



USTL Université des Sciences et Technologies de Lille

U.F.R. de Biologie

DIPLOME SUPÉRIEUR DE RECHERCHE DE LILLE I
SCIENCES NATURELLES

PATIGNIEZ Arnaud

ÉVALUATION DE L'IMPACT DES REJETS DE DRAGAGE
SUR LES ZONES DE VIDAGE OUEST-NORD ET OUEST-SUD
DU PORT DE DUNKERQUE.
ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE ET FAUNISTIQUE DES
SÉDIMENTS. CAMPAGNE D'OCTOBRE 1995



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

Président : M. le Professeur A. DHAINAUT (U.S.T.L.)

Rapporteur : M^{me} 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 099613 6

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	1
PRÉSENTATION DU SERVICE D'HYDROBIOLOGIE ET D'ÉCOTOXICOLOGIE.....	2
INTRODUCTION	3
I : PRÉSENTATION DU CADRE DE L'ÉTUDE.....	4
I-1 : LE PORT DE DUNKERQUE.....	4
<i>I-1-1 : Historique</i>	4
<i>I-1-2 : Trafic et équipements</i>	6
<i>I-1-3 : Problèmes liés à l'exhaussement des fonds</i>	6
I-1-3-1 : Origine	6
I-1-3-2 : Activités de dragage	8
I-1-3-3 : Zones de vidage.....	8
I-1-3-4 : Dispersion des rejets de dragage	11
I-1-3-5 : Conventions en vigueur sur les problèmes d'immersion de matériaux	12
I-2 : FACTEURS CLIMATIQUES ET HYDRODYNAMIQUES	13
<i>I-2-1 : Climat</i>	13
<i>I-2-2 : Hydrographie</i>	14
I-2-2-1 : Marée.....	14
I-2-2-2 : Courants de marée.....	15
I-2-2-3 : Courant général.....	15
I-2-2-4 : Houle	15
I-2-2-5 : Interactions.....	16
<i>I-2-3 : Bathymétrie</i>	16
I-3 : ASPECTS FAUNISTIQUES	16
<i>I-3-1 : Peuplements benthiques de la zone d'étude</i>	16
I-3-1-1 : Peuplement de « l'hétérogène envasé »	17
I-3-1-2 : Peuplement à <i>Ophelia borealis</i>	17
I-3-1-3 : Peuplement à <i>Abra alba</i>	17
I-3-1-3-1 : <i>faciès envasé à Nephthys hombergii</i>	19
I-3-1-3-2 : <i>faciès propre à Nephthys cirrosa</i>	19
<i>I-3-2 : Espèces indicatrices de pollution organique</i>	19

SOMMAIRE

II : MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	21
II-1 : CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS	21
II-1-1 : Date et localisation des prélèvements	21
II-1-2 : Techniques de prélèvements.....	21
II-2 : ÉTUDE GRANULOMETRIQUE DU SEDIMENT.....	21
II-2-1 : Principe.....	21
II-2-2 : Techniques d'études.....	26
II-2-3 : Paramètres d'analyse statistique.....	27
II-2-3-1 : Courbes de fréquences cumulées.....	27
II-2-3-2 : Classement	27
II-2-3-3 : Similitude.....	28
II-2-3-4 : Dendrogramme.....	28
II-3 : ÉTUDE DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE.....	29
II-3-1 : Tri et détermination.....	29
II-3-2 : Méthodes d'analyses statistiques.....	29
II-3-2-1 : Description des peuplements.....	29
II-3-2-2 : Description de la diversité.....	30
II-3-2-3 : Analyse factorielle des correspondances (AFC).....	32
II-3-2-3-1 : Principe	32
II-3-2-3-2 : Construction.....	33
II-3-2-3-3 : Interprétation.....	33
III : RÉSULTATS.....	35
III-1 : GRANULOMETRIE	35
III-1-1 : Selon les critères de LARSONNEUR (1977)	35
III-1-2 : Classement	35
III-1-3 : Dendrogramme.....	35
III-2 : MACROFAUNE ASSOCIEE	38
III-2-1 : Relevés faunistiques, diversité et classement.....	38
III-2-2 : Diagramme Rang-Fréquence.....	45
III-2-3 : Analyse factorielle des correspondances.....	45
III-2-4 : Dendrogramme.....	53

SOMMAIRE

IV : SYNTHÈSE	55
IV-1 : GRANULOMETRIE	55
<i>IV-1-1 : Cartographie des faciès</i>	55
<i>IV-1-2 : Évolution</i>	55
IV-1-2-1 : Paramètres statistiques	56
IV-1-2-2 : Faciès granulométriques	56
IV-2 : FAUNE	58
<i>IV-2-1 : Relevés faunistiques</i>	58
<i>IV-2-2 : Diagramme Rang-Fréquence</i>	59
<i>IV-2-3 : Analyse factorielle des correspondances</i>	59
<i>IV-2-4 : Dendrogramme</i>	61
IV-3 : CORRESPONDANCE SEDIMENT/FAUNE	61
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	64
BIBLIOGRAPHIE	66
LISTE DES ABRÉVIATIONS UTILISÉES	70
LISTE DES FIGURES	71
LISTE DES TABLEAUX	73
LISTE DES ANNEXES	74
ANNEXES	
RÉSUMÉ	

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Madame le Professeur Nicole DHAINAUT-COURTOIS, responsable du Service d'Hydrobiologie et d'Écotoxicologie, pour m'avoir accueilli dans son service et 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, thésarde, pour son aide et ses conseils, ainsi qu'à Monsieur Dominique Davout de la Station Marine de Wimereux pour son aide dans la détermination faunistique. Je remercie également tout le personnel du S.H.E., et plus spécialement Robin ROMONT (docteur), Sylvain DEMUYNCK (maître de conférences) et Fabien GRUMIAUX (docteur) pour leur disponibilité.

Sincères remerciements aussi à mes camarades de stage, avec lesquels j'ai eu plaisir à travailler :

- Nadia DERRICHE et Sophie DERUYVER, étudiantes-stagiaires au S.H.E, pour leur précieuse aide dans la campagne de prélèvement, le tri et la détermination des espèces,
- Bénédicte LEMAIRE, David DHENNIN et Vincent REVEL, étudiants-stagiaires au S.H.E. pour leur concours à la campagne de prélèvement, au tri et/ou à la détermination des espèces.

Je n'oublie pas Alain PATIGNIEZ, mon frère, pour la réalisation des cartographies numériques de la bathymétrie et des faciès granulométriques.

Mes remerciements vont également à Monsieur Michel MARIETTE, du Service Aménagement et Environnement du Port Autonome de Dunkerque, ainsi qu'à l'équipage de « La Mouette » avec la collaboration duquel ont été effectués les prélèvements.



Université des Sciences et Technologies de Lille

Service d'Hydrobiologie et d'Écotoxicologie

Groupe de Recherche

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

Équipe de recherche : S. Demuyne (Maître de Conférences), F. Fontaine (Maître de Conférences), F. Grumiaux (Docteur), C. Pruvot (Thésarde), R. Romont (Docteur), B. Salvat-Raveillon (Maître de Conférences), P. Scaps (Maître de Conférences) (Tél.: 20.43.40.57)

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

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

- * Études 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.

Écosystèmes estuariens

Sites portuaires

Écosystèmes d'eau douce (rivières et canaux régionaux)

Sous-thèmes : Études des effets pathologiques des micropolluants tels que les métaux lourds et de marqueurs biochimiques d'exposition.

- * Effets pathologiques :
Étude 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

Research group : S. Demuyne (Assist-Pr.), F. Fontaine (Assist-Pr.), F. Grumiaux (Doctor), C. Pruvot (ph D), R. Romont (Doctor), B. Salvat-Raveillon (Assist-Pr.), P. Scaps (Assist-Pr.).

Général 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 metal and of the sites of metal accumulation (light and electron microscopy, autoradiography and cytochemistry).
- * Biochemical markers of exposure.

Batiment SN3
59655 Villeneuve-d'Ascq cedex - France

INTRODUCTION

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la convention n° 944012 passée entre le Port Autonome de Dunkerque (P.A.D.) et le Service d'Hydrobiologie et d'Écotoxicologie (S.H.E.) de l'Université des Sciences et Technologies de Lille (U.S.T.L.). Celle-ci a pour objet :

- la détermination des teneurs métalliques de la fraction inférieure à 2 mm des sédiments du cercle d'évitage (ROMONT et DHAINAUT-COURTOIS, 1994a),
- la cartographie des paramètres physico-chimiques de la fraction inférieure à 2 mm dans l'Avant-Port Ouest (A.P.O.) de Dunkerque d'après les données de 1993 (ROMONT et DHAINAUT-COURTOIS, 1994b),
- l'évaluation de la toxicité globale de l'eau et des sédiments par l'intermédiaire du test « Microtox » (exutoires de l'A.P.O., bassin de l'Atlantique et darse de la Manche) (PINTE *et al.*, 1994),
- l'étude complémentaire de la macrofaune de l'A.P.O. et l'analyse granulométrique des sédiments récoltés (CANIS *et al.*, 1994),
- l'évaluation de l'impact des rejets de dragages sur les zones de vidages de l'A.P.O.

Le présent rapport s'insère dans cette dernière optique et fait suite à l'étude préliminaire initiée en 1995 à partir des résultats des campagnes de décembre 1994 et avril 1995 (CANIS *et al.*, 1995).

Cette étude se propose de compléter l'analyse faunistique et granulométrique des sédiments des zones de vidage ouest-nord et ouest-sud ainsi que la zone adjacente d'après les résultats obtenus lors de la campagne de prélèvements d'octobre 1995. Ces données ainsi recueillies sont soumises à une analyse statistique appropriée afin de faciliter la comparaison avec les conclusions de l'étude préliminaire, dans le but final d'évaluer les éventuelles évolutions survenues entre les deux dernières campagnes.

I : PRÉSENTATION DU CADRE DE L'ÉTUDE

I-1 : Le port de Dunkerque

I-1-1 : Historique

Le port de Dunkerque est « autonome » depuis le 1^{er} avril 1966. Il constitue, de ce fait, « un établissement public de l'État doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière, placé sous la tutelle du Ministre Chargé des Ports Maritimes et soumis au contrôle économique et financier de l'État », selon l'article 1^{er} de la loi n°65491 du 29 juin 1965 (CIURLIK, 1987).

L'aménagement portuaire et industriel du littoral de Dunkerque date de la fin des années 50, par la conjonction de deux facteurs principaux :

- la prise de conscience de la relative faiblesse du rôle portuaire de Dunkerque dans le trafic global des ports de la Mer du Nord,
- la mutation sidérurgique et l'utilisation du minerai riche qui appelait la sidérurgie dite « sur l'eau », avec notamment l'arrivée sur le site du complexe sidérurgique Sollac-Dunkerque, des chantiers navals Nord-Méditerranée (arrêtés en 1987), de la Compagnie Française des Aciers Spéciaux. Parmi les autres industries anciennes, on peut citer la Raffinerie BP et les établissements Lesieur (la plus importante huilerie d'Europe).

La croissance industrielle exerça une telle pression qu'il fallut entreprendre la construction d'un important bassin maritime à flot s'ouvrant sur l'avant-port préexistant. C'était essentiellement un bassin industriel permettant le débarquement du minerai puis des fines à coke pour Usinor-Dunkerque qui en fut le premier utilisateur à son ouverture en 1962. Diverses autres industries suivirent : centrale thermique E.D.F. (Électricité de France), raffinerie CRD Total France, cimenterie LFI (ex-Lafarge), Air-Liquide (séparation des gaz de l'air), constructions métalliques de Provence (chaudronnerie lourde, fermée en 1987), pétrochimie Norsolor (ex-Copénor), stockages pétroliers et chimiques Stock Nord, GTS-industries (ou Vallourec), Sollac-Mardyck (laminage à froid). La réalisation de ce bassin, gagné sur la mer, constituait un agrandissement de ce que l'on appelle aujourd'hui le port est de Dunkerque, dont l'accessibilité limitée aux unités de 125 000 tonnes maximum s'avérait insuffisante (fig. 1, p. 5).

La seconde opération d'ampleur encore plus importante, liée au gigantisme croissant des pétroliers et minéraliers, fut la construction du port ouest accessible aux unités de 300 000 tonnes et de 22 m de tirant d'eau, ouvert en 1971. Le terminal transmanche est achevé, quant à lui, en août 1976 (d'après FLATRES, 1980 et THELIER, 1993).

Le 28 avril 1983, débutent les travaux du Canal des Dunes, consistant à créer une liaison entre la Darse de la Manche (côté ouest) et l'extrémité du Bassin Maritime (côté est). Sa mise en service en mai 1987 sera suivie, en juillet, de l'ouverture de la passerelle de la gare maritime

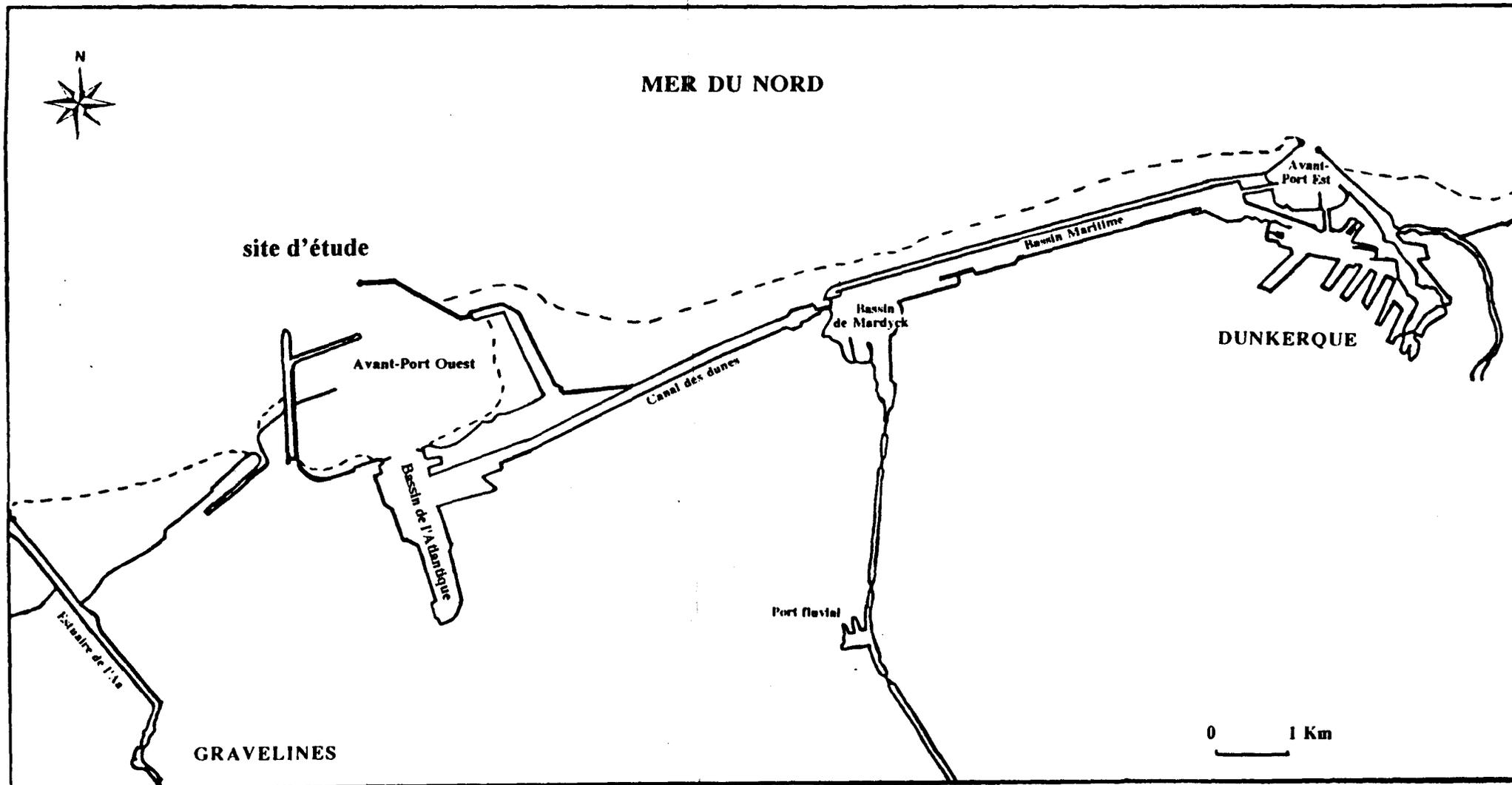


Figure 1 : Plan du port de Dunkerque

Sally puis, en avril 1988, de la passerelle double-pont de la Sealink (d'après ROMONT *et al.*, 1993 et GARÇON *et al.*, 1995).

Les établissements industriels sont pour la plupart regroupés aux abords du port pour des raisons de facilité d'accès aux structures portuaires. Sont actuellement installés autour de l'avant-port ouest : la centrale nucléaire de Gravelines (la plus puissante de France avec 6 unités de production de 910 mégawatts, soit une puissance totale de 5460 MW) (THELIER, 1993), les Appontements des Flandres (stockage pétrolier des sociétés BP et Total), Péchiney Électrométallurgie, S.E.M., D.E.M. (Dunkerque Électrométallurgie), A.D. (Aluminium de Dunkerque), Nacanco S.A., les terminaux transmanche et transocéaniques (GARÇON *et al.*, 1995).

Dunkerque dispose par ailleurs d'un réseau ferroviaire très dense, notamment la plus grande gare de triage française, et est relié par voie fluviale au réseau ouest-européen par un canal à grand gabarit permettant le passage de convois de 3 600 tonnes. Il se situe en outre sur le grand axe autoroutier reliant l'Allemagne, le Luxembourg, la Hollande et la Belgique au réseau français (THELIER, 1993).

I-1-2 : Trafic et équipements

Situé en bordure d'une des routes maritimes la plus active au monde, Dunkerque représente le 3^{ème} port français pour le trafic total de marchandises. Il se place en 4^{ème} position parmi les ports de la Mer du Nord. Dunkerque propose également un trafic transmanche ainsi que de nombreuses lignes régulières (THELIER, 1993). Les figures 2 et 3 (p. 7) représentent la répartition et l'évolution du trafic maritime total de Dunkerque.

Sur une superficie totale de 560 hectares, le P.A.D. se caractérise par un équipement polyvalent et performant : 16 km de quais, 50 grues ou portiques, 110 000 m² d'entrepôts et de multiples installations spécialisées permettent de traiter un trafic de 40 millions de tonnes/an de vrac liquide (pétrole et dérivés, produits chimiques ou agricoles), de vrac solide et de marchandises diverses (GARÇON *et al.*, 1995).

I-1-3 : Problèmes liés à l'exhaussement des fonds

I-1-3-1 : Origine

L'envasement de l'avant-port ouest de Dunkerque fait suite au transport de particules par les masses d'eaux marines qui ont deux origines :

- le balancement des marées qui produit des mouvements d'entrée et de sortie d'eau, particulièrement visibles dans les enceintes fermées comme les ports et les estuaires. La mer apporte donc à chaque marée des matériaux qui peuvent se déposer tandis que d'autres peuvent en ressortir. Le cas du port ouest de Dunkerque illustre bien cette hypothèse des apports de sédiments par la mer. En effet, ce port ne reçoit pratiquement aucun apport tellurique important

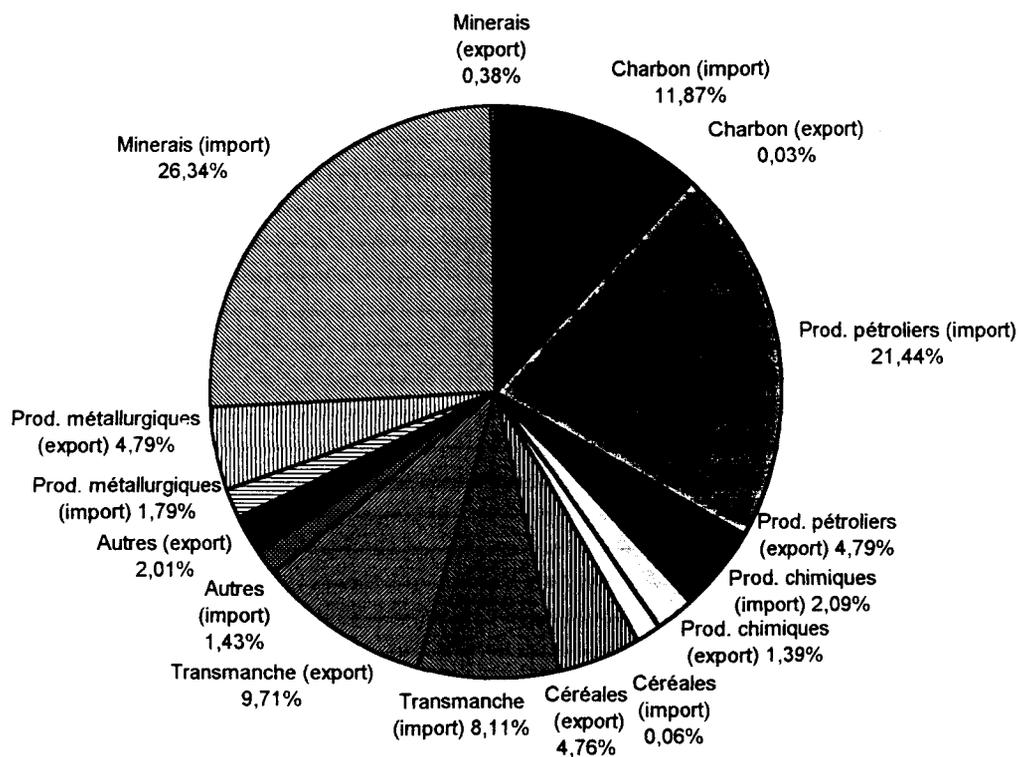


Figure 2 : Répartition du trafic total du port de Dunkerque (d'après GARÇON *et al.*, 1995).

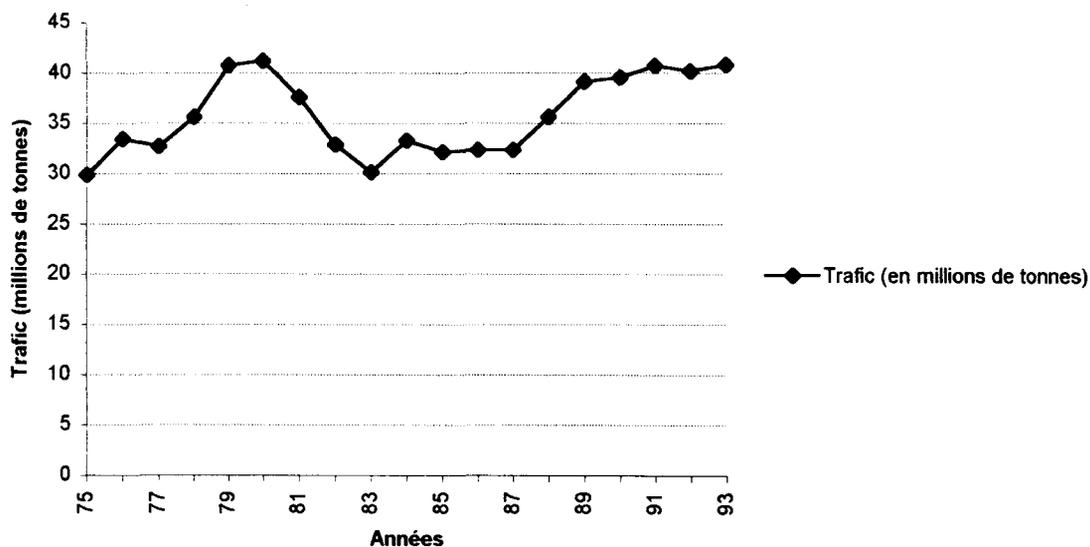


Figure 3 : Évolution du trafic total du port de Dunkerque (d'après GARÇON *et al.*, 1995).

identifié. Par ailleurs, l'absence d'urbanisme à la périphérie de l'A.P.O. limite les rejets anthropiques aux seuls résidus des activités industrielles portuaires. Au niveau de l'enceinte de l'avant-port, les flux exportés par les produits de dragage sont extrêmement importants et sont sans commune mesure avec l'estimation des flux arrivant par les rejets directs (GARÇON *et al.*, 1995). On peut donc admettre que les sédiments dragués proviennent, pour l'essentiel, de la mer.

- les courants de marée existant en Manche-est et en Mer du Nord (cf. § I-2-2-2) qui induisent un déplacement résiduel des apports vers le nord-est le long du littoral (ROMONT *et al.*, 1993).

I-1-3-2 : Activités de dragage

Pour assurer la sécurité dans le cadre des activités normales du port, une surveillance régulière du niveau des fonds des enceintes portuaires et des chenaux d'accès est effectuée par les gestionnaires du P.A.D. Dès que cela est nécessaire, le P.A.D. doit procéder au dragage permettant de maintenir les capacités d'accueil et les possibilités de navigation du port. Il existe quatre principaux sites dragués à Dunkerque : l'avant-port ouest, l'avant-port est, le bassin à marée et le bassin à flot (THELIER, 1993). Le chenal d'accès au port ouest et le chenal intermédiaire, qui longe la côte entre le port est et le port ouest, font également l'objet de dragages d'entretien (CIURLIK, 1987).

Les modalités de dragage diffèrent selon les ports et le matériel utilisé. Dans les zones ouvertes et accessibles comme l'A.P.O. et l'A.P.E. (Avant-Port Est), le dragage est assuré par le service des Dragues Aspiratrices en Marche (D.A.M.) qui opèrent à une vitesse n'excédant pas 2 nœuds, avec une précision bathymétrique de 30 cm. La capacité de ces dragues varie de 1000 à 4000 m³ avec un rendement moyen observé de 1000 m³/h (GARÇON *et al.*, 1995). Les figures 4 et 5 (p. 9) montrent l'évolution des dragages (en masse et en volume) au niveau du P.A.D. depuis 1983.

I-1-3-3 : Zones de vidage

Les sédiments dragués doivent être acheminés à quelques milles de la côte puis déversés en mer sur des zones officielles définies à cet usage. Ces zones de vidage, autorisées et déclarées dans le cadre de la Convention d'Oslo (cf. § I-1-3-5) sont au nombre de quatre pour Dunkerque : Est, Centre, Ouest-sud et Ouest-nord.

Seules les deux dernières sont considérées dans cette étude (fig. 6, p. 10). Le tableau 1 (p. 11) précise les coordonnées des points délimitant ces deux zones.

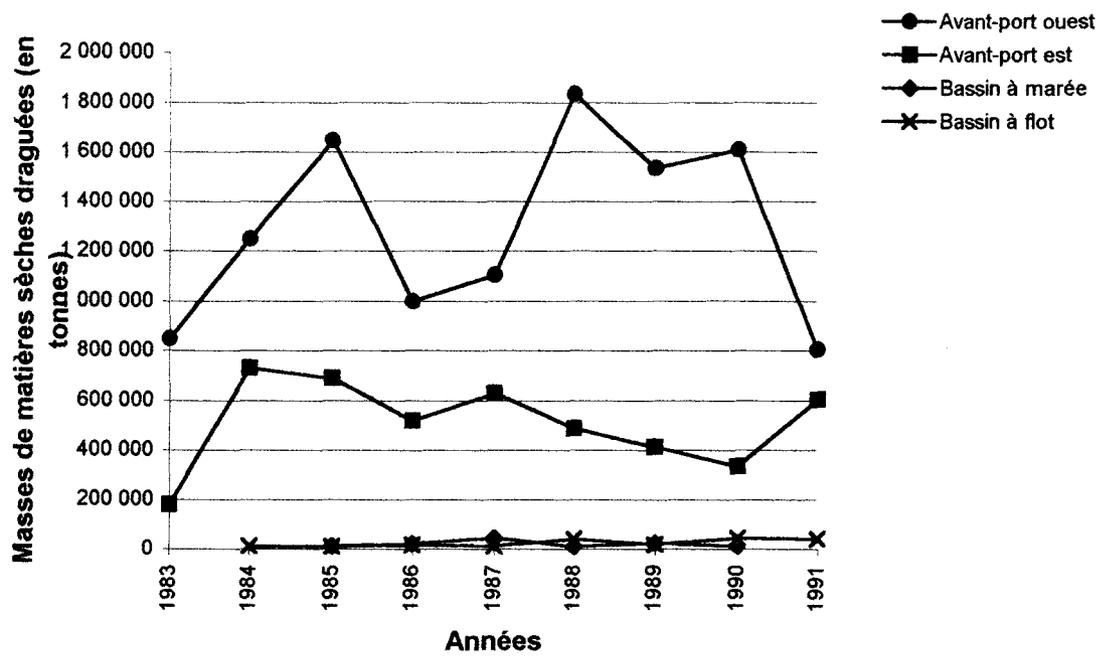


Figure 4 : Évolution de la masse de matière sèche draguée (d'après GARÇON *et al.*, 1995).

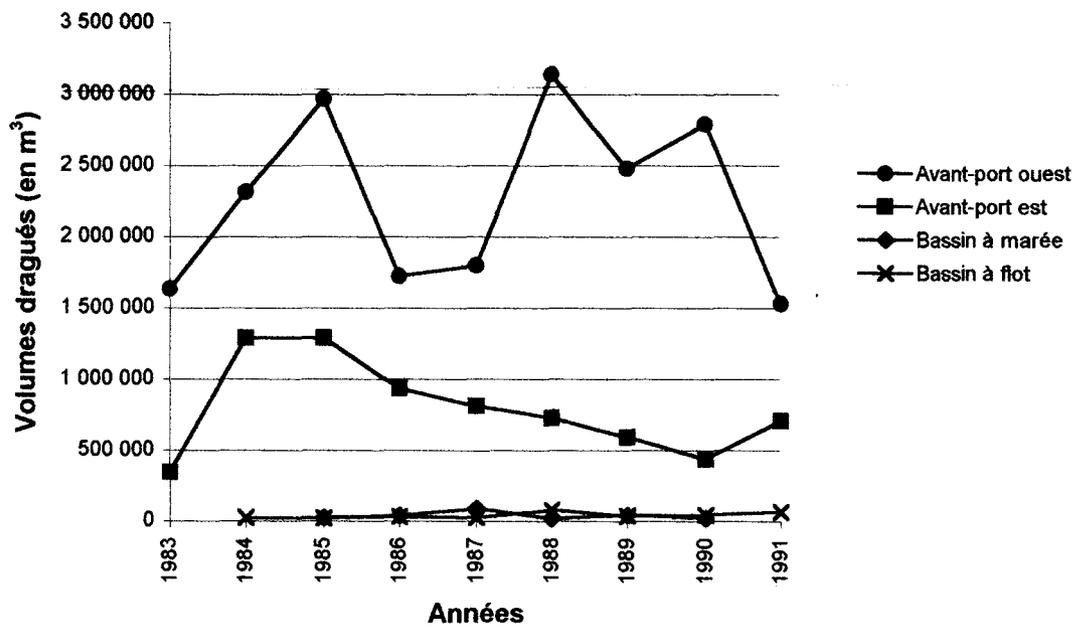


Figure 5 : Évolution du volume des dragages (d'après GARÇON *et al.*, 1995).

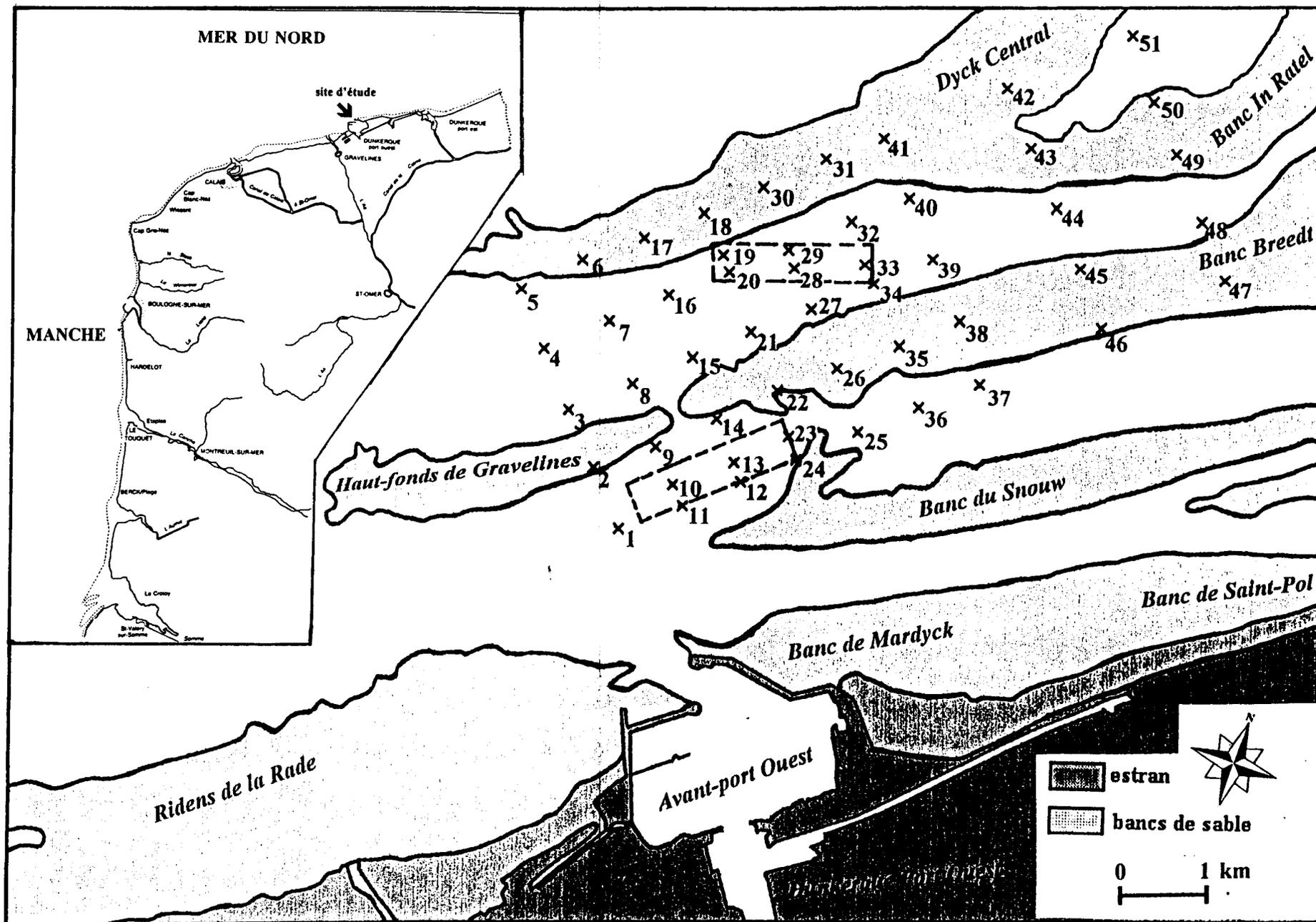


Figure 6 : Localisation de la zone d'étude.

Zones	Latitude Nord	Longitude Est
vidage Ouest-nord	51°06'00	2°10'00
	51°06'00	2°12'00
	51°05'70	2°12'00
	51°05'70	2°10'00
vidage Ouest-sud	51°04'09	2°08'97
	51°04'63	2°10'92
	51°04'34	2°11'13
	51°03'80	2°09'17

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des points délimitant les zones de vidage Ouest-nord et Ouest-sud (d'après THELIER, 1993).

La zone de vidage ouest-sud (ex-zone ouest expérimentale *in* CIURLIK, 1987) se situe à environ 1,6 milles de la côte entre les bancs Breedt, du Snouw et le Haut-Fond de Gravelines, d'après la carte n°6651 au 1/43100^{ème} du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (S.H.O.M.). Elle recueille 50 % des sables grossiers et graviers issus du dragage du chenal intermédiaire. Les immersions sont pratiquées en période de flot pour profiter du courant de marée (cf. § I-2-2-2) afin d'éviter le refoulement vers le port (PRUVOT, communication personnelle).

