

**STATION MARINE  
de  
WIMEREUX**

DEPARTMENT ENVIRONNEMENT  
LITTORAL ET GESTION DU MILIEU  
MARIN

**EFFETS DES REJETS DE VASES PORTUAIRES  
SUR LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES AU LARGE  
DE BOULOGNE-SUR-MER**

**JEAN-LUC BOURGAIN**



43517

OEL Ø2975

UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LILLE

STATION MARINE DE WIMEREUX

DIPLOME D'ETUDES APPROFONDIES  
(BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES)

OPTION : BIOLOGIE APPLIQUEE

**EFFETS DES REJETS DE VASES PORTUAIRES  
SUR LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES AU LARGE  
DE BOULOGNE-SUR-MER**

**JEAN-LUC BOURGAIN**

Présenté le 7 octobre 1985, devant la commission d'examen

MM. Les Professeurs M. PORCHET, Président  
A. RICHARD, Rapporteur  
B. BOILLY, Examineur  
P. GUILBAULT, Examineur  
M. L'Ingénieur TPE J.P. DHORME, Membre invité

## SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION. ....	1
CHAPITRE I : MILIEU PHYSIQUE .....	3
1) Situation géographique. ....	3
2) Sédimentologie. ....	3
3) Conditions hydrologiques. ....	5
3.1) Les courants de marée. ....	5
3.2) Le courant général. ....	5
CHAPITRE II : METHODOLOGIE. ....	7
1) Etude de la Zone de dépôt de dragage. ....	7
2) Etude du dépôt expérimental de l'"Ophélie". ....	9
3) Etude biologique:Comportement des organismes en aquarium. ....	9
4) Analyse des métaux. ....	11
4.1) Attaque acide. ....	11
4.1.1) Minéralisation des sédiments. ....	11
4.1.2) Minéralisation des organismes. ....	11
4.2) Dosage par spectrophotométrie d'absorption atomique. ....	12
CHAPITRE III: ETUDE DE LA ZONE DE DEPOT DE DRAGAGE. ....	15
1) La communauté de l'Hétérogène envasé. ....	17
2) La communauté à <u>Ophelia borealis</u> . ....	19
2.1) Le faciès des sables fins. ....	19
2.2) Le faciès des sables légèrement envasés. ....	19
3) La communauté des cailloutis à <u>Ophiotrix fragilis</u> . ..	25
4) Discussion. ....	29

<b>CHAPITRE IV : ETUDE DU DEPOT EXPERIMENTAL DE L'OPHELIE. ....</b>	<b>33</b>
A) Suivi de la zone impactée et régénération	
des peuplements. ....	33
1) Analyse des stations de référence. ....	33
2) Analyse des stations impactées. ....	33
B) Evolution de la teneur en métaux lourds dans les vases	
du dépôt expérimental de l'Ophélie. ....	39
C) Suivi de la pollution métallique dans les organismes. ....	43
1) Accumulation métallique chez <u>Nephtys cirrosa</u> . ....	43
2) Accumulation chez les autres annélides. ....	44
3) Accumulation métallique chez les crustacés. ....	44
4) Accumulation métallique chez <u>Echinocardium cordatum</u> . ....	45
5) Conclusion. ....	45
<b>CHAPITRE V : ETUDE BIOLOGIQUE:COMPORTEMENT DES ANIMAUX EN AQUARIUM. ....</b>	<b>49</b>
1) Etude comportementale des animaux. ....	49
1.1) Comportement de <u>Nephtys cirrosa</u> . ....	49
1.2) Comportement de <u>Ophiotrix fragilis</u> . ....	49
1.3) Conclusion ....	51
2) Contamination métallique ....	51
2.1) Contamination chez <u>Nephtys cirrosa</u> ....	51
2.1.1) Teneur en métaux dans les sédiments ....	51
2.1.2) Teneur en métaux dans les organismes ...	53
2.2) Contamination chez <u>Ophiotrix fragilis</u> ....	55
2.3) Conclusion ....	55
<b>CONCLUSION GENERALE ....</b>	<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>60</b>

## INTRODUCTION

*Des 10/15 de 1987 et 2 (1988)*

Les Services Maritimes ~~des Ponts et Chaussées~~ effectuent chaque année d'importants travaux d'entretien dans les chenaux d'accès et les bassins du port de Boulogne-sur-mer. Plusieurs milliers de mètres cubes de vase et de sable prélevés par la drague à godets "Maxime Outrey", la drague à bennes "Liane" et une drague aspirante en marche sont rejetés au large de Boulogne-sur-mer. (Tableau 1).

Le problème qui se pose est la nuisance de ces rejets sur l'environnement marin. L'étude abordée par l'Institut Pasteur et développée par DELABRE (1985) dans le cadre d'un contrat IFREMER met en particulier en évidence une importante pollution métallique. Les inquiétudes des services portuaires des ports de Boulogne-sur-mer et de ~~Boulogne-sur-mer~~ face à ces rejets les ont menés à poser le problème de l'impact de ces rejets sur les peuplements benthiques.

Dans le cadre d'une convention de coopération en matière de recherche et de développement dans les domaines marin et littoral passée entre le Conseil Régional Nord/Pas-de-Calais et l'IFREMER, un financement contractuel ~~des Services des Ponts et Chaussées~~ de Boulogne-sur-mer a permis de mener une étude de l'influence des rejets de dragage du port de Boulogne-sur-mer.

Celle-ci comprend deux parties essentielles examinées dans le cadre de stages de D.E.A.

1) Une recherche sur l'impact sédimentologique et géochimique de ces rejets dans la zone littorale a été développée par DEWEZ, étudiant en D.E.A. au Laboratoire de Sédimentologie et Géochimie de l'Université de Lille I.

2) Une recherche biologique qui a fait l'objet de notre D.E.A. et dont les points essentiels constituent les trois chapitres de ce mémoire :

- une cartographie des peuplements benthiques de la zone de rejet.
- le suivi d'un dépôt expérimental de 5 430 m<sup>3</sup>, réalisé à notre demande en dehors de la zone habituelle des rejets, de façon à mettre en évidence une éventuelle atteinte à court terme d'un peuplement et à en étudier les possibilités de régénération.
- une étude en laboratoire du comportement et de la contamination par les polluants métalliques de certaines espèces du benthos vis-à-vis des rejets.

. TABLEAU 1 .

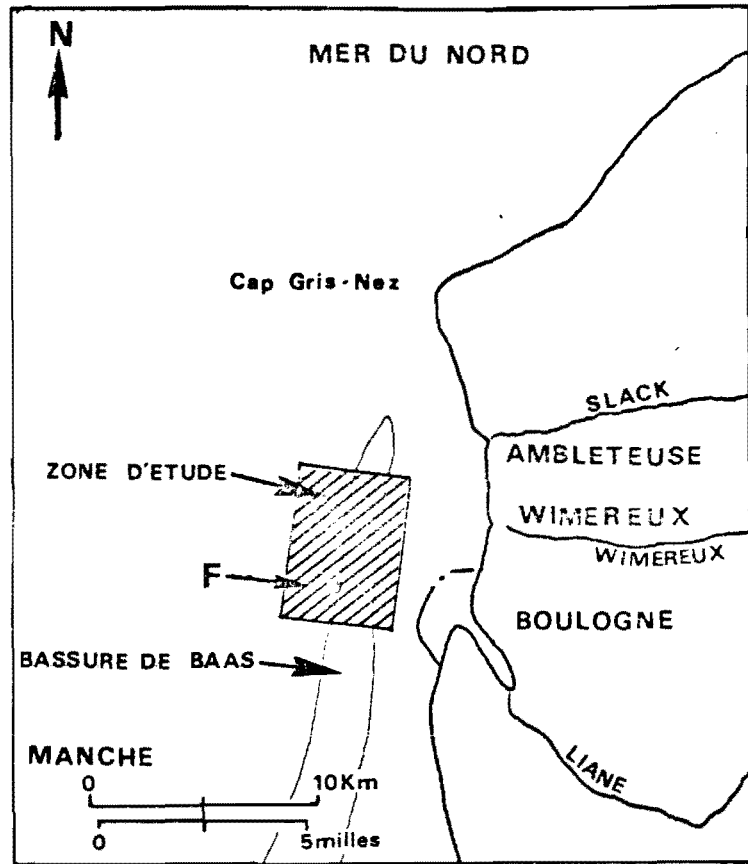
VOLUMES DRAGUÉS DANS LE PORT DE BOULOGNE SUR MER

ENTRE 1971 ET 1984

Données Ponts et Chaussées

(en milliers de m<sup>3</sup>)

	Moyenne 1971/1980	1981	1982	1983	1984
Drague à godet	155,1	173	187	181	115
Drague à Bennes	89,8	81	39	97	93
Aspiratrice en marche	180,7	-	230	481	198
TOTAL	425,6	254	506	759	397



**FIG. 1 . SITUATION GEOGRAPHIQUE.**

( Point F : voir figure 3. )



- CL1a-b :Cailloutis lithoclastiques.
- GL1a-b :Graviers lithoclastiques.
- SL1b :Sable lithoclastique grave
- SB1c :Sable bio-lithoclastique gr
- SL2c :Sable litho-bioclastique gr
- SL1d :Sable lithoclastique fin.
- SL1e :Sablon lithoclastique.
- VL1a :Sable litho-vaseux.

Nomenclature des sédiments d'après  
VASLET , LARSONNEUR , AUFFRET , 1977

**PHOTO 1 : CARTOGRAPHIE DES FACIES SEDIMENTAIRES  
DE LA ZONE D' ETUDE ( D'après S. DEWEZ).**

## CHAPITRE I : MILIEU PHYSIQUE

### 1) SITUATION GEOGRAPHIQUE

La Bassure de Baas est l'un des bancs sableux caractéristiques de la Manche orientale. Orientée Sud-Ouest - Nord-Est, la Bassure de Baas s'étend de la Baie d'Authie au Sud à Audresselles au Nord. Notre secteur d'étude correspond à la partie nord du banc entre Boulogne-sur-mer et Audresselles (Fig. 1). Sa largeur est faible (de l'ordre de 2 milles). La profondeur passe de 10 m en sommet de banc à 18 m côté terre et descend en dessous des 20 m côté large. La pente moyenne des fonds est de l'ordre de 3 %.

### 2) SEDIMENTOLOGIE

Conjointement à l'étude bionomique, une étude sédimentologique a été réalisée par Stéphane DEWEZ (D.E.A., 1985). Nous en reprendrons les résultats.

"Les principaux résultats de l'approche sédimentologique des problèmes soulevés par les rejets de dragage du port de Boulogne-sur-mer permettent de dresser une cartographie détaillée des sédiments superficiels de la zone d'étude" qui permet d'identifier trois domaines sédimentologiques (Photo 1).

. Un domaine "côtier", assez hétérogène, où alternent des sables envasés plus ou moins calcaires et des sédiments grossiers lithoclastiques. Les apports y sont probablement variés.

. Un domaine du "banc de la Bassure", extrêmement homogène. Il est composé de sables fins siliceux, très bien classés (300 à 350  $\mu$  de dimension de grain).

. Un domaine du "large", caillouteux, très grossier et très mal classé, dont la fraction sableuse est riche en éléments biogènes..."

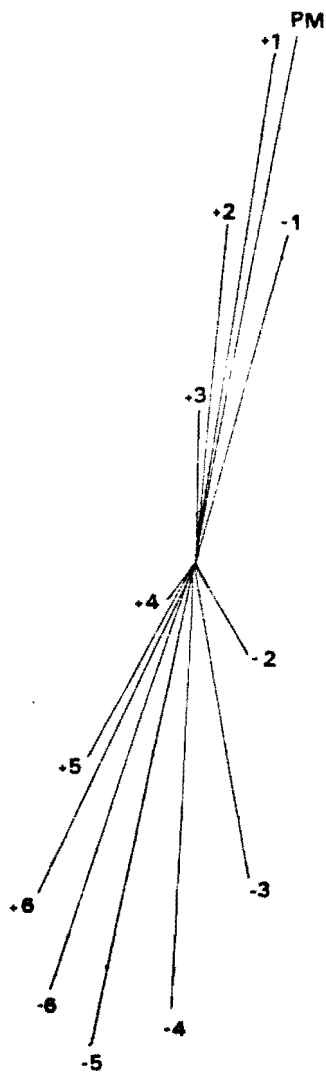
Un autre résultat de cette étude sédimentologique effectuée à l'aide de prélèvements à la benne Shipeck par S. DEWEZ (1985) concerne le devenir des vases en mer.

"Dans la zone de clapage, les vases rejetées paraissent être pour l'essentiel dispersées rapidement en direction du Nord, sous l'action de la résultante dominante des courants de marée. Les rejets affectent peu les sédiments en place, car les matériels déversés ne s'accumulent que



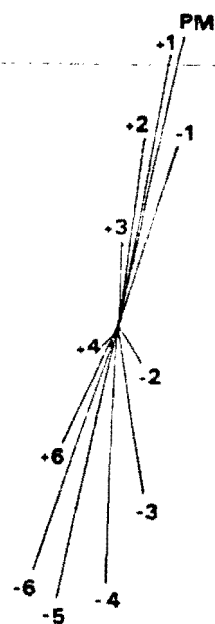
. FIGURE 3 .

.HODOGRAMME DANS LE SECTEUR ETUDIE DE LA BASSURE DE BAA



Point F: 50°44,6 N  
1°30,4 E

Maree de vive eau



Maree de morte eau

localement sur le fond sous la forme de galets mous".

### 3) CONDITIONS HYDROLOGIQUES

#### 3.1. Les courants de marée

La marée provient d'une onde originaire de l'Atlantique qui se propage en s'enflant dans la Manche. On note une augmentation de la vitesse des courants dans une zone axée aux environs de Cherbourg et dans une zone axée sur le détroit du Pas-de-Calais.

Dans le secteur étudié, le point de référence F a été retenu. Sa représentation graphique se fait sous forme d'hodogramme (Fig. 3).

Ces figures mettent en évidence le caractère alternatif de la marée. Le flot porte au Nord et le jusant au Sud. La vitesse, de l'ordre de 3 noeuds à 3,5 noeuds au large, est plus faible à moins de 1,5 mille de la côte où elle peut descendre en dessous de 2 noeuds. Au voisinage du port de Boulogne-sur-mer, le courant est modifié par les jetées.

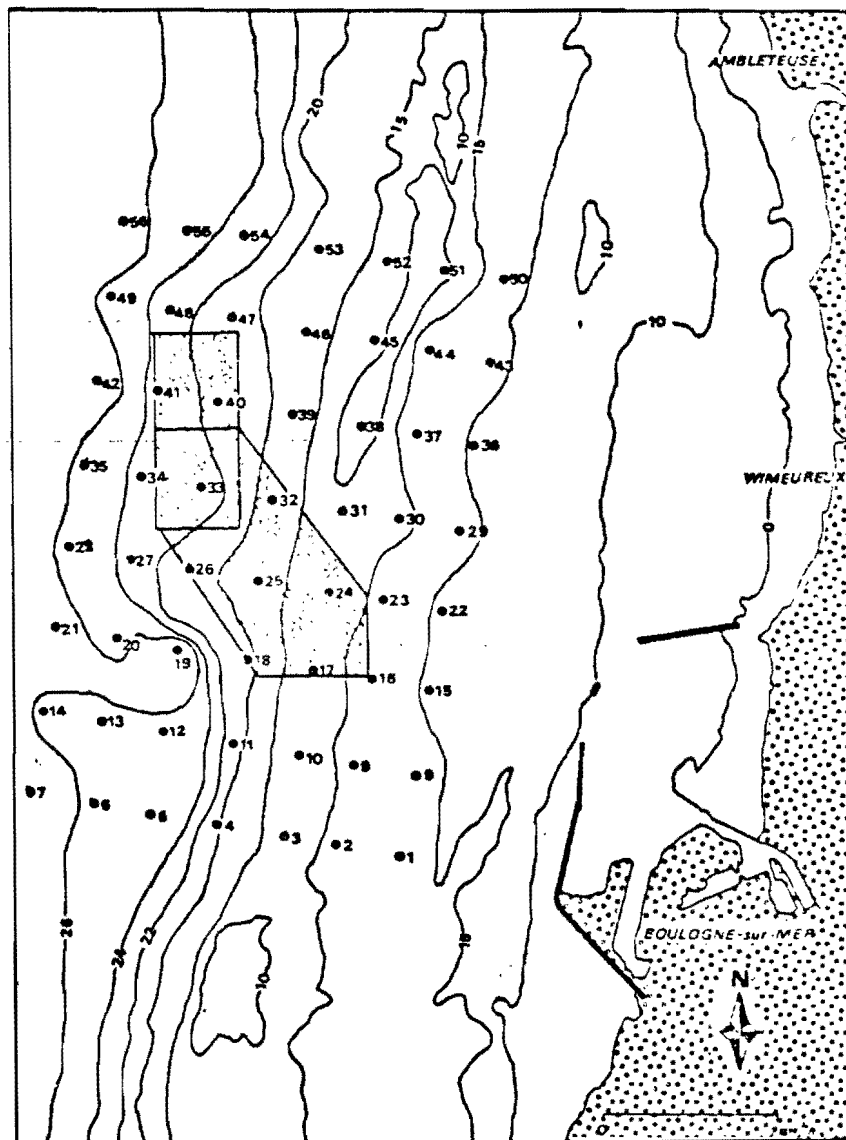
#### 3.2. Le courant général

Il résulte des courants de marée un courant résiduel (ou de dérive) de 2,7 milles/jour de direction Nord - Nord-Est. A la côte, ce courant résiduel est plus faible et plus encore qu'au large sous l'influence des vents dont la dominance est de secteur Sud - Ouest.

