

IMPORTANCE PRÉSUMÉE DE L'ULTRAPLANCTON DANS LES EAUX TROPICALES OLIGOTROPHES DU PACIFIQUE CENTRAL SUD

par B. WAUTHY*, R. DESROSIÈRES*, et J. LE BOURHIS*

RÉSUMÉ

1. Deux croisières ont été effectuées par le N.O. « Coriolis », du Centre O.R.S.T.O.M. de Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

Croisière « Atoll » : 21-12-64 26-1-65 (20 stations)

Croisière « Brisants » : 21-8-65 25-9-65 (24 stations)

toutes deux dans la région 15°-25°S, 130°-145°W.

2. Le tableau I donne les valeurs moyennes des données sur le phytoplancton de toutes les stations de « Brisants » ; la chlorophylle a était mesurée par la méthode de Richards-Thompson, les équations étant révisées par Parsons-Strickland, et les nombres de cellules par la méthode d'Utermöhl. A partir des données du tableau III, qui relate le contenu de la chlorophylle a de différentes espèces de plancton, trois facteurs de conversion ont été choisis, soit :

Bacillariophyceae.....	$2,0 \times 10^{-8}$ mg Chl a/Cellule
Dinophyceae.....	$3,0 \times 10^{-9}$ mg Chl a/Cellule
Chrysophyceae.....	$4,0 \times 10^{-9}$ mg Chl a/Cellule

Avec ces facteurs, le nombre de cellules (Utermöhl) a été utilisé pour calculer la « chlorophylle a estimée », puis le « rapport chlorophylle a estimée » à « chlorophylle a mesurée » en pourcentage.

Les figures 1 et 2 illustrent ces résultats : les calculs au microscope inversé (utilisé par nous) représentent seulement une petite fraction (3 à 15 %) de chlorophylle a mesurée.

3. Le tableau II et la figure 3 donnent les valeurs moyennes des données de phytoplancton de toutes les stations « Atoll » : chlorophylle a par la même méthode spectrophotométrique modifiée et les

* Océanographes biologistes. Centre O.R.S.T.O.M. de Nouméa (Nouvelle-Calédonie).

nombres de « chloroplastes » par la méthode de fluorescence de Wood (1962). Étant entendu que chaque « point fluorescent » est un chloroplaste provenant d'une seule petite cellule, son contenu de chlorophylle est $0,93 - 2,87 \times 10^{-10}$ mg, ce qui, selon le tableau III, est raisonnable pour un ultraplankton.

4. La figure 4 montre que, d'après la supposition ci-dessus, le contenu de chlorophylle a en ultraplankton pourrait être $1,3 \times 10^{-10}$ mg de 0 à 100 m, contre $2,3 \times 10^{-10}$ mg de 150 à 250 m : on a tenté de relier cette différence en une déficience possible de nitrogène dans le nitrate déplacé de la couche superficielle, suivie d'une restauration de l'état physiologique des cellules dans la couche profonde plus riche.

5. Les données hydrologiques et chimiques n'ont pas montré de grandes différences entre les deux croisières. Néanmoins, étant entendu que les résultats de chaque croisière sont valables entre eux, on peut conclure que, dans la surface étudiée, l'ultraplankton tient une place importante dans la production primaire, soit 85 à 95 % de la biomasse de chlorophylle a du phytoplankton.

ABSTRACT

1. One deals here with two cruises by N. O. « Coriolis » of the Centre O.R.S.T.O.M. Noumea, New Caledonia :

« Atoll » cruise : 21-12-64 26-1-65 (20 stations)

« Brisants » cruise : 21-8-65 25-9-65 (24 stations)

both in the area 15° - 25° S, 130° - 145° W.

