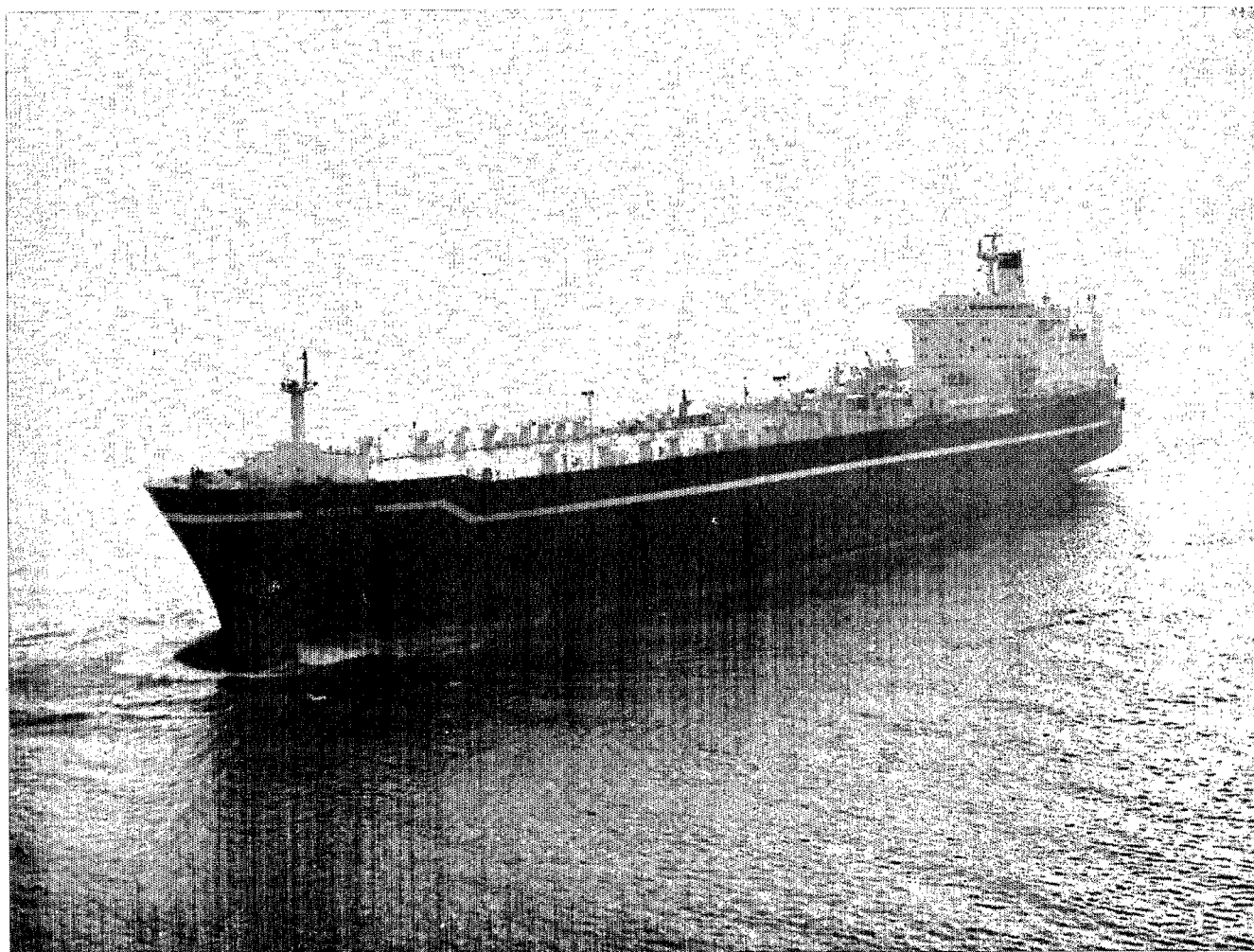


RELATIONS ENTRE DIVERS PARAMÈTRES POUVANT ÊTRE RECUEILLIS EN ROUTINE PAR UN NAVIRE MARCHAND

Depuis 1969 (voir Met-Mar n° 89, 1975), le Centre ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer) de Nouméa s'efforce d'obte-

nir une surveillance continue des eaux du Pacifique grâce à la collaboration bénévole d'une vingtaine de navires marchands. Dans un premier temps, on a



