

INFLUENCE DE LA NATURE GRANULOMÉTRIQUE  
DES SÉDIMENTS  
SUR LES STRUCTURES BENTHIQUES.  
BAIES DE DOUARNENEZ ET D'AUDIERNE  
(OUEST-FINISTÈRE).

par

Anne Toulemon

Institut Océanographique, Paris. (1)

Résumé

Dans ce travail est abordée l'étude d'une région située à la pointe de Bretagne, non encore explorée en écologie benthique. Après un rappel de la géologie et une description détaillée de la sédimentologie, est exposée la répartition générale des peuplements de l'endofaune. L'affinité entre les peuplements et les caractères du substrat est précisée par l'introduction de la notion d'aire enveloppe qui conserve la totalité des informations de l'analyse granulométrique. Cette méthode, appliquée aux différentes espèces, permet de les classer objectivement en sténotopes et eurytopes. Les communautés sont superposées aux populations de sédiments sur le diagramme de Folk et Ward, moyenne/indice de dispersion. Les cartes de distribution des espèces les plus intéressantes sont présentées.

INTRODUCTION

Ce travail s'inscrit dans l'ensemble de la cartographie faunistique du précontinent atlantique français. Il porte sur près de 500 prélèvements effectués dans l'infra-littoral et le circalittoral et représente une partie — environ le quart — des données obtenues au cours de l'exploration des fonds meubles du plateau continental Ouest-armoricain, que j'ai menée de 1963 à 1968.

La région dont j'ai entrepris l'étude est limitée à l'Est par la côte occidentale de Bretagne, au Nord par le parallèle 48°30'N, à l'Ouest par le méridien 7°20'W, au Sud-Ouest par l'isobathe 200 m, au Sud-Est par une ligne partant de la pointe de Penmarc'h et dirigée

---

(1) 195, rue Saint-Jacques, Paris-5<sup>e</sup>.

NE-SW. Après la présentation des peuplements des parages de l'Île de Sein (Hinschberger, Saint-Requier, Toulemont, 1967), je me propose d'aborder ici la partie côtière du Sud : les baies de Douarnenez et d'Audierne et leurs abords.

L'extrême occidentale de la péninsule armoricaine est dentelée par trois grandes baies ouvertes à l'Ouest (Fig. 1). Ce sont, du Nord au Sud : la Rade de Brest et la Baie de Douarnenez, séparées largement par la presqu'île de Crozon, et la Baie d'Audierne. J'ai choisi de comparer le benthos de ces deux dernières baies, sur le conseil de P. Drach, en raison de la similitude de leurs caractéristiques géographiques qui s'oppose à l'originalité de la Rade de Brest.

La Baie de Douarnenez et la Baie d'Audierne sont très proches, de part et d'autre d'un étroit cap : le Cap Sizun. Elles ne reçoivent que quelques cours d'eau, alors que deux estuaires de rivières assez importantes débouchent dans la Rade de Brest. Enfin, leur orientation par rapport aux houles et aux courants de marée est sensiblement la même.

Le but de cette recherche est de déterminer, avec le plus de précision possible, les exigences granulométriques des espèces et des peuplements de la région considérée et de comparer celles-ci aux résultats des différents auteurs, tout en apportant un nouveau mode de figuration du benthos en fonction du sédiment.

L'inventaire qualitatif et quantitatif de l'endofaune et de l'épifaune des substrats meubles couvrant la plate-forme continentale française, commencé dans la région de Marseille par Picard (1965), a été poursuivi, au large de Roscoff par Cabioch (1968) qui a étudié de façon approfondie l'épifaune des roches et des cailloutis. Glémarec (1969) a continué cet inventaire sur la marge continentale du Golfe de Gascogne, en insistant sur la liaison entre les Invertébrés marins et les facteurs édaphiques tels que la température et la granulométrie. Guille (1970) autour de Banyuls, a prolongé l'étude qualitative par une recherche quantitative sur les peuplements de sédiments. Les élèves de Pérès, à Endoume, ont entrepris une description complète des faciès benthiques du Golfe du Lion et de leur évolution. A Arcachon, Bouchet (1968) a réalisé un ensemble de mesures des conditions physiques très particulières du Bassin et de leur incidence sur la faune. Il faudrait également parler des recherches de J. Renaud-Mornant, de Salvat, de Soyer, des nombreuses publications sur la faune médiolittorale, ainsi que des inventaires systématiques par groupes zoologiques. Bien qu'ils dépassent largement le cadre du plateau continental, les travaux de Reyss (1970) et de Carpine (1970) sur la pente continentale méditerranéenne ont également leur place dans cette brève évocation de l'ensemble des investigations bionomiques accomplies sur les fonds meubles de la zone côtière française.

Dans notre région, très peu d'études écologiques ont été entreprises. Prenant (1939) a rédigé les monographies de toutes les plages de la Baie de Douarnenez. Les reconstitutions d'assemblages faunistiques opérées par Le Danois (1948) se situent nettement plus au large. Entre ces deux niveaux extrêmes, il restait donc à explorer le domaine de l'infra et du circalittoral.

Les résultats des recherches de l'école scandinave, de Petersen à Thorson, m'ont guidée dans les définitions des peuplements ; le terme

de communauté, qui implique une notion quantitative et statistique de groupement des espèces selon les divers types de fonds sédimentaires, n'a pu être utilisé de façon constante, du fait des différences dans le mode de prélèvement des échantillons. Je me suis aussi inspirée des travaux de Holme, Mac Intyre, Parker et Sanders.

Les dragages étaient effectués au moyen d'une drague Rallier du Baty, à bord du navire de recherche *Gwalarn*. Je remercie vivement le professeur A. Guilcher de m'avoir permis d'utiliser, d'abord seule en Baie de Douarnenez, puis en collaboration avec ses élèves Saint-Requier et Hinschberger, ce petit navire de 11,5 m, géré par le C.N.R.S.

Les opérations en mer s'effectuaient de la manière suivante : à chaque station de dragage était prélevé un échantillon de sédiment sur lequel les géographes exécutaient une analyse granulométrique. Le reste du prélèvement était trié sur trois tamis rectangulaires de grandes dimensions (1,20 m sur 1 m) et à mailles de 10, de 3 et de 1 mm, fabriqués à la Station biologique de Roscoff, d'après le modèle employé par Cabioch. La faune ainsi extraite était fixée aussitôt et examinée plus tard au laboratoire.

Je remercie le Professeur Teissier de m'avoir autorisée à faire de longs séjours à la Station biologique de Roscoff, où j'ai puisé largement dans le matériel mis à ma disposition et où j'ai procédé à l'exploitation des récoltes biologiques. Le C.N.E.X.O., en me permettant de me faire seconder pendant trois semaines par M.-R. Le Liart, a fait grandement progresser le tri des groupes zoologiques. Ma reconnaissance va également à A. Dorme pour l'aide précieuse qu'elle m'a apportée dans l'illustration de ce texte.

## PHYSIOGRAPHIE

Pour établir le cadre physiographique, j'ai fait de larges emprunts aux thèses récentes d'Hinschberger (1970) et de Saint-Requier (1970). L'éloignement de France de ces deux auteurs ne m'a pas donné la possibilité de soumettre ce chapitre à leur jugement, mais j'ai le plaisir de témoigner ma gratitude au Professeur Dangeard et à sa collaboratrice, B. Deniaux, pour les conseils et les critiques amicales qu'ils m'ont prodigués.

L'étude de la nature des fonds, près d'une côte à anses, nécessite l'examen approfondi des conditions physiographiques locales, ce qui justifie l'importance de ce chapitre.

En effet, la structure géologique influe sur la « morphologie sculptée » (Vanney, 1969) dans les roches du socle. Les affleurements de roches dures aboutissent, sur le continent, à des crêtes élevées, le long de la côte, à des pointes, des caps et toutes avancées du littoral, sous la mer, à des hauts-fonds rocheux appelés « basses ». Inversement, les rentrants de la côte, baies ou anses, de même que les dépressions et vallées sous-marines, sont adaptés à des bandes de roches plus tendres.

A leur tour, le tracé de la côte, la topographie sous-marine, modifient la vitesse et la direction des courants responsables du transport ou de la sédimentation du matériel meuble. En outre, l'abri que constituent, par rapport aux houles et aux vents dominants, les hauts-fonds rocheux ou les formes sous-marines en creux, est un facteur important du modélisé sédimentologique, jusqu'à la profondeur où l'action des vagues ne se fait plus sentir. Enfin, des actions indirectes et réciproques lient ces facteurs physiques ; ainsi le dépôt des sables en bancs ou en dunes par des courants alternants contribue au modélisé morphologique des fonds.

## GÉOLOGIE

De nombreux travaux (Chauris, Cogne, Giot, Guilcher) ont apporté des retouches aux cartes géologiques terrestres de la région de Brest-Quimper, dues à Barrois et à Pruvost. Pour la géologie sous-marine, les données sont moins abondantes. Dangeard (1929), à l'occasion de ses importantes recherches sur la géologie de la Manche et du Golfe de Gascogne, a étudié quelques points situés à l'Ouest du Finistère. Berthois (1955) a décrit plusieurs dragages dans le Nord-Ouest du Golfe de Gascogne. Mais, dans la région qui nous intéresse, ce sont surtout les observations de Hirschberger et de Saint-Requier, obtenues par plongées, carottages et dragages, qui ont pu combler bon nombre de lacunes.

L'extrémité occidentale du Massif Armoricain présente une structure en alternance de trois massifs granitiques séparés par deux formations de roches plus tendres, toutes ces barres ayant approximativement la direction Ouest-Est (Fig. 2).

Du Nord au Sud, s'élève le dôme granitique du Léon, orienté Ouest-Sud-Ouest, Est-Nord-Est et séparé du massif de granite à deux micas du Cap Sizun par un synclinorium de roches anciennes. Font partie de celui-ci : le grès armoricain datant de l'arenig (Silurien) qui forme la presqu'île de Crozon et les schistes briovériens (Précambrien) qui constituent la surface des fonds sous-marins de la Baie de Douarnenez ainsi que sa côte Est. La bande de granite du Cap Sizun et celle de granite à muscovite de Pont-l'Abbé encadrent les micaschistes de la Baie d'Audierne rapportés au briovérien inférieur et moyen.

Le grès armoricain dessine une bande contournée qui coupe la côte Nord de Douarnenez en deux endroits, puis longe la mer, de Morgat au Cap de la Chèvre, formant la branche Sud de la croix de la presqu'île. En mer, il se manifeste par un alignement de basses orienté vers le Sud-Ouest en direction du Cap Sizun, et situé dans le prolongement exact de la bande de grès du continent. Les quartzites de Plougastel et les schistes siluriens affleurent en quelques points de la côte. Mais, ce sont surtout les schistes siluriens qui, érodés et effondrés, constituent à la fois les côtes Nord-Est et Est et la surface du fond de la baie. Le décrochement de Kerforne, datant de la phase post-stéphanienne est orienté Nord-Ouest/Sud-Est, il traverse toute la Baie de Douarnenez, de Morgat à Douarnenez. Les granodiorites de la côte Nord du Cap Sizun s'allongent en une bande très droite séparée des schistes précambriens par une faille tertiaire. Entre cette granodiorite et le granite d'Audierne, un fossé d'effondrement stéphanien, bordé de roches comprimées (les mylonites), court de la baie des Trépassés à Quimper. Le granite d'Audierne façonne une partie de la côte Nord de la Baie d'Audierne, jusqu'au contact avec les micaschistes, ainsi que la bordure sous-marine de cette côte et la chaussée de Sein. Les micaschistes s'étalent en éventail largement ouvert sur toute la surface des fonds sous-marins de la baie et sur l'anse sableuse et caillouteuse. Enfin, le granite de Pont-l'Abbé qui, vers l'Est, forme les îles des Glénans, Houat et Hoëdic, s'abaisse ici vers le Sud-Ouest, en isolant la baie du Golfe de Gascogne par la pointe et la crête sous-marine de Penmarc'h.

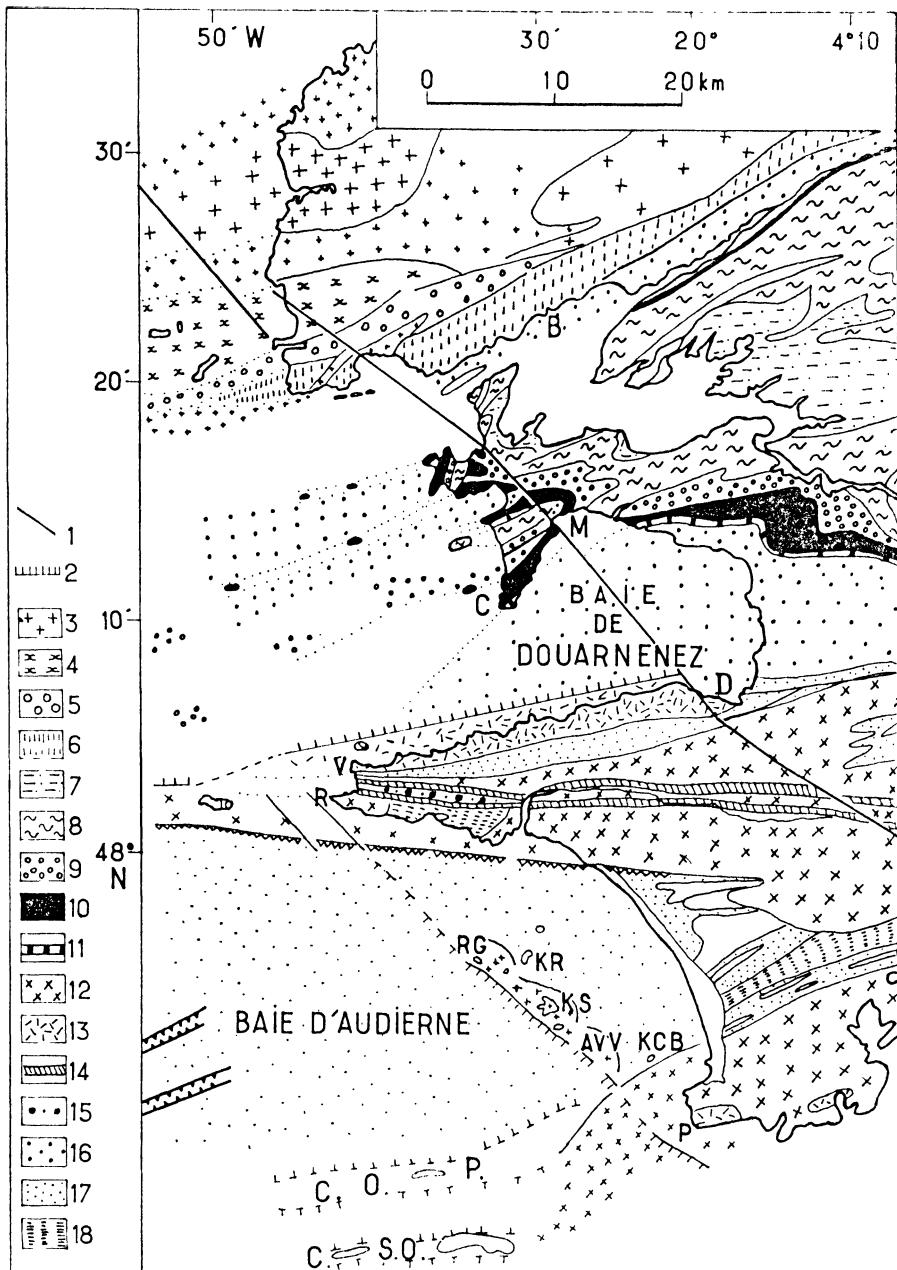


FIG. 1  
Carte géologique et morphologique

1. Décrochement de Kerforne ; 2. Faille tertiaire ; 3. Granite du Léon ; 4. Gneiss granulitique ; 5. Micaschistes du Conquet ; 6. Granitogneiss de Brest ; 7. Schistes dévoiliens ; 8. Quartzites de Plougastel ; 9. Schistes siluriens ; 10. Grès armoricain ; 11. Poudingues et schistes ; 12. Granite à deux micas ; 13. Granodiorite ; 14. Mylonites ; 15. Stéphanien ; 16. Schistes briovériens (Précambrien) ; 17. Micaschistes d'Audierne ; 18. Migmatites : B : Brest ; C : Cap de la Chèvre ; M : Morgat ; D : Douarnenez ; V : Pointe du Van ; R : Pointe du Raz ; P : Pointe de Penmarc'h ; RG : Ravazenn Goz ; KR : Kougo Ruz ; KS : Karreg Stign ; AVV : Ar Vaz Veur ; KCB : Karreg ar Chi Bihan ; COP : crête Ouest de Penmarc'h ; CSO : crête Sud-Ouest de Penmarc'h. Les roches laissées en blanc sont des Amphibolites et Serpentines.

## MORPHOLOGIE

La morphogénie de la partie Sud-Ouest de la Bretagne a été entièrement décrite dans la thèse de Guilcher (1948) ; ce qui suit n'en est qu'un bref rappel. La carte géologique nous a montré que le dessin général de la côte coupe perpendiculairement les structures rocheuses. Les presqu'îles et les caps correspondent aux barres de granite ou de grès ; les anses et les baies sont ciselées dans les schistes et les micaschistes.

La Baie de Douarnenez découpe la Cornouaille en un bassin de forme trapézoïdale, long de 22 km d'Ouest en Est et large de 16 km du Nord au Sud. Ce bassin d'effondrement et d'érosion communique avec l'Iroise par une ouverture mesurant 9 km entre le Cap de la Chèvre et le Cap Sizun. L'arc de la Baie d'Audierne s'étire sur une cinquantaine de kilomètres en un quart de cercle dont la concavité est creusée au Nord-Est.

Du Nord au Sud, l'aspect de la côte et des fonds sous-marins se présente de la manière suivante : du Cap de la Chèvre à Morgat, les hautes falaises de grès armoricain, entaillées de failles et de grottes, se prolongent en profondeur sous l'eau par une série de basses : Basse Vieille, Basse Venn. Cet alignement de hauts-fonds, dirigé vers le Sud-Ouest, ferme presque entièrement les fonds de la baie. L'intersection de la côte avec le décrochement de Kerforne a permis au port de Morgat de s'installer dans les schistes siluriens et précambriens. Du Nord-Est au Sud-Est, la côte, ainsi que le bassin en pente douce qui constitue la partie sous-marine de la baie, sont, nous l'avons vu, découpés dans les schistes briovériens. Cette partie du rivage est une succession de plages de sable : plages de Sainte Anne, du Caon, la Lieue de grève, l'anse de Trezmalouen, séparées par des pointes à falaises de 20 à 40 m (Pointes de Trefeuntec, Talagrip, Bellec). Le littoral Sud, après le port de Douarnenez, situé comme Morgat sur le trajet de la faille de Kerforne, est constitué par des falaises abruptes. Elles sont taillées dans le massif de granodiorite qu'une faille tertiaire a séparé du briovérien. L'extrémité Ouest de cette côte, la pointe du Van, est séparée de la pointe du Raz (formée de granite à deux micas), par la plage de sable de la Baie des Trépassés, terminaison du fossé stéphanien. L'enselement du Raz de Sein fut créé par une cassure produite à l'ère tertiaire. La côte granitique Nord de la Baie d'Audierne, avec des falaises de 50 m, se prolonge loin vers l'Ouest par la Chaussée de Sein. Ce même granite à deux micas se continue aussi par la bordure Sud de la côte, jusqu'à la pointe de Souc'h. L'arc de la baie, dû à l'érosion des micaschistes, est bordé de plages et de cordons de galets : celui de l'Ero Vili s'étend sur 7 km de long, sur une largeur de 10 à 30 m et une épaisseur de 5 m. Les micaschistes s'étalent en éventail vers l'Ouest, forment la majeure partie des fonds de la baie. La côte de granite à muscovite qui termine la baie au Sud par la pointe de Penmarc'h, est basse, sans falaises. De l'Île de Sein jusqu'à la pointe de Souc'h, une série de basses bien alignées jalonnent le contact du granite de la chaussée et des micaschistes : Kornog Vraz, Ar C'harn, An Hinkinou, Piriou et la Gamelle. Ce serait les restes d'une falaise au contact des schistes plus tendres. Le long de la corde de l'arc de la baie, un autre alignement granitique, au milieu des schistes, montre une dénivellation de 20 m vers le littoral, de 40 m vers le large. J'ai pu le suivre en plongeant sur les basses de Kougou Ruz, de Karreg Stign et D'Ar Bronnou.

La crête Ouest de Penmarc'h, à partir de 3 milles de la côte, est une succession de buttes étroites, de nature pétrographique inconnue (peut-être des schistes métamorphiques) ; il pourrait s'agir d'un horst entre deux failles, cette crête disparaît au-delà de 100 m. Séparée de cette crête par un étroit fossé, la crête Sud-Ouest de Penmarc'h, plus courte, est tout aussi peu connue au point de vue pétrographique. En dehors de ces deux crêtes, le glacis du Raz, légèrement surélevé au-dessus de la faible dépression de Bigorn, est la seule forme notable de relief sculpté dans les micaschistes d'Audierne. En Baie d'Audierne, comme en Baie de Douarnenez, les vallées sous-marines marquant l'ancien réseau hydrographique, sont masquées par le dépôt de sédiments. Celui-ci est plus épais à Douarnenez, où le relief est moins accusé.