La zone de vidage ouest-nord, plus ancienne, se situe à environ 3,8 milles de la côte entre les bancs Breedt et Dyck Central (d'après la carte S.H.O.M. 6651) et recueille les sables vaseux et grossiers provenant des dragages du cercle d'évitage et du bassin à marée du port ouest. Les immersions y sont pratiquées au flot comme au jusant (PRUVOT, communication personnelle).

I-1-3-4 : Dispersion des rejets de dragage

Une étude de l'Institut Pasteur de Lille (OUDART *et al.*, 1987) a permis d'étudier le devenir du nuage turbide provoqué par le vidage expérimental de 3 000 m³ de boues liquides, rejetés par une D.A.M. en point fixe (latitude 51°8' Nord, longitude 2°6' Est approximativement), au large de Gravelines (environ 6,7 milles de la côte). Ce point de vidage, situé en-dehors des zones de vidage officielles, a été choisi en raison de la nature bathymétrique de la zone : profondeur de 20 à 30 m, sédiment exempt de contamination antérieure et absence de haut-fond pouvant perturber la dérive du nuage. Des flotteurs, immergés à différentes profondeurs, ont permis de suivre le nuage afin d'effectuer les prélèvements d'eau à sa verticale et ainsi observer son évolution. La qualité des sédiments a été définie au moyen de prélèvements avant l'expérience et après l'arrêt

du suivi du nuage. Les résultats montrent que tout se passe comme si les particules étaient restées dans les couches d'eau supérieures (5 à 10 m) pendant une dizaine de minutes. Elles semblent s'être ensuite dispersées sous forme de volutes :

- 15 minutes après le vidage, on repère le maximum de turbidité tantôt dans les couches d'eau supérieures (5 et 10 m), tantôt dans les couches d'eau profondes (25 et 30 m),
- 20 à 25 minutes après le vidage, ces particules paraissent s'être réparties dans toute la tranche d'eau comprise entre 5 et 30 m. Elles sont encore décelables 40 minutes après l'immersion. Le retour au niveau normal de turbidité intervient après une heure.

L'impact de l'opération sur la colonne d'eau a surtout été mesurable dans les 11 premières minutes. Le comportement des différents polluants analysés (métaux, hydrocarbures, polychlorobiphényles...) évoque aussi une dispersion irrégulière sous forme de volutes. Quant au sédiment, il paraît indemne de contamination, 4 h environ après l'opération.

D'autres études similaires ont été réalisées au large de Boulogne-sur-Mer. Selon BOURGAIN (1985a), dans un premier temps, la turbidité est aussi importante à la surface qu'au fond. Sous l'effet de la sédimentation et de la différence de courant selon la profondeur, la turbidité de surface diminue. Au bout de quelques heures, le nuage traîne sur le fond, continuellement alimenté par le dépôt de la zone de rejet. Le panache est toujours détectable 2 h 30 mn après le rejet.

OULDART *et al.* (1987) observent, à Boulogne-sur-Mer, une sédimentation très rapide des sédiments rejetés par une drague à bennes preneuses. La turbidité de la couche d'eau comprise entre 0 et 25 m revient à son niveau d'origine en 10 mn environ. Le comportement des hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA) et de la majorité des métaux, dans les trois premières minutes après le vidage, met en évidence un impact fugitif sur la colonne d'eau. En revanche, la zone de contamination sur le sédiment apparaît encore distinctement 5 h environ après le vidage, avec une superficie approximative de 20 000 m². Les polluants concernés sont les métaux (Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn), les polychlorobiphényles (PCB) et les HPA.

Le devenir du nuage turbide provoqué par les vidages apparaît ainsi très variable selon la nature des rejets (boues, cailloutis...) et donc la méthode de dragage (D.A.M., drague à godets ou à bennes), ainsi que selon la courantologie et la bathymétrie de la zone de rejet.

I-1-3-5 : Conventions en vigueur sur les problèmes d'immersion de matériaux

Les conventions d'Oslo (pour la prévention de la pollution marine par les opérations d'immersion) et de Paris (pour la prévention de la pollution marine d'origine tellurique) ont pour objectif de prévenir la pollution de la zone maritime de l'Atlantique du nord-est. Cette zone est délimitée au sud par le 36^{ème} parallèle Nord (correspondant à la latitude du détroit de Gibraltar),

à l'ouest par le 42^{ème} méridien (passant par la pointe sud du Groenland) et à l'est par les côtes bordant l'Atlantique-nord, la Manche, la Mer du Nord et l'Océan Arctique jusqu'au Pôle Nord.

Aux fins de la réalisation de ces objectifs, les conventions d'Oslo et de Paris appliquent des politiques qui visent à réduire les apports à cette zone marine de toute une série de sources et mettent en œuvre une stratégie de surveillance continue ayant pour but de déterminer les zones dans lesquelles de nouvelles mesures de lutte sont susceptibles d'être nécessaires, ainsi que d'apprécier l'efficacité des mesures politiques convenues (ANONYME, 1995).

La convention d'Oslo (OSCOM), entrée en vigueur le 6 avril 1974, a édicté dès 1980 des lignes directrices sur la surveillance des immersions des déblais de dragages, notamment :

- l'interdiction d'immersion de tous les déblais de dragages contenant des substances listées dans une annexe dite « annexe 1 » dans laquelle figurent notamment le mercure (Hg) , le cadmium (Cd), les PCB...

- l'obligation de subordonner l'immersion de déblais de dragages contenant des quantités importantes de substances de « l'annexe 2 » à l'obtention d'un permis d'immersion.

En 1985, à Hambourg, le C.C.P.C.S (Comité Consultatif Permanent pour les Conseils Scientifiques) confie à un groupe de travail intersessionnel le mandat :

- d'examiner les modifications à apporter aux projets de lignes directrices intérimaires sur l'échantillonnage des déblais de dragages,

- de proposer des méthodes d'analyse des matériaux de dragage et paramètres à mesurer aux fins du contrôle et de la délivrance des permis et dans le but d'obtenir des statistiques sur les apports de polluants au milieu marin,

- de définir des catégories de matériaux de dragage pouvant éventuellement être exemptés d'analyses et d'essais,

- de formuler des conseils sur les critères d'élimination possible des matériaux de dragage,

- d'établir des formulaires de communication des renseignements au Secrétariat.

Parallèlement, un rapprochement est opéré avec le groupe scientifique sur les immersions de la Convention de Londres, dont les préoccupations sont analogues. En novembre 1985, la Convention d'Oslo adopte le projet de lignes directrices sur l'échantillonnage et l'analyse des déblais de dragages édicté par le groupe conjoint Convention de Londres/OSCOM. Ces lignes sont opérationnelles depuis 1986 (CANIS *et al.*, 1995).

I-2 : Facteurs climatiques et hydrodynamiques

I-2-1 : Climat

Par sa position géographique (51°03' Nord de latitude et 2°22' Est de longitude), Dunkerque bénéficie d'un climat océanique tempéré. Son caractère maritime est atténué par la présence de la Grande-Bretagne.

- **Température** : la température de l'air oscille classiquement entre un minimum hivernal (en décembre, janvier ou février) et un maximum estival (en juillet-août) avec des températures moyennes comprises entre 2°C et 10°C (CIURLIK, 1987).

- **Précipitations** : les précipitations sont plus irrégulières mais les maxima s'observent essentiellement en automne et au printemps. La pluviosité mensuelle moyenne dépasse rarement les 100 mm d'eau (DEWARUMEZ, 1979).

- **Vents** : d'après les données de Météo-France du sémaphore principal de Dunkerque (*in* GARÇON *et al.*, 1995) portant sur une période de 20 ans (1973-1993), on constate une nette dominance des vents de direction comprise dans le secteur sud-ouest (180-260°), avec une fréquence totale de près de 40 %. Les autres directions prédominantes se situent dans le secteur nord-est (0-6°), mais avec une fréquence moitié moindre et correspondant essentiellement aux périodes printanières.

Dans les deux cas, les vents de vitesse comprise entre 5 et 8 m/s et de plus de 8 m/s sont nettement dominants. Leurs proportions respectives sont globalement identiques pour les vents dominants orientés selon l'axe sud-ouest/nord-est. Les vents faibles (vitesse inférieure à 2 m/s) sont peu fréquents (3,4 %).

I-2-2 : Hydrographie

Associés aux vents qui ont surtout une influence directe sur les masses d'eau de surface (voir, par ex., FRONTIER et PICHOD-VIALE, 1993), les marées, les courants de marées, les courants généraux et résiduels ainsi que la houle permettent d'expliquer les fluctuations des déplacements des masses d'eau et/ou des sédiments.

I-2-2-1 : *Marée*

La marée observée au niveau du Pas-de-Calais est le résultat de la superposition d'une onde progressive incidente (originaires de l'Atlantique) et d'une onde réfléchi par la côte picarde. Une autre onde progressive de moindre importance provenant de la Mer du Nord se dirige vers l'ouest. Le résultat de ces interactions est un régime de marée de type semi-diurne (bi-journalier) d'une période d'environ 12 h 25 mn (tableau 2, p. 15) (BENTLEY, 1983). Son niveau moyen est de 3,15 m au dessus du zéro hydrographique (CIURLIK, 1987). Le marnage des plus fortes marées dépasse 5,9 m (C.N.E.X.O., 1984 *in* GARÇON *et al.*, 1995). Dans tous les cas, la durée du montant est inférieure de 2 heures à la durée du baissant (DEWARUMEZ, 1979).

Type de marée	Coefficient	Cote de Pleine Mer	Cote de Basse Mer
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 de la marée à Dunkerque (BENTLEY, 1983).

I-2-2-2 : Courants de marée

Ce sont les mouvements horizontaux des masses d'eau induits par le déplacement de l'onde de marée. Un courant de flot, de direction est/nord-est ($65-70^\circ$), est associé à la marée montante et un courant de jusant, de direction ouest/sud-ouest ($225-260^\circ$), à la marée descendante (CIURLIK, 1987). Au niveau du détroit du Pas-de-Calais, les directions de ces courants sont presque parfaitement opposées. Ils sont décalés dans le temps du fait de la forme en entonnoir du détroit et leur vitesse est élevée (en moyenne 2 nœuds, environ 1 m/s). Les travaux de VIOLLIER *et al.* (in BENTLEY, 1983) montrent qu'en jusant les eaux du littoral nord restent plaquées à la côte. A l'inverse, au flot, « l'effet de cap » entraîne les eaux littorales vers le large. En outre, la vitesse du flot est nettement supérieure à celle du jusant dans une bande côtière de 3 km de large allant de Gravelines au port est de Dunkerque (CIURLIK, 1987).

I-2-2-3 : Courant général

Les courants de marée ont la même phase que la marée (12 h 25 mn) mais ne sont pas parfaitement alternatifs, ce qui entraîne la formation d'un courant résiduel faible (2,7 milles/jour, environ 5 km/jour) portant au nord-est. Les eaux ont donc tendance à se déplacer de la Manche vers la Mer du Nord, suivant des directions sensiblement parallèles à la côte.

I-2-2-4 : Houle

La houle est une onde résultant de la propagation des vagues hors de leur aire de génération. Comme dans toute onde, il n'y a pas transport d'eau mais propagation du mouvement d'oscillation verticale de cette eau.

Au niveau de la Mer du Nord, la houle vient principalement du nord (40 %) et du nord-ouest (18 %). Sa période moyenne est de 6 secondes. Les trains de vagues ont une période de 7 à 10 secondes (BENTLEY, 1983).

I-2-2-5 : Interactions

Au delà d'une profondeur de 8 m, l'action des courants est prépondérante sur l'action des houles. Les transports se font donc vers le nord dans la Manche et vers l'est pour la Mer du Nord (vitesse du flot supérieure à la vitesse de la houle). A l'inverse, de la côte jusqu'à une profondeur de 8 m, ce sont les actions des houles qui sont les plus importantes. Les transports résultants se font donc vers le nord ou l'est (CIURLIK, 1987).

Par ailleurs, les eaux côtières comprises entre les bancs et le rivage, dans des fonds de 5 à 20 m, se caractérisent par une plus faible inertie que les eaux du large. Elles sont donc plus sensibles aux variations des conditions climatiques (IFREMER, 1986). Lors de tempêtes, la houle est capable de remettre en suspension des vases jusqu'à une profondeur de 20 m (MIGNIOT, 1977 ; L.C.H.F., 1979 *in* BOURGAIN, 1985b).

I-2-3 : Bathymétrie

Le resserrement « en entonnoir » du détroit du Pas-de-Calais provoque une augmentation de la vitesse des courants à son niveau. L'hydrodynamisme important nettoie le fond de ses fines particules. Le substrat est constitué de cailloutis et parfois de fonds rocheux. La profondeur y est très importante (toujours supérieure à - 30 m, pouvant atteindre - 45 m). L'atténuation de l'hydrodynamisme au niveau de Calais permet à nouveau une sédimentation de fines particules. Les fonds s'organisent en grands bancs de sable permanents, parallèles à la côte (Haut-fond de Gravelines, Dyck oriental, Out-Ruytingen), séparés par des dépressions dont les plus importantes constituent des passes pour l'accès au port.

Le développement des bancs prend une importance considérable au niveau de Dunkerque (bancs de Mardyck, du Snouw, Breedt, In Ratel, Dyck Central, Haut-fond de Gravelines. Les dépressions entre ces bancs sont plus étroites. Dans cette partie de la Mer du Nord, la profondeur est faible et excède rarement - 25 m (DEWARUMEZ, 1979). La carte S.H.O.M. 6651 montre des profondeurs au niveau des plus basses mer variant de quelques dizaines de centimètres (Banc Breedt, In Ratel) à une trentaine de mètres.

I-3 : Aspects faunistiques

I-3-1 : Peuplements benthiques de la zone d'étude

Les travaux de SOUPLET (1977) (*in* DEWARUMEZ, 1979), SOUPLET et DEWARUMEZ (1980), PRYGIEL *et al.* (1988) ont permis un suivi temporel de la répartition des peuplements benthiques au large de Gravelines et du port ouest de Dunkerque. On y distingue notamment le peuplement des sables fins à moyens plus ou moins envasé à *Abra alba*, le peuplement des

sables moyens propres à *Ophelia borealis* et le peuplement de « l'hétérogène envasé » (fig. 7, p. 18).

I-3-1-1 : Peuplement de « l'hétérogène envasé »

- Il occupe une dépression située entre le banc de Dyck occidental, le Haut-fond de Gravelines et la côte.

- La distribution des différentes classes granulométriques est plurimodale, avec un mode principal dans les sables grossiers et un mode accessoire dans les sables moyens. Le sédiment, faiblement classé, est riche en pélites (cf. Annexe 1).

- Le cortège faunistique associé est constitué d'espèces de sédiments envasés (*Sthenelais boa*, *Nephtys hombergii*, *Abra alba*) et de sédiments sableux ou graveleux (*Psammechinus miliaris*, *Nephtys longosetosa*, *Spisula elliptica* et *Ophiura albida*). On note aussi la présence d'*Owenia fusiformis*, *Scoloplos armiger*, *Sabella pavonina*, *Mya truncata* et *Cerianthus lloydii*. L'espèce la plus importante est *Sagartia sp.*

La richesse spécifique et la diversité sont très élevées du fait de l'hétérogénéité du sédiment. « L'hétérogène envasé » constitue une unité bionomique bien charpentée et stable dans le temps.

I-3-1-2 : Peuplement à *Ophelia borealis*

- On rencontre ce peuplement entre le Dyck et le Haut-fond de Gravelines. Il prend une très grande importance à l'est du site du fait de la présence de nombreux bancs de sables dont le sédiment est propice à son implantation.

- La distribution des différentes classes granulométriques est unimodale, avec un mode et une médiane situés dans les sables moyens. Les pélites sont pratiquement inexistantes. Ce sédiment, très bien classé, est typique des sommets de bancs.

- Le noyau de cette communauté est constitué de *Nephtys cirrosa*, *Bathyporeia elegans*, *Bathyporeia guilliamsonniana*, *Gastrosaccus spinifer*, *Spiophanes bombyx*, *Ophelia borealis*, *Spio filicornis* et *Echinocardium cordatum*. *Nephtys longosetosa* et *Spisula elliptica* peuvent aussi être présentes en grand nombre. Le nombre et la densité des espèces augmentent du sommet au pied des bancs. La dominance de certaines espèces (*Scoloplos armiger*, *Chaetozone setosa*, *Magelona mirabilis*) peut alors devenir importante.

La richesse spécifique est faible. Ce peuplement est caractérisé par sa stabilité.

I-3-1-3 : Peuplement à *Abra alba*

Ce peuplement regroupe deux faciès, distincts par leur pourcentage respectif de fractions fines, qui s'organisent de l'ouest vers l'est dans le sens de la dérive des courants.

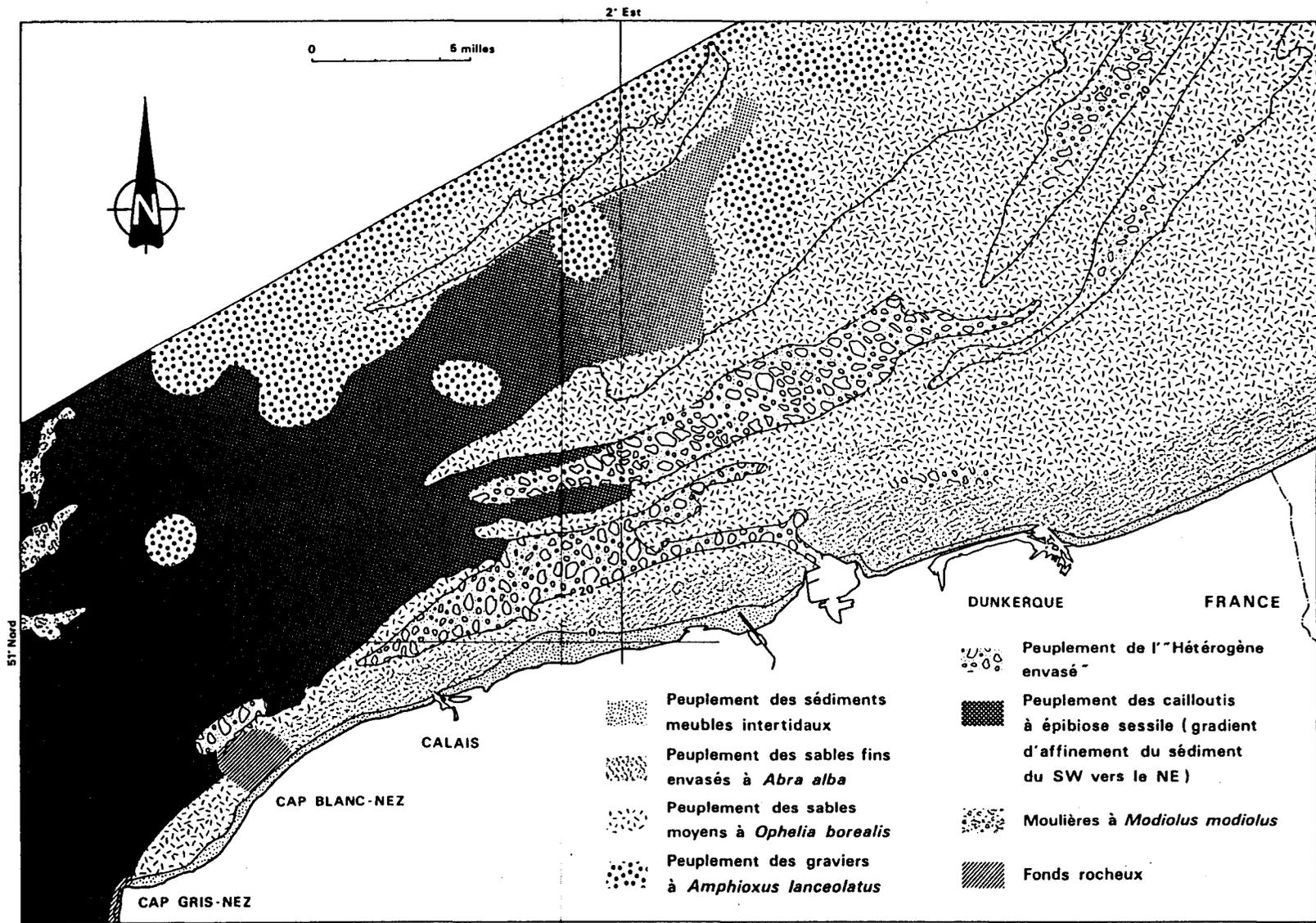


Figure 7 : Cartographie des peuplements benthiques en Mer du Nord (d'après PRYGIEL *et al.*, 1988).

I-3-1-3-1 : faciès envasé à *Nephtys hombergii*

- La distribution des différentes classes granulométriques est unimodale, avec un mode dans les sables fins et une forte proportion de sables moyens. La quantité de pélites a une très grande importance du point de vue biologique même si son pourcentage pondéral n'est pas très élevé (elle peut représenter plus de 2 % de la masse totale de l'échantillon). Ce sédiment est très bien classé.

- Ce peuplement est caractérisé par la présence de *Nephtys hombergii*. On trouve également *Abra alba*, *Tellina fabula*, *Ophiura texturata*, *Lanice conchilega*, *Notomastus latericeus*.

I-3-1-3-2 : faciès propre à *Nephtys cirrosa*

- La distribution granulométrique de ce sédiment est unimodale avec un mode situé dans les sables moyens, mais avec une médiane dans les sables fins. La teneur en pélites est très faible.

- Ce peuplement est marqué par la présence de *Nephtys cirrosa*. Les autres espèces importantes sont *Bathyporeia elegans*, *Urothoë brevicornis* et *Gastrosaccus spinifer*.

I-3-2 : Espèces indicatrices de pollution organique

Les travaux de GLÉMAREC et HILY (1981), effectués sur les milieux hypertrophiques de Bretagne, ont permis un classement des espèces benthiques en fonction de leur comportement face à une pollution organique de leur milieu. On distingue cinq groupes, définis comme suit :

- Groupe I : espèces sensibles,
- Groupe II : espèces indifférentes,
- Groupe III : espèces tolérantes,
- Groupe IV : espèces opportunistes de 2nd ordre,
- Groupes V : espèces opportunistes de 1^{er} ordre.

Les listes faunistiques (partielles) de ces différents groupes sont présentées en annexe 2. La figure 8 (p. 20) montre leur répartition en fonction de différents paramètres. Ces listes serviront de référence pour estimer le pouvoir indicateur de la macrofaune benthique, récoltée et étudiée selon les méthodes définies dans le chapitre II. Elles permettront notamment une première estimation de l'éventuelle pollution provoquée par les boues de dragage sur la zone d'étude. Cette première approche nécessitera un complément au moyen d'analyses physico-chimiques du sédiment.

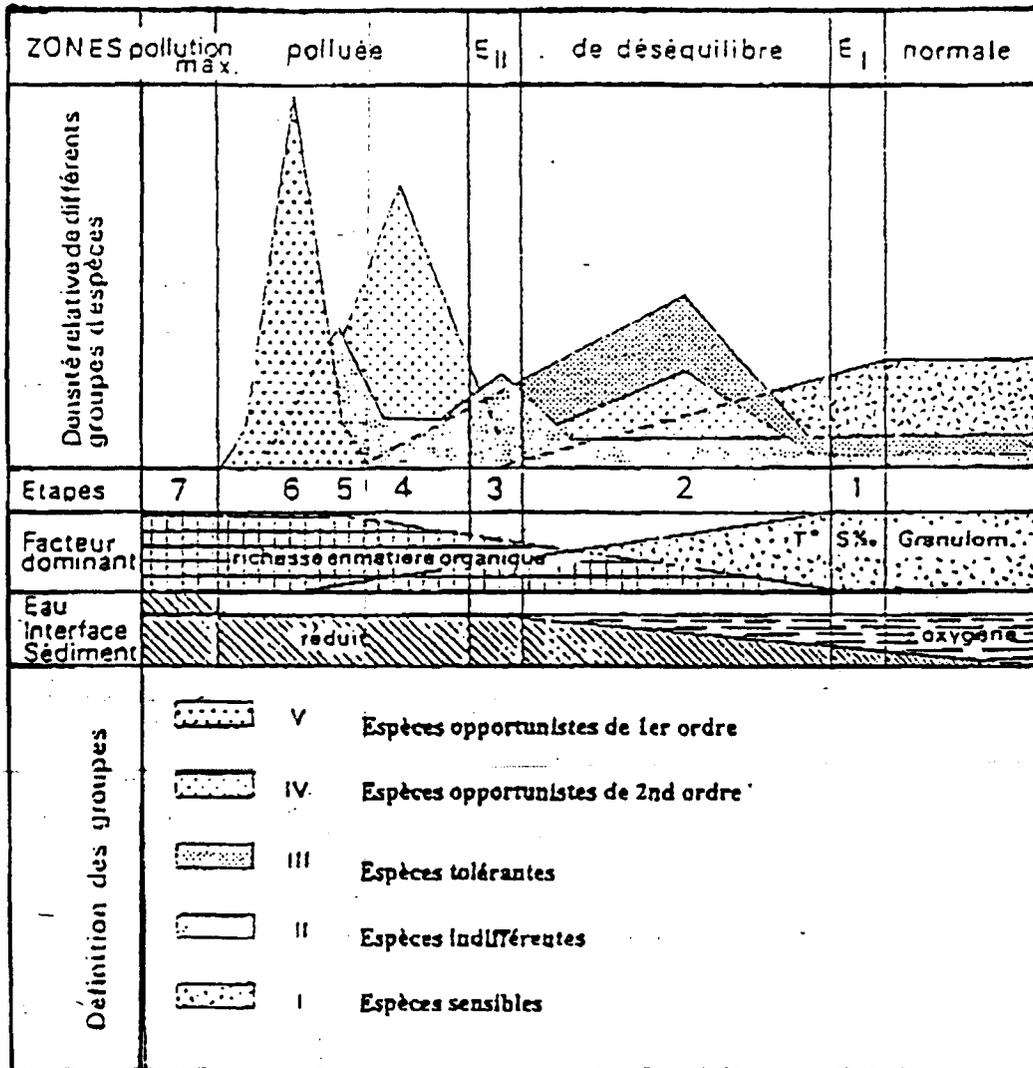


Figure 8 : Schéma de répartition des espèces benthiques dans les milieux hypertrophiques de Bretagne (GLÉMAREC et HILY, 1981).

II : MATÉRIELS ET MÉTHODES

II-1 : Campagne de prélèvements

II-1-1 : Date et localisation des prélèvements

La campagne s'est déroulée les 17 et 18 octobre 1995 à bord de la vedette hydrographique « La mouette » (Dunkerque) équipée du système de positionnement par satellite G.P.S. (Global Positioning System), précis à 5 m près environ. Cette campagne est intervenue trois mois après la dernière immersion recensée de rejets de dragages sur la zone d'étude.

Elle a permis d'échantillonner 45 stations des zones de vidages et alentours à raison de quatre prélèvements par site dont un uniquement destiné à la récolte de sédiment. Le tableau 3 (p. 22) et la figure 9 (p. 23) précisent la position des différentes stations échantillonnées. La figure 10 (p. 24) donne une représentation de la bathymétrie de la zone étudiée, estimée numériquement à partir des profondeurs relevées sur la carte S.H.O.M. 6651. La zone d'étude s'étend sur une superficie de près de 29 km².

II-1-2 : Techniques de prélèvements

Les prélèvements sont effectués à l'aide d'une benne de type « VAN VEEN » (fig. 11, p. 25), plus puissante que les autres bennes de prélèvements à mâchoires (Petersen, « Orange-peel ») et donc mieux adaptée aux fonds de sables et de graviers (COLLIGNON, 1991). Elle prélève un volume variant de 15 à 25 litres, selon la compacité du sédiment, sur une surface de 1/10 m² (GARÇON *et al.*, 1995).

Le sédiment recueilli est soumis à un premier tri sur le pont du bateau par passage sur des tamis de taille de maille 5 mm puis 1 mm, sous un courant d'eau de mer. Le refus de tamis est récupéré dans un flacon référencé au numéro de la station et de l'échantillon et additionné d'eau de mer formolée à 8 % afin d'assurer la conservation du macrobenthos contenu dans le sédiment ainsi tamisé.

Pour chaque station, le sédiment de la dernière benne est directement ensaché et référencé, en vue d'une analyse granulométrique.

II-2 : Étude granulométrique du sédiment

II-2-1 : Principe

L'analyse granulométrique a pour objectif de définir la texture pédologique du sédiment, à savoir « la nature et l'agencement des diverses catégories granulométriques (argiles, limons, sables, graviers) des constituants minéraux d'un sol » (PARENT, 1991). Elle repose sur la définition de fractions sédimentaires qui constituent la roche dans son ensemble.

Stations	Coordonnées Lambert		Coordonnées géographiques		Profondeurs estimées (en m) *
	X	Y	Latitude	Longitude	
1	587084.500	373666.000	51°03'39.9793"	2°09'11.6127"	20
2	586693.800	374586.800	51°04'09.7369"	2°08'51.4370"	5,5
3	586303.100	375507.300	51°04'39.4837"	2°08'31.2543"	12,4
4	585912.400	376427.800	51°05'09.2294"	2°08'11.0645"	16,2
5	585521.700	377348.300	51°05'38.9739"	2°07'50.8677"	7,7
6	586350.000	377700.0	51°05'50.4229"	2°08'33.3719"	5,6
7	586740.900	376779.500	51°05'20.6764"	2°08'53.5729"	20
8	587131.600	375859.000	51°04'50.9288"	2°09'13.7566"	12,7
9	587522.300	374938.500	51°04'21.1801"	2°09'33.9333"	15
10	587795.800	374294.200	51°04'0.3570"	2°09'48.0533"	17
11	587913.000	374018.000	51°03'51.4303"	2°09'54.1030"	16,4
12	588741.400	374369.600	51°04'2.8641"	2°10'36.5938"	14
13	588624.300	374645.900	51°04'13.4121"	2°10'30.5455"	17
14	588350.700	375290.100	51°04'32.6158"	2°10'16.4302"	13
15	587960.000	376210.600	51°05'2.3665"	2°09'56.2595"	10,3
16	587569.300	377131.100	51°05'32.1160"	2°09'36.0819"	27
17	587178.600	378051.600	51°06'1.8645"	2°09'15.8972"	9,2
18	588007.100	378403.300	51°06'13.3050"	2°09'58.4230"	8,2
19	588280.600	377759.000	51°05'52.4815"	2°10'12.5493"	20
20	588397.800	377482.800	51°05'43.5547"	2°10'18.6017"	29
21	588788.500	376562.300	51°05'13.8032"	2°10'38.7733"	15
22	589179.200	375641.800	51°04'44.0506"	2°10'58.9379"	8,8
23	589452.700	374997.500	51°04'23.2248"	2°11'13.0494"	15
24	589569.900	374721.300	51°04'14.2969"	2°11'19.0954"	11,5
25	590398.300	375072.900	51°04'25.7223"	2°12'1.5976"	11
26	590007.600	375993.400	51°04'55.4779"	2°11'41.4461"	5
27	589616.900	376913.900	51°05'25.2324"	2°11'21.2876"	17,1
28	589297.800	377482.000	51°05'43.5902"	2°11'4.8372"	25
29	589226.200	377834.400	51°05'54.9858"	2°11'1.1220"	27,5
30	588835.500	378754.900	51°06'24.7381"	2°10'40.9494"	7
31	589664.000	379106.600	51°06'36.1702"	2°11'23.4867"	7,5
32	590054.700	378186.100	51°06'684160"	2°11'43.6532"	22
33	590197.800	377482.800	51°05'43.6725"	2°11'51.0726"	26
34	590445.400	377265.600	51°05'36.6607"	2°12'3.8127"	23
35	590836.100	376345.100	51°05'6.9042"	2°12'23.9652"	5,3
36	591226.800	375424.600	51°04'37.1467"	2°12'44.1106"	12
37	592055.200	375776.200	51°04'48.5636"	2°13'26.6242"	21
38	591664.500	376696.700	51°05'18.3231"	2°13'6.4848"	5
39	591273.800	377617.200	51°05'48.0815"	2°12'46.3384"	23
40	590883.100	378537.700	51°06'17.8387"	2°12'26.1849"	15
41	590492.400	379458.200	51°06'47.7012"	2°12'6.02845"	7,1
42	592149.300	380161.600	51°07'26 *	2°13'68 *	7,3
43	592540.000	379458.200	51°06'47.7012"	2°13'51.2549"	8
44	592930.700	378320.600	51°06'10.9168"	2°14'11.4119"	23
45	593321.400	377400.100	51°05'41.1546"	2°14'31.5462"	5

Tableau 3 : Coordonnées et profondeur approximative des stations échantillonnées en octobre 1995.

(* d'après la carte S.H.O.M 6651 Côte Nord de France de Calais à Dunkerque 1:43100)



Figure 9 : Localisation des points de prélèvements et des zones de vidage (ZVD).