## CHAPITRE II : METHODOLOGIE

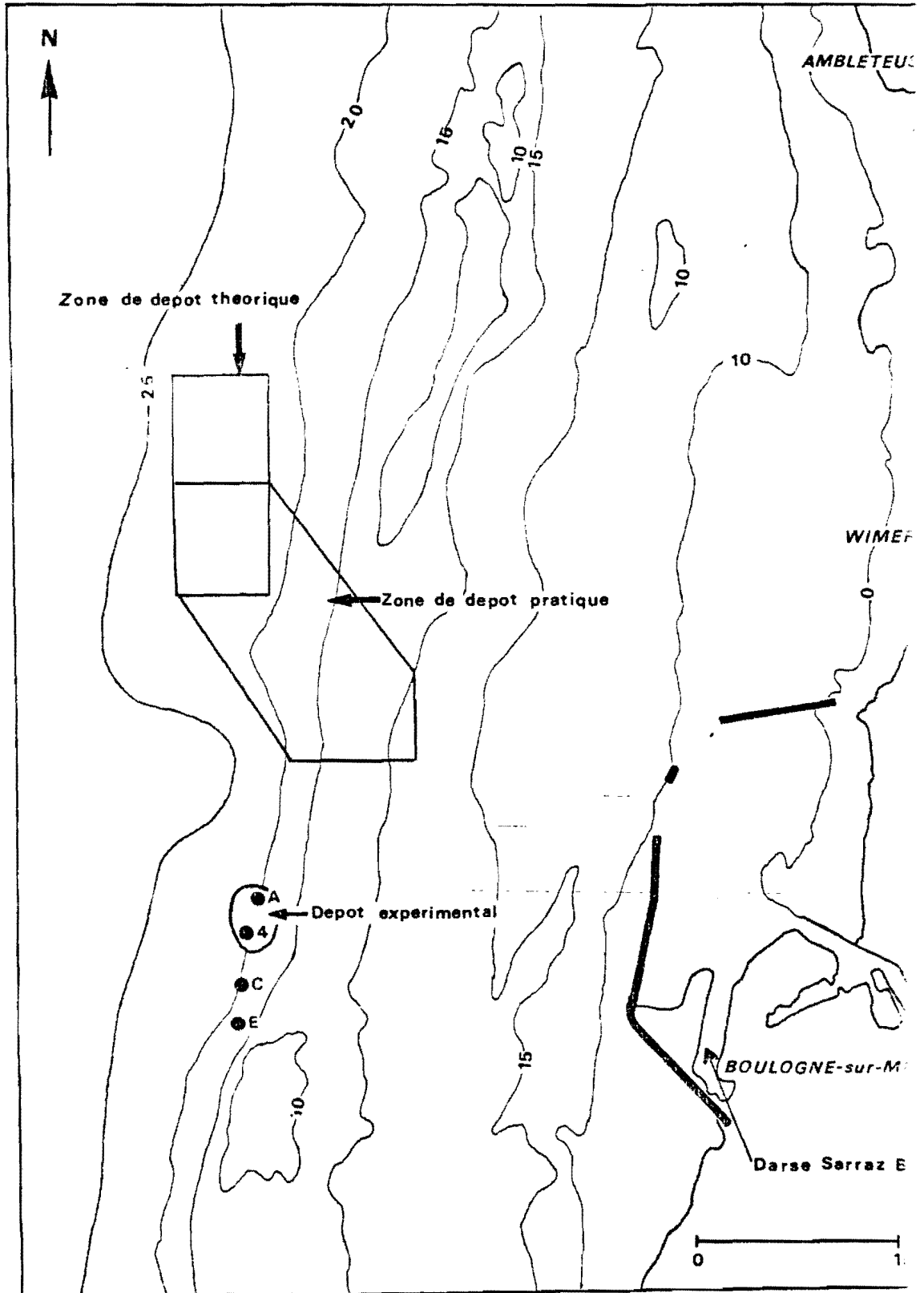
### 1) ETUDE DE LA ZONE DE DEPOT DE DRAGAGE

De façon à déterminer les changements dans la population macrobenthique de la zone de rejet, un quadrillage de 56 stations a été établi. Les stations réparties sur sept radiales sont distantes de 1/2 mille (Fig. 4). Le relèvement de chacune de ces stations a été effectué à l'aide du "Navigator DECCA", système utilisé par le navire océanographique "SEPIA II" ainsi que par le navire des Ports et Chaussées d'Etaples, la "CANCHE", bâtiments utilisés lors des sorties en mer.



. FIGURE 4 .

CARTOGRAPHIE DES STATIONS .ZONE DE REJET DE VASES.



. FIGURE 5 .

LOCALISATION DES STATIONS DU DEPOT EXPERIMENTAL.

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide de la drague Rallier du Baty modifiée, engin de prélèvement qualitatif pouvant travailler avec efficacité dans les vases, le sable ou les graviers.

L'échantillon de 40 litres ainsi prélevé est tamisé sur une table de tri, de maille de 1 mm. Le refus de tamis est fixé au formol salé à 8 % coloré au rose Bengale (DEWARUMEZ - Réf. technique, 1984).

## 2) ETUDE DU DEPOT EXPERIMENTAL DE L'"OPHELIE"

Quatre stations ont été choisies pour étudier l'évolution du dépôt expérimental. Deux d'entre elles, notées 4 et A sont situées à l'intérieur du dépôt de 5 430 m<sup>3</sup>. Dans la suite de ce mémoire, elles seront appelées stations impactées "en régénération".

Nous avons comparé l'évolution du peuplement de ces deux stations avec celui de deux stations dites de référence, notées C et E, situées plus au Sud sur la Bassure de Baas (Fig. 5).

La benne Smith Mac Intyre, engin de prélèvement quantitatif a été utilisée pour cette étude. A chaque station dix prélèvements ont été réalisés. La surface ainsi échantillonnée est de 1 m<sup>2</sup>. Le tri et la fixation des organismes sont réalisés de la même façon que pour les prélèvements qualitatifs.

Les organismes prélevés pour l'étude bionomique en ces quatre stations furent ensuite utilisés pour des analyses de métaux ; le dosage du cadmium, du zinc, du cuivre, du fer et du plomb a été réalisé par spectrophotométrie d'absorption (Laboratoire du Professeur WARTEL).

## 3) ETUDE BIOLOGIQUE : COMPORTEMENT DES ORGANISMES EN AQUALIUM

Une approche du comportement d'une Annélide Polychète Errante, Nephtys cirrosa et d'un Echinoderme Ophiuride, Ophiotrix fragilis face à un dépôt de vase a été réalisé en laboratoire. Cette étude consiste à observer un éventuel comportement de fuite chez les animaux. Les figures 6 et 7 montrent le dispositif expérimental utilisé. Après 3 à 4 jours d'adaptation, de la vase est déposée dans une moitié du bac. En fin d'expérience, l'aquarium est vidé de son eau et les animaux sont récoltés et comptés.

Nephtys cirrosa vit enfouie dans le sable. Aussi est-il impossible

de suivre ses déplacements. Seule la position finale peut être connue. Pour cela, après avoir vidé l'eau, une plaque de verre de même largeur que l'aquarium est enfoncée dans le sédiment à la limite des deux secteurs. Le sédiment contenant les animaux dans chacune des deux parties est alors recueilli et le tri est effectué par méthode d'agitation flottaison.

#### 4) ANALYSE DES METAUX

La technique d'analyse par absorption atomique qui a été utilisée est celle appliquée par l'Institut Pasteur de Lille pour le dosage des métaux dans les sédiments du port de Boulogne-sur-mer.

##### 4.1. Attaque acide

Les échantillons prélevés lors de prélèvements sur le terrain ou à la suite d'expérimentations en laboratoire subissent une minéralisation.

##### 4.1.1. Minéralisation des sédiments

Deux grammes de sédiment sont minéralisés dans un bécher en téflon par 10 ml d'acide nitrique suprapur (65 %), d'abord à froid pendant 12 heures, puis à chaud pendant 2 heures (60° C). Le minéralisat est ensuite évaporé à sec, puis repris à chaud par 7,5 ml d'acide nitrique 1 N. Après refroidissement, le minéralisat est filtré sur papier Whatman 2 V, récupéré dans une fiole jaugée et ajustée à 25 ml.

##### 4.1.2. Minéralisation des organismes

L'échantillon est pesé dans un bécher en téflon prépesé. Puis il est séché à l'étuve à 110° C pendant 12 heures. On pèse alors le bécher contenant l'échantillon et on ajoute 5 ml d'HNO<sub>3</sub> 14 N et 5 ml d'HCl 12 N par gramme de poids sec d'échantillon. L'attaque acide est réalisée pendant 12 heures à température ambiante ; le bécher n'est pas fermé par un bouchon en téflon. Puis, pendant 4 heures à 60° C, le bécher est couvert par un bouchon de téflon. Après refroidissement, l'échantillon est filtré sur papier Whatman 2 V. Récupéré dans une fiole, il est dilué à 20 ml.\*

---

\* Les échantillons ainsi minéralisés ont été obtenus à partir du plus grand nombre d'individus qu'il nous était possible de récolter. Les doses en métaux lourds sont le reflet des doses d'une population.

#### 4.2. Dosage par spectrophotométrie d'absorption atomique

Les analyses de cadmium, zinc, cuivre, fer et cobalt ont été réalisées à l'aide d'un appareil PERKIN-ELMER modèle 238 équipé d'une flamme à air-acétylène.

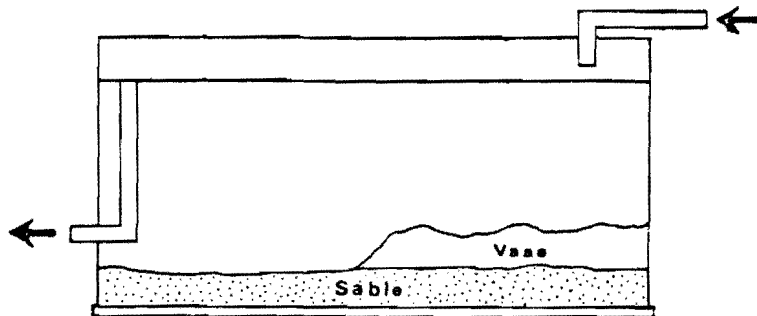
Le principe est le suivant :

Une solution contenant l'élément à analyser est introduite dans une flamme relativement froide dans laquelle les atomes tendent à rester à l'état stable. Une radiation de longueur d'onde caractéristique provenant d'une lampe à cathode creuse est émise à travers la flamme. Les atomes alors à l'état neutre  $E_b$ , peuvent absorber une quantité d'énergie  $h\nu$  et passer dans le stade "excité".

$$E_h = E_b + h\nu \text{ (PINTA, 1978)}$$

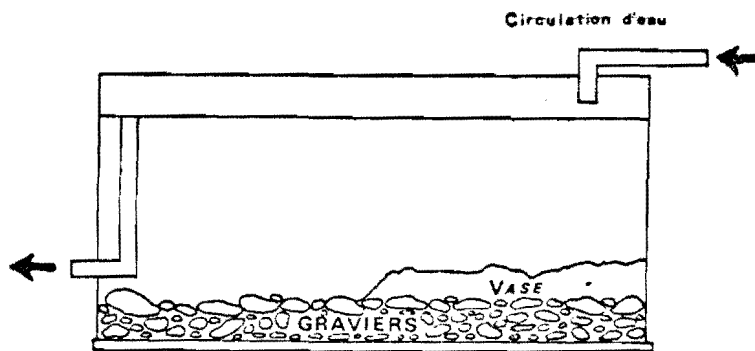
La baisse d'énergie due à l'absorption d'énergie par les atomes de l'élément analysé est mesurée par un spectrophotomètre (LLEN, 1974) L'appareil PERKIN-ELMER donne directement les concentrations métalliques en ppm. Les résultats sont ensuite exprimés en mg de métal par kg de poids sec.

. FIGURE 6 .

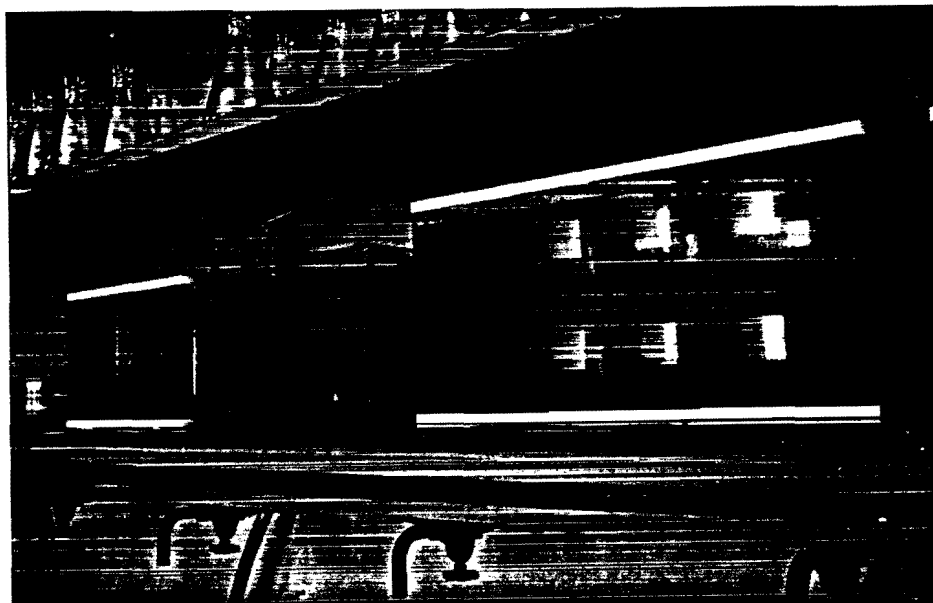


**DISPOSITIF EXPERIMENTAL**  
**D'ETUDE DU COMPORTEMENT ET DE**  
**CONTAMINATION DE NEPHTYS CIRROSA**

. FIGURE 7 .



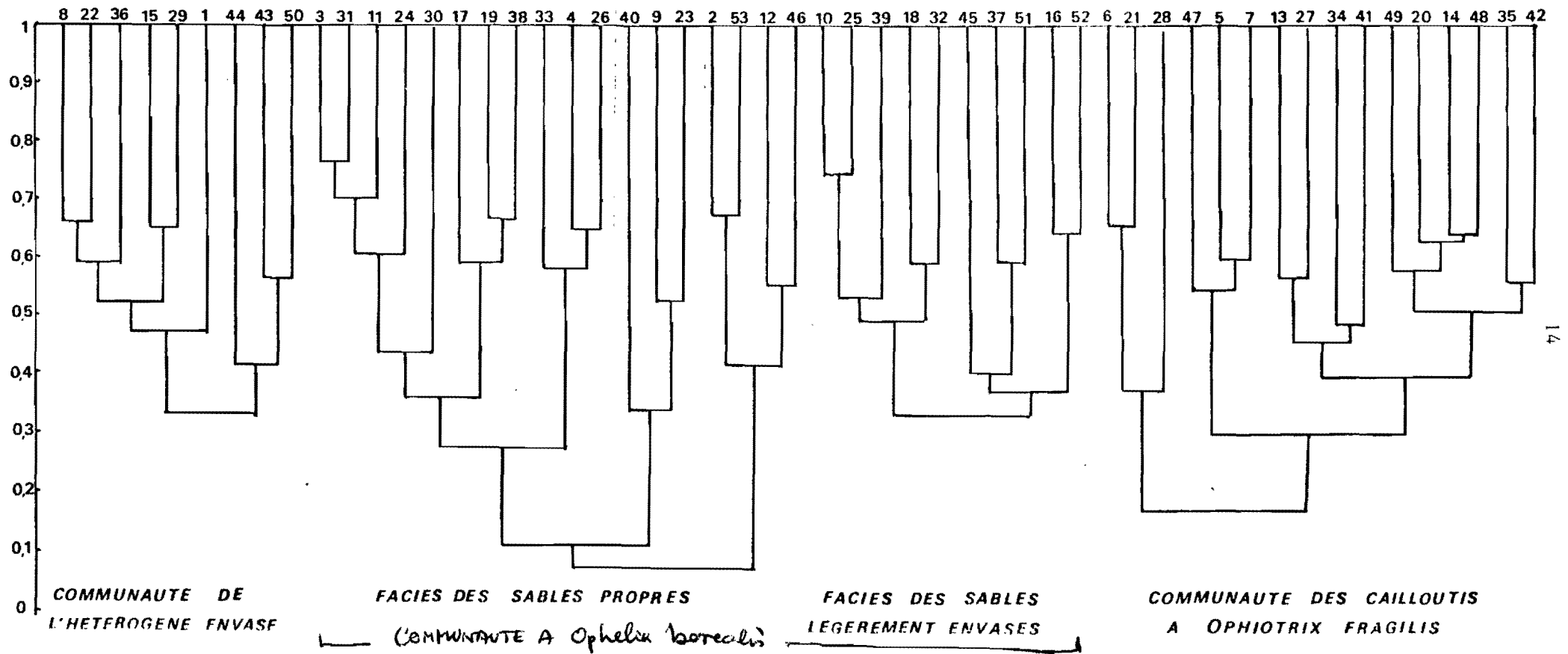
**DISPOSITIF EXPERIMENTAL**  
**D'ETUDE DU COMPORTEMENT**  
**DE OPHIOTRIX FRAGILIS**



. ENSEMBLE DU DISPOSITIF EXPERIMENTAL .



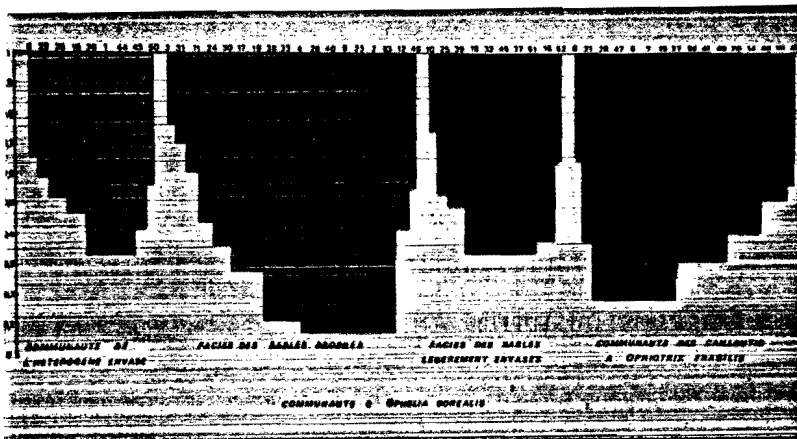
FIGURE 8 . DENDROGRAMME DES STATIONS DE LA ZONE DE REJETS DE DRAGAGE.



## CHAPITRE III : ETUDE DE LA ZONE DE DEPOT DE DRAGAGE

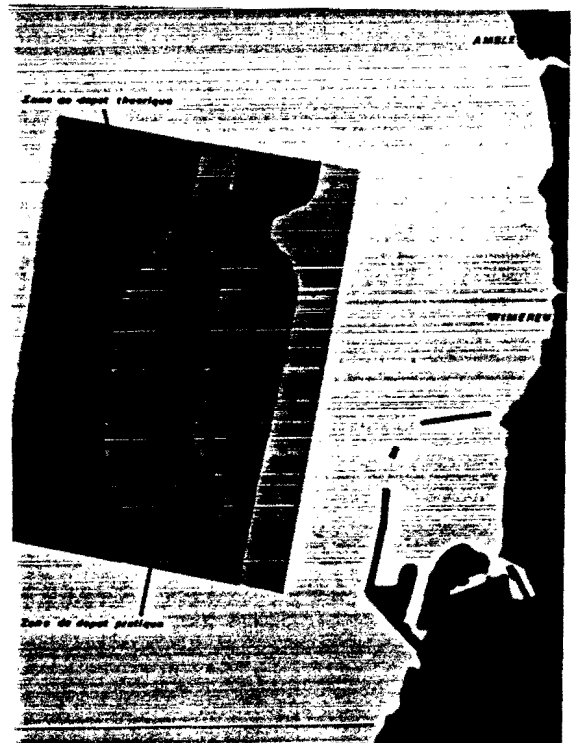
Les échantillons prélevés à l'aide de la drague Rallier du Baty aux 56 stations du quadrillage furent comparés par utilisation de l'indice d'Ochiai. Cet indice est qualitatif, basé sur la présence-absence des espèces. Il s'adapte mieux que d'autres indices (Soerensen, Gower, ...) à la technique de prélèvement.

