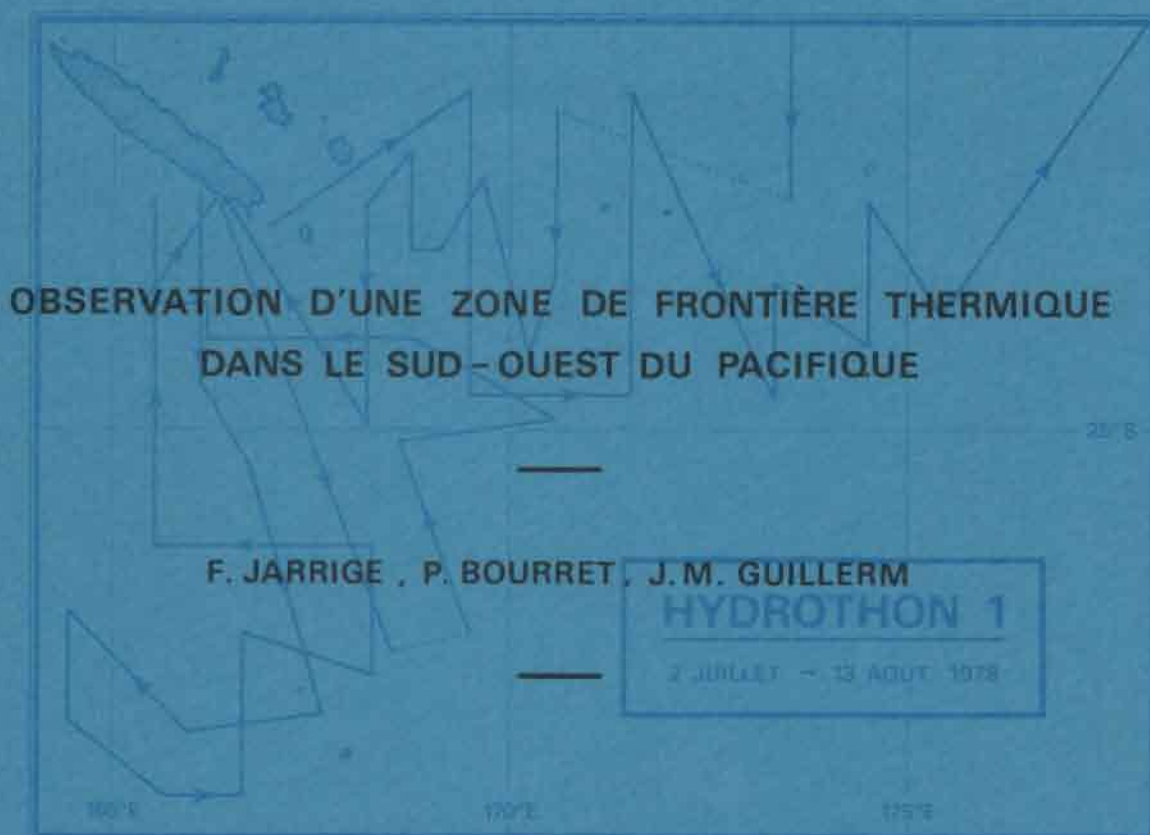


RAPPORTS
SCIENTIFIQUES et TECHNIQUES

N° 5



1979

Centre O.R.S.T.O.M.

de NOUMEA

=====

OBSERVATION D'UNE ZONE DE FRONTIERE THERMIQUE
DANS LE SUD-OUEST DU PACIFIQUE

F. JARRIGE, P. BOURRET, J.M. GUILLERM

FÉVRIER 1979

OBSERVATION D'UNE ZONE DE FRONTIERE THERMIQUE DANS LE SUD-OUEST DU PACIFIQUE

F. JARRIGE, P. BOURRET, J.M. GUILLERM

INTRODUCTION

SVERDRUP (1942) indique l'existence aux limites de la zone intertropicale de l'Océan mondial, d'une Convergence Tropicale, moins bien définie que la Convergence Antarctique, et qu'il considère comme une région où convergent des courants. Les eaux de surface de la zone intertropicale sont en effet de si faible densité qu'une telle convergence ne peut être le siège d'une plongée profonde d'une masse d'eau sous une autre, mais représente une frontière entre deux masses d'eau.

WYRTKI (1960) utilisant pour l'essentiel les observations de surface de l'Atlas du Service Hydrographique de la Marine Américaine (1954) associe cette convergence tropicale au changement de direction des alizés, du SO au SE, dans le Pacifique Sud-Ouest. Comme le système des vents est variable et que leur changement de direction ne se fait que graduellement, cette zone de convergence serait sujette à de considérables fluctuations et pourrait même presque disparaître au mois de Février. Enfin STANTON (1969), réunissant à ses propres observations les travaux antérieurs concernant cette région, et notamment, outre celui de WYRTKI déjà cité, ceux de SCHOTT (1935), GARNER (1955) et SUDO (1960), établit la réalité hydrologique de cette convergence. Plus accentuée pendant l'hiver austral, elle se déplacerait de l'hiver à l'été de 22°S à 30°S en moyenne, selon les mesures effectuées sur la ligne Nouvelle-Zélande-Iles Fidji. Elle serait caractérisée par un fort gradient thermique horizontal en surface, 2 à 3° C' en hiver, 1,6° C' à 2,1°C' aux autres saisons, mais comme le mentionnait SVERDRUP (op.cit.) ne s'étendrait pas en profondeur au-delà de 200 m.

