

ISN 42301

DEL 2662

Institut Pasteur de Lille  
Service Eaux-Environnement

Université des Sciences et Techniques de Lille  
Station Marine de Wimereux

**BIOACCUMULATION DANS LA CHAÎNE ALIMENTAIRE**  
**DU LITTORAL NORD - PAS DE CALAIS**

Oudart E.  
L'Hopitault J.C.  
Delattre J.M.

Lemaire J.  
Janquin M.A.  
Degros N.  
Richard A.

## SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
<b><u>INTRODUCTION</u></b>	1
<b><u>PREMIERE PARTIE - PRELEVEMENTS ET METHODES D'ANALYSE</u></b>	2
1 - Prélèvements	3
2 - Méthodes d'analyses	10
<b><u>DEUXIEME PARTIE - ANALYSE DES POLLUANTS DANS CHAQUE MAILLON</u></b>	13
1 - Matières en suspension	14
2 - Phytoplancton et zooplancton	16
3 - Lamellibranches	17
4 - Crevettes et arénicoles	18
5 - Poissons	19
6 - Résumé - conclusions	24
<b><u>TROISIEME PARTIE - EVALUATION DE LA BIOACCUMULATION PAR LES ORGANISMES MARINS</u></b>	27
1 - Matières en suspension - Consommateurs primaires	29
2 - Phytoplancton - Zooplancton - Moules	30
3 - Consommateurs primaires - Consommateurs secondaires	32
4 - Résumé - conclusions	35
<b><u>QUATRIEME PARTIE - ETUDE ANATOMO-PATHOLOGIQUE DES POISSONS LITTORAUX</u></b>	37
<b><u>CINQUIEME PARTIE - RESUME / CONCLUSIONS</u></b>	51
<b><u>ANNEXES</u></b>	56

## INTRODUCTION

. La bioaccumulation des métaux et polluants organiques toxiques dans les chaînes biologiques est un des effets les plus pernicioeux de la pollution des eaux marines. Responsable d'accidents imprévisibles au vu des teneurs relevées dans les eaux (mercure à Minamata, DDT dans l'Arctique, ...) elle est extrêmement difficile à modéliser *in vitro*, tant sont nombreux les paramètres et interactions en jeu (température, pH, salinité, durée ; forme chimique du polluant, ions associés ; espèce étudiée, organe, stade, ...).

. Le but de la présente étude est d'évaluer la bioaccumulation par les organismes marins, à partir de prélèvements choisis en tenant compte des chaînes alimentaires et des contaminations-naturelles ou non- du littoral Nord - Pas de Calais.

. Ce travail comporte une phase d'analyses des polluants (Institut Pasteur de Lille) et une phase d'observation des effets de ces polluants par analyses anatomopathologiques de poissons (Station Marine de Wimereux).

**PREMIERE PARTIE**

**PRELEVEMENTS ET METHODES D'ANALYSES**

## 1 - LES PRELEVEMENTS

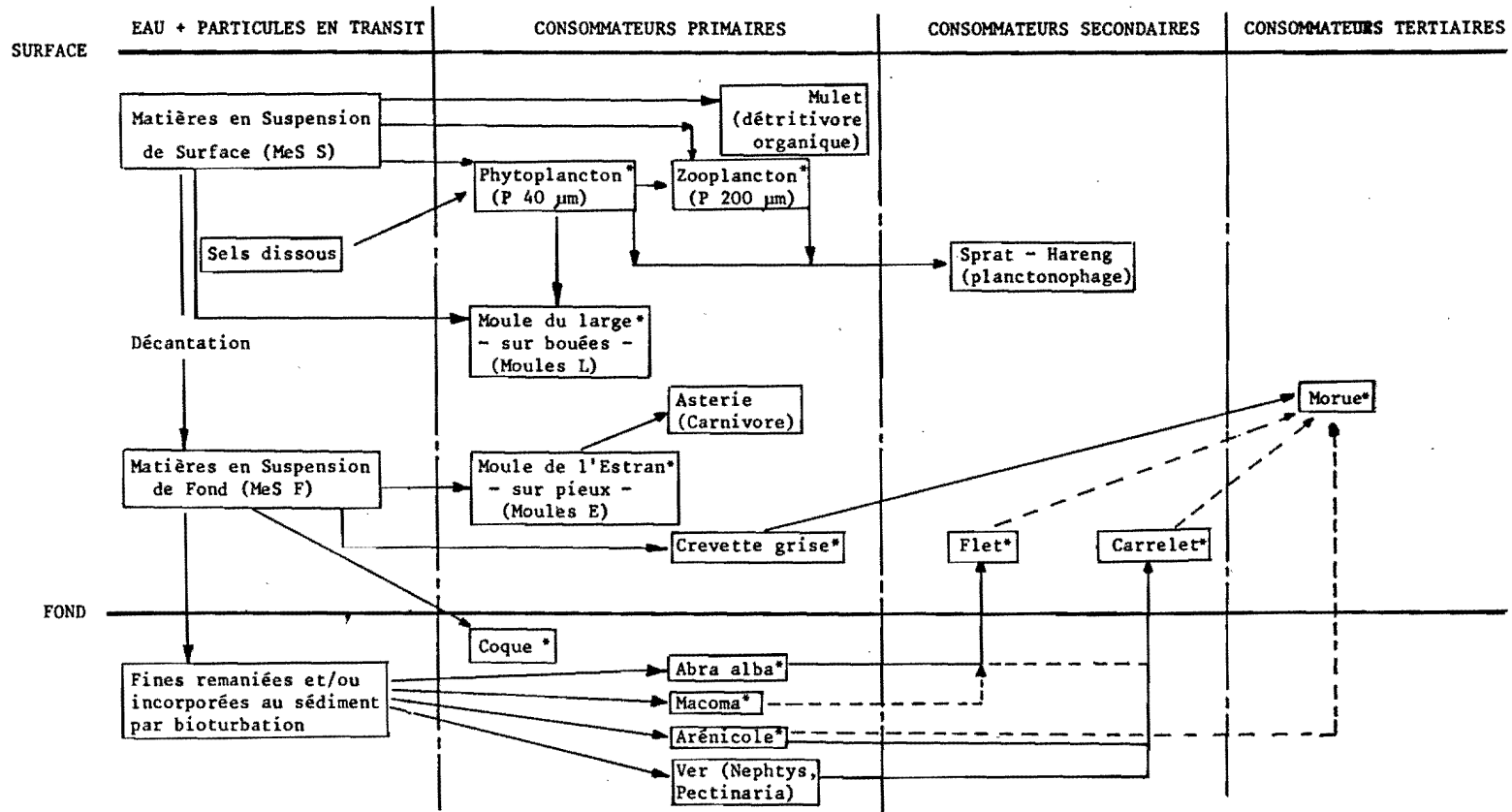
### 1.1 / MAILLONS ETUDIES

Ils ont été déterminés en fonction de la chaîne "trophodynamique" propre au littoral Nord - Pas de Calais (Fig. 1 p. 4). Ils se regroupent en trois grands niveaux :

- les particules en transit,
- les consommateurs primaires,
- les consommateurs secondaires.

#### 1.1.1 / Les particules en transit :

- . Ces particules, minérales et/ou organiques, sont véhiculées le long du littoral par les courants de marée. Les prélèvements ont tous eu lieu à la fin du courant de flot (PM+2h à PM+3h environ), moment où les rejets locaux (évacuations portuaires et fluviales, rejets industriels, ...) se sont mélangés aux masses d'eaux marines venant de l'amont (Sud - Sud Ouest).
- . Une partie de ces particules sédimente dans les zones d'hydrodynamisme atténué, où elles sont incorporées au sédiment, soit directement par simple remaniement sédimentaire, soit par bioturbation (action des organismes fouisseurs et des transits digestifs).
- . Ces particules en suspension sont directement absorbées par des poissons tel le mulot (détritivore organique), ou assimilées par des organismes suspensivores telles la moule et la coque, ou incorporées au plancton. Après décantation elles sont reprises par des détritivores de surface telle la crevette grise, de sub-surface telle l'*Abra alba*, ou par des limnivores tel l'arénicole.
- . D'où deux niveaux de prélèvements :
  - eau de surface (Matières en Suspension de Surface : MeS S) ;
  - eau près du fond (Matières en Suspension de Fond : MeS F).Ces prélèvements ont été effectués à la pompe.
- . Une fois prélevés, les 60 litres d'eaux (30 litres en surface, 30 litres au fond) étaient conservés à + 4°C, puis acheminés dans les 24h à l'Institut Pasteur de Lille (IPL), où les MeS étaient recueillies par filtration.



\*Maillon examiné dans cette étude

Figure 1 - Chaîne "trophodynamique" du littoral Nord - Pas de Calais

### 1.1.2 / Les consommateurs primaires

. Ils constituent le maillon suivant directement celui des matières en suspension.

. On distingue deux classes d'organismes :

#### - Les organismes suspensivores :

◇ Plancton : des prélèvements de phytoplancton (filet à mailles de 40  $\mu\text{m}$ ) (P 40  $\mu\text{m}$ ) et de zooplancton (filet à mailles de 200  $\mu\text{m}$ ) (P 200  $\mu\text{m}$ ) ont été réalisés sur l'ensemble de la couche d'eau (traits verticaux). Après prélèvement le plancton était conservé à +4°C en bouteilles de 2 litres, puis acheminé dans les 24h à l'IPL où il était recueilli par filtration sur toile nylon de 40  $\mu\text{m}$  (phytoplancton) et de 200  $\mu\text{m}$  (zooplancton).

◇ Moules : elles se nourrissent de plancton et de matières en suspension. Des prélèvements ont été effectués sur des bouées de navigation (moules se nourrissant de MeS S) et sur des pieux (moules se nourrissant de MeS F).

◇ Coques : comme les moules, ce sont des suspensivores actifs, qui liés au sédiment incorporent des particules décantées (MeS F) mais non encore associées au fond.  
Prélèvement à pied.

#### - Les organismes détritivores :

◇ Crevettes grises : ce sont des dépositivores de surface. Prélèvements au chalut à perche, à pied à basse mer.

◇ Arénicoles : ce sont des vers communs qui consomment la matière organique du sédiment (limnivores).  
Prélèvements à pied, au niveau des basses mers.

◇ Macoma, *Abra alba* : ce sont des lamellibranches, dépositivores de subsurface, qui ingèrent la matière organique du sédiment.  
Prélèvements à pied.

### 1.1.3 / Les consommateurs secondaires

. Ce sont des poissons (prélèvements au chalut) qui se nourrissent de consommateurs primaires.

. Trois espèces ont été étudiées :

◇ Morue : c'est un poisson nectobenthique carnivore dont le régime alimentaire est constitué principalement de crevettes et de vers dont les arénicoles. A l'âge adulte les grandes morues ne nourrissent également de poissons plus petits, tels les carrelets, et à ce titre peuvent être qualifiées de "consommateurs tertiaires".

◇ Flet : c'est un poisson plat benthique carnivore, plus ou moins sédentaire. Jeune, il se nourrit essentiellement d'annelides, et adulte d'*Abra*.

◇ Carrelet : c'est aussi un poisson plat benthique carnivore, mais migrateur. Il se nourrit de vers dont les arénicoles et d'*Abra* éventuellement.

. Deux organes ont été étudiés : le muscle (consommé par l'homme) et le foie (organe accumulateur et détoxifiant).

## 1.2 / SITES

. Les prélèvements ont été réalisés en deux sites :

- la zone de Calais-Dunkerque (Fig. 2 p. 8), affectée par de nombreux polluants comme l'ont montré plusieurs études antérieures (1ère phase de l'étude intégrée),

- la zone d'Hardelot (Fig. 3 p. 9), au Sud de Boulogne, éloignée des rejets polluants locaux les plus importants. C'est le site "témoin".

## 1.3 / ORGANISATION

. Tous les prélèvements, à l'exception de ceux des moules et coques, ont été assurés par la Station Marine de Wimereux (SMW).



. Comme on l'a vu plus haut, différents modes de prélèvements ont été adoptés :

- la benne pour les mollusques (*Abra*, *Macoma*)
  - le chalut : pour les poissons et les crevettes
  - le filet à plancton (40 et 200  $\mu\text{m}$ )
  - la pompe : pour les matières en suspension.
- } depuis le N/O SEPIA II de la  
SMW

. Les coques, arénicoles, moules ont été prélevées à pied.

. A chaque mission, un nombre maximal de "maillons" était prélevé dans la mesure du possible. Les prélèvements, échelonnés entre le 28 Septembre 1987 et le 29 Juin 1988, peuvent être regroupés en six campagnes :

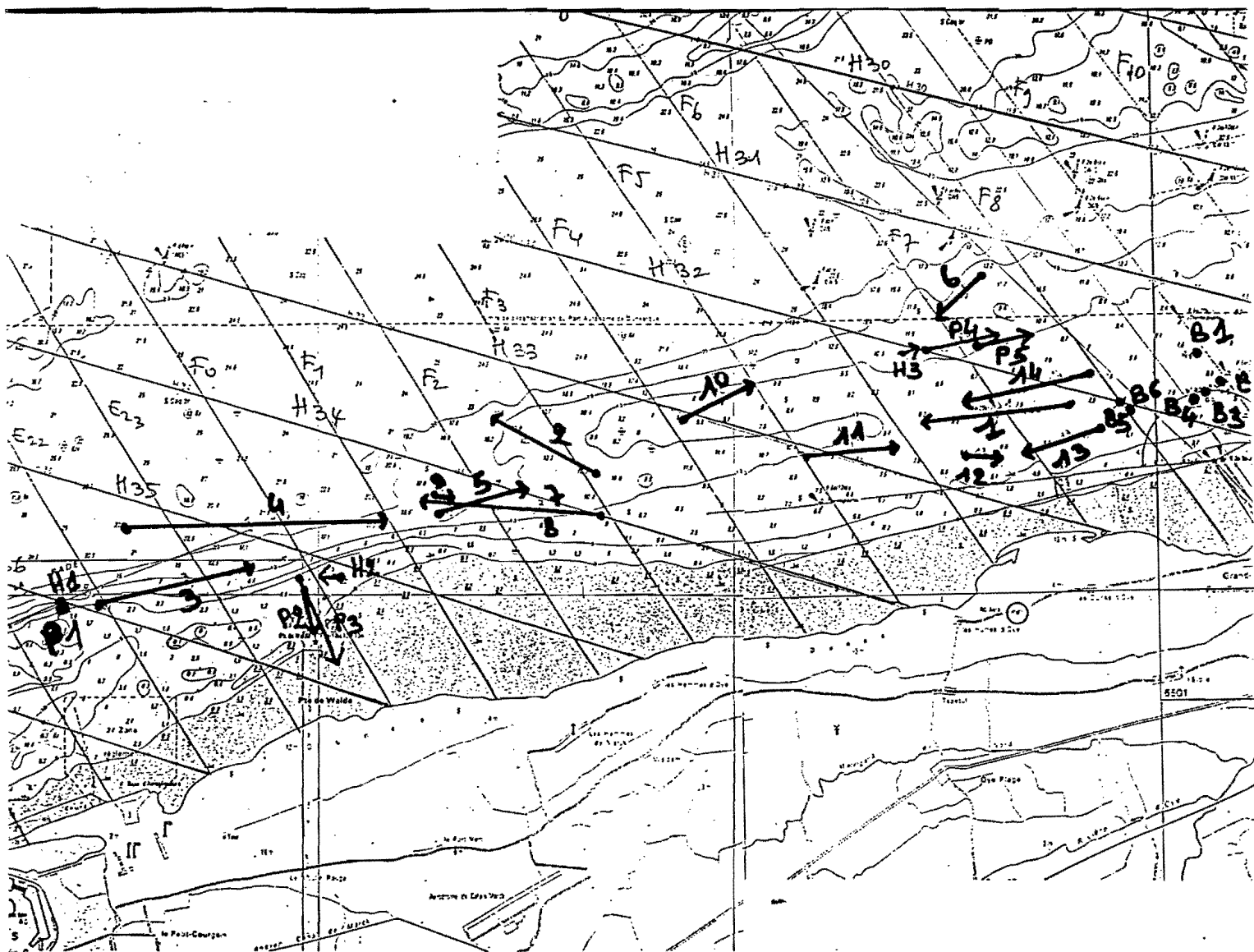
- Hardelot - 1ère campagne d'automne - début d'hiver : 28-09-87/09-11-87
- Hardelot - 2ème campagne d'hiver : 28-01-88/22-02-88
- Calais - Dunkerque - 1ère campagne d'automne - début d'hiver :  
30-09-87/18-11-87
- Calais - Dunkerque - 2ème campagne de printemps : 19-04-88
- Calais - Dunkerque : 3ème campagne d'été : 06-06-88
- Calais - Dunkerque : 4ème campagne d'été : 29-06-88

Cependant, pour certaines campagnes, quelques "maillons" ont fait défaut, ce qui est normal eu égard à leur biologie (migration des morues, petitesse des foies de flet, pauvreté des eaux marines en plancton à certaines époques, ...).

