

Copépodes
Villefranche-sur-Mer
Étude quantitative annuelle
Diversité spécifique
Copepods
Villefranche-sur-Mer
Annual quantitative study
Diversity index

Dynamique des Copépodes pélagiques en rade de Villefranche-sur-Mer à partir de prélèvements quotidiens (année 1972). Bilan quantitatif et écologique

G. Seguin

Laboratoire de Biologie et Écologie marines, Université de Nice, Campus Valrose, 06034
Nice Cedex.

Reçu le 6/1/81, révisé le 25/3/81, accepté le 5/5/81.

RÉSUMÉ

L'examen de 224 échantillons de zooplancton, recueillis quasi journalièrement pendant l'année 1972 dans la rade de Villefranche-sur-Mer, nous a permis d'en étudier les Copépodes pélagiques. 86 espèces, appartenant à 38 genres, qui se regroupent en 26 familles, ont été déterminées avec précision et nous avons effectué l'étude quantitative des principales familles et espèces en représentant leurs courbes de variations annuelles.

L'indice de diversité de Shannon-Wiener $I = -\sum_i^s p_i \log_2 p_i$ (p_i = fréquence de l'espèce i dans l'échantillon) est utilisé pour suivre les variations des populations de Copépodes. On note l'augmentation de l'indice avec la saison froide et sa diminution au cours de l'été lorsqu'il y a abondance en individus de certaines espèces telles que *Acartia clausi*, *Clausocalanus arcuicornis*, *Paracalanus parvus*. L'indice de diversité est donc inversement proportionnel au nombre des individus comptés.

Oceanol. Acta, 1981, 4, 4, 405-414.

ABSTRACT

Variations of a population of pelagic Copepods investigated by daily sampling during one year in the bay of Villefranche-sur-Mer (1972)

We have chosen to study the Copepods from 224 zooplankton samplings taken almost every day from the Villefranche-sur-Mer bay throughout 1972. 86 species belonging to 38 genera have been identified. We have carried out the quantitative analysis of these main groups and species by drawing diagrams based on their yearly numerical variations.

The Shannon-Wiener diversity index: $I = -\sum_i^s p_i \log_2 p_i$ (p_i = occurrence of species i in the sampling) has been used to register the variations in quantity of the Copepod population. The index increases as the temperature decreases and then decreases in the course of the summer when specimens belonging to some species such as *Acartia clausi*, *Clausocalanus arcuicornis*, *Paracalanus parvus* can be found in abundance. This demonstrates that the diversity index is inverse proportion to the recorded number of specimens.

Oceanol. Acta, 1981, 4, 4, 405-414.

INTRODUCTION

Les travaux sur le zooplancton réalisés à la Station Zoologique de Villefranche-sur-Mer ne se comptent plus, et cependant une étude du cycle annuel des Copépodes

pélagiques n'avait jamais été effectuée. En effet les études sur les Copépodes n'ont été qu'un aperçu général et limité dans le temps (Djordjevic, 1963; Bougis *et al.*, 1967) ou le cycle annuel d'une seule espèce (*Acartia clausi*) (Fossati Dutra Pereira, 1970).

Des prises de plancton quasiment journalières dues à R. Fenaux en 1972 nous ont permis de faire une étude quantitative, qualitative et écologique des Copépodes de la rade.

Au total 224 échantillons ont été examinés sur 365 jours. Dans le tableau 1, nous donnons le nombre de prélèvements effectués par mois.

Tableau 1
Année 1972. Year 1972.

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
21	13	21	17	18	19	20	21	21	20	19	14

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Une station unique a été fréquentée de janvier à décembre 1972 (fig. 1). Les captures ont été effectuées en surface entre 8 h 30 et 9 h 30, au-dessus d'un fond de 15 m, face à la Station Zoologique. Les traits, d'une durée de 5 minutes à une vitesse de 1 nœud et demi, ont été pratiqués à l'aide d'un filet WP₂ muni d'un volucompteur TSK. Le plancton a été divisé en 2 parties à l'aide d'une boîte Motoda (Motoda, 1959); une partie a servi à notre étude et l'autre aux estimations pondérales (Fenaux, Quelart, 1977).

Des prises de températures journalières, et de salinités hebdomadaires, ont été effectuées durant l'année 1972 au point B, à l'entrée de la rade, sur des fonds de 80 m (fig. 1). Il nous a été ainsi possible d'établir une courbe des températures et des salinités de l'année étudiée (fig. 2

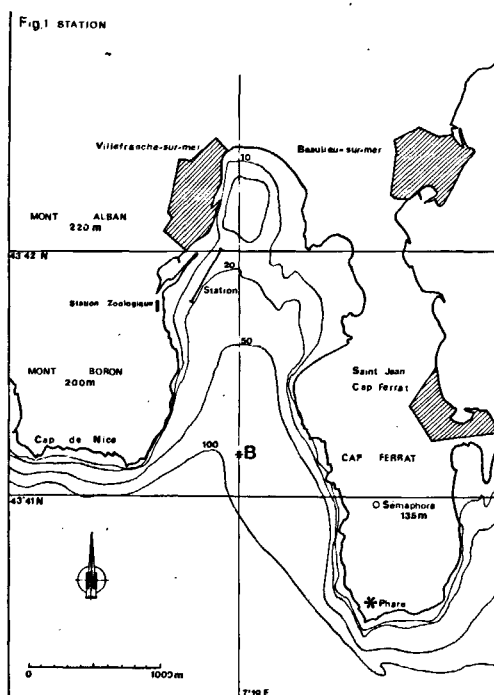


Figure 1
Station de prélèvements.
Sampling station.

et 3). Nous avons compté les individus des différentes espèces de Copépodes selon la méthode de Bourdillon (1964).

Indice de diversité

L'indice de diversité spécifique des Copépodes a été calculé pour 224 échantillons représentant les prises effectuées au cours de l'année 1972. Le choix d'une formule pour le calcul a été dicté par la nécessité de faire intervenir la valeur du nombre d'individus de chaque espèce par échantillon. Ceci nous a conduit à adopter la formule de Shannon-Wiener (1948), donnant l'information d'un message, et reprise récemment par plusieurs planctonologues; Frontier (1968), Gueredrat (1972), Binet et Dessier (1972), Le Fèvre-Lehoërf (1974) :

$$I = - \sum_i^s p_i \log_2 p_i \quad (p_i = 1),$$

$i=1$ où $p_i = n_i/N$; N , nombre d'individus; n_i , nombre d'individus de l'espèce i ; s , nombre d'espèces.

Les calculs ont été effectués sur l'ordinateur modèle 30 HP de la Station Zoologique de Villefranche-sur-Mer.

HYDROLOGIE

Température

Nous avons réalisé la courbe moyenne des températures au point B (fig. 2) en prenant la moyenne de 15 jours, deux fois par mois (les températures ayant été mesurées tous les jours) et en portant sur la courbe l'intervalle moyen de confiance.