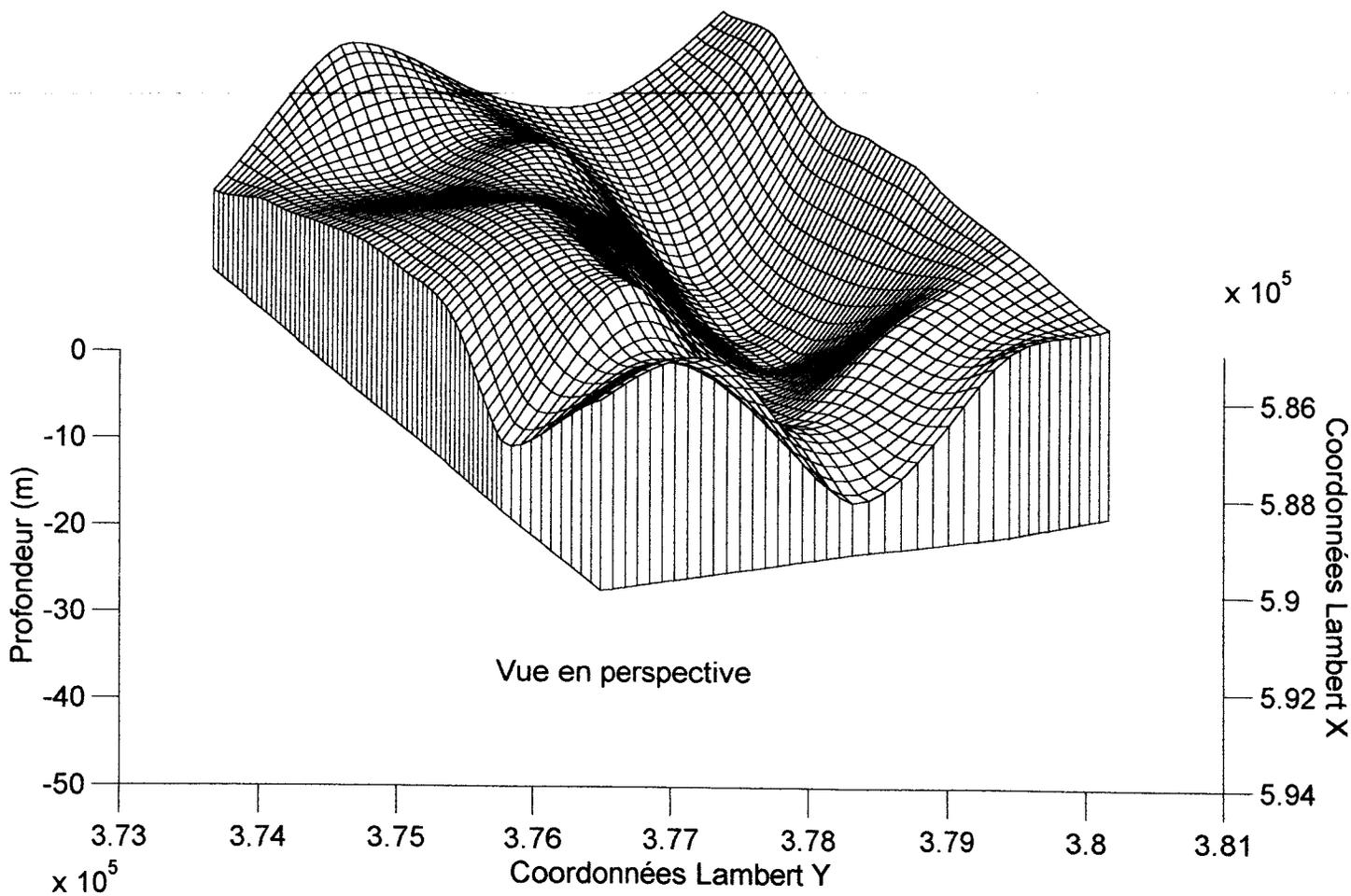
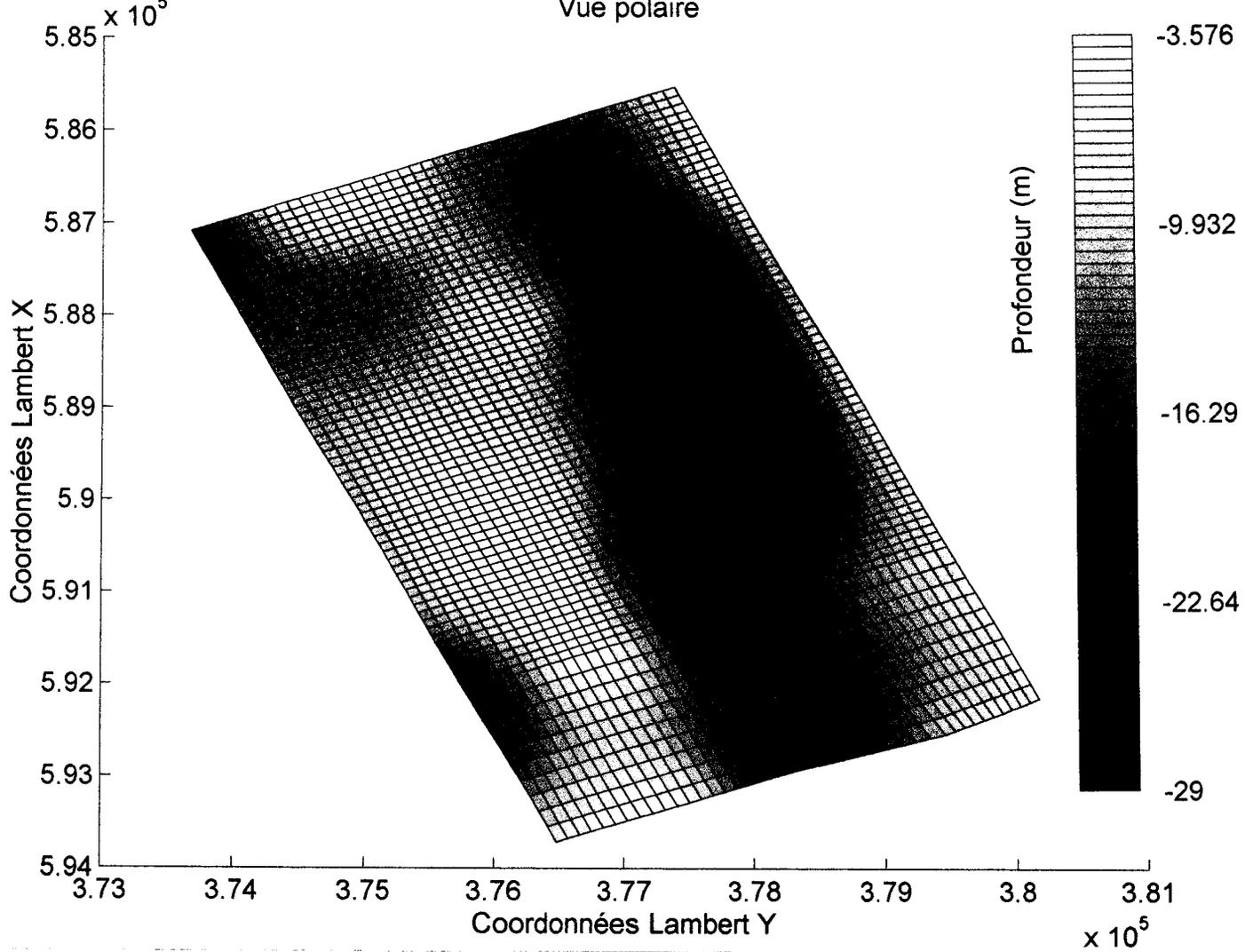


Figure 10 : Vues polaire et en perspective de la bathymétrie de la zone d'étude d'après les profondeurs relevées sur la carte S.H.O.M. 6651 1/43100.

Concernant les roches meubles des zones de vidages et alentours, 7 fractions granulométriques ont été définies :

$2 \text{ mm} \leq \text{Fraction}$

$1 \text{ mm} \leq \text{Fraction} < 2 \text{ mm}$

$500 \text{ } \mu\text{m} \leq \text{Fraction} < 1 \text{ mm}$

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

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

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

$63 \text{ } \mu\text{m} > \text{Fraction}$

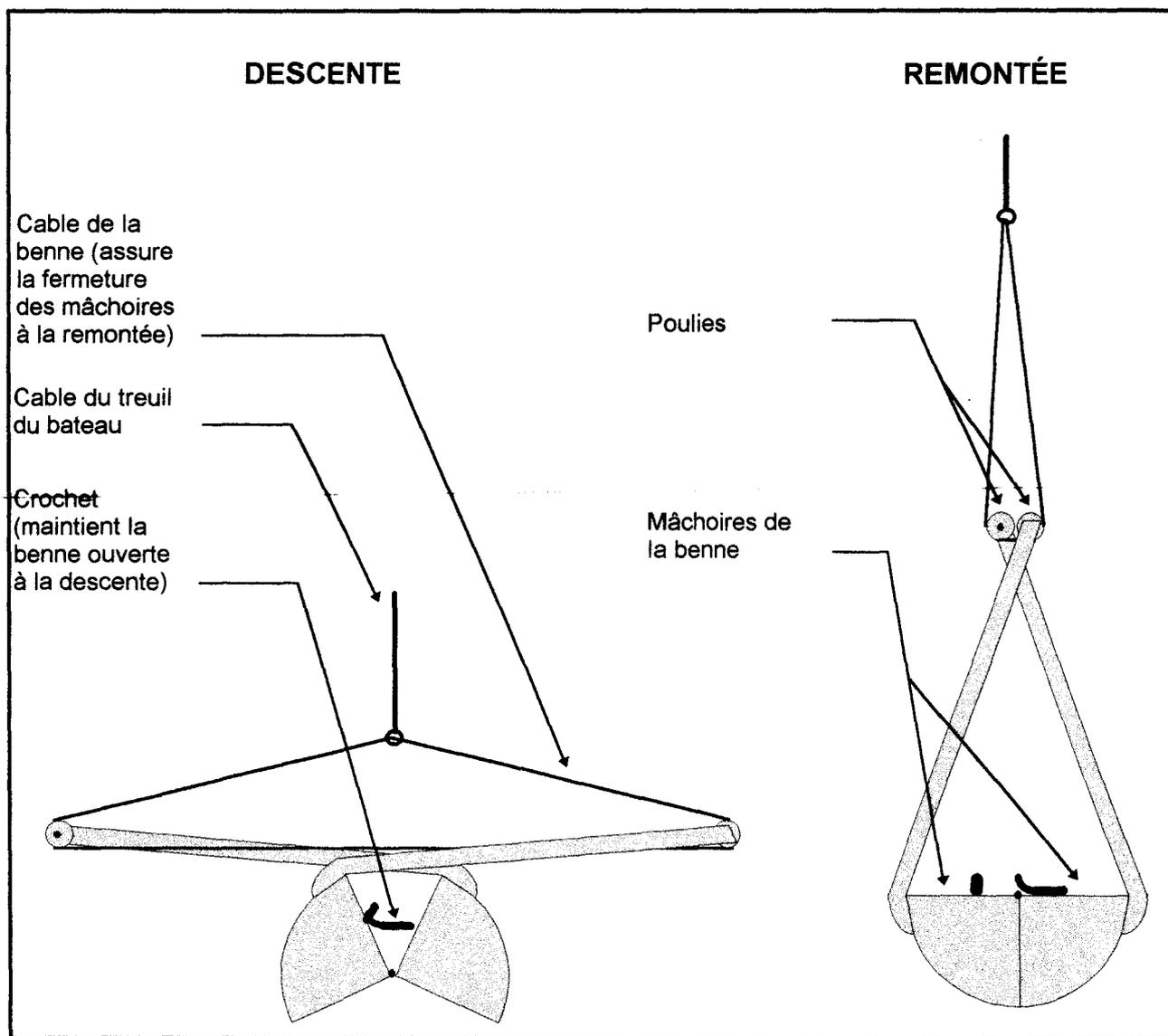


Figure 11 : Principe schématique du fonctionnement de la benne de prélèvement « VAN VEEN ».

II-2-2 : Techniques d'études

On utilise une série de tamis circulaires garnis de toiles métalliques inoxydables à mailles carrées aux normes A.F.N.O.R., préalablement pesés secs.

Les échantillons de sédiment brut, conservés en chambre froide à +4°C, subissent le protocole de préparation suivant :

- séchage à l'étuve à 60°C pendant 72 h minimum,
- remise en suspension des particules sédimentaires (à partir de 200 g de sédiment sec) à l'aide d'un mélangeur rotatif pendant 48 h minimum,
- tamisage préalable sous eau courante aux tamis de vide de maille 2 mm et 63 µm superposés pour retenir les cailloux et graviers et éliminer les fractions fines.

Chaque échantillon est ensuite tamisé sous agitation liquide par passage sur une colonne de granulométrie (fig. 12) : celle-ci est constituée d'une série de tamis superposés dont le vide de maille correspond aux limites des fractions granulométriques retenues (1000, 500, 250, 100 et 63 µm).

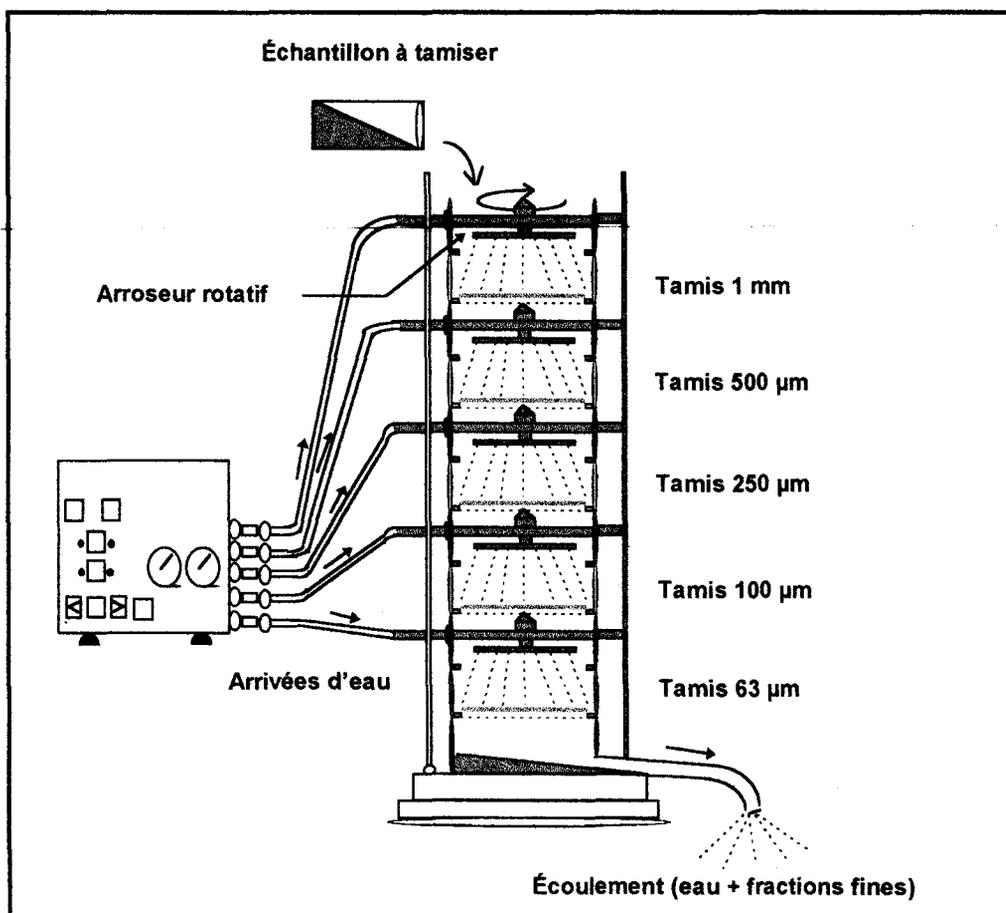


Figure 12 : Principe schématique de fonctionnement d'une colonne de granulométrie (DERRICHE, communication personnelle).

Les tamis sont séchés à l'étuve (60°C pendant 3 h minimum) puis pesés à 0,1 g près. On obtient par différence la masse des différentes fractions sèches dont on calcule les pourcentages respectifs. Ceux-ci permettent de définir les faciès granulométriques des stations échantillonnées selon les critères de LARSONNEUR (1977) qui sont fondés sur la nomenclature de BELLAIR et POMEROL (1977) (Annexe 1).

II-2-3 : Paramètres d'analyse statistique

II-2-3-1 : Courbes de fréquences cumulées

La construction des courbes de fréquences cumulées des pourcentages de fractions granulométriques pour chaque station nécessite, au préalable, d'encadrer de façon stricte les différentes classes retenues (cf. § II-2-1) :

- la borne inférieure de la « fraction $< 63 \mu\text{m}$ » a été fixée à 0,
- la borne supérieure de la « fraction $\geq 2 \text{ mm}$ » a été fixée arbitrairement à 5 mm, considérant qu'il s'agit de la taille maximale des cailloux et/ou débris coquilliers effectivement soumis au protocole de granulométrie (cf. § II-2-2). Pour l'analyse statistique, on retiendra donc les 7 classes de fractions granulométriques suivantes (définies en μm) : $[0 ; 63 [$; $[63 ; 100[$; $[100 ; 250[$; $[250 ; 500[$; $[500 ; 1000[$; $[1000 ; 2000[$; $[2000 ; 5000[$.

Les limites de ces classes sont portées en abscisse (sur une échelle logarithmique) et les valeurs de fréquences cumulées correspondantes en ordonnée. Par convention, l'abscisse des points à placer correspond à la borne supérieure de chaque classe.

II-2-3-2 : Classement

La courbe de fréquence cumulée, établie pour chaque station à partir des pourcentages de fraction, permet de déterminer graphiquement les paramètres suivants :

- **Médiane (Md)** : valeur du vide de maille théorique laissant passer 50 % pondéraux de la masse totale de l'échantillon. Elle correspond à l'abscisse du point d'ordonnée 0,5 (ou 50 %).
- **1^{er} quartile (Q1)** : valeur du vide de maille théorique laissant passer 25 % pondéraux de la masse totale de l'échantillon. Il correspond à l'abscisse du point d'ordonnée 0,25 (ou 25 %).
- **3^{ème} quartile (Q3)** : valeur du vide de maille théorique laissant passer 75 % pondéraux de la masse totale de l'échantillon. Il correspond à l'abscisse du point d'ordonnée 0,75 (ou 75 %).

On peut déduire de ces paramètres différents indices descriptifs, notamment un coefficient de classement dit « de TRASK » :

- Coefficient de TRASK (ou « sorting index ») S_0 :

$$S_0 = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$$

avec Q_3 , 3^{ème} quartile,
 Q_1 , 1^{er} quartile.

Ce coefficient permet de définir un classement du sédiment suivant les critères suivants :

- $1 < S_0 \leq 1,5$: sédiment très bien classé, noté « TB »,
- $1,5 < S_0 \leq 2,5$: sédiment bien classé, noté « B »,
- $2,5 < S_0 \leq 4$: sédiment faiblement classé, noté « F »,
- $S_0 > 4$: sédiment très mal classé, noté « TM ».

Ce classement indique, dans une certaine mesure, le mode de dépôt du sédiment. Un sédiment bien classé est le produit d'un vannage (séparation des grains), d'un tri au cours d'un transport généralement long. Au contraire, un sédiment mal classé est peu évolué, suite à un transport global généralement court, sans aucun tri.

Cette méthode d'analyse nécessite, en principe, une série normalisée de 22 tamis dont le vide de maille suit une progression géométrique de base 1 et de raison $\sqrt[10]{10}$ (environ 1,259). Les regroupements de classes, opérés du fait du plus petit nombre de fractions granulométriques retenues dans cette étude (cf. § II-2-3-1), amènent obligatoirement à une moindre précision des paramètres statistiques calculés.

II-2-3-3 : Similitude

Le calcul d'un indice de similitude permet de déterminer les stations ayant des caractéristiques granulométriques proches, en comparant les stations deux à deux. Il existe différents indices de similitude (SOERENSEN, OCKIAI) (BLANC *et al.*, 1976). Dans le cas présent, la similitude a été calculée à l'aide du logiciel « STAT-ITCF » à partir des distances euclidiennes pondérées par des valeurs calculées à partir de la distance du χ^2 (Khi2).

II-2-3-4 : Dendrogramme

La méthode des dendrogrammes permet de visualiser nettement les stations ayant des indices de similitude proches, donc une composition granulométrique comparable. Elle consiste en une représentation de la matrice à deux dimensions : stations/indice de similitude. On l'obtient en joignant par un segment de droite les deux stations liées par l'indice de similitude le plus élevé à ce même niveau de similitude et en comparant ce couple aux autres stations (DAGET, 1976).

II-3 : Étude de la macrofaune benthique

II-3-1 : Tri et détermination

Les refus de tamis issus du premier tamisage sur le bateau sont à nouveau triés au laboratoire sur des tamis de taille de maille 5 mm puis 500 µm, sous eau courante. La macrofaune benthique récupérée est conservée dans des flacons contenant de l'eau de mer formolée à 8 % (obtenue par dilution de formol du commerce à 38 % considéré comme pur) et portant la référence du lieu de prélèvement et de l'échantillon.

La détermination est menée aussi loin que l'état des individus et la précision de la systématique (CAMPBELL et NICHOLLS, 1986 ; FAUVEL, 1923 et 1927 ; PERRIER, 1964 et 1967) le permet. Les animaux sont ensuite dénombrés, regroupés par genres ou espèces et par station, puis conservés dans de l'eau de mer formolée à 8 %.

II-3-2 : Méthodes d'analyses statistiques

II-3-2-1 : Description des peuplements

- **Abondance (ou effectif)** : nombre d'individus de chaque espèce récoltés par échantillon ; notée « A_x », abondance de l'espèce x.
- **Densité** : abondance d'une espèce x rapportée à la surface échantillonnée, soit 1/10 m² (cf. § II-1-2) ; notée « d_x ». Il suffit ici de multiplier l'abondance par 10.

$$\text{Densité de l'espèce x : } d_x = A_x \times 10$$

avec A_x , abondance de l'espèce x.

On obtient la densité moyenne pour chaque station en divisant la densité d'une espèce x par le nombre de prélèvements, soit 3 (cf. § II-1-1) ; notée « \bar{d}_x »

$$\text{Densité moyenne de l'espèce x : } \bar{d}_x = \sum_{i=1}^3 \frac{(A_x \times 10)}{3}$$

avec A_x , abondance de l'espèce x.

- **Dominance** : nombre d'individus d'une espèce x rapporté au nombre total d'individus contenus dans le même échantillon, exprimé en pourcentage ; notée « D_x ».

$$\text{Dominance de l'espèce x : } D_x = \frac{A_x}{N} \times 100$$

avec A_x , abondance de l'espèce x,

N , nombre total d'individus dans une même station.

Calculée par espèce et par taxon, elle exprime la proportion relative des diverses espèces dans le prélèvement.

La dominance moyenne d'une espèce dans un peuplement est la moyenne des dominances obtenues par cette espèce dans tous les échantillons prélevés dans ce peuplement ; notée « \bar{D}_x »

$$\text{Dominance moyenne de l'espèce } x : \bar{D}_x = \frac{\sum_{i=1}^N D_{xi}}{N}$$

avec D_{xi} , dominance de l'espèce x dans l'échantillon i ,
 N , nombre total d'échantillons.

- **Constance (ou fréquence)** : rapport du nombre de prélèvements où l'espèce x est présente au nombre total de prélèvements effectués sur le même peuplement, exprimé en pourcentage ; notée « C_x ».

$$\text{Constance de l'espèce } x : C_x = \frac{N_x}{N} \times 100$$

avec N_x , nombre de prélèvements contenant l'espèce x ,
 N , nombre total de prélèvements.

Cette valeur permet un classement d'une espèce dans l'une des quatre catégories suivantes :

- $C_x \geq 50\%$: espèce constante
- $25\% \leq C_x < 50\%$: espèce commune
- $12,5\% \leq C_x < 25\%$: espèce peu commune
- $C_x < 12,5\%$: espèce rare

II-3-2-2 : Description de la diversité

- **Indice de SHANNON-WEAVER (H')** : l'indice de SHANNON-WEAVER est l'indice le plus utilisé et, d'après MARGALEF (*in* PRUVOT, 1993), constitue l'expression de la diversité qui offre le plus d'avantages. Son principal atout est d'être indépendant de la nature de la distribution des espèces dans un échantillon. Il s'appuie sur la théorie de l'information et représente la quantité moyenne d'information reçue : on l'exprime, pour cette raison, en « bit par individus » (FRONTIER et PICHOD-VIALE, 1993). Il a pour formule :

$$H' = - \sum_{i=1}^S f_i \cdot \log_2 f_i$$

avec f_i , fréquence relative des individus d'une espèce,
 S , nombre total d'espèces.

Cet indice présente cependant quelques ambiguïtés inhérentes au concept même de la diversité (MENESGUEN, 1980 *in* PRUVOT, 1993) :

- la valeur de l'indice varie en fonction de la taille de l'échantillon. On obtient donc toujours une estimation biaisée de H' , du fait notamment de l'abondance des espèces rares (faible nombre d'individus),

- H' est dépendant à la fois des fréquences relatives des espèces et du nombre total de celles-ci, valeurs qui varient énormément d'un peuplement à l'autre et rendent donc impossible la comparaison des peuplements entre eux. Afin d'effectuer ces comparaisons, on utilise conjointement un indice dit « de régularité », R .

• **Régularité** : c'est le rapport de la diversité d'un échantillon à la diversité maximale pouvant être obtenue avec le même nombre de taxons, soit :

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

avec H' , indice de SHANNON-WEAVER calculé
 S , nombre total d'espèces de l'échantillon.

Cet indice prend des valeurs faibles lorsqu'une ou plusieurs espèces sont dominantes et tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont sensiblement le même effectif.

• **Diagramme Rang-Fréquence (DRF)** : il permet une visualisation directe de la répartition des espèces d'un échantillon selon leur abondance et permet d'interpréter l'évolution écologique temporelle d'un peuplement. On l'obtient en portant en abscisse les espèces classées par ordre d'abondance décroissante et leur fréquence (relative ou absolue) en ordonnée (sur une échelle logarithmique pour les deux axes). 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 (fig. 13, p. 32) :

- diagramme concave : diversité et régularité faible (petit nombre d'espèces abondantes et quelques espèces rares) (fig. 13A),

- diagramme convexe : diversité et régularité élevées (nombre important d'espèces de moyennes abondances, sans espèces fortement dominantes, avec un contingent d'espèces rares) (fig. 13B),

- diagramme intermédiaire, en partie rectiligne (fig. 13C),

- diagramme en paliers, indicateur d'un biais d'échantillonnage (fig. 13D).

Ces DRF, tout comme les indices de diversité, dépendent de l'échelle d'observation et des phénomènes saisonniers (d'après FRONTIER et PICHOD-VIALE, 1993).

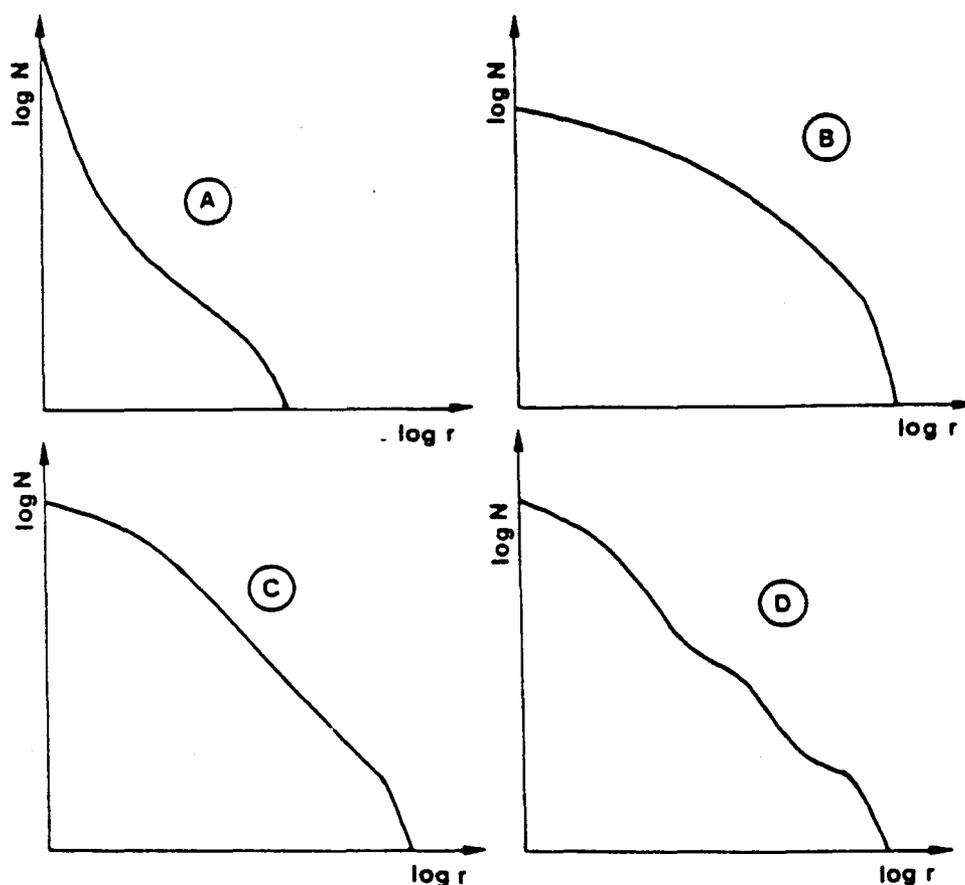


Figure 13 : Quatre allures typiques de diagrammes rang-fréquence : (A) diversité et régularité faible ; (B) diversité et régularité élevées ; (C) situation intermédiaire (diagramme en partie rectiligne) ; (D) diagramme à paliers (FRONTIER et PICHOD-VIALE, 1993).

II-3-2-3 : Analyse factorielle des correspondances (AFC)

La méthode utilisée pour le traitement statistique des données des tableaux de contingence (ou croisés) stations/espèces est l'analyse factorielle simple des correspondances (AFC). Cette méthode a pour principal intérêt de réduire la dimension des données en conservant le maximum d'information (DERVIN, 1992). Elle permet d'étudier la distribution simultanée des variables (stations) et des observations (effectifs) et d'établir la correspondance.

II-3-2-3-1 : Principe

Le principe est de considérer n vecteurs « stations de prélèvements » et de les représenter dans un espace défini par autant d'axes qu'il y a d'espèces faunistiques. On aboutit à la représentation du nuage des objets « stations de prélèvement » dans l'espace des descripteurs « espèces ». Les

hyperespaces ainsi obtenus (espaces à plus de trois dimensions) sont non interprétables directement.

L'AFC permet d'isoler un petit nombre d'axes qui représentent la plus grande part de l'inertie totale du nuage et qui sont porteurs de la plus grande part d'explication, ce qui revient à visualiser les objets et les descripteurs dans des sous-espaces de dimensions réduites, conservant un maximum de l'informations présente dans l'espace de départ. La distance entre les différents points est calculée à partir d'une distance du χ^2 (Khi2). Chaque point du nuage est considéré comme un point pesant dont la masse permettra de calculer l'inertie totale du nuage (DAGET, 1976).

II-3-2-3-2 : Construction

La construction de l'AFC est obtenue après traitement informatique grâce au logiciel statistique « STAT-ITCF ». Les différentes étapes sont évoquées ci-après :

- tableau de contingence : la méthode s'applique à des tableaux de contingences à deux variables qualitatives (présence/absence) ou quantitative (effectifs total ou moyen) sur une population de n individus,
- calcul des profils-lignes et des profils-colonnes : la ressemblance entre profils s'exprime par la distance du χ^2 qui mesure la liaison entre deux valeurs qualitatives,
- détermination de la matrice d'inertie,
- recherche des valeurs propres et des vecteurs propres,
- détermination des axes principaux d'inertie,
- calculs des composantes principales,
- représentation graphique (ESCOFIER et PAGÈS, 1990).

La figure 14 (p. 34) résume le protocole analytique global d'une AFC.

II-3-2-3-3: Interprétation

- **Contribution en pourcentage de chaque point** : le plan principal est défini par les deux valeurs les plus représentées. Cette expression 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.

- **Cosinus carré** : il 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 relatif 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 (ESCOFIER et PAGÈS, 1990).

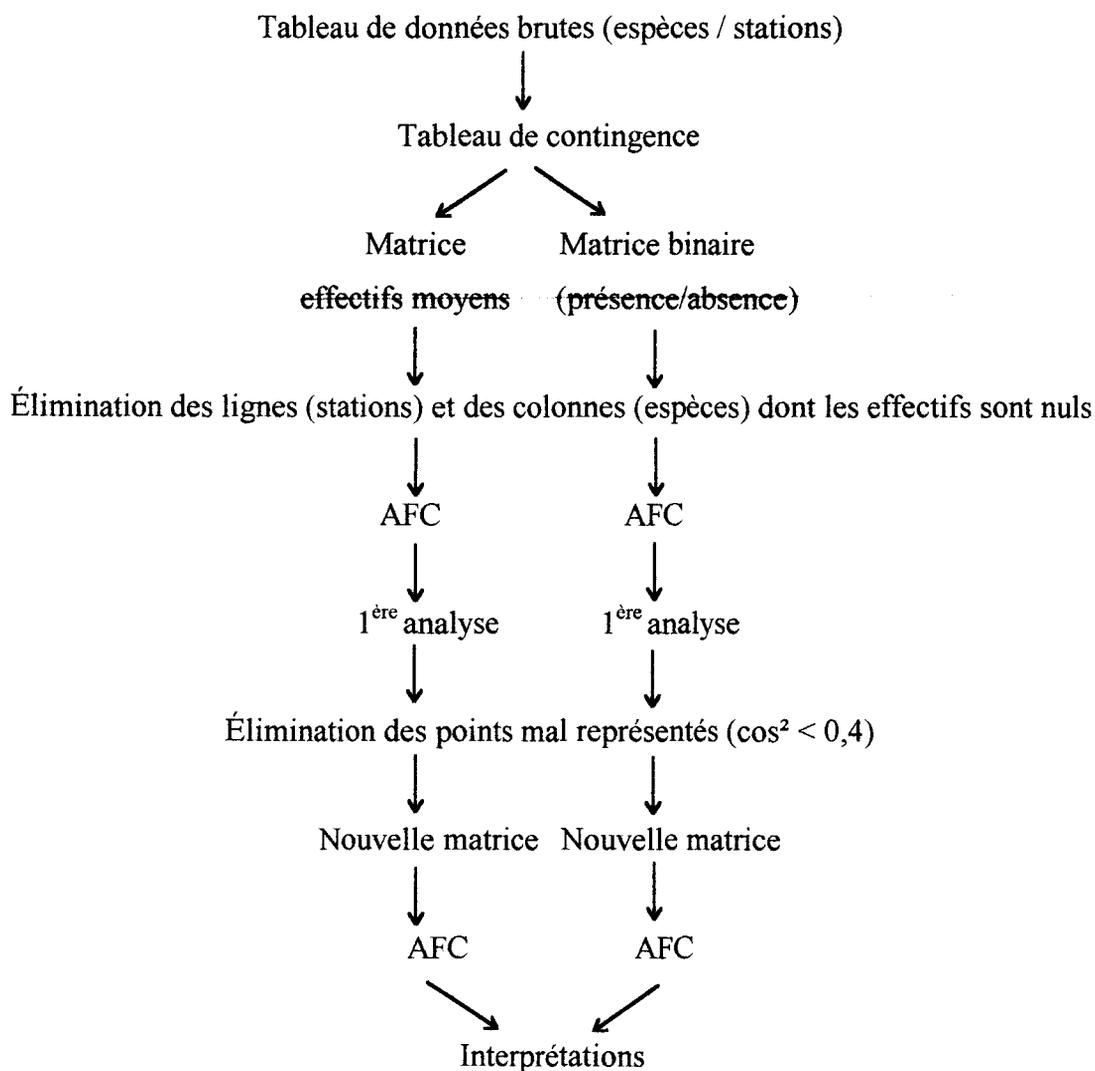


Figure 14 : Schéma du protocole analytique d'une AFC (in CANIS et al., 1994).

III : RÉSULTATS

III-1 : Granulométrie

Les résultats des pourcentages de fractions granulométriques obtenus sont présentés dans le tableau 4 (p. 36).

III-1-1 : Selon les critères de LARSONNEUR (1977)

Les pourcentages calculés ont permis de définir cinq faciès granulométriques propres aux normes définies par LARSONNEUR (1977) (Annexe 1) et un faciès particulier qui ne répond pas strictement à ces critères. Les stations se répartissent comme suit :

- 2 stations de vase sableuse : 20, 21
- 8 stations de sablons : 27, 29, 30, 31, 32, 39, 40, 45
- 25 stations de sable fin : 2, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 17, 18, 19, 22, 25, 26, 28, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 41, 42, 43
- 3 stations de sable grossier : 9, 13, 14
- 4 stations de sable graveleux (ou sable à cailloutis) : 6, 16, 23, 24

Les stations 1, 10 et 15, présentant à la fois un taux de lutites ($< 63 \mu\text{m}$) supérieur à 5 % et un taux de cailloutis ($> 2 \text{ mm}$) supérieur à 15 %, ont été regroupées dans un faciès dit de « cailloutis envasés ».

III-1-2 : Classement

Le tableau 5 (p. 37) présente les pourcentages cumulés des fractions granulométriques pour chaque station et les paramètres statistiques qui en découlent, avec cependant toutes les réserves dues aux imprécisions méthodologiques évoquées au chapitre 2 (§ II-2-3-2).

La grande majorité des stations (84,4 %) présente un sédiment « très bien » (20 sites) ou « bien » classé (18 sites). Il s'agit essentiellement de stations à faciès sableux/sablonneux ou à sables grossiers/graveleux.

Les stations « faiblement » (6 stations) ou « très mal » classées (1 station) présentent toutes un pourcentage de vases et/ou cailloutis dominant.