## COURANTOLOGIE

Dans cette région, les vents dominants sont de Sud-Ouest, avec des coups de noroît. L'action de la houle se fait sentir avec violence jusque dans les zones les plus abritées de la baie de Douarnenez, ainsi qu'en témoignent les faits suivants.

En janvier 1971, six chalutiers, au mouillage dans le port de Douarnenez, ont dérivé sur les rochers du Ris ; en 1969, déjà, un autre chalutier avait été drossé sur ces mêmes rochers. Le nouveau port en construction à Morgat ne semble pas beaucoup mieux abrité puisque, lors d'une tempête de l'automne 1970, des blocs de béton de 2 tonnes chacun furent déplacés.

Les courants de marée alternants se renforcent dans le « goulet » et dans l'axe Ouest-Est de la baie où ils atteignent un nœud en vive-eau (coefficient 95) ; dans le reste du bassin ils sont plus faibles (moins de 0,5 nœud en vive-eau d'après Hinschberger).

Les 14 mesures de température et de salinité que j'ai faites en morte-eau, fin octobre, confirment ce régime de courants. Les stations orientales plus abritées présentent une stratification régulière de la surface au fond : le courant est suffisamment faible pour permettre à l'eau superficielle de se réchauffer. Les autres stations ont une homothermie parfaite, témoin d'un certain courant brassant toute la hauteur d'eau. Il est intéressant de faire remarquer que le courant de flot est prédominant au Sud, le courant de jusant étant plus fort au Nord. En baie d'Audierne, la houle dominante a la même direction Ouest-Sud-Ouest. La concavité de la baie semble donc très exposée. Cependant, la lente remontée des fonds vers la côte, l'absence d'accidents topographiques notables et la réduction d'amplitude des crêtes de houle devant la courbe de la côte contribuent à atténuer l'effet des vagues. Une exception existe pourtant au Sud du Cap Sizun où la morphologie plus accusée s'oppose à la force des houles. C'est également dans cette région du Raz de Sein que les courants de marée sont les plus forts.

## SÉDIMENTOLOGIE

Pour citer les travaux précédant ceux de Hinschberger et de Saint-Requier avec lesquels j'ai fait équipe, il faut remonter aux cartes du Service Hydrographique de la Marine, dessinées à la fin du siècle dernier à partir des sondages au plomb suffisés. Les indications de ces cartes furent reprises en 1872 par Delesse, puis par Thoulet en 1899. Les catégories de sédiments cartographiées étaient uniquement qualitatives, avec quelques précisions sur la nature biologique de certains fonds. En 1936, Dangeard établissait la carte de lithologie sous-marine de l'atlas de France au 1/250.000<sup>e</sup> en utilisant, en plus des cartes de Thoulet, les résultats de ses propres dragages effectués sur le « Pourquoi-Pas ». Quelques dragages ont été réalisés à la périphérie de notre domaine sur le « Président Théodore Tissier » (Berthois, 1955).

Avant de présenter la cartographie des sédiments, je dois rappeler quelques notions granulométriques utilisées, non seulement pour établir cette carte, mais aussi pour préciser les relations entre les animaux et le substrat.

#### Notions d'analyse granulométrique

Les sédiments sont tamisés sur une colonne dont les mailles sont de taille décroissante. L'analyse granulométrique permet de tracer des courbes : les résidus des tamis, exprimés en pourcentages cumulés, sont portés en ordonnée. En abscisse, on note sur une échelle logarithmique, les diamètres des mailles des tamis qui correspondent à la taille des grains. On obtient ainsi des courbes de cumulation rétrograde, dont la forme sera affectée par l'échelle choisie pour les ordonnées. On peut, en effet, adopter une ordonnée arithmétique, logarithmique, ou gaussienne. Pour obtenir des valeurs aussi proches que possible des paramètres utilisés en statistique, j'ai été amenée à utiliser en abscisse l'échelle de notation dite des unités phi, couramment employée en géologie. Phi est le cologarithme de base 2 de la dimension millimétrique de la variable. L'allure de la courbe caractérise la distribution du sédiment.

J'ai adopté une ordonnée gaussienne, ainsi que le recommande Berthois. Dans ce type de graphique, une courbe de cumulation rétrograde, fortement redressée, traduit un sédiment bien trié et homogène. En revanche, une courbe très étalée indique un sédiment mal trié, qui renferme des éléments de toutes les classes granulométriques. Les courbes peuvent également présenter un ou plusieurs points d'infexion qui rendent compte de l'absence de certaines catégories de sédiment. Un sédiment, représenté par une droite, aura une distribution du type normal, dite de Laplace-Gauss.

Il est possible de déterminer, à partir de la courbe cumulative, des paramètres qui caractérisent la distribution. Les définitions suivantes sont extraites de la thèse de Rosfelder (1960) :

1 - la médiane  $M$  représente la valeur du diamètre telle que la moitié de l'effectif se trouve de part et d'autre. Sur la courbe cumulative elle correspond à la valeur du diamètre pour la fréquence cumulée 50 p. 100 ;

2 - la moyenne  $\bar{X}$  peut être approchée en recherchant le milieu de l'intervalle qui sépare les deux percentiles symétriques P84 et P16 (Inman, 1952). Moyenne approchée  $\bar{X} = \frac{P84 + P16}{2}$  ;

3 - l'indice de Trask, « sorting index », ou indice de classement, exprime la pente de la courbe. Sa formule est  $So = Q1/Q3, Q1$  et  $Q3$  étant les abscisses dont les ordonnées sont respectivement 25 et 75 p. 100 ;

4 - l'indice de dispersion proposé par Otto (1939), correspond à une approche de l'écart-type. « Phi standard deviation »  $\sigma_{68} = \frac{P84 - P16}{2}$  (Inman, 1952) ;

5 - le diagramme de comparaison de la moyenne avec l'indice de dispersion étudie la relation entre ces deux paramètres. L'intérêt de ce graphique est de permettre d'isoler des populations pures de sédiments et de rendre compte des divers mélanges pouvant exister entre ces populations. La comparaison de ces deux paramètres (Folk et Ward, 1957) donne une figure sinusoïdale dans laquelle les zones de dispersion minimale correspondent à des populations pures, les zones de dispersion maximale à des mélanges de deux populations en proportions sub-égales, tandis que les zones intermédiaires sont le reflet des divers taux de mélange de ces populations. La sinusoïde n'est pas complète lorsqu'une classe granulométrique manque ;

6 - les différentes classes dimensionnelles sont définies de façon variable selon les chercheurs. J'ai adopté, par commodité, les divisions opérées par Hinschberger le long du spectre granulométrique :

- les cailloutis ont des largeurs supérieures à 2 cm ;
- les graviers occupent la gamme comprise entre 2 cm et 2 mm ;
- les sables grossiers ont des largeurs comprises entre 2 et 0,5 mm ;
- les sables fins forment la classe de 0,5 à 0,05 mm ;
- les pélites, enfin, sont les particules de diamètre inférieur à 50  $\mu$ .

D'autres équipes de géologues (Got, Monaco) considèrent que les grains de sables fins ont des dimensions situées entre 0,2 et 0,04 mm. L'importance de chaque classe, par rapport à l'ensemble du sédiment, est caractérisé par 5 gammes de pourcentages :

- moins de 5 p. 100 du sédiment total ;
- de 5 à 20 p. 100 ;
- de 20 à 50 p. 100 ;
- de 50 à 80 p. 100 ;
- de 80 à 100 p. 100.

Ces divisions sont surtout utilisées pour la réalisation des cartes sédimentologiques en couleur. Les classes sont représentées par des trames de couleurs différentes. Pour chaque trame, les pourcentages croissants correspondent à un pointillé de plus en plus serré. Pour l'établissement de cartes en noir et blanc, on est astreint à définir des catégories granulométriques qui reflètent les types de mélanges de ces différentes classes dimensionnelles. Pour déterminer ces types de sédiments, on utilise un diagramme triangulaire inspiré de Shepard ;

7 - le diagramme triangulaire est communément utilisé : à partir de la courbe, on calcule les pourcentages respectifs de trois classes dimensionnelles, non par rapport au sédiment total, mais par rapport à la somme des trois classes. Un sédiment est ainsi représenté par trois pourcentages dont la somme est égale à 100 ; on peut donc le figurer sur un diagramme triangulaire. Sur les côtés de celui-ci, divisés en 100 parties égales de 0 à 100 p. 100, on porte les pourcentages des trois classes choisies. J'ai retenu, suivant en cela Hinschberger et Saint-Requier, les graviers, les sables grossiers et les sables fins. Le triangle au premier plan de la figure 2 montre une série de catégories granulométriques allant des graviers purs (S1) aux sables fins (S5), en passant par les graviers sableux (S2), les sables graveleux (S3) et les sables grossiers purs (S4). Ces divisions ne sont pas entiè-

rement satisfaisantes, mais elles permettent une figuration assez simple des sédiments. Voulant intégrer les pélites dans ce graphique, j'ai été amenée à déplacer la série graphique des sables et des graviers le long d'un gradient croissant de pélites. Ainsi pourra-t-on distinguer les sables fins pélitiques (S5P3) des sables graveleux légèrement envasés (S3P1). Le tableau 1 résume, pour chaque indice, les pourcentages des phases composantes.

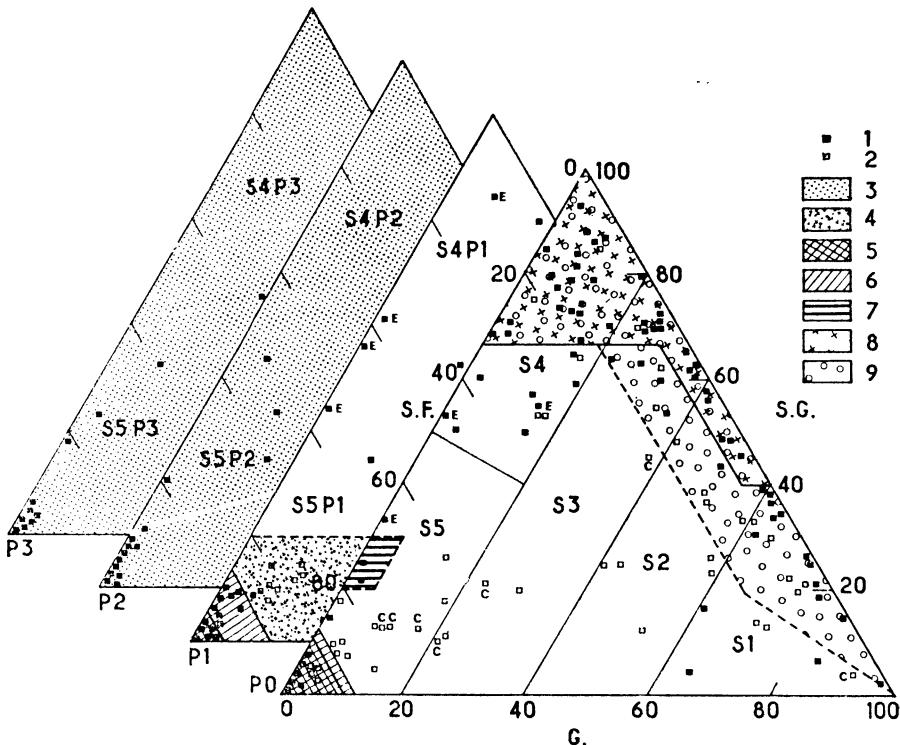


FIG. 2  
Diagramme triangulaire

1. Dragages en Baie d'Audierne ; 2. Dragages en Baie de Douarnenez ; 3. Communauté à *Brissopsis lyrifera* + *Maldane* et *Amphiura* (Aud.); 4. Communauté à *Maldane glebifex* (Douarnenez) ; 5. Communauté à *Venus gallina* ; 6. Peuplement à *Abra prismatica* ; 7. Peuplement à *Spisula ovalis* ; 8. Communauté à *Venus fasciata* (Audierne) ; 9. Communauté à *Venus fasciata* (Douarnenez) ; E : *Echinocyamus pusillus* ; C : *Cultellus pellucidus* ; G : gravier (> 2 mm) ; S.G. : sable grossier (de 0,5 à 2 mm) ; S.F. : sable fin (de 0,5 à 0,05 mm).

TABLEAU 1

	G	SG	SF	P	P	
S1	60/100	0/40	0/40	0/20	0,1/20	P1
S2	40/60	0/60	0/60	20/50	20/40	P2
S3	20/40	0/80	0/80	50/80	40/60	P3
S4	0/20	40/100	0/50	80/100	60/80	P4
S5	0/20	0/50	40/100		80/100	P5

Les chiffres en italique sont les modifications des classes pélitiques qui ne changent quasiment pas le tracé de la carte.

Suivant les auteurs, les régions géographiques et les types de sédiments les mieux représentés dans chaque région, les trois classes

granulométriques ont été choisies différemment. Duboul-Razavet et ses élèves à Banyuls ont divisé le sédiment en pélites, sables fins et sables grossiers, sans tenir compte de la fraction graveleuse. Glémarec rassemble les sables en une seule catégorie qu'il oppose aux pélites et aux graviers. Je n'ai pas adopté cette représentation, car les sédiments de l'Iroise, ayant presque toujours une teneur nulle en pélites, se trouveraient groupés sur une ligne, ce qui enlèverait tout intérêt graphique au diagramme triangulaire. Nous verrons dans le chapitre biologique, que cette disparité des classifications m'a conduite à remonter à l'ensemble de l'information granulométrique donnée par la courbe elle-même. Pour comparer la nature des relations entre les animaux et leur substrat dans des régions variées, il est en effet nécessaire de disposer de mesures comparables des paramètres.

### Cartographie des sédiments

La carte sédimentologique de la figure 3 est l'interprétation de la carte en couleur de Brest et de celle de Pont-Croix, imprimées par l'I.G.N. selon les indications de Hinschberger et Saint-Requier. J'ai été amenée à réduire l'importance des surfaces rocheuses dessinées sur les cartes précitées, aux emplacements où la drague a remonté des éléments de l'endofaune de substrats meubles. Cela ne veut pas dire que la roche n'existe pas à cet endroit, mais qu'il s'y trouve des trous de sable entre les masses rocheuses ou qu'un léger plaquage de sédiments suffit à abriter une endobiose. Cela s'applique, en particulier, à la crête sous-marine de Penmarc'h et au glacis du Raz.

La catégorie sédimentaire la mieux représentée, en baie de Douarnenez, est un sable fin siliceux à 30 p. 100 de calcaire, très remanié par les agents hydrodynamiques (S5). Ce sable épouse l'arrondi côtier, prolongeant sans discontinuité les bas de plages, jusqu'à la partie centrale de la baie, où il affronte l'apport organogène qui tend alors à le recouvrir. Le sable fin dépasse cette zone vers le Sud, s'arrêtant à peu de distance de la sortie de la baie. Le sable grossier coquillier, à 60 p. 100 de carbonate de calcium, se localisant au Nord, est formé en grande partie sur place, tandis qu'au Sud il s'agit d'un sable apporté d'Iroise par les courants de flot. Les formations de graviers sableux et de cailloutis s'allongent dans la direction du courant maximum. Enfin, comme dans les autres baies de l'Ouest de la Bretagne, on trouve dans une zone centrale, ici déjetée au Nord à l'abri du Cap de la Chèvre, une poche de vase. Du maërl, constitué ici par *Lithothamnium coralloides* (J. Cabioch, 1966) vit sur cette vase. Le pourcentage de pélites est faible, inférieur à 20 p. 100. Ce sédiment est donc plus exactement un sable très fin légèrement vaseux, auquel est liée une population bactérienne notable (Aubert et al., 1968).

Les formations pélítiques se trouvent dans la partie Sud de la baie d'Audierne, en particulier dans la dépression de Bigorn. La limite des pélites suit d'abord l'isobathe des 50 m, à l'Est et au Nord, ensuite elle rejoint vers l'Ouest l'isobathe des 100 m. La teneur en pélites de ces vases varie de 0,1 à 80 p. 100. La fraction sableuse est formée de sable fin, bien calibré, relativement riche en calcaire, sauf au voisinage des affleurements rocheux où la phase non pélítique devient hétérogène.

L'origine de cette vase est encore discutée. Elle est généralement attribuée à un diverticule de la Grande Vasière qui disparaît progressivement vers l'Ouest. Lors de mes plongées, j'ai pu observer la remise

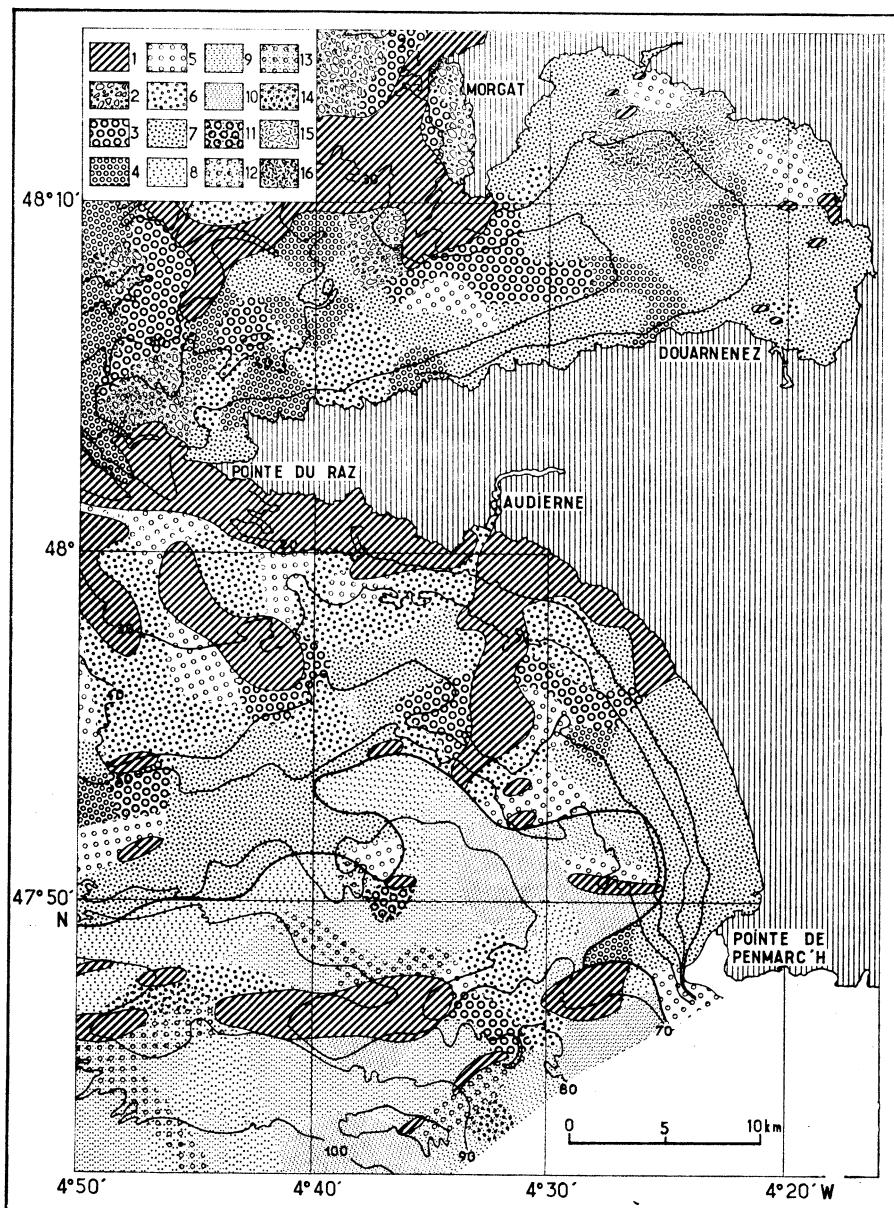


FIG. 3  
Carte sédimentologique

1. Roche ; 2. Cailloutis ; 3. S 1 : graviers ; 4. S 2 : graviers sableux ; 5. S 3 : sables graveleux ; 6. S 4 : sables grossiers ; 7. S 5 : sables fins ; 8. S 5 P1 ; 9. S 5 P2 ; 10. S 5 P3 ; 11. S 1 P1 ; 12. S 3 P1 ; 13. S 3 P2 ; 14. S 4 P2 ; 15. Maërl ; 16. Maërl + Pérites. Le trait noir renforcé indique la limite des pérites en baie d'Audierne. Les courbes de niveaux sont en traits plus fins.

en suspension de la vase légère et molle au-dessus du fond, en particulier durant les vives-eaux, les roches elles-mêmes étant couvertes d'une mince pellicule pélitique. Le courant de flot, légèrement dominant dans cette partie de la baie, s'étale dans la dépression centrale où il se ralentit fortement, ce qui permet aux particules fines de se déposer.

