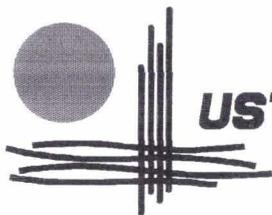


x 50376  
1996  
404



**USTL** Université des Sciences et Technologies de Lille

U.F.R. de Biologie

**DIPLOME SUPERIEUR DE RECHERCHE DE LILLE I**  
**SCIENCES NATURELLES**

**DERUYVER Sophie**

ETUDE PRELIMINAIRE DE LA ZONE DE REFERENCE  
DANS LE CADRE DE L'EVALUATION DE L'IMPACT  
DES REJETS DE DRAGAGE SUR LES ZONES DE VIDAGE  
DE L'AVANT-PORT OUEST DE DUNKERQUE  
ANALYSE FAUNISTIQUE ET GRANULOMETRIQUE



Soutenu le 17 décembre 1996 devant la Commission d'Examen.

**Président :** M. le Professeur A. DHAINAUT (U.S.T.L.)  
**Rapporteur :** M<sup>me</sup> le Professeur émérite N. DHAINAUT-COURTOIS (U.S.T.L.)  
**Examineurs :** M. J. PRYGIEL (Ingénieur Agence de l'Eau Artois-Picardie)  
M. A. LEPRÊTRE (Maître de Conférences U.S.T.L.)

B.U. LILLE I



D 030 099753 9

50376  
1996  
404

# SOMMAIRE

Remerciements.....1

Présentation du laboratoire d'accueil.....2

Introduction.....3

**I - PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....4**

**I-1 Localisation du site .....4**

**I-2 Description générale de la zone d'étude.....4**

        I-2-1 Facteurs physico-chimiques.....4

        I-2-2 Facteurs climatiques et hydrographiques.....8

            - Le climat.....8

            - Les vents.....8

            - La marée.....8

            - Les courants.....9

            - La houle.....9

        I-2-3 Sédimentologie.....10

        I-2-4 Description des peuplements macrobenthiques de la partie  
            française de la Mer du Nord *in* Prygiel *et al.*, 1988.....10

**II - MATERIELS ET METHODES.....15**

**II-1 Echantillonnage.....15**

        II-1-1 Travail sur le terrain.....15

        II-1-2 Travail en laboratoire.....15

**II-2 Analyse granulométrique des sédiments.....16**

        II-2-1 Principe.....16

        II-2-2 Définition des fractions.....17

        II-2-3 Courbes cumulées.....19

**II-3 Etude de la macrofaune benthique.....20**

        II-3-1 Description des peuplements.....20

            • Abondance.....20

            • Densité.....20

2

20

• Dominance.....	20
• Constance.....	21
II-3-2 Etude de la diversité.....	21
• Indice de Shannon-Weaver.....	21
• Indice de régularité.....	22
• Diagramme Rang-Fréquence.....	22
II-4 Méthodes de traitement statistique global .....	24
II-4-1 Méthode des dendrogrammes.....	24
• Similitude.....	24
• Dendrogrammes.....	24
II-4-2 Analyse Factorielle des Correspondances (AFC).....	25
<b>III - RESULTATS.....</b>	<b>28</b>
<b>III-1 Granulométrie.....</b>	<b>28</b>
<b>III-2 Etude de la macrofaune.....</b>	<b>33</b>
<b>IV - DISCUSSION.....</b>	<b>48</b>
<b>IV-1 Analyse des résultats granulométriques.....</b>	<b>48</b>
<b>IV-2 Données faunistiques.....</b>	<b>49</b>
<b>IV-2-1 Apport du traitement statistique.....</b>	<b>49</b>
<b>IV-2-1-1 AFC.....</b>	<b>49</b>
<b>IV-2-1-2 Dendrogramme.....</b>	<b>50</b>
<b>IV-2-2 Analyse des résultats.....</b>	<b>51</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>55</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS.....</b>	<b>57</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>58</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>59</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>60</b>

## REMERCIEMENTS

Je suis reconnaissante à Madame Nicole DHAINAUT-COURTOIS, professeur à l'Université de Lille I, de m'avoir accueillie au sein de son service d'Hydrobiologie et d'Ecotoxicologie (SHE) et de m'avoir proposé ce sujet d'étude, dans le cadre du Diplôme Supérieur de Recherche de l'U.S.T.L.

J'adresse un merci tout particulier à Christelle PRUVOT, étudiante en troisième cycle, pour son aide et ses précieux conseils, ainsi qu'à Monsieur Dominique Davout de la Station Marine de Wimereux pour son aide dans la détermination faunistique. Je remercie de même tout le personnel du S.H.E., et plus spécialement Robin ROMONT, docteur, et Sylvain DEMUYNCK, maître de conférences, pour leur disponibilité.

Mes remerciements vont également à Monsieur Michel MARIETTE, du Service Aménagement et Environnement du P.A.D., ainsi qu'à l'équipage du SEPIA II, bateau océanographique du CNRS avec la collaboration duquel ont été effectués les prélèvements.

**Université des Sciences et Technologies de Lille  
Laboratoire de Biologie Animale**

**Groupe de Recherche**

Responsables: Pr. N. Dhainaut-Courtois, Pr. A. Dhainaut (Tél: 20.43.41.27 et 20.43.40.56)

Equipe de recherche: S. Demuynck (Maître de Conférences), F. Fontaine (Maître de Conférences), F. Grumiaux (ATER), C. Pruvot (Doctorante), R. Romont (Doctorant), B. Salzet-Raveillon (Maître de Conférences), P. Scaps (Maître de Conférences) (Tél: 20.43.40.57).

Thématique générale: **Biosurveillance et gestion des systèmes aquatiques**

Sous-thème: Etude du transfert des micropolluants (métalliques en particulier) des sédiments à la macrofaune associée.

- \*Etudes écologiques, analyses physico-chimiques des sédiments et des organismes. Recherche d'espèces indicatrices, d'indicateurs de pollution, d'indices biologiques de la qualité des milieux.
  - Ecosystèmes estuariens
  - Sites portuaires
  - Ecosystèmes d'eau douce (rivières et canaux régionaux)

Sous-thème: Etude des effets pathologiques des micropolluants tels que les métaux lourds et de marqueurs biochimiques d'exposition

- \*Effets pathologiques:
  - Etude des altérations tissulaires et cellulaires provoquées par l'exposition aux métaux lourds, étude des sites d'accumulation (microscopie photonique et électronique, radioautographie et cytochimie).
- \*Marqueurs biochimiques d'exposition

**Research Group**

Managers: Pr. N. Dhainaut-Courtois, Pr. A. Dhainaut (Tel: 20.43.41.27 and 20.43.40.56)

Research group: S. Demuynck (Assist-Pr.), F. Fontaine (Assist-Pr.), F. Grumiaux (ph D), C. Pruvot (ph D), R. Romont (ph D), B. Salzet-Raveillon (Assist-Pr.), P. Scaps (ATER) (Tel: 20.43.40.57).

General topic: "**Biomonitoring**" of aquatic systems

Topic: Study of the transfer of metallic pollutants from sediments to the associated macrofauna.

- \*Ecological studies, physico-chemical analysis of sediments and organisms.
  - Estuarine ecosystems
  - Harbour sites
  - Freshwater ecosystems (regional rivers and channels)

Topic: Study of heavy metals biological effects and of the biochemical markers of exposure.

- \*Biological effects:
  - Study of the tissular and cellular damages related to heavy metals and of the sites of metal accumulation (light and electron microscopy, autoradiography and cytochemistry).
- \*Biochemical markers of exposure

**Bâtiment SN 3  
59655 Villeneuve d'Ascq cedex - France  
Tél: 20.43.41.27 / 20.43.40.57  
Fax: 20.43.68.49**

# **Introduction**

## Introduction

Dans le cadre d'un contrat établi en 1995 entre le Port Autonome de Dunkerque (P.A.D.) et le Service d'Hydrobiologie et d'Ecotoxicologie (S.H.E.) de l'Université des Sciences et Technologies de Lille (U.S.T.L.), des recherches ont été effectuées au niveau des zones de vidage portuaires, sites très perturbés par l'immersion répétée de boues de dragage en provenance de l'Avant-port Ouest et des chenaux d'accès (Canis *et al.*, 1995 ; Beaugrand et Meyre, 1995). Ces études ont permis de détecter un impact non négligeable du relargage des boues portuaires, notamment au niveau de certaines stations où des perturbations tant granulométriques que faunistiques ont été observées suggérant des anomalies dans la structure des peuplements benthiques de ces zones.

Une étude plus approfondie a alors été mise en place dans le cadre du programme Etat-Région Nord/Pas-de-Calais DYSCOP II (Dynamique des Systèmes Côtiers du Pas-de-Calais) afin de suivre l'évolution temporelle des stations perturbées par l'immersion des boues de dragage portuaires.

Parallèlement à ces stations, une zone de référence, estimée suffisamment éloignée des zones de vidage pour ne pas être influencée par ces immersions, a été définie. L'étude de cette zone, en comparaison avec les travaux déjà effectués dans le cadre de DYSCOP II, devrait permettre de caractériser d'une manière définitive l'impact de l'envasement sur la qualité du milieu et tout particulièrement sur la biodiversité. Cette étude, faite à un maillage assez fin, permettra également d'affiner, sur un site donné, la cartographie des peuplements benthiques du détroit du Pas-de-Calais réalisée par Prygiel *et al.* (1988).

Le présent rapport a pour objet l'étude qualitative de cette zone de référence :

- définition des faciès granulométriques,
- description des peuplements benthiques associés,
- traitement statistique global de l'ensemble des données.

**Chapitre I**  
**PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

## I - PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

### I-1 Localisation du site

Le site étudié se trouve à l'ouest de l'avant-port ouest de Dunkerque, en Manche orientale (fig. 1). La zone d'étude recouvre une superficie d'environ 4,5 km<sup>2</sup> au nord-ouest des hauts fonds de Gravelines (fig. 2). Elle est délimitée par quatre radiales de trois stations chacune, orientées N-NE, soit au total 12 stations. Les coordonnées géographiques ainsi que la profondeur sont présentées dans le tableau 1.

Stations	Latitude	Longitude	Profondeur (m)
R1	51°04'510 N	2°01'310 E	12.8
R2	51°04'700 N	2°02'180 E	11.4
R3	51°04'890 N	2°02'790 E	9.5
R4	51°05'100 N	2°03'450 E	13.3
R5	51°03'960 N	2°01'670 E	28.6
R6	51°04'190 N	2°02'400 E	29.0
R7	51°04'400 N	2°03'100 E	29.8
R8	51°04'660 N	2°03'700 E	28.5
R9	51°03'500 N	2°02'050 E	25.9
R10	51°03'635 N	2°02'820 E	25.9
R11	51°03'910 N	2°03'520 E	26.3
R12	51°04'090 N	2°04'180 E	22.2

Tableau 1 : coordonnées géographiques et profondeur des points de prélèvements

### I-2 Description générale de la zone d'étude

#### I-2-1 Les facteurs physico-chimiques

Dans la région de Dunkerque, les paramètres physico-chimiques des eaux montrent une grande variabilité temporelle comportant des cycles annuels.

# MER DU NORD

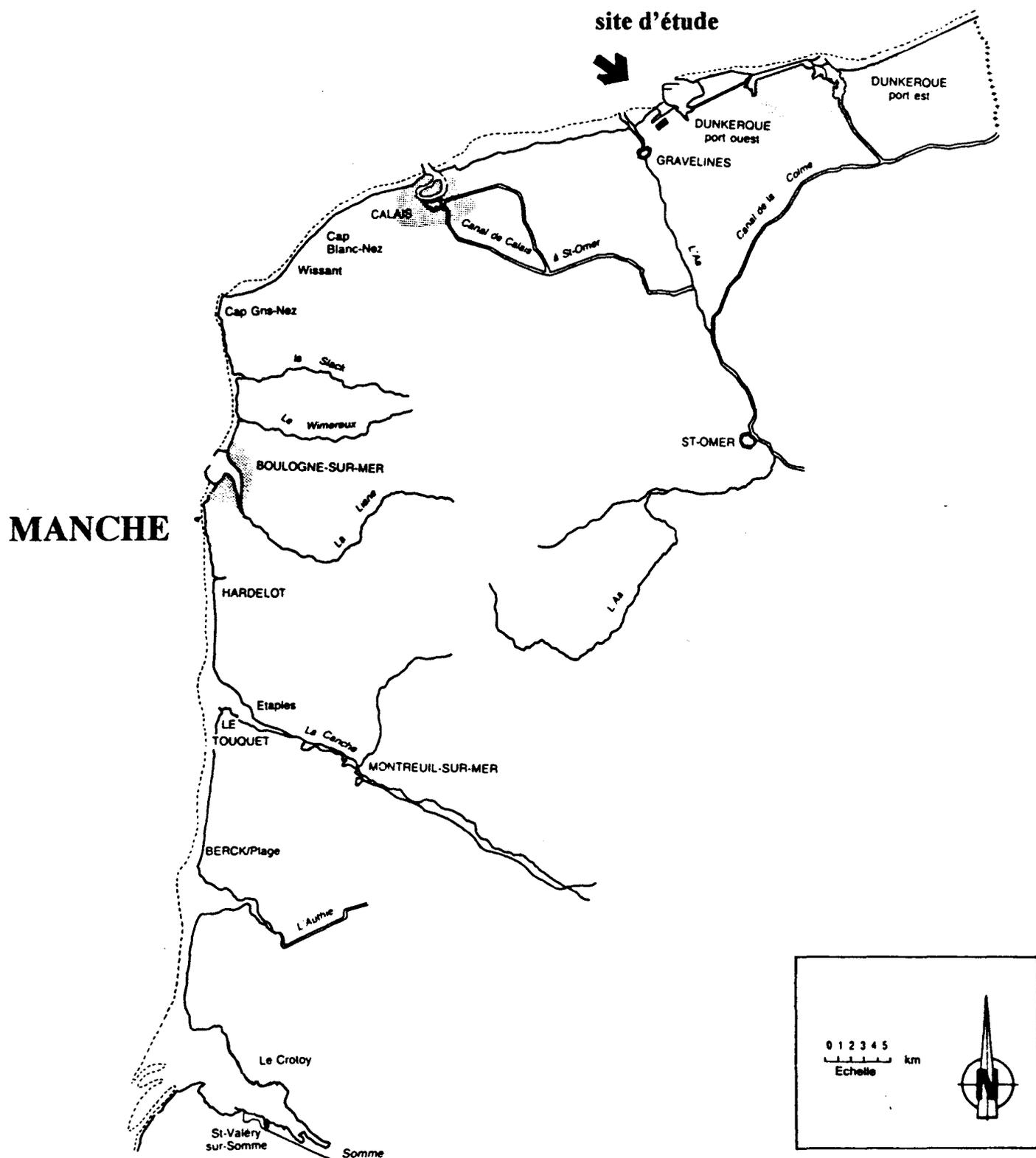


Figure 1 : carte général du littoral de la région Nord/Pas-de-Calais et localisation du site d'étude.

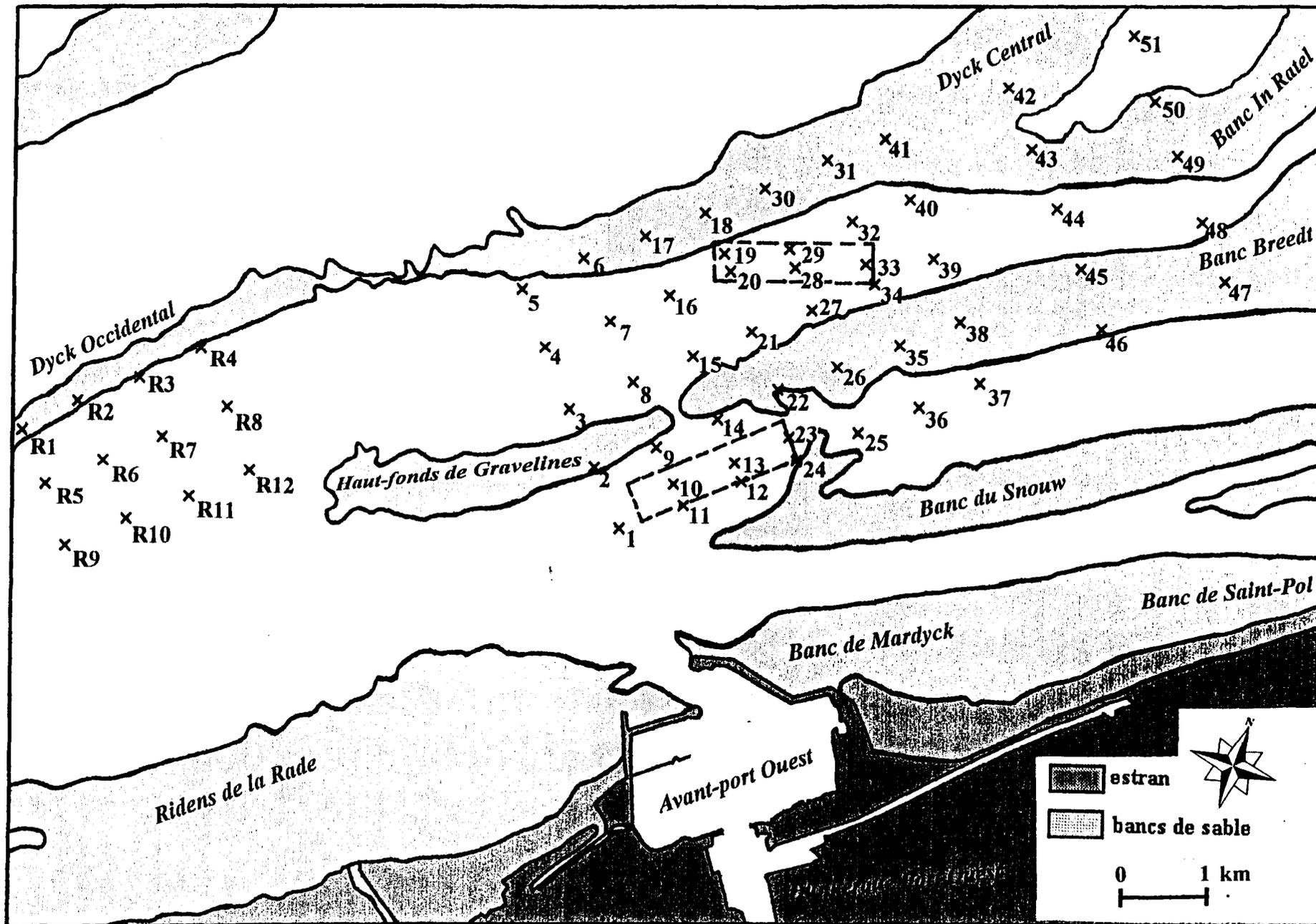


Figure 2 : Distribution des points de prélèvements

- La température des eaux côtières dépend beaucoup de celle de l'air. On constate en général un profil d'évolution sinusoïdal (maximum en été, minimum en hiver) comparable à la température atmosphérique.

La température de surface de l'eau est fonction de l'éclairement solaire, des échanges avec l'atmosphère et du mélange des eaux sous-jacentes. Dans le milieu marin, il s'établit l'été, en règle générale, une thermocline. Toutefois, du fait du très fort brassage par les courants et les vents de cette partie de la Mer du Nord, on n'observe pas dans le détroit du Pas-de-Calais ce type de thermocline estivale mais plutôt une large couche de mélange relativement homogène. La Mer du Nord est définie par Perès (1961) comme une mer tempérée froide avec des températures marines supérieures l'hiver à celles de l'air du fait de l'intrusion du Gulf Stream par l'Atlantique Nord, le long des côtes européennes, provoquant ainsi un gradient côte-large qui s'inverse en automne et au printemps ; les températures côtières en été sont supérieures à celles du large.

- La salinité. Des variations spatiales sont notables, surtout près des côtes, du fait de l'augmentation des apports fluviaux. La répartition spatiale de la salinité est essentiellement liée aux précipitation et aux apports telluriques.

A Dunkerque, des salinités minima de 33,77‰ ont été mesurées, contre des maxima de 33,89‰ (valeurs HYDROBIOS 80).

- Les matières en suspension sont particulièrement abondantes et représentent une des principales caractéristiques de la qualité des eaux littorales. Elles sont responsables de la turbidité des eaux et peuvent expliquer les variations de couleur observables à l'oeil nu. La turbidité varie en fonction des saisons : elle augmente en hiver, ce qui s'explique en grande partie par les fréquences élevées des tempêtes de secteur ouest qui remettent en suspension les sédiments du fond. Inversement, en été, la faible agitation des eaux favorise la sédimentation.

- L'oxygène dissous dont la teneur est maximale en hiver (brassage) et en été (production primaire), a un niveau proche de la saturation (souvent supérieur à 90 % de saturation).

- Les sels nutritifs présentent tous des cycles saisonniers caractéristiques avec un maximum hivernal. Durant la période printanière, le taux de sels nutritifs est minimum.

Ces composés sont en effet consommés par les organismes phytoplanctoniques en fort développement à cette époque de l'année ("bloom" planctonique).

## **I-2-2 Les facteurs climatiques et hydrographiques**

### **- Le climat**

Dunkerque se situe à une latitude de 51°03' Nord et une longitude de 2°22' Est et bénéficie de ce fait d'un climat océanique tempéré.

