

ÉTUDE DE LA PRODUCTION PÉLAGIQUE DE LA ZONE ÉQUATORIALE DE L'ATLANTIQUE A 4° W

II. BIOMASSES ET PEUPELEMENTS DU ZOOPLANCTON

ROBERT LE BORGNE

Océanographe O.R.S.T.O.M., C.R.O., B.P. V 18, Abidjan, Côte d'Ivoire

RÉSUMÉ

La zone équatoriale se distingue des régions adjacentes par des biomasses plus élevées toute l'année. La localisation de la zone d'enrichissement dépend directement de la structure hydrologique : elle s'étend plus au nord (1° N à 7° S) en saison d'upwelling, tandis qu'elle se localise au niveau d'une crête thermique située entre 2° S et 5° S le reste de l'année. L'écart entre les valeurs des maximums de biomasse aux deux saisons est peu marqué, mais la zone d'enrichissement pourrait être plus étendue en latitude pendant l'été boréal. Les biomasses du mésozooplancton de la couche 0-200 m subissent des variations nyctémérales importantes qui ne semblent pas affecter le schéma de distribution verticale. Celui-ci, obtenu avec une bouteille de 30 litres, montre que les maximums de chlorophylle et de zooplancton coïncident. Soixante-dix à 80 % du mésozooplancton se trouve dans la couche de production primaire, plus superficielle en période d'upwelling.

Les teneurs en matière organique, carbone, azote et les rapports poids sec/volume déplacé sont plus élevés dans les régions de forte biomasse ; ceci a pu être mis en relation avec une composition faunistique différente. Aux deux saisons, les organismes de 0 à 200 μ représentent 6 fois la biomasse (en azote) de la fraction 200-7000 μ (mésozooplancton), la fraction 200-500 μ représentant 60 % de l'ensemble du mésozooplancton. Quarante-vingt-dix pour cent des organismes du mésozooplancton se nourrissent de particules de taille inférieure à 200 μ .

ABSTRACT

Study of the pelagic production in the Atlantic equatorial area on the 4°W meridian. II. Zooplankton biomasses and populations

Compared with adjacent areas, the equatorial one shows higher biomasses all the year round. The enrichment area location directly depends upon the hydrological structure : it spreads further north (1°N to 7°S) during the upwelling season, and is concentrated on a thermal ridge situated between 2° and 5°S during the warm season. The difference between maximum biomasses of the two seasons is weak, but the enrichment area could extend more in latitude during summer of the northern hemisphere.

Mesozooplankton biomasses of the 0-200 m layer display important diurnal variations, that do not seem to disturb the vertical distribution pattern. Vertical profiles which were got with a 30 l bottle show chlorophyll and zooplankton maximums coincide. Seventy to 80 % of mesozooplankton biomass lie in the primary production layer, which is shallower during the upwelling season.

Zooplankton organic matter, carbon and nitrogen percentages and dry weight : displacement volume ratio are greater in high biomass areas ; this is due to different faunistic compositions that are studied in the paper. For both areas, the nitrogen biomass of 0-200 μ organisms is six times as great as 200-7000 μ mesozooplankton one ; 200-500 μ biomass stands for 60 % of total mesozooplankton. 90 % of mesozooplankton animals feed on particles smaller than 200 μ .

I. INTRODUCTION

Dans un article précédent, VOITURIEZ et HERBLAND (1977) ont décrit les caractéristiques hydrologiques de la zone équatoriale de l'Atlantique et leur influence sur la production primaire. Ils distinguent deux saisons marquées par la présence d'un upwelling (saison froide) ou par son absence (saison chaude). On peut donc s'attendre à ce qu'il y ait deux écosystèmes différents dont nous étudierons les caractéristiques pour le zooplancton.

L'une des questions que nous nous posons sera celle de la permanence de l'enrichissement équatorial. En effet, paradoxalement, c'est de décembre à juin — lorsque l'upwelling n'existe pas — que les pêches sont les plus fortes. Les palangriers japonais font ainsi de bonnes pêches de big-eye (*Thunnus obesus*) et de yellow-fin (*Thunnus albacares*) de décembre à avril tous les ans depuis 1957 entre 5° N et 5° S. En 1970-71, la flotille de pêche de surface française capture 1 000 tonnes entre 2° N et 2° S en février-mars à 10° W. En mars-avril 1975, de 0° à 4° S, la flotille de surface F.I.S. (franco-ivoiro-sénégalaise) prélève 10 % des prises totales annuelles de yellow-fin à l'Équateur au sud d'Abidjan. Enfin, en 1976, 1 600 tonnes ont été capturées entre 0° et 5° W et 3° S et 7° S de février à mai par la flotille de surface F.I.S. (FONTENEAU, MARCILLE et BARBE, 1976). Cela ne veut pas dire que le thon ne se trouve pas à l'équateur en dehors de ces périodes, car les pêcheurs ont pris l'habitude de pêcher beaucoup plus à l'est pendant l'été boréal. Mais l'importance de cette nouvelle zone de pêche a amené les chercheurs du Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan à s'intéresser à l'étude de la production du système équatorial de façon à fournir une estimation des prélèvements en poissons qu'il peut subir. Le zooplancton joue un rôle important puisqu'il représente le maillon liant les végétaux au micronecton. Nous étudierons son rôle dans le réseau trophique.

Le zooplancton de la zone équatoriale est encore mal connu et le présent article ne traite que d'une partie seulement de cette zone, le long du méridien 4° W. Les premières campagnes ont traité de la systématique et des biomasses de quelques stations dispersées (campagnes du Meteor en 1925-1927, du Dana en 1928-1930, du Carnegie en 1928-1929, de l'Albatros en 1947-1948). Il faut attendre 1963-1964 pour voir la première opération internationale concertée avec les campagnes Equalant I à III. Les premières valeurs de production secondaire sont celles des chercheurs russes de l'Atlant-NIRO qui opèrent sur le N/O Zvezda de 1963 à 1965. Ils couvrent la zone comprise entre 5° W et 10° W à partir des côtes africaines jusqu'à 5°-10° S lors de 10 campagnes échelonnées au cours des différentes saisons. Enfin, depuis 1971, le N/O Capricorne a entrepris une série

de campagnes où des mesures de biomasse et de production du zooplancton ont été réalisées (campagnes CAP 7107, 7314, 7316, 7502 et 7506).

Ce premier article décrit les biomasses et les peuplements du zooplancton. Sa production et son rôle dans le réseau trophique seront étudiés dans les deux articles suivants (LE BORGNE, 1977 a et b).

II. MÉTHODES

1. Plan des campagnes (fig. 1)

La description de la répartition géographique du plancton se fera d'après deux radiales effectuées, l'une d'Abidjan à Sainte-Hélène (CAP 7506, du 15 au 23 juillet 1975) pendant la période d'upwelling et l'autre pendant la saison chaude à 10° W de 1° N à 12° S (CAP 7314, du 19 au 27 octobre 1973).

Les études plus détaillées concernant la relation qui existe entre la structure hydrologique et la production, la distribution verticale et les variations nycthémérales du zooplancton et la variabilité des différentes mesures, seront menées à partir des

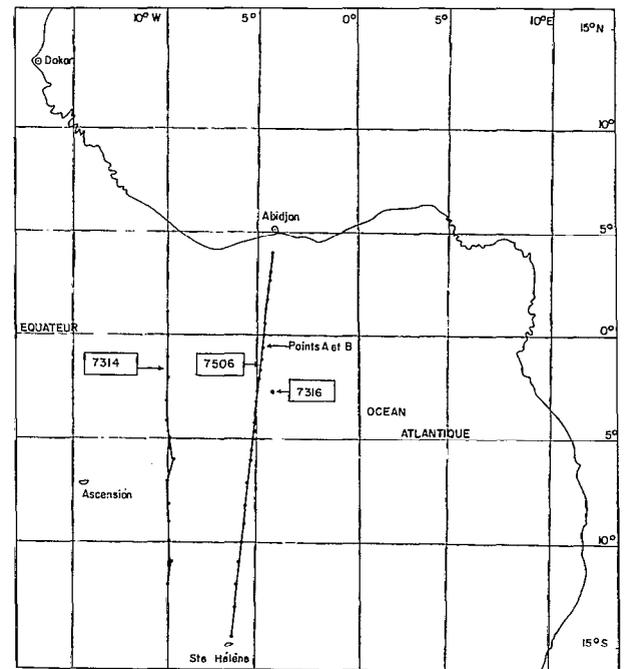


Fig. 1. — Position des prélèvements effectués lors de deux radiales transéquatoriales en octobre 1973 (CAP 7314) et en juillet 1975 (CAP 7506). Position des points fixes de novembre 1973 (CAP 7316), mars (point A) et août (point B) 1975. Station positions during two transequatorial transects in October 1973 (CAP 7314) and July 1975 (CAP 7506). CAP 7316 (Nov. 1973), point A (March 1975) and point B (August 1975) stations lasted 1-4 days.

résultats de deux points fixes situés à 0°30 S et 4°30 W, l'un en saison chaude (point A du 1^{er} au 4 mars 1975, CAP 7502) et l'autre en saison froide (point B, du 6 au 9 août 1975, CAP 7506). Seront utilisés également les résultats d'un point fixe situé à 2°30 S et 4° W du 23 au 24 novembre 1973 (CAP 7316).

2. Échantillonnage à la bouteille NISKIN de 30 l

Aux deux points fixes, des prélèvements ont eu lieu à 8 niveaux choisis en fonction des profils verticaux de température et de chlorophylle.

2.1. MÉSOZOOPLANCTON (> 200 μ)

La totalité de l'eau prélevée a été tamisée sur une soie de 200 μ ; les organismes recueillis ont été comptés, les débris de toutes sortes enlevés et le phosphore mesuré par la méthode de MENZEL et CORWIN (1965).

