

# CARTE DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES DES SUBSTRATS MEUBLES DE LA BAIE DE SAINT-BRIEUC (MANCHE OCCIDENTALE)

Edition 1992

Gérard THOUZEAU (a) et Dominique HAMON (b)

(a) UNIVERSITE DE BRETAGNE OCCIDENTALE - INSTITUT D'ETUDES MARINES

(b) IFREMER Centre de Brest



**CARTE DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES  
DES SUBSTRATS MEUBLES  
DE LA BAIE DE SAINT-BRIEUC  
(MANCHE OCCIDENTALE)**

---

**Gérard THOUZEAU (a) et Dominique HAMON (b)**

(a) UNIVERSITE DE BRETAGNE OCCIDENTALE - INSTITUT D'ETUDES MARINES  
U.R.A. du CNRS n° 1513, 6 Avenue Le Gorgeu, 29287 BREST Cedex

(b) IFREMER Centre de Brest  
Laboratoire DEL / Ecologie - B. P. 70 - 29280 PLOUZANE

---

**NOTICE EXPLICATIVE**

---

**EDITION 1992**

## PREFACE

Le département des Côtes d'Armor : 350 kilomètres de littoral qui représentent une formidable richesse économique et écologique.

Sur le plan économique, on constate que nombre d'activités sont liées à ce contexte : pêche, aquaculture, conchyliculture, transports maritimes, tourisme...

Sur le plan écologique, on sait que la frange littorale est le siège d'une intense activité biologique, qui est primordiale pour la reproduction des espèces ; on sait aussi, contrairement à ce qui était affirmé à une époque, que ce milieu est fragile et qu'il ne peut être l'exutoire de toutes les pollutions.

Les préoccupations économiques et écologiques se rejoignent donc et ont au moins un point commun : elles ont besoin d'une bonne connaissance du milieu.

Le présent document, et la carte qui lui est associée, va dans le sens d'une réponse à cette demande. Issu d'une collaboration entre le Département, l'Université de Bretagne Occidentale de BREST et l'IFREMER, il présente les peuplements des fonds marins meubles de la Baie de SAINT BRIEUC.

Je souhaite que ce document serve de référence tant pour le suivi de l'évolution du milieu que pour l'aménagement, la gestion du littoral et l'exploitation raisonnée des fonds marins.

— — —

**Charles JOSSELIN**  
Secrétaire d'Etat à la Mer  
Président du Conseil Général  
des Côtes d'Armor

## INTRODUCTION

La baie de Saint-Brieuc, située sur les côtes françaises de la Manche occidentale, fait partie intégrante du Golfe Normano-Breton dont elle occupe la bordure sud-ouest. Elle forme une profonde échancrure en V d'environ 100.000 hectares, limitée à l'est par le Cap Fréhel et à l'ouest par l'archipel de Bréhat (fig. 1). Son littoral (115 km), très découpé, offre des côtes parmi les plus élevées du littoral breton de la Manche (109 m à la pointe de Plouha).

Une pêche artisanale développée et une activité traditionnelle de conchyliculture (depuis le début des années 60), en font une des principales zones d'exploitation des ressources marines sur le littoral breton. La pêche artisanale côtière concerne des espèces à forte valeur marchande (coquille Saint-Jacques, praire, crustacés, seiche, raie, lotte, sole, bar, rouget barbet ...). La production de la coquille Saint-Jacques (*Pecten maximus*) étant en nette régression (12 000 tonnes en 1972, 1 200 tonnes en 1989), on assiste à une diversification des activités, principalement au profit du chalutage considéré actuellement comme la seconde activité halieutique. Les anses de Morieux et d'Yffiniac font par ailleurs l'objet d'une pêche à pied professionnelle s'exerçant sur le gisement naturel de coques (*Cerastoderma edule*); la production annuelle est de quelques centaines de tonnes.

La conchyliculture, essentiellement pratiquée dans la zone intertidale, concerne surtout l'élevage de l'huître et de la moule. L'ostréiculture fournissait une production annuelle d'huîtres plates (*Ostrea edulis*) d'environ 2 000 tonnes avant 1979, grâce à une concession en eau profonde (1 070 hectares) située devant Bijnic. Les épizooties dont fut victime l'espèce ont réduit la production de ce gisement à 100-400 tonnes (huîtres plates et creuses), et entraîné un déplacement de l'activité ostréicole dans la région de Paimpol (2 500 tonnes d'huîtres creuses et une cinquantaine de tonnes d'huîtres plates produites annuellement). La mytiliculture se pratique principalement dans l'anse de Morieux où une cinquantaine de concessionnaires exploitent 80 km de bouchots, assurant une production annuelle d'environ 3 000 tonnes de *Mytilus edulis* et 1 000 tonnes de *Mytilus galloprovincialis* (Gros & Hamon, 1989). Depuis quelques années, la baie est également le siège d'un programme expérimental de pectiniculture, destiné à restaurer le stock naturel de coquille Saint-Jacques.

Du fait des diverses activités de pêche et de conchyliculture pratiquées dans la baie et des problèmes d'environnement qui s'y posent, la baie de Saint-Brieuc est le terrain de nombreuses activités scientifiques, tant au plan halieutique qu'écologique. Ces recherches se sont multipliées ces dernières années, en raison d'une plus grande fréquence des perturbations du milieu liées aux activités humaines. La pollution bactériologique printanière des eaux (due à la présence de coliformes fécaux et parfois de salmonelles), et la prolifération estivale d'algues vertes du genre *Ulva* (eutrophisation des eaux ou "marées vertes"), témoignent en effet de la dégradation de la qualité de l'eau provenant du bassin versant.

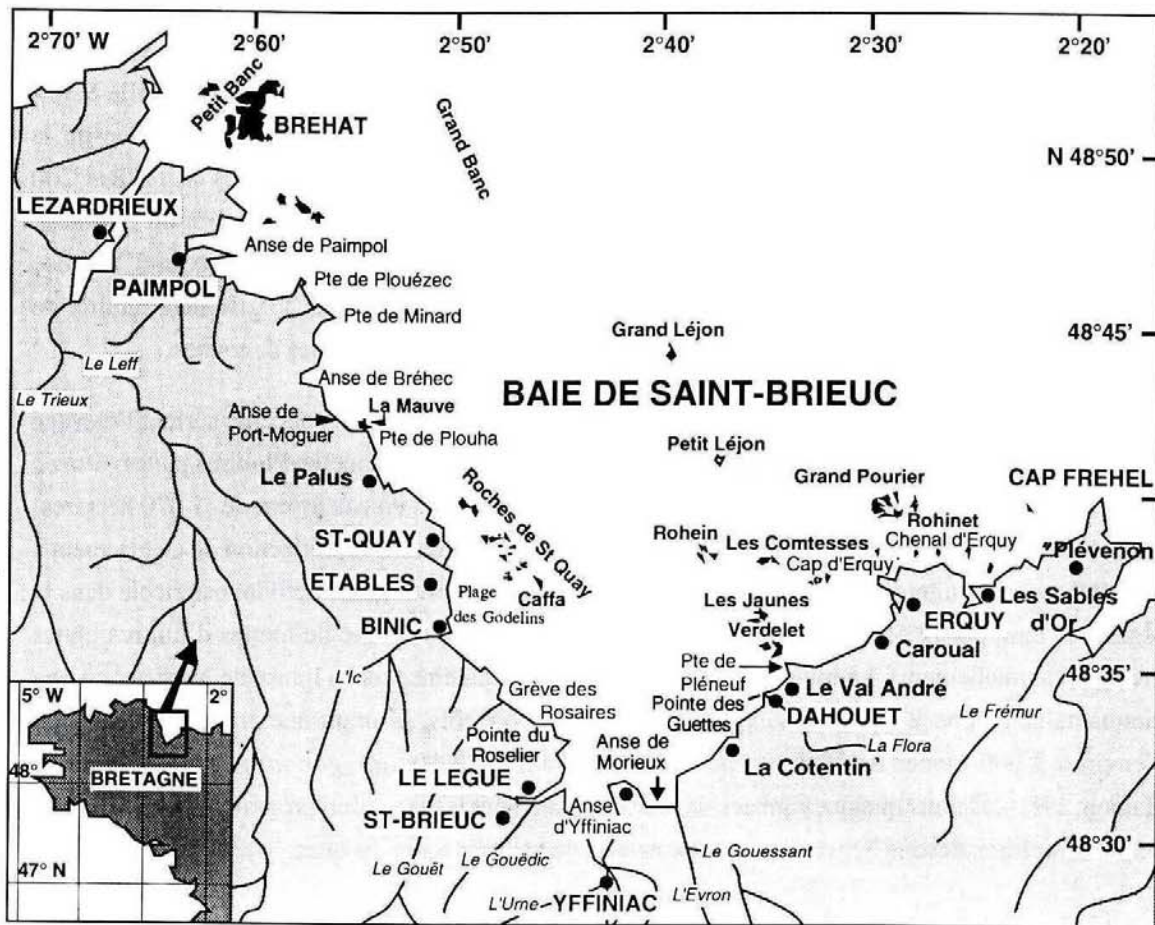


Fig. 1 - Carte toponymique de la baie de Saint-Brieuc (Manche occidentale)

Deux de ces programmes ont fourni les principaux éléments nécessaires à l'élaboration du présent document:

- le programme **EUPHORBE** (EUtrophisation et PHénomènes d'ORigine BEnthique) dans le cadre duquel a été dressée la typologie biosédimentaire de la partie méridionale de la baie (Gros & Hamon, 1988);

- le programme **PNDR coquille Saint-Jacques** (Programme National sur le Déterminisme du Recrutement), dont une des phases a consisté à étudier les peuplements macrozoobenthiques épigés et endogés de la baie (Thouzeau, 1989).

La synthèse des données issues de ces programmes résulte d'une collaboration entre le Centre IFREMER de Brest et le Laboratoire d'Océanographie Biologique de l'Université de Bretagne Occidentale.

## **I. PRESENTATION DU CADRE PHYSIQUE**

### **1. Bathymétrie**

La baie constitue un bassin peu profond, l'isobathe 30 m (par rapport au zéro des cartes marines) matérialisant la limite nord. Les hauts-fonds, dont les Roches de Saint-Quay constituent le principal plateau rocheux, individualisent des dépressions submergées périelitorales dont la profondeur varie de 15 à 30 m (fig. 2). Au sud de l'axe Saint-Quay / Erquy, c'est le domaine des petits fonds (0-15 m) à pentes faibles et régulières.

### **2. Apports d'eau douce par le bassin versant**

Les apports d'eau douce provenant du bassin versant sont relativement réduits en baie de Saint-Brieuc, à l'exception de ceux du Trieux (extrémité nord-ouest de la baie) dont le débit moyen annuel (calculé sur 5 ans) est de  $4.9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (Lehay, 1989). Le débit moyen annuel cumulé des principaux cours d'eau irriguant le fond de baie (le Gouët ou rivière du Légué, l'Urne et le Gouessant arrosant respectivement les Anses d'Yffiniac et de Morieux), est de l'ordre de  $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

### **3. Température de l'eau**

La température moyenne mensuelle des eaux de fond est minimale en février-mars, de l'ordre de  $8.7 \text{ }^\circ\text{C}$  (Agoumi *in* Leahy, 1989). La masse d'eau est déstratifiée sur la verticale en hiver, mais présente un gradient horizontal de température croissant d'est en ouest et variant de  $0.5 \text{ }^\circ\text{C}$  à  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  (Pingree, 1980; Agoumi, 1985). Le réchauffement printanier des eaux se traduit par la formation d'une thermocline en mai-juin ( $0.4 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Le maximum thermique (voisin de  $17.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ) est atteint en août. La stratification horizontale estivale des eaux comprend l'existence d'un gradient de température croissant du large vers la côte (compris entre  $1$  et  $2 \text{ }^\circ\text{C}$ , selon Leahy, 1989), auquel s'ajoute une composante ouest-est variant dans le même sens (pouvant atteindre  $2 \text{ }^\circ\text{C}$  entre Bréhat et

le Cap Fréhel). La stratification thermique verticale (0.4-1.8 °C) présente un caractère temporaire, des vents réguliers de secteur ouest entraînant l'homogénéisation de la masse d'eau.

