

DISTRIBUTIONS DE DIFFÉRENTES FORMES DE MATIÈRE ORGANIQUE DANS LE PACIFIQUE TROPICAL OCCIDENTAL

CLAUDE OUDOT

Océanographe physicien O.R.S.T.O.M., C.R.O. B.P. V 18 - ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

RÉSUMÉ

Les distributions d'azote et de phosphore organique dissous et particulaire sont présentées dans la région occidentale du Pacifique tropical (entre 12° S et 6° N à proximité du méridien 170° E). La matière organique dissoute, en partie produite par le phytoplancton pendant le processus photosynthétique, est plus abondante dans la couche euphotique que dans les couches plus profondes. La matière organique particulaire, représentant partiellement la biomasse végétale dans la couche euphotique, est trouvée plus abondante en profondeur (vers 150 m), contrairement aux observations de MENZEL et GOERING. Le rôle de la matière organique comme support alimentaire pour certains organismes et comme catalyseur de la production primaire est discuté.

ABSTRACT

DISTRIBUTIONS OF VARIOUS FORMS OF ORGANIC MATTER IN THE WESTERN TROPICAL PACIFIC

The distributions of dissolved and particulate organic nitrogen and phosphorus in the western tropical Pacific (between 12° S and 6° N near 170° E) are shown. The dissolved organic matter, partially released by phytoplankton during the photosynthetic process, is found more abundant in the euphotic layer than in the deeper layers. In the surface layer, the particulate organic matter is dependent upon the growth of the phytoplankton biomass; but particulate organic nitrogen and phosphorus are more abundant at depth, beneath 150 meters, contrary to MENZEL and GOERING observations. The highest concentrations of particles are not always found in relation with pycnocline, but sometimes at the boundary between two opposite currents, where the turbulent mixing is greater: for instance, at the upper limit of the Cromwell current. The meridional distributions of dissolved organic matter agree with BARBER and RYTHER observations in the Cromwell current upwelling and point out the conditioning effect of upwelled water on the phytoplankton growth. The importance of organic matter as particulate food in the tropical areas is discussed.

1. INTRODUCTION

L'étude de la matière organique présente dans les océans, que ce soit sous forme particulaire ou dissoute revêt de plus en plus d'intérêt. Les recherches dans ce domaine se sont considérablement développées ces quinze dernières années parallèlement aux efforts consacrés aux investigations sur les cycles de production de matière vivante dans les

océans (BAYLOR et SUTCLIFFE, 1963 ; RILEY, 1963 ; RYTHER *et al.*, 1971 ; HOBSON, 1971).

Pendant longtemps on a pensé que les détritiques et la matière organique dissoute constituaient une voie de transition à sens unique de la matière vivante à l'état minéral via la dégradation bactérienne. Mais RILEY (1970), dans une présentation synthétique de la matière organique particulée dans l'eau de mer, rappelle la formation possible d'agrégats

organiques à partir de matière organique dissoute par absorption sur des bulles d'air et qui seraient à l'origine de la « neige marine » (marine snow) décrite par les occupants de bathyscaphes. Ce matériau organique particulière ainsi produit est une source possible de nourriture pour les organismes marins filtreurs (filter feeders). On admet généralement aujourd'hui que la matière organique particulée puisse être en partie recyclée sous forme de matière vivante par le zooplancton soit par ingestion directe soit par le biais des bactéries qui se développent sur les agrégats organiques. La matière organique dissoute peut aussi rentrer directement dans le cycle de matière vivante par assimilation hétérotrophe du phytoplancton ou surtout des bactéries (SOROKIN et WYSHKWARZEV, 1973 ; WANGERSKY, 1975) sans passer par le stade de minéralisation.

La matière organique non directement assimilée est pour la plus grande part reminéralisée. MENZEL et GOERING (1966) ont émis l'idée que cette reminéralisation a lieu dans la couche euphotique de l'océan car, en profondeur, la distribution de la matière organique, représentée par des matériaux relativement réfractaires et en petit nombre, est constante dans le temps et l'espace.

La matière dissoute en plus de sa contribution au stock de nourriture des producteurs hétérotrophes peut avoir un effet catalytique et jouer un rôle dans le conditionnement des eaux nécessaire au déclenchement du mécanisme de production primaire (BARBER et RYTHYER, 1969 ; BARBER *et al.*, 1971 ; WANGERSKY, 1975).

En moyenne la fraction dissoute de matière organique contient environ dix fois plus de carbone, d'azote et de phosphore que la fraction particulaire. La plus grande partie de la matière en suspension est représentée par des particules mortes.

2. ÉCHANTILLONNAGES ET MÉTHODOLOGIES

2.1. Échantillons

Les mesures d'azote et de phosphore organique dissous et particulaire et d'indice de matière organique dissoute ont été faites sur des échantillons prélevés au cours des campagnes ÉPONITE I (1970), MINEPO I (1973) et MINEPO 2 (1974) conduites dans le Pacifique tropical ouest, entre 12° S et 6° N au voisinage du méridien 170° E (fig. 1). Ces échantillons ont par ailleurs été traités en vue de la détermination de leurs caractéristiques physico-chimiques et de leur biomasse végétale.

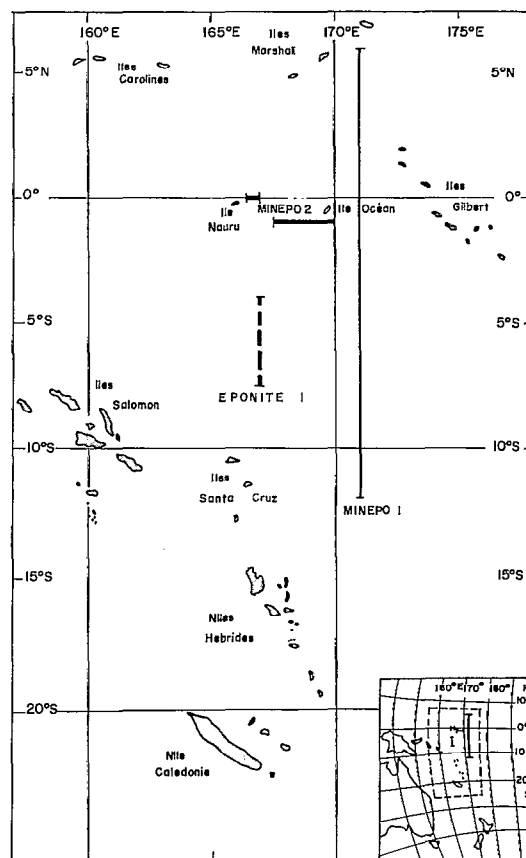


Fig. 1. — Localisation des campagnes d'échantillonnages de matière organique : EPONITE I (1970), MINEPO I (1973) et MINEPO 2 (1974).

