

Les populations de Foraminifères benthiques de la Manche

Marie Rosset-Moulinier

École Normale Supérieure, Institut de Biogéochimie Marine
1, rue Maurice Amoux, 92120 Montrouge, France.
UA 386 et Greco 19 du CNRS.

Résumé : La Manche est un modèle particulier de mer épicontinentale à cause de ses gradients climatiques et sédimentologiques. Ce travail donne une vue d'ensemble sur les biocénoses de Foraminifères benthiques.

D'après leur étagement en profondeur, il existe une limite infracircalittorale qui monte de — 40 mètres en Manche occidentale à — 20 mètres en Manche orientale. Très peu d'espèces sont strictement circalittorales. La répartition des espèces en fonction du substrat montre que les Foraminifères de la Manche peuvent être classés en trois catégories principales : les sabulicoles et gravellicoles, les sabulicoles-gravellicoles et les gravellicoles. La température joue un rôle important dans la distribution des espèces, plus par ses variations annuelles que par sa valeur moyenne.

On peut distinguer quatre populations de Foraminifères. La population à *Cibicides lobatulus-Textularia truncata*, essentiellement sur sédiments grossiers, se subdivise en quatre sous-populations selon le gradient climatique ouest-est. La population à *Deuterammina ochracea* et *Remaneica plicata* caractérise les sédiments mobiles. La population à *Eggerella scabra* occupe les sables fins et parfois vaseux infralittoraux et compte trois sous-populations. La population à *Nonion depressulum*, sur sables fins, est à affinités estuariennes.

Abstract : The English Channel is a peculiar model of epicontinental sea, because of its climatic and sedimentological gradients. This work is a comprehensive view on the foraminiferal biocoenoses. According to their depth distribution, the infra-circalittoral limit goes up from —40 metres in the western Channel to —20 metres in the eastern Channel. Only a few species are strictly circalittoral. The species distribution on the various types of bottom shows that they fall into three main categories : the sand and gravel dwellers, the sand-gravel dwellers and the gravel dwellers.

The annual variations of the temperature play a prominent part in the foraminiferal distribution, whereas its mean value is less important.

We can distinguish four foraminiferal populations. The *Cibicides lobatulus-Textularia truncata* population, on coarse sediments, is divided into four sub-populations according to the climatic variations from west to east. The *Deuterammina ochracea* and *Remaneica plicata* population is characteristic of the mobile sands. The *Eggerella scabra* population dwells on the fine or muddy infralittoral sands. It is divided into three sub-populations. The *Nonion depressulum* population, on fine sands, is transitional with the estuarine populations.

INTRODUCTION

Cette étude est la première portant sur les populations de Foraminifères benthiques vivant dans l'ensemble de la Manche. Cette mer épicontinentale est en effet intéressante à plus d'un titre.

Du point de vue biogéographique, elle est considérée comme une zone limite méridionale pour les espèces septentrionales (Murray, 1971). Il y existe de forts gradients climatiques (Cabioch *et al.*, 1976, 1977) entre la partie occidentale largement ouverte sur le plateau continental atlantique, et soumise aux influences océaniques, et le Pas de Calais, passage plus étroit vers la Mer du Nord où les écarts annuels de température deviennent importants. On y trouve également une

grande variété de sédiments, allant des cailloutis à épifaune abondante de la Manche centrale aux sables vaseux des baies anglaises, avec des enchaînements sédimentaires montrant une granulométrie décroissante depuis les zones à forte énergie hydrodynamique jusqu'aux zones abritées à faible énergie (Larsonneur *et al.*, 1979).

Si du point de vue systématique la microfaune de Foraminifères benthiques de la Manche, et plus généralement de la façade atlantique de l'Europe, était assez bien connue lors du début de ce travail, il n'en était pas de même de la répartition des espèces et des populations. Quelques grands traits de la distribution des tests vides avaient été mis en évidence dans la partie centrale de la Manche occidentale par Le Calvez et Boillot (1967) et dans les zones littorales de la Bretagne et de la Baie de Seine par Dupeuble *et al.*, (1972). Les variations des microfaunes selon la longitude et la profondeur commençaient donc à être connues.

Mais chaque étude localisée posait finalement plus de questions qu'elle n'en résolvait, faute de références suffisantes à des ensembles plus vastes. Il m'a alors paru très intéressant de participer, pour ce qui concernait les Foraminifères et à la demande de L. Cabioch, au dépouillement des échantillons récoltés en vue de l'étude biosédimentaire totale de la Manche, menée en collaboration par les stations biologiques de Roscoff, Dinard, Wimereux et le laboratoire de Géologie de l'Université de Caen. Le développement de ces recherches a, par la suite, mené à la création du groupe de recherches coordonnées "Manche" (GRECO 19 du CNRS).

J'ai ainsi pu disposer non seulement de très nombreux échantillons sédimentaires prélevés dans toute la Manche, à l'exception de la région de Roscoff (et non compris les zones estuariennes), mais aussi des données, sédimentologiques en particulier, les concernant, grâce à C. Larsonneur et L. Cabioch.

HISTORIQUE

Aucun des travaux antérieurs sur les biocénoses de Foraminifères benthiques ne concernait l'ensemble de la Manche. Côté français, les zones côtières du Sud du Golfe normand-breton ont fait l'objet des études de Mathieu (1966), Momeni (1973), Rosset-Moulinier (1972, 1978). Côté anglais, les publications de Murray (1965, 1970) portaient sur la région de Plymouth, la côte de Cornouailles et la zone proche du Cap Lizard, et quelques indications ont été données par Lees (1975) dans la Baie de Lyme.

Toutes ces données intéressantes en ce qui concerne la répartition des espèces, étaient loin de permettre d'avoir une vue d'ensemble sur la microfaune de la Manche comparable à celle de Holme (1961, 1966) pour la macrofaune.

On ne disposait pas non plus de beaucoup de renseignements sur les régions voisines. Murray (1970) a décrit les biocénoses de quelques stations proches de la Grande Sole et du rebord du plateau continental de la Mer Celtique, puis (1979) celles du nord-est de cette même mer entre 75 et 135 m de profondeur. Richter

(1967) avait étudié quelques stations dans la Baie de la Jade, sur la côte allemande de la Mer du Nord. Les zones non côtières étaient donc pratiquement inexplorées dans toute la Manche et la majorité des mers voisines.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les sédiments récoltés par dragage au cours de plusieurs campagnes des N.O. "Pluteus II" et "Thalassa", de 1972 à 1976, ont été immédiatement fixés à bord à l'alcool éthylique. Au laboratoire, ils ont été lavés et tamisés sous l'eau sur deux tamis de maille 1 et 0,1 mm. Les deux fractions ont été colorées au Rose Bengale à 1 g/litre pendant plusieurs heures, rincées et séchées. Les tests ont été extraits de la fraction 1-0,1 mm par flottation sur du tétrachlorure de carbone. La partie du sédiment plus grossière a été examinée rapidement à la loupe binoculaire, pour y rechercher les Foraminifères fixés sur des supports divers. Cette méthode est rendue nécessaire par les faibles teneurs en Foraminifères vivants dans les sédiments étudiés (30 à 50 tests pour 200 cm³ de sédiment brut humide, rarement plus) les comptages directs, plus précis, demanderaient des temps extrêmement longs, et j'ai préféré étudier de très nombreux échantillons (907 sur plus de 2 400 provenant des campagnes en mer). Quand cela a été rendu nécessaire par le grand nombre de données recueillies, j'ai subdivisé la Manche en cinq zones qui sont délimitées sur la figure 1: la Manche occidentale et le Golfe normand-breton à l'ouest, la Manche centrale et la Baie de Seine au centre, la Manche orientale. La région au nord de la Bretagne à l'ouest de Bréhat n'a pas été étudiée (Fig. 1).

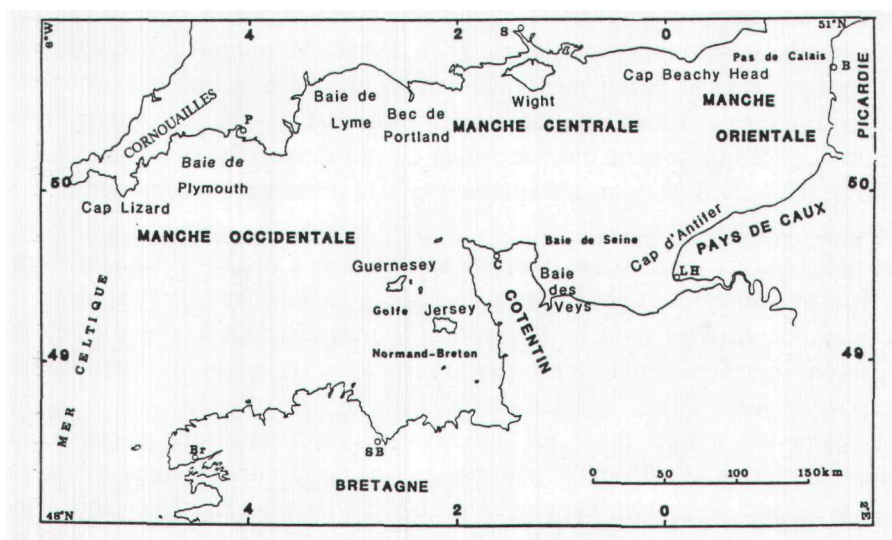


Fig. 1 - La Manche. B = Boulogne-sur-mer, Br = Brest, C = Cherbourg, LH = Le Havre, P = Plymouth, S = Southampton, SB = Saint-Brieuc.

Pour mettre en évidence l'influence du substrat sur la répartition des espèces de Foraminifères, j'ai utilisé la méthode des diagrammes de Shepard (Glémarec, 1969). Elle consiste à porter sur un diagramme triangulaire les pourcentages de pélites (diamètre des grains $< 0,05$ mm), de sables (diamètre compris entre 0,05 et 2 mm), de graviers et granules (diamètre > 2 mm) de chaque station où une espèce (ou un groupe d'espèces) est trouvée. Selon l'aire occupée par les points représentatifs des stations on peut classer les espèces en diverses catégories, selon leur préférence pour un ou plusieurs substrats.

L'étude des populations a été faite grâce à une méthode d'analyse statistique multivariée, l'analyse des correspondances (Benzecri, 1973). Les données dont on dispose peuvent être présentées sous forme d'un tableau à double entrée où les individus, c'est-à-dire les stations, sont représentés par les lignes et les variables, c'est-à-dire les espèces, par les colonnes. S'il y a p stations et η espèces, on figure les stations comme un nuage de p points dans un espace à η dimensions, et réciproquement on figure les espèces comme un nuage de η points dans un espace à p dimensions. Pour visualiser la répartition des points du nuage, on détermine un système d'axes factoriels tel que, en projetant les points-stations et les points-espèces sur le plan formé par les deux premiers axes, on obtienne le maximum d'informations sur leur disposition dans l'espace de dimension élevée. L'analyse des correspondances est proche de l'analyse en composantes principales mais en diffère par le choix d'une distance de Chi² se substituant à la distance euclidienne. Cet aspect de la méthode permet de projeter simultanément sur les plans factoriels les individus et les variables (ici les stations et les espèces) donnant ainsi la possibilité de comparer les stations entre elles, les espèces entre elles, mais aussi d'obtenir des graphiques sur lesquels la proximité entre stations et espèces est vue directement (Rosset-Moulinier & Roux, 1977, Rosset-Moulinier 1978). On obtient ainsi objectivement des groupements de stations caractérisées par des groupements d'espèces. Il n'est pas nécessaire de postuler au départ que les distributions doivent être normales, ce qui ne rend pas nécessaire de transformer les données.

Les variables choisies pour ces analyses sont la présence ou l'absence des espèces, pour les raisons qui suivent :

- 1-Les prélèvements s'étalent sur plusieurs années et ont eu lieu à des saisons et des cycles de marée différents. L'abondance d'une espèce risque donc d'être variable .
- 2 - La méthode au tétrachlorure de carbone permet d'avoir une vue correcte de la composition spécifique, mais n'est pas très précise du point de vue quantitatif (Rosset-Moulinier, 1972).
- 3-Une partie de la microfaune est fixée sur des supports divers, galets, coquilles, Hydraires, etc... Une seule coquille peut porter plus de 10 individus alors qu'il n'y aura rien sur la plupart des autres. De plus, il est difficile de comparer le nombre d'individus trouvés dans un volume donné de sable au nombre trouvé sur une tige d'Hydraire par exemple. L'utilisation de données sous forme binaire (présence-absence) remédie à ces inconvénients et permet de tenir compte de la microfaune fixée.

Dans chaque groupe de stations délimité par l'analyse des correspondances, j'ai calculé deux indices (Prenant, 1927, Glémarec, 1964, Gentil, 1976) : l'indice de *fréquence* (ou de constance) d'une espèce dans un groupe de stations est le rapport, exprimé en %, du nombre de stations où l'on trouve l'espèce au nombre total de stations ; l'indice de *fidélité* d'une espèce pour un groupe de stations est le rapport, exprimé en %, de sa fréquence dans ce groupe à la somme de ses fréquences dans les autres groupes.

J'ai adopté les valeurs limites proposées par Gentil (1976) pour ces indices :

Fréquence : moins de 12 % : espèce rare

de 13 à 25 % : espèce peu commune

de 26 à 50 % : espèce commune

de 51 à 100 % : espèce constante

Fidélité : de 11 à 33 % : espèce occasionnelle

de 34 à 50 % : espèce accessoire

de 51 à 66 % : espèce préférante

de 67 à 100 % : espèce élective

Je n'ai pas retenu le terme d'espèce exclusive (indice de fidélité, 91 à 100 %) car la connaissance que j'ai de la microfaune et de ses variations est insuffisante pour affirmer l'absence totale d'une espèce dans une ou plusieurs populations. Une même espèce peut être accessoire dans deux populations, ou préférante dans l'une et accessoire dans l'autre.

RÉPARTITION DES FORAMINIFÈRES EN PROFONDEUR

L'étude de la répartition en profondeur des Foraminifères benthiques est importante pour plusieurs raisons : on peut ici la comparer à celle de la macrofaune, bien connue en plusieurs endroits ; elle permet de tenter de saisir les facteurs susceptibles de la commander ; elle peut fournir des données pour éclairer les reconstitutions paléogéographiques.

Un tableau général des répartitions en profondeur en Manche a été publié précédemment (Blanc-Vernet *et al.*, 1984) en vue de comparer l'étagement de la microfaune en Manche, dans le sud du Golfe de Gascogne et en Provence. Il constituait donc une synthèse pour l'ensemble de la Manche. Mais une étude plus détaillée a montré qu'il y avait de nettes disparités d'une région à l'autre. Des tableaux ont donc été faits pour chacune des zones précédemment délimitées.

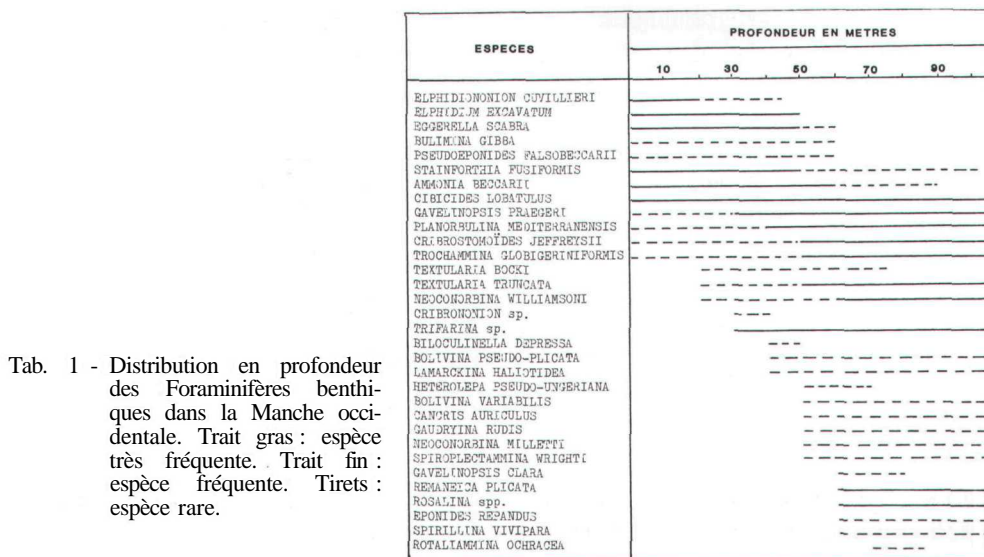
De façon générale, il existe partout deux groupes principaux d'espèces. Le premier est constitué d'espèces vivant dans les zones les moins profondes, et disparaissant, ou devenant nettement moins fréquentes à des profondeurs variables selon les régions. Ce sont les espèces que l'on peut considérer comme infralittorales : *Cribrononion gerthi*, *Eggerella scabra*, *Elphidiononion cuvillieri*, *E. magellanicum*, *Elphidium excavatum*, *Nonion depressulum*, *Pseudoepionides falsobeccarii*, *Stainforthia fusiformis*. L'autre groupe, à l'inverse, est constitué d'espèces qui apparaissent, ou dont la fréquence s'accroît au-delà d'une certaine profondeur, variable selon les régions. Ce sont les espèces circalittorales côtières : *Bolivina pseu*

do-plicata, *Cancris auriculus*, *Eponides repandus*, *Gaudryina rudis*, *Gavelinopsis clara*, *Heterolepa pseudo-ungeriana*, *Lamarckina haliotidea*, *Mississippina concentrica*, *Neoconorbina millettii*, *Rosalina bradyi*, *R. globularis*, *Trochammina globigeriniformis* var. *pygmaea*.

Si on compare avec les répartitions données pour le plateau continental provençal (Blanc-Vernet, 1969) et le Golfe de Gascogne (Pujos, 1976) on constate que les *Cancris*, *E. repandus*, *G. rudis*, *H. pseudoungeriana*, *L. haliotidea* et *M. concentrica* sont considérées comme circalittorales. Par contre, *B. pseudoplicata* se trouve de l'infralittoral au bathyal et les *Rosalina*, vivant surtout dans les herbiers, sont considérées comme typiquement infralittorales. Il est probable que *B. pseudo-plicata*, espèce gravellicole, ne trouve pas aux faibles profondeurs en Manche les substrats qui lui conviennent. Les *Rosalina*, espèces d'origine méridionale qui sont très rares ou absentes à l'est du Cotentin, sont probablement limitées par l'existence de températures hivernales relativement basses dans ces régions.

Il existe, par ailleurs, quelques espèces qui, dans certaines régions de la Manche seulement, gardent la même fréquence dans la gamme des profondeurs observées (0 à 100 m en Manche occidentale, 0 à 50 m en Manche orientale). Ce sont : *Ammonia beccarii*, *Bolivina variabilis*, *Cibicides lobatulus*, *Cribrostomoïdes jeffreysii*, *Deuterammina ochracea*, *Gavelinopsis praegeri*, *Neoconorbina williamsoni*, *Planorbulina mediterraneensis*, *Remaneica plicata*, *Spirillina vivipara*, *Textularia truncata*, *Trifarina* sp. Parmi ces espèces figurent les caractéristiques de la population des "sables mobiles" : *D. ochracea*, *N. williamsoni*, *R. plicata*, *S. vivipara*, pour lesquelles nous avons montré (Rosset-Moulinier, 1985) que le facteur hydrodynamisme est primordial.

Dans les autres régions, Provence (Blanc-Vernet, 1969), sud du Golfe de Gascogne (Pujos, 1976) et Baie de Bourgneuf (Debenay, 1978) toutes ces espèces sont, soit infralittorales, soit vivantes sur tout le plateau continental.



La répartition en profondeur des espèces est donc variable selon les régions.

Cependant, il est possible de mettre en évidence des variations faunistiques suffisamment nettes pour permettre de tracer la limite entre infra et circalittoral.