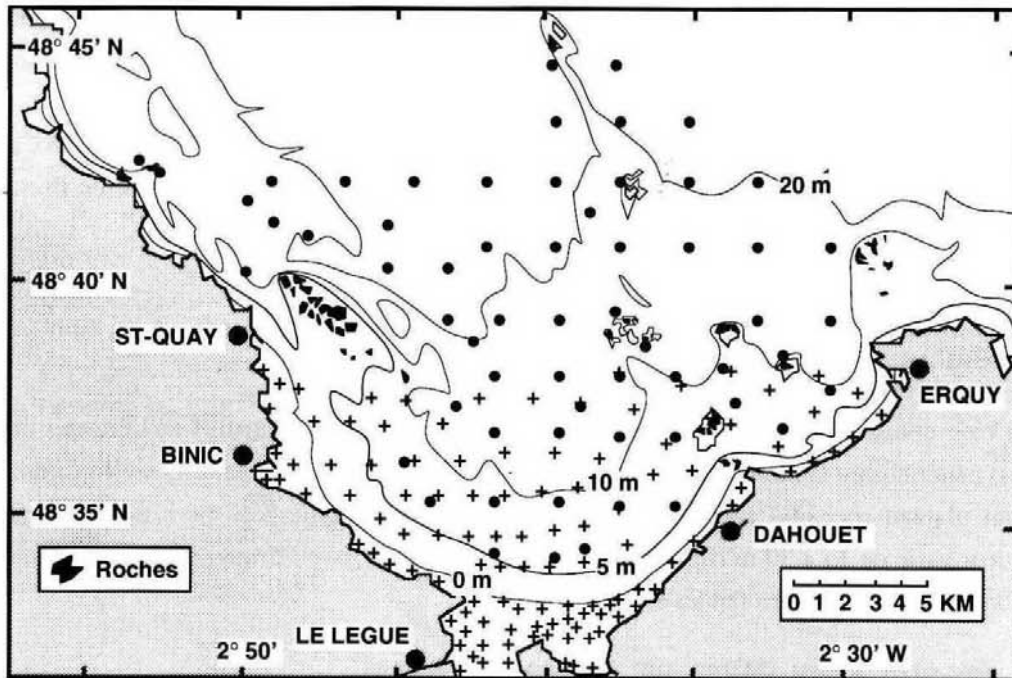


Fig. 2 - Carte bathymétrique de la baie de Saint-Brieuc et localisation des stations échantillonnées dans le cadre des programmes EUPHORBE (+) et PNDR (●).

#### 4. Salinité

Le gradient halin annuel est faible; la salinité moyenne mensuelle varie de 34.69 ‰ en mai à 34.99 ‰ en octobre (Réseau National d'Observation, 1981). Elle peut néanmoins descendre à 34 ‰ en période de crue, près du zéro marin. Une absence de gradient horizontal de salinité est observée sur l'ensemble de la baie, à l'exception de l'embouchure du Gouët (Arzel, 1984).

#### 5. Hydrodynamisme

Le marnage fluctue approximativement de 11 m en vive-eau à 2 m en morte-eau. Il varie d'est en ouest, e. g. de 9.95 m au Cap d'Erquy à 8.50 m aux Héaux de Bréhat par coefficient de 95. Les courants de marée les plus intenses (courants de flot) sont observés devant Bréhat (4 à 5 noeuds pour une marée de vive-eau moyenne), alors que les vitesses maximales ne dépassent pas 2.4 noeuds dans

le nord-est de la baie. Une décroissance régulière s'observe du nord au sud, les vitesses minimales se situant entre la Pointe du Roselier et Binic d'une part, et entre la Pointe des Guettes et Erquy d'autre part ( $< 0.6$  noeud). En morte-eau, les vitesses maximales instantanées de courant n'excèdent pas 1 noeud dans le secteur des Roches de Saint-Quay et au nord du Cap d'Erquy, et 0.3 noeud devant Dahouet.

La baie est essentiellement exposée à des houles de secteur nord-ouest (40% des directions de houle selon Rue, 1988). Les trajectoires dominantes sont déviées dans la baie: une partie des houles d'ouest passant au nord de Bréhat bifurquent vers le sud et progressent selon une direction nord-ouest / sud-est puis nord / sud. Alors que la côte orientale est exposée à une agitation croisée, la côte ouest est protégée par la marge littorale et le banc de Paimpol sur lequel pivotent vers le sud / sud-ouest les orthogonales de houle. L'amplitude maximale de la houle atteint 6 m au Cap Fréhel, 4.6 m au nord de la Pointe du Roselier, 3.9 m au large de Bréhec, et 3.7 m au large d'Erquy (Laboratoire Central Hydraulique de France, 1981).

## 6. Nature sédimentaire des fonds

Les sédiments de la baie appartiennent pour l'essentiel à la série biogène calcaire définie par Chassé & Glémarec (1976). La fraction organogène constitue 50 à 70% du sédiment, à l'exception d'une bande côtière correspondant grossièrement à l'isobathe 10 m (30 à 50% du sédiment).

Le caractère abrité de la baie se traduit par l'existence d'une série sédimentaire complète, avec une granulométrie croissante d'ouest en est, au fur et à mesure que l'effet d'abri diminue, et du sud au nord compte tenu du renforcement des courants de marée (Beigbeder & Moulinier, 1966).

Les plages côtières sont constituées de sables fins couvrant la totalité des estrans et se prolongeant jusqu'au voisinage de l'isobathe 5 m. Il s'agit pour l'essentiel de sables propres à fraction granulométrique comprise entre 63 et 200  $\mu\text{m}$ , pauvres en matière organique totale (MOT= 1%), et contenant 25% de carbonates ( $\text{CaCO}_3$ ) en moyenne. Le fond des anses de Morieux (MOT= 1.6%; 10% de pélites) et d'Yffiniac se différencient du faciès moyen par leur caractère plus envasé et s'opposent aux plages côtières: Grève des Rosaires, Binic, plage des Godelins, Etables, à l'ouest; secteur du Val-André et d'Erquy à l'est, typiques de milieu ouvert (au maximum 2% d'éléments  $< 63 \mu\text{m}$ ; MOT  $< 1\%$ ; profil granulométrique dominé par la classe [125; 200  $\mu\text{m}$ ]).

La zone comprise entre les isobathes 5 et 10 m comprend des sables fins enrichis en pélites (16% en moyenne), également contaminés par les fractions [0.2; 0.5 mm[ et [0.5; 2.0 mm[, avec une teneur en MOT de 3% en moyenne, et 30% de carbonates. Un faciès d'envasement (19 à 36% de pélites) enrichi en carbonates (38%) est observé en centre baie, la teneur en MOT étant  $> 4\%$  (Gros & Hamon, 1988).

Au delà de l'isobathe 10 m, une zone de transition constituée de sables hétérogènes envasés (augmentation du grain moyen, avec 30% d'éléments  $> 500 \mu\text{m}$ ; pélites= 10%; MOT= 3.5%; carbonates  $> 40\%$ ) annonce le domaine des sédiments grossiers (1 mm  $\leq$  médiane  $< 2$  mm) sablo-



graveleux, zoogènes ou phycogènes (fragments de maërl > 20% au large des roches de Saint-Quay), qui s'étendent au nord de la baie. La présence d'enclaves rocheuses (Roches de Saint-Quay, Petit Léjon, Rohein, Comtesses, Les Landas) entraîne des modifications locales de l'hydrodynamisme, permettant le dépôt d'éléments fins. La fraction fine (< 40 µm) peut alors dépasser 60% localement (Beigbeder, 1967). La porosité des fonds de maërl (sédiments pièges) du centre baie s'ajoute aux variations hydrodynamiques pour favoriser la rétention de ces dépôts (Hommeril, 1967).

Les graviers (médiane > 2 mm) sont localisés à la périphérie des plateaux rocheux et dans le nord-est de la baie (profondeur  $\geq$  18 m) où ils constituent la fraction dominante du sédiment.

Une des particularités sédimentaires de la baie réside dans la présence de dunes hydrauliques, constituées de sables coquilliers, localisées dans le nord-ouest de la baie (étirement nord-ouest / sud-est, parallèlement à la côte) et au nord du Petit Léjon. Leur hauteur atteint 6 m pour le banc de Paimpol, 2 à 3 m au nord-ouest du plateau des Hors et au Petit Léjon (Allain *et al.*, 1972).

## II. METHODES D'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT DES DONNEES

La couverture spatiale de la baie, réalisée dans le cadre des programmes EUPHORBE et PNDR coquille Saint-Jacques, s'étend du fond des anses de Morieux et d'Yffiniac (domaine intertidal) au Grand Léjon (profondeur > 25 m), entre les latitudes 48°30' et 48°45' N (fig. 1). L'établissement de la carte repose sur l'échantillonnage de 181 stations.

### 1. Protocole d'échantillonnage dans le cadre EUPHORBE

Soixante-six stations d'estran et 52 stations non exondables (répartition systématique) ont été échantillonnées en 1987, lors de quatre campagnes, au sud du parallèle 48°38' N (fig. 2).

Les prélèvements sédimentaires intertidaux ont été réalisés par carottage (6 cm de diamètre; 30 cm de profondeur); ceux de la macrofaune benthique par l'échantillonnage d'une surface de 1/8 m<sup>2</sup> à l'aide d'un carottier à main, et tamisage sur maille circulaire de 1 mm. Des prélèvements complémentaires (4 x 1/4 m<sup>2</sup>) de la couche superficielle (5-10 cm) ont fourni une estimation plus précise de l'abondance des espèces sous-échantillonnées avec le carottier (Bivalves notamment).

Les prélèvements subtidaux ont été effectués par un double échantillonnage:

+ à l'aide d'une benne Hamon (fig. 3) munie d'un godet de 1/8 m<sup>2</sup> (1 échantillon de sédiment; 5 prélèvements de macrofaune dont 4 tamisés sur maille circulaire de 5 mm, et 1 tamisé sur maille de 2 mm);

+ et d'une drague à palourdes (fig. 4) d'ouverture 0.60 m et de maillage 15 mm, permettant (sur une cinquantaine de mètres) d'affiner les estimations d'abondance des espèces surdispersées (crépidule, buccin...).

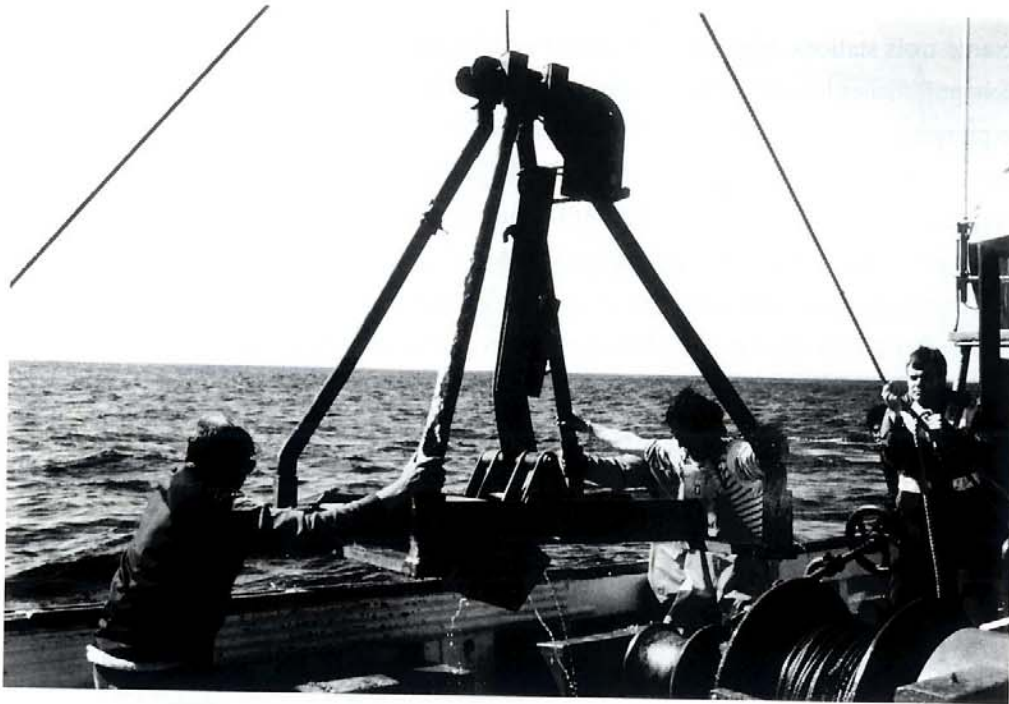


Fig. 3 - Benne Hamon munie d'un godet de  $1/8 \text{ m}^2$



Fig. 4 - Drague à palourdes d'ouverture 0,60 m et de maillage 15 mm

## 2. Protocole d'échantillonnage dans le cadre PNDR

Soixante-trois stations, réparties de manière systématique entre les isobathes 5 et 30 m (fig. 2), ont été échantillonnées lors de deux missions en 1985 et 1986.