Les mesures de températures de surface rassemblées par STANTON (1969), DONGUY, HENIN (1977), et les coupes hydrologiques effectuées lors des campagnes océanographiques, à vrai dire peu nombreuses dans la région, ROTSCI (1958 et 1960), ROTSCI et MAGNIER (1962), CSIRO (1962), LEMASSON et MAGNIER (1966), GORSHKOV (1974), GREIG (1977), DENHAM, BANNISTER et GUTHRIE (1979), montrent bien qu'une structure frontale se rencontre à toutes les saisons dans cette zone. Son orientation pourrait d'ailleurs par endroits n'être pas exclusivement zonale (WYRTKI, 1960), comme le suggèrent les résultats de la croisière CSIRO GI/60 et ceux de la présente campagne.

L'examen des cartes de températures de surface tracées d'après les mesures effectuées par le satellite NOAA en 1978, et des cartes hebdomadaires de Février et Mars des années 1976, 1977 et 1978, ne permet pas de conclure à des déplacements latitudinaux cycliques sur l'année, comme ceux signalés plus haut, mais suggérerait plutôt que le resserrement des isothermes de surface, indice d'une zone frontale, se produit de façon irrégulière, à toutes les saisons et pendant des durées variables, mais très rarement en dehors de la zone 22°S à 30°S. Son extension en longitude est également très variable (en début juillet 1978 le phénomène paraissait s'étendre des côtes australiennes aux îles Tonga, à d'autres périodes on ne peut déceler que des zones très restreintes de fort gradient thermique, comme celle observée au nord de Norfolk lors de la présente campagne). Ce phénomène paraît souvent mieux marqué dans la partie orientale de la zone, à l'est de 175°E et juste au sud des îles Tonga, que dans le bassin sud des Fidji (Exemple du 1er février 1977 dans EGGLESTON et PAUL, 1977).

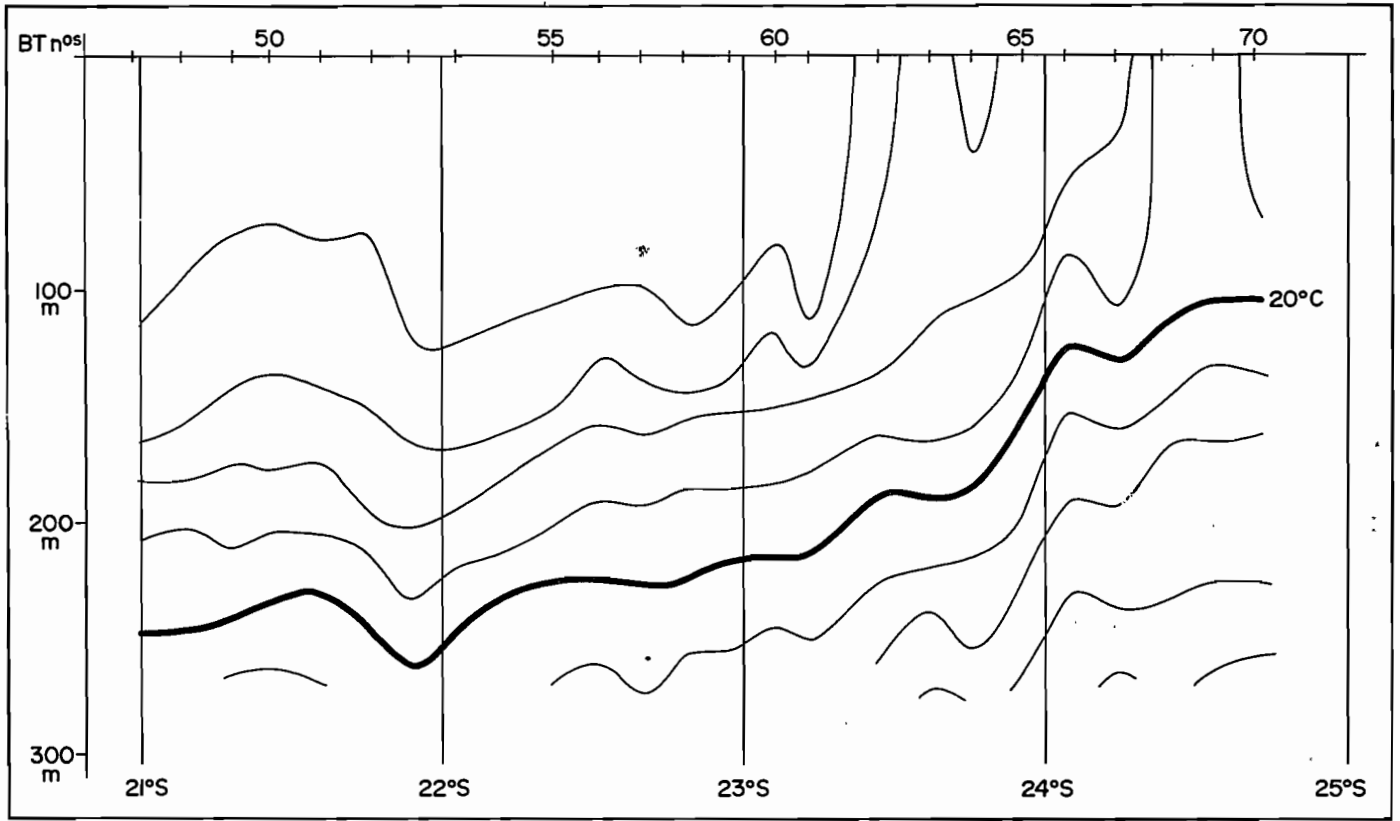


Figure 1.1. - Coupe des températures obtenues avec le bathythermographe sur le trajet A (cf. fig. 4).

