

VIE ET MILIEU

BULLETIN DU LABORATOIRE ARAGO

SÉRIE B : OCÉANOGRAPHIE

VOLUME XXIV

ANNÉE 1974

FASCICULE 2 - B

SOMMAIRE

B. SAINT-GUILY. Sur la perturbation thermique produite en mer par un rejet d'eau chaude	223
Guy CAHET. Transfert d'énergie en milieu sédimentaire. Cas des sulfato-réducteurs. I. Les acides organiques en sédiments lagunaires et marins (Golfe du Lion)	235
Claude RAZOULS. Estimation de la production globale des Copépodes planctoniques dans la province néritique du golfe du Lion (Banyuls-sur-Mer). I. Variations annuelles quantitatives	257
Brian M. MARCOTTE & Bruce C. COULL. Pollution, Diversity and Meio-benthic Communities in the North Adriatic (Bay of Piran, Yugoslavia)	281
Alain GUILLE & Jacques SOYER. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. 8. Macrofaune et méiofaune, rapports quantitatifs et biocénétiques	301
Jean-Michel AMOUROUX. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. III. Variations spatiales et saisonnières	321
Henri BOUTIÈRE. Milieux hyperhalins du complexe lagunaire de Bages-Sigean, l'étang du Doul	355
Jacques SOYER. Contribution à l'étude des Copépodes Harpacticoïdes de Méditerranée occidentale. 11. Ameiridae Monard, Lang. Systématique, Ecologie	379
Pierre CHARDY. Deux espèces nouvelles d'Isopodes Asellotes récoltées en Méditerranée profonde	409
<i>Documents faunistiques et écologiques</i>	
Jean-Michel AMOUROUX. Sur la présence de <i>Calcinus ornatus</i> (Roux, 1830) (Crustacés Anomoures) dans la région de Banyuls-sur-Mer	421
Jean-Michel AMOUROUX. Sur la présence de <i>Paraonis fulgens</i> (Levinsen) (Annélide Polychète sédentaire) dans la région de Banyuls-sur-Mer	423
<i>Analyses d'ouvrages</i>	425

SÉRIE PUBLIÉE AVEC LE CONCOURS
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

MASSON



Publication bimestrielle

VIE ET MILIEU

BULLETIN DU LABORATOIRE ARAGO

UNIVERSITÉ DE PARIS - BIOLOGIE MARINE

Vie et Milieu paraît par fascicules séparés tous les deux mois. Chaque volume annuel comprenant six fascicules, contient environ 1 200 pages. Les travaux publiés sont répartis en trois séries : Série A : Biologie marine — Série B : Océanographie — Série C : Biologie terrestre.

Pour chaque tomatison, deux fascicules sont en principe réservés à chacune des trois séries. La succession des trois séries au cours de l'année peut être sujette à variations d'un tome au suivant. La Rédaction se réserve de modifier la répartition en trois sections suivant l'abondance relative des manuscrits acceptés pour chaque série.

Les manuscrits sont reçus par le Professeur P. DRACH, Directeur de la Publication, ou M. J. SOYER, Secrétaire de Rédaction (Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer, France). Ils ne seront acceptés définitivement qu'après avoir été soumis au Comité de Rédaction spécialisé.

Membres des Comités de Rédaction

Série A : Biologie marine

B. BATTAGLIA (Padoue, Italie), C. BOCQUET (Paris, France), J. FELDMANN (Paris, France), J. FOREST (Paris, France), P. LUBET (Caen, France), J. MAETZ (C.E.A., Villefranche-sur-Mer, France), M. PAVANS DE CECCATY (Lyon, France), O. TUZET (Montpellier, France), E. VIVIER (Lille, France).

Série B : Océanographie

M. BACESCO (Bucarest, R.P. Roumanie), M. BLANC (Paris, France), P. BOUGIS (Paris, France), J. BROUARDEL (Monaco), P. DRACH (Paris, France), C. DUBOUL-RAZAVET (Perpignan, France), A. IVANOFF (Paris, France), L. LAUBIER (C.O.B., Brest, France), R. MARGALEF (Barcelone, Espagne), J.M. PÉRÈS (Marseille, France), J. POCHON (Paris, France).

Série C : Biologie terrestre

A. ANGELIER (Toulouse, France), C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE (Paris, France), W. KÜHNELT (Vienne, Autriche), M. KUNST (Prague, Tchécoslovaquie), M. LAMOTTE (Paris, France), B. POSSOMPES (Paris, France), P. REY (Toulouse, France), H. SAINT-GIRONS (Paris, France), C. SAUVAGE (Montpellier, France), M. VACHON (Paris, France).

ABONNEMENTS 1975

France et zone franc (pays acceptant le tarif d'affranchissement intérieur français pour les périodiques) 140,00 Francs
Règlement par mandat, chèque postal à MASSON & Cie (joindre les 3 volets) ou chèque bancaire.

Italie 32 000 Lires
Exclusivement par E.T.M.I., Via Settembrini, 27 20124 - Milano.

Autres pays 160,00 Francs
Montant également payable dans les autres monnaies au cours des règlements commerciaux du jour du paiement.

Les règlements peuvent être effectués par :

- chèque sur Paris, émis par une banque étrangère,
- transfert par banque provenant d'un compte étranger,
- mandat postal international.

MASSON & Cie S.A., Editeurs, 120, bd Saint-Germain, F 75280 - Paris Cedex 06.
Téléphone

Rédaction et Administration : 326-56-11, 633-85-21, 325-32-11, 033-77-84, 033-70-81.
Abonnements : 588-50-50, 588-14-66.

Changement d'adresse : Retourner l'étiquette modifiée, ou indiquer le numéro d'abonné.

Numéros séparés et Collections : S'adresser à MASSON & Cie Service, 15, rue de Savoie, 75006 - Paris, Tél. : 325-74-73, 325-74-95.

VIE ET MILIEU

BULLETIN DU LABORATOIRE ARAGO

SÉRIE B : OCÉANOGRAPHIE

VOLUME XXIV

ANNÉE 1974

FASCICULE 2 - B

SOMMAIRE

B. SAINT-GUILY. Sur la perturbation thermique produite en mer par un rejet d'eau chaude	223
Guy CAHET. Transfert d'énergie en milieu sédimentaire. Cas des sulfato-réducteurs. I. Les acides organiques en sédiments lagunaires et marins (Golfe du Lion)	235
Claude RAZOULS. Estimation de la production globale des Copépodes planctoniques dans la province néritique du golfe du Lion (Banyuls-sur-Mer). I. Variations annuelles quantitatives	257
Brian M. MARCOTTE & Bruce C. COULL. Pollution, Diversity and Meio-benthic Communities in the North Adriatic (Bay of Piran, Yugoslavia)	281
Alain GUILLE & Jacques SOYER. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. 8. Macrofaune et méiofaune, rapports quantitatifs et biocénétiques	301
Jean-Michel AMOUROUX. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. III. Variations spatiales et saisonnières	321
Henri BOUTIÈRE. Milieux hyperhalins du complexe lagunaire de Bages-Sigean, l'étang du Doul	355
Jacques SOYER. Contribution à l'étude des Copépodes Harpacticoides de Méditerranée occidentale. 11. Ameiridae Monard, Lang. Systématique, Ecologie	379
Pierre CHARDY. Deux espèces nouvelles d'Isopodes Asellotes récoltées en Méditerranée profonde	409
<i>Documents faunistiques et écologiques</i>	
Jean-Michel AMOUROUX. Sur la présence de <i>Calcinus ornatus</i> (Roux, 1830) (Crustacés Anomoures) dans la région de Banyuls-sur-Mer	421
Jean-Michel AMOUROUX. Sur la présence de <i>Paraonis fulgens</i> (Levinsen) (Annélide Polychète sédentaire) dans la région de Banyuls-sur-Mer	423
<i>Analyses d'ouvrages</i>	425

SÉRIE PUBLIÉE AVEC LE CONCOURS
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

MASSON



Publication bimestrielle

SUR LA PERTURBATION THERMIQUE PRODUITE EN MER PAR UN REJET D'EAU CHAUDE

par B. SAINT-GUILY

*Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris
Laboratoire Arago, Banyuls-sur-Mer*

ABSTRACT

The increase of temperature due to the pouring of warm water into the sea is analysed by considering three distinct models : a divergent jet with diffusion, a divergent jet with diffusion and atmospheric cooling, and a strong narrow jet with diffusion. Tidal and other currents are regarded as negligible. This study shows that the jet effect, the marine diffusion, and the atmospheric cooling are dominant respectively, near the mouth, in an intermediate zone and far from the mouth of the jet.

La construction de centrales nucléaires refroidies par l'eau de mer pose la question de l'amplitude et de l'extension de la perturbation thermique qui est produite par le rejet d'eau chaude en mer. L'élévation de la température peut être localement sensible, en particulier en été sur les côtes méditerranéennes, où les courants généraux sont faibles et les courants de marée pratiquement inexistant. Le réchauffement des eaux de mer résulte alors d'échanges thermiques qui s'effectuent de diverses manières : par la convection (advection) due aux courants moyens, par la diffusion due aux mouvements aléatoires et turbulents, et par le refroidissement

assuré par l'atmosphère (chaleur latente et chaleur sensible) qui dépend en particulier du vent et de l'humidité.

Dans une première étude nous pouvons négliger l'action directe du vent et celle du courant moyen qui tendent à déformer la tache thermique et à l'allonger dans une direction particulière. Nous pouvons aussi laisser de côté l'influence de la prise d'eau de mer, si nous admettons qu'elle est assez éloignée du point de rejet. En outre, nous supposons que le débit d'eau chaude et les courants sont constants. Dans ces conditions le mouvement et le champ thermique sont permanents.

Plaçons-nous dans le cas où le rejet se fait dans une couche superficielle, sur une épaisseur h . En s'éloignant de l'embouchure les eaux chaudes qui sont plus légères, demeurent dans cette couche. Elles se mélangent facilement avec les eaux adjacentes et difficilement avec les eaux sous-jacentes. Elles sont de plus refroidies par conduction, par convection et par évaporation au contact de l'atmosphère. Dans une analyse élémentaire de ces échanges, la diffusion horizontale apparaît sous la forme habituelle avec un coefficient de diffusion qui est en général variable, et le refroidissement par l'atmosphère est représenté de façon simple en supposant qu'il est proportionnel à la différence des températures de l'eau et de l'air avec un coefficient d'échange constant.

Nous allons effectuer cette analyse pour déterminer les caractères de la perturbation thermique produite par un rejet d'eau chaude dans la mer en considérant trois modèles simples : le cas d'un jet divergent de faible vitesse avec diffusion et sans refroidissement atmosphérique, puis avec diffusion et refroidissement atmosphérique, et le cas d'un jet étroit de grande vitesse sans refroidissement atmosphérique. Ces trois modèles mettent en évidence les effets propres de la diffusion marine, du refroidissement par l'atmosphère, et du jet initial.

JET DIVERGENT AVEC DIFFUSION

Examinons d'abord le cas limite où le refroidissement par l'atmosphère (surtout par évaporation) est nul. Dans cette hypothèse la diffusion et la convection interviennent seules. Nous admettons en première approximation que le courant moyen autre que celui provenant du rejet est nul, et que le mouvement est plan, permanent et symétrique par rapport au point origine. Ainsi, nous supposons le rejet largement divergent et par conséquent de vitesse

faible. Dans ces conditions l'équation de la chaleur et l'équation de continuité s'écrivent :

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r k \frac{dT}{dr} \right) - u \frac{dT}{dr} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} (ru) = 0, \quad (2)$$

T désigne la température, r le rayon, u la vitesse radiale et k le coefficient de diffusion horizontale. En se donnant la vitesse u_0 et le rayon r_0 à l'embouchure, on obtient au moyen de l'équation (2)

$$u = \frac{u_0 r_0}{r}. \quad (3)$$

Prenons pour simplifier la fonction $k(r)$ sous la forme

$$k(r) = P_0 r \left(\frac{r}{r_0} \right)^n \quad (4)$$

et posons

$$x = \frac{r}{r_0}$$

l'équation (1) devient

$$P_0 \frac{d}{dx} \left(x^{n+2} \frac{dT}{dx} \right) - u_0 \frac{dT}{dx} = 0. \quad (6)$$

Si T_* désigne la température en l'absence de rejet, et $T_* + T_0$ la température de l'eau à l'embouchure, les conditions aux limites sont données par

$$T = T_0 + T_* \text{ pour } x = 1, \quad T \rightarrow T_* \text{ pour } x \rightarrow \infty \quad (7)$$

Le système (6) (7) a pour solution :

$$T = T_* + \frac{T_0}{1 - e^{-m}} \left\{ 1 - e^{-m x^{-(n+1)}} \right\}, \quad m = \frac{u_0}{(n+1) P_0} \quad (8)$$

En accord avec les mesures faites avec la rhodamine B comme traceur par JOSEPH, SENDNER et WEIDEMANN (1958, 1964), nous pouvons nous donner $n = 0$ et une vitesse P_0 comprise entre 0,2 et 1,0 cm/s, suivant l'état de la mer et les conditions météorologiques. Soient Q_0

le débit constant à l'embouchure et h l'épaisseur du rejet on a :

$$Q_0 = \Pi r_0 h u_0 , \quad (9)$$

et on construit facilement les courbes

$$\frac{T - T_*}{T_0} = \frac{1 - e^{-m/x}}{1 - e^{-m}} , \quad m = u_0/P_0 , \quad (10)$$

qui donnent l'augmentation relative de la température en fonction de la distance à l'embouchure. Les courbes de la figure 1 correspondent à un débit $Q_0 = 220 \text{ m}^3/\text{s}$, à un rayon $r_0 = 100 \text{ m}$, à une épaisseur $h = 7 \text{ m}$, et donc à une vitesse $u_0 = 10 \text{ cm/s}$. Dans ces conditions on a $m = 25$ et 5 respectivement pour $P_0 = 0.2$ et 1.0 cm/s . L'échelle des distances à l'embouchure est logarithmique.

Ces courbes montrent que même en l'absence de refroidissement la diffusion permet d'atteindre un état stationnaire. Mais l'extension de la tache thermique est grande. Les courbes d'égale élévation relative de température 0.3 et 0.1 se trouvent alors à des distances comprises respectivement, entre 3 et 15 km , et entre 10 et 50 km . Remarquons enfin qu'une diminution de la vitesse de diffusion P_0 a pour effet de déplacer la courbe vers le large, et de diminuer sa pente de façon sensible.

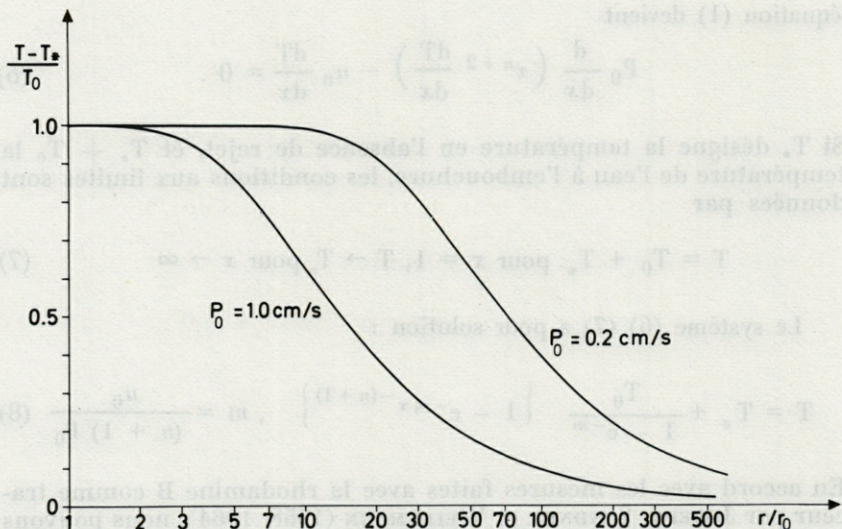


FIG. 1. — Température en fonction de la distance à l'embouchure, pour deux valeurs de la vitesse de diffusion.

JET DIVERGENT AVEC DIFFUSION ET REFROIDISSEMENT.

En réalité les échanges avec l'atmosphère assurent un refroidissement qui n'est pas négligeable et qui devient considérable quand souffle la tramontane (voir BUNKER, 1972). Ces échanges à la surface des mers, se font sous la forme de chaleur sensible par conduction et convection, et sous forme de chaleur latente par évaporation. Mais le mécanisme fin de ces échanges en fonction des conditions météorologiques est mal connu. Cette déficience et le désir de simplifier l'analyse nous conduisent à admettre que le refroidissement est proportionnel à l'augmentation de température avec un coefficient d'échange de valeur peu précise. Si nous supposons que le refroidissement correspondant à une augmentation de température de un degré est égal au refroidissement produit par une évaporation de $0,3 \text{ gm cm}^{-2} \text{ j}^{-1}$, nous obtenons un coefficient d'échange $A = 2.10^{-3} \text{ cal cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Dans l'équation de la chaleur nous introduisons un coefficient d'échange modifié, soit $\alpha = A/Ch$, où C désigne la chaleur spécifique de l'eau et h l'épaisseur de la couche d'eau rejetée. Si $h = 7 \text{ m}$, nous avons avec la valeur de A ci-dessus, $\alpha = 3.10^{-6} \text{ s}^{-1}$. Bien entendu le coefficient d'échange dépend en réalité des conditions météorologiques (vent, humidité, etc.), et il faut considérer cette valeur comme une moyenne très approximative.

Quant au coefficient de diffusion, plusieurs expériences montrent qu'il doit être proportionnel à une puissance de la distance r voisine de l'unité, du moins dans les conditions où nous nous plaçons (OKUBO, 1968, BOWDEN, 1970). Cependant nous supposons, pour simplifier les calculs, que ce coefficient est constant avec une valeur voisine de $3.10^4 \text{ cm}^2/\text{s}$, valeur qui correspond à une distance de 5 km environ. Compte tenu de ces approximations, nous pouvons écrire l'équation de la chaleur, et l'équation de continuité pour un jet divergent sous la forme suivante :

$$\frac{k}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dT}{dr} \right) - u \frac{dT}{dr} - \alpha (T - T_*) = 0, \quad (11)$$

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} (ru) = 0. \quad (12)$$

La vitesse u est donc encore donnée par (3). Posons maintenant

$$x = \frac{r}{r_0}, \quad n = \frac{u_0 r_0}{2k}, \quad \mu = r_0 \left(\frac{\alpha}{k} \right)^{1/2}. \quad (13)$$

L'équation (11) devient

$$\left\{ \frac{d^2}{dx^2} + \frac{1-2n}{x} \frac{d}{dx} - \mu^2 \right\} (T - T_*) = 0. \quad (14)$$

Les conditions aux limites sont les mêmes que précédemment, soit (7), et la solution du système (14), (7) est donnée par

$$\frac{T - T_*}{T_0} = x^n \frac{K_n(\mu X)}{K_n(\mu)}, \quad (15)$$

où K_n désigne la fonction de Bessel modifiée de seconde espèce d'ordre n . Avec les valeurs que nous avons choisies pour le débit Q_0 , le rayon r_0 , et l'épaisseur h , la vitesse à l'embouchure est $u_0 = 10$ cm/s.

Nous avons effectué les calculs en utilisant cette solution (15) pour diverses valeurs des coefficients k et α , c'est-à-dire des constantes n et μ . La figure 2 donne les variations de température relative en fonction de la distance à l'embouchure (échelle logarithmique), pour trois valeurs distinctes du coefficient de diffusion $k = 1 \cdot 10^4$, $1/3 \cdot 10^5$, $1 \cdot 10^5$ cm²/s, mais avec le même coefficient d'échange $\alpha = 2 \cdot 10^6$ s⁻¹. On voit sur ces courbes que l'isotherme relative 0.3 est située à une distance de l'embouchure de 3 km envi-

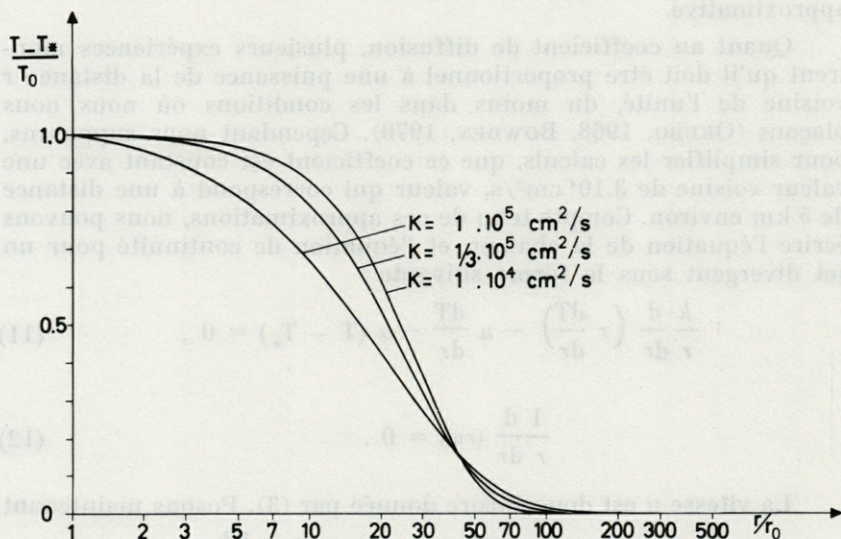


FIG. 2. — Température en fonction de la distance à l'embouchure, pour trois valeurs du coefficient de diffusion.

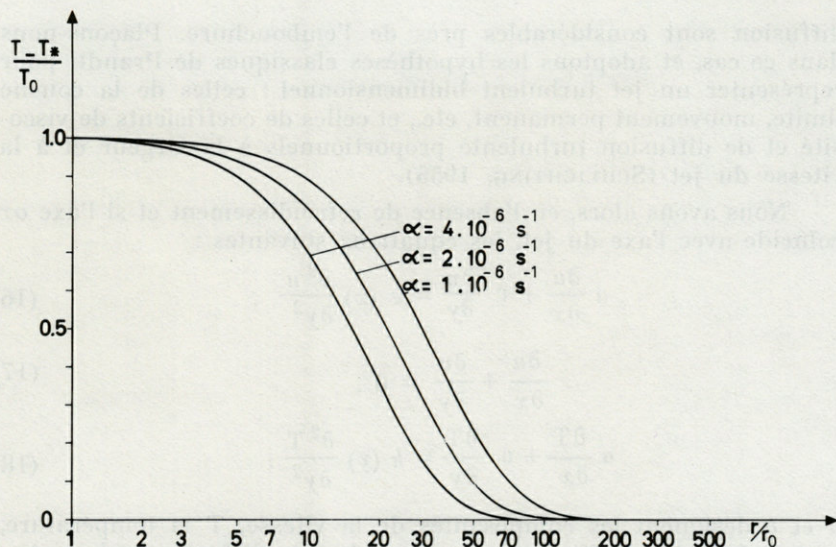


FIG. 3. — Température en fonction de la distance à l'embouchure, pour trois valeurs du coefficient d'échange.

ron. L'isotherme relative 0.1 se trouve, elle, à une distance de 5 km. La figure 3 par contre donne les courbes de variation de température en fonction de la distance à l'embouchure (échelle logarithmique), pour trois valeurs distinctes du coefficient d'échange, $\alpha = 1.10^{-6}$, 2.10^{-6} , 4.10^{-6} s^{-1} , avec le même coefficient de diffusion $k = 1/3 \cdot 10^5 \text{ cm}^2/\text{s}$. Suivant ces courbes, l'isotherme relative 0.1 se trouve à une distance comprise entre 3 et 7 km. Il faut noter de plus que les variations du coefficient de diffusion tendent à changer la pente de la courbe, alors que celles du coefficient d'échange tendent à déplacer la courbe et à en modifier la pente (la pente est conservée avec l'échelle logarithmique). Ainsi, toutes choses étant égales par ailleurs, c'est le refroidissement qui détermine l'extension de la perturbation thermique dans ce modèle. Il est clair en effet que l'élévation de température est pratiquement nulle au-delà de 10 km.

JET ETROIT AVEC DIFFUSION

Les modèles précédents reposent sur l'hypothèse d'un jet divergent avec une vitesse faible près de l'embouchure. Si le jet est étroit et intense, la quantité de mouvement, la turbulence et la

diffusion sont considérables près de l'embouchure. Plaçons-nous dans ce cas, et adoptons les hypothèses classiques de Prandtl pour représenter un jet turbulent bidimensionnel : celles de la couche limite, mouvement permanent, etc., et celles de coefficients de viscosité et de diffusion turbulente proportionnels à la largeur et à la vitesse du jet (SCHLICHTING, 1955).

Nous avons alors, en l'absence de refroidissement et si l'axe ox coïncide avec l'axe du jet, les équations suivantes :

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = \epsilon(x) \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} , \quad (16)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 , \quad (17)$$

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = k(x) \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} ; \quad (18)$$

u et v désignent les composantes de la vitesse, T la température, $\epsilon(x)$ et $k(x)$ les coefficients de viscosité et de diffusion turbulentes. Les conditions aux limites sont données par :

$$\frac{\partial u}{\partial y} = v = 0 , \text{ pour } y = 0 , \quad (19)$$

$$u = u_0 \text{ pour } y = 0 , x = a ,$$

$$u \rightarrow 0 \text{ pour } y \rightarrow \infty$$

et par

$$\frac{\partial T}{\partial y} = 0 \text{ pour } y = 0 , \quad (20)$$

$$T = T_* + T_0 \text{ pour } y = 0 , x = a ,$$

$$T \rightarrow T_* \text{ pour } y \rightarrow \infty$$

L'équation (17) entraîne l'existence d'une fonction de courant Ψ définie par

$$u = \frac{\partial \Psi}{\partial y} , v = - \frac{\partial \Psi}{\partial x} \quad (21)$$

Les coefficients k et ϵ ont pour expressions

$$\epsilon = \epsilon_0 \left(\frac{x}{a} \right)^{1/2} , k = k_0 \left(\frac{x}{a} \right)^{1/2} , \quad (22)$$

et les expériences montrent que $k_0 = 2\epsilon_0$. On obtient alors la solution suivante :

$$\Psi = 2 (u_0 \epsilon_0 x)^{1/2} \operatorname{th} \left(\frac{\sigma y}{x} \right), \sigma = \frac{1}{2} \left(\frac{a u_0}{\epsilon_0} \right)^{1/2} \quad (23)$$

$$T = T_* + T_0 \left(\frac{a}{x} \right)^{1/2} \frac{1}{\operatorname{Ch} (\sigma y/x)}. \quad (24)$$

La demi-largeur du jet étant définie par $y = x/\sigma$, et la position de l'embouchure par $x = a$, on en déduit $2a = \sigma d$. La constante sans dimension σ , déterminée expérimentalement, a pour valeur $\sigma = 7.67$. Il en résulte

$$\epsilon_0 = 0.016 u_0 d, \quad k_0 = 0.032 u_0 d. \quad (25)$$

Si le débit du jet Q_0 , son épaisseur h et sa largeur à l'embouchure d ont pour valeurs $Q_0 = 210 \text{ m}^3/\text{s}$, $h = 7 \text{ m}$, et $d = 30 \text{ m}$, on obtient $u_0 = 1 \text{ m/s}$, $a = 115 \text{ m}$, et $\epsilon_0 = 4.8 \cdot 10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$. A une distance de 5 km, le coefficient de diffusion a pour valeur $k = 6.7 \cdot 10^4 \text{ cm}^2/\text{s}$ environ. Sur la figure 4 sont construites les isothermes relatives, $(T - T_*)/T_0 = \text{constante}$, qui correspondent à ces données numériques. L'échelle des distances à l'embouchure x/a est logarithmique, et les courbes isothermes sont de ce fait considérablement distordues. Les taches thermiques limitées par les isothermes relatives 0.3 et 0.1 atteignent respectivement des longueurs de 1 et 10 km. Mais les largeurs de ces taches sont comparativement très faibles, de l'ordre du dixième de leurs longueurs. Ainsi, un jet étroit et de très grande vitesse, grâce à son inertie et à la diffusion turbulente considérable qu'il développe, produit des taches thermiques étroites et de faible surface, du moins si on considère des isothermes dont les valeurs ne sont pas trop petites.

Comparé aux deux précédents, ce modèle montre clairement que l'effet de jet est considérable dans le voisinage de l'embouchure, si la vitesse est grande. La largeur et la surface des taches thermiques correspondant à des températures notables sont relativement réduites. L'effet du refroidissement par l'atmosphère est au contraire prépondérant loin de l'embouchure, à une distance assez grande, de l'ordre de quelques kilomètres. Quant à la diffusion due aux mouvements de la mer, elle intervient de façon relativement importante dans une zone intermédiaire à une distance de un à quelques kilomètres. Bien entendu ces résultats sont modifiés par l'action du vent et celle des courants, qui déplacent et allongent la perturbation thermique dans des directions déterminées et variables. Enfin, il ne faut pas oublier l'action de l'accélération de Coriolis due à la rotation de la terre. Nous savons que les trajec-

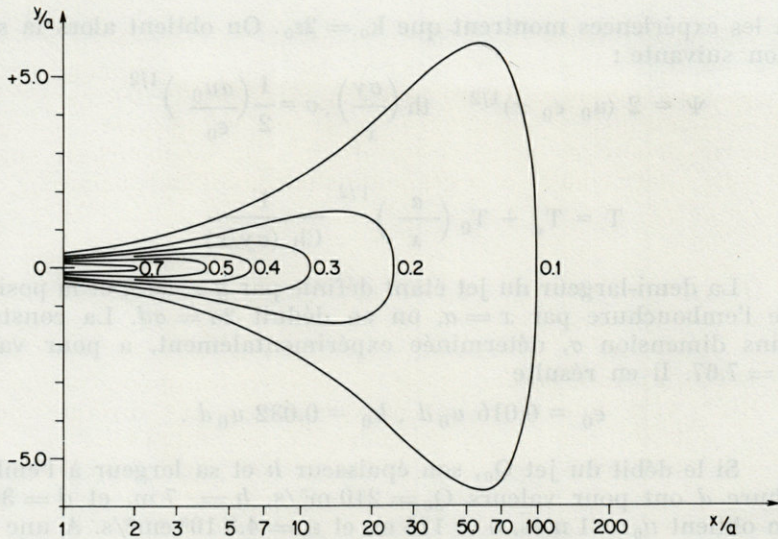


FIG. 4. — Isothermes relatives dans un jet étroit et intense.

toires d'inertie dans un fluide en rotation sont des cercles et non des droites. Le rayon de ce cercle est égal à la vitesse du courant divisée par $2\omega\sin\varphi$, en désignant par ω la vitesse angulaire de rotation de la terre et par φ la latitude du lieu. Ainsi, un jet d'eau dont la vitesse initiale est de 1 m/s doit présenter à l'embouchure une courbure dont le rayon est de 10 km à la latitude de 43° . Cette déviation, qui se fait sur la droite dans l'hémisphère nord (et sur la gauche dans l'hémisphère sud), a été observée de façon claire à l'embouchure du Rhône.

Il nous a semblé utile de présenter cette contribution préliminaire qui vise, autant que possible, à bien poser le problème mécanique et thermique du rejet des eaux chaudes en mer. Mais il est certain que pour atteindre une connaissance précise, il sera nécessaire de s'appuyer sur des mesures « in situ » de la diffusion, des courants et, ce qui est difficile, du refroidissement par la basse atmosphère.

RÉSUMÉ

L'élévation de température produite par un rejet d'eau chaude dans la mer est analysée en considérant trois modèles distincts : un jet divergent avec diffusion, un jet divergent avec diffusion et

refroidissement par l'atmosphère, et un jet intense et étroit avec diffusion. Les courants généraux et les courants de marée sont supposés négligeables. Cette étude montre que l'effet de jet, la diffusion marine, et le refroidissement par l'atmosphère ont une influence dominante respectivement, près de l'embouchure, dans une zone intermédiaire et à grande distance de l'embouchure.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Temperaturerhöhung durch Einleiten von warmem Wasser ins Meer wird anhand dreier Modelle analysiert : divergierender Strahl mit Diffusion, divergierender Strahl mit Diffusion und Abkühlung an der Atmosphäre, und intensiver, nicht divergierender Strahl mit Diffusion. Die allgemeinen und die gezeitenabhängigen Strömungen werden als unbedeutend angenommen. Diese Untersuchung zeigt, dass der vorherrschende Einfluss des Strahleffekts nahe der Einleitungsstelle, jener der Diffusion im Meer in einer Zwischenzone, und jener der Abkühlung an der Atmosphäre in grosser Entfernung von der Einleitungsstelle festzustellen ist.

BIBLIOGRAPHIE

- BOWDEN, K.F., 1970. Turbulence II. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 8 : 11-32.
- BUNKER, A.F., 1972. Wintertime interactions of the atmosphere with the Mediterranean Sea. *J. Phys. Oceanogr.*, 2 (3) : 225-238.
- JOSEPH, J. & H. SENDNER, 1958. Ueber die horizontale Diffusion im Meere, *Dt. Hydrogr. Z.*, 11 : 49-77.
- JOSEPH, J., H. SENDNER & H. WEIDEMANN, 1964. Untersuchungen über die horizontale Diffusion in der Nordsee. *Dt. Hydrogr. Z.*, 17 : 57-75.
- OKUBO, A., 1968. A new set of oceanic diffusion diagrams. *Tech. Rep. Chesapeake bay Inst.*, 38, Ref. 68-6.
- SCHLICHTING, H., 1955. Boundary layer theory. Pergamon Press, édit. London.

Reçu le 6 Mai 1974

**TRANSFERT D'ÉNERGIE
EN MILIEU SÉDIMENTAIRE.
CAS DES SULFATORÉDUCTEURS.**

**I. LES ACIDES ORGANIQUES EN SÉDIMENTS LAGUNAIRES
ET MARINS (GOLFE DU LION)**

par Guy CAHET

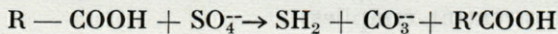
Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer

ABSTRACT

In the Mediterranean margino-littoral sediments of the Golfe du Lion, the temporal variations of organic acids depend upon their binding to deposit particles.

Consistently a great part of the organic acid reserve is found in the fraction that is most strongly bound to the sediment. The ratios of the different fractions happen to have characteristic mean values. In lagoons, these compounds suggest a possible heterotrophic action. In early diagenesis, glucides that are easily assimilated disappear rapidly. From a biological viewpoint, this emphasizes the importance of the role of organic acids; but the amounts present do not account for the action of the sulfate reducing heterotrophs present. These microflorae must possess some metabiotic adaptations for their development.

Les microflores sulfatoréductrices ont la possibilité d'utiliser comme accepteur final d'électrons les sulfates à la place de l'oxygène. Comme source d'énergie, elles ont recours à des substances carbonées, selon la réaction :



Elles effectuent de cette manière un transfert de l'hydrogène du carbone au soufre.

On voit toute l'importance écologique de ces microflores qui élaborent dans la nature des quantités considérables d'hydrogène sulfuré, dont l'action sur le potentiel redox des sédiments est prépondérante.

Ces bactéries (*G. Desulfovibrio* principalement) sont très exigeantes sur le plan métabolique vis-à-vis des substrats organiques assimilables. Dans les milieux de laboratoire, on considère les sels d'acide lactique en condition hétérotrophe et l'hydrogène, pour les souches plus spécialement autotrophes, comme les meilleurs supports énergétiques de ces bactéries. En culture pure, elles utilisent l'éthanol, l'isobutanol, la choline, les pyruvate et formiate, l'hydrogène gazeux (POSTGATE, 1959; SENEZ et VOLCANI, 1951). Ces bactéries ne sont ni autotrophes ni hétérotrophes vraies. Pour leurs besoins constitutifs et énergétiques, elles puisent le carbone dans le carbone minéral : 5 - 10 % selon MECHALAS et RITTENBERG (1960), 30 % d'après SOROKIN (1966). Elles captent une autre partie du carbone parmi les divers substrats organiques mentionnés servant également de source d'énergie.

Afin d'expliquer leur caractère ubiquiste malgré leur exigence métabolique, nous avons tout d'abord recherché les substrats (acides organiques) qu'elles pouvaient rencontrer dans les dépôts.

Le matériel étudié concerne les dépôts méditerranéens appartenant à :

- un système lagunaire (stations A, B, C, D, E à trois niveaux sédimentaires, CAHET, 1970);
- la baie de Port-Vendres (CAHET, 1971);
- la baie de Banyuls-sur-Mer (stations 18 et 32, zone à *Nephtys hombergii*, stations 7 et 22, faciès à *Scoloplos armiger*; station 74 sous-communauté à *Nucula sulcata*; GUILLE et SOYER, 1970).

1. — ANALYSE DES ACIDES ORGANIQUES DANS LES SÉDIMENTS.

Bien plus que la quantité de carbone total ou lié, l'état du matériel organique détermine le degré d'activité biologique. L'accessibilité, au même titre que l'abondance et la diversité des substrats semble indispensable aux organismes. Or, dans la nature, ces trois qualités sont rarement remplies.

C'est dans les fractions glucidiques, lipidiques et protidiques que le matériel constitutif et énergétique se trouve stocké, mais plus ou moins bloqué dans les liaisons chimiques ou piégé par la matière vivante. Pour obtenir l'énergie nécessaire à leur processus de synthèse et une partie de leur carbone constitutif, les organismes hétérotrophes doivent couper ces liaisons chimiques. Ici intervient la notion de degré de fixation du matériel nutritif vis-à-vis de la fraction argileuse, des composés organiques ou inorganiques du milieu.

La majorité des substances se présente sous la forme de grosses molécules allochtones ou autigènes insolubles qui doivent être pré-digérées avant absorption et transformation éventuelle. Les micro-organismes effectuent leur cassure par l'élaboration d'enzymes dont beaucoup sont adaptatifs, dépendant de la nature du substrat.

En schématisant il existe trois degrés dans la liaison organique, simultanément présents :

- des éléments présentement disponibles : formes solubles ou échangeables (I) ;
- des éléments actuellement peu assimilables mais susceptibles d'être facilement libérés : réserves à utilisation relativement proche (II) ;
- des éléments engagés dans des combinaisons complexes insolubles : éléments de réserve à utilisation lointaine (III).

On délimite chacun de ces degrés par la méthode d'extraction employée corrélative de la force de liaison des espèces chimiques considérées.

Nous n'avons pas l'intention d'exposer la totalité des substances concernées mais d'examiner une fraction importante sur le plan énergétique : les acides organiques. Leurs proportions dans les sédiments se situent entre les acides aminés et les glucides, dans un rapport 100/10/1 (ac. am./ac. org./gluc.) d'après LINDBLOM (1963).

Toute analyse des substances examinées comprend deux étapes : l'extraction des composés à l'aide d'un réactif, le dosage des substances après purification si besoin.

1.1. EXTRACTION DES ACIDES ORGANIQUES.

En nous appuyant sur les données d'investigations antérieures, nous avons utilisé un procédé d'extraction progressivement plus énergétique pour les trois degrés de liaisons mentionnés.

Pour isoler les formes à liaison faible (I), KAMATANI et MATSUDAIRA (1966) indiquent l'eau distillée ; on conseille toutefois une extraction avec EtOH 60 % à 60 °C pendant 30 minutes (ROBERT-GERO, 1964 ; RASTINE et ROUQUEIROL, 1968 ; GUPTA, 1967).

Ensuite, on soumet le sédiment à un traitement acide-alcool. MIYOSHI et coll. (1962) préconisent l'emploi de H₂SO₄, 0,5N - EtOH 80 %, toutefois KAMATANI et MATSUDAIRA (1966) extraient encore une importante quantité d'acides organiques à partir de H₂SO₄3N. Nous avons opté pour un traitement H₂SO₄3N - EtOH 80 % afin d'extraire les acides organiques assez fortement liés ou polymérisés (II).

Enfin, nous effectuons un traitement à la potasse méthanolique proposé par COOPER (1962) sur le sédiment résiduel afin d'extraire les acides fortement liés (III). Lorsque nous avons envisagé ce travail, cette méthode paraissait la plus valable pour les dépôts récents et anciens. Depuis, les travaux de géochimie organique ont progressé si bien que le procédé le plus généralement admis est le suivant (BURLINGAME et coll., 1968 ; EGLINTON, 1968 ; SEVER et coll. ; 1972) :

- broyage et extraction ultrasonique en présence de méthanol (A) ;
- déminéralisation vigoureuse avec HCl, HF, suivie d'une nouvelle extraction au benzène-méthanol (B).

Sur la « Green river formation oil shale », on retire 2 % de la fraction « acides organiques » lors du premier traitement (A) et 0,17 % après déminéralisation (traitement B). Malgré le caractère drastique de l'opération, BURLINGAME et coll. trouvent encore :

- 0,14 % après 3 heures avec un traitement K₂Cr₂O₇/H₂SO₄ ;
- 0,23 % après un traitement de 9 heures ;
- 0,4 % après un traitement de 23 heures ;
- 0,68 % après un traitement de 48 heures.

On voit là toute la difficulté dans la recherche d'une méthode d'extraction standard. Nous avons préféré la technique de COOPER (1962) parce que d'optique plus biochimique en même temps qu'efficace.

La validité de ce choix nous est confirmée par les travaux de FARRINGTON et QUINN (1971) : le mélange KOH - MeOH s'avère le plus efficace des divers procédés testés (ultrason, soxhlet etc.) dans l'extraction des acides gras.

Nous avons opéré selon le processus d'extraction suivant (Fig. 1) :

- les sédiments lagunaires subissent dans un premier temps, une extraction en double opération avec EtOH 60 % à 60 °C (extrait géolipidique 0). On soumet ensuite le dépôt résiduel à un traite-

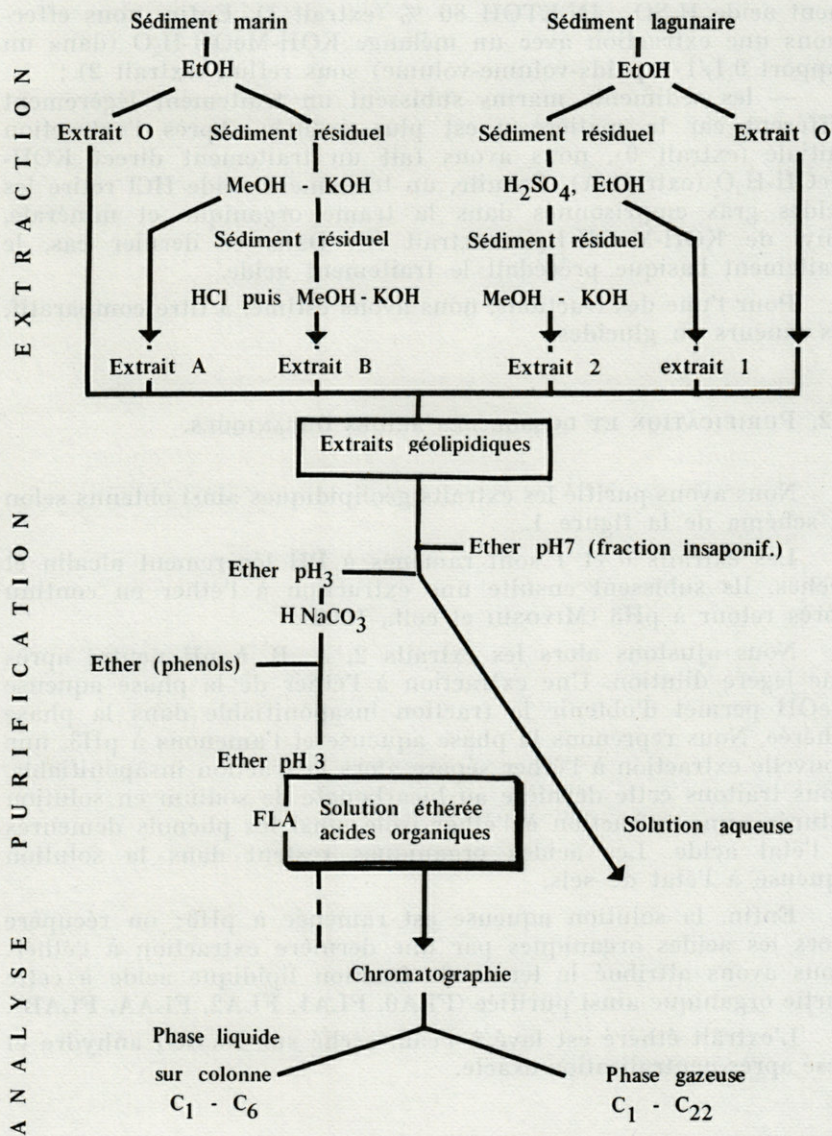


FIG. 1. — Techniques d'extraction, de purification et d'analyse des fractions lipidiques acides.

ment acide H_2SO_4 , 4N-ETOH 80 % (extrait 1). Enfin, nous effectuons une extraction avec un mélange KOH-MeOH- H_2O (dans un rapport 0,1/1/1 poids-volume-volume) sous reflux (extrait 2) ;

— les sédiments marins subissent un traitement légèrement différent car la matière y est plus évoluée. Après l'extraction initiale (extrait 0), nous avons fait un traitement direct KOH-MeOH- H_2O (extrait A). Ensuite, un traitement acide HCl retire les acides gras emprisonnés dans la trame organique et minérale, suivi de KOH-MeOH- H_2O (extrait B). Dans ce dernier cas, le traitement basique précédait le traitement acide.

Pour l'une des fractions, nous avons estimé, à titre comparatif, les teneurs en glucides.

1.2. PURIFICATION ET DOSAGE DES ACIDES ORGANIQUES.

Nous avons purifié les extraits géolipidiques ainsi obtenus selon le schéma de la figure 1.

Les extraits 0 et 1 sont ramenés à pH légèrement alcalin et séchés. Ils subissent ensuite une extraction à l'éther en continu après retour à pH3 (MIYOSHI et coll., 1962).

Nous ajustons alors les extraits 2, A, B, à pH neutre après une légère dilution. Une extraction à l'éther de la phase aqueuse MeOH permet d'obtenir la fraction insaponifiable dans la phase étherée. Nous reprenons la phase aqueuse et l'amenons à pH3, une nouvelle extraction à l'éther sépare alors la fraction insaponifiable. Nous traitons cette dernière au bicarbonate de sodium en solution saturée ; une extraction à l'éther isole ainsi les phénols demeurés à l'état acide. Les acides organiques restent dans la solution aqueuse à l'état de sels.

Enfin, la solution aqueuse est ramenée à pH3; on récupère alors les acides organiques par une dernière extraction à l'éther. Nous avons attribué le terme de fraction lipidique acide à cette partie organique ainsi purifiée (FLA0, FLA1, FLA2, FLAA, FLAB).

L'extrait étheré est lavé à l'eau, séché sur Na_2SO_4 anhydre et pesé après neutralisation exacte.

1.3. ANALYSE QUALITATIVE DES ACIDES ORGANIQUES-GRAS.

Nous avons fait l'analyse conjointement en chromatographie sur colonne (C_1 à C_6) et en chromatographie en phase gazeuse (C_1 à C_{22}).

1) Par chromatographie sur colonne nous avons analysé les acides organiques en phase liquide ; l'entraînement se fait avec des solvants organiques chloroforme et butanol (KOYAMA et THOMPSON, 1964 ; MUELLER et coll., 1958 ; VERINGA et coll., 1968) sur la celite 535 (CARLES et ALQUIER-BOUFFARD, 1965).

On lave la celite plusieurs fois à l'éther sulfurique. On pèse 3 grammes de celite 535 ; on ajoute en plusieurs fois 1,5 ml de SO_4H_2 0,5N environ pour humecter la celite, puis 4 ml de chloroforme. On place ensuite la celite de façon homogène dans une colonne.

On mélange la solution acide à analyser à 0,15 ml de SO_4H_2 5N pour libérer les acides ; on y ajoute 0,3 grammes de celite, on homogénéise, on verse sur la colonne précédemment préparée. On dispose la colonne sur un collecteur de fractions et on ferme par un tampon de laine de verre.

Nous effectuons le développement des acides organiques en ajoutant une série de mélange alcool butylique-chloroforme.

Nous avons choisi comme gamme 0, 2, 5, 15, 35, 45 cc de butanol complétés à 60 cc de chloroforme. On ajoute chaque solvant dès que le solvant précédent entre dans le bouchon de laine de verre. La vitesse d'écoulement est de 1 ml par minute. On adjoint aux fractions effluentes 3 ml d'eau et 1 goutte de rouge de phénol. Après agitation on titre les acides avec la soude 0,01N.

2) Par chromatographie en phase gazeuse (ROGOSA et LOVE, 1968 ; DRUCKER, 1970) l'entraînement des acides volatils C_1 - C_3 se fait sur une colonne FFAP. L'injection ne nécessite pas de préparation spéciale pour ces composés.

L'analyse des acides C_6 à C_{22} est réalisée avec une colonne DEGS. Les échantillons sont préalablement méthylés en présence de diazométhane puis passés sur la colonne préétalonnée.

1.4. ANALYSE DES GLUCIDES.

Dans l'extrait 0 nous avons dosé par comparaison la teneur en glucides libres.

Les sucres réducteurs furent révélés par la méthode phénol-acide sulfurique exposée précédemment (CAHET, 1971).

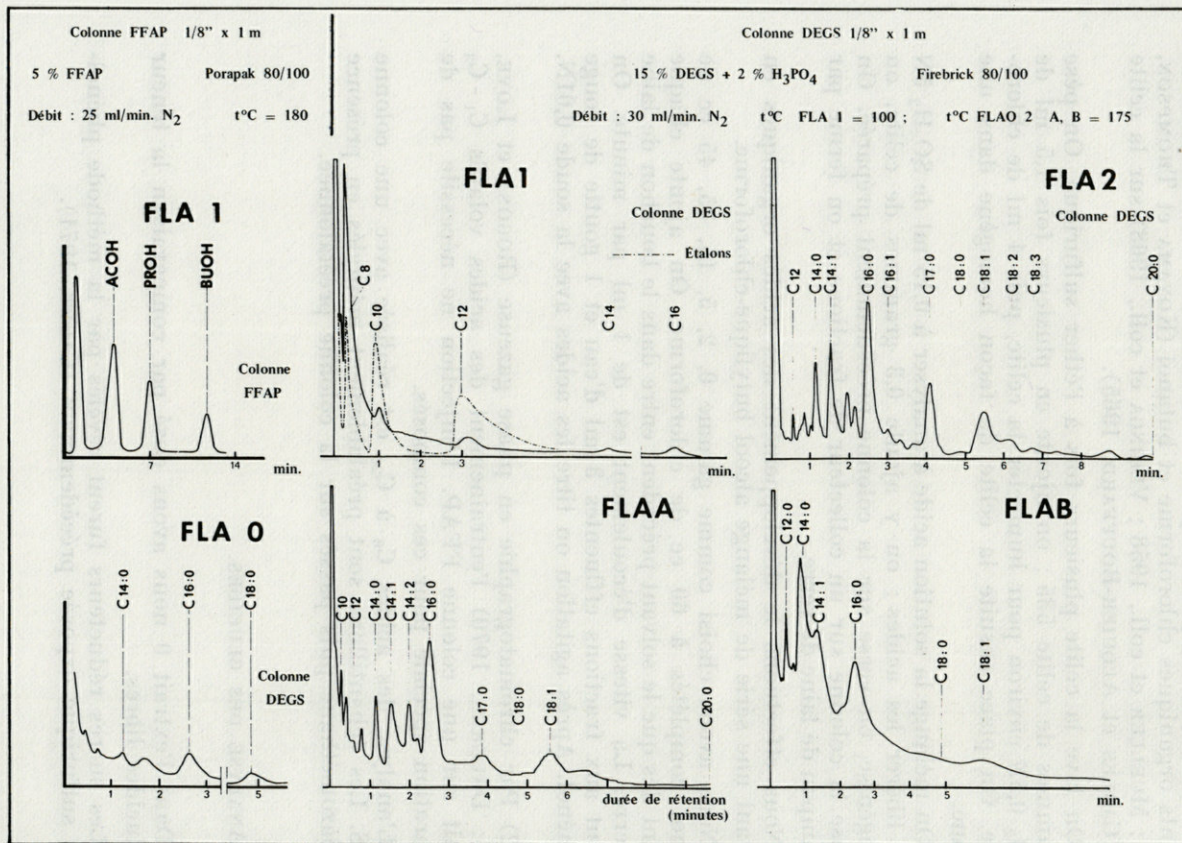


FIG. 2. — Chromatogrammes des acides organiques obtenus à partir des extraits géolipidiques purifiés (FLA : fractions lipidiques acides 0, 1, 2, A, B, extraites à partir de divers solvants).

2. — RÉSULTATS QUALITATIFS

La fraction FLA0 renferme indistinctement des acides gras $C_8 - C_{16}$.

Parmi les acides $C_1 - C_3$, nous avons relevé l'importance de l'acide AcOH par rapport à BuOH et PrOH. Nous confirmons ainsi les données de WANG et coll. (1967), CASALICCHIO et ROSSI (1970), GOTOH et YUKATA (1971) pour les sols et KAMATANI et MATSUDAIRA (1965) pour les sédiments d'une baie. On décèle rarement les acides formique et lactique ; les acides du cycle tricarboxylique sont absents.

Il semble que cette première extraction relativement douce ne soit pas spécifique des acides organiques inférieurs, elle entraîne également certains acides gras.

La fraction FLA1 contient encore de l'acide acétique résultant peut-être d'hydrolyse, c'est le seul acide organique inférieur relevé. Les acides gras s'étalent largement de C_8 à C_{16} (Fig. 2).

La fraction FLA2 révèle des traces d'acide acétique et des acides gras situés entre C_{12} et C_{22} dont :

- les acides myristique et myristoléique ($C_{14} : 0$; $C_{14} : 1$) ;
- les acides palmique et palmitoléique ($C_{16} : 0$; $C_{16} : 1$) ;
- les acides stéarique et oléique ($C_{18} : 0$; $C_{18} : 1$) ;
- les acides arachidique ($C_{20} : 0$) et béhénique ($C_{22} : 0$).

Il n'existe donc pas de séparation nette entre les divers traitements et la nature des acides gras retirés mais seulement une relation positive entre le nombre d'atomes de carbone des acides extraits et la vigueur du traitement.

Une constance dans la répartition qualitative apparaît dans les extraits des traitements forts ; cette stabilité se retrouve dans l'évolution saisonnière des acides organiques (CAHET et GADEL, 1973).

En effet, les acides gras relevés sont semblables dans le temps ; on note seulement des variations des acides entre eux. Ainsi, dans les sédiments lagunaires, nous avons décelé des variations dans les rapports $C_{16} : 0 / C_{14} : 0$ et $C_{14} : 1 / C_{14} : 0$ suivant les périodes chaude et froide. L'acide myristique ($C_{14} : 0$) semble diriger l'évolution de ces rapports car il présente un net accroissement durant la période automno-hivernale. Par contre, l'acide $C_{16} : 0$ présente une très sensible augmentation au printemps et en été. En milieu marin, la distribution de ces rapports est plus homogène tout au long de l'année. Ceci rejoint les observations de DEBYSER (1961) sur l'homo-

généité des fractions chimiques d'origine biologique au sein des dépôts.

La tentative expérimentale proposée ne présente donc pas le caractère rigoureux recherché dans la séparation des acides gras inférieurs ou supérieurs ; elle nous a permis toutefois de suivre l'amplitude et la périodicité des mouvements de ces composés en milieu sédimentaire.

3. — RÉSULTATS QUANTITATIFS

Les fractions renfermant des acides organiques volatils (essentiellement FLA0), nous devons mentionner une perte d'acide éventuelle lors des manipulations à l'éther. RIDDLE (1963) utilise comme correction l'équation de Rayleigh et obtient les pourcentages suivants : acide formique 33,8 ; acide acétique 13,0 ; acide propionique 2,7 ; acide butyrique 0,6. L'acide acétique représentant l'acide le plus important, il convient de majorer les résultats obtenus de 10 % (FLA0).

3.1. VALEURS MOYENNES ANNUELLES.

Les sédiments superficiels riches en monosulfures (Al, Dl, PV) présentent les valeurs les plus fortes en particulier pour la fraction la plus abondante FLA1 (tableau I). C'est une constatation faite généralement pour la majeure partie des sols et sédiments réducteurs aussi bien pour les acides organiques C_1 à C_6 (HOLLIS et RODRIGUEZ-KABANA, 1966) que pour les acides gras de C_{12} à C_{22} . Tous ces composés sont considérés comme précurseurs d'autres composés de poids moléculaire élevé et plus particulièrement des hydrocarbures (COOPER et BRAY, 1963).

Les rapports FLA0/FLA1 et FLA0/FLA2 indiquent que l'on rencontre deux à quatre fois plus d'acides organiques à liaison faible dans le premier cas et deux fois plus dans le second cas.

Le matériel facilement assimilable représente donc un faible pourcentage. A la lecture des rapports obtenus, un état pseudo-équilibré semble exister entre les deux fractions fortement et faiblement liées pour tous les niveaux considérés. Il n'y a pas d'épuisement en acides organiques inférieurs pour les couches sédimentaires profondes, soumises à la diagenèse précoce, mais, par contre, une forte diminution des glucides. Le rapport FLA0/

TABLEAU I
*Teneurs moyennes annuelles et valeurs des rapports des fractions
 FLA0, FLA1, FLA2, FLAA, FLAB
 Comparaison avec les glucides*

Stations	FLA0 mg/g VS	FLA1 mg/g VS	FLA2 mg/g VS	Glucides libres µg/g VS	FLA0 / FLA1	FLA0 / FLA2	FLA0 / GL	FLA0 / FLA1 + FLA2
A ₁	0,66	1,33	1,08	96	1 : 2	1 : 1,6	7 : 1	1 : 3,5
A ₂	0,31	1,10	0,58	26	1 : 3,5	1 : 1,9	12 : 1	1 : 5,5
A ₃	0,22	1,02	0,39	17	1 : 4,5	1 : 1,8	13 : 1	1 : 6,5
B ₁	0,48	1,45	1,05	81	1 : 3	1 : 2,2	6 : 1	1 : 5
B ₂	0,32	0,83	0,64	22	1 : 3	1 : 2	14 : 1	1 : 4,5
B ₃	0,38	0,86	0,65	31	1 : 2	1 : 1,7	12 : 1	1 : 4
C ₁	0,26	1,05	0,66	72	1 : 4	1 : 2,5	4 : 1	1 : 6,5
C ₂	0,31	1,09	0,54	23	1 : 3,5	1 : 1,7	13 : 1	1 : 5
C ₃	0,39	1,28	0,73	25	1 : 3,5	1 : 1,9	16 : 1	1 : 5
D ₁	0,82	1,86	1,53	110	1 : 2,5	1 : 1,9	7 : 1	1 : 4,5
D ₂	0,57	1,35	1,10	44	1 : 2,5	1 : 1,9	13 : 1	1 : 4,5
D ₃	0,30	0,97	0,57	38	1 : 3	1 : 1,9	8 : 1	1 : 5
E ₁	0,24	0,92	0,40	50	1 : 4	1 : 1,7	5 : 1	1 : 5,5
E ₂	0,39	1,72	0,68	32	1 : 5	1 : 1,7	12 : 1	1 : 6
E ₃	0,21	0,85	0,45	20	1 : 4	1 : 2,1	10 : 1	1 : 6

Stations	FLA0	FLAA	FLAB	Glucides libres	FLA0 / FLAA	FLA0 / FLAB	FLA0 / GL	FLA0 / FLAA + FLAB
PV	0,35	1,12	0,33	38	1 : 3	1,1 : 1	9 : 1	1 : 4
18	0,45	0,60	0,30	24	1 : 1,5	1,5 : 1	19 : 1	1 : 2
32	0,15	0,55	0,16	21	1 : 3,5	1 : 1,1	7 : 1	1 : 1
27	0,22	0,46	0,06	23	1 : 2,1	3,7 : 1	10 : 1	1 : 2
7	0,25	0,58	0,25	30	1 : 2,3	1 : 1	8,5 : 1	1 : 3
74	0,15	0,56	0,40	27	1 : 3,7	1 : 2,7	5,5 : 1	1 : 6

glucides fait apparaître quatre à six fois plus d'acides organiques que de glucides pour les sédiments sous-jacents. La quantité de glucides disponible diminue donc avec la profondeur d'enfouissement, ce qui donne aux acides organiques une importance prépondérante dans l'évolution des phases hétérotrophes de ces niveaux sédimentaires.

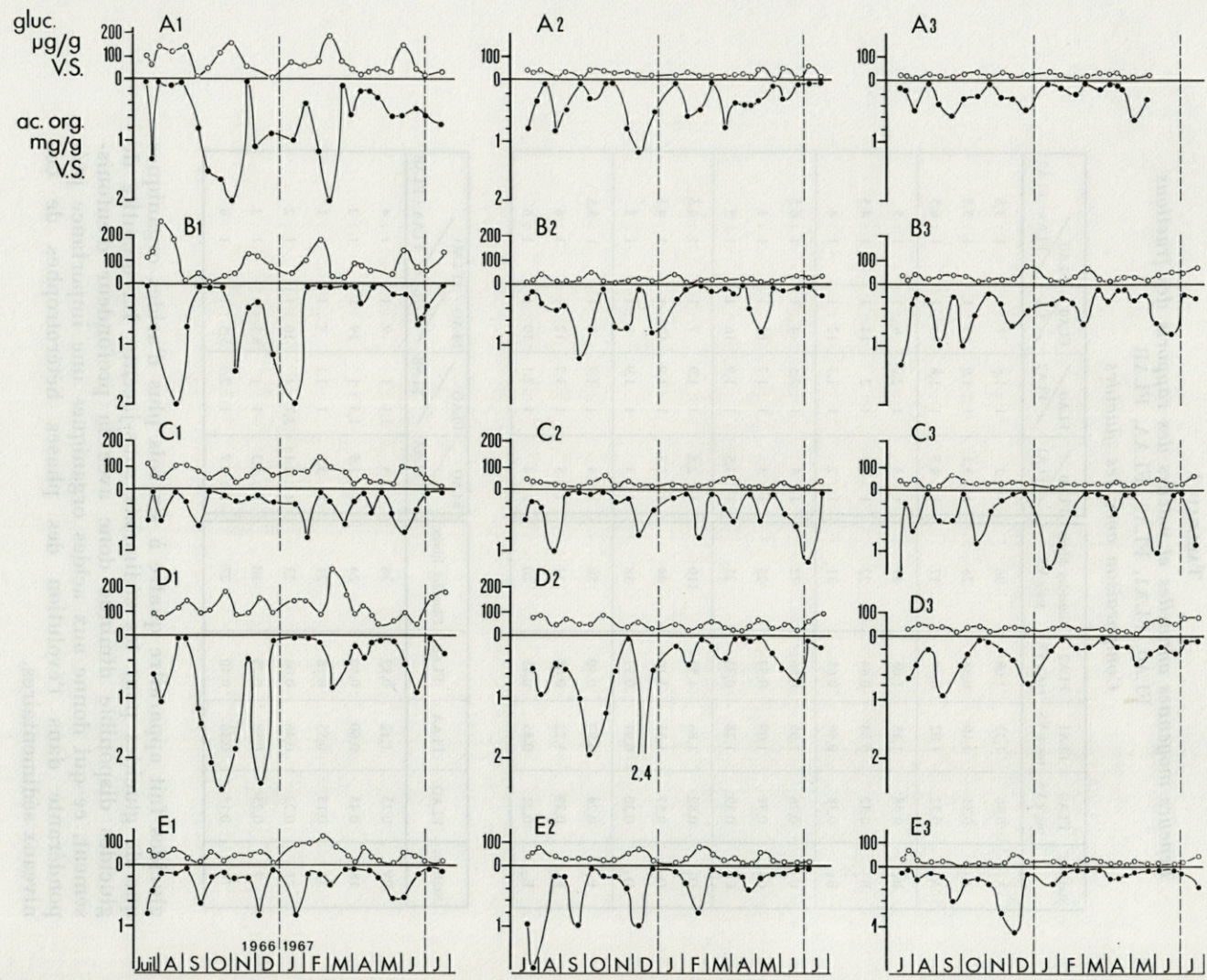


FIG. 3 a. — Fluctuation des acides organiques et des glucides de l'extrait 0 en sédiments lagunaires.