L'ensoleillement régional annuel est inférieur à la moyenne nationale en raison de la latitude et du régime de précipitation élevé.

La température de l'air y varie de façon sinusoïdale entre un maximum de 18°C en moyenne et un minimum moyen de 2°C.

D'après le bulletin climatologique départemental, la pluviosité mensuelle moyenne ne dépasse jamais les 100 mm d'eau, avec des maxima en automne.

### **- Les vents**

Les vents les plus fréquents sont de secteurs Sud-Ouest en hiver et Nord-Est au printemps. Ces derniers peuvent influencer sur l'hydrologie marine, notamment sur la direction des courants, tout au moins en surface.

### **- La marée**

La marée semi-diurne observée dans le détroit du Pas-de-Calais est le résultat de la superposition d'une onde de marée progressive incidente venant de l'Atlantique Nord par la Manche et d'une onde réfléchiée par la côte picarde. Une autre onde progressive moins importante provenant de la Mer du Nord et descendant vers l'Ouest le long de la côte anglaise contribue à établir ce régime de marée, d'une période de 12 heures 25.

La forme d'entonnoir du détroit provoque un décalage dans le temps et l'espace des courants de marée qui induisent une dissymétrie de la marée (environ 5 heures pour le montant contre 7 pour le baissant).

Type de marée	Coefficient	Côte de PM	Côte de BM
Vive eau moyenne	95	5.80 m	0.50 m
Marée moyenne	70	5.50 m	0.90 m
Morte eau moyenne	45	4.80 m	1.40 m

**Tableau 2 : caractéristiques hydrographiques de la marée au niveau de Dunkerque  
(PM : Pleine Mer ; BM : Basse Mer).**

### **- Les courants**

D'une manière générale, l'intensité des courants augmente vers le Pas-de-Calais en raison du rétrécissement de la Manche au niveau du Cap Gris-Nez. Cependant, les caractéristiques des courants peuvent varier localement en fonction de la morphologie littorale (présence de bancs sableux, aménagements côtiers, ...).

Dans le détroit du Pas-de-Calais, le courant général résiduel est faible et porte au nord-est. Sa vitesse est de 2,7 milles/jour environ.

Les courants de marée sont alternatifs et de direction sensiblement parallèle à la côte. Pendant le flot, ils sont dirigés vers l'est/nord-est (65-70°) et pendant le jusant, vers l'ouest/sud-ouest (255-260°). La vitesse du flot est nettement supérieure à celle du jusant dans une bande côtière de 3 km de largeur, de Gravelines au port Est de Dunkerque. Il est à noter également que les courants ont une intensité plus faible sur les Bancs (1,8 noeuds environ), contrairement aux passes où l'intensité augmente sensiblement (2,5 noeuds environ).

### **- La houle**

La houle vient principalement du Nord et du Nord-Ouest. Elle est oblique au littoral et joue un rôle dans le transport des matériaux. Sa période moyenne est de 6 secondes. Ces phénomènes créent des courants de houle pouvant atteindre 1 m/s.

Ces trois derniers facteurs ( marée, courants, houle) déterminent l'hydrodynamique, notion fondamentale dans la compréhension de l'environnement littoral. Elle détermine

en effet à la fois le transfert des masses d'eaux et des flux associés qui sont en suspension ou en solution.

### **I-2-3 Sédimentologie**

La répartition des sédiments est déterminée principalement par les courants instantanés de marée et par les phénomènes de houle. On trouvera des sédiments grossiers (cailloutis, graviers) dans les zones de courants forts et des sédiments plus fins (sables à sables vaseux) dans les zones de courants plus faibles.

De plus, la bathymétrie des fonds détermine souvent la prédominance de l'action des courants sur la houle et réciproquement. Ainsi, au-delà de -8 mètres, l'action des courants est prédominante sur celle de la houle et détermine alors un transport des particules vers le nord dans la Manche et vers l'est dans la Mer du Nord (la vitesse du flot étant supérieure à celle de la houle). Réciproquement, dans les zones côtières peu profondes (jusqu'à -8 mètres), l'action de la houle prédomine aux transports particuliers et entraîne des déplacements vers le Nord ou l'Est.

La sédimentologie des fonds et du littoral est donc conditionnée par l'hydrodynamique. L'intensité des courants définit des zones d'érosion et de sédimentation sélective avec des gradients granulométriques nettement perceptibles.

### **I-2-4 Description des peuplements macrobenthiques de la partie française de la Mer du Nord *in* Prygiel *et al.*, 1988.**

L'intensité des courants de marée est le principal facteur d'organisation et de distribution des peuplements benthiques. L'étranglement que forme le détroit du Pas-de-Calais provoque une amplification de la vitesse du courant qui dépasse 3 noeuds au large du cap Gris-Nez pour tomber à 1,5 noeuds devant Dunkerque. Il en résulte un granulo-classement depuis les cailloutis à l'ouest jusqu'aux sables fins à moyens à l'est. Si la profondeur peut atteindre 60 m au large du cap Gris-Nez, elle demeure généralement faible. L'ensemble de la zone est de faible profondeur : 15 à 30 m en

moyenne. Vers l'est, les fonds s'organisent en bancs sableux permanents presque parallèles à la côte.

L'analyse de la macrofaune, endofaune et épifaune sessile et vagile, permet de reconnaître cinq peuplements (fig. 3).

1. **Le peuplement des cailloutis et graviers à épibiose sessile** est caractéristique des zones de forts courants. Dans la partie ouest de l'aire occupée par ce peuplement où le sédiment peut comporter plus de 80% de cailloux, l'épifaune sessile est bien représentée avec des spongiaires, des cnidaires et des bryozoaires. Néanmoins, les espèces principales sont vagiles, représentées essentiellement par des crustacés décapodes : *Pigidia longicornis*, *Galathea intermedia*, *Pilumnus hirtellus*, *Hyas coarctatus*. L'augmentation de la proportion d'éléments plus fins vers l'est permet l'installation d'une faune plus abondante et plus diversifiée : *Echinocyanus pusillus*, *Laonice cirrata*, *Aonides oxycephala*, *Ophelia borealis*, *Notomastus latericeus* et quelques *Amphioxus lanceolatus*. Au-delà de 50 m, apparaissent à l'ouest des moulières à *Modiolus modiolus* au sein desquelles la sédimentation, favorisée par les modioles, permet l'installation de certaines espèces caractéristiques de la partie est. En zone plus côtière, s'installent des populations d'*Ophiothrix fragilis* dont la densité estimée sur photographies atteint 2 à 3 000 ind./m<sup>2</sup> ; le poids sec organique sans cendres d'une telle population peut atteindre 250 g/m<sup>2</sup>, ce qui en fait la zone la plus riche de la région.

2. L'atténuation du courant vers la côte se traduit par un envasement qui permet l'installation du **peuplement des sédiments hétérogènes envasés**, au fond de grandes dépressions entre les bandes de sable, ainsi que dans le chenal ouest de Dunkerque. Le sédiment est alors constitué de cailloutis, de graviers et de sables ; le taux de pélites peut atteindre 4%. Quelques espèces forment une association constante caractéristique : *Ceranthus lloydi*, *Sagartia troglodytes*, *Sthenelais boa*, *Owenia fusiformis*, *Sabella penicillus*, *Golfingia elongata*, *Abra alba*, *Mya truncata*. Quelques espèces sessiles y sont communes ainsi que des crustacés décapodes et des échinodermes. En raison du

taux élevé de pélites, *Ophiothrix fragilis* disparaît malgré la présence de matériel grossier. La biomasse peut atteindre 30 g/m<sup>2</sup>.

3. **Le peuplement de la gravelle à *Amphioxus lanceolatus*** n'est bien représenté qu'au large du Sandettié, alors qu'en Manche Orientale il peut se situer à proximité de la côte. Le sédiment se compose de graviers et de sables grossiers propres ; ces matériaux sont essentiellement biogènes. Il existe des enclaves permanentes de ce peuplement au sein de la communauté des cailloutis. *Amphioxus lanceolatus* et *Spatangus purpureus* sont les espèces les plus caractéristiques de ce peuplement. Parmi les autres espèces préférantes, on rencontre *Echinocyamus pusillus*, *Ampelisca spinipes*, *Spisula ovalis*, *S. elliptica*, *Nucula nucleus*, *N. hanleyi*. Cette association est proche du peuplement connu en Manche Occidentale sous le nom de «*Spatangus purpureus* - *Venus fasciata* community ».

4. **Le peuplement des sables fins à moyens, propres à *Ophelia borealis*** occupe les bancs des ridens de Calais, du Haut-Fond de Gravelines, du Dyck, de l'Out Ruytingen et du Sandettié dont les sommets culminent entre -5 et -9m. Il forme à l'est un vaste complexe qui recouvre toute la région septentrionale à l'exception des dépressions. Bien connu en Mer du Nord, ce peuplement atteint en Manche sa limite méridionale sur les côtes de Haute Normandie. Les sables fins à moyens représentent 60 à 90 % du poids du sédiment. Le noyau de cette communauté est constitué par *Nephtys cirrosa*, *Bathyporeia elegans*, *B. guilliamsonniana*, *Gastrosaccus spinifer*, *Spiofanus bombyx*, *Ophelia borealis*, *Spio filicornis* et *Echinocardium cordatum*. Le nombre et la densité des espèces augmentent du sommet au pied des bancs. La dominance de certaines espèces peut alors devenir importante. La présence en quelques stations sur le sommet de Sandettié d'une espèce typiquement intertidale, *Haustorius arenarius*, est remarquable. Ce phénomène rare a été toutefois déjà signalé par Dahl (1946) et Movaghar (1964). Ce peuplement oligospécifique est relativement pauvre ; la densité varie de 100 à 500 ind./m<sup>2</sup> et la biomasse de 1 à 3 g/m<sup>2</sup>.

5. **Le peuplement des sables fins plus ou moins envasés à *Abra alba*** est localisé le long des côtes à une profondeur maximale de 10 m dans la zone étudiée. Le sédiment est constitué de sables fins et de vase, les faciès les plus envasés se situant devant les ports et les estuaires. *Abra alba*, *Tellina fabula*, *Lanice conchilega*, *Nephtys hombergii* et *Pectinaria koreni* sont dominantes dans cette communauté. Les autres espèces importantes dans la structure et le fonctionnement du peuplement sont *Ophiura texturata*, *Mysella bidentata*, *Spisula subtruncata*, *Phyllodoce mucosa*, *Eumida sanguinea* et *Owenia fusiformis*. Dans ce peuplement qui se poursuit dans la zone côtière de la Mer du Nord, on distingue, de même qu'au large des Pays-Bas ou du littoral de la Manche orientale, des éléments des «communautés» à *Tellina*, *Abra alba* et *Macoma balthica* des mers du nord de l'Europe. La biomasse peut dépasser 50g/m<sup>2</sup> et la densité 5 000 ind./m<sup>2</sup>.

**Conclusion** - L'étude des peuplements macrobenthiques de la partie française de la Mer du Nord permet de distinguer un double gradient hydrodynamique qui se traduit par un affinement des sédiments depuis les cailloutis à l'ouest jusqu'aux sables fins à moyens à l'est, ainsi que par un envasement du large vers la côte.

La stabilité d'enclaves du peuplement à *Amphioxus lanceolatus* au sein de la communauté des cailloutis a été confirmée. Les observations en plongée ont montré qu'il n'était pas un intermédiaire obligatoire entre le peuplement des cailloutis et le peuplement à *Ophelia borealis*. Le passage entre ces deux peuplements peut être brutal, des nappes de sable instable recouvrant les cailloutis à la base des bancs.

La zone du large témoigne d'une stabilité remarquable à l'inverse de la zone côtière perturbée par les activités humaines (aménagement portuaires, rejets de dragages, pollutions diverses). Cette instabilité affecte plus l'importance relative des espèces principales que la structure même des peuplements.

Cette description de la zone étudiée va permettre d'affiner des résultats obtenus, lors de cette première campagne, par l'application de différentes méthodes d'analyses et de traitement des données granulométriques et faunistiques, méthodes que nous allons exposer dans le chapitre suivant.

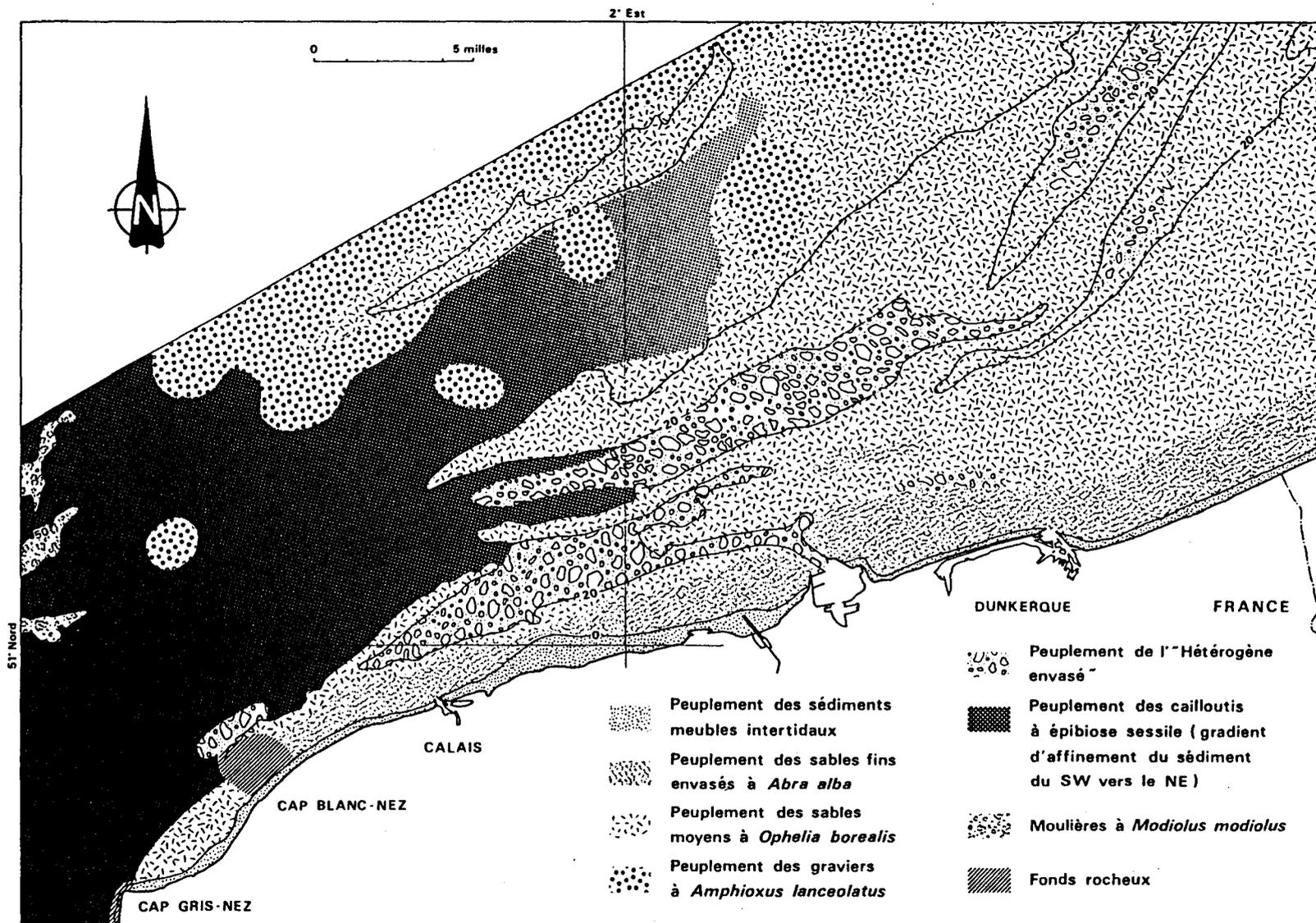


Figure 3 : Cartographie des peuplements benthiques en Mer du Nord (d'après PRYGIEL *et al.*, 1988).

**Chapitre II**  
**MATERIELS ET METHODES**

## II - MATERIELS ET METHODES

### II-1 Echantillonnage

La campagne de prélèvements effectuée les 9 et 10 Octobre 1995 à bord du Sépia II, bateau océanographique du CNRS, a permis de récolter des échantillons de macrobenthos et de sédiment sur les 12 sites de prélèvements (fig. 2).

#### II-1-1 Travail sur le terrain

A chaque station, sont prélevés 3 échantillons en vue d'étudier la faune et 1 pour caractériser le sédiment. Cet échantillonnage est réalisé avec une benne de type "Van Veen" (fig. 4), mise en œuvre grâce au navire océanographique Sépia II. Cette benne prélève le sédiment sur une surface de  $1/10 \text{ m}^2$ , sur une profondeur variant selon la compacité du sédiment.

Pour l'étude de la faune, les échantillons sont tamisés sous un courant d'eau de mer. Le maillage du tamis utilisé est de 1 mm afin de ne retenir que le macrobenthos (Pérès, 1978). Le refus de tamis est ensuite placé dans un sachet portant la référence du prélèvement dans lequel on ajoute du formol salé à 8%. Les échantillons de sédiment sont également ensachés et référencés.

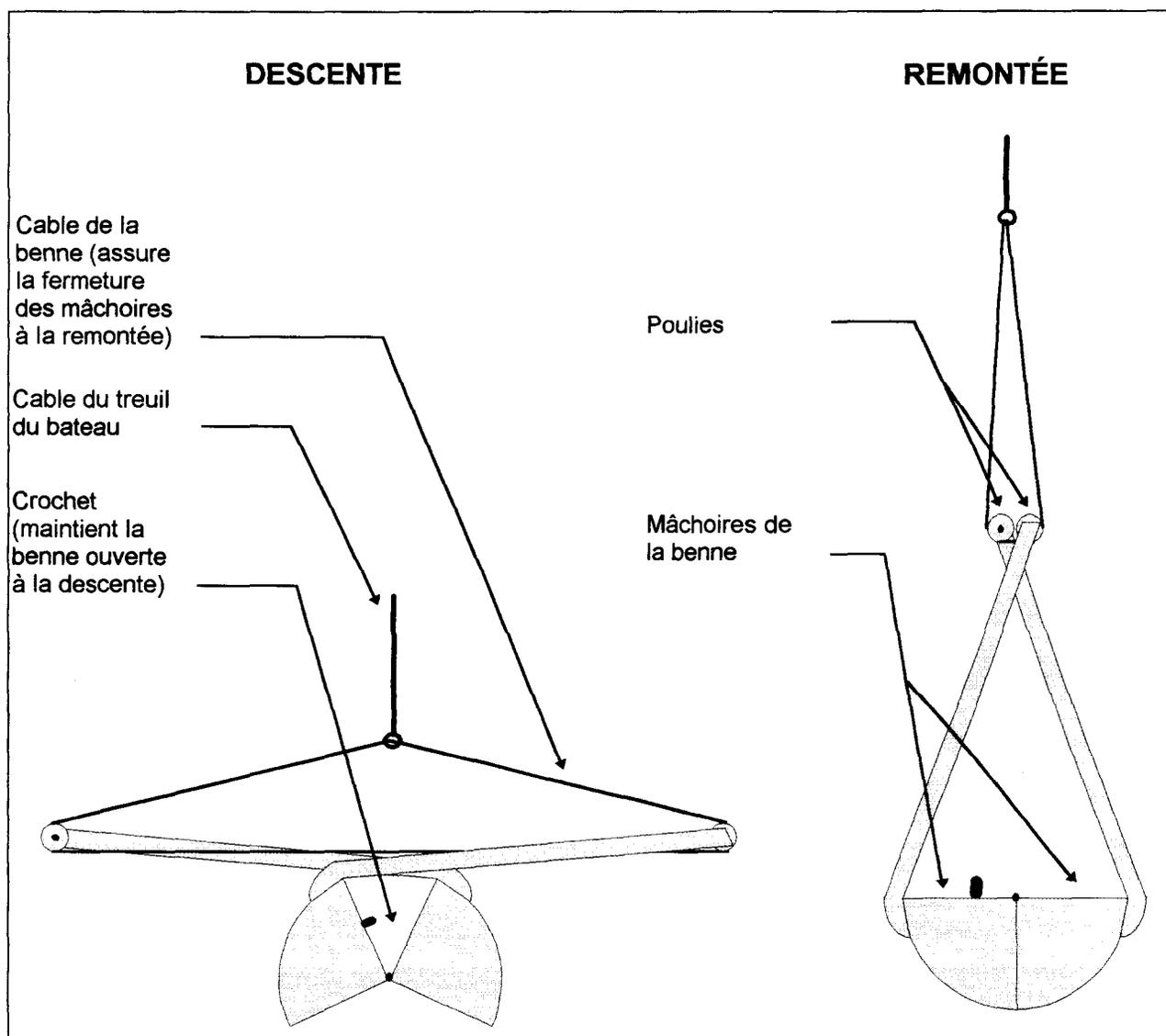
N.B. : pour les stations R3, R5 et R11 communes avec la campagne DYSCOP II, 5 échantillons de faune ont été prélevés.

#### II-1-2 Travail au laboratoire

Le sédiment est stocké en chambre froide à  $+4^{\circ}\text{C}$ , en vue de l'analyse granulométrique.