2.2. MICROZOOPLANCTON (50-200 μ)

8 litres tamisés au préalable sur la soie de 200 μ ont été recueillis sur une soie de 50 μ à 3 des 8 niveaux du point B seulement. Le phosphore total a été mesuré sur cette fraction 50-200 μ et l'on a calculé le rapport des biomasses (50-200 μ) : (0-200 μ). Le rapport a permis de déduire les biomasses intégrées du microzooplancton de celles de la fraction 0-200 μ .

2.3. PARTICULES ET MICROZOOPLANCTON (0,8-200 μ)

Aux 8 niveaux les particules de l'eau tamisée sur la soie de 200 μ ont été recueillies sur filtre en fibre de verre Gelman (4 litres) pour le phosphore, ou filtre d'argent de 0,8 μ pour le carbone et l'azote (280 ml).

Les valeurs de biomasses du zooplancton intégrées d'un niveau donné à la surface l'ont été par la méthode des trapèzes.

3. Échantillonnage au filet

3.1. FILET WP-2 (UNESCO, 1968)

Il y a eu à chaque station un ou plusieurs traits verticaux 200-0 m avec un filet triple WP-2. En raison de l'existence de forts courants par endroits, tous les filets étaient équipés d'une jauge de profondeur et de débit-mètres de façon à en corriger les effets sur le volume filtré et la profondeur de pêche. Aux points fixes, les variations nyctémérales ont été étudiées sur des séries de 2 ou 3 prélèvements successifs réalisées toutes les 4 heures pendant 24 (point A) ou 48 heures (point B) aux niveaux suivants :

200-0, 100-0 et 30-0 m pour le premier et 200-0 et 50-0 m pour le second. Les mesures de biomasse se faisaient alors sur deux filets pour les niveaux les moins profonds.

3.2. FILET BONGO (Mc GOWAN et BROWN, 1966)

De façon à obtenir une image plus complète du zooplancton, des prélèvements ont également eu lieu avec un double filet Bongo gréé en soie de 500 microns, en traits obliques 200-0 m, à la vitesse de 6 nœuds. Ces traits ont été réalisés à l'arrivée et au départ des deux points fixes A et B.

4. Mesures des biovolumes, des biomasses et de la composition élémentaire du zooplancton

Les échantillons des filets WP-2 et Bongo ont été tamisés sur 7 mm dès leur prélèvement. Volumes déplacés, poids secs (60° C pendant 24 heures) et poids sec sans cendre (550° C pendant 1 h 1/2) ont été mesurés sur un même échantillon tandis que le carbone, l'azote et le phosphore l'étaient sur un broyat dilué d'un deuxième échantillon provenant du filet triple (pour tous les détails, voir LE BORGNE, 1975 a).

5. Comptages et déterminations. Influence de la durée de fixation sur les valeurs des poids secs

Les échantillons destinés aux comptages ont été fixés au formol neutralisé à 10 % puis dénombrés sur une fraction aliquote isolée à la poire pour les Copépodes (méthode de FRONTIER, 1972) et sur l'ensemble du prélèvement pour les autres taxons. Pour certains échantillons seulement, les différents groupes taxonomiques dénombrés ont été pesés séparément, après un temps de fixation au formol de 4 mois. Afin de tester l'influence de la fixation sur les valeurs de poids secs, du plancton frais prélevé à la station côtière d'Abidjan a été fixé et l'on a suivi la décroissance du poids sec au cours du temps. Au bout de quatre mois, il ne reste plus que 30 % du poids initial et la perte est la même pour les Copépodes, les Chaetognathes et les Appendiculaires. On peut supposer que les pourcentages de perte sont les mêmes pour les autres taxons et que les valeurs des pourcentages pondéraux des différents taxons par rapport à l'ensemble sont voisins pour le plancton fraîchement prélevé ou fixé depuis 4 mois.

III. VARIATIONS GÉOGRAPHIQUES ET SAISONNIÈRES DES BIOMASSES

Les valeurs des biomasses recueillies par le filet WP-2 lors de CAP 7506 et CAP 7314 sont exprimées en milligrammes de poids sec sans cendre par mètre-

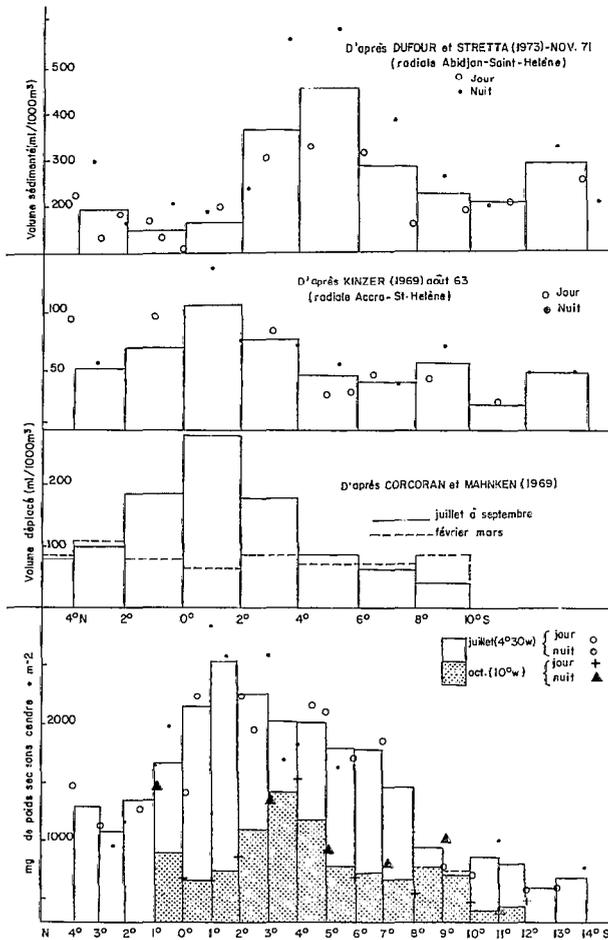


Fig. 2. — Diagrammes des biomasses observées lors des radiales CAP 7314 (octobre 1973) et CAP 7506 (juillet 1975). Diagrammes analogues obtenus par CORCORAN et MAHNKEN ou dressés d'après les données de KINZER et DUFOUR et STRETTA.

Diagrams of biomasses (ash free dry weight) observed by the author during CAP 7314 (october) and CAP 7506 (july) transects. Similar diagrams got by CORCORAN and MAHNKEN or drawn from KINZER and DUFOUR and STRETTA data, are also represented.

carré (fig. 2), unité qui représente la quantité de matière organique présente dans la colonne d'eau (1). Outre l'avantage qu'elle présente pour l'estimation de la quantité assimilable par l'échelon supérieur, cette mesure atténue les variations dues à des compositions planctoniques différentes ce qui la rend commode pour la comparaison de la richesse en zoo-

plancton de régions différentes (LE BORGNE, 1975 b). D'autre part, en raison des variations nycthémerales de la biomasse qui apparaissent sur la fig. 2, il a paru préférable de moyenner les valeurs par degré de latitude, puisqu'en général les traits de jour alternaient avec les traits de nuit, tous deux étant espacés de 30 ou 60 milles (ces valeurs moyennes sont les hauteurs des blocs des diagrammes de la fig. 2).

1. Situation d'upwelling

Les résultats de CAP 7506 en juillet (fig. 2) montrent que la zone d'enrichissement est dissymétrique par rapport à l'équateur : les valeurs élevées — supérieures à $1\,500\text{ mg/m}^2$ — se trouvent entre 1° N et 7° S , le maximum étant situé entre $0^\circ30\text{ S}$ et 3° S . Les valeurs moyennes des biomasses de la zone comprise entre 1° N et 7° S ($2064 \pm 228\text{ mg/m}^2$) sont 2,6 fois plus élevées que celles du sud à la même période ($803 \pm 147\text{ mg/m}^2$), mais 1,3 à 1,5 fois plus faibles que celles des upwellings mauritaniens du Cap Timiris ($2740 \pm 419\text{ mg/m}^2$; LE BORGNE, 1978) ou du Cap Blanc ($3130 \pm 556\text{ mg/m}^2$; LE BORGNE 1976) les conditions de prélèvements et les unités étant les mêmes (2).

La localisation de la zone d'enrichissement équatoriale est en relation avec la structure hydrologique et le phytoplancton qui en est la conséquence. Au sud de l'équateur, les biomasses élevées de zooplancton coïncident avec des valeurs élevées de chlorophylle de 0° à 3° S (fig. 3), correspondant selon VOITURIEZ et HERBLAND (1977) aux zones d'upwelling actif (0° - $1^\circ30\text{ S}$) et de transport advectif ($1^\circ30\text{ S}$ - 5° S). Au Nord (1° N) cependant, les valeurs élevées de chlorophylle ne sont pas accompagnées d'un enrichissement correspondant en zooplancton (fig. 3). Les fortes valeurs intégrées de chlorophylle correspondent alors à un maximum situé plus profondément, conséquence, vraisemblablement, de la plongée des eaux d'upwelling au niveau de la zone de convergence nord.

2. Situation de saison chaude

La zone équatoriale est plus riche que les régions situées plus au nord ou plus au sud. Ainsi le rapport est-il de 2,7 pour la campagne 7314, lorsque l'on compare la zone d'enrichissement aux eaux pauvres du sud. Ce résultat est à rapprocher du rapport de 1,85 observé entre les valeurs du point A ($0^\circ30\text{ S}$) et

(1) On trouvera en annexe 1 les valeurs exprimées en biovolumes, afin de les comparer aux résultats des autres auteurs.

(2) Les fonds étaient souvent inférieurs à 100 m, ce qui peut expliquer ces valeurs relativement modestes en Mauritanie.

