

ETUDE D'UN CYCLE NYCTHEMERAL DANS L'ESTUAIRE DE LA RIVIERE DE MORLAIX HYDROLOGIE ET ZOOPLANCTON

par Geneviève LE FÈVRE - LEHOËRFF

Introduction.

La rivière de Morlaix présente un estuaire submergé de dimensions importantes relativement à la rivière elle-même. La vallée, tout d'abord encaissée, s'élargit en une vaste zone de jonction avec la baie de Morlaix où se jette également la Penzé (fig. 1). Cette zone subit très fortement l'effet de la marée en vive eau, l'amplitude atteint près de 10 m à Roscoff.

Cet estuaire peut être défini par le type de circulation III, selon la classification de CAMERON et PRITCHARD (1963) et celle complémentaire de BOWDEN (1967), « Two-layer flow with vertical mixing » avec un flux de rivière faible, une profondeur importante, une stratification modérée.

Le microplancton de cette région a été décrit dans un travail récent de PAULMIER (1969) qui s'est intéressé plus particulièrement aux variations saisonnières.

L'étude présentée ici fait partie d'un ensemble de prélèvements, réalisés toute l'année, de la fraction mésoplanctonique. L'utilisation régulière d'un échantillonneur haute vitesse (voir méthodes) permet d'entreprendre un échantillonnage quantitatif avec une précision aussi grande que possible, et de rendre comparables les résultats avec ceux des travaux réalisés dans d'autres régions (en Iroise : LE FÈVRE et GRALL 1970, à Ouessant : GRALL, LE FÈVRE-LEHOËRFF et LE FÈVRE, 1971). Nous donnons les résultats du travail effectué en un point de l'estuaire « La barre de Flot » (fig. 1, point 4) lors d'une morte-eau (coefficient moyen 40, amplitude moyenne 3,3 mètres) en juillet 1968. Nous avons essayé de suivre en ce point au cours d'un cycle nycthémeral les variations quantitatives et qualitatives des populations planctoniques, soumises à l'influence de la marée. Nous essaierons d'obtenir une connaissance simultanée de l'évolution du milieu physique et du matériel biologique présent, de distinguer les différentes causes influençant la composition et l'abondance du plancton pendant une journée ⁽¹⁾.

Méthodes utilisées.

Le travail s'effectue sur deux bateaux simultanément. Le premier est mouillé pendant toute la durée du cycle de 24 heures au point marqué par la bouée « Barre de Flot », dans l'axe du chenal de l'estuaire. A bord, il est procédé aux différentes mesures physiques avec une périodicité de 1 heure. Ainsi on totalise 23 stations hydrologiques (notées B₁ à B₂₅, manquent B₅ et B₁₄).

(1) Les variations périodiques annuelles ou saisonnières feront l'objet d'un travail ultérieur.

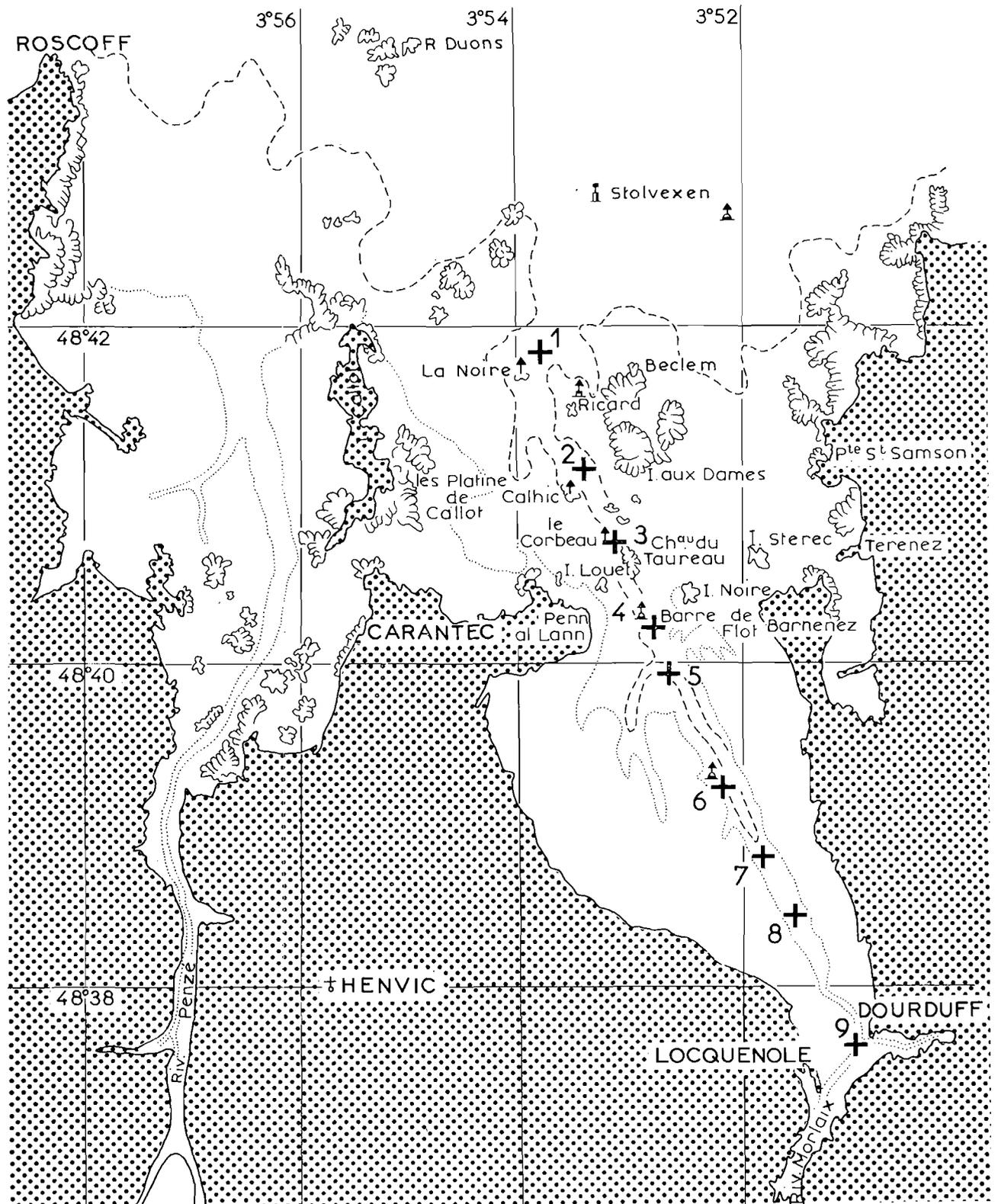


FIG. 1. — La rivière de Morlaix.

Parallèlement, la courantométrie, la photométrie et les prises d'eau destinées à la mesure de la quantité de pigments végétaux et du seston complètent la station hydrologique. Un deuxième bateau est utilisé pour l'échantillonnage planctonique à raison de un trait toutes les deux heures. Cette méthode d'utilisation simultanée des deux bateaux a permis de faire coïncider les 13 prises de plancton avec 13 stations hydrologiques.

Hydrologie.

Chaque palanquée comporte 4 bouteilles hydrologiques N10 munies de thermomètres à renversement. Les profondeurs d'immersion sont 0, 5, 10 et 20 mètres. La température est lue au centième de degré et corrigée. La mesure de la salinité est effectuée au laboratoire par la méthode conductimétrique utilisant un salinomètre C.S.I.R.O.

Courantométrie.

Ne disposant pas de courantomètre enregistreur, on a procédé à des mesures instantanées de courant aux différentes profondeurs de la station hydrologique (soit 0, 5, 10 et 20 mètres) avec un



FIG. 2. — *Echantillonneur haute vitesse utilisé pour les prélèvements de plancton.*

courantomètre Ekman. Les mesures à 20 m sont effectuées les premières et celles de surface, qui terminent la série, se situent environ une demi-heure après. Ceci explique le décalage des courbes que nous présentons (fig.7).

Echantillonnage planctonique.

Nous avons travaillé avec un échantillonneur haute vitesse. Les prélèvements de plancton, effectués en surface, sont séparés par des intervalles de deux heures. Il n'a pas été possible, pour des raisons techniques, d'effectuer des prélèvements aux différents niveaux étudiés en hydrologie et en courantométrie.

L'échantillonneur utilisé (Lowestoft 12 inches diameter fibreglass high speed plankton sampler) repose sur le même principe que le Gulf III, mais il est de dimensions plus réduites et de manipulation plus aisée (fig. 2). L'appareil comporte un corps rigide en fibre de verre, cylindrique, d'un diamètre de 12 pouces, muni d'ailerons stabilisateurs et d'un cône nasal comportant une ouverture de 12 cm

de diamètre, réduit par rapport à celui du corps principal. La partie filtrante est constituée par un filet conique en nylon monofilament, de vide de maille 250 μ . Le collecteur est un sachet réalisé avec le même textile que le filet. A l'arrière de l'appareil est fixé un débitmètre Tsurumi. Le câble de traction est accroché sur la partie avant dorsale, en arrière de l'ouverture. Un dépresseur de 9 kg, attaché en un point diamétralement opposé, permet de maintenir l'appareil horizontal pendant le trait. L'engin est remorqué à une vitesse de 5 à 6 nœuds pendant le prélèvement. L'eau qui passe dans le débitmètre est l'eau ayant effectivement traversé le filet. Le temps de trait est chronométré et le nombre de tours de l'hélice du débitmètre noté à chaque prise. Une abaque construite à partir du certificat d'étalonnage du débitmètre permet d'obtenir le volume d'eau filtré (en m^3) par la connaissance simultanée du nombre de tours d'hélice et du temps de trait.

