

PREMIERS RESULTATS SUR L'EXCRETION ET LA PRODUCTION
DU MESOZOOPLANCTON DE LA LAGUNE EBRIE
(COTE D'IVOIRE)

par

R. LE BORGNE¹ et Ph. DUFOUR¹

R E S U M E

Les biomasses et les taux métaboliques (excrétion totale d'azote et de phosphore, respiration) ont été mesurés en quatre stations caractéristiques du milieu lagunaire aux saisons des crues (octobre-novembre), sèche (décembre-janvier) et des pluies (juillet). En milieu dessalé (salinité de 4‰), l'espèce *Acartia clausi* (Copépodes) domine très fortement tandis que dans la région d'Abidjan, les apports marins amènent une faune océanique diversifiée en saison sèche. Les rapports atomiques O/N_T et O/P_T entre la respiration (O) et l'excrétion totale d'azote (N_T) ou de phosphore (P_T) sont élevés (15,1 et 111 respectivement) et révèlent une nutrition du zooplancton de type glucidique très marqué. La production a été évaluée à partir de l'excrétion par l'intermédiaire du coefficient d'utilisation de la nourriture assimilée, K_2 , calculé à partir des rapports azote phosphore (N/P) des particules (a_1), de l'excrétion (a_2) et de la constitution (a_3) du zooplancton. Les valeurs de productivité journalière (rapport : production journalière/biomasse) sont élevées et correspondent à des temps de renouvellement de la biomasse de 1,2 à 3,8 jours. Ces valeurs fortes sont attribuées à l'influence de la température (26°5 à 30°C) et à la richesse en phytoplancton (valeurs de chlorophylle "a" de surface toujours supérieures à 4 mg.m⁻³). Enfin, l'article traite des relations trophiques existant entre le phyto. et le zooplancton (rapport:ingestion/production primaire et coefficient de transfert) et ébauche le problème des relations entre le zooplancton et ses prédateurs.

A B S T R A C T

Biomasses and metabolic rates (total nitrogen and phosphorus excretion and respiration) were measured at four stations, representative of the laguna environment and during the high-water (Oct.-Nov.), the dry (Dec.-Jan.)

.../...

¹ Centre de Recherches Océanographiques - B.P. V 18 - ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

and rain (July) seasons. In low-salinity waters ($\approx 4\%$) *Acartia clausi* (Copepoda) is the almost unique species, whereas a marine and diversified fauna is brought from the ocean in Abidjan area during the dry season. O/N_T and O/P_T atomic ratios between respiration (O) and total nitrogen (N_T) and phosphorus (P_T) excretions are high (15.1 and 111, respectively) and show a marked hydrocarbon feeding of zooplankton. Production was assessed from excretion via the net growth efficiency coefficient, K₂, calculated from nitrogen-phosphorus (N/P) ratios for particles (a₁), zooplankton excretion (a₂) and constitution (a₃). Daily productivity indexes (i.e. daily production/biomass ratio) are high and equivalent to 1.2-3.8 day turn-over times. These high values may be ascribed to high temperatures (26°5-30°C) and phytoplankton richness (surface chlorophyll "a" concentrations are always greater than 4 mg.m⁻³).

At last, the paper deals with trophic relationships between phyto- and zooplankton (ingestion/primary production ratio and transfer coefficient) and sketches the question of relationships between zooplankton and its predators.

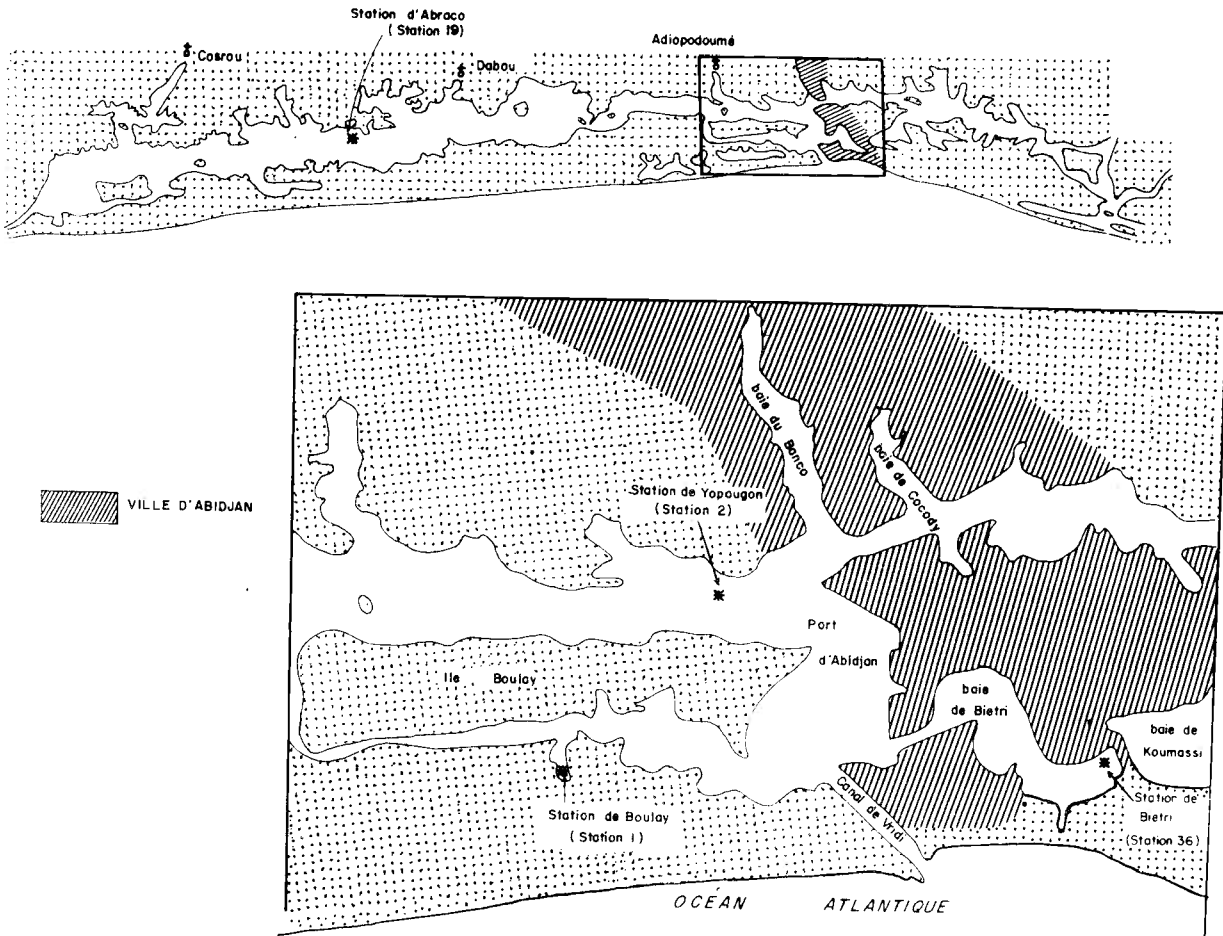
1 - INTRODUCTION

Aucune étude du zooplancton de la lagune Ebrié n'a envisagé jusqu'à présent sa production dont la connaissance est importante puisqu'elle relie la production autotrophe planctonique à la production tertiaire représentée en lagune par les poissons zooplanctonophages.

L'étude de la production secondaire planctonique s'intéresse, au sens strict, à l'accroissement de la biomasse par unité de temps (c'est la fraction de la biomasse disponible pour le niveau trophique supérieur) et au sens large, à l'ingestion des particules en suspension dans l'eau (c'est le "broutage" ou "grazing") et à l'excrétion dont les produits sont utilisés par la production autotrophe. Les mesures de production - au sens large - concerneront donc les biomasses et les différents taux de transfert, quantités produites, excrétées ou ingérées par unité de biomasse et de temps. Seuls les taux d'excrétion d'azote et de phosphore ont été mesurés. Les taux de production seront déduits des taux d'excrétion par l'intermédiaire d'un coefficient, le rendement net en croissance K₂. Celui-ci a été calculé selon la méthode décrite par Le Boigne (1978) qui nécessite la mesure des rapports azote)phosphore (N/P) des proies du zooplancton (rapport a₁), de son excrétion (rapport a₂) et de sa constitution (rapport a₃). L'ingestion, enfin, sera déduite de la production et de l'excrétion par l'intermédiaire du coefficient d'assimilation D. Dans un premier temps, nous avons entrepris de mesurer ces différents paramètres en quatre stations caractéristiques de la lagune Ebrié et aux différentes saisons : saison

des crues du Comoé (octobre-novembre 1977), saison sèche (janvier 1978), saison des pluies (juillet 1978). Les points caractéristiques dont l'hydrologie et la production primaire ont été étudiées en détail par Pagès et *al.* (1979) sont (Fig.1) :

- un milieu urbain pollué, le fond de la baie de Biétri (station 36 ou point I) décrit précédemment par Dufour et Slepoukha (1975) ;
- un milieu non pollué situé symétriquement à la baie de Biétri par rapport au canal de Vridi (qui relie la lagune à l'océan) et qui peut lui servir de référence : il s'agit d'une petite baie du cordon littoral située au sud de l'île Boulay (station I) ;
- un milieu subissant une influence marine toute l'année, à Yopougon (station 2 ou point E) décrit par Dufour et Slepoukha, 1975) ;
- un milieu lagunaire type ne subissant pas directement l'influence marine : Abraco (station 19) étudié en saison sèche et saison des crues du Comoé.



2 - MATERIEL ET METHODES

Chaque station a été étudiée pendant 24 heures au cours desquelles les opérations suivantes ont été effectuées.

1 - Profils de température, salinité et chlorophylle "a".

Les prélèvements ont été réalisés à la pompe en octobre, novembre, décembre et janvier et à la bouteille à prélèvement NISKIN (1,5 l) en juillet. Les niveaux de prélèvements étaient espacés de 1m, du fond à la surface, avec un échantillon supplémentaire à 0,5 m. Pour les mesures de la chlorophylle, chaque échantillon de 50 à 200 ml était filtré immédiatement après le prélèvement sur filtre en fibre de verre Gelman type A de porosité moyenne 0,3 μm et sous une dépression de 100 mB, puis conservé en dessiccateur au congélateur jusqu'au moment de l'analyse. Celle-ci a été faite sur extrait acétonique au fluorimètre, avant et après acidification (Yentsch et Menzel, 1963). La température a été mesurée au 1/10ème de degré, la salinité avec un réfractomètre A.O. (1) avec une précision de lecture de ± 1 g/l. Au cours de chaque cycle de 24 heures au moins deux profils ont été faits en début et fin de journée.

2 - Rapport N/P des particules (rapport a₁).

L'eau de un (octobre-novembre) ou 4 niveaux (janvier et juillet) était tamisée sur une soie de 200 μm puis filtrée sur un filtre Gelman type A en fibre de verre, de 25 mm de diamètre à raison de 50 à 200 ml pour l'analyse du phosphore (méthode Menzel et Corwin, 1965) et du carbone-azote (analyseur "CHN" Hewlett-Packard, modèle 185B). Les filtres ont été conservés en dessiccateur au congélateur jusqu'à leur analyse à terre. Le rapport azote/phosphore est le rapport des concentrations dans le milieu d'origine exprimées en $\mu\text{atg.l}^{-1}$. Des tamisages sur 50 et 200 μm aux stations de Boulay et de Biétri n'ont pas permis de mettre en évidence de différence significative et l'on peut donc admettre que la quasi-totalité des particules ont une taille inférieure à 50 μm .

(1) A.O. Instrument Company BUFFALO NY 14215 USA.

3 - Prélèvements du mésozooplancton.

C'est le zooplancton de taille supérieure à 200 μm (UNESCO, 1968). Au cours de chaque cycle de 24 heures, un certain nombre de traits obliques ont été réalisés autour du mouillage avec un filet WP-2 (UNESCO, id.) muni d'un débit-mètre T.S.K. pour la mesure du volume filtré. La profondeur maximum atteinte par le filet a été estimée grossièrement d'après l'angle du câble, à 3 m pour Biétri, 6 m à Boulay et Yopougon et 7 m à Abraco.

A chaque station il y a eu au moins un trait de surface afin d'estimer l'importance de la biomasse du zooplancton dans cette couche d'eau. D'autres traits enfin ont été effectués afin de déterminer la composition faunistique du zooplancton.

4 - Mesures de la biomasse et de la constitution élémentaire (C,N,P) du mésozooplancton.