En comparant la courbe des températures pour l'année 1972 avec celles prises par Halim (1959), Bougis et Carre (1960) pour l'année 1957-1958, Bougis et Fenaux (1961) pour l'année 1959-1960 et Fossati Dutra Pereira (1970) pour février 1970 à janvier 1971, nous constatons une évolution semblable de la température pendant toute l'année à l'entrée de la rade. Ainsi les conditions thermiques au point B de janvier à décembre 1972 nous font observer une moyenne maximale de 25,59°C le 31 juillet et une moyenne minimale de 13,04°C le 29 février. Pour l'ensemble des chiffres, nous constatons que nos valeurs sont sensiblement voisines de celles des auteurs cités plus haut.

Salinités

Les salinités mesurées aussi au point B, chaque semaine de l'année 1972 (fig. 3), nous indiquent une valeur minimale de 36,88‰ le 10 avril 1972 et une valeur maximale de 38,04‰ le 4 janvier 1972. L'examen de la courbe nous permet de distinguer deux périodes différentes dans l'année quant aux teneurs en sels :

- durant les mois de février et juin, les salinités sont en général inférieures à 37‰;
- en dehors de ces 2 mois, elles dépassent en général 37,5‰ pour atteindre des valeurs comprises entre 37,7 et 37,9‰.

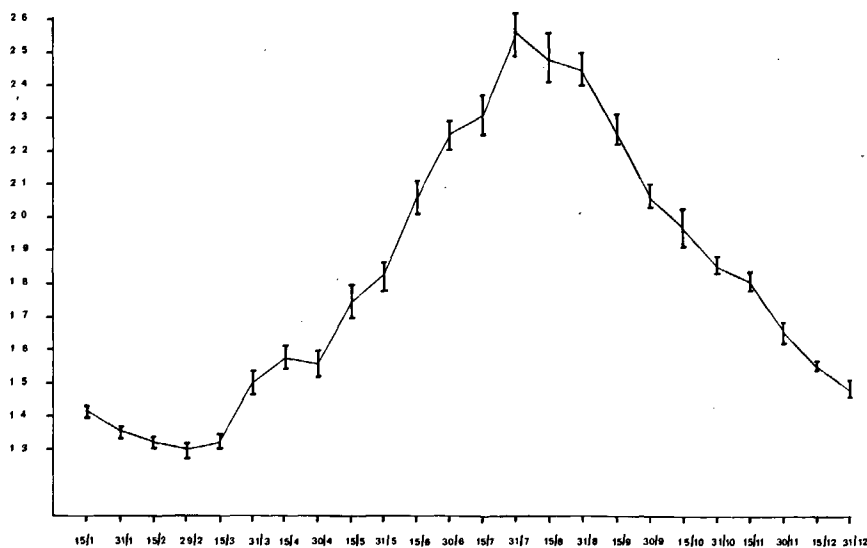


Figure 2
Courbe des températures.
Curve of temperatures.

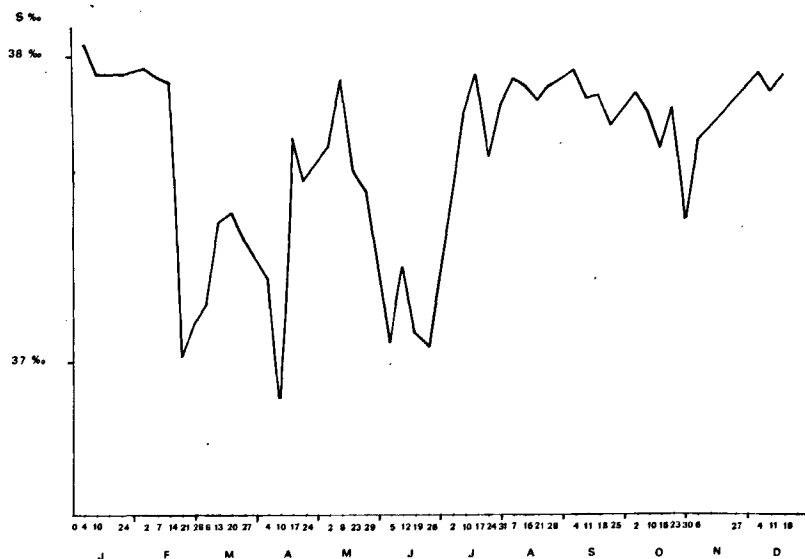


Figure 3
Courbe des salinités.
Curve of salinities.

Saisons hydrologiques

Au point B, où les prises hydrologiques ont été effectuées, nous distinguons trois saisons dans la rade pour l'année 1972 :

a) saison hivernale (ou saison froide) de janvier jusqu'au 15 mars : la température est basse et uniforme et varie entre 13 et 14°C; quant à la salinité, voisine de 38‰ jusqu'au début février, elle présente ensuite une baisse et elle devient inférieure à 37,5‰ jusqu'au 15 avril environ;

b) saison de printemps-été (saison chaude) : à partir du 15 mars, la température monte en surface régulièrement pour atteindre son maximum le 31 juillet. On observe durant cette période des variations de la salinité jusque vers le 15 juillet;

c) en août et septembre on remarque alors une diminution régulière de la température alors que la salinité se maintient à une valeur élevée voisine de 37,8‰ jusqu'au 16 octobre;

d) saison automnale (ou saison de refroidissement) : à partir d'octobre, la température continue à s'abaisser; quant à la salinité, elle se maintient à des valeurs supérieures à 37,7‰, en général. Il faut remarquer que le point B étant situé à l'entrée de la rade et la profondeur y étant de 80 m, cet endroit subit les instabilités des courants qui entrent et sortent de la baie, ce qui pourrait expliquer les variations en dents de scie de la courbe des salinités, tout au moins dans la partie de l'année allant du 21 février à début juillet 1972.

ÉTUDE QUANTITATIVE

Les Copépodes ont été exprimés dans nos calculs en nombre d'individus par mètre cube (fig. 4, 6 à 13). Les courbes ont été obtenues en faisant la moyenne mobile de 15 observations. La méthode des moyennes mobiles sert à extraire la tendance de la courbe résultant de séries d'observations et permet de supprimer les fluctuations

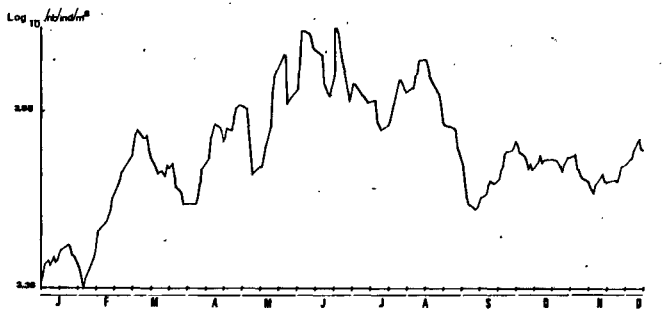


Figure 4
Copépodes totaux.
Total amount of Copepods.

aléatoires. Cela consiste à effectuer, en se déplaçant le long de la série, les moyennes arithmétiques d'un nombre impair de données (Phlips, Blomme, 1973, p. 90).