. Dès leur prélèvement, les échantillons étaient congelés à - 30°C à bord du navire SEPIA II puis au laboratoire par la SMW, et lyophilisés dès réception à l'IPL.

. En ce qui concerne les poissons, ils étaient regroupés en classes de tailles (en moyenne 5 à 10 individus par classes). Les poissons présentant des anomalies cutanées ou des aspects pathologiques étaient conservés par la SMW pour des analyses histocytologiques.

Figure 2 - Zone de Calais-Dunkerque  
Localisation des prélèvements



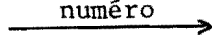
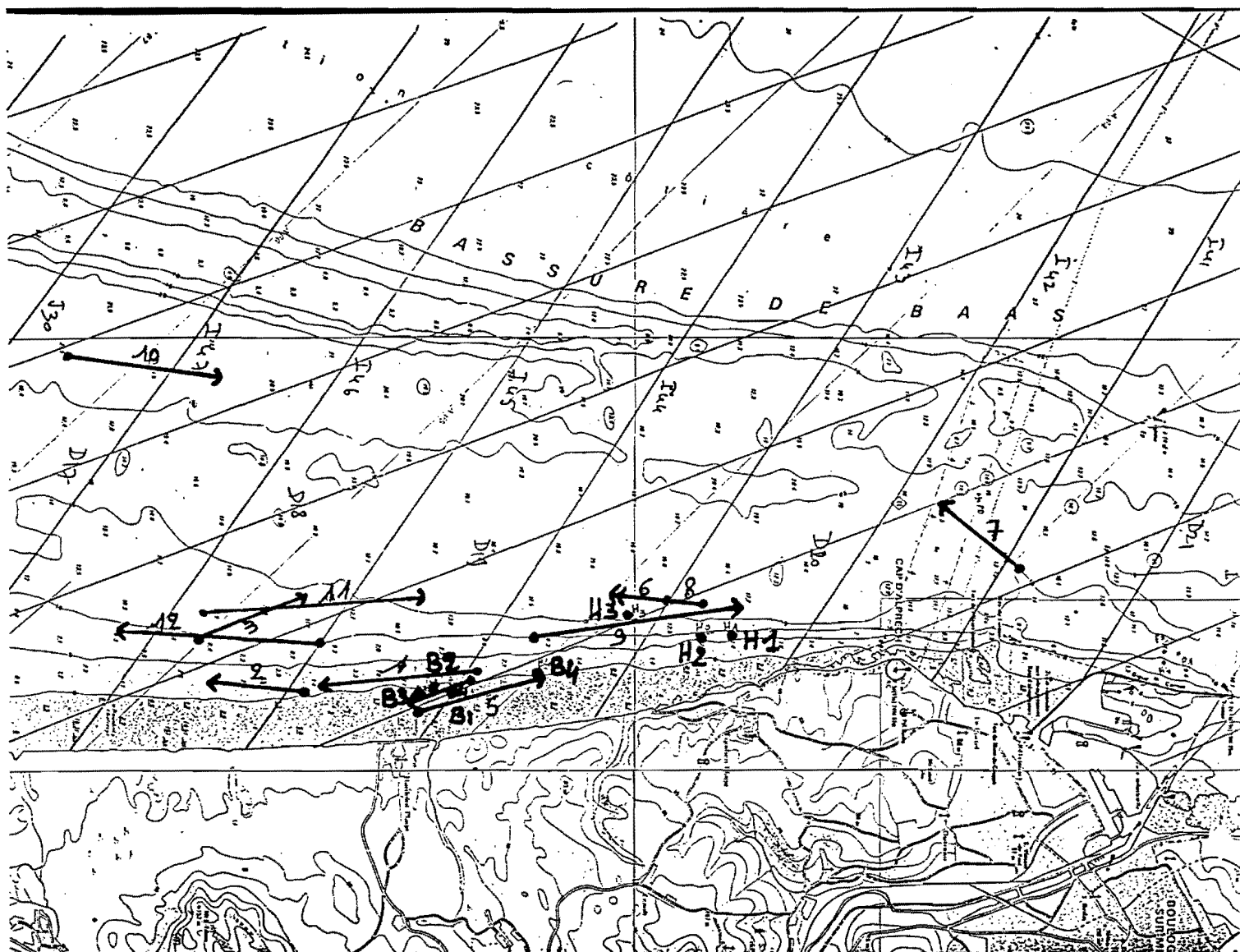
-  numéro : Trait de chalut
- Px : Prélèvement de plancton
- Hx : Prélèvement de matières en suspension
- Bx : Prélèvement de Benthos

Figure 3 - Zone de Hardelot

Localisation des prélèvements



- numéro → : Trait de chalut
- Px : Prélèvement de plancton
- Hx : Prélèvement de matières en suspension
- Bx : Prélèvement de Benthos

## 2 - LES ANALYSES CHIMIQUES

. Les échantillons ont été préparés de la façon suivante :

- Matières en suspension : pour le dosage des métaux, filtration sur membrane en acétate de cellulose (0,45  $\mu\text{m}$ ) dans une cellule AMICON modèle 402.  
pour les polluants organiques, filtration sur membrane en fibre de verre (0,7  $\mu\text{m}$ ).  
Séchage à 60°C pendant 48h.
- Plancton : filtration sur toile de polyamide (diamètre des mailles : 40  $\mu\text{m}$  pour le phytoplancton et 200  $\mu\text{m}$  pour le zooplancton.  
Séchage à 60°C pendant 48h.
- Autres "maillons" : les moules, *Macoma*, *Abra alba* et coques étaient décortiqués, les arénicoles et les crevettes étaient pris dans leur intégralité, les poissons d'une même espèce étaient regroupés en classes de tailles et un échantillon moyen des deux organes (muscle et foie) était constitué.  
Lyophilisation des échantillons.

### 2.1 / METAUX

#### 2.1.1. / Minéralisation

. Les acides utilisés étaient de qualité Suprapur.

- MeS et plancton : 1 g de produit sec était minéralisé dans un bécher en téflon par un mélange d'HCl 12 N (2 ml) et d'HNO<sub>3</sub> à 65 % (5 ml), d'abord une nuit à froid, puis 3h au bain marie à 65°C. Les minéralisats étaient filtrés et ajustés à 50 ml.
- Autres "maillons" : pour tous les métaux (sauf Hg), 2 g de produit sec étaient minéralisés d'abord à froid, durant une nuit, par 10 ml d'HNO<sub>3</sub> à 65 %. Le mélange était ensuite chauffé jusqu'à disparition des vapeurs nitreuses. La minéralisation

se poursuivait par une attaque nitro-sulfuro-perchlorique (10/2/3) à chaud. Les minéralisats étaient filtrés et ajustés à 50 ml.

Pour Hg, 0,5 g de produit sec était minéralisé dans un tube scellé par un mélange à volumes égaux (5 ml) d'HNO<sub>3</sub> à 65 %, d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 36 N et de KMnO<sub>4</sub> à 6 %, une nuit, à froid. L'excès de KMnO<sub>4</sub> était réduit par du chlorhydrate d'hydroxylamine. Les minéralisats étaient filtrés et ajustés à 50 ml.

### 2.1.2 / Dosage

. Selon les concentrations, les métaux étaient dosés en absorption atomique en flamme ou en four graphite.

. En règle générale, la répartition était la suivante :

- Zn, Fe, Mn, Cu : absorption atomique en flamme,
- Cd, Pb, Ni, Cr : absorption atomique en four,
- Hg : Absorption atomique en vapeur froide après réduction par SnCl<sub>2</sub>

## 2.2 / POLLUANTS ORGANIQUES

### 2.2.1 / Extraction

- MeS : les filtres étaient extraits par trois fois 20 ml de mélange éther éthylique/éther de pétrole (100/0 puis 50/50 et enfin 0/100) aux ultra-sons pendant 10 minutes.
- Plancton et muscles de poissons : 2 g de produit sec étaient extraits dans les mêmes conditions.
- Moules, Macoma, *Abra alba*, coques : 2 g de produit sec étaient extraits au soxhlet (5h) par le pentane.

- Foies de poissons : 2 g de produit sec, auxquels on a ajouté de la célite, étaient extraits par deux fois (environ 50 ml) de mélange acétone/éther de pétrole (70/30 puis 50/50) à l'ultra-turrax. Après ajout d'eau salée aux extraits, la phase organique était récupérée, séchée, puis concentrée. La matière grasse était alors éliminée par un partage acétonitrile/éther de pétrole.

### 2.2.2 / Purification des extraits

Après concentration à environ 1 ml, les extraits étaient purifiés par passage sur une colonne contenant de la poudre de cuivre (activée par un lavage acide), surmontée de Florisil (5 g à 5 % d'eau) et de sulfate de sodium anhydre (élution par un mélange éther de pétrole/éther diéthylique 95/5), puis sur mercure pendant 12 heures (élimination des composés soufrés).

### 2.2.3 / Dosage

Par chromatographie en phase gazeuse avec une colonne capillaire 30 m x 0,32 mm, phase DB5, injecteur "on column", température programmée de 70 à 260°C (détecteur à capture d'électrons ERBA HT 40 (275°C) - gaz vecteur : Hélium / gaz d'appoint : Azote).

## 3 - LES ANALYSES ANATOMO-PATHOLOGIQUES

Lors des opérations de chalutages destinées aux prélèvements d'organes de poissons pour analyses (muscle et foie), les poissons qui présentaient des aspects pathologiques ont été prélevés. Quelques photographies d'aspect général des lésions ont été réalisées.

Les poissons, essentiellement des gadidae (morue, *Gadus morrhua* L.) et des poissons plats pleuronectidae [ flet (*Flesus flesus* L.), carrelet (*Pleuronectes platessa*), etc.] ont été disséqués. Les organes (tégument, branchie, muscle, foie, rate, reins) ont été prélevés et fixés au Bouin alcoolique ou au Bouin-Hollande.

Après déshydratation et passage à l'alcool butylique ou au benzoate de méthyle-celloïdine, les organes ont été inclus dans la paraffine.

Des coupes de 7 microns d'épaisseur ont été réalisées puis colorées par des techniques histologiques générales dont l'hématoxyline de groat-picro-indigo-carmin ou l'hémalum-éosine.

## **DEUXIEME PARTIE**

### **ANALYSE DES POLLUANTS DANS CHAQUE MAILLON**

. L'ensemble des résultats concernant les métaux et les polluants organiques est rassemblé respectivement dans les annexes 1 p57 à p58, et les annexes 2 p59 à p61.

. Afin d'en dégager les faits les plus remarquables, ces quelque 2300 résultats élémentaires ont été représentés sous forme de graphiques réunis dans les annexes suivantes :

Annexes 3 p<sup>62</sup> à p<sup>65</sup> : Matières en suspension de surface (MeS S) et de fond (MeS F)

Annexes 4 p<sup>66</sup> à p<sup>69</sup> : Plancton 40 µm (P 40 µm) et plancton 200 µm (P 200 µm)

Annexes 5 p<sup>70</sup> à p<sup>73</sup> : Lamellibranches (moule, coque, *Macoma*, *Abra alba*)

Annexes 6 p<sup>74</sup> à p<sup>77</sup> : Crevettes et arénicoles

Annexes 7 p<sup>78</sup> à p<sup>81</sup> : Muscles et foies de deux classes de tailles

Annexes 8 p<sup>82</sup> à p<sup>85</sup> : Muscles des poissons

Annexes 9 p<sup>86</sup> à p<sup>89</sup> : Foies des poissons.

. Ces résultats et ces graphiques appellent les commentaires suivants :

## 1 - MATIERES EN SUSPENSION

(Graphes en annexe 3 p62 à p65)

### 1.1 / COMPARAISON ENTRE ZONES ET VALEURS REMARQUABLES

. Pour la comparaison entre zones, les valeurs des deux premières campagnes, réalisées en l'espace de 48h (Hardelot : 28-09-87 / Calais-Dunkerque : 30-09-87) sont les plus utiles.

. Aucune tendance générale n'est à noter.

. Cependant certaines valeurs se détachent de l'ensemble des résultats :

- Hardelot / MeS S de Sept. 87 : teneurs élevées en Mn, Pb, Cu et PCB,

- Hardelot / MeS F de Janv. 88 : teneurs élevées en Cd, Ni et PCB

- Calais-Dunkerque / MeS S de sept. 87 : teneurs élevées en Hg, Cu et Pb,

- Calais-Dunkerque / MeS S d'Avril 88 : teneurs élevées en Ni et PCB.

. Ces valeurs ne concernent pas une zone plutôt qu'une autre.



**1.2 / COMPARAISON ENTRE MATIERES EN SUSPENSION DE SURFACE  
(MES S) ET DE FOND (MeS F)**

- . L'observation des graphes révèle *a priori* que les matières en suspension de surface semblent plus chargées que celles du fond en Cu, Pb, Zn, Cd, Hg et en PCB (polluant organique retrouvé le plus fréquemment dans les MeS).
- . Les concentrations moyennes des MeS S et des MeS F (calculées sur les 6 campagnes de prélèvements) sont rassemblées dans le tableau 1 ci-dessous.

**Tableau 1** - Teneurs moyennes en métaux et en PCB des MeS prélevées à deux niveaux

	MOYENNES		RAPPORTS
	MeS SURF.	MeS FOND	SURF/FOND
Cu (mg/kg de produit sec)	169	47	3,6
Mn(*) " " "	584	509	1,1
Pb " " "	103	53	1,9
Zn " " "	178	116	1,5
Cd " " "	2,2	0,6	3,7
Hg " " "	1,8	1,0	1,8
Cr " " "	31	27	1,1
Ni " " "	23	16	1,4
Fe " " "	8056	10993	0,7
PCB (µg/kg de produit sec)	50	19	2,6

○ : Moyennes significativement différentes au seuil d'erreur de 5 %

- . Les MeS S sont significativement plus chargées que les MeS F en Cu et Cd (●).
- . En ce qui concerne le Pb, Hg et Zn (←), les MeS S apparaissent aussi plus chargées que les MeS F.
- . En moyenne, pour ces 5 métaux, le rapport de concentrations entre les particules de surface et celles du fond est de 2,5. Ce résultat concorde avec celui obtenu lors d'un autre travail (\*\*).

(\*) Pour le manganèse, la valeur observée lors de la première campagne du 28-09-87 à Hardelot, en surface, trop éloignée de toutes les autres n'a pas été prise en compte.

(\*\*) Particules en suspension en transit dans le secteur Calais-Dunkerque. Institut Pasteur de Lille 1989.

## 2 - PHYTOPLANCTON (P 40 µm) ET ZOOPLANCTON (P 200 µm)

(Graphes en annexes 4 p66 à p69)

### 2.1 / COMPARAISON ENTRE ZONES ET VALEURS REMARQUABLES

- . La campagne effectuée le 28-09-87 à Hardelot ne se distingue pas des prélèvements réalisés sur le site de Calais-Dunkerque.
- . Par contre, celle du 28 Janv. 88 à Hardelot, se singularise par des concentrations nettement inférieures pour certains paramètres (Ni, Mn, Fe, Cd dans le P 40 µm et le P 200 µm) mais nettement supérieures pour d'autres (PCB, Hg, DDT et Cr dans le P 200 µm). Compte tenu du faible nombre de prélèvements, il peut s'agir d'une variabilité géographique aussi bien que d'une variabilité temporelle.