2. In table I are the average values of the phytoplankton data of all the stations of « Brisants » ; chlorophyll a was measured by the Richards-Thompson method, with the revised equations by Parsons-Strickland, and the numbers of cells by the Utermöhl method. From the data in table III which contains the chlorophyll a content of different species of phytoplankton, three conversion factors have been chosen, namely :

Bacillariophyceae..... $2,0 \times 10^{-8}$ mg Chl a/Cell

Dinophyceae..... $3,0 \times 10^{-9}$ mg Chl a/Cell

Chrysophyceae..... $4,0 \times 10^{-9}$ mg Chl a/Cell

With these factors, the cell number (Utermöhl) was used to calculate the « expected Chl a » and then the ratio « expected Chl a » to « measured Chl a » in percent.

Figures 1 and 2 illustrate these results : counts by the inverted microscope (as performed by us) represent only a small fraction (3 to 15 %) of the measured chlorophyll a.

3. In table II and figure 3 are the average values of phytoplankton data of all the stations of « Atoll » : chlorophyll a by the same modified spectrophotometric method and « chloroplasts » numbers by the fluorescence method of Wood (1962). Assuming that each « fluorescent point » is a chloroplast from one single small cell, its chlorophyll content is $0,93 - 2,87 \times 10^{-10}$ mg, which, according to table III is reasonable for an ultraplankton.

4. Figure 4 shows that, with the above assumption, the chlorophyll a content of ultraplankton would have been $1,3 \times 10^{-10}$ mg from 0 to 100 m, against $2,3 \times 10^{-10}$ mg from 150 to 250 m : this difference is tentatively related to a possible nitrogen deficiency in the nitrate depleted upper layer, followed by a restoration of the physiological state of the cells in the richer underlying layer.

5. Hydrological and chemical data have shown no great difference between the two cruises. Therefore, assuming that the results from each cruise hold for the other, it is concluded that, in the area studied, ultraplankton plays an important part in primary production, being 85 to 95 % of the chlorophyll a biomass of phytoplankton.

INTRODUCTION

Une étude quantitative de la distribution en eaux oligotrophes tropicales du phytoplancton a été effectuée au cours de deux croisières du *N. O. Coriolis*, navire de recherche du Centre O.R.S.T.O.M. de Nouméa. Ces deux croisières ont couvert une zone du Pacifique tropical sud limitée par les méridiens 130°-145°W et les parallèles 15°-25°S. La première croisière, « *Atoll* », s'est déroulée du 21-12-64 au 26-1-65 et comportait 20 stations ; la seconde, appelée « *Brisants* », de 24 stations, s'est déroulée du 21-8-65 au 25-9-65.

Différentes méthodes d'étude ont été utilisées :

— Une méthode spectrophotocolorimétrique de détermination des pigments ; c'est la méthode de RICHARDS et THOMPSON (1952) adaptée à l'extrême oligotrophie des eaux tropicales par l'augmentation du volume d'eau de mer filtré (15 à 20 litres) et l'emploi de cuves de 10 cm de trajet optique ; les formules révisées de PARSONS et STRICKLAND (1963) ont été employées.

— Deux méthodes microscopiques de numération :

La première tire parti de la fluorescence de la chlorophylle *a* sous l'action des radiations bleu-violet (WOOD, 1962) et permet de compter, dans un échantillon frais, concentré par filtration sur Millipore HA, le nombre de « chloroplastes » présents.

La seconde repose sur l'utilisation du microscope inversé d'UTERMÖHL qui permet d'observer et de compter dans un échantillon fixé les organismes concentrés par sédimentation.

Ces trois méthodes, si différentes par leurs avantages et leurs inconvénients, ont en commun le but de réussir à donner une mesure relative de la biomasse. Il nous a paru intéressant de voir ce qu'il en est ; en l'absence de mesure directe de cette biomasse (poids ou carbone organique par exemple) nous avons simplement cherché à savoir dans quelle mesure les méthodes de numération employées peuvent rendre compte de la chlorophylle *a* trouvée ou, inversement, si nous avons assez de chlorophylle *a* pour justifier le nombre d'organismes rencontrés dans cette région.