3.2. DYNAMIQUE SAISONNIÈRE.

— Sédiments lagunaires : l'examen des variations saisonnières (Fig. 3 a et 3 b) permet certaines observations.

1) Des mouvements importants sont enregistrés pour les trois fractions isolées suivant l'évolution thermique de l'écosystème.

Les amplitudes de variations sont plus accentuées et les apports plus fréquents pour les niveaux riches en monosulfures (D1, A1)

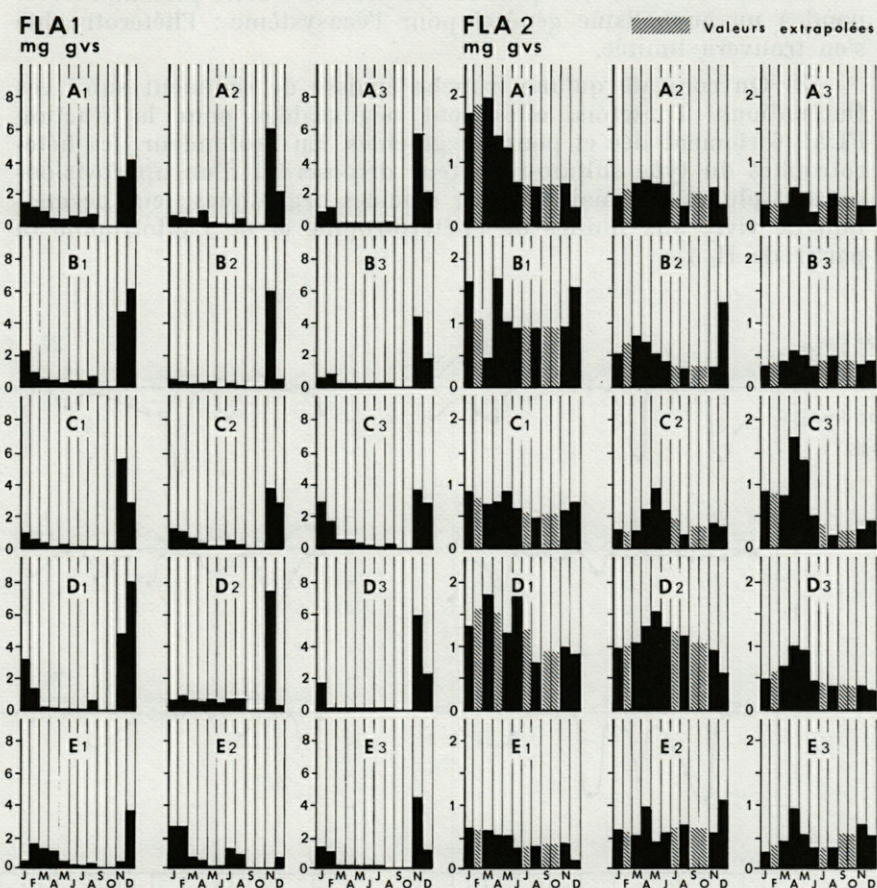


FIG. 3 b. — Variations mensuelles des fractions FLA1, FLA2, en sédiments lagunaires.

mais une accumulation générale des acides organiques est observée durant la période catabolique automno-hivernale.

Cet enrichissement est très prononcé pour FLA1. Une succession dans le temps apparaît entre le carbone organique particulaire (fin été, automne, CAHET et GADEL 1973), la fraction FLA1 (pic automne) et la fraction FLA2 (pic hivernal). Y aurait-il passage progressif de formes faiblement liées en composés plus fortement retenus, par liaison chimique ou intervention biologique ?

2) On assiste à une disparition des fluctuations, à un épuisement des fraction FLA1 et FLA2 durant le printemps et l'été ; seule la fraction FLA0 est remaniée, sans accumulation au profit des deux autres fractions plus fortement liées. Cette période correspond à un anabolisme général pour l'écosystème ; l'hétérotrophie s'en trouvera limitée.

3) On constate qu'une tranche épaisse de sédiment subit ces fluctuations. Toutefois, elles sont négligeables pour la fraction FLA2 fortement liée et pour les glucides. En profondeur, les hétérotrophes du type sulfato-réducteur disposeront d'un approvisionnement plus faible mais régulier d'acides organiques, leur permettant de vivre aux limites de l'hétérotrophie et de l'autotrophie (à partir de H_2 ?).

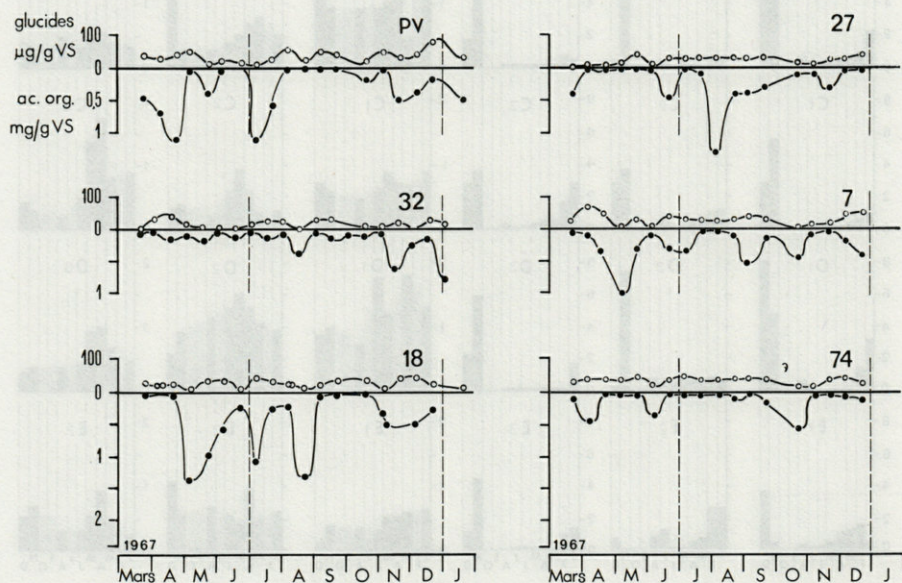


FIG. 4 a. — Fluctuations des acides organiques et glucides de l'extrait 0 en sédiments marins (région de Banyuls-sur-Mer).

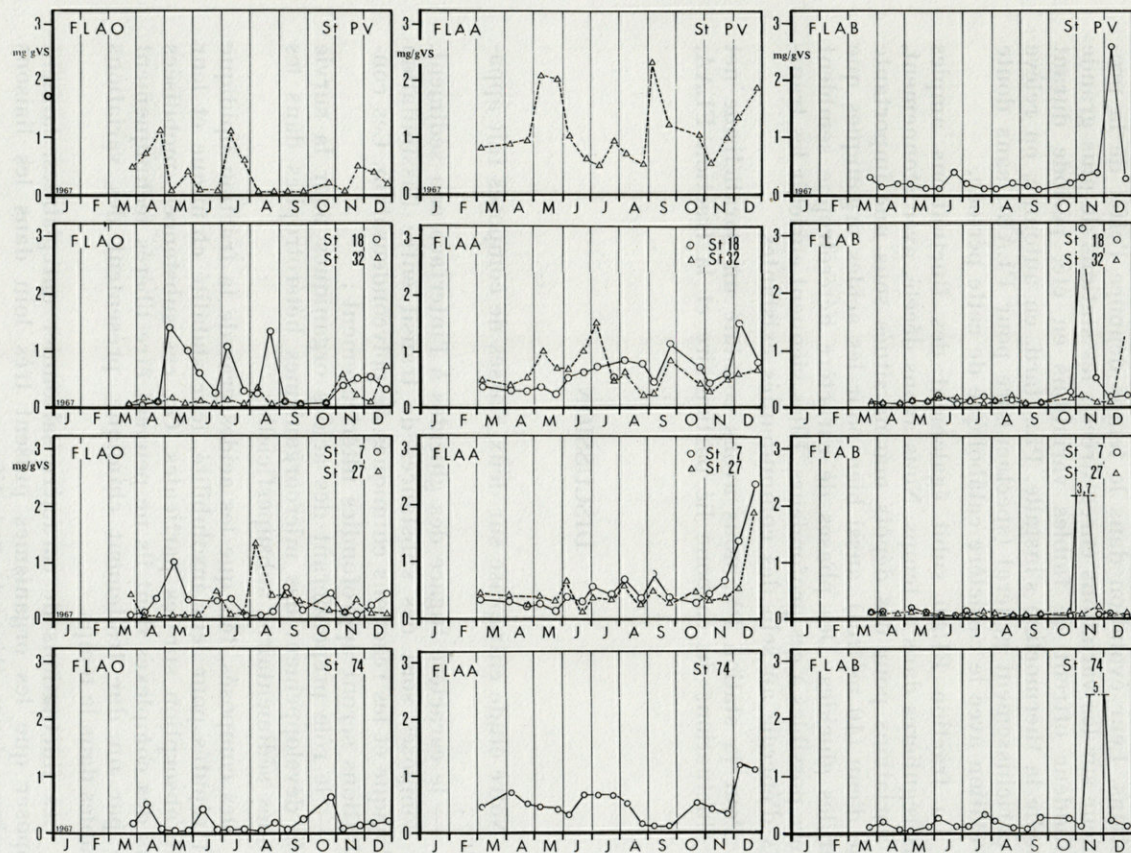


Fig. 4b. — Variations mensuelles des fractions FLA0, FLAA, FLAB, en sédiments marins (région de Banyuls-sur-Mer).

— Sédiments marins : l'ensemble des résultats est présenté dans les figures 4 a et b. Nous pouvons constater l'influence du facteur thermique sur la distribution saisonnière des différentes fractions. Leur évolution dans le temps dénonce l'effet de la profondeur sur les variations enregistrées ; les stations de plus grande profondeur offrent de faibles variations en été, période durant laquelle la thermocline s'installe. Plus tard, en automne, on relève un enrichissement général (spectaculaire pour FLAB), sans doute en relation avec le caractère catabolique de cette période.

La fraction FLA0 subit également des fluctuations amples mais régulières dans le temps. Nous avons décelé, avec étonnement, des variations pour des dépôts marins situés sous une importante lame d'eau (40 mètres), aussi bien pour les acides organiques que pour les glucides. Des phases de caractère hétérotrophe semblent encore possibles à ces profondeurs. Elles viennent enrichir les transferts d'énergie au sein des communautés existantes.

Pour la station PV, nous avons constaté un parallélisme net des fluctuations du carbone lié particulaire et la fraction FLAA.

DISCUSSION

Notre étude entreprise sur deux classes de composés fait apparaître :

— le caractère fugace des glucides à l'interface eau sédiment. Ces composés sont des substances de transit entre l'assimilation biologique et les réactions chimiques de polycondensation. Ces considérations seront approfondies ultérieurement ;

— le rôle prépondérant des acides organiques pour la survie ou le développement des microorganismes hétérotrophes dans les couches sédimentaires subsuperficielles.

Des composés, tels que les acides gras de la fraction lipidique sont réputés pour leur insolubilité, leur stabilité chimique et leur forte absorption sur les particules. Or, ces substances, mobilisées dans des complexes dont ils ne peuvent être libérés techniquement que par un dur traitement chimique, présentent des variations notables dans le temps.

Les fluctuations de caractère saisonnier enregistrées, laissent supposer que les organismes puisent très loin dans les liaisons chimiques leurs éléments nutritifs.

Lorsque la liaison est forte, ces composés sont déplacés lentement et ce déplacement semble lié par un équilibre puisque les

rapports des fractions fortement et faiblement liées présentent des valeurs moyennes annuelles situées autour de 5. Dans ce cas, l'amplitude des fluctuations est modérée et la réserve notable. Lorsque la liaison est faible, les variations sont beaucoup plus rapides et importantes. L'amplitude maximum en automne est de 1 à 30 pour FLA1 et 1 à 10 pour FLA0. On assiste même à un épuisement complet en acides organiques. Alors toute disparition de la fraction facilement assimilable induit une limitation ou une inhibition du caractère hétérotrophe du système.

La mise en évidence de telles phases cycliques entraîne divers niveaux de concurrence chemoorganotrophique :

— lors des périodes d'approvisionnement abondant, la participation de tous les membres hétérotrophes de la communauté dans l'assimilation de tels matériaux (STEPHENS, 1964, 1968 pour les Annelides et les Mollusques ; CHAPMAN et TAYLOR, 1968 ; CHIA et WARWICK 1969 pour les Nématodes ; SOUTHWARD et SOUTHWARD, 1970, pour les Pycnophores) ;

— lors des phases d'appauvrissement, la seule compétition des microorganismes. Dans ce dernier cas, une succession entre les hétérotrophes et les autotrophes peut apparaître.

La dynamique de ces composés à l'interface est telle que toute accumulation semble évitée. Dans le cas des acides gras en zone eutrophe c'est une observation intéressante car ces substances sont réputées pour leur rôle toxique sur la faune (TIBALDI, 1967 ; HOLLIS et RODRIGUEZ-KABANA, 1966 et 1967). Une étude de leur vitesse d'assimilation et de renouvellement paraît indispensable.

Les variations importantes enregistrées dans le temps constituent un obstacle au développement de plusieurs microflore hétérotrophes. Devant les faibles quantités disponibles et les multiples causes d'assimilation de ces molécules simples, de nombreux organismes doivent bénéficier de relations du type métabiotique pour transférer avec efficacité l'énergie liée au carbone à d'autres substances. On devine aisément que l'étendue et l'intensité de ces actions seront limitées non seulement par le niveau de concentration de substances énergétiques, mais surtout par le degré ou la durée de l'association syntrophique.

RÉSUMÉ

En sédiments margino-littoraux méditerranéens (Golfe du Lion) les variations temporelles des acides organiques sont fonction de leur force de liaison avec les particules du dépôt.

Selon toute logique une grande partie de leur réserve se trouve dans la fraction la plus fortement retenue par le sédiment. Les rapports des fractions entre elles laissent apparaître des valeurs moyennes caractéristiques. En lagune, l'absence d'accumulation prononcée de ces composés connus pour leur toxicité indique l'efficacité chemoorganotrophe à l'interface eau-sédiment. En mer, l'apparition périodique de ces composés indique une action hétérotrophe possible. En diagenèse précoce, nous constatons la disparition très rapide des glucides facilement assimilables. Sur le plan biologique cette observation donne un rôle accru aux acides organiques. Mais les quantités présentes ne peuvent justifier l'action des hétérotrophes exigeants du type sulfatoréducteur. Ces flores devront présenter des mécanismes d'adaptation (métabiose) poussée pour leur développement.

ZUSAMMENFASSUNG

In den Sedimenten der Uferzonen des Golfe du Lion (westliches Mittelmeer) hängen die zeitlichen Schwankungen in der Konzentration organischer Säuren von der Bindungskraft gegenüber Partikeln der Ablagerungen ab.

Folgerichtig findet sich ein grosser Teil ihrer Reserve in der am stärksten ans Sediment gebundenen Fraktion. Die Verhältniszahlen der Fraktionen lassen charakteristische Mittelwerte erkennen. In Lagunen zeigt sich chemoorganotrophe Wirkung an der Grenzschicht zwischen Wasser und Sediment am Fehlen einer deutlichen Anreicherung dieser für ihre Toxizität bekannten Komponenten. Im Meer weist das periodische Auftreten dieser Komponenten auf eine mögliche heterotrophe Wirkung hin. In der Frühdiagenese stellen wir das sehr schnelle Verschwinden der leicht assimilierbaren Gluzide fest. Nach biologischen Gesichtspunkten weist diese Beobachtung den organischen Säuren vermehrte Bedeutung zu. Die vorhandenen Mengen können jedoch die Wirkung anspruchsvoller Heterotropher vom Typus der Sulfatreduzierenden nicht rechtfertigen. Diese Floren müssen bedeutende Adaptationsmechanismen (Metabiose) für ihre Entwicklung aufweisen.

BIBLIOGRAPHIE

- BURLINGAME, A.L., P.A. HAUG, H.R. SCHNOES & B.R. SIMONEIT, 1968. Fatty acids derived from the Green River Formation Oil Shale by extractions and oxidations. A review. *In*: Advances in organic chemistry. Schenk and I. Havenaar Edit., Pergamon Press, 85-129.
- CAHET, G., 1970. Aspects chemotrophiques en sédiments lagunaires. Cas du soufre. *Vie Milieu*, **21** (1 B) : 1-36.
- CAHET, G., 1971. Relations carbone-soufre dans les sédiments marins de la région de Banyuls-sur-Mer (Pyr. Or.). *Vie Milieu*, **22** (1 B) : 39-60.
- CAHET, G. & F. GADEL, 1973. Acides organiques dans des sédiments lagunaires et marins : variations en fonction du temps et de la profondeur d'enfouissement. *Rapp. P.v. Réun. Commn int. Explor. mer Méditerr.*, **21** (11) : 821-825.
- CARLES, J. & A. ALQUIER-BOUFFARD, 1965. De quelques perfectionnements pour la chromatographie sur colonnes des acides organiques. *Bull. Soc. Chim. biol.*, **47** (7) : 1519-1521.
- CASALICCHIO, G. & N. ROSSI, 1970. Composition of the lipid fraction of soils. I. Determination of some free organic acids. *Agrochimica*, **14** (5-6) : 505-515.
- CHAPMAN, G. & A.G. TAYLOR, 1968. Uptake of organic solutes by *Nereis virens*. *Nature, Lond.*, **217** : 763-4.
- CHIA, E.S. & R.M. WARWICK, 1969. Assimilation of labelled glucose from sea water by marine nematodes. *Nature, Lond.*, **224** : 720-1.
- COOPER, J.E., 1962. Fatty acids in recent and ancient sediments and petroleum reservoir waters. *Nature, Lond.*, **193** : 744-6.
- COOPER, J.E. & E.E. BRAY, 1963. A postulated role of fatty acids in petroleum formation. *Geochim. cosmochim. Acta*, **27** : 1113-1127.
- DEBYSER, J., 1961. Contribution à l'étude géochimique des vases marines. Institut Français du Pétrole, Edit., ref. : 6005, 249 p.
- DRUCKER, D.B., 1970. Analysis of lactic acid and volatile fatty acids extracted from bacterial fermentations. *J. Chromat.*, **8** (8) : 399-400.
- EGLINTON, G., 1968. Hydrocarbons and fatty acids in living organisms and recent and ancient sediments. *Adv. in org. geoch.*, P.A. Schenk and I. Havenaar Edit., Pergamon press., 24 p.
- FARRINGTON, J.W. & J.G. QUINN, 1971. Comparison of sampling and extraction techniques for fatty acids in recent sediments. *Geoch. cosmochim. Acta*, **35** (7) : 735-741.
- GOTOH, S. & O. YUKATA, 1967. Organic acids in paddy soils. I. Production of organic acids in waterlogged soil in the presence of organic matter under laboratory conditions. *Kyushu Nogyo, Shikenjo Iho*, **12** (3/4) : 235-249.
- GOTOH, S. & O. YUKATA, 1971. Organic acids in a flooded soil supplemented with rice straw and their effects on the growth of rice. *Soil Pl. Fd, Tokyo*, **17** (1) : 1-8.

- GUILLE, A. & J. SOYER, 1970. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. I. Physiographie. *Vie Milieu*, **21** (1 B) : 137-147.
- GUPTA, U.C., 1967. Carbohydrates. In soil Biochemistry, A.D. McLaren and G.H. Peterson, Edit., M. Dekker Publ., 91-118.
- HOLLIS, J.P. & R. RODRIGUEZ-KABANA, 1966. Rapid kill of nematods in flooded soil. *Phytopathology*, **56** (9) : 1015-1019.
- HOLLIS, J.P. & RODRIGUEZ-KABANA, 1967. Fatty acids in Louisiana rice fields. *Phytopathology*, **57** : 841-847.
- KAMATANI, A. & C. MATSUDAIRA, 1965. Fertility of Matsushima Bay. III. Accumulation of organic acids in the course of fermentation of the organic matter in marine muds. *Tohoku, J. agric. Res.*, **16** (1) : 49-56.
- KAMATANI, A. & C. MATSUDAIRA, 1966. Extraction and determination methods of organic acids in sea water and marine sediment. *J. oceanogr. Soc. Japan*, **22** (3) : 87-92.
- KOYAMA, T. & T.G. THOMPSON, 1964. Identification and determination of organic acids in sea water by partition chromatography. *J. oceanogr. Soc. Japan*, **20** (5) : 209-220.
- LINDBLOM, G.P., 1963. The distribution of major organic nutrients in marine sediment. Symposium Marine Biology. Oppenheimer Edit., 205-212.
- MECHALAS, B.J. & S.C. RITTENBERG, 1960. Energy coupling in *Desulfovibrio desulfuricans*. *J. Bact.*, **80** : 501-507.
- MIYOSHI, H., T. SHIRAI & H. KADOTA, 1962. Identification and determination of organic acids in marine and lake sediments. *Bull. Jap. Soc. scient. Fish.*, **28** : 534-539.
- MUELLER, H.F., T.E. LARSON & W.J. LENNARZ, 1958. Chromatographic identification and determination of organic acids in water. *Analyt. Chem.*, **30** (1) : 41-47.
- POSTGATE, J.R., 1959. Sulfate reduction by bacteria. *A. Rev. Microb.*, **13** : 505-520.
- RASTINE, S. & T. ROUQUEROL, 1968. Sur les variations des glucides libres dans les terres de rizières. *Annls Inst. Pasteur, Paris*, **115** (4) : 755-765.
- RIDDLE, V.M., 1963. Determination of traces of organic acids in small samples. Gas liquid chromatography of the total concentrate. *Analyt. Chem.*, **35** (7) : 853-859.
- ROBERT GERO, M., 1964. Etude biologique des sols au cours de l'épreuve d'incubation. III. Glucides libres. *Annls Inst. Pasteur*, **106** : 801-806.
- ROGOSA, M. & L.L. LOVE, 1968. Direct quantitative gas chromatographic separation of C₂-C₆ fatty acids, methanol and ethyl alcohol in aqueous microbial fermentation media. *Appl. Microbiol.*, **16** (2) : 285-290.
- SENEZ, J.C. & B.E. VOLCANI, 1951. Utilisation de l'hydrogène moléculaire par les souches pures de bactéries sulfato-réductrices marines. *C.r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, **232** : 1035-1036.

- SEVER, J.R., T.F. LYTLE & P. HAUG, 1972. Lipid geochemistry of a Mississippi coastal bag environment. *Contr. Mar. Sc.*, **16** : 149-161.
- SOROKIN, Yu. I., 1966. Role of carbon dioxide and acetate in biosynthesis by sulphate-reducing bacteria. *Nature, Lond.*, **210** (5035) : 551-552.
- SOUTHWARD, A.J. & E.C. SOUTHWARD, 1970. Observations on the role of dissolved organic compounds in the nutrition of benthic invertebrates. Experiments on three species of Pogonophora. *Sarsia*, **45** : 69-95.
- STEPHENS, G.C., 1964. Uptake of organic material by marine invertebrates. III. Uptake of glycine by brackish-water annelids. *Biol. Bull. mar. biol. Lab., Woods Hole*, **126** : 150-162.
- STEPHENS, G.C., 1968. Dissolved organic matter as a potential source of nutrition for marine organisms. *Am. Zool.*, **8** : 95-106.
- TIBALDI, E., 1967. Acidi grassi nei sedimenti biologici recenti. *Atti Accad. naz. Lincei Rc.*, **42** : 695-703.
- VERINGA, H.A., T.E. GALESLOOT & H. DAVELAAR, 1968. Symbiosis in yoghurt. II. Isolation and identification of a growth factor for *Lactobacillus bulgaricus* produced by *Streptococcus thermophilus*. *Ned. Melk- en Zuiveltijdschr.*, **22** : 114-120.
- WANG, T.S.C., S.Y. CHENG & H. TUNG, 1967. Dynamics of soil organic acids. *Soil Sci.*, **104** (2) : 138-144.

Reçu le 6 juin 1974

**ESTIMATION DE LA PRODUCTION GLOBALE
DES COPÉPODES PLANCTONIQUES
DANS LA PROVINCE NÉRITIQUE DU GOLFE DU LION
(BANYULS-SUR-MER)**

I. VARIATIONS ANNUELLES QUANTITATIVES

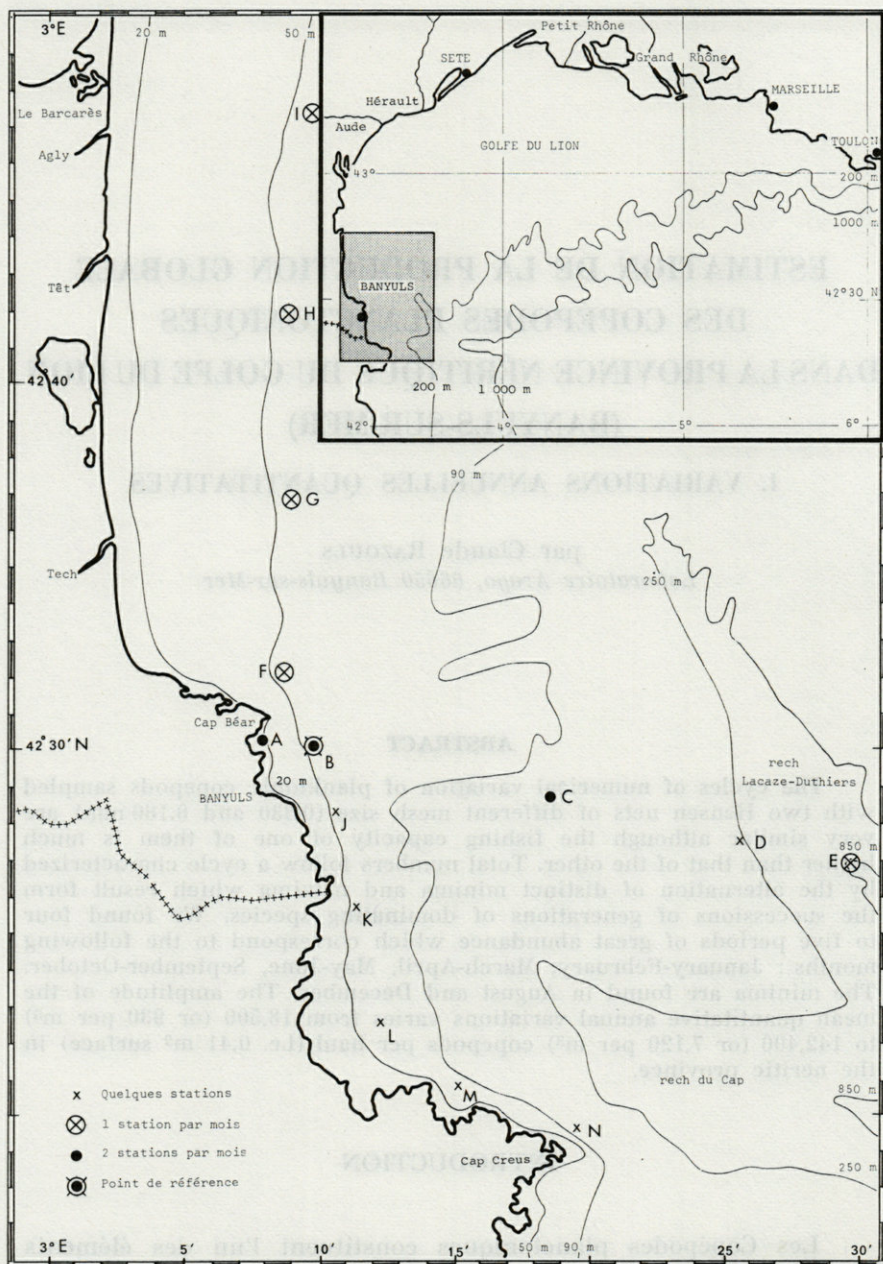
par Claude RAZOULS
Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer

ABSTRACT

The cycles of numerical variation of planktonic copepods sampled with two Hensen nets of different mesh size (0.330 and 0.160 mm) are very similar although the fishing capacity of one of them is much higher than that of the other. Total numbers follow a cycle characterized by the alternation of distinct minima and maxima which result from the successions of generations of dominating species. We found four to five periods of great abundance which correspond to the following months : January-February, March-April, May-June, September-October. The minima are found in August and December. The amplitude of the mean quantitative annual variations varies from 18,500 (or 930 per m³) to 142,400 (or 7,120 per m³) copepods per haul (i.e. 0.41 m² surface) in the neritic province.

INTRODUCTION

Les Copépodes planctoniques constituent l'un des éléments essentiels dans la dynamique trophique de l'écosystème néritique considéré. La quantité de matière organique synthétisée par les



CARTE 1. — Carte de la région de Banyuls. Emplacement des points de prélèvements.

populations de Copépodes en un temps donné est généralement dénommée production globale. Elle résulte de la production des individus, c'est-à-dire de l'accroissement individuel de poids multiplié par le nombre d'individus pour la période considérée. L'analyse de cette production nécessite la connaissance de la dynamique, de la croissance et du taux de mortalité des populations monospécifiques du biotope. Les mesures fréquentes de la biomasse globale sont suffisantes pour caractériser la richesse potentielle de la masse d'eau néritique. Cette donnée est la seule qui puisse permettre des comparaisons géographiques du niveau trophique secondaire. Enfin pour l'étude de la nutrition des prédateurs comme les poissons planctonophages, l'estimation et les variations globales du stock des Copépodes sont essentielles à déterminer.

Les variations de la biomasse dépendent des facteurs trophiques (du phytoplancton en première approximation) et des facteurs hydrobiologiques (température, mouvement des masses d'eau notamment). L'action des prédateurs, si elle n'a pas été estimée, faute de données convenables, n'en demeure pas moins un des éléments non négligeables de l'écosystème.

Nous envisageons dans cette première partie la forme générale des variations numériques des Copépodes au cours de diverses années. Dans une seconde partie, nous estimerons la biomasse représentative des valeurs numériques précédentes et nous chercherons si une relation simple lie les fluctuations des Copépodes dans le temps aux différents facteurs énoncés précédemment. Nous tenterons enfin une estimation de la Production globale.

A. — CYCLES ANNUELS ÉTABLIS A L'AIDE DU FILET HENSEN-EGG, AU POINT DE RÉFÉRENCE « B »

Le choix et les caractéristiques des points de prélèvements (carte 1) ainsi que la méthodologie utilisée ont été exposés dans une publication antérieure concernant l'étude du cycle biologique et l'estimation de la production de deux espèces dominantes *Centropages typicus* et *Temora stylifera* (RAZOULS, 1973).

Les données hydro-climatiques correspondant à l'étude du plancton de la région de Banyuls font l'objet de plusieurs publications (BHAUD et coll., 1967 ; JACQUES et coll., 1969, 1971 ; ROUAULT, 1971). Nous rappellerons que les pêches sont réalisées à l'aide des filets du type Hensen-egg et Hensen-egg modifié respectivement de 0,330 et 0,160 mm de vide de maille. Les traits de filet sont pratiqués verticalement du fond à la surface afin d'éliminer les causes d'erreur dues aux migrations verticales des Copépodes. Les coefficients de variation occasionnés par l'hétéro-

généité spatiale des populations, exposés dans un travail précédent (RAZOULS, 1974) sont de 15,0 dans le cas du filet Hensen-egg et 19,05 pour le filet Hensen modifié. Ce faible degré d'hétérogénéité spatiale nous permet d'envisager les variations temporelles comme ne résultant pas de phénomènes aléatoires mais correspondant à une balance entre recrutement et croissance (processus de production) et « mortalité » (1) des populations de Copépodes, synchrone dans l'ensemble de l'écosystème considéré.

Le volume d'eau théoriquement filtré par les filets est de 20 m³ au point B. La pêche peut être également rapportée à 0,41 m² de surface.

ANNÉE 1965-1966.

L'étude des variations quantitatives annuelles débute en mai (fig. 1). Au cours de ce mois le nombre total de Copépodes croît de 5 100 à 52 000 individus par pêche — le maximum mensuel est atteint le 17 — soit un facteur d'accroissement de 10 en treize jours.

Le nombre de Copépodes décroît jusqu'à la mi-juin pour atteindre un minimum le 12, de 3 460 individus par pêche. Le taux de « mortalité » est de 1 950 individus/jour et paraît assez régulier, mis à part le cas particulier du 21 mai où une abondance exceptionnelle, mais localisée de *Sagitta*, est responsable d'une prédation importante de Copépodes.

Une nouvelle augmentation des Copépodes est constatée à partir de la mi-juin avec un maximum dans la première semaine de juillet. Le nombre d'individus par pêche passe de 3 640 le 15 juin à 25 600 le 2 juillet, soit un taux d'accroissement de 7. Le nombre global décroît jusqu'à la fin de juillet et atteint une valeur de 1 800 individus. Le taux de mortalité pour cette période est de 950 individus par jour.

Dans le courant d'août, nous enregistrons un troisième pic moins important que les deux précédents. Le maximum a lieu vers la mi-août (15 200 individus le 10). Le facteur d'accroissement étant de 8,5.

Puis le nombre de Copépodes diminue régulièrement durant toute la fin du mois d'août pour atteindre une valeur de 1 000 individus le 6 septembre. Soit un taux de mortalité de 525 individus par jour.

Un accroissement important apparaît de nouveau dans le courant du mois de septembre. De 2 500 vers le 15 de ce mois, le

(1) En raison de l'hypothèse invoquée on entend par mortalité toute disparition soit par mort naturelle soit par prédation simultanée dans l'ensemble de l'aire géographique.

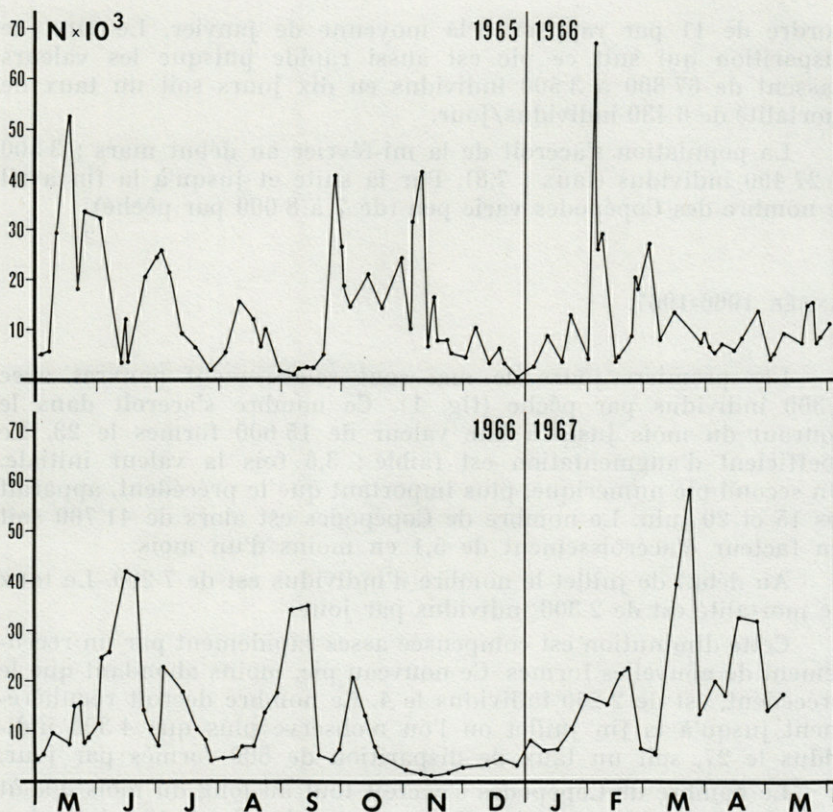


Fig. 1. — Variations quantitatives du nombre total de Copépodes (filet Hensen-egg).

nombre de Copépodes atteint le 27 un maximum de 42 000 (facteur d'accroissement 17). Une disparition rapide des individus abaisse le nombre de 42 000 à 11 500 individus en onze jours soit un taux de mortalité de 2 800 individus/jour.

Au cours du mois d'octobre, le nombre des Copépodes demeure sensiblement constant et voisin de 15 000. Ils augmentent début novembre pour atteindre 41 700 individus le 9. L'accroissement est de 2,8.

La diminution des Copépodes est très rapide. Le minimum annuel est atteint le 27 décembre avec 800 individus par pêche (40 par m³).

Le nombre des Copépodes augmente faiblement dans le courant de janvier puis brusquement en février. L'accroissement est de

l'ordre de 11 par rapport à la moyenne de janvier. Le taux de disparition qui suit ce pic est aussi rapide puisque les valeurs passent de 67 800 à 3 500 individus en dix jours soit un taux de mortalité de 6 430 individus/jour.

La population s'accroît de la mi-février au début mars : 3 500 à 27 400 individus (taux : 7,8). Par la suite et jusqu'à la fin avril le nombre des Copépodes varie peu (de 7 à 8 000 par pêche).

ANNÉE 1966-1967.

Les premiers jours de mai sont relativement pauvres avec 4 300 individus par pêche (fig. 1). Ce nombre s'accroît dans le courant du mois jusqu'à une valeur de 15 600 formes le 23. Le coefficient d'augmentation est faible : 3,6 fois la valeur initiale. Un second pic numérique, plus important que le précédent, apparaît les 15 et 20 juin. Le nombre de Copépodes est alors de 41 700 soit un facteur d'accroissement de 5,1 en moins d'un mois.

Au début de juillet le nombre d'individus est de 7 200. Le taux de mortalité est de 2 300 individus par jour.

Cette diminution est compensée assez rapidement par un recrutement de nouvelles formes. Ce nouveau pic, moins abondant que le précédent, est de 2 260 individus le 4. Ce nombre décroît régulièrement jusqu'à la fin juillet où l'on n'observe plus que 4 300 individus le 27, soit un taux de disparition de 800 formes par jour.

Le nombre de Copépodes s'accroît tout au long du mois d'août pour atteindre des valeurs élevées entre les 5 et 13 septembre (35 000 individus le 13). En un mois cet accroissement est de 7,1.

Le 26 septembre le nombre de Copépodes est de 4 300 soit un taux de mortalité de 1 900 individus par jour.

Une nouvelle augmentation a lieu début octobre : 20 300 individus le 6. Leur nombre décroît rapidement pour atteindre le minimum annuel le 14 novembre avec 1 300 individus par pêche (65 par m³).

Dans le courant du mois de décembre le nombre des Copépodes s'accroît peu. Le recrutement devient plus important courant janvier et février.

De 3 200 fin décembre, nous observons 17 100 individus fin janvier et 22 700 le 20 février, soit des taux d'accroissement de 5,4 à 7,1.

Cette période est suivie d'une diminution du nombre d'individus qui s'abaisse jusqu'à une valeur de 5 600 formes le 6 mars, soit un taux de mortalité de 1 370 Copépodes par jour.

Un accroissement important a lieu à partir de la mi-mars. Le maximum du cycle annuel est atteint le 23 mars avec 57 400 individus par pêche (2 870 par m³). Soit un facteur d'augmentation de 10 en 17 jours.

Le nombre de Copépodes décroît jusqu'à une valeur de 13 300 individus à la fin mars. Le taux s'élève de nouveau en avril avec une valeur maximale de 32 600 le 17 de ce mois.

Début mai le nombre moyen par pêche est de 13 500 individus.

B. — COMPARAISONS INTERANNUELLES DES VARIATIONS QUANTITATIVES ET CARACTÉRISTIQUES DU CYCLE AU POINT DE RÉFÉRENCE « B » A L'AIDE DU FILET HENSEN - MODIFIÉ

Nous savons que le filet Hensen-egg, en raison de son vide de maille, ne fournit qu'une image très imparfaite des variations quantitatives réelles des Copépodes dans le milieu. Seule la fraction dimensionnelle correspondant aux formes âgées des Copépodites et aux adultes des espèces de taille moyenne est retenue (RAZOULS et THIRIOT, 1968). Néanmoins la fraction pêchée est la plus importante quant à la biomasse. Un tel cycle, « débarrassé » des formes naupliennes et des premiers stades copépodites, permet de mieux localiser dans le temps et d'avoir une meilleure estimation de la fluctuation du nombre des adultes.

Le cycle annuel de la première année présente cinq pics bien marqués entre mai et novembre, espacés les uns des autres de quarante jours environ. En été le nombre des Copépodes décroît jusqu'à une concentration proche du minimum qui a lieu en décembre.

De janvier à avril trois pics peuvent être observés. Le maximum annuel a lieu en février.

Le cycle annuel présente donc une fréquence de huit périodes qui implique une dynamique générale de la population de 45 jours. Si les valeurs maximales de l'amplitude sont très inégales pour chaque période, au contraire, les valeurs minimales sont plus proches. Au cours de la seconde année nous trouvons un type de cycle comparable. Huit périodes peuvent être notées : cinq de mai à octobre et trois de janvier à avril. Si les valeurs minimales de l'amplitude sont voisines de celles de l'année précédente, les valeurs maximales montrent la même irrégularité. Le cycle présente une caractéristique importante qui est celle d'un déphasage de près

d'un mois. Ce décalage dans le temps apparaît naturel si l'on considère que la période de 45 jours est une donnée moyenne, résultant des rapports chronologiques entre les principaux paramètres physiques et biologiques constituant l'écosystème néritique.

La similitude des cycles pour les deux années permet d'envisager un nouveau type de cycle qui en serait la synthèse.

Le tableau I indique par mois, les valeurs moyennes et extrêmes, exprimées par mètre-cube, ainsi que l'étendue de la variation des mesures obtenues à l'aide du filet Hensen-egg (0,330 mm).

Les résultats précédents montrent que le cycle annuel des variations quantitatives des Copépodes peut être décomposé en

TABLEAU I

Moyennes mensuelles du nombre de Copépodes par m³. Valeurs minimales et maximales par mois, coefficient de variation se rapportant à la moyenne. n = nombre de sorties par mois.

Année 1965					
Mois	n	Moyenne	Minimum	Maximum	Cv %
Mai	6	899	112	2618	113
Juin	7	832	173	1595	64
Juillet	5	645	90	1280	79
Août	7	445	85	760	50
Septembre	7	441	50	2100	167
Octobre	6	883	575	1220	27
Novembre	8	808	260	2085	83
Décembre	6	238	40	525	71
Année 1966					
Janvier	5	319	120	635	67
Février	8	1125	175	3390	92
Mars	5	663	385	1370	62
Avril	6	402	285	700	38
Mai	8	461	215	780	45
Juin	8	1216	505	2085	47
Juillet	6	591	215	1133	59
Août	6	423	240	685	46
Septembre	5	846	215	1750	95
Octobre	4	560	250	1015	62
Novembre	5	96	65	140	31
Décembre	4	189	155	220	19
Année 1967					
Janvier	5	481	315	855	46
Février	4	839	335	1135	44
Mars	4	1404	280	2870	83
Avril	4	1346	850	1630	27
Mai	2	—	—	—	—

phases alternées d'abondance et de pauvreté. Ces phases se résument de la manière suivante :

1^{re} année

Maximum :	mai-juin :	865 ind/m ³
Minimum :	août-sept. :	443 —
Maximum :	oct.-nov. :	845 —
Minimum :	déc.-janv. :	278 —
Maximum :	fév.-mars :	894 —
Minimum :	avril :	402 —

2^e année

Maximum :	juin-juil. :	1 403 —
Minimum :	août :	423 —
Maximum :	sept.-oct. :	703 —
Minimum :	nov.-déc. :	143 —
Maximum :	mars-avr. :	1 375 —

La période de ce cycle est de quatre mois.

A partir de 1966 le maillage du filet Hensen est diminué afin d'obtenir un meilleur échantillonnage du milieu. Les stades juvéniles plus précoces sont retenus ainsi que les adultes de petite taille. Cependant les formes naupliennes et les premiers copépodites sont encore en grande partie sous-estimés.

ANNÉE 1966-1967.

Le cycle (fig. 2) débute à la fin février où l'on observe une concentration de 42 600 individus par pêche. Ce taux s'accroît pour atteindre une valeur maximale le 15 mars, de 154 700 individus. Le facteur d'accroissement est de 3,6. A ce premier pic succède une diminution qui ramène le nombre à 17 500 individus au début d'avril soit un taux de mortalité de 6 560 formes par jour.

La concentration, minimale au début de mai avec 37 000 individus, s'accroît irrégulièrement jusqu'au 15 juin pour atteindre 229 700 Copépodes. L'augmentation est de 6,2 fois la valeur initiale.

Le nombre est de nouveau minimal le 1^{er} août, soit 20 400 individus. Le taux de mortalité est de 4 450 individus par jour.

Un nouveau pic important a lieu à la mi-septembre : 168 500 individus le 13. L'accroissement est de 8,2.

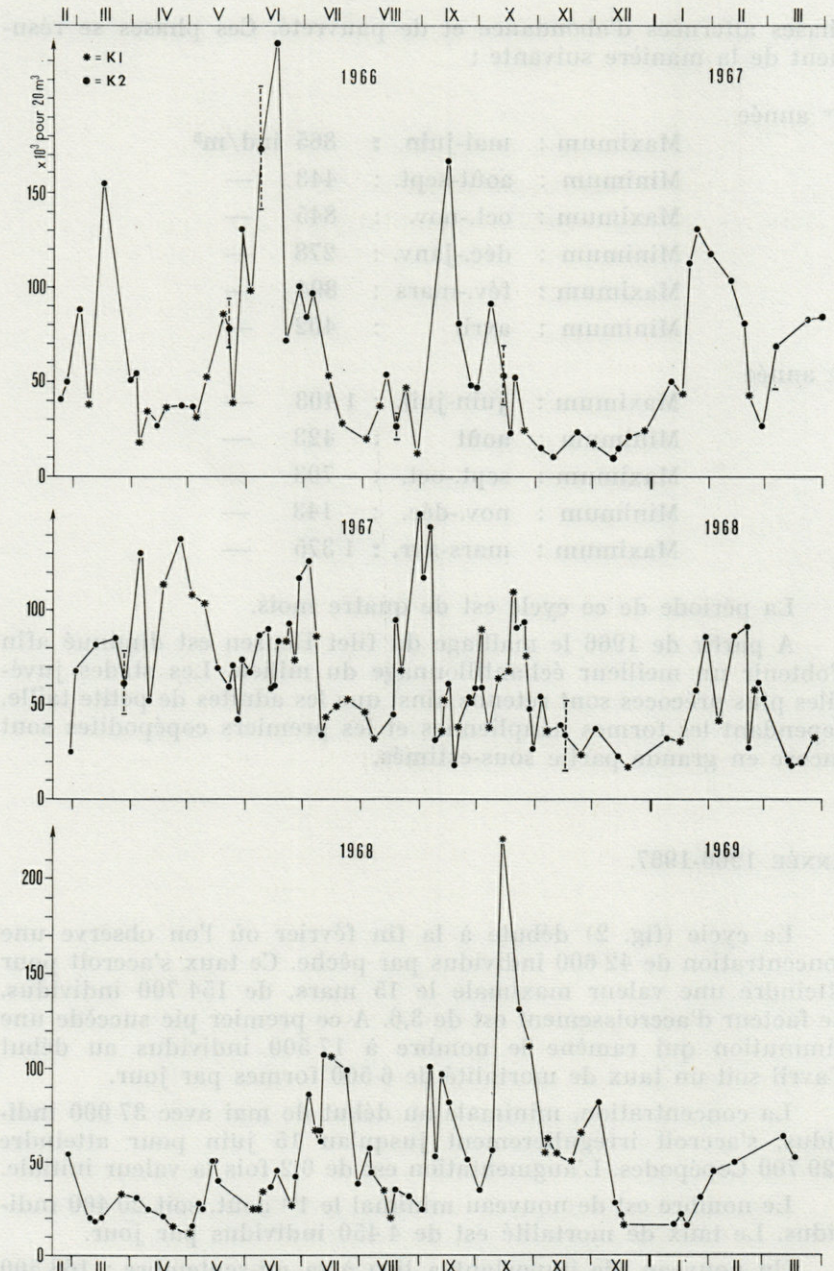


FIG. 2. — Variations quantitatives du nombre total de Copépodes (filet Hensen modifié à 0,160 mm).

Le minimum annuel est atteint le 9 novembre avec 12 200 animaux par pêche. Soit un taux de mortalité de 2 740 formes par jour.

Une nouvelle augmentation apparaît dans le courant de janvier pour atteindre un maximum de 133 200 individus le 23.

Le facteur d'accroissement est de 13.

En résumé, les variations quantitatives des Copépodes au cours de l'année présentent un aspect cyclique bien caractérisé. Quatre périodes d'abondance sont localisées dans le temps : en mars, juin, septembre et janvier. La valeur des maximums est voisine de 150 000 individus par pêche (soit 7 500 individus par m³). Les minimums se situent en avril, août, novembre et à la fin de février. Les différentes valeurs sont proches de 16 000 individus par pêche (soit 800 par m³).

ANNÉE 1967-1968.

La figure 2 retrace les variations quantitatives globales de mars 1967 à février 1968. L'aspect cyclique des variations apparaît moins net que dans le cas de l'année précédente.

Un premier maximum s'observe en avril avec 137 900 individus le 26. Le facteur d'accroissement est de 4,8.

Un minimum a lieu le 27 mai, le nombre des Copépodes étant de 42 900. Le taux de mortalité est de 3 060 individus par jour.

Un nouveau pic est visible à la fin de juin (le maximum est de 126 000 formes le 3 juillet) soit un accroissement de 3.

Une diminution très brusque de la valeur précédente porte le nombre à 32 000 Copépodes le 7 août : taux de mortalité de 2 680 individus par jour.

Une augmentation régulière du nombre des Copépodes a lieu dans le courant du mois d'août, le maximum est atteint le 30 avec 151 000 formes. L'accroissement est de 4,7.

Un minimum est enregistré le 18 septembre où l'on ne trouve plus que 18 000 Copépodes soit un taux de disparition de 7 000 individus par jour.

Un nouveau pic a lieu le 19 octobre avec 109 800 formes, soit une augmentation de 6,1 sur la valeur initiale.

La diminution est ensuite régulière et atteint le minimum annuel le 19 décembre : 17 800 Copépodes. Le taux de mortalité est de 1 500 individus par jour.

Un maximum apparaît de nouveau à la mi-février. La valeur est de 92 300 le 20. Le facteur d'accroissement est de 5,2.

En résumé le cycle 1967-1968 des variations quantitatives présente cinq périodes d'abondance : en avril, fin juin, fin août, octobre et février. Ce cycle est moins marqué que celui de l'année précédente et déphasé. La valeur des maximums est aussi moins élevée : 130 000 individus par pêche (6 500 par m³).

Les minimums se situent en mai, juillet, août, septembre et décembre. Le nombre de Copépodes par pêche est de 20 à 30 000 (1 250 par m³).

ANNÉE 1968-1969.

La figure 2 retrace les variations quantitatives de l'année. Il n'y a pas en début de cycle d'abondance marquée. Un pic de faible amplitude est décelable en mai, le nombre d'individus est de 50 700; l'accroissement au cours du mois est de 4,4.

Une augmentation importante a lieu en juillet avec 107 500 Copépodes le 12, le facteur de multiplication est de 4. Une diminution du nombre apparaît en août où le minimum est de 20 400 formes le 16, soit un taux de mortalité de 2 500 individus par jour.

Un nouveau pic est visible en septembre où le nombre de Copépodes atteint 100 800 le 6. Soit un accroissement de 5,3.

Après une diminution régulière de ces formes nous enregistrons le maximum annuel le 15 octobre avec 222 700 individus par pêche. Le facteur d'accroissement est de 6,4. A ce pic succède une décroissance rapide qui ramène le nombre précédent à 51 200 Copépodes le 20 novembre. Le taux de mortalité est de 4 750 individus par jour.

Un minimum annuel est constaté de la mi-décembre à la mi-janvier. Le nombre d'individus est de 20 000 environ.

Une nouvelle augmentation apparaît dans le courant de février.

En résumé les variations quantitatives des Copépodes montrent l'existence d'un cycle peu marqué de mars à juin. Quatre périodes d'abondance sont observées en juillet, septembre, mi-octobre, mi-février. Trois minimums sont constatés en avril, août, et décembre-janvier.

Le tableau II résume par mois les principales données quantitatives : la moyenne mensuelle, l'étendue de la variation, les valeurs extrêmes notées dans le mois, obtenues à partir du filet Hensen modifié (0,160 mm).

TABLEAU II

Moyennes mensuelles et valeurs extrêmes du nombre total de Copépodes exprimé par m^3 . n = nombre de sorties dans le mois; Cv = coefficient de variation se rapportant à la moyenne.

Année 1966					
Mois	n	Moyenne	Minimum	Maximum	Cv %
Février	2	2307	2130	2485	—
Mars	4	4129	1830	7735	64
Avril	6	1754	875	2730	35
Mai	7	3266	1610	6550	55
Juin	5	6743	3560	11485	48
Juillet	4	3308	1420	4875	47
Août	6	1740	885	2735	43
Septembre	4	4356	2410	8425	64
Octobre	6	2628	1210	4645	49
Novembre	4	901	610	1245	30
Décembre	4	939	510	1290	37
Année 1967					
Janvier	6	3589	1200	6660	61
Février	4	3284	1435	5300	54
Mars	4	3178	2775	3565	11
Avril	4	5446	2610	6895	36
Mai	7	3773	2145	5380	31
Juin	10	4029	2940	5850	23
Juillet	6	3270	1690	6300	53
Août	6	3647	1600	7550	60
Septembre	11	3014	900	7200	62
Octobre	11	3481	1350	5490	37
Novembre	5	1851	1230	2775	32
Décembre	3	1322	890	1910	40
Année 1968					
Janvier	4	2619	1570	4325	49
Février	7	3015	1405	4615	36
Mars	4	1203	935	1675	27
Avril	4	1124	700	1530	31
Mai	7	1569	575	2535	50
Juin	7	1674	1220	2250	25
Juillet	7	4084	1920	5375	31
Août	6	1876	1020	2880	34
Septembre	6	3392	1210	5040	44
Octobre	5	5568	1745	11135	66
Novembre	5	2916	2560	3330	11
Décembre	4	1879	890	4115	80
Année 1969					
Janvier	4	1075	810	1550	32
Février	2	2370	2250	2500	—
Mars	2	2925	2640	3210	—

Le tableau précédent permet de synthétiser chacune des trois années de la manière suivante :

1^{re} année (1966-67)

	Nombre moyen/m ³
Maximum : mars	: 4 129
Minimum : avril	: 1 754
Maximum : juin	: 6 743
Minimum : août	: 1 740
Maximum : septembre	: 4 356
Minimum : novembre	: 901
Maximum : janvier	: 3 589

2^e année (1967-68)

Maximum : avril	: 5 446
Minimum : mai	: 3 773
Maximum : juin	: 4 029
Minimum : juillet	: 3 270
Maximum : août	: 3 647
Minimum : septembre	: 3 014
Maximum : octobre	: 3 481
Minimum : décembre	: 1 322
Maximum : février	: 3 015

3^e année (1968-69)

Minimum : avril	: 1 124
Maximum : juillet	: 4 084
Minimum : août	: 1 876
Maximum : septembre	: 3 392
Maximum : octobre	: 5 568
Minimum : janvier	: 1 075
Maximum : fév./mars	: 2 650

La comparaison des cycles ainsi synthétisés pour les deux types de filets employés, indique que le cycle des variations quantitatives n'est pas affecté par le type de filet utilisé (fig. 3). Le problème abordé ici est de savoir si l'image de ce cycle n'est qu'un reflet du filet employé ou s'il traduit plus ou moins correctement une réalité biologique. Les variations quantitatives pour une même année (1966-1967) ont été suivies à l'aide des deux filets.

Le cycle annuel présente des phases alternées d'abondance et de pauvreté qui sont les mêmes pour les deux filets, mis à part un léger déphasage, dû à la forte majoration des formes juvéniles dans le filet Hensen modifié.

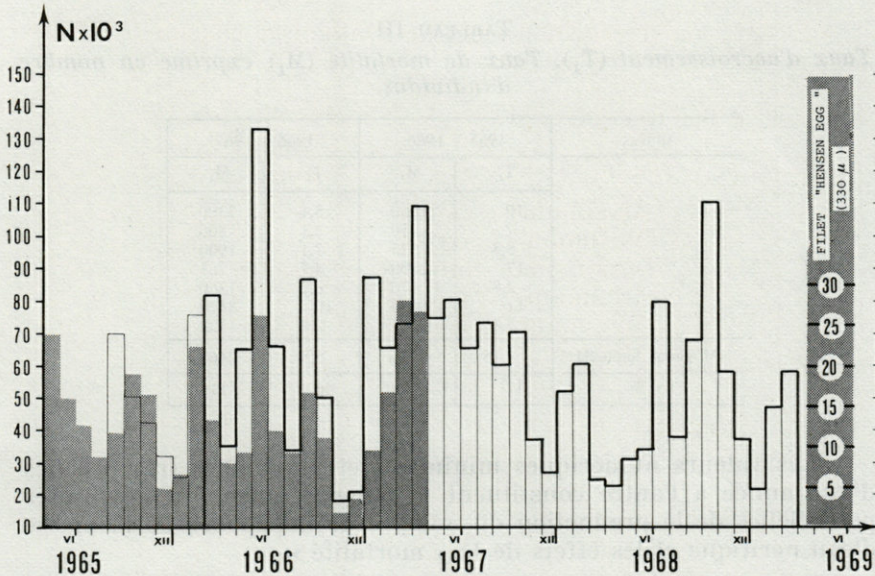


FIG. 3. — Moyennes mensuelles du nombre total de Copépodes récoltés avec les 2 filets.

En conclusion, l'évolution quantitative des populations de Copépodes dans la province néritique présente les caractéristiques suivantes :

1) les variations numériques globales suivent un cycle composé par l'alternance de phases distinctes d'accroissement à partir d'un stock minimal et de diminution qui ramène la population à cette valeur initiale ;

2) le nombre des phases est variable selon les années. On constate de quatre à cinq périodes de forte abondance par an qui correspondent généralement aux mois suivants :

- Premier maximum : janvier-février
- 2^e » : mars-avril
- 3^e » : mai-juin
- 4^e » : septembre-octobre

Les minimums ont lieu en août et décembre.

Si l'on tient compte des pics secondaires on peut dénombrer sept périodes d'abondance au cours de l'année.

3) L'amplitude des variations quantitatives oscille entre les valeurs minimales moyennes par année : 14 400 individus par pêche (ou 720/m³) en 1966, 24 220 (ou 1211/m³) en 1967 ; 16 980 (ou 849/m³) et les valeurs maximales moyennes suivantes : 171 525 individus par pêche (ou 8 576/m³) en 1966 ; 131 175 (ou 6 559/m³) en 1967 ; 124 400 (ou 6 220/m³) en 1968.

TABLEAU III
Taux d'accroissement (T_1). Taux de mortalité (M_1) exprimé en nombre d'individus.

Années	1965 - 1966		1966 - 1967	
	T_1	M_1	T_1	M_1
	10	1950	5,1	2300
	7	950	3,1	800
	8,5	525	7,1	1900
	17	2800	4,7	765
	2,8	870	6,2	1360
	11	6430	10	8820
	7,8	—	2,4	1333
Moyenne annuelle	9,16	2254	5,51	2468
Cv %	47	98	46	116

Les valeurs numériques minimales et maximales très proches d'une année à l'autre constituent la balance entre les possibilités potentielles de la production du nombre de Copépodes de la masse d'eau néritique et les effets de la « mortalité ».

La « production », qui est l'accroissement de matière par unité de temps, correspond dans ce cas à l'augmentation du nombre de Copépodes par jour. Les taux d'accroissement donnés dans le tableau III sont calculés la plupart du temps sur une période de 15 jours. Les taux de « mortalité » (mortalité naturelle et prédation) sont calculés par jour et suivent les phases d'augmentation. Ces valeurs correspondent aux résultats avec le filet Hensen classique.

Pour le filet Hensen modifié nous trouvons les valeurs suivantes (tableau IV).

Malgré la variabilité des mesures obtenues au cours d'une année, nous observons des ordres de grandeur comparables dans les taux d'accroissement et de « mortalité » entre les diverses années.

TABLEAU IV
Taux d'accroissement (T_1). Taux de mortalité (M_1) en nombre d'individus.

Années	1966 - 1967		1967 - 1968		1968 - 1969	
	T_1	M_1	T_1	M_1	T_1	M_1
	3,6	6560	4,8	3060	4,4	1560
	6,2	4450	3	2680	4	2500
	8,2	2740	4,7	7000	5,3	2100
	13	3000	6,1	1500	6,4	4750
	—	—	5,2	3060	3,1	—
Moyenne annuelle	7,75	4188	4,76	3460	4,64	2728
Cv %	51	42	24	60	27	51

La province néritique peut être caractérisée lors des phases de production par une valeur d'accroissement de 5,57. Le taux moyen de la mortalité est de 3 458 Copépodes par jour (pour 20 m³).

C. — VARIATIONS QUANTITATIVES DES COPÉPODES DE LA PROVINCE NÉRITIQUE : POINT « C »

Nous avons utilisé le filet Hensen modifié et procédé par traits verticaux du fond à la surface soit de 90 mètres à la surface, le volume théoriquement filtré est de 38 m³.

La figure 4 retrace l'évolution quantitative au point C durant les trois années 1966, 1967 et 1968.

ANNÉE 1966.

Nous observons en mars un premier pic qui correspond à celui qui avait été noté au point B. Le maximum y est moins important 71 800 individus par pêche.

Le 2 mai nous enregistrons une valeur minimale de 29 300 Copépodes. Soit un taux de mortalité de 1215 animaux par jour.

Une augmentation importante a lieu à la fin mai et début juin. Le maximum annuel est atteint le 2 juin avec 156 000 individus. Le facteur d'accroissement est de 5,3. Ce pic est tout à fait semblable à celui du point B trouvé à la même période.

La diminution du stock est régulière jusqu'à la mi-août : 38 100 Copépodes le 9. Le taux de mortalité journalier est de 1 760.

Un nouveau pic est constaté en septembre qui coïncide avec celui du point B.

En résumé les variations quantitatives des Copépodes au point C montrent une tendance cyclique dont les phases d'abondance et de pauvreté sont semblables à celles du point B. Au point C les valeurs des maximums sont plus basses, les valeurs minimales (28 500 individus en moyenne) observées aux mêmes périodes pour les deux points, sont un peu plus fortes.