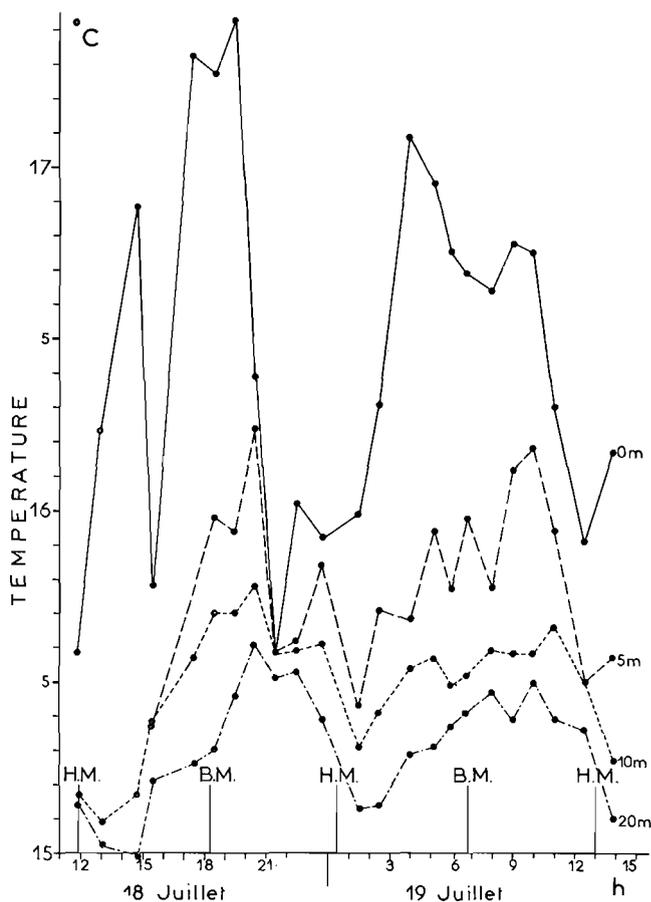


FIG. 3. — Variations de la température aux 4 profondeurs étudiées (trait plein : 0 m, trait discontinu : 5 m, tirets : 10 m ; points tirets : 20 m).

Le plancton récolté, immédiatement fixé à bord au formol 5 %, a été compté ensuite, soit en totalité, soit après division au 1/2 ou au 1/4 à la boîte de Motoda pour les échantillons très abondants. Le comptage s'opère dans des cuvettes de Dollfus, les taxons étant enregistrés sur des compteurs manuels. Les taxons sont rapportés au volume d'eau filtrée, les résultats donnés en nombres d'individus pour 10 m^3 (tabl. 2, a et b).

Une deuxième méthode utilisée parallèlement à la première, pour l'estimation de la biomasse, est celle de la mesure du « biovolume ». Le volume de plancton sédimenté est lu après cinq jours de sédimentation en éprouvette graduée. Il est exprimé en ml de plancton sédimenté pour 10 m^3 d'eau filtrée.

Aperçu des résultats hydrologiques.

La température.

L'ensemble des mesures a été porté sur la figure 3 qui résume les résultats obtenus. Nous avons tracé les courbes représentant les variations de température aux quatre profondeurs étudiées durant les 25 heures d'observation. L'examen de ces courbes permet de faire les remarques suivantes.

a) Il n'y a pas entre les valeurs nocturnes et les valeurs diurnes de différences notables, quelle que soit la profondeur envisagée.

b) L'amplitude des variations est beaucoup plus importante en surface et diminue progressivement jusqu'à 20 mètres.

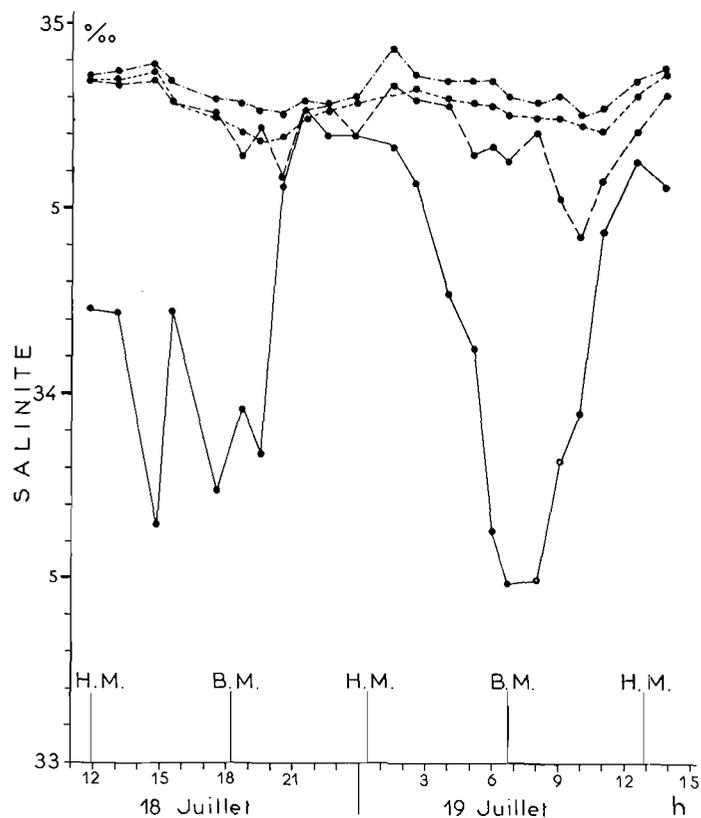


FIG. 4. — Variations de la salinité aux 4 profondeurs étudiées (trait plein : 0 m ; trait discontinu : 5 m ; tirets : 10 m ; points tirets : 20 m).

c) Les variations importantes de température se produisent avec une période correspondant à celle de la marée ; en effet, on met en évidence une augmentation de température pendant le jusant, une diminution de température pendant le flot ; mais les maxima et minima ne correspondent pas au moment de l'étalement. C'est en surface que la coïncidence est la meilleure. A noter toutefois qu'à 0 m, il ne se produit pas un maximum, mais de nombreuses oscillations, et plusieurs pics se situent au moment de la basse mer.

d) Aux différentes profondeurs, les maxima ne se produisent pas au même moment. Il y a un déphasage des courbes, les maxima de surface étant très proches de la basse mer tandis que les maxima de 20 m ne sont atteints qu'à mi-marée montante.

e) De plus, chaque courbe présente une dissymétrie ; l'augmentation de température est progressive tandis que le refroidissement est brutal.

f) La courbe de 20 m ne présente aucun point commun avec les autres courbes ; la couche d'eau à cette profondeur semble bien individualisée.

Les variations importantes de température ne sont pas imputables au cycle journalier. Au contraire, les déplacements des masses d'eau le long de l'axe longitudinal de la rivière sont très importants. Pendant le jusant, l'écoulement des eaux de la rivière a une action prépondérante ; à marée montante, l'eau de la baie refoule vers l'amont l'eau de la rivière. En été, l'eau de l'estuaire est d'autant plus chaude qu'elle se situe plus en amont. Des mesures faites à basse mer le long de l'estuaire le montrent bien. Citons par exemple les mesures faites le 19 août 1968 à l'étales de basse mer : un écart thermique de 1,65°C existe entre l'eau de surface au Dourduff (point 9, fig. 1) et celle de « la Noire » (point 1, fig. 1). L'eau d'amont s'écoulant lors du jusant est responsable de l'augmentation notable de température constatée à basse mer au point étudié. L'eau de la rivière s'écoule surtout en surface et les variations de 0 m présentent de ce fait une très grande amplitude (1,85°C au point 4 le 18.7-68). Au moment du flot, l'eau de la baie, plus froide, exerce un effet inverse. Il y

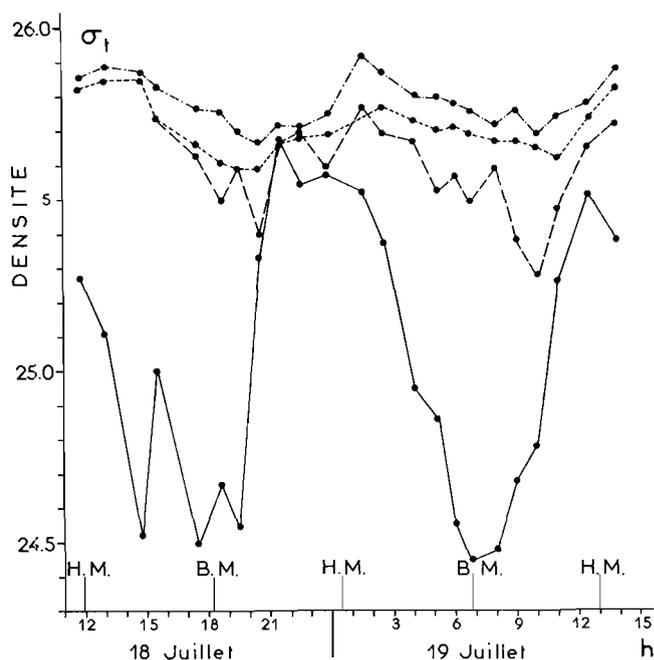


FIG. 5. — Variations de la densité aux 4 profondeurs étudiées (trait plein : 0 m ; trait discontinu : 5 m ; tirets : 10 m ; points tirets : 20 m).

a un décalage entre les heures d'étales notées officiellement à l'annuaire et l'heure réelle des maxima et minima de température. Il semble que l'eau d'amont continue à exercer son influence assez longtemps après la basse mer tandis que la transition est plus brutale lors du flot.