Ainsi dans le cas d'une moyenne mobile simple, calculée sur $2h + 1$ observations,

h , observations précédant yt ; k , observations suivant yt ; on aura au temps t :

$$M_t = \frac{1}{(2h+1)} \sum_{Z=k}^k yt - Z.$$

L'examen de ces figures nous indique donc l'évolution des principales espèces au cours de l'année étudiée.

Pour ce qui est des *Copépodes totaux* (fig. 4), nous observons un maximum d'individus d'avril à août. Signalons cependant quelques valeurs ponctuelles plus basses en mai, juin et juillet. Si l'on compare notre courbe avec celle obtenue par Fenaux et Quelart (1977) (fig. 5), qui représente les variations bimensuelles de la biomasse en poids sec du zooplancton de la rade, nous observons une similitude des deux courbes, la courbe quantitative des Copépodes totaux obtenue à partir de comptages étant très voisine de celle de la biomasse du zooplancton total.

Cela nous indique que, d'une part, les Copépodes représentent bien ici la majorité du zooplancton et, d'autre part, que la méthode de comptage donne les mêmes résultats ou des résultats voisins, que l'étude de la biomasse à partir des poids secs.

Il est aussi intéressant de comparer notre courbe avec celle de l'indice de diversité des espèces (fig. 14); cette

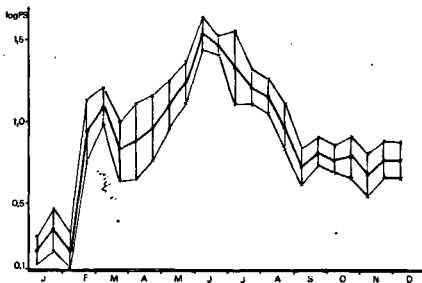


Figure 5
Variation bi-mensuelle de la biomasse en poids-sec. Moyenne \pm intervalle de confiance à 95 % d'après Fenaux et Quelart (1977).
Bi-monthly variation of dry weight biomass. Mean \pm confidence interval to 95% from Fenaux et Quelart (1977).

dernière nous indique une diminution notable de l'indice durant la période chaude avec des valeurs en moyenne inférieures à 1. Cela s'explique par la prolifération de certaines espèces durant les mois chauds (*Paracalanus parvus*, *Clausocalanus arcuicornis*, *Acartia clausi*, etc.), le nombre total d'espèces diminuant pendant la saison chaude. Pour les *Copépodites totaux* (fig. 6), la courbe est aussi intéressante à examiner; elle nous montre en effet que les valeurs les plus faibles se situent durant l'été (juin à août), ce qui s'explique par la présence d'un maximum d'adultes durant cette période. D'ailleurs c'est durant l'été que prolifèrent les espèces suivantes : *Acartia clausi*, *Paracalanus parvus*, *Clausocalanus sp.* L'abondance des Copépodites apparaît donc avant la grosse poussée des adultes. Si l'on compare la figure 6 à la courbe des températures (fig. 2), on remarque que les Copépodites apparaissent surtout durant la saison froide.

Paracalanus parvus (fig. 7) est une espèce présente toute l'année. Signalons cependant une prolifération de cette espèce durant les mois chauds (juin et juillet), les deux minimums étant en avril-mai et de mi-août à mi-novembre. Cette espèce est de celles qui, avec *Acartia*

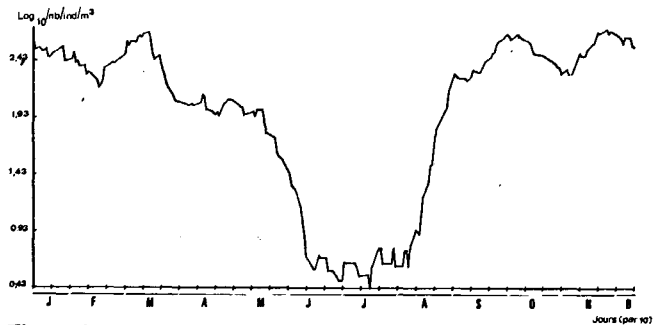


Figure 6
Copépodites totaux.
Total amount of Copepodites.

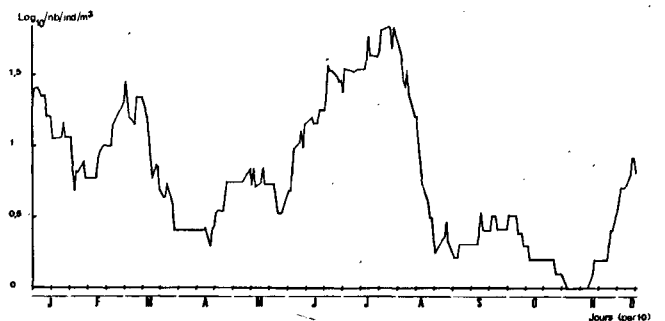


Figure 7
Paracalanus parvus.

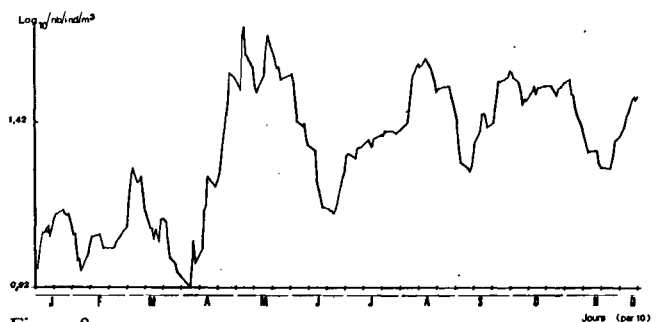


Figure 8
Clausocalanus arcuicornis.

clausi, *Clausocalanus* et *Candacia longimana*, contribuent à montrer l'abondance numérique des Copépodes durant la saison chaude. La courbe de cette espèce suit, du reste, celle des températures.

Clausocalanus sp. (fig. 8) bien que nous ayons déterminé 4 espèces de ce genre dans nos prélèvements, *C. arcuicornis* en est la forme dominante et constante durant toute l'année. Signalons cependant 3 maximums successifs durant l'année : avril-mai, août et septembre-octobre. Les *Clausocalanus* interviennent aussi pour une grande part dans l'abondance des Copépodes durant la saison chaude.

Temoridae

Cette famille où l'espèce *T. stylifera* domine, est surtout abondante durant la 2^e partie de l'année, de juin à décembre.

Temora stylifera (fig. 9)

Cette espèce étant dominante dans la famille, la courbe quantitative est très voisine de celle de la famille.

Centropagidae

Les espèces de cette famille sont surtout abondantes de fin juillet à fin décembre, mais sont présentes toute l'année avec un minimum en janvier et février.

Centropages typicus (fig. 10)

La courbe de cette espèce est très voisine de la précédente car c'est l'espèce dominante de la famille.

Candaciidae

Les individus de cette famille sont surtout présents de mars à août et peu abondants le reste de l'année.

Candacia longimana

Surtout abondante de début juin à fin août, elle fait partie des 4 espèces qui foisonnent durant la saison chaude.

Acartiidae

Famille très abondante où *A. clausi* domine. La période d'abondance se situe de mars à août avec un maximum début juin.