Les sables fins propres, bien calibrés, se divisent en deux grands ensembles :

a) au centre de la baie, une vaste langue de sables organogènes, formés en grande partie d'articles de Crisiidés, s'allonge d'Ouest en Est ; elle est limitée au Sud par les formations pélitiques. La teneur en calcaire de ces sables varie entre 70 et 99 p. 100. Il est important de noter que ces sables fins marquent la limite d'influence respective des apports pélitiques venant du Sud-Est et des sables grossiers arrivant du Nord-Ouest, que nous allons étudier plus loin. Cette frontière doit pouvoir subir de légères fluctuations. Les particules fines recouvrent le sable organogène jusqu'à une limite Nord qui varie avec les courants ;

b) près du littoral et continuant les bas de plage, une autre nappe de sables fins purs très bien triés par les houles, renferme un fort pourcentage de grains de quartz et contient assez peu de calcaire : de 45 à 60 p. 100. Des sables et des graviers succèdent, vers le Nord, aux sables fins organogènes. Ils se disposent en auréoles concentriques autour des affleurements rocheux du glacis du Raz. Le gradient de répartition de ces sédiments est sous l'influence des courants de jusant qui, du Nord au Sud, déposent des particules de plus en plus fines, lorsqu'ils diminuent progressivement de vitesse. Ces sables et graviers renferment de 68 à 97 p. 100 de calcaire. Les fonds rocheux et les cailloutis se trouvent dans les zones de forts courants du glacis du Raz et de la crête Ouest de Penmarc'h. En baie d'Audierne, plus nettement encore qu'en baie de Douarnenez, la sédimentologie donne un reflet fidèle de la direction et de la vitesse des courants alternants.

### Conclusion

Les sédiments de Douarnenez se relient directement à ceux de l'Iroise (Hinschberger et al., 1967). Ce sont, si on excepte la poche de sable vaseux, des graviers et sables grossiers coquilliers, mal triés, ou des sables fins minéraux, très remaniés. Les sédiments d'Audierne s'en distinguent par les caractères suivants : les graviers et sables grossiers sont mieux triés, les sables fins sont plus coquilliers, organogènes, enfin, les pérites sont beaucoup mieux représentées en surface, en étendue et en pourcentage.

TABLEAU 2

Classement du sédiment	$\sigma$ 68
Extrêmement bien classé	< 0,4
Très bien classé	0,4-0,8
Bien classé	0,8-1,2
Moyennement classé	1,2-2,4
Mal classé	2,4-3,6
Très mal classé	3,6-4,8
Extrêmement mal classé	> 4,8

## ÉCOLOGIE

Après avoir suivi la répartition des fonds sédimentaires, nous allons examiner la faune qui peuple ces substrats.

Il était souhaitable d'obtenir une synthèse de la distribution des peuplements benthiques sur la totalité du plateau continental qui borde le massif armoricain. Le domaine septentrional, la Manche, a fait l'objet d'un mémoire de Cabioch (1968) ; pour la marge méridionale correspondant au Nord du Golfe de Gascogne, Glémarec a publié le résultat de ses observations (1969). Mon travail concerne la région de l'Iroise qui n'avait pas été étudiée auparavant. Les alentours de l'Île de Sein ont déjà été présentés (Hinschberger, Saint Requier et Toulemont, 1967). Cette étude des baies de Douarnenez et d'Audierne contribue à combler la zone non encore cartographiée.

Pour définir les peuplements, j'emploierai le terme de communauté qui permet de se référer aux groupements faunistiques décrits dans les régions climatiques assez proches (Petersen, 1913, 1915, 1918 ; Ford, 1923 ; Mölander, 1928 ; Spark, 1937 ; Jones, 1950 ; Thorson, 1957, 1958 ; Buchanan, 1963 ; Holme, 1966) ; il autorise une comparaison avec les biocoénoses méditerranéennes (Pérès, 1961 ; Picard, 1965). Mais il est évident que ce terme, tout comme celui de biocoénose, dont l'utilité dans les études de bionomie n'est plus à démontrer, verra d'ici quelques années sa signification et son acceptation modifiées par l'amélioration des méthodes « sociologiques » (Gislen, 1930) du benthos. Sans entrer dans le détail de ces méthodes, je ne donnerai que les grandes directions d'investigations actuelles.

Le développement des analyses statistiques par l'usage des ordinateurs autorise trois courants d'idées principaux :

1. La recherche de modèles de distributions spécifiques (Mac Arthur, 1960 ; Cassie, 1968 ; Fager, 1968 ; Sanders, 1968 ; Banse et Paulik, 1969) intègre le rôle des facteurs édaphiques et des facteurs biologiques dans les groupements.

2. Le concept de continuum (Curtis, 1955 ; Mac Intosh, 1967) traduit la notion de variation continue d'un peuplement en suivant la répartition des espèces le long d'un certain nombre de gradients écologiques.

3. La notion de nodum (Poore, 1962 ; Boudouresque, 1971) tente de lier biocoénoses et continuum, c'est-à-dire de rendre compte à la fois des affinités interspécifiques et des variations d'un peuplement le long d'un gradient édaphique. L'analyse factorielle des corrélations interspécifiques (Goodall, 1954 ; Dagnelie, 1960), appliquée à un transect bathymétrique, permet à Boudouresque (1970, 1971) de diviser les biotopes d'algues sciaphiles en « nodal », peuplements distincts entre lesquels existe une discontinuité concordante : l'écotone est constitué d'espèces ubiquistes.

Le cycle biologique, le métabolisme, le comportement de chaque espèce étudiée, non seulement dans la communauté qui lui est propre mais dans tous les peuplements où elle est présente, fait actuellement l'objet de nombreux travaux. La synthèse de ces recherches substituera à la phisionomie statique d'un peuplement une vision dynamique de l'évolution saisonnière, temporelle et spatiale de l'arrangement des espèces. Le schéma évolutif donnera la possibilité de prévoir les réactions du benthos aux changements des facteurs du milieu.

Ainsi, ces tendances actuelles rendent caduques les discussions subjectives sur le contenu écologique des communautés et biocoénoses. Les données présentées ici n'étant ni quantitatives ni statistiques, je donnerai à la communauté un sens empirique, en distinguant carto-

graphiquement les divers composants pour permettre de reprendre ces résultats dans une étude quantitative ultérieure. Je réserverais habituellement le mot peuplement aux groupements non décrits en tant que communautés, mais qui me paraissent individualisés tant par leur édaphotope (Glémarec, 1969) que par leur stock spécifique.

#### A) Distribution des peuplements.

Il convient de lire la carte (Fig. 4) en prenant comme point de départ les principales masses rocheuses. Les peuplements s'agencent en zones successives de plus en plus éloignées des rochers, suivant en cela la répartition des divers sédiments, ainsi que la décroissance progressive de l'intensité des courants. Un premier massif rocheux très étendu prolonge vers le Sud-Ouest le Cap de la Chèvre : s'écartant de lui, la succession des formations benthiques se déploie vers l'intérieur de la baie de Douarnenez. A partir d'une deuxième barre rocheuse qui borde au Sud le Cap Sizun, la suite des peuplements se réalise sensiblement du Nord au Sud de la baie d'Audierne, jusqu'à la crête sous-marine de Penmarc'h qui sépare la baie du Golfe de Gascogne. La dernière bande rocheuse s'étire en éperon enraciné au milieu de l'anse d'Audierne ; à son niveau, s'observe une distribution rayonnante.

En suivant le gradient granulométrique décroissant des substrats, j'ai distingué les peuplements suivants :

1. l'épifaune sessile des roches et cailloutis ;
2. l'épifaune vagile des roches, cailloutis et graviers ;
3. le faciès à *Branchiostoma lanceolatum* des graviers et graviers sableux ;
4. la communauté à *Venus fasciata* des sables grossiers colmatés ;
5. le peuplement à *Armandia polyophtalma* des sables moyens ;
6. le peuplement à *Abra prismatica* des sables fins calcaires ;
7. le peuplement à *Venus gallina* des sables minéraux fins bien classés ;
8. la communauté à *Maldane glebifex* du maërl envasé de Douarnenez ;
9. la communauté à *Astrorhiza limicola* des sables fins comportant de 0 à 40 p. 100 de pélites ;
10. la sous-communauté à *Maldane glebifex*, *Amphiura chiajei* et *Amphiura filiformis* des sables hétérogènes pélitiques d'Audierne ;
11. la communauté à *Brissopsis lyrifera* des sables fins pélitiques.

##### 1. EPIFAUNE SESSILE DES FONDS DURS

Mon étude étant centrée sur l'épifaune et l'endofaune des sédiments je me contenterai de citer les principales espèces rencontrées.

Les Mollusques et Polychètes sessiles et les Brachiopodes ne sont pas cités, étant donné leur faible représentativité dans l'une et l'autre baie.

Cette épifaune appartient, en majeure partie, à la biocénose des fonds durs à *Axinella dissimilis* du circalittoral, analysée en Manche par Cabioch (1968).

En dehors du matériel récolté par dragages, j'ai pu observer certains aspects de l'épifaune au cours de sept plongées en scaphandre autonome (1), dans la baie d'Audierne où j'ai également réalisé, en collaboration avec Fourmaintraux, Hinschberger et Saint Requier, un film de télévision sous-marine. Pour la baie de Douarnenez, j'ai utilisé les indications d'un film sous-marin provenant d'une mission d'initiation géologique à bord du « Jean-Charcot » (2). Ayant travaillé seule dans cette baie, je n'ai malheureusement pas eu la possibilité d'y effectuer des plongées.

Liste des principales espèces :

Foraminifères

*Miniacina miniacea* (Pallas)

Spongaires

*Geodia cydonium* (3) (Jameson)

*Pachymatisma johnstonia* (Bowerbank)

*Polymastia agglutinans* Ridley et

Dendy

*Suberites carnosus* (Johnston)

*Axinella dissimilis* (Bowerbank)

*Phakellia ventilarum* (Johnston)

*Stelligera stuposa* (Montagu)

*Ciocalypta penicillus* Bowerbank

*Iophonopsis nigricans* (Bowerbank)

Cnidaires

*Tubularia indivisa* Linné

*Diphasia attenuata* Hincks

*Sertularia gayi* (Lamouroux)

*Sertularia argentea* (Linné)

*Amphisbetia operculata* (Linné)

*Nemertesia antennina* (Linné)

*Nemertesia ramosa* Lamarck

*Aglaophenia tubulifera* Hincks

*Alcyonium digitatum* Linné

*Eunicella verrucosa* (Pallas)

*Epizoanthus couchi* (Johnston)

*Metridium senile* (Linné)

*Corynactis viridis* Allman

*Dendrophylbia cornigera* Lamarck

*Caryophyllia smithi* Stokes

Bryozoaires

*Hippodiplosia foliacea* (Ellis et Solander)

*Porella cervicornis* (Pallas)

*Porella compressa* (Sowerby)

*Porella concinna* (Busk)

*Reptadeonella violacea* (Johnston)

*Sertella couchi* (Hincks)

*Cellepora pumicosa* Linné

*Omalosecosa ramulosa* (Linné)

*Alcyonidium gelatinosum* (Linné)

*Filicristia geniculata* (Milne-Edwards)

*Crisia eburnea* (Linné)

*Crisia denticulata* (Lamarck)

Crustacés

*Verruca stromia* (O.F. Müller)

*Pyrgoma anglicum* Leach

*Scalpellum scalpellum* (Linné)

Ascidies

*Stolonica socialis* Hartmeyer

*Dendrodoa grossularia* Van Beneden

*Botryllus schlosseri* (Pallas)

*PolySyncraton lacazei* (Giard)

(1) Grâce à Y. Jaouen qui a accepté de m'accompagner ; je ne saurais assez lui en dire ma gratitude.

(2) Je suis très reconnaissante au C.N.E.X.O. de m'avoir permis de consulter une copie de ce film.

(3) La seule station où j'ai récolté ce Spongiaire de grande taille a été réalisée à bord du « Jean-Charcot ». J'ai pu photographier cette espèce et en ramasser un fragment lorsque j'ai effectué les essais d'une benne-caméra construite par le C.R.E.O. Cet appareil photographie la surface du fond que la benne prélève quelques secondes plus tard. C'est un engin lourd et encombrant qui ne peut être utilisé sur le Gwalarn. Je remercie M. Forest de m'avoir permis de l'utiliser lors de la mission du Muséum National d'Histoire Naturelle qu'il dirigeait en décembre 1969.

L'épifaune sessile à *Axinella dissimilis* se retrouve sur les blocs ou sur les coquilles dans la communauté à *Venus fasciata* et, naturellement avec l'épifaune vagile des fonds durs que nous allons examiner maintenant.

## 2. EPIFAUNE VAGILE DES ROCHES, CAILLOUTIS ET GRAVIERS A *OPHIOTHRIX FRAGILIS* (ABILDGAARD).

Elle est dominée par les Echinodermes. C'est ainsi qu'abondent les Stellérides *Marthasterias glacialis* (Linné), *Asterias rubens* Linné et les Oursins réguliers *Psammechinus miliaris* (Gmelin) et *Echinus esculentus* Linné. Celui-ci apparaît sur le film de télévision sous-marine avec une densité de trois individus sur deux mètres carrés. Est également très fréquente *Holothuria forskali* dont j'ai observé en plongée une variété très peu pigmentée. Bien que je n'ai pas eu l'occasion de la récolter, la Langouste est fréquente, surtout dans les roches du Raz de Sein (communication de G. Conan). Il faut citer aussi les Congres et les foules de Labres et Crénilabres familiers aux plongeurs. Mais l'espèce la plus caractéristique des fonds durs est l'Ophiure filtreuse de particules en suspension : *Ophiothrix fragilis*, en baie de Douarnenez et à ses abords. Elle est accompagnée, en égale abondance, d'*Ophiocomina nigra*. Cette dernière disparaît complètement en baie d'Audierne. Glémarec la retrouve avec *Ophiothrix* dans la faible proportion d'une *Ophiocomina* pour 100 *Ophiothrix*, dans le Morbihan et le Mor Braz. En Manche, Cabioch la récolte dans les populations d'*Ophiothrix* à raison de 1 pour 200 environ. Son abondance à Douarnenez apparaît exceptionnelle pour la région. Sur les graviers de l'entrée de la baie de Douarnenez et sur le maërl envasé, l'abondance des deux espèces atteint le millier d'individus par dragage. Sur les côtes anglaises, dans la région du Devon, Warner (1971) signale, en plongée, une densité moyenne de 1330 *Ophiothrix* par m<sup>2</sup> sur gravier sableux. La localisation de cette Ophiure sur le maërl envasé de Douarnenez se rapproche de l'habitat d'*Ophiothrix quinquemaculata* dont Guille (1965) a étudié la biologie en détail.

Ces deux Ophiures rhéophiles ont un taux métabolique important (Ursin, 1960) nécessitant un apport substantiel de particules alimentaires et un renouvellement d'oxygène. Ces conditions sont remplies près des roches et dans le « goulet » qui canalise les courants chargés de matière organique. Cette épifaune vagile est ainsi superposée à l'épifaune sessile, aux fonds à *Branchiostoma* et à *Venus fasciata* ainsi qu'au maërl.

## 3. FACIES A *BRANCHIOSTOMA LANCEOLATUM* (PALLAS) DES GRAVIERS ET GRAVIERS SABLEUX

Prenant (1927) désigne par faciès une subdivision d'un peuplement caractérisée par la dominance d'une espèce par rapport aux autres. Guille (1970) a repris cette expression. La dominance de *Branchiostoma* au sein de la communauté à *Venus fasciata* s'accompagne d'une légère différence dans la texture du sédiment. Celui-ci est plus hétérogène et n'est pas colmaté par une fraction fine comme le substrat habituel de *Venus fasciata*. Les courants assez forts au

niveau du fond créent dans les graviers perméables une circulation d'eau chargée en matière organique.

Le cortège des espèces accompagnatrices est le même que celui de *Venus fasciata* :

*Glycymeris glycymeris* (Linné)  
*Gari tellinella* (Lamarck)  
*Gari costulata* (Turton)  
*Venus ovata* Pennant  
*Gastrarium minimum* (Montagu)  
*Cardium crassum* Gmelin  
*Hyalinoecia bilineata* Baird  
*Glycera lapidum* Quatrefages  
*Nephthys rubella* Michaelson  
*Ampelisca spinipes* Boeck  
*Ophiura albida* Forbes

*Chlamys opercularis* (Linné)  
*Chlamys tigerina* (Müller)  
*Venus casina* Linné  
*Tellina crassa* Pennant  
*Dentalium vulgare* Da Costa  
*Lumbriconereis fragilis* (Müller)  
*Glycera gigantea* Quatrefages  
*Nephthys incisa* Malmgren  
*Polygordius lacteus* Schneider  
*Ebalia tuberosa* (Pennant)  
*Echinocardium cordatum* (Pennant)

*Chlamys tigerina* vit dans le gravier le plus grossier. Il faut noter l'absence des Molgules pourtant très abondantes dans le reste de l'Iroise.

#### 4. LA COMMUNAUTÉ A *VENUS FASCIATA* (DA COSTA) DES SABLES GROSSIERS COLMATÉS PAR UNE FRACTION PLUS FINE

Cette communauté est celle qui est le mieux représentée en Iroise où elle s'étale largement. Dans les baies, au contraire, elle s'affronte aux peuplements concurrentiels des sables fins côtiers ce qui provoque des intrications marginales.

Les espèces accompagnatrices viennent d'être énumérées à propos du faciès à *Amphioxus*. Notons l'absence d'*Astarte sulcata* qui est plus « profonde ».

#### 5. LE PEUPLEMENT A *SPISULA ELLIPTICA* (BROWN), *SPISULA OVALIS* (SOWERBY) ET *ARMANDIA POLYOPHTHALMA* KÜKENTHAL DES SABLES MOYENS ET FINS.

Ce groupe écologique est individualisé en baie de Douarnenez. Dans la baie d'Audierne, les 3 espèces ne sont pas réunies dans le même biotope. La composition du peuplement est l'équivalent de celui à *Abra prismatica* d'Audierne :

*Spatangus purpureus* O.F. Müller  
*Monoculodes subnudus* (Norman)  
*Gastrosaccus spinifer* (Goës)  
*Bathyporeia guilliamsoniana* (Bate)

*Hippomedon denticulatus* (Bate)  
*Cultellus pellucidus* (Pennant)  
*Owenia fusiformis* delle Chiaje

Un lot d'espèces ubiquistes assure la transition entre ces sables et la communauté à *Venus gallina*, celle-ci étant confinée dans les fonds inférieurs à 20 m :

*Philine quadripartita* Ascanius  
*Cultellus pellucidus* (Pennant)  
*Owenia fusiformis* Della Chiaje  
*Acteon tornatilis* (Linné)

*Iphinoe tenella* G.O. Sars  
*Melita obtusata* Bate  
*Gastrosaccus normani* G.O. Sars

Ce peuplement occupe une très vaste surface, repérable sur le film sous-marin par les innombrables petites rides qui la festonnent,

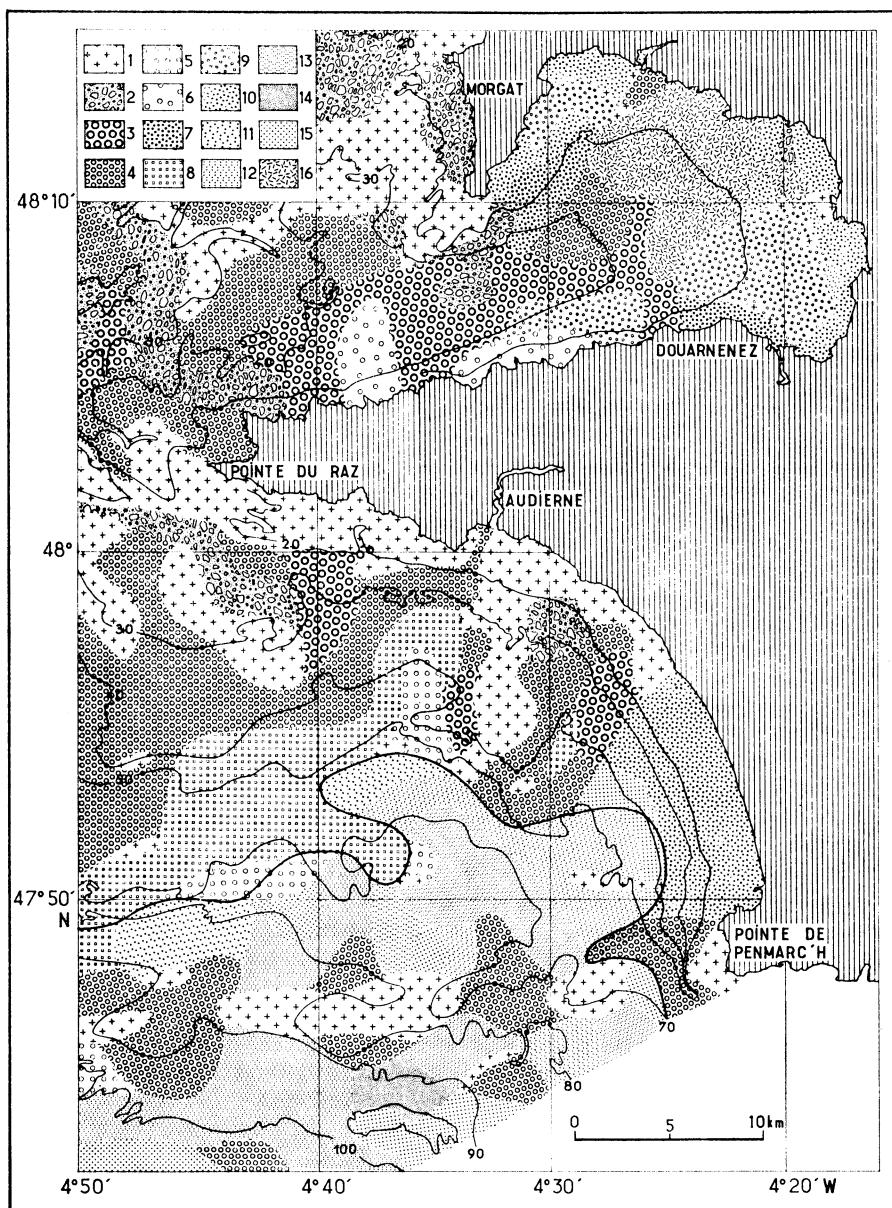


FIG. 4  
Carte des peuplements

1. Epifaune de roche ; 2. Peuplements d'Echinodermes de fonds caillouteux ;
3. Faciès à *Branchiostoma lanceolatum* ; 4. Communauté à *Venus fasciata* ; 5. Sous-communauté à *Venus casina* ; 6. Peuplement à *Spisula elliptica* ; 7. Peuplement à *Armandia polyophtalma* ; 8. Peuplement à *Abra prismatica* ; 9. Peuplement à *Philine quadripartita* ; 10. Communauté à *Venus gallina* ; 11. Faciès à *Astrorhiza limicola* ; 12. Communauté à *Brissopsis* + *Maldane* et *Amphiura* ; 13. Communauté à *Brissopsis* sans *Maldane* ; 14. Peuplement à *Brissopsis lyrifera* + *Haplooops tubicola* ; 15. Peuplement à *Maldane* sans *Brissopsis* ; 16. Peuplement à *Maldane glebifex* (Douarnenez).