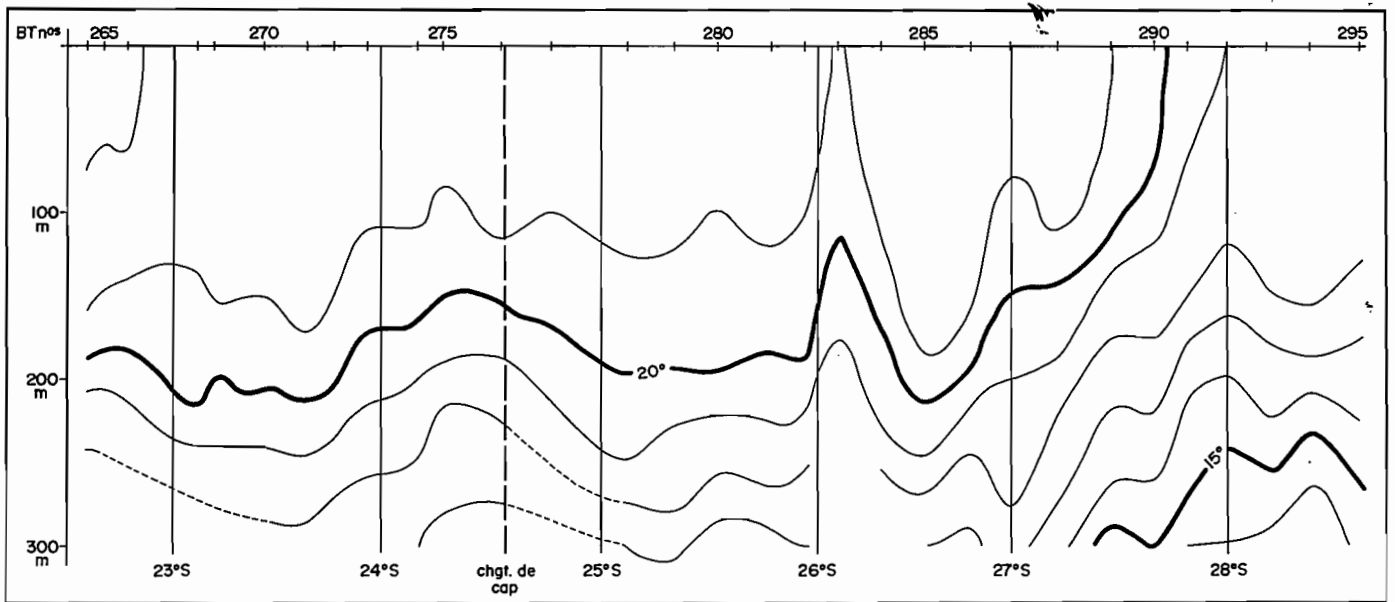


Figure 1.2. - Coupe des températures obtenues avec le bathythermographe sur le trajet B (cf. fig. 6).

Lors de la réunion du Groupe Régional d'Océanographie du Sud Ouest Pacifique, on a tenté dans des exemples précis de faire la distinction entre le front de Tasman et la convergence tropicale. Malgré cela, la région reste mal connue et il est difficile de replacer les manifestations de la convergence dans un schéma cohérent de la circulation dans la région Mer de Corail, Mer de Tasman, Pacifique central sud.

DONNES D'OBSERVATION

Pour étudier l'extension de ce phénomène dont l'influence est vraisemblablement considérable sur la distribution des thons (LE GUEN, DONGUY, HENIN, 1977), le navire de Recherche "CORIOLIS" a effectué la campagne HYDROTHON 01 en deux parties. Dans la première partie, la convergence était recherchée entre la Nouvelle-Calédonie et les îles Fidji, tandis que c'est vers le sud jusqu'à Norfolk que la recherche s'est effectuée au cours de la deuxième partie. Des levés bathy-thermiques jusqu'à 300m de profondeur étaient effectués tous les dix mille le long du trajet suivi par le navire, la température de surface était enregistrée en continu. La route du navire était calculée au fur et à mesure, à partir des observations faites, de manière à déterminer l'extension horizontale de la zone de convergence. 400 bathythermogrammes furent ainsi obtenus ainsi que 600 observations de surface. L'étude était complétée par un ensemble de prélèvements biologiques visant à caractériser du point de vue faunistique les masses d'eau de part et d'autre de la convergence.

DESCRIPTION DU PHENOMENE SUBSUPERFICIEL

Sur une coupe de distribution de la température en fonction de la profondeur et de la latitude (Figs. 1-1 et 1-2), on note l'existence d'une masse d'eau chaude ($T > 21^{\circ}\text{C}$) au voisinage de la surface. Un certain nombre d'isothermes verticales indique la limite d'extension vers le Sud de cette couche superficielle d'eau chaude. De plus, d'une manière générale, en allant du nord vers le sud, la thermocline océanique remonte vers la surface et l'intensité du gradient vertical de température au sommet de la thermocline s'atténue. A la latitude de la limite d'extension méridionale de la masse d'eau chaude, cette remontée de la thermocline vers la surface passe par une surface supérieure à celle de la masse d'eau froide, mais aussi par une couche homogène superficielle plus épaisse. Ainsi le passage d'une masse d'eau à l'autre se fait-il par un maximum de gradient horizontal de la température et par une remontée maximum vers la surface du sommet de la thermocline. Pour figurer les variations de profondeur du sommet de la thermocline dans l'ensemble de la région prospectée, on a représenté sur une carte horizontale le relief de la surface isotherme à 19°C (fig.2). Sur cette figure, l'isotherme 19°C s'enfonce d'une quarantaine de mètres sur une bande quasi continue de quelques 20 à 30 nautiques de large. Comme il a été montré sur la coupe de température, cette bande est la manifestation d'une variation rapide de la profondeur du sommet de la thermocline qui est liée à la limite de deux systèmes de masse d'eau, l'un chaud, l'autre froid.