Acartia clausi (fig. 11)

La courbe de cette espèce est très voisine de celle de la famille, puisqu'elle est majoritaire. Nos résultats ne peuvent être comparés avec ceux de Fossati (1970) puisqu'il ne s'agit ni de la même année de prélèvements, ni du même point.

Oithonidae

Les individus de cette famille sont plus abondants durant les périodes froides (octobre à juin) et diminuent quantitativement de juin à août.

Oithona brevicornis (fig. 12) et *O. nana* (fig. 13)

Ce sont les deux espèces les plus importantes du point de vue abondance-dominance et qui présentent des courbes quantitatives qui sont voisines de celles de la famille.

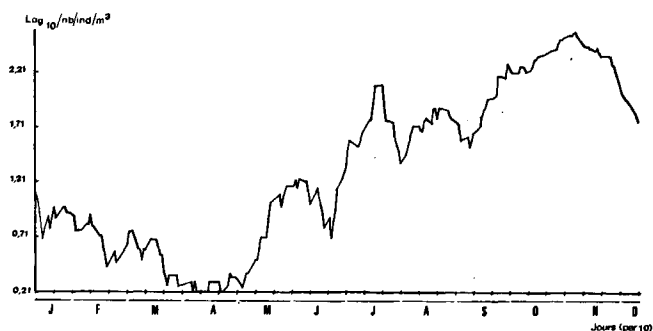


Figure 9
Temora stylifera.

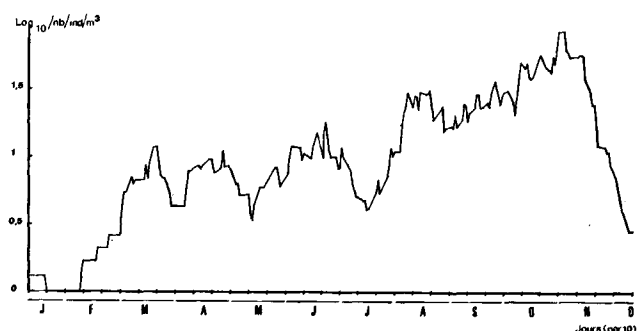


Figure 10
Centropages typicus.

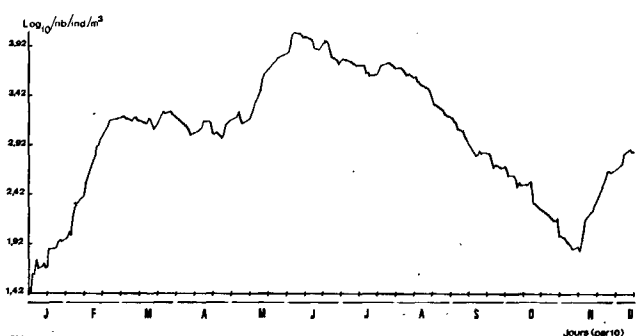


Figure 11
Acartia clausi.

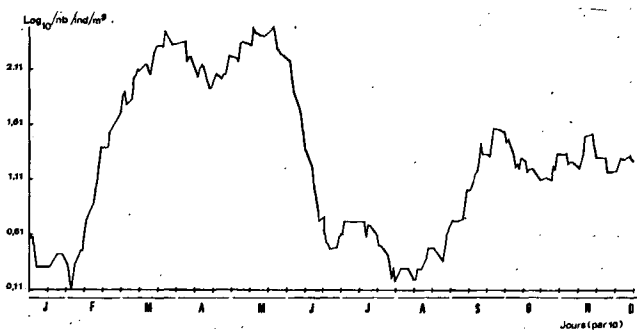


Figure 12
Oithona brevicornis.

Euterpina acutifrons

Cette espèce néritique est présente et abondante toute l'année avec deux baisses quantitatives en juin et début septembre.

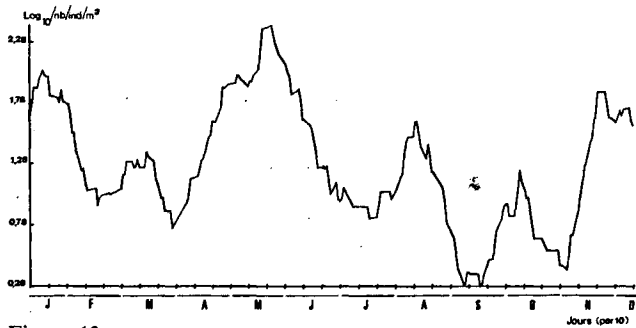


Figure 13
Oithona nana.

Oncaeidae

Les individus de cette famille, dont nous avons déterminé 8 espèces, se rencontrent toute l'année dans le plancton de Villefranche-sur-Mer et présentent des minimums durant la saison chaude (juin à octobre).

Oncaea venusta

On remarque pour cette espèce la même tendance que pour l'ensemble des individus de la famille: une diminution quantitative durant la saison chaude.

Oncaea media

Espèce présente toute l'année, avec une diminution quantitative très nette de fin juillet à début octobre.

Oncaea dentipes

Nous observons pour cette espèce deux périodes d'abondance (avril à juillet et septembre à décembre) en dehors desquelles sa présence est nulle.

Corycaeiidae

Les individus de cette famille sont présents toute l'année avec une légère baisse quantitative durant la saison chaude (avril à août).

Corycaeus (A) limbatus et *C. (A) flaccus*

Ces deux espèces voisines, qui sont les plus abondantes, ont des courbes quantitatives comparables à celles de la famille avec diminution nette durant la saison chaude.

Corycaeus (O) Giesbrechti

Cette espèce est peu abondante durant la première partie de l'année (janvier à mi-mai) et ne montre une certaine abondance que durant le deuxième semestre (juin à décembre).

Corycella rostrata

Cette espèce est présente toute l'année sauf en janvier. On observe une baisse quantitative durant les mois chauds, c'est-à-dire de mai à août.

DISCUSSION

Indice de diversité. Résultats

Les résultats que nous avons choisi de donner avec une décimale sont exprimés en bits dans la figure 14. Il est

possible de mettre en relation les variations de I et la distribution des principales espèces de Copépodes.

a) *La diversité est plus faible durant la saison chaude* (valeurs souvent en dessous de 2 de fin mai à fin août (cf. fig. 14). Cela est dû à l'abondance en individus de certaines espèces : *Acartia clausi*, *Clausocalanus arcuicornis*, *Paracalanus parvus* et *Candacia longimana*. Il est intéressant de remarquer qu'en dehors de ces quatre espèces les courbes quantitatives des autres espèces de Copépodes correspondent à celles de l'indice de diversité.

b) *Au contraire, durant la saison froide*, l'indice de diversité présente de fortes valeurs qui sont voisines de 3,5 en décembre et en février. Cette diversité élevée correspond à un stade de maturité de l'écosystème.

Il apparaît aussi nettement que la variation de l'indice de diversité des Copépodes est en liaison avec la structure hydrologique du milieu. On observe le passage d'un milieu néritique normal, où la diversité est forte, à un milieu plus extrême où ne prospèrent que peu d'organismes dont le nombre d'individus augmente considérablement et dont l'exemple typique est *Acartia clausi*. Le passage dans le temps de la dominance de quelques espèces à un peuplement différent se marque par une augmentation de l'indice de diversité, reflet biologique d'un changement d'environnement physique.