ANNÉE 1967

Au cours du mois de janvier nous observons le maximum annuel avec 212 800 individus par pêche, soit un accroissement de

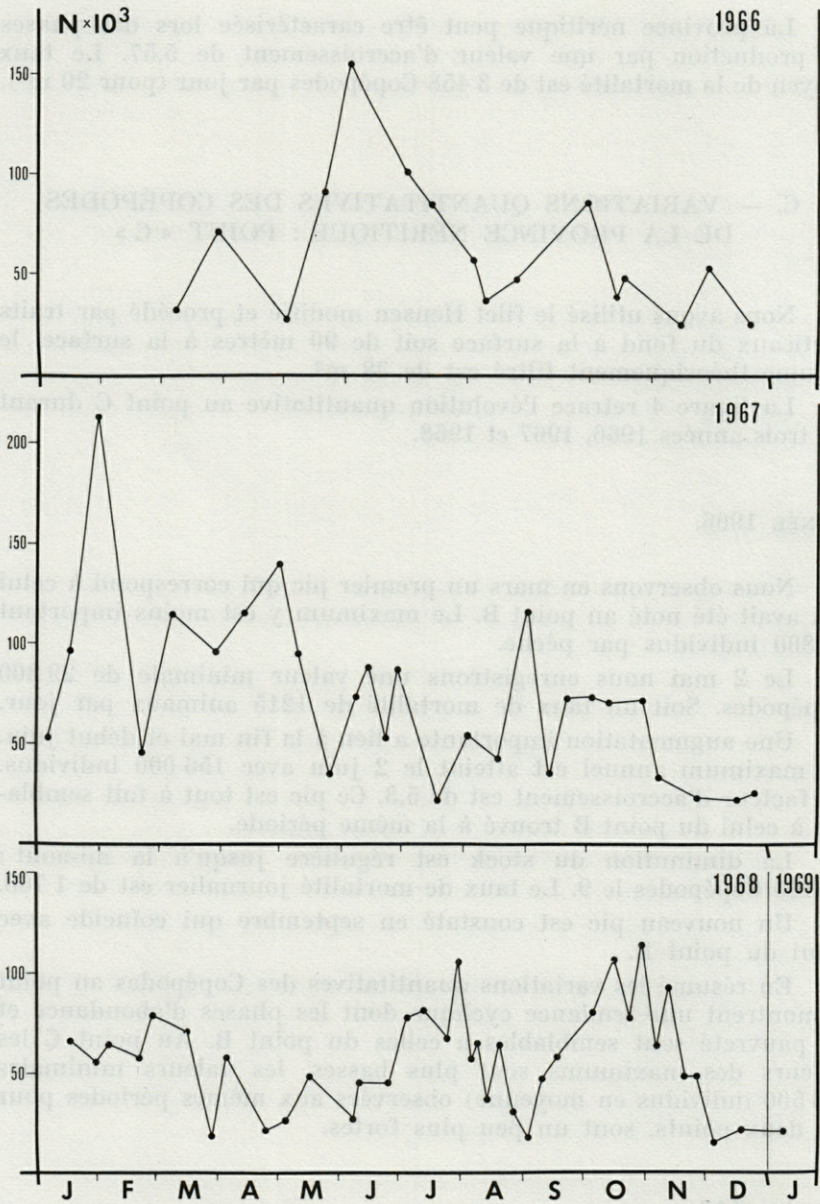


FIG. 4. — Variations du nombre total de Copépodes au point C (filet Hensen modifié à 0,160 mm).

8,2 du stock par rapport à décembre. Ce pic est tout à fait semblable à celui du point B, comme d'ailleurs leur facteur d'accroissement.

Nous constatons un minimum le 21 février avec 42 000 individus ce qui correspond à une mortalité journalière de 8 540 Copépodes.

Le stock augmente de nouveau dans le courant de mars et avril de façon comparable et avec des valeurs voisines aux deux points C et B.

Après une diminution vers la fin mai nous enregistrons une augmentation en juin. Le minimum annuel a lieu le 18 juillet avec 22 000 individus, soit un taux de mortalité de 3 220 Copépodes par jour.

Un nouveau maximum est noté en septembre : 115 800 formes. Le facteur d'accroissement est de 2,7.

Le stock se maintient à des valeurs élevées durant le mois d'octobre. Les minimums annuels apparaissent de nouveau en novembre et décembre.

En résumé le cycle du point C suit très fidèlement celui du point B. Les valeurs des maximums sont supérieures ou très proches de celles du point B de même que les minimums (28 860 individus par pêche).

ANNÉE 1968.

En janvier et février le nombre des Copépodes augmente, le taux d'accroissement est de 2,9. Deux pics successifs de faible abondance sont observés en avril et mai qui correspondent à ce qui avait été noté au point B. Une augmentation importante du stock a lieu en juillet, avec un maximum le 30 : 105 000 individus par pêche. Le taux d'accroissement est de 3,8. Ce pic a son homologue au point B. L'un des minimums annuels est enregistré fin août, début septembre (19 000 Copépodes le 2) soit un taux de mortalité de 2 600 Copépodes par jour. Dans le courant octobre le stock atteint son maximum annuel (113 500 formes le 19). Le taux d'accroissement est de 6. Cette période d'abondance peut également être observée au point B.

Le minimum annuel du nombre de Copépodes se présente en décembre avec 16 000 individus par pêche. Le taux de mortalité est de 2 800 formes par jour.

En résumé les variations quantitatives au point C suivent le même cycle qu'au point B. L'ordre de grandeur des valeurs est comparable.

La donnée minimale moyenne est de 20 250 individus. Le tableau V résume l'ensemble des données en exprimant les moyennes mensuelles, les valeurs minimales et maximales, n correspond au nombre de sorties par mois. Celles-ci ne sont pas suffisamment nombreuses pour qu'il soit possible de calculer le coefficient de variation relatif aux moyennes comme dans le cas du point B.

TABLEAU V
Moyennes mensuelles et valeurs extrêmes du nombre total de Copépodes exprimées par m³.

Année 1966				
Mois	n	Moyenne	Minimum	Maximum
Mars	2	1382	874	1889
Mai	2	1600	771	2429
Juin	1	—	—	4105
Juillet	2	2470	2226	2674
Août	3	1268	1003	1518
Septembre	2	1871	1453	2289
Octobre	2	1172	1047	1297
Novembre	2	891	466	1316
Décembre	1	—	—	684
Année 1967				
Janvier	3	3002	1389	5600
Février	1	—	—	1105
Mars	2	2758	2518	2997
Avril	1	—	—	3053
Mai	2	1717	918	2516
Juin	4	1974	1389	2297
Juillet	1	—	—	579
Août	2	1266	1137	1395
Septembre	3	1963	947	3047
Octobre	4	1760	1379	1932
Novembre	2	748	632	863
Décembre	2	639	595	682
Année 1968				
Janvier	2	1606	1474	1737
Février	3	1726	1713	1934
Mars	2	1183	500	1866
Avril	2	1040	566	1513
Mai	2	986	703	1268
Juin	3	1032	726	1197
Juillet	4	2186	1776	2763
Août	4	1272	805	1671
Septembre	4	1239	500	1645
Octobre	4	2487	2053	2987
Novembre	4	1667	1279	2421
Décembre	2	500	421	579

La concentration des organismes dans l'ensemble de la colonne d'eau est plus faible au point C qu'au point B, ce dernier bénéficiant des effets dus à la proximité des côtes.

D. — COMPARAISON DES DONNÉES QUANTITATIVES DE LA PROVINCE NÉRITIQUE AVEC CELLES DES PROVINCES CÔTIÈRES ET OCÉANIQUES LIMITROPHES

Nous envisageons ici le cas où le mouvement des masses d'eau provoquerait une translation du stock des Copépodes des provinces côtière ou océanique dans la province néritique. Un tel processus aurait pour conséquence de créer des discontinuités dans l'évolution naturelle des populations.

L'étude de l'hydrodynamisme local nous permet de considérer ces phénomènes comme accidentels; l'échantillonnage aux points B et C est effectué généralement dans des masses d'eau de même nature, c'est-à-dire d'origine identique et qui ont connu la même évolution de leurs facteurs hydrobiologiques. La régularité et le parallélisme des cycles aux points B et C sont une confirmation de l'hypothèse de HARVEY et coll. (1935).

La fréquence des pêches réalisées aux points A et E n'est pas suffisante pour connaître avec exactitude le type de cycle de ces zones. Les données numériques obtenues permettent d'établir quelques comparaisons entre les trois provinces à partir des pêches effectuées le même jour (ou à un jour près).

Les rapports entre pêches des points A, B, C et E des années 1965 à 1967 sont calculés à partir des résultats du nombre total de Copépodes dus au filet Hensen-egg. Seules les données moyennes sont indiquées dans le tableau VI :

TABLEAU VI
Rapports B/A, B/C, C/E.

	B/A	B/C	C/E
\bar{n}	35	25	8
Moyenne	2,682	1,058	0,732
Ecart-type	0,304	0,187	0,122
Cv %	67	89	47

Les volumes d'eau filtrés sont différents pour les quatre points, les rapports théoriques sont : $B/A = 2,5$; $B/C = 0,52$ et C/E de 0,45 à 0,63 selon les profondeurs atteintes (150 ou 200 m).

Dans le cas du rapport B/A nous voyons que la quantité pêchée en B correspond à l'augmentation du volume filtré. Les concentrations en Copépodes sont du même ordre. Le rapport B/C montre que les nombres récoltés en B et C sont les mêmes, les concentrations en organismes sont près du double en B. Le rapport C/E permet de constater une légère augmentation du nombre de Copépodes en E, les concentrations sont identiques aux deux points.

En résumé la province côtière et les soixante premiers mètres de la province néritique présentent le même rendement. Le nombre global d'individus est le même pour les divers points de la province néritique, l'augmentation du volume n'accroît pas le « standing crop ». La comparaison entre les points C et E montre un léger accroissement du nombre de Copépodes en E. Par sa position géographique le point E est à la limite des provinces néritiques et océaniques.

Le rapport des pêches pour ces mêmes points est calculé de 1966 à 1969 à partir des prélèvements obtenus à l'aide du filet Hensen-modifié. Les rapports sont exprimés dans le tableau VII :

TABLEAU VII
Rapports B/A, B/C, C/E

	B/A	B/C	C/E
n	19	75	28
Moyenne	2,177	1,072	1,113
Écart-type	0,266	0,077	0,100
Cv %	53	65	49

Les rapports volumétriques entre les divers points sont les mêmes pour les deux filets. L'examen de ce tableau ne révèle pas de différence notable vis-à-vis du précédent. Seul le rapport C/E, en raison d'un nombre plus important de mesures est plus proche de la réalité. L'accroissement du nombre des stades juvéniles et des petites formes pêchées par le filet Hensen-modifié ne modifie pas les quantités globales respectives aux divers points.

CONCLUSION

Les pêches verticales réalisées au point de référence de l'écosystème néritique permettent de rendre compte avec une très bonne approximation des variations quantitatives du stock global des Copépodes dans le temps.

La comparaison de deux filets du type Hensen à vide de maille différent (0,330 et 0,160 mm) montre que les variations cycliques sont également traduites. Le cycle biologique des espèces dominantes (RAZOULS, 1973) imprime aux variations quantitatives globales une périodicité de quarante jours environ de mai à novembre, dans le cas du filet à plus gros vide de maille. Par suite de la rétention des stades les plus âgés, le phénomène est plus net qu'avec le filet à plus fin maillage.

Un tel modèle périodique suggère bien que l'on se trouve en présence d'une succession de générations et non de fluctuations numériques aléatoires. Le « bruit de fond » occasionné par la présence continue de femelles et leur possibilité de reproduction plus ou moins continue est le plus souvent masqué par la réussite numérique d'une population initiale. Celle-ci, limitée dans le temps, imprime aux variations numériques une périodicité correspondant au cycle biologique de l'espèce qui peut être suivie plus ou moins longtemps. Le mécanisme exact de cette dynamique n'est pas clairement établi et est encore controversé (BERNARD, 1970).

RÉSUMÉ

Le cycle des variations numériques des Copépodes planctoniques obtenu à partir des prélèvements faits avec deux filets Hensen de maillage différent (0,330 mm et 0,160 mm) est très semblable, bien que le pouvoir de pêche soit très supérieur pour l'un d'eux.

Les variations numériques globales suivent un cycle composé par l'alternance de phases distinctes de minimums et de maximums qui résultent de la succession des générations des espèces dominantes. On constate de quatre à cinq périodes de forte abondance par an qui correspondent aux mois suivants : janvier-février, mars-avril, mai-juin, septembre-octobre. Les minimums ont lieu en août et décembre. L'amplitude des variations annuelles quantitatives moyennes varie de 18 500 (ou 930 par m³) à 142 200 (ou 7 120 par m³) Copépodes par pêche (soit 0,41 m³ de surface) dans la province néritique.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Zyklus der numerischen Schwankungen der planktischen Copepoden, der durch Planktonzüge mit zwei Hensen-Netzen mit

verschiedener Maschenweite (0,330 mm und 0,160 mm) ermittelt wurde, ist sehr ähnlich bei beiden Netztypen, obwohl die Fangkapazität des einen bedeutend höher ist.

Die globalen numerischen Schwankungen zeigen einen Zyklus, der durch alternierende Maxima- und Minima-Phasen gekennzeichnet ist, die ihrerseits aus der Abfolge der Generationen der dominanten Arten resultieren.

Vier bis fünf Perioden grossen Individuenreichtums sind jährlich festzustellen, und zwar in den Monaten Januar-Februar, März-April, Mai-Juni, September-Oktober. Die Minima fallen auf August und Dezember.

Der Ausschlag der mittleren quantitativen Schwankungen pro Jahr geht von 18,500 (oder 930 pro m³) zu 142,400 (oder 7,120 pro m³) Copepoden pro Fang (0,41 m² Oberfläche) im neritischen Bereich.

BIBLIOGRAPHIE

- BERNARD, M., 1970. Quelques aspects de la biologie du Copépode pélagique *Temora stylifera* en Méditerranée. *Pelagos*, 11 : 1-196.
- BHAUD, M., G. JACQUES & C. RAZOULS, 1967. Données météorologiques et hydrologiques de la région de Banyuls-sur-Mer. Année 1965-1966 (Point côtier). *Vie Milieu*, 18 (1 B) : 137-151.
- HARVEY, H.W., L.H.N. COOPER, M.V. LEBOUR & F.S. RUSSEL, 1935. Plankton production and its control. *J. Mar. biol. Ass. U.K.*, 20 : 407-441.
- JACQUES, G., C. RAZOULS & A. THIRIOT, 1969. Climat et hydrologie à Banyuls-sur-Mer (Golfe du Lion), 1965-1968. *Vie Milieu*, 20 (1 B) : 63-73.
- JACQUES, G., C. RAZOULS & A. THIRIOT, 1971. Données météorologiques et hydrologiques de la région de Banyuls-sur-Mer (Point côtier). Années 1968-1969. *Vie Milieu*, 22 (1 B) : 61-74.
- RAZOULS, C. & A. THIRIOT, 1968. Mise en évidence des variations d'échantillonnage des prélèvements verticaux (filet Hensen). *Vie Milieu*, 19 (1 B) : 197-223.
- RAZOULS, C., 1973. Variations annuelles quantitatives de deux espèces dominantes de Copépodes planctoniques *Centropages typicus* et *Temora stylifera* de la région de Banyuls : cycles biologiques et estimations de la production. I. Méthodologie et mise en évidence de l'importance de ces deux espèces par rapport à l'ensemble des Copépodes. *Cah. Biol. mar.*, 14 : 361-390.
- RAZOULS, C., 1974. Idem. III. Dynamique des populations et calcul de la production. *Cah. Biol. mar.*, 15 : 51-88.
- ROUALT, C., 1971. Etude dynamique des eaux du plateau continental dans la région de Banyuls-sur-Mer. *Cah. océanogr.*, 23 : 905-920.

Reçu le 7 septembre 1973

**POLLUTION, DIVERSITY
AND MEIOBENTHIC COMMUNITIES
IN THE NORTH ADRIATIC
(BAY OF PIRAN, YUGOSLAVIA)**

Brian M. MARCOTTE* and Bruce C. COULL**

*Department of Biology
Clark University Worcester, Massachusetts 01610 U.S.A.*

ABSTRACT

Meiofauna were collected from five stations along a pollution gradient transect during January and July, 1972. Municipal raw sewage was the source of pollution. Changes in the community structure of the meiobenthos and particularly in the species composition, diversity and survival strategy of the Harpacticoida (Copepoda) in response to increasing organic enrichment were examined. Typical mud-dwelling meiofauna inhabited the polluted, detritus ooze sediments of the North Adriatic. Selective and non-selective deposit feeders were the dominant form of nematode. Faunal affinity analysis (Trellis diagram) between stations indicated the existence of two harpacticoid copepod assemblages along the transect. In winter the copepods numerically dominated the most polluted stations. Copepod diversity decreased in response to increased enrichment. The Harpacticoida nearest the pollution source were dominated by one species — in winter, *Tisbe* sp. and in summer *Bulbamphiascus imus*.

Since organic pollution generates stress, this study serves as a meiobenthic field test of SANDER'S stability-time hypothesis under pol-

* Present Address : Department of Biology, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia Canada.

** Present Address : Belle W. Baruch Coastal Research Institute and Department of Biology, University of South Carolina, Columbia, South Carolina, 29208 U.S.A.

lution conditions. Our data are consistent with the predictions of SANDER's Model in that species diversity decreased with greater environmental stress. Comparison of these data with other meiobenthic diversity studies indicates that the effects of stress on meiobenthic communities are independent of its source.

There were two aspects to this study: (1) to describe the meiobenthic communities along a pollution gradient transect in the North Adriatic (Bay of Piran) and (2) to examine the response of the communities and the survival strategy of several species to the increasing pollution. The first aspect requires a straightforward description of the community. The second, community structure, is probably best studied through the use of species diversity analyses.

Various hypotheses have been proposed to explain differences in α -(within habitat) diversity (See PIANKA, 1966 and SANDERS, 1968 for recent reviews).

SANDERS (1968) proposed the stability-time hypothesis to explain gradients in marine macrobenthic diversity. This hypothesis correlates environmental stability (predictability) and time with species diversity (SANDERS, 1968, 1969; SANDERS and HESSLER, 1969; SLOBODKIN and SANDERS, 1969). A stable, predictable environment which has existed for a long time permits the development of species interactions yielding a high species diversity. The resultant biotic community is composed of biologically accommodated, k-selected, stenotopic individuals (MAC ARTHUR and WILSON, 1967). Conversely, a stressed environment, physically unstable and unpredictable, favors inhabitants that can tolerate large variation in their physical milieu. Since adaptations in these "severe" conditions are primarily to the physical environment, few species interactions develop and the fauna is minimally diverse. The result is a physically controlled, r-selected, eurytopic community.

SANDERS (1968) developed the rarefaction method to measure within habitat (α) diversity. For benthos, "within habitat" is usually construed as similar sediment granulometry. Changes in the smaller ranges of sediment grain size strongly effects benthic diversity (SANDERS, 1968, 1969; SANDERS and HESSLER, 1969; COULL, 1972). Larger grains are spatially more heterogenous both topographically and with respect to interstitial spaces. Thus larger grains provide a larger hypervolume for community diversification.

When a community is stressed, the stability-time hypothesis predicts 1) that the biota will be dominated by a few highly productive, r-selected, eurytopic species and a result 2) the community

will have a low diversity. Further these predicted results of stress should be proportional to the amount of stress applied.

Since organic pollution generates unpredictable changes in the mechanical properties, organic matter, nutrient concentrations and redox potential of benthic microhabitats (BROCK, 1970 ; FENCHEL and RIEDL, 1970 ; ODUM, 1971) it may be considered a source of environmental stress. Because of their small size and short generation times the meiofauna are probably more sensitive to, and, therefore, better indicators of environmental stress than their macrobenthic counterparts (FENCHEL, 1967 ; COULL, 1972). Accordingly, the present study has turned to the meiofauna and particularly to the harpacticoid copepods as a field test to SANDERS' (1968) stability-time hypothesis under pollution conditions.

METHODS AND MATERIALS

A subtidal transect was established in the Bay of Piran, Yugoslavia (Fig. 1). The transect extended in a straight line from the mouth of a waste effluent pipe, 10 m offshore, to a point 1 000 m offshore. Five stations, A - E were designated along the transect (Fig. 2 a). The pipe discharged the wastes produced by approximately 5 000 humans per day into the bay but no industrial wastes were present (STIRN, personal communication). As yet unpublished data of our Yugoslav colleagues definitely established a pollution gradient along the transect we occupied. Their hydrographic, microbiological and nutrient chemistry (NO_2 , NO_3 , PO_4) data all indicate an organically enriched environment at the waste effluent pipe decreasing to normal North Adriatic conditions 800-1 000 m offshore of the pipe (STIRN, unpublished data).

We collected samples on 14 January 1972 and the staff of the University of Ljubljana Marine Station at Portoroz sampled the transect on 10 July 1972 and forwarded these samples to our laboratory. Thus sampling techniques used in summer may have differed from those employed in winter. Both times a gravity core was used to collect four replicate samples at each station. The top 10 cm of sediment was examined for meiofauna. The samples were given the letter designation of the station from which they were collected. The designation for winter samples are preceded by "W", those for summer are preceded by "S".

Three of the four replicates were sieved separately through 0.500 mm and 0.125 mm sieves. The shaking-supernatant technique of WIESER (1960) was used to separate the fauna from the sediment and disrupt sediment aggregates. Those metazoans collected on the 0.125 mm sieve were considered meiofauna and were preserved in

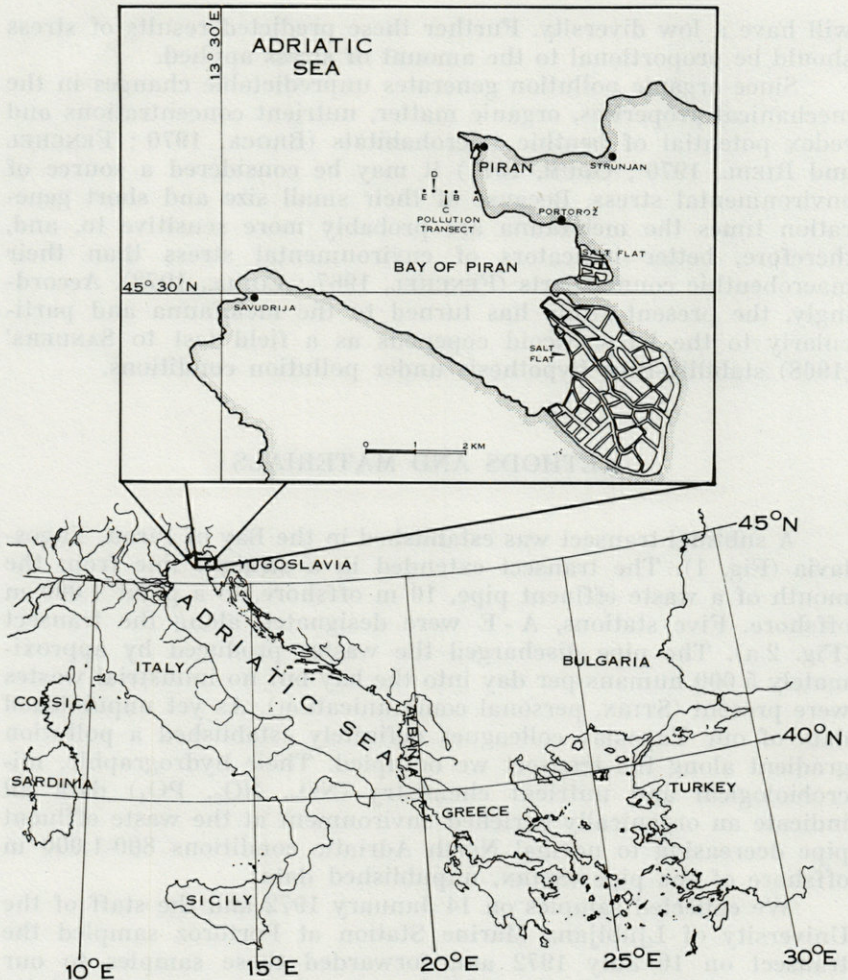


FIG. 1. — Map of the Bay of Piran and surrounding waters with stations of the pollution transect. The waste effluent pipe is 10 m offshore at station A.

10 % formalin/sea water until examination. The fourth replicate was divided into two parts. One was preserved in 10 % formalin/sea water for granulometric analysis. The other was dried for organic matter analysis.

Every harpacticoid copepod was removed from the sediment, counted and identified. All nematodes were counted and approximately every third nematode was removed and its buccal apparatus inspected and classified after WIESER (1953). All other animals were removed and identified to major taxa.

Faunal densities are given as the number of individuals per 10 cm². The inner diameter of the gravity core was 3.5 cm, giving a sample area of 9.621 cm². Therefore, raw densities were multiplied by 1.039 to obtain the number of individuals per 10 cm².

Seven diversity indices were calculated for the harpacticoid copepods at each station using an IBM 1130 computer. These seven indices may be divided into three groups: 1) richness indices, 2) evenness indices, and 3) composite indices (see Fig. 3). All indices were calculated (Logarithms to base e) following PIELOU (1969) except for rarefaction which is from SANDERS (1968).

Faunal affinity within and between stations was measured by the trellis diagram method (percentage of species shared) of SANDERS (1960). The samples were arranged in order of increasing distance from the pollution source.

The grain size distribution for each station was measured by the wet sieve method of COULL (1970).

Structural carbohydrates in detritus may be useless as a direct source of organic carbon to benthic invertebrates (e.g. NEWELL, 1965; SANDERS and HESSLER, 1969; FENCHEL, 1970, 1972). Instead, organic compounds which are more easily oxidized may be the direct source of reduced carbon for benthic fauna. These 'labile' compounds may be present directly as a product of primary production or may be generated indirectly by microbiota digesting structural units. In the present study the amount of easily oxidized, organic carbon was measured to determine the level (and its changes, if any) of organic nutrient available to the meiofauna along the transect. This was determined by hydrogen peroxide digestion of the sediment. This gentle procedure oxidizes labile carbon sources to CO₂ and leaves more refractory carbohydrates untouched (BRICKMAN, 1972).

For each station, one gram of sediment, crushed with mortar and pestle, was placed in a 125 ml Erlenmeyer flask. 100 ml of

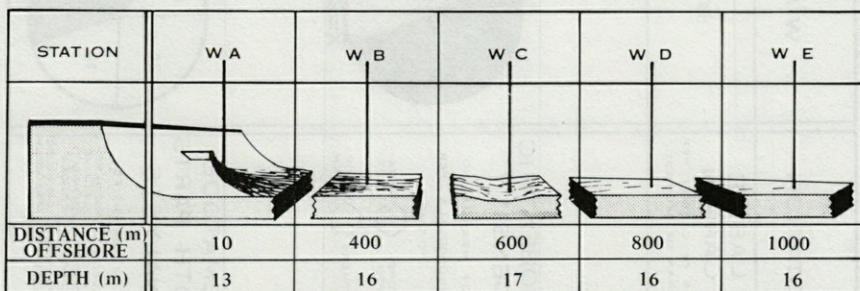
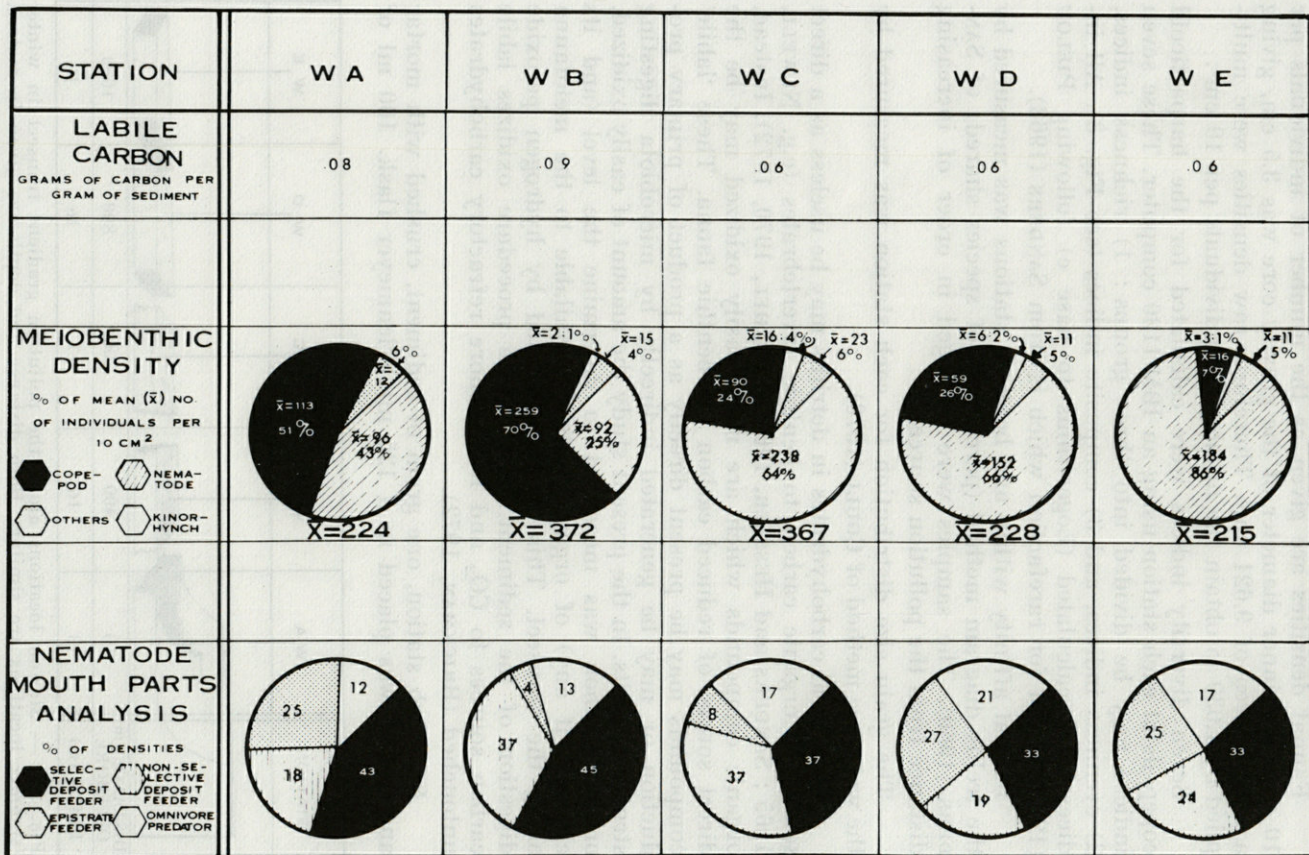


FIG. 2 a. — Station locations along the pollution gradient transect in winter (summer locations are similar). Both distance and depth are given in meters.



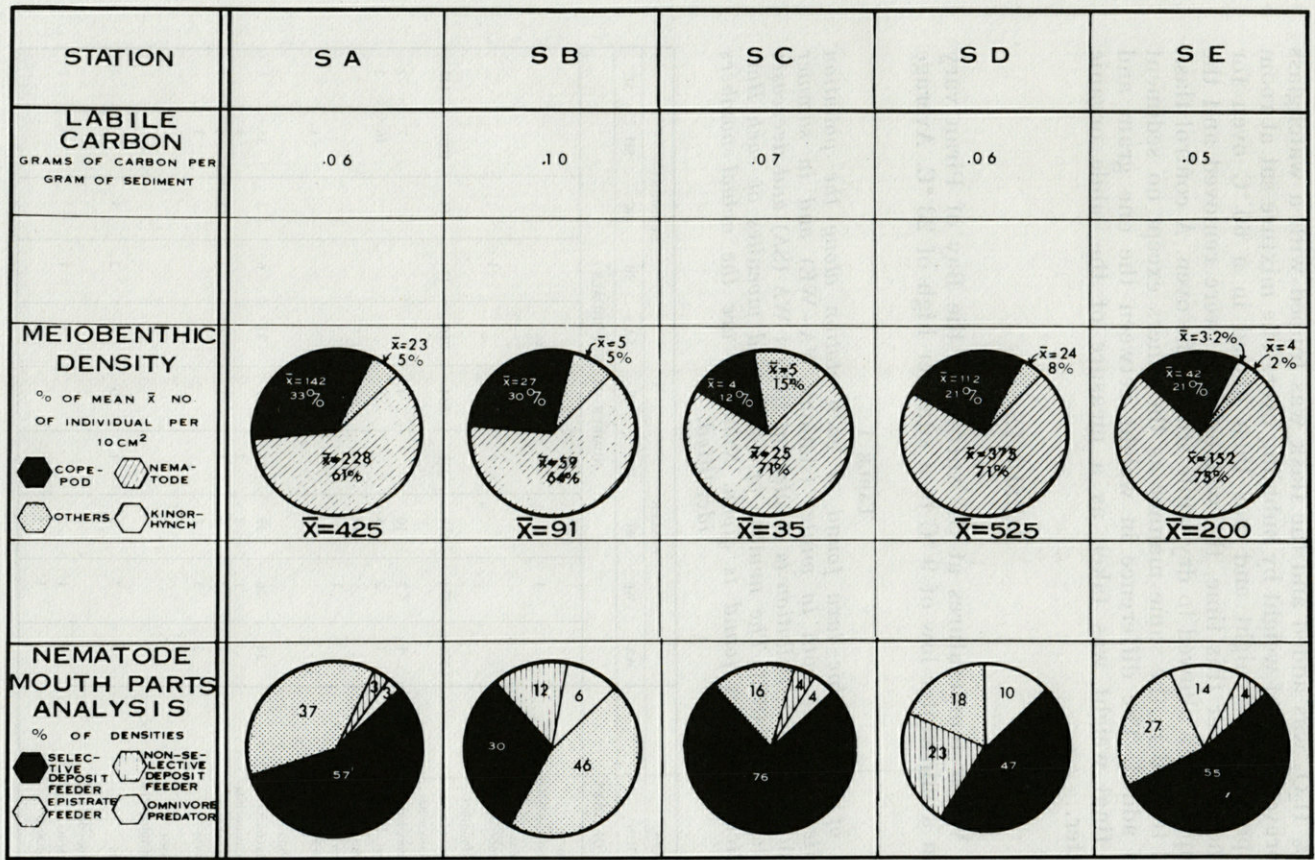


Fig. 2 b and 2 c. — Meiobenthic community data along the pollution gradient transect in both winter : stations WA-WE (fig. 2 b) and summer : stations SA-SE (fig. 2 c). Pollution is greatest at station WA (SA) and decreases to WE (SE). From top to bottom, data presented are : labile carbon concentration in the sediment, meiobenthic density and the percent composition of the nematode population in terms of feeding types. Faunal densities are given as the mean number of individuals from three replicates per 10 cm².

35 % H_2O_2 was added and the flask was topped with a watchglass to prevent loss of weight by bubbling over. The mixture sat at room temperature overnight and was then placed in a 60 °C oven for 48 hours. After this time, the watchglasses were removed and the samples were allowed to dry while still in the oven. A control flask was treated in the same manner as the others except no sediment was added. The difference in weight between the one gram and the final weight was taken as a measure of the labile organic matter.

RESULTS

Water temperatures at the surface in the Bay of Piran vary from a midwinter low of 9 °C to a summer high of 23 °C. Average

TABLE 1

List of meiobenthic taxa found at each station along the pollution gradient transect both in winter (stations WA - WE) and in summer (stations SA - SE). Pollution is greatest at station WA (SA) and decreases to station WE (SE). The number of adults and juveniles of each Harpacticoida species found is given. Numerals are the actual numbers identified.

SEASON	WINTER					SUMMER				
	WA	WB	WC	WD	WE	SA	SB	SC	SD	SE
LIST OF TAXA	NUMBER OF INDIVIDUALS									
Hydrozoa										
<i>Halimnionhydra</i> sp.		1								
Bryozoa										
<i>Monobryozoon</i> sp.							1	2		
Aschelminthes										
Nematoda	276	274	689	438	534	750	171	74	1085	442
Kinorhyncha										
<i>Pycnophes</i> sp. 1	1	3	10		4				7	2
<i>P.</i> sp. 2	1	2	5		1				16	2
<i>P.</i> sp. 3			16		2					
<i>Neocentrophes</i> sp.		1	1							
<i>Trachydemus</i> sp.									1	
Annelida										
Polychaeta	24	26	35	18	27	31	6	2	35	8
Archiannelida		1	2	2					3	
Oligochaeta	1	2	8	3	1	8	3	3	4	1
Larvae	2	3	2						3	
Mollusca										
Opisthobrancha	1									
Others	4	7	3	1	10	2	2	3		3
Arthropoda										
Acarina (mite)		1	2			1	1		3	2
Cumacea		1	4							

SEASON	WINTER										SUMMER										
	WA		WB		WC		WD		WE		SA		SB		SC		SD		SE		
STATION	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	
COPEPODA HARPACTICOIDA																					
NUMBER OF INDIVIDUALS																					
<i>Brianola stebleri</i> (Monard)										1									1		
<i>Longipedia coronata</i> Claus			10		10		3		4				3	4	1	1		6		3	
<i>Ectinosoma normani</i> T. Scott									1												
<i>E. dentatum</i> Steuer			1						1												
<i>Halectinosoma angulifrons</i> (Sars)							1											1			
<i>Bradya (B.) typica</i> Boeck									1												
<i>Pseudobradya</i> sp. 1					2																
<i>P.</i> sp. 2					1																
<i>Danielssenia perezii</i> Monard	1						1														
<i>Paradanielssenia kunzi</i> Soyér					2																
<i>Harpacticus tenellus</i> Sars									1												
<i>H. obscurus</i> T. Scott					1																
<i>Tisbe</i> sp. 1	127	160	199	385	9		15	44													
<i>T. clodiensis</i> Battaglia & Fava									1												
<i>T. relictans</i> Volkmann-Rocco							5														
<i>T. gracilis</i> T. Scott							4														
<i>Zosime atlantica</i> Bodin							1														
<i>Dactylopodia</i> sp.			4				1														
<i>Dactylopodella flava</i> (Claus)			1																		
<i>Stenhelia (D.) normani</i> T. Scott					20									1		31		24			
<i>S. (D.) reflexa</i> Brady & Robertson									2												
<i>S. (D.)</i> sp. 1							1														
<i>S. (D.)</i> sp. 2							2														
<i>Diosaccus tenuicornis</i> (Claus)													1								
<i>Robertsonia knoxi</i> (Thompson & A.Scott)																	20				
<i>Amphiascus minutus</i> (Claus)	17		10				3									10		1			
<i>A. caudae-spinosus</i> Brian	1		18		1																
<i>A. congener</i> Sars					1																
<i>Amphiascopsis thalastroides</i> (Sars)									2												
<i>Amonardia similis</i> (Claus)									2												
<i>Bulbamphiascus imus</i> (Brady)										274	117	11			20		3				
<i>B. inermis</i> (Sewell)	9																				
<i>B. minutus</i> Dinét			2																		
<i>Robertgurneya rostrata</i> (Gurney)							1														
<i>R. ecaudata</i> (Monard)					1																
<i>Typhlamphiascus confusus</i> (T. Scott)	15		46		42		15		12				10		14		2				
<i>Paramphiascella</i> sp.					11		1						2		38		21				
<i>Haloschizopera junodi</i> (Monard)			12		24		13		6				6	3	62		22				
<i>Amphiascoides proximus</i> (T. Scott)							1														
<i>Itunella muelleri</i> (Gagern)									2												
<i>Cletodes tenuipes</i> T. Scott	5		3		10		4														
<i>C. longicaudatus</i> Boeck	1				1									1	14		1				
<i>C. limicola</i> Brady	3		1		2										6						
<i>C.</i> sp. 1					2																
<i>Enhydrosoma propinquum</i> (Brady)	1										2		1								
<i>E. tunisensis</i> Monard					2		1				2				4		2				
<i>Eurycletodes (O.) latus</i> T. Scott			1										4								
<i>Eurycletodes (E.)</i> sp.			1																		
<i>Hemimesochra nixe</i> Por			1		1								1								
<i>Laophonte sima</i> Gurney													1								
<i>L. longicaudata typica</i> Boeck					2																
<i>Heterolaophonte quinque-spinosa</i> Sewell											2										
<i>Normanella mucronata</i> Sars	4		6		35		6		2				2		26						

salinity throughout the year is $35\text{‰} \pm 4\text{‰}$ (RAYMONT, 1963 ; STIRN, personal communication). Salinity does not vary along the pollution transect of this study.

Each winter core sample was examined *in situ* immediately after retrieval. The water-sediment interface of each sample was flocculent with detritus. Microscopic observation of the sediment indicated the existence of a pollution gradient, e.g. human fecal material, paper fibers, paint chips, small pieces of wood and undigested vegetable remains (e.g. carrots) were present in quantities that decreased with distance from the outfall pipe. The amount of easily oxidized, organic carbon at each station varied along the transect as indicated (Fig. 2 b & c). Values generally decreased with distance from a maxima at station B both in winter and summer. Particulate matter is probably swept some distance away from the pollution source by the turbulent mixing of waste water with the sea (field observation). This dispersal might be responsible for the drop in measured carbon at station A.

Hydrographic phenomena (currents, tides, etc.) may have contributed to lateral displacement of the effluent material and we do not deny that lateral displacement may have modified an effluvial disposition of the wastes. However, since our data indicate that an organic pollution gradient does exist, we were not concerned with these possible modifying factors.

Granulometric analysis showed that the sediment at all stations, both in summer and winter, was a well sorted silt with a mean grain size of less than $63\ \mu$ and the sorting coefficient (TRASK, 1932) was 1. These data are consistent with concurrent studies performed by geologists from the University of Göttingen in the Bay of Piran (MEISCHNER, personal communication). This indicates that a granulometrically homogeneous environment exists along the pollution transect. Accordingly, α -diversity may be compared using the diversity measures employed.

Twelve major taxa were recognized along the transect (Table 1) and include Hydrozoa, Nematoda, Kinorhyncha, Annelida, Mollusca, Acarina and Copepoda. Rarely encountered forms such as Ostracoda and the poorly preserved, soft-bodied taxa, e.g. Turbellaria, are included in the "others" category of Table 1. The density of adults and juvenile Harpacticoida species is listed on Table 1. Of the 54 species recorded, *Tisbe* sp. 1 was most numerous in winter and *Bulbamphiascus imus* was the most plentiful species in summer. Other abundant species were *Typhlamphiascus confusus*, *Haloschizopera junodi* and *Normanella mucronata*.

The mean number of meiofauna at each station in winter (Fig. 2 b) ranged from 215 to 372/10 cm². Summer densities

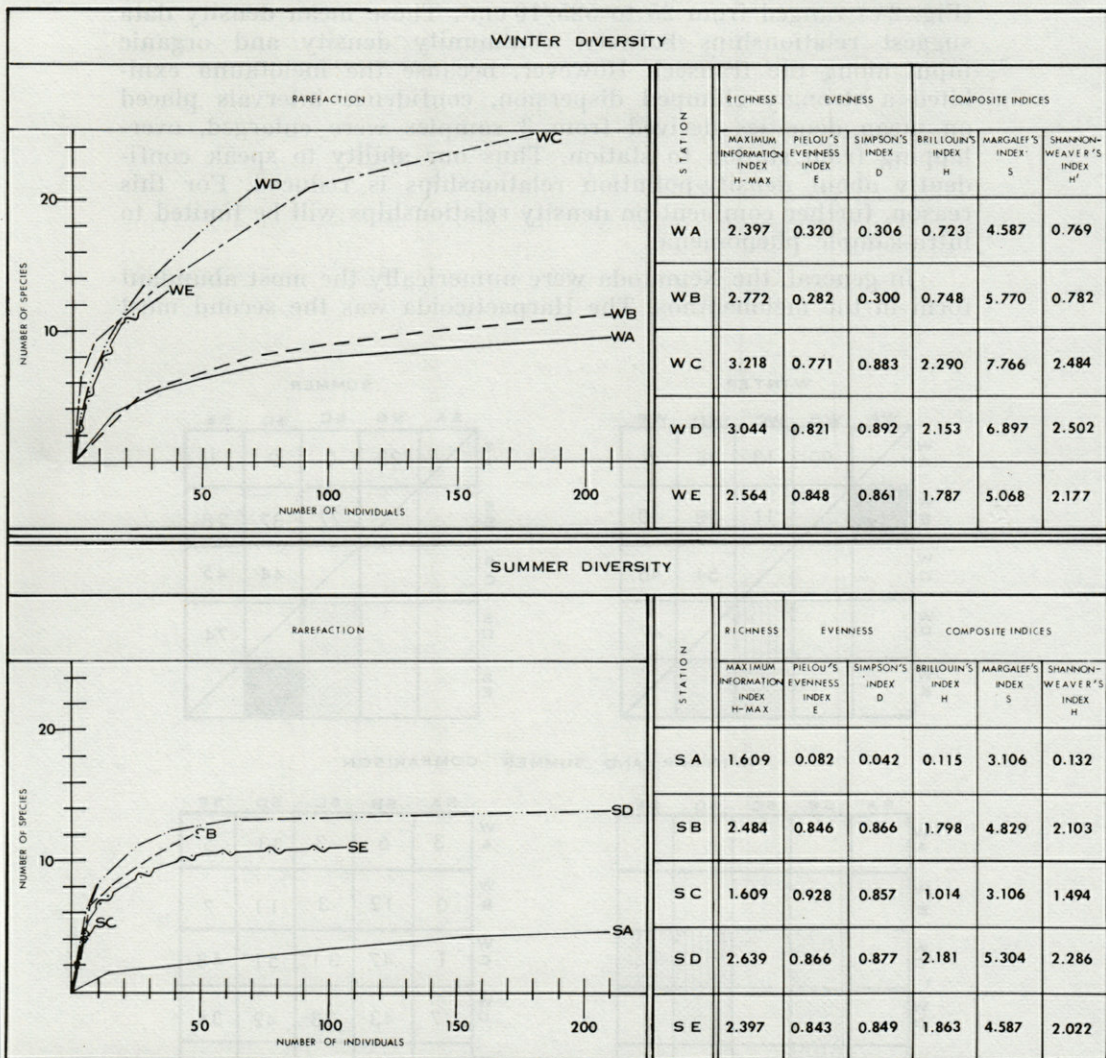


FIG. 3. — Diversity values for the Harpacticoida at the five pollution gradient stations in summer and winter. The richness index (H-max), evenness indices (PIELOU'S and SIMPSON'S indices) and composite indices (rarefaction method, BRILLOUIN'S, MARGALEF'S and SHANNON-WEAVER'S indices) are given. Pollution is greatest at station WA (SA) and decreases to station WE (SE).

(Fig. 2 c) ranged from 25 to 525/10 cm². These mean density data suggest relationships between community density and organic input along the transect. However, because the meiofauna exhibited a strongly clumped dispersion, confidence intervals placed on mean densities derived from 3 samples were enlarged, overlapping from station to station. Thus our ability to speak confidently about density-pollution relationships is reduced. For this reason, further comment on density relationships will be limited to intra-sample phenomena.

In general, the Nematoda were numerically the most abundant form in the meiobenthos. The Harpacticoida was the second most

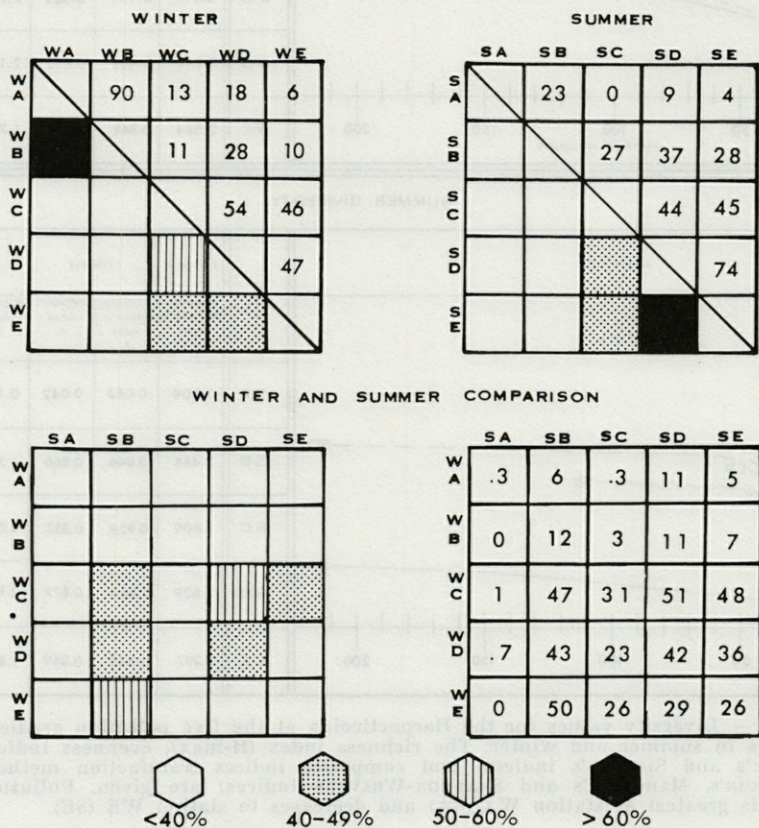


FIG. 4. — Trellis diagram of faunal affinity among the Harpacticoida (Copepoda) assemblages at each station in summer and winter (upper diagrams); winter and summer assemblages are compared in the lower diagrams. Pollution is greatest at station WA (SA) and decreases to station WE (SE). Axes: stations in order of decreasing pollution; boxes: percentage of species shared.

abundant taxon everywhere but at stations WA and WB where they were numerically dominant.

The density of the four nematode feeding types along the transect both summer and winter is given in Fig. 2 b and c as a percentage of the nematode density at each station. Selective and non-selective deposit feeders were the dominant forms. Epistrate feeders and omnivore predators were less abundant.

The seven diversity indices (Fig. 3) for the harpacticoid copepods indicate that diversity is lowest near the waste effluent pipe and generally increases with distance from the pollution source. However all measures (rarefaction, BRILLOUIN, MARGALEF and SHANNON-WEAVER) show a slight decrease in diversity at the least polluted stations WE and SE. These indices are composite functions of richness and evenness. Evenness is measured by PIELOU's evenness index and SIMPSON's index. A larger value for these indices indicates a greater evenness of the sampled population. The greatest possible richness in a sample is measured by the maximum information index. The greater the value of H-max, the richer the population is in species.

The decline in species diversity at station WE was due to a decrease in species richness. The drop in diversity at station SE is more a function of an uneven species distribution and less due to low richness (Fig. 3).

Faunal affinity analyses (trellis diagrams) for the Harpacticoida in winter (Fig. 4) illustrate that there is high faunal affinity between the two most polluted stations and moderate affinity between the three less polluted stations. In summer there is moderate affinity only between the three less polluted stations. The two seasonal transects are similar only in the less polluted stations.

DISCUSSION

Granulometric data confirmed that the Bay of Piran lies within the belt of detritus-ooze sediments which dominate the mobile substrata of the North Adriatic (GAMULIN-BRIDA, 1967). This zone includes the Bay of Trieste and forms a belt about 5.5 km wide along the western shore of Istria.

This biotope invites meiofauna adapted to feeding and movement in its soft, flocculent muds. The truly interstitial meiofauna, e.g. Gastrotricha, Mystacocarida and vermiform Harpacticoida (i.e. Cylindropsyllidae, Paramesochridae, etc.) were absent (Table 1).

Instead, the typical muddwelling Kinorhyncha, Nematoda and Harpacticoida (i.e. Tisbidae, Diosaccidae, Cletodidae, etc.) were present. Since the Nematoda and Harpacticoida were responsible for over 90 % of the fauna at each station (Table 1 and Fig. 2 a), they will be the principal taxa discussed.

NEMATODA

The majority of Nematoda were either non-selective or selective deposit feeders, both having unarmed buccal cavities (Fig. 2 a, 2 b). Gut content analyses indicated that the Nematoda rely heavily upon detritus as their food source. These findings are in agreement with WIESER, (1959) and TIETJEN, (1969) who have associated armed nematodes with coarse sands and low detritus concentrations. These data also support the findings of WIESER, (1953, 1960), TIETJEN (1969) and COULL (1970) who report higher densities of deposit feeding nematodes with increasing amounts of detritus.

COPEPODA

The harpacticoid copepods found in this detritus-ooze occupied two microhabitats. First there were the epibenthic and semipelagic species. These included *Tisbe* spp. and *Stenhelia* spp. which have broadened appendages for swimming and long furcal rami for enlarged surface area. *Longipedia* may also be considered semipelagic since COULL and VERNBERG (1970) reported *L. helgolandica* inhabiting natant and benthic niches. The complex setation of its appendages and elaboration of its caudal setae are adaptations for this natant existence. These adaptations allow these genera to move on and above the flocculent, sediment-water interface.

Second, there were the burrowing forms, typified by a broad or torpedo-shaped cephalothorax and reduced body projections, e. g. setation and appendages. These include *Ectinosoma*, *Halectinosoma*, *Robertgurneya*, *Robertsonia*, *Bulbamphiascus* *Typhlamphiascus*, *Cletodes* and *Enhydrosoma*. MUUS (1967), MCINTYRE (1969) and TIETJEN (1969) state that most subtidal meiofauna are confined to the upper 2 cm of sediment. Hence burrowing activity in this detritus-ooze is probably superficial — confined to the flocculent upper layer.

The harpacticoid copepods numerically dominated the meiofauna collected in the winter samples at stations WA and WB. Not all species participated in this density accession. *Tisbe* sp. 1 alone was able to cope with and completely dominate the two most polluted stations. *Tisbe* sp. 1 is an epibenthic or semipelagic species and probably withstood the high stress at these stations by literally staying above it. In the summer samples *Bulbamphiascus imus*, a burrowing species, dominated the Copepoda at the most polluted station SA (Fig. 2 c and Table 1). It is not at all clear how *B. imus* survived at this stressed station especially since it is a burrower.

DIVERSITY

The dominance of *Tisbe* sp. 1 and *B. imus* at the most polluted stations in winter and summer respectively is consistent with the first prediction of the stability-time hypothesis, i.e. that a stressed community is dominated by a few r-selected, eurytopic species (SANDERS, 1968). No study was made of birth rates or tolerance levels, *per se*, of the species along the transect. It might be noted, however, that the large number of juveniles of the dominant species at the most polluted stations (Table 1) does agree with the model of an r-selected community.

In general, diversity, in both summer and winter, decreased with distance toward the pollution source (Fig. 3). This general decline in species diversity with increased stress is consistent with the second prediction of the stability-time hypothesis; i.e., that a stressed community is less diverse (SANDERS, 1968).

In both winter and summer, the five stations formed two clusters of similar diversity values (Fig. 3). In winter, stations WA and WB had similar low diversity values. Stations WC, WD and WE had similar high diversity values. In summer, station SA had a singularly low diversity value while stations SB, SC, SD and SE had diversity values well below those of corresponding stations on the winter transect (Fig. 3). This general decline in summer diversity was due to the lower number of species present along the transect in summer. (See richness index Fig. 3). Increased temperatures and/or its effects on the benthic microflora (e.g., increasing anaerobiosis) may have stressed the benthos reducing the number of available niches more during summer than in winter.

These same stations had high faunal affinities (i.e., percentage of species shared) as evidenced by the trellis diagram (Fig. 4). In winter, stations WA and WB shared much of the same fauna

(90 %) and had similar diversity values. WC, WD and WE also clustered together faunistically and with respect to their diversity values. In summer, this pattern was less clear, being affected by the large bloom of *B. imus* at station SA and by the general decrease in species richness and density in the middle stations, SB and SC. Comparison of faunal affinities both winter and summer shows that the lower stations WC, WD and WE and SC, SD and SE are moderately similar. In both seasons, these stations have diversities above those of the more polluted stations.

CONCLUSION

While several macrobenthic diversity analyses have shown direct correlation between stability-time and diversity (e.g. SANDERS, 1968, 1969; SANDERS and HESSLER, 1969; BOESCH, 1972; LOYA, 1972), there is a paucity of literature *vis-à-vis* pollution and diversity and meiofauna and diversity. COPELAND and BETCHEL (1971) have shown that macrobenthic diversity is inversely related to pollution in Galveston Bay, Texas, and SWARTZ (1972) has discussed diversity as a biotic indicator of environmental quality.

In the meiobenthos, COULL (1970) and HARTZBAND (1971) found low harpacticoid diversities associated with unstable, shifting sand environments. COULL (1972) showed that depth, stability, age and marine meiobenthic diversity are all directly related. Using harpacticoid copepods, he demonstrated that shelf assemblages are less diverse than those of the slope and that the slope harbors a less diverse fauna than does the deep sea. Harpacticoida in unstable, estuarine-shelf environments are still less diverse than other shelf assemblages (BRICKMAN, 1972). HARTZBAND (1971) calculated diversity values from the work of DRZYCIMSKI (1969) and showed that harpacticoid diversity was lowest in an unstable, intertidal station and was highest in stable, bathybenthic muds. However, GRAY (1971) found species diversity to be an insensitive indicator of pollution stress on sand meiofauna because of local heterogeneity in substrate (a problem solved by comparing only within habitat (α) diversity).

The diversity data from COULL (1970, 1972), BRICKMAN (1972) and HARTZBAND (1971) is plotted on Figure 5 along with the results of the present study. The curves were obtained by summing the samples from similar stations in each study and plotting the results from the total number of species/individuals collected. The most polluted stations, WA, WB, and SA, had diversity values close to those from the stress stations of COULL (1970), BRICKMAN (1972)

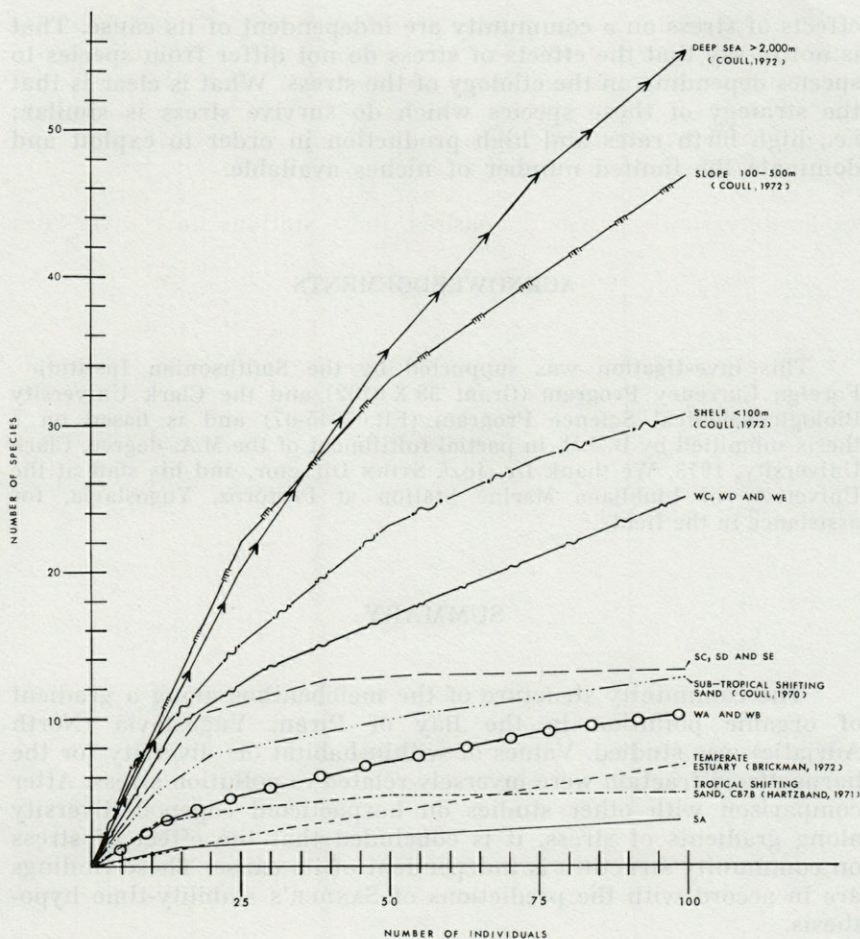


FIG. 5. — Diversity values for different environments by rarefaction method. Sources of these data are listed on the right margin. Letter designations are stations from the present study.

and HARTZBAND (1972). The less polluted stations, WC, WD and WE, had diversities close to COULL's (1972) shelf assemblages. The summer stations, BB, SC, SD and SE, were intermediate between the heavily and less stressed environments. The diversity of the Harpacticoida on the slope and in the deep sea is as great as the stability and age of their milieu (COULL, 1972). Since the diversity values from the polluted stations were similar to those from the shifting sand stations of COULL (1970) and HARTZBAND (1970) as well as BRICKMAN's (1971) estuarine stations, it is clear that the

effects of stress on a community are independent of its cause. That is not to say that the effects of stress do not differ from species to species depending on the etiology of the stress. What is clear is that the strategy of those species which do survive stress is similar; i.e., high birth rates and high production in order to exploit and dominate the limited number of niches available.

ACKNOWLEDGEMENTS

This investigation was supported by the Smithsonian Institution Foreign Currency Program (Grant 33 X 0102) and the Clark University Biological-Medical Science Program (FR 07045-07) and is based on a thesis submitted by B.M.M. in partial fulfillment of the M.A. degree, Clark University, 1973. We thank Dr. JOZE STIRN Director, and his staff at the University of Ljubljana Marine Station at Portoroz, Yugoslavia, for assistance in the field.

SUMMARY

The community structure of the meiobenthos along a gradient of organic pollution in the Bay of Piran, Yugoslavia (North Adriatic) was studied. Values of within-habitat (α) diversity for the harpacticoid fraction were inversely related to pollution stress. After comparison with other studies on harpacticoid copepod diversity along gradients of stress, it is concluded that the effect of stress on community structure is independent of its cause. These findings are in accord with the predictions of SANDER's stability-time hypothesis.

RÉSUMÉ

On a étudié la nature d'une communauté méiobenthique par rapport à un gradient de pollution organique dans la Baie de Piran, Yougoslavie (Adriatique septentrionale). Les valeurs de diversité (α) intrinsèque pour les espèces de Copépodes harpacticoides sont inversement reliées au stress de pollution, tel que prédit par l'hypothèse stabilité-temps de SANDERS. Une comparaison avec des travaux similaires indique que quel que soit l'agent causal du stress, l'effet n'en dépend pas.

REFERENCES

- BOESCH, D.G., 1972. Species diversity of marine macrobenthos in the Virginia area. *Chesapeake Sci.*, **13** : 206-211.
- BRICKMAN, L.M., 1972. Base food chain relationships in coastal salt marsh ecosystems. *Thesis*, 179 pp. *Lehigh Univ.*
- BROCK, T.C., 1970. Biology of microorganisms. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, 737 pp.
- COULL, B.C., 1970. Shallow water meiobenthos of the Bermuda platform. *Oecologia*, **4** : 325-357.
- COULL, B.C., 1972. Species diversity and faunal affinities of meiobenthic Copepoda in the deep sea. *Mar. Biol.*, **14** : 48-51.
- COULL B.C. and W.B. VERNBERG, 1970. Harpacticoid copepod respiration : *Enhydrosoma propinquum* and *Longipedia helgolandica*. *Mar. Biol.*, **5** : 341-344.
- COPELAND, B.J. and T.J. BECHTEL, 1971. Species diversity and water quality in Galveston Bay, Texas. *Water, Air Soil Poll.*, **1** : 89-105.
- DRZYCIMSKI, I., 1969. Harpacticoida (Copepoda) wód morskich okolic Bergen (Zachodnie wybrzeże norwegii) i ich ekologia. *Wyzaza Szkola Rolnicza W Szczyecinie*, **17** : 72 pp.
- FENCHEL, T., 1967. The ecology of marine microbenthos. I. The quantitative importance of ciliates as compared with metazoans in various types of sediments. *Ophelia*, **4** : 121-137.
- FENCHEL, T., 1970. Studies on the decomposition of organic detritus derived from the turtle grass *Thalassia testudinum*. *Limnol. Oceanogr.* **15** : 14-20.
- FENCHEL, T., 1972. Aspects of decomposer food chains in marine benthos. *Verhandlung. Deut. Zool. Ges.*, **65** : 14-22.
- FENCHEL, T. & R.J. RIEDL, 1970. The sulfide system. A new biotic community underneath the oxidized layer of marine sand bottoms. *Mar. Biol.*, **7** : 255-268.
- GAMULIN-BRIDA, H., 1967. The benthic fauna of the Adriatic Sea. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **5** : 535-568.
- GRAY, J.S., 1971. The effects of pollution on sand meiofauna communities. *Thalassia jugosl.*, **7** (1) : 79-86.
- HARTZBAND, D.J., 1971. Community structure in subtidal meiobenthic Harpacticoida. *M.A. Thesis*, 36 pp. *Ohio Univ.*
- LOYA, Y., 1972. Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Mar. Biol.*, **13** : 100-123.
- MACARTHUR, R.H. & E.O. WILSON, 1967. The theory of island biogeography. Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey, 203 pp.
- MCINTYRE, A.D., 1969. Ecology of marine meiobenthos. *Biol. Rev.*, **44** : 245-290.