Le tri de la faune s'effectue sur un tamis de maillage 1 mm, sous courant d'eau. Les animaux sont recueillis dans des piluliers contenant du formol salé à 8%. L'identification des espèces a été réalisée grâce à une loupe binoculaire permettant la prise de photographies (loupe binoculaire de type SMC 4 couplée à une caméra

numérique BIOBLOCK SCIENTIFIC), et effectuée grâce à des ouvrages de référence (Fauvel, 1923 et 1927 ; Perrier, 1964 et 1967 ; Campbell et Nicholls, 1986).



**Figure 4 : Principe schématique du fonctionnement de la benne "VAN VEEN" (PATIGNIEZ, communication personnelle)**

## **II-2 Analyse granulométrique des sédiments**

### **II-2-1 Principe**

L'analyse granulométrique a pour objectif de définir la texture d'un sédiment au sens pédologique et de déterminer la répartition des éléments du substrat selon leur

taille, en fonction de la longueur ou de la largeur des grains qui la composent. Cette analyse repose donc sur la définition des fractions sédimentaires qui constituent la roche dans son ensemble.

Les échantillons sont d'abord séchés à l'étuve à 60°C pendant 72 heures afin d'en peser 200g en poids sec. La mise en suspension des particules sédimentaires s'effectue grâce à un mélangeur rotatif. La méthode d'analyse consiste en un tamisage des 12 échantillons de sédiment sur une colonne de tamis à mailles carrées de tailles décroissantes (fig. 5). Le refus de chaque tamis détermine une fraction. Le choix des classes est défini mathématiquement par une échelle logarithmique de raison  $^{10}\sqrt{10}$ , selon les normes AFNOR.

## II-2-2 Définition des fractions

Pour les roches meubles présentes sur ce site, 7 classes granulométriques sont retenues:

fraction  $\geq 2$  mm

$1 \leq$  fraction  $< 2$  mm

$0.5 \leq$  fraction  $< 1$  mm

$250 \leq$  fraction  $< 500$   $\mu\text{m}$

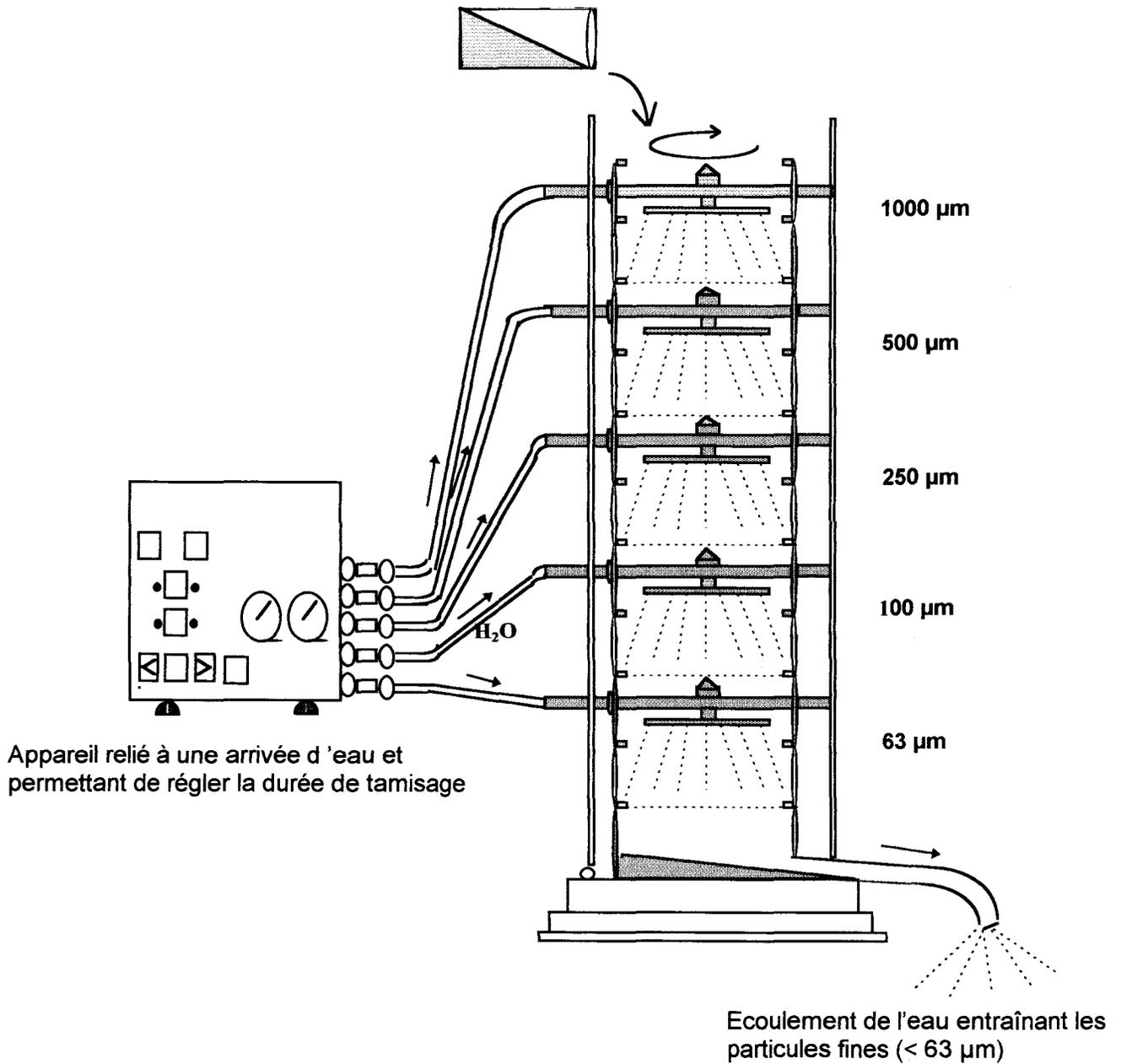
$100 \leq$  fraction  $< 250$   $\mu\text{m}$

$63 \leq$  fraction  $< 100$   $\mu\text{m}$

fraction  $< 63\mu\text{m}$

Les refus des différents tamis sont séchés à 60°C, pesés et le résultat de chaque fraction est exprimé en pourcentage du poids total de l'échantillon. Les fractions sédimentaires définissent des classes granulométriques (Bellair et Pomerol, 1977) (annexe 1, fig.1), dont la fraction la plus fine correspond aux lutites. Le pourcentage respectif de chacune de ces classes permet de définir des faciès granulométriques (Larsonneur, 1977) (annexe 1, fig.2).

Echantillon à fractionner



**Figure 5 : Coupe schématique d'une colonne de tamisage (DERRICHE, communication personnelle).**

### II-2-3 Courbes cumulées

Les résultats sont exprimés sous forme de courbes cumulées.

Cette représentation permet de définir les caractéristiques granulométriques des échantillons grâce à des calculs simples.

La médiane (Md) permet de définir le grain moyen : il correspond à la dimension théorique du vide de maille permettant le passage de 50% du poids de l'échantillon. La médiane n'a de valeur significative que si la fraction considérée est représentative du sédiment et elle demeure relative car sa signification dépend du classement de l'échantillon : deux sédiments de même médiane peuvent être différents selon leur classement.

Le classement ou tri est défini à partir des premier et troisième quartiles (Q1 et Q3) qui correspondent aux dimensions théoriques des vides de maille permettant respectivement le passage de 25 et 75 % pondéraux de l'échantillon.

La valeur du classement est fournie par :

$$\text{l'indice de Trask ou "Sorting coefficient"} : So = \sqrt{(Q3 / Q1)}$$

<u>Classement</u> :	1 < So < 1.5 : Sédiment Très Bien Classé (STBC)
	1.5 < So < 2.5 : Sédiment Bien Classé (SBC)
	2.5 < So < 4 : Sédiment Faiblement Classé (SFC)
	4 < So : Sédiment Très Mal Classé (STMC)

Ce classement indique, dans une certaine mesure, le mode de dépôt. Un sédiment bien classé est le produit d'un vannage, d'un tri au cours d'un transport généralement long comme c'est le cas pour les sables d'estran. Au contraire les sédiments mal classés sont des sédiments peu évolués dus à un transport global généralement court, sans aucun tri (courants de boues, formation glaciaire).

A titre indicatif, dans le cas d'un dépôt marin, le coefficient de Trask est compris entre 1,2 et 2.

## II-3 Etude de la macrofaune benthique

### II-3-1 Description des peuplements

- Abondance : chaque échantillon est caractérisé en terme d'abondance (= effectif) qui est égal au nombre d'individus récoltés de chaque espèce.
- Densité : c'est l'abondance de l'espèce rapportée à l'unité de surface. La surface de prélèvement pour chaque échantillon étant de  $1/10 \text{ m}^2$ , il suffit donc de multiplier par 10 l'abondance de l'effectif.

$$\text{Densité de a (d}_a\text{)} = A_a \times 10 \quad \text{avec } A_a : \text{abondance de l'espèce a}$$

Pour chacune des stations, on obtient la densité moyenne en divisant la densité par le nombre de prélèvements.

$$\text{Densité moyenne de a (d}_{ma}\text{)} = \Sigma (A_a \times 10) / n$$

avec n : nombre de prélèvements

- Dominance : la dominance d'une espèce est le nombre d'individus de cette espèce rapporté au nombre d'individus de toutes les espèces contenues dans le même prélèvement (Guille, 1971). Cette valeur de dominance correspond à l'expression de la proportion relative des diverses espèces dans le prélèvement. Elle est exprimée en pourcentage.

$$\text{Dominance de a (d}_a\text{)} = (A_a / N) \times 100 \quad \text{avec } N : \text{nombre total d'individus}$$

- Constance (= fréquence) : la constance d'une espèce dans un peuplement est le rapport du nombre de prélèvements où l'espèce a été trouvée sur le nombre total de prélèvements effectués dans ce peuplement. La constance s'exprime en pourcentage (Guille, 1971).

$$\text{Constance de a } (C_a) = (C_a / C) \times 100$$

avec  $C_a$  : nombre de prélèvements contenant l'espèce a

C : nombre total de prélèvements

En fonction de la valeur de la constance obtenue pour chaque espèce, celle-ci peut être classée dans l'une des 4 catégories suivantes:

$C \geq 50 \%$  : espèce constante

$25 \% \leq C < 50 \%$  : espèce commune

$12.5 \% \leq C < 25 \%$  : espèce peu commune

$C < 12.5 \%$  : espèce rare

### II-3-2 Etude de la diversité

La mesure de la diversité permet aux écologues d'apprécier la qualité biologique d'un milieu. Cette biodiversité tend à diminuer en cas de pollution (Frontier, 1990).

- **Indice de Shannon-Weaver (1948) :**

$$H' = - \sum p_i \times \log_2 p_i \quad \text{avec } p_i : \text{rapport du nombre d'individus de l'espèce } i \\ \text{sur le nombre total d'individus de la station}$$

Un faible indice traduit un écosystème immature à petit nombre d'espèces et grand nombre d'individus (situation écologique défavorable). Une forte valeur correspond à un peuplement à nombreuses espèces et petit nombre d'individus (situation écologique favorable, stabilité). Les valeurs rencontrées sont généralement comprises entre 1 et 5.

Cet indice s'applique également à des valeurs de biomasse, de production (Daguet, 1976), à des classes d'âge ou de taille, des familles, des genres...à toute entité dénombrable jouant un rôle différent dans l'écosystème et susceptible d'apporter de

nouvelles informations quant à la répartition des individus entre les diverses niches écologiques.

- **Indice de régularité (= d'équitabilité) :** cet indice correspond à la diversité relative (Frontier, 1983). On appelle régularité d'une station le rapport de sa diversité maximale pouvant être obtenue avec le même nombre de taxons.

$$R = H' / H'_{\max} = H' / \log_2 S$$

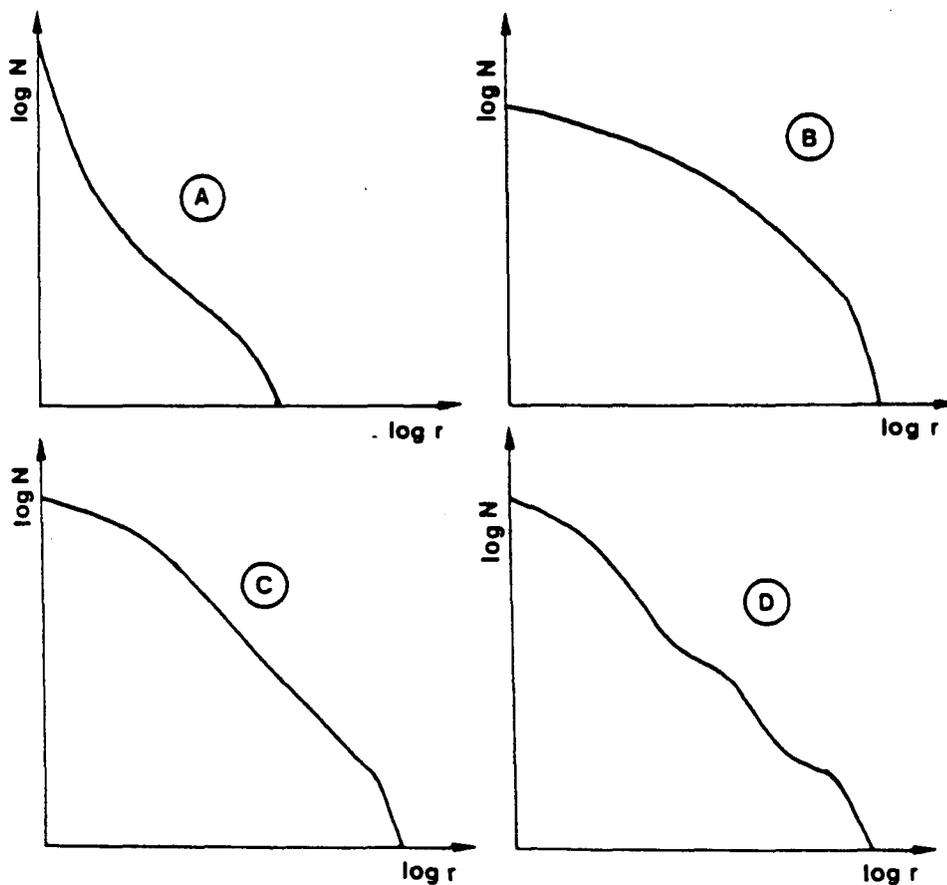
Ce rapport est compris entre 0 et 1. Une régularité faible caractérise une ou plusieurs espèces dominantes. Une régularité égale à 1 indique que toutes les espèces ont le même effectif.

- **Diagramme Rang Fréquence (DRF) :** D'après Frontier (1983), un simple indice numérique ne permet pas de juger totalement de la justesse d'une analyse. Il convient de la compléter par d'autres analyses plus précises. Ainsi les DRF présentent l'avantage de donner une représentation synthétique plus détaillée du peuplement que le simple indice de diversité et de ne pas attacher autant d'importance aux espèces rares que l'indice de Shannon-Weaver. Ils permettent d'interpréter l'évolution écologique du peuplement (Frontier, 1976).

Les espèces présentes sont classées par ordre d'abondance décroissante. Le rang  $r$  de chaque espèce est porté en abscisse et son abondance  $N$  en ordonnée (Frontier, 1990). On utilise pour les deux variables l'échelle logarithmique. Les deux composantes fondamentales de la diversité (le nombre d'espèces et la régularité du partage des individus entre ces espèces) sont directement lisibles sur le graphique : le nombre d'espèces se voit à l'extension de la courbe vers la droite, la régularité à son allure plus ou moins convexe ou concave. Ces DRF, tout comme les indices de diversité, dépendent de l'échelle d'observation et des phénomènes saisonniers.

La figure 6 présente quatre allures typiques de DRF (Frontier, 1990). Quand il y a un petit nombre d'espèces abondantes accompagnées de quelques espèces rares, diversité et régularité sont faibles et le diagramme est concave (A). Quand on observe

un nombre important d'espèces de moyenne abondance, sans espèce fortement dominante (mais avec toujours un contingent d'espèces rares), diversité et régularité sont plus élevées et le diagramme est convexe (B). Certains diagrammes sont intermédiaires, étant rectilignes sur une partie de leur parcours (C). Enfin, certains montrent des paliers, ce qui indique généralement un biais d'échantillonnage (D).



**Figure 6 : Quatre allures typiques de Diagrammes Rangs-Fréquences, A diversité et régularité faibles ; B diversité et régularité élevées ; C situation intermédiaire, diagramme en partie rectiligne ; D diagramme à paliers (Frontier, 1990).**

Dans le cadre de cette étude, un DRF de synthèse pour l'ensemble des stations prospectées a été réalisé.

## II-4 Méthodes de traitement statistique global

### II-4-1 Méthode des dendrogrammes

- **Similitude:**

La notion de similitude permet de déterminer les groupes de stations ayant des compositions faunistiques semblables, afin de définir des peuplements. La délimitation des ensembles d'affinités faunistiques se fait à l'aide d'un indice de similitude, en comparant deux à deux les stations. Ces coefficients de similarité sont utilisés pour mesurer l'association entre "objets" (ici entre stations).

Ils concernent les données binaires du type Présence-Absence. Il convient donc d'être prudent dans une analyse spécifique, car la double absence d'une espèce dans deux stations ne fournit pas une indication ni très utilisable, ni comparable à la double présence (Legendre et Legendre, 1979) et en tenir compte pourrait entraîner le rapprochement abusif de certaines stations.

C'est pourquoi la plupart des indices de similitude existants sont basés uniquement sur la Présence-Absence et ne considèrent pas la double absence comme une information ; ils sont donc à ce titre qualifiés d'indices qualitatifs.

Dans le cas présent, la similitude a été calculée à l'aide du logiciel STAT-ITCF à partir des distances euclidiennes pour la granulométrie et distance du  $\text{Khi}^2$  pour l'analyse faunistique.

- **Dendrogramme:**

Les matrices carrées des indices de similitude sont exploitées statistiquement de différentes manières. La méthode des dendrogrammes est la plus fréquemment utilisée car elle permet de visualiser nettement les associations faunistiques.

Elle consiste en une représentation à deux dimensions de la matrice (niveau de similitude hiérarchisé et observations non hiérarchisées).

Le niveau de similitude entre les données est obtenu par l'application de l'algorithme :  $d_{h,ij} = \alpha d_{hi} + \alpha d_{hj} - \beta d_{ij}$  avec  $(2\alpha + \beta) = 1$

C'est la valeur de  $\beta$  qui donne l'allure générale du dendrogramme. Quand  $\beta$  tend vers -1, les valeurs sont exagérément groupées.

Dans la pratique, pour tracer un dendrogramme il faut joindre par un segment de droite les deux stations liées par l'indice de similitude le plus élevé à ce même niveau de similitude, et comparer ce couple aux autres stations. Celle qui lui est le plus proche lui est alors associée, à un niveau de similitude défini par l'algorithme précédent, et ainsi de suite.

#### **II-4-2 Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)**

La méthode choisie pour le traitement statistique des données des tableaux de contingence stations/espèces établis pour la zone d'étude est l'analyse factorielle simple des correspondances (AFC).

Cette méthode permet de faire entrer en jeu un grand nombre d'observations et de variables et ceci simultanément. Il s'agit de plus d'une méthode d'analyse fine et rapide des données qui met en évidence des particularités pouvant passer inaperçues lors de la construction du dendrogramme. Cette méthode est donc particulièrement adaptée à la cartographie de la faune benthique et à un suivi des peuplements.

Ce type d'analyse s'applique à des tableaux qui croisent deux variables qualitatives sur une population de  $n$  individus.

Les étapes qui mènent à la construction graphique de l'AFC sont les suivantes :

- 1) Tableau de contingence
- 2) Calculs des profils-lignes et des profils-colonnes :  
la ressemblance entre profils s'exprime par la distance du Khi2 ( $\chi^2$ ) qui mesure la liaison entre deux valeurs qualitatives.
- 3) Détermination de la matrice d'inertie
- 4) Recherche des valeurs propres et des vecteurs propres
- 5) Détermination des axes principaux d'inertie
- 6) Calculs des composantes principales
- 7) Représentation graphique

L'ensemble des points-lignes et des points-colonnes se révèle comme un nuage de points qui est la représentation graphique de dispersion des deux axes factoriels principaux.

L'ajustement des profils-lignes ou colonnes vise à donner une image plane approchée du nuage (quand le nuage est centré, le barycentre est pris comme origine).

Il y a une introduction du poids qui correspond à l'effectif spécifique par station dans le critère d'ajustement : chaque classe a une importance proportionnelle à la population qu'elle représente.

Cette construction de l'AFC est obtenue après traitement informatique grâce à un logiciel statistique (STAT-ITCF).

#### Règles d'interprétation du nuage de points-lignes et de points-colonnes :

- Un élément intéressant est la contribution en pourcentage de chaque point. Le plan principal est fait par les deux valeurs les plus représentées. Cette expression est importante car elle permet de classer les points selon le rôle plus ou moins grand qu'ils ont joué dans la détermination des axes. Les points dont les contributions relatives sont supérieures à 0,4 peuvent être mis en éléments supplémentaires car ils tirent l'axe vers eux et risquent de perturber la représentation des autres points.