Dans la Manche nord-occidentale (Tab. 1), les variations se produisent principalement entre 40 et 60 m. La limite infra-circalittorale se situerait donc vers 50 m, c'est-à-dire au-dessous de la thermocline qui est à 50 m en Mer Celtique, mais à 20 m au large de Plymouth. Une seule espèce, *Cibicides lobatulus*, garde une fréquence constante de 0 à 100 m.

Dans le Golfe normand-breton (Tab. 2), les diminutions ou disparitions d'espèces infralittorales se situent vers 20 à 30 m. Mais les apparitions ou augmentations d'espèces circalittorales s'engagent de 20 à 50 m, et 10 espèces gardent une fréquence constante. Ceci est en accord avec les résultats de Retière (1979) qui sur la base de "la limite inférieure d'extension des peuplements infralittoraux" place la limite infra-circalittorale vers 25 m, et souligne par ailleurs "qu'il est difficile de cerner les limites bathymétriques d'extension vers le haut, sous le contrôle du seul facteur lumière, des espèces profondes".

Dans la Manche centrale (Tab. 3), on constate, à l'inverse, que les limites inférieures de répartition des espèces infralittorales varient de 15 à 40 m, alors que les apparitions d'espèces circalittorales se situent vers 30 à 40 m. Les variations principales de la microfaune ayant lieu vers 30-40 m, il semble que la limite infra-circalittorale puisse être placée à cette profondeur.

Dans la Baie de Seine (Tab. 4), la majorité des variations microfaunistiques se situe vers 20 à 30 m, avec un maximum à 20 m. Pour la macrofaune, "l'étagement des unités cénotiques des fonds meubles n'a pu être clairement dégagé" (Gentil, 1976). D'après la microfaune, la limite infra-circalittorale se situerait vers 20 m ou légèrement plus profond.

ESPECES	PROFONDEUR EN METRES			
	10	30	60	70
ELPHIDIUM EXCAVATUM	---	---	---	---
NEOCONORBINA TENQUER	---	---	---	---
CRIBRONIONION GENTII	---	---	---	---
EDGERELLA SCABRA	---	---	---	---
ELPHIDIUMIONION MAGELLANICUM	---	---	---	---
CRIBRONIONION sp.	---	---	---	---
AMMONIA BECCARII	---	---	---	---
CRIBROSTOMOIDES JEFFREYSII	---	---	---	---
GAVELINOPSIS PRAEGRI	---	---	---	---
NEOCONORBINA WILLIAMSONI	---	---	---	---
PLANORBULINA MEDITERRANEANENSIS	---	---	---	---
TESTULARIA TRUNCATA	---	---	---	---
TRIPARINA sp.	---	---	---	---
BOLIVINA VARIABILIS	---	---	---	---
REMANELLA PULICATA	---	---	---	---
SPIRILLINA VIVIPARA	---	---	---	---
ROTALIAMMINA COHRACEA	---	---	---	---
CIBICIDES LOBATULUS	---	---	---	---
BOLIVINA PSEUDOPULICATA	---	---	---	---
MISSISSIPPINA CONCENTRICA	---	---	---	---
HETEROLEPA PSEUDO-UNGRIANA	---	---	---	---
LAMARCKINA HALIOTIDEA	---	---	---	---
GAVELINOPSIS CLARA	---	---	---	---
NEOCONORBINA MILLETTII	---	---	---	---
ROSALINA spp.	---	---	---	---
SPIROPLETAMMINA WRIGHTI	---	---	---	---
TROCHAMMINA GLOBIGERINIFORMIS	---	---	---	---

Tab. 2 - Distribution en profondeur des Foraminifères benthiques dans le Golfe normand-breton. Même légende que Tab. 1.

ESPECES	PROFONDEUR EN METRES			
	10	30	50	70
ELPHIDIUM CUVILLIERI	---			
ELPHIDIUM EXCAVATUM	---			
NONION DEPRESSULUM	---			
CRIBRONION GERTHII	---			
STAINFORTHIA FUSIFORMIS	---			
EGGERELLA SCABRA	---			
ELPHIDIUM MAGELLANICUM	---			
AMMONIA BECCARII	---			
CIBICIDES LOBATULUS	---			
REMANECA PLICATA	---			
CRIBROSTOMOIDES JEFFREYSII	---			
CRIBRONION sp.	---			
CAVELINOPSIS PRAGERI	---			
TRIFARINA sp.	---			
LAMARCKINA HALIOTIDEA	---			
NEOCONORBINA WILLIAMSONI	---			
PLANORBULINA MEDITERRANEANSIS	---			
SPIRILLINA VIVIPARA	---			
BOLIVINA PSEUDO-PLICATA	---			
BOLIVINA VARIABILIS	---			
MISSISSIPPINA CONCENTRICA	---			
BILOCULINELLA DEPRESSA	---			
ROTALIAMMINA OCHRACEA	---			
HETEROLEPA PSEUDO-UNGARIANA	---			
TEXTULARIA TRUNCATA	---			
CAVELINOPSIS CLARA	---			
NEOCONORBINA MILLETTII	---			
ROSALINA spp.	---			
TROCHAMMINA GLOBIGERINIFORMIS	---			
SPIROPLECTAMMINA WRIGHTI	---			

Tab. 3 - Distribution en profondeur des Foraminifères benthiques dans la Manche centrale.
Même légende que Tab. 1.

ESPECES	PROFONDEUR EN METRES		
	20	40	60
ELPHIDIUM EXCAVATUM	---		
NONION DEPRESSULUM	---		
BULIMINA GIBBA	---		
NEOCONORBINA TERQUEMI	---		
ELPHIDIUM CUVILLIERI	---		
REMANECA PLICATA	---		
ROTALIAMMINA OCHRACEA	---		
SPIRILLINA VIVIPARA	---		
CRIBRONION GERTHII	---		
EGGERELLA SCABRA	---		
ELPHIDIUM MAGELLANICUM	---		
TRIFARINA sp.	---		
AMMONIA BECCARII	---		
CRIBROSTOMOIDES JEFFREYSII	---		
BOLIVINA VARIABILIS	---		
ROSALINA spp.	---		
BOLIVINA PSEUDO-PLICATA	---		
CAVELINOPSIS PRAGERI	---		
TEXTULARIA TRUNCATA	---		
CRIBRONION sp.	---		
NEOCONORBINA WILLIAMSONI	---		
HETEROLEPA PSEUDO-UNGARIANA	---		
CIBICIDES LOBATULUS	---		
MISSISSIPPINA CONCENTRICA	---		
PLANORBULINA MEDITERRANEANSIS	---		
LAMARCKINA HALIOTIDEA	---		
NEOCONORBINA MILLETTII	---		

Tab. 4 - Distribution en profondeur des Foraminifères benthiques dans la Baie de Seine.
Même légende que Tab. 1.

Dans la Manche orientale (Tab. 5), c'est vers 15 à 20 m que se situe le maximum de limites supérieures. Mais il faut constater que, mise à part *Heterolepa pseudo-ungeriana*, toutes les espèces circalittorales sont très rares ou absentes dans cette partie de la Manche et que la limite est constituée par des espèces qui, ailleurs, remontent jusqu'aux plus faibles profondeurs. Si l'on se base sur la disparition des espèces infralittorales, la limite infra-circalittorale se situe vers 20 à 30 m.

ESPECES	PROFONDEUR EN METRES		
	10	30	60
EGGERELLA SCABRA	----		
NONION DEPRESSULUM	-----		
CRIBRONONION GERTHI	-----		
AMMONIA BECCARII	-----		
ELPHIDIUM EXCAVATUM	-----		
TRIFARINA sp.	-----		
ELPHIDIONONION MAGELLANICUM	-----		
CRIBROSTOMOIDES JEFFREYSII	-----		
ROTALIAMMINA OCHRACEA	-----		
GAVELINOPSIS PRÆGERI	-----		
NEOCONORBINA WILLIAMSONI	-----		
REMANEICA PLICATA	-----		
CRIBRONONION sp.	-----		
STAINFORTHIA FUSIFORMIS	-----		
BOLIVINA VARIABILIS	-----		
LAMARCKINA HALIOTIDEA	-----		
SPIRILLINA VIVIPARA	-----		
BOLIVINA PSEUDO-PLICATA	-----		
HETEROLEPA PSEUDO-UNGERIANA	-----		
GAVELINOPSIS CLARA	-----		
NEOCONORBINA TERQUEMI	-----		
BULIMINA GIBBA	-----		
CIBICIDES LOBATULUS	-----		
NEOCONORBINA MILLETTII	-----		
MISSISSYPINA CONCENTRICA	-----		

Tab. 5 - Distribution en profondeur des Foraminifères benthiques dans la Manche orientale.
Même légende que Tab. 1.

En résumé, dans toute la Manche sauf sa partie nord-occidentale, il existe une limite bathymétrique marquée par la disparition ou la raréfaction des espèces infralittorales et située vers 20 à 30 m de profondeur. En Manche occidentale, cette limite est plus profonde, vers 50 m. La répartition bathymétrique des espèces circalittorales montre une montée progressive de leur limite supérieure de l'ouest vers l'est : de 50 à 60 m en Manche occidentale, elle passe de 30 à 40 m en Manche centrale, peut varier de 15 à 50 m dans le Golfe normand-breton et monte de 20 à 30 m dans la Baie de Seine et de 15 à 20 m dans la Manche orientale. Mais ces limites sont de plus en plus imprécises, car les espèces circalittorales se raréfient ou disparaissent totalement en allant vers l'est. Cela est dû aux variations annuelles de plus en plus marquées de la température qui éliminent les espèces les plus sténothermes. Par contre, certaines espèces considérées comme circalittorales sont plutôt des espèces boréales (Glémarec, 1969) adaptées aux eaux froides, qui peuvent donc vivre en Manche où les températures hivernales sont assez basses dans les régions couvertes par le présent travail.

RÉPARTITION DES FORAMINIFÈRES EN FONCTION DU SUBSTRAT

De nombreux auteurs ont recherché les corrélations qui peuvent exister entre la distribution qualitative des espèces de Foraminifères benthiques et la nature de leur substrat (Boltovskoy et Wright, 1976, p. 248-253). Les observations sont souvent difficilement comparables d'un auteur à l'autre, car les catégories granulométriques définies par les sédimentologues ne sont pas identiques. Une tentative de comparaison entre les microfaunes des plateaux continentaux français de la Manche, de l'Atlantique et de la Méditerranée (Blanc-Vernet *et al.*, 1984) a montré que si les distributions sont assez semblables, elles sont rarement identiques, et que la seule coupure importante se place entre la microfaune des sédiments fins (sables fins et vases) et des sédiments grossiers (sables grossiers et sables graveleux). Il faut noter également que les biologistes ont montré que certaines espèces de la macrofaune benthique ne se trouvent pas sur les mêmes substrats dans des régions différentes, et que la turbidité des eaux de fond, ou une très faible quantité de pélites dans le sédiment, peuvent influencer la répartition des espèces microphages (Retière, 1979). J'avais déjà noté (Rosset-Moulinier, 1972) que dans la Baie de Douarnenez et la Rade de Brest, *Stainforthia fusiformis* était un indicateur de la présence de vases, même en très petite quantité.

Tous les types de sédiments ne sont pas représentés en Manche. Il n'y a pas de vases, et les sables vaseux renferment rarement plus de 30 % de pélites. La majorité des fonds sont couverts de sables, sables graveleux, graviers et cailloutis qui forment des dépôts de faible épaisseur, parfois discontinus. Près de la côte, dans les zones abritées des houles et des courants de marée se trouvent des sables fins et des sables vaseux pouvant atteindre une dizaine de mètres d'épaisseur (Larsonneur *et al.*, 1979).

Il faut remarquer que, en Manche centrale et en Baie de Seine, plus du quart des stations étudiées où le sédiment est sablo-graveleux (de 25 à 75 % de graviers) contiennent aussi de 1 à 5 % de pélites. Cela n'apparaît pas sur la carte sédimentologique où les pélites ne sont figurées que pour des teneurs supérieures à 5 %, mais c'est de grande importance pour la répartition de la microfaune. Les sables graveleux légèrement envasés sont moins fréquents en Manche orientale, et rares en Manche occidentale et dans le Golfe normand-breton.

La méthode des diagrammes de Shepard montre que, en Manche, les Foraminifères benthiques sont tolérants vis-à-vis du substrat (eurotypes). Mis à part les gravellicoles, dont la définition est cependant assez large, aucune espèce n'est strictement limitée par une teneur minimum en l'un des composants pélite ou sable.

Les Foraminifères se classent dans trois catégories principales :

- Les *sabulicoles* et *gravellicoles* se trouvent dans les sédiments ayant au moins 70 % de sables (quels que soient les pourcentages de pélites et graviers) et dans les sédiments sablo-graveleux contenant moins de 3 % à 5 % de pélites. Ce sont :

Ammonia beccarii
Buliminella elegantissima
Bulimina elongata
Cribrononion gerthi
Eggerella scabra
Elphidiononion cuvillieri
Elphidium excavatum
Nonion depressulum (Fig. 2)
Stainforthia fusiformis (Fig. 3)

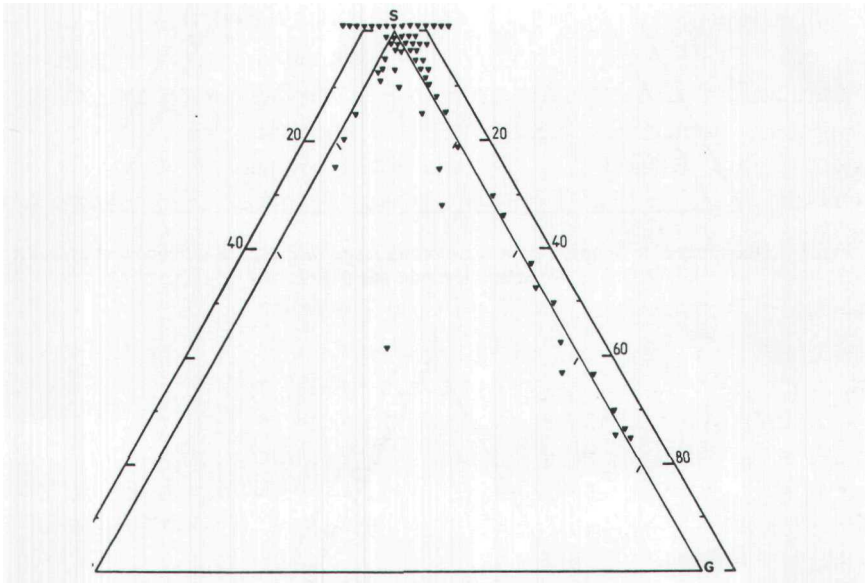


Fig. 2 - Diagramme de Shepard pour *Nonion depressulum* espèce sabulicole et gravellicole. Les sommets représentent les graviers et granules (> 2 mm) : G, les sables (0,05 à 2 mm) : S, les pélites (< 0,05 mm) : P. Chaque point correspond à la granulométrie d'une station où l'espèce est présente.

Parmi ces espèces, deux sont particulièrement fréquentes dans les sablons (*Elphidium excavatum* et *Nonion depressulum*). La plupart sont infralittorales.

- Les sabulicoles-gravellicoles se trouvent dans tous les sédiments ayant moins de 3 à 5 % de pélites, quelles que soient leurs teneurs en sables et graviers. Ce sont :

Bolivina variabilis
Cancris auriculus
Cibicides lobatulus
Cribr stomoides jeffreysii
Deuterammina ochracea (Fig. 4)
Elphidiononion magellanicum
Heterolepa pseudo-ungeriana (Fig. 5)

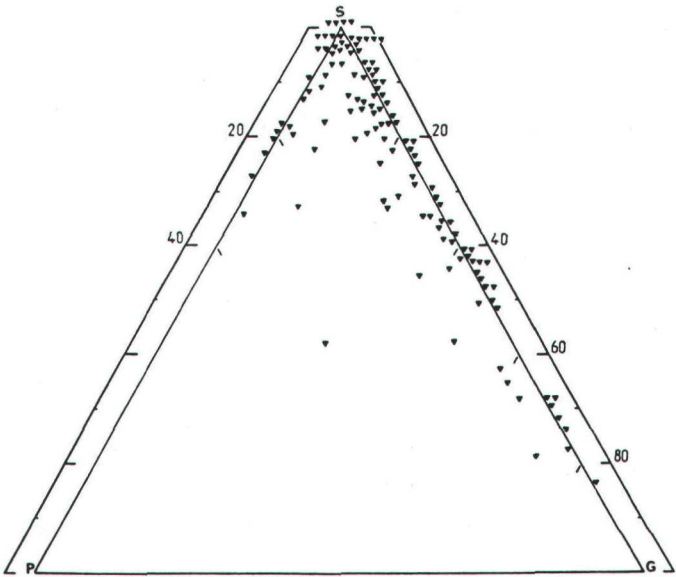


Fig. 3 - Diagramme de Shepard pour *Stainforthia fusiformis*, espèce sabulicole et gravellicole.
Même légende que Fig. 2.

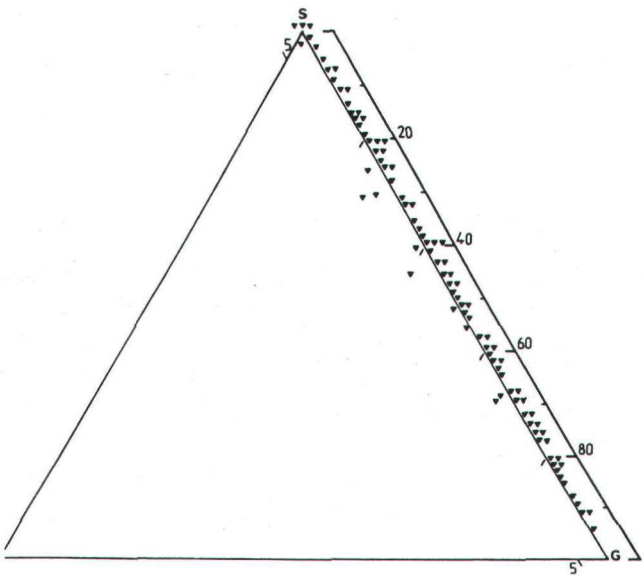


Fig. 4 - Diagramme de Shepard pour *Deuterammia ochracea*, espèce sabulicole-gravellicole.
Même légende que Fig. 2.

- Neoconorbina williamsoni*
- Planorbulina mediterraneensis*
- Remaneica plicata*
- Rosalina bradyi*

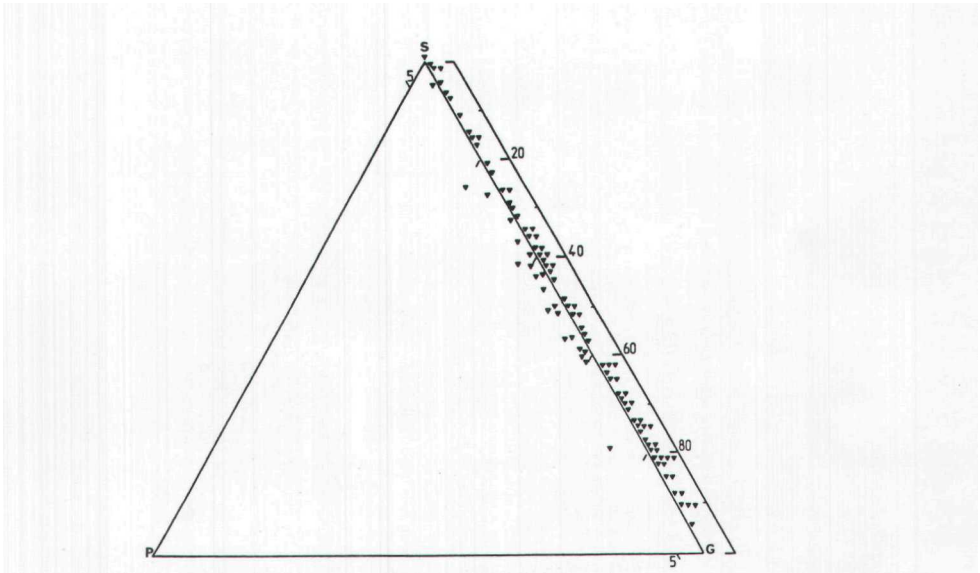


Fig. 5 - Diagramme de Shepard pour *Heterolepa pseudo-ungeriana*, espèce sabulicole - gravellicole.
Même légende que Fig. 2.