- MUUS, B.J., 1967. The fauna of Danish estuaries and lagoons : Distribution and ecology of dominating species of the shallow reaches of the mesohaline zone. *Meddr Komn Danm. Fisk-og. Havunders.*, N.S., 5 : 3-316.
- NEWELL, R., 1965. The role of detritus in the nutrition of two deposit feeders, the prosobranch *Hydrobia ulvae* and the bivalve *Macoma balthica*. *Proc. zool. Soc. Lond.*, 144 : 25-45.
- ODUM, E.P., 1971. *Fundamentals of Ecology*. W.B. Saunders Co., Philadelphia, 574 pp.
- PIANKA, E.R., 1966. Latitudinal gradients in species diversity : a review of concepts. *Am. Nat.*, 100 : 33-46.
- PIELOU, E.C., 1969. *An introduction to mathematical ecology*. Wiley-Interscience, New-York, 286 pp.
- POR, F.D., 1964. A study of the levantine and pontic Harpacticoida (Crustacea, Copepoda). *Zool. Verh. Leiden*, 64 : 1-128.
- RAYMONT, J.E., 1963. *Plankton and productivity in the oceans*. Pergamon Press, Oxford, 660 pp.
- SANDERS, H.L., 1960. Benthic studies in Buzzards Bay III. The structure of the soft bottom community. *Limnol. Oceanogr.*, 5 : 138-153.
- SANDERS, H.L., 1968. Marine benthic diversity : a comparative study. *Am. Nat.*, 102 : 243-282.
- SANDERS, H.L., 1969. Benthic marine diversity and the stability-time hypothesis. *Brookhaven Symp. Biol.*, 22 : 71-81.
- SANDERS, H.L. & HESSLER, R.R., 1969. Ecology of the deep-sea benthos. *Science, N.Y.*, 163 : 1419-1424.
- SLOBODKIN, L.B. & H.L. SANDERS, 1969. On the contribution of environmental predictability to species diversity. *Brookhaven Symp. Biol.*, 22 : 82-95.
- SWARTZ, R.C., 1972. Biological criteria of environmental change in the Chesapeake Bay. *Chesapeake Sci.* 13 (Suppl.) : 17-41.
- TIETJEN, J.H., 1969. The ecology of shallow water meiofauna in two New England estuaries. *Oecologia*, 2 : 251-291.
- TRASK, P.D., 1932. *Origin and environment of source sediments of petroleum*. Gulf Publ. House, Houston, 323 pp.
- WIESER, W., 1953. Die Beziehung zwischen Mundhöhlengestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden marinen Nematoden. Eine ökologisch-morphologische Studie. *Ark. Zool. ser. 2*, 4 : 439-484.
- WIESER, W., 1959. The effect of grain size on the distribution of small invertebrates inhabiting the beaches of Puget Sound. *Limnol. Oceanogr.*, 4 : 181-194.
- WIESER, W., 1960. Benthic studies in Buzzards Bay II. The meiofauna. *Limnol. Oceanogr.*, 5 : 121-137.

Reçu le 22 janvier 1974

**BIONOMIE BENTHIQUE
DU PLATEAU CONTINENTAL
DE LA CÔTE CATALANE FRANÇAISE.**

**8. MACROFAUNE ET MEIOFAUNE,
RAPPORTS QUANTITATIFS ET BIOCÉNOTIQUES**

par Alain GUILLE (1) et Jacques SOYER
Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer

ABSTRACT

In qualitative terms, the distribution of the populations of Harpacticoid copepods on the continental shelf of the French catalonian coast largely corresponds to the distribution of the communities of the macrofauna. Complementary units or bionomical subdivisions may nevertheless be distinguished according to the higher sensibility of the meiofauna to the physicochemical conditions, mainly thermic and granulometric. The structure of the populations of the two faunal stocks shows that the high specific diversity of the Harpacticoids varies only to a certain extent with different populations, whereas the different groups forming the macrofauna generally show a preference for one type of biotope in the region considered. These comparisons between taxocenoses, and between taxocenoses and biocenoses, seem to improve the bionomical definition of a region in spite of the different dimensional level of the ecological niche of the taxa considered.

In quantitative terms, the density of macrobenthos is rather feeble as compared to the densities observed in the boreal zone, whereas the quantity of meiobenthic organisms is very similar. The latter category

(1) Adresse actuelle : Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins, Muséum national d'Histoire naturelle, 55 rue Buffon, 75005 Paris.

shows, therefore, a higher relative importance which is apparently related to its capacity to occupy small ecological niches and to proliferate in areas not favouring the development of macrofauna. The numerical quantitative evolution of the two stocks is parallel being related to the bathymetry; this is expressed by very steady numerical ratios. The biomass of the macrobenthos may be relatively independent of the density because of the diversity in the size of its components, in contrast to the meiobenthos. The weight ratio shows that meiobenthos corresponds to 4,75 % of the biomass of the macrobenthos. On the continental shelf of the French catalonian coast, the importance of the meiobenthos in terms of ingested food and in terms of biomass entering the food chain is of the order of 24 %.

Le problème de la correspondance entre les peuplements de macrofaune et de méiofaune n'a été que très rarement abordé, comme le montre la récente révision de McINTYRE (1969). Une des différences essentielles dans la distribution des peuplements de ces deux contingents faunistiques réside dans l'échelle. Les organismes méiobenthiques paraissent sensibles à de légers changements de milieu, ce qui pourrait se traduire par une microdistribution en mosaïque, difficilement interprétable par les méthodes actuelles. Les modes de prélèvements utilisés tendent en effet à regrouper des espèces de différents microhabitats entraînant une hétérogénéité du peuplement.

Nous comparons ici les résultats obtenus lors des études que nous avons menées parallèlement sur les substrats meubles du plateau continental de la côte catalane française, l'une sur les communautés de macrofaune, l'autre sur les peuplements de Copépodes Harpacticoïdes (GUILLE et SOYER, 1970; GUILLE, 1970, 1971 a; SOYER, 1970, 1971). Nous renvoyons à cette série de publications pour la description des méthodes utilisées, la délimitation et la cartographie des peuplements et leurs principales caractéristiques.

Dans deux notes antérieures à cette série (GUILLE et SOYER, 1968, 1970), nous avons abordé le problème des rapports quantitatifs entre le macro- et le méiobenthos dans la même région. Des rapports exceptionnellement favorables au méiobenthos étaient mis en évidence, de 1/210 à 1/1297 au plan numérique, de 0,92/1 à 17,33/1 au plan pondéral. De tels résultats, obtenus à partir d'un nombre limité de stations, devraient être confirmés, ce que nous nous proposons de faire ici grâce aux recherches ultérieures beaucoup plus poussées.

RAPPORTS QUANTITATIFS MACROFAUNE-MÉIOFAUNE

20 stations sont prospectées en macrobenthos, 72 en méiobenthos (GUILLE, 1971 a ; SOYER, 1971). Les comparaisons s'effectuent cependant par peuplements et non par stations. Pour des raisons d'homogénéité, seuls les prélèvements réalisés en période estivale sont pris en considération. Pour la même raison, les données concernant les sables grossiers et fins graviers à *Branchiostoma lanceolatum* sont éliminées et les résultats dans les trois peuplements de méiofaune correspondant en macrofaune au détritique envasé à *Venus ovata* sont regroupés.

L'analyse des résultats appelle un certain nombre de remarques techniques préalables.

Les prélèvements de macrofaune ont été réalisés à l'aide d'une benne Van Veen. Bien que considérée comme l'un des meilleurs engins de prélèvements (HOLME et McINTYRE, 1971), le rendement de cette benne varie de façon importante suivant la nature du substrat (URPIN, 1954 ; LIE et PAMATMAT, 1965 ; LIE, 1968). Une étude comparative entre les résultats numériques et pondéraux obtenus à l'aide de celle-ci et d'un préleveur par succion dans trois types différents de substrats (AMOUROUX et GUILLE, 1973) montre en outre dans le premier cas, une sous-estimation de la faune présente, notamment au plan numérique. Ainsi les résultats sont de 4 à 8 fois supérieurs en nombre et de 2 à 4 fois en poids à l'aide d'une suceuse dans la communauté des sables fins à *Spisula subtruncata*; la densité numérique est de 4 à 6 fois plus élevée, la biomasse de 3 à 8 fois dans le faciès des sables vaseux à *Nephtys hombergii*. Cette insuffisance d'échantillonnage de la benne Van Veen dans certains substrats peut expliquer partiellement des valeurs exceptionnelles des rapports méio-macrofaune dans les sédiments littoraux.

Les données concernant le méiobenthos ont été obtenues dans la très grande majorité des cas à l'aide d'un carottier Kulleberg. Celui-ci présente le défaut de perturber la couche superficielle des sédiments vaseux, couche la plus riche en méiofaune (McINTYRE, 1971). Ces données ne sont relatives qu'à la méiofaune dure (Foraminifères exclus) résistant au tamisage (mailles de 88 μ) et à la fixation au formol. Dans un article sous presse, nous démontrons que le pourcentage de faunule retenue au niveau d'un tamis de 88 μ n'est guère que de 80 %. Les données quantitatives méiobenthiques constituent donc des valeurs minimales, comme le prouvent des résultats plus récents, de 8 à 10 fois supérieurs, obtenus par des méthodes plus élaborées (ALBERT, DE BOVÉE, SOYER, 1974).

RÉSULTATS

DENSITÉS

Les densités du macrobenthos se montrent très voisines dans les trois peuplements les plus littoraux, communauté à *Sp. subtruncata*, sous-communauté à *N. hombergii*, faciès à *Scoloplos armiger*, avec de 508 à 626 ind./m², mais nous avons vu que les chiffres réels devraient être très supérieurs pour les deux premiers. Au niveau du détritique envasé à *V. ovata*, une chute sensible est enregistrée (242 ind./m²) qui va s'accroître avec l'augmentation de la profondeur (sous-communauté à *Auchenoplax crinita* = 105 ind./m²) (Tabl. I).

L'évolution des densités en méiobenthos vrai est très proche, mais une première baisse est déjà ressentie au niveau du faciès à *Scoloplos armiger* (241 000 ind./m², contre 537 et 536 000 ind./m² dans les peuplements les plus littoraux); la densité chute régulièrement et atteint ses valeurs les plus basses dans la sous-communauté à *Auchenoplax crinita* (47 700 ind./m²).

Le parallélisme dans l'évolution quantitative de ces deux contingents faunistiques est ressenti au niveau des rapports numériques. Si l'on excepte les deux peuplements littoraux installés sur des sables ou des sables vaseux pour lesquels les valeurs sont exceptionnelles (1/1057 et 1/1003), les rapports sont très proches dans les autres unités bionomiques; ils varient entre 1/385 et 1/533.

De tels rapports sont déjà remarquables car, à notre connaissance une dizaine de données seulement font mention de valeurs proches dans la zone subtidale. C'est le cas de WIGLEY et McINTYRE (1964) dans des vases (84 m de profondeur) et des sables grossiers envasés (179 m de profondeur) au large de la côte américaine, et de McINTYRE (1964) par 101 m et 146 m de fond au large de la côte écossaise. Plus récemment STRIPP (1969) relève des proportions similaires dans les communautés à *M. balthica*, à *Abra alba* et à *Echinocardium amphiura* du Heligoland Bucht.

Dans les autres cas (MUUS, 1967; WIESER 1960 et SANDERS 1960, MARE 1942 et WIGLEY et McINTYRE 1964), les rapports sont nettement plus faibles.

Deux remarques doivent être faites concernant ces rapports :
— d'une part, ceux-ci restent très proches, quel que soit le peuplement considéré dans la partie la plus profonde du plateau continental; ce phénomène traduit l'évolution similaire des deux

contingents faunistiques en fonction de la profondeur, donc, sans doute, une réaction similaire aux facteurs physico-chimiques ou biotiques du milieu;

— d'autre part, la comparaison de nos données avec celles d'autres auteurs, montre que la forte valeur de nos rapports numériques est davantage liée à une densité plus faible du macrobenthos dans les peuplements étudiés qu'à d'exceptionnelles densités du méiobenthos. Ainsi, WIGLEY et McINTYRE, STRIPP, signalent généralement des densités en macrobenthos égales ou supérieures à 1 000 ind./m². Par contre, les densités en méiobenthos sont voisines de celles que nous avons indiquées, mais nous avons déjà signalé que, dans notre région, celles-ci décroissent rapidement avec la profondeur.

Comme l'écrit McINTYRE (1969), nous connaissons peu les interactions qui peuvent exister entre ces deux contingents faunistiques. Cependant, il est généralement admis que la méiofaune, par sa possibilité d'exploiter les microhabitats favorables, est capable de subsister et de se développer dans des zones peu propices à la macrofaune, plages exposées, substrats profonds, pauvres en matière organique. Le déséquilibre constaté sur le plateau continental de Banyuls-sur-Mer pourrait être une conséquence de ce phénomène.

BIOMASSES.

Les biomasses du macrobenthos enregistrées dans les 6 peuplements étudiés sont relativement indépendantes des densités comme l'indique GUILLE (1971). Ses variations semblent surtout en relation avec la présence d'organismes de grande taille, plus fréquentes sur les substrats vaseux, avec des valeurs comprises entre 2,304 et 4,489 g/m². Les deux peuplements extrêmes, sables fins à *Spisula subtruncata* et détritique du large à *Auchenoplax crinita* sont les plus pauvres (1,437 et 0,684 mg/m²) mais rappelons encore que l'erreur due à la faible pénétration de la benne Van Veen dans les sables durs infralittoraux ne doit pas être négligée (Tabl. I).

Au contraire, pour le méiobenthos, les biomasses suivent de très près l'évolution des densités. Elles décroissent donc régulièrement avec la profondeur, passant de 0,441 g/m² dans les sables fins infralittoraux à 0,041 g/m² dans le détritique du large.

Les rapports des biomasses du macro et du méiobenthos sont donc indépendants du peuplement considéré. Très faibles (3,25/1 et 4,71/1) dans les deux peuplements les plus littoraux, ils varient ensuite, entre 16,4 et 39,5/1 dans les autres. Bien que les densités soient très différentes, ces dernières valeurs sont proches de celles

TABLEAU I

Densités et biomasses du macro et du méiobenthos. Rapports numériques pondéraux. Pourcentages de la biomasse du méiobenthos par rapport au macrobenthos et à la biomasse totale.

Pour le macrobenthos N est exprimé en m², P en g/m². Pour le méiobenthos n est exprimé en milliers de m², P en g/m². Les deux chiffres donnés pour le méiobenthos correspondent, le premier au méiobenthos vrai, le second au méiobenthos vrai + méiobenthos transitoire.

Communautés	Nbre St.	Nbre Prél.	Macrofaune		Méiofaune		N/n	P/p	% p/P	% p/P + p
			N	P	n	p				
<i>Spisula subtruncata</i>	3	7	508	1,437	537	0,441	1/1057	3,25/1	30,68	23,4
<i>H. herdmani-H. flexus</i>	5	5			604	0,968	1/1188	1,48/1	67,36	40,24
<i>Nephtys hombergii</i>	3	6	529	2,304	536	0,552	1/1003	4,17/1	23,95	19,33
<i>S. aemula</i>	7	14			614	1,420	1/1160	1,62/1	61,63	38,13
<i>Scoloplos armiger</i>	2	3	626	4,489	241	0,273	1/385	16,4/1	6,08	5,73
<i>R. knoxi</i>	10	20			270	0,685	1/431	6,55/1	15,25	13,24
<i>Nucula sulcata</i>	3	6	227	3,633	108	0,092	1/475	39,5/1	2,53	2,45
<i>E. oblongus</i>	10	10			131	0,307	1/577	11,8/1	8,4	7,79
<i>Venus ovata</i>	3	11	242	2,910	129	0,129	1/533	22,5/1	4,43	4,24
<i>E. curvirostre</i>	30	30			163	0,376	1/673	7,7/1	12,92	11,44
<i>Auchenoplax crinita</i>	2	4	105	0,684	47,7	0,041	1/454	16,4/1	5,99	5,65
<i>H. travei</i>	10	10			56,4	0,138	1/537	4,9/1	20,17	16,79

TABLEAU II

Prof.	MACROFAUNE	MÉIOFAUNE (Copépodes harpacticoïdes)	Prof.	Séd.
4 à 25 m	Communauté des sables fins à <i>Spisula subtruncata</i>	Communauté des sables fins littoraux à <i>H. herdmani</i> et <i>H. flexus</i>	2 à 25 m	S.F.
4 à 46 m	Communauté des sables grossiers et fins graviers à <i>Branchiostoma lanceolatum</i>	Communauté des sables grossiers et fins graviers à <i>R. levantina</i> , <i>P. ismaelensis</i>	4 à 43 m	S.G.
20 à 33 m	Faciès de transition des sables vaseux à <i>Nephtys hombergii</i>	Faciès des sables vaseux à <i>Stenhelia aemula</i>	25 à 43 m	S.V.
30 à 42,5 m	Faciès des vases sableuses à <i>Scoloplos armiger</i>	Sous-communauté des substrats envasés côtiers à <i>R. knoxi</i>	40 à 60 m	V.S.
40 à 90 m	Sous-communauté des vases à <i>Nucula sulcata</i>	Sous-communauté des vases du large à <i>E. oblongus</i>	60 à 105 m	V.
30 à 72 m	Sous-communauté du détritique envasé à <i>Venus ovata</i>	Sous-communauté des sédiments détritiques envasés à <i>E. curvirostre</i>	23 à 80 m	D.E.
		Faciès de transition à <i>C. synarthra</i>	23 à 52 m	
		Faciès de transition à <i>P. latifurca</i>	47 à 70 m	
		Faciès à <i>B. imus</i> et <i>S. incerta</i>	35 à 50 m	
88 à 125 m	Sous-communauté du détritique du large à <i>Auchenoplax crinita</i>	Sous-communauté des sables du large à <i>H. travei</i>	95 à 130 m	D.L.

enregistrées par WIGLEY et McINTYRE dans l'ensemble de leurs stations (12/1 à 43/1).

Les mêmes rapports calculés à partir du poids de la totalité de la faune passant à travers un tamis de 1 mm, c'est-à-dire en comptant le mixobenthos, sont nettement plus faibles : 4,9/1 à 11,8/1 dans les 4 peuplements les plus profonds. L'importance de ce mixobenthos ne saurait donc être négligée.

Les résultats précédents font apparaître que sur les 4 substrats envasés les plus profonds, la contribution de la méiofaune à la biomasse totale est comprise entre 2,55 et 6,08 %, soit en moyenne 4,75 %. Cette valeur est plus élevée que celle observée par STRIPP dans le Heligoland Bucht (3 %, *in* GERLACH, 1971). Cette contribution peut sembler faible, mais si l'on admet que le turn over du standing stock de la méiofaune est d'environ 5 fois supérieur à celui de la macrofaune (McINTYRE, 1964; GERLACH, 1971), le méiobenthos pourrait intervenir pour 20 à 30 % ($m = 23,78$ %) dans la chaîne alimentaire benthique.

RAPPORTS QUALITATIFS MACROFAUNE-MÉIOFAUNE

COMPARAISON BIONOMIQUE.

Distribution des peuplements.

Le tableau II résume les correspondances étroites existant entre les différents peuplements et la cartographie déjà publiée montre le recouvrement des différents assemblages.

Ce parallélisme est logique car, comme le souligne McINTYRE (1969), ces associations, qu'elles soient macro ou méiobenthiques, sont fondées essentiellement sur des affinités communes pour des conditions physico-chimiques particulières.

Comme nous l'avons montré, la distribution de nos peuplements dépend étroitement, d'une part de la nature du substrat, d'autre part de la bathymétrie et des facteurs qui leur sont associés. Les trois ensembles faunistiques liés aux trois grandes phases granulométriques, sables, graviers et vases, sont parfaitement reconnaissables quel que soit le contingent faunistique considéré.

Cependant, il nous paraît nécessaire de souligner que les distinctions que nous avons introduites entre communautés, sous-communautés et faciès, correspondent bien à des réalités différentes, bien qu'elles soient parfois fondées sur des éléments dif-

férents dans le choix desquels la subjectivité du chercheur ne manque pas d'intervenir.

Le peuplement des sables vaseux à *Nephtys hombergii* ne peut être reconnu comme une entité bionomique en macrofaune. Sa composition faunistique évolue d'une manière continue dans le temps et l'espace, entre les deux peuplements qui la jouxtent, la communauté des sables fins à *Spisula subtruncata* et celle des substrats envasés à *Amphiura filiformis*. Il doit être considéré comme un faciès de transition.

La taxocénose d'Harpacticoïdes qui lui correspond, le faciès à *Stenhelia aemula*, que nous avons rattaché à la sous-communauté des vases côtières à *Robertsonia knoxi*, est également un faciès de transition; les variations intracommunautaires de la diversité montrent une certaine évolution dans la structure du peuplement d'une station à l'autre (SOYER et BODIQU, 1973). Cependant, son homogénéité doit être considérée comme bonne ainsi que l'ont montré les diagrammes-treillis d'affinité. Cette homogénéité est due au fait que l'apparition d'un faible pourcentage de pélites dans un sable, suffit à faire perdre au peuplement de méiofaune correspondant, son caractère strictement sabulicole. Cette prédominance du contingent limicole justifie le rapprochement du faciès à *Stenhelia aemula* de la sous-communauté des vases côtières à *Robertsonia knoxi*.

Une autre différence sensible apparaît au niveau des peuplements de vases. En macrofaune, une seule sous-communauté a été reconnue, la sous-communauté à *Nucula sulcata*, avec un faciès à *S. armiger*, dont la composition faunistique, très proche, ne peut être caractérisée que par l'abondance exceptionnelle de ce Polychète sédentaire Orbiniidae.

L'analyse des peuplements de Copépodes Harpacticoïdes correspondants met en évidence l'existence sur les mêmes fonds, de deux types de peuplements qui sont suffisamment différenciés pour être élevés au rang de sous-communautés. Dans les limites bathymétriques du faciès à *Scoloplos armiger*, la sous-communauté des vases côtières à *Robertsonia knoxi* présente toutes les formes caractéristiques des substrats envasés du plateau continental auxquelles vient s'ajouter un contingent important d'espèces limicoles côtières rencontrées exceptionnellement au-dessous de 55-60 m. Ce contingent limicole côtier semble absent au niveau du macrobenthos. De même, à partir de cette limite bathymétrique, nous voyons apparaître un groupe limicole profond, signalé fréquemment dans la zone bathyale. L'importance qualitative et quantitative de ces formes est loin d'être négligeable. L'apparition de ces formes profondes en macrofaune n'est constatée qu'au niveau de la sous-communauté la plus profonde à *Auchenoplax crinita*.

La distinction des trois sous-ensembles de Copépodes Harpacticoides au niveau de la sous-communauté à *Enhydrosoma curvirostre*, qui correspond en macrofaune à la seule sous-communauté à *Venus ovata*, est une conséquence directe de l'existence de ces deux contingents. Vers la côte, le faciès à *Cervinia synarthra* est riche en formes côtières alors qu'aux plus grandes profondeurs, le faciès à *Pseudomesochra latifurca* comprend de nombreuses espèces profondes.

Cette rapide analyse met en évidence une plus grande sensibilité de la méiofaune aux facteurs granulométriques et une inféodation plus stricte vis-à-vis des conditions thermiques.

Espèces caractéristiques.

Nous avons appelé espèces caractéristiques les formes qui n'ont été rencontrées que dans un biotope. Il nous a paru intéressant de comparer le nombre d'espèces caractéristiques appartenant aux quatre taxons dominants de la macrofaune et aux Harpacticoides.

En macrofaune, 76 formes ont été considérées comme caractéristiques, mais parmi celles-ci, 38 n'ont jamais été classées parmi les plus abondantes d'un seul de nos prélèvements. Sur les 38 communes restantes, 17 sont des Mollusques, 12 des Crustacés, 7 des Annélides et 2 seulement des Echinodermes (Tab. III). La prédominance des Mollusques et des Crustacés parmi ces espèces caractéristiques est due uniquement à leur forte représentation dans les sables fins. Il est également à remarquer que dans les différents peuplements qui constituent la grande communauté à *Amphiura filiformis*, seule la sous-communauté du Détritique du large présente une faune particulière (6 espèces caractéristiques). Il est vrai que la liste des espèces caractéristiques de l'ensemble de cette vaste communauté n'a pas été dressée. Elle correspond grossièrement aux espèces limicoles à tendance sténotherme.

9 espèces de Copépodes Harpacticoides ont été considérées comme caractéristiques : 4 dans les sables à *S. subtruncata*, 3 dans les gravelles à *B. lanceolatum* et une sur les fonds à *N. sulcata*. Cependant, 7 sont caractéristiques de la grande communauté des substrats envasés à *A. filiformis*.

Cette simple comparaison montre qu'un peuplement de méiofaune peut être caractérisé de la même façon qu'une taxocénose de macrofaune, les espèces strictement inféodées à un type de biotope étant rares quel que soit le contingent dimensionnel considéré. Ce résultat nous paraît particulièrement intéressant car il tendrait à montrer que l'hétérogénéité n'est pas plus accentuée à l'échelle de la méiofaune qu'à celle de la macrofaune.

TABLEAU III

Nombre d'espèces caractéristiques de chaque taxon dans les 7 ensembles faunistiques. En macrofaune, n'ont été obtenues que les caractéristiques de 1^{er} et de 2^e ordre; en méiofaune, les formes dont la dominance moyenne est supérieure à 1 %.

	Annélides	Crustacés	Mollusques	Echinodermes	Harpacticoïdes
Comm. à <i>Sp. subtruncata</i> Comm. à <i>H. herdmanni</i> et <i>H. flexus</i>	2	7	14	1	4
Comm. à <i>B. lanceolatum</i> Comm. à <i>R. levantina</i> et <i>Ps. ismaelensis</i>	2	4	1	/	3
Faciès à <i>N. hombergii</i> Faciès à <i>S. aemula</i>	/	/	/	/	1
Faciès à <i>S. armiger</i> Ss-comm. à <i>R. knoxi</i>	/	/	/	/	/
Ss-comm. à <i>N. sulcata</i> Ss-comm. à <i>E. oblongus</i>	/	/	1	/	1
Ss-comm. à <i>V. ovata</i> Ss-comm. à <i>E. curvirostre</i>	/	/	/	/	/
Ss-comm. à <i>A. crinita</i> Ss-comm. à <i>H. travei</i>	3	1	1	1	/
	7	12	17	2	9

STRUCTURE DES PEUPELEMENTS.

Bien que nous ayons utilisé des méthodes très proches, le plus souvent identiques, pour décrire les peuplements de macrobenthos et les assemblages de Copépodes Harpacticoïdes, une comparaison directe ne saurait être considérée comme valable : l'analyse des communautés de macrofaune comprend l'étude simultanée de plusieurs groupes zoologiques dont les types éthologiques sont variés et dont les exigences écologiques peuvent être différentes. Au sein même du macrobenthos, il n'est pas évident que les différentes taxocénoses mises en évidence correspondent aux communautés établies sur l'ensemble de la faune. Ainsi dans une région proche de l'aire que nous avons étudiée ici, RAMOS (1973), se fondant sur l'unique groupe des Annélides Polychètes, arrive à des conclusions fort différentes des nôtres sur le plan bionomique. Deux ou trois taxocénoses de Polychètes peuvent en effet être distinguées sur le plateau continental de la côte catalane espagnole, après traitement mathématique des données. Les liens entre ces taxocénoses et la répartition des sédiments et la bathymétrie sont beaucoup moins évidents que dans le cas des unités bionomiques de l'ensemble de la macrofaune, reconnues il est vrai à l'aide de méthodes plus classiques.

Le problème est encore plus délicat lorsqu'il s'agit de comparer la distribution d'organismes dont l'échelle dimensionnelle est

TABLEAU IV
 Nombre d'espèces, nombre d'individus et indices de diversité, par taxon.

	Macrofaune		Annélides		Crustacés		Mollusques		Echinodermes		Copépodes	
	n.ind.	n.sp.	n.ind./n.sp.	α	n.ind./n.sp.	α	n.ind./n.sp.	α	n.ind./n.sp.	α	n.ind./n.sp.	α
Comm. à <i>S. subtruncata</i> Comm. à <i>H. herdmanni</i> et <i>H. flexus</i>	47030	205	2445 / 35	5,78	6678 / 59	8,91	33908 / 81	9,95	3621 / 20	2,78	2500 / 92	18,8
Comm. à <i>B. lanceolatum</i> Comm. à <i>R. levantina</i> et <i>P. ismaelensis</i>	2520	183	378 / 47	14,14	372 / 41	11,76	567 / 42	10,47	358 / 27	6,77	2500 / 129	29,0
Faciès à <i>N. hombergii</i> Faciès à <i>S. aemula</i>	24082	269	9922 / 109	17,12	5804 / 51	7,69	6237 / 69	10,85	1156 / 23	4,06	2000 / 84	17,9
Faciès à <i>S. armiger</i> Ss-comm. à <i>R. knoxi</i>	8199	161	5625 / 83	13,80	1180 / 32	6,06	361 / 12	2,38	746 / 19	3,54	3000 / 66	12,0
Ss-comm. à <i>N. sulcata</i> Ss-comm. à <i>E. oblongus</i>	5964	175	4115 / 98	18,03	710 / 24	4,79	382 / 17	3,64	775 / 27	5,43	3000 / 85	16,4
Ss-comm. à <i>V. ovata</i> Ss-comm. à <i>E. curvirostre</i>	12462	326	5546 / 136	25,19	1333 / 42	8,24	2542 / 68	12,84	1358 / 37	7,02	54000 / 119	21,4
Ss-comm. à <i>A. crinita</i> Ss-comm. à <i>H. travei</i>	1870	202	868 / 98	27,23	436 / 42	11,46	151 / 26	9,05	288 / 21	5,21	1500 / 63	24,5

très éloignée. Nous renvoyons à HUTCHINSON (1957) pour son analyse remarquable de ces problèmes.

Dans cette partie, nous avons tenté de comparer quelques-uns des éléments caractéristiques de chacune des taxocénoses les plus importantes de la macrofaune et des assemblages correspondants de Copépodes Harpacticoïdes.

Nombre d'espèces.

Le nombre total d'espèces de la macrofaune, recensées sur l'aire étudiée, s'élève à 715. Les Annélides (225 sp.), les Crustacés (160 sp.) et les Mollusques (146 sp.) sont les plus nombreux. Sur les mêmes fonds, les Harpacticoïdes sont représentés par 257 espèces.

Il semble donc que les Harpacticoïdes soient plus diversifiés que les autres groupes de la macrofaune. Cependant le nombre d'espèces se montre voisin de celui des Annélides Polychètes.

Le tableau IV indique le nombre d'espèces, le nombre d'individus et la diversité spécifique calculée par l'indice de Fisher, Corbett et William au niveau des quatre groupes principaux de la macrofaune et des Copépodes Harpacticoïdes dans les sept grands ensembles faunistiques que nous avons reconnus.

Si l'on se fonde uniquement sur le nombre d'espèces de chaque taxon, sans tenir compte du nombre d'individus, il nous faut constater que l'évolution du nombre d'espèces chez les Harpacticoïdes paraît sensiblement différente de celles des principaux groupes du macrobenthos : le nombre d'espèces élevé par rapport à celui enregistré pour les autres groupes, est relativement constant quel que soit le biotope considéré. Au contraire, les autres taxons montrent chacun une certaine spécialisation. Le groupe dominant, les Annélides Polychètes, est lié aux substrats à granulométrie fine et aux conditions physico-chimiques et biologiques qui leurs sont associés. Mollusques et Crustacés, au contraire, ne paraissent pouvoir coloniser avec une diversité notable que les sédiments moyens ou grossiers. Les Echinodermes, bien que peu diversifiés, présentent une distribution plus équilibrée.

Diversité spécifique.

La comparaison des diversités par taxon met en évidence que seules, les Annélides Polychètes peuvent présenter, dans les biotopes qui leur conviennent, des indices de valeurs proches de ceux des Copépodes Harpacticoïdes. Ces indices croissent régulièrement de la côte vers le large et les valeurs maximales sont atteintes sur les deux substrats à granulométrie hétérogène, le détritique

envasé à *V. ovata* et les sables du large à *A. crinita*. Il faut également noter que cette diversité est alors supérieure à celle des Harpacticoïdes dans le même biotope.

L'analyse des variations de la diversité spécifique intercommunautaire met en évidence des différences notables entre les différents groupes de la macrofaune. Les Crustacés, bien qu'ayant en général leur représentation maximale en espèces et en individus dans les sables fins à *S. subtruncata*, montrent leur plus forte diversité dans les sédiments les plus grossiers, soit propres et littoraux (communauté à *B. lanceolatum*), soit encore envasés et profonds (sous-communauté à *A. crinita*). Les Mollusques atteignent leur diversité maximale dans le détritique envasé à *V. ovata* malgré un nombre d'espèces et d'individus bien supérieur dans les sables à *S. subtruncata*.

Ces distorsions entre nombre d'espèces présentes et valeurs de l'indice de diversité sont essentiellement dues à la structure quantitative des peuplements.

Structure quantitative.

L'indice de Fisher, Corbett et William ne tient pas compte directement de la représentation de chacune des espèces présentes au sein d'un peuplement. Pour des raisons pratiques, il ne nous a pas été possible d'utiliser des indices de diversité faisant intervenir cette représentation, du type de l'indice de Shannon-Wiener par exemple.

Pour avoir cependant une idée de la structure quantitative de nos taxocénoses, les unités bionomiques de la macrofaune étant également séparées artificiellement en taxocénoses, nous avons simplement considéré le nombre d'espèces composant quantitativement 50 % de chacune de celles-ci, en calculant également le pourcentage de ce nombre d'espèces par rapport au nombre total d'espèces présentes (Tab. V).

Dans les assemblages de Copépodes Harpacticoïdes, 7 à 12 espèces, soit environ 10 % du nombre total d'espèces, constituent la moitié du peuplement. Mais trois exceptions sont relevées. La première, dans les sables grossiers à *R. levantina* (comm. à *B. lanceolatum*) où les dominances individuelles sont faibles. Dans les deux peuplements les plus profonds, vases à *E. oblongus* (comm. à *N. sulcata*) et détritique du large à *H. travei* (sous-comm. à *A. crinita*) 50 % de la taxocénose sont constitués par plus de 15 % des espèces présentes, pourcentage très supérieur à celui que nous avons enregistré dans les peuplement plus côtiers. Cette forte valeur est très nettement en relation avec une structure quantitative homogène des

TABLEAU V

Nombre et pourcentage d'espèces constituant 50 % de chaque taxocénose.

	Annélides		Crustacés		Mollusques		Echinodermes		Harpacticoides	
	n 50 %	n/N	n	n/N	n	n/N	n	n/N	n	n/N
Comm. à <i>S. subtruncata</i> Comm. à <i>H. herdmanni</i> et <i>H. flexus</i>	3	8,57	3	5,08	1	1,23	1	5,0	9	9,78
Comm. à <i>B. lanceolatum</i> Comm. à <i>R. levantina</i> et <i>P. ismaelensis</i>	9	19,14	4	9,75	10	23,80	3	11,11	22	17,05
Faciès à <i>N. hombergii</i> Faciès à <i>S. aemula</i>	6	5,50	1	1,96	3	4,34	5	21,73	9	10,71
Faciès à <i>S. armiger</i> Ss-comm. à <i>R. knoxi</i>	3	3,61	2	6,25	/	/	1	5,26	7	10,60
Ss-comm. à <i>N. sulcata</i> Ss-comm. à <i>E. oblongus</i>	6	6,12	3	12,50	/	/	3	11,11	17	20,0
Ss-comm. à <i>V. ovata</i> Ss-comm. à <i>E. curvirostre</i>	7	5,14	3	7,14	4	5,88	4	10,81	12	10,08
Ss-comm. à <i>A. crinita</i> Ss-comm. à <i>H. travei</i>	9	9,18	7	16,66	10	38,46	2	9,52	10	15,87

assemblages en relation avec une certaine stabilité du milieu (SOYER et BODIQU, 1973).

Les résultats concernant la macrofaune varient suivant les groupes. Les Echinodermes et les Crustacés, généralement représentés par un petit nombre d'espèces dans chaque peuplement et qui ne constituent qu'une faible partie de la macrofaune totale, donnent des résultats peu significatifs : de 2 à 4 formes au maximum composent plus de la moitié de leurs taxocénoses respectives.

Les peuplements de Mollusques sont généralement dominés par une ou un petit nombre de formes. Dans la communauté à *S. subtruncata*, une seule espèce, soit 1,23 % du nombre total d'espèces constitue plus de 78 % du peuplement.

Les Annélides présentent une structure de peuplements très proches, dans les cinq unités bionomiques où elles constituent le groupe dominant : de 6 à 9 espèces constituent plus de la moitié du peuplement, soit entre 5 et 10 % seulement des formes présentes. Dans le faciès à *S. armiger*, cette proportion tombe à 3,61 %.

DISCUSSION.

Au plan qualitatif, nos observations montrent que la distribution des peuplements de Copépodes Harpacticoides ne diffère pas fondamentalement de celle des peuplements de macrobenthontes.

Cependant, nous avons remarqué une plus grande sensibilité de la méiofaune aux conditions hydrologiques, et plus spécialement thermiques, et à la présence de particules fines.

Les peuplements mis en évidence sont caractérisés par la présence d'un petit nombre d'espèces caractéristiques, c'est-à-dire d'espèces strictement inféodées à un type de biotope, quel que soit le contingent faunistique considéré.

Le nombre de formes eurytopes est élevé au sein des cinq taxocénoses que nous avons analysées plus particulièrement : Harpacticoïdes, Annélides Polychètes, Crustacés, Echinodermes et Mollusques. Seul ce dernier groupe comporte un nombre important de formes très strictement localisées, du fait de sa prédominance dans les sables fins, moyens et grossiers, littoraux.

Les observations de NOODT (1957) sur les Harpacticoïdes littoraux de la baie de Kiel, celles de GERLACH (1958) et de WIESER (1960) sur les Nématodes montraient que la plupart des espèces appartenant aux deux groupes principaux de la méiofaune paraissaient eurytopes. WIESER avait émis l'hypothèse de l'existence à petite échelle de microhabitats dont chacun possédait sa faunule propre. Ces microhabitats seraient très difficilement décelables par les méthodes classiques qui tendraient à regrouper ces petites associations bien caractéristiques en des assemblages plus vastes.

Il nous faut constater ici que nos cinq taxocénoses ne peuvent être caractérisées sur des critères uniquement qualitatifs mais qu'il est nécessaire de considérer également les caractéristiques quantitatives. Ces dernières seules permettent de mettre en évidence la diversité des niches écologiques au sein du biotope et d'en évaluer l'importance.

L'analyse du nombre d'espèces présentes, de la diversité spécifique et de la structure quantitative de nos cinq taxocénoses, fait apparaître des différences fondamentales.

Les Harpacticoïdes sont représentés par un nombre élevé d'espèces quel que soit le biotope considéré et ce nombre reste relativement stable. En macrofaune, chacun des taxons considérés présente une plus grande affinité pour un type de biotope, dans lequel sa diversité spécifique est généralement plus élevée : sables fins, moyens ou grossiers pour les Mollusques et les Crustacés, vases plus ou moins pures pour les Polychètes. Les diversités sont faibles sauf pour ce dernier groupe qui montre un nombre d'espèces et des diversités comparables à ceux enregistrés pour les Harpacticoïdes. Ces observations semblent indiquer que les niches écologiques utilisées par la macrofaune sont peu nombreuses mais vastes.

Ces observations indiquent que les Copépodes Harpacticoïdes devraient présenter une diversité éthologique telle qu'elle leur

permet de coloniser la totalité des substrats meubles étudiés ici. Ceci est d'autant plus remarquable que les ressources trophiques du groupe ne peuvent être qu'exclusivement benthiques. Ces capacités tout à fait particulières du groupe sont très certainement liées à la grande variété des types morphologiques (Lebensformtypen, REMANE, 1952) que l'on y observe (NOODT, 1971), auxquels doit correspondre une spécialisation éthologique, alimentaire sans doute, encore mal connue chez ces Crustacés. Bien que les représentants d'une même famille, Ectinosomidae, Diosaccidae, Cletodidae ou Laophontidae, se rencontrent dans tous les milieux marins, nous avons signalé au niveau familial une certaine préférence pour un type de substrat : sables fins ou moyens pour les Ectinosomidae, vases pour les Cletodidae par exemple (GUILLE et SOYER, 1968 ; SOYER, 1970).

La structure quantitative des taxocénoses étudiées paraît très différente pour la macrofaune et chez les Harpacticoïdes. Les peuplements de Crustacés, Mollusques, Echinodermes sont très hiérarchisés : une ou un très petit nombre d'espèces dominant très largement la taxocénose. Les Annélides Polychètes malgré une diversité spécifique parfois élevée, présentent le même type de population. Chez les Harpacticoïdes, la représentation des espèces est beaucoup plus équilibrée bien que quelques formes à dominance forte puissent être rencontrées dans les peuplements les plus côtiers, dans un environnement peu stable. Cette représentation équilibrée, qui se traduit par une forte diversité, devrait être le signe d'un nombre important de niches écologiques utilisables par les représentants de ce groupe, qui pourraient coexister au sein du même biotope sans concurrence directe.

Les résultats que nous venons d'exposer ne peuvent être généralisés. Nous avons montré que les taxocénoses de la macrofaune ne présentaient pas toutes la même dépendance vis-à-vis des conditions du milieu. Il en aurait sans doute été de même au sein de la méiofaune si nous avions envisagé d'autres taxocénoses que celles des Harpacticoïdes. Si les Nématodes, également très diversifiés, peuvent constituer des peuplements dont les caractéristiques sont très proches de celles que nous venons de décrire (BOUCHER, 1972), les Kinorhynques, les Ostracodes par exemple montrent généralement des distributions beaucoup plus limitées, avec une diversité spécifique faible.

L'étude particulière des rapports entre taxocénoses et biocénoses, entre taxocénoses entre elles, nous paraît nécessaire pour mieux comprendre la structure et le fonctionnement de l'écosystème benthique marin.

CONCLUSIONS - RÉSUMÉ

Au plan qualitatif, la distribution des peuplements de Copépodes Harpacticoïdes sur le plateau continental de la côte catalane française est étroitement superposable à celle des communautés de la macrofaune. Des unités ou subdivisions bionomiques complémentaires peuvent cependant être distinguées en raison de la plus grande sensibilité de la méiofaune aux conditions physico-chimiques, notamment thermiques et granulométriques. La structure des peuplements des deux stocks faunistiques révèle que la diversité spécifique élevée des Harpacticoïdes ne varie, suivant les peuplements, que dans une faible mesure alors que les différents groupes constituants de la macrofaune montrent généralement une préférence, dans la région considérée, pour un type de biotope. De telles comparaisons entre taxocénoses, et entre taxocénoses et biocénoses, semble devoir affiner la définition bionomique d'une région malgré le niveau dimensionnel différent de la niche écologique des taxons considérés.

Au plan quantitatif, la densité du macrobenthos est relativement faible, par rapport à celles qui ont été relevées dans la zone boréale, alors que les nombres d'organismes méiobenthiques demeurent voisins. Ce dernier contingent présente donc une plus grande importance relative, en relation sans doute avec sa capacité d'occuper des niches écologiques peu importantes et de proliférer dans des aires peu favorables au développement de la macrofaune. L'évolution quantitative numérique des deux contingents est parallèle en fonction de la bathymétrie, se traduisant par des rapports numériques très stables. La biomasse du macrobenthos peut être relativement indépendante de la densité, par suite de la diversité de taille de ses composants, et ceci contrairement au méiobenthos. Les rapports pondéraux font apparaître que ce dernier correspond à 4,75 % de la biomasse du macrobenthos. Sur le plateau continental de la côte catalane française, l'importance du méiobenthos en terme de nourriture consommée et en terme de biomasse entrant dans la chaîne alimentaire est de l'ordre de 24 %.

SCHLÜSSE - ZUSAMMENFASSUNG

In qualitativer Hinsicht ist die Verteilung der Bestände der harpacticoïden Copepoden auf dem Schelf der französisch-katala-

nischen Küste der Verteilung der Makrofauna-Gemeinschaften sehr ähnlich. Zusätzliche bionomische Einheiten oder Unterabteilungen können jedoch entsprechend der grösseren Sensibilität der Meiofauna gegenüber physikalisch-chemischen Bedingungen (v.a. Temperatur und Granulometrie) unterschieden werden. Die Struktur der Bestände beider faunistischen Systeme zeigt, dass der grössere Artenreichtum der Harpacticoiden je nach Bestand nur schwach variiert, während die verschiedenen Gruppen der Makrofauna, im untersuchten Gebiet, im allgemeinen einen bestimmten Biotop-Typus bevorzugen. Solche Vergleiche zwischen Taxozönosen einerseits, und zwischen Taxozönosen und Biozönosen andererseits, sollten die bionomische Beschreibung eines Gebietes trotz der verschiedenen Grössenbereiche der ökologischen Nischen der untersuchten Gruppen präziser gestalten.

Quantitativ ist die Dichte des Makrobenthos verhältnismässig gering im Vergleich zur borealen Zone, während die Organismenzahlen des Meiobenthos ähnlich sind. Das Meiobenthos überwiegt relativ, wahrscheinlich dank seiner Fähigkeit, kleine ökologische Nischen zu besetzen und sich in Arealen zu verbreiten, die für die Entwicklung der Makrofauna wenig günstig sind. Die zahlenmässige Entwicklung der beiden Kontingente verläuft mit zunehmender Tiefe parallel, sodass das zahlenmässige Verhältnis zwischen beiden sehr stabil ist. Die Biomasse des Makrobenthos kann relativ unabhängig von der Dichte sein (starke Grössenunterschiede der Organismen), ganz im Gegensatz zum Meiobenthos. Der Gewichtsvergleich zeigt, dass das Meiobenthos 4,75 % der Biomasse des Makrobenthos darstellt. Als Nahrungsanteil und damit als Bestandteil der Nahrungskette stellt das Meiobenthos auf dem Schelf der französisch-katalanischen Küste 24 % dar.

BIBLIOGRAPHIE

- ALBERT, P., F. DE BOVÉE & J. SOYER, 1974. Meiofauna extraction from muddy sediments. Selection of a mesh screen. *Limnol. Oceanogr.*, 19 (2) : 350-354.
- AMOUROUX, J.-M. & A. GUILLE, 1973. Premières estimations des biomasses dans l'infralittoral à Banyuls à l'aide d'une suceuse à pompe immergeable. *Rapp. P.-v. Réun. Commn. int. Explor. scient. Mer Méditerr.*, 21 (9) : 605-607.
- BOUCHER, G., 1972. Premières données écologiques sur les Nématodes libres marins d'une station de vase côtière de Banyuls. *Vie Milieu*, 23 (1 B) : 69-100.
- GERLACH, S., 1958. Die Nematodenfauna der sublitoralen Region in der Kieler Bucht. *Kieler Meeresforsch.*, 14 : 64-90.

- GERLACH, S., 1971. On the importance of Marine meiofauna for benthos communities. *Öcologia*, **6** : 176-190.
- GUILLE, A., 1970. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française II. Les communautés de la macrofaune. *Vie Milieu*, **21** (1 B) : 149-280.
- GUILLE, A., 1971 a. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. IV. Densités et biomasses du macrobenthos. *Vie Milieu*, **22** (2 B) : 315-424.
- GUILLE, A., 1971 b. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. VI. Données autécologiques (macrofaune). *Vie Milieu*, **22** (3 B) : 469-527.
- GUILLE, A. & J. SOYER, 1968. La faune benthique des substrats meubles de Banyuls-sur-Mer. Premières données qualitatives et quantitatives. *Vie Milieu*, **19** (2 B) : 323-360.
- GUILLE, A. & J. SOYER, 1970. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. I. Physiographie. *Vie Milieu*, **21** (1 B) : 137-148.
- GUILLE, A. & J. SOYER, 1971. Contribution à l'étude comparée des biomasses du macrobenthos et du méiobenthos des substrats meubles au large de Banyuls-sur-Mer. II. 3^e Symposium européen de Biologie Marine, Arcachon, suppl. n° 22, *Vie Milieu* : 15-29.
- HOLME, N.A. & A.D. MCINTYRE, 1971. Methods for the study of marine benthos. I.B.P. Handbook 16, Blackwell édit., 334 p.
- HUTCHINSON, G. E., 1957. A treatise on limnology. Vol. II. Introduction to lake biology and the limnoplankton. J. Wiley, édit.
- LIE, U. 1968. A quantitative study of benthic infauna in Puget Sound. *FiskDir. Skr. Ser. Havunders*, **14** (5) : 229-556.
- LIE, U. & M.M. PAMATMAT, 1965. Digging characteristics and sampling efficiency of the 0.1 m² Van Veen grab. *Limnol. Oceanogr.*, **10** (3) : 379-384.
- LONGHURST, A.R., 1959. Sampling problem in benthic ecology. *Proc. N.Z. ecol. Soc.*, **6** : 8-12.
- MARE, M.F., 1942. A study of a marine benthic community with special reference to the microorganisms. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **25** : 517-554.
- MCINTYRE, A.D., 1964. Meiobenthos of sub-littoral muds. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **44** : 665-674.
- MCINTYRE, A.D., 1969. Ecology of marine meiobenthos. *Biol. rev.*, **44** : 245-290.
- MCINTYRE, A.D., 1971. Deficiency of gravity corers for sampling meiobenthos and sediments. *Nature*, **231** : 260.
- MUUS, B.J., 1967. The fauna of danish estuaries and lagoons : distribution and ecology of dominating species in the shallow beaches of the mesohaline zone. *Meddr Komn Danm. Fisk-og Havunders*, **5** (1) : 3-316.
- NOODT, W., 1957. Zur Ökologie der Harpacticoiden (Crust. Cop.) des Eulittorals der deutschen Meeresküste und der angrenzenden Brackgewässer. *Z. morph. Okol. Tiere*, **46** (2) : 149-242.

- NOODT, W., 1971. Ecology of the Copepods. *Smithson. Contr. Zool.*, **76** : 97-102.
- RAMOS, J., 1973. Annélides Polychètes du plateau continental de la côte catalane espagnole. *Thèse Doct. Univ. Paris, Zool.*
- REMANE, A., 1952. Die Besiedelung des Sandbodens im Meere und die Bedeutung der Lebensformtypen für die Ökologie. *Zool. Anz. Suppl.*, **16** : 327-359.
- SANDERS, H.L., 1960. Benthic studies in Buzzards Bay. III. The structure of the soft bottom community. *Limnol. Oceanogr.*, **5** (2) : 138-153.
- SOYER, J., 1970. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. 3. Les peuplements de Copépodes harpacticoides (Crustacea). *Vie Milieu*, **21** (2 B) : 337-516.
- SOYER, J., 1971. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. 5. Densités et biomasses du méiobenthos. *Vie milieu*, **22** (2 B) : 351-424.
- SOYER, J. & J.-Y. BODIQUO, 1973. Diversité spécifique inter et intra communautaire dans les peuplements de Copépodes harpacticoides de substrats meubles. 2nd International Conference on meiofauna, York, 1973.
- STRIPP, K., 1969. Das Verhältnis von Makrofauna und Meiofauna in den Sedimenten der Helgoländer Bucht. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.*, **12** : 143-148.
- URSIN, E., 1954. Efficiency of marine bottom samples of the Van Veen and Petersen types. *Meddr Komn Danm. Fisk.-og Havunders*, N.S : 1-7.
- WIGLEY, R.L. & A.D. McINTYRE, 1964. Some quantitative comparisons of offshore meiobenthos and macrobenthos south of Martha's Vineyard. *Limnol. Oceanogr.*, **9** : 485-493.
- WIESER, W., 1960. Benthic studies in Buzzards Bay. II. The meiofauna. *Limnol. Oceanogr.*, **5** : 121-137.

Reçu le 16 janvier 1974

ÉTUDE DES PEUPELEMENTS INFRALITTORAUX DE LA CÔTE DU ROUSSILLON

III. VARIATIONS SPATIALES ET SAISONNIÈRES

par Jean-Michel AMOUROUX

Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer

ABSTRACT

The densities of populations in relation to the depth, to the distance from the coast and to the season are given, as well as the indices of diversity at different bathymetric levels. The total weight data and the weight data per group, in relation to the depth and to the season, are also recorded. The seasonal numeric variations of the most interesting or abundant species from these bottoms are described.

INTRODUCTION

Nous rencontrons les densités les plus élevées dans les fonds de 5 à 10 mètres où les variations numériques sont plus importantes que dans les fonds de 1 à 5 mètres. Les indices de diversité mettent en valeur la grande instabilité des fonds. Les biomasses présentent les mêmes caractéristiques de variabilité que les densités. Les variations saisonnières de la densité des individus sont dues essentiellement à des apports en individus juvéniles, au printemps, ceci surtout chez les Mollusques Lamellibranches.

Dans les fonds littoraux l'action de la houle et des courants provoque de grandes variations qualitatives et quantitatives de la

faune. Nous étudierons successivement les variations de la densité en fonction de la bathymétrie. Tout au long de l'année, le calcul de l'indice de diversité appliqué soit à l'ensemble du prélèvement soit à différents groupes zoologiques, permettra également de mettre en évidence l'instabilité de cette faune infralittorale.

1. — DENSITÉS (Fig. 1 et 2)

a) VARIATIONS AVEC LA PROFONDEUR.

Sur la radiale d'Argelès nous constatons une augmentation de la densité des individus en fonction de la profondeur. D'une densité de 200 individus par mètre carré à 1 mètre, on passe à 4 000 par mètre carré à 10 mètres. Nous remarquons le décrochement sur la courbe à 7,50 mètres. Lorsque ces déplacements n'affectent pas la zone des 7,50 m, il y a croissance régulière de la densité depuis les fonds de 1 m jusqu'à 10 m. La même anomalie peut se retrouver vers 2,50 m où les variations de densité sont moins grandes car la faune y est plus mobile.

En Ecosse, McINTYRE et ELEFThERIOU (1968) trouvent des densités plus élevées dans la zone subtidale que dans la zone intertidale et une forte prépondérance numérique des Annélides dans la zone intertidale alors que la zone subtidale voit la prédominance des Crustacés. Pourtant la densité des Polychètes dans la zone subtidale est bien supérieure à celle de la zone intertidale. Ces résultats sont inverses de ceux obtenus en Méditerranée. Les Crustacés sont mobiles, ils migrent avec la marée et sont donc récoltés dans la zone subtidale à marée basse, d'où les fortes densités observées dans les mers à marée. Pour pouvoir effectuer des comparaisons valables entre Atlantique et Méditerranée, il semble donc nécessaire d'effectuer les prélèvements à marée haute pour tous les biotopes et de les comparer à ceux réalisés à marée basse. Il est intéressant de constater que seuls McINTYRE et ELEFThERIOU ont considéré l'évolution des profils bathymétriques mais ne semblent pas lier les variations de population au sédiment.

b) VARIATIONS MENSUELLES (FIG. 2).

Dans les fonds de 2,50 m et 7,50 m, les variations sont plus importantes en raison des remaniements sédimentaires. En février les fonds de 5 m à Argelès accusent de fortes augmentations de densité de population par l'apparition massive de *Corbula mediter-*

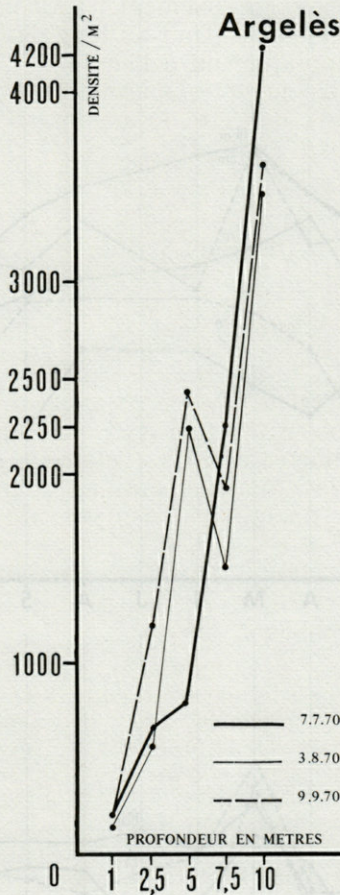


FIG. 1. — Variations de la densité des individus en fonction de la profondeur, à Argelès en juillet, août et septembre.

ranea. Le mois de mai est la période de dépôts des jeunes Mollusques sur le fond : en conséquence à 2,50 m, 5 m, 7,50 m et 10 m, la densité de population augmente considérablement, tant à Argelès qu'à Canet. A Marseille, MASSÉ (1971) observe également des variations très importantes des densités globales plus ou moins en rapport avec, d'une part l'action des prédateurs, et d'autre part le recrutement des jeunes Mollusques. Nous retrouverons ces problèmes au moment de la discussion des indices de diversité.

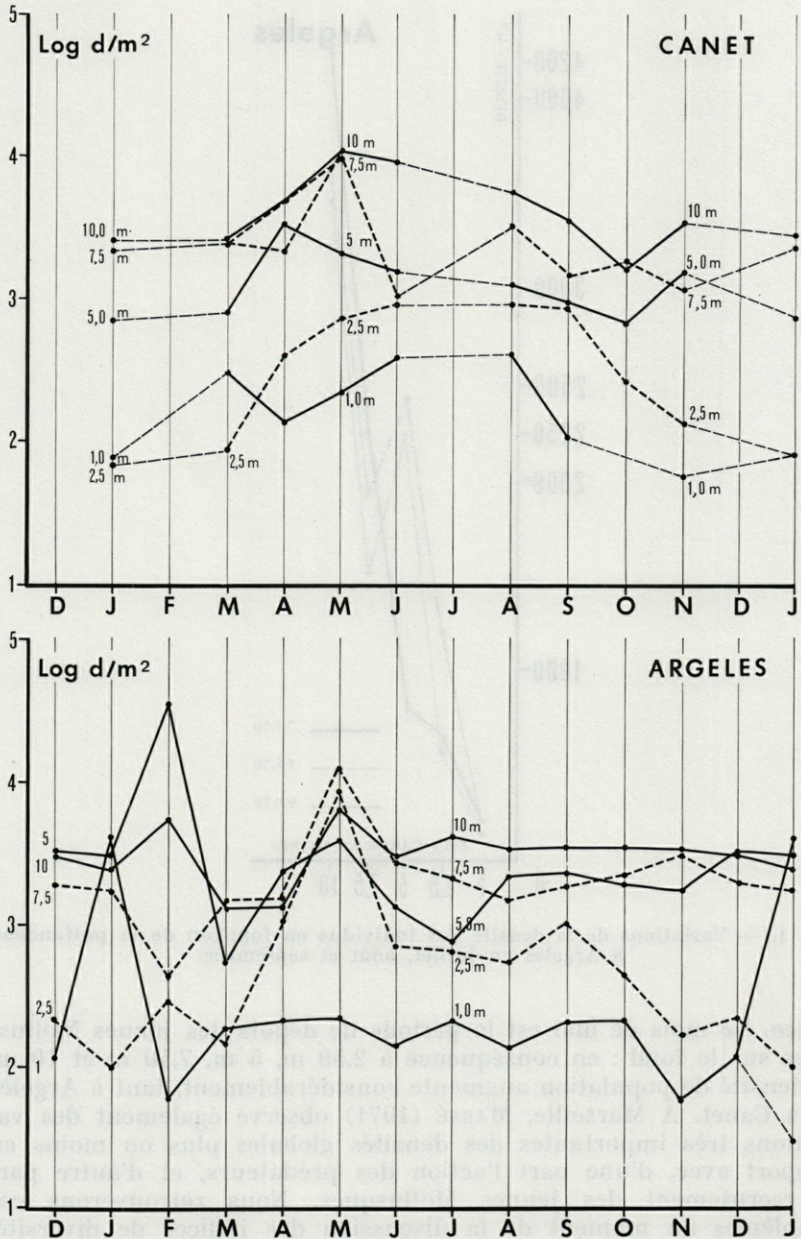


FIG. 2. — Variations mensuelles de la densité des individus par mètre carré, exprimée en logarithmes décimaux, à Argeles et à Canet, aux différentes profondeurs.

2. — INDICES DE DIVERSITÉ (Tab. I et II)

Le calcul de l'indice de diversité offre la possibilité d'évaluer la richesse faunistique d'un milieu déterminé et de comparer la faune de différents milieux à partir des prélèvements qui y ont été effectués, même lorsque les nombres des individus récoltés dans les divers prélèvements sont différents.

Parmi les nombreuses formules de complexité très variable, nous avons choisi celle de FISHER, CORBET et WILLIAMS (1943) qui nous a paru la plus simple.

Une valeur forte de l'indice correspond à un milieu où les conditions écologiques sont relativement équilibrées et favorables. Par contre,

TABLEAU I
Indice de diversité à Argelès

Date	Indices	Profondeur				
		1 m	2,5 m	5 m	7,5 m	10 m
9-4-70	Indices globaux	4,6	4,6	5,9	10,5	11,3
	Annélides (totales)	0,8	2	3,2	3,9	5
9-9-70	Indices globaux	4,5	4,5	6,5	12	13
	Annélides (totales)	1,8	2,5	4	4,5	4,5
8-10-70	Indices globaux	4,5	6	5,5	14	12,9
	Annélides (totales)	0,5	6,8	7	5	3,5
13-11-70	Indices globaux	5	3,5	5,2	12,5	12,5
	Annélides (totales)	1		4,2	3,5	6,5

TABLEAU II
Indice de diversité à Canet

Date	Indices	Profondeur				
		1 m	2,5 m	5 m	7,5 m	10 m
23-4-70	Indices globaux	5,5	2,5	5,5	8,5	10
	Annélides (totales)		0,8	1,2	3,2	3,8
23-9-70	Indices globaux	6,5	5,2	12	12,5	13
	Annélides (totales)	3	2,5	4,5	3	4,3
15-10-70	Indices globaux	X	11,7	9,5	14,5	11
	Annélides (totales)	X		3,5	5,5	3,8

une valeur faible de l'indice de diversité indique un milieu instable où les facteurs écologiques sont variables. SANDERS (1968) montre qu'il y a corrélation entre la stabilité d'un milieu et sa diversité.

Nous avons donc comparé les indices de diversité généraux par station et aussi les indices de diversité des Annélides Polychètes. Le petit nombre d'espèces de Mollusques, de Crustacés et d'Echinodermes dans certaines profondeurs ne permet pas le calcul de leur indice de diversité.

Quatre radiales ont ainsi été traitées à Argelès : en avril, septembre, octobre et novembre ; trois radiales ont été examinées à Canet : avril, septembre et octobre.

a) INDICES DE DIVERSITÉ GLOBAUX.