FRONTS THERMIQUES SUPERFICIELS

D'après CROMWELL et REID (1956) un front thermique en zone tropicale est constitué par une variation de la température de surface de l'ordre du degré centigrade pour une distance de l'ordre du nautique. Sur la figure 2, ont été portées les indications de fronts thermiques superficiels tels qu'ils ont pu être observés par l'enregistrement continu de la température (fig.3). Ainsi tout au long du trajet suivi par le navire, on a décelé la présence de ces variations rapides de la température de surface : elles sont localisées le long de la bande où la variation de profondeur du sommet de la thermocline est la plus grande. Ces fronts sont donc la manifestation en surface de la limite entre les deux systèmes de masses d'eau. La plupart des

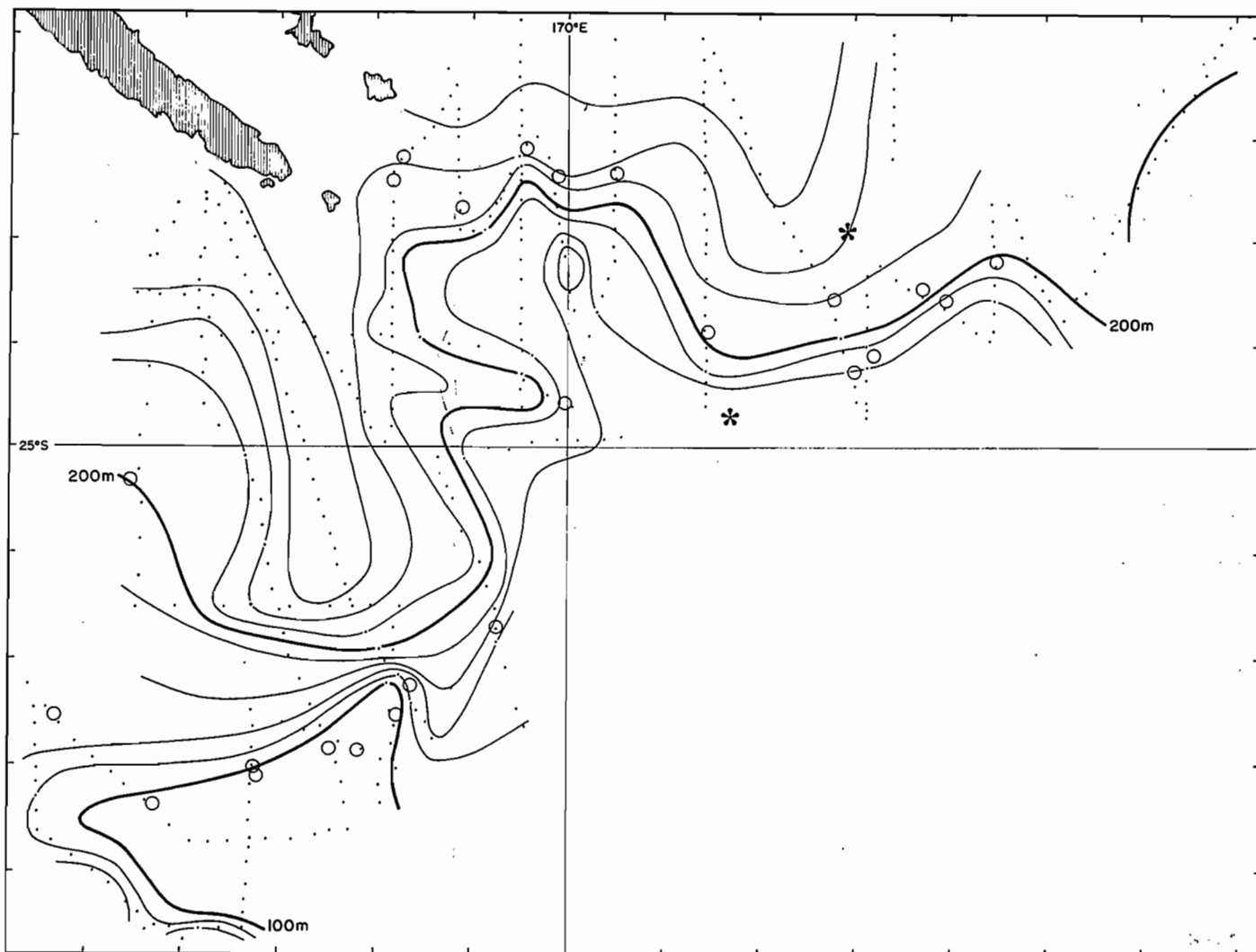


Figure 2 - Topographie de la surface isotherme 19° C : juillet-août 1978
 (les 0 indiquent les positions des plus forts gradients thermiques horizontaux enregistrés par le thermographe de surface, et les * celles des forts gradients observés en juin 1978, campagne EVA).