Situation of cruises of organic matter sampling: EPONITE I (1970), MINEPO I (1973) and MINEPO 2 (1974).

2.2. Méthodologies

2.2.1. AZOTE ET PHOSPHORE ORGANIQUE DISSOUS (N.O.D. ET P.O.D.)

La détermination de l'azote et du phosphore organique dissous a lieu suivant la technique d'irradiation ultraviolette (lampe à vapeur de mercure 450 W) d'échantillons d'eau de mer filtrée sur des filtres en fibre de verre GELMAN type A (ARMSTRONG et TIBBITTS, 1968). Les teneurs en phosphate et nitrate + nitrite sont déterminées sur les échantillons irradiés et non irradiés, suivant les méthodes classiques décrites par STRICKLAND et PARSONS (1968) soit manuellement soit automatiquement avec un AutoAnalyzer TECHNICON II.

2.2.2. INDICE DE MATIÈRE ORGANIQUE DISSOUE (M.O.D.)

L'absorption de la lumière ultraviolette par un

échantillon d'eau de mer filtrée est fonction de la quantité de matière organique dissoute (ARMSTRONG et BOALCH, 1961). Les mesures d'absorption de la lumière à 260 nm, en cuve de 10 cm, sont exécutées à l'aide d'un spectrophotomètre BECKMAN DU2 sur les échantillons d'eau de mer filtrée dans les conditions décrites précédemment par rapport à de l'eau distillée irradiée. L'absorption de lumière ultraviolette est un indice commode pour apprécier globalement le taux de matière organique dissoute mais peut difficilement être convertie en concentration (gC/l par exemple).

2.2.3. AZOTE ET PHOSPHORE ORGANIQUE PARTICULAIRE (N.O.P. et P.O.P.)

La technique d'irradiation ultra-violette décrite ci-dessus est appliquée pour doser l'azote et le phosphore organique contenus dans les particules. La matière particulée retenue sur un filtre GELMAN type A (diam. 25 mm) en filtrant à travers une soie de 0,3 mm, est broyée avec le filtre (broyeur de Potter) et le tout est remis en suspension dans 50 ml d'eau distillée, soumis ensuite à l'action des rayons ultra-violets. Des quantités de nitrate + nitrite et de phosphate mesurées dans l'eau distillée (selon les méthodes décrites pour l'eau de mer) après 12 heures d'irradiation, sont déduites les teneurs en azote et phosphore organique particulaire dans l'échantillon initial. Des filtres vierges sont inclus parmi les filtres échantillons afin de corriger les résultats bruts des teneurs des filtres en azote et phosphore. Pour réduire les teneurs en azote et phosphore des filtres, ces derniers sont traités au préalable par chauffage au four à moufle (500 °C pendant 24 heures) et par lavage ensuite avec une solution diluée d'acide chlorhydrique puis rinçage à l'eau distillée.

A défaut d'étalonnage classique, la validité de cette technique est testée en faisant varier le volume d'eau de mer filtrée, c'est-à-dire la quantité de phosphore particulaire retenue sur le filtre, et en mesurant la quantité de phosphate produite par irradiation (fig. 2).

3. DISTRIBUTIONS VERTICALES

3.1. Matière organique dissoute

Les échantillonnages répétés lors des stations hydrologiques à point fixe (durée moyenne 3 jours) durant la campagne ÉPONITE 1 nous permettent de définir pour la première fois la distribution verticale de N.O.D. et P.O.D. en zone tropicale, entre 0 et 200 mètres (fig. 3). Les concentrations

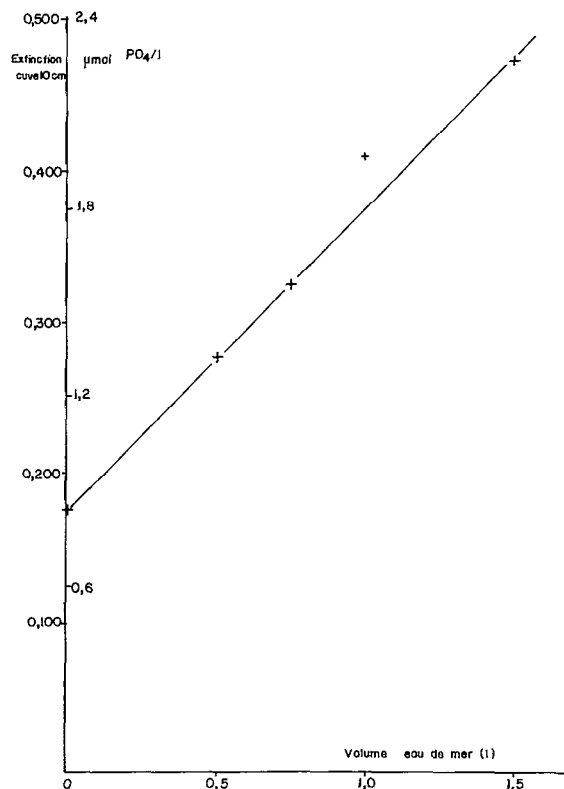


Fig. 2. - - Quantité de phosphate produite par irradiation des particules contenues dans des volumes croissants d'eau de mer.

Quantity of phosphate produced by irradiation of particles contents in increasing volumes of sea water.

de N.O.D. sont comprises entre les valeurs extrêmes 20 et 6 µatg N/l (en moyenne 15 et 8 µatg N/l) et celles du P.O.D. entre 0,4 et 0 µatg p/l. Dans l'ensemble les concentrations de N.O.D. et P.O.D. diminuent quand la profondeur augmente. Cependant la variation n'est pas monotone et deux maxima vers 50-60 et 150-160 m se dessinent sur les profils moyens de N.O.D. et P.O.D. Ceux du P.O.D. laissent apparaître un maximum secondaire vers 120 m. Si, dans la couche homogène de surface, les teneurs en P.O.D. avoisinent celles en phosphate minéral, le N.O.D. représente très largement la forme dominante de l'azote en phase dissoute (en dehors de l'azote moléculaire).

La matière organique dissoute (M.O.D.), évaluée globalement par mesure de l'absorption de lumière ultra-violette, a une distribution verticale similaire à celles de N.O.D. et P.O.D. (fig. 4). Cette mesure peut donc représenter un moyen rapide et simple pour la mise en évidence qualitative des zones d'accumulation de la matière organique dissoute.