R. globularis

Rosalina sp.

Spiroplectammina wrighti

Textularia bocki

T. truncata

Trifarina sp.

Trochammina globigeriniformis var *pygmaea*

Elphidiononion magellanicum, qui est fréquente dans les sablons, est intermédiaire entre cette catégorie et celle des sabulicoles et gravellicoles.

On a dans cette liste, d'une part des espèces de l'épifaune (*C. Lobatulus*, *P. mediterraneensis*, les *Rosalina* que l'on trouve souvent sur les Hydraires) et d'autre part les espèces qui caractérisent les "sables mobiles" (*D. ochracea*, *N. williamsoni*, *R. plicata*) (Rosset-Moulinier, 1985).

• Les *gravellicoles* se trouvent dans les sédiments ayant au minimum 30 % de graviers, et moins de 3 à 5 % de pélites. Ce sont :

Bolivina pseudo-plicata

Cribrononion sp.

Gavelinopsis clara (Fig. 6)

Lamarckina haliotideae

Mississippina concentrica (Fig. 7)

Neoconorbina millettii

N. terquemi

Spirillina vivipara

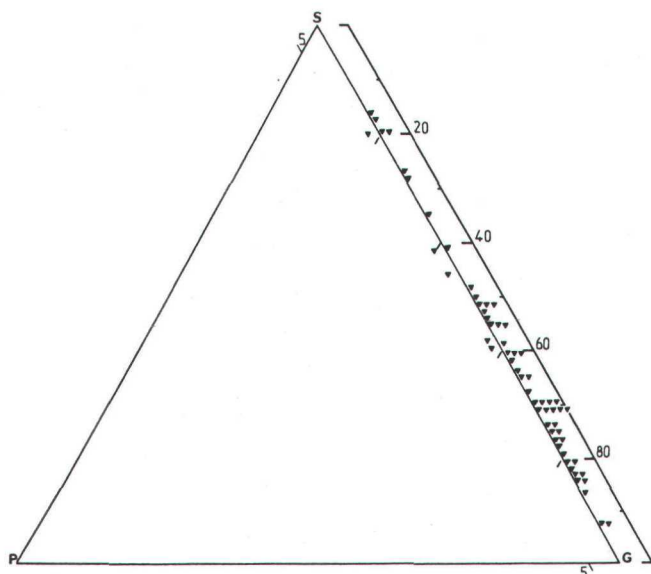


Fig. 6 - Diagramme de Shepard pour *Gavelinopsis clara*, espèce gravellicole. Même légende que Fig. 2

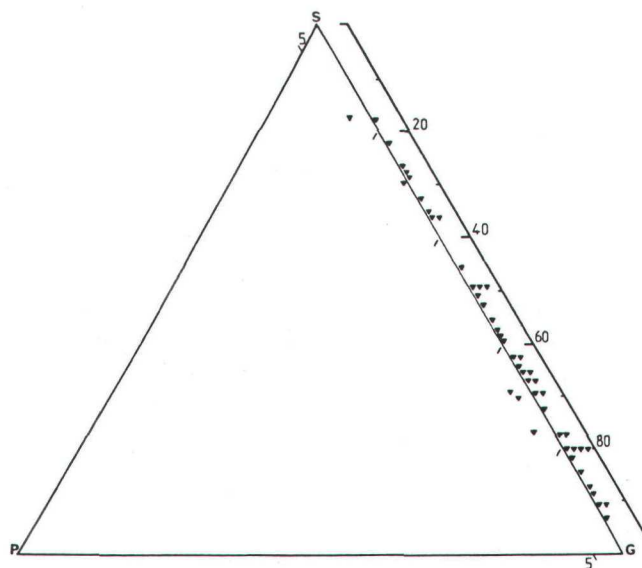


Fig. 7 - Diagramme de Shepard pour *Mississipina concentrica*, espèce gravellicole.
Même légende que Fig. 2.

Du fait de leur préférence pour les sédiments grossiers, ces espèces sont fréquentes surtout dans le Golfe normand-breton, la Manche centrale et le Pas de Calais. D'après les travaux de Debenay (1978), Mathieu (1966), Momeni (1973) et Murray (1965, 1971), elles sont rares à très rares (à l'exception de *B. pseudo-*

plicata) en dehors des zones caillouteuses du sud et du centre de la Manche. Pour les deux espèces les plus fréquentes et les plus abondantes, j'ai en outre comparé les données quantitatives. Bien qu'elles soient approchées, on constate que ces espèces (*Cribrononion* sp. et *Gavelinopsis clara*) ont leur maximum d'abondance dans le Golfe normand-breton, leur minimum dans la Baie de Seine (fig. 8 et 9). Elles pourraient donc correspondre aux espèces à distribution sarnienne de Holme (1961, 1966), qui se trouvent uniquement, ou qui sont plus abondantes, dans le Golfe normand-breton et la partie centrale de la Manche. Cependant, le caractère sarnien de ces distributions ne pourra être confirmé que lorsqu'on connaîtra de façon précise la microfaune des zones caillouteuses du nord de la Bretagne occidentale.

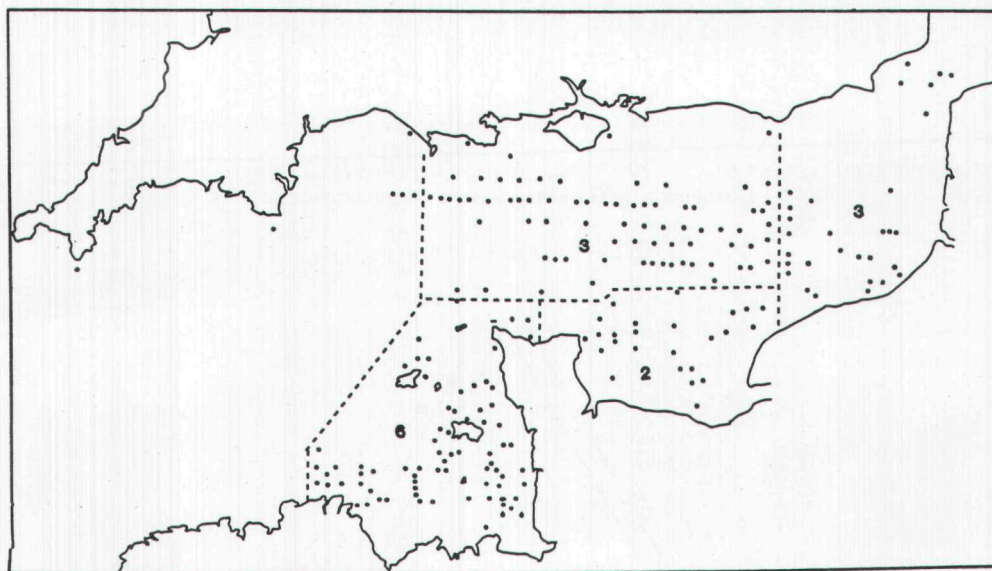


Fig. 8 - Distribution de *Cribrononion* sp. Nombre moyen d'individus par station dans 200 cm³ de sédiment humide dans chaque zone délimitée par une ligne pointillée.

- En dehors de ces trois catégories de distribution, une espèce, *Pseudoeponides falsobeccarii* se classe à part, probablement dans les *sabulicoles-vasicoles* qui se trouvent dans les sédiments contenant de 3 à 100 % de pélites, et moins de 10 % de graviers (Fig. 10).

Pour illustrer également les rapports pouvant exister entre substrat, profondeur et microfaune, j'ai effectué deux transects, l'un joignant la Baie de Lyme au nord à Paimpol au sud, l'autre Brighton au nord à la Baie des Veys au sud (Fig. 11). Le premier traverse successivement des sables vaseux, sables coquilliers, graviers et cailloutis, le second des sables siliceux, des graviers et une vaste zone de cailloutis, puis des sables coquilliers et des sablons siliceux. Sur le premier transect A (Tab. 6), on observe une nette dissymétrie : *Elphidium excavatum* et *Stainforthia*

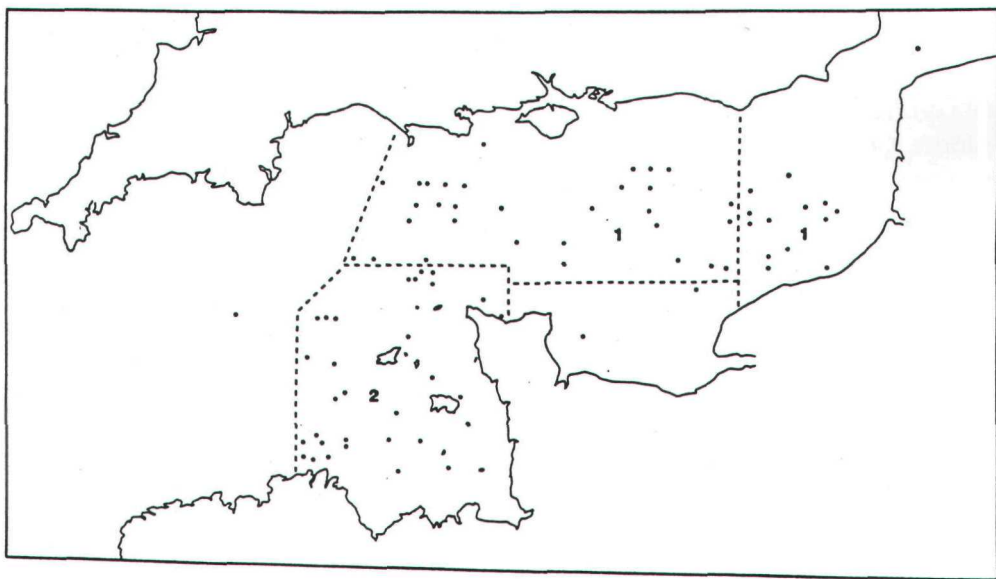


Fig. 9 - Distribution de *Gavelinopsis clara*. Même légende que Fig. 8.

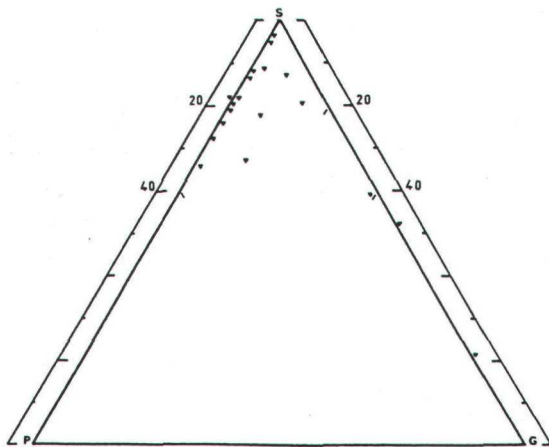


Fig. 10 - Diagramme de Shepard pour *Pseudoeponides falsobeccarii*, espèce probablement sabulicole-vasicole. Même légende que Fig. 2.

fusiformis ne se trouvent que dans la Baie de Lyme dans les sables vaseux, et *Eggerella scabra* y est plus abondante qu'au sud. Par contre, les espèces des sables mobiles, *Remaneica plicata* et *Neoconorbina williamsoni*, et les gravellicoles, *Lamarckina haliotidea*, *Spirillina vivipara*, *Gavelinopsis clara*, *Neoconorbina millettii* et *Cribrononion* sp. ne se trouvent qu'au sud. *Elphidiononion magellanicum*

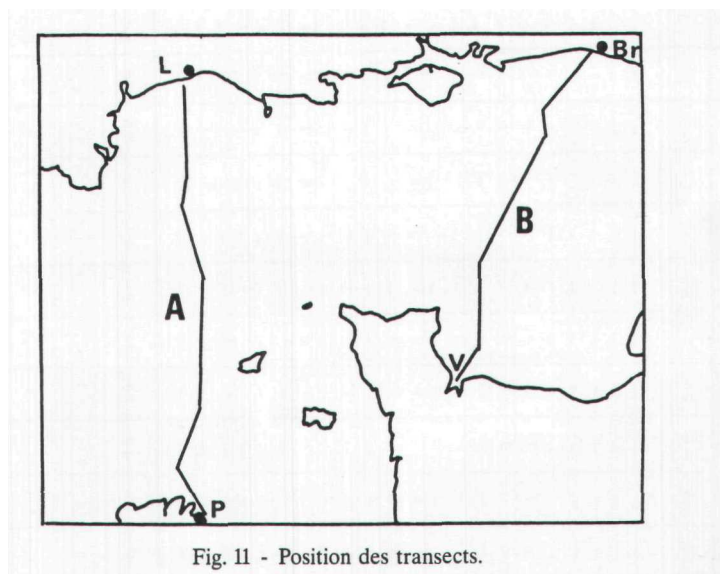


Fig. 11 - Position des transects.

est plus abondante au sud qu'au nord. *Textularia truncata* et *Gavelinopsis praegeri* se trouvent tout au long du transect à l'exception des stations où la teneur en vase est la plus forte. Sur le deuxième transect B (Tab. 7) la dissymétrie est moins nette. Seul *E. magellanicum* comme sur le transect A ne se trouve qu'au sud. *Eggerella scabra*, *Elphidium excavatum* et *Nonion depressulum* sont plus abondants dans les sables de la Baie des Veys. Dans la partie centrale du transect se trouvent les gravellicoles : *Bolivina pseudo-plicata*, *Cribrononion* sp., *Neononion millettii* et *Lamarckina haliotidea*, accompagnées essentiellement de sabulicoles-gravellicoles : *Cibicides lobatulus*, *Cribrostomoides jeffreysii*, *Gavelinopsis praegeri*, *Planorbulina mediterraneensis* et *Textularia truncata*.

Si on compare ces deux transects, il apparaît que la majorité des espèces sont distribuées en fonction des gradients sédimentologiques plutôt que de la bathymétrie. Lorsque les sédiments côtiers sont grossiers, les espèces infralittorales sont absentes, ou plus rares que dans les sédiments côtiers fins ou vaseux. Nous avons déjà vu également quelles imprécisions existent dans la définition et les limites supérieures de répartition des espèces circalittorales.

DISTRIBUTION DES ESPÈCES DE FORAMINIFÈRES : ASPECTS CLIMATIQUES ET BIOGÉOGRAPHIQUES.

La distribution de chaque espèce est sous l'influence de plusieurs facteurs dont les effets se combinent. Outre la profondeur et le substrat, la température joue évidemment un rôle non seulement par sa valeur absolue, mais aussi par ses variations journalières et annuelles. La Manche est une zone où les courants de marée souvent rapides entraînent un important brassage des eaux. Les températures des eaux de surface sont partout voisines de celles des eaux de fond, à

No des stations	B618	B605	B596	B583	B572	B659	B668	B957	B970	B974	1090	1091	1097	1113	1114	G513	1118	1120	G404	G371	G401	G390
Profondeurs en metres	14	26	41	47	51	58	60	62	68	61	89	65	66	59	65	?	66	58	65	43	27	19
ELPHIDIUM EXCAVATUM	21	2	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
STAINFORTHIA FUSIFORMIS	7	8	21	5	4	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
EGGERELLA SCABRA	2	7	13	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1
CRIBRONION GERTHI	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	5	1	1
ELPHIDIIONION MAGELLANICUM	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	1	8	2
GAVELINOPSIS PRAEGERI	1	—	—	5	5	7	3	11	13	8	2	2	9	7	1	4	4	2	1	1	—	3
CIBICIDES LOBATULUS	1	—	—	2	2	—	2	6	4	12	—	—	7	6	3	1	1	5	—	1	—	—
HETEROLEPA PSEUDO-UNGERIANA	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
CRIBROSTOMOIDES JEFFREYSII	1	—	—	—	—	—	—	4	8	—	—	—	—	2	—	—	—	—	1	2	—	—
AMMONIA BECCARII	—	2	3	16	—	—	1	—	—	—	1	—	—	2	—	—	—	1	—	1	—	2
TEXTULARIA TRUNCATA	—	—	—	2	5	4	1	9	11	5	6	5	5	2	5	8	4	2	2	4	—	2
PLANORBULINA MEDITERRANENSIS	—	—	—	3	4	—	1	1	4	2	2	4	2	2	2	7	—	1	1	—	—	—
TROCHAMMINA GLOBIGERINIFORMIS	—	—	—	—	—	2	1	2	1	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TRIFARINA sp.	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	2	—	—	1	—	3	1	2	—	1	1	—
ROSALINA GLOBULARIS	—	—	—	—	—	—	—	2	2	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—
REMANEICA PLICATA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	1	1	3	2	1	4	3	5	2
LAMARCKINA HALIOTIDEA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—
SPIRILLINA VIVIPARA	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—
NEOCONORBINA WILLIAMSONI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	1	—	1
GAVELINOPSIS CLARA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	7	—	—	3	1	—	—
NEOCONORBINA MILLETTII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	1	—	—
CRIBRONIONION sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23	3	—	4
%galets	55	0	0	0,5	0	0	1,5	10	16	35	10	0	33	40	38	22	35	47	30	25	20	20
%graviers	17,3	0	0,1	13,5	7,4	15,2	30,7	47,7	23,3	26,4	31,3	35,5	24,3	37,1	33	22,3	28,8	38,6	31,9	35	8,9	31,1
%pelites	6,6	20,4	9,8	1,2	0,3	3,5	0,7	0	0,1	0,1	0,2	0,2	1,1	0,1	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0,1

Tab. 6 - Distribution des Foraminifères selon le transect A. Nombre d'individus dans 200 cm³ de sédiment humide.

No des stations	B902	B907	B910	B870	B854	B832	B812	B810	B804	B946	F373	F375	F376	F377	F379	F381	F382	F336	F345	F200	F203	F154	F142	F133	F122	F111	F120
Profondeurs en metres	9	28	23	57	43	43	47	43	48	56	48	48	47	53	46	42	37	38	33	31	23	18	9	18	13	6	2
BULIMINELLA ELEGANTISSIMA	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
EGGERELLA SCABRA	2	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	8	5	—
ELPHIDIUM EXCAVATUM	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	2	11	—	—
CRIBRONONION GERTHI	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	2	4	—	—
NONION DEPRESSULUM	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	4	—	—
AMMONIA BECCARII	—	—	2	—	1	1	9	7	1	—	—	2	3	1	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	2	7	—
CRIBROSTOMOIDES JEFFREYSII	—	—	—	3	1	—	4	5	3	1	—	2	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	—	—	—
BOLIVINA PSEUDO-PLICATA	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	2	1	—	—	—	6	2	—	—	—	—	—
TEXTULARIA TRUNCATA	—	—	—	—	1	—	—	5	14	4	—	4	19	1	5	3	5	8	5	8	3	1	—	—	—	—	—
GAVELINOPSIS PRAEGERI	—	—	—	—	1	—	7	4	12	2	6	6	8	5	10	8	5	—	2	9	9	—	—	—	—	—	—
CIBICIDES LOBATULUS	—	—	—	—	1	—	—	2	4	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PLANORBULINA MEDITERRANEENSIS	—	—	—	—	—	—	2	3	1	2	—	—	3	1	—	1	1	—	3	3	3	—	—	—	—	—	—
CRIBRONONION sp.	—	—	—	—	—	—	1	2	5	—	—	1	—	—	—	3	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
BOLIVINA VARIABILIS	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
ROSALINA sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	—	—	—	—	—	—
NEOCONORBINA MILLETTII	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
LAMARCKINA HALIOTIDEA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TRIPARINA sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NEOCONORBINA WILLIAMSONI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ELPHIDIUMNONION MAGELLANICUM	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	2	1	5	—	—	—	5	11
%galeis	0	0	60	5	45	30	48	41	43	62	23	25	66	52	33	26	23	8	10	14,4	1,2	0	0,2	0	0	1,2	0
%graviers	0,6	2,5	19,3	34,1	47,4	28	20,7	41,1	30	14,1	50,3	49,9	15,2	23,3	47,9	44,2	36,4	33,8	28,3	37,7	25,9	1,1	1,2	0,5	5,4	3,8	3
%pelites	0,1	0,1	0,2	2,6	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0	0	0,1	0,1	0,1	2,6	0	0	4,6	4,6	0,4	0,2

Tab. 7 - Distribution des Foraminifères selon le transect B. Nombre d'individus dans 200 cm³ de sédiment humide.

l'exception de la partie nord-occidentale où s'établit en été une thermocline (Fig. 12). Les variations annuelles des températures au fond sont de plus en plus grandes en allant vers l'est, et du centre vers les côtes (5°C à Plymouth, 8 à 9°C dans le golfe normand-breton, 7 à 9°C sur la côte sud de l'Angleterre, 10°C dans la baie de Seine, 11°C dans le Pas de Calais). L'étude des distributions individuelles des espèces va nous permettre de mettre en évidence l'influence du facteur température.