Une première campagne (octobre 1985) a permis l'échantillonnage quantitatif de la macrofaune benthique à l'aide de la technique A.QUA.R.E.V.E. (Application QUAntitative d'un Robot Epibenthique avec contrôle Vidéo de l'Echantillonnage) mise au point par Thouzeau & Hily (1986). Les prélèvements ont été effectués par dragage avec le traîneau-drague AQUAREVE I (ouverture 0.5 m) muni d'une poche à mailles carrées de 2 mm de côté (fig. 5). La longueur des traits et le contrôle de l'efficacité du dragage étaient déterminés par observations vidéo; une roue odométrique fournissait des mesures précises de la distance parcourue sur le fond. La taille des échantillons a varié de 5 à 15 m<sup>2</sup> selon la nature sédimentaire des fonds, la strate échantillonnée correspondant à l'interface eau-sédiment (30 cm de la couche d'eau de fond et les 5 à 10 premiers centimètres du sédiment). Les prélèvements ont été tamisés sur mailles carrées de 2 mm.

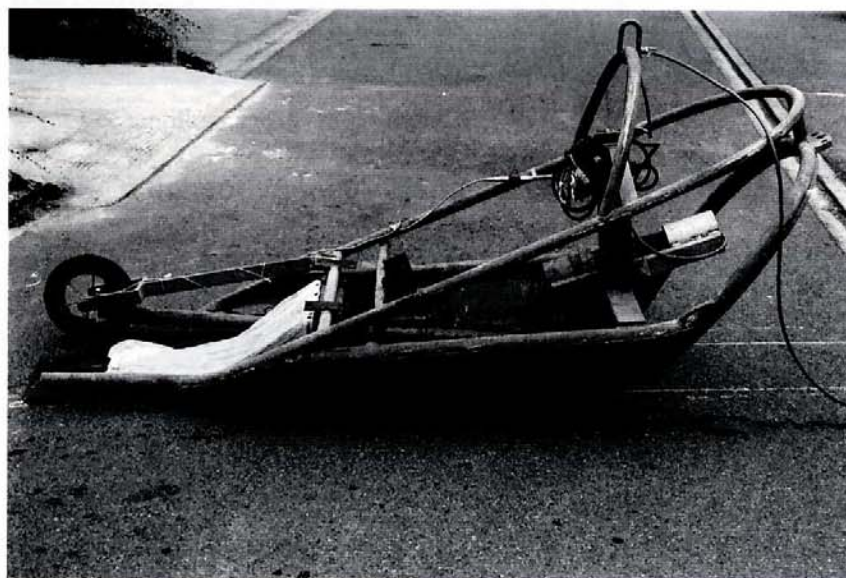


Fig. 5 - Echantillonneur AQUAREVE I (ouverture: 0,50 m de large x 0,40 m de hauteur)

L'estimation de la répartition spatiale du mégabenthos, à distribution surdispersée (Ascidies, Pectinidés, Crustacés Brachyours et Anomoures, Ophiuridés...), a été réalisée lors d'une seconde mission (mars 1986) avec l'AQUAREVE II (fig. 6; ouverture 1 m, mailles carrées de 10 mm; *in* Thouzeau & Leahy, 1988). Le tamisage a été effectué sur une table de tri de type calibreuse, munie d'une grille à perforations rondes de 10 mm de diamètre.

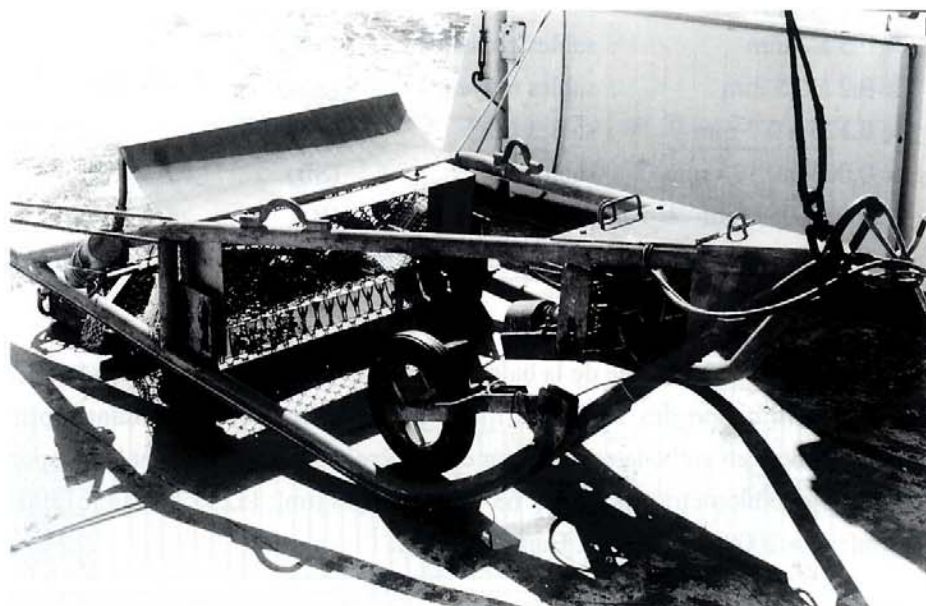


Fig. 6 - Echantillonneur AQUAREVE II (ouverture: 1,00 m de large x 0,40 m de hauteur)

### **3. Détermination des espèces**

Les individus récoltés ont été identifiés au niveau spécifique à l'aide de faunes françaises et britanniques, et de collections de référence. Dans le cas de groupes zoologiques à identification délicate (Spongiaires, Bryozoaires, Tuniciers), les spécimens indéterminés ont été envoyés aux taxonomistes spécialistes de ces groupes.

### **4. Analyse des échantillons de sédiment**

Les analyses granulométriques (stations EUPHORBE uniquement) ont été effectuées par tamisage sur colonne vibrante au moyen d'une série de tamis (de 63 à 2000  $\mu\text{m}$ ) à mailles carrées normalisées AFNOR.

Le carbone total (minéral et organique) a été dosé par chromatographie en phase gazeuse à l'aide d'un analyseur CHN. Le dosage de la fraction minérale a été obtenu par calcination de la fraction organique (perte au feu).

Les résultats sont exprimés après regroupement de certaines classes granulométriques, selon un critère écologique (taille de grain provoquant un changement de composition de la macrofaune). La classification adoptée pour séparer les différentes fractions est dérivée de Buchanan & Kain (1971), Chassé & Glémarec (1976), et Larssonneur (1977):

grain > 10 mm	: galets et cailloutis	(C)*
de 2 à 10 mm	: graviers	(G)
de 0.5 à 2 mm	: sables grossiers	(SG)
de 0.2 à 0.5 mm	: sables moyens	(SM)
de 0.125 à 0.2 mm	: sables fins	(SF)
de 0.063 à 0.125 mm	: sablons	(Sb)
grain < 0.063 mm	: pélites	(P)

(\*): *symboles utilisés lors de la représentation des profils granulométriques caractéristiques de chaque peuplement.*

Dans la partie méridionale de la baie, l'identification des zones sédimentaires homogènes a été obtenue par ordination des stations à l'aide d'une analyse en composantes principales normée intégrant la teneur en carbonates, la teneur en matière organique totale, et les proportions pondérales de 6 classes granulométriques soit: < 63  $\mu\text{m}$ ; [63; 125  $\mu\text{m}$ ]; [125; 200  $\mu\text{m}$ ]; [200; 500  $\mu\text{m}$ ]; [500; 2000  $\mu\text{m}$ ]; et > 2000  $\mu\text{m}$  (Gros & Hamon, 1988).

## 5. Traitement des données de macrofaune

Deux techniques d'analyses multivariées, l'analyse factorielle des correspondances et la classification ascendante hiérarchique (Lebart *et al.*, 1982; Legendre & Legendre, 1984), ont été employées pour séparer les ensembles homogènes de stations-espèces définissant les peuplements benthiques de la baie, et leur localisation.

L'**analyse factorielle des correspondances** (AFC), particulièrement adaptée aux tableaux observations-variables ayant un grand nombre de zéros (Daget, 1976), repose sur le calcul d'une matrice de distance à partir des répartitions en pourcentages à l'intérieur des lignes et des colonnes (analyse de profils). La distance du Chi-2 (Benzecri, 1973) est utilisée comme coefficient d'association; elle a l'avantage de vérifier le principe "d'équivalence distributionnelle" (Lebart *et al.*, 1982). Une transformation logarithmique des données ( $x$ ) de densité, de la forme  $\log(x+1)$ , a été appliquée pour stabiliser les variances lorsque la définition des axes factoriels résultait des abondances élevées de quelques espèces.

La **classification ascendante hiérarchique** (CAH) permet d'effectuer des regroupements de relevés (stations ou espèces) à l'aide d'un algorithme de classification (Lance & Williams, 1967), selon un ordre décroissant de niveaux de similarité, en partant des relevés les plus semblables vers les groupes les plus différents. La règle de calcul des distances entre groupements disjoints d'objets est celle de la distance moyenne. Les regroupements de stations (représentant un même faciès biosédimentaire, par exemple) ou d'espèces (représentant un même peuplement), ainsi que leur niveau de partition, ont été visualisés à l'aide de dendrogrammes de similitude (fig. 7).

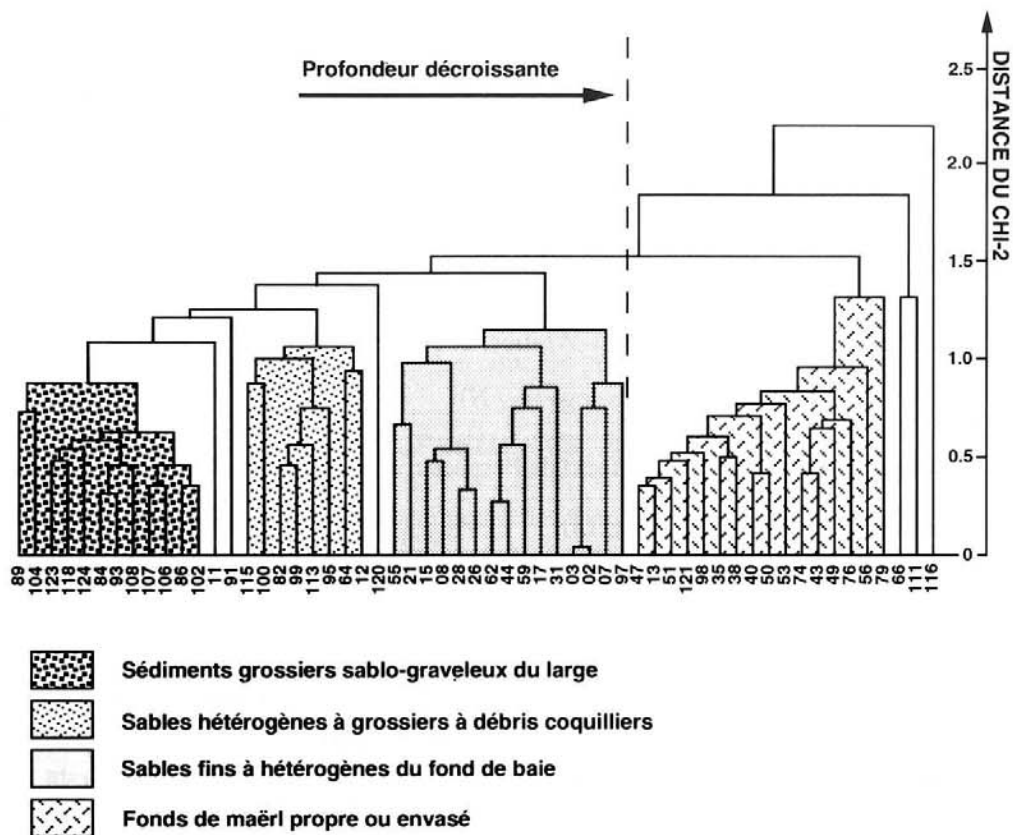


Fig. 7 - Exemple de dendrogramme d'affinités spécifiques entre stations, issu d'une classification ascendante hiérarchique (critère de la distance moyenne). Analyse réalisée à partir de l'abondance de 71 espèces dans 57 stations (d'après Thouzeau, 1989)

L'utilisation conjointe de l'AFC et de la CAH permet de se prononcer sur la réalité des groupements et sur leur position relative (Lebart *et al.*, 1982). Ces deux méthodes d'analyses multidimensionnelles sont complémentaires autant dans la reconnaissance des unités de peuplements que dans l'interprétation du fonctionnement des écosystèmes benthiques.

