

VIE ET MILIEU

BULLETIN DU LABORATOIRE ARAGO

SÉRIE B : OCÉANOGRAPHIE

VOLUME XXIV

ANNÉE 1974

FASCICULE 1 - B

SOMMAIRE

F. GADEL, G. GLAÇON, A. MONACO & M. PI-RADONDY. Les étapes de la sédimentation sur le plateau continental du Roussillon au cours du quaternaire récent	1
Henri BOUTIÈRE. L'étang de Bages-Sigean modèle de lagune méditerranéenne	23
J.-P. BAUDIN. Premières données sur l'étude expérimentale du cycle du zinc dans l'étang de l'Olivier	59
Claude RAZOULS. Données climatologiques de la région de Banyuls-sur-Mer. Années 1971 et 1972	81
Michel BHAUD. Sur la détermination en petite profondeur du niveau de pêche des filets à plancton	93
Francis de BOVÉE. 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 BOVÉE & J. SOYER. Cycle annuel quantitatif du méiobenthos des vases terrigènes côtières. Distribution verticale	141
Jean-Michel AMOUROUX. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. I. Présentation du milieu	159
Jacques SOYER. Contribution à l'étude des Copépodes Harpacticoides de Méditerranée occidentale. 9. Le genre <i>Hastigerella</i> Nicholls (Ectinosomidae Sars, Olofsson). Systématique, écologie	175
Aline FIALA-MÉDIONI. Ascidies du benthos rocheux de Banyuls-sur-Mer. Inventaire faunistique et notes écologiques	193
Jean-Michel AMOUROUX. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. II. Faunistique et caractéristiques bionomiques	209

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

MASSON & C^{ie}

120, Bd St-Germain, 75280 PARIS CEDEX 06

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 1200 pages. Les travaux publiés sont répartis en trois séries :

Série A : Biologie marine; Série B : Océanographie; Série C : Biologie terrestre.

Pour chaque toison, 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, Banyuls-sur-Mer, 66, 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).

L'abonnement part du n° 1 de chaque année (6 fascicules par an).

Les abonnements sont reçus par la Librairie MASSON & Cie, 120, boulevard Saint-Germain, Paris VI^e.

France et zone franc (Pays acceptant le tarif d'affranchissement intérieur français pour les périodiques) 120,00 FF
Règlement par chèque bancaire ou chèque postal (C.C.P. 599, Paris) ou mandat.

Autres pays 140,00 FF
Prix payables dans les autres monnaies au cours des règlements commerciaux du jour du paiement, par l'une des voies suivantes : chèque sur Paris d'une banque étrangère; virement par banque sur compte étranger; mandat international.

Prix du fascicule séparé 25,00 FF
Changement d'adresse 0,50 FF

VIE ET MILIEU

BULLETIN DU LABORATOIRE ARAGO

SÉRIE B : OCÉANOGRAPHIE

VOLUME XXIV

ANNÉE 1974

FASCICULE 1 - B

SOMMAIRE

F. GADEL, G. GLAÇON, A. MONACO & M. PI-RADONDY. Les étapes de la sédimentation sur le plateau continental du Roussillon au cours du quaternaire récent	1
Henri BOUTIÈRE. L'étang de Bages-Sigean modèle de lagune méditerranéenne	23
J.-P. BAUDIN. Premières données sur l'étude expérimentale du cycle du zinc dans l'étang de l'Olivier	59
Claude RAZOULS. Données climatologiques de la région de Banyuls-sur-Mer. Années 1971 et 1972	81
Michel BHAUD. Sur la détermination en petite profondeur du niveau de pêche des filets à plancton	93
Francis de BOVÉE. Influence des conditions hivernales sur l'écologie des Copépodes planctoniques de Méditerranée nord-occidentale : campagne Médiprod I (2 ^e partie, 4-16 avril 1969)	109
F. de BOVÉE & J. SOYER. Cycle annuel quantitatif du méiobenthos des vases terrigènes côtières. Distribution verticale	141
Jean-Michel AMOUROUX. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. I. Présentation du milieu	159
Jacques SOYER. Contribution à l'étude des Copépodes Harpacticoïdes de Méditerranée occidentale. 9. Le genre <i>Hastigerella</i> Nicholls (Ectinosomidae Sars, Olofsson). Systématique, écologie	175
Aline FIALA-MÉDIONI. Ascidies du benthos rocheux de Banyuls-sur-Mer. Inventaire faunistique et notes écologiques	193
Jean-Michel AMOUROUX. Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. II. Faunistique et caractéristiques bionomiques	209

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

MASSON & Cie

120, Bd St-Germain, 75280 PARIS CEDEX 06

Publication bimestrielle

LES ÉTAPES DE LA SÉDIMENTATION SUR LE PLATEAU CONTINENTAL DU ROUSSILLON AU COURS DU QUATERNAIRE RÉCENT

par F. GADEL*, G. GLAÇON**, A. MONACO* et M. PI-RADONDY*

* *Centre de Recherches de Sédimentologie marine de Perpignan,
avenue de Villeneuve, 66000 Perpignan*

** *Géologie structurale, Université de Paris, 9 quai Saint Bernard,
75005 Paris*

ABSTRACT

Boring cores were sampled from the continental shelf of Roussillon (France) and their paleontological, geochemical, mineralogical and sedimentary characteristics were analysed. The main paleogeographic and paleoclimatological features of the end of the quaternary (from the early Würm to the present times) were defined from these data.

SITUATION DE L'ÉTUDE

Le plateau continental roussillonnais, assez développé dans sa partie septentrionale, diminue de largeur vers le Sud, au contact de la côte rocheuse des Albères, prolongation orientale de la zone axiale pyrénéenne (fig. 1). Il est incisé par plusieurs vallées sous-marines qui entaillent les diverses séries du remplissage plioquaternaire (rechs du Cap Creus, Lacaze-Duthiers, Pruvot et Bourcart).

Les premiers travaux ont porté précisément sur la sédimentation dans ces types particuliers de morphologie (BOURCART, 1956-1961). D'autres auteurs ont fourni des données complémentaires

sur l'origine des thanatocœnoses würmiennes (MARS *et al.*, 1957-1960). Plus récemment, des recherches systématiques ont abouti à l'établissement de cartes sédimentologiques concernant la couverture superficielle du plateau continental (GOT *et al.*, 1968-1969 ; GOT et MONACO, 1969, 1970-1971). La répartition horizontale des dépôts laisse apparaître, au-delà des sables littoraux et des vases terrigènes, des sables reliques de nature hétérogène.

Les prospections sismiques et de nombreux carottages montrent que le recouvrement vaseux, d'épaisseur très variable (quelques centimètres à 15 mètres), se superpose à des assises grossières en continuité avec les sables du large dont la puissance peut atteindre 10 à 15 mètres. En dehors de ces secteurs d'accumulation récente, les prélèvements traversent une succession de faciès variés, liés aux oscillations de la mer au cours du Quaternaire terminal ; une étude sédimentologique et géologique régionale a déjà permis d'en esquisser les grands traits paléographiques (MONACO, 1971).

Le présent travail vise à définir de manière plus précise certains faciès d'après leurs caractéristiques sédimentologiques, géochimiques et micropaléontologiques, et à reconstituer les étapes de la sédimentation récente.

CHOIX DES PRÉLÈVEMENTS - MÉTHODES D'ÉTUDES

Les données sédimentologiques et sismiques ont orienté notre choix vers l'étude de plusieurs carottes considérées comme les plus caractéristiques et représentatives de la succession lithologique quaternaire. Elles se situent dans des secteurs bathymétriques ayant subi, à divers degrés, l'influence des oscillations marines (fig. 1).

Le sondage F. 119 ($3^{\circ}6'E - 42^{\circ}43'N$ - Prof. : 35 m), le plus proche de la côte actuelle, traverse des faciès très variés, résultant des fluctuations récentes de la ligne de rivage.

Les sondages F. 116 ($3^{\circ}15'15''E - 42^{\circ}54'20''N$ - Prof. : 64 m) et C.L. ($3^{\circ}8'E - 42^{\circ}56'10''N$ - Prof. : 40 m) appartiennent au domaine circo-littoral, où par suite d'une sédimentation relativement rapide, la vase récente atteint des épaisseurs notables.

Les carottes F. 115 ($3^{\circ}14'45''E - 42^{\circ}42'10''N$ - Prof. : 85 m), F. 118 ($3^{\circ}21'15''E - 42^{\circ}50'45''N$ - Prof. : 88 m) et F. 117 ($3^{\circ}28'20''E - 42^{\circ}52'40''N$ - Prof. : 95 m) sont localisées sur la bordure du plateau continental ; elles recoupent les assises grossières, témoins de la dernière régression, surmontant des niveaux essentiellement vaseux.

Les diverses séquences rencontrées sur l'ensemble des prélèvements semblent suffisamment bien individualisées pour permettre

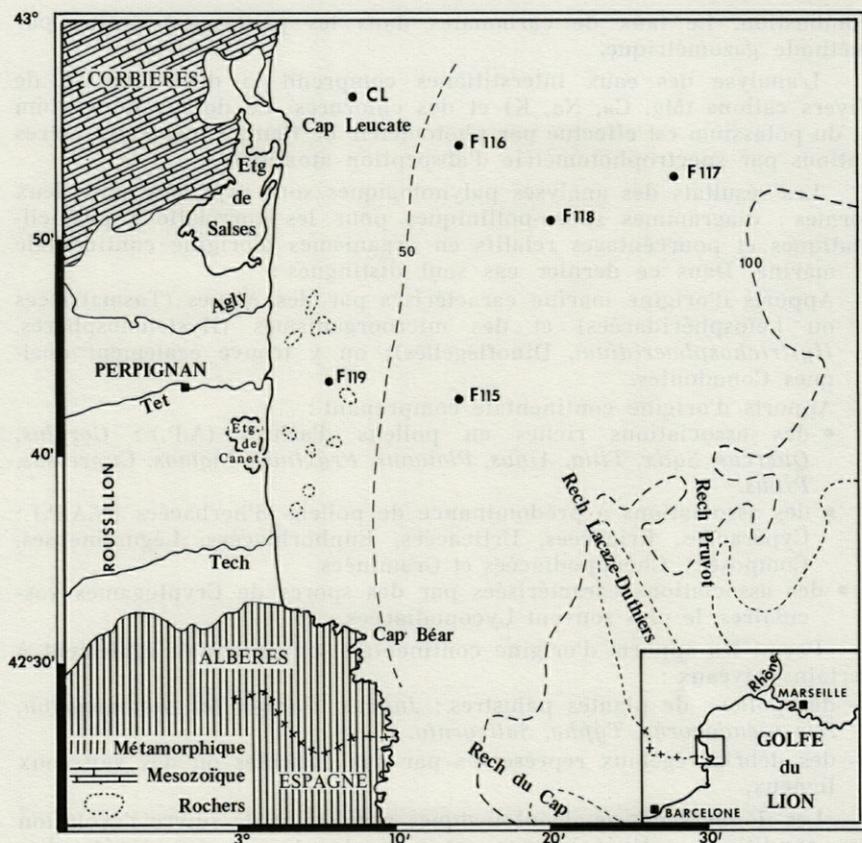


FIG. 1. — Schéma géologique et situation des prélèvements.

de définir dans cette succession trois niveaux séparés par des passées sableuses ou graveleuses :

— un niveau inférieur I correspondant à la vase plastique beige rencontrée à la base de certaines carottes (F. 116 - F. 115 - F. 118),

— un niveau intermédiaire de vase grise silteuse, noté II,

— un niveau supérieur III, représenté par les vases plastiques flamandaises.

L'étude sédimentologique comprend la granulométrie des diverses fractions et la minéralogie des argiles par diffractométrie de rayons X.

Nous avons procédé au dosage du carbone organique et de l'azote, dans la fraction inférieure à $200\ \mu$ du sédiment, respectivement par mesure pondérale du CO_2 dégagé et par volumétrie de l'azote après

combustion. Le taux de carbonates dans les pélites est évalué par méthode gazométrique.

L'analyse des eaux interstitielles comprend la détermination de divers cations (Mg, Ca, Na, K) et des chlorures. Le dosage du sodium et du potassium est effectué par photométrie de flamme, celui des autres cations par spectrophotométrie d'absorption atomique.

Les résultats des analyses palynologiques sont exprimés sous deux formes : diagrammes sporo-polliniques pour les corrélations paléoclimatiques et pourcentages relatifs en organismes d'origine continentale et marine. Dans ce dernier cas sont distingués :

— Apports d'origine marine caractérisés par des Algues (Tasmanacées ou Leïosphéridacées) et des microorganismes (Hystrichosphères, *Hystriosphæridium*, Dinoflagellés); on y trouve également quelques Conodontes.

— Apports d'origine continentale comprenant :

- des associations riches en pollens d'arbres (A.P.) : *Corylus*, *Quercus*, *Salix*, *Tilia*, *Alnus*, *Platanus*, *Fraxinus*, *Juglans*, *Cupressus*, *Pinus*.
- des associations à prédominance de pollens d'herbacées (N.A.P.) : Cypéracées, Ericacées, Urticacées, Euphorbiacées, Légumineuses, Composées, Chénopodiacées et Graminées.
- des associations caractérisées par des spores de Cryptogames vasculaires, le plus souvent Lycopodiacées.

Parmi les apports d'origine continentale, on reconnaît également à certains niveaux :

- des pollens de plantes palustres : *Juncus*, *Phragmites*, *Potamogeton*, *Iris pseudacorus*, *Typha*, *Salicornia*.
- des débris végétaux représentés par des cuticules ou des vaisseaux ligneux.

Les données micropaléontologiques permettent de suivre l'évolution des conditions paléocologiques et paléoclimatiques des dépôts. Les corrélations entre les différents niveaux des carottes, établies en grande partie sur la base de ces résultats, sont confirmées par les datations absolues (MONACO et THOMMERET, 1972).

DONNÉES ANALYTIQUES

1°) NIVEAU INFÉRIEUR I.

Le niveau I correspond aux couches traversées à la base des carottes F. 116, F. 115 et F. 118, aux bathymétries respectives de 64, 85 et 88 mètres (fig. 2 et 3). Il s'agit d'une vase terrigène, plastique, de couleur gris-beige recoupée sur des hauteurs variables suivant le sondage : 530 à 617 cm (F. 116), 300 à 635 cm (F. 115) et 500 à 700 cm (F. 118).

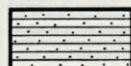
LITHOLOGIE DES CAROTTES



Vase plastique



Vase rigide



Vase sableuse



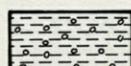
Sable vaseux



Gravelle

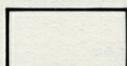


Coquilles et débris coquilliers



Paléosol à concrétions calcaires

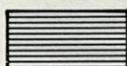
COMPOSITION GRANULOMÉTRIQUE



Diamètre < 0,040 mm



0,040 < Diamètre < 2 mm

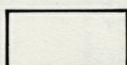


" > 2 mm

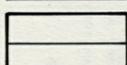
MINÉRALOGIE DES ARGILES



Montmorillonite

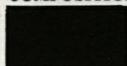


Chlorite

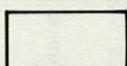


Illite

COMPOSITION MICROFLORISTIQUE



Apports marins



Apports continentaux



Débris ligneux



Plantes palustres

Les minéraux argileux cardinaux sont l'illite, la montmorillonite et la chlorite ; cette association se retrouve dans les dépôts et suspensions fluviales actuels. Le taux de carbonates dans la fraction pélitique présente des valeurs assez fortes, de l'ordre de 25 à 35 %.

La salinité des eaux de pores représentée par les teneurs en chlorure et en divers cations, est fonction du secteur bathymétrique considéré. Elle restitue assez bien, compte tenu de l'action possible de la diagenèse, la différence de position des prélèvements par rapport à la côte, donc la proximité des venues continentales (Tableau I et fig. 6).

Le taux de matière organique traduit également la distance à la côte d'où provient l'essentiel des apports. La teneur en carbone

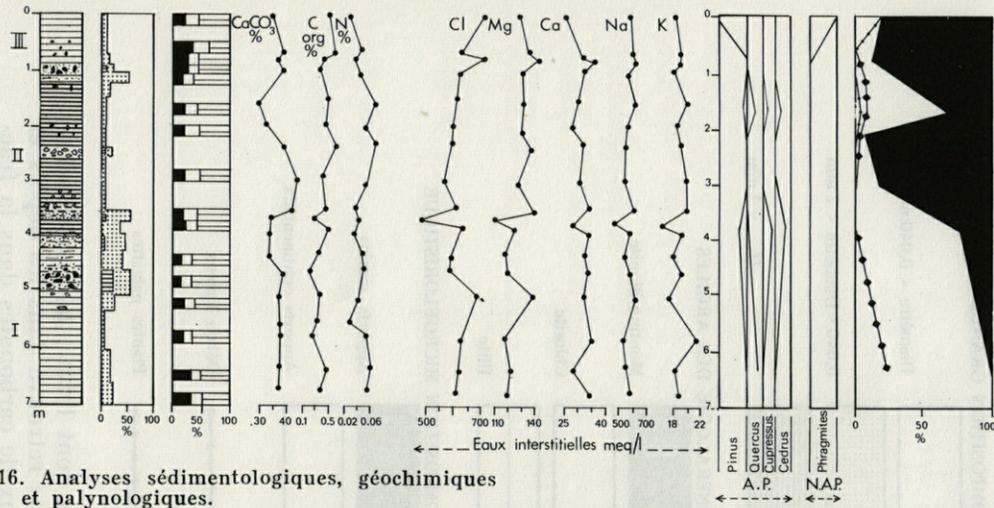


FIG. 2. — Carotte F. 116. Analyses sédimentologiques, géochimiques et palynologiques.

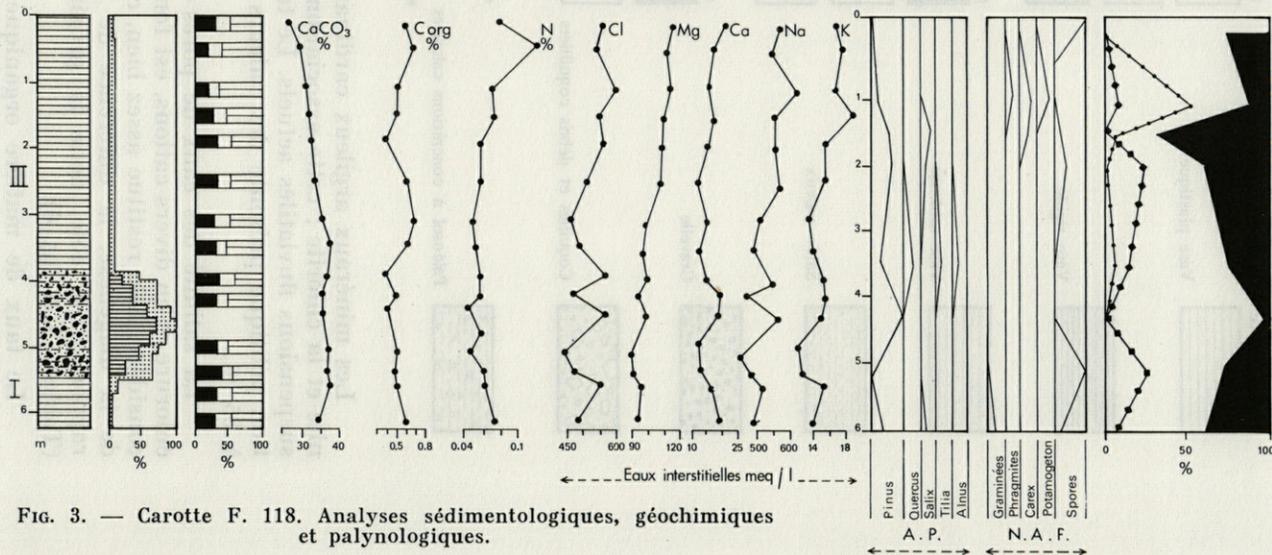


FIG. 3. — Carotte F. 118. Analyses sédimentologiques, géochimiques et palynologiques.

TABLEAU I
Composition chimique moyenne des eaux interstitielles
dans le niveau I

Numéro de carotte	Profondeur (mètres)	Cl meq/l	Mg meq/l	Na meq/l
F. 116	64	500	95	500
F. 115	85	560	110	530
F. 118	88	610	125	600

organique est de l'ordre de 0,50 à 0,60 % pour les prélèvements les plus proches (F. 116) et de 0,30 à 0,40 % vers la bordure externe du plateau. Les teneurs en azote subissent une distribution assez parallèle (de 0,06 à 0,04 % N) (fig. 2 et 3).

Du point de vue palynologique, les apports continentaux prédominent et peuvent atteindre localement 100 % (F. 118 vers 650 cm). Ils consistent principalement en pollens de *Pinus* ; sont également représentés, des Graminées, des Spores, des cuticules et des vaisseaux du bois. Les débris ligneux deviennent plus abondants vers les horizons supérieurs du niveau I à proximité des passées grossières ; l'abondance de ces fragments traduit généralement la proximité de la ligne de rivage.

D'une façon générale, les Foraminifères que l'on trouve dans ces niveaux sont très hétérogènes ; à côté d'individus en bon état, il en est dont la coquille intacte est remplie de sédiment, d'autres sont brisés ou même roulés. Certains ont subi des transformations, des épigénies ou sont réduits à l'état de moules internes, voire de « trognons » (moules internes usés). Il n'est pas rare de rencontrer côte à côte, des individus d'une même espèce présentant plusieurs de ces états. Dans les dénombrements nous n'avons tenu compte que des coquilles intactes.

Les associations de Foraminifères benthiques de cette séquence traduisent un type de dépôt équivalent de celui des vases terrigènes côtières actuelles. Les Elphidiidés (*Elphidium crispum*) (Linné) et les Rotaliidés (*Ammonia* du groupe *inflata* (Séguenza), émend. L. HOTTINGER, 1964), sont constamment représentés. Le nombre des espèces décroît régulièrement le long de la séquence, ce qui traduit probablement une diminution progressive de la profondeur vers le sommet. A la base, vers 600 cm, on trouve : *Textularia pseudo-rugosa* Lacroix, *Bigenerina nodosaria* d'Orbigny, *Quinqueloculina vulgaris* d'Orbigny, *Q. duthiersi* Schlumberger, *Q. pulchella* (d'Or-

bigny), *Triloculina oblonga* (Montagu), *Pyrgo oblonga* d'Orbigny, *Spiroloculina excavata* d'Orbigny, *Amphicoryna* (*Lagenodosaria*) *scalaris* Batsch, *Sphaeroidina bulloides* d'Orbigny, *Uvigerina mediterranea* Hofker, *U. peregrina* Cushman, *Bulimina aculeata* d'Orbigny, *B. acanthia* Costa, *B. aff. gibba* d'Orbigny (cf. *elegans* d'Orbigny in L. BLANC-VERNET, 1967 paru 1969), *B. marginata* d'Orbigny, *Bolivina compacta* Sidebottom, *Reussella neapolitana* Hofker, *Cassidulina crassa* d'Orbigny, *Cibicides lobatulus* (Walker et Jacob), *Nonion boueanum* (d'Orbigny), *Nonionella turgida* (Williamson), *Melonis pompilioides* (Fichtel et Moll). Notons la présence de *Hyalinea balthica* (Schroeter) en très petit nombre à 320-340 cm dans la carotte F. 115 et à 580-600 cm dans la carotte F. 118.

Les assemblages de Foraminifères planctoniques sont constants. Tout au long de la séquence on trouve : *Globigerinoides ruber forma elongata* (d'Orbigny) et plus rarement *forma typica*, *Orbulina universa* d'Orbigny accompagnée assez régulièrement par *Globigerina bulloides* d'Orbigny, *G. quinqueloba* Natland, *G. eggeri* Rhumbler, *Globorotalia inflata* (d'Orbigny), *Globigerinoides triloba* (Reuss) et de très rares *Globorotalia truncatulinoides* (d'Orbigny). Cette association dénote un climat tempéré peut-être légèrement plus chaud que l'actuel.

En résumé, les différentes données analytiques permettent de reconnaître dans le niveau I un dépôt de vase terrigène mis en place dans des conditions paléogéographiques et paléoclimatiques proches des conditions actuelles. L'évolution horizontale de certains paramètres, notamment la granulométrie et la composition chimique des eaux interstitielles traduit, précisément, la position relative des dépôts par rapport au paléorivage. L'évolution verticale fait apparaître des conditions de plus en plus littorales vers le sommet de la séquence, annonçant la mise en place du cailloutis inférieur.

2°) NIVEAU INTERMÉDIAIRE II.

Cet ensemble, représenté par des silts argileux gris, assez compacts, est séparé de la séquence précédente par le cailloutis inférieur (F. 115 : 200 à 50 cm - F. 118 : 450 à 100 cm - F. 117 : 420 à 20 cm) (fig. 3 et 4). Son extension est limitée à la portion externe du plateau continental, à partir de 70 m de profondeur environ.

Dans ces niveaux, la prédominance de certains minéraux argileux, illite et chlorite bien cristallisées, est assez caractéristique ; la montmorillonite est, par contre, assez peu représentée.

Les teneurs en carbonates, dans la fraction pélitique, se situent autour de 30 à 45 %.

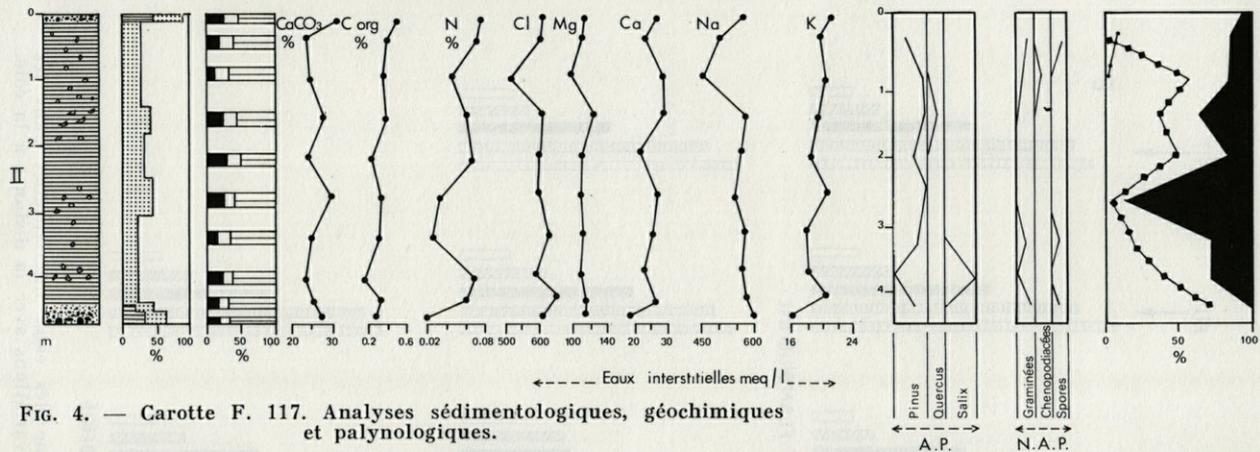


FIG. 4. — Carotte F. 117. Analyses sédimentologiques, géochimiques et palynologiques.

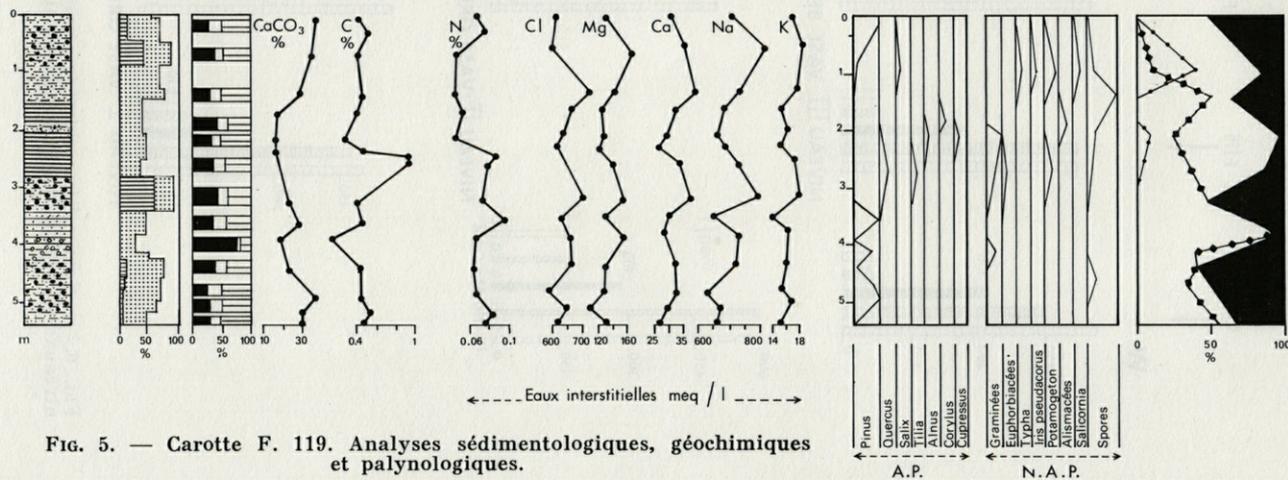


FIG. 5. — Carotte F. 119. Analyses sédimentologiques, géochimiques et palynologiques.

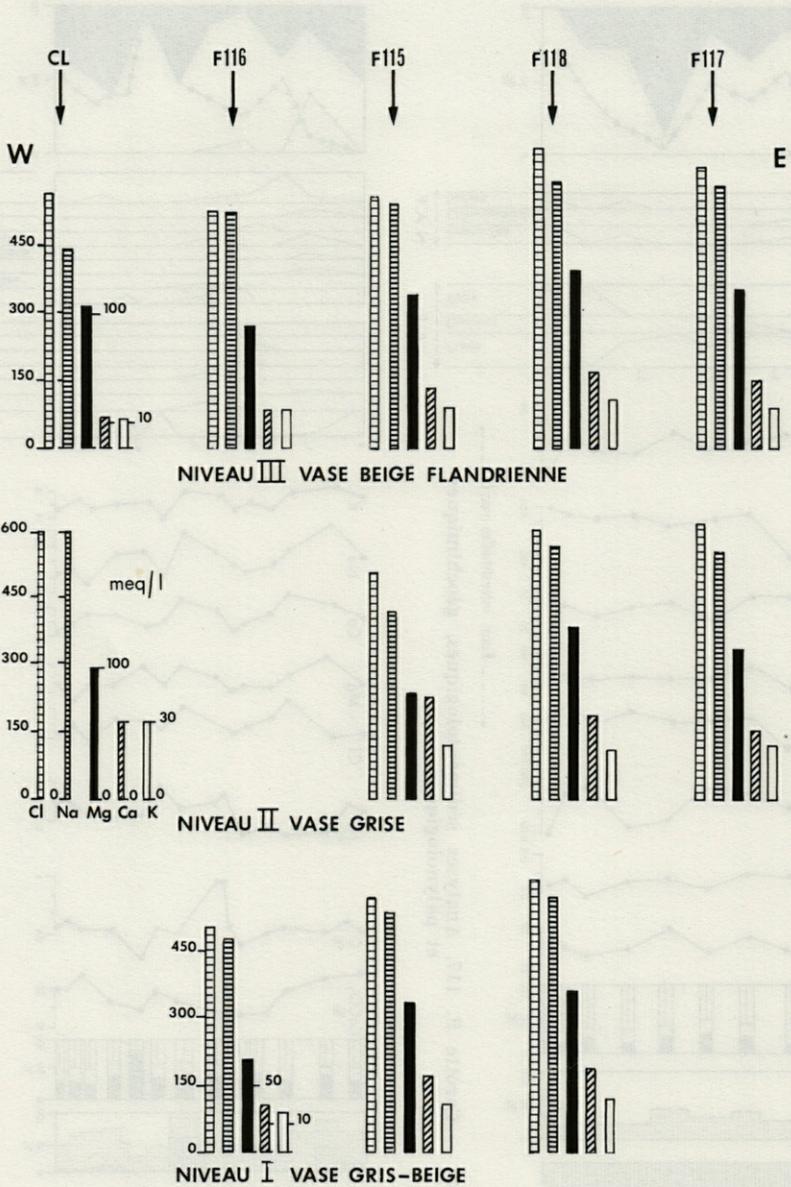


FIG. 6. — Composition chimique moyenne des eaux interstitielles dans les niveaux stratigraphiques correspondants; variations avec la distance à la côte.

Le taux de carbone organique, plus élevé sur la carotte (F. 118) la plus proche du continent (de 0,40 à 0,70 %) est de l'ordre de 0,25 à 0,35 % pour les prélèvements les plus externes (F. 117).

La salinité des eaux de pores est, comme précédemment, fonction de la position bathymétrique du prélèvement (Tableau II, fig. 3, 4 et 6). Par ailleurs, comparativement aux niveaux inférieur (I) et supérieur (III), on enregistre une certaine dessalure.

TABLEAU II
Composition chimique moyenne des eaux interstitielles
dans le niveau II

Numéro de carotte	Profondeur (mètres)	Cl meq/l	Mg meq/l	Na meq/l
F. 115	85	505	80	420
F. 118	88	575	125	600
F. 117	92	600	110	550

Les données palynologiques (fig. 3 et 4) montrent, à la base et au sommet de la séquence, la prédominance des apports continentaux (60 à 90 % des venues). Au contraire, dans les horizons intermédiaires les arrivées marines sont plus marquées (F. 117 : 85 % vers 280 cm - F. 118 : 80 à 90 % entre 200 et 320 cm). La composition palynologique de la carotte F. 117 est assez homogène (*Pinus*, Graminées et spores), excepté vers 150 cm où apparaissent des grains de pollen de *Quercus*. Notons que les débris ligneux sont abondants sur la totalité de la séquence. Dans la carotte F.118, seules les couches inférieures et supérieures présentent une variété plus grande de pollens : *Pinus* 67 %, *Cupressus*, *Cedrus*, *Quercus* 3 à 6 %.

L'analyse micropaléontologique met en évidence une diminution des formes planctoniques tempérées chaudes (*Globigerinoides ruber* et *Orbulina universa* d'Orbigny), parfois totalement absentes à certains niveaux. Les formes pélagiques tempérées froides se développent principalement vers la base de la séquence : *Globigerina quinqueloba* Natland, *G. bulloides* d'Orbigny, *G. eggeri* Rhumbler, *Globorotalia inflata* d'Orbigny, *Globigerina pachyderma dextre* Ehrenberg.

Les associations benthiques présentent une homogénéité remarquable. Outre les Elphidiidés et les *Ammonia* toujours présents, on retrouve un certain nombre d'espèces du niveau I : *Textularia*

pseudorugosa, *Bigenerina nodosaria*, *Quinqueloculina vulgaris*, *Pyrgo oblonga*, *Spiroloculina excavata*, *Amphicoryna* (L.) *scalaris*, *Uvigerina mediterranea*, *U. peregrina*, *Bulimina aculeata*, *B. aff. gibba*, *Cibicides lobatulus*, *Nonion boueanum*, *Nonionella turgida*, *Melonis pompilioides*. Les *Hyalinea balthica* deviennent très fréquentes au niveau 270-280 cm de la carotte F. 117. Certaines espèces apparaissent dans cette séquence : de façon constante on trouve *Valvulineria bradyana* (Fornasini) et, plus sporadiquement, *Sigmoilina coelata* (Costa), *Pyrgo anomala* Schlumberger, *Dentalina* sp., *Robulus calcar* (Linné), *Bolivina alata* Sequenza, *Lenticulina* sp., *Elphidium advenum* Cushman, *Cassidulina oblonga* d'Orbigny, *C. laevigata carinata* Silvestri, *Neoconorbina orbicularis* (Terquem).

D'une manière générale, le niveau intermédiaire II s'individualise par sa texture, la présence de minéraux argileux bien cristallisés (illite et chlorite), une salinité moindre des eaux interstitielles. Les analyses micropaléontologiques permettent de définir un dépôt effectué sous faible profondeur d'eau et sous climat tempéré froid. Dans le détail, elles mettent en évidence : des conditions plus franchement marines vers le milieu de la séquence avec le développement de *Hyalinea balthica*, des influences continentales plus marquées dans les horizons inférieurs et supérieurs, à proximité des passées sablo-graveleuses.

3°) NIVEAU SUPÉRIEUR III.

L'ensemble de cette séquence correspond aux sédiments holocènes, essentiellement vaseux, mis en place au cours de la transgression (fig. 7). Son épaisseur est maximum dans la partie médiane du plateau (carottes C.L. et F. 116) et s'amenuise vers le large où affleurent les sables reliques (carottes F. 115 et F. 118 et F. 117).

Ces dépôts, plus ou moins plastiques, de couleur beige à gris beige, sont formés d'une fraction pélitique relativement grossière et peu classée, tendant vers des faciès granulométriques plus évolués en surface. Cette évolution est corrélative de l'approfondissement progressif du milieu de sédimentation.

La composition minéralogique des argiles (illite, montmorillonite, chlorite et kaolinite) rappelle celle des apports actuels des rivières, Têt et Agly, avec des variations quantitatives liées aux conditions bathymétriques, climatiques et à l'importance relative des apports continentaux.

Les phénomènes d'approfondissement mis en évidence par les données sédimentologiques apparaissent aussi dans la composition chimique des eaux interstitielles, avec l'accroissement de la salinité

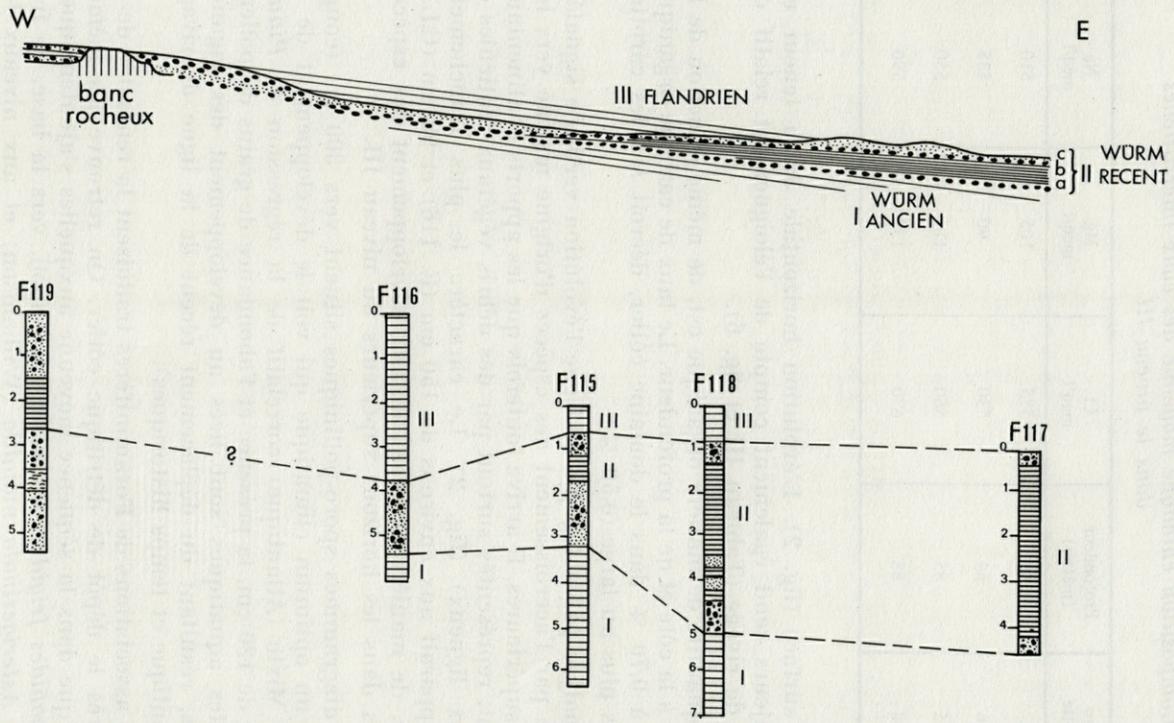


FIG. 7. — Reconstitution stratigraphique établie d'après les diverses données analytiques.

TABLEAU III
*Composition chimique moyenne des eaux interstitielles
 dans le niveau III*

Numéro de carotte	Profondeur (mètres)	Cl meq/l	Mg meq/l	Na meq/l
C. L.	40	575	105	510
F. 116	64	530	90	535
F. 115	85	560	115	550
F. 118	88	670	130	590

vers la surface (fig. 2). L'évolution horizontale de la teneur en ions majeurs rend également compte de l'éloignement relatif de la ligne de rivage (Tableau III et fig. 6).

La quantité de matière organique est, de même, fonction de la distance à la côte et de la profondeur. Le taux de carbone organique de 0,55 à 0,70 % dans le domaine côtier, décroît sur les carottes prélevées plus au large (0,50 %).

L'analyse palynologique souligne l'évolution verticale signalée, marquée par l'accroissement des espèces d'origine marine vers les passées supérieures. Il arrive toutefois que les apports continentaux dominant, représentés surtout par des débris végétaux (cuticules et vaisseaux ligneux) (fig. 2). Le caractère le plus franchement marin apparaît aux environs de 150 cm (F. 116) et 90 cm (C.L.). On note, de manière générale, un net développement des espèces palustres dans les horizons supérieurs du niveau III.

Les diagrammes sporo-polliniques situent vers 300 cm (coupe F. 116) un optimum climatique qui voit le développement de la Chênaie Mixte (Atlantique) corrélatif de la régression de *Pinus*. A partir de 120 cm, la présence et l'abondance de grains de pollens de plantes aquatiques sont liées au développement des lagunes littorales, résultant du déplacement récent de la ligne de rivage (Subatlantique et temps historiques).

Les associations de Foraminifères traduisent la remontée de la mer après le dépôt de détritique côtier. On retrouve les mêmes espèces que dans la séquence moyenne auxquelles s'ajoutent quelques *Eponides frigidus granulatus* di Napoli, vers la base, de fréquentes *Asterigerinata mamilla* (Williamson) et aux niveaux les plus riches en planctoniques *Rectuvigerina* sp. L'analyse de la carotte F. 116 qui recoupe les dépôts flandriens sur une épaisseur relativement importante permet de suivre de la manière la plus

précise les différents stades de la transgression. Au-dessus de niveaux graveleux azoïques (440-460 cm) où l'on ne trouve que des Alvéolines remaniées de l'Eocène inférieur (Corbières) se développent quelques espèces benthiques : *Ammonia* aff. *inflata*, *Elphidium crispum*, *E. advenum*, *Nonionella turgida* et *Valvulinera bradyana* associées à de très rares formes planctoniques juvéniles ; vers 340-360 cm apparaissent *Bulimina* aff. *gibba*, *B. aculeata*, *Lenticulina* sp., *Lagena* sp., *Amphicoryna scalaris* accompagnant quelques *Globigerina bulloides*. C'est vers 240-280 cm que se situe l'optimum climatique : on assiste, en effet, à une raréfaction des espèces benthiques et à l'apparition d'espèces planctoniques variées où dominent *Orbulina universa*, *Globigerinoides ruber*, *Hastigerina siphonifera*, accompagnées de formes tempérées *Globorotalia inflata*, *Globigerina pachyderma dextra* et quelques rares *Globigerina quinqueloba*. Vers 100 cm, tandis que les Orbulines et les *Globigerinoides ruber* décroissent, l'apparition de *Globigerinoides triloba* (Reuss) et de *Globigerinoides sacculifer* (Brady) semblerait indiquer une variation de la salinité. Au sommet de la carotte on retrouve une association d'espèces benthiques très comparable à celle de la séquence moyenne, alors que se développent les *Globigerina bulloides*.

En résumé, malgré le caractère apparemment homogène de la séquence, la transgression flandrienne se manifeste par :

- l'accroissement progressif de la salinité des eaux de pores,
- l'abondance relative et concomitante des organismes d'origine marine, Tasmanacées, Hystrichosphères, Dinoflagellés,
- le développement des Foraminifères pélagiques,
- la diminution des carbonates en grande partie détritiques,
- l'évolution des faciès granulométriques des pélites vers un stade de classement de plus en plus poussé.

La position très particulière du sondage F. 119 (fig. 5) dans la portion plus littorale du plateau continental, est responsable de la diversité des faciès. Les niveaux grossiers, graveleux ou sableux assez fréquents, sont interrompus par des vases de couleur vert-olive à noire (de 150 à 280 cm) ou par un paléosol typique (de 380 à 415 cm), qui correspond à une argile verte à concrétions calcaires, très riche en montmorillonite (70 %).

Les courbes granulométriques établies pour les divers horizons grossiers présentent une allure en paliers, rappelant celle des alluvions fluviales modernes. Les éléments sont le plus souvent remaniés, les galets montrent des encroûtements calcaires. La fraction organogène est composée par un mélange de coquilles fraîches et usées.

Les assises grossières, par suite de leur granulométrie, sont généralement appauvries en pollens et contiennent des débris végétaux variés (cuticules et vaisseaux ligneux). Les apports continentaux sont généralement dominants dans les autres niveaux de la carotte (*Alnus*, *Corylus*, *Salix*, *Quercus*). Vers la surface (90 cm), une partie des venues continentales consiste en grains de pollens d'espèces palustres (*Potamogeton*, *Iris pseudacorus*, *Phragmites*, *Juncus*).

Du point de vue géochimique, les caractéristiques des eaux de pores traduisent des variations de composition qui souvent s'agencent avec l'importance relative des apports marins ou continentaux, tels qu'ils ont été définis par les données paléontologiques. Les passées de vase sableuse ou graveleuse présentent un accroissement de la salinité (de 80 à 150 cm ; de 280 à 340 cm). Les horizons où s'affirme l'influence des venues continentales, montrent une baisse de salinité des eaux interstitielles (de 180 à 280 cm).

Le taux de matière organique, relativement homogène et faible le long de la carotte (0,5 % C. org.), augmente brutalement dans les passées de vase vert-olive (240 à 280 cm). A cet endroit le pourcentage en carbonates est minimum et ne dépasse pas 10 %.

Du point de vue paléontologique, les espèces pélagiques sont généralement rares et traduisent pour l'ensemble de la carotte un climat tempéré. Certains niveaux, notamment les vases vert-olive et vertes, sont considérablement appauvris en Foraminifères : seuls apparaissent quelques *Ammonia*, *Elphidium*, *Textularia sagittula* de France et *T. pseudorugosa* Lacroix, *Cibicides lobatulus* (Walker et Jacob) ; les formes jeunes sont absentes.

Les résultats analytiques permettent de reconstituer les différentes phases ayant présidé à la mise en place de ces dépôts. Les passées à caractère plus franchement marin sont représentées par des sédiments hétérogènes, argilo-sableux ou graveleux coquilliers. Les niveaux de vase vert-olive à noire sont probablement d'origine lagunaire et liés soit à une modification du profil de la côte (constitution d'un cordon littoral) soit à une oscillation légèrement négative du niveau de la mer. Certains dépôts semblent même avoir subi une exondation qui a favorisé des phénomènes pédologiques (argile verte à concrétions calcaires).

En raison de la position du prélèvement, des nombreuses variations de faciès et des corrélations paléontologiques, la presque totalité de la coupe peut être assimilée à un équivalent latéral des horizons inférieurs de la vase beige flandrienne (niveau III).

DISCUSSION

La confrontation des divers résultats analytiques amène à reconnaître trois séquences principales de vase, séparées par deux assises sablo-graveleuses (fig. 7). La datation au radiocarbone de la faune associée à ces derniers niveaux précise leur position dans la chronologie du Quaternaire récent (MONACO *et al.*, 1972).

— La séquence inférieure I, recoupée à la base de certaines carottes, correspond à un dépôt de vase terrigène effectué sous climat tempéré chaud. La nature et l'abondance des apports tant minéraux qu'organiques sont comparables à celles des dépôts récents. Cette similitude se retrouve dans la composition chimique des eaux interstitielles. L'évolution verticale des associations benthiques suit la réduction progressive de la tranche d'eau qui aboutit à la mise en place du cailloutis inférieur dont l'âge est régulièrement supérieur à 35.000 ans B.P. (Würm III). De ce fait, la séquence de vase inférieure I est assimilée à un interstadiaire du Würm ancien.

— La séquence intermédiaire de vase grise silteuse (II) repose sur le cailloutis inférieur, témoin du maximum régressif. Elle est elle-même surmontée par une deuxième assise graveleuse contemporaine du Würm IV. Sur le plateau continental, ces dépôts se sont effectués sous faible profondeur d'eau, au cours d'un épisode légèrement transgressif (interstade Würm III-IV), sous climat tempéré froid. Par ailleurs, ils comblent en partie les vallées sous-marines et tapissent leurs parois. Aux conditions relativement réductives du milieu, s'ajoute une dessalure des eaux.

— Le remplissage flandrien (III), essentiellement vaseux et d'importance très variable suivant le secteur bathymétrique considéré, repose sur l'assise graveleuse constituée d'éléments en partie remaniés du dernier Würm et progressivement mis en place au cours de la transgression. En effet, l'âge de ces dépôts est régulièrement décroissant vers la côte et permet de suivre les diverses étapes : 13 800 ans B.P. à —85 mètres, 8 400 ans B.P. à —40 mètres. Dans l'épaisseur du remplissage, les variations de certains paramètres sont liées soit aux modifications paléogéographiques (proximité de la ligne de rivage, mobilité de la morphologie littorale), soit aux fluctuations climatiques. Dans le secteur plus littoral, ces modifications se manifestent par de nombreux changements de faciès (F. 119).

Les données paléogéographiques et paléoclimatiques fournies par les méthodes habituellement employées, notamment paléonto-

logiques, sont précisées par les résultats que peuvent apporter l'analyse des argiles et de la matière organique. Produits en majorité détritiques, ils constituent des indicateurs particulièrement fidèles des conditions paléobiogéographiques. Les eaux interstitielles conservent en partie leurs caractères chimiques originels. A ce titre, les variations de composition dans des niveaux équivalents, contemporains de la même phase de sédimentation, peuvent être utilisées dans les reconstitutions paléogéographiques.

REMERCIEMENTS

Les analyses géochimiques ont pu être menées à bien grâce à la collaboration technique de Monsieur Alain Gor — Centre de Recherches de Sédimentologie Marine — Perpignan.

RÉSUMÉ

Trois séquences sont reconnues dans le Quaternaire terminal du plateau continental roussillonnais :

— un interstadaire du Würm ancien représenté par un dépôt de vases terrigènes mis en place dans des conditions proches des conditions actuelles ;

— un ensemble appartenant au Würm récent où alternent niveaux de vase grise et assises sablo-graveleuses, témoins des oscillations eustatiques. Ces faciès correspondent à des dépôts effectués sous faible profondeur d'eau et sous climat tempéré froid ;

— la couverture post-glaciaire consiste en sables littoraux encore à l'affleurement entre —80 et —100 mètres et en vases terrigènes ocres occupant la partie médiane du plateau.

Dans l'épaisseur du recouvrement vaseux homogène, on reconnaît néanmoins des fluctuations climatiques secondaires.

Pour chaque séquence, les données analytiques sont utilisées à des reconstitutions paléogéographiques plus précises. En effet, comme chaque paramètre mesuré ponctuellement reste soumis à des influences locales, il est nécessaire de confronter l'ensemble des résultats. A ce titre, les variations latérales de la composition chimique des eaux interstitielles sont valablement utilisées à la reconstitution des paléomilieus.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Kontinentalsockel des Roussillon lässt drei aufeinander folgende Perioden am Ende des Quartärs erkennen :

— eine Zwischeneiszeit des frühen Würm, erkennbar an einer Ablagerung von Festlandschlamm, der in den heutigen Verhältnissen ähnlichen Bedingungen abgelagert wurde ;

— eine dem jüngeren Würm angehörende Formation, in der Schichten aus grauem Schlamm mit Sand-Kiesablagerungen abwechseln, eustatische Schwankungen dokumentierend. Diese Fazies entsprechen in geringer Wassertiefe und in gemässigt kaltem Klima entstandenen Ablagerungen ;

— die nacheiszeitliche Bedeckung besteht aus noch zutage liegenden Küstensanden zwischen 80 - 100 m Tiefe und aus ockerfarbenen Festlandschlämmen, die den mittleren Teil des Sockels einnehmen.

Immerhin erkennt man auch innerhalb der homogenen Schlamdecke sekundäre klimatische Schwankungen.

Für jede dieser Perioden werden die analytischen Ergebnisse zu einer genaueren paläographischen Rekonstruktion verarbeitet. Da jeder punktförmig gemessene Parameter lokalen Einflüssen unterliegt, muss die Gesamtheit der Resultate miteinander verglichen werden. In diesem Zusammenhang werden auch die lateralen Abweichungen der chemischen Zusammensetzung der interstitiellen Wassermassen zur Rekonstruktion der Paläomilieus verwendet.

BIBLIOGRAPHIE

- BLANC, J.J., 1968. Sedimentary geology of the Mediterranean sea. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 6 : 377-454.
- BONIFAY, E., 1969. Le Quaternaire littoral et sous-marin des côtes françaises de la Méditerranée. Etudes françaises sur le Quaternaire. VIII^e Congrès international INQUA 1969. Supplément *Bull. Ass. fr. Etude quatern.*, 6 : 43-55.
- BONIFAY, E., J. COURTIN & J. THOMMERET, 1971. Datation des derniers stades de la transgression versilienne dans la région de Marseille. *C.r. hebdomadaire Séances Acad. Sci. Paris*, 275 : 2042-2044.
- BORDOVSKY, O.K., 1965. Transformation and diagenesis of organic matter in sediments. *Mar. Geol.* 3 (1/2) : 83-114.

- BOURCART, J., 1955. Recherches sur le plateau continental de Banyuls-sur-mer. *Vie milieu*, 6 (4) : 435-524.
- BOURCART, J., M. GENNESSEAUX & E. KLIMEK, 1961. Les canyons sous-marins de Banyuls et leur remplissage sédimentaire. *C.r. hebd. Séanc. Acad. Sci. Paris*, 253 : 19-24.
- BOUYSSÉ, P., J. GONI, C. PARENT & Y. LE CALVEZ, 1966. Recherches du B.R.G.M. sur le plateau continental. Premiers résultats sédimentologiques, micropaléontologiques et géochimiques (Baie de la Viline). *Bull. Bur. Rech. géol. min.*, 5 : 1-77.
- CAUWET, G. & F. GADEL, 1970. Etude géologique et géochimique d'une carotte prélevée dans le Golfe du Lion. *Bull. Bur. Rech. géol. min.*, 4 (4) : 5-17.
- CAUWET, G., F. GADEL & A. MONACO, 1971. Etude sédimentologique et géochimique de quelques dépôts quaternaires récents du plateau continental au large du Roussillon (Golfe du Lion). VII^e Congrès international de Sédimentologie-Heidelberg.
- CHAMLEY, H., 1968. La sédimentation argileuse actuelle en Méditerranée nord-occidentale. Données préliminaires sur la diagenèse superficielle. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7 (10) : 75-88.
- DEBYSER, J., 1959. Contribution à l'étude géochimique des vases marines. *Inst. Fr. Pétrole*, Paris, 239 p.
- DEGENS, E.T., 1965. Geochemistry of sediments. A brief survey. Prentice Hall, 342 p.
- DEGENS, E.T. & G.V. CHILINGAR, 1967. Diagenesis of subsurface waters in sediments, Edit. G. LARSEN et G.V. CHILINGAR : 477-502.
- FRIEDMAN, G.M., B.P. FABRICAND, E.S. IMBIMBO, M.E. BREY & J.N. SANDERS, 1968. Chemical change in interstitial waters from continental shelf sediments. *J. Sedim. Petrol.*, 38 (4) : 1313-1319.
- GLANGEAUD, L., G. BELLAICHE, M. GENNESSEAUX & G. PAUTOT, 1968. Phénomènes pelliculaires et épidermiques du rech Bourcart (Golfe du Lion) et de la mer hespérienne. *C.r. hebd. Séanc. Acad. Sci. Paris*, 267 : 1079-1083.
- GOT, H., A. GUILLE, A. MONACO & J. SOYER, 1968. Carte sédimentologique du plateau continental au large de la côte catalane française (P.O.). *Vie Milieu*, 19 (2B) : 273-290.
- GOT, H. & A. MONACO, 1969. Sédimentation et tectonique plioquaternaire du précontinent méditerranéen au large du Roussillon (P.O.). *C.r. hebd. Séanc. Acad. Sci. Paris*, 268 : 1171-1174.
- GOT, H., A. MONACO & D. REYSS, 1969. Les canyons sous-marins de la mer catalane. Le rech du Cap et le rech Lacaze-Duthiers. *Vie Milieu*, 20 (2B) : 257-278.
- GRIM, R.E. & W.D. JOHNS, 1953. Clay mineral investigation of sediments in the northern Gulf of Mexico. Clays and Clay minerals, 2nd National Conference : 81-103.
- KELLER-BONNET, J. & J. DOUBINGER, 1963. Etude microscopique des débris végétaux du Carbonifère et des séries infrasalifères de quelques sondages sahariens. *Bull. Serv. Carte Géol. Als. Lorr.*, 16 (4) : 249-259.

- LEVY, A., 1967. Contribution à l'étude des Foraminifères des rechs du Roussillon et du plateau continental de bordure. *Vie Milieu*, **18** (1B) : 63-102.
- MARS, P., J. MATHELY & J. PARIS, 1957. Remarques sur le gisement quaternaire du Cap Creus. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci. Paris*, **342** : 1940-1942.
- MARS, P., 1959. Les faunes malacologiques quaternaires « froides » de Méditerranée. Le gisement de Cap Creus. *Vie Milieu*, **9** : 293-309.
- MONACO, A., 1967. Etude sédimentologique et minéralogique des dépôts quaternaires du plateau continental et des rechs du Roussillon. *Vie Milieu*, **18** (1B) : 33-62.
- MONACO, A., 1971. Contribution à l'étude géologique et sédimentologique du plateau continental du Roussillon (Golfe du Lion). Thèse Doct. ès Sciences, Université de Montpellier, 295 p.
- MONACO, A., J. THOMMERET & Y. THOMMERET, 1972. L'âge des dépôts quaternaires sur le plateau continental du Roussillon (Golfe du Lion). *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci.*, **274** : 2280-2283.
- PARENT, C., 1968. Réflexions sur quelques caractères des eaux interstitielles dans les sédiments actuels ou récents. Conséquences disgénétiques. *Bull. Bur. Rech. géol. min.*, **4** (4) : 93-94.
- POKROVSKAIA, I.M., 1950. Analyses polliniques. Moscou 24. *Annls Servs Inf. géol. Bur. Rech. géol. min.*, 421 p.
- POWERS, M.C., 1959. Adjustment of clays to chemical change and the concept of the equivalence level. Clays and Clay Minerals, 6th National Conference 1957 : 309-326.
- SEVAST'YANOV, V.F., 1968. Redistribution of chemical elements as a consequence of oxidation - deoxidation processes in sediments of the Mediterranean sea. Translated from *Lithologiya i Poleznye Iskopaemye*, **1** : 3-15.
- SHISKINA, O.V., 1957. Ooze waters of the Pacific ocean and adjoining seas. *Dokl. Akad. Nauk S.S.S.R.*, **112** (3) : 470-473.
- TAGEEVA, N.V. & M.M. TIKHOMIROVA, 1962. Géochimie des eaux interstitielles dans la diagenèse des sédiments marins (d'après l'exemple des dépôts de la mer Caspienne). Moskva, Izdat. Akademia Nauk S.S.S.R., 246 p. Traduction S.I.G.-B.R.G.M., Fr., n° 4286.
- TRAUTH, N., H. PAQUET, J. LUCAS & G. MILLOT, 1967. Les montmorillonites des vertisols lithomorphes sont ferrifères. Conséquences géochimiques et sédimentologiques. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, **264** : 1577-1579.
- Carte d'Argelès-sur-Mer au 1/100 000.
Carte géologique de la marge continentale française, feuille L 25 par H. GOT et A. MONACO. B.R.G.M. Fr., édit., 1972.
- Carte de Perpignan au 1/100 000.
par Ch. DUBOUL-RAZAVET, H. GOT et A. MONACO « Vie et Milieu », **21** (3B) 1970.
- Carte géologique du précontinent pyrénéo-languedocien au 1/250 000 par J.C. ALOISI, H. GOT et A. MONACO, Bureau Hydrographique International, édit., 1972.

Reçu le 27 octobre 1972.

L'ÉTANG DE BAGES-SIGEAN MODÈLE DE LAGUNE MÉDITERRANÉENNE

par Henri BOUTIÈRE

Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer

ABSTRACT

A lagoon basin of the french Mediterranean shore is described in its geological context and with its sedimentary contents, its vegetation and climatology. The role of the winds and of the rain falls, as well as the existence of two types of shores, facing one another, are evidenced.

INTRODUCTION

Le cadre du complexe lagunaire de Bages-Sigean a été plusieurs fois décrit depuis que le Professeur G. PETIT en a suscité l'étude dans son Introduction à l'étude écologique des étangs méditerranéens (1953), puis dans la Contribution à l'étude écologique du complexe lagunaire de Bages-Sigean (PETIT et MIZOULE, 1962), mettant ainsi l'accent sur l'importance biologique et écologique des milieux lagunaires.

Ce domaine qui n'est ni continental ni maritime, ni seulement un mélange des deux, voit son importance et son originalité désormais largement reconnues comme en témoignent les actions concertées qui se développent depuis peu dans divers pays.

En faisant aménager en 1964 sur le domaine du Docteur Pierre Conte la station lagunaire de Sigean-Bellevue, le Professeur

PETIT a dévolu à cet étang de Bages-Sigean un rôle exemplaire.

Exemplaire, il l'est par la diversité des milieux qui y sont représentés depuis les eaux douces courantes de la Berre, jusqu'aux milieux hyperhalins eurythermes extrêmes du Doul. Il l'est aussi parce que cet ensemble assez vaste reste encore à peu près intact. Ce dernier point est, de nos jours, d'importance car la pollution chimique et les grands travaux d'aménagements routiers, touristiques ou urbains ont presque partout déjà altéré de façon souvent irréversible les biotopes fragiles, instables par essence de ce domaine charnière entre deux mondes, trop souvent qualifié d'insalubre et de stérile.

Ses îles riches en endémiques, ses rivages, les collines calcaires qui le bordent avec leurs colonies de Pseudoscorpions et leurs flores fossiles ont attiré l'attention des spécialistes.

Dès le siècle dernier, Gaston de SAPORTA les parcourait déjà.

Dernière escale praticable des oiseaux migrateurs, l'étang de Bages-Sigean est devenu récemment un centre européen d'observation de l'avifaune avec la création par le Professeur J. BONS, de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, de la Station ornithologique de la Tour du Télégraphe, près de Peyriac-de-Mer.

Déjà des études approfondies dans plusieurs domaines ont été le fait de chercheurs appartenant ou ayant travaillé pour la plupart au Laboratoire Arago, à la suite du Professeur PETIT : CAHET, FIALA, LAGARDE, MARS, MERCIER, MIZOULE... Certains d'entre eux continuent leurs investigations.

Plusieurs cartes ont été dressées par BOUTIÈRE et CAHET. Enfin, une représentation faisant appel à des moyens aériens nouveaux est en cours d'élaboration.

En présentant la carte géologique et sédimentologique du complexe lagunaire de Bages-Sigean et les résultats de six années nouvelles de mesures météorologiques, le présent article a pour but d'apporter une contribution à la connaissance et l'évolution du milieu et des rives de ces étangs considérés comme un exemple de lagune du midi méditerranéen.

I. — LE CADRE GÉOLOGIQUE

Les étangs du complexe lagunaire de Bages-Sigean et de l'Ayrolle, sont de constitution récente. La plaine littorale, de Narbonne à Port-la-Nouvelle a été ennoyée au Flandrien à la fin de la glaciation du Würm et se présente comme un golfe peu profond



Haut : côte stationnaire de mode battu, petites falaises calcaires fortement érodées par les embruns et les vents de nord-ouest avec, au premier plan, d'importantes accumulations de laisses de *Zostères* constamment remaniées par les vagues.

Bas : côte de conquête continentale : deux microlagunes en voie de comblement sur une portion de rivage tournée vers le sud-est, près de Peyriac-de-Mer. (Photos H. BOUTIÈRE).

entre les massifs Mésozoïques de La Clape au nord, de Cap Romarin au sud et de Fontfroide à l'ouest. Les « calcaires des Corbières » qui les constituent s'étagent du Jurassique au Crétacé inférieur et comprennent deux séries épaisses dures, plus ou moins dolomitiques, séparées par des calcaires et des marno-calcaires plus tendres.

L'ensemble est creusé de réseaux karstiques complexes Tertiaires, dont les niveaux de base ont varié bien des fois au cours de l'histoire. Ces systèmes hydrogéologiques jouent un rôle prépondérant dans l'alimentation en eaux douces ou saumâtres des étangs de La Palme et de Leucate, mais sont beaucoup moins importants pour le complexe de Bages-Sigean avec lequel ils ne sont pas en contact direct. Nulle part les terrains Secondaires ne constituent les rivages de l'étang actuel sauf en un point de l'extrême sud près de Port-la-Nouvelle, là où vient d'être édifiée une puissante cimenterie qui utilise justement les calcaires du Cap Romarin. Le bord nord-est de l'étang de l'Ayrolle, est également constitué par les « calcaires des Corbières » de l'île Saint-Martin, bastillon avancé du massif de La Clape.

Aux assises Mésozoïques des Corbières font suite des sédiments Tertiaires développés surtout à l'ouest et au sud des étangs de Bages et de Sigean dont ils constituent une partie des rivages et des îles.

Le contact est particulièrement visible le long de la côte de Roquefort des Corbières au pied de laquelle les terrains Tertiaires débutent par des marnes détritiques. Il leur succède des dépôts de faciès très variable, surtout Oligocène et Miocène, principalement calcaires avec intercalations de marnocalcaires et de gypses, formations souvent littorales (Faciès à Huîtres de Port-la-Nautique), lagunaires ou lacustres, avec des épisodes continentaux.

La série sédimentaire du bassin Oligocène de Sigean-Portel, au sud-ouest de l'étang de Sigean montre que dès cette époque la région a souvent appartenu sur le plan écologique au domaine lagunaire. La stratigraphie et la paléontologie locales font apparaître à l'échelle des temps géologiques, la grande instabilité de ces milieux, grande instabilité qui est le trait fondamental du domaine lagunaire vis-à-vis de tous les facteurs écologiques et quelle que soit l'échelle de temps considérée.

Les mouvements tectoniques post-Oligocènes ont été de faible intensité. Les déformations, dans le détail, sont cependant moins simples que ce qu'un rapide survol peut laisser entrevoir. L'inégale dureté des sédiments Tertiaires a donné un relief de côtes calcaires peu élevées mais souvent abruptes formant en divers points le rivage actuel.

Les calcaires Oligocènes constituent une partie importante des rives occidentales et méridionales : promontoire de Bages au nord, collines du Roc de Berrière, du Moure, ceinturant l'étang sursalé du Doul et formant un large promontoire au milieu de l'étang de Bages-Sigean, collines au sud de Peyriac-de-Mer jusqu'à l'embouchure actuelle de la Berre, pointe des Oulous entre l'actuelle et l'ancienne embouchure de la Berre, et enfin promontoire de Port-Mahon et des Cabanes au sud de l'étang.

Oligocènes également sont les assises calcaires des îles de la Planasse, de l'Aute (54 m) et du rocher du Soulier dans la partie centrale du complexe lagunaire. Enfin, ces mêmes calcaires sont visibles aux environs de Port-la-Nautique où ils sont recouverts par des dépôts Quaternaires anciens, et à la base du rivage de l'île de Sainte-Lucie dont la surface est Miocène.

Le Quaternaire ancien ne constitue nulle part le rivage actuel. Il existe principalement en lambeaux isolés et érodés recouvrant l'Oligocène de la Pointe Brunet (Port-la-Nautique) et au sud-est de l'ancien salin de Sigean où il a été exploité pour du remblaiement.

Les sédiments Quaternaires récents ou actuels jouent au contraire un rôle très important dans la topographie du bord de l'étang de Bages-Sigean et de ses environs.

Sur la côte occidentale, la région comprise entre Peyriac-de-Mer et les marais de Saint-Paul a été colmatée à une époque récente et ces sédiments constituent le bord de l'étang entre les collines du Roc de Berrière, au nord de l'étang du Doul et le village de Bages. Des pointements Oligocènes en émergent.

Plus au sud, les alluvions de la Berre ont remblayé la dépression du Lac au milieu de laquelle subsistent deux petits étangs très peu profonds dits « Œil de chat ».

Les sédiments récents prennent toute leur importance sur la rive orientale de l'étang de Bages-Sigean qu'ils constituent en presque totalité.

Apportés par un fleuve côtier aujourd'hui disparu, bras sud de l'ancien delta de l'Aude dont le tracé moyen peut être figuré par le canal de la Roubine qui relie le canal du Midi à Port-la-Nouvelle, les apports terrigènes sablo-vaseux ont constitué la plaine basse entre les affleurements Tertiaires et Quaternaires anciens de Port-la-Nautique et le massif de la Clape. Cette plaine alluviale deltaïque s'est développée vers le sud et vers l'est. Ses digitations ont atteint et relié au rivage les îles de Saint-Martin (Calcaire des Corbières), de l'Aute (Oligocène) et de Sainte-Lucie (Miocène), les transformant en presque îles.

La bande alluvionnaire centrale s'appuyant sur Sainte-Lucie et atteignant la mer entre le Chenal de la Nouvelle et le Grau de

la Vieille-Nouvelle, a coupé le plan d'eau primitif en deux étangs totalement distincts : l'Ayrolle à l'est et Sigean à l'ouest.

L'avancée occidentale, s'articulant sur la corne N.E. de l'île de l'Aute a délimité une étroite digitation peu profonde dans le bassin sud de l'étang de Sigean dite « La Seiche ». Cependant l'île de l'Aute reste séparée du promontoire de Port-Mahon par un détroit d'environ 500 mètres de largeur qui n'est pas près d'être comblé. Il constitue même l'un des points les plus profonds de l'étang.