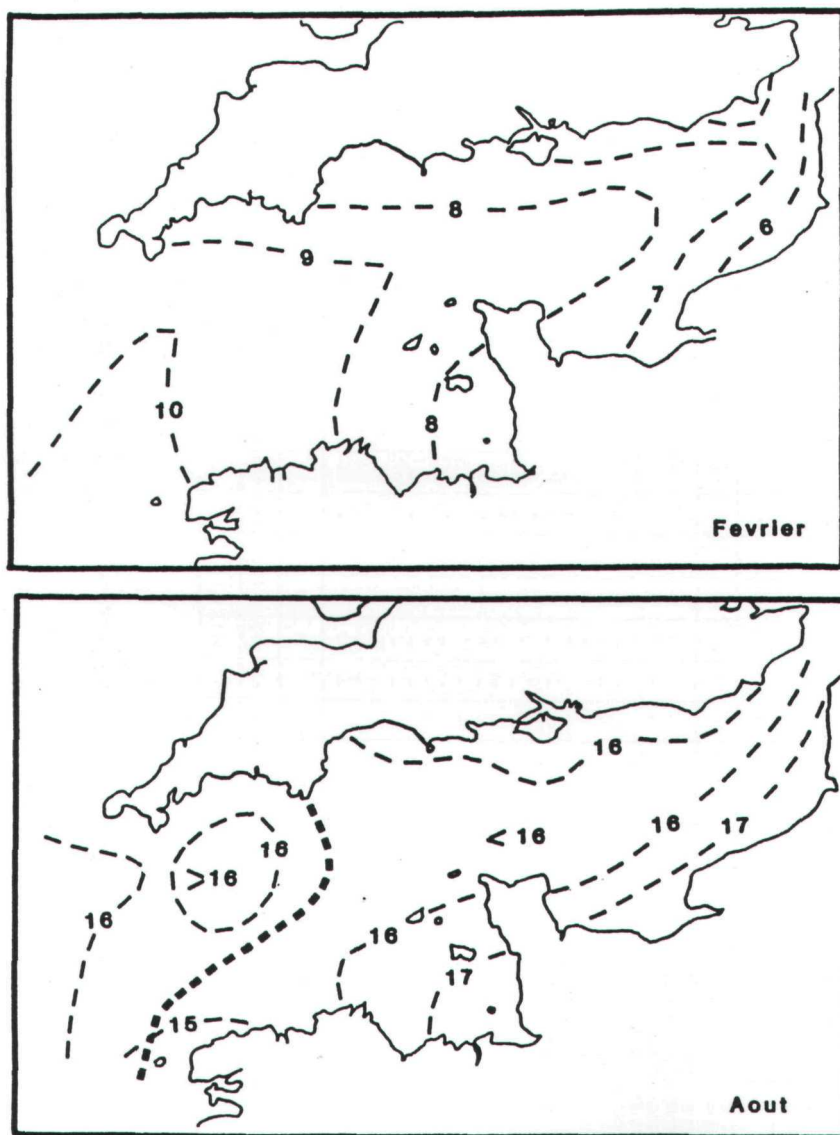


Fig. 12 - Carte des températures superficielles en degré C, en février et en août. En trait gras pointillé, la limite entre les eaux stratifiées et mélangées, en été. D'après CABIOCH 1968 PINGREE, 1975.

A titre d'exemple, nous pouvons comparer la distribution des espèces infralittorales (Fig. 13 à 18). Seule, *Eggerella scabra* est ubiquiste et se trouve à peu près également répartie dans toutes les zones côtières. *Stainforthia fusiformis* a une distribution de type "occidental", elle est très fréquente dans les baies de Plymouth et de Lyme, rare dans le Pas de Calais, absente ailleurs. Les quatre autres, *Cribrononion gerthi*, *Elphidiononion magellanicum*, *Elphidium excavatum*, *Nonion depressulum* ont une distribution de type "oriental". Toutes ces espèces sont eurythermes, donc les différences croissantes de température que l'on constate en allant de l'ouest vers l'est ne sont pas pour elles, à priori, un facteur limitant. Mais si l'on compare les distributions régionales, *S. fusiformis* paraît être une espèce nordique. Peu fréquente en Baie de Bourgneuf (Debenay, 1978) et dans le sud du Golfe de Gascogne (Pujos, 1976) c'est une des espèces dominantes de la biocénose de la Mer Celtique entre 75 et 100 m (Murray, 1979) et du Canal de Bristol entre 65 et 90 m (Murray, 1970). *Elphidium excavatum* est au contraire une espèce méridionale, dominante dans la Baie de Bourgneuf et une des espèces les plus largement représentées des biotopes infralittoraux du Golfe de Gascogne. Or, nous constatons que *S. fusiformis* a son maximum d'abondance dans la Baie de Lyme, surtout sur les sables vaseux (Fig. 19), elle est légèrement moins abondante dans la Baie de Plymouth où les substrats sont sableux, et nettement moins abondante dans le Pas de Calais, bien qu'il y existe aussi des substrats vaseux et sableux favorables. Or les températures estivales sont plus basses dans les baies anglaises que

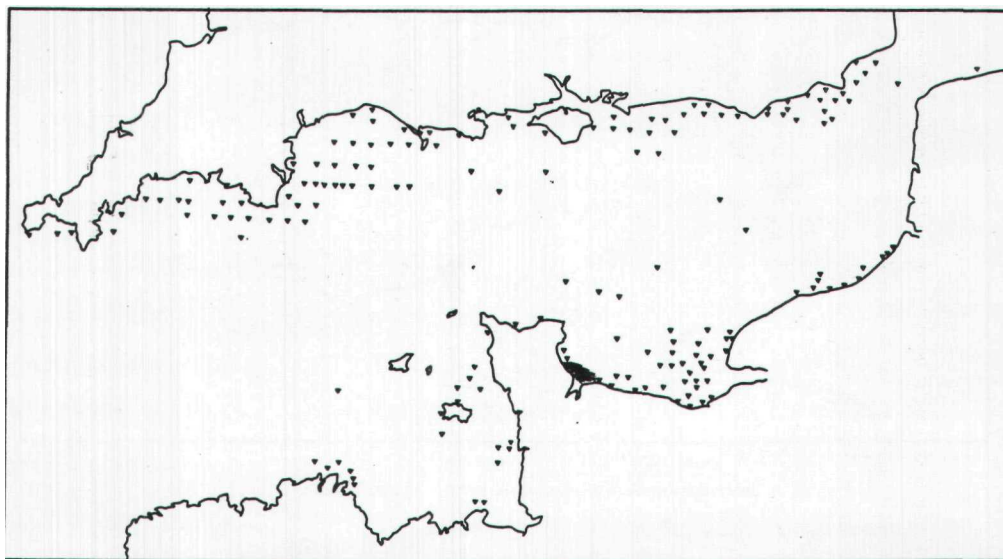


Fig. 13 - Distribution de *Eggerella scabra*. En pointillé : zone où l'espèce est trouvée dans toutes les stations, celles-ci étant trop serrées pour être figurées individuellement.

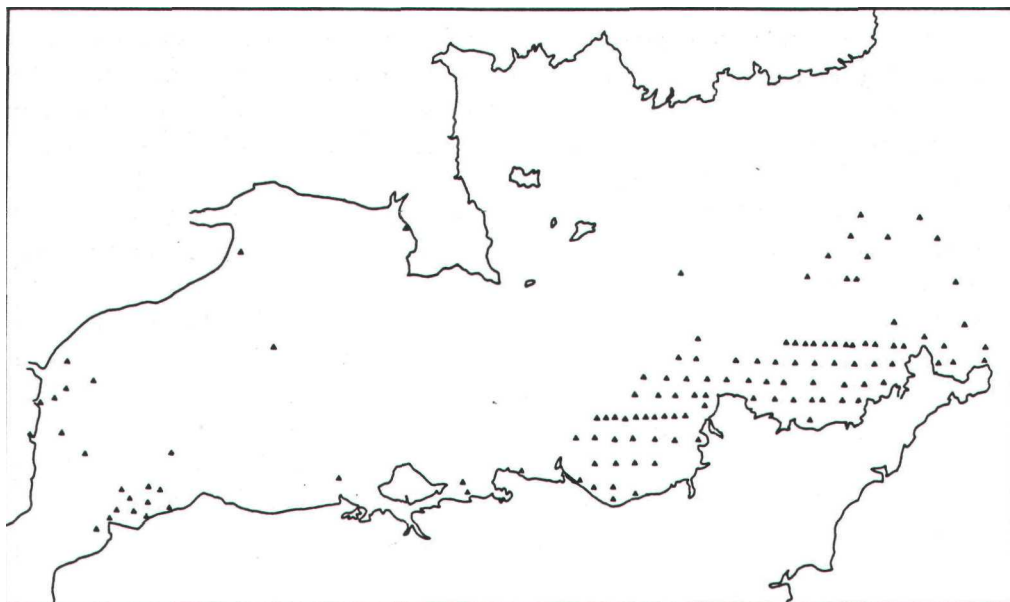


Fig. 14 - Distribution de *Stainforthia fusiformis*.



Fig. 15 - Distribution de *Cribronion gerthi*. Même légende que Fig. 13.

dans le Pas de Calais. A l'inverse, *E. excavatum* est beaucoup plus abondante dans les sablons de la Baie des Veys et dans les sables vaseux de la côte anglaise orientale que dans la Baie de Lyme, où les substrats lui sont également favorables

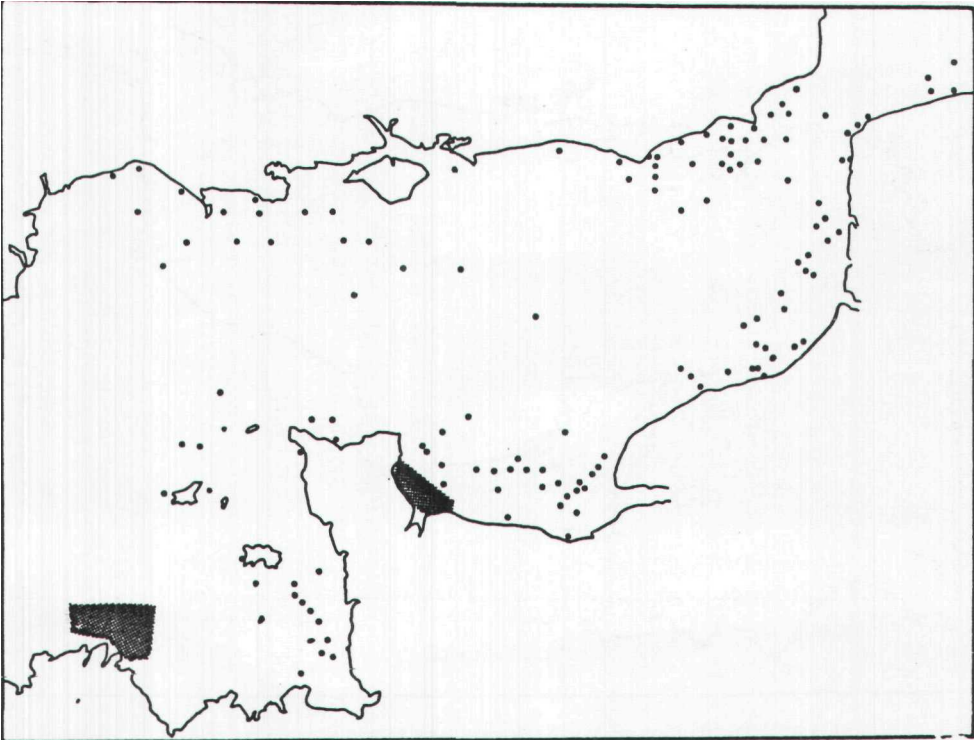


Fig. 16 - Distribution de *Elphidiononion magellanicum*. Même légende que Fig. 13.

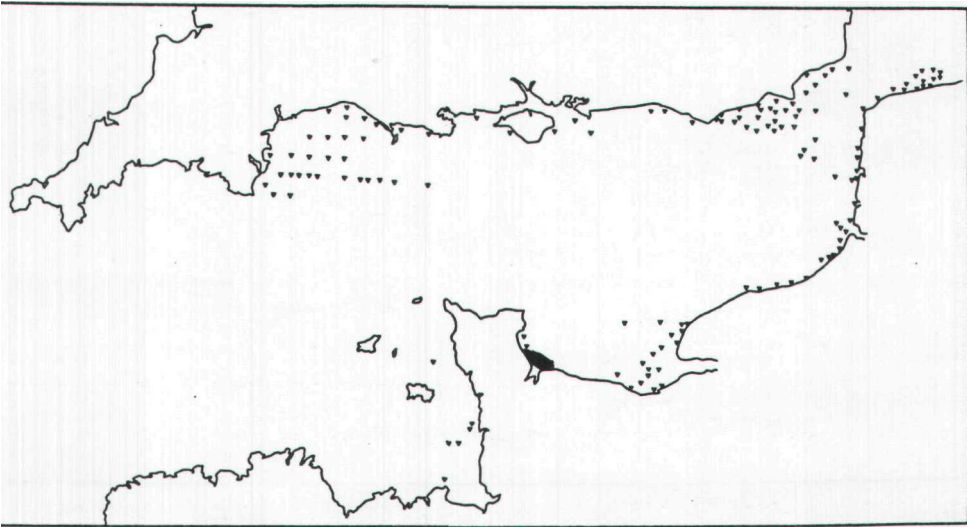


Fig. 17 - Distribution de *Elphidium excavantum*. Même légende que Fig. 13.



Fig. 18 - Distribution de *Nonion depressulum*. Même légende que Fig. 13.

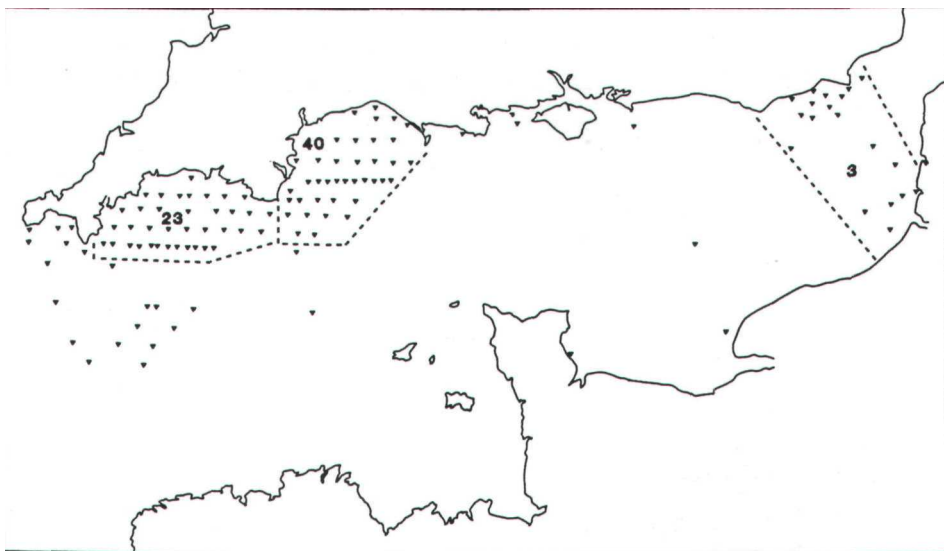


Fig. 19 - Distribution de *Stainforthia fusiformis*. Nombre moyen d'individus par station dans 200 cm³ de sédiment humide dans chaque zone délimitée par une ligne pointillée.

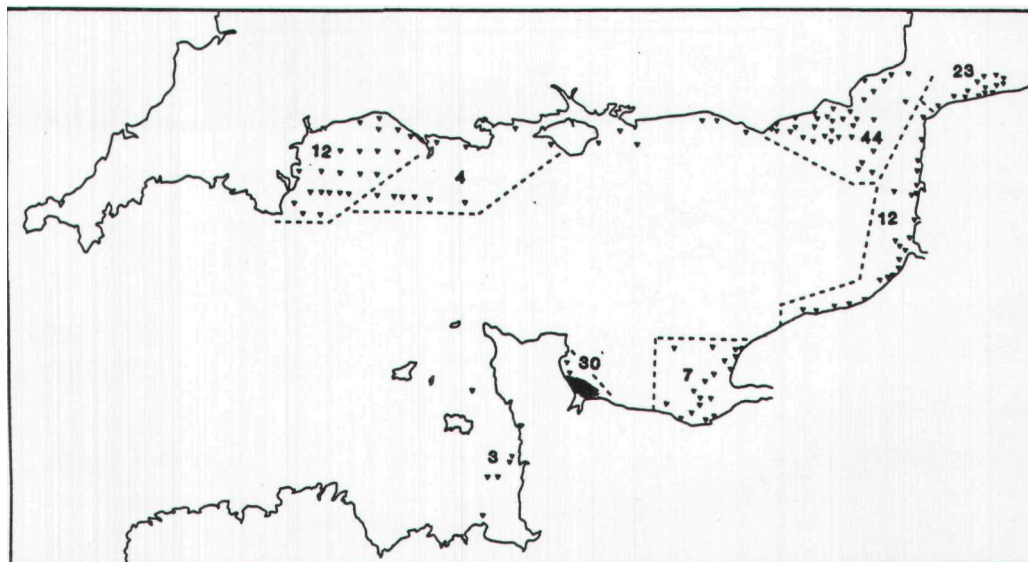


Fig. 20 - Distribution de *Elphidium excavatum*. Même légende que Fig. 19.

(Fig. 20). La température estivale est donc pour les espèces infralittorales un facteur important de répartition. Les espèces nordiques sont limitées en Manche, vers l'est par des températures estivales relativement élevées qui favorisent au contraire l'abondance des espèces méridionales. *Cribronion gerthi*, *Elphidiononion magellanicum* et *Nonion depressulum*, qui ont le même type de distribution qu'*Elphidium excavatum* sont probablement aussi des espèces méridionales. *Pseudoeponides falsobeccarii* et *Textularia bocki* qui se trouvent essentiellement dans les baies anglaises sont des espèces nordiques.

Parmi les autres espèces, on a aussi des distributions "occidentales" et "orientales".

DISTRIBUTION DE TYPE OCCIDENTAL

On retrouve certaines distributions définies par Holme (1961, 1964) pour la macrofaune. Quelques espèces n'existent que sous la thermocline :

Canceris auriculus (Fig. 21)

Eponides repandus

Gaudryina rudis

ce sont les espèces cornouaillaises de Holme.

Une seule espèce ne dépasse que très peu le méridien de Guernesey et ne pénètre pas dans le Golfe normand-breton, *Trochammina globigeriniformis* var. *Pygmaea* (Fig. 22), c'est une espèce occidentale de Holme.