Le dendrogramme obtenu après analyse de similitude entre les stations prospectées met en évidence quatre grands groupes (Fig. 8). Cela permet l'établissement d'une cartographie des peuplements (Fig. 9).



Dendrogramme des Stations de la zone de rejets de dragage.

Cartographie des Peuplements.



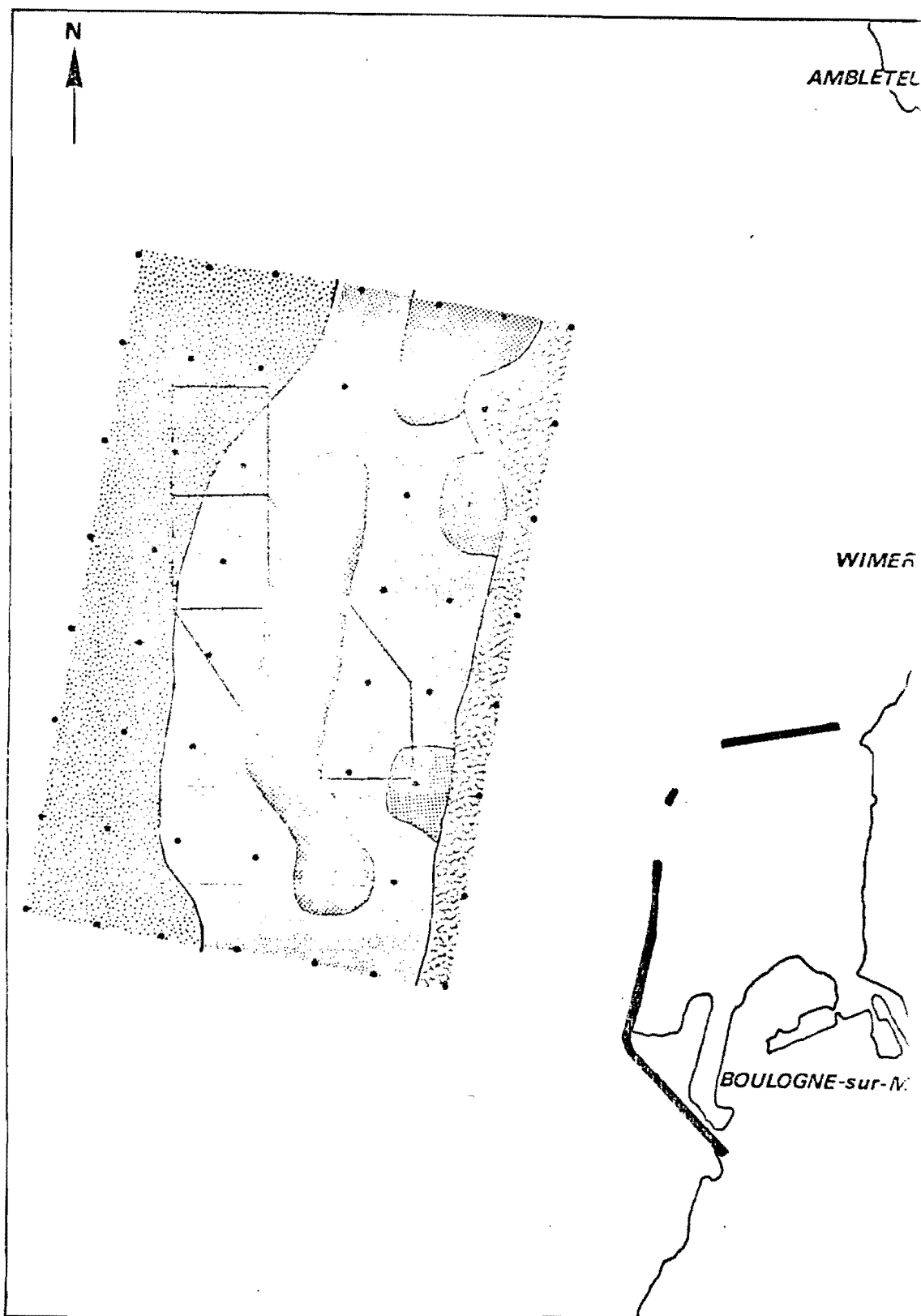


FIGURE 9 . CARTOGRAPHIE DES PEUPELEMENTS DE LA ZONE DE REJETS DE <sup>SAARAGE</sup>

- |  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  | Communauté des Cailloutis à <i>Ophiotrix fragilis</i> .                         |  | Communauté de l'hétéro <sup>borealis</sup> envasé.         |
|  | Communauté à <i>Ophélia borealis</i> .<br>Faciès des sables légèrement envasés. |  | Communauté à <i>Ophélia</i> ?<br>Faciès des sables propres |

### 1) LA COMMUNAUTE DE L'HETEROGENE ENVASE

Elle regroupe les stations 1, 8, 15, 22, 29, 36, 43, 44, 50.

Etablie sur un substrat composé de particules supérieures à 400 µ, cette communauté occupe le domaine côtier de la zone étudiée.

Le cortège d'espèces est constitué par ordre de dominance moyenne décroissante par Sagartia sp., Lanice conchilega, Abra alba, Phyllodoce mucosa, Eulalia sanguinea, Melita obtusata, Corophium sextonae, Lagis koreni... L'hétérogénéité du peuplement se traduit par la présence d'espèces caractéristiques de milieux envasés (Abra alba, Lanice conchilega...), d'espèces caractéristiques de faciès de sables fins (Nephtys cirrosa, Urothoe brevicornis, Echinocardium cordatum, Ophelia borealis) et d'espèces typiques de sédiments grossiers, graviers et cailloutis (Tubularia indivisa, Tealia felina, Pisidia longicornis, Asterias rubens...). Les espèces exclusives et électives sont abondantes. Ce sont pour la plupart des espèces typiques de peuplements envasés.

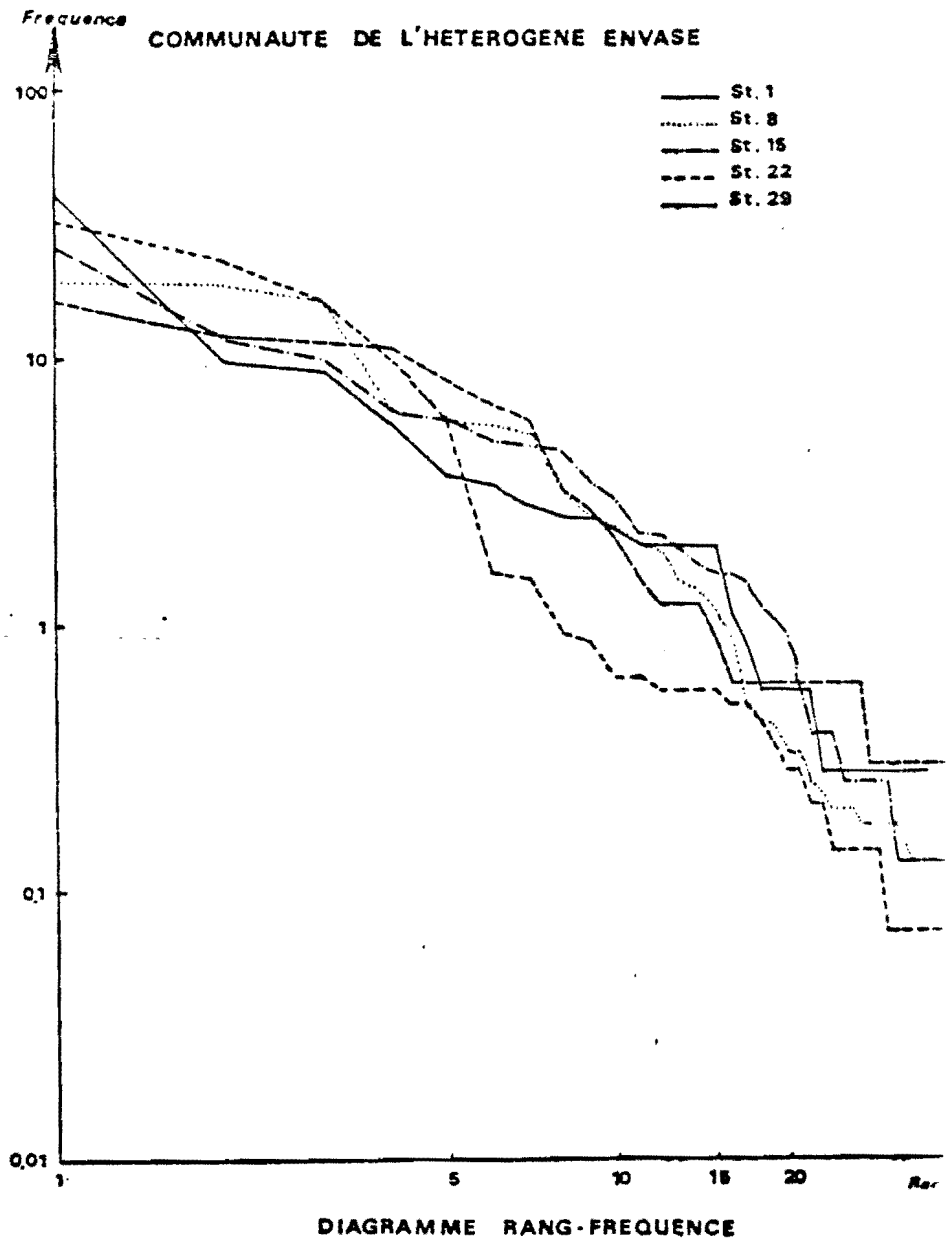
Par contre, les espèces accessoires et occasionnelles, rares sont caractéristiques de faciès des sables fins (Tableau 2).

TABLEAU 2 : COMMUNAUTE DE L'HETEROGENE ENVASE .CLASSIFICATION BIONOMIQUE DES ESPECES.

	Exclusives	Electives	Préférantes	Accessoires	Occasionnelles
Dominante	<u>Lanice conchilega</u>	<u>Abra alba</u> <u>Pholoe minuta</u> <u>Lagis koreni</u> <u>Streblois boa</u> <u>Glycera lapidum</u> <u>Mysella bidentata</u> <u>Ketersteinia cirrata</u> <u>Nematode</u> sp.	<u>Sagartia</u> sp. <u>Melita obtusata</u> <u>Asterias rubens</u>	<u>Gastrosaccus spinifer</u>	
Cozyues	<u>Tubularia indivisa</u> <u>Asphipholis squamata</u>	<u>Phyllodoce mucosa</u> <u>Corophium sextoni</u> <u>Echinocyamus pusillus</u>			<u>Urothoe brevicornis</u>
Peu communes	<u>Phtisia marina</u>	<u>Phyllodoce maculata</u>		<u>Ophelia borealis</u> <u>Pisidia longicornis</u>	<u>Nephtys cirrosa</u>
Rares					

La richesse spécifique est forte (112 espèces) et la diversité est importante ( $H = 3,55$  ;  $E = 0,689$ ).

Les diagrammes rang-fréquence des stations de peuplement présentent une allure caractéristique d'un peuplement mature (fig 10)



. FIGURE 10 .

versité est  
peuplement  
Fig. 10).

## 2) LA COMMUNAUTE A OPHELIA BOREALIS

(Stations 2 - 3 - 4 - 9 - 10 - 11 - 12 - 16 - 17 - 18 - 19 - 23 -  
- 25 - 26 - 30 - 31 - 32 - 33 - 37 - 38 - 39 - 40 - 45 - 46 - 51 - 52  
53).

Occupant la zone de relief que constitue le banc sableux de Bassure de Baas, cette communauté se divise en deux faciès.

### 2.1. Le faciès de sables fins

(Stations 2 - 3 - 4 - 9 - 11 - 12 - 17 - 19 - 23 - 24 - 26 - 30 -  
- 33 - 38 - 40 - 46 - 53)

Ce faciès est constitué d'un cortège d'espèces typiques de substratum de sable fin : Urothoe brevicornis, Nephtys cirrosa, Gastrosaccus spinifer, Bathyporeia elegans, Ophelia borealis, Schistomysis spiritus, Urothoe elegans, Spisula ovalis...

La richesse spécifique est moyenne (62 espèces) et la diversité moyenne est faible ( $H = 1,851$  ;  $E = 0,588$ ).

Les diagrammes rang-fréquence des stations de ce faciès présentent une allure générale de peuplement mature. Les stations 12 et 40, proches du peuplement le plus au large présentent une allure de peuplement juvénile due à l'abondance d'Ophiothrix fragilis (Fig. 11). Les stations 11, 17, 24, 31, 38 et 45 sont intermédiaires entre un peuplement juvénile et un peuplement mature. (Fig. 12).

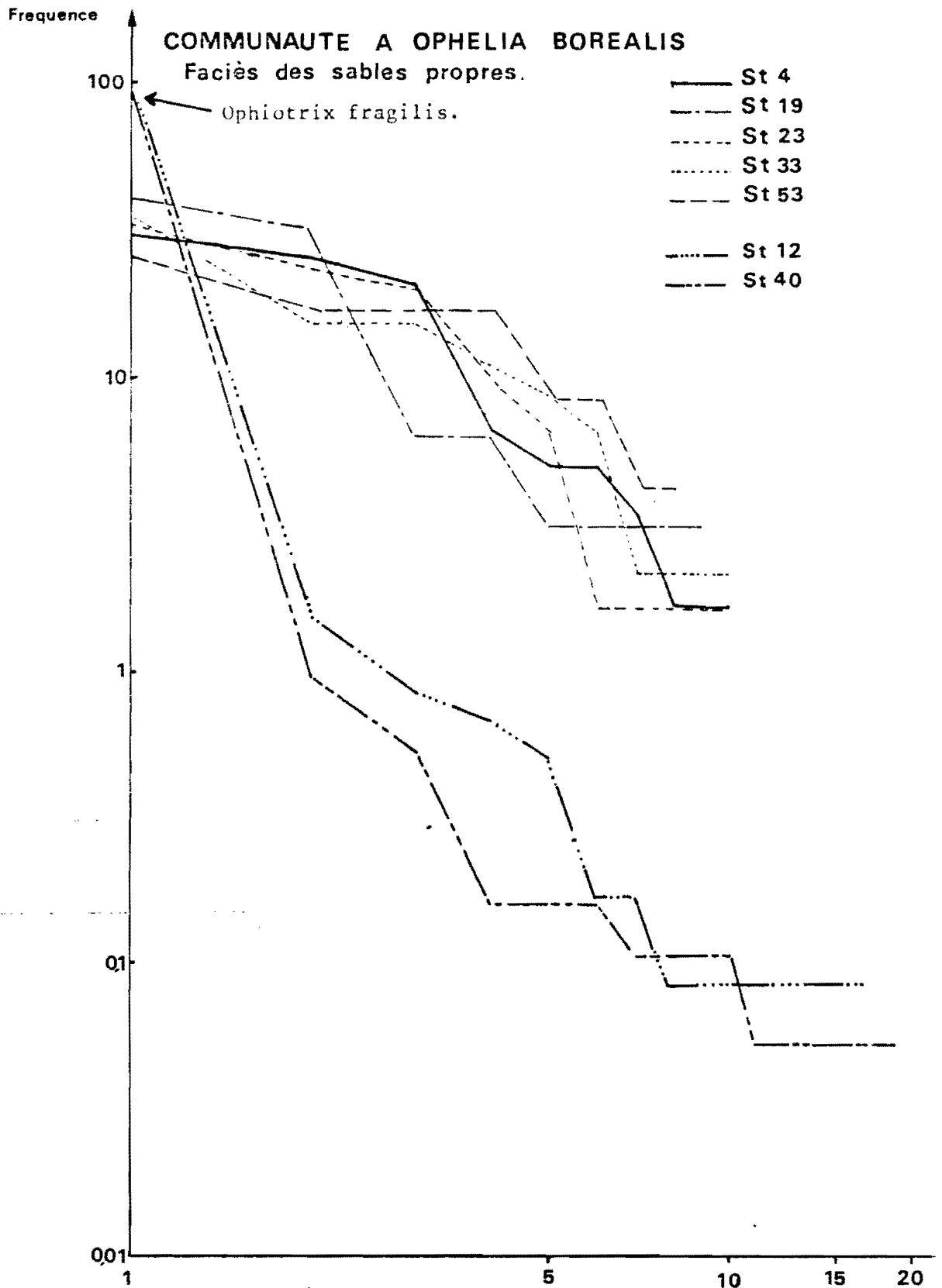
### 2.2. Faciès des sables légèrement envasés

(Stations 10 - 16 - 18 - 25 - 32 - 37 - 39 - 45 - 51 - 52)

Situées à l'intérieur du peuplement des sables propres à Ophelia borealis, ce faciès est constitué du cortège d'espèces suivant : Urothoe brevicornis, Nephtys cirrosa, Gastrosaccus spinifer, Bathyporeia elegans, Jassa falcata... L'envasement se traduit par la présence d'espèces caractéristiques : Nephtys hombergii, Phyllodoce groenlandica, Nereis longissima, Notomastus latericeus, Scoloplos armiger, Abra alba, Crangon crangon ;

La richesse spécifique est faible (44 espèces) et la diversité moyenne est moyenne ( $H = 2,360$  ;  $E = 0,6848$ ).

L'analyse du dendrogramme montre deux groupes de stations au sein de ce faciès :



, FIGURE 11 ,

COMMUNAUTE A OPHELIA BOREALIS  
Faciés des sables propres. Secteur perturbé.