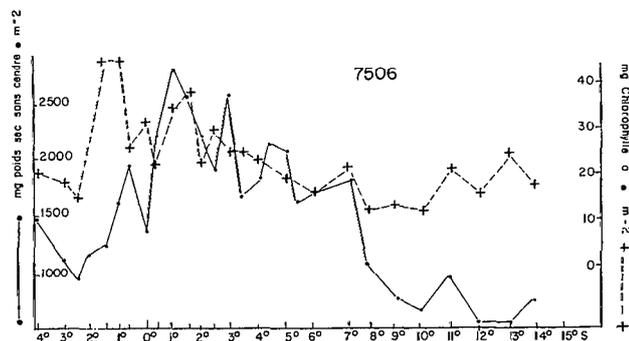


Fig. 3. — Distribution des biomasses de phytoplancton et de zooplancton lors de la radiale de juillet (CAP 7506).

Phytoplankton (*Chlorophyll a*) and zooplankton (ash free dry weight) biomasses during July transect (CAP 7506).

celles d'un point fixe situé à 11° S à la même période. Dans ce dernier cas, la valeur plus faible du rapport peut être attribuée au fait que le point A ne se situe pas exactement dans la zone d'enrichissement maximal, qui apparaît entre 2° et 5° S (avec un maximum entre 3° et 4° S) lors de la radiale de la campagne 7314 (fig. 2 octobre). Bien que l'on ait affaire à une période de transition et à une zone située plus à l'ouest (10° W), on peut noter que la position de ce maximum correspond à celle de la crête thermique décrite par VOITURIEZ et HERBLAND (1977), située en permanence de 2 à 3° S.

3. Variations saisonnières

La zone équatoriale, comme nous venons de le voir, présente aux deux saisons, des valeurs de

biomasses plus élevées que celles des régions méridionales. Mais l'écart est-il important entre les deux périodes ?

En août, les biomasses du point B sont significativement plus élevées (risque 5 %) que celles du point A en mars. Le rapport entre les valeurs de biomasses des deux points fixes est de 1,49 lorsqu'elles sont exprimées en azote (tabl. I) pour le mésozooplancton compris entre 200 et 7 000 microns), voisin de celui de la chlorophylle (1,6) ou de l'azote particulaire (1,4). Cet écart est sans doute exagéré, dans la mesure où le point A ne se trouve vraisemblablement pas dans la zone d'enrichissement maximal. Ainsi, lorsque l'on calcule le rapport des biomasses du point B et du point fixe de 7316 situé à 2°30 S (fig. 1) — dans la zone présumée du maximum — observe-t-on une valeur effectivement plus faible : 1,26 (216,3 : 171,36 ; tabl. I).

Il semble donc que la zone équatoriale soit riche toute l'année, du fait de la présence permanente d'une crête thermique située entre 2 et 3° S qui ramène dans la couche euphotique des sels nutritifs situés sous la couche de discontinuité. La conséquence en est une production primaire plus élevée et des biomasses zooplanctoniques relativement fortes. En saison froide, vient se surajouter l'effet d'un upwelling situé au nord de la crête et dont la conséquence semble être plus un étalement en latitude de la zone d'enrichissement (de 0° N à 7° S au lieu de 2° S à 5° S, fig. 2) qu'un renforcement du maximum. Il en résulte donc un contraste faible pour les valeurs maximales des deux saisons, mais une richesse globale vraisemblablement plus importante en saison froide.

TABLEAU I

Biomasses (exprimées en mg d'azote par m²) des organismes des différentes tailles aux points fixes de novembre (CAP 7316), mars (CAP 7502) et août (CAP 7506) et rapports entre les biomasses d'août et de mars — (voir remarque en V-2, dans le texte).

Nitrogen biomasses (mg N.m⁻²) for different size-classes of organisms at november (CAP 7316), march (CAP 7502) and august (CAP 7506) stations; ratios between august and march biomasses. Particles and microzooplankton were caught by 30L NISKIN bottle, macroplankton by Bongo nets; 200-500 μ mesozooplankton is the difference between WP-2 and Bongo values.

Période	Position	Particules 0-50 μ	Microzooplankton 50-200 μ	Mésozooplancton		Macroplankton > 7000 μ	Total Zooplankton
				200-500 μ	500-7000 μ		
Novembre.....	2.30S-4.00W			171,4			
Mars (A).....	.30S-4.30W		994,0	99,1	46,0	10,2	155
Août (B).....	.20S-4.30W	1240,7	162,8	148,6	67,7	9,0	225*
Rapport août/mars.....			1,41	1,49	1,47		1,45

* Non comprise la biomasse du microzooplancton.

4. Discussion : comparaison avec les travaux antérieurs

En saison d'upwelling, d'après les résultats de CORCORAN et MAHNKEN (1969) et KINZER (1969), la zone d'enrichissement se situerait plus au nord (fig. 2) : les valeurs de biomasse sont élevées de 2° N à 4° S, avec un maximum de 0° à 2° S.

En saison chaude, les graphiques dressés à partir des données de biomasses, de DUFOUR et STRETTA (1973) font apparaître une zone d'enrichissement de 2 à 7° S (maximum de 4° à 6° S) (fig. 2), ce qui confirme sa position plus méridionale à cette période. Au contraire, les résultats de CORCORAN et MAHNKEN (1969) ne font pas apparaître d'enrichissement équatorial en février-mars. Bien que ce résultat puisse provenir de fluctuations d'une année à l'autre, il est également possible que le mode d'échantillonnage du zooplancton en soit responsable. Ces auteurs en effet, n'échantillonnent que la couche suprathermoclinale, manquant donc des animaux situés plus profondément en cette saison. Une deuxième raison peut être l'utilisation des biovolumes comme unité de biomasse, mesures qui peuvent diminuer le contraste existant entre une zone riche dominée par les Crustacés et des eaux oligotrophes relativement plus abondantes en organismes gélatineux.

Tous les graphiques de la figure 2 ne montrent qu'un seul maximum, ce qui semble contredire les résultats des chercheurs russes de l'Atlantique (GRUZOV, 1971) qui observent un double maximum : le premier entre 1 et 2° N serait permanent et le second situé de 5 à 6° S pourrait osciller, se diviser ou disparaître au printemps boréal. Ces deux maximums coïncident avec les zones de convergence nord et sud qui délimitent le système et qui correspondent à des zones de stabilité favorisant le développement du phytoplancton et par voie de conséquence celui des phytophages.

Enfin, le contraste entre les deux saisons apparaît plus important lorsque l'on considère les résultats de CORCORAN et MAHNKEN (1969) (fig. 2) : au niveau de la crête thermique (2-4° S), le rapport entre les biomasses de juillet et celles de février-mars n'est que de 1,7, mais atteint 4,1 entre 0° et 2° S (à 0°30 S, le rapport entre les stations A et B de nos campagnes n'est que de 1,49). En considérant les résultats de CHMIR (cités par HISARD, 1973) pour la zone comprise entre 2° N et 5° S sur le méridien 10° W, on observe que le rapport entre juillet et février-mars est de 2,9, mais qu'il atteint 17 entre le maximum (septembre) et le minimum (avril). Il est possible que cette valeur très élevée soit le reflet de l'étalement en latitude de la zone d'enrichissement en saison d'upwelling, comme nous l'avons souligné en III-3, et qui apparaît lorsque l'on considère comme CHMIR une zone plus étendue au lieu d'une simple valeur maximale ponctuelle.

IV. DISTRIBUTION VERTICALE ET VARIATIONS NYCTHÉMÉRALES DU ZOOPLANCTON

On vient de constater qu'il existait généralement une similitude dans les distributions géographiques des biomasses zoo- et phytoplanctoniques. Il est intéressant d'envisager plus en détail l'association des deux niveaux trophiques en étudiant leurs distributions verticales respectives aux deux points fixes du mois de mars (point A) et d'août (point B). L'étude des variations nycthémerales permettra ensuite de vérifier que ce schéma de distribution est conservé au cours d'un cycle de 24 heures.

1. Distribution verticale comparée de la chlorophylle, de la production primaire et du zooplancton

Les données fournies par la bouteille de 30 l sont exprimées en effectifs de Copépodes ou en microgrammes de phosphore par mètre-cube, cette dernière mesure pouvant être considérée comme une estimation de la biomasse du zooplancton. En dépit d'une certaine variabilité des distributions verticales de la figure 4, on essaiera de dégager les traits essentiels aux deux saisons.

1.1. EN SAISON CHAUDE (mars), on observe une situation tropicale typique (HERBLAND et VOITURIEZ, 1977) : la couche homogène est présente (50 mètres d'épaisseur, environ) et dépourvue de nitrates. Le maximum de chlorophylle se trouve dans le gradient de densité entre 45 et 55 m (fig. 4) au niveau où les nitrates apparaissent (nitracline). Sauf pour la station 47, la distribution des effectifs de Copépodes présente un maximum au même niveau que celui de la chlorophylle ; leur est associé celui de la biomasse de zooplancton (exprimée en phosphore) plus ou moins marqué, entre 40 et 50 m. Un deuxième maximum peut apparaître en surface dans deux cas sur quatre pour les effectifs de Copépodes mais pas pour la biomasse. Ceci suggère la présence en surface d'animaux de petite taille ne représentant qu'une biomasse faible.

1.2. EN SAISON D'UPWELLING (août), il n'y a plus de couche homogène épuisée en nitrates, mais la chlorophylle présente toujours un maximum bien individualisé à 40 m, tandis que la production primaire décroît de la surface à 50 m. La biomasse du zooplancton présente un maximum bien marqué à 40 m, au niveau de celui de la chlorophylle (fig. 4), maximum que l'on retrouve parfois pour les effectifs de Copépodes. Comme en saison chaude, ces derniers peuvent montrer un maximum superficiel, qui n'apparaît pas pour le phosphore.