Un certain nombre de descripteurs structuraux ont par ailleurs permis de caractériser chaque peuplement (ou faciès) identifié dans la partie septentrionale de la baie:

- **Densité moyenne de chaque espèce**, sur l'ensemble des échantillons définissant le peuplement;
- **Richesse spécifique** (nombre total d'espèces recensées), et **nombre moyen d'espèces** récoltées par échantillon;

- **Indice de dominance  $D'_{ij}$**  (Le Bris, 1988):

$$D'_{ij} = F_{ij} \times D_{ij} \times 100 = [(P_{ij} / P_j) \times 100] \times [(\sum_{k=1}^{P_j} (N_{ik} / N_k) \times 100) / P_j] \times 100$$

$P_{ij}$  : nombre d'échantillons comprenant l'espèce  $i$  dans le peuplement  $j$ ;

$P_j$  : nombre total d'échantillons dans le peuplement  $j$ ;

$N_{ik}$  : densité ou biomasse de l'espèce  $i$  dans le  $k$ ème échantillon du peuplement  $j$ ;

$N_k$  : densité totale ou biomasse totale du  $k$ ème échantillon.

Cet indice permet de pondérer la part prise par les espèces échantillonnées en fortes densités dans un très petit nombre de stations, dans la définition du peuplement.

- **Indice de diversité de Shannon-Wiener, et équitabilité** (Pielou, 1966):

$$\text{Indice de Shannon } H' = \sum_{i=1}^S (n_i / N) \times \log_2 (n_i / N)$$

avec  $S$  = nombre total d'espèces,  $n_i$  = effectif de l'espèce  $i$ , et  $N$  = effectif total de l'échantillon.

$$\text{Équitabilité} = H' / H' \text{ max} = H' / \log_2 (S)$$

avec  $H'$  = indice de Shannon (diversité observée),  $H' \text{ max}$  = diversité maximale observable avec le même nombre d'espèces, et  $S$  = nombre total d'espèces.

L'équitabilité a été calculée de manière à pouvoir comparer les peuplements entre eux (Frontier, 1983), ce que ne permet pas l'indice de Shannon (la valeur de l'indice dépend du nombre total d'espèces et donc souvent de la taille des échantillons).

- **Diagrammes rang-fréquence** (Margalef, 1967): ils ont permis de préciser le degré de structuration des peuplements. Le diagramme est obtenu en représentant en abscisses le rang  $i$  des espèces classées par ordre d'abondance décroissante, et en ordonnées les abondances relatives respectives,  $A_i$  (métrique log-log).

Pour la partie méridionale de la baie, les valeurs de biomasse totale (poids sec sans cendres, en grammes de matière organique par  $m^2$ ) et de biomasse par catégories taxonomiques ou trophiques, sont également indiquées pour chaque peuplement (d'après Gros & Hamon, 1988).

## 6. Conception graphique de la carte

La carte des peuplements benthiques a été élaborée en utilisant le système Intergraph (Intergraph Co., One Madison Industrial Park, Huntsville, Alabama 35807), outil informatique de production graphique qui permet la réalisation de dessins originaux ou la copie (digitalisation) de dessins existants. Le logiciel graphique inclut la création, la suppression, la modification, le déplacement et la mesure d'éléments de dessins. Ces derniers peuvent être stockés et combinés entre eux, pour former des éléments complexes. La complexité finale du dessin n'est limitée que par la capacité mémoire du système informatique local.

Le fichier de données est constitué de 63 niveaux indépendants qui peuvent être édités de manière sélective ou groupée. Dans le cas présent, une trentaine de niveaux a été utilisée (lignes de côte, isobathes, îlots ...). Le système permet d'autre part d'accéder à une librairie d'éléments dessins standards (figures géométriques, texte ...) qui peuvent être placés et manipulés dans l'aire de dessin.

La cartographie a été réalisée au service DITI/DSI d'IFREMER, selon la procédure suivante:

1. Création du fichier dessin (DGN) à l'aide de la station de travail Intergraph qui gère ses données sur MicroVax II, la mise à jour des données s'opérant en permanence.
2. Restitution du fichier dessin DGN sous la forme d'un fichier UNIRAS (logiciel graphique UNIRAS sur MicroVax II), et mise au format Versatec via le réseau Ethernet du Centre IFREMER de Brest (fichier Versatec sur Sun Versatec).
3. Sortie graphique sur traceur couleur Versatec (36 pouces de large; 400 points par pouce).

### III. DESCRIPTION DES PEUPEMENTS BENTHIQUES

L'étude des peuplements macrozoobenthiques des fonds meubles de la baie de Saint-Brieuc a conduit à l'identification de 447 espèces (80 dans le domaine intertidal dont 47 exclusives, et 400 dans le domaine subtidal), et à la définition de sept peuplements et d'un faciès biosédimentaire (Gros & Hamon, 1988; Thouzeau, 1989). La terminologie de Chassé & Glémarec (1976) a été retenue pour la dénomination des assemblages faunistiques: la notion de peuplement désigne un ensemble type, homogène (quant aux affinités biosédimentaires ou biologiques des espèces le constituant), et à diversité maximale, alors qu'un faciès constitue un ensemble de transition (entre deux unités sédimentaires) ou d'appauvrissement (climatique ou édaphique), par rapport au peuplement type.

La macrofaune benthique présente une distribution classique en "ceintures", basée sur un gradient côte-large de granulométrie croissante (des sables fins envasés du fond de baie, aux sédiments grossiers sablo-graveleux du large). Cette répartition est perturbée localement par l'existence d'enclaves rocheuses et de haut-fonds qui induisent des variations spatiales de l'hydrodynamisme et de la nature sédimentaire des fonds. La durée d'exondation (domaine intertidal) et la présence de bancs de maërl (algues calcaires du genre *Lithothamnium*) dans l'ouest de la baie et au large du Petit Léjon, constituent les autres facteurs de répartition de la macrofaune benthique.

#### 1 - Peuplement oligohalin des sables fins à *Macoma balthica* - *Nereis diversicolor*

Ce peuplement oligospécifique (18 espèces recensées), limité au débouché de l'Urne (anse d'Yffiniac) et du Guessant (anse de Morieux), se situe en position médiolittorale supérieure sur l'estran. Le substrat est composé de sables fins envasés (fig. 8: fraction [63; 125 µm] dominante); la fraction pélitique atteint 10% au débouché du Guessant, alors qu'elle est inférieure à 5% dans le fond de l'anse d'Yffiniac.



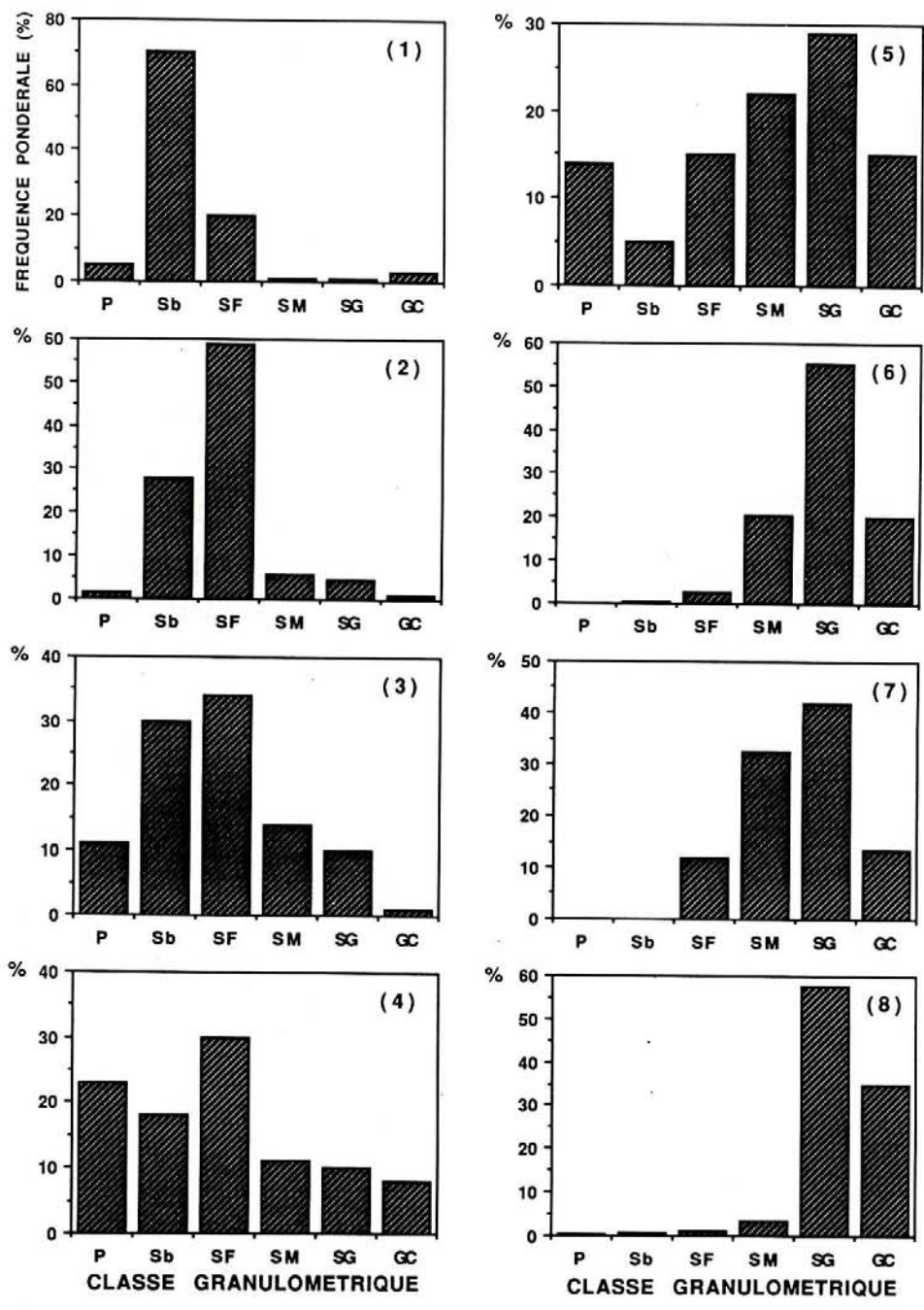


Fig. 8 - Histogrammes des fréquences pondérales moyennes des sédiments caractéristiques des peuplements benthiques de la baie de Saint-Brieuc. Les classes granulométriques sont définies dans le chapitre II 4. (1) peuplement oligohalin des sables fins à *Macoma balthica* - *Nereis diversicolor*. (2) peuplement des sables fins à *Tellina tenuis* - *Cerastoderma edule*. (3) peuplement des sables fins à *Tellina fabula* - *Magellona filiformis*. (4) peuplement des sables fins envasés à *Corbula gibba* - *Aponuphis grubii*. (5) peuplement des sables hétérogènes envasés à *Ampharete grubei* - *Nucula hanleyi*. (6) peuplement des sables grossiers à *Nucula hanleyi* - *Glycymeris glycymeris* - *Venus ovata*. (7) Faciès des sables dunaires à *Astarte triangularis*. (8) Peuplement des fonds de maërl propre ou envasé.

Les espèces constantes, quasi-exclusives de ce peuplement, présentent généralement de fortes densités; il s'agit des Polychètes *Nereis diversicolor* et *Pygospio elegans* (jusqu'à 1600 ind.m<sup>-2</sup>), des Mollusques *Hydrobia ulvae* (jusqu'à 7000 ind.m<sup>-2</sup>) et *Macoma balthica* (340 ind.m<sup>-2</sup>), et des Crustacés Amphipodes *Bathyporeia pilosa* (560 ind.m<sup>-2</sup>) et *Corophium arenarium* (1290 ind.m<sup>-2</sup>). Les Polychètes *Arenicola marina* et *Eteone longa*, et le Bivalve *Cerastoderma edule*, sont les autres espèces communes du peuplement.