La salinité.

Les variations de la salinité au cours de la journée, aux quatre profondeurs étudiées, sont représentées de la même manière que pour la température (fig. 4).

Il semble ici inutile de commenter longuement la figure : elle présente les mêmes caractéristiques que celle des températures, même périodicité correspondant à la marée. Ici, à faible salinité corres-

pond une température maximale, à forte salinité une température minimale. Les eaux d'amont exercent leur influence à basse mer en surface. Pendant le flot, la dessalure se fait sentir pendant encore longtemps en profondeur.

La densité.

Les valeurs calculées des σ_t sont notées dans le tableau 1, et leurs variations durant la journée sont représentées par la figure 5. L'amplitude des variations est d'autant plus importante que la température et la salinité contribuent à faire varier la densité dans le même sens : en été, l'eau de rivière, plus douce et plus chaude que l'eau de la baie, est en effet nettement plus légère qu'elle (1). Lors du jusant, cette eau légère s'écoule très superficiellement et la stratification est très forte. Cette stratification est moins accentuée à haute mer, mais elle existe pratiquement toujours. Le diagramme

Stations	Heure	Profondeur (en m)				Marée
		0	5	10	20	
B ₁	11.50	25.27	—	25.83	25.86	HM à 11.55 h
B ₂	13.00	25.11	—	25.85	25.89	
B ₃	14.45	24.52	—	25.85	25.87	BM à 18.14 h
B ₄	15.30	25.00	25.74	25.74	25.83	
B ₅	17.30	24.50	25.63	25.66	25.77	
B ₆	18.40	24.67	25.50	25.61	25.76	
B ₇	19.30	24.55	25.59	25.59	25.70	HM à 0.25 h
B ₈	20.30	25.33	25.40	25.59	25.67	
B ₉	21.30	25.68	25.67	25.67	25.72	
B ₁₀	22.30	25.54	25.69	25.68	25.71	
B ₁₁	23.45	25.57	25.59	25.69	25.75	
B ₁₂	1.30	25.52	25.77	—	25.92	
B ₁₃	2.30	25.37	25.69	25.77	25.87	
B ₁₄	4.00	24.95	25.67	25.73	25.80	
B ₁₅	5.10	24.86	25.52	25.70	25.80	
B ₁₆	6.00	24.55	25.56	25.71	25.78	
B ₁₇	6.45	24.45	25.49	25.69	25.76	BM à 6.48 h
B ₁₈	8.00	24.48	25.59	25.67	25.72	HM à 12.59 h
B ₁₉	9.00	24.68	25.38	25.67	25.76	
B ₂₀	10.00	24.78	25.28	25.65	25.69	
B ₂₁	11.00	25.26	25.47	25.62	25.74	
B ₂₂	12.30	25.51	25.65	25.74	25.78	
B ₂₃	13.50	25.38	25.72	25.82	25.88	
B ₂₄						

TABLE. 1. — Valeurs du σ_t aux quatre profondeurs étudiées (tirets : valeurs manquantes). Les stations B₁ à B₁₂ correspondent aux mesures effectuées le 18 juillet, B₁₃ à B₂₅ à celles du 19 juillet ; la colonne de droite situe l'instant des mesures par rapport aux étales de haute mer (HM) et basse mer (BM).

T S (fig. 6) montre combien il y a peu de mélange entre les eaux de surface et les eaux sous-jacentes. Le tracé des isopycnes met en évidence la stratification des eaux. Il faut toutefois noter sur la figure 4 un point remarquable (21 h 30 le 18 juillet) où les σ_t de 0,5 et 10 m sont presque confondus et où il y a même une très légère inversion. A cet instant, la stratification disparaît. La couche d'eau de 20 m reste individualisée, mais au-dessus, il se forme une colonne d'eau homogène, et cela juste au moment de l'arrivée brutale du flot. Ce phénomène n'a pas été retrouvé le lendemain, soit qu'il n'ait pas eu

(1) Tandis que l'hiver, l'eau peu salée est plus froide que l'eau de mer proprement dite, ce qui diminue les écarts de densité.

lieu, soit que l'espacement des mesures n'ait pas permis sa mise en évidence. Nous remarquons lors du deuxième flot seulement le rapprochement des courbes. La durée d'observation (25 heures) n'est évidemment pas suffisante pour conclure ; l'écart entre les prises d'eau (une heure) peut être aussi trop grand pour percevoir un phénomène d'une durée très brève. Cependant il est intéressant de noter que, s'il ne s'agit pas d'un cas accidentel mais d'un phénomène périodique, l'homogénéisation de l'eau sur la verticale favorise les échanges surface-fond et vice-versa, ce qui peut avoir son importance pour les populations planctoniques.

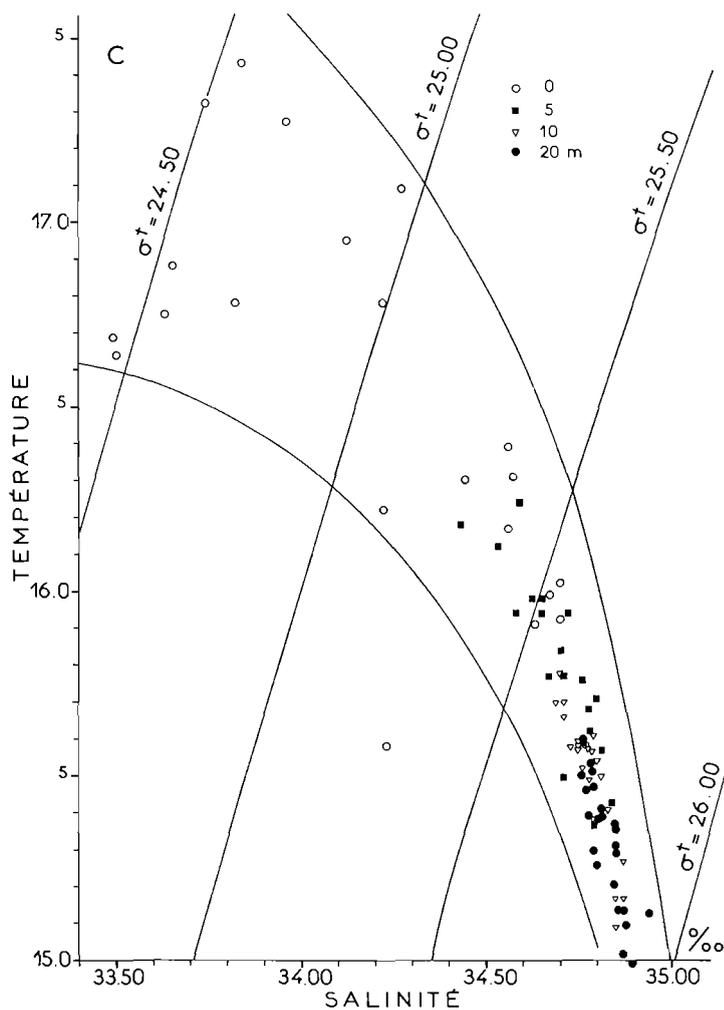


Fig. 6. — Courbes température-salinité

Courantométrie.

Des mesures instantanées de courant se groupent en douze séries. Les mesures de surface et de 20 mètres sont légèrement décalées (1/2 h à 3/4 d'heure) pour chaque série. Les vitesses exprimées en cm/s et les directions sont figurées sur un même graphique (fig. 7). La lecture de cette figure suggère les remarques suivantes.

Les trois hautes mers et les deux basses mers délimitent quatre intervalles.. Dans chacun des intervalles, un maximum de courant se produit, ceci aux différentes profondeurs. Les maxima ne sont

pas régulièrement espacés. Les directions du courant sont à dominance N-NE lors du maximum de jusant et S-SO lors du maximum de flot.