- Le cosinus carré désigne la qualité de la représentation des points. Quand ceux-ci sont bien représentés, la projection est peu déformante :  $\cos^2 \# 1$ .

- Interprétation de l'inertie des axes :

les points qui ont de faibles contributions à l'inertie sont des points très légers du point de vue des effectifs. On améliore parfois la clarté des analyses factorielles en annulant la masse attribuée par ces points : ils sont mis en éléments supplémentaires donc dotés d'une masse nulle. Ils n'interviennent alors pas dans le calcul de la matrice mais sont positionnés sur les axes.

- Interprétation du graphique :

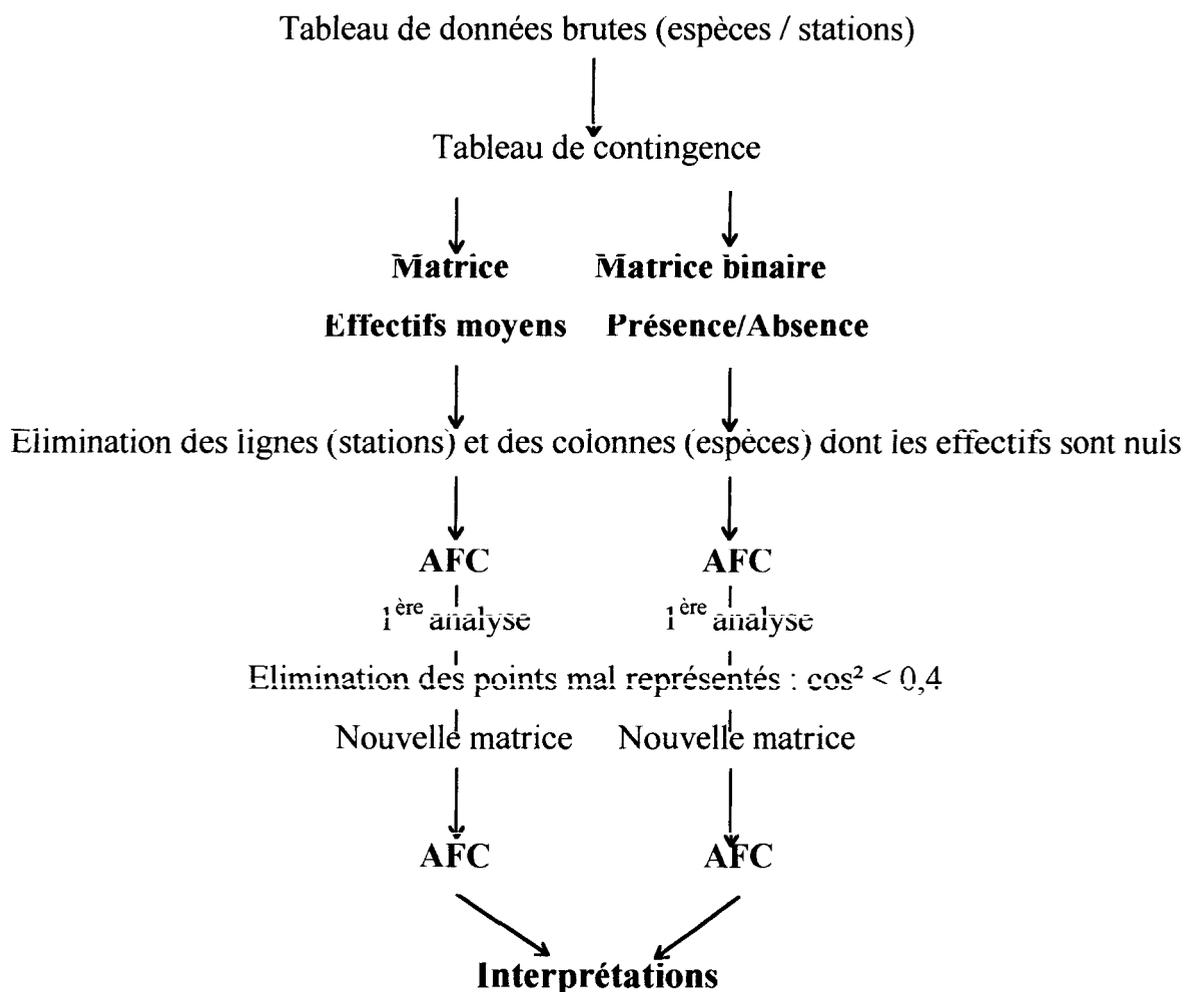
la lecture du plan factoriel peut s'effectuer à trois niveaux d'analyse selon que l'on considère :

- L'ensemble des catégories relatives aux stations. La proximité entre deux points-lignes (stations) signifie une similitude des profils du point de vue des espèces.
- L'ensemble des modalités concernant les espèces (colonnes).
- L'ensemble des points lignes et colonnes. Il sera possible d'identifier les modalités qui sont responsables de certaines proximités dans le plan de projection.

Limites de la méthode :

Cette méthode n'est applicable que pour deux groupes de valeurs qualitatives et ne met en évidence que les points communs entre ces deux groupes.

Protocole analytique des AFC :



**Chapitre III**  
**RESULTATS**

### III - RESULTATS

#### 1 - Granulométrie

La distribution des différentes classes granulométriques des sédiments a permis de définir le faciès de chaque station (voir annexe 1 représentant la classification granulométrique des sédiments). Les données sont regroupées dans le tableau 3.

Sur les 12 stations étudiées,

- 9 stations ont un faciès de sables fins (R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R11)
- 1 station a un faciès hétérogène envasé (R9)
- 1 station a un faciès de sables fins à cailloutis (R10)
- 1 station a un faciès de sables hétérogènes (R12).

Remarque : les faciès dits hétérogènes sont représentés par des stations ne contenant aucune fraction granulométrique majoritaire.

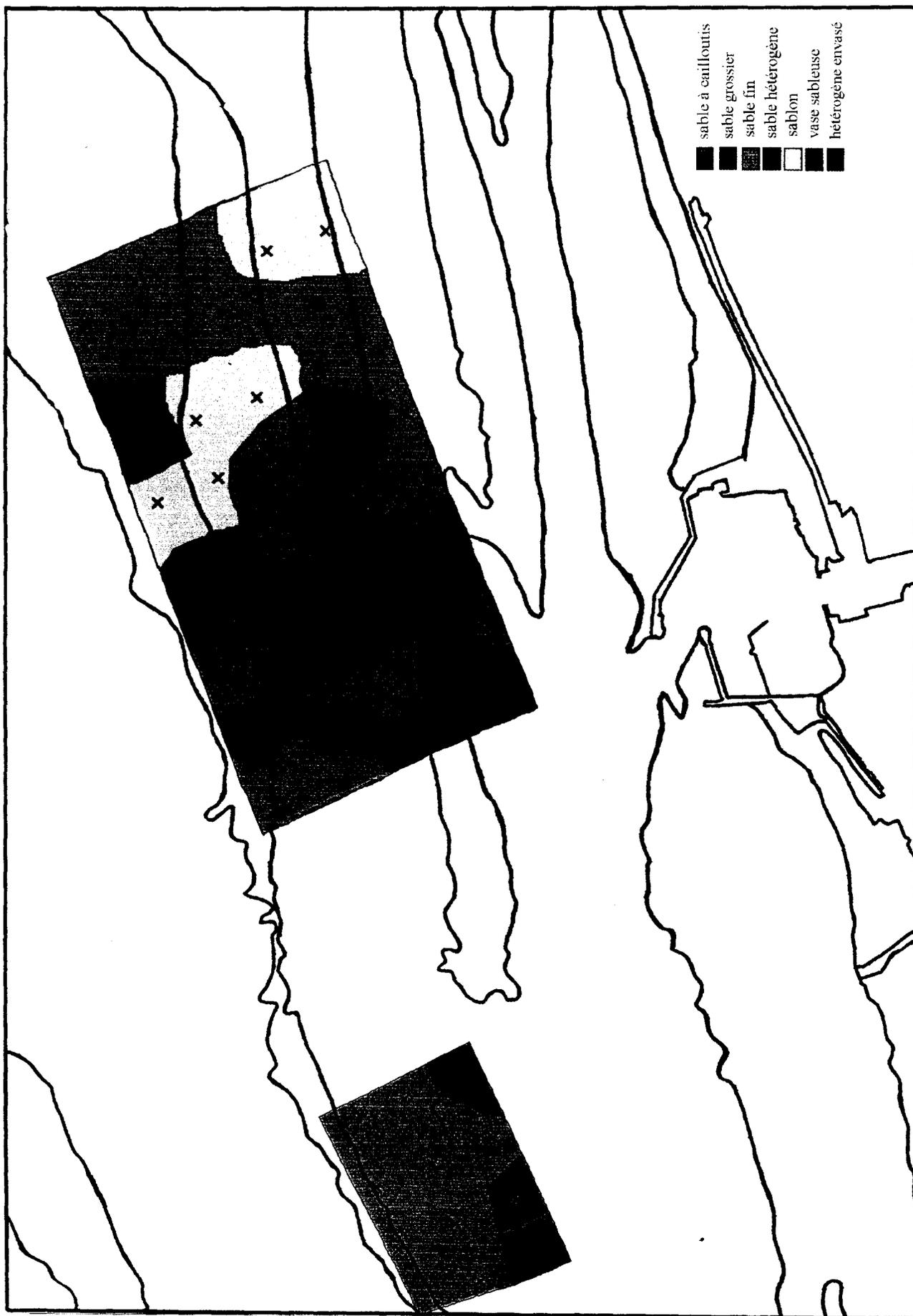
Ces résultats ont permis d'établir une cartographie des différents faciès granulométrique de la zone de référence (fig. 7).

Les paramètres statistiques calculés à partir des courbes cumulées ainsi que le classement sont donnés dans le tableau 4. Seules deux stations apparaissent faiblement classées : les stations R9 et R10 qui correspondent respectivement à un faciès hétérogène envasé et à un faciès de sables fins à cailloutis.

Le dendrogramme réalisé à partir des % de fractions (fig. 8) permet de définir un groupe principal (stations R1, R2, R3, R4, R5, R6, R11, R7 et R8) auquel se rattache la station R12 puis plus tardivement les deux stations R9 et R10.

stations	Limites des classes de fractions granulométriques							faciès
	< 63µm	[63µm;100µm[	[100µm;250µm[	[250µm;500µm[	[500µm;1m[	[1mm;2mm[	≥2mm	
R1	1,80	0,1	20,55	76,9	0,5	0,1	0,05	SF
R2	1,65	0,1	20,3	74,15	0,75	0,25	0,1	SF
R3	1,30	0,1	26,55	71,2	0,7	0,15	0	SF
R4	0,95	0,1	14,65	71,05	5,35	3,5	4,4	SF
R5	1,45	0,1	15,7	72,55	7,75	0,7	1,75	SF
R6	1,45	0,25	18,85	70,5	7,6	1	0,35	SF
R7	2,1	0,25	17	60,05	18,1	2,35	0,15	SF
R8	2,3	0,25	26,3	48,1	17,35	3,4	2,3	SF
R9	9,40	0,7	11,95	18,4	6,5	6	47,05	HE
R10	4,35	0,5	9,8	28,8	13,25	10,25	33,05	SC
R11	1,6	0,25	12,85	53,45	18,8	4,35	8,7	SF
R12	1,20	0,1	46,45	49,9	1,95	0,3	0,1	SH

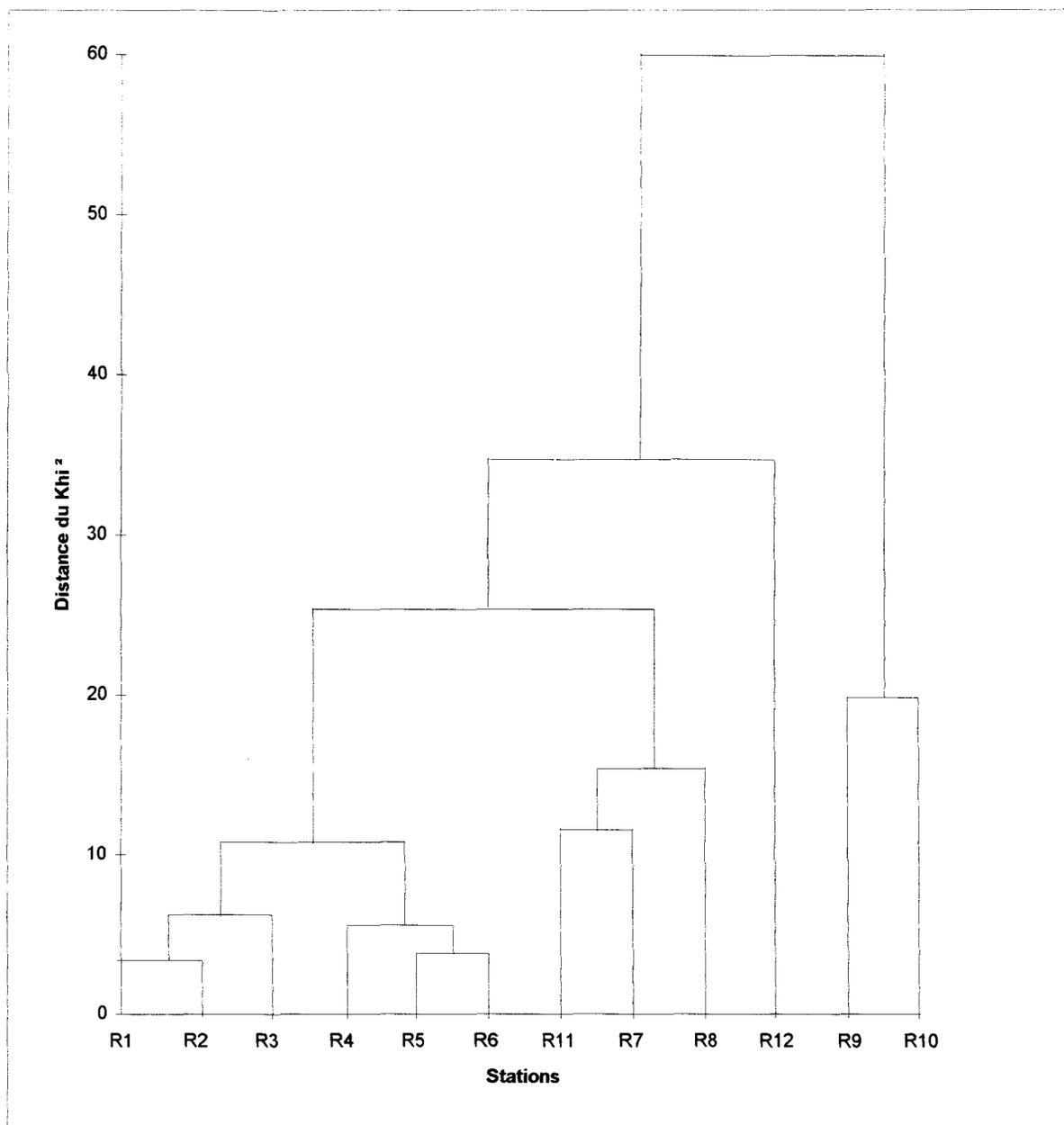
**Tableau 3 : Granulométrie des sédiments (en pourcentage de la masse sèche totale de l'échantillon) et faciès ( HE, Hétérogènes envasés ; SC, Sables à Cailloutis ; SF, Sables fins ; SH, Sables Hétérogènes), octobre 1995.**



**Figure 7 : cartographie des différents faciès granulométriques sur la zone de référence et sur les zones de vidage (campagne d'Octobre 1995).**

Stations	Granulométrie : pourcentages cumulés							Paramètres statistiques				
	[50µm;63µm[	[63µm;100µm[	[100µm;250µm[	[250µm;500µm[	[500µm;1mm[	[1mm;2mm[	[2mm;5mm[	Médiane	1 <sup>er</sup> quartile	3 <sup>ème</sup> quartile	S <sub>0</sub>	Classement
R1	1,80	1,90	22,45	99,35	99,85	99,95	100,00	330	265	410	1,24	TBC
R2	1,65	1,75	24,75	98,90	99,65	99,90	100,00	320	251	400	1,26	TBC
R3	1,30	1,40	27,95	99,15	99,85	100,00	100,00	310	226	390	1,31	TBC
R4	0,95	1,05	15,70	86,75	92,10	95,60	100,00	350	273	446	1,28	BC
R5	1,45	1,55	17,25	89,80	97,55	98,25	100,00	340	270	430	1,26	TBC
R6	1,45	1,70	20,55	91,05	98,65	99,65	100,00	335	264	427	1,27	BC
R7	2,10	2,35	19,35	79,40	97,50	99,85	100,00	358	266	478	1,34	TBC
R8	2,30	2,55	28,85	76,95	94,30	97,70	100,00	340	216	490	1,51	BC
R9	9,40	10,10	22,05	40,45	46,95	52,95	100,00	1400	280	3100	3,33	FC
R10	4,35	4,85	14,65	43,45	56,70	66,95	100,00	720	325	2490	2,77	FC
R11	1,60	1,85	14,70	68,15	86,95	91,30	100,00	397	285	640	1,49	TBC
R12	1,20	1,30	47,75	97,65	99,60	99,90	100,00	260	161	368	1,52	BC

Tableau 4 : Granulométrie (en % cumulés de la masse sèche totale de l'échantillon), paramètres statistiques et classement ( TBC, très bien classé ; BC, bien classé ; FC, faiblement classé ), campagne d'octobre 1995.



**Figure 8 : dendrogramme des fractions granulométriques.**

## 2 - Etude de la macrofaune

Les organismes recueillis lors de la campagne de prélèvement d'octobre 1995 ont été déterminés jusqu'à l'espèce, si possible. La liste générale des espèces récoltées est présentée dans les tableaux 5 et 5bis. Un comptage par espèce et par échantillon a été effectué. Les espèces *Balanus crenatus* ainsi que *Abietinaria abietina*, *Hydractinia echinata*, *Obelia geniculata*, *Conopeum reticulatum*, *Electra pilosa* n'ont pas été comptabilisées mais évaluées par des côtes d'abondance (\*\*\*) Abondance forte, \*\* Abondance moyenne, \* Présence) car la première est sessile et les suivantes coloniales. Cet échantillonnage a permis de calculer les densités et dominances spécifiques et taxonomiques. Ces relevés faunistiques réalisés sur chacun des réplicats représentant le contenu d'une benne « Van Veen » sont présentés dans les annexes 2 à 13.

Les effectifs spécifiques moyens par station sont présentés sur le tableau 6.

La biodiversité des stations est représentée par les dominances taxonomiques en pourcentage (figure 9).

L'indice de Shannon-Weaver ainsi que la régularité ont également été calculés (tab.7).

Il a été possible de classer les espèces en fonction de leur constance (tab.8). Sur les 33 espèces récoltées, 4 espèces sont constantes : *Nephtys longosetosa*, *Glycera convoluta*, *Ophelia borealis*, *Nerine cirratulus* (*Nephtys longosetosa* étant la seule espèce présente sur tous les sites de prélèvement), 2 espèces sont communes, 5 sont peu communes et 22 sont rares.

Un Diagramme Rang-Fréquence a également été réalisé à partir des abondances à titre de comparaison avec les résultats de la seconde campagne (fig.10). La courbe obtenue montre une allure complexe. On note la présence de deux paliers, le second correspondant aux espèces rares. Ce diagramme présente une allure générale concave signifiant que, sur ce site d'étude, diversité et régularité sont faibles.

Une exploitation statistique a ensuite été entreprise sous forme d'une AFC des 27 espèces dont les individus pouvaient être comptabilisés et des 12 stations (fig.11a, 11b, 11c, 11d). Les contributions à l'inertie des quatre axes sommées des AFC atteignent 80% démontrant une bonne fiabilité des représentations.

Le pourcentage en poids et la qualité de représentation sur le plan de projection ( $\cos^2$ ) des variables (stations) et observations (espèces) des AFC permettent les constatations suivantes :

- les deux stations ayant le plus de poids sont **R5** et **R12**. Ces stations sont le mieux représentées sur l'**axe 1** avec respectivement une contribution relative à l'inertie expliquée par l'axe de 54,8 % et 41,8%.

- L'**axe 2** représente le mieux la station **R10** avec une contribution relative à l'inertie de 52,8%.

- L'**axe 3** représente mal toutes les stations et seule la station **R10** se dégage avec une contribution relative à l'inertie de 41,5%.

- L'**axe 4** donne une très bonne représentation de la station **R9** avec une très forte contribution à l'inertie : 90,2%.

En ce qui concerne l'analyse des espèces :

- l'espèce ayant le plus de poids est *Nephtys longosetosa* avec 44,95%, puis *Urothoë grimaldii* et *Eupagurus bernhardus* avec environ 14% chacun suivi de *Nerine cirratulus*, *Ophelia borealis* et *Glycera convoluta*.

- Les espèces bien représentées sur l'**axe 1** sont : *Nereis longissima*, *Urothoë grimaldii*, *Eupagurus bernhardus*, *Eupagurus prideauxii* et *Palaemon serratus* mais, seules, *Eupagurus bernhardus* et *Urothoë grimaldii* ont une bonne contribution à l'inertie (respectivement 38,7% et 50,0%).