*Fig. 1 - Le navire porte-conteneurs RODIN, de la Compagnie Générale Maritime.
C'est grâce à l'esprit de collaboration du personnel de ce navire que l'étude présentée ici a pu être menée à bien
(photo "Grafic Foto", Dunkerque).*

d'abord recueilli quelques éléments d'une météorologie succincte, la température de la mer en surface et la salinité superficielle, cette dernière étant obtenue en laboratoire à partir des prélèvements effectués. Depuis 1977, une méthode très simple permet de déterminer la chlorophylle présente en surface, c'est-à-dire d'obtenir un indice de la productivité primaire de l'océan. Depuis la même année, des prélèvements journaliers de zooplancton sont également effectués grâce à deux méthodes très différentes: sur les grands navires, un filet à plancton est installé à l'arrivée d'eau de la piscine; pendant le remplissage, un filtre recueille les organismes; ainsi, chaque échantillonnage correspond à une quantité d'eau filtrée liée au volume de la piscine. Sur les petits navires, généralement lents et bas sur l'eau, un appareil appelé "Plankton Indicator" est remorqué à l'arrière du navire; cet appareil fonctionne comme un filet à plancton, le

nombre d'organismes recueillis correspondant également à la quantité d'eau filtrée que l'on peut facilement calculer connaissant la durée du trait et la vitesse du navire.

A partir de 1979, une douzaine de navires seront équipés de bathythermographes à tête perdue (sigle anglo-saxon: XBT): une tête thermosensible, reliée par un fil conducteur très fin à un enregistreur placé à bord, est larguée par dessus bord. La température est enregistrée jusqu'à 400 mètres de profondeur, puis le fil casse par traction. Entre mai et septembre 1978, un appareil de ce type (fabriqué et gracieusement prêté par Sippican) a été embarqué sur le navire RODIN, de la Compagnie Générale Maritime (figure 1). De bons enregistrements ont ainsi été obtenus dans le Pacifique, entre l'Australie et Panama. Comme ce navire effectuait simul-