Du point de vue hydrologique, la région étudiée peut être décrite comme une zone d'extension de l'eau superficielle du Pacifique Central sud, chaude et salée, à travers la convergence subtropicale. Du point de vue nutritif, elle est caractérisée par l'absence quasi totale de nitrates dans la couche 0-100 m, avec apparition d'un fort gradient de ces sels à partir de 150 m (0,02 μ atg/l de 0 à 100 m, 0,18 μ atg/l à 150 m, 1,10 μ atg/l à 200 m, 2,58 μ atg/l à 250 m en moyenne pour « *Atoll* »).

RÉSULTATS

Compte tenu de l'imprécision des méthodes, surtout appliquées en milieu tropical oligotrophe, nous ne considérerons ici que les moyennes des résultats obtenus à toutes les stations de chaque croisière.

Les résultats de « *Brisants* » sont donnés dans le tableau I et les figures 1 et 2 (méthodes de RICHARDS-THOMPSON et d'UTERMÖHL). Pour transformer les nombres d'organismes en quantités de chlorophylle *a*, nous nous sommes référés au tableau III qui donne le contenu en chlorophylle *a* de quelques phytoplanctes et nous en avons tiré les facteurs de conversion suivants :

Diatomées.....	2,0 \times 10 ⁻⁸ mg chl <i>a</i> /cellule
Péridiniens.....	3,0 \times 10 ⁻⁹ mg chl <i>a</i> /cellule
Coccolithophoridés.....	4,0 \times 10 ⁻⁹ mg chl <i>a</i> /cellule

La chlorophylle *a* correspondant au total des organismes est donnée dans la colonne « chlorophylle *a* estimée » du tableau I. Nous voyons qu'elle ne présente qu'un pourcentage faible de la

« chlorophylle *a* mesurée » ; les pourcentages à chaque profondeur sont donnés dans la dernière colonne.

Les valeurs du tableau I sont les moyennes obtenues avec 22 à 24 mesures pour toutes les profondeurs, sauf pour 25 m où 15 mesures seulement étaient disponibles.

Les résultats d'« *Atoll* » sont donnés dans le tableau II et la figure 3 (méthodes de RICHARDS-THOMPSON et de WOOD). La dernière colonne donne une estimation du contenu en chlorophylle *a* de chaque « chloroplaste » obtenu en divisant la chlorophylle *a* mesurée par le nombre de « chloroplastes » observés à chaque profondeur.

Les valeurs du tableau II sont les moyennes obtenues avec 18 à 20 mesures pour toutes ces profondeurs, sauf pour 250 m où 10 et 8 mesures seulement étaient disponibles, respectivement pour le nombre de « chloroplastes » et pour la chlorophylle *a*.

DISCUSSION

La méthode d'UTERMÖHL, telle qu'elle a été utilisée par nous, avec un grossissement $\times 80$, ne permet d'identifier que les organismes plus grands que 10μ . L'examen des résultats de « *Brisants* » montre qu'elle ne peut alors rendre compte que de 3 à 15 % de la chlorophylle *a* mesurée directement. Même dans l'hypothèse de sécurité que tous les organismes recensés avaient le contenu en chlorophylle *a* d'une belle diatomée, *Rhizosolenia alata*, soit $1,8 \times 10^{-8}$ mg, la chlorophylle *a* estimée ne serait que de 21 à 43 % pour 0-100 m, et 4 à 10 % pour la couche 150-200 m, de la chlorophylle *a* mesurée.

L'inconvénient majeur de cette méthode est qu'elle nécessite, par principe, du *plancton fixé* ; dans ces conditions, les cellules fragiles (microflagellés par exemple) ne sont pas identifiables et l'observateur ne peut pas non plus se prononcer sur la nature des amas de « détritits » qui constituent la plus grosse part de l'échantillon. Ce qui nous amène à nous demander si la chlorophylle *a* « en excès » de « *Brisants* » est contenue dans des « débris non identifiables », ou dans de l'ultraplancton* « passé inaperçu ».