Les mesures sont trop espacées dans le temps pour apprécier à quel moment se fait la renverse du courant. Cependant il apparaît qu'il y a dominance du courant de secteur nord. Si au maximum du jusant la direction est N-NE, à l'étale de basse mer la direction est nord. Après l'étale de basse mer le courant ne change pas de sens immédiatement, le courant de secteur nord se poursuit, dû à l'écoulement des eaux de rivière dont l'effet s'ajoute au courant de marée de jusant. D'ailleurs, ceci est

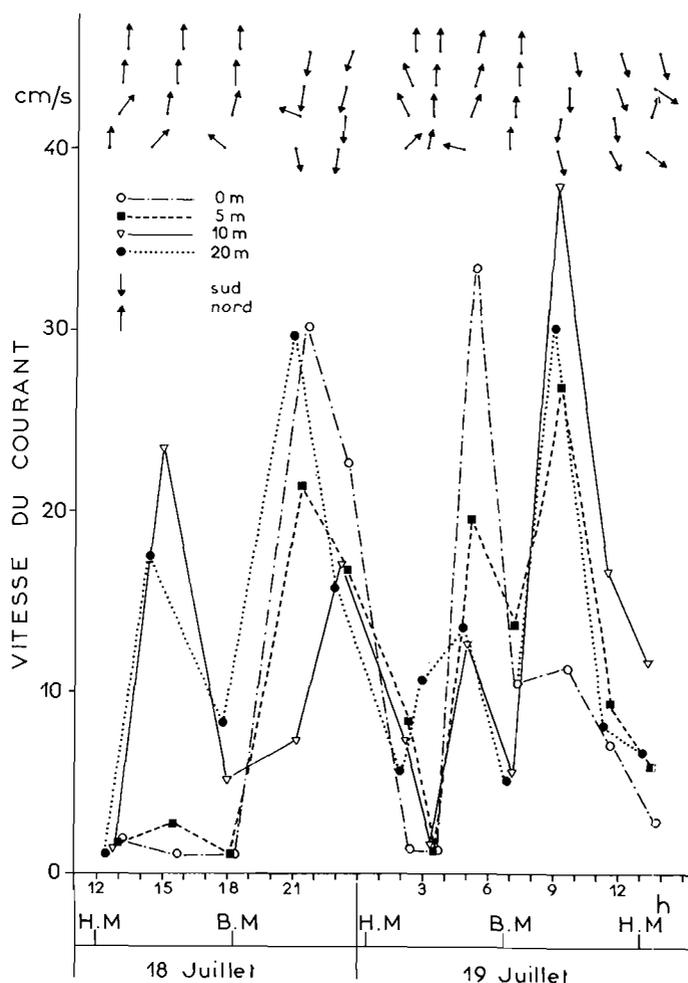


FIG. 7. — Variations du courant, vitesse et direction.

confirmé par l'hydrologie : les courbes de salinités et de températures montrent la persistance de la dessalure et de l'augmentation de température pratiquement deux heures après la basse mer. Le courant de flot se produit brutalement environ trois heures avant l'étale de pleine mer. Le flot dure moins longtemps que le jusant.

Nous n'avons pas observé de contre-courant de fond lors de cette étude et toute la couche d'eau de 0 à 20 m montre une même direction de courant pendant le cycle de marée. Ceci pourrait provenir de l'insuffisance du nombre de mesures et aussi du fait que ces mesures sont ponctuelles. De plus, en aucun cas nous n'avons pu, pour des raisons techniques, obtenir sur une même verticale la simul-

tanéité des observations. Cependant, les résultats hydrologiques permettent de conclure à une stratification avec flux d'écoulement superficiel au-dessus d'une masse d'eau de plus grande stabilité, ce qui correspond au type d'estuaire défini plus haut.

Zooplancton.

Le zooplancton étudié correspond au mesoplancton recueilli dans un filet à vide de maille de 250 μ . La fraction microplanctonique n'a pas été décrite.

Liste des formes identifiées :

Copépodes

Calanus helgolandicus CLAUS 1863
Paracalanus parvus BÆCK 1864
Pseudocalanus elongatus BÆCK 1872
Temora longicornis O.F. MÜLLER 1792
Centropages typicus KRÖYER 1849
Centropages hamatus LILLJEBORG 1853
Isias clavipes BÆCK 1864
Parapontella brevicornis LUBBOCK 1957
Acartia clausi GIESBRECHT 1889
Acartia discaudata GIESBRECHT 1881
Acartia (paracartia) grani G.O. SARS 1904
Corycaeus anglicus LUBBOCK 1885
Oithona sp.
Monstrillidae

Cladocères

Podon sp.
Evadne sp.

Appendiculaires

Oikopleura dioica FOL 1872

Chaetognathes

Sagitta setosa J. MÜLLER 1847
Sagitta elegans VERRIL 1873
Spadella sp.

Hydroméduses

Ostracodes

Cumacés

Mysidacés

Siriella armata H. MILNE - EDWARDS 1837
Siriella clausi G.O. SARS 1876 (1)
Paramysis helleri G.O. SARS 1877 (1)

Amphipodes

+ Caprelliens

Phtisica marina SLABBER

+ Gammariens (2)

Calliopiidae
Dexaminidae *Dexamine spinosa* MONTAGU
Cediceroidae *Periocolodes longimanus*
BATE et WESTWOOD

larves de Cirripèdes
larves de Caridaea
larves de Thalassinides
larves d'Anomoures
larves de Brachyours
larves de Stomatopodes
larves de Polychètes
larves de Bryozoaires
larves d'Ascidies
larves de Téléostéens
œufs de Téléostéens

Nous essaierons de définir le mieux possible par l'examen des différents taxons le rôle de la marée d'une part, et celui de l'alternance jour-nuit d'autre part, dans les variations qualitatives et quanti-

(1) Ces deux espèces sont connues des côtes anglaises et le fait qu'elles n'aient pas encore été mentionnées aux environs de Roscoff provient sans aucun doute de l'insuffisance des investigations dans leur biotope.

Les Mysidacés constituent un élément important du plancton d'estuaire par leur position dans la chaîne alimentaire. Ces organismes peuvent être filtreurs de particules (CANNON et MANTON, 1927), ou mangeurs de petits crustacés tels les Copépodes. Ils peuvent, d'autre part, servir de nourriture à des poissons fort divers. *Siriella clausi* a été observée en période de reproduction dans l'un des échantillons (B₁₁). MACQUART-MOULIN (1965) signale cette espèce vivant sur fond de sable ou d'herbier.

(2) Je remercie M. A. TOULMONT d'avoir bien voulu déterminer ces Amphipodes.

tatives du plancton récolté pendant 25 heures à raison d'un trait toutes les deux heures. Ainsi trois échantillons se situent à l'étales de haute mer, deux à celle de basse mer et huit entre les étales.

La variation quantitative d'un taxon sera prise en considération de deux manières : soit en fonction de l'heure au cours de la journée, soit en fonction du pourcentage de marée. On définira le pourcentage de marée de la manière suivante : il sera admis que la différence de hauteur d'eau

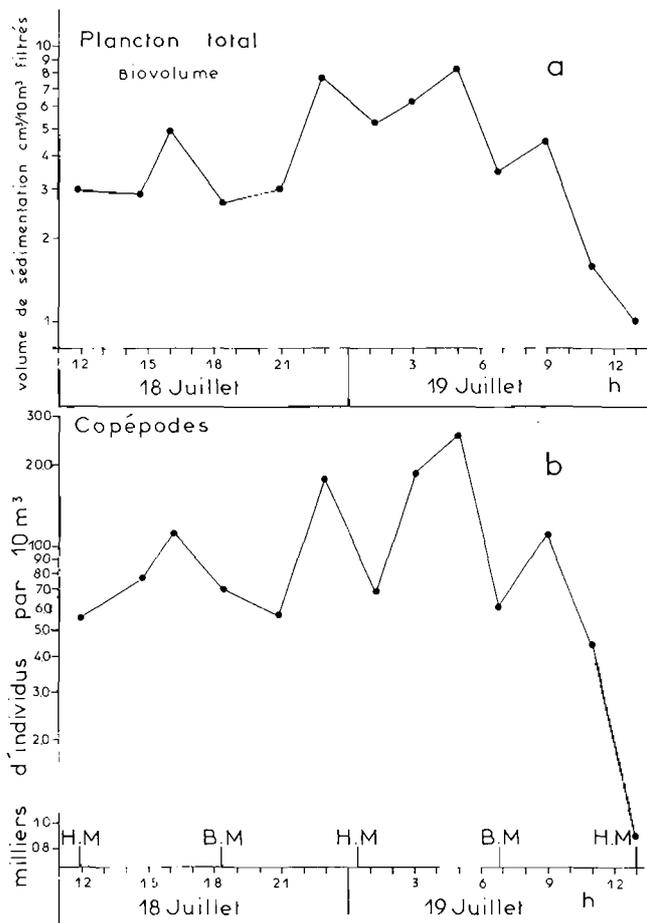


FIG. 8. — Mesure du biovolume du plancton récolté exprimé en $\text{cm}^3/10 \text{ m}^3$ (a), variations du nombre de copépodes exprimé en milliers d'individus pour 10 m^3 d'eau (b).

entre la basse mer et la haute mer correspond à 100 % de marée. Le pourcentage de marée sera 0 % à basse mer et 100 % à haute mer. A chaque instant, on peut convertir le pourcentage du temps de montée ou de descente par l'application de la règle des douzièmes (1).

Une mesure du biovolume par sédimentation donne rapidement une idée de l'abondance du plancton total (fig. 8a). La lecture de la courbe fait apparaître une plus grande densité des organismes la nuit : le volume moyen de nuit est de 7 cm^3 de plancton pour 10 cm^3 d'eau filtrée alors qu'il n'est que de 3 cm^3 pour le jour.