La biomasse moyenne sur l'ensemble du peuplement avoisine 3.5 g m<sup>-2</sup>. Les Mollusques (67% de la biomasse, dont 40% dus à *Macoma balthica*) et les Polychètes (29%) en représentent la presque totalité; il s'agit pour l'essentiel de dépositivores (71% de la biomasse).

Cette première entité macrobenthique recouvre deux ensembles reconnus par Merceron *et al.* (1981), soit le peuplement des sables envasés et vases à *Scrobicularia plana*, et un faciès appauvri du peuplement des sables fins à *Tellina tenuis* et *Donax vittatus*. L'absence de prélèvements dans la partie haute de l'estran (supralittoral) n'a pas permis d'observer la forme typique du peuplement à *Scrobicularia*. Ce dernier ne constitue qu'une unité mineure, très localisée, à l'échelle de la zone d'étude.

## **2 - Peuplement des sables fins à *Tellina tenuis* - *Cerastoderma edule***

Il occupe la majeure partie des anses d'Yffiniac et de Morieux, ainsi que la moitié supérieure des plages bordant la baie (niveau moyen de l'estran). Les sédiments (fig. 8) sont constitués de sables fins (fraction [125; 200 μm] dominante) propres (taux de pélites ≤ 2%) pauvres en matière organique (≤ 1%).

La richesse spécifique est sensiblement plus élevée (58 espèces) que dans le peuplement à *Macoma*. Les Bivalves *Tellina tenuis*, *Cerastoderma edule*, *Donax vittatus*, les Polychètes *Arenicola marina*, *Nephtys hombergii*, *Sigalion mathildae*, et les Crustacés Amphipodes *Urothoe poseidonis* et *Bathyporeia sarsi*, sont les espèces constantes du peuplement. Sa composition varie spatialement, selon le degré d'exposition; les niveaux moyens des anses d'Yffiniac et de Morieux, ainsi que la frange supérieure des plages situées sur la côte occidentale de la baie, sont protégés des houles dominantes de secteur ouest (protection artificielle dans le cas de l'anse de Morieux, par l'écran que constituent les structures mytilicoles implantées en bas niveaux). Ces zones présentent une biomasse totale moyenne de l'ordre de 16 g m<sup>-2</sup>, dont l'essentiel est constitué par les deux espèces leaders du peuplement, *Cerastoderma edule* (70%), et *Tellina tenuis* (14%). La telline présente des abondances maximales dans le secteur oriental de l'anse de Morieux (jusqu'à 2500 ind.m<sup>-2</sup>), alors que le gisement de coques est principalement localisé dans l'anse d'Yffiniac où il fait l'objet d'une pêche professionnelle hivernale. Cette ressource est par ailleurs exploitée par les populations d'oiseaux Limicoles dont l'effectif hivernal avoisine les 15 000 individus (Annezo & Hamon, 1989). Les suspensivores (71% de la biomasse totale) dominent très largement les autres catégories trophiques dans les secteurs abrités.

La frange inférieure des plages occidentales et des anses d'Yffiniac et de Morieux, ainsi que l'ensemble du niveau moyen de l'estran des plages orientales, présentent des caractéristiques sédimentologiques et faunistiques qui attestent d'un milieu plus agité. La fraction pélitique est pratiquement inexistante (à l'exception du secteur La Cotentin protégé de la houle par les bouchots et un ensemble de platiers rocheux), et on note une contamination locale des sables fins par des éléments plus grossiers (entre 0.2 et 2 mm). La biomasse totale plus faible ( $4 \text{ g m}^{-2}$ ) résulte d'une disparition progressive de la coque et de l'arénicole, et d'une baisse de l'abondance des tellines. *Donax vittatus* (29%) et *Arenicola marina* (20%) constituent l'essentiel de la biomasse, équitablement répartie entre suspensivores (37%), carnivores (32%), et dépositivores (30%).

L'augmentation progressive, dans les bas niveaux intertidaux, des densités du Polychète *Polycirrus arenivorus*, des Bivalves *Tellina fabula* et *Donax vittatus*, du Sipunculide *Sipunculus nudus*, et des Crustacés Amphipodes *Bathyporeia elegans* et *B. guillamsoniana*, marque la transition entre le peuplement à *Tellina tenuis* colonisant les niveaux moyens de l'estran, et le peuplement à *Tellina fabula* développé dans les niveaux inférieurs.

### 3 - Peuplement des sables fins à *Tellina fabula* - *Magelona filiformis*

Il s'étend de part et d'autre du zéro des cartes marines, entre les isobathes +2 et -8 m. Le substrat est composé de sables fins, propres et généralement bien classés en milieu intertidal, alors qu'ils s'enrichissent en pélites dans le domaine subtidal (de 3 à 14%; fig. 8).

Le passage au domaine non exondable se traduit par une forte augmentation de la richesse spécifique (91 espèces), qui reste faible cependant comparée aux autres peuplements subtidaux (tableau). L'équitabilité, parmi les plus faibles calculées, témoigne d'une diversité limitée. *Tellina fabula* (jusqu'à  $200 \text{ ind.m}^{-2}$ ), *Bathyporeia guillamsoniana*, et le Polychète *Magelona filiformis* ( $100 \text{ ind.m}^{-2}$ ), sont les espèces exclusives du peuplement. Par ailleurs, certaines espèces à plus large répartition spatiale y atteignent leurs densités les plus élevées: *Magelona papillicornis* (jusqu'à  $200 \text{ ind.m}^{-2}$ ), *Polycirrus arenivorus*, *Donax vittatus*, et le Crustacé Amphipode *Bathyporeia elegans*, qui colonisent les niveaux moyen et inférieur de l'intertidal sans pénétrer dans le subtidal, de même que les Polychètes *Sigalion mathildae*, *Spio filicornis*, *Nephtys hombergii* (jusqu'à  $320 \text{ ind.m}^{-2}$  en limite inférieure du peuplement), *Chaetozone setosa* ( $100$  à  $150 \text{ ind.m}^{-2}$  en bas de plages), et *Scoloplos armiger*, les Crustacés Amphipodes *Photis longicaudata*, *Siphonoecetes kroyeranus*, et *Aora typica*, et le Crustacé décapode *Philocheras bispinosus*, plus largement distribués tant en intertidal que subtidal. Le Bivalve *Achantocardia echinata* apparaît en limite inférieure du peuplement, où il devient espèce commune à partir de l'isobathe 5 m.

La biomasse totale moyenne du peuplement est de l'ordre de  $7 \text{ g m}^{-2}$ , avec une prédominance des Mollusques (46%) et des Sipunculides (32%). Elle varie spatialement de  $3.5 \text{ g m}^{-2}$  dans la frange subtidale du peuplement à  $7.8 \text{ g m}^{-2}$  dans la frange intertidale (36% de la biomasse dus au Sipunculide *Sipunculus nudus*). Les dépositivores constituent la catégorie trophique dominante (60%

de la biomasse totale), devant les carnivores (31%) et les suspensivores (9%).

Les travaux de Merceron *et al.* (1981), limités aux estrans des anses d'Yffiniac et de Morieux, individualisaient cette entité macrozoobenthique, sous la dénomination de faciès à *Tellina fabula* - *Donax vittatus* du peuplement à *Tellina tenuis* - *Donax vittatus*.

PEUPELEMENT	RICHESSSE SPECIFIQUE (*)	Nombre moyen d'espèces /éch. (± SD)	DENSITE TOTALE par m <sup>2</sup>	DIVERSITE de SHANNON	EQUITABILITE de PIELOU
Sables fins à <i>Tellina fabula</i> - <i>Magelona filiformis</i>	91	59.0 ± 5.6	78	4.33	0.68
Sables fins envasés à <i>Corbula gibba</i> - <i>Aponuphis grubii</i>	189	65.7 ± 13.1	375	5.16	0.68
Sables hétérogènes envasés à <i>Ampharete grubei</i> - <i>Nucula hanleyi</i>	178	60.4 ± 16.6	205	5.74	0.77
Sables grossiers à <i>Nucula hanleyi</i> - <i>Glycymeris glycymeris</i> - <i>Venus ovata</i>	207	68.2 ± 14.4	242	5.78	0.75
Faciès des sables dunaires à <i>Astarte triangularis</i>	81	29.5 ± 3.7	63	4.90	0.77
Maërl propre ou envasé	205	85.7 ± 8.2	686	5.27	0.69

(\*) Hydriaires et Bryozoaires non comptabilisés

Tableau - Paramètres synthétiques et indices de diversité et d'équitabilité des peuplements macrozoobenthiques subtidiaux des fonds meubles de la baie de Saint-Brieuc (d'après Thouzeau, 1989).

#### 4 - Peuplement des sables fins envasés à *Corbula gibba*-*Aponuphis grubii*

Il occupe la majeure partie du fond de baie (au sud d'une ligne Saint-Quay / Plateau des Jaunes) et est également individualisé sur les côtes nord-est (entre les Jaunes et le Cap d'Erquy) et nord-ouest de la baie où il colonise une bande plus étroite du domaine subtidal. Son étagement bathymétrique se situe généralement entre les isobathes 8 et 12 m, à l'exception d'une zone située au sud des Roches de Saint-Quay où le peuplement remonte dans les niveaux supérieurs du domaine subtidal. Les sédiments, mal classés (fig. 8), sont constitués de sables fins fortement envasés en centre baie (25 à 30% de pélites en raison d'une baisse de l'intensité des courants de marées), mélangés à une fraction grossière (18%) principalement constituée de fragments coquilliers. Les taux de matière organique et de carbonates sont respectivement de 5 et 40%. Ces sédiments avaient été reconnus par L'Herroux (1969) sous la dénomination de sables fins à gros refus.

La richesse spécifique du peuplement est deux fois plus élevée (189 espèces) que dans le peuplement des sables fins à *Tellina fabula*. L'équitabilité faible (tab.) résulte des fortes densités de deux espèces non exclusives du peuplement, *Crepidula fornicata* (jusqu'à 380 ind.m<sup>-2</sup>) et *Ampharete grubei* (jusqu'à 1200 ind.m<sup>-2</sup>). Le Polychète *Aponuphis grubii* (= *Hyalinoecia bilineata*), le Bivalve *Corbula gibba* et le Crustacé Amphipode *Ampelisca tenuicornis*, sont les espèces majeures du peuplement. Bien que principalement constitué d'espèces inféodées aux sédiments fins, ce

peuplement renferme des espèces à affinités biosédimentaires différentes, compte tenu de l'hétérogénéité du substrat. Les espèces électives ou préférantes du peuplement comprennent, outre les espèces leaders, les Bivalves *Nucula turgida*, *Achantocardia echinata* (densités maximales vers 8 m), *Thyasira flexuosa*, et *Abra alba*, les Gastéropodes *Nassarius reticulatus* et *Natica alderi*, les Polychètes *Heterocirrus alatus*, *Platynereis dumerilii* et *Phyllodoce mucosa*, et les Crustacés *Corophium sextonae*, *Erichthonius punctatus*, *Cheirocratus intermedius*, *Processa elegantula*, *Porcellana longicornis* et *Thoralus cranchii*. Des espèces plus largement distribuées telles *Nephtys hombergii*, les Bivalves *Mysella bidentata* et *Spisula subtruncata*, les Crustacés *Photis longicaudata*, *Microdeutopus versiculatus* et *Philocheras bispinosus*, le Gastéropode *Crepidula fornicata*, et les Sipunculides *Golfingia elongata* et *G. vulgaris*, sont les autres espèces communes du peuplement.

L'augmentation de la fraction pélitique en centre baie se traduit par l'augmentation des densités des espèces affines des sédiments envasés (Mollusques et Polychètes, principalement). A l'inverse, la baisse relative de la teneur en pérites (15-20%) dans l'ouest de la baie, en raison de la canalisation des courants de marée vers le chenal de Saint-Quay, se traduit par des abondances supérieures des Crustacés Amphipodes *Ampelisca tenuicornis* et *A. brevicornis* (700 ind.m<sup>-2</sup>), et des Polychètes *Aponuphis grubii* et *Clymene oerstedii*.