### 2.2 / COMPARAISON ENTRE PHYTO- ET ZOOPLANCTON

- . L'examen des graphes montre *a priori* que le P 200 µm est plus chargé en Cu que le P 40 µm.
- . Les concentrations moyennes, calculées globalement pour les 2 zones, sont réunies dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 - Teneurs moyennes en métaux et principaux polluants organiques du plancton

	MOYENNES		RAPPORTS
	Plancton 40 µm	Plancton 200 µm	P 200 µm/P 40 µm
Cu (mg/kg de produit sec)	12,7	27,6	(2,2)
Mn " " "	138	76	0,6
Pb " " "	43	69	(1,6)
Zn " " "	232	329	(1,4)
Cd " " "	0,33	0,33	1,0
Hg " " "	0,12	0,12	1,0
Cr " " "	10,4	12	1,2
Ni " " "	5,4	6,4	1,2
Fe " " "	3800	3050	0,8
PCB (µg/kg de produit sec)	31	71	(2,3)
DDT (et isomères) "	15	12	0,8

- . Au plan statistique, ces moyennes ne sont pas significativement différentes. On note cependant des rapports P 200 µm / P 40 µm supérieurs à 1,0 pour Cu, Pb, Zn et PCB. Ce fait va dans le sens d'une bioaccumulation, pour ces paramètres, entre ces deux maillons alimentaires. On verra plus loin (§ 2 p30) qu'une autre exploitation de ces résultats confirme cette hypothèse.

### 3 - LAMELLIBRANCHES

(Graphes en annexes 5 p70 à p73)

#### 3.1 / COMPARAISON ENTRE ZONES (POUR LES MOULES) ET VALEURS REMARQUABLES

- Moules de l'estran :
- . Pour les métaux, on n'observe aucune différence significative entre les moules recueillies sur les pieux du secteur d'Hardelot et celles du secteur Calais-Dunkerque. Les deux premières campagnes de prélèvements (28-09-87 à Hardelot et 30-09-87 à Calais-Dunkerque) se caractérisent par des concentrations très faibles en Pb.
  - . Pour les polluants organiques et plus particulièrement pour les Polychlorobiphényles et le DDT (et dérivés), les moules d'Hardelot sont en moyenne deux fois moins contaminées que celles de Calais-Dunkerque.

- Moules du large :
- . Les moules prélevées au large de Dunkerque sur les bouées de navigation, ne diffèrent des précédentes que par des teneurs plus élevées, d'un facteur 3, en Pb et en Ni.

#### 3.2 - COMPARAISON ENTRE LES DIFFERENTS LAMELLIBRANCHES

- . Vis à vis des concentrations en métaux, les lamellibranches étudiés se répartissent en deux groupes : celui des moules et des coques, et celui des *Macoma* et des *Abra alba*. Cette répartition correspond précisément aux régimes alimentaires de ces organismes. En effet, comme on l'a vu plus haut au § 1.1.2 p.3, les coques et les moules sont des suspensivores qui ingèrent des particules en suspension dans la colonne d'eau, à un niveau plus ou moins haut. En revanche, les *Macoma* et les *Abra alba* sont des déposivores de subsurface qui incorporent les particules décantées et remaniées dans les sédiments.

. Les concentrations moyennes en métaux des moules, et des *Abra alba* sont réunies dans le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3 - Teneurs moyennes en métaux des moules et des *Abra alba*

	MOYENNES		RAPPORTS
	Moules	<i>Abra alba</i>	<i>Abra</i> / Moules
Cu (en mg/kg de produit sec)	6,7	11	1,6
Mn " " "	14	92	6,8
Pb " " "	1,1	6,9	6,2
Zn " " "	64	208	3,2
Cd " " "	0,36	0,72	2,0
Hg " " "	0,10	0,14	1,4
Cr " " "	1,7	9,6	5,6
Ni " " "	0,8	6,6	8,2
Fe " " "	256	1342	5,2

○ : moyennes significativement différentes au seuil d'erreur de 5 %.

. En moyenne les *Abra alba* sont quatre fois plus chargés en métaux que les moules.

#### 4 - CREVETTES ET ARENICOLES

(Graphes en annexes 6 p 75 à p 77 )

##### 4.1 / COMPARAISON ENTRE ZONES ET VALEURS REMARQUABLES

Crevettes : . Il n'apparaît aucune différence significative entre les deux zones.  
 . Lors des deux premières campagnes (28-09-87 à Hardelot et 30-09-87 à Calais-Dunkerque), des valeurs très élevées en Cr et Ni sont remarquables.

Arénicoles : . Le zinc et le fer sont les deux métaux pour lesquels apparaissent des différences significatives entre les deux zones. Les arénicoles collectées dans le secteur Calais-Dunkerque sont en effet respectivement deux fois et quatre fois plus chargées en ces métaux que celles prélevées dans le secteur d'Hardelot.  
 . Lors de la campagne du 28 Janv. 88 à Hardelot, on a observé des concentrations particulièrement élevées en Cd, Cr et Ni.

. Les teneurs moyennes en métaux et principaux polluants organiques figurent dans le tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4 - Teneurs moyennes en métaux et en PCB des crevettes et arénicoles

	MOYENNES		RAPPORTS	
	Crevettes	Arénicoles	Aréni / Creve	Creve / aréni
Cu (mg/kg de produit sec)	35,8	4,6		7,8
Mn " " "	7,8	29,4	3,8	
Pb " " "	0,28	1,7	6,1	
Zn " " "	97	69		1,4
Cd " " "	0,23	0,32	1,4	
Hg " " "	0,19	0,13		1,5
Cr " " "	4,7	9,8	2,1	
Ni " " "	2,1	3,6	1,7	
Fe " " "	49	553	11,3	
PCB (µg/kg de produit sec)	32	59	1,8	

○ : moyennes significativement différentes au seuil d'erreur de 5 %/.

. Pour ce déposivore de surface (crevettes) et ce limnivore (arénicoles) les principales différences apparaissent pour :

- Cu : les crevettes sont huit fois plus riches que les arénicoles. Elles possèdent un pigment sanguin à base de ce métal, et on ne peut donc pas parler de contamination. Les concentrations, très constantes chez la crevette indique une bonne régulation de ce métal.
- Mn, Pb, Fe : les arénicoles sont de 4 à 11 fois plus chargées que les crevettes.

## 5 - POISSONS

### 5.1. / COMPARAISON ENTRE DEUX CLASSES DE TAILLES

(Graphes en annexes 7 p 78 à p 81 ).

. Les deux campagnes effectuées à Hardelot ont permis d'analyser les organes (muscle et foie) de carrelets et de morues regroupés en deux classes de tailles, et de mettre en évidence certains faits :

Pour la plupart des métaux (Cu, Pb, Zn, Cd, Fe) et pour tous les polluants organiques (PCB et DDT) :

- les concentrations rencontrées dans les foies sont très supérieures à celles observées dans les muscles ;
- chez la morue, pour laquelle les classes de tailles sont très différentes (20-30 cm et 50-60 cm), les concentrations en métaux des foies augmentent toujours avec la taille. Pour cette espèce, et pour la classe de tailles 50-60 cm, ces cinq métaux et les polluants organiques sont en moyenne respectivement 3 et 130 fois plus concentrés dans le foie que dans le muscle ;
- ces observations s'expliquent par le rôle du foie, organe accumulateur et détoxifiant.

Pour Cr, Ni :

- chez le carrelet : c'est au contraire le muscle qui est toujours plus chargé que le foie, et cette différence s'accroît avec la taille.
- chez la morue : les muscles des poissons de 20-30 cm présentent des concentrations inférieures à celles des foies, mais chez les individus de 50 à 60 cm, ce sont au contraire les muscles qui sont plus chargés que les foies.

Ces observations pourraient s'expliquer par un dérèglement du processus normal de détoxification. Cette perturbation apparaîtrait rapidement chez le carrelet, mais interviendrait plus tardivement chez la morue.

Pour Hg :

- chez le carrelet et la morue ainsi que chez le flet, les muscles sont toujours plus contaminés que les foies. Cette observation rejoint celle effectuée par d'autres auteurs (\*).

---

(\*) De Clerck R. *et al.* "La teneur en métaux lourds dans le cabillaud, le flet et la crevette des eaux côtières belges". 1984. Revue de l'agriculture n° 4, vol. 37, p. 1079 à 1086.

(\*) Riisgard H.U. et Famme P.B. - "Distribution and mobility of organic and inorganic mercury in flounder, *Platichthys flesus*, from a chronically polluted area". 1988. Toxicological and Environmental Chemistry, vol. 16, p. 219 à 228.

## 5.2 / COMPARAISON ENTRE LES MUSCLES DES TROIS ESPECES DE POISSONS

(Graphes en annexex 8 p 82 à p 85 )

. L'aspect des graphes montre, qu'en général, les concentrations mesurées dans les muscles des trois espèces de poissons sont très proches.

. Deux particularités doivent cependant être notées :

- le muscle du flet apparaît plus chargé en zinc que ceux de la morue et du carrelet ;
- les muscles du flet et du carrelet sont plus contaminés en PCB que celui de la morue.

. Les teneurs moyennes sont précisées dans le tableau 5 ci-dessous.

**Tableau 5** : Teneurs moyennes en métaux et en PCB des muscles de poissons

	MOYENNES		
	Morues	Flets	Carrelets
Cu (en mg/kg de produit sec)	2,5	2,0	1,5
Mn " "	2,7	2,0	2,0
Pb " "	0,20	0,29	0,26
Zn " "	19	58	28
Cd " "	0,03	0,05	0,06
Hg " "	0,42	0,36	0,27
Cr " "	4,73	2,51	2,94
Ni " "	1,32	1,27	1,30
Fe " "	19	18	15
PCB (en µg/kg de produit sec)	33	68	46

### 5.3 / COMPARAISON ENTRE LES FOIES DES TROIS ESPECES DE POISSONS

(Graphes en annexes 9 p 86 à p 89 )

#### 5.3.1 / Comparaison entre zones et valeurs remarquables

. Aucune tendance générale n'est décelable.

. On peut juste noter certaines valeurs remarquables :

- 2ème campagne d'Hardelot                      Teneurs élevées en Cu, Pb, Cr, Ni  
dans les foies de flets  
Teneurs élevées en Lindane, DDT  
(et dérivés), PCB dans les foies de  
morues.

- 4ème campagne de Calais-Dunkerque                      Teneurs élevées en Cu, Hg  
et Fe dans les foies de flets.  
Teneurs élevées en Lindane dans  
les foies de carrelets.

. Elles ne concernent pas une zone plus que l'autre.

#### 5.3.2 / Comparaison entre espèces

. L'aspect général des graphes révèle que :

- pour les métaux :                      . les concentrations les plus élevées s'observent le  
plus souvent chez le flet, poisson plat benthique  
ayant le caractère sédentaire le plus marqué.  
. les carrelets et les morues présentent des  
concentrations très proches, à l'exception de Cd  
et Zn, plus concentrés dans les foies de  
carrelets.

- pour les polluants organiques :  
. les foies de morues se singularisent par des  
concentrations nettement plus élevées que celles  
des foies de carrelets et de flets.



. ces surconcentrations peuvent être liées aux fortes teneurs en matières grasses des foies de morues, ou à la position de consommateur tertiaire de la morue adulte, comme on le verra plus loin au § 3 p. 31.

. Les teneurs moyennes, consignées dans le tableau 6 ci-dessous, confirment cette première analyse.

Tableau 6 - Teneurs moyennes en métaux et en polluants organiques des foies de poissons

	MOYENNES		
	Morues	Flets	Carrelets
Cu (mg/kg de produit sec)	8	35	11
Mn " " "	2,9	6,1	3,9
Pb " " "	0,3	0,7	0,4
Zn " " "	39	131	99
Cd " " "	0,08	0,32	0,47
Hg " " "	0,13	0,29	0,19
Cr " " "	1,77	6,7	1,01
Ni " " "	0,7	2,8	0,6
Fe " " "	46	310	140
PCB (en µg/kg de produit sec)	3280	1150	368
DDT (et dérivés) "	220	60	25
Lindane " "	36	3	9

## 6 - RESUME - CONCLUSIONS

- . Dans le cadre de cette étude, neuf métaux et vingt micropolluants organiques ont été recherchés dans une quinzaine de maillons des chaînes alimentaires marines du littoral Nord - Pas de Calais.
- . Deux sites ont été examinés : la zone de Calais-Dunkerque, affectée par de nombreux polluants, et le secteur d'Hardelot, au Sud de Boulogne, éloigné des rejets polluants locaux les plus importants.
- . Dans l'ensemble, les résultats indiquent une grande variabilité pour chacun des maillons. Compte tenu du nombre de prélèvements relativement peu important (4 campagnes à Calais-Dunkerque, 2 à Hardelot), il est difficile de départager la variabilité géographique de la variabilité temporelle.
- . Néanmoins, quelques différences entre les 2 zones surveillées, ont pu être mises en évidence :
  - les moules collectées sur les bouchots d'Hardelot sont deux fois moins contaminées en DDT (et dérivés) et en PolyChloroBiphényles (PCB) que celles recueillies dans le secteur de Calais-Dunkerque.
  - les arénicoles prélevés à Hardelot sont deux fois moins chargés en zinc et quatre fois moins chargés en fer que ceux de Calais-Dunkerque.
- . D'autres faits encore ont été mis en lumière, en ce qui concerne les matières en suspension et les consommateurs primaires.
  - les matières en suspension dans l'eau en subsurface présentent des concentrations, en moyenne 2,5 fois plus élevées en cuivre, plomb, zinc, cadmium, mercure et PCB que celles recueillies à proximité du fond.
  - le zooplancton montre des concentrations plus élevées en cuivre, plomb, zinc et PCB que le phytoplancton, ce qui va déjà dans le sens d'une bioaccumulation, pour ces paramètres et entre ces deux maillons alimentaires.

- parmi les lamellibranches (moules, coques, *Abra alba*, *Macoma*), ce sont les *Abra alba* qui présentent les concentrations les plus importantes. Il faut en voir l'explication dans leur régime alimentaire. Ce sont en effet des dépositores de subsurface qui incorporent les particules décantées et remaniées dans les sédiments.
- Les arénicoles (limnivores) présentent des concentrations en manganèse, plomb et fer, de 4 à 11 fois plus importantes que celles des crevettes (dépositores de surface).

Ces dernières se singularisent par des concentrations élevées en cuivre ; ce métal entre dans la composition d'un pigment sanguin (hémocyanine), et on ne peut donc pas alors parler de contamination.

Pour les poissons, consommateurs secondaires, on a pu montrer que :

- . Pour la plupart des métaux (cuivre, plomb, zinc, cadmium, fer) et pour tous les polluants organiques, les concentrations rencontrées dans les foies sont très supérieures à celles observées dans les muscles. Chez la morue par exemple, le foie est 5 fois plus chargé en ces métaux et 130 fois plus contaminé en PCB et DDT (et dérivés) que le muscle. Ceci s'explique par le rôle du foie, organe accumulateur et détoxifiant ;
- . Inversement, on a décelé des concentrations en chrome et nickel plus élevées dans les muscles des carrelets et des morues que dans le foie. Ceci pourrait s'expliquer par un dérèglement du processus normal de détoxification.
- . Pour le mercure, on a également observé des concentrations plus élevées dans les muscles des trois espèces étudiées que dans les foies. Ceci a déjà été signalé par d'autres auteurs.
- . Les concentrations dosées dans les muscles des trois espèces étudiées (morue, carrelet et flet) sont très proches. Les différences s'observent surtout au niveau des foies :
  - les concentrations de métaux les plus élevées sont trouvées le plus souvent chez le flet, poisson plat benthique, vivant près du fond, et ayant le caractère sédentaire proche du littoral le plus marqué.

- pour les polluants organiques, les foies de morues se singularisent par des concentrations nettement plus élevées que celles des foies de carrelets (d'un facteur 3 à 10) et de flets (d'un facteur 4 à 9). Ces surconcentrations peuvent être liées aux fortes teneurs en matières grasses des foies de morues, ou à la position de consommateur tertiaire de la morue adulte, comme on le verra dans le chapitre suivant.

