

CARTE DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES DE LA PARTIE FRANÇAISE DE LA MER DU NORD

BENTHIC COMMUNITIES MAP OF THE FRENCH PART OF THE NORTH SEA

Edition Octobre 1988

Dominique DAVOULT, Jean-Marie DEWARUMEZ,
Jean PRYGIEL et Alain RICHARD.

STATION MARINE DE WIMEREUX - URA-CNRS 1363
Université des Sciences et Techniques de Lille Flandres Artois



- Population dense d'*Ophiothrix fragilis* en posture suspensivore par faible courant
- Suspension-feeding behaviour of a dense *Ophiothrix fragilis* population during low currents

**CARTE DES PEUPLEMENTS BENTHIQUES
DE LA PARTIE FRANÇAISE
DE LA MER DU NORD**

***BENTHIC COMMUNITIES MAP OF THE FRENCH
PART OF THE NORTH SEA***

Dominique DAVOULT, Jean-Marie DEWARUMEZ,
Jean PRYGIEL et Alain RICHARD.

STATION MARINE DE WIMEREUX
URA-CNRS 1363
Université des Sciences et Techniques de Lille Flandres Artois


**NOTICE EXPLICATIVE
EXPLANATORY NOTES**

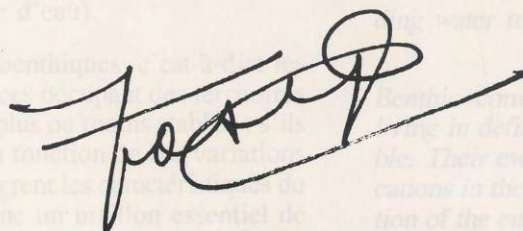

EDITION 1988

PRÉFACE

De nombreux travaux de recherche et d'étude ont été menés sur le domaine marin et littoral régional, dans le cadre des coopérations entre la Région et l'IFREMER, constituant un exemple unique d'étude intégrée de l'environnement littoral.

Cette coopération s'est étendue à la valorisation des résultats de la recherche, notamment pour la connaissance des ressources littorales et marines. C'est à ce titre qu'a été réalisée cette cartographie des communautés benthiques. En effet chaque communauté est inféodée à un type de fond et ce document constitue une référence quant à leur répartition. Il intéressera aussi bien les pêcheurs, les scientifiques que tous les usagers désireux de connaître les richesses et les caractéristiques des fonds marins au large du Nord - Pas-de-Calais.

Au moment où l'information et la culture scientifique représentent des enjeux sans précédent, je souhaite que chacun puisse y trouver les renseignements utiles à l'exercice de sa profession, ou de ses loisirs.



Noël JOSEPHE

Président du Conseil Régional
Nord - Pas-de-Calais

INTRODUCTION

Le détroit du Pas-de-Calais est une zone d'intense activité. Le trafic maritime y est important avec des échanges de la Manche vers la Mer du Nord, mais également entre la France et la Grande-Bretagne. Les activités de pêche, tant hauturière (Boulogne-sur-Mer est le 1^{er} port de pêche français) que côtière sont très développées.

L'essor de la Communauté Economique Européenne confirme la position privilégiée de ce passage qui relie l'Europe du Sud à celle du Nord.

De nombreuses activités scientifiques sont menées dans cette région : recherche fondamentale, mais également recherche appliquée aux problèmes d'environnement, de pêche et d'aquaculture.

La connaissance des fonds marins et de la faune associée est une étape quasi-obligatoire pour ces recherches.

Les organismes benthiques, c'est-à-dire vivant en relation permanente avec le sédiment, sont dans leur grande majorité sédentaires. Ils sont donc les témoins des variations du milieu qui les abrite (le sédiment) ou les entoure (la masse d'eau).

Les peuplements benthiques, c'est-à-dire les ensembles d'espèces occupant des territoires déterminés, sont plus ou moins stables ; s'ils évoluent, c'est en fonction de ces variations du milieu. Ils intègrent les caractéristiques du milieu et sont donc un maillon essentiel de la compréhension des écosystèmes marins.

L'étude des peuplements benthiques et des populations des espèces principales est donc importante et doit commencer par la connaissance de la localisation de ces peuplements et du cortège spécifique caractéristique de chacun d'eux. Cette connaissance est indispensable pour permettre des études ultérieures qui seront d'autant plus précises qu'elles seront fondées sur une base de données détaillée.

INTRODUCTION

The Dover Strait is characterized by intense activity. Shipping is very important with numerous vessels moving between the Channel and the North Sea and between France and Great Britain. Fishing activities both in the coastal zone and offshore are well developed.

The rise of the European Community is going to confirm the preferential position of this route linking Southern and Northern Europe.

Several scientific activities are carried out in this area : both basic research and applied research in the environmental sciences, fishing and aquaculture.

The knowledge of the sea beds as well as associated fauna is almost a pre-condition for this research.

Benthic organisms, i.e. living in permanent relation with the sediment, are sedentary in their great majority. Thus, they are good indicators of variations in their environment whether it is the sediment itself or the surrounding water masses.

Benthic communities (species assemblages living in definite areas) are more or less stable. Their evolution is dependant on modifications in their environment. Each modification of the environment induces a reaction in the community. Hence, knowledge of benthic communities is essential for the understanding of marine ecosystems.

The study of benthic communities and populations of main species begins with the knowledge of the location of these communities and the specific related factors of each. This appears to be indispensable as a basis for further studies which will be all the more precise as they will be founded on detailed data.

La carte présentée ici s'appuie sur des travaux concernant la partie la plus côtière de la zone, publiés par les chercheurs de la Station Marine de Wimereux depuis 1977 (cités à la fin de cette notice). Des prélèvements plus récents ont permis de vérifier la stabilité des peuplements benthiques en zone côtière et de connaître leur localisation plus au large.

The map we present here is based on works (for the shallower part of the area) published by the scientists at the Marine Station of Wimereux since 1977. These works are cited at the end of this booklet. More recent samples allowed us to verify the geographical and biological stability of the benthic communities of shallow waters and their location offshore.

The study of benthic communities (species assemblages living in definite areas) are more or less stable. Their evolution is dependant on modifications in their environment. Each modification of the environment induces a reaction in the community. Hence, knowledge of benthic communities is essential for the understanding of marine ecosystems.

Several scientific activities are carried out in this area: both basic research and applied research in the environmental sciences. It shows and explains.

The knowledge of the sea beds as well as associated fauna is almost a pre-condition for this research.

Benthic organisms, i.e. living in permanent relation with the sediment, are extremely in their great majority. Thus, they are good indicators of variations in their environment when it is the sediment itself or the surrounding water masses.

Benthic communities (species assemblages living in definite areas) are more or less stable. Their evolution is dependant on modifications in their environment. Each modification of the environment induces a reaction in the community. Hence, knowledge of benthic communities is essential for the understanding of marine ecosystems.

The study of benthic communities and populations of main species begins with the knowledge of the location of these communities and the specific related factors of each. This appears to be indispensable as a basis for further studies which will be all the more precise as they will be founded on detailed data.

Le savoir de la Communauté Européenne. L'Union Européenne contribue à l'écologie benthique. Les travaux de la Station Marine de Wimereux ont permis de connaître la localisation plus au large.

Les nombreuses activités scientifiques sont menées dans cette région: recherches fondamentales, mais également recherches appliquées aux problèmes d'environnement, de pêche et d'aquaculture.

La connaissance des fonds marins et de la faune associée est une étape quasi-obligatoire pour ces recherches.

Les organismes benthiques, c'est-à-dire vivant en relation permanente avec le sédiment, sont dans leur grande majorité sédentaires. Ils sont donc les témoins des variations du milieu qui les entoure (le sédiment) ou les entoure (la masse d'eau).

Les peuplements benthiques, c'est-à-dire les ensembles d'espèces occupant des territoires déterminés, sont plus ou moins stables; et ils évoluent, c'est en fonction de ces variations du milieu. Ils intègrent les caractéristiques du milieu et sont donc un miroir essentiel de la compréhension des écosystèmes marins.

L'étude des peuplements benthiques et des populations des espèces principales est donc importante et doit commencer par la connaissance de la localisation de ces peuplements et du cortège spécifique caractéristique de chacun d'eux. Cette connaissance est indispensable pour permettre des études ultérieures qui seront d'autant plus précises qu'elles seront fondées sur une base de données détaillée.

I - TECHNIQUES UTILISÉES

• Prélèvements :

L'ensemble des prélèvements a été réalisé à l'aide d'un seul et même outil, la drague Rallier du Baty (fig. 1). Cet engin présente l'avantage de pouvoir travailler dans tous les types de sédiment, des plus fins aux plus grossiers. Il est donc bien adapté à une étude de localisation et de description globale qualitative ou semi-quantitative des fonds marins.

D'autres prélèvements, quantitatifs, ont été

I - TECHNIQUES

• Sampling :

All the samples have been taken with the Rallier du Baty dredge (fig. 1). This dredge can work in all kind of sediment, from the finer to the coarser end of the scale. It is well adapted for the localizing and general description (qualitative or semi-quantitative studies of the marine bed).