D'autres ne dépassent pas, ou très peu, la ligne Wight-Cherbourg et ne pénètrent pas dans le Golfe normand-breton :

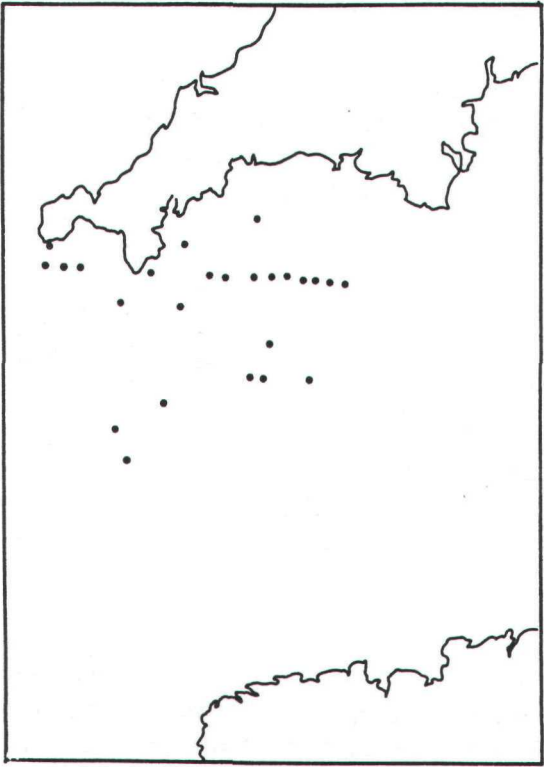


Fig. 21 - Distribution de *Cancris auriculus*.

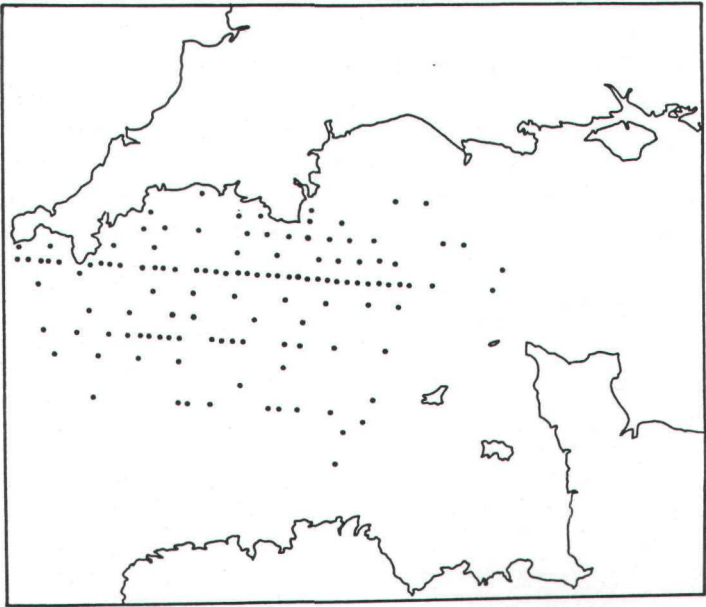


Fig. 22 - Distribution de *Trochammina globigeriniformis* vAr. *pygmaea*.

Rosalina globularis (Fig. 23)

R. anglica

Spiroplectammina wrighti

ce sont les espèces Ouest-Manche de Holme.

Il existe aussi des espèces qui ne dépassent pas la ligne Beachy Head-Cap d'Antifer, mais se trouvent dans le Golfe normand-breton :

Planorbulina mediterraneensis (Fig. 24)

Textularia truncata (Fig. 25)

Ce type de distribution n'a pas été signalé par Holme.

Les espèces qui sont limitées à l'est et ne pénètrent pas dans le Golfe normand-breton semblent être des espèces plutôt sténothermes, qui ne peuvent supporter l'écart de plus en plus grand vers l'est et vers le fond du Golfe normand-breton des températures annuelles. Cependant, certaines d'entre elles, les *Rosalina* en particulier sont considérées par les auteurs comme infralittorales. Leur pénétration en Manche orientale est peut-être empêchée, comme pour *P. mediterraneensis* et *T. truncata* par les températures hivernales trop basses.

DISTRIBUTION DE TYPE ORIENTAL

Une espèce a une distribution nettement de ce type, c'est *Ammonia beccarii* (Fig. 26), espèce eurytherme et qui se trouve dans les zones où l'écart des températures annuelles au fond dépasse 6 °C. D'autres espèces ont une distribution apparemment de type oriental. Il s'agit dans la plupart des cas d'espèces gravellicoles qui ne se trouvent pas dans la nappe de sables de la Manche occidentale. Seule *Heterolepa pseudo-ungeriana* (Fig. 27) espèce sabulicole-gravellicole a une distribution de type oriental non explicable pour l'instant.

Une seule espèce peut être considérée en Manche comme ubiquiste, c'est *Cribratomoides jeffreysii* (Fig. 28). D'autres sont extrêmement fréquentes dans toute la Manche à l'exception des zones de sédiments fins : *Cibicides lobatulus* (Fig. 29), *Gavelinopsis praegeri* (Fig. 30), *Trifarina sp.* (Fig. 31). Il s'agit d'espèces sabulicoles-gravellicoles, pouvant supporter néanmoins de 3 à 5 % de pélites dans les sédiments sablo-graveleux. Le facteur dominant de leur répartition est la nature du sédiment. Parmi les distributions particulières, on note celles de *Deuterammina ochracea* (Fig. 32), *Neoconorbina williamsoni* (Fig. 33), *Remaneica plicata* (Fig. 34), espèces caractéristiques des "sables mobiles" (Rosset-Moulinier, 1985) et dont la répartition est très irrégulière.

Une seule espèce est présente, mais assez rare sur les côtes françaises et pratiquement absente des côtes anglaises, c'est *Neoconorbina terquemi* (Fig. 35).

En résumé, les distributions individuelles des espèces sont essentiellement commandées par deux groupes de facteurs : facteurs climatiques et biogéographiques, liés aux températures, et facteurs édaphiques, liés au substrat.

Nous classons ici les espèces en fonction du principal facteur qui limite leur distribution en Manche :

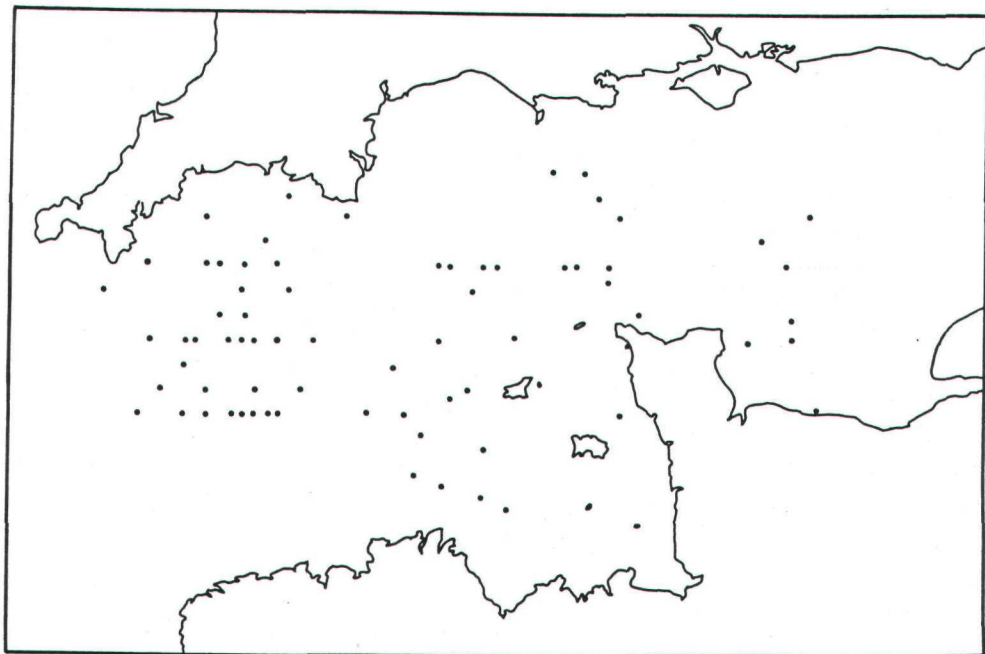


Fig. 23 - Distribution de *Rosalina globularis*.

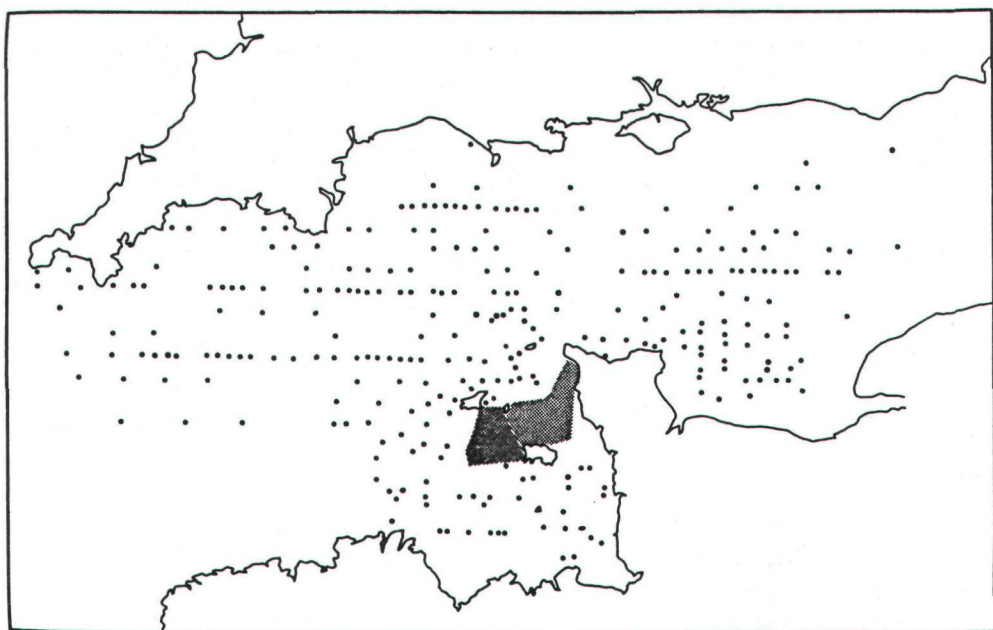


Fig. 24 - Distribution de *Planorbulina mediterraneensis*. Même légende que Fig. 13.

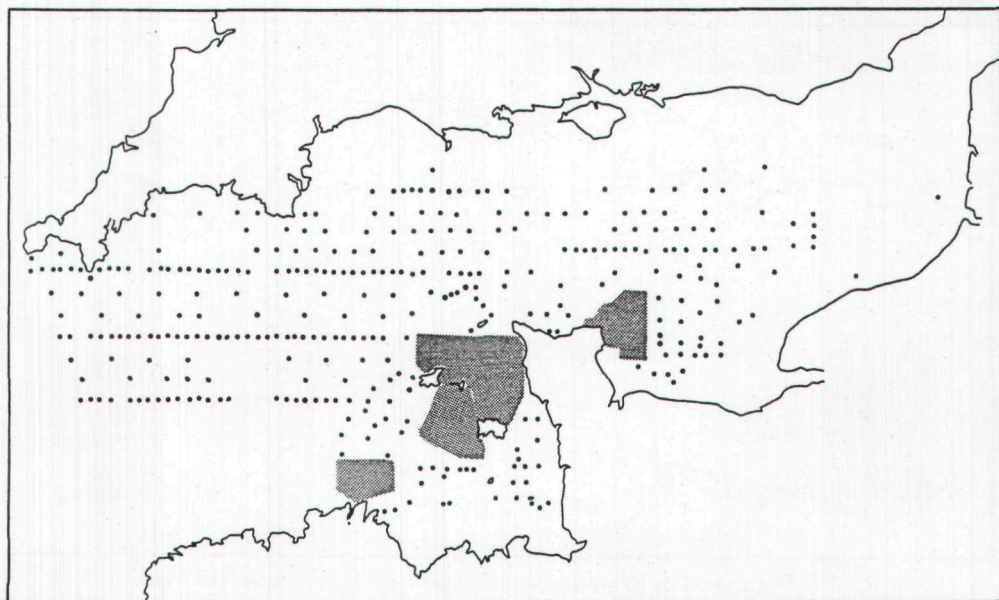


Fig. 25 - Distribution de *Textularia truncate*. Même légende que Fig. 13.

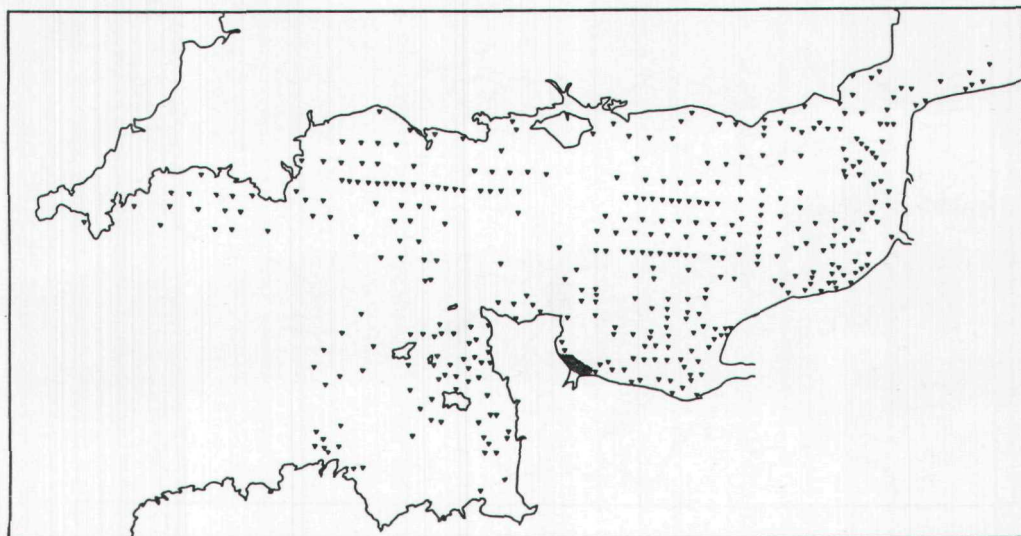


Fig. 26 - Distribution de *Ammonia beccarii*. Même légende que Fig. 13.

Espèces dont la distribution est surtout climatique

Espèces eurythermes

Ammonia beccarii

Bulimina elegans

Eggerella scabra



Fig. 27 - Distribution de *Heterolepa pseudo-ungeriana*. Même légende que Fig. 13.

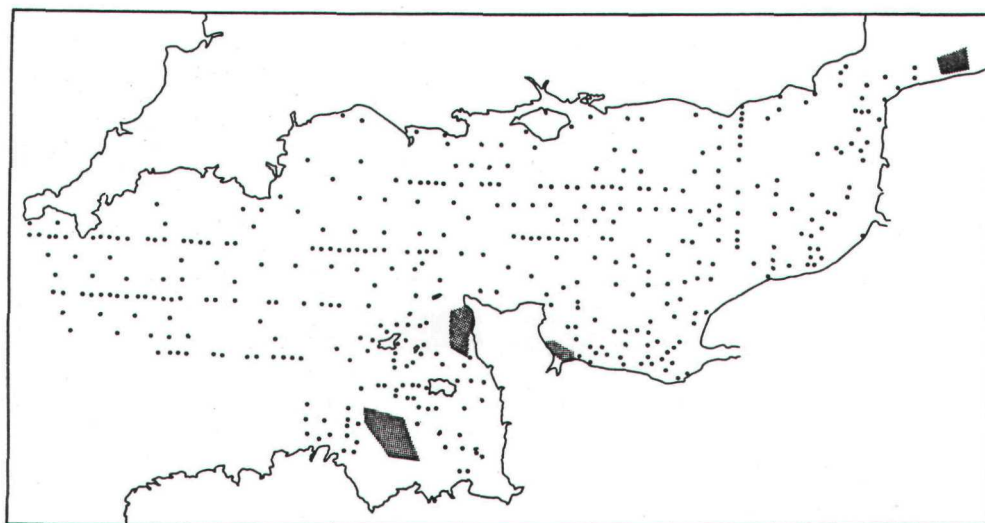


Fig. 28 - Distribution de *Cribrostomoides jeffreysii*. Même légende que Fig. 13.

Espèces eurythermes d'eaux froides, limitées par la température estivale :

Pseudoeponides falsobeccarii

Stainforthia fusiformis

Textularia bocki

Espèces eurythermes d'eaux chaudes, limitées par la température estivale :

Cribrononion gerthi



Fig. 29 - Distribution de *Cibicides lobatulus*.

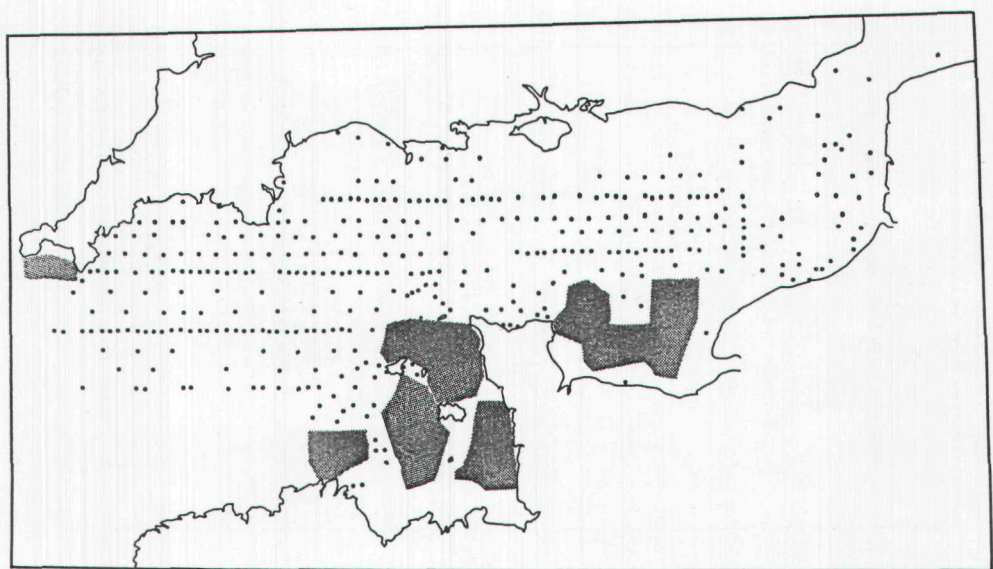


Fig. 30 - Distribution de *Gavelinopsis praegeri*. Même légende que Fig. 13.

Elphidiononion magellanicum

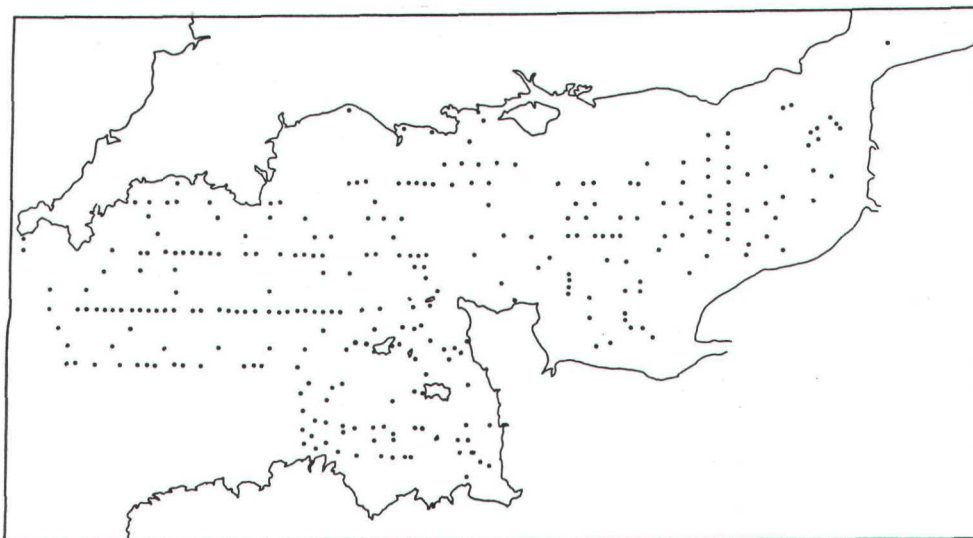
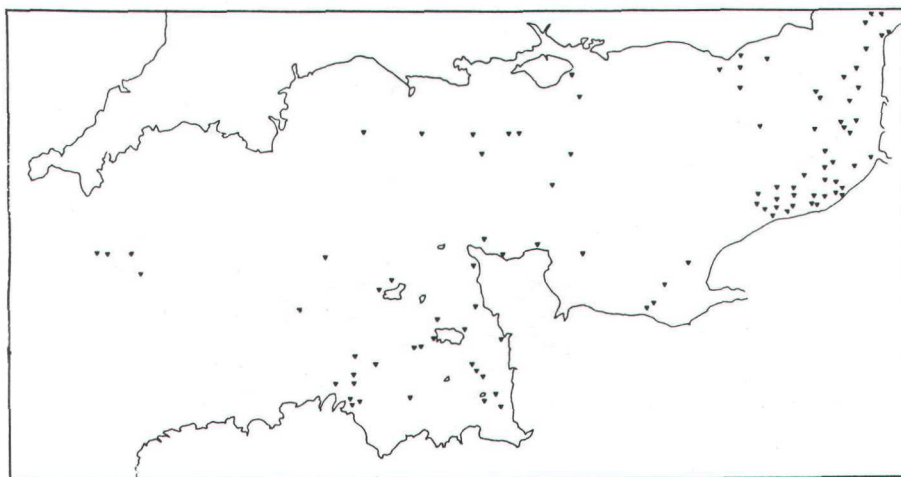
Elphidium excavatum

Nonion depressulum

Espèces eurythermes d'eaux chaudes, limitées par la température hivernale :

Planorbulina mediterranensis

Rosalina globularis

Fig. 31 - Distribution de *Trifarina sp.*Fig. 32 - Distribution de *Deuterammina ochracea*.