(1) La variation de 100 % de dénivellation entre la basse mer et la haute mer se fait en un temps voisin de 6 heures; 1/12 de cette dénivellation se produit pendant la première heure, 2/12 pendant la deuxième heure, 3/12 à la troisième heure, 3/12 à la quatrième heure, 2/12 à la cinquième heure et 1/12 à la sixième heure; la descente a lieu de la même façon.

a) MEROPLANCTON													
Echantillon n° → ↓ Organismes	B ₁	B ₃	B ₅	B ₇	B ₉	B ₁₁	B ₁₃	B ₁₅	B ₁₇	B ₁₉	B ₂₁	B ₂₃	B ₂₅
Hydroméduses	41	65	7	11	21	43	27	97	71	27	13	11	7
Ostracodes	—	—	—	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—
Cumacés	—	—	—	—	—	3 à 4	1 à 2	+	—	—	—	—	—
MYSIDACES :													
<i>Siriella armata</i>	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—
<i>Siriella clausi</i>	—	—	—	—	—	—	1 à 2	—	—	—	—	—	—
<i>Paramysis helleri</i>	—	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—
AMPHIPODES :													
Gammariens	+	—	1 à 2	—	30	159	25	11	5	3 à 4	1 à 2	1	1
Caprelliens	—	—	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—	—
L. Cirripèdes	249	262	629	3 244	1 256	567	362	644	2 502	2 989	2 850	1 456	173
L. Caridac	2 à 3	4 à 5	27	12	3 à 4	12	5 à 6	10	17	23	34	1	1 à 2
L. Thalassinides	—	—	—	—	—	2 à 3	5	—	2	—	3 à 4	+	—
L. Anomoures	189	352	411	180	87	2 607	2 341	1 129	214	276	274	60	49
L. Brachyours	263	196	377	79	45	111	169	238	93	132	99	31	22
L. Stomatopodes	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
L. Crust. indét.	—	70	90	11	13	69	91	148	74	54	102	34	9
L. Polychètes	27	13	17	15	33	42	31	62	155	33	23	29	3
L. Bryozoaires	—	—	—	—	—	—	—	2 à 3	—	—	—	—	—
L. Ascidies	1 à 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+
L. Téléostéens	7	2	17	23	29	11	17	13	17	26	20	4	2
ω. Téléostéens	2 à 3	1 à 2	—	1 à 2	1 à 2	1 à 2	1 à 2	1 à 2	—	+	—	—	+
b) HOLOPLANCTON													
<i>Calanus helgolandicus</i>	10	4	15	6	4	37	13	9	3	+	2 à 3	6	4
<i>Para-Pseudocalanidae</i>	378	732	53	170	381	652	341	1 228	344	119	97	148	67
<i>Temora longicornis</i>	111	323	121	133	225	342	428	245	146	56	293	118	18
<i>Centropages hamatus</i>	157	209	91	90	119	194	255	228	275	64	184	245	38
<i>Centropages typicus</i>	9	23	4	—	1 à 2	21	11	17	7	+	11	3	1 à 2
<i>Isias clavipes</i>	3 373	4 231	4 783	530	1 693	10 772	3 205	11 325	10 912	708	527	1 461	244
<i>Parapontella brevicornis</i> ..	2 à 3	7	15	9	4 à 5	51	36	47	55	21	+	+	+
<i>Acartia</i> spp. *	1 416	2 244	5 950	6 115	3 228	5 466	2 387	5 285	13 913	5 235	10 158	2 474	543
<i>Corycaeus</i> sp.	15	14	7	13	45	35	28	6	5	3 à 4	+	11	5
<i>Oithona</i> sp.	1 à 2	7	2	—	2 à 3	2	+	2 à 3	7	+	+	6	1
<i>Oncaea</i> sp.	—	—	—	—	1 à 2	—	—	2 à 3	—	—	—	—	—
Monstrillidae	1 à 2	—	—	—	—	—	—	1 à 2	—	—	—	+	+
Harpacticides indéterm. ...	—	3	—	3 à 4	1 à 2	35	34	19	19	27	30	12	1
TOTAL COPEPODES	5 485	7 793	11 334	7 070	5 778	17 631	6 820	18 414	25 688	6 138	11 308	4 487	902
<i>Podon</i> sp.	98	390	432	420	727	655	549	718	486	2 169	833	271	63
<i>Evadne</i> sp.	12	368	265	359	75	349	223	145	280	831	195	72	6
Appendiculaires	120	111	38	27	75	53	83	99	47	64	48	81	87
<i>Sagitta setosa</i>	+	—	—	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—
<i>Sagitta elegans</i>	—	—	—	—	—	+	1 à 2	—	—	—	—	—	—
<i>Sagitta</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	+	+	—
<i>Spadella</i> sp.	—	—	—	—	—	+	1 à 2	1 à 2	—	—	—	—	—

* ont été déterminés : *Acartia clausi*, *Acartia discaudata* et *Acartia (Paracartia) grani* (v. texte).

TABLE 2. — a) Méroplancton : ont été groupées, outre le méroplancton sensu stricto, les formes occasionnellement ou accidentellement pélagiques ; a et b) tirets : taxons non observés dans l'échantillon, croix : taxons présents mais dont la densité est inférieure à 1 individu pour 10 m³.

Les résultats du comptage des organismes sont réunis dans le tableau 2 le méroplancton est constitué principalement par les larves de crustacés : Cirripèdes, Brachyours (Zoé de *Carcinus maenas*), Anomoures. La quantité de larves ne varie pas de façon simple avec la marée (l'étude des variations du méroplancton fera l'objet d'un autre travail relatif aux variations annuelles et saisonnières). L'holoplancton retiendra particulièrement notre attention : les Copépodes tout d'abord, les Cladocères *Podon* et *Evadne*, les Appendiculaires, tous du genre *Oikopleura*, très probablement *O. dioica*, seule espèce signalée dans la région. Des indications seront également apportées par la présence de Mysidacés, Cumacés, Amphipodes, Chaetognathes.

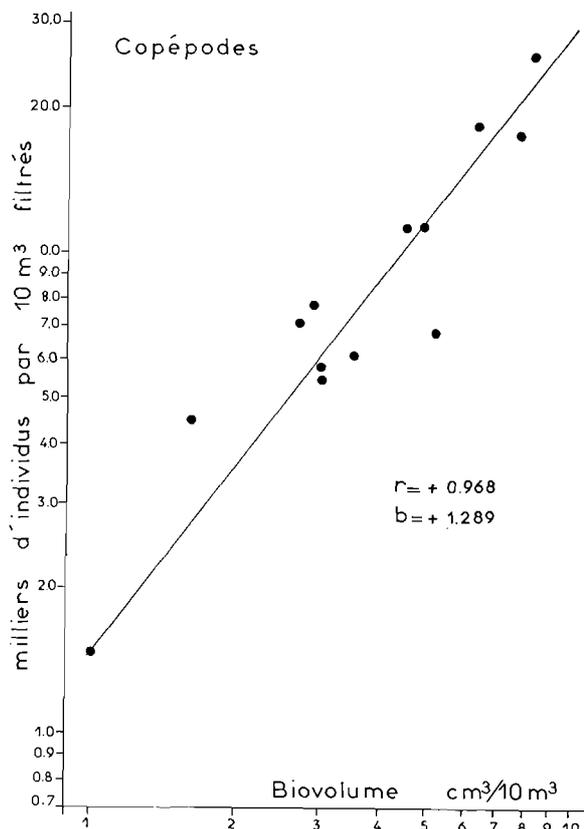


FIG. 9. — Corrélation nombre de copépodes et biovolume.

Les Copépodes constituent la principale fraction de l'holoplancton et du plancton total ; une corrélation a pu être établie (fig. 9) entre le nombre de Copépodes et le biovolume de sédimentation rapportés à la même quantité d'eau filtrée, 10 m³ : $r = + 0.968$ pour l'ensemble des 13 prélèvements. Il est à noter toutefois que ce coefficient est d'autant plus fort et la corrélation d'autant meilleure qu'il s'agit d'un plancton constitué d'organismes qui peuvent avoir au cours de la journée des variations quantitatives parallèles à celles de Copépodes et de même sens, comme nous le montrerons plus loin pour les Cladocères.

L'ensemble de la population de Copépodes ne varie pas de façon simple au cours de la marée (fig. 8 b). Les pics des maxima se situent entre les étales irrégulièrement. On peut voir une certaine analogie avec la figure 7 donnant la vitesse du courant aux différentes heures de la journée. Les maxima de courant sont situés également de part et d'autre des étales. Les variations du courant sont très brutales. Les mesures n'ayant pu être faites simultanément aux quatre profondeurs d'une part, et aux mêmes heures que les prises de plancton d'autre part, il est impossible de comparer à chaque moment les deux valeurs de densité de plancton et de vitesse de courant. Les calculs statistiques n'ont pu donner d'indication plus précise que la simple lecture des deux graphiques qui permet de supprimer une influence de l'augmentation du courant sur la densité du plancton de surface.

Les deux espèces principales de Copépodes sont *Acartia clausi* et *Isias clavipes*. L'ensemble des deux espèces représente un pourcentage important du total des Copépodes (fig. 10). Les autres espèces en quantité non négligeable sont *Centropages hamatus*, *Temora longicornis*, les Paracalanidae (*Paracalanus parvus*) et Pseudocalanidae (parmi lesquels *Pseudocalanus elongatus* est l'espèce dominante).