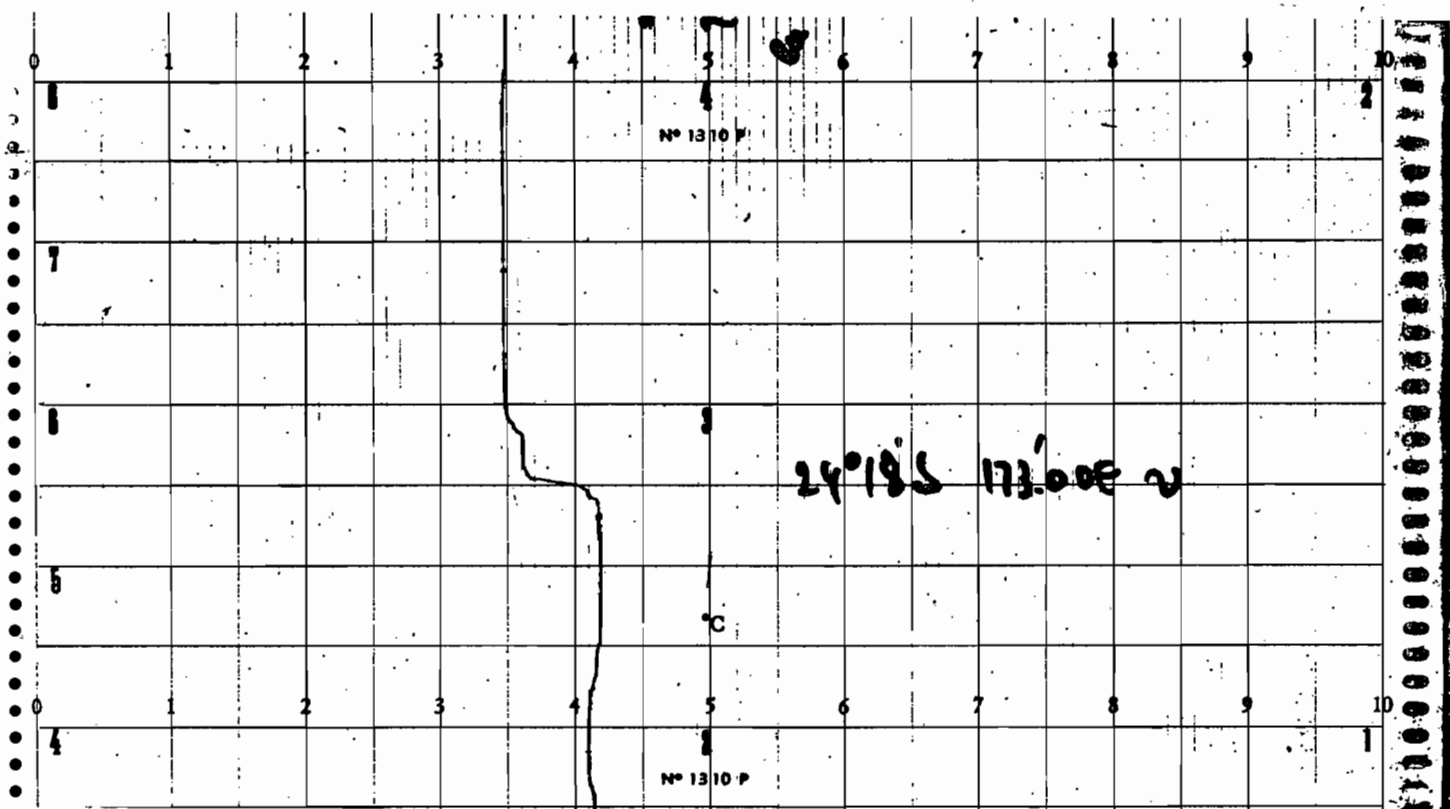


Figure 3 - Extrait d'un enregistrement du thermographe de surface (les divisions verticales correspondent à 2/10 èmes ° C; les divisions horizontales à 30 minutes, soit environ 4 milles).