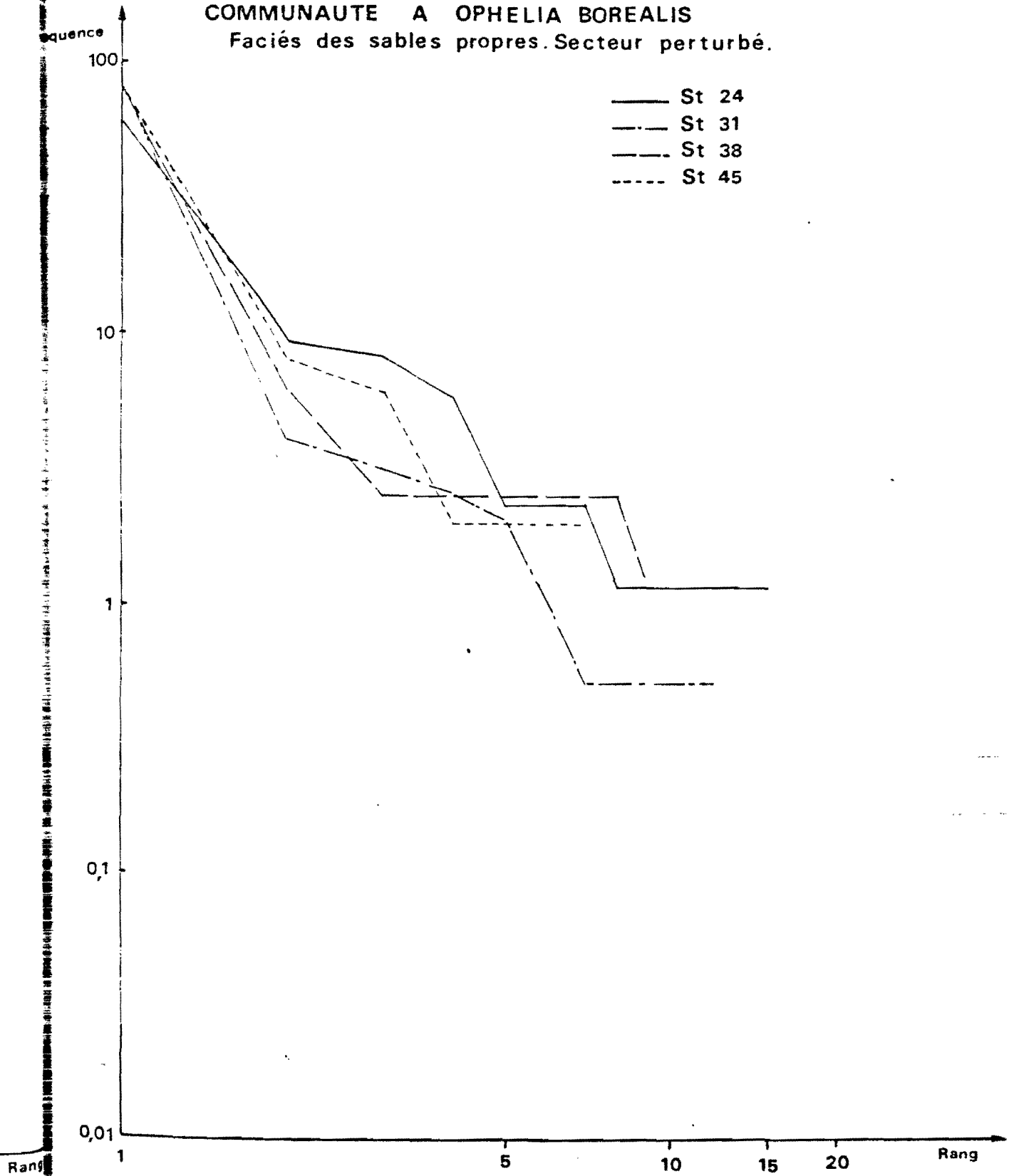


DIAGRAMME RANG FREQUENCE

. FIGURE 12 .



**TABLEAU 3 : COMMUNAUTE A OPHELIA BOREALIS . FACIES DES SABLES LEGEREMENT ENVASES.**  
**STATIONS 10 , 18 , 25 , 32 , 39 . CLASSIFICATION BIONOMIQUE DES ESPECES.**

	Exclusives	Electives	Préférantes	Accessoires
Abondantes	<i>Magelona papillicornis</i>	<i>Nephtys longosetosa</i> <i>Nephtys cirrosa</i> <i>Spio filicornis</i> <i>Gastrosaccus spinifer</i> <i>Urothoe brevicornis</i> <i>Bathyporeia elegans</i>		
Communes	<i>Crangon crangon</i>	<i>Nerine bonnierii</i>		
Peu Communes	<i>Steane longa</i> <i>Pontoporeia uitamarinus</i>	<i>Nephtys hombergii</i> <i>Scoloplos armiger</i>		
Rares	<i>Nereis longissima</i> <i>Lumbrinereis impatiens</i> <i>Spiopterus bumpyx</i> <i>Nereis marinus latericeus</i> <i>Pontoporeia triqueter</i> <i>Abra alba</i> <i>Dialystilis rathkei</i> <i>Burydice truncata</i>	<i>Phyllodoce groelandica</i>		<i>Ophelia borealis</i>

**TABLEAU 4 : COMMUNAUTE A OPHELIA BOREALIS. FACIES DES SABLES LEGEREMENT ENVASES.**  
**STATIONS 16 , 37 , 45 , 51 , 52 . CLASSIFICATION BIONOMIQUE DES ESPECES.**

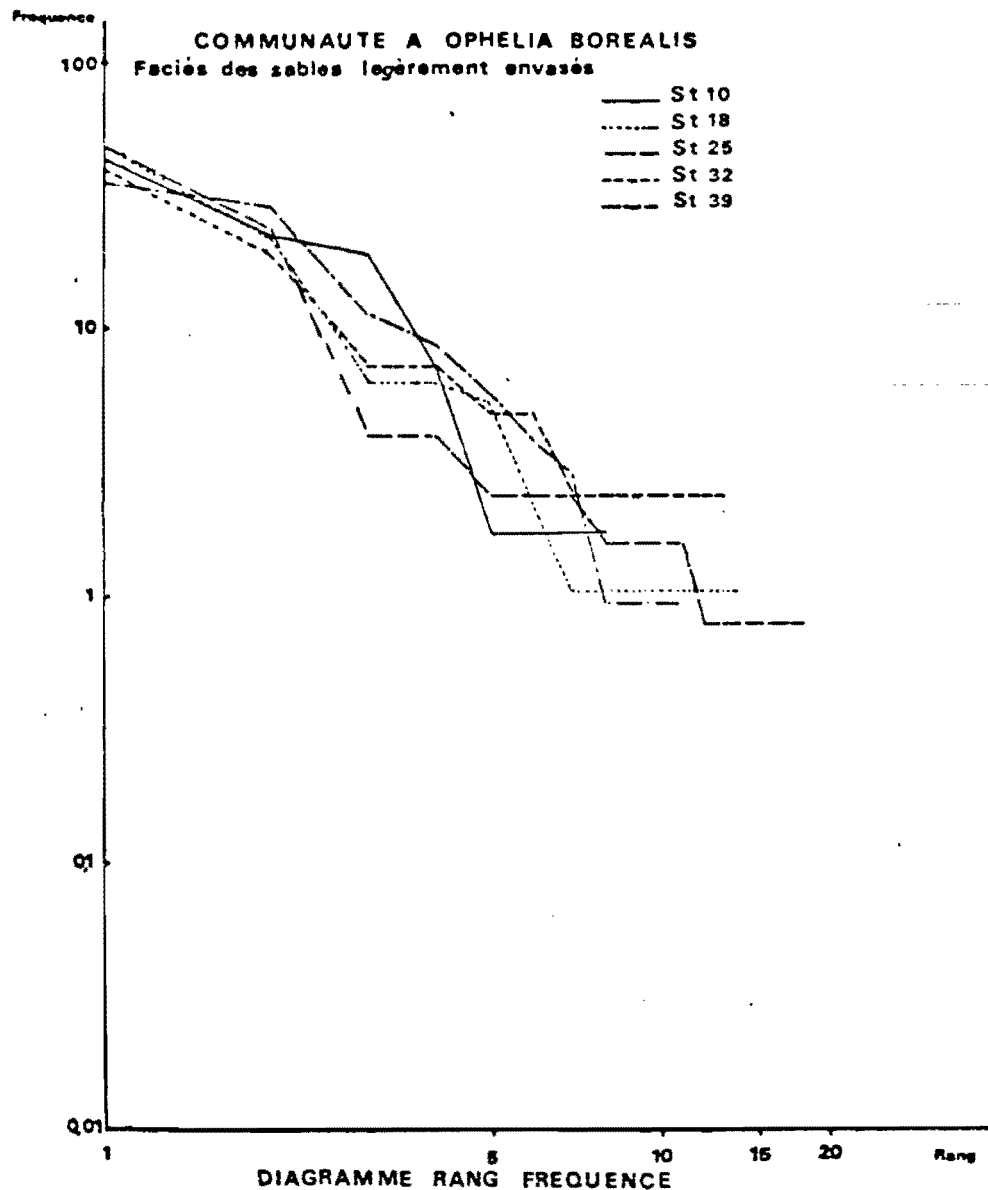
	Exclusives	Electives	Préférantes	Accessoires
Abondantes	<i>Spisula ovalis</i>	<i>Nephtys cirrosa</i> <i>Spio filicornis</i> <i>Urothoe brevicornis</i>	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	
Communes		<i>Nerine bonierii</i>	<i>Nephtys longosetosa</i>	
Peu Communes	<i>Glycera lapidum</i>	<i>Ophelia borealis</i> <i>Orchomene nana</i>		<i>Bathyporeia elegans</i>
Rares	<i>Halecium halecinum</i> <i>Mystides angeneri</i>			

- D'une part, les stations 10, 18, 25, 32, 39 qui forment un alignement passant au centre de la zone pratique de rejet, située sur la pente côte-large de la Bassure de Baas. C'est au sein de ces stations qu'on trouve le plus d'espèces typiques de milieux envasés. Les espèces exclusives sont nombreuses et on notera la constance de Magelona papillicornis (Tableau 3)

Les diagrammes rang-fréquence de ces stations présentent une allure générale de peuplement mature (Fig. 13).

- D'autre part, les stations 16, 37, 45, 51 et 52 forment un second groupe plus disséminé. Les deux premières stations sont situées sur la pente côté terre de la Bassure de Baas ; les trois autres sont en sommet de banc.

Les espèces typiques de milieux envasés sont moins nombreuses dans ce groupe que dans le précédent. (Tableau 4).



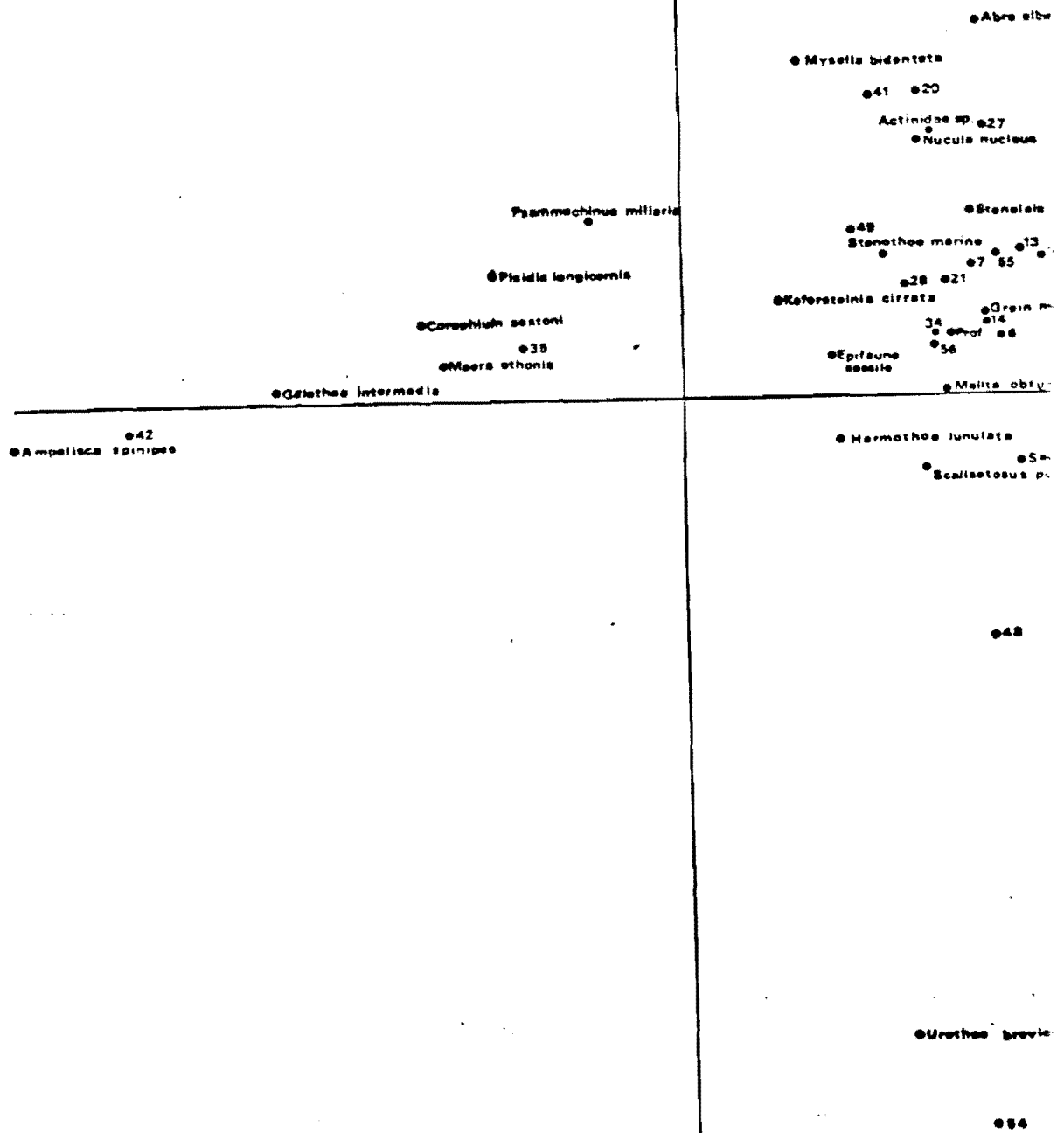
. FIGURE 13 .

. FIGURE 14 .

ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES

COMMUNAUTE DES CAILLOUTIS  
A OPHIOTRIX FRAGILIS

Axe 1



### 3) COMMUNAUTE DES CAILLOUTIS A OPHIOTRIX FRAGILIS

(Stations 5 - 6 - 7 - 13 - 14 - 20 - 21 - 27 - 28 - 34 - 35 - 41 - 42 - 47 - 48 - 49 - 54 - 55 - 56)

Le substrat est composé en moyenne de particules supérieures à 520  $\mu$  correspondant à des cailloutis et graviers lithoclastiques.

Le cortège d'espèces est constitué par ordre de dominance moyenne décroissante par Ophiotrix fragilis, Ampelisca spinipes, Urothoe brevicornis, Psammechinus miliaris, Pisidia longicornis, Galathea intermedia, Corophium sextonae...

L'analyse factorielle des correspondances intégrant des données bathymétriques, granulométriques et faunistiques de cette communauté montre une homogénéité du peuplement (Fig. 14). Néanmoins cinq stations peuvent être isolées :

- D'une part, les stations 35 et 42 où il y a moins d'Ophiotrix fragilis et où l'on trouve plus qu'ailleurs Psammechinus miliaris et Galathea intermedia.

- D'autre part, les stations 47, 48 et 54, regroupées avec Urothoe brevicornis et Schistomysis spiritus, espèces préférant un sédiment plus ensablé. La proximité du peuplement de sables fins à Ophelia borealis pourrait expliquer ce phénomène.

Quant à l'axe 1 figurant un gradient d'envasement, les espèces caractéristiques Abra alba, Nucula nucleus, Cerianthus lloydii, Stenelais boa...etc sont très nettement visualisées. Ces espèces se retrouvent d'ailleurs par analyse des dominances dans la classe des préférantes abondantes (Tableau 5).

Dans l'ensemble de la communauté, on note l'abondance d'Ophiotrix fragilis qui confère aux diagrammes rang-fréquence une allure de peuplement juvénile (Fig. 15). La richesse spécifique est forte (137 espèces) et la diversité moyenne est faible ( $H = 0,715$  ;  $E = 0,137$ ).

Cerianthus lloydii

54

Schistomysis

TABLEAU 5 : COMMUNAUTE DES CAILLOUTIS A OPHIOTRIX FRAGILIS. CLASSIFICATION BIONOMIQUE DES ESPECES.

	Exclusives	Electives	Préférantes	Accessoires	Occasionelles
Abondante	<i>Psammechinus miliaris</i> <i>Scolisetosus pellucidus</i>	<i>Ophiotrix fragilis</i> <i>Pisidia longicornis</i> <i>Nucula nucleus</i> <i>Actinidae sp.</i> <i>Kefersteinia cirrata</i>	<i>Sagartia sp.</i> <i>Stenelais boa</i> <i>Abra alba</i> <i>Melita obtusata</i> <i>Asterias rubens</i>	<i>Urothoe brevicornis</i>	
Communes	<i>Cerianthus lloydi</i>	<i>Stenothoe marina</i> <i>Heterocirrus halatus</i>	<i>Harpothoe lunulata</i> <i>Pholoe minuta</i> <i>Mysella bidentata</i> <i>Picnogonum littorale</i>		
Peu Communes	<i>Galathea intermedia</i>	<i>Maera othonis</i> <i>Orchomene nana</i>	<i>Schistomysis spiritus</i>	<i>Corephium sextoni</i> <i>Ophiura albida</i>	<i>Gastrosaccus spinifer</i>
Rares					<i>Ampelisca spinipes</i>