La croisière « *Atoll* » permet à notre avis d'éclairer la situation. Quelques observations seulement par la méthode d'UTERMÖHL ont pu être faites pour cette croisière, assez nombreuses cependant pour montrer que la situation rencontrée était semblable à celle de « *Brisants* » : les organismes plus-grands-que- 10μ comptés ne justifiaient qu'une faible fraction de la chlorophylle *a* mesurée. Mais au cours de cette croisière, la méthode d'observation du *phytoplancton frais* par la fluorescence rouge en lumière bleu-violet caractéristique de matériel phytal a fourni des nombres de « chloroplastes » dont la corrélation avec la chlorophylle *a* mesurée est très acceptable. Or, cette méthode est supposée compter les organismes petits, de un à quelques microns ; nous aurions donc dans ce cas « des petits organismes fluorescents dont le contenu en chlorophylle *a* varie de $0,93$ à $2,87 \times 10^{-10}$ mg par cellule » (tableau II), ce qui est un ordre de grandeur vraisemblable pour de l'ultraplancton (voir tableau III, où les volumes par cellule d'*Agmenellum quadruplicatum*, de *Monochrysis lutheri*, et de *Phaeodactylum tricornutum* sont estimés à 1,5, 28 et $120\mu^3$ respectivement ; PARSONS et al., 1961).

Notons que nous avons trouvé un contenu en chlorophylle *a* par chloroplaste plus faible ($1,3 \times 10^{-10}$ mg) pour la couche 0-100 m superficielle où une déficience en azote est probable (teneur moyenne en nitrate $0,02\mu$ atg/l) que pour la couche profonde 150-200 m ($2,3 \times 10^{-10}$ mg) où l'état physiologique des phytoplanctes pourrait être restauré par suite de la réapparition des nitrates ($0,18\mu$ atg/l à 150 m, $1,10\mu$ atg/l à 200 m, $2,58\mu$ atg/l à 250 m). Ce résultat est consigné dans la figure 4.

* Ultraplancton : organismes dont la plus grande dimension est inférieure à 10μ ; STRICKLAND (1960).

CONCLUSION

Les méthodes indirectes d'estimation de la biomasse du phytoplancton marin, surtout en milieu d'extrême oligotrophie, sont très imprécises et doivent être maniées avec beaucoup de prudence. Il nous semble cependant que les résultats moyens présentés ici, obtenus à partir d'une vingtaine de stations, permettent d'avancer que la contribution de l'ultraplancton à la production primaire de cette région est importante, étant donné qu'il représente de 85 à 95 % de la biomasse du phytoplancton.

BIBLIOGRAPHIE

- FLEMING (R. H.), 1940. — Composition of plankton and units for reporting populations and production. *Proc. 6th Pac. Sci. Congr.*, 3 : pp. 535-40.
- PARSONS (T. R.), STEPHENS (K.) and STRICKLAND (J. D. H.), 1961. — On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankters. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 18, n° 6, pp. 1001-1016.
- PARSONS (T. R.) and STRICKLAND (J. D. H.), 1963. — Discussion of spectrophotometric determination of marine plant pigments, with revised equations for ascertaining chlorophylls and carotenoïds. *J. Mar. Res.*, 21 : (3), pp. 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 (2) : pp. 156-172.
- STRICKLAND (J. D. H.), 1960. — Measuring the production of marine phytoplankton. *Fish. Res. Bd. Canada*, Bul. 122.
- WOOD (E. J. F.), 1962. — A method for phytoplankton study. *Limnol. and Oceanogr.*, 7 (1), pp. 32-35.
- YENTSCH (C. S.) and RYTHER (J. H.), 1959. — Relative significance of the net phytoplankton and nanoplankton in the waters of Vineyard Sound. *J. du Cons. XXIV* - (2) : pp. 231-238.