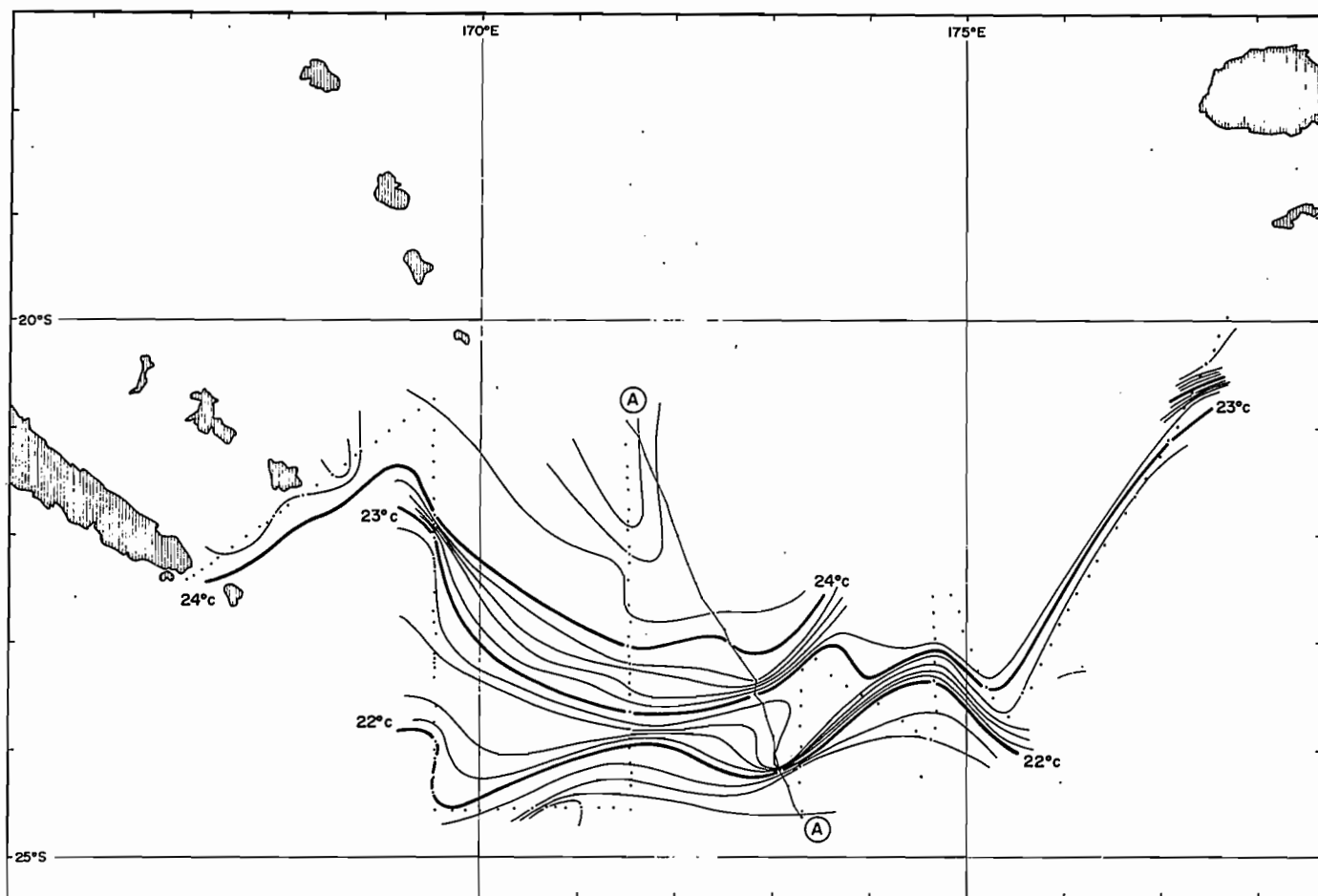


Figure 4 - Températures de surface : du 05 au 12 juillet 1978.

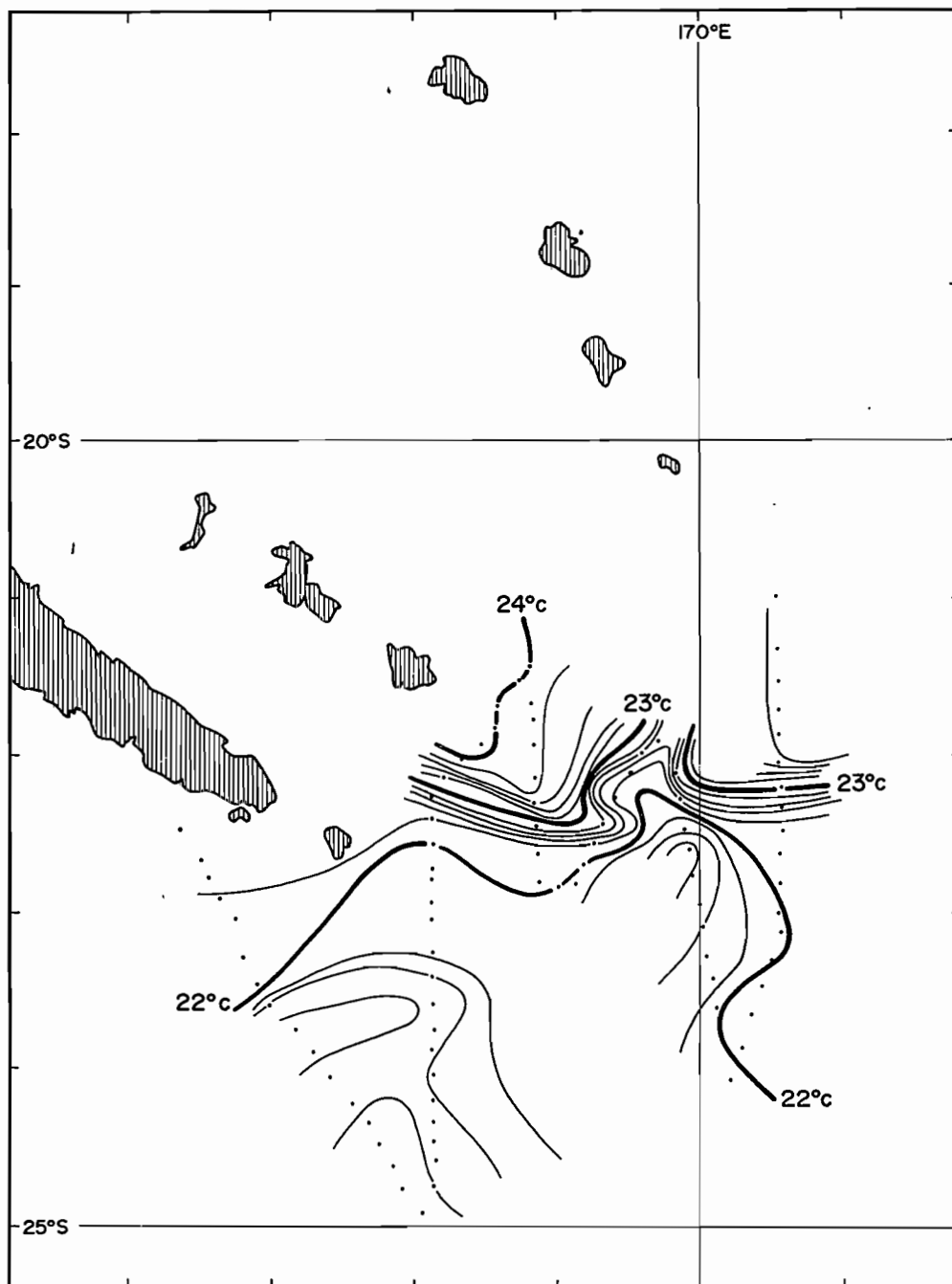


Figure 5 - Températures de surface : du 17 au 24 juillet 1978.