. Globalement, pour l'ensemble des maillons vivants de la chaîne alimentaire,

- les concentrations en métaux (sauf le mercure) les plus élevées s'observent toujours dans les maillons inférieurs (le plus souvent dans le plancton) ;
- pour le mercure, au contraire, c'est dans les muscles des trois espèces de poissons étudiées qu'on décèle les concentrations les plus importantes.
- ces observations sont en accord avec celles d'autres auteurs (\*)
- les polluants organiques, quant à eux, sont retrouvés avant tout dans les foies de poissons.

- 
- (\*) Bouquegneau J.M. et Noel-Lambot F. - "L'accumulation du mercure à partir de l'eau et de la nourriture chez les poissons marins". 1977. Rev. Int. Océanogr. Med., Tome XLVIII - p. 107 à 115
  - (\*) Bryan G.W. - "Bioaccumulation of marine pollutants". 1979. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 286, 483-505

**TROISIEME PARTIE**

**EVALUATION DE LA BIOACCUMULATION**

**PAR LES ORGANISMES MARINS**

. Afin d'estimer la bioaccumulation par les organismes marins, on a calculé des rapports de concentrations pour les métaux et les polluants organiques retrouvés le plus fréquemment.

. Trois parties des chaînes "trophodynamiques" exposées au § 1.1 p.2 (fig. 1 p.4) ont été examinées :

- la première a pour point de départ les matières en suspension (de surface (MeS S) ou de fond (MeS F) et conduit aux consommateurs primaires (arénicoles, crevettes, *Abra alba*, moules, zooplancton) ;
- la seconde part du phytoplancton (P 40  $\mu\text{m}$ ) pour aller au zooplancton (P 200  $\mu\text{m}$ ) ou aux moules ;
- la troisième enfin mène des consommateurs primaires aux consommateurs secondaires que sont les poissons.

. Dans la suite de cette étude, il faut noter que :

- les rapports de concentrations sont des rapports moyens, calculés sur l'ensemble des six campagnes de prélèvements ;
- pour les poissons, on a considéré les concentrations mesurées dans les foies.

## 1 - MATIERES EN SUSPENSION → CONSOMMATEURS PRIMAIRES

. Les rapports de concentrations entre les différents maillons concernés, réunis dans le tableau 7 ci-dessous, sont représentés graphiquement dans les annexes 10 p 90 à p 91 .

**Tableau 7 - Rapports des concentrations : consommateurs primaires / MeS**

	Cu	Mn	Pb	Zn	Cd	Hg	Cr	Ni	Fe	PCB	DDT	Lindane
Arénicole/MeS F	0,1	0,05	0,03	0,64	0,53	0,15	0,33	0,22	0,05	15	3	0,2
Crevette/MeS F	(0,8)	0,01	0,01	0,83	0,47	0,20	0,26	0,20	0,01	7	0,35	-
Abra / MeS F	0,26	0,14	0,11	1,32	(1,36)	0,13	0,26	(0,66)	0,12	(27)	0,33	0,69
Moule E/MeS F	0,15	0,03	0,02	0,53	0,63	0,12	(0,05)	(0,07)	0,02	18	6	6
Moule L/MeS S	0,05	-	0,04	0,50	0,26	0,05	(0,05)	0,14	-	6	-	2
P200µm/MeS S	0,2	0,1	(1,29)	1,68	0,26	0,08	0,39	0,47	(0,4)	4,6	(12,4)	1,1

. Chiffres et graphes amènent les commentaires suivants :

- dans l'ensemble, les rapports sont rarement supérieurs à 1 pour les métaux (moyenne = 0,3), alors que pour les polluants organiques, et plus particulièrement pour les PCB, ils sont nettement plus importants (moyenne = 13).
- dans le détail, on constate certaines accumulations "préférentielles", traduisant selon le paramètre considéré, soit un métabolisme particulier, soit à une absence de régulation :

**Cu** : le rapport crevettes/MeS est très élevé en regard des autres (il est environ cinq fois plus grand). Comme on l'a vu plus haut (§ 4 p.18), le cuivre entre dans la composition d'un pigment respiratoire de la crevette, et on ne peut donc pas parler de contamination à son propos.

**Fe, Pb, DDT** : les rapports moyens P 200 µm/MeS sont respectivement 8, 30 et 5 fois plus grands que les autres rapports. Ceci traduit de la part du zooplancton, soit une absence de régulation à l'encontre de ces paramètres, soit un tri de certaines particules fortement chargées en ces paramètres.

Ni, Cd, PCB : Les rapports *Abra alba*/MeS sont en moyenne trois fois plus élevés que les autres rapports. Là encore, ceci traduit de la part de ces organismes soit une absence de régulation à l'encontre de ces paramètres, soit un choix de certaines particules fortement contaminées en ces polluants.

Or une Analyse en Composantes Principales réalisée sur les MeS F montre précisément (tab. 8 et fig. 4 p. 29) que ces trois paramètres, fortement corrélés entre eux (Cd - Ni  $r = 0,97$  / Cd-PCB  $r = 0,95$  / Ni-PCB  $r = 0,93$ ) se distinguent nettement des autres. En effet ils définissent à eux seuls l'axe 1 (qui explique 43 % de la variance totale) du plan principal.

On trouve là, la confirmation de la forte relation entre la contamination des matières en suspension prélevées à proximité du fond et des *Abra alba* en Ni, Cd et PCB.

- A remarquer également les rapports moules/MeS, relativement faibles vis à vis des autres rapports pour Cr et Ni. Il faut y voir de la part des moules, soit une excellente régulation de ces métaux, soit un choix de particules pauvres en ces éléments.

## 2 - PHYTOPLANCTON (P 40) — ZOOPLANCTON (P 200) — MOULE

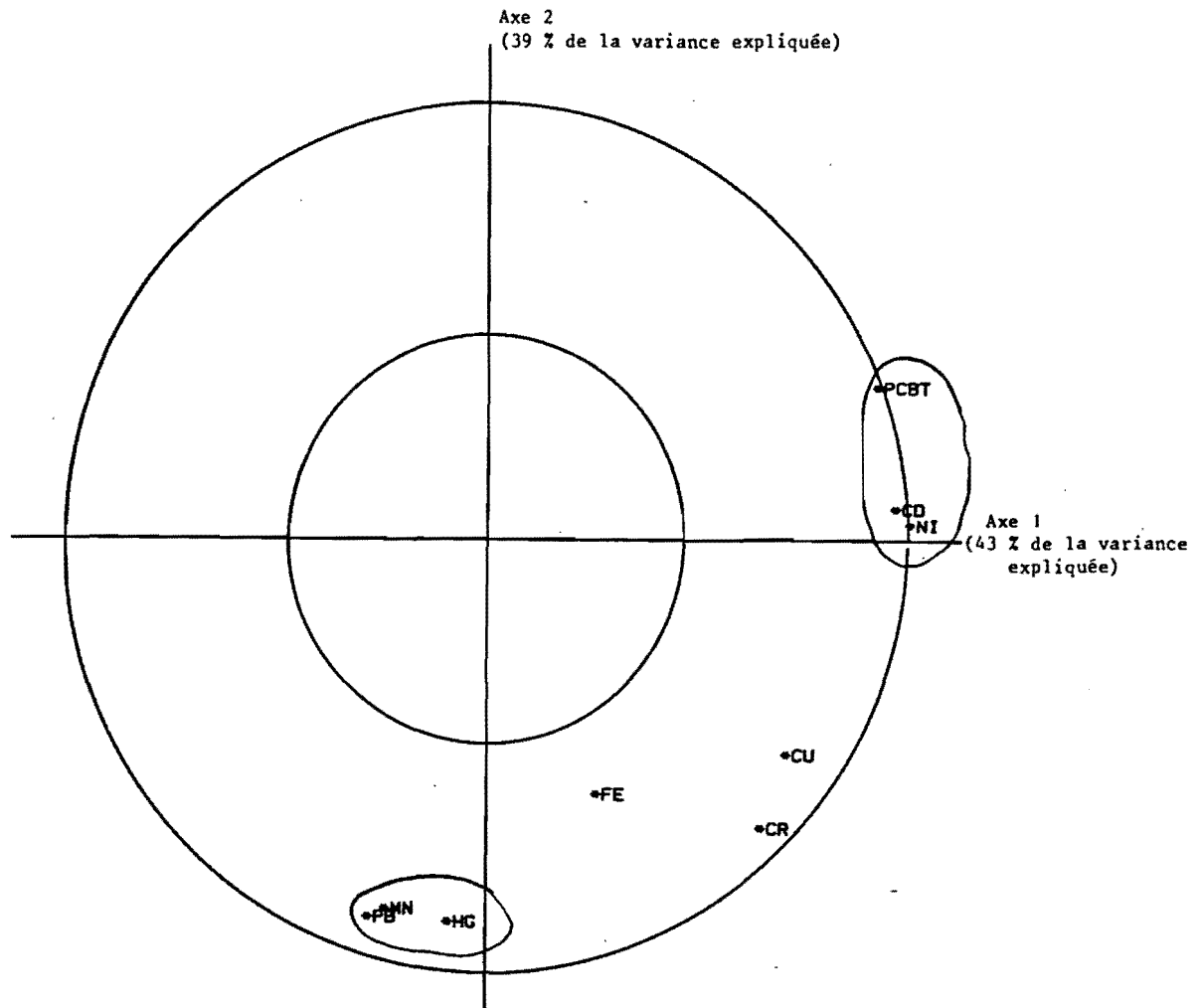
. Les rapports des concentrations, réunis dans le tableau 9 ci-dessous, sont représentés graphiquement dans les annexes 11 p 92 à p 93 .

Tableau 9 - Rapports des concentrations moules et P 200 sur P 40

	Cu	Mn	Pb	Zn	Cd	Hg	Cr	Ni	Fe	PCB	DDT	Lindane
P 200/P 40	3,13	0,63	8,28	2,21	0,85	1,14	3,89	1,42	1,06	4,7	1,2	1,4
Moules E/P 40	1,1	0,22	0,12	0,60	0,92	0,91	0,37	0,33	0,26	98	1,4	3,8



**Figure 4** - Cercles de corrélation de l'ACP réalisée sur les MeS F



**Tableau 8** - Matrice des coefficients de corrélation linéaire

	Cu	Mn	Pb	Cd	Hg	Cr	Ni	Fe	PCB
Cu	1								
Mn	0,16	1							
Pb	0,29	0,95	1						
Cd	0,61	-0,18	-0,25	1					
Hg	0,59	0,66	0,81	-0,21	1				
Cr	0,66	0,41	0,31	0,55	0,45	1			
Ni	0,71	-0,26	-0,29	0,97	-0,11	0,61	1		
Fe	0,22	0,36	0,22	0,12	0,35	0,83	0,20	1	
PCB	0,49	-0,45	-0,49	0,95	-0,41	0,32	0,93	-0,09	1

. Chiffres et graphes amènent les commentaires suivants :

- pour les métaux

- . les rapports P 200/P 40 sont toujours supérieurs aux rapports moules/P 40. Ceci est dû au fait que les moules ne se nourrissent pas aussi exclusivement de phytoplancton que le zooplancton (dans lequel on a observé une forte proportion de copépodes phytophages).
- . les rapports moules/P 40, presque toujours inférieurs à 1, indiquent une absence de bioaccumulation.
- . les rapports P 200/P 40, supérieur à 8 pour le Pb et proche de 4 pour le Cr, marquent une bioaccumulation de ces polluants entre ces deux maillons. Les rapports P 200/P 40, voisins de trois pour Cu et Zn ne signifient pas forcément une contamination, car parmi le zooplancton récolté, il peut y avoir eu une quantité importante de crustacés naturellement riches en ces métaux.

- pour les polluants organiques

- . les rapports P 200/P 40 et moules/P 40, toujours supérieurs à 1, indiquent une bioaccumulation, particulièrement marquée pour les Polychlorobiphényles.
- . les rapports moules/P 40 sont toujours supérieurs aux rapports P 200/P 40. Les moules contiennent en effet beaucoup plus de matières grasses que le zooplancton et elles ont donc plus tendance à bioaccumuler les polluants organiques à caractère lipophile.

### **3 - CONSOMMATEURS PRIMAIRES ► CONSOMMATEURS SECONDAIRES**

. Les rapports des concentrations réunis dans le tableau 10 ci-après sont représentés graphiquement dans les annexes 12 p 94 à p 95 .

**Tableau 10** - Rapports des concentrations consommateurs secondaires/consommateurs primaires

	Cu	Mn	Pb	Zn	Cd	Hg	Cr	Ni	Fe	PCB	DDT	Lindane
Morues/arénicoles	2,10	0,15	0,33	0,68	0,20	1,80	0,12	0,15	0,18	110	143	39
Morues/crevettes	0,28	0,37	1,10	0,43	0,53	0,91	1,50	0,50	0,87	205	243	36
Flets/ <i>Abra alba</i>	0,93	0,07	0,06	0,55	0,75	2,68	0,03	0,02	0,58	19	62	3
Carrelets/ <i>Abra alba</i>	0,42	0,05	0,05	0,32	0,32	2,34	0,05	0,23	0,26	8	22	13
Carrelets/arénicoles	2,29	0,19	0,20	1,94	1,29	1,85	0,12	0,37	0,40	9	14	9
Rapports moyens	1,2	0,17	0,35	0,78	0,62	1,9	0,36	0,25	0,46	70	97	20

. Chiffres et graphes appellent les remarques suivantes :

Pour les métaux :

Les rapports consommateurs secondaires/consommateurs primaires sont rarement supérieurs à 1 (moyenne = 0,68) et on ne peut véritablement parler de bioaccumulation que pour le mercure (moyenne  $\approx$  2). Ce métal s'était déjà signalé plus haut (§ 5.1 p. 19) par ses concentrations anormalement élevées dans les muscles de morues et de carrelets par rapport à celles dosées dans les foies. Il semble donc y avoir véritablement un problème avec ce polluant.

Pour les polluants organiques :

Globalement les rapports consommateurs secondaires/consommateurs primaires sont tous très largement supérieurs à 1, indiquant ainsi clairement un phénomène de bioaccumulation. En effet, ils sont en moyenne voisins de 80 pour les PCB et DDT (et dérivés) et proches de 20 pour le lindane.

Dans le détail, pour les Polychlorobiphényles et le DDT (et dérivés) les rapports (\*) morues/arénicoles et morues/crevettes sont en moyenne 10 fois plus élevés que les autres rapports. Deux faits peuvent être avancés pour expliquer cette observation :

- les foies de morues sont plus riches en lipides que les foies des autres poissons et ont donc plus tendance à bioaccumuler les polluants organiques à caractère lipophile ;
- les morues adultes se nourrissent, pour partie au moins, de poissons plus petits (voir § 1.1.3 p. 3) et dans ce sens, on peut les qualifier de consommateurs tertiaires. Se trouvant à un niveau trophique plus élevé, on peut supposer que cette espèce accumule de la sorte un peu plus les polluants organiques que les espèces d'un niveau trophique moins élevé.

On remarque à ce propos que les rapports moyens foies de morue de grandes tailles/foies de carrelet de petites tailles sont de 8 pour les PCB et de 12 pour le DDT.

---

(\*) Ces rapports de concentrations n'indiquent pas forcément une source de contamination préférentielle.

#### 4 - RESUME CONCLUSIONS

Afin d'estimer la bioaccumulation par les organismes marins, on a calculé des rapports de concentrations, pour les métaux et les polluants organiques retrouvés le plus fréquemment, entre les différents maillons.

Trois parties de la chaîne "trophodynamique" du littoral Nord - Pas de Calais ont été examinées :

- la première a pour point de départ les matières en suspension et conduit aux consommateurs primaires (arénicoles, crevettes, *Abra alba*, moules, zooplancton) ;
- la seconde part du phytoplancton pour aller au zooplancton ou aux moules ;
- la troisième enfin mène des consommateurs primaires aux consommateurs secondaires que sont les poissons.

Les principaux résultats sont les suivants :

##### Pour les métaux :

- . Dans l'ensemble, les rapports des concentrations sont rarement supérieurs à 1, ce qui indique l'absence de bioaccumulation généralisée.
- . Néanmoins, certains rapports élevés témoignent de bioaccumulations particulières :
  - le plomb et le chrome s'accumulent dans le zooplancton qui se nourrit de phytoplancton, et de matières en suspension ;
  - le mercure s'accumule dans les foies de poissons, mais on le retrouve en quantité encore plus importante dans les muscles.