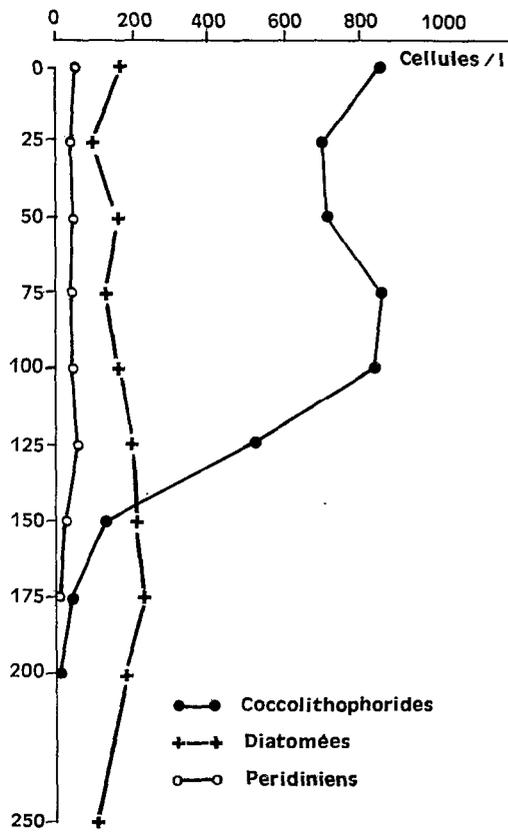


Fig. 1

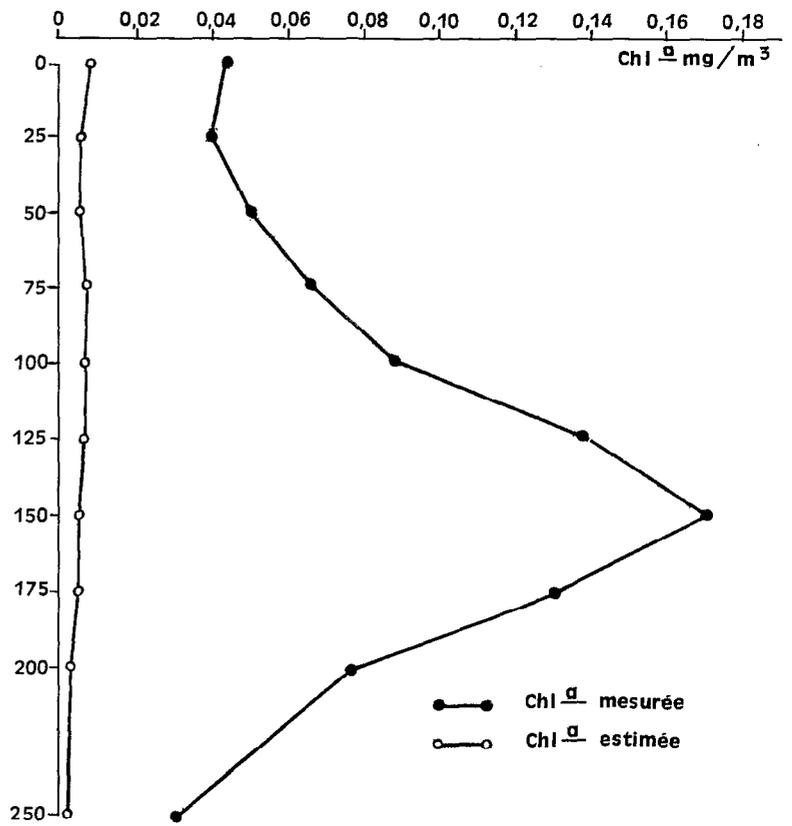


Fig. 2

Croisière BRISANTS

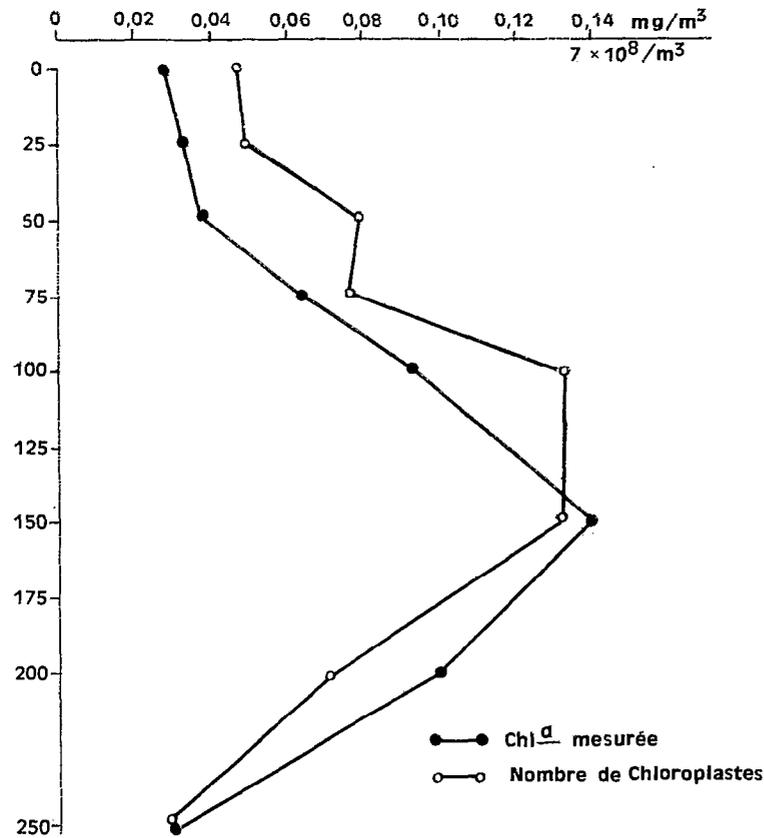


Fig. 3

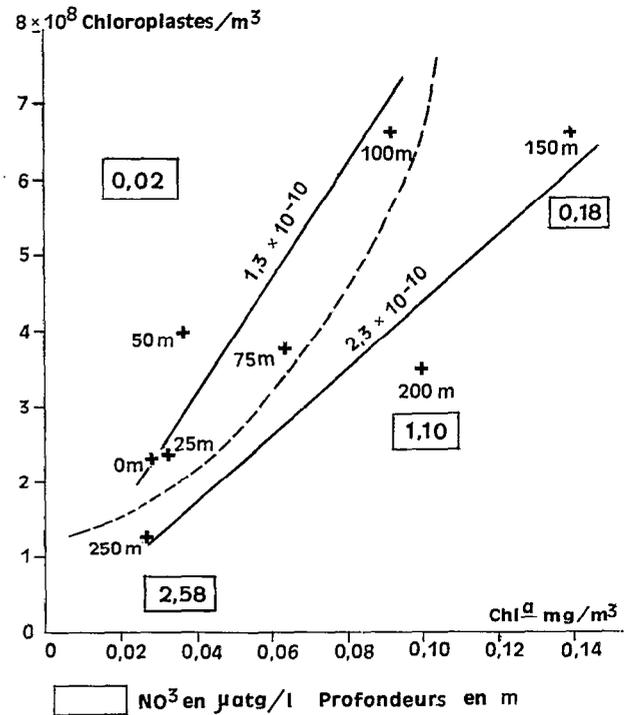


Fig. 4

Croisière ATOLL

TABLEAU I
Croisière *Brisants*

Prof. (m)	Chl <i>a</i> mesurée (mg/m ³ *)	NOMBRE DE CELLULES (10 ⁶ /m ³)			Chl <i>a</i> estimée (mg/m ³ **)	Chl <i>a</i> estimée en % de Chl <i>a</i> mesurée
		Diat.	Périidi.	Cocco.		
0	0,044	172	53	847	0,0070	15
25	0,039	100	43	698	0,0049	13
50	0,051	165	55	713	0,0062	12
75	0,066	134	54	864	0,0063	9
100	0,088	167	46	830	0,0068	8
125	0,138	213	62	525	0,0066	5
150	0,171	212	18	124	0,0048	3
175	0,129	225	7	36	0,0047	4
200	0,076	180	3	7	0,0036	5
250	0,030	103	0	0	0,0021	7

* Chlorophylle *a* mesurée spectrophotométriquement (méthode RICHARDS-THOMPSON modifiée, formules de PARSONS-STRICKLAND.