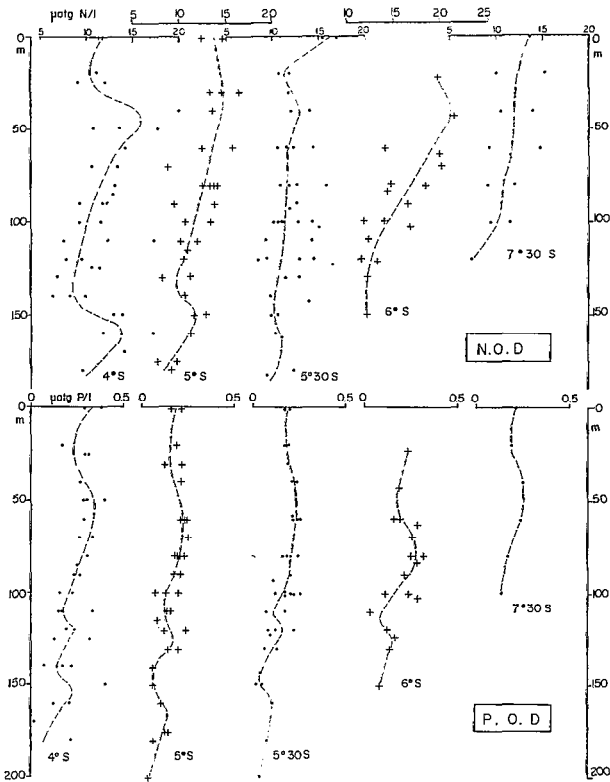


Fig. 3. — Distributions verticales d'azote organique dissous (N.O.D.) et de phosphore organique dissous (P.O.D.) aux stations à point fixe le long du méridien 167° E (EPONITE 1). En tirets le profil moyen.

Vertical distributions of dissolved organic nitrogen (N.O.D.) and phosphorus (P.O.D.) at long stations along 167° E meridian (EPONITE 1). Dashed line average profile.

3.2. Matière organique particulaire

Les distributions verticales de P.O.P. et N.O.P. illustrées à la figure 5 pour trois stations de la zone équatoriale font apparaître deux niveaux où la matière organique particulée est plus abondante : l'un superficiel vers 50 m et l'autre plus profond vers 150 m. Le maximum profond, aussi bien en N.O.P. qu'en P.O.P. est généralement plus intense que le maximum superficiel.

4 MATIÈRE ORGANIQUE ET ACTIVITÉ DES PRODUCTEURS PRIMAIRES

4.1. Matière organique dissoute

Dans l'océan ouvert les sources majeures de matière organique dissoute sont les organismes planctoniques, car les poissons sont trop dispersés

pour apporter une contribution réelle (WANGERSKY, 1975). Il est admis que lors du développement des populations phytoplanctoniques 10 à 20 % du carbone fixé par photosynthèse sont libérés sous forme organique dissoute (THOMAS, 1971). C'est beaucoup plus que ce qui peut être apporté par la mort et la désintégration des organismes planctoniques et il est donc naturel de rencontrer les plus fortes concentrations de matière organique dissoute, en particulier N.O.D. et P.O.D., dans la couche superficielle euphotique, où se situe généralement la biomasse végétale (fig. 3). La modulation des profils verticaux de N.O.D. et P.O.D. par l'activité du phytoplancton vivace (chlorophylle *a*) et sénescent ou dégradé (phaeopigments) est illustrée au cours d'une station de poursuite de drogue dérivante dans l'upwelling équatorial du Pacifique occidental (fig. 6). ZEUTSCHEL et ANDERSON (1970) ont trouvé dans le Pacifique nord-est une très forte corrélation entre la production de matière organique particulée et la libération de matière organique dissoute. RYTHER *et al.* (1971) notent que l'association de la matière organique dissoute à la chlorophylle *a*, correspondant à la libération de produits extracellulaires au cours de l'assimilation chlorophyllienne, est plus prononcée

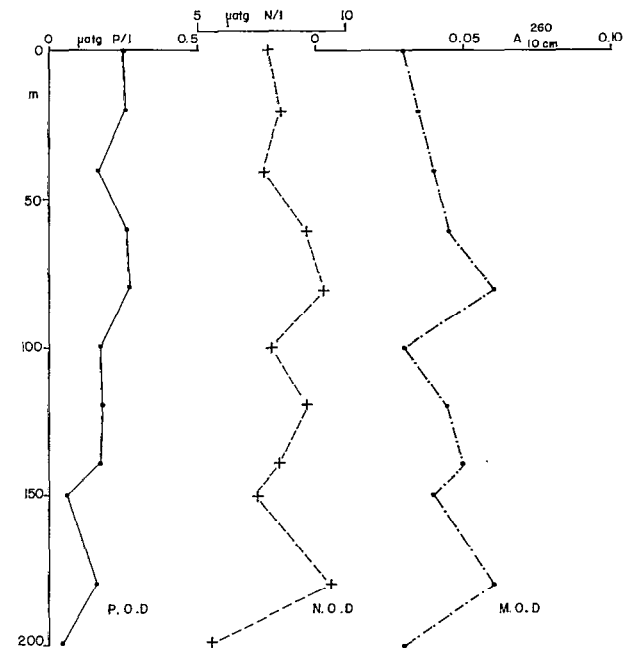


Fig. 4. — Distributions comparées de l'indice de matière organique dissoute (M.O.D.), d'azote (N.O.D.) et de phosphore (P.O.D.) organique dissous à une station (2°40' S-171° E) de la campagne MINEPO 1.

Compared distributions of dissolved organic matter index (M.O.D.), nitrogen (N.O.D.) and phosphorus (P.O.D.) at a station (2°40' S-171° E) of MINEPO 1 cruise.

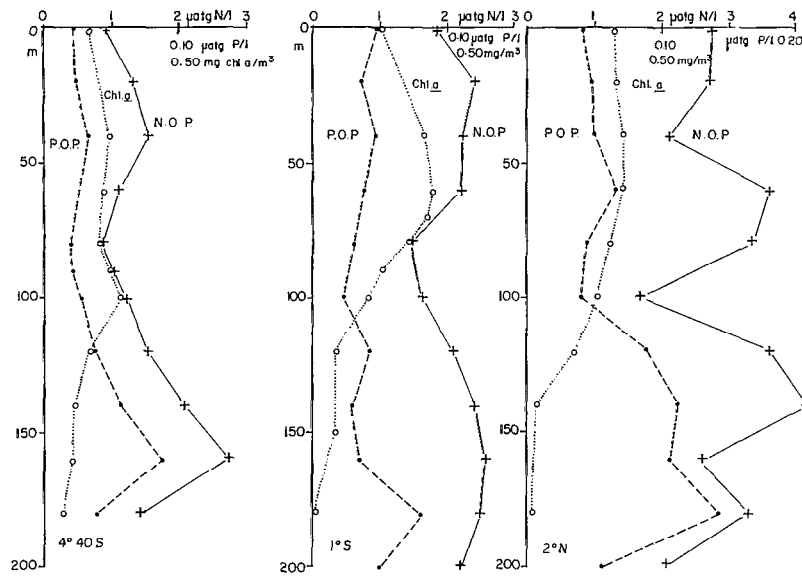


Fig. 5. — Distributions verticales d'azote organique particulaire (N.O.P.), de phosphore organique particulaire (P.O.P.) et de chlorophylle *a* à trois stations le long du méridien 171° E (campagne MINEPO 1).
 Vertical distributions of particulate organic nitrogen (N.O.P.), phosphorus (P.O.P.) and chlorophyll *a* at three stations along 171° E meridian (cruise MINEPO 1).