La teneur supérieure en sables grossiers, en limite nord du peuplement, justifie l'apparition d'*Ampharete grubei* dans le groupe des espèces leaders. La contamination des sédiments par la fraction grossière biogène permet également l'installation de quelques espèces de l'épifaune sessile (*Anomia ehippium*, *Pomatoceros triqueter*, *Serpula vermicularis*). L'épifaune vagile et l'endofaune, affines des sédiments grossiers, sont représentées par les Crustacés *Anapagurus hyndmanni*, *Galathea intermedia* et *Microdeutopus versiculatus*, les Gastéropodes *Gibbula magus* et *Ocenebra erinacea*, et le Polyplacophore *Leptochiton cancellatus*.

La biomasse moyenne du peuplement est de 9.3 g m<sup>-2</sup>, avec une prédominance des Mollusques (64%). Les suspensivores constituent la catégorie trophique dominante (56% de la biomasse totale) devant les déposivores (23%), les carnivores (19%), et les herbivores (2%).

Le peuplement des sables fins envasés à *Corbula gibba* - *Aponuphis grubii* s'apparente au peuplement des sables fins à *Abra alba* - *Corbula gibba* défini par Cabioch (1968) en baies de Morlaix et de Lannion, et pour partie au peuplement des sables fins envasés à *Abra alba* reconnu par Davoult *et al.* (1988) dans le détroit du Pas-de-Calais. Le faciès des sables fins gris à *Hyalinoecia bilineata* - *Spisula subtruncata* - *Tellina fabula* identifié par Retière (1979) en baie de Saint-Brieuc, recouvre les deux peuplements de sables fins définis dans la présente étude.

## **5 - Peuplement des sables hétérogènes envasés à *Ampharete grubei* - *Nucula hanleyi***

Principalement développé dans l'est de la baie, au sud d'une ligne Plateau des Hors - Grand Pourier, il constitue un peuplement de transition entre les sables fins du fond de baie et les sédiments

grossiers. Cet ensemble tend à remplacer le peuplement des sables fins envasés dans le secteur est de la baie (plus exposé). Dans l'ouest de la baie, le peuplement des sables hétérogènes envasés occupe une partie du chenal de Saint-Quay et une bande étroite bordant au sud les Roches de Saint-Quay.

Son étagement bathymétrique varie spatialement, en fonction de l'intensité des courants de marée et du degré d'exposition des sites. Localisé entre 12 et 20 m en centre baie, il colonise les fonds situés entre 8 et 15 m dans l'est de la baie.

L'hétérogénéité du substrat (fraction grossière variant de 10 à 60%; teneur en pélites comprise entre 5 et 30%) résulte des modifications hydrodynamiques occasionnées par les nombreuses enclaves rocheuses situées dans l'est de la baie. Les basses et filots favorisent la sédimentation de particules fines sur les fonds situés en aval par rapport aux directions dominantes de la houle et des courants résiduels de marée. Le profil sédimentaire moyen (fig. 8) révèle l'existence d'une fraction sableuse [0.5; 2.0 mm] (29% du poids du sédiment) colmatant les interstices situés entre les éléments grossiers, et enrichie en pélites (14%). La fraction supérieure à 2 mm est constituée principalement de débris coquilliers dans l'est de la baie, et de fragments de maërl mort en centre baie; le taux de carbonates dépasse 50% dans ces sédiments.

La richesse spécifique du peuplement (178 espèces) est comparable à celle du peuplement des sables fins envasés à *Corbula gibba* - *Aponuphis grubii*, alors que l'équitabilité, supérieure (tableau), indique une meilleure répartition des dominances entre les espèces leaders. Le peuplement est avant tout constitué d'un mélange d'espèces de sables fins et de sédiments grossiers, avec la prédominance de l'un ou l'autre des deux contingents faunistiques, suivant la nature sédimentaire des fonds. La diversité des biotopes se traduit par la cohabitation d'espèces vasicoles, sabulicoles et gravellicoles, sur les fonds hétérogènes. *Ampelisca tenuicornis*, *A. brevicornis*, *Cheirocratus intermedius*, *Spisula subtruncata*, *Corbula gibba*, *Natica alderi*, *Spio filicornis*, *Photis longicaudata* et *Philocheras bispinosus* colonisent la fraction fine des sédiments. Le Polychète *Ampharete grubei* (leader du peuplement), les Mollusques *Nucula hanleyi*, *Anomia ehippium*, *Crepidula fornicata* et *Antalis vulgare*, les Amphipodes *Ampelisca spinipes*, *A. typica*, *Atylus vedlomensis*, *Aora typica* et *Microdeutopus versiculatus*, et le Sipunculien *Phascolion strombi*, sont communes dans les sédiments grossiers, alors que *Venus ovata* et *Pandora albida* sont occasionnelles. L'épifaune vagile, plus diversifiée et plus abondante que dans le peuplement précédent, est représentée par des Crustacés (*Anapagurus hyndmanni*, *Eupagurus bernhardus*, *E. cuanensis*, *Galathea intermedia*, *Porcellana longicornis*, *Macropodia rostrata*, *Liocarcinus pusillus*) et des Gastéropodes (*Gibbula magus*, *Ocenebra erinacea*, *Nassarius incrassatus*).

La présence d'espèces herbivores et détritivores inféodées aux substrats durs, telles *Aora typica* et *Microdeutopus versiculatus* (généralement rencontrées parmi les algues et les Hydriaires), s'explique par la prolifération d'algues vertes en centre baie (*Ulva* spp localisées par transects vidéo).

*Venus ovata*, *Spisula elliptica*, et *Philocheras sculptus* apparaissent en limite nord du peuplement ou à la périphérie des sédiments phycogènes. Plusieurs espèces définissant le peuplement des sédiments grossiers sablo-graveleux (*Eunice vittata*, *Glycymeris glycymeris*, *Eurydice pulchra*,

*Maera othonis*, *Urothoe marina*, *Astarte triangularis*) sont absentes des sables hétérogènes du centre et de l'est de la baie. Cette particularité et la stabilité du groupe de stations-espèces lors des traitements mathématiques, nous incitent à considérer cette entité comme un peuplement à part entière et non comme une simple zone de transition entre les sables fins et les sédiments grossiers.

La biomasse moyenne est de 22.8 g m<sup>-2</sup> en limite sud du peuplement où les suspensivores constituent la catégorie trophique dominante (65%) devant les carnivores (22%), les dépositivores (11%), et les herbivores (2%).

Le peuplement des sables hétérogènes envasés à *Ampharete grubei* - *Nucula hanleyi* présente des analogies avec ceux définis par Cabioch (1968) en baie de Morlaix et Gentil (1976) en baie de Seine. Il s'apparente par ailleurs au faciès de transition à *Sthenelais boa* - *Ampharete grubei* - *Nucula hanleyi* défini par Retière (1979) en baie de Saint-Brieuc. Cependant, l'actuel peuplement n'inclut pas le secteur ouest de la baie au large des Roches de Saint-Quay et au sud de Caffa, ni la zone située entre le Plateau des Jaunes et les Comtesses. Ces secteurs, nettement séparés par les analyses sédimentaires et faunistiques, définissent le peuplement des fonds de maërl.

## **6 - Peuplement des sables grossiers à *Nucula hanleyi* - *Glycymeris glycymeris* - *Venus ovata***

Il occupe le nord de la baie, au delà de la latitude 48° 40' N, à l'exception des fonds biogènes (maërl) situés à l'ouest et au nord-est du Petit Léjon, et à la périphérie de la Mauve.

Localisé à partir de 18-20 m à l'ouest de la baie, le peuplement apparaît dès 15 m à l'est, en continuité avec le peuplement des sables hétérogènes envasés. Non protégés des houles dominantes de nord-ouest et soumis à des courants de marées atteignant 2.5 noeuds (vitesse instantanée), les secteurs du nord sont constitués de sables grossiers, à l'exception de l'extrême nord-est de la baie (graviers et cailloutis). Les sédiments, dont la fraction grossière représente en moyenne 64% du poids total, sont constitués majoritairement de sables grossiers propres (fraction [0.5; 2.0 mm] dominante; fig. 8) et de graviers. Le taux de carbonates oscille entre 50 et 70%.

La richesse spécifique est maximale pour ce peuplement (207 espèces); l'équitabilité élevée indique l'absence d'espèces dominantes. La prépondérance de la fraction sableuse sur les graviers est soulignée par la très forte proportion d'espèces sabulicoles (Bivalves notamment) et la rareté de l'épifaune sessile. Les Bivalves *Venus ovata*, *Nucula hanleyi* et *Glycymeris glycymeris*, les Polychètes *Eunice vittata* et *Ampharete grubei*, et les Amphipodes *Ampelisca spinipes*, *Maera othonis*, *Atylus vedlomensis* et *Urothoe marina*, sont les principales espèces définissant le peuplement (électives ou préférantes constantes). Les espèces communes comprennent les Bivalves *Venerupis rhomboïdes*, *Parvicardium scabrum* et *Nucula nucleus*, le Scaphopode *Antalis vulgare*, le Sipunculide *Phascolion strombi*, les Polychètes *Lumbrinereis gracilis*, *Pista cristata*, *Polydora antennata*, *Lanice conchilega* et des Syllidés, le Décapode *Philocheras sculptus*, et de nombreux

Crustacés de petite taille (*Eurydice pulchra*, *Cheirocratus assimilis*, *Leptocheirus hirsutimanus*, *Apherusa bispinosa*, *Lysianassa plumosa*, *Ampelisca brevicornis*, *A. typica*, *Conilera cylindracea*, *Gastrosaccus spinifer*). *Astarte triangularis*, *Spisula elliptica*, *Philocheras trispinosus*, *Abra prismatica*, *Orchomene nana* et *Euthalanessa dendrolepis*, sont occasionnelles. La diversité des Polychètes prédatrices est maximale pour ce peuplement (Glyceridae et Nephtyidae principalement), avec *Glycera capitata* et *Nephtys caeca* comme espèces exclusives.

Les espèces d'épifaune présentent des densités inférieures à celles observées dans les autres peuplements (densité totale moyenne de 40 ind.m<sup>-2</sup>). *Crepidula fornicata*, *Anomia ephippium*, *Chlamys opercularis*, les Tuniciers *Polycarpa kornogi*, *Microcosmus claudicans* et *Pyura squamulosa*, *Galathea intermedia*, *Anapagurus hyndmanni*, *Pomatoceros triqueter*, *Ophiura albida* et *Nassarius incrassatus*, sont les plus communes.

En termes d'abondance, les dépositores constituent la catégorie trophique dominante (34%) devant les suspensivores (27%), les carnivores (22%), et les herbivores (17%, dus à la présence de Mollusques phycophages au voisinage des fonds de maërl). Les suspensivores restent néanmoins le groupe dominant en biomasse.

Le peuplement des sables grossiers de la baie de Saint-Brieuc présente de fortes analogies avec celui des sables grossiers à *Amphioxus lanceolatus-Venus fasciata* de la baie de Morlaix (Dauvin, 1988) et, à un degré moindre, avec le peuplement de la gravelle à *Amphioxus lanceolatus* reconnu en Manche orientale (Cabioch & Glaçon, 1975 & 1977) et au large du Sandettié (Davoult *et al.*, 1988). Dans le golfe Normand-Breton, le peuplement type des sédiments grossiers à *Amphioxus lanceolatus-Glycymeris glycymeris* et épifaune sessile réduite est localisé à l'ouest de Jersey, entre 40 et 60 m (Retière, 1979). En baie de Saint-Brieuc, il correspondrait, selon Retière, à un faciès d'appauvrissement climatique (plus eurytherme) du peuplement Anglo-Normand.

## **7 - Faciès des sables dunaires à *Astarte triangularis***

Le faciès des sables dunaires présente une extension limitée au sein de la zone d'étude; il est localisé au niveau de deux bancs, l'un situé au nord-ouest du plateau des Hors, l'autre sur le versant est du haut-fond reliant le Petit et le Grand Léjon. L'extension maximale de ce faciès se situe dans l'extrême nord-ouest de la baie (banc de Paimpol) où les dunes de sables coquilliers atteignent 6 m de hauteur (seulement 2 à 3 m dans la zone d'étude).