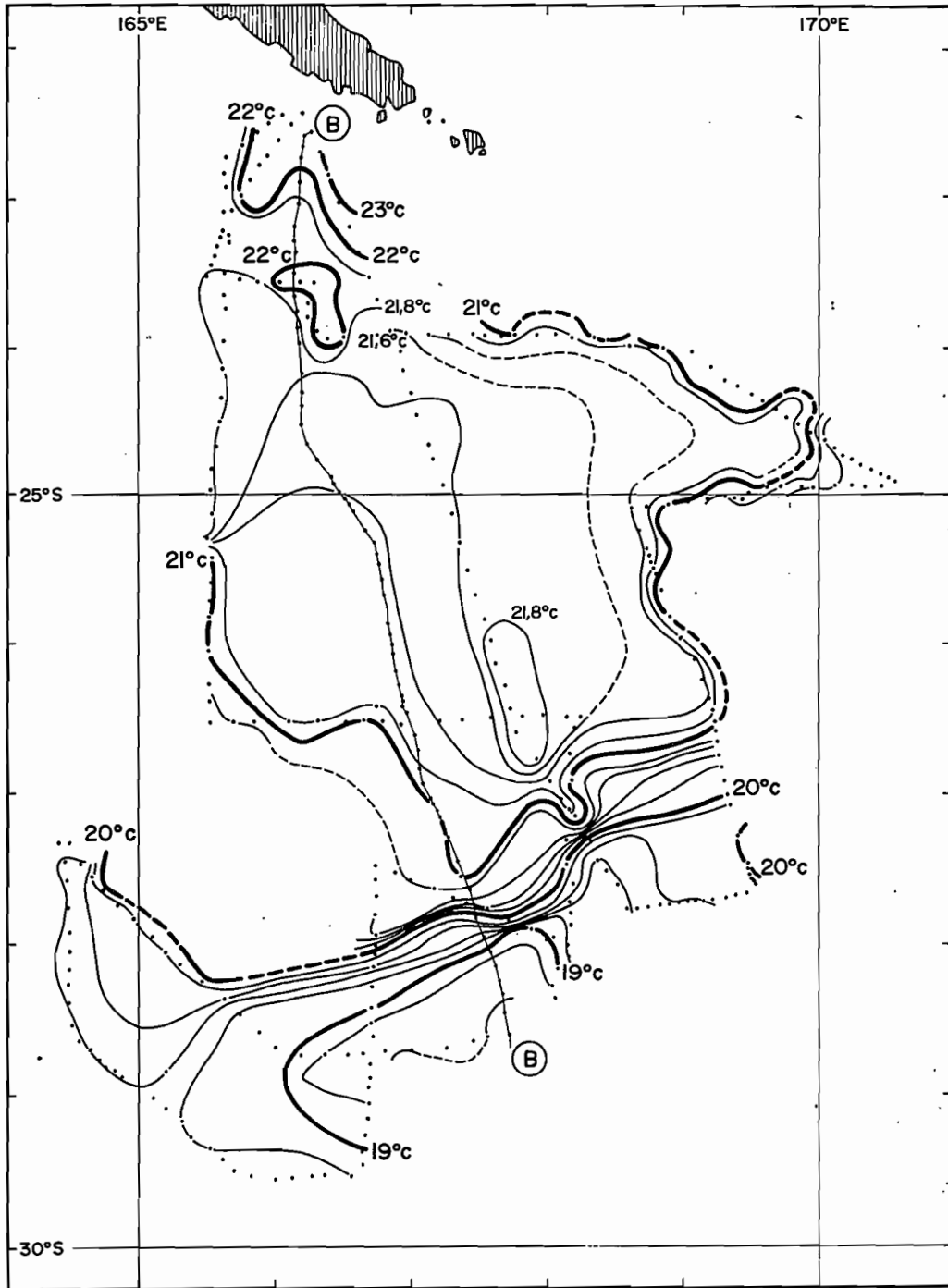


Figure 6 - Températures de surface : du 27 juillet au 13 août 1978.

fronts observés sont situés au sud de la pente maximum de la thermocline, la frontière entre les deux systèmes n'est donc pas verticale, mais inclinée par rapport à l'horizontale et d'une manière telle que l'eau chaude se trouve au-dessus de l'eau froide, ce qui constitue un indice de stabilité hydrostatique de cette zone frontière, l'angle d'inclinaison étant fonction des densités et des vitesses respectives. Mais d'autres fronts se trouvent au nord du maximum de pente de la thermocline, ce qui est anormal si l'on admet que ce phénomène est stable du point de vue hydrostatique. Deux hypothèses peuvent être avancées pour expliquer cela :

1) - Les profondeurs observées de l'isotherme 19°C constituent un champ de valeurs qu'il a fallu lisser pour tracer les lignes de niveaux de la surface isotherme à 19°C à cause de la mauvaise précision absolue des bathythermogrammes. La représentation de la surface 19°C est donc une image moyenne alors que les positions des fronts sont instantanées. Le décalage observé pourrait alors être expliqué par une importante vitesse de déplacement vers le Nord de la zone frontière. Les vents d'Ouest, dominants pendant cette période, pourraient être à l'origine de la dérive Sud-est, dans le sud de la Nouvelle-Calédonie, d'une masse d'eau chaude qui repousserait vers le nord la masse des eaux froides plus orientales, comme semble l'indiquer l'esquisse des courants géostrophiques réalisée sur les résultats de la campagne.

2) - Cette manifestation superficielle de la frontière entre deux systèmes de masse d'eau peut, elle, être instable, étant entretenue et renforcée par des forces externes subissant des variations à plus courts termes (vent, perturbation météorologique, etc...).