III-1-3 : Dendrogramme

En considérant l'ensemble des différentes classes granulométriques, et non pas uniquement la fraction dominante, les résultats du dendrogramme ont permis d'affiner la description sédimentaire de la zone d'étude. On peut notamment regrouper les différentes stations séparées plus ou moins arbitrairement par les limites imposées par LARSONNEUR. C'est le cas des stations 3 et 22 dont la similitude est la plus élevée, mais qui sont classées dans des faciès

Stations	Granulométrie : pourcentages							Faciès
	< 63µm	[63µm;100µm[	[100µm;250µm[	[250µm;500µm[	[500µm;1mm[	[1mm;2mm[	≥ 2mm	
1	<u>22,90</u>	4,90	19,75	9,00	1,25	1,70	<u>40,50</u>	CE
2	1,40	0,10	46,75	<u>51,55</u>	0,15	0,05	0,00	SF
3	2,20	0,20	45,70	<u>50,80</u>	0,60	0,25	0,25	SF
4	3,75	0,50	23,55	<u>50,55</u>	4,95	2,50	14,20	SF
5	2,00	0,10	30,10	<u>53,70</u>	4,65	4,00	5,45	SF
6	1,50	0,10	3,85	38,45	21,00	16,95	<u>18,15</u>	SGv
7	1,85	0,15	35,50	<u>47,80</u>	6,05	2,50	6,15	SF
8	1,60	0,10	24,80	<u>71,80</u>	0,95	0,30	0,45	SF
9	4,30	0,20	12,00	32,60	<u>26,10</u>	<u>14,90</u>	9,90	SG
10	<u>8,45</u>	1,40	29,45	28,35	5,00	4,80	<u>22,55</u>	CE
11	3,30	1,25	6,15	<u>58,45</u>	15,20	8,60	7,05	SF
12	2,65	0,05	9,60	<u>49,20</u>	19,00	8,25	11,25	SF
13	3,35	0,10	4,75	28,25	<u>30,75</u>	<u>19,20</u>	13,60	SG
14	1,65	0,05	2,80	31,15	<u>32,65</u>	<u>21,05</u>	10,65	SG
15	<u>5,80</u>	1,05	15,45	36,80	5,25	5,40	<u>30,25</u>	CE
16	4,85	0,80	23,35	31,35	5,40	4,30	<u>29,95</u>	SGv
17	1,45	0,05	15,05	<u>82,55</u>	0,85	0,05	0,00	SF
18	2,25	0,15	41,85	<u>55,25</u>	0,45	0,05	0,00	SF
19	1,55	0,05	29,65	<u>68,35</u>	0,35	0,05	0,00	SF
20	<u>31,70</u>	2,85	47,90	14,85	0,90	0,80	1,00	VS
21	<u>26,50</u>	0,05	24,10	45,95	2,70	0,40	0,30	VS
22	2,15	0,20	45,70	<u>50,80</u>	0,60	0,25	0,30	SF
23	3,05	0,15	4,25	24,70	17,35	15,65	<u>34,85</u>	SGv
24	2,75	0,20	3,00	41,70	15,20	11,10	<u>26,05</u>	SGv
25	1,70	0,05	3,85	<u>76,45</u>	15,05	2,45	0,45	SF
26	1,75	0,05	13,85	<u>74,35</u>	8,80	0,85	0,35	SF
27	1,85	<u>0,20</u>	<u>55,30</u>	41,70	0,85	0,05	0,05	Sbl
28	1,55	0,10	22,70	<u>72,50</u>	2,25	0,55	0,35	SF
29	3,85	<u>0,40</u>	<u>54,25</u>	40,95	0,30	0,15	0,10	Sbl
30	2,10	<u>0,20</u>	<u>51,85</u>	45,75	0,10	0,00	0,00	Sbl
31	1,90	<u>0,20</u>	<u>67,10</u>	30,50	0,25	0,00	0,05	Sbl
32	4,65	<u>0,30</u>	<u>73,60</u>	17,85	1,95	1,35	0,30	Sbl
33	2,10	0,10	23,10	<u>65,20</u>	8,35	0,85	0,30	SF
34	1,75	0,30	26,95	<u>70,40</u>	0,40	0,10	0,10	SF
35	3,55	0,15	45,95	<u>48,85</u>	1,00	0,10	0,40	SF
36	2,25	0,05	13,30	<u>82,35</u>	1,95	0,10	0,00	SF
37	2,30	0,10	19,25	<u>77,55</u>	0,65	0,10	0,05	SF
38	1,30	0,10	23,20	<u>69,55</u>	4,30	1,20	0,35	SF
39	1,85	<u>0,15</u>	<u>59,05</u>	38,50	0,35	0,10	0,00	Sbl
40	2,70	<u>0,20</u>	<u>54,15</u>	30,80	5,80	3,00	3,35	Sbl
41	2,00	0,05	47,30	<u>50,35</u>	0,15	0,05	0,10	SF
42	2,60	0,00	29,60	<u>67,70</u>	0,10	0,00	0,00	SF
43	1,85	0,10	22,60	<u>69,85</u>	5,10	0,50	0,00	SF
44	2,50	0,10	16,05	<u>70,95</u>	6,25	2,15	2,00	SF
45	2,10	0,25	85,80	11,80	0,05	0,00	0,00	Sbl

Tableau 4 : Granulométrie des sédiments (en pourcentage de la masse sèche totale de l'échantillon) et nature des faciès (CE, cailloutis envasés ; SGv, sables graveleux ; SG, sables grossiers ; SF, sables fins ; Sbl, sablons ; VS, vases sableuses). Les valeurs déterminantes pour la détermination des faciès (d'après LARSONNEUR, 1977) sont soulignées. 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 ^{er} quartile	3 ^{ème} quartile	S ₀	Classement
1	22,90	27,80	47,55	56,55	57,80	59,50	100,00	303	77	2841	6,08	TM
2	1,40	1,50	48,25	99,80	99,95	100,00	100,00	256	158	358	1,50	B
3	2,20	2,40	48,10	98,90	99,50	99,75	100,00	257	157	362	1,52	B
4	3,75	4,25	27,80	78,35	83,30	85,80	100,00	339	224	477	1,46	TB
5	2,00	2,10	32,20	85,90	90,55	94,55	100,00	314	201	443	1,49	TB
6	1,50	1,60	5,45	43,90	64,90	81,85	100,00	612	356	1510	2,06	B
7	1,85	2,00	37,50	85,30	91,35	93,85	100,00	300	181	431	1,54	B
8	1,60	1,70	26,50	98,30	99,25	99,55	100,00	314	236	400	1,30	TB
9	4,30	4,50	16,50	49,10	75,20	90,10	100,00	512	300	995	1,82	B
10	8,45	9,85	39,30	67,65	72,65	77,45	100,00	325	160	1400	2,96	F
11	3,30	4,55	10,70	69,15	84,35	92,95	100,00	398	296	654	1,49	TB
12	2,65	2,70	12,30	61,50	80,50	88,75	100,00	425	299	818	1,65	B
13	3,35	3,45	8,20	36,45	67,20	86,40	100,00	678	377	1325	1,87	B
14	1,65	1,70	4,50	35,65	68,30	89,35	100,00	679	395	1246	1,78	B
15	5,80	6,85	22,30	59,10	64,35	69,75	100,00	421	263	2342	2,98	F
16	4,85	5,65	29,00	60,35	65,75	70,05	100,00	397	214	2327	3,30	F
17	1,45	1,50	16,55	99,10	99,95	100,00	100,00	331	268	408	1,23	TB
18	2,25	2,40	44,25	99,50	99,95	100,00	100,00	268	164	375	1,51	B
19	1,55	1,60	31,25	99,60	99,95	100,00	100,00	302	206	390	1,37	TB
20	31,70	34,55	82,45	97,30	98,20	99,00	100,00	134	40	217	2,33	B
21	26,50	26,55	50,65	96,60	99,30	99,70	100,00	244	57	361	2,52	F
22	2,15	2,35	48,05	98,85	99,45	99,70	100,00	362	157	362	1,52	B
23	3,05	3,20	7,45	32,15	49,50	65,15	100,00	1024	409	2591	2,52	F
24	2,75	2,95	5,95	47,65	62,85	73,95	100,00	557	343	2075	2,46	F
25	1,70	1,75	5,60	82,05	97,10	99,55	100,00	374	298	469	1,26	TB
26	1,75	1,80	15,65	90,00	98,80	99,65	100,00	344	273	435	1,26	TB
27	1,85	2,05	57,35	99,05	99,90	99,95	100,00	221	146	336	1,51	B
28	1,55	1,65	24,35	96,85	99,10	99,65	100,00	319	252	406	1,27	TB
29	3,85	4,25	58,50	99,45	99,75	99,90	100,00	216	142	331	1,53	B
30	2,10	2,30	54,15	99,90	100,00	100,00	100,00	234	149	350	1,53	B
31	1,90	2,10	69,20	99,70	99,95	99,95	100,00	192	137	285	1,44	TB
32	4,65	4,95	78,55	96,40	98,35	99,70	100,00	175	128	239	1,37	TB
33	2,10	2,20	25,30	90,50	98,85	99,70	100,00	328	247	429	1,32	TB
34	1,75	2,05	29,00	99,40	99,80	99,90	100,00	307	218	393	1,34	TB
35	3,55	3,70	49,65	98,50	99,50	99,60	100,00	251	153	358	1,53	B
36	2,25	2,30	15,60	97,95	99,90	100,00	100,00	339	271	415	1,24	TB
37	2,30	2,40	21,65	99,20	99,85	99,95	100,00	322	258	401	1,25	TB
38	1,30	1,40	24,60	94,15	98,45	99,65	100,00	322	251	414	1,28	TB
39	1,85	2,00	61,05	99,55	99,90	100,00	100,00	211	143	322	1,50	B
40	2,70	2,90	57,05	87,85	93,65	96,65	100,00	222	145	374	1,60	B
41	2,00	2,05	49,35	99,70	99,85	99,90	100,00	253	156	362	1,52	B
42	2,60	2,60	32,20	99,90	100,00	100,00	100,00	300	200	388	1,39	TB
43	1,85	1,95	24,55	94,40	99,50	100,00	100,00	322	251	413	1,28	TB
44	2,50	2,60	18,65	89,60	95,85	98,00	100,00	339	266	433	1,28	TB
45	2,10	2,35	88,15	99,95	100,00	100,00	100,00	167	127	219	1,31	TB

Tableau 5 : Granulométrie (en pourcentage cumulé de la masse sèche totale de l'échantillon), paramètres statistiques et classement (TB, très bien classé ; B, bien classé ; F, faiblement classé ; TM, très mal classé). Campagne d'octobre 1995.

différents selon les critères précédents. On est ainsi amené à définir plusieurs autres faciès complémentaires, qui n'existent pas dans la nomenclature de LARSONNEUR :

- hétérogène envasé, sans fraction dominante mais à teneur en vase (< 63 µm) marquée,
- sable hétérogène, dont les pourcentages de sablons et sables fins (et réciproquement) varient dans des proportions de l'ordre de 50/50 à 40/60,

Le dendrogramme (fig. 15, p. 39) rassemble les stations en 12 groupes qu'il est possible de réduire à 9 faciès différents, regroupés comme suit :

- 1 station de vases sableuses : 20,
- 1 station de sables vaseux : 21,
- 5 stations de sablons : 31, 32, 39, 40, 45,
- 19 stations de sables fins : 4, 5, 7, 8, 11, 12, 17, 19, 25, 26, 28, 33, 34, 36, 37, 38, 42, 43, 44,
- 9 stations de sables hétérogènes : 2, 3, 18, 22, 27, 29, 30, 35, 41,
- 3 stations d'hétérogène envasé : 10, 15, 16,
- 1 station de cailloutis envasés : 1,
- 4 stations de sables grossiers : 6, 9, 13, 14,
- 2 stations de sables graveleux : 23, 24.

Les figure 16 (p. 40) et 17 (p. 41) présentent la cartographie granulométrique de la zone d'étude selon ces derniers critères.

III-2 : Macrofaune associée

III-2-1 : Relevés faunistiques, diversité et classement

Les prélèvements ont permis de dénombrer 54 espèces pour un total de 1072 individus, exceptés les Hydrozoaires et les Bryozoaires, non dénombrables (Annexes 3a à 3t). Leurs caractéristiques sont précisées en Annexes 4a et 4b.

Le tableau 6 (p. 42) montre une diversité et une régularité relativement faibles, sauf pour les stations 1 (qui possède l'effectif faunistique le plus important) et 10. Ces deux stations présentent en effet la plus forte biodiversité des stations de la zone d'étude (respectivement 20 espèces pour 81 individus et 16 espèces pour 44 individus).

Le tableau 7 (p. 43) précise le classement des espèces récoltées selon leur fréquence. On distingue :

- 1 espèce constante : *Nephtys longosetosa*,
- 4 espèces communes : *Magelona papillicornis*, *Gastrosaccus spinifer*, *Scoloplos armiger*, *Urothoë grimaldii*,
- 9 espèces peu communes
- 40 espèces rares.

La figure 18 (p. 44) représente une cartographie des dominances taxonomiques des stations.

Distance Euclidienne

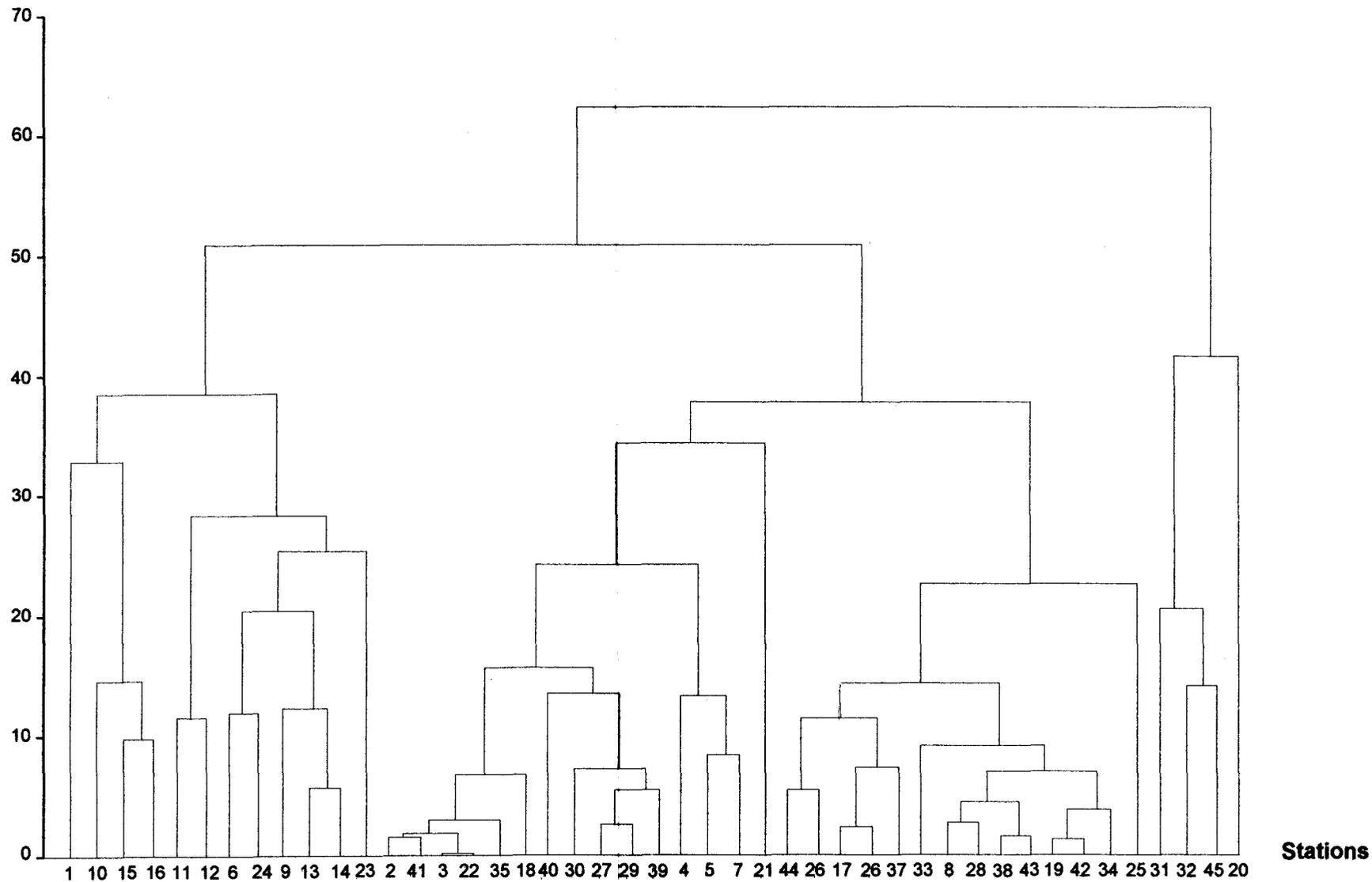


Figure 15 : Classification ascendante hiérarchique (en distance euclidienne agrégée par la moyenne des distances pondérées) des stations des zones de vidage et alentours en fonction de leur granulométrie.

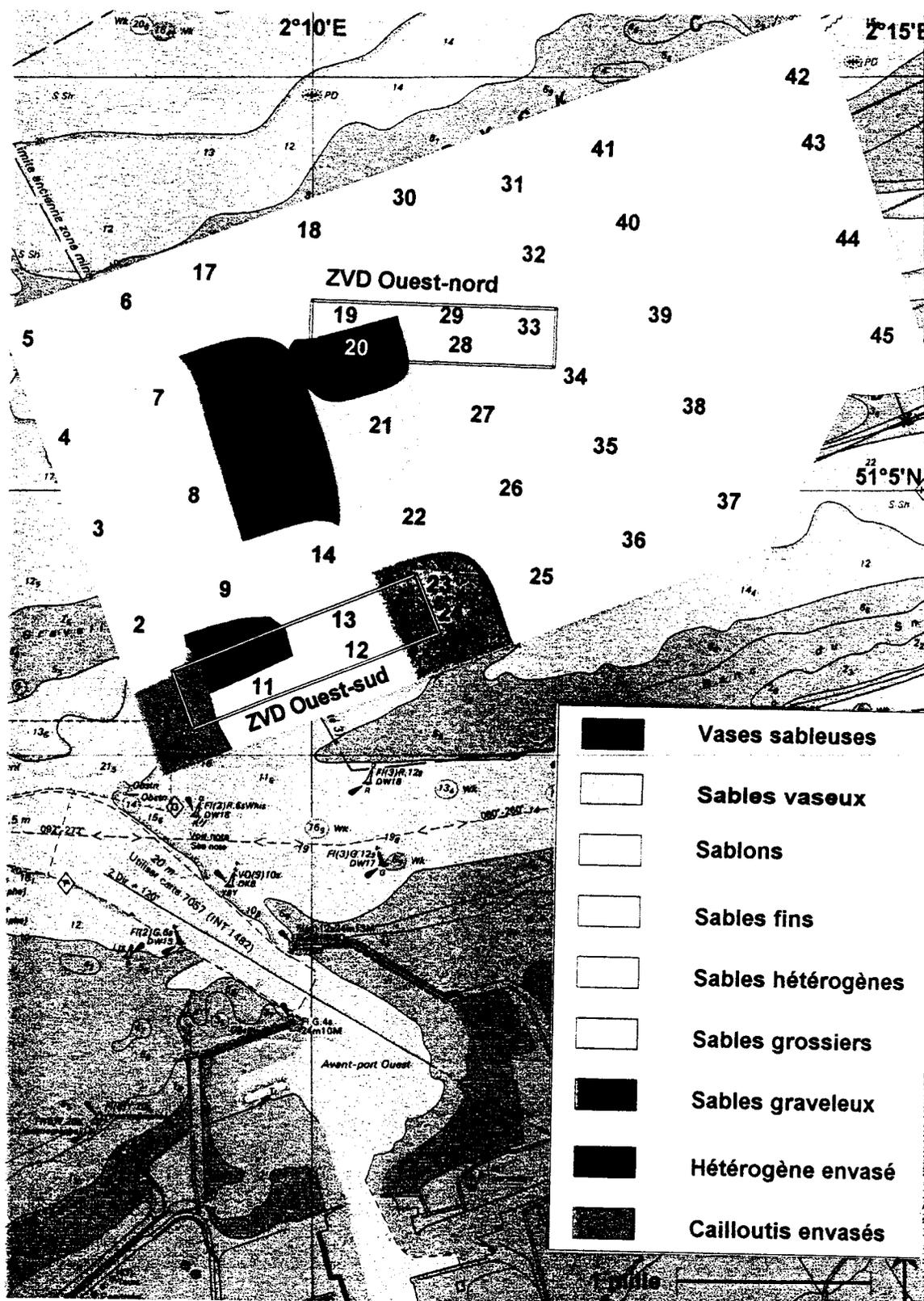


Figure 16 : Cartographie des faciès granulométriques de la zone d'étude.

Vue polaire

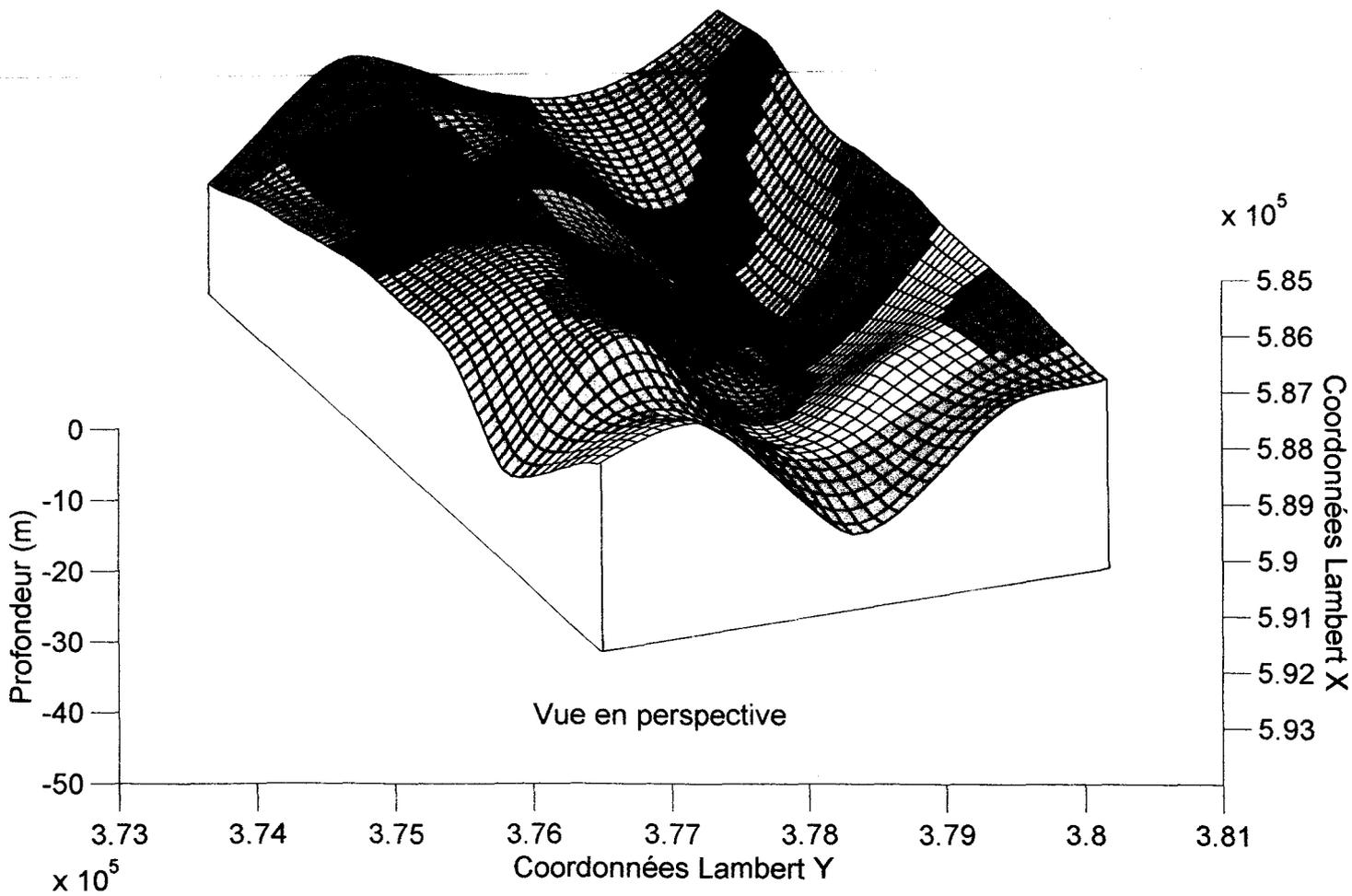
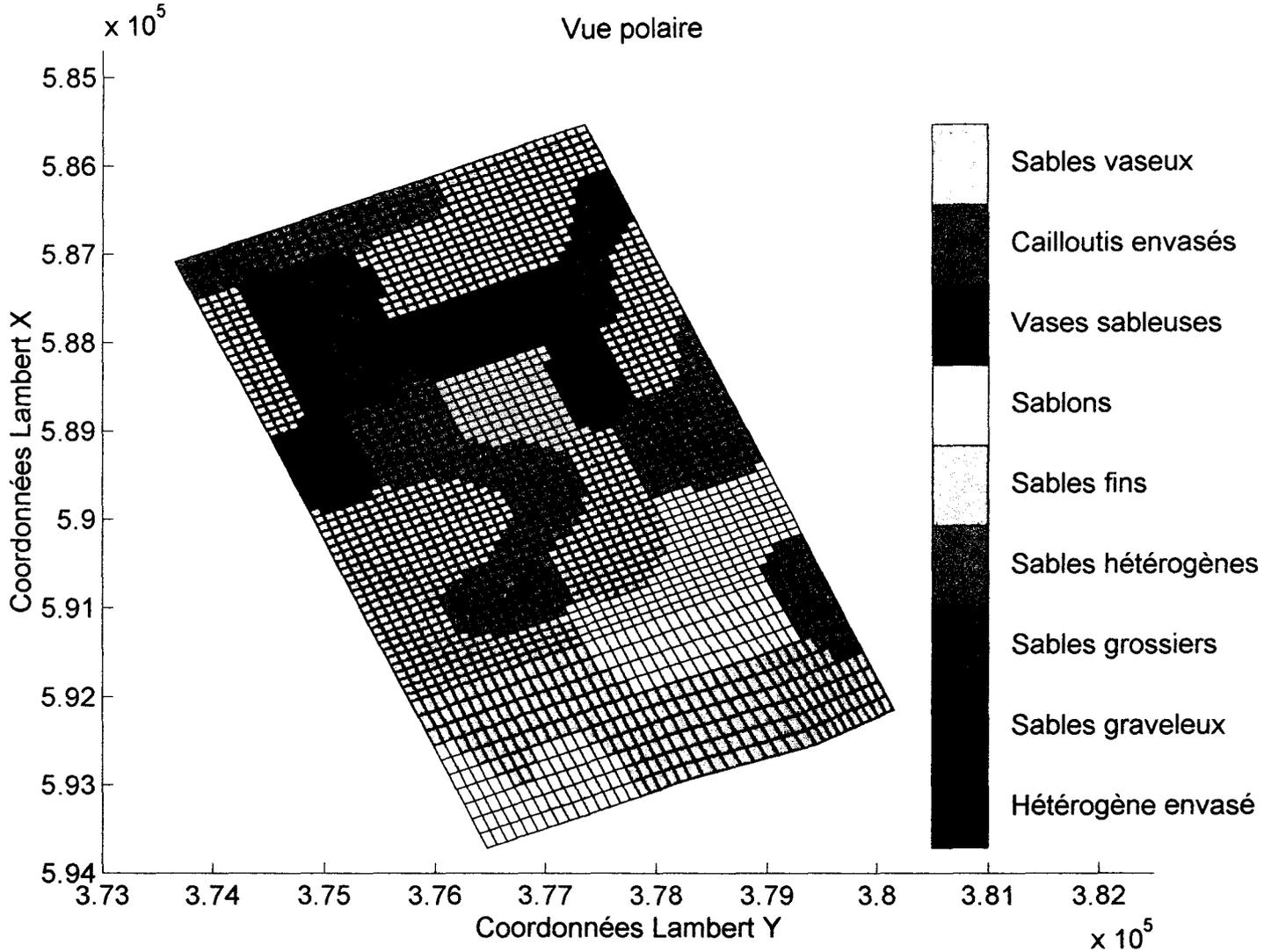


Figure 17 : Vues polaire et en perspective de la cartographie des faciès granulométriques de la zone d'étude (Campagne d'octobre 1995).

Station	Effectif total	Indice de Shannon-Weaver	Régularité
1	85	3,32	0,52
2	22	2,23	0,50
3	28	1,96	0,41
4	14	1,92	0,51
5	17	0,64	0,16
6	29	1,69	0,35
7	34	0,89	0,17
8	23	1,33	0,29
9	8	1,06	0,35
10	76	3,30	0,53
11	4	1,50	0,75
12	3	1,59	1,00
13	3	0,92	0,58
14	14	2,41	0,63
15	21	2,11	0,48
16	13	1,51	0,41
17	16	1,88	0,47
18	14	1,63	0,43
19	23	1,77	0,39
20	25	0,95	0,21
21	12	0,82	0,23
22	67	0,85	0,14
23	5	1,92	0,83
24	1	0,00	-
25	15	1,05	0,27
26	17	2,01	0,49
27	13	1,49	0,40
28	33	1,48	0,29
29	56	1,97	0,34
30	32	1,81	0,36
31	35	2,02	0,39
32	49	1,59	0,28
33	20	0,57	0,13
34	40	2,21	0,42
35	16	1,01	0,25
36	17	1,66	0,41
37	24	2,63	0,57
38	27	2,04	0,43
39	25	1,89	0,41
40	45	1,02	0,19
41	24	1,29	0,28
42	12	1,59	0,44
43	25	1,78	0,38
44	15	0,91	0,23
45	28	1,90	0,39

Tableau 6 : Indice de Shannon-Weaver et régularité de la faune des stations des zones de vidage et alentours (Octobre 1995).

Espèces	Nombre total d'individus	Dominance moyenne	Constance	Fréquence
<i>Nephtys longosetosa</i>	534	56,53	93,33	Constante
<i>Magelona papillicornis</i>	65	11,76	35,55	Communes
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	24	8,02	31,11	
<i>Scoloplos armiger</i>	20	6,46	31,11	
<i>Urothoe grimaldii</i>	43	12,94	31,11	
<i>Bathyporeia sp.</i>	14	6,03	24,44	
<i>Echinocardium cordatum</i>	19	7,17	24,44	Peu communes
<i>Glycera convoluta</i>	17	24,91	24,44	
<i>Nephtys hombergii</i>	34	15,39	20	
<i>Ophelia borealis</i>	37	23,20	20	
<i>Eupagurus prideauxii</i>	8	3,90	15,55	
<i>Nerine cirratulus</i>	9	5,13	15,55	
<i>Diastylis bradyi</i>	7	3,89	13,33	
<i>Scrobicularia plana</i>	7	22,00	13,33	
<i>Nephtys caeca</i>	5	4,22	11,11		Rares
<i>Portunus holsatus</i>	5	3,97	11,11	
<i>Abietinaria abietina</i>	-	-	8,88	
<i>Abra alba</i>	7	7,57	8,88	
<i>Ammodytes lanceolatus</i>	4	5,63	8,88	
<i>Balanus crenatus</i>	65	27,39	8,88	
<i>Eupagurus bernhardus</i>	6	6,11	8,88	
<i>Pectinaria koreni</i>	12	6,75	8,88	
<i>Processa parva</i>	4	4,37	8,88	
<i>Sthenelais boa</i>	6	4,19	8,88	
<i>Thia polita</i>	5	6,48	8,88	
<i>Nassarius reticulatus</i>	6	5,34	6,66	
<i>Nereis longissima</i>	4	2,75	6,66	
<i>Callianassa sp.</i>	4	6,98	4,44	
<i>Crangon crangon</i>	2	2,68	4,44	
<i>Lanice conchilega</i>	6	4,22	4,44	
<i>Nephtys cirrosa</i>	4	7,62	4,44	
<i>Notomastus latericeus</i>	8	6,49	4,44	
<i>Ophiura texturata</i>	2	1,89	4,44	
<i>Owenia fusiformis</i>	10	7,22	4,44	
<i>Sagartia sp.</i>	45	32,97	4,44	
<i>Sigalion mathildae</i>	3	2,81	4,44	
<i>Actinothoe sp.</i>	3	3,70	2,22	
<i>Ampelisca sp.</i>	1	2,27	2,22	
<i>Amphiporus lactifloreus</i>	2	9,52	2,22	
<i>Capitella capitata</i>	3	6,82	2,22	
<i>Cephalotrix ruffrons</i>	1	4,76	2,22	
<i>Cerebratulus sp.</i>	2	7,14	2,22	
<i>Dentalium entalis</i>	1	7,69	2,22	
<i>Ensis directus</i>	1	2,56	2,22	
<i>Eteone picta</i>	1	2,22	2,22	
<i>Eurydice pulchra</i>	1	8,33	2,22	
<i>Hydrallmania falcata</i>	-	-	2,22	
<i>Macoma balthica</i>	1	4,00	2,22	
<i>Mactra corallina</i>	1	1,23	2,22	
<i>Obelia geniculata</i>	-	-	2,22	
<i>Sacculina carcini</i>	1	4,35	2,22	
<i>Sertularia cupressina</i>	-	-	2,22	
<i>Staurocephalus rudolphii</i>	1	12,50	2,22	
<i>Venerupis pullastra</i>	1	1,23	2,22	

Tableau 7 : Constance et fréquence des espèces des zones de vidages et alentours.

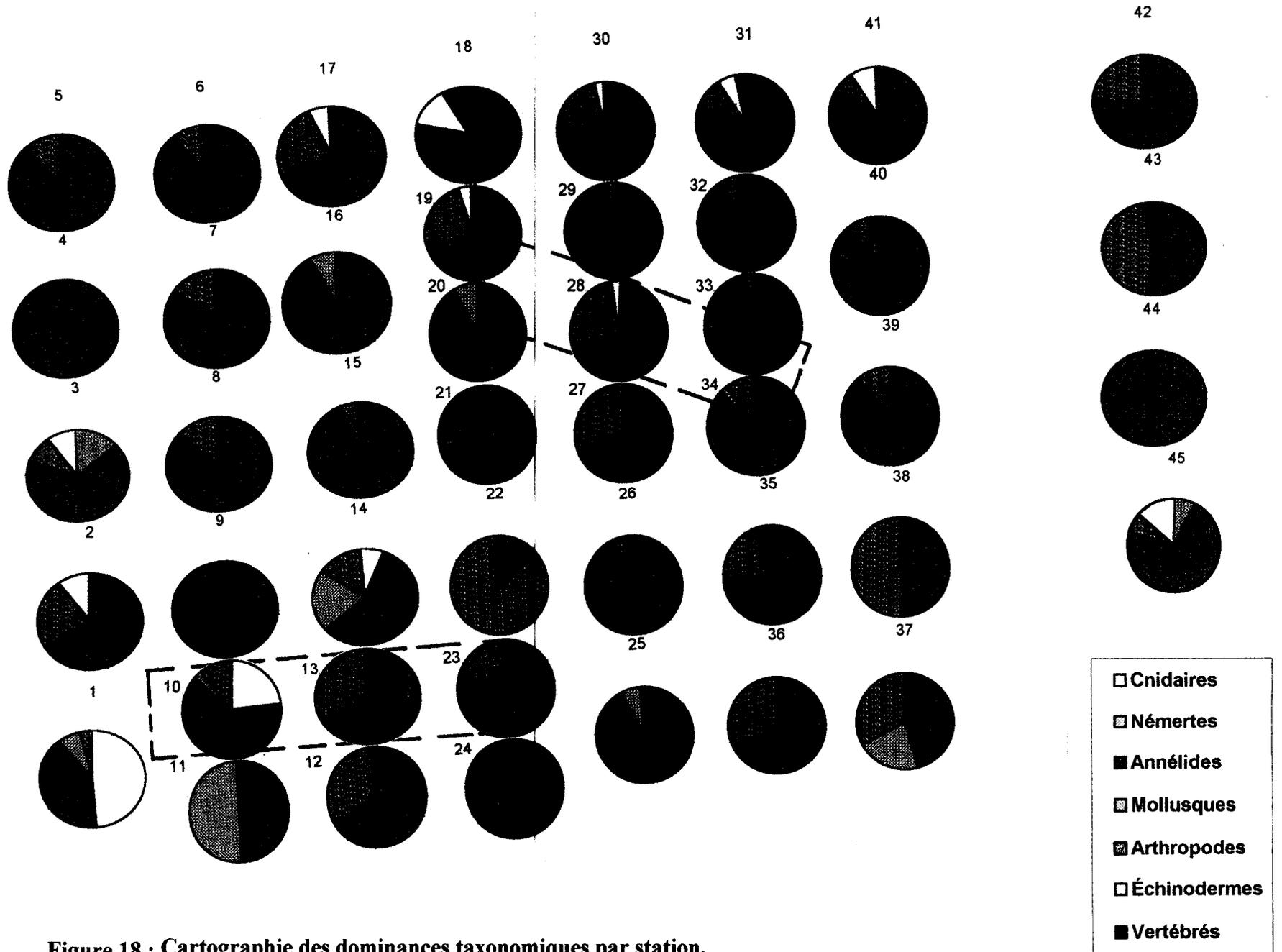


Figure 18 : Cartographie des dominances taxonomiques par station.