Ce détroit semble continuer la vallée de la Berre. Ce petit cours d'eau côtier a connu diverses divagations. A une époque ancienne il paraît avoir contourné par le sud le massif calcaire Tertiaire de Port-Mahon et de Caussagues (où se trouve la station lagunaire de Sigean-Bellevue). Il devait, alors, recevoir le Rieu sur sa rive droite au pied des calcaires Secondaires de Cap Romarin et se jeter à la mer entre ce dernier massif et l'île Miocène de Sainte-Lucie. Plus récemment la Berre coulait entre le massif de Port-Mahon et le pointement Oligocène des Oulous. Sa dernière embouchure sur l'étang (baie de l'Olivier) est encore bien visible. Son cours se poursuivait naturellement entre le promontoire de Port-Mahon et l'île de l'Aute. A cette époque cette dernière n'était pas atteinte par les alluvions venues du nord et le passage était libre à l'est de l'île.

Ainsi la topographie actuelle du complexe de Bages-Sigean est-elle largement commandée par les apports fluviaux quaternaires récents. La nature sédimentologique de ses rives, l'orientation générale du plan d'eau par rapport aux vents et la nature des peuplements benthiques ont déterminé les caractères physicochimiques des dépôts vivants du fond de l'étang, véritables sols submergés, sièges d'intenses échanges dont les principaux mécanismes ont été tout récemment élucidés, en particulier en ce qui concerne le soufre (CAHET).

II. — LE CONTENU SÉDIMENTAIRE

Le fond de l'étang de Bages-Sigean est presque partout vaseux ou sablo-vaseux, exceptionnellement rocheux. Sa topographie est celle d'une succession de cuvettes régulières, très peu déprimées n'atteignant que rarement 3 mètres dans leur partie centrale. Une carte a été tracée par PETIT et MIZOULE (1962) puis par BOUTIÈRE et CAHET en 1969 (*in* CAHET, 1970). Qu'il suffise de rappeler que les profondeurs les plus notables se situent dans le bassin nord

devant Port-la-Nautique (—2,80 m), dans la partie est du grand bassin central qui s'étend des îles de l'Aute et de La Planasse au détroit de Bages (—3,40 m) et enfin au milieu du détroit entre l'île de l'Aute et Port-Mahon, comme il a été dit plus haut. Dans ce dernier point, la plus grande profondeur semble due à un défaut de sédimentation ou même à une érosion provoquée par les courants de fond, plus violents depuis que l'île de l'Aute est reliée à la terre ferme par les sédiments au nord.

Le point le plus profond du complexe lagunaire (3,60 m) est situé au milieu du petit étang du Doul, presque isolé dans un cirque de collines près de Peyriac-de-Mer.

La composition granulométrique des sédiments superficiels est représentée sur la carte géologique et sédimentologique dressée en 1970 et jointe au présent article. Les éléments calibrés ont été répartis en trois fractions :

- 1^{re} fraction : plus de 0,2 millimètre de diamètre
- 2^e fraction : 0,2 à 0,04 millimètre de diamètre
- 3^e fraction : moins de 0,04 millimètre de diamètre.

Les pourcentages de la première et de la troisième fraction sont figurés sur la carte par des points plus ou moins gros et rapprochés pour les éléments grossiers (1^{re} fraction) et par une couleur plus ou moins dense pour les éléments les plus fins (3^e fraction).

Dans l'ensemble, les côtes occidentales, sous le vent dominant, sont très vaseuses. L'importance de la fraction fine diminue progressivement vers l'est, tandis qu'augmente le pourcentage des sables. La côte orientale est sablo-vaseuse au contact des bandes d'alluvions venues du Nord, sauf en certains points tel que le débouché du canal de dérivation de Roubine dit « Le Canelou » qui, par l'écluse de Mandirac reçoit des eaux usées provenant de l'agglomération de Narbonne. C'est l'émissaire le plus « polluant » de l'étang.

L'île de Planasse, qui perturbe les vents et les courants a induit sur sa rive sud-est l'établissement d'une large zone vaseuse. Le diverticule très peu profond au nord-est de l'île de l'Aute, dit « La Seiche » est également entièrement vaseux.

Structure superficielle.

La vase superficielle de l'étang de Bages-Sigean a fait l'objet de nombreuses études d'ordre microbiologique et biochimique (CAHET, FIALA, LAGARDE...). Sans entrer dans le détail de la chémodynamique, rappelons les grandes lignes de sa structure. Elle est

assez constante et permet de distinguer à partir de la surface trois couches généralement bien distinctes :

1. La couche superficielle, très noire ou gris foncé selon les zones, dont l'épaisseur est de l'ordre de 5 cm, riche en eau (plus de 50 %) et en carbone organique (plus de 3 %). C'est dans cette couche que se cantonnent les systèmes radiculaires des petites Phanérogames (*Zostera nana*, *Ruppia*). Elle peut être fortement réductrice, notamment sous les peuplements d'Algues (Ulvacae). Elle est alors très pauvre en organismes vivants.

2. La deuxième couche est de coloration plus claire. Aussi riche en eau que la précédente, elle est déjà moins riche en carbone (1 à 2 %). Son épaisseur est de l'ordre de 40 à 50 cm. Seules les racines des grandes Phanérogames s'y développent (*Zostera marina*, *Potamogeton*). La faune benthique et endogée peut y être riche avec des Mollusques (*Cardium*, *Mytilus*, *Bulidae...*), des Isopodes (*Idothea*), des Annélides (*Nereis diversicolor* en particulier). Les abondantes populations de microorganismes qui se succèdent constituent la base de la nourriture de la macrofaune endogée.

3. La troisième couche, plus consistante et plus foncée que la seconde, est moins riche en eau (moins de 50 %) et pauvre en carbone organique (moins de 1 %). Sa marge supérieure est assez nette, elle n'a pas de limites précises en profondeur. La cinématique chimique est de plus en plus lente et de moins en moins liée aux variations de courte période des facteurs physiques externes. Elle constitue la transition entre le sol vivant qu'est le fond de l'étang et la masse des vases anciennes sous-jacentes qui évoluent lentement en horizons géologiques. Au domaine de la Biochimie succède celui de la Géochimie.

Structure profonde.

La cuvette lagunaire est un lieu de sédimentation. Une partie des éléments de la vase est d'origine allogène (alluvions des affluents, sédiments éoliens, produits de lessivage des sols intégrés au substratum par les processus microbiologiques) ; les autres éléments sont élaborés *in situ* : débris de végétaux, test de Mollusques, etc. Le bassin sédimentaire tend à se combler. Où en est-il dans cette évolution ? Sous les 2 ou 3 mètres d'eau de l'étang actuel, l'épaisseur de la vase est considérable. A quelques mètres du bord, il est impossible d'atteindre le fond dur avec un carottier à main ou avec une perche métallique.

D'après des renseignements qui concernent le détroit séparant Port-Mahon de l'île de l'Aute (1), l'épaisseur de la vase serait dix

(1) Renseignements aimablement communiqués par M. LESOUMI, de la B.S.L.

fois supérieure à celle de l'eau qui la surmonte. Sous la troisième couche dont il a été question à propos de la structure superficielle, la vase molle continue jusqu'à une profondeur de 7 à 8 mètres. Elle est interrompue par un ou plusieurs lits de coquillages divers. Au-delà, une vase grise et plus compacte se rencontre jusque vers 27 mètres. Quelques couches de sables, de marnes et de calcaires

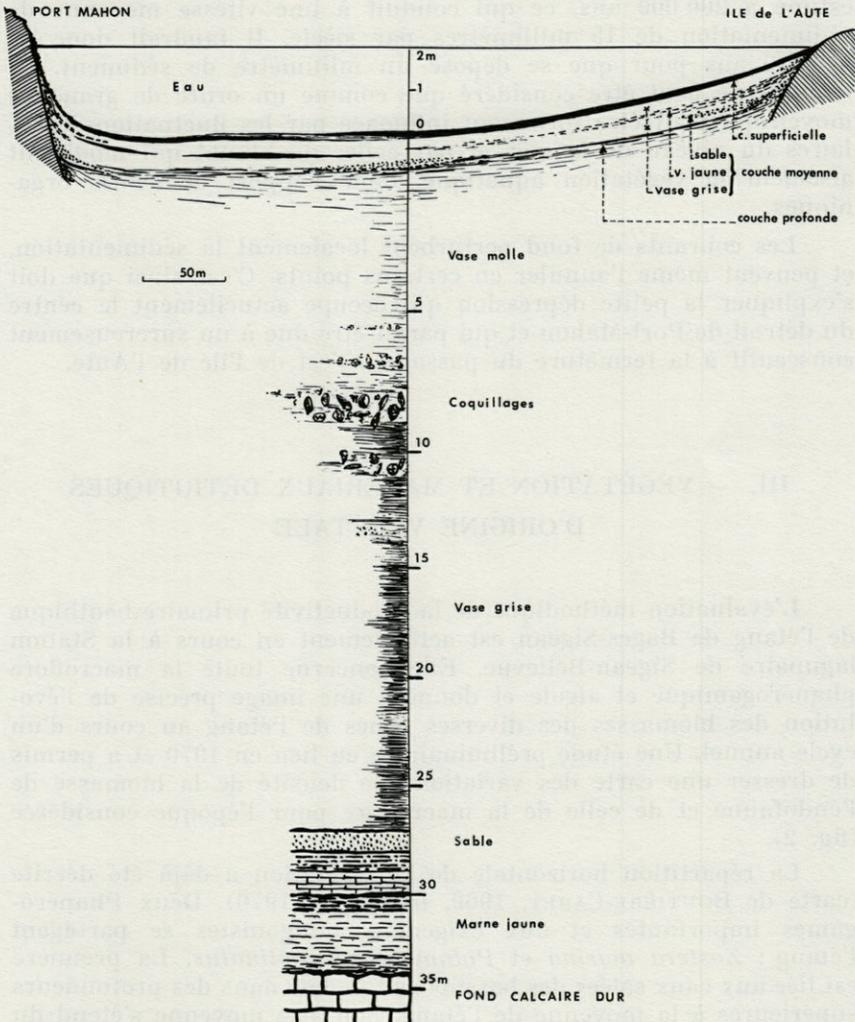


FIG. 1. — Coupe très schématique du détroit de Port-Mahon.

lui succèdent. Le fond de calcaire dur est atteint vers 34 mètres (fig. 1).

D'après les travaux de BERRIÈRE sur les témoins du rivage Thyrrénien de la région de Bages-Sigean, le détroit de Port-Mahon ne faisait pas partie du domaine lagunaire à cette époque. Les dépôts de vase de ce détroit seraient donc postérieurs. Dans cette hypothèse, l'âge des couches de vase les plus profondes peut être estimé à 200 000 ans, ce qui conduit à une vitesse moyenne de sédimentation de 15 millimètres par siècle. Il faudrait donc de 5 à 10 ans pour que se dépose un millimètre de sédiment. Ce résultat ne peut être considéré que comme un ordre de grandeur moyen qui peut être fortement influencé par les fluctuations séculaires du niveau de la mer et par celles du climat qui modifient aisément la végétation aquatique, donc l'apport de débris organiques.

Les courants de fond perturbent localement la sédimentation, et peuvent même l'annuler en certains points. C'est ainsi que doit s'expliquer la petite dépression qui occupe actuellement le centre du détroit de Port-Mahon et qui paraît être due à un surcreusement consécutif à la fermeture du passage à l'est de l'île de l'Aute.

III. — VÉGÉTATION ET MATÉRIAUX DÉTRITIQUES D'ORIGINE VÉGÉTALE

L'évaluation méthodique de la productivité primaire benthique de l'étang de Bages-Sigean est actuellement en cours à la Station lagunaire de Sigean-Bellevue. Elle concerne toute la macroflore phanérogamique et algale et donnera une image précise de l'évolution des biomasses des diverses zones de l'étang au cours d'un cycle annuel. Une étude préliminaire a eu lieu en 1970 et a permis de dresser une carte des variations de densité de la biomasse de l'endofaune et de celle de la macroflore pour l'époque considérée (fig. 2).

La répartition horizontale de la végétation a déjà été décrite (carte de BOUTIÈRE-CAHET, 1969, *in* CAHET, 1970). Deux Phanérogames importantes et aux exigences antagonistes se partagent l'étang : *Zostera marina* et *Potamogeton pectinatus*. La première est liée aux eaux salées des bassins sud, même dans des profondeurs supérieures à la moyenne de l'étang. Son aire moyenne s'étend du Grau de la Nouvelle jusqu'à l'îlot du Soulier et au Sud de l'île de La Planasse.

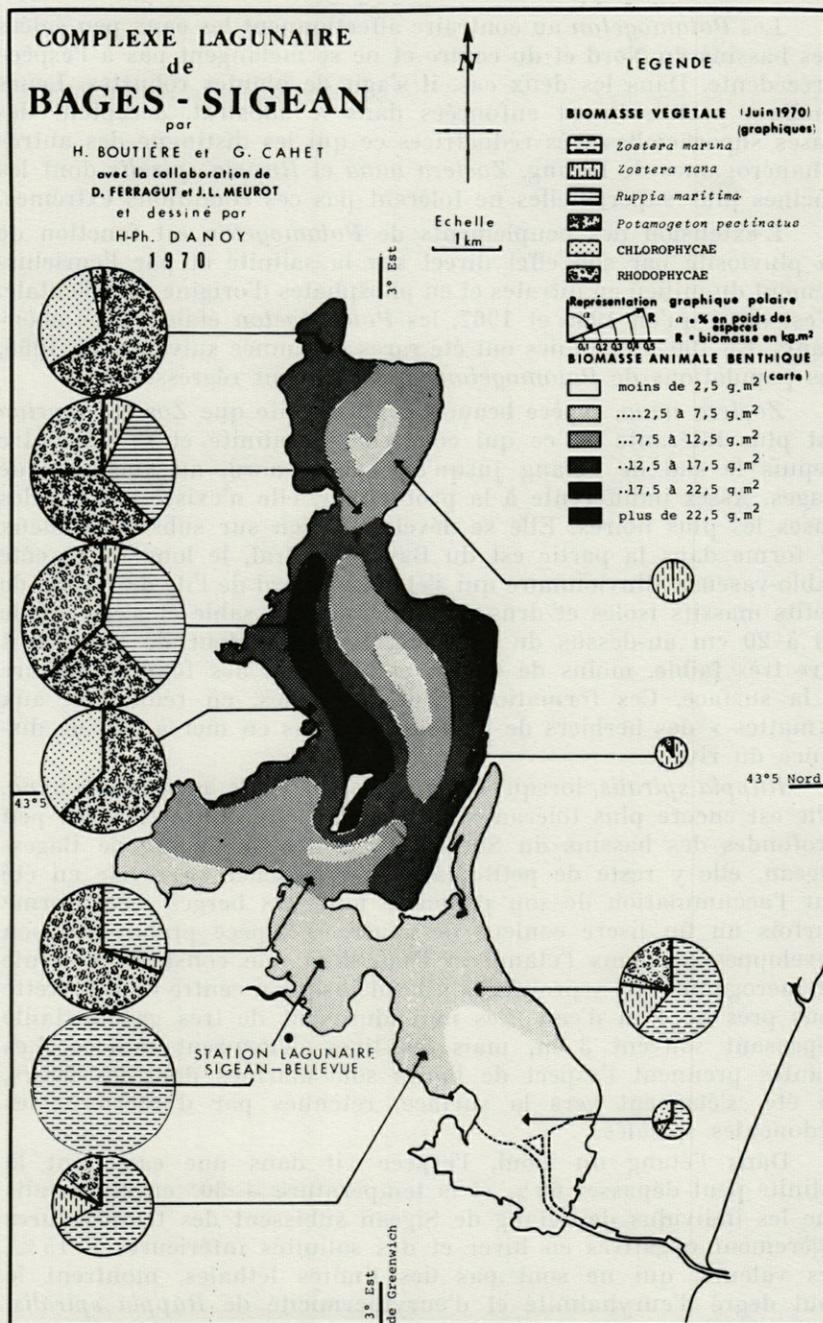


Fig. 2. — Distribution des biomasses benthiques au mois de juin 1970.

Les *Potamogeton* au contraire affectionnent les eaux peu salées des bassins du Nord et du centre et ne se mélangent pas à l'espèce précédente. Dans les deux cas, il s'agit de plantes robustes. Leurs racines, profondément enfoncées dans le substrat, acceptent des vases superficielles très réductrices ce qui les distingue des autres Phanérogames de l'étang, *Zostera nana* et *Ruppia spiralis* dont les racines plus superficielles ne tolèrent pas ces conditions extrêmes.

L'extension des peuplements de *Potamogeton* est fonction de la pluviosité par son effet direct sur la salinité et par l'enrichissement du milieu en nitrates et en phosphates d'origine continentale. C'est ainsi qu'en 1966 et 1967, les *Potamogeton* étaient très abondants. En 1967, les pluies ont été rares et l'année suivante, en 1968, les populations de *Potamogeton* ont fortement régressé.

Zostera nana, espèce beaucoup plus petite que *Zostera marina* est plus tolérante en ce qui concerne la salinité et se rencontre depuis le sud de l'étang jusqu'au bassin nord, au voisinage de Bages. Assez indifférente à la profondeur, elle n'existe pas sur les vases les plus noires. Elle se développe bien sur substrat sableux et forme dans la partie est du Bassin central, le long de la côte sablo-vaseuse alluvionnaire qui s'étend au nord de l'île de l'Aute, de petits massifs isolés et drus qui retiennent le sable et s'élèvent de 10 à 20 cm au-dessus du fond nu. La profondeur de l'eau peut être très faible, moins de 40 cm et la pointe des feuilles affleure à la surface. Ces formations sont analogues, en réduction, aux « mattes » des herbiers de *Posidonia* établis en mer à peu de distance du rivage.

Ruppia spiralis, lorsqu'elle est de petite taille, rappelle *Z. nana*. Elle est encore plus tolérante qu'elle. Présente dans les zones peu profondes des bassins du Sud et du centre de l'étang de Bages-Sigean, elle y reste de petite taille. Sa présence se révèle en été par l'accumulation de son pollen le long des berges où il forme parfois un fin liseré couleur de soufre. L'espèce prend tout son développement dans l'étang du Doul dont elle constitue la seule Phanérogame. Elle y prolifère du bord jusqu'au centre de la cuvette sous près de 4 m d'eau. Les individus sont de très grande taille dépassant souvent 3 m, mais les tiges demeurent minces. Les plantes prennent l'aspect de lianes sous-marines dont les fleurs, en été, s'élancent vers la surface, retenues par d'interminables pédoncules spiralés.

Dans l'étang du Doul, l'espèce vit dans une eau dont la salinité peut dépasser 60 ‰ et la température + 30° en été, tandis que les individus de l'étang de Sigean subissent des températures légèrement négatives en hiver et des salinités inférieures à 15 ‰. Ces valeurs, qui ne sont pas des limites léthales, montrent le haut degré d'euryhalinité et d'eurythermicité de *Ruppia spiralis*.

A ces Phanérogames se joignent des algues Chlorophycées qui colonisent les eaux peu profondes, riches en azote organique, très éclairées et pouvant être très chaudes : *Ulva lactuca*, *Enteromorpha* sp. (surtout *E. linza* et *E. intestinalis*), *Chaetomorpha aerea* et *Ch. lineum*, et dans certaines zones limitées, en particulier l'étang du Doul, *Cladophora prolifera*. Les fonds sur lesquels elles sont installées sont vaseux et extrêmement noirs. Des Rhodophycées se rencontrent dans les eaux les plus profondes (*Chondria*, *Gracilaria*).

Une grande partie de cette masse végétale meurt chaque année : parties feuillues des Phanérogames qui se détachent à la mauvaise saison, algues séparées de leur support et devenant épaves rejetées au rivage ; elles constituent alors un matériau détritique dont le rôle est considérable dans l'évolution de la morphologie des rivages. Une estimation de cette masse a pu être faite en 1970 à partir de l'évaluation des surfaces occupées par chacune des grandes espèces et des densités mesurées en divers points. La masse de matière fournie par *Zostera marina* serait de l'ordre de 1 200 tonnes et celle produite par le genre *Potamogeton* serait également d'environ 1 200 tonnes. En tenant compte de *Zostera nana* et de *Ruppia spiralis*, la production totale des Phanérogames de l'étang a été en 1970 supérieure à 2 500 tonnes. La longueur totale des berges de l'ensemble des étangs de Bages-Sigean, sans l'étang du Doul, est d'environ 50 km. Si les dépôts de débris organiques provenant des Phanérogames aquatiques étaient uniformément répartis, leur masse serait de 50 kg par mètre linéaire de rivage, ce qui correspondrait à un cordon continu de 25 cm de largeur sur 20 cm d'épaisseur. Cet ordre de grandeur est tout à fait compatible avec les observations faites sur le terrain (1).

Le moteur qui mobilise cette masse végétale est le vent, soit par son action directe, soit surtout indirectement par la houle et les courants. Son action conditionne la topographie de l'étang et son évolution, d'autant plus étroitement que la plupart des bassins sont orientés dans la direction des vents dominants (N.W-S.E.) et que la seule communication actuelle de l'ensemble des étangs avec la mer se fait par le chenal de Port-la-Nouvelle, à l'extrême sud-est.

IV. — SIX ANNÉES DE MESURES MÉTÉOROLOGIQUES

Des données climatologiques concernant la région de Sigean ont été publiées par PETIT et MIZOULE (1962) puis par CAHET et LAGARDE

(1) Une étude complète de la flore, de la végétation et de la productivité primaire benthique de l'étang sera publiée ultérieurement par MERCIER, de la Station Lagunaire de Sigean-Bellevue (Laboratoire Arago).

(1965). Depuis 1966, les observations biquotidiennes du vent et des températures de l'air et de l'eau ont été poursuivies à Port-Mourrut (Baie de l'Olivier).

En 1970, un poste météorologique très complet, appartenant au Laboratoire Arago, a été créé à proximité de la Station lagunaire de Sigean-Bellevue. Il comporte notamment des enregistreurs continus de la vitesse et de la direction des vents et de la durée de l'insolation. Les observations trihoraires suivant les normes de la Météorologie Nationale Française sont assurées par un chercheur demeurant en permanence à la Station. Les données détaillées recueillies par ce nouveau poste feront l'objet d'une publication ultérieure.

Les moyennes climatologiques présentées ci-après se rapportent principalement aux mesures faites à Port-Mourrut, de 1966 à 1971 pour le compte du Laboratoire Arago (1). Pour la pluviométrie, il a été fait appel à des données extérieures.

Le tableau I indique la hauteur totale des précipitations pour sept années (1962-1966) recueillies à Narbonne, Gruissan, Port-la-Nouvelle et aux anciens Salins de Sigean, ainsi que l'évaporation totale annuelle mesurée à la même station. Ces deux dernières données ont été aimablement communiquées par la Direction des Salins de Sigean, avant la fermeture des installations.

La moyenne des pluies est de 385 mm à Port-la-Nouvelle à l'extrémité S.E. de l'étang, de 566 mm dans la région de Sigean,

TABLEAU I
*Précipitations et évaporations dans la région de Bages-Sigean,
1962-1968 (1) moyenne corrigée sur 7 ans*

Années	Narbonne pluie	Gruissan pluie	Port-la- Nouvelle pluie	Salin de Sigean		
				Pluie	Évaporation	Balance
1962	732	—	512	721	1530	- 809
1963	641	—	335	474	1421	- 947
1964	904	715	359	676	1381	- 705
1965	964	866	550	897	1365	- 468
1966	524	418	382	444	1506	- 1062
1967	343	257	213	286	1501	- 1215
1968	552	433	346	466	1215	- 466
Moyenne	666	555 (1)	385	566	1417	- 810

(1) L'auteur remercie, à ce propos, M. Marcel MOURRUT, propriétaire du petit port de la Baie de l'Olivier, pour l'appui qu'il a toujours apporté à la recherche scientifique sur l'étang.

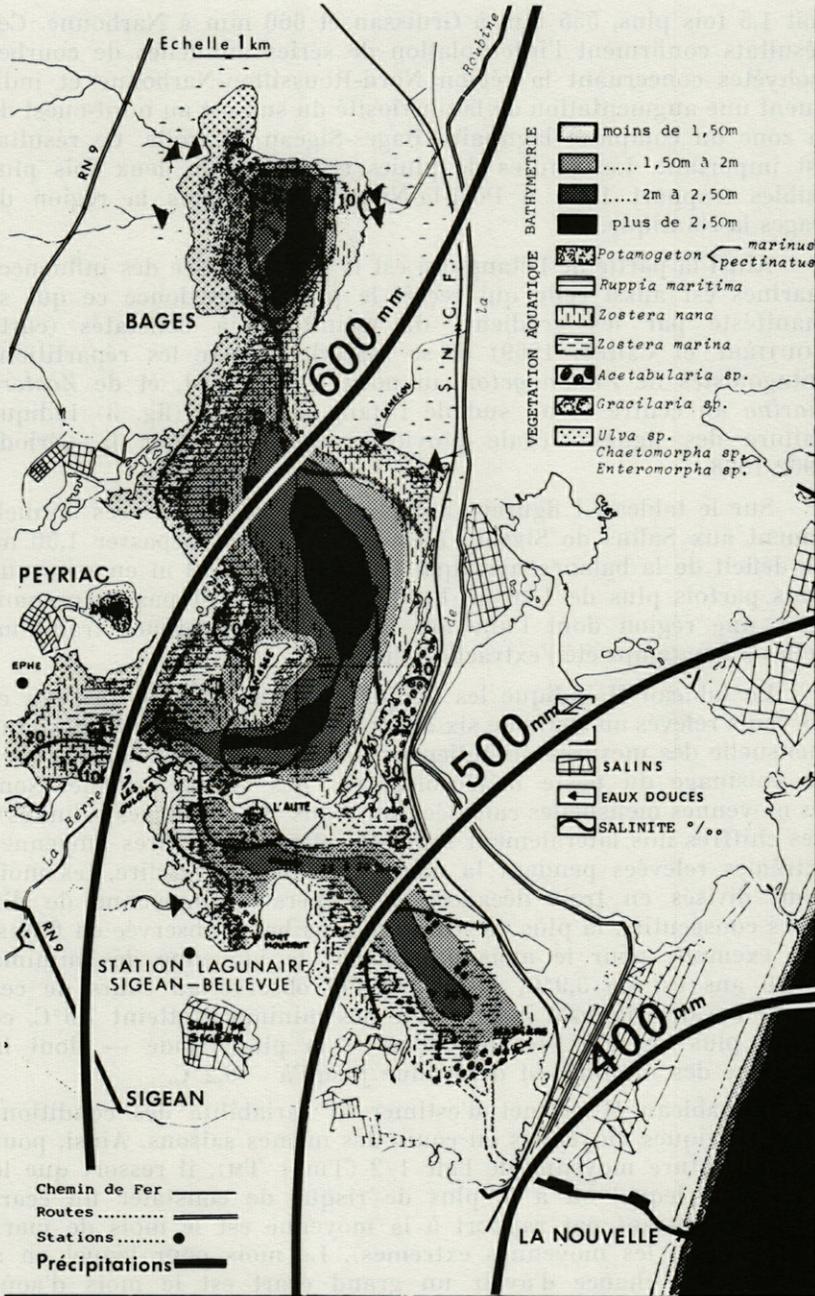


FIG. 3. — Pluviométrie moyenne 1962-1968 (les isohyètes sont tracées sur le fond de la carte hydrologique-végétation, BOUTIÈRE-CAHET, 1969).

soit 1,5 fois plus, 555 mm à Gruissan et 666 mm à Narbonne. Ces résultats confirment l'interpolation de séries annuelles de courbes isohyètes concernant la région Nord-Roussillon-Narbonne et indiquent une augmentation de la pluviosité du sud-est au nord-ouest de la zone du complexe lagunaire Bages-Sigean l'Ayrolle. Ce résultat est important. Les chutes de pluies sont près de deux fois plus faibles (rapport 1,73) à Port-la-Nouvelle que dans la région de Bages-la-Nautique.

Ainsi la partie de l'étang qui est la plus éloignée des influences marines est aussi celle qui reçoit le plus d'eau douce ce qui se manifeste par les gradients de salinité déjà constatés (carte BOUTIÈRE et CAHET, 1969) et se matérialise par les répartitions antagonistes de *Potamogeton* au nord et à l'ouest, et de *Zostera marina* au centre et au sud de l'étang. La carte (fig. 3) indique l'allure des lignes d'égalité pluviosité moyenne pour la période 1962-1968.

Sur le tableau I figurent les hauteurs d'eau évaporées annuellement aux Salins de Sigean. L'évaporation peut dépasser 1,50 m. Le déficit de la balance hydrique est très fort, 0,80 m en moyenne mais parfois plus de 1,20 m. Un tel résultat n'est pas surprenant dans une région dont l'une des activités économiques traditionnelles a longtemps été l'extraction du sel.

Le tableau II indique les températures de l'air et de l'eau et les vents relevés au cours de six années d'observations et la moyenne mensuelle des mesures quotidiennes de la salinité de l'eau prélevée au voisinage du poste météorologique. Les chiffres donnés sont les moyennes mensuelles calculées sur 6 ans (1 an pour les salinités). Les chiffres mis latéralement sont les valeurs décennales moyennes extrêmes relevées pendant la même période, c'est-à-dire, les mois étant divisés en trois décades, la température moyenne de dix jours consécutifs, la plus élevée ou la plus basse observée en 6 ans. Par exemple, pour le mois de janvier, la moyenne des minima sur 6 ans est de 3,9°C, mais il a été observé au cours de ces 6 ans une décade dont la moyenne des minima a atteint 7,8°C, ce fut la plus chaude ; et une autre — la plus froide — dont la moyenne des minima est descendue jusqu'à -0,2°C.

Le tableau II permet d'estimer la variabilité des conditions climatologiques moyennes au cours des mêmes saisons. Ainsi, pour la température moyenne de l'air $1/2 (T_m + T_m)$, il ressort que le mois pour lequel on a le plus de risque de constater un écart moyen important par rapport à la moyenne est le mois de mars (10,5°C entre les moyennes extrêmes). Le mois pour lequel on a le moins de chance d'avoir un grand écart est le mois d'août (4,3° C entre les moyennes extrêmes).

TABLEAU II

Climatologie et hydrologie du poste de Port-Mourrut. Moyennes mensuelles et moyennes décadaires extrêmes des températures quotidiennes et fréquence moyenne des vents sur six années (1966-1971). Moyennes des salinités quotidiennes pour l'année 1966

MOIS 1966 à 1971	TEMPERATURE de L'AIR						EAU		VENTS						
	minima			maxima			température		salinité	fréquences					
	Max	\bar{T}_m	\bar{min}	Max	\bar{T}_M	\bar{min}	Max	\bar{T}_e	$S^{\text{‰}}$ (1966)	NW	S-SE				
JANV.	7,8	3,9	-0,2	12,5	9,9	3,2	9,7	6,9	2,6	8,0	4,8	+0,2	11,1	17	4
FEVR.	8,6	4,7	-1,0	17,6	11,8	5,6	12,6	8,3	2,3	9,0	5,7	+0,3	12,3	16	4
MARS	9,9	5,2	-1,4	17,5	12,6	6,1	12,9	8,9	2,4	8,5	5,6	+0,7	11,5	20	3
AVR.	11,3	8,5	3,5	20,7	17,3	11,9	15,5	12,9	7,7	14,7	8,5	4,8	17,1	15	5
MAI	15,3	11,4	9,4	25,9	20,6	16,4	19,6	16,0	13,1	16,7	12,8	9,1	17,6	17	5
JUIN	17,0	14,4	9,3	26,3	24,1	19,3	21,7	19,3	14,3	18,2	15,9	10,4	24,2	18	3
JUIL.	20,8	17,1	14,3	30,8	27,2	20,6	25,8	22,2	20,5	25,8	19,3	16,0	26,6	17	2
AOÛT	21,3	17,1	12,6	28,9	26,5	20,6	24,9	21,8	20,6	23,5	19,6	16,1	29,4	17	3
SEPT.	18,5	14,9	11,0	28,6	24,0	20,1	22,4	19,4	17,8	20,7	16,9	13,8	27,9	12	3
OCT.	15,6	12,3	7,4	24,0	20,5	15,6	19,2	16,4	11,5	16,7	13,8	9,5	17,1	10	5
NOV.	10,5	6,9	3,4	19,8	14,0	8,6	14,8	10,5	6,5	11,6	8,4	3,9	18,4	14	4
DEC.	7,8	4,1	-1,9	13,7	9,6	+3,1	10,0	6,9	+0,6	8,7	4,8	-0,5	9,9	19	1
Moyenne		10,05		18,20			14,12			11,34			18,6	-	-
Total		-		-			-			-			-	192	42

La température moyenne de l'eau est susceptible de varier beaucoup tout au long de l'année (6,9° à 9,9° selon les mois). Quant à la salinité mesurée chaque jour à la même heure au même point, ses variations sont extrêmes — ce qui apparaît dans le graphique fig. 6. En fait, elles résultent de déplacements de nappes d'eau de salinité et de température différentes qui glissent les unes sur les autres et qui par rapport à un point fixe se remplacent au gré des vents et des courants. C'est ainsi qu'en septembre 1965, par temps calme, entre l'île de l'Aute et la pointe des Oulous il a été repéré une nappe superficielle froide de faible épaisseur (température 18,0 °C, salinité 21,1 ‰, épaisseur 0,30 m) qui surmontait une nappe profonde plus chaude et plus salée (20,4°C à —1 m, 27,8 ‰). Cette inversion thermique était stable comme le montre le calcul des σ_t : 15,44 en surface et 19,21 à —1 m.

Des données concernant la distribution des salinités à la surface de l'étang ont été déjà publiées (CAHET, FIALA, LAGARDE). D'autre part, des mesures bimensuelles de salinité en un point fixe au milieu du détroit de Bages, sont poursuivies depuis sept ans par MIZOULE.

La conclusion que l'on peut tirer, et qui apparaît sur les isohalines de la carte bathymétrie-végétation (fond de la carte fig. 3) est l'existence d'un fort gradient de salinité entre le nord de l'étang, toujours dessalé, et le sud, beaucoup plus salé.

V. — LES VENTS ET LA DYNAMIQUE DE L'ÉTANG

Les vents dominants sont d'abord ceux de secteur nord-ouest et en second lieu ceux du secteur sud-sud-est, comme dans tout le Languedoc. Les vents de secteur N.W. soufflent avec le maximum de fréquence en mars et avec le minimum de fréquence en octobre. Dans l'ensemble, septembre et octobre sont les mois les moins ventés.

Rappelons que les premiers, qui correspondent approximativement à la Tramontane catalane, sont des vents anticycloniques dus à la coexistence d'un minimum barométrique sur le Golfe de Gênes et d'une dorsale anticyclonique sur la France. Suivant la masse d'air nordique qui l'alimente — qui peut être de l'air polaire maritime frais ou froid ou bien de l'air arctique très froid — le vent peut être plus ou moins froid. Il est généralement sec mais parfois humide et même accompagné de pluie. La pression barométrique n'est jamais très basse. Elle peut même être en hausse au moment de l'établissement du vent.

Les vents de secteur sud-sud-est sont des vents cycloniques, généralement produits par des dépressions en voie de creusement sur l'Espagne

et les Baléares associées à un anticyclone sur l'Europe Centrale. La pression atmosphérique est toujours faible et l'humidité forte. Ces vents s'accompagnent habituellement de fortes précipitations provoquées par l'advection de l'air chaud venu de la Méditerranée. Ils provoquent (en mer) une forte houle de secteur est qui contrarie l'écoulement des eaux continentales.

Ces deux types de vents dominants contrôlent complètement la cinématique des eaux du complexe de Bages-Sigean, d'autant plus que l'ensemble des bassins du sud et du centre est orienté approximativement dans l'axe des vents dominants et que la seule communication avec la mer est située à l'extrême sud-est, à Port-la-Nouvelle.

Les configurations météorologiques qui leur donnent naissance sont responsables des variations de niveau de l'eau dans les étangs et de la mer au voisinage de la côte, d'abord par effet statique de la pression atmosphérique locale qui déforme plus ou moins la surface géométrique de la mer, une forte pression atmosphérique s'accompagnant d'une baisse appréciable de niveau. Ces variations verticales se traduisent nécessairement par des déplacements horizontaux des eaux des bassins lagunaires. D'autre part, les vents ont un effet d'entraînement dynamique des eaux de surface qui croît rapidement avec leur force et avec la distance sur laquelle ils peuvent agir .

Régime de secteur nord-ouest.

Ainsi par régime de N.W., la pression atmosphérique étant moyenne ou forte et l'humidité faible, le niveau moyen du plan d'eau baisse dans son ensemble (effet statique de la pression) mais il baisse surtout sur les côtes N.W. des bassins et peu ou pas sur les côtes opposées. Le plan de l'étang cesse alors d'être horizontal et les rives N.W. se découvrent beaucoup plus que les autres. La masse totale de l'eau dans l'étang diminue par écoulement vers la mer et accessoirement par l'effet de l'intense évaporation provoquée par la relative sécheresse de l'air et son rapide renouvellement. Les portions découvertes des rives N.W. se dessèchent rapidement et arrivent à se craqueler avant que ne se renverse le régime du vent.

L'eau est fortement brassée dans toute sa masse par une houle courte et très dure pouvant approcher 1 mètre de creux. La turbidité est alors très forte et l'éclairement au fond très diminué ; ce dernier effet étant partiellement compensé par une insolation souvent bonne par régime de N.W.

En surface s'établissent des courants portant en moyenne vers le sud-est et transportant sédiments et débris de toutes sortes et en particulier les restes des algues et des Phanérogames aquatiques dont il a été question précédemment. Cette matière végétale a tendance à flotter et vient s'échouer sur les rives sud-est des bassins, formant d'épais cordons sans cesse remaniés.

Les courants de surface sont compensés partiellement par des contre-courants de fond de sens à peu près opposés (fig. 4), plus réguliers chargés surtout de sédiments en suspension mais entraînant encore des débris végétaux notamment des touffes de Rhodophycées (*Gracilaria*, etc.). Les matières transportées se déposent progressivement au fur et à mesure que la célérité du contre-courant diminue c'est-à-dire à l'approche des rivages N.W. des bassins. Les éléments figurés subissent un tri mécanique et les dépôts sont d'autant plus riches en vases et pauvres en sables que l'on se rapproche plus de la berge N.W. Au contraire, dans les zones encore proches des rivages S.E., les contre-courants de fond sont encore très turbulents et irréguliers, ne permettent pas de dépôts et peuvent même provoquer une érosion locale.

Régime de secteur sud-est.

En régime de sud-est, les conditions sont à peu près inverses de celles qui viennent d'être décrites. La pression atmosphérique est faible, le niveau hydrostatique tend à s'élever. Le vent pousse les eaux de la mer contre le rivage maritime et les fait pénétrer dans le bassin sud par le chenal de la-Nouvelle. L'eau salée de la mer envahit la lagune. Cette hausse de salinité peut être compensée ou même remplacée par une dessalure par les pluies qui accompagnent le plus souvent ce type de vent. Cet apport d'eaux douces météoriques ou provenant des cours d'eau affluents ne pouvant s'écouler vers la mer, augmente d'autant l'élévation du niveau de l'étang. Les courants de surface portent vers le N.W. ; ils élèvent le niveau de l'eau sur ces rives plus que sur les bords opposés et ils y déposent des cordons de débris d'algues, de Phanérogames et coquilles flottées de *Cardium* ou d'Hydrobiidae parfois aussi des branches ou des arbres entiers chariés dans l'étang par les petits cours d'eau gonflés par les pluies, telle la Berre dans la baie de Peyriac.

Les contre-courants de compensation jouent un rôle à peu près symétrique de celui qui a été décrit pour les contre-courants de régime de N.W. Ils tendent à éroder la moitié des bassins proches des rives N.W. et à provoquer une sédimentation graduée de l'autre moitié des bassins.

Les conditions météorologiques de régime de N.W. étant quatre à cinq fois plus fréquentes que celles de régime de secteur S.-S.E. (tableau II), le bilan annuel de leurs actions n'est pas nul. Il se traduit principalement par la forme dissymétrique de la topographie du fond des bassins (carte bathymétrique et botanique BOUTIÈRE et CAHET, 1969, *in* CAHET, 1971), et par la dissymétrie de la répartition des diverses fractions sédimentaires (carte géolo-

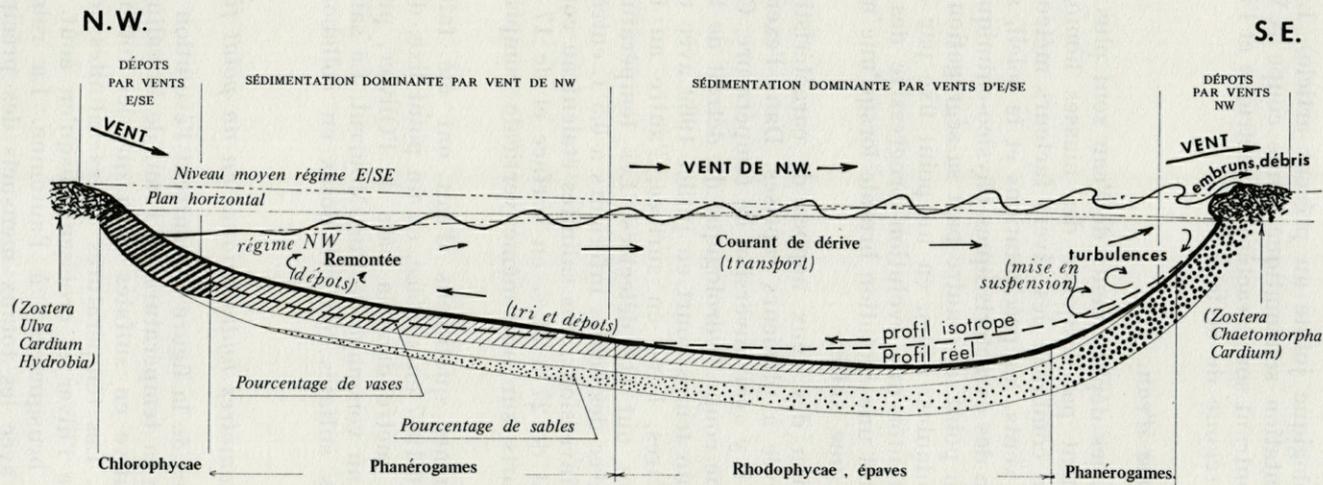


FIG. 4. — Etang de Bages-Sigean. Cinématique des dépôts en régime de NW.

gique et sédimentologique jointe au présent article). La figure 4 donne une représentation schématique d'une coupe N.W.-S.E. du bassin principal montrant son caractère asymétrique et l'inclinaison du plan d'eau en régime de secteur N.W.

Évolution des masses d'eau.

Dans le détail, les déplacements de l'eau sont plus complexes car ils ne concernent pas toujours des masses homogènes. Les résultats de l'action combinée des divers facteurs météorologiques, principalement les vents, les précipitations et le soleil, sont, d'une part la modification des caractéristiques physico-chimiques de l'eau baignant un certain point, et d'autre part sa ségrégation éventuelle en masses indépendantes. Ainsi, en un point fixe par rapport au fond, on observe tantôt une évolution progressive des caractères hydrologiques, tantôt une évolution brutale lorsqu'une masse d'eau est remplacée par une autre.

La superposition des deux nappes de caractéristiques différentes a été observée à plusieurs reprises. Dans l'exemple qui a été cité plus haut, il y avait inversion de température. Ce n'est pas toujours le cas. Une coupe hydrologique du détroit de Port-Mahon a été exécutée en un temps court en juillet 1969 avec une mesure tous les vingt mètres, l'une en surface, l'autre au fond. Deux nappes superposées ont été détectées. Les températures étaient assez homogènes avec des écarts inférieurs à $0,5^{\circ}\text{C}$ entre la surface et le fond et sans inversions. Les salinités étaient au contraire très différentes, variant de 27 à 32 ‰ en surface et de 17 à 19 ‰ au fond avec des écarts sur une même verticale compris entre 11 et 14 ‰.

Des prélèvements quotidiens d'eau ont été faits pendant treize mois en 1966-1967 en surface, en un point fixe, dit ES 1 sur fonds d'environ 1 mètre dans la baie de l'Olivier, proche de la station lagunaire, au voisinage de Port-Mourrut. La salinité totale, les nitrates et les sulfates ont été dosés en collaboration avec G. CAHET.

Évolution des paramètres hydrologiques en un point fixe.

Les graphiques de la figure 5 montrent l'évolution des moyennes mensuelles de la température de l'eau, de la salinité et de la concentration relative en sulfates ainsi que les totaux mensuels des précipitations. Les températures et les salinités sont les plus basses à la fin de l'hiver et croissent jusqu'en août. La salinité moyenne décroît brusquement à l'automne. La relation de la salinité moyenne avec les totaux mensuels des précipitations est

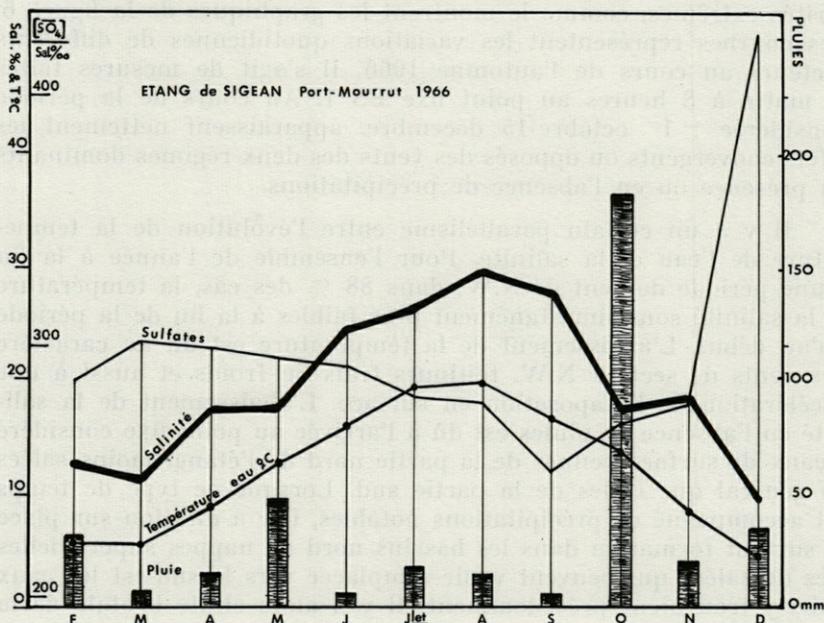


FIG. 5. — Variations mensuelles de la température, de la salinité, de la concentration en sulfates et de la pluviosité au cours de l'année 1966.

évidente à cette échelle. Les sulfates présentent une évolution à peu près inverse, le taux minimum s'observant en septembre et étant suivi d'une forte remontée au début de l'hiver. Les sulfates proviennent de processus d'oxydations chimiques et biologiques, lessivage du sol par les pluies et également des apports par l'eau de la mer. Toutefois, leur concentration relative dans la mer (0,08 environ) est très inférieure à celles mesurées dans l'étang. Les entrées massives d'eau de mer se traduisent par une baisse de la concentration relative en sulfates de l'étang. Les pluies tendent, au contraire, à l'élever mais, semble-t-il avec un certain temps de retard. C'est ainsi que les intenses précipitations d'octobre 1966 ont été suivies d'un fort enrichissement des eaux en sulfates, mais en décembre seulement. A ces causes de variations d'origine physique se superposent des variations d'origine biochimique qui ont fait l'objet de nombreuses études par CAHET au niveau des sédiments.

L'évolution de la moyenne mensuelle des paramètres hydrologiques est relativement régulière au cours de l'année. Il n'en est pas de même des valeurs instantanées qui présentent des irréguli-

larités extrêmes, comme le montrent les graphiques de la figure 6. Ces courbes représentent les variations quotidiennes de différents facteurs au cours de l'automne 1966. Il s'agit de mesures faites le matin à 8 heures au point fixe ES 1. Au cours de la période considérée : 1^{er} octobre-15 décembre, apparaissent nettement les effets convergents ou opposés des vents des deux régimes dominants en présence ou en l'absence de précipitations.

Il y a un certain parallélisme entre l'évolution de la température de l'eau et la salinité. Pour l'ensemble de l'année à la fin d'une période de vent de N.W, dans 88 % des cas, la température et la salinité sont simultanément plus faibles à la fin de la période qu'au début. L'abaissement de la température est dû au caractère des vents de secteur N.W. toujours frais ou froids et aussi à une accélération de l'évaporation en surface. L'abaissement de la salinité en l'absence de pluies est dû à l'arrivée au point fixe considéré d'eaux de surface venues de la partie nord de l'étang, moins salées en général que celles de la partie sud. Lorsque ce type de temps est accompagné de précipitations notables, il y a dilution sur place et surtout formation dans les bassins nord de nappes superficielles très dessalées qui peuvent venir remplacer vers le sud-est les eaux qui s'y trouvaient précédemment. Il y a alors chute brutale de la salinité. C'est ce qui s'est passé, par exemple, entre le 10 et le 13 octobre 1966 (graphique, fig. 6) ou encore entre le 2 et le 7 décembre de la même année.

Les vents de secteur sud ou S.E. accompagnant de basses pressions barométriques tendent à faire pénétrer l'eau maritime dans l'étang, ce qui se traduit, en un point fixe tel que le point ES 1 où ont été faites les mesures, par une hausse rapide de la salinité, et au moins en hiver par une hausse de la température. Le phénomène apparaît nettement sur les graphiques entre le 3 et le 4 octobre 1966, entre le 13 et le 15 du même mois et entre le 4 et le 8 novembre. Les pluies, qui peuvent être abondantes par ce type de temps, s'opposent à ce processus de pénétration et d'autre part diluent plus ou moins la nappe salée sur place, d'où une baisse parfois très rapide de la salinité de l'eau baignant un point fixe (5 octobre 1966, 8 et 9 novembre).

Les sels minéraux nutritifs qui commandent la production primaire subissent des variations de concentration considérables qui sont liées aux mêmes facteurs météorologiques. La figure 5 montrait une variation de la teneur moyenne en sulfates à peu près inverse de celle de la salinité. La figure 6 indique les variations quotidiennes de la teneur relative en nitrates. Une forte hausse de salinité s'accompagne habituellement d'une baisse simultanée de la teneur en nitrates (4 et 8 novembre 1966, 11 et 12 décembre) par

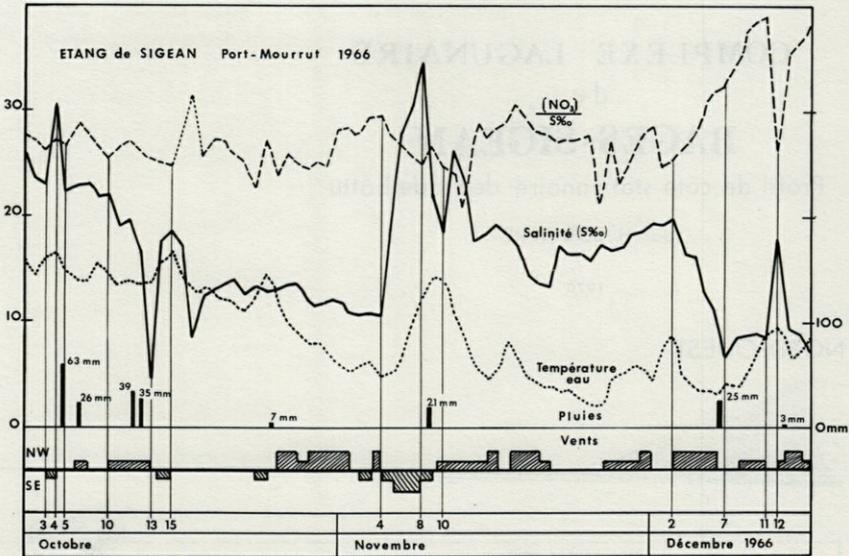


FIG. 6. — Variations quotidiennes de certains facteurs hydrologiques et météorologiques au cours de l'automne 1966.

dilution par des eaux maritimes plus pauvres. Il y a également relation entre les précipitations et l'enrichissement en nitrates mais la hausse de la concentration relative se fait avec un temps de retard, probablement le temps qui est nécessaire au cheminement jusqu'au point considéré (ES 1) des nitrates d'origine continentale dissous par les eaux météoriques. Ce sont les eaux de pluie qui apportent au bassin lagunaire les sels minéraux indispensables aux organismes photosynthétiques et non les eaux maritimes.

La conclusion que l'on peut tirer de l'étude hydrologique d'un point fixe de l'étang au cours d'une longue période est l'extrême variabilité de tous les paramètres du milieu et leur subordination étroite aux phénomènes météorologiques due à la très faible inertie mécanique, thermique et chimique du domaine lagunaire.

VI. — ÉVOLUTION DES RIVAGES

Les actions antagonistes mais non équilibrées des régimes météorologiques opposés des vents principaux se traduisent par une dissymétrie encore plus visible des rives de l'étang qui peuvent

COMPLEXE LAGUNAIRE de BAGES-SIGEAN

Profil de côte stationnaire de mode battu

par H. BOUTIÈRE

1970

NORD-OUEST

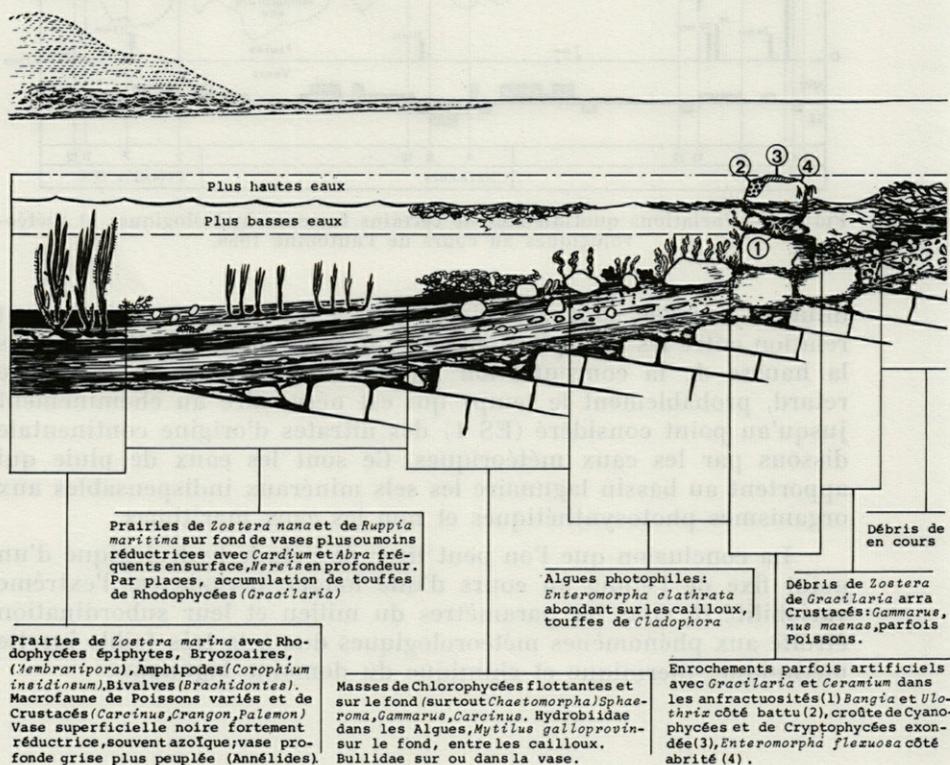
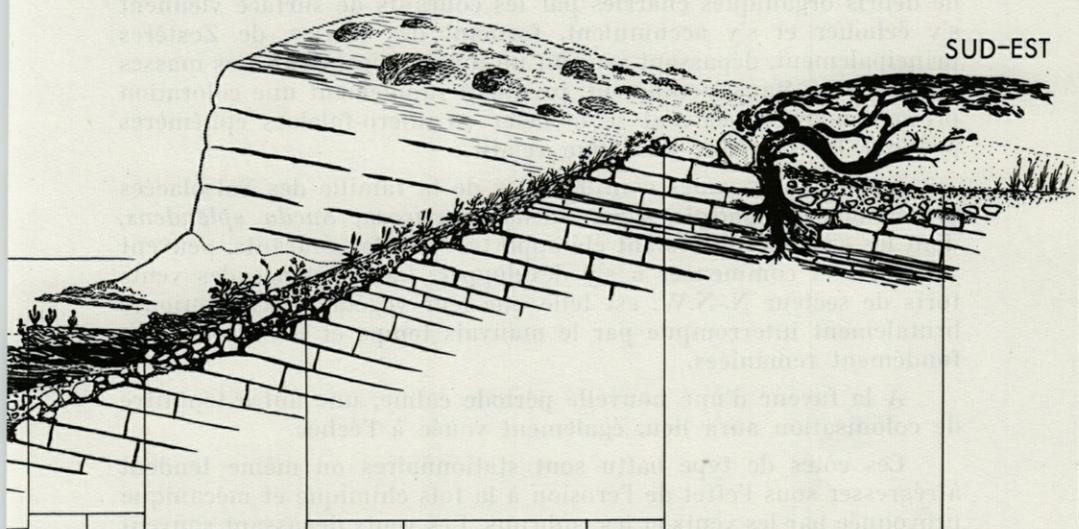


PLANCHE I



SUD-EST

Microfalaises dans
laisses de *Zostera*
récentes. Colonisa-
tion temporaire par
Salsola soda, *Sueda*
maritima, *Sueda splen-*
dens. Gîtes d'*Orchae-*
tia, de *Talitre*.

Zostera et d'Algues
'accumulation.

Chaetomorpha
és. Nombreux
Idothea, *Carcin-*
adavres de

Premier plan: talus détritique
avec pelouse à *Plantago maritima*,
Artemisia maritima, divers géo-
phytes. Plus haut, *Brachypodium*
ramosum, *Rubia peregrina*, etc...

Arrière plan: falaises calcaires nues
couronnées de landes clairsemées
avec touffes compactes de *Rosmarinus*
officinalis, *Phillyrea variabilis*,
Genista scorpius, *Pistacia lentiscus*,
strictement modelées par les vents
dominants.

Garrigue à faciès
variable, pelouses
de Graminées,
parfois cultures.

Microfalaise plus ancienne
consolidée par apports ter-
rigènes, fortement soumise
aux embruns. Par places,
Obione portulacoides, *Statice*
limonium, *Inula orithmoides*.

Pinus pinaster couchés par le vent.
Feuillage persistant et serré formant
voûte opaque à la lumière. Litière
d'aiguilles de pin, milieu abrité et
obscur. Brusque augmentation de la
turbulence de l'air en arrière des Pins.

se classer en deux types morphologiques et dynamiques principaux : les côtes stationnaires de mode battu (planche n° I) sont celles qui reçoivent de front les vents et la houle de secteur nord et nord-ouest. Elles sont donc battues pendant la majeure partie de l'année et soumises à une intense érosion éolienne. Elles se présentent souvent sous l'aspect de petites falaises de calcaire Oligocène telles que celles de la baie de l'Olivier. D'importantes quantités de débris organiques charriés par les courants de surface viennent s'y échouer et s'y accumulent, formant des laisses, de *Zostères* principalement, dépassant souvent un mètre d'épaisseur. Ces masses de débris végétaux s'entassent, prennent rapidement une coloration presque noire et peuvent se modeler en micro-falaises éphémères pendant les périodes de calme relatif.

Des Phanérogames continentales de la famille des Salsolacées principalement *Salsola soda*, *Sueda fruticosa*, *Sueda splendens*, dont les graines flottées ont été apportées par les courants, peuvent y germer et commencer à s'y développer. La fréquence des vents forts de secteur N.-N.W. est telle que leur végétation est toujours brutalement interrompue par le mauvais temps et les laisses profondément remaniées.

A la faveur d'une nouvelle période calme, une autre tentative de colonisation aura lieu, également vouée à l'échec.

Ces côtes de type battu sont stationnaires ou même tendent à régresser sous l'effet de l'érosion à la fois chimique et mécanique provoquée par les vents et les embruns. Les vents dépassant souvent 100 km/h et parfois accélérés localement par le profil du sol, projettent des débris divers, des touffes d'*Ulva*, des paquets de feuilles de *Zostera* à des dizaines, voire des centaines de mètres du bord de l'eau et à un niveau bien supérieur. Ces sédiments éoliens se retrouvent plaqués contre la végétation xérophile de la garrigue proche ou littéralement encastrés dans les anfractuosités des blocs de calcaire tendre dont la surface a pu être amollie par la pluie. L'auteur a déjà signalé des débris de *Ruppia* ainsi découverts en 1967 sur les pentes du bord sud de la cuvette de l'étang du Doul entre 28 et 34 m au-dessus du plan d'eau.

Naturellement, la végétation arborescente et arbustive de la garrigue présente le faciès classique du modelé éolien avec des touffes parfaitement sculptées par le vent avec la trace des moindres obstacles du voisinage altérant l'écoulement laminaire de l'air. Ces touffes sont souvent formées par plusieurs individus d'espèces différentes étroitement imbriqués. On y rencontre par exemple, *Phillyrea variabilis*, *Rosmarinus officinalis* et *Pistacia lentiscus* ou bien *Genista scorpius*.

Les côtes de conquête continentales sont, au contraire, celles qui sont battues par les vents de secteur S.-S.E. Elles constituent les bords occidentaux des bassins lagunaires (planche II).

L'action des vents dominants de secteur N.W. est faible sur ces rives. Ils sont freinés par la végétation continentale et par le relief et tendent seulement à chasser l'eau vers le large sans provoquer de houle sur le bord (Fetch nul) tandis que les contre-courants de fond (fig. 4) déposent à l'approche de ces berges les fractions les plus fines en suspension. Les sédiments sont donc très vaseux et souvent très noirs sur les rives occidentales. La pente du fond est très faible.

Quelques débris plus importants échoués à quelques dizaines de mètres du rivage suffisent à arrêter les restes d'algues et de Phanérogames poussés par les vents et les courants de surface de régime S.-S.E. Ainsi se forment des îlots détritiques organiques que les vents inverses ne sont pas capables de disperser. Les Salsolacées évoquées plus haut peuvent les coloniser, et la fréquence des vents forts de S.-S.E. étant bien moindre que celle des vents de N.W., il arrive parfois que la colonisation persiste assez longtemps pour être consolidée par l'apport de nouveaux matériaux. Un micro-cordon se constitue alors parallèlement au rivage (planche II).

Les premières Salsolacées sont remplacées par *Salicornia fruticosa* et ses compagnes : *Atriplex hastatus*, *Obione portulacoides*, etc. La consolidation se poursuit. De nouveaux débris de Zostères, des coquilles de bivalves (*Cardium*, *Abra*, *Brachidontes...*) et de gastéropodes (Hydrobiidae) se déposent à l'extérieur, en lits alternés et parfois remarquablement triés. Les larges thalles des *Ulva* et des *Monostroma* s'échouent sur ces dépôts tout frais et par leur consistance mucilagineuse en augmentent la cohésion en liant les éléments entre eux d'une façon élastique mais efficace, empêchant leur dispersion immédiate par le ressac.

Entre le micro-cordon et le rivage, les mouvements de l'eau sont freinés, les dépôts éoliens terrigènes comblent peu à peu la micro-lagune qui s'est constituée tandis que le lessivage du domaine continental adjacent enrichit ses eaux en nitrates et phosphates. La très faible profondeur augmente la température en été et l'éclaircissement du fond, toutes conditions favorisant la prolifération des Chlorophycées (*Enteromorpha*, *Ulva*, *Monostroma*, *Chaetomorpha*) et de leur faune associée de *Gammarus*, *Sphaeroma* et *Hydrobia*.

Au fur et à mesure de l'évolution de la micro-lagune, des phases d'émergence apparaissent et deviennent de plus en plus fréquentes. Elles se produisent par effet dynamique en régime de N.W., et par effet statique lorsque les conditions météorologiques

COMPLEXE LAGUNAIRE de BAGES - SIGEAN

Profil de côte de conquête continentale

par

H. BOUTIÈRE

1970

NORD-OUEST

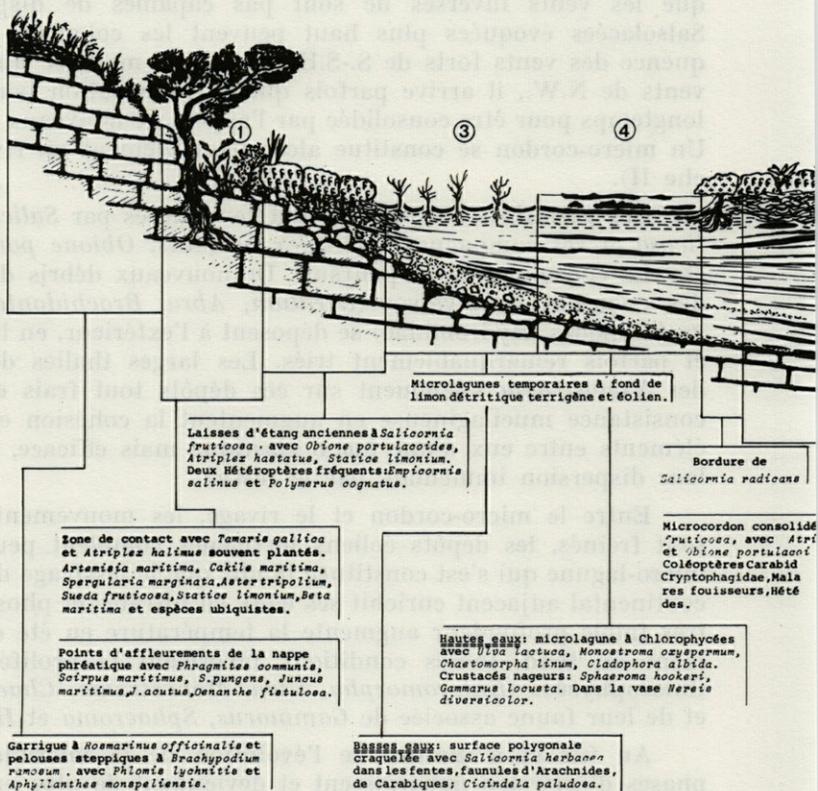
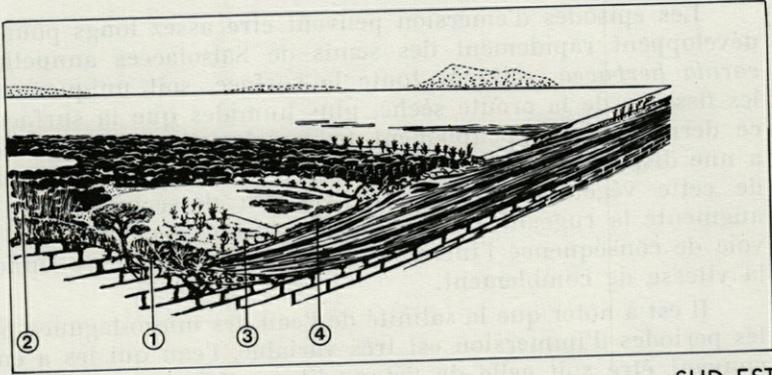
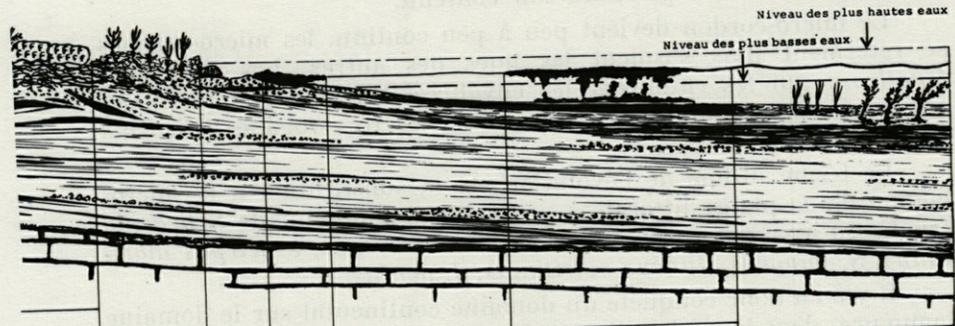


PLANCHE II



SUD-EST



à *Salicornia plex hastatus* des. Faunes de ae, Staphylinidae, Orthoptères, Achini-

Fond de vase parfois ferrugineuse. Coquilles de *Cardium*.

Masses d'Algues vivantes en surface et au fond: *Ulva*, *Monostroma*, *Enteromorpha*, *Chaetomorpha* avec nombreux Hy. drobiidae, Crustacés: *Gammarus*, *Sphaeroma*. Poissons: *Mugil*, *Gobius*. Vase superficielle noire très fortement réductrice.

Laisses d'étang récentes avec pionniers nitrophiles: *Salicornia suda*, *Suaeda maritima*, *Suaeda splendens*.

Cordon de Chlorophycées échouées. Graines flottées, *Gammarus locusta* abondant.

Laisses d'étang actuelles. Sédimentation alternée de débris de Zostéracées, d'Algues, de coquilles de *Cardium* et d'Hydrobiidae. Cites à *Orchoastrea gammarella mediterranea* et *Talitres exaltator*.

Prairies de *Zostera nana*, *Ruppia maritima* ou *Potamogeton pectinatus* avec Rhodophycées épiphytes, Bryozoaires: *Membranipora serrulata*, Bivalves: *Bradiodonta marioni*, Amphipodes: *Corophium insidiosum*. Macrofaune de Poissons et de Crustacés: *Carcinus maenas*, *Crangon*, *Palaemon*. Fond de vase plus ou moins réductrice.

sont de type anti-cyclonique stable. Le fond exondé peut même s'assécher et se craqueler lorsque l'insolation est intense ou que souffle un fort vent sec.

Les épisodes d'émersion peuvent être assez longs pour que se développent rapidement des semis de Salsolacées annuelles *Salicornia herbacea*, soit sur toute la surface, soit uniquement dans les fissures de la croûte sèche, plus humides que la surface. Dans ce dernier cas, le peuplement temporaire de *Salicornia herbacea* a une disposition caractéristique en réseau polygonal. La présence de cette végétation ou de ses vestiges desséchés mais dressés augmente la rugosité moyenne de la surface par vent fort et, par voie de conséquence l'intensité de la sédimentation éolienne, donc la vitesse de comblement.