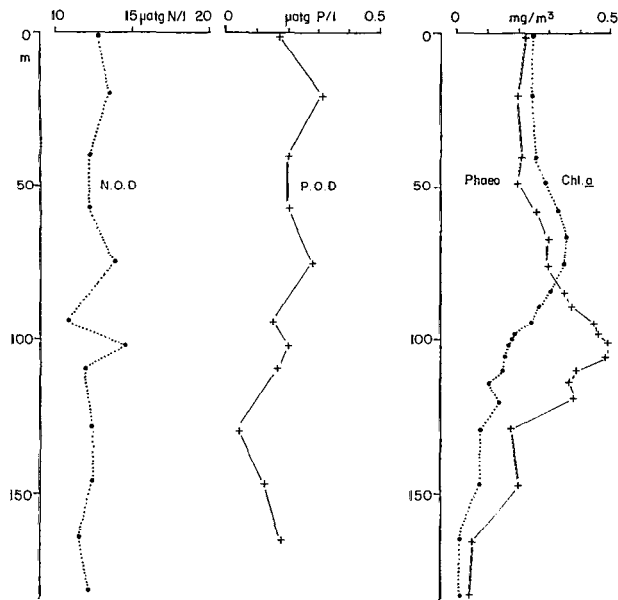


Fig. 6. — Distributions verticales de N.O.D., P.O.D., chlorophylle *a* et phaeopigments à une station de poursuite de drogue dérivante (campagne MINEPO 2 : 1° S-170° E).
 Vertical distributions of N.O.D., P.O.D., chlorophyll *a* and phaeopigments at a station along the path of surface drifting drogue (cruise MINEPO 2 : 1° S-170° E).

dans les eaux plus oligotrophes, ce qui est le cas le plus fréquent en zone tropicale. D'après WANGERSKY (1975) cette distribution se retrouve dans la plupart des océans : les concentrations les plus élevées du carbone organique dissous (C.O.D.), entre 2 et 2,5 mgC/l, se trouvent dans la couche superficielle et elles diminuent rapidement à 1,5-2 mgC/l à 150 m. Cette distribution traduite en N.O.D. sur la base du rapport atomique C/N = 106/16 conduit à une gamme de concentrations de l'azote comparables à celles de la figure 2 : 10,4 à 13,0 µatg N/l dans la couche superficielle et 7,8 à 10,4 µatg N/l en dessous de 100 m. Cependant nos déterminations de N.O.D. et à un degré moindre de P.O.D. font apparaître en outre un maximum secondaire vers 150 m. Le seul paramètre avec lequel il soit possible de relier ce maximum est le gradient vertical de densité (fig. 7), qui se renforce en profondeur un niveau préférentiel d'accumulation de particules susceptibles de libérer des substances dissoutes. LIOUTSAREV *et al.* (1975) dans le Pacifique équatorial oriental associent également des extrema de C.O.D. et P.O.D. à des subpynoclines.

4.2. Matière organique particulaire

Bien que la plus grande part de la matière organique en suspension soit de nature détritique, les

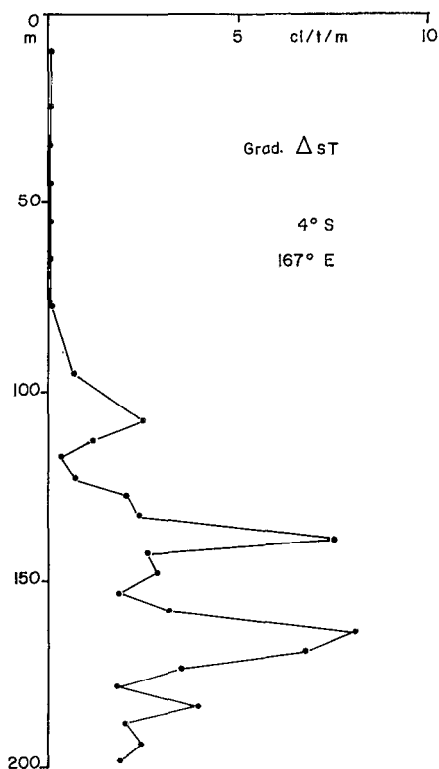


Fig. 7. — Gradient vertical de densité en fonction de la profondeur au point 4° S-167° E (campagne EPONITE 1).
Vertical gradient of density versus depth at point 4° S-167° E (cruise EPONITE 1).

organismes vivants et en particulier le phytoplancton peuvent influencer la distribution verticale de l'azote et du phosphore organique particulaire. Ce point illustré sur la figure 5 a déjà été mentionné dans la même région par des travaux russes (FINENKO et OSTAPENYA, 1973) et plus à l'est par des travaux japonais (OGURA, 1975) : les distributions verticales de C.O.P. et P.O.P. montrent à la profondeur du maximum de chlorophylle un maximum de matière organique en suspension. En se basant sur la composition élémentaire du phytoplancton définie expérimentalement par ANTIA *et al.* (1963) ($N/Chl. a = 16$ et $P/Chl. a = 2$), à 1° S (fig. 5) le phytoplancton contribue au maximum pour 23 % au N.O.P. et pour 73 % au P.O.P. Dans l'upwelling côtier de l'Atlantique sud (côte sud-ouest africaine) HOBSON (1971) évalue la contribution du phytoplancton au C.O.P. à 22-53 %. Pendant l'expérience de poursuite de drogue dans l'upwelling équatorial (campagne MINEPO 2, OUDOT, RUAL et WAUTHY, sous presse), la quantité intégrée entre 0 et 100 m de P.O.P. (fig. 8) évolue parallèlement à celle de la biomasse végétale corrigée du broutage des

herbivores (Chl. *a*+phaeopigments), ce que confirment les travaux de RYTHER *et al.* (1971).