COMMUNAUTE DES CAILLOUTIS A OPHIOTRIX FRAGILIS

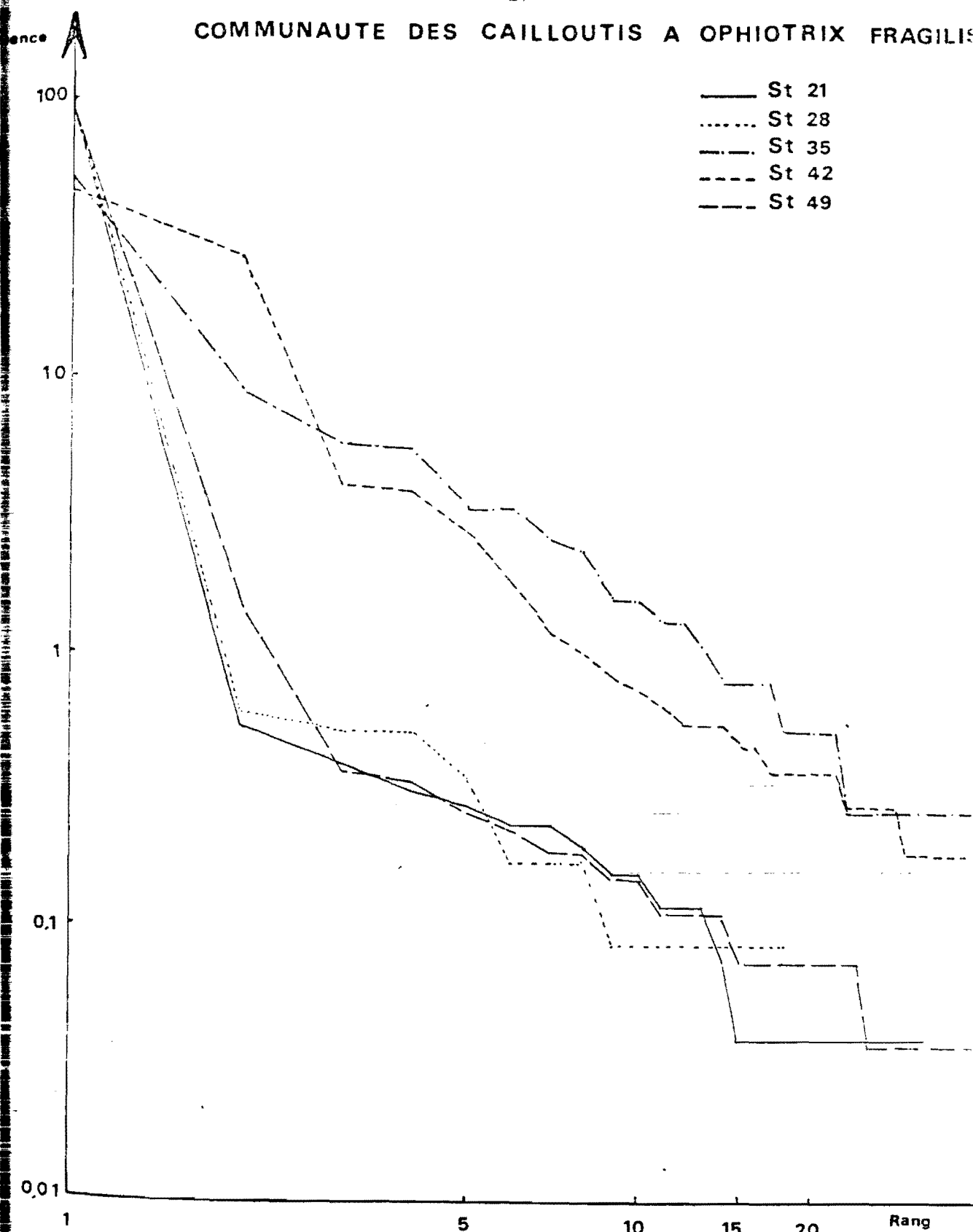
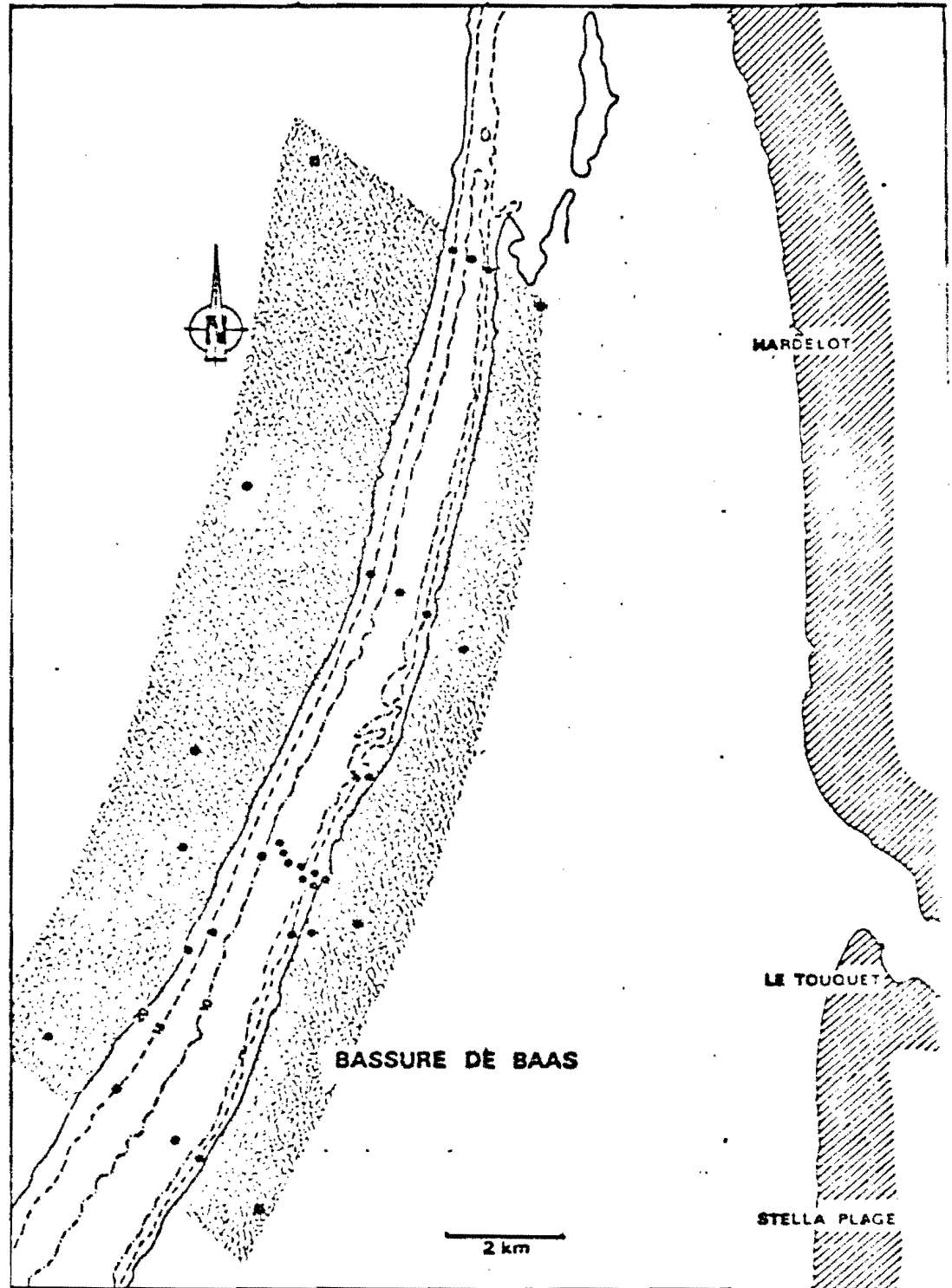


DIAGRAMME RANG FREQUENCE

. FIGURE 15 .



Peuplement à *Ophelia borealis*

Faciès des sables fins



Peuplement à *Ophelia borealis*

Faciès des sables graveleux légèrement envasés

FIGURE 16

CARTE DE REPARTITION DES PEUPEMENTS BENTHIC

#### 4) DISCUSSION

L'appréciation de l'état de la zone nécessite une comparaison avec une zone de référence. L'examen des peuplements de la Bassure de Ba. (partie Sud) entre Hardelot et Stella Plage étudiée par J. PRYGIEL (198) permet d'étayer la discussion.

On y retrouve deux faciès :

- Un faciès des sables fins qui occupe le sommet de banc et les mi-pentes.

- Un faciès des sables graveleux légèrement envasés occupant les dépressions de part et d'autres du banc (Fig. 16).

Notre secteur d'étude, la zone de rejet, présente, par rapport à cette zone témoin, des altérations :

- Le sommet de banc présente une structure plus complexe avec des secteurs légèrement envasés (stations 10, 45, 51, 52), un secteur caractéristique de la communauté à Ophelia borealis mais dont les diagrammes rang-fréquence ont l'allure de peuplement légèrement perturbé (stations 17, 24, 31, 38) ; enfin, la station 3, au Sud, est caractéristique de la communauté à Ophelia borealis

- Dans la zone de rejet, les mi-pentes sont occupées par un faciès légèrement envasé (stations 16, 18, 25, 32, 37). Les autres stations (2, 4, 9, 11, 12, 19, 23, 26, 30, 33, 40, 46, 53), constituent un faciès de sables propres.

L'analyse minéralogique des argiles contenues dans les "nodules" de vase récoltés par S. DEWEZ (1985) aux stations 17, 25, 31, 33 et 3 montre à  $\pm 5\%$  près les mêmes cortèges argileux que dans le port.

On peut donc considérer que les altérations observées en sommet de banc et sur les mi-pentes sont liées aux rejets de dragages. Elles sont cependant moindres que ne le laissait supposer l'étude des peuplements benthiques réalisés au large de Dunkerque Ouest où, au coeur du peuplement à Ophelia borealis, on trouvait en 1976 un peuplement à Abra alba correspondant aux dépôts de dragage de l'avant-port Ouest de Dunkerque (SOUPLET, DEWARUMEZ, 1980).



Les altérations se traduisent par une baisse de la diversité spécifique (44 espèces dans le faciès légèrement envasé alors qu'il y a 62 espèces dans le faciès de sable propre). Le même effet a été observé sur le dépôt de dragage d'Octeville où il a été noté une nette influence des fines sur les peuplements antérieurement en place, influence qui se traduit par une baisse de la diversité spécifique (C.E.A., 1973 - Laboratoire d'essais et de contrôle. Port autonome du Havre). On retrouve cette baisse de la diversité dans la Baie de Chesapeake (U.S.A.) (FLEMER, DOVEL, PFITZENMEYER, RITCHIE ; 1968).

Le faciès envasé de la mi-pente côte-large a un peuplement mature comme le montre les diagrammes rang-fréquence (Fig. 13). Ceci permettrait de penser que ce peuplement est bien installé et que vu la régularité des apports, une quantité non négligeable de vase reste sur place, permettant le maintien d'espèces de milieux envasés.

Le sommet de banc est plus sujet aux courants et à la houle. On sait (MIGNIOT, 1977 ; L.C.H.F., 1979) que la houle est capable de remettre en suspension des vases jusqu'à des profondeurs de 20 m lors de tempête. L'état intermédiaire du peuplement à ce niveau pourrait donc s'expliquer par l'action des facteurs hydrodynamiques, le sédiment étant alors continuellement brassé en surface. Des réserves sont à émettre quant à cette hypothèse puisqu'on ne retrouve pas une telle structure aux stations 3, 10, 52, elles aussi situées en sommet de banc. De même, on ne la retrouve pas dans la zone étudiée par PRYGIEL (1983), zone où les profondeurs sont comparables. Il se pourrait également que les populations n'atteignent jamais un équilibre en espèces, nombre et biomasse, sous l'action des rejets. Ces faits ont été observés dans la Baie de Chesapeake (Chesapeake Biological Laboratory, 1970).

Dans la communauté de l'hétérogène envasé, un envasement dû aux apports de la rade de Boulogne-sur-mer semble logique. L'analyse minéralogique des argiles de stations situées dans cette communauté montre en effet un cortège argileux semblable à celui identifié dans le port de Boulogne-sur-mer (DEWEZ, 1985). Lorsque la zone portuaire se vide, au baissant, un épandage de particules les plus fines pourrait se produire sur toute la bande côtière grâce à la vigueur des courants de

marée (DEWEZ, 1985).

L'envasement observé dans la communauté des cailloutis à Ophi fragilis pourrait provenir d'apports estuariens dispersés au large l'action des courants, mais également de minéraux du substratum. En effet, le cortège argileux de certains échantillons analysés par DEWEZ (1985) montre une concordance avec les argiles du jurassique supérieur qui affleurent en certains points du large. Il est difficile de trancher entre ces deux hypothèses car ces argiles forment également le substratum du fond du port.

de la diversité  
alors qu'il y a  
et a été observé  
nette influence  
influence qui se  
(C.E.A., 1973  
ce). On retrouve  
(U.S.A.) (FLEMER

euplement mature  
Ceci permettrait  
la régularité des  
place, permettant

la houle. On sait  
de remettre en  
lors de tempête  
donc s'explique  
ent étant alors  
émettre quant  
e structure au  
. De même, on ne  
83), zone où le  
lement que les  
èces. nombre de  
observés dans l'  
0).

nvaseement dû au  
ique. L'analyse  
cette communauté  
dentifié dans la  
one portuaire  
ines pourrait  
des courants

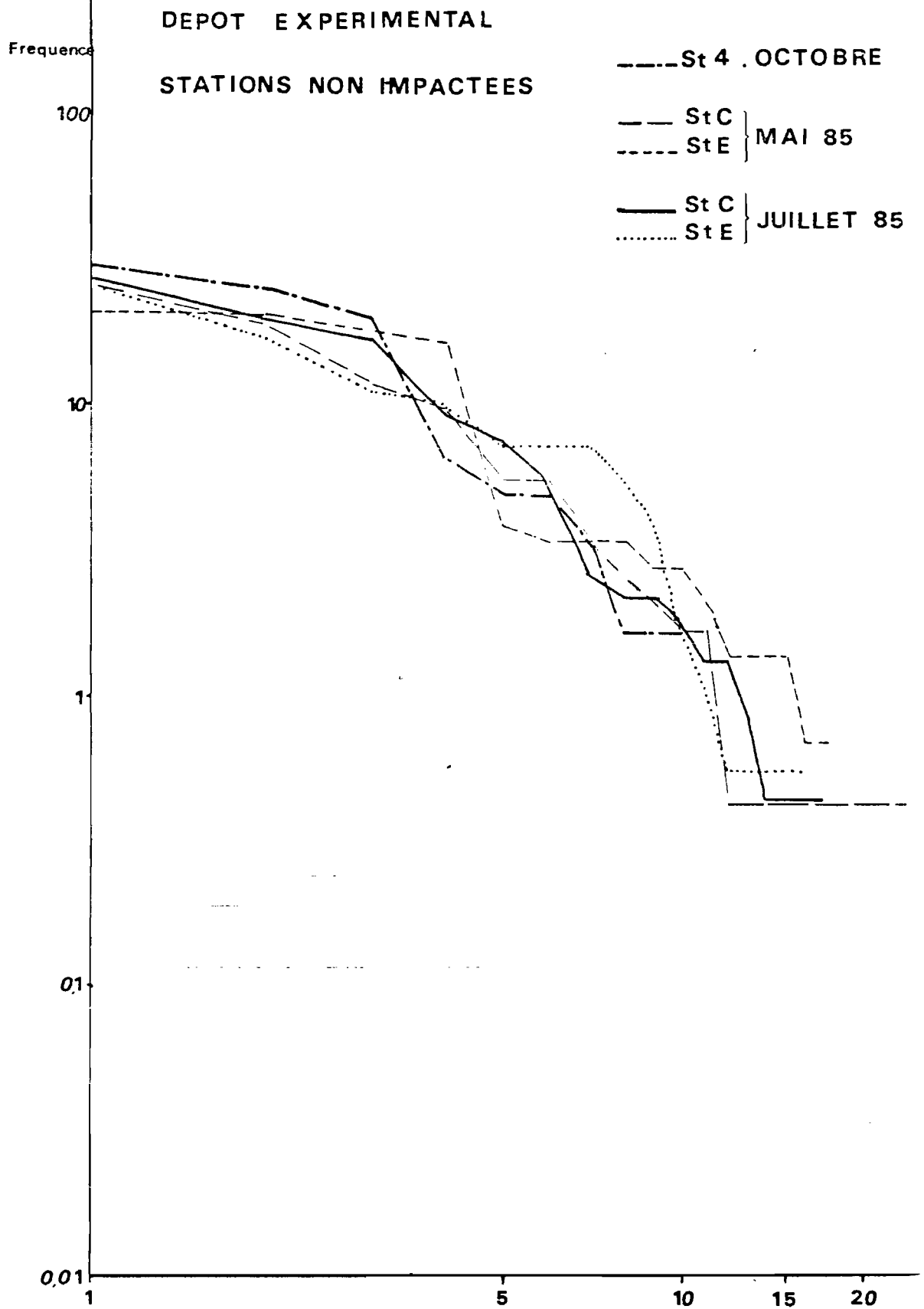


DIAGRAMME RANG FREQUENCE

. FIGURE 17 .

## CHAPITRE IV : ETUDE DU DEPOT

### EXPERIMENTAL DE L'OPHELIE

A notre demande, les Services Maritimes des Ponts et Chaussées ont réalisé fin janvier-début février 1985, un dépôt expérimental en dehors de la zone de rejet. Les vases rejetées proviennent de la darse Sarraz Bournet (Fig. 5). Le pourcentage de la fraction fine est de l'ordre de 65 à 80 %.

Notre travail a consisté en :

- un suivi de la zone impactée et de la régénération des peuplements,
- un suivi des teneurs en métaux dans les vases du rejet expérimental,
- un suivi de la pollution métallique des organismes.

#### A) SUIVI DE LA ZONE IMPACTEE ET REGENERATION DES PEUPEMENTS

##### 1. Analyse des stations de référence

En octobre 1984, la station 4, alors vierge de tout rejet de dragage présentait un peuplement typique des sables fins à Ophelia borealis. Le cortège d'espèces était constitué par ordre de dominance décroissante par Urothoe brevicornis, Bathyporeia elegans, Nephtys cirrosa... La diversité était moyennement élevée ( $H = 2,637$  ;  $E = 0,794$ ).

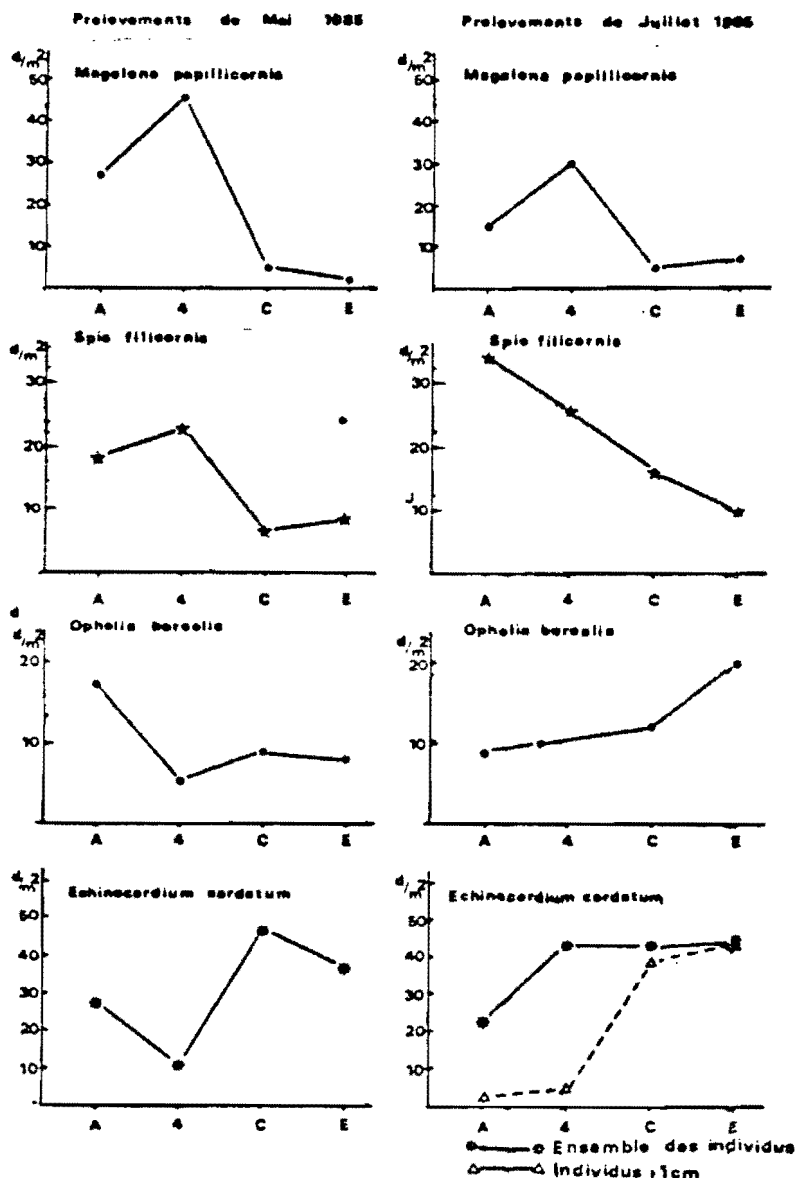
Les deux stations de référence C et E (Fig. 5) présentent également un peuplement dominé par la présence d'espèces typiques de sables propres : Nephtys cirrosa, Ophelia borealis, Urothoe brevicornis, Bathyporeia elegans, Echinocardium cordatum. On note de légères variations dans le temps avec une faible augmentation en juillet de certaines espèces rares en mai : Spio filicornis, Scoloplos armiger.