Il est l'équivalent du peuplement à *Abra prismatica* d'Audierne. Dans les deux cas, l'influence des courants est très faible ; elle est relayée par l'action des houles.

#### 6. LE PEUPLEMENT A *ABRA PRISMATICA* (MONTAGU) DES SABLES FINS PROPRES BIEN CLASSÉS DU CIRCALITTORAL

En baie d'Audierne, les sables organogènes contenant en abondance des articles de Crisiidés, présentent une surface marquée de rides de 20 cm de hauteur et d'un mètre de longueur d'onde ainsi qu'il apparaît nettement sur le film sous-marin. Ils abritent, outre le Molusque « chef de file », une série d'animaux relativement ubiquistes :

<i>Venus casina</i> Linné	<i>Spisula elliptica</i> (Brown)
<i>Owenia fusiformis</i> delle Chiaje	<i>Nucula hanleyi</i> Winckworth
<i>Echinocyamus pusillus</i> (O.F. Müller)	<i>Ophiura affinis</i> Lütken
<i>Ampelisca brevicornis</i> (Da Costa)	<i>Nassarius pygmaeus</i> (Lamarck)
<i>Gastrosaccus spinifer</i> (Goës)	<i>Ophiura texturata</i> Lamarck
<i>Spatangus purpureus</i> (O.F. Müller)	<i>Lanice conchilega</i> (Pallas)

Le Lamellibranche *Venus casina* occupe les sables moyens situés entre les sables grossiers à *Venus fasciata* et le peuplement de sables fins à *Abra prismatica*. Il est donc associé au stock spécifique de *Venus fasciata* lorsqu'il vit dans les sables grossiers et à celui d'*Abra prismatica* dans les sables moins grossiers. *Venus casina*, espèce circalittorale, est mieux représentée en baie d'Audierne où les profondeurs sont plus importantes.

#### 7. LA COMMUNAUTÉ A *VENUS GALLINA* (= *VENUS STRIATULA*) DES SABLES FINS BIEN CLASSÉS DE L'INFRALITTORAL

En baie de Douarnenez, il n'y a pas de discontinuité entre cette communauté et le peuplement à *Cultellus*, le sédiment qui les renferme est de même nature. Les herbiers de Zostères, signalés par Prenant en 1939 entre Morgat et L'Aber, sont actuellement localisés entre Morgat et le Cap de la Chèvre ; ils abritent, eux aussi, la communauté à *Venus gallina*. A Audierne, celle-ci est séparée topographiquement des sédiments homologues du circalittoral à *Abra prismatica*. Récemment, Massé (1971) a fourni une étude biologique et écologique détaillée des espèces composant cette communauté, en suivant en plongée l'évolution saisonnière des fonds à *Venus gallina* de la région de Marseille.

Les espèces principales sont :

<i>Spisula subtruncata</i> (Da Costa)	<i>Hyalinoecia grubii</i> Marenzeller
<i>Balcis alba</i> (Da Costa)	<i>Pandora albida</i> (Roding)

#### 8. LA COMMUNAUTÉ A *MALDANE* DU MAËRL ENVASÉ DE L'INFRALITTORAL

Il faut noter l'absence complète de maërl en baie d'Audierne. A Douarnenez, sur un sable fin dont la teneur en pélite ne dépasse pas 6 p. 100, vit *Lithothamnium corallioïdes* (Cabilioch, 1966).

La composition faunistique est la suivante :

<i>Corbula gibba</i> (Olivier)	<i>Stylariooides eruca</i> (Claparède)
<i>Cardium papillosum</i> Poli	<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin et Milne-Edwards).
<i>Dentalium novemcostatum</i> Lamarck	<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje)
<i>Trachythione elongata</i> (Düben et Koren)	<i>Nephthys bilobata</i> (Heinen)
<i>Macropipus pusillus</i> (Leach)	<i>Owenia fusiformis</i> Delle Chiaje
<i>Ebalia tuberosa</i> (Pennant)	

Les peuplements que nous allons envisager maintenant n'existent qu'en baie d'Audierne où la teneur en pélite des sables fins varie de 0,1 à 60 p. 100. Sur la figure 4, la ligne renforcée indique la limite des pélites.

#### 9. LA COMMUNAUTE A *ASTRORHIZA LIMICOLA* SANDHAL DES SABLES FINS COMPORTANT MOINS DE 40 p. 100 DE PÉLITES

Glémarec (1969) fait de cette communauté, décrite en Mer du Nord par Caspers (1950), un peuplement unique avec *Abra prismatica*. Je l'en distinguerai car elle annonce le passage à des fonds nettement plus vaseux. Elle se trouve avec des espèces ubiquistes eurytopes telles que *Lanice conchilega* (Pallas) et *Ditrupa arietina* (Müller), *Cultellus pellucidus*, *Dentalium entalis* Linné, *Echinocyamus pusillus* (O.F. Müller).

#### 10. LA SOUS-COMMUNAUTÉ A *MALDANE GLEBIFEX* GRUBE — *AMPHIURA FILIFORMIS* (O.F. MÜLLER) — *AMPHIURA CHIAJEI* FORBES, DES SABLES PÉLITIQUES CONTENANT DE 10 A 60 p. 100 DE PÉLITES

Les courants ont une vitesse nulle pendant plusieurs heures de la marée. De nombreux Invertébrés peuplent les fonds à *Amphiura* situés surtout à la périphérie de la dépression de Bigorn.

<i>Myrte spinifera</i> (Montagu)	<i>Oerstergrenia digitata</i> (Montagu)
<i>Abra alba</i> (Wood)	<i>Sternaspis scutata</i> Ranzani
<i>Abra nitida</i> (Müller)	<i>Terebellides stroemii</i> Sars
<i>Nucula sulcata</i> Brönn	<i>Goniada maculata</i> Oersted
<i>Nucula nucleus</i> (Linné)	<i>Melinna palmata</i> Grube
<i>Dentalium entalis</i> (Linné)	<i>Hyalinoecia tubicola</i> (O.F. Müller)
<i>Dosinia lupinus</i> (Linné)	<i>Glycera rouxi</i> Audouin et Milne-Edwards.
<i>Natica catena</i> Da Costa	<i>Ditrupa arietina</i> (Müller)
<i>Solecurtus chamasolen</i> (Da Costa)	<i>Owenia fusiformis</i> delle Chiaje
<i>Goneplax rhomboides</i> (Linné)	<i>Notomastus latericeus</i> Sars
<i>Alpheus glaber</i> (Olivier)	<i>Pectinaria auricoma</i> (Müller)
<i>Ophiothrix fragilis</i> (Abildgaard)	<i>Pectinaria koreni</i> Malmgren
<i>Astropecten irregularis</i> (Linck)	
<i>Luidia ciliaris</i> (Philippi)	

#### 11. LA COMMUNAUTÉ A *BRISSEOPSIS LYRIFERA* DANS LES SABLES LES PLUS PÉLITIQUES

Le stock spécifique est identique au précédent. *Brissopsis* est sténotope, limité aux sables fins comportant de 40 à 60 p. 100 de pélites. Vers la limite Sud de la carte, débute la zone plus profonde, explorée grâce à la Pelagia, navire de l'Institut scientifique et technique des Pêches maritimes. Trois dragages de cette mission sont ainsi intégrés dans le cadre de la baie d'Audierne. Ils ont fourni, outre *Brissopsis*, un Amphipode *Haploops tubicola* Lilljeborg qui vit dans la vase sableuse de la grande vasière (Glémarec, 1968) ; cette

dernière ne présente pas de solution de continuité avec la formation pélitique d'Audierne (1).

En conclusion, se dégage du figuré cartographique une succession de peuplements qui peuvent être considérés comme autant de groupes écologiques nodaux, entre lesquels des espèces eurytopes ou des peuplements de transition groupant des espèces ubiquistes s'imbriquent comme les maillons d'une chaîne.

La comparaison de la carte sédimentologique et de la carte biologique indique une affinité entre les peuplements et les caractères du substrat. Cette relation peut être précisée de plusieurs manières.

#### B) Représentations diverses des relations entre la faune et les sédiments.

La figuration le plus souvent utilisée consiste à indiquer, chez chaque espèce, les valeurs limites de la médiane et de l'indice de Trask pour l'ensemble des sédiments où peut vivre cette espèce (Bouchet, 1968 ; Cabioch, 1968). Ces deux valeurs permettent de situer dans le spectre dimensionnel la nature moyenne de l'édaphotope de l'espèce. Il eût été préférable de choisir un autre paramètre que la médiane. Celle-ci ne représente que la dimension du grain moyen ; elle ne donne aucune information sur la forme de la courbe de part et d'autre du deuxième quartile (50 p. 100). La médiane n'étant pas un paramètre calculé, on ne peut établir de relation graphique entre elle et l'indice de Trask. Bouchet (1968) a tourné la difficulté en traçant pour chaque espèce une figure comportant les limites de la médiane, de  $q_1$  (25 p. 100) et de  $q_3$  (75 p. 100) : trois valeurs lues directement sur la courbe.

Apportant une précision sur les différentes fractions dimensionnelles, Glémarec (1966) utilise le diagramme triangulaire de Shepard (1954) qui indique pour chaque sédiment les pourcentages relatifs de trois classes granulométriques. Toulemont (1967) et Guille (1970a) ont adapté cette figuration aux sédiments qu'ils étudiaient, en définissant des classes dimensionnelles différentes. Il devient alors malaisé de comparer la localisation sédimentologique d'une même espèce, d'un auteur à l'autre ; c'est l'inconvénient essentiel de ce diagramme qui perd ainsi une bonne part de son intérêt graphique. Sur la figure 2, la teneur en pélite est divisée en gammes, représentées par quatre triangles. La communauté à *Venus fasciata* est, dans les deux baies, répartie entre le sable grossier et le gravier. *Venus gallina* et *Abra prismatica* sont confinées dans le sable fin pur, parfois contaminé par un faible pourcentage de pélites. La communauté à *Maldane* présente une localisation différente dans les deux baies. La baie de Douarnenez n'ayant pas l'équivalent des sables fins pélitiques d'Audierne, *Maldane* et *Amphiura filiformis* sont installés dans le sédiment le plus pélitique. Pour améliorer la lecture de la figure, j'ai reporté la distribution de quelques espèces seulement. Il faut noter que j'ai adopté ici une disposition différente de celle antérieurement utilisée

(1) Toute ma gratitude va à M. Furnestin, directeur de l'I.S.T.P.M. qui, en m'autorisant à utiliser la Pelagia avec mes collègues géographes, a rendu possible l'expansion de notre terrain de recherche jusqu'à la pente continentale.

(Hinschberger, 1967), en ce qui concerne la répartition des pourcentages des trois catégories granulométriques sur les côtés du triangle. Je l'ai fait à la demande de biologistes qui en espéraient une meilleure comparaison avec leurs propres résultats. Il ne me semble pas que ce but soit atteint ; cette difficulté m'a conduite à chercher une représentation permettant une comparaison immédiate et visuelle avec les résultats des autres benthologues, tout en amputant au minimum les informations précises fournies par l'analyse granulométrique.

### C) Aires enveloppes.

#### MÉTHODE

Sur le même graphique, je reporte les courbes granulométriques relatives aux stations où une espèce donnée est présente. Ces courbes se groupent suivant un faisceau plus ou moins large qu'il est possible d'inclure entre deux courbes extrêmes ; c'est l'espace compris entre ces courbes que j'appelle aire enveloppe, les courbes limites étant les courbes enveloppes. J'ai calculé également une courbe moyenne ou courbe type en faisant la moyenne des pourcentages de chaque refus de tamis pour toutes les courbes. Je n'ai pas porté la courbe type sur les graphiques pour éviter toute surcharge. De la même façon, j'ai établi les aires enveloppes des peuplements en superposant sur un même graphique les aires enveloppes des espèces préférantes du peuplement.

#### HISTORIQUE

Je n'ai trouvé qu'un seul travail utilisant de façon exhaustive cette méthode des aires enveloppes pour caractériser la relation entre l'endofaune et le sédiment qui lui est propre. C'est l'étude, faite dans la région de Caen par le géologue Dorel (1967), de l'influence des caractéristiques physicochimiques des sables et graviers littoraux sur leur peuplement en Mollusques comestibles fouisseurs, en particulier *Tapes decussatus*, *Cardium edule*, *Solen marginatus*, *Ensis ensis*.

#### DESCRIPTION DES AIRES ENVELOPPES

La figure 6 représente l'aire enveloppe d'*Owenia fusiformis* que nous prendrons comme exemple. Sur le graphique, l'échelle du diamètre des grains est indiquée en mm à la partie supérieure, en unités Phi sur l'abscisse inférieure. Les pourcentages indiquent à gauche la teneur en pélites, à droite la teneur en graviers et sables. A Douarnenez, l'aire enveloppe a pour limites de la moyenne 0,1 et 1,25 mm. A l'intérieur de cette aire, il est possible de distinguer une aire d'habitat préférentiel, localisée entre les moyennes 0,18 à 0,6 mm ; elle correspond à une zone de densité maximale où ce Polychète présente une abondance de plus de 80 individus par dragage. Pour le reste de l'aire enveloppe, *Owenia* est représentée avec une faible abondance dans les prélèvements. Par ailleurs, comme la plupart des espèces, le Polychète présente une tendance à coloniser les fonds voisins de son « terri-

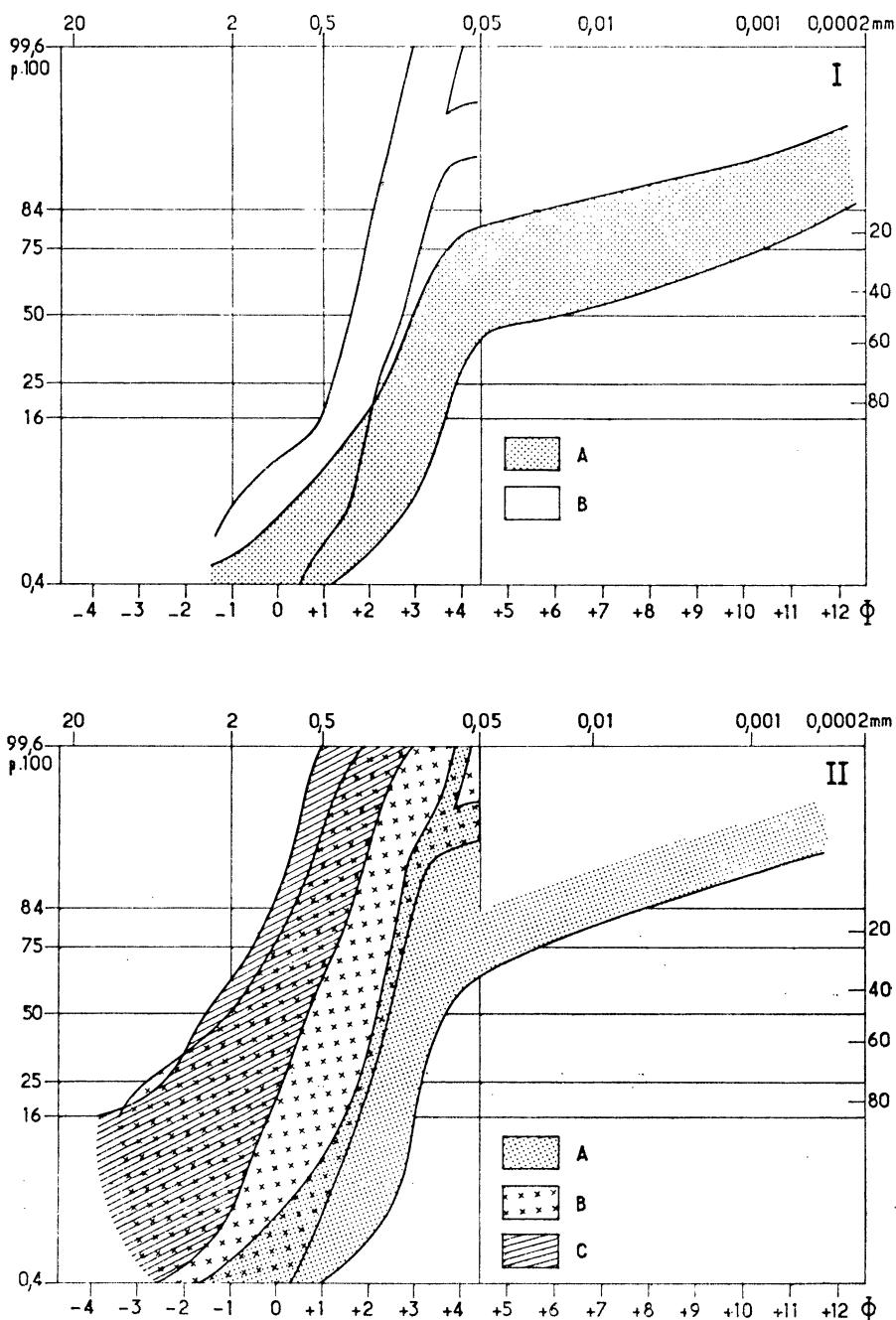


Fig. 5  
Aires enveloppes de différents Mollusques

I. Aires enveloppes de 3 espèces d'*Abra* (Baie d'Audierne); A. *Abra nitida* - *Abra alba*; B. *Abra prismatica*.

II. Aires enveloppes de 4 espèces de *Venus* (Baie d'Audierne). A. *Venus gallina* ; B. *Venus casina* ; C. *Venus fasciata* - *Venus ovata*.

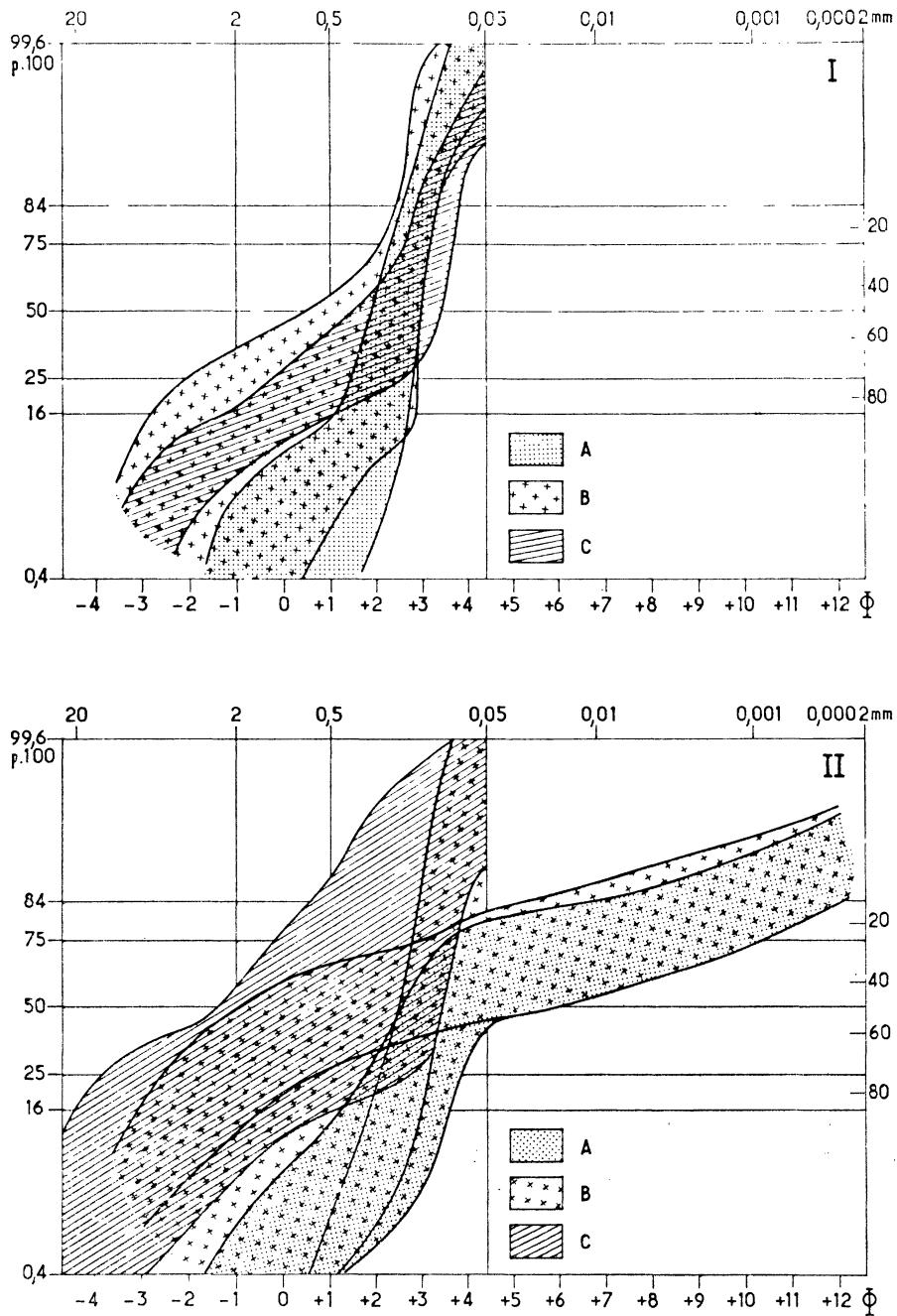


FIG. 6

I. Aires enveloppées d'*Owenia fusiformis*.A. Baie d'Audierne ; B. Baie de Douarnenez, de 1 à 80 individus par dragage ;  
C. Baie de Douarnenez, plus de 80 individus par dragage.II. Aire enveloppe de la communauté à *Brissopsis lyrifera*.A. Communauté à *Brissopsis lyrifera* (Baie d'Audierne) ; B. Sous-communauté à *Maldane glebifex*, *Amphiura filiformis* et *A. chiajei* (Baie d'Audierne) ; C. Communauté à *Maldane glebifex* (Baie de Douarnenez).

toire », ces fonds étant différents au point de vue granulométrique. Pour la clarté du graphique, j'ai éliminé ces courbes exceptionnelles lorsqu'elles représentent moins de 10 p. 100 des stations où l'espèce a été récoltée. Cependant, l'existence de ces exceptions est importante car elle signale une potentialité d'adaptation qui permet de prévoir, dans des régions différentes, un décalage dans la sélection des sédiments par ces espèces.