Il est à noter que la salinité de l'eau des micro-lagunes pendant les périodes d'immersion est très variable, l'eau qui les a envahies pouvant être soit celle de l'étang libre voisin soit de l'eau douce de la nappe phréatique superficielle ou de ruissellement. Les venues d'eau douce continentales sont marquées par des peuplements de *Phragmites*, de *Juncus*, de *Scirpus*, etc. Inversement la micro-lagune peut devenir hyperhaline, ou même se couvrir d'une croûte de sel par évaporation sur place de son contenu.

Le micro-cordon devient peu à peu continu, les micro-lagunes se referment puis s'isolent les unes des autres. Les *Salicornia fruticosa* qui les entourent les envahissent peu à peu précédées sur les bords du micro-cordon par l'espèce très voisine *Salicornia radicans*.

Le terme ultime de l'évolution est la substitution à la micro-lagune d'une plaine littorale à peuplement dominant de *Salicornia fruticosa* avec des zones à *Phragmites communis*, à *Scirpus maritimus*, *S. pungens*, *Juncus maritimus*, *J. acutus*.

Il y a eu donc conquête du domaine continental sur le domaine lagunaire, d'où la désignation qui a été donnée à ce type de côte.

En avant du micro-cordon et bien avant le terme de l'évolution qui vient d'être décrite et qui prend plusieurs dizaines d'années, il se forme souvent une zone stable d'algues parallèle au rivage, qui préfigure un futur micro-cordon prélude à une nouvelle avancée du domaine continental. Cette zone d'algues favorise l'échouage de débris et d'épaves diverses, point de départ du futur micro-cordon. Elle surmonte toujours des fonds de vase très noire.

L'une des causes qui provoque l'accumulation ou la prolifération d'algues vertes parallèlement au rivage et à quelque distance de celui-ci, paraît être un phénomène d'interférence entre la houle directe en régime de secteur S.-S.E. et la houle réfléchi sur le rivage, engendrant un système d'ondes stationnaires.

CONCLUSION

Lorsque la ligne de rivage, limite idéale entre le Domaine limnique et le Domaine maritime, cesse d'être une ligne pour devenir une surface, il apparaît un domaine original différent des deux autres, appelé Domaine lagunaire.

C'est ce qui s'est produit au cours du Quaternaire sur notre rivage méditerranéen, et en particulier dans la dépression comprise entre les môles calcaires de la Clape, de Fontfroide et de Cap Romarin. Cette zone d'étalement de la ligne de rivage est actuellement comblée à 90 % par des sédiments récents.

La nappe d'eau restante, peu profonde et divisée en plusieurs étangs représente une grande surface et une très faible masse. Son moment d'inertie est très faible. Il en découle le caractère fondamental de ce domaine qui est son extrême instabilité.

Les paramètres hydrologiques du milieu sont presque tous commandés par deux agents météorologiques principaux : les vents et les précipitations dont les variations sont aléatoires.

Les rives elles-mêmes sont instables et celles qui sont à l'abri des vents dominants de N.W. sont peu à peu exondées et rattachées au Domaine continental, tandis que la forte productivité primaire benthique due à l'ensoleillement et aux apports nutritifs d'origine continentale accumule des débris qui accroissent l'épaisseur de la vase.

L'oblitération complète de la lagune est donc inéluctable. Cependant, sans intervention humaine et sans changement du niveau moyen des mers, sa survie peut être estimée à plusieurs milliers d'années. Elle pourrait encore longtemps jouer son rôle biologique d'aire d'engraissement des espèces marines eurythermes et euryhalines si sa vie n'est pas perturbée par l'invasion de polluants chimiques ou physiques.

RÉSUMÉ

L'ensemble des étangs saumâtres et sursalés de la région de Bages-Sigean, objet de nombreuses études, constitue un remarquable exemple de milieux du Domaine Lagunaire en zone nord-méditerranéenne.

La description générale du cadre physique, de la végétation et de la climatologie est illustrée par des cartes géologiques, sédimentologiques, pluviométriques et de production benthique. Il apparaît que les vents dominants de N.W. et ceux de secteur S.-S.E. sont, avec les précipitations, les facteurs essentiels de la dynamique des eaux et des sédiments, ce qui se traduit par un fort gradient nord-sud de salinité et une grande instabilité des paramètres hydrologiques.

L'évolution du complexe lagunaire va vers un comblement progressif dû principalement à une conquête du Domaine Lagunaire par le Domaine Continental qui se fait à partir de rives occidentales par la colonisation des amas de débris végétaux provenant de l'étang lui-même.

Une description des deux types de rivages : côte stationnaire de mode battu et côte de conquête continentale, est donnée et illustrée par deux coupes détaillées de ces côtes.

ZUSAMENFASSUNG

Der Komplex der Brackwasser- und Salzseen der Gegend von Bages-Sigean, Gegenstand unserer Untersuchung, stellt ein besonderes Milieu des Lagunenbereiches im nördlichen Mittelmeer dar.

Die allgemeine Beschreibung der physikalischen Gegebenheiten, der Vegetation und der Klimatologie wird durch geologische und sedimentologische Karten, Niederschlagsdiagramme und Darstellungen der benthischen Produktion illustriert. Es hat sich gezeigt, dass die vorherrschenden N.W.-Winde sowie die Winde aus dem Sektor S.-S.E. zusammen mit den Niederschlägen die hauptsächlichsten Faktoren der hydrologischen und sedimentologischen Dynamik sind; das wird am ausgeprägten Salinitätsgradienten N.-S. und der grossen Instabilität der hydrologischen Parameter deutlich.

Die Entwicklung des lagunären Komplexes geht in Richtung einer zunehmenden Auffüllung vor allem auf Grund der Ablösung des lagunären Bereiches durch den kontinentalen Bereich; dies geschieht von den westlichen Ufern her durch Besiedlung der Ansammlungen von Pflanzenresten aus dem See.

Eine Beschreibung der beiden Ufertypen (stationäres Prallufer und Verlandungsufer) wird durch zwei detaillierte Schnittbilder illustriert.

BIBLIOGRAPHIE

- ARMANGAU, C. & J. AVIAS, 1971. Note préliminaire sur l'étude de l'hydrodynamique, de la salinité, de la température et de la pollution des eaux des étangs côtiers du Languedoc-Roussillon par télédétection au moyen de senseurs infrarouges. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, 273 : 1910-1913.
- AX, P., 1956. Les Turbellariés des étangs côtiers du littoral méditerranéen de la France méridionale. *Vie Milieu*, suppl. n° 5, 215 p.
- BARRIÈRE, J., 1966. Le rivage tyrrhénien de l'étang de Bages et de Sigean (Aude). *Bull. Ass. fr. Etud. quater.*, 4 : 251-283.
- BOUTIÈRE, H. & Y. COINEAU, 1966. Les stations périphériques du Laboratoire Arago. *Contactblad voor oecologen*. 2° Jaargang n° 4, p. 22-31.
- CAHET, G., 1965. Contribution à l'étude des eaux et des sédiments de l'étang de Bages-Sigean. III Réduction des composés soufrés. *Vie Milieu*, 16 (2B) : 917-981.
- CAHET, G., 1970. Aspects chemotrophiques en sédiments lagunaires : cas du Soufre. *Vie Milieu*, 21 (1B) : 1-36.
- CAHET, G. & F. GADEL, 1970. Dynamique saisonnière des acides gras et effets de la diagenèse dans des dépôts marins et lagunaires. *Cah. océanogr.*, 22 (10) : 1033-1066.
- CASANOBE, G., 1967. La Tramontane. Annales climatologiques des Pyrénées Orientales, année 1966. Publication Commission météorologique départementale.
- FIALA, M., 1967. Contribution à l'étude des eaux et des sédiments de l'étang de Bages-Sigean. IV. Recherches sur les processus de nitrification. *Vie Milieu*, 18 (2B) : 227-238.
- FIALA, M., 1969. Etudes physico-chimiques et microbiologiques du complexe lagunaire de Bages-Sigean. *Thèse 3^e Cycle, Fac. Sci. Univ. Paris.*, 108 p.
- GADEL, F., 1966. Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des Corbières orientales et des plaines de Rivesaltes, Lapalme, Caves et Sigean, t. I et II.
- GOURRET, P., 1897. Les étangs saumâtres du midi de la France et leurs pêcheries. *Annls Mus. Hist. nat. Marseille*, 5.
- HARANT, H. & D. JARRY, 1962. Guide du naturaliste dans le midi de la France, I. Delachaux et Niestlé édit.
- HARTMANN, G., 1960. Ostracoden von Banyuls-sur-Mer. *Vie Milieu*, 11 (3) : 413-424.
- HOEK van den, C., 1960. Groupements d'Algues des étangs saumâtres méditerranéens de la côte française. *Vie Milieu*, 11 (3) : 390-412.
- HOEK van den, C., B.O. van ZANTEN & coll., 1960. Verslag van een Botanische Excursie naar het Franse Mediterraane Gebied in de Omgeving van Banyuls en Sigean. Document polycopié, 52 p.

- KIENER, A & G. PETIT, 1968. Contribution à l'étude écologique et biologique de la résurgence de Font-Estramar et de quelques sources vauclusiennes de la région de Salses-la-Nouvelle. *Vie Milieu*, 19 (2C) : 241-285.
- LAGARDE, E. & G. CAHET, 1964. Contribution à l'étude des eaux et des sédiments de l'étang de Bages-Sigean. II. Recherches physico-chimiques et microbiologiques. *Vie Milieu*, suppl. n° 17 : 41-60.
- LAGARDE, E., G. CAHET & M. MOURRUT, 1964. Contribution à l'étude des eaux et des sédiments de l'étang de Bages-Sigean (Aude). I Données climatiques. *Vie Milieu*, suppl. n° 17 : 35-40.
- LAGARDE, E. & P. CASTELLVI, 1964. Quelques aspects de la pollution bactérienne d'un milieu saumâtre du littoral méditerranéen. C.I.E.S.M.M. Symp. Pollut. mar. par microorgan. prod. pétrol. Monaco, avril 1964, p. 43-54.
- LEVY, A., 1966. Contribution à l'étude écologique et micropaléontologique de quelques *Elphidium* (Foraminifères). *Vie Milieu*, 17 (1A) : 1-8.
- MARS, P., 1966. Recherches sur quelques étangs du littoral méditerranéen français et sur leurs faunes malacologiques. *Vie Milieu Suppl.* n° 20, 359 p.
- MIZOULE, R., 1964. Les méduses de l'étang de Bages-Sigean (Aude). *Rapp. P.-v. Réun. Comm. int. Explor. scient. Mer Méditerr.*, 18 (3) : 681-685.
- PETIT, G., 1953. Introduction à l'étude écologique des étangs méditerranéens. *Vie Milieu*, 4 (4) : 569-604.
- PETIT, G., 1962. Quelques considérations sur la biologie des eaux saumâtres méditerranéennes. *Pubbl. Staz. zool. Napoli*, suppl. 32 : 205-218.
- PETIT, G. & R. MIZOULE, 1962. Contribution à l'étude écologique du Complexe lagunaire de Bages-Sigean. *Vie Milieu*, 13 (2) : 205-230.
- ROSSET, Ch., 1964. Etude géologique du bassin oligocène de Sigean-Portel (Aude). Diplôme d'Etudes supérieures, Fac. Sci., Paris.
- SALVAYRE, H., 1971. Arguments en faveur de l'existence d'un karst noyé sur la bordure est des Corbières. *Spelunca*, Mémoire, 7 : 79-86.
- TRAVÉ, J., 1958. Quelques remarques sur la microfaune des laisses d'étangs. 83^e Congrès des Soc. savantes, sect. des sciences, p. 611-618.

Reçu le 12 juin 1973.

**PREMIÈRES DONNÉES
SUR L'ÉTUDE EXPÉRIMENTALE
DU CYCLE DU ZINC
DANS L'ÉTANG DE L'OLIVIER**

par J.-P. BAUDIN

*Laboratoire de Biologie Générale - Ecologie
Faculté des Sciences, 13 Marseille - Saint-Charles
Laboratoire de Radioécologie Continentale
C.E.N. Cadarache - B.P. n° 1 - 13 Saint-Paul-lez-Durance*

ABSTRACT

Several radioecological data were obtained from three groups of experiments with Zinc 65 used as a tracer.

The transfer of the radiozinc from the water into the sediment was recorded for various temperatures in three stations of the lagoon. The fixation and the elimination of Zinc 65 by algae of the genus *Cladophora* were studied. The last part of this work concerns the transfer of the radioelement from this algae to the Gasteropod *Physa acuta* and to an Isopod *Sphaeroma hookeri* Leach.

INTRODUCTION

L'étang de l'Olivier qui occupe une superficie de 225 ha environ, est situé à l'ouest de l'étang de Berre auquel il est relié par un canal. Comme l'a décrit MARS (1961), la chlorinité des eaux de l'étang de l'Olivier a subi d'importantes fluctuations dans

le passé et les analyses effectuées par NISBET et SCHACHTER (1961) en 1955 et 1956, indiquent une teneur en chlore d'environ 2 g/l. Cette teneur a encore diminué depuis comme le montrent les dosages que nous avons réalisés en 1971 et 1972 (Tableau I). L'étang de l'Olivier a fait l'objet de nombreuses et diverses études écologiques et biologiques. Citons comme exemple les travaux de MARS (1951) sur la faune malacologique, de SCHACHTER (1958) sur le plancton et de KIENER (1961) sur la faune ichtyologique. C'est dans le cadre de ces études que nous avons entrepris notre travail expérimental sur le cycle du Zinc en utilisant le Zinc-65. Cette étude, compte tenu de la technique utilisée, peut fournir des données dans différents domaines. Sur le plan écologique tout d'abord, les échanges du Zinc entre les divers composants d'un biotope constituent un problème important. En effet, cet élément qui peut devenir toxique à faible concentration, comme l'ont montré CHIPMAN, RICE et PRICE (1958) est un oligoélément indispensable au déroulement des processus biologiques. En effet si RICE (1963) note que cet élément est essentiel au développement des végétaux et des animaux, VALLÉE (1959), ZIRINO et HEALY (1970) précisent son importance par sa présence dans un enzyme, l'anhydrase carbonique. D'autre part, de nombreux auteurs parmi lesquels HIYAMA, ICHIKAWA et YASUDA (1956), DAVIS, PERKINS et PALMER (1958), FOSTER et HONSTEAD (1967) signalent la présence du Zinc-65 dans la nature qui provient, soit des explosions atomiques, soit des rejets des centrales nucléaires. Des études radioécologiques s'imposent donc, afin de connaître en particulier, la concentration de ce radioélément dans les organismes vivants. Les différentes expériences effectuées avec le Zinc-65 portent sur le sédiment, une Algue, un Isopode et un Mollusque.

En ce qui concerne les techniques d'analyse, précisons que le dosage du zinc stable est effectué par la méthode de l'absorption atomique. Pour le Zinc-65, la radioactivité est mesurée à l'aide d'un sélecteur d'amplitude monocanal dont le détecteur est une sonde à puits Na I (T1) type SPT 76.

TABLEAU I
*Analyses des principaux constituants chimiques de l'eau
de l'étang de l'Olivier.*

Date	pH	NH ₄ mg/l	NO ₂ µg/l	NO ₃ mg/l	PO ₄ mg/l	Cl mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	HCO ₃ mg/l	SO ₄ mg/l	K mg/l	Na mg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Zn µg/l
12.10.71	8,83	0,1	50	0,5	1,16	629	100	57	176,9	156	16,5	360	50	50	50	50
20.09.72	9,06	0,26	50	0,08	0,93	397	100	37	175,7	173,6	10,4	216	5	46	50	53

I. — TRANSFERT DU ZINC-65 DE L'EAU DANS LE SÉDIMENT

Le fond de l'étang est recouvert d'une couche épaisse de vase très fluide, dont la composition, donnée par MARILLEY (1972) est la suivante : 40 % de calcaire, 40 % d'argile, 10 % de matières organiques et 10 % de composants divers. Les travaux de SCHACHTER, SENEZ et LEROUX-GILERON (1954) permettent de penser que cette vase joue un rôle important dans l'équilibre biologique de l'étang, en particulier lors des crises de dystrophie qui se produisent parfois en période estivale. Il nous a donc paru intéressant de commencer notre travail par l'étude des échanges du Zinc-65 entre l'eau et le sédiment.

A) PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL.

Les expériences sont réalisées dans des bocaux contenant 250 g de sédiment, réparti en une couche de 2 cm d'épaisseur, et un litre d'eau (10 cm). L'eau est marquée par l'apport d'une solution de chlorure de Zinc-65, représentant une radioactivité de 1,23 μ Ci. Cette eau est brassée par un agitateur en verre, tournant très lentement (20 tours/mn), qui assure une bonne homogénéité sans que des particules de sédiment ne se mettent en suspension. Le comptage radioactif d'échantillons prélevés régulièrement permet de connaître la radioactivité de l'eau, dont la décroissance indique le passage du Zinc-65 dans le sédiment. En effet, des mesures préliminaires ont montré que l'adsorption du Zinc-65 sur les parois des bocaux était négligeable et que le radioélément perdu par l'eau se retrouvait dans le sédiment. Nous avons effectué les expériences à 5 °C, 15 °C, et 25 °C, compte tenu des températures enregistrées dans l'étang par SCHACHTER (1954), MARILLEY (1972) et nous-même lors de nos prélèvements, et avec des sédiments provenant de trois stations différentes (fig. 1).

B) RÉSULTATS.

L'activité initiale était dans chaque bocal de 1,23 μ Ci. Dans tous les cas (températures et stations différentes), nous avons observé un transfert important et rapide du Zinc-65 de l'eau dans le sédiment. En ce qui concerne la comparaison entre les diverses stations, les travaux de MARILLEY (1972) montrent que dans l'étang, au niveau des sédiments, les mêmes processus physico-chimiques se produisent en tous points, mais pour certains avec un léger décalage dans le temps. Nous n'avons pas observé ce phénomène pour le transfert du Zinc-65 : en effet, l'eau et la vase utilisées ont été prélevées en même temps et cependant les résultats expé-

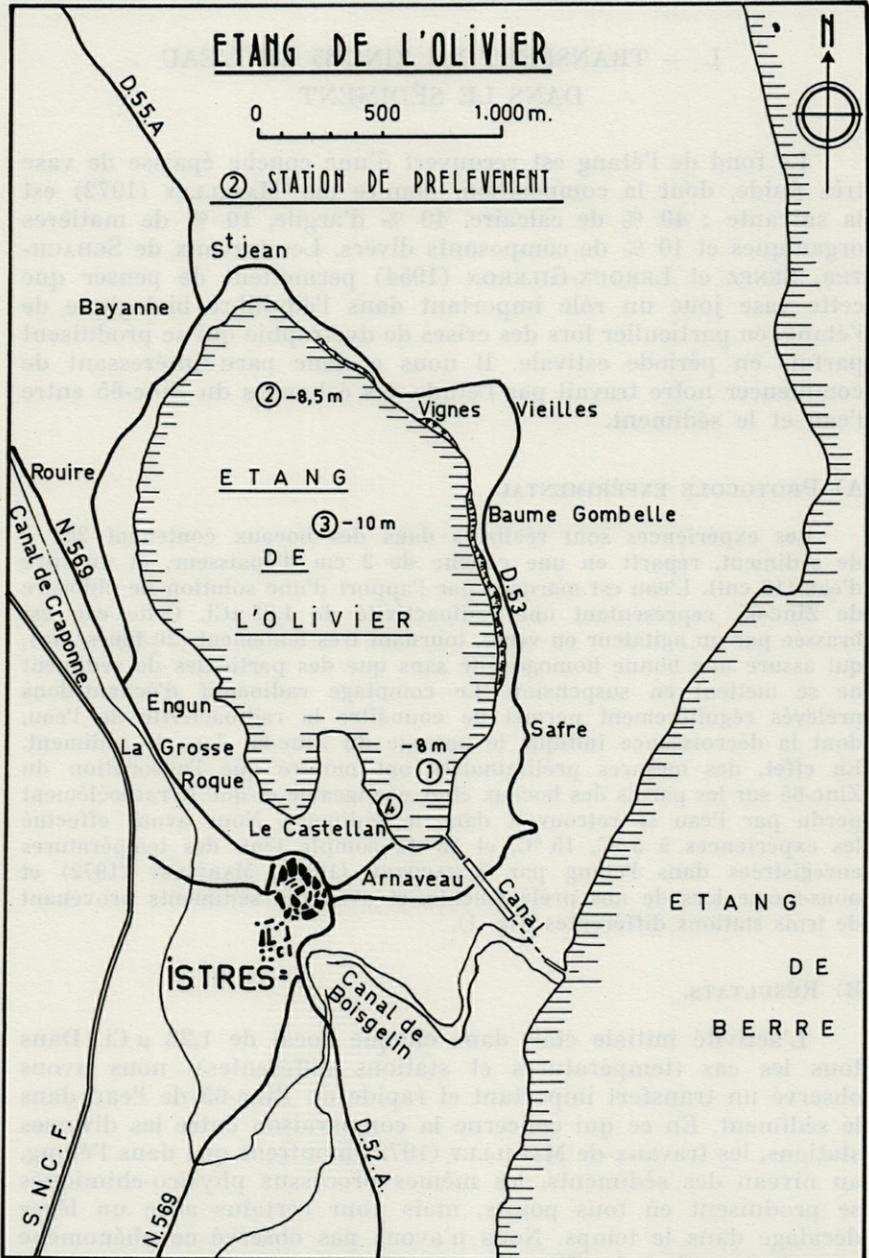


FIG. 1. — Emplacement des stations de prélèvement. 1, 2 : sédiments; 3 : eau; 4 : faune et flore.

TABLEAU II
Transfert du Zinc-65 de l'eau dans le sédiment (expérience à 5 °C)

Temps (jours)	% de Zinc-65 transféré de l'eau dans le sédiment			
	Stations			Moyennes
	1	2	3	
1	42,5	34,4	34,5	37,1
2	49,7	52,8	42,8	48,4
3	61,4	62,8	48,9	57,7
6	75,5	73,5	73,5	74,1
9	80,2	72,7	79,7	77,5
13	83,7	81,3	81,6	82,2
16	85	84,5	83,7	84,4
20	87,1	86,8	86,7	86,8
23	88,7	87,6	88,4	88,2
27	89,6	90,1	88,7	89,4
30	88,8	90,1	88	88,9
34	91,7	91,4	90	91
41	93,2	93,3	91,1	92,5
48	92,9	93,4	92,7	93

TABLEAU III
Transfert du Zinc-65 de l'eau dans le sédiment (expérience à 15 °C)

Temps (jours)	% de Zinc-65 transféré de l'eau dans le sédiment			
	Stations			Moyennes
	1	2	3	
1	48,4	62,9	56,8	56
2	49,8	76	65,8	63,8
3	58,6	69,5	66,9	65
4	75,3	78,9	70,9	75
9	84,4	89,8	82,2	85,4
11	86,9	95,3	93,5	91,9
15	89,1	92,7	90,6	90,8
17	82,9	90,9	83,6	85,8
21	88,8	93,5	93,5	91,9
25	93,5	—	—	93,5

TABLEAU IV

Transfert du Zinc-65 de l'eau dans le sédiment (expérience à 25 °C)

Temps (jours)	% de Zinc-65 transféré de l'eau dans le sédiment			
	Stations			Moyennes
	1	2	3	
1	56,8	60,7	55,6	57,7
2	69,8	80,4	50,6	66,9
3	81,8	77,8	66,6	75,4
4	82,2	84,4	73,8	80,1
9	94,9	93,5	91,7	93,3
11	97,7	—	90,5	94,1
15	95,7	—	93,8	94,7
17	93,8	95,7	94,9	94,8
21	93,8	98,6	99,3	97,2
25	—	—	—	—

rimentaux sont tout à fait semblables pour les 3 stations (tabl. II, III, IV). Les différences que l'on peut noter entre les données obtenues ne peuvent être considérées comme significatives quant au déroulement du transfert. En effet, les valeurs les plus élevées et les plus faibles ne sont pas retrouvées régulièrement pour l'une ou l'autre station. De plus, ces différences sont surtout sensibles au début de l'expérience quand la radioactivité de l'eau est encore élevée, c'est-à-dire pendant une période où les erreurs expérimentales (prélèvements et comptages radioactifs) ont une répercussion plus importante sur les résultats.

Si on ne peut déceler de différence entre les stations étudiées, il apparaît que la température influe sur la vitesse du transfert du Zinc-65. En effet, les données expérimentales obtenues pour les trois températures 5° C, 15° C et 25° C, montrent que la même proportion de Zinc-65 est d'autant plus vite fixée par le sédiment que la température est élevée (tabl. II, III, IV). Ce résultat nous conduit à considérer la dynamique du transfert en étudiant les courbes représentatives du phénomène (fig. 2). Ces courbes montrent que le passage du Zinc-65 s'effectue d'une façon analogue aux 3 températures considérées. Il y a d'abord une phase de fixation rapide du Zinc-65 qui dure 4 à 6 jours environ, période après laquelle 75 à 80 % du Zinc-65 ont été transférés. Puis le phénomène se ralentit et les courbes tendent vers une asymptote (100 %).

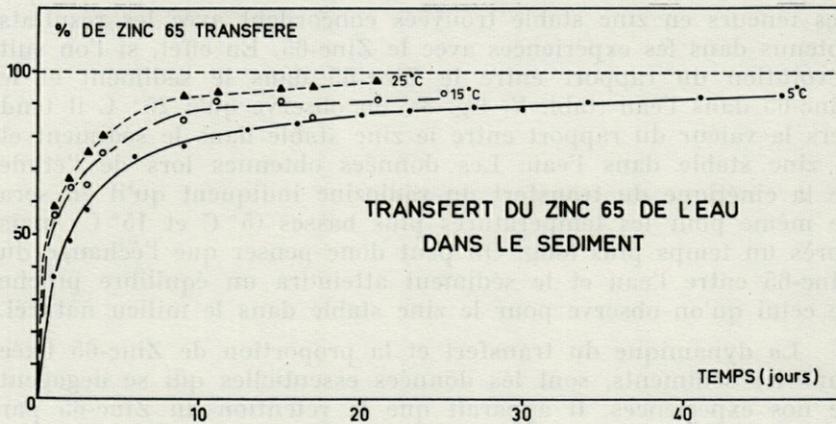


FIG. 2. — Courbes représentatives de l'évolution du transfert du Zinc-65 de l'eau dans le sédiment en fonction du temps et à trois températures différentes.

Nous n'avons évoqué que la vitesse du transfert au sujet de l'influence de la température. On peut en effet penser d'après les courbes que la proportion de Zinc-65 qui sera passée finalement de l'eau dans le sédiment sera très voisine quelle que soit la température. Cependant, si l'on ne considère qu'une période très courte, on peut dire également qu'après la même durée d'expérience, la proportion de Zinc-65 fixée est d'autant plus grande que la température est élevée. Après 9 jours par exemple, nous avons 75,5 % pour 5° C, 85,4 % pour 15° C, et 93,3 % pour 25° C. Dans ce sens, on peut conclure que la température influe aussi sur le taux du Zinc-65 transféré de l'eau dans le sédiment.

Nous avons effectué des dosages de Zinc stable sur des échantillons d'eau et de sédiments prélevés dans l'étang. Ce sédiment est le même que celui utilisé dans nos expériences et provient de la couche supérieure comprise en 0 et —15 cm. Ces dosages nous ont donné les résultats suivants :

STATIONS	1	2	3	MOYENNE
Zinc dans le sédiment mg/kg frais	13,2	15,9	9,6	12,9
Zinc dans l'eau < 0,05 mg/l				
Rapport	$\frac{\text{Zinc dans le sédiment}}{\text{Zinc dans l'eau}} \rightarrow$			260

Les teneurs en zinc stable trouvées concordent avec les résultats obtenus dans les expériences avec le Zinc-65. En effet, si l'on suit l'évolution du rapport entre le Zinc-65 dans le sédiment et le Zinc-65 dans l'eau (tabl. V, fig. 3), on observe qu'à 25° C il tend vers la valeur du rapport entre le zinc stable dans le sédiment et le zinc stable dans l'eau. Les données obtenues lors de l'étude de la cinétique du transfert du radiozinc indiquent qu'il en sera de même pour les températures plus basses (5° C et 15° C) mais après un temps plus long. On peut donc penser que l'échange du Zinc-65 entre l'eau et le sédiment atteindra un équilibre proche de celui qu'on observe pour le zinc stable dans le milieu naturel.

La dynamique du transfert et la proportion de Zinc-65 fixée dans les sédiments, sont les données essentielles qui se dégagent de nos expériences. Il apparaît que la rétention du Zinc-65 par les sédiments constitue un facteur important du cycle du zinc dans l'étang étudié, car même en présence de flore et de faune, on peut

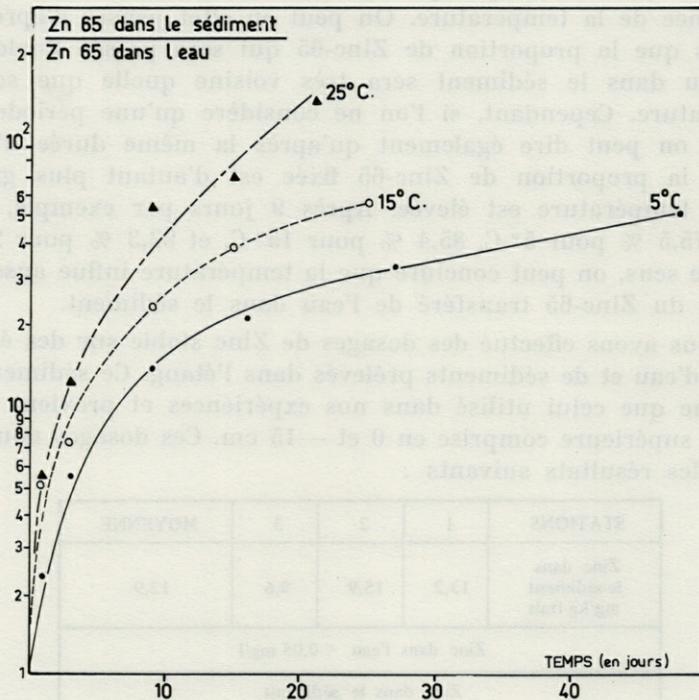


FIG. 3. — Evolution du rapport entre le Zinc-65 trouvé dans le sédiment et le Zinc-65 restant dans l'eau en fonction du temps.

TABLEAU V

Evolution du rapport entre le Zinc-65 trouvé dans le sédiment et le Zinc-65 restant dans l'eau

TEMPS (jours)	Zinc-65 dans sédiment ($\mu\text{ci}/\text{kg}$ frais)		
	Zinc-65 dans eau ($\mu\text{ci}/\text{l}$)		
	5°C	15°C	25°C
1	2,35	5,11	5,46
3	5,44	7,43	12,28
9	13,81	23,46	55,7
15	—	39,5	71,57
16	21,6	—	—
21	—	—	139
25	—	57,5	—
27	33,8	—	—
48	53,2	—	—

prévoir que la majeure partie du zinc sera fixée dans les sédiments comme l'ont observé DUKE, WILLIS et PRICE (1966) lors de leurs études sur deux étangs côtiers expérimentaux. Il faut d'autre part souligner que le Zinc-65 ainsi fixé est très fortement retenu. En effet, nous n'avons pu que déceler le passage du Zinc-65 des sédiments dans l'eau, et JOHNSON, CUTSHALL et OSTERBERG (1967) ont évalué à 0,2 % la quantité de radiozinc ainsi transférée. Pour terminer, il faut signaler que le transfert du Zinc-65 de l'eau dans le sédiment ne semble pas être lié à la salinité de l'eau. C'est ainsi que nous avons noté des résultats semblables avec les sédiments de l'étang de Citis dont la teneur en chlore est voisine de 10 g/l. D'autre part, toutes ces données sont proches de celles obtenues par BACHMANN (1961) travaillant en milieu lacustre et DUKE, WILLIS et PRICE (1966) travaillant en milieu marin.

II. — FIXATION DU ZINC-65 PAR *Cladophora* sp.

Sur les bords de l'étang, se développe une flore algale dense, constituée de plusieurs espèces. Pour nos expériences, nous avons choisi les Cladophores qui sont très abondantes et dans lesquelles se trouve une faune importante de petits crustacés et gastéropodes.

A) PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL.

Les algues (30 g frais environ) sont placées dans des bacs contenant 30 litres d'eau, marquée par une solution de chlorure de Zinc-65. Ces algues sont soumises à une photopériode de 12 h. L'évolution de la radioactivité dans le bac est suivie par le comptage radioactif d'échantillons d'eau et d'algues prélevées régulièrement. Les expériences ont été réalisées à 5 °C, 15 °C, 25 °C comme précédemment.

B) RÉSULTATS.

Les résultats expérimentaux (tabl. VI, VII, VIII) montrent qu'il y a une fixation importante du Zinc-65 par les Cladophores. Le

TABLEAU VI
Variations de l'activité spécifique de l'eau et des Cladophores
(expérience à 5 °C)

Temps (heures)	EAU		ALGUES	
	Activité spécifique (Des/mn/ml)	% de l'activité initiale	Activité spécifique (Des/mn/g F)	Facteur de concentration
0	995	100	—	—
1	870	87,6	200 310	230
2	810	81,1	259 900	320
3	800	80,4	206 930	260
4	795	79,8	286 130	360
5	745	74,8	377 940	510
6	700	70,1	374 500	535
7	690	69,5	415 230	600
8	670	67,2	284 250	425
9	655	65,8	336 240	510
10	640	64,7	442 310	690
11	630	63,5	359 930	571
12	590	59,2	320 065	540
Temps (jours)				
1	530	53,1	346 100	655
2	435	43,7	547 000	1260
3	390	34,9	604 350	1541
6	345	34,6	754 200	2186
9	275	27,4	744 960	2728
13	270	26,8	879 470	3293
16	255	25,6	668 610	2632
20	235	23,5	526 830	2260
23	230	22,8	844 620	3720
27	225	22,6	781 460	3488
30	240	24,3	649 420	2683
34	240	24,3	875 460	3647

TABLEAU VII
*Variations de l'activité spécifique de l'eau et des Cladophores
 (expérience à 15 °C)*

Temps (heures)	EAU		ALGUES	
	Activité spécifique (Des/mn/ml)	% de l'activité initiale	Activité spécifique (Des/mn/g F)	Facteur de concentration
0	910	100	0	0
1	680	74,7	466 100	685
2	600	65,9	594 140	990
3	620	68,1	692 990	1120
4	590	64,8	697 650	1180
5	580	63,7	676 115	1165
6	560	61,5	733 750	1310
7	540	59,3	723 340	1340
8	545	59,8	705 610	1290
9	535	58,8	800 420	1500
10	490	53,8	860 270	1755
11	520	57,1	896 820	1720
12	505	55,5	683 430	1350
Temps (jours)				
1	475	52,2	746 260	1571
2	490	53,8	992 240	2025
3	450	49,4	850 175	1890
6	365	40,1	890 880	2440
9	325	35,7	1 219 040	3750
13	305	33,5	1 729 220	5670
20	250	27,4	1 792 980	7150
27	250	27,4	1 627 500	6510
34	260	28,5	1 216 810	4680

maximum est atteint entre le sixième et le dixième jour, selon la température, mais dès la douzième heure, l'activité spécifique (*) des algues a une valeur très élevée, supérieure à la moitié de sa valeur finale. Cette fixation du radiozinc est donc un phénomène très rapide (fig. 4) qui semble être général pour les algues benthiques, comme le montrent les résultats obtenus par BACHMANN et ODUM (1960) et par GUTKNECHT (1965) pour plusieurs espèces d'algues marines. Si l'on considère les facteurs de concentration (**) (fig. 5) la fixation du Zinc-65 par les Cladophores apparaît également être un phénomène très intense.

Après avoir suivi la dynamique de la fixation du Zinc-65, on peut comparer les données obtenues pour les diverses températures.

* Radioactivité d'un gramme sec d'algue.

** Rapport entre l'activité spécifique des algues et l'activité spécifique de l'eau.

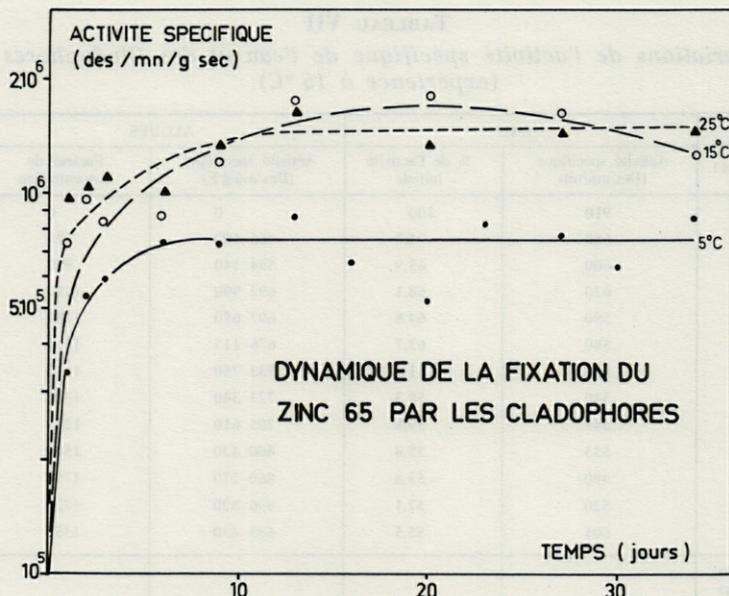


FIG. 4. — Courbes représentatives de l'évolution de la fixation du Zinc-65 par les Cladophores en fonction du temps et à trois températures différentes.

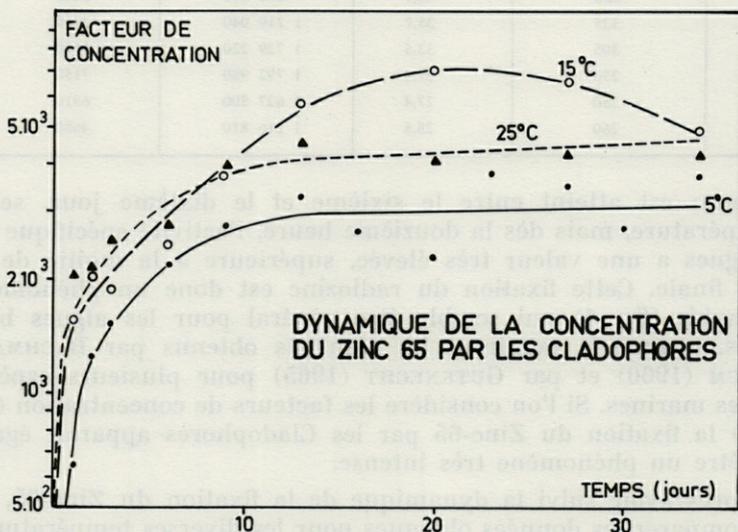


FIG. 5. — Courbes représentatives de l'évolution du facteur de concentration du Zinc-65 par les Cladophores en fonction du temps et à trois températures différentes.

TABLEAU VIII
 Variations de l'activité spécifique de l'eau et des Cladophores
 (expérience à 25 °C)

Temps (heures)	EAU		ALGUES	
	Activité spécifique (Des/mn/ml)	% de l'activité initiale	Activité spécifique (Des/mn/g F)	Facteur de concentration
0	865	100	0	0
1	630	72,8	419 060	665
2	560	64,7	562 350	1004
3	565	65,3	652 700	1155
4	600	69,3	650 790	1085
5	530	61,2	782 830	1480
6	510	58,9	790 315	1550
7	550	63,6	713 750	1300
8	530	61,2	844 315	1590
9	505	53,3	700 190	1390
10	510	58,9	742 735	1460
11	515	59,5	718 840	1395
12	485	56	865 290	1785
Temps (jours)				
1	485	56	992 385	2046
2	475	54,9	1 030 485	2170
3	445	51,4	1 115 570	2507
6	395	45,6	1 086 080	2750
9	340	39,3	1 352 470	3977
13	360	41,6	1 648 770	4580
20	330	38,1	1 341 160	4060
27	340	38,8	1 428 300	4250
34	350	40,2	1 465 770	4212

On note tout d'abord que les valeurs maxima de l'activité spécifique et du facteur de concentration sont atteintes plus rapidement à 5° C qu'à 15° C et 25° C, mais elles sont plus faibles. D'autre part, l'influence de la température n'apparaît pas nettement entre les résultats obtenus à 15° C et 25° C. Par contre, on note qu'à 5° C, la fixation du radioélément est sensiblement plus faible que pour les températures plus élevées. Signalons que GUTKNECHT (1961) lors d'expériences réalisées à 2° C et 22° C avec *Ulva lactuca* a pu observer une différence encore plus nette. Pour les Cladophores, nous avons effectué comme précédemment des dosages du zinc stable qui ont révélé une teneur voisine de 50 µg/g sec. La teneur de l'eau étant inférieure à 50 µg/l, le facteur de concentration est donc supérieur à 1 000, valeur qui concorde avec les résultats expérimentaux.

TABLEAU IX
*Variations de l'activité spécifique de l'eau indiquant la fixation
 du Zinc-65 par les Cladophores*

Temps (jours)	CLADOPHORES VIVANTES				CLADOPHORES TUEES			
	5°C		15°C		5°C		15°C	
	Activité spécifique (Des/min/ml)	% de l'activité initiale						
0	2090	100	2150	100	2400	100	2270	100
1	500	23,9	300	13,9	880	36,6	300	13,2
2	365	17,4	255	11,8	825	34,3	230	10,1
3	320	15,3	140	6,5	740	30,8	235	10,3
7	240	11,5	100	4,6	665	27,7	300	13,2
11	175	8,3	150	6,9	730	30,4	370	16,3
15	150	7,1	145	6,7	700	29,1	385	16,9
18	110	5,3	190	8,8	760	31,6	390	17,1
21	85	4	110	5,1	800	33,3	450	19,8
25	60	2,8	90	4,1	770	32,1	480	21,1
28	65	3,1	75	3,5	810	33,7	555	24,4

TABLEAU X
*Variations de l'activité spécifique des Cladophores marquées placées
 dans de l'eau inactive*

Temps (jours)	Activité spécifique des Algues (Des/mn/g sec)	% de l'activité initiale
0	1 669 930	100
4	1 240 620	74
8	1 088 290	65
13	974 610	58
16	909 770	54
20	876 560	52
23	770 800	46
27	692 200	41
30	647 310	38
34	618 620	37
37	525 530	31
42	487 870	29
48	386 600	23

A la suite de ces résultats, nous avons essayé de déterminer dans quelle proportion le Zinc-65 fixé par les Cladophores était assimilé ou en partie adsorbé. Pour cela, nous avons placé dans des bouteilles contenant 1 litre d'eau, d'une part des Cladophores vivantes, d'autre part des Cladophores tuées au formol ; cette expérience a été réalisée à 5° C et 15° C. Le poids des algues (11 à 12 g frais) et l'activité spécifique de l'eau au début de l'expérience sont sensiblement les mêmes dans tous les cas. L'adsorption du Zinc-65 sur les parois des bouteilles étant négligeable, la mesure de la radioactivité de l'eau permet de connaître la quantité de radioélément fixée par les Cladophores. Dans ces conditions, au bout de 28 jours, les Cladophores vivantes ont fixé, aux deux températures, plus de 95 % du Zinc-65 contenu dans l'eau et les Cladophores tuées 67 % à 5° C et 76 % à 15° C (tabl. IX). D'après les travaux de KUENZLER et KETCHUM (1962), nous avons admis que ces derniers pourcentages représentaient la proportion de radioélément adsorbé. L'adsorption est alors représentée par la différence entre la quantité de Zinc-65 fixée par les algues vivantes et la quantité fixée par les algues tuées.

A propos de cette dernière expérience, nous pouvons faire quelques remarques au sujet de l'influence de la température sur la fixation du Zinc-65 par les Cladophores. Dans le cas des algues vivantes, cette influence est surtout sensible en début d'expérience, ce qui confirme nos précédents résultats. Dans le cas des algues tuées cette influence est plus visible mais elle n'est pas très importante. On peut donc dire que la température ne joue pas un rôle déterminant sur l'adsorption. Or c'est par ce processus que la majeure partie du Zinc-65 semble être fixée par les algues, ce qui explique que le facteur de concentration n'est pas beaucoup plus élevé à 25° C qu'à 5° C après 34 jours d'expérience. Ce radiozinc s'il n'est qu'adsorbé, en grande partie du moins, est cependant très fortement retenu par les Cladophores. Comme les résultats suivants l'indiquent, même après un rinçage abondant, les algues conservent la majeure partie de leur radioactivité.

	Activité spécifique (Des/mn/g frais)			
	Cladophores vivantes		Cladophores tuées	
	5° C	15° C	5° C	15° C
Algues non rincées	1 065 950	1 073 260	947 520	1 060 400
Algues rincées	904 270	939 590	895 880	999 420

C) ÉLIMINATION DU ZINC-65 PAR LES CLADOPHORES.

Lors de l'étude de la fixation du Zinc-65 par les Cladophores, nous avons noté qu'un équilibre s'établissait après quelques jours d'expérience et que l'activité spécifique des algues se maintenait à un niveau constant.

Dans l'expérience suivante, nous avons étudié le processus inverse. Nous avons placé des algues ayant fixé du Zinc-65 dans de l'eau inactive, renouvelée fréquemment. Nous avons observé alors que les Cladophores perdaient progressivement une partie du radioélément qu'elles avaient fixé (tabl. X, fig. 6). De même que GUTKNECHT (1963) travaillant sur des algues du genre *Ulva*, *Porphyra* et *Fucus* nous avons décelé deux phases dans le passage du Zinc-65 des algues dans l'eau. Dans la première phase qui est très courte (4 jours), la décroissance de la radioactivité est brusque. Nous n'avons pas pu mesurer la durée de la deuxième phase qui doit être très longue, car au 50^e jour de l'expérience, la décroissance de la radioactivité des algues se poursuivait. Ces observations sont mises en évidence par la détermination de deux périodes biologiques (*) du Zinc-65 (fig. 7). La première est très courte d'un à deux jours, la seconde d'une durée beaucoup plus longue : 84 jours.

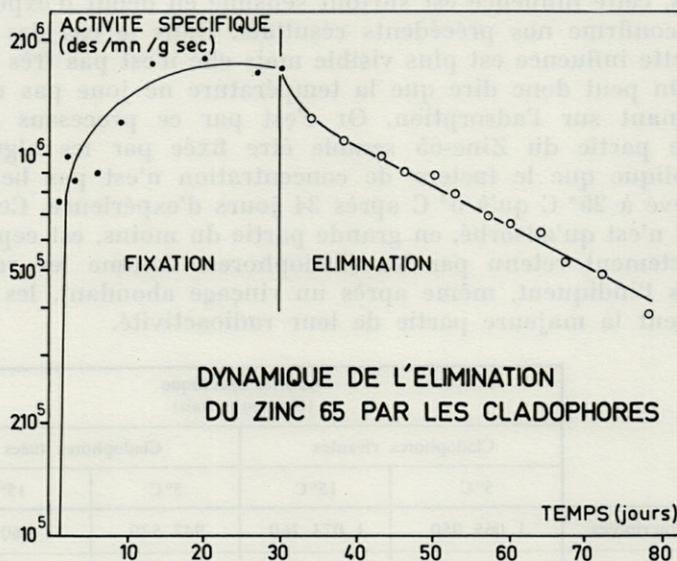


Fig. 6. — Courbes représentatives de l'évolution de la fixation et de l'élimination du Zinc-65 par les Cladophores pour une température de 15 °C.

(*) Temps nécessaire à la perte de la moitié de la radioactivité.

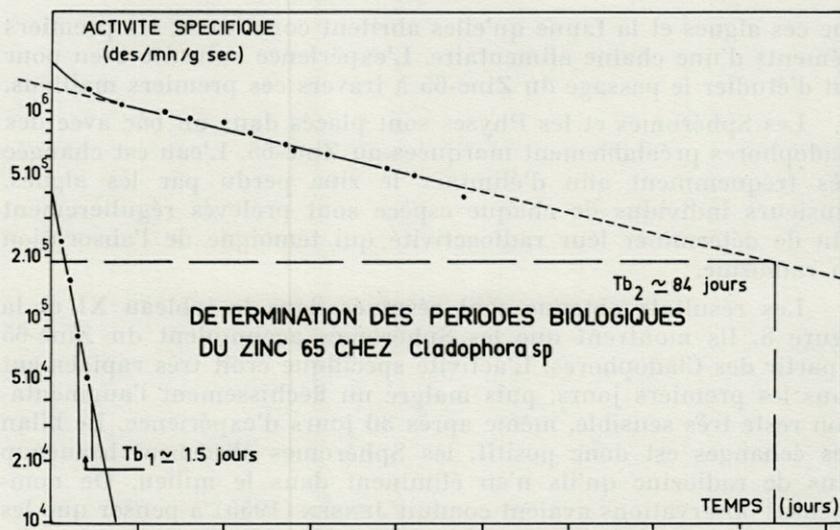


FIG. 7. — Détermination graphique des périodes biologiques du Zinc-65 chez *Cladophora* sp. maintenue à 15 °C.

III. — ABSORPTION DU ZINC-65 PAR

Sphaeroma hookeri Leach et *Physa acuta* L.

Les résultats précédents ont montré que les algues pouvaient concentrer le Zinc-65 présent dans le milieu. On peut considérer

TABEAU XI

Evolution de l'activité spécifique des Sphéromes et des Physes

Temps (jours)	Activité spécifique (Des/mn/g sec)	
	Sphéromes	Physes
3	40 895	58 235
7	101 190	104 530
10	105 580	103 360
14	143 180	98 930
19	173 730	126 630
23	185 980	121 460
28	226 920	112 000

que ces algues et la faune qu'elles abritent constituent les premiers éléments d'une chaîne alimentaire. L'expérience suivante a eu pour but d'étudier le passage du Zinc-65 à travers ces premiers maillons.

Les Sphéromes et les Physes sont placés dans un bac avec des Cladophores préalablement marquées au Zinc-65. L'eau est changée très fréquemment afin d'éliminer le zinc perdu par les algues. Plusieurs individus de chaque espèce sont prélevés régulièrement afin de déterminer leur radioactivité qui témoigne de l'absorption du radiozinc.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau XI et la figure 8. Ils montrent que les Sphéromes accumulent du Zinc-65 à partir des Cladophores. L'activité spécifique croît très rapidement dans les premiers jours, puis malgré un fléchissement l'augmentation reste très sensible, même après 30 jours d'expérience. Le bilan des échanges est donc positif, les Sphéromes absorbent beaucoup plus de radiozinc qu'ils n'en éliminent dans le milieu. De nombreuses observations avaient conduit JENSEN (1955) à penser que les Sphéromes pour se nourrir absorbaient des algues mais les rejetaient dans leurs excréments, l'alimentation véritable étant constituée de la microfaune qui se développe sur ces algues. Notre

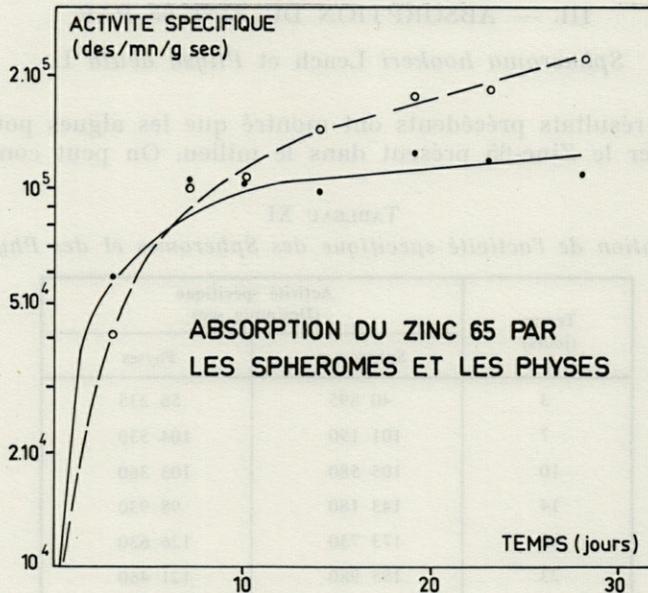


FIG. 8. — Courbes représentatives de l'évolution de l'activité spécifique des Sphéromes et des Physes.

expérience ne permet pas d'apporter une affirmation dans ce domaine. Cependant il apparaît que le Zinc-65 trouvé dans les Sphéromes ne peut pas provenir exclusivement de la microfaune mais qu'au contraire une grande partie provient des Cladophores. D'autre part, même si les Sphéromes ne tirent pas effectivement leur nourriture des algues, ils accumulent le Zinc-65 et ce transfert constitue le fait essentiel pour notre étude.

Dans le cas des Physes, on observe globalement le même processus, la seule différence venant du fait qu'un certain équilibre se dessine à partir du quinzième jour.

CONCLUSION

Bien qu'elles ne portent que sur quelques composants du biotope étudié, les expériences réalisées nous permettent de tirer des informations concernant le cycle du Zinc.

Le sédiment tient une place importante dans le déroulement des processus physico-chimiques que l'on observe dans l'étang. Dans le cycle du Zinc, il joue un rôle prépondérant par son pouvoir de fixation et de rétention, comme le montrent les données expérimentales obtenues avec le Zinc-65 qui sont confirmées par les dosages de zinc stable. La proportion de radiozinc retrouvé dans le sédiment est d'environ 95 %, la température n'influant que sur la vitesse du transfert. L'étude de la dynamique de ce phénomène montre que le rapport des teneurs en Zinc-65 de l'eau et du sédiment tend vers celui trouvé pour le zinc stable.

Les algues, du genre *Cladophora*, fixent intensément le Zinc-65 comment l'indiquent les facteurs de concentration qui sont de l'ordre de 3 500 à 6 000 pour des températures de 5° C à 25° C. Même si une grande partie du radioélément n'est qu'adsorbée, il est fortement retenu par les algues. En effet l'élimination du Zinc-65 est un phénomène lent, beaucoup plus lent que la fixation. Ainsi, alors que l'activité spécifique maximum est atteinte après 10 jours environ, la période biologique longue du Zinc-65 est supérieure à 80 jours.

Nous avons enfin abordé les problèmes concernant le transfert du zinc le long des chaînes alimentaires. Prenant des Cladophores marquées au Zinc-65 comme premier maillon, nous avons montré que des Sphéromes et des Physes se nourrissant de ces algues renaient le radioélément. Si dans ce cas on ne peut calculer un facteur de concentration, l'évolution des activités spécifiques témoigne d'une accumulation très importante du Zinc-65.

RÉSUMÉ

Dans le cadre d'une étude expérimentale du cycle du zinc dans un étang saumâtre méditerranéen, l'auteur expose diverses expériences dans lesquelles il utilise le Zinc-65. Ces diverses expériences portent sur le sédiment, une algue, un isopode et un gastéropode.

Le sédiment fixe en quelques jours plus de 90 % du radiozinc initialement contenu dans l'eau, la vitesse du transfert étant liée à la température. Des facteurs de concentration du Zinc-65 sont calculés pour des Cladophores maintenues dans de l'eau radioactive pendant 34 jours. Les valeurs obtenues varient de 3 600 à 4 700 en fonction de la température (5° C, 15° C, 25° C). Deux périodes biologiques du Zinc-65, 1,5 jour et 84 jours, sont déterminées pour ces algues, par l'étude de l'élimination du radioélément préalablement fixé. Le travail se termine par une expérience mettant en évidence l'accumulation du Zinc-65 par des Sphéromes et des Physes mis en présence de Cladophores marquées.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen einer experimentellen Untersuchung des Zinkkreislaufs in einem brackigen See der Mittelmeerküste beschreibt der Autor verschiedene Versuche unter Verwendung von Zink-65. Diese Versuche wurden mit dem Sediment, einer Algenart sowie mit je einer Isopoden- und Gastropodenart durchgeführt.

Das Sediment bindet in wenigen Tagen über 90 % des radioaktiven Zink aus dem Wasser ; die Geschwindigkeit ist temperaturabhängig. Konzentrationsfaktoren für Zink-65 wurden für Cladophoren errechnet, die während 34 Tagen in radioaktivem Wasser gehältert wurden. Die beobachteten Werte schwanken zwischen 3600 und 4700 je nach Temperatur (5, 15 und 25°C). Zwei biologische Perioden des Zink-65, 1,5 und 84 Tage, wurden für diese Algen bestimmt, indem die Ausscheidung des gebundenen radioaktiven Elements untersucht wurde. Schliesslich konnte die Anreicherung von Zink-65 in *Sphaeroma* und *Physa* in Gegenwart von markierten Cladophoren festgestellt werden.

BIBLIOGRAPHIE

- BACHMANN, R.W., 1961. An experimental study of freshwater zinc cycle. *Ph. D. Thesis, University of Michigan* : 79 p.
- BACHMANN, R.W. & E.P. ODUM, 1960. Uptake and primary productivity in marine benthic algae. *Limnol. Oceanogr.*, 5 (4) : 349-355.
- CHIPMAN, W.A., T.R. RICE & T.J. PRICE, 1958. Uptake and accumulation of radioactive zinc by marine plankton, fish and shellfish. *Fishery Bull. Fish. Wildl. Serv. U.S.*, 135 (58) : 278-292.
- DAVIS, J.J., R.W. PERKINS & R.F. PALMER, 1958. Radioactive materials in aquatic and terrestrial organisms exposed to reactor effluent water. Conf. peaceful uses atom. *Energy*, 2, 11 p.
- DUKE, T.W., J.N. WILLIS & T.J. PRICE, 1966. Cycling of trace elements in the estuarine environment. I: Movement and distribution of Zinc-65 and stable zinc in experimental ponds. *Chesapeake Sc.*, 7 (1) : 1-10.
- FOSTER, R.F. & J.F. HONSTEAD, 1967. Accumulation of Zinc-65 from prolonged consumption of Columbia river fish. *Health Phys.*, 13 (1) : 39-43.
- GUTKNECHT, J., 1961. Mechanism of radioactive Zinc uptake by *Ulva lactuca*. *Limnol. Oceanogr.*, 6 (4) : 426-431.
- GUTKNECHT, J., 1963. Zn 65 uptake by benthic marine algae. *Limnol. Oceanogr.*, 8 (1) : 31-38.
- GUTKNECHT, J., 1965. Uptake and retention of Cesium 137 and Zinc-65 by seaweeds. *Limnol. Oceanogr.*, 10 (1) : 58-66.
- HIYAMA, Y., R. ICHIKAWA & F. YASUDA, 1956. Studies on the process of contamination of fish by the fission products. In : Research in the Effects and Influences of the Nuclear Bomb Test Explosion II : 1119-1133. Tokyo, Japan Society for the Promotion of Science.
- JENSEN, J.P., 1955. Biological observation on the Isopod : *Sphaeroma hookeri* Leach. *Vidensk. Meddr. dansk naturh. Foren.*, 117 : 307-339.
- JOHNSON, V., N. CUTSHALL & C. OSTERBERG, 1967. Retention of 65 Zn by Columbia River sediment. *Wat. Resour. Res.*, 3 (1) : 99-102.
- KIENER, A., 1968. L'évolution des populations de Sandres dans deux étangs méditerranéens. *Terre Vie*, 4 : 470-491.
- KUENZLER, E.J. & B.H. KETCHUM, 1962. Rate of Phosphorus uptake by *Phaeodactylum tricornutum*. *Biol. Bull. mar. biol. Lab., Woods Hole*, 123 : 134-146.
- MARILLEY, M., 1972. Etude écologique d'un étang saumâtre méditerranéen — L'étang de l'Olivier : eaux, sédiments, plancton. *Thèse 3^e Cycle. Université d'Aix-Marseille* : 88 p.
- MARS, P., 1951. Evolution et faunes malacologiques des étangs de l'Olivier, de Lavalduc, d'Engrenier et de l'Estomac. *Vie Milieu*, 2 (4) : 434-440.

- MARS, P., 1961. Recherches sur quelques étangs du littoral méditerranéen français et sur leurs faunes malacologiques. *Thèse Doct. ès Science, Faculté des Sciences de l'Université de Paris*, 269 p.
- NISBET, M., G. PETIT & D. SCHACHTER, 1958. Caractéristiques chimiques de quelques étangs méditerranéens. Considérations sur la classification des eaux saumâtres (note préliminaire). *Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol.*, **13** : 672-675.
- NISBET, M. & D. SCHACHTER, 1961. Constituants chimiques des eaux de quelques étangs littoraux. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, **1207** : 45 p.
- RICE, T.R., 1963. Review of Zinc in Ecology. In : *Radioecology* edited by v. Schultz and A.W. Klement : 451-453. New York, Reinhold Publishing Corporation (745 p).
- SCHACHTER, D., J. SENEZ & J. LEROUX-GILERON, 1954. Note préliminaire sur la dystrophie d'un étang saumâtre du littoral méditerranéen : l'étang de l'Olivier. *Vie Milieu*, **4** (4) : 701-706.
- SCHACHTER, D., 1958. Contribution à l'étude écologique d'un étang méditerranéen. Le plancton de l'étang de l'Olivier (B.-d.-R.). *Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol.*, **13** : 676-682.
- VALLEE, B.L., 1959. Biochemistry, Physiology and Pathology of zinc. *Physiol. Rev.*, **39** (3) : 443-490.
- ZIRINO, A. & M.L. HEALY, 1970. Inorganic Zinc complexes in seawater. *Limnol. Oceanogr.*, **15** (6) : 956-958.

Reçu le 22 mai 1973.

DONNÉES CLIMATOLOGIQUES DE LA RÉGION DE BANYULS-SUR-MER ANNÉES 1971 ET 1972

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

ABSTRACT

The main meteorological data such as winds, air temperature, solar energy, rain falls as well as the temperature (recorded daily) of the superficial coastal waters define the climatic characteristics of the Banyuls region.

Hydrological and climatological data were recorded during six years (1965-1970). There is no striking interannual differences in the air and the water thermic cycle. On the contrary the winds blew very irregularly (distribution and length of time). The same irregularity was found in the rainfalls and in the length of time during which low salinities values were found. 1971 and 1972 show rather high differences when compared to the six previous years. 1971 is characterized by a winter colder than usual and by a warmer summer; 1972 by the lowest insolation since 1945, with a deficit for every month (excepting July).

I. — FACTEURS MÉTÉOROLOGIQUES

Les principales données météorologiques sont groupées pour chacune des deux années sur les figures 1 et 2.

1. VENTS.

Seuls les vents qui se répartissent selon les deux secteurs dominants N.-N.W et S.-S.W. sont représentés.

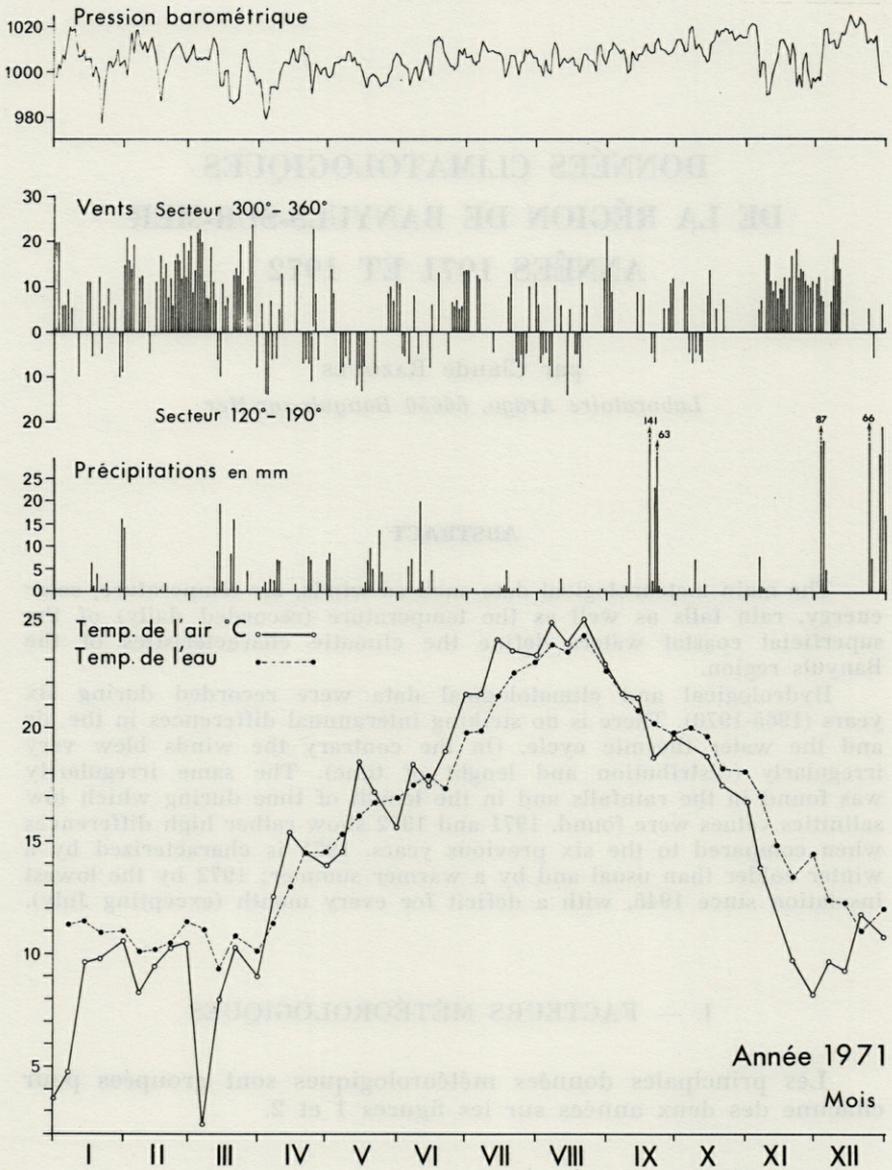


Fig. 1

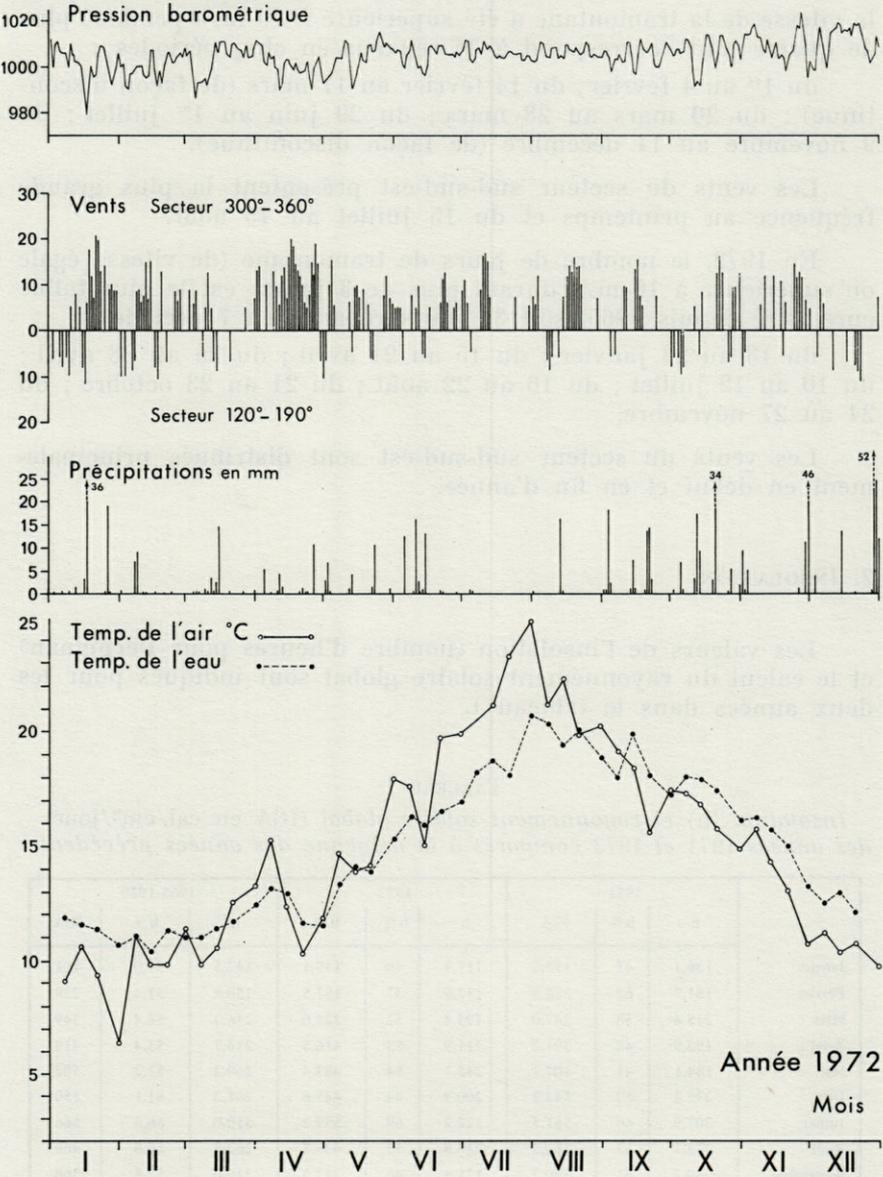


Fig. 2

Au cours de l'année 1971, le nombre de jours pendant lesquels la vitesse de la tramontane a été supérieure à 10 m/s pendant plus de quatre jours correspond à 74 répartis en cinq périodes :

du 1^{er} au 4 février; du 14 février au 11 mars (de façon discontinue); du 20 mars au 28 mars; du 29 juin au 1^{er} juillet; du 9 novembre au 11 décembre (de façon discontinue).

Les vents du secteur sud-sud-est présentent la plus grande fréquence au printemps et du 15 juillet au 15 août.

En 1972, le nombre de jours de tramontane (de vitesse égale ou supérieure à 10 m/s durant plus de 3 jours) est le plus faible enregistré depuis 1965, soit 34 jours répartis en 7 périodes :

du 18 au 23 janvier; du 15 au 21 avril; du 25 au 28 avril; du 10 au 12 juillet; du 16 au 22 août; du 21 au 23 octobre; du 24 au 27 novembre.

Les vents du secteur sud-sud-est sont distribués principalement en début et en fin d'année.

2. INSOLATION.

Les valeurs de l'insolation (nombre d'heures pour Perpignan) et le calcul du rayonnement solaire global sont indiqués pour les deux années dans le tableau I.