- Les espèces bien représentées sur l'**axe 2** sont : *Cephalothrix sp.*, *Arca lactea* et *Macra corallina*. Les espèces ayant une bonne contribution à l'inertie sont : *Arca lactea*, *Urothoë grimaldii* et *Eupagurus bernhardus*.

- La seule espèce bien représentée par l'**axe 3** est *Nephtys longosetosa*. Les espèces ayant une bonne contribution pour cet axe sont : *Nephtys longosetosa*, *Arca lactea* et *Urothoë grimaldii*.

- Sur l'**axe 4** sont très bien représentées : *Notomastus latericeus*, *Callianassa subterranea*, *Portunus holsatus* et *Stenorhynchus phalangium* avec, toutes, une même contribution à l'inertie de 20,3%. Cet axe apparaît donc intéressant car il est le seul à très bien représenter ces quatre espèces.

Ces résultats sont résumés dans le tableau suivant (Tab.9) qui présente les stations et les espèces ayant le plus de poids dans le nuage de points.

	<b>Axe 1</b>	<b>Axe 2</b>	<b>Axe 3</b>	<b>Axe 4</b>
<b>Stations</b>	R5 R12	R10 (R12) (R5)	R10 (R12)	R9
<b>Espèces</b>	<i>Eupagurus bernhardus</i>	<i>Arca lactea</i>	<i>Arca lactea</i>	<i>Notomastus latericeus</i>
	<i>Urothoë grimaldii</i>	( <i>Urothoë grimaldii</i> )	<i>Nephtys longosetosa</i>	<i>Callianassa subterranea</i>
	( <i>Eupagurus prideauxii</i> )	( <i>Eupagurus bernhardus</i> )	<i>Urothoë grimaldii</i>	<i>Portunus holsatus</i>
				<i>Stenorhynchus phalangium</i>

**Tableau 9: stations et espèces définissant les différents axes.**  
( ) = dans une moindre mesure.

Au vu des résultats, il apparaît intéressant de traiter avec les axes 1, 2 et 4 selon deux plans de projection : axe1/axe2 et axe1/axe4 (figures 11c et 11d).

Le dendrogramme a été réalisé afin de compléter les résultats donnés par l'AFC. Il est présenté figure 12.

TAXONS	NOM SCIENTIFIQUE	NOM COMMUN	AUTEUR/DATE	TYPE DE SUBSTRAT	MODE DE NUTRITION
<b>Cnidaires</b> <b>Hydrozoaires</b>	<i>Abietinaria abietina</i>		Linné	Substrat rocheux	Suspensivore
	<i>Hydractinia echinata</i>		Flemming	Coquilles de buccins	Suspensivore
	<i>Obelia geniculata</i>		Linné	Algues	Suspensivore
<b>Némertiens</b>	<i>Cephalotrix rufifrons</i>		Johnston	Vase, pierre	Prédateur
	<i>Cerebratulus sp.</i>				
<b>Annélides</b> <b>Polychètes errantes</b>	<i>Glycera convoluta</i>		Keferstein	Sable, vase	Prédateur
	<i>Nephtys longosetosa</i>		Oersted	Sable	Prédateur
	<i>Nereis longissima</i>		Johnston/1840	Sable	Prédateur
	<i>Nerine cirratulus</i>		Delle Chiaje	Sable, vase	Prédateur
	<i>Phyllodoce maculata</i>		Linné	Sable vaseux, sous pierres	Prédateur
<b>Polychètes sédentaires</b>	<i>Magelona papillicornis</i>		Müller	Sable	Dépositivore
	<i>Notomastus latericeus</i>		Delle Chiaje/1844	Sable vaseux	Suspensivore
	<i>Ophelia borealis</i>		Quatrefages	sable	
	<i>Scoloplos armiger</i>		Müller	Sable	Dépositivore, limivore
<b>Bryozoaire</b>	<i>Conopeum reticulum</i>			Algues, Pierres	Suspensivore
<b>Mollusques</b> <b>Lamellibranches</b>	<i>Arca lactea</i>	Arche	Linné	Pierres, Rochers	Suspensivore
	<i>Ensis directus</i>	Couteau	Conrad/1843	Sables	Suspensivore
	<i>Mactra corallina</i>	Mactre coralline	Linné/1758	Sables	Suspensivore
	<i>Mactra solida</i>	Mactre solide	Linné/1758	Sables	Suspensivore

**Tableau 5 : liste générale des espèces vivantes répertoriées sur la zone de référence campagne d'octobre 1995.**

TAXONS	NOM SCIENTIFIQUE	NOM (S) COMMUN (S)	AUTEUR/DATE	TYPE DE SUBSTRAT	REGIME ALIMENTAIRE
<b>Crustacés</b>	<i>Balanus crenatus</i>	Balane	Bruguère/1789	Substrat rocheux	Suspensivore
<b>Cirripèdes</b>	<i>Bathyporeia sp</i>		Lindstörn	Sable	
<b>Amphipodes</b>	<i>Urothoe sp.</i>		Dana	Sable, débris coquilliers	
<b>Schizopodes</b>	<i>Gastrosaccus spinifer</i>				
<b>Décapodes</b>	<i>Callianassa subterranea</i>		Leach	Sables, Vase	
	<i>Cangron vulgaris</i>				
	<i>Eupagurus bernhardus</i>	Bernard-l'ermite	Linné	Sables	Nécrophage
	<i>Eupagurus prideauxi</i>		Leach	Sables, Vase	Nécrophage
	<i>Palaemon serratus</i>				
	<i>Portunus holsatus</i>		Fabricius/1798	Sable	Nécrophage
	<i>Processa parva</i>				
	<i>Stenorhynchus phalangium</i>				
	<i>Thia polita</i>		Leach	Sable	Nécrophage

**Tableau 5bis : liste générale des espèces vivantes répertoriées sur la zone de référence campagne d'octobre 1995 (suite).**

ESPECES	STATIONS											
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
<i>Cephalothrix sp.</i>			0,2		0,2			0,67		0,67		
<i>Cerebratulus sp.</i>			0,2		0,2							
<i>Glycera convoluta</i>			0,4		1,6	1	1	0,33	0,67	0,67	1,2	
<i>Nephtys longosetosa</i>	5,33	4	8,8	3,33	5,4	4	4,67	5,33	1	0,67	2,4	8
<i>Nereis longissima</i>					0,2							
<i>Nerine cirratulus</i>	2	1,66	1,2	0,33	0,2							0,33
<i>phyllodoce maculata</i>			0,4									
<i>Magelona papillicornis</i>		0,33										
<i>Notomastus latericeus</i>									0,33			
<i>Ophelia borealis</i>	1	0,33	1,2	1,33			0,67	1,67			0,2	
<i>Scoloplos armiger</i>						0,33						
<i>Arca lactea</i>										1,67		
<i>Ensis directus</i>	0,33											
<i>Mactra corallina</i>										0,33		
<i>Mactra solida</i>							0,33					
<i>Bathyporeia sp.</i>	0,33		0,2									
<i>Urothoë grimaldii</i>												16,33
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	0,33		0,4									
<i>Callianassa subterranea</i>									0,33			
<i>Crangon vulgaris</i>			0,2									
<i>Eupagurus bernhardus</i>					17,2				0,33			
<i>Eupagurus prideauxi</i>					1,6							
<i>Palaemon serratus</i>												0,33
<i>Portunus holsatus</i>									0,33			
<i>Processa parva</i>											0,2	
<i>Stenorhynchus phalangium</i>									0,33			
<i>Thia polita</i>								0,67	0,33			

Tableau 6 : effectifs spécifiques moyens par station.

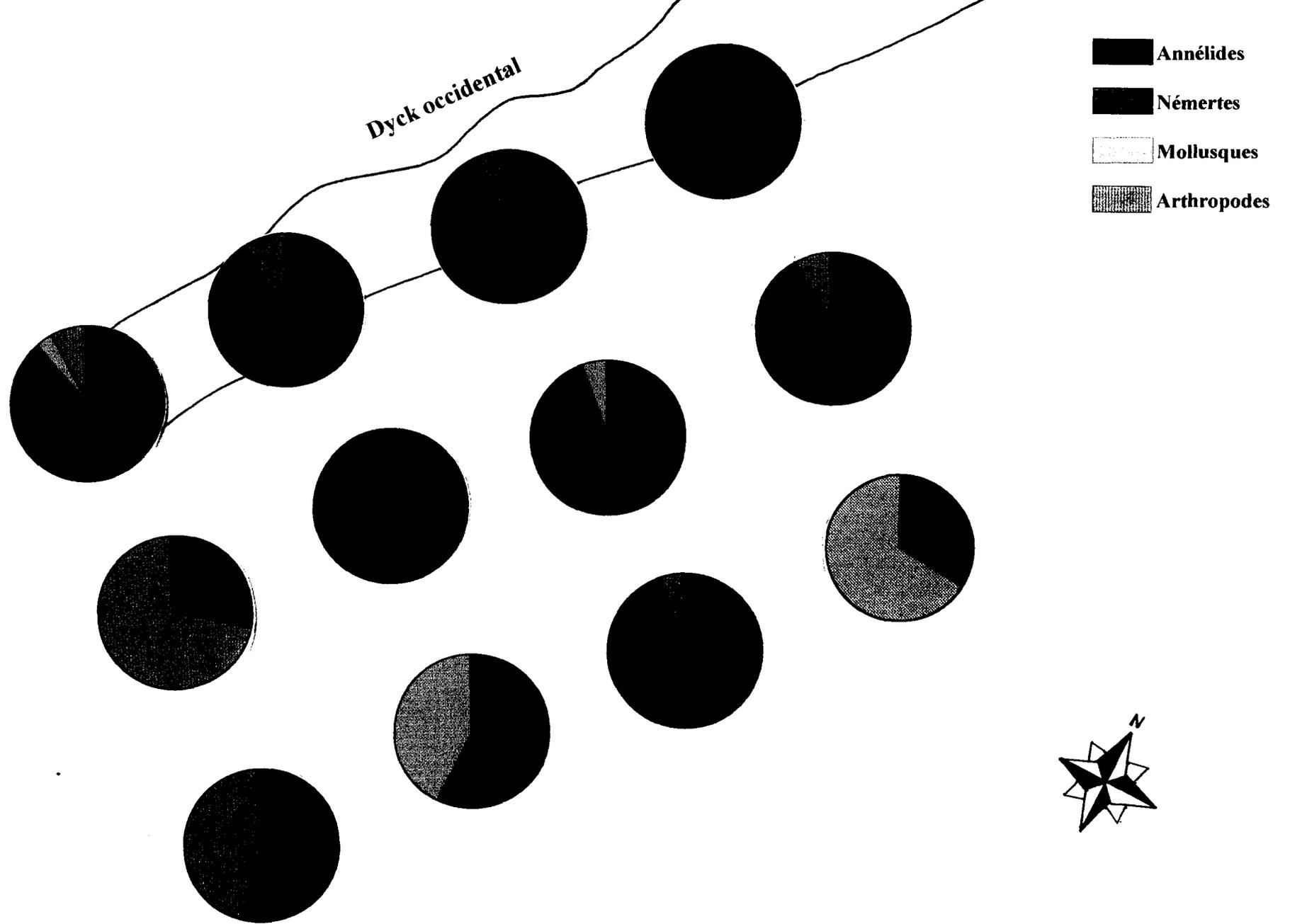


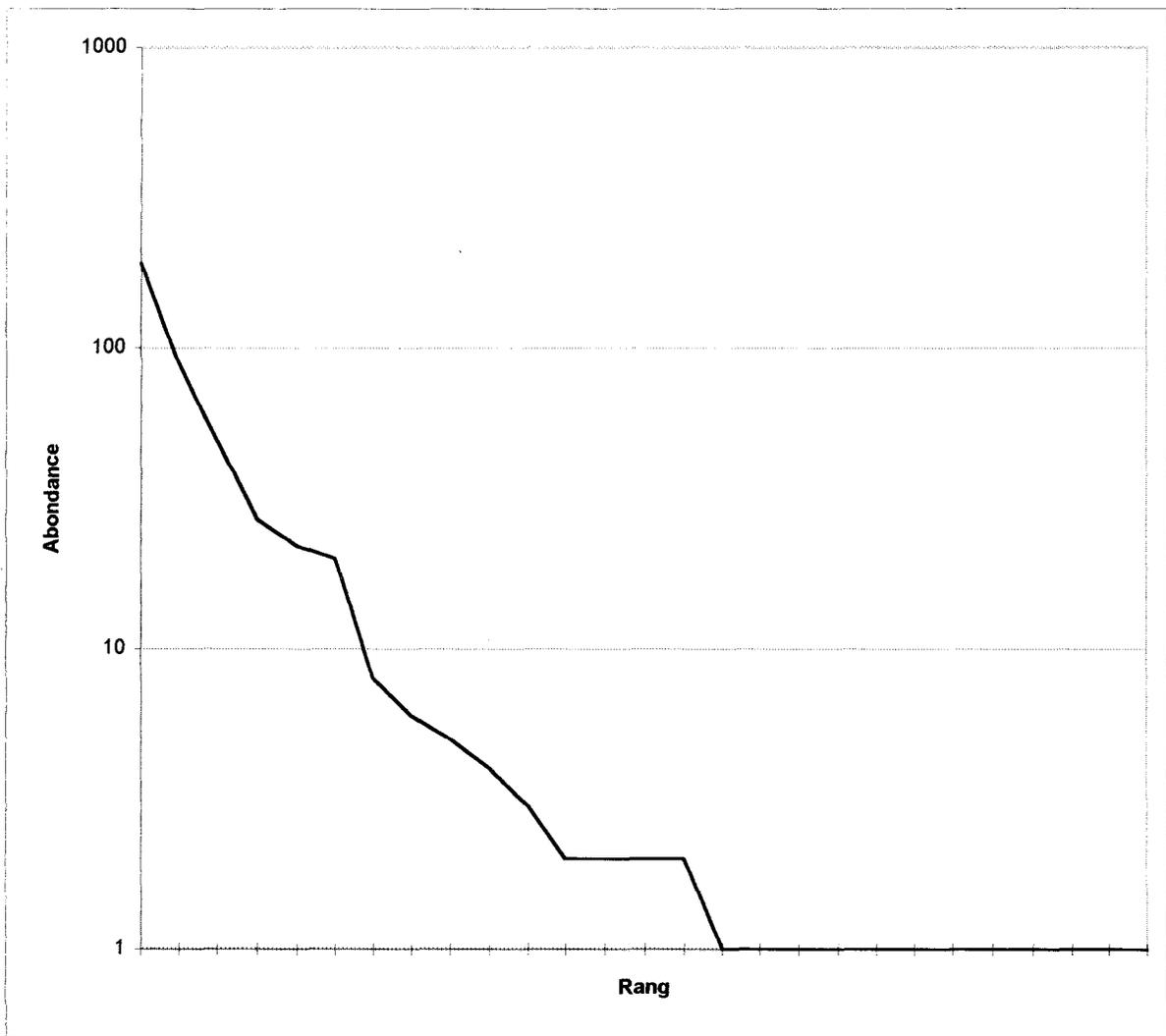
Figure 9 : répartition des dominances taxonomiques en %.

STATION	Nombre d'espèces	Indice de Shannon-Weaver	Régularité
R1	6	1,798	0,6956
R2	6	1,791	0,6928
R3	10	1,843	0,5547
R4	3	1,159	0,7312
R5	8	1,568	0,5225
R6	3	1,014	0,6397
R7	4	1,319	0,6595
R8	5	1,638	0,7054
R9	8	2,85	1,7981
R10	6	2,406	0,9308
R11	4	1,395	0,6977
R12	4	1,09	0,3633

**Tableau 7 : abondance spécifique, indice de Shannon Weaver (en bits) et régularité par station.**

Espèces	Constance (C)	Fréquence (F)
<i>Nephtys longosetosa</i>	100	espèces constantes $C \geq 50 \%$
<i>Glycera convoluta</i>	66,66	
<i>Ophelia borealis</i>	58,33	
<i>Nerine cirratulus</i>	50	
<i>Conopeum reticulum</i>	41,66	espèces communes $50 > C \geq 25 \%$
<i>Cephalothrix sp.</i>	33,33	
<i>Cerebratulus sp.</i>	16,66	espèces peu communes $25 > C \geq 12,5 \%$
<i>Balanus crenatus</i>	16,66	
<i>Bathyporeia sp.</i>	16,66	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	16,66	
<i>Eupagurus bernhardus</i>	16,66	
<i>Abietinaria abietina</i>	8,33	espèces rares $C < 12,5 \%$
<i>Hydractinia echinata</i>	8,33	
<i>Obelia geniculata</i>	8,33	
<i>Nereis longissima</i>	8,33	
<i>Phyllodoce maculata</i>	8,33	
<i>Magelona papallicornis</i>	8,33	
<i>Notomastus latericeus</i>	8,33	
<i>Scoloplos armiger</i>	8,33	
<i>Electra pilosa</i>	8,33	
<i>Arca lactea</i>	8,33	
<i>Ensis directus</i>	8,33	
<i>Mactra corallina</i>	8,33	
<i>Mactra solida</i>	8,33	
<i>Urothoe grimaldii</i>	8,33	
<i>Callianassa subterranea</i>	8,33	
<i>Crangon vulgaris</i>	8,33	
<i>Eupagurus prideauxi</i>	8,33	
<i>Palaemon serratus</i>	8,33	
<i>Portunus holsatus</i>	8,33	
<i>Processa parva</i>	8,33	
<i>Stenorhynchus phalangium</i>	8,33	
<i>Thia polita</i>	8,33	

**Tableau 8 : constances des espèces recensées sur la zone de référence.**



**Figure 10 : Diagramme Rang-Fréquence global**

URS PROPRES ET VECTEURS PROPRES

IGNE : VALEURS PROPRES (VARIANCES SUR LES AXES PRINCIPAUX)  
 IGNE : CONTRIBUTION A L'INERTIE TOTALE (POURCENTAGES EXPLIQUES PAR LES AXES PRINCIPAUX)

Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4
0.7052	0.6013	0.5345	0.4011
25.2 %	21.5 %	19.1 %	14.3 %

URS PROPRES (COEFFICIENTS DES VARIABLES DANS L'EQUATION LINEAIRE DES AXES PRINCIPAUX)

R1	0.2724	-0.4473	1.0759	-0.6247
R2	0.2715	-0.3786	1.0035	-0.5874
R3	0.1961	-0.4503	0.8480	-0.4238
R4	0.2446	-0.4542	0.9554	-0.4204
R5	-1.5578	0.8562	-0.4527	-0.2202
R6	0.0622	-0.4214	0.5404	0.0414
R7	0.1015	-0.4539	0.6652	-0.0729
R8	0.1266	-0.6773	0.6586	0.0906
R9	-0.5265	-0.5133	0.6133	5.3945
R10	-0.4362	-3.9385	-3.4920	-0.3275
R11	-0.0332	-0.5149	0.4972	0.1854
R12	1.4035	0.9200	-0.9342	0.1361

**Figure 11a : AFC, valeurs propres et vecteurs propres.**

Cep : *Cephalothrix sp.*, Cer : *Cerebratulus sp.*, Gly : *Glycera convoluta*, Nep : *Nephtys longosetosa*, Nel : *Nereis longissima*, Nec : *Nerine cirratulus*, Phy : *Phyllodoce maculata*, Mag: *Magelona papillicornis*, Not : *Notomastus latericeus*, Oph : *Ophelia borealis*, Sco : *Scoloplos armiger*, Arc : *Arca lactea*, Ens : *Ensis directus*, Mac : *Mactra corallina*, Mas : *Mactra solida*, Bat : *Bathyporeia sp.*, Uro : *Urothoë grimaldii*, Gas : *Gastrosaccus spinifer*, Cal: *Callianassa subterranea*, Cra : *Crangon vulgaris*, Eub : *Eupagurus bernhardus*, Eup : *Eupagurus prideauxi*, Pal : *Palaemon serratus*, Por : *Portunus holsatus*, Pro : *Processa parva*, Ste : *Stenorhyncus phalangium*, Thi : *Thia polita*.

