

DISTRIBUTION DU PHYTOPLANCTON ET STRUCTURE HYDROLOGIQUE DANS LA RÉGION DES TUAMOTU (OCÉAN PACIFIQUE CENTRAL)

R. DESROSIÈRES et B. WAUTHY

Océanographes de l'O.R.S.T.O.M., Nouméa, Nouvelle-Calédonie

RÉSUMÉ

1. La région S.E. des Tuamotu malgré son aire relativement réduite apparaît comme une zone hydrologique assez complexe. La « convergence subtropicale sud » qui se trouve coïncider approximativement avec l'axe principal des terres émergées sépare l'« eau du maximum subtropical » au nord de l'« eau des latitudes tempérées » au sud. Dans l'est de Mururoa, au moins à l'époque de cette étude, une avancée de l'« eau du Pérou » repousse la convergence vers la latitude de Mangareva, la limite vers le nord de cette intrusion étant définie par un front nettement marqué.

2. Les dosages de pigments et les numérations d'organismes phytoplanctoniques dénotent une zone pélagique oligotrophe classique: teneurs en chlorophylle a peu élevées, concentrées dans la couche 100-200 m et phytoplancton dominé, si on exclut l'ultraplancton non recensé, par les Coccolithophoridés et les Diatomées pennées.

3. Certains traits de la distribution de quelques taxa viennent confirmer l'analyse des masses d'eau et justifient indéniablement la recherche en plein océan d'« indicateurs biologiques occasionnels » pour asseoir l'interprétation de phénomènes hydrologiques hypothétiques ou incertains.

ABSTRACT

Phytoplankton distribution and hydrological structure in the Tuamotu area (central Pacific Ocean).

This report is based on 41 oceanographical stations occupied in the Tuamotu area; about ten depths of 24 of them were also sampled for phytoplankton. Chlorophyll a measurements and countings (inverted microscope method) have given expected data for this tropical oligotrophic environment. Markedly clear distribution patterns of some phytoplanktonic taxa support the hydrological features which have themselves been partly betrayed by these biological indices. The conjunction of both ways of considering the problem has revealed to be particularly useful to understand the complex water mass structure of the area. Finally the notion of « occasional indicator taxon » is derived.

INTRODUCTION

La connaissance du phytoplancton tropical hauturier de l'Océan Pacifique est encore à un stade embryonnaire. HASLE (1960 a) et BELYAEVA (1968) ont recensé les articles traitant de la composition taxonomique; DOTY et CAPURRO (1961) et BLACKBURN (1966) ont inventorié les stations où des

mesures de productivité et des dosages de pigments ont été faits; l'expression de la quantité de phytoplancton en termes de nombres de cellules, complètement ou partiellement identifiées, et les essais d'interprétation écologiques se limitent, à notre connaissance :

— à la synthèse de WOOD (1964) sur la région sud-ouest du Pacifique central;

- à la contribution décisive de HASLE (1959, 1960 a, b) sur le phytoplancton de trois stations du courant sud-équatorial étudiées par la méthode d'Utermöhl;
- aux travaux soviétiques, exposés par SEMINA (1967), qui proviennent principalement de récoltes au filet;
- aux résultats assez schématiques des collectes, par pompage et filtration sur gaze, de la septième croisière du « Carnegie » (GRAHAM, 1943).

Pour la région des Tuamotu les données quantitatives disponibles dans la littérature sont particulièrement fragmentaires; elles seront considérées plus loin.

La présente étude est fondée sur les résultats de la croisière « BRISANTS » (19 août - 27 septembre 1965) du « Coriolis », navire océanographique du Centre O.R.S.T.O.M. de Nouméa, Nouvelle-Calédonie. Cette croisière a été effectuée sous contrat passé entre l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer et la Direction des Centres d'Expérimentation Nucléaire, comme partie du programme de recherches océanographiques entrepris par cet organisme en Polynésie Française.

Nous exposons les caractéristiques hydrologiques de la région des Tuamotu, telles qu'elles ressortent de nos données, et proposons une interprétation qui intègre nos observations au schéma général de circulation du Pacifique sud; nous décrivons ensuite la distribution géographique et bathymétrique de la biomasse végétale et de certains taxa phytoplanctoniques (richesse en chlorophylle *a* et comptages) et montrons comment cette distribution illustre la structure hydrologique décrite dans la première partie.

En fait, c'est la clarté de certaines distributions très contrastées de taxa phytoplanctoniques, véritables traceurs biologiques, qui nous a incités à approfondir l'analyse de la constitution hydrologique de cette région du Pacifique central; sous une apparente simplicité d'ensemble, elle s'est révélée une zone de rencontre et de mélange complexe d'eaux d'origines diverses.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

La fig. 1 situe la région étudiée et indique la position des stations occupées : 24 stations de phytoplancton et de physico-chimie et 17 stations de physico-chimie seule.

Le programme de prélèvements de phytoplancton comprend, à chaque station, l'échantillonnage d'une

dizaine de profondeurs, de la surface à 250 ou 300 m; l'échantillonneur est une bouteille de 50 l en P.V.C., de marque japonaise Tsurumi, montée en bout de câble; de cet échantillon une vingtaine de litres servent au dosage des pigments, 500 ml sont destinés à l'analyse qualitative et aux comptages.

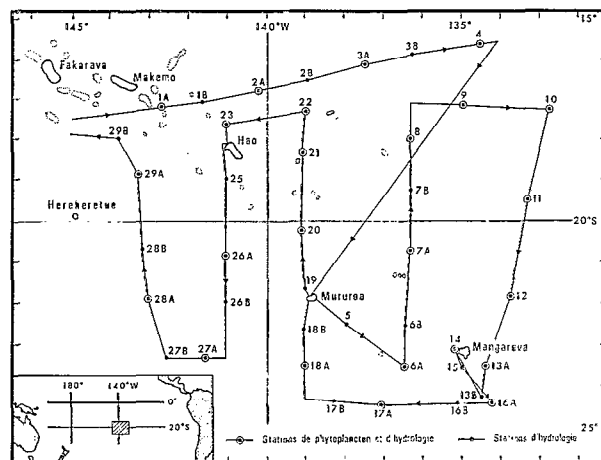


Fig. 1. — Itinéraire et localisation des stations de la croisière « BRISANTS ».

La méthode de détermination des teneurs en pigments est celle de RICHARDS et THOMPSON (1952) adaptée à l'oligotrophie tropicale par la filtration de grands volumes d'eau et l'emploi de cuves spectrophotométriques à long trajet optique et faible capacité. L'ensemble des manipulations a eu lieu à bord. Le processus opératoire suivant a été observé :

- pour chaque profondeur, filtration sous dépression de 0,3 à 0,5 atmosphère de deux échantillons d'une dizaine de litres (pour hâter la filtration) sur deux filtres Millipore HA (porosité 0,45 μ , diamètre 47 mm), après dépôt d'une suspension de carbonate de magnésium;

- extraction des pigments des deux filtres par 7 ml d'acétone à 90 % (solution aqueuse) en tubes plastiques bouchés, à froid et à l'obscurité, pendant une vingtaine d'heures;

- centrifugation des extraits acétoniques à 4 000 pendant une vingtaine de minutes pour éliminer les particules en suspension (restes de cellules, carbonate de magnésium, fraction non dissoute des filtres, seston);

- lecture des extinctions des solutions acétoniques centrifugées en cuves de 10 cm de trajet optique et 5 ml de capacité au spectrophotomètre Beckman mod. D.U.;

- application des formules de résolution de

PARSONS et STRICKLAND (1963) aux extinctions optiques corrigées de la turbidité (STRICKLAND et PARSONS, 1960) et de l'influence des filtres (WAUTHY et LE BOURHIS, 1966).