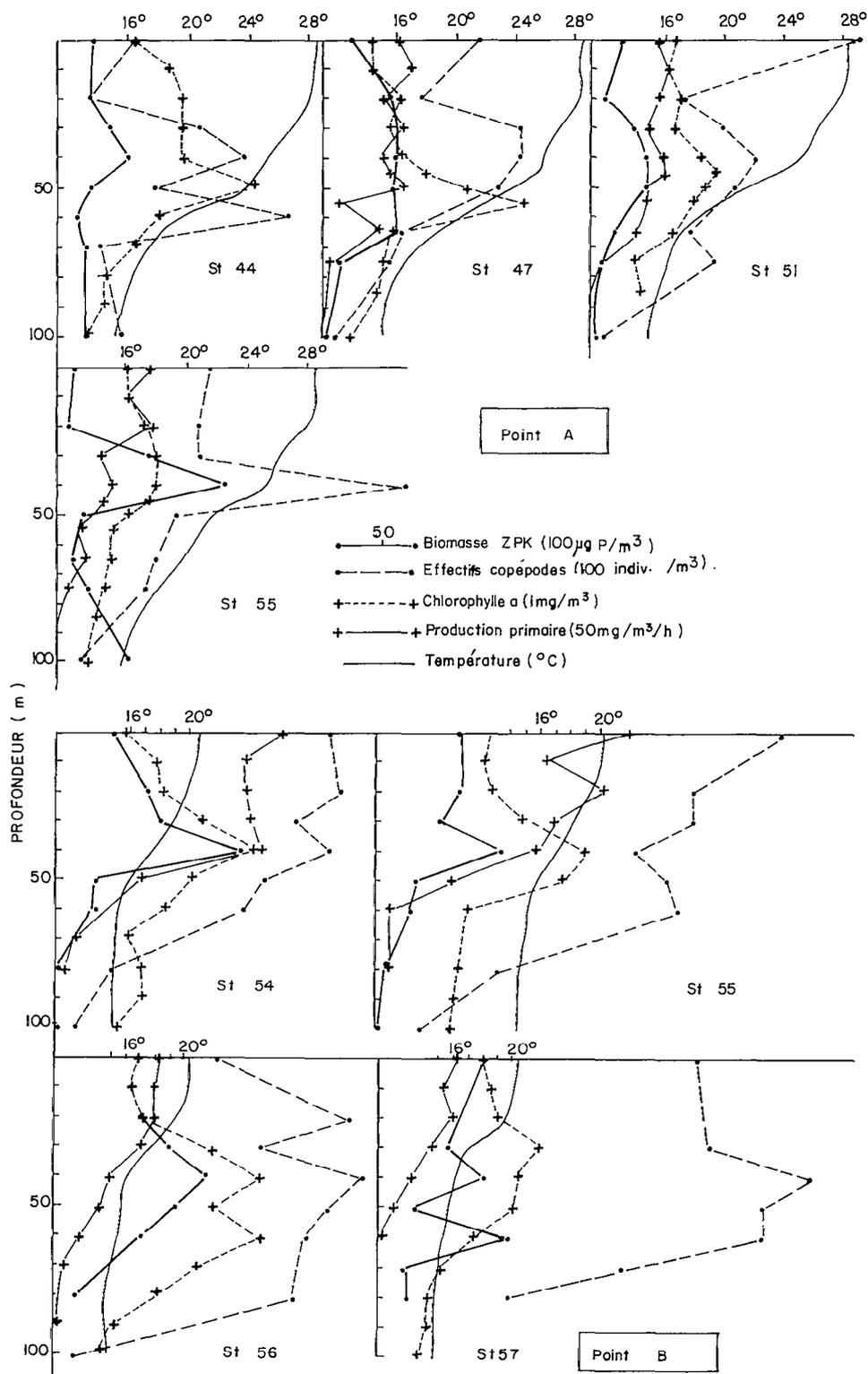


Fig. 4. — Profils verticaux de la température, du phyto- et du zooplancton aux 4 stations des points A (mars) et B (août).
 Vertical profiles of temperature, phyto- and zooplankton (biomass and numbers of Copepods) at the four stations of point A (march) and B (august).

1.3. DISCUSSION

Aux deux saisons, le zooplancton est concentré dans la couche de production primaire : 79,2 % de la biomasse 0-100 m se trouve entre 0 et 65 m en mars et 73,6 % de 0 à 50 m en août. Aux deux périodes, les maximums de chlorophylle et de zooplancton sont situés au même niveau, ce qui confirme les observations de VOITURIEZ et DANDONNEAU (1974) et d'HERBLAND et PAGES (1975) pour le dôme de Guinée avec le même mode de prélèvement. Ce résultat contredit les observations de LONGHURST (1976) dans le Pacifique tropical où le maximum de zooplancton coïncide avec celui de la production primaire, tous deux se trouvant au-dessus du maximum de chlorophylle. De même, le double maximum de zooplancton, superficiel et thermocline observé par LONGHURST (1976) et GREZE, GORDEJAVA et SHMELEVA (1969) n'apparaît que dans la moitié de nos résultats concernant les effectifs de Copépodes et jamais pour les biomasses.

La coïncidence des maximums de chlorophylle et de zooplancton capturé à la bouteille traduit l'étroite relation qui existe entre les organismes des deux niveaux trophiques. Les animaux capturés à la bouteille sont vraisemblablement des filtreurs dans leur grande majorité, tout comme le sont ceux recueillis par le filet WP-2 (V-4-2). Ces animaux ne sont sans doute pas strictement phytophages et peuvent se nourrir de particules « mortes » ou de petits hétérotrophes situés eux aussi au niveau du maximum de chlorophylle.

Enfin, il est intéressant de noter que la distribution verticale du zooplancton, comme celle du phytoplancton, semble indépendante de la présence de deux masses d'eau circulant en sens inverse, le courant sud-équatorial en surface et le courant de Lomonosov plus profond (VOITURIEZ et HERBLAND, 1977).

2. Variations nycthémérales de la biomasse

Aux deux points fixes, une série de prélèvements au filet WP-2 régulièrement espacés dans le temps, ont été faits au cours de cycles de 24 ou 48 heures (*vide* II-3-1).

La figure 5 montre un enrichissement général des couches 0-30, 0-100, 0-200 m (point A) et 0-50 et 0-200 m (point B) pendant la nuit. Le rapport des moyennes des biomasses de nuit et de jour pour les traits 0-200 m est de 1,4 et 1,5 pour les deux premiers cycles d'août et de 1,3 pour celui de mars. Il est vraisemblable que les variations soient dues à la migration des organismes et non à leur évitement du filet le jour. En effet, les rapports nuit/jour sont les mêmes pour les différentes couches : les pourcentages

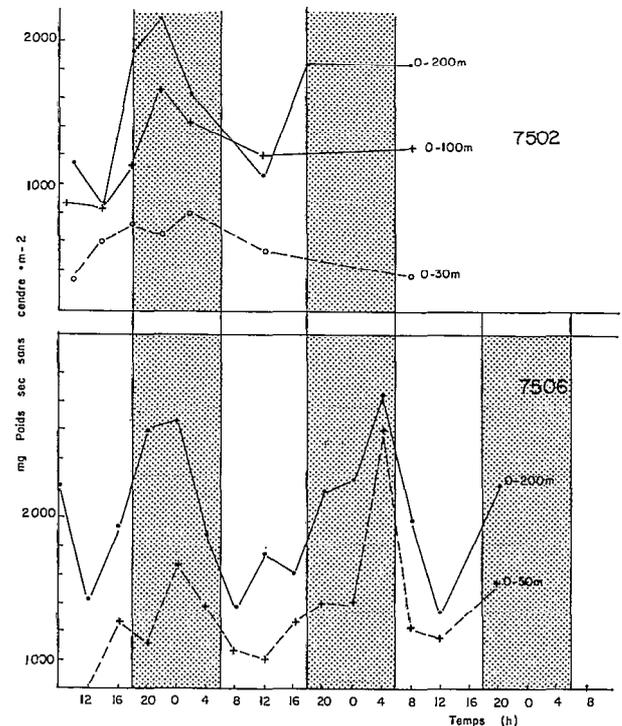


Fig. 5. — Variations nycthémérales de la biomasse dans les différentes couches de la colonne d'eau aux points A (7502) et B (7506).

Nycthemeral variations of WP-2 biomasses (ash free dry weight) in the different layers of the water column at point A (7502) and B (7506).

des biomasses des couches 0-30 et 0-100 m en mars et 0-50 m en août par rapport à la couche 0-200 m ne sont pas significativement différents le jour et la nuit (test de Wilcoxon, risque de 1 %). Or, les valeurs absolues le sont, ce qui laisse supposer que l'enrichissement nocturne est le même pour les différentes couches. Tout se passe donc comme si il y avait translation vers les niveaux supérieurs, de l'ensemble du plancton la nuit. Et il n'y a vraisemblablement pas d'évitement puisque les variations sont aussi importantes dans les niveaux supérieurs éclairés où il devrait être le plus fort.

Plusieurs conclusions peuvent être tirées de cette étude. (1) Si l'importance respective des biomasses des différentes couches est la même au cours d'un cycle nycthéméral, on peut supposer que ceci se reproduit aux autres niveaux et que le schéma de distribution verticale de la bouteille observé le matin à 8 h est le même aux autres périodes de la journée : les biomasses varient, mais dans les mêmes proportions aux différents niveaux. (2) La profondeur de 200 m, choisie comme niveau de référence est

insuffisante à l'équateur : les migrations verticales intéressent une couche plus épaisse. Ceci explique les variations de la fig. 2 et il faudrait, à l'avenir, échantillonner plus profondément si l'on veut supprimer l'effet des migrations verticales qui masquent les variations géographiques. Une campagne ultérieure dans la région du Dôme de Guinée (Anonyme, 1977) a montré que des prélèvements verticaux 600-0 m ne subissaient pas de telles variations, que l'on observait encore pour les traits 200-0 m.