** Chlorophylle *a* estimée d'après le nombre de cellules observées au microscope inversé (UTERMÖHL) et des facteurs de conversion choisis d'après le Tableau III.

TABLEAU II
Croisière *Atoll*

Prof. (m)	Chl <i>a</i> mesurée (mg/m ³)	Nombre de « Chloroplastes » (10 ⁶ /m ³)	Chl <i>a</i> par « Chloroplastes » (mg)
0	0,028	234	1,20 × 10 ⁻¹⁰
25	0,032	239	1,34 × 10 ⁻¹⁰
50	0,037	397	0,93 × 10 ⁻¹⁰
75	0,063	381	1,65 × 10 ⁻¹⁰
100	0,092	656	1,40 × 10 ⁻¹⁰
150	0,140	659	2,12 × 10 ⁻¹⁰
200	0,100	348	2,87 × 10 ⁻¹⁰
250	0,027	135	2,00 × 10 ⁻¹⁰

* Nombre des points fluorescents observés suivant la méthode de WOOD.

TABLEAU III

Contenu en Chlorophylle *a* de quelques phytoplanctes

ORGANISMES	CHLOROPHYLLE <i>a</i> PAR CELLULE (en mg)	RÉFÉRENCE
<i>CHLOROPHYCEAE.</i>		
<i>Dunaliella salina</i>	$3,0 \times 10^{-9}$	— P —
<i>Tetraselmis maculata</i>	$2,6 \times 10^{-9}$	— P —
<i>Dunaliella euchlora</i>	$6,0 \times 10^{-10}$	— Y —
<i>Carteria</i> sp.....	$5,8 \times 10^{-10}$	— Y —
<i>CHRYSOPHYCEAE.</i>		
<i>Syracosphaera carterae</i>	$3,1 \times 10^{-9}$	— P —
<i>Monochrysis lutheri</i>	$1,9 \times 10^{-10}$	— P —
<i>Isochrysis galbana</i>	$7,5 \times 10^{-11}$	— Y —
<i>BACILLARIOPHYCEAE.</i>		
<i>Coscinodiscus</i> sp.....	$1,6 \times 10^{-6}$	— P —
<i>Rhizolenia alata</i>	$1,8 \times 10^{-8}$	— F —
<i>Rhizolenia shrubsolei</i>	$1,6 \times 10^{-8}$	— F —
<i>Ditylum brightwellii</i>	$1,7 \times 10^{-8}$	— F —
<i>Skeletonema costatum</i>	$6,6 \times 10^{-9}$	— P —
— —	$2,8 \times 10^{-9}$	— Y —
<i>Chaetoceros</i> sp.....	$1,6 \times 10^{-9}$	— P —
<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	$3,0 \times 10^{-10}$	— P —
— —	$2,0 \times 10^{-10}$	— Y —
<i>DINOPHYCEAE.</i>		
<i>Amphidinium carteri</i>	$2,1 \times 10^{-9}$	— P —
<i>Exuviella</i> sp.....	$1,6 \times 10^{-9}$	— P —
<i>MYXOPHYCEAE.</i>		
<i>Nannochloris atomus</i>	$3,0 \times 10^{-11}$	— Y —
<i>Agmenellum quadruplicatum</i>	$7,8 \times 10^{-12}$	— P —

Références : F : FLEMING (1940).

Y : YENTSCH and RYTHER (1959).

P : PARSONS et al. (1961).