Tous les taxons ont été étudiés de la même manière. Les comptages ayant permis d'obtenir pour chaque groupe la densité des individus en surface en valeur absolue (nombre d'individus pour 10 m³ d'eau filtrée) au cours des 24 heures, nous avons essayé, pour chacun, de mettre en évidence une corrélation entre la densité des organismes et le pourcentage de marée défini plus haut. Pour chaque échantillon, l'heure de prélèvement a été notée et convertie en pourcentage de marée. Les résultats ont été donnés avec une probabilité de 99 % utilisant les tables de FISHER et YATES (1963). L'influence

de la marée n'a pu être mise en évidence pour tous les taxons. Quelques résultats ont cependant été obtenus et plusieurs groupes distingués à cet égard.

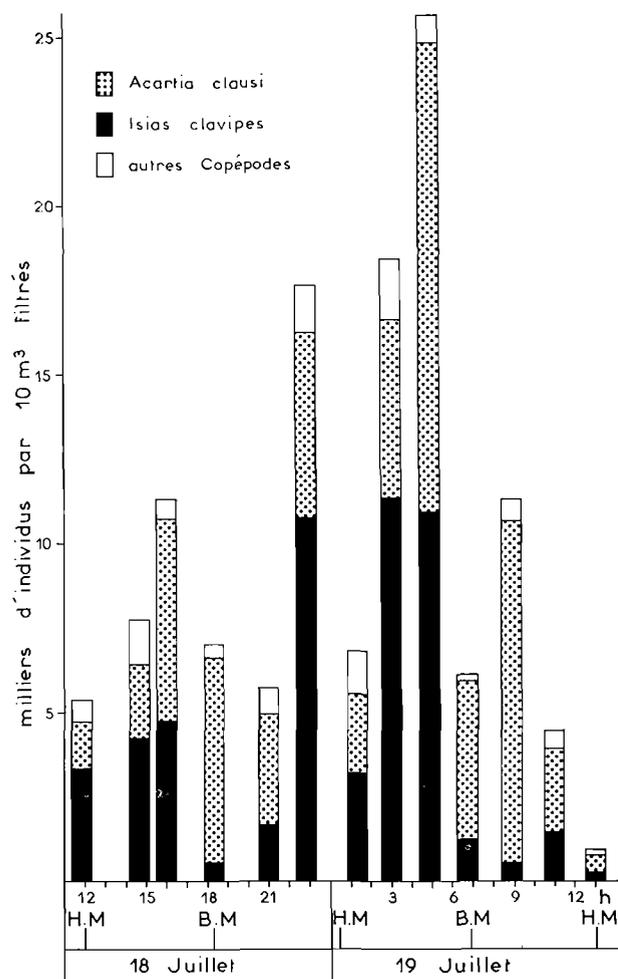


FIG. 10. — Histogramme donnant la répartition des différentes espèces de Copépodes.

1^{er} groupe, type *Acartia clausi* (fig. 11 a). Il présente un maximum d'abondance à basse mer (ou 0 % de marée). Les valeurs nocturnes ont été indiquées par un figuré différent. Si elles sont légèrement plus fortes, elles varient de la même manière que les valeurs diurnes. Pour l'ensemble des 13 échantillons : $r = -0.756$ ($P > 99\%$). L'influence de la marée est prépondérante sur l'influence jour-nuit qui semble mineure.

Acartia clausi GIESBRECHT 1881, espèce néritique à grande répartition géographique colonise les estuaires par son aptitude à supporter une gamme importante de températures et de salinités. La variation d'*Acartia clausi* en fonction de la marée reflète la répartition longitudinale dans la zone étudiée. Nous n'avons pas mis en évidence d'effet important de migration nyctémérale. Les résultats des expériences de CONOVER (1956) semblent en accord avec les nôtres : aucune migration nocturne n'a été mise en évidence. Nous avons remarqué que *Acartia clausi* présente une grande abondance à cette époque dans le plancton ; son développement maximum se situerait d'après DEEVEY (1948) à une

température de 20°. Une autre espèce d'*Acartia*, *Acartia discaudata*, est présente dans tous les échantillons mais en faible nombre. A Blosson, RAZOULS (1965) le note habituellement peu abondant, un

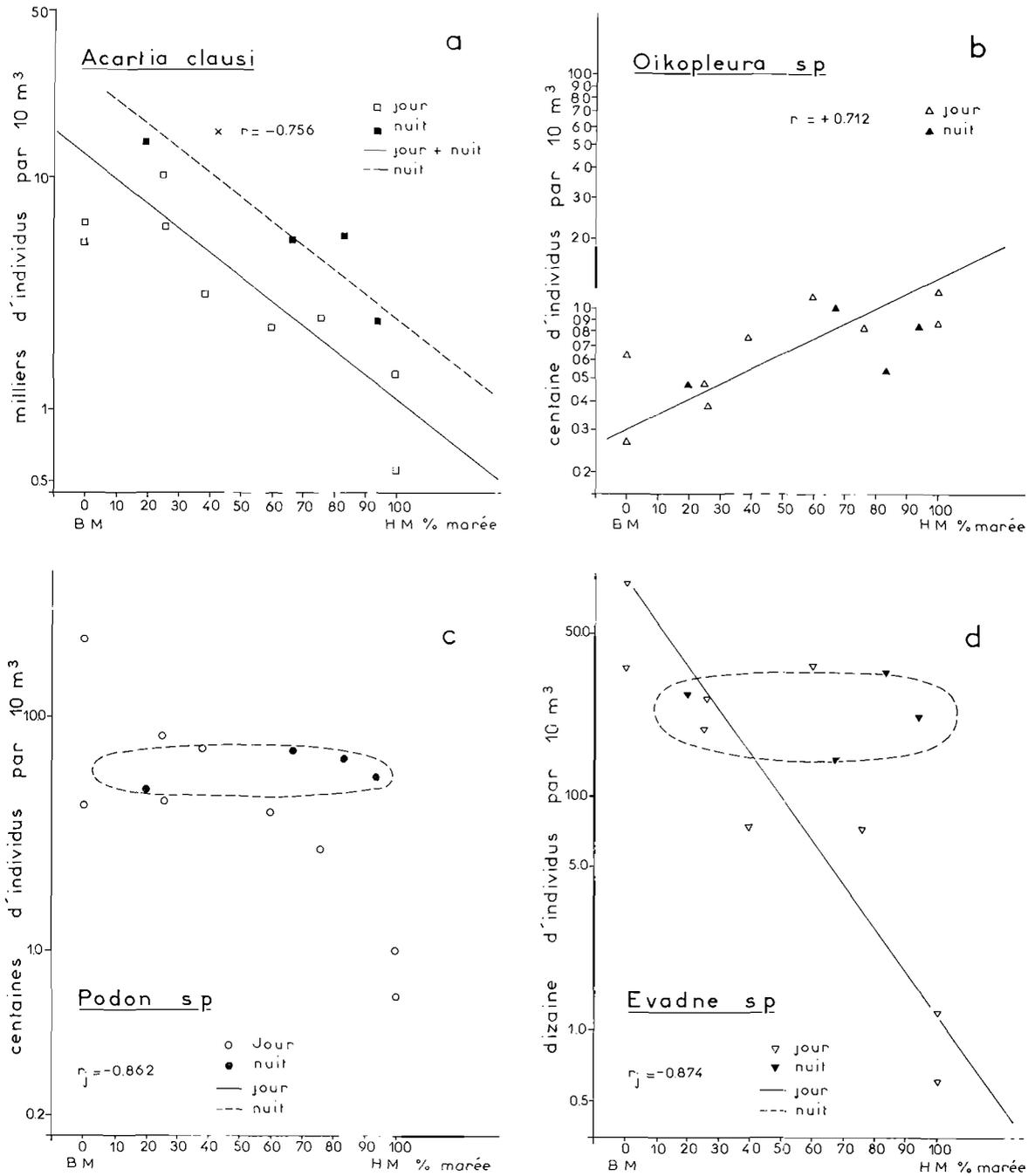


FIG. 11. — Variations quantitatives des différents taxons pendant le cycle de marée ; a) *Acartia clausi*, b) *Oikopleura sp.*, c) *Podon sp.*, d) *Evadne sp.*

taux plus élevé n'ayant été observé qu'au minimum annuel de salinité en baie de Morlaix. D'après LANCE (1962, 1963), cette espèce serait inféodée au débouché d'estuaire mais serait plus résistante à la dilution qu'*Acartia clausi*.

2^e groupe, type *Oikopleura dioïca* (fig. 11 b). Contrairement à *Acartia clausi*, les Appendiculaires présentent leur maximum à haute mer. Les valeurs de jour et de nuit varient de la même manière. Ici le coefficient de corrélation avec le pourcentage de marée est positif, $r = + 0.712$ ($P > 99 \%$). L'influence de la marée est prépondérante sur l'influence jour-nuit.