Le plancton était recueilli immédiatement sur une soie prépesée, rincé puis mis à l'étuve (60°C) pendant 24h et conservé au congélateur. Lorsque le prélèvement comportait des débris ou des algues (cas de Biétri pour les débris et d'Abraco pour les algues), leur élimination a été réalisée en utilisant la particularité qu'ont les Copépodes du genre *Acartia* d'être attirés vers les bords du récipient. Il suffit alors de les pipetter et de recommencer l'opération plusieurs fois afin d'éliminer le maximum de débris ou d'algues. A terre, l'échantillon a été pesé pour la mesure du poids sec (p.s.) puis passé au four à 550°C pendant 1h 1/2 pour la détermination du pourcentage du poids sec en matière organique (poids sec sans cendre ou p.s.s.c.). Le rapport N/P de constitution du zooplancton (rapport a3) a été déterminé sur certains échantillons ayant servi à la mesure de la biomasse, après broyage (cf. Le Borgne, 1975a).

5 - Mesures des taux de respiration et d'excrétion totale d'azote (N_T) et de phosphore (P_T) du mésozooplancton.

Une ou deux séries de mesures ont été faites au cours de chaque cycle de 24 h sur du plancton prélevé avec le filet WP-2 de la même façon que pour les biomasses (traits obliques). Les animaux étaient introduits immédiatement dans un à quatre flacons de un litre et immergés dans un casier à 0,5m

de profondeur près du bateau. L'eau des flacons avait été filtrée au préalable par pression (afin de ne pas désoxygéner le milieu) sur filtre Millipore en acétate de cellulose de 0,8 μm . Une batterie de 4 flacons identiques aux autres, mais dépourvus de zooplancton servaient de témoins. L'incubation durait de 3 à 6 h (4h dans la majorité des cas) selon l'abondance des animaux dans les flacons (4,2 à 57,3 mg P.S. L^{-1}). A la fin de l'expérience, l'état des animaux était contrôlé (les flacons avec des animaux morts n'ont pas été pris en considération) et ceux-ci étaient recueillis sur un filtre en fibre de verre prépesé, desséchés à l'étuve (24h à 60°C), conservés au congélateur jusqu'au moment de la pesée. L'eau des flacons était conservée au congélateur jusqu'au moment de l'analyse de l'azote et du phosphore total après irradiation aux U.V. (méthode d'ARMSTRONG et TIBBITTS, 1968). L'oxygène était dosé par la méthode de Winkler. Les réactifs étaient ajoutés à bord et les flacons en verre inactinique conservés dans de l'eau jusqu'au moment de l'analyse à terre. La respiration est la diminution de la concentration en oxygène par rapport aux témoins et l'excrétion, l'augmentation d'azote ou de phosphore. Les taux de respiration (ou consommation d'oxygène) et d'excrétion sont les valeurs rapportées à 24 h et à un milligramme de poids sec. Le rapport d'excrétion N/P (rapport a_2) est le rapport atomique (excrétion d'azote)/(excrétion de phosphore). Les rapports atomiques O/N et O/P sont les rapports (consommation de O_2)/(excrétion totale d'azote) et (consommation de O_2)/(excrétion totale de phosphore).

3 - RESULTATS

Les tableaux I à IV regroupent l'ensemble des résultats.

1 - La situation hydrologique⁽¹⁾.

Elle est sensiblement la même pour les stations du matin et du soir, c'est pourquoi un seul profil a été représenté pour chaque station.

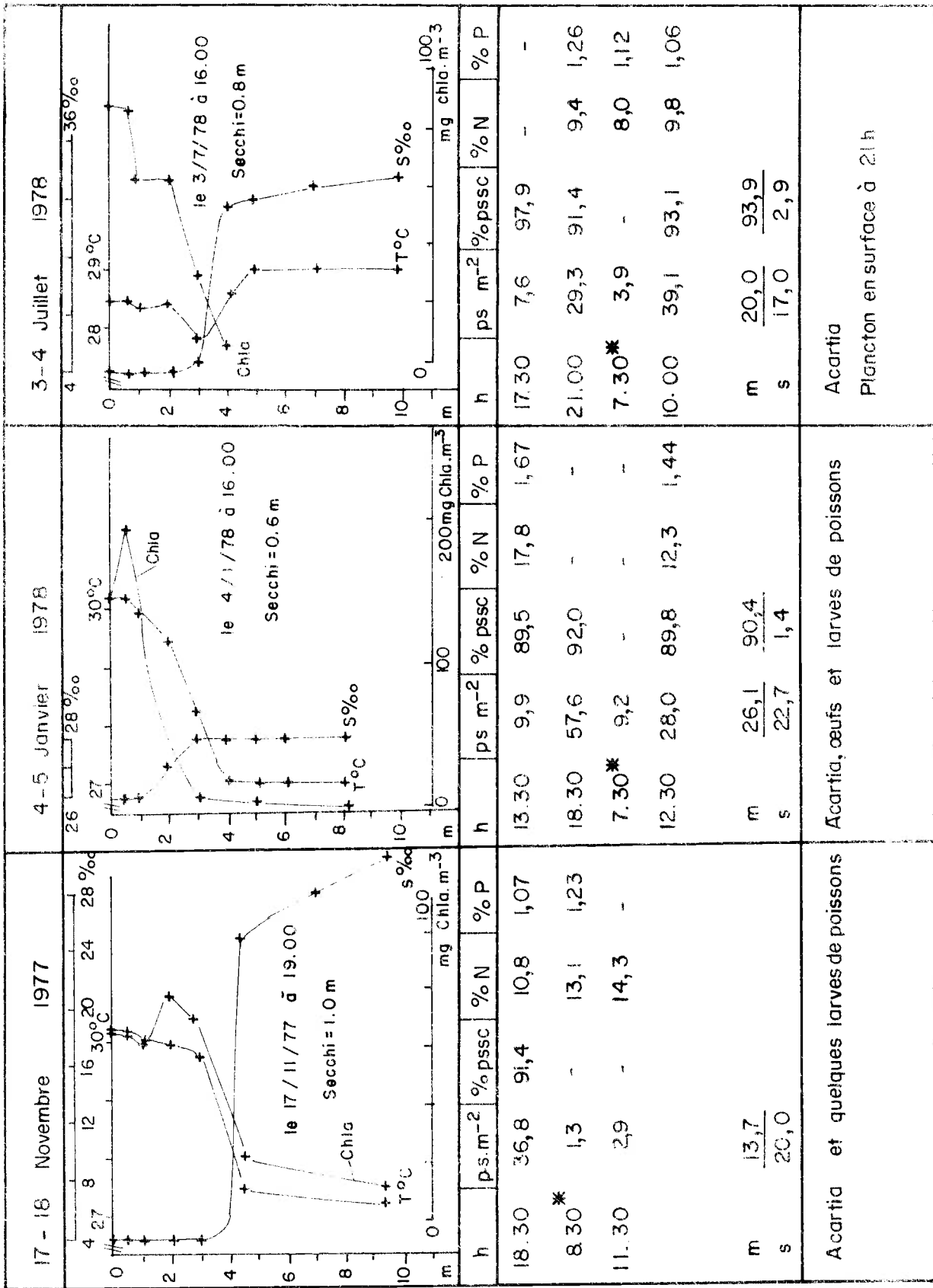
(1) On trouvera des renseignements plus complets sur l'hydrologie de la lagune Ebrié dans les travaux de Rahm (1964), Tastet (1974), Varlet (1978) et Pagès et al. (1979).

a - Région d'Abidjan (Boulay, Biétri et Yopougon) (Tableaux I, II et III). En octobre-novembre, la crue du Comoé provoque une forte dessalure des eaux de surface ($S \sim 4\%$ dans les 4 à 6 premiers mètres). En saison sèche, la salinité est supérieure à 26% et l'écart est faible entre le fond et la surface. La température décroît de quelques degrés. En saison des pluies, les apports des fleuves riverains qui sont en crue, provoquent de nouveau un abaissement de la salinité (4%) dans les trois premiers mètres. En dessous, se trouvent des eaux salées et froides qui proviennent de l'upwelling côtier qui a démarré. A Biétri cependant, la présence d'un seuil contrarie la pénétration de ces eaux et ce sont les eaux chaudes et salées de saison chaude qui persistent sous la halocline.

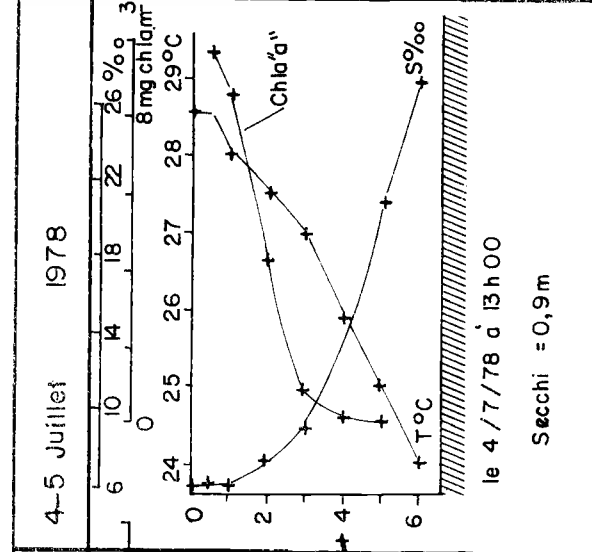
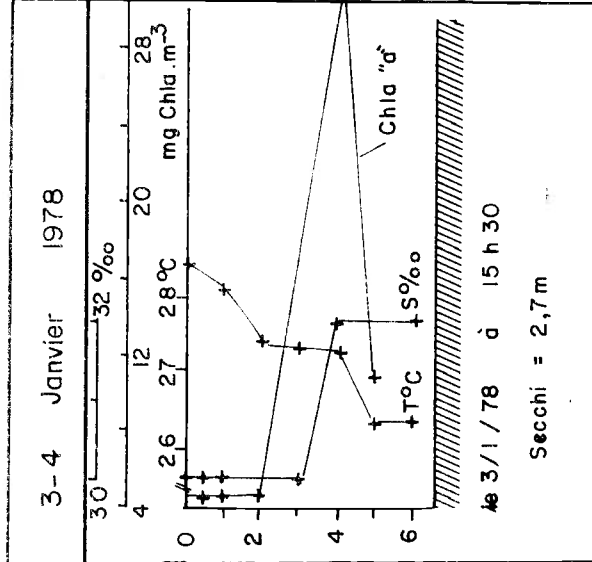
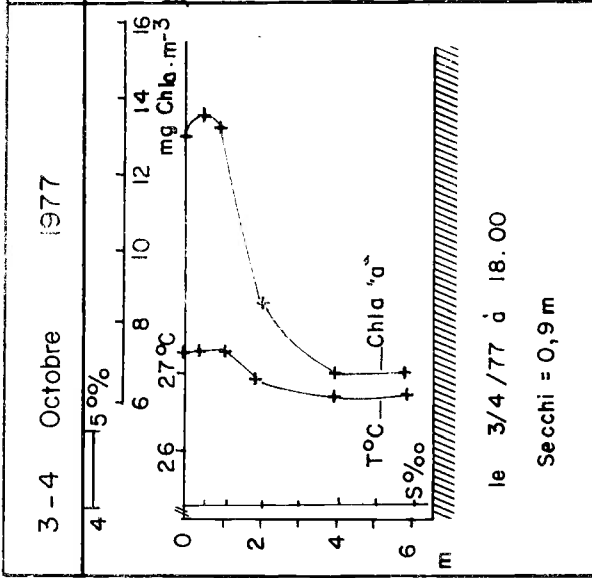
b - Abraco présente une situation analogue en toutes saisons : la salinité (4%) et la température sont homogènes sur toute la colonne d'eau (Tableau IV)

SYMBOLES OU ABBREVIATIONS DES TABLEAUX I A IV

T°C, S‰, Chl "a"	: température (degrés centigrade), salinité ($g.l^{-1}$), chlorophylle "a" ($mg.m^{-3}$)
h	: heure du prélèvement
p.s., %pssc, %N, %P	: poids sec, pourcentages du poids sec en poids sec sans cendre, azote, phosphore
m, s, n	: moyenne, écart-type, nombre de valeurs
*	: prélèvement avec mesures d'excrétion-respiration du zooplancton
o	: moyenne des valeurs obtenues l'année précédente de janvier à avril, au même point
N _T , P _T , O ₂	: azote total, phosphore total, oxygène
O/N, O/P	: rapport atomique entre consommation d'oxygène (respiration) et excrétion d'azote (N) ou de phosphore (P)
a ₂ , a ₁ , a ₃	: rapports atomiques N/P de l'excrétion du zooplancton, des particules et de la constitution du zooplancton
K ₂ , P, K ₂ , N	: coefficient d'utilisation de la nourriture assimilée, ou rendement net en croissance, pour le phosphore et l'azote
Prod. N, Prod. P	: production d'azote, de phosphore par le zooplancton
P/B _j	: productivité journalière ou rapport Production journalière/biomasse
t.o.	: temps de renouvellement de la biomasse (en jours) ou "turn-over".