Les diagrammes rang-fréquence de ces stations de référence sont typiques de systèmes matures (Fig. 17).

##### 2. Analyse des stations impactées

Les prélèvements réalisés en mai et juillet 1985, soit trois mois et demi et cinq mois après le dépôt montrent que le peuplement des deux

stations situées à l'intérieur du périmètre de dépôt est toujours caractérisé par la présence d'espèces typiques des sables propres : (Nephtys cirrosa Ophelia borealis, Urothoe brevicornis, Bathyporeia elegans, Echinocardium cordatum). La comparaison des densités des quatre espèces essentielles : Magelona papillicornis, Spio filicornis, Ophelia borealis et Echinocardium cordatum, montre des différences entre stations impactées et non impactées (Fig. 18). Ces différences se traduisent par l'abondance de Magelona papillicornis et de Spio filicornis et la faible densité de Ophelia borealis et Echinocardium cordatum aux stations impactées. En juillet, si c'est à la station 4 qu'on note le plus grand nombre de Magelona papillicornis, l'effet semble le plus important à la station A où il y a plus de Spio filicornis et moins de Ophelia borealis et d'Echinocardium cordatum qu'aux autres stations.



. FIGURE 18 .

COMPARAISON DE LA DENSITE PAR M<sup>2</sup> DE QUATRE ESPECES DES STATIONS  
IMPACTEES ( A ET 4 ) ET NON IMPACTEES ( C ET E ).

st toujours  
s propres :  
Bathyporeia  
des quatre  
is. Ophelia  
re stations  
duisent par  
t la faible  
ux stations  
plus grand  
ortant à la  
Ophelia borealis

Un retour progressif à un faciès de sable propre est visible à la station 4 en juillet : la densité d' Echinocardium cordatum augmente. Cette augmentation est due à la présence de nombreux jeunes individus (37 sur un total de 44 individus). Ceci est à mettre en relation avec le recrutement qui s'effectue chez cette espèce en juin (BRYLINSKI, 1975).

La recolonisation de Echinocardium cordatum ne se fait pas de façon uniforme sur le fond. L'analyse de la dispersion des espèces de la station 4 en juillet 1985 montre en effet une surdispersion de cette espèce, peut-être due au recrutement lui-même ou à la présence d'îlots envasés au niveau desquels il n'y aurait pas recolonisation par l'espèce. Cette hypothèse est confirmée par la présence de galets mous de vase dans certains prélèvements qui excluaient alors Echinocardium cordatum (Fig. 19).

LEGENDE

- B.e. : Bathyporeia elegans
- E.c. : Echinocardium cordatum
- G.s. : Gastropodus spinifer
- M.p. : Marellana papillicornis
- N.c. : Nephtys cirrosa
- O.b. : Ophelia borealis
- S.f. : Spio filicornis

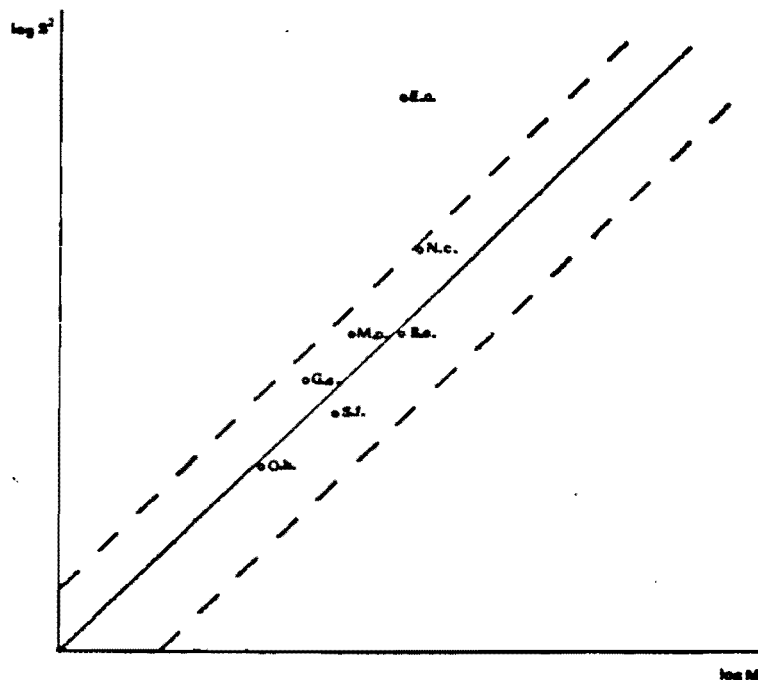


DIAGRAMME DE DISPERSION DES ESPECES  
A LA STATION 4 CINQ MOIS APRES DEPOT

, FIGURE 19 ,

L'allure générale des diagrammes rang-fréquence des stations impactées en voie de recolonisation tend à être celle d'un système mature. Après envasement expérimental le peuplement présenterait donc une "récupération" rapide. (Fig. 20).

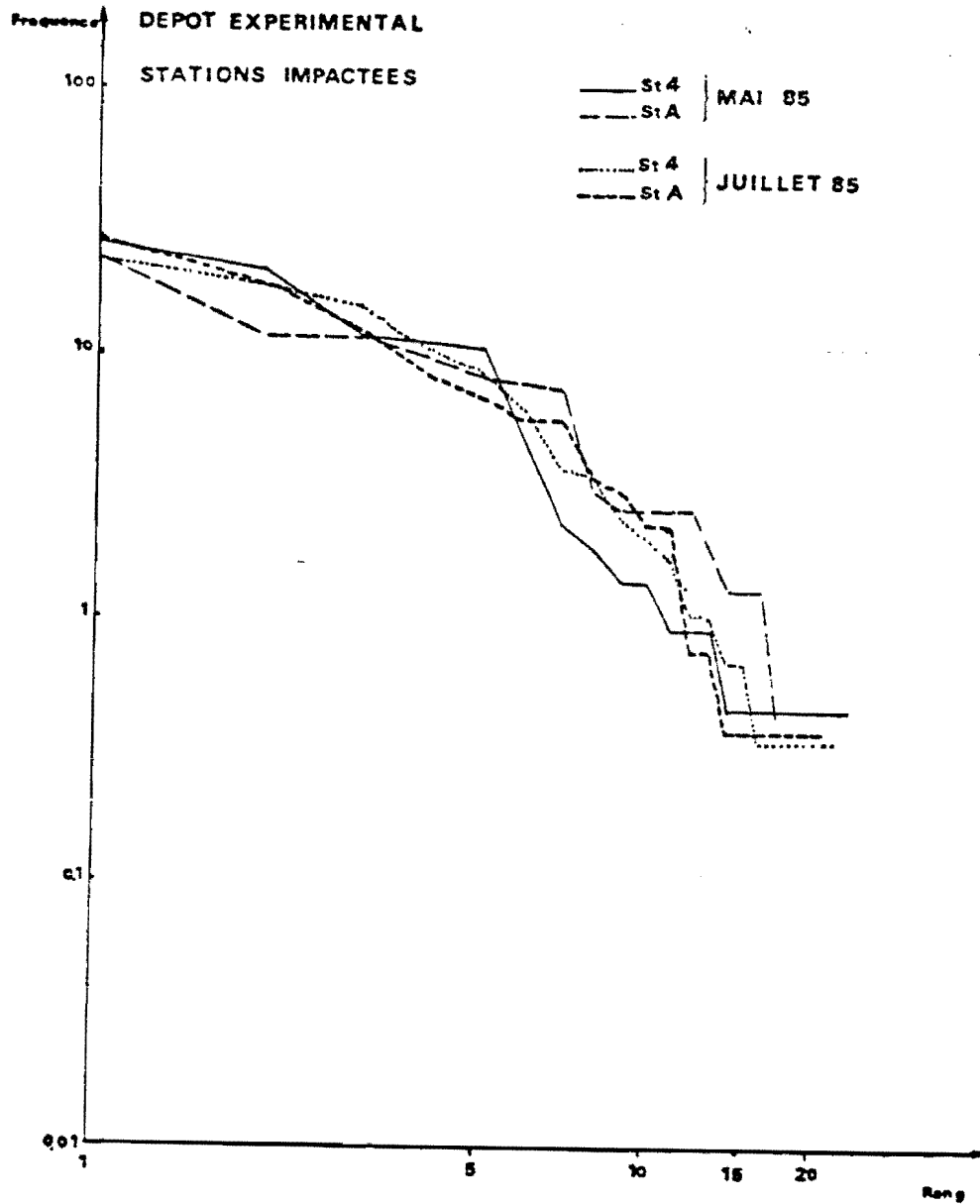


DIAGRAMME RANG FREQUENCE

, FIGURE 20 ,

Trois mois et demi après le dépôt expérimental sur le site de l'Ophélie, l'impact est maximal à la station 4. Un mois et demi plus tard, on observe un impact plus fort à la station A qu'à la station 4. Le courant résiduel de direction nord pourrait expliquer ce phénomène. La tendance générale est une épuration progressive avec réaugmentation de la densité des espèces qui dominaient avant le dépôt. La zone touchée serait repeuplée par la migration active de certaines espèces et l'arrivée de juvéniles et de larves d'autres espèces ; un tel phénomène a été décrit dans la Baie de Chesapeake (HARRISON et coll., 1964).



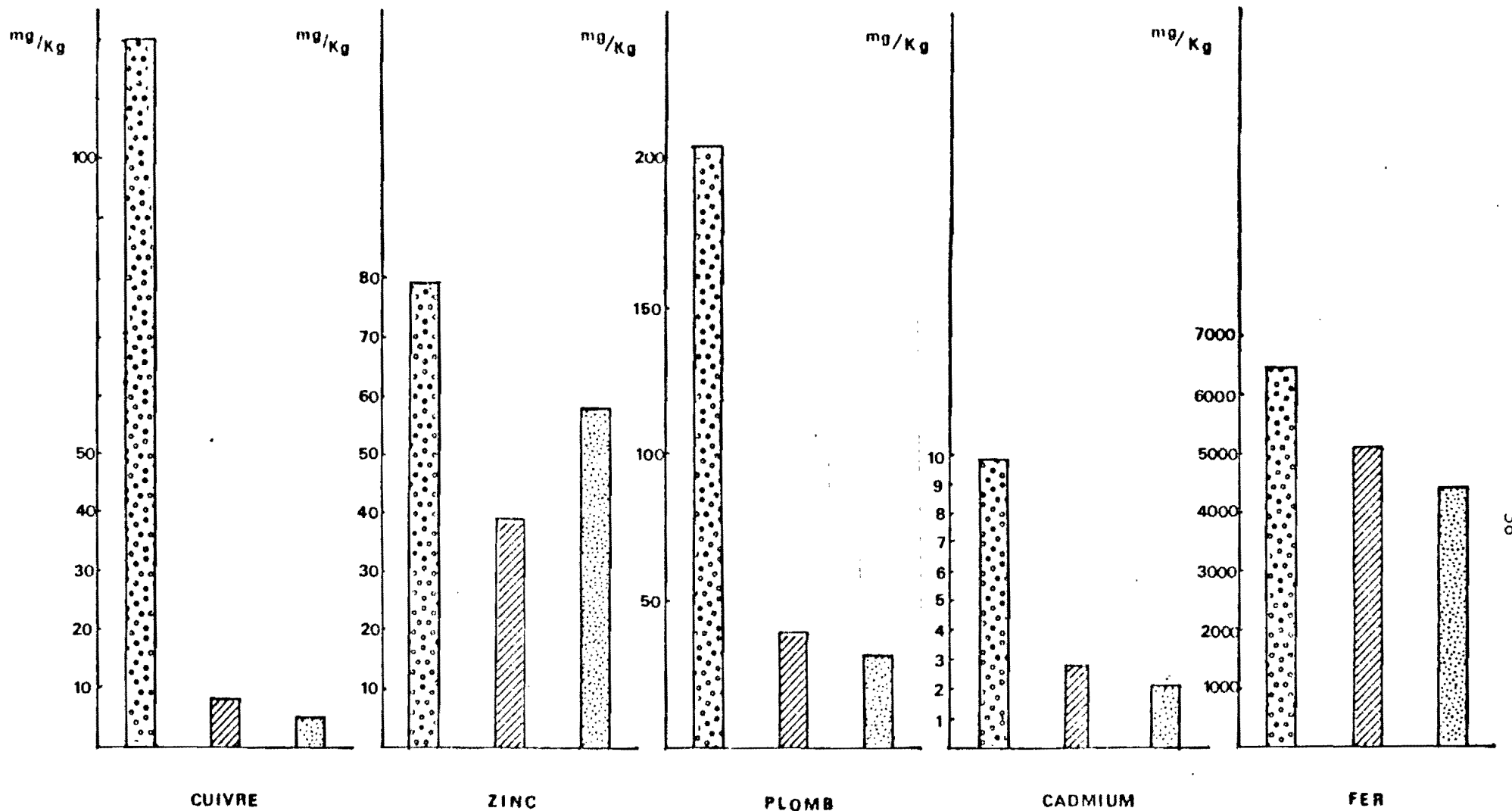


FIGURE 21 : EVOLUTION DE LA TENEUR EN METAUX LOURDS DANS LES GALETS MOUS DE VASE DU DEPOT EXPERIMENTAL.



Teneur en métal de la vase de la darse Sarraz-Bournet



Teneur en métal de la vase 3 mois et demi après le dépôt



Teneur en métal de la vase 5 mois après le dépôt

B) EVOLUTION DE LA TENEUR EN METAUX LOURDS DANS LES VASES DU DEPOT EXPERIMENTAL DE L'OPHELIE

L'analyse des métaux lourds contenus dans les galets mous de vase restés en place a été effectuée lors des prélèvements réalisés trois mois et demi et cinq mois après le dépôt expérimental. Les résultats montrent une diminution des teneurs en cuivre, zinc, plomb, cadmium et fer par rapport à celles de la vase récoltée lors des dragages à la darse Sarraz Bournet (Fig. 21)

Après trois mois et demi, on note une diminution importante des teneurs en cuivre, en plomb et en cadmium. En ce qui concerne le zinc et le fer, la diminution est plus faible. Par la suite, la diminution des concentrations en métaux est beaucoup plus lente. L'anomalie remarquée chez le zinc pourrait s'expliquer par le fait que les analyses ont été réalisées sur un seul échantillon pour chaque prélèvement.

Un tel phénomène de redissolution des micropolluants lors des dragages et opérations annexes a été observé lors des études du dépôt de dragage d'Octeville (C.E.A., 1973 ; Laboratoire d'essais et de contrôle - Port Autonome du Havre).

Le relargage dans le milieu oxydant que constitue l'eau de mer est variable d'un métal à l'autre. Il a été montré (DELABRE, 1985), que le relargage potentiel en pourcentage du métal total se répartit dans l'ordre décroissant  $Cu \gg Pb > Cd > Zn$ . Mais en concentration (mg/kg de sédiment sec), il y a quelques modifications :  $Cu > Zn > Pb \gg Cd$ . Ces résultats correspondent aux possibilités qu'ont les métaux d'être relargués lorsque les sédiments dragués (milieu réducteur) sont déposés en milieu marin ouvert (milieu oxydant). Les analyses de spéciation réalisées par DELABRE (1985) confirment les résultats obtenus lors de notre étude où 94,4 % du cuivre, 81 % du plomb, 71 % du cadmium et 50 % du zinc sont relargués dans les trois premiers mois après les opérations de dragage. Ce taux de relargage est plus faible ensuite, il pourrait s'expliquer par un enfouissement des galets mous dans le sable, les plaçant de nouveau dans des conditions réductrices.

Selon DELABRE (1985), "La majeure partie des métaux relargués est redistribuée entre les différentes fractions du sédiment sans grand échange avec l'eau. Cet échange ne se ferait qu'à court terme après le rejet et en faible concentration : moins de 1 % du métal total pour le

plomb, le zinc et le cuivre, environ 8 % pour le cadmium". Or nos résultats montre que la redistribution dans le sédiment semble néanmoins peu importante au regard des valeurs obtenues dans les sédiments des quatre stations étudiées (A, 4, C et E) (Fig. 22).

On y observe des concentrations moyennes de 1,3 mg/kg pour le cuivre, 4,9 mg/kg pour le zinc, 5,6 mg/kg pour le plomb, 0,8 mg/kg cadmium et 1359,7 mg/kg pour le fer sans contamination plus importante à une station qu'à une autre.

Ces valeurs s'inscrivent d'ailleurs dans les minimales recensées dans les sédiments de la zone subtidale éloignée (3 à 10 km de la côte) (D. DELABRE, 1985).

Elément mg/kg	Moyenne	S	mini	maxi
Cu	7,9	6,7	0,7	50
Zn	182	703	2	4547
Pb	260	820	6,4	5000
Cd	1,67	1,39	0,36	12
Fe	6615	13166	1500	129800

Tableau 5 : Concentrations moyennes des métaux en mg/kg dans la fraction fine (< 63  $\mu$ m) des sédiments de la zone subtidale éloignée du littoral nord de la France (DELABRE, 1985).

La couche supérieure de sable du banc de la Bassure de Baas dans le secteur de l'Ophélie, serait donc relativement peu polluée par les métaux.

La pollution métallique serait plutôt liée à la persistance pendant longtemps (plus de 5 mois) sur la zone de dépôt de galets de vase qui relargueraient progressivement leurs métaux à la fois dans l'eau et le sédiment.