3^e groupe, les Cladocères *Podon* et *Evadne* (fig. 11 c et d). Les variations quantitatives de ces deux formes sont différentes selon que l'on considère les prélèvements nocturnes ou les prélèvements diurnes. De jour, le maximum d'abondance se situe à basse mer, et ceci pour les deux organismes envisagés. Le coefficient de corrélation pour les échantillons diurnes est noté r_j . Pour *Podon*, $r_j = - 0.862$, et pour *Evadne*, $r_j = 0.874$ (dans les deux cas, $P > 99 \%$). Quant aux prises nocturnes, aucune différence significative ne se marque entre les échantillons aux différents moments de la marée. La valeur moyenne se situe dans la partie de la courbe où les nombres d'individus sont les plus élevés. Les Cladocères présentent donc leur abondance maximale d'une part aux basses mers et d'autre part de nuit. Une interprétation possible est celle d'une influence prépondérante de l'intensité lumineuse. Les eaux de basse mer venant d'amont, plus chargées en particules et par conséquent plus opaques, semblent caractérisées par une augmentation de la densité de Cladocères ; de nuit, les différences d'éclairement entre l'amont et l'aval sont inexistantes, et de fortes concentrations en *Podon* et *Evadne* seraient ainsi rendues possibles aussi bien dans les eaux présentes à haute mer que dans celles présentes à basse mer.

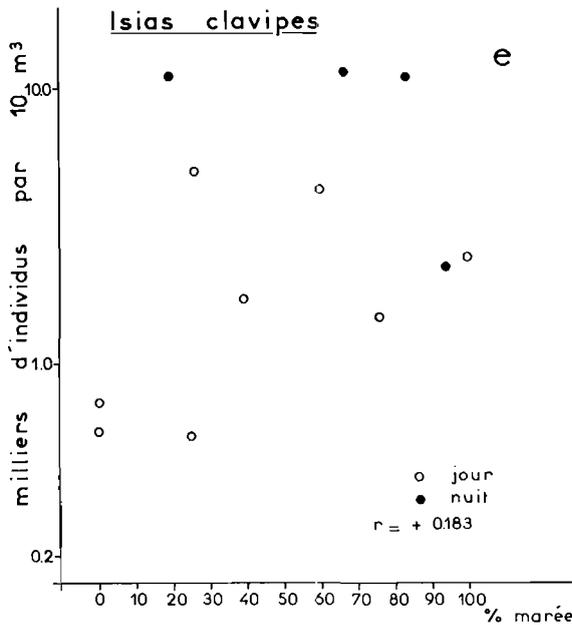


FIG. 11. — (suite) e) *Isias clavipes*.

4^e groupe, type *Isias clavipes* (fig. 11 e). Nous avons déjà noté que le Copépode Centropagidae *Isias clavipes* est, avec *Acartia clausi*, l'espèce la plus fréquente. Il n'a pas été possible de mettre en évidence une relation simple entre son abondance et le pourcentage de marée. La variation quantitative au cours du nyctémère est importante. *Isias clavipes* est particulièrement abondant la nuit (chiffre moyen de nuit 3 fois supérieur au chiffre moyen de jour) ; la masse totale du plancton de nuit en est influencée d'autant. *Isias clavipes* constitue jusqu'à 61 % du total des Copépodes, ce qui est très supérieur au pourcentage maximum signalé en baie de Morlaix : 5,4 % à la Basse de Blosson d'après RAZOULS (1963). Ce dernier chiffre, il est vrai, correspond à des récoltes effectuées avec un matériel filtrant (filet Trégouboff) très différent de celui utilisé ici.

5^e groupe, taxons à présence nocturne exclusivement. Certains organismes n'apparaissent que la nuit ; ils sont quelquefois peu abondants. Ce sont les Amphipodes, les Cumacés, les Ostracodes, les Mysidacés.

Les Amphipodes des échantillons nocturnes sont : *Phtisica marina* (Caprellidae), *Periocolodes longimanus* (Eudicerosidae), *Dexamine spinosa* (Dexaminidae) et de nombreux Calliopiidae, famille habituellement représentée dans la région par *Apherusa clevei* G.O. SARS. Ici, les individus récoltés étaient trop jeunes pour permettre une détermination spécifique, ou même générique. Par ailleurs, le genre *Calliopius* a été signalé dans des estuaires anglais (GOODART, 1941). Quant aux deux espèces les plus abondantes, *Dexamine spinosa* et *Periocolodes longimanus*, on observe surtout des mâles. Il

s'agit peut-être là d'une migration en rapport avec le cycle sexuel. Les Ostracodes, Cumacés et Mysidacés recueillis ne font pas partie du plancton proprement dit.

Parmi les Mysidacés, trois espèces, *Siriella armata*, déjà connue à Roscoff, et les deux autres signalées plus haut : *Paramysis helleri* et *Siriella clausi*, cette dernière en période de reproduction (fig. 12, 13 et 14).

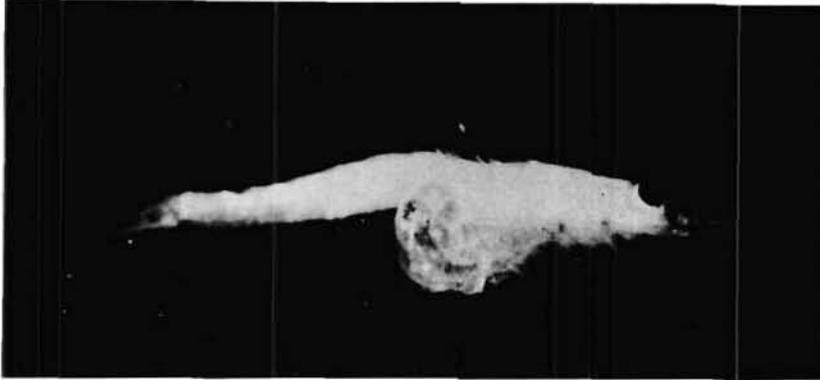


FIG. 12. — Femelle ovigère du taxon *Siriella clausi*.

6^e groupe, espèces absentes à basse mer. Quelques *Sagitta*, en petit nombre. Les spécimens identifiables appartiennent soit à *S. setosa* soit à *S. elegans*, les deux espèces normalement trouvées dans la Manche. Ici, elles sont présentes simultanément, à l'inverse de ce qui est le plus souvent observé.

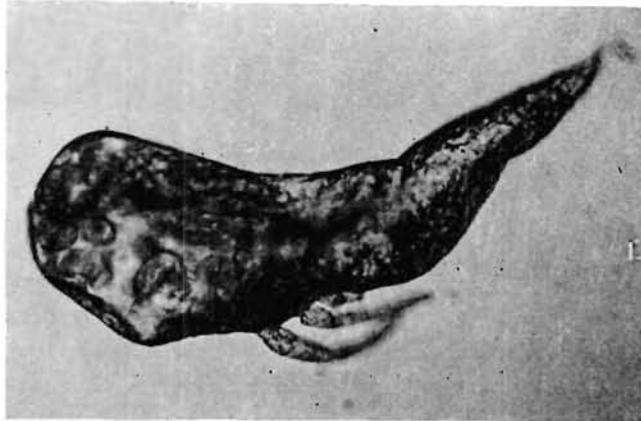


FIG. 13. — Embryon du taxon *Siriella clausi*.

7^e groupe, espèces absentes à haute mer, *Acartia* (*Paracartia*) *grani* G.O. Sars (1904).

Cette espèce n'a jamais été mentionnée en baie de Morlaix, elle ne se trouve que dans l'estuaire où PAULMIER (1969) l'a signalée récemment. Ici, elle présente un maximum dans l'échantillon B₁₉ (6 h 45, basse mer) avec 11 individus femelles, soit une densité de 5 pour 10 m³. Cette espèce a été décrite par Sars dans les eaux des parcs à huîtres de Bergen (Norvège) en été, la température atteignant 30°C. Dans les eaux de Southampton, LANCE et RAYMONT (1964) la signalent en août et septembre au débouché de la Test, au moment du maximum thermique annuel (22° C). *A. grani* apparaît sur

la côte sud de l'Angleterre au même moment que *A. tonsa* qui semble également préférer les hautes températures (JEFFRIES, 1962). Il faut noter que l'eau de surface à basse mer lors de notre récolte atteignait à la station B₁₉ la température de 16,69°C, et à la basse mer précédente 17,30°C.

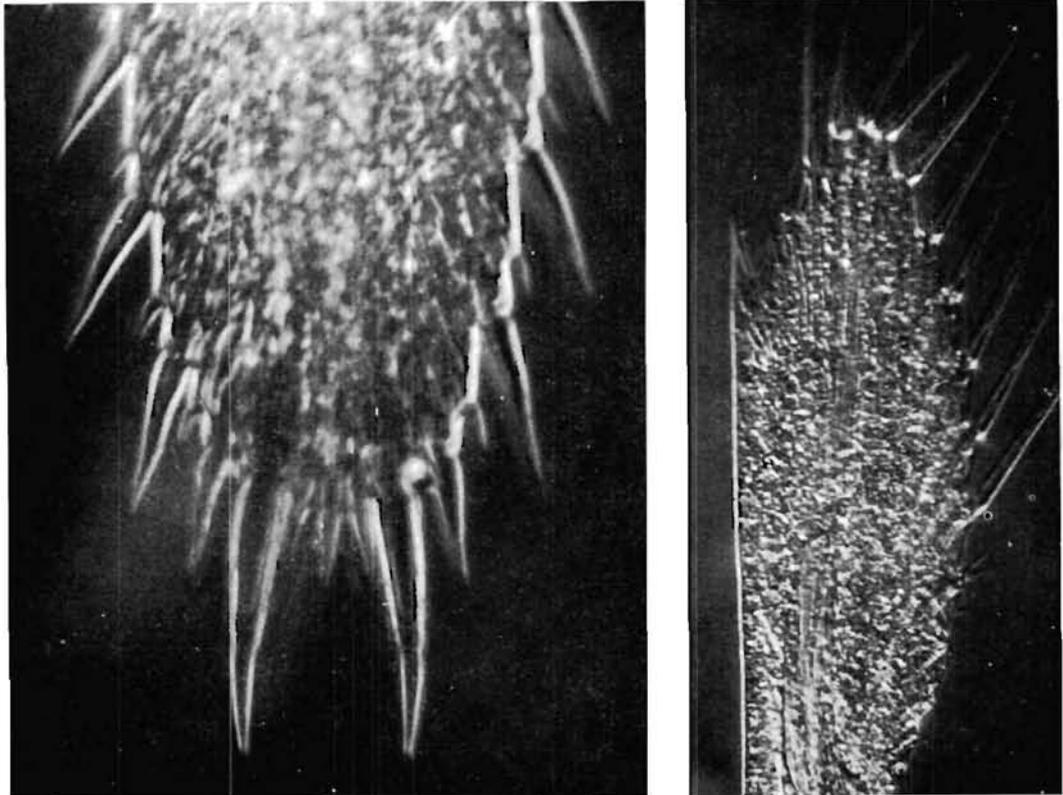


FIG. 14. — *Ecaille antennaire* (à droite) et *telson* (à gauche), du taxon *Siriella clausi*.