On constate une nette dominance des annélides (dominance taxonomique moyenne de 76,85 %), suivis des arthropodes (avec seulement 14,26 %). Les mollusques (4,33 %), échinodermes (1,84 %), vertébrés (0,5 %) et némerthes (0,47 %) sont beaucoup plus localisés.

Par ailleurs, on n'observe que deux espèces « indicatrices » de pollution organique, selon les listes de GLÉMAREC et HILY (1981) : *Capitella capitata* (3 individus, opportunistes de 1^{er} ordre) et *Stauropcephalus rudolphii* (1 individu, opportuniste de 2nd ordre).

III-2-2 : Diagramme Rang-Fréquence

La courbe du diagramme Rang-Fréquence montre une allure complexe qu'il est possible de diviser en deux parties (fig. 19, p. 46) :

- une première partie globalement concave due à l'espèce dominante *Nephtys longosetosa* et, dans une moindre mesure, à *Magelona papillicornis* et *Balanus crenatus*,
- une seconde partie convexe regroupe les espèces d'effectif moyen et se termine « en escalier » (caractéristique d'un biais d'échantillonnage, selon FRONTIER et PICHOD-VIALE, 1993), au niveau des espèces rares.

III-2-3 : Analyse factorielle des correspondances

L'élaboration de l'AFC a nécessité plusieurs essais afin d'obtenir une contribution significative des principaux axes à l'inertie totale du nuage. Le meilleur résultat a été obtenu en utilisant la matrice entière (Annexe 5), diminuée des espèces rares (en se limitant aux espèces dont la constance est inférieure à 3 %). Néanmoins, les contributions des axes demeurent faibles (43,3 % sur 3 axes ; 54,4 % sur 4 axes). On obtient dans le détail :

- 17,5 % pour l'axe 1,
- 16,7 % pour l'axe 2,
- 12,1 % pour l'axe 3,
- 10,1 % pour l'axe 4.

Les tableaux 8 (p. 47) et 9 (p. 48) présentent les coordonnées, les cosinus carrés et les contributions relatives à l'inertie des points de l'AFC. Les figures 20 (p. 49) et 21 (p. 51) représentent respectivement les projections sur les axes 1-2 et 1-4. Les tableaux 10 (p. 50) et 11 (p. 52) précisent les coordonnées des points cachés sur ces différentes projections.

L'axe 1 est essentiellement représenté par les stations 1 (\cos^2 : 0,748 ; contribution : 51,3 %) et 10 (\cos^2 : 0,569 ; contribution : 21,3 %), ainsi que par les espèces *Sagartia sp.*, *Notomastus latericeus*, *Nereis longissima*, *Lanice conchilega* et *Owenia fusiformis*.

L'axe 2 est uniquement représenté par la station 22 (\cos^2 : 0,984 ; contribution : 88,9 %) et *Balanus crenatus* (dominance spécifique : 84,85 % ; \cos^2 : 0,985 ; contribution : 91,6 %).

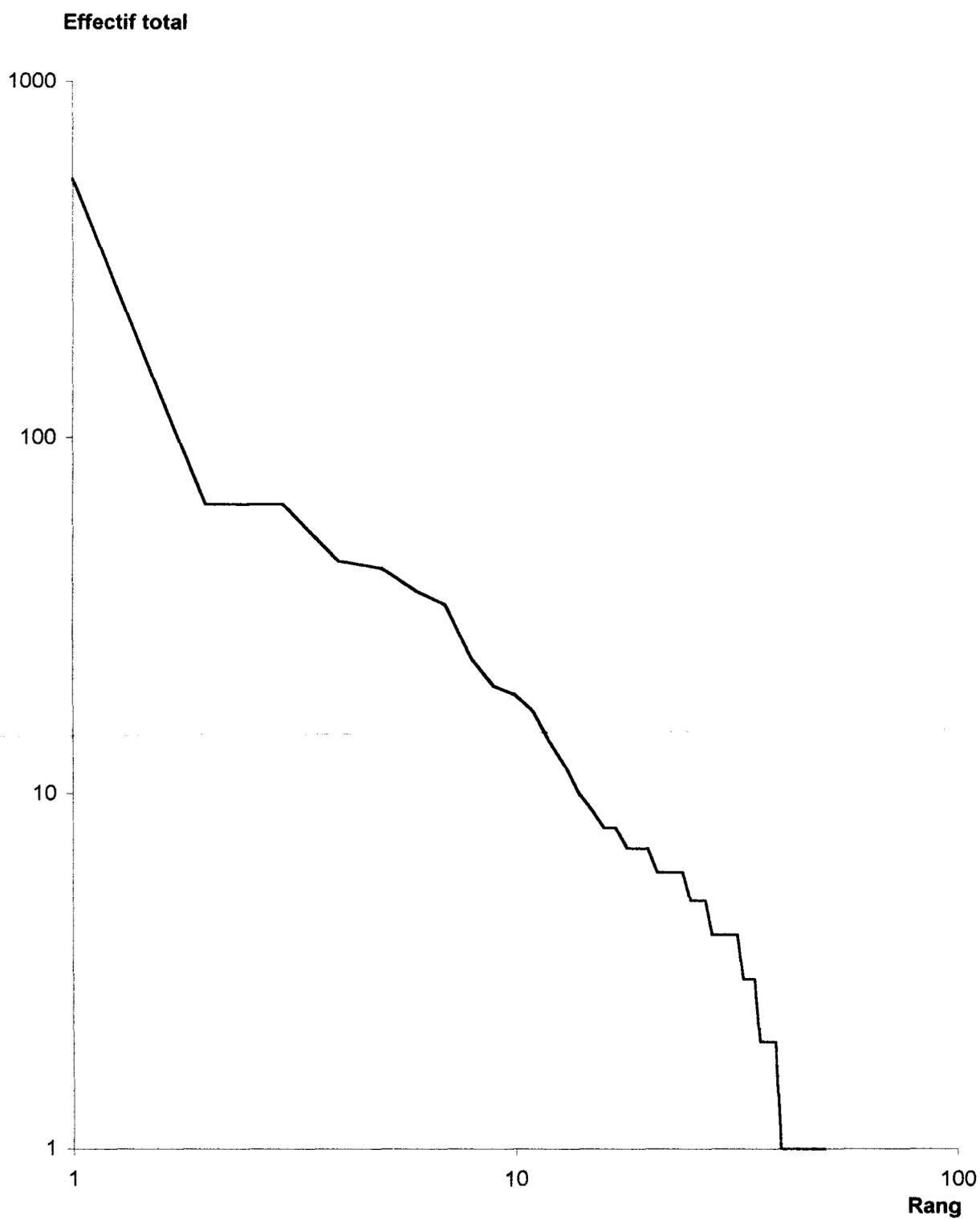


Figure 19 : Diagramme Rang-Fréquence pour l'ensemble des espèces de la zone d'étude (Campagne d'octobre 1995).

ETUDE DES LIGNES (Observations) DU TABLEAU

POUR CHAQUE AXE :

1RE 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		
Sae **	4.28 **	2.610	0.777	37.3 *	0.054 0.000 0.0 *	-1.275 0.155 12.9 *	0.222 0.006 0.5 *
Lac **	0.57 **	2.628	0.730	5.0 *	0.055 0.000 0.0 *	-1.341 0.190 1.9 *	0.227 0.005 0.1 *
Map **	6.18 **	-0.336	0.031	0.9 *	-0.381 0.039 1.2 *	0.126 0.004 0.2 *	0.503 0.059 3.5 *
Nol **	0.76 **	2.563	0.804	6.4 *	0.050 0.000 0.0 *	-1.103 0.149 1.7 *	0.207 0.005 0.1 *
Dpb **	3.52 **	-0.410	0.016	0.8 *	-0.334 0.011 0.5 *	-0.443 0.019 1.3 *	-2.657 0.658 56.5 *
Dwf **	0.95 **	2.617	0.760	8.3 *	0.054 0.000 0.0 *	-1.303 0.188 3.0 *	0.224 0.006 0.1 *
Pek **	1.14 **	1.960	0.331	5.6 *	-0.065 0.000 0.0 *	0.145 0.002 0.0 *	0.171 0.003 0.1 *
Sca **	1.90 **	0.376	0.051	0.3 *	-0.233 0.019 0.1 *	-0.288 0.030 0.3 *	0.014 0.000 0.0 *
Glc **	1.62 **	0.128	0.001	0.0 *	0.162 0.002 0.1 *	-0.411 0.012 0.5 *	-2.116 0.330 15.0 *
Nca **	0.48 **	-0.434	0.028	0.1 *	-0.129 0.002 0.0 *	-0.034 0.000 0.0 *	0.423 0.027 0.2 *
Nci **	0.38 **	-0.433	0.010	0.1 *	-0.332 0.006 0.1 *	-0.237 0.003 0.0 *	-0.958 0.048 0.8 *
Nho **	3.24 **	1.869	0.211	14.4 *	-0.252 0.004 0.3 *	3.564 0.767 75.9 *	-0.459 0.013 1.5 *
Nlo **	50.81 **	-0.368	0.475	8.8 *	-0.224 0.176 3.4 *	-0.015 0.001 0.0 *	0.153 0.083 2.6 *
Nel **	0.38 **	1.876	0.549	1.7 *	-0.152 0.004 0.0 *	0.762 0.091 0.4 *	0.095 0.001 0.0 *
Nec **	0.86 **	-0.447	0.038	0.2 *	-0.352 0.024 0.1 *	0.003 0.000 0.0 *	0.457 0.040 0.4 *
Sim **	0.29 **	-0.275	0.008	0.0 *	-0.350 0.016 0.1 *	0.288 0.009 0.0 *	0.659 0.045 0.3 *
Stb **	0.57 **	1.594	0.402	1.9 *	-0.079 0.001 0.0 *	-0.709 0.080 0.5 *	0.013 0.000 0.0 *
Aba **	0.67 **	0.704	0.034	0.4 *	-0.191 0.003 0.0 *	-0.442 0.013 0.2 *	-0.186 0.002 0.1 *
Scp **	0.67 **	-0.243	0.002	0.1 *	0.673 0.012 0.4 *	-0.415 0.005 0.2 *	-2.941 0.227 12.7 *
Nar **	0.57 **	1.720	0.345	2.2 *	-0.142 0.002 0.0 *	0.165 0.003 0.0 *	0.092 0.001 0.0 *
Bac **	6.18 **	-0.297	0.008	0.7 *	3.321 0.585 91.6 *	0.140 0.002 0.2 *	0.108 0.001 0.2 *
Bas **	1.33 **	-0.339	0.031	0.2 *	-0.276 0.021 0.1 *	0.140 0.005 0.0 *	0.323 0.029 0.3 *
Urg **	4.09 **	-0.413	0.036	0.9 *	-0.371 0.027 0.8 *	-0.047 0.000 0.0 *	0.380 0.031 1.3 *
Dib **	0.67 **	-0.441	0.033	0.2 *	-0.347 0.021 0.1 *	-0.037 0.000 0.0 *	0.447 0.034 0.3 *
Gas **	2.28 **	-0.449	0.046	0.6 *	-0.362 0.030 0.4 *	-0.150 0.005 0.1 *	-0.484 0.054 1.2 *
Cas **	0.38 **	1.780	0.168	1.5 *	-0.019 0.000 0.0 *	-0.393 0.008 0.1 *	-0.229 0.003 0.0 *
Crc **	0.19 **	-0.489	0.018	0.1 *	-0.333 0.008 0.0 *	-0.038 0.000 0.0 *	0.357 0.012 0.1 *
Eub **	0.57 **	0.259	0.005	0.0 *	-0.046 0.000 0.0 *	-0.199 0.003 0.0 *	0.031 0.000 0.0 *
Eup **	0.76 **	-0.392	0.034	0.1 *	-0.366 0.030 0.1 *	-0.013 0.000 0.0 *	0.427 0.040 0.3 *
Poh **	0.48 **	-0.360	0.017	0.1 *	-0.330 0.015 0.1 *	0.177 0.004 0.0 *	0.425 0.024 0.2 *
Prp **	0.38 **	-0.475	0.021	0.1 *	-0.367 0.012 0.1 *	-0.065 0.000 0.0 *	0.387 0.014 0.1 *
Thp **	0.48 **	-0.412	0.012	0.1 *	-0.341 0.008 0.1 *	-0.121 0.001 0.0 *	0.031 0.000 0.0 *
Ecc **	1.81 **	-0.452	0.049	0.5 *	-0.284 0.019 0.2 *	-0.030 0.000 0.0 *	0.357 0.038 0.6 *
Dpt **	0.19 **	1.131	0.136	0.3 *	-0.160 0.003 0.0 *	-0.759 0.061 0.2 *	0.433 0.020 0.1 *
Amn **	0.38 **	-0.494	0.018	0.1 *	-0.359 0.009 0.1 *	-0.080 0.000 0.0 *	0.132 0.001 0.0 *

Tableau 8 : Coordonnées, cosinus carrés et contributions relatives à l'inertie des points de l'AFC (« variables » stations).

ETUDE DES VARIABLES (Colonnes) DU TABLEAU

POUR CHAQUE AXE :

1RE COLONNE : COORDONNEE

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

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

COLONNES

AXES PRINCIPAUX

	POIDS (en %)	AXE 1	AXE 2	AXE 3	AXE 4
1 **	7.14 **	2.372 0.748	51.3 * 0.050 0.000	0.0 * -1.127 0.167	16.8 * 0.164 0.004 0.4 *
2 **	1.90 **	-0.395 0.046	0.4 * -0.300 0.026	0.2 * -0.050 0.001	0.0 * 0.282 0.023 0.3 *
3 **	1.71 **	-0.436 0.193	0.4 * -0.286 0.046	0.2 * -0.029 0.000	0.0 * 0.506 0.053 0.4 *
4 **	0.86 **	-0.437 0.037	0.2 * -0.316 0.019	0.1 * -0.279 0.015	0.1 * -1.654 0.524 5.2 *
5 **	1.62 **	-0.418 0.130	0.4 * -0.277 0.057	0.2 * -0.098 0.000	0.0 * 0.272 0.055 0.5 *
6 **	2.76 **	-0.413 0.018	0.6 * -0.326 0.011	0.4 * -0.411 0.018	0.9 * -2.567 0.694 40.1 *
7 **	3.24 **	-0.421 0.242	0.7 * -0.281 0.107	0.3 * -0.022 0.001	0.0 * 0.239 0.075 0.4 *
8 **	2.19 **	-0.385 0.100	0.4 * -0.296 0.059	0.3 * -0.024 0.000	0.0 * 0.317 0.068 0.5 *
9 **	0.67 **	-0.295 0.057	0.1 * -0.261 0.045	0.1 * -0.073 0.004	0.0 * 0.198 0.026 0.1 *
10 **	3.81 **	2.094 0.569	21.3 * 0.032 0.000	0.0 * -0.286 0.011	0.6 * 0.099 0.001 0.1 *
11 **	0.38 **	-0.357 0.003	0.1 * 0.228 0.001	0.0 * -0.438 0.005	0.1 * -3.129 0.255 8.2 *
12 **	0.29 **	-0.182 0.001	0.0 * 0.236 0.002	0.0 * -0.381 0.006	0.1 * -2.428 0.259 3.7 *
13 **	0.29 **	0.005 0.000	0.0 * 0.365 0.003	0.1 * -0.560 0.007	0.2 * -3.552 0.292 8.0 *
14 **	1.24 **	0.015 0.000	0.0 * -0.159 0.004	0.0 * -0.300 0.013	0.2 * -0.912 0.117 2.3 *
15 **	2.00 **	-0.347 0.025	0.3 * -0.273 0.015	0.2 * -0.293 0.018	0.3 * -1.515 0.474 10.1 *
16 **	1.14 **	-0.088 0.007	0.0 * -0.226 0.046	0.1 * 0.309 0.066	0.2 * -0.146 0.019 0.1 *
17 **	1.52 **	-0.451 0.054	0.4 * -0.337 0.030	0.2 * -0.133 0.005	0.0 * -0.508 0.068 0.9 *
18 **	1.33 **	-0.443 0.066	0.3 * -0.304 0.031	0.2 * -0.014 0.000	0.0 * 0.347 0.041 0.4 *
19 **	2.09 **	-0.210 0.012	0.1 * -0.249 0.016	0.2 * 0.176 0.008	0.1 * 0.212 0.012 0.2 *
20 **	2.28 **	2.109 0.189	13.0 * -0.273 0.003	0.2 * 4.299 0.784	77.9 * -0.575 0.014 1.7 *
21 **	1.14 **	-0.420 0.137	0.3 * -0.287 0.064	0.1 * -0.002 0.000	0.0 * 0.309 0.074 0.2 *
22 **	6.28 **	-0.337 0.011	0.9 * 3.240 0.984	88.9 * 0.142 0.002	0.2 * 0.050 0.000 0.0 *
23 **	0.48 **	0.209 0.007	0.0 * -0.188 0.006	0.0 * 0.887 0.130	0.7 * -0.578 0.055 0.4 *
24 **	0.10 **	0.145 0.000	0.0 * 0.187 0.001	0.0 * -0.558 0.005	0.1 * -3.144 0.162 2.1 *
25 **	1.43 **	-0.294 0.027	0.2 * -0.101 0.003	0.0 * -0.164 0.008	0.1 * -0.753 0.177 1.8 *
26 **	1.62 **	-0.165 0.010	0.1 * -0.255 0.024	0.1 * -0.262 0.025	0.2 * -0.765 0.216 2.1 *
27 **	1.24 **	-0.432 0.133	0.3 * -0.325 0.075	0.2 * -0.030 0.001	0.0 * 0.273 0.053 0.2 *
28 **	3.14 **	-0.381 0.135	0.6 * 0.618 0.355	1.6 * 0.022 0.000	0.0 * 0.239 0.053 0.4 *
29 **	5.33 **	-0.213 0.013	0.3 * -0.353 0.036	0.9 * 0.199 0.011	0.4 * 0.503 0.073 3.0 *
30 **	3.04 **	-0.440 0.102	0.8 * -0.296 0.047	0.4 * -0.029 0.000	0.0 * 0.311 0.051 0.7 *
31 **	3.33 **	-0.419 0.091	0.7 * -0.299 0.046	0.4 * -0.056 0.002	0.0 * 0.226 0.027 0.4 *
32 **	4.66 **	-0.304 0.099	0.6 * -0.303 0.098	0.6 * 0.237 0.060	0.5 * 0.324 0.112 1.1 *
33 **	1.90 **	-0.289 0.070	0.2 * -0.267 0.060	0.2 * 0.236 0.046	0.2 * 0.203 0.034 0.2 *
34 **	3.62 **	-0.370 0.074	0.6 * -0.327 0.057	0.5 * 0.010 0.000	0.0 * 0.420 0.095 1.4 *
35 **	1.52 **	-0.434 0.095	0.4 * -0.301 0.045	0.2 * -0.034 0.001	0.0 * 0.289 0.042 0.3 *
36 **	1.62 **	-0.440 0.058	0.4 * -0.325 0.032	0.2 * -0.061 0.001	0.0 * 0.049 0.001 0.0 *
37 **	2.28 **	-0.045 0.000	0.0 * -0.306 0.021	0.3 * -0.087 0.002	0.0 * 0.229 0.012 0.3 *
38 **	2.57 **	-0.408 0.045	0.5 * -0.344 0.032	0.4 * -0.058 0.001	0.0 * 0.235 0.015 0.3 *
39 **	2.47 **	-0.303 0.065	0.3 * -0.319 0.071	0.3 * -0.041 0.001	0.0 * 0.293 0.060 0.5 *
40 **	4.19 **	-0.426 0.192	1.0 * -0.278 0.082	0.4 * -0.026 0.001	0.0 * 0.223 0.053 0.5 *
41 **	2.28 **	-0.426 0.174	0.5 * -0.293 0.082	0.3 * -0.020 0.000	0.0 * 0.255 0.062 0.3 *
42 **	1.05 **	-0.413 0.151	0.2 * -0.296 0.076	0.1 * -0.000 0.000	0.0 * 0.212 0.039 0.1 *
43 **	2.38 **	-0.443 0.060	0.6 * -0.337 0.035	0.4 * -0.054 0.001	0.0 * 0.218 0.014 0.3 *
44 **	1.43 **	-0.308 0.045	0.2 * -0.253 0.030	0.1 * -0.072 0.002	0.0 * 0.227 0.024 0.2 *
45 **	2.47 **	-0.367 0.081	0.4 * -0.286 0.049	0.3 * -0.044 0.001	0.0 * 0.261 0.041 0.4 *

Tableau 9 : Coordonnées, cosinus carrés et contributions relatives à l'inertie des points de l'AFC (« observations » espèces).

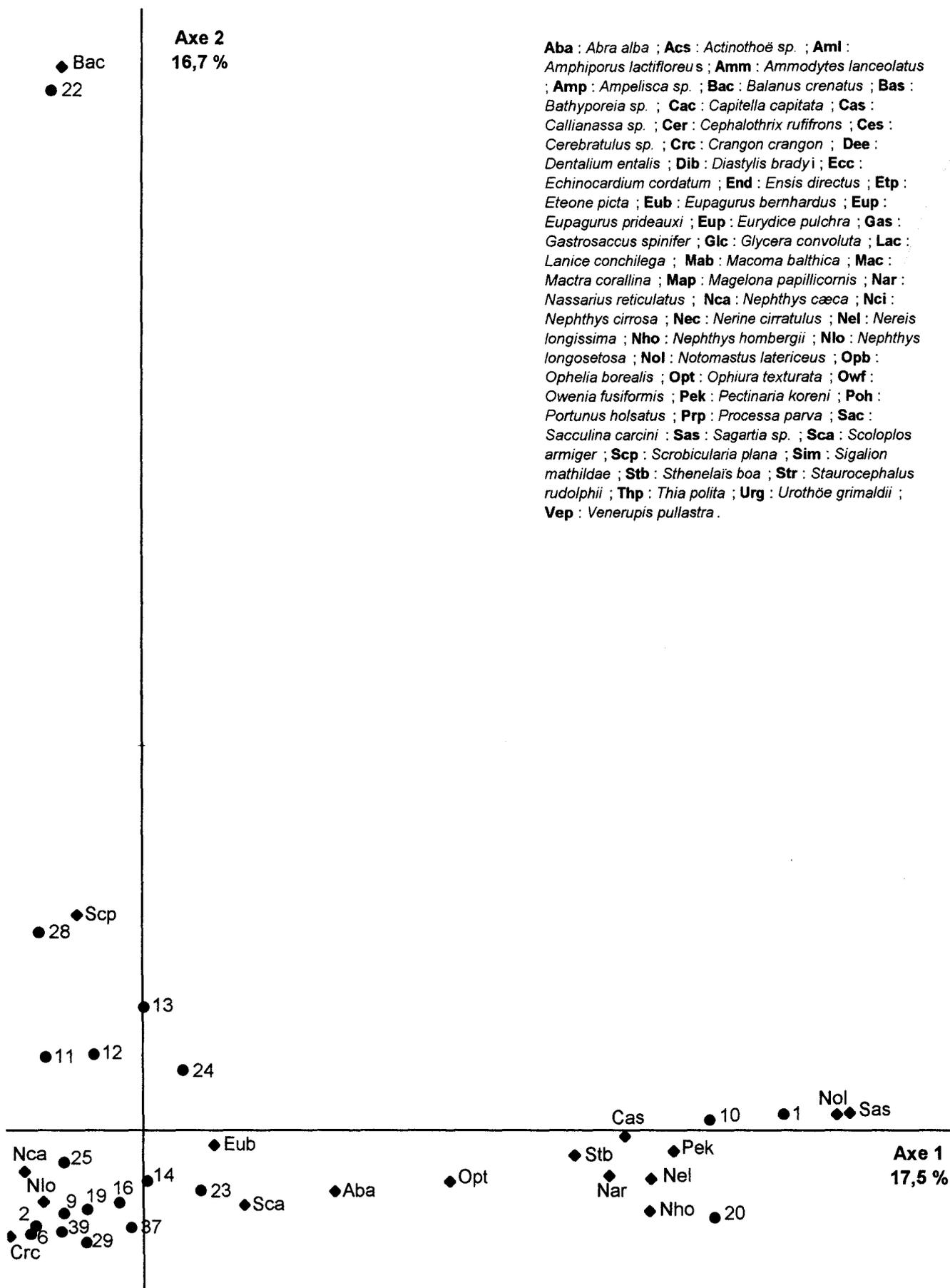


Figure 20 : Représentation simultanée des lignes et colonnes sur le plan de projection 1-2 de l'AFC (Campagne d'octobre 1995).

Points vus	Points cachés	ABSCISSE	ORDONNEE
2..	3	-.435785	-.2856379
2..	4	-.4369244	-.3157903
2..	5	-.4181005	-.2765023
2..	7	-.4211696	-.2806143
2..	8	-.3852631	-.2956034
9..	15	-.3472522	-.2731149
6..	17	-.4510501	-.3365446
2..	18	-.4432328	-.3040701
2..	21	-.4200073	-.2867908
19.	26	-.1646193	-.254845
6..	27	-.4315972	-.3248836
2..	30	-.439514	-.2964573
2..	31	-.4192215	-.2992366
9..	32	-.3041386	-.3034647
9..	33	-.288738	-.2670271
6..	34	-.3699948	-.3266972
2..	35	-.4340032	-.3009968
6..	36	-.4395298	-.3254647
6..	38	-.4081516	-.3441257
2..	40	-.4260705	-.2784244
2..	41	-.4264358	-.2926269
2..	42	-.4177619	-.2958933
6..	43	-.4432058	-.3374517
9..	44	-.3084092	-.2533392
2..	45	-.3665526	-.2862233
Sas	Lac	2.627886	5.473512E-02
39.	Map	-.3360265	-.3808934
6..	Opb	-.4102142	-.3335194
Sas	Owf	2.617448	.0540082
24.	Slc	.128468	.1617422
6..	Nci	-.4330899	-.3315854
6..	Nec	-.4467826	-.3516259
29.	Sim	-.274714	-.3901302
19.	Bas	-.3392758	-.2755414
6..	Urg	-.4126806	-.3706604
6..	Dib	-.440517	-.3494004
6..	Gas	-.4485691	-.3622218
6..	Eup	-.392092	-.3663254
29.	Poh	-.3596769	-.3297229
Crc	Prp	-.4752723	-.3671163
6..	Thp	-.4115335	-.3414003
2..	Ecc	-.4524091	-.2857095
Crc	Am	-.4937077	-.3594356

Tableau 10 : Coordonnées des points cachés sur le plan de projection 1-2.

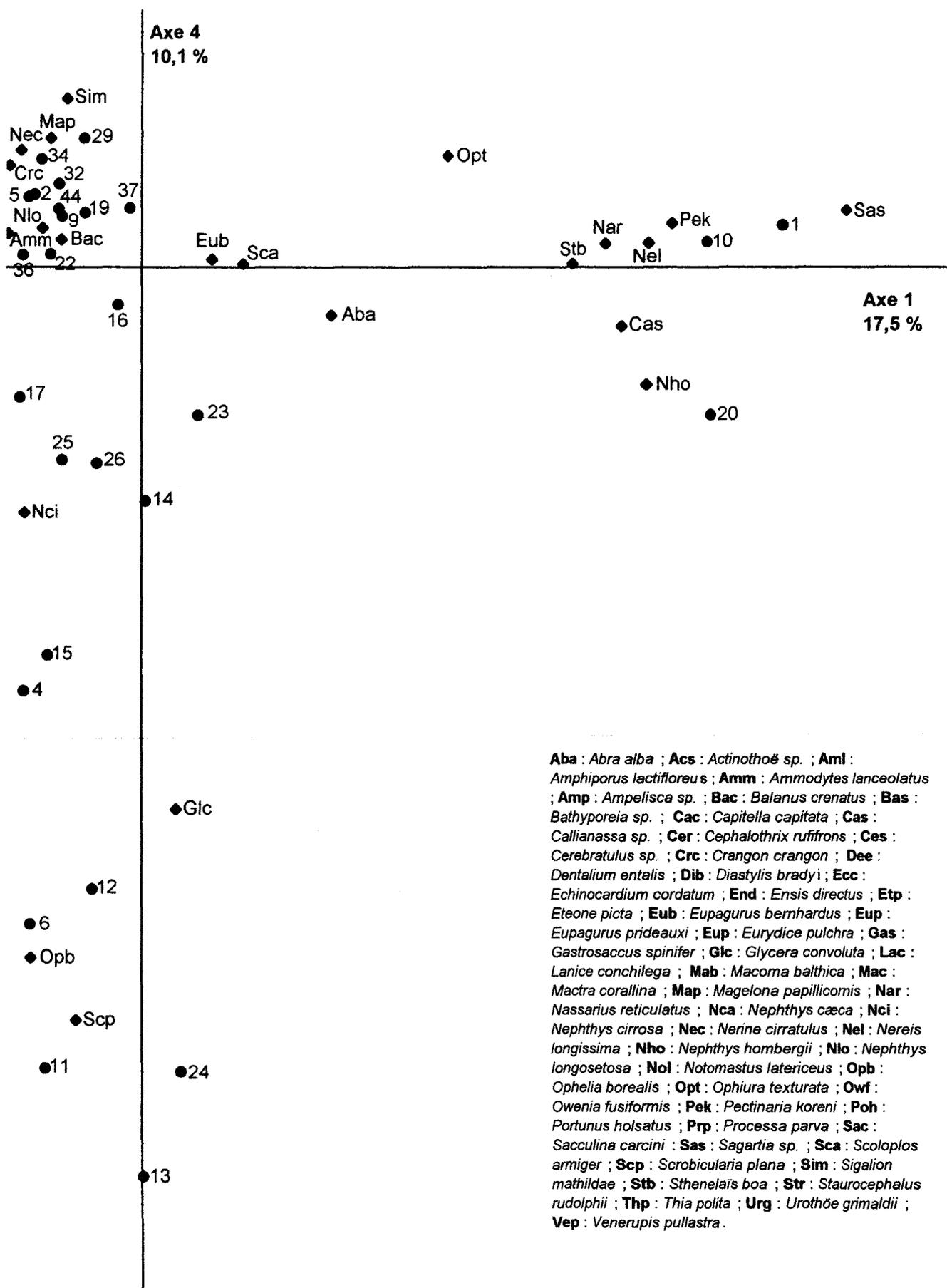


Figure 21 : Représentation simultanée des lignes et colonnes sur le plan de projection 1-4 de l'ACF (Campagne d'octobre 1995).

Points vus	Points cachés	ABSCISSE	ORDONNEE
2..	3	-.435785	.3063334
5..	7	-.4211596	.2393472
2..	6	-.3852631	.3167925
2..	18	-.4432328	.3468246
2..	21	-.4200073	.3068365
5..	27	-.4315972	.2729303
5..	26	-.3813378	.2388532
2..	30	-.439514	.3112571
5..	31	-.4192215	.2260992
9..	33	-.288738	.5026341
2..	35	-.4340032	.2892285
5..	38	-.4081516	.234908
32.	39	-.3033356	.2931657
5..	40	-.4260705	.2231603
5..	41	-.4264358	.2545054
5..	42	-.4177619	.2121159
5..	43	-.4432058	.2183721
5..	45	-.3665526	.2610954
Sas	Lac	2.627886	.2270929
Sas	Nol	2.562647	.2069554
Sas	Dwf	2.617448	.2238709
34.	Nca	-.4336082	.4229297
32.	Bas	-.3392758	.3233899
34.	Urg	-.4126806	.3803173
Nec	Dib	-.440517	.4471801
17.	Gas	-.4485691	-.4640489
34.	Eup	-.392092	.4265435
34.	Poh	-.3596769	.4246406
Crc	Prp	-.4752723	.3870608
36.	Tnp	-.4115335	3.067098E-02
Crc	Ecc	-.4524091	.397283

Tableau 11 : Coordonnées des points cachés sur le plan de projection 1-4.

L'axe 3 est caractérisé par la station 20 (\cos^2 : 0,784 ; contribution : 77,9 %) et *Nephtys hombergii* (dominance spécifique : 70 % ; \cos^2 : 0,767 ; contribution : 75,9 %).

L'axe 4 présente une distribution et un cortège d'espèces associées plus étendus. On peut en tirer trois stations dominantes : 4 (\cos^2 : 0,524 ; contribution : 5,2 %), 6 (\cos^2 : 0,684 ; contribution : 40,1 %) et 15 (\cos^2 : 0,474 ; contribution : 10,1 %). De même, deux espèces apparaissent remarquables : *Ophelia borealis* (\cos^2 : 0,698 ; contribution : 56,5 %) et, dans une moindre mesure, *Glycera convoluta* (\cos^2 : 0,330 ; contribution : 16 %).

III-2-4 : Dendrogramme

Deux essais de classement automatique ont été réalisés, en utilisant respectivement la matrice de l'AFC (matrice totale, diminuée des espèces rares de constance inférieure à 3 %) et la matrice totale, sans élimination d'espèces (Annexe 5).

Toutes deux présentent des traits principaux similaires :

- isolement des stations ou groupes de stations caractéristiques des axes de l'AFC (stations 1 et 10, 4, 6 et 15, 20 et 22),
- regroupements diffus en plusieurs sous-groupes des stations à faciès sableux dominant,
- isolement des autres stations.

On constate essentiellement une différence concernant la station 21. Dans le premier cas, le dendrogramme la rapproche de la station 42 (sable fin). Dans le second, cette station est rassemblée à la station 32 (sablon). Cette particularité indique que les espèces rares ne semblent pas perturber les regroupements principaux effectués par le dendrogramme. En revanche, elles contribuent à affiner le degré de similitude pour les stations isolées des grands groupes. Pour cette raison, seul le dendrogramme effectué à partir de la matrice totale a été retenu (figure 22, p. 54).

IV : DISCUSSION

IV-1 : Granulométrie

IV-1-1 : Cartographie des faciès

La cartographie de la granulométrie des fonds de la zone d'étude montre une nette dichotomie le long d'une radiale fictive définie par les points de prélèvements 31 à 36. A l'est de cette ligne, le sédiment est globalement homogène, constitué de mélanges sables/sablons en proportions variables.

L'autre partie de la zone, comprenant les deux zones de vidage proprement dites, montre à l'inverse une hétérogénéité sédimentaire très marquée. On y observe une multitude de faciès, des vases sableuses aux cailloutis envasés, disposés en mosaïque sans véritable continuité. Ce phénomène est particulièrement remarquable au niveau de la zone de vidage ouest-sud qui présente quatre types de faciès : sables fins, sables grossiers, sables graveleux, hétérogène envasé. PRYGIEL *et al.* (1988) font cependant remarquer qu'il peut exister des successions très brutales de faciès sédimentaires. Ces auteurs évoquent le cas, observé en plongée, de nappes de sables instables recouvrant les cailloutis à la base des bancs.