Other (quantitative) samples have been done with a Smith McIntyre grab (fig. 2) or a Reineck corer during more precise



Fig. 1 - Drague Rallier du Baty
Rallier du Baty dredge

réalisés au moyen d'une benne Smith McIntyre (fig. 2) et d'un carottier Reineck, lors d'études plus précises réalisées en zone côtière. Ces observations nous ont servi à préciser les données descriptives et à quantifier localement la richesse du peuplement en densité (nombre d'individus par m^2) ou en biomasse (grammes par m^2).

Afin de permettre les comparaisons entre prélèvements à la drague, ceux-ci ont toujours été effectués de la même façon : 30 litres de sédiment ont été prélevés à chaque station, puis tamisés sur une maille circulaire de 1 mm : cette étude ne prend donc en compte que la macrofaune benthique.

La carte a donc été établie, d'une part d'après les 286 dragages réalisés en 1973 et 1976, qui avaient permis la description de la partie côtière des peuplements (SOUPLET et coll., 1980) : d'autre part, grâce à 79 prélèvements effectués dans la zone du large, qui ont

études carried out in the coastal area. We used these observations to quantify locally the wealth of the communities in terms of density (number of individuals per square metre) or biomass (weight per square metre).

Dredge samples have always been taken by the same method : 30 litres of sediment were taken at each station, sieved on a one millimetre mesh. This study only takes into account the benthic macrofauna.

The chart has been established on one hand with 286 dredge samples realized between 1973 and 1976 which permit the description of the coastal part of communities (SOUPLET et al., 1980) and, on the other hand, with 79 offshore samples which complete the picture of the location of communities and allowed us to verify their stability in coastal areas (PRYGIEL et al., 1988).

About 500 samples in the coastal zone and

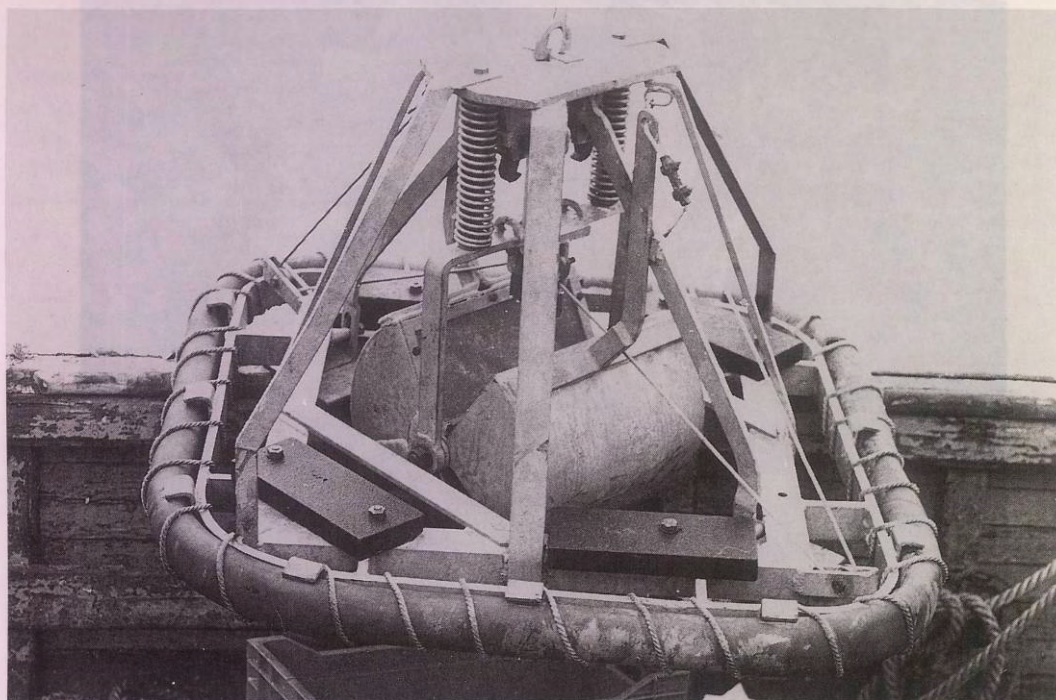


Fig. 2 - Benne Smith McIntyre
Smith McIntyre grab

permis de compléter la localisation des peuplements et de vérifier leur stabilité en zone côtière (PRYGIEL et coll., 1988).

Environ 500 prélèvements en zone côtière ainsi que de nombreuses observations en plongée ont donné des enseignements complémentaires, notamment au niveau des zones de transition entre peuplements.

• Détermination des espèces :

Les individus récoltés ont été identifiés jusqu'au niveau spécifique, à chaque fois que cela a été possible, à l'aide de faunes françaises, belges et britanniques et des collections de référence de la Station Marine de Wimereux.

Dans le cas de groupes zoologiques difficiles bien connus des seuls spécialistes, nous nous sommes parfois arrêtés d'un point de vue taxonomique au nom de genre.

Les abondances des espèces ont été notées, afin de comparer les variations d'abondance et non pour définir des densités précises, impossibles à évaluer, compte-tenu de l'engin de prélèvement utilisé.

• Techniques d'analyse des résultats :

Les principales techniques que nous avons utilisées sont la méthode de mesure de la ressemblance entre prélèvements et celle de groupement hiérarchisé de ces prélèvements.

La première méthode consiste à comparer les espèces présentes dans les prélèvements considérés deux à deux.

Nous avons choisi d'utiliser pour cela un indice qualitatif de similarité, l'indice d'OCHIAI (LEGENDRE & LEGENDRE, 1984), défini comme suit :

$$I = \frac{a}{\sqrt{b.c}}$$

a : nombre d'espèces communes aux deux prélèvements comparés,

numerous diving observations have given us complementary indications, especially for the transition area between different communities.

• Species determination

Sampled organisms were identified up to the specific level, every time it was possible, with French, Belgian and British determination books and with reference to species collection of the Marine Station of Wimereux.

In the case of rarely encountered zoological groups, we gave only the generic name.

The abundance of species were noted with the aim of comparing their variation and not to define precise densities which were impossible to evaluate because of the sample gear which was used.

• Analyses of results

The main techniques we used were the measurement of similarity between samples and the hierarchical cluster analysis.

The first method consists in a comparison of the species found in the samples considered two by two.

We chose, to that end, the OCHIAI's qualitative similarity coefficient (LEGENDRE & LEGENDRE, 1984)

$$I = \frac{a}{\sqrt{b.c}}$$

a = number of species found in both samples

b = number of species found in the first sample

c = number of species found in the second sample

A qualitative coefficient seems to us to be more adapted than a quantitative one for two reasons :

- a qualitative sample gear was used

- a benthic community is defined by charac-

b : nombre d'espèces présentes dans le premier prélèvement,

c : nombre d'espèces présentes dans le second prélèvement.

Un indice qualitatif nous a paru mieux adapté qu'un indice quantitatif, d'une part en raison du mode de prélèvement, d'autre part et surtout parce qu'un peuplement benthique est d'abord défini par des espèces caractéristiques avant de l'être par les abondances de certaines espèces.

Lorsque deux prélèvements contiennent les mêmes espèces, l'indice est égal à :

$$I = \frac{a}{\sqrt{a^2}}$$

La ressemblance est alors maximale. Lorsqu'il n'y a aucune espèce commune aux deux prélèvements comparés,

$$I = \frac{0}{\sqrt{b \cdot c}}$$

La ressemblance est minimale. L'indice varie donc de 0 à 1.

La seconde méthode consiste à regrouper les stations en fonction de leur similarité afin de former des groupes de prélèvements homogènes, caractérisés par leur cortège spécifique. Pour cela, nous avons choisi la méthode de groupement agglomératif à liens flexibles issue de l'algorithme de LANCE & WILLIAMS (LEGENDRE & LEGENDRE, 1984), affecté de coefficients moyens, de façon à éviter à la fois un fort enchaînement à liens simples des stations et une trop forte dilatation de l'espace (petits groupes de stations artificiellement homogènes ou artificiellement différenciés les uns des autres).

L'équation utilisée a pour expression :

$$I_{h,ij} = 0,625 I_{h,i} + 0,625 I_{h,j} - 0,25 I_{i,j}$$

$I_{h,ij}$: niveau de similarité entre le prélèvement h et le groupe formé par les prélèvements i et j.

teristic species before being defined by the abundance of species.

When two samples contain the same species the coefficient is equal to 1, the similarity is then maximum.

When there is no common species between both samples, the similarity is equal to 0.

The aim of the second method consists in grouping the sampling stations according to their similarity to form homogeneous groups of stations characterized by their specific train. So we chose the flexible clustering method based on the LANCE & WILLIAMS' algorithm (LEGENDRE & LEGENDRE, 1984) :

$$I_{h,ij} = .625 I_{h,i} + .625 I_{h,j} - .25 I_{i,j}$$

where $I_{h,ij}$ = similarity level between the sample h and the group formed by the i and j samples

$I_{h,i}$ = similarity level between the h and i samples

$I_{h,j}$ = similarity level between the h and j samples

$I_{i,j}$ = similarity level between the i and j samples

The factors used (.625 and -.25) are commonly chosen by scientists to avoid excessive grouping or separation of stations.