Textularia truncata
 Espèces sténothermes :
Cancris auriculus
Eponides rapandus
Gaudryina rudis
Spiroplectammina wrighti
Trochammina globigeriniformis var. *pygmaea*

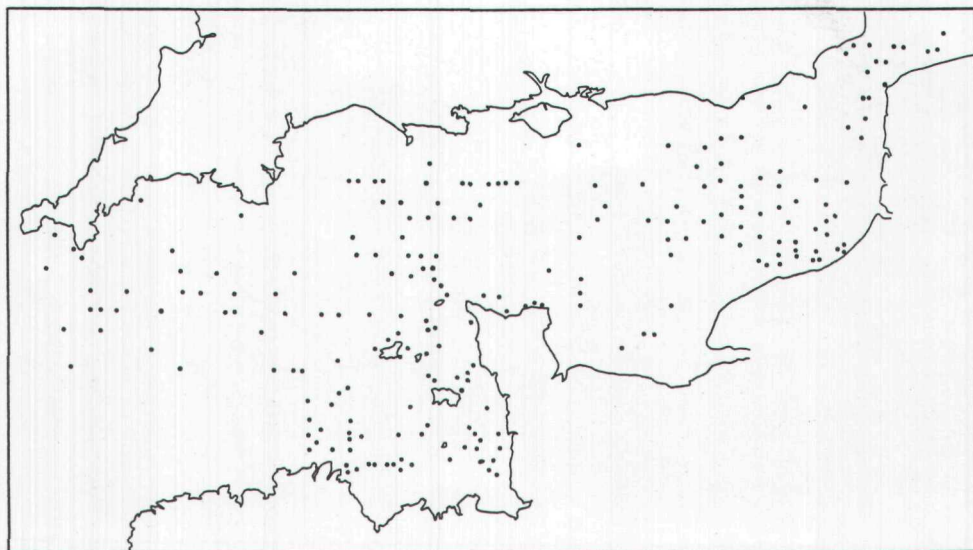


Fig. 33 - Distribution de *Neoconorbina williamsoni*.

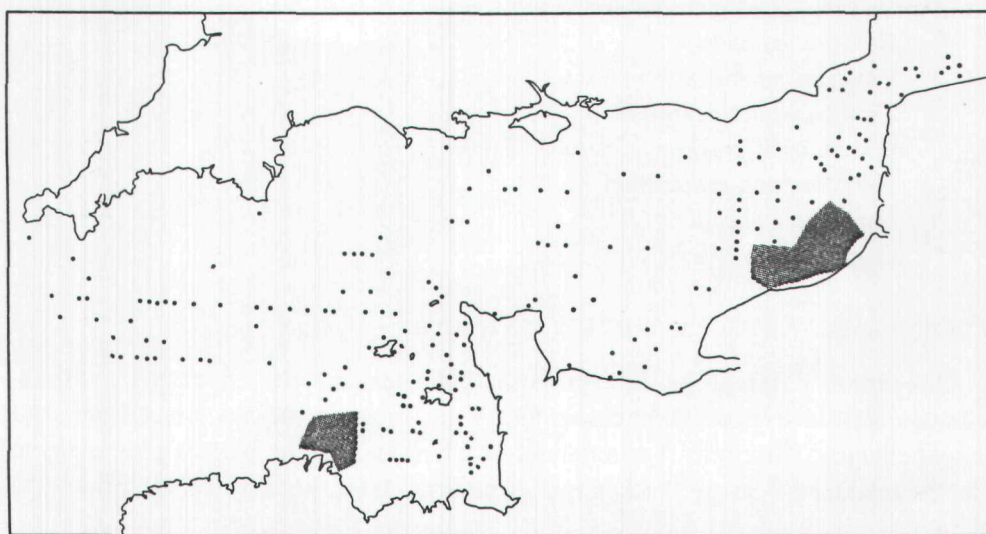


Fig. 34 - Distribution de *Remaneica plicata*. Même légende que Fig. 13.

Espèces dont la distribution est surtout édaphique

Espèces gravellicoles :

Bolivina pseudo-plicata

Cribronion sp.

Gavelinopsis clara

Mississipina concentrica



Fig. 35 - Distribution de *Neoconorbina terquemi*.

Espèces sabulicoles-gravellicoles :

Bolivina variabilis

Cibicides lobatulus

Deuterammina ochracea

Gavelinopsis praegeri

Neoconorbina williamsoni

Remaneica plicata

Trifarina sp.

LES POPULATIONS DE FORAMINIFÈRES BENTHIQUES

Des termes différents ont été proposés pour désigner des ensembles multispécifiques d'êtres vivants (Stephenson, 1973). En biologie marine, ces termes sont essentiellement descriptifs. Les auteurs travaillant en Manche parlent généralement de "peuplements" ou de "biocénoses" (Cabioch, 1968, Retière, 1979), termes qui désignent les ensembles d'espèces de la macrofaune (taille supérieure à 1 mm) associées à un certain milieu de vie ou biotope. Ces unités sont définies en combinant des approches variées : données de terrain, classement des espèces selon leur fréquence (ou constance), leur abondance-dominance et leur degré de fidélité (Cabioch, 1968, Gentil, 1976), traitement informatique des données (Retière, 1979), comparaison avec les communautés définies dans les mers voisines (Cabioch, 1968).

La nomenclature utilisée reflète ces approches : "peuplement des sables fins à *Abra alba*, *Corbula gibba*" ou "biocénose du maërl". Les unités de peuplement principales sont subdivisées en "faciès", définis par une ou deux espèces.

En ce qui concerne les Foraminifères, les ensembles ont été définis à partir des

graphiques de l'analyse des données, dans le plan des axes 1 et 2, et 1 et 3. Les stations dont les projections sur ces plans sont proches les unes des autres forment des groupes. Les limites entre groupes sont tracées de façon à passer là où il n'y a que de rares points-stations. Les espèces dont la projection sur le graphique se situe à l'intérieur de ces limites sont les espèces discriminantes du groupe de stations. Une espèce ne peut donc être discriminante que pour un seul groupe.

Les analyses des données ont été faites séparément sur quatre ensembles géographiques : la Manche nord-occidentale, le Golfe normand-breton, la Manche centrale et la Baie de Seine, la Manche orientale. En comparant les graphiques obtenus dans ces différentes régions, on constate que les espèces discriminantes se retrouvent souvent associées de la même façon. Les groupes de stations, définis localement, peuvent donc être réunis à l'échelle de la Manche en ensembles renfermant une même population de Foraminifères.

Pour cela, on a calculé pour chaque groupe de stations les indices de fréquence et de fidélité des principales espèces, et placé dans un même ensemble les groupes ayant en commun plusieurs espèces constantes. On a pu ainsi définir quatre populations. Chacune a été divisée en sous-populations en tenant compte de la fréquence particulièrement élevée et/ou du caractère discriminant de certaines espèces.

Population à *Cibicides lobatulus* - *Textularia truncata*

Elle se trouve dans sept groupes de stations, où tout ou partie des espèces suivantes sont constantes :

Cibicides lobatulus
Cribrostomoides jeffreysii
Gavelinopsis praegeri
Planorbulina mediterraneensis
Textularia truncata

Ces groupes de stations, C.1.1 à C.1.7, ont les caractéristiques suivantes. En Manche occidentale on distingue trois groupes (C.1.1, 2 et 3).

C.1.1 a pour espèces discriminantes :

Cibicides lobatulus
Cribrostomoides jeffreysii
Gavelinopsis praegeri
Planorbulina mediterraneensis
Textularia truncata
Trifarina sp.
Trochammina globigeriniformis var. *pygmaea*

Les espèces les plus fréquentes sont :

<i>Textularia truncata</i>	91 %
<i>Cibicides lobatulus</i>	89 %
<i>Gavelinopsis praegeri</i>	85 %
<i>Cribrostomoides jeffreysii</i>	59 %

<i>Trifarina</i> sp.	59 %
<i>Trochammina globigeriniformis</i> var. <i>pygmaea</i>	57 %
<i>Planorbulina mediterraneensis</i>	52 %

Le groupe des stations C.1.1 occupe la majeure partie des fonds sablo-graveleux de la Manche nord-occidentale.

C.1.2 a pour espèces discriminantes :

Cancris auriculus
Cancris oblongus
Eponides repandus
Gaudryina rudis
Tritaxis fusca
 c'est-à-dire les espèces cornouaillaises.

Les espèces les plus fréquentes sont :

<i>Textularia truncata</i>	86 %
<i>Cibicides lobatulus</i>	82 %
<i>Gavelinopsis praegeri</i>	82 %
<i>Cribrostomoides jeffreysii</i>	11 %
<i>Cancris auriculus</i>	73 %
<i>Trochammina globigeriniformis</i> var. <i>pygmaea</i>	68 %
<i>Stainforthia fusiformis</i>	55 %

Le groupe de stations C.1.2 se répartit en quelques taches, localisées au nord-ouest de la Manche.

Gavelinopsis clara
Heterolepa pseudo-ungeriana

Les espèces les plus fréquentes sont :

<i>Gavelinopsis praegeri</i>	100 %
<i>Textularia truncata</i>	94 %
<i>Planorbulina mediterraneensis</i>	88 %
<i>Cibicides lobatulus</i>	81 %
<i>Ammonia beccarii</i>	75 %
<i>Bolivina pseudo-plicata</i>	69 %
<i>Trifarina</i> sp.	63 %

Le groupe de stations C.1.3 se trouve surtout dans des fonds graveleux et caillouteux, à la limite de la Manche occidentale avec la Manche centrale et le Golfe normand-breton.

Dans le Golfe normand-breton on distingue deux groupes (C.1.4 et 5).

C.1.4 a pour espèces discriminantes :

Cibicides lobatulus
Cribrostomoides jeffreysii
Gavelinopsis praegeri
Planorbulina mediterraneensis
Textularia truncata
Trifarina sp.

Les espèces les plus fréquentes sont :

<i>Gavelinopsis praegeri</i>	94 %
<i>Textularia truncata</i>	86 %
<i>Planorbulina mediterraneensis</i>	69 %
<i>Cibicidomoides jeffreysii</i>	68 %
<i>Cibicides lobatulus</i>	54 %

Le groupe de stations C.1.4 occupe essentiellement les fonds de cailloutis de la moitié nord-ouest du golfe.

C.1.5 a pour espèces discriminantes :

Rosalina globularis
Spiroplectammina wrighti
Trochammina globigeriniformis var. *pygmaea*

Les espèces les plus fréquentes sont :

<i>Gavelinopsis praegeri</i>	88 %
<i>Planorbulina mediterraneensis</i>	81 %
<i>Textularia truncata</i>	81 %
<i>Cibicides lobatulus</i>	63 %
<i>Lamarckina haliotideae</i>	56 %

Le groupe de stations C.1.5 se répartit en quelques taches dispersées au nord-ouest du Golfe.

Dans la Manche centrale et la Baie de Seine il n'y a qu'un seul groupe C.1.6.

C.1.6 a pour espèces discriminantes :

Cibicides lobatulus
Cibicidomoides jeffreysii
Gavelinopsis praegeri
Planorbulina mediterraneensis
Textularia truncata
Trifarina sp.

Les espèces les plus fréquentes sont :

<i>Gavelinopsis praegeri</i>	89 %
<i>Cibicidomoides jeffreysii</i>	67 %
<i>Ammonia beccarii</i>	65 %
<i>Textularia truncata</i>	64 %
<i>Planorbulina mediterraneensis</i>	53 %
<i>Cibicides lobatulus</i>	52 %

Le groupe de stations C.1.6 occupe la majorité des fonds caillouteux et graveleux de la Manche centrale et de la Baie de Seine.

Dans la Manche orientale il n'y a qu'un seul groupe C.1.7.

C.1.7 a pour espèces discriminantes :

Cibicides lobatulus
Cibicidomoides jeffreysii
Gavelinopsis clara
Heterolepa pseudo-ungarica

Textularia truncata

Trifarina sp.

Les espèces les plus fréquentes sont

<i>Ammonia beccarii</i>	72 %
<i>Remaneica plicata</i>	67 %
<i>Cibicides lobatulus</i>	58 %
<i>Heterolepa pseudo-ungeriana</i>	57 %

Le groupe de stations C.1.7 occupe une partie des fonds sablo-graveleux du centre de la Manche orientale et des fonds caillouteux du Pas-de-Calais.

Les caractéristiques d'ensemble de la population à *Cibicides lobatulus*-*Textularia truncata* sont données dans le tableau 8. Nous avons choisi pour la désigner les deux espèces qui sont à la fois constantes et préférantes.

La composition de cette population étant cependant variable selon les régions, elle a été divisée en quatre sous-populations.

- La sous-population à *Trochammina globigeriniformis* var. *pygmaea* se trouve dans les stations des groupes C.1.1 et C.1.5 dont *T. globigeriniformis* var. *pygmaea* est une espèce discriminante. Au sein de la population à *Cibicides lobatulus*-*Textularia truncata*, cette sous-population se distingue par la fréquence de *T. globigeriniformis* var. *pygmaea*, ainsi que par l'absence ou la rareté des espèces cornouaillaises d'une part, d'*Ammonia beccarii* d'autre part. Elle occupe essentiellement les fonds sablo-graveleux de la Manche nord-occidentale, jusqu'à une limite qui se situe aux alentours du méridien 3° W (Fig. 36).

- La sous-population à *Cancris auriculus* occupe les stations du groupe C.1.2, dont les espèces discriminantes sont les espèces cornouaillaises. Elle se distingue au sein de la population à *Cibicides lobatulus*-*Textularia truncata* par la présence de ces espèces et, en particulier, la fréquence de *Cancris auriculus*.

- La sous-population à *Ammonia beccarii* occupe les stations des groupes C.1.3, 4 et 6. Au sein de la population à *Cibicides lobatulus*-*Textularia truncata* elle se distingue par la fréquence d'*Ammonia beccarii* qui est soit constante, soit commune. Cette sous-population occupe la majorité des fonds, en général caillouteux et graveleux, du nord du Golfe normand-breton et de tout le centre de la Manche entre les méridiens 3° W et 0° (Fig. 36).

- La sous-population à *Heterolepa pseudo-ungeriana* occupe essentiellement les stations du groupe C.1.7. Elle se distingue au sein de la population à *Cibicides lobatulus*-*Textularia truncata* par la rareté de *Textularia truncata* et *Planorbulina mediterraneensis*, et la fréquence d'*Heterolepa pseudo-ungeriana*. La limite entre les sous-populations sur la figure 36 a été tracée en tenant compte de la présence dans les stations de *T. truncata* et *P. mediterraneensis*.

La population à *Cibicides lobatulus*-*Textularia truncata* de la Manche se trouve donc essentiellement dans les sédiments grossiers : sables caillouteux et graveleux, cailloutis, graviers. Selon les régions, les espèces constantes varient.

Quelques espèces sont typiques : *Cibicides lobatulus*, *Cribrostomoides jeffreysii*, *Gavelinopsis praegeri*, *Planorbulina mediterraneensis*, *Textularia truncata*, *Trifarina* sp.

FIDELITE FREQUENCE	Elective	Préférante	Accessoire	Occasionnelle
Constante		<i>C.lobatulus</i> <i>T.truncata</i>	<i>C.jeffreysii</i> <i>G.praegeri</i>	
Commune		<i>Trifarina</i> sp. <i>P.mediterranensis</i>	<i>Cribrononion</i> sp.	<i>A.beccarii</i> <i>R.plicata</i>
Peu commune	<i>R.globularis</i> <i>T.globigeriniformis</i> var <i>pygmaea</i>	<i>B.pseudo-plicata</i>	<i>B.variabilis</i> <i>H.pseudo-ungeriana</i> <i>N.millettii</i> <i>Rosalina</i> sp.1 <i>S.vivipara</i>	<i>N.williamsoni</i>
Rare	<i>C.auriculus</i> <i>C.oblongus</i> <i>E.repandus</i> <i>G.rudis</i> <i>L.hallotidea</i> <i>R.anglica</i> <i>R.bradyi</i> <i>S.wrighti</i>	<i>T.boeki</i>	<i>G.clara</i>	

Tab. 8 - Classification des espèces de Foraminifères benthiques selon leur fréquence et leur fidélité dans chaque population. Population à *Cibicides lobatulus* - *Textularia truncata*.

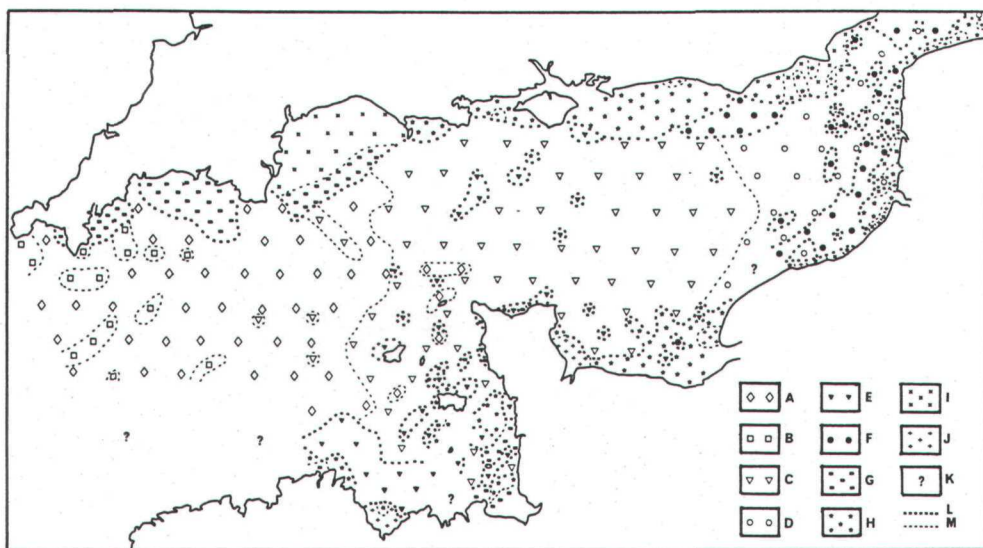


Fig. 36 - Carte des populations de Foraminifères benthiques. A, B, C, D : population à *Cibicides lobatulus-Textularia truncata*. A : sous-population à *Trochammina globigeriniformis* var. *pygmaea*. B : sous-population à *Cancris auriculus*. C : sous-population à *Ammonia beccarii*. D : sous-population à *Heterolepa pseudo-ungeriana*. E, F : population à *Deuterammina ochracea*, *Remaneica plicata*. E : sous-population à *Gavelinopsis praegeri*. F : sous-population à *Ammonia beccarii*. G, H, I : population à *Eggerella scabra*. G : sous-population à *Gavelinopsis praegeri*. H : sous-population à *Elphidium excavatum*. I : sous-population à *Buliminella elegantissima*, *Stainforthia fusiformis*. J : population à *Nonion depressulum*. K : zones non étudiées au cours de ce travail. L : limite entre populations. M : limites entre sous-populations. Baie du Mont-Saint-Michel, d'après Mathieu, 1966. Baie de Saint-Brieuc, d'après Rosset-Moulinier & Roux, 1977.

parce qu'elles sont discriminantes et que leurs indices de fréquence sont souvent élevés. D'autres le sont par leur indice de fidélité parfois élevé : *Cancris auriculus* et *C. oblongus*, *Eponides repandus*, *Gaudryina rudis*, *Tritaxis fusca*, *Trochammina globigeriniformis* var. *pygmaea* à l'ouest, ainsi que *Bolivina pseudo-plicata*, *Buliminella minutissima*, *Cribrononion* sp., *Gavelinopsis clara*, *Heterolepa pseudo-ungeriana*, *Lamarckina haliotideae*, *Mississippina concentrica*, *Rosalina globularis*, *Spiroplectammina wrighti*.