17 - 18 Novembre 1977		4 - 5 Janvier 1978		3-4 Juillet 1978	
Taux d'excrétion de N Total et P Total ($\mu\text{atg} \cdot \text{mg ps.}^{-1} \cdot \text{j.}^{-1}$) et de respiration ($\mu\text{l O}_2 \cdot \text{mg ps.}^{-1} \cdot \text{j.}^{-1}$)					
T°C	29,4	30,2	28,7	28,5	
n	1	3	4	4	
NT	1,714	3,445(1,973)	2,085 (0,283)	4,040 (s=0,139)	
PT	0,210	0,463(0,178)	0,435 (0,040)	0,471 (s=0,062)	
O ₂	276	670 (57)	508 (22)	633 (s=43)	
O/N	14,4	17,3	21,7	14,0	
O/P	118	129	104	120	
Excrétion d'azote et de phosphore ($\text{atg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j.}^{-1}$) et respiration ($\text{ml O}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j.}^{-1}$)					
NT	0,023	0,090	0,054	0,081	
PT	0,003	0,012	0,011	0,009	
O ₂	3,8	17,5	13,2	12,7	
a ₂	8,2	7,5	4,8	8,6	
a ₁	17,2	12,7°	12,7°	10,6	
a ₃	23,6	23,6	22,4	15,8	
K ₂ P	0,584	0,335	0,449	0,278	
K ₂ N	0,802	0,623	0,792	0,414	
Prod. N	1,30 mg N. m ⁻² .j ⁻¹	2,08	2,88	0,80 mg. m ⁻² .j ⁻¹	
Prod. P	0,13 mg P. m ⁻² .j ⁻¹	0,19	0,28	0,11 mg. m ⁻² .j ⁻¹	
P/B j	0,742, soit t.o. = 1,3 j	0,448 (2,2 j)	0,684 (1,5 j)	0,499, soit t.o. = 2,0 j	



h	p.s. m ⁻²	%pssc	%N	%P
18.00	852	92,6	11,0	-
7.30*	570	92,7	11,0	1,21
12.00	313	93,2	10,9	1,21
15.30	417	92,2	10,2	1,16
m	<u>538</u>	<u>92,7</u>		
s	234	0,4		

h	p.s. m ⁻²	%pssc	%N	%P
14.00*	30	-	-	-
17.30	45	58,3	3,5	0,55
7.00	12	-	8,1	0,82
11.30	32	52,7	-	-
m	<u>30</u>	<u>55,5</u>		
s	13			

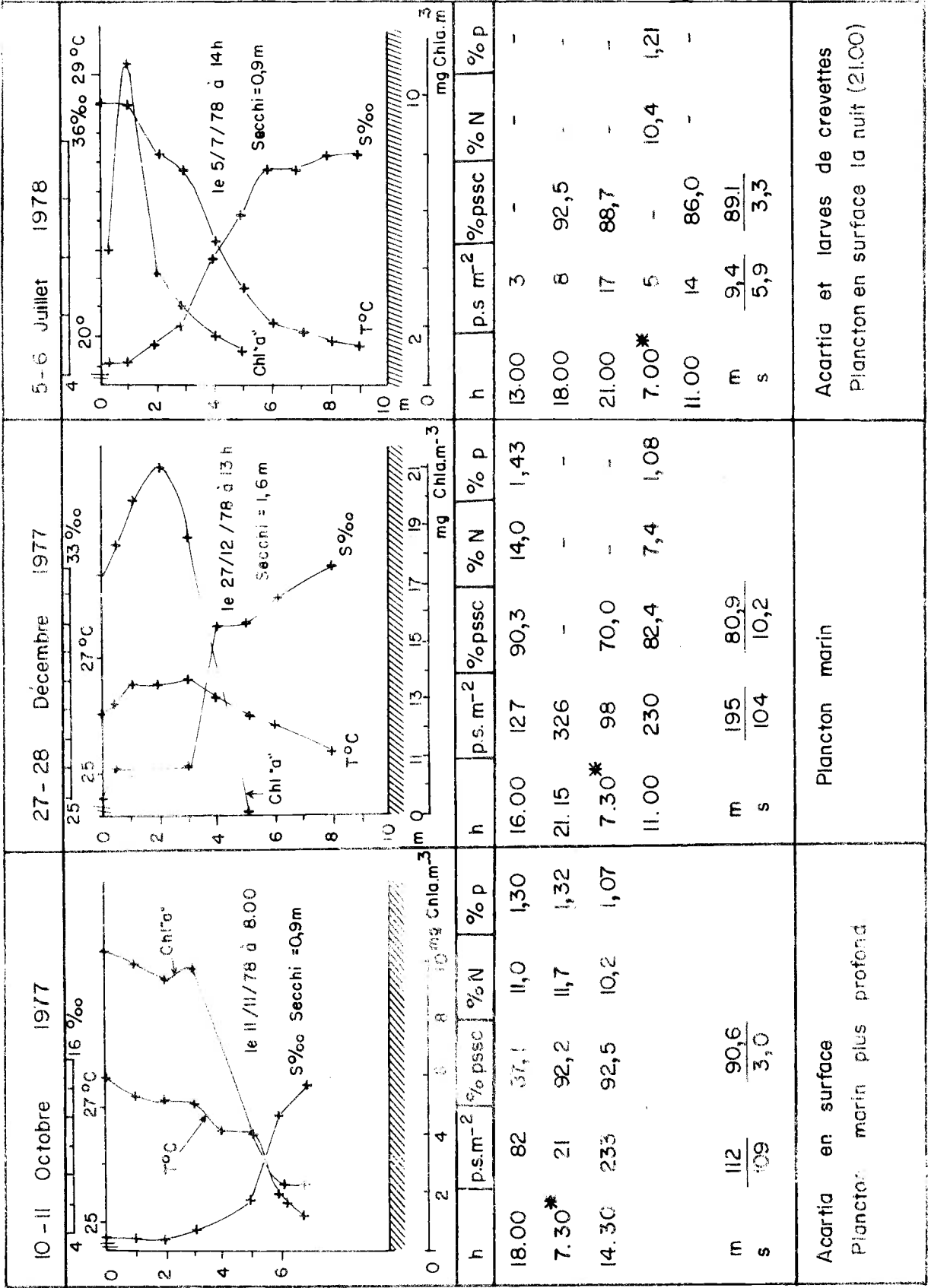
h	p.s. m ⁻²	%pssc	%N	%P
14.30*	119	92,5	8,5	1,24
18.00	243	90,4	-	-
21.00	364	89,3	10,4	1,24
7.30*	120	92,2	9,9	1,08
10.00	114	90,7	-	-
m	<u>192</u>	<u>91,0</u>		
s	110	1,3		

Acartia

Acartia + plancton marin + Cténaïres

Acartia
Plancton en surface à 21h

3-4 Octobre 1977		3-4 Janvier 1978		4-5 Juillet 1978	
Taux d'excrétion de Ntotal et Ptotal ($\mu\text{atg} \cdot \text{mg p.s.}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$) et de respiration ($\mu\text{l O}_2 \cdot \text{mg p.s.}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$)					
T°C	26°5	28°0	28°5	27°6	
n	4	1	4	4	
NT	2,020 (s = 0,127)	1,283	3,870(0,399)	2,621 (0,292)	
PT	0,316 (s = 0,052)	0,183	0,455 (0,047)	0,329 (0,048)	
O ₂	511 (s = 1)	217	441 (66)	431 (39)	
O/N	22,6	15,1	10,2	14,7	
O/P	144	105	86	117	
Excrétion d'azote et de phosphore ($\text{matg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$) et respiration ($\text{ml O}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$)					
NT	1,087	0,038	0,743	0,503	
PT	0,170	0,006	0,087	0,063	
O ₂	275	7	85	83	
a ₂	6,4	7,0	8,6	8,0	
a ₁	-	14,9°	12,0	11,0	
a ₃	19,8	21,9	18,6	20,3	
K ₂ P	0,377	0,530	0,340	0,244	
K ₂ N	0,615 } moyenne des K ₂	0,779	0,527	0,450	
Prod. N	24,3 mg N . m ⁻² . j ⁻¹	1,9 mg N . m ⁻² . j ⁻¹	11,6	5,8	
Prod. P	3,19 mg P . m ⁻² . j ⁻¹	0,21 mg P . m ⁻² . j ⁻¹	1,39	0,63	
P/B	0,422 soit t.o. = 2,4	0,782 soit t.o. = 1,3	0,580(1,7j)	0,261(3,8j)	

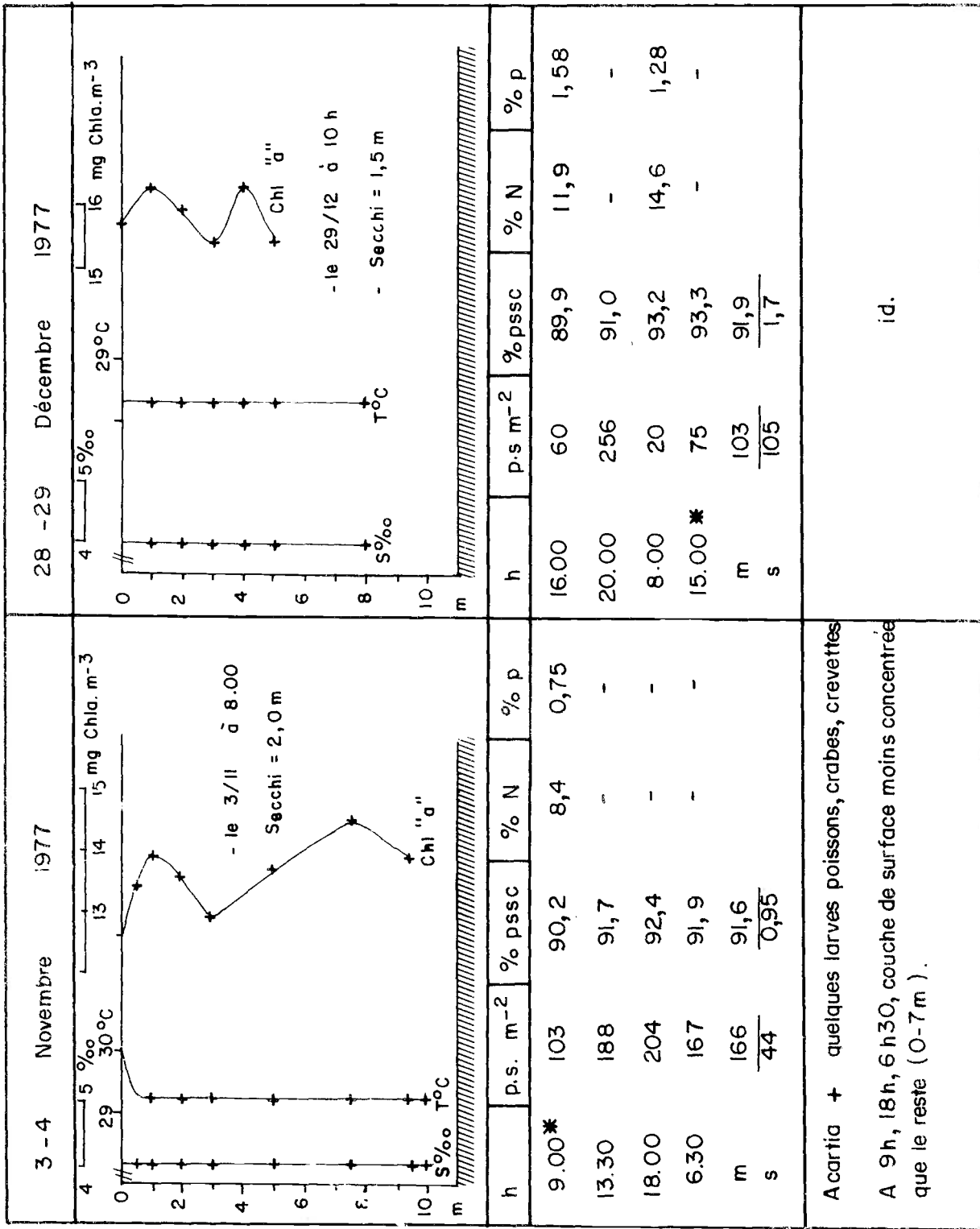


Acartia et larves de crevettes
Plancton en surface la nuit (21.00)