D'une façon générale, et en considérant les résultats bruts des pourcentages de fractions granulométriques, il semble exister un gradient, des éléments les plus grossiers vers les plus fins, orienté selon un axe sud-ouest/nord-est. L'influence du courant de marée résiduel, dont la direction suit le même axe (cf. § I-2-2-3), apparaît ainsi notable. En ce sens, on rejoint à nouveau les observations de PRYGIEL *et al.* (1988) selon lesquelles : « 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 nœuds au large du Cap Gris-Nez pour tomber à 1,5 nœuds à Dunkerque. Il en résulte un granuloclassement depuis les cailloutis à l'ouest jusqu'aux sables fins à l'est. ». La zone d'étude se situerait ainsi à la limite est de ce granuloclassement.

IV-1-2 : Évolution

Cette comparaison a nécessité de reprendre les données granulométriques brutes de l'étude préliminaire (CANIS *et al.*, 1995) (Annexe 6) et de les soumettre aux mêmes traitements que les données de la présente étude, en se limitant à la détermination des faciès (selon les critères de LARSONNEUR) et au calcul des paramètres statistiques simples (Annexe 7). On rappelle que les deux campagnes se sont déroulées à 7 mois d'intervalle ; la campagne d'avril 1995 a été effectuée 2 semaines après la dernière immersion, contre 3 mois pour la campagne d'octobre 1995.

IV-1-2-1 : Paramètres statistiques

Les paramètres statistiques simples, établis à partir des pourcentages de fractions granulométriques de la première campagne (décembre 1994 et avril 1995), semblent confirmer les résultats obtenus par OUDART *et al.* (1987) quant au comportement des vases issues des rejets en mer.

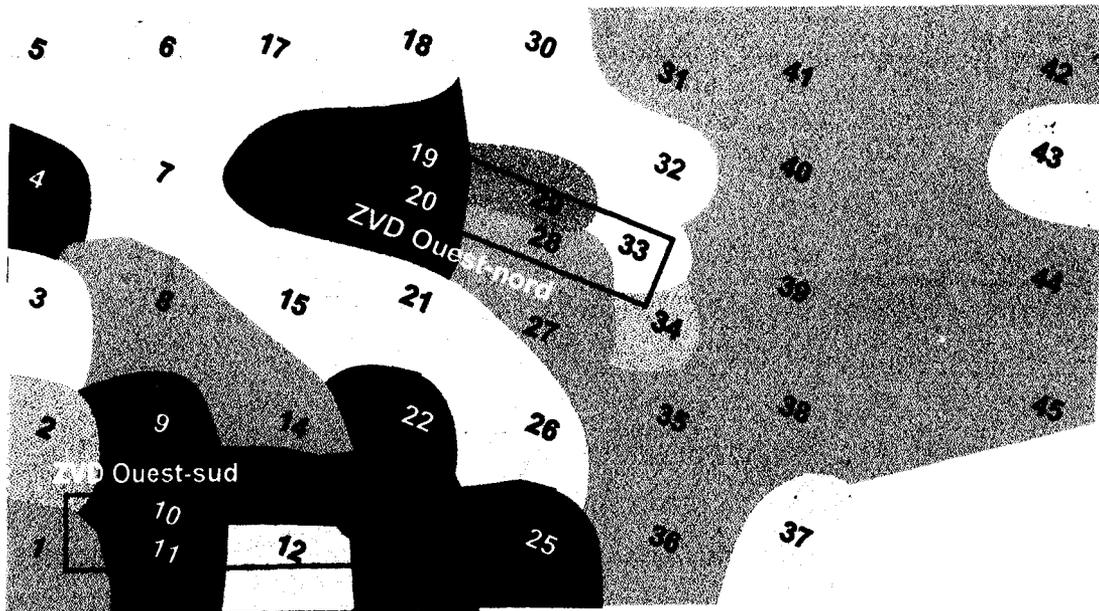
Le sédiment des stations de cailloutis envasés demeure « faiblement » classé. En revanche, le classement du sédiment des stations envasées est défini comme « bon » à « très bon », en particulier pour les stations de sables vaseux de la partie est de la zone. Ces stations présentent donc un classement granulométriques similaire, qu'elles soient envasées (étude préliminaire) ou non. Cette particularité peut s'expliquer par la dispersion des vases issues des rejets sous forme de volutes (OUDART *et al.*, 1987, cf. § I-1-3-4). Celles-ci semblent former un « film » vaseux, plus ou moins épais selon la dispersion lors de la sédimentation, qui recouvre le sédiment sableux en place sans altérer sa structure. Cette couche vaseuse serait ainsi facilement lessivée par les courants, en remettant ainsi à nu le sédiment sableux d'origine.

IV-1-2-2 : Faciès granulométriques

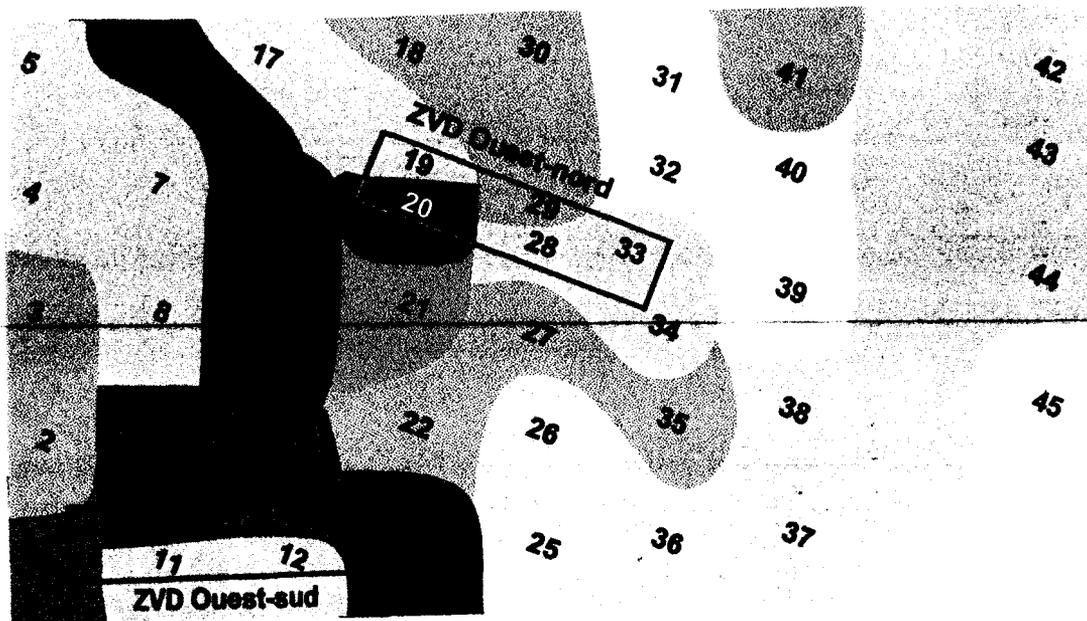
L'évolution la plus marquante est la disparition de l'envasement qui caractérise le sédiment des stations de la première campagne (fig. 23, p. 57). Il ne subsiste plus que 4 stations présentant un envasement notable (1, 10, 20 et 21) contre 14 pour la première campagne. Ce fait est **particulièrement visible sur la moitié est de la zone (stations 25 à 45). On y retrouve des fonds sableux propres** qui, considérant les similitudes de pourcentages de fractions granulométriques (fraction < 63 µm exceptée) entre les deux campagnes, semble constituer le faciès naturel.

La partie ouest (stations 1 à 24) montre une évolution plus complexe. Le caractère envasé, moins marqué que dans la moitié est, a aussi régressé (comme le montrent les stations 4, 9, 11, 19 et 22). En revanche, les stations 1 et 15 ont suivi l'évolution inverse. Le sédiment des stations 14 et 16 est devenu plus grossier. Cette partie de la zone d'étude a conservé son aspect de mosaïque de faciès et se caractérise par des évolutions ponctuelles, essentiellement localisées dans les sites de plus grande profondeur (entre les bancs de sable).

La station 19 (sables fins) constitue un cas particulier. L'analyse granulométrique d'une campagne antérieure de quelques semaines à celle de cette étude (DERRICHE, communication personnelle) y fait état d'un faciès de vases sableuses. On se rapproche en ce sens de l'état initial observé lors de l'étude préliminaire. Des modifications granulométriques aussi importantes sur une période aussi courte (une quinzaine de jours) penchent en faveur d'une erreur de positionnement, suite par exemple au balancement de la benne ou à la dérive du bateau lors du prélèvement. On en déduirait alors un envasement permanent de cette partie de la zone de vidage ouest-nord.



Campagnes de décembre 1994 et avril 1995



Campagne d'octobre 1995

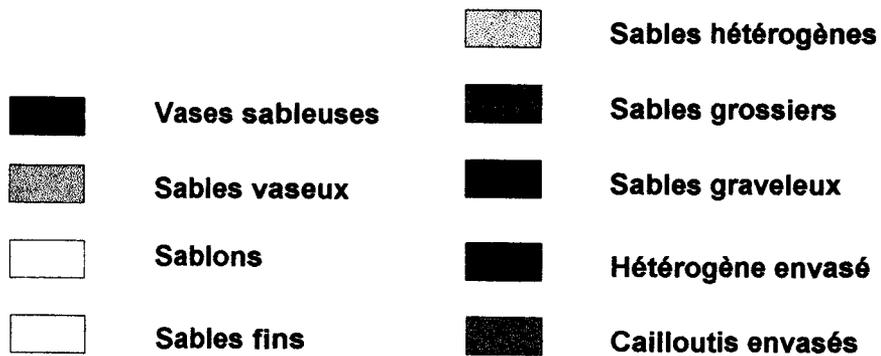


Figure 23 : Évolution comparative de la granulométrie des stations de la zone d'étude (Campagnes de décembre 1994 et avril 1995, campagne d'octobre 1995).

IV-2 : Faune

IV-2-1 : Relevés faunistiques

La comparaison des relevés faunistiques obtenus avec ceux établis lors de la première campagne montre une très bonne correspondance et une relative stabilité des espèces, en diversité comme en abondance. On retrouve en effet pratiquement toutes les espèces observées lors de l'étude préliminaire, avec des fréquences comparables. *Nephtys longosetosa* constitue dans les deux cas l'unique espèce constante et le nombre d'espèces rares demeure stable. Le nombre total d'espèces reste voisin de 50. L'évolution la plus visible est la quasi disparition d'*Abra alba*, dont il ne subsiste que quelques rares individus, en particuliers dans la partie est de la zone d'étude. Ceux-ci sont toujours accompagnés d'une importante quantité d'individus morts (coquilles vides), observés au cours du tri des prélèvements. Il apparaît donc que la population d'*Abra alba* ne parvient pas à se maintenir sur le site, en dépit d'un apport important. Cette observation rejoint l'hypothèse des travaux précédents (GARÇON *et al.*, 1995 ; CANIS *et al.*, 1995) quant à la probable origine portuaire de ces mollusques.

La comparaison avec la macrofaune benthique de l'avant-port ouest est plus ambiguë. On ne retrouve en effet que 18 espèces communes avec les listes faunistiques établies par ROMONT *et al.* (1993) au niveau de l'avant-port ouest : 2 cnidaires anthozoaires (*Actinothoë sp.*, *Sagartia sp.*), 1 némerte (*Cephalothrix rufifrons*), 6 annélides polychètes (*Lanice conchilega*, *Owenia fusiformis*, *Pectinaria koreni*, *Nephtys hombergii*, *Nereis longissima*, *Sthenelais boa*), 5 mollusques (*Abra alba*, *Macoma balthica*, *Macra corallina*, *Venerupis pullastra*, *Nassarius reticulatus*), 2 crustacés (*Eupagurus bernhardus*, *Portunus holsatus*) et 2 échinodermes (*Echinocardium cordatum*, *Ophiura texturata*).

En revanche, les listes établies par CANIS *et al.* (1994) montrent 31 espèces communes, dont toutes les annélides recensées dans cette étude, exceptées *Ophelia borealis*, *Magelona papillicornis*, *Glycera convoluta*, *Nephtys cæca*, *Nerine cirratulus*, *Sigalion mathildae* et *Staurocephalus rudolphii*.

Cette comparaison suppose l'existence d'un « noyau » d'espèces communes (essentiellement des annélides) de cette partie de la Mer du Nord, que l'on peut observer à la fois au niveau du port et, plus au large, au niveau de la zone d'étude. La similarité, même ponctuelle, des faciès granulométriques apparaît comme le critère déterminant de l'installation de ces espèces. L'apparition des autres espèces dépendrait alors de critères tels que le niveau d'envasement ou la perturbation naturelle (courantologie) ou non (rejets de dragage, trafic maritime) du milieu.

IV-2-2 : Diagramme Rang-Fréquence

La comparaison des diagrammes Rang-Fréquence, établis à partir des effectifs totaux des espèces dénombrables des deux campagnes, constitue un bon indicateur de l'évolution de la faune sur la zone d'étude.

L'aspect le plus flagrant est la quasi similitude de l'allure des deux courbes, pratiquement superposables (fig. 24, p. 60). On retrouve, pour les deux campagnes, une courbe globalement convexe pour les espèces à effectifs moyens avec un effet d'escalier lorsque l'on se rapproche des espèces rares. On observe, de même, un décrochage au niveau de l'espèce de plus grand effectif qui donne localement à la courbe une allure plus concave. Les relevés faunistiques montrent cependant que cette particularité n'est pas imputable à la même espèce pour les deux campagnes : il s'agit d'*Abra alba* pour la première et de *Nephtys longosetosa* pour la seconde.

L'allure de ces DRF qualifie ainsi un peuplement faunistique relativement stable du point de vue de sa structure : nombre d'espèce relativement important, à effectifs moyens, associées à un cortège marqué d'espèces rares. Il se caractérise aussi par une unique espèce à effectif nettement dominant, dont la nature varie avec le niveau d'envasement de la zone.

IV-2-3 : Analyse factorielle des correspondances

La définition des principaux axes de l'AFC et l'observation des plans de projection 1-2 et 1-4 permettent de définir trois types de peuplements :

- L'axe 1 est essentiellement construit autour de deux stations de cailloutis/hétérogène envasé (1 et 10), associées à une faune à affinité essentiellement vasicole sableuse (*Abra alba*, *Lanice conchilega*, *Nephtys hombergii*, *Pectinaria koreni*) ou vasicole hétérogène (*Sagartia sp.*, *Sthenelais boa*, *Ophiura texturata*, *Owenia fusiformis*). On peut ainsi estimer que cet axe définit correctement le peuplement de « l'hétérogène envasé », en englobant également d'autres espèces vasicoles moins spécifiques.

- L'axe 3 est clairement défini par la station 20 et l'espèce *Nephtys hombergii* accompagnée d'un cortège d'espèces vasicoles (*Nereis longissima*, *Nassarius reticulatus*) ou inféodées à des sables fins envasés (*Pectinaria koreni*). Ces caractéristiques permettent de rattacher cet axe au peuplement des sables fins à moyens envasé à *Abra alba*, faciès à *Nephtys hombergii*.

- L'axe 4 est moins nettement défini, mais semble s'articuler autour d'*Ophelia borealis* sur faciès de sables fins (station 4) à hétérogènes (station 6). On retrouve par exemple *Nephtys cirrosa*, typique de ce peuplement, mais le cortège d'espèces compagnes spécifiques est très limité. Par ailleurs, on retrouve *Glycera convoluta* et *Scoloplos armiger*, faiblement représentés sur l'axe mais de poids important. En revanche, la station 15, malgré son faciès d'hétérogène envasé, vient en troisième position quant à sa représentation sur l'axe. Il faut donc associer cet axe au peuplement à sables fins à moyens propres à *Ophelia borealis* avec les restrictions apportées par le cortège secondaire d'espèces vasicoles quant à ce dernier critère.

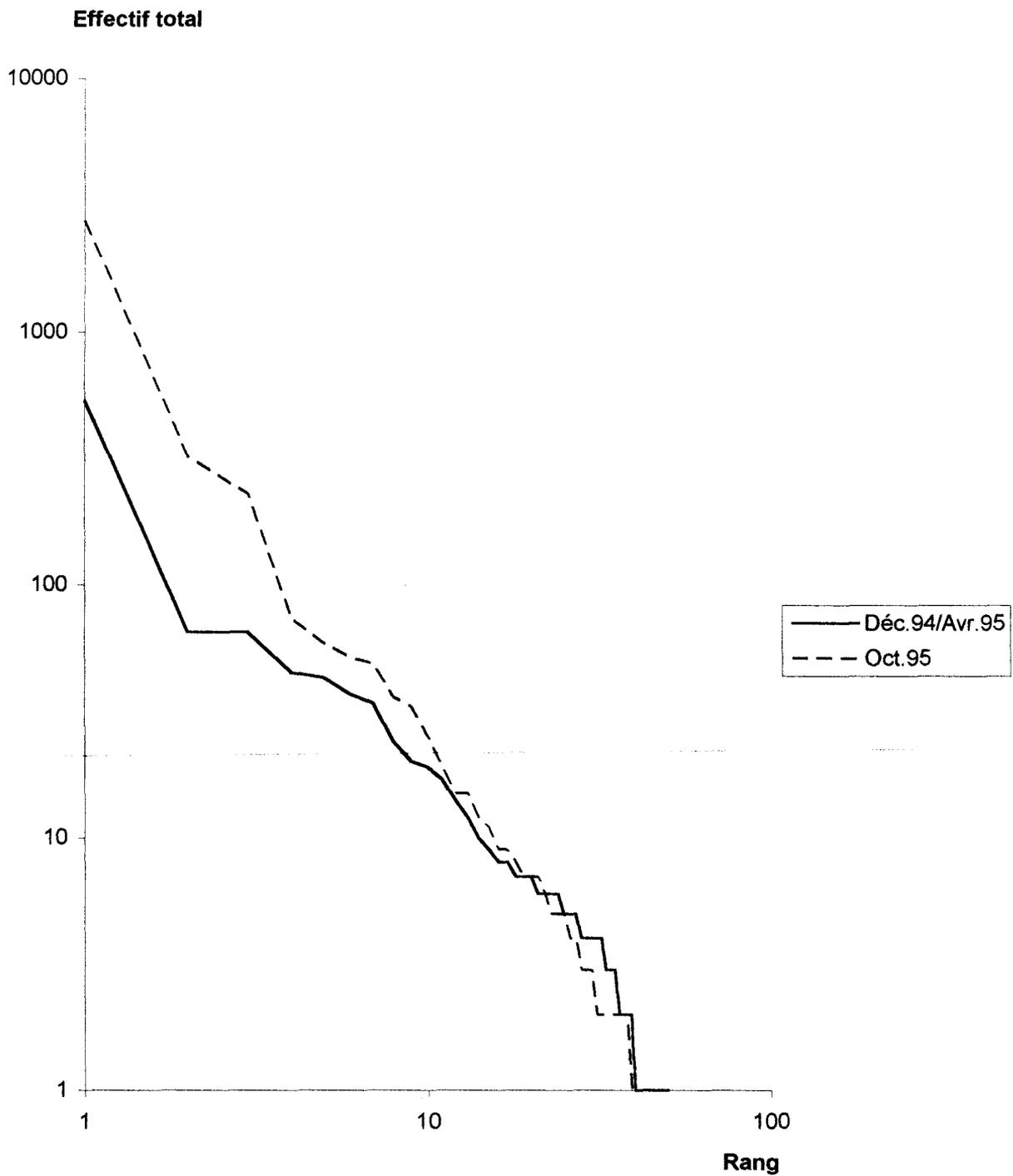


Figure 24 : Évolution comparative des diagramme Rang-Fréquence pour l'ensemble des espèces de la zone d'étude (Campagnes de décembre 1994 et avril 1995, campagne d'octobre 1995).

L'axe 2, exclusivement défini par l'abondance de *Balanus crenatus* à la station 22, n'a pas de véritable signification sur le plan des peuplements faunistiques. Le prélèvement du sédiment de cette station de sable hétérogène présentait quelques cailloux, servant d'unique support à ces mollusques, dont la présence ne permet pas de déduire l'existence d'un autre peuplement sur la zone.

IV-2-4 : Dendrogramme

Cet essai de classement automatique a porté sur la matrice totale des espèces (Annexe 3). Le dendrogramme des effectifs faunistiques qui en résulte permet de distinguer deux séries de stations, situées à des niveaux de similitude différents, dont une peut se subdiviser en trois sous-groupes. La première série regroupe 20 stations (à une distance du Khi2 de l'ordre de 5000) qu'il est possible de diviser en trois groupes :

- le premier groupe rassemble les stations 5, 7 et 33 à faciès sableux, auxquelles se rattachent plusieurs stations isolées (18, 28 et 44) ou « en binôme » (21 et 32, 40 et 41, 8 et 39, 30 et 31).

- le second groupe rassemble les stations 27 et 35, puis 38 et 43 en fonction de leur faciès granulométrique et de leur effectif en *Urothoë grimaldii*.

- le troisième groupe rassemble plus tardivement les stations 29 et 34, essentiellement en fonction de leur effectif respectif en *Magelona papillicornis* et *Nephtys hombergii*.

La seconde série est constituée de stations « en trinôme », rassemblées à un niveau de similitude supérieur (Khi2 de l'ordre de 6000). On distingue nettement les stations 4, 6 et 15, regroupées de la même façon que l'AFC, puis 17, 25 et 36 sur faciès sableux. Les autres stations caractéristiques de l'AFC sont rassemblées à un niveau de similitude encore supérieur (Khi2 de l'ordre de 10 000, stations 1 et 10) ou sont nettement séparées (station 20).

IV-3 : Correspondance sédiment/faune

Les résultats de l'AFC ont montré qu'il existe une bonne correspondance sédiment/faune associée pour les stations caractéristiques des trois peuplements définis. Ces peuplements de « l'hétérogène envasé », à *Abra alba* et à *Ophelia borealis* sont très localisés (1 à 3 stations), mais clairement définis sur le plan faunistique (cf. Annexe 8). Cet aspect est confirmé par le dendrogramme qui sépare nettement les stations caractéristiques de l'axe 1 (stations 1 et 10, même si l'indice de similitude est assez élevé), de l'axe 3 (station 20, qui se rattache très tardivement aux autres groupes) et de l'axe 4 (stations 4, 6 et, dans une moindre mesure, 15).

Les autres distinctions effectuées par le dendrogramme concernent toutes les autres stations à sédiment de sablons/sables fins/sables hétérogène. Il effectue ainsi des regroupements ponctuels, souvent en fonction de l'effectif d'une ou de quelques espèces (*Scrobicularia plana* pour les stations 11, 12 et 13, *Gastrosaccus spinifer* pour les stations 17 et 36, *Urothoë grimaldii* pour les

stations 27, 35, 38 et 45). Toutes ces espèces caractérisent correctement les fonds de type sableux. On ne peut donc pas en déduire l'existence d'autres peuplements spécifiques : il s'agit plus vraisemblablement de variantes du peuplement à *Ophelia borealis* qui constitue, en quelques sortes, « l'épine dorsale » de la faune des faciès sableux de la zone d'étude.

Cette correspondance faune/sédiment apparaît en revanche moins nette au niveau de quelques stations non rassemblées par l'AFC.

La station 16 (hétérogène envasé) se rattache tardivement aux groupements des stations caractéristiques du peuplement à *Ophelia borealis*, plus particulièrement à la station 15. L'examen des relevés faunistiques de ces deux stations montre effectivement un cortège d'espèces similaires, et essentiellement vasicoles (*Scoloplos armiger*, *Glycera convoluta*). La présence inexplicée d'*Ophelia borealis* (6 individus) sur la station 15 semble le principal facteur entraînant la séparation de ces deux stations par l'AFC et le rattachement, plus ou moins arbitraire, de la station 15 au peuplement à *Ophelia borealis*. Il semble alors plus judicieux de considérer la faune de ces stations comme une transition entre les peuplements de l'hétérogène envasé (stations 1 et 10) et à *Abra alba* (station 20). L'alignement de ces cinq stations selon un axe sud-ouest/nord-est, identique à celui du courant résiduel, ne peut que renforcer cette hypothèse.

L'autre particularité concerne la station 21 (sables vaseux), associée par le dendrogramme à la station 32 (sablon), par la présence de *Magelona papillicornis*, *Nephtys longosetosa* et *Nerine cirratulus*. Ces espèces, classées respectivement comme commune, constante et peu commune, ne sont donc pas véritablement indicatrices d'un type de milieu particulier. Elles ne sont pas également considérées comme particulièrement vasicoles. On peut expliquer cette particularité en se référant au comportement des boues issues des dragages du port de Boulogne-sur-Mer (cf. § I-1-3-4). Du fait de leur compacité, ces boues constituent une réserve de particules fines, potentiellement remises en suspension à la faveur des courants ou d'autres perturbations hydrodynamiques. Les vases sableuses de la station 20, située à 29 m de profondeur, pourraient se comporter d'une façon similaire et ainsi envaser temporairement les stations limitrophes. Cela suppose néanmoins une accumulation entraînant une solidification des vases liquides rejetées en cette station de grande profondeur (relativement aux autres sites).

Enfin, il existe quelques cas de cohabitations inhabituelles d'espèces caractéristiques de milieux très différents.

Les stations 14 et 37 (faciès sableux) présentent la particularité d'abriter respectivement 1 et 2 individus d'*Abra alba* alors que ces mêmes stations en étaient exemptes lors de la première campagne. Les autres espèces de ces stations sont, elles, plus en rapport avec la granulométrie sableuse de ces fonds. On peut alors imputer la présence de ces mollusques aux opérations de

vidage survenues entre les deux campagnes. Il pourrait en effet subsister quelques individus en place, en dépit du nettoyage de ces fonds des vases apportées par les rejets.

De même, on note l'existence conjointe d'*Abra alba* (espèce tolérante) et d'*Ophelia borealis* (espèce sensible) sur la station 14. On peut également relever la présence sur la station 9 de *Staurocephalus rudolphii* (1 individu), espèce opportuniste de 2nd ordre, avec *Scoloplos armiger* (1 individu), espèce sensible à la pollution organique selon les listes de GLÉMAREC et HILY (1981). Il est à noter que *Staurocephalus rudolphii* est également signalée dans les relevés effectués par BELLAN et BOURCIER (1990) au large de l'émissaire d'égouts de Cortiou, près de Marseille.

En dépit de leur rareté, ces particularités renforcent l'hypothèse de l'impact des rejets de dragage sur la zone d'étude. Ces associations faunistique sont difficilement explicables par des phénomènes purement naturels, impliquant la dynamique de développement des espèces concernées. Elles résultent plus vraisemblablement de modifications physiques du milieu, associées à des apports ponctuels d'espèces non spécifiques des ces faciès granulométriques. En ce sens, on peut supposer que les effets des rejets de dragage sont prépondérants sur les modifications naturelles, imputables notamment à la courantologie de la zone.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats de cette étude montrent qu'il est possible de différencier deux grandes zones, distinctes tant du point de vue granulométrique que faunistique. La comparaison avec l'état initial, décrit dans l'étude préliminaire (CANIS *et al.*, 1995), confirme cette dichotomie.

Une partie est, de fonds sableux relativement homogène, présente une macrofaune benthique associée peu diversifiée mais en rapport avec le sédiment, avec une nette dominance des annélides. Son évolution, depuis l'étude préliminaire, s'observe essentiellement par le lessivage des particules fines et la disparition des mollusques *Abra alba* associés, dont il ne subsiste ponctuellement que quelques rares individus.

Une partie ouest, regroupant les zones de vidage proprement dites, se caractérise par une mosaïque de faciès granulométriques sans véritable continuité. Cette zone présente un sédiment très hétérogène et plus grossier mais relativement stable. Il conserve notamment un degré d'envasement plus important et plus localisé (sous forme de poche vaseuse) que celui des stations de la zone est. L'impact direct des rejets apparaît alors plus visible à ce niveau, particulièrement le long d'un axe passant par les deux zones de vidage. La macrofaune associée, en rapport avec le sédiment, contribue à augmenter la diversité faunistique de l'ensemble de la zone d'étude.

D'un point de vue plus général, celle-ci s'inscrit correctement dans les faciès granulométriques et les peuplements faunistiques, observés à plus grande échelle au niveau du détroit du Pas-de-Calais par PRYGIEL *et al.* (1988).

L'influence des rejets des dragages dépasse donc très largement le cadre des seules zones de vidage et se traduit essentiellement par un envasement superficiel du sédiment en place. Cet envasement modifie de façon temporaire (quelques mois) les caractéristiques granulométriques superficielles du sédiment d'origine et s'accompagne de l'installation d'un cortège d'espèces vasicoles, du peuplement à *Abra alba* notamment. La disparition de cet envasement, par un effet de lessivage provoqué par les courants, notamment le courant de marée résiduel de direction nord-est, s'accompagne de celle du cortège faunistique associé, qui ne parvient manifestement pas à se maintenir en place. Cet aspect contribue à renforcer l'hypothèse de la probable origine portuaire des mollusques *Abra alba* observés sur la zone d'étude.

L'étude de la macrofaune révèle la présence de quelques espèces d'annélides considérées par GLÉMAREC et HILY (1981) comme indicatrices de pollution organiques (*Staurocephalus rudolphii*, *Capitella capitata*). De même, plusieurs stations témoignent de la cohabitation de quelques individus d'espèces « opportunistes » avec d'autres considérées comme « sensibles ». Ces spécificités sont trop peu nombreuses pour se révéler véritablement significatives d'un effet

direct des rejets de dragage. Elles permettent cependant de confirmer le caractère diffus des perturbations subies par la zone d'étude, déjà observé au niveau granulométrique.

Il est à noter que le mode de dragage utilisé (à aspiration) tend, en fluidifiant les boues, à étendre la superficie des fonds touchés par les rejets. En revanche, cette technique semble influencer négativement sur la persistance des vases sur les fonds, en favorisant notamment leur lessivage par les courants. Les analyses physico-chimiques en cours, portant notamment sur les métaux lourds et d'autres paramètres, permettront d'estimer le degré d'innocuité de ces vases et de définir leur éventuelle rémanence par contamination sur les sédiments perturbés.

Afin de pallier les difficultés rencontrées lors de cette étude, portant essentiellement sur la comparaison des deux campagnes, il serait souhaitable d'apporter quelques modifications aux techniques utilisées et aux conditions d'utilisation.

Le premier point concerne la récolte par tri au laboratoire de la faune contenue dans le sédiment récolté. Plusieurs auteurs (voir, par exemple, BELLAN et BOURCIER, 1990 ; DEWARUMEZ *et al.*, 1986) utilisent une technique consistant en une légère coloration préalable du sédiment au rose Bengal. Cette méthode permettrait d'accélérer la récolte des individus et de « normaliser » les prélèvements, en facilitant notamment la distinction des individus vivants ou morts. Cette difficulté constitue vraisemblablement la principale explication à la différence de biodiversité des mollusques observée entre les deux campagnes.

L'autre point concerne les opérations de vidage survenues entre les deux campagnes. Ces vidages constituent un élément perturbateur supplémentaire qui a vraisemblablement modifié l'état initial de la zone défini par l'étude préliminaire, sans possibilité de l'estimer de façon précise (la seconde campagne se serait déroulée 3 mois environ après ces rejets). Il subsiste, de ce fait, un certain degré d'incertitude quant aux effets directs de ces rejets et à leur rôle dans l'évolution de la zone d'étude. La neutralisation d'une ou de plusieurs zones de vidage entre les campagnes de prélèvements constituerait la solution idéale.

Par ailleurs, un sondage bathymétriques de la zone d'étude permettrait d'évaluer les évolutions de la topographie de ces fonds. Ceux-ci apporterait une base plus récente que les indications de profondeur données par la carte S.H.O.M. De même, il serait intéressant de compléter les analyses physico-chimiques des sédiments par une analyse sédimentologique fine, portant sur les vases du port et de la zone d'étude. En évaluant ainsi leur degré de similitude, il pourrait être possible de conclure quant à l'origine du peuplement à *Abra alba* observé sur la zone.

BIBLIOGRAPHIE

ANONYME (1994). Étude des lignes de base des contaminants dans les sédiments superficiels de la zone maritime des Conventions d'Oslo et de Paris, 1990/1991, rapport des Commission d'Oslo et de Paris DE/SDCRE/JMM.JC.N°554, Ministère de l'Environnement, Direction de l'eau, sous-direction de la coordination et de la réglementation de l'eau, 78 p.

BELLAIR P. et POMEROL R. (1977). Éléments de géologie. Armand Colin, Paris, 528 p.

BELLAN G. et BOURCIER M. (1990). Les enseignements d'une étude sur dix ans (1976-1986) des peuplements de substrats meubles au large d'un émissaire d'eaux usées : Marseille-Cortiou, *Cah. Biol. Mar.*, **31**, 225-249.

BENTLEY D. (1983). Contribution à l'étude hydrobiologique du détroit du Pas-de-Calais. Paramètres physicochimiques, *thèse de troisième cycle, Station Marine de Wimereux - Université des Sciences et Technologies de Lille*, 141 p.

BLANC F., CHARDY P., LAUREAC A. et REYS J.P. (1976). Choix des métriques qualitatives en analyse d'inertie. Implication en écologie marine benthique, *Mar. Biol.*, **35**, 49-57.

BOURGAIN J.L. (1985a). Étude de la dispersion des rejets des matériaux de dragages du port de Boulogne-sur-Mer sur le littoral du Pas-de-Calais, *rapport du contrat U.S.T.L. 1614, Station Marine de Wimereux - Université des Sciences et Technologies de Lille*, 40 p.

BOURGAIN J.L. (1985b). Effets des rejets de vases portuaires sur les peuplements benthiques au large de Boulogne-sur-Mer, *mémoire de Diplôme d'Études Approfondies, Station Marine de Wimereux - Université des Sciences et Technologies de Lille*, 62 p.

CAMPBELL A.C. et NICHOLLS J. (1986). Guide de la Faune et de la Flore littorale des mers d'Europe, *Delachaux et Niestlé*, 322 p.

CANIS I., DALUIN C. et PINTE S. (1995). Étude préliminaire de l'impact des rejets de dragage sur les zones de vidage de l'avant-port ouest de Dunkerque. Analyse faunistique et granulométrique. Traitement statistique des données, *rapport de stage de Maîtrise de Biologie des Organismes et des Populations - option Écologie, Service d'Hydrobiologie et d'Écotoxicologie - Université des Sciences et Technologies de Lille*, 104 p.

BIBLIOGRAPHIE

CANIS I., PINTE S., CHAPMAN A., ROMONT R. et DHAINAUT-COURTOIS N. (1994). Étude de la macrofaune des sédiments meubles de l'avant-port ouest de Dunkerque, *rapport de stage, Service d'Hydrobiologie et d'Écotoxicologie - Université des Sciences et Technologies de Lille*, 41 p.

CIURLIK J.P. (1987). Étude des peuplements benthiques sur la zone ouest expérimentale d'immersion de produits de dragages, *rapport de stage de 2ème année de D.E.U.S.T. « Technicien de la Mer et du Littoral » de l'U.F.R. de Calais, Port Autonome de Dunkerque - Cellule antipollution*, 169 p.

COLLIGNON J. (1991). Écologie et biologie marines. Introduction à l'halieutique, Masson, Ed., 298 p.

CRINQUETTE C., PRONIER M., TOURDOT C. et VEDIEU C. (1994). Étude de la macrofaune benthique des sédiments meubles du site portuaire de Boulogne/Mer, *rapport de stage de Maîtrise de Biologie des Organismes et des Populations - option Écologie, Service d'Hydrobiologie et d'Écotoxicologie - Université des Sciences et Technologies de Lille*, 124 p.

DAGET J. (1976). Les modèles mathématiques en écologie, collection d'Écologie, Masson, 170 p.

DERVIN C. (1992). Analyse des correspondances : comment interpréter les résultats ?, collection STAT-ITCF, 72 p.

DEWARUMEZ J.M. (1979). Étude biologique d'*Abra alba*, Wood (Mollusque lamellibranche) du littoral de la Mer du Nord, *thèse de troisième cycle, Institut de biologie Marine et régionale de Wimereux - Université des Sciences et Technologies de Lille*, 139 p.