Les résultats révèlent l'augmentation régulière de l'indice de diversité avec la profondeur en raison de l'accroissement de stabilité du milieu. Ce fait est particulièrement marqué à Argelès où l'indice passe de 5,9 à 5 m, à 10,5 à 7,50 m.

Trois contingents se différencient par leurs indices : 1 à 2,50 m avec des indices faibles, 5 m avec un indice moyen, 7,50 et 10 m avec des indices élevés.

Au cours de la tempête d'octobre 1972 les apports sédimentaires au niveau des fonds de 7,50 m provoquent une augmentation de l'indice de diversité (14) qui redevient normal un mois plus tard (12,5) par le rétablissement des conditions hydrodynamiques habituelles. Il faut noter la stabilité des fonds de 5 m à Argelès pour lesquels l'indice ne change pas à l'occasion de la tempête.

A Canet, la dune des 5 m plus marquée et plus mobile qu'à Argelès se distingue par un indice de diversité très variable du fait que ces fonds ne correspondent pas toujours au sommet de la dune mais parfois à son flanc : certaines espèces peuvent être éliminées ou recrutées au cours des déplacements dunaires.

Au printemps, en raison de la présence de stocks de jeunes de beaucoup d'espèces, les indices de diversité à 7,50 et 10 m sont plus faibles qu'en été ou en automne.

b) VARIATIONS DE L'INDICE DES ANNÉLIDES POLYCHÈTES.

En avril leur indice est faible à 1 m et 2,50 m (0,8 à 2,5) ; à 5 m mais surtout à 7,50 et 10 m nous remarquons une nette aug-

mentation de cet indice (3,2 à 6), conséquence du plus grand nombre d'Annélides dans les fonds plus stables.

Comme nous l'avons montré au niveau de l'étude bionomique, la sédentarité des espèces est plus importante dans les fonds plus profonds et plus stables d'où une diversification des populations qui y vivent et notamment des Annélides tubicoles.

3. — DONNÉES PONDÉRALES

a) BIOMASSES MOYENNES ANNUELLES (Tab. III).

A Argelès, les biomasses sont très fortes à 5 m : 13,5 g par mètre carré. Elles sont relativement faibles à 7,50 m : 7,8 g par mètre carré. Les fonds de 1 m et 2,50 m sont les moins riches du point de vue de la matière organique immédiatement disponible (4,5 g par mètre carré).

A Canet, les fonds de 7,50 m présentent les chiffres les plus élevés (25,4 g par mètre carré).

A Argelès comme à Canet, on constate une anomalie à 7,50 m. A cette profondeur, à Argelès, les biomasses montrent une nette diminution par rapport à celles de 5 m et de 10 m. Par contre, à Canet, il y a une nette augmentation du fait de la présence de très gros individus. Cette différence est difficilement explicable.

Les auteurs trouvent en général des biomasses moyennes plus faibles dans les fonds de même type, mais leurs résultats ne sont pas toujours comparables en raison des différents modes de prélèvements : benne, drague, suceuse. Les valeurs citées par GUILLE (1969) sont très

TABLEAU III
*Biomasses moyennes par mètre carré à Canet et à Argelès
aux différentes profondeurs.*

	Argelès	Canet
1 mètre	4,199 g	2,321 g
2,50 mètres	4,777 g	4,080 g
5 mètres	13,517 g	9,145 g
7,50 mètres	7,809 g	25,375 g
10 mètres	12,107 g	18,084 g

nettement inférieures, pourtant ses prélèvements ont été effectués dans les mêmes régions et parfois aux mêmes profondeurs. Comme nous l'avons indiqué précédemment, cet auteur a utilisé une benne ; de ce fait les chiffres obtenus sont difficilement comparables (1,2 g par mètre carré à 5 m de profondeur dans les sables fins à *Spisula subtruncata*, 3,2 g à 10 m).

MASSÉ (1971) qui a employé une suceuse indique des valeurs assez proches sur les côtes de Camargue (23,3 g par mètre carré) mais plus faibles sur les côtes de Provence calcaire où il signale des valeurs de 4,5 g par mètre carré à 1 m de profondeur et 2,5 g par mètre carré à 10 m.

McINTYRE et ELEFThERIOU (1968), en Ecosse, citent des biomasses maximales de 6 g par mètre carré entre 2 et 4 m de profondeur en dessous du niveau des plus basses mers.

b) BIOMASSES MOYENNES ANNUELLES PAR GROUPE ET PAR PROFONDEUR
(Tabl. IV et V).

Les Annélides sont prépondérantes à 7,50 m et 10 m. A 7,50 m à Argelès, elles représentent 3,8 g de matière organique sèche par mètre carré et 13,3 g à Canet. A 10 m on note à Argelès : 5,9 g et à Canet : 10,9 g. Les biomasses des Annélides Polychètes aug-

TABLEAU IV
Biomasses moyennes annuelles par groupe et par profondeur, exprimées en g/m².

Argelès	1 m	2,50 m	5 m	7,50 m	10 m
Annélides	0,922 g	0,999 g	1,218 g	3,808 g	5,892 g
Crustacés	0,323 g	0,433 g	0,999 g	0,595 g	1,258 g
Mollusques	2,278 g	2,995 g	0,949 g	0,933 g	1,007 g
Echinodermes	0,155 g	0,071 g	12,040 g	0,144 g	1,113 g
Divers	0,004 g	0,002 g	0,473 g	1,646 g	3,182 g
Canet	1 m	2,50 m	5 m	7,50 m	10 m
Annélides	0,559 g	0,914 g	1,895 g	13,305 g	10,888 g
Crustacés	0,139 g	0,188 g	1,076 g	1,242 g	0,184 g
Mollusques	1,372 g	2,488 g	2,452 g	4,788 g	3,546 g
Echinodermes	0,167 g	0,439 g	3,527 g	1,961 g	0,394 g
Divers	0,083 g	0,049 g	0,015 g	2,879 g	0,149 g

TABLEAU V
*Biomasses annuelles par groupe et par profondeur
 exprimées en pourcentage.*

Argelès	1 m	2,50 m	5 m	7,50 m	10 m
Annélides	25,2 %	22,2 %	7,8 %	53,4 %	47,3 %
Crustacés	8,7 %	9,6 %	6,4 %	8,3 %	10,1 %
Mollusques	61,8 %	66,5 %	6,0 %	13,1 %	8,1 %
Echinodermes	4,2 %	1,6 %	76,8 %	2,0 %	8,9 %
Divers	0,1 %	0,1 %	3,0 %	23,1 %	25,5 %
Canet	1 m	2,50 m	5 m	7,50 m	10 m
Annélides	24,1 %	22,4 %	21,1 %	55,0 %	71,8 %
Crustacés	6,0 %	4,6 %	12,0 %	5,1 %	1,2 %
Mollusques	59,1 %	61,0 %	27,3 %	19,8 %	23,4 %
Echinodermes	7,2 %	10,7 %	39,3 %	8,1 %	2,6 %
Divers	3,6 %	1,2 %	0,1 %	11,9 %	1,0 %

mentent avec la profondeur en relation avec la diminution des facteurs hydrodynamiques. De même la densité des tubicoles augmente. Les valeurs obtenues sont plus élevées à Canet qu'à Argelès car la situation topographique particulière de Canet entraîne des apports de deux rivières, au nord la Têt et au sud le Tech.

Les Mollusques sont prépondérants à 1 m et 2,50 m. A 1 m, à Argelès, on note 2,3 g par mètre carré et 1,4 g à Canet, tandis qu'à 2,50 m il y a 2,9 g à Argelès et 2,5 g à Canet. A Argelès, les biomasses des Mollusques diminuent avec la profondeur, mais à Canet et comme pour les Annélides leurs biomasses, au contraire, augmentent.

Les Echinodermes ont leur maximum à Argelès à 5 m de profondeur, leur biomasse très élevée (12 g par mètre carré) est en rapport avec les populations très denses d'*Acrocorda brachiata*. A Canet, leur biomasse croît régulièrement depuis 1 m jusqu'à 5 m pour décroître ensuite jusqu'à 10 m.

On constate à l'examen des données une répartition des biomasses en rapport avec la densité des groupes correspondants mais à Canet à 7,50 m, les biomasses sont plus élevées par rapport à des densités relativement faibles. Elles indiquent des individus de grande taille aussi bien pour les Mollusques que pour les Annélides.

Les Annélides sédentaires et peu vagiles sont bien développées au-dessous de 5 m (7,50 et 10 m) comme l'ont déjà montré les indices de diversité. Les Mollusques, plus mobiles, sont bien développés à tous les niveaux mais particulièrement au-dessus de 5 m à Argelès et au contraire en dessous de 5 m à Canet. Les Echinodermes, constitués pour la plupart d'espèces assez mobiles (*Acrocnida brachiata*) présentent des biomasses élevées à Argelès. En raison de la capture difficile des individus de grande taille, les Crustacés sont toujours très faiblement représentés (valeurs comprises entre 0,3 et 3 g par mètre carré).

GUILLE (1969), dans les sables fins de la communauté à *Spisula subtruncata* de la région de Banyuls-sur-Mer, trouve des biomasses très inférieures pour tous les groupes : à 5 m les biomasses sont respectivement 0,667 g par mètre carré pour les Mollusques, 0,147 g pour les Annélides Polychètes, 0,131 g pour les Crustacés, 0,215 g pour les Echinodermes et les groupes divers représentent 0,017 g par mètre carré.

McINTYRE et ELEFThERIOU (1968) en Ecosse, trouvent très souvent des biomasses inférieures au gramme par mètre carré pour les Annélides, les Crustacés et les Mollusques sauf *Tellina tenuis*. Les biomasses varient entre 0,05 et 0,220 g par mètre carré pour les Annélides, 0,430 et 1,190 g pour les Mollusques. Répétons que ces différences sont difficiles à apprécier en raison des différents modes de prélèvements.

4. — REMARQUES ÉCOLOGIQUES ET VARIATIONS SAISONNIÈRES SPÉCIFIQUES

Parmi de nombreuses espèces récoltées, certaines appellent des remarques d'ordre systématique ou biogéographique. Les variations saisonnières des espèces les plus abondantes feront aussi l'objet de ce chapitre, complété d'observations quant à leur éthologie.

MOLLUSQUES.

Corbula mediterranea (Costa) (Fig. 3).

Totalement absente à Canet, cette espèce dont les variations de densité de population sont extrêmes, est caractéristique des hauts fonds de 5 m d'Argelès. A ce niveau, la densité passe de 34 000 individus par mètre carré (de 1,5 à 2,5 mm de taille) en février, à 12 000 par mètre carré en mars (taille 2,5 à 3,5 mm) puis à 3 000 par mètre carré en avril (taille 4 à 5 mm). En mai la

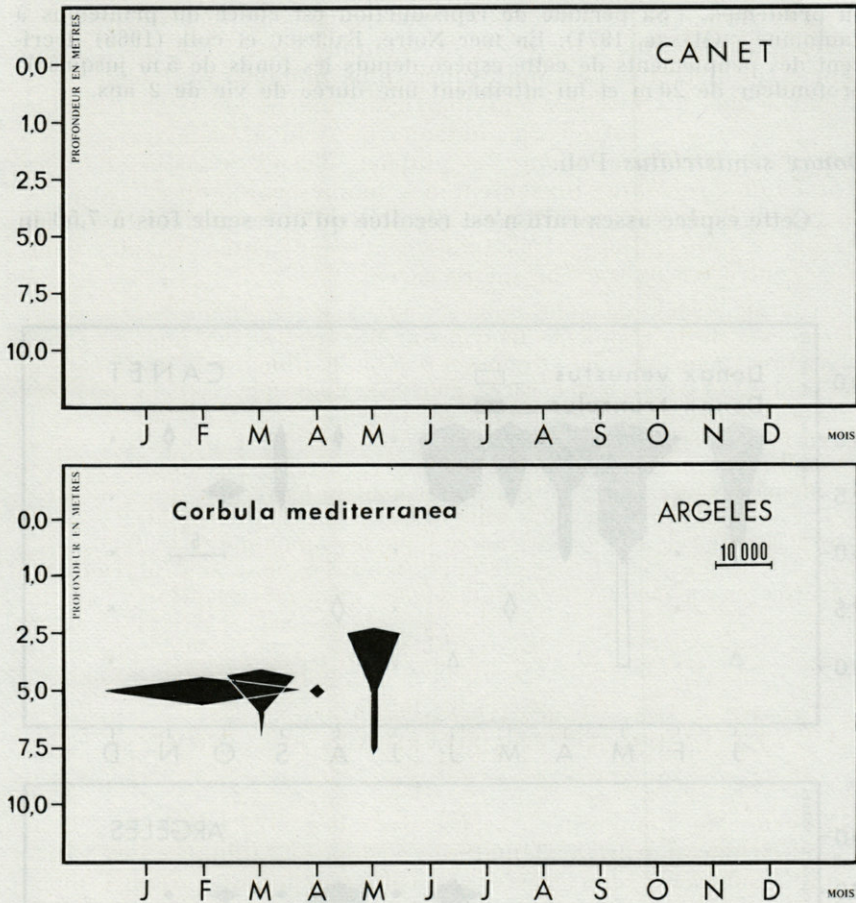


FIG. 3. — Variation numérique mensuelle de *Corbula mediterranea* en fonction de la bathymétrie.

densité augmente brutalement (10 000 par mètre carré) par un apport d'individus plus jeunes (1 à 1,5 mm).

On la rencontre à 7,50 m et 5 m (2 000 par mètre carré), mais surtout à 2,50 m où elle atteint une densité de 10 000 individus par mètre carré. En juin, elle disparaît totalement. On ne trouve alors que des coquilles vides à 1 m et 2,50 m de profondeur. Sa période de ponte doit se situer entre décembre et janvier.

En Méditerranée, PICARD (1965) puis FEBVRE-CHEVALIER (1969) et MASSÉ (1971) la signalent toute l'année autour de Marseille, en population très abondante vers 5 m de profondeur mais la densité varie énormément

au printemps. « Sa période de reproduction est étalée du printemps à l'automne » (MASSÉ, 1971). En mer Noire, BACESCU et coll. (1965) décrivent des peuplements de cette espèce depuis les fonds de 5 m jusqu'à la profondeur de 20 m et lui attribuent une durée de vie de 2 ans.

Donax semistriatus Poli.

Cette espèce assez rare n'est récoltée qu'une seule fois à 7,50 m

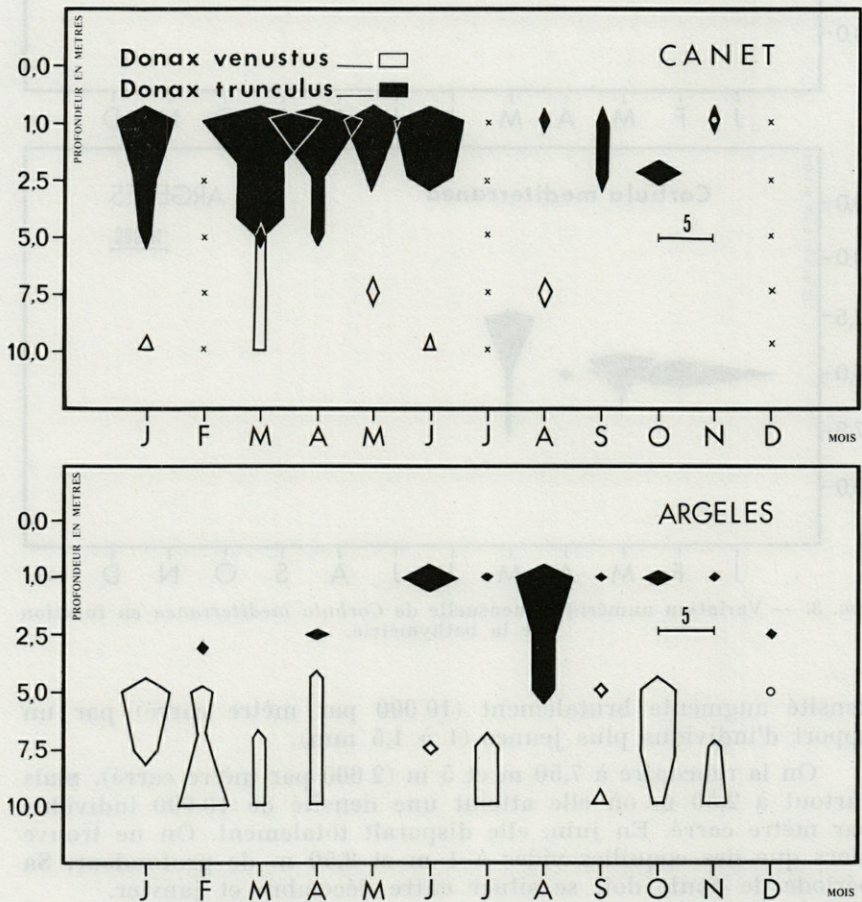


FIG. 4. — Variations numériques mensuelles de *Donax trunculus* et de *Donax venustus* en fonction de la bathymétrie.

de profondeur à Canet. Elle est, par contre, très commune à Marseille (MASSÉ, 1971 ; FEBVRE-CHEVALIER, 1969).

Donax trunculus Linné et *Donax venustus* Poli (Fig. 4).

Ici les deux espèces ne se rencontrent pratiquement jamais dans les mêmes profondeurs. *Donax trunculus* peuple les fonds de 0 à 5 m alors que *Donax venustus* vit toujours en dessous de 5 m, aussi les contacts entre les deux espèces sont très rares. Leur densité n'est jamais très élevée : 40 individus par mètre carré pour *Donax trunculus* et 10 à 20 par mètre carré pour *Donax venustus*.

a) *Donax trunculus* semble plus abondant à Canet qu'à Argelès car les conditions du milieu lui sont plus favorables en raison d'une médiane granulométrique plus fixe, d'un meilleur classement et d'un apport marqué en particules en suspension. Nous verrons que les jeunes de cette espèce, presque totalement absents des très hauts niveaux, sont surtout concentrés vers 5 m. A Canet l'espèce est plus abondante au printemps jusqu'en juin alors qu'à Argelès elle n'apparaît qu'à partir de juin.

Sur les côtes provençales *Donax trunculus* est peu fréquent et remplacé par *Donax semistriatus* (PICARD, 1965 ; FEBVRE-CHEVALIER, 1969 ; MASSÉ, 1971). Sur les côtes algériennes MOUEZA (1971) décrit des peuplements de *Donax trunculus* très abondants, leur période de reproduction s'étale de juin à septembre. Ils font l'objet d'une pêche intensive.

En Atlantique GLEMAREC (1969) et FAURE (1969) en font une espèce indicatrice des sables fins des hauts niveaux.

b) Chez *Donax venustus*, espèce plus profonde, les jeunes semblent disséminés de façon plus régulière sur les fonds à partir de 5 m et au-delà (7,50 et 10 m). Toutefois dans certains cas, ils paraissent préférer les fonds de 5 m. L'espèce est plus commune à Argelès qu'à Canet.

A Marseille, PICARD (1965) et MASSÉ (1971) citent des densités élevées pour *Donax venustus* (jusqu'à 150 individus par mètre carré). Cette espèce semble surtout méditerranéenne.

Mactra corallina (L) (Fig. 5).

Cette espèce est très bien représentée de mars à juin lors du recrutement des jeunes (500 individus par mètre carré ; taille : 1,5 à 9 mm) ce qui permet de penser que sa période de reproduction se situe vers janvier. Dans les fonds de 7,50 à 10 m on la trouve de façon constante à l'état adulte. A Canet, les jeunes

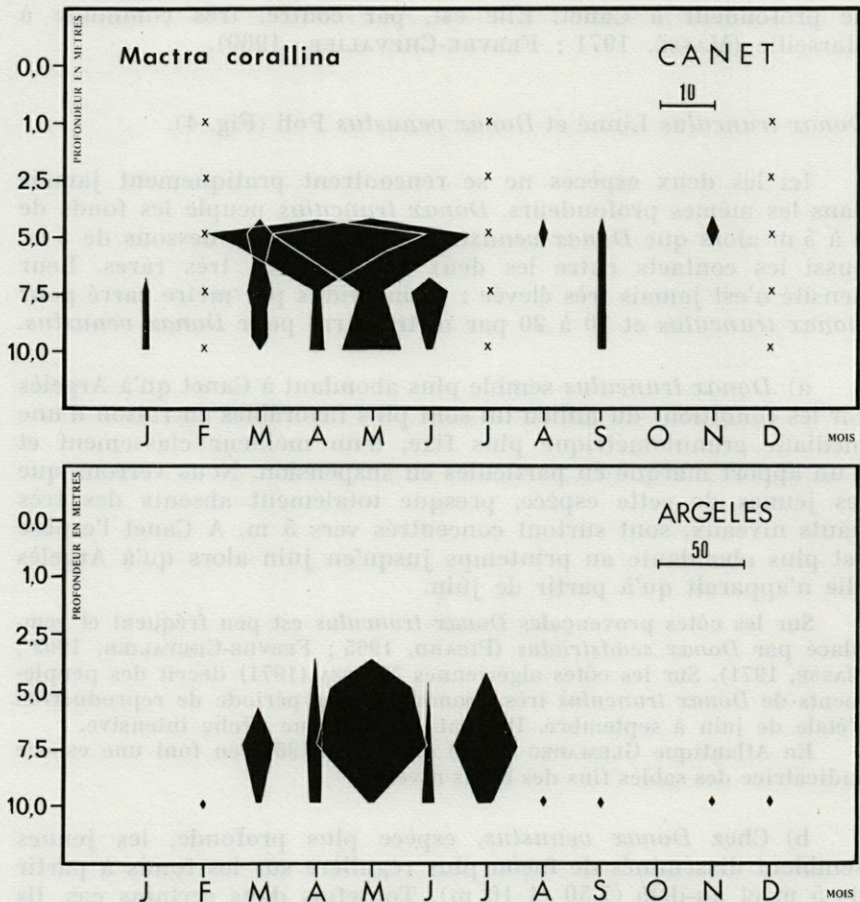


FIG. 5. — Variation numérique mensuelle de *Mactra corallina* en fonction de la bathymétrie.

se déposent plus particulièrement sur la dune des 5 m alors qu'à Argelès ils sont situés entre 5 et 7,50 m.

PICARD (1965) et MASSÉ (1971) signalent cette espèce dans les sables fins bien calibrés dont elle est caractéristique, bien que peu abondante (90 par mètre carré au maximum).

Toujours en Méditerranée, GUILLE (1969) en fait une caractéristique de deuxième ordre de sa communauté des sables fins à *Spisula subtruncata*. Sur les côtes sud de la Bretagne, GLEMAREC (1969) la découvre en faible abondance dans les sables envasés de l'Ecocline 2 avec *Venus gallina*. En Ecosse, McINTYRE et ELEFTHERIOU (1968) l'indiquent dans leur liste faunistique sans préciser son importance écologique.

Mesodesma cornea Poli

Cette espèce très littorale vit en grande abondance entre 0 et 1 m dans le talus du bord du rivage. C'est une des rares espèces capables de résister au brassage des vagues dans un sédiment grossier de galets et de sable.

Solecurtus strigillatus (Linné).

Ce Mollusque assez peu commun vit enfoui très profondément dans le sédiment, dans un cocon de sable et de mucus à plus de

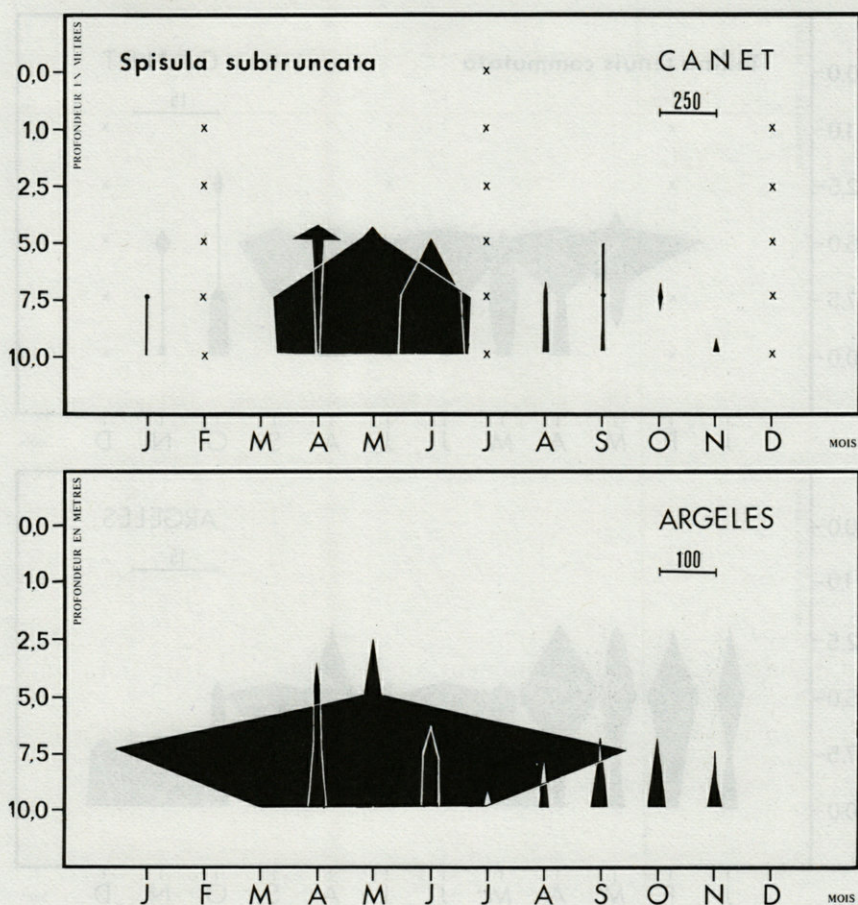


Fig. 6. — Variation numérique mensuelle de *Spisula subtruncata* en fonction de la bathymétrie.

30 cm de profondeur. Son tube n'est pas vertical : les siphons partent horizontalement puis rejoignent la surface du sédiment obliquement. L'ouverture de la coquille est située vers le bas, la charnière vers le haut.

MASSÉ le cite comme très peu fréquent sur les côtes de Provence. Ici il paraît un peu plus abondant.

Spisula subtruncata (Da Costa) (Fig. 6).

Espèce commune surtout typique des sables fins bien calibrés; on la trouve à partir de 7,50 m (rarement 5 m) où elle atteint son

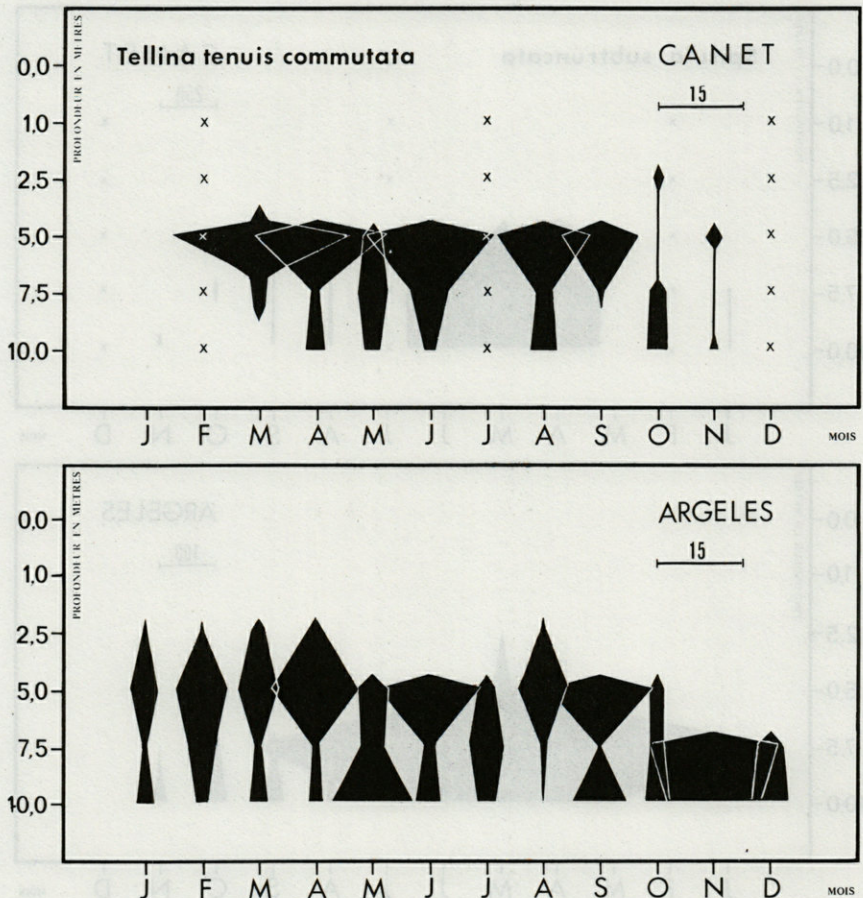


FIG. 7. — Variation numérique mensuelle de *Tellina tenuis commutata* en fonction de la bathymétrie.

maximum de densité en mai (900 individus par mètre carré) au moment du développement des jeunes sur les fonds (taille : 2 à 4 mm). Le reste de l'année sa densité moyenne oscille autour de 30 à 50 individus adultes par mètre carré à 10 m de profondeur, à Argelès comme à Canet. Sa période de ponte se situe probablement entre novembre et décembre.

GUILLE (1969) caractérise ses sables fins par *Spisula subtruncata*. PICARD (1965) et MASSÉ (1971) en signalent des densités importantes jusqu'à 1 000 par mètre carré sur les côtes de Camargue. GLEMAREC (1969) la trouve en Bretagne, dans les fonds infralittoraux à sables fins légèrement envasés où elle est accompagnée par *Tellina fabula*. Pour *Spisula subtruncata* les auteurs s'accordent sur une durée de vie de 3 ou 4 ans au maximum. MCINTYRE et ELEFThERIOU (1968) la signalent en dessous du niveau des plus basses mers sans toutefois détailler son écologie.

Tellina tenuis var. *commutata* Monterosato (Fig. 7).

Cette espèce préfère les sables fins et propres et est répartie autour de deux profondeurs moyennes dans les dunes de 5 m d'une part et dans les fonds de 10 m d'autre part. Entre ces deux pics de densité (150 individus par mètre carré), elle se raréfie vers 7,50 m.

Les jeunes apparaissent dans les prélèvements à 5 m en mars, à Canet, en février à 5 m et en novembre à 10 m à Argelès.

GUILLE (1969) ne la signale pas dans les sables fins qu'il a pourtant prospectés jusqu'aux fonds de 5 m. Sur les côtes de Provence, MASSÉ (1971) la trouve toujours au-dessus de 6 m de profondeur. Dans cette région le recrutement des jeunes se fait au printemps et surtout en automne. Sa durée de vie moyenne est de 2 ans. FAURE (1969) la signale comme très abondante sur les côtes de Charente. Il recense 5 classes d'âge et note de grandes variations de taille en fonction de la position par rapport au niveau des basses mers. En Ecosse MCINTYRE et ELEFThERIOU (1968) constatent sa présence entre plus 2 m et moins 5 m par rapport au niveau des plus basses mers et en font l'espèce caractéristique du peuplement. MCINTYRE (1970) montre que la prédation des siphons de *Tellina tenuis* retarde le développement de la gonade, donc de la ponte.

ANNELIDES.

Cirrophorus branchiatus Ehlers.

Cette espèce a été capturée à toutes les profondeurs entre 0 et 10 m et en assez grand nombre.

Elle avait été récoltée pour la première fois par EHLERS en 1908 en Atlantique sud (Cap de Bonne Espérance). BERKELEY et BERKELEY

(1956) la trouvent dans le Pacifique (côte sud-est de l'île de Vancouver), SOUTHWARD (1955) dans l'Atlantique (en Irlande à Port-Erin). GLEMAREC la signale en 1966 sur les côtes de Bretagne ainsi que LAUBIER (1966) pour la première fois en Méditerranée sur la côte catalane où GUILLE la retrouve en 1969. MARON RAMOS récolte de nombreux exemplaires à plusieurs stations de la baie de Rosas (1973).

Lanice conchylega (Pallas).

Abondante à Canet. Comme beaucoup d'espèces tubicoles, elle ne remonte presque jamais au-dessus des dunes de 5 m. A Argelès les conditions du milieu ne semblent pas lui convenir (densité : 50 par mètre carré) par contre à Canet elle atteint une densité importante surtout en mars (1 000 par mètre carré) mais il s'agit en majorité d'individus de petite taille.

A part GLEMAREC (1969) qui signale des fonds à *Lanice conchylega*, peu d'auteurs accordent un intérêt à cette espèce qui, pourtant, à cause des phénomènes de régénération, est intéressante sur le plan de la production de matière organique.

Lumbrineris impatiens (Claparède).

Espèce assez abondante vers les fonds de 7,50 m et 10 m, elle disparaît au niveau de la dune des 5 m. Elle réapparaît légèrement dans les niveaux supérieurs. Sa densité varie de 100 à 300 par mètre carré. Elle est plus abondante à Canet qu'à Argelès.

MASSÉ (1971) rencontre des quantités assez importantes de cette espèce, de l'ordre de 200 par mètre carré.

Magelona papillicornis (Müller).

Très abondante, cette espèce est typique des fonds de 7,50 m surtout à Argelès. A Canet on la retrouve jusque dans les fonds de 1 m mais jamais en grand nombre à cette profondeur (densité de 500 à 1 500 individus par mètre carré à 7,50 m de profondeur).

Elle est signalée par MASSÉ (1971) avec une densité de 200 à 500 individus par mètre carré. McINTYRE et ELEFThERIOU (1968) la récoltent depuis le niveau zéro des basses mers jusque vers 7 m, au-dessous.

Microspio mecznikowianus (Claparède, 1870)

Sur 75 prélèvements dans les sables fins entre 5 et 10 m nous n'avons récolté que 5 exemplaires de cette espèce.

Elle a été longtemps confondue avec *Spio decoratus*. Bien que localement très abondante dans certains prélèvements de la région de Marseille, elle semble exceptionnelle dans les sables fins organogènes infralittoraux (GIORDANELLA, 1969).

Myriocheles cf. *heeri* Malmgrem

Elle est fréquente ici dans les fonds de 10 m (60 individus par mètre carré). Elle avait été signalée par LAUBIER (1966) et par GUILLE (1969). Sa position systématique n'a pas encore été précisée.

Nerinides cantabra Rioja, 1919.

Quelques rares exemplaires sont présents dans mes prélèvements à 2,50 et 5 m. Peu fréquente, elle n'avait pas encore été signalée à Banyuls bien que BHAUD (1966) ait rencontré les larves dans le plancton au large de Béar.

C'est une espèce des sables vaseux, des herbiers de Zostères et de Posidonies (FAUVEL, 1927). RULLIER (1963) la considère comme rare en Méditerranée ; par contre PÉRÈS (1954) et BELLAN (1964) signalent qu'elle est très commune dans le sable superficiel de la plage de Fos-sur-Mer (région de Marseille). BELLAN ne l'a jamais récoltée hors de l'étage infralittoral. Son aire de répartition comprend actuellement : l'Atlantique, la Manche, les côtes d'Irlande, la Méditerranée et le Bosphore.

Nerinides tridentata Southern 1914

Comme la précédente, cette espèce est peu fréquente. Quelques individus ont été trouvés dans les fonds de 2,50 et 5 m. Elle n'avait été signalée dans la région de Banyuls que dans le plancton (BHAUD, 1966).

Comme le suggère FAUVEL (1927) elle peut n'être qu'une forme juvénile de *Nerinides cantabra* : il l'a surtout récoltée dans les crampons des Laminaires.

Ophelia neglecta Schneider

Cette espèce bien représentée ici (22 individus par mètre carré) est typique des sables propres et remaniés des hauts niveaux. Pourtant elle n'est guère signalée en Méditerranée ou en Atlantique.

Paraonis fulgens Levisen, 1883.

Deux exemplaires ovigères ont été recueillis à Canet par 2 m de profondeur. Cette espèce a été identifiée par LAUBIER. Elle est facile à confondre avec *Cirrophorus branchiatus*. De petite taille, elle peut également échapper à la capture et au tri.

Elle est signalée dans la mer Noire en 1963 par RULLIER, et par PETTIBONE (1963) du Maine et du Massachusetts dans les faibles profondeurs sur la côte est des Etats-Unis. Elle n'avait encore jamais été trouvée en Méditerranée. Distribution géographique : Danemark, Manche (Anse St. Martin, environs de Cherbourg), Atlantique.

Polydora giardi (Mesnil) 1896.

Deux exemplaires ont été identifiés. Cette espèce est rare dans la région de Marseille. HARTMAN (1969) la remarque en sud Alaska et à l'ouest du Mexique par 36 m de profondeur. C'est une espèce cosmopolite.

Scolecopsis fuliginosa Claparède

Nous n'avons récolté que quelques exemplaires de cette espèce entre 2,50 et 10 m de profondeur.

FAUVEL (1927) remarque la préférence de cette espèce pour les sables vaseux et la vase noirâtre où elle vit en colonies nombreuses. MONNIOT d'après LAUBIER (1966) en a récolté sur la vase côtière dans les fonds à Microcosmes. GUILLE et LAUBIER (1966) l'ont trouvée plus profond. BELLAN et coll. (1969) pensent que cette espèce est « hautement caractéristique des sédiments putrides des zones polluées ». Ils la signalent dans les sables fins bien calibrés de la baie du Prado (Marseille) et même dans le détritique du large (Cassidaigne, 1964). Distribution : mer du Nord, Atlantique, Méditerranée.

Spiochaetopterus typicus Sars.

Je n'ai récolté qu'un seul exemplaire, à Canet, par 7,50 m de profondeur. C'est une espèce rare à Banyuls. Elle a été signalée dans le rech Lacaze-Duthiers par LAUBIER (1966) par 400 m de fond. Elle est présente dans le plancton à l'état larvaire, de juillet à septembre (BHAUD, 1966).

CRUSTACÉS.

Aegeon cataphractus Olivi

Cette espèce est très fréquente. Elle est signalée par GUILLE (1969) dans les sables fins bien calibrés de la communauté à *Spisula subtruncata*. Ici elle est présente jusque dans les fonds de 1 m.

Ampelisca brevicornis (A. Costa).

Cette espèce est assez abondante vers 7,50 m et surtout 10 m (200 individus par mètre carré à Canet et 100 par mètre carré à Argelès). Elle accuse une remontée estivale nette à Argelès depuis les fonds de 7,50 et 10 m jusque vers les fonds de 2,50 et 5 m.

GUILLE (1969) la rencontre dans les sables fins bien calibrés mais jamais en très grand nombre.

MASSÉ (1971) signale cette espèce en très grand nombre à Bandol et au Verdon (500 par mètre carré). L'éthologie de l'espèce explique son extension estivale : elle se nourrit en balayant le sable avec ses antennes autour de l'orifice de son tube muqueux; pour cette raison elle préfère les eaux calmes.

Bathyporeia robertsoni Bate (Fig. 8).

Très constante, elle caractérise les fonds de 2,50 m. Sa densité varie entre 100 et 200 par mètre carré. A Canet, elle semble effectuer une descente vers 5 m pendant la période d'hiver où elle peut être à l'abri d'un hydrodynamisme trop élevé.

Les auteurs signalent généralement dans les mêmes fonds *Bathyporeia guillamsonia*. Seul FEBVRE-CHEVALIER (1969) indique *Bathyporeia robertsoni* dans le golfe de Fos en même temps que trois autres espèces de ce genre.

Lysiosquilla eusebia Risso

Un unique exemplaire a été découvert à Canet à 10 m de profondeur. Il a été identifié par F. JACQUES qui avait déjà rencontré les larves dans le plancton.

MASSÉ (1971) trouve cette espèce à Bandol.

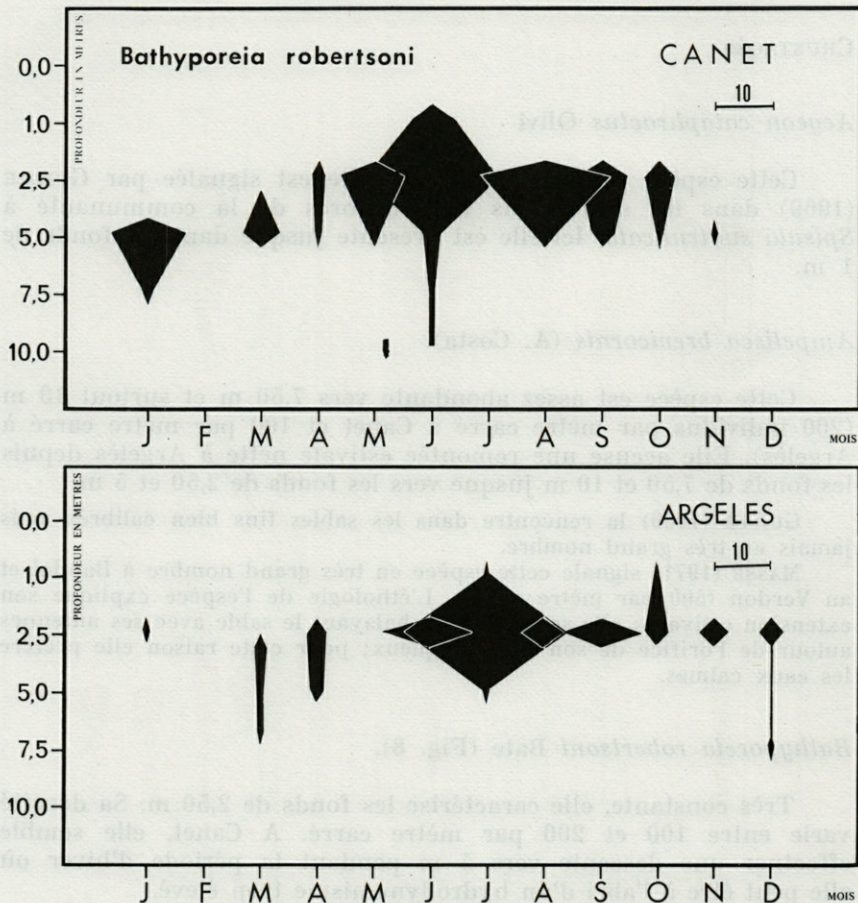


FIG. 8. — Variation numérique mensuelle de *Bathyporeia robertsoni* en fonction de la bathymétrie.

Nototropis swammerdami (Milne-Edwards).

Espèce très abondante entre 0 et 1 m de profondeur en janvier, à Argeles (3 500 par mètre carré) mais on la trouve à des profondeurs très variables, en nombre tout aussi variable mais généralement assez faible (100 par mètre carré). Elle semble former des nuages plus ou moins denses, difficiles à localiser.

Sur les côtes de Provence, MASSÉ (1971) la rencontre en assez grand nombre, en liaison semble-t-il avec les fibres de Posidonies. FEBVRE-CHEVALIER (1969) ne la trouve qu'en très faible nombre dans le golfe de Fos.

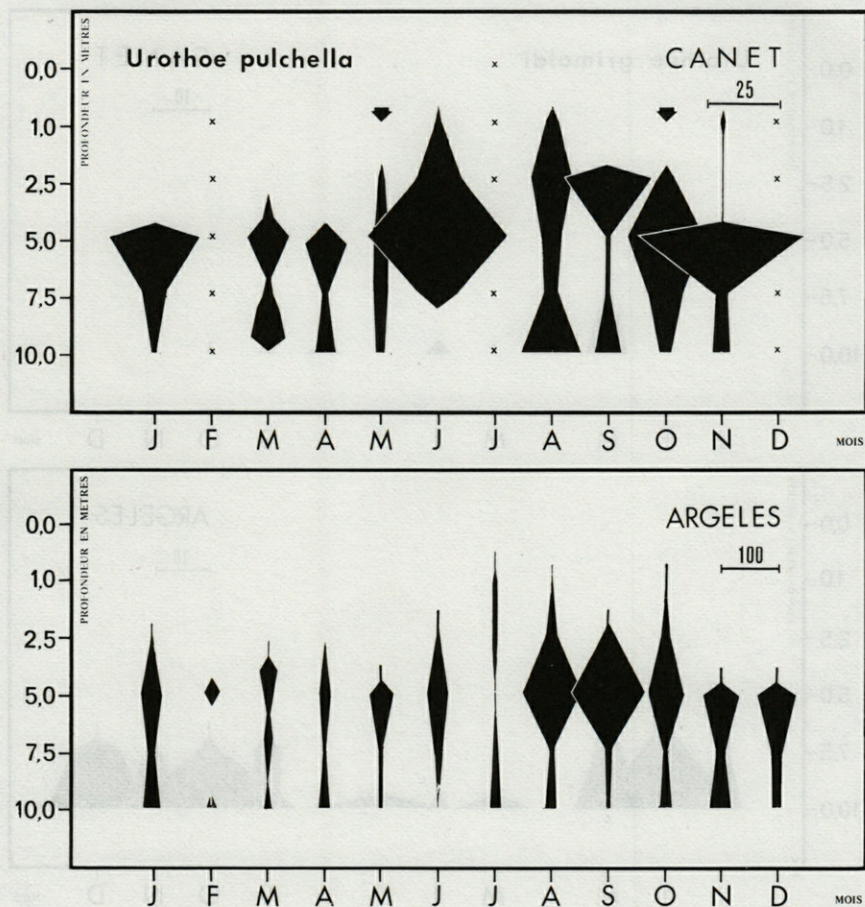


FIG. 9. — Variation numérique mensuelle de *Urothoe pulchella* en fonction de la bathymétrie.

Urothoe pulchella (A. Costa) (Fig. 9).

Typique de la dune des 5 m elle est plus abondante à Argelès (1 000 par mètre carré) qu'à Canet (250 à 500 par mètre carré). Elle n'a pas de très fortes variations numériques au cours de l'année mais semble remonter légèrement pendant l'été vers les fonds de 1 m.

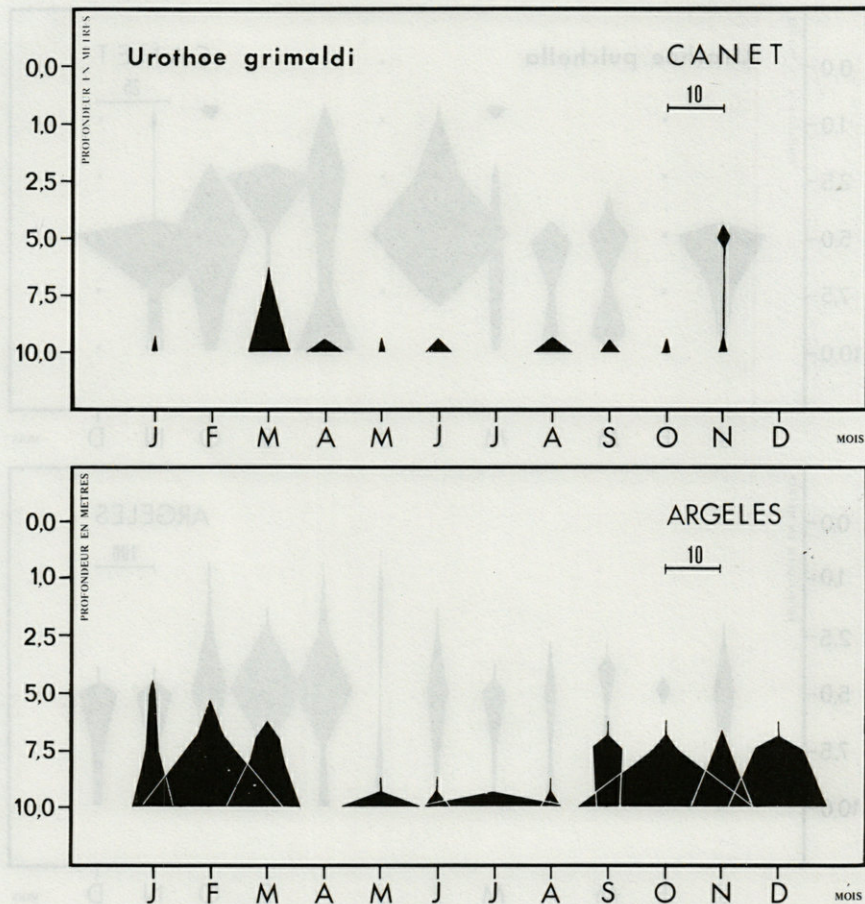


FIG. 10. — Variation numérique mensuelle de *Urothoe grimaldi* en fonction de la bathymétrie.

Urothoe grimaldi Chevreux (Fig. 10).

Elle est toujours cantonnée dans les fonds de 10 m et 7,50 m et ne remonte qu'exceptionnellement vers 5 m. Sa densité est de l'ordre de 50 par mètre carré à Canet et de 200 par mètre carré à Argeles.

Urothoe pulchella et *Urothoe grimaldi* vivent dans des profondeurs différentes mais on les rencontre presque toujours en nombre équivalent vers 10 m. C'est un phénomène curieux que les tableaux de résultats quantitatifs de GUILLE (1969) révélaient.

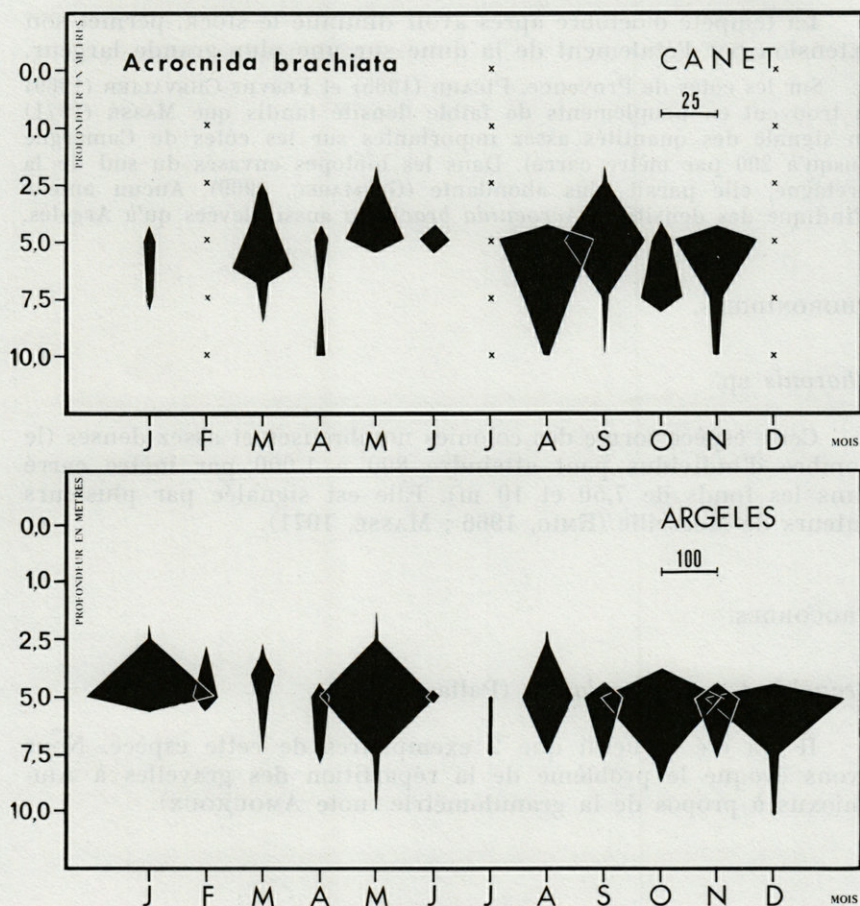


FIG. 11. — Variation numérique mensuelle de *Acrocnida brachiata* en fonction de la bathymétrie.

ECHINODERMES

Acrocnida brachiata Montagu (Fig. 11).

Cette espèce est typique des fonds de 5 m. Elle suit exactement les déplacements de la dune dans la mesure où ceux-ci ne sont pas trop rapides. A Canet, où la mobilité du sédiment est trop grande, la densité des individus est très réduite (de 100 à 750 par mètre carré). A Argelès, elle est de 600 à 2 000 par mètre carré, parfois plus.

La tempête d'octobre après avoir diminué le stock, permet son extension par l'étalement de la dune sur une plus grande largeur.

Sur les côtes de Provence, PICARD (1965) et FEBVRE-CHEVALIER (1969) la trouvent en peuplements de faible densité tandis que MASSÉ (1971) en signale des quantités assez importantes sur les côtes de Camargue (jusqu'à 200 par mètre carré). Dans les biotopes envasés du sud de la Bretagne, elle paraît plus abondante (GLEMAREC, 1969). Aucun auteur n'indique des densités d'*Acrocnida brachiata* aussi élevées qu'à Argelès.

PHORONIDIENS.

Phoronis sp.

Cette espèce forme des colonies nombreuses et assez denses (le nombre d'individus peut atteindre 800 à 1 000 par mètre carré dans les fonds de 7,50 et 10 m). Elle est signalée par plusieurs auteurs de Marseille (EMIG, 1966 ; MASSÉ, 1971).

PROCORDES.

Branchiostoma lanceolatum (Pallas).

Il n'a été recueilli que 2 exemplaires de cette espèce. Nous avons évoqué le problème de la répartition des gravelles à Amphioxus à propos de la granulométrie (note AMOUROUX).

CONCLUSION

Dans les fonds infralittoraux que nous avons étudiés, il apparaît que tous les phénomènes constatés ou analysés sont conditionnés par l'hydrodynamisme : le profil bathymétrique et la granulométrie sont perpétuellement modifiés par les mouvements du sable sous l'influence des courants.

On peut distinguer trois zones bathymétriquement et bioniquement séparées. Dans la zone de 0 à 5 m, l'agitation très grande se traduit par un sable très propre et bien trié. Les espèces qui y vivent sont adaptées à ces conditions par leur morphologie et leur éthologie. Les espèces suivantes constituent des exemples caractéristiques : *Bathyporeia robertsoni* mais surtout *Donax trun-*

culus et *Ophelia neglecta*. Les deux dernières effectuent des migrations pour échapper à la houle, pendant les périodes de tempête ; de plus elles changent de biotope au cours de leur croissance ; les individus les plus jeunes sont cantonnés dans les fonds de 1 m. En aucun cas ces espèces ne franchissent la dune des 5 m qui se présente à leur égard comme une barrière.

Par ses déplacements en fonction des courants, la dune des 5 m est une zone de transition entre les très hauts niveaux de 1 à 5 m et les fonds plus stables de 5 à 10 m. *Acrocnida brachiata* dont la densité peut être considérable, caractérise cette dune très particulière. Au cours de ses déplacements la dune peut envahir les fonds voisins vers 2,50 et 7,50 m en provoquant la disparition ou la migration de certaines espèces.

Les fonds au-delà de 5 m et jusqu'à 10 m sont plus stables : le sable y est très fin, l'agitation moindre. Cependant les courants peuvent y déposer du sable ou creuser le sédiment en place : à cette occasion les espèces les plus vagiles se déplacent avec le sédiment sans que leurs stocks en soient nettement diminués. Beaucoup d'espèces tubicoles ou sédentaires sont installées dans ces fonds : on y rencontre surtout *Owenia fusiformis* et *Spisula subtruncata*. Au printemps, des essaims de jeunes Lamellibranches se déposent sur les fonds de 5 à 10 mètres où ils atteignent des densités très fortes. Mais les stocks d'adultes de ces espèces sont relativement restreints. Les densités d'individus sont très faibles dans les très hauts niveaux, avec 400 individus par mètre carré à 1 m de profondeur, et plus importantes dans les fonds de 10 m (4 000 individus par mètre carré).

Deux éléments essentiels caractérisent ce milieu, l'un d'ordre physique : l'hydrodynamisme, et l'autre d'ordre biologique : les migrations qui constituent, quel que soit leur type, une adaptation à l'hydrodynamisme et à l'instabilité. Ainsi, ces migrations tendent à établir un équilibre biologique souvent perturbé dans ses manifestations extérieures. De ce fait, il n'est pas possible de définir une topographie précise des peuplements au sens bionomique classique.

Dans ces fonds, la dune des 5 m joue un rôle prépondérant par sa situation intermédiaire entre les très hauts niveaux instables et les bas niveaux moins remaniés. La faune ne subit ni les conditions difficiles des faibles profondeurs, ni les apports en particules fines des fonds de 7,50 et 10 m. C'est une zone de recrutement des jeunes stades de beaucoup d'espèces dont les adultes sont situés de part et d'autre.

RÉSUMÉ

Nous indiquons d'abord les densités d'individus en fonction de la profondeur, de la distance à la côte et de la saison, puis les indices de diversité aux différents niveaux bathymétriques. Les données pondérales globales et par groupe, en fonction de la profondeur et de la saison font l'objet d'un chapitre particulier. Les variations numériques saisonnières de certaines espèces particulièrement intéressantes ou nombreuses dans ces fonds terminent cette étude.

ZUSAMMENFASSUNG

Es werden die Individuen-Dichten in Abhängigkeit von der Tiefe, der Küstenentfernung und der Jahreszeit angegeben, sowie die Diversitäts-Indices in den verschiedenen Tiefenbereichen. Die Gewichtsangaben, total und nach Gruppen geordnet, in Abhängigkeit von der Tiefe und der Jahreszeit bilden ein eigenes Kapitel. Die jahreszeitlichen numerischen Schwankungen bei bestimmten Arten, die besonders interessant oder zahlreich sind, werden zum Schluss behandelt.

BIBLIOGRAPHIE

- BACESCU, M., M.T. GOMOIU, N. BODEANU, A. PETRAN, G. MULLER & S. STANESCU, 1965. Recherches écologiques sur les fonds sablonneux de la mer Noire. *Trav. Mus. Hist. nat. Gr. Antipa*, 5 : 33-81.
- BELLAN, G., 1964. Contribution à l'étude systématique, bionomique et écologique des Annélides Polychètes de la Méditerranée. *Recl Trav. Stn mar. Endoume*, 33 (49) : 1-372.
- BELLAN, G. & coll., 1969. Contribution à l'étude de différents facteurs physico-chimiques polluants sur les organismes marins. 1. Action des détergents sur la Polychète *Scolelepis fuliginosa* (note préliminaire). *Téthys*, 1 (2) : 367-374.
- BERKELEY & BERKELEY, 1956. Notes on Polychaeta from the East Coast of Vancouver Island and from adjacent waters, with a description of a New Species of Aricidea. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 13 (4) : 542-546.
- BHAUD, M. 1966. Contribution à l'écologie des larves pélagiques d'Annélides Polychètes à Banyuls-sur-Mer. Comparaison avec les régions septentrionales. *Vie Milieu*, 18 (2 B) : 273-316.

- EHLERS, E., 1908. Die bodensässigen Anneliden aus den Sammlungen der deutschen Tiefsee-Expedition. *Wiss. Ergebn. dt. Tiefsee-Exped. Valdivia*, 16 : 1-167.
- EMIG, C.C., 1966. Anatomie et écologie de *Phoronis psammophila* Cori, Golfe de Marseille et environs, Etang de Berre. *Recl Trav. Stn mar. Endoume*, 40 (56) : 161-248.
- FAURE, G., 1969. Ecologie et croissance de *Tellina tenuis* da Costa sur les côtes de la Charente maritime. *Téthys*, 1 (2) : 383-394.
- FAURE, G., 1969. Bionomie et écologie de la macrofaune des substrats meubles des côtes charentaises. *Téthys*, 1 (3) : 751-778.
- FAUVEL, P., 1927. Faune de France (16); Polychètes sédentaires. Chevalier édit., Paris : 494 p.
- FEBVRE-CHEVALIER, C., 1969. Etude bionomique des substrats meubles dragables du Golfe de Fos. *Téthys*, 1 (2) : 421-476.
- FISHER, R.A., S.A. CORBETT & C.B. WILLIAMS, 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *J. Anim. Ecol.*, 12 : 42-58.
- GIORDANELLA, E., 1969. Contribution à l'étude de quelques Spionidae. *Recl Trav. Stn mar. Endoume*, 45 (61) : 325-349.
- GLEMAREC, M., 1969. Les peuplements benthiques du plateau continental Nord-Gascogne. *Thèse Fac. Sci., Paris*, Arch. Orig. C.N.R.S., AO. 3422 : 167 p.
- GUILLE, A., 1969. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. Aspect qualitatif et quantitatif. *Thèse Fac. Sci., Paris*, Arch. Orig. C.N.R.S., 3707 : 289 p.
- GUILLE, A. & L. LAUBIER, 1966. Additions à la faune des Annélides Polychètes de Banyuls-sur-Mer. *Vie Milieu*, 17 (1 B) : 259-283.
- HARTMAN, O., 1969. Atlas of the Sedentariate Polychaetous Annelids from California. Allan Hancock foundation. Univ. South. Calif. Los Angeles, U.S.A., 828 p.
- LAUBIER, L., 1966. Le coralligène des Albères, monographie biocénétique. *Anns Inst. océanogr., Monaco*, 43 (2) : 316 p.
- MCINTYRE, A.D., 1970. The range of biomasse in intertidal sand, with special reference to the Bivalve *Tellina tenuis*. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 50 (3) : 561-575.
- MCINTYRE, A.D. & A. ELEFThERIOU, 1968. The bottom fauna of a flat fish nursery ground. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 48 (1) : 113-142.
- MASSÉ, H., 1971. Contribution à l'étude quantitative et dynamique de peuplements des sables fins infralittoraux des côtes de Provence. *Thèse Université Aix-Marseille*, C.N.R.S. n° A 0 5112, 310 p.
- MOUEZA, M., 1971. Contribution à l'étude de l'écologie et de la biologie de *Donax trunculus* L. *Thèse 3^e cycle Fac. Sci., Marseille*, 130 p.
- PÉRÈS, J.M., 1954. Contribution à l'étude des Annélides Polychètes de la Méditerranée occidentale. *Recl Trav. Stn mar. Endoume*, 13 (8) : 83-162.
- PÉRÈS, J.-M., 1967. The mediterranean benthos. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 5 : 449-534.

- PETIBONE, M.H., 1963. Marine polychaete worms of the New-England region. I. Aphroditidae through Trochochaetidae. *Bull. U.S. natn. Mus.*, **227** : 1-356.
- PICARD, J., 1965. Recherches qualitatives sur les biocénoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. *Recl Trav. Stn mar. Endoume*, **36** (52) : 1-160.
- MARON RAMOS, J., 1973. Annélides Polychètes du plateau continental de la côte catalane espagnole. Systématique et écologie. *Thèse Univ. Paris VI*, 2 tomes, 431 p.
- RULLIER, F., 1963. Les Annélides Polychètes du Bosphore de la mer de Marmara et de la mer Noire en relation avec celles de la Méditerranée. Extrait des Rapports et Procès-verbaux des réunions de la C.I.E.S.M.M., **17** (2) : 243.
- SANDERS, H.L., 1968. Marine benthic diversity : a comparative study. *Am. Nat.*, **102** (925) : 243-282.
- SOUTHWARD, E., 1955. Recherches sur la morphologie, le développement et la biologie de *Psammodrillus balanoglossoides*, Polychète sédentaire de la microfaune des sables. *Arch. Zool. exp. gén.*, **92** : 141-220.