Si l'on compare la courbe des indices de diversité (fig. 14) avec la courbe quantitative des Copépodes totaux (fig. 4), on constate que l'indice est inversement proportionnel au nombre des individus comptés, ce qui s'explique lors de la prolifération durant l'été d'un petit nombre d'espèces.

On peut donc dire en conclusion de nos observations que l'époque de faible diversité spécifique de la population de Copépodes se situe durant la saison chaude. C'est là que l'écosystème est dans un stade primaire de succession. Au contraire, à partir du mois d'octobre, la diversité spécifique augmente, ce qui traduit une augmentation de maturité de l'écosystème. La variation de l'indice est donc d'ordre hydrologique et biologique :

— hydrologique, d'une part, puisque c'est l'hydrologie qui régleme écologiquement la succession des Copépodes dans la rade de Villefranche, ce qui se traduit au sein des eaux chaudes par l'abondance en individus de

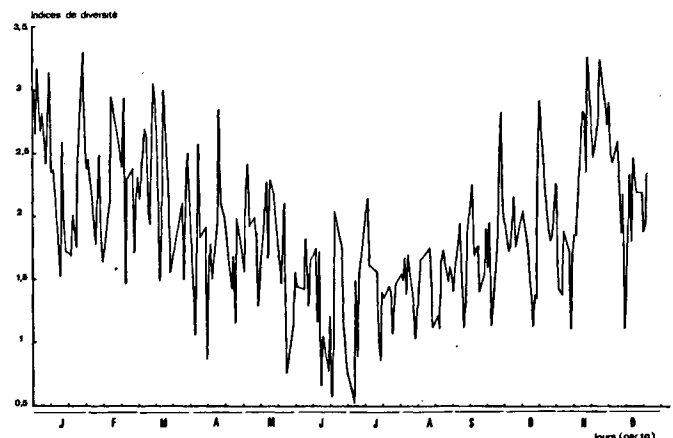


Figure 14
Courbe des indices de diversité.
Curve of diversity index.

quelques espèces et, durant les mois froids, par un nombre d'espèces plus important.

— biologique, d'autre part, car le « vieillissement » de population (Margalef, 1967) est caractérisé par l'augmentation de l'indice.

Les plus grandes quantités de Copépodes sont récoltées alors que la diversité est la plus faible (juin et août) et, inversement, durant la période froide, les récoltes sont les plus pauvres, tandis que la diversité est maximale.

Considérations sur les espèces récoltées dans la rade

Espèces étrangères au biotope de la rade

Espèces de profondeur rencontrées en surface

Furnestin (1968) et Mazza (1962; 1963; 1967; 1968) distinguent une répartition verticale du zooplancton en Méditerranée. Cette répartition verticale des Copépodes est liée aux masses d'eaux et, récemment, Vaissière et Seguin (1980) ont observé en mer Tyrrhénienne une distribution semblable.

A Villefranche, nous avons récolté en surface quelques formes considérées comme *bathypélagiques* (*Rhincalanus nasutus*, *Eucalanus elongatus*) et d'autres *mesoplanctoniques* [*Pleuromamma gracilis*, *Candacia longimana*, *Clytemnestra scutellata*, *Corycaeus* (A) *flaccus*]. Il est intéressant de constater que, pour les premières des espèces citées, l'apparition se fait avec l'arrivée des eaux froides dans la rade, c'est-à-dire en hiver et en automne, là où les températures sont les plus basses.

Espèces indicatrices d'eaux d'origine atlantique

Un certain nombre d'auteurs (Furnestin, 1968; Canicci, 1960; 1961; Duran, 1970; Gaudy, 1970; Seguin, 1972, etc.) considèrent comme « atlantiques » une trentaine d'espèces (Furnestin, 1968) qui sont l'objet d'un transport actuel à partir de l'océan et qui, s'adaptant avec plus ou moins de difficultés, pénètrent plus ou moins profondément en Méditerranée. Parmi celles-ci nous en avons récolté 13 : *Calanus tenuicornis*, *Mecynocera clausi*, *Pseudocalanus elongatus*, *Calocalanus pavo*, *C. styliremis*, *Ctenocalanus vanus*, *Temora longicornis*, *Pleuromamma abdominalis*, *Centropages hamatus*, *C. violaceus*, *C. chierchiai*, *Lucicutia flavicornis*, *Candacia aethiopica*. Bien que de nombreux auteurs considèrent avec circonspection le cas de ces « indicateurs biologiques », nous avons cru bon de mentionner ces espèces.

Fréquence des espèces récoltées

Si l'on se réfère au tableau de fréquence des espèces (tableau 2) où sont exprimés les pourcentages des Copépodes, on remarque que la population peut se répartir en plusieurs groupes :

Espèces présentes pendant toute l'année

Certaines ont une fréquence égale ou supérieure à 35 % : *Clausocalanus* sp. (98 %), *Acartia clausi* (94,5 %), *Oithona nana* (69 %), *Euterpina acutifrons* (68 %), *Temora stylifera* (67,5 %), *Oithona brevicornis* (63 %), *Centropages typicus* (51,5 %), *Corycella rostrata* (35 %). Certaines espèces présentes toute l'année ont des fréquences inférieures; c'est le cas d'*Oncaea media* (29 %),

Oncaea venusta (23,5 %), *Corycaeus Giesbrechti* (18,5 %) et *Candacia longimana* (14,5 %).

Espèces à présence limitée à une partie de l'année

Certaines ont une répartition hivernale : c'est le cas d'*Eucalanus elongatus*, *Rhincalanus nasutus*, *Euchaeta marina*. D'autres espèces sont à répartition estivale : *Paracalanus pygmaeus*, *Clausocalanus lividus*, *Centropages hamatus*, *C. kröyeri*, *Acartia discaudata*, *A. adriatica*, *Corycaeus* (O) *ovalis*, *Tisbe longicornis*.

Espèces apparaissant épisodiquement à divers moments de l'année, mais ne montrant pas de préférences saisonnières strictes : *Nannocalanus minor*, *Mecynocera clausi*, *Scolecithrix danae*, *Pleuromamma abdominalis*, *Candacia varicans*, *Pontella mediterranea*, *Oithona plumifera*, *O. setigera*, *Clytemnestra scutellata*, *C. rostrata*, *Oncaea dentipes*, *Corycaeus speciosus*, *C. clausi*, *C. typicus*, *C. latus*.

Espèces à présence exceptionnelle et que nous n'avons récoltées qu'une fois : *Calanus tenuicornis*, *Calocalanus contractus*, *clausocalanus lividus*, *Ctenocalanus vanus*, *Monacilla typica*, *Euchaeta hebes*, *Scolecithricella vittata*, *Centropages violaceus*, *Candacia elongata*, *Pontella Lo Biancoi*, *Acartia adriatica*, *A. negligens*, *Mormonilla phasma*, *Aegisthus* sp., *Oncaea exigua*, *Corycella carinata*, *Miracia minor*, *Harpacticus littoralis*.