TABLEAU I

Insolation (h) et rayonnement solaire global (IGA en cal/cm²/jour) des années 1971 et 1972 comparés à la moyenne des années précédentes

	1971			1972			1965-1970		
	h	h %	IGA	h	h %	IGA	h	h %	IGA
Janvier	136,1	47	153,2	117,7	40	139,1	147,5	51,0	161
Février	181,7	62	258,5	112,9	37	187,5	150,8	51,4	228
Mars	215,4	58	347,0	193,4	52	323,0	216,3	58,4	349
Avril	192,9	48	391,2	211,9	53	416,5	214,7	53,4	419
Mai	184,1	41	407,7	245,7	54	483,4	260,2	57,2	502
Juin	275,2	60	543,2	200,9	44	445,6	281,2	61,1	550
Juillet	307,9	66	561,5	322,2	69	579,2	310,0	66,8	566
Août	273,3	63	480,5	236,8	55	438,7	262,8	60,8	469
Septembre	230,3	61	380,7	171,8	46	317,3	216,0	57,5	366
Octobre	208,4	61	279,1	154,9	45	229,5	182,3	53,2	255
Novembre	173,4	59	191,6	135,6	46	163,3	142,8	48,8	169
Décembre	121,5	43	126,8	112,2	40	121,6	143,0	51,0	141

L'année 1971 montre des valeurs hivernales légèrement supérieures à la moyenne des six années précédentes liées à une longue période de vent de nord assez fort. Le printemps montre des valeurs inférieures à la moyenne alors que l'été et surtout l'automne présentent des valeurs supérieures avec un minimum de vents.

L'année 1972 est tout à fait exceptionnelle puisque seul le mois de juillet a une insolation à peu près normale, bien qu'inférieure aux années 1967, 1969 et 1970. Le mois d'avril est également proche de la valeur moyenne en liaison avec la seule période de tramontane de l'année d'assez longue durée.

Le déficit énergétique global en 1972 paraît bien lié au petit nombre de jours de vent de nord déjà signalé.

3. PLUIES.

Les précipitations sont résumées dans le tableau II. L'année 1971 est l'une des années les plus pluvieuses, caractérisée par une saison printanière médiocre mais un été et un automne avec des précipitations inférieures à la moyenne, mis à part un orage particulièrement violent dans la nuit du 19 septembre qui occasionna une forte crue de la Baillaury et l'inondation de Banyuls.

L'année 1972 présente un total de pluies inférieur à la moyenne des sept années précédentes, sans phénomène particulier.

TABLEAU II
Précipitations en mm (cap Béar)

	1971	1972	1965-1970
Janvier	45,0	62,0	13,7
Février	2,7	19,0	41,8
Mars	63,1	25,8	58,8
Avril	50,2	26,0	56,5
Mai	52,9	30,4	36,0
Juin	42,6	48,9	11,8
Juillet	10,0	1,5	14,2
Août	4,4	17,1	34,2
Septembre	238,7	64,2	34,7
Octobre	9,5	84,2	193,0
Novembre	10,2	74,6	37,3
Décembre	285,0	108,0	48,1

4. TEMPÉRATURE DE L'AIR.

La température de l'air exprimée en moyenne hebdomadaire à partir de la moyenne des extrêmes journaliers relevés au Cap Béar est donnée dans le tableau III.

TABLEAU III
Température moyenne hebdomadaire de l'air

	Année 1971				
	1 - 7	8 - 14	15 - 21	22 - 30	Moyenne
Janvier	4,7	9,6	9,8	10,6	8,7
Février	8,3	9,5	10,3	10,5	9,7
Mars	3,4	8,0	10,3	9,0	7,7
Avril	12,5	15,4	14,5	13,9	14,1
Mai	14,5	18,5	17,2	15,6	16,5
Juin	18,4	17,5	18,9	21,5	19,1
Juillet	21,5	23,9	23,4	23,2	23,0
Août	24,6	23,7	24,8	22,8	23,9
Septembre	21,5	21,4	18,7	19,6	20,3
Octobre	19,2	18,8	17,5	16,8	18,0
Novembre	13,8	9,7	10,8	8,2	10,4
Décembre	9,7	9,3	11,8	10,8	10,4
	Année 1972				
	1 - 7	8 - 14	15 - 21	22 - 30	Moyenne
Janvier	9,1	10,6	9,4	6,4	8,9
Février	11,0	9,8	9,8	11,3	10,5
Mars	9,8	10,5	12,5	13,2	11,5
Avril	15,2	12,3	10,7	11,8	12,5
Mai	14,6	13,9	14,1	17,9	15,1
Juin	17,6	15,0	19,7	19,9	18,0
Juillet	20,5	21,1	23,2	24,7	22,4
Août	21,1	22,2	19,8	20,2	20,8
Septembre	19,1	18,4	15,6	17,4	17,6
Octobre	17,3	16,8	15,7	14,9	16,2
Novembre	15,7	14,3	13,1	10,7	13,4
Décembre	11,2	10,3	10,7	9,7	10,5

La période hivernale de 1971 montre les valeurs les plus faibles par rapport aux années précédentes avec 4,7° la première semaine de janvier qui fait suite aux basses températures de la dernière décade de décembre 1970 (3,9°). Si la température de la deuxième quinzaine de janvier et de février se rapproche des valeurs moyennes habituelles, on enregistre un brusque refroidissement dans la première quinzaine de mars (4,06° dans la première décade) en

liaison avec une période de très fort vent du Nord (33 m/s de vitesse maximale au sol les 1^{er} et 5 mars).

La température de l'air atteint son maximum en août (23,9°) puis décroît avec des valeurs mensuelles pour septembre (20,3°) et octobre (18,0°) supérieures à celles des six années précédentes.

En 1972 les températures hivernales et printanières sont proches de la moyenne. Les températures estivales (sauf 1968 qui montre les valeurs les plus faibles) et automnales sont nettement inférieures à celles des autres années comme l'indique le tableau IV.

TABLEAU IV

Température journalière de l'air (moyenne mensuelle sur 8 ans)

	1965 - 1972	Maxi	Mini
Janvier	9,05	10,57 (70)	8,33 (65,67)
Février	9,44	11,63 (66)	6,60 (65)
Mars	10,29	12,50 (67)	7,77 (71)
Avril	13,12	14,30 (66)	11,97 (68)
Mai	15,90	17,03 (69)	14,20 (68)
Juin	19,11	21,10 (70)	17,53 (67)
Juillet	21,92	23,30 (71)	19,67 (68)
Août	21,64	23,93 (71)	19,63 (68)
Septembre	19,17	21,37 (70)	17,63 (72)
Octobre	16,88	18,00 (71)	16,13 (70,72)
Novembre	12,54	14,50 (70)	10,47 (71)
Décembre	9,57	11,06 (65)	7,60 (67)

II. — TEMPÉRATURE DE L'EAU SUPERFICIELLE

La température de l'eau de mer est notée journallement dans l'aquarium après pompage à une profondeur de 5 mètres et séjour d'une demi-journée dans une cuve. A partir de 1971 des mesures régulières sont effectuées dans la baie sur les fonds de 40-45 mètres.

Les figures 1 et 2 traduisent l'évolution de la température superficielle de l'aquarium pour les deux années 1971 et 1972.

La différence entre les deux cycles est importante. L'hiver 1971 (de la dernière décade de décembre 1970 à la fin mars 1971) montre des valeurs inférieures à la moyenne (THIRIOT, 1966) tandis que les valeurs estivales et automnales sont plus élevées.

L'année 1972 se caractérise par des températures moyennes mensuelles toutes inférieures à la moyenne mais où le phénomène est plus accentué de juin à septembre. Le tableau V permet de comparer les deux années 71 et 72 à la moyenne générale établie de 1951 à 1964 (THIRIOT, 1966).

TABLEAU V

Comparaison de la température superficielle (moyenne mensuelle) des années 1971 et 1972 avec la moyenne générale (1951-1964)

	1971	1972	1951 - 1964
Janvier	11,3	11,4	11,63
Février	10,3	10,9	10,80
Mars	10,1	11,6	11,90
Avril	13,4	12,3	13,53
Mai	16,3	14,1	16,07
Juin	18,1	16,6	18,97
Juillet	21,7	18,9	21,43
Août	23,4	19,6	21,57
Septembre	20,6	18,3	20,60
Octobre	19,0	17,3	17,93
Novembre	14,9	15,0	15,17
Décembre	11,9	12,5	13,43

Le relevé des températures à l'aquarium et dans la baie présente quelques différences qui portent en hiver sur une sur-estimation des températures dans l'aquarium et une sous-estimation en été (tableaux VI et VII).

III. — STRATIFICATION THERMIQUE DE LA BAIE

L'été et l'automne 1972 présentant des valeurs de la température superficielle de l'eau particulièrement basses, une série de bathythermogrammes ont été réalisés du 4 août au 18 décembre (fig. 3). Au début d'août une thermocline est bien établie entre 25 et 30 mètres, l'écart de température entre la surface et 40 m est de 7° C. La forme de cette thermocline devient très irrégulière tandis que la température superficielle décroît. En septembre la température s'homogénéise de la surface au fond tout en se réchauffant (20° C). L'ensemble de la couche d'eau se refroidit assez brusquement entre le 14 et le 19 novembre.

TABLEAU VI

Moyenne hebdomadaire de la température de l'eau en aquarium (1)
et dans la baie (2) durant l'année 1971

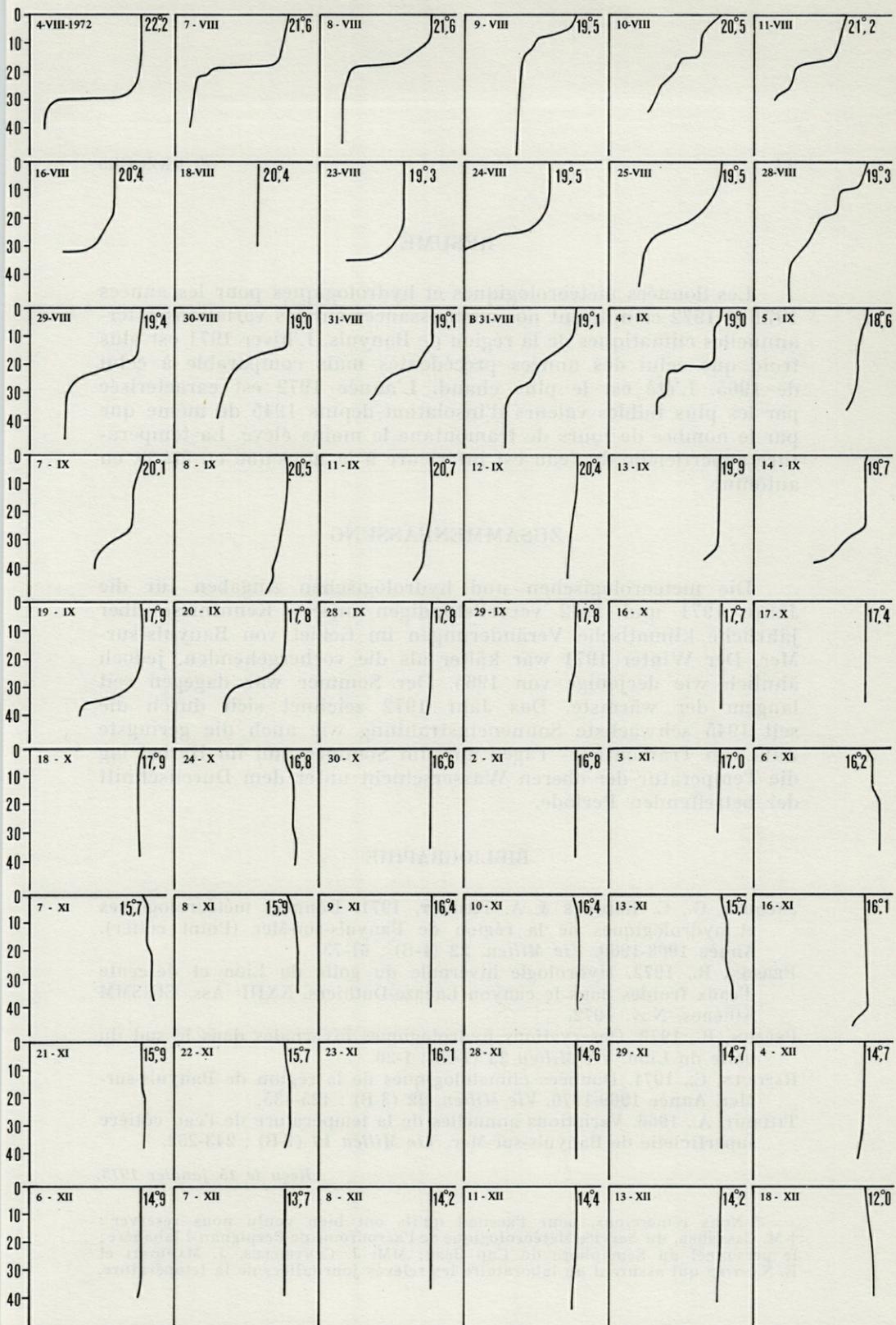
(1)	Année 1971				
	1 - 7	8 - 14	15 - 21	22 - 30	Moyenne
Janvier	—	—	10,9	11,0	11,3
Février	10,1	10,2	10,5	—	10,3
Mars	—	9,4	10,8	10,2	10,1
Avril	11,4	13,0	14,5	14,5	13,4
Mai	15,3	16,1	16,7	16,9	16,3
Juin	17,5	17,9	17,3	19,8	18,1
Juillet	19,9	21,4	22,4	22,9	21,7
Août	23,7	23,4	24,1	22,5	23,4
Septembre	21,5	20,8	20,2	19,8	20,6
Octobre	20,0	19,7	18,2	18,1	19,0
Novembre	17,0	14,8	13,4	14,4	14,9
Décembre	12,4	12,3	11,1	12,0	11,9

(2)	Année 1971				
	1 - 7	8 - 14	15 - 21	22 - 30	Moyenne
Janvier	11,3	11,4	10,7	11,0	11,1
Février	10,9	10,7	11,6	11,4	11,1
Mars	11,1	11,3	10,2	10,4	10,7
Avril	11,0	11,8	13,5	13,9	12,5
Mai	14,3	15,6	17,1	17,2	16,0
Juin	17,2	17,5	17,1	18,8	17,6
Juillet	19,5	20,8	22,4	21,5	21,0
Août	22,3	22,6	24,0	22,3	22,8
Septembre	21,8	21,8	21,1	20,6	21,3
Octobre	20,5	20,1	19,7	18,9	19,8
Novembre	18,4	17,3	16,1	14,4	16,5
Décembre	14,0	13,8	12,7	13,0	13,4

TABLEAU VII

Moyenne hebdomadaire de la température de l'eau en aquarium (1)
et dans la baie (2) durant l'année 1972

(1)	Année 1972				
	1 - 7	8 - 14	15 - 21	22 - 30	Moyenne
Janvier	11,9	11,6	11,4	10,7	11,4
Février	11,0	10,4	11,3	11,0	10,9
Mars	11,0	11,4	11,7	12,4	11,6
Avril	13,1	12,9	11,6	11,5	12,3
Mai	13,3	14,1	13,9	15,3	14,1
Juin	16,3	15,9	16,5	17,9	16,6
Juillet	18,2	18,7	18,1	20,6	18,9
Août	20,3	19,4	20,0	18,8	19,6
Septembre	18,0	19,8	18,1	17,3	18,3
Octobre	18,0	17,9	17,4	16,1	17,3
Novembre	16,2	15,7	15,0	13,2	15,0
Décembre	12,5	13,0	12,1	—	(12,5)
(2)	Année 1972				
	1 - 7	8 - 14	15 - 21	22 - 30	Moyenne
Janvier	12,2	11,8	11,4	11,6	11,7
Février	11,8	11,6	11,5	11,2	11,5
Mars	11,3	11,6	11,9	12,9	11,9
Avril	13,5	13,3	13,4	12,6	13,2
Mai	13,1	14,3	14,0	15,1	14,1
Juin	16,5	16,3	16,9	17,8	16,9
Juillet	19,0	18,5	19,5	21,1	19,5
Août	21,0	21,5	21,5	21,4	21,3
Septembre	18,9	20,2	18,2	18,0	18,8
Octobre	17,5	17,6	17,6	16,9	17,4
Novembre	16,4	16,0	16,1	15,2	15,9
Décembre	14,8	14,3	12,4	—	(13,8)



LEGENDE

TEMPERATURE →

PROFONDEUR EN METRES ↓

— 1°C

ECHELLE

Enregistrements au bathythermographe

Fig. 3

RÉSUMÉ

Les données météorologiques et hydrologiques pour les années 1971 et 1972 complètent nos connaissances sur les variations inter-annuelles climatiques de la région de Banyuls. L'hiver 1971 est plus froid que celui des années précédentes mais comparable à celui de 1965. L'été est le plus chaud. L'année 1972 est caractérisée par les plus faibles valeurs d'insolation depuis 1945 de même que par le nombre de jours de tramontane le moins élevé. La température superficielle de l'eau est inférieure à la moyenne en été et en automne.

ZUSAMMENFASSUNG

Die meteorologischen und hydrologischen Angaben für die Jahre 1971 und 1972 vervollständigen unsere Kenntnisse über jährliche klimatische Veränderungen im Gebiet von Banyuls-sur-Mer. Der Winter 1971 war kälter als die vorhergehenden, jedoch ähnlich wie derjenige von 1965. Der Sommer war dagegen seit langem der wärmste. Das Jahr 1972 zeichnet sich durch die seit 1945 schwächste Sonneneinstrahlung wie auch die geringste Zahl von Tramontane-Tagen aus. Im Sommer und im Herbst lag die Temperatur der oberen Wasserschicht unter dem Durchschnitt der betreffenden Periode.

BIBLIOGRAPHIE

- JACQUES, G., C. RAZOULS & A. THIRIOT, 1971. Données météorologiques et hydrologiques de la région de Banyuls-sur-Mer (Point côtier). Année 1968-1969. *Vie Milieu*, 22 (1-B) : 61-73.
- PERSON, R., 1972. Hydrologie hivernale du golfe du Lion et descente d'eaux froides dans le canyon Lacaze-Duthiers. XXIII^e Ass. CIESMM Athènes, Nov. 1972.
- PERSON, R., 1972. Observations hydrologiques hivernales dans le sud du golfe du Lion. *Vie Milieu* 23 (1-B) : 1-20.
- RAZOULS, C., 1971. Données climatologiques de la région de Banyuls-sur-Mer. Année 1969-1970. *Vie Milieu*, 22 (3-B) : 425-435.
- THIRIOT, A., 1966. Variations annuelles de la température de l'eau côtière superficielle de Banyuls-sur-Mer. *Vie Milieu* 17 (1-B) : 243-252.

Reçu le 15 janvier 1973.

* Nous remercions, pour l'accueil qu'ils ont bien voulu nous réserver : † M. CASANOBE, du Service Météorologique de l'aérodrome de Perpignan-Llabanère; le personnel du Sémaphore du Cap Béar; MM. J. CENTELLES, J. MARIOTTI et E. NANTIER qui assurent au laboratoire les relevés journaliers de la température.

SUR LA DÉTERMINATION EN PETITE PROFONDEUR DU NIVEAU DE PÊCHE DES FILETS A PLANCTON ⁽¹⁾

par Michel BHAUD
Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer

ABSTRACT

Insufficient knowledge of the conditions under which rough numerical data are obtained is often the cause that interpretation is limited or even impossible. Accurate estimation of the level of collecting is particularly important in horizontal plankton samplings. The purpose of this paper is to underline the various parameters controlling the depth of the net.

A. — INTRODUCTION

Il peut paraître d'un intérêt secondaire de chercher à déterminer les conditions de travail d'un filet à plancton et de façon plus générale les paramètres de la pêche. Cependant l'exploitation des prélèvements s'effectue de plus en plus rapidement et les méthodes de calcul favorisent le traitement précis et l'interprétation élaborée des données. Il serait illogique d'effectuer un tel

(1) Ce travail a été réalisé avec l'aide du C.N.R.S. (contrat L.A. 117 pour le Laboratoire Arago) et du C.N.E.X.O. (contrat 71.274).

travail à partir de données approximatives sinon douteuses. Nous avons aussi montré (BHAUD, 1973), que la méthode de travail conditionne fortement la valeur des résultats numériques obtenus.

Parallèlement à l'exploitation des prélèvements planctoniques il est nécessaire de chercher à connaître la série entière des paramètres de la pêche. Le problème de la représentation spatiale ou temporelle de l'échantillon a déjà été abordé (BHAUD, 1972). Les conditions de filtration du filet utilisé sont bien connues (UNESCO, 1968). Mais un point important, particulièrement en province néritique reste à préciser et se rapporte au niveau du prélèvement.

Nous désirons, dans cette note, donner quelques indications sur la valeur du travail à la mer, à partir des enregistrements du profil de pêche des filets (1).

B. — PRÉLÈVEMENTS HORIZONTAUX

a) *Définitions.*

Il s'agit de préciser dans ce paragraphe trois éléments qui caractérisent le prélèvement : le niveau moyen désiré, le niveau moyen obtenu et la variation autour du niveau moyen de pêche. Ces trois éléments permettent de définir deux paramètres qui, pour les pêches par traits horizontaux sont essentiels bien que très rarement utilisés : c'est la précision d'une part, et la justesse du niveau de pêche d'autre part. La justesse se mesure par la différence entre la profondeur moyenne obtenue et la profondeur désirée. Le niveau de pêche est d'autant plus juste que cette différence ou biais est faible. La précision est appréciée par la différence entre les niveaux extrêmes de la pêche. Le niveau de pêche est d'autant plus précis que cette différence ou erreur est plus faible. L'erreur et le biais sont deux éléments indépendants l'un de l'autre.

b) *Matériel.*

Nous avons utilisé, pour connaître les paramètres de la pêche, des appareils enregistreurs fonctionnant *a posteriori*, le résultat

(1) Cette note se rapporte uniquement aux conditions de travail en province néritique. Pour connaître les conditions de pêche en grande profondeur, nous renvoyons au compte rendu de la campagne Médiplankton du N.O. Le Noroit en Méditerranée (juillet-août) : *Ann. Inst. océanogr.*, 50 (1) : 41-50.

étant connu après la pêche. Ces appareils enregistrent la profondeur du filet en fonction du temps. Ils sont de deux types : Bathykymographe (2) et Time Depth Recorder (3), désignés respectivement par les initiales B.K. et T.D.R.

La précision fournie par ces appareils dans les conditions d'utilisation définies est de l'ordre du mètre. Pour le B.K., le ressort étalonné permet d'établir la correspondance entre un déplacement de 22 divisions (1 inch) et une différence de profondeur de 64 m. Une division représente donc 3 mètres et l'interpolation aisée permet d'apprécier le mètre. Nous n'avons utilisé cet appareil que dans la partie moyenne de ses possibilités d'enregistrement sur laquelle la variation de niveau du stylet est proportionnelle à la variation de profondeur (BOUR, FRONTIER, PETIT, 1971). En ce qui concerne le T.D.R., la précision peut être du même ordre, grâce à une lecture plus délicate qui doit être faite à la loupe.

Ces appareils indiquent la profondeur du filet en fonction du temps sur une bande de papier pour le premier type, sur un disque de papier paraffiné pour le second type. Ces enregistrements sont dépouillés immédiatement après la remontée des appareils, ce qui permet de savoir sur place si le prélèvement est correct quant à sa précision et sa justesse. Enfin, les appareils Tsurumi-Seiki-Kosakusho (T.S.K.), indiquant la plus grande profondeur atteinte par le filet, enregistrée sur plaque de verre enfumé, ont été testés par différentes comparaisons.

Tous les prélèvements sont réalisés par le même bateau, et toujours avec la même vitesse du moteur. Le filet est descendu à l'extrémité d'un câble en acier de 5 mm de diamètre. Un flotteur solidaire du filet par l'intermédiaire d'un second câble, dit câble de sécurité, n'a pas été utilisé ici. Ce procédé qui augmente considérablement la durée des manipulations n'est pas nécessaire lorsque le câble de traction est de bonne qualité. Il permet cependant de réaliser rapidement un certain nombre de prélèvements horizontaux toujours dans les mêmes conditions. Il ne peut être employé lorsque les niveaux de pêche sont choisis en fonction d'une structure physique variable, telle que la thermocline. Pour compléter l'installation, un lest de 15 kg est solidaire du déclencheur commandant la fermeture du filet.

c) *Appréciation de la précision* (fig. 1).

Tous les enregistrements effectués montrent que la précision du niveau de pêche est satisfaisante. Cette précision se manifeste

(2) Marine advisers Inc., La Jolla, Cal.

(3) Benthos Inc. North Falmouth, Mass.

e) *Résultats* (fig. 2 et 3).

La pratique de l'étalonnage qui précède la pêche permet d'obtenir une très forte justesse qui peut être maximale si les conditions de la pêche à un niveau déterminé à l'avance sont les mêmes que celles de l'étalonnage. Le plus souvent, la différence entre niveau désiré et niveau obtenu est de l'ordre de 5 m. Cette méthode met en évidence la probabilité relativement grande d'obtenir la profondeur d'un prélèvement horizontal, mais aussi la nécessité d'utiliser des appareils de mesure fonctionnant de façon continue.

Il est possible d'apprécier la marge de variation de la profondeur atteinte pour une longueur de câble donnée, à partir de plusieurs sorties effectuées dans des conditions de travail différentes. Les étalonnages sont réalisés en direction est-ouest, la moins sujette aux influences des courants qui sont le plus fréquents dans la direction nord-sud. Les séries d'étalonnages montrent que pour une même longueur de câble, le niveau de pêche du filet dépend étroitement des conditions météorologiques et des courants (fig. 4). Les paramètres d'étalonnage, direction par rapport au vent ou au courant et vitesse du bateau, doivent être déterminés avec le plus grand soin afin de réaliser ensuite les prélèvements dans les mêmes conditions. Ce n'est pas toujours aisé et en une heure de temps, il est possible d'obtenir deux courbes d'étalonnage très différentes (fig. 4).

Le tableau I donne l'écart maximum du niveau de pêche effectué aux différentes profondeurs désirées. Il est établi, à partir de quinze mesures pour chaque niveau, réalisées dans des conditions météorologiques variées ; la durée des prélèvements est de dix minutes.

Pour connaître le résultat de chaque trait de plancton, l'utilisation systématique d'un enregistreur s'avère donc nécessaire. Même si les conditions de travail en mer sont bonnes, il est pratiquement difficile de réaliser des prélèvements reproductibles d'une sortie à la suivante, en utilisant les résultats d'un étalonnage antérieur.

La méthode de travail à la mer exposée précédemment souffre d'un grave inconvénient. Que les prélèvements soient toujours effectués à la même profondeur, ou qu'ils dépendent d'une structure hydrologique précise déterminée à chaque sortie, il est nécessaire dans ces deux cas d'effectuer un étalonnage. La nécessité de cet étalonnage provient de l'utilisation d'appareils dont la lecture se fait *a posteriori*. L'utilisation routinière d'appareils donnant des indications en temps réel, reliés au bateau par câble

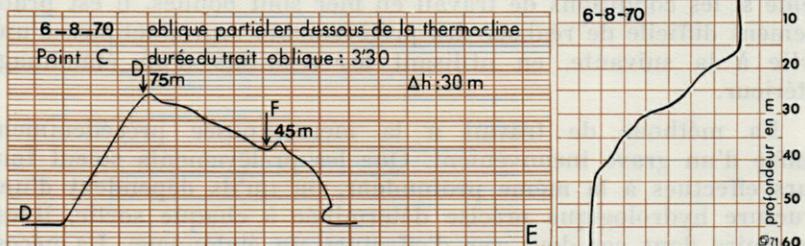
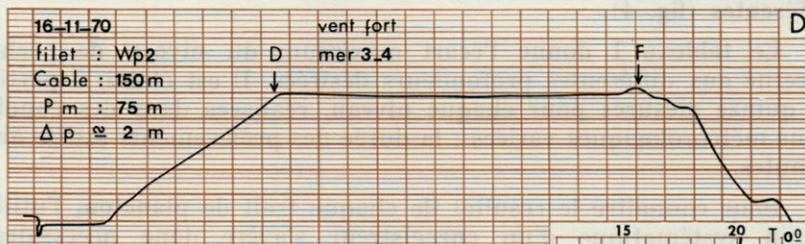
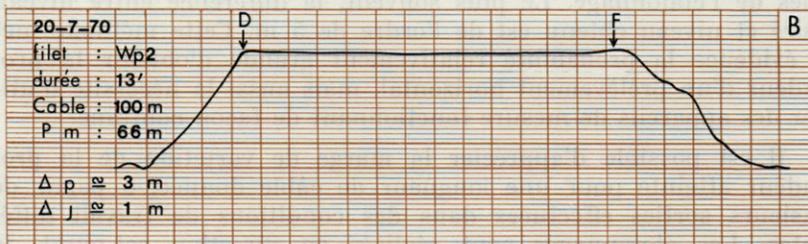
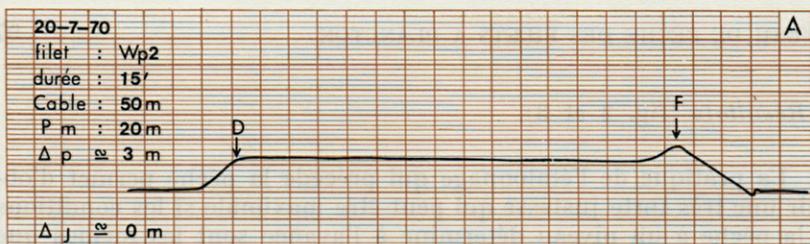


FIG. 2. — A.B.C. Précision et justesse des niveaux de pêche. L'étalonnage précédant les trois traits avait donné respectivement pour 50, 100 et 120 m de câble les profondeurs de 20, 65 et 83 m. L'erreur de justesse est de 0 m pour A, 1 m pour B et 4 m pour C. L'erreur sur la précision des niveaux est de l'ordre de 3 m. D : prélèvement par mauvais temps montrant le profil régulier de l'enregistrement. E : enregistrement d'un prélèvement oblique partiel immédiatement au-dessous de la thermocline.

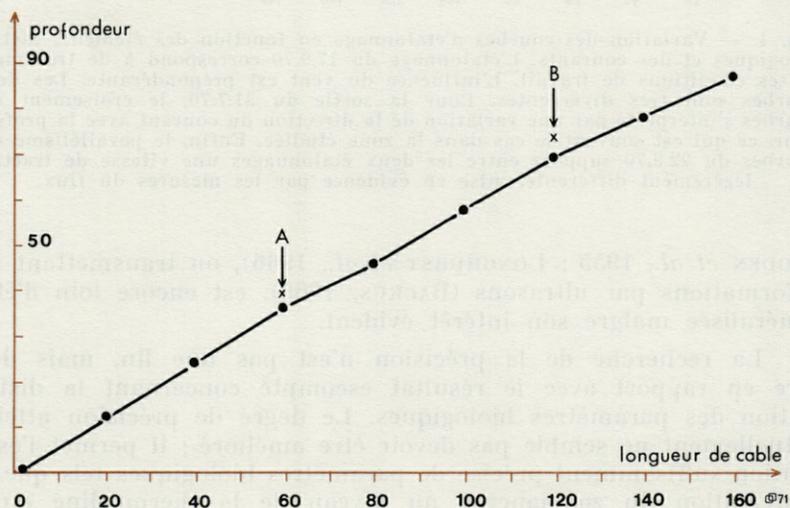
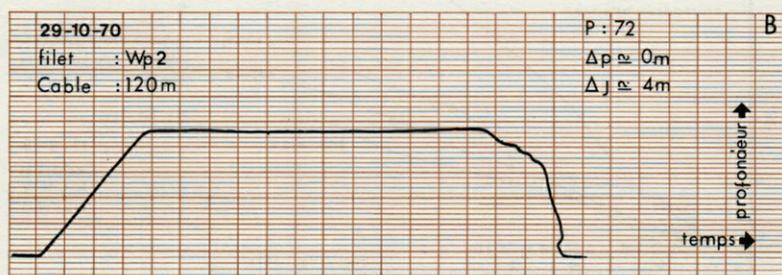
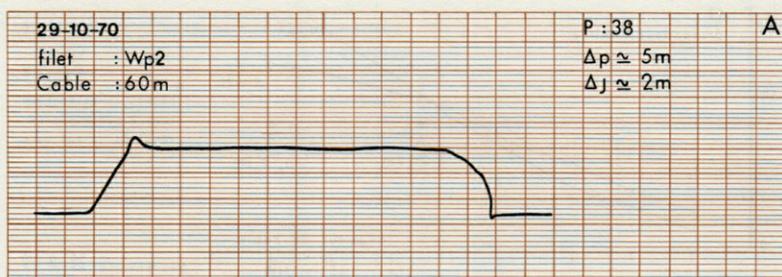


FIG. 3. — Précision et exactitude de deux traits horizontaux et courbe de variation de la profondeur du filet en fonction de la longueur de câble. La courbe ainsi obtenue n'a rien de commun avec le profil du câble. Cette assimilation signifierait que l'on confond en abscisse « longueur de câble » et « composante horizontale » des coordonnées spatiales.

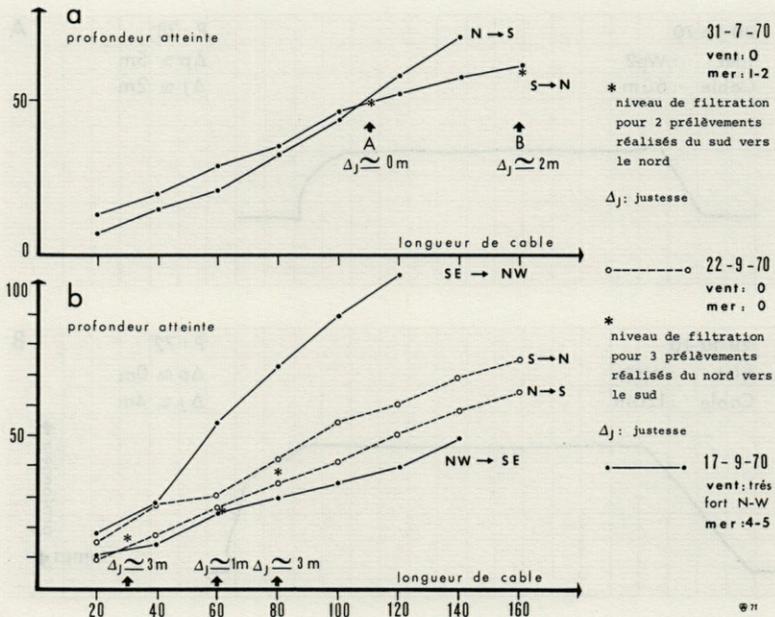


FIG. 4. — Variation des courbes d'étalonnage en fonction des éléments météorologiques et des courants. L'étalonnage du 17.9.70 correspond à de très mauvaises conditions de travail. L'influence du vent est prépondérante. Les deux courbes sont très divergentes. Pour la sortie du 31.7.70, le croisement des courbes s'interprète par une variation de la direction du courant avec la profondeur, ce qui est souvent le cas dans la zone étudiée. Enfin, le parallélisme des courbes du 22.9.70 suppose entre les deux étalonnages une vitesse de traction légèrement différente, mise en évidence par les mesures du flux.

(BODEN *et al.*, 1955 ; LONGHURST *et al.*, 1966), ou transmettant les informations par ultrasons (BACKUS, 1966), est encore loin d'être généralisée malgré son intérêt évident.

La recherche de la précision n'est pas une fin, mais doit être en rapport avec le résultat escompté concernant la distribution des paramètres biologiques. Le degré de précision atteint actuellement ne semble pas devoir être amélioré ; il permet l'estimation suffisamment précise de paramètres biologiques tels que la distribution du zooplancton au niveau de la thermocline ou à proximité du fond.

TABLEAU I
*Immersion réelle des filets trainés horizontalement
 en fonction de la longueur de câble*

Longueur de câble (m)	20	40	60	80	100	120	140
Profondeur du filet pour 15 étalonnages	13	25	34	42	58	76	90
	13	23	33	44	58	65	80
	11	19	27	36	45	54	65
	12	20	28	37	47	55	65
	12	23	30	38	47	56	70
	15	25	35	50	65	80	94
	14	24	31	38	49	62	75
	11	20	28	35	45	56	70
	12	21	30	39	50	60	72
	12	25	36	46	60	74	88
	12	22	28	40	46	55	70
	15	28	36	43	57	67	75
	13	22	33	43	53	64	75
	14	25	35	44	52	61	72
	12	21	29	36	45	54	65
Moyenne (m)	12,9	22,9	31,5	40,7	51,8	62,6	75
Intervalle de confiance à 95 % (m)	12	21,5	29,8	38,4	48,3	58	70
	13,4	24,2	33,3	43,1	55,3	67,3	80
Cv %	10	10,8	10,1	10,5	12,4	13,5	12,2
Écart maximum du niveau de la pêche entière (m)	4	7	9	15	15	26	29
Écart maximum du niveau du début de la pêche (THIRIOT, 1970)		10		34			48

C. — PRÉLÈVEMENTS OBLIQUES

Compte tenu de l'utilisation fréquente des prélèvements obliques, il est nécessaire de donner quelques indications sur la réalisation de tels prélèvements. Ils peuvent échantillonner la hauteur totale de l'eau ou seulement la hauteur limitée par deux immersions. La détermination des niveaux limites peut être effectuée avec une bonne approximation (fig. 2 D) et repose sur les méthodes décrites précédemment.

Le plus souvent, les prélèvements obliques, types particuliers de prélèvements verticaux, sont réalisés dans un but d'étude quali-

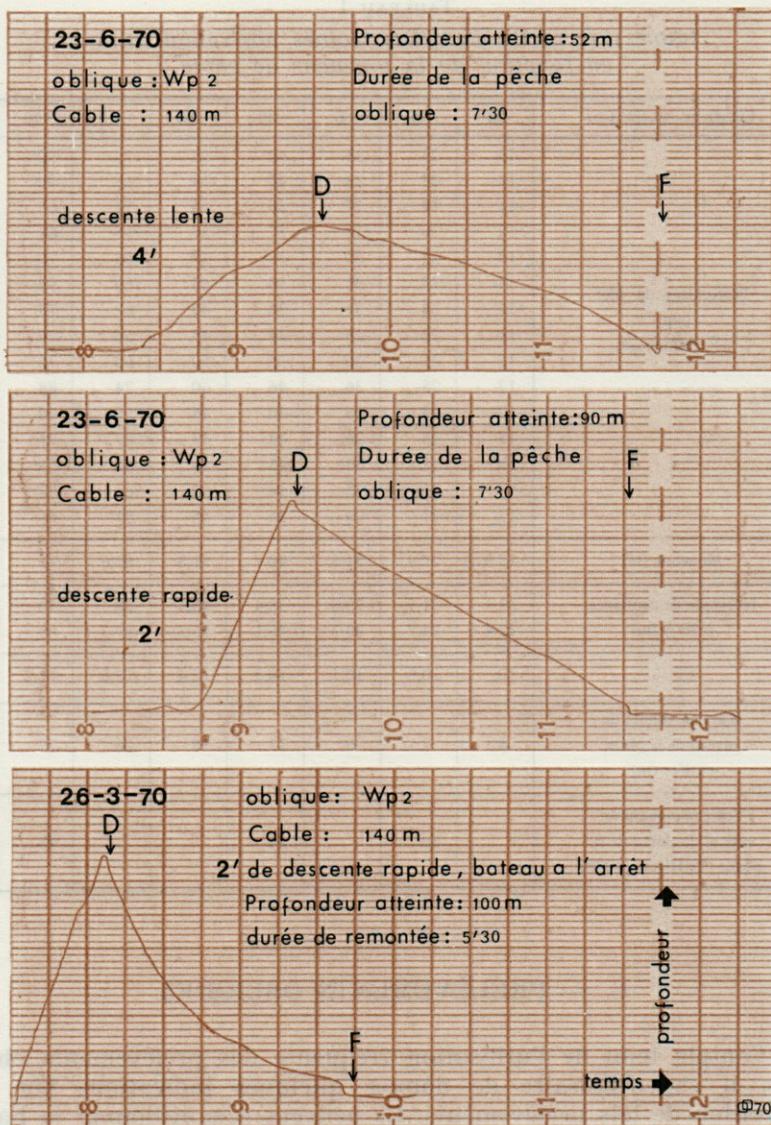


FIG. 5. — Enregistrement de trois prélèvements obliques montrant l'influence de la vitesse de descente du filet sur la plus grande profondeur atteinte et sur le profil de pêche pendant la remontée. Dans les trois cas, la longueur de câble déroulé est de 140 m.

tative ; il s'avère alors nécessaire d'échantillonner de façon égale les différents niveaux traversés. Au cours de la vérification il apparaît que la vitesse de descente du filet a une importance primordiale sur le niveau le plus profond atteint par le filet et sur la régularité de l'échantillonnage durant la remontée. Lorsque la descente est trop rapide, le filet a tendance à se rapprocher de la verticale du bateau, même si ce dernier est en marche. La profondeur atteinte par le filet est d'autant plus importante que sa descente est rapide. Ensuite, le câble subit la force de traction du bateau et le filet remonte rapidement à son niveau d'équilibre. Le graphique d'enregistrement marque donc une forte concavité vers les immersions importantes, indiquant un échantillonnage plus intense dans les couches superficielles (fig. 5 C). Il est cependant possible d'obtenir des graphiques rectilignes indiquant un échantillonnage régulier (fig. 5 B).

D. — COMPARAISON DES RÉSULTATS DONNÉS PAR DIFFÉRENTS TYPES D'ENREGISTREMENTS

L'utilisation des bathygraphes Tsurumi-Seiki-Kosakusho (en abrégé T.S.K.) permet, au moins théoriquement, de connaître la profondeur de début et de fin de pêche, mais non de dire si le filet pêche en palier ou sur une tranche d'eau déterminée. Ces appareils donnent sur une plaque de verre enfumé la profondeur maximale atteinte. Ils sont utilisés par paire. L'un est fixé au cercle d'ouverture du filet (T.S.K. n° 1) et l'autre est envoyé avec le messenger de fermeture (T.S.K. n° 2). Cette technique présente l'inconvénient d'indiquer une profondeur maximale atteinte par le filet, et qui n'a pas nécessairement de rapport avec la profondeur réelle de pêche. Elle ne peut être employée lorsque plusieurs filets sont solidaires d'un même câble. Lors de l'utilisation de tels enregistrements (1), les principales possibilités effectivement observées ont été les suivantes :

1. La descente du filet est trop rapide ; ce dernier remonte pendant la pêche. Lors de la fermeture, le filet redescend fortement à cause de l'arrêt du bateau nécessaire au lancement du messenger et du T.S.K. n° 2. Le profil d'enregistrement continu

(1) Les deux bathygraphes sont auparavant comparés entre eux, puis à un enregistreur de profondeur en continu, et les différents appareils comparés à une donnée bathymétrique certaine. Les chiffres ultérieurs sont donnés en tenant compte de ces différentes corrections.

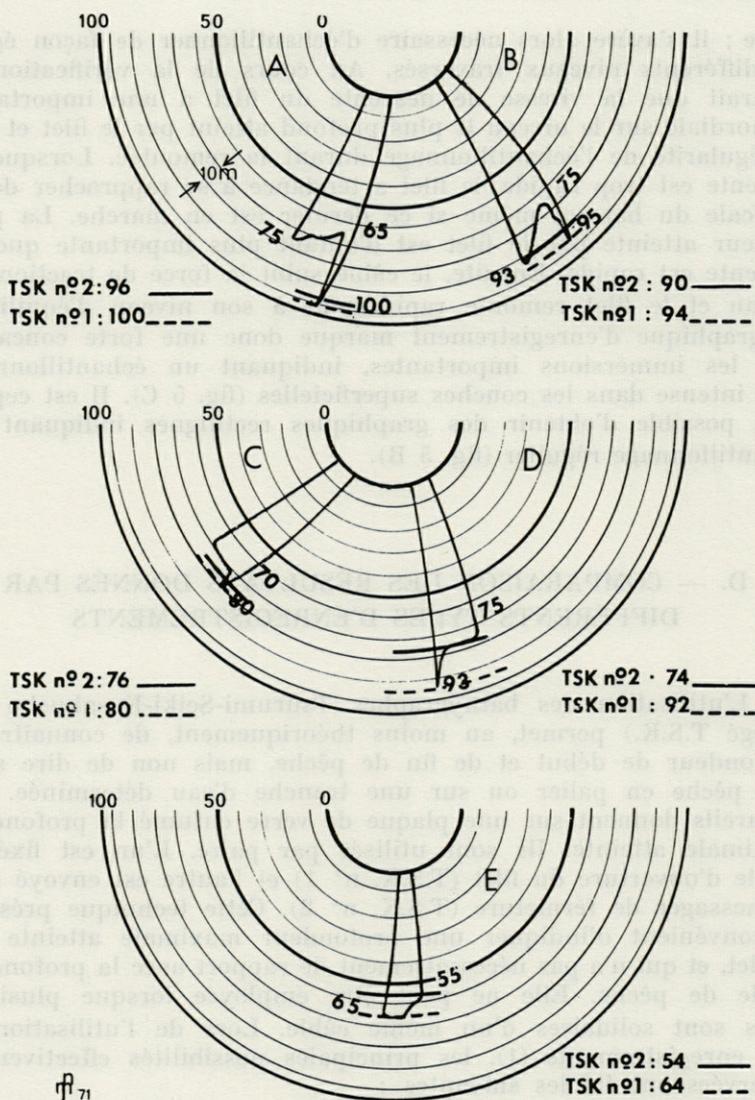


Fig. 6. — Comparaison des résultats donnés par l'enregistrement continu (T.D.R.) et par les indications du maximum de profondeur (T.S.K.). Sur les graphiques relatifs à l'enregistrement de la profondeur en fonction du temps ont été portés les niveaux les plus profonds atteints par les T.S.K. n° 1 (-----) et n° 2 (———). A et B : alors que le filet pêche sur une hauteur de 10 ou 18 m, les T.S.K. indiquent le même niveau, compte tenu de leur position différente. C : les appareils T.S.K. indiquent un palier de pêche, mais différent du palier de pêche du filet. D : durant les 4/5 du temps de filtration, le filet pêche en palier alors que les T.S.K. indiquent une hauteur de pêche de 18 m. E : correspondance entre les indications des différents appareils et le profil de pêche du filet. Les chiffres inscrits sur le palier d'enregistrement correspondent au profil obtenu de façon continue par le T.D.R. Les chiffres portés à l'extérieur des enregistrements correspondent aux résultats obtenus avec les deux T.S.K.

est tel que les deux T.S.K. indiquent le même niveau alors que la variation du niveau de pêche est importante (fig. 6 A et B).

2. La descente du filet est lente. Le filet pêche en niveau constant. Cependant, lors de la fermeture il redescend et les deux T.S.K. indiquent le même niveau mais différent de celui indiqué par l'enregistreur continu, solidaire du filet (fig. 6 C).

3. La descente est trop rapide, mais le palier apparaît rapidement. Lors de la fermeture, il n'y a pas redescente du filet. La différence de profondeur indiquée par les T.S.K. est grande, de même que celle indiquée par l'enregistrement continu. Mais à l'aide de ce dernier, il est possible de dire que le filet a filtré en palier pendant les 8/10 du temps de pêche (fig. 6 D).

4. La descente du filet est correcte. L'obliquité de pêche est peu prononcée. Le filet ne redescend pas lors de sa fermeture. Les données des différents appareils coïncident (fig. 6 E).

Il est évident, d'après les différents cas exposés et observés que l'utilisation correcte des bathygraphes est soumise à différentes conditions : en particulier, la vitesse de descente ne doit pas être trop rapide, et la pose du messenger de fermeture ne doit pas nécessiter l'arrêt ou le ralentissement du bateau.

En résumé, la précédente comparaison permet de dire que lorsque les T.S.K. amènent à la conclusion d'une pêche horizontale, cette dernière est en réalité oblique. Dans le cas inverse, lorsque les T.S.K. indiquent une pêche oblique, il se peut que cette pêche soit effectuée en palier horizontal durant la majeure partie du temps de pêche.

CONCLUSION

Certains appareils utilisés précédemment fournissent un enregistrement continu de la profondeur du filet en fonction du temps, ce qui permet de connaître lors d'un prélèvement horizontal la profondeur atteinte et la fluctuation du niveau de filtration ou, lors d'un prélèvement oblique la durée de filtration dans chaque couche d'eau. Le profil obtenu, s'il laisse indéterminées la distance parcourue entre deux niveaux précis et la vitesse de déplacement, permet certaines conclusions concernant les variations de vitesse de traîne et donc de filtration. Dans le cas des prélèvements horizontaux, une variation de vitesse de traction entraîne immédiatement un changement du niveau de filtration qui est alors enregistré. Dans le cas des prélèvements obliques, un changement de pente de la courbe de remontée du filet indique aussi une

variation de la vitesse de traction donc du volume d'eau filtrée. Il ne semble cependant pas difficile d'obtenir au moins en pêche sur le plateau continental, une vitesse constante, soit une vitesse de traction en palier horizontal, soit une vitesse de remontée en trait oblique. Ces caractères se traduisent sur les enregistrements par une droite, horizontale ou oblique selon le cas ; les comparaisons peuvent alors être tentées entre prélèvements horizontaux, entre prélèvements obliques et même entre prélèvements verticaux et obliques effectués entre deux mêmes niveaux. Lorsque tous les niveaux sont échantillonnés de la même façon, et même en supposant une durée de pêche différente dans les deux cas, il est toujours possible d'effectuer une correction proportionnelle au temps.

Pour une étude quantitative précise étalée dans le temps et qui nécessite la connaissance du volume d'eau filtrée, la possibilité de comparer des prélèvements hebdomadaires s'avère difficile lorsque ces derniers sont effectués dans des conditions différentes portant sur les vents, la distance parcourue, la vitesse du filet par rapport à l'eau..., c'est-à-dire sur le niveau de filtration. Au contraire, lorsque la profondeur est contrôlée, une grande partie d'erreur méthodologique se trouve supprimée des comparaisons effectuées dans le temps.

RÉSUMÉ

1. L'auteur décrit une méthode de travail à la mer pour prévoir le niveau de pêche d'un filet à plancton filtrant horizontalement.
2. Les notions de précision et de justesse sont appliquées à la valeur du niveau de pêche obtenu.
3. Les qualités de plusieurs enregistreurs de profondeur sont comparées.

ZUSAMMENFASSUNG

1. Der Autor beschreibt eine Feldarbeitsmethode zur Vorausbestimmung der Arbeitstiefe eines Horizontal-Planktonnetzes.
2. Die Präzisionsbegriffe werden auf den Wert der erhaltenen Fangtiefe angewendet.
3. Die Qualität verschiedener Tiefenmesser wird miteinander verglichen.

BIBLIOGRAPHIE

- BACKUS, R.H., 1966. The "Pinger" as an aid in deep trawling. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer.*, **30** (2) : 270.
- BHAUD, M., 1972. Liaisons entre la répartition spatiale du plancton, les méthodes de prélèvement et l'interprétation des variations mensuelles. *Vie Milieu*, **23** (2B) : 297-321.
- BHAUD, M., 1973. Les larves d'Annélides Polychètes en mer Adriatique septentrionale. *Thalassia jugos.* (Sous presse).
- BODEN, B.P., E.M. KAMPA, J.M. SNODGRASS & R.F. DEVEREUX, 1955. A depth telerecording unit for marine biology. *J. mar. Res.*, **14** (2) : 205-209.
- BOUR, W., S. FRONTIER & D. PETIT, 1971. Zooplancton d'une baie eutrophique tropicale. Document scientifique du centre de Nosy-Bé n° 24 : 1-95. Office de la Recherche scientifique et technique Outre-Mer, Paris.
- LONGHURST, A.R., A.D. REITH, R.E. BOWER & D.C.R. SEIBERT, 1966. A new system for the collection of multiple serial plankton samples. *Deep sea Res.*, **13** (2) : 213-222.
- THIRIOT, A., 1970. Cycle et distribution de Crustacés planctoniques de la région de Banyuls-sur-Mer (Golfe du Lion). Etude spéciale des Cladocères. *Thèse Doc. Fac. sci. Univ. Paris*, 308 p.
- UNESCO, 1968. Monographs and oceanographic methodology; 2 : zooplankton sampling, 1-174. Unesco, ed. Paris.

Reçu le 7 mai 1973.

BIBLIOGRAPHIE

- BACON, R.H. 1955. The "Pinger" as an aid in deep trawling. *J. Cons. Internat. Explor. Mer.* 30 (2) : 370.
- BRAND, M. 1957. Relations entre la répartition spatiale du plancton, les méthodes de prélèvement et l'interprétation des variations mensuelles. *L'Espresso* 53 (25) : 327-331.
- BRAND, M. 1973. Les larves d'annelides polychètes en mer Adriatique septentrionale. *Traité de biologie marine* (sous presse).
- BROWN, R.P., E.M. KASPER, J.M. SWANSON & R.F. DEVEREAUX. 1955. A depth recording unit for marine biology. *J. mar. Res.* 14 (2) : 265-269.
- BOON, W., S. FROSTEN & D. PEREZ. 1971. Scopulation d'une baie eutrophe tropicale. Document scientifique du Centre de Nour-Hé n° 24 : 1-95. Office de la Recherche scientifique et technique Outre-Mer, Paris.
- LOZANOVSKY, A.H., A.D. BRUSH, R.E. BOWEN & D.C.H. STANLEY. 1966. A new system for the collection of multiple serial plankton samples. *Deep sea Res.* 13 (2) : 213-232.
- TRINOT, A. 1976. Cycle et distribution de *Cyanea* planctoniques de la région de Banyuls-sur-Mer (Golfe du Lion). *Etude spéciale des Colérocères*. *Ybées Doc. Fac. Sci. Univ. Paris* 308 p.
- L'Espresso 1963. *Monographs and oceanographic methodology*, 2, xoo plankton sampling, 1-174. Unesco, ed. Paris.

**INFLUENCE DES CONDITIONS HIVERNALES
SUR L'ÉCOLOGIE
DES COPÉPODES PLANCTONIQUES
DE MÉDITERRANÉE NORD-OCCIDENTALE :
CAMPAGNE MEDIPROD I
(2^{ème} partie, 4-16 avril 1969)***

par Francis de BOVÉE

Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer

ABSTRACT

Previous work on the pelagic copepods and the larvae of crustaceans dealt with their morphology and their taxonomy; the research was then directed towards their ecology and their relations with the primary production. This study has been made from samples collected during the second part of the Mediproduct I cruise (4-16 April 1969). The vertical structure of the waters at that time of the year shows an evolution towards an estival situation with an attenuation of the vertical instability.

The distribution of the animals in their environment results from many parameters. At the level of the factors or of the species, only a fraction of the phenomena were measured. The answer to the ecological problems is limited by the fragmentary knowledge of the environment, of the biology of the forms and by the geographic dispersion of the samplings.

The distribution of 29 zooplanktonic forms was studied by means of a statistical method (principal component analysis). Their ecology was defined as a function of 14 parameters of the environment and in relation with the phytoplanktonic biomass.

* Travail réalisé grâce à la convention C.N.E.X.O. n° 71 274 et au contrat de Laboratoire Associé n° 117 passés avec le Laboratoire Arago.

First of all, the groups of factors have been defined. From the biological study 6 ecological axis have been identified. The groups of species (distributed according to their components) have been described; from these, their ecology has been inferred. The formation of two faunistic entities has been envisaged according to the dynamics of the phytoplankton.

INTRODUCTION

Le bassin nord-occidental de la Méditerranée est caractérisé par la présence permanente d'une zone de divergence. En hiver, sous l'influence des conditions de vents continentaux secs et froids, la densité des eaux de surface augmente ; il se produit alors un mélange vertical actif avec les eaux plus profondes. L'une des manifestations de ce brassage est un enrichissement en sels nutritifs de la zone euphotique.

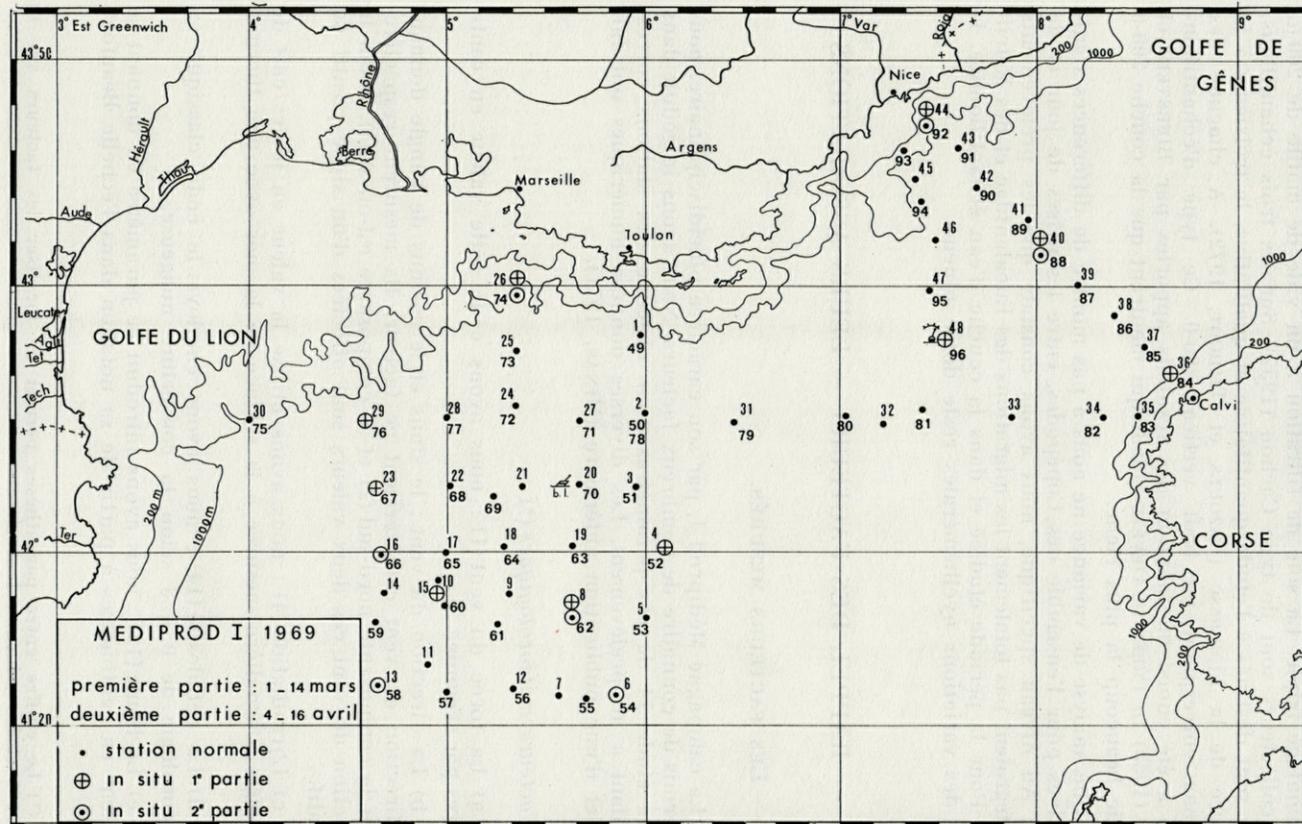
L'objectif de la campagne Médiprod I était d'étudier les relations spatiales et dynamiques entre cette situation et la production organique, au niveau du phytoplancton et du zooplancton (MINAS et coll., 1971). Notre travail consistait plus précisément à étudier l'aspect qualitatif et quantitatif de l'écologie du zooplancton, en relation avec les paramètres physico-chimiques et biologiques du milieu. Ce but n'a pu être atteint que grâce à la constitution pluridisciplinaire de la mission.

La campagne Médiprod I du « Jean-Charcot » s'est déroulée en deux temps, du 1^{er} au 14 mars 1969 et du 4 au 16 avril 1969. Le choix de ces deux périodes, effectué à partir des connaissances acquises en Méditerranée était déterminé par le désir d'obtenir dans une même région deux aspects de la production organique et son évolution au moment du maximum annuel de croissance. Chacune des deux parties comportait le même réseau de 48 stations (carte 1). Celles-ci ont été choisies en fonction de la structure hydrologique trouvée pendant la campagne Médoc qui venait alors de s'achever.

Les résultats apportés sont ceux relatifs à la deuxième partie de la campagne Médiprod (4 au 16 avril 1969). La première partie (1 au 14 mars 1969) a fait l'objet d'une autre étude (J. BOUCHER, 1970).

MÉTHODOLOGIE

Afin de standardiser au maximum les prélèvements nous avons employé le filet international WP2 (SCOR UNESCO, 1968). Nous utilisons



CARTE 1. — Campagne Médiprod I du Jean-Charcot : emplacement des stations

un montage triple. La soie de filtration a un vide de maille de 200 μ . Les collecteurs sont de type Cachon (1957). Sur les trois échantillons, deux sont destinés à l'étude quantitative et qualitative, le troisième à la mesure de la biomasse (RAZOULS et THIRIOT, 1972). A chacune des stations correspond un trait vertical 200-0. Ce type d'échantillonnage a été choisi en fonction des résultats apportés par BIERSTEIN et coll. (1958) *in* PÉRÈS et DEVÈZE (1963) qui montrent que la couche 200-0 est de beaucoup la plus riche.

Une analyse de variance ne nous a pas montré de différences significatives pour l'ensemble des Copépodes, entre les prises de jour et de nuit. Au niveau spécifique, nous avons constaté que les prélèvements n'intégraient pas totalement les migrations des Eucalanidae et des Metriidae. Pour la période étudiée et dans la couche d'eau échantillonnée, le rôle des variations nycthémerales reste donc mineur.

I. — RAPPEL DES FACTEURS — LEURS ASSOCIATIONS

A. — LES FACTEURS MESURÉS.

La campagne Médiprod I, par son caractère pluridisciplinaire, nous a permis de connaître de nombreux facteurs. Nous avons introduit dans notre étude 14 de ces paramètres pour chacune des stations correspondant à un prélèvement. Les diverses données numériques ont fait l'objet d'une publication antérieure (MINAS, 1971).

1) Facteurs météorologiques (*)

a) La force du vent (1) : nous avons codé cette valeur en centimètres par seconde.

b) La direction du vent : le sinus et le cosinus de l'angle donnant la direction du vent caractérisent ce facteur. Ils mesurent respectivement la composante nord-sud (2) et la composante est-ouest (3). Selon la direction du vent ces deux valeurs sont affectées d'un signe positif ou négatif.

c) L'irradiation (4) : nous avons utilisé la valeur en joules/cm² de l'énergie journalière mesurée à la surface de la mer avec une thermopile.

d) La nébulosité (14) : nous avons employé le code classique en météorologie de 0 à 8 selon la couverture nuageuse.

e) La houle (13) : nous avons introduit ce paramètre en donnant sa hauteur en centimètres à partir de sa notation dans l'échelle Beaufort.

(*) Le chiffre entre parenthèses permet de localiser les facteurs sur la figure 1 et les tableaux I et II.

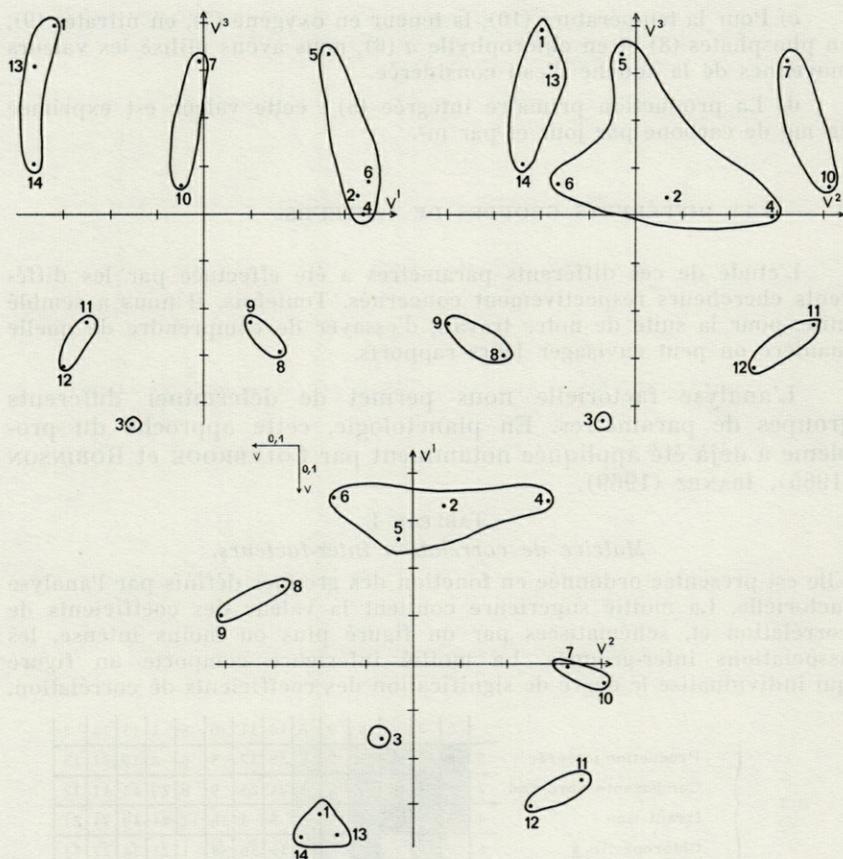


FIG. 1. — Représentation des groupes de facteurs dans l'espace défini par les trois premiers vecteurs. Chaque chiffre renvoie à un facteur (cf. texte).

2) Facteurs hydrobiologiques

Le but de notre travail étant l'étude du zooplancton dans la couche photique, nous nous sommes limité aux valeurs de la couche d'eau comprise entre la surface et 200 m.

a) La stabilité (11) : la stabilité aux différentes profondeurs est une fonction de σ_t . Pour la caractériser au sein de la couche d'eau intéressée, nous avons adopté la valeur de l'écart type de σ_t . A une faible valeur de l'écart type correspond une eau dont les valeurs du σ_t sont proches, qui ont peu de variations, donc une eau stable verticalement. Un fort écart type montre au contraire une eau déjà stratifiée.

b) La salinité (12) : nous avons codé ce facteur selon le même procédé que pour la stabilité. Nous montrons ainsi l'homogénéité ou l'hétérogénéité saline verticale.

c) Pour la température (10), la teneur en oxygène (7), en nitrates (9), en phosphates (8) et en chlorophylle *a* (6), nous avons utilisé les valeurs moyennes de la couche d'eau considérée.

d) La production primaire intégrée (5) : cette valeur est exprimée en mg de carbone par jour et par m².

B. — LES DIFFÉRENTS GROUPES DE FACTEURS.

L'étude de ces différents paramètres a été effectuée par les différents chercheurs respectivement concernés. Toutefois, il nous a semblé utile, pour la suite de notre travail, d'essayer de comprendre de quelle manière on peut envisager leurs rapports.

L'analyse factorielle nous permet de déterminer différents groupes de paramètres. En planctologie, cette approche du problème a déjà été appliquée notamment par COLEBROOK et ROBINSON (1965), IBANEZ (1969).

TABLEAU I

Matrice de corrélation inter-facteurs.

Elle est présentée ordonnée en fonction des groupes définis par l'analyse factorielle. La moitié supérieure contient la valeur des coefficients de corrélation et, schématisées par un figuré plus ou moins intense, les associations inter-groupes. La moitié inférieure comporte un figuré qui individualise le degré de signification des coefficients de corrélation.

		5	2	4	6	9	8	12	11	10	7	1	13	14	3	
G I	Production intégrée	5	41	42	35	7	8	38	37	5	6	2	10	21	13	
	Composante Nord/Sud	2		45	39	6	3	24	23	9	8	29	43	41	12	
	Irradiation	4			32	19	5	5	3	36	12	44	49	74	21	
	Chlorophylle <i>a</i>	6				53	23	35	36	38	1	21	36	27	33	
G II	Teneur en nitrates	9					45	19	39	58	58	10	1	14	5	
	Teneur en phosphates	8						31	34	27	41	21	16	8	3	
G III	Stabilité	12							89	24	6	13	16	16	32	
	Salinité	11								50	30	1	4	5	11	
G IV	Température	10									18	8	10	17	11	
	Teneur en oxygène	7											13	12	13	34
G V	Force du vent	1												84	64	1
	Hauteur de la houle	13													55	8
	Nébulosité	14														24
	Composante Est/Ouest	3														

LEGENDE

■ > P: 0,001

▨ P: 0,001 à P: 0,01

▩ P: 0,01 à P: 0,05

▧ P: 0,05 à P: 0,1

□ < P: 0,1

Les groupes qui se dégagent sont ceux définis selon les trois premiers vecteurs. La figure 1 est l'expression graphique de ces groupes : elle visualise leur projection dans les plans V1-V2, V1-V3, V2-V3, à partir d'un espace à trois dimensions ayant pour axes V1, V2, V3. La matrice de corrélation inter facteurs (tabl. I) nous aidera à préciser les relations des différents ensembles.

1) Description des groupes, groupes associés.

Nous appellerons groupe associé la réunion de plusieurs facteurs ou groupes de facteurs en un ensemble cohérent.

a) Facteurs de production primaire.

Ce groupe associé s'organise autour de la teneur en chlorophylle *a*. Il est formé des groupes I et II. Le groupe I se compose de la production primaire intégrée (5), la composante nord-sud du vent (2), l'irradiation (4) et de la quantité de chlorophylle *a* (6). Le groupe II comporte la teneur en nitrates (9) et en phosphates (10).

PARSONS et LEBRASSEUR (1968) montrent dans le Pacifique qu'il y a une bonne corrélation entre le phytoplancton et les nitrates; dans notre étude, la forte corrélation située à ce niveau (0,53) traduit bien l'importance des sels nutritifs pour le développement du phytoplancton (KAIN et FOGG, 1960). L'irradiation a sa place ici. L'énergie lumineuse est primordiale dans la photosynthèse. La présence de la composante nord-sud du vent peut s'expliquer par un rapport de causalité avec l'irradiation : les vents à dominance nord, de type « Mistral » ou « Tramontane » ne sont pas vecteurs de nuages, et le plus souvent liés à un ciel bien dégagé.

b) Caractéristiques hydrologiques.