3. Validité de l'échantillonnage du zooplancton à la bouteille de 30 l

Les schémas de distribution verticale que nous obtenons sont cohérents. D'autres études ont utilisé les valeurs intégrées de zooplancton capturé à la bouteille de 30 l pour définir les relations entre le phytoplancton et le zooplancton (DANDONNEAU, 1975) ou comparer des régions de richesses différentes (DUFOUR et STRETTA, 1973). Du fait de sa simplicité et de sa ponctualité, la bouteille offre en plus un moyen commode pour l'étude de la distribution verticale. Cependant, en raison du faible volume emprisonné (30 litres) et du faible diamètre d'ouverture (12,7 cm), on peut craindre que l'échantillonnage ne soit biaisé. Pour savoir si ce mode de prélèvement donne une bonne image de la biomasse totale, nous avons comparé ses valeurs à celles du filet WP-2.

(1) Tout d'abord, on considère les pourcentages des biomasses présentes dans les différentes couches échantillonnées par le filet. En août, la biomasse des 50 premiers mètres représente en moyenne, au cours d'une série de prélèvements au filet espacés de 4 heures pendant 48 heures, 67 % (43 à 97 %) de la biomasse de la colonne 200-0 m. Ce résultat est à rapprocher de celui de la bouteille pour laquelle les biomasses de phosphore représentent 74 % (58 à 87 %) de la biomasse présente dans les 100 premiers mètres et les effectifs de Copépodes, 64 % (56 à 73 %). Au mois de mars, la couche 100-0 comprend 82,1 % de la biomasse 200-0 m du filet et celle de 0-30 m, 40 %. Les résultats de la bouteille sont quelque peu différents : 32 % (20 à 39 %) des effectifs de Copépodes et 27 % (17 à 34 %) du phosphore de la couche 0-100 m se trouvent dans les 30 premiers mètres.

(2) On a calculé ensuite le coefficient du corrélation de rang de Spearman appliqué aux valeurs de biomasses du filet WP-2 (par m²) d'une part et celle des effectifs de Copépodes ou de phosphore (par m²) capturé à la bouteille au même moment, d'autre part. Les deux coefficients sont significativement différents de zéro (risque de 1 %), mais celui du phosphore est plus élevé ($r = 0,882$) que celui des effectifs de

Copépodes ($r = 0,845$). On pourrait donc estimer les biomasses du filet à partir des valeurs intégrées de la bouteille avec une bonne approximation, à condition que le nombre de niveaux de prélèvement soit suffisant. Cette corrélation n'est pas étonnante puisque la bouteille et le filet WP-2 capturent tous deux des organismes se nourrissant de petites particules et de faible vitesse.

Ces deux tests que nous estimons positifs, permettent d'accorder un certain crédit aux résultats de distribution verticale.

V. COMPOSITION DU PLANCTON

1. Critères définissant les peuplements zooplanctoniques

L'étude que nous abordons dans ce chapitre sur les biomasses et les peuplements est orientée vers celle des relations quantitatives qui existent entre les différents niveaux trophiques et qui feront l'objet des articles suivants (LE BORGNE, 1977 a et b). Nous avons donc essayé de définir les peuplements correspondant aux différents écosystèmes rencontrés, à l'aide de critères différents de ceux que l'on utilise habituellement et qui nécessitent des études beaucoup plus longues. Ces critères sont les suivants :

— La structure des tailles des populations planctoniques, qui selon le degré de maturité de l'écosystème pourra présenter une dominance plus ou moins marquée des organismes de petite taille. D'autre part, si l'on admet que les relations proie-prédateur se font surtout en fonction de leurs tailles respectives (LE BORGNE, 1978 b) — les prédateurs ingérant généralement des proies bien plus petites qu'eux — et non pas en fonction de leurs natures respectives — les prédateurs capturant les proies les plus abondantes dans le milieu naturel — la structure des biomasses représentera celle des premiers échelons trophiques du réseau alimentaire, dont nous étudierons les productions ultérieurement.

— La composition chimique, les relations liant biomasses et biovolumes, les rapports de constitution N/P et C/N reflètent, selon LE BORGNE (1975 b) l'importance respective des différents groupes planctoniques d'un écosystème.

— Les pourcentages des principaux groupes planctoniques, dont la liste figure sur les tableaux III et IV, comprennent des animaux d'une même division systématique, d'un même ordre de grandeur de taille et du même type d'alimentation. On a ainsi regroupé dans un même ensemble les différents genres de Copépodes, animaux qui se nourrissent dans leur grande majorité de particules de petite taille, phytoplanctoniques ou autres (détritiques organiques,

microzooplancton). Le terme anglais de « particle-feeder » qui figure sur les tableaux III et IV définit de façon concise ce type d'alimentation basé sur un critère de taille des proies plutôt que sur la nature de ces proies (herbivores, carnivores de 1^{er}, 2^e..., ordre) ou sur le mode de capture (filtreur, piqueur, suceur, etc.). Les prédateurs des tableaux III et IV sont des animaux qui se nourrissent des « particle-feeders » et qui représentent ainsi un niveau trophique supérieur.

Les situations hydrologiques et les biomasses dont nous avons abordé l'étude, sont suffisamment contrastées pour que l'on puisse mettre en évidence des différences dans les peuplements.

2. Structure des tailles des populations planctoniques aux points A et B

Les valeurs des biomasses des différentes classes de taille figurent sur le tableau I et demandent un certain nombre de commentaires :

— En l'absence de valeurs de carbone particulaire au mois de mars, les biomasses ont été exprimées en azote.

— L'azote particulaire ayant été mesuré sur la fraction 0,5-200 μ , nous avons déduit la biomasse de la fraction 0,5-50 μ par l'intermédiaire du pourcentage en phosphore de cette fraction dans la fraction totale, puisque seul le phosphore des deux fractions avait été mesuré (vide II-2-1).

— La distinction entre les fractions 200-500 μ et 500-7 000 μ a été faite en soustrayant aux valeurs du WP-2 celles du Bongo en supposant d'une part

que ce dernier laisse échapper tous les organismes de taille inférieure à sa maille et d'autre part que le WP-2 capture les animaux de taille inférieure à 7 000 μ , aussi bien que le Bongo. Ces deux hypothèses ne sont sans doute pas vérifiées mais l'on peut penser que l'échappement (Bongo) et l'évitement (WP-2) se compensent dans une certaine mesure.

— La fraction supérieure à 7 000 μ est le refus de tamis des prélèvements du Bongo et correspond au macroplancton (Chaetognathes, Siphonophores, Thaliacés) ou au micronecton (Poissons, Céphalopodes, « Crevettes »). L'échantillonnage n'est certainement pas tout à fait satisfaisant en raison du faible volume filtré (500 m³) et de la profondeur de prélèvement insuffisante le jour (200 m), mais nous avons quand même fait figurer ces valeurs, très peu de données existant à ce sujet. La biomasse de cette fraction mesurée en poids sec sans cendre est convertie en azote par le rapport azote/poids sec sans cendre de 0,113 (LE BORGNE, 1975 b).

Les résultats du tableau I montrent que les particules et le microzooplancton (1) représentent l'essentiel de la biomasse puisqu'elle est 6,4 fois plus importante que la totalité du zooplancton en mars et 6,2 fois en août. Il est vraisemblable qu'une partie importante de la biomasse 0-50 μ soit constituée de particules mortes puisque l'ATP de la fraction 50-200 μ représente 35,2 % de la biomasse vivante de 0-200 μ alors qu'en phosphore elle n'est que de 13,1 %. Par ailleurs, la fraction 200-500 μ du zooplancton représente à elle seule 63,9 % de la biomasse totale du mésozooplancton en mars et 61,4 % en août. Ces résultats montrent donc l'importance des organismes de petite taille et l'absence de différence aux deux saisons.

TABLEAU II

Comparaison des teneurs du poids sec en carbone, azote, phosphore et poids sec sans cendre, des rapports atomiques C/N et N/P de constitution et du rapport poids sec/volume déplacé (P.S./V_D) du mésozooplancton en mars (point A) et en août (point B).

A comparison between march (Point A) and august (point B) mesozooplankton for dry weight percentage of carbon, nitrogen, phosphorus and ash-free dry weight ("poids sec sans Cendre"), for C/N and N/P atomic constitution ratios and for dry weight/displacement volume (P.S./V_D) ratio.

	Point A	Point B		Point A	Point B
Carbone (%).....	33,6 ± 1,3	38,0 ± 1,3	C/N (atomes)	4,7 ± 0,09	4,8 ± 0,07
Azote (%).....	8,3 ± 0,6	9,3 ± 0,3	N/P (atomes)	22,5 ± 1,2	24,9 ± 1,5
Phosphore (%).....	0,87 ± 0,07	0,84 ± 0,05	P.S./V _D (mg/ml)	102 ± 7	138 ± 6
Poids sec sans cendre (%).....	79,4 ± 1,6	85,6 ± 0,7			

(1) Les observations à la loupe des échantillons capturés avec un filet de 50 microns, en traits 50-0 m, n'ont révélé qu'une très faible quantité d'algues, ce qui permet d'attribuer à la fraction 50-200 microns le terme de microzooplancton.