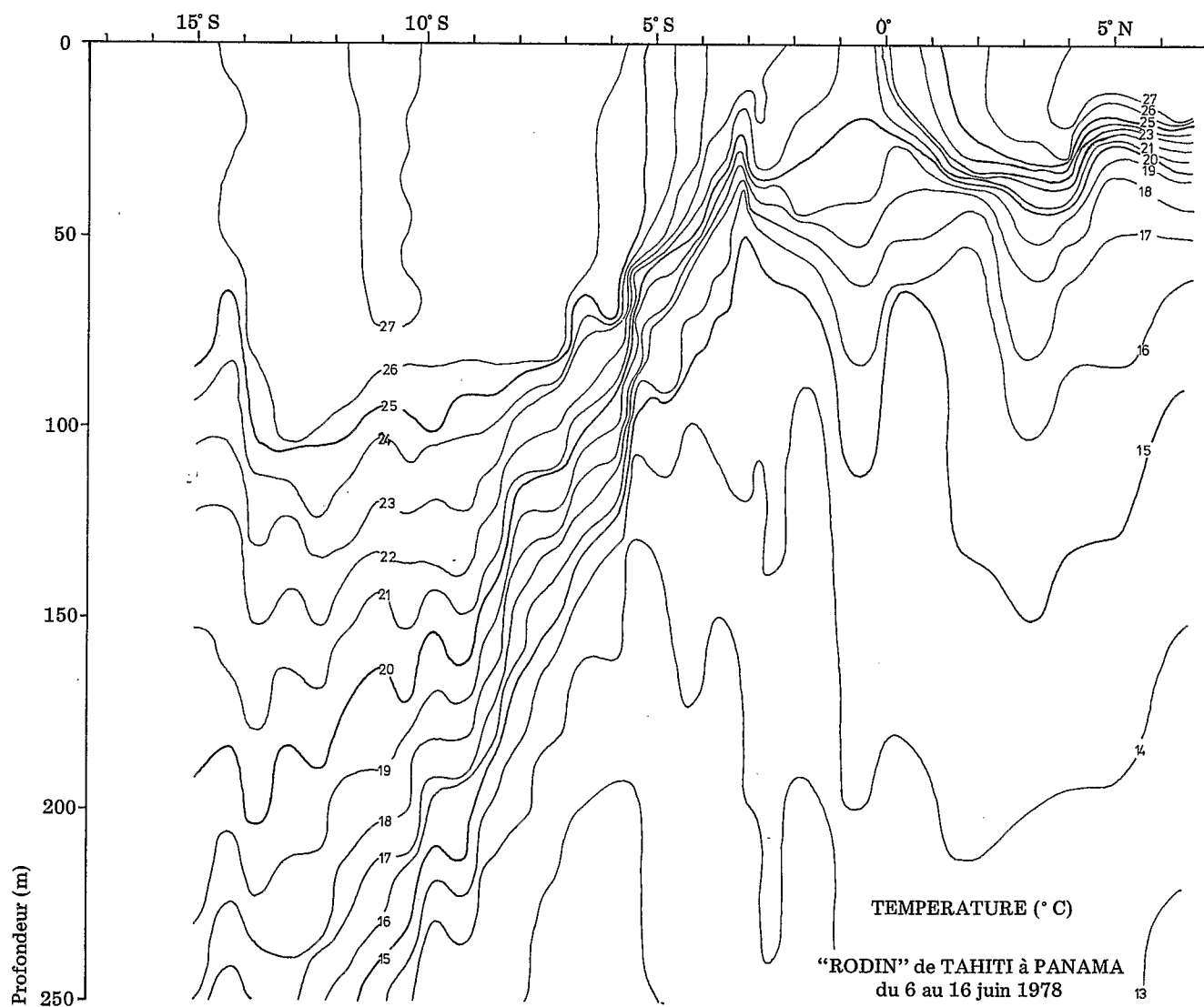


Fig. 2 - Distribution de la température, exprimée en degrés centigrades, de la surface à 250 m de profondeur entre Tahiti et Panama, du 6 au 16 juin 1978.

tanément des relevés de température de la mer et de salinité de surface, chlorophylle et zooplancton, il a paru intéressant de montrer les relations qui peuvent être dégagées entre ces divers paramètres.

Température et salinité

Une coupe thermique a donc été effectuée entre le 6 juin et le 16 juin 1978 (trajet "aller"), sur la route Tahiti-Panama (figure 2), puis entre le 24 août et le 2 septembre 1978 (trajet "retour"), sur la route Panama-Tahiti (figure 3). L'aller et le retour ont des caractéristiques communes: les isothermes se rapprochent de la surface en allant vers l'équateur, avec une forte pente au sud, d'une manière moins nette au nord. De part et d'autre de l'équateur, on distingue deux zones de température élevée: au

sud, entre 5° sud et 15° sud où l'isotherme 25° C est proche de 100 mètres de profondeur; au nord de 2° nord où une thermocline très forte isole vers 40 mètres de profondeur les eaux chaudes des eaux sous-jacentes. Sur l'équateur, on observe un upwelling équatorial très intense qui est induit par un vent de composante est (sud-sud-est); la remontée des isothermes entraîne sur l'équateur une température superficielle proche de 21° C à l'aller, de 19° C au retour.