Les échantillons de 500 ml destinés à l'analyse et à la numération des organismes par la méthode d'Utermöhl ont été traités de la façon suivante :

— fixation du plancton par 5 ml de formol neutralisé à la potasse;

— au laboratoire, sédimentation d'au moins 24 heures dans une éprouvette à pied et siphonage lent de manière à concentrer le phytoplancton dans un culot d'environ 20 ml;

— transfert dans une cuvette d'observation à fond mince de 25 ml; sédimentation d'au moins 6 heures;

— examen et comptage des cellules au microscope inversé, muni d'un oculaire de numération, au grossissement $\times 100$; les dénombrements portent sur les Diatomées, les Dinoflagellés cuirassés (à l'exclusion des plus petites formes), les Silicoflagellés et les Coccolithophoridés discernables sans équivoque au grossissement $\times 100$.

Les paramètres physico-chimiques considérés sont : température, salinité et teneurs en nitrate, phosphate et oxygène; ils proviennent de stations hydrologiques classiques.

RÉSULTATS

Analyse hydrologique des eaux superficielles et subsuperficielles.

HISARD et JARRIGE (1967) ont regroupé dans le Rapport n° 7 du Centre O.R.S.T.O.M. de Nouméa

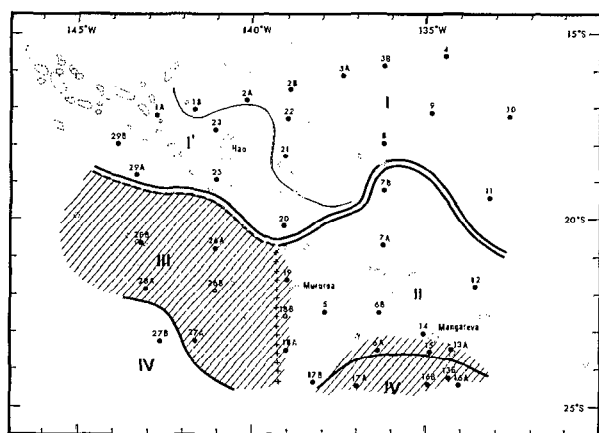


Fig. 2. — Définition géographique des régions distinguées par l'analyse hydrologique.

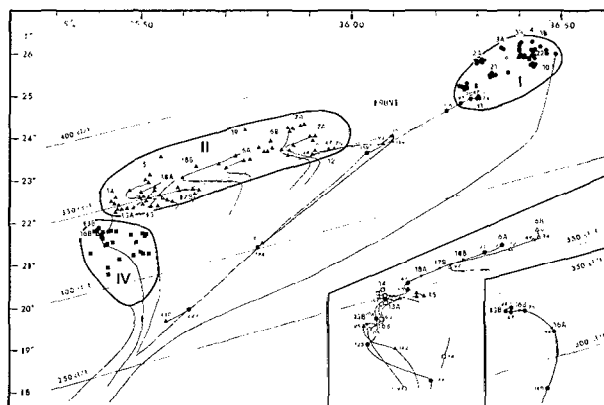


Fig. 3. — Diagramme TS relatif aux régions I, II et IV.

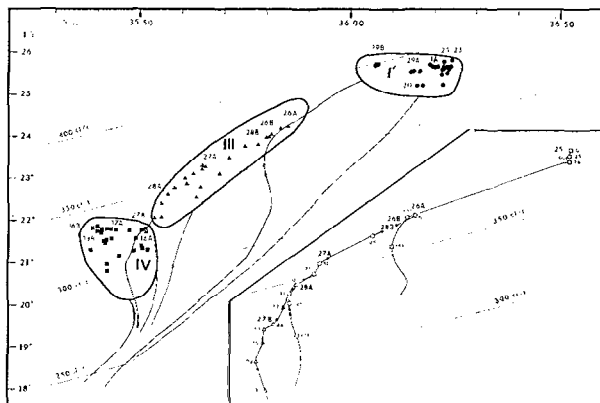


Fig. 4. — Diagramme TS relatif aux régions I', III et IV.

l'ensemble des résultats de physico-chimie de « BRISANTS », sur lesquels est fondée la présente analyse.

La fig. 2 schématise les conclusions de l'analyse hydrologique; elle est placée en tête de l'exposé pour permettre, par les références qui y sont faites, de comprendre son élaboration et de suivre le cours du raisonnement.

Les valeurs de température et de salinité des échantillons prélevés dans les cent premiers mètres ont été portées sur les diagrammes principaux des fig. 3 et 4.

L'opposition entre les stations de la moitié nord de la région couverte (groupe I et I' de la fig. 2 : $S_{\text{‰}} > 36,05$, $T^{\circ}\text{C} > 25$) et les stations les plus sud (groupe IV de la fig. 2 : $S_{\text{‰}} < 35,55$, $T^{\circ}\text{C} < 22$) est bien marquée. Nous nous trouvons en effet en présence de deux masses d'eau bien différenciées : au nord l'« eau de surface subtropicale centrale sud » qui est ici dans la zone de formation du maximum de salinité de tout le Pacifique sud, sous l'influence

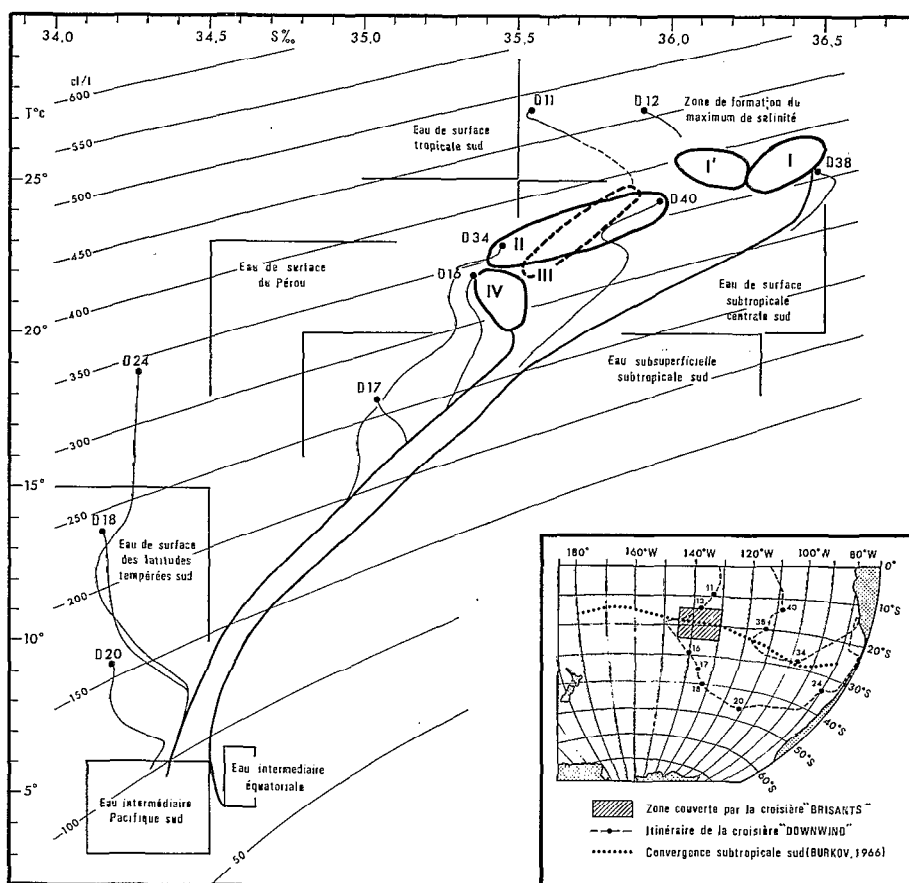


Fig. 5. — Diagramme TS d'ensemble ; en fond, figuration des différentes masses d'eau du Pacifique central sud d'après MURONTSEV (1958).

de conditions météorologiques extrêmes provoquant une très forte évaporation et au sud une eau que l'on peut considérer comme l'extension de l'«eau de surface des latitudes tempérées sud» (fig. 5, où la nomenclature et les caractéristiques limites des masses d'eau sont empruntées à MURONTSEV, 1958).