Results are represented in a dendrogram (fig. 3).

Ecologists use to give themselves, more or less arbitrarily, a significance limit to the formed groups. The .5 similarity level is often chosen as a limit. In this case, groups formed at a level higher than .5 are considered as homogeneous ones and described as units which have some significance in the environment. A contrario, it is considered that groups formed at a level lower than .5 have no ecological signification.

This process does not seem to be well founded. In our view, the similarity level between two samples or two groups of samples is not,

$I_{h,i}$: niveau de similarité entre les prélèvements h et i.

$I_{h,j}$: niveau de similarité entre les prélèvements h et j.

$I_{i,j}$: niveau de similarité entre les prélèvements i et j.

Les groupes ainsi formés, de même que leur niveau de similarité, sont visualisés au moyen d'un dendrogramme (fig. 3).

Les écologistes ont souvent tendance à se donner, de façon plus ou moins arbitraire, une limite de signification des groupes formés. Le niveau de similarité de 0,5 est souvent choisi comme limite. Dans ce cas, les groupes formés à un niveau supérieur à 0,5 sont réputés homogènes et décrits en tant qu'unités ayant une réalité dans le milieu ; au contraire, on considère que des groupes formés à un niveau inférieur à 0,5 n'ont pas de signification écologique.

indeed, an objective data but depends on the characteristics of the coefficient and the values used for the algorithm. So it is possible to find, in a given case, both homogeneous and heterogeneous groups but without a real ecological importance either way.

So, for instance, in the study area, the "Pebbles with sessile epifauna" community (see the description below) is characterized by a very high number of species. It is possible that two samples taken in this community contain numerous common species (proving that they belong to the same community) but also numerous species which are only present in one sample, because of their dispersion in the environment. These species make the similarity index lower.

Thus, it is not the similarity level between groups but the further analyses of their characteristics which permit us to consider them, or not, as well coherent biosedimentary units.

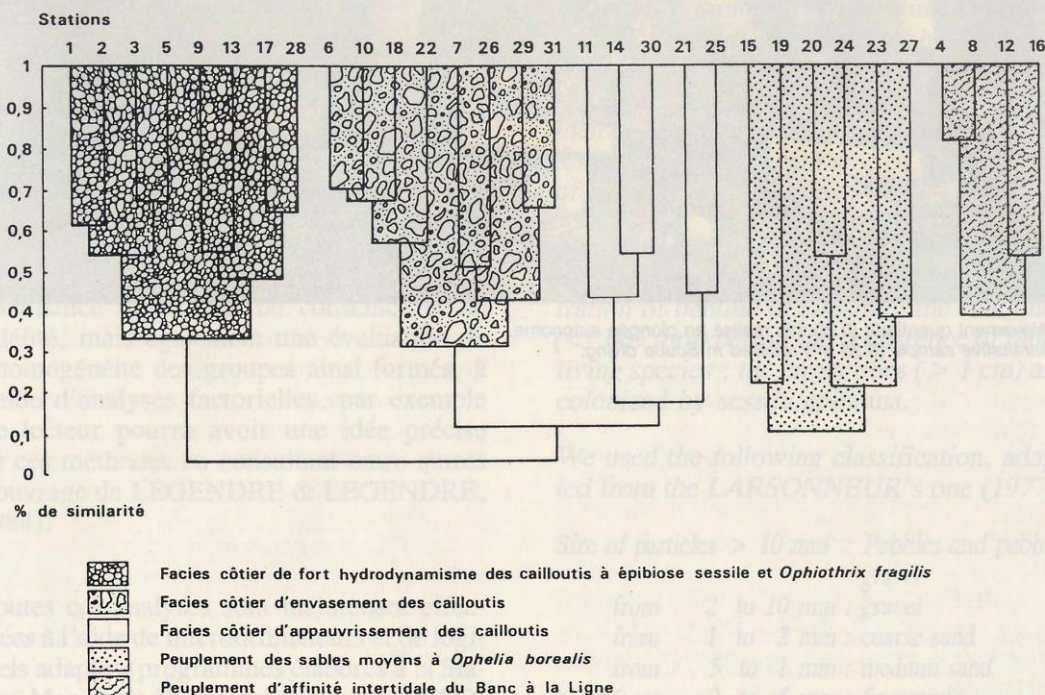


Fig. 3 - Exemple de dendrogramme des affinités spécifiques entre stations, étude réalisée au large du cap Gris-Nez (d'après DAVOULT, 1988)
Example of a dendrogram of specific similarities, stations off the cap Gris-Nez (after DAVOULT, 1988)



Prélèvement quantitatif (0,25 m²) réalisé en plongée autonome.
Quantitative sample (0,25 m²) realised in Scuba diving.

Cette démarche ne nous semble pas entièrement fondée : en effet, le niveau de similarité entre deux prélèvements ou deux groupes de prélèvements n'est pas une donnée objective, mais il dépend des caractéristiques de l'indice choisi et des coefficients utilisés pour l'algorithme de groupement. Il est donc possible d'obtenir, selon les cas, des groupes apparemment homogènes mais sans signification écologique forte, ou le contraire.

Ainsi, par exemple, dans la région étudiée, le peuplement des cailloutis à épibiose sessile (voir plus loin la description) est caractérisé par un nombre très important d'espèces. Il est fort possible que deux prélèvements effectués dans ce peuplement contiennent à la fois de nombreuses espèces communes, preuve qu'ils appartiennent au même peuplement, mais également de nombreuses espèces absentes de l'autre prélèvement, si ces espèces sont dispersées dans le milieu. Ces espèces rares auront tendance à faire baisser la valeur de l'indice de similarité.

C'est donc, non pas le niveau de similarité des groupes, mais l'analyse ultérieure de leurs caractéristiques qui permettra de les considérer ou non comme des unités biosédimentaires cohérentes. Ces analyses peuvent être des mesures des caractéristiques du sédiment (analyses granulométriques), des calculs de dominance spécifique, de constance et de fidélité, mais également une évaluation de l'homogénéité des groupes ainsi formés, à l'aide d'analyses factorielles, par exemple (le lecteur pourra avoir une idée précise de ces méthodes en consultant entre autres l'ouvrage de LEGENDRE & LEGENDRE, 1984).

Toutes ces analyses sont maintenant effectuées à l'aide de microordinateurs et de logiciels adaptés (programmes élaborés à la Station Marine de Wimereux, et logiciel ECONUM, développé par LEPRETRE & LEPRETRE, 1986).

These analyses can involve measurements of sediment characteristics, specific dominance values, bionomical coefficients or the evaluation of the homogeneity of these groups by the use of factor analyses. (The reader can get a precise idea of these methods by referring, for instance, to the work of LEGENDRE & LEGENDRE, 1984).

All these analyses have been done with computers and adapted packages : (programmes written by scientists at the Marine Station and "ECONUM" developed by LEPRETRE & LEPRETRE, 1986).

• Other analyses

Some other analyses were made with the aim of a better understanding of the results or so as to link them to the environmental conditions.

Thus, sedimentological analyses were carried out in each biological and sedimentological unit. These analyses were done by the use of normalized square meshed seaves. The results are given by regrouping of granulometric categories, taking into account the tolerance against grain-size of the majority of macrobenthic species.

Nevertheless some sedimentary particles have a considerable effect on the different concentration of benthic organisms : the fine ones (< .065 mm) permit the occurrence of mud-living species ; the larger ones (> 1 cm) are colonized by sessile epifauna.

We used the following classification, adapted from the LARSONNEUR's one (1977).

Size of particles > 10 mm : Pebbles and pebbly gravel
from 2 to 10 mm : gravel
from 1 to 2 mm : coarse sand
from .5 to 1 mm : medium sand
from .2 to .5 mm : fine sand
from .065 to .2 mm : welding sand
< .065 mm : mud

• Analyses annexes

Quelques analyses supplémentaires ont été effectuées afin de mieux comprendre les résultats ou de les lier aux conditions du milieu.

Ainsi, des analyses granulométriques ont été effectuées dans chacune des unités biosédimentaires, au moyen d'une série complète de tamis à mailles carrées normalisées AFNOR. Les résultats sont exprimés en regroupant certaines classes granulométriques, compte-tenu d'une certaine tolérance de la plupart des espèces macrobenthiques aux faibles variations granulométriques, et en insistant sur certaines limites importantes quant à la répartition des espèces : taux de pélites ($< 0,065$ mm), regroupement des cailloutis et des graviers caillouteux en raison de l'apparition significative de l'épifaune sessile sur des cailloux de plus de 1 cm. Nous avons donc utilisé la classification suivante, dérivée de la classification de LARSONNEUR (1977).

grain	> 10	mm : cailloutis et graviers caillouteux
de 2	à 10	mm : graviers
de 1	à 2	mm : sables grossiers
de 0,5	à 1	mm : sables moyens
de 0,2	à 0,5	mm : sables fins
de 0,065	à 0,2	mm : sablons
grain	$< 0,065$	mm : pélites

Une analyse granulométrique caractéristique est donnée pour chaque peuplement. Symboles utilisés pour les figures : P (pélites), Sb (sablons), SF (sables fins), SM (sables moyens), SG (sables grossiers), G (graviers), C (cailloux).