Reçu le 29 1973

INDEX FAUNISTIQUE

ANNELIDES	1m		2,50 m		5 m		7,50 m		10 m	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
<i>Amage adpersa</i> (Grube)								1		
<i>Ampharete acutifrons</i> Grube										1
<i>Arabella irricolor</i> (Montagu)					1					1
<i>Aricia bioreti</i> Fauvel									1	
<i>Aricia grubei</i> Mc Intosh									1	
Aricidés indét.					1			2	1	4
<i>Brada villosa</i> (Rathke)									1	
<i>Branchioma linaresi</i> Rioja							1			
<i>Cirrophorus branchiatus</i> Ehlers			1		1		9		7	
<i>Dialychna acustica</i> Claparède					18	6	46	31	18	25
<i>Drilonereis filum</i> (Claparède)									2	
<i>Eteone</i> sp.							1	2		2
<i>Euclymene lombricoides</i> (Quatrefages)										1
<i>Euclymene oerstedii</i>							1		2	
<i>Eumida parva</i> Saint-Joseph										3
<i>Glycera convoluta</i> Keferstein		1	1		3		4	6	6	10
<i>Glycinde nordmani</i> (Malmgren)								1	1	1
<i>Goniada maculata</i> Oersted								23	1	1
<i>Harmothoe lunulata</i> (Delle Chiaje)					6	2		1	2	1
<i>Hyalinoecia brementi</i> Fauvel								3	1	1
<i>Hyalinoecia fauveli</i> Rioja					1	1	2	4	2	1
<i>Lagisca extenuata</i> (Grube)										1
<i>Lanice conchylega</i> (Pallas)			1		1	5	2	109	13	62
<i>Leocrates clapareidei</i> (Costa)									1	
<i>Lumbrineris impatiens</i> (Claparède)	3	1	2	2	4	3	29	24	28	27
<i>Magellona papillicornis</i> Müller	1	4	8	34	12	27	141	175	46	73
<i>Magellona alieni</i> Wilson								10	1	3
<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Edwards)							1		4	1
<i>Microspio meczikowianus</i> (Claparède)						2				1
<i>Myriocheles heeri</i> Malmgren							8	2	40	6
<i>Nephtys cirrosa</i> (Ehlers)	2	1	7	5	8	7	5	11	2	3
<i>Nephtys hombergii</i> Savigny		1	1	4	2	2	7	5	6	9
<i>Nerine cirratulus</i> (Delle Chiaje)		1		1	1		2	1	3	1
<i>Nerine foliosa</i> (Audouin & Milne Edwards)						2				
<i>Nerinides cantabra</i> Rioja		1			2	1	1	4	1	2
<i>Nerinides tridentata</i> Southern							1	1		2
<i>Notomastus latericeus</i> Audouin & Milne Edwards			2		5	3	8	10	10	12
<i>Ophelia neglecta</i> Schneider	4	7	3	3		2				
<i>Onuphis eremita</i> Audouin et Milne Edwards			1		1	1	2	1	3	1
<i>Owenia fusiformis</i> (Delle Chiaje)		1	2		6	19	72	300	414	444
<i>Paradonelis armata</i>										3
<i>Paraonis fulgens</i> (Levinson)	2	3		10		5		10		14
<i>Pectinaria koreni</i> Malmgren							2	1	2	1
<i>Phyllodoce mucosa</i> Oersted								3	2	1
<i>Polydora giardi</i> Mesnil								1	1	
<i>Psammolyce arenosa</i> (Delle Chiaje)										1
<i>Scoletepis fuliginosa</i> (Claparède)							2	1		
<i>Scoletepis girardi</i> (Quatrefages)							2	3	1	1
<i>Scoletepis ciliata</i> Keferstein			1	1	1	1	5	1	3	1
<i>Scolaricia typica</i> Eysig								1		
<i>Sigalion mathildae</i> Audouin & Milne Edwards			1	1	6	2	3	6	7	7
<i>Sptochoetopterus typicus</i>								1		
<i>Spio filicornis</i> (O.F. Müller)				2	1	4	2	1	5	4

	1 m		2,50 m		5 m		7,50 m		10 m	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
<i>Spiophanes bombyx</i> (Claparède)					2	7	1		1	1
<i>Staurocephalus rudolphii</i> (Delle Chiaje)							2	4	1	4
<i>Sthenolepis boa</i> (Johnston)									1	
<i>Stylarioides monilifer</i> Delle Chiaje							2		3	1
<i>Tharyx multibranchis</i> (Grube)			1				2	3	4	6
<i>Jasmineira elegans</i> Saint-Joseph							3	2	4	1
<i>Terebelides stroemi</i> Sars									2	
<i>Chone duneri</i> Malmgren							226		13	
<i>Polyopthalmus pictus</i> (Dujardin)								3		
MOLLUSQUES										
LAMELLIBRANCHES										
<i>Abra alba</i> (Wood)					1	31	8		3	2
<i>Cardium tuberculatum</i> Linné					20	3	27	12	3	2
<i>Cardium aculeatum</i> Linné							2	2	5	5
<i>Corbula mediterranea</i> (Costa)	10		823		35	9	1	1		
<i>Cultellus pellucidus tenuis</i> (Philippi)					4	2	7	1	3	
<i>Cytherea rudis</i> (Poli) = <i>Pitar rudis</i> Poli									1	
<i>Divaricella divaricata</i> Linné						1	5	5	20	7
<i>Donax semistriatus</i> Poli					1					
<i>Donax trunculus</i> Linné	5	10	2	4	2	4				
<i>Donax venustus</i> Poli					4	2	2	1	4	1
<i>Ensis ensis</i> Linné			1	2	2			1	1	1
<i>Ensis siliqua</i> (L.)	1				1	1				
<i>Gari faroensis</i> (Chem.)									1	
<i>Loripes lacteus</i> (L.)									1	
<i>Lutraria lutraria</i> (L.)									1	
<i>Mactra corallina</i> (L.)					47	39	64	10	13	4
<i>Mesodesma cornea</i> Poli	2				1	1		1		
<i>Pandora inaequalis</i> (L.)						1	3	1	4	
<i>Pharus legumen</i> (L.)									2	
<i>Solen siliqua</i> (L.)			1					1		
<i>Solecurtus strigillatus</i> (L.)								1	1	3
<i>Spisula subtruncata</i> (Da Costa)					21	193	910	825	398	850
<i>Tellina distorta</i> Poli						1				3
<i>Tellina donacina</i> (L.)								1		
<i>Tellina pulchella transversa</i> (B.D.D.)						2	1	1	2	4
<i>Tellina tenuis commutata</i> Monterosato			3	2	18	30	22	10	14	6
<i>Thracya papyracea</i> (Poli)							7	1	4	
<i>Venus casina</i> Linné	2		2	1	7	5	6	5	7	2
GASTEROPODES										
<i>Acteon tornatilis</i> (Linné)								1	1	1
<i>Amycla corniculum elongata</i> Monterosato			1		1	2				
<i>Cyclchna cylindracea</i> Pennant							1		2	
<i>Haminea hydatis</i> Linné										1
<i>Nassa granum</i> Lamarck	2	5	5	3	8	6	1			
<i>Nassa mutabilis</i> (Linné)						1			1	8
<i>Natica alderi</i> Forbes								1		
<i>Natica dillwyni</i> Payraudeau										1
<i>Natica guillemini</i> Payraudeau					1	1	1		2	2
<i>Murex brandaris</i> (Linné)					2	2	2	2	4	4
<i>Philine aperta</i> (Linné)			1			1				

	1 m		2,50 m		5 m		7,50 m		10 m	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
CRUSTACES										
<i>Aegeon cataphractus</i> Olivi	2	1	1	6		1	3	3	2	2
<i>Ampelisca brevicornis</i> (A. Costa)		1	5	2	18	20	7	30	7	26
<i>Ampelisca diadema</i> (A. Costa)		10						2	2	10
<i>Ampelisca spinimana</i> Chevreux										6
<i>Ampelisca tenuicornis</i> Lilljeborg	1						6	32	7	26
<i>Aora typica</i> Kröyer										1
<i>Apherusa ovalipes</i> Norman et Scott			1						1	
<i>Apsudes latreilli mediterraneus</i> Bacescu						1	4	15	28	23
<i>Bathyporeia robertsoni</i> Bate	1	7	28	23	2	13	1	2		1
<i>Callianassa subterranea</i> Montagu	1		1			1	3	4	2	1
<i>Corophium runcinorne</i> Della Valle							1	1		6
<i>Corystes cassivelaunus</i> Pennant							1	1	1	1
<i>Cumopsis goodstri</i> (V. Beneden, 1851)			1	2	2					
<i>Diogene pugilator</i> (Roux)		1		4	2	14	3	4	1	2
<i>Diastylodes bacescoi</i> Fage		1			1	1	1	2	1	1
<i>Eocuma ferax</i> Fischer					1	2	2	1		1
<i>Eurydice spinifera</i> H.J. Hansen	3	5	3	5	3	3	3	3	1	1
<i>Galathea</i> jeune indé.								1		
<i>Gammarus olivi</i> Milne-Edwards	18	3	7							
<i>Hippomedon denticulatus</i> (Bate)			1	1	1	1	3	2	2	1
<i>Inachus</i> jeune indé.									1	
<i>Idothea pelagica</i> Leach	8	8	6	6	2	2	1	1	1	1
<i>Idotheidés</i> indé.	18	18	15	15	5	5	8	8	7	7
<i>Iphinoe inermis</i> G.O. Sars				2	4	1	1	1	2	1
<i>Iphinoe serrata</i> Norman		1				2	14	14	4	5
<i>Iphinoe tenella</i> G.O. Sars						1		3		
<i>Iphinoe trispinosa</i> (Goodsir)			1	2	6	5	2	3	1	
<i>Isopodes</i> indé.	6	7	26	15	7	12	5	3	2	
<i>Jassa falcata</i> (Montagu)				1		1	1			
<i>Lambrus angulifrons</i> Latr.								1	1	
<i>Lembos websteri</i> Bate		4					4	1	4	6
<i>Leptodepcreum longicorne</i> (Bate et Westw.)								1		1
<i>Leptostracés</i> indé.							1	1	2	2
<i>Leucothoe incisa</i> D. Robertson		2				1	5	3	1	4
<i>Lysiosquilla eusebia</i> Risso									1	
<i>Macropipus holsatus</i> (Fab.)						1				
<i>Macropipus latipes</i> (Pennant)			2							
<i>Macropipus pusillus</i> (Leach)			1		1	1	1	2	2	1
<i>Maera grossimana</i> (Montagu)									4	
<i>Melita palmata</i> (Montagu)							1		7	1
<i>Monoculodes subnudus</i> (Norman)						1				1
<i>Mysidacés</i> indé.	2	3	5	17	4	4	5	6	1	2
<i>Nototropis swammerdami</i> (Milne-Edwards)	370	12	34	6	24	13	2	9	9	1
<i>Ostracodés</i> indé.									1	1
<i>Pariambus typicus</i> (Kröyer)		1				1	1	5	11	3
<i>Pagurus prideauxi</i> Leach										1
<i>Periculodes longimanus</i> (Bate et Westw.)	7	1	1		5	4	2	2	2	1
<i>Photis longicaudata</i> (Bate et Westw.)						1	1		1	
<i>Pontocrates norvegicus</i> Boeck	10			1		2				1
<i>Pontocrates arenarius</i> (Bate)	3	3	2	3	1	2	1	1		
<i>Processa edulis edulis</i> (Risso)				2	3		3	4	7	5
<i>Siphonocetes sabatieri</i> De Rouville			1	3	3	3				

	1 m		2,50 m		5 m		7,50 m		10 m	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
<i>Siphonocetes dellavalei</i> Stebling	2		6	1	2	4	1	1		
<i>Socarnopsis crenulata</i> Chevreux									5	
<i>Thia polita</i> Leach							2	2	3	3
<i>Trypanites longipes</i> (Bate et Westw.)							1			
<i>Upogebia gracilipes</i>							1		1	
<i>Urothoe grimaldi</i> Chevreux		6		1	1	2	8	1	25	7
<i>Urothoe pulchella</i> (A. Costa)	4	7	26	29	125	56	24	13	39	20
ECHINODERMES										
<i>Acrocnida brachiata</i> Montagu			5	3	247	63	33	21	5	3
<i>Astropecten bispinosus</i> Otto							1			
<i>Echinocardium mediterraneum</i> Forbes	1	1	1	1	14	3	9	1	6	5
<i>Ophiura albida</i> Forbes					3	3	1	4	4	2
<i>Ophiura texturata</i> Lamarck					1		3	4	1	
<i>Leptosynapta inhaerens</i>									9	
DIVERS										
<i>Cerianthus membranaceus</i>									1	1
<i>Phoronis psammophylla</i> Cori							55	202	12	120
<i>Polyclade</i> indét.			8		1	1	2		1	2
<i>Branchiostoma lanceolatum</i> (Pallas)							1	1		
<i>Edwardsia callimorpha</i> Gosse									1	1
<i>Glandiceps talaboti</i> (Marion)							1	1	1	1
<i>Sipunculus nudus</i> Linné							1	2	2	2
<i>Nemerte</i> indét.			13		3	3	2	3	5	6

MILIEUX HYPERHALINS DU COMPLEXE LAGUNAIRE DE BAGES-SIGEAN : L'ÉTANG DU DOUL

par Henri BOUTIERE

*Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer
Station Lagunaire, 11130 Sigean-Bellevue*

Avec la collaboration de M^{lle} Ngoc NU BUI
et MM. Franck LHOMME et Gilbert POLI

ABSTRACT

In the lagoon system of Bages-Sigean, permanent hyperhaline waters are almost exclusive to the pond of the Doul near Peyriac-de-Mer. A general description of this pond is given ; its hydrology is characterized by a high salinity (50 to 60 ‰ generally), high summer temperature (30° C) and the absence of stratification. The recent history of the pond is tentatively reconstructed from the remanent salinities of the mud. It is shown that the nutritional elements come from the western threshold where the only communication with the lagoon of Sigean is located.

INTRODUCTION

Les étangs du complexe lagunaire de Bages-Sigean et de l'Ayrolle sont généralement saumâtres. Toutefois, des eaux plus

(1) Dans le cadre de l'Enseignement du Troisième Cycle de Biologie Marine de l'Université de Paris, j'ai proposé, en 1969, à M^{lle} Ngoc NU BUI, à MM. F. LHOMME et G. POLI de prendre l'étang du Doul, mystérieux à plus d'un titre, comme objet d'un exercice de recherche que l'on pourrait qualifier d'« Océanographie continentale ». Les résultats que nous avons obtenus alors et les mesures faites par la suite permettent de donner une image assez exacte de l'histoire tumultueuse de cette petite lagune.

salées que celle de la mer se rencontrent régulièrement, de façon temporaire ou permanente en plusieurs points.

1) *Dans les micro-lagunes des côtes de conquête continentale.* Ces pièces d'eau extrêmement peu profondes s'isolent lorsque se produit une baisse de niveau de l'étang. La forte évaporation qui accompagne généralement cette baisse dynamique du plan d'eau, concentre l'eau de la micro-lagune. Il peut y avoir dépôt de sel et même dessèchement total avec mort de toute la flore et de la faune. La phase hyperhaline est un phénomène brutal et son effet biologique est une destruction.

2) *Dans la zone peu profonde de la Seiche,* entre l'étang de l'Ayrolle et le nord de l'île de l'Aute. On constate en été des phases d'hyperhalinité modérées lorsque l'intensité de l'évaporation dépasse la vitesse de renouvellement de l'eau à partir du bassin sud de l'étang.

Il s'établit alors un gradient Nord-Sud de salinité qui peut aller de 25 ‰ au Canal des Romains, à 45 ou 50 ‰ au fond de la Seiche. Ces conditions sont instables. La végétation est principalement algale avec de grandes quantités d'Ulves. Il est à noter également une espèce remarquable et assez abondante, *Acetabularia mediterranea*.

3) *Dans une dépression fermée de la côte occidentale.* C'est le seul étang hyperhalin permanent, profond et bien délimité de toute la région Languedoc-Roussillon. Il s'agit de l'étang du Doul, près de Peyriac-de-Mer. Il constitue une entité à part, originale à plus d'un titre. La suite de ce travail lui sera entièrement consacrée.

ORIGINALITÉ ET SITUATION DE L'ÉTANG DU DOUL

L'étang du Doul est situé à proximité de la petite ville de Peyriac-de-Mer. Il est à peu près circulaire avec un diamètre de l'ordre de 0,8 km. Son originalité réside dans son isolement presque complet au fond d'un cirque de collines. Un seuil étroit, sur sa côte ouest, lui a permis de communiquer dans le passé avec les pièces d'eau actuelles ou fossiles (carte fig. 1 et photographies).

A une époque récente, la plaine située au nord de Peyriac était submergée et communiquait largement avec l'étang de Bages-Sigean, à la fois vers le nord par les actuels marais de Saint-Paul,



PHOTOGRAPHIES. — Haut : vue de l'étang du Dou montrant les rives nord et ouest et le seuil occidental ; en arrière plan, au centre, l'ancien salin de Peyriac et à gauche l'extrémité de l'étang de Sigean ; au fond, les collines mésozoïques des Corbières. Les bancs d'Algues *Cladophora* forment une grande tache claire le long du rivage. Bas : plage sud-est de l'étang du Dou par fort vent de nord-ouest. Remarquer l'abondance de la mousse d'origine organique qui forme des trainées dans le sens des courants et s'accumule sur la plage. Au premier plan, gisement de végétaux fossiles dans les calcaires oligocènes (Photos H. BOUTIERE).

et vers le Sud par ce qui a été le salin de Peyriac. Les collines qui entourent le Doul formaient au milieu de cette lagune une île circulaire dont le centre déprimé était lui-même envahi par les eaux.

Sédimentation et variation de niveau du plan d'eau ont amené l'émersion de la plaine de Peyriac, l'envasement progressif des étangs de Saint-Paul, et, la main de l'homme aidant, la constitution puis le comblement des salins de Peyriac.

Les échanges avec le reste du complexe lagunaire sont devenus de plus en plus difficiles par l'étroit goulet du seuil occidental finalement barré par l'homme pour les besoins des salines. Ce seuil a joué un rôle capital dans l'évolution et la vie de l'étang du Doul. Seule communication possible avec les autres lagunes, il a livré passage à ses faunes successives.

Il en a maintenu aussi le niveau car la cuvette du Doul fonctionne comme un puits d'évaporation (1).

LES RIVAGES DE L'ÉTANG

Les rives présentent plusieurs aspects liés à la structure géologique. La partie la plus remarquable, en dehors du seuil, est la plage qui s'étend au sud de la rive orientale. Elle a une façade d'environ 300 m et se poursuit sans transition vers le nord par une côte rocheuse abrupte où la roche vive en place apparaît presque partout. Les strates sont redressées vers le Nord-Est et sont souvent très érodées par les vents et les embruns. Elles sont formées de calcaires et de roches détritiques et organogènes oligocènes contenant des vestiges de végétaux fossiles à plusieurs niveaux. Cette partie de la côte a une orientation sensiblement Nord-Sud. A angle droit avec elle, débute la côte nord de l'étang qui se poursuit sans solution de continuité vers le Sud-Ouest puis vers le Sud jusqu'au seuil occidental. Nulle part le substrat géologique n'est en contact direct avec l'étang. Les rives sont formées d'éboulis et d'alluvions à peine transportés, directement issus des collines calcaires qui dominent le plan d'eau de 50 à 70 mètres.

La rive sud n'est pas très différente. Elle est dominée par des collines semblables, de 30 à 50 mètres de hauteur, coupées de corniches verticales. Une petite route a été construite à ras de l'eau et ses empierrements constituent la rive actuelle de l'étang.

(1) Pluviosité estimée : 600 mm ; Rapport Bassin versant/étang : 1,3 ; Pluviosité équivalente $600 \times 1,3 = 780$ mm. Évaporation estimée : 1400 mm. Déficit estimé : $1400 - 780 = 620$ mm.

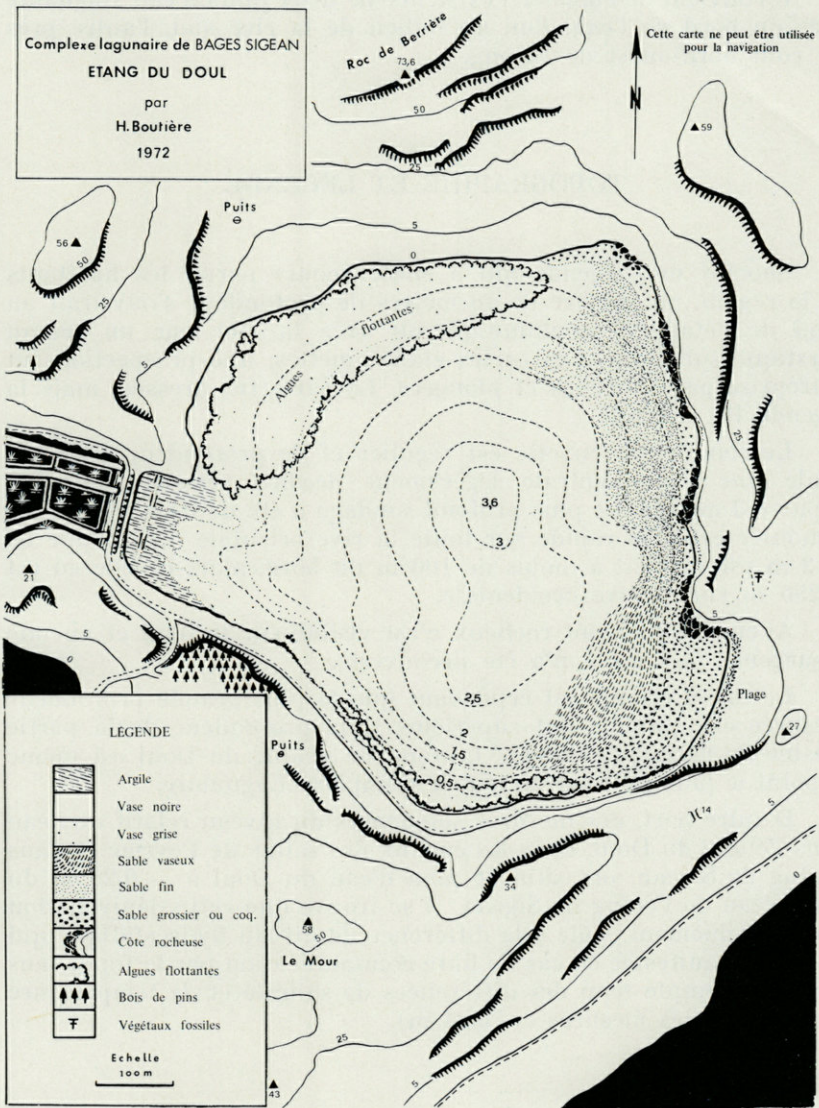


FIG. 1. — Carte générale de l'étang du Dou.

Il convient de signaler l'existence de deux puits d'eau stagnante près du bord de l'eau, l'un au milieu de la rive sud, l'autre près du coin nord-ouest de l'étang.

TOPOGRAPHIE ET LÉGENDE

Suivant une légende qui a encore cours parmi les habitants de la région, un gouffre de 40 mètres de profondeur s'ouvrirait au fond de l'étang et communiquerait avec la mer par un réseau karstique submergé. Les cartes étant muettes, une prospection fut entreprise par sondages et plongées. La carte fut dressée, mais la légende fut détruite.

Le fond de la cuvette est régulier et de profondeur modeste. Seule une zone centrale légèrement décalée vers le Nord-Est dépasse 3 mètres. Le plus profond sondage a été de 3,60 mètres. La remontée est plus rapide sur toute la rive orientale où la ligne de — 2 m est souvent à moins de 100 m du bord, alors qu'elle en est à 250 m sur la rive occidentale.

Aucun pointement rocheux n'est visible sur le fond et aucune résurgence apparente n'a été découverte.

Le fait à retenir est cependant que la plus grande profondeur mesurée est notablement supérieure à la profondeur de la partie voisine de l'étang de Sigean. Le fond de l'étang du Doul est même le point le plus profond de tout le Complexe Lagunaire.

D'autre part, des mesures soigneuses du niveau relatif de l'eau dans l'étang du Doul, dans les canaux des salins de Peyriac et dans l'étang de Sigean, ont situé le plan d'eau du Doul à — 0,20 m du plan d'eau de l'étang de Sigean. Il se trouve que cette dénivellation était sensiblement égale à la différence de niveau hydrostatique qui se serait manifestée en cas de libre communication par le fond, sans mélange, compte tenu des différences de salinité et de température au moment des mesures (— 0,24 m).

MÉTÉOROLOGIE

Il n'existe à notre connaissance aucune série de mesures météorologiques faites dans la cuvette du Doul, en dehors de celles de

l'équipe Ngoc-Lhomme-Poli, exécutées en juin-juillet 1969, pendant une durée qui exclut toute tentative de climatologie.

Températures

Ces mesures peuvent être comparées à celles faites simultanément au bord de l'étang de Bages-Sigean, au poste de Port-Mourrut. La comparaison est résumée dans le tableau I.

Les températures moyennes du DouL sont nettement plus élevées que celles de Port-Mourrut, ce qui confirme l'impression ressentie par vent calme. L'eau, près du rivage, demeure en moyenne plus chaude que l'air, à cette époque.

TABLEAU I

Moyennes hebdomadaires des températures fin juin-juillet 1969 sur la rive sud de l'étang du DouL et valeurs correspondantes sur l'étang de Sigean.

	Étang du DouL Rive Sud				Étang de Sigean Port-Mourrut
	6 h TU	12 h TU	18 h TU	Moyenne	Moyenne
Température moyenne de l'air sous abris	20,6°	27,5°	23,7°	23,7°	20,0°
Température moyenne de l'eau sur la rive	21,0°	27,9°	25,6°	24,6°	18,5°

Vents

Les vents sont ceux qui règnent généralement dans la région. C'est en premier lieu la Tramontane, vent dominant de NW, violent et fréquent. En second lieu viennent les vents de secteur Sud et SE, parfois violents et liés à de basses pressions atmosphériques, mais souvent modérés en été. Ces vents sont modifiés localement par le relief et constituent l'un des facteurs climatiques des plus importants. Le vent de NW aborde la cuvette du DouL en franchissant la ligne des crêtes entre les sommets de 56 m de l'Ouest et de 59 m du Nord, ainsi que par le seuil ouest et balaie l'étang obliquement. Les vents du secteur S et SE, soufflant en sens inverse du précédent, dévalent les pentes de l'isthme SE, projetant le sable de la plage vers l'étang et viennent se heurter aux collines de la rive opposée.

Précipitations

Nous ne possédons pas de relevés de pluie étalés sur une période significative. D'après les courbes d'égale pluviosité moyenne

dressées pour l'ensemble du bassin de Bages-Sigean, l'ordre de grandeur de la pluviosité moyenne dans la région du Doul peut être estimée à 600 mm par an (BOUTIÈRE, 1973). Il se peut, toutefois, qu'il existe une anomalie due au relief.

TEMPÉRATURES ET SALINITÉS ACTUELLES DE L'ÉTANG

Des données cohérentes sur la température de la masse de l'eau de l'étang n'ont été recueillies qu'en période estivale. La masse de l'eau de l'étang est alors généralement hétérogène et faiblement stratifiée. Les surfaces isothermes sont très labiles.

La salinité est toujours forte. Pendant l'été 1969, en surface, elle était généralement comprise entre 53 et 57 ‰. Elle aurait été plus forte dans le passé comme nous le verrons plus loin. Comme celle des températures, la distribution des salinités a montré un léger accroissement de la salinité du fond avec la profondeur : 57,5 ‰ sur fond de 1 m ; 58 ‰ sur fond de 1,5 m ; 59 ‰ à 2 m, mais il n'est pas possible de généraliser.

En tous cas, il n'y a pas de masse d'eau beaucoup plus salée que la surface dans la partie profonde de l'étang.

L'étude critique des diverses données recueillies sur les températures et les salinités de l'étang du Doul en 1969 et 1970 permet de dégager quelques traits généraux de son hydrologie en été :

1) Une masse d'eau relativement froide se trouve en permanence devant la plage du sud-est, et souvent sur toute la côte orientale.

2) Une masse d'eau relativement chaude, mobile, existe généralement le long de la côte sud où elle occupe la surface et le fond. Elle peut, semble-t-il, être sursalée (gradient thermique inversé).

3) La zone peu profonde du seuil ouest est la plus instable : chaude ou très chaude pendant la journée, elle peut devenir le point le plus froid au matin (rayonnement nocturne). L'eau peut devenir plus salée *in situ* par évaporation diurne. Il semble qu'elle glisserait alors le long de la côte sud et viendrait constituer la masse mobile signalée plus haut. En période de pluie, la zone ouest est celle qui tend à se dessaler le plus rapidement (baisse quasi-immédiate de salinité de 2 g par litre pour une chute de pluie de 6 mm en 45 minutes).

Ce schéma de la distribution estivale des masses d'eau s'accorde bien avec les courants observés (fig. 2, carte A). Le rayonnement

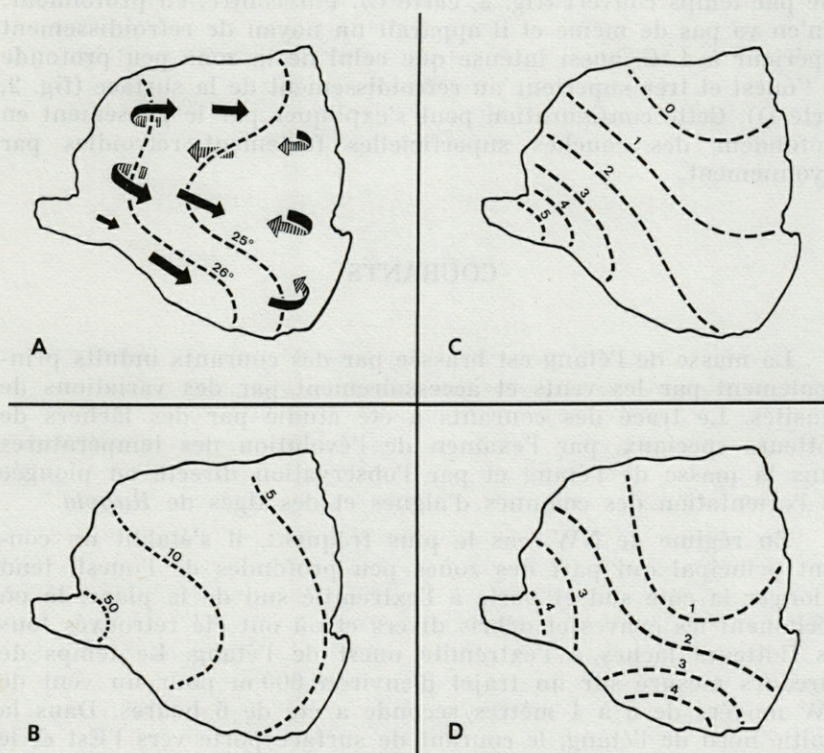


FIG. 2. — Carte A : allure des isothermes de surface et des courants en été, en régime de NW. Carte B : distribution des maxima de concentration en Phosphore minéral dans la couche supérieure de la vase (microatomes-grammes par litre d'eau interstitielle). Carte C : allure des courbes d'égal refroidissement nocturne en été par ciel clair en surface (degrés C). Carte D : allure des courbes d'égal refroidissement nocturne en été par ciel clair sur le fond (degrés C).

superficiel nocturne peut être assez intense pour entraîner des réajustements de densités que l'examen des cartes d'égal refroidissement permet de déceler.

En été, par temps couvert et vent calme, le refroidissement nocturne de surface est de l'ordre de 5 °C sur la partie ouest peu profonde, de 1 à 2° vers le centre du bassin et sensiblement nul ou négatif (réchauffement) sur la côte orientale. En profondeur, les lignes d'égal refroidissement ont un aspect analogue.

Par temps clair et vent calme, le refroidissement superficiel est plus intense (7 à 8° à l'ouest) mais varie dans le même sens

que par temps couvert (fig. 2, carte C). Par contre, en profondeur, il n'en va pas de même et il apparaît un noyau de refroidissement supérieur à 4 °C, aussi intense que celui de la zone peu profonde de l'ouest et très supérieur au refroidissement de la surface (fig. 2, carte D). Cette configuration peut s'expliquer par le glissement en profondeur des couches superficielles fortement refroidies par rayonnement.

COURANTS

La masse de l'étang est brassée par des courants induits principalement par les vents et accessoirement par des variations de densités. Le tracé des courants a été étudié par des lâchers de flotteurs spéciaux, par l'examen de l'évolution des températures dans la masse de l'étang et par l'observation directe en plongée de l'orientation des colonnes d'algues et des tiges de *Ruppia*.

En régime de NW, cas le plus fréquent, il s'établit un courant principal qui part des zones peu profondes de l'ouest, tend à longer la côte sud et porte à l'extrémité sud de la plage, là où s'échouent les épaves et débris divers et où ont été retrouvés tous les flotteurs lâchés à l'extrémité ouest de l'étang. Le temps de parcours mesuré sur un trajet d'environ 600 m pour un vent de NW modéré de 3 à 4 mètres/seconde a été de 6 heures. Dans la moitié nord de l'étang, le courant de surface porte vers l'Est et le SE. La plongée des eaux se fait principalement devant la plage du SE. Il s'établit un contre-courant de fond Est-Ouest qui modèle les paquets cotonneux d'algues (*Cladophora*) et courbe les tiges des *Ruppia* proches du fond. L'émergence se fait le long de la côte nord-ouest (fig. 2, carte A).

En régime de Sud-Est, les courants sont à peu près inversés. Les courants de surface portent vers le NW et le NNW, tandis que s'établissent des contre-courants de fond qui convergent vers la plage devant laquelle se fait la remontée des eaux.

ÉVOLUTION DE LA SALINITÉ DE L'ÉTANG

Le principal intérêt de l'étang du Douil réside dans la forte salinité de ses eaux : une fois et demie supérieure à celle de la Méditerranée voisine. C'est un milieu hyperhalin d'un volume

assez considérable et unique dans la région. En a-t-il toujours été ainsi ? Il n'y a pratiquement pas eu d'observations scientifiques dans le passé. D'après PETIT et SCHACHTER, la salinité aurait été de 62,6 ‰ en 1959. MARS indique 65 ‰ le 28 septembre 1959 et trouve l'étang complètement azoïque. MIZOULE a mesuré une salinité de 71,3 ‰ le 19 novembre 1960. L'ayant visité nous-même souvent depuis dix ans, nous pouvons affirmer qu'il est en état de sursalure permanente au moins depuis 1959.

Il résulte d'une enquête faite auprès de plusieurs habitants de Peyriac-de-Mer et des hameaux voisins, notamment d'anciens employés des Salines que, jusqu'à l'abandon des marais salants de Peyriac en 1967, des échanges d'eau provoqués volontairement pour l'extraction du sel avaient lieu entre l'étang du Doul, l'étang de Sigean et les salins mais le sens de ces échanges n'était pas constant. Les restes des canaux et des vannes sont encore visibles actuellement. L'étang aurait été vidé partiellement par pompage, en 1908 (pourquoi ?) et à une date plus récente « parce qu'il était devenu insalubre et dégageait une odeur pestilentielle ». Il semblerait que le niveau de l'étang ne monte pas de plus de 0,50 m en hiver, même quand il se produit de fortes pluies. Il a été souvent question de communication souterraine avec l'extérieur.

Beaucoup de témoignages demeurent douteux : les concrétions de sel sur les rives pourraient bien avoir été des amoncellements d'écume séchée, effectivement très abondante dans certaines conditions, et les dépôts de soufre signalés risquent fort d'avoir été du pollen de *Ruppia*. Il n'en demeure pas moins que l'étang a subi des vicissitudes diverses qui auraient bouleversé ou détruit sa flore et sa faune à plusieurs reprises. La salinité n'a pas toujours été excessive puisqu'on y a pêché à certaines époques. La phase d'hyperhalinité actuelle ne semble pas devoir remonter avant les années 50. Peut-on préciser cette histoire autrement que par la lecture de vieilles chroniques ? C'est ce qui a été tenté avec la technique des Salinités rémanentes.

SALINITÉS RÉMANENTES

La trace des variations de salinité peut être recherchée dans la vase du fond de l'étang. En effet, si la salinité étant constante pendant un temps indéfini, l'eau interstitielle de la vase aurait à tous les niveaux la même concentration en sels que l'eau surnageante. Si à un moment donné l'eau de l'étang est remplacée par une eau de salinité très différente, un réajustement va se pro-

TABLEAU II

Salinités rémanentes dans les vases superficielles et profondes de l'étang du Doul.

Distance au bord ouest m	Profondeur de l'eau m	Ecart de salinité eau-vase supérieure g par litre	Ecart de salinité eau-vase profonde g par litre
200	1	0,5	12,5
400	1,50	16	30
700	2	7	25

duire dans la vase, d'abord à sa surface, puis progressivement en profondeur. La connaissance de la variation de la salinité de l'eau interstitielle en fonction de la profondeur dans la couche de vase permettrait, en principe, de reconstituer les variations de salinité de l'eau qui la recouvrait.

En juillet 1969, des carottages ont été faits en des points recouverts par un mètre, 1,5 et 2 mètres d'eau, à des distances croissantes du seuil ouest. Pour chaque carotte, l'eau interstitielle a été extraite séparément par centrifugation d'échantillons prélevés dans la partie supérieure des carottes, la plus proche de la surface, et dans la partie inférieure, la plus profonde. Les résultats sont résumés dans le tableau II. Ils permettent les conclusions-ci-après :

1) La salinité de l'étang était autrefois plus forte que maintenant.

2) Le plus fort écart enregistré (+ 30) indique que l'eau de l'étang a atteint une salinité d'au moins 90 g par litre (salinité actuelle + 30).

3) Les échantillons de vase de même niveau (superficiel ou profond) ne sont pas contemporains.

Le liquide extrait de l'échantillon de vase superficielle pris à un mètre de fond est à peu près en équilibre avec l'eau actuelle. Il est donc très récent. Le même échantillon pris à 1,5 m, qui présente un écart de 16 est le plus ancien. Il est en particulier plus ancien que celui pris à 2 mètres. La différence des écarts étant en sens inverse de la variation de profondeur de l'eau, elle ne peut être due à une stratification ancienne de l'eau.

L'échantillon profond du prélèvement fait à — 1m a un âge intermédiaire entre les deux précédents. On peut donc en déduire que la carotte de — 1 m, à 200 m environ du seuil a été faite dans une zone à sédimentation rapide. Les deux autres échantillons pro-

fonds sont les plus anciens et sans doute contemporains. Ils ont dû être en contact avec des eaux de plus de 90 ‰ de salinité. La chronologie absolue de cette évolution est inconnue.

SÉDIMENTOLOGIE

Le fond de l'étang du Doul est formé par une couche d'épaisseur inconnue formée principalement de vases noires et grises et également de sables et d'argiles détritiques.

Les sédiments le long de la côte orientale sont partout sableux : sable grossier au pied des rochers calcaires, petites plages entre les blocs et grande plage du Sud-Est. Devant cette dernière s'étend une bande de sable coquillier suivie d'une zone de sable vaseux dur. Vers le Nord, il y a passage au sable fin.

A l'extrémité ouest de l'étang devant le seuil qui le sépare du salin de Peyriac, s'étale un glacis d'argile détritique provenant de la colline tout proche, tantôt immergé, tantôt exondé suivant les variations toujours faibles du niveau de l'étang.

Le reste du bassin est recouvert d'une couche de vase noire ou grise, plus argileuse à la périphérie, de structure hétérogène comme l'ont montré les carottages et les sondages thermiques. La couche superficielle de ces vases, siège d'une intense activité microbiologique est épaisse et uniforme près du seuil (40 cm). Son épaisseur décroît au fur et à mesure que l'on s'en éloigne (3 cm vers le centre). La couche sous-jacente contient de nombreuses intercalations de débris végétaux, de coquilles, de sables, d'argiles, et garde la trace de toute l'histoire de l'étang au cours des siècles passés.

La configuration actuelle du fond de l'étang est le résultat de la pénétration d'eau, de sédiments et de matière organique venus de l'extérieur et du transport et du classement des sédiments minéraux et organogènes par les courants intérieurs.

Les sables provenant de la désagrégation des roches de l'Est soulevés par le ressac en régime NW ou arrachés à la plage par régime de SE, ne pouvant demeurer en suspension, sont transportés sur une faible distance par les contre-courants de fond et viennent constituer la bordure sablo-vaseuse orientale. Les particules de vase et d'argile très ténues et d'un transport facile s'étaient largement. Les vases s'élaborent d'autre part sur place en quantités d'autant plus importantes que les apports (biomasse *in situ* ou transports à l'entrée) sont supérieurs. Or, les apports

dans le passé n'ont pu se faire que par le seuil ouest. Actuellement on peut constater que la biomasse — surtout végétale — est très importante sur les fonds moyens de la partie ouest, et décroît vers le centre — le plus profond — et vers la côte sableuse orientale. Si la décroissance en profondeur peut s'expliquer par la décroissance de la lumière au fond, la décroissance à partir du seuil doit être liée à un appauvrissement en éléments nutritifs. Les nitrates et les phosphates ont une origine continentale, or le bassin versant de la cuvette du Doul est réduit (rapport surface des pentes à surface de l'étang = 1,3). La forte productivité de l'étang doit donc être liée à d'autres apports. Des mesures de la teneur en phosphates (Phosphore minéral) de la vase prélevée à diverses profondeurs et à divers niveaux ont fourni des résultats intéressants.

CONCENTRATION EN PHOSPHATES

Dans la couche d'eau immédiatement en contact avec le fond, les quantités dosables de phosphates n'existent qu'à proximité de la communication avec les salins de Peyriac. Dans les canaux de salinité comparable à celle de l'étang (55 à 60 ‰) et fonds de vase noire, la teneur en P minéral de l'eau en contact avec le sédiment est de l'ordre de 0,9 microatome-gramme par litre. Dans l'étang, la teneur de l'eau du fond a une valeur comparable jusqu'à 300 m de l'entrée (0,8) puis elle décroît rapidement et devient nulle à 600 m de l'entrée.

Dans le sédiment, la teneur est en général plus élevée. Elle augmente rapidement dans la couche de vase superficielle et atteint un maximum à une profondeur comprise entre 5 et 10 cm sous la surface du sédiment. Ce premier maximum se situe généralement juste sous la couche de vase la plus superficielle. Ensuite la teneur en P minéral diminue et atteint un minimum très faible, parfois nul, à une profondeur comprise entre 25 et 30 cm. A ce niveau, la vase est généralement grise, hétérogène et contient fréquemment des débris végétaux et parfois des coquilles brisées.

Au-delà de ce minimum, la teneur en P minéral augmente à nouveau. Les mesures poursuivies jusqu'à plus de 50 cm n'ont pas permis de situer un nouveau maximum. L'allure de la variation relative de la teneur en P avec la profondeur dans la vase est très comparable dans les divers points de l'étang. La valeur du maximum de la couche superficielle décroît rapidement en fonc-

TABLEAU III

Variation des maxima et des minima de la teneur en Phosphore minéral (en micro-atome gramme par litre) et leur profondeur (en centimètre) dans la vase de l'étang du DouI en fonction de la distance au seuil occidental.

Distance au seuil W (en mètres)	100	250	500	600	700	750
Teneur en P MAXIMA (Profondeur)	80 (10)	15 (10)	8 (9)	7 (8)	7 (5)	6 (5)
Teneur en P MINIMA (Profondeur)	50 (30)	2 (30)	1 (30)	0 (25)	1 (30)	1 (20)

tion de la distance à l'entrée (fig. 2, carte B). La valeur du minimum décroît aussi très rapidement dans le même sens.

La profondeur à laquelle le maximum est atteint décroît légèrement (de 10 à 5 cm) en fonction de cette même distance à l'entrée. La profondeur du minimum semble manifester la même tendance (30 à 20 cm). Ces diverses remarques apparaissent à la lecture du tableau III.

Les observations relatées ci-dessus tendent à prouver l'existence d'apports actuels ou passés par le seuil ouest d'éléments dissous ou figurés ayant favorisé la végétation dans la partie occidentale de l'étang et la formation d'une couche plus importante de vase.

L'existence de grands bancs d'algues flottantes stables sur toute la côte NW montre que les courants y sont faibles. La vase formée tend à évoluer sur place. La topographie actuelle de l'étang avec une zone plus profonde décalée vers l'Est n'a peut-être pas d'autre origine que la plus grande production de vase organogène dans la partie ouest de l'étang induite par des apports nutritifs par le seuil occidental. La sédimentation détritique sableuse s'explique mécaniquement comme il a été dit plus haut.

GRADIENTS THERMIQUES DANS LA VASE

Dans le détail, les choses sont plus compliquées. La structure de la vase est hétérogène. La stratification qui se manifeste par

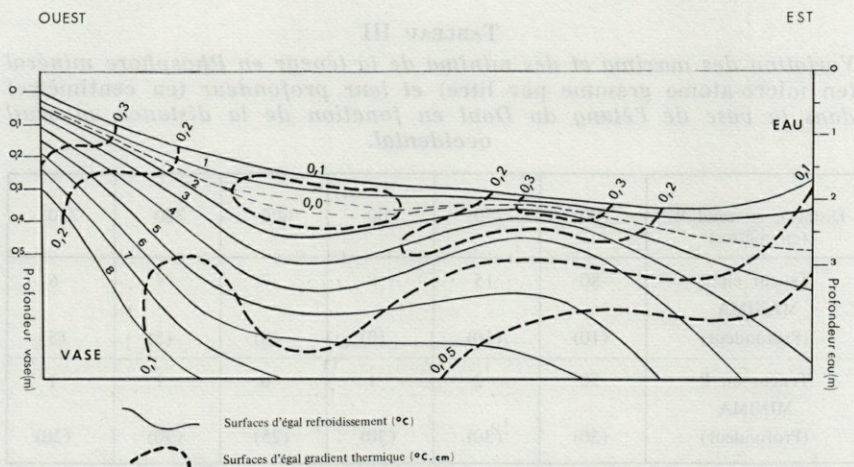


FIG. 3. — Coupe ouest-est de l'étang du Douil montrant la forme des surfaces d'égal refroidissement et les surfaces d'égal gradient thermique dans la vase en été.

divers niveaux de débris végétaux ou coquilliers est ponctuelle. Les couches se succèdent en une sédimentation entrecroisée de type deltaïque dans laquelle il serait vain de chercher une continuité. Peut-être un carottage plus profond avec recherche de pollens fossiles permettrait-il de reconstituer les grandes phases de la sédimentation. L'hétérogénéité du milieu de la vase est corroborée par d'autres faits tels que les variations de la composition ionique de l'eau interstitielle ou les fluctuations de la conduction thermique.

Des sondages thermiques réalisés avec MIZOULE ont révélé des anomalies importantes dans la répartition des gradients thermiques. La coupe de la figure 3 est la plus démonstrative. Elle est orientée à peu près Est-Ouest et va du seuil occidental à la plage du SE. Elle montre que le refroidissement est rapide, supérieur à $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ par centimètre de profondeur dans la vase au voisinage du seuil alors qu'il est inférieur à $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$ dans les sables du SE.

Entre ces deux extrêmes, les variations sont très irrégulières. Vers 300 m du seuil, il existe un noyau d'inversion thermique proche de la surface peut-être dû à une activité bactérienne locale particulièrement intense (mais due à quoi ?). Plus à l'Est au contraire il apparaît une zone où le gradient thermique est très fort en surface (plus de $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$) mais il s'atténue très vite en profondeur, et n'est plus que de $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$ par centimètre à 50 cm dans la vase grise. Cette anomalie est-elle due à une variation de la conductibilité spécifique ou à une pénétration de la nappe phréatique continentale dont l'existence toute proche est révélée par la présence d'un puits sur la rive sud de l'étang ?

PEUPLEMENT DE L'ÉTANG DU DOUL

Milieu hypersalé très chaud en été, souvent bouleversé dans un proche passé, l'étang du Doul était réputé azoïque. Cette opinion peut-être extrême ne semble pas s'être étayée sur des tentatives systématiques de récoltes ou d'observations en plongée. Une telle prospection a été faite en 1969 et 1970 et a montré que l'étang était alors abondamment peuplé par diverses espèces, à vrai dire peu nombreuses. Nous savions d'ailleurs depuis plusieurs années que les *Ruppia* et des *Chlorophyceae* y proliféraient. Ces deux types de végétaux sont encore de très loin les deux espèces vivantes les plus importantes.

Algues.

Les algues sont très visibles du bord. Elles forment une très grande nappe flottante permanente sur la côte NW et une nappe plus petite sur la côte sud (carte fig. 1 et photographie). Il s'agit de Siphonocladales qui appartiennent au genre *Cladophora*. Les échantillons qui ont été déterminés appartenaient à l'espèce *C. prolifera*. Elles se développent en tapis épais sur les fonds de vase qu'elles peuvent recouvrir de plusieurs centimètres de masses cotonneuses. Allégées par les bulles de gaz, elles ont tendance à quitter le fond, formant d'abord des colonnes de 0,5 m à 1 m de hauteur d'aspect cumuliforme puis des masses flottantes plus ou moins reliées au fond, donnant en surface l'aspect d'un tapis continu qui se maintient là où l'effet des vents et des courants est atténué. Le tapis est assez résistant pour supporter les débris divers qui peuvent y choir, y compris des graines de végétaux terrestres (BOUTIERE, 1972). Il peut même devenir un piège mortel pour les rares Poissons de l'étang qui, bondissant hors de l'eau, retombent sur le tapis de *Cladophora*, et ne peuvent regagner l'eau libre.

Ces algues, présentes sur presque tout le fond, constituent une biomasse importante qui peut atteindre dans les zones les plus riches 1 kg/m².

Une autre Siphonocladale abondante dans l'étang de Bages-Sigean a été retrouvée en quelques points de la côte rocheuse orientale dans la partie inférieure des cavités rocheuses, il s'agit de *Chaetomorpha aerea*. Les Ulvacées sont représentées par *Enteromorpha* cf. *intestinalis* présent uniquement sur la côte rocheuse orientale et par *Ulva lactuca* dont quelques thalles se rencontrent disséminés sur la vase du fond.

Bactéries.

Nous ne traiterons pas de bactériologie lagunaire, objet de bien des controverses. Signalons cependant la présence régulière de bactéries du groupe des Bactéries Pourprées. Dans les tapis flottants de *Cladophora*, décolorés en surface par une trop forte insolation, se creusent dans la masse des algues de petites cuvettes d'eau claire de 10 à 20 cm de profondeur, rapidement colonisées par une intense prolifération de Bactéries Pourprées. Ces cuvettes, visibles du bord de l'étang, se reconnaissent à leur coloration rosée ou franchement vineuse.

Phytoplancton.

Il est souvent très abondant en particulier au mois d'août mais n'a pas fait l'objet d'étude systématique. Les genres *Peridinium* et *Ceratium* ont été identifiés.

Phanérogames.

Une seule espèce, très abondante se développe un peu partout. Il s'agit de *Ruppia spiralis*. Elle forme un peuplement homogène dense d'individus de taille moyenne ou petite sur les fonds faibles du seuil occidental. Ailleurs, elle est mélangée aux *Cladophora* et existe à toutes les profondeurs. Elle est cependant rare sur les fonds de plus de 3 m et dans le Sud-Est. Certains individus atteignent 3 à 4 m de long et leurs peuplements constituent un étrange paysage sous-marin de longues lianes souples accompagnées de fines spirales de leurs pédoncules floraux et des houppes légères des Algues dans l'eau limpide du début de l'été. Les *Ruppia* du Doul sont en fleur dès le mois de juin, bien avant celles de l'étang de Sigean et leur pollen abondant se retrouve dans le plancton et forme parfois un liseré couleur de soufre le long du rivage.

Zooplancton.

Peu abondant et peu varié, il est représenté en été par des larves de *Cardium* et de Crustacés et par quelques Copépodes (*Euterpina*).

Microfaune littorale.

Quelques prélèvements faits par l'équipe NGOC-LHOMME-POLI sur la côte sableuse ont fourni des Ostracodes, des Copépodes et des Oligochètes. Cette microfaune était très peu abondante.

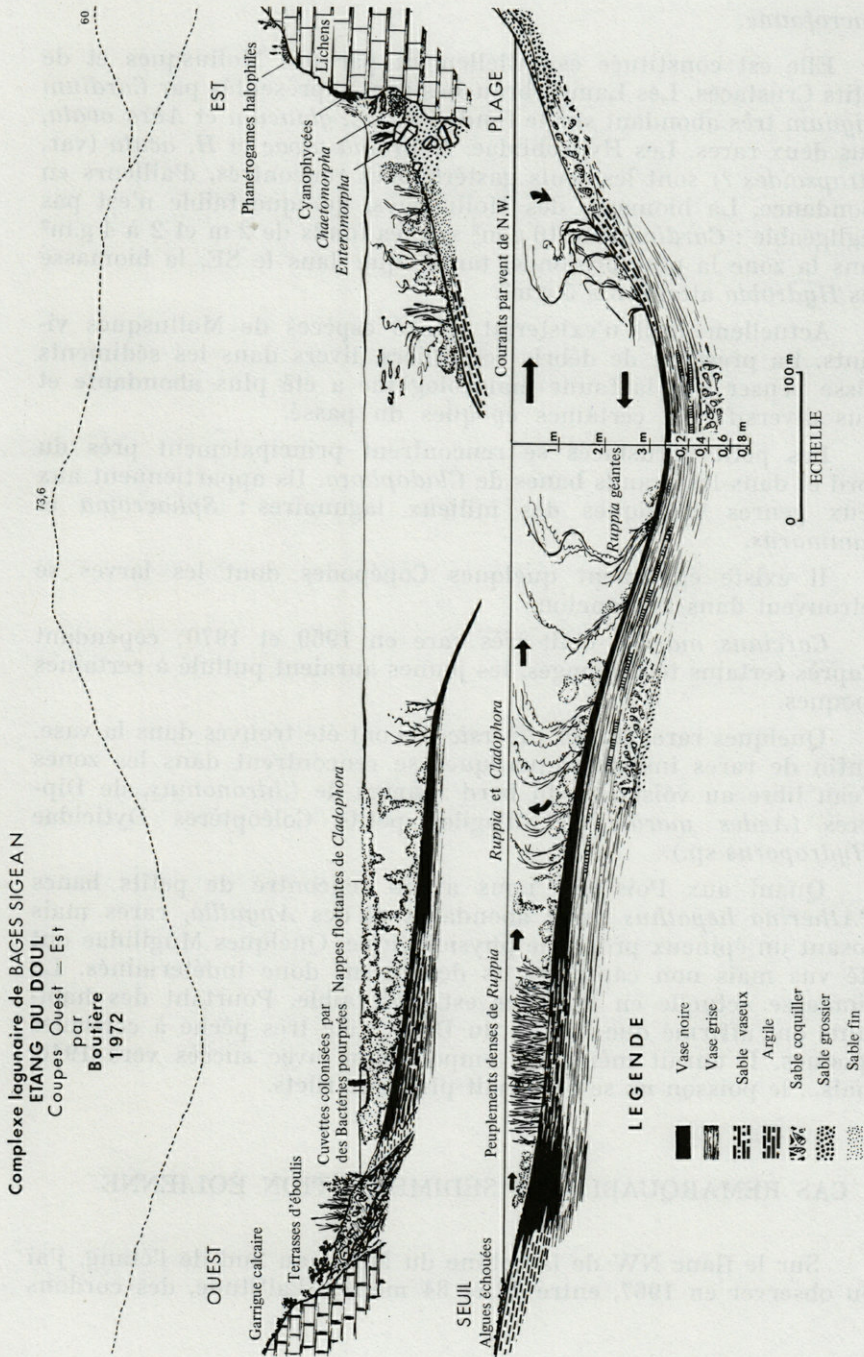


Fig. 4. — Coupes schématiques générales ouest-est de l'étang du Doul.

Macrofaune.

Elle est constituée essentiellement par des Mollusques et de petits Crustacés. Les Lamellibranches sont représentés par *Cardium exiguum* très abondant sur le fond et par *C. glaucum* et *Abra ovata*, tous deux rares. Les Hydrobiidae, *Hydrobia ulvae* et *H. acuta* (var. *tetrapsoïdes* ?) sont les seuls gastéropodes rencontrés, d'ailleurs en abondance. La biomasse des Mollusques, quoique faible n'est pas négligeable : *Cardium* 8 à 10 g.m² sur les fonds de 2 m et 2 à 4 g.m² dans la zone la plus profonde, tandis que dans le SE, la biomasse des *Hydrobia* atteint 3 à 5 g.m².

Actuellement il n'existerait que 5 espèces de Mollusques vivants. La présence de débris coquilliers divers dans les sédiments laisse penser que la faune malacologique a été plus abondante et plus diversifiée à certaines époques du passé.

Les petits Crustacés se rencontrent principalement près du bord et dans les grands bancs de *Cladophora*. Ils appartiennent aux deux genres classiques des milieux lagunaires : *Sphaeroma* et *Gammarus*.

Il existe également quelques Copépodes dont les larves se retrouvent dans le plancton.

Carcinus maenas était très rare en 1969 et 1970; cependant d'après certains témoignages, les jeunes auraient pullulé à certaines époques.

Quelques rares *Nereis diversicolor* ont été trouvés dans la vase. Enfin de rares insectes aquatiques se rencontrent dans les zones d'eau libre au voisinage du bord : larves de *Chironomus*, de Diptères (*Aedes mariaë*), et d'agiles petits Coléoptères Dyticidae (*Hydroporus* sp.).

Quant aux Poissons, nous avons rencontré de petits bancs d'*Atherina hepsetus* assez abondants et des *Anguilla*, rares mais posant un épineux problème physiologique. Quelques Mugilidae ont été vus mais non capturés. Ils demeurent donc indéterminés. La biomasse actuelle en Poissons est très faible. Pourtant des habitants ont affirmé que l'étang du Doule a été très pêché à certaines époques. Il aurait même été empoissonné avec succès vers 1940, mais... le poisson ne se reprenait plus aux filets.

CAS REMARQUABLE DE SÉDIMENTATION ÉOLIENNE

Sur le flanc NW de la colline du Mour, au Sud de l'étang, j'ai pu observer en 1967, entre 28 et 34 mètres d'altitude, des cordons

de tiges et de feuilles de *Ruppia* fortement tassés apparaissant en divers points sous la terre végétale où poussaient des Graminées (*Brachipodium*). Il y avait réellement intercalation d'une sédimentation d'origine lagunaire dans un milieu typiquement continental. Vue la topographie, l'explication est aisée. Les débris de *Ruppia* ont été roulés ou emportés par le vent de NW parfois très violent qui remonte les pentes de cette colline. Sa pression a suffi pour encastrer ces débris dans des anfractuosités du sol propices. Il a dû se produire ensuite de fortes pluies qui ont raviné la colline et recouvert les débris de *Ruppia* d'une couche de terre incluant ceux-ci intimement dans le sol. La végétation du printemps s'est développée par dessus, peut-être pendant plusieurs années. Plus tard, de nouvelles grosses pluies ont pu remettre à nu cet étrange support marin des plantes des garrigues.

CONCLUSIONS

Caractère fondamental du Domaine Lagunaire, le rôle du Moment d'Inertie des masses d'eau apparaît clairement dans la stabilité des milieux hyperhalins du Complexe de Bages-Sigean. Au très faible moment des micro-lagunes correspond leur extrême instabilité qui conduit leurs eaux saumâtres à la cristallisation en quelques semaines. Ce sont des milieux hyperhalins fugaces.

Dans la zone plus vaste, assez ouverte et peu profonde de la Seiche, les valeurs extrêmes ne sont jamais atteintes mais l'amplitude annuelle dépasse 30 ‰.

Seul, l'étang du Dou, profond, presque clos, présente un faciès hyperhalin stable à l'échelle de l'année. Son diamètre relativement faible permet aux courants et aux contre-courants de fond d'avoir des temps de parcours réduits, le brassage rapide qui en résulte s'oppose à toute stratification stable. La vase garde la rémanence des salinités du passé et révèle de fortes variations — en partie d'origine humaine — à l'échelle de la dizaine d'années. La variation de la teneur en Phosphates des divers horizons de la vase montre que ces sels ont été apportés par des eaux salées venues de l'extérieur. Ces apports nutritifs non isotropes et le régime des vents suffisent à expliquer la dissymétrie de la sédimentation dans la cuvette du Dou.

Les conditions physiques extrêmes et permanentes qui règnent dans cet étang ne laissent place qu'à une flore et une faune eury-

therme et hyperhaline rigoureusement triée avec, néanmoins, une très forte productivité benthique primaire due aux *Ruppia* et aux *Cladophora*. Cet état paraît susceptible de se perpétuer longtemps s'il n'y a pas d'interventions extérieures.

Si, au contraire, l'homme entreprend de favoriser les échanges d'eaux avec l'étang de Sigean, il entraînera la destruction définitive de cette passionnante lagune.

RÉSUMÉ

Les milieux hyperhalins permanents du Domaine lagunaire de Bages-Sigean sont représentés à peu près exclusivement par l'étang du Doul, près de Peyriac-de-Mer. Il est donné une description générale de cet étang et de son hydrologie qui se caractérise par une salinité élevée (50 à 60 ‰ en général), de fortes températures estivales (30 °C) et une absence de stratification. Une tentative de reconstitution de son histoire récente est faite à partir des salinités rémanentes de la vase. Il est montré que les éléments nutritifs proviennent du seuil occidental seule communication avec l'étang de Sigean.

Sa végétation abondante (jusqu'à 1 kg/m²) est composée presque exclusivement de *Ruppia* (Phanérogames) et de *Cladophora* (Chlorophycée). La faune, très réduite, comprend surtout des Mollusques (*Cardium* et *Hydrobia*).

ZUSAMMENFASSUNG

Die andauernd hyperhalinen Milieus der Lagunenzone von Bages-Sigean finden sich fast ausschliesslich im See von Doul bei Peyriac-de-Mer. Der Autor gibt eine allgemeine Beschreibung dieses Sees und seiner Hydrologie, die durch einen hohen Salzgehalt (i.a. 50 bis 60 ‰), hohe Sommertemperaturen (30 °C) und das Fehlen einer Schichtung gekennzeichnet ist. Die Rekonstruktion seiner neueren Geschichte wird anhand des Salzgehaltes im Schlamm versucht. Es wird gezeigt, dass die nutritiven Elemente von der Westschwelle, der einzigen Verbindung mit dem See von Sigean, stammen.

Die reiche Vegetation (bis zu 1 kg/m²) besteht fast ausschliess-

lich aus *Ruppia* (Phanerogame) und *Cladophora* (Clorophycee). Die sehr bescheidene Fauna besteht vor allem aus Mollusken (*Cardium* und *Hydrobia*).

BIBLIOGRAPHIE

La Bibliographie spécifique sur l'étang du DouL est inexistante. Il n'est question du sujet que très accessoirement dans quelques travaux plus généraux parmi lesquels on peut citer :

BOUTIERE, H., 1972. Sols flottants artificiels pour cultures expérimentales. *Annls agron.*, **23** (5) : 567-576.

MARS, P., 1966. Recherches sur quelques étangs du littoral méditerranéen français et sur leurs faunes malacologiques. *Vie Milieu*, Suppl. n° 20.

PETIT, G. et D. SCHACHTER, 1959. Les étangs et lagunes du littoral méditerranéen français et le problème de la classification des eaux saumâtres. *Arch. Oceanogr. Limnol.* suppl. **11** (Venise).

Pour l'ensemble du Complexe Lagunaire, nous renvoyons à la bibliographie citée par l'auteur dans un travail récent :

BOUTIERE, H., 1973. L'étang de Bages-Sigean, modèle de lagune méditerranéenne. *Vie Milieu*, **24** (1 B) : 23-58.

Reçu le 11 juillet 1973

rien aux Russes (Phanerozome) und Cindopora (Cindopore). Die sein beschriebene Fauna besteht vor allem aus Molusken (Carynum und Urtrochus).