Plancton marin

Acartia en surface
Plancton marin plus profond

10 - 11	Octobre	1977	27 - 28	Décembre	1977	5-6	Juillet	1978
Taux d'excrétion de Ntotal et P total ($\mu\text{atg} \cdot \text{mg ps.}^{-1} \text{j}^{-1}$) et de respiration ($\mu\text{l O}_2 \cdot \text{mgps.}^{-1} \text{j}^{-1}$)								
T°C	27° 4		26° 0		27° 5			
n	2		4		2			
NT	3, 200 (n=1)		4,407 (s=0,647)		4,155 (s=3,991)			
PT	0, 517 (n=1)		0,413 (s=0,080)		0,481 (s=0,020)			
O ₂	624 (s=22)		470 (s=48)		454 (s=19)			
O/N	17, 4		9,5		9,8			
O/P	107		104		84			
Excrétion d'azote et de phosphore ($\text{matg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$) et respiration ($\text{ml O}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$)								
NT	0, 358		0,859		0,039			
PT	0, 058		0,081		0,005			
O ₂	70		92		4			
a ₂	6, 2		9,5		8,6			
a ₁	10, 3		15,1°		12,3			
a ₃	19, 6		21,7		19,1			
K ₂ P	0, 306		0,459		0,352			
K ₂ N	0, 582		0,660		0,547			
Prod. N	7,0 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$		23,3 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$		0,66 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$			
Prod. P	0,79 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$		2,13 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$		0,084 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$			
P/B j	0,533, soit t.o. = 1,9 j		0,855, soit t.o. = 1,2 j		0,675, soit t.o. = 1,5 j			



3-4 Novembre 1977		28-29 Décembre 1977	
Taux d'excrétion de N _{Total} et P _{Total} ($\mu\text{atg} \cdot \text{mgp.s.}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$) et de respiration ($\mu\text{l O}_2 \cdot \text{mgps.}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$)			
T°C	29.7	T°C	28.6
n	4	n	4
NT	3,447 (s=1,081)	NT	3,360 (s=0,730)
PT	0,523 (s=0,152)	PT	0,392 (s=0,030)
O ₂	544 (s=26)	O ₂	571 (s=20)
O/N	14,1	O/N	15,2
O/P	93	O/P	130
Excrétion d'azote et de phosphore ($\text{matg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$) et de respiration ($\text{ml O}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$)			
NT	0,572	NT	0,346
PT	0,087	PT	0,040
O ₂	90,3	O ₂	58,8
a ₂	6,6	a ₂	8,6
a ₁	14,0	a ₁	15,1°
a ₃	24,8	a ₃	25,3
K ₂ P	0,407	K ₂ P	0,389
K ₂ N	0,720	K ₂ N	0,652
Prod. N	20,6 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$	Prod. N	9,08 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$
Prod. P	1,85 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$	Prod. P	0,79 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$
P/Bj	1,48, t.o.=0,7j	P/Bj	0,604, soit t.o.=1,7j

2 - Les profils de chlorophylle "a".

Les valeurs présentées dans les tableaux I à IV concernent la chlorophylle non corrigée pour la présence des phéopigments (pigments de dégradation de la chlorophylle).

a - Région d'Abidjan. Sur les profils verticaux, on observe que les concentrations de chlorophylle décroissent rapidement au-dessous de la couche homogène de surface. Le rapport F/F' (rapport de la fluorescence de l'échantillon avant (F) et après (F') acidification) diminue également sous la couche homogène, ce qui est l'indice de la part croissante des phéopigments dans la chlorophylle "a" totale au-dessous de la pycnocline. Les mesures de transparence (disque de secchi) et de production primaire confirment que la couche euphotique est généralement tout entière située dans la couche homogène. Une exception à cette règle est celle de la station de Boulay en saison chaude (Tableau II) où la couche euphotique est plus épaisse que la couche de mélange de surface (4,7 et 3,5 m respectivement). Il en résulte une production active au sein de la pycnocline, riche en éléments nutritifs, ce qui se traduit par un maximum de chlorophylle "a" accusé à 4 m et un rapport F/F' maximum à ce niveau.

b - Abraco. La couche de mélange atteint le fond. Il en résulte une concentration de chlorophylle "a", homogène sur toute la colonne d'eau et qui peut même augmenter avec la profondeur, traduisant ainsi la sédimentation des cellules phytoplanctoniques. Le rapport F/F' est constant.

Les concentrations en chlorophylle sont toujours plus fortes à Biétri, milieu eutrophe, et peuvent atteindre 185 mg.m^{-3} en saison chaude.

3 - Biomasses du mésozooplancton.

Les valeurs de poids secs par mètre-carré sont le produit des valeurs rapportées au mètre-cube par la profondeur échantillonnée (3m à Biétri, 6m à Boulay et Yopougon, 7m à Abraco). A Biétri, Boulay et Yopougon, en zone d'estuaire, l'épaisseur de la couche d'eau échantillonnée par le filet est égale ou supérieure à la couche de mélange qui comme on vient de le voir, contient l'essentiel de la biomasse phytoplanctonique. Il est donc vraisemblable que l'on ait capturé l'essentiel de la biomasse de zooplancton.

A Abraco, il est possible au contraire que l'on en ait manqué une partie, car la couche échantillonnée par le filet (7m) ne contient pas la totalité du phytoplancton (environ 2/3).

Les traits de surface effectués après le coucher du soleil montrent que les concentrations de plancton sont plus élevées que dans le reste de la colonne d'eau, ce que l'on n'observe jamais le jour (résultats ne figurant pas sur les tableaux). Cette remontée des organismes dans la couche de surface la nuit confirme les observations de Repelin (comm. person.).

4 - Composition faunistique du zooplancton (1).

Le copépode *Acartia clausi gabonensis* (Rahm, 1955) domine partout. Dans les eaux à 4‰, il représente la quasi-totalité des effectifs récoltés par le filet WP-2. Saint-Jean (comm. person.) observe que le filet WP-2 échantillonne essentiellement les adultes et les stades copépodites CIV et CV. Les stades CII et CIII sont peu nombreux, soit parce que leur durée est courte, soit parce que le filet les a mal échantillonnés. Le reste du plancton lagunaire est constitué de larves et d'oeufs de poissons et de décapodes (Pénéidés et Brachyours). En saison chaude, les apports marins modifient la composition faunistique à Boulay et Yopougon : en plus d'*Acartia*, on observe des copépodes marins (*Temoridae*, *Calanidae*, *Corycaeidae*, *Oncaeidae* ...), des Cladocères (*Penilia*, *Podon* et *Evadne*), des Appendiculaires, Hydroméduses, Chaetognathes, Amphipodes, *plutei* d'Echinodermes et *Lucifer sp.* A noter la présence d'importantes concentrations de Cténaïres à Boulay, peut-être responsables par leur prédation, des biomasses de zooplancton particulièrement faibles en saison chaude (Tableau II).

(1) Pour plus de détails concernant la composition faunistique, se reporter au travail de Rahm (1964). Cet auteur observe le nombre maximum d'espèces marines de décembre à avril dans la région d'Abidjan, la diversité diminuant du début à la fin de la saison chaude.

5 - Composition du mésozooplancton en matière organique (% pssc).

Elle reflète la composition faunistique : le plancton d'eau lagunaire dessalée, constitué presque exclusivement d'*Acartia* a une teneur du poids sec en matière organique très élevée (plus de 90%) tandis que le plancton marin a des teneurs plus faibles de l'ordre de celles citées par Le Borgne (1975b) : 80,9% à Yopougon en saison chaude, 55,5% à Boulay au même moment. Dans ce dernier cas, cette valeur très faible doit être attribuée à la présence de Cténaïres dont la teneur en poids sec sans cendre est faible.

6 - Les taux d'excrétion (N_T et P_T) et de respiration (O_2) et les rapports O/N et O/P.

Les taux d'excrétion totale d'azote sont semblables à ceux que Le Borgne (1977a) a mesuré dans la zone équatoriale de l'Atlantique par la même méthode à 28°C : $3,34 \mu\text{atg N.mg}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$. Mais les taux de respiration et d'excrétion de phosphore sont beaucoup plus élevés en lagune Ebrié que dans la zone équatoriale où ils sont respectivement de $205 \mu\text{l O}_2 \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ et $0,192 \mu\text{atg P.mg}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$. Cette valeur élevée des taux métaboliques peut être attribuée à la teneur importante des eaux en cylorophylle et à la température élevée (comprise entre 26° et 30°C), toutes deux ayant une action positive bien connue sur la valeur des taux de respiration et d'excrétion (cf.IV-2-a). Mais lorsque l'on porte les valeurs des taux en fonction de ces deux paramètres, aucune corrélation n'apparaît. Cette absence de corrélation est sans doute due à la grande variabilité des résultats, observable d'une station à l'autre, mais aussi pour une même station selon que la mesure a été faite le matin ou l'après-midi (cas de Biétri en saison chaude et de Boulay en saison des pluies). Dans les deux cas, la valeur du matin est plus faible que celle de l'après-midi et cela peut être le simple fait du hasard ou bien attribué à l'action de la température (plus importante l'après-midi) ou à l'existence de rythmes nycthémeraux, en relation avec l'alimentation. Ceux-ci ont été mis en évidence par Eppley et *al.* (1973) dans le Pacifique et par Ganf et Blazka (1974) dans le lac Georges en Ouganda, pour l'excrétion d'azote et de phosphore. Duval et Geen (1976) mettent en évidence des rythmes analogues pour l'alimentation et leur impact sur les taux de respiration, ceux-ci étant plus élevés lorsque l'animal se nourrit. Il serait naturellement intéressant d'aborder ce problème plus en détail, car l'existence de rythmes entraîne une variabilité des valeurs de production et de productivité.

L'étude des rapports O/N et O/P est intéressante car elle caractérise le type de nutrition du zooplancton. Des rapports élevés signifient que la respiration (métabolisme du carbone) est très importante par rapport à l'excrétion d'azote ou de phosphore. Or ceci est le cas lorsque la nourriture est essentiellement constituée de glucides. Des rapports plus faibles indiquent au contraire une alimentation plus riche en lipides (cas du rapport O/P) ou en protides (rapport O/N). Nous avons vu précédemment que les taux de respiration et d'excrétion de phosphore étaient plus élevés qu'en mer pour une température voisine de celle de la lagune, mais que cette différence ne s'observait pas pour le taux d'excrétion d'azote. Ceci se traduit donc par un rapport O/N plus élevé en lagune que dans la zone équatoriale. On observe également que les rapports O/P sont plus élevés et l'on peut en déduire que l'alimentation du zooplancton lagunaire est de type glucidique marqué, constituée principalement de phytoplancton.

7 - Calcul de l'excrétion et de la respiration du zooplancton dans la colonne d'eau.

C'est le produit de la biomasse rapportée au mètre-carré par les taux d'excrétion et de respiration. On peut admettre que l'excrétion minérale représente de 50 à 70% de l'excrétion totale pour le phosphore et de 50 à 60% pour l'azote (résultats obtenus dans l'upwelling mauritanien par Le Borgne, 1973 et la zone équatoriale par Le Borgne, 1977a).

8 - Calcul de la production d'azote (Prod.N) et de phosphore (Prod.P) du mésozooplancton.

On déduira la valeur de la production d'azote ou de phosphore de celle de l'excrétion par l'intermédiaire du coefficient d'utilisation de la nourriture assimilée $K_{2,N}$ (azote) ou $K_{2,P}$ (phosphore), selon la relation :

$$K_2 = \text{Prod.}/(\text{Prod.} + T) \iff \text{Prod.} = T \cdot K_2 (1 - K)^{-1}$$

Prod. = production du zooplancton (μatg ou $\mu\text{g N}$ ou $\text{P} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$)

T = dépenses métaboliques (excrétion seulement dans le cas de N et P) (mêmes unités)

K_2 = coefficient d'utilisation de la nourriture assimilée (sans dimension).

Le Borgne (1978) montre que le coefficient K_2 peut être calculé à partir des rapports N/P des particules, les proies du zooplancton (a_1), de son excrétion (a_2) et de sa constitution (a_3) selon la formule :

$$K_{2,P} = (a_1 - a_2) \cdot (a_3 - a_2) \quad (1), \text{ et :}$$

$$K_{2,N} = a_3 \cdot a_1^{-1} \cdot K_{2,P} \quad (2)$$

Dans ces conditions, on suppose que les coefficients d'assimilation de l'azote et du phosphore (rapports $D_{N,P} = (\text{Prod.}_{N,P} + T_{N,P}) \cdot I_{N,P}^{-1}$ (3), où $I_{N,P}$ est l'ingestion d'azote ou de phosphore) sont égaux.