- . A côté de ces bioaccumulations particulières, on a constaté certaines accumulations "préférentielles", traduisant selon le paramètre considéré, soit un métabolisme particulier (par exemple le cuivre dans les crevettes), soit une absence de régulation ou un tri par taille de certaines particules du régime alimentaire (par exemple le fer dans le zooplancton ou encore le nickel et le cadmium dans les *Abra alba*).

**Pour les polluants organiques :**

- . Les rapports des concentrations, pratiquement toujours supérieurs à 1, révèlent une bioaccumulation généralisée, quel que soit le niveau trophique ;
- . C'est dans les foies de poissons qu'on observe les accumulations les plus élevées en polychlorobiphényles, DDT (et dérivés) et lindane et, parmi les espèces étudiées, ce sont les morues qui "bioaccumulent" le plus ces polluants organiques ;
- . Cette espèce, plus riche en lipides que les autres, se trouve à l'âge adulte à un niveau trophique plus élevé et on peut y voir là les raisons de cette accumulation plus importante en polluants organiques à caractère lipophile.

## QUATRIEME PARTIE

### ETUDE ANATOMO-PATHOLOGIQUE DES POISSONS LITTORAUX

Quelques photographies d'aspect général des lésions ont été réalisées (cf fig. 1 à 6).

Quelques aspects particuliers de modification pathologique ont été photographiés au photomicroscope Zeiss. Des aspects de tissu sain sont présentés à titre de référence.

Nous avons décrit :

- des phénomènes connus sous l'appellation générale de "nécroses tégumentaires" qui se présentent sous la forme de petites ulcérations (fig. 1), puis qui peuvent s'aggraver en présentant des aspects congestifs et hémorragiques (fig. 2 et 3).
- nous avons également noté des aspects connus sous le nom de "maladie érosive des nageoires" et des aspects de la "maladie virale à lymphocystis".

Les commentaires des figures 7 à 33 donnent successivement des précisions sur l'histologie :

- du foie et du pancréas en comparant le tissu sain (fig. 7 à 9) aux aspects pathologiques (fig. 10 à 12) des flets. Une même comparaison a été réalisée chez la morue (comparaison des fig. 13 et 15) ; tissu hépatique de référence avec les figures 14 et 16 de foies présentant des altérations.
- de la rate : une comparaison a été réalisée chez le flet. La fig. 17 présentant un aspect de tissu splénique sain permet de noter la différence d'aspect pathologique avec des rates d'autres flets (fig. 18 et 19).

Les phénomènes de maladie virale à lymphocystis sont présentés dans la rate de flet (fig. 20 à 23).

- du rein. Par rapport à l'aspect histologique de référence du rein de flet (fig. 24), les fig. 25 à 27 montrent des modifications tissulaires pathologiques.
- la branchie : une étude de la branchie a été également réalisée.

Le tissu de référence (fig. 28) permet de constater les lésions au niveau de branchies de flets malades (fig. 29 et 30). La maladie d'étiologie virale à lymphocystis affecte également les filaments branchiaux (fig. 31 à 33).



NECROSES CUTANÉES DE LA MORUE

---

Figure 1 :

Face latérale montrant des ulcérations tégumentaires  
(stade initial).

Figure 2 :

Vue générale d'une morue adulte (L = 80 cm)  
Quelques ulcérations sont plus prononcées : elles correspondent à  
des nécroses congestives et hémorragiques.

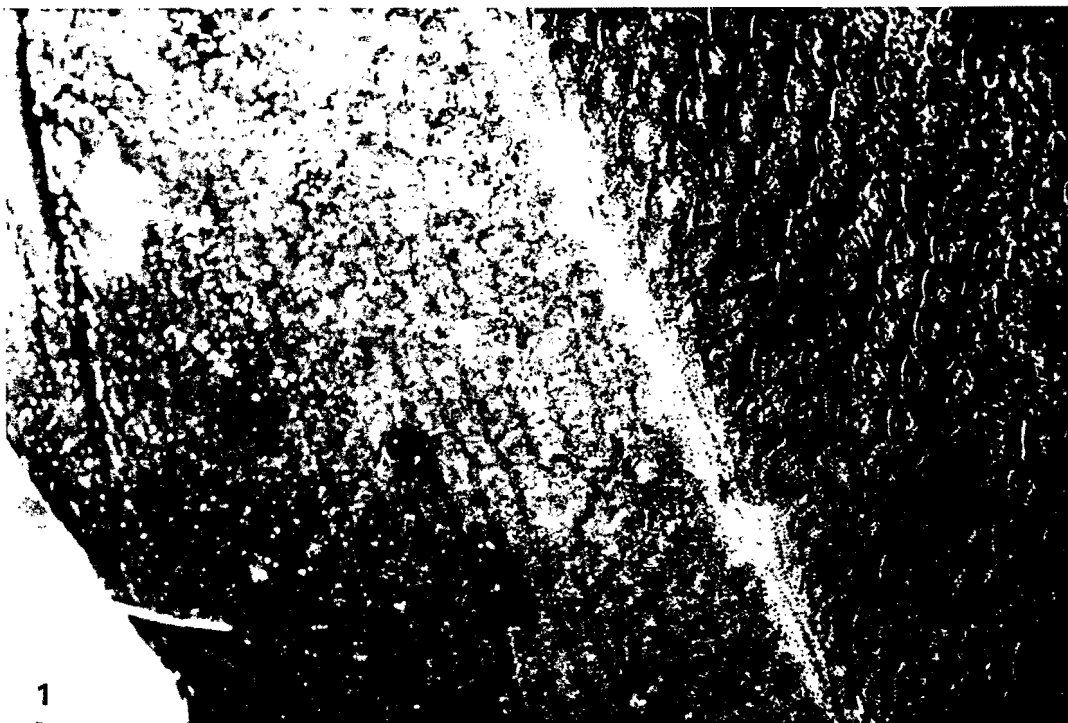


Figure 3 :

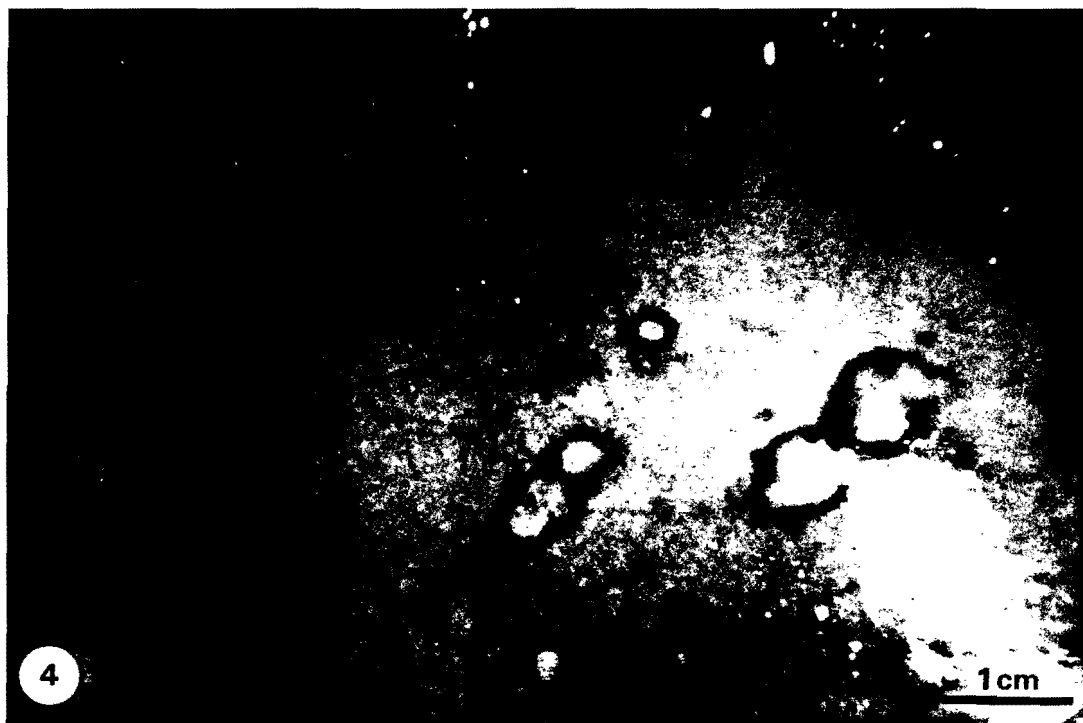
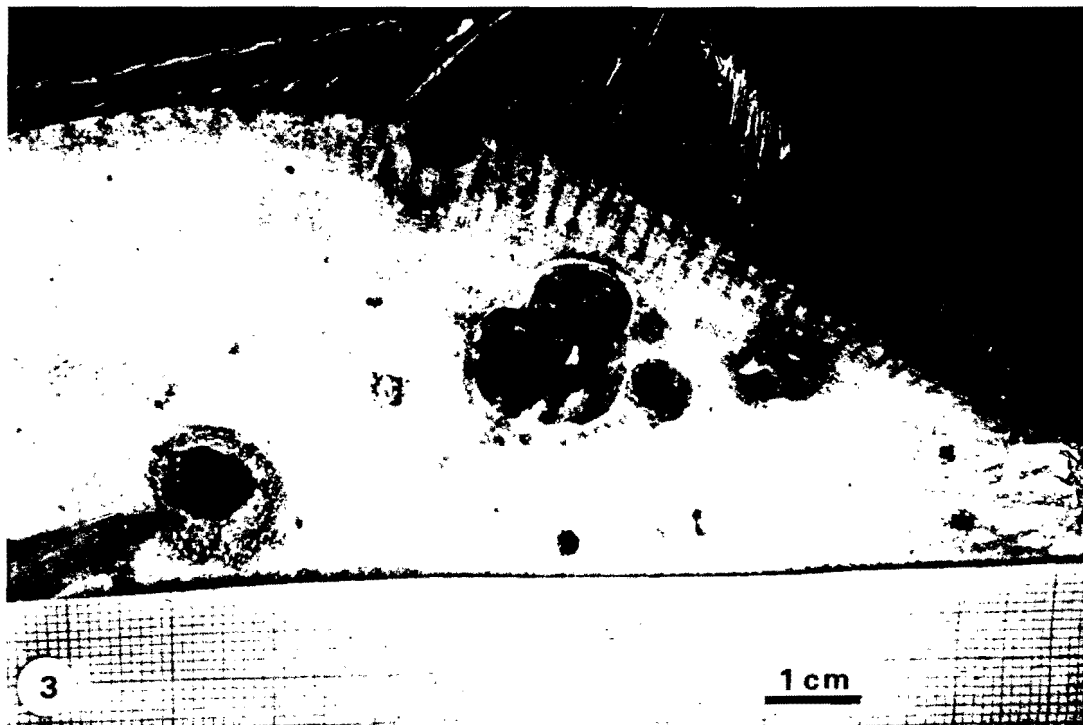
Nécroses tégumentaires des Poissons Plats.

On observe sur la face aveugle (non pigmentée) de Flet des ulcérations hémorragiques. Les nécroses dépassent le cm<sup>2</sup>. A leur niveau, l'épiderme fait défaut et met à nu les myotomes (= muscles).

Figure 4 :

Foie de morue malade.

L'ensemble du foie présente d'importants nodules dont quelques uns s'observent à la surface de l'organe.



## VUES DE FLETS MALADES

---

### Figure 5 :

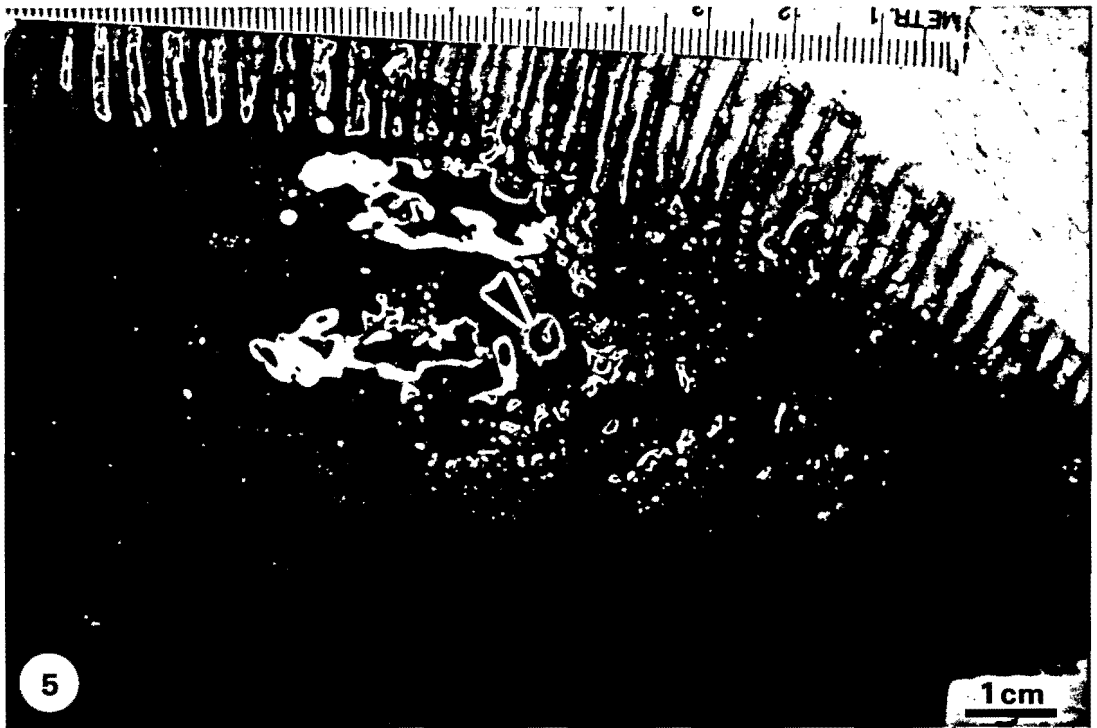
Face pigmentée de flet atteint de diverses maladies :

- maladie à lymphocystis visualisée par la présence de kystes sur le tégument et les rayons de la nageoire dorsale
- maladie érosive des nageoires (stade initial)
- nécrose congestive et hémorragique de petite taille (diamètre : 3 mm) (flèche).

### Figure 6 :

Face aveugle d'un autre flet malade montrant :

- une pigmentation anormale (mélanisme) qui colore cette face normalement non pigmentée
- de nombreux kystes de lymphocystis particulièrement développés au niveau des rayons de la nageoire (flèche)



FOIE ET PANCREAS DE FLET SAIN

---

Figure 7 :

Vue d'ensemble du foie et des éléments du pancréas diffus.

Figure 8 :

Détail du foie. Les cellules hépatiques sont groupées en travées épaisses de 2 couches cellulaires. Entre les travées, les espaces sont occupés par des capillaires sanguins (flèches) qui convergent vers des veines sus-hépatiques.