A Audierne, l'amplitude des moyennes pour *Owenia fusiformis* est plus faible : de 0,13 à 0,3 mm. Elle coïncide approximativement avec la zone de densité maximale de cette Annélide en baie de Douarnenez. La comparaison des aires enveloppes d'*Owenia* dans les deux baies met en évidence la nécessité, pour ce Polychète qui fabrique son tube à partir de fins débris coquilliers, d'une proportion supérieure à 50 p. 100 de sable fin légèrement pélitique (moins de 5 p. 100 de pélites). Les 50 p. 100 restants peuvent être indifféremment du sable fin ou du sable grossier.

#### ESPÈCES STÉNOTOPES ET EURYTOPES

Parmi toutes les aires enveloppes se distinguent nettement deux types différents. Le premier se rapporte aux espèces sténotopes, limitées à un sédiment bien déterminé. Ses courbes limites sont peu écartées l'une de l'autre et parallèles entre elles. Les courbes composant ce type d'aire enveloppe ont des formes semblables, redressées (sédiment bien classé) ou étalées (sédiment mal trié, hétérogène).

*Abra prismatica*, à Audierne, a une aire enveloppe d'allure redressée (Fig. 5). Les valeurs des paramètres de ces courbes enveloppes sont très rapprochées ; ainsi la moyenne varie entre 0,17 et 0,4 mm. L'indice de dispersion  $\sigma_{68}$  varie de 0,55 à 0,65. Ce sédiment est très bien classé (tableau 2). La médiane se situe entre 0,15 et 0,35 mm. Le sédiment correspondant à une telle aire enveloppe contient moins de 30 p. 100 de gravier, de 1 à 17 p. 100 de sable grossier, de 74 à 97 p. 100 de sable fin et de 2 à 6 p. 100 de pélites. *Abra prismatica* vit dans un sable fin bien classé, calcaire ; la moyenne de la courbe type est 0,25 mm.

Autre espèce sténotope, *Abra nitida* a une aire enveloppe étalée (Fig. 5). Les courbes enveloppes sont encore peu écartées l'une de l'autre et parallèles. Cependant, les valeurs de leurs indices présentent de grandes variations. Ceci est dû à la présence des pélites (20 à 60 p. 100) qui entraînent le mauvais classement du sédiment. La moyenne fluctue de 4,5 à 90  $\mu$  et l'indice de dispersion va de 2,7 à 4,35. La médiane a des valeurs comprises entre 15 et 150  $\mu$ . Le sédiment est un sable vaseux mal ou très mal classé qui contient moins de 1 p. 100 de gravier, de 0 à 6 p. 100 de sable grossier, de 40 à 73 p. 100 de sable fin et de 20 à 60 p. 100 de pélites.

Le deuxième type correspond aux espèces eurytopes ou ubiquistes dont les aires enveloppes sont très larges. Les courbes enveloppes sont écartées et divergentes. L'aire enveloppe renferme des courbes de types différents. Je n'ai pas figuré d'exemple d'aire enveloppe appartenant à une espèce ubiquiste, mais le petit Oursin irrégulier

*Echinocyamus pusillus* possède une aire enveloppe qui coïnciderait avec l'ensemble de celles de toutes les *Venus* (Fig. 5). Sa moyenne est comprise entre 90  $\mu$  et 2 mm. Sa médiane est entre 35  $\mu$  et 2,6 mm. L'indice de dispersion varie de 1,6 à 1,95 ; cet indice n'a pas grande signification dans ce cas, puisque l'aire enveloppe renferme à la fois des sables grossiers, des sables fins propres et des sables fins pélitiques.

Je ferai suivre chacune des autres espèces eurytopes de l'intervalle de variation de la moyenne en  $\Phi$ . Dans les sables de Douarnenez, sont dispersés les Mollusques *Cultellus pellucidus* (— 0,25 à + 3,1), *Spisula subtruncata* (— 1,2 à + 2,75), le Gastéropode *Philine aperta* (— 1,95 à + 3,2, avec un maximum de densité entre + 2,16 et + 3,2), le Polychète *Maldane glebifex* (— 2 à + 2,55). Dans les sables vaseux d'Audierne se remarquent, outre *Echinocyamus pusillus* déjà cité, *Lanice conchilega* (— 0,9 à + 4,7), *Ditrupa arietina* (— 0,35 à + 6) et *Amphiura filiformis* (+ 0,85 à + 7,7).

#### COMPARAISON DES AIRES ENVELOPPES DES DIFFÉRENTES ESPÈCES D'UN MÊME GENRE

J'ai superposé sur le même graphique (Fig. 5) les quatre espèces de *Venus*. *Venus ovata* et *Venus fasciata* ont des aires superposées ; je n'ai donc figuré qu'une seule aire pour les deux espèces. *Venus gallina* a une aire différente, sensiblement écartée de la première. *Venus casina* établit la jonction entre les deux aires précédentes ; son aire enveloppe recouvre celle de *Venus fasciata* et la déborde, rejoignant vers les granulométries plus fines l'aire de *Venus gallina*. Nous constatons que les aires enveloppes de ces quatre *Venus* ne se succèdent pas régulièrement le long du gradient granulométrique : il y a intrication de l'une dans l'autre. Cependant, *Venus gallina* qui vit dans des zones moins profondes (de 0 à 20 m à Douarnenez, jusqu'à 40 m à Audierne), se différencie en sélectionnant un substrat nettement plus fin.

L'étendue des moyennes est, pour *Venus fasciata*, de 0,7 à 4 mm ; pour *Venus casina*, de 0,18 à 4 mm ; pour *Venus ovata*, de — 1,8 à 0,70 et pour *Venus gallina* de 24  $\mu$  à 0,26 mm.

L'indice de dispersion de la courbe type est pour *Venus fasciata* égal à 1,13  $\Phi$  ; pour *Venus casina*, il est de 1,04 et pour *Venus gallina* 0,75. De l'une à l'autre, il y a donc à la fois réduction de la taille des grains et meilleur classement.

#### AIRES ENVELOPPES DES COMMUNAUTÉS

A titre d'exemple, j'ai dessiné sur la figure 6 l'aire enveloppe de la communauté à *Amphiura-Brissopsis*, en superposant les aires enveloppes des espèces significatives.

*Brissopsis lyrifera* occupe des sédiments dont l'aire enveloppe est représentée en grisé sur la figure 6. Ce sont des sables vaseux extrêmement mal classés dont la moyenne s'étend de + 3,85 à + 7,80. L'indice de dispersion varie de 2,7 à 4,2  $\Phi$  (3,48 pour la courbe type).

Les courbes enveloppes sont assez rapprochées et parallèles ; le Spatangide est une espèce sténotope de sédiment mal classé.

Les Pélécypodes *Abra nitida*, *Abra alba* et *Myrtea spinifera*, les Polychètes *Terebellides stroemi* et *Sternaspis scutata* ont des aires enveloppes qui se superposent à celle de *Brissopsis*, la débordant à peine légèrement.

*Amphiura chiajei*, *Amphiura filiformis* et *Maldane glebifex* ont en commun l'aire enveloppe de *Brissopsis* mais la dépasse largement. La moyenne des courbes enveloppes d'*Amphiura chiajei* a pour amplitude de + 2,55 à + 7,15  $\Phi$  ; pour *Amphiura filiformis* l'étendue des moyennes est considérable (+ 0,85 à + 7,70). L'indice de dispersion oscille entre les valeurs de 2,05 à 4,55  $\Phi$ . Enfin, le Polychète *Maldane glebifex* présente comme intervalle de variation des moyennes de son aire enveloppe + 2,05 à + 7,15 et l'indice de dispersion maximal 3,65 à 5,05.

En résumé, le chef de file de la communauté *Brissopsis* dispose d'une aire centrale nette et différenciée. Celle-ci est entourée des aires des espèces préférantes qui peuvent chevaucher les aires des espèces accompagnatrices d'autres communautés.

Je préfère, dans ce cas, distinguer la communauté à *Brissopsis* de la sous-communauté à *Amphiura* et *Maldane*. La sous-communauté dans le sens de Buchanan (1963), repris par Guille (1970b) correspond à des modifications qualitatives et quantitatives d'une partie de la faune de la communauté.

#### COMPARAISON DES AIRES ENVELOPPES D'UNE ESPÈCE DANS DIFFÉRENTES RÉGIONS

J'ai comparé les aires enveloppes de *Branchiostoma lanceolatum* en baie de Douarnenez, en baie d'Audierne, à Banyuls et sur les côtes de Hollande (Fig. 7). Je n'ai pas représenté l'aire enveloppe de l'Amphioxus dans les graviers peu profonds (5 à 6 m) de Banyuls étudiés par F. Monniot (1962) car elle se superpose à l'aire enveloppe d'Audierne.

Voici l'étendue ou « range » des moyennes, pour les différentes localités :

Douarnenez	:	$\bar{X}$ de — 2,35 à — 0,7
Audierne	:	— 2,35 à + 0,55
Banyuls (Monniot)	:	— 1,4 à + 0,85
Banyuls (Guille)	:	+ 0,3 à + 3,85
Hollande (Eisma et Wolf)	:	+ 0,95 à + 2,25

*Branchiostoma* peut donc vivre dans des graviers (Audierne, Douarnenez, Banyuls), dans des sables fins (Hollande) ou des sables envasés (Banyuls).

Il sera nécessaire de faire, pour chaque espèce de l'endofaune, de telles comparaisons précises afin d'obtenir l'étendue totale du spectre granulométrique de l'espèce. Il est souhaitable de connaître dans des zones géographiques variées, l'aire enveloppe du plus grand nombre d'espèces.

En conclusion de l'examen des aires enveloppes, la figure 5 montre la répartition des espèces et des peuplements le long de la moyenne granulométrique. Les peuplements situés dans des amplitudes réduites sont reliés par des espèces à grande étendue.

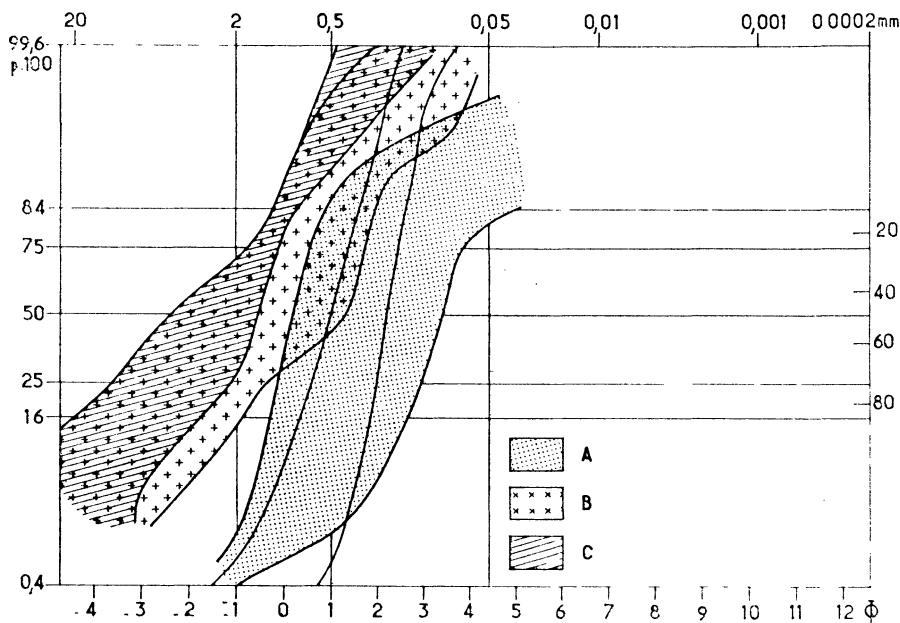


Fig. 7  
Aires enveloppes de *Branchiostoma lanceolatum*

A. Banyuls-sur-Mer (d'après Guille) ; B. Douarnenez ; C. Audierne. L'aire enveloppe laissée en blanc correspond à la côte hollandaise (d'après Eisma et Wolff).

#### D) - Diagramme $\bar{X}/\sigma_{68}$ .

Les aires enveloppes étant un peu encombrantes, j'ai cherché une représentation plus synthétique de la relation entre les animaux et les sédiments. La distribution granulométrique de ceux-ci peut être caractérisée par la relation entre un paramètre central : la moyenne  $\bar{X}$  et un paramètre de dispersion  $\sigma_{68}$  définis plus haut. Ce diagramme est utilisé par les géologues pour différencier des populations de sédiments en liaison avec la morphologie sous-marine ; je ne l'ai jamais vu utilisé par les benthologues.

Les sédiments des deux baies se distribuent le long d'une portion de sinusoïde (Fig. 8). La branche gauche descendante correspond à un mélange de gravier et de sable abritant les espèces caractéristiques de la communauté à *Venus fasciata* et du faciès à *Branchiostoma lanceolatum*. La pointe du V est constituée par du sable pur, fin et bien classé, différemment peuplé dans les deux baies. En baie de Douarnenez, entre le sable pur et la communauté à *Venus fasciata* s'intercale le peuplement à *Armandia polyophtalma* vivant dans un sable assez fin bien classé. La communauté à *Venus gallina* peuple le sable

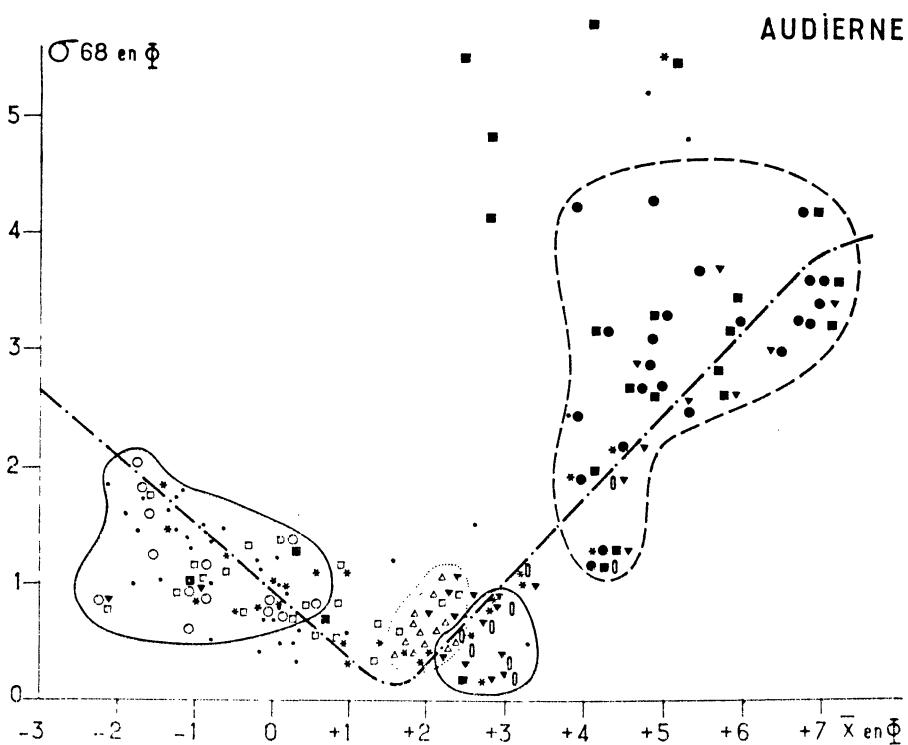
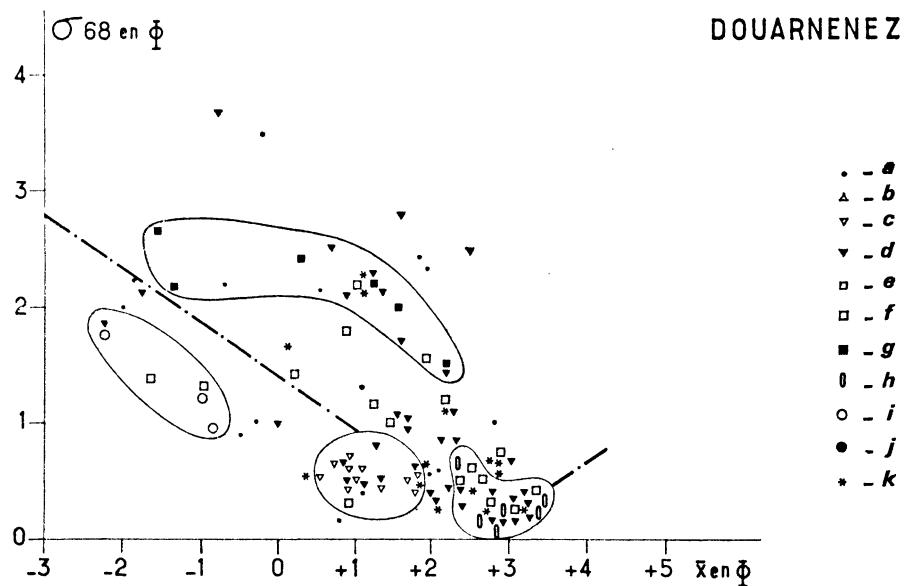


FIG. 8

Diagrammes  $\bar{X}/\sigma_{68}$ . Relations entre la moyenne et le classement des sédiments.

a. Emplacement des dragages sans les espèces citées ; b. *Abra prismatica* ; c. *Armandia polyophtalma* + *Spisula elliptica* + *Spisula ovalis* ; d. *Owenia fusiformis* ; e. *Venus casina* ; f. *Philine quadripartita* ; g. *Maldane glebifex* ; h. *Venus gallina* ; i. *Venus fasciata* ; j. *Brissopsis lyra* ; k. *Cultellus pellucidus*.

Légende commune aux deux baies.

pur. La branche descendante n'existe pas et la communauté à *Maldane* qui se trouve en baie d'Audierne le long de cette branche est ici décalée vers les moyennes de dimensions élevées, au-dessus de la branche de gauche. En baie d'Audierne, la pointe du V se dédouble en deux populations de sable pur. L'une est située dans les fonds ne dépassant pas 40 m et représente la communauté à *Venus gallina*, l'autre formée d'un sable coquillier légèrement plus mal classé est habitée par le peuplement à *Abra prismatica*. Le long de la branche de droite s'alignent les prélèvements formés d'un mélange de sable et de pélite où s'installe la communauté à *Brissopsis lyrifera* et sa sous-communauté à *Maldane-Amphiura*. Cette dernière colonise également des sédiments placés sur le diagramme dans une position aberrante. Les espèces eurytopes se dispersent le long des deux branches, assurant une continuité faunistique entre les « noyaux » formés par les communautés.

#### E) Cartes de répartition des espèces.

Des cartes de distribution ont été établies pour chaque espèce importante en Mer du Nord (Stephen, 1933, 1934 ; Ursin, 1960) et en Manche (Holme, 1966 ; Cabioch, 1968). Les cartes présentées ici n'apportent qu'une très faible proportion des données récoltées en mer d'Iroise et dans le Nord du Golfe de Gascogne, au cours de mes missions sur le Gwalarn. Je me suis limitée en effet, dans cette publication, à quelques espèces de Mollusques, de Polychètes et d'Echinodermes.