Les valeurs de a_1 , a_2 et a_3 qui figurent sur les tableaux I à IV sont celles qui ont été mesurées sur le plancton ayant servi aux incubations ou sur un échantillon de zooplancton ou de particules prélevé au même moment. De cette manière, on diminue le risque de considérer des populations différentes par leur composition faunistique (cas du plancton marin de saison sèche en zone d'estuaire) ou par la structure démographique (proportion des différents stades de développement d'*Acartia*) qui peuvent avoir des rapports N/P différents.

Les tableaux montrent des rapports d'excrétion (a_2) faibles comparés à ceux obtenus en mer par la même méthode : les valeurs sont comprises entre 4,8 et 9,5 au lieu de 11,4 à 17,7 en mer (Le Borgne, 1977a). Ceci peut être attribué à un rapport a_1 généralement plus faible qu'en mer. A noter que nous n'avons pas pu avoir de valeur de a_1 pour la saison chaude (perte des échantillons) et que nous avons donc utilisé les rapports mesurés par Dufour et Lemasson (comm. person.) l'année précédente de décembre à avril pour les mêmes stations. La considération de ces valeurs n'est pas satisfaisante d'un point de vue théorique puisque c'est méconnaître les interdépendances qui existent entre les trois rapports. Nous les avons quand même fait figurer car on aboutit à des valeurs de K_2 voisines de celles de la saison des crues (octobre-novembre). Les valeurs de $K_{2,N}$ sont souvent supérieures à 0,50, ce qui signifie que plus de la moitié de l'azote assimilé par le zooplancton a servi à l'édification de matière nouvelle (production). Les valeurs de $K_{2,P}$ sont plus faibles du fait du temps de renouvellement plus rapide du "pool" métabolique du phosphore. Il en résulte un rapport d'excrétion a_2 plus faible que celui des particules ingérées et cette constatation est à la base de la méthode du calcul du coefficient K_2 .

9 - Rapport P/B journalier et temps de renouvellement de la biomasse (P/B_j et t.o.).

Ces deux indices donnent une valeur de la vitesse à laquelle la biomasse se renouvelle, l'un (le temps de renouvellement ou "turn-over") étant l'inverse de l'autre. Les temps de renouvellement que l'on observe sont particulièrement courts : de 1,2 à 3,8 jours si l'on excepte la valeur douteuse de 0,7 observée à Abraco en novembre. Le rapport P/B a été calculé de la façon suivante :

$$P/B_j = (t.o.)^{-1} = T_{N,P} \cdot K_{2,N,P} \cdot (1-K_{2,N,P})^{-1} \cdot (\%_{N,P})^{-1} \text{ avec :}$$

$T_{N,P}$ = taux d'excrétion de N ou P

$\%_{N,P}$ = pourcentage du poids sec en N ou P.

$K_{2,N,P}$ = coefficient d'utilisation de N ou P assimilé

Ne figurent sur les tableaux, que les valeurs de P/B_j et t.o. de l'azote. Du fait du mode de calcul utilisé, ceux du phosphore sont rigoureusement égaux.

4 - DISCUSSION

4.1. VALEURS DES BIOMASSES

Le propos de cette étude n'était pas de considérer les variations spatio-temporelles des valeurs de biomasses du zooplancton lagunaire et dont on peut avoir un aperçu grâce aux travaux de Rahm (1964) et de Repelin (en préparation), qui ont cependant utilisé des modes d'échantillonnage différents : étant donné la forte dominance de l'espèce *Acartia clausi*, il est possible de convertir leurs données d'abondance exprimées en effectifs par pètre-cube en une valeur de biomasse par l'intermédiaire du poids moyen individuel. L'étude des taux de transfert (excrétion, production et ingestion) est en effet indépendante de celle des biomasses. Nous ferons cependant quelques observations à leur sujet.

Ce qui est remarquable, c'est la variabilité très importante de nos mesures, d'une station à l'autre, d'une saison à l'autre, mais aussi pour une même station étudiée au cours d'un cycle de 24h. La variabilité dans ce dernier cas est très importante puisque l'écart-type des valeurs

de biomasses est souvent égal (ou même supérieur) à leur moyenne (Tableau I à IV). Trois raisons peuvent expliquer cette variabilité :

- L'hétérogénéité spatiale naturelle.

- Les migrations verticales qui peuvent enrichir la masse d'eau échantillonnée à certains moments du cycle nyctéméral. On a vu que la couche de surface était systématiquement plus riche la nuit ; les valeurs de biomasse des tableaux I à IV sont également presque toujours plus fortes la nuit, après 18h. Ceci peut être attribué à la remontée nocturne d'individus vivant plus près du fond le jour. Mais l'influence de ces migrations verticales peut parfois être masquée par l'incertitude qui existe sur les niveaux échantillonnés par le filet.

- L'échantillonnage. En raison des faibles profondeurs de la lagune, nous avons opté pour des traits obliques, les traits verticaux récoltant trop peu de matériel. Or, il était difficile de réaliser un trait parcourant régulièrement les différents niveaux avec les moyens dont nous disposions. Le filet a pu sur - ou sous - échantillonner certaines couches d'eau, provoquant une mauvaise estimation des biomasses et une augmentation de la variabilité.

Enfin se pose le problème de la représentativité des différentes stations et qui sont sensées caractériser chacune des trois saisons. Ainsi une sortie effectuée le 31 janvier 1978 nous a fourni une valeur de 496 mg p.s. m^{-2} à Boulay et 81 à Yopougon, alors qu'au début du mois nous avons respectivement 30 et 195 mg p.s. m^{-2} . (Tableau V). La lagune, tout au moins dans la région d'Abidjan, est un milieu particulièrement instable du fait des variations de salinité et des apports discontinus en espèces marines⁽¹⁾. Un fait semble établi : Biétri est la station la plus pauvre aux trois saisons étudiées. On peut invoquer plusieurs raisons pour expliquer cette pauvreté en zooplancton :

(1) Le coefficient de variation moyen des mesures de chlorophylle "a" de surface pour une même saison est de 75% dans la région d'Abidjan, alors qu'il n'est que de 31% à Abraco, milieu beaucoup plus stable.

Station/ période	Epaisseur de la colonne d'eau consi- dérée (m)	Poids sec (mg)		Production d'azote (mg)		P/B jour
		m ⁻²	m ⁻³	m ⁻² .j ⁻¹	m ⁻³ .j ⁻¹	
<u>Biétri</u>						
nov.	3	14	4,6	1,30	0,43	0,742
jan.	"	26	8,7	2,48	0,83	0,566
juil	"	20	6,7	0,80	0,27	0,499
<u>Boulay</u>						
oct.	6	538	89,7	24,30	4,05	0,422
jan.	"	30	5,0	1,90	0,32	0,855
juil	"	192	32,0	8,70	1,45	0,21
<u>Yopougon</u>						
oct.	6	112	18,7	7,00	1,17	0,533
déc.	"	195	32,5	23,30	3,88	0,855
juil	"	9	1,5	0,66	0,12	0,675
<u>Abraco</u>						
nov.	7	166	23,7	20,60	2,94	1,480*
déc.	"	103	14,7	9,10	1,30	0,604
<u>Equateur</u>						
mars	200	1887	9,4	37,60	0,19	0,240
juil	200	2376	11,9	58,50	0,29	0,265
<u>Abidjan</u>						
(côtière)	35	1541	44,0	-	-	-

Tableau V - Poids secs et production journalière d'azote du zooplancton rapportés au mètre-carré et au mètre-cube. Rapports P/B journaliers. Comparaison avec le milieu marin : zone équatoriale de l'Atlantique (données de Le Borgne, 1977b) et station côtière d'Abidjan (données non publiées de 1977).

- La pollution d'origine industrielle et domestique, importante en baie de Biétri (Dufour et Slepoukha, 1975), peut avoir des conséquences plus marquées à la station étudiée, en raison de sa situation en "cul de sac" (Fig.1). De plus, la station se trouve au-dessus d'une fosse creusée artificiellement pour l'édification de la digue séparant la baie de Koumassi de

* Valeur douteuse, du fait d'un K_{2,N} anormalement élevé (voir texte).

celle de Biétri et les eaux qui s'y trouvent communiquent très mal avec le reste de la baie. Il en résulte un milieu anoxique à partir de 3 m de profondeur dont la manifestation la plus évidente est l'odeur d'hydrogène sulfuré (H_2S). Mais la pollution ne semble pas avoir d'effet néfaste sur la biomasse du phytoplancton qui atteint des records : la moyenne de la concentration en chlorophylle "a" de surface, établie sur 60 sorties effectuées en 1977 est de $88,8 \text{ mg. m}^{-3}$, soit une valeur 12 fois plus forte que celle observée à notre station de Boulay au cours des mêmes sorties ($7,3 \text{ mg. m}^{-3}$). Par ailleurs, s'il y a un effet néfaste de la pollution sur le zooplancton, celui-ci ne se traduit pas par des taux d'excrétion et de production plus faibles qu'ailleurs. On peut d'ailleurs noter qu'*Acartia clausi* est une espèce résistante aux agressions naturelles, telles les eaux rouges (Smith, 1978) ou aux effets de la pollution industrielle. Moraitou-Apostolopoulou et Verriopoulos (1978) montrent qu'elle a supplanté les autres espèces dans le golfe Saronique (Grèce) pollué et qu'elle semble fort bien s'en accommoder puisqu'elle présente des taux d'ingestion plus élevés que ceux des individus habitant les milieux non pollués.

- La prédation par les poissons zooplanctonophages, représentés peut-être par *Ethmalosa fimbriata*. Aucun indice ne montre que leur abondance est plus grande à Biétri qu'ailleurs. Il se pourrait cependant qu'en raison de la faible épaisseur de la couche oxygénée de surface, le zooplancton s'y concentre et soit plus vulnérable à la prédation par les poissons pélagiques.

- La mauvaise utilisation du phytoplancton par *Acartia* du fait de la très petite taille des cellules algales à Biétri. Maurer (1978), sur des prélèvements journaliers effectués à la même station que la nôtre (station n°3, dans sa nomenclature), du 12 mai au 4 juin 1976, note que les espèces les plus abondantes sont très petites : Diatomées du genre *Nitzschia* (de volume cellulaire $v = 160 \mu\text{m}^3$) et *Leptocylindrus* ($v = 60 \mu\text{m}^3$), Euglénophycée *Eutreptiella* ($v = 400 \mu\text{m}^3$) et Cryptophycée *Cryptomonas* ($300 \mu\text{m}^3$) et *Hemiselmis* ($40 \mu\text{m}^3$), cette dernière pouvant représenter en période de dessalure, la quasi-totalité de l'échantillon. Or, il résulte de l'étude de Nival et Nival (1976) sur *Acartia clausi* de la rade de Villefranche-sur-mer, que le rendement de la filtration - déterminé par la distance séparant les soies des appendices de filtration - est nul pour les adultes mis en présence de particules de la taille d'*Hemiselmis* (de longueur égale à $4-5 \mu\text{m}$), de 40% pour les copépodites CV, de 50% pour les stades CII à CIV et de 100% pour le stade CI.

Nos prélèvements comprenaient surtout des adultes, des CIV et deq CV d'*Acartia* qui se nourrissent donc difficilement lorsqu'ils se trouvent mis en présence d'algues de la taille d'*Hemiselmis* ou de *Leptocylindrus*. Par voie de conséquence, leur fécondité diminue et il serait intéressant pour le vérifier d'examiner l'abondance du microzooplancton (de taille inférieure à 200 μm) qui comprend les stades jeunes d'*Acartia*. Cependant, les populations de copépodes se déplaçant avec la masse d'eau, c'est la totalité de la baie de Biétri qu'il faut considérer. Au centre de la baie, Maurer (1978) observe l'abondance de *Nitzschia* au début de la période étudiée, puis de *Leptocylindrus*, cette dernière ayant le volume d'*Hemiselmis*. Il est donc possible que le développement du mésozooplancton soit limité parce qu'il ne peut utiliser un phytoplancton de trop petite taille.

Boulay est la région la plus riche, si l'on excepte la valeur de 30 mg p.s. m^{-2} au début-janvier. Cette pauvreté n'était peut-être qu'accidentelle du fait de la présence des Cténaïres qui "écrèment" le milieu en très peu de temps. Reeve et al. (1978) montrent que leur ingestion quotidienne peut être 20 fois supérieure au poids de leur corps. Il s'ensuit une production très rapide, mais fugace car leurs dépenses métaboliques très élevées (comparées à celles des Chaetognathes par exemple) ne leur permettent pas de survivre une fois leurs proies disparues. Enfin Yopougon et Abraco ont des valeurs de biomasses voisines, ce qui confirme les observations de Repelin (comm. person.).