Figure 9 :

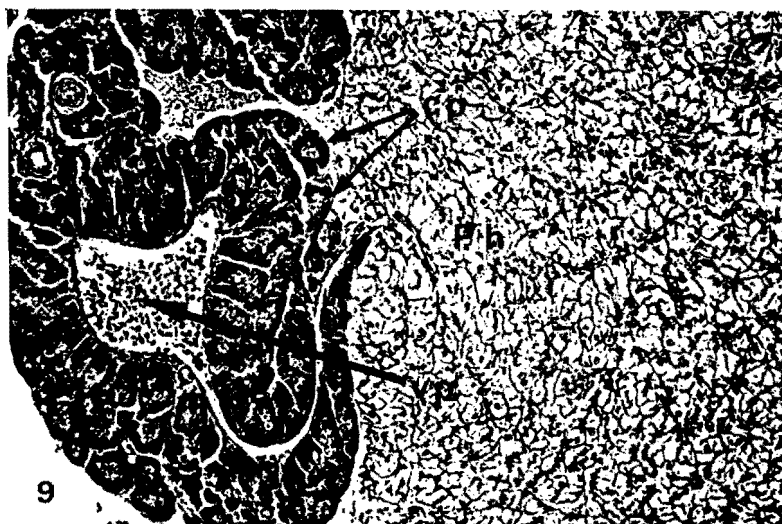
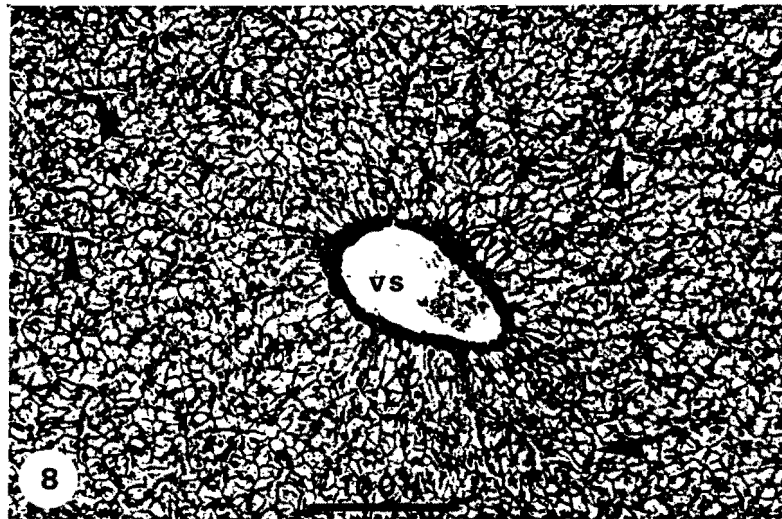
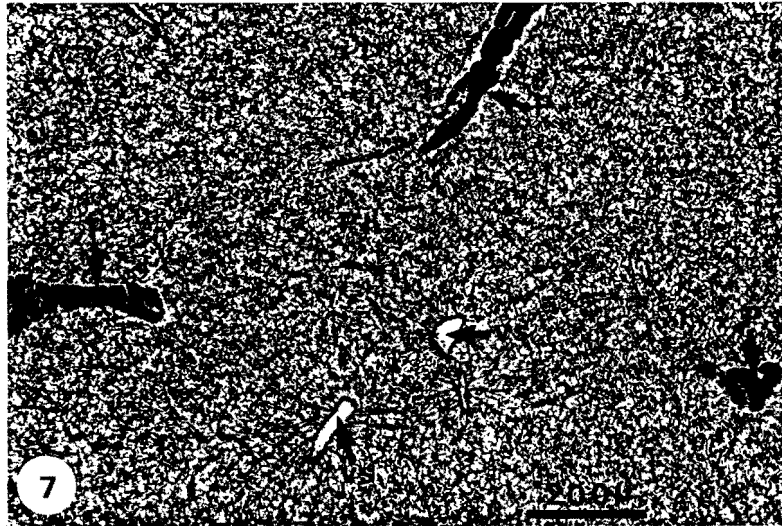
Amas pancréatique intra-hépatique.

c.p. : cellule pancréatique bourrée de grains de zymogène ;

P. : pancréas ; P.h. : parenchyme hépatique ;

v.p. : vaisseau porte ; v.s. : veine sus-hépatique

Les figures 8 et 9 sont à la même échelle (cf. fig. 8).





## ETUDE HISTOLOGIQUE DE FOIE DE FLETS NECROSES

---

### Figures 10 et 11 :

Foie de flet peu nécrosé, présentant des petites lésions cutanées non ulcéreuses sur la face aveugle.

. Figure 10 : vue générale du foie montrant de nombreuses formations nodulaires granulomateuses (flèches)

. Figure 11 : Détail de deux formations nodulaires granulomateuses. Le tissu qui les compose est constitué en grande partie de cellules claires, en dégénérescence, et de macrophages (flèches). Le tissu granulomateux est en continuité avec le tissu hépatique et on n'observe aucun enkystement. Noter également l'abondance de vacuoles lipidiques (v.l.) traduisant une surcharge graisseuse du foie (ou stéatose)

### Figure 12 :

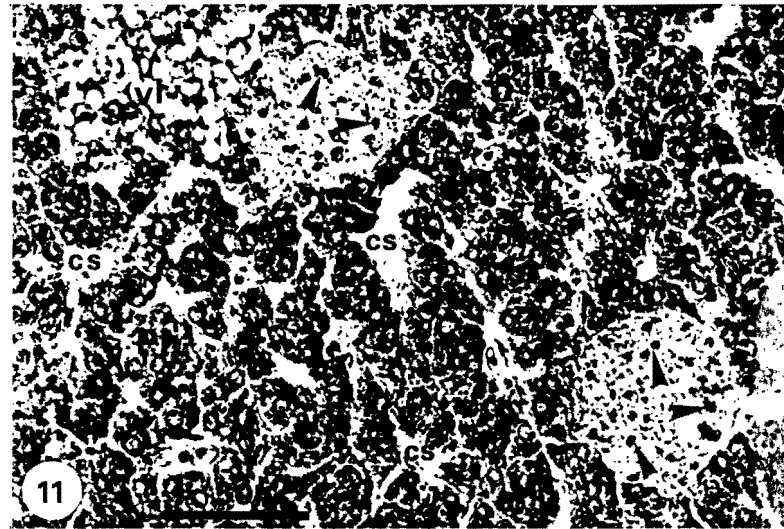
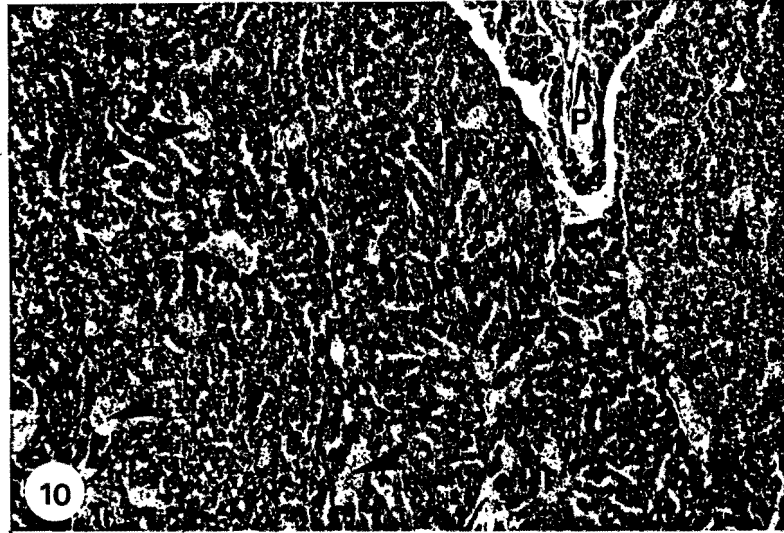
Foie de flet très nécrosé (nombreuses nécroses sur la face aveugle et ulcérations caractéristiques de la maladie de l'érosion des nageoires).

La photo montre de larges zones d'hépatite nécrosante et dégénérante (\*). C'est la lésion hépatique la plus grave que nous ayons observée.

c.s. : capillaire sanguin ; P. : éléments du Pancréas diffus ;

P.h. : parenchyme hépatique ; v.l. : vacuoles lipidiques.

Les figures 10 et 12 sont à la même échelle (cf. fig. 12).



## FOIE ET RATE DE MORUE

### Figure 13 :

Foie de morue saine. La structure histologique est tout à fait comparable à celle décrite pour le foie de flet sain (cf. fig. 8).

### Figure 14 :

Foie de morue atteinte de nécroses cutanées sur le flanc gauche (cf. Fig. 2)

Présence de nodules hépatiques de grande taille. Ces nodules sont entourés d'un tissu fibreux constituant une enveloppe qui isole le nodule du reste du parenchyme hépatique. Le centre du nodule renferme une matière fortement éosinophile qui semble provenir de la nécrose d'éléments cellulaires. La photo montre un nodule de taille importante contenant 3 foyers de nécrose contigus (flèches), faisant penser à la fusion de plusieurs nodules de plus petite taille. Ce sont de tels nodules qui forment les gros nodules qui font saillie à l'extérieur de l'organe (cf. Fig. 4).

### Figure 15 :

Rate de morue saine.

### Figure 16 :

Rate de morue présentant quelques ulcérations nécrotiques à la base de la nageoire caudale.

Noter la présence dans le tissu hématopoïétique de petits nodules granulomateux, non nécrosés, limités d'une fine cloison conjonctive. Les composants cellulaires de ces nodules sont des cellules au cytoplasme très clair et des macrophages (flèches). Ce stade correspond à l'un des tous premiers stades dans l'évolution des nodules spléniques.

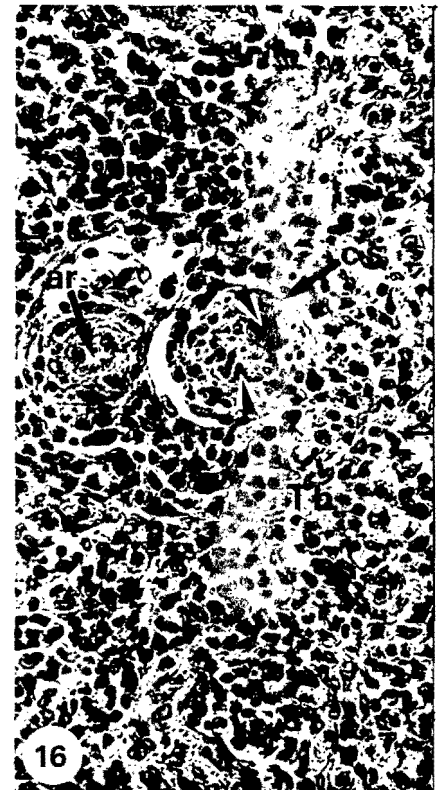
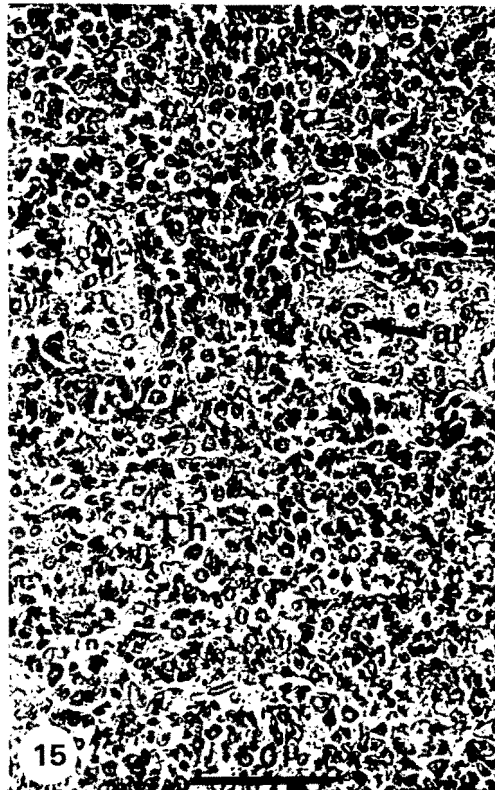
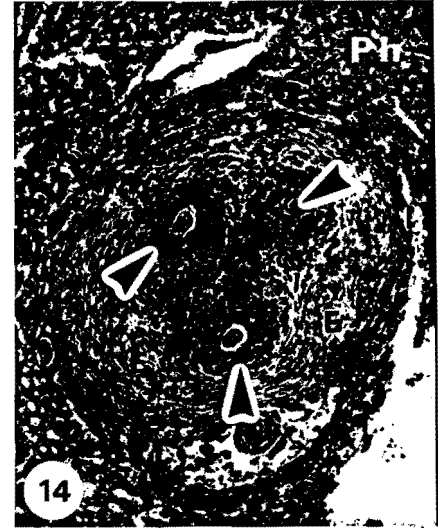
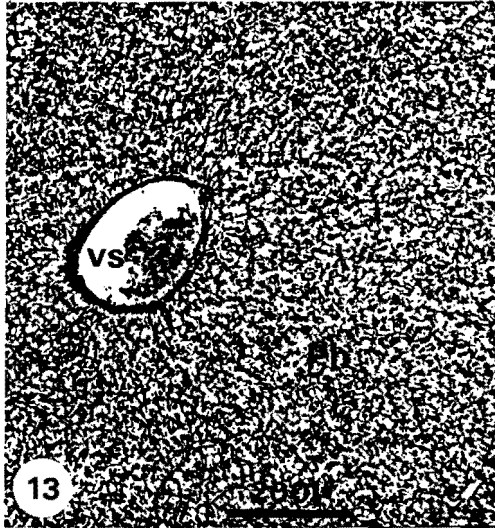
ar. : artériole ; c.s. : cloison conjonctive ; E : enveloppe fibreuse ;

P.h. : parenchyme hépatique ; v.s. : veine sus-hépatique ;

T.h. : tissu hématopoïétique.

Les figures 13 et 14 sont à la même échelle (cf. Fig. 13).

L'échelle indiquée sur la figure 15 est identique pour la figure 16.



## ETUDE HISTOLOGIQUE DE RATE DE FLET

---

### Figure 17 :

Rate de flet sain. Chez les Pleuronectidés, on note au sein du tissu hématopoïétique de nombreux centres de mélanomacrophages (flèches).

### Figure 18 :

Rate de flet peu nécrosé (même spécimen que celui sur lequel a été prélevé le foie présenté figures 10 et 11).  
Stade précoce d'affection : nodules granulomateux spléniques avec formation de la coque scléreuse entourant des cellules claires et des macrophages (flèches).

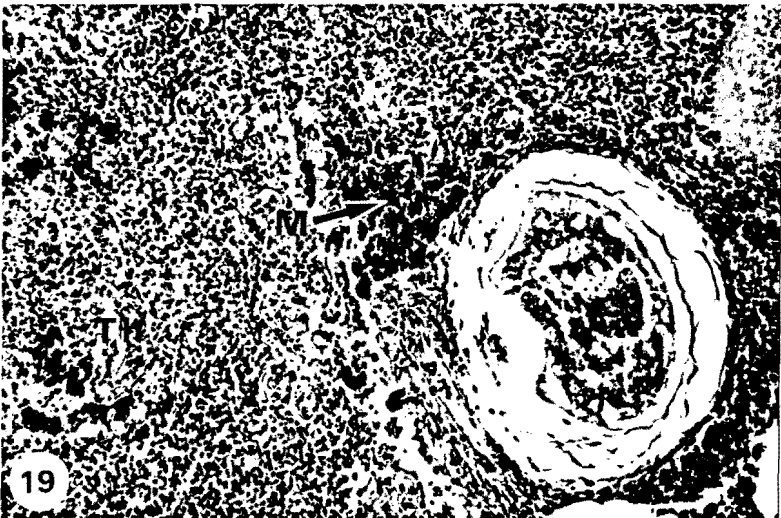
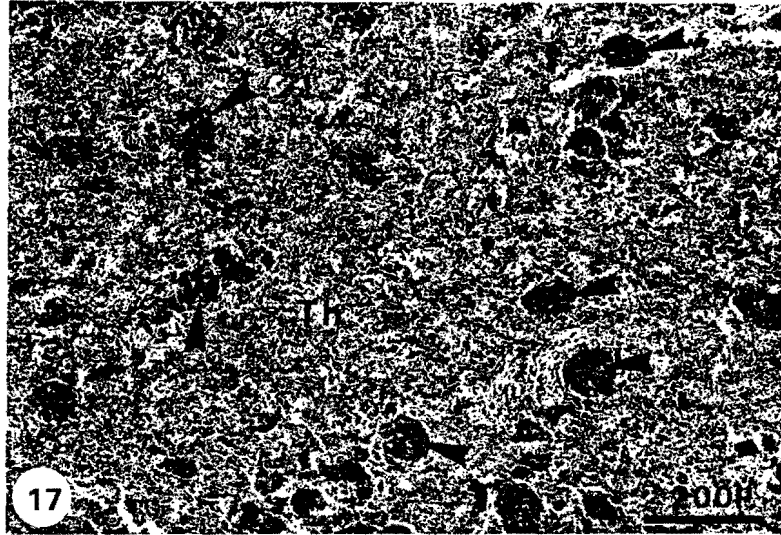
### Figure 19 :

Rate de flet très nécrosé (même spécimen que celui sur lequel a été prélevé le foie présenté figure 12).  
Kyste splénique limité par une enveloppe vitreuse avec centre nodulaire composé de matériel amorphe, hétérogène, siège d'une importante minéralisation calcique. Cet aspect correspond à l'étape ultime des altérations de la rate (également observé chez les morues malades).

c.s. : coque scléreuse ; M. : centres de mélanomacrophages ;

T.h. : tissu hématopoïétique.