CHACQUE AXE :

1ERE COLONNE : COORDONNEE

2E COLONNE : COSINUS CARRES (QUALITE DE LA REPRESENTATION)

3E COLONNE : CONTRIBUTION RELATIVE A L'INERTIE EXPLIQUEE PAR L'AXE

LIGNES AXES PRINCIPAUX

POIDS (en %)	AXE 1		AXE 2		AXE 3		AXE 4					
7.92	0.229	0.029	0.6	-0.347	0.066	1.6	0.757	0.341	9.2	-0.396	0.086	3.1
5.37	0.226	0.022	0.4	-0.309	0.041	0.9	0.734	0.231	5.4	-0.373	0.060	1.9
11.21	0.165	0.027	0.4	-0.349	0.120	2.3	0.620	0.379	8.1	-0.268	0.071	2.0
4.24	0.205	0.030	0.3	-0.352	0.089	0.9	0.698	0.351	3.9	-0.266	0.051	0.7
22.59	-1.308	0.750	54.8	0.664	0.193	16.6	-0.331	0.046	4.6	-0.139	0.009	1.1
4.53	0.052	0.001	0.0	-0.327	0.046	0.5	0.395	0.070	1.3	0.026	0.000	0.0
5.66	0.085	0.005	0.1	-0.352	0.081	1.2	0.486	0.154	2.5	-0.046	0.001	0.0
7.36	0.106	0.007	0.1	-0.525	0.167	3.4	0.467	0.132	3.0	0.057	0.002	0.1
3.10	-0.442	0.016	0.9	-0.398	0.013	0.8	0.448	0.016	1.2	3.417	0.939	90.2
3.41	-0.366	0.008	0.6	-0.054	0.560	52.8	-2.553	0.405	41.5	-0.207	0.003	0.4
3.40	-0.028	0.000	0.0	-0.379	0.056	0.9	0.361	0.045	0.8	0.117	0.005	0.1
21.22	1.179	0.585	41.6	0.713	0.214	16.0	-0.683	0.197	18.5	0.087	0.003	0.4

ETUDE DES LIGNES (Observations) DU TABLEAU

CHACQUE AXE :

1ERE COLONNE : COORDONNEE

2E COLONNE : COSINUS CARRES (QUALITE DE LA REPRESENTATION)

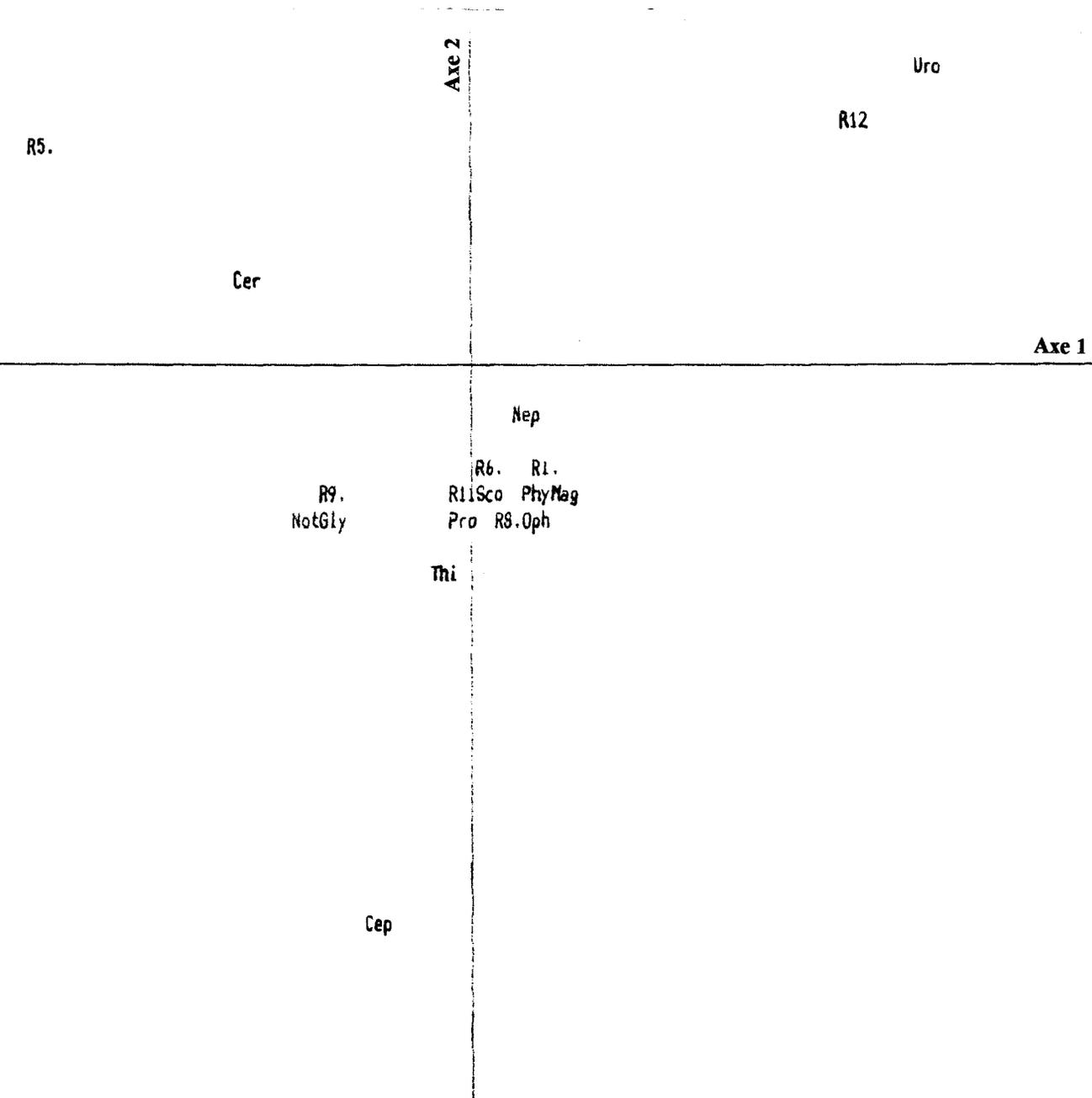
3E COLONNE : CONTRIBUTION RELATIVE A L'INERTIE EXPLIQUEE PAR L'AXE

LIGNES AXES PRINCIPAUX

POIDS (en %)	AXE 1		AXE 2		AXE 3		AXE 4					
1.48	-0.275	0.014	0.2	-1.731	0.540	7.4	-1.053	0.200	3.1	-0.165	0.005	0.1
0.34	-0.681	0.198	0.2	0.203	0.018	0.0	0.198	0.017	0.0	-0.322	0.044	0.1
5.83	-0.421	0.109	1.5	-0.511	0.160	2.5	-0.045	0.001	0.0	0.450	0.125	2.9
44.95	0.159	0.122	1.6	-0.175	0.149	2.3	0.351	0.599	10.4	-0.094	0.043	1.0
0.17	-1.558	0.708	0.6	0.856	0.214	0.2	-0.453	0.060	0.1	-0.220	0.014	0.0
4.86	0.256	0.025	0.5	-0.310	0.037	0.8	0.831	0.265	6.3	-0.502	0.097	3.1
0.34	0.196	0.005	0.0	-0.450	0.026	0.1	0.848	0.091	0.5	-0.424	0.023	0.2
0.28	0.272	0.004	0.0	-0.399	0.009	0.1	1.004	0.057	0.5	-0.589	0.020	0.2
0.28	-0.527	0.009	0.1	-0.513	0.008	0.1	0.613	0.012	0.2	5.394	0.931	20.3
5.44	0.187	0.019	0.3	-0.510	0.141	2.3	0.829	0.374	7.0	-0.273	0.041	1.0
0.28	0.062	0.000	0.0	-0.421	0.008	0.1	0.540	0.014	0.2	0.041	0.000	0.0
1.42	-0.436	0.007	0.4	-3.938	0.547	36.6	-3.492	0.430	32.4	-0.327	0.004	0.4
0.28	0.272	0.006	0.0	-0.447	0.017	0.1	1.076	0.100	0.6	-0.625	0.034	0.3
0.28	-0.436	0.007	0.1	-3.938	0.547	7.2	-3.492	0.430	6.4	-0.327	0.004	0.1
0.28	0.101	0.001	0.0	-0.454	0.012	0.1	0.665	0.027	0.2	-0.073	0.000	0.0
0.45	0.244	0.011	0.0	-0.446	0.039	0.2	0.990	0.190	0.8	-0.549	0.058	0.3
13.87	1.403	0.531	38.7	0.920	0.228	19.5	-0.934	0.235	22.6	0.138	0.005	0.7
0.62	0.231	0.012	0.0	-0.447	0.047	0.2	0.951	0.212	1.0	-0.515	0.062	0.4
0.28	-0.527	0.009	0.1	-0.513	0.008	0.1	0.613	0.012	0.2	5.394	0.931	20.3
0.17	0.196	0.005	0.0	-0.450	0.026	0.1	0.848	0.091	0.2	-0.424	0.023	0.1
14.89	-1.538	0.723	50.0	0.830	0.211	17.1	-0.433	0.057	5.2	-0.114	0.004	0.5
1.36	-1.558	0.708	4.7	0.856	0.214	1.7	-0.453	0.060	0.5	-0.220	0.014	0.2
0.28	1.403	0.531	0.8	0.920	0.228	0.4	-0.934	0.235	0.5	0.138	0.005	0.0
0.28	-0.527	0.009	0.1	-0.513	0.008	0.1	0.613	0.012	0.2	5.394	0.931	20.3
0.17	-0.033	0.000	0.0	-0.515	0.009	0.1	0.493	0.009	0.1	0.185	0.001	0.0
0.28	-0.527	0.009	0.1	-0.513	0.008	0.1	0.613	0.012	0.2	5.394	0.931	20.3
0.85	-0.089	0.001	0.0	-0.623	0.045	0.5	0.630	0.046	0.6	1.841	0.394	7.2

Figure 11b : AFC, étude des variables et des lignes du tableau.

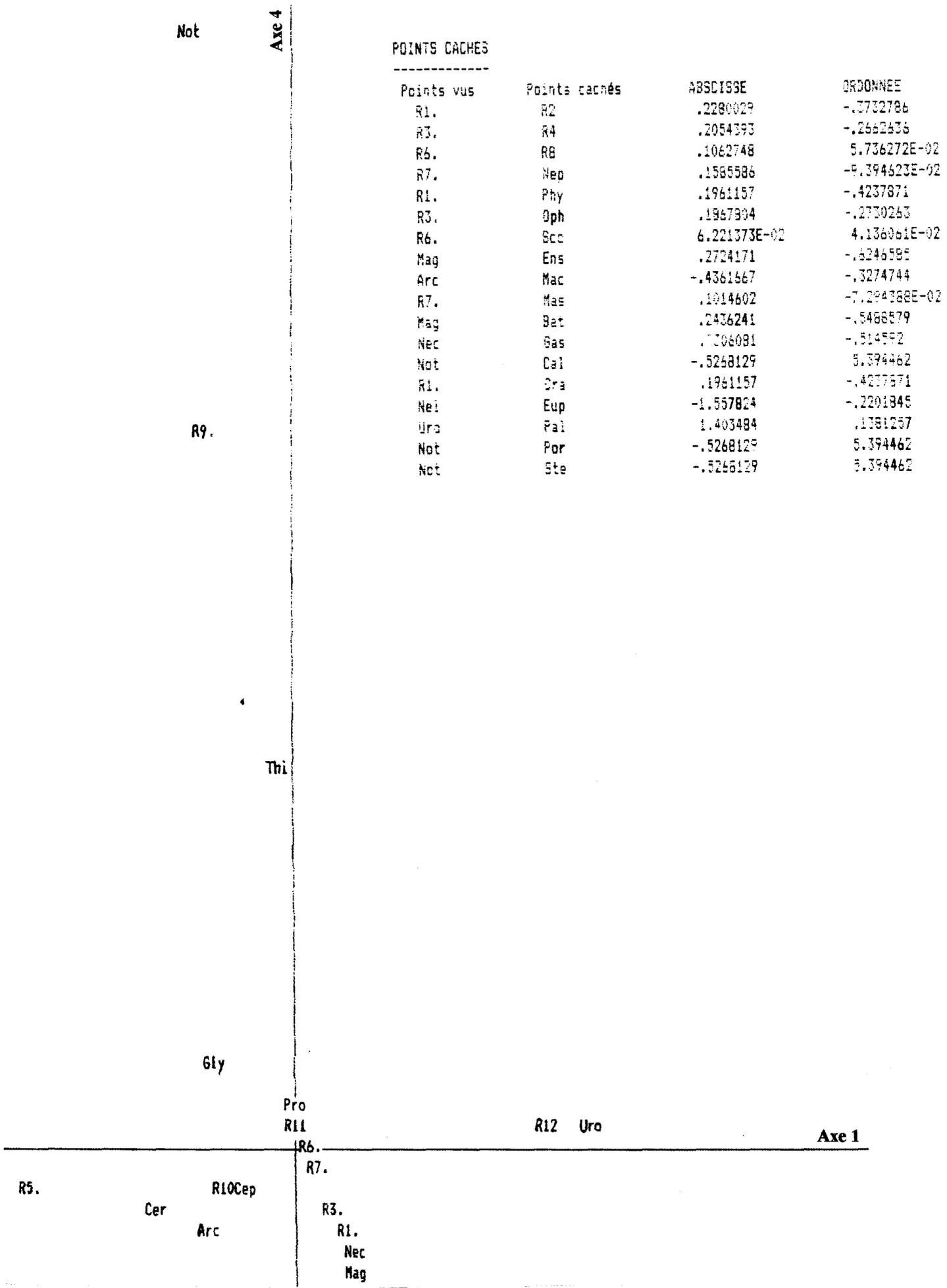
Figure 11c : AFC, projection sur l'axe 1 et l'axe 2.

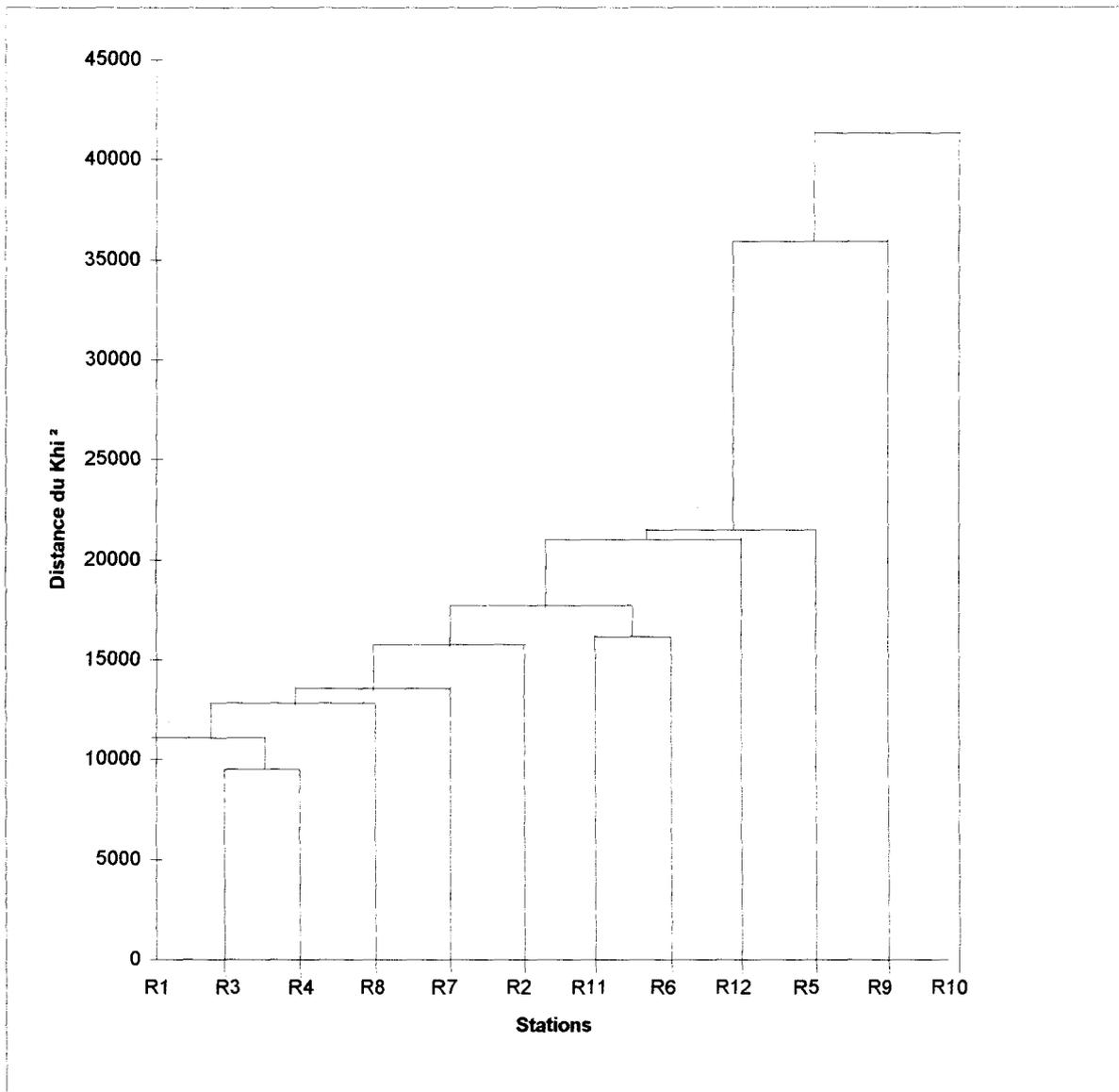


POINTS CACHES

Points vus	Points cachés	ABSCISSE	ORDONNEE
R1.	R2	.2260029	-.3090668
R1.	R3	.164693	-.3491986
R1.	R4	.2054393	-.3521731
R6.	R7	8.520372E-02	-.35195e2
R1.	Nec	.2558018	-.3097365
Mag	Ens	.2724171	-.4473068
Arc	Mac	-.4361667	-3.938486
Sco	Mas	.1014602	-.4538923
Mag	Bat	.2436241	-.4484499
Mag	Gas	.2306081	-.4489667
Not	Cal	-.5268129	-.5133384
Phy	Cra	.1961157	-.450336
Nel	Eup	-1.557624	.8562419
Uro	Fal	1.403484	.9199915
Not	Por	-.5268129	-.5133384
Not	Ste	-.5268129	-.5133384

Figure 11d : AFC, projection sur l'axe 1 et l'axe 4.





**Figure 12 : dendrogramme des abondances taxonomiques.**

**Chapitre IV**  
**DISCUSSION**

## IV - DISCUSSION

### IV-1 Analyse des résultats granulométriques

Dans l'ensemble, la zone d'étude présente un faciès de sables fins. Néanmoins, trois stations se distinguent d'un point de vue granulométrique ; il s'agit des stations R9 (hétérogènes envasés), R10 (sables à cailloutis) et R12 (sables hétérogènes).

L'interprétation du dendrogramme à l'aide du tableau 3 représentant la répartition des sédiments dans les différentes classes granulométriques permet de dégager un groupe principal homogène composé des stations R1, R2, R3, R4, R5, R6, R11, R7 et R8. C'est principalement la fraction  $[500\mu\text{m} ; 1\text{mm}]$  qui explique le regroupement des stations à l'intérieur de ce groupe caractéristique des stations à sables fins. Ainsi, cette classe permet de regrouper ensemble les stations R1, R2, R3 à sables fins ; les stations R4, R5, R6 à sables fins un peu plus grossiers que les stations précédentes et enfin les stations R11, R7 et R8 à sables fins plus hétérogènes que les 6 stations précédentes. La station R12 de sables hétérogènes se rattache ensuite à ce groupe principal des sables fins puis, très tardivement, les deux stations R9 et R10 qui se différencient donc fortement des autres stations. Ces stations sont en effet similaires car toutes deux composées d'un pourcentage important de lutites ( $<63\mu\text{m}$ ) et de cailloutis ( $> 2\text{mm}$ ) correspondant à un faciès de cailloutis envasés.

Le classement des stations réalisé grâce aux paramètres statistiques (tab.4) indiquent que ces mêmes stations R9 et R10 sont faiblement classées alors que les autres stations, y compris la station R12 à sables hétérogènes, sont bien classées, voire très bien classées.

Il faut noter que géographiquement ces deux stations sont celles situées le plus au sud de la zone d'étude, à proximité du chenal d'accès de l'avant-port et pourraient donc être perturbées par ce dernier. D'autre part, il ne faut pas oublier que cette zone d'étude se situe dans le voisinage du panache de l'Aa, ce qui pourrait éventuellement influencer la sédimentation.

Les faciès observés sur cette zone d'étude correspondent à la granulométrie décrite par Prygiel *et al.* (1988) si l'on considère que l'ensemble des stations se trouvent en zone de peuplement des sables fins à moyens propres et que les stations R9 et R10 se situent à la limite de l'hétérogène envasé du chenal ouest de Dunkerque décrit par ces auteurs.

## **IV-2 Données faunistiques**

### **IV-2-1 Apport du traitement statistique**

#### **IV-2-1-1 AFC**

**- Plan de projection : axe 1 / axe 2 (figure 11c)**

Rappel : l'axe 1 est défini par les stations R5 et R12 et par les espèces *Eupagurus bernhardus* et *Urothoë grimaldii* ; l'axe 2 est défini principalement par la station R10 et par l'espèce *Arca lactea*.

#### Analyse des stations :

Sur cette représentation, on observe un groupe central non interprétable avec la présence dans ce groupe d'un sous-groupe représenté par la station R9. Trois stations, R5, R10 et R12, s'isolent de part et d'autre de ce groupe principal mettant ainsi en évidence la présence de deux gradients : un gradient entre les stations R5 et R12 de part et d'autre de l'axe 2 et un autre gradient entre ces deux stations et la station R10 qui se présente comme très différente des deux stations précédentes. Le premier gradient, entre R5 et R12, pourraient s'expliquer par la granulométrie de ces stations. En effet, R12 est composée de sables hétérogènes alors que R5 est constituée de sables fins.

### Analyse des espèces :

On observe un groupe central avec la présence d'un sous-groupe représenté par les espèces : *Notomastus latericeus*, *Callianassa subterranea*, *Portunus holsatus*, *Stenorhynchus phalangium* et *Glycera convoluta*.

Trois autres groupes se distinguent du groupe principal :

- le premier se compose de *Urothoë grimaldii* et *Palaemeon serratus*,
- le second est constitué de *Eupagurus bernhardus*, *Eupagurus prideauxii* et *Nereis longissima*,
- le dernier est formé par *Arca lactea* et *Maetra corallina*.