Une pente ascendante des isothermes vers l'équateur traduit une circulation générale dirigée vers l'ouest. Cependant, dans l'hémisphère sud, un changement de pente fugitif survient entre 7° sud et 8° sud pendant le voyage de retour, ce qui indique l'existence probable d'un contre-courant portant à l'est. Dans l'hémisphère nord, ce phénomè-

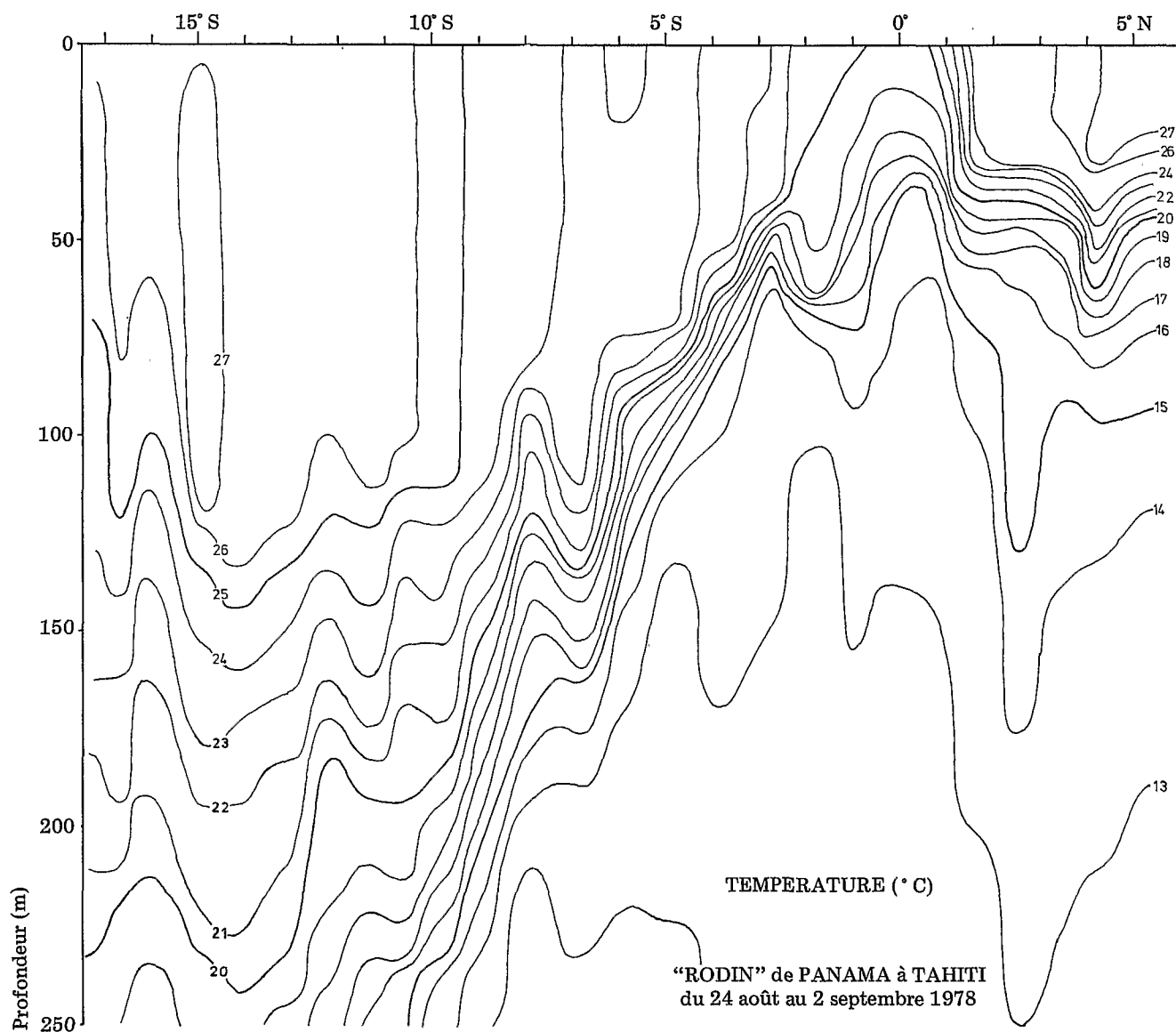


Fig. 3 - Distribution de la température, exprimée en degrés centigrades, de la surface à 250 m de profondeur entre Panama et Tahiti, du 24 août au 2 septembre 1978.

ne a plus d'ampleur et s'observe sur les deux coupes au nord de 3° nord, indiquant probablement la présence du contre-courant équatorial nord. Enfin, à l'aller, l'"éclatement" de la thermocline sur l'équateur, vers 50 mètres de profondeur, correspond sans doute à la présence du sous-courant équatorial portant à l'est, appelé aussi courant de Cromwell.