3. Composition élémentaire et rapports de biomasse du zooplancton

Si la structure des tailles est la même, la composition chimique du plancton présente des différences aux deux points fixes. Le plancton du point A (mars) a des teneurs significativement plus faibles que celui du point B (août) en carbone, azote et poids sec sans cendre et des rapports de constitution N/P et poids sec/volume déplacé plus faibles également (tabl. II et annexe I). On n'observe pas de différence significative pour les rapports C/N et les pourcentages en phosphore. Un même antagonisme existe entre les stations à biomasses élevées de la zone équatoriale et celles situées plus au sud ou plus au nord dans les eaux oligotrophes lors de la radiale Abidjan - Sainte Hélène du mois de juillet (CAP 7506) : ces dernières ont des teneurs significativement plus faibles en poids sec sans cendre (fig. 6), carbone et azote. Les

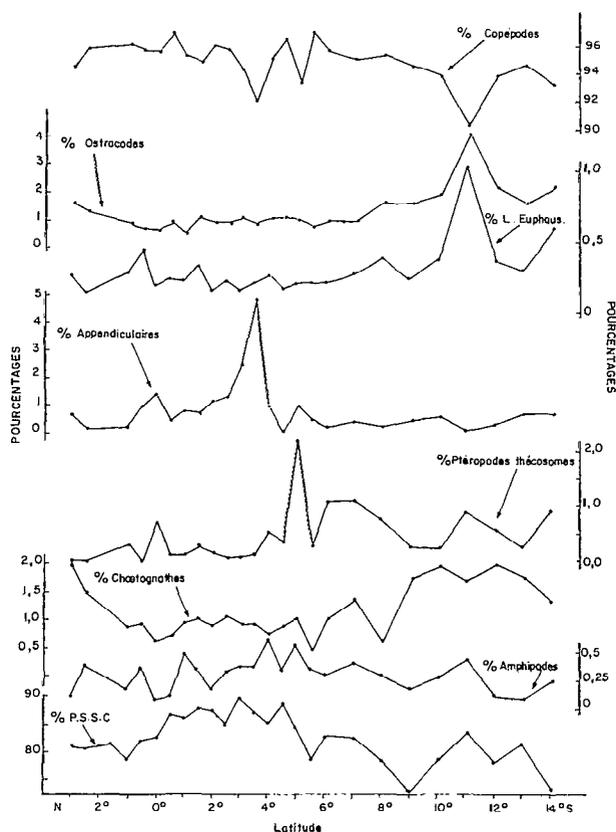


Fig. 6. — Pourcentages du poids sec en poids sec sans cendre (P.S.S.C.) et pourcentages dans les prélèvements des différents groupes taxonomiques lors de la radiale de juillet (CAP 7506).

Ash free dry weight: dry weight percentage (% P.S.S.C.) and percentages in plankton hauls of the different taxonomic groups during July transect (CAP 7506).

différences ne sont pas significatives pour les rapports poids sec/volume déplacé, ni pour les rapports atomiques C/N et N/P.

On peut donc dire que les régions riches en zooplancton (cas du point B et de la zone d'enrichissement en juillet) ont des teneurs plus élevées en matière organique — et donc aussi en azote et carbone — ainsi que des rapports poids sec/volume déplacé plus importants que dans les régions pauvres. Ceci confirme donc les observations précédentes de LE BORGNE (1975 b) et peut être attribué à des compositions faunistiques différentes que nous allons étudier à présent.

4. Composition faunistique du zooplancton

4.1. ÉTUDE COMPARATIVE DES POPULATIONS DES POINTS A ET B ET DE LA RADIALE DE JUILLET (CAP 7506)

Le tableau III met en évidence, pour le filet WP-2, des pourcentages des prélèvements plus élevés en « particle-feeders » en août (point B) lorsque l'on a une situation d'upwelling, qu'en mars (point A). Cette différence peut être attribuée à un enrichissement en Ptéropodes thécosomes et à une diminution du nombre de Chaetognathes au mois d'août (différences significatives au risque de 5 %). Aucune étude statistique ne peut être faite pour les résultats du filet Bongo où l'on ne dispose que de deux traits pour chaque point fixe. On remarquera qu'à l'exception des Euphausiacés (qui abondaient dans l'un des deux traits du point B), les résultats du Bongo sont proches de ceux du WP-2 (tabl. III). Sur la radiale du mois de juillet (CAP 7506), on retrouve l'antagonisme existant entre régions riches et régions pauvres : la zone d'enrichissement équatoriale présente des pourcentages significativement plus élevés en Appendiculaires de 0°30 à 4° S et en Copépodes de 1° N à 6° S (fig. 6). En revanche, les Ostracodes (1° N-7° S), les larves d'Euphausiacés (stades *calyptopis* et *furcilia*; de 0° à 7° S), les Chaetognathes (1° N à 6° S) et les Ptéropodes thécosomes (0°30 à 3°30 S) sont relativement moins nombreux dans la zone équatoriale (différence significative à 5 %).

Les différences mises en évidence pour la composition chimique se retrouvent donc dans la composition faunistique. On peut tenter de donner une signification écologique à ces résultats. Un pourcentage plus élevé en prédateurs peut révéler des systèmes plus équilibrés, comme c'est le cas au point A (mars) ou au sud lors de CAP 7506 avec les Chaetognathes. La proportion plus importante des prédateurs souvent de consistance gélatineuse, entraîne des rapports poids sec/volume déplacé plus faibles dans les régions plus équilibrées du point de vue écologique. Lors de

TABLEAU III

Valeurs moyennes et intervalles de confiance (5 %) des pourcentages en effectifs des principaux taxons prélevés par le filet WP-2 aux Points A (10 traits) et B (13 traits). Valeurs du filet Bongo (2 traits).

Mean values and their 5 % confidence intervals for percentages of the main taxonomic groups caught by WP-2 net at Point A (10 hauls) and Point B (13 hauls), and by the 500 μ Bongo nets (2 hauls).

Groupe taxonomique	Point A		Point B	
	WP-2 (0-200 m)	Bongo (0-200 m)	WP-2 (0-200 m)	Bongo (0-200 m)
Copépodes.....	94,66 \pm 1,48	94,70	95,63 \pm 0,46	85,01
Ostracodes.....	1,22 \pm 0,53	1,65	1,27 \pm 0,21	1,46
Appendiculaires.....	1,03 \pm 0,35	0,10	0,80 \pm 0,29	0,53
Ptéro-podes thécosomes.....	0,14 \pm 0,07	0,08	0,61 \pm 0,18	0,38
Larves d'Euphausiacés.....	0,24 \pm 0,14	0,46	0,40 \pm 0,08	2,76
Adultes d'Euphausiacés.....	0,12 \pm 0,08	0,13	0,04 \pm 0,02	6,17
Thaliacés.....	0,01 \pm 0,00	0,00	0,09 \pm 0,02	0,44
Total « particle-feeders ».....	97,54 \pm 0,94	97,12	98,77 \pm 0,19	96,75
Chaetognathes.....	1,69 \pm 0,92	1,20	0,56 \pm 0,11	0,95
Amphipodes.....	0,20 \pm 0,06	0,76	0,23 \pm 0,05	1,11
Polychètes.....	0,25 \pm 0,07	0,16	0,18 \pm 0,02	0,18
Hétéropodes.....	0,02 \pm 0,01	0,03	0,05 \pm 0,02	0,06
Larves poissons.....	0,12 \pm 0,06	0,25	0,07 \pm 0,03	0,46
Larves décapodes.....	0,08 \pm 0,02	0,16	0,03 \pm 0,01	0,20
Siphonophores.....	0,10 \pm 0,03	0,07	0,01 \pm 0,00	0,10
Total prédateurs.....	2,47 \pm 0,97	2,63	1,15 \pm 0,15	3,06

la radiale, d'autre part, les pourcentages plus élevés en Ptéro-podes et en Ostracodes, organismes à exosquelette plus ou moins minéralisé entraînent des teneurs plus faibles en matière organique que dans la zone équatoriale où les Copépodes et les Appendiculaires sont relativement plus nombreux. Ces constatations confirment l'étude antérieure de LE BORGNE (1975 b) et il semble correct d'attribuer aux systèmes plus équilibrés des régions pauvres des teneurs en matière organique et des rapports Poids/volume plus faibles que dans les systèmes jeunes des upwellings.

4.2. IMPORTANCE DES « PARTICLE-FEEDERS »

Si l'on considère les relations proie-prédateur d'après un critère de taille, la fraction 200-7 000 μ comprend à la fois les proies (« particle-feeders ») et leurs prédateurs. Il est donc important de connaître la part respective de ces deux niveaux trophiques. Les résultats du tableau III montrent une très nette dominance des « particle-feeders » qui représentent 97 à 99 % des effectifs du zooplancton récolté avec une soie de maille supérieure à 200 microns. L'essentiel des effectifs (plus de 91 %) est représenté par les Copépodes, les Ostracodes (4,5 à 5,5 %) et les

Appendiculaires (2,6 à 3,3 %). Les prédateurs sont surtout les Chaetognathes (2,3 à 4 %). KINZER (1969) observe lui aussi un pourcentage élevé de Copépodes (88 %) dans la zone équatoriale mais avec un filet de maille plus grosse (400 μ) qui laisse échapper davantage de stades jeunes que le WP-2. GREZE, GORDEJAVA et SHMELEVA (1969) dans l'Atlantique tropical et VINOGRADOV, SHUSHKINA et KUKINA (1976) dans l'upwelling équatorial du Pacifique observent cependant des pourcentages pondéraux de carnivores voisins de 50 %, donc beaucoup plus importants que ceux du point A (2,47 %) et du point B (1,15 %). Plusieurs raisons peuvent expliquer cet écart.

(1) GREZE, GORDEJAVA et SHMELEVA (1969) prennent en considération les pourcentages pondéraux, alors que nous avons utilisé les pourcentages en effectifs, dont l'effet est de sous-estimer l'importance des animaux de grande taille mais de biomasse plus importante. Pour avoir une idée de la différence entre les deux types de pourcentages — pondéraux et en effectifs — nous avons pesé l'ensemble des organismes de deux prélèvements du mois de mars (II-5). On observe alors (tabl. IV) que l'importance des Copépodes diminue nettement, mais que ceci est compensé

TABLEAU IV

Comparaison des pourcentages en effectifs et en poids sec des principaux taxons de deux prélèvements effectués au filet WP-2 au point A (mars).

A comparison between number of individuals ("effectifs") and dry weight ("pondéral") percentages of the main taxonomic groups of two WP-2 hauls at point A (march).