Fond de la faune de Villefranche-sur-Mer

Si l'on examine le tableau 3, on se rend compte que le stock des espèces les plus abondantes est constitué par les familles et espèces suivantes :

- Acartiidae avec *Acartia clausi*, qui atteint la valeur maximale de 85 149 individus par mètre cube le 13 mars 1972;
- Clausocalanidae avec *Clausocalanus arcuicornis* (40 216 ind./m³ le 27 avril 1972);
- Tachydiidae avec *Euterpina acutifrons* (3 525 ind./m³ le 1^{er} mars 1972);
- Temoridae avec *Temora stylifera* (1 413 ind./m³ le 11 juillet 1972);
- Centropagidae avec *Centropages typicus* (1 254 ind./m³ le 13 mars 1972);
- Oithonidae avec *Oithona brevicornis* (1 021 ind./m³ le 25 mai 1972), et *Oithona nana* (1 081 ind./m³ le 17 mai 1972);
- Paracalanidae avec *Paracalanus parvus* (787 ind./m³ le 5 juin 1972);
- Oncaeidae avec *Oncaea venusta* (306 ind./m³ le 4 janvier 1972) et *Oncaea media* (635 ind./m³ le 17 mars 1972);
- Corycaeidae avec *Corycaeus limbatus* (202 ind./m³ le 27 novembre 1972), *Corycaeus flacus* (141 ind./m³ le 1^{er} mars 1972) et *Corycella rostrata* (393 ind./m³ le 28 septembre 1972).

Les espèces ci-dessus peuvent être considérées comme communes et constituent le fond de la faune des Copépodes durant l'année étudiée. Déjà Djordjevic (1963) citait comme très communes dans la rade : *Paracalanus parvus*, *Clausocalanus arcuicornis*, *Centropages typicus*, *Acartia clausi* et *Oithona helgolandoia*.

Tableau 2
 Copépodes pélagiques. Fréquence en pourcentage des Copépodes pélagiques.
Pelagic Copepods. Percentage quantity in Pelagic Copepods.

Villefranche-sur-Mer	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Nombre de prélèvements par mois	21	16	21	17	18	18	19	21	21	19	19	14
<i>Nauplii</i>	66,7	56	90,5	88	83,5	22	53	38	19	47,5	63	43
Copépodites	100	100	100	94	100	39	16	57	100	100	100	100
<i>Calanus sp.</i>	5							5				
<i>Calanus helgolandicus</i> Claus								5	9,5		22	7
<i>Calanus gracilis</i> Dana	43	19	33,5	12		5,5	5	9,5				
<i>Calanus tenuicornis</i> Claus										5		
<i>Nannocalanus minor</i> Claus			9,5	6							5	
<i>Eucalanus sp.</i>	5											
<i>Eucalanus elongatus</i> Dana	9,5		24							5		
<i>Eucalanus attenuatus</i> Dana										5	5	
<i>Rhincalanus nasutus</i> Giesbrecht	28,5	31,5							9,5	5	5	
<i>Mecynora clausi</i> J. C. Thompson	9,5				5,5		5,5	9,5	5	21	37	7
<i>Paracalanus parvus</i> Claus	76	44	47,5	29,5	55,5	55,5	68,5	43	24	16	10,5	50
<i>Paracalanus pygmaeus</i> Claus						5,5	5,5					
<i>Calocalanus pavo</i> Dana									5	19	21	
<i>Calocalanus styliremis</i> Giesbrecht				6			11	10,5				
<i>Calocalanus contractus</i> Farran								5				
<i>Pseudocalanus elongatus</i> Boeck					5,5		5,5					
<i>Clausocalanus sp.</i>	100	100	95	100	100	100	95	95	100	100	95	93
<i>Clausocalanus arcuicornis</i> Dana	100	94	10	6	6	28	37	28,5	28,5	26,5	26,5	28,5
<i>Clausocalanus furcatus</i> Brady								5				
<i>Clausocalanus pergens</i> Farran					5,5	66,5	31,5					
<i>Clausocalanus vanus</i> Giesbrecht						5,5						
<i>Clausocalanus lividus</i> Frost et Fleminger								5				
<i>Monacilla typica</i> G. O. Sars				6								
<i>Euaetideus Giesbrechti</i> Cleve												7
<i>Euchirella rostrata</i> Claus						5,5						
<i>Euchaeta marina</i> Prestandrea	5										5	
<i>Euchaeta hebes</i> Giesbrecht				6								
<i>Pareuchaeta sp.</i>												
<i>Scolecithrix danae</i> Lubbock								16	14	9,5	5,5	14,5
<i>Scolecithrix Bradyi</i> Giesbrecht			9,5								5,5	
<i>Scolecithricella vittata</i> Giesbrecht						5,5						
<i>Temora longicornis</i> O. Fr. Müller			9,5	29,5	11						10,5	71,5
<i>Temora stylifera</i> Dana	66,5	56,5	24	17,5	28	61	89,5	86	90,5	100	100	93
<i>Pleuromamma sp.</i>	9,5											
<i>Pleuromamma abdominalis</i> Lubbock	14,5	12,5	5		5,5					5,5		
<i>Pleuromamma gracilis</i> Claus	14,5		5								5,5	7
<i>Centropages sp.</i>								3,5	66,5	79	73,5	43
<i>Centropages typicus</i> Kröyer	5	19	43	47	50	66,5	42	81	66,5	84	84	28,5
<i>Centropages hamatus</i> Lilljeborg					11	11	16	9,5				
<i>Centropages kröyeri</i> Giesbrecht						5,5		5				
<i>Centropages violaceus</i> Claus							5,5					
<i>Centropages chierchiae</i> Giesbrecht			9,5									
<i>Lucicutia flavicornis</i> Claus	28,5	31,5	9,5							5,5		
<i>Candacia sp.</i>	9,5	6,5	5		5,5				5	9,5	5,5	7
<i>Candacia elongata</i> Boeck	5											
<i>Candacia longimana</i> Claus	5	6,5		6		28	68,5	43	5	5,5	5,5	
<i>Candacia varicans</i> Giesbrecht			57	59	72	61						
<i>Candacia armata</i> Boeck						5,5						
<i>Candacia aethiopica</i> Dana	14,5	6,5		6								
<i>Pontella Lo Biancoi</i> Canu							5,5					
<i>Pontella mediterranea</i> Claus			9,5	6	11	5,5			4,5			
<i>Acartia sp.</i>												
<i>Acartia clausi</i> Giesbrecht	71,5	94	95	100	100	100	94,5	100	93,5	94,5	100	85,5
<i>Acartia longiremis</i> Lilljeborg	14,5											
<i>Acartia discaudata</i> Giesbrecht		6,5		29,5	44,5	89	68,5	47,5				
<i>Acartia adriatica</i> Steuer									5			
<i>Acartia negligens</i> Dana										5,5		
<i>Mormonilla phasma</i> Giesbrecht									9,5			
<i>Oithona sp.</i>	47,5	62,5	9,5	6				14,5	57	79	100	100
<i>Oithona brevicornis</i> Giesbrecht	33,5	37,5	85,7	88	83,5	61	42	33,5	66,5	68,5	79	78,5
<i>Oithona helgolandica</i> Claus				12					33,5	26,5	42	21,5
<i>Oithona linearis</i> Giesbrecht									5	10,5	5,5	
<i>Oithona nana</i> Giesbrecht	81	69	62	64,5	89	89	63	76	38	47,5	63	78,5
<i>Oithona plumifera</i> Baird	19				33,5	22	10,5	19	14,5	26,5	10,5	35,5
<i>Oithona robusta</i> Giesbrecht				12	11	5,5						
<i>Oithona setigera</i> Dana	47,5	25	14,5		11	5,5	5,5	5			10,5	7
<i>Microsetella rosea</i> Dana											55	7
<i>Euterpina acutifrons</i> Dana	76,5	69	85,5	88	94,5	39	68,5	38	47,5	79	52,5	78,5
<i>Clytemnestra scutellata</i> Dana	5				11		10,5					
<i>Clytemnestra rostrata</i> Brady	5				5,5						5,5	7
<i>Aegisthus sp.</i>					5,5							
<i>Oncaea sp.</i>	24	44			11				9,5	5,5	26,5	35,5