Ce groupe associé est construit à l'aide des groupes III et IV. Le groupe III contient la salinité (12) et la stabilité (11). Le groupe IV est formé par la température (10) et la teneur en oxygène (7).

Pendant la période étudiée, la tendance générale malgré la persistance de brassages verticaux actifs, est à la stabilisation : la majorité des stations présente un σ_t superficiel inférieur à 29,00. Dans la plupart des cas, nous ne trouvons pas de structure à trois couches bien définie car le maximum thermique et salin de l'eau intermédiaire est peu net. Le milieu est dans une situation transitoire entre la structure hivernale, homogène verticalement et celle d'été où les eaux sont stratifiées. La présence de l'oxygène dans ce groupe et sa corrélation avec la stabilité (0,30) peut s'interpréter au niveau des échanges atmosphère-mer : plus les eaux sont stratifiées, plus l'oxygène dissous au contact de l'air reste dans les couches superficielles.

c) *Agitation superficielle.*

Cet ensemble est formé par le groupe V. Il juxtapose la force du vent (1), la hauteur de la houle (13) et la nébulosité (14). Ces facteurs caractérisent l'état de la mer.

Remarque : le facteur composante est-ouest du vent (3) est isolé.

2) *Rapports entre les différents groupes associés.*

a) *Relations entre le régime des vents et la structure hydrologique.*

TCHERNIA et SAINT-GUILY (1959), TCHERNIA (1960) montrent en hiver le rôle des vents à composante nord, secs et froids dans la formation des zones de mélanges verticaux à eaux froides et fort σ_t de surface au sein de la divergence. Cette instabilité verticale est due aux maximums de densité superficielle (σ_t supérieur à 29,00). Il semble que ce phénomène soit plus imputable à la force du vent et à son mode de circulation cyclonique qu'aux caractéristiques de température et d'hydrométrie (SAINT-GUILY, 1963; ANATI et STOMMEL, 1970).

L'action du vent sur le phytoplancton est indirecte. Elle se fait par l'intermédiaire de l'irradiation et par un enrichissement de la couche euphotique en sels nutritifs dû à une remontée des eaux. Les vents d'est ne créent pas de zones dans lesquelles sont réunies de bonnes conditions pour la floraison printanière. Leur présence signifie la disparition de conditions propices à la création ou au maintien du développement du phytoplancton. C'est dans cette optique que nous envisageons l'action écologique de ce paramètre.

b) *Relations entre les facteurs de production primaire et les autres groupes de facteurs.*

Les facteurs de production primaire sont liés, en général, négativement avec les autres ensembles.

La production primaire est maximale dans les zones de mélanges verticaux là où il y a enrichissement en sels nutritifs à partir de la remontée d'eaux profondes. A cette époque, les phénomènes de brassages verticaux actifs sont limités et peuvent avoir, par homogénéisation de la couche superficielle, une action non plus inhibitrice mais favorisante, une trop grande turbulence pouvant entraîner une dilution des cellules phytoplanctoniques (GOSTAN et NIVAL, 1963, 1967).

II. — LES ESPÈCES

De nombreux auteurs ont utilisé l'analyse factorielle en composantes principales pour réunir les espèces à affinités communes et dégager

leurs relations avec les facteurs du milieu. Nous mettrons en évidence et identifierons les composantes écologiques. Puis nous décrirons les groupes spécifiques qui se répartissent selon ces axes et en déduirons les conséquences biologiques.

A. — IDENTIFICATION DES COMPOSANTES OU AXES ÉCOLOGIQUES.

Nous avons étudié l'effet des six premiers axes écologiques sur la formation des groupes spécifiques. Ces six axes représentent 59,2 % de l'information totale. A partir du septième vecteur le pourcentage d'explication de la variance décroît de façon plus ou moins régulière et chacun n'explique plus qu'une portion très faible de la variance totale.

1) *Cartographie et description des composantes.*

A chaque axe correspond une composante dont la valeur, pour chacune des stations considérées, est fonction du vecteur propre et de l'effectif des espèces. Nous pouvons donc, en reportant ces valeurs sur une carte, figurer géographiquement chaque composante. Pour donner plus de clarté à ces représentations, nous avons séparé les valeurs en quatre classes d'intensité (cartes 2 à 7).

a) *La première composante (carte 2).*

C 1 a ses fortes valeurs groupées au centre de la carte avec un maximum compris dans un triangle ayant pour base le méridien de Marseille et pour hauteur le 42^e parallèle. Nous retrouvons d'autres valeurs, relativement élevées, au milieu de la radiale Calvi-Villefranche et près des côtes nord. De faibles gradients entourent ces zones, ils ont leur minimum à la côte.

b) *La deuxième composante (carte 3).*

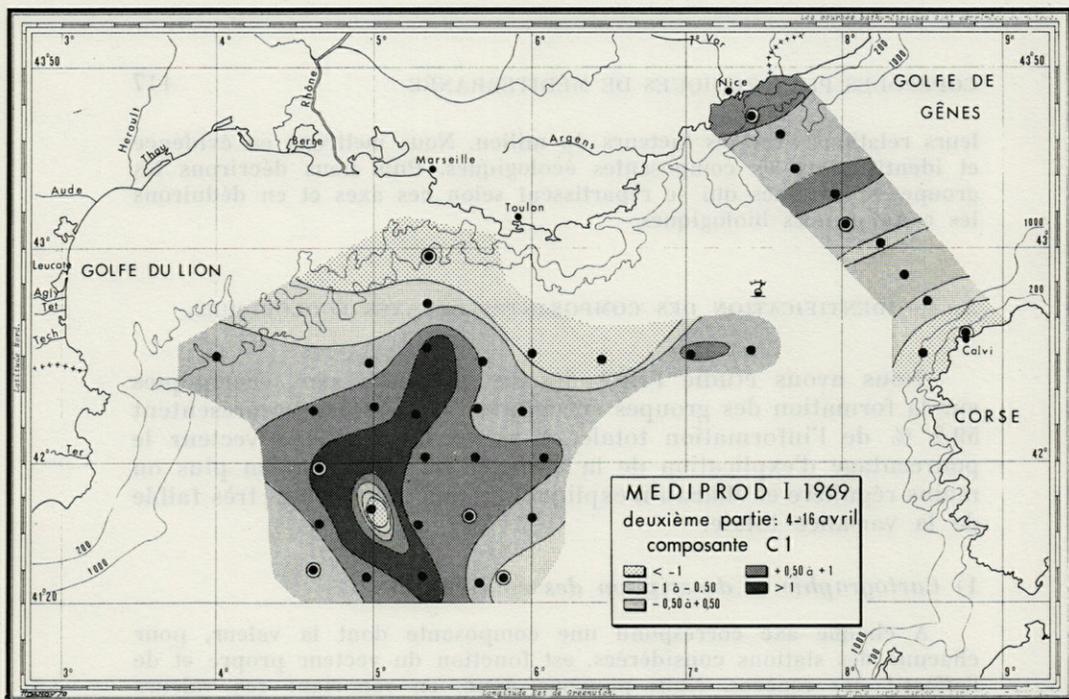
C 2 montre selon la radiale Calvi-Villefranche, de fortes valeurs côtières et de faibles valeurs centrales. Dans l'autre partie de la carte, les faibles valeurs sont situées au nord, les valeurs les plus hautes forment des noyaux d'importance variable au sein d'une zone uniforme.

c) *La troisième composante (carte 4).*

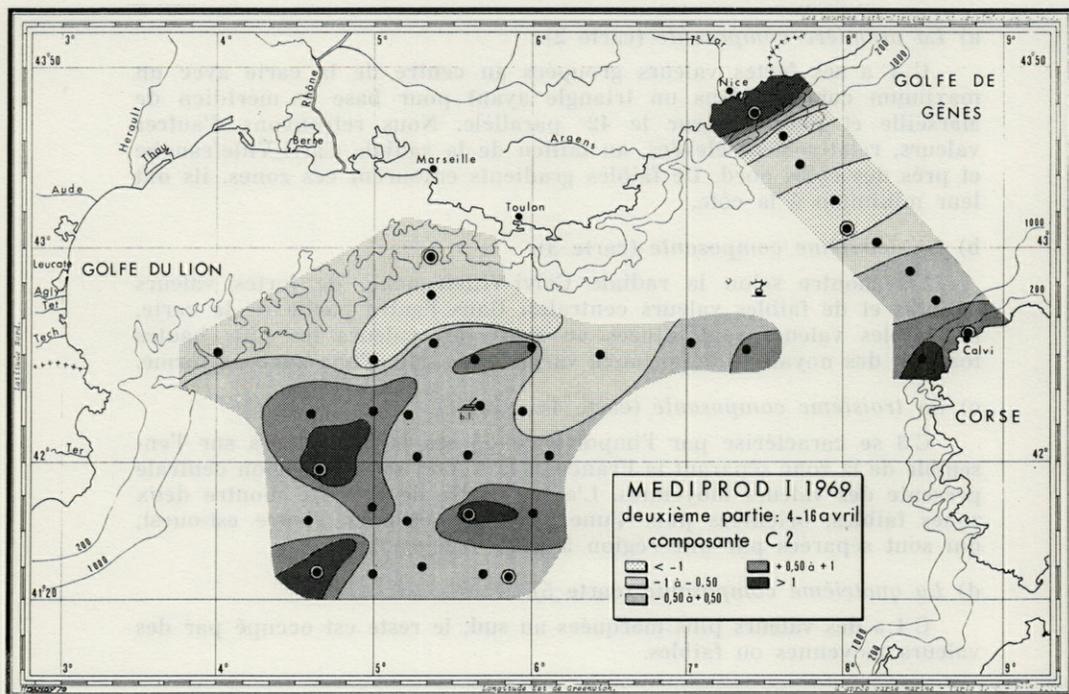
C 3 se caractérise par l'importance de ses fortes valeurs sur l'ensemble de la zone séparant la France et la Corse; seule la région centrale présente des valeurs moyennes. L'autre partie de la carte montre deux zones faibles, orientées pour l'une nord-sud, et pour l'autre est-ouest, qui sont séparées par une région à plus fort gradient.

d) *La quatrième composante (carte 5).*

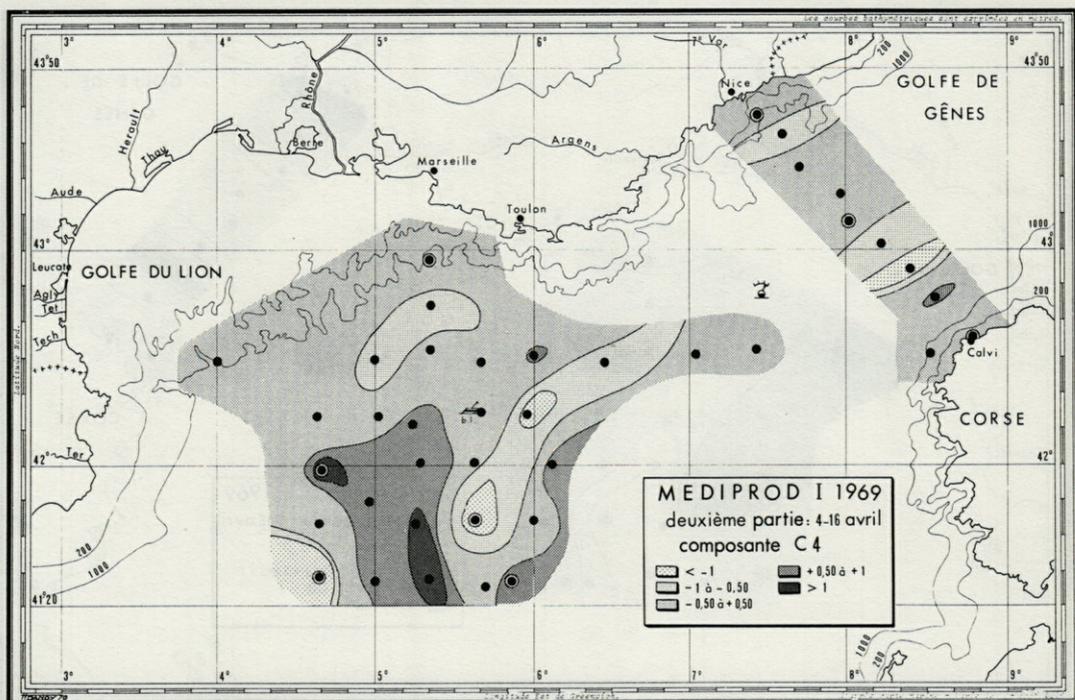
C 4 a des valeurs plus marquées au sud, le reste est occupé par des valeurs moyennes ou faibles.



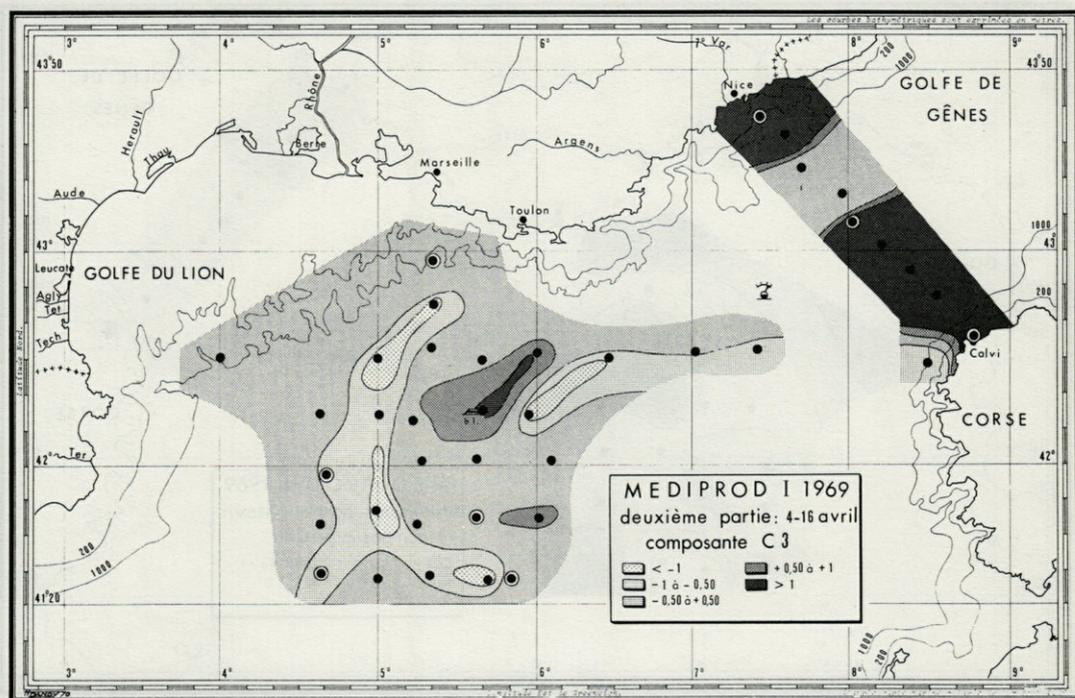
CARTE 2. — Distribution horizontale des valeurs de la première composante (C1)



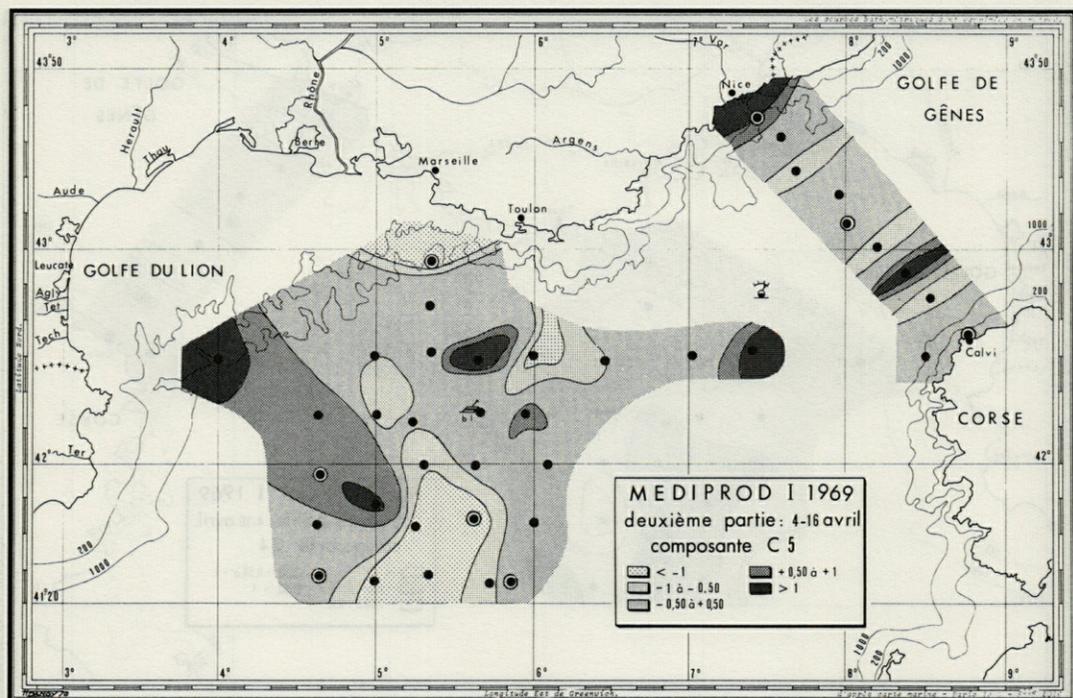
CARTE 3. — Distribution horizontale des valeurs de la deuxième composante (C2)



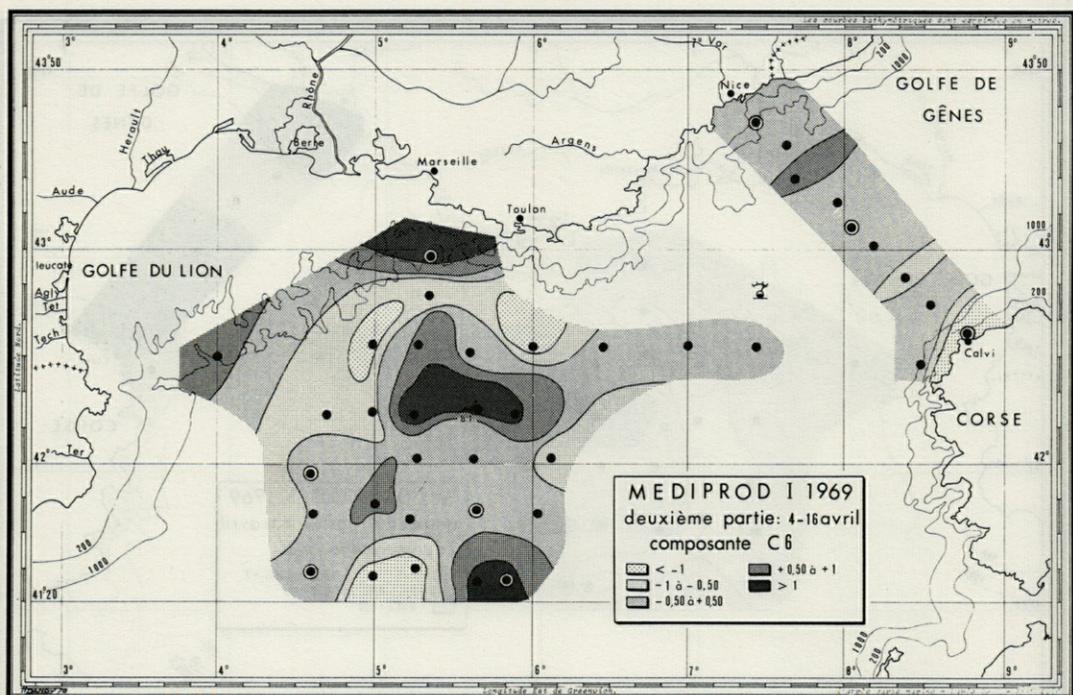
CARTE 4. — Distribution horizontale des valeurs de la troisième composante (C 3)



CARTE 5. — Distribution horizontale des valeurs de la quatrième composante (C 4)



CARTE 6. — Distribution horizontale des valeurs de la cinquième composante (C5)



CARTE 7. — Distribution horizontale des valeurs de la sixième composante (C6)

e) *La cinquième composante* (carte 6).

C 5 présente ses plus fortes variations dans la zone centrale de la carte, avec de faibles valeurs au nord et selon une langue sud-nord. Les fortes valeurs forment une tache assez réduite à l'est de cette digitation. Des valeurs dans l'ensemble moyennes se trouvent sur la radiale Calvi-Villefranche.

f) *La sixième composante* (carte 7).

C 6 a de fortes valeurs dans une région surtout comprise entre 42° de latitude nord et entre 5° et 6° est, d'autres fortes valeurs sont périphériques. Une zone de très faibles valeurs sépare ces ensembles et circonscrit la tache centrale.

2) *Relations entre les composantes et les facteurs.*

Le tableau II représente les corrélations entre les six premières composantes et les différents paramètres étudiés. Nous constatons que seules les trois premières sont nettement reliées aux facteurs mesurés. Elles nous donnent des renseignements très sûrs mais nous ne négligerons pas l'étude des trois dernières qui nous permettront d'affiner notre explication.

a) La composante C 1 (carte 2) est corrélée significativement, de façon positive, avec la teneur en chlorophylle *a*, la direction nord-sud du vent et de façon négative avec la force du vent et la hauteur de la houle. Cette composante représente surtout l'aspect trophique de la distribution des planctontes en relation avec l'ensemble des facteurs du milieu.

b) La composante C 2 (carte 3) est corrélée négativement avec la production primaire intégrée et positivement avec la composante est-ouest du vent, la stabilité et la salinité.

Les zones stratifiées sont peu productives ce qui nous explique la présence de la production intégrée sous la forme d'un coefficient de

TABLEAU II

Corrélations entre les composantes (C1 à C6) et les facteurs (1 à 14); le gris souligne les coefficients significatifs.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
C1	-0,26	0,36	0,22	0,07	0,16	0,34	-0,23	0,18	0,23	-0,10	-0,03	0,02	-0,31	-0,24
C2	-0,20	-0,18	0,26	-0,24	-0,39	-0,26	-0,20	0,18	0,17	0,10	0,38	0,37	0,00	0,04
C3	-0,22	0,23	0,02	0,37	0,15	-0,31	0,11	-0,26	-0,43	0,42	0,06	0,08	-0,14	-0,33
C4	-0,02	0,07	-0,17	-0,15	-0,14	0,23	-0,01	0,02	0,13	-0,18	-0,09	-0,12	-0,04	-0,06
C5	0,06	0,12	-0,15	0,24	0,19	0,12	0,26	-0,16	0,00	0,10	0,00	-0,09	0,07	-0,03
C6	-0,16	0,14	0,05	0,16	-0,32	-0,14	0,21	-0,12	-0,11	0,09	0,05	0,00	-0,13	-0,16

corrélation négatif. L'information que nous apporte, en C 2, la composante du vent est faible. Ce paramètre peut se comprendre comme étant l'absence de vents du nord capables d'induire une bonne productivité. Les fortes valeurs de cette composante sur la radiale Calvi-Villefranche correspondent à de faibles valeurs de la productivité. Cette baisse de la production est imputable à la forte hétérogénéité saline verticale mais aussi à l'apport des eaux atlantiques pauvres en sels nutritifs (la salinité est inférieure à 38 ‰ sur les cinquante premiers mètres), COSTE et MINAS (1968).

C 2 caractérise des eaux stratifiées et peu productives. Elle définit une région dont les traits sont ceux d'une zone biologiquement évoluée et qui n'a pas eu ou perd les marques de la floraison printanière.

c) La composante C 3 (carte 4) est corrélée négativement avec la teneur en chlorophylle *a*, la teneur en nitrates, en phosphates et en nébulosité ; elle présente un coefficient de corrélation positif avec l'irradiation et la température. Les zones définies par C 3 se caractérisent donc par une faible biomasse phytoplanctonique et par des températures relatives plus chaudes. Nous sommes en présence de régions où l'évolution des eaux vers une situation estivale est assez marquée, soit que le brassage ait été plus précoce qu'ailleurs, soit que le mélange ait intéressé une couche d'eau plus réduite.

Nous voyons que ces fortes valeurs s'observent vers la fin de la campagne ; il est logique de constater que plus on s'éloigne dans le temps de la situation hivernale, plus les eaux se réchauffent.

d) La composante C 4 (carte 5) a les coefficients de corrélation les plus importants en valeur positive avec la teneur en chlorophylle *a* et en valeur négative avec la température.

Les stations intéressées par cette situation montrent des eaux froides ayant un faible gradient thermique vertical ; le réchauffement n'est encore que très superficiel. Le maximum thermique de l'eau intermédiaire est très peu net, ce qui indique que les eaux de cette zone ont dû subir une forte homogénéisation verticale.

Cette zone peut se comprendre comme étant composée par des eaux ayant encore de fortes potentialités hivernales, et dont la biomasse phytoplanctonique est assez élevée.

e) La composante C 5 (carte 6) est surtout formée par l'association positive de l'oxygène, de l'irradiation et de la production intégrée et par l'apport négatif des sels nutritifs.

C 5 peut être la définition écologique d'une zone où les eaux, tout en conservant une certaine potentialité phytoplanctonique (plus la production intégrée), marquent une régression de cette tendance. La

diminution des sels nutritifs (moins la teneur en phosphates) mais surtout les fortes teneurs en oxygène indiquent que ces eaux sont restées assez longtemps en contact avec l'atmosphère ou ont été le siège d'une forte photosynthèse. Ce point expliquerait les fortes valeurs de l'oxygène dissous (GOSTAN, 1968).

Les conditions écologiques de C 5 gardent l'empreinte de la poussée phytoplanctonique et montrent une évolution relativement forte par rapport aux caractères définis en C 4.

Remarque : nous constatons, à l'aide du tableau II, que seules C 4 et C 5 sont corrélées négativement avec la composante est-ouest du vent. Elles nous indiquent donc la persistance de conditions favorables à la production primaire, ce caractère étant plus prononcé en C 4 qu'en C 5.

f) La composante C 6 (carte 7) définit une zone de faible production, de peu de sels nutritifs, et de forte teneur en oxygène. Ce faisceau de renseignements peut nous faire penser à une région où la floraison printanière est terminée et où sels minéraux et biomasse phytoplanctonique sont épuisés.

Conclusion.

L'étude des composantes nous a permis de dégager les six principaux axes écologiques (59,2 % de l'information totale). La distribution des espèces est conditionnée tout d'abord par un facteur général trophique (C 1), la stabilisation (C 2) et le réchauffement des eaux (C 3). Les autres composantes mettent en évidence l'action des eaux froides, riches en phytoplancton (C 4), une évolution vers les conditions printanières (C 5) et l'épuisement de la biomasse phytoplanctonique (C 6).

B. — ÉTUDE ÉCOLOGIQUE DES GROUPES D'ESPÈCES.

Dans notre étude écologique, nous avons choisi 29 espèces parmi les 84 formes représentées dans les différents prélèvements. Nous avons procédé de deux façons : soit en regroupant les espèces d'un même genre, soit en écartant les formes très peu représentées, d'abondance le plus souvent inférieure à 8 individus au mètre carré.

1) Liste faunistique exploitée par l'analyse factorielle.

Copépodes

<i>Calanus helgolandicus</i> (1)	<i>Pleuromamma gracilis</i> (14)
<i>Calanus tenuicornis</i> (2)	<i>Centropages typicus</i> (12)
<i>Nannocalanus minor</i> (3)	<i>Lucicutia flavicornis</i> (15)
<i>Neocalanus gracilis</i> (4)	<i>Heterorhabdus spinifrons</i> (16)
<i>Eucalanus elongatus</i> (5)	<i>Haloptilus longicornis</i> (17)
<i>Rhincalanus nasutus</i> (6)	<i>Candacia armata</i> (18)
<i>Calocalanus styliremis</i> (7)	<i>Acartia clausi</i> (19)
<i>Clausocalanus arcuicornis</i> (8)	<i>Oithona</i> spp. (20)
<i>Clausocalanus furcatus</i> (9)	<i>Microsetella rosea</i> (21)
<i>Euchaeta acuta</i> (10)	<i>Clytemnestra rostrata</i> (22)
<i>Euchirella rostrata</i> (11)	<i>Oncaea</i> spp. (23)
<i>Scolecithricella</i> spp. (26)	<i>Corycaeus</i> spp. (24)
<i>Pleuromamma abdominalis</i> (13)	Copépodites (25)

Larves de Crustacés

Euphausiacés :	Penaeidea :
Calyptopis (27)	Protozoés, Zoés (29)
Furcilia (28)	

(le nombre entre parenthèses sert à localiser l'espèce sur les figures 2 et 3 qui schématisent la représentation des groupes).

2) Description des groupes d'espèces.

Nous avons vu que nous ne pouvions expliquer de façon sûre à l'aide des coefficients de corrélation, que les trois premières des six principales composantes. Nous rechercherons d'abord les grands groupes d'espèces déterminés par ces trois grandes directions écologiques ; nous préciserons notre étude en montrant les modifications que subissent ces groupes en tenant compte des autres vecteurs.

a) Groupes définis par les trois premiers vecteurs (fig. 2).

Ces trois axes représentent 40,9 % de la variance totale. La figure 5 matérialise l'espace à trois dimensions défini par les vecteurs V 1, V 2 et V 3.

Les groupes définis selon ces vecteurs sont formés en fait des espèces réunies par les mêmes exigences puisque la composante, trouvée par l'analyse factorielle, est un axe écologique.

— Le groupe I comprend *Rhincalanus nasutus* (6) et *Nannocalanus minor* (3).

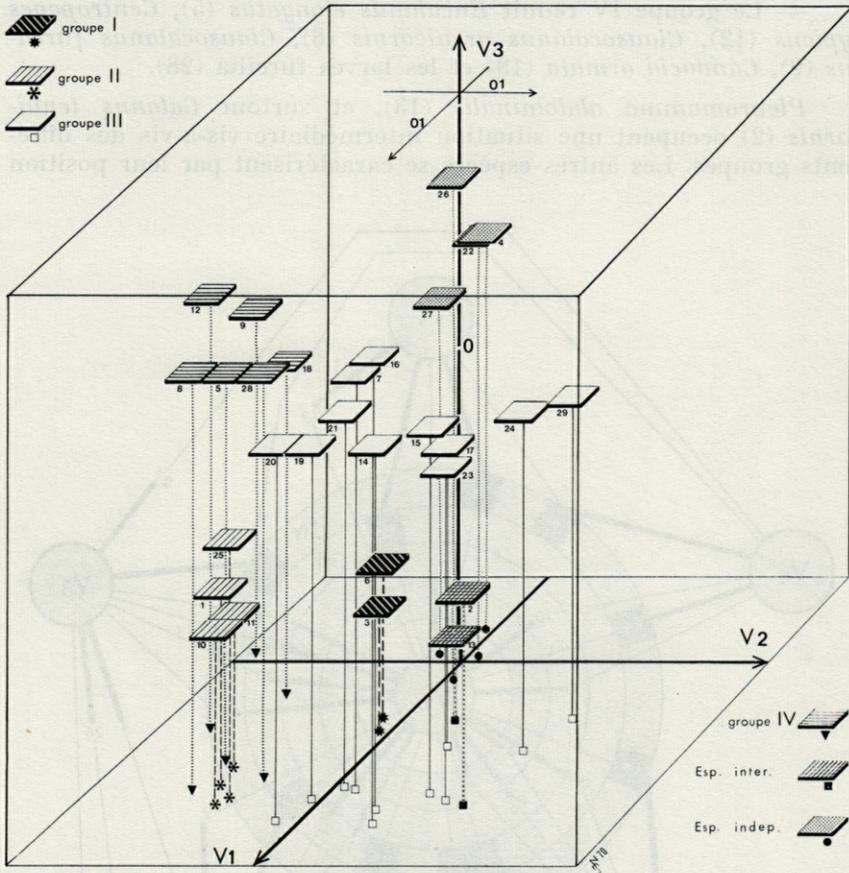


FIG. 2. — Représentation des groupes d'espèces dans l'espace défini par les trois premiers vecteurs. Le plan de référence est décalé vers le bas afin de donner une meilleure vue d'ensemble des groupes. Chaque taxon est représenté par un numéro qui permet de le retrouver dans la liste spécifique ; la portion de plan schématise sa disposition spatiale et supporte un figuré propre à chaque groupe.

— Le groupe II rassemble *Calanus helgolandicus* (1), les Copépodites (25), *Euchirella rostrata* (10) et *Euchaeta acuta* (11).

— Le groupe III est le plus important, il comporte onze unités. Ce sont : *Acartia clausi* (19), *Lucicutia flavicornis* (15), *Microsetella rosea* (21), *Pleuromamma gracilis* (14), *Calocalanus styliremis* (7), *Haloptilus longicornis* (17), *Corycaeus* spp. (24), *Heterorhabdus spinifrons* (16), *Oithona* spp. (20), *Oncaea* spp (23) et les larves de *Penaeidea* (29).

— Le groupe IV réunit *Eucalanus elongatus* (5), *Centropages typicus* (12), *Clausocalanus arcuicornis* (8), *Clausocalanus furcatus* (9), *Candacia armata* (18) et les larves furcilia (28).

Pleuromamma abdominalis (13), et surtout *Calanus tenuicornis* (2) occupent une situation intermédiaire vis-à-vis des différents groupes. Les autres espèces se caractérisent par leur position

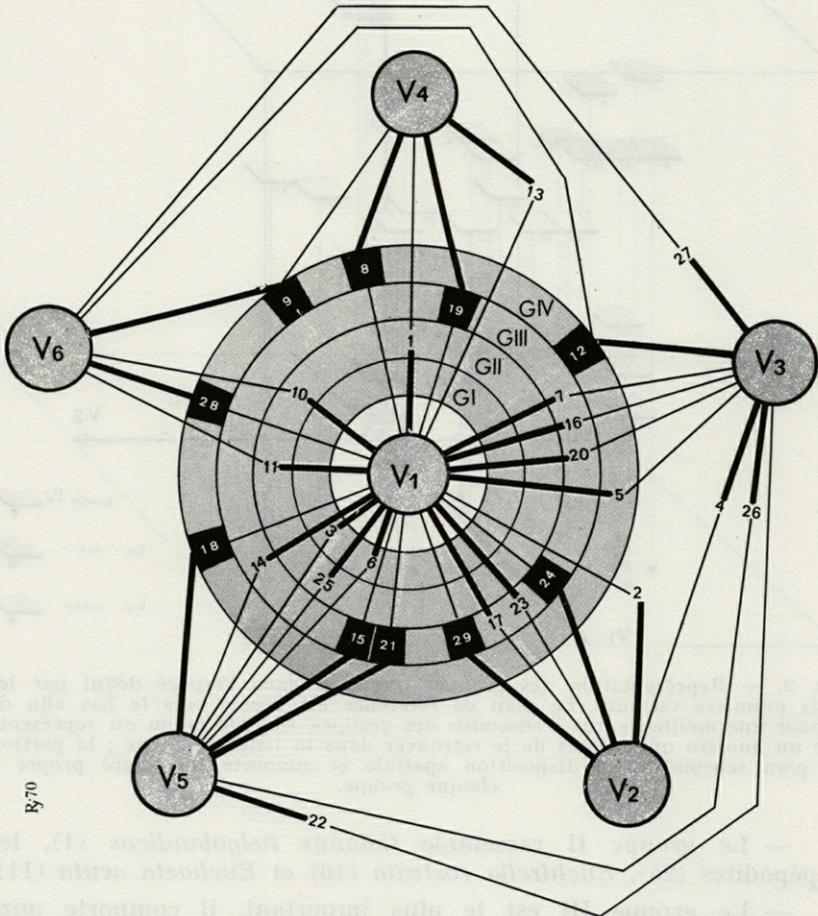


Fig. 3. — Sélection des espèces en fonction des six premiers vecteurs. V 1, vecteur le plus important, est représenté au centre avec, à partir de lui, des couronnes figurant les différents groupes. Les cinq autres vecteurs sont disposés en étoile. Les unités faunistiques sont placées dans leur groupe, elles sont reliées par un trait épais au vecteur prépondérant et par un tracé léger à celui dont l'action se fait sentir en second. Le figuré grisé fait ressortir les formes qui ne sont pas sous l'influence directe de V 1.

près de l'origine, ce qui montre qu'elles sont très peu influencées par les vecteurs. A cause de cette indifférence, nous ne les avons pas réunies en un groupe : les groupes ont comme dénominateur commun leurs affinités vis-à-vis d'un ou plusieurs axes ; ces axes, comme nous l'avons vu, sont des directions écologiques et il ne nous a pas semblé opportun de réunir des organismes ayant comme seul critère de rapprochement d'être peu ou pas affectés par les principales composantes. Ce sont : *Scolecithricella* spp. (26), *Neocalanus gracilis* (4), *Clytemnestra rostrata* (22) et les Calyptopis (27).

b) *Groupes définis par les six premiers vecteurs* (fig. 3).

L'examen des trois vecteurs suivants n'apporte pas de grands changements dans les groupes, mais il nous permet de les subdiviser en plusieurs sous-groupes qui sont la manifestation d'individualité et de légères différences au sein de l'ensemble.

Le groupe I est homogène en V 1-V 5.

Le groupe II comprend un sous-groupe II' formé des espèces 10 et 11 ; les espèces 1 et 25 se séparent en V 4 et V 5.

Le groupe III se fragmente :

— en un sous-groupe III'a à affinité majeure avec V 1, il se subdivise en petits sous-groupes :

III''a composé des espèces 17 et 23 selon V 2,

III''b comprenant les espèces 7, 16, 20 selon V 3,

l'espèce 14 est isolée en V 4 ;

— en petits sous-groupes ou espèces isolées selon les autres axes :

III'b comportant les formes 29 et 24 selon V 2,

III'c réunissant les espèces 15 et 21 selon V 5,

l'espèce 19 est isolée en V 4.

Le groupe IV est plus hétérogène et les individualités qui le constituent se répartissent selon les axes. Seule l'espèce 5 est directement reliée à V 1. En V 4, nous trouvons l'espèce 8, en V 5 la 18, en V 6 la 16, selon V 3-V 6 la 12 et selon V 6-V 4 la 9.

c) *Etude des relations inter-groupes. Matrice de corrélation* (tabl. III) *.

La matrice de corrélation est présentée déjà ordonnée en fonction des groupes définis précédemment par l'analyse factorielle. Nous maintenons la séparation entre les groupes I et II bien qu'ils

* Les coefficients de corrélation ont été calculés avec la formule de BRAVAIS-PEARSON après transformation des données selon $X = \log(x + 1)$ (WINSOR et CLARKE, 1949). Les calculs ont été effectués sur l'ordinateur IBM 1130 de l'observatoire de Nice à l'aide d'un programme réalisé par M. F. IBANEZ.

TABLEAU III

Matrice de corrélation interspécifique.

La partie inférieure comporte un figuré qui individualise le degré de signification des différents coefficients de corrélation; la partie supérieure schématise les différents groupes et sous-groupes ainsi que leurs relations.

	6	3	1	25	10	11	2	19	15	21	14	7	16	20	23	17	24	29	5	12	8	28	9	18	13	27	26	4	22		
I } Rhincalanus nasutus	6	34	15	28	27	32	16	9	13	14	15	1	2	17	13	31	12	5	21	12	4	20	17	3	10	10	14	4	5		
II } Nannocalanus minor	3		31	37	27	34	26	10	14	4	21	21	14	25	11	9	22	4	10	16	15	6	6	15	24	1	9	0	13		
III } Calanus helgolandicus	1			35	59	43	33	57	4	9	41	24	25	28	19	22	10	3	22	20	48	41	3	5	37	4	6	6	13		
IV } Copépodites	25				55	46	17	21	33	12	30	32	40	66	33	22	8	25	38	22	32	31	7	24	9	9	14	22	6		
III' } Euchirella rostrata	10					79	44	30	35	22	36	21	31	46	34	16	10	19	30	22	25	35	9	10	29	2	5	27	3		
III' } Euchaeta acuta	11						28	2	27	26	28	22	14	19	12	2	5	11	26	25	10	19	10	27	22	9	3	16	7		
III' } Calanus tenuicornis	2							57	46	44	39	25	57	32	55	32	54	29	5	6	20	20	18	5	40	9	26	24	9		
III' } Acartia clausi	19								38	40	48	32	58	46	56	22	29	10	32	14	55	46	12	11	30	14	1	12	6		
III' } Lucicutia flavicornis	15									54	61	26	50	37	54	26	24	24	23	5	1	16	14	24	7	5	23	21	13		
III' } Microsetella rosea	21										44	24	46	24	47	28	17	4	24	4	38	38	17	22	8	14	2	19	0		
III' } Pleuromamma gracilis	14											48	59	48	52	34	24	23	11	4	35	29	5	20	14	1	8	3	14		
III' } Calocalanus styliremis	7												48	51	31	20	59	23	21	37	31	20	3	5	16	0	14	3	17		
III' } Heterorhabdus spinifrons	16													58	51	15	39	29	28	12	46	39	21	9	8	7	25	3	9		
III' } Oithona sp.	20														51	25	41	25	46	32	47	41	3	5	14	1	1	1	2		
III' } Oncaea sp.	23															25	43	25	23	0	21	29	12	2	18	24	9	21	1		
III' } Haloptilus longicornis	17																23	21	7	6	23	20	18	16	4	2	10	6	9		
III' } Corycaeus sp.	24																		27	11	13	12	10	21	28	7	12	11	12	1	
III' } Protozoés, Zoés de Penaeidea	29																			25	2	12	7	22	15	15	18	19	5	1	
III' } Eucalanus elongatus	5																				20	44	29	4	27	2	7	7	0	8	
III' } Centropages typicus	12																					27	28	38	10	8	26	0	3	1	
III' } Clausocalanus arcuicornis	8																						27	34	23	6	7	7	11	14	
III' } Furcilia d'Euphausiacés	28																							10	10	4	19	16	16	2	
III' } Clausocalanus furcatus	9																								17	9	9	15	10	3	
III' } Candacia armata	18																									3	13	2	4	20	
III' } Pleuromamma abdominalis	13																										19	36	15	2	
III' } Calyptopsis d'Euphausiacés	27																											0	19	12	
III' } Scolecithricella sp.	26																												2	18	
III' } Neocalanus gracilis	4																													23	
III' } Clytemnestra rostrata	22																														

■ > P: 0,001 ■ P: 0,001 à P: 0,01 ■ P: 0,01 à P: 0,05 ■ P: 0,05 à P: 0,1 □ < P: 0,1

soient très liés entre eux. Le groupe II se sépare du premier par sa plus grande affinité avec les groupes III et IV.

Nous n'avons pas réuni les espèces 2 et 13, car si l'espèce 2 est intermédiaire aux groupes II et III, l'espèce 13 ne présente que peu de relations avec le groupe III.

Le groupe IV est pour partie relié au groupe III.

Les espèces indépendantes 27, 26, 4 et 22 ne présentent que peu d'affinités entre elles et aucune avec les autres groupes. A certains niveaux, elles montrent même des relations inverses, marquées par des coefficients de corrélation négatifs.

3) Relations entre les espèces et les composantes écologiques.

L'état général de la région étudiée se caractérise par une assez grande richesse en phytoplancton (C 1), une tendance à la stabilisation (C 2) et au réchauffement (C 3). Les quatre grands groupes sont définis selon ces trois premières composantes. Les autres axes représentent des particularismes propres à certaines zones où certains groupes d'espèces auront leur optimum écologique.

Nous constatons que les différents groupes sont composés d'espèces dont la bathymétrie est variable : mélange d'organismes de surface, sub-surface ou même profonds. Par exemple, le groupe I est formé de *Nannocalanus minor*, forme considérée comme superficielle et de *Rhincalanus nasutus* qui a un habitat bathypélagique. MAZZA (1967) a montré que d'une manière générale, des espèces normalement profondes pouvaient se trouver, en hiver, dans les couches superficielles. La formation pendant cette saison, d'une couche homotherme favorise la montée de ces espèces et leur plus grande abondance en surface.

a) La première composante (C 1) est positive pour la majorité des espèces, c'est-à-dire qu'elle représente les conditions écologiques communes (trophisme, agitation...). Elle traduit la plus ou moins grande abondance de l'ensemble des Copépodes, c'est une image de la biomasse zooplanctonique. En relation avec les faibles valeurs côtières de C 1, nous citerons HEINRICH (1962) qui montre en reprenant les tableaux de BEKLEMISHEV (1957), McALLISTER et coll. (1960), que la quantité de zooplancton dans la couche 0-200 m est plus faible en zone néritique qu'en pleine eau.

Trois catégories ne se définissent que selon cette seule composante : les Copépodites, *Nannocalanus minor* et *Rhincalanus nasutus*, avec toutefois une préférence pour les zones plus riches en phytoplancton (tendance marquée par une légère affinité en C 5).

b) Les groupes I, II, IV ainsi que les espèces indépendantes ne sont pas répartis en fonction des conditions écologiques définies en C 2.

Calanus tenuicornis, *Pleuromamma abdominalis* et le groupe III présentent selon les individus, des relations plus ou moins prononcées avec cette composante. Les formes qui ont leur maximum d'exigence écologique traduit par C 2 sont : *Calanus tenuicornis* et les sous-groupes III'b (*Corycaeus* spp., larves de Penaeidea) et III'a (*Oncaea* spp., *Haloptilus longicornis*).

HELDT (1938) a montré le rôle que joue le grand développement des soies et épines dans la sustentation des larves de Penaeidea : ce type d'expansion est susceptible d'empêcher une sédimentation trop rapide des larves. Nous pouvons penser que, en rapport avec C 2 qui caractérise des eaux stratifiées, leur distribution et leur croissance seront meilleures dans les couches stables.

Nous ne possédons que peu de renseignements sur *Calanus tenuicornis*. Il se définit aussi selon les conditions écologiques contenues dans C 4. Il pourrait s'agir d'un Copépode assez lié au phytoplancton mais dont l'agglomération serait davantage due à un facteur isolé, comme une barrière de densité ou de salinité, qu'à un facteur trophique.

Les autres espèces de Copépodes qui sont sous la dépendance des conditions écologiques de C 2, semblent se caractériser par une certaine laxité par rapport au phytoplancton, ce qui est corroboré par la nature de leur trophisme.

WICKSTEAD (1959) signale le caractère carnivore d'*Haloptilus longicornis* qui peut manger même de grandes proies. Le régime alimentaire des *Oncaea* et des *Corycaeus* est plus mal connu; ils seraient carnivores par succion pour les *Oncaea* (WICKSTEAD, 1962) — ce qui s'accorde bien avec les caractères des Cyclopoïdes — et détritvires pour les *Corycaeus* (RAZOULS, comm. pers.).

c) Les groupes définis selon C 3 sont le groupe IV, le groupe III, à des degrés variables, et les espèces indépendantes. Les formes les plus inféodées à cette composante sont surtout celles du groupe III'b (*Calocalanus styliremis*, *Oithona* spp., *Heterorhabdus spinifrons*), pour le groupe IV : *Eucalanus elongatus*, *Centropages typicus*, et pour les espèces indépendantes : *Neocalanus gracilis*, *Scolecithricella* spp. et les Calyptopis.

Nous distinguerons deux modalités dans le réchauffement : soit superficiel, soit plus homogène à partir du maximum thermique de l'eau intermédiaire. En quelques stations, persiste une mince couche à minimum thermique relativement prononcé. Les espèces de surface seront donc plus influencées par l'évolution thermique superficielle et les espèces considérées comme plus profondes, par l'homogénéité thermique verticale.

Les larves d'Euphausiacés ont deux périodes d'abondance dont l'une pendant les mois de mars et avril (THIRIOT, 1970).

GAUDY (1962 et 1968) signale que la ponte et l'abondance de *Centropages typicus* sont conditionnées par une action conjuguée de la température et de la richesse en phytoplancton. Si ce Copépoде peut être considéré comme une forme tempérée froide (MAZZA, 1967), nous pensons que l'optimum thermique de la génération de mars et avril correspond, pour cette période, aux eaux les plus chaudes.

Nous signalerons que *Centropages typicus* et les *Calyptopis* présentent aussi une bonne corrélation avec les conditions écologiques définies en C 6.

Le caractère hivernal de *Calocalanus styliremis* (DURAN, 1963) doit être nuancé; il s'agirait plutôt, d'après les conditions comprises en C 3, d'une espèce de début de printemps.

Les *Oithona* devraient aussi avoir des conditions écologiques printanières. Les travaux de MARSHALL et ORR (1966) ont montré qu'ils peuvent être peu dépendants des Diatomées et qu'ils ont la possibilité d'être carnivores. Ce fait peut expliquer que ces formes ne soient pas directement inféodées à la poussée du phytoplancton. Les différents auteurs s'accordent pour reconnaître que *Oithona helgolandica*, espèce la mieux représentée du genre, a un maximum au printemps (DELLA CROCE, 1959; DJORDJEVIC, 1963; VIVES, 1966; MAZZA, 1967).

Parmi les autres espèces, seul *Neocalanus gracilis* semble avoir pour exigence écologique principale les eaux les plus chaudes. *Heterorhabdus spinifrons* apparaît comme inféodé aussi à la stabilité des eaux; *Eucalanus elongatus* et surtout *Scolecithricella* spp. sont relativement dépendants du phytoplancton car ils sont bien sélectionnés par C5.

d) Les Copépoдеs qui se distribuent selon les conditions écologiques définies en C 4 (richesse en phytoplancton et eaux froides) sont : *Calanus helgolandicus*, *Clausocalanus arcuicornis*, *Acartia clausi* et *Pleuromamma abdominalis*.

Si en été *Calanus helgolandicus* est une forme mésopélagique (VIVES, 1967), en hiver ce Copépoде se concentre en surface (HURE, 1955). VUCETIC (1965) mentionne un maximum estival de cette espèce mais nous pensons avec MAZZA (1967) qu'il s'agit d'une forme à habitat froid. En certaines zones, cet organisme peut être plus ou moins pérennant : MASSUTI (1942), BERNARD (1958) et GAUDY (1962) font état d'une seule génération hivernale. HOENIGMAN (1958) signale que cette seule espèce peut, pendant les mois de février et mars, représenter le quart de la biomasse totale. Cet organisme a un régime essentiellement herbivore (MARSHALL et ORR, 1966) mais peut ingérer des particules détritiques (PAFFENHOFER, 1970). MARSHALL et ORR (1955) ont montré que *Calanus finmarchicus* (espèce très proche de *Calanus helgolandicus*) avait sa ponte et son développement activés par l'abondance de la nourriture.

Clausocalanus arcuicornis et *Clausocalanus furcatus* sont considérés comme des formes superficielles d'eau à salinité assez forte (FURNESTIN, 1960) et qui ont leur maximum d'abondance pour des températures comprises entre 12° et 16° (MAZZA, 1966). Selon les différents auteurs, ces deux espèces ne se différencient pas dans leur écologie. Toutefois,

il nous semble que *Clausocalanus arcuicornis* peut être considéré comme une forme plus froide et plus directement liée au phytoplancton que *Clausocalanus furcatus*.

Pour CONOVER (1956), *Acartia clausi* serait une forme plutôt froide dont le maximum correspond bien à la période de la floraison printanière. MAZZA (1967) a trouvé le maximum d'abondance de cette espèce en février-mars, mais il pense qu'il s'agirait là d'une poussée précoce de la génération de printemps due à des températures localement plus élevées. En Méditerranée, d'une manière générale, cette espèce semble avoir un développement pérennant puisqu'elle est trouvée abondante à des saisons variables et en des lieux différents.

Pour l'époque que nous considérons, nous pensons être en présence d'une génération hivernale d'*Acartia clausi* ce qui s'accorde bien avec le caractère sténotherme mentionné par ANRAKU (1961). Cette espèce, bien qu'ayant un régime omnivore (LEBOUR, 1922; PETIPA, 1959; ANRAKU et OMORI, 1963), devrait en période de grande abondance du phytoplancton, avoir un régime plus exclusivement herbivore (coefficient de corrélation avec la teneur en chlorophylle *a* : 0,40) et trouver ainsi des conditions trophiques favorables à son développement. PORUMB (1968) a montré que si la ponte de ce Copépode était influencée par la température, c'était surtout l'abondance du phytoplancton qui en conditionnait l'importance numérique.

MULLIN (1966) signale que *Pleuromamma abdominalis* n'est pas strictement carnivore; ESTERLY (1916) avait déjà montré ce caractère en trouvant dans les contenus stomacaux des débris végétaux et animaux. Pour notre part, il nous apparaît que cette forme est très inféodée au phytoplancton (0,40 de coefficient de corrélation).

Ce Copépode, habituellement mésoplanctonique*, est susceptible d'effectuer de grandes variations nyctémérales (WICKSTEAD, 1962) et en hiver il peut également se concentrer en surface (MAZZA, 1967).

Il nous semble possible de lier ces deux faits : au moment de la floraison printanière, *Pleuromamma abdominalis* trouvera en surface des conditions d'homothermie favorables à son développement et une grande abondance de nourriture végétale; dans ces conditions, nous pouvons penser qu'il a un régime plus essentiellement herbivore.

e) En C 5 nous trouvons des Copépodes moins directement inféodés au phytoplancton.

Nous pouvons expliquer la présence de *Candacia armata* dans les conditions écologiques définies en C 5 : ce Copépode présente un maximum printanier (GIRON, 1963; FURNESTIN et GIRON, 1963; GAUDY, 1962). La liaison, faible, avec le phytoplancton, est indirecte : elle se fait par l'intermédiaire des proies ingérées. Cette forme a un caractère nettement carnivore (WICKSTEAD, 1959).

* Le terme mésoplanctonique n'a pas ici une signification dimensionnelle mais le sens que lui donne MAZZA (1967) : « Copépodes de grande taille, bons nageurs et capables d'effectuer des migrations verticales de grande amplitude ; ils occupent la zone comprise entre la surface et 500 m ».

Clytemnestra rostrata, *Lucicutia flavicornis*, *Microsetella rosea* et *Pleuromamma gracilis* se définissent selon ces conditions de fin de poussée printanière, mais aussi selon les composantes C 2, C 3, C 6 qui indiquent un système plus avancé.

f) La composante C 6 qui traduit le vieillissement du milieu réunit *Clausocalanus furcatus*, *Euchirella rostrata*, *Euchaeta acuta* et les furcilia d'Euphausiacés.

Clausocalanus furcatus dépend également des conditions de C 4, ce qui laisse penser que l'espèce est plus tardive que *Clausocalanus arcuicornis*.

MAZZA (1967) considère *Euchirella rostrata* comme une forme tempérée froide; nous estimons que c'est une espèce dont le régime carnivore (CONOVER, 1960) n'implique pas de liaison avec la biomasse phytoplanctonique. Elle a un maximum de développement plus tardif et suit la période de plus grande abondance des herbivores. *Euchirella rostrata* et *Euchaeta acuta* ont une forte corrélation. MULLIN (1966) a montré que leur trophisme est semblable, ce qui laisse supposer un comportement identique.

Il est logique de trouver les furcilia, stade larvaire avancé chez les Euphausiacés, dans le cadre de la composante qui traduit la maturité du système écologique.

C. — SYNTHÈSE.

Trois facteurs peuvent caractériser l'état dynamique du système : la teneur en chlorophylle *a*, la teneur en oxygène et la teneur en sels nutritifs ($PO_4 - NO_3$).

A l'origine, certaines zones en divergence (localisées dans le temps et dans l'espace) présentent une structure verticale homogène, avec des eaux riches en sels nutritifs et pauvres en oxygène. Puis une tendance à la stabilisation permet le départ de la floraison printanière. Elle se manifeste par l'augmentation des teneurs en chlorophylle *a* et corrélativement, une diminution des nitrates et des phosphates ; l'accroissement des teneurs en oxygène est dû au contact des eaux avec l'atmosphère mais surtout à l'activité photosynthétique. Pendant cette phase, l'ensemble des conditions est favorable à la multiplication de la biomasse phytoplanctonique.

Ultérieurement, l'arrêt des apports en sels nutritifs et l'épuisement du stock entraînent une opposition entre les capacités de production et la forte biomasse phytoplanctonique qui ne peut se maintenir. Nous constatons alors une diminution des teneurs en chlorophylle *a*.

Au stade final ne subsiste de la poussée printanière que la forte quantité d'oxygène dissous.

En regroupant les composantes dans cette optique de la dynamique du système trophique, nous sommes conduit de par l'introduction du facteur temps, à définir la répartition des espèces dans un milieu en évolution.

Nous obtenons la hiérarchisation suivante des composantes :

- C 1 : + chlorophylle *a* ; — oxygène ; + nitrates ; + phosphates
- C 4 : + chlorophylle *a* ; — oxygène ; + nitrates ; + phosphates
- C 5 : + chlorophylle *a* ; + oxygène ; + nitrates ; — phosphates
- C 2 : — chlorophylle *a* ; — oxygène ; + nitrates ; + phosphates
- C 3 : — chlorophylle *a* ; + oxygène ; — nitrates ; — phosphates
- C 6 : — chlorophylle *a* ; + oxygène ; — nitrates ; — phosphates

C 1, image de la biomasse zooplanctonique, est une caractéristique générale et diversifiée : la presque totalité des paramètres et des espèces se répartit selon cette composante. Cette représentation de l'eutrophisation globale du milieu peut se scinder en deux ensembles écologiques.

Le premier comporte la quatrième et la cinquième composantes. C 4 est le reliquat des conditions hivernales (température froide). C 5 traduit une situation déjà beaucoup plus avancée : elle correspond à l'évolution printanière, avec l'épuisement du stock de sels nutritifs nécessaire au renouvellement du phytoplancton.

Les espèces qui sont définies selon ces composantes, sont en relation directe avec le phytoplancton. Elles constituent ce que nous pourrions appeler la faune « primordiale » dont l'importance est directement inféodée à celle du phytoplancton (*Calanus helgolandicus*, *Acartia clausi*).

Le second ensemble est formé de trois autres composantes ; celles-ci nous indiquent un régime à tendance estivale. L'évolution se traduit par une stratification des eaux (C 2), un réchauffement (C 3) ou de manière plus générale, par l'arrêt des capacités de production (C 6).

Ces trois composantes sont corrélées négativement, à des degrés divers, avec la teneur en chlorophylle *a* ; il y a une relation inverse entre la biomasse phytoplanctonique et les espèces, à régime hétérotrophe, réparties en fonction de ces composantes.

Il peut s'agir de formes (pour celles définies aussi en C 4 et C 5) qui se sont développées au moment du maximum de la production organique primaire (*Clausocalanus furcatus*) ; elles subsistent dans une zone appauvrie par le broutage des herbivores. D'autres espèces, normalement herbivores, peuvent en l'absence de phytoplancton devenir omnivores (*Centropages typicus*) (DIGBY, 1954). Certaines formes ont un régime indépendant du phytoplancton (*Oncaea* spp., *Euchirella rostrata*).

Le trophisme varié de ces organismes n'implique pas leur exclusion des régions riches en chlorophylle *a* ; une forme indépendante du phytoplancton peut se trouver à la fois dans les zones où il est abondant ou très pauvre. Cette observation nous explique la superposition de certaines parties de composantes (C 2 et C 4).

Ces espèces constituent ce que nous pourrions appeler la faune « secondaire ». C'est celle qui se développe et subsiste après les herbivores « sensu stricto » et les organismes qui leur sont directement associés, soit dans des eaux anciennement riches en phytoplancton, soit dans des zones où ne s'est pas produite la poussée printanière.

RÉSUMÉ

Ce travail consacré à l'écologie de Copépodes et de certaines larves de Crustacés dans les zones de mélange, en Méditerranée nord-occidentale, met en évidence quelques traits qui caractérisent la répartition de ces animaux.

Pendant la période étudiée, la distribution des espèces est conditionnée tout d'abord par : un facteur général trophique (C 1), la stabilisation des eaux (C 2), le réchauffement du milieu (C 3). Les autres composantes mettent en évidence : l'action des eaux froides, riches en phytoplancton (C 4), une évolution vers les conditions printanières (C 5), l'épuisement de la biomasse phytoplanc-tonique (C 6).

Nous montrons comment les espèces se répartissent selon ces axes écologiques. Quatre grands groupes spécifiques se forment selon les trois premières composantes : les groupes I, II, III et IV se définissent en fonction des conditions écologiques de C 1 ; le groupe III présente ses lignes directrices selon C 2 et le groupe IV selon C 3.

Ces ensembles se subdivisent en fonction de leurs individualités faunistiques, en petits sous-groupes si nous considérons les six vecteurs.

Enfin, nous envisageons la relation des formes avec la dynamique du système trophique. Nous hiérarchisons les composantes en fonction de trois paramètres qui montrent l'évolution de la biomasse phytoplanc-tonique (chlorophylle *a*, sels nutritifs, oxygène). Cette classification nous permet de séparer deux ensembles faunistiques : le premier (faune primordiale) est directement inféodé à la production primaire (*Calanus helgolandicus*), le deuxième (faune secondaire) est constitué d'animaux qui ne sont pas sous

l'influence prépondérante du phytoplancton. Ce sont des espèces qui subsistent dans des eaux anciennement riches en phytoplancton (*Clausocalanus furcatus*), des formes qui ont la possibilité de s'adapter à un régime omnivore (*Centropages typicus*), des organismes qui ne sont pas herbivores (*Oncaea* spp., *Euchirella rostrata*).

Pendant la période étudiée (4-16 avril 1969), les eaux possèdent une structure hydrologique intermédiaire entre celle de l'hiver et celle de l'été. La persistance d'une certaine homogénéité verticale, liée à une forte biomasse phytoplanctonique, permet le bon développement d'espèces à affinités froides (*Acartia clausi*, *Calanus helgolandicus*, *Pleuromamma abdominalis*). La tendance générale au réchauffement et à la stabilisation verticale favorise les espèces de surface et de sub-surface (*Centropages typicus*). Nous assistons à l'épanouissement des formes carnivores (*Euchaeta acuta*, *Euchirella rostrata*).

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit über die Oekologie der Copepoden und einiger Crustaceenlarven in den Mischungszone des westlichen Mittelmeers zeigt einige Charakteristika der Verteilung dieser Tiere auf.

Während der untersuchten Periode ist die Artenverteilung beeinflusst vor allem durch : einen allgemeinen trophischen Faktor (C 1), die Wasserstabilität (C 2), die Milieu-Erwärmung (C 3). Die anderen Komponenten zeigen : Einfluss kalter Wassermassen, die reich an Phytoplankton sind (C 4), eine Entwicklung in Richtung der Frühjahrsbedingungen (C 5), die Erschöpfung der Biomasse (C 6).

Wir zeigen, wie sich die Arten nach oekologischen Achsen verteilen. Vier grosse spezifische Gruppen bilden sich nach den drei ersten Komponenten : die Gruppen I, II, III und IV gestalten sich nach den ökologischen Bedingungen von C 1 ; die Gruppe III zeigt seine Leitlinien gemäss C 2 und die Gruppe IV gemäss C 3.

Diese Einheiten unterteilen sich je nach ihren faunistischen Eigenheiten in kleine Untergruppen, wenn wir die 6 Vektoren in Betracht ziehen.

Schliesslich betrachten wir die Beziehung der Formen zu der Dynamik des trophischen Systems. Wir teilen die Komponenten ein in Abhängigkeit von drei Parametern, die die Entwicklung der phytoplanktischen Biomasse zeigen (Chlorophyll *a*, Nährsalze, Sauerstoff). Diese Einteilung erlaubt die Trennung zweier fau-

nistische Einheiten : die erste (Primärfauna) schliesst sich direkt an die Primärproduktion an (*Calanus helgolandicus*), die zweite (Sekundärfauna) besteht aus Tieren, die nicht in erster Linie vom Phytoplankton abhängen. Dies sind Arten, die in ehemals phytoplanktonreichen Gewässern (*Clausocalanus furcatus*) überleben, Formen, die sich an eine omnivore Ernährungsweise anpassen können (*Centropages typicus*) und Organismen, die nicht herbivor sind (*Oncaea* spp., *Euchirella rostrata*).

Während der Untersuchungsperiode (4-16 April 1969) herrschten hydrologische Bedingungen, die eine Mittelstellung zwischen Winter- und Sommerbedingungen einnahmen. Das Fortbestehen einer vertikalen Homogenität mit starker phytoplanktischer Biomasse erlaubt die gute Entwicklung von Arten mit Kaltaffinität (*Acartia clausi*, *Calanus helgolandicus*, *Pleuromamma abdominalis*). Die allgemeine Tendenz zur Erwärmung und zur vertikalen Stabilisierung begünstigt die Oberflächenarten (*Centropages typicus*). Wir stellen eine Entfaltung der carnivoren Formen fest (*Euchaeta acuta*, *Euchirella rostrata*).

BIBLIOGRAPHIE

- ANATI, D. & H. STOMMEL, 1970. The initial phase of deep water formation in the northwest Mediterranean, during MEDOC 69, on the basis of observations made by « Atlantis II » (January 25-February 12, 1969). *Cah. océanogr.*, 22 (4) : 343-352.
- ANRAKU, M., 1961. The separation of Copepod populations in a natural environment. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer*, 153 : 165-170.
- ANRAKU, M. & M. OMORI, 1963. Preliminary survey of the relationship between the feeding habit and the structure of the mouth part of marine Copepods. *Limnol. Oceanogr.*, 8 : 116-126.
- BEKLEMISHEV, C., 1957. On spatial interrelations between marine zoo and phytoplankton. *Trudy Inst. Okeanol.*, 20 : 253-278.
- BERNARD, M., 1958. La production hivernale et printanière du zooplancton à Alger. Premières observations. *Rapp. P.-v. Réun. Commn int. Explor. scient. Mer Méditerr.*, 14 (2) : 157-165.
- BIERSTEIN, J.A., M.E. VINOGRADOV & T. SCHINDONOWA, 1956. Répartition verticale du plancton dans la fosse des Kouriles. *Trudy probl. temat. Soveshch. zool. Inst.*, 6.
- BOUCHER, J., 1970. Ecologie et relations trophiques du zooplancton en Méditerranée nord-occidentale (deuxième partie). *Thèse 3^e cycle, Fac. Sci. Paris*, ronéo, 110 p.
- BOUTLER, J., 1971. Photométrie sous-marine : mesures effectuées pendant la mission Mediproduct I. *Investigación pesq.*, 35 : 147-154.

- CACHON, J., 1957. Sur quelques techniques de pêches planctoniques pour études biologiques. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, **1103** : 1-6.
- COLEBROOK, J.M. & G.A. ROBINSON, 1965. Continuous plankton records : Seasonal cycle of Phytoplankton and Copepods in the North Eastern Atlantic and the North Sea. *Bull. mar. Ecol.*, **6** (5) : 123-139.
- CONOVER, R.J., 1956. Oceanography of Long Island Sound 1952-54. VI — Biology of *Acartia clausi* and *A. tonsa*. *Bull. Bingham oceanogr. Coll.*, **15** : 156-233.
- CONOVER, R.J., 1960. The feeding, behaviour and respiration of some marine planktonic Crustacea. *Biol. Bull. mar. biol. Lab. Woods Hole*, **119** : 399-415.
- COSTE, B. & H.J. MINAS, 1968. Production organique primaire et sels nutritifs au large des côtes occidentales corso-sardes en février 1966. *Recl Trav. Stn mar. Endoume*, **44** (60) : 49-61.
- COSTE, B., J. GOSTAN & H.J. MINAS, 1972. Influence des conditions hivernales sur les productions phyto et zooplanctoniques en Méditerranée nord-occidentale. I. Structures hydrologiques et distribution des sels nutritifs. *Mar. Biol.*, **16** : 320-348.
- DELLA-CROCE, N., 1959. Copepodi pelagici raccolti nelle crociere talassografiche del Robusto nel Mar Ligure et Alto Tirreno. *Boll. Musei Ist. biol. Univ. Genova*, **29** : 29-214.
- DJORDJEVIC, M., 1963. Observations sur les Copépodes pélagiques en rade de Villefranche de mars à août 1962. *Rapp. P.-v. Réun. Commn int. Explor. scient. Mer Méditerr.*, **17** (2) : 575-580.
- DURAN, M., 1963. Nota sobre los Copepodos planctónicos del Mediterraneo occidental y Mar de Alboran. *Boln Inst. esp. Oceanogr.*, **112** : 1-31.
- ESTERLY, C.I., 1916. The feeding habits and food of pelagic Copepods and the question of nutrition by organic substances in solution in the water. *Univ. Calif. Publs Zool.*, **16** : 171-184.
- FURNESTIN, M.L., 1960. Zooplancton du Golfe du Lion et de la côte orientale de la Corse. *Revue Trav. Inst. (scient. tech.) Pêch. marit.*, **24** (2) : 153-252.
- FURNESTIN, M.L. & F. GIRON, 1963. Copépodes de la mer Catalane. *Revue Trav. Inst. (scient. tech.) Pêch. marit.*, **27** (20) : 137-153.
- GAUDY, R., 1962. Biologie des Copépodes pélagiques du Golfe de Marseille. *Recl Trav. Stn mar. Endoume*, **27** (42) : 93-184.
- GAUDY, R., 1968. La nutrition et la respiration de *Centropages typicus* en Méditerranée. Premiers résultats expérimentaux. *Rapp. P.-v. Réun. Commn int. Explor. scient. Mer Méditerr.*, **19** (3) : 517-519.
- GIRON, F., 1963. Copépodes de la mer d'Alboran (campagne du « Président Théodore-Tissier », juin 1957). *Revue Trav. Inst. (scient. tech.) Pêch. marit.*, **27** (4) : 355-402.
- GOSTAN, J., 1968. Contribution à l'étude hydrologique du bassin Liguro-Provençal entre la Riviera et la Corse : distribution et variations saisonnières de la température, de la salinité, de l'oxygène et des phosphates minéraux dissous dans les masses d'eau superficielles, intermédiaires et profondes. *Thèse Doc. Etat Fac. Sci. Paris*, ronéo, 206 p.