La profondeur moyenne d'occurrence de ces dunes hydrauliques oscille entre 20 et 25 m, pour les deux secteurs reconnus. Les sables moyens ([0.2; 0.5 mm]) constituent la fraction granulométrique dominante du sédiment (Vaslet *et al.*, 1979); les sédiments grossiers (sables grossiers et débris coquilliers > 2 mm) sont également bien représentés (fig. 8) alors que la fraction pélitique est inexistante. Les sables dunaires témoignent d'une divergence de flux accompagnée d'une perte de l'intensité hydrodynamique (Hommeril, 1967; Chassé & Glémarec, 1976).



La macrofaune peuplant les sables dunaires constitue un faciès d'appauvrissement édaphique du peuplement des sables grossiers. Une endofaune (93% de l'abondance totale) peu diversifiée et peu abondante, et une épifaune sessile pratiquement inexistante, sont les caractéristiques majeures de ce biotope, en raison de l'instabilité des structures dunaires. La richesse spécifique (81 espèces) et l'abondance totale (tableau) sont les plus faibles rencontrées au sein du domaine subtidal de la baie. Le faciès se différencie en particulier du peuplement type, par un nombre d'espèces et une abondance totale inférieurs respectivement d'un facteur 2.5 et 4. L'équitabilité élevée s'explique par la présence d'un grand nombre d'espèces rares à faibles densités ( $\leq 0.3$  ind.m<sup>2</sup>). Les sables dunaires constituent la seule entité biosédimentaire du domaine subtidal dont le diagramme rang-fréquence présente une courbe typique d'un stade I (Thouzeau, 1989), reflétant ainsi le faible degré de structuration de la macrofaune. *Astarte triangularis* est l'espèce leader (13 ind.m<sup>2</sup> en moyenne) du faciès; la plupart des espèces communes appartiennent à la macrofaune des sables grossiers (*Eurydice pulchra*, Syllidés, *Eunice vittata*, *Venus ovata*, *Philocheras trispinosus*, *Glycymeris glycymeris*, *Nucula hanleyi*, *Maera othonis*, *Urothoe marina*, *Gastrosaccus spinifer*, *Pista cristata*). L'existence de sédiments plus fins permet cependant l'installation d'espèces typiques des sables fins (*Spio filicornis*, *Spisula subtruncata*, *Nephtys hombergii*, *Ericthonius punctatus*). Les rares espèces d'épifaune (densité moyenne de 4.6 ind.m<sup>2</sup>) comprennent *Pomatoceros triqueter*, *Pyura squamulosa*, *P. microcosmus*, *Lanice conchilega* et des Terebellidés, parmi les espèces sessiles. *Ophiura albida*, *Ebalia tumefacta* et *Liocarcinus pusillus* constituent les seuls éléments de la mégafaune vagile classés dans les 50 premières espèces de l'indice de dominance. Outre l'abondance de l'espèce leader, le faciès des sables dunaires se distingue du peuplement type des sables grossiers par la présence de *Cirolana cranchii*, *Staurocephalus neglectus*, *Hyperoplus lanceolatus*, *Urothoe pulchella*, *Monoculodes carinatus*, *Tmetonyx similis*, *Aonides paucibranchiata* et *Amphioxus lanceolatus*, parmi les espèces communes.

Les sables dunaires situés au large du plateau des Hors et du Petit Léjon présentent la même endofaune dominante que celle identifiée par Retière (1979) pour le banc de Paimpol.

## 8 - Peuplement des fonds de maërl propre ou envasé

Ce peuplement est principalement localisé à la périphérie des Roches de Saint-Quay (région de Caffa et chenal de Saint-Quay), entre le Plateau des Jaunes et les Comtesses, et à l'ouest du Petit Léjon. Des bancs de maërl d'étendue plus réduite ont également été localisés au nord-est du Petit Léjon et à la périphérie de la Roche de la Mauve.

L'étagement bathymétrique du peuplement est très variable, les nodules de Mélobésiées se rencontrant dès l'aplomb des plateaux rocheux jusqu'à une profondeur moyenne de 15-20 m dans la moitié ouest, 20-25 m dans le secteur du Petit Léjon. Les éléments supérieurs à 2 mm constituent la fraction dominante des sédiments phycogènes (fig. 8), dans l'ensemble des zones. Les variations spatiales de l'hydrodynamisme différencient les bancs du secteur ouest de ceux situés au Léjon. Le

vaste plateau rocheux de Saint-Quay / les Hors induit une circulation résiduelle de marée de type tourbillonnaire (anticyclonique) dans la région de Caffa, couplée à une diminution des vecteurs vitesse (Lehay, 1989). Ces deux éléments permettent le dépôt de particules fines (envasement) au sein des sédiments phycogènes de cette zone. Le secteur de la Mauve présente les mêmes caractéristiques biosédimentaires (en raison du caractère abrité du site), alors que les fonds exposés du large sont constitués de maërl propre.

La richesse spécifique du peuplement à maërl est similaire à celle des sédiments grossiers sablo-graveleux (205 espèces); l'abondance totale (3 fois plus élevée) résulte notamment de la prolifération de la crépidule (130 ind.m<sup>2</sup> en moyenne sur l'ensemble des zones) dans le sud-est de la Mauve et à Caffa (200 à 400 ind.m<sup>2</sup>; fig. 9). La dominance exercée par cette espèce sur les fonds grossiers envasés explique la faible valeur d'équitabilité (tableau), comme pour le peuplement des sables fins envasés à *Corbula gibba* - *Aponuphis grubii*. La crépidule recouvre au moins 3 % de la surface des fonds, sur une centaine de km<sup>2</sup> de la baie (Rouault, 1991). Localement, le pourcentage de recouvrement atteint 80 % (Caffa, sud Rohein, Pointe du Minard, Comtesses). La biomasse totale de ce gastéropode est estimée à 25 000 tonnes sur l'ensemble des fonds meubles de la baie (Rouault, 1991). A titre comparatif, la biomasse totale de coquilles Saint-Jacques était estimée à 6 000 tonnes en 1990.

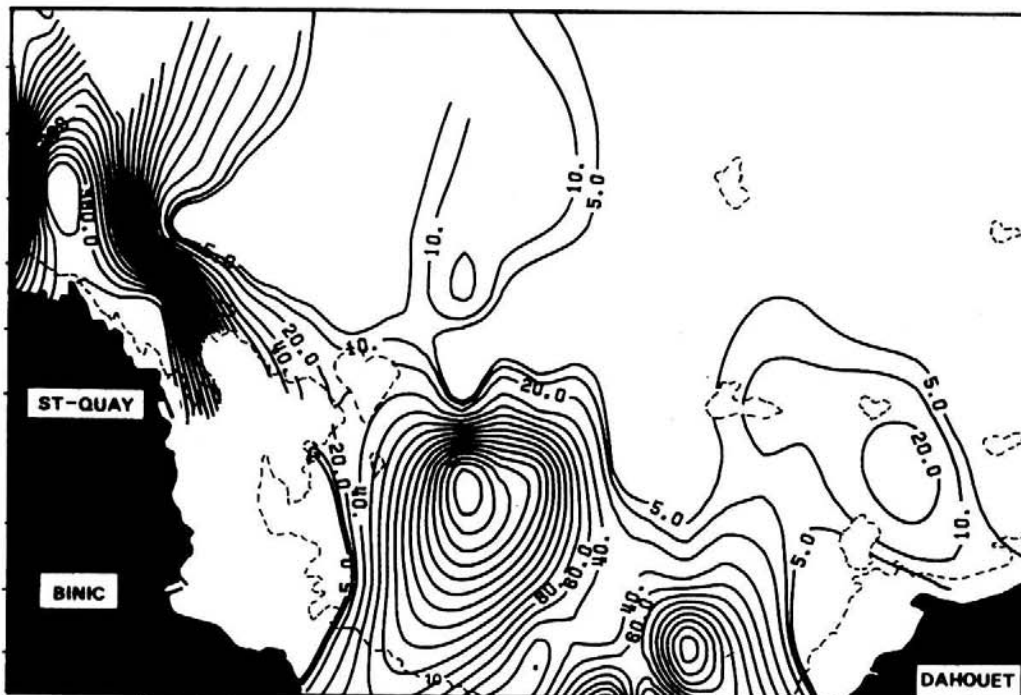


Fig. 9 - Cartographie de la distribution (isodensités m<sup>-2</sup>) de *Crepidula fornicata* en baie de Saint-Brieuc (d'après Thouzeau, 1989)

La macrofaune colonisant les fonds de maërl comprend une majorité d'espèces d'épifaune, et notamment une épifaune vagile très diversifiée, typique des sédiments grossiers et comportant de nombreuses espèces phycophages (Gastéropodes principalement). L'endofaune appartient à la biocoenose des sédiments grossiers sablo-graveleux (zones du Petit Léjon), ou à celle des sables hétérogènes envasés (Caffa, la Mauve). Outre la crépidule, les Gastéropodes phycophages (*Acmaea virginea*, *Emarginula reticulata*, *Gibbula cineraria*, *G. magus*, *Calyptraea sinensis*, *Cantharidus striatus*) et prédateurs (*Philbertia linearis*, *Mangelia coarctata*), le Polyplacophore *Leptochiton cancellatus*, les Bivalves *Nucula nucleus*, *Venerupis rhomboïdes*, *Parvicardium scabrum* et *Anomia ephippium*, et les Polychètes *Pomatoceros triqueter*, *Terebellides stroemi*, *Lepidonotus squamatus*, *Pholoe minuta* et *Staurocephalus kefersteini*, constituent les espèces définissant le peuplement à maërl. L'endofaune des sédiments grossiers comprend *Venus ovata*, *Ampharete grubei*, *Maera othonis*, *Ampelisca spinipes*, *Nucula hanleyi* et *Eunice vittata*, parmi les espèces communes. Les principales espèces colonisant la fraction fine du sédiment (outre celles définissant le peuplement) sont les Bivalves *Nucula turgida*, *Mysella bidentata* et *Abra alba*, et les Polychètes *Heterocirrus alatus*, *Chaetozone setosa*, *Nephtys hombergii*, *Sthenelais boa* et *Scoloplos armiger*. L'épifaune vagile comprend également *Galathea intermedia*, *Amphipholis squamata*, *Anapagurus hyndmanni*, *Nassarius incrassatus*, *N. reticulatus*, *Ophiura albida*, *Porcellana longicornis* et *Ocenebra erinacea*, parmi les 50 premières espèces classées en dominance.

Les sédiments grossiers phycogènes se différencient des sédiments grossiers sablo-graveleux par une abondance très supérieure de l'épifaune sessile (160 ind.m<sup>2</sup>). Les Pectinidés *Chlamys opercularis* (maërl propre), *C. varia* (maërl envasé) et *Pecten maximus*, le Mytilidé *Modiolus adriaticus*, et les Tuniciers *Pyura microcosmus*, *Ascidia mentula* et *A. conchilega*, sont également caractéristiques des fonds de maërl (abondances maximales), ainsi que des espèces de substrats durs (*Hydralmania falcata*, *Obelia dichotoma*, *Sertularella gayi*, *Schizomavella linearis*, *S. hastata*, *Celleporaria pumicosa*, *Amathia lendigera*, *Escharella immersa*).

Les suspensivores constituent la catégorie trophique dominante (46% de l'abondance totale) devant les déposivores (25%), les carnivores (15%), et les herbivores (14%).

Le peuplement des fonds de maërl de la baie de Saint-Brieuc présente de fortes similarités avec ceux définis par Cabioch (1968) en baie de Morlaix et Retière (1979) au nord des Iles Chausey.

## CONCLUSION

La carte biosédimentaire élaborée au cours de cette étude présente une description globale des peuplements benthiques des fonds meubles de la baie de Saint-Brieuc. Elle n'exclut pas l'existence de variations locales (à la périphérie des plateaux rocheux notamment), liées à des modifications spatiales des profils granulométriques moyens. Une distribution côte-large des peuplements de sables fins vers les peuplements de sédiments grossiers est observée globalement, à l'exception du centre baie où les hauts-fonds rocheux contrarient cette répartition en ceintures.