Il est cependant nécessaire de préciser que lors d'un dépôt de vase portuaire, l'essentiel des particules fines subit une dispersion par les courants. Ainsi, des études réalisées par DELABRE (1985) montrent que le

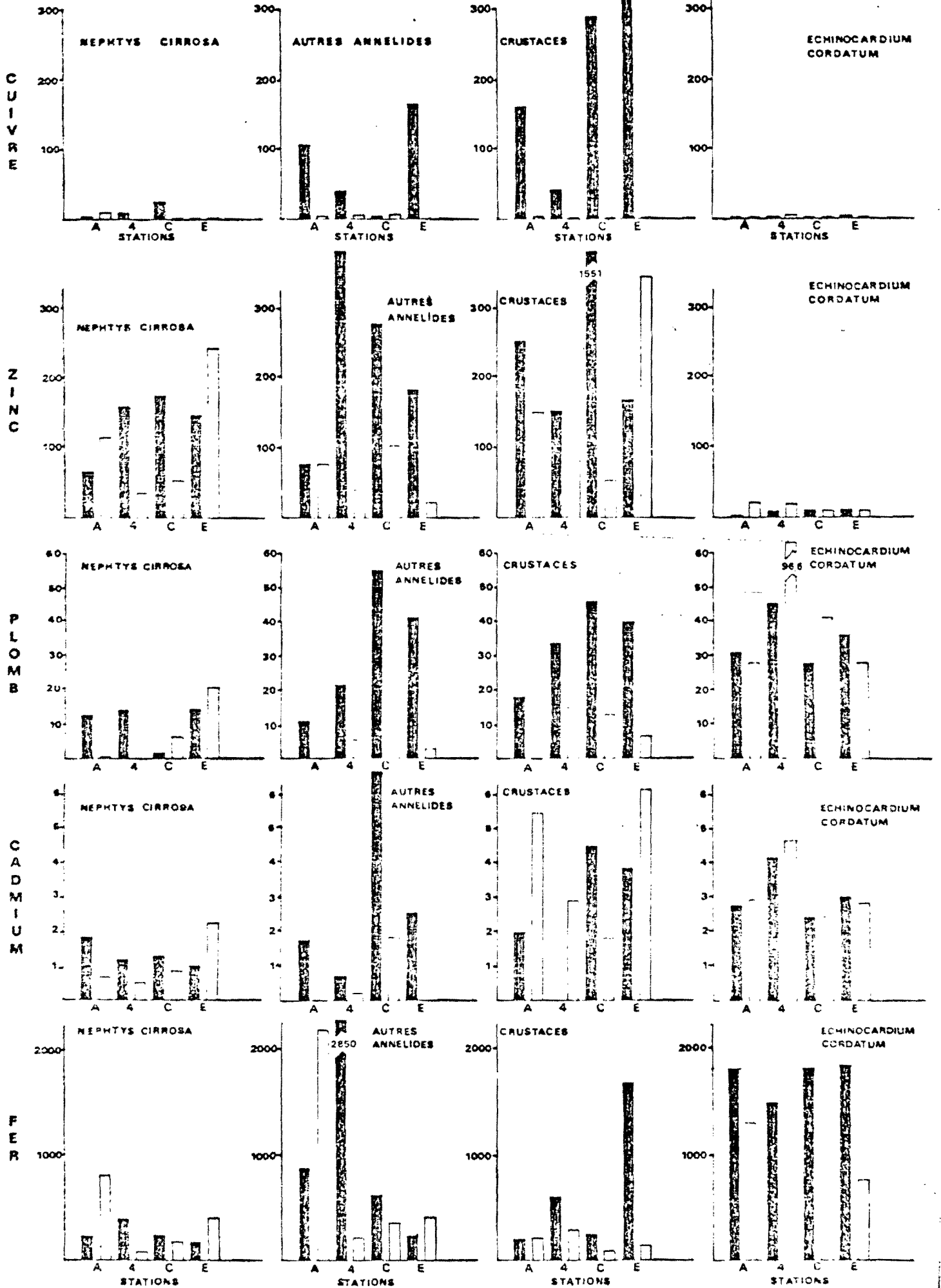


FIGURE 23 : VARIATIONS DE LA CONCENTRATION DU CUIVRE, DU ZINC, DU PLOMB, DU CADMIUM ET DU FER (en mg/Kg de poids sec) TROIS MOIS ET DEMI APRES LE DEPOSIT EXPERIMENTAL (en noir) ET CINQ MOIS APRES LE DEPOSIT (en blanc) AUX QUATRES STATIONS ETUDIEES.

temps nécessaire à la sédimentation des particules de diamètre compris entre 64 à 40  $\mu\text{m}$  serait de 2 h 50 au maximum et 1 h 40 en moyenne pour une hauteur d'eau de 10 m.

Pour les 26 % de particules plus petites, le temps de sédimentation serait de 10 h au minimum. Ces résultats obtenus en laboratoire peuvent être extrapolés au niveau marin. En compte des courants de marée pendant les 6 heures d'une demi-cycle de marée, entraînés par un courant moyen de 2,5 km/h, 26 % des particules en suspension peuvent donc parcourir 15 km. Ceci confirme l'hypothèse de DEWEZ (1985) selon laquelle la majeure partie des vases est dispersée rapidement vers le nord et ne se retrouvent pas dans les sédiments.

### C) SUIVI DE LA POLLUTION METALLIQUE DANS LES ORGANISMES

La nécessité d'avoir pour l'analyse en absorption atomique de flamme, des échantillons d'un poids sec minimum de 1 g, nous a obligé à grouper les échantillons prélevés au quatre stations de l'étude du dépôt expérimental de l'Ophélie. Nous avons regroupé :

- 1) les Nephtys cirrosa,
- 2) les autres annélides,
- 3) les crustacés
- 4) les Echinocardium cordatum.

Les résultats sont rassemblés sur la figure 23.

#### 1. Accumulation métallique chez Nephtys cirrosa

Si Nephtys cirrosa semble peu accumuler le cuivre, par contre elle accumule le plomb, le cadmium, le zinc et le fer.

La relative constance des valeurs du zinc dans les stations "impactées" et "non impactées" trois mois et demi et cinq mois après le dépôt, pourrait s'expliquer par le fait que chez certaines annélides (Nereis diversicolor), l'accumulation du zinc est régulée (BRYAN et HUMMERSTONE, 1971 et 1973). Par contre, celle du cuivre et du cadmium ne le serait pas, ce qui suppose des fluctuations importantes en fonction des concentrations métalliques dans les sédiments et l'eau, phénomène non observé ici chez Nephtys cirrosa. D'autres facteurs interviennent parmi lesquels le régime alimentaire et la saison. Des études actuellement en cours sur un peuplement à Abra alba au large de Gravelines montre d'importantes fluctuations des teneurs en métaux dans le temps chez

Nephtys hombergii, Lanice conchilega, Lagis koreni (DELVAL et coll., 1985). Les teneurs chez Nephtys hombergii sont du même ordre de grandeur que celles observées ici chez Nephtys cirrosa.

### 2. Accumulation métallique chez les autres annélides

Les teneurs en métaux lourds sont très variables d'une station à l'autre et d'une période à l'autre. La tendance générale est à la baisse pour le cuivre, le zinc, le plomb et le cadmium entre mai et juillet.

L'analyse des teneurs en fer montre une accumulation importante aux stations impactées, en mai à la station 4, en juillet à la station A. Cette importante accumulation s'explique par la présence en grand nombre aux stations impactées de Magelona papillicornis en mai et juillet. Cette espèce est connue comme étant indicatrice de l'apport de fer ; l'absorption de particules ferrugineuses semble être continu chez cette espèce (BOILLY et RICHARD, 1978). Les rejets de dragage auraient donc, mis à part l'effet d'envasement observé et celui de perturbation de peuplement de sable fin, un effet de pollution métallique se traduisant par la présence d'espèces indicatrices comme Magelona papillicornis pour le fer, métal dont les teneurs dans les vases portuaires sont très fortes.

### 3. Accumulation métallique chez les crustacés

Les crustacés accumulent beaucoup le cuivre, le zinc, le plomb et le cadmium.

Le cuivre est un élément constitutif de l'hémocyanine, pigment respiratoire des crustacés. Les teneurs en cuivre observées trois mois et demi après le dépôt sont cependant très importantes et traduisent une pollution. Par contre, les très faibles teneurs décelées cinq mois après le dépôt sont assez inexplicables.

Sur les cinq métaux analysés, de fortes variations sont observées chez les crustacés. Des études réalisées par BRYAN (1968) chez les crustacés décapodes montrent d'importantes variations d'une espèce à l'autre, d'un métal à l'autre. Ces études peuvent expliquer en partie la forte variabilité dans le temps et l'espace, que ce soit aux stations "impactées" ou "non impactées".

#### 4. Accumulation métallique chez Echinocardium cordatum

Les teneurs en cuivre et zinc dans cet échinoderme sont faibles. Echinocardium cordatum fixerait peu ces deux métaux.

L'accumulation du plomb, du cadmium et du fer est par contre relativement importante. Le cas du fer est très intéressant puisque l'on note, d'une part, des teneurs sensiblement égales en mai, soit trois mois après le dépôt, d'autre part une baisse générale en juillet, soit cinq mois après le dépôt. Cette baisse serait le signe d'une relative dépollution. L'accumulation du fer se fait chez Echinocardium cordatum sous forme de phosphates dans des granules extracellulaires. Le dépôt est dû à l'oxydation des sels solubles ingérés en milieu réducteur (BUCHANAN et Coll., 1980).

#### 5. Conclusion

Les résultats des analyses métalliques montrent d'importantes variations d'une station à l'autre, d'un groupe zoologique à l'autre, d'un moment à l'autre.

De nombreux facteurs interviennent dans la contamination par les métaux lourds : le métal lui-même, certains caractères physico-chimiques, l'espèce, l'âge des individus, leur taille, leur régime alimentaire, la saison.

Les résultats obtenus ici confirment, malgré les fluctuations parfois importantes, la hiérarchie des métaux en fonction de leur accumulation biologique, à savoir par ordre décroissant :  $Zn > Cu > Pb > Cd$ . (METAYER, AMIARD, AMIARD-TRIQUET et MARCHAND, 1980).

Il a été montré (DELABRE, 1985) que la pollution métallique, très importante à partir de Boulogne-sur-mer serait due en partie aux rejets de dragage puisque de fortes teneurs dans les sédiments s'observent dans les zones de dépôt des ports de Boulogne-sur-mer, Calais et Dunkerque. Toute la bande littorale depuis Boulogne-sur-mer jusqu'à la frontière belge serait contaminée, l'hydrodynamisme intense favorisant la dispersion des matériaux rejetés vers le Nord.

La "surpollution" due aux dépôts expérimental est peu marquée et il faut noter une relative dépollution des organismes benthiques entre mai et juillet 1985, soit 3 et 5 mois après le dépôt de vase.

Cette observation molysmologique tend à confirmer nos conclusions de l'analyse des peuplements benthiques dans laquelle on notait une "récupération" du peuplement cinq mois après le dépôt de vase.



. TABLEAU 6 .

ETUDE COMPORTEMENTALE DE NEPHTYS CIRROSA

Face à un dépôt de vase.

Temps d'expérimentation	Lot expérimental		Lot témoin		
	Côté non envasé	Côté envasé	Mortalité	Vivants	Morts
0 jours	30		0	30	0
7 jours	32	48	0	-	-
13 jours	36	30	14	-	-
21 jours	38	38	4	-	-
28 jours	46	16	18	72	8

. TABLEAU 7 .

ETUDE COMPORTEMENTALE DE OPHIOTRIX FRAGILIS

Face à un dépôt de vase

Temps d'expérimentation	Lot expérimental		Lot témoin	
	VIVANT	MORTALITE	Vivants	Morts
0 jours	100	0	100	29
20 jours	70	30	-	-
50 jours	50	50	71	29

# CHAPITRE V : ETUDE BIOLOGIQUE :

## COMPORTEMENT DES ANIMAUX

### EN LABORATOIRE

Nous avons réalisé à la Station Marine de Wimereux des études en aquarium du comportement des animaux soumis à des rejets de vase. Le dosage des métaux dans les organismes a également été effectué.

#### 1) ETUDE COMPORTEMENTALE DES ANIMAUX

##### 1.1. Comportement de *Nephtys cirrosa*

L'expérience dont le dispositif expérimental est décrit dans la partie méthodologie a été répétée quatre fois, pour des durées de 7, 13, 21 et 28 jours avec pour chacune un effectif de 80 *Nephtys cirrosa*.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 6.

On constate que le taux de mortalité est variable. Aussi est-il difficile de faire la part entre la mortalité due à la présence de vase et celle due aux blessures contractées lors de la récolte, même s'il n'a été conservé que des individus apparemment sains pour l'expérimentation.

On ne peut conclure à un comportement de fuite hors de la zone envasée. *Nephtys cirrosa* serait indifférente à cette pollution, ce qui confirme sa présence en grand nombre tant dans la zone pratique de rejet qu'au niveau du rejet expérimental de l'Ophélie.

##### 1.2. Comportement de *Ophiotrix fragilis*

L'expérience a été répétée deux fois, pour des durées de 28 et 50 jours.

Dès que la vase est mise dans l'aquarium, un comportement de fuite est observé ; les ophiures se réfugient sur les cailloux dépassant de la vase et dans le secteur indemne de dépôt. Peu de déplacements s'observent ensuite dans les deux aquariums, que ce soit pour une durée de 28 jours ou de 50 jours.

La mortalité est importante (Tableau 7).

Elle doit être liée aux possibilités de survie de *Ophiotrix fragilis*

en aquarium et aux difficultés de récolte d'individus entiers.

### 1.3. Conclusion

Cette étude comportementale n'apporte que peu de renseignements sur l'effet des rejets de dragage. Elle est une approche du problème et nécessite une répétition des expériences de façon à permettre une analyse statistique. D'autre part, les espèces choisies devraient plutôt être celles dont les fluctuations dans le temps furent étudiées au chapitre précédent : Magelona papillicornis, Spio filicornis, Ophelia borealis, Echinocardium cordatum.

## 2) CONTAMINATION METALLIQUE

### 2.1. Contamination chez Nephtys cirrosa

#### 2.1.1. Teneur en métaux dans les sédiments

L'analyse des métaux contenus dans les sédiments de l'aquarium contenant les Nephtys cirrosa exposées à la vase pendant 28 jours a été réalisée. La figure 24 donne les résultats de cette analyse.

Après dépôt et séjour dans l'aquarium, les teneurs en métaux de la vase sont inférieures à celles du début de l'expérience, l'analyse ayant été réalisée au moment des prélèvements de vase dans la rade. Il y a donc relargage des métaux consécutif à l'oxydation en surface (Photo 4).

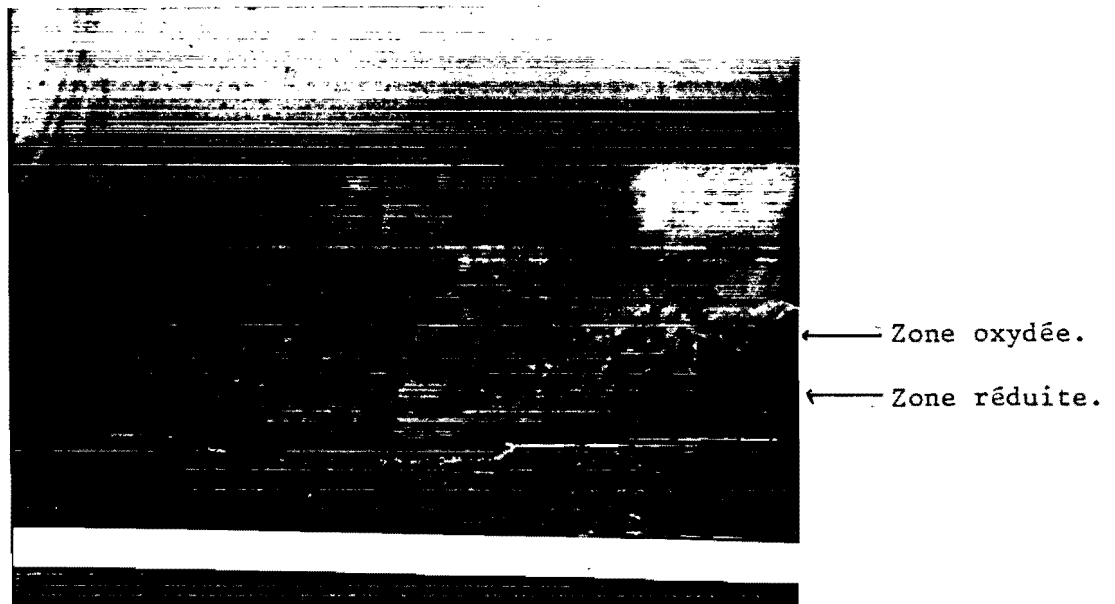





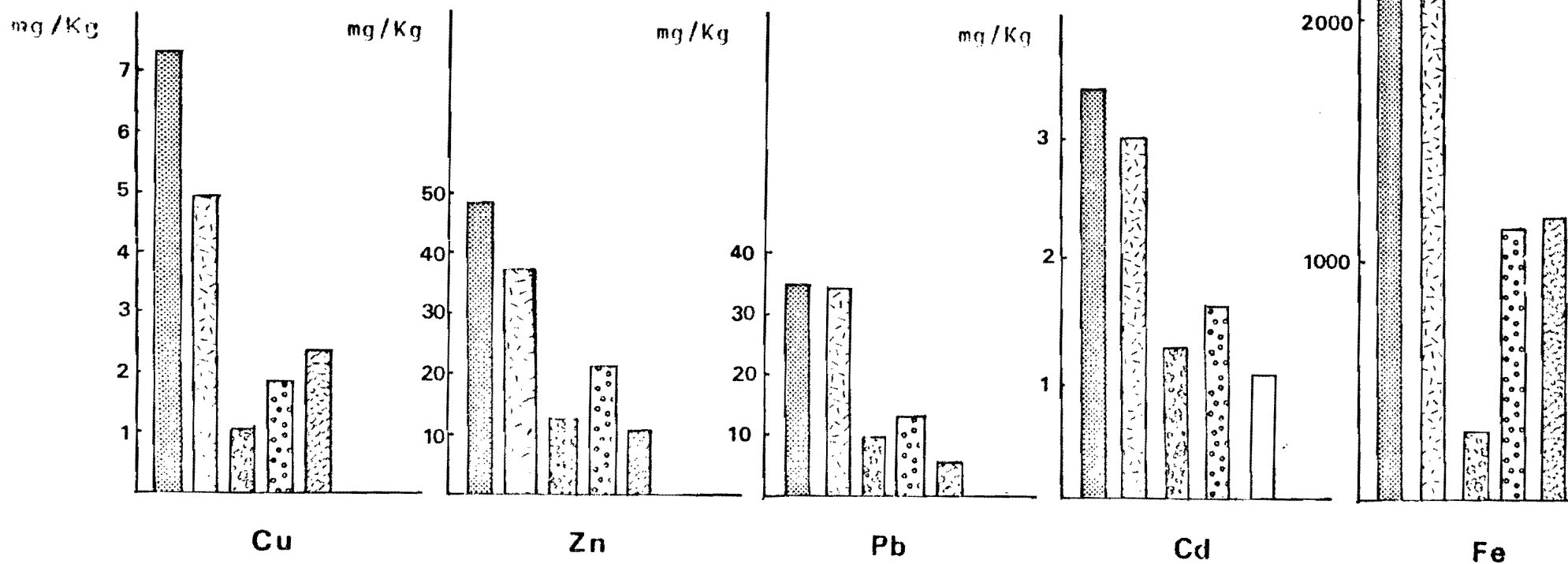


PHOTO 4 ; DEPOT DE VASE EN AQUARIUM,

-  Teneur en métal de la vase prélevée en rade de BOHECET - SUR MER.
-  Teneur en métal de la vase au bout de 28 jours d'expérimentation.
-  Teneur en métal du sable dans le secteur envasé au bout de 29 jours.
-  Teneur en métal du sable dans le secteur non envasé au bout de 29 jours.
-  Teneur en métal du sable du lieu de prélèvement de *Nephtys cirrosa* (Plage de WIMEREUX).