Toutes ces espèces appartiennent aux groupes des gravellicoles ou des sabulicoles-gravellicoles.

Population à *Deuterammina Ochracea-Remaneica Plicata*

Elle se trouve dans trois groupes de stations seulement, où les espèces suivantes sont, en général, constantes :

Deuterammina ochracea
Neoconorbina williamsoni
Remaneica plicata

Dans la Manche occidentale, cette population n'apparaît pas dans l'analyse des correspondances. On remarque néanmoins que dans le plan des axes 1 et 3, les espèces *D. ochracea* et *R. plicata* ont des projections proches l'une de l'autre, et

permettent de définir un groupe de stations, presque toutes situées au sud de la zone considérée, où ces deux espèces sont électives.

Dans le Golfe normand-breton, la Manche centrale et la Baie de Seine, la Manche orientale, les groupes de stations D.o.1, 2 et 3 ont les mêmes espèces discriminantes :

Deuterammina ochracea
Neoconorbina williamsoni
Remaneica plicata

Les espèces les plus fréquentes sont dans le Golfe normand-breton (D.o.1) :

<i>Remaneica plicata</i>	80 %
<i>Gavelinopsis praegeri</i>	77 %
<i>Neoconorbina williamsoni</i>	70 %
<i>Textularia truncata</i>	59 %
<i>Cribronion sp.</i>	56 %

dans la Manche centrale et la Baie de Seine (D.o.2) :

<i>Remaneica plicata</i>	1A %
<i>Deuterammina ochracea</i>	70 %
<i>Gavelinopsis praegeri</i>	65 %

dans la Manche orientale (D.o.3) :

<i>Remaneica plicata</i>	67 %
<i>Deuterammina ochracea</i>	54 %
<i>Ammonia beccarii</i>	51 %

Les caractéristiques d'ensemble de la population à *Deuterammina ochracea*-*Remaneica plicata* sont données dans le tableau 9. Nous avons choisi pour la désigner *D. ochracea*, seule espèce élective, et une espèce constante et préférante, *R. plicata* dont les indices de fréquence et de fidélité sont plus élevés que ceux de *N. williamsoni*.

La population à *Deuterammina ochracea*, *Remaneica plicata* apparaît donc relativement homogène dans la Manche. On la trouve surtout dans le sud du Golfe normand-breton, à proximité de Beachy Head et au sud et à l'est de la Manche orientale, ainsi qu'en taches éparées. Elle occupe en particulier les zones où existent des dunes hydrauliques (Banc de la Schôle, Banc de Barfleur, Banc de Seine, Banc du Pas de Calais), mais également des zones caillouteuses où peuvent se former des rubans peu épais de sables grossiers (Kenyon, 1970). C'est la population des "sables mobiles" (Rosset-Moulinier, 1985). Sur la carte Fig. 36, j'ai distingué deux sous-populations, l'une à l'ouest plutôt sur sables bioclastiques à *Gavelinopsis praegeri*, l'autre à l'est plutôt sur sables lithoclastiques fins à *Ammonia beccarii*.

Population à *Eggerella scabra*

Elle se trouve dans sept groupes de stations où figurent parmi les espèces constantes :

Ammonia beccarii
Cribrononion gerthi
Eggerella scabra

Les groupes de stations E.s.1 à 7 ont les caractéristiques suivantes :

Dans la Manche nord occidentale on distingue deux groupes E.s.1 et E.s.2.

E.s.1 a pour espèces discriminantes :

Eggerella scabra
Elphidium excavatum

Les espèces les plus fréquentes sont :

<i>Eggerella scabra</i>	95 %
<i>Elphidium excavatum</i>	95 %
<i>Stainforthia fusiformis</i>	95 %
<i>Ammonia beccarii</i>	63 %
<i>Elphidiononion cuvillieri</i>	53 %
<i>Pseudoeponides falsobeccarii</i>	53 %

Ce groupe de stations se trouve uniquement dans les sables vaseux de la Baie de Lyme.

E.s.2 a pour espèces discriminantes :

Ammonia beccarii
Stainforthia fusiformis

Les espèces les plus fréquentes sont :

<i>Stainforthia fusiformis</i>	100 %
<i>Gavelinopsis praegeri</i>	84 %
<i>Ammonia beccarii</i>	80 %
<i>Eggerella scabra</i>	76 %
<i>Cibicides lobatulus</i>	52 %

Ce groupe de stations se trouve dans la Baie de Plymouth et en bordure de E.s.1 dans la Baie de Lyme, sur des sables lithoclastiques fins, parfois des sables vaseux.

Dans le Golfe normand-breton, on distingue deux groupes de stations E.s.3 et E.s.4.

E.s.3 a pour espèces discriminantes :

Ammonia beccarii
Eggerella scabra
Elphidium crispum
Elphidium excavatum

Les espèces les plus fréquentes sont :

<i>Ammonia beccarii</i>	86 %
<i>Eggerella scabra</i>	79 %
<i>Gavelinopsis praegeri</i>	79 %
<i>Planorbulina mediterraneensis</i>	71 %

Ce groupe est constitué d'un nombre réduit de stations (14) dont les sédiments sont graveleux ou caillouteux, situés à proximité de l'Ile de Jersey et des côtes du Trégor.

FIDELITE FREQUENCE	Elective	Préférante	Accessoire	Occasionnelle
Constante		N.williamsoni R.plicata		G.praegeri
Commune	D.ochracea		Cribrononion sp.	A.beccarii C.lobatulus C.gerthi C.jeffreysii T.truncata
Peu commune		N.millettii	B.variabilis H.pseudo-ungeriana	E.magellanicum P.mediterranensis Trifarina sp.
Rare		P.punctata	G.clara P.corrugata	

FORAMINIFÈRES DE LA MANCHE

Tab. 9 - Même légende que tab. 8. Population à *Deuterammina ochracea* - *Remaneica plicata*.

E.s.4 a pour espèces discriminantes :

Cribrononion gerthi

Elphidiononion magellanicum

Les espèces les plus fréquentes sont :

Gavelinopsis praegeri 89 %

Cribrononion sp. 72 %

Textularia truncata 67 %

Remaneica plicata 61 %

Ammonia beccarii 56 %

Cribrononion gerthi 56 %

Elphidiononion magellanicum 56 %

Planorbulina mediterraneensis 56 %

Ce groupe est constitué comme E.s.3 d'un nombre réduit de stations (18) situées principalement autour des Iles Chausey.

Dans la Manche centrale et la Baie de Seine, il n'y a qu'un groupe de stations E.s.5.

E.s.5 a pour espèces discriminantes :

Cribrononion gerthi

Eggerella scabra

Elphidiononion magellanicum

Les espèces les plus fréquentes sont :

Eggerella scabra 73 %

Ammonia beccarii 61 %

Cribrononion gerthi 60 %

Ce groupe de stations E.s.5 se trouve le long des côtes anglaises du Bec de Portland à Beachy Head dans des sables fins, parfois aussi des cailloutis, et dans des sédiments sablo-graveleux au sud et à l'est de la Baie de Seine.

Dans la Manche orientale on distingue deux groupes de stations E.s.6 et E.s.7.

E.s.6 a pour espèces discriminantes :

Cribrononion gerthi

Elphidiononion magellanicum

Les espèces les plus fréquentes sont :

Elphidium excavatum 74 %

Cribrononion gerthi 63 %

Ammonia beccarii 51 %

Elphidiononion magellanicum 51 %

Le groupe de stations E.s.6 se trouve surtout le long des côtes anglaises et françaises dans des sables lithoclastiques fins.

E.s.7 a pour espèces discriminantes :

Buliminella elegantissima

Eggerella scabra

Stainforthia fusiformis

Les espèces les plus fréquentes sont :

<i>Elphidium excavatum</i>	77 %
<i>Buliminella elegantissima</i>	62 %
<i>Ammonia beccarii</i>	54 %

Le groupe de stations se trouve comme E.s.6 dans les zones côtières dans des sédiments lithoclastiques fins, parfois vaseux.

Les caractéristiques d'ensemble de la population à *Eggerella scabra* sont données dans le tableau 10. Nous avons choisi pour la désigner la seule espèce qui soit à la fois constante et préférante.

La composition de cette population à *Eggerella scabra* est variable, aussi avons-nous distingué trois sous-populations :

- La sous-population à *Buliminella elegantissima-Stainforthia fusiformis* se trouve dans les stations des groupes E.s.1 et E.s.7. Elle est caractérisée par la fréquence d'*A. beccarii*, *B. elegantissima*, *E. excavatum* et *S. fusiformis* qui sont constantes ou communes. En outre, *B. elegantissima* est élective dans les deux groupes.
- La sous-population à *Gavelinopsis praegei* se trouve dans les stations des groupes E.s.2 et E.s.4. C'est une sous-population intermédiaire renfermant à la fois des espèces de la population à *Cibicides lobatulus-Textularia truncata* et des espèces de la population à *Eggerella scabra*.
- La sous-population à *Elphidium excavatum* se trouve dans les stations des groupes E.s.3, E.s.5 et E.s.6. *Elphidium excavatum* y est constante (dans la Manche orientale) ou commune (dans le Golfe normand-breton, la Manche centrale et la Baie de Seine). Les espèces des autres populations y sont très rares.

Dans l'ensemble, la population à *Eggerella scabra* se trouve dans les zones côtières, dans des sédiments de nature variée, mais majoritairement constitués de sables fins ou vaseux. Les espèces fréquentes varient selon les régions. Les espèces typiques sont *Cribrodonion gerthi*, *Eggerella scabra*, *Elphidiononion magellanicum*, *Elphidium excavatum*, parce qu'elles sont discriminantes et souvent fréquentes. D'autres espèces sont typiques par leur indice de fidélité parfois élevé : *Bulimina elongata*, *Buliminella elegantissima*, *Elphidiononion cuvillieri*, *Stainforthia fusiformis*. Ces espèces sont en majorité des sabulicoles et gravellicoles et des espèces infralittorales.

Population à *Nonion depressulum*

Elle n'a été mise en évidence que dans la Manche centrale, la Baie de Seine et la Manche orientale. Elle ne se trouve que dans deux groupes de stations, ayant tous les deux pour espèces discriminantes :

Elphidium excavatum

Nonion depressulum

En Manche centrale et Baie de Seine, les espèces les plus fréquentes sont :

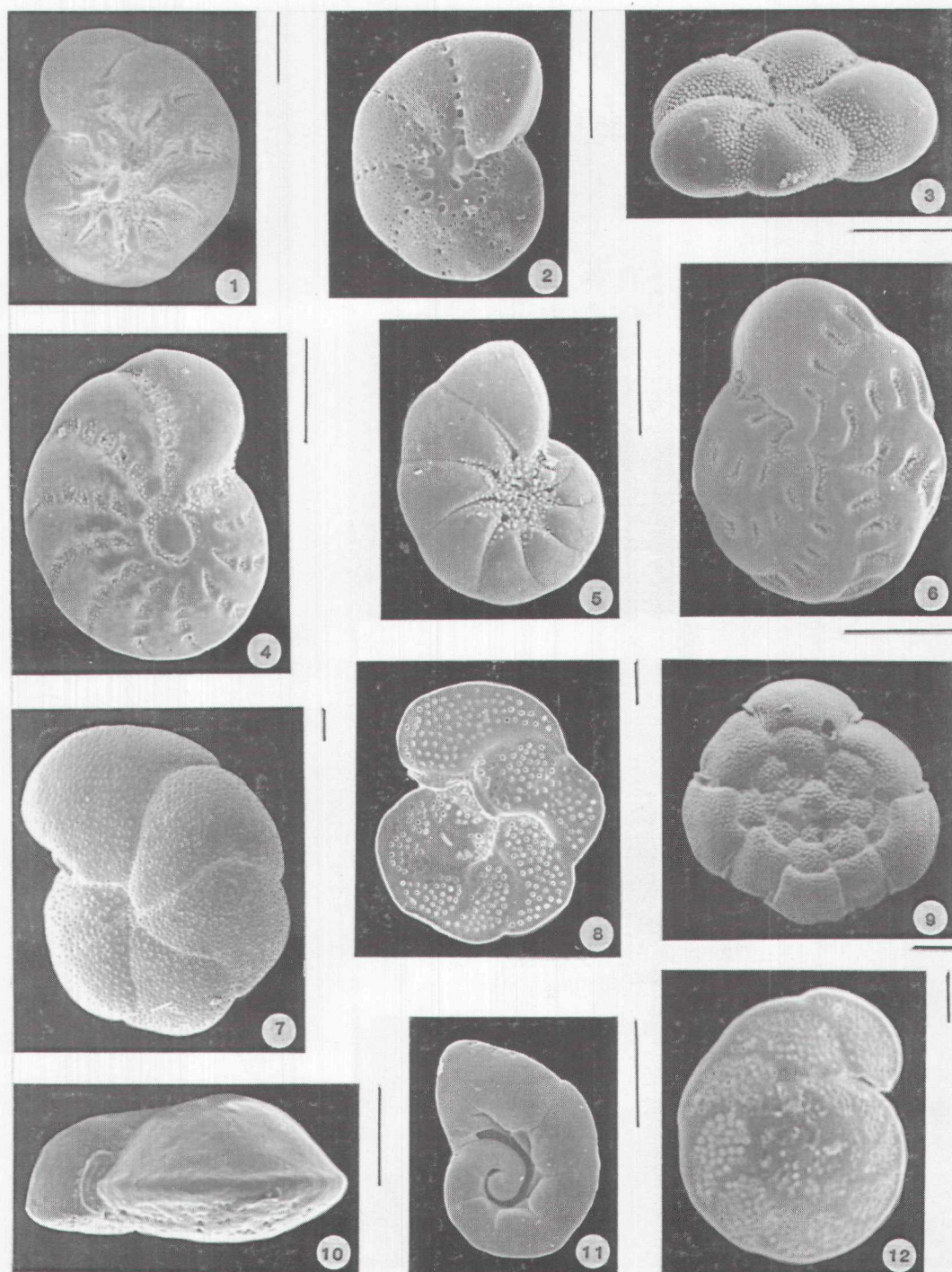
<i>Nonion depressulum</i>	86 %
<i>Elphidium excavatum</i>	79 %
<i>Eggerella scabra</i>	79 %
<i>Elphidiononion magellanicum</i>	64 %

FIDELITE FREQUENCE	Elective	Préférante	Accessoire	Occasionnelle
Constante		<i>E.scabra</i>	<i>A.beccarii</i>	
Commune		<i>S.fusiformis</i>	<i>C.gerthi</i> <i>E.excavatum</i>	<i>C.lobatulus</i> <i>C.jeffreysii</i> <i>E.magellanicum</i> <i>G.praegeri</i>
Peu commune	<i>B.elegantissima</i> <i>B.elongata</i>			<i>N.depressulum</i> <i>P.mediterranensis</i> <i>R.plicata</i> <i>T.truncata</i>
Rare	<i>P.falsobeccarii</i>		<i>E.cuvillieri</i> <i>T.bocki</i>	

Tab. 10 - Même légende que tab. 8. Population à *Eggerella scabra*.

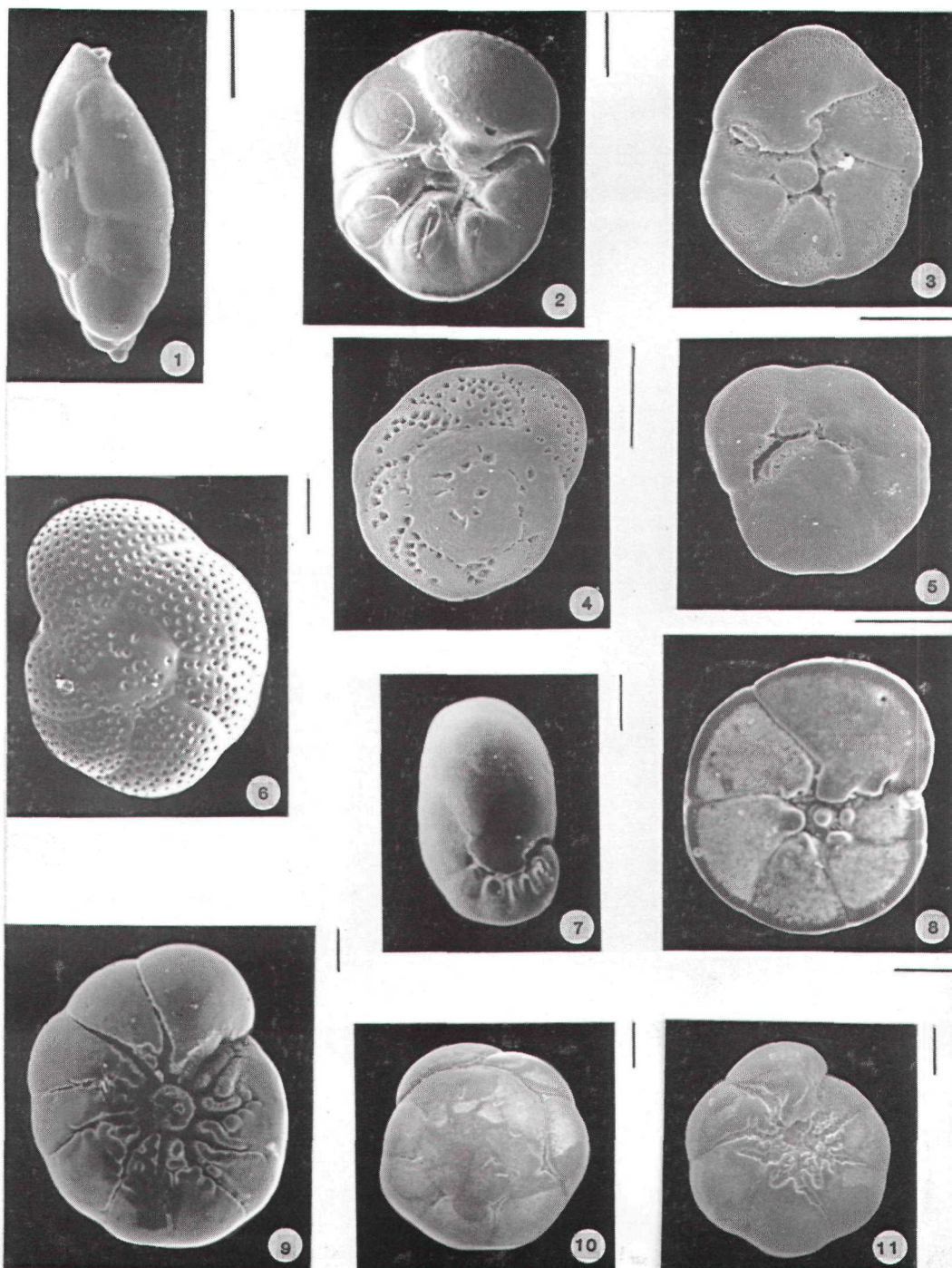
FIDELITE FREQUENCE	Elective	Préférante	Accessoire	Occasionnelle
Constante	<i>N.depressulum</i>	<i>E.excavatum</i>		
Commune			<i>E.scabra</i> <i>E.magellanicum</i>	<i>A.beccarii</i> <i>C.gerthi</i>
Rare		<i>E.cuvillieri</i>		

Tab. 11 - Même légende que tab. 8. Population à *Nonion depressulum*.