La salinité de surface (figure 4) présente des caractéristiques semblables à l'aller et au retour.

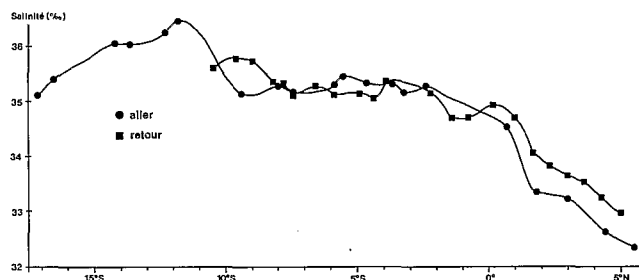


Fig. 4 - Salinité de surface entre Tahiti et Panama, aller et retour

Le maximum de salinité ($S > 36,0\%$ vers 12° sud correspondant à la présence d'eau chaude et semble dû à une forte évaporation. Entre 12° sud et l'équateur, la salinité diminue; elle est inférieure à 33,0‰ au nord de 5° nord. Cette faible salinité est à attribuer à la position de la zone intertropicale de convergence des vents qui, entre 5° nord et 10° nord, provoque des formations cumuliformes considérables, gé-

nératrices de précipitations importantes; celles-ci entraînent une dilution de l'eau de surface conduisant ainsi à la faible salinité observée. La proximité du continent américain renforce encore cette tendance car le débit des fleuves constitue une cause supplémentaire de dilution.

Chlorophylle

Les deux profils de chlorophylle (figure 5) réalisés à partir des filtrations d'eau de surface par l'équipage du RODIN, permettent d'interpréter les coupes thermiques (figures 2 et 3) en termes biologiques. La théorie veut que les remontées d'eau profonde froide et riche en sels nutritifs (nitrates et phosphates) s'accompagnent de poussées de phytoplancton et donc de fortes teneurs en chlorophylle. Ces teneurs en chlorophylle sont, en effet, plus élevées au voyage de retour, au cours duquel l'upwelling équatorial fut plus intense; on relève sur les coupes thermiques (figures 2 et 3) que les eaux de température inférieure à 25° C en surface s'étalent entre 2° nord et 9° 20' sud au mois d'août, alors qu'elles se limitaient entre 1° 10' nord et 5° 10' sud en juin. On note aussi, au cours du voyage de retour, une diminution de la concentration en chlorophylle dans les parages de l'équateur; cette diminution apparaît de façon assez régulière lors de chaque trajet et correspond à des eaux remontées très récemment et dans lesquelles le phytoplancton n'a pas encore eu le temps de se développer.

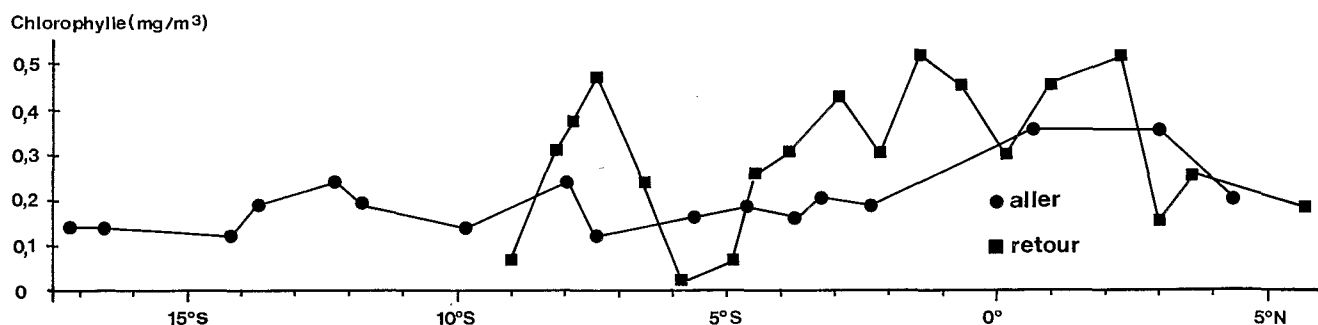


Fig. 5 - Distribution de la chlorophylle de surface en milligrammes par mètre cube entre Tahiti et Panama.