Tableau 2 (suite)

Villefranche-sur-Mer	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Nombre de prélèvements par mois	21	16	21	17	18	18	19	21	21	19	19	14
<i>Oncaea venusta</i> Philippi	76	50	24	17,5	28	11	10,5	9,5	9,5	26,5	63,5	21,5
<i>Oncaea mediterranea</i> Claus	9,5	19										
<i>Oncaea media</i> Giesbrecht	5	12,5	57	29,5	50	28	37	28,5	24	31,5	37	28,5
<i>Oncaea minuta</i> Giesbrecht				6				5				
<i>Oncaea dentipes</i> Giesbrecht			5	17,5	61	5,5	16		14,5	21	58	21,5
<i>Oncaea subtilis</i> Giesbrecht	5			6						5,5		
<i>Oncaea exigua</i> Farran							5,5					
<i>Lubbockia squillimana</i> Claus								5,5				
<i>Sapphirina angusta</i> Dana	5							5,5				
<i>Copilia mediterranea</i>												
<i>Corycaeus</i> sp.	28,5	37,5	19	12	11	5,5	5,5	5	38	26,5	63	43
<i>Corycaeus</i> (s. str.) <i>speciosus</i> Dana			5			6	5,5					
<i>Corycaeus</i> (s. str.) <i>clausi</i> F. Dahl	5		5		5,5	5,5		5		10,5	5,5	
<i>Corycaeus</i> (<i>Agetus</i>) <i>limbatus</i> Brady	81	44	38	41	22	28	47,5	5	33,5	52,5	63	85,5
<i>Corycaeus</i> (<i>Agetus</i>) <i>typicus</i> Kröyer	24	31,5	9,5			5,5				5,5	5,5	
<i>Corycaeus</i> (<i>Agetus</i>) <i>flaccus</i> Giesbrecht	24	37,5	38	12	28	22	5,5	14,5	5	5,5	21	7
<i>Corycaeus</i> (<i>Onychocorycaeus</i>) <i>Giesbrechti</i> F. Dahl	5	12,5	5		11	5,5	21	43	28,5	47,5	68,5	14,5
<i>Corycaeus</i> (<i>Onychocorycaeus</i>) <i>latus</i> Dana	5	12,5	9,5			11	5,5	9,5	5		5,5	
<i>Corycaeus</i> (<i>Onychocorycaeus</i>) <i>ovalis</i> Claus			6,5		22	33,5	31,5	9,5	14,4			7
<i>Corycaeus</i> (<i>Ditrichocorycaeus</i>) <i>Brehmi</i> Steuer	5	12,5		6								
<i>Corycaeus</i> (<i>Urocorycaeus</i>) <i>furcifer</i> Claus	5	6,5										
<i>Corycella rostrata</i> Claus	5	19	43	41	33,5	11	10,5	28,5	66,5	52,5	47,5	64,5
<i>Corycella carinata</i> Giesbrecht			9,5					5				
<i>Miracia minor</i> T. A. Scott	6,5											
<i>Tisbe longicornis</i> T. A. Scott								9,5				
<i>Harpacticus littoralis</i> Sars								5				

Tableau 3

Moyennes annuelles et saisonnières des familles et espèces les plus fréquentes durant l'année et valeurs maximales des principales espèces (nombre d'individus par mètre cube).

Yearly and seasonal average of families and species most commonly found during the year and peak figures of the main species.

Espèces	Moyenne annuelle	Hiver J. F. M.	Printemps A. M. J.	Été J. A. S.	Automne O. N. D.	Valeurs maximales des principales espèces
Copépodes totaux	8 043	4 060	13 218	8 992	5 980	128 182 ind./m ³ (5 juin 1972)
Copépodites	1 440	4 821	181	174	514	3 565 ind./m ³ (6 avril 1972)
<i>Paracalanus parvus</i>	55	79	59	68	13	787 ind./m ³ (5 juin 1972)
<i>Clausocalanus</i> sp. (<i>arcuicornis</i>)	3 086	1 515	4 113	3 355	3 428	40 216 ind./m ³ (27 avril 1972)
<i>Temoridae</i>	128	33	28	177	275	
<i>Temora stylifera</i>	118	33	23	177	239	1 413 /m ³ (11 juil. 1972)
<i>Centropagidae</i>	124	31	45	110	321	
<i>Centropages typicus</i>	57	31	41	66	92	1 254/m ³ (13 mars 1972)
<i>Candaciidae</i>	217	17	811	48	19	
<i>Acartiidae</i>	3 377	991	5 954	4 650	630	
<i>Acartia clausi</i>	3 083	990	5 192	4 635	627	85 149/m ³ (5 juin 1972)
<i>Oithonidae</i>	299	262	484	91	385	
<i>Oithona brevicornis</i>	117	101	283	29	64	1 021/m ³ (25 mai 1972)
<i>Oithona nana</i>	104	121	162	32	106	1 081/m ³ (7 mai 1972)
<i>Euterpina acutifrons</i>	109	293	58	19	67	3 525/m ³ (1 ^{er} mars 1972)
<i>Oncaeidae</i>	66	111	55	22	81	
<i>Oncaea venusta</i>	23	56	11	6	18	306/m ³ (4 janvier 1972)
<i>Oncaea media</i>	25	39	25	11	24	635/m ³ (7 mars 1972)
<i>Corycaeus limbatus</i>	27	42	12	12	44	202/m ³ (27 nov. 1972)
<i>Corycaeus flaccus</i>	8	20	5	2	3	141/m ³ (1 ^{er} mars 1972)
<i>Corycella rostrata</i>	32	21	9	30	71	393/m ³ (28 sept. 1972)