Le tableau V montre que les valeurs de biomasses rapportées au mètre-carré sont beaucoup plus faibles que celles du milieu marin dont nous n'avons choisi que deux exemples : l'un à la sortie du canal de Vridi, l'autre à 0°30'S sur le méridien d'Abidjan (Tableau V). Cette pauvreté apparente s'explique par la faible profondeur de la lagune. Rapportées au mètre-cube, les concentrations sont plus proches de celles du milieu marin et les dépassent dans bien des cas. Il est cependant étonnant de ne pas avoir de valeurs plus fortes dans un milieu aussi riche en chlorophylle et en particules, d'une façon générale. Les productivités mesurées sont très importantes (voir infra) et l'on peut tenter d'expliquer ces valeurs modestes de biomasses par :

- La mauvaise utilisation du phytoplancton par le mésozooplancton, comme c'est peut-être le cas à Biétri. Il serait alors intéressant de mesurer la biomasse des animaux du microzooplancton (< 200 μm), qui sont susceptibles

d'ingérer les cellules végétales les plus petites. Il est en effet probable que l'échelon secondaire soit représenté en partie par des organismes de petite taille.

- La prédation importante par les zooplanctonophages qui peuvent se nourrir aux dépens des stades jeunes d'*Acartia* (non échantillonnés par le filet WP-2) ou des stades plus âgés. La conséquence de cette prédation sur les valeurs de biomasses est la même dans les deux cas. Les prédateurs du zooplancton sont des poissons planctonophages dans l'ensemble de la lagune et des carnivores planctoniques, tels que les Chaetognathes, les Cténophores ou les Hydroméduses dans la région d'Abidjan en saison sèche (décembre à mai) lorsque la salinité est élevée. On peut y ajouter également les larves planctoniques de Brachyours ou de Polychètes qui peuvent être abondantes par moments. Mais l'on ne connaît ni la nature des poissons planctonophages (peut-être représentés par l'ethmalose et certaines larves de poissons), ni le spectre des tailles qu'ils ingèrent.

- Une sous-estimation des valeurs de biomasses, soit en raison de l'existence de migrations verticales, soit en raison de l'échappement des petites formes à travers les mailles du filet. Nous avons mis en évidence un enrichissement nocturne de la colonne d'eau échantillonnée⁽¹⁾, et plus particulièrement de la couche de surface. Dans ces conditions, les valeurs de biomasse mesurées la nuit rendraient mieux compte de la richesse totale de la colonne d'eau que les moyennes des tableaux I à IV. Mais en raison du faible nombre de valeurs de biomasses nocturnes dont nous disposons, il serait hardi de baser nos estimations de bilan (cf. IV-3) sur ces seules valeurs.

4.2. PRODUCTION ET PRODUCTIVITE JOURNALIERE (RAPPORT P/B_j) DU ZOOPLANCTON

Les valeurs de production d'azote par mètre-cube sont beaucoup plus élevées qu'à l'Equateur (Tableau V) et ceci doit être mis au crédit d'une productivité nettement plus forte en lagune, sans commune mesure avec ce que l'on peut observer dans le milieu marin. La valeur moyenne des tableaux I à IV

(1) La moyenne calculée sur l'ensemble des valeurs de biomasses des tableaux I à IV est de 127,8 mg. m⁻². Celle calculée sur les traits de nuit seulement est de 209,4 mg. m⁻².

est de 0,617 correspondant à un temps de renouvellement de la biomasse de 1,62 jour alors qu'à l'Equateur, ce temps de renouvellement est de 4 jours (Tableau V). On peut tenter d'expliquer ces fortes valeurs de productivité de deux façons :

a - L'action combinée de la température (26°5 à 30°C) et de l'abondance de la chlorophylle, cette dernière n'étant pas inférieure à 4 mg.m⁻³ en surface (alors qu'en milieu marin, elle dépasse très rarement 1 mg.m⁻³ au niveau du maximum de chlorophylle).

La relation qui existe entre le taux de production d'une part et la température et la concentration de nourriture d'autre part est complexe. L'augmentation de la température provoque un raccourcissement de la durée du développement (Gras et Saint-Jean, 1969 ; Razouls, 1974 ; Munro, 1974) mais ne semble pas avoir d'action sur le rendement net en croissance K_2 ($K_2 = \text{production} / \text{assimilation}$) selon Mullin et Brooks (1970), Conover et Lalli (1974), Wurtsbaugh et Davis (1977) à condition que la nourriture soit abondante et de taille suffisante pour être capturée. En outre, dans les limites correspondant à l'habitat naturel de l'animal, la température augmentant, les dépenses métaboliques (respiration et excrétion) augmentent également (revue de Marshall, 1973). Si donc K_2 reste constant, la production augmente dans le même rapport que la respiration ou l'excrétion, lorsque la température croît.

L'augmentation de l'abondance de la nourriture se traduit par :

1) - une augmentation de la production des oeufs (Marshall et Orr, 1952 ; Edmondson, 1962 ; Corkett et Mc Laren, 1969 ; Gaudy, 1974 ; Arnold, 1971 ; Baker et Reeve, 1974 ; Zurlini et *al.*, 1978 sur des organismes aussi différents que les copépodes et les cténophores) ;

2) - une diminution de la durée du cycle vital, à l'instar de la température (Arnold, 1971 ; Baker et Reeve, 1974 ; Paffenhofer, 1976) ;

3) - une augmentation de la respiration et de l'excrétion (revue de Marshall, 1973) ;

4) - une action controversée sur la valeur du coefficient K_2 . Pour certains, ce dernier augmenterait lorsque s'accroît la concentration de nourriture (Petipa et *al.*, 1975 ; Vinogradov et *al.*, 1976 ; Corner et *al.*,

1976 ; Savitz et *al.*, 1977, ces deux auteurs fixant une limite supérieure à cette augmentation). Pour d'autres, K_2 serait constant (Conover et Lalli, 1974 ; Heinbokel, 1978) ou diminuerait lorsqu'augmente l'abondance de la nourriture (Syschenya, 1970 ; Paffenhofer, 1976 ; Reeve et *al.*, 1978 ; Harris et Paffenhofer, 1976). De toute façon la production augmente avec la respiration ou l'excrétion, même si cette augmentation est plus lente pour la première que pour les secondes (elle augmente moins vite que les dépenses métaboliques lorsque K_2 diminue).

Parallèlement à cette augmentation de la productivité avec la température et l'abondance de la nourriture, il faut signaler que les espèces de petite taille, telle *Acartia clausi*, ont généralement des productivités (P/B_j) plus élevées que les grandes. Il existe en effet une relation inverse entre la taille des organismes et leur taux métaboliques (Conover, 1960 ; Ikeda, 1970 ; Gaudy, 1975 ; Biggs, 1977).

b - Une erreur d'estimation de la production. L'erreur pourrait porter sur la mesure du taux d'excrétion ou sur celle de l'un des trois rapports a_1 , a_2 et a_3 . L'estimation de a_1 est la plus fiable, sauf si il y a un mélange de zooplancton et de phytoplancton dans le prélèvement, ce qui n'a pas été le cas. Une incertitude règne sur la valeur de a_1 , qui doit être le rapport N/P des particules ingérées par le zooplancton. Nous avons pris la seule valeur dont nous disposions, celle de surface, pour les saisons sèche et de crues, mais la moyenne de 0 à 3 ou 4 m en saison des pluies, ce qui est théoriquement plus satisfaisant.

Les valeurs du rapport a_1 de saison des pluies figurent sur le tableau VI et il apparaît nettement qu'elles sont plus fortes en surface. Or a_2 et a_3 étant supposés constants, la formule (1) montre que K_2 augmente lorsque a_1 augmente. Le fait de prendre la valeur de surface en saison sèche ou de crues, a donc pu entraîner une augmentation de la valeur de K_2 et par voie de conséquence, celle de la production. La moyenne des valeurs de $K_{2,N}$ en juillet est en effet plus faible (0,485) qu'en octobre-novembre (0,701) et janvier (0,682), les valeurs de a_1 utilisées étant alors plus élevées. Nous considérerons donc les valeurs du mois de juillet comme étant les plus réalistes.

Profondeur (mètre)	Biétri	Boulay		Yopougon
		soir	matin	
0,5	13,4	17,1	17,1	17,7
1	14,3	11,8	10,4	9,4
2	7,3	12,6	10,6	10,9
3	7,4	-	6,0	-
4	-	6,5	-	11,1
Moyenne	10,6	12,0	11,0	12,3

Tableau VI - Variations du rapport atomique N/P des particules (rapport a_1) en fonction de la profondeur, en juillet 1978.

La dernière source d'erreur réside dans la mesure des taux et des rapports d'excrétion (a_2), sur des animaux mis en incubation. Nous avons éliminé d'emblée tous les résultats concernant les expériences où il y avait des morts. Une autre cause d'erreur peut être l'influence de la durée de l'expérience sur les résultats. Le Borgne (1979) montre que le rapport a_2 est constant quelle que soit la durée de l'expérience, mais que le taux de N_T ou P_T diminue au cours de l'expérience, la diminution la plus forte s'observant pendant les 6 premières heures. Cette diminution peut être attribuée à l'effet du jeûne sur le métabolisme et les valeurs du début seraient les plus réalistes, ce qui est notre cas puisque les incubations ont duré de 3 à 6 h. En contrepartie, les expériences de longue durée atténuent l'effet des variations des taux métaboliques au cours de la journée.

En résumé, les valeurs de taux d'excrétion qui ont été mesurés dans des conditions analogues peuvent être comparées entre elles. La production et le rapport P/B_j ont pu être surestimés en saison de crues et en saison sèche du fait de la prise en considération du seul rapport N/P particulière (a_1) de surface. Cependant, les valeurs élevées de productivité semblent confirmées par les premières observations de Saint-Jean sur la durée de développement et la croissance d'*Acartia*.

4.3. RELATIONS DU ZOOPLANCTON AVEC L'ECHELON PRIMAIRE

Leur étude comporte trois aspects :

- l'estimation du rôle de l'ingestion du mésozooplancton (ou grazing) dans la mortalité algale.
- le calcul du coefficient de transfert de l'échelon primaire à l'échelon secondaire, encore appelé rendement de la chaîne alimentaire.
- l'estimation de la production autotrophe assurée par l'excrétion minérale du zooplancton.

Ce dernier point ne sera pas abordé ici.

a - Rôle du mésozooplancton dans la mortalité algale. Il peut être caractérisé par le rapport : (ingestion du zooplancton) / (production primaire nette).

L'ingestion du mésozooplancton (I) peut être estimée de la façon suivante. Elle doit couvrir les besoins en croissance (Prod.) et les dépenses métaboliques (T). Tout ce qui est ingéré n'est pas assimilé et il faut faire intervenir le coefficient d'assimilation (D). On a ainsi :

$$I = (\text{Prod.} + T) \cdot D^{-1} \quad (3)$$

Le calcul a été fait pour l'azote, en utilisant une valeur de 0,7 pour D (valeur de Conover, 1966, retrouvée fréquemment depuis), puis l'ingestion d'azote a été convertie en carbone par l'intermédiaire du rapport C/N de constitution du zooplancton, qui a été mesuré (Tableau VII).

La production primaire nette n'a pas été mesurée. Elle a été calculée selon une relation empirique établie par Dufour (en préparation), de formule :

$$\Sigma \Sigma P = 69,5 B \cdot DS - 9,4 D' \cdot z \quad (4)$$

avec :

$\Sigma \Sigma P$ = production primaire nette ($\text{mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$)

B = concentration moyenne en chlorophylle "a" de la zone euphotique ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)

B' = concentration moyenne en chlorophylle "a" de la zone de mélange ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)

DS = profondeur de disparition du disque de Secchi (m).

On trouvera en Annexe I le mode d'obtention de cette relation. Les valeurs de production primaire nette figurent sur le tableau VII ainsi que le rapport (ingestion du zooplancton) / (production primaire).