Parmi les stations au nord de 20° S nous avons distingué (fig. 5) le groupe I dans lequel la couche isotherme et isohaline atteint 140 m d'épaisseur avec des salinités supérieures à 36,25 ‰, du groupe I' où la couche homogène ne dépasse guère 80 m avec des salinités décroissant vers l'ouest par dilution avec l'«eau de surface tropicale sud» vraisemblablement apportée jusqu'ici par le « contre-courant tropical sud »; de plus les stations de ce groupe I' sont caractérisées par l'existence d'un minimum subsuperficiel de salinité dû, comme nous allons le montrer, à la plongée des eaux du sud.

En effet, si nous traçons le diagramme TS horizontal de surface, de la station 25, au nord, à la station 27B, au sud, nous voyons que les diagrammes TS verticaux des stations groupées en III coïncident

avec lui sur une épaisseur plus ou moins grande à partir de la surface (cartouche de la fig. 4); nous sommes donc en situation de convergence, les eaux froides du sud plongeant sous les eaux chaudes plus légères du nord; c'est, suivant la terminologie de BURKOV (1966), la « convergence subtropicale sud », naguère appelée « convergence tropicale »; nous trouvons l'eau de surface de la station 27B à 40 m à la station 28A dont l'eau de surface plonge également et peut être décelée à 90 m à la station 26A, l'eau de surface de cette dernière station se retrouvant à 101 m à la station 25. La variation progressive de l'anomalie thermostérique de l'eau de surface de la région III qui passe de 390 cl/t à la station 25 à 330 cl/t à la station 27B témoigne bien d'un mélange entre les eaux nord et les eaux sud (région III hachurée, fig. 2) avec une frontière plus marquée au niveau de 20° S (ligne continue doublée d'un trait interrompu).

Cette frontière prend une allure de discontinuité dans la partie est de la région étudiée : nous trouvons en effet une différence de 0,39 ‰ et de 1,34°C entre

les salinités et les températures de surface des stations 11 et 12; de même les différences sont de 0,37 ‰ et 0,91°C entre les stations 8 et 7B et de 0,41 ‰ et 1,01°C entre les stations 20 et 19; de plus ces différences interviennent brusquement dans l'espace puisque, par exemple, à 137°45 W-20°15 S, le thermographe de surface a enregistré une chute de 1,2°C (de 24,7°C à 23,5°C) sur un trajet de quelques centaines de mètres, la variation correspondante en salinité, d'après les prélèvements de surface effectués en route, étant de 0,30 ‰ (de 36,10 à 35,80 ‰). Le détail des profils TS des stations 11 et 12 (fig. 3) indique que les eaux de la couche superficielle de ces stations sont totalement distinctes; nous avons un « front » représenté par une double ligne continue sur la fig. 2; il y a un maximum de salinité très marqué à 116 m à la station 12, vers 340 cl/t; ce maximum sur 340 cl/t s'étend d'ailleurs sous toute la région II (entre 100 et 140 m); c'est exactement la même eau que l'on trouve à 139 m à la station 11 et on la retrouve en surface à la station 13A. La région II est, en outre, caractérisée par l'existence, sur 360 cl/t, d'un minimum de salinité qui est l'extension de l'eau de surface de la station 14; toute l'eau superficielle de cette région ayant à peu près la même densité, la circulation doit y être très lente et nous pensons que la couche au-dessus du minimum de salinité est devenue plus chaude et plus salée par suite des conditions climatiques locales.

Nous retrouvons la « convergence subtropicale » au sud de la région II; en effet les profils TS des stations 6A, 15, 13A et 13B, donnés en cartouches à la fig. 3, illustrent bien la plongée des eaux du sud; c'est ainsi que l'eau de surface de la station 16A et celle de la station 16B se retrouvent à la station 13B, respectivement, à 94 m et à 60 m; de même l'eau de surface de la station 13B est décelable à 95 m à la station 15 et celle de la station 16B à 104 m à la station 6A et à 93 m à la station 13A. Cette zone de convergence a été hachurée sur la fig. 2 de la même façon que la zone de convergence définissant la région III; nous l'avons considérée comme une zone de transition entre la région II et la région IV dont les caractéristiques TS se rapprochent de celles des stations 16A et 27B, témoins de l'extension vers le nord de l'eau de surface des latitudes tempérées sud ».

Nous présentons, à la fig. 5, un schéma du diagramme TS d'ensemble de la croisière « BRISANTS », ainsi que les limites de diverses masses d'eau selon MUROMTSEV (1958); nous y avons joint quelques stations (D11, D12, ... D40) de la croisière « DOWN WIND » de l'« Horizon » (Cruise « DOWNWIND », 1965) dont les positions géographiques sont précisées en cartouche, où figure également le tracé de la « convergence subtropicale sud » d'après BURKOV (1966).

Toute la région étudiée est occupée par l'« eau subsuperficielle subtropicale sud » qui est ici très homogène puisque les caractéristiques hydrologiques — 35,50 ‰, 19°C (260 cl/t) — se trouvent aussi bien vers 280 m aux stations nord que vers 180 m aux stations sud. Les eaux de surface, par contre, bien que rassemblées sous la dénomination d'« eau de surface subtropicale centrale sud » sont différentes suivant qu'elles sont situées au sud ou au nord de la convergence.

En effet, dans la circulation générale anticyclonique subtropicale du Pacifique sud l'« eau de surface des latitudes tempérées sud » que l'on rencontre vers 40° S peut atteindre la convergence directement par le sud ou la contourner par l'est puis l'aborder par le nord. Dans le premier cas le périple illustré par la séquence D20, D18, D17, D16 des stations de « DOWNWIND » permet à l'eau du sud de s'échauffer et d'accroître sa salinité jusqu'à des valeurs voisines de celles trouvées dans la région IV. Dans le second cas, l'eau du sud contourne la convergence et s'échauffe en remontant vers le nord le long de la côte américaine, sans que sa salinité n'augmente beaucoup par suite de précipitations abondantes (D20, D24); elle devient alors l'« eau de surface du Pérou » qui, se déplaçant ensuite vers le nord-ouest, pénètre dans un espace climatique à très faible nébulosité où l'évaporation est intense, qui est la zone de formation du maximum de salinité (D40, D38), définissant l'« eau de surface subtropicale centrale sud ».

Aucun schéma détaillé de circulation dans le Pacifique tropical sud-oriental n'étant connu, seules des analogies de propriétés hydrologiques permettent de formuler des hypothèses sur l'origine de telle ou telle masse d'eau. Dans le cas qui nous intéresse, nous sommes amenés à penser que l'eau de faible salinité, trouvée, en particulier, en surface de la station 14 et qui s'est répandue à l'ensemble de la région II, serait de l'« eau de surface du Pérou » qui n'aurait pas suivi le cheminement par le nord (D40, D38), mais qui, après s'être déplacée vers l'ouest suivant un itinéraire plus direct et avoir subi une évolution hydrologique moins importante (D24, D34), serait venue s'introduire entre l'eau chaude du maximum de salinité sans se mélanger à elle (front indiqué sur la fig. 2 par une double ligne continue) et la zone de convergence qu'elle repousserait au sud de Mangareva.

Bien que leurs propriétés hydrologiques les superposent sur le diagramme TS (fig. 5), les régions II et III seraient donc, selon notre interprétation, d'origines différentes. Certaines distributions floristiques viendraient confirmer ce point de vue.

En ce qui concerne les sels nutritifs, la couche euphotique (0-150 m) est très pauvre dans toute la région (moins de 0,20 mg/m³ en phosphate et

moins de $0,1 \text{ mg/m}^3$ en nitrate) à l'exception de la région I où l'on trouve des concentrations de $0,25$ à $0,40 \text{ mg/m}^3$ en phosphate et de $0,1$ à $0,4 \text{ mg/m}^3$ en nitrate, les plus riches étant les stations nord.

L'oxygène dissous est en sursaturation dans toute la couche 0-100 m; les valeurs s'échelonnent de $4,60 \text{ ml/l}$ dans la région I à $5,10 \text{ ml/l}$ dans la région IV.