Conclusion.

Les fluctuations des populations planctoniques au cours du cycle peuvent se rattacher à :
l'alternance jour-nuit et les variations d'intensité lumineuse qui en résultent ;
l'influence de la marée, période 12 heures environ ;
l'influence du courant, en relation avec le phénomène précédent, mais plus irrégulier.

En effet, certaines formes ne montrent de différence significative dans leur abondance qu'entre le jour et la nuit ; elles présentent en règle générale des maxima nocturnes (ex. *Isias clavipes*). Un cas extrême est celui des espèces récoltées seulement de nuit. D'autres au contraire, telles *Acartia clausi* et *Oikopleura* sp. paraissent subir l'action prépondérante de la marée. Certaines espèces n'apparaissent qu'aux étales de haute mer ou de basse mer, reflétant ainsi leur répartition horizontale dans la région étudiée. C'est le cas des *Sagitta*, normalement plus abondantes dans la baie de Morlaix et présentes au point 4 seulement à haute mer. *Acartia grani*, par contre, atteint son maximum à basse mer. Enfin des formes comme *Podon* et *Evadne* semblent à peu près également influencées par la luminosité et par la marée.

Examinons le rôle que peut jouer le courant dans la composition du plancton. Si nous n'avons pu établir une relation simple entre la quantité totale de plancton et l'intensité du courant pour des raisons de non simultanéité des mesures, nous pouvons remarquer ce qui suit.

La courbe de variation des densités, fig. 5, fait apparaître au moment du flot à 21 h 30 (B₁₀) une disparition de la stratification entre 0 et 10 mètres. Si nous regardons parallèlement le graphique de courantométrie, fig. 7, nous voyons qu'il existe à ce moment un courant de flot très important, maximum à 0 m (30.02 cm/s) et aussi à 20 m (29.60 cm/s). Simultanément, une homogénéisation de la colonne d'eau (au moins 0 — 10 m.) et un maximum de courant favorisent sans doute une montée importante des organismes du fond vers la surface. C'est ce que semble indiquer la composition de la prise de plancton qui suit (B₁₁). En effet, c'est dans cette prise que nous trouvons le maximum d'animaux benthiques ou semi-planctoniques : les Amphipodes benthiques déjà cités, des Mysidacés, les Ostracodes, les Cumacés, les Spadelles, un alevin de *Syngnathus acus*. Ces deux dernières formes, ainsi que les Amphipodes et *Siriella clausi* (MACQUART-MOULIN, 1965) paraissent plus ou moins inféodées aux herbiers. Il existe précisément un herbier de zostères non loin de la Barre de Flot, et il est probable qu'elles en proviennent. Les groupes cités restent cependant en surface pendant toute la nuit quel que soit le moment de la marée, mais en plus faible nombre, et il reste permis de supposer que leur mise en suspension a été favorisée au moment du maximum de courant de nuit. Il est probable que le phénomène de migration nyctémérale qui n'intéresse que certaines catégories d'organismes ne puisse se réaliser à tout moment de la marée ; en effet, la stratification dans l'estuaire est très importante au moment de la basse mer. Il a été montré par plusieurs auteurs (GRINDLEY, 1964, LANCE, 1962) que la couche d'eau dessalée superficielle inhibait la migration verticale en estuaire. D'autre part, CONOVER (1956) étudiant au laboratoire deux espèces d'*Acartia* a mis en évidence le rôle de la thermocline. Ici gradient thermique et gradient de salinité existent, ce qui pourrait empêcher des migrations entre eaux de densités différentes. Quand la barrière hydrologique disparaît, il peut y avoir entraînement en surface des organismes séjournant normalement en profondeur. Ce phénomène peut avoir des conséquences importantes sur le maintien des populations dans l'estuaire. En effet, les mouvements d'eau peuvent transporter le plancton en dehors de la zone où il est produit. BARLOW (1955) a montré que plusieurs cas peuvent se présenter selon la valeur des taux de remplacement et des taux de dispersion des organismes (le taux de remplacement étant fonction de la production, de la croissance et de la mortalité). Le renouvellement des organismes en surface pourrait provenir de couches plus profondes. Il serait alors intéressant de faire, pour un point donné, un bilan production-dispersion pour le plancton total car ceci intéresse, non seulement l'holoplancton, mais aussi les larves, dont les possibilités de fixation sur place dépendent de la reproduction et du transport.

Station biologique
Roscoff.

BIBLIOGRAPHIE

- BARLOW (J.P.), 1955. — Physical and biological processes determining the distribution of zooplankton in a tidal estuary. — *Biol. Bull.*, **109**, p. 211-25.
- BODO (F.), RAZOULS (C.) et THIRIOT (A.), 1965. — Etude dynamique et variations saisonnières du plancton de la région de Roscoff. — II Zooplancton. — *Cah. Biol. mar.*, **6**, p. 219-54.
- BOWDEN (K.H.), 1967. — Circulation and diffusion. In : *Estuaries*, édité par G.H. LAUFF. — *Am. Ass. Adv. Sc.*, Washington, p. 15-36.
- CAMERON (W.M.) et PRITCHARD (D.W.), 1963. — Estuaries. In : *The sea*, édité par M.N. HILL. — Intersc. Publ., John Wiley et Sons, New York, London, vol. 2, p. 306-24.
- CANNON (H.G.) et MANTON (S.M.), 1927. — On the feeding of a Mysid Crustacea, *Hemimysis lamornae*. — *Trans. Roy. Soc. Edin.*, **55**, p. 219-53.
- CONOVER (R.J.), 1956. — Oceanography of Long Island sound 1952-1954. — VI Biology of *Acartia clausi* and *Acartia tonsa*. — *Bull. Bingham Oceanog. Coll.*, **15**, p. 156-233.

- DEEVEY (G.B.), 1948. — The zooplankton of Tisbury Great Pond. — *Bull. Bingham Oceanog. Coll.*, **12**, p. 1-44.
- FISHER (R.A.) et YATES (F.), 1963. — Statistical tables for biological, agricultural and medical research. — *Oliver and Boyd*, Edinburgh, 6th edit., 145 p.
- GOODHART (C.B.), 1941. — The ecology of the Amphipoda in a small estuary in Hampshire. — *J. anim. Ecol.*, **10**, p. 306-22.
- GRALL (J.R.), LE FÈVRE-LEHOERFF (G.) et LE FÈVRE (J.), 1971. — Observations sur la distribution du plancton à proximité d'Ouessant en juin 1969 et ses relations avec le milieu physique. — *Cah. océanogr.*, **23** (2), p. 145-170.
- GRINDLEY (J.R.), 1964. — Effect of low salinity water on the vertical migration of estuarine plankton. — *Nature*, Londres, **203**, p. 781-2.
- JEFFRIES (H.P.), 1962. — Succession of two *Acartia* species in estuaries. — *Limnol. Océanogr.*, **7**, 354-64.
- LANCE (J.), 1962. — Effects of water of reduced salinity on the vertical migration of zooplankton. — *J. mar. biol. Assoc. U.K.*, **42**, p. 131-54.
- 1963. — The salinity tolerance of some estuarine planktonic Copepods. — *Limnol. Océanogr.*, **8**, p. 440-9.
- LANCE (J.) et RAYMONT (J.E.G.), 1964. — Occurrence of the Copepod *Acartia grani* G.O. SARS in Southampton water. — *Ann. Mag. nat. Hist.*, Ser. 13, **7**, p. 619-22.
- LE FÈVRE (J.) et GRALL (J.R.), 1970. — On the relationships of *Noctiluca* swarming off the western coast of Brittany with hydrological features and plankton characteristics of the environment. — *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **4**, 287-306.
- MACQUART-MOULIN (C.), 1965. — Les Mysidacés benthoplanctoniques du golfe de Marseille. — *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, **38**, p. 129-253.
- PAULMIER (G.), 1969. — Le microplancton des rivières de Morlaix et de la Penzé. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **33** (3), p. 311-32.