M. ROSSET-MOULINIER

PLANCHE I



Ammonia beccarii 51 %

Cribronion gerthi 57 %

En Manche orientale, les espèces les plus fréquentes sont :

Elphidium excavatum 91 %

Nonion depressulum 45 %

Les caractéristiques de cette population sont données dans le tableau 11. *Nonion depressulum* est la seule espèce constante et élective.

La population à *N. depressulum* se trouve essentiellement dans les sablons de la Baie des Veys ainsi que dans quelques stations de la côte du Pays de Caux et de Picardie, bien souvent situées au voisinage des estuaires. *Nonion depressulum* est également fréquente dans le sud de la Baie de Saint-Brieuc, associée à *Cribronion gerthi* (Rosset-Moulinier & Roux, 1977). C'est aussi une espèce commune de la zone marine de certains estuaires anglais (Tamar, Exe, Christchurch-Harbour, Murray, 1980). Cette population fait donc peut-être la transition avec les populations estuariennes.

En résumé, nous avons en Manche trois populations principales de Foraminifères, dépendant surtout des facteurs hydrodynamiques et édaphiques :

- La population des sédiments grossiers à *Cibicides lobatulus-Textularia truncata*.
- La population des sables mobiles à *Deuterammina ochracea-Remaneica plicata*.
- La population des sédiments fins à *Eggerella scabra*.

La première est plutôt circalittorale côtière et occupe dans l'ensemble des fonds supérieurs à 30 m, la troisième plutôt infralittorale bien que se trouvant parfois jusqu'à 40 ou 50 m.

Les gradients climatiques entraînent des variations dans la composition des populations, avec un appauvrissement qualitatif de la population à *Cibicides lobatulus-Textularia truncata* de l'ouest vers l'est. Ce phénomène est moins net pour les autres populations.

La comparaison avec les peuplements de la macrofaune est délicate à faire. Ceux-ci sont en effet beaucoup mieux connus, depuis plus longtemps et dans des régions plus étendues. La petite taille des Foraminifères des mers tempérées, couramment inférieure à 0,5 mm, rend leur étude fort longue, et oblige à réduire le nombre d'échantillons pris en compte. Par ailleurs, il est probable que, dans des fonds hétérogènes, de petites colonies de Foraminifères peuvent s'établir sur une surface réduite, insuffisante pour les animaux de la macrofaune. Des populations différentes sont alors mélangées lors du prélèvement.

Pl. I

12. : *Cribrostomoides jeffreysii*. (1 : vue latérale 2 : vue de face montrant l'ouverture). 3-6 : *Trochammina globigeriniformis* var *pygmaea*. (3 : profil 6 : face spirale). 4 : *Remaneica plicata* (Face ombilicale). 5 : *Deuterammina ochracea* (Face ombilicale). 7.8. : *Textularia truncata* (7 : face orale 8 : face latérale). 9 : *Eggerella scabra*. 10 : *Bolivina pseudo-plicata*. 11 : *Bulimina elegans*. 12 : *Buliminella elegantissima*. 13 : *Trifarina* sp. Le trait noir à droite ou sous les photographies représente 100 µm.

Pl. II

1 : *Stainforthia fusiformis*. 2-6 : *Rosalina globularis*. (2 : face ombilicale 6 : face spirale). 3 : *Gavelinopsis praegeri* (Face ombilicale). 4-5 : *Gavelinopsis clara* (4 : face spirale 5 : face ombilicale). 7 : *Cancris auriculus* (Face ombilicale). 8 : *Neoconorbina williamsoni* (Face ombilicale). 9 : *Ammonia beccarii* (Face ombilicale). 10-11 : *Pseudoepionides falsobeccarii* (10 : face spirale 11 : face ombilicale).

Le schéma d'ensemble de répartition des populations de Foraminifères auquel je suis arrivée, bien que ne se superposant pas géographiquement avec ceux proposés pour le macrobenthos, a cependant des caractères communs. Les biologistes marins distinguent généralement un ou deux peuplements des fonds grossiers (avec et sans épifaune), un peuplement des sables propres, un peuplement des sables fins plus ou moins envasés. (Cabioch & Glaçon, 1975 ; Cabioch & Gentil, 1975 ; Retière, 1975 ; Cabioch & Glaçon, 1977).

De façon plus générale, Blanc (1982) a proposé un exemple de modèle sédimentaire de plate-forme tempérée stable en Provence, où se dégagent trois ensembles : sables mobiles infralittoraux, sables et graviers biogènes infra et circalittoraux, faciès envasés. Sans faire d'assimilation hâtive, on peut rapprocher ce modèle de la répartition proposée ici pour les Foraminifères dont les populations sont liées respectivement aux sédiments grossiers, terrigènes ou coquilliers, aux sables mobiles, litho ou bioclastiques, et aux sables fins et vaseux.

CONCLUSION

Nous pouvons dégager de cette étude quatre idées générales.

Il existe une différence nette entre la microfaune des sables fins et vaseux d'une part, celle des sables grossiers et graviers d'autre part. Cependant, une faible quantité de sable fin ou de vase parmi les sédiments grossiers suffit pour favoriser l'extension de certaines espèces des sédiments fins. C'est pourquoi les catégories majoritaires de Foraminifères sont les sabulicoles-gravellicoles et les sabulicoles et gravellicoles.

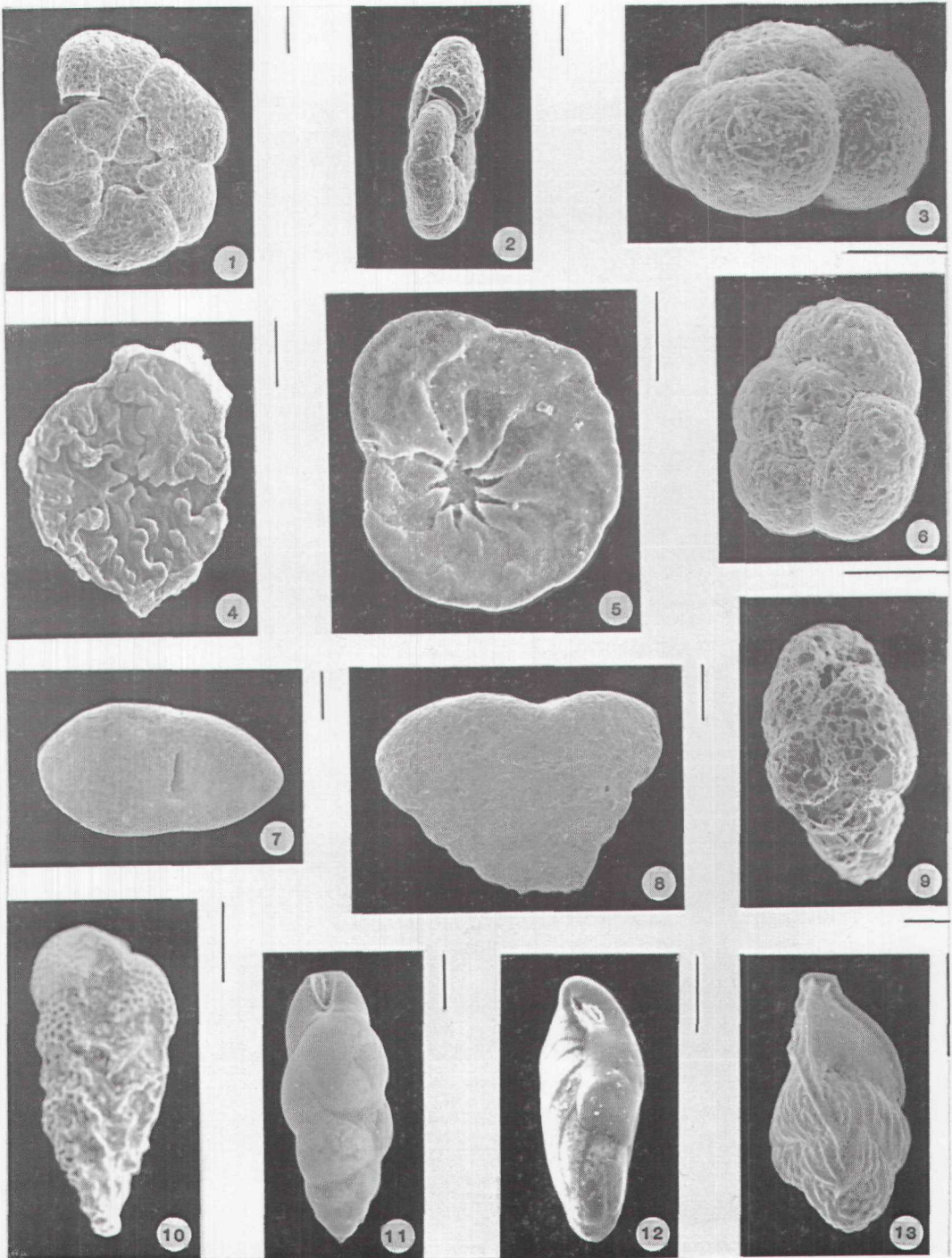
Il est difficile d'attribuer à chaque espèce des exigences précises au point de vue de l'étagement en profondeur. La comparaison avec les régions voisines montre que la répartition observée dans une zone n'est pas la même dans une autre, même très proche. Par contre, il est possible, en considérant l'ensemble des espèces, de distinguer une microfaune infralittorale d'une microfaune circalittorale côtière, mais la limite entre les deux est parfois floue, et sa profondeur variable.

En ce qui concerne les températures, il n'existe pas dans la Manche d'espèces strictement sténothermes. La température agit de plusieurs façons. Par l'importance croissante de ses écarts annuels, elle provoque un appauvrissement de l'ouest vers l'est de la microfaune circalittorale. A cause des variations ouest-est des températures estivales et hivernales, la microfaune orientale de la Manche a dans l'ensemble un caractère plus méridional que la microfaune occidentale, à latitude sensiblement égale.

Un modèle de répartition des populations peut être dégagé à partir de cette

Pl. III

1 : *Elphidium excavatum*. 2 : *Elphidiononion cuvillieri*. 3 : *Elphidiononion magellanicum* (Profil). 4 : *Cribrononion gerthi*. 5 : *Nonion depressulum*. 6 : *Cribrononion* sp. 7-8 : *Cibicides lobatulus* (7 : Face ombilicale 8 : face spirale). 9 : *Planorbulina mediterranensis* (Face ombilicale). 10-12 : *Heterolepa pseudo-ungarica* (10 : profil montrant l'ouverture 12 : face spirale). 11 : *Lamarckina haliotidea* (Face ombilicale).



M. ROSSET-MOULINIER

PLANCHE III

étude, et s'appliquer aux plateaux continentaux peu profonds. Il comporte trois populations, celle des sédiments grossiers, celle des sédiments mobiles et celle des sables fins et vaseux. Cela devrait pouvoir servir de guide dans des études analogues, en tenant compte également du fait que les microfaunes varient selon le gradient climatique, que ce dernier soit dû à la profondeur ou à l'hydrodynamisme.

REMERCIEMENTS

Je remercie très vivement Monsieur Louis Cabioch qui a mis à ma disposition les échantillons des campagnes du "Pluteus II" et de la Thalassa, et quelques crédits du GRECO 19. Je remercie Monsieur Laronneur qui a accepté que j'utilise les données granulométriques de ces mêmes campagnes, Madame Dadouh, Messieurs Roux et Feghali qui ont fait les calculs d'analyse des correspondances.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- BENZECRI J.P., 1973. L'analyse des données. I. La taxinomie, Dunod Ed., Paris, 615 pp. II. L'analyse des correspondances, Ibid. : 619 pp.
- BLANC J.J., 1982. Exemple de modèle sédimentaire de plate-forme tempérée stable : la marge continentale supérieure de la Provence. *Géol. Méditerranéenne*, IX : 273-277.
- BLANC-VERNET, L., 1969. Contribution à l'étude des Foraminifères de Méditerranée. Relations entre la microfaune et le sédiment. Biocénoses actuelles, thanatocénoses pliocènes et quaternaires. *Rec. trav. Sta. mar. Endoume*, 64 : 251 pp.
- BLANC-VERNET, L., M. PUJOS & M. ROSSET-MOULINIER 1984. Les biocénoses de Foraminifères benthiques des plateaux continentaux français (Manche, Sud-Gascogne, Ouest-Provence). Benthos 83, 2nd Int. Symp. Benthic Foraminifera, Pau et Bordeaux, Elf-Esso-Total Ed., : 71-79.
- BOLTOVSKOY, E. & R. WRIGHT. 1976. Recent Foraminifera. W. Junk Ed., La Haye : 515 pp.
- CABIOCH, L., 1968. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche occidentale. *Cah. Biol. mar.*, : 493-720.
- CABIOCH, L. & F. GENTIL 1975. Distribution des peuplements benthiques dans la partie orientale de la Baie de Seine. *C. R. acad. Sc*, Paris, D280 : 571-574.
- CABIOCH, L., F. GENTIL R. GLAÇON & C. RETIERE, 1976. Distribution de la faune benthique en Manche : aspects climatique et édaphique. Journées de la Thermo-écologie, C.O.B., 15-16 nov. 1976: 338-351.
- CABIOCH, L., F. GENTIL R. GLAÇON & C. RCTIERE, 1977. Le Macrobenthos des fonds meubles de la Manche : distribution générale et écologie. In : *Biology of benthic organisms*, 11 th. european symposium on marine biology. Keegan, Ceidigh and Boaden Ed., Pergamon Press, Oxford and N.Y. : 115-128.
- CABIOCH, L. & R. GLAÇON. 1975. Distribution des peuplements benthiques en Manche orientale, de la Baie de Somme au Pas de Calais. *C.R. Acad. Se*, Paris, D280 : 491-494.
- CABIOCH, L. & R. GLAÇON, 1977. Distribution des peuplements benthiques en Manche orientale, du Cap d'Antifer à la Baie de Somme. *C. R. Acad. Sc.*, Paris D285 : 209-212.
- DEBENAY, J.P., 1978. Distribution des Foraminifères vivants et des tests vides en Baie de Bourgneuf. Thèse Doct. 3^e cycle, Micropaléontologie, Université P. et M. Curie, Paris, 196 pp.
- DUPEUPLE, P.A., R. MATHIEU. I. MOMENI, A. POIGNANT, M. ROSSET-MOULINIER. A. ROUVILLOIS & M. UBALDO. 1971. Recherches sur les Foraminifères actuels des côtes françaises de la Manche et de la Mer du Nord. *Rev. Micropai*, 14 : 83-95.
- GENTIL F., 1976. Distribution des peuplements benthiques en Baie de Seine. Thèse Doct. 3^e cycle, Océanographie biologique, Université P. et M. Curie, Paris : 70 pp.

- GLÉMAREC, M., 1964. Bionomie benthique de la partie orientale du Golfe du Morbihan. *Cah. Biol. mar.*, V: 33-96.
- GLÉMAREC, M., 1969. Les peuplements benthiques du plateau continental Nord-Gascogne. Thèse Doct. d'État, Faculté des Sciences de Paris : 167 pp.
- HOLME, N.A., 1961. The bottom fauna of the English Channel. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 41: 397-461.
- HOLME, N.A., 1966. The bottom fauna of the English Channel. Part II. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 46: 401-493.
- KENYON, N.H., 1970. Sand ribbons of european tidal seas. *Mar. Geol.*, 9: 25-39.
- LARSONNEUR, C., D. VASLET & J.P. AUFFRET. 1979. Les sédiments superficiels de la Manche. Carte à 1/500.000 BRGM et CNEXO Ed.
- LE CALVEZ, Y. & G. BOILLOT, 1967. Étude des Foraminifères contenus dans les sédiments actuels de la Manche occidentale, *rev. Géol. phys. et Géol. dyn.*, 9: 391-408.
- LEES, B.J., 1975. Foraminifera from Holocene sediments in Start Bay. *J. geol. Soc. G. B.*, 131: 37-49.
- MATHIEU, R., 1966. Contribution à l'étude du domaine benthique de la Baie du Mont-Saint-Michel. Sédiments actuels, microfaune, écologie. Thèse Doct. 3^e cycle, Micropaléontologie, Faculté des Sciences de Paris : 174 pp.
- MOMENI, I., 1973. Étude micropaléontologique, écologique et sédimentologique du domaine benthique de la Manche, entre la Pointe du Décollé et le Cap Fréhel. Thèse Doct. 3^e cycle, Micropaléontologie, Université P. et M. Curie, Paris : 240 pp.
- MURRAY, J.W., 1965. On the Foraminifera of the Plymouth region. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 45 : 481-505.
- MURRAY, J.W., 1970. Foraminifers of the western approaches to the English Channel. *Micropaleontology*, 16:471-485.
- MURRAY, J.W., 1971. An Atlas of British Recent Foraminiferids. Heinemann Ed., London : 244 pp.
- MURRAY, J.W., 1979. Recent benthic foraminiferids of the Celtic Sea. *J. For. Res.*, 9 : 193-209.
- MURRAY, J.W., 1980. The Foraminifera of the Exe estuary. *Essays on the Exe estuary*, Devon. Ass. Special n° 2: 89-115.
- PINGREE, R.D., 1975. The advance and retreat of the thermocline on the continental shelf. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 55 : 965-974.
- PRENANT, M., 1927. Notes éthologiques sur la faune marine sessile des environs de Roscoff. Spongiaires, Tuniciers, Anthozoaires. Associations de la faune fixée. *Trav. station Biol. Roscoff*, 6: 3-58.
- PUJOS, M., 1976. Écologie des Foraminifères benthiques et des Thécamoebiens de la Gironde et du plateau continental Sud-Gascogne. Application à la connaissance du Quaternaire terminal de la région Ouest-Gironde. Thèse Doct. d'État, Université de Bordeaux I: 274 pp.
- RETIERE, C., 1975. Distribution des peuplements benthiques des fonds meubles du golfe normanno-breton. *C. R. Acad. Sc.*, Paris, D280: 697-699.
- RETIERE, C., 1979. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques du golfe normanno-breton. Thèse Doct. d'État, Université de Rennes : 430 pp.
- RICHTER, G., 1967. Faziesbereiche rezenter und subrezenter Wattensedimente nach ihren Foraminiferen - Gemeinschaften. *Senck. leth.*, 48 : 291-335.
- ROSSET-MOULINIER, M., 1972. Étude des Foraminifères des côtes nord et ouest de Bretagne. *Trav. Lab. Géologie, École Normale Sup.*, n° 6: 225 pp.
- ROSSET-MOULINIER, M., 1978. Répartition des populations de Foraminifères benthiques dans le Golfe normand-breton et la Baie de Seine. *Annales Inst. Océan.*, N. S., 54 : 107-126.
- ROSSET-MOULINIER, M., 1985. Importance écologique des Foraminifères agglutinés appartenant aux genres *Remaneica*, *Remaneicella* et *Deuterammina*. *Rev. Micropal.*, 28 : 205-212.
- ROSSET-MOULINIER, M. & P. Roux, 1977. Application de quelques méthodes d'analyse des données aux biocénoses de Foraminifères de la Baie de Saint-Brieuc (Côtes-du-Nord, France). *Rev. Micropal.*, 20: 100-113.
- STEPHENSON, W., 1973. The validity of the community concept in marine biology. *Proc. R. Soc. Qd.* 84 : 73-86.