Quelques valeurs de biomasse sont également données lorsqu'elles sont disponibles, pour certains peuplements.

II - PRINCIPAUX FACTEURS RÉGISANT DANS LA RÉGION LA LOCALISATION DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES

Le principal facteur d'organisation et de dis-

One characteristic sediment analysis is given for each community. Symbols used in the figures : P (mud), Sb (welding sand), SF (fine sand), SM (medium sand), SG (coarse sand), G (gravels), C (pebbles). Some data about biomass are also given for some communities when they are available.

II - MAIN FACTORS INFLUENCING THE LOCATION OF LOCAL BENTHIC COMMUNITIES

The main factor which acts on the organization and the distribution of subtidal benthic communities in the area is the strength of tidal currents. These ones reach their maximum in the narrower part of the Dover Strait where they exceed 3 knots in surface during spring tides (Anonymous, 1968). The intensity of the tidal currents decreases in the southern part of the North Sea. They do not reach 2 knots in front of Dunkirk.

Current strengths directly influence the nature of the sediments : the sea floor off the Cap Gris-Nez headland is constituted by flint pebbles whose size usually exceeds 10 cm and by a small amount of sand (size < 2 mm).

A contrario, the decrease of the strength of the current in the North Sea induces an increase of the amount of sand in the sediment. On and after Dunkirk, sandy bottoms are dominant.

A gradient runs from the coast to the open sea. Terrestrial inputs are important in the coastal zone. These inputs are transported by the coastal rivers of the Dover Strait, but industrial and domestic sewage also affect the precise location of benthic communities. The tidal residual current (running to the North East) is about 2.7 nautical miles per day, (mean in the Dover Strait, PINGREE & MADDOCK, 1977). It induces the transport of materials and inputs from the Channel and in particular, from the Bay of the Seine and the Bay of the Somme.

These different inputs induce an increase in the amount of organic matter and of several

tribution des peuplements benthiques subtidaux dans la région est l'intensité des courants de marée. Ceux-ci sont maximums au niveau du resserrement du détroit du Pas-de-Calais, où ils dépassent en surface 3 nœuds en vive-eau moyenne (Anonyme, 1968). A l'entrée de la Mer du Nord, zone beaucoup plus ouverte, leur intensité diminue assez rapidement pour tomber au-dessous de 2 nœuds au-delà de Dunkerque. Ceci influence directement la nature du sédiment : au large du cap Gris-Nez, les fonds sont recouverts de cailloutis, principalement galets et silex dont la taille dépasse couramment 10 cm, et la fraction sableuse (grains < 2 mm) reste très faible ; au contraire, l'affaiblissement de l'intensité des courants de marée vers le nord-est induit une augmentation de la fraction sableuse du sédiment. A partir de Dunkerque, les fonds sableux dominant largement en Mer du Nord.

Un deuxième gradient est également visible, du large vers la côte : les apports d'origine terrestre sont importants en zone côtière, tant au niveau des petits fleuves côtiers du Pas-de-Calais, que des rejets urbains ou portuaires. Le courant résiduel de marée, orienté du sud-ouest vers le nord-est, est d'environ 2,7 milles par jour, en moyenne, dans le détroit (PINGREE & MADDOCK, 1977). Il transporte en zone côtière les apports venant de la Manche et en particulier ceux de baie de Seine et de baie de Somme.

Ces différents apports enrichissent le milieu en matière organique et polluants divers, mais également en particules fines ($< 0,065$ mm) dont une bonne partie d'argiles. Outre une turbidité accrue de la masse d'eau côtière (QUISTHOUDT et coll., 1987), ces argiles provoquent un envasement des fond caillouteux et sableux proches de la côte. Ceci modifie les peuplements benthiques en favorisant certaines espèces au détriment d'autres qui disparaissent ou se raréfient.

pollutants, but also of fine particles ($< .065$ mm) including clay. This amount of clay induces an important turbidity of coastal waters (QUISTHOUDT et al., 1987) and also the silting up of pebble and sandy beds near the coast. This increase in the muddy proportion of the sediment favours some benthic species to the prejudice of others which cannot live in muddy sediment and so, rarefy or disappear.

III - DESCRIPTION OF BENTHIC COMMUNITIES

• Pebbles with sessile epifauna community

This community is characteristic of strong current areas off the Cap Gris-Nez headland. Pebbles constitute more than 80 % of the weight of sediment (fig. 4).

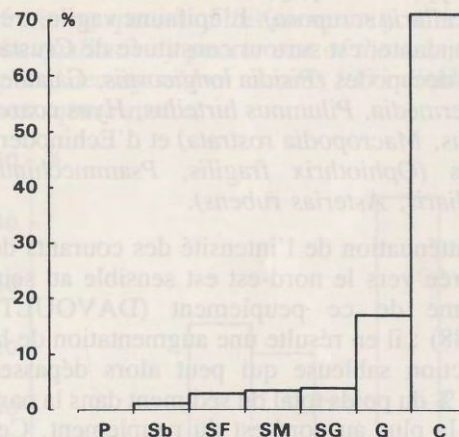


Fig. 4 - Histogramme des fréquences pondérales d'un sédiment caractéristique du peuplement des cailloutis à épibiose sessile.
Weight frequencies histogram of a typical sediment of the "pebbles with sessile epifauna" community.

Sessile epifauna is well represented and diversified. *Porifera* (*Haliclona oculata*, *Raspailia pumila*, *Sycon ciliatum*, *Tethya auranitum*), *Cnidaria* (*Abietinaria abietina*, *Alcyonium digitatum*, *Halecium halecinum*, *Hydrallmania falcata*, *Sertularia argentea*, *Urticina felina*) and *Bryozoans* (*Alcyonidium gelatinosum*, *Bicellaria ciliata*, *Crisia* spp., *Electra pilosa*, *Flustra foliacea*, *Scrupocellaria scruposa*) are the more important phyla which colonize pebbles. A very abundant

III - DESCRIPTION DES PEUPLEMENTS BENTHIQUES

• Le peuplement des cailloutis à épibiose sessile

Il est caractéristique des zones de forts courants. Au large du cap Gris-Nez, les cailloux représentent plus de 80 % du poids du sédiment (fig. 4).

L'épifaune sessile est abondante et diversifiée, principalement représentée par des Spongiaires (*Haliclona oculata*, *Raspailia pumila*, *Sycon ciliatum*, *Tethya aurantium*), des Cnidaire (*Abietinaria abietina*, *Alcyonium digitatum*, *Halecium halecinum*, *Hydrallmania falcata*, *Sertularia argentea*, *Urticina felina*) et des Bryozoaires (*Alcyonidium gelatinosum*, *Bicellariella ciliata*, *Crisia* spp., *Electra pilosa*, *Flustra foliacea*, *Scrupocellaria scruposa*). L'épifaune vagile, très abondante, est surtout constituée de Crustacés décapodes (*Pisidia longicornis*, *Galathea intermedia*, *Pilumnus hirtellus*, *Hyas coarctatus*, *Macropodia rostrata*) et d'Echinodermes (*Ophiothrix fragilis*, *Psammechinus miliaris*, *Asterias rubens*).

L'atténuation de l'intensité des courants de marée vers le nord-est est sensible au sein même de ce peuplement (DAVOULT, 1988) : il en résulte une augmentation de la fraction sableuse qui peut alors dépasser 50 % du poids total du sédiment dans la partie la plus au nord-est du peuplement. Cet ensablement nuit à une partie de l'épifaune sessile, notamment aux Spongiaires, ainsi qu'à *Ophiothrix fragilis*, dont la densité décroît rapidement. Au contraire, l'endofaune, très pauvre au large du cap Gris-Nez, est favorisée, et de nombreuses espèces sabulicoles et gravellicoles tolérantes sont présentes : *Laonice cirrata*, *Aonides oxycephala*, *Notomastus latericeus*, *Ophiura albida* et quelques *Amphioxus lanceolatus*. Cependant, l'épifaune vagile domine toujours le peuplement.

Lorsque les fonds dépassent 50 m de profondeur, juste au niveau du détroit, un faciès

moving epifauna is especially constituted by Decapods Crustaceans (*Pisidia longicornis*, *Galathea intermedia*, *Pilumnus hirtellus*, *Hyas coarctatus*, *Macropodia rostrata*) and Echinoderms (*Ophiothrix fragilis*, *Psammechinus miliaris*, *Asterias rubens*).

The decrease of the strength of tidal currents to the north-east is even appreciable inside that benthic community (DAVOULT, 1988) : the sandy proportion can reach or exceed 50 % of the total weight of the sediment in the northern part of the community.

The increase of the sand content induces the regression of the density of some epifauna species like Porifera and *Ophiothrix fragilis*. On the contrary, infauna, very scarce off the Cap Gris-Nez, is favoured, and numerous tolerant sand-living or gravel-living species do appear : *Laonice cirrata*, *Aonides oxycephala*, *Notomastus latericeus*, *Ophiura albida* and some *Amphioxus lanceolatus*. Nevertheless moving epifauna is dominant in that area.