- GOSTAN, J. & P. NIVAL, 1963. Distribution hivernale des caractéristiques hydrologiques en mer Ligure et estimation de l'abondance du phytoplancton par la méthode des pigments. *C.r. hebd. séanc. Acad. Sci. Paris*, **257** : 2872-2875.
- GOSTAN, J. & P. NIVAL, 1967. Relation entre la distribution des phosphates minéraux dissous et la répartition des pigments dans les eaux superficielles du Golfe de Gênes. *Cah. océanogr.*, **19** (1) : 41-52.
- HEINRICH, A. K., 1962. The life histories of plankton animals and seasonal cycles of plankton communities in the Ocean. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer*, **27** : 15-24.
- HELDT, J.H., 1938. La reproduction chez les Crustacés décapodes de la famille des Peneidés. *Annls Inst. océanogr., Monaco*, **18** (2) : 31-206.
- HOENIGMAN, J., 1958. Importance d'un Copépode *Euchaeta hebes* Giesb. dans la composition du zooplancton adriatique. *Rapp. P.-v. Réunion. Commn int. Explor. scient. Mer Méditerr.*, **14** : 261-265.
- IBANEZ, J.J., 1969. Application de l'analyse factorielle en planctologie, écologie et taxinomie numérique. *Thèse 3^e cycle Fac. Sci. Paris*, ronéo, 130 p.
- JACQUES, G., H.J. MINAS & P. NIVAL, 1973. Influences des conditions hivernales sur les productions phyto et zooplanctoniques en Méditerranée nord-occidentale. II. Biomasse et production phytoplanctonique. *Mar. Biol.* **23** (4) : 251-266.
- KAIN, J.M. & G.E. FOGG, 1960. Studies on the growth of marine phytoplankton. III. *Prorocentrum micans* Ehrenberg. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **39** : 33-50.
- LEBOUR, M.V., 1922. The food of plankton organisms. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **12** : 644-677.
- MAC ALLISTER, C. D., I. R. PARSON & J. D. STRICKLAND, 1960. Primary productivity at Station « p » in the north-east Pacific Ocean. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer*, **25** : 240-259.
- MARSHALL, S.M. & A.P. ORR, 1955. The biology of a marine Copepod *Calanus finmarchicus* (Gunnerus). Oliver & Boyd, édit., Edinburgh.
- MARSHALL, S.M. & A.P. ORR, 1966. Respiration and feeding in some small Copepods. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **46** (3) : 513-530.
- MASSUTI, A.M., 1942. Contribution al estudio del plancton del Mediterraneo occidental. Los Copepodos de la bahia di Mallorca. *Trab. Inst. cienc. nat. Madr.*, **1** (1) : 11-127.
- MAZZA, J., 1966. Les Copépodes de la Méditerranée (bassin occidental). *Commn int. Explor. scient. Mer Méditerr.*, Congrès de Bucarest, ronéo, 99 p.
- MAZZA, J., 1967. Les Copépodes pélagiques en Méditerranée occidentale (développement post-larvaire, biologie, écologie). *Thèse Doc. Etat Fac. Sci. Aix-Marseille*, ronéo, 494 p.
- MINAS, H.J., 1971. Résultats de la campagne « Mediproduct I » du Jean-Charcot (1-14 mars 1969 et 3-17 avril 1969). *Cah. océanogr.*, **23** (suppl. 1) : 93-144.

- MINAS, H.J. & coll., 1971. Résultats préliminaires de la campagne « Mediproduct I » du Jean-Charcot (1-15 mars et 4-17 avril 1969). *Investigación pesq.*, **35** : 137-146.
- MULLIN, M.M., 1966. Selective feeding by Calanoid Copepods from the Indian Ocean. In *Some contemporary studies in marine science*, H. Barnes, Allen & Unwin édit., London : 545-554.
- PAFFENHOFER, G.A. & J.D. STRICKLAND, 1970. A note on the feeding of *Calanus helgolandicus* on detritus. *Mar. Biol.*, **5** (2) : 97-99.
- PARSON, T.R. & R.J. LE BRASSEUR, 1968. A discussion of some critical indices of Primary and Secondary Production for large scale ocean surveys. *Rep. Calif. coop. Ocean. Fish. Invest.*, **12** : 54-63.
- PÉRÈS, J.M. & L. DEVEZE, 1963. Océanographie biologique et biologie marine. II. La vie pélagique. Presses Universitaires de France édit., Paris, 511 p.
- PETIPA, T.S., 1959. Feeding of Copepod *Acartia clausi* Giesb. (in Russian). *Trudy sevastopol'. biol. Sta.*, **11** : 72-100.
- PORUMB, F.J., 1968. Contribution à l'étude de la reproduction du développement et de la répartition des Copépodes pélagiques dans la zone néritique du littoral roumain de la mer Noire (*Acartia clausi* Giesbr. et *Centropages kroeyeri* Giesbr.). *Trav. Mus. Hist. nat. Gr. Antipa*, **8** : 243-250.
- RAZOUKS, C. & A. THIRIOT, 1972. Données quantitatives du mésoplancton en Méditerranée occidentale (saisons hivernales 1966-1970). *Vie Milieu*, **23** (2B) : 209-242.
- SAINT-GUILY, B., 1963. Remarques sur le mécanisme de formation des eaux profondes en Méditerranée occidentale. *Rapp. P.-v. Réun. Commn int. Explor. scient. Mer Méditerr.*, **17** (5) : 929-932.
- TCHERNIA, P., 1960. Hydrologie d'hiver en Méditerranée occidentale. *Cah. océanogr.*, **12** (3) : 184-198.
- TCHERNIA, P. & B. SAINT-GUILY, 1959. Nouvelles observations hydrologiques d'hiver en Méditerranée occidentale. *Cah. océanogr.*, **11** (7) : 499-542.
- THIRIOT, A., 1970. Cycle et distribution de Crustacés planctoniques de la région de Banyuls-sur-Mer (Golfe du Lion). Etude spéciale des Cladocères. *Thèse Doc. Etat Fac. Sci. Paris*, ronéo, fasc. 1, 120 p.
- VIVES, F., 1967. Los Copepodos planctonicos del mar Tirreno en septiembre y octubre de 1963. *Investigación pesq.*, **31** (3) : 539-583.
- VUCETIC, T., 1965. Contribution à la connaissance de la biologie du Copépode *Calanus helgolandicus* Claus dans l'Adriatique (distribution et densité de population). *Rapp. P.-v. Réun. Commn int. Explor. scient. Mer Méditerr.*, **18** (2) : 419-424.
- WICKSTEAD, J.H., 1959. A predatory Copepod. *J. Anim. Ecol.*, **28** : 69-72.
- WICKSTEAD, J.H., 1962. Food and feeding in pelagic Copepods. *Proc. zool. Soc. Lond.*, **139** : 545-555.

Reçu le 20 février 1973.

CYCLE ANNUEL QUANTITATIF DU MÉIOBENTHOS DES VASES TERRIGÈNES CÔTIÈRES. DISTRIBUTION VERTICALE

par F. de BOVÉE et J. SOYER*

Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer

ABSTRACT

Samples were collected over a 13 months period (June 1971 to June 1972) from coastal terrigenous muds of Banyuls-sur-Mer at a depth of 32.5 m. The results suggest there is a distinct quantitative cycle for each meiofauna taxa. Very high meiobenthos densities : from 2916 to 8881 ind./10 cm² were observed. The renewal of the main groups (Nematods, Copepods and Kinorhynchs) seems to proceed in three phases : at the end of the Spring, the most important one renews the fauna; a second one spreading over the warm part of the thermic cycle ensures a steady level of the standing crop; at the beginning of Winter, the third one allows the survival of at least part of the stock during this unfavourable season; or else it might be due to unusually favourable conditions. The vertical distribution of the populations shows little variations during the annual cycle. Nevertheless good correlation with the hydrodynamism was observed. The first two centimeters are generally most populated but after heavy swell a homogeneisation will be found at all levels; the deeper layers may occasionally be the most highly populated.

* Ce travail a été entrepris avec le concours du C.N.R.S. (L.A. 117) et du C.N.E.X.O. (convention n° 73 415). Les principaux résultats en ont été présentés à la deuxième conférence internationale sur la méiofaune (York, Angleterre : juillet 1973).

INTRODUCTION

Bien que les recherches sur l'écologie de la méiofaune se soient considérablement développées au cours de ces dernières années (*in* McINTYRE, 1969), nos connaissances sur l'importance et le rôle du méiobenthos au sein des communautés benthiques sont encore fragmentaires, en particulier dans la zone subtidale, comme le soulignent GERLACH (1971) et McINTYRE et MURISON (1973). L'estimation de sa production pose encore de nombreux problèmes et il est évident que les données actuelles, fondées essentiellement sur des travaux au laboratoire, sont peu représentatives des phénomènes observés *in situ* (GERLACH, 1971, 1972; WARWICK et BUCHANAN, 1971).

HARRIS (1972) signale la rareté des données que nous possédons sur les fluctuations saisonnières de l'ensemble de la méiofaune de la zone intertidale, l'une des mieux étudiées cependant. Citons parmi les travaux les plus récents sur le méiobenthos de la zone subtidale : TIETJEN (1969), STRIPP (1969), COULL (1970), SOYER (1971), DINET (1971), McINTYRE et MURISON (1973).

Lors d'une étude générale sur le méiobenthos du plateau continental au large de la côte des Albères, l'un de nous (J. S.) avait mis en évidence l'existence d'un cycle quantitatif net dans la zone côtière, cycle qui semblait disparaître dans les parties les plus profondes du plateau. Des travaux plus récents ont confirmé l'existence d'un cycle d'autant plus marqué que la profondeur est faible (BODIOU, comm. pers.).

Nous avons repris, avec des méthodes plus fines, l'étude du cycle saisonnier de l'ensemble des formes « dures » de la méiofaune en une station située par 32,5 m de fond, dans une zone où l'homogénéité du peuplement est bonne. La présente note concerne les cycles généraux des principaux groupes d'organismes méiobenthiques. L'analyse de l'évolution saisonnière qualitative et quantitative des peuplements de Nématodes et de Copépodes est actuellement en cours.

LOCALISATION

La station prospectée est située par 32,5 m de fond sur la vase terrigène côtière de la baie de Banyuls-sur-Mer. Elle est intermédiaire des stations 19 et 27 de GUILLE & SOYER (1968), caractéristiques du faciès à *Scoloplos armiger* pour la macrofaune (GUILLE, 1970) et de la sous-communauté à *Robertsonia knoxi* pour la méiofaune (SOYER, 1970).

La granulométrie du sédiment est fine : près de 50 % des particules mesurent moins de 40 μ ; 90 % ont une taille inférieure à 100 μ . Cette station est localisée en surface par une bouée et au niveau du fond par une balise ultrasonore disposée sur un bâti composé de quatre corps morts reliés entre eux par un croisillon. Ce bâti peut être équipé d'un courantomètre et d'un système de collecteurs analogues à celui décrit par YOUNG (1968), destinés à recueillir les particules en suspension.

Le cycle thermique, en surface et au niveau du fond (fig. 1), est classique pour la région. On observe, à partir du mois de mai, un réchauffement plus sensible en surface qu'au fond et l'établissement d'une thermocline estivale. A partir du 15 septembre, il y a homogénéisation et les eaux du fond atteignent leur maximum thermique (légèrement inférieur à 20° C). Pendant les trois mois suivants, l'eau se refroidit régulièrement ; le minimum thermique, 11 à 12°, est atteint en janvier-février, mois au cours desquels la température des eaux de surface peut être inférieure à celle du fond.

MÉTHODOLOGIE *

Les prélèvements sont effectués chaque semaine en plongée par carottage manuel. Chaque prise d'échantillon comprend trois carottes de 10 à 12 cm de long destinées à l'étude faunistique qualitative et quantitative; elles sont réalisées à l'aide d'un tube en matière plastique transparente, d'un diamètre intérieur de 2 cm, gradué tous les centimètres. Deux carottes de plus grand diamètre et de même longueur sont prélevées pour le dosage des matières organiques et trois autres pour les études granulométriques. Une prise d'eau est effectuée au niveau du fond pour avoir la valeur de la salinité. La température est également relevée.

Au laboratoire, les différentes carottes sont coupées tous les centimètres. Une fois fragmentés, les échantillons faunistiques sont fixés au TAF à l'eau de mer neutralisé puis stockés pour dépouillement ultérieur.

Nous présentons ici les résultats obtenus à partir de 13 échantillons correspondant à un cycle annuel, de juin 1971 à juin 1972. Chacun des centimètres isolés est passé sur une colonne de cinq tamis (100, 80, 63, 50 et 40 μ) afin de faciliter le tri (de BOVÉE, SOYER et ALBERT, 1974). La totalité des organismes d'une carotte est décomptée, les deux autres carottes étant conservées pour vérification en cas de doute. Une analyse spécifique et quantita-

* La partie technique de ce travail, prise des échantillons et tri, a été réalisée avec l'aide de M. Jean MABIT, plongeur C.N.R.S. et de M. Philippe ALBERT, technicien C.N.R.S. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre reconnaissance.

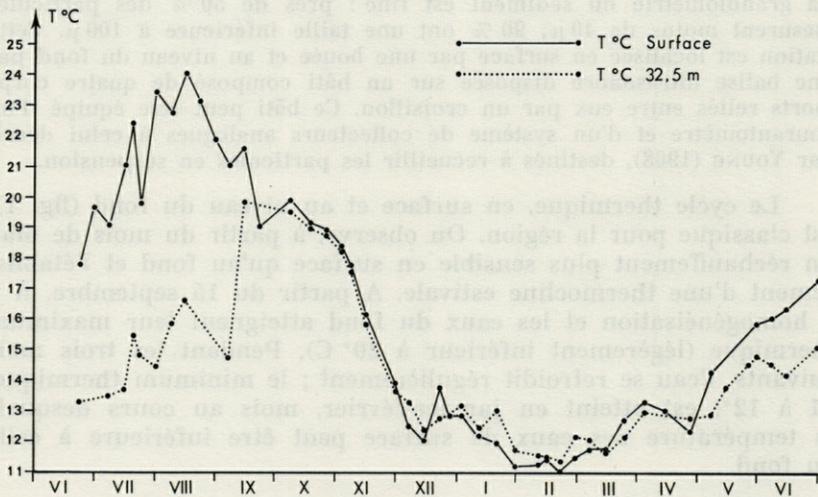


Fig. 1. — Cycle thermique en surface et à 32,5 m de profondeur pour les mois de juin 1971 à juin 1972.

tive est réalisée sur les Nématodes et les Copépodes; sur ces deux groupes sont effectuées des mesures biométriques destinées à l'étude de la dynamique des populations des principales espèces.

CYCLE QUANTITATIF DU MÉIOBENTHOS

Les densités en individus du méiobenthos total (méiobenthos vrai et méiobenthos transitoire ou mixobenthos) sont comprises entre 2 916 et 8 881 ind./10 cm², pour une moyenne annuelle de 4 949 ind./10 cm² (Tabl. I). Les valeurs maximales s'observent au moment du réchauffement des eaux et pendant l'été et l'automne. Les valeurs les plus faibles sont enregistrées en hiver : 2 916 et 3 484 ind./10 cm² (fig. 2). Trois groupes, les Nématodes, les Copépodes et les Kinorhynques constituent de 96,4 % à 99,3 % des individus, soit 2 870 à 8 816 ind./10 cm².

Ces densités sont importantes et se montrent supérieures à celles généralement enregistrées sur des biotopes équivalents de la zone subtidale (*in* GERLACH, 1971 ; McINTYRE et MURISON, 1973). A Banyuls, dans une station proche et avec la même méthode de prélèvement, BOUCHER (1972) obtient des valeurs légèrement inférieures. La méthode de tri fractionné que nous utilisons pourrait être à l'origine de cette différence.

TABLEAU I

Densités et pourcentages d'abondance des différents groupes de méiobenthos vrai et mixobenthos pour les mois de juin 1971 à juin 1972.

Les densités sont exprimées en ind./10 cm² et les pourcentages par rapport au méiobenthos total.
x : moyenne annuelle; + : pourcentage moyen annuel.

		24/6/71	26/7/71	16/8/71	13/9/71	19/10/71	15/11/71	13/12/71	10/1/72	15/2/72	14/3/72	26/4/72	25/5/72	19/6/72	
Nématodes	N	7655	3175	4628	5115	5061	3686	5060	2729	3007	2516	3115	4748	5131	4279 x
	%	86,2	90,1	86,2	83,4	87,9	85,8	85,1	93,6	90,2	80,6	89,4	86,2	84,5	86,9 +
Copépodes	N	876	228	540	667	453	409	539	113	183	387	155	457	592	431 x
	%	9,9	6,5	10,1	10,9	7,9	9,5	9,1	3,9	5,5	12,7	4,5	8,3	9,8	8,4 +
Kinorhynques	N	285	79	107	199	192	148	209	28	101	138	78	183	201	150 x
	%	3,2	2,2	2	3,2	3,3	3,5	3,5	1	3	4,4	2,2	3,3	3,3	2,9 +
Ostracodes	N	3	31	28	44	15	6	15		3	3	15	15	25	16 x
Méiobenthos vrai	N	8819	3513	5303	6025	5721	4249	5823	2870	3294	3054	3363	5403	5949	4876 x
	%	99,3	99,7	98,7	98,4	99,4	99	97,8	98,4	98,8	97,7	96,5	98,1	97,9	98,4 +
Annélides	N	50	6	47	28	15	25	59	19	15	34	28	34	32	30 x
Mollusques	N			3	6	12	6	3	12	19	3		3	6	6 x
Cumacés	N	6	3	3	3						3		3		2 x
Amphipodes	N	6		6						6	6			10	3 x
Tanaïdés	N			3		3	3	3				6			1 x
Juv. Crust.	N			6	59	6	9	65	15		24	77	56	54	28 x
Divers	N										3		9	20	3 x
Mixobenthos	N	62	9	68	96	36	43	130	46	40	73	111	105	122	72 x
	%	0,7	0,3	1,3	1,6	0,6	1	2,2	1,6	1,2	2,3	3,2	1,9	2	1,5 +
Total	N	8881	3522	5371	6121	5757	4292	5953	2916	3334	3127	3484	5508	6071	4949 x

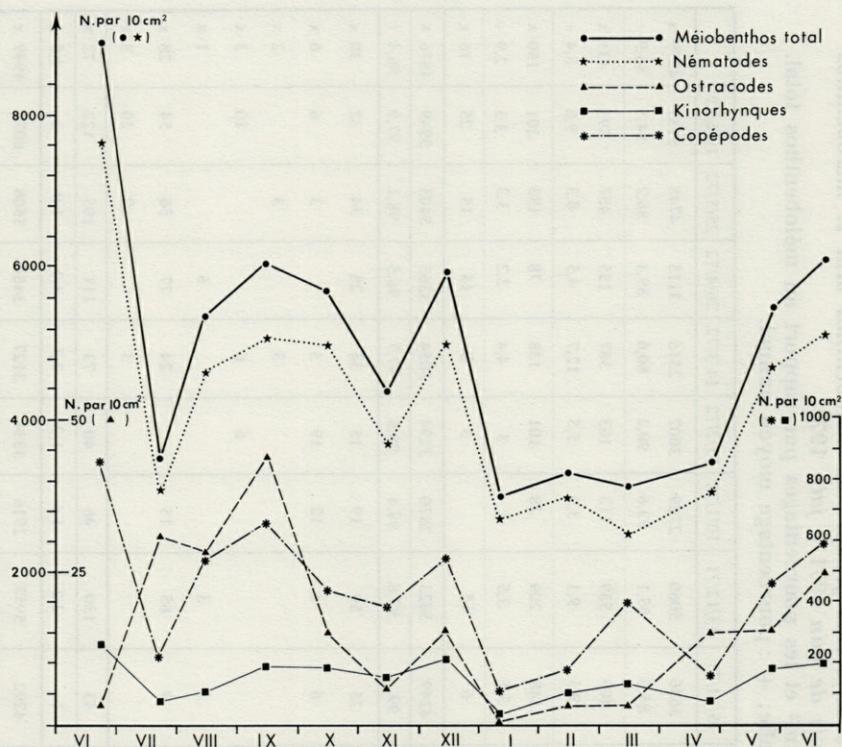


FIG. 2. — Cycle des densités du méiobenthos pour les mois de juin 1971 à juin 1972 : méiobenthos vrai et Nématodes (échelle ● ★) ; Copépodes Harpacticoides et Kinorhynques (échelle × ■) ; Ostracodes (échelle Δ).

MÉIOBENTHOS VRAI

NÉMATODES.

Les Nématodes constituent de 80,6 % à 93,6 % de la faune avec des densités comprises entre 2 516 et 7 655 ind./10 cm² (Tabl. I). Le cycle (fig. 2) montre une stagnation hivernale à faible densité (2 729 à 3 115 ind./10 cm²) suivie d'une brutale poussée en mai et juin (5 131 à 7 655 ind./10 cm²). En juillet, nous enregistrons une baisse nette du nombre d'individus, puis le niveau estival se rétablit légèrement pour fléchir à nouveau en novembre. A l'entrée de l'hiver, en décembre, une poussée est encore enregistrée mais elle est très rapidement atténuée par la mise en place des conditions hivernales.

Le peuplement des Nématodes, dans les Vases Terrigènes Côtiers, se caractérise donc par de très fortes densités. A notre connaissance, les seules données supérieures concernent des sédiments fins d'estuaires : 10 400 ind./10 cm² dans le canal de Bristol (REES, 1940), 16 300 ind./10 cm² dans un schorre (TEAL et WIESER, 1966). Le cycle paraît lié à l'évolution thermique, ce qui correspond bien aux rares données en notre possession (STRIPP, 1969 ; TIETJEN, 1969 ; COULL, 1970 ; SKOOLMUN et GERLACH, 1971 ; DINET, 1972 ; SOYER, 1971). Il se caractérise cependant par la durée de la période de forte densité et la brutalité de la chute du standing crop en hiver.

COPÉPODES.

Les Copépodes Harpacticoides représentent de 3,9 à 10,9 % du méiobenthos total, soit 8,4 % de moyenne annuelle. Leur nombre varie de 113 à 876 ind./10 cm² (moy. ann. = 431 ind./10 cm²) (tabl. I). Le cycle est proche de celui enregistré pour les Nématodes (fig. 2) avec une poussée printanière, une seconde poussée estivale, dont le maximum correspond aux températures les plus élevées, et un dernier accroissement au début de l'hiver.

Les densités sont encore très fortes et correspondent à celles enregistrées dans les estuaires ou les sables intertidaux. Les plus fortes valeurs connues sont celles de MUUS (1967) pour une plage de faible profondeur (1 700 ind./10 cm²), de SMIDT (1951) sur une plage danoise (837 ind./10 cm²) et de McINTYRE (1968) à Porto Novo (590 ind./10 cm²).

MUUS, BACESCO et coll. (1965) et nous-mêmes ont montré que le cycle est fortement lié à l'évolution thermique et les deux poussées, printanière et automnale, ont été mises en évidence en Mer Noire et en Méditerranée occidentale dans notre région. Cependant, DINET constate un cycle inverse dans les sables grossiers de Marseille : les densités maximales sont observées en hiver. Cette inversion du cycle pourrait être due à l'environnement très particulier de ce biotope dans lequel la couche oxydée du sédiment remonte très près de la surface pendant la période estivale.

KINORHYNQUES.

Les Kinorhynques constituent de 1 à 4,4 % du méiobenthos (tabl. I). Leur densité varie entre 28 et 285 ind./10 cm² (moy. ann. = 150 ind./10 cm²) et le cycle paraît du même type que celui des deux groupes précédents (fig. 2).

OSTRACODES.

Les Ostracodes, faiblement représentés ici, ont leur densité maximale pendant l'été et au début de l'automne (tabl. I). Leur cycle (fig. 2) suit de très près celui de la température au niveau du fond et les périodes de moindre abondance correspondent à la partie froide du cycle thermique. Le cycle quantitatif paraît légèrement décalé par rapport à ceux connus dans d'autres aires géographiques où la fin de l'été et le début de l'hiver sont les époques les plus riches (SMIDT, 1951 ; TIETJEN, 1969).

Nématodes, Copépodes et Kinorhynques présentent un cycle quantitatif proche : maintien du standing crop à un niveau faible en hiver, poussée brutale au début du réchauffement des eaux au printemps, fléchissement net au milieu de l'été, seconde poussée à l'automne suivie d'une baisse lente, et enfin, accroissement en décembre à l'entrée de l'hiver. Les deux fléchissements enregistrés fin juillet et en novembre, suivis de fortes valeurs, ne sauraient être dus à un défaut d'échantillonnage : le dépouillement des deux carottes complémentaires a confirmé ce phénomène. De plus, la première baisse a été régulièrement enregistrée en 1965 et 1966, au début du mois d'août, lors de l'étude préliminaire réalisée par l'un de nous (J. S.). La cause de cette chute pourrait être dans une brève modification de l'environnement. Cependant, les premiers résultats de notre étude spécifique nous permettent d'émettre une autre hypothèse : la seconde poussée qui suit la baisse estivale correspondrait en fait à un renouvellement de la population. L'augmentation du nombre d'individus enregistrés en décembre pourrait indiquer une troisième période de reproduction. Elle n'avait pas encore été signalée et il est possible qu'elle soit en relation avec des conditions climatiques exceptionnellement favorables. SALVAT (1967) met en évidence, chez les Amphipodes, des phénomènes similaires.

MÉIOBENTHOS TRANSITOIRE

Le méiobenthos transitoire (mixobenthos) est toujours numériquement faible. Sa densité évolue entre 9 et 130 ind./10 cm² (moy. ann. = 72) (tabl. I). Le cycle général, qui suit de très près celui du groupe le plus nombreux, les Annélides, est marqué par trois périodes de plus grande abondance, séparées par des densités faibles : mois d'avril, au moment du réchauffement des eaux, milieu du mois de septembre, soit la période la plus chaude, et enfin, vers le 15 décembre (fig. 3).

Les Annélides sont les plus régulièrement et les mieux représentées avec des densités comprises entre 6 et 59 individus par unité de surface (tabl. I). On retrouve dans l'évolution de leurs densités les trois périodes précédentes de plus forte valeur (fig. 3). Cependant, il faut remarquer que dans notre région, le maximum de larves planctoniques de ce groupe s'observe au cours de la période froide (BHAUD, 1972) pendant laquelle la densité en juvéniles est faible au niveau du fond. Cette observation tendrait à prouver que les Annélides de la vase terrigène côtière auraient un mode de développement benthique dont la phase principale se situerait au printemps et à la fin de l'été.

Les jeunes Lamellibranches (tabl. I) se rencontrent essentiellement au mois de février et à la mi-octobre (fig. 3), donc aux périodes les plus froides et les plus chaudes. Ces deux pics correspondent au dépôt sur le fond de larves planctoniques émises par les adultes qui doivent être étrangers au biotope car le peuplement est peu riche en représentants de ce groupe.

Cumacés, Tanaidacés et Amphipodes sont peu représentés et il est difficile d'établir un cycle des densités avec certitude. Les adultes sont observés à différentes époques : les Cumacés de mai à septembre, les Tanaidacés au début de la période froide et enfin les Amphipodes

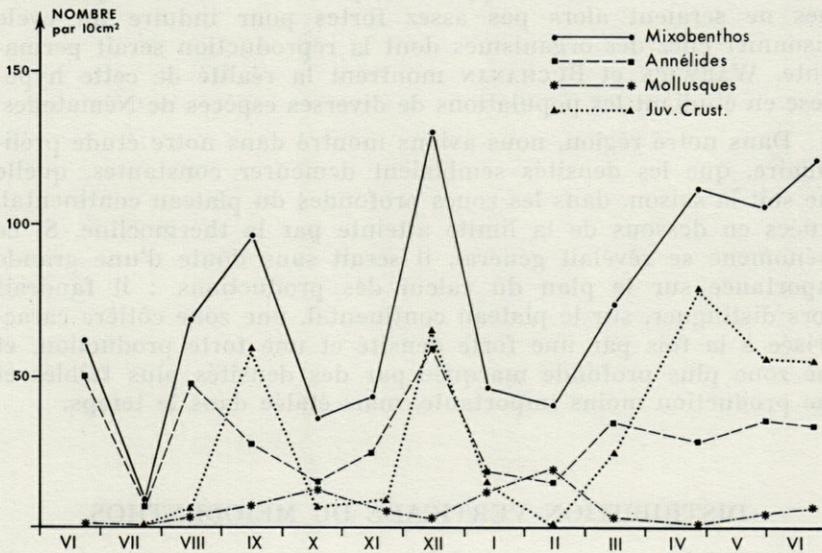


FIG. 3. — Cycle des densités du méiofaune transitoire (mixobenthos) pour les mois de juin 1971 à juin 1972 : mixobenthos total, Annélides, Lamellibranches, jeunes Crustacés.

pendant la période estivale. Les formes juvéniles de ces trois groupes (fig. 3) se rencontrent au printemps, au début du réchauffement des eaux, entre mars et mai, avec une densité maximale de 71 ind./10 cm² (Tabl. I) et à la fin de l'été.

Les cycles que nous venons de mettre en évidence montrent des modalités différentes suivant les groupes. Les taxons majeurs du méiobenthos vrai ont des densités nettement corrélées avec le cycle thermique, la période de forte abondance correspondant à l'époque estivale. Au niveau du méiobenthos transitoire, les Mollusques paraissent liés à des conditions thermiques stables, froides ou chaudes, tandis que les Annélides semblent se recruter au printemps et en été.

Les travaux antérieurs consacrés au cycle quantitatif du méiobenthos de la zone intertidale ont tous mis en évidence une forte corrélation avec la température. Cette association peut être étendue à l'ensemble de la zone subtidale côtière comme l'ont montré BACESCO et coll., MUUS, TIETJEN, COULL, SOYER, DINET et McINTYRE et MURISON.

Ce cycle net tend à disparaître avec l'accroissement de profondeur donc avec une meilleure stabilité des conditions hydrologiques. McINTYRE (1964), WARWICK et BUCHANAN (1971) travaillant à des profondeurs supérieures à 80 m, n'observent pas de cycle. Le premier auteur émet l'hypothèse que les variations hydrologiques ne seraient alors pas assez fortes pour induire un cycle saisonnier chez des organismes dont la reproduction serait permanente. WARWICK et BUCHANAN montrent la réalité de cette hypothèse en étudiant les populations de diverses espèces de Nématodes.

Dans notre région, nous avons montré dans notre étude préliminaire, que les densités semblaient demeurer constantes, quelle que soit la saison, dans les zones profondes du plateau continental, situées en dessous de la limite atteinte par la thermocline. Si ce phénomène se révélait général, il serait sans doute d'une grande importance sur le plan du calcul des productions : il faudrait alors distinguer, sur le plateau continental, une zone côtière caractérisée à la fois par une forte densité et une forte production, et une zone plus profonde marquée par des densités plus faibles et une production moins importante, mais étalée dans le temps.

DISTRIBUTION VERTICALE DU MÉIOBENTHOS

Les carottes correspondant à chacun de nos prélèvements ont été découpées tous les centimètres et les organismes présents à

TABLEAU II

Distribution verticale des Nématodes dans les dix premiers centimètres de chaque échantillon pour les mois de juin 1971 à juin 1972.

N : nombre d'ind./10 cm² compris dans chaque centimètre; % : pourcentage d'individus compris dans chaque centimètre par rapport à l'ensemble de la carotte; % C : pourcentage cumulé; $\overline{\%}$: pourcentage moyen annuel d'individus trouvés dans chaque centimètre; $\overline{\% C}$: pourcentage moyen cumulé.

CM MOIS	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			
	N	%	% C	N	%	% C	N	%	% C	N	%	% C	N	%	% C	N	%	% C	N	%	% C	N	%	% C	N	%	% C	N	%	% C	
VI	2009	26,2	26,2	2220	28,9	55,1	1697	22,1	77,2	1137	14,8	92	379	4,9	96,9	178	2,3	99,2	29	0,4	99,6	16	0,2	99,8	3	0,04		3	0,04	99,9	
VII	1060	33,3	33,3	994	31,2	64,5	927	29,1	93,6	118	3,7	97,3	51	1,6	98,9	9	0,3	99,2	22	0,7	99,3										
VIII	1319	28,4	28,4	2137	46,1	74,5	726	15,7	90,2	255	5,5	95,7	89	1,9	97,6	61	1,3	98,9	29	0,6	99,5	3	0,07	99,6	19	0,4	100				
IX	1761	34,3	34,3	1258	24,5	58,8	1162	22,6	81,4	634	12,3	93,7	178	3,5	97,2	51	1	98,2	38	0,7	98,9	32	0,6	99,5	10	0,2	99,7				
X	2026	40	40	1245	24,6	64,6	264	5,2	69,8	1172	23,1	92,9	102	2	94,9	226	4,5	99,4	22	0,4	99,8	6	0,1	99,9	6	0,1	100				
XI	1229	33,3	33,3	1220	33	66,3	812	22	88,3	166	4,5	92,8	178	4,8	97,6	26	0,7	98,3	26	0,7	99	10	0,3	99,3	25	0,7	100	3	0,08	100	
XII	2758	54,4	54,4	940	18,5	72,9	803	15,8	88,7	268	5,3	94	178	3,5	97,5	86	1,7	99,2	29	0,6	99,8	3	0,05	99,9	3	0,06	99,9	3	0,06	100	
I	761	27,8	27,8	1026	37,5	65,3	551	20,1	85,4	242	8,8	94,2	80	2,9	97,1	38	1,4	98,5	25	0,9	99,4	6	0,2	99,6	6	0,2	99,8				
II	347	11,5	11,5	761	25,3	38,8	971	32,2	69	541	18	87	194	6,4	93,4	159	5,3	98,7	22	0,7	99,4	16	0,5	99,9							
III	895	35,3	35,3	545	21,5	56,8	662	26,1	82,9	287	11,3	94,7	83	3,3	97,5	35	1,4	98,9	10	0,4	99,3	6	0,3	99,6							
IV	1987	63,7	63,7	611	19,6	83,3	293	9,4	92,7	118	3,8	96,5	64	2	98,5	38	1,2	99,7	10	0,3	100										
V	924	19,4	19,4	2395	50,3	69,7	659	13,9	83,6	185	3,9	87,5	382	8	95,5	162	3,4	98,9	38	0,8	99,7	3	0,06	99,8			10	0,2	100		
VI	2850	55,5	55,5	1131	22	77,5	599	11,7	89,2	211	4,1	93,3	156	3,0	96,3	89	1,7	98	57	1,1	99,1	29	0,6	99,7	6	0,1	99,8	3	0,06	99,9	
$\overline{\%}$	35,6			29,5			18,9			9,2			3,7			2			0,6			0,2			0,1			0,03			
$\overline{\% C}$	35,6			65,1			84,0			93,2			96,9			98,9			99,5			99,7			99,8			99,9			

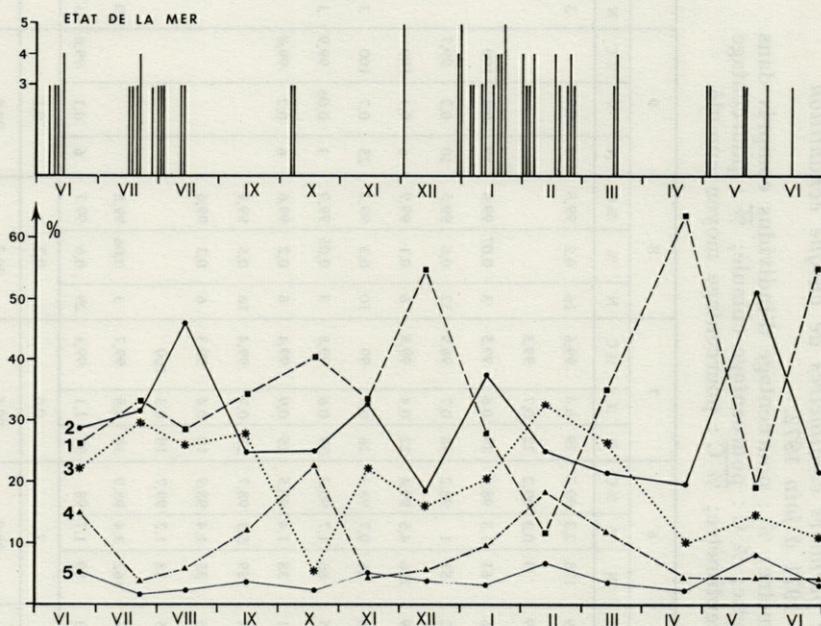


FIG. 4. — Cycle des pourcentages d'abondance de Nématodes dans les 5 premiers centimètres de chaque échantillon pour les mois de juin 1971 à juin 1972. La partie supérieure de la figure indique pour la même période, l'état d'agitation de la mer (échelle Beaufort) en liaison avec les vents d'est.

chaque niveau dénombrés et extraits. D'une manière générale, dans ces vases riches en pélites, tous les groupes, Nématodes compris, ont leur maximum d'abondance dans le premier centimètre et, sauf les Nématodes et les Annélides, disparaissent à partir du cinquième centimètre.

Les Nématodes ont une distribution verticale variable (tabl. II, fig. 4) mais 97 % de leur population est concentrée dans les cinq premiers centimètres. Quelques rares individus ont été récoltés jusqu'à 10 cm. Le premier centimètre est le plus riche et en contient plus de 35 % en moyenne, mais cette proportion varie entre 11,5 et 63,7 % suivant l'époque de l'année. Le second centimètre est d'une richesse presque comparable et le pourcentage de la nématofaune y est compris entre 18,5 et 50,3 % (moy. ann. = 29,5 %). Au-delà, le pourcentage diminue rapidement : 18,9 à 3 cm, 9,2 à 4 cm, et 3,7 à 5 cm.

Sur la figure 4, nous avons porté l'évolution annuelle du pourcentage contenu dans les cinq premiers centimètres. La distribution semble très variable. Cependant, elle paraît plus homogène en juin

et juillet 1971 et pendant l'hiver 1972, époque pendant laquelle les couches profondes possèdent des densités supérieures à la couche superficielle.

Les Copépodes Harpacticoïdes sont le plus souvent limités aux quatre premiers centimètres. Le premier, le plus riche, contient de 77,6 à 93,9 % des individus pour une moyenne annuelle de 85,9 %.

Les Kinorhynques ont été récoltés jusqu'à 8 cm de profondeur mais la majeure partie se trouve dans le premier centimètre.

Les autres groupes dont l'importance numérique est beaucoup plus faible, sont limités aux cinq premiers centimètres sauf les Polychètes qui ont été rencontrés jusqu'à 10 cm.

Nos résultats sont conformes à ceux obtenus, sur substrat fortement envasé, depuis les travaux de MOORE (1931). Nous observons une diminution du nombre des individus avec la profondeur. TIETJEN (1969), se fondant sur les travaux les plus récents, résume les quatre facteurs principaux responsables de cette distribution dont l'importance a été démontrée plus récemment par FENCHEL et RIEDL (1970).

L'analyse de nos données, de celles de SOYER (1971) et de BOUCHER (1972) dans le même biotope, montre que les variations de la distribution verticale du méiobenthos, et en particulier celles des Nématodes, ne semblent pas avoir un rythme saisonnier régulier et qu'elles n'affectent pas la densité générale des organismes. Elle met en évidence que lorsque la fraction localisée dans le premier centimètre décroît, une augmentation est enregistrée aux profondeurs inférieures, qui se traduit par une homogénéisation de la distribution aux différents niveaux.

Une interprétation possible de ce phénomène serait l'hydrodynamisme. Rappelons que YOUNG (1968) estime que 98 à 99,5 % de la couche superficielle (2-5 cm) des sédiments vaseux peuvent être ainsi recyclés dans les zones à forts courants de marée. Dans l'aire étudiée, l'hydrodynamisme est essentiellement lié aux vents de secteur Est qui soulèvent généralement une houle souvent ressentie très profondément, provoquant ainsi un brassage intense de la couche superficielle. Nos résultats montrent que l'homogénéisation de la distribution verticale semble en relation avec l'agitation en surface (fig. 4). Pendant la période étudiée, elle se situe en janvier et février et en juillet. Nous avons analysé dans le détail la répartition verticale de la nématofaune pendant la période hivernale où nous enregistrons, durant quatre mois, des densités comparables (2 729 à 3 115 ind./10 cm²). On observe, en janvier, au début de la période d'hydrodynamisme intense une forte densité

dans le premier centimètre, inférieure cependant à celle du deuxième. L'hydrodynamisme fort se maintient pendant le mois de février et le premier centimètre s'appauvrit tandis que les densités augmentent jusqu'au quatrième centimètre. A partir de mars, une période de moindre agitation s'installe : la distribution s'homogénéise tandis que le premier centimètre redevient prépondérant. Avec les calmes d'avril, la plus grande partie de la faunule se trouve alors en surface.

BOUCHER (1972) s'est livré à une étude quantitative et qualitative de la nématofaune par niveau ; l'auteur constate que la variation de distribution observée entre deux échantillons affecte la grande majorité des espèces.

L'ensemble de ces résultats semble indiquer un enfoncement général des Nématodes lors des périodes de forte agitation. On sait que l'hydrodynamisme influe sur la profondeur à laquelle va se situer la discontinuité du potentiel d'oxydo-réduction en augmentant la teneur en oxygène, en eau interstitielle et sans doute en matière organique. Toutefois, un simple effet mécanique n'est pas à exclure sur des sédiments fins et nous connaissons encore assez mal l'action des organismes fouisseurs de la macrofaune (RHOADS et YOUNG, 1971; RHOADS, 1973). Il faut également signaler les causes d'erreurs dues à la méthodologie utilisée : le découpage de la carotte ne peut être effectué rigoureusement pour les premiers centimètres, très fluides ; de plus, on observe fréquemment une compression des niveaux superficiels pendant la remontée du prélèvement, ce qui pourrait entraîner une concentration de la faune.

RÉSUMÉ

L'étude des prélèvements effectués pendant une période de 13 mois (juin 1971-juin 1972) sur les Vases Terrigènes Côtiers de Banyuls-sur-Mer (32,5 m de fond) met en évidence l'existence d'un cycle quantitatif net des différents groupes de méiobenthos et de très fortes densités en individus : de 2 916 à 8 881 ind./10 cm². Le renouvellement des principaux groupes (Nématodes, Copépodes et Kinorhynques) semble procéder selon trois étapes : la première à la fin du printemps, majeure, permet à la faune de se renouveler ; la seconde étalée sur toute la partie chaude du cycle thermique assure une maintenance du standing crop. La troisième, à l'entrée de l'hiver, permet un meilleur passage de la saison défavorable ; il est possible qu'elle soit due à des conditions inhabituelles favorables. La distribution verticale du peuplement subit peu de varia-

tions au cours du cycle annuel. Cependant, nous avons remarqué une bonne liaison avec l'hydrodynamisme. Les deux premiers centimètres sont généralement les plus riches mais, à la suite d'une forte houle, on assiste à une homogénéisation des densités des différents niveaux et les centimètres inférieurs peuvent être occasionnellement les plus riches.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung von Schlammproben, die über 13 Monate an der Küste von Banyuls-sur-Mer (32,5 m Tiefe) gesammelt wurden (Juni 1971-Juni 1972), zeigt einen deutlichen quantitativen Zyklus der verschiedenen Meiobenthos-Gruppen und eine sehr starke Individuendichte : 2 916 bis 8 881 Ind./10 cm². Die Erneuerung der Hauptgruppen (Nematoden, Copepoden, Kinorhynchen) scheint drei Etappen zu umfassen ; die erste, am Ende des Frühjahrs, erlaubt es der Fauna, sich zu erneuern ; die zweite erstreckt sich über den gesamten warmen Teil des Temperaturzyklus und sichert die Erhaltung des standing crop. Die dritte, zu Beginn des Winters, erlaubt ein besseres Durchstehen der ungünstigen Jahreszeit ; sie ist möglicherweise auf ungewöhnliche, günstige Bedingungen zurückzuführen. Die Vertikalverteilung des Bestandes verändert sich wenig im Verlauf des Jahreszyklus. Wir haben immerhin eine gute Uebereinstimmung mit dem Hydrodynamismus festgestellt. Die beiden ersten Zentimeter sind im allgemeinen die reichhaltigsten ; im Anschluss an starken Seegang ist jedoch eine Homogenisierung der Dichten verschiedener Tiefen festzustellen, und gelegentlich können die tieferen Schichten die reichhaltigsten sein.

BIBLIOGRAPHIE

- BACESCO, M., M.T. GOMOIU, N. BODEANU, A. PETRAN, G. MULLER & S. STANESCU, 1965. Recherches écologiques sur les fonds sablonneux de la Mer Noire (Côte Roumaine). *Trav. Mus. Hist. nat. Gr. Antipa*, 5 : 33-81.
- BHAUD, M., 1972. Quelques données sur le déterminisme écologique de la reproduction des Annélides Polychètes. *Mar. Biol.*, 17 : 115-136.
- BOUCHER, G., 1972. Distribution quantitative et qualitative des Nématodes d'une station de vase terrigène côtière de Banyuls-sur-Mer. *Cah. Biol. mar.*, 13 : 457-474.

- DE BOVÉE, F., J. SOYER & P. ALBERT, 1974. The importance of the mesh size for the extraction of the muddy bottom meiofauna. *Limnol. Oceanogr.*, **19** (2) : 350-354.
- COULL, B.C., 1970. Shallow water meiobenthos of the Bermuda platform. *Oecologia*, **4** : 325-357.
- DINET, A., 1971. Etude écologique du peuplement de Copépodes Harpacticoides d'un sable fin organogène des environs de Marseille. *Thèse 3^e cycle, Univ. Aix-Marseille* : 1-97.
- DINET, A., 1972. Etude écologique des variations quantitatives annuelles d'un peuplement de Copépodes Harpacticoides psammiques. *Tethys*, **4** : 95-112.
- FENCHEL, T. & J.W. RIEDL, 1970. The sulfide system : a new biotic community underneath the oxydized layer of marine sand bottom. *Mar. Biol.*, **7** : 255-268.
- GERLACH, S.A., 1971. On the importance of marine Meiofauna for Benthos Communities. *Oecologia*, **6** : 176-190.
- GERLACH, S.A., 1972. Die Produktionsleistung des Benthos in der Helgoländer Bucht. *Verh. dt. zool. Ges.*, **65** : 1-13.
- GUILLE, A., 1970. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. II. Les communautés de la macrofaune. *Vie Milieu*, **21** (1B) : 149-280.
- GUILLE, A. & J. SOYER, 1968. La faune benthique des substrats meubles de Banyuls-sur-Mer. Premières données quantitatives et qualitatives. *Vie Milieu*, **19** (2B) : 323-359.
- HARRIS, R.P., 1972. Seasonal changes in the meiofauna population of an intertidal sand beach. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **52** : 389-403.
- MCINTYRE, A.D., 1964. Meiobenthos of sub-littoral muds. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **44** : 665-674.
- MCINTYRE, A.D., 1968. The Meiofauna and Macrofauna of some tropical beaches. *J. zool. Res.*, **156** : 377-392.
- MCINTYRE, A.D., 1969. Ecology of marine meiobenthos. *Biol. Rev.*, **44** : 245-290.
- MCINTYRE, A.D. & D.J. MURISON, 1973. The meiofauna of a flatfish nursery ground. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **53** : 93-118.
- MOORE, H.B., 1931. The muds of the Clyde Sea area. III. Chemical and physical conditions, rate and nature of sedimentation and fauna. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **17** : 325-358.
- MUUS, B.J., 1967. The fauna of danish estuaries and lagoons : distribution and ecology of dominating species in the shallow beaches of mesohaline zone. *Meddr Kommn Danm. Fisk.-og Havunders.*, **5** : 3-316.
- REES, C.B., 1940. A preliminary study of the ecology of a mud flat. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **24** : 185-199.
- RHOADS, D.C., 1973. The influence of deposit-feeding benthos on water turbidity on nutrient recycling. *Am. J. Sci.*, **273** : 1-22.
- RHOADS, D.C. & D.K. YOUNG, 1971. Animal sediment relations in Cape Cod Bay, Massachusetts. II. Reworking by *Molpadia oolitica* (Holothuroidea). *Mar. Biol.*, **11** : 255-261.

- SALVAT, B., 1967. La macrofaune carcinologique endogée des sédiments meubles intertidaux (Tanaidacés, Isopodes, Amphipodes). Ethologie, bionomie et cycle biologique. *Thèse Fac. Sci. Paris*.
- SKOOLMUN, P. & S.A. GERLACH, 1971. Jahrezzeitliche Fluktuation der Nematodenfauna im Gezeitenbereich des Weser-Astuars (Deutsche Bucht.). *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.*, 13 : 119-138.
- SMIDT, E.L., 1951. Animal production in the Danish Waddensea. *Meddr Kommn Danm. Fisk.-og Havunders.*, 11 : 151 p.
- SOYER, J., 1970. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. III. Les peuplements de Copépodes Harpacticoïdes (Crustacea). *Vie Milieu*, 21 (3B) : 337-511.
- SOYER, J., 1971. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. V. Densités et biomasses du méiobenthos. *Vie Milieu*, 22 (2B) : 351-424.
- STRIPP, K., 1969. Jahreszeitliche Fluktuationen von Makrofauna und Meiofauna in der Helgoländer Bucht. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.*, 12 : 65-94.
- TEAL, J.M. & W. WIESER, 1966. The distribution and ecology of Nematodes in a Georgia salt marsh. *Limnol. Oceanogr.*, 11 : 217-222.
- TIETJEN, J.H., 1969. The ecology of shallow water meiofauna in two New England Estuaries. *Oecologia*, 2 : 251-291.
- WARWICK, R.M. & J.B. BUCHANAN, 1971. The meiofauna off the coast of Northumberland. II. Seasonal stability of the Nematode population. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 51 : 439-454.
- YOUNG, D.K., 1968. Effects of infauna on the sediment and seston of a subtidal environment. *Vie Milieu*, Supp. 22 : 557-571.

Reçu le 15 décembre 1973.

ÉTUDE DES PEUPELEMENTS INFRALITTORaux DE LA CÔTE DU ROUSSILLON

I. — PRÉSENTATION DU MILIEU

par Jean-Michel AMOUROUX (1)

Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer

ABSTRACT

The infralittoral populations of the coast of Roussillon (France) have been characterized. These populations are studied as part of a bionomic survey of the bottoms of the Catalan sea.

This first paper specifies the methods used; it also describes the seasonal fluctuations of the main physico-chemical parameters.

INTRODUCTION

Les fonds meubles infralittoraux constituent une zone d'étude bien particulière en raison de leur grande richesse, à la fois qualitative et quantitative et de la diversité des phénomènes biologiques qui s'y déroulent. Les fonds meubles sableux compris entre 0 et 10 mètres de profondeur sont caractérisés par une grande instabilité dans leur situation bathymétrique. De ce fait, il est

(1) Ce travail est extrait d'une thèse de 3^e cycle en Océanographie biologique soutenue le 30 juin 1972 à Paris. Il fait partie d'un ensemble de trois publications. Les deux suivantes auront pour titre : « Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. II - Faunistique et caractéristiques bionomiques » ; puis : « Etude des peuplements infralittoraux de la côte du Roussillon. III - Variations spatiales et saisonnières », publiées dans cette revue (contrat C.N.E.X.O. 74 938).

intéressant de s'interroger sur le comportement des espèces qui les occupent. Dans ce niveau infralittoral, nous retrouvons sur toutes les côtes du monde, des populations similaires qui réagissent de façon analogue aux mêmes facteurs écologiques : elles constituent un exemple de ce que THORSON (1956) a défini dans la notion de communautés parallèles. Dans la majorité des situations, les éléments les plus importants de ces communautés sont les Mollusques Lamellibranches comme le montre un bref rappel bibliographique.

A. — ÉTUDES ANTÉRIEURES

En Norvège, PETERSEN (1911) reconnaît deux communautés distinctes dans les fonds infralittoraux : à *Macoma baltica* de 0,3 à 6 mètres et *Abra alba* et *Macoma calcarea* de 7 à 12. Comme le précisera plus tard FORD (1923), la communauté à *Macoma baltica* et *Abra alba* des fonds de 6 mètres correspond en réalité à la zone de transition entre les deux.

En Atlantique, sur les côtes françaises des Charentes, FAURE (1967-1969) étudie la bionomie de la macrofaune et en Bretagne, GLÉMAREC (1969) insiste sur la diversité des peuplements entre 0 et 10 mètres, dans le golfe du Morbihan.

En Méditerranée, PÉRÈS et PICARD (1964-1965-1967) font la synthèse des travaux de bionomie benthique méditerranéenne. Selon ces auteurs, la zone littorale entre 0 et 10 mètres de profondeur comporte principalement deux biocénoses : 1) celle des sables fins des hauts niveaux caractérisée par une grande instabilité due à l'intervention de nombreux facteurs édaphiques; 2) celle des sables fins bien calibrés, beaucoup plus stable.

Dans la région de Banyuls, PRUVOT, dès 1894, dresse le premier une carte topographique et bionomique des fonds. Considérant la zone littorale sableuse entre Argelès et Sète, il distingue trois horizons : l'horizon supérieur, correspondant à la zone de déferlement des vagues de 0 à 5 mètres environ; l'horizon moyen qu'il caractérise par les sables et les herbiers, correspond à peu près aux sables fins, bien calibrés, de 5 à 20 mètres, tandis que l'horizon inférieur représente les fonds de sable, de gravier et de vase entre 20 et 45 mètres.

Bien plus tard, à partir de 1960, paraissent d'année en année des études plus ou moins détaillées qui permettent de préciser la carte bionomique de la région. Dans les substrats meubles entre 0 et 15 mètres, A. KERNEIS (1960) décrit la faune des herbiers à Posidonies et F. MONNIOT (1962) dresse l'inventaire faunistique des gravelles à Amphioxus et en étudie leur répartition. A l'occasion d'un travail plus général sur la bionomie benthique des fonds meubles du plateau continental, GUILLE (1969)

définit la limite supérieure de la communauté à *Spisula subtruncata* à 7 mètres de profondeur au niveau d'Argelès.

Tous ces travaux insistent sur les aspects qualitatifs de la faune, première étape d'une évaluation de la production benthique mais donnent rarement les caractéristiques de l'évolution de ces populations dans le temps. C'est précisément l'un des problèmes que nous abordons. Mais il est aussi intéressant de préciser l'importance des Mollusques dans la biologie benthique : celle des communautés à *Macoma baltica* en tant que nourriture des Poissons côtiers a été démontrée en Norvège par BLEGVAD (1917, 1926, 1928, 1930). En Ecosse, McINTYRE (1958-1970) montre l'importance des nuages d'Amphipodes et des populations de *Tellina tenuis* dans la nutrition d'une nursery de Poissons plats.

En Mer Noire, BACESCU (1957-1965) dépeint les liens trophiques entre les fonds de sable à *Corbulomya (Aloidis) maeotica* et les Poissons démersaux.

Ainsi, les Mollusques prennent une très grande part dans la production benthique côtière. La répartition des principales espèces de Mollusques côtiers et en particulier celles des fonds littoraux, en fonction des facteurs physico-chimiques, est étudiée par EISMA (1966) sur les côtes de la Hollande. Les plus fortes densités existent à proximité immédiate de la côte.

En France, FAURE (1967-1969) à l'occasion de l'inventaire des peuplements des substrats meubles des côtes charentaises, montre l'importance de l'hydrodynamisme dans la répartition de certains Mollusques (*Donax trunculus* et *Tellina tenuis*) dont les jeunes sont situés au bas de l'estran tandis que les adultes se cantonnent dans la partie la plus élevée. GLÉMAREC (1969) décrit les populations de *Spisula ovalis* et explique leur distribution par classes de taille, après avoir étudié leur croissance. MASSÉ (1971) étudie le cycle annuel de 99 espèces de Mollusques en indiquant leur période de reproduction, leur vitesse de croissance et leur mortalité.

B. — SITUATION DE LA ZONE D'ÉTUDE (fig. 1)

Elle appartient à la côte du Roussillon qui est la partie sud de la grande plage s'étendant en arc de cercle du Rhône aux Pyrénées. Elle est orientée Nord-Sud face à l'Est et repose par place sur des massifs anciens partiellement recouverts de dépôts quaternaires. Elle se présente sous forme d'une série de cordons littoraux renfermant de nombreux étangs et lagunes dont certains sont en voie de comblement. La grande largeur du plateau continental à ce niveau, ainsi que sa faible pente, favorisent les dépôts sédimentaires (MONACO, 1971). Notre étude portera sur la zone

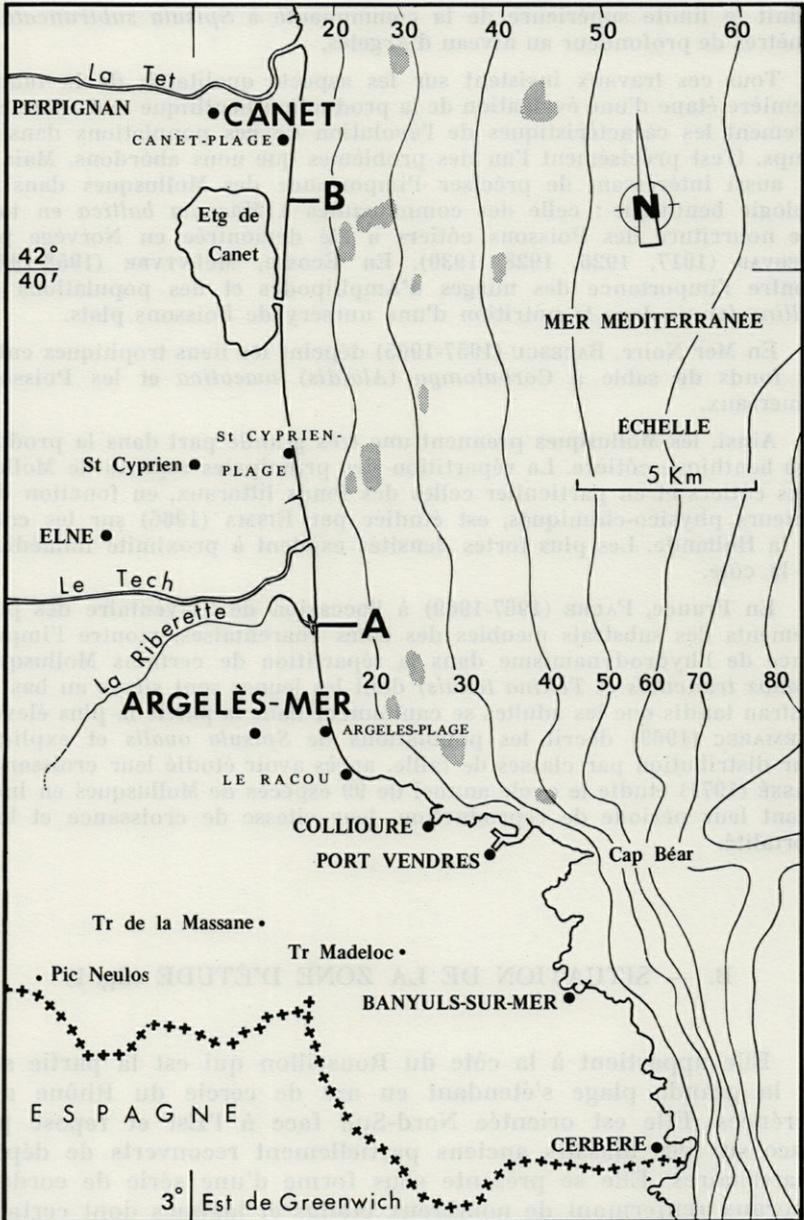


FIG. 1. — Carte de la côte du Roussillon entre l'embouchure de la Têt au nord et Banyuls-sur-Mer au sud.

sud de cette côte entre Canet et Argelès-sur-Mer, donc à proximité immédiate du début de la côte rocheuse des Albères. Cette zone correspond aux fonds sableux de 0 à 10 mètres de profondeur et complète celle précédemment prospectée par GUILLE (1969) qui s'est limité aux fonds de 7 mètres devant Argelès.

C. — MÉTHODES DE TRAVAIL

Afin de suivre l'évolution des peuplements et des espèces il s'est avéré indispensable de travailler suivant des radiales fixes, perpendiculaires à la côte depuis la plage jusqu'aux fonds de 10 mètres.

Deux radiales ont été choisies (fig. 1) : la première (A), située à l'embouchure de la Riberette, à un kilomètre au nord d'Argelès, subit l'influence du débit intermittent de cette rivière; la deuxième (B) au sud de Canet, face à l'ancien grau de l'étang de Canet, correspond à une flexure de la côte vers le large et à une zone de dépôt par suite de l'orientation des courants dominants. Les deux radiales A et B ont été prospectées pendant une durée de 13 mois consécutifs, de février 1970 à mars 1971.

A chaque sortie, les opérations se sont déroulées de la façon suivante : ancrage du bateau par rapport à deux amers à la côte puis relevés des profondeurs en fonction des distances à la côte à l'aide d'une sonde à main et d'un câble plombé fixé sur la plage et déroulé au fur et à mesure; enfin prélèvements à cinq profondeurs différentes : 1 m, 2,50 m, 5 m, 7,50 m et 10 m.

Chaque prélèvement comprend un échantillon de sédiment servant à l'étude granulométrique; une prise d'eau pour le dosage de la salinité, effectuée au ras du fond en même temps que la mesure de la température et un échantillon de la macrofaune à l'aide d'une suceuse manœuvrée par un plongeur.

Aucune de ces différentes opérations de prélèvements n'a pu être effectuée à proximité immédiate du rivage entre 0 et 2 mètres, dans la zone comprise entre la côte et la première dune immergée, en raison de la présence de blocs, galets et cailloux.

Les suceuses que nous avons utilisées ont été respectivement celle de Brett-Massé (1967) et un modèle de notre conception (AMOUROUX-GUILLE, 1970). Ayant employé le même cylindre de délimitation, nos résultats sont comparables à ceux obtenus à l'aide de la suceuse Brett-Massé tant en ce qui concerne le volume du sédiment que le nombre des animaux récoltés.

Un travail préliminaire a rapidement mis en évidence la grande variabilité saisonnière des paramètres physico-chimiques et des caractéristiques de la faune. Ainsi cette étude doit comporter une composante autant dynamique que bionomique.

Nous mettons d'abord en évidence les caractéristiques bionomiques de la zone étudiée pour en définir les unités de peuplement ainsi que les espèces essentielles qui appartiennent principalement aux Mollusques Lamellibranches. Ensuite nous suivons l'évolution de ces espèces dans leur nombre, leur âge et leur situation bathymétrique.

D. — FACTEURS ÉCOLOGIQUES

L'étude des facteurs physico-chimiques des fonds littoraux entre 0 et 10 mètres de profondeur pose de nombreux problèmes en raison de leur multiplicité et de leurs extrêmes variations. Nous n'avons retenu que quatre facteurs nous semblant les plus importants : la température, la salinité, la bathymétrie et la granulométrie.

a) TEMPÉRATURE.

L'amplitude annuelle est de l'ordre de 9° C correspondant à des extrêmes de 11° C à 20° C. Sauf en période de forte agitation, les eaux côtières d'hiver sont stratifiées. Cette stratification provient de l'arrivée d'eau douce de ruissellement relativement froide. Aussi, en hiver, la température de l'eau de surface est beaucoup plus froide que celle de l'eau du fond. En été la zone étudiée se trouve bien au-dessus de la thermocline et la couche d'eau est homogène. Il est à remarquer que la situation est inverse en un point situé plus au large.

b) SALINITÉ.

Les variations de salinité de l'eau et du fond sont faibles et comprises entre 37 et 38 ‰ à l'échelle de l'année. Les pluies n'ont aucune influence immédiate sur la salinité au niveau du fond à proximité de la côte ; seules les tempêtes d'est, lorsqu'elles sont accompagnées de fortes pluies, sont susceptibles de perturber fortement la salinité de l'eau de mer.

c) BATHYMÉTRIE (fig. 2 à 7).

Le profil bathymétrique de la côte entre 0 et 10 mètres se présente généralement de la façon suivante : un fossé de 1 à

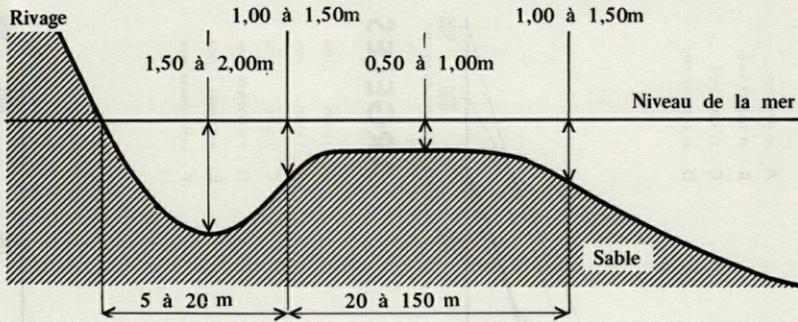


FIG. 2. — Profil bathymétrique moyen entre 0 et 2,50 m de profondeur. On distingue successivement de gauche à droite, le rivage, le fossé du bord du rivage et la première dune littorale appelée dune de 1 mètre.

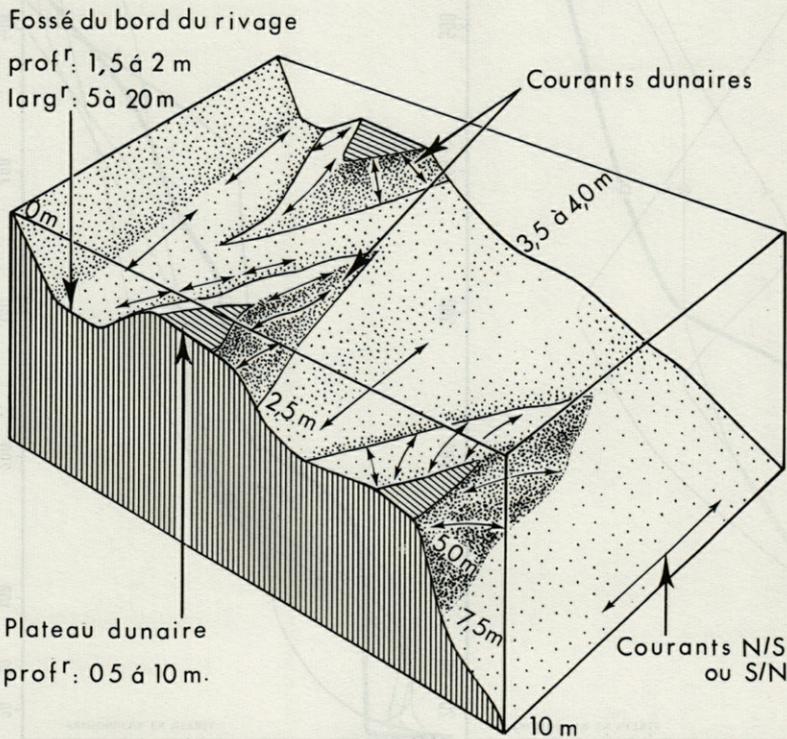
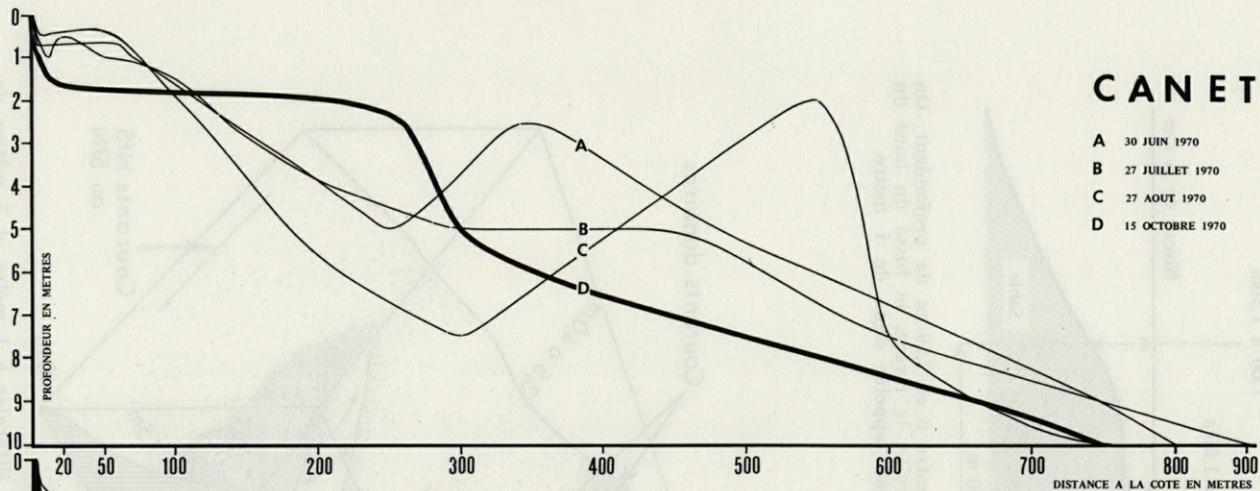


FIG. 3. — Positions relatives des dunes littorales à 1 mètre et 5 mètres de profondeur. Les flèches figurent les courants de fond.

CANET

- A 30 JUN 1970
 B 27 JUILLET 1970
 C 27 AOUT 1970
 D 15 OCTOBRE 1970



ARGELES

- A 9 MARS 1970
 B 9 AVRIL 1970
 C 3 AOUT 1970
 D 9 SEPTEMBRE 1970
 E 8 OCTOBRE 1970
 F 13 NOVEMBRE 1970

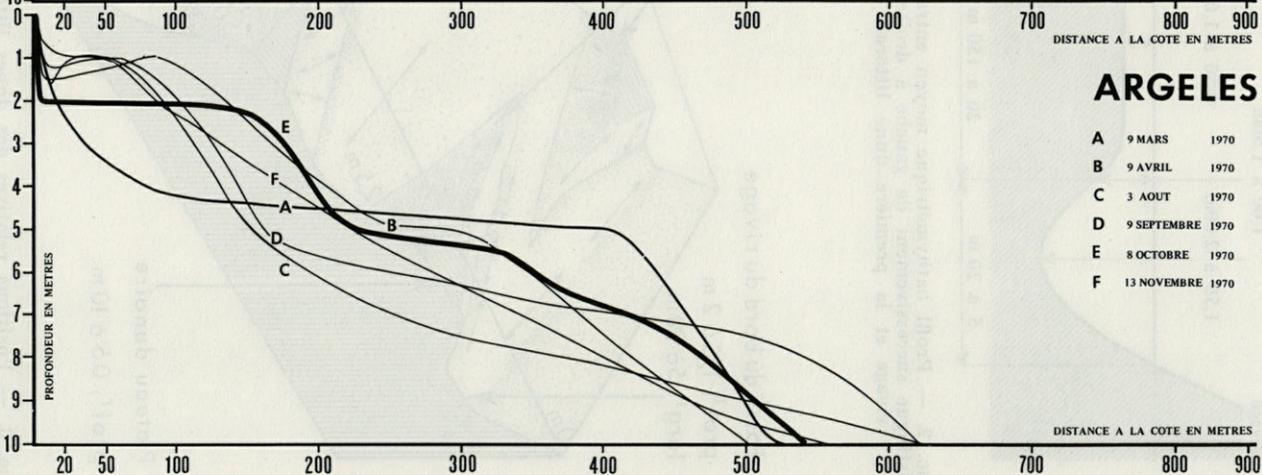


FIG. 4. — Variations des profils bathymétriques à Canet et à Argelès. En ordonnées, les profondeurs sont exprimées en mètre. En abscisse, les distances à la côte sont exprimées en mètres. Le trait le plus appuyé correspond à une période de tempête.