En dessous de 100 m, le maximum de matière organique particulée (N.O.P. et P.O.P.) est plus difficile à interpréter. Si l'on se réfère à la station à 4°40' S (fig. 5) où le maximum de N.O.P. et P.O.P. est juste au-dessus d'un gradient de densité maximum, on rejoint les observations de FISCHER (1975) dans le Pacifique équatorial oriental, selon lesquelles la couche renfermant le maximum de particules (mesurées au Coulter Counter) coïncide avec la pycnocline. Mais aux deux autres stations (1° S et 2° N) ce niveau maximum est en dessous de la pycnocline et il est difficile d'admettre de façon générale que la distribution verticale des particules soit dictée par leur sédimentation arrêtée à certaines barrières de densité.

Les observations précédentes indiquent que la matière organique, qu'elle soit dissoute ou particulaire, est beaucoup plus riche en azote qu'en phosphore comparativement au rapport théorique $N/P = 16$. Le rapport N/P beaucoup plus élevé dans la matière organique confirme simplement la minéralisation beaucoup plus rapide du phosphore ingéré par la matière vivante.

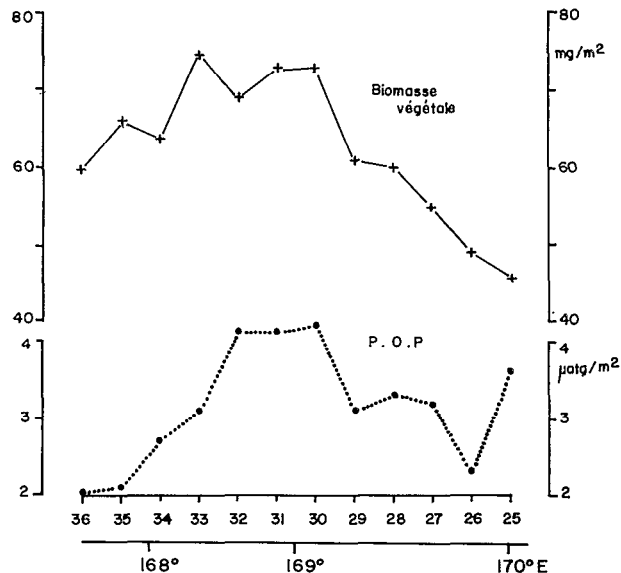


Fig. 8. — Variations des quantités intégrées entre 0 et 100 m de P.O.P. et de biomasse végétale corrigée du broutage des herbivores (chlorophylle *a*+phaeopigments) sur le trajet de poursuite d'une drogue dérivante (campagne MINEPO 2: 1° S).

Variations of quantities integrated between 0 and 100 m of P.O.P. and phytoplankton biomass corrected of grazing (chlorophyll *a*+phaeopigments) along the path of surface drifting drogue (cruise MINEPO 2: 1° S).

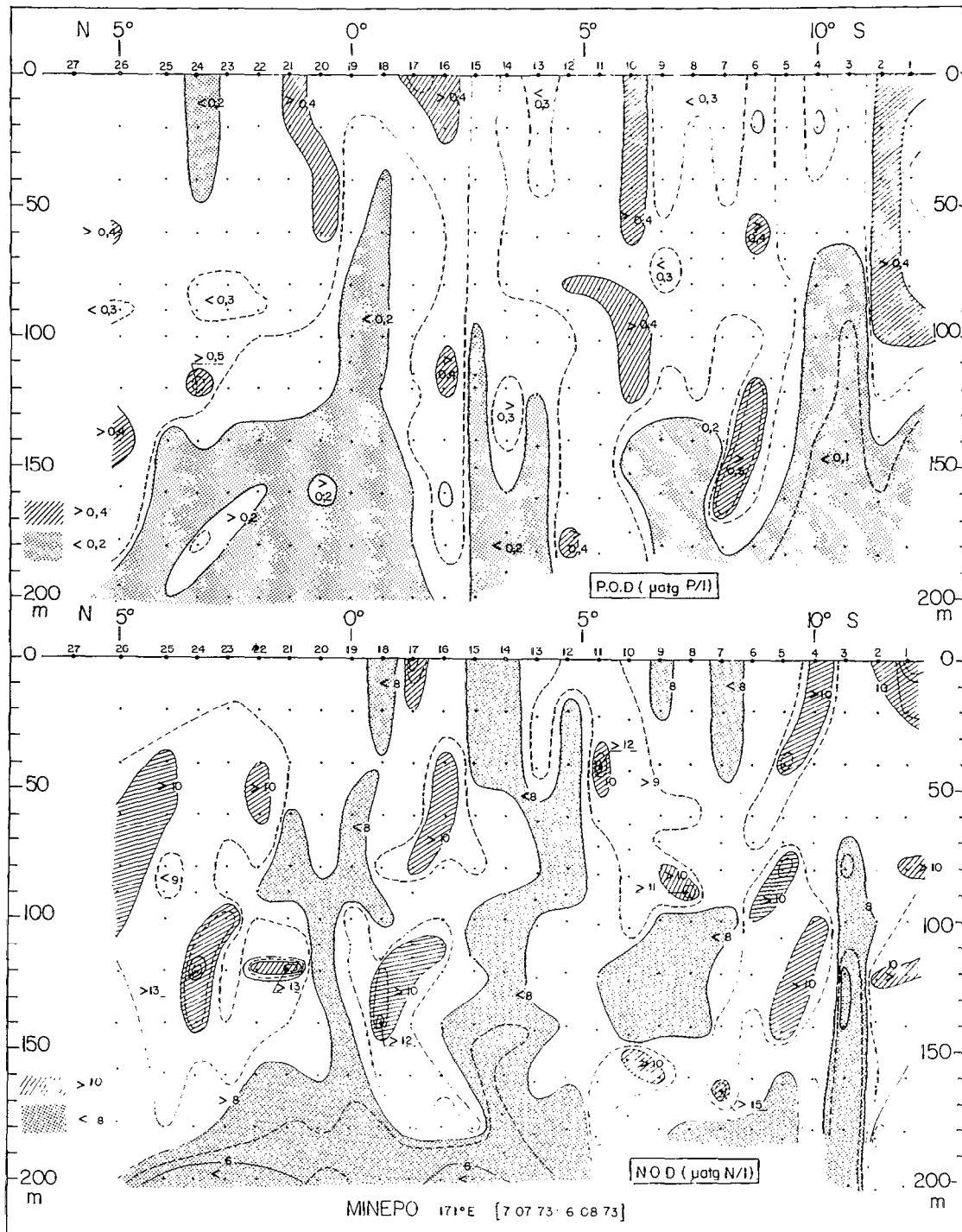


Fig. 9. -- Distribution le long du méridien 171° E de N.O.D. et P.O.D. (campagne MINEPO 1).