Contamination métallique des sédiments.

Expériences en Aquarium. Teneurs en mg/kg de poids sec.

. FIGURE 24 .

D'autre part, une contamination en plomb, zinc et cadmium du sable des aquariums est observée par rapport aux teneurs de ces métaux dans le sable ayant servi à ces expériences. Ce sable, provenant de la plage de Wimereux présente des concentrations en métaux relativement faibles par rapport à celles observées par DELABRE (1985) sur les estrans du littoral Nord de la France. La comparaison est assez difficile puisque dans notre étude, c'est le sable total qui fut analysé alors que DELABRE n'analysait que la fraction fine. On peut cependant en conclure que ce sont les particules fines, argileuses et organiques qui retiennent le plus les métaux, fait observé par de nombreux auteurs.






La contamination est plus forte pour les cinq métaux étudiés dans le secteur non envasé. L'oxydation observée à la surface de la vase permettant une redissolution des métaux d'une part, le transport de particules fines de vase dans le secteur non envasé d'autre part expliquent cette différence. Le sable non envasé est moins "protégé" de la pollution métallique que le sable recouvert par la vase.

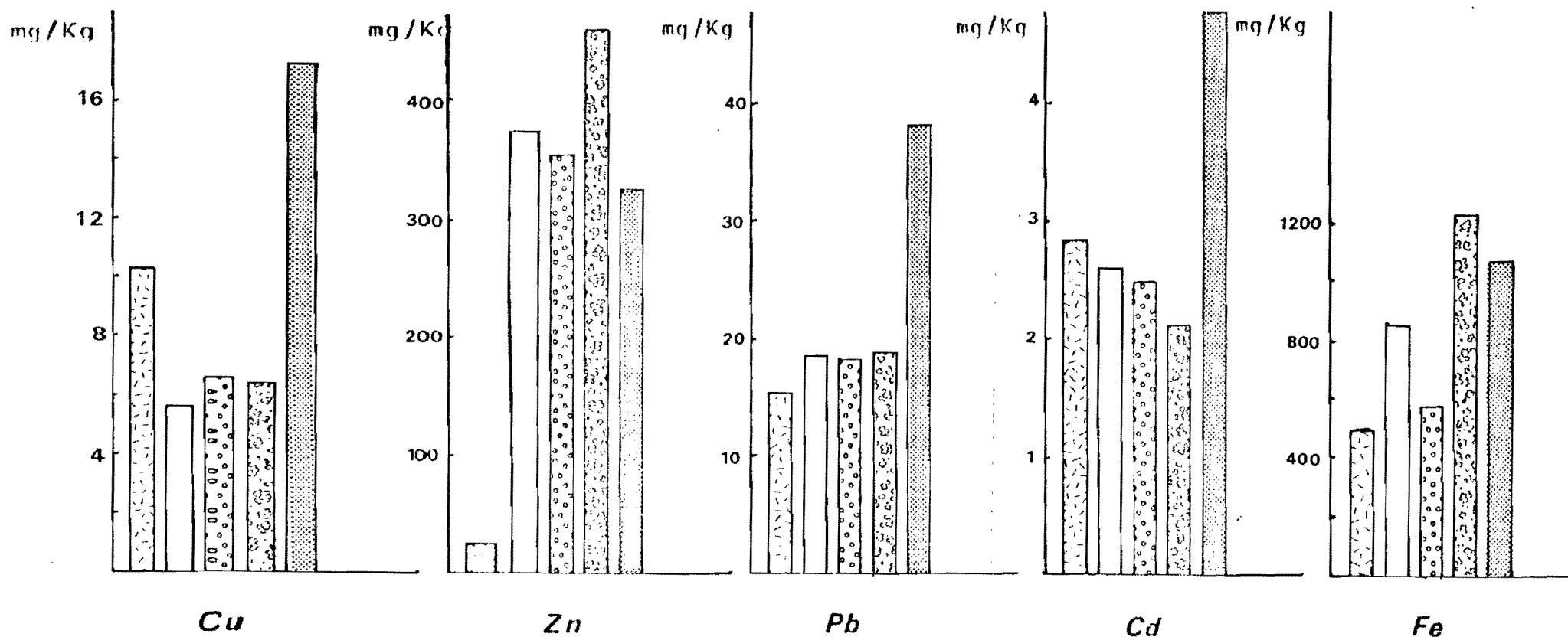
#### 2.1.2. Teneurs en métaux dans les organismes

Des Nephtys cirrosa prélevées sur la plage de Wimereux ont été prises comme témoin de cette analyse qui fut effectuée sur des lots d'individus restés en contact avec la vase pendant 21 et 28 jours. Les résultats sont résumés dans la figure 25.




La comparaison avec le témoin montre de façon générale une contamination très forte pour le zinc, moyenne pour les autres métaux. Les teneurs sont plus fortes au bout de 28 jours qu'au bout de 21 jours, pour tous les métaux sauf le zinc, signe d'une absorption continue du cuivre, du plomb, du cadmium par Nephtys cirrosa. Par contre les teneurs en zinc semblent relativement constantes dans le temps, ce qui confirmerait l'hypothèse émise lors du suivi de la pollution métallique dans les organismes du rejet expérimental de l'Ophélie quant à la régulation de ce métal par Nephtys cirrosa.

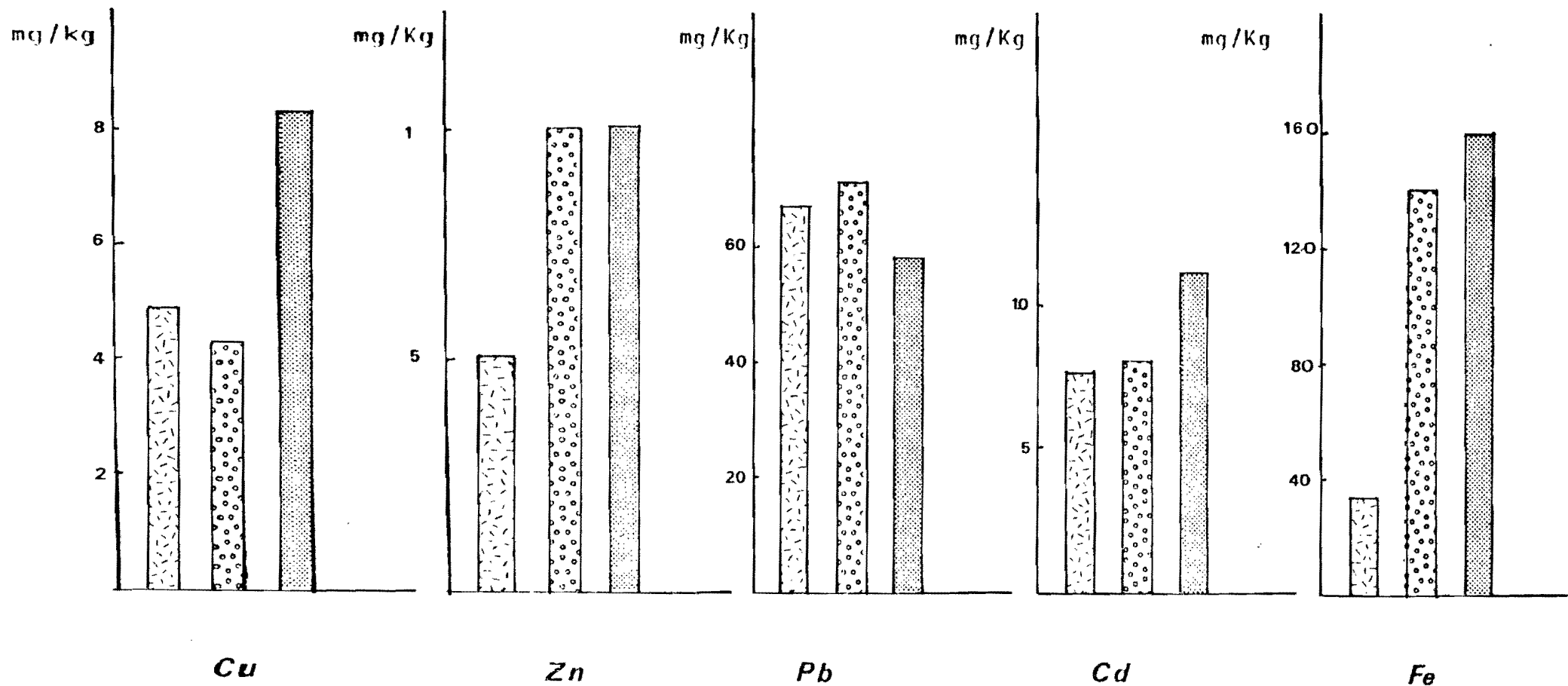
Si la différence entre les deux secteurs de l'aquarium n'est pas nette au bout de 21 jours, elle l'est au bout de 28 jours, particulièrement pour le cuivre, le plomb et le cadmium dont les teneurs sont doubles dans le secteur non envasé. Cette observation confirme les

-  Teneur en métal du témoin.
-  Teneur en métal des organismes récoltés dans le secteur envasé au bout de 21 jours.
-  Teneur en métal des organismes récoltés dans le secteur non envasé au bout de 21 jours.
-  Teneur en métal des organismes récoltés dans le secteur envasé au bout de 28 jours.
-  Teneur en métal des organismes récoltés dans le secteur non envasé au bout de 28 jours.



. CONTAMINATION METALLIQUE DE HEPHEYS CIRROSA.  
Teneurs en mg/Kg de poids sec.

-  Teneur en métal du témoin.
-  Teneur en métal des organismes restés en contact avec la vase pendant 28 jours.
-  Teneur en métal des organismes restés en contact avec la vase pendant 50 jours.



CONTAMINATION METALLIQUE DE OPHIOTRIX EPACILIS.  
Teneur en mg/Kg de poids sec.

. FIGURE 26 .

faits observés dans les sédiments.

La comparaison avec les Nephtys cirrosa analysées sur le site de l'Ophélie montre qu'un contact prolongé avec la vase a pour effet d'augmenter de façon notable les teneurs en métaux lourds dans les organismes. Cette augmentation est forte pour le cadmium, le zinc et à un degré moindre pour le plomb et le fer. Le fait que les teneurs en zinc soient doubles entre le dépôt de l'Ophélie (200 mg/kg en moyenne) et les expériences en laboratoire (400 mg/kg en moyenne) ne remet pas en question la régulation de ce métal par Nephtys cirrosa.

La régulation pourrait être proportionnelle aux teneurs de ce métal dans les sédiments.

### 2.2. Contamination chez Ophiotrix fragilis

La comparaison des teneurs en métaux du lot témoin d'Ophiotrix fragilis prélevé au large du cap Gris-Nez avec ceux des deux bacs d'élevage montre une contamination importante par le zinc et le fer (Fig. 26).

Par contre, la contamination par le plomb n'est pas plus forte dans les organismes soumis à l'expérimentation que dans le témoin. Les fortes teneurs en plomb observées par DELABRE dans les sédiments entre les caps Gris-Nez et Blanc-Nez peuvent expliquer cette constance.

Si pour le zinc, le plomb et le fer, les teneurs restent du même ordre de grandeur entre 28 et 50 jours, elles sont légèrement supérieures pour le cadmium et doublent pour le cuivre chez les individus restés en contact avec la vase pendant 50 jours.

### 2.3. Conclusion

La complexité des phénomènes de contamination métallique chez les organismes benthiques déjà observée dans les études réalisées in situ au dépôt expérimental de l'Ophélie se trouve confirmée dans cette étude en laboratoire. Elle confirme certains points parmi lesquels la régulation du zinc par Nephtys cirrosa.

Elle montre que la réponse d'une pollution métallique est variable d'une espèce à l'autre. Ainsi, si l'absorption du zinc est faible en quantité chez Ophiotrix fragilis (de l'ordre de 10 mg/kg), elle est très forte chez Nephtys cirrosa (supérieure à 300 mg/kg), la vase utilisée pour les deux expériences étant la même.



## CONCLUSION GENERALE

L'étude que nous avons réalisée contribue à la connaissance des effets des rejets de dragage en mer. Ils sont de deux types :

- une perturbation limitée dans l'espace des peuplements benthiques
- une pollution métallique à la base d'une pollution de zone observée sur l'ensemble du littoral Nord de la France.

L'étude particulière des rejets de dragage du port de Boulogne-sur-mer montre :

- un léger envasement dû à la persistance de galets mous de vase permettant à des espèces typiques de sédiments envasés de côtoyer des espèces typiques de sables fins.
- un déséquilibre faunistique du faciès des sables fins dans la zone de dépôt et ses environs.

Le suivi d'un dépôt expérimental effectué en dehors de la zone de rejet confirme ces effets. Une recolonisation du substrat par certaines espèces momentanément perturbées est à noter dans les cinq mois qui suivent le rejet.

La pollution métallique due aux rejets de dragage suggérée par les études de DELABRE se trouve confirmée par l'analyse des métaux dans les sédiments et les organismes. Cependant les analyses montrent toute la complexité de ce type de pollution. D'autres études en laboratoire et sur le terrain devraient être entreprises de façon à, d'une part trouver des espèces indicatrices de la présence de métaux comme Magelona papillicornis pour le fer et d'autre part d'analyser le comportement de chaque métal dans chacune des espèces étudiées.

L'ensemble de ces études permettrait un diagnostic plus facile des effets des rejets de dragage et des pollutions métalliques sur le milieu marin.

Il est impossible de remettre en cause le moyen qu'ont les Services Maritimes de se débarrasser des produits de dragage. Il faut attirer l'attention sur le fait que les rejets doivent se faire dans la zone autorisée de rejet, zone qui n'est pas toujours respectée en raison de



## BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1968 - Courants de marée dans la Manche et sur les côtes françaises de l'Atlantique. Services d'hydrographie et d'océanographie de la marine. S.H. 550. Paris, 287 p.
- BOILLY B. et RICHARD A., 1978 - Accumulation du fer chez une annélide polychète : Magelona papillicornis. O. F. MULLER. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 286, 4 p.
- BRYAN G.W., 1968 - Concentration of zinc and copper in the tissues of Decapod crustaceans. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 48, 303-321.
- BRYAN G.W. et HUMMERSTONE L.G., 1971 - Adaptation of the polychaete Nereis diversicolor to estuarine sediments containing high concentration of heavy metal. I. General observation and adaptation to copper. J. Mar. Biol. Ass. U.K. , 51, 845-863.
- BRYAN G.W. et HUMMERSTONE L.G., 1973 - Adaptation of the polychaete Nereis diversicolor to estuarine sediment containing high concentration of zinc and cadmium. J. Mar. Biol. Ass. U.K. , 53, 839-857.
- BRYLINSKI J.M., 1975 - Etude du zooplancton marin de la région de Boulogne-sur-mer. Diplôme d'études Approfondies. U.S.T. Lille, 90 p.
- BRYLINSKI J.M., 1979 - Etude de l'écosystème portuaire de Dunkerque. Populations zooplanctoniques. Thèse de 3ème cycle. Biologie de la reproduction et du développement. U.S.T. Lille, 187 p.
- BUCHANAN J.B., BROWN B.E., COOMBS J.L., PIRIE B.J.S. et ALLEN J.A., 1980 - The accumulation of ferric iron in the guts of some spatangoid Echinoderms. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 60, 631-640.

t peut  
icules  
e des  
he en

CHAUVIN P., FREGER G. et GUYADER J., 1985 - Synthèse des connaissances sur les effets du dépôt de dragage d'Octeville. Colloque "Baie de Seine", Caen, Vol. 2 (résumés), 287-292.

DELABRE D., 1985 - Les métaux lourds dans les sédiments du littoral Nord de la France et leur disponibilité lors des rejets de dragages. 151 p.

DELVAL C., BOURGAIN J.L., DEWARUMEZ J.M., WARTEL M. et RICHARD A., 1985 - Contamination des espèces benthiques par les polluants métalliques. Séminaire "Etude intégrée du littoral", Ambleteuse.

DEWEZ S., 1985 - Dynamique sédimentaire et rejets de dragages au large de Boulogne-sur-mer. Diplôme d'Etudes Approfondies. U.S.T. Lille, 49 p.

FLEMER D.A., DOVEL W.L., PFITZENMEYERDE H.T. et RITCHIE D.E., 1968 - Biological effects of spoil disposal in Chesapeake Bay. Journal of Sanitary Engineering Division, 683-706.

FRONTIER S., 1976 - Utilisation des diagrammes rang-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. J. Rech. Océanogr. Vol. 1, 3, 35-48.

HARRISON W., 1965 - Environmental effects of dredging and spoil deposition. Land and Sea Interaction laboratory. Institute for Oceanography, ESSA. Atlantic marine center Werfolk. Virginia, 25 p.

LEGENBRE L., LEGENBRE P., 1979 - Ecologie numérique. 2 - La structure des données écologiques. MASSON, Ed., 254 p.

METAYER C., AMIARD J.C., AMIARD-TRIQUET C. et MARCHAND J., 1980 - Etude du transfert de quelques oligo-éléments dans les chaînes trophiques néritiques et estuariennes. Accumulation biologique chez les poissons omnivores et super carnivores. Helgoländer Meeresuntersuchungen, 34, 179-191.

MIGNIOT C., 1977 - Action des courants, de la houle et du vent sur les sédiments. La houille blanche, 1, 9-47.

PRYGIEL J., 1983 - Benthos de la Bassure de Baas. Etude comparative de la communauté à Ophelia borealis. Diplôme d'Etudes Approfondies. U.S.T.Lille, 33 p.

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