Station/ période	Ingestion d'azote par le zooplancton ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$)	C/N de constitution (masses)	Production de carbone du zooplancton ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$)	Ingestion de carbone par le zooplancton ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$)	Production primaire nette (carbone) ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$)	Ingestion ZPK prod. primaire (%)	Production zpk prod. primaire (%)
<u>Biétri</u>							
nov.	2,31	4,2	5,46	9,70	2686	0,36	0,20
jan.	4,99	4,0	9,92	19,96	4371	0,46	0,23
juil	2,76	4,3	3,44	11,87	2193	0,54	0,16
<u>Boulay</u>							
oct.	56,46	3,7	89,91	208,90	190	110,00	47,32
jan.	3,47	5,9	11,21	20,47	1445	1,42	0,78
juil	24,89	4,2	36,54	104,54	357	29,28	10,24
<u>Yopougon</u>							
oct.	17,16	4,1	28,70	70,36	150	46,91	19,13
déc.	50,47	4,1	95,53	206,93	1447	14,30	6,60
juil	1,73	4,1	2,71	7,09	298	2,38	0,91
<u>Abraco</u>							
nov.	40,87	4,1	84,46	167,57	565	29,66	14,95
déc.	19,91	4,3	39,13	85,61	191	44,82	20,49

Tableau VII - Ingestion d'azote par le zooplancton. Conversion des valeurs de production et d'ingestion d'azote en carbone par l'intermédiaire du rapport C/N de constitution du zooplancton. Production primaire nette (voir mode de calcul dans le texte) et sa relation avec l'ingestion ou la production du mésozooplancton.

C'est dans la baie de Biétri que le rapport est le plus faible : le mésozooplancton ingère de 0,4 à 0,5% de la production primaire. Ailleurs, le mésozooplancton en ingère de 14 à 110%. La production primaire n'est donc pratiquement jamais entièrement utilisée. Une partie le sera par le microzooplancton (de taille inférieure à 200 μm) et les poissons filtreurs tel l'ethmalose ; l'autre partie pourra sédimenter et être réutilisée par les animaux du benthos (mollusques bivalves, par exemple) ou la faune démersale (poissons, crevettes). Notons, enfin, que les valeurs de Boulay en saison sèche et de Yopougon en saison des pluies sont anormalement faibles. Dans le premier cas, le zooplancton avait disparu du fait de l'invasion des Cténophores. Dans le second, la saison des pluies a entraîné un bouleversement de l'écosystème qui se traduit par une chute très importante des valeurs de chlorophylle "a" vers la mi-juin et du zooplancton en juin-juillet (Rahm, 1964 ; Repelin, comm. person.).

b - Calcul du coefficient de transfert. C'est le rapport entre la production secondaire et la production primaire. Etant donnée la nature du régime alimentaire d'*Acartia*, espèce dominante de la totalité des prélèvements, on pourra admettre que le mésozooplancton appartient à l'échelon secondaire (herbivores).

Les valeurs de ce coefficient figurent sur le tableau VII. Ce qui vient d'être dit au sujet de l'importance de l'ingestion dans la mortalité algale est valable pour le coefficient de transfert en raison du rapport de proportionnalité qui existe entre l'ingestion et la production. Si l'on excepte les deux valeurs de Boulay (saison chaude), Yopougon (saison des pluies) et celles de la baie de Biétri qui représente, semble-t-il, un cas particulier de la lagune Ebrié, le coefficient de transfert varie de 7 à 47%. Cet écart important entre les valeurs minimums et maximums peut être expliqué de la façon suivante. A la suite d'une poussée de phytoplancton, se produit une poussée des herbivores (le zooplancton) et des observations ponctuelles telles que nous les avons faites peuvent considérer l'un des trois états du système : "bloom" de phytoplancton, équilibre entre phyto et zooplancton, "bloom" de zooplancton. Le calcul d'un tel coefficient doit donc se faire sur les valeurs moyennes des productions primaire et secondaire. Si l'on suppose que nous avons observé les trois états du système au cours des différentes saisons et pour l'ensemble des stations, on peut

calculer une valeur moyenne du coefficient de 19,8%, valeur souvent rencontrée dans la littérature (Parsons, Takahashi et Hargrave, 1977). Mais il faut nuancer la validité de ce type de calcul. En effet, une fraction du phytoplancton est utilisée par d'autres herbivores (microzooplancton, ethmalose ...) qui représentent, avec le mésozooplancton, l'échelon secondaire. En négligeant leur production, on sous-estime la valeur du coefficient de transfert. Inversement, en considérant que le phytoplancton est la seule source de nourriture des filtreurs, négligeant le rôle des autres particules (tripton, protozoaires hétérotrophes ...) dans leur ration, on surestime au contraire la valeur du coefficient de transfert. Enfin, signalons de nouveau le cas de la baie de Biétri où le coefficient de transfert est de 0,2% du fait de la mauvaise relation entre proies et prédateurs. Il serait intéressant, lors d'une étude ultérieure, de se pencher sur le problème de l'utilisation de cette production primaire. Est-elle utilisée par le microzooplancton, constitué d'autres animaux que les copépodes, ou bien sédimente-t-elle sur le fond ?

4.4. RELATIONS DU ZOOPLANCTON AVEC L'ECHELON TERTIAIRE

L'estimation de la production du zooplancton telle que nous l'avons pratiquée, est une estimation avant intervention de toute prédation. Il est donc possible de calculer une production potentielle de ses prédateurs en utilisant le coefficient de transfert (rapport : production des prédateurs / production des proies). Dans ce but, nous avons converti les valeurs de production du mésozooplancton, exprimées en quantités d'azote, en poids sec par l'intermédiaire du pourcentage d'azote du poids sec (Tableau VIII). Cette valeur peut ensuite être convertie en poids frais de prédateurs en supposant d'une part que le poids sec représente 20% du poids frais chez les poissons (considérés comme prédateurs du zooplancton) et d'autre part que le coefficient de transfert est de 10%. L'estimation de la production potentielle de prédateurs (tableau VIII) varie de 110 à 450 kg de poids frais. ha⁻¹. an⁻¹ (si l'on excepte les valeurs basses de Biétri, Boulay en saison sèche et Yopougon en saison des pluies).

Nous ne connaissons pas la production des prédateurs du zooplancton, qui sont les poissons planctonophages et les carnivores planctoniques. Ces derniers doivent jouer un rôle qui n'est pas négligeable aux stations subissant une influence marine directe (Boulay et surtout, Yopougon).

En milieu dessalé (4‰), comme c'est le cas à Abraco toute l'année, il ne semble pas y avoir de carnivores planctoniques, si l'on excepte les larves d'animaux benthiques (Brachyours et Polychètes) : seuls les poissons sont alors susceptibles d'utiliser la production zooplanctonique. Les seules données concernant la production de poissons sont celles de la pêche. Mais celle-ci ne représente qu'une partie de leur production, puisqu'une fraction peut disparaître de mort naturelle et surtout lors des stades larvaires et juvéniles (qui ne sont pas capturés par les filets). En contre partie, tous les poissons ne se nourrissent pas de mésozooplancton. Les poissons piscivores représentent environ 7% des captures (Durand, comm. person.), le genre *Elops* représentant à lui seul 5,5% en 1977 (Durand et al., 1979). Les planctonophages sont surtout représentés par *Ethmalosa* qui constitue de 61% (Durand et al., 1979) à 72% (Gerlotto et al., 1976) des captures en lagune Ebrié. A l'heure actuelle, on ne connaît pas la taille des proies qu'ingère ce filtreur, mais il est vraisemblable qu'il se nourrisse de zooplancton et de phytoplancton. Les autres filtreurs pélagiques sont *Sardinella* qui fait des incursions passagères dans la région de Vridi (4,2% des captures) et *Chloroscombrus* (2,3% des captures).

Pour comparer nos valeurs de production potentielle de l'échelon tertiaire, qui sont peut-être contestables en raison de la valeur arbitraire de 10% du coefficient de transfert, nous avons calculé d'après les données de Durand et al. (1979) les captures totales de poissons par hectare et par an dans les secteurs III (auquel appartiennent nos stations de Boulay et Yopougon) et V (station d'Abraco). Nous avons considéré que ces secteurs avaient une superficie de 40 et 200 km² respectivement. Pour les seules espèces lagunaires, les captures sont de 443 kg. ha⁻¹. an⁻¹ (en poids frais) dans le secteur III et de 126 kg. ha⁻¹ an⁻¹ dans le secteur V. Ces valeurs sont supérieures à la production potentielle de planctonophages des stations de Boulay et Yopougon (Tableau VIII), du même ordre de grandeur pour Abraco en décembre. (La valeur élevée du mois de novembre est surestimée en raison de la valeur forte de K_{2,N}).

Station/ période	Production d'azote par le zooplancton (mg.m ⁻² .j ⁻¹)	% d'azote du poids sec	Production du zooplancton en poids sec (mg.m ⁻² .j ⁻¹)	Production potentielle de l'échelon tertiaire g.ha ⁻¹ .j ⁻¹	kg.ha ⁻¹ .an ⁻¹
<u>Biétri</u>					
nov.	1,30	13,1	9,92	49,6	18,1
janv.	2,48	17,0	14,59	72,9	26,6
juil.	0,80	8,0	10,00	50,0	18,3
<u>Boulay</u>					
oct.	24,30	10,7	227,10	1135,5	414,5
janv.	1,90	8,1	23,46	117,3	42,8
juil.	8,70	10,2	85,29	426,5	155,7
<u>Yopougon</u>					
oct.	7,00	11,7	59,83	299,2	109,2
déc.	23,30	14,0	166,43	832,2	303,8
juil.	0,66	10,4	6,35	31,8	11,6
<u>Abraco</u>					
nov.	20,60	8,4	245,24	1226,2	447,6
déc.	9,10	14,6	62,33	311,7	113,8

Tableau VIII - Estimation de la production potentielle de planctonophages en poids frais par hectare et par jour / an à partir des valeurs de production du mésozooplancton - (voir détails des calculs dans le texte).

5 - CONCLUSIONS

Ces premiers résultats montrent des valeurs très élevées de productivité du mésozooplancton en lagune Ebrié. Ils devraient être complétés par une étude beaucoup plus détaillée des biomasses aux différentes saisons, sur un ensemble de stations plus important et tenant compte des migrations verticales. A la limite, seule l'étude des biomasses pourrait être entreprise, en prenant en considération les taux de production et d'excrétion ici étudiés.

La méthode d'estimation de la production que nous avons utilisée s'est révélée rapide et la lagune Ebrié constitue son premier champ d'application au milieu saumâtre. Il est prévu de comparer ses résultats à ceux de la méthode de la dynamique des populations d'*Acartia clausi*. Cependant, il existe une incertitude sur les valeurs des taux de production de saison des crues et de saison sèche, du fait d'une surestimation possible du coefficient K_2 , par suite du manque de données concernant le rapport N/P des particules.

Seul le mésozooplancton retenu par un filet de maille 200 μm a été considéré. Une étude ultérieure devrait concerner la production de la fraction de taille inférieure à 200 μm (microzooplancton) constituée en partie des premiers stades larvaires d'*Acartia*. Il est classique d'admettre que le taux de production de cette fraction est plus élevé que celui du mésozooplancton.

Enfin, l'étude des régimes alimentaires des poissons lagunaires et celles de leurs coefficients d'utilisation de la nourriture (K_1 et K_2) devrait être entreprise et permettrait le calcul du coefficient de transfert entre l'échelon secondaire et l'échelon tertiaire.

Remerciements :

Les auteurs remercient MM. Barrier, Cremoux, Djédjé et Slepoukha qui ont assuré les différentes analyses, Ouattara pilote de l'"Akoué" et M. Durand pour la rédaction des parties ayant trait aux poissons de lagune.

BIBLIOGRAPHIE

- ARMSTRONG, F.A.J. et TIBBITTS, S., 1968 - Photochemical combustion of organic matter in sea-water for nitrogen, phosphorus and carbon determination.
J. Mar. Biol. Ass. U.K., 48 : 143-152.
- ARNOLD, D.E., 1971 - Ingestion, assimilation, survival and reproduction by *Daphnia pulex* fed seven species of blue-green algae.
Limnol. Oceanogr., 16 (6) : 906-920.