Distributions along 171° E meridian of N.O.D. and P.O.D. (cruise MINEPO 1).

5. DISTRIBUTIONS MÉRIDIENNES. RELATION AVEC LA STRUCTURE HYDROLOGIQUE

5.1. Distributions méridiennes de matière organique dissoute

Les distributions de N.O.D. et P.O.D. entre 12° S et 6° N (fig. 9) le long du méridien 171° E peuvent dans leurs grands traits refléter la structure hydrologique de la région. OUDOT et WAUTHY (1976) ont montré qu'en deux occasions, des mouvements verticaux ascendants, conséquence de l'établissement de la circulation zonale dans cette région, amènent vers la surface des couches d'eau plus profondes, plus froides et plus riches en sels nutritifs (fig. 10). Ces remontées ont lieu à la latitude de l'upwelling équatorial d'une part et du dôme à 10° S (et dans une certaine mesure d'un dôme secondaire vers 6°-7° S) d'autre part. Les distributions verticales

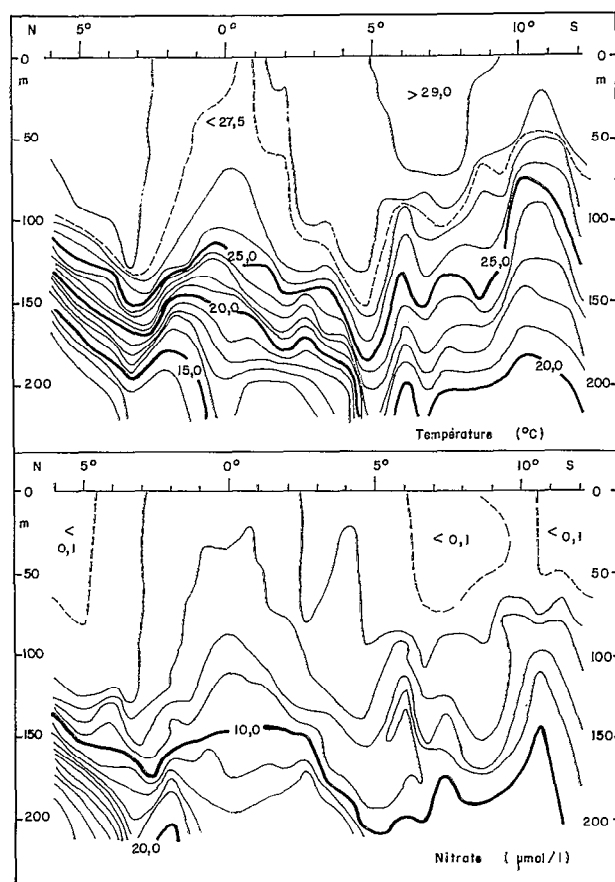


Fig. 10. — Distributions le long du méridien 171° E de la température et du nitrate (campagne MINEPO 1).
Distributions along 171° E meridian of temperature and nitrate (cruise MINEPO 1).

de N.O.D. et P.O.D. ont montré précédemment (fig. 3) que les concentrations de la matière organique dissoute à l'inverse de celles des sels nutritifs, diminuent quand la profondeur croît. Il en résulte que les upwellings et les dômes sont caractérisés par des concentrations plus faibles de N.O.D. et P.O.D. comme cela est observé fig. 9. BARBER et RYTHYR (1969) ont déjà signalé dans le Pacifique oriental que l'eau remontée en surface dans l'axe de l'upwelling équatorial est moins riche en carbone organique dissous C.O.D. que l'eau immédiatement au nord et au sud. Ces auteurs constatent également que l'eau plus pauvre en C.O.D. supporte une poussée de phytoplancton moins forte que l'eau au nord et au sud. Nos déterminations de biomasse végétale (chlorophylle *a*) conduisent à la même constatation : à la station 18 (0°40' S), axe de l'upwelling (OUDOT et WAUTHY, 1976), la biomasse intégrée (fig. 11) est moins élevée qu'aux stations de part et d'autre. BARBER et RYTHYR (1969) ont montré que l'addition dans l'eau nouvellement remontée en surface, riche en sels nutritifs et pauvre en matière organique dissoute, d'un chélateur puissant (EDTA) ou d'un extrait indéfini de zooplancton déclenche la croissance du phytoplancton. C'est apparemment la libération de certaines substances chélatrices par les organismes, quand l'eau vieillit, qui amorcerait le développement du phytoplancton. Cet aspect du conditionnement de l'eau d'upwelling a été relevé en d'autres endroits, en particulier dans l'upwelling côtier du Pérou (BARBER *et al.*, 1971).

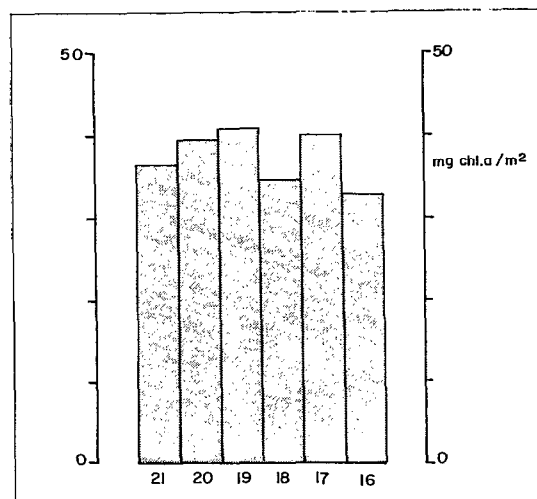


Fig. 11. — Biomasse végétale (chlorophylle *a*) intégrée de 0 à 150 m entre 2° S (16) et 1°20' N (21), le long du méridien 171° E (campagne MINEPO 1).

Phytoplankton biomass (chlorophyll *a*) integrated between 0 and 150 m, from 2° S (16) to 1°20' N (21), along 171° E meridian (cruise MINEPO 1).

Il découle d'autre part de la description précédente des distributions méridiennes de N.O.D. et P.O.D. que les plus fortes valeurs de matière organique dissoute sont concentrées dans les zones de convergences de part et d'autre de l'upwelling et du dôme.

5.2. Matière organique particulaire

A 2° N (fig. 5), station proche de la limite entre le Courant Équatorial et le Contre-Courant Équatorial Nord (OUDOT et WAUTHY, 1976), les concentrations de N.O.P. et P.O.P. sont plus élevées qu'aux deux autres stations, indiquant une abondance plus grande des particules à cette latitude. Ce trait de distribution méridienne confirme l'accumulation de particules au voisinage des zones frontales.