#### POLYCHÈTES

*Owenia fusiformis* (Fig. 9), très abondant dans la baie de Douarnenez, l'est beaucoup moins à Audierne. Ce Polychète se trouve réparti sur toute la surface de la première baie avec un noyau de forte densité dans la partie centrale entre 20 et 30 m. Cette disposition s'explique par le fait que les larves, au moment de se fixer, restent à quelques centimètres au-dessus du fond pendant 12 heures environ. C'est la durée d'une marée pendant laquelle les courants de flot et de jusant répartissent les larves sur toute l'étendue du bassin. Les larves emportées par le jusant hors de la baie ne semblent pas se fixer ; au contraire, sur les fonds adéquats, les individus atteignent en grand nombre l'état adulte (environ 100 individus par prélèvement).

*Ditrupa arietina* (Fig. 9), absent de Douarnenez, suit à Audierne la limite des pélites, à partir de 50 m.

*Terebellides stroemi* (Fig. 9), également absent de la baie septentrionale, se trouve en baie d'Audierne, de 50 à 90 m, dans les formations pélítiques de la dépression de Bigorn.

*Maldane glebifex* (Fig. 10), Polychète construisant autour de son tube muqueux un épais manchon de vase, dispersé dans les sables pélítiques d'Audierne, est au contraire concentré dans la poche de maërl légèrement envasé de la baie de Douarnenez où l'accompagne *Stylarioides eruca*. Cette dernière espèce, totalement absente d'Audierne, doit être limitée aux profondeurs inférieures à 50 m.

*Armandia polyophtalma* (Fig. 10) n'est pas très fréquente dans cette région. Glémarec ne la signale pas dans la partie Nord du Golfe de Gascogne.

Les deux espèces de Pectinaire (Fig. 10), *Pectinaria koreni* et

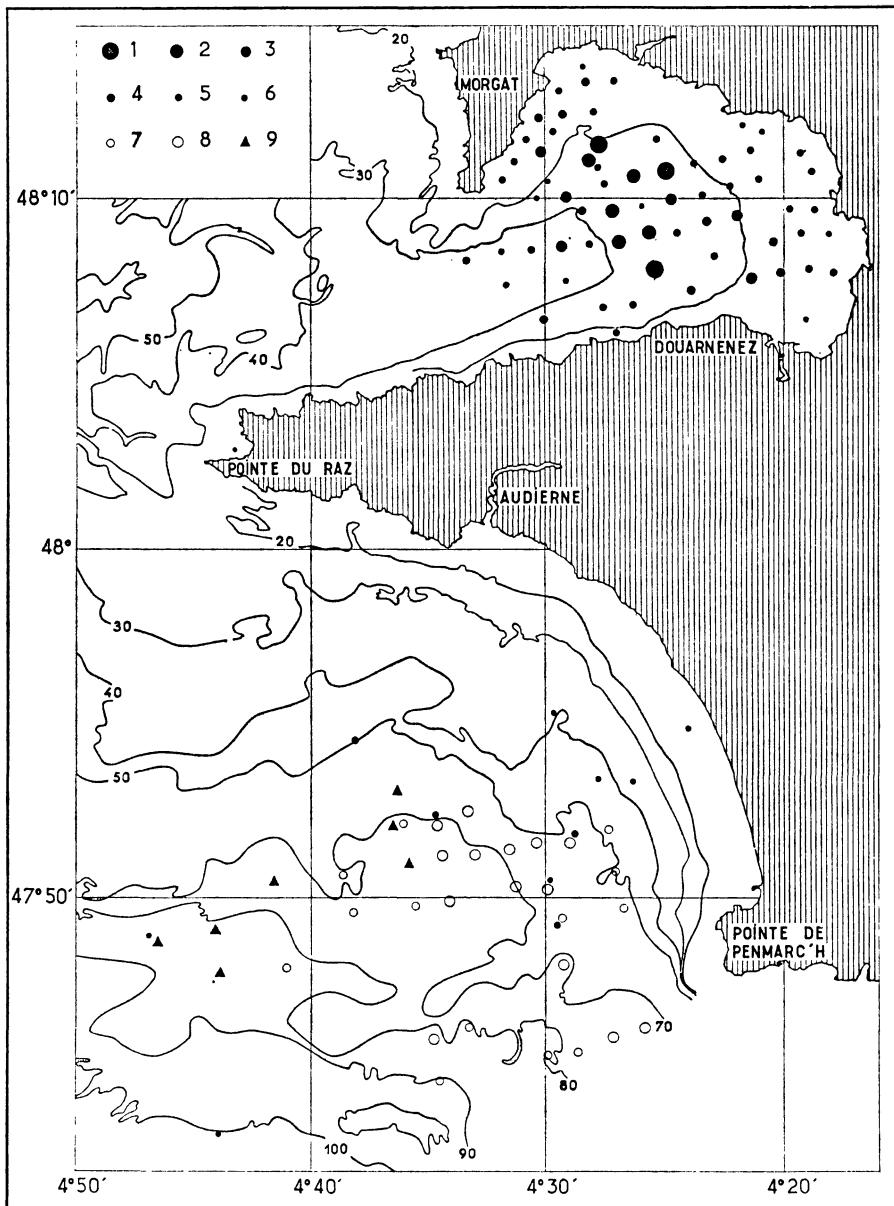


FIG. 9

Répartition de trois espèces de Polychètes. Nombre d'individus par dragage.

*Owenia fusiformis* : 1 : plus de 100 ; 2 : de 51 à 100 ; 3 : de 31 à 50 ; 4 : de 11 à 30 ; 5 : de 2 à 10.

*Terebellides stroemi* : 6 : 1 ; 7 : de 1 à 9 ; 8 : de 10 à 25.

*Ditrapa arietina* : 9.

*P. auricoma*, se trouvent toutes deux au Sud du cap Sizun. Au Nord de ce cap, *Pectinaria auricoma* domine nettement.

*Glycera rouxii* (Fig. 10) est disséminée dans les fonds grossiers jusqu'à 90 m.

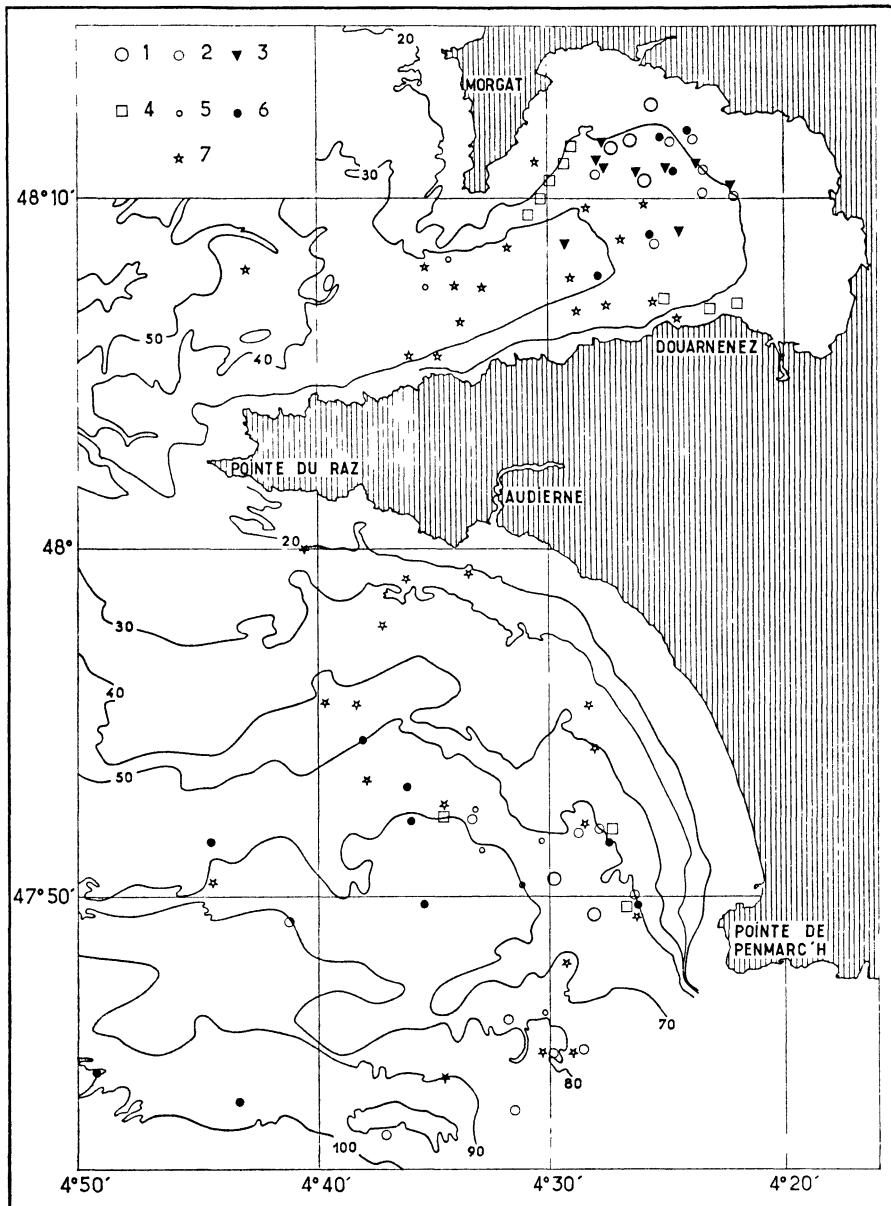


FIG. 10

Répartition de six espèces de Polychètes. Nombre d'individus par dragage.

*Maldane glebifex* : 1 : de 50 à 100 ; 2 : de 1 à 49.

*Stylarioides eruca* : 3. *Armandia polyophtalma* : 4. *Pectinaria koreni* : 5.  
*Pectinaria auricoma* : 6. *Glycera rouxii* : 7.

## MOLLUSQUES

Les quatre espèces de *Venus* coexistent au Nord-Ouest et au Sud du cap Sizun (Fig. 11). Au Nord-Est de ce cap, c'est-à-dire à l'intérieur

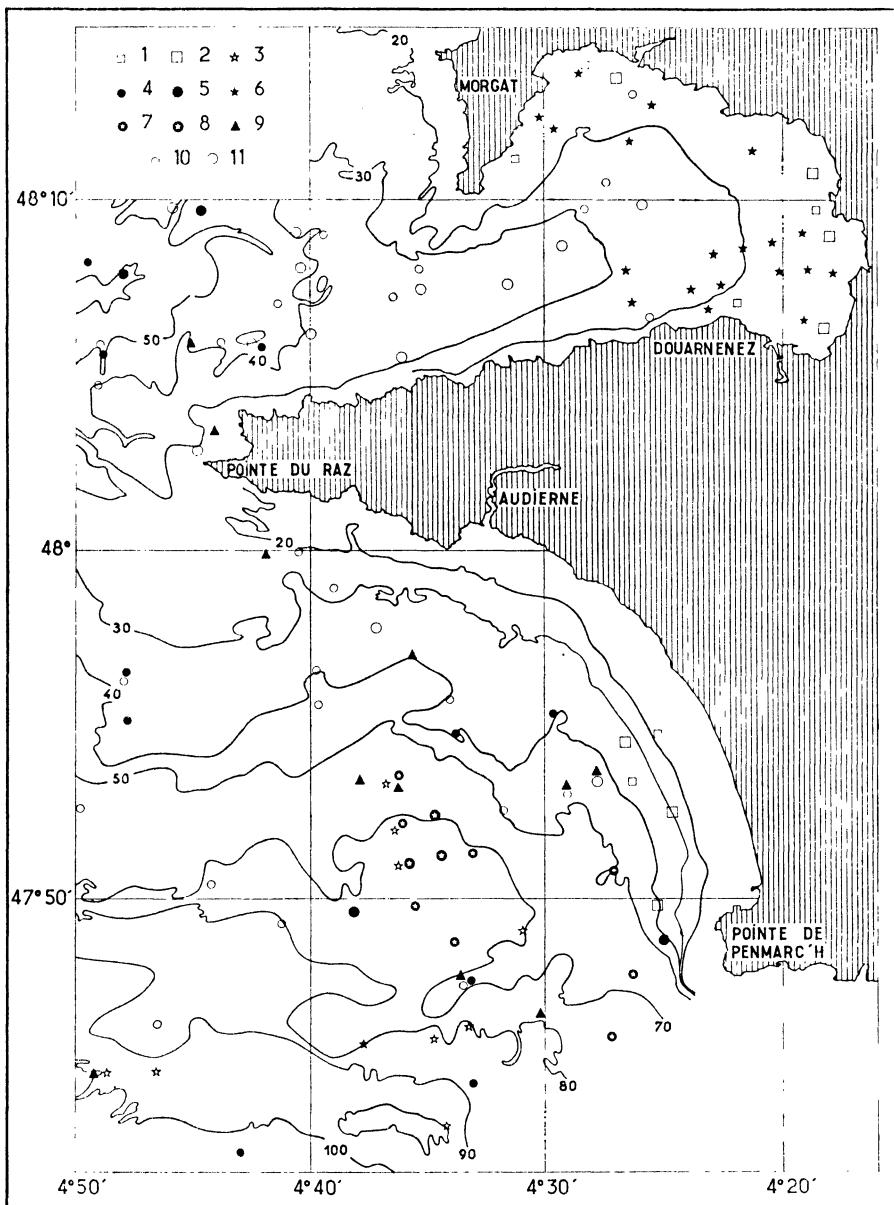


FIG. 11

Répartition de sept espèces de Mollusques. Nombre d'individus par dragage.

*Venus gallina* : 1 : 1 ; 2 : de 2 à 10.

*Portlandia pygmea* : 3.

*Venus ovata* : 4 : 1 ; 5 : plus d'1.

*Philinea aperta* : 6.

*Myrtea spinifera* : 7 : 1 ; 8 : plus d'1.

*Venus casina* : 9.

*Venus fasciata* : 10 : 1 ; 11 : de 2 à 10.

de la baie de Douarnenez, seules subsistent *V. gallina* au bas des plages et *V. fasciata* dans l'axe Sud-Ouest/Nord-Est de la baie. Le Gastéropode *Philine quadripartita* est réparti sur les substrats fins situés

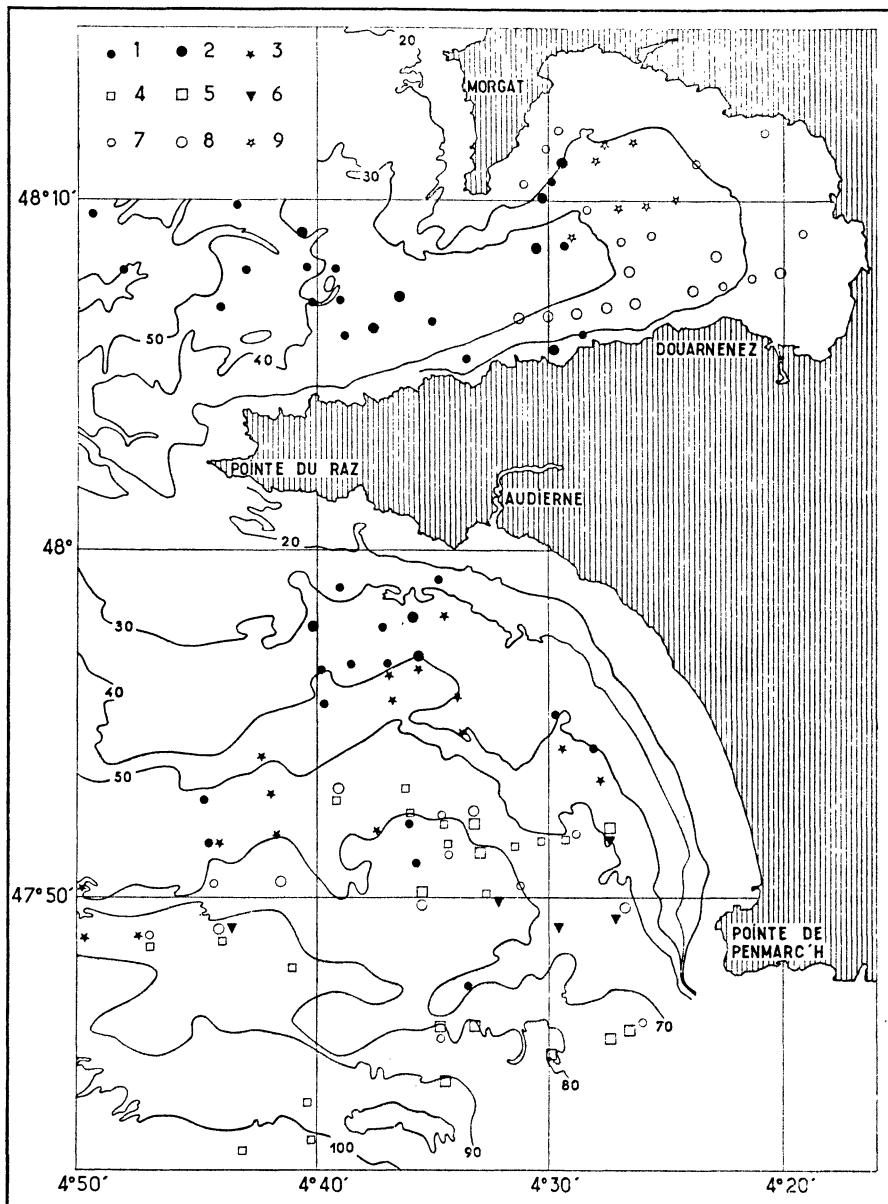


FIG. 12

Répartition de six espèces de Pélécypodes. Nombre d'individus par dragage.

*Spisula elliptica* : 1 : 1 ; 2 : de 2 à 10.

*Abra prismatica* : 3.

*Abra nitida* : 4 : 1 ; 5 : plus d'1.

*Abra alba* : 6.

*Cultellus pellucidus* : 7 : 1 ; 8 : plus d'1.

*Corbula gibba* : 9.

entre les biotopes de ces Lamellibranches mais il contourne la formation de maërl. *V. gallina* qui ne descend pas au-dessous de 20 m en baie de Douarnenez, atteint 40 m au Nord-Ouest de la pointe de Penmarc'h. Au-delà de 40 m, *V. casina* et *V. ovata* accompagnent ou remplacent *V. fasciata*, selon des modalités encore mal expliquées.

*Myrtea spinifera* et *Portlandia pygmea* (Fig. 11) sont localisées depuis 50 m de profondeur, dans l'ensemble pélitique d'Audierne.

*Corbula gibba* (Fig. 12) est récolté uniquement avec le maërl de Douarnenez.

*Spisula elliptica* vit dans les zones parcourues par un courant assez fort : son domaine s'étend depuis celui de *Venus fasciata* jusqu'à celui d'*Abra prismatica*, dans la série des sables grossiers et fins propres.

*Cultellus pellucidus* suit d'assez près la distribution de *Philine* à Douarnenez, vivant dans des sédiments plus fins et plus pélitiques que ceux de *Spisula elliptica* et d'*Abra prismatica*. Cette dernière n'a pas été trouvée en baie de Douarnenez. En baie d'Audierne, elle est limitée à une langue de sable fin propre intercalée entre le sable grossier à *Venus fasciata* et le sable fin pélitique à *Astrorhiza limicola*.

*Abra nitida* ne se trouve pas à Douarnenez. A Audierne, à partir de 50 m, elle accompagne la communauté à *Brissopsis*.

#### ÉCHINODERMES

*Ophiothrix fragilis* (Fig. 13) se trouve en abondance en baie de Douarnenez où sa distribution présente deux noyaux de grande densité (environ 1 millier d'individus par dragage), l'un sur le maërl envasé, l'autre sur les fonds à *Branchiostoma* de l'entrée de la baie. Cette Ophiure colonise les substrats depuis le supralittoral (Prenant la signale dans les cuvettes émergées de la baie) jusqu'au-delà de 100 m de profondeur, des substrats durs jusqu'aux vases.

*Ophiocomina nigra* présente, en baie de Douarnenez, une répartition exceptionnelle par son abondance dans certains prélèvements. Il s'agit sans doute d'un développement temporaire car le mode alimentaire de cette Ophiure (qui se nourrit des particules de la vase) ne justifie pas son implantation. Je n'ai pas trouvé cette espèce en baie d'Audierne.

*Amphiura securigera* (Fig. 13) vit sur les sables grossiers et descend jusqu'à 40 m où elle est relayée par *Amphiura filiformis* dans les sédiments allant des sables grossiers aux sables fins et pélitiques. A partir de 70 m, commence *Amphiura chiajei* dans les sables fins vaseux.

*Brissopsis lyrifera* (Fig. 14) est représenté dans toute la superficie du domaine des sables fins comportant de 20 à 60 p. 100 de pélites, qui tapissent la baie d'Audierne à partir des fonds de 40 m. Ce domaine s'étend vers le Golfe de Gascogne en direction de la Grande Vasière avec laquelle il ne paraît pas y avoir de solution de continuité.

*Echinocyamus pusillus*, malgré sa différence de taille avec *Brissopsis*, peut être considéré comme le relai de ce dernier dans les

sables fins. Ce Clypéastride est mieux représenté à Audierne, surtout entre 20 et 70 m dans les fonds à *Abra prismatica*. A Douarnenez, il accompagne *Spisula elliptica*.