L'analyse hydrologique fait donc ressortir que la croisière « BRISANTS » a couvert entre 132° et 145° W la zone de la « convergence subtropicale sud » séparant l'eau du maximum de salinité subtropical au nord, de l'eau des latitudes tempérées, au sud, à peu près suivant l'axe des terres émergées. Si la transition entre ces deux masses d'eau est effective et progressive dans la couche subsuperficielle, la couche superficielle reste bien différenciée du nord au sud. De plus, alors que le mélange entre l'eau nord et l'eau sud se fait à l'est de Mururoa dans la couche superficielle sur une zone large de trois à quatre degrés de latitude, à l'est par contre, l'intrusion d'eau du Pérou, séparée de l'eau chaude et salée du nord par un front, repousse au sud la zone de convergence qui est fortement rétrécie. Nous aboutissons ainsi au schéma de la fig. 2 qui distingue les différentes régions ainsi définies.

Nous allons voir dans quelle mesure l'étude qualitative et quantitative du phytoplancton confirme cette interprétation des données hydrologiques.

Phytoplancton.

TENEURS EN CHLOROPHYLLE *a*.

Les dosages de pigments permettent d'évaluer, pour la région étudiée, la quantité moyenne de chlorophylle *a*, répartie de la surface à 300 m, à $21,5 \text{ mg/m}^2$. L'essentiel des résultats relatifs à la distribution des teneurs, exprimées en mg/m^3 apparaît sur la fig. 6 qui représente une succession de coupes verticales est-ouest. A toutes les stations la richesse maximale est observée en profondeur : à 150 m dans la majorité des cas, parfois à 125 m (stations 10, 17A, 28A) ou à 175 m (stations 7A, 16A, 26A). Cette figure, ainsi que le tableau 1 où sont portées les teneurs moyennes par m^2 par couche de 100 m d'épaisseur, traduit une première opposition entre les régions nord et sud : au nord, dans la couche superficielle (0 à 100 m), la teneur moyenne en chlorophylle *a* s'élève à $7,4 \text{ mg/m}^2$ alors qu'au sud cette teneur n'atteint que $4,0 \text{ mg/m}^2$, ces deux moyennes présentant une différence hautement significative. Dans la couche d'accumulation (100 à 200 m) les teneurs sont à peu près constantes sur l'ensemble de la région (13 mg/m^2). Les résultats détaillés relatifs au phytoplancton de la croisière

« BRISANTS » sont consignés dans le rapport n° 8 du Centre O.R.S.T.O.M. de Nouméa (LE BOURHIS *et al.*, 1967).

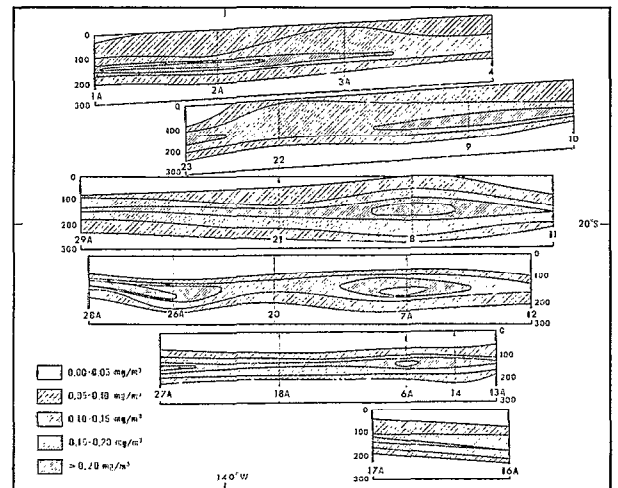


Fig. 6. — Répartition verticale des teneurs en chlorophylle *a* de 0 à 300 m.

Ces résultats corroborent les données acquises antérieurement dans le quadrilatère considéré :

— 6 échantillons de surface recueillis du 2 au 7 mars 1957 le long du parallèle 18° S lors de la croisière 38 du « Hugh M. Smith » : les teneurs oscillent entre $0,05$ et $0,14 \text{ mg/m}^3$ (DOTY et CAPURRO, 1961), confirmant les valeurs relativement élevées trouvées en surface dans le nord;

TABLEAU I

Teneurs moyennes en chlorophylle *a*, en mg/m^2 , par couche de 100 m d'épaisseur (en se référant à la fig. 2, stations nord: les 2 coupes nord, stations médianes: les 2 coupes médianes, stations sud: les 2 coupes sud)

Couche	Stations nord	Stations médianes	Stations sud
0-100 m	7,4 (32 %)	4,6 (21 %)	4,0 (21 %)
100-200 m	13,0 (56 %)	13,7 (61 %)	12,3 (67 %)
200-300 m	2,8 (12 %)	4,1 (18 %)	2,2 (12 %)
(Total)	23,2	22,4	18,5

— 18 prélèvements de surface effectués du 29 octobre au 1^{er} novembre 1963 au cours de la croisière du « Shoyo Maru » le long d'une route suivant approximativement l'alignement de nos

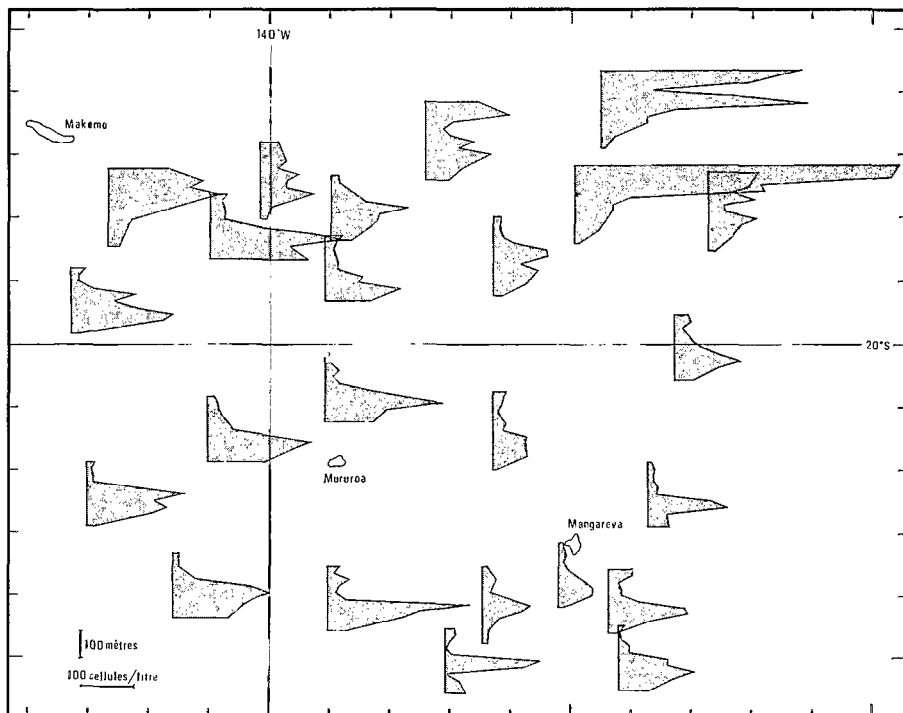


Fig. 7. — Répartition géographique et bathymétrique de *Nitzschia « delicatissima »*.