- BAKER, L.D. et REEVE, M.R., 1974 - Laboratory culture of the Lobate Ctenophore *Mnemiopsis mocradyi* with notes on feeding and fecundity. Mar. Biol., 26 : 57-62.
- BIGGS, D.C., 1977 - Respiration and ammonium excretion by open ocean gelatinous zooplankton. Limnol. Oceanogr., 22 : 108-117.
- CONOVER, R.J., 1960 - The feeding behaviour and respiration of some marine planktonic Crustacea. Biol. Bull., 119 : 399-415.
- CONOVER, R.J. et LALLI, C.M., 1974 - Feeding and growth in *Clione limacina* (Phipps), a Pteropod mollusc. II. Assimilation, metabolism and growth efficiency. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 16 : 131-154.
- CORKETT, C.J. et Mc LAREN, I.A., 1969 - Egg production and oil storage by the copepod *Pseudocalanus* in the laboratory. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 3 : 90-105.
- CORNER, E.D.S., HEAD, R.N., KILVINGTON, C.C. et PENNYCUICK, L., 1976 - On the nutrition and metabolism of zooplankton. X. Quantitative aspects of *Calanus helgolandicus* feeding as a carnivore. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 56 : 345-358.
- DUFOUR, Ph. et SLEPOUKHA, M., 1975 - L'oxygène dissous en lagune Ebrié : influences de l'hydroclimat et des pollutions. Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, VI (2) : 1-18.
- DURAND, J.R., AMON KOTHIAS, J.B., ECOUTIN, J.M., GERLOTTO, F., HIE DARE, J.P. et LAE, R., 1978 - Statistiques de pêche en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire) : 1976 et 1977. Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, IX (2) : 67-114.
- DUVAL, W.S. et GEEN, G.H., 1976 - Diel feeding and respiration rhythms in zooplankton. Limnol. Oceanogr., 21 : 823-829.
- EDMONDSON, W.T., 1962 - Food supply and reproduction of zooplankton in relation to phytoplankton population. Rapp. P.V. Réun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer., 153 : 137-141.
- EPPLEY, R.W., RENGER, E.H., VENRICK, E.L. et MULLIN, M.M., 1973 - A study of plankton dynamics and nutrient cycling in the central gyre of the North Pacific Ocean. Limnol. Oceanogr., 18 : 534-551.
- GANF, G.G. et BLAZKA, P., 1974 - Oxygen uptake, ammonia and phosphate excretion by zooplankton of a shallow equatorial lake (Lake George, Uganda). Limnol. Oceanogr., 19 : 313-325.

- GAUDY, R., 1974 - Feeding of four species of pelagic copepods under experimental conditions.
Mar. Biol., 25 : 127-141.
- GAUDY, R., 1975 - Etude de la respiration chez des copépodes pélagiques méditerranéens (bassin occidental et Mer Ionienne) et de ses variations en fonction de la bathymétrie des espèces et de leur origine géographique.
Mar. Biol., 29 : 109-118.
- GERLOTTO, F., HEM, S. et BRIET, R., 1976 - Statistiques de pêche en lagune Ebrié. Année 1975.
C.R.O. Abidjan, série statistiques, 1 (2) : 42 pp.
- GRAS, R. et SAINT-JEAN, L., 1969 - Biologie des crustacés du lac Tchad.
I. Durée du développement embryonnaire et post-embryonnaire : premiers résultats.
Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol., 5 : 285-296.
- HARRIS, R.P. et PAFFENHÖFER, G.A., 1976 - The effect of food concentration on cumulative ingestion and growth efficiency of two small marine planktonic copepods.
J. Mar. Biol. Ass. U.K., 56 : 875-888.
- HEINBOKEL, J.F., 1978 - Studies on the functional role of Tintinnids in the Southern California Bight. I. Grazing and growth rates in laboratory cultures.
Mar. Biol., 47 : 177-190.
- IKEDA, T., 1970 - Relationship between respiration rate and body size in marine plankton animals as a function of the temperature of habitat.
Bull. Fac. Fish. Hokkaido University, 21 : 91-112.
- LE BORGNE, R.P., 1973 - Etude de la respiration et de l'excrétion d'azote et de phosphore des populations zooplanctoniques de l'upwelling mauritanien (mars-avril 1972).
Mar. Biol., 19 : 249-257.
- LE BORGNE, R., 1975a - 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 Rech. Océanogr. Abidjan, VI (2) : 165-176.
- LE BORGNE, R., 1975b - Equivalences entre les mesures des biovolumes, poids secs, poids secs sans cendre, carbone, azote et phosphore du mésozooplancton de l'Atlantique tropical.
Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., XIII : 179-196.
- LE BORGNE, R., 1977a - Etude 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. ORSTOM, sér. Océanogr., XV : 349-362.

- LE BORGNE, R., 1977b - Etude 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. ORSTOM, sér. Océanogr., XV : 363-374.
- LE BORGNE, R., 1978 - Evaluation de la production secondaire planctonique en milieu océanique par la méthode des rapports C/N/P.
Oceanol. Acta., 1 : 107-118.
- LE BORGNE, R.P., 1979 - Influence of duration of incubation on zooplankton respiration and excretion results.
J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 37 : 127-137.
- MARSHALL, S.M. et ORR, A.P., 1952 - On the biology of *Calanus finmarchicus*. VII. Factors affecting egg production.
J. Mar. Biol. Ass. U.K., 30 : 527-537.
- MARSHALL, S.M., 1973 - Respiration and feeding in Copepods.
Adv. Mar. Biol., 11 : 57-120.
- MAURER, D., 1978 - Phytoplankton et pollution : lagune Ebrié (Abidjan - Secteur de Cortiou (Marseille)).
Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille, 121 pp.
- MENZEL, D.W. et 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.
- MORAITOU-APOSTOLOPOULOU, M. et VERRIOPOULOS, G., 1978 - Quelques facteurs influant sur la nutrition d'un copépode adapté à un biotope pollué et eutrophisé.
Rev. Int. Océanogr. Méd., LI-LII : 89-99.
- MULLIN, M.M. et BROOKS, E.R., 1970 - Growth and metabolism of two planktonic marine copepods as influenced by temperature and type of food.
in Marine Food Chains, J.H. STEELE ed., Oliver and Boyd, Edinburgh : 74-95.
- MUNRO, I.G., 1974 - The effect of development of egg, naupliar and copepodite stage of the two species of Copepods, *Cyclops vicinus* Uljanin and *Eudiaptomus gracilis* Sars.
Oecologia, 16 : 355-367.
- NIVAL, P. et NIVAL, S., 1976 - Particle retention efficiencies of an herbivorous copepod *Acartia clausi* (adult and copepodite stages) : effects on grazing.
Limnol. Oceanogr., 21 : 24-38.
- PAFFENHOFER, G.A., 1976 - Feeding, growth and food conversion of the marine planktonic copepod *Calanus helgolandicus*.
Limnol. Oceanogr., 21 : 39-50.

- PAGES, J., LEMASSON, L. et DUFOUR, Ph., 1979 - Eléments nutritifs et production primaire dans les lagunes de Côte d'Ivoire : cycle annuel. Arch. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 5 (1) : 1-60.
- PARSONS, T.R., TAKAHASHI, M. et HARGRAVE, B., 1977 - Biological oceanographic processes. Pergamon Press : 332 pp.
- PETIPA, T.S., MONAKOV, A.V., SOROKIN, Iv., VOLOSHINA, G.V. et KUKINA, I.V., 1975 - Balance of the matter and energy in copepods in tropical upwellings. *in* Ecosystems of the pelagic zone of the Pacific ocean, M.E. VINOGRADOV Ed., Trudy Inst. Okeanol. 102, Acad. Sciences URSS : 335-350 (Traduction de CUEA Office, Duke marine lab., Beaufort, USA).
- RAHM, U., 1955 - Verbreitung und Biologie von *Acartia clausi* gaboonensis (Scott) in der lagune Ebrié (Elfenbeinküste). Verh. Schweiz. naturf. Ges. Pruntrut : 155-158.
- RAHM, Von U., 1964 - Zur Oekologie des Zooplanktons des lagune Ebrié (Elfenbeinküste). Acta tropica, 21 : 1-47.
- RAZOULS, C., 1974 - Variations annuelles de deux espèces dominantes de copépodes planctoniques *Centropages typicus* et *Temora stylifera* de la région de Banyuls : Cycles biologiques et estimation de la production. III. Dynamique des populations et calculs de leur production. Cah. Biol. Mar., XV : 51-88.
- REEVE, M.R., WALTER, M.A. et IKEDA, T., 1978 - Laboratory studies of ingestion and food utilization in lobate and tentaculate ctenophores. Limnol. Oceanogr., 23 : 740-751.
- SAVITZ, J., ALBANESE, E., EVINGER, M.J. et KOLASINSKI, P., 1977 - Effect of ration level on nitrogen excretion, nitrogen retention and efficiency of nitrogen utilization for growth in large mouth bass (*Micropterus salmoides*). J. Fish. biol., II : 185-192.
- SMITH, S.L., 1978 - Nutrient regeneration by zooplankton during a red tide off Peru, with notes on biomass and species composition of zooplankton. Mar. Biol., 49 (2) : 125-132.
- SUSCHENYA, L.M., 1970 - Food rations, metabolism and growth of crustaceans. *in* Marine food chains, J.H. STEELE Ed., Oliver and Boyd, Edinburgh : 127-141.
- TASTET, J.P., 1974 - Environnement physique du système lagune Ebrié. Sér. doc. départ. Sciences de la terre II (Université d'Abidjan) : 28 pp.

- UNESCO, 1968 - Zooplankton sampling.
Monographs on oceanographic methodology, II : 153-159.
- VARLET, F., 1978 - Le régime de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire) - Traits physiques essentiels.
Trav. et Doc. ORSTOM 83 : 162 pp., 110 fig.
- VINOGRADOV, M.E., SMUSHKINA, E.A. et KUKINA, I.N., 1976 - Functional characteristics of a planktonic community in an equatorial upwelling region.
Oceanology, 16 : 67-76.
- WURTSBAUGH, W.A. et DAVIS, G.E., 1977 - Effects of temperature and ration level on the growth and food conversion efficiency of rainbow trout *Salmo gairdneri*, Richardson.
J. Fish. Biol., II : 87-98.
- YENTSCH, C.S. et MENZEL, D.W., 1963 - A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence.
Deep Sea Res., 10 : 221-231.
- ZURLINI, G., FERRARI, I. et NASSOGNE, A., 1978 - Reproduction and growth of *Euterpina acutifrons* (Copepoda Harpacticoida) under experimental conditions.
Mar. Biol., 46 : 59-64.

■

■ ■

LEGENDE DE LA FIGURE 1

Fig.1 : Position des quatre stations étudiées d'octobre 1977 à juillet 1978 en lagune Ebrié.

LEGENDE DES TABLEAUX

- Tableau I : Résultats de la station de Biétri (station 36 ou point I) (symboles et abréviations en page 7).
- Tableau II : Résultats de la station de Boulay-sud (station 1) (symboles et abréviations en page 7).
- Tableau III : Résultats de la station de Yopougon (station 2 ou point E) (symboles et abréviations en page 7).
- Tableau IV : Résultats de la station d'Abraco (station 19) (symboles et abréviations en page 7).
- Tableau V : Poids secs et production journalière d'azote par le mésozooplancton, rapportés au mètre-carré et au mètre-cube. Productivité journalière (rapport P/Bj). Comparaison avec le milieu marin : zone équatoriale de l'Atlantique (Le Borgne, 1977b) et station côtière d'Abidjan (données de 1977 non publiées).
* Valeur douteuse, du fait d'un $K_{2,N}$ anormalement élevé.
- Tableau VI : Variations du rapport atomique N/P des particules (rapport a_1) en fonction de la profondeur, en juillet 1978.
- Tableau VII : Ingestion d'azote par le zooplancton. Conversion des valeurs d'ingestion et de production d'azote en carbone par l'intermédiaire du rapport C/N de constitution du zooplancton. Production primaire nette (mode de calcul dans le texte) et sa relation avec l'ingestion ou la production du mésozooplancton.
- Tableau VIII : Estimation de la production potentielle de planctonophages en poids frais par hectare et par jour/an à partir des valeurs de production du mésozooplancton (voir détails des calculs dans le texte).

ANNEXE N°1

La relation (4) a été établie d'après les relations suivantes obtenues expérimentalement ou puisées dans la littérature :

- $Z_{\text{euphot.}} = 2,17 \text{ DS}$
 $Z_{\text{euphot.}}$: épaisseur de la zone euphotique
DS : profondeur de disparition du disque de Secchi (m)
- $\Sigma A = 10,22 \text{ B.DS}$
 ΣA : production horaire brute d'oxygène entre 8h et 16h locale ($\text{mg O}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)
B : concentration moyenne de la couche euphotique en chlorophylle "a" ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)
- $\Sigma \Sigma A = 10 \Sigma A$
 $\Sigma \Sigma A$: production brute d'oxygène par jour ($\text{mg O}_2 \cdot \text{m}^{-2}$)
- $A_{\text{max}} = 25 \text{ B}$
 A_{max} : production horaire brute d'oxygène à saturation lumineuse ($\text{mg O}_2 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$)
- $R = 0,05 \text{ A}_{\text{max}}$
R : respiration horaire d'oxygène ($\text{mg O}_2 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$)
- $\Sigma \Sigma P = \Sigma \Sigma A - 24 z R$
P : production nette de carbone ($\text{mgC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$)
z : épaisseur de la couche de mélange (m)

On admet que le quotient photosynthétique (rapport entre l'oxygène produit et le carbone absorbé) est de 1,2.