DEWARUMEZ J.M., QUISTHOUDT C. et RICHARD A. (1986). Suivi pluriannuel du peuplement à *Abra alba* dans la partie méridionale de la Mer du Nord (région de Dunkerque-France), *Hydrobiologia*, **142**, 187-197.

ESCOFIER B. et PAGÈS J. (1990). Analyses factorielles simples et multiples (objectifs, méthodes et interprétations, Dunod, Paris., 274 p.

FAUVEL P. (1923). Faune de France. Polychètes sédentaires, Lechevallier, **5**, 488 p.

FAUVEL P. (1927). Faune de France. Polychètes errantes, Lechevallier, **16**, 496 p.

BIBLIOGRAPHIE

FLATRES P. (1980). Portait de la France moderne. Atlas et géographie du Nord et de la Picardie, Famot-Flammarion, 428 p.

FRONTIER S. et PICHOD-VIALE D. (1993). Structure, fonctionnement et évolution des écosystèmes, Masson, Paris, 392 p.

GARÇON G., LEROY T., LEUPE S., PRUVOT C. et DHAINAUT-COURTOIS N. (1995). Étude de la dynamique des populations d'*Abra alba*, Wood (mollusque lamelibranche), dans l'avant-port ouest de Dunkerque et ses zones de vidage, *rapport de stage de Maîtrise de Biologie des Organismes et des Populations - option Écologie, Service d'Hydrobiologie et d'Écotoxicologie - Université des Sciences et Technologies de Lille*, 176 p.

GLÉMAREC M. et HILY C. (1981). Perturbations apportées à la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents marins et portuaires, *Acta Ocol., Ocol. Applic.*, **2** (2), 139-150.

IFREMER (1986). Le littoral de la région Nord/Pas-de-Calais. Qualité du milieu marin, *rapports scientifiques et techniques*, **3**, 152 p.

LARSONNEUR C. (1977). La cartographie des dépôts meubles sur le plateau continental français : méthode mise au point et utilisée en Manche, *J. Rech. Océanogr.*, **2** (2), 33-39.

LOUDART E., L'HOPITAULT J.C. et DELATTRE J.M. (1987). Étude des polluants associés aux déblais de dragages. Devenir après clapage en mer, *contrat Établissement Public Régional du Nord/Pas-de-Calais - IFREMER, Service Eaux-Environnement - Institut Pasteur de Lille*, 90 p.

PARENT P. (1991). Dictionnaire des sciences de l'environnement. Terminologies bilingues Français - Anglais, Hatier-Rageot, Paris, 748 p.

PERRIER R. (1964). La faune de la France illustrée. Arachnides, crustacés, Delagrave, Paris, **2**, 220 p.

PERRIER R. (1967). La faune de la France illustrée. Bryozoaires, brachiopodes, mollusques, protocordés, Delagrave, Paris, **9**, 220 p.

BIBLIOGRAPHIE

PINTE S., CANIS I., CHAPMAN A., ROMONT R. et DHAINAUT-COURTOIS N. (1994). Évaluation de l'écotoxicité des sédiments et de la macrofaune associée dans l'avant-port ouest de Dunkerque par le test Microtox, *rapport de la convention Port Autonome de Dunkerque / Service d'Hydrobiologie et d'Écotoxicologie - Université des Sciences et Technologies de Lille n°944012*, 29 p.

PRUVOT C. (1993). Étude de la pollution métallique des sédiments et de la macrofaune associée dans l'avant-port ouest de Dunkerque. Traitement statistique des données, *rapport de stage, Service d'Hydrobiologie et d'Écotoxicologie - Service d'Écologie Numérique - Université des Sciences et Technologies de Lille*, 105 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.

ROMONT R. et DHAINAUT-COURTOIS N. (1994a). Qualité des sédiments du cercle d'évitage de l'avant-port ouest de Dunkerque, *rapport de la convention Port Autonome de Dunkerque / Service d'Hydrobiologie et d'Écotoxicologie - Université des Sciences et Technologies de Lille n°944012*, 17 p.

ROMONT R. et DHAINAUT-COURTOIS N. (1994b). Cartographie des paramètres physico-chimiques des sédiments meubles de l'avant-port ouest de Dunkerque, *rapport de la convention Port Autonome de Dunkerque / Université des Sciences et Technologies de Lille n°944012*, 39 p.

ROMONT R., PRUVOT C., AREHMOUCH L et DHAINAUT-COURTOIS N. (1993). Étude de la pollution métallique des sédiments et de la macrofaune associée dans l'avant-port ouest de Dunkerque, *rapport de la convention Port Autonome de Dunkerque / Université des Sciences et Technologies de Lille n°944033*, 152 p.

SOUPLET A. et DEWARUMEZ J.M. (1980). Les peuplements benthiques du littoral de la région de Dunkerque, *Cah. Biol. Mar.*, **21**, 23-39

THELIER I. (1993). Bilan bibliographique des rejets de la zone industriallo-portuaire de Dunkerque : apports des métaux lourds par les rejets de dragages, rejets industriels, *rapport de stage de Maîtrise de Biologie des Organismes et des Populations - option Écologie, Service d'Hydrobiologie et d'Écotoxicologie - Université des Sciences et Technologies de Lille*, 52 p.

LISTE DES ABRÉVIATIONS UTILISÉES

A.D. : Alumunium de Dunkerque

A.F.N.O.R. : Agence Française de Normalisation

A.P.E. : Avant-Port Est

A.P.O. : Avant-Port Ouest

C.C.P.C.S : Comité Consultatif Permanent pour les Conseils Scientifiques

D.A.M. : Drague Aspiratrice en Marche

D.E.M. : Dunkerque Électrométallurgie

E.D.F. : Électricité de France

P.A.D. : Port Autonome de Dunkerque

S.H.E. : Service d'Hydrobiologie et d'Écotoxicologie

S.H.O.M. : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

U.S.T.L. : Université des Sciences et Technologies de Lille

AFC : Analyse Factorielle des Correspondances

DRF : Diagramme Rang-Fréquence

GPS : Global Positionning System

HPA : Hydrocarbures polycycliques aromatiques

OSCOM : Oslo Commission

PCB : Polychlorobiphényles

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Plan du port de Dunkerque	5
Figure 2 : Répartition du trafic total du port de Dunkerque	7
Figure 3 : Évolution du trafic total du port de Dunkerque.....	7
Figure 4 : Évolution de la masse de matière sèche draguée	9
Figure 5 : Évolution du volume des dragages	9
Figure 6 : Localisation de la zone d'étude	10
Figure 7 : Cartographie des peuplements benthiques en Mer du Nord.....	18
Figure 8 : Schéma de répartition des espèces benthiques dans les milieux hypertrophiques de Bretagne	20
Figure 9 : Localisation des points de prélèvements et des zones de vidage.	23
Figure 10 : Vues polaire et en perspective de la bathymétrie de la zone d'étude d'après les profondeurs relevées sur la carte S.H.O.M. 6651 1/43100	24
Figure 11 : Principe schématique du fonctionnement de la benne de prélèvement « VAN VEEN »	25
Figure 12 : Principe schématique de fonctionnement d'une colonne de granulométrie	26
Figure 13 : Quatre allures typiques de diagrammes Rang-Fréquence	32
Figure 14 : Schéma du protocole analytique d'une AFC	34
Figure 15 : Classification ascendante hiérarchique (en distance euclidienne agrégée par la moyenne des distances pondérées) des stations des zones de vidage et alentours en fonction de leur granulométrie	39
Figure 16 : Cartographie des faciès granulométriques de la zone d'étude	40
Figure 17 : Vues polaire et en perspective de la cartographie des faciès granulométriques de la zone d'étude (Campagne d'octobre 1995)	41
Figure 18 : Cartographie des dominances taxonomiques par station	44

LISTE DES FIGURES

Figure 19 : Diagramme Rang-Fréquence pour l'ensemble des espèces de la zone d'étude (Campagne d'octobre 1995).....	46
Figure 20 : Représentation simultanée des lignes et colonnes sur le plan de projection 1-2 de l'AFC (Campagne d'octobre 1995).....	49
Figure 21 : Représentation simultanée des lignes et colonnes sur le plan de projection 1-4 de l'AFC (Campagne d'octobre 1995).....	51
Figure 22 : Classification ascendante hiérarchique (en distance du Khi2 agrégée par la moyenne des distances pondérées) des stations des zones de vidage et alentours en fonction de leur faune.....	54
Figure 23 : Évolution comparative de la granulométrie des stations de la zone d'étude (Campagnes de décembre et avril 1995, campagne d'octobre 1995).....	57
Figure 24 : Évolution comparative des diagrammes Rang-Fréquence pour l'ensemble des espèces de la zone d'étude (Campagnes de décembre 1994 et avril 1995, campagne d'octobre 1995)	60

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des points délimitant les zones de vidage Ouest-nord et Ouest-sud.....	11
Tableau 2 : Caractéristiques de la marée à Dunkerque.....	15
Tableau 3 : Coordonnées et profondeur approximative des stations échantillonnées en octobre 1995.....	22
Tableau 4 : Granulométrie des sédiments (en pourcentage de la masse sèche totale de l'échantillon) et nature des faciès. Campagne d'octobre 1995.....	36
Tableau 5 : Granulométrie (en pourcentage cumulé de la masse sèche totale de l'échantillon), paramètres statistiques et classement. Campagne d'octobre 1995	37
Tableau 6 : Indice de Shannon-Weaver et régularité de la faune des stations des zones de vidage et alentours (Octobre 1995).....	42
Tableau 7 : Constance et fréquence des espèces des zones de vidage et alentours	43
Tableau 8 : Coordonnées, cosinus carrés et contributions relatives à l'inertie des points de l'AFC (« variables » stations).....	47
Tableau 9 : Coordonnées, cosinus carrés et contributions relatives à l'inertie des points de l'AFC (« observations » espèces).....	48
Tableau 10 : Coordonnées des points cachés sur le plan de projection 1-2.....	50
Tableau 11 : Coordonnées des points cachés sur le plan de projection 1-4.....	52

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Définitions granulométriques et caractérisation sédimentaire

ANNEXE 2a et 2b : Listes faunistiques des groupes de GLÉMAREC et HILY (1981)

ANNEXE 3a à 3t : Relevés faunistiques (stations 1 à 45)

ANNEXE 4a et 4b : Caractéristiques des espèces récoltées

ANNEXE 5 : Matrice totale des données faunistiques

ANNEXE 6 : Granulométrie des sédiments et nature des faciès (Campagnes de décembre 1994 et avril 1995)

ANNEXE 7 : Granulométrie, paramètres statistiques et classement (Campagnes de décembre 1994 et avril 1995)

ANNEXE 8 : Comparaison des effectifs faunistiques des stations de la zone d'étude avec la liste des espèces spécifiques des différents peuplements définis (Campagne d'octobre 1995)

ANNEXE 1

CLASSES	RUDITES	Blocs (anguleux)	20 mm
		Galets (arrondis)	
		Graviers	
	ARÉNITES	Sables	2 mm
		Sablons	
	LUTITES *	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.

Définitions granulométriques (d'après BELLAIR et POMEROL, 1977).

Type de dépôt	Caractérisation
CAILLOUTIS	Plus de 50 % de galets
GRAVIERS	Plus de 50 % de galets et de graviers
SABLES	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
SÉDIMENTS VASEUX	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

Caractérisation sédimentaire (d'après LARSONNEUR, 1977).

GROUPES ECOLOGIQUES

Groupe I

<i>Acanthocardia echinata</i>	<i>Clymene oerstedii</i>	<i>Leptochiton squabridus</i>	<i>Pandora albida</i>
<i>Acanthocardia paucicostata</i>	<i>Crangon crangon</i>	<i>Leptosynapta inhaerens</i>	<i>Panoploea minuta</i>
<i>Acanthochitona crinitus</i>	<i>Cucumaria elongata</i>	<i>Leucothoe incisa</i>	<i>Parathelepus sp.</i>
<i>Acanthochitona fascicularis</i>	<i>Cultellus pellucidus</i>	<i>Leucothoe liljeborgi</i>	<i>Parvicardium exiguum</i>
<i>Achelia simplex</i>	<i>Cylichna cylindracea</i>	<i>Leucothoe richiardii</i>	<i>Parvicardium ovale</i>
<i>Acrocrida brachiata</i>	<i>Cymodoce truncata</i>	<i>Leucothoe spinicarpa</i>	<i>Parvicardium papillosum</i>
<i>Amaea trilobata</i>	<i>Dentallium novemcostatum</i>	<i>Lilleborjia pallida</i>	<i>Pectinaria auricoma</i>
<i>Ampelisca brevicornis</i>	<i>Devonia perrien</i>	<i>Liocarcinus arcuatus</i>	<i>Pectinaria koreni</i>
<i>Ampelisca macrocephala</i>	<i>Diodora apertura</i>	<i>Liocarcinus depurator</i>	<i>Phascolosoma elongatum</i>
<i>Ampelisca toulemoniti</i>	<i>Diplocirrus glaucus</i>	<i>Liocarcinus pusillus</i>	<i>Phascolosoma strombi</i>
<i>Ampharete grubei</i>	<i>Divaricella divaricata</i>	<i>Listriella picta</i>	<i>Phascolosoma vulgare</i>
<i>Amphipholis squamata</i>	<i>Doris sp.</i>	<i>Loripes lucinalis</i>	<i>Phoronis psammophila</i>
<i>Amphitrite johnstoni</i>	<i>Dosinia exolata</i>	<i>Lucinoma borealis</i>	<i>Photis longicaudata</i>
<i>Amphitoe rubricata</i>	<i>Dosinia lupina</i>	<i>Lutraria lutraria</i>	<i>Phoxocephalus rudolphii</i>
<i>Anapagurus hyndmani</i>	<i>Echinocardium cordatum</i>	<i>Lyonsia norvegicum</i>	<i>Phtisica marina</i>
<i>Anomia ephippium</i>	<i>Ensis sp.</i>	<i>Lysianassa ceratina</i>	<i>Pilargis verrucosa</i>
<i>Anthura gracilis</i>	<i>Euphrasyné foliosa</i>	<i>Lysianassa insperata</i>	<i>Pilumnus hirtellus</i>
<i>Aora typica</i>	<i>Eurynome spinosa</i>	<i>Macoma balthica</i>	<i>Psidia longicornis</i>
<i>Apherusa cirrus</i>	<i>Galathea intermedia</i>	<i>Macropodia rostrata</i>	<i>Pista cristata</i>
<i>Apherusa ovalipes</i>	<i>Galathea squamifera</i>	<i>Mactra corallina</i>	<i>Poecilochaetus serpens</i>
<i>Aponuphis grubei</i>	<i>Gammaropsis sp.</i>	<i>Maera grossimana</i>	<i>Processa canaliculata</i>
<i>Aporrhais pespelicanis</i>	<i>Gammarus insensibilis</i>	<i>Maera othonis</i>	<i>Proclea graffii</i>
<i>Arellides sp.</i>	<i>Gari depressa</i>	<i>Magelona alleni</i>	<i>Quadrans serratus</i>
<i>Aricia latreilli</i>	<i>Gari fervensis</i>	<i>Maldane glebifex</i>	<i>Sabella pavonina</i>
<i>Astacilla longicornis</i>	<i>Gari tellinella</i>	<i>Melita gladiosa</i>	<i>Sabellaria alveolata</i>
<i>Athanas nitescens</i>	<i>Gibbula margus</i>	<i>Metaphoxus pectinatus</i>	<i>Scoloplos armiger</i>
<i>Balcis alba</i>	<i>Glycera unicornis</i>	<i>Microdeutopus anomalus</i>	<i>Sipunculus nudus</i>
<i>Bathyporeia sarsi</i>	<i>Gnathia oxyurea</i>	<i>Microdeutopus damnoniensis</i>	<i>Solen marginatus</i>
<i>Branchiomma vesiculosum</i>	<i>Halcampa sp.</i>	<i>Microdeutopus versiculatus</i>	<i>Sphenia binghami</i>
<i>Calliostoma papillosum</i>	<i>Harpinia pectinata</i>	<i>Modiolus barbatus</i>	<i>Stylarioides eruca</i>
<i>Calyptra sinensis</i>	<i>Helcion pellucidus</i>	<i>Modiolus gallicus</i>	<i>Telepsavus costarum</i>
<i>Carcinus maenas</i>	<i>Hippolyte varians</i>	<i>Musculus discors</i>	<i>Tellina donacina</i>
<i>Ceradococcus semiserratus</i>	<i>Hyale nilsoni</i>	<i>Mysella bidentata</i>	<i>Tellina fabula</i>
<i>Cereus pedunculatus</i>	<i>Hyatella artica</i>	<i>Nucula nucleus</i>	<i>Terebella lapidaria</i>
<i>Cerianthus membranaceus</i>	<i>Inachus dorsettensis</i>	<i>Nucula turgida</i>	<i>Terebellides stroemi</i>
<i>Chaetopterus variopedatus</i>	<i>Iphimedia obesa</i>	<i>Ophelia bicornis</i>	<i>Thalassema neptuni</i>
<i>Cheirocratus sp.</i>	<i>Iphinoë serrata</i>	<i>Ophiocentrus brachiatus</i>	<i>Tholarus cranchii</i>
<i>Chlamys varia</i>	<i>Jaera albifrons</i>	<i>Ophiocarina nigra</i>	<i>Thracia phaseolina</i>
<i>Circe minima</i>	<i>Labidoplax digitata</i>	<i>Ophiotrix fragilis</i>	<i>Thyone fusus</i>
<i>Clymene lumbricoides</i>	<i>Leptochiton asellus</i>	<i>Ostrea edulis</i>	<i>Tonicella marmorea</i>
<i>Clymene modesta</i>	<i>Leptochiton cancellatus</i>	<i>Palaemon serratus</i>	<i>Trivia monaca</i>

Groupe I

Tryphosella nanoides
 Tryphosella sarsi
 Upogebia deltaura
 Urothoe poseidonis
 Urothoe pulchella
 Venerupis aurea
 Venerupis pullastra
 Venerupis rhomboides
 Venus gallina
 Venus ovata
 Venus striatula
 Venus verrucosa

Groupe II

Nassarius reticulatus
 Natica alderi
 Natica catena
 Nematonereis unicornis
 Nephthys hombergii
 Nephthys hystricis
 Ocenebra erinacea
 Ophiodromus flexuosus
 Ophiura albida
 Philine aperta
 Pholoë minuta
 Pholoë synophtalmica
 Phyllodoce lamelligera
 Phyllodoce laminosa
 Phyllodoce maculata
 Polynoë scolopendrina
 Psammolyce arenosa
 Sigalion mathildae
 Sthenelais boa
 Sthenelais minor
 Syllis prolifera

Groupe III

Abra alba
 Abra tenuis
 Amphiteis gunnrei
 Aonides oxycephala
 Apeudes latreillei
 Cerastoderma edule
 Cerastoderma lamarcki
 Corophium sp.
 Crepidula fornicata
 Cyathura carinata
 Dexamine spinosa
 Gammarella fucicola
 Laonice cirrata
 Leptocheirus pectinatus
 Leptonereis glauca
 Melinna palmata
 Nereis diversicolor
 Nereis longissima
 Notomastus latericeus
 Paradoneis armata
 Perinereis cultifera
 Platynereis dumerilii
 Polymnia nebulosa
 Pygospio elegans
 Scalibregma inflatum
 Spio filicornis
 Spiophanes bombyx
 Spiophanes kroyeri
 Stemaspis scutata
 Thyasira flexuosa

Groupe IV

Audouinia tentaculata
 Chaetozone setosa
 Cirratulus cirratus
 Heterocirrus bioculatus
 Nereis caudata
 Polycirrus aurantiacus
 Polydora antennata
 Polydora caeca
 Polydora ciliata
 Polydora polybranchia
 Prionospio malmgreni
 Staurocephalus rudolphii

Groupe II

Drilonereis filum
 Eteone longa
 Eulalia sanguinea
 Eulalia sp.
 Eunice harassii
 Eunice vittata
 Glycera convoluta
 Glycera rouxii
 Goniada maculata
 Haminoea navicula
 Harmothoe sp.
 Harmothoe spinifera
 Hermione hystrix
 Hesione pantherina
 Lagisca extenuata
 Lanice conchilega
 Lepidonotus clava
 Lepidonotus squamatus
 Lumbrineris gracilis
 Lumbrineris impatiens
 Lumbrineris latreillei
 Lysidice ninetta
 Mangilia sp.
 Marphysa bellii
 Marphysa fallax
 Marphysa sanguinea
 Mystides limbata
 Nassarius incrassatus

Groupe V

Capitella capitata
 Nebalia bipes
 Scolelepis fuliginosa

ANNEXE 3a

Relevés faunistiques : station 1

Taxon	STATION 1	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance		
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique	
CNIDAIRES												
anthozoaires											48,15	
	<i>Actinithoë sp.</i>		3		3	0	30	0	10,00	3,70		
	<i>Sagartia sp.</i>	28	7		35	280	70	0	116,67	43,21		
hydrozoaires												
	<i>Obelia geniculata</i>		1		1	0	10	0	3,33	1,23		
ANNÉLIDES POLYCHÊTES												
sédentaires											40,74	
	<i>Lanice conchilega</i>	5			5	50	0	0	16,67	6,17		
	<i>Notomastus latericeus</i>	5			5	50	0	0	16,67	6,17		
	<i>Owenia fusiformis</i>	4	4		8	40	40	0	26,67	9,88		
	<i>Pectinaria koreni</i>	1			1	10	0	0	3,33	1,23		
	<i>Scoloplos armiger</i>			2	2	0	0	20	6,67	2,47		
errantes												
	<i>Glycera convoluta</i>		1	1	2	0	10	10	6,67	2,47		
	<i>Nephtys hombergii</i>	2			2	20	0	0	6,67	2,47		
	<i>Nephtys longosetosa</i>			4	4	0	0	40	13,33	4,94		
	<i>Nereis longissima</i>	2			2	20	0	0	6,67	2,47		
	<i>Stenelais boa</i>	1	1		2	10	10	0	6,67	2,47		
BRYOZOAIRES												
	<i>Conopeum reticulum</i>	++	++	+								
MOLLUSQUES												
lamellibranches											7,41	
	<i>Abra alba</i>			1	1	0	0	10	3,33	1,23		
	<i>Mactra coralina</i>		1		1	0	10	0	3,33	1,23		
	<i>Venerupis pullastra</i>		1		1	0	10	0	3,33	1,23		
gastéropodes												
	<i>Nassarius reticulatus</i>		2	1	3					3,70		
ARTHROPODES												
crustacés cirripèdes											2,47	
	<i>Balanus crenatus</i>			1	1	0	0	10	3,33	1,23		
crustacés décapodes												
	<i>Eupagurus bernhardus</i>	1			1	10	0	0	3,33	1,23		
ÉCHINODERMES												
ophiuridés											1,23	
	<i>Ophiura texturata</i>			1	1	0	0	10	3,33	1,23		
TOTAUX					81						100,00	100,00

+ présent ++ abondant

ANNEXE 3b

Relevés faunistiques : stations 2 et 3

Taxon	STATION 2	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
CNIDAIRES											
hydozoaires											
| <i>Abietinaria abietina</i>				+							
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											65,00
sédentaires											
| <i>Scoloplos armiger</i>			1		1	0	10	0	3,33	5,00	
errantes											
| <i>Nephtys longosetosa</i>		2	3	7	12	20	30	70	40,00	60,00	
ARTHROPODES											25,00
crustacés amphipodes											
| <i>Bathyporeia sp.</i>				1	1	0	0	10	3,33	5,00	
| <i>Urothoë grimaldii</i>				1	1	0	0	10	3,33	5,00	
crustacés décapodes											
| <i>Processa parva</i>			1		1	0	10	0	3,33	5,00	
| <i>Thia polita</i>		2			2	20	0	0		10,00	
ÉCHINODERMES											10,00
échinidés											
| <i>Echinocardium cordatum</i>		2			2	20	0	0	6,67	10,00	
TOTAUX					20					100,00	100,00

+ présent ++ abondant

Taxon	STATION 3	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
NÉMERTES											14,29
| <i>Amphiporus lactifloreus</i>				2	2	0	0	20	6,67	9,52	
| <i>Cephalothrix rufifrons</i>				1	1	0	0	10	3,33	4,76	
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											66,67
errantes											
| <i>Nephtys longosetosa</i>		5	4	5	14	50	40	50	46,67	66,67	
ARTHROPODES											9,52
crustacés amphipodes											
| <i>Urothoë grimaldii</i>				1	1	0	0	10	3,33	4,76	
crustacés décapodes											
| <i>Processa parva</i>			1		1	0	10	0	3,33	4,76	
ÉCHINODERMES											9,52
échinidés											
| <i>Echinocardium cordatum</i>		2			2	20	0	0	6,67	9,52	
TOTAUX					21					100,00	100,00

ANNEXE 3c

Relevés faunistiques : stations 4, 5 et 6

Taxon	STATION 4	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
CNIDAIRES											
hydrozoaires											
<i>Abietinaria abietina</i>		+									
<i>Sertularia cupressina</i>		+									
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											100,00
sédentaires											
<i>Ophelia borealis</i>		1	1	2	4	10	10	20	13,33	44,44	
errantes											
<i>Nephtys longosetosa</i>		2		3	5	20	0	30	16,67	55,56	
TOTAUX					9					100,00	100,00

+ présent ++ abondant

Taxon	STATION 5	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											88,24
errantes											
<i>Nephtys longosetosa</i>		6	2	7	15	60	20	70	50,00	88,24	
ARTHROPODES											11,76
crustacés amphipodes											
<i>Urothoe grimaldii</i>			1		1	0	10	0	3,33	5,88	
crustacés décapodes											
<i>Portunus holsatus</i>		1			1	10	0	0	3,33	5,88	
TOTAUX					17					100,00	100,00

Taxon	STATION 6	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											89,66
sédentaires											
<i>Magelona papillicornis</i>			1		1	0	10	0	3,33	3,45	
<i>Ophelia borealis</i>		8		9	17	80	0	90	56,67	58,62	
errantes											
<i>Glycera convoluta</i>				2	2	0	0	20	6,67	6,90	
<i>Nephtys longosetosa</i>		3	3		6	30	30	0	20,00	20,69	
ARTHROPODES											10,34
crustacés schizopodes											
<i>Gastrosaccus spinifer</i>		3			3	30	0	0	10,00	10,34	
TOTAUX					29					100,00	100,00

ANNEXE 3d

Relevés faunistiques : stations 7, 8 et 9

Taxon	STATION 7	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											85,29
errantes											
| <i>Nephtys longosetosa</i>		6	11	12	29	60	110	120	96,67	85,29	
ARTHROPODES											14,71
crustacés amphipodes											
| <i>Bathyporeia sp.</i>			1		1	0	10	0	3,33	2,94	
| <i>Urothoë grimaldii</i>		1	1		2	10	10	0	6,67	5,88	
crustacés schizopodes											
| <i>Gastrosaccus spinifer</i>		1			1	10	0	0	3,33	2,94	
crustacés décapodes											
| <i>Eupagurus prideauxi</i>			1		1	0	10	0	3,33	2,94	
TOTAUX					34					100,00	100,00

Taxon	STATION 8	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											86,96
sédentaires											
| <i>Magelona papillicornis</i>			2		2	0	20	0	6,67	8,70	
| <i>Scoloplos armiger</i>		1			1	10	0	0	3,33	4,35	
errantes											
| <i>Nephtys longosetosa</i>		7	6	4	17	70	60	40	56,67	73,91	
ARTHROPODES											13,04
crustacés cumacés											
| <i>Diastylis bradyi</i>		2			2	20	0	0	6,67	8,70	
crustacés amphipodes											
| <i>Urothoë grimaldii</i>		1			1	10	0	0	3,33	4,35	
TOTAUX					23					100,00	100,00

Taxon	STATION 9	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
BRYOZOAIRES											
| <i>Conopeum reticulum</i>				+							
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											100,00
sédentaires											
| <i>Scoloplos armiger</i>		1			1	10	0	0	3,33	12,50	
errantes											
| <i>Nephtys longosetosa</i>		4	1	1	6	40	10	10	20,00	75,00	
| <i>Staurocephalus rudolphii</i>				1	1	0	0	10	3,33	12,50	
TOTAUX					8					100,00	100,00

+ présent ++ abondant

ANNEXE 3e

Relevés faunistiques : stations 10 et 11

Taxon	STATION 10	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
CNIDAIRES											22,73
anthozoaires											
| <i>Sagartia sp.</i>			10		10	0	100	0	33,33	22,73	
hydrozoaires											
| <i>Obelia geniculata</i>			++	++							
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											63,64
sédentaires											
| <i>Capitella capitata</i>				3	3	0	0	30	10,00	6,82	
| <i>Lanice conchilega</i>			1		1	0	10	0	3,33	2,27	
| <i>Notomastus latericeus</i>			3		3	0	30	0	10,00	6,82	
| <i>Owenia fusiformis</i>			2		2	0	20	0	6,67	4,55	
| <i>Pectinaria koreni</i>		7		1	8	70	0	10	26,67	18,18	
| <i>Scoloplos armiger</i>			1	2	3	0	10	20	10,00	6,82	
errantes											
| <i>Nephtys hombergii</i>		4			4	40	0	0	13,33	9,09	
| <i>Nephtys longosetosa</i>			2		2	0	20	0	6,67	4,55	
| <i>Stenelais boa</i>			2		2	0	20	0	6,67	4,55	
BRYOZOAIRES											
| <i>Conopeum reticulum</i>			+	+							
MOLLUSQUES											2,27
lamellibranches											
| <i>Abra alba</i>		1			1	10	0	0	3,33	2,27	
ARTHROPODES											11,36
crustacés cirripèdes											
| <i>Balanus crenatus</i>			1		1	0	10	0	3,33	2,27	
crustacés amphipodes											
| <i>Ampelisca sp.</i>		1			1	10	0	0	3,33	2,27	
crustacés schizopodes											
| <i>Callianassa sp.</i>			3		3	0	30	0	10,00	6,82	
TOTAUX					44					100,00	100,00

+ présent ++ abondant

Taxon	STATION 11	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											50,00
sédentaires											
| <i>Ophelia borealis</i>		1			1	10	0	0	3,33	25,00	
errantes											
| <i>Nephtys longosetosa</i>		1			1	10	0	0	3,33	25,00	
BRYOZOAIRES											
| <i>Conopeum reticulum</i>			+								
MOLLUSQUES											50,00
lamellibranches											
| <i>Scrobicularia plana</i>				2	2	0	0	20	6,67	50,00	
TOTAUX					4					100,00	100,00

+ présent ++ abondant

ANNEXE 3f

Relevés faunistique : stations 12, 13 et 14

Taxon	STATION 12	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											66,67
errantes											
<i>Glycera convoluta</i>		1			1	10	0	0	3,33	33,33	
<i>Nephtys longosetosa</i>			1		1	0	10	0	3,33	33,33	
MOLLUSQUES											33,33
lamellibranches											
<i>Scrobicularia plana</i>			1		1	0	10	0	3,33	33,33	
TOTAUX					3					100,00	100,00

Taxon	STATION 13	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											66,67
errantes											
<i>Glycera convoluta</i>				2	2	0	0	20	6,67	66,67	
MOLLUSQUES											33,33
lamellibranches											
<i>Scrobicularia plana</i>		1			1	10	0	0	3,33	33,33	
TOTAUX					3					100,00	100,00

Taxon	STATION 14	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
CNIDAIRES											7,14
hydrozoaires											
<i>Abietinaria abietina</i>				1	1	0	0	10	3,33	7,14	
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											57,14
sédentaires											
<i>Ophelia borealis</i>			2		2	0	20	0	6,67	14,29	
errantes											
<i>Nephtys longosetosa</i>		6			6	60	0	0	20,00	42,86	
MOLLUSQUES											21,43
lamellibranches											
<i>Abra alba</i>		2			2	20	0	0	6,67	14,29	
<i>Scrobicularia plana</i>			1		1	0	10	0	3,33	7,14	
ARTHROPODES											14,29
crustacés schizopodes											
<i>Calianassa sp.</i>		1			1	10	0	0	3,33	7,14	
crustacés décapodes											
<i>Eupagurus bernhardus</i>		1			1	10	0	0	3,33	7,14	
TOTAUX					14					100,00	100,00

ANNEXE 3g

Relevés faunistiques : stations 15 et 16

Taxon	STATION 15	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											95,24
sédentaires											
<i>Ophelia borealis</i>		4	2		6	40	20	0	20,00	28,57	
<i>Scoloplos armiger</i>				1	1	0	0	10	3,33	4,76	
errantes											
<i>Glycera convoluta</i>		1	1		2	10	10	0	6,67	9,52	
<i>Nephtys cirrosa</i>				2	2	0	0	20	6,67	9,52	
<i>Nephtys longosetosa</i>		2	3	4	9	20	30	40	30,00	42,86	
BRYOZOAIRES											
<i>Conopeum reticulum</i>		++	++	+							
ARTHROPODES											4,76
crustacés schizopodes											
<i>Gastrosaccus spinifer</i>		1			1	10	0	0	3,33	4,76	
TOTAUX					21					100,00	100,00

+ présent ++ abondant

Taxon	STATION 16	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											92,31
sédentaires											
<i>Scoloplos armiger</i>		1			1	10	0	0	3,33	7,69	
errantes											
<i>Glycera convoluta</i>			1		1	0	10	0	3,33	7,69	
<i>Nephtys hombergii</i>		1			1	10	0	0	3,33	7,69	
<i>Nephtys longosetosa</i>		3	3	3	9	30	30	30	30,00	69,23	
MOLLUSQUES											7,69
gastéropodes											
<i>Dentalium entalis</i>				1	1	0	0	10	3,33	7,69	
TOTAUX					13					100,00	100,00

ANNEXE 3h

Relevés faunistiques : stations 17 et 18

Taxon	STATION 17	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											68,75
sédentaires											
<i>Magelona papillicornis</i>	1				1	10	0	0	3,33	6,25	
<i>Ophelia borealis</i>		1	1		2	0	10	10	6,67	12,50	
errantes											
<i>Nephtys longosetosa</i>	3	2	3		8	30	20	30	26,67	50,00	
ARTHROPODES											25,00
crustacés schizopodes											
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	3		1		4	30	0	10	13,33	25,00	
VERTÉBRÉS											6,25
poissons téléostéens											
<i>Ammodytes lanceolatus</i>	1				1	10	0	0	3,33	6,25	
TOTAUX					16					93,75	100,00

Taxon	STATION 18	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											78,57
sédentaires											
<i>Magelona papillicornis</i>	1				1	10	0	0	3,33	7,14	
errantes											
<i>Nephtys longosetosa</i>	1	5	3		9	10	50	30	30,00	64,29	
<i>Nerine cirratulus</i>				1	1	0	0	10	3,33	7,14	
ÉCHINODERMES											14,29
échinidés											
<i>Echinocardium cordatum</i>	1	1			2	10	10	0	6,67	14,29	
VERTÉBRÉS											7,14
poissons téléostéens											
<i>Ammodytes lanceolatus</i>			1		1	0	0	10	3,33	7,14	
TOTAUX					14					100,00	100,00

ANNEXE 3i

Relevés faunistiques : stations 19, 20 et 21

Taxon	STATION 19	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											69,57
errantes											
| <i>Nephtys hombergii</i>			1		1	0	10	0	3,33	4,35	
| <i>Nephtys longosetosa</i>			6	9	15	0	60	90	50,00	65,22	
ARTHROPODES											26,09
crustacés cirripèdes											
| <i>Sacculina carcini</i>				1	1	0	0	10	3,33	4,35	
crustacés amphipodes											
| <i>Urothoë grimaldii</i>	1				1	10	0	0	3,33	4,35	
crustacés décapodes											
| <i>Eupagurus bernhardus</i>				3	3	0	0	30	10,00	13,04	
| <i>Portunus holsatus</i>				1	1	0	0	10	3,33	4,35	
ÉCHINODERMES											4,35
échinidés											
| <i>Echinocardium cordatum</i>				1	1	0	0	10	3,33	4,35	
TOTAUX					23					100,00	100,00