La disposition de ces différents groupes sur la représentation graphique de l'AFC permet de constater la présence de deux gradients, un gradient entre le premier et le second groupe de part et d'autre de l'axe 2 et un autre gradient entre ces deux groupes et le dernier groupe qui se présente comme très différent des deux groupes précédents.

### **- Plan de projection : axe 1 / axe 4 (figure 11d)**

Rappel : l'axe 4 est défini par la station R9 et par les espèces *Notomastus latericeus*, *Callianassa subterranea*, *Portunus holsatus* et *Stenorhynchus phalangium*.

### Analyse des stations :

Cette représentation permet d'isoler la station R9 du groupe principal. D'autre part on remarque l'existence d'un gradient entre la station R9 et les autres stations isolant celle-ci de la même manière que la station R10 dans la projection précédente. Ces deux stations ont en effet un faciès granulométrique très différent de l'ensemble des autres stations.

### Analyse des espèces :

Cette représentation confirme l'existence d'un cinquième groupe composé des espèces *Notomastus latericeus*, *Callianassa subterranea*, *Portunus holsatus* et *Stenorhynchus phalangium*.

L'interprétation de cette AFC, selon ces deux plans de projection, a permis de définir cinq groupes tant au niveau des stations qu'au niveau des espèces. On remarque, par ailleurs, une superposition des groupes stations avec les groupes espèces selon le modèle suivant (le groupe A représentant le groupe central homogène) :

	Groupe A	Groupe B	Groupe C	Groupe D	Groupe E
<b>STATIONS</b>	Autres stations	R12	R5	R10	R9
<b>ESPECES</b>	Autres espèces	<i>Urothoë grimaldii</i>	<i>Eupagurus bernhardus</i>	<i>Arca lactea</i>	<i>Notomastus latericeus</i>
		<i>Palaemon serratus</i>	<i>Eupagurus prideauxii</i>	<i>Mactra corallina</i>	<i>Callinassa subterranea</i>
			<i>Nereis longissima</i>		<i>Portunus holsatus</i>
					<i>Stenorhynchus phalangium</i>

On remarque ainsi que les stations sont réunies avec les espèces qui leur sont caractéristiques.

#### IV-2-1-2 Dendrogramme

Le dendrogramme (figure 12) permet de mettre en relation les stations liées par l'indice de similitude le plus élevé. Cet indice est calculé sur la base d'une distance du  $K_{hi}^2$  afin de fournir une interprétation parallèle et complémentaire de l'AFC.

On observe que les stations R1, R3 et R4 forment un groupe auquel se rattachent les autres stations R8, R7, R2 puis R11 et R6. Les stations R12 et R5, qui s'opposent sur l'AFC, se rattachent au groupe central et montrent un indice de similitude relativement fort. Ces deux stations sont en effet similaires du point de vue faunistique non parce qu'elles ont la même composition faunistique mais parce qu'elles se caractérisent toutes deux par une espèce (*Urothoë grimaldii* pour la station R12 et *Eupagurus bernhardus* pour la station R5) en très forte abondance. Enfin, R9 et R10 se rattachent

en dernier, très tardivement, marquant ainsi leur différence sur le plan granulométrique.

L'observation de ce dendrogramme confirme l'existence des cinq groupes que l'on a pu définir grâce à l'AFC. On retrouve, en effet :

- le groupe A, groupe homogène, constitué par les stations R3, R4, R1, R8, R7, R7, R2, R11, R6
- le groupe B constitué par la station R12
- le groupe C constitué par la station R5
- le groupe D constitué par la station R10
- le groupe E constitué par la station R9.

#### **IV-2-2 Analyse des résultats**

D'un point de vue faunistique, on trouve principalement sur cette zone d'étude des espèces de sables fins avec une nette dominance des annélides et d'une espèce en particulier, *Nephtys longosetosa*, que l'on retrouve sur tous les sites. Trois autres espèces d'annélides sont présentes régulièrement, il s'agit de *Glycera convoluta*, *Ophelia borealis* et *Nerine cirratulus*.

Certaines stations se détachent des autres du point de vue faunistique. Alors que les annélides dominent sur la plupart des sites, les stations R5 et R12 se distinguent par une dominance marquée d'un arthropode en particulier, *Eupagurus bernhardus* pour la station R5 et *Urothoë grimaldii* pour la station R12. La station R10 sort également de l'ensemble avec une légère dominance d'un mollusque bivalve, *Arca lactea*.

Concernant les stations R10 et R12, la présence respectivement de *Arca lactea* et *Urothoë grimaldii* pourrait notamment s'expliquer par la nature du substrat qui correspond à des sables à cailloutis pour R10 et à des sables hétérogènes pour R12, sachant que *Arca lactea* affectionne les substrats pierreux et rocailleux et *Urothoë grimaldii* les sables avec débris coquilliers correspondant aux sables hétérogènes.

L'AFC a également permis de distinguer la station R9 qui se différencie d'un point de vue faunistique par un cortège d'espèces particulières : *Notomastus latericeus*, *Callianassa subterranea*, *Portunus holsatus*, *Stenorhynchus phalamgium*, que l'on ne retrouve sur aucun autre site (et qui sembleraient être propres aux cailloutis envasés).

Les indices de Shannon-Weaver obtenus sur l'ensemble des stations de la zone étudiée illustrent une diversité globalement faible qui est confirmée par le diagramme Rang-Fréquence global. Seules deux stations se distinguent, R9 et R10, avec un indice de Shannon-Weaver élevé par rapport aux autres stations et un indice de similarité proche de 1 indiquant une abondance d'espèces de même effectif. Cette plus grande diversité s'explique, au moins en partie, par la nature hétérogène du substrat de ces deux stations.

Les observations faunistiques effectuées sur cette zone d'étude correspondraient au peuplement décrit par Prygiel *et al.* (1988) comme peuplement des sables fins à moyens propres à *Ophelia borealis*, bien que peu d'espèces du cortège spécifique de ce peuplement aient été récoltées (annexe 14).

Par ailleurs, il faut signaler que les facteurs physicochimiques, climatiques et hydrographiques, qui n'ont pas été analysés lors de cette étude, peuvent avoir également une influence sur ces résultats.

## **Conclusion**

## Conclusion

Cette étude a permis de déterminer les faciès granulométriques ainsi que les peuplements benthiques caractéristiques de la zone de référence.

L'ensemble de la zone présente un faciès général de sables fins avec une dominance des annélides et notamment de *Nephtys longosetosa*.

Néanmoins, trois stations se distinguent d'un point de vue tant granulométrique que faunistique :

- la station R12, caractérisée par un faciès de sables hétérogènes et par l'abondance d'un crustacé amphipode : *Urothoë grimaldii*,

- la station R9, composée de cailloutis envasés et d'une faune spécifique constituée de crustacés décapodes tels que *Callianassa subterranea*, *Portunus holsatus* et *Stenorhynchus phalangium*,

- la station R10, constituée également de cailloutis envasés, avec la présence remarquable d'un mollusque bivalve : *Arca lactea*.

Il faut souligner que ces deux dernières stations subissent, sans doute, des perturbations du fait de la proximité du chenal d'accès à l'avant-port.

Enfin, la station R5 se distingue du point de vue faunistique avec la présence en forte abondance d'un crustacé décapode : *Eupagurus bernhardus*.

Les analyses physico-chimiques concernant les métaux lourds et la matière organique, actuellement en cours, devraient permettre de compléter cette étude.

La deuxième campagne, effectuée en Avril 1996 sur le même site, devrait apporter, sinon un complément, une confirmation des résultats obtenus lors de cette première campagne. L'ensemble de ces résultats devrait permettre, en comparaison avec ceux obtenus au niveau des zones de vidage, de caractériser d'une manière définitive l'impact de l'envasement sur la qualité du milieu et tout particulièrement sur la biodiversité.

## **Bibliographie**

## BIBLIOGRAPHIE

**BEAUGRAND G. & MEYRE D.**, 1995. Etude de l'impact des rejets de dragage sur les zones de vidage de l'avant-port ouest de Dunkerque. Analyses granulométriques et faunistiques. Mémoire de licence de Biologie des Organismes et des Ecosystèmes / U.S.T.L., 28 p. plus annexes.

**BELLAIR P. & POMEROL R.**, 1977. Elément de géologie. Armand Colin, Ed., Paris, 528 p.

**CAMPBELL A.C. & NICHOLLS J.**, 1986. Guide de la faune et de la flore littorales des mers d'Europe, Delachaux et Niestlé, Ed., 322p.

**CANIS I., DAULIN C., PINTE S.**, 1995. Etude préliminaire de l'impact des rejets de dragage sur les zones de vidage de l'avant-port ouest de Dunkerque. Analyses faunistiques et granulométriques, traitement statistique des données. Mémoire de maîtrise de Biologie des Organismes et des Populations / U.S.T.L., 52 p. plus annexes.

**DAGUET J.**, 1976. Les modèles mathématiques en écologie. Collection d'Ecologie, Masson, Ed., 170p.

**DAHL E.**, Acta Univ. Lund. N.F., 2, 42, 1946, p. 1-49.

**FAUVEL P.**, 1923. Faune de France, Lechevalier, Ed., 16, 496 p.

**FAUVEL P.**, 1923. Faune de France, Lechevalier, Ed., 5, 488 p.

**FRONTIER S.**, 1976. Utilisation des diagrammes Rang-Fréquence dans l'analyse des écosystèmes. J. Rech. Océanogr., vol.1, 3, 35-48 p.

**FRONTIER S.**, 1981. Méthode statistique, Abrégés Masson, 246 p.

**FRONTIER S.**, 1983. Stratégie d'échantillonnage en écologie. Collection d'écologie 17, Masson, Ed., Paris, 494 p.

**FRONTIER S. & PICHOD - VIALE D.**, 1990. Structure, fonctionnement et évolution des écosystèmes. Masson, Ed., 1, 571 p.

**FRONTIER S. & PICHOD - VIALE D.**, 1990. Structure, fonctionnement et évolution des écosystèmes. Masson, Ed., 2, 258 p.

**GUILLE A.**, 1971. Bionomie benthique de la côte Catalane française : VI - Données autoécologiques (macrofaune). Vie et milieu, sér.B, 22(3B), 469-528 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., II (2), 33-39.

**LEGENDRE L. & LEGENDRE P.**, 1979. Ecologie numérique, 2. La structure des données écologiques. Masson, Ed., 254 p.

**MOVAGHAR C.A.**, Arch. Hydrobiol., suppl., XXIX, 1964, p.97-179.

**PERES J.-M.**, 1978. Vie benthique, in Encyclopedica Universalis, III, France (13<sup>e</sup> édition), 161-165.

**PERRIER R.**, 1964. La faune de France illustrée, Delagrave, Ed., 1 A, 227 p.

**PERRIER R.**, 1964. La faune de France illustrée, Delagrave, Ed., 2, 220 p.

**PERRIER R.**, 1964. La faune de France illustrée, Delagrave, Ed., 9, 172 p.

**PERRIER R.**, 1964. La faune de France illustrée, Delagrave, Ed., 10, 214 p.

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

## **Liste des abréviations**

## Liste des abréviations

**AFC : Analyse Factorielle des Correspondances**

**AFNOR : Agence Française de Normalisation**

**CNRS : Centre National de Recherche Scientifique**

**DRF : Diagramme Rang-Fréquence**

**DYSCOP : Dynamique des Systèmes Côtiers du Pas-de-Calais**

**PAD : Port Autonome de Dunkerque**

**SHE : Service d'Hydrobiologie et d'Ecotoxicologie**

**USTL : Université des Sciences et Techniques de Lille**

*nologies*

## **Liste des figures**

## Liste des figures

- Figure 1 : carte générale du littoral de la région Nord/Pas-de-Calais et localisation du site d'étude.**
- Figure 2 : distribution des points de prélèvement.**
- Figure 3 : cartographie des peuplements benthiques en Mer du Nord (d'après Prygiel *et al.*, 1988).**
- Figure 4 : principe schématique du fonctionnement de la benne « Van Veen ».**
- Figure 5 : coupe schématique d'une colonne de tamisage.**
- Figure 6 : quatre allurés typiques de Diagrammes Rangs-Fréquences (Frontier, 1990).**
- Figure 7 : cartographie des différents faciès granulométriques sur la zone de référence et sur les zones de vidage.**
- Figure 8 : dendrogramme des fractions granulométriques.**
- Figure 9 : répartition des dominances taxonomiques en %.**
- Figure 10 : Diagramme Rang-Fréquence global.**
- Figure 11a : AFC, valeurs propres et vecteurs propres.**
- Figure 11b : AFC, étude des variables et des lignes du tableau.**
- Figure 11c : AFC, projection sur l'axe 1 et l'axe2.**
- Figure 11d : AFC, projection sur l'axe 1 et l'axe4.**
- Figure 12 : dendrogramme des dominances taxonomiques.**

## **Liste des tableaux**

## **Liste des tableaux**

**Tableau 1 : coordonnées géographiques et profondeur des points de prélèvement.**

**Tableau 2 : caractéristiques hydrographiques de la marée au niveau de Dunkerque.**

**Tableau 3 : granulométrie des sédiments et faciès.**

**Tableau 4 : granulométrie, paramètres statistiques et classement.**

**Tableau 5 : liste générale des espèces vivantes répertoriées sur la zone de référence.**

**Tableau 5bis : liste générale des espèces vivantes répertoriées sur la zone de référence (suite).**

**Tableau 6 : effectifs spécifiques moyens par station.**

**Tableau 7 : abondance spécifique, indice de Shannon-Weaver et régularité par station.**

**Tableau 8 : constance des espèces recensées sur la zone de référence.**

**Tableau 9 : stations et espèces définissant les différents axes de l'AFC.**

## **Annexes**

## ANNEXE 1

<b>CLASSES</b>	<b>RUDITES</b>	Blocs (anguleux)	20 mm
		Galets (arrondis)	
		Graviers	
	<b>ARÉNITES</b>	Sables	2 mm
		Sablons	
	<b>LUTITES *</b>	Silts	63 µm ou 50 µm
Argiles			

\* Le terme « pélites », parfois utilisé au lieu de « lutites », se rapporte en fait à des silts (aleurites) consolidés.

**Figure 1 : Définitions granulométriques (d'après BELLAIR et POMEROL, 1997).**

Type de dépôt	Caractérisation
<b>CAILLOUTIS</b>	Plus de 50 % de galets
<b>GRAVIERS</b>	Plus de 50 % de galets et de graviers
<b>SABLES</b>	Plus de 50 % de fraction <2 mm et moins de 5 % de lutites
Sables graveleux	Plus de 15 % de graviers
Sables grossiers	Fraction 0,5 - 2 mm dominante
Sables fins	Fraction 0,2 - 0,5 mm dominante
Sablons	Fraction 0,05 - 0,02 mm dominante
<b>SÉDIMENTS VASEUX</b>	Plus de 5 % de lutites
Sables vaseux	De 5 à 25 % de lutites
Vases sableuses	De 25 à 75 % de lutites
Vases	Plus de 75 % de lutites

**Figure 2 : Caractérisation sédimentaire (d'après LARSONNEUR, 1977).**

Taxon	STATION R1	Nombre d'individus					Densité/m <sup>2</sup>				Dominance	
	Espèces	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Total	Moyenne	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Moyenne	spécifique	taxonomique
<b>Annélides</b>												
<b>Polychètes errantes</b>												
	<i>Nephtys longosetosa</i>	7	4	5	16	5,33	70	40	50	53,33	57,14	89,28
	<i>Nerine cirratulus</i>	3	3	0	6	2	30	30	0	20	21,43	
<b>Polychètes sédentaires</b>												
	<i>Ophelia borealis</i>	1	1	1	3	1	10	10	10	10	10,71	
<b>Mollusques</b>												
<b>Bivalves</b>												
	<i>Ensis directus</i>	0	0	1	1	0,33	0	0	10	3,33	3,57	3,57
<b>Arthropodes</b>												
<b>Crustacés amphipodes</b>												
	<i>Bathyporeia sp.</i>	0	0	1	1	0,33	0	0	10	3,33	3,57	7,14
<b>Crustacés schizopodes</b>												
	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	0	1	0	1	0,33	0	10	0	3,33	3,57	
<b>Totaux</b>					28						100	100

## ANNEXE 2 : Relevé faunistique de la station R1

Taxon	STATION R2	Nombre d'individus					Densité/m <sup>2</sup>				Dominance	
	Espèces	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Total	Moyenne	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Moyenne	spécifique	taxonomique
<b>Annélides</b>												
<b>Polychètes errantes</b>												
	<i>Nephtys longosetosa</i>	3	4	5	12	4	30	40	50	40	57,14	90,47
	<i>Nerine cirratulus</i>	0	0	5	5	1,66	0	0	50	16,66	23,81	
<b>Polychètes sédentaires</b>												
	<i>Magelona papillicornis</i>	0	0	1	1	0,33	0	0	10	3,33	4,76	9,52
	<i>Ophelia borealis</i>	0	1	0	1	0,33	0	10	0	3,33	4,76	
<b>Arthropodes</b>												
<b>Crustacés schizopodes</b>												
	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	1	0	0	1	0,33	10	0	0	3,33	4,76	9,52
<b>Crustacés décapodes</b>												
	<i>Crangon vulgaris</i>	0	0	1	1	0,33	0	0	10	3,33	4,76	
	<b>Totaux</b>				21						100	100

### ANNEXE 3 : Relevé faunistique de la station R2

Taxon	STATION R3	Nombre d'individus							Densité/m <sup>2</sup>						Dominance	
	Espèces	Ech. 1	Ech.2	Ech.3	Ech.4	Ech.5	Total	Moyenne	Ech.1	Ech.2	Ech. 3	Ech. 4	Ech. 5	Moyenne	spécifique	taxonomique
<b>Némertes</b>																3,02
	<i>Cephalothrix sp.</i>	0	0	0	1	0	1	0,2	0	0	0	10	0	2	1,51	
	<i>Cerebratulus sp.</i>	0	0	0	1	0	1	0,2	0	0	0	10	0	2	1,51	
<b>Annélides</b>																90,91
<b>Polychètes errantes</b>																
	<i>Glycera convoluta</i>	1	0	1	0	0	2	0,4	10	0	10	0	0	4	3,03	
	<i>Nephtys longosetosa</i>	3	11	11	7	12	44	8,8	30	110	110	70	120	88	66,67	
	<i>Nerine cirratulus</i>	0	0	2	3	1	6	1,2	0	0	20	30	10	12	9,09	
	<i>Phyllodoce maculata</i>	0	0	0	0	2	2	0,4	0	0	0	0	20	4	3,03	
<b>Polychètes sédentaires</b>																
	<i>Ophelia borealis</i>	0	1	4	0	1	6	1,2	0	10	40	0	10	12	9,09	
<b>Arthropodes</b>																6,05
<b>Crustacés amphipodes</b>																
	<i>Bathyporeia sp.</i>	0	0	1	0	0	1	0,2	0	0	10	0	0	2	1,51	
<b>Crustacés schizopodes</b>																
	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	1	0	0	0	1	2	0,4	10	0	0	0	10	4	3,03	
<b>Crustacés décapodes</b>																
	<i>Crangon vulgaris</i>	0	0	1	0	0	1	0,2	0	0	10	0	0	2	1,51	
<b>Totaux</b>							66								100	100

#### ANNEXE 4 : Relevé faunistique de la station R3

Taxon	STATION R4	Nombre d'individus					Densité/m <sup>2</sup>				Dominance	
	Espèces	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Total	Moyenne	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Moyenne	spécifique	taxonomique
<b>Annélides</b>												
<b>Polychètes errantes</b>												
	<i>Nephtys longosetosa</i>	3	3	4	10	3,33	30	30	40	33,33	66,66	
	<i>Nerine cirratulus</i>	0	1	0	1	0,33	0	10	0	3,33	6,66	
<b>Polychètes sédentaires</b>												
	<i>Ophelia borealis</i>	0	3	1	4	1,33	0	30	10	13,33	26,66	
<b>Totaux</b>					15						100	100

#### ANNEXE 5 : Relevé faunistique de la station R4

Taxon	STATION R5	Nombre d'individus						Densité/m <sup>2</sup>						Dominance		
	Espèces	Ech. 1	Ech.2	Ech.3	Ech.4	Ech.5	Total	Moyenne	Ech.1	Ech.2	Ech. 3	Ech. 4	Ech. 5	Moyenne	spécifique	taxonomique
<b>Cnidaires</b>																
Hydrozoaires																
	<i>Abietinaria abietina</i>			*												
	<i>Hydractinia echinata</i>					*										
<b>Némertes</b>																1,5
	<i>Cephalothrix sp.</i>	0	1	0	0	0	1	0,2	0	10	0	0	0	2	0,75	
	<i>Cerebratulus sp.</i>	0	1	0	0	0	1	0,2	0	10	0	0	0	2	0,75	
<b>Annélides</b>																27,62
Polychètes errantes																
	<i>Glycera convoluta</i>	0	4	2	1	1	8	1,6	0	40	20	10	10	16	5,97	
	<i>Nephtys longosetosa</i>	7	6	4	3	7	27	5,4	70	60	40	30	70	54	20,15	
	<i>Nereis longissima</i>	0	0	1	0	0	1	0,2	0	0	10	0	0	2	0,75	
	<i>Nerine cirratulus</i>	1	0	0	0	0	1	0,2	10	0	0	0	0	2	0,75	
<b>Bryozoaires</b>																
	<i>Conopeum reticulum</i>	*		**		**										
<b>Arthropodes</b>																70,89
Crustacés décapodes																
	<i>Eupagurus bernhardus</i>	4	0	1	0	82	87	17,4	40	0	10	0	820	174	64,92	
	<i>Eupagurus prideauxi</i>	0	0	0	0	8	8	1,6	0	0	0	0	80	16	5,97	
<b>Totaux</b>							134								100	100