CONCLUSION

On peut dire que la rade de Villefranche-sur-Mer est assez riche en Copépodes pélagiques et que les mêmes espèces se rencontrent régulièrement et se reproduisent au cours des années. Il existe un stock d'espèces qui constituent le fond de la faune de la rade et qui appartiennent à la communauté néritique. Le fait que nous ayons déterminé 86 espèces contre 93 pour Djordjevic en 1962, peut très bien s'expliquer par le fait que, comme nous l'avons déjà dit plus haut, nos déterminations ont été effectuées sur des fractions d'échantillons puisque notre étude était avant tout quantitative. Il ne semble pas qu'il y ait régression du nombre des espèces de Copépodes dans la rade depuis 1962. Il faut noter aussi que la courbe quantitative des Copépodes due à nos comptages est sensiblement la même que la courbe des biomasses établie par Fenaux et Quelard (1977) sur le zooplancton total. Une courbe des

indices de diversité (indice de Shannon-Wiener) a aussi été établie et montre que l'indice est inversement proportionnel au nombre des individus comptés, c'est-à-dire qu'en période d'extrême abondance de quelques espèces en été, l'indice est faible, alors qu'il est élevé en hiver lorsqu'il n'y a pas abondance particulière de quelques espèces (*Acartia clausi*, *Clausocalanus arcuicornis*, *Paracalanus parvus* et *Candacia longimana*).

Remerciements

Nous tenons à remercier M. Fenaux, Maître de recherches au CNRS, qui a été le principal instigateur de ce travail puisque nous avons utilisé ses récoltes, ainsi que M. Ibanez et M^{me} Étienne, pour l'aide en informatique qu'ils ont bien voulu nous dispenser.

RÉFÉRENCES

- Binet D., Dessier A., 1972. Premières données sur les Copépodes pélagiques de la région congolaise. III. Diversité spécifique, *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, **10**, 3, 243-250.
- Bougis P., Carre C., 1960. Conditions hydrologiques à Villefranche-sur-Mer pendant les années 1957-1958, *Cah. Océanogr.*, **13**, 9.
- Bougis P., Fenaux R., 1961. Conditions hydrologiques à Villefranche-sur-Mer pendant les années 1959-1960, *Cah. Océanogr.*, **13**, 9.
- Bougis P., Nival P., Nival S., 1967. Distribution quantitative comparée du phytoplancton et des Copépodes dans les eaux superficielles de la rade de Villefranche, *J. Exp. Mar. Biol. Écol.*, **2**, 239-251.
- Bourdillon A., 1964. Quelques aspects du problème de l'échantillonnage du plancton marin, *La Terre et la Vie*, **1**, 77-93.
- Cannici G., 1960. Considerazioni sulla possibilità di stabilire « indicatori ecologici » nel plancton Mediterraneo, *Boll. Pesca, Piscic. Idrobiol.*, **35**, 14 (n.s.) 2, 164-188.
- Cannici G., 1961. Considérations sur la possibilité d'établir des « indicateurs écologiques » dans le plancton de la Méditerranée. Note II : Sur les Copépodes pélagiques du bassin septentrional de la mer Tyrrhénienne, *Rapp. Comm. Inter. Explor. Mer Médit.*, **16**, 2, 207-214.
- Djordjevic M., 1963. Observations sur les Copépodes pélagiques en rade de Villefranche-sur-Mer de mars à août 1962, *Comm. Inter. Explor. Sci. Mer Médit., Rapp. P. V.*, **17**, 2, 575-580.
- Duran M., 1970. Sur la présence dans les eaux de Castellon de Copépodes considérés comme d'origine atlantique, *Le plancton indicateur en Méditerranée, Journées d'études planctonologiques, CIESM Monaco, 19-20 septembre 1968*, 39-44.
- Fenaux R., Quelard G., 1977. Évolution de la biomasse zooplanctonique dans les eaux superficielles de la baie de Villefranche-sur-Mer en 1972, *Rapp. Comm. Inter. Mer Médit.*, **24**, 10.
- Fossati Dutra Pereira C. A., 1970. Sur le cycle biologique d'*Acartia clausi* dans la baie de Villefranche-sur-Mer, *Thèse Doct. 3^e cycle*, Univ. Paris VI.
- Frontier S., 1968. Sur une méthode d'analyse faunistique rapide du zooplancton, *J. Exp. Mar. Biol. Écol.*, **3**, 1, 18-26.
- Furnestin M. L., 1968. Le zooplancton de la mer Méditerranée (bassin occidental). Essai de synthèse, *J. Cons. Inter. Explor. Mer*, **32**, 1, 25-69.
- Gaudy R., 1970. Contribution à la connaissance du cycle biologique et à la physiologie des Copépodes du golfe de Marseille, *Thèse Doct. État, Sci. Nat, Univ. Marseille-Luminy*.
- Gueredrat J. A., 1972. Variations saisonnières de la diversité spécifique des Copépodes de l'Océan Indien le long du 110° E, *J. Mar. Biol. Assoc. India*, **14**, 1, 148-159.
- Halim Y., 1959. Observations sur l'hydrologie de la baie et du canyon de Villefranche-sur-Mer, *Vie et Milieu*, **9**, 3.
- Le Fevre-Lehoërff G., 1974. Variabilité de l'indice de diversité spécifique des Copépodes dans un estuaire à marée (Baie de Morlaix); sa signification écologique, *Annal. Inst. Océanogr., nlle sér.*, **50**, 1, 59-66.
- Margalef R., 1967. Some concepts relative to the organization of plankton, *Oceanogr. Mar. Biol.*, **5**, 257-289.
- Mazza J., 1962. Pêches planctoniques, superficielles et profondes en Méditerranée occidentale (campagne de la Thalassa, janvier 1961). II. Copépodes, *Rev. Trav. ISTPM*, **26**, 3, 329-356.
- Mazza J., 1963. Copépodes des côtes occidentale et orientale de Corse, *Rapp. Comm. Inter. Explor. Mer Médit.*, **17**, 2, 563-572.
- Mazza J., 1967. Les Copépodes pélagiques en Méditerranée occidentale, *Thèse Doct. État, Fac. Sci., Univ. Aix-Marseille*, 495 p.
- Mazza J., 1968. Données sur la répartition verticale des Copépodes de la surface aux eaux profondes en Méditerranée occidentale, *Rapp. P.V. Comm. Inter. Explor. Sci. Mer Médit.*, **19**, 3, 501-502.
- Motoda S., 1959. *Fish-Okkaido Univ.*, **7**, 1-2, 73-94.
- Phlips L., Blomme R., 1973. *Analyse chronologique*, éd. Vander. Louvain, 339 p.
- Seguin G., 1972. Sur la présence, dans les eaux d'Alger (Algérie) de Copépodes considérés comme d'origine atlantique, *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, **63**, 3-4, 25-32.
- Shannon C. E., 1948. A mathematical theory of communication, *Bull. Syst. Tech. J.*, **27**, 379-423.
- Vaissière R., Seguin G., 1980. Interprétation de peuplements de Copépodes des mers Tyrrhénienne et Ionienne en fonction du régime hydrologique, *Oceanol. Acta*, **3**, 1, 17-29.