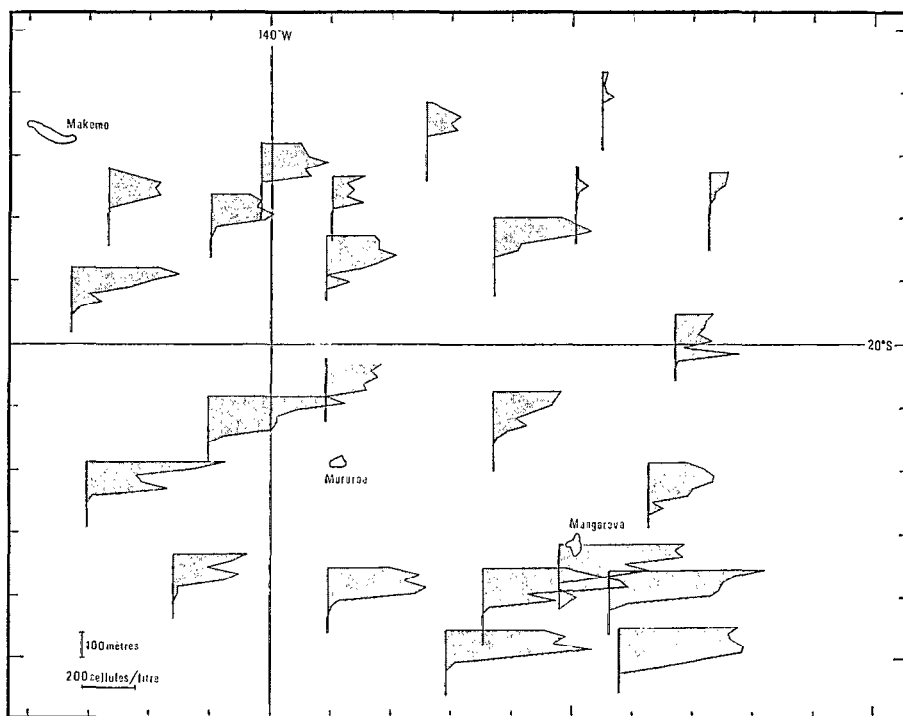


Fig. 8. — Répartition géographique et bathymétrique de *Discosphaera tubifera*.

stations 28A, 27A, 13A et 17A : les teneurs sont toutes égales ou inférieures à 0,03 mg/m³ (FORSBERGH et BROENKOW, 1965), manifestant la plus grande pauvreté de surface au sud.

En outre, l'examen des résultats de la croisière « ATOLL » du « Coriolis » (LE BOURHIS *et al.*, 1967) effectuée du 21 décembre 1964 au 26 janvier 1965 sur un itinéraire couvrant la même région que « BRISANTS », conduit à des conclusions du même ordre :

- teneur moyenne de la couche 0-300 m : 20,6 mg/m²;
- maximum de densité observé entre 100 et 200 m;
- couche superficielle plus pauvre au sud qu'au nord.

Mentionnons que le caractère homogène, assez remarquable, quoique fragmentaire, de toutes ces valeurs obtenues à des époques diverses de l'année, sans les infirmer définitivement, ne laisse que peu de place à d'hypothétiques variations saisonnières.

Les évaluations de teneurs en chlorophylle *a* présentées ici sont celles d'un milieu tropical oligotrophe classique; la répartition des densités révèle seulement une certaine distinction entre le nord et le sud : nous avons déjà néanmoins noté que cette opposition constituait le caractère dominant de l'hydrologie des cent premiers mètres. L'étude de la distribution de quelques espèces ou groupes d'espèces phytoplanctoniques va nuancer la simplicité de cette observation.

DISTRIBUTION DES ORGANISMES.

Les données accessibles dans la littérature concernant la richesse en organismes phytoplanctoniques de la région des Tuamotu sont celles du « Vityaz » et du « Carnegie » résumées par SEMINA (1967, fig. 6) : les valeurs obtenues, provenant de récoltes au filet ou de filtrations sur gaze, sont extrêmement basses; l'interprétation de la figure de SEMINA permet cependant de reconnaître au nord une densité légèrement supérieure qui serait, à cette longitude au moins, la limite de l'extension, sans solution de continuité, de la riche ceinture équatoriale vers des latitudes tropicales.

Les résultats bruts de nos comptages de cellules phytoplanctoniques figurent sous forme de tableaux dans le rapport de croisière de LE BOURHIS *et al.* (1967). Les organismes qui y sont recensés ne rendent compte que pour une faible part (de l'ordre de 10 %) de la chlorophylle *a* mesurée par la méthode spectrophotométrique; cela conduit à présumer que la biomasse de l'ultraplancton et des flagellés nus, rebelles à la fixation et au dénombrement, constitue une fraction importante de la biomasse végétale

totale (WAUTHY *et al.*, 1967). Les comptages concernent donc les Diatomées, les Dinoflagellés cuirassés à l'exclusion des plus petites espèces des genres *Goniaulax* et *Oxytoxum*, les Silicoflagellés et les plus gros Coccolithophoridés reconnaissables au faible grossissement, parmi lesquels les plus abondants sont *Discosphaera tubifera* et une forme identifiée à *Umbilicosphaera mirabilis*.

Certains taxa ne présentent aucun caractère évident de distribution. Ce sont essentiellement les Diatomées centriques sauf *Planktoniella sol*, les Péridiniens et les Coccolithophoridés des tribus *Halopappineae* et *Calciosolenieae* (selon la classification provisoire de BRAARUD et GAARDER, 1961). Ces trois types d'organismes constituent une toile de fond pratiquement invariante, commune à tous les échantillons; composants caractéristiques du phytoplancton pélagique tropical ils sont quantitativement secondaires dans la région des Tuamotu où leur densité reste toujours de l'ordre de 20 à 40 cel./l (cellules par litre) pour chacun des trois groupes. Les genres les plus fréquents, aux nombreuses espèces représentées par très peu d'individus, sont : *Chaetoceros*, *Bacteriastrum*, *Rhizosolenia*, *Hemiaulus*, pour les Diatomées, *Ceralium*, *Podolampas*, *Oxytoxum*, pour les Dinoflagellés.

Certains autres taxa ont au contraire des répartitions géographiques très typées. Les topographies de distribution que nous présentons (fig. 7 à 14) nous paraissent suffisamment éloquentes pour dispenser de longs commentaires.

Nous avons représenté les quatre espèces ou groupes d'espèces les plus fréquents par des profils d'abondance (fig. 7 à 10).

On pourrait rattacher à la catégorie des organismes sans répartition particulière la Diatomée *Nitzschia « delicatissima »* — l'épithète « *delicatissima* » n'a plus valeur spécifique (HASLE, 1965), nous continuons cependant à l'employer entre guillemets, n'ayant pas distingué les espèces qui composent cette sorte de sous-genre — :

N. « delicatissima » (fig. 7), dont l'abondance en milieu pélagique intertropical avait déjà été mise en évidence par HASLE (1959, 1960 a), se présente dans toute la région comme un élément constant du phytoplancton, avec une distribution presque homogène et une densité maximale en profondeur (150-200 m); en deux stations du N.-E., pourtant, les valeurs trouvées sont nettement plus élevées et observées en surface (620 cel./l à la station 3). Au maximum de *N. « delicatissima »* se superpose un minimum très marqué de *Discosphaera tubifera* (fig. 8) qui caractérise aussi les stations de la région I.