Taxon	STATION 20	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											92,00
sédentaires											
| <i>Pectinaria koreni</i>	1				1	10	0	0	3,33	4,00	
errantes											
| <i>Nephtys hombergii</i>	7	3	11		21	70	30	110	70,00	84,00	
| <i>Nereis longissima</i>		1			1	0	10	0	3,33	4,00	
MOLLUSQUES											8,00
lamellibranches											
| <i>Macoma balthica</i>				1	1	0	0	10	3,33	4,00	
gastéropodes											
| <i>Nassarius reticulatus</i>		1			1	0	10	0	3,33	4,00	
TOTAUX					25					100,00	100,00

Taxon	STATION 21	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											100,00
sédentaires											
| <i>Magelona papillicornis</i>				1	1	0	0	10	3,33	8,33	
errantes											
| <i>Nephtys longosetosa</i>	2	4	4		10	20	40	40	33,33	83,33	
| <i>Nerine cirratulus</i>	1				1	10	0	0	3,33	8,33	
TOTAUX					12					100,00	100,00

ANNEXE 3j

Relevés faunistiques : stations 22, 23 et 24

Taxon	STATION 22	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
CNIDAIRES											
hydozoaires											
<i>Abietinaria abietina</i>		+									
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											13,64
errantes											
<i>Glycera convoluta</i>		1			1	10	0	0	3,33	1,52	
<i>Nephtys longosetosa</i>			8		8	0	80	0	26,67	12,12	
BRYOZOAIRES											
<i>Conopeum reticulum</i>		+	+								
MOLLUSQUES											1,52
lamellibranches											
<i>Scrobicularia plana</i>				1	1	0	0	10	3,33	1,52	
ARTHROPODES											84,85
crustacés cirripèdes											
<i>Balanus crenatus</i>		1	55		56	10	550	0	186,67	84,85	
TOTAUX					66					100,00	100,00

+ présent ++ abondant

Taxon	STATION 23	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											80,00
lamellibranches											
<i>Glycera convoluta</i>		1			1	10	0	0	3,33	20,00	
<i>Nephtys hombergii</i>		1			1	10	0	0	3,33	20,00	
<i>Nephtys longosetosa</i>		1		1	2	10	0	10	6,67	40,00	
BRYOZOAIRES											
<i>Conopeum reticulum</i>		+									
ARTHROPODES											20,00
crustacés amphipodes											
<i>Bathyporeia sp.</i>				1	1	0	0	10	3,33	20,00	
TOTAUX					5					100,00	100,00

+ présent ++ abondant

Taxon	STATION 24	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											100,00
errantes											
<i>Glycera convoluta</i>				1	1	0	0	10	3,33	100,00	
TOTAUX					1					100,00	100,00

ANNEXE 3k

Relevés faunistiques : stations 25, 26 et 27

Taxon	STATION 25	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÊTES											93,33
errantes											
<i>Glycera convoluta</i>		1	2		3	10	20	0	10,00	20,00	
<i>Nephtys longosetosa</i>		4	4	3	11	40	40	30	36,67	73,33	
MOLLUSQUES											6,67
lamellibranches											
<i>Scrobicularia plana</i>			1		1	0	10	0	3,33	6,67	
TOTAUX					15					100,00	100,00

Taxon	STATION 26	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÊTES											94,12
sédentaires											
<i>Ophelia borealis</i>		1	1	1	3	10	10	10	10,00	17,65	
<i>Scoloplos armiger</i>				2	2	0	0	20	6,67	11,76	
errantes											
<i>Glycera convoluta</i>			1		1	0	10	0	3,33	5,88	
<i>Nephtys longosetosa</i>				9	9	0	0	90	30,00	52,94	
<i>Stenelais boa</i>			1		1	0	10	0	3,33	5,88	
ARTHROPODES											5,88
crustacés décapodes											
<i>Thia polita</i>		1			1	10	0	0	3,33	5,88	
TOTAUX					17					100,00	100,00

Taxon	STATION 27	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÊTES											69,23
sédentaires											
<i>Magelona papillicornis</i>		1			1	10	0	0	3,33	7,69	
errantes											
<i>Nephtys longosetosa</i>		4	1	3	8	40	10	30	26,67	61,54	
ARTHROPODES											30,77
crustacés amphipodes											
<i>Urothoë grimaldii</i>		3			3	30	0	0	10,00	23,08	
crustacés schizopodes											
<i>Gastrosaccus spinifer</i>		1			1	10	0	0	3,33	7,69	
TOTAUX					13					100,00	100,00

ANNEXE 31

Relevés faunistiques : stations 28 et 29

Taxon	STATION 28	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											69,70
errantes											
<i>Nephtys caeca</i>				1	1	0	0	10	3,33	3,03	
<i>Nephtys longosetosa</i>	7	8	7	22	70	80	70	73,33	73,33	66,67	
ARTHROPODES											27,27
crustacés cirripèdes											
<i>Balanus crenatus</i>				7	7	0	0	70	23,33	21,21	
crustacés amphipodes											
<i>Bathyporeia sp.</i>				1	1	0	0	10	3,33	3,03	
crustacés décapodes											
<i>Eupagurus bernhardus</i>				1	1	0	0	10	3,33	3,03	
ÉCHINODERMES											3,03
échinidés											
<i>Echinocardium cordatum</i>			1	1	1	0	10	0	3,33	3,03	
TOTAUX					33					100,00	100,00

Taxon	STATION 29	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											92,86
sédentaires											
<i>Magelona papillicornis</i>			12	14	26	0	120	140	86,67	46,43	
<i>Pectinaria koreni</i>			1	1	2	0	10	10	6,67	3,57	
errantes											
<i>Nephtys hombergii</i>				1	1	0	0	10	3,33	1,79	
<i>Nephtys longosetosa</i>	5	7	8	20	50	70	80	66,67	66,67	35,71	
<i>Nereis longissima</i>				1	1	0	0	10	3,33	1,79	
<i>Sigalion mathildae</i>	1	1		2	10	10	0	6,67	6,67	3,57	
ARTHROPODES											7,14
crustacés amphipodes											
<i>Bathyporeia sp.</i>				1	1	0	0	10	3,33	1,79	
<i>Urothoë grimaldii</i>				2	2	0	0	20	6,67	3,57	
crustacés décapodes											
<i>Eupagurus prideauxi</i>	1			1	1	10	0	0	3,33	1,79	
TOTAUX					56					100,00	100,00

ANNEXE 3m

Relevés faunistiques : stations 30 et 31

Taxon	STATION 30	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÊTES											78,13
errantes											
| <i>Nephtys caeca</i>			1		1	0	10	0	3,33	3,13	
| <i>Nephtys longosetosa</i>	7	9	6	22	70	90	60	73,33	68,75		
| <i>Nerine cirratulus</i>			2	2	0	0	20	6,67	6,25		
ARTHROPODES											18,75
crustacés amphipodes											
| <i>Urothoë grimaldii</i>			1	1	0	0	10	3,33	3,13		
crustacés cumacés											
| <i>Diastylis bradyi</i>			1	1	0	0	10	3,33	3,13		
crustacés schizopodes											
| <i>Gastrosaccus spinifer</i>			1	1	0	0	10	3,33	3,13		
crustacés décapodes											
| <i>Crangon crangon</i>	1			1	10	0	0	3,33	3,13		
| <i>Eupagurus prideauxi</i>	1	1		2	10	10	0	6,67	6,25		
ÉCHINODERMES											3,13
échinidés											
| <i>Echinocardium cordatum</i>		1		1	0	10	0	3,33	3,13		
TOTAUX				32						100,00	100,00

Taxon	STATION 31	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÊTES											80,00
sédentaires											
| <i>Scoloplos armiger</i>		1			1	0	10	0	3,33	2,86	
errantes											
| <i>Nephtys cirrosa</i>			2		2	0	0	20	6,67	5,71	
| <i>Nephtys caeca</i>			1		1	0	0	10	3,33	2,86	
| <i>Nephtys longosetosa</i>	6	6	10	22	60	60	100	73,33	62,86		
| <i>Nerine cirratulus</i>	1		1	2	10	0	10	6,67	5,71		
ARTHROPODES											11,43
crustacés amphipodes											
| <i>Urothoë grimaldii</i>		1	2	3	0	10	20	10,00	8,57		
crustacés cumacés											
| <i>Diastylis bradyi</i>		1		1	0	10	0	3,33	2,86		
ÉCHINODERMES											5,71
échinidés											
| <i>Echinocardium cordatum</i>	1	1		2	10	10	0	6,67	5,71		
VERTÉBRÉS											2,86
poissons téléostéens											
| <i>Ammodytes lanceolatus</i>	1			1	10	0	0	3,33	2,86		
TOTAUX				35						100,00	100,00

ANNEXE 3n

Relevés faunistiques : stations 32 et 33

Taxon	STATION 32	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											91,84
sédentaires											
| <i>Magelona papillicornis</i>		6	2		8	60	20	0	26,67	16,33	
errantes											
| <i>Nephtys hombergii</i>			1	1	2	0	10	10	6,67	4,08	
| <i>Nephtys longosetosa</i>		15	9	9	33	150	90	90	110,00	67,35	
| <i>Nerine cirratulus</i>			1		1	0	10	0	3,33	2,04	
| <i>Sigalion mathildae</i>		1			1	10	0	0	3,33	2,04	
ARTHROPODES											8,16
crustacés amphipodes											
| <i>Bathyporeia sp.</i>				3	3	0	0	30	10,00	6,12	
crustacés décapodes											
| <i>Portunus holsatus</i>			1		1	0	10	0	3,33	2,04	
TOTAUX					49					100,00	100,00

Taxon	STATION 33	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											95,00
errantes											
| <i>Nephtys hombergii</i>			1		1	0	10	0	3,33	5,00	
| <i>Nephtys longosetosa</i>		4	7	7	18	40	70	70	60,00	90,00	
ARTHROPODES											5,00
crustacés décapodes											
| <i>Portunus holsatus</i>		1			1	10	0	0	3,33	5,00	
TOTAUX					20					100,00	100,00

ANNEXE 3o

Relevés faunistiques : stations 34 et 35

Taxon	STATION 34	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
CNIDAIRES											
hydozoaires											
<i>Hydrallmania falcata</i>		+									
ANNÉLIDES POLYCHÊTES											84,62
sédentaires											
<i>Magelona papillicornis</i>		5	4	2	11	50	40	20	36,67	28,21	
errantes											
<i>Nephtys caeca</i>		1			1	10	0	0	3,33	2,56	
<i>Nephtys longosetosa</i>		5	9	6	20	50	90	60	66,67	51,28	
<i>Nerine cirratulus</i>			1		1	0	10	0	3,33	2,56	
MOLLUSQUES											2,56
lamellibranches											
<i>Ensis directus</i>		1			1	10	0	0	3,33	2,56	
ARTHROPODES											10,26
crustacés cumacés											
<i>Diastylis bradyi</i>			1		1	0	0	0	0,00	2,56	
crustacés schizopodes											
<i>Gastrosaccus spinifer</i>				1	1	0	0	0	0,00	2,56	
crustacés décapodes											
<i>Eupagurus prideauxi</i>			1		1	0	10	0	3,33	2,56	
<i>Portunus holsatus</i>		1			1	10	0	0	3,33	2,56	
ÉCHINODERMES											2,56
ophiuridés											
<i>Ophiura texturata</i>		1			1	10	0	0	3,33	2,56	
TOTAUX					39					100,00	100,00

+ présent ++ abondant

Taxon	STATION 35	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÊTES											75,00
errantes											
<i>Nephtys longosetosa</i>		3	6	3	12	30	60	30	40,00	75,00	
ARTHROPODES											18,75
crustacés amphipodes											
<i>Urothoë grimaldii</i>				3	3	0	0	30	10,00	18,75	
VERTÉBRÉS											6,25
poissons téléostéens											
<i>Ammodytes lanceolatus</i>		1			1	10	0	0	3,33	6,25	
TOTAUX					16					100,00	100,00

ANNEXE 3p

Relevés faunistiques : stations 36 et 37

Taxon	STATION 36	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											64,71
sédentaires											
| <i>Magelona papillicornis</i>		1			1	10	0	0	3,33	5,88	
errantes											
| <i>Nephtys longosetosa</i>		6	3	1	10	60	30	10	33,33	58,82	
ARTHROPODES											35,29
crustacés schizopodes											
| <i>Gastrosaccus spinifer</i>		1	1	2	4	10	10	20	13,33	23,53	
crustacés décapodes											
| <i>Eupagurus prideauxi</i>				1	1	0	0	10	3,33	5,88	
| <i>Thia polita</i>				1	1	0	0	10	3,33	5,88	
TOTAUX					17					100,00	100,00

Taxon	STATION 37	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											45,83
sédentaires											
| <i>Magelona papillicornis</i>				1	1	0	0	10	3,33	4,17	
| <i>Scoloplos armiger</i>		1			1	10	0	0	3,33	4,17	
errantes											
| <i>Nephtys longosetosa</i>		3	3	3	9	30	30	30	30,00	37,50	
MOLLUSQUES											20,83
lamellibranches											
| <i>Abra alba</i>				3	3	0	0	30	10,00	12,50	
gastéropodes											
| <i>Nassarius reticulatus</i>				2	2	0	0	20	6,67	8,33	
ARTHROPODES											33,33
crustacés amphipodes											
| <i>Bathyporeia sp.</i>		1			1	10	0	0	3,33	4,17	
| <i>Urothoe grimaldii</i>			2	3	5	0	20	30	16,67	20,83	
crustacés schizopodes											
| <i>Gastrosaccus spinifer</i>			1		1	0	10	0	3,33	4,17	
crustacés décapodes											
| <i>Eupagurus prideauxi</i>			1		1	0	10	0	3,33	4,17	
TOTAUX					24					100,00	100,00

ANNEXE 3q

Relevés faunistiques : stations 38 et 39

Taxon	STATION 38	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											48,15
sédentaires											
<i>Ophelia borealis</i>		1			1	10	0	0	3,33	3,70	
<i>Scoloplos armiger</i>				1	1	0	0	10	3,33	3,70	
errantes											
<i>Nephtys longosetosa</i>		4	2	5	11	40	20	50	36,67	40,74	
ARTHROPODES											51,85
crustacés amphipodes											
<i>Bathyporeia sp.</i>		1		1	2	10	0	10	6,67	7,41	
<i>Urothoë grimaldii</i>		2	5	3	10	20	50	30	33,33	37,04	
crustacés décapodes											
<i>Eupagurus prideauxi</i>		1			1	10	0	0	3,33	3,70	
<i>Processa parva</i>				1	1	0	0	10	3,33	3,70	
TOTAUX					27					100,00	100,00

Taxon	STATION 39	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											88,46
sédentaires											
<i>Magelona papillicornis</i>		4	1	1	6	40	10	10	20,00	23,08	
<i>Scoloplos armiger</i>		1			1	10	0	0	3,33	3,85	
errantes											
<i>Nephtys longosetosa</i>		4	6	4	14	40	60	40	46,67	53,85	
<i>Nerine cirratulus</i>			1		1	0	10	0	3,33	3,85	
<i>Stenelais boa</i>				1	1	0	0	10	3,33	3,85	
ARTHROPODES											11,54
crustacés cumacés											
<i>Diastylis bradyi</i>				1	1	0	0	10	3,33	3,85	
crustacés décapodes											
<i>Gastrosaccus spinifer</i>		2			2	20	0	0		7,69	
TOTAUX					26					100,00	100,00

ANNEXE 3r

Relevés faunistiques : stations 40 et 41

Taxon	STATION 40	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÊTES											88,89
sédentaires											
| <i>Magelona papillicornis</i>	1				1	10	0	0	3,33	2,22	
errantes											
| <i>Eteone picta</i>		1			1	0	10	0	3,33	2,22	
| <i>Nephtys longosetosa</i>	13	9	16	38	130	90	160	126,67	84,44		
ARTHROPODES											8,89
crustacés cumacés											
| <i>Diastylis bradyi</i>		1			1	0	10	0	3,33	2,22	
crustacés schizopodes											
| <i>Gastrosaccus spinifer</i>				2	2	0	0	20	6,67	4,44	
crustacés décapodes											
| <i>Crangon crangon</i>			1		1	0	0	10	3,33	2,22	
ÉCHINODERMES											2,22
échinidés											
| <i>Echinocardium cordatum</i>	1				1	10	0	0	3,33	2,22	
TOTAUX					45					100,00	100,00

Taxon	STATION 41	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÊTES											83,33
sédentaires											
| <i>Magelona papillicornis</i>	2				2	20	0	0	6,67	8,33	
errantes											
| <i>Nephtys longosetosa</i>	7	3	8	18	70	30	80	60,00	75,00		
ARTHROPODES											8,33
crustacés schizopodes											
| <i>Gastrosaccus spinifer</i>				1	1	0	0	10	3,33	4,17	
crustacés décapodes											
| <i>Thia polita</i>			1		1	0	0	10	3,33	4,17	
ÉCHINODERMES											8,33
échinidés											
| <i>Echinocardium cordatum</i>			2		2	0	0	20	6,67	8,33	
TOTAUX					24					100,00	100,00

ANNEXE 3s

Relevés faunistiques : stations 42, 43 et 44

Taxon	STATION 42	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											75,00
sédentaires											
| <i>Magelona papillicornis</i>		1			1	10	0	0	3,33	8,33	
errantes											
| <i>Nephtys longosetosa</i>		5	1	2	8	50	10	20	26,67	66,67	
ARTHROPODES											25,00
crustacés isopodes											
| <i>Eurydice pulchra</i>			1		1	0	10	0	3,33	8,33	
crustacés amphipodes											
| <i>Bathyporeia sp.</i>			1		1	0	10	0	3,33	8,33	
crustacés schizopodes											
| <i>Gastrosaccus spinifer</i>			1		1	0	10	0	3,33	8,33	
TOTAUX					12					100,00	100,00

Taxon	STATION 43	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											52,00
sédentaires											
| <i>Ophelia borealis</i>		1			1	10	0	0	3,33	4,00	
errantes											
| <i>Nephtys longosetosa</i>		5	5	2	12	50	50	20	40,00	48,00	
ARTHROPODES											44,00
crustacés amphipodes											
| <i>Bathyporeia sp.</i>			1		1	0	10	0	3,33	4,00	
| <i>Urothoë grimaldii</i>		1	1	7	9	10	10	70	30,00	36,00	
crustacés décapodes											
| <i>Processa parva</i>			1		1	0	10	0	3,33	4,00	
ÉCHINODERMES											4,00
échinidés											
| <i>Echinocardium cordatum</i>		1			1	10	0	0	3,33	4,00	
TOTAUX					25					100,00	100,00

Taxon	STATION 44	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											100,00
sédentaires											
| <i>Scoloplos armiger</i>		2			2	20	0	0	6,67	13,33	
errantes											
| <i>Nephtys caeca</i>			1		1	0	10	0	3,33	6,67	
| <i>Nephtys longosetosa</i>		10	2		12	100	20	0	40,00	80,00	
TOTAUX					15					100,00	100,00

ANNEXE 3t

Relevés faunistique : station 45

Taxon	STATION 45	Abondance				Densité (par m ²)				Dominance	
	Espèces	1	2	3	Total	1	2	3	Moyenne	spécifique	taxonomique
NÉMERTES											7,14
	<i>Cerebratulus sp.</i>	2			2	0	0	20	6,67	7,14	
ANNÉLIDES POLYCHÈTES											71,43
	sédentaires										
	<i>Magelona papillicornis</i>			1	1	0	0	10	3,33	3,57	
	<i>Scoloplos armiger</i>	1		1	2	10	0	10	6,67	7,14	
	errantes										
	<i>Nephtys longosetosa</i>	6	6	5	17	60	60	50	56,67	60,71	
ARTHROPODES											7,14
	crustacés amphipodes										
	<i>Bathyporeia sp.</i>			1	1	0	0	10	3,33	3,57	
	crustacés schizopodes										
	<i>Gastrosaccus spinifer</i>		1		1	0	10	0	3,33	3,57	
ÉCHINODERMES											14,29
	échinidés										
	<i>Echinocardium cordatum</i>	1		3	4	10	0	0	3,33	14,29	
	TOTAUX				28					100,00	100,00

TAXONS	Nom scientifique	Nom commun	Auteur/Date	Substrat	Régime alimentaire
Cnidaires					
Hydrozoaires	<i>Abietinaria abietina</i> <i>Hydrallmania falcata</i> <i>Obelia geniculata</i> <i>Sertularia cupressina</i>	Sertulaire	Linné Hincks Linné Linné	Substrat rocheux Substrat rocheux Algues Pierre, coquillage	Suspensivore Suspensivore Suspensivore Suspensivore
Anthozoaires	<i>Actinothoë sp.</i> <i>Sagartia sp.</i>	Anémode de mer Anémode de mer	Gosse/1958 Gosse	Graviers, sables Graviers, sables	Suspensivore Suspensivore
Némertes	<i>Amphiporus lactifloreus</i> <i>Cephalotrix rufifrons</i> <i>Cerebratulus sp.</i>		Johnston	Vase	Nécrophage
Annélides					
Polychètes sédentaires	<i>Capitella capitata</i> <i>Lanice conchilega</i> <i>Magelona papillicornis</i> <i>Notomastus latericeus</i> <i>Ophelia borealis</i> <i>Owenia fusiformis</i> <i>Pectinaria koreni</i> <i>Scoloplos armiger</i>		Fabricius/1780 Pallas/1766 Müller Sars/1851 Quatrefages Delle Chiaje Malmgren/1866 Müller/1776	Sables vaseux Sables propres fins ou graveleux Sables Sables vaseux Sables Sables semi-vaseux Sables vaseux Sables vaseux	Dépositivore de surface Suspensivore Dépositivore Dépositivore de subsurface Suspensivore Dépositivore de subsurface Dépositivore, limivore
Polychètes errantes	<i>Eteone picta</i> <i>Glycera convoluta</i> <i>Nephtys cæca</i> <i>Nephtys cirrosa</i> <i>Nephtys hombergii</i> <i>Nephtys longosetosa</i> <i>Nereis longissima</i> <i>Nerrine cirratulus</i> <i>Sigalion mathildae</i> <i>Staurocephalus rudolphii</i> <i>Sthenelais boa</i>		Quatrefages/1865 Keferstein Fabricius Ehlers/1868 Savigny/1818 CERsted/1842 Johnston/1840 Delle Chiaje Audouin et Edward Delle Chiaje Johnston/1833	Pierres, algues Sables propres fins ou graveleux Sables propres ou vaseux Sables Sables vaseux Sables propres fins ou graveleux Sables vaseux Sables, vase Sables fin Sables vaseux	Suspensivore, prédateur Prédateur Prédateur Prédateur Prédateur Prédateur Prédateur Prédateur (adultes)
Bryozoaires	<i>Conopeum reticulum</i>			Algues, pierres	Suspensivore

ANNEXE 4a : Caractéristiques des espèces récoltées.

TAXONS	Nom scientifique	Nom commun	Auteur/Date	Substrat	Régime alimentaire
Mollusques					
Lamellibranches	<i>Abra alba</i> <i>Ensis directus</i> <i>Macoma balthica</i> <i>Mactra corallina</i> <i>Scobicularia plana</i> <i>Venerupis pullastra</i>	Couteau Mactre coralline	Wood/1802 Conrad/1843 Linné/1758 Linné/1758 Montagu/1803	Vase Sables Vase, sables Sables Sables, graviers	Suspensivore Suspensivore Suspensivore, limivore Suspensivore Suspensivore
Gastéropodes	<i>Dentalium entalis</i> <i>Nassarius reticulatus</i>	Dentale Nasse réticulée	Linné Linné/1758	Sables et vase Sables vaseux	Détritivore, nécrophage
Crustacés					
Cirripèdes	<i>Balanus crenatus</i> <i>Sacculina carcini</i>	Balane Sacculine	Bruguière/1789 Thompson	Pierres, coquillages Crabes (<i>Carcinus maenas</i> et autres sp.)	Suspensivore Parasite
Isopodes	<i>Eurydice pulchra</i>		Leach	Sables propres fins ou graveleux	Prédateur
Amphipodes	<i>Urothoe grimaldii</i> <i>Bathyporeia sp.</i>		Lindström	Sables Sables propres fins ou graveleux	Détritivore
Cumacés	<i>Diastylis bradyi</i>		Boeck		Dépositivore
Schizopodes	<i>Gastrosaccus spinifer</i>			Sables	
Décapodes	<i>Callinassa sp.</i> <i>Crangon crangon</i> <i>Eupagurus bernhardus</i> <i>Eupagurus prideauxii</i> <i>Portunus holsatus</i> <i>Processa parva</i> <i>Thia polita</i>	Crevette grise Bernard l'ermite, Pagure	Linné/1758 Linné Fabricius/1798 Holthuis/1951 Leach	Sables propres fins ou graveleux Sables Sables	Omnivore Nécrophage Nécrophage
Échinodermes					
Échinidés	<i>Echinocardium cordatum</i>	Œuf de grisard, souris des sables	Pennant/1777	Sables	Détritivore
Ophiuridés	<i>Ophiura texturata</i>	Ophiure queue de lézard	Lamarck/1816	Sables vaseux	Détritivore
Vertébrés					
Poissons téléostéens	<i>Ammodytes lanceolatus</i>	Lançon	Linné	Fonds sableux	Prédateur

ANNEXE 4b : Caractéristiques des espèces récoltées.

ANNEXE 6

Stations	Granulométrie : pourcentages							Faciès
	< 63µm	[63µm;100µm[	[100µm;250µm[	[250µm;500µm[	[500µm;1mm[	[1mm;2mm[	≥ 2mm	
1	<u>7,00</u>	0,70	61,00	28,60	0,30	0,20	2,20	SV
2	2,47	0,00	27,39	<u>70,07</u>	0,07	0,00	0,00	SF
3	4,40	<u>0,00</u>	<u>61,60</u>	<u>33,40</u>	0,40	0,20	0,00	Sbl
4	<u>20,20</u>	1,02	14,80	35,80	1,71	1,07	<u>25,40</u>	CE
5	3,00	0,00	10,90	<u>55,78</u>	11,80	9,33	9,20	SF
6	1,85	0,15	8,70	<u>83,20</u>	4,00	0,85	1,25	SF
7	3,33	0,13	35,11	<u>56,62</u>	2,47	0,73	1,60	SF
8	7,60	0,20	42,40	<u>47,00</u>	1,20	0,40	1,20	SF
9	<u>12,80</u>	0,80	17,80	26,20	6,60	3,60	<u>32,20</u>	CE
10	<u>11,30</u>	1,05	17,30	27,10	5,60	4,75	<u>32,90</u>	CE
11	<u>8,19</u>	1,15	10,98	31,65	10,68	5,99	<u>31,35</u>	CE
12	1,60	0,10	4,20	<u>73,51</u>	10,60	3,40	6,59	SF
13	3,50	0,20	4,80	33,50	17,90	15,40	<u>24,70</u>	SGv
14	6,00	0,00	6,40	<u>57,00</u>	24,40	4,60	1,60	SF
15	3,00	0,00	10,90	<u>55,78</u>	11,80	9,33	9,20	SF
16	3,73	0,00	31,62	<u>34,22</u>	8,19	4,73	17,51	SF
17	1,42	0,00	10,70	<u>84,67</u>	2,77	0,32	0,13	SF
18	2,40	0,07	20,40	<u>76,99</u>	0,07	0,00	0,07	SF
19	<u>41,30</u>	5,21	32,50	19,60	0,59	0,20	0,59	VS
20	<u>28,99</u>	2,20	40,88	23,09	2,15	1,10	1,60	VS
21	3,80	0,20	20,30	<u>51,80</u>	8,25	5,45	10,20	SF
22	<u>27,49</u>	0,05	26,39	42,48	1,85	0,55	1,20	VS
23	4,27	0,20	13,89	34,98	12,99	11,69	<u>21,98</u>	SGv
24	3,80	0,00	1,07	32,48	27,68	19,39	<u>15,59</u>	SGv
25	7,00	0,00	11,60	23,00	2,20	16,80	<u>39,40</u>	SGv
26	2,73	0,00	4,87	<u>63,74</u>	25,32	2,60	0,73	SF
27	5,13	0,13	18,50	68,31	4,53	0,73	2,67	SF
28	<u>5,25</u>	0,73	51,38	41,58	0,66	0,13	0,27	SV
29	3,00	<u>0,12</u>	<u>40,59</u>	16,50	39,79	0,00	0,00	Sbl
30	3,60	<u>0,00</u>	<u>69,80</u>	26,40	0,20	0,00	0,00	Sbl
31	<u>5,20</u>	0,00	47,00	47,80	0,00	0,00	0,00	SV
32	4,20	<u>0,20</u>	<u>50,20</u>	39,20	1,40	1,80	3,00	Sbl
33	3,80	0,45	30,88	<u>61,37</u>	2,85	0,55	0,10	SF
34	4,00	<u>0,00</u>	<u>54,40</u>	41,00	0,60	0,00	0,00	Sbl
35	<u>5,80</u>	0,00	12,60	70,20	10,40	0,80	0,20	SV
36	<u>5,60</u>	0,00	5,60	75,40	10,60	2,40	0,40	SV
37	4,60	0,00	11,00	<u>80,80</u>	3,40	0,20	0,00	SF
38	<u>7,60</u>	0,00	25,00	64,60	0,80	0,00	2,00	SV
39	3,00	0,20	38,20	<u>56,60</u>	1,20	0,20	0,60	SF
40	<u>6,00</u>	0,40	53,80	33,80	2,20	0,60	3,20	SV
41	<u>6,41</u>	0,00	28,66	64,33	0,40	0,20	0,00	SV
42	<u>6,11</u>	0,00	27,48	66,22	0,19	0,00	0,00	SV
43	3,60	0,00	26,20	<u>69,40</u>	0,60	0,20	0,00	SF
44	<u>7,60</u>	0,00	7,80	69,40	9,00	3,00	3,20	SV
45	3,40	0,00	66,20	29,80	0,40	0,20	0,00	SV

Granulométrie des sédiments (en pourcentage de la masse sèche totale de l'échantillon) et nature des faciès (CE, cailloutis envasés ; SGv, sables graveleux ; SF, sables fins ; Sbl, sablons ; VS, vases sableuses). Les valeurs déterminantes pour la détermination des faciès (d'après LARSONNEUR, 1977) sont soulignées. Campagnes de décembre 1994 et avril 1995.

ANNEXE 7

Stations	Granulométrie : pourcentages cumulés							Paramètres statistiques				Classement
	[50µm;63µm]	[63µm;100µm]	[100µm;250µm]	[250µm;500µm]	[500µm;1mm]	[1mm;2mm]	[2mm;5mm]	Médiane	1 ^{er} quartile	3 ^{ème} quartile	S ₀	
1	7,00	7,70	68,70	97,30	97,60	97,80	100,00	189	130	291	1,50	TB
2	2,47	2,47	29,86	99,93	100,00	100,00	100,00	305	212	390	1,36	TB
3	4,40	4,40	66,00	99,40	99,80	100,00	100,00	197	137	301	1,48	TB
4	20,20	21,22	36,02	71,82	73,53	74,60	100,00	328	126	2032	4,01	TM
5	3,00	3,00	13,90	69,68	81,48	90,80	100,00	391	287	681	1,54	B
6	1,85	2,00	10,70	93,90	97,90	98,75	100,00	347	282	428	1,23	TB
7	3,33	3,46	38,58	95,20	97,67	98,40	100,00	287	175	390	1,49	TB
8	7,60	7,80	50,20	97,20	98,40	98,80	100,00	249	145	360	1,58	B
9	12,80	13,60	31,40	57,60	64,20	67,80	100,00	408	180	2455	3,70	F
10	11,30	12,35	29,65	56,75	62,35	67,10	100,00	421	195	2492	3,57	F
11	8,19	9,34	20,32	51,97	62,66	68,65	100,00	479	277	2410	2,95	F
12	1,60	1,70	5,90	79,41	90,01	93,41	100,00	379	299	479	1,27	TB
13	3,50	3,70	8,50	42,00	59,90	75,30	100,00	681	351	1973	2,37	B
14	6,00	6,00	12,40	69,40	93,80	98,40	100,00	395	291	587	1,42	TB
15	3,00	3,00	13,90	69,68	81,48	90,80	100,00	391	287	684	1,54	B
16	3,73	3,73	35,35	69,56	77,76	82,49	100,00	336	185	790	2,07	B
17	1,42	1,42	12,12	96,78	99,55	99,87	100,00	341	278	418	1,23	TB
18	2,40	2,47	22,87	99,86	99,93	99,93	100,00	319	255	400	1,25	TB
19	41,30	46,51	79,02	98,62	99,21	99,41	100,00	110	13	223	4,14	TM
20	28,99	31,18	72,06	95,15	97,30	98,40	100,00	152	41	273	2,58	F
21	3,80	4,00	24,30	76,10	84,35	89,80	100,00	353	252	493	1,40	TB
22	27,49	27,54	53,92	96,40	98,25	98,80	100,00	218	45	353	2,80	F
23	4,27	4,47	18,36	53,33	66,32	78,02	100,00	468	285	1671	2,42	B
24	3,80	3,80	4,87	37,34	65,02	84,41	100,00	687	384	1428	1,93	B
25	7,00	7,00	18,60	41,60	43,80	60,60	100,00	1292	303	2793	3,04	F
26	2,73	2,73	7,61	71,35	96,67	99,27	100,00	336	302	553	1,35	TB
27	5,13	5,26	23,76	92,07	96,60	97,33	100,00	326	253	420	1,29	TB
28	5,25	5,98	57,36	98,94	99,60	99,73	100,00	219	140	336	1,55	B
29	3,00	3,12	43,71	60,21	100,00	100,00	100,00	326	164	647	1,99	B
30	3,60	3,60	73,40	99,80	100,00	100,00	100,00	184	132	261	1,40	TB
31	5,20	5,20	52,20	100,00	100,00	100,00	100,00	239	147	348	1,54	B
32	4,20	4,40	54,60	93,80	95,20	97,00	100,00	230	146	359	1,57	B
33	3,80	4,25	35,13	96,50	99,35	99,90	100,00	296	185	392	1,46	TB
34	4,00	4,00	58,40	99,40	100,00	100,00	100,00	217	142	331	1,52	B
35	5,80	5,80	18,40	88,60	99,00	99,80	100,00	342	267	437	1,28	TB
36	5,60	5,60	11,20	86,60	97,20	99,60	100,00	362	284	449	1,26	TB
37	4,60	4,60	15,60	96,40	99,80	100,00	100,00	336	271	416	1,24	TB
38	7,60	7,60	32,60	97,20	98,00	98,00	100,00	302	189	394	1,44	TB
39	3,00	3,20	41,40	98,00	99,20	99,40	100,00	278	169	377	1,50	TB
40	6,00	6,40	60,20	94,00	96,20	96,80	100,00	210	137	339	1,57	B
41	6,41	6,41	35,07	99,40	99,80	100,00	100,00	293	180	384	1,46	TB
42	6,11	6,11	33,59	99,81	100,00	100,00	100,00	293	181	383	1,46	TB
43	3,60	3,60	29,80	99,20	99,80	100,00	100,00	306	211	392	1,36	TB
44	7,60	7,60	15,40	84,80	93,80	96,80	100,00	353	275	453	1,28	TB
45	3,40	3,40	69,60	99,40	99,80	100,00	100,00	260	154	361	1,53	B

Granulométrie (en pourcentage cumulé de la masse sèche totale de l'échantillon), paramètres statistiques et classement (TB, très bien classé ; B, bien classé ; F, faiblement classé ; TM, très mal classé). Campagnes de décembre 1994 et avril 1995.