Dans le détail, le lien température-chlorophylle présente des anomalies dues à des facteurs de l'environnement autres que la température et qui sont importants également pour le phytoplancton. La variabilité de la teneur en chlorophylle sur le trajet "retour" en témoigne; quant à l'"aller", les mesures trop espacées masquent probablement cette variabilité.

On peut toutefois avancer une interprétation pour les deux principales anomalies:

- à l'aller, on note que la zone riche en chlorophylle déborde largement l'isotherme superficielle 25° C, avec 0,36 mg chlor/m³ par 3° nord. On se trouve

alors dans des eaux à salinité très faible (figure 4) et un développement du phytoplancton a pu avoir lieu grâce à des éléments nutritifs apportés par les fleuves,

- au retour, de faibles concentrations vers 5° sud séparent le phénomène central de l'upwelling, d'une zone riche située vers 7° à 8° sud, au niveau de laquelle la salinité commence à augmenter. Cette structure haline, jointe à des perturbations dans la structure thermique, suggère l'influence d'une modification du système des courants signalée au paragraphe précédent, et de phénomènes de fronts entre masses d'eau, où l'on note souvent des concentrations importantes de chlorophylle en surface.

Ces explications ne représentent que des hypothèses car les données manquent ou sont trop espacées pour permettre une analyse complète d'une réalité qu'il sera peut-être possible d'aborder de façon statistique, lorsque de nombreuses coupes comparables à celle-ci auront été réalisées. Mais, d'ores et déjà, les fluctuations du refroidissement à l'équateur et leur effet sur les teneurs en chlorophylle offrent des perspectives d'étude très intéressantes.

Zooplancton

Les animaux planctoniques recueillis à l'arrivée d'eau de la piscine sont en grande partie des copépodes, petits crustacés mesurant de 0,5 à 1 ou même plusieurs mm de longueur. Ils sont déplacés par les grands courants océaniques, mais ils sont capables d'effectuer des migrations verticales actives entre le jour et la nuit. L'amplitude de ces migrations peut atteindre plusieurs centaines de mètres par les plus grands zooplanctonctes. Pour comparer entre eux des échantillons de zooplancton provenant des premiers mètres sous la surface, il est absolument nécessaire d'effectuer les récoltes aux mêmes heures locales. On a choisi de le faire au début de la nuit pour profiter de la remontée maximale qui se produit alors. La concentration observée en surface est un bon indice de la richesse des eaux sous-jacentes.

L'alimentation des copépodes, essentiellement à base de phytoplancton, détermine en partie l'intensité de la reproduction. Donc, une zone riche en sels nutritifs permettra le développement d'un phy-

toplancton abondant qui pourra supporter une importante population de "brouleurs" servant eux-mêmes de pâture à des carnivores planctoniques. La vitesse du transfert d'énergie le long d'une chaîne alimentaire dépend de la durée du cycle des différents éléments; une cellule végétale peut se reproduire en quelques heures, un copépode en quelques jours ou quelques semaines. C'est la raison pour laquelle il n'y a pas nécessairement une exacte superposition entre les remontées d'eaux profondes, les "pics" de chlorophylle et ceux de zooplancton.