Les régions I et I' correspondent à la zone d'extension d'*Umbilicosphaera mirabilis* dans tout le nord (fig. 9); ce Coccolithophoridé qui est l'organisme

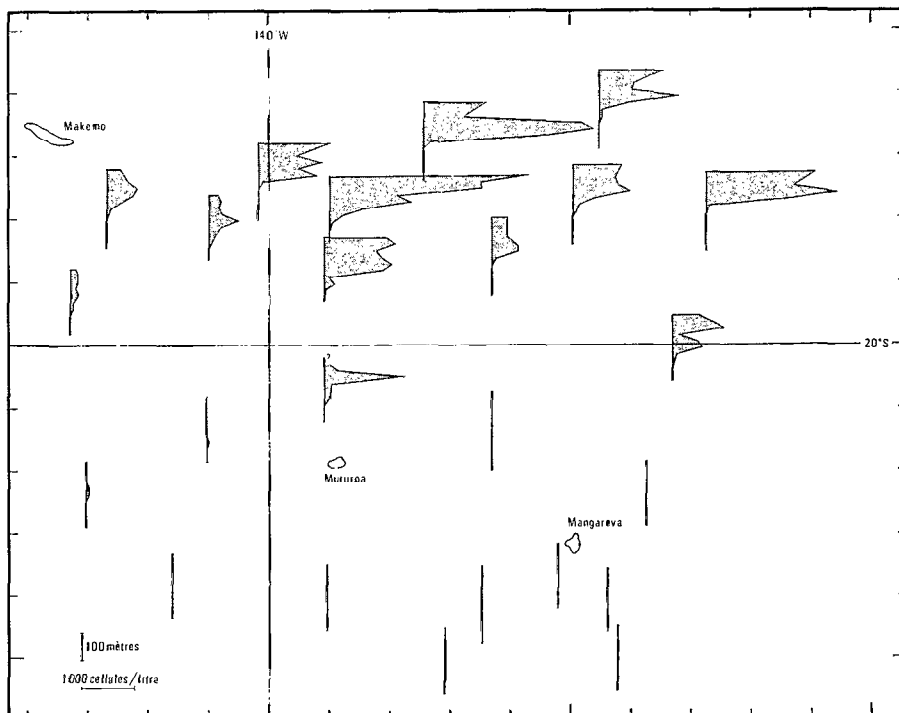


Fig. 9. — Répartition géographique et bathymétrique d'*Umbilicosphaera mirabilis*.

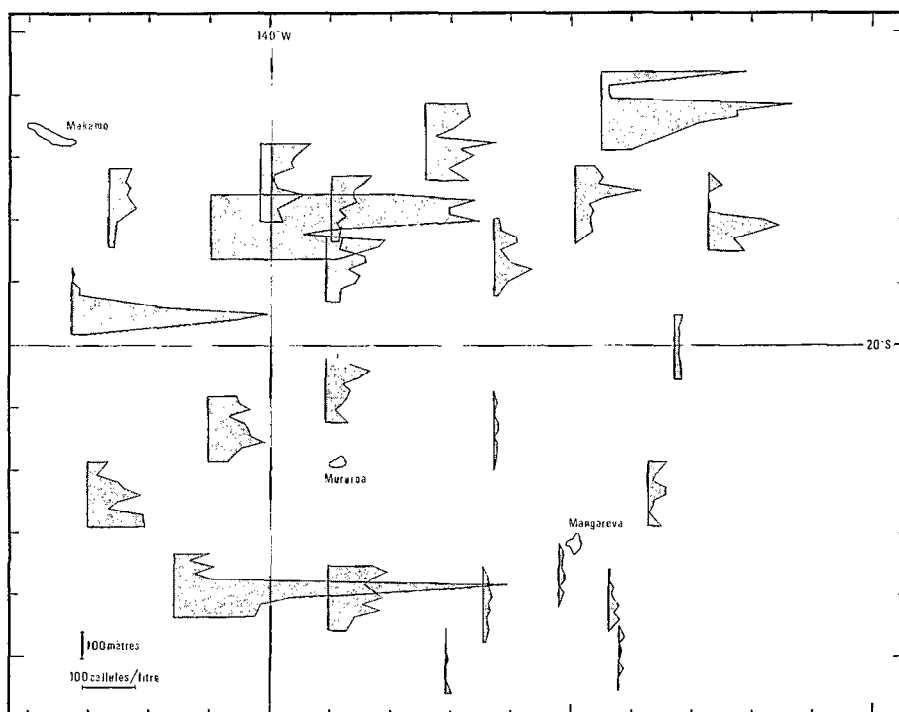


Fig. 10. — Répartition géographique et bathymétrique de *Synedra* sp.

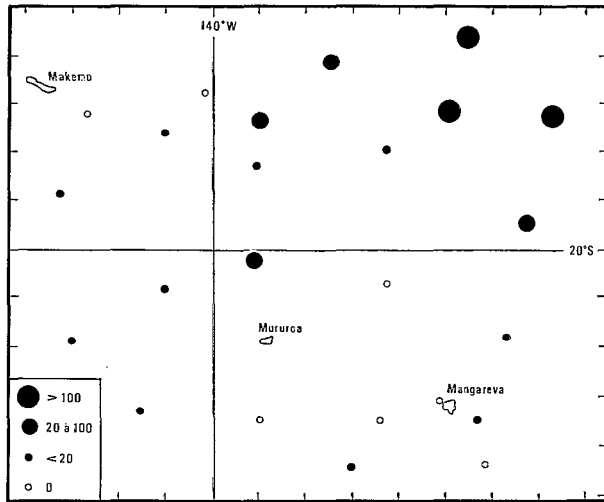


Fig. 11. — Répartition géographique de *Thalassiothrix mediterranea* var. *pacifica*.

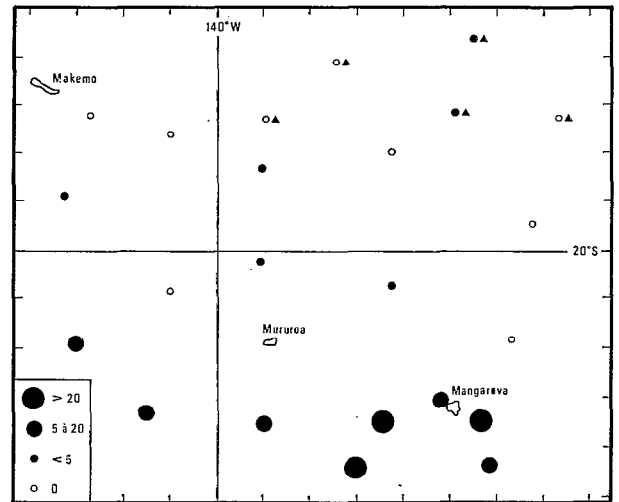


Fig. 13. — Répartition géographique des Silicoflagellés et occurrence de *Pseudoeunotia doliolus* indiquée par le symbole triangulaire.

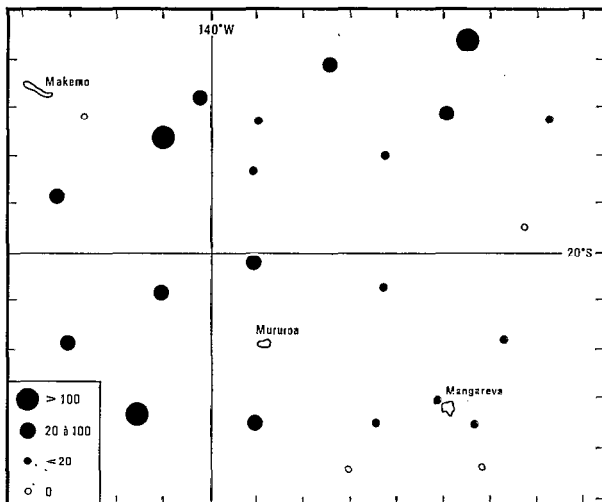


Fig. 12. — Répartition géographique de *Licmophora* sp.

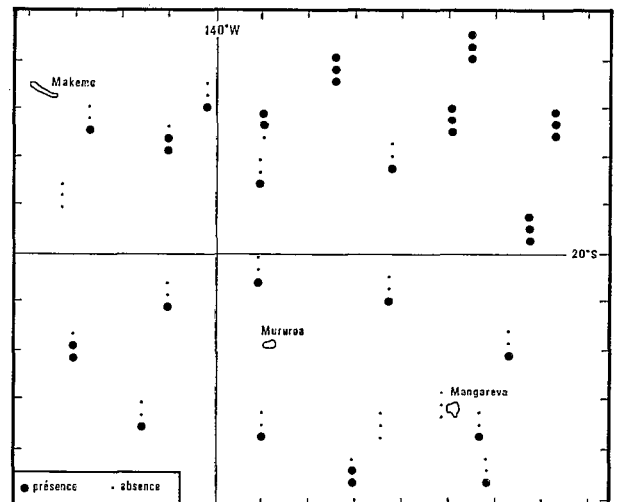


Fig. 14. — Distribution bathymétrique et géographique de *Planktoniella sol* (à chaque station est indiquée la présence ou l'absence de l'espèce, de 0 à 50 m : symbole supérieur, de 75 à 125 m : symbole médian, à partir de 150 m : symbole inférieur).

présentant les plus fortes densités (atteignant près de 4 000 cel./l en surface à la station 22) marque clairement le front séparant les régions I et II. Une espèce de *Synedra* non déterminée (fig. 10) semble aussi affectée par le front à l'est, alors que dans l'ouest elle s'étend, à partir de la région I', sur toute la zone de convergence (région III), faisant ainsi ressortir le caractère particulier de la région II.