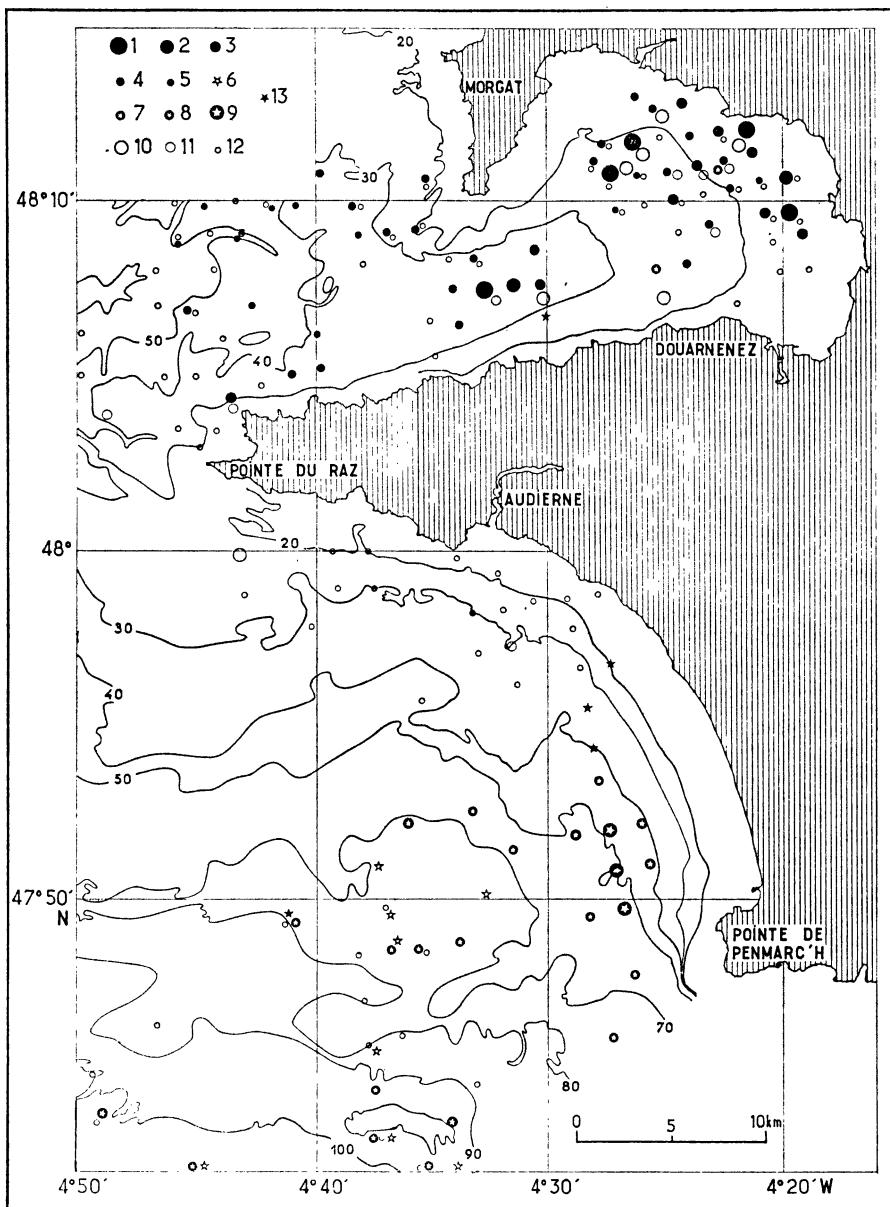


FIG. 13

Répartition de cinq espèces d'Echinodermes. Nombre d'individus par dragage.

*Ophiocomina nigra* : 1 : plus de 100 ; 2 : de 51 à 100 ; 3 : de 11 à 50 ; 4 : de 2 à 10 ; 5 : 1.

*Amphiura chiajei* : 6.

*Amphiura filiformis* : 7 : 1 ; 8 : de 2 à 25 ; 9 : plus de 150.

*Ophiura fragilis* : 10 : plus de 100 ; 11 : de 21 à 50 ; 12 : de 1 à 20.

*Amphiura securigera* : 13.

*Marthasterias glacialis*, très peu abondante à Audierne où elle a été récoltée dans trois dragages seulement, est nettement plus fréquente dans le Nord de la baie de Douarnenez sur les substrats durs ou grossiers.

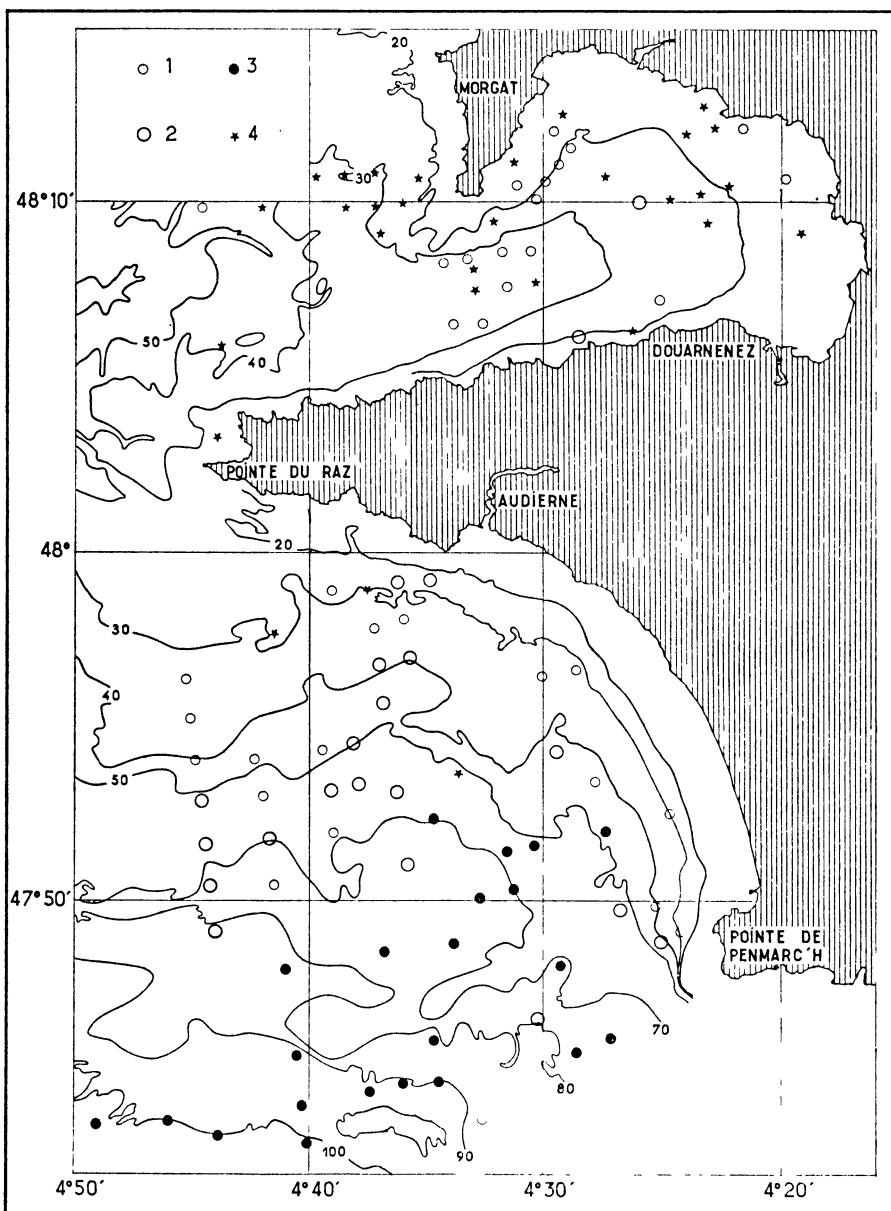


FIG. 14

Répartition de trois espèces d'Echinodermes. Nombre d'individus par dragage.

*Echinocyamus pusillus* : 1 : 1 ; 2 : plus d'1.

*Brissopsis lyrifera* : 3.

*Marthasterias glacialis* : 4 : 1 à 2.

## DISCUSSION

Les grands ensembles faunistiques cartographiés s'échelonnent le long du gradient granulométrique comme l'a montré l'examen des aires enveloppes et du diagramme  $\bar{X}/\sigma$ 68. La succession des communautés de l'endofaune sur l'axe des moyennes granulométriques décroissantes est particulièrement nette en baie d'Audierne. Un premier ensemble, la communauté à *Venus fasciata*, se rencontre dans les sables grossiers propres. Il occupe dans l'une et l'autre baies la gamme la plus grossière du spectre granulométrique local. Lui fait suite en baie d'Audierne, dans les sables fins propres, le peuplement à *Abra prismatica*. Le passage entre les deux groupements est assuré par *Venus casina*. La communauté à *Venus gallina* = *striatula* doit être considérée à part, étant limitée aux sables fins bien triés de l'infra-littoral (dont le niveau inférieur coïncide, rappelons-le, avec la disparition des algues photophiles). Le début des sédiments pélitiques est marqué par la communauté à *Astrorhiza limicola*, reliée à la formation à *Abra prismatica* par les espèces ubiquistes *Echinocyamus pusillus* et *Lanice conchilega*. A partir de 40 p. 100 de pélites, l'ensemble des sédiments pélitiques est occupé par la communauté à *Brissopsis-Amphiura-Maldane*. En baie de Douarnenez l'alternance est plus serrée entre les espèces sténotopes *Venus fasciata*, *Spisula* et *Armandia*, *Venus gallina*, et les espèces eurytopes *Maldane*, *Owenia*, *Philine*.

Nous pouvons replacer ces groupements faunistiques sur l'ensemble du plateau continental armoricain. La communauté de l'infra-littoral à *Venus gallina* tapisse le bas des plages de sable fin dans les anses à côtes basses. Bien représentée sur le littoral Sud où elle occupe aussi le circalittoral côtier (Glémarec, 1969), elle diminue d'importance à l'Ouest et au Nord de l'Armorique. Son biotope, très eurytherme, possède par contre une remarquable constance granulométrique due au classement du sable par les houles agissant sur des fonds de faible profondeur. Cette sténotopie ne se limite pas à l'Atlantique. J'ai calculé les moyennes des courbes granulométriques données par Massé (1971) dans son important mémoire sur la dynamique des peuplements de sables fins infralittoraux. Selon les stations, ces moyennes varient entre 0,07 et 0,12 seulement. L'indice de dispersion moyen : 0,2 témoigne d'un sable extrêmement bien classé. En dépit de la variabilité spatiale et temporelle de la composition du peuplement, bien soulignée par cet auteur, la communauté à *Venus gallina* demeure un des groupements de l'endofaune le mieux individualisé. Des équivalences entre les diverses biocénoses de ce type décrites en Europe peuvent être valablement établies grâce aux espèces accompagnatrices et à la comparaison des aires enveloppes. La communauté à *Venus fasciata*, indicatrice de courants modérés à forts, est également bien caractérisée par son biotope et son cortège d'espèces. Cette communauté couvre d'immenses superficies en Manche occidentale (Cabioc'h, 1968) et en Iroise (Toulemont, 1967). Au Sud de la Loire elle « explose », occupant de vastes étendues (Glémarec, 1969). Mais entre le Sud de l'anse d'Audierne et la Loire, l'influence de la Grande

Vasière se manifeste par un envasement des sables grossiers dans lesquels *Venus casina* remplace *Venus fasciata*. En Manche, Cabioch ne distingue plus les deux peuplements. La communauté à *Brissopsis lyrifera* est nettement localisée aux sables fins du circalittoral conte-

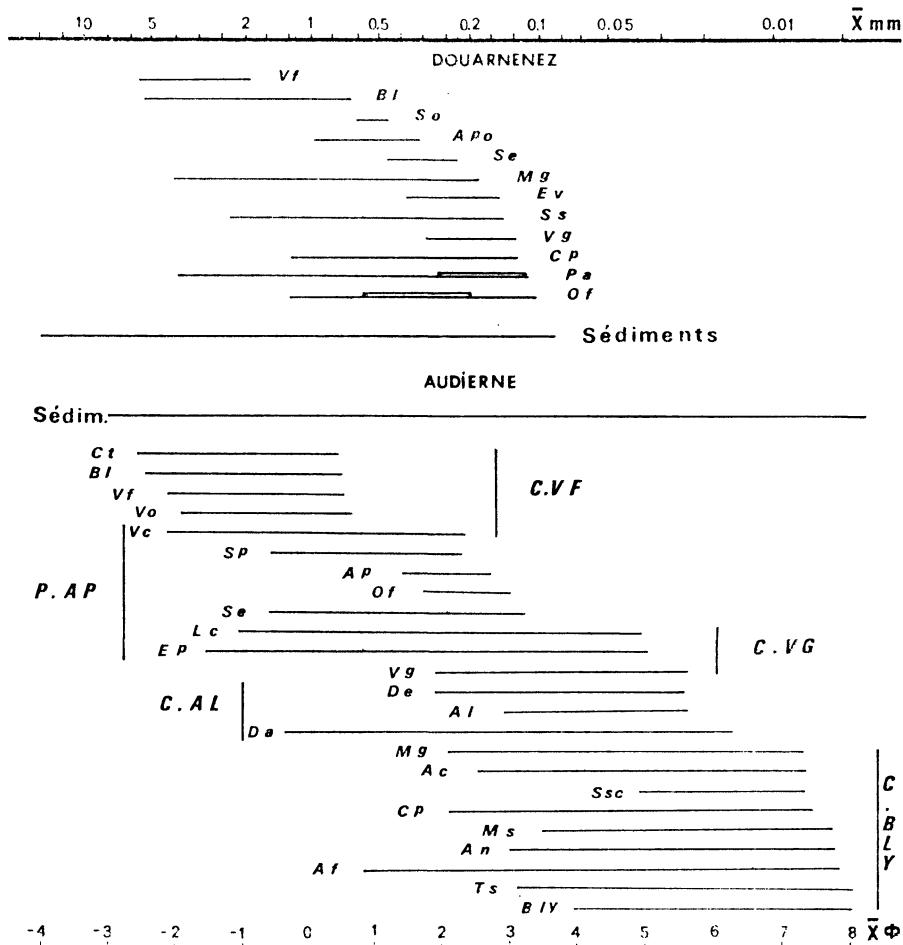


FIG. 15  
Distribution des espèces le long de la moyenne

*Vf* : *Venus fasciata* ; *Bl* : *Branchiostoma lanceolatum* ; *So* : *Spisula ovalis* ; *Apo* : *Armandia polyphtalma* ; *Se* : *Spisula elliptica* ; *Mg* : *Maldane glebifex* ; *Ev* : *Eunice vittata* ; *Ss* : *Spisula subtruncata* ; *Vg* : *Venus gallina* ; *Cp* : *Cultellus pellucidus* ; *Pa* : *Philine quadripartita* ; *Of* : *Owenia fusiformis* ; *Ct* : *Chlamys tigerina* ; *Vo* : *Venus ovata* ; *Vc* : *Venus casina* ; *Sp* : *Spatangus purpureus* ; *Ap* : *Abra prismatica* ; *c* : *Lanice conchilega* ; *Ep* : *Echinocymus pusillus* ; *De* : *Dentalium entalis* ; *Al* : *Astrotrhiza limicola* ; *Da* : *Ditrupa arietina* ; *Ac* : *Amphiura chiajei* ; *Ssc* : *Sernaspis scutatum* ; *Ms* : *Myrtea spinifera* ; *An* : *Abra nitida* ; *Af* : *Amphiura filiformis* ; *Ts* : *Terebellides stroemi* ; *Bly* : *Brissopsis lyrifera*.

nant plus de 40 p. 100 de pélites. Totalement absente de la Manche où manque le biotope convenable, elle débute dans la moitié Sud de la baie d'Audierne et prend une extension considérable sur la Grande Vasière. Les sables grossiers contenant plus de 40 p. 100 de pélites

qui flanquent cette communauté abritent la sous-communauté à *Amphiura* et *Maldane*. Dans le Nord du Golfe de Gascogne les fonds vaseux, de granulométrie plus diversifiée qu'à Audierne, abritent un plus grand nombre de peuplements (Glémarec, 1969).

La distinction entre espèces sténotopes et eurytopes, précisée par l'allure des aires enveloppes, correspond à une différence éthologique. Les espèces eurytopes se maintiennent en relation constante avec l'eau sus-jacente au sédiment et se rendent ainsi indépendantes de la texture de ce dernier. Certaines de ces espèces vivent dans la couche superficielle du sédiment comme les *Amphiura*, d'autres se construisent un tube qui émerge du sable : *Maldane glebifex*, *Lanice conchilega*, *Owenia fusiformis* (Vovelle, 1971). Au contraire, les espèces sténotopes vivent à l'intérieur du substrat, sans relation permanente avec l'eau sus-jacente. Elles dépendent alors de la vitesse de renouvellement entre l'eau circulant dans le sédiment et l'eau recouvrant le sédiment. Webb (1969) a montré que la rapidité de cet échange est liée à la nature granulométrique, mais qu'elle est grandement modifiée, pour un même type de sédiment, par les variations de courants aux abords du substrat et par la température. En effet, ces deux facteurs peuvent provoquer des changements dans le volume des espaces capillaires entre les grains de sable et des différences dans la viscosité de l'eau circulant entre ces grains. Ainsi, un sable dont les caractères granulométriques conviennent à *Branchiostoma lanceolatum* peut être déserté si l'agencement des grains est perturbé : le réseau capillaire devient alors insuffisant, en particulier pour l'apport d'eau chargée d'oxygène et de matière organique. Inversement, on peut expliquer les divergences dans la localisation granulométrique de l'*Amphioxus* selon les régions (Hollande, Bretagne, Catalogne) par une vitesse équivalente d'échange de l'eau capillaire avec l'eau libre, dans des sédiments différents, puisqu'ils sont soumis à des courants et des températures différents. A la fin de ce travail, il est possible d'avancer quelques remarques.

1. L'eurytopicie d'ensemble d'une espèce se résout en une somme de sténotopies régionales.

2. Une espèce « s'adapte » au spectre granulométrique d'une région en colonisant le type sédimentaire le plus proche de son milieu préférentiel. Lorsqu'on décrit son biotope local il est donc nécessaire de le replacer dans la totalité des types sédimentaires présents. *Branchiostoma* occupe toujours le sable le plus grossier de la gamme granulométrique existante.

3. Les communautés effectuent le même glissement en fonction du spectre granulométrique de la région. La succession spatiale des communautés est inséparable de la succession des édaphotopes.

4. Dans la composition spécifique d'une communauté intervient le rôle de la relation de voisinage entre peuplements. Ceci explique les nombreuses variantes dans les listes d'espèces composantes d'une communauté selon les auteurs, c'est-à-dire selon le schéma général de l'arrangement géographique des peuplements.

L'étude des relations entre les peuplements et le substrat meuble suppose la connaissance des limites extrêmes de compatibilité gra-

nulométrique de chaque espèce, dans une extension géographique la plus vaste possible. Elle tend à s'orienter vers la recherche des propriétés de l'eau circulant dans le sédiment.

### Summary

This is a study of the benthic ecology of two bays situated at the west end of Brittany. After a review of the geology and a detailed description of the sediments, the general distribution of infauna is described. The affinity between the communities and the character of the substrate is shown precisely through the use of the concept of « area-envelope ». This method, applied to different species, conserves all the information obtained by grain-size analyses; it permits an objective classification of stenotope and eurytopic species. The communities were superimposed on Folk and Ward's mean/dispersion index diagramm.

### Zusammenfassung

Diese Arbeit befasst sich mit dem Studium der Buchten von Douarnenez und von Audierne, beide am westlichen Zipfel der Bretagne gelegen, deren benthische Ökologie bis heute unerforscht blieb. Neben der physiographischen Darstellung, die insbesondere einen Einblick in die Geologie des untersuchten Gebietes erlaubt, und der detaillierten Beschreibung der Sedimentologie wird eine generelle Verteilung der endofaunistischen Gruppen gegeben. Die Affinität zwischen Besiedlung und Substratcharakter wird durch die Einführung des Ausdrucks « aire-enveloppe » (verschachtelte Oberfläche) präzisiert, der sämtliche Informationen aus den granulometrischen Analysen beinhaltet. Diese Methode auf verschiedene Arten angewandt, erlaubt die objektive Einteilung in stenöke und euryöke Gruppen. Eine zusammenfassende Betrachtung wird durch die Adaptation an das Endofauna-Diagramm von Folk und Ward: «  $\bar{X}/\sigma$  » erreicht. Die Verteilungskarten der wichtigsten Arten werden dargestellt.

### INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- ALLEN, G.P., KLINGEBIEL, A. et DE RESSEGUIER, A., 1970. — Evolution et signification dynamique de quelques indices granulométriques des sédiments de l'estuaire de la Gironde. *Cah. Océanogr.*, XXII (8), pp. 801-813.
- AMOUREUX, L., 1966. — Etude bionomique et écologique de quelques Annélides Polychètes des sables intertidaux des côtes ouest de France. *Arch. Zool. exp. gén.*, 107 (1), pp. 1-218.
- ANGEL, H.H. et ANGEL, M.V., 1967. — Distribution pattern analysis in a marine benthic community. *Helgolander wiss. Meeresunters.*, 15, pp. 445-454.
- AUBERT, M., AUBERT, J. et DANIEL, S., 1968. — Inventaire national de la pollution bactérienne des eaux littorales. III. Atlantique. *C.E.R.B.O.M.*, Nice, 103 pp.
- AUBERT, M., AUBERT, J., GAMBAROTTA, J.P., DONNIER, B., BARELLI, M. et DANIEL, S., 1970. — Etude générale des pollutions chimiques rejetées en mer. III. Atlantique, *C.E.R.B.O.M.*, Nice, 225 pp.
- BANSE, K. et PAULIK, G.J., 1969. — Biological oceanography : Models. *Science*, 163, pp. 1362-1363.
- BARROIS, C., 1885. — Aperçu de la structure géologique du Finistère. *Bull. Soc. géol. France*, 3 (14), pp. 355-665.
- BERTHOIS, L., 1946. — Recherches sur les sédiments du plateau continental atlantique. *Ann. Inst. océanogr.*, Paris, 23 (1), pp. 1-63.
- BERTHOIS, L., 1955. — Contribution à l'étude de la sédimentation et de la géologie sous-marine dans le Golfe de Gascogne. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, Paris, 19 (4), pp. 501-579.
- BERTHOIS, L. et FURNESTIN, J., 1938. — Etude des sédiments dragués par le Président Théodore Tissier. *Rev. Trav. Off. Pêches mar.*, 11 (3), pp. 381-424.
- BODERE, J.C., 1971. — Observations sur la côte de la baie d'Audierne entre Penhorz et Porz-Carn. *Cah. Océanogr.*, 6, pp. 519-544.

- BOILLOT, G., 1961. — La répartition des fonds sous-marins dans la Manche occidentale. *Cah. Biol. Mar.*, 2, pp. 187-208.
- BOUCHET, J.M., 1968. — Etude océanographique des chenaux du Bassin d'Arcachon. Thèse Fac. Sc., Bordeaux, 306 pp.
- BOUDOURESQUE, C.F., 1970. — Recherches sur les concepts de biocoenose et de continuum au niveau de peuplements benthiques sciaphiles. *Vie et Milieu*, XXI (1 B), pp. 103-136.
- BOUDOURESQUE, C.F., 1971. — Le concept de nodum en bionomie et sa généralisation. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 272, pp. 1260-1263.
- BOURCART, J., 1955. — Etude des échantillons récoltés en 1946 par le Président Théodore Tissier. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 19 (4), pp. 447-464.
- BOUYSSE, P. et HORN, R., 1971. — Etude structurale du plateau continental au large des côtes méridionales de la Bretagne. *Cahiers Océanogr.*, 6, pp. 497-517.
- BRUN, E., 1969. — Aggregation of *Ophiothrix fragilis* (Abildgaard). *Nyll. Mag. Zool.*, 17, pp. 153-160.
- BUCHANAN, J.B., 1963. — The bottom fauna communities and their sediment relationship off the coast of Northumberland. *Oikos*, 14 (2), pp. 154-175.
- BUCHANAN, J.B., 1964. — A comparative study of some features of the biology of *Amphiura filiformis* and *Amphiura chiajei* considered in relation to their distribution. *J. Mar. biol. Ass. U.K.*, 44 (3), pp. 565-576.
- BUCHANAN, J.B., 1966. — The biology of *Echinocardium cordatum* from different habitats. *J. Mar. biol. Ass. U.K.*, 46, pp. 97-114.
- BUCHANAN, J.B., 1967. — Dispersion and demography of some infaunal Echinoderms populations. *Symp. Zool. Soc. London*, 20, pp. 1-11.
- CABIOCH, J., 1964. — Etude des fonds de maërl de la baie de Morlaix. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Paris.
- CABIOCH, J., 1966. — Contribution à l'étude morphologique, anatomique et systématique de deux Mélobésées : *Lithothamnium calcareum* (Pallas) Areschoug et *Lithothamnium corallioïdes* Crouan. *Botanica marina*, IX, 1/2, pp. 33-53.
- CABIOCH, L., 1961. — Etude de la répartition des peuplements benthiques au large de Roscoff. *Cah. Biol. Mar.*, 2, pp. 1-40.
- CABIOCH, L., 1967. — Résultats obtenus par l'emploi de la photographie sous-marine sur les fonds du large de Roscoff. *Helg. wiss. Meeresunters*, 15, pp. 361-370.
- CABIOCH, L., 1968. — Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche occidentale. *Cah. Biol. Mar.*, 9, pp. 493-720.
- CARPINE, C., 1970. — Ecologie de l'étage bathyal dans la Méditerranée occidentale. Thèse d'Etat. Fac. Sc. Marseille, 146 pp.
- CASPERS, 1950. — Die Lebensgemeinschaft der Helgoländer Austerbank. *Helgol. wiss. Meeresunters*, 3, pp. 120-169.
- CASSIE, R.M. et MICHAEL, A.D., 1968. — Fauna and sediments of an intertidal mud flat : a multivariate analysis. *J. exp. mar. biol. Ecol.*, 2, pp. 1-23.
- CHRISTENSEN, A.M., 1970. — Feeding biology of the sea star *Astropecten irregularis*. *Ophelia*, 8, pp. 1-134.
- COGNE, J., 1960. — Schistes cristallins et granites en Bretagne méridionale. Le domaine de l'anticlinal de Cornouailles. Thèse d'Etat, Fac. Sc., Paris, 382 pp.
- COOPER, L.H.N., 1967. — The physical oceanography of the Celtic Sea. *Ocean. mar. biol.*, 5, pp. 99-110.
- CURTIS, J.T., 1955. — A prairie continuum in Wisconsin. *Ecol.*, 36 (4), pp. 558-566.
- DAGNELIE, P., 1960. — Contribution à l'étude des communautés végétales par l'analyse factorielle. *Bull. Serv. Carte Phytophégogr.*, 5 (1), pp. 7-72.
- DANGEARD, L., 1929. — Observations de géologie sous-marine et d'océanographie relatives à la Manche. *Ann. Inst. océan.*, 6, pp. 1-296.
- DANGEARD, L., 1936. — Mers et côtes nord-ouest. *Atlas de France*, C.N.R.S., Paris.
- DAVIS, F.M., 1923. — Quantitative studies on the fauna of the sea bottom. *Gt. Brit. Fish. Invest.*, II, 6, (2), pp. 1-54.
- DESCATOIRE, A., 1967. — Les peuplements sessiles de l'archipel de Glénan. Spongaires. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Paris.
- DELESSE, M., 1871. — Lithologie des mers de France. Paris, 479 pp.
- DOREL, D., 1967. — Contribution à l'étude de quelques biotopes intertidaux. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Caen.
- DRACH, 1958. — Perspectives in the study of the benthic fauna of the continental shelf. *Perspectives in mar. Biol.*, Buzzati-Traverso Ed., pp. 33-46.
- EISMA, D., 1966. — The distribution of benthic marine molluscs off the main Dutch coast. *Netherl. J. sea Res.*, 3, pp. 107-163.

- EISMA, D. et WOLFF, W.J., 1970. — The distribution of *Branchiostoma lanceolatum* in the coastal waters of the Netherlands and the southern North Sea. *Netherl. J. sea Res.*, 5 (1), pp. 101-107.
- FAGER, E.W., 1957. — Determination and analysis of recurrent group. *Ecol.*, 38, pp. 586-596.
- FAGER, E.W., 1968. — A sand-bottom epifaunal community of invertebrates in shallow water. *Limn. and oceanogr.*, 13 (9), pp. 448-464.
- FEY, A., 1967. — Les peuplements sessiles de l'infra-littoral rocheux de l'archipel de Glénan. *Hydriaires et Bryozoaires*. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Paris.
- FOLK, R.L. et WARD, W.C., 1957. — Brazos River bar; a study in the significance of grain size parameters. *J. Sed. Petrol.*, 27, pp. 3-26.
- FONTAINE, A.R., 1965. — The feeding mechanisms of the Ophiuroid *Ophiocomina nigra*. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 45, pp. 373-385.
- FORD, E., 1923. — Animal communities of the level sea-bottom in the waters adjacent to Plymouth. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 13, pp. 164-224.
- GIOT, P.R., 1948. — Essai synthétique sur la géologie de la Cornouaille occidentale. *Bull. Soc. géol. France*, 5 (18), pp. 3-14.
- GLÉMAREC, M., 1964a. — Bionomie benthique de la partie orientale du Golfe du Morbihan. *Cah. Biol. Mar.*, 5, pp. 33-96.
- GLÉMAREC, M., 1964b. — Le genre *Abra* sur les côtes atlantiques de Bretagne. Systématique et écologie. *J. Conchyl.*, CIV, pp. 15-28.
- GLÉMAREC, M., 1969. — Les peuplements benthiques du plateau continental Nord-Gascogne. Thèse d'Etat, Fac. Sc. Paris.
- GLÉMAREC, M. et MONNIOT, C., 1966. — Répartition des Ascidiées des fonds meubles de la côte sud de Bretagne. *Cah. Biol. Mar.*, 7, pp. 343-366.
- GOT, H., GUILLE, A., MONACO, A. et SOYER, J., 1968. — Carte sédimentologique du plateau continental au large de la côte française des Albères (P.O.). *Vie et Milieu*, 19 (2 B), pp. 273-290.
- GOMIOU, M.T., 1967. — Some quantitative data on light penetration in sediments. *Helgol. wiss. Meeresunters.*, 15, pp. 120-127.
- GOODALL, D.W., 1954. — Vegetational classification and vegetational continua. *Angew. Pfl. Soziol.*, 1, pp. 168-182.
- GUILCHER, A., 1948. — Le relief de la Bretagne méridionale de la Baie de Douarnenez à la Vilaine. Thèse d'Etat, Paris, 682 pp.
- GUILCHER, A., 1965. — Précis d'Hydrologie marine et continentale. Masson Ed., 359 pp.
- GUILLE, A., 1965. — Contribution à l'étude de la systématique et de l'écologie d'*Ophiothrix quinquemaculata* delle Chiaje. *Vie et Milieu*, 15, pp. 243-308.
- GUILLE, A., 1970a. — Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. II. Les communautés de la macrofaune. *Vie et Milieu*, XXI (1 B), pp. 149-280.
- GUILLE, A., 1970b. — Les communautés benthiques des substrats meubles du plateau continental au large de Banyuls-sur-Mer. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 270, pp. 189-192.
- GUILLE, A., et SOYER, J., 1970. — Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. I. Physiographie. *Vie et Milieu*, XXI, (1 B), pp. 137-148.
- HINSCHBERGER, F., 1970. — L'Iroise et les abords d'Ouessant et de Sein. Etude de morphologie et de sédimentologie sous-marines. Thèse Fac. Caen, 309 pp.
- HINSCHBERGER, F. et PAUVRET, R.B., 1968. — Les fonds sous-marins de l'Iroise et de la baie de Douarnenez. *Norois*, 58, pp. 213-225.
- HINSCHBERGER, F., SAINT REQUIER, A., TOULEMONT, A., 1967. — Recherches sédimentologiques et écologiques sur les fonds sous-marins dans les parages de la chaussée de Sein (Finistère). *Rec. Trav. Inst. Pêches mar.*, 31 (4), pp. 425-448.
- HOLME, N.A., 1966. — The bottom fauna of the English Channel. II. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 46, pp. 401-493.
- INMAN, D.L., 1952. — Measures for describing the size distribution of sediments. *Journ. Sed. Petrol.*, 19 (6), pp. 125-145.
- JONES, N.S., 1950. — Marine bottom communities. *Biol. Rev.*, 25, (3), pp. 283-313.
- KING, C.E., 1964. — Relative abundance of species and Mac Arthur's Model. *Ecol.*, 45 (4), pp. 716-727.
- KNOX, G.A., 1961. — The study of marine bottom communities. *Roy. Soc. New Zeal. Proc.*, 89 (1), pp. 167-182.
- LACOMBE, H., 1953. — Courants de marée dans la Manche et sur les côtes françaises de l'Atlantique. *Service Hydrographique de la Marine*, Paris, 550, 275 pp.
- LAFARGUE, F., 1967. — Les peuplements sessiles de l'infra-littoral de l'archipel de Glénan. *Anthozoaires et Ascidiées*. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Paris.

- LAPIERRE, F., 1966. — Répartition et chronologie relative des sédiments sableux dans le Golfe de Gascogne. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 263, pp. 1044-1047.
- LE DANOIS, E., 1948. — Les profondeurs de la mer. Paris, 303 pp.
- MAC ARTHUR, 1960. — On the relative abundance of species. *Am. Nat.*, 94, pp. 25-36.
- MAC INTOSH, R.P., 1967. — The continuum concept of vegetation. *Bot. Rev.*, 33 (2), pp. 130-187.
- MAC NUTLY, J., WORK, R. et MOORE, H., 1962. — Some relationships between the infauna of the level bottom and the sediment in South Florida. *Bull. mar. Sc. Gulf Carib.*, 12, pp. 322-332.
- MASSÉ, H., 1971. — Contribution à l'étude quantitative et dynamique de la macrofaune de peuplements des sables fins infralittoraux des côtes de Provence. Thèse Fac. Sc. Marseille, 310 pp.
- MILLS, E.L., 1960. — The community concept in Marine zoology, with comments on continua and instability in some marine communities. *J. Fish. res. board Canada*, 26 (6), pp. 1415-1428.
- MOLANDER, A.R., 1928. — Animal communities on soft areas in the Gullmar fjord. *Skrift. Svenska Akad. Kristinebergs zool. Stat.*, 1877-1927, 2, pp. 1-90.
- MONNIOT, F., 1962. — Recherches sur les graviers à *Amphioxus* de la région de Banyuls-sur-Mer. *Vie et Milieu*, 13, pp. 231-322.
- MOORE, H.B., 1937. — Marine fauna of the isle of Man. *Proc. Liverpool biol. Soc.*, 50, pp. 1-293.
- NAGABUSHANAM, A.K. et COLMAN, J.S., 1959. — Carrion-eating by Ophiuroids. *Nature*, 184, p. 285.
- NICHOLS, F.H., 1970. — Benthic polychaete assemblages and their relationship to the sediment in Port Madison, Washington. *Marine Biology*, 6, pp. 48-57.
- OTTO, G.H., 1939. — A modified logarithmic graph for the interpretation of mechanical analyses of sediments. *Journ. Sed. Petrol.*, 9 (2), pp. 62-76.
- PARKER, B.H., 1963. — Zoogeography and Ecology of some macroinvertebrates in the Gulf of California and the continental slope off Mexico. *Vidensk redd. fra Dansk Naturh. Foren.* Bd 126, pp. 1-180.
- PÉRÈS, J.M., 1961. — Océanographie biologique et Biologie marine. Tome I. La vie benthique. Paris, Presses Universitaires de France éd., 541 pp.
- PÉRÈS, J.M., 1967. — Les biocénoses benthiques dans le système phytal. *Rec. Trav. Stat. mar. Endoume*, 42, pp. 3-113.
- PETERSEN, C.G.J., 1913. — Valuation of the sea. II. The animal communities of the sea bottom and their importance for marine zoogeography. *Rep. Danish Biol. Stat.*, 21, pp. 1-42.
- PETERSEN, C.G.J., 1915. — On the animal communities of the sea-bottom in the Skagerrak, the Christiania Fjord and the Danish waters. *Rep. Dan. Biol. Stat.*, 23, pp. 3-28.
- PETERSEN, C.G.J., 1918. — The sea-bottom and its production of fish-food. *Rep. Dan. Biol. Stat.*, 25, pp. 1-62.
- PICARD, J., 1965. — Recherches qualitatives sur les biocénoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. *Rec. Trav. Stat. mar. Endoume*, 52 (36), pp. 1-158.
- PINOT, J.P., 1966. — La disposition générale du précontinent entre Penmarch et Belle-Ile. *Bull. Ass. géogr. fr.*, pp. 4-20.
- PLANTE, R., 1967. — Etude quantitative du benthos dans la région de Nosy-Bé. *Cah. ORSTOM, série océanogr.*, V (2), pp. 95-107.
- POORE, M.E.D., 1962. — The method of successive approximation in descriptive ecology in: *Advances in Ecological Research*, Academic Press, Inc., London, 1, pp. 35-58.
- PRENANT, M., 1939. — Etudes de bionomie intercotidale. La Baie de Douarnenez et ses abords. *Bull. biol. France-Belgique*, pp. 451-476.
- RENAUD-MORNANT, J., 1971. — Campagnes d'essais du Jean Charcot. Meiobenthos. *Bull. Mus. nat. Hist. nat.*, 42 (4), pp. 745-753.
- REYSS, D., 1970. — Bionomie benthique de deux canyons sous-marins de la mer catalane. Thèse d'Etat, Fac. Sc. Paris, 251 pp.
- ROSFELDER, A., 1960. — Contribution à l'analyse texturale des sédiments. Thèse Fac. Sc. Alger, 356 pp.
- SAINT-REQUIER, A., 1970. — La Baie d'Audierne. Etude de morphologie et de sédimentologie sous-marines. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Paris.
- SAINT-REQUIER, A. et GUILCHER, A., 1969. — Un grès coquillier de faciès littoral immergé à -34 m en baie d'Audierne (Finistère). *C.R. Acad. Sc. Paris*, 268, pp. 1915-1916.
- SALVAT, B., 1967. — La macrofaune carcinologique endogée des sédiments meubles intertidaux (Tanaïdacés, Isopodes et Amphipodes). Ethologie, bionomie et cycle biologique. Thèse d'Etat, Fac. Sc. Paris, 275 pp.

- SANDERS, H.L., 1958. — Benthic studies in Buzzards Bay. I. Animal - sediment relationship. *Limn. Oceanogr.*, 3 (3), pp. 245-258.
- SANDERS, H.L., 1968. — Marine benthic diversity a comparative study. *Amer. Natur.*, 102 (925), pp. 243-282.
- SHEPARD, F.P., 1954. — Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *J. Sedim. Petrol.*, 24 (3), pp. 151-158.
- SPÄRCK, R., 1937. — The benthonic animal communities of the coastal waters. *The Zoology of Irelands*, 1 (6), pp. 1-45.
- STEPHEN, A.C., 1933. — Studies on the Scottish marine fauna; the natural faunistic divisions of the North sea as shown by the quantitative distribution of the molluscs. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, 57, pp. 601-616.
- STEPHEN, A.C., 1934. — Quantitative distribution of Echinoderms. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, 57 pp.
- STEPHENS, K., SHELDOW, R.W. et PARSONS, T.R., 1967. — Seasonal variations in the availability of food for benthos in a coastal environment. *Ecol.*, 48, pp. 852-855.
- THORSON, G., 1946. — Reproduction and larval development of Danish marine bottom invertebrates. *Medd. Komm. Havund. Kbh. Ser. Plankton*, pp. 1-523.
- THORSON, G., 1957. — Bottom communities. In *Treatise on marine ecology and paleoecology*. *Mem. geol. Soc. Amer.*, 67, pp. 461-534.
- THORSON, G., 1958. — Parallel level-bottom communities, their temperature adaptation and their «balance» between predators and foods animals. *Perspectives in Marine Biology*, California, pp. 67-86.
- THORSON, G., 1961. — Length of pelagic larval life in marine bottom invertebrates as related to larval transport by ocean currents. *Oceanogr. Amer. Ass. Adv. Sc.*, pp. 455-474.
- THORSON, G., 1966. — Some factors influencing the recruitment and establishment of marine benthic communities. *Netherland J. sea Res.*, 3 (2), pp. 267-293.
- TOULEMONT, A., 1967. — In HINSCHBERGER, F., SAINT-REQUIER, A., TOULEMONT, A., 1967.
- TOULMOND, A., 1964. — Les Amphipodes des faciès sableux intertidaux de Roscoff. Aperçus faunistiques et écologiques. *Cah. Biol. Mar.*, 5, pp. 319-342.
- TOULMOND, A. et TRUCHOT, J.P., 1964. — Inventaire de la Faune marine de Roscoff. Amphipodes et Cumacés. *Trav. Stat. Biol. Roscoff*, 15, pp. 1-42.
- URSIN, E., 1960. — A quantitative investigation of the echinoderm fauna of the central North sea. *Medd. Komm. Havund. Kbh.*, N.S., 2, pp. 1-204.
- VANNÉY, J.R., 1969. — Le précontinent du centre du Golfe de Gascogne : recherches géomorphologiques. Thèse Fac. Lettres, Paris, 365 pp.
- VOVELLE, J., 1971. — Sélection des grains du tube chez les Amphictenidae (Polychètes Sédentaires). *Cah. Biol. Mar.*, 12, pp. 365-380.
- WARNER, G.F., 1971. — On the ecology of a dense bed of the Brittle-star *Ophiothrix fragilis*. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 51, pp. 267-282.
- WEBB, J.E., 1969. — Biologically significant properties of submerged marine sands. *Proc. Roy. Soc. London*, B, 174, pp. 355-402.
- WEBB, J.E. et HILL, M.B., 1958. — The ecology of Lagos lagoon. IV. On the reactions of *Branchiostoma nigeriens* Webb to its environment. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, B, pp. 241-355.
- WHITTAKER, R.H., 1962. — Classification of natural communities. *Botan. Review*, 28, pp. 1-239.
- WILSON, D.P., 1952. — The influence of the nature of the substratum on the metamorphosis of the larvae of marine animals especially the larvae of *Ophelia bicornis* Savigny. *Ann. Inst. Océan.*, 27 (2), pp. 49-156.