BIBLIOGRAPHIE

- La bibliographie spécifique sur l'état du Droit est insuffisante. Il n'est question de suite que des renseignements dans quelques travaux plus généraux parus lesquels on peut citer :
- Bourtau, H. 1973. Sois faits et articles pour cultures expérimentales. *Annales agronomiques*, 23 (6) : 585-590.
- Blanc, P. 1958. Recherches sur quelques étangs du littoral méditerranéen français et sur leurs faunes malacologiques. *Vie Méditerranéenne*, suppl. n. 20.
- Ferry, G. et D. Schaeffer. 1953. Les étangs et lagunes du littoral méditerranéen français et le problème de la classification des eaux saumâtres. *Arch. Océanogr. Climatol.* suppl. 11 (Venise).
- Pour l'ensemble du Complexe méditerranéen nous renvoyons à la bibliographie citée par l'auteur dans un travail récent :
- Bourtau, H. 1973. L'étang de l'Agde-Picou, modèle de lagune méditerranéenne. *Le Monde*, 24 (1) B : 23-24.
- Paris le 11 juillet 1973

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES COPÉPODES HARPACTICOÏDES DE MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE.

11. AMEIRIDAE MONARD, LANG. SYSTÉMATIQUE, ÉCOLOGIE

par Jacques SOYER

Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer, France

ABSTRACT

Our systematic investigations on the soft bottoms of the French Catalanian coast resulted in the collection of 26 species of Ameiridae (Copepoda Harpacticoida). Most of these had not been previously recorded on the coasts of France or in the Mediterranean. Four are new to science and are described: *Proameira echinipes* n.sp., *Pseudameira limicola* n.sp. and *Ps. perplexa* n.sp., *Limameira mediterranea* n.g.n.sp. The family Ameiridae has a low numerical importance despite the diversity of species. In general terms, their distribution closely follows that of the mean and coarse fractions of the sediments. A detailed analysis of the distribution of the main species reveals certain specializations.

Les Ameiridae sont bien représentés dans les peuplements de substrats meubles de la côte catalane française : 26 espèces ont été recensées, appartenant à 13 genres. Cependant, leur importance numérique n'est jamais très forte bien qu'ils puissent présenter une diversité spécifique élevée dans un même biotope. Ainsi, les

sables grossiers et fins graviers à *Rhyncholagena levantina* et *Pseudamphiascopsis ismaelensis* (SOYER, 1970) nous ont fourni 18 formes.

Parmi ces espèces, quatre étaient inédites et la plupart étaient encore inconnues dans la faune française et méditerranéenne.

Dans la présente note, nous décrirons, dans un premier temps, les espèces présentant des caractères originaux. Dans la seconde partie, nous donnerons quelques renseignements sur l'écologie des Ameiridae dans la zone prospectée.

SYSTÉMATIQUE

G. PROAMEIRA Lang

PROAMEIRA ECHINIPES n. sp.

Matériel examiné : 2 femelles, 1 mâle (station DB 28); 1 femelle, 1 mâle (station DB 65).

La présente description est fondée sur la dissection complète d'une femelle (long. : 490 μ , DB 28) désignée comme holotype, et d'un mâle (long. : 392 μ , DB 28) désigné comme allotype. Les caractères originaux ont été reconnus sur les autres individus. L'ensemble de cette série syntypique est conservé dans la collection personnelle de l'auteur.

DESCRIPTION.

Femelle.

Taille comprise entre 470 et 490 μ . Corps cylindrique, sublinéaire. Céphalothorax et métasome sans ornementation. Projection rostrale courte. Segment génital constitué par la fusion de U1 et U2, fusion marquée latéralement par une ligne de suture. Segments de l'urosome sans ornementation dorsale : U2 avec petits peignes latéraux de fortes spinules. U3 sans ornementation, U4 avec peigne ventral, U5 avec quelques spinules près de l'implantation des rames furcales (fig. 1, A). Rame furcale une fois et demie plus longue que large, portant les deux soies apicales habituelles, l'interne étant la plus longue. Bord interne avec une courte épinule deux soies fines au coin distal; bord externe avec une épinule et une soie fine. Une soie articulée est implantée en position dorsale (fig. 1, C).

Antennule (fig. 1, D) : composée de sept articles, avec chéto-taxie complexe représentée sur la figure. Les deux premiers articles sont aussi longs que les cinq suivants réunis. Aesthétaque et soie accessoire portés par les quatrième et dernier articles.

Antenne (fig. 1, E) : coxa bien développée, inerme. Allobasis allongé. Exopodite d'un seul article portant trois soies fines. Endopodite aussi long que l'allobasis. Extrémité armée de trois forts crochets dont l'un barbelé, de cinq soies géniculées, ciliées à leur extrémité et d'une soie fine. Quelques spinules ornent le bord interne.

Mandibule (fig. 1, F) : précoxa avec une pars incisiva bidentée et armée comme indiqué sur la figure. Coxa-basis réduit avec une forte soie simple distale. Exopodite absent, endopodite armé de cinq soies.

Maxillule (fig. 1, G) : arthrite de la précoxa portant les deux soies de surface et à son apex, deux crochets pluridentés, deux fortes épines dont une ciliée et deux épinules. Coxa avec un fort addende cilié à son extrémité et une soie fine. Basis avec deux soies fines apicales. Exopodite et endopodite représentés chacun par une soie.

Maxille (fig. 1, H) : syncoxa avec deux endites, armés respectivement de deux et trois soies. Basis portant deux forts crochets, ciliés dans leur partie distale, et une soie fine. Endopodite d'un article, avec deux soies.

Maxillipède (fig. 1, I) : coxa petite, inerme. Basis oblong, avec une longue soie ciliée apicale. Premier article de l'endopodite plus massif que le précédent, avec quelques poils au bord interne. Second article de l'endopodite avec un très fort crochet.

P1 - P4 (fig. 2, A, B, C, D) : basipodite de P1 armé au coin interne d'un très fort addende barbelé. Coin externe avec une soie fine. Endopodite et exopodite à trois articles. Deux premiers articles de l'endopodite subégaux, avec soie interne. Article distal une fois et demie plus long que le second armé de trois addendes. Les deux premiers articles ne possèdent pas de soie interne; les épines externes sont particulièrement longues. Article distal armé de cinq addendes. P2 - P4 avec les deux rames triarticulées; endopodites de P2 - P3 plus longs que les exopodites. Les premiers articles de l'endopodite de P2 - P4 présentent un fort éperon au coin distal interne, avec de fines spinules. L'article médian présente également un éperon à P2, avec la même spinulation; P3 et P4 ne présentent

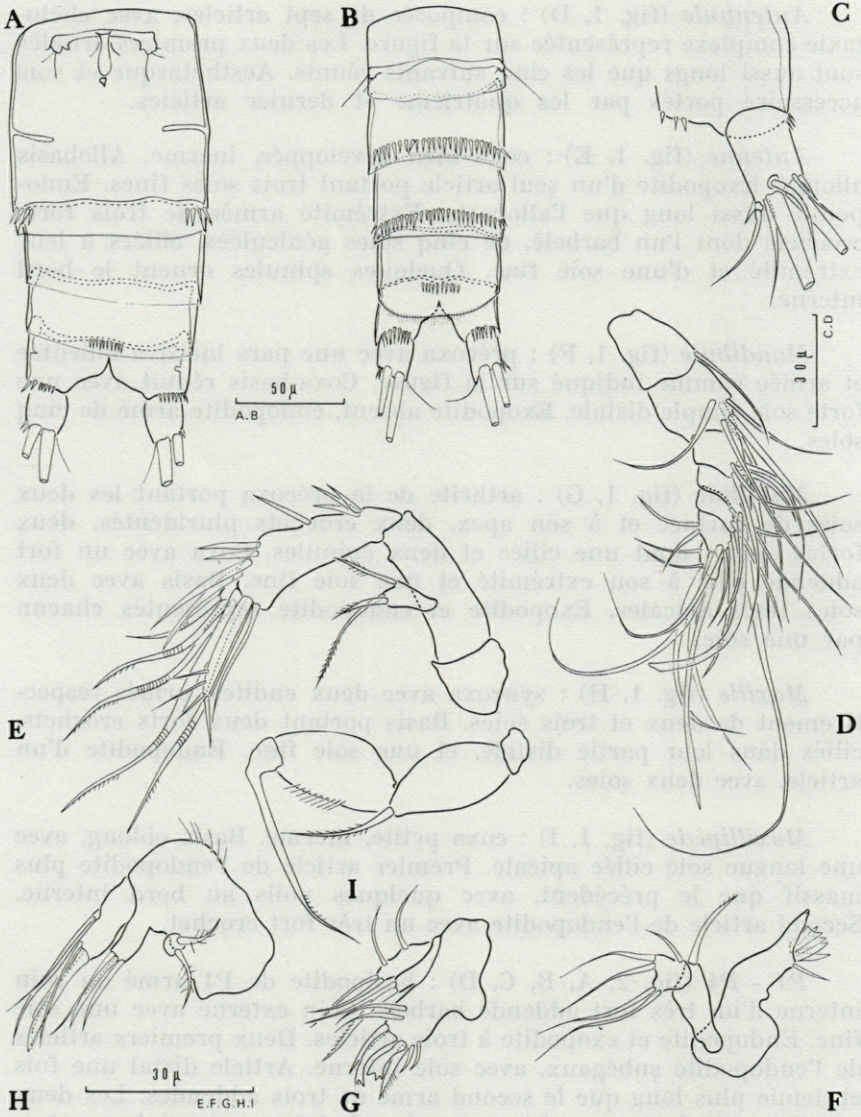


FIG. 1. — *Pr. echinipes* n.sp. A : urosome ♀ (vue ventrale). B : urosome ♂ (vue ventrale). C : furca (dors.). D : antennule. E : antenne. F : mandibule. G : maxillule. H : maxille. I : maxillipède.

que la spinulation. La chétotaxie est résumée dans le tableau suivant :

		1	2	3
P2	Exo.	1	1	1.2.3.
	End.	1	1	1.2.1.
P3	Exo.	1	1	1.2.3.
	End.	1	1	3.2.1.
P4	Exo.	1	1	2.2.3.
	End.	1	1	2.2.1.

P5 (fig. 2, E) : baséoendopodite avec lobe interne bien marqué atteignant l'extrémité de l'exopodite; il est armé d'une soie fine au coin externe et porte cinq soies au lobe interne; l'interne est fine, les deux suivantes plus larges et ciliées, la seconde soie externe est longue, la plus externe longue et plumeuse. Exopodite portant quatre soies inégales dont la plus interne est la plus développée.

Mâle.

Taille : 385 μ et 392 μ . Ornementation ventrale de l'urosome plus complexe que celle de la femelle. U1 distinct sans ornementation. U2 avec une rangée de spinules au bord postérieur, comme U3. U4 avec un peigne médian et une très fine spinulation au bord postérieur. U5 portant une rangée de spinules près de l'implantation des rames furcales (fig. 1, B).

Antennule subchirocère.

Soie interne du basipodite de P1 transformée comme indiqué sur la figure (fig. 2, F).

P1 - P4 comme chez la femelle.

P5 (fig. 2, G) : baséoendopodite confluents, avec soie fine au coin externe; lobe interne peu marqué portant une soie ciliée et une courte épinule. Exopodite bien développé armé de quatre soies, dont l'apicale est la plus longue.

DISCUSSION.

Pr. echinipes n. sp. se rattache au genre *Proameira* par l'absence de soie interne à l'article médian de l'endopodite de P1, la présence de quatre soies au distal de l'endopodite de P2 et de six soies au distal de l'endopodite de P3. Par l'existence d'une seule soie interne au distal de l'exopodite de P2, elle se rapproche de *Pr. simplex* (Norman et T. Scott) dont elle se distingue cependant par la présence de deux soies internes au troisième article de P4

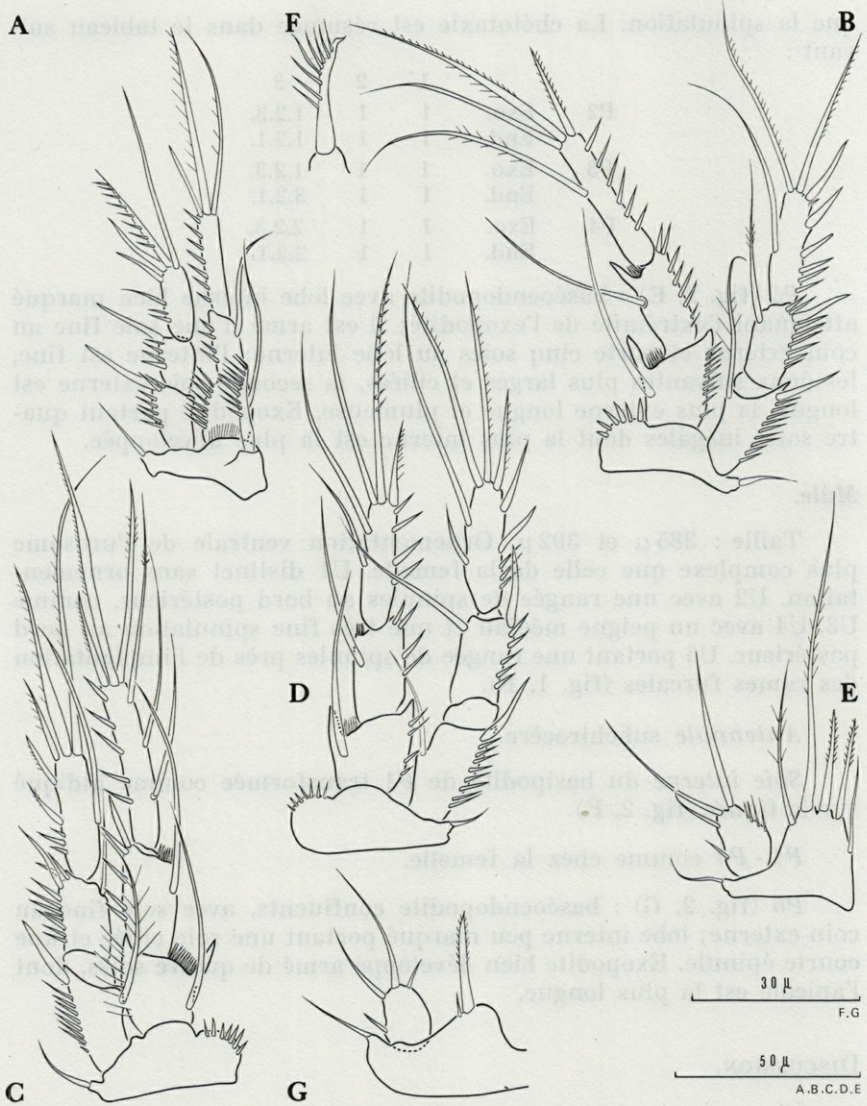


FIG. 2. — *Pr. echinipes* n.sp. A : P1 (femelle). B : P2. C : P3. D : P4. E : P5 (femelle). F : épine interne du basis de P1 (mâle). G : P5 (mâle).

et par sa P5. Enfin, *Pr. echinipes* n. sp. est la seule espèce du genre, à notre connaissance, à posséder les éperons que nous avons signalés sur le premier article de l'endopodite de P2 - P4, caractère qui justifie la dénomination de cette forme.

G. PSEUDAMEIRA Sars

PSEUDAMEIRA LIMICOLA n. sp.

Matériel examiné : 2 femelles, un mâle (station DB 8); 4 femelles, un mâle (station DB 11).

La présente description est fondée sur la dissection complète d'une femelle (long. : 475 μ , DB 11) désignée comme holotype, et d'un mâle (long. : 410 μ , DB 11) désigné comme allotype. Les caractères originaux ont été reconnus sur les autres individus. L'ensemble de cette série syntypique est conservé dans la collection personnelle de l'auteur.

DESCRIPTION.

Femelle

Taille comprise entre 475 et 510 μ . La morphologie générale est celle du genre *Pseudameira*, avec un corps cylindrique et sublinéaire. Céphalothorax sans ornementation. Projection rostrale ne dépassant pas le milieu du premier segment de l'antennule. Segment génital constitué par la fusion de U1 et U2; la suture est visible latéralement. Les segments de l'urosome ne présentent pas d'ornementation dorsale. Latéralement, le bord postérieur du segment génital porte un peigne latéral de spinules. U3 présente une rangée de fortes spinules, U4 une ligne de fines spinules et un peigne médian de spinules plus fortes. U5 possède une rangée continue de fines spinules implantées dans sa partie médiane et quelques fortes spinules à la base des rames furcales (fig. 3, A). Rames furcales deux fois et demie plus longues que larges (fig. 3, C), avec deux soies apicales bien développées, l'interne étant plus longue. Bord externe avec une soie courte et une forte épinule; bord interne avec une soie fine et une forte épinule. Présence d'une soie articulée en position dorsale, dont la base est protégée par quelques spinules.

Antennule (fig. 3, D) : composée de six articles, mais relativement courte du fait de la faible longueur des articles 3, 4 et 5. La chétotaxie est indiquée sur la figure; aucune soie barbelée n'a été observée. Aesthétaques et leur soie accessoire portés sur les quatrième et dernier articles.

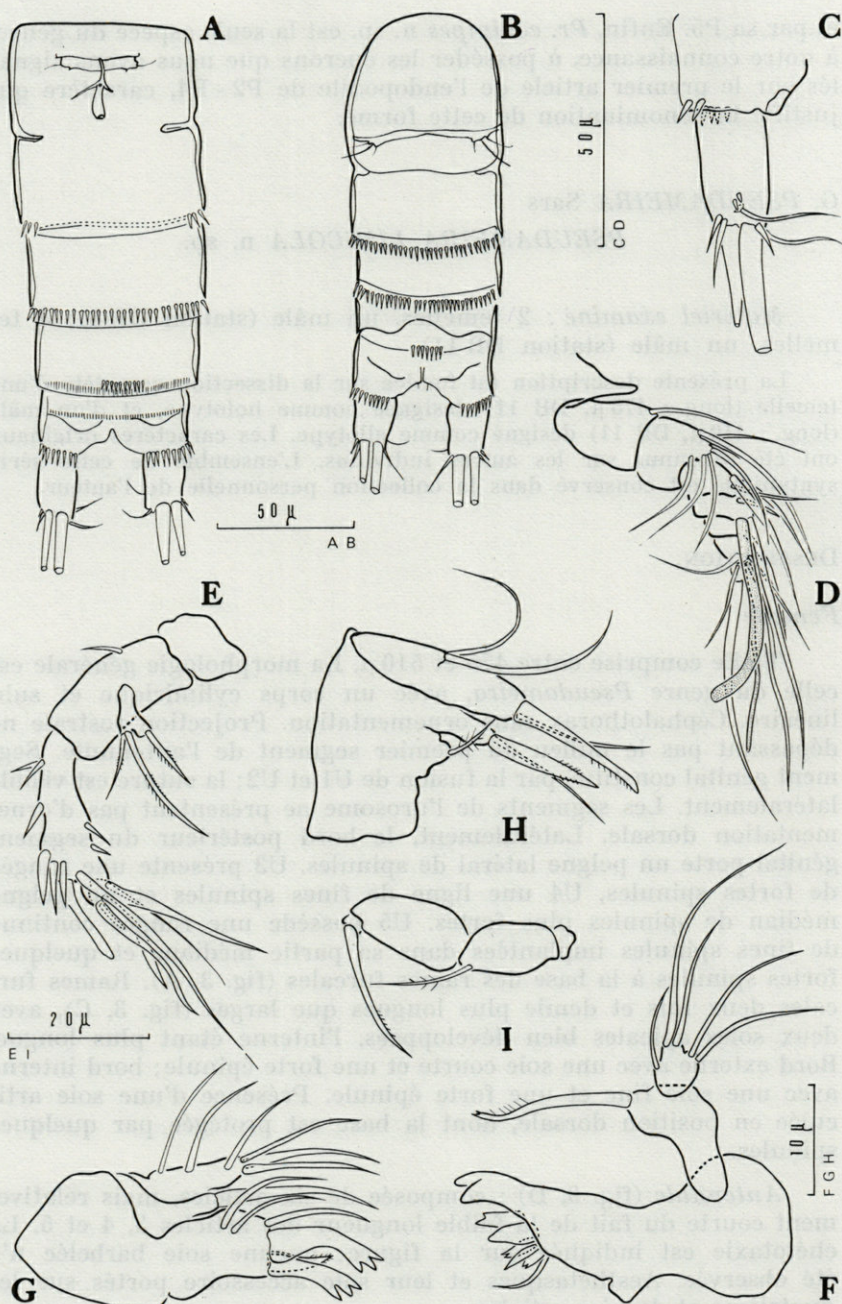


FIG. 3. — *Ps. limicola* n.sp. A : urosome ♀ (vue ventrale). B : urosome ♂ (vue ventrale). C : furca (dors.). D : antennule. E : antenne. F : mandibule. G : maxillule. H : maxille. I : maxillipède.

Antenne (fig. 3, E) : coxa bien développée, inerme. Allobasis allongé avec une courte soie au bord interne. Exopodite d'un seul article armé de trois soies. Endopodite robuste portant trois forts crochets au coin distal interne, quatre soies apicales géniculées, une soie fine et quelques spinules à la partie distale.

Mandibule (fig. 3, F) : précoxa avec une pars incisiva bidentée et armée comme indiqué sur la figure. Coxa-basis légèrement courbe, portant une forte soie, ciliée à sa partie distale. Exopodite absent. Endopodite bien développé, armé de cinq longues soies plumeuses.

Maxillule (fig. 3, G) : arthrite de la précoxa avec les deux soies de surface habituelles, portant deux forts crochets denticulés, un addende large cilié et une soie. Coxa avec un fort addende distal. Basis avec quatre soies fortes. Exopodite et endopodite représentés chacun par une soie.

Maxille (fig. 3, H) : syncoxa avec deux endites armés, le premier d'une soie fine, le second d'une soie fine et d'un fort addende cilié. Basis portant un crochet terminal, cilié à sa partie distale, et une soie fine. Endopodite représenté par deux soies.

Maxillipède (fig. 3, I) : coxa réduite, inerme. Basis avec une longue soie plumeuse. Bord externe du premier article de l'endopodite avec quelques fines spinules. Deuxième article de l'endopodite armé d'un fort crochet, légèrement cilié à son extrémité.

P1 - P4 (Fig. 4, A, B, C, D) : basis de P1 portant au coin interne un fort addende barbelé et une série de spinules, et au coin externe une fine soie. Endopodite et exopodite de trois articles. Premier article de l'endopodite court, avec une soie interne. Article médian de longueur égale au précédent, portant également une soie interne. Article distal légèrement plus long que les deux premiers, armé de trois addendes distaux. Les deux premiers articles de l'exopodite sans soie interne, le distal avec trois addendes externes et deux distaux. P2 - P4 à deux rames triarticulées; l'endopodite est toujours légèrement plus long que l'exopodite. La chétotaxie est résumée dans le tableau suivant :

		1	2	3
P2	Exo.	0	1	0.2.3.
	End.	0	1	1.2.1.
P3	Exo.	0	1	1.2.3.
	End.	0	1	2.2.1.
P4	Exo.	0	1	1.2.3.
	End.	0	1	2.2.1.

P5 (fig. 4, E) : de petite taille. Le baséoendopodite présente un



FIG. 4. — *Ps. limicola* n.sp. A : P1 (femelle). B : P2. C : P3. D : P4. E : P5.
F : épine interne du basis de P1 (mâle). G : P5 (mâle).

lobe interne bien marqué, armé de quatre soies inégales : les deux internes sont courtes, ciliées, la médiane externe est longue et plumeuse; l'externe, fine, atteint le milieu de la précédente. La soie du coin externe est réduite. Le baséoendopodite présente une tache hyaline près de l'articulation de l'exopodite. Exopodite moins de deux fois plus long que large, portant cinq soies : trois externes, courtes et fines, l'apicale et l'interne longues.

Mâle.

Taille : 380 et 410 μ . Ornementation de l'urosome légèrement différente de celle que l'on observe chez la femelle. U1 distinct, sans ornementation. U2 et U3 avec une rangée de fortes spinules au bord postérieur. U4 avec un peigne médian. U5 portant les spinules habituelles près de la base des rames furcales. Rames furcales légèrement plus courtes que celles de la femelle (fig. 3, B).

Antennule subchirocère.

Soie interne du basis de P1 transformée comme indiqué sur la figure (fig. 4, F).

P1 - P4 comme chez la femelle.

P5 (fig. 4, G) : baséoendopodites confluent. Lobe interne bien marqué, arrondi, portant une forte soie lancéolée et ciliée; soie courte et fine au coin externe. Exopodite oblong, armé de cinq soies; l'apicale externe est la plus développée.

DISCUSSION.

Cette nouvelle forme possède un ensemble de caractères propres au genre *Pseudameira*. Celui-ci comprend actuellement neuf espèces dont les P2-P4 montrent une série continue de réduction (LANG, 1965). Cependant les caractères communs à l'ensemble de ces formes résident dans le nombre d'articles antennulaires (6-8 articles), la possession d'une antenne à allobasis, la structure peu préhensile de l'endopodite de P1 et l'absence de soie interne au médian de son exopodite, la présence de quatre soies au distal de l'endopodite de P2, la plus grande longueur des endopodites de P2-P4 par rapport aux exopodites.

Parmi les *Pseudameira* actuellement connus, *Ps. crassicornis* Sars et *Ps. birulai* Smirnov sont les seuls à montrer un début de réduction de la chétotaxie au niveau du proximal des endopodites, mais celle-ci n'atteint pas le degré que nous avons observé chez *Ps. limicola* n. sp. Cette forme est également la seule à posséder cinq soies au distal de l'exopodite de P2.

De tels phénomènes de réduction continue de la chétotaxie paraissent fréquents dans la famille comme LANG le met en évidence à travers les genres *Proameira*, *Ameira*, *Psammameira* et *Sicameira*. Bien que l'absence d'une soie interne au premier article de l'endopodite puisse être considérée comme un caractère important, nous avons classé notre nouvelle forme dans le genre *Pseudameira*. En effet, cette absence a été constatée également à l'intérieur du genre *Ameira* (*A. tenella* par exemple) et ne semble pas justifier actuellement une coupure taxonomique au niveau générique.

Remarque : dans notre publication sur les peuplements de Copépodes harpacticoïdes de la région de Banyuls, nous avons attribué par erreur cette espèce au genre *Ameira*. La discussion précédente montre bien qu'il s'agit en fait d'un *Pseudameira*. *A. limicola* (Soyer 1970) est donc en fait *Ps. limicola* n.sp.

PSEUDAMEIRA PERPLEXA n. sp.

Matériel examiné : deux femelles (station DB 72), une femelle (DB 73), deux mâles (DB 61).

La présente description est fondée sur la dissection complète d'une femelle (long. : 502 μ , DB 73) désignée comme holotype, et d'un mâle (long. : 385 μ , DB 61) désigné comme allotype. Les caractères originaux ont été reconnus sur les autres individus. L'ensemble de cette série syntypique est conservé dans la collection personnelle de l'auteur.

DESCRIPTION.

Femelle.

Taille comprise entre 485 et 502 μ . La morphologie générale est celle du genre, avec un corps cylindrique et sublinéaire. Céphalosome et métasome sans ornementation dorsale. Projection rostrale atteignant le milieu du premier article antennulaire. Segment génital constitué par la fusion incomplète de U1 et U2; la suture est visible latéralement et dorsalement. Ventralement, elle est marquée par la présence de deux peignes de spinules latéraux. U2 présente ventralement une rangée continue de spinules au bord supérieur, comme U3, U4 avec une rangée de fines spinules au bord postérieur. U5 avec les spinules habituelles près de l'implantation des rames furcales (fig. 5, A). Rames furcales plus de deux fois plus longues que larges; elles portent deux soies apicales bien développées, l'interne plus longue que l'externe. Le bord interne est armé

d'une soie fine apicale et d'une spinule, le bord interne d'une épinule. Enfin, une soie articulée dorsale est visible (fig. 5, C).

Antennule (fig. 5, D) : composée de sept articles; les deux premiers sont plus longs que les cinq derniers réunis. Chétotaxie complexe, ne comprenant pas de soie barbelée, indiquée sur la figure. Aesthétaques et soie accompagnatrice portés sur les quatrième et dernier articles.

Antenne (fig. 5, E) : coxa bien développée, inerme. Allobasis avec trace de suture, avec une soie fine. Exopodite d'un seul article armé de trois soies. Endopodite bien développé avec distalement trois forts crochets, trois soies géniculées et ciliées à leur partie terminale, et une soie fine. Longues spinules présentes aux bords interne et externe.

Mandibule (fig. 5, F) : précoxa avec une pars incisiva bien marquée, tridentée, et armée comme indiqué sur la figure. Coxa-basis sub-triangulaire, portant une forte soie « en fourchette ». Exopodite absent. Endopodite bien développé avec quatre longues soies.

Maxillule (fig. 5, G) : arthrite de la précoxa allongé, portant, en plus des deux soies de surface habituelles, deux forts crochets tridentés, une très forte épine et une soie barbelée. Coxa armée d'un fort crochet et d'une soie fine. Basis allongé, portant trois soies distales. Exopodite et endopodite représentés par une soie.

Maxille (fig. 5, H) : syncoxa avec deux endites; le premier, à peine marqué, porte une soie « en fourchette » et une épinule, le second, bien développé, trois soies fines. Basis avec un fort crochet cilié à sa partie distale et une fine soie. Endopodite d'un seul article, armé de deux longues soies fines.

Maxillipède (fig. 5, I) : coxa inerme. Basis allongé, avec une longue soie fine barbelée, apicale. Bord externe du premier article de l'endopodite garni d'une frange de fines spinules. Article distal armé d'un très fort crochet, cilié à sa partie distale.

P1 - P4 (fig. 6, A, B, C, D) : basis de P1 armé, au coin interne, d'un très fort addende barbelé, dont la longueur dépasse celle du premier article de l'endopodite. Fine soie au coin externe. Endopodite et exopodite triarticulés. Endopodite peu préhensile, avec les trois articles subégaux. Les deux premiers articles portent chacun une soie interne, le distal trois longs addendes. Exopodite dont les deux premiers articles ne présentent pas de soie interne; l'article distal est armé de cinq addendes. P2 - P4 présentant toutes la même structure, avec deux rames triarticulées. La chétotaxie

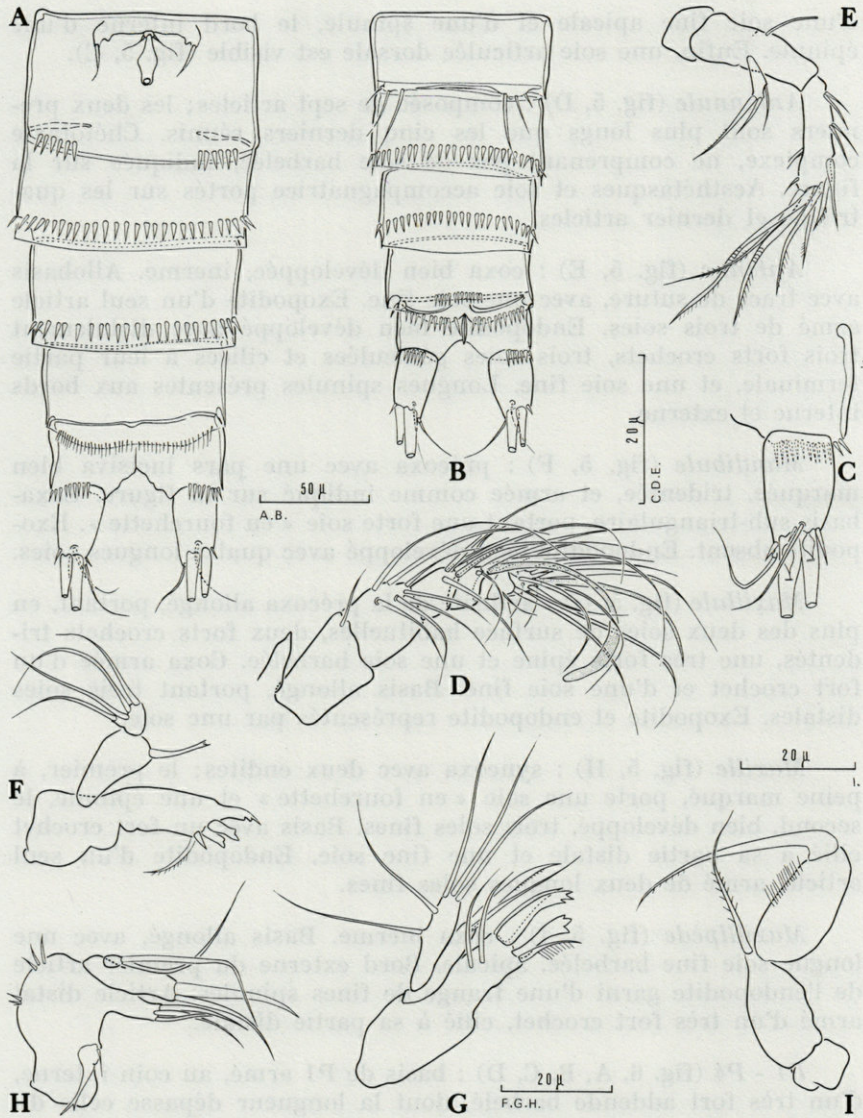


FIG. 5. — *Ps. perplexa* n.sp. A : urosome ♀ (vue ventrale). B : urosome ♂ (vue ventrale). C : furca (dors.). D : antennule. E : antenne. F : mandibule. G : maxillule. H : maxille. I : maxillipède.

est indiquée dans le tableau suivant :

		1	2	3
P2	Exo.	1	1	2.2.3.
	End.	1	1	1.2.1.
P3	Exo.	1	1	2.2.3.
	End.	1	1	2.2.1.
P4	Exo.	1	1	3.2.3.
	End.	1	1	2.2.1.

Les endopodites sont plus longs (P2-P3) que les exopodites. D'autre part, le proximal de l'endopodite porte une rangée de fines spinules au coin distal interne et le médian des endopodites de P2-P3 est prolongé en un processus aigu au coin distal interne.

P5 (fig. 6, E) : baséoendopodite bien développé, avec un lobe interne dépassant l'extrémité de l'exopodite. Au voisinage de l'articulation de l'exopodite, on observe une tache hyaline. Coin externe armé d'une fine soie, lobe interne avec cinq soies; les trois soies internes sont plus courtes, la plus interne étant la plus longue. Les deux externes sont plus développées, ciliées, l'une étant deux fois et demie plus longue que l'autre. Exopodite oblong, armé de cinq soies. Les deux apicales sont bien développées, les externes étant courtes et spiniformes.

Mâle

Taille : 390 et 410 μ . Ornementation de l'urosome plus complète que celle de la femelle. U1 et U2 nettement distincts. U2 et U3 présentant à leur bord postérieur une rangée de fortes spinules. U4 avec également une rangée de fortes spinules au bord postérieur, mais avec un peigne médian. U5 montrant les spinules habituelles près de l'implantation des rames furcales (fig. 5, B).

Antennule subchirocère.

Soie interne du basis de P1 transformée comme indiqué sur la figure (pl. 4, F).

P1 - P4 comme chez la femelle.

P5 (fig. 6, G) : baséoendopodites confluents. Lobe interne à peine marqué, portant une soie ciliée et présentant près de la base de celle-ci une très petite tache hyaline. Exopodite oblong armé de quatre soies : l'interne est relativement large, ciliée, la médiane est allongée, les deux externes courtes.

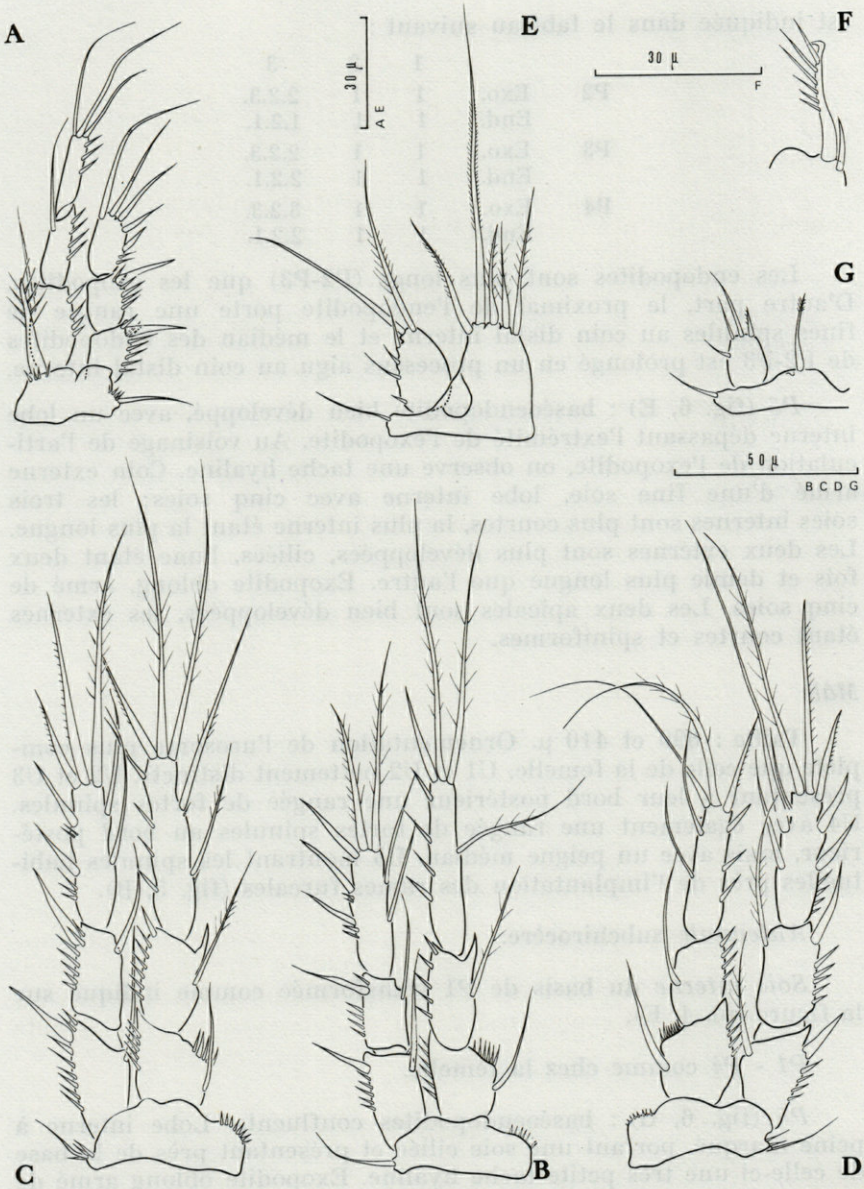


FIG. 6. — *Ps. perplexa* n.sp. A : P1 (femelle). B : P2. C : P3. D : P4. E : P5 (femelle). F : épine interne du basis de P1 (mâle). G : P5 (mâle).

DISCUSSION.

Ps. perplexa n. sp. possède un ensemble de caractères propres au genre *Pseudameira* : endopodite de P1 à trois articles, dont le médian ne présente pas de soie interne, dernier segment de l'endopodite de P2 avec quatre soies, de P3 avec cinq soies, endopodites de P2-P3 plus longs que les exopodites correspondants. Cependant, comme la forme précédente, cette espèce ne porte pas de soies barbelées sur les antennules.

La chétotaxie de P2-P4 est identique à celle que l'on observe chez *Ps. mixta* Sars, avec, en particulier, la présence de trois soies internes au dernier article de l'endopodite de P4, dont la plus distale est rudimentaire. *Ps. perplexa* n.sp. se distingue cependant de cette dernière forme par la possession d'une antennule de sept articles et par la P5 dont le lobe interne du baséoendopodite et l'exopodite portent chacun cinq soies. Enfin, si *Ps. mixta* possède bien la rangée de spinules au coin interne du premier article de l'endopodite, nous ne trouvons pas chez cette forme le processus en épéron qui orne le coin interne de l'article médian de l'endopodite de P2 et P3.

Dans un premier temps, nous avons assimilé cette nouvelle forme à *Ps. mixta*. La récolte de nombreux individus présentant le caractère inédit de la sétation de la P5 nous a convaincu de l'originalité réelle de cette forme. Le nom attribué à cette espèce fait allusion à nos hésitations.

G. LIMAMEIRA

DIAGNOSE : corps cylindrique, sublinéaire. Rostre réduit. Antennule à sept articles, haplocère chez le mâle. Antenne avec allobasis et exopodite d'un seul article. Mandibule sans exopodite. Maxillule sans endo ou exopodite. Maxille à deux endites. Maxillipède préhensile. P1-P4 avec deux rames triarticulées. Endopodites de P2-P4 plus courts que les exopodites. P5 en plaque, avec baséoendopodite et exopodite soudés.

LIMAMEIRA MEDITERRANEA n. sp.

Matériel examiné : 2 femelles (station DB 88) ; 2 femelles (station DB 104) ; 1 mâle (station DB 65).

La présente description est fondée sur la dissection complète d'une femelle (long. : 662 μ , DB 88) désignée comme holotype et d'un mâle (long. : 412 μ , DB 65) désigné comme allotype. Les caractères originaux

ont été reconnus sur les autres individus. L'ensemble de cette série syntypique est conservé dans la collection personnelle de l'auteur.

DESCRIPTION

Femelle

Taille comprise entre 595 et 662 μ . Corps cylindrique, sublinéaire. Céphalothorax et métasome ne présentant pas d'ornementation. Projection rostrale n'atteignant pas le milieu du premier article de l'antennule. Segment génital constitué par la soudure de U1 et U2 ; la suture n'est visible que latéralement. Ornementation dorsale nulle. Ventralement, U3 présente quatre peignes de quelques spinules, U4 deux peignes et U5 les quelques spinules habituelles près de l'implantation des rames furcales (fig. 7, A). Rames furcales trois fois plus longues que larges portant deux soies apicales bien développées dont l'interne est la plus longue. Coin distal externe avec une longue soie fine et une courte. Coin interne avec deux soies fines. En position dorsale est implantée une soie articulée (Fig. 7, C).

Antennule (Fig. 7, D) : composée de sept articles, dont les deux premiers sont les plus forts. La chétotaxie, sans soies barbelées, est indiquée sur la figure. Aesthétaques et soie accompagnatrice portés par les quatrième et dernier articles.

Antenne (Fig. 7, E) : coxa petite, inerme. Allobasis allongé, portant une soie fine implantée au milieu du bord interne. Exopodite d'un seul article armé de trois soies. Endopodite bien développé, avec au bord interne trois groupes de spinules et deux forts crochets, un crochet, trois soies géniculées, ciliées à leur partie distale et une soie fine au bord apical.

Mandibule (Fig. 7, F) : précoxa avec une pars incisiva tridentée et armée comme indiqué sur la figure. Présence d'une rangée de spinules et d'une soie barbelée au coin distal interne. Coxa-basis courbe, portant une soie fine distale (?). Exopodite absent, endopodite bien développé avec cinq soies.

Maxillule (Fig. 7, G) : arthrite de la précoxa allongé portant, en plus des deux soies de surface habituelles deux forts crochets, un addende denticulé et une forte soie barbelée. Coxa avec une soie épaisse, ciliée à son extrémité, et une soie fine. Basis avec trois soies fines apicales. Exopodite et endopodite représentés par une soie.

Maxille (Fig. 7, H) : syncoxa à deux endites ; le proximal, rudimentaire, ne porte qu'une soie, le distal trois longues soies

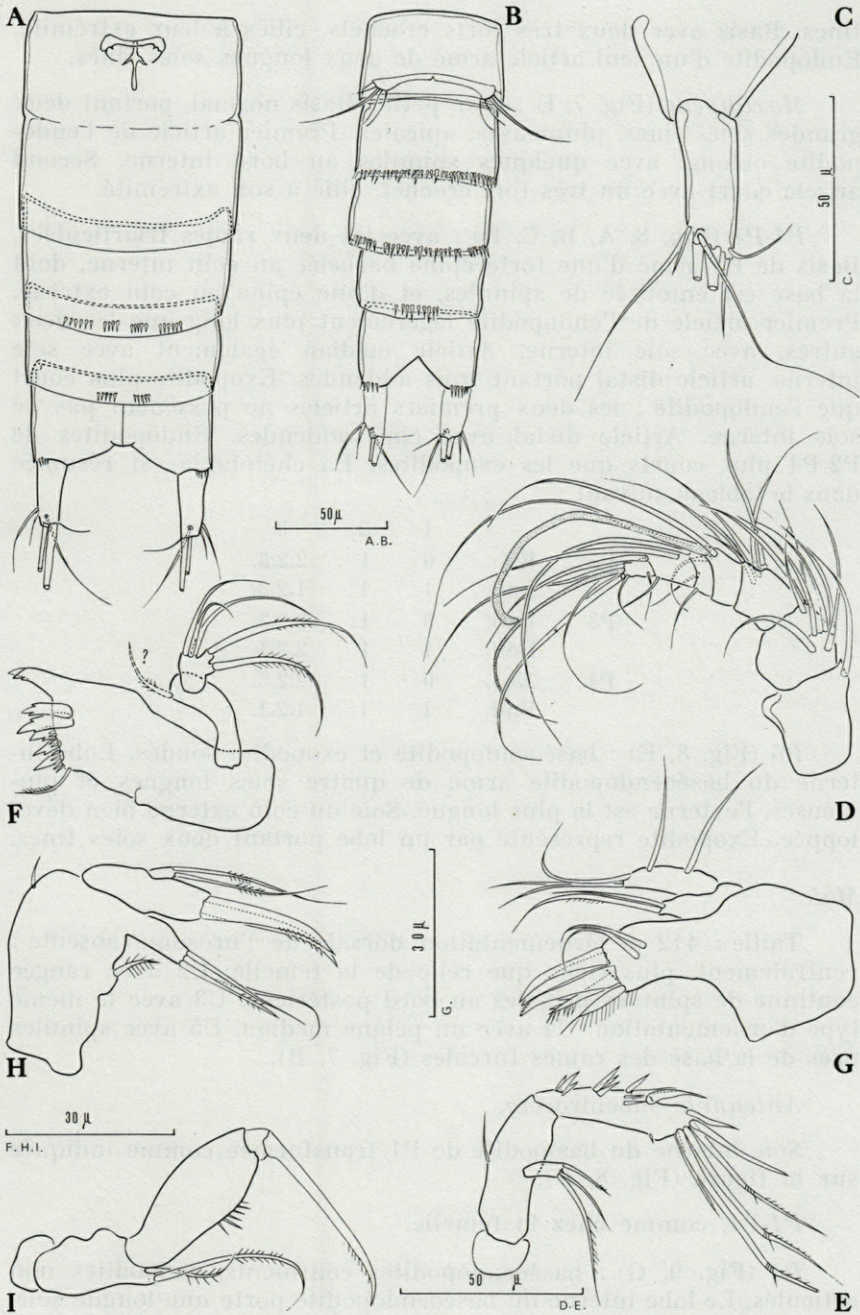


FIG. 7. — *L. mediterranea* n.g.n.sp. A : urosome ♀ (vue ventrale). M : urosome ♂ (vue ventrale). C : furca (dors.). D : antennule. E : antenne. F : mandibule. G : maxillule. H : maxille. I : maxillipède.

fines. Basis avec deux très forts crochets, ciliés à leur extrémité. Endopodite d'un seul article armé de deux longues soies fines.

Maxillipède (Fig. 7, I) : coxa petite. Basis normal, portant deux grandes soies fines, plumeuses, apicales. Premier article de l'endopodite oblong, avec quelques spinules au bord interne. Second article court avec un très fort crochet, cilié à son extrémité.

P1-P4 (Fig. 8, A, B, C, D) : avec les deux rames triarticulées. Basis de P1 armé d'une forte épine barbelée au coin interne, dont la base est entourée de spinules, et d'une épine au coin externe. Premier article de l'endopodite légèrement plus long que les deux autres, avec soie interne. Article médian également avec soie interne, article distal portant trois addendes. Exopodite plus court que l'endopodite ; les deux premiers articles ne possèdent pas de soie interne. Article distal avec cinq addendes. Endopodites de P2-P4 plus courts que les exopodites. La chétotaxie est résumée dans le tableau suivant :

		1	2	3
P2	Exo.	0	1	2.2.3.
	End.	1	1	1.2.3.
P3	Exo.	0	1	2.2.3.
	End.	1	1	2.2.1.
P4	Exo.	0	1	2.2.3.
	End.	1	1	1.2.1.

P5 (Fig. 8, E) : baséoendopodite et exopodite soudés. Lobe interne du baséoendopodite armé de quatre soies longues et plumeuses, l'externe est la plus longue. Soie du coin externe bien développée. Exopodite représenté par un lobe portant deux soies fines.

Mâle

Taille : 412 μ . Ornementation dorsale de l'urosome absente ; ventralement, plus riche que celle de la femelle. U2 avec rangée continue de spinules inégales au bord postérieur. U3 avec le même type d'ornementation. U4 avec un peigne médian. U5 avec spinules près de la base des rames furcales (Fig. 7, B).

Antennule subchirocère.

Soie interne du basipodite de P1 transformée comme indiqué sur la figure (Fig. 8, F).

P1-P4, comme chez la femelle.

P5 (Fig. 9, G) : baséoendopodites confluents, exopodites non articulés. Le lobe interne du baséoendopodite porte une longue soie.

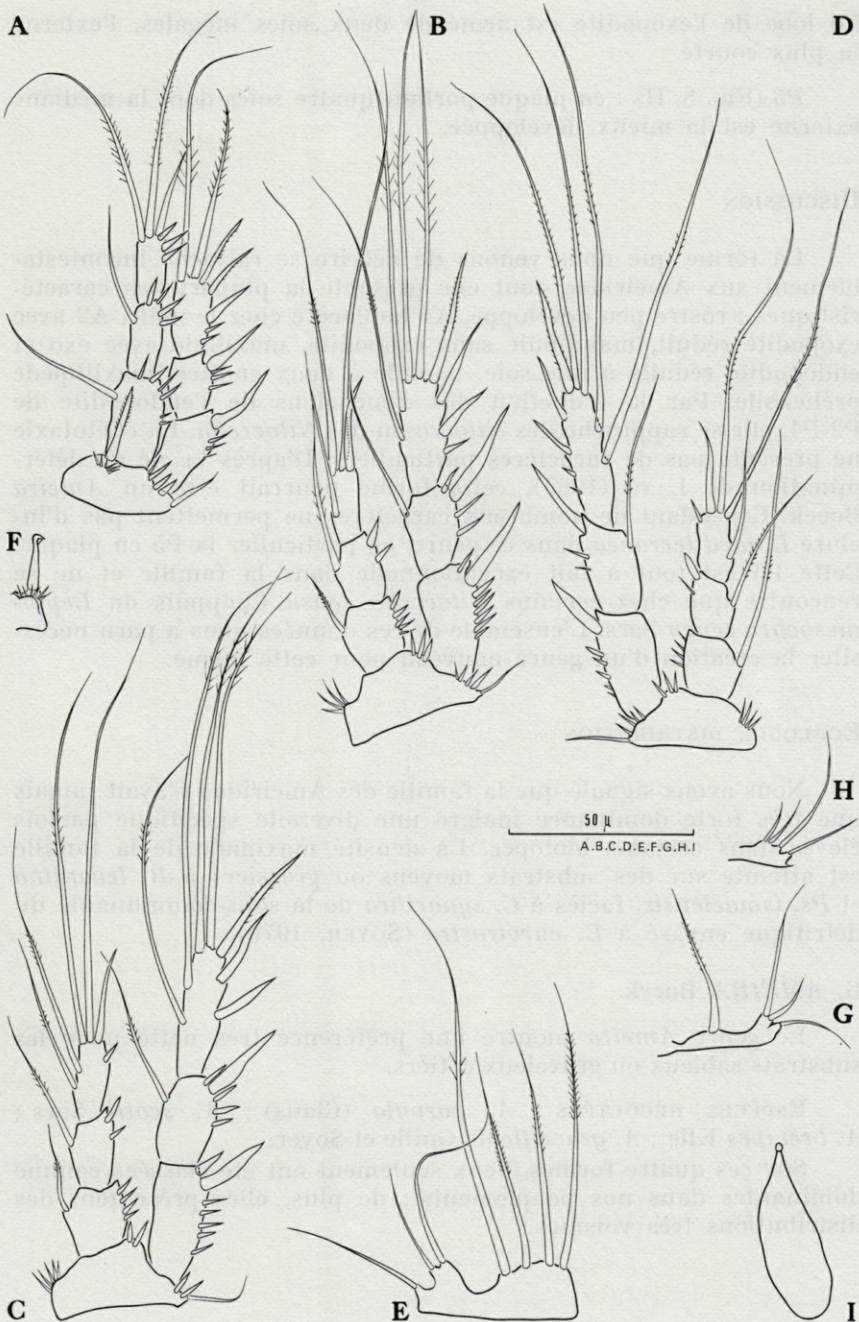


FIG. 8. — *L. mediterranea* n.sp.n.g. A : P1 (femelle). B : P2. C : P3. D : P4. E : P5 (femelle). F : épine interne du basis de P1 (mâle). G : P5 (mâle). H : P6 (mâle). I : spermatophore.

Le lobe de l'exopodite est armé de deux soies inégales, l'externe la plus courte.

P6 (Fig. 8, H) : en plaque portant quatre soies dont la médiane externe est la mieux développée.

DISCUSSION

La forme que nous venons de décrire se rattache incontestablement aux Ameiridae dont elle présente la plupart des caractéristiques : rostre peu développé, A1 haplocère chez le mâle, A2 avec exopodite réduit, mandibule sans exopodite, maxillule avec exo et endopodite réduits à une soie, maxille à deux endites, maxillipède préhensile. Par la réduction des dimensions de l'endopodite de P2-P4, elle se rapproche des *Nitocra* ou des *Nitocrella*. La chétotaxie ne présente pas de caractères particuliers. D'après la clé de détermination de LANG (1965), cette forme pourrait être un *Ameira* Boeck. Cependant de nombreux caractères ne permettent pas d'inclure *L. mediterranea* dans ce genre, en particulier la P5 en plaque. Cette P5 est tout à fait exceptionnelle dans la famille et ne se rencontre que chez certains *Nitocrella sensu* Chappuis ou *Leptomsochra sensu* Sars. L'ensemble de ces données nous a paru nécessiter la création d'un genre nouveau pour cette forme.

ÉCOLOGIE, DISTRIBUTION

Nous avons signalé que la famille des Ameiridae n'avait jamais une très forte dominance malgré une diversité spécifique parfois élevée dans certains biotopes. La densité maximale de la famille est atteinte sur des substrats moyens ou grossiers à *R. levantina* et *Ps. ismaelensis*, faciès à *C. synarthra* de la sous-communauté du détritique envasé à *E. curvirostre* (SOYER, 1970).

G. AMEIRA Boeck

Le genre *Ameira* montre une préférence très nette pour les substrats sableux ou graveleux côtiers.

ESPÈCES RÉCOLTÉES : *A. parvula* (Claus) ; *A. scotti* Sars ; *A. brevipes* Klie ; *A. gravellicola* Guille et Soyer.

Sur ces quatre formes, deux seulement ont été classées comme dominantes dans nos peuplements ; de plus, elles présentent des distributions très voisines.

A. parvula (Claus)

A. parvula est l'espèce la plus abondante du genre sur le plateau continental. Sa répartition à Banyuls est extrêmement caractéristique : la densité maximale est obtenue entre 1 et 30 m, sur les substrats de sables fins ou les gravelles ; son importance entre 20 et 30 m, profondeurs auxquelles débute généralement l'envasement, est due essentiellement à la présence dans ces limites bathymétriques de quelques fonds de sables grossiers et de fins graviers. La densité faiblit ensuite entre 30 et 50 m, sur les vases côtières, puis augmente à nouveau dans les parties moins envasées du détritique. Aucun exemplaire n'a été récolté en dessous de 70 m. *A. parvula* doit être considéré comme épipsammique, mais dans les sables grossiers et fins graviers, elle peut sans doute avoir un mode de vie mésopsammique.

A. parvula est une des espèces dominantes des communautés à *R. levantina* et *Ps. ismaelensis* et à *H. herdmani* et *H. flexus*. La récolte dans d'autres biotopes demeure exceptionnelle.

A. parvula, espèce cosmopolite, paraît eurytope; elle a été récoltée sur tous les types de substrats, durs ou meubles. Nous renvoyons à VERVOORT (1964) pour la bibliographie de cette forme et nous nous bornerons à analyser les données récentes qui se rapportent à son écologie. En Méditerranée, *A. parvula* a été signalée dans les Algues, par plusieurs auteurs : dans les *Halimeda* de la côte amalfitaine (PESTA, 1959), sur les côtes d'Israël (POR, 1964 a), et enfin dans le Coralligène de la côte des Albères (LAUBIER, 1966). Les signalisations sur substrats meubles, plus communes, sont accompagnées de données numériques. BODIN (1964) récolte l'espèce dans les trois biotopes qu'il étudie dans la région de Marseille mais elle domine essentiellement dans les sables vaseux de mode calme. RAIBAUT (1967) la recueille sur les sables du bassin de Thau.

Du point de vue de la bathymétrie, *A. parvula* semble localisée dans la zone infralittorale, entre 1 et 25 m. Cependant WELLS (1965), sur les côtes d'Ecosse, recueille un exemplaire par 146 m de fond. En mer Noire, POR (1964 a) la signale à toutes les profondeurs.

À Banyuls, MONARD (1928) récolte cette forme dans la boue du vivier, dans les vases et les sables infralittoraux. Ces localisations correspondent bien à celles indiquées par COULL (1968) aux Bermudes.

Les préférences écologiques de l'espèce sont donc délicates à préciser. Les fortes dominances que nous avons enregistrées sur substrats meubles nous font penser qu'il s'agit tout de même d'une forme préférante des sables ou des gravelles.

A. brevipes et *A. gravellicola* ont toutes deux le même type de distribution. Ce sont des formes gravellicoles qui ont été récoltées de manière régulière dans la communauté à *R. levantina* et *Ps. ismaelensis*. La localisation de *A. brevipes* à Banyuls correspond très exactement aux signalisations antérieures : gravelles à Amphi-

oxus dans la Kieler Bucht (KLIE, 1954), en mer de Marmara (NOODT, 1955).

A. scotti, récoltée en abondance dans les sables grossiers et fins graviers de la région de Marseille par BODIN (1964) n'a été rencontrée qu'en un petit nombre d'exemplaires dans le même biotope et nous ne pouvons en préciser les exigences écologiques.

G. *PROAMEIRA* Lang

Le genre *Proameira* n'est jamais abondant dans nos peuplements malgré une présence pratiquement constante de ses représentants. Nos observations semblent indiquer une légère préférence pour les substrats détritiques envasés.

ESPÈCES RÉCOLTÉES : *P. simplex* (Norman et T. Scott) ; *P. dubia* (Sars) ; *P. echinipes* n.sp.

L'importance et la distribution de ces trois formes sont très différentes. *P. simplex* et *P. echinipes* seuls ont une certaine importance numérique. *P. dubia* a été rencontré en petit nombre entre 40 et 50 m et il est difficile d'en définir les préférences écologiques.

P. simplex (Norman et T. Scott)

P. simplex est l'espèce la plus commune. Elle apparaît vers 15 m environ et descend jusqu'à la limite du plateau continental, vers 120 m. Dans la zone côtière, elle est présente sur les substrats constitués de sables grossiers et ou de graviers, et dans une moindre mesure, sur les sables vaseux. Sa densité maximale est atteinte entre 50 et 70 m sur les substrats envasés à granulométrie hétérogène. Cette localisation correspond à celle d'une espèce mixticole, appartenant à l'épifaune.

P. simplex est bien représentée sur l'ensemble de la communauté à *H. (pontarchis)*, *T. lutincola* et *C. pusillus*, dans laquelle elle est commune, et dans le faciès à *C. synarthra* de la sous-communauté à *E. curvirostre*. Cependant, l'espèce est classée parmi les formes dominantes de divers peuplements installés généralement sur des sédiments dont la composition granulométrique comprend une fraction non négligeable d'éléments grossiers : communauté à *R. levantina* et *Ps. ismaelensis*, peuplement à *S. incerta* et *B. imus*, sous-communauté à *E. oblongus* et à *H. travei*.

P. simplex a été rencontrée entre 5 et 140 m sur les fonds de vase ou de sable vaseux, notamment en mer du Nord (SARS, LANG). Parmi les signalisations récentes, il nous faut citer celles de POR (1964 a), en mer Noire sur les vases à *Macra*, entre 20 et 50 m, et de WELLS (1965) sur les vases des lochs écossais, par 101 et 137 m de fond. L'espèce ne semble

pas avoir été reconnue en Méditerranée, mais la distribution que nous avons observée à Banyuls correspond bien aux précédentes. Nous l'avons recueillie dans les rechs en deux stations : st. C (390 m) et H (600 m).

P. echinipes n.sp.

Rencontrée dans la vase côtière dès la profondeur de 30 m, *P. echinipes* n.sp. atteint son maximum de densité entre 80 et 100 m dans un sédiment très fortement envasé. Dès que la fraction de pélites dépasse 40-50 %, elle est également présente dans les sédiments à granulométrie hétérogène. L'espèce doit être considérée comme limicole profonde. Elle est préférante de la sous-communauté à *E. oblongus* bien qu'elle soit également classée parmi les dominantes du faciès profond à *P. latifurca* de la sous-communauté à *E. curvirostre*.

P. echinipes a été rencontrée dans deux de nos stations des rechs : C (390 m) et Dr (220 m), ce qui confirme la répartition profonde de cette espèce.

G. *PSEUDAMEIRA* Sars

Le genre *Pseudameira*, comme le précédent, est représenté dans l'ensemble de nos peuplements, mais sa dominance moyenne, généralement faible, augmente très légèrement sur les substrats les plus envasés côtiers ou profonds.

ESPÈCES RÉCOLTÉES : *Ps. crassicornis* Sars ; *Ps. furcata* Sars ; *Ps. mixta* Sars ; *Ps. perplexa* n.sp. ; *Ps. limicola* n.sp.

Sur ces cinq formes, trois seulement ont été récoltées en nombre suffisant pour qu'il soit possible de préciser leurs préférences écologiques : *Ps. mixta* Sars, *Ps. perplexa* n.sp. et *Ps. limicola* n.sp.

Ps. mixta Sars

Ps. mixta présente une distribution très caractéristique. Sur le plateau continental, elle apparaît entre 20 et 30 m et se récolte jusqu'à 100 m. Sa densité présente deux pics nettement marqués qui correspondent chacun à l'élévation du taux de pélites dans le sédiment. *Ps. mixta*, caractéristique de l'ensemble des substrats envasés à *H. (pontarchis)*, *T. lutincola* et *C. pusillus*, doit être considérée comme une forme limicole tolérante eurybathe.

Ps. mixta, qui était encore inconnue en Méditerranée et sur les côtes de France n'a fait l'objet que d'un très petit nombre de signalisations depuis sa découverte par Sars. Sur les côtes scandinaves, l'espèce fréquente les fonds de vase entre 20 et 75 m de profondeur. WELLS (1965) l'a également recueillie par 146 m de fond sur les côtes d'Ecosse.

Sa récolte dans la plupart de nos stations profondes, confirme son caractère eurybathe : st. C (390 m), H (600 m), J (350 m), Rd 5 (500 m) et Rd 12 (550 m).

Ps. perplexa n.sp.