\* Présence

\*\* Abondance

## ANNEXE 6 : Relevé faunistique de la station R5

Taxon	STATION R6	Nombre d'individus					Densité/m <sup>2</sup>				Dominance	
	Espèces	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Total	Moyenne	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Moyenne	spécifique	taxonomique
<b>Annélides</b>												100
<b>Polychètes errantes</b>												
<i>Glycera convoluta</i>	0	2	1	3	1	0	20	10	10	18,75		
<i>Nephtys longosetosa</i>	5	4	3	12	4	50	40	30	40	75		
<b>Polychètes sédentaires</b>												
<i>Scoloplos armiger</i>	0	1	0	1	0,33	0	10	0	3,33	6,25		
<b>Bryozoaires</b>												
<i>Conopeum reticulum</i>			*									
<b>Totaux</b>				16							100	100

\* Présence

## ANNEXE 7 : Relevé faunistique de la station R6

Taxon	STATION R7	Nombre d'individus					Densité/m <sup>2</sup>				Dominance		
	Espèces	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Total	Moyenne	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Moyenne	spécifique	taxonomique	
<b>Annélides</b>													95
<b>Polychètes errantes</b>													
	<i>Glycera convoluta</i>	2	1	0	3	1	20	10	0	10	15		
	<i>Nephtys longosetosa</i>	7	3	4	14	4,67	70	30	40	46,67	70		
<b>Polychètes sédentaires</b>													
	<i>Ophelia borealis</i>	1	1	0	2	0,67	10	10	0	6,67	10		
<b>Mollusques</b>													5
<b>Bivalves</b>													
	<i>Macra solida</i>	0	1	0	1	0,33	0	10	0	3,33	5		
<b>Totaux</b>					20						100	100	

### ANNEXE 8 : Relevé faunistique de la station R7

Taxon	STATION R8	Nombre d'individus					Densité/m <sup>2</sup>				Dominance	
	Espèces	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Total	Moyenne	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Moyenne	spécifique	taxonomique
<b>Némertes</b>												
	<i>Cephalothrix sp.</i>	0	0	2	2	0,67	0	0	20	6,67	7,69	7,69
<b>Annélides</b>												
<b>Polychètes errantes</b>												
	<i>Glycera convoluta</i>	1	0	0	1	0,33	10	0	0	3,33	3,85	3,85
	<i>Nephtys longosetosa</i>	14	0	2	16	5,33	140	0	20	53,33	61,54	61,54
<b>Polychètes sédentaires</b>												
	<i>Ophelia borealis</i>	2	1	2	5	1,67	20	10	20	16,67	19,23	19,23
<b>Arthropodes</b>												
<b>Crustacés décapodes</b>												
	<i>Thia polita</i>	0	1	1	2	0,67	0	10	10	6,67	7,69	7,69
<b>Totaux</b>					26						100	100

## ANNEXE 9 : Relevé faunistique de la station R8

Taxon	STATION R9	Nombre d'individus					Densité/m <sup>2</sup>				Dominance		
	Espèces	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Total	Moyenne	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Moyenne	spécifique	taxonomique	
<b>Cnidaires</b>													
Hydrozoaires													
	<i>Obelia geniculata</i>			***									
<b>Annélides</b>													
Polychètes errantes													
	<i>Glycera convoluta</i>	0	2	0	2	0,67	0	20	0	6,67	18,18	54,54	
	<i>Nephtys longosetosa</i>	0	1	2	3	1	0	10	20	10	27,27		
Polychètes sédentaires													
	<i>Notomastus latericeus</i>	0	0	1	1	0,33	0	0	10	3,33	9,09		
<b>Bryozoaires</b>													
	<i>Conopeum reticulum</i>	**	*										
	<i>Electra pilosa</i>			*									
<b>Arthropodes</b>													
Crustacés cirripèdes													
	<i>Balanus crenatus</i>			*								45,45	
Crustacés décapodes													
	<i>Callinassa subterranea</i>	0	1	0	1	0,33	0	10	0	3,33	9,09		
	<i>Eupagurus bernhardus</i>	0	0	1	1	0,33	0	0	10	3,33	9,09		
	<i>Portunus holsatus</i>	0	0	1	1	0,33	0	0	10	3,33	9,09		
	<i>Stenorhynchus phalangium</i>	0	0	1	1	0,33	0	0	10	3,33	9,09		
	<i>Thia polita</i>	0	1	0	1	0,33	0	10	0	3,33	9,09		
<b>Totaux</b>					11						100	100	

## ANNEXE 10 : Relevé faunistique de la station R9

- \* Présence
- \*\* Abondance
- \*\*\* Forte abondance

Taxon	STATION R10	Nombre d'individus					Densité/m <sup>2</sup>				Dominance	
	Espèces	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Total	Moyenne	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Moyenne	spécifique	taxonomique
<b>Némertes</b>												
	<i>Cephalothrix sp.</i>	0	2	0	2	0,67	0	20	0	6,67	14,28	28,57
	indéterminé	0	2	0	2	0,67	0	20	0	6,67	14,28	
<b>Annélides</b>												
<b>Polychètes errantes</b>												
	<i>Glycera convoluta</i>	0	2	0	2	0,67	0	20	0	6,67	14,28	28,57
	<i>Nephtys longosetosa</i>	2	0	0	2	0,67	20	0	0	6,67	14,28	
<b>Bryozoaires</b>												
	<i>Conopeum reticulum</i>		*	**								
<b>Mollusques</b>												
<b>Bivalves</b>												
	<i>Arca lactea</i>	0	5	0	5	1,67	0	50	0	16,67	35,71	42,85
	<i>Macra corallina</i>	0	1	0	1	0,33	0	10	0	3,33	7,14	
<b>Arthropodes</b>												
<b>Crustacés cirripèdes</b>												
	<i>Balanus crenatus</i>			*								
	<b>Totaux</b>				14						100	100

\* Présence

\*\* Abondance

## ANNEXE 11 : Relevé faunistique de la station R10

Taxon	STATION R11	Nombre d'individus						Densité/m <sup>2</sup>						Dominance		
	Espèces	Ech. 1	Ech.2	Ech.3	Ech.4	Ech.5	Total	Moyenne	Ech.1	Ech.2	Ech. 3	Ech. 4	Ech. 5	Moyenne	spécifique	taxonomique
<b>Annélides</b>																95
Polychètes errantes																
<i>Glycera convoluta</i>	4	0	0	1	1	6	1,2	40	0	0	10	10	12	30		
<i>Nephtys longosetosa</i>	1	3	2	4	2	12	2,4	10	30	20	40	20	24	60		
Polychètes sédentaires																
<i>Ophelia borealis</i>	0	0	1	0	0	1	0,2	0	10	0	0	10	2	5		
<b>Bryozoaires</b>																
<i>Conopeum reticulum</i>			*	*												
<b>Arthropodes</b>															5	
Crustacés décapodes																
<i>Processa parva</i>	1	0	0	0	0	1	0,2	10	0	0	0	0	2	5		
<b>Totaux</b>						20								100	100	

\* Présence

## ANNEXE 12 : Relevé faunistique de la station R11

Taxon	STATION R12	Nombre d'individus					Densité/m <sup>2</sup>				Dominance	
	Espèces	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Total	Moyenne	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Moyenne	spécifique	taxonomique
<b>Annélides</b>												33,33
Polychètes errantes												
<i>Nephtys longosetosa</i>	8	6	10	24	8	80	60	100	80	32		
<i>Nerine cirratulus</i>	0	1	0	1	0,33	0	10	0	3,33	1,33		
<b>Arthropodes</b>												66,66
Crustacés amphipodes												
<i>Urothoë grimaldii</i>	45	0	4	49	16,33	450	0	40	163,33	65,33		
Crustacés décapodes												
<i>Palaemon serratus</i>	1	0	0	1	0,33	10	0	0	3,33	1,33		
<b>Totaux</b>				75						100		100

### ANNEXE 13 : Relevé faunistique de la station R12

## ANNEXE 14

<b>Peuplements des sables fins à moyens, propres à <i>Ophelia borealis</i></b>	<b>Principales espèces récoltées sur la zone de référence</b>
<i>Nephtys cirrosa</i>	<i>Nephtys longosetosa</i>
<i>Bathyporeia elegans</i>	<i>Glycera convoluta</i>
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	<i>Ophelia borealis</i>
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	<i>Nerine cirratulus</i>
<i>Spiophanes bombyx</i>	
<i>Ophelia borealis</i>	
<i>Spio filicornis</i>	
<i>Echinocardium cordatum</i>	

STATION	HEURE DEBUT	DECCA DEBUT	HEURE FIN	DECCA FIN	SON
R1	11H35	Lat : 51°04'510 Long : 2°01'310	11H40	51°04'490 2°01'320	12.8
R2	11H49	Lat : 51°04'700 Long : 2°02'180	11H53	51°04'690 2°02'200	11.4
R3	9H50	Lat : 51°04'890 Long : 2°02'790	9H57	51°04'890 2°02'790	9.5
R4	12H03	Lat : 51°05'100 Long : 2°03'450	12H09	51°05'100 2°03'470	13.3
R5	9H16	Lat : 51°03'960 Long : 2°01'670	9H34	51°03'960 2°01'660	28.6
R6	10H21	Lat : 51°04'190 Long : 2°02'400	10H29	51°04'160 2°02'370	29.0
R7	10H06	Lat : 51°04'400 Long : 2°03'100	10H12	51°04'390 2°03'070	29.8
R8	9H51	Lat : 51°04'660 Long : 2°03'700	9H57	51°04'650 2°03'660	28.5
R9	11H16	Lat : 51°03'500 Long : 2°02'050	11H22	51°03'490 2°02'060	25.9
R10	11H00	Lat : 51°03'635 Long : 2°02'820	11H06	51°03'630 2°02'810	25.9
R11	8H47	Lat : 51°03'910 Long : 2°03'520	9H01	51°03'890 2°03'480	26.3
R12	9H34	Lat : 51°04'090 Long : 2°04'180	9H40	51°04'070 2°04'110	22.2

**ANNEXE 15 : Coordonnées géographiques et profondeur des points de prélèvements**

## ANNEXE 16 : Granulométrie des sédiments

Site : R1

Masse totale de sédiment tamisé : 200 g

Tamis	Masse du tamis sec (g)	Masse du tamis + sédiments secs (g)	Masse du sédiment sec (g)	Fraction granulométrique	Pourcentage de poids sec
2 mm	562.9	563.0	0.1	F > 2 mm	0.05
1 mm	528.8	529	0.2	2 mm < F < 1 mm	0.1
500 µm	493.6	494.6	1	1 mm < F < 500 µm	0.5
250 µm	467.7	624.5	153.8	500 µm < F < 250 µm	76.9
100 µm	449.6	490.7	41.1	250 µm < F < 100 µm	20.55
63 µm	454.3	454.5	0.2	100 µm < F < 63 µm	0.1
Masse totale de sédiment sec récupéré :			196.4	F < 63 µm	1.8
Masse totale de fraction fine F < 63 µm :			3.6	Total :	100

Site : R2

Masse totale de sédiment tamisé : 200 g

Tamis	Masse du tamis sec (g)	Masse du tamis + sédiments secs (g)	Masse du sédiment sec (g)	Fraction granulométrique	Pourcentage de poids sec
2 mm	562.9	563.1	0.2	F > 2 mm	0.1
1 mm	528.8	529.3	0.5	2 mm < F < 1 mm	0.25
500 µm	493.6	495.1	1.5	1 mm < F < 500 µm	0.75
250 µm	467.6	615.9	148.3	500 µm < F < 250 µm	74.15
100 µm	449.6	495.6	46	250 µm < F < 100 µm	23
63 µm	454.4	454.6	0.2	100 µm < F < 63 µm	0.1
Masse totale de sédiment sec récupéré :			196.4	F < 63 µm	1.65
Masse totale de fraction fine F < 63 µm :			3.3	Total :	100

Site : R3

Masse totale de sédiment tamisé : 200 g

Tamis	Masse du tamis sec (g)	Masse du tamis + sédiments secs (g)	Masse du sédiment sec (g)	Fraction granulométrique	Pourcentage de poids sec
2 mm	562.9	562.9	0	F > 2 mm	0
1 mm	528.7	529.0	0.3	2 mm < F < 1 mm	0.15
500 µm	493.6	495.0	1.4	1 mm < F < 500 µm	0.7
250 µm	467.6	610.0	142.4	500 µm < F < 250 µm	71.2
100 µm	449.6	502.7	53.1	250 µm < F < 100 µm	26.55
63 µm	454.0	454.2	0.2	100 µm < F < 63 µm	0.1
Masse totale de sédiment sec récupéré :			197.4	F < 63 µm	1.3
Masse totale de fraction fine F < 63 µm :			2.6	Total :	100

Site : R4

Masse totale de sédiment tamisé : 200 g

Tamis	Masse du tamis sec (g)	Masse du tamis + sédiments secs (g)	Masse du sédiment sec (g)	Fraction granulométrique	Pourcentage de poids sec
2 mm	562.9	571.7	8.8	F > 2 mm	4.4
1 mm	528.8	535.8	7	2 mm < F < 1 mm	3.5
500 µm	493.6	504.3	10.7	1 mm < F < 500 µm	5.35
250 µm	467.6	609.7	142.1	500 µm < F < 250 µm	71.05
100 µm	449.6	478.9	29.3	250 µm < F < 100 µm	14.65
63 µm	454.3	454.5	0.2	100 µm < F < 63 µm	0.1
Masse totale de sédiment sec récupéré :			198.1	F < 63 µm	0.95
Masse totale de fraction fine F < 63 µm :			1.9	Total :	100

Site : R5

Masse totale de sédiment tamisé : 200 g

Tamis	Masse du tamis sec (g)	Masse du tamis + sédiments secs (g)	Masse du sédiment sec (g)	Fraction granulométrique	Pourcentage de poids sec
2 mm	562.9	566.4	3.5	F > 2 mm	1.75
1 mm	528.8	530.2	1.4	2 mm < F < 1 mm	0.7
500 µm	493.5	509.0	15.5	1 mm < F < 500 µm	7.75
250 µm	467.7	612.8	145.1	500 µm < F < 250 µm	72.55
100 µm	449.6	481.0	31.4	250 µm < F < 100 µm	15.7
63 µm	454.0	454.2	0.2	100 µm < F < 63 µm	0.1
Masse totale de sédiment sec récupéré :			197.1	F < 63 µm	1.45
Masse totale de fraction fine F < 63 µm :			2.9	Total :	100

Site : R6

Masse totale de sédiment tamisé : 200 g

Tamis	Masse du tamis sec (g)	Masse du tamis + sédiments secs (g)	Masse du sédiment sec (g)	Fraction granulométrique	Pourcentage de poids sec
2 mm	562.8	563.5	0.7	F > 2 mm	0.35
1 mm	528.7	530.7	2.0	2 mm < F < 1 mm	1
500 µm	493.6	508.8	15.2	1 mm < F < 500 µm	7.6
250 µm	467.6	608.6	141.0	500 µm < F < 250 µm	70.5
100 µm	449.6	487.3	37.7	250 µm < F < 100 µm	18.85
63 µm	454.3	454.8	0.5	100 µm < F < 63 µm	0.25
Masse totale de sédiment sec récupéré :			197.1	F < 63 µm	1.45
Masse totale de fraction fine F < 63 µm :			2.9	Total :	100

Site : R7

Masse totale de sédiment tamisé : 200 g

Tamis	Masse du tamis sec (g)	Masse du tamis + sédiments secs (g)	Masse du sédiment sec (g)	Fraction granulométrique	Pourcentage de poids sec
2 mm	562.9	563.2	0.3	F > 2 mm	0.15
1 mm	528.8	533.5	4.7	2 mm < F < 1 mm	2.35
500 µm	493.6	529.8	36.2	1 mm < F < 500 µm	18.1
250 µm	467.7	587.8	120.1	500 µm < F < 250 µm	60.05
100 µm	449.6	483.6	34.0	250 µm < F < 100 µm	17
63 µm	454.3	454.8	0.5	100 µm < F < 63 µm	0.25
Masse totale de sédiment sec récupéré :			195.8	F < 63 µm	2.1
Masse totale de fraction fine F < 63 µm :			4.2	Total :	100

Site : R8

Masse totale de sédiment tamisé : 200 g

Tamis	Masse du tamis sec (g)	Masse du tamis + sédiments secs (g)	Masse du sédiment sec (g)	Fraction granulométrique	Pourcentage de poids sec
2 mm	562.9	567.5	4.6	F > 2 mm	2.3
1 mm	528.8	535.6	6.8	2 mm < F < 1 mm	3.4
500 µm	493.6	528.3	34.7	1 mm < F < 500 µm	17.35
250 µm	467.7	563.9	96.2	500 µm < F < 250 µm	48.1
100 µm	449.6	502.3	52.6	250 µm < F < 100 µm	26.3
63 µm	454.4	454.9	0.5	100 µm < F < 63 µm	0.25
Masse totale de sédiment sec récupéré :			195.4	F < 63 µm	2.3
Masse totale de fraction fine F < 63 µm :			4.6	Total :	100

Site : R9

Masse totale de sédiment tamisé : 200 g

Tamis	Masse du tamis sec (g)	Masse du tamis + sédiments secs (g)	Masse du sédiment sec (g)	Fraction granulométrique	Pourcentage de poids sec
2 mm	562.9	657.0	94.1	F > 2 mm	47.05
1 mm	528.7	540.7	12	2 mm < F < 1 mm	6
500 µm	493.5	506.5	13	1 mm < F < 500 µm	6.5
250 µm	467.7	504.5	36.8	500 µm < F < 250 µm	18.4
100 µm	449.6	473.5	23.9	250 µm < F < 100 µm	11.95
63 µm	454.4	455.8	1.4	100 µm < F < 63 µm	0.7
Masse totale de sédiment sec récupéré :			181.2	F < 63 µm	9.4
Masse totale de fraction fine F < 63 µm :			18.8	Total :	100

Site : R10

Masse totale de sédiment tamisé : 200 g

Tamis	Masse du tamis sec (g)	Masse du tamis + sédiments secs (g)	Masse du sédiment sec (g)	Fraction granulométrique	Pourcentage de poids sec
2 mm	562.9	629.0	66.1	F > 2 mm	33.05
1 mm	528.7	549.2	20.5	2 mm < F < 1 mm	10.25
500 µm	493.6	520.1	26.5	1 mm < F < 500 µm	13.25
250 µm	467.6	525.2	57.6	500 µm < F < 250 µm	28.8
100 µm	449.6	469.2	19.6	250 µm < F < 100 µm	9.8
63 µm	454.3	455.3	1.0	100 µm < F < 63 µm	0.5
Masse totale de sédiment sec récupéré :			191.3	F < 63 µm	4.35
Masse totale de fraction fine F < 63 µm :			8.7	Total :	100

Site : R11

Masse totale de sédiment tamisé : 200 g

Tamis	Masse du tamis sec (g)	Masse du tamis + sédiments secs (g)	Masse du sédiment sec (g)	Fraction granulométrique	Pourcentage de poids sec
2 mm	562.9	580.3	17.4	F > 2 mm	8.7
1 mm	528.7	537.4	8.7	2 mm < F < 1 mm	4.35
500 µm	493.6	531.2	37.6	1 mm < F < 500 µm	18.8
250 µm	467.6	574.5	106.9	500 µm < F < 250 µm	53.45
100 µm	449.6	475.3	25.7	250 µm < F < 100 µm	12.85
63 µm	454.0	454.5	0.5	100 µm < F < 63 µm	0.25
Masse totale de sédiment sec récupéré :			196.8	F < 63 µm	1.6
Masse totale de fraction fine F < 63 µm :			3.2	Total :	100

Site : R12

Masse totale de sédiment tamisé : 200 g

Tamis	Masse du tamis sec (g)	Masse du tamis + sédiments secs (g)	Masse du sédiment sec (g)	Fraction granulométrique	Pourcentage de poids sec
2 mm	562.9	563.1	0.2	F > 2 mm	8.7
1 mm	528.7	529.3	0.6	2 mm < F < 1 mm	0.1
500 µm	493.6	497.5	3.9	1 mm < F < 500 µm	0.3
250 µm	467.6	567.4	99.8	500 µm < F < 250 µm	1.95
100 µm	449.5	542.4	92.9	250 µm < F < 100 µm	49.9
63 µm	454.0	454.2	0.2	100 µm < F < 63 µm	46.45
Masse totale de sédiment sec récupéré :			197.6	F < 63 µm	1.2
Masse totale de fraction fine F < 63 µm :			2.4	Total :	100