6. DISTRIBUTIONS VERTICALES DE MATIÈRE ORGANIQUE PARTICULAIRE COMPARÉES AU CHAMP DE DENSITÉ ET DE COURANT

Il avait été remarqué au cours de la campagne MINEPO 1 que la distribution verticale générale de N.O.P. et P.O.P. décrite précédemment (fig. 5), se distinguait parfois aux stations équatoriales par un maximum supplémentaire au voisinage de 100 m. Cette distribution particulière a été confirmée lors

de la campagne MINEPO 2 de poursuite d'une drogue dans l'upwelling équatorial. Elle est représentée pour N.O.P. et P.O.P. sur la figure 12. Le maximum de particules voisin de 100 m, confirmé par un maximum de phaeopigments, est bien au-dessus de la première pycnocline, établie à environ 130 m. Par contre il est très proche du niveau de renverse du courant zonal, là où le gradient vertical de vitesse est maximum. Cette association a déjà été soulignée pour expliquer la distribution verticale des phaeopigments en zone équatoriale (OUDOT, RUAL et WAUTHY, sous presse). L'accumulation de particules à certains niveaux pourrait être due à un renforcement de la turbulence verticale, particulièrement à la limite de deux courants de sens opposés, comme c'est le cas à l'Équateur : courant Équatorial en surface et courant de Cromwell en subsurface.

En dessous de 150 m, l'augmentation des particules correspond à un renforcement du gradient de densité.

7. CONCLUSIONS

La distribution de la matière organique dissoute et particulaire est réglée en premier lieu par l'activité des organismes vivants et principalement du phytoplancton. C'est dans la couche superficielle que l'on

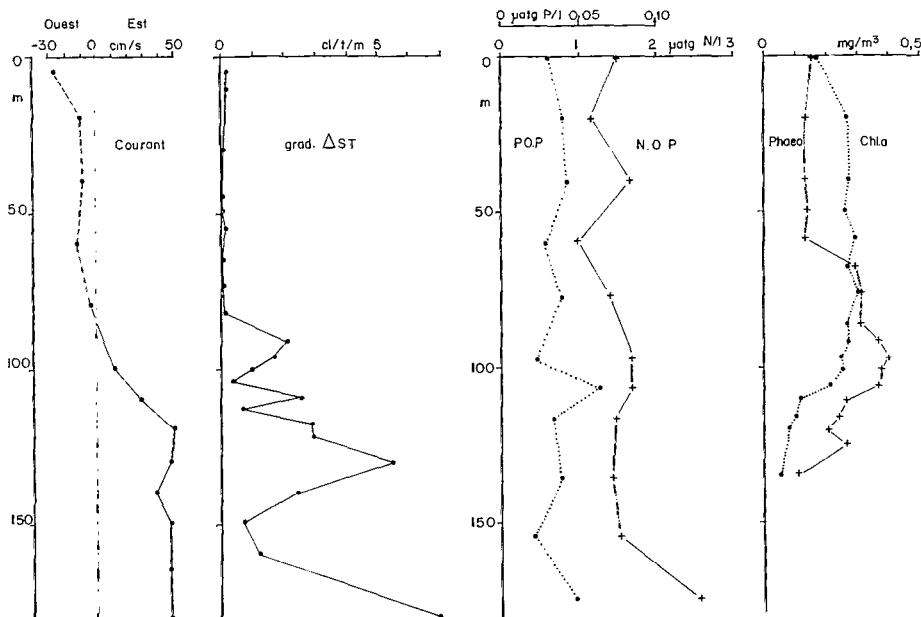


Fig. 12. -- Distributions verticales de la composante zonale de courant, du gradient vertical de densité, de P.O.P., de N.O.P., de la chlorophylle *a* et des phaeopigments au point 1° S-170° E (campagne MINEPO 2).

Vertical distributions of zonal current component, vertical gradient of density, P.O.P., N.O.P., chlorophyll *a* and phaeopigments at point 1° S-170° E (cruise MINEPO 2).

note les plus fortes concentrations d'azote et de phosphore organique dissous. Une part importante de matière organique dissoute est en effet libérée pendant que le phytoplancton accomplit sa fonction d'assimilation chlorophyllienne (THOMAS, 1971 ; WANGERSKY, 1975). Selon ZEUTSCHEL et ANDERSON (1970), RYTHER *et al.* (1971), ce phénomène est d'autant plus important, relativement à la production totale, que la zone est oligotrophe. Dans la couche superficielle, la matière organique particulée suit les phases du développement de la biomasse végétale. Mais c'est en profondeur, en dessous de 150 m, que l'on rencontre les plus fortes concentrations d'azote et de phosphore organique particulaire. Cette distribution ne confirme pas l'hypothèse avancée par MENZEL et GOERING (1966) selon laquelle les débris organiques sont prépondérants dans la zone euphotique. Les valeurs maximales de N.O.P. et P.O.P. sont plus ou moins associées à des pycnoclines. Le rôle de la turbulence verticale, renforcée à la limite entre le Courant Équatorial de surface et le Courant de Cromwell, sur la distribution verticale des particules est mis en évidence. L'accumulation possible de particules au voisinage de la zone frontale entre le Contre-Courant Équatorial Nord et le Courant Équatorial est signalée.

Dans des conditions oligotrophes, comme c'est le cas le plus souvent en zone intertropicale, la matière organique revêt une importance particulière. A plusieurs reprises il a été mis en lumière l'alimentation des producteurs primaires hétérotrophes sur la matière organique dissoute ou particulaire (BAYLOR

et SUTCLIFFE, 1963 ; RILEY, 1963 ; SOROKIN et WYSHRWARZEV, 1973 ; WANGERSKY, 1974 ; WANGERSKY, 1975). La voie la plus importante est sans doute représentée par les bactéries se nourrissant de débris et servant à leur tour de support à la croissance du zooplancton « filter-feeder » (PAVLOVA, PETIPA et SOROKIN, 1973 ; WANGERSKY, 1974). Ce cycle de production devient de plus en plus important, par exemple lorsqu'on se déplace vers l'ouest au sein de la divergence équatoriale du Pacifique (SOROKIN, PAVEL'ÉVA et VASIL'ÉVA, 1975) : la biomasse de bactérioplancton approche celle de phytoplancton et sa production atteint 50 à 80 % de celle du phytoplancton. Négliger la biomasse bactérienne en zone tropicale revient à sous-estimer le stock de matière vivante de base pour les maillons supérieurs de la chaîne alimentaire.