When the depth is more than 50 metres, in the middle of the Dover Strait, a special facies occurs, the mussels beds of *Modiolus modiolus* (30 % of sampled individuals). This species modifies the sediment by biodeposition of mud and sand, and probably of organic matter. These modifications allow the increase of a diversified infauna dominated by *Laonice cirrata*, *Spio filicornis*, *Aonides oxycephala*, *Notomastus latericeus* and *Glycera lapidum*.

In the shallower part of that community, in front of the Cap Gris-Nez and the Cap Blanc-Nez, the high organic matter content of sea water favours the abundance of suspension feeders especially sessile epifauna and *Ophiothrix fragilis* : the density of this species is about 1 000 to 2 000 animals per square metre and the mean biomass (Ash Free Dry Weight) reaches 210 grammes per square metre.

Ophiothrix fragilis and many other epifauna species are much less abundant in the off-shore part of the community. The particulate organic matter of sea water is supposed to be the limiting factor of the density of *Ophiothrix fragilis* because other factors such as

particulier s'installe, largement dominé par *Modiolus modiolus* (environ 30 % des individus récoltés). L'espèce modifie le sédiment par biodéposition et l'enrichit ainsi en péli-tes et sables, sans doute aussi en matière orga-nique. Cela permet l'installation d'une endo-faune assez diversifiée, dominée par *Laonice cirrata*, *Spio filicornis*, *Aonides oxycephala*, *Notomastus latericeus* et *Glycera lapidum*.

Dans la partie côtière du peuplement, au droit des caps Gris-Nez et Blanc-Nez, la richesse de l'eau en matière organique favorise l'abon-dance des suspensivores, principalement l'épifaune sessile et *Ophiothrix fragilis* : la densité de cette dernière espèce est de 1 000 à 2 000 ind./m², et sa biomasse moyenne (poids sec sans cendre) atteint 210 g/m² (DAVOULT, 1989). *Ophiothrix fragilis* et de nombreuses espèces de l'épifaune sessile sont beaucoup moins abondantes dans la partie la plus au large du peuplement. On peut sup-poser que le facteur limitant la densité des ophiures est la teneur de l'eau en matière organique particulière, puisque les autres fac-teurs du milieu sont comparables, en parti-culier l'intensité des courants de marée, la nature des sédiments, la profondeur et la topographie (fonds relativement plats).

• Le peuplement de la gravelle à *Amphioxus lanceolatus*

En Manche orientale, ce peuplement se ren-contre à proximité de la côte (CABIOCH & GLAÇON, 1975 & 1977). Dans la partie française de la Mer du Nord, il n'est bien représenté qu'au large du Sandettié. Quelques petites enclaves permanentes existent égale-ment au sein du peuplement des cailloutis.

Le sédiment se compose essentiellement de graviers et de sables grossiers propres (fig. 5), principalement d'origine biogène. *Amphioxus lanceolatus* et *Spatangus purpu-reus* sont les espèces les plus caractéristiques. *Echinocyamus pusillus*, *Ampelisca spinipes*, *Spisula (ovalis) solida*, *Spisula elliptica*, *Nucula nucleus* et *Nucula hanleyi* sont com-munes et préférantes. Le peuplement est

the grain size of the sediment, the depth and the topography (more and less flat bottoms) are quite similar.

• Gravel with *Amphioxus lanceolatus* community

In the Eastern Channel, this community can be found near the coast (CABIOCH & GLAÇON, 1975 & 1977). In the French part of the North Sea it is only well represented off the Sandettié bank. Some permanent encla-ves also exist inside the pebbles community. The sediment is constituted by biogeneous gravel and coarse sand without mud (fig. 5). *Amphioxus lanceolatus* and *Spatan-gus purpureus*, *Ampelisca spinipes*, *Spisula (ovalis) solida*, *Spisula elliptica*, *Nucula nucleus* and *Nucula hanleyi* are common and preferring species of this community which is the qualitatively poorer one of the area, the global density seldom exceeds 100 individuals per square metre.

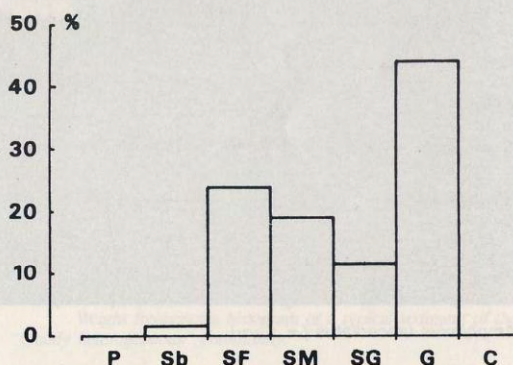
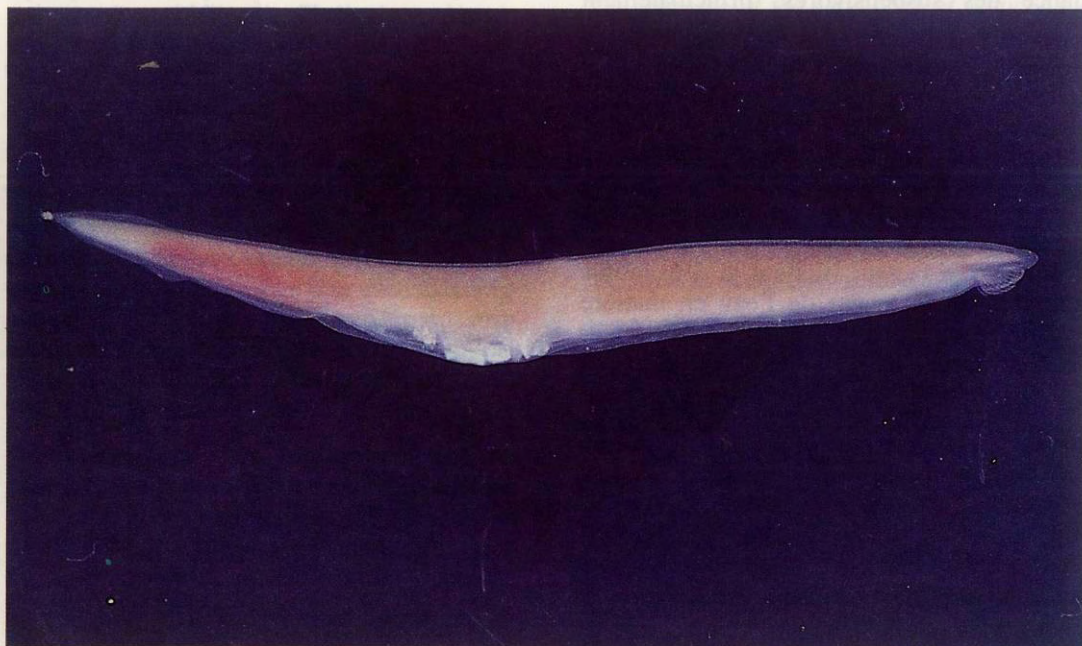


Fig. 5 - Histogramme des fréquences pondérales d'un sédiment caractéristique du peuplement de la gravelle à *Amphioxus lanceolatus*.

Weight frequencies histogram of a typical sediment of the *Amphioxus lanceolatus* community.

• The muddy heterogeneous sediment community

The coastal silting-up induces the occurrence of the muddy heterogeneous sediment com-munity in the deeper depressions between the sand banks and in the western channel of Dunkirk.



Amphioxus lanceolatus (≈ 5 cm)

quantitativement le plus pauvre de la région, la densité totale dépasse rarement 100 ind./m².

• Le peuplement de l'hétérogène envasé

L'envasement côtier se traduit par la présence du peuplement de l'hétérogène envasé au fond des grandes dépressions situées entre les bancs de sable et dans le chenal ouest de Dunkerque.

Ce peuplement présente dans sa partie ouest des aspects proches du peuplement des cailloutis, et dans sa partie est des aspects proches du peuplement des sables envasés à *Abra alba*. Il pourrait être considéré comme une simple zone de transition s'il n'était caractérisé par un groupe d'espèces, également présentes dans d'autres peuplements, mais formant ici une association constante caractéristique : *Cerianthus lloydii*, *Sagartia troglodytes*, *Sthenelais boa*, *Owenia fusiformis*, *Sabella penicillus*, *Golfingia elongata*, *Abra alba* et *Mya truncata*. L'épifaune sessile est pauvre, mais on y rencontre encore *Halecium halecinum*, *Sertularia argentea* et *Pomatoceros triqueter*. L'épifaune vagile est encore commune : *Pisidia longicornis*, *Macropodia rostrata*, *Asterias rubens*, *Ophiura texturata*, *Psammechinus miliaris*.

L'envasement est localement important et peut atteindre 4 % du poids total du sédiment (fig. 6). La biomasse est assez élevée et peut atteindre 30 g/m² (poids sec décalcifié).

• Le peuplement des sables fins à moyens propres à *Ophelia borealis*

Caractéristique d'un courant atténué, il occupe tous les bancs sableux du large, le Sandettié, l'Out Ruytingen, le Dyck occidental et forme à partir de Dunkerque un vaste complexe continu, à l'exception de quelques dépressions appartenant au peuplement de l'hétérogène envasé.