Ps. perplexa montre une distribution assez proche de celle de la forme précédente. Apparaissant un peu plus profondément, vers 30-40 m, elle atteint son maximum de densité entre 80 et 90 m, comme *Ps. mixta*. Cependant, quelques exemplaires ont été récoltés entre 30 et 40 m, dans les stations les plus envasées des sables grossiers et fins graviers. *Ps. perplexa*, une des formes préférantes de la sous-communauté à *H. travei*, doit être considérée comme une limicole tolérante profonde. Nous l'avons également rencontrée dans deux de nos stations profondes : st. A (420 m) et I (400 m).

Ps. limicola n.sp.

Cette forme montre une distribution nettement différente des deux précédentes. Bien représentée entre 5 et 30 m, sur les gravelles, elle atteint sa densité maximale entre 30 et 40 m sur la vase côtière et disparaît ensuite aux environs de 65 m. Il s'agit d'une espèce limicole côtière, dont l'aire de répartition correspond à celle de la sous communauté à *R. knoxi*.

Ps. crassicornis et *Ps. furca* ont été récoltées en petit nombre. La première a été recueillie entre 30 et 80 m, sur des fonds à granulométrie hétérogène, sur lesquels la fraction fine est importante.

Cette localisation correspond aux signalisations précédentes; sur les côtes scandinaves entre 27 et 35 m (SARS; POR, 1964 b). Sur des sables vaseux ou des vases et sur les côtes d'Israël, par 35 m de fond sur les vases sublittorales (POR, 1964 a). A Banyuls, nous avons rencontré les deux espèces dans les rechs : *Ps. crassicornis* à la station J (350 m) et *Ps. furcata* entre 420 et 640 m (st. A, D, G, I et K).

G. SARSAMEIRA Wilson

Le genre *Sarsameira* montre une dominance globale faible dans l'ensemble des peuplements du plateau continental. Celle-ci marque une légère augmentation dans les peuplements des substrats dans lesquels la fraction moyenne ou grossière atteint un taux relativement élevé, même si ceux-ci sont nettement envasés.

ESPÈCES RÉCOLTÉES : *S. parva* (Boeck) ; *S. longiremis* (T. Scott) ; *S. propinqua* (T. Scott) ; *S. elongata* (Sars).

Parmi ces quatre espèces, deux seulement peuvent être considérées comme dominantes dans l'un au moins de nos peuplements, mais leur distribution est sensiblement différente.

S. parva (Boeck)

S. parva est l'espèce la plus commune du genre. Sa répartition bathymétrique est très étalée. Apparaissant dès les premiers mètres, l'espèce a deux maxima de densité ; le premier entre 10 et 20 m, dans les sables grossiers et fins graviers, et le second entre 50 et 60 m, dans les sédiments à granulométrie hétérogène du Cap Béar. Dans les sédiments fins, la densité est faible. *S. parva* est une forme essentiellement gravellicole, comme le montre son abondance dans la communauté à *R. levantina* et *Ps. ismaelensis* et dans la sous-communauté à *E. curvirostre*.

Sur les côtes scandinaves, et plus généralement en mer du Nord, *S. parva* a été récoltée entre 8 et 120 m sur des fonds de vase. Parmi les signalisations les plus récentes, nous devons mentionner celle de POR (1964 b) dans le Skagerak (vase sablonneuse, 71 m) et celle de WELLS (1965, vase du loch Nevis, 101 m). En Méditerranée, POR (1964 a) récolte l'espèce dans la biocénose à *Caulerpa* (prof. 8 m). COULL (1968) aux Bermudes en rencontre un seul exemplaire sur de la vase mêlée à des débris d'Algues, à petite profondeur. La répartition que nous avons observée à Banyuls met en évidence une certaine préférence de *S. parva* pour les sédiments dans lesquels la fraction moyenne ou grossière est importante. Sa récolte dans deux de nos stations profondes semble indiquer qu'il s'agit d'une espèce eurybathe : st. B (320 m) et C (290 m).

S. longiremis (T. Scott)

S. longiremis présente une répartition typique d'espèce mixticole. Apparaissant entre 20 et 30 m, dans les sables grossiers et fins graviers, sa densité maximale est obtenue dans la zone comprise entre 40 et 80 m, sur des sédiments à granulométrie hétérogène.

S. longiremis doit être considérée comme dominante et préférante de la sous-communauté à *E. curvirostre*, et plus spécialement du faciès à *Ps. latifurca*.

S. longiremis semble n'avoir jamais encore été rencontrée en Méditerranée ou sur les côtes de France. Dans l'Arctique ou la mer du Nord, elle fréquente les fonds de vase ou de vase sableuse entre 40 et 120 m. Notre localisation à Banyuls correspond à cette répartition, mais nos prospections systématiques nous permettent de confirmer les préférences de cette espèce pour les sédiments moyens ou grossiers. Récoltée dans deux de nos stations profondes (st. L, 280 m et Rd 12, 550 m), *S. longiremis* peut être considérée comme eurybathe.

S. propinqua montre une localisation fort différente des

précédentes. Elle est relativement abondante entre 5 et 20 m de profondeur, sur les sables grossiers et fins graviers, parfois sur les sables fins infralittoraux. Toutes les signalisations dans la zone boréale ou subtropicale correspondent à ce type de fond : sables grossiers entre 45 et 60 m sur les côtes scandinaves (T. SCOTT ; SARS), sables coquilliers à 24-27 m (POR, 1964 b), sables grossiers sous l'influence des courants de fond (BODIN, 1964, Golfe de Marseille).

La dernière espèce, *S. elongata*, n'a été récoltée qu'en un seul exemplaire dans les sables grossiers et fins graviers à *R. levantina* et *Ps. ismaelensis*, ce qui constitue la première signalisation de cette forme en Méditerranée et sur les côtes de France.

En résumé, les *Sarsameira* apparaissent comme des formes essentiellement gravellicoles, dont la tolérance vis-à-vis de la fraction fine peut varier sensiblement d'une espèce à l'autre.

AUTRES ESPÈCES

Parmi les autres formes, seule *Limameira mediterranea* n.g.n.sp. est présente en abondance suffisante pour qu'il soit possible de préciser sa distribution. Elle est localisée dans la partie la plus profonde du plateau continental, à partir de 60 m. Sa densité est toujours faible, mais l'espèce est commune dans la sous-communauté des vases du large à *E. oblongus*.

Le genre *Ameiropsis* Sars est représenté par deux formes, *A. nobilis* Sars et *A. longicornis* Sars, qui n'ont jamais été rencontrées que dans les sédiments grossiers peu envasés. La première espèce est nouvelle pour la faune de France.

Psyllocamptus minutus Sars et *Pseudosarsameira exilis* (T. et A. Scott), deux espèces non encore signalées sur les côtes de France ou en Méditerranée, ont été recueillies sur des sédiments envasés. *Interleptomesochra attenuata* (A. Scott) fait partie de la faune littorale mésopsammique. *Stenocopia longicaudata* (T. Scott) est de récolte fréquente dans les sables et graviers côtiers, ainsi que dans le détritique envasé.

Il nous faut également citer *Anoplosoma styx* Por, localisé dans les vases circalittorales et bathyales.

Les représentants de la famille des Ameiridae que nous avons récoltés sur le plateau continental de la côte catalane française ont, d'une manière générale, une distribution qui suit de très près l'évolution de la fraction moyenne et grossière du sédiment (médiane et 3^e quartile), mais il est possible d'observer une certaine spécialisation des différents genres. Le genre *Ameira* est essentiel-

lement sabulicole et gravellicole dans la zone côtière. Le genre *Proameira* est très tolérant vis-à-vis de la fraction fine, comme le genre *Pseudameira*. Enfin, les *Sarsameira* montrent des préférences écologiques variées : *S. parva*, sabulicole et gravellicole est peu tolérante vis-à-vis des pélites, comme *S. propinqua*, tandis que *S. longiremis* est une mixticole.

RÉSUMÉ

Nos prospections systématiques des substrats meubles de la côte catalane française ont permis la récolte de 26 espèces d'Ameiridae (Copepoda Harpacticoida). La plupart de celles-ci n'avaient pas encore été signalées sur les côtes de France ou en Méditerranée. Quatre enfin étaient totalement inédites et font l'objet d'une description : *Proameira echinipes* n.sp., *Pseudameira limicola* n.sp. et *Ps. perplexa* n.sp., *Limameira mediterranea* n.g.n.sp. Malgré une bonne diversité spécifique, la famille des Ameiridae ne présente pas une forte importance numérique. Ses représentants ont, d'une manière générale, une distribution qui suit de près l'évolution des fractions moyenne et grossière des sédiments. L'analyse détaillée de la répartition des espèces principales met en évidence une certaine spécialisation.

ZUSAMMENFASSUNG

Bei unseren systematischen Untersuchungen der Weichböden der französisch-katalanischen Küste konnten im ganzen 26 Ameiriden-Arten (Copepoda, Harpacticoida) gesammelt werden. Die Mehrzahl dieser Arten waren von den französischen Küsten und aus dem Mittelmeer noch nicht bekannt. Vier neue Arten werden hier beschrieben : *Proameira echinipes* n.sp., *Pseudameira limicola* n.sp., *Pseudameira perplexa* n.sp., *Limameira mediterranea* n.g., n.sp.. Trotz ihrer ausgeprägten Artentrennung ist die Familie der Ameiridae zahlenmässig nicht sehr bedeutend. Im grossen ganzen folgt ihre Verteilung der Entwicklung mittlerer und grober Sedimentfraktionen. Die detaillierte Analyse der Verbreitung der Hauptarten zeigt eine gewisse Spezialisierung auf.

BIBLIOGRAPHIE

- Nous renvoyons à LANG, 1948, pour la bibliographie antérieure à 1939.
- BODIN, Ph., 1964. Recherches sur la systématique et la distribution des Copépodes harpacticoides des substrats meubles des environs de Marseille. *Recl Trav. Stn mar. Endoume*, **51** (35) : 107-183.
- COULL, B., 1968. Shallow water meiobenthos of the Bermuda platform. *Thèse Sci. nat. Lehigh University*.
- LANG, K., 1948. Monographie der Harpacticiden. Hakan Ohlsson, Lund. (2 vol.), 1682 p.
- LANG, K., 1965. Copepoda Harpacticoidea from the Californian Pacific Coast. *K. svenska Vetensk Akad. Handl.*, **10** (2) : 560 p.
- LAUBIER, L., 1966. Le coralligène des Albères. Monographie biocénotique. *Annls Inst. oceanogr., Monaco*, N.S., **43** (2) : 316 p.
- MONARD, A., 1928. Les Harpacticoides marins de Banyuls. *Archs Zool. exp. gén.*, **67** : 259-443.
- PESTA, O., 1959. Harpacticoiden (Crust. Copepoda) aus submarinen Höhlen und den benachbarten Litoralbezirken am Kap von Sorrent (Neapel). *Pubbl. Staz. zool. Napoli, suppl.*, **30** : 95-177
- POR, F.D., 1964 a. A study of the Levantine and Pontic Harpacticoida (Copepoda Crustacea). *Zool. Verh. Leiden*, **64** : 1-128.
- POR, F.D., 1964 b. Les Harpacticoides (Copepoda Crustacea) des fonds meubles du Skagerak. *Cah. Biol. mar.*, **5** : 233-270.
- RAIBAUT, A., 1967. Recherches écologiques sur les Copépodes harpacticoides des étangs côtiers et des eaux saumâtres temporaires du Languedoc et de Camargue. *Thèse Fac. Sci. Montpellier*, 238 p.
- SMIRNOV, S., 1946. New species of Copepoda harpacticoida from the Arctic Ocean. *Trudy dreif. Exped. Glavsemov. Ledokol. Par. "Sedov"*, **3** : 231-263 (en russe avec résumé en anglais).
- SOYER, J., 1970. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. III. Les peuplements de Copépodes harpacticoides (Crustacea). *Vie Milieu*, **21** (2 B) : 337-511.
- VERVOORT, W., 1964. Free-living Copepoda from Ifaluk Atoll, in the Carolina Islands. *Smithson. scient. Ser.*, **236** : 1-431.
- WELLS, J.B.J., 1965. Copepoda (Crustacea) from the meiobenthos of some Scottish marine sub-littoral muds. *Proc. R. Soc. Edin.*, B, **69** (1), 1 : 1-33.

Reçu le 3 Mai 1974

DEUX ESPÈCES NOUVELLES
D'ISOPODES ASELOTES
RÉCOLTÉES EN MÉDITERRANÉE PROFONDE ⁽¹⁾

par Pierre CHARDY

Centre Océanologique de Bretagne — B.P. 337 - 29273 Brest - France

ABSTRACT

Two new species of Asellota Isopoda of the mediterranean deep-sea fauna are described in this article : *Pseudomesus bispinosus* sp. n. collected from the western mediterranean abyssal plain, and *Ilyarachna medorientalis* sp. n. collected from the Matapan trench and the Aegean sea. The genus *Pseudomesus* is new for the Mediterranean. The great vertical distribution of *I. medorientalis* sp. n. is in accord with the eurybathic nature of mediterranean benthic deep-sea species.

L'exploration des fonds méditerranéens supérieurs à 2 000 m, au cours des campagnes Polymède I (2) (Méditerranée occidentale) et Polymède II (3) (Méditerranée orientale) du N.O. Jean Charcot, a permis de recueillir une collection d'Isopodes parmi laquelle nous avons reconnu 2 espèces nouvelles. Le présent article est consacré à leur description et à la signification biogéographique de leur répartition.

Les dragages effectués au cours de ces 2 campagnes ont été réalisés à l'aide d'une drague épibenthique inspirée de l'« Epibenthic sled » de HESSLER et SANDERS (1967).

(1) Contribution n° 236 du Département Scientifique du Centre Océanologique de Bretagne.

(2) Polymède I : mai-juin 1970.

(3) Polymède II : mars-avril 1972.

GENRE *PSEUDOMESUS* Hansen, 1916*PSEUDOMESUS BISPINOSUS* SP. N. (fig. 1-2).

MATÉRIEL ÉTUDIÉ

Campagne Polymède I, station 21, prélèvement DS 05 (37°00,6'N 05°22,0'E). Profondeur : 2 827 m. Un seul spécimen mâle (déposé au Muséum national d'Histoire naturelle, Paris).

DESCRIPTION

L'unique exemplaire récolté est un mâle adulte (fig. 1A) mesurant 1,2 mm du bord frontal du céphalon à l'extrémité postérieure du pléotelson. La plus grande largeur prise à la base du péréionite 4 est de 0,2 mm. La forme générale du corps est allongée et caractérisée par une section transversale circulaire. L'aplatissement dorso-ventral (caractère morphologique classique de l'ordre des Isopodes) a totalement disparu. Le tégument est épais et lisse (blanc dans l'alcool).

Céphalon : tête libre, plus longue que large, dépourvue d'yeux. Bord frontal rectiligne.

Péréion : péréionites 1 à 7 libres et dépourvus d'ornementation. Péréionite 5 nettement plus allongé que les autres segments thoraciques. Bords latéraux des péréionites 1 à 4 dirigés vers le céphalon ; bords latéraux des péréionites 5 à 7 dirigés vers le pléotelson.

Pléotelson : bords latéraux convexes, munis chacun d'une épine légèrement courbée vers l'arrière. Bord postérieur semi-circulaire.

Antennule (fig. 1C) : courte, insérée latéralement au tiers inférieur du céphalon. Deuxième article du pédoncule allongé. Flagellum réduit, comprenant trois articles courts dont le dernier est porteur de 5 soies apicales.

Antenne (fig. 1 D) : cassée au niveau du 5^e article pédonculaire. Les 5 articles sont trapus et courts, sensiblement de la même longueur.

Mandibule : absence de palpe. Pars incisiva allongée et massive, armée de trois dents épaisses. Mandibule gauche (fig. 2A) munie

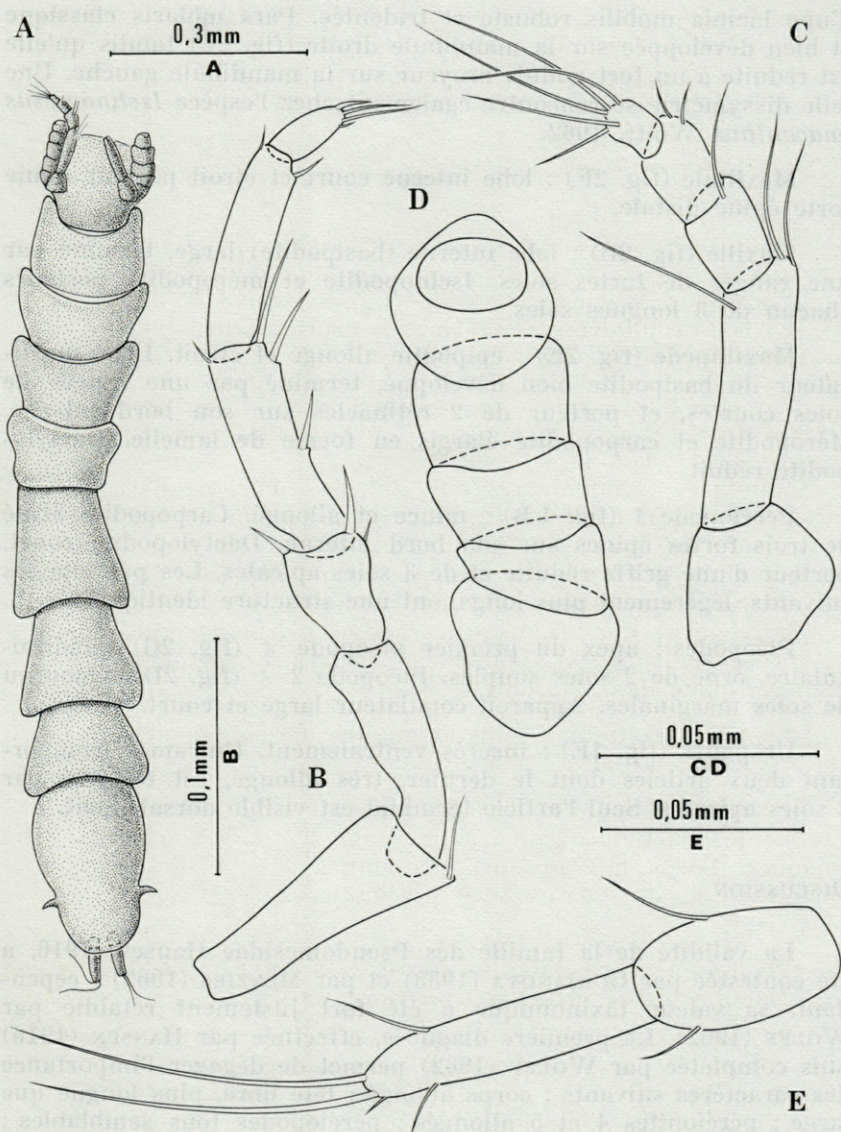


FIG. 1. — *Pseudomesus bispinosus* sp. n., holotype (♂). A : habitus face dorsale.
 B : péréiopode 1. C : antennule. D : antenne. E : uropode.

d'une lacinia mobilis robuste et tridentée. Pars molaris classique et bien développée sur la mandibule droite (fig. 2C) tandis qu'elle est réduite à un fort nodule broyeur sur la mandibule gauche. Une telle dissymétrie se rencontre également chez l'espèce *Ischnomesus anacanthus* Wolff, 1962.

Maxillule (fig. 2F) : lobe interne court et étroit porteur d'une forte épine distale.

Maxille (fig. 2B) : lobe interne (basipodite) large, terminé par une rangée de fortes soies. Ischiopodite et méropodite porteurs chacun de 3 longues soies.

Maxillipède (fig. 2E) : épipodite allongé et étroit. Lobe masticateur du basipodite bien développé, terminé par une rangée de soies courtes, et porteur de 2 rétinacles sur son bord interne. Méropodite et carpopodite élargis en forme de lamelle. Dactylopodite réduit.

Péréiopode 1 (fig. 1B) : mince et allongé. Carpopodite armé de trois fortes épines sur son bord interne. Dactylopodite court, porteur d'une griffe réduite et de 3 soies apicales. Les péréiopodes suivants, légèrement plus longs, ont une structure identique.

Pléopodes : apex du premier pléopode ♂ (fig. 2G) quadrangulaire, orné de 2 soies souples. Pléopode 2 ♂ (fig. 2D) dépourvu de soies marginales. Appareil copulateur large et court.

Uropodes (fig. 1E) : insérés ventralement. Uniramés, comportant deux articles dont le dernier, très allongé, est terminé par 2 soies apicales. Seul l'article terminal est visible dorsalement.

DISCUSSION

La validité de la famille des Pseudomesidae Hansen, 1916, a été contestée par GURJANOVA (1933) et par MENZIES (1962) ; cependant, sa valeur taxinomique a été fort justement rétablie par WOLFF (1962). La première diagnose, effectuée par HANSEN (1916) puis complétée par WOLFF (1962) permet de dégager l'importance des caractères suivants : corps allongé ; tête libre, plus longue que large ; péréionites 4 et 5 allongés ; péréiopodes tous semblables ; pléon ovale ; uropodes insérés ventralement. *Pseudomesus bispinosus* sp. n. possède tous ces caractères et son appartenance à la famille des Pseudomesidae ne fait aucun doute. La distinction avec *Pseudomesus brevicornis* Hansen, 1916, et *Pseudomesus similis* Birstein, 1963, repose sur la présence de deux épines latérales sur le telson, la longueur des uropodes (visibles dorsalement) et la forme

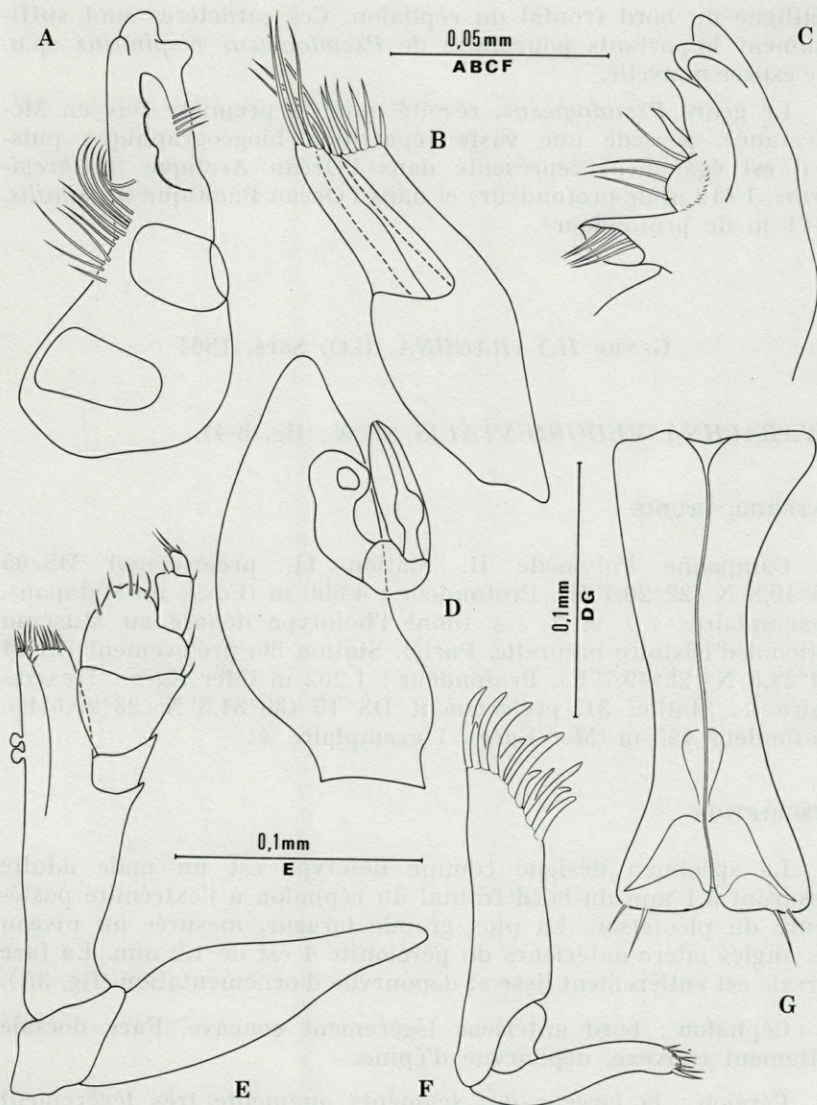


FIG. 2. — *Pseudomesus bispinosus* sp. n., holotype (♂). A : mandibule gauche. B : maxille. C : détail de la mandibule droite. D : pléopode 1 ♂. E : maxillipède. F : maxillule. G : Première paire de pléopodes ♂.

rectiligne du bord frontal du céphalon. Ces caractères sont suffisamment importants pour faire de *Pseudomesus bispinosus* sp.n. une espèce nouvelle.

Le genre *Pseudomesus*, récolté pour la première fois en Méditerranée, possède une vaste répartition biogéographique puisqu'il est également représenté dans l'Océan Arctique (*P. brevicornis*, 1 412 m de profondeur) et dans l'Océan Pacifique (*P. similis*, 5 441 m de profondeur).

GENRE *ILYARACHNA*, G.O. Sars, 1864

ILYARACHNA MEDORIENTALIS SP. N. (fig. 3-4).

MATÉRIEL ÉTUDIÉ

Campagne Polymède II. Station 11, prélèvement DS 05 (35°49,8' N - 22°20,7' E). Profondeur : 4 690 m (Fosse de Matapan). 3 exemplaires ♀♀ et 2 ♂♂ (dont l'holotype déposé au Muséum national d'Histoire naturelle, Paris). Station 30, prélèvement DS 14 (39°22,8' N - 23°49,7' E). Profondeur : 1 202 m (Mer Egée). 1 exemplaire ♀. Station 31, prélèvement DS 15 (39°31,3' N - 23°25,6' E). Profondeur 453 m (Mer Egée). 1 exemplaire ♀.

DESCRIPTION

Le spécimen désigné comme holotype est un mâle adulte mesurant 3,1 mm du bord frontal du céphalon à l'extrémité postérieure du pléotelson. La plus grande largeur, mesurée au niveau des angles latéro-antérieurs du péréionite 4 est de 1,2 mm. La face dorsale est entièrement lisse et dépourvue d'ornementation (fig. 3A).

Céphalon : bord antérieur légèrement concave. Face dorsale nettement convexe, dépourvue d'épine.

Péréion : la largeur des segments augmente très légèrement du péréionite 1 au péréionite 4. Premier segment sensiblement plus court que les trois suivants. Angles antérieurs des péréionites 2 à 4 pointus. Péréionites 5 à 7 armés de muscles puissants, visibles dorsalement par transparence.

Pléotelson : constitué de 2 segments. Premier pléonite vestigial, étroit et court (absent chez la majorité des espèces du genre *Ilya-*

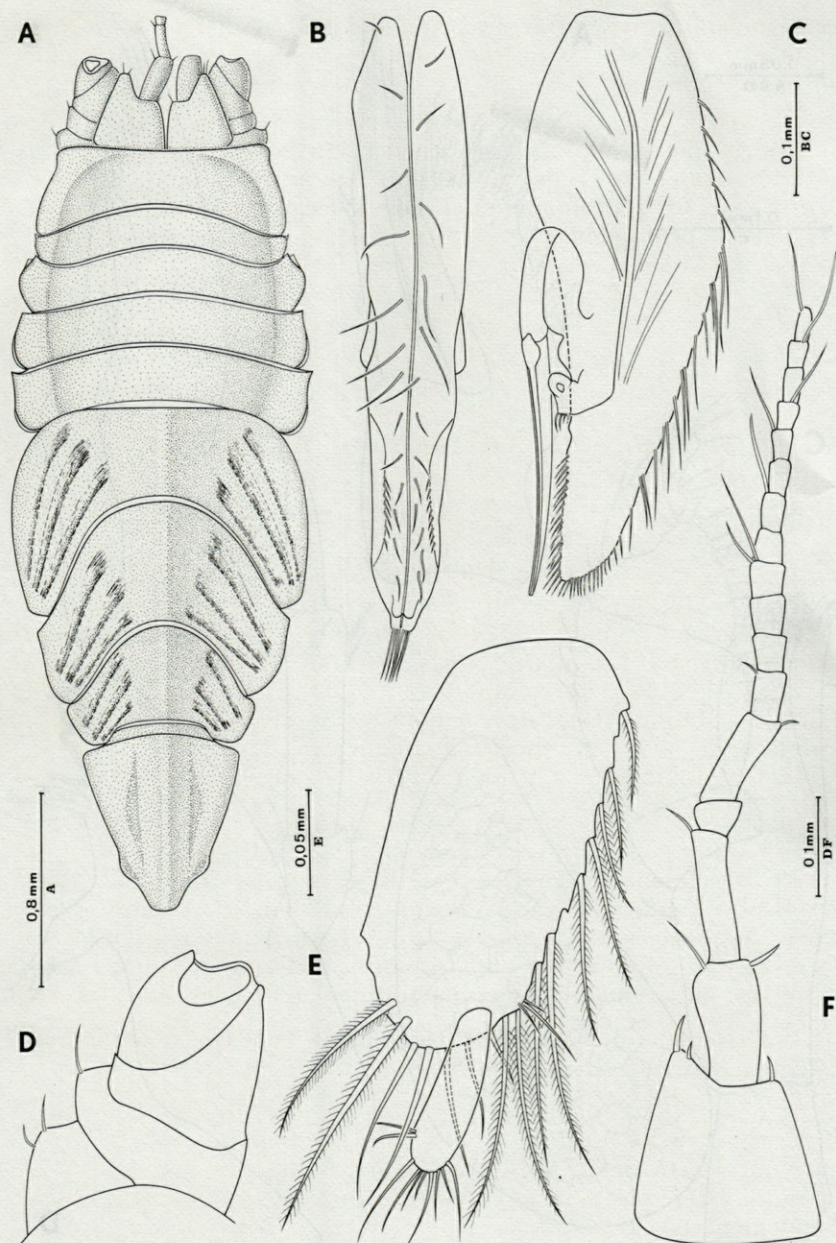


FIG. 3. — *Ilyarachna medorientalis* sp. n., holotype (♂). A : habitus face dorsale. B : première paire de pléopodes ♂. C : pléopode 2 ♂. D : antenne. E : uropode. F : antennule.

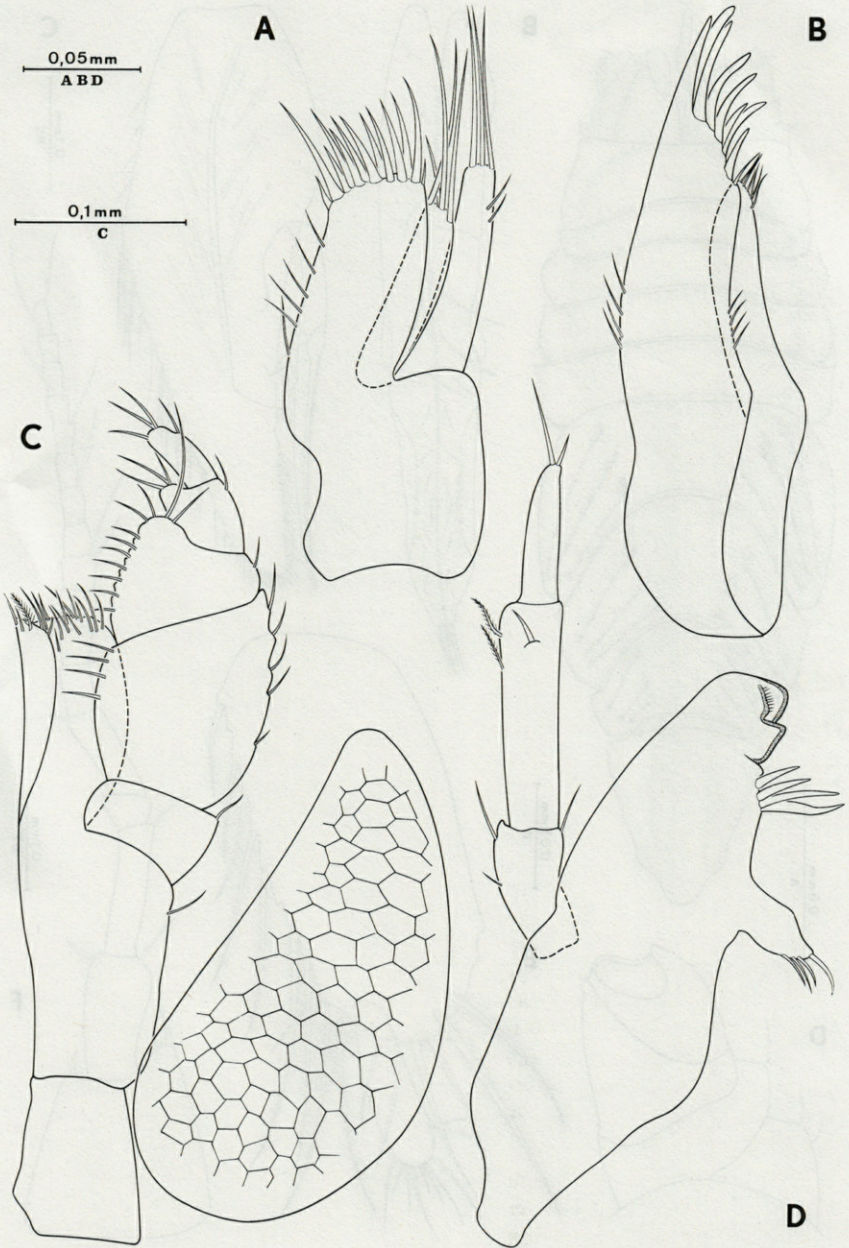


FIG. 4. — *Ilyarachna medorientalis* sp. n., holotype (♂). A : maxille. B : maxillule. C : maxillipède. D : mandibule gauche.

rachna). Second pléonite triangulaire, arrondi à l'extrémité postérieure. Présence de deux convexités latérales au niveau de l'insertion des uropodes.

Antennule (fig. 3F) : premier article élargi, possédant un bord antéro-externe triangulaire muni de 2 petites épines ; bord antéro-interne porteur d'une épine semblable. Flagellum composé de 12 articles.

Antenne (fig. 3D) : cassée au niveau du quatrième article pédonculaire sur tous les exemplaires récoltés. Premier segment large et massif, partiellement masqué par l'angle antéro-latéral du céphalon. Segments suivants progressivement plus étroits jusqu'au 4^e article pédonculaire réduit.

Mandibule (fig. 4D) : présence d'un palpe mandibulaire robuste à 3 articles dont le second est porteur de 2 soies plumeuses sur son bord externe. Pars incisiva conique, non denticulée, complétée (sur la mandibule gauche) par une lacinia fortement chitinisée. Pars molaris étroite et pointue terminée par 4 soies.

Maxillule (fig. 4B) : lobe interne relativement bien développé. Lobe externe porteur d'une rangée d'épines simples sur son bord distal.

Maxille (fig. 4A) : sans particularité remarquable.

Maxillipède (fig. 4C) : épipodite ovale, ornementé d'un réseau hexagonal visible par transparence. Lobe masticateur du basipodite très long, porteur d'une soie plumeuse caractéristique. Absence de rétinaele. 3 premiers segments du palpe, fortement élargis.

Les 6 exemplaires récoltés ont perdu la totalité de leurs péréiopodes, leur description fait donc défaut dans cet article.

Pléopodes : première paire de pléopodes ♂ (fig. 3B) très allongée et richement pourvue de soies sur la surface. Présence de 2 replis latéraux bordés de poils dans la partie postérieure. Pléopode 2 ♂ (fig. 3C) porteur d'un organe copulateur effilé dont l'extrémité dépasse à peine l'apex de l'appendice.

Uropode (fig. 3E) : uniramé. Article pédonculaire large et lamelleux, garni de nombreuses soies plumeuses sur le bord interne ainsi qu'à l'extrémité postérieure. Second article bien développé (proportionnellement à la taille moyenne des endopodites de ce genre). Absence d'exopodite.

DISCUSSION

La combinaison des caractères suivants : corps lisse sans épine, pléotelson plus long que large terminé par un apex arrondi, présence d'un pléonite vestigial, uropode uniramé, permet de caractériser *Ilyarachna medorientalis* sp. n. vis-à-vis des autres espèces de ce genre. Par la forme générale du corps cette nouvelle espèce présente d'étroites affinités avec *Ilyarachna longicornis* G.O. Sars, 1864, dont elle diffère essentiellement par la présence d'un pléonite vestigial.

D'un point de vue biogéographique, la récolte de 5 exemplaires d'*Ilyarachna medorientalis* sp. n. dans la fosse de Matapan (à 4 690 m de profondeur) va à l'encontre de l'hypothèse avancée par GEORGES et MENZIES (1968) selon laquelle il n'existerait pas d'Isopode vivant sur les fonds des fosses méditerranéennes. Cette hypothèse s'appuie sur les conséquences biologiques des apports périodiques de sédiments sulfureux, au cours de l'histoire géologique du quaternaire, en Méditerranée orientale (MENZIES, IMBRIE et HEEZEN, 1961). Notons cependant que les trois dragages effectués à 3 493 m, 4 078 m et 4 009 m sur la plaine abyssale de Messine, lors de la campagne Polymède II, ont rapporté une faune très pauvre et totalement dépourvue d'Isopodes. Il en est de même pour les 5 prélèvements effectués par le navire océanographique américain « VEMA » sur des fonds supérieurs à 2 800 m en Méditerranée orientale (GEORGES et MENZIES, 1968).

Il est probable que la position péricontinentale de la fosse de Matapan, ainsi que l'instabilité des substrats sur les fortes pentes, favorisent l'enrichissement des fonds en matière organique d'origine terrigène, et par là même, l'installation d'une faune profonde. Cependant, d'un point de vue général, l'appauvrissement très net des fonds de la Méditerranée orientale (CHARDY, LAUBIER, REYSS et SIBUET, sous presse) par rapport aux densités observées en Méditerranée occidentale (CHARDY, LAUBIER, REYSS et SIBUET, 1973) demeure inexpliqué, et le rôle des modifications géochimiques de l'environnement constitue toujours une hypothèse digne d'intérêt.

La vaste répartition verticale de *I. medorientalis* sp. n. (453 m - 4 690 m) (seul Isopode méditerranéen connu au-delà de 3 000 m) constitue un argument supplémentaire en faveur de l'existence d'une faune à caractère eurybathe en Méditerranée profonde (hypothèse largement développée par EKMAN, 1953). Cependant le nombre relativement faible de prélèvements effectués dans cette zone ne permet pas de conclure actuellement sur l'absence d'une faune abyssale vraie en Méditerranée.

RÉSUMÉ

Deux espèces nouvelles d'Isopodes Asellotes, appartenant à la faune profonde méditerranéenne, sont décrites dans cet article : *Pseudomesus bispinosus* sp. n., prélevée sur la plaine abyssale du bassin Ouest-Méditerranéen, et *Ilyarachna medorientalis* sp. n., provenant de la fosse de Matapan et de la Mer Egée. Le genre *Pseudomesus* est signalé pour la première fois en Méditerranée. La vaste répartition verticale d'*I. medorientalis* sp. n. tend à confirmer le caractère eurybathe de la faune benthique profonde méditerranéenne.

ZUSAMMENFASSUNG

Zwei neue Isopoden-Arten aus der Gruppe der Asellota, die der mediterranen Tiefenfauna angehören, werden im vorliegenden Artikel beschrieben : *Pseudomesus bispinosus* sp. n. von der Abyssalebene des westlichen Mittelmeerbeckens, und *Ilyarachna medorientalis* sp. n. aus dem Matapan-Graben und aus dem Aegäischen Meer. Die Gattung *Pseudomesus* wird zum ersten Mal für das Mittelmeer gemeldet. Die weite Vertikalverteilung von *I. medorientalis* sp. n. weist auf den eurybathen Charakter der mediterranen Tiefenfauna hin.

BIBLIOGRAPHIE

- BIRSTEIN, J.A., 1963. Deep-sea isopod crustaceans of the Northwestern Pacific Ocean (en russe). Moscova : Acad. Sci., S.S.S.R., Inst. Oceanology, 213 p.
- CHARDY, P., L. LAUBIER, D. REYSS & M. SIBUET, 1973 a. Données préliminaires sur les résultats biologiques de la campagne Polymède I. Dragages profonds. *Rapp. P.-v. Réun. Commn int. Explor. scient. Mer Méditerr.*, 21 (9) : 621-625.
- CHARDY, P., L. LAUBIER, D. REYSS & M. SIBUET, 1973 b. Dragages profonds en Mer Egée. Données préliminaires. *Rapp. P.-v. Réun. Commn int. Explor. scient. Mer Méditerr.*, 22 (4) : 107-108.
- CHARDY, P., L. LAUBIER, D. REYSS & M. SIBUET, 1973 c. Dragages profonds en Mer Ionienne. Données préliminaires. *Rapp. P.-v. Réun. Commn int. Explor. scient. Mer Méditerr.*, 22 (4) : 103-105.

- EKMAN, S., 1953. *Zoogeography of the sea*. Sedgwick and Jackson, London XIV, 417 p.
- GEORGE, R. & R. MENZIES, 1968. Additions to the mediterranean deep-sea isopod fauna (Vema 14). *Revue roum. Biol. (Zool.)*, 13 (6) : 367-383.
- GURJANOVA, E., 1933. Die marinen Isopoden der Arktis. *Fauna arct.*, 6 (5) : 390-470.
- HANSEN, H.J., 1916. Crustacea Malacostraca. III. *Dan. Ingolf Exped.*, 3 (5) : 1-262.
- HESSLER, R & H. SANDERS, 1967. Faunal diversity in the deep-sea. *Deep Sea Res.*, 14 : 65-78.
- MENZIES, R.J., 1962. The isopods of abyssal depths in the Atlantic Ocean. *In Abyssal Crustacea*, Vema Res. Series, 1 : 79-206.
- MENZIES, R.J., J. IMBRIE & B.C. HEEZEN, 1961. Further considerations regarding the antiquity of the abyssal fauna with evidence for a changing abyssal environment. *Deep Sea Res.*, 8 : 79-94.
- WOLFF, T., 1962. The systematics and biology of bathyal and abyssal Isopoda Asellota. *Galathea Rep.*, 6 : 1-315.

Reçu le 12 mars 1974

BIBLIOGRAPHIE

- BASTRIN, J.A., 1963. Deep-sea isopod crustaceans of the Northwestern Pacific Ocean (en russe). *Moscow : Acad. Sci. S.S.S.R. Inst. Oceanology*, 313 p.
- CHARDY, P., I. LAURIN, D. HAYS & M. SIAUET, 1973 a. Données préliminaires sur les résultats biologiques de la campagne polyméridé I. Données préliminaires. *Revue Méditerran. Méditerran. 31 (6) : 621-625.*
- CHARDY, P., I. LAURIN, D. HAYS & M. SIAUET, 1973 b. Données préliminaires sur les résultats biologiques de la campagne polyméridé I. Données préliminaires. *Revue Méditerran. 32 (6) : 107-108.*
- CHARDY, P., I. LAURIN, D. HAYS & M. SIAUET, 1973 c. Données préliminaires sur les résultats biologiques de la campagne polyméridé I. Données préliminaires. *Revue Méditerran. 32 (4) : 103-105.*

DOCUMENTS FAUNISTIQUES ET ÉCOLOGIQUES

SUR LA PRÉSENCE
DE *CALCINUS ORNATUS* (ROUX, 1830)
(CRUSTACÉS ANOMOURES)
DANS LA RÉGION DE BANYULS-SUR-MER

De nombreux individus de *Calcinus ornatus* (Crustacés, Anomoures, Diogenidae) ont été récoltés à Banyuls-sur-Mer, à l'île Grosse, au pied de la jetée du Laboratoire, sur des fonds rocheux (entre 3 et 15 mètres de profondeur).

Pendant la période estivale, de juin à août, des individus femelles, tous ovigères, se situant entre 2 et 5 mètres de profondeur sont installés à l'intérieur d'anciens tubes de *Vermetus* débarrassés de leur occupant primitif et encore fixés au rocher. Leur densité est de l'ordre de 5 individus par mètre carré, sur une surface d'environ 900 m².

Ces animaux abandonnent probablement leur coquille libre après avoir trouvé sur ces rochers un tube de *Vermetus* vide à leur convenance. En effet, leur apparition dans ces niveaux a lieu tous les ans à la même période de juin à août et il semble impossible de retrouver cette espèce en dehors de cette période, ni dans les tubes fixés des *Vermetus*, ni à l'état libre. Seul, un unique spécimen, logeant dans une coquille de *Cerithium* a été capturé dans les fonds de 15 mètres, au mois de novembre 1972, au pied des rochers sur lesquels se trouvent les femelles ovigères en période estivale.

Tous ces animaux correspondent à la description de BOUVIER (1940) et de ZARIQUIEY (1968) : coloration caractéristique rouge et blanche sur fond verdâtre; caractères morphologiques identiques.

BIBLIOGRAPHIE

- BOUVIER, L., 1940. Décapodes Marcheurs. *Faune Fr.*, **37** : 1-404.
 ZARIQUIEY ALVAREZ, R., 1968. Crustaceos Decapodos Ibericos. *Investigación pesq.*, **32** : 1-240.

Jean-Michel AMOUROUX

Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer

Reçu le 9 juin 1973

SUR LA PRÉSENCE
DE *PARAONIS FULGENS* (LEVINSEN)
(ANNÉLIDE POLYCHÈTE SÉDENTAIRE)
DANS LA RÉGION DE BANYULS-SUR-MER

Deux individus ovigères de *Paraonis fulgens* (Annélide, Polychète sédentaire, Paraonidae) ont été récoltés sur les fonds sableux (2 mètres de profondeur) au niveau de Canet-plage, sur la côte du Roussillon.

L'espèce, *Paraonis fulgens*, identifiée par LAUBIER, 1970 (communication personnelle), peut être confondue avec *Cirrophorus branchiatus* et peut échapper au tri en raison de sa petite taille.

Cette espèce paraît caractéristique des sables fins propres (200 μ de moyenne granulométrique).

Elle est signalée dans la mer Noire en 1963 par RULLIER et dans les faibles profondeurs du Maine au Massachusetts sur la côte est des Etats-Unis par PETTIBONE (1963).

Elle n'avait jamais été trouvée, ni à Banyuls-sur-Mer, ni en Méditerranée. Sa distribution géographique qui se situait du Danemark à l'Atlantique en passant par la Manche (Anse Saint-Martin, aux environs de Cherbourg), s'étend maintenant à la Méditerranée et à la mer Noire (d'après FAUVEL, 1970).

BIBLIOGRAPHIE

- FAUVEL, P., 1927. Polychètes sédentaires. *Faune Fr.*, 16 : 494 p.
- LEVINSEN, G.M.R., 1883. Systematik - Geografisk - Oversigt over de Nordiske annulata, Gephyrea, Chaetognati of Balanogloss. *Vidensk. Medd. Dansk naturh. foren.*

- PETTIBONE, M.H., 1963. Marine polychaete worms of the New England region. I — Aphroditidae through Trochochaetidae. *Bull. U.S. Natn. Mus.*, **227** : 1-356.
- RULLIER, F., 1963. Les Annélides Polychètes du Bosphore, de la mer de Marmara et de la mer Noire, en relation avec celles de la Méditerranée. *Rapp. P.-v. Réun. Commn int. Explor. scient. Mer Méditerr.*, **8** (2) : 243 p.

Jean-Michel AMOUROUX

Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer

Reçu le 9 juillet 1973

BIBLIOGRAPHIE

- FAVIER, P., 1927. Polychètes sédentaires. Faune Fr. 16 : 184 p.
- LEVINSEN, G.M.R., 1883. Systematik - Geographik - Übersicht über die Nordische annulata Cephalopoda, Gastropoda et Balanoglossa. Vidensk. Medd. dansk naturh. foren.

ANALYSES D'OUVRAGES

BAROBIOLOGY AND THE EXPERIMENTAL BIOLOGY OF THE DEEP SEA

Proceedings of the first symposium on high pressure aquarium systems as tools for the study of the biology of deep ocean fauna and associated biological problems, Ralph W. BRAUER edit., University of North Carolina publ. (North Carolina Sea Grant Program), 1972, I-XIV, 1-428 (10 US \$).

Ce volume constitue les Actes d'un symposium international sur la barobiologie et la biologie expérimentale en mer profonde organisé par le Dr Ralph W. BRAUER et qui s'est déroulé au mois de janvier de l'année 1971 au Wrightsville Marine Biomedical Laboratory, Wilmington, Caroline du Nord (U.S.A.).

Daté de 1972, cet ouvrage a été distribué en Europe dans le courant de l'année 1973. Il regroupe dans cinq chapitres les 32 communications présentées, accompagnées pour la plupart du détail des discussions auxquelles elles ont donné lieu.

Sur un total de 44 participants, les Etats-Unis dominent largement avec 36 représentants. L'Europe était représentée par deux chercheurs allemands, un belge, un anglais et un français. Cette répartition traduit dans une certaine mesure le manque d'intérêt de la part des pays d'Europe occidentale pour les recherches de biologie expérimentale en mer profonde, malgré les importants travaux réalisés par le Professeur C. SCHLIEPER et ses collaborateurs à l'Institut Für Meereskunde de Kiel.

Sur le plan scientifique, le symposium de Wrightsville procède de la conjonction de deux domaines différents. D'un côté, un ensemble de recherches physiologiques et biochimiques a démontré l'importance de la pression hydrostatique en tant que paramètre susceptible, pour une gamme de variation suffisante, d'influencer

profondément les phénomènes biologiques. Or, les gammes de variation de pression utilisées dans ces expérimentations sont justement de l'ordre de grandeur de celles que l'on rencontre naturellement depuis la surface des océans jusqu'aux plaines abyssales et aux fosses hadales.

D'un autre côté, le renouvellement des recherches océanologiques en mer profonde depuis la seconde guerre mondiale, a mis en évidence un certain nombre de problèmes propres aux faunes profondes — évolution des espèces en rapport avec l'histoire des fonds des océans, écologie dynamique des communautés benthiques profondes, adaptations physiologiques et migrations verticales des formes pélagiques abyssales — dont la solution passe par la voie de la biologie expérimentale.

Dans les deux cas, il faut pouvoir observer, conserver et expérimenter, c'est-à-dire disposer d'aquariums sous pression où les principaux paramètres (température, taux d'oxygène, pH, lumière, composition chimique de l'eau et, bien entendu, pression hydrostatique) peuvent être contrôlés et programmés.

Enfin, du point de vue physico-chimique, les effets thermodynamiques et cinétiques de la pression hydrostatique sur les solutions d'électrolytes, les solutions macromoléculaires et les réactions enzymatiques ont permis des développements théoriques récents (par exemple, la notion de niveau absolu de réaction en cinétique chimique) dont la vérification expérimentale passe, elle encore, par la biologie et la microbiologie expérimentale. Des découvertes proches comme celle de l'existence de bactéries barophiles, dues au Professeur C. ZOBELL, ou très récentes comme le syndrome neurologique des hautes pressions chez les Mammifères, mis en évidence par le Dr BRAUER il y a sept ans seulement, confirment, s'il en est besoin, l'importance du facteur pression hydrostatique. La question est peut-être moins de savoir pourquoi les changements de pression ont des effets biologiques importants, que de comprendre pourquoi ces effets sont relativement minimes pour une gamme de pression donnée. En fait, on peut reconnaître d'un point de vue physiologique quatre grandes gammes de pressions dans la biosphère, selon une échelle logarithmique :

— de 0,1 à 1 atmosphère, les phénomènes d'hypoxie dominent, avec pour les plus basses pressions, les effets dus à la tension de vapeur de l'eau;

— de 1 à 10 atmosphères, on rencontre surtout les barotraumatismes (aussi bien chez les animaux aériens que chez les poissons à vessie natatoire) et les problèmes de narcose chez les espèces aériennes;

— de 10 à 100 atmosphères, apparaît chez les vertébrés le syndrome neurologique des hautes pressions;

— enfin, de 100 à 1 000 atmosphères, des modifications considérables dans la structure intracellulaire accompagnées de changements dans de nombreuses réactions biochimiques et cytogénétiques apparaissent chez les espèces adaptées à la vie à faible profondeur. On connaît encore très mal les caractéristiques physiologiques des animaux adaptés strictement à ces gammes de profondeur.

Le plan adopté par l'éditeur pour la présentation des différentes communications peut être déduit facilement de ce qui précède.

Le premier chapitre s'intitule : Problèmes biologiques et océanographiques nécessitant des aquariums à haute pression. Sans entrer dans le détail des dix communications, quelques titres doivent être cités : Biogéochimie des tissus durs; Relations avec la profondeur et la pression; Adaptation et acclimatation aux hautes pressions; Effet de la pression hydrostatique sur les systèmes cellulaires.

Le second chapitre concerne l'écologie de mer profonde : Observations sur la faune de l'océan profond, expériences *in situ*, méthodes de récolte et critères de choix du matériel biologique propre aux études en aquarium à haute pression. Une seule communication porte sur des mesures *in situ* de respirométrie.

Le troisième chapitre est consacré aux aspects chimiques et physico-chimiques : Capteurs, propriétés des solutions et des macromolécules sous l'effet des hautes pressions.

Enfin, les deux derniers chapitres concernent la technologie des aquariums à haute pression. Dans le quatrième chapitre sont évoquées d'un point de vue général les principales caractéristiques d'une chambre à haute pression, et des problèmes de corrosion et de matériaux. Le cinquième et dernier chapitre fournit la description et les principales performances des aquariums à haute pression existant à l'heure actuelle et déjà utilisés dans divers laboratoires. Seuls, les microbiologistes disposent d'un système complet, assurant le prélèvement avec maintien de la température et de la pression locales, le transfert à bord et la mise en chambre d'incubation dans les conditions écologiques naturelles.

Il faut également noter la présentation d'un appareil permettant la récolte de zooplancton en mer profonde avec maintien de la température et de la pression locales, et transfert sous pression dans une chambre d'expérience.

En ce qui concerne les animaux benthiques, il existe de nombreux aquariums à haute pression mais on ne sait pas encore, lors du prélèvement, conserver les valeurs locales de température et de pression.

Cependant, certains systèmes permettent dès à présent le renouvellement de l'eau sous pression, ce qui permet d'effectuer des expériences de longue durée avec constance des principales caractéristiques écologiques (notamment taux d'oxygène dissous et pH).

Il faut savoir gré à l'éditeur de cet ouvrage pour le soin apporté à la présentation des discussions qui ont suivi la plupart des communications : toujours très détaillées, rédigées dans un anglais clair et vivant, ces discussions sont parfois aussi intéressantes pour le lecteur que les communications correspondantes.

Ce volume, d'un haut niveau scientifique, représente une tentative originale et réussie de confrontation des connaissances dans des domaines certes parallèles, mais qui, jusqu'à présent, s'étaient développés isolément. Le regain d'intérêt qui se manifeste dans notre pays depuis quelques années pour l'écologie et la biologie des faunes abyssales permet d'escompter que biologistes et écologistes marins feront à ce volume le très bon accueil qu'il mérite.

L. LAUBIER

Centre Océanologique de Bretagne
B.P. 337, 29273 Brest Cedex

TABLE DES MATIÈRES	
Jean-Michel AMOUROUX. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. I. Présentation du milieu.	159
Jean-Michel AMOUROUX. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. II. Faunistique et caractéristiques bionomiques	209
Jean-Michel AMOUROUX. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. III. Variations spatiales et saisonnières	321
Jean-Michel AMOUROUX. Sur la présence de <i>Calcinus ornatus</i> (Roux, 1830) (Crustacés Anomoures) dans la région de Banyuls-sur-Mer	421
Jean-Michel AMOUROUX. Sur la présence de <i>Paraonis fulgens</i> (Levinsen) (Annélide Polychète sédentaire) dans la région de Banyuls-sur-Mer	423
Analyses d'ouvrages	425
J.-P. BAUDIN. Premières données sur l'étude expérimentale du cycle du zinc dans l'étang de l'Olivier	59
Michel BHAUD. Sur la détermination en petite profondeur du niveau de pêche des filets à plancton	93
Henri BOUTIERE. L'étang de Bages-Sigean modèle de lagune méditerranéenne	23
Henri BOUTIERE. Milieux hyperhalins du complexe lagunaire de Bages-Sigean, l'étang du Doul	355
Francis de BOVEE. Influence des conditions hivernales sur l'écologie des Copépodes planctoniques de Méditerranée nord-occidentale; campagne Médiproduct I (2 ^e partie, 4-16 avril 1969)	109
F. de BOVEE et J. SOYER. Cycle annuel quantitatif du méiobenthos des vases terrigènes côtières. Distribution verticale.	141

Guy CAHET. Transfert d'énergie en milieu sédimentaire. Cas des sulfatoréducteurs. I. Les acides organiques en sédiments lagunaires et marins (Golfe du Lion)	235
Pierre CHARDY. Deux espèces nouvelles d'Isopodes Asellotes récoltées en Méditerranée profonde	409
Bruce C. COULL. Cf. Brian M. MARCOTTE	281
Aline FIALA - MEDIONI. Ascidiés du benthos rocheux de Banyuls-sur-Mer. Inventaire faunistique et notes écologiques	193
F. GADEL, G. GLACON, A. MONACO & M. PI-RADONDY. Les étapes de la sédimentation sur le plateau continental du Roussillon au cours du quaternaire récent	1
G. GLACON, cf. F. GADEL, A. MONACO & M. PI-RADONDY	1
Alain GUILLE & Jacques SOYER. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. 8. Macrofaune et méiofaune, rapports quantitatifs et biocénoses	301
Brian M. MARCOTTE & Bruce C. COULL. Pollution, Diversity and Meiobenthic Communities in the North Adriatic (Bay of Piran, Yugoslavia)	281
A. MONACO, cf. F. GADEL, G. GLACON & M. PI-RADONDY	1
M. PI-RADONDY, cf. F. GADEL, G. GLACON & A. MONACO	1
Claude RAZOULS. Données climatologiques de la région de Banyuls-sur-Mer. Années 1971 et 1972	81
Claude RAZOULS. Estimation de la production globale des Copépodes planctoniques dans la province néritique du golfe du Lion (Banyuls-sur-Mer). I. Variations annuelles quantitatives	257
B. SAINT-GUILY. Sur la perturbation thermique produite en mer par un rejet d'eau chaude	223
J. SOYER, cf. F. de BOVEE	141
Jacques SOYER. Contribution à l'étude des Copépodes Harpacticoides de Méditerranée occidentale. 9. Le genre <i>Hastigerella</i> Nicholls (Ectinosomidae Sars, Olofsson). Systématique, Ecologie	175
Jacques SOYER, cf. Alain GUILLE	301
Jacques SOYER. Contribution à l'étude des Copépodes Harpacticoides de Méditerranée occidentale. 11. Ameiridae Monard, Lang. Systématique, Ecologie	379

Imprimerie Louis-Jean — 05002 GAP

Le Directeur de la Publication : P. DRACH

Dépôt légal n° 4828

—

Date de parution : juillet 1975

—

N° d'impression : 301 - 1975

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Les auteurs sont priés de se conformer aux indications suivantes :

1) TEXTE.

Les manuscrits, dactylographiés en double interligne sur le recto seulement des feuilles numérotées ne doivent pas excéder 20 pages, et seront présentés, en double exemplaire, sous leur forme définitive. Les noms propres doivent être en capitales ou soulignés d'un double trait, les noms scientifiques (genres, espèces ou sous-espèces) d'un seul trait.

Le titre du manuscrit doit être suivi du prénom usuel et du nom du ou de chacun des auteurs, ainsi que de l'adresse (ou des adresses) du laboratoire dans lequel a été effectué le travail. Un sommaire en anglais doit figurer en début du texte, et deux résumés, l'un en français, l'autre en allemand à la fin du texte. Dans le cas d'un article en langue étrangère, un résumé sera dans la langue de l'article, l'autre en français. Ils seront conformes au Code du bon usage en matière de publications scientifiques (UNESCO/NS/177). Un titre courant (45 signes et espaces), pour haut de page doit être fourni.

Les références bibliographiques seront groupées à la fin du texte dans l'ordre alphabétique des noms d'auteurs; elles doivent être conformes au modèle suivant :

FOREST, J. & L.-B. HOLTHUIS, 1960. The occurrence of *Scyllarus pygmaeus* (Bate) in the mediterranean. *Crustaceana*, 1 (2) : 156-163.

PRUVOT, G., 1895a. Coup d'œil sur la distribution générale des Invertébrés dans la région de Banyuls (golfe du Lion). *Archs Zool. exp. gén.*, 3 (3) : 629-658.

Le titre des périodiques doit être abrégé d'après les règles internationales.

2) ILLUSTRATIONS.

Les dessins devront être exécutés à l'encre de Chine sur papier calque assez fort, bristol, carte à gratter, papier millimétré bleu. Lettres et chiffres seront soigneusement écrits, et suffisamment grands pour qu'ils demeurent lisibles après la réduction. Les clichés photographiques seront en principe reproduits sans réduction, soit au format de 105 x 160 mm environ.

Le nombre des Tableaux et Figures doit être réduit au maximum.

Le numéro d'ordre des figures sera indiqué au crayon bleu sur les originaux ou au dos des clichés photographiques. Le texte des légendes sera placé à la fin du manuscrit sur feuilles séparées, et non sur les figures.

3) EPREUVES ET TIRÉS A PART.

Un jeu d'épreuves accompagné du manuscrit est envoyé aux auteurs qui doivent retourner l'ensemble après correction et indication de la place des illustrations dans le texte, dans un délai maximum de 15 jours.

Cinquante tirés à part sont offerts aux auteurs. Les exemplaires supplémentaires, facturés directement par l'imprimeur, doivent être commandés dès réception de l'imprimé spécial joint aux épreuves.

VIE ET MILIEU

BULLETIN DU LABORATOIRE ARAGO

SÉRIE B : OCÉANOGRAPHIE

VOLUME XXIV

YEAR 1974

PART 2 - B

CONTENTS

B. SAINT-GUILY. On the thermic disturbance caused by warm water discharge in the sea	223
Guy CAHET. Energy transfer in sedimentary environments. The case of the sulfatoreducers. I. The organic acids in Lagoon and marine sediments (Golfe du Lion)	235
Claude RAZOULS. An estimation of the total production of planktonic copepods in the neritic zone of the Golfe du Lion (Banyuls-sur-Mer). I. Quantitative annual variations	257
Brian M. MARCOTTE & Bruce C. COULL. Pollution, Diversity and Meio-benthic Communities in the North Adriatic (Bay of Piran, Yugoslavia)	281
Alain GUILLE & Jacques SOYER. Benthic bionomy of the continental shelf of the French catalonian coast. 8. Macrofauna and meiofauna, quantitative and biocenotic relations	301
Jean-Michel AMOUROUX. A study of the infralittoral population of the coast of Roussillon. III. Spatial and seasonal variations	321
Henri BOUTIERE. Hyperhaline environments of the complex of Bages-Sigean, the lagoon of the Doul	355
Jacques SOYER. Contribution to the study of the Harpacticoid Copepods of the Western Mediterranean. 11. Ameiridae Monard, Lang. Systematics, Ecology	379
Pierre CHARDY. Two new species of Asellote Isopoda collected from great depths in the Mediterranean	409
<i>Faunal and ecological records :</i>	
Jean-Michel AMOUROUX. On the presence of <i>Calcinus ornatus</i> (Roux, 1830) (Crustacea Anomoura) in the region of Banyuls-sur-Mer	421
Jean-Michel AMOUROUX. On the presence of <i>Paraonis fulgens</i> (Levinsen) (sedentary Polychaetous Annelid) in the region of Banyuls-sur-Mer	423
<i>Book review</i>	425

MASSON & Cie

120, Bd Saint-Germain, 75280 PARIS CEDEX 06

Published Bi-monthly