Pour figurer la distribution horizontale de la température de surface, trois cartes (Fig. 4,5 et 6) sont nécessaires. En effet, la trajectoire du navire passe plusieurs fois par les mêmes points à des instants différents. La valeur de la température en ces points et dans leur voisinage varie d'un passage à l'autre et afin d'obtenir des représentations cohérentes de la distribution horizontale de la température de surface, la durée de la campagne a été divisée en trois périodes correspondant aux trois cartes données ici. Sur ces cartes, la continuité horizontale d'une zone frontière entre deux systèmes de masse d'eau n'apparaît pas clairement. En effet, les fronts thermiques superficiels semblent pouvoir présenter des aspects différents : une trajectoire en méandres, le long de laquelle le gradient horizontal de température reste constant, ou une trajectoire plus rectiligne mais comportant des variations importantes du gradient de température pouvant aller de la disparition presque complète du front jusqu'à la subdivision en deux fronts distincts. Cette diversité des aspects du front de surface peut être due à une mauvaise répartition spatiale et temporelle des points d'observations bien que l'on se soit efforcé, durant la campagne, de déterminer au fur et à mesure le trajet le plus adapté à une bonne description de ce type de structure.

CONCLUSION

Il existe une zone frontière entre un ou des systèmes d'eau chaude au nord, et un ou des systèmes d'eau froide au sud. Cette zone frontière est continue sur près de 10° de longitude au moins. L'aspect en surface de cette frontière est trop variable pour qu'il soit possible de définir la nature exacte de cette frontière. On peut toutefois supposer qu'il s'agit là de la convergence tropicale, limite sud de la dérive des alizés. Pour replacer cette structure et en donner la signification dans un contexte océanographique général, il serait nécessaire d'élargir le champ d'observation. A l'est de 169°E et à l'ouest de ce méridien, cette frontière a une orientation générale qui est zonale, mais elle se situe à des latitudes différentes. Dans le bassin des Fidji, il y a une frontière entre une masse d'eau chaude au nord et une masse d'eau froide au sud, de même dans l'est de la Mer du Corail.

Il est possible que la masse d'eau froide du sud des bassins des Fidji soit différente de celle de l'est de la Mer du Corail, comme il peut exister deux masses d'eau chaude différentes. Le phénomène serait un phénomène océanique de grande échelle ne dépendant pas des masses d'eau en présence, il s'agirait donc bien de la convergence tropicale. De plus, les fronts thermiques sont présents lorsque cette zone frontière a une orientation zonale. Or, à ces latitudes les grands mouvements océaniques sont principalement zonaux et c'est à la limite convergente de courants zonaux de sens inverse que se développent de façon privilégiée des instabilités de surface pouvant engendrer des zones de discontinuités.

BIBLIOGRAPHIE

- CROMWELL, T. et REID, J.L., 1956 - A study of oceanic fronts - Tellus VIII (1956) - 1 : 94-101.
- CSIRO, 1962 - Oceanographical observations in the Pacific Ocean in 1960, H.M.A.S. Gascoyne - Oceanographical cruise Report N°5, 292 p.
- DENHAM, R.N., BANNISTER, R.W. et GUTHRIE, K.M., 1979 - Recent Hydrological studies northeast - in compte-rendus de la réunion G.R.O.S.S.O.P. Nouméa, 22-26/08/1977, 86 p. (sous presse).
- DONGUY, J.R. et HENIN, C., 1977 - Origin of the surface tropical water in the Coral and Tasman seas - Austr. J. Mar. Freshwater Res., 28 p : 321-32
- EGGLESTON D. et PAUL L.J., 1977 - Satellites, sea temperatures and skipjack - Proc. Pelagic Fisheries Conference, July 1977 - N.Z. Fish. Res. Div. occ. publ. n°15 : 75-84.
- GARNER, D.M., 1955 - Some hydrological features of the tropical South West Pacific ocean - N.Z. J. Sci. Technol. B 36 (3) : 285-303.
- GORSHKOW, S.G. (Ed.), 1974 - Atlas des Océans : Océan Pacifique - XVI + 302 + 16 p. - Moscou.
- GREIG, M.J.N., 1977 - Hydrology station data - publ. N.Z. Ocean Inst. : 67 p.
- LE GUEN, J.C., DONGUY, J.R. et HENIN, C., 1977 - Perspectives thonières dans le Pacifique Sud - La pêche maritime, Janv. 1977, pp : 3-11.
- LEMASSON, L. et MAGNIER, Y., 1966 - Résultats des observations scientifiques de "La Dunkerquoise" sous le commandement du Capitaine de Corvette Brosset, croisière HUNTER - Cahiers ORSTOM, Vol.IV, N°1, pp.3-78.
- ROTSCHI, H., 1958 - Résultats des observations scientifiques du "Tiaré", croisière BOUNTY, 20-29 Juin 1958 - ORSTOM-IFO, Rapport Scientifique N°7, 20 p.
- ROTSCHI, H., 1960 - ORSTOM III, Croisière CHOISEUL, Oceanographie physique - ORSTOM-IFO, Rapport scientifique N°15, 58 p.
- ROTSCHI, H. et MAGNIER, Y., 1962 - Résultats des observations scientifiques de "La Dunkerquoise" sous le commandement du Capitaine de Corvette Boileau, croisière FRANCE - CLOEC-IFO, Rapp. Sc. N°24 : 67 p.

SCHOTT, G., 1935 - "Geographie de Indischen und Stillen Ozeans" -
C. Boysen, ed. Hamburg, 413 p.

STANTON, B.R., 1969 - Hydrological observations accross the tropical convergence
north of New-Zealand - N.Z. J. Mar. Fresh. Res. 3 (1) : 124-146.

SUDO, H., 1960 - On the distribution of divergence and convergence of the surface
drift vectors in the Western Pacific Ocean -
Rec. Oceanogr. Works Japan, 5 (2) : 30.

SVERDRUP, H.U., JOHNSON, M.W. et FLEMING, R.H., 1942, The Oceans - Prentice-Hall
pub. 1087 p.

WYRTKI, K., 1960 - The surface circulation in the Coral and Tasman Seas -
Tech. Pap. Div. Fish. Oceanogr. - C.S.I.R.O. Aust. N° 8 : 44 p.