Bien représenté en Mer du Nord (KIRKEGAARD, 1978 ; VANOSMAEL et coll., 1982), il se prolonge jusqu'en Manche

The community looks like the pebbles community in its western part and like the *Abra alba* community in its eastern part.

It could be considered as a single transition area if it wasn't characterized by species, present also in others communities, but constituting here a special assemblage : *Cerianthus lloydii*, *Sagartia troglodytes*, *Sthenelais boa*, *Owenia fusiformis*, *Sabella penicillus*, *Golfingia elongata*, *Abra alba* and *Mya truncata*. Sessile epifauna is very poor but *Halecium halecinum*, *Sertularia cupressina* and *Pomatoceros triqueter* can be found. Moving epifauna is still abundant : *Pisidia longicornis*, *Macropodia rostrata*, *Asterias rubens*, *Ophiura texturata*, *Psammechinus miliaris*.

Silting is locally important and can reach 4 % of the total weight of the sediment (fig. 6). Biomass is rather high and can reach 30 grammes per square metre (Decalcified Dry Weight).

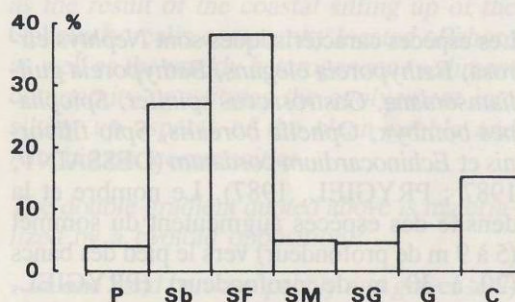


Fig. 6 - Histogramme des fréquences pondérales d'un sédiment caractéristique du peuplement de l'hétérogène envasé.
Weight frequencies histogram of a typical sediment of the "muddy heterogeneous" community.

• Fine to medium clean sand with *Ophelia borealis* community

Characteristic of attenuated currents areas, it is localized on each offshore sandbank (Sandettié bank, Out Ruytingen, Outer Dyck) and forms around and beyond Dunkirk a large continuous complex where the muddy heterogeneous community can be found inside some dips.

The community is well represented in the

orientale, au large de la Haute Normandie (CABIOCH & GLAÇON, 1977).

Les sables fins à moyens représentent 60 à 90 % du poids total du sédiment (fig. 7).

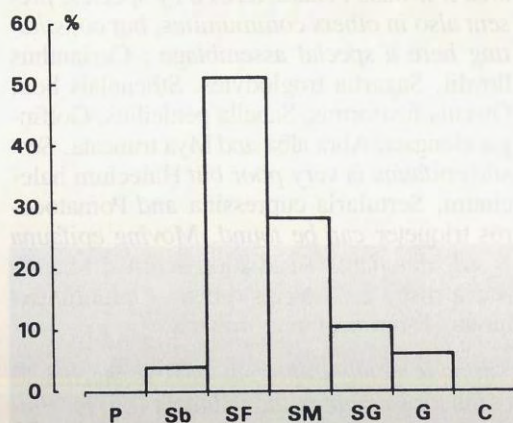


Fig. 7 - Histogramme des fréquences pondérales d'un sédiment caractéristique du peuplement des sables moyens à fins propres à *Ophelia borealis*.

Weight frequencies histogram of a typical sediment of the *Ophelia borealis* community.

Les espèces caractéristiques sont *Nephtys cirrosa*, *Bathyporeia elegans*, *Bathyporeia guillamsoniana*, *Gastrosaccus spinifer*, *Spiophanes bombyx*, *Ophelia borealis*, *Spio filicornis* et *Echinocardium cordatum* (DESSAINT, 1987 ; PRYGIEL, 1987). Le nombre et la densité des espèces augmentent du sommet (5 à 9 m de profondeur) vers le pied des bancs (20 à 30 m de profondeur) (PRYGIEL, 1987), parallèlement à l'augmentation de la taille moyenne du grain du sédiment.

La densité de ce peuplement oligospécifique varie de 100 à 500 ind./m² et sa biomasse de 1 à 3 g/m² (poids sec décalcifié).

• Le peuplement des sables fins envasés à *Abra alba*

Il est localisé le long des côtes jusqu'à une profondeur moyenne de 10 m dans la zone étudiée (DEWARUMEZ, 1979). Les sables fins (70 à 90 % du poids total du sédiment) et les pélites (1 à 12 %) dominent largement le sédiment (fig. 8).

North Sea (KIRKEGAARD, 1978 ; VANOSMAEL et al., 1982), and can be found in the Eastern Channel, along the Normandy coast (CABIOCH & GLAÇON, 1977).

60 to 90 % of the weight of sediment is constituted by fine to medium sand (fig. 7).

Characteristic species are *Nephtys cirrosa*, *Bathyporeia elegans*, *Bathyporeia guillamsoniana*, *Gastrosaccus spinifer*, *Spiophanes bombyx*, *Ophelia borealis*, *Spio filicornis* and *Echinocardium cordatum* (DESSAINT, 1987 ; PRYGIEL, 1987). The number and the density of species increase from the top (5 to 9 metre deep) to the bottom (20 to 30 metre deep) of the banks (PRYGIEL, 1987) in the same way than the mean grain size of the sediment.

The density of this oligospecific community varies between 100 and 500 individuals per square metre.

• Muddy fine sand with *Abra alba* community

It is localized along the coasts at a depth of 10 metres in the study area (DEWARUMEZ, 1979). Fine sand (70 to 90 % of the total weight of the sediment) and mud (1 to 12 %) constitutes the major part of the sediment (fig. 8).

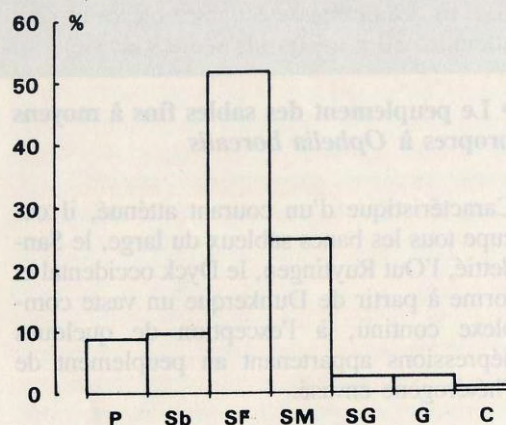


Fig. 8 - Histogramme des fréquences pondérales d'un sédiment caractéristique du peuplement des sables fins envasés à *Abra alba*.

Weight frequencies histogram of a typical sediment of the *Abra alba* community.

Des aspects particuliers de ce peuplement apparaissent localement, notamment des faciès plus envasés devant les ports et les estuaires (PRYGIEL et coll., 1988). La biomasse globale est forte, de 20 à 50 g/m² (poids sec décalcifié) (DEWARUMEZ et coll., 1986), de même que la densité : 25 000 ind./m².

Les espèces dominantes du peuplement sont *Abra alba*, *Tellina fabula*, *Lanice conchilega*, *Nephtys hombergii* et *Pectinaria koreni*. Les autres espèces communes sont *Ophiura texturata*, *Mysella bidentata*, *Spisula subtruncata*, *Anaitides mucosa* et *Owenia fusiformis*.

Malgré des recrutements très variables d'une année sur l'autre pour la plupart des espèces communes, ainsi que des phénomènes d'envasement à long terme constatés localement, le peuplement présente une remarquable stabilité (DEWARUMEZ et coll., 1986).

De même que le peuplement de l'hétérogène envasé s'oppose par son envasement aux peuplements "propres" des cailloutis à épibiose sessile et de la gravelle à *Amphioxus lanceolatus*, Le peuplement des sables fins envasés à *Abra alba* s'oppose au peuplement des sables "propres" à *Ophelia borealis*, situé plus au large. Le double gradient cité plus haut se matérialise donc par une double opposition :

- opposition entre sédiments caillouteux et graveleux du détroit et sédiments sableux de la partie plus ouverte au large de Dunkerque, opposition que l'on retrouve en comparant leurs peuplements associés.
- opposition entre les sédiments "propres" du large et les sédiments plus ou moins envasés de la côte.

• Le peuplement des sédiments meubles intertidaux

A l'échelle choisie pour représenter les peuplements benthiques, il n'était pas possible de différencier les différents aspects des peuplements macrobenthiques intertidaux.

Special aspects of this community can be locally found, especially in the muddier facies in front of harbours and estuaries (PRYGIEL et al., 1988). Overall biomass is high (20 to 50 grammes per square metre, Decalcified Dry Weight) (DEWARUMEZ et al., 1986) as well as density : up to 25 000 individuals per square metre.

The dominant species in the community are *Abra alba*, *Tellina fabula*, *Lanice conchilega*, *Nephtys hombergii* and *Pectinaria koreni*. The other common species are *Ophiura texturata*, *Mysella bidentata*, *Spisula subtruncata*, *Anaitides mucosa* and *Owenia fusiformis*.

In spite of variable recruitments according to the years for most of the species, as well as long term silting up phenomena, that community is especially stable (DEWARUMEZ et al., 1986).

The *Abra alba* community can be regarded as the result of the coastal silting up of the *Ophelia borealis* community located offshore as well as the muddy heterogeneous sediment community constitutes the evolvement into silting up aspects of the clean pebble and *Amphioxus* communities.