Les figures 18 et 19 sont à la même échelle (cf. fig. 18).



RATE DE FLET ATTEINT DE LA LYMPHOCYSTIS (MALADIE D'ETIOLOGIE VIRALE)  
ET D'ULCERATIONS CARACTERISTIQUES DE LA MALADIE DE L'EROSION  
DES NAGEOIRES

---

Figure 20 :

Vue d'ensemble montrant trois kystes spléniques dus à la maladie à lymphocystis.

Figure 21 :

Kyste typique de la lymphocystis, développé dans le tissu hématopoïétique splénique

Figure 22 :

Détail du kyste de la figure 21

Figure 23 :

Stade ultime de l'évolution des kystes dus à la lymphocystis.  
Les kystes subissent au terme de leur évolution une importante minéralisation (phosphate et oxalate de calcium) de même nature que celle des nodules spléniques présentés fig. 19.

c. : capsule hyaline ; M. : mélanomacrophages ; n : noyau ;  
p.v. : plages virales ; T.h. : tissu hématopoïétique.

Les figures 21 et 23 sont à la même échelle (cf. fig. 23).





## HISTOLOGIE DU REIN DE FLET

---

### Figure 24 :

Rein de flet sain. L'entité anatomique que forme le rein, renferme outre les néphrons (N.) un tissu interstitiel contenant des formations hématopoïétiques (T.h.) et des mélanomacrophages (M).

### Figure 25 :

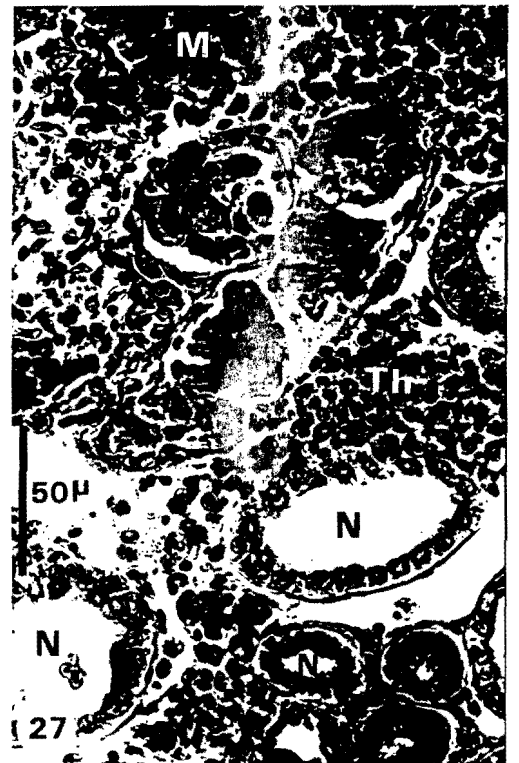
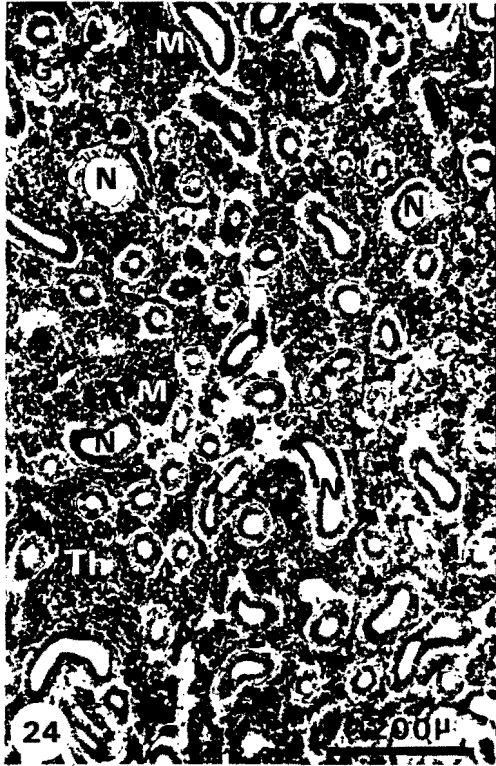
Rein de flet très nécrosé (même spécimen que celui sur lequel a été prélevé le foie présenté figure 12). On observe une mélanisation importante se traduisant par un grand nombre de mélanomacrophages.

### Figures 26 et 27 :

Rein de flet atteint de la maladie à lymphocystis. Noter l'importance de la mélanisation et la présence de nombreux kystes (flèches) dont le contenu présente une importante minéralisation calcique (\*).

G. : glomérule ; M. : mélanomacrophages ; N. : néphron ;  
T.h. : tissu hématopoïétique.

Les figures 24 et 25 sont à la même échelle (cf. fig. 24).



## HISTOLOGIE DE LA BRANCHIE DE FLET

---

### Figure 28 :

Filament branchial sain de flet.

Les branchies de Téléostéens sont constitués de 4 paires d'arcs branchiaux portant chacun une série de filaments branchiaux (Fb) eux-mêmes garnis de lamelles branchiales (L.b.) limitées par un épithélium simple (Ep) formé de cellules très aplaties.

### Figures 29 et 30 :

Lésions pathologiques au niveau des lamelles branchiales  
d'un flet nécrosé.

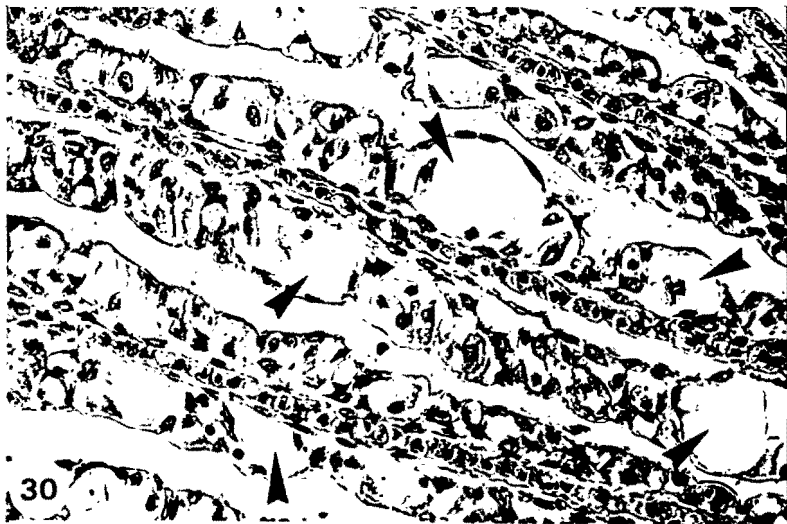
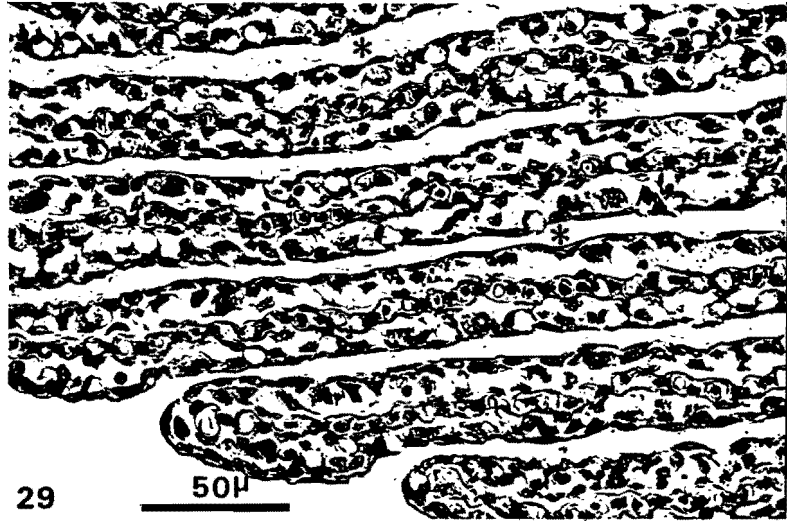
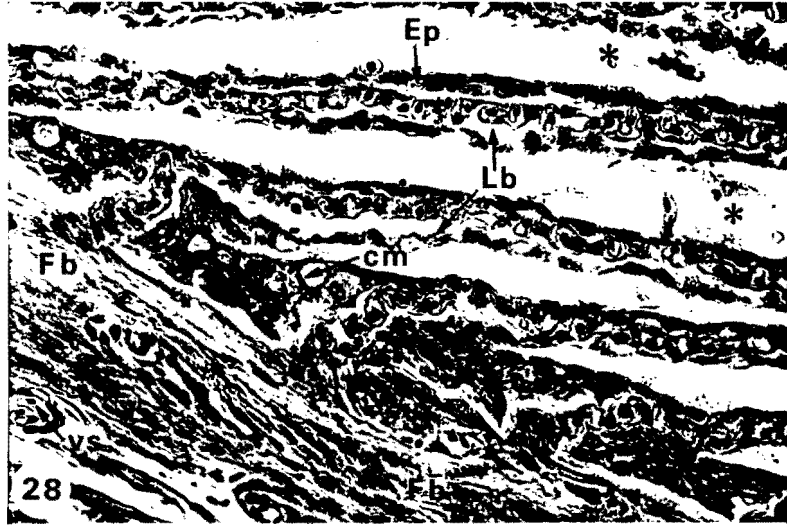
Les branchies des pleuronectidés atteints de nécrose présentent souvent des modifications dans leur aspect et leur couleur. Sur certains poissons, les filaments branchiaux apparaissent rose-pâle teinté de gris, de consistance flasque et recouverts d'un abondant mucus. Au niveau tissulaire, les perturbations les plus bénignes consistent en une hyperplasie (distension des cellules) de l'épithélium des lamelles branchiales (fig. 29), hyperplasie plus manifeste au niveau des lamelles branchiales les plus distales des filaments branchiaux (flèches, fig. 30). L'espace interlamellaire se trouve fortement réduit par cette altération de l'épithélium des lamelles branchiales (comparer fig. 28 et 29, \*), ce qui diminue l'efficacité des échanges respiratoires assurant l'hématose sanguine.

c.m. : cellules à mucus ; Ep. : épithélium de la lamelle branchiale ;

F.b. : filament branchial ; L.b. : Lamelle branchiale ;

v.s. : vaisseau sanguin

Les trois figures sont à la même échelle (cf. fig. 29).



LESIONS AU NIVEAU DES BRANCHIES DE FLET ATTEINT DE LA  
LYMPHOCYSTIS ET DE LA MALADIE D'EROSION DES NAGEOIRES

---

Figure 31 :

En certains endroits, on remarque la fusion plus ou moins complète des lamelles branchiales (flèches) par simple apposition des cellules épithéliales hypertrophiées de l'épithélium branchial et la présence d'anévrisme de capillaires (A).

Figure 32 :

Sur les filaments les plus atteints, on observe des foyers d'hyperplasie (H) entourant des plages de dégénérescence avec pycnose des noyaux et nécrose cellulaire et de nombreux décollements de l'épithélium branchial (D). Noter également des phénomènes d'hyperplasie au niveau de l'épithélium du filament branchial (flèche).

Figure 33 :

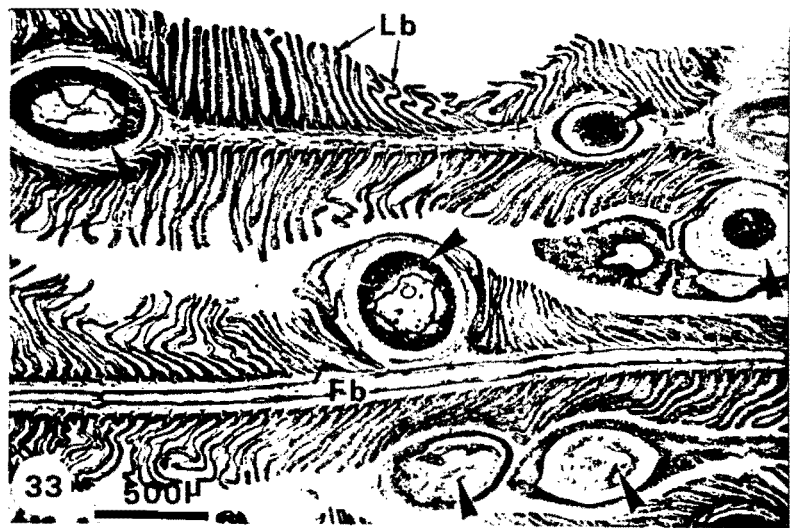
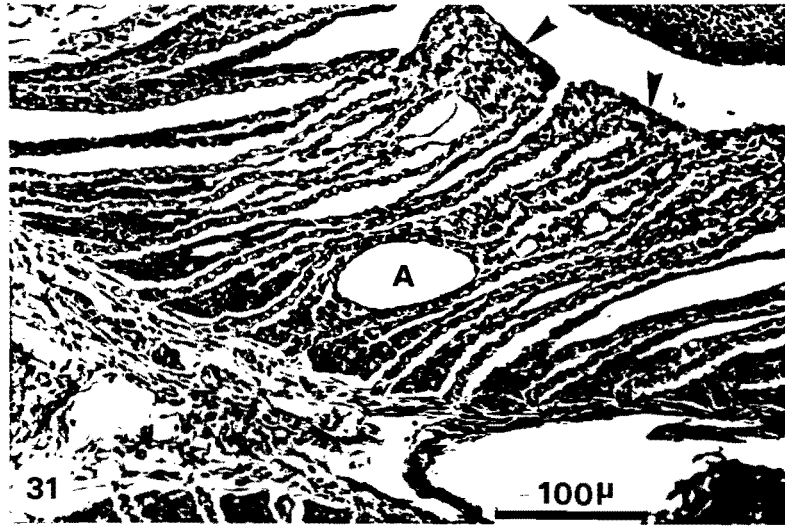
Nombreux kystes de lymphocystis (flèches) localisés aussi bien dans les lamelles branchiales que dans les filaments branchiaux. Ce sont ces mêmes kystes que l'on observe sur le tégument de l'animal (cf. fig. 6) ou dans la rate (cf. fig. 21).

A. : anévrisme d'un capillaire ; D. : décollement de l'épithélium des lamelles branchiales ;

F.b. : filament branchial ; H. : foyer d'hyperplasie ;

L.b. : lamelle branchiale

Les figures 31 et 32 sont à la même échelle (cf. fig. 31).



Dans le cadre de ce travail d'observation anatomo-pathologique, il n'était pas prévu de réaliser une étude exhaustive des maladies des poissons. Les pourcentages de poissons affectés ont fait antérieurement l'objet d'analyses rigoureuses (cf. Rapport Scientifiques et Techniques du CNEXO n° 43 - 1980, concernant les ulcérations des poissons et mammifères marins pêchés dans les eaux côtières françaises et Rapport IFREMER 1989, sous presse).

Tous les poissons malades qui ont été étudiés dans le cadre de ce travail, ont été prélevés dans la zone de Calais-Dunkerque ; nous n'en avons pas trouvé, lors de nos sorties, dans la zone d'Hardelot.

Les affections recensées sont celles qui ont fait l'objet d'observations antérieures.

- . La maladie érosive des nageoires est peu fréquente.
- . La maladie à lymphocystis affecte fortement le flet.
- . Les ulcérations ou nécroses ont été observées sur divers poissons plats du littoral (Flet, Carrelet, Sole, Limande), sur des Morues et des Tacauds (Gadidae).

Les affections des organes internes (Foie, Rate, Rein) ont été observées chez les poissons qui présentaient des signes extérieurs de maladies (ulcérations, nécroses ou kystes de lymphocystis). Nous n'avons pu, avec le peu d'échantillons analysés, réaliser une étude liant la présence d'affections à une concentration particulière d'éléments toxiques. Les poissons qui présentent des "nécroses" ont également généralement des filaments branchiaux dans un état qui signe une mauvaise oxygénation (consistance flasque, abondant mucus, hyperplasie...etc).

## CINQUIEME PARTIE

### RESUME - CONCLUSIONS



La bioaccumulation des métaux et des polluants organiques dans les chaînes biologiques est un des effets les plus pernecieux de la pollution des eaux marines car elle peut occasionner des concentrations notables de produits toxiques dans les maillons terminaux (poissons) et finalement chez l'homme.

Ce travail a pour objet l'étude de ce phénomène dans la chaîne alimentaire marine de la région Nord - Pas de Calais.