La matière organique enfin peut jouer un rôle secondaire, mais indispensable en assurant le déclenchement du processus photosynthétique (BARBER et RYTHER, 1969 ; BARBER *et al.*, 1971 ; WANGERSKY, 1975). Les sels nutritifs ne suffisent pas à assurer la croissance du phytoplancton : leur fixation ne peut se faire qu'en présence de composés organiques apparus avec le vieillissement de l'eau. D'après WANGERSKY (1975) ce seraient des acides humiques plutôt que des métaux traces (oligoéléments) qui joueraient le rôle de chélateurs dans le conditionnement des eaux nouvelles.

Manuscrit reçu au Service des Publications de l'O.R.S.T.O.M. le 30 juin 1978.

BIBLIOGRAPHIE

- ANTIA (N. J.), MC ALLISTER (C. D.), PARSONS (T. R.), STEPHENS (K.) et STRICKLAND (J. D. H.), 1963. — Further measurements of primary production using a large volume plastic sphere. *Limnol. Oceanogr.*, vol. 8 : 166-183.
- ARMSTRONG (F. A. J.) et BOALCH (G. T.), 1961. — The ultraviolet absorption of sea water. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, vol. 41 : 591-597.
- ARMSTRONG (F. A. J.) et TIBBITS (S.), 1968. — Photochemical combustion of organic matter in seawater for nitrogen, phosphorus and carbon determination. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, vol. 48 : 143-152.
- BARBER (R. T.) et RYTHER (J. H.), 1969. — Organic chelators : factors affecting primary production in the Cromwell current upwelling. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, vol. 3 : 191-199.
- BARBER (R. T.), DUGDALE (R. C.), Mac ISAAC (J. J.) et SMITH (R. L.), 1971. — Variations in phytoplankton growth associated with the source and conditioning of upwelling water. *Inu. Pesq.*, vol. 35 : 171-191.
- BAYLOR (E. R.) et SUTCLIFFE (W. H.) Jr., 1963. — Dissolved organic matter in sea water as a source of particulate food. *Limnol. Oceanogr.*, vol. 8 : 369-371.
- FINENKO (Z. Z.) et OSTAPENYA (A. P.), 1973. — Vertical distribution of suspended organic matter in the tropical Pacific waters of the southern hemisphere. *In* : Life activity of pelagic communities in the Ocean tropics : M. E. Vinogradov Ed., pp. Shirshov Inst. Ocean. (Trad. National Marine Fish. Serv. NOAA) : 270-280.
- FISCHER (Ia.), 1975. — Particles distribution in the equatorial east Pacific. *In* : Ecosystems of the pelagic zone of the Pacific Ocean, vol. 102, pp. Shirshov Inst. Ocean. (Trad. H. ROTSCHE).
- HOBSON (L. A.), 1971. — Relationships between particulate

- organic carbon and microorganisms in upwelling areas off Southwest Africa. *Inv. Pesq.*, vol. 35 : 195-208.
- LIOUTSAREV (S. V.), MIRKINA (S. D.), ROMANKEVITCH (E. A.) et SMETANKIN (A. V.), 1975. - Dissolved organic carbon and phosphorus in the waters of the eastern part of the equatorial region of the Pacific Ocean. *In* : *Ecosystems of the pelagic zone of the Pacific ocean*, vol. 102, pp. Shirshov Inst. Ocean. (Trad. H. ROTSCHI) : 70-75.
- MENZEL (D. W.) et GOERING (J. J.), 1966. - The distribution of organic detritus in the ocean. *Limnol. Oceanogr.*, vol. 11 : 333-337.
- OGURA (N.), 1975. - Further studies on decomposition of dissolved organic matter in coastal sea water. *Mar. Biol.*, vol. 31 : 101-111.
- OUDOT (C.) et WAUTHY (B.), 1976. - Upwelling et dôme dans le Pacifique tropical occidental : distributions physico-chimiques et biomasse végétale. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, vol. XIV, n° 1 : 27-48.
- OUDOT (C.), RUAL (P.) et WAUTHY (B.) (sous presse). - Upwelling équatorial du Pacifique ouest : distributions physico-chimiques et biomasse végétale durant une poursuite de drogue dérivante. A paraître dans *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*
- PAVLOVA (E. V.), PETIPA (T. S.) et SOROKIN (Y. I.), 1973. - Bacterioplankton as food for pelagic marine organisms. *In* : *Life activity of pelagic communities in the ocean tropics*. M. E. VINOGRADOV Ed., pp. Shirshov Inst. Ocean. (Trad. National Marine Fish. Serv. NOAA) : 156-165.
- RILEY (G. A.), 1963. - Organic aggregates in sea water and the dynamics of their formation and utilization. *Limnol. Oceanogr.*, vol. 8 : 372-381.
- RILEY (G. A.), 1970. - Particulate organic matter in seawater. *Adv. Mar. Biol.*, vol. 8 : 1-118.
- RYTHER (J. H.), MENZEL (D. W.), HULBURT (E. M.), LORENZEN (C. D.) et CORWIN (N.), 1971. - The production and utilization of organic matter in the Peru coastal current. *Inv. Pesq.*, vol. 35 : 43-59.
- SOROKIN (Y. I.) et WYSHKWARZEV (D. I.), 1973. - Feeding on dissolved organic matter by some marine animals. *Aquaculture*, vol. 2 : 141-148.
- SOROKIN (Y. I.), PAVEL'eva (E. B.) et VASIL'eva (M. I.), 1975. - The productivity and trophic role of bacterioplankton in the region of equatorial divergence. *In* : *Ecosystems of the pelagic zone of the Pacific Ocean*, vol. 102, pp. Shirshov Inst. Ocean. (Trad. H. ROTSCHI) : 184-198.
- STRICKLAND (J. D. H.) et PARSONS (T. R.), 1968. - A practical handbook of seawater analysis. *Fish. Res. Board Canada*, Bull. 167, 311 p.
- THOMAS (J. P.), 1971. - Release of dissolved organic matter from natural populations of marine phytoplankton. *Mar. Biol.*, vol. 11 : 311-323.
- WANGERSKY (P. J.), 1974. - Particulate organic carbon : sampling variability. *Limnol. Oceanogr.*, vol. 19 : 980-983.
- WANGERSKY (P. J.), 1975. - Production of dissolved organic matter. *Rapp. Dep. Oceanogr. Dalhousie Univ., Canada*, 211 p.
- ZEUSCHEL (R. P.) et ANDERSON (G. C.), 1970. - Release of dissolved organic matter by marine phytoplankton in coastal and offshore areas of the Northeast Pacific ocean. *Limnol. Oceanogr.*, vol. 15 : 402-407.