2 mètres de profondeur et de 5 à 20 mètres de largeur sépare la première dune du rivage ; cette dune, plus ou moins large, est placée de 10 à 100 mètres du bord ; puis la pente descend régulièrement jusqu'à 5 mètres où se trouve une deuxième dune, à une distance variant entre 150 et 400 mètres ; ensuite le profil se régularise et s'enfonce vers 10 à 11 mètres (fig. 2 et 3).

L'évolution des profils bathymétriques dépend des facteurs hydrodynamiques, particulièrement du courant principal nord-sud qui est à l'origine des déplacements de sable très importants (MONACO, 1971). Par ailleurs, la houle qui a une direction oblique à la côte, crée des formations dunaires typiques du golfe du Lion, dues à l'action complexe des phénomènes d'ondes stationnaires par réflexion. Les relevés effectués chaque mois sur chaque radiale mettent en évidence ces variations bathymétriques (fig. 4). Les variations de faible amplitude de 10 à 20 centimètres sont continues mais difficiles à apprécier en raison de la précision relative des mesures à la sonde et de la hauteur d'eau variable en fonction de la météorologie. Il n'en est pas de même des variations observées d'un mois à l'autre qui sont de l'ordre de 2 à 2,50 mètres. Les différences les plus importantes enregistrées sont de 3 à 4 mètres et exceptionnellement plus, de l'ordre de 5 mètres sur la radiale de Canet le 27 août 1970. Ces variations s'expliquent par le déplacement des dunes en deux rangées parallèles à la côte et plus ou moins anastomosées les unes les autres (MONACO, 1971). La première rangée de dunes située à 1 mètre de profondeur est arasée par les vagues, la deuxième dont le sommet est à 5 mètres est beaucoup plus mobile. En fonction de la direction et de la force des vents et des courants, leur position et leur importance varient de façon notable (fig. 4).

Les fonds de 2,50 mètres situés entre la dune de 1 mètre et celle des 5 mètres subissent des remaniements importants, tantôt recouverts par le pied de la dune de 1 mètre ou envahis par le haut de celle des 5 mètres. Nous avons pu noter dans les fonds de 7,50 mètres et 10 mètres, à 40 centimètres sous la surface du sédiment, une couche de sable contenant des tubes d'Annélides (*Owenia fusiformis*), des coquilles mortes de *Spisula subtruncata* et d'autres Mollusques, ainsi que des débris de fibres de Posidonies ; cette couche était séparée de la nouvelle par une mince épaisseur de sable vaseux noir, datant du mois précédent.

Les déplacements dunaires se font sous l'influence des courants qui ne creusent jamais la masse dunaire dans son ensemble mais font glisser le sable régulièrement (fig. 5 à 7). A l'occasion des tempêtes il peut y avoir des remaniements très importants car le sable des hauts niveaux est balayé vers des régions plus profondes.

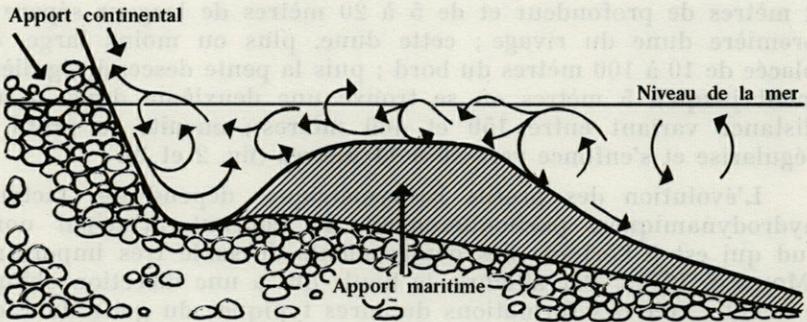


FIG. 5. — Schéma illustrant le cheminement des vagues à l'approche du rivage, sur la première dune puis sur le talus côtier. On distingue d'autre part les apports continentaux (éléments grossiers) et les apports maritimes (éléments fins en hachure) qui constituent les dunes littorales.

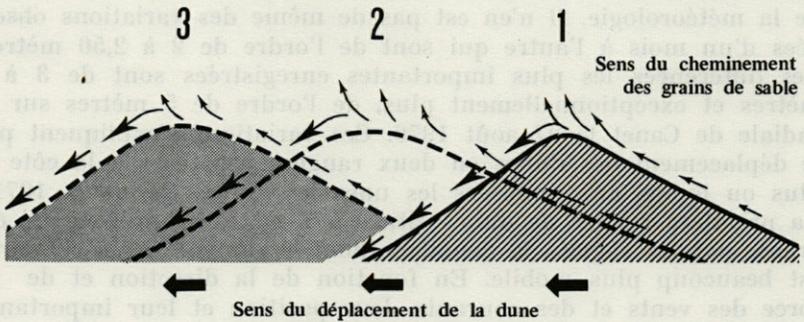


FIG. 6. — Déplacement des dunes par glissement du sable.

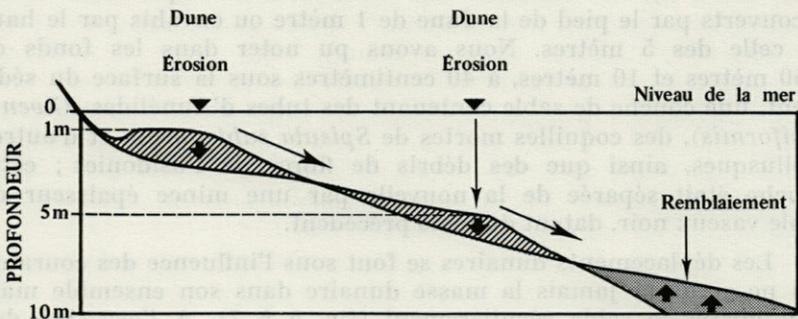


FIG. 7. — Régularisation du profil bathymétrique lors des tempêtes par tassement des dunes et glissement du sédiment vers les fonds de 10 mètres.

Il y a alors tassement général des fonds sous l'action de la houle. Les dunes sont détruites et écrasées, le sédiment est déplacé vers les fonds de 10 mètres (fig. 7) et le fossé qui séparait la première dune du bord de la côte disparaît ; la pente du rivage est alors très forte et le fond passe de 0 à 2 mètres sur 2 à 3 mètres de distance, puis la pente s'adoucit et descend lentement jusqu'à 4,50 mètres où apparaît une nouvelle rupture de pente plus accentuée, jusqu'aux fonds de 10 mètres.

d) GRANULOMÉTRIE.

Les deux stations d'Argelès et de Canet diffèrent par leur situation rhéologique et géologique. Au niveau de Canet, la présence d'un affleurement datant du Miocène explique la flexure de la côte vers le large. Aussi le sable, dans cette région, est plus ancien, remanié, de granulométrie fine, bien classé (220μ), surtout pour la station de 1 mètre, la plus proche de la plage. Au contraire à Argelès, la côte est formée par le comblement quaternaire d'une lagune. Les rivières ont participé activement à ce comblement par des apports hétérogènes en nature et en taille. La plage et les fonds jusque vers 1,50 mètre sont constitués d'un sable de granulométrie moins fine et moins bien classé qu'à Canet (360μ). La proximité de la rivière « La Riberette » fait apparaître des galets et des blocs dans le talus du bord de plage. Le sable, aussi bien à Argelès qu'à Canet, est siliceux et ne contient quasiment pas de fraction calcaire. A mesure que l'on gagne en profondeur, les fonds sont composés d'un sable de plus en plus fin. L'examen de l'évolution de la médiane granulométrique aux différentes profondeurs met en évidence le peu d'écart entre 1 mètre (400μ) et 10 mètres (150μ) (fig. 8 et 9). Les dunes à 1 mètre et à 5 mètres correspondent à des masses mobiles ne recrutant qu'une certaine classe de taille en fonction des facteurs hydrodynamiques alors que les fonds de 10 mètres subissent des apports variables en particules fines provenant des rivières, et une partie des fractions plus grossières non transportées lors des formations et des déplacements dunaires.

Il faut signaler que les gravelles à *Amphioxus* ne semblent pas remonter aussi loin que lors de leur première description par F. MONNIOT en 1962. Sur 125 prélèvements entre 1 et 10 mètres, deux lentilles de gravelles à *Amphioxus* seulement sont retrouvées : l'une à Argelès et l'autre à Canet, et de façon très passagère puisqu'elles ont disparu le mois suivant. Argelès-plage semble actuellement représenter le maximum d'extension vers le nord du banc de gravelles à *Amphioxus*, caractéristique au niveau d'Argelès en raison des conditions rhéologiques particulières qui y règnent par

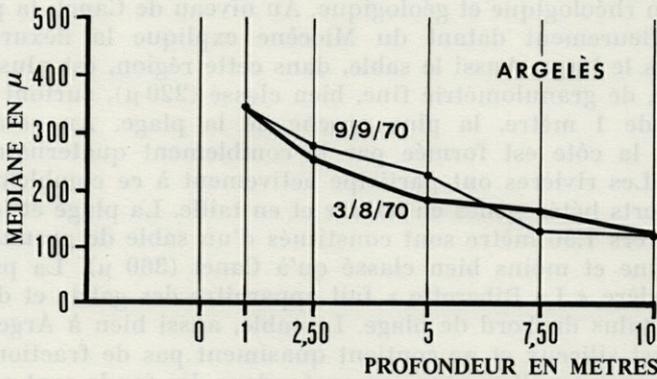
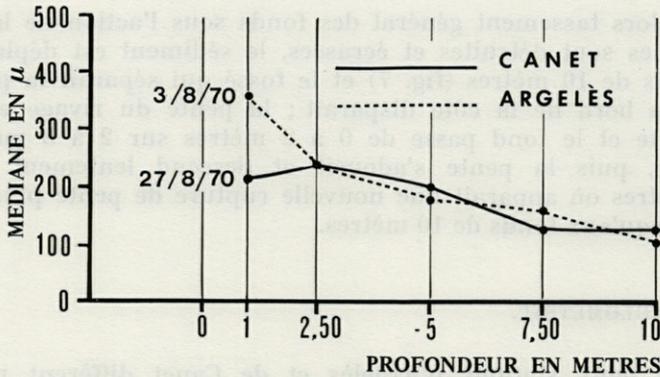


Fig. 8. — Représentation graphique de la taille moyenne des particules sédimentaires en fonction de la profondeur : A - comparaison Argelès - Canet ; B - comparaison de deux radiales espacées d'un mois, à Argelès.

suite de la brusque avancée de la côte rocheuse des Albères. Enfin, il est nécessaire de préciser qu'en un point fixe par rapport à la côte, les transports sédimentaires sont très grands ; aussi l'étude des variations sur un nombre restreint de points fixes (5) par rapport à la côte, n'aurait pas permis de définir la position des espèces dans la zone étudiée. En effet, certains points auraient été groupés dans la dune lors de ses phases de grande extension et d'autres dans les fonds de 10 mètres lors du recul de la dune des 5 mètres. Nous avons choisi les fonds par rapport à des points liés à la bathymétrie, le long d'une seule radiale perpendiculaire à la côte ce qui permet de préciser la position et le déplacement des dunes mais aussi des espèces qui leur sont inféodées.

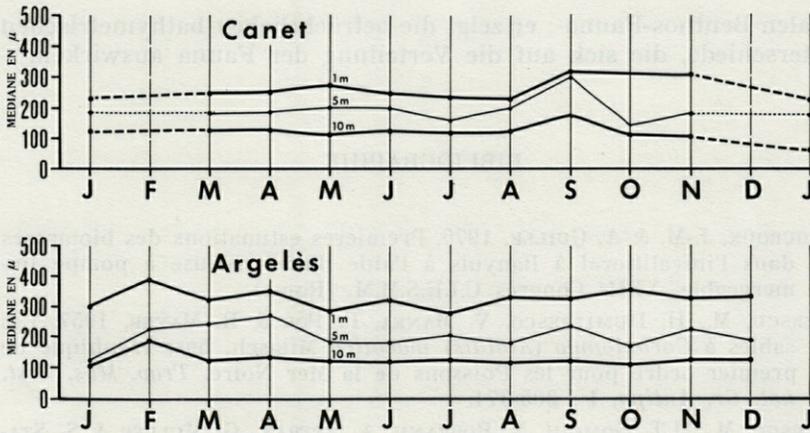


FIG. 9. — Variations mensuelles de la taille moyenne des particules à Argelès et à Canet à trois profondeurs différentes (1 m, 5 m et 10 m).

CONCLUSION.

Cette rapide analyse de quelques facteurs physico-chimiques essentiels met en valeur leur grande variabilité : mobilité du sédiment, écarts importants des paramètres physico-chimiques. Les incidences de ces variations sur la faune seront, comme nous le verrons dans une note ultérieure, fondamentales tant du point de vue éthologique que strictement écologique.

RÉSUMÉ

L'auteur précise la situation géographique de la zone prospectée puis expose les méthodes employées pour aborder l'étude de la macrofaune benthique infralittorale et met en évidence les variations très importantes de la bathymétrie qui modifie de façon continue la répartition de la faune.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Autor beschreibt die geographische Lage der untersuchten Zone und erläutert die Methodik der Untersuchung der infrali-

toralen Benthos-Fauna ; er zeigt die beträchtlichen bathymetrischen Unterschiede, die sich auf die Verteilung der Fauna auswirken.

BIBLIOGRAPHIE

- AMOUROUX, J.-M. & A. GUILLE, 1970. Premières estimations des biomasses dans l'infralittoral à Banyuls à l'aide d'une suceuse à pompe immergeable. XXII^e Congrès C.I.E.S.M.M. (Rome).
- BACESCU, M., H. DUMITRESCO, V. MANEA, F. POR & R. MAYER, 1957. Les sables à *Corbulomya (Aloidis) maeotica* Milasch. base trophique de premier ordre pour les Poissons de la Mer Noire. *Trav. Mus. Hist. nat. Gr. Antipa*, 1 : 305-374.
- 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.
- BLEGVAD, H., 1917. On the food of fish in the Danish Waters within the Skaw. *Rep. Dan. Biol. Stn*, 24 : 19-72.
- BLEGVAD, H., 1926. Continued studies on the quantity of fish food in the sea bottom. *Rep. Dan. Biol. Stn*, 31 : 5-36.
- BLEGVAD, H., 1928. Quantitative investigations of bottom invertebrates in the Limfjord 1910-1927 with special reference to the plaice-food. *Rep. Dan. Biol. Stn*, 34 : 33-52.
- BLEGVAD, H., 1930. Quantitative investigations of bottom invertebrates in the Kattegat with special reference to the plaice-food. *Rep. Dan. Biol. Stn*, 36 : 3-36.
- BRETT, C.E., 1964. A portable hydraulic diver-operated dredge sieve for sampling subtidal macrofauna. *J. mar. Res.*, 22 (2) : 205-209.
- EISMA, D., 1966. The distribution of the benthic marine Mollusques off the Main Dutch coast. *Neth. Jnl Sea Res.*, 3 (1) : 107-163.
- FAURE, G., 1969. Ecologie et croissance de *Tellina tenuis* da Costa sur les côtes de la Charente maritime. *Tethys*, 1 (2) : 383-394.
- FAURE, G., 1969. Bionomie et écologie de la macrofaune des substrats meubles des côtes charentaises. *Téthys*, 1 (3) : 751-778.
- FORD, E., 1923. Animal communities of the level sea-bottom in the crater adjacent to Plymouth. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 13 : 164-224.
- GLÉMAREC, M., 1969. Les peuplements benthiques du plateau continental nord-Gascogne. *Thèse Fac. Sci. Paris*, Arch. orig. C.N.R.S., n° AO 3422, 167 p.
- GUILLE, A., 1969. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. Aspects qualitatif et quantitatif. *Thèse Fac. Sci. Paris*, Arch. orig. C.N.R.S., n° 3707, 289 p.
- KERNEIS, A., 1960. Contribution à l'étude faunistique et écologique des herbiers de Posidonies de la région de Banyuls. *Vie Milieu*, 11 (2) : 145-187.

- MASSÉ, H., 1967. Emploi d'une suceuse hydraulique transformée pour les prélèvements quantitatifs dans les substrats meubles infralittoraux. *Helgoländer wiss. Meeresunters.*, 15 : 500-505.
- MASSÉ, H., 1971. Contribution à l'étude quantitative et dynamique de peuplements des sables fins infralittoraux des côtes de Provence. *Thèse Univ. Aix-Marseille*, C.N.R.S. n° AO 5112, 310 p.
- McINTYRE, A.D., 1958. The ecology of Scottish inshore fishing grounds. I - The Bottom fauna of east coast grounds. *Mar. Res.*, 1 : 1-24.
- 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.
- MONACO, A., 1971. Contribution à l'étude géologique et sédimentologique du plateau continental du Roussillon (Golfe du Lion). C.N.R.S. n° AO 5305, 295 p.
- MONNIOT, F., 1962. Recherches sur les graviers à Amphioxus de la région de Banyuls-sur-Mer. *Vie Milieu*, 13 (2) : 1-90.
- PÉRÈS, J.-M., 1967. The mediterranean Benthos. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 5 : 449-534.
- PÉRÈS, J.-M. & J. PICARD, 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Recl Trav. Stn mar. Endoume*, 31 (47) : 5-137.
- PETERSEN, C.G.J. & P. BOYSEN YENSEN, 1911. Valuation of the Sea. I. Animal life of the Sea-Bottom, its Food and Quantity. *Rep. Dan. Biol. Stn*, 20 : 1-74.
- PRUVOT, G., 1894. Essai sur la topographie et la constitution des fonds sous-marins de la région de Banyuls, de la plaine du Roussillon au golfe de Rosas. *Archs Zool. exp. gén.*, 3 (2) : 599-672.
- PRUVOT, G., 1895. 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.
- THORSON, G., 1956. Parallel level-bottom communities, in *Perspectives in marine biology*, Buzzati-Traverso édit., University of California Press.

Reçu le 19 février 1973.

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

9. LE GENRE *HASTIGERELLA* NICHOLLS
(ECTINOSOMIDAE SARS, OLOFSSON).

SYSTÉMATIQUE, ÉCOLOGIE

par Jacques SOYER

Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer

ABSTRACT

The genus *Hastigerella* Nicholls was known in the Banyuls area by two littoral forms, *H. meridionalis* (Chappuis) and *H. monniotae* (Guille et Soyer). Methodical surveys of the soft bottoms of the continental shelf of the french catalan coast allowed us to collect five new forms. Two of these *H. leptoderma* (Klie) and *H. abotti* Lang had not been reported in the Mediterranean, and *H. abotti* is new for the coasts of France. Three of them are new species : *H. chappuisi* n.sp., *H. noodti* n.sp., and *H. bozici* n.sp.

The distribution of these 5 forms confirms the mesopsammic character of the genus. However *H. bozici* n.sp. has been collected on sands quite far from the coast (between 85 and 110 m depth). This confirms the existence of a contingent of specialized Ectinosomidae in this type of substrate.

Parmi les 49 espèces d'Ectinosomidae récoltées lors de notre étude sur la faunule harpacticoïdienne des substrats meubles du plateau continental de la côte catalane française, cinq formes se rattachaient au genre *Hastigerella* Nicholls. Ce genre, en principe

sabulicole, dont les représentants présentent une série d'adaptations à la vie mésopsammique, est généralement localisé dans les eaux littorales. A Banyuls, le genre est présent sur les fonds de graviers et de sables littoraux, entre 1 et 30 m de profondeur, mais il faut également signaler sa présence sur les sables du large, lorsqu'ils sont propres, entre 85 et 110 m de profondeur.

ESPÈCES RÉCOLTÉES.

H. leptoderma (Klie)

H. abotti Lang

H. chappuisi n. sp.

H. noodti n. sp.

H. bozici n. sp.

A ces cinq formes doivent être ajoutées deux espèces recueillies sur la plage du Racou et décrites précédemment, *H. meridionalis* (Chappuis) et *H. monniotae* (Guille et Soyer).

Parmi ces cinq formes, une seule avait fait l'objet d'une signalisation sur les côtes de France, mais aucune en Méditerranée. Trois présentent des caractères originaux et doivent être considérées comme inédites.

H. LEPTODERMA (KLIE)

H. leptoderma est commune à Banyuls-sur-Mer et atteint sa dominance maximale entre 1 et 10 m de profondeur sur les sables fins infralittoraux. Au-delà, l'espèce disparaît rapidement en raison du début d'envasement. Bien que nous ayons reconnu quelques exemplaires dans le peuplement des sables grossiers et fins graviers à *R. levantina* et *Ps. ismaelensis* (SOYER, 1970), elle est en fait élective de la communauté à *H. herdmani* et *H. flexus*.

Remarques : antennule, antenne, pièces buccales, chétotaxie des P1-P4 sont identiques à celles des exemplaires de KLIE (1929) et NOODT (1953) récoltés en mer du Nord et en Baltique. Les soies de l'exopodite de P5 ont des proportions très légèrement différentes.

Le mâle, que nous avons rencontré en abondance, présente une antennule haplocère et la même chétotaxie des P1-P4 que celle de la femelle. La P5 montre un baséoendopodite dont le lobe dépasse légèrement le milieu de l'exopodite interne, armé de deux soies dont l'interne est plus courte. L'exopodite, environ une fois et demie plus long que large, porte trois soies dont l'externe est plus longue que l'interne. La soie de surface implantée aux deux

tiers distaux de l'article est courte. La P6 constitue une plaque allongée, avec une longue soie fine externe, une soie forte médiane et une courte épine interne.

H. leptoderma n'a jamais été signalée à notre connaissance en Méditerranée. Sa localisation dans la zone que nous avons prospectée correspond à celles qui ont été rapportées dans d'autres mers. KLIE (1929), NOODT (1953) la considèrent comme commune dans les sables intertidaux et subtidaux de la mer du Nord et de la Baltique. NOODT (1955) l'a également signalée sur les côtes françaises du golfe de Gascogne.

H. ABOTTI LANG

Cette espèce est la forme du genre la plus répandue à Banyuls. Sa distribution paraît différente de celle de *H. leptoderma*. *H. abotti* atteint sa plus forte dominance et son maximum de fréquence dans les sables grossiers et fins graviers à *R. levantina* et *Ps. ismaelensis*. Elle serait gravellicole stricte.

LANG (1965) a découvert récemment cette espèce dans les sables coquilliers littoraux des côtes pacifiques de Californie.

H. CHAPPUISI N. SP.*

Matériel examiné : 10 femelles récoltées sur les sables fins infralittoraux entre 1 et 15 m de profondeur (stations : DB 48, DB 58, DB 69).

La présente description est fondée sur la dissection complète de deux exemplaires. Les caractères originaux ont été reconnus sur trois autres exemplaires. L'ensemble du matériel étudié est conservé dans la collection personnelle de l'auteur.

DESCRIPTION.

Taille comprise entre 510 et 565 μ . Grand allongement du corps cf. l'ensemble du genre. Présence d'un rostre à bord antérieur droit. Ornementation du céphalosome et des segments du méta-some nulle. U1 et U2 soudés ; la suture est marquée dorsalement

* Cette espèce est très respectueusement dédiée à P.-A. CHAPPUIS, grand spécialiste français de la faune interstitielle, auquel on doit de très importants travaux sur la faune du Roussillon.

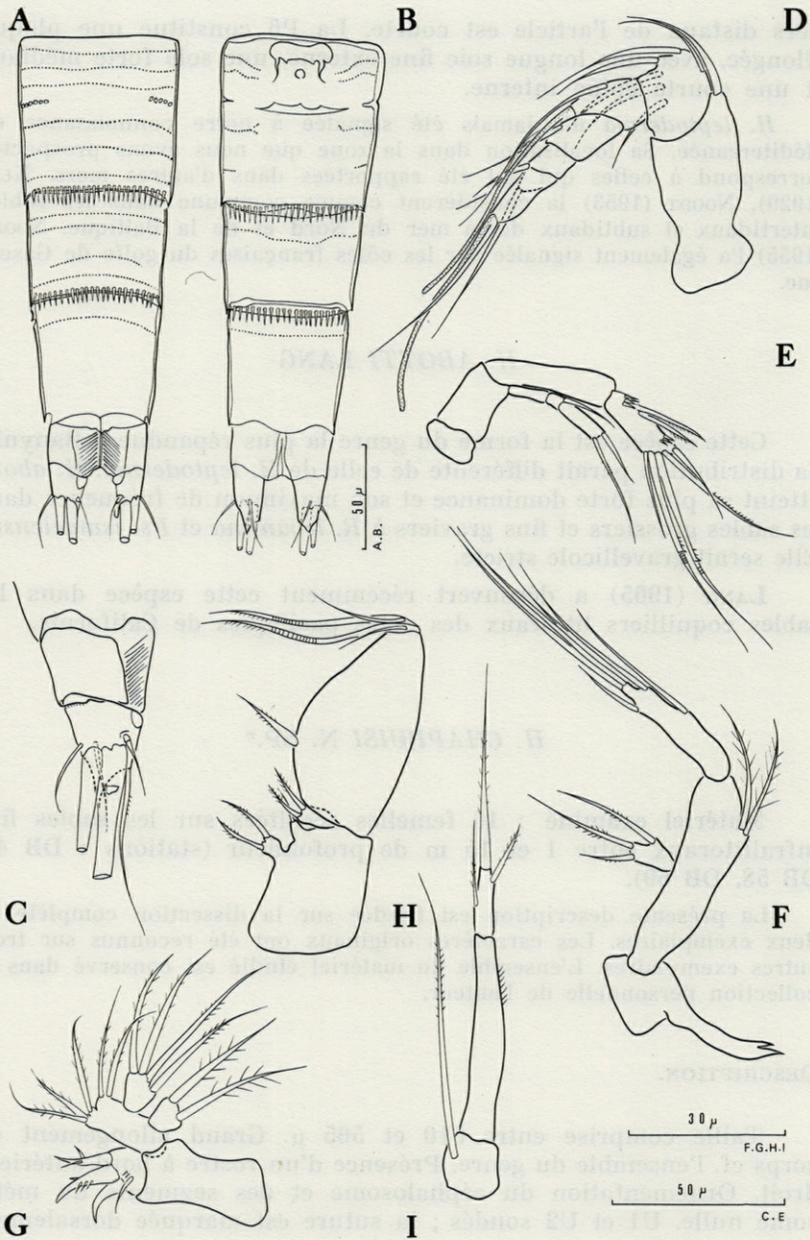


PLANCHE I

H. chappuisi n.sp. A : urosome (vue dorsale). B : urosome (vue ventrale). C : rame furcale. D : antennule. E : antenne. F : mandibule. G : maxillule. H : maxille. I : maxillipède.

et latéralement par des « perles chitineuses ». Chaque segment présente trois lignes de pores interrompues ventralement au niveau de l'aire génitale. Bord postérieur de l'ensemble garni de longues spinules (Pl. I, A et B). U3 avec, dorsalement quatre lignes de pores, ventralement une seule. Bord postérieur garni comme le précédent de fortes spinules. U4 sans ornementation. U5 sans ornementation. Rame furcale courte, avec lamelle ventrale bien développée (Pl. I, C). Soies apicales normales, l'interne plus longue que l'externe. Bord externe avec une soie fine, bord interne avec une longue soie fine à la partie distale. Présence d'une soie fine ventrale et d'une soie à base articulée dorsale.

Antennule (Pl. I, D) : allongée, composée de six articles, coudée à 90° entre le second et le troisième article. Premier article aussi long que les quatre suivants réunis. Chétotaxie cf. figure. Aesthetasques et soie accessoire présents sur le troisième et le dernier article.

Antenne (Pl. I, E) : coxa courte. Basipodite rectangulaire, inerme. Exopodite de trois articles ; le premier inerme, le second armé d'une soie, le distal de deux soies. Premier segment de l'endopodite plus long que le distal, inerme. Article distal armé de deux rangées de spinules, de trois longues épines, de trois soies géniculées et d'une soie fine.

Mandibule (Pl. I, F) : précoxa rudimentaire. Pars incisiva réduite à une lame mince bidentée. Coxa-basis très développé, armé de deux soies apicales, longues et fines. Endopodite très allongé également, portant cinq soies. Exopodite réduit avec trois soies plumeuses.

Maxillule (Pl. I, G) : arthrite de la précoxa armé de trois forts crochets barbelés et d'une soie de surface fine, près de la base de laquelle on observe quelques spinules. Coxa absente (?). Basis bilobé à son apex, avec deux groupes de trois et deux soies. Endopodite et exopodite subégaux, portant, le premier quatre soies, le second deux soies plumeuses.

Maxille (Pl. I, H) : syncoxa avec trois endites portant respectivement deux, un et deux addendes barbelés. Basis plus développé que la syncoxa, avec une soie courte plumeuse, au bord interne. Endopodite de deux articles armés chacun d'une soie géniculée plumeuse et d'une soie fine.

Maxillipède (Pl. I, H) : basis court, portant une longue soie plumeuse. Premier article de l'endopodite près de six fois plus long que large, sans spinulation. Article distal deux fois et demie

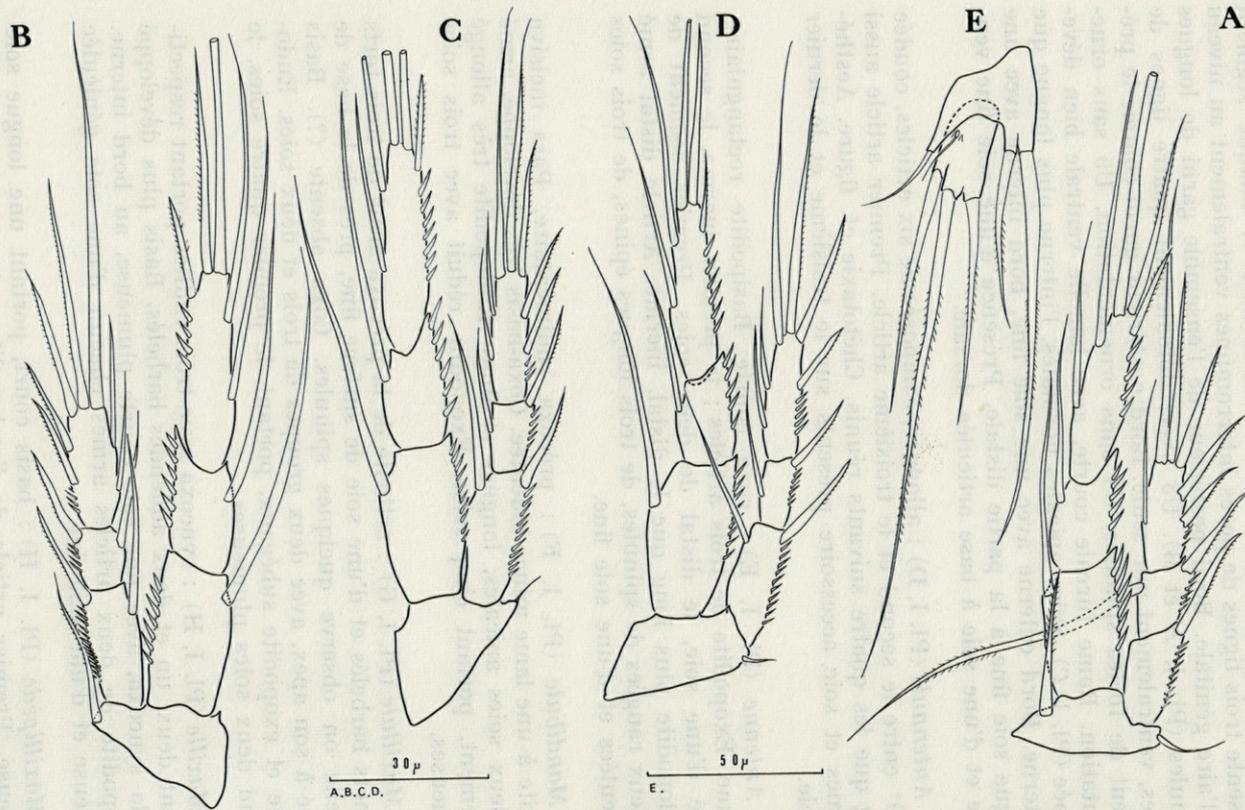


PLANCHE II

H. chappuisi n. sp. A : P1. B : P2. C : P3. D : P4. E : P5.

plus long que large, avec trois addendes dont le distal est plus développé.

P1-P4 (Pl. II, A-D) : toutes à deux rames triarticulées, avec l'endopodite plus long que l'exopodite. Basis de P1 sans spinulation ; soie fine implantée au coin externe, soie longue, plumeuse au coin interne. Exopodite ne dépassant pas l'extrémité du second article de l'endopodite. Article proximal sans soie interne, article médian avec soie interne très développée, plumeuse : article distal avec six addendes.

La chétotaxie des P1-P4 est résumée dans le tableau suivant :

		1	2	3
P1	Exo.	0	1	1.2.3.
	End.	1	1	2.2.1.
P2	Exo.	0	1	2.2.3.
	End.	1	1	2.2.1.
P3	Exo.	0	1	2.2.3.
	End.	1	1	2.2.1.
P4	Exo.	0	1	2.2.2.
	End.	1	1	2.2.1.

P5 (Pl. II, E) : baséoendopodite avec lobe interne bien marqué, n'atteignant pas le milieu de l'exopodite et portant deux soies inégales : l'interne est près de deux fois plus longue que l'externe. Exopodite rectangulaire, allongé, dont le bord distal porte les trois soies habituelles implantées sur de petits lobes ; l'interne et l'externe sont subégales, la médiane nettement plus longue. Soie de surface rudimentaire implantée sur un petit tubercule au tiers inférieur de l'article.

DISCUSSION.

H. chappuisi n. sp., qui présente une seule soie à l'article médian de l'endopodite de P2-P4 et sept addendes à l'article distal des exopodites de P2 et P3 est à rapprocher de *H. meridionalis* (Chappuis). Elle s'en distingue cependant par la présence de six addendes seulement au même article de P4. Cette chétotaxie intermédiaire entre le groupe des *Hastigerella* à sept soies ou épines au distal des exopodites et le groupe à six addendes seulement est unique, à notre connaissance, dans le genre.

La P5, également originale par sa morphologie et sa chétotaxie, constitue un autre caractère de distinction par rapport à *H. meridionalis*.

H. NOODTI N. SP.*

Matériel examiné : 5 femelles récoltées sur les sables grossiers et fins graviers à *Ps. ismaelensis* et *R. levantina*, entre 6 et 13 m de fond (station DB 52).

La présente description est fondée sur la dissection complète de deux exemplaires. Les caractères originaux ont été confirmés sur deux autres individus. L'ensemble du matériel étudié est conservé dans la collection personnelle de l'auteur.

DESCRIPTION.

Taille comprise entre 630 et 672 μ . Corps allongé cf. l'ensemble du genre. Rostre bien marqué à bord antérieur droit. Céphalosome et métasome sans ornementation. U1 et U2 soudés ; la suture, visible latéralement, est marquée par des « perles chitineuses ». U1 présente trois lignes de pores, U2 deux seulement ; toutes sont interrompues ventralement au niveau de l'aire génitale. Bord postérieur de U2 garni d'une frange de spinules. U3 avec deux rangées de pores, dont la postérieure est interrompue ventralement, et une frange continue de spinules au bord postérieur. U4 avec deux rangées continues de pores, mais sans spinulation postérieure. U5 profondément échancré, avec quelques spinules latérales à la base des rames furcales (Pl. III, A et B). Rames furcales aussi longues que larges, présentant une lamelle ventrale bien développée (Pl. III, C). Elles portent au bord externe une forte épine et une épinule, à l'apex deux soies bien développées, dont l'interne est plus longue que l'externe, et au bord interne une longue soie fine ; en position dorsale on observe une courte soie à base articulée.

Antennule (Pl. III, D) : allongée, composée de huit articles. Le premier, aussi long que les trois suivants réunis, présente une rangée de spinules et une longue soie fine apicale interne. Les aesthétaques et leurs soies accessoires sont portés par le quatrième et le dernier article. Chétotaxie cf. figure.

Antenne (Pl. III, E) : coxa courte, nue ; basis rectangulaire, inerme. Exopodite de trois articles, dont le second porte une soie fine plumeuse et le distal deux soies fines. Premier article de l'endopodite inerme. Second article armé de deux rangées de spi-

* Cette espèce est respectueusement dédiée à W. Noodt, grand spécialiste mondial de la faune interstitielle littorale et continentale.

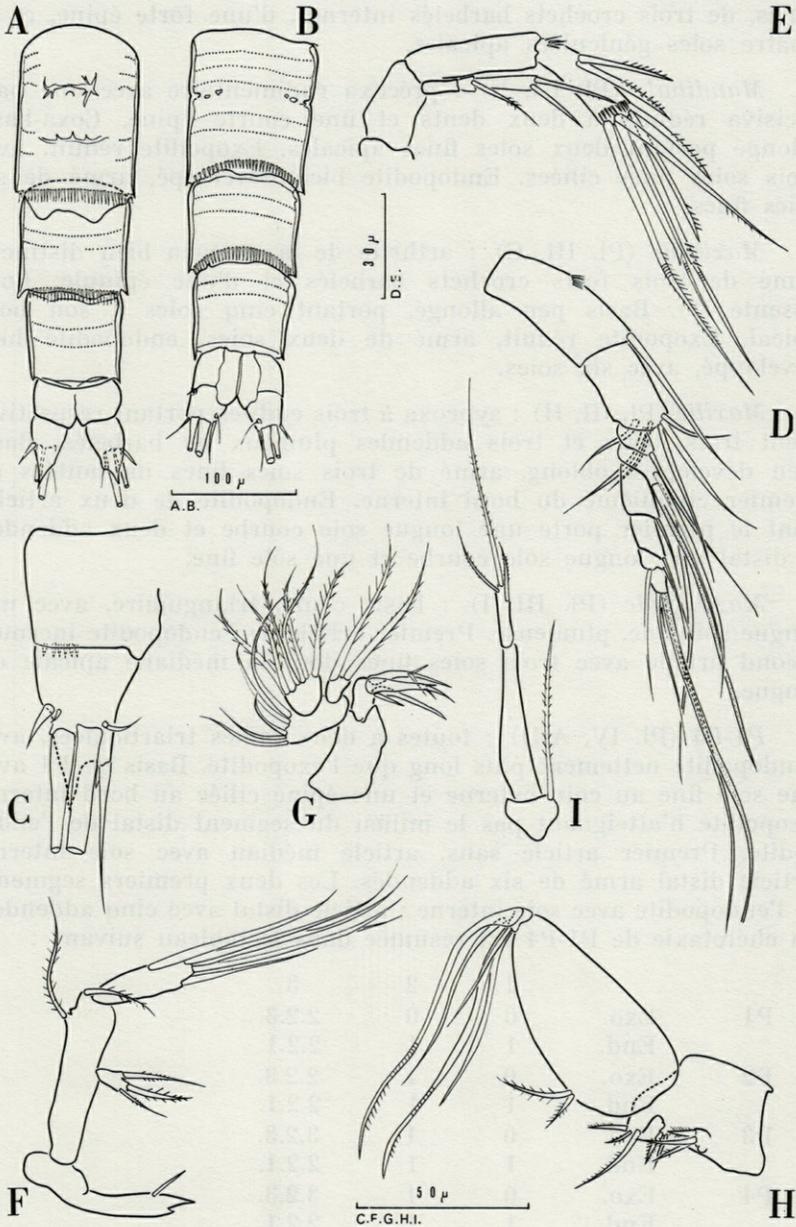


PLANCHE III

H. noodti n. sp. A : urosome (vue ventrale). B : urosome (vue dorsale). C : rame furcale. D : antennule. E : antenne. F : mandibule. G : maxillule. H : maxille. I : maxillipède.

nules, de trois crochets barbelés internes, d'une forte épine, et de quatre soies géniculées apicales.

Mandibule (Pl. III, F) : précoxa rudimentaire avec une pars incisiva réduite à deux dents et une courte épine. Coxa-basis allongé portant deux soies fines apicales. Exopodite réduit, avec trois soies fines ciliées. Endopodite bien développé, armé de six soies fines.

Maxillule (Pl. III, G) : arthrite de la précoxa bien distincte, armé de trois forts crochets barbelés et d'une épingle. Coxa absente (?). Basis peu allongé, portant cinq soies à son bord apical. Exopodite réduit, armé de deux soies, endopodite bien développé, avec six soies.

Maxille (Pl. III, H) : syncoxa à trois endites portant respectivement trois, deux et trois addendes plumeux ou barbelés. Basis bien développé, oblong, armé de trois soies fines implantées au premier cinquième du bord interne. Endopodite de deux articles dont le premier porte une longue soie courbe et deux addendes, le distal une longue soie courbe et une soie fine.

Maxillipède (Pl. III, I) : basis court, triangulaire, avec une longue soie fine, plumeuse. Premier article de l'endopodite inerme ; second article avec trois soies fines dont la médiane apicale est longue.

P1-P4 (Pl. IV, A-D) : toutes à deux rames triarticulées, avec l'endopodite nettement plus long que l'exopodite. Basis de P1 avec une soie fine au coin externe et une épine ciliée au bord interne. Exopodite n'atteignant pas le milieu du segment distal de l'endopodite. Premier article sans, article médian avec soie interne. Article distal armé de six addendes. Les deux premiers segments de l'endopodite avec soie interne ; article distal avec cinq addendes. La chétotaxie de P1-P4 est résumée dans le tableau suivant :

		1	2	3
P1	Exo.	0	0	2.2.3.
	End.	1	1	2.2.1.
P2	Exo.	0	1	2.2.3.
	End.	1	1	2.2.1.
P3	Exo.	0	1	3.2.3.
	End.	1	1	2.2.1.
P4	Exo.	0	1	3.2.3.
	End.	1	1	2.2.1.

P5 (Pl. IV, E) : de petite taille ; baséoendopodite avec lobe interne bien marqué, ne dépassant pas le milieu de l'exopodite,

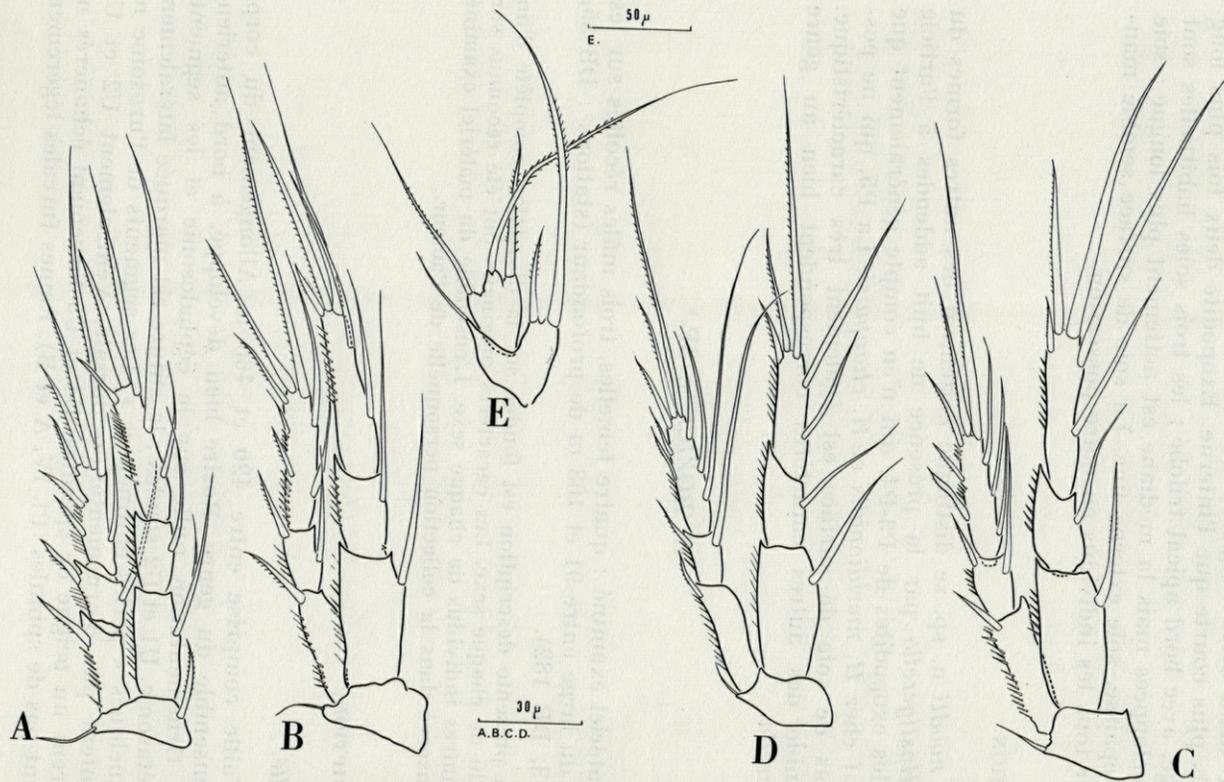


PLANCHE IV

H. noodti n. sp. A : P1. B : P2. C : P3. D : P4. E : P5.

armé de deux soies inégales ciliées. La soie interne est environ trois fois plus courte que l'externe. Exopodite deux fois plus long que large, avec bord apical trilobé ; les trois soies habituelles sont bien développées mais la médiane est nettement plus longue ; soie interne épaisse, soie externe fine. La soie de surface semble manquer sur tous les individus en notre possession.

DISCUSSION.

H. noodti n. sp. se distingue nettement des autres formes du genre *Hastigerella* par la présence de huit addendés à l'article distal des exopodites de P3-P4, qui n'en compte généralement que six, sauf chez *H. meridionalis* et *H. chappuisi*. La P5, qui ne possède pas de soie de surface est également très caractéristique. L'ensemble des autres caractères correspondent bien au genre *Hastigerella*.

H. BOZICI N. SP.*

Matériel examiné : quatre femelles, trois mâles récoltés sur les sables du large entre 91 et 108 m de profondeur (stations : DB 35, DB 143, DB 182).

La présente description est fondée sur la dissection complète d'un individu de chaque sexe. Les caractères originaux ont été reconnus sur deux autres individus de chaque sexe. L'ensemble du matériel examiné est conservé dans la collection personnelle de l'auteur.

DESCRIPTION.

Femelle.

Taille comprise entre 420 et 460 μ . Allongement du corps cf. l'ensemble du genre. Rostre bien développé, à bord antérieur droit. Ornementation nulle sur le céphalosome et les segments du métasome. U1 et U2 soudés ; la suture est marquée latéralement par quelques « perles chitineuses ». Les segments de l'urosome ne présentent pas d'ornementation dorsale. Ventralement U2 et U3 montrent un peigne de spinules. U4 et U5 largement échancrés ne portent pas de spinules (Pl. IV, A et B). Rames furcales légèrement

* Cette espèce est respectueusement dédiée à Br. Bozic, auteur de nombreux travaux sur la faunule harpacticoïdienne française.

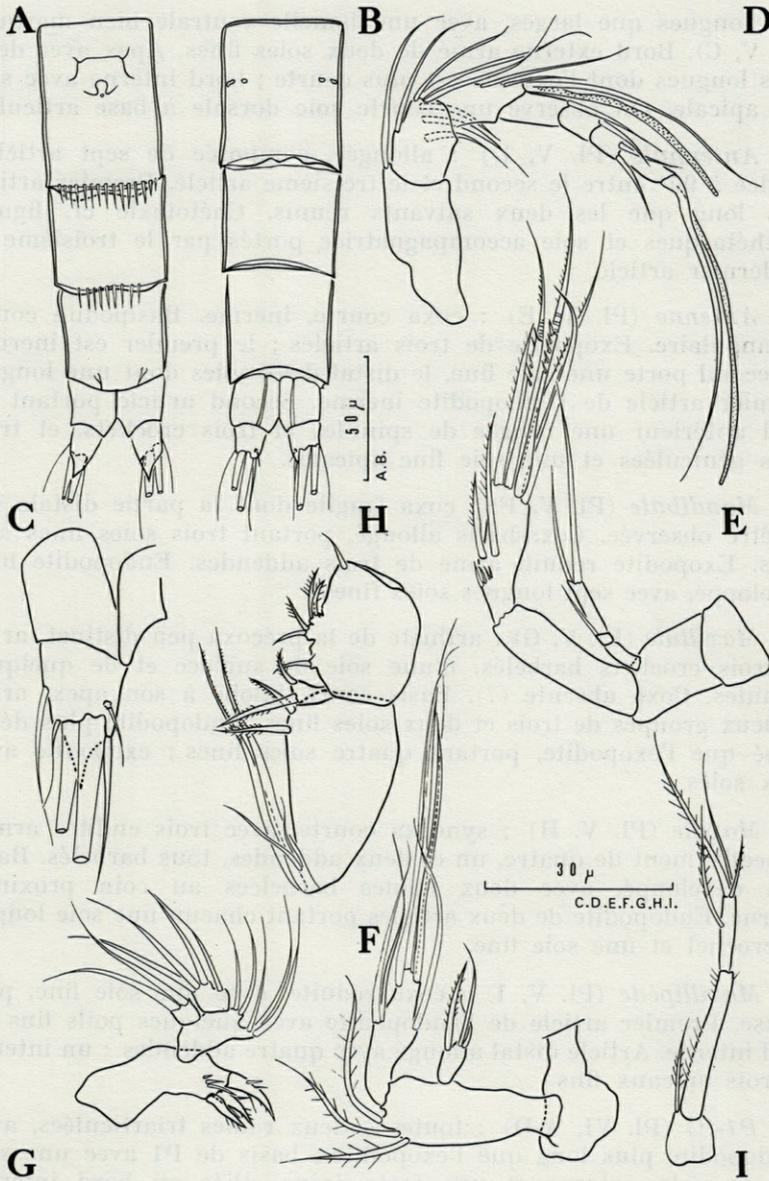


PLANCHE V

H. bozici n. sp. A : urosome femelle (vue ventrale). B : urosome femelle (vue dorsale). C : rame furcale. D : antennule femelle. E : antenne. F : palpe mandibulaire. G : maxillule. H : maxille. I : maxillipède.

plus longues que larges, avec une lamelle ventrale bien marquée (Pl. V, C). Bord externe armé de deux soies fines. Apex avec deux soies longues dont l'externe est plus courte ; bord interne avec soie fine apicale. On observe une courte soie dorsale à base articulée.

Antennule (Pl. V, D) : allongée, composée de sept articles, coudée à 90° entre le second et le troisième article. Premier article plus long que les deux suivants réunis. Chétotaxie cf. figure. Aesthétaques et soie accompagnatrice portés par le troisième et le dernier article.

Antenne (Pl. V, E) : coxa courte, inerme. Basipodite court, rectangulaire. Exopodite de trois articles ; le premier est inerme, le second porte une soie fine, le distal deux soies dont une longue. Premier article de l'endopodite inerme. Second article portant au bord antérieur une rangée de spinules et trois crochets, et trois soies géniculées et une soie fine apicales.

Mandibule (Pl. V, F) : coxa fragile dont la partie distale n'a pu être observée. Coxa-basis allongé, portant trois soies fines apicales. Exopodite réduit, armé de trois addendes. Endopodite bien développé, avec sept longues soies fines.

Maxillule (Pl. V, G) : arthrite de la précoxa peu distinct, armé de trois crochets barbelés, d'une soie de surface et de quelques épinules. Coxa absente (?). Basis court, bilobé à son apex, armé de deux groupes de trois et deux soies fines. Endopodite plus développé que l'exopodite, portant quatre soies fines ; exopodite avec deux soies.

Maxille (Pl. V, H) : syncoxa courte, avec trois endites armés respectivement de quatre, un et deux addendes, tous barbelés. Basis bien développé, avec deux épines barbelées au coin proximal interne. Endopodite de deux articles portant chacun une soie longue en crochet et une soie fine.

Maxillipède (Pl. V, I) : coxa réduite, avec une soie fine, plumeuse. Premier article de l'endopodite avec quelques poils fins au bord interne. Article distal allongé avec quatre addendes : un interne et trois apicaux fins.

P1-P4 (Pl. VI, A-D) : toutes à deux rames triarticulées, avec l'endopodite plus long que l'exopodite ; basis de P1 avec une soie fine au coin externe et une forte épine ciliée au bord interne. Exopodite atteignant l'extrémité du second article de l'endopodite. Premier article sans soie interne, second article avec une longue soie fine, plumeuse à son extrémité, article distal avec six addendes. Premier et second articles de l'endopodite avec soie interne, article

distal avec quatre addendes. La chétotaxie générale est résumée dans le tableau suivant :

		1	2	3
P1	Exo.	0	1	1.2.2.
	End.	1	1	2.2.0.
P2	Exo.	0	1	2.2.2.
	End.	1	1	2.2.0.
P3	Exo.	0	1	2.2.2.
	End.	1	1	2.2.0.
P4	Exo.	0	1	2.2.2.
	End.	1	1	2.2.0.

P5 (Pl. VI, E) : baséoendopodite avec lobe interne bien développé, présentant un petit lobule et armé de deux soies inégales ; l'interne plumeuse est légèrement plus grande que l'externe. Exopodite allongé, portant trois soies inégales. La médiane est longue, l'externe plus courte que l'interne. Soie de surface implantée au premier tiers de l'article.

Mâle.

Taille légèrement inférieure à celle de la femelle (310-340 μ). Ornementation de l'urosome de même type que celle de la femelle. Le dimorphisme sexuel porte essentiellement sur l'antennule qui est haplocère et sur les P5-P6. P1-P4 sont comparables à celles de la femelle.

P5 (Pl. VI, F) : lobes internes des baséoendopodites non confluent, ne dépassant pas le milieu de l'exopodite ; ils sont armés de deux soies fines inégales. Exopodite allongé, avec une soie de surface implantée sur un petit tubercule au premier tiers de l'article. Bord distal de l'exopodite armé de trois soies inégales.

P6 (Pl. VI, G) : en plaque, confluentes sur la ligne médiane. Le bord distal se différencie dans la partie interne en deux dents fortes. Le coin externe porte deux soies fines dont l'interne est plus épaisse.

DISCUSSION.

H. bozici n. sp. présente la même chétotaxie que *H. abotti* Lang, avec, en particulier la curieuse soie plumeuse ornant l'article médian des exopodites. La P5 montre, comme chez la femelle de cette dernière espèce, un petit lobule à la base du lobe interne du baséoendopodite. Cependant *H. bozici* n. sp. se distingue de *H. abotti*

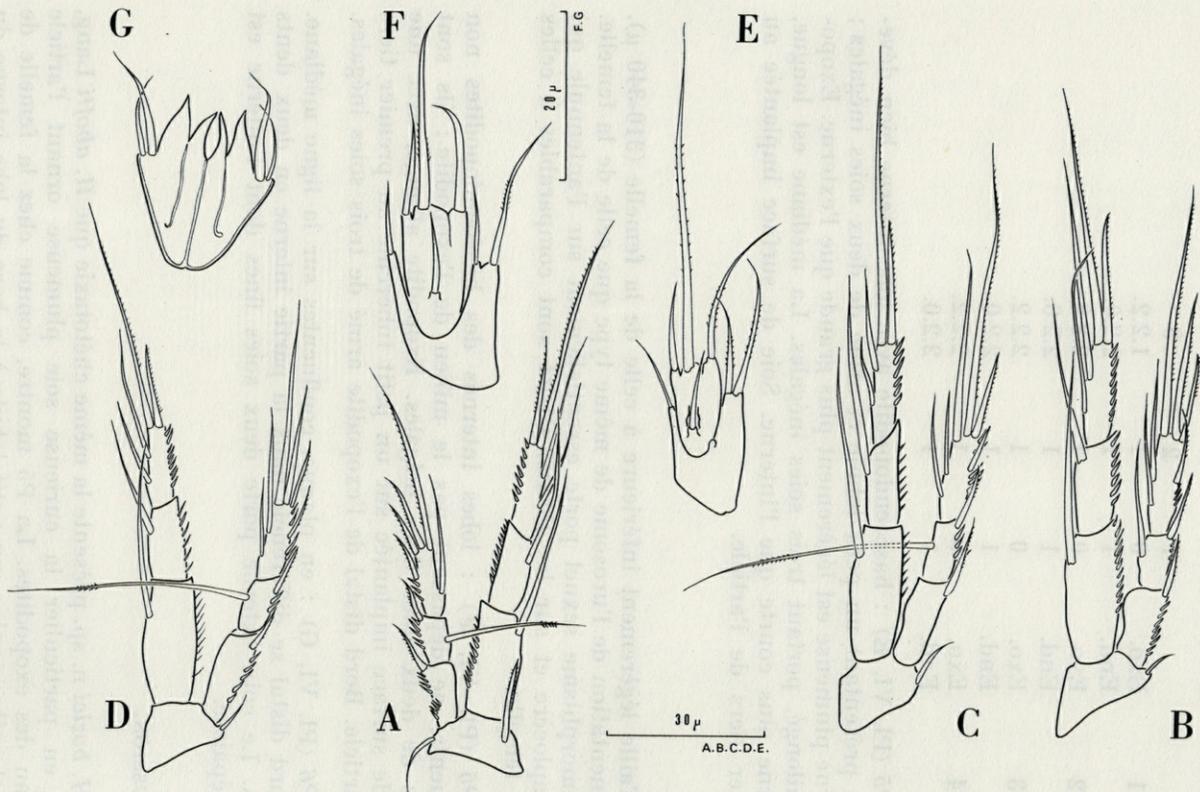


PLANCHE VI

H. bozici n. sp. A : P1. B : P2. C : P3. D : P4. E : P5 femelle. F : P5 mâle. G : P6 mâle.

par l'ornementation de l'urosome, par son antennule à sept articles, par la structure et la chétotaxie des pièces buccales. Enfin chez le mâle, la P5 et surtout la P6 sont sensiblement différentes de celles de *H. abotti*.

La distribution des formes rencontrées sur les substrats meubles du plateau continental de la côte catalane française confirme les données recueillies par la plupart des auteurs dans d'autres aires géographiques. Il faut cependant remarquer que les sables du large nous ont fourni une espèce d'*Hastigerella* à des profondeurs auxquelles le genre n'avait jamais encore été signalé. Cette découverte confirme l'existence possible d'Ectinosomidae sabulicoles à des profondeurs déjà importantes lorsque les substrats sont suffisamment propres. *H. bozici* s'ajoute en effet aux *Ectinosoma travei* Soyer, *Bradya theodori* Soyer, *Pseudobradya peresi* Soyer et *Ps. truncatiseta* Soyer déjà rencontrés sur ce type de substrat.

RÉSUMÉ

Nos prospections systématiques de la faunule harpacticoidienne des substrats meubles de la région de Banyuls-sur-Mer ont permis la récolte de cinq formes appartenant au genre *Hastigerella* Nicholls. Deux d'entre elles, *H. leptoderma* (Klie) et *H. abotti* Lang sont nouvelles pour la faune méditerranéenne et la seconde pour la faune de France. Les trois autres, inédites, sont décrites : *H. chappuisi* n. sp., *H. noodti* n. sp. et *H. bozici* n. sp.

La distribution de ces espèces confirme le caractère mésosammique du genre. Cependant *H. bozici* n. sp. a été recueillie sur les sables du large, à des profondeurs déjà importantes, ce qui indique l'existence sur ce type de substrat d'un contingent d'Ectinosomidae spécialisés.

ZUSAMMENFASSUNG

Unsere systematischen Untersuchungen über die Harpacticoidenfauna der Weichböden in der Gegend von Banyuls-sur-Mer haben fünf Formen zutage gefördert, die der Gattung *Hastigerella* Nicholls angehören. Zwei davon, *H. leptoderma* (Klie) und *H. abotti* Lang sind neu für die Mittelmeerfauna, die zweite auch für die französische Fauna. Drei weitere werden beschrieben : *H. chappuisi* n. sp., *H. noodti*, n. sp. und *H. bozici* n. sp.

Die Verteilung dieser Arten bestätigt den mesopsammalen Charakter der Gattung. Dagegen wurde *H. bozici* n. sp. auf Tiefensand gefunden, was auf das Bestehen eines Kontingents spezialisierter Ectinosomiden auf diesem Substrattyp hinweist.

BIBLIOGRAPHIE

- CHAPPUIS, P.-A., 1954. Copépodes psammiques des plages du Roussillon. *Archs Zool, exp. gén.*, 91 (1) : 35-50.
- GUILLE, A. & J. SOYER, 1966. Copépodes Harpacticoides de Banyuls-sur-Mer. IV. Quelques formes des gravelles à Amphioxus. *Vie Milieu*, 17 (1 B) : 345-387.
- KLIE, W., 1929. Die Copepoda Harpacticoida der südlichen und mittleren Ostsee; mit besonderer Berücksichtigung der Sandfauna der Kieler Bucht. *Zool. Jb. Syst.*, 57 : 329-386.
- LANG, K., 1948. Monographie der Harpacticiden. I & II. Hakan Ohlsson, Lund. 1682 p.
- LANG, K., 1965. Copepoda Harpacticoida from the Californian Pacific Coast. *K. svenska vetensk. Akad. Handl.*, 10 (2) : 560 p.
- NOODT, W., 1953. Bemerkenswerte Copepoda Harpacticoida aus dem Eulitoral der deutschen Meeresküste. *Zool. Anz.*, 151 : 6-20.
- NOODT, W., 1955. Harpacticiden (Crust. Cop.) aus dem Sandstrand der französischen Biscaya-Küste. *Kieler Meeresforsch.*, 11 : 86-109.
- SOYER, J., 1970. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. III. Les peuplements de Copépodes Harpacticoides (Crustacés). *Vie Milieu*, 21 (2 B) : 337-511.

Reçu le 26 avril 1973.

ZUSAMMENFASSUNG

Unsere systematischen Untersuchungen über die Harpacticiden der Weichböden in der Gegend von Banyuls-sur-Mer haben fünf Formen zutage gefördert, die der Gattung *Harpacticoides* angehören. Zwei davon, *H. lepidocarpa* (Klie) und *H. adotti* Lang sind neu für die Mittelmeerfauna, die zweite auch für die französische Fauna, drei weitere wurden beschrieben: *H. chappuisi* n. sp., *H. noodti* n. sp. und *H. bozici* n. sp.

**ASCIDIENNES DU BENTHOS ROCHEUX
DE BANYULS-SUR-MER.
INVENTAIRE FAUNISTIQUE
ET NOTES ÉCOLOGIQUES**

par Aline FIALA-MEDIONI

Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer

ABSTRACT

A list of the Ascidiens of the rocky shore of Banyuls-sur-Mer has been made. Data specify their localization and their period of reproduction.

La faune ascidiologique de la région de Banyuls-sur-Mer a fait l'objet de plusieurs travaux systématiques. Après les publications de LAHILLE (1887, 1890), BRÉMENT (1912, 1913) décrit quelques espèces. Une synthèse faite par HARANT (1927, 1930), et reprise par HARANT et VERNIÈRES (1933), porte le nombre d'espèces à 64. Ces travaux ont été effectués d'après des récoltes par dragages et chalutages et ne donnent que très peu de renseignements sur la localisation des espèces. Des listes et quelques données écologiques ont été insérées dans des études bionomiques : PRUVOT (1895) dans un travail très général sur les fonds de Banyuls ; KERNEIS (1960) sur l'herbier de Posidonies ; LAUBIER (1966) sur le coralligène ; VIDAL (1967) sur les fonds rocheux circalittoraux ; GUILLE (1970) sur les fonds meubles.

Un important travail systématique et écologique a été effectué par C. MONNIOT (1961, 1965) sur les Pyuridae et F. MONNIOT (1965) sur les Ascidies interstitielles des fonds sableux.

Sur leur exemple, nous avons utilisé le scaphandre autonome pour explorer la zone rocheuse comprise entre 0 et 40 m (étages infralittoral et circalittoral supérieur). Cette méthode de récolte a permis d'obtenir les espèces fragiles en bon état, mais surtout d'atteindre des fonds peu accessibles à la drague et de définir avec précision la localisation des 54 espèces inventoriées. Dans cette liste, 4 espèces ont été décrites comme nouvelles pour la science (*Eudistoma magnum*, *Didemnum posidoniae*, *Didemnum pseudo-fulgens* et *Amaroucium gelatinosum*), neuf espèces sont nouvelles pour la Méditerranée et 20 espèces sont signalées pour la première fois à Banyuls.

La classification et la nomenclature adoptées sont celles de BERRILL (1950). Pour chaque espèce nous indiquons : les stations avec la profondeur de récolte (5-25 m = entre 5 et 25 m), la localisation sur les parois et l'abondance, la période de reproduction.

La liste des stations, leur situation et leurs caractéristiques ont été publiées dans une précédente note (MÉDIONI, 1970).

APLOUSOBRANCHES

CLAVELINIDAE Forbes et Hanley, 1848

1 - *Clavelina lepadiformis* (Müller, 1776).

Ascidia lepadiformis Müller, 1776, p. 226; *C. lepadiformis*, Harant et Vernières (1933), p. 57; Berrill, 1950, p. 70.

Cap Rederis (10-35 m); cap l'Abeille (15-35 m); ports de Banyuls et de Port-Vendres (0-5 m).

Commune sur les parois verticales entre 5 et 15 m; présente dans des biotopes ombragés des niveaux superficiels et sur les Gorgones ou les Cystoseires des niveaux plus profonds.

Maximum d'abondance au printemps; nombreuses larves en mars-avril.

2 - *Clavelina nana* Lahille, 1890.

C. nana + variétés Lahille, 1890, p. 185; Harant et Vernières, 1933, p. 56; Pérès, 1953, p. 69.

Ile Grosse (4-15 m); grotte Troc (0-10 m); cap Rederis (8-25 m); cap Béar (25-35 m); grotte Béar (2-10 m); rocher Aspre (24-25 m); Sphinx (2-15 m).

Commune, parois verticales et surplombantes nord à partir de 4 m; parois horizontales au-dessous de 15 m.

Récoltée de mars à novembre; abondante au printemps et à l'automne.

Reproduction asexuée active au printemps. Simultanément production de larves en mars-avril.

3 - *Eudistoma magnum* Médioni, 1968.

E. magnum Médioni, 1968, p. 167.

Cap Peyrefite (40-50 m). Rare; fonds coralligènes en épibiose sur Gorgones; récoltée une fois sur le dos d'un Crabe (*Dromia*).

Larves dans les échantillons de juin-juillet.

4 - *Distaplia rosea* Della Valle, 1881.

D. rosea Della Valle, 1881, p. 447; Berrill, 1950, p. 78.

Cap l'Abeille (25-35 m); cap Béar (20-35 m); île Grosse (5-10 m).

Rare; fonds coralligènes; parois ombragées zone moyenne.

5 - *Cystodites dellachiajei* Della Valle, 1877.

C. dellachiajei Della Valle, 1877; Harant et Vernières, 1933, p. 60.

Cap Peyrefite (5-10 m).

Rare; micro-surplombs; trouvée sur rhizome de Posidonies au Sphinx par F. LAFARGUE.

POLYCLINIDAE Milne-Edwards, 1842

6 - *Aplidium pallidum* (Verrill, 1871).

Amaroucium pallidum Verrill, 1871, p. 289; Van Name, 1945, p. 33; *A. pallidum*, Berrill, 1950, p. 97.

Sphinx (1-15 m); cap Rederis (15-25 m); Castelloussous (5-10 m).

Peu commune; parois ombragées, surplombs à partir de 5 m.

Larves abondantes en juin.

7 - *Aplidium coeruleum* Lahille, 1890.

A. coeruleum Lahille, 1890, p. 215; *A. coeruleum argelesensis*, Brément, 1912, p. 1; *A. coeruleum argelesense*, Harant et Vernières, 1933, p. 83; Pérès, 1957, p. 181.

Cap Peyrefite (35 m); île Grosse (6 m).

Peu commune; en épibiose sur rochers ou Gorgones.

Gonades et larves en juillet.

- 8 - *Aplidium (Amaroucium) albicans* (Milne-Edwards, 1941).
Amaroucium albicans Milne-Edwards, 1941, p. 287 ; Harant, 1931, p. 39 ; Harant et Vernières, 1933, p. 85.
 Rocher Aspre (24 m).
 Rare; sur rocher à proximité de fonds sableux.
 Gonades et larves en avril.
- 9 - *Aplidium (Amaroucium) nordmani* (Milne-Edwards, 1841).
Amaroucium nordmani Milne-Edwards, 1841, p. 209; Lahille, 1890, p. 220 ; Harant et Vernières, 1933, p. 88 ; Berrill, 1950, p. 105.
 Roches Torreilles (35 m); rocher Aspre (24 m).
 Peu commune; en épibiose sur rochers ou Gorgones à proximité de fonds sableux.
 Larves abondantes au printemps.
- 10 - *Aplidium (Amaroucium) densum* (Giard, 1872).
Amaroucium densum Giard, 1872, p. 137 ; Berrill, 1950, p. 108.
 Rocher Aspre (24-25 m).
 Rare; surplombs à proximité de fonds sableux.
 Gonades en juillet.
- 11 - *Aplidium (Amaroucium) fuscum* (Drasche, 1883).
Amaroucium fuscum Drasche, 1883, p. 29 ; Lahille, 1890, p. 225.
 Ile Grosse (10 m); cap Rederis (15 m); cap Peyrefite (40-45 m); Castelloussous (5-10 m); rocher Aspre (24 m).
 Affectionne les fonds coralligènes à partir de 25 m, en épibiose sur Gorgones; abondante en été et automne.
 Gonades en été; larves abondantes à l'automne.
- 12 - *Aplidium (Amaroucium) gelatinosum* (Fiala-Medioni, 1970).
Amaroucium gelatinosum Fiala-Medioni, 1970, p. 301.
 Sphinx (10-15 m).
 Rare; parois surplombantes nord.
 Larves abondantes en janvier.
- 13 - *Aplidium (Amaroucium) areolatum* Della Chiaje, 1828, var. *flavum*.
Aplidium areolatum Della Chiaje, 1828; A. (*parascidia*) *areolatum* var. *flavum*, Harant, 1931, p. 38 ; Harant et Vernières, 1933, p. 89.
 Roches Torreilles (35 m); rocher Aspre (24 m); cap Rederis (10-20 m); île Grosse (10 m); Troc (5-10 m).
 Parois surplombantes nord et surplombs à partir de 5 m; en épibiose sur rochers, Microcosmes, Eponges.
 Gonades en mai.