Groupe taxonomique	St. 55		St. 57	
	Pourcentage en effectifs	Pourcentage pondéral	Pourcentage en effectifs	Pourcentage pondéral
Copépodes.....	92,79	83,10	90,94	63,55
Ostracodes.....	1,18	1,98	0,97	2,95
Appendiculaires.....	1,47	1,50	1,47	1,36
Ptérotopodes thécosomes.....	0,12	2,73	0,15	1,67
Larves d'Euphausiacés.....	0,37	0,87	0,76	2,51
Adultes Euphausiacés.....	0,02	0,26	0,40	15,40
Thaliacés.....	0,01	0,06	0,00	—
Divers.....	0,04	0,39	0,12	0,73
Total « particle-feeders ».....	96,00	90,89	94,81	88,17
Chaetognathes.....	3,15	1,69	4,28	2,11
Amphipodes.....	0,19	2,70	0,19	1,71
Polychètes.....	0,30	0,85	0,26	0,92
Larves décapodes.....	0,06	0,44	0,09	2,06
Larves poissons.....	0,04	0,19	0,17	1,97
Hétéropodes.....	0,03	0,73	0,04	0,17
Siphonophores.....	0,12	1,16	0,12	2,39
Divers.....	0,09	1,37	0,03	0,48
Total prédateurs.....	3,98	9,13	5,19	11,81

par l'augmentation du pourcentage d'autres « particle-feeders » de plus grande taille (les Euphausiacés) ou à exosquelette minéralisé (Ptérotopodes thécosomes). Le pourcentage des prédateurs augmente, mais n'atteint que 10,5 % en moyenne de l'ensemble du prélèvement. On peut donc admettre que le plancton du WP-2 est constitué à 90 % d'animaux se nourrissant de particules inférieures à 200 microns.

(2) GREZE, GORDEJAVA et SHMELEVA (1969) ont considéré des valeurs de poids humide, ce qui tend à surestimer l'importance des carnivores planctoniques très riches en eau (Siphonophores, Cténaires, Méduses, Chaetognathes). La considération du poids sec ou du poids sec sans cendre serait plus judicieuse.

(3) Le terme de « carnivores » de GREZE, GORDEJAVA et SHMELEVA (1969) inclut vraisemblablement de nombreux « particle-feeders », dans la mesure où leurs proies peuvent être du microzooplancton. D'autre part, ces auteurs classent la moitié des omnivores parmi les carnivores ce qui n'est peut-être pas valable dans les régions à forte biomasse végétale où la tendance phytophage doit dominer.

La différence entre nos résultats et ceux de GREZE,

GORDEJAVA et SHMELEVA (1969) et VINOGRADOV, SHUSHKINA et KUKINA (1976) n'est sans doute qu'apparente et se résume à un problème de terminologie : les « particle-feeders » peuvent comprendre des animaux de régimes alimentaires différents. Mais il était important de savoir si ces animaux dominaient dans le zooplancton de la fraction 200-7 000 μ .

5. Conclusions

Nous venons d'utiliser un certain nombre de critères permettant de définir les peuplements. Ces caractéristiques sont faciles et rapides à mesurer et ont un deuxième intérêt, celui de définir la structure du réseau trophique. Nous les utiliserons dans une étude ultérieure pour définir les interactions des différents éléments du réseau.

VI. DISCUSSION-CONCLUSIONS

1. Au vu des résultats de deux radiales et de trois points fixes maintenus pendant plusieurs jours, on peut définir à 4° W une zone d'enrichissement

maximum en zooplancton de 0°30 à 3° S, mais de biomasses élevées jusqu'à 7° S, lors de l'upwelling de l'été boréal. Cette zone d'enrichissement est en relation étroite avec de fortes biomasses de phytoplancton, elles-mêmes en relation avec la présence de l'upwelling et d'une crête thermique située plus au sud (2°-3° S). En saison chaude, lorsqu'il n'y a pas d'upwelling, seule la crête thermique subsiste et l'on observe alors un déplacement vers le sud de la zone d'enrichissement équatoriale. A ces deux saisons correspondent des peuplements de zooplancton différents. Pendant la saison chaude, il y a relativement plus de prédateurs et l'on peut admettre que le système est plus équilibré. Cette composition faunistique différente s'accompagne d'une composition chimique différente, le peuplement d'upwelling étant plus riche en matière organique, carbone et azote. Des différences analogues apparaissent entre la région équatoriale et les régions adjacentes.

2. Les écarts entre les valeurs maximales des saisons chaude et froide sont faibles tant pour les biomasses de zooplancton que de phytoplancton. On peut donc penser que la richesse de la zone équatoriale est peu contrastée aux deux périodes, sans doute en raison d'une modification de la structure de l'écosystème en saison chaude, plus équilibré et qui permet le maintien d'une production végétale élevée. Cette constatation concernant le faible contraste des deux saisons doit certainement être nuancée car il semblerait que la zone d'enrichissement soit beaucoup plus étendue en latitude pendant la saison d'upwelling. Pour le vérifier, une série de campagnes sont prévues en 1978 afin de suivre l'évolution saisonnière des biomasses sur une étendue plus vaste en longitude. Il est en effet possible qu'en relation avec les structures hydrologiques, la zone d'enrichissement occupe une position variable par rapport à l'équateur lorsque l'on se déplace d'est en ouest.

3. La zone équatoriale est une zone riche puisque ses valeurs de biomasses sont 2,6 fois plus élevées que celles des régions situées plus au sud et seulement

1,5 fois plus faibles que celles des upwellings mauritaniens en février-mars.

4. La description de l'écosystème, tout au moins en ce qui concerne les échelons inférieurs du réseau trophique, a pu être faite à partir des résultats des deux points fixes de mars et d'août. 70 à 80 % de la biomasse du zooplancton présent dans les 100 premiers mètres, se trouvent dans la couche de production primaire. Les maximums de mésozooplancton et de chlorophylle coïncident sur les profils verticaux, ce qui montre le lien étroit qui les unit. Le schéma de distribution verticale reste le même au cours du cycle nycthéral, bien que les biomasses augmentent la nuit dans les différentes couches de la colonne 0-200 m, du fait de la migration verticale des organismes. Dans la zone équatoriale, la profondeur de référence de 200 m est donc insuffisante si l'on veut supprimer l'effet des variations nycthérales lors des comparaisons de zones différentes.

5. Au lieu de décrire les premiers niveaux trophiques en considérant l'abondance des différentes espèces végétales et animales, on a schématisé en considérant que les relations proie-prédateur se faisaient selon un critère de taille et non selon leurs natures respectives. Nous avons ainsi distingué les particules (0-50 μ), le microzooplancton (50-200 μ), le mésozooplancton de 200-500 μ et celui de 500 à 7 000 μ , le macroplancton supérieur à 7 000 μ . Dans la zone équatoriale, les particules et le microzooplancton représentent l'essentiel de la biomasse aux deux saisons (plus de 6 fois celle du mésozooplancton). La fraction inférieure du mésozooplancton (200-500 μ) représente 60 % de sa biomasse totale (200-7 000 μ). Le mésozooplancton est constitué à 90 % d'animaux se nourrissant de particules inférieures à 200 μ . Ce schéma de la structure des biomasses sera complété par l'étude des interrelations qui caractérisent l'écosystème (LE BORGNE, 1977 a et b).

*Manuscrit reçu au Service des Publications de l'O.R.S.T.O.M.,
le 11 janvier 1978.*

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1977. — Résultats de la campagne Guidôme-Jean Charcot (18 septembre-13 octobre 1976). *Publ. CNEXO, sér. Rés. Camp. Mer*, n° 13 (2), 98 pp.
- CORCORAN (E. F.) & MAHNKEN (C. V. W.), 1969. — Productivity of the tropical Atlantic Ocean. *Act. Sympos. Oceanogr. et Ressources halieut. Atlant. Tropic., Abidjan, oct. 1968*, UNESCO/FAO Paris : 57-67
- DANDONNEAU (Y.), 1975. — Relations phytoplancton-zooplancton dans l'Atlantique tropical oriental. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, vol. XIII, n° 3 : 239-250.
- DUFOUR (Ph.) & STRETTA (J. M.), 1973. — Production primaire, biomasses du phytoplancton et du zooplancton dans l'Atlantique tropical Sud, le long du méridien 4° W. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, vol. XI, n° 4 : 419-429.
- FONTENEAU (A.), MARCILLE (J.) & BARBE (F.) 1976. — Situation de la pêcherie d'albacore de l'Atlantique de l'Est au 30 septembre 1976. *DOC. ICCAT SCRS* 76/95.