Les fig. 11, 12, 13 présentent de façon moins détaillée d'autres distributions tout aussi caractéristiques; les valeurs mentionnées concernent l'ensemble des échantillons prélevés à la station considérée.

Thalassiothrix mediterranea var. *pacifica* (fig. 11) n'est abondante qu'au N.-E. La distribution de *Licmophora* sp. (fig. 12) s'apparente à celle de *Synedra* sp. et se définit par une extension sur les zones I, I' et la zone III de transition entre I' et IV et par une absence presque totale dans la zone II et dans le S.-E. Les Silicoflagellés (genre *Diclyocha*) sont confinés à l'extrême sud, caractérisant la zone IV soumise à l'influence de l'eau de surface des latitudes tempérées sud » (fig. 13, sur laquelle apparaît

aussi les stations d'occurrence de *Pseudoeunolia doliolus* toutes réunies dans la région I).

Selon SEMINA (1960) la présence de *Planktoniella sol* est subordonnée à une teneur minimale en phosphate, valeur limite que cet auteur situe vers 0,25 matg/m³. Nous avons recherché la présence ou l'absence de cette Diatomée dans les couches 0-50 m, 75-125 m et au-delà de 150 m (fig. 14). En profondeur, où les concentrations en phosphate commencent à croître, *P. sol* est partout présente (sauf exceptionnellement à la station 6A et 23A); dans les couches superficielles, au contraire, on ne la trouve que dans la région I, exactement là où nous avons noté une plus forte teneur en sels nutritifs. Ces remarques confirment donc l'observation de SEMINA ainsi que l'ordre de grandeur du seuil de phosphate nécessaire à l'existence de *P. sol* trouvé par cet auteur.

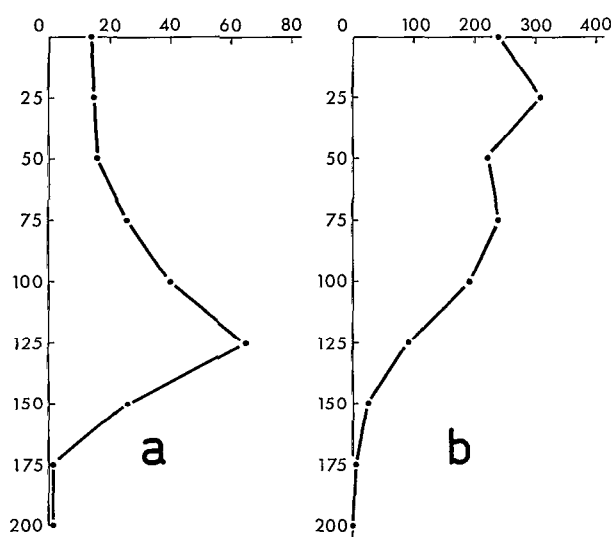


Fig. 15. — Profil des moyennes, pour toutes les stations de «BRISANTS», des dénombrements (nombre de cel./l) à chaque profondeur, de deux espèces de *Coccolithophoridés* ayant même distribution géographique : a. *Rhabdosphaera styliifera*, b. *Discosphaera tubifera*.

Cette particularité de distribution de *P. sol* nous a conduits à considérer la répartition verticale de quelques espèces. En fait les distributions sont surtout, comme nous l'avons montré, sous la dépendance des différentes conditions hydrologiques, soit que celles-ci délimitent des aires de présence ou d'absence pour des espèces manifestant apparemment des exigences de profondeur rigoureuse, dont un exemple typique est *U. mirabilis* (fig. 9) qui ne se rencontre presque plus au-delà de 125 m et est confiné dans la moitié nord du quadrilatère étudié, soit que, pour des espèces ubiquistes, elles imposent

des répartitions bathymétriques variées; c'est le cas de *N. «delicalissima»* (fig. 7) que l'on rencontre abondamment en surface dans le N.-E. et qui marque ailleurs une claire préférence pour la couche 100-200 m. Par contre pour des espèces qui présentent des distributions géographiques superposables le facteur hydrologie se trouve éliminé; tel est le cas, par exemple, de *D. tubifera* et d'un autre *Coccolithophoridé* de la même famille, *Rhabdosphaera styliifera*; nous avons déjà observé que *D. tubifera* était une espèce des couches superficielles pratiquement absente en dessous de 125 m; c'est précisément à cette profondeur que se situe le maximum d'occurrence en *R. styliifera* (fig. 15). Cette remarque est à rapprocher d'une observation tout à fait similaire de LOHMANN (1913).

DISCUSSION ET CONCLUSION.

L'aire couverte par «BRISANTS», pour modeste qu'elle soit au regard de l'étendue du Pacifique sud (cf. cartouche de la fig. 1), s'est révélée hydrologiquement complexe. Les deux traits dominant la structure superficielle, qui découlent d'observations antérieures, notamment des résultats de la croisière «ATOLL» du «Coriolis» (ROTSCH *et al.*, 1967), furent confirmés par «BRISANTS», à savoir : l'existence vers 20° S de la convergence subtropicale sud et la présence, immédiatement au nord de cette latitude, de la zone de formation du maximum de salinité de tout le Pacifique sud; il en résulte une opposition relativement claire, suivant la latitude, entre une masse d'eau chaude et salée au nord et une masse plus froide et de moindre salure au sud, séparées par une zone de mélange à cheval sur 20° S.

Cependant certains caractères de la distribution du phytoplancton lors de la croisière «BRISANTS», en septembre 1965, bien qu'ils confirmassent dans leur ensemble cette disposition des masses d'eau, présentaient dans le détail assez d'incompatibilités pour nous pousser à une révision de l'analyse hydrologique qui a conduit à la présente étude, où nous avons montré qu'un phénomène nouveau, peut-être accidentel, l'intrusion de l'«eau de surface du Pérou», venait compliquer la situation. Les particularités de distribution du phytoplancton qui coïncidaient mal avec l'analyse hydrologique initiale sont notamment : l'opposition est-ouest manifestée par les répartitions de *Synedra* sp. (fig. 10) et de *Licmophora* sp. (fig. 12), la relégation des Silicoflagellés dans l'extrême sud de la région étudiée (fig. 13) et le strict confinement de *Pseudoeunolia doliolus* au nord-est (fig. 13).