DIDEMNIDAE Verrill, 1871

14 - *Trididemnum cereum* (Giard, 1872).

Didemnum cereum Giard, 1872, p. 648 ; *T. cereum*, Lafargue, 1968, p. 369.

Grotte Calanques (3-5 m); cap Doune (3-5 m); Sphinx (2-5 m).
Localisée dans les niveaux superficiels; en épibiose sur rochers.
Algues rouges (en général *Callymenia*) des parois verticales nord.
Larves abondantes en été.

15 - *Didemnum lahillei* Hartmeyer, 1909.

D. lahillei Hartmeyer, 1909; Lafargue, 1968, p. 382.

Cap l'Abeille (5 m); île Grosse (7-10 m); vivier (50 cm).
Abondante dans les niveaux superficiels sous les pierres ou sur les parois ombragées.
Larves abondantes en été.

16 - *Didemnum helgolandicum* Michaelsen, 1921.

D. helgolandicum Michaelsen, 1921, p. 118 ; Lafargue, 1968, p. 387.

Cap Béar (25-35 m); grotte Béar (5 m); cap Rederis (7-25 m); cap Peyrefite (30-40 m); île Grosse (5-10 m); Sphinx (5-10 m); Troc (7-10 m).
Abondante d'avril à septembre sur Gorgones entre 25 et 40 m; biotopes ombragés des niveaux superficiels.
Reproduction asexuée active au printemps; larves abondantes en été.

17 - *Didemnum candidum*, Savigny, 1816.

D. candidum Savigny, 1816, p. 14, 194 ; Lafargue, 1968, p. 389.

Cap Béar (25-35 m); cap Rederis (10-25 m); rocher Aspre (25 m); Sphinx (10-15 m); cap Doune (4-5 m); Castelloussous (7-10 m).
Biotopes ombragés (grottes, surplombs) sur Algues ou rochers de la zone moyenne; en épibiose sur Gorgones et Bryozoaires dans les fonds coralligènes.
Larves abondantes en juin et juillet.

18 - *Didemnum fulgens* (Milne-Edwards, 1841).

Leptoclinum fulgens Milne-Edwards, 1841, p. 299 ; *D. fulgens*, Lafargue, 1968, p. 395.

Castelloussous (5-10 m); cap Rederis (10-25 m); cap Peyrefite (30-40 m); île Grosse (5-15 m); cap Béar (25-35 m); grotte Béar (5 m); grotte Troc (0-5 m); Sphinx (10-15 m).
Parois surplombantes et surplombs entre 5 et 15 m; parois horizontales ou en épibiose sur Gorgones, Eponges, Bryozoaires dans les fonds coralligènes; rhizomes Posidonies.

Larves abondantes de mai à septembre; reproduction asexuée active en septembre.

19 - *Didemnum posidoniae* Médioni, 1970.

D. posidoniae Médioni, 1970, p. 32.

Cap l'Abeille (3-4 m); Sphinx (8-10 m); cap Rederis (20-25 m).

Abondante d'avril à juillet sur les souches de Posidonies; micro-cavités zone superficielle; fonds coralligènes.

Larves abondantes en mai.

20 - *Didemnum pseudofulgens* Médioni, 1970.

D. pseudofulgens Médioni, 1970, p. 35.

Ile Grosse (5-15 m).

Niveaux superficiels sur parois verticales et surplombantes.

Larves abondantes en août et septembre.

21 - *Polysyncraton bilobatum* Lafargue, 1968.

P. bilobatum Lafargue, 1968, p. 401.

Cap Rederis (7-25 m); Troc (2-7 m); ile Grosse (5-10 m); Sphinx (7-15 m); cap Béar (30-35 m); cap Peyrefite (40 m); Castelloussous (5-10 m); cap l'Abeille (5-10 m).

Commune en épibiose sur rochers, Algues, Microcosmes, Eponges.

Reproduction sexuée de mars à septembre; larves abondantes en mai et juin.

22 - *Polysyncraton lacazei* (Giard, 1872).

Leptoclinum lacazei Giard, 1872, p. 153; *Diplosomoides lacazei*, Lahille, 1890, p. 29; *P. lacazei*, Lafargue, 1968, p. 398.

Ile Grosse (5-10 m); Troc (1-10 m); cap Béar (25-35 m); grotte Béar (50 cm-10 m); cap Peyrefite (30-40 m); cap Doune (3-5 m); Castelloussous (5-10 m); Sphinx (1-15 m); cap l'Abeille (5-10 m).

Très commune; maximum d'abondance sur les parois surplombantes entre 10 et 15 m et dans les grottes dès la surface.

Reproduction asexuée active de mai à octobre, simultanée à une reproduction sexuée; larves abondantes en été.

23 - *Polysyncraton canetensis* Brément, 1913.

P. canetensis Brément, 1913, p. 4.

Sphinx (10-15 m); cap Rederis (10-25 m); cap Peyrefite (40 m).

Rare; fonds coralligènes ou parois ombragées zone superficielle.

Larves en été.

24 - *Lissoclinum argyllense* Millar, 1950.

L. argyllense, Millar, 1950, p. 389; Lafargue, 1968, p. 422.

Ile Grosse (8 m).

Rare; en épibiose sur rochers et microcosmes; sous les pierres.

Larves en mai.

25 - *Lissoclinum weigelei* Lafargue, 1968.

L. weigelei Lafargue, 1968, p. 422.

Grotte Troc (2-7 m); grotte Béar (50 cm-5 m); cap Béar (20 m).

Hauts niveaux et grottes superficielles dans les biotopes ombragés, fonds coralligènes.

26 - *Diplosoma cupuliferum* (Kott, 1952).

Lissoclinum cupuliferum Kott, 1952, p. 79 ; *D. cupuliferum*, Lafargue, 1968, p. 413.

Du cap Bear au cap Peyrefite; entre 0 et 40 m.

Particulièrement fréquente sur rocher, Algues, Eponges, Microcosmes dans les tous premiers mètres. Les colonies de profondeur sont plus épaisses mais ne présentent jamais deux couches de zoïdes superposées.

Reproduction asexuée active de juillet à septembre; gonades en février et d'avril à septembre; larves abondantes en juin et juillet.

27 - *Diplosoma listerianum* (Milne-Edwards, 1841).

Leptoclinum listerianum Milne-Edwards, 1841, p. 84 ; *D. listerianum*, Lafargue, 1968, p. 406.

Vivier (0-1 m); aquarium.

Peu commune; niveaux très superficiels sous les pierres.

Reproduction asexuée et sexuée simultanées au printemps.

PHLÉBOBRANCHES

CIONIDAE Lahille, 1887

28 - *Ciona intestinalis* (Linné, 1767).

Ascidia intestinalis Linné 1767, p. 1085 ; *C. intestinalis*, Berrill, 1950, p. 131.

Ports Banyuls et Port-Vendres.

Peu commune; très localisée aux biotopes pollués et calmes des zones portuaires.

29 - *Ciona roulei* Lahille, 1890.

C. roulei Lahille, 1890, p. 270 ; Harant et Vernières, 1933, p. 52.

Ile Grosse (0-1 m).

Rare; niveaux superficiels sous les pierres.

Reproduction sexuée au printemps.

30 - *Pleurociona edwardsi*, Roule, 1886.

P. edwardsi Roule, 1886, p. 240.

Cap Rederis (10-15 m); cap Béar (35 m); rocher Aspre (24 m); île Grosse (5-10 m); cap l'Abeille (5-20 m); Troc (5-10 m).

Préférente des fentes niveaux superficiels; parois horizontales à partir de 25 m (fonds coralligènes); maximum d'abondance au printemps et en été.

DIAZONIDAE Garstang, 1891

31 - *Diazona violacea* Savigny, 1816.

D. violacea Savigny, 1816, p. 102; Berrill, 1950, p. 130.

Cap Rederis (40-45 m); cap Peyrefite (35-40 m); cap Béar (35-40 m). Peu commune; fonds coralligènes à proximité de fonds meubles.

32 - *Rhopalea neapolitana* Phillipi, 1843.

R. neapolitana Phillipi, 1843; Harant et Vernières, 1933, p. 55.

Cap l'Abeille (25-35 m); cap Peyrefite (30-40 m). Rare, sur les concrétions coralligènes.

PEROPHORIDAE Giard, 1872

33 - *Perophora listeri* Forbes, 1848.

P. listeri Forbes, 1848, p. 28; Berrill, 1950, p. 145.

Castelloussous (5-10 m); cap Doune (5 m); rocher Aspre (24 m); île Grosse (5-15 m); cap Rederis (10-15 m); Troc (5-10 m).

Commune mais passe souvent inaperçue du fait de sa petite taille, de sa transparence et de sa fragilité; parois verticales nord et surplombantes en épibiose sur Eponges, Algues, Hydraires ou rochers.

Reproduction sexuée au printemps.

34 - *Ecteinascidia herdmani* (Lahille, 1870).

Perophoropsis herdmani Lahille, 1890, p. 294; *E. herdmani*, Médioni, 1969, p. 439.

Île Grosse (4-15 m); Troc (0-50 cm); cap Rederis (10-20 m); Sphinx (2-10 m); grotte Béar (50 cm-10 m).

Fréquente; parois surplombantes niveaux superficiels; maximum d'abondance d'août à octobre.

Larves abondantes en septembre et octobre.

ASCIDIIDAE Herdman, 1880

35 - *Phallusia fumigata* Grube, 1864.

P. fumigata Grube, 1864 ; Harant et Vernières, 1933, p. 48.

Cap Rederis (8-20 m); île Grosse (7-15 m); roches Torreilles (35 m); Sphinx (5-10 m); rocher Aspre (24 m); cap l'Abeille (5-10 m); Troc (5-10 m).

Préférente des fentes niveaux superficiels; abondante parois horizontales des fonds coralligènes.

36 - *Phallusia mammillata* Cuvier, 1815.

P. mammillata Cuvier, 1815, p. 20; Berrill, 1950, p. 171.

Cap Rederis (25 m); ports Banyuls et Port-Vendres.

Commune dans les milieux portuaires et fonds chalutables (40-70 m) fixés sur des coquilles.

37 - *Asciella aspersa* (Müller, 1776).

Ascidia aspersa Müller, 1776, p. 225; Berrill, 1950, p. 154.

Castelloussous (10 m); île Grosse (15-17 m).

Peu commune; parois surplombantes nord; sous les pierres.

38 - *Ascidia mentula*, Müller, 1776.

A. mentula, Müller, 1776, p. 225 ; Berrill, 1950, p. 160.

Castelloussous (7-10 m); île Grosse (15-17 m).

Peu commune; parois ombragées de la zone moyenne.

Gonades en été.

39 - *Ascidia virginea* Müller, 1776.

A. virginea Müller, 1776, p. 226 ; Berrill, 1950, p. 165.

Cap Rederis (7-10 m).

Rare; parois ombragées en épibiose sur rochers ou Microcosmes.

STOLIDOBRANCHES

STYELIDAE Sluiter, 1895

40 - *Styela plicata* (Lesueur, 1823).

Ascidia plicata Lesueur, 1823, p. 5 ; Harant et Vernières, 1933, p. 31.

Ports Banyuls et Port-Vendres.

Abondante milieux portuaires, fixée sur cordages, Moules, Huitres, pontons ou bouées; souvent associée à *Phallusia mammillata*.

41 - *Distomus variolosus* Gaertner, 1774.

D. variolosus Gaertner, 1774, p. 40 ; Berrill, 1950, p. 203.

Ile Grosse (7-10 m); cap Béar (30-35 m); cap Rederis (40-45 m); cap Doune (3-5 m); cap l'Abeille (35-40 m).

Commune; biotopes ombragés niveaux superficiels (grottes, parois surplombantes, surplombs); abondante sur Gorgones, Microcosmes, fonds coralligènes et fonds chalutables (40-70 m).

42 - *Polycarpa gracilis* Heller, 1877.

? *P. gracilis* Heller, 1877, p. 262; Harant et Vernières, 1933, p. 33.

Sphinx (2 m); île Grosse (5-10 m); cap l'Abeille (5 m); grotte Troc (2-5 m); biotopes ombragés, niveaux superficiels.

Gonades d'avril à septembre.

43 - *Polycarpa pomaria* (Savigny, 1816).

Cynthia pomaria Savigny, 1816, p. 95 ; Harant et Vernières, 1933, p. 33.

Rare dans le benthos rocheux; bien représentés sur Microcosmes des fonds chalutables (30-70 m); associée à *Microcosmus sulcatus*.

44 - *Botryllus schlosseri* (Pallas, 1766).

Alcyonium schlosseri Pallas, 1766, p. 355 ; *B. schlosseri*, Berrill, 1950, p. 217.

Troc (7-10 m); cap Rederis (10-15 m); cap Peyrefite (40-45 m); Sphinx (0-15 m); île Grosse (5-10 m); Castelloussous (5-10 m); cap Doune (3-5 m); vivier (20 cm).

Très commune sur supports variés entre 0 et 40 m.

Larves abondantes en mai et juin.

45 - *Botrylloides leachi* Savigny, 1816.

B. leachi Savigny, 1816, p. 199 ; *B. leachi*, Berrill, 1950, p. 224.

Sphinx (0-5 m); cap Rederis (10-15 m).

Peu commune dans le benthos rocheux; forme des boules, fonds chalutables.

Larves abondantes en avril et mai.

PYURIDAE Hartmeyer, 1908

46 - *Microcosmus polymorphus* Heller, 1877.

M. polymorphus Heller, 1877 ; Monniot, 1961, p. 28.

Fréquente dans toutes les stations entre 5 et 35 m; biotopes ombragés des parois surplombantes ou surplombs.

Gonades de mars à novembre.

- 47 - *Microcosmus nudistigma* Monniot, 1961.
M. nudistigma Monniot, 1961, p. 33.
Île Grosse (5-10 m); grotte Troc (2-7 m); grotte Béar (5-10 m); Sphinx (15 m); cap Doune (5-10 m); cap Rederis (15-20 m).
Parois ombragées zone moyenne (10-25 m); fentes, parois surplombantes, zone superficielle.
- 48 - *Microcosmus sabatieri* Roule, 1885.
M. sabatieri Roule, 1885 ; Monniot, 1961, p. 14.
Toutes les stations.
Abondante entre 10 et 25 m, parois verticales et surplombantes; fonds chalutables (30-70 m); couvert de nombreux épibiontes.
Gonades toute l'année.
- 49 - *Microcosmus claudicans* (Savigny, 1816).
Cynthia claudicans Savigny, 1816, p. 80 ; Monniot 1961, p. 42.
Sphinx (5-10 m); Castelloussous (5-10 m); cap Rederis (10-15 m).
La moins commune des espèces de Microcosmes; biotopes ombragés, souvent associée à *M. sabatieri*.
- 50 - *Halocynthia papillosa* (Linné, 1767).
Ascidia papillosa Linné, 1767, p. 287 ; *H. papillosa*, Monniot, 1965, p. 113.
Toutes les stations. Espèce la plus commune des substrats durs infra- et circalittoraux de Banyuls; parois verticales nord et surplombantes zone superficielle; parois horizontales, fonds coralligènes.
- 51 - *Pyura squamulosa* (Alder, 1863).
Cynthia squamulosa Alder, 1863, p. 16 ; Monniot, 1965, p. 83.
Île Grosse (7-15 m); Troc (4-10 m); cap Béar (30-35 m); grotte Béar (1-10 m); Castelloussous (5-10 m); Sphinx (2-10 m); cap Rederis (15-20 m); cap l'Abeille (7-10 m).
Assez fréquente; biotopes ombragés (grottes, parois surplombantes et verticales nord); souvent associée à *M. sabatieri*.
- 52 - *Pyura tessellata* (Forbes, 1848).
Cynthia tessellata Forbes, 1848, p. 38 ; Monniot, 1965, p. 93.
Île Grosse (7-10 m); Cap Rederis (10-25 m); cap l'Abeille (15-25 m).
Rare; fonds coralligènes.
- 53 - *Pyura dura* Heller, 1877.
P. dura, Heller, 1877 ; Monniot, 1965, p. 86.
Grotte Béar (2-10 m); cap Rederis (10-20 m); île Grosse (5-10 m).
Peu commune; parois verticales nord, surplombantes ou surplombs à partir de 7 m; grottes semi-obscur.

54 - *Pyura microcosmus* (Savigny, 1816).

Cynthia microcosmus Savigny, 1816, p. 90 ; Monniot, 1965, p. 81.

Troc (7-10 m); île Grosse (7-10 m); cap l'Abeille (3-7 m).

Peu abondante; biotopes ombragés.

Cette liste doit être complétée par des espèces signalées par différents auteurs dans la région mais qui n'ont pas été récoltées au cours de nos relevés. Entre parenthèses nous indiquons le ou les auteurs ayant noté l'espèce.

ESPÈCES SIGNALÉES DANS LA ZONE LITTORALE ROCHEUSE

Eudistoma plumbeus (PRUVOT ; LAHILLE ; HARANT) ; *Polycitor (Eudistoma) banyulensis* (BREMMENT) ; *Eudistoma mucosus* (BREMMENT) ; *Cystodites cretaceus* (LAHILLE) ; *Didemnopsis inarmata* (LAHILLE) ; *Didemnum perforatum* (PRUVOT) ; *D. graphicum* (LAHILLE) ; *D. perspicum* (PRUVOT ; HARANT) ; *D. peyrefittense* (BREMMENT) ; *Aplidiopsis vitreus* (LAHILLE) ; *Macroclinum pomum* (HARANT) ; *M. vitreum* (PRUVOT ; LAHILLE) ; *M. dubosqui* (HARANT) ; *Amaroucium brementi* (HARANT) ; *A. conicum* (HARANT) ; *Aplidium griseum* (LAHILLE ; HARANT) ; *Ascidia conchilega* (HARANT) ; *Ecteinascidia turbinata* (HARANT) ; *Ciona savignyi* (PRUVOT ; HARANT) ; *Pyura corallina* (LAUBIER) ; *Pyura savignyi* (KERNEIS ; LAUBIER) ; *Styela partita* (LAUBIER) ; *Botryllus renieri* (HARANT et VERNIÈRES ; LAUBIER).

RÉSUMÉ

Au cours de la prospection en plongée des peuplements sessiles de substrats rocheux entre 0 et 45 m, un inventaire faunistique des Ascidies a été dressé. Il comprend 54 espèces dont 4 nouvelles pour la science (*Eudistoma magnum* ; *Didemnum posidoniae* ; *Didemnum pseudofulgens* ; *Amaroucium gelatinosum*), 9 pour la Méditerranée et 20 pour la région de Banyuls. La répartition des différentes espèces, leur localisation dans les stations (profondeur, type de parois, supports) sont précisées. L'auteur donne quelques notes sur leur période de reproduction.

ZUSAMMENFASSUNG

Während Tauchgängen zur Untersuchung der sessilen Bestände auf felsigem Substrat zwischen 0 und 45 m wurde ein Inventar der Ascidien aufgestellt. Es enthält 54 Arten, davon 4 neue (*Eudistoma magnum*; *Didemnum posidoniae*; *Didemnum pseudofulgens*; *Amaroucium gelatinosum*), 9 im Mittelmeer und 20 in der Region von Banyuls erstmals festgestellte. Die Verbreitung der Arten, ihre Lokalisation (Tiefe, Felsart, Träger) werden angegeben. Der Autor fügt einige Angaben über ihre Fortpflanzungsperiode bei.

BIBLIOGRAPHIE

- ALDER, 1863. Observations on the British Tunicata with descriptions of several new species. *Ann. Mag. nat. Hist.*, 11 (3) : 153-173.
- BERRILL, N.J., 1950. The Tunicata with an account of the British species. Ray Society, London : 1-354.
- BREMENT, E., 1912 a. *Polycitor (Eudistoma) banyulensis*, nov. sp. Synascidie nouvelle du golfe du Lion. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, 248 : 1-8 .
- BREMENT, E., 1912 b. Sur une variété méditerranéenne de l'*Aplidium coeruleum* Lahille. *Bull. Inst. océanogr., Monaco* : 250 : 1-6.
- BREMENT, E., 1913. Sur la présence en Méditerranée d'une variété de l'*Aplidium lacteum* Huitfeld, Synascidie arctique et sub-arctique. *Bull. Inst. océanogr., Monaco*, 269 : 1-10.
- CUVIER, G., 1815. Mémoire sur les Ascidies et leur Anatomie. *Mém. Mus. natn Hist. nat.*, 2 : 10-39.
- DELLA CHIAJE, S., 1828. Memoria sulla storia e anatomia degli animali senza vertebre del regno di Napoli, 3, Napoli.
- DELLA VALLE, A., 1877. Contribuzioni alla storia naturale delle Ascidie composte del golfo di Napoli.
- DELLA VALLE, A., 1881. Nuovi contribuzioni alla storia naturale delle Ascidie composte del golfo di Napoli. *Atti Accad. naz. Lincei, R.*, Ser. 3, 10 : 431-498.
- DRASCHE, R., 1883. Die Synascidien der Bucht von Rovigno (Adria). Wien : 1-41.
- FORBES, E. & E. HANLEY, 1848. A history of British Mollusca and their shells. London, I : 7-80, 1-486.
- FIALA-MÉDIONI, A., 1970. Ascidies du benthos rocheux de Banyuls-sur-Mer : Polyclinidae (Ascidies composées). *Vie Milieu* : 21 (2A) : 287-308.

- GAERTNER, 1774. *in* Pallas, Spic. Zool., 10.
- GARSTANG, W., 1891. Report of the Tunicata of Plymouth, Part I, Clavelinidae, Perophoridae, Diazonidae. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 11 : 422-424.
- GIARD, A.M., 1872. Recherches sur les Ascidies composées ou Synascidies. *Archs. Zool. exp. gén.*, 1 : 501-709.
- GUILLE, A., 1970. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. II. Les communautés de la macrofaune. *Vie Milieu*, 21 (1B) : 149-280.
- HARANT, H., 1927. La faune ascidiologique de Banyuls et de Cette. *Annls Inst. océanogr., Monaco*, 4 : 209-251.
- HARANT, H., 1930. Liste des Ascidies de Banyuls. *Archs Zool. exp. gén.*, notes et revues, 70 : 15-22.
- HARANT, H., 1931. Contribution à l'histoire naturelle des Ascidies et de leurs parasites. *Annls Inst. océanogr., Monaco*, 8 : 231-389.
- HARANT, H. & P. VERNIÈRES, 1933. Tuniciers. *Faune Fr.*, 27 : 1-99.
- HARTMEYER, R., 1909-1911. Tunicata (Manteltiere). *Bronn's Kl. Ordr. Tierreichs*, 3 suppl : 1281-1773.
- HELLER, C., 1877. Untersuchung über die Tunicaten des Adriatischen Meeres, III, *Abstr. Dentk. Akad.*, 37 : 241-275.
- HERDMAN, W.A., 1880. Preliminary report on the Tunicata of the « Challenger » expedition (Asciadiadae, Clavelinidae) I. II. *Proc. R. Soc. Edimb.* : 458-472; 714-726.
- KERNEIS, A., 1960. Contribution à l'étude faunistique et écologique des herbiers de Posidonies de la région de Banyuls. *Vie Milieu*, 11 (2) : 145-187.
- KOTT, P., 1952. Observations on compound Ascidiarians of the Plymouth area, with descriptions of two new species. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 31 : 65-83.
- LAFARGUE, F., 1968. Les peuplements sessiles de l'archipel de Glénan. II. Les Didemnidae. Systématique. Ecologie. *Vie Milieu*, 19 (2A) : 353-446.
- LAHILLE, F., 1887. Faune ascidiologique de Banyuls-sur-Mer. *C. r. Soc. Hist. nat., Toulouse*, 21 : 57-59.
- LAHILLE, F., 1890. Recherches sur les Tuniciers des côtes de France. Thèse, Toulouse : 1-130.
- LAUBIER, L., 1966. Le coralligène des Albères. Monographie biocénétique. *Annls Inst. océanogr., Monaco*, 43 (2) : 140-316.
- LINNÉ, C., 1767. *Systema naturae*. 12^e édition, 3 vol. : 1-1088.
- MÉDIONI, A., 1968. Ascidies des fonds rocheux de Banyuls-sur-Mer. I. *Eudistoma magnum* sp. n. *Vie Milieu*, 19 (1A) : 165-170.
- MÉDIONI, A., 1969. Redescription d'une espèce d'Ascidie : *Ecteinascidia herdmani* (Lahille, 1890) (= *Perophoropsis herdmani*, Lahille, 1890). *Vie Milieu*, 20 (2A) : 439-446.
- MÉDIONI, A., 1970. Ascidies du benthos rocheux de Banyuls-sur-Mer : Didemnidae (Ascidies composées). *Vie Milieu*, 21 (2A) : 25-48.

- MÉDIONI, A., 1970. Les peuplements sessiles des fonds rocheux de la région de Banyuls-sur-Mer. Ascidiées, Bryozoaires. *Vie Milieu*, 21 (3 B) : 591-656.
- MICHAELSEN, W., 1921. Ascidién von Westlichen Indischen Ozean, aus des Reichsmuseum zu Stockholm. *Ark. Zool.*, 13 (23) : 1-25.
- MILLAR, R.H., 1950. *Lissoclinum argyllense* n. sp., a new ascidian from Scotland. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 29 : 289-292.
- MILNE-EDWARDS, H., 1841. Observations sur les ascidiées composées des côtes de la Manche. *Mém. Acad. Sci.*, 18 : 217-326.
- MONNIOT, C., 1961. Les Microcosmes de Banyuls-sur-Mer. *Vie Milieu*, 12 (3) : 397-432.
- MONNIOT, C., 1965. Etude systématique et évolutive de la famille des Pyuridae (Ascidiacea). *Mém. Mus. natn. Hist. nat., Paris, Sér. A*, 36 : 1-203.
- MONNIOT, F., 1965. Ascidiées interstitielles des côtes d'Europe. *Mém. Mus. natn. Hist. nat., Paris, Sér. A*, 37 : 1-154.
- MULLER, O.F., 1776. Zoologiae Danicae Prodrum. Copenhagen. 224-226.
- PALLAS, P.S., 1766. Elenchus zoophytorum. Frankfort : 1-16, 18-451.
- PÉRÈS, J.-M., 1953. Remarques systématiques et biologiques sur deux espèces de Clavelinidae de la région de Marseille. *Recl Trav. Stn mar. Endoume*, 9 (4) : 67-74.
- PÉRÈS, J.-M., 1957. Ascidiées récoltées dans les parages des Baléares par le « Professeur Lacaze-Duthiers ». *Vie Milieu*, suppl. 6 : 177-184.
- PRUVOT, G., 1895. 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.
- PHILLIPI, A., 1843. *Rhopalea ein neues Genus der einfachen Ascidién*. *Arch. Anat. Physiol.*, 45-47.
- ROULE, L., 1885. Recherches sur les Ascidiées simples des côtes de Provence (famille Cynthiadae). *Annls Sci. nat. Zool.*, Sér. 6, 20 : 136-229.
- ROULE, L., 1886. Révision des espèces de Phallusiadae des côtes de Provence. *Revue suisse Zool.*, 4 : 209-259.
- SAVIGNY, J.-C., 1816. Mémoires sur les animaux sans vertèbres. Paris, 1-239.
- SLUITER, C.-P., 1895. Tunicaten. Semon, *Zool. Forsch. Australian, malagischen Archipel. Denkschr. Gesellsch. Jena*, 8 : 1-163.
- VAN NAME, W.G., 1945. The North and South American Ascidiées. *Bull. Am. Mus. nat. Hist.*, 84 : 1-476.
- VERRILL, A.E., 1871. Descriptions of some imperfectly known and new Ascidiées from New England. *Am. J. Sci.*, Sér. 3, 1 : 54-58; 211-212; 294; 433-446.
- VIDAL, A., 1967. Etude des fonds rocheux circalittoraux le long de la côte du Roussillon. *Vie Milieu*, 18 (1B) : 167-219.

Reçu le 24 octobre 1972.

- Ménière, A. 1970. Les peuplements ascidiés des fonds rochers de la région de Nanty-sur-Mer. Ascidiés, Bryozoaires, Vésiculaires. Vie Milieu, 21 (21) : 581-658.
- Mohrman, W. 1931. Ascidien von Westlichen Indischen Ozean aus der Hochseemare zu Stockholm. Arb. Zool. 18 (25) : 1-25.
- Muller, R.H. 1950. *Lixiosiphonia wrightiana* n. sp. a new ascidian from Scotland. A. mar. biol. Soc. U.K. 30 : 288-292.
- Muller-Eberhard, H. 1941. Observations sur les ascidiés composés des côtes de la Manche. Mar. Biol. 26 : 217-226.
- Mussey, C. 1901. Les Microzoaires de Nanty-sur-Mer. Vie Milieu, 12 (3) : 387-422.
- Mussey, C. 1905. Étude systématique et évolution de la famille des Pustulidés (Ascidiacés). Mémoires Mus. Nat. Hist. Nat. Paris, Sér. A, 36 : 1-202.
- Mussey, F. 1905. Ascidies interstitielles des côtes d'Europe. Mémoires Mus. Nat. Hist. Nat. Paris, Sér. A, 37 : 1-154.
- Müller, O.P. 1776. Zoologia Danica. Proterozoa. Copenhagen, 234-238.
- Palas, P.S. 1785. Echinus scopulorum. Finkler : 1-16. 12-131.
- Petit, J.-M. 1955. Remarques systématiques et biologiques sur deux espèces de *Caryothoides* de la région de Marseille. Vie Milieu, Sér. A, 5 : 67-74.
- Petit, J.-M. 1957. Ascidies récoltées dans les parcs des Bâstons par le Professeur Jacques-Dubiez, Vie Milieu, suppl. 6 : 177-184.
- Peyrot, G. 1895. Coup d'œil sur la distribution générale des Invertébrés dans la région de Nanty (Garde du Lion). Arch. Zool. exp. appl. 3 (1) : 629-638.
- Pichon, A. 1853. Rapports sur les genres des classes Ascidiés. Arch. Mus. Physiol. 46-47.
- Roux, J. 1885. Recherches sur les Ascidies simples des côtes de France (Hautle (Yvettes)). Ann. Mus. Nat. Zool. Sér. 6, 20 : 159-232.
- Roux, J. 1886. Révision des espèces de *Phallusia* des côtes de Provence. Revue Zool. 4 : 299-328.
- Savory, J.-C. 1866. Mémoires sur les animaux sans vertèbres. Paris, 1-226.
- Sturton, C.F. 1895. Faunulae Zool. Forsch. Australien, nautischen Anstalt, Göttingen, Gesellsch. Jahrg. 8 : 1-163.
- Van Name, W.G. 1915. The North and South American Ascidians. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 44 : 1-178.
- Vannieu, A.E. 1971. Descriptions of some intertidally known and new Ascidians from New Zealand. Ann. Zool. Sér. 3, 1 : 54-58; 211-212; 224; 433-436.
- Vinot, A. 1907. Étude des fonds rochers circalittoraux le long de la côte du Roussillon. Vie Milieu, 18 (1B) : 167-219.

ÉTUDE DES PEUPELEMENTS INFRALITTORAUX DE LA CÔTE DU ROUSSILLON

II. — FAUNISTIQUE ET CARACTÉRISTIQUES BIONOMIQUES

par Jean-Michel AMOUROUX*

Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer

ABSTRACT

The faunal and bionomic characteristics to the different depths studied are defined and compared with those of identical environments described in Europe by other scientists. The faunal distribution inside the sediments shows a characteristic development. The possible modification of this distribution lead us to consider the problems of the migrations of some mobile benthic species.

INTRODUCTION

Dans une note précédente (AMOUROUX, sous presse) nous avons considéré les variations de quelques facteurs physicochimiques et particulièrement les modifications de la bathymétrie. Nous abordons maintenant les problèmes de la répartition de la faune en surface et à l'intérieur du sédiment. Deux caractéristiques apparaissent : d'une part lorsqu'on s'éloigne du rivage et que la profondeur s'accroît, les densités de population et le nombre d'espèces aug-

* Contrat C.N.E.X.O. n° 74 938.

mentent ; d'autre part, les diverses profondeurs sont caractérisées par des espèces différentes, et il existe un contingent d'espèces communes aux différents niveaux étudiés, parmi lesquelles : *Nassa granum*, *Glycera convoluta*, *Nerine cirratulus*, *Nephtys hombergii*, *Sthenelais boa*, *Nototropis swammerdamis*, *Processa edulis*, *Macropipus pusillus*, peuvent être signalées.

Pour chaque niveau étudié, nous donnons les caractéristiques morphologiques, sédimentologiques et faunistiques.

A. — CARACTERISTIQUES FAUNISTIQUES EN FONCTION DE LA PROFONDEUR

a) Profondeur 1 mètre.

Les fonds de 1 mètre forment le plateau de la première dune. Ils sont constitués par des sables fins et propres, bien triés, ridés de ripple-marks très réguliers, serrés, visibles par temps calme ou vent de secteur nord-ouest. Ces sables propres abritent une faune assez peu diversifiée et peu nombreuse en espèces et en individus (200 par m²) ; elle est représentée par 45 % de Mollusques chez lesquels *Donax trunculus* est l'espèce la plus abondante (40 par m²), par 30 % d'Annélides Polychètes représentées pratiquement par une seule espèce *Ophelia neglecta* (22 par m²) et 25 % de Crustacés dont *Bathyporeia robertsoni* (10 par m²) est l'espèce prépondérante.

b) Profondeur 2,50 mètres.

Les sédiments de ce niveau contiennent une part notable d'éléments hétérogènes provenant des dunes situées d'une part à 1 mètre et d'autre part à 5 mètres de profondeur. Les ripple-marks y sont réguliers et serrés. Le sable est propre mais on remarque les débris d'Algues et de Zostères. Les traces laissées par les déplacements des Solénidés sont visibles. Comme pour les fonds de 1 mètre, on rencontre *Aegeon cataphractus* et *Nassa granum*. Mais ce sont les Crustacés qui dominent (46 %) : *Urothoe pulchella* (100 par m²) ; *Bathyporeia robertsoni* atteint sa densité maximale (150 par m²), tandis que les Mollusques (25 % de la faune) sont représentés par diverses espèces : *Donax trunculus* (20 par m²), *Tellina tenuis* (10 par m²) et surtout *Corbula mediterranea* (800 par m²) en mars et en juin.

c) *Profondeur* 5 mètres.

Vers 5 mètres, le sable est plus fin, il ne constitue pas toujours des ripple-marks très réguliers. Les bras des Ophiures *Acrocnida brachiata* (2 000 par m²) forment un tapis assez lâche mais très uniforme qui disparaît au moindre choc sur le fond. On y rencontre des Mollusques Gastéropodes : *Murex brandaris* et *Nassa granum*, des Crustacés très mobiles : *Aegeon cataphractus* et *Macropipus pusillus*, des traces de Solénidés.

Bien qu'extrêmement nombreuse (35 000 par m²), *Corbula mediterranea* n'est pas caractéristique de ces fonds car elle n'est présente que pendant 4 mois. *Acrocnida brachiata* compose plus de 30 % de la faune. Les Mollusques (31 %) sont bien représentés toute l'année par *Tellina tenuis* (200 par m²) et *Mactra corallina* (500 par m²) mais aussi *Spisula subtruncata* (1 000 par m²). Les Crustacés (10 %) figurent par quelques espèces : *Ampelisca brevicornis* (100 par m²), *Urothoe pulchella* (600 par m²) qui atteint son maximum de densité, ainsi que *Siphonocetes dellavallei* dont la densité reste malgré tout très faible (20 par m²). Les Annélides Polychètes (20 % de la faune) ne sont représentées que par des espèces à large répartition bathymétrique littorale dont les densités sont variables : *Magelona papillicornis*, *Nephtys hombergii*, *Sthenelais boa*.

d) *Profondeur* 7,50 mètres.

A cette profondeur la nature du fond change assez sensiblement. Des taches de sédiment très fin et flocculeux marquent le fond à intervalles réguliers. Le sable est fin et contient une petite fraction de pélites. Des tubes de *Lanice conchylega* et d'*Owenia fusiformis* dépassent parfois du sédiment, des trous nets dûs aux siphons des Solénidés, apparaissent souvent. *Murex brandaris* est fréquent.

Les Mollusques représentent 15 % de la faune avec pourtant *Spisula subtruncata* (7 500 par m²) et *Mactra corallina* (500 individus par m²) au mois de mai, lors de l'apparition des jeunes. Ces deux espèces atteignent leur densité maximale ; on rencontre aussi *Cardium aculeatum* et *Tellina distorta* en faible densité. Les Crustacés (21 % de la faune) sont bien représentés toute l'année par *Ampelisca brevicornis* (150 par m²). Les Annélides sont prépondérantes avec 62 % de la faune. *Owenia fusiformis* (1 500 par m²), *Lanice conchylega* (180 par m²). Seul *Dialychone acustica* (200 par m²) et *Lumbrineris impatiens* (120 par m²) atteignent ici leur maximum de densité.

e) Profondeur 10 mètres.

A 10 mètres, les fonds ont sensiblement le même aspect qu'à 7,50 mètres. On note cependant la présence d'un herbier très clairsemé à *Zostera marina*, qui pousse des digitations dans différentes directions.

La faune rencontrée est la même qu'à 7,50 mètres dans les mêmes proportions : 15 % de Mollusques, 21 % de Crustacés et 62 % d'Annélides, mais la densité totale passe de 2 200 par m² à 4 800 environ. Chez les Mollusques, *Macra corallina* n'est plus représentée que par un faible nombre d'individus (20 par m²), mais ce sont en majorité des adultes et non plus des jeunes comme à 7,50 mètres ; il en est de même pour *Spisula subtruncata* (300 par m²). Pour les Crustacés, *Ampelisca brevicornis* atteint son maximum à cette profondeur (200 par m²), ainsi que *Urothoe grimaldi* (200 par m²) et *Aapseudes mediterraneus* (60 par m²). Les Annélides sont prépondérantes : *Owenia fusiformis* atteint 3 000 par m², *Lanice conchylega* 250 par m² ; *Lumbrineris impatiens* est aussi nombreuse qu'à 7,50 mètres (120 par m²) tandis que *Dialychone acustica* y est nettement moins abondante (100 par m²).

Pour l'ensemble de ces cinq niveaux bathymétriques, nous pouvons différencier trois zones caractérisées par leur faune.

Les hauts niveaux très instables de 1 mètre à 4,50 mètres où dominent *Donax trunculus*, *Ophelia neglecta* et *Bathyporeia robertsoni*. Ces trois espèces sont en densité assez faible, il est vrai, mais toujours présentes alors que ce n'est pas le cas de *Corbula mediterranea* qui atteint pourtant des densités très élevées. Les autres espèces ne sont pas caractéristiques de ces fonds et ne sont pas rencontrées régulièrement.

La dune de 5 mètres est caractérisée par *Tellina tenuis* et *Urothoe pulchella* qui y atteignent leur densité maximale, et surtout par *Acrocnida brachiata* qui ne se rencontre qu'à ce niveau.

La zone plus stable des sables fins de 6 à 10 mètres, dominée par la présence des Annélides Polychètes : *Owenia fusiformis* et *Lanice conchylega* mais aussi des Mollusques *Spisula subtruncata* et *Macra corallina*.

Dans la région de Marseille et dans les mêmes profondeurs, PICARD (1965) distingue 2 biocénoses : la biocénose des Sables Fins des Hauts Niveaux de 0 à 3,5 mètres et la biocénose des Sables Fins Bien Calibrés qui lui fait suite, de 3,5 à 10 mètres. Notre zone des hauts niveaux, entre 1 mètre et 4,50 mètres, s'identifie à la biocénose des Sables Fins des Hauts Niveaux de PICARD

(1965), et celle des sables fins de 6 à 10 mètres correspond aux Sables Fins Bien Calibrés.

Comme nous l'avons indiqué dans notre note précédente relative à la granulométrie (AMOUROUX, 1974), nous avons rencontré accidentellement deux lentilles de gravelles à *Amphioxus*, apparentées à la biocénose des Sables Grossiers et Fins Gravieres sous l'influence des Courants de Fond déjà signalée par PICARD (1965). Dans notre région, ces gravelles ne contiennent aucune partie calcaire sous forme de Lithothamniées, mais une beaucoup plus forte densité en *Amphioxus*.

Dans les pays anglo-saxons, THORSON (1957), puis McINTYRE et ELEFThERIOU (1968) définissent une communauté à *Tellina*, appelée communauté à *Tellina tenuis-Tellina fabula* qui coïncide avec le peuplement des fonds de 0 à 10 mètres de notre région. THORSON caractérise les sables propres par *Tellina tenuis* et les sables légèrement envasés par *Tellina fabula*. McINTYRE et ELEFThERIOU précisent la zone de répartition de *Tellina tenuis* : entre +2 et -2 mètres par rapport au niveau zéro des cartes, tandis que *Tellina fabula* se situe entre 2 et 8 mètres de profondeur.

Bien que les comparaisons bathymétriques entre Atlantique et Méditerranée soient difficiles, la faune rencontrée aux différents niveaux comporte beaucoup d'espèces communes (*Tellina tenuis*, *Tellina fabula*, *Lanice conchylega*, *Owenia fusiformis*, *Magelona papillicornis*, *Nerine cirratulus*, *Ampelisca brevicornis*, mais surtout beaucoup de genres communs (THORSON, 1957) (*Tellina*, *Donax*, *Ophelia*, *Bathyporeia*...).

La situation des plages étudiées par McINTYRE et ELEFThERIOU (1968) et même PICARD (1965) est particulière, car dans les deux cas, ces plages sont de faible étendue (grande longueur inférieure à 20 kilomètres) et limitées par des fronts rocheux à leurs deux extrémités. L'influence des facteurs hydrodynamiques ne se traduit pas de la même façon : absence de courants de grande ampleur, mais présence de phénomènes d'ondes réfléchies et de turbulence. Ici la plage borde le Golfe du Lion sur plus de 120 kilomètres sans interruption ; elle est directement exposée aux phénomènes de grande amplitude, qu'ils soient d'origine terrestre ou maritime. Aussi les phénomènes observés au niveau du fond ont une grande amplitude et des variations rapides. Seule la partie la plus méridionale à proximité de la côte rocheuse présente une similitude avec les fonds meubles de la région de Marseille.

Malgré de nombreux points communs entre les fonds décrits par les auteurs que nous avons cités, il nous semble difficile de définir des biocénoses ou des communautés telles qu'elles l'ont été par ces auteurs : cette notion est trop étroite et trop rigide,

elle ne traduit pas l'évolution spatiale et temporelle des associations d'espèces à ces niveaux. En effet, les bouleversements hydrodynamiques perturbent considérablement la répartition, la composition et l'évolution de la faune.

Il faut considérer la faune de ces fonds comme une succession de « noda » de populations n'ayant pas de limites strictes dans le temps et dans l'espace, mais présentant un maximum de densité. Cette évolution progressive d'une population à l'autre correspond à l'idée de continuum telle que la conçoit BOUDOURESQUE (1970). Contrairement à la biocénose, le continuum en tant que succession de noda permet d'envisager un déplacement de ses différents éléments et leur évolution dans le temps. Bien loin de renier la biocénotique en bloc, nous essayons de lui donner un sens moins rigide et plus évolutif qui fait gagner en exactitude et nous rapproche de la réalité.

B. — DISTRIBUTION SPATIALE

Notre méthode de prélèvement par aspiration au moyen de la suceuse a permis de mesurer l'enfouissement des différentes espèces dans le sédiment au fur et à mesure de l'opération, offrant ainsi la possibilité de suivre, au cours des mois, non seulement les déplacements bathymétriques de la faune mais aussi ses mouvements verticaux à l'intérieur du sédiment.

Au fur et à mesure de l'enfoncement dans le sédiment, en envisageant par exemple des strates de 10 centimètres (fig. 1), la densité des espèces et des individus diminue, mais ceux-ci restent cependant toujours en contact avec l'eau sus-jacente.

En surface et jusqu'à 5 centimètres à l'intérieur du sédiment, on trouve surtout des espèces de petite taille : petits Crustacés (Amphipodes, Isopodes, Mysidacés, Cumacés, Décapodes), petits Mollusques (*Corbula mediterranea*), les formes juvéniles de beaucoup d'espèces (*Macra corallina*, *Spisula subtruncata*, *Cardium tuberculatum*), Gastéropodes prédateurs (*Natica*, *Nassa mutabilis*, *Acteon tornatilis*, *Murex brandaris*) et quelques espèces de grande taille (*Astropecten*) rampant à la surface du sédiment ; les autres ne s'enfouissent que très peu étant donné leur taille.

Dans les 10 centimètres suivants, de 5 à 15 centimètres, se situent un grand nombre de Mollusques (*Macra corallina*, *Spisula subtruncata*, *Cardium*, *Donax*, *Pharus legumen*) dont seuls les siphons dépassent ou affleurent le sédiment, des Annélides (*Owenia*

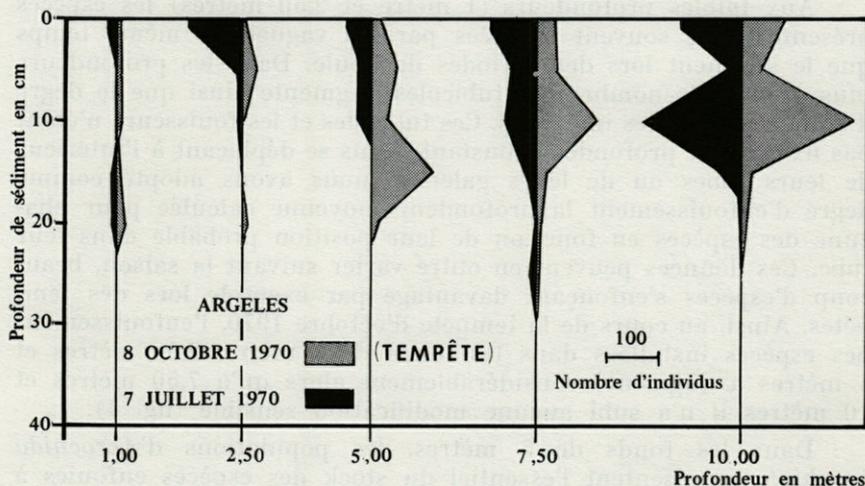


FIG. 1. — Variations du nombre d'individus par mètre carré en fonction de la bathymétrie exprimée en mètres et de leur enfouissement moyen exprimé en centimètres sous la surface du sédiment.

fusiformis jeunes, *Lanice conchylega*, *Notomastus*, Aricidae, *Lumbrineris impatiens*, *Magelona papillicornis*, *Nephtys*, *Sthenelais boa*, *Sigalion mathildae*, *Ophelia neglecta*, quelques Crustacés fouisseurs (*Callianassa subterranea*, *Upogebia deltaura*) et des Echinodermes (Spatangides et *Acrocrida brachiata*).

De 15 à 25 centimètres on trouve encore beaucoup d'exemplaires des espèces précédentes, soit qu'il s'agisse de classes de taille plus grandes, soit d'espèces dont les terriers ou les tubes s'enfoncent plus profondément (*Owenia fusiformis*, *Myriochele* sp., *Ophelia neglecta*, *Magelona papillicornis*, *Lumbrineris impatiens*, *Nephtys* sp., *Sthenelais boa*, *Sigalion mathildae*, *Lanice conchylega*, *Acrocrida brachiata*, *Callianassa subterranea*, *Upogebia deltaura*). Par contre, on ne trouve plus de Mollusques autres que les Solénidés ou les Myidés, et les Crustacés ont presque tous disparu.

Entre 25 et 35 centimètres, on constate une raréfaction de la faune qui n'est plus caractérisée que par des Solénidés, par *Sipunculus nudus* et *Glandiceps talaboti*. Ces espèces situées en profondeur sont toujours représentées par très peu d'individus mais toujours de grande taille et dont l'importance pondérale est grande.

Au-delà de 35 centimètres on ne rencontre plus que les espèces citées précédemment, mais elles sont de plus en plus rares.

Aux faibles profondeurs (1 mètre et 2,50 mètres) les espèces présentes sont souvent brassées par les vagues en même temps que le sédiment lors des périodes de houle. Dans les profondeurs plus grandes le nombre des tubicoles augmente ainsi que le degré d'enfouissement des individus. Ces tubicoles et les fousseurs n'étant pas fixés à une profondeur constante mais se déplaçant à l'intérieur de leurs tubes ou de leurs galeries, nous avons adopté comme degré d'enfouissement la profondeur moyenne calculée pour chacune des espèces en fonction de leur position probable dans leur tube. Ces données peuvent en outre varier suivant la saison, beaucoup d'espèces s'enfonçant davantage par exemple lors des tempêtes. Ainsi, au cours de la tempête d'octobre 1970, l'enfouissement des espèces installées dans les fonds de 1 mètre, 2,50 mètres et 5 mètres a augmenté considérablement alors qu'à 7,50 mètres et 10 mètres il n'a subi aucune modification sensible (fig. 1).

Dans les fonds de 5 mètres, les populations d'*Acrocnida brachiata* représentent l'essentiel du stock des espèces enfouies à l'abri de la houle. Les *Donax*, *Ophelia* et quelques Crustacés normalement situés à 1 mètre et 2,50 mètres, migrent vers les fonds plus importants (2,50 mètres et 5 mètres) et s'enfoncent davantage vraisemblablement pour échapper au brassage du sédiment par les vagues.

C. — LES MIGRATIONS

En raison de l'instabilité des facteurs physico-chimiques, les animaux vont se déplacer pour échapper aux influences néfastes de l'hydrodynamisme et rechercher les profondeurs plus importantes.

En prenant un point fixe par rapport à la côte, au lieu d'une profondeur constante, nous voyons se succéder différentes structures de peuplements suivant l'évolution sédimentaire. La grande variabilité des peuplements traduit donc l'instabilité du sédiment. Certaines espèces sont adaptées au milieu non seulement par leur morphologie (coquille et téguments durs et lisses), mais aussi par leur écologie et leur éthologie : elles effectuent des migrations de différents types qui les mettent à l'abri de l'hydrodynamisme trop violent. Toutes les migrations d'espèces n'ont pu être observées ; nous ne voulons aborder que celles qui nous ont semblé les plus nettes par l'analyse des nombreux prélèvements et observations effectués.

On peut distinguer quatre types de migrations : sédimentaires ; météorologiques ; saisonnières ; de croissance.

a) *les migrations sédimentaires.*

L'action de l'hydrodynamisme se traduit par des déplacements continus du sédiment donc par des variations de la bathymétrie comme nous l'avons précédemment décrit (AMOUROUX, 1970). La faune installée dans ces fonds se déplace en même temps et suit les mouvements du sable. En effet, on ne constate pas de variations notables de la densité des espèces les plus mobiles. C'est par exemple le cas dans les fonds de 5 mètres où *Acrocnida brachiata* migre en fonction des déplacements pratiquement incessants de la dune dont elle est caractéristique. Les migrations de cette Ophiure sont cependant limitées car on constate, dans le cas de déplacements trop rapides ou trop importants de la dune, à Canet, une chute de la densité de cette espèce par rapport à Argelès où la dune est beaucoup moins mobile (800 par m² à Canet, contre 45 000 à Argelès), pour les valeurs les plus élevées.

Seules les espèces tubicoles présentes dans les fonds les moins remaniés peuvent disparaître par enfouissement sous un dépôt de sable ou par creusement du sédiment par les courants.

b) *les migrations météorologiques.*

En raison de leur situation bathymétrique, les hauts niveaux sont particulièrement affectés par l'action mécanique de la houle et par ses effets de ressac, les espèces qui y vivent n'ont aucune possibilité de résistance physique à cette action lors de ses manifestations les plus violentes dans les tempêtes. A cette occasion, et d'une manière générale, les espèces qui peuvent se déplacer, migrent vers des profondeurs plus importantes et s'enfoncent dans le sédiment dans la mesure de leurs possibilités, pour s'y mettre à l'abri de l'hydrodynamisme. Leurs migrations sont d'autant plus grandes qu'elles se trouvent plus près de la côte. En effet, on retrouve qualitativement et quantitativement la faune des très hauts niveaux, après les tempêtes. Un grand nombre d'espèces ont probablement déserté les fonds entre 1 et 2,50 mètres, avant même le début de la houle, sinon elles auraient été détruites par les vagues. Elles ont migré vers les fonds de 2,50 et de 5 mètres. D'autre part, ces espèces se sont enfoncées beaucoup plus profondément dans le sédiment qu'elles ne l'étaient habituellement. C'est le cas pour *Donax trunculus* et *Ophelia neglecta*. Abandonnant presque totalement les fonds de 1 mètre, ces deux espèces sont passées de 1 mètre à 2,50 et 5 mètres, à tous les niveaux entre ces deux limites (présence de *Donax trunculus* de 15 à 20 mm

dans les fonds de 5 mètres où l'on ne trouve normalement que des individus juvéniles de 3 à 5 mm) mais ils ne franchissent pas la dune des 5 mètres.

Donax trunculus enfoncé ordinairement de 5 à 10 centimètres sous le sédiment, s'est enfoncé à 15 et 20 centimètres et les *Ophelia neglecta* sont passées de 15 à 25 centimètres sous le sédiment. Vers 5 mètres, la dune a tendance à s'écraser sous l'effet de la tempête. Les *Acrocnida brachiata* sont totalement enfouies dans le sédiment : leurs bras ne dépassent plus. Leur enfoncement est passé de 10 à 15 et même 20 centimètres.

Parmi les espèces de Crustacés, les plus vagiles, *Aegeon cataphractus* est présent à tous les niveaux de 1 à 10 mètres. Lors des tempêtes, il semble que cette espèce quitte les très hauts niveaux. Sa migration doit être rapide, il est capable de s'enfouir très vite et de ce fait peut vaincre la houle dans les fonds suffisamment profonds.

Dans les fonds les plus stables, en dessous de 5 mètres, ces migrations, si elles ont lieu, ne sont pas nettes. Beaucoup d'individus sont tubicoles et les déplacements verticaux dans les tubes ne sont pas mesurables.

Nous croyons pouvoir affirmer que ces migrations météorologiques ont lieu avant la tempête, c'est-à-dire lorsque les conditions n'empêchent pas encore des déplacements en pleine eau ou à la surface du sédiment. En effet, les prélèvements et les observations effectuées à Argelès, juste quelques jours avant le maximum d'intensité de la tempête, pendant sa phase d'installation, montrent que les différentes catégories d'individus concernés avaient déjà disparu partiellement des fonds les plus exposés et se trouvaient installées dans les fonds plus profonds vers 2,50 et 5 mètres.

Des prélèvements échelonnés sur plusieurs années pendant les périodes de tempête seraient nécessaires à la description détaillée de ces phénomènes de migration.

FAURE (1969), sur les côtes des Charentes, signale la descente de tous les peuplements médiolittoraux vers l'infralittoral, après une tempête, mais il ne donne pas d'observations avant la tempête.

c) les migrations saisonnières.

Certaines espèces effectuent au cours des saisons une remontée ou une descente bathymétrique. C'est le cas pour *Urothoe pulchella* et *Urothoe grimaldi*, pour *Ampelisca brevicornis* et *Bathyporeia robertsoni*.

Ampelisca brevicornis, *Bathyporeia robertsoni* et *Urothoe pulchella* amorcent une remontée vers les fonds moins importants, pendant la période estivale. Par exemple, *Ampelisca brevicornis* qui se nourrit en balayant la fraction fine de la surface du sédiment, préfère les eaux calmes et redescend vers des profondeurs plus grandes à la mauvaise saison. *Urothoe grimaldi* par contre, semble, l'été, effectuer une descente vers les plus grandes profondeurs ; elle disparaît des fonds de 7,50 mètres et ne subsiste qu'à 10 mètres.

d) *les migrations de croissance.*

Les espèces affectées par des migrations de croissance sont surtout *Donax trunculus*, *Ophelia neglecta*, *Corbula mediterranea* et *Aegeon cataphractus*.

Corbula mediterranea est localisée en très grand nombre dans les fonds de 5 mètres vers février. A Argelès elle a été récoltée alors qu'elle mesurait en moyenne 1,5 mm de longueur de coquille (grand diamètre). En mars elle a augmenté de taille (2 à 5 mm au lieu de 1,5) et se situe vers 4 mètres. En avril, une partie de cette population a disparu. En mai, son peuplement est constitué d'individus de 3,5 mm de taille et se situe en majorité à 2,50 mètres de profondeur, mais certains sont présents jusqu'à 7,50 mètres. En juin, la population a complètement disparu, les coquillages vides de 4,5 à 6 mm de longueur jonchent les fonds de 1 à 5 mètres de profondeur.

A propos de cette espèce, MASSÉ (1971) pense qu'il y a migration passive par action de l'hydrodynamisme. Or en l'absence de houle (pas de tempête pendant cette période), les particules sédimentaires déposées à 5 mètres ont du mal à remonter en raison des courants dunaires et des courants parallèles à la côte. L'activité de *Corbula mediterranea* peut se traduire par des déplacements assez rapides (observations faites en aquarium et en plongée) cependant la brièveté du cycle de cette espèce rend délicate l'interprétation des phénomènes observés.

Donax trunculus présente une migration de même sens que *Corbula mediterranea*. Les très jeunes individus sont toujours installés dans les fonds de 5 mètres. Au cours de leur croissance ils gagnent progressivement les fonds de 1 mètre qui correspondent à la dune la plus proche de la côte, où ils vivent à l'état adulte pendant la période d'hydrodynamisme faible.

En effet, à mesure que l'on enfonce en profondeur on trouve successivement des individus de *Donax* dont les tailles font 25 à

40 mm de longueur, dans les fonds de 1 mètre, pour ne plus trouver que des individus de 2 à 5 mm dans les fonds de 5 mètres. Il arrive que l'on récolte de très gros individus vers 2,50 mètres mais jamais à 5 mètres sauf à l'occasion des tempêtes (voir paragraphe précédent). On ne trouve que très rarement de petits exemplaires de *Donax trunculus* vers 1 mètre. Il y a donc, pour cette espèce, des différences de taille en fonction de la profondeur.

Beaucoup d'auteurs ont noté cette particularité de position des différentes classes de taille de la population chez les *Donax*. Tant en Méditerranée qu'en Atlantique ils ont constaté ces phénomènes sur les espèces de *Donax trunculus*, *Donax vittatus* et *Donax semistriatus*. FAURE (1969) sur les côtes des Charentes, ne conclut pas à un phénomène migratoire. MOUEZA (1971), sur les côtes algériennes, pense à une migration de la population depuis les bas niveaux vers les hauts niveaux, car il constate une disparition régulière de cette espèce dans les niveaux supérieurs. Cependant il n'examine pas le problème particulier des jeunes par rapport aux adultes, mais considère l'ensemble de la population. MOUEZA note surtout une migration de marée, des jeunes depuis les hauts niveaux vers les profondeurs plus importantes.

Ophelia neglecta semble effectuer des migrations similaires depuis les fonds de 2,50 mètres, peut-être même 5 mètres, vers les fonds de 1 mètre. On trouve en effet, de grands exemplaires dans les fonds de 1 mètre et, au contraire des individus de petite taille dans les fonds de 5 mètres. Dans les fonds de 2,50 mètres il est fréquent de capturer à la fois des individus relativement grands et des individus de petite taille, or ce n'est jamais le cas dans les fonds de 1 mètre. Il y a donc classification par taille en fonction de la bathymétrie. Il y a sans doute migration mais le nombre des individus recueillis est trop faible pour permettre d'être catégorique.

Aegeon cataphractus est représenté par des individus de grande taille, dans les fonds de 1 mètre. Sa présence à 5 mètres et même au-delà, jusqu'à 10 mètres est très variable. Il s'agit toujours d'un mélange d'individus de tailles très différentes où dominent les jeunes. On peut considérer que seuls les animaux de taille suffisante sont capables de résister à l'hydrodynamisme des très hauts fonds.

Toutes ces différentes migrations ont déjà, pour la plupart, été observées mais les auteurs les ont toujours considérées comme passives, comme un phénomène identique aux mécanismes d'un tri granulométrique en fonction du poids ou de la taille des particules.

Si ces phénomènes étaient passifs, à l'occasion des tempêtes, les espèces les plus proches de la côte seraient rejetées sur la plage et les plus éloignées seraient entraînées vers les fonds plus

profonds, or toutes les espèces situées entre 1 et 2,50 mètres s'éloignent de la côte. Il s'agit d'un déplacement en sens inverse de l'hydrodynamisme, donc d'un mouvement actif, d'une migration. Au cours de leur croissance les espèces qui se rapprochent de la côte vont à l'opposé des apports continentaux qui ont tendance à les en éloigner. En déplaçant le sédiment, les courants déterrent la faune mais ne peuvent pas toujours la transporter avec le sable (c'est le cas pour beaucoup de Mollusques). Les espèces doivent suivre activement le sédiment en transit pour retrouver des conditions bathymétriques et hydrodynamiques identiques à celles qu'elles avaient avant l'action du courant.

CONCLUSION

La carte bionomique instantanée des peuplements infralittoraux est fonction des facteurs édaphiques (profondeur, courants, granulométrie, houle). Etant donné l'instabilité du milieu, les peuplements présentent une très grande plasticité et les différentes espèces qui les composent sont susceptibles de déplacements plus ou moins amples, fonctions de leur mobilité intrinsèque, mais aussi de l'ampleur des phénomènes hydrodynamiques.

RÉSUMÉ

Après avoir décrit les principales caractéristiques du milieu infralittoral de cette région, l'auteur envisage l'aspect évolutif de ce système en mettant en évidence les problèmes de migrations de certaines espèces, tant par rapport au milieu du sédiment que par rapport à leur distance à la côte.

ZUSAMMENFASSUNG

Nach der Beschreibung der Hauptcharakteristika des infralittoralen Milieus der Region betrachtet der Autor die Entwicklung dieses Systems und zeigt die Probleme hinsichtlich der Wanderung bestimmter Arten im Zusammenhang mit dem Sediment und der Entfernung von der Küste.

BIBLIOGRAPHIE

- BOUDOURESQUE, C.-F., 1970. Recherches sur les concepts de biocénose et de continuum au niveau de peuplements benthiques sciaphiles. *Vie Milieu*, **21** (1B) : 103-106.
- FAURE, G., 1969. Ecologie et croissance de *Tellina tenuis* da Costa sur les côtes de la Charente-maritime. *Tethys*, **1** (2) : 383-394.
- FAURE, G., 1969. Bionomie et écologie de la macrofaune des substrats meubles des côtes charentaises. *Tethys*, **1** (3) : 751-778.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- REINECK, H.E., 1963. Der Kastengreifer. Die Entwicklung eines gerätes zur Entnahmese ungestörter, orientierter grundproben vom Meeresboden. *Natur. Mus.*, **93** (3) : 102-108.
- REMANE, A., 1951. Die Besiedlung des Sandbodens im Meere und die Bedeutung der Lebensformtypen für die Oekologie. *Verh. dt zool. Ges. Wilhelmshaven*, 327 p.
- THORSON, G., 1957. Bottom communities (Sublittoral or Shallow Shelf). *Mem. geol. Soc. Am.*, **67** (1) : 461-534.

Reçu le 22 février 1973.

COMPLEXE LAGUNAIRE de BAGES - SIGEAN

par
H. BOUTIÈRE et G. CAHET
et dessiné par
H-Ph. DANOY
1971

LEGENDE Géologie

- Quaternaire récent
- Quaternaire ancien
- Miocène
- Oligocène
- Crétacé et Jurassique

Sédimentologie

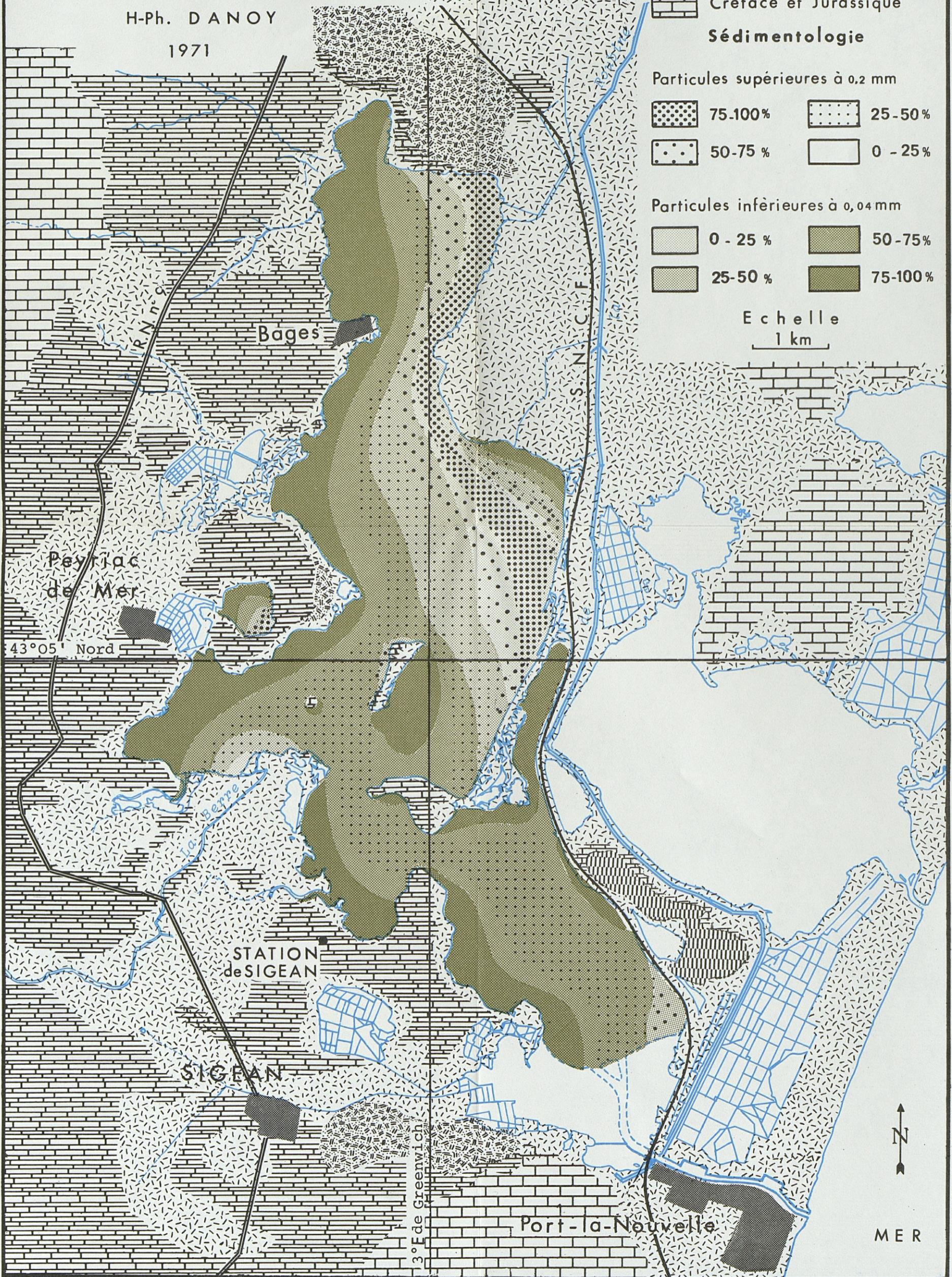
Particules supérieures à 0,2 mm

- | | |
|---------|--------|
| 75-100% | 25-50% |
| 50-75% | 0-25% |

Particules inférieures à 0,04 mm

- | | |
|--------|---------|
| 0-25% | 50-75% |
| 25-50% | 75-100% |

Echelle
1 km



H. BOUTIERE
Carte sédimentologique et géologique.

VIE ET MILIEU

BULLETIN DU LABORATOIRE ARAGO

SÉRIE B : OCÉANOGRAPHIE

VOLUME XXIV

YEAR 1974

PART 1 - B

CONTENTS

F. GADEL, G. GLAÇON, A. MONACO & M. PI-RADONDY. The stages of sedimentation on the continental shelf of Roussillon during the recent quaternary	1
Henri BOUTIÈRE. The brackish water pond of Bages-Sigean a pattern of Mediterranean lagoons	23
J.-P. BAUDIN. First data on the experimental study of the cycle of zinc in the lagoon l'Olivier	59
Claude RAZOULS. Climatological data of the region of Banyuls-sur-Mer. 1971 and 1972	81
Michel BHAUD. About the location of the level of plankton nets sampling in superficial waters	93
Francis de BOVÉE. Influence of the winter conditions on the ecology of planktonic copepods from the North-Western Mediterranean: Mediproduct cruise I (2nd part, 4-16 April 1969)	109
F. de BOVÉE & J. SOYER. Meiobenthos quantitative annual cycle of the coastal terrigenous muds. Vertical distribution	141
Jean-Michel AMOUROUX. Study of the infralittoral populations of the coast of Roussillon. I. The environment	159
Jacques SOYER. Contribution to the study of the harpacticoid copepods of the Western Mediterranean. 9. The genus <i>Hastigerella</i> Nicholls (Ectinosomidae Sars, Olofsson). Systematics, Ecology	175
Aline FIALA-MÉDIONI. Ascidiens of the rocky benthos of Banyuls-sur-Mer. Fauna and ecological data	193
Jean-Michel AMOUROUX. Study of the infralittoral populations of the coast of Roussillon. II. Fauna and bionomic characteristics	209

MASSON & Co

120, Bd St-Germain, 75280 PARIS CEDEX 06

Published Bi-monthly