La macrofaune benthique de la baie est dominée par les Mollusques suspensivores, en biomasse. Plusieurs de ces espèces sont exploitées ou exploitables commercialement (coquille Saint-Jacques, palourde rose, amande de mer, spisule). Par contre, l'absence de valeur marchande de la crépidule pose un problème: sa prolifération dans la baie, depuis son apparition en 1974 (Dupouy & Latrouite, 1979), en fait aujourd'hui le mollusque dominant au sud d'une ligne Pointe de Minard - Pointe de Pléneuf (fig. 9), et notamment au sud de Caffa. Cette espèce constitue le principal compétiteur spatio-trophique de la coquille Saint-Jacques dans la baie. Son expansion a également des répercussions en termes d'exploitation des fonds: plusieurs zones de pêche traditionnelles (La Mauve, Caffa) ont été abandonnées, pour les engins traînants, en raison de l'abondance des crépidules. Diverses actions visant à limiter la prolifération de ce gastéropode, sont actuellement à l'étude au Centre IFREMER de Brest. La dominance d'ensemble des Mollusques suspensivores, dans la baie, pourrait résulter en partie de l'absence des Astéridés sur les fonds meubles. La baie de Saint-Brieuc constitue en effet un gisement coquillier privilégié, comparativement aux autres secteurs côtiers du littoral de la Manche et à la rade de Brest, pour lesquels *Asterias rubens*, *Marthasterias glacialis* et *Luidia ciliaris* sont des prédateurs majeurs de Mollusques (dont les Pectinidés).

Les résultats concernant la structure trophique des peuplements benthiques et ses variations spatiales, ont trouvé une première application en pectiniculture. La dernière étape de l'aquaculture de la coquille Saint-Jacques consiste en effet à un semis des juvéniles (à une taille de 30 mm) sur le fond, après la production naturelle (captage sur des collecteurs) ou artificielle (écloserie) de naissain et le pré-grossissement en culture suspendue. Les variations spatiales d'abondance des compétiteurs et prédateurs de *Pecten maximus*, sur les fonds meubles de la baie, ont permis de définir des sites privilégiés pour la survie et la croissance de ces juvéniles (Thouzeau, 1989, 1991a). D'autre part, la diversité et l'abondance de la faune captée dans les collecteurs en un site donné, dépendent de la nature biosédimentaire des fonds, bien que le captage ait lieu en pleine eau (Thouzeau, 1991b, 1991c). Les zones de captage et/ou de pré-grossissement du naissain de coquille Saint-Jacques (dans les collecteurs), peuvent donc être choisies de manière à limiter la prolifération des prédateurs (crabes surtout) et de certains compétiteurs au sein des structures.

La définition des peuplements constitue également une base de données pour des études ciblées sur les zones "sensibles" de la baie (Anses de Morieux et d'Yffiniac par exemple), où l'apparition et/ou la prolifération d'organismes indicateurs d'une dégradation du milieu sera recherchée. La production conchylicole de la baie et sa commercialisation sont dépendantes de l'assainissement du bassin versant. L'impact des études biologiques sur le processus décisionnel des collectivités locales est de tout premier ordre, puisqu'elles constituent la mesure de qualité du milieu.

## **REMERCIEMENTS**

Nous tenons à remercier l'équipage du Navire Océanographique THALIA, grâce auquel les campagnes de prélèvements ont pu être réalisées, ainsi que toutes les personnes ayant participé aux sorties en mer ou sur l'estran. Nous remercions également Ms. D. Coïc et A. Grotte pour leur participation à la réalisation de la carte, ainsi que Ms. M. Glémarec et P. Gros pour leurs remarques et suggestions utiles à la rédaction de cet article.

## BIBLIOGRAPHIE

- Agoumi A., 1985. Modélisation de l'écosystème pélagique en Manche. Etude de l'influence des phénomènes physiques sur le système planctonique. *Thèse doc. Etat, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI*, 354 p.
- Allain J. Y., Ollivier M. T., Petit P. & Retière C., 1972. Les peuplements benthiques de la baie de Saint-Brieuc. Proc.-verb. Réunion. Cons. Inter. Explor. Mer, Dinard, 13 p. [mimeo].
- Annezo J. P. & Hamon D., 1989. Prédation par les Limicoles de la macrofaune intertidale en baie de Saint-Brieuc. Rapp. IFREMER / DERO-EL 89-02, 94 p.
- Arzel P., 1984. Etude de l'incidence d'une centrale nucléaire sur une population exploitée: la coquille Saint-Jacques. Rapp. contrat EDF / CNEXO E1969 (3), 120 p.
- Beigbeder Y., 1967. Problèmes géomorphologiques et sédimentologiques dans la partie orientale de la baie de Saint-Brieuc. *Cahiers Océanogr.* 19 (7), p. 549-577.
- Beigbeder Y. & Moulinier M., 1966. Fonds sédimentaires et Foraminifères dans la baie de Saint-Brieuc. *C. R. Acad. Sci. (CRAS)*, t. 263, série D, p. 324-327.
- Benzecri J. P., 1973. L'analyse des données. Tome I: la taxinomie. Tome II: l'analyse des correspondances. Dunod (Ed.), Paris, 615 et 619 p.
- Buchanan J. B. & Kain J. M., 1971. Measurement of the physical and chemical environment. *In: Methods for the study of marine benthos*. Holme N. A. & McIntyre A. D. (Eds.), Burgess & Son, Abingdon, Berks, IBP Handbook 16, p. 30-58.
- Cabioch L., 1968. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche occidentale. *Cah. Biol. Mar.* 9 (5), Ed. Station Biol. Roscoff, 720 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. (CRAS)*, t. 280, série D, p. 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. (CRAS)*, t. 285, série D, p. 209-212.
- Chassé C. & Glémarec M., 1976. Principes généraux de la classification des fonds pour la cartographie biosédimentaire. *J. Rech. Océanogr.* 1 (3), p. 1-11.
- Daget J., 1976. Les modèles mathématiques en écologie. Masson (Ed.), Paris, Coll. Ecologie 8, 172 p.
- Dauvin J. C., 1988. Evolution temporelle (août 1977 - août 1980) du peuplement des sables grossiers à *Amphioxus lanceolatus-Venus fasciata* de la baie de Morlaix (France). *Oceanologica Acta* 11 (2), p. 173-183.
- Davout D., Dewarumez J.-M., Prygiel J. & Richard A., 1988. Carte des peuplements benthiques de la partie française de la mer du Nord. Pub. IFREMER - Région Nord-Pas de Calais / Univ. Sciences et Tech. Lille Flandres Artois, station marine de Wimereux, carte + notice 30 p.

- Dupouy H. & Latrouite D., 1979. Le développement de la crépidule sur le gisement de coquilles Saint-Jacques de la baie de Saint-Brieuc. *Science et Pêche Bull. Inst. Pêches mar.* 292, p. 13-19.
- Frontier S., 1983. Stratégies d'échantillonnage en Ecologie. Masson (Ed.), Paris, Coll. Ecologie 17, 494 p.
- Gentil F., 1976. Distribution des peuplements benthiques en baie de Seine. *Thèse doc. 3eme cycle, Univ. Paris VI*, 70 p.
- Gros P. & Hamon D., 1988. Typologie biosédimentaire de la baie de Saint-Brieuc (Manche Ouest), et estimation de la biomasse des catégories trophiques macrozoobenthiques. Rapp. IFREMER /DERO 88-27 EL, 153 p.
- Gros P. & Hamon D., 1989. Estimation de la biomasse des bivalves intertidaux (moule, coque) exploités en baie de Saint-Brieuc (Manche ouest). Rapp. IFREMER /DERO-EL 89-25, 137p.
- Hommeril P., 1967. Etude de géologie marine concernant le littoral bas-normand et la zone pré-littorale de l'archipel Anglo-Normand. *Thèse doc. Etat, Univ. Caen*, 304 p.
- Lance G. N. & Williams W. T., 1967. A general theory of classification sorting strategies. *Computer Journal* 9, p. 373-380.
- 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), p. 33-39.
- Laboratoire Central Hydraulique de France (Anon.), 1981. Catalogue sédimentologique des côtes de France; tome IV: de la Loire à la baie du Mont Saint-Michel, 91 p.
- Lebart L., Morineau A. & Fénelon J. P., 1982. Traitement des données statistiques. Méthodes et programmes. Dunod (Ed.), Paris, 510 p.
- Le Bris H., 1988. Fonctionnement des écosystèmes benthiques côtiers au contact d'estuaires: la rade de Lorient et la baie de Vilaine. *Thèse doc. Univ., Univ. Bretagne Occidentale, Brest*, 273 p.
- Legendre L. & Legendre P., 1984. Ecologie numérique. Tome II: La structure des données écologiques. Masson (Ed.), Paris, Coll. Ecologie 13, 335 p.
- Lehay D., 1989. Etude de l'hydrologie et de l'hydrodynamique de la baie de Saint-Brieuc. Approche de l'influence de l'hydrodynamisme sur la coquille Saint-Jacques. *Thèse doc. Univ., Univ. Bretagne Occidentale, Brest*, 330 p.
- L'Herroux M., 1969. Peuplements des sables fins en baie de Saint-Brieuc (Manche). *Thèse doc. Univ. Marseille*, 52 p. + figures.
- Margalef R., 1967. Some concepts relative to the organization of plankton. *Oceanogr. Mar. Biol. ann. Rev.* 5, p. 257-289.
- Merceron M., Manaud F., Guillaud J.-F. & Monbet Y., 1981. Extension du port du Légué (Saint-Brieuc): étude d'impact sur l'environnement marin. Rapp. CNEXO/COB (ELGMM), 115 p.
- Pielou E. C., 1966. Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and measure. *Amer. Natur.* 100, p. 463-465.

- Pingree R. D., 1980. Physical oceanography of the Celtic Sea and the English Channel. *In: the North West European shelf seas II: physical and chemical oceanography and physical resources. Elsevier Oceanogr. Series*, Banner, Collin & Massie (Eds.), p. 415-465.
- Réseau National d'Observation (Anon.), 1981. Synthèse des travaux de surveillance 1975-1979 du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin. Rapp. Ministère Environnement - CNEXO, 358 p.
- Retière C., 1979. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques du golfe Normano-breton. *Thèse doc. Etat, Univ. Rennes*, 370 p.
- Rouault J.-P., 1991. Distribution quantitative de la crépidule (*Crepidula fornicata*) en baie de Saint-Brieuc. Première approche. Rapp. IFREMER /DERO-EL 91-19, 21 p. + annexes.
- Rue O., 1988. Sédimentologie et morphogénèse des rivages et fonds de la baie de Saint-Brieuc. *Thèse doc. Univ., Univ. Paris-Sud, Centre d'Orsay*, 254 p.
- Thouzeau G., 1989. Déterminisme du pré-recrutement de *Pecten maximus* (L.) en baie de Saint-Brieuc. *Thèse doc. Université, Univ. Bretagne Occidentale, Brest*, 545 p.
- Thouzeau G., 1991a. Déterminisme du pré-recrutement de *Pecten maximus* (L.), en baie de Saint-Brieuc: processus régulateurs de l'abondance, de la survie et de la croissance des post-larves et juvéniles. *Aquatic Living Resources* 4 (2), p. 77-99.
- Thouzeau G., 1991b. Experimental collection of post-larvae of *Pecten maximus* (L.) and other benthic macrofaunal species, in the Bay of Saint-Brieuc. I - Settlement patterns and biotic interactions among the species collected. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 148 (2), p. 159-179.
- Thouzeau G., 1991c. Experimental collection of post-larvae of *Pecten maximus* (L.) and other benthic macrofaunal species, in the Bay of Saint-Brieuc. II - Reproduction patterns and post-larval growth of 5 mollusc species. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 148 (2), p. 181-200.
- Thouzeau G. & Hily C., 1986. A.Q.U.A.R.E.V.E.: une technique nouvelle d'échantillonnage quantitatif de la macrofaune épibenthique des fonds meubles. *Oceanol. Acta*, 9 (4), p. 509-513.
- Thouzeau G. & Lehay D., 1988. Variabilité spatio-temporelle de la distribution, de la croissance et de la survie des juvéniles de *Pecten maximus* (L.) issus des pontes 1985, en baie de Saint-Brieuc. *Oceanol. Acta*, 11 (3), p. 267-284.
- Vaslet D., Larssonneur C. & Auffret J.-P., 1979. Carte des sédiments superficiels de la Manche au 1 /500 000<sup>e</sup>. BRGM-CNEXO (Ed.).