Sans prétendre faire œuvre d'écologie, incapables que nous sommes d'appréhender les facteurs qui déterminent la composition phytoplanctonique d'une masse d'eau donnée, nous avons cependant établi

TABLEAU 2

Caractéristiques hydrologiques et phytoplanctoniques des différentes régions

Régions	Caractéristiques hydrologiques (0-100 m)	Caractéristiques phytoplanctoniques
I	T°C > 25,0 ; S‰ > 36,25 Eau de surface subtropicale centrale sud ; zone de formation du maximum de salinité du Pacifique sud.	Couche superficielle assez pigmentée ; <i>Nitzschia</i> « <i>delicatissima</i> » en surface ; <i>Discosphaera tubifera</i> presque absente ; <i>Umbilicosphaera mirabilis</i> ; <i>Synedra</i> sp. ; <i>Thalassiothrix mediterranea</i> var. <i>pacifica</i> ; <i>Licmophora</i> sp. ; <i>Pseudoeunotia doliolus</i> ; <i>Planktoniella sol</i> en surface.
I'	T°C > 25,0 ; 36,05 < S‰ < 36,25 Influence de l'eau de surface tropicale sud.	Couche superficielle assez pigmentée ; <i>Umbilicosphaera mirabilis</i> ; <i>Synedra</i> sp. ; <i>Licmophora</i> sp.
II	22,3 < T°C < 24,4 ; 35,40 < S‰ < 36,00 Intrusion de l'eau de surface du Pérou.	Couche superficielle peu pigmentée.
III	22,0 < T°C < 24,3 ; 35,50 < S‰ < 35,85 Mélange de I' et IV ; convergence subtropicale sud.	Couche superficielle peu pigmentée ; <i>Synedra</i> sp. ; <i>Licmophora</i> sp.
IV	20,7 < T°C < 21,9 ; 35,35 < S‰ < 35,50 Influence de l'eau de surface des latitudes tempérées sud.	Couche superficielle peu pigmentée ; maximum de <i>Discosphaera tubifera</i> ; Silicoflagellés.

que certains taxa étaient caractéristiques de certaines masses d'eau (tabl. 2) et que l'on pouvait rendre compte de leurs distributions, et de leurs limites, souvent fortement marquées, par des processus purement hydrodynamiques (mélange, juxtaposition, superposition de masses d'eau). La région II elle-même, qui est hydrologiquement si particulière, mais pour laquelle nous ne sommes pas parvenus à mettre en évidence de taxon caractéristique, peut pourtant encore se définir floristiquement par les frontières des autres distributions.

Nous avons montré dans cet article une certaine forme de passivité du phytoplancton et d'inféoda-

tion de quelques organismes à des masses d'eau connues. Rien ne nous permet de supposer que cette inféodation soit stricte et permanente, elle n'est peut-être que lâche et passagère; elle nous a cependant été bien utile pour guider l'analyse hydrologique. Cette remarque pourrait être généralisée et justifierait la recherche plus systématique — outre des indicateurs pérennes et spécifiques qui sont rarissimes — de « témoins biologiques occasionnels » qui viendraient, par la netteté d'une éphémère distribution, étayer l'analyse des masses d'eau et l'étude de leurs déplacements.

REMERCIEMENTS. Les prélèvements, manipulations et mesures à la mer ont été faits par MM. P. HISARD, F. JARRIGE et A. MICHEL ; nous tenons à leur exprimer notre reconnaissance. Nous voudrions enfin remplir un devoir de fidélité en évoquant le souvenir de notre camarade J. LE BOURHIS, aujourd'hui disparu, avec qui nous avons conçu l'idée de cet article.

Manuscrit reçu au S.C.D. le 20 juin 1972.

BIBLIOGRAPHIE

- BELYAEVA (T. V.), 1968. — Diatom flora of the equatorial Pacific (along 140° W) : 103-124, 5 pl., in: *Plankton of the Pacific Ocean*, Mem. Vol. to Prof. P. I. Usachev. Nauka, Moscow, 160 p. (Russ., engl. sum.).
- BLACKBURN (M.), 1966. — Biological oceanography of the eastern tropical Pacific : summary of existing information. *U.S. Fish Wild. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish.*, 540 : 1-18.
- BRAARUD (T.), GAARDER (K. R.), 1961. — Morphology and taxonomy in *Coccolithophorids* : 229-234, in: *Recent Advances in Botany*. Univ. Toronto Press, Toronto, 1766 p.
- BURKOV (V. A.), 1966. — Structure and nomenclature of Pacific Ocean currents. *Oceanology*, 6 : 1-11.
- Cruise « DOWNWIND », 1965. — Pp. 331-373, in: *Oceanic Observations of the Pacific, 1957*. Univ. California Press, Berkeley and Los Angeles, 707 p.
- DOTY (M. S.), CAPURRO (L. R. A.), 1961. — Productivity measurements in the world ocean. *IGY Oceanography Report*, 4, VIII+625 p.
- FORSBERGH (E. D.), BROENKOW (W. W.), 1965. — Oceanographic observations from the eastern Pacific Ocean collected by the R. V. Shoyo Maru, October 1963-March 1964. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 10 : 83-237.
- GRAHAM (H. W.), 1943. — The Phytoplankton. Pp. 1-13, in: *Scientific Results of Cruise VII of the Carnegie, Biology-IV*. Carnegie Inst. of Wash. Publ. 555. Carnegie Inst., Washington, 92 p.
- HASLE (G. R.), 1959. — A quantitative study of phytoplankton from the equatorial Pacific. *Deep-Sea Res.*, 6 : 38-59.
- HASLE (G. R.), 1960 a. — Phytoplankton and ciliate species from tropical Pacific. *Skr. Norske Vidensk.-Akad. I. Mat.-Nat. Kl.*, 2 : 1-50, 8 pl.
- HASLE (G. R.), 1960 b. — Plankton Coccolithophorids from subantarctic and equatorial Pacific. *Nytt Mag. Bot.*, 8 : 77-88, 3 pl.
- HASLE (G. R.), 1965. — *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscopes. II. The group *Pseudonitzschia*. *Skr. Norske Vidensk.-Akad. I. Mat.-Nat. Kl.*, N. S. 18 : 1-45, 17 pl.
- HISARD (P.), JARRIGE (F.), 1967. — Résultats des observations physico-chimiques de la croisière « BRISANTS » du N. O. « Coriolis ». Rap. 7, O.R.S.T.O.M., Nouméa, 38 p. multigr.
- LE BOURHIS (J.), WAUTHY (B.), DESROSIÈRES (R.), MICHEL (A.), 1967. — Résultats de production primaire des croisières « ATOLL » et « BRISANTS » du N. O. « Coriolis ». Rap. 8, O.R.S.T.O.M., Nouméa, 32 p. multigr.
- LOHMANN (H.), 1913. — Über Coccolithophoriden. *Verh. Deutsch. Zool. Ges.*, 23 : 143-164.
- MUROMTSEV (A. M.), 1958. — The principal hydrological features of the Pacific Ocean. GIMIZ, Leningrad. (Russ., angl. transl. I.P.S.T. Cat. No. 753, Jérusalem, 1963, 417 p.).
- PARSONS (T. R.), STRICKLAND (J. D. H.), 1963. — Discussion of spectrophotometric determination of marine plant pigments, with revised equations for ascertaining chlorophyll and carotenoids. *J. Mar. Res.*, 21 : 155-163.
- RICHARDS (F. A.) with THOMPSON (T. G.), 1952. — The estimation and characterization of plankton populations by pigment analysis. II. A spectrophotometric method for the estimation of plankton pigments. *J. Mar. Res.*, 11 : 156-172.
- ROTSCHI (H.), HISARD (P.), LEMASSON (L.), NOEL (J.), PITON (B.), 1967. — Résultats des observations physico-chimiques de la croisière « ATOLL » du N.O. « Coriolis ». Rap. 4, O.R.S.T.O.M., Nouméa, 33 p. multigr.
- SEMINA (G. I.), 1960. — Phytoplankton distribution in the central Pacific Ocean. *Tr. Inst. Okeanol.*, 41 : 17-30. (Russ.).
- SEMINA (G. I.), 1967. — Phytoplankton. Pp. 27-85, in: *The Pacific Ocean*, vol. 7, No. 1. Nauka, Moscow, 268 p. (Russ., engl. transl. U. S. Naval Oceanographic Office, Washington).
- STRICKLAND (J. D. H.), PARSONS (T. R.), 1960. — A manual of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, 125 : 1-185.
- WAUTHY (B.), LE BOURHIS (J.), 1966. — Considérations sur l'étude des pigments du phytoplancton marin en zone tropicale oligotrophe. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.* 4 : 3-19.
- WAUTHY (B.), DESROSIÈRES (R.), LE BOURHIS (J.), 1967. — Importance présumée de l'ultraplancton marin dans les eaux tropicales oligotrophes du Pacifique central sud. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, 5 : 109-116.
- WOOD (E. J. F.), 1964. — Studies in microbial ecology of the Australasian Region. *Nova Hedwigia*, 8 : 5-54, 453-568, 39 pl.