- FRONTIER (S.), 1972. — Calcul de l'erreur sur un comptage de zooplancton. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 8 (2) : 121-132.
- GREZE (V. N.), GORDEJAVA (K. T.) & SHMELEVA (A. A.), 1969. — Distribution of zooplankton and biological structure in the tropical atlantic. *Act. Sympos. Océanogr. et Ressources halieut. Atlant. tropic., Abidjan, oct. 1968*, UNESCO Paris : 85-90.
- GRUZOV (L. N.), 1971. — La formation des accumulations de zooplancton dans la zone pélagique du Golfe de Guinée. *Trav. Atlant. NIRO*, XXXVII : 406-428 (en russe : traduit par Ph. HISARD, C.R.O. Abidjan).
- HERBLAND (A.) & PAGES (J.), 1975. — L'adénosine triphosphate (ATP) dans le dôme de Guinée. Distribution verticale et signification écologique. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, vol. XIII, n° 2 : 163-169.
- HERBLAND (A.) & VOITURIEZ (B.), 1977. Relation Chlorophylle *a* - Fluorescence *in vivo* dans l'Atlantique tropical. Influence de la structure hydrologique. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, vol. XV, n° 1 : 67-77.
- HISARD (Ph.), 1973. — Variations saisonnières à l'Équateur dans le Golfe de Guinée. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, vol. XI, n° 3 : 349-358.
- KINZER (J.), 1969. — Quantitative distribution of zooplankton in surface waters of the Gulf of Guinea during august and september 1963. *Act. Sympos. Océanogr. et Ressources halieut. Atlant. tropic., Abidjan, oct. 1968*, UNESCO/FAO, Paris : 231-240.
- LE BORGNE (R.), 1975 a. — Méthodes de mesures des biovolumes, poids secs, poids secs sans cendre et des éléments C.N.P. du mésozooplancton utilisées au C.R.O. d'Abidjan. *Doc. Scient. Centre Recherche Océanogr., Abidjan*, VI (2) : 165-176.
- LE BORGNE (R.), 1975 b. — Équivalences entre les mesures de biovolumes, poids secs, poids sec sans cendre, carbone, azote et phosphore du mésozooplancton de l'Atlantique tropical. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, vol. XIII, n° 3 : 179-196.
- LE BORGNE (R.), 1976. — Répartition des biomasses de zooplancton (1^{re} partie de la campagne). I — Pêches au filet WP-2 vertical. in « Résultats de la campagne Cineca 5 - J. Charcot - Capricorne 7403 (1^{er} mars au 20 avril 1974). » *Publ. CNEXO, sér. Résultats campagnes à la mer*, n° 10 : 1-2.
- LE BORGNE (R.), 1977 a. — Étude de la production pélagique de la zone équatoriale de l'Atlantique à 4° W. III. Respiration et excrétion d'azote et de phosphore du zooplancton. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, vol. XV, n° 4 : 349-362.
- LE BORGNE (R.), 1977 b. — Étude de la production pélagique de la zone équatoriale de l'Atlantique à 4°W. IV. Production et rôle du zooplancton dans le réseau trophique. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, vol. XV, n° 4 : 363-374.
- LE BORGNE (R.), 1978 a. — Ammonium Formation in Cape Timiris (Mauritania) upwelling. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, vol. 31: 253-265.
- LE BORGNE (R.), 1978 b. — Évaluation de la production secondaire planctonique en milieu océanique par la méthode des rapports C/N/P. *Oceanol. Acta*, I (1) : 107-118.
- LONGHURST (A. R.), 1976. — Interactions between zooplankton profiles in the eastern tropical Pacific Ocean. *Deep Sea Res.*, 23 (8) : 729-754.
- MC. GOWAN (J. A.) & BROWN (D. M.), 1966. — A new opening-closing paired zooplankton net. *Scripps Inst. Oceanogr. Rep.* 66-23.
- MENZEL (D. W.) & CORWIN (N.), 1965. — The measurement of total phosphorus in sea water based on the liberation of organically bound fractions by persulfate oxidation. *Limnol. Oceanogr.*, 10 : 280-283.
- UNESCO, 1968. — Zooplankton sampling. *Monogr. Oceanogr.*, 2 : 174 pp.
- VINOGRADOV (M. Ye), SHUSHUKINA (E. A.) & KUKINA (I. N.), 1976. — Functional characteristics of a planktonic community in an equatorial upwelling region. *Oceanology*, 16 (1) : 67-76.
- VOITURIEZ (B.) & DANDONNEAU (Y.), 1974. — Relation entre la structure thermique, la production primaire et la régénération des sels nutritifs dans le dôme de Guinée. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, vol. XII, n° 4 : 241-255.
- VOITURIEZ (B.) & HERBLAND (A.), 1977. — Étude de la production pélagique de la zone équatoriale de l'Atlantique à 4° W. I — Relations entre la structure hydrologique et la production primaire. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, vol. XV, n° 4 : 313-331.

ANNEXE n° 1

Campagne Station	Position	Filet	Date	Heure G.M.T.	Volume ml/m ³	P.S. mg/m ²	P.S.S.C. mg/m ²	C (%)	N (%)	P (%)	C/N	N/P
7514-1	1.00 N - 9.52W	WP-2	19/10/73	23-00	,066	1929	1452	29,9	7,6	-	4,6	-
2	.08 N - 10.02W	"	20/10/73	11.30	,066	770	661	35,3	9,2	-	4,5	-
6	.48 S - 10.03W	"	21/10/73	18.15	,072	783	659	36,9	8,9	-	4,8	-
7	1.48 S - 10.04W	"	22/10/73	9.30	,045	1127	856	28,1	6,6	-	5,0	-
8	2.37 S - 9.53W	"	22/10/73	20.00	,066	1685	1333	36,2	9,3	-	4,5	-
9	3.50 S - 10.04W	"	23/10/73	8.30	,079	1770	1401	33,3	8,1	-	4,8	-
10	4.53 S - 10.04W	"	23/10/73	20.00	,043	1091	908	34,6	9,0	-	4,5	-
11	5.50 S - 10.10W	"	24/10/73	8.30	,039	859	680	36,4	9,3	-	4,6	-
12	6.56 S - 10.01W	"	24/10/73	20.00	,043	1005	789	33,5	8,4	-	4,7	-
13	7.48 S - 10.03W	"	25/10/73	8.30	,035	745	552	32,2	8,2	-	4,6	-
14	8.41 S - 10.03W	"	25/10/73	20.00	,051	1201	1002	36,0	9,5	-	4,4	-
15	9.43 S - 10.04W	"	26/10/73	8.30	,027	535	436	35,3	8,8	-	4,7	-
16	10.54 S - 10.03W	"	26/10/73	20.00	,025	458	369	27,5	6,8	-	4,7	-
17	12.00 S - 10.00W	"	27/10/73	8.30	,028	581	464	34,9	8,8	-	4,6	-
7516-3-4	2.30 S - 3.56W	"	22/11/73	moyenne	-	1785	-	38,8	9,6	,91	4,8	23,3
6	2.59 N - 4.08W	"	24/11/73	8.00	-	1045	-	27,9	6,8	,53	4,8	28,4
7502- 43 à 57	0.30 S - 4.30W	WP-2	1-4/3/75	moyenne	,086	1748	1388	33,6	8,3	,87	4,7	22,5
	0.30 S - 4.30W	Bongo	1-4/3/75	moyenne	,036	688	557	-	-	-	-	-
7506-1	3.54 N - 4.01W	WP-2	15/7/75	10.30	,087	1879	1481	36,9	8,6	0,84	5,0	22,7
2	3.00 N - 4.13W	WP-2	15/7/75	17.30	,058	1393	1127	37,8	8,9	0,89	5,0	22,1
3	2.31 N - 4.23W	"	15/7/75	23.30	,047	1194	963	39,0	8,6	0,75	5,3	25,4
4	2.05 N - 4.33W	"	16/7/75	5.00	,065	1463	1183	34,4	8,3	0,84	4,8	21,9
5	1.30 N - 4.40W	"	16/7/75	11.30	,074	1566	1273	41,7	8,7	0,71	5,6	27,1
6	0.59 N - 4.37W	"	16/7/75	19.30	,081	2115	1656	34,5	6,8	0,64	5,9	23,5
7	0.30 N - 4.32W	"	17/7/75	1.00	,100	2419	1979	39,8	9,5	0,78	4,9	27,0
8	0.01 S - 4.46W	"	17/7/75	7.30	,063	1698	1409	32,5	7,7	0,68	4,9	25,1
9	0.32 S - 4.36W	"	17/7/75	13.30	,096	2592	2237	43,5	10,0	0,85	5,1	26,1
10	0.53 S - 4.43W	"	17/7/75	18.30	,143	3302	2846	41,8	10,2	0,92	4,8	24,5
11	1.30 S - 4.41W	"	18/7/75	1.00	,113	2929	2574	40,8	11,0	0,82	4,3	29,7
12	2.02 S - 4.38W	"	18/7/75	8.00	,093	2554	2229	36,2	9,0	0,80	4,7	24,9
13	2.33 S - 4.47W	"	18/7/75	14.00	,110	2298	1949	39,7	10,1	0,82	4,6	27,3
14	2.58 S - 4.52W	"	18/7/75	19.00	,106	2901	2608	39,6	9,8	0,83	4,7	26,1
15	3.30 S - 4.49W	"	19/7/75	1.00	,082	1949	1699	37,6	9,4	0,86	4,7	24,2
16	4.00 S - 4.51W	"	19/7/75	6.30	,067	2157	1840	36,1	9,2	0,90	4,6	22,6
17	4.28 S - 4.50W	"	19/7/75	12.00	,075	2428	2156	41,2	10,2	0,92	4,7	24,5
18	5.00 S - 5.00W	"	19/7/75	18.00	,088	2498	2108	37,5	9,6	0,80	4,6	26,6
19	5.30 S - 4.57W	"	20/7/75	0.00	,114	2084	1640	38,1	9,6	0,86	4,6	24,7
20	6.00 S - 4.59W	"	20/7/75	7.00	,078	2108	1745	37,2	9,7	0,69	4,5	31,1
21	7.00 S - 5.00W	"	20/7/75	15.00	,094	2239	1850	36,5	9,5	0,71	4,5	29,6
22	8.00 S - 5.08W	"	20/7/75	23.30	,068	1385	1085	35,4	8,5	0,77	4,9	24,4
23	9.02 S - 5.09W	"	21/7/75	8.00	,050	1071	779	30,5	7,6	0,61	4,7	27,6
24	10.00 S - 5.15W	"	21/7/75	16.00	,036	889	702	33,1	8,4	0,68	4,6	27,4
25	11.05 S - 5.19W	"	22/7/75	0.00	,045	1216	1015	34,9	9,0	0,84	4,5	23,7
26	12.06 S - 5.26W	"	22/7/75	8.00	,037	755	589	31,7	8,1	0,65	4,6	27,6
27	13.14 S - 5.33W	"	22/7/75	16.00	,039	731	595	33,5	8,7	0,73	4,5	26,4
28	15.17 S - 5.37W	"	23/7/75	0.30	,042	1163	856	32,6	8,2	0,69	4,6	26,3
54 à 57	0.30 S - 4.30W	WP-2	6-9/8/75	moyenne	,084	2326	1991	38,0	9,3	0,84	4,8	24,9
	0.30 S - 4.30W	Bongo	6-9/8/75	moyenne	,046	883	728	33,0	8,2	0,82	4,7	22,1

Valeurs des biovolumes déplacés, poids secs (P.S.), poids sec sans cendre (P.S.S.C.), des teneurs en carbone, azote et phosphore du poids sec et des rapports atomiques C/N et N/P du zooplancton de la couche 0-200 m récolté pendant les campagnes du N/O CAPRICORNE.