The double gradient quoted above is materialized by a twofold opposition :

- on one hand between pebbly and gravel sediments of the Strait and sandy sediments in the eastern part of the study area, proved by the evolution of species assemblages.
- on the other hand between clean offshore sediments and more or less muddy coastal ones.

• Soft intertidal sediment communities

On the reduced scale chosen to represent benthic subtidal communities it was impossible to delimit the macrobenthic intertidal communities.

Several studies have been carried out in intertidal areas between the Cap Gris-Nez and

Plusieurs études ont été effectuées en zone intertidale entre le cap Gris-Nez et Dunkerque (GREGOIRE, 1976 ; SMIGIELSKI, 1976 ; SOUPLET, 1977 ; DEWARUMEZ, 1978-87 ; DAVOULT, 1983 ; CUISINET et coll., 1986).

Le principal facteur du milieu contraignant pour la faune est l'émersion : on constate globalement une diminution de la diversité spécifique des bas niveaux d'estran vers les hauts niveaux, liée à ce phénomène. En effet, assez peu d'espèces sont adaptées à une durée d'émersion prolongée. Parallèlement, on observe une augmentation de la densité et de la biomasse du bas vers le haut de l'estran.

Ainsi, la densité atteint rarement 200 ind./m² en bas niveau, alors qu'elle peut dépasser localement 10 000 ind./m² en haut de plage, lorsque celui-ci est envasé (GREGOIRE, 1976 ; DAVOULT, 1983 ; DEWARUMEZ, 1978-87). La biomasse, également plus forte en haut niveau, dépend directement de l'influence estuarienne : GREGOIRE (1976) a montré que la biomasse moyenne de part et d'autre de l'Aa (fleuve côtier débouchant à Gravelines, dont le débit moyen est de 4,5 m³/s) est d'environ 2,7 g/m³ (poids sec décalcifié) ; au contraire, les zones non soumises à une influence directe de l'Aa ont une biomasse de l'ordre de 1 g/m² (DAVOULT, 1983).

Schématiquement, en ce qui concerne la granulométrie des sédiments intertidaux, la région peut être séparée en 2 parties :

- à l'ouest de Calais, le sédiment des hauts niveaux est constitué de sables moyens à grossiers propres. Il est de plus en plus fin vers les bas niveaux (CUISINET et coll., 1986 ; CLABAUT, 1984).
- à l'est de Calais, les hauts niveaux sont caractérisés par un envasement important (jusqu'à 20 % du poids total du sédiment), les autres parties de l'estran étant dominées par des sables fins et moyens, localement très coquilliers (GREGOIRE, 1976 ; SOUPLET, 1977 ; DEWARUMEZ, 1978-1987 ; DAVOULT, 1983).

Dunkirk (GREGOIRE, 1976 ; SMIGIELSKI, 1976 ; SOUPLET, 1977 ; DEWARUMEZ, 1978 to 1987 ; DAVOULT, 1983 ; CUISINET et al., 1986).

The main factor which has an influence on the caution of these communities is the duration of the emersion. The species diversity generally decreases from the lower to the higher levels of the strand, this decrease is closely bound up with that phenomenon. Few of the organisms are indeed adapted to a long period of emersion.

At the same time the density and the biomass increase from the lower to the higher levels. So density reaches rarely 200 individuals per square metre in lower levels and can rise above 10 000 individuals per square metre in the higher ones when those are muddy (GREGOIRE, 1976 ; DEWARUMEZ, 1978 to 1987 ; DAVOULT, 1983).

The biomass is also more important in higher levels, especially when an estuarian influence does exist. GREGOIRE (1976) showed that the mean biomass on each side of the river Aa (a coastal river, coming out in Gravelines, whose mean flow is 4.5 cubic metres per second) is about 2.7 grammes per square metre (Decalcified Dry Weight). A contrario, areas which are not under the direct influence of this river show a biomass of about 1 gramme per square metre (DAVOULT, 1983).

The area considered in the latter study can be separated into two parts :

- to the west of Calais, the sediment of higher levels is constituted by clean medium to coarse sand. It becomes increasingly finer to the lower levels of the strand (CLABAUT, 1984 ; CUISINET et al., 1986).*
- to the east of Calais, the higher levels are characterized by the importance of silting (up to 20 % of the total weight of the sediment). Other levels of the strand are dominated by fine and medium sands locally very shelly (GREGOIRE, 1976 ; SOUPLET, 1977 ; DEWARUMEZ, 1978 to 1987 ; DAVOULT, 1983).*

The benthic macrofauna, mainly infaunal, is dominated by Polychaeta and Amphipoda. Locally some Mollusca populations (Macoma balthica, Cerastoderma edule) can reach very high densities (DEWARUMÉZ, 1978 in 1987; DAVOULT, 1983).

Finally, complementary data about subtidal and intertidal mechanisms of the outer western harbor in Dunkirk do exist (MULLER, 1983).

La macrofaune benthique est principalement enfouie, surtout dominée par les Annelides polychètes et les Crustacés amphipodes. Localement, quelques populations de Mollusques bivalves (Macoma balthica, Cerastoderma edule) ont une densité non négligeable (DAVOULT, 1983; DEWARUMÉZ, 1978 à 87).

Par ailleurs, des données complémentaires existent concernant le mécanisme intertidal et subtidal de l'avant-port de Dunkerque-Ouest (MULLER, 1983).



Ophelia borealis (= 4cm)

La macrofaune benthique est principalement endogée, surtout dominée par les Annélides polychètes et les Crustacés amphipodes. Localement, quelques populations de Mollusques bivalves (*Macoma balthica*, *Cerastoderma edule*) ont une densité non négligeable (DAVOULT, 1983 ; DEWARUMEZ, 1978 à 87).

Par ailleurs, des données complémentaires existent concernant la macrofaune intertidale et subtidale de l'avant-port de Dunkerque-Ouest (MULLER, 1983).

IV - CONCLUSION

L'élaboration d'une telle carte biosédimentaire représente la synthèse entre les connaissances déjà acquises depuis quelques années et les travaux plus récents qui nuancent et complètent les premiers.

Cette description globale mais néanmoins précise doit pouvoir représenter un point de départ assez détaillé pour des études à plus petite échelle sur des sujets très précis, dans le domaine de l'environnement, de l'exploitation des ressources marines et, d'une façon générale, d'une meilleure connaissance de la structure et du fonctionnement des écosystèmes marins.

The benthic macrofauna, mainly infauna, is dominated by Polychaeta and Amphipoda. Locally some Molluscs populations (*Macoma balthica*, *Cerastoderma edule*) can reach very high densities (DEWARUMEZ, 1978 to 1987 ; DAVOULT, 1983).

Finally, complementary data about subtidal and intertidal macrofauna of the outer western harbour in Dunkirk do exist (MULLER, 1983).

IV - CONCLUSION

The drawing up of such a map represents the synthesis of the knowledge acquired in earlier and more recent studies. These recent works complete the older ones.

The general but nevertheless precise description must be a sufficiently detailed starting point for some small scale studies on specialised subjects in the field of environmental sciences, marine resources exploitation and so on. In any case, it was necessary for a better knowledge of the structure and the functioning of marine ecosystems.

REMERCEMENTS

Nous adressons nos remerciements à tous ceux qui ont travaillé dans le cadre de ce programme de synthèse : MM. CABIOCH, CUISINET, FRONTIER, GLACON, GREGOIRE, MOGUEDET, MULLER, SMIGIELSKI et SOUPLET, les équipages des Navires Océanographiques SEPIA II et PLUTEUS II, celui du chalutier St ELOI, grâce auxquels les nombreuses campagnes de prélèvement ont pu être menées à bien, ainsi que M. D. MENU pour

ACKNOWLEDGEMENTS

Our thanks are due to all those who have worked on the local benthic communities : MM. CABIOCH, CUISINET, FRONTIER, GLACON, GREGOIRE, MOGUEDET, MULLER, SMIGIELSKI and SOUPLET, otherwise this synthetic work wouldn't take place. We are also grateful to the crews of the Oceanographic vessels SEPIA II and PLUTEUS II and of the trawler St ELOI. We also would like to thank also Dominique MENU for the drawings and illustrations.



_ Dans ce prélèvement, *Abra alba* et *Lanice conchilega* dominent le peuplement des sables fins envasés à *Abra alba*
Abra alba and *Lanice conchilega* are the dominant species in this sample of the *Abra alba* community

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous ceux qui ont travaillé dans la région sur les peuplements benthiques, sans qui ce travail de synthèse n'aurait pu avoir lieu : MM. CABIOCH, CUISINET, FRONTIER, GLAÇON, GREGOIRE, MOGUEDET, MULLER, SMIGIELSKI et SOUPLET, les équipages des Navires Océanographiques SEPIA II et PLUTEUS II, celui du chalutier St ELOI, grâce auxquels les nombreuses campagnes de prélèvement ont pu être menées à bien, ainsi que M. D. MENU pour la réalisation des figures et Mme M. PANNIER pour la dactylographie de ce texte. Nous remercions également tous ceux qui, à l'occasion des sorties en mer, sont venus nous prêter main forte.