Les échantillons de zooplancton, beaucoup moins nombreux que ceux de chlorophylle permettent difficilement de discuter les relations phyto-zooplancton. On constate bien que les abondances maximales de copépodes (figure 6) sont, comme la chlorophylle, axées sur la divergence équatoriale et diminuent progressivement vers le sud. Les copépodes passent de plus de 1000 à 100/10 m³. Mais le pic de chlorophylle observé vers 7° sud, sur la route "retour", n'est pas accompagné d'un maximum zooplanctonique. Peut-être s'agit-il d'un phénomène trop récent? Au nord de l'équateur, entre 4° et 6° nord, on observe une différence considérable entre les effectifs récoltés à l'aller et au retour. Les eaux dessalées par des apports fluviaux sont apparemment peu fertiles puisque la teneur en chlorophylle est peu élevée. Il n'est pas impossible que la population zooplanctonique très dense observée à l'aller, se soit éteinte faute de nourriture suffisante; il est aussi possible que des erreurs de manipulation aient biaisé l'échantillonnage!

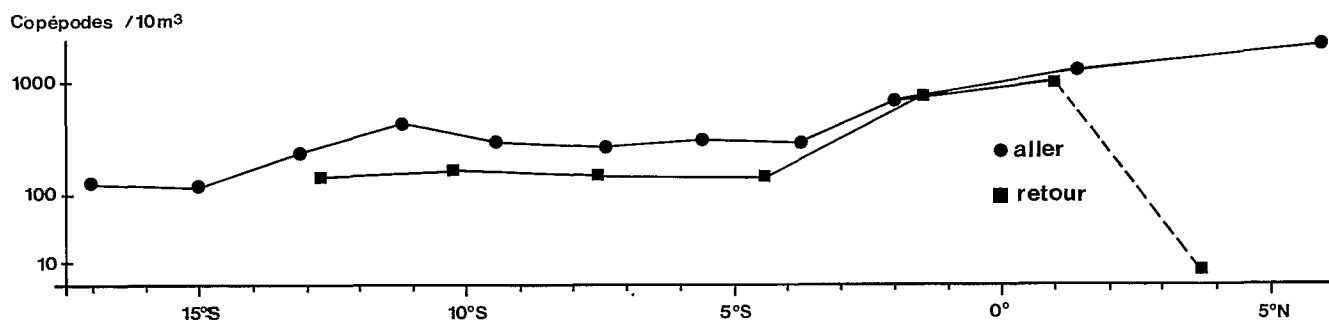


Fig. 6 - Nombre de copépodes pour 10 mètres cubes recueillis entre Tahiti et Panama (L'amplitude réelle des variations est estompée ici par l'échelle logarithmique).

D'une manière générale, les teneurs moyennes en chlorophylle sont plus élevées au retour qu'à l'aller, tandis que l'inverse se produit pour les copépodes. Ceci peut être dû au déphasage des cycles de production primaire et secondaire; la poussée végétale était plus exploitée au cours du voyage aller que du voyage retour.

☆ ☆ ☆

L'intérêt des observations effectuées par les navires marchands se situe dans une optique beaucoup plus vaste et plus générale que l'interprétation d'une seule coupe Tahiti-Panama. Notre objectif est une surveillance de toute la zone intertropicale à par-

tir des paramètres biologiques de surface. Nous souhaitons définir l'amplitude des variations saisonnières et régionales et suivre une éventuelle évolution à long terme. Ces deux traversées du RODIN montrent une cohérence satisfaisante entre la structure hydrologique subsuperficielle et les premiers maillons de la chaîne alimentaire telle qu'on peut les échantillonner près de la surface. La méthode semble donc prometteuse.

D. Binet, Y. Dandonneau, J. R. Donguy,
B. de Geoffroy, C. Henin

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
Centre de Nouméa, Nouvelle Calédonie

DIRECTION DE LA MÉTÉOROLOGIE

**RELATIONS
ENTRE DIVERS PARAMÈTRES
POUVANT ÊTRE RECUEILLIS
EN ROUTINE
PAR
UN NAVIRE MARCHAND**

par

**D. BINET, Y. DANDONNEAU, J.R. DONGUY,
B. de GEOFFROY, C. HENIN.**

EXTRAIT
DU MET-MAR n° 104 - 3^e TRIMESTRE 1979

21 JUL. 1980
O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 10.039 27