ACKNOWLEDGEMENTS

Our thanks are due to all those who have worked on the local benthic communities : MM. CABIOCH, CUISINET, FRONTIER, GLAÇON, GREGOIRE, MOGUEDET, MULLER, SMIGIELSKI and SOUPLET, otherwise this synthetic work wouldn't take place. We are also grateful to the crews of the Oceanographic vessels SEPIA II and PLUTEUS II and of the trawler St ELOI. We also would like to thank also Dominique MENU for the drawings and Mireille PANNIER for the typing. And, last but not least, thanks are also due to all the scientists, technicians and students, who continue to help us during the numerous sampling cruises.

- DAVOULT D., 1983. Etude du benthos intertidal de la région de Gravelines (Nord). Thèse doc. d'Univ. Lille, Station Marine de Wimereux, multigr., 36 p.
- DAVOULT D., 1988. Etude du peuplement des cailloux à épibiose sessile et de la population d'*Ophiothrix fragilis* (Abildgaard) du détroit du Pas-de-Calais (FRANCE). Thèse doc. d'Univ. de Lille-Flandres Artois, Station Marine de Wimereux, multigr., 213 p.
- DAVOULT D., 1989. Structure démographique et production de la population d'*Ophiothrix fragilis* (Abildgaard) du détroit du Pas-de-Calais (FRANCE). Vie Marine (sous presse).
- DESSAINT F., 1987. Etudes par analyses statistiques multivariées de l'influence de la charge métallique des sédiments sur le peuplement benthique marin (communauté à *Ophelia borealis* des bancs de sables sublittoraux en Manche orientale et en Mer du Nord). Thèse doc. 3^e Cycle, Univ. Lille Flandres Artois, multigr., 130 p.
- DEWARUMEZ J.M., 1979. Etude biologique d'*Abra alba* (Wood), Mollusque lamellibranche du littoral de la Mer du Nord. Thèse doc. 3^e Cycle, Univ. Lille, Station Marine de Wimereux, multigr., 139 p.
- DEWARUMEZ J.M., 1978 à 1987. Le benthos intertidal, in Surveillance écologique du site de Gravelines. Rapports Ifremer/Station Marine de Wimereux.
- DEWARUMEZ J.M., QUISTHOUDT C. & A. RICHARD, 1986. Suivi pluriannuel du peuplement à *Abra alba* dans la partie méridionale de la Mer du Nord (Région de Dunkerque - France). *Hydrobiologia*, 142, 187-197.
- KIRKEGAARD J.B., 1978. Settling, growth and life span of some common Polychaetes from Danish waters. *Medd. Danm. Fisk. Havm. darsog.*, 7, 447-496.
- GREGOIRE A., 1976. Etude de la macrofaune intertidale de la région de Gravelines (Nord). D.E.A. Univ. Lille, Station Marine de Wimereux, multigr., 111 p.
- LARSONNEUR C., 1977. La cartographie des dépôts meubles sur le plateau continental français. Méthode mise au point et utilisée en Manche. *J. Rech. Océanogr.* 2 (2), 33-39.
- LEGENDRE L. & P. LEGENDRE, 1984. Ecologie numérique, 2. La structure des données écologiques. *Coll. d'Ecologie*, Masson Ed., 335 p.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1968. Courants de marée dans la Manche et sur les côtes françaises de l'Atlantique. *Service hydrographique de la marine*, 287 p.
- CABIOCH L. & R. GLAÇON, 1975. Distribution des peuplements benthiques en Manche orientale, de la baie de Somme au Pas-de-Calais. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 280, série D, 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. Sci. Paris*, t. 285, série D, 209-212.
- CLABAUT P., 1984. Dynamique sédimentaire du littoral de Wissant et de ses abords. *D.E.A. Univ. Lille*, multigr., 51 p.
- CUISINET H., DAVOULT D., DEWARUMEZ J.M., ETIENNE M., FRONTIER S. & P. MOGUEDET, 1986. Echantillonnage en milieu benthique littoral et sublittoral : réalisation de plans d'échantillonnage à différentes échelles et implications sur les résultats des analyses numériques, in : Evaluation et optimisation des plans d'échantillonnage en écologie littorale. *PIREN : ATP 9.82.65*, S. FRONTIER Ed., 101-154.
- DAVOULT D., 1983. Etude du benthos intertidal entre Calais et l'Aa. *D.E.A. Univ. Lille, Station Marine de Wimereux*, multigr., 36 p.
- DAVOULT D., 1988. Etude du peuplement des cailloutis à épibiose sessile et de la population d'*Ophiothrix fragilis* (Abilgaard) du détroit du Pas-de-Calais (FRANCE). *Thèse doc. d'Univ. de Lille Flandres Artois, Station Marine de Wimereux*, multigr., 213 p.
- DAVOULT D., 1989. Structure démographique et production de la population d'*Ophiothrix fragilis* (Abildgaard) du détroit du Pas-de-Calais (FRANCE). *Vie Marine* (sous presse).
- DESSAINT F., 1987. Etudes par analyses statistiques multivariées de l'influence de la charge métallique des sédiments sur le peuplement benthique marin (communauté à *Ophelia borealis* des bancs de sables sublittoraux en Manche orientale et en Mer du Nord). *Thèse doc. 3^e Cycle, Univ. Lille Flandres Artois*, multigr., 130 p.
- DEWARUMEZ J.M., 1979. Etude biologique d'*Abra alba* (Wood), Mollusque lamellibranche du littoral de la Mer du Nord. *Thèse doc. 3^e Cycle, Univ. Lille, Station Marine de Wimereux*, multigr., 139 p.
- DEWARUMEZ J.M., 1978 à 1987. Le benthos intertidal, in Surveillance écologique du site de Gravelines. Rapports Ifremer/Station Marine de Wimereux.
- DEWARUMEZ J.M., QUISTHOUDT C. & A. RICHARD, 1986. Suivi pluriannuel du peuplement à *Abra alba* dans la partie méridionale de la Mer du Nord (Région de Dunkerque - France). *Hydrobiologia*, 142, 187-197.
- KIRKEGAARD J.B., 1978. Settling, growth and life span of some common Polychaetes from Danish waters. *Medd. Danm. Fisk Havund. Forsk.*, 7, 447-496.
- GREGOIRE A., 1976. Etude de la macrofaune intertidale de la région de Gravelines (Nord). *D.E.A. Univ. Lille, Station Marine de Wimereux*, multigr., 111 p.
- LARSONNEUR C., 1977. La cartographie des dépôts meubles sur le plateau continental français. Méthode mise au point et utilisée en Manche. *J. Rech. Océanogr.* 2 (2), 33-39.
- LEGENDRE L. & P. LEGENDRE, 1984. Ecologie numérique. 2. La structure des données écologiques. *Coll. d'Ecologie*, Masson Ed., 335 p.

LEPRETRE A. & C. LEPRETRE, 1986. ECONUM : ensemble de programmes interactifs d'analyses statistiques multidimensionnelles. *Monographie*, 83 p.

MULLER Y., 1983. Etude des peuplements benthiques de l'avant-port ouest de Dunkerque. *D.E.A. Univ. de Lille, Station Marine de Wimereux*, multigr., 81 p.

PINGREE R.D. & L. MADDOCK, 1977. Tide residuals in the English Channel. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 57, 339-354.

PRYGIEL J., 1983. Benthos de la Bassure de Baas. Etude comparative de la communauté à *Ophelia borealis*. *D.E.A. Univ. Lille, Station Marine de Wimereux*, multigr., 30 p.

PRYGIEL J., 1987. Etude du peuplement à *Ophelia borealis* et de l'Annélide *Nephtys cirrosa* (Ehlers, 1868) en Manche orientale et en Mer du Nord occidentale. *Thèse doc. 3^e Cycle Univ. Lille Flandres Artois, Station Marine de Wimereux*, multigr., 128 p.

* PRYGIEL J., DAVOULT D., DEWARUMEZ J.M., GLAÇON R. & A. RICHARD, 1988. Description et richesse des peuplements benthiques de la partie française de la Mer du Nord. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 306, série III, 5-10.

QUISTHOUDT C., BENTLEY D. & J.M. BRYLINSKI, 1987. Discontinuité hydrologique dans le détroit du Pas-de-Calais, *J. plank. Res.*, 9 (5), 995-1002.

SMIGIELSKI F., 1976. Etude des peuplements benthiques en relation avec les teneurs en métaux des sédiments du large de Calais. *D.E.A. Univ. Lille. Station Marine de Wimereux*, multigr., 95 p.

SOUPLET A., 1977. Le domaine benthique, in Etude écologique de projet du site de Gravelines. Rapport CNEXO-IBMRW, 237 p.

* SOUPLET A., GLAÇON R., DEWARUMEZ J.M. & F. SMIGIELSKI, 1980. Distribution des peuplements benthiques littoraux en Mer du Nord, du cap Blanc-Nez à la frontière belge. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 290, série D, 627-630.

VANOSMAEL C., WILLEMS K.A., CLAEYS D., VINCX M. & C. HEIP, 1982. Macrobenthos of a sublittoral sand bank in the southern bight of the North Sea. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 62, 521-534.