Il a été réalisé avec le concours financier de l'IFREMER, et mené en collaboration entre la Station Marine de Wimereux (prélèvements et étude anatomopathologique des poissons) et le Service Eaux et Environnement de l'Institut Pasteur de Lille (organisation générale, prélèvements, analyse des polluants, et évaluation de la bioaccumulation par les organismes marins).

Deux sites ont été examinés : la zone de Calais - Dunkerque, affectée par de nombreux polluants (4 campagnes de prélèvements), et le secteur d'Hardelot, au Sud de Boulogne, éloigné des rejets polluants locaux les plus importants (2 campagnes de prélèvements). Les prélèvements se sont échelonnés sur une année (2 campagnes d'Automne-début d'Hiver, une d'Hiver, une de Printemps, deux d'Eté).

Neuf métaux et vingt micropolluants organiques ont été recherchés dans une quinzaine de maillons de la chaîne alimentaire marine. Une étude anatomopathologique a été réalisée sur les poissons qui présentaient des anomalies externes.

◇ Dans l'ensemble, les résultats varient beaucoup pour chacun des maillons étudiés, et il est difficile de départager la variabilité géographique de la variabilité temporelle. Néanmoins quelques différences entre les deux zones surveillées ont pu être mises en évidence :

- les moules collectées sur les bouchots d'Hardelot sont deux fois moins contaminées en DDT (et dérivés) et en polychlorobiphényles que celles recueillies dans le secteur Calais-Dunkerque ;
- les arénicoles prélevées à Hardelot sont deux fois moins chargées en zinc et quatre fois moins chargées en fer que celles de Calais-Dunkerque ;

- les poissons malades ont été retrouvés dans la seule zone de Calais-Dunkerque.

◇ L'analyse des métaux et polluants organiques dans chacun des maillons de la chaîne alimentaire a permis notamment de mettre en évidence :

- dans un même niveau trophique, certaines concentrations plus importantes dans un maillon particulier : par exemple les métaux qui sont tous plus concentrés dans les *Abra alba* que dans tous les autres lamellibranches, ou encore le cuivre qui s'observe dans les crevettes à des concentrations relativement élevées et constantes ;
- dans un même maillon, certaines différences entre organes : par exemple le cuivre, le plomb, le zinc, le cadmium et le fer qui sont largement plus concentrés dans les foies des morues, flets et carrelets que dans leurs muscles, ou inversement le mercure qui contamine plus leurs muscles.

Globalement, pour l'ensemble des maillons de la chaîne biologique,

- les concentrations en métaux (sauf le mercure) les plus élevées s'observent toujours dans les maillons inférieurs, en particulier le plancton ;
- pour le mercure au contraire, c'est dans les muscles des trois espèces de poissons étudiées qu'on décèle les concentrations les plus importantes ;
- les polluants organiques, quant à eux, sont surtout retrouvée dans les foies des poissons et surtout dans ceux des morues.

◇ Le calcul des rapports des concentrations entre maillons montrent qu'on ne peut pas parler de bioaccumulation pour les métaux, à l'exception :

- du plomb et du chrome qui s'accumulent dans le zooplancton,
- du mercure qui s'accumule dans les foies des poissons mais aussi et surtout dans leurs muscles.

◇ Il en va tout autrement des polluants organiques. En effet les rapports des concentrations entre maillons révèlent une bioaccumulation généralisée, quel que soit le niveau trophique.

Cette bioaccumulation est particulièrement manifeste dans les foies des poissons et, parmi les espèces étudiées, ce sont les morues qui accumulent le plus les polychlorobiphényles, le DDT (et dérivés) et le lindane. Cette espèce, plus riche en lipides que les autres, se trouve à l'âge adulte à un niveau trophique plus élevé, et on peut y voir là les raisons de cette accumulation plus importante de micropolluants lipophiles.

◇ En ce qui concerne l'étude anatomo-pathologique, elle a été réalisée sur des poissons présentant des aspects pathologiques extérieurs. Tous les individus examinés ont été prélevés dans la zone de Calais-Dunkerque et aucun n'a été trouvé dans le secteur d'Hardelot. Ceci ne signifie pas qu'il n'y en ait pas dans ce secteur, mais cela montre que la fréquence des poissons malades est plus élevée dans le secteur Calais-Dunkerque.

Les affections externes recensées sont celles qui ont fait l'objet d'observations antérieures :

- la maladie érosive des nageoires, peu fréquente,
- la maladie à Lymphocystis qui affecte fortement le flet,
- les ulcérations ou nécroses qui ont été observées sur divers poissons plats du littoral (flet, carrelet, sole, limande), sur des morues et des tacauds.

**De plus, des altérations des organes internes (foie, rate, rein) ont été observées chez ces poissons malades.**

**Cette étude n'avait pas pour prétention de relier les anomalies des poissons à une concentration élevée de tel ou tel toxique.**

**Ceci aurait supposé la collecte sélective, en vue d'analyses couplées - anatomo-pathologiques et chimiques -, de poissons malades dont la capture est peu fréquente et aléatoire. Aucune étude de ce type n'a d'ailleurs été publiée, à notre connaissance.**

**La présente étude visait au contraire en priorité à décrire le schéma dynamique du transfert des métaux et polluants organiques en un maximum d'échelons des chaînes biologiques régionales, à partir des Matières en Suspension elles-mêmes.**

**Elle a finalement montré qu'il n'y a pas de concentration progressive généralisée au long des chaînes, pour la plupart des produits étudiés.**

**La bioaccumulation semble limitée à quelques produits (particulièrement mercure et organo-chlorés) et en bout de chaîne (poissons).**

**Pour le reste le niveau d'imprégnation de la biomasse semble être le simple reflet de la contamination des Matières en Suspension.**

**Les recommandations à en tirer sont donc :**

- surveillance des Matières en Suspension (charge métallique et organique, origine géographique des éventuelles surconcentrations, ...) (à l'échelle du détroit et à l'échelle locale (de ports, avant-ports, estuaires ...))**
- surveillance du mercure et des organo-chlorés dans les rejets à la mer, dans les eaux (MeS) et dans le poisson.**

## **A N N E X E S**

ANNEXE 1 : Métaux (en mg/kg de produit sec)

- 57 -

HARDELDT 1<sup>ere</sup> Campagne (28-09-87/09-11-87)

	SESTON	PLANCTON	Moule	Creve	Aréni	MORUE	FLET	CARRELET	CARRELET	CARRELET
	≥ 0,45 µm	40µm : 200µm				40-50 cm	30 cm	20-30 cm	20-30 cm	30-40 cm
	SURF FOND					MUSC FOIE	MUSC FOIE	MUSC FOIE	MUSC FOIE	MUSC FOIE
CU	254 : 43	18.5 : 17	7.0	34.0	5.7	4.3 : 5.2	3.3 : 5.2	2.0 : 5.7	2.0 : 9.7	1.3 : 16.7
MN	2629 : 384	210 : 135	11.0	8.7	20.0	3.3 : 2.6	1.7 : 6.7	7.7 : 4.0	2.7 : 3.3	2.0 : 3.7
PB	180 : 41	50 : 50	0.10	0.23	1.17	0.13 : 0.26	0.10 : 0.10	0.30 : 0.27	0.10 : 0.23	0.10 : 0.20
ZN	- : -	370 : 310	55	80.0	34.0	16.0 : 31.4	43.0 : 200	29.3 : 63.3	21.0 : 75.0	10.7 : 152
CD	<0.5 : 0.27	0.4 : 0.45	0.35	0.23	0.23	<0.02 : 0.06	<0.02 : 0.10	<0.02 : 0.13	<0.02 : 0.23	<0.02 : 0.20
HG	- : 0.9	0.11 : 0.09	0.07	0.36	0.18	0.52 : 0.20	0.35 : 0.18	0.42 : 0.25	0.41 : 0.33	0.57 : 0.19
CR	22 : 12	6.5 : 7.5	0.00	15.0	9.0	1.67 : 0.52	4.17 : 1.07	13.3 : 0.53	6.7 : 0.67	10.0 : 0.27
NI	37 : 7.6	4.0 : 5.5	0.60	6.0	3.6	0.6 : 0.6	1.0 : 1.6	3.7 : 0.30	2.9 : 0.30	4.0 : 0.30
FE	6760 : 7306	3300 : 4300	190	57	240	15 : 36	20 : 202	20 : 65	25 : 115	32 : 117

HARDELDT 2<sup>eme</sup> Campagne (28-01-88/22-02-88)

	SESTON	PLANCTON	Moule	Creve	Aréni	MORUE	MORUE	FLET	CARRELET
	≥ 0,45 µm	40µm : 200µm				20-30 cm	50-60 cm	20-30 cm	20-40 cm
	SURF FOND					MUSC FOIE	MUSC FOIE	MUSC FOIE	MUSC FOIE
CU	66 : 64	2.0 : 5.0	0.0	35	5.3	1.7 : 9.6	1.7 : 15.0	1.7 : 60	1.3 : 25.7
MN	331 : 411	17.0 : 14.0	15.0	0.3	22.7	2.7 : 3.0	2.7 : 3.0	2.3 : 0.0	2.3 : 5.0
PB	33 : 34	2.5 : 0.3	1.5	0.2	2.2	0.17 : 0.2	0.23 : 0.36	0.5 : 2.2	0.4 : 0.6
ZN	96 : 0.2	39.0 : 110	0.30	103	52	21.0 : 32	20 : 40	77.0 : 133	45 : 147
CD	3.3 : 1.4	<0.05 : 0.15	0.70	0.13	0.0	0.2 : 0.10	0.07 : 0.20	0.10 : 0.17	0.07 : 1.5
HG	1.25 : 0.74	0.105 : 0.19	0.11	0.07	0.03	0.10 : 0.06	0.43 : 0.15	0.40 : 0.17	0.17 : 0.12
CR	33 : 41	1.5 : 23.0	2.3	1.0	30.3	1.5 : 4.6	14.3 : 6.0	2.10 : 37.0	1.5 : 3.2
NI	9.9 : 37	1.0 : 1.5	1.5	1.0	13.0	0.5 : 2.0	4.0 : 1.0	2.30 : 14.7	0.53 : 1.0
FE	9272 : 11416	350 : 550	450	47	157	30 : 50	37 : 66	23 : 213	17 : 123

Légende :

- SEST : Seston
- PLANC : Plancton
- CREVE : Crevette
- ARENI : Aréni
- MACO : Macoma
- ABRA : Abra alba
- SURF : Surface
- MUSC : Muscle

CALAIS - DUNKERQUE 1ere Campagne (32-89-87/18-11-87)

	SESTON ≥0,45 µm SURF FOND	PLANCTON 40µm 200µm	Moule	Coque	Abra	Creve	Aréni	MORUE 40-50 cm MUSC FOIE	FLET 30 cm MUSC FOIE	CARRELET 20-30 cm MUSC FOIE
CU	325 : 62	13.5 : 31	7.5	7.5	16.2	36.7	5.3	3.8 : 9.2	2.2 : 18.3	3.2 : 3.7
MN	855 : 667	228 : 43	11.5	24.8	103	9.8	24.8	2.7 : 2.8	1.7 : 3.3	2.8 : 2.7
PB	111 : 87	22 : 43	8.18	2.5	6.8	8.27	1.5	8.2 : 8.74	8.18 : 8.18	8.18 : 8.28
ZN	- : -	118 : 325	61.8	142	228	77	73	19 : 48.6	24 : 98	19 : 48.3
CD	<0.5 : 0.42	0.6 : 0.47	0.28	0.48	1.22	2.13	2.13	<0.82 : 2.82	<0.32 : 0.23	<0.22 : 0.23
HG	2.91 : 1.93	0.175 : 0.145	0.87	0.14	0.112	0.25	0.21	0.56 : 0.85	0.29 : 0.38	0.45 : 0.23
CR	23 : 43	22 : 6.5	2.38	4.88	13.8	12.8	5.8	2.17 : 2.58	8.33 : 1.88	5.3 : 1.3
NI	8.6 : 13	6.5 : 11.6	8.72	14	6.5	4.6	2.7	8.7 : 8.42	3.2 : 8.42	2.3 : 1.8
FE	4538 : 13292	6788 : 2828	325	658	2238	57	567	15 : 48	24 : 133	21 : 122

CALAIS - DUNKERQUE 2eme Campagne (19-84-88)

	SESTON ≥0,45 µm SURF FOND	PLANCTON 40µm:200µm	Moule	Abra	Creve	Aréni	MORUE 30-40 cm MUSC FOIE	FLET 20-40 cm MUSC FOIE	CARRELET 30-40 cm MUSC FOIE
CU	75 : 28	28 : 17	5.3	9.8	37	3.7	1.8 : 18.2	1.3 : 33	1.8 : 4.2
MN	438 : 435	135 : 188	12	45	5.7	13	2.8 : 3.8	1.7 : 5.8	1.3 : 4.8
PB	38 : 38	58 : 78	1.3	4.3	8.3	1.2	8.23 : <0.28	<0.15 : 8.48	<0.15 : 8.38
ZN	175 : 112	445 : 258	58	228	128	113	28 : 38	27 : 183	27 : 67
CD	1.25 : 0.38	0.13 : 0.18	0.27	0.45	0.23	0.38	0.23 : 0.24	0.23 : 0.98	0.33 : 0.17
HG	1.58 : 2.43	0.18 : 0.875	0.12	0.88	0.16	0.17	8.17 : 0.12	8.47 : 8.26	8.87 : 8.21
CR	58 : 28	9.3 : 11	1.3	5.5	8.7	1.5	8.77 : <0.28	8.15 : 8.27	8.38 : 8.38
NI	44 : 9.5	6.8 : 5.5	8.7	8.75	8.4	8.4	<0.38 : <0.42	<0.38 : <0.38	8.38 : 8.38
FE	11258 : 12854	3988 : 3388	173	388	57	647	18 : 42	18 : 558	6.8 : 151

CALAIS - DUNKERQUE 3eme Campagne (26-86-88)

	SEST 0,45 µm	PLANCTON 40µm	Moule	Maco	Abra	Creve	Aréni	FLET 20-30 cm MUSC FOIE	CARRELET 20-30 cm MUSC FOIE
CU	58	15	6.7	12.3	9.7	48	3.8	2.3 : 33	1.3 : 5.7
MN	836	138	17	33	97	6.7	48	3.3 : 8.2	2.8 : 4.3
PB	72	188	1.7	3.5	18.6	8.47	3.8	8.73 : 1.1	8.27 : 8.58
ZN	286	259	78	287	183	183	78	183 : 131	32 : 79
CD	0.96	0.58	0.33	0.27	0.77	0.17	8.2	0.87 : 0.44	0.18 : 0.27
HG	2.48	0.17	0.185	0.11	0.18	0.18	0.12	0.38 : 0.22	0.23 : -
CR	86	15	2.2	4.7	8.7	8.88	5.7	8.33 : <0.18	<0.18 : <0.18
NI	6.6	8.5	8.8	1.5	5.3	<0.38	1.2	<0.38 : <0.38	<0.38 : 8.67
FE	12318	4588	283	398	838	34	618	22 : 131	8.3 : 187

CALAIS - DUNKERQUE 4eme Campagne (29-86-88)

	SESTON SURF FOND	PLANCTON 40µm 200µm	Moule	Abra	Creve	Aréni	FLET 20-40 cm MUSC FOIE	Carre 20-30 MUSC
CU	127 : 48	7.5 : 68	7.8	9.7	32.3	4.3	1.3 : 63	1.3
MN	786 : 658	115 : 88	15	127	8.3	57	1.3 : 5.3	2.7
PB	187 : 75	25 : 188	2.8	5.8	8.28	1.28	8.38 : 8.28	8.78
ZN	262 : 153	168 : 658	58	288	97	74	77 : 123	37
CD	2.1 : 0.63	0.35 : 0.58	0.38	0.67	0.58	0.27	8.87 : 8.27	8.13
HG	1.44 : 0.85	0.87 : 0.186	0.11	0.17	0.13	0.89	8.32 : 8.61	8.16
CR	28 : 26	8.8 : 12.8	1.58	11.3	8.57	7.8	<0.18 : <0.18	8.57
NI	14 : 11	4.5 : 8.8	8.33	14.8	8.33	8.83	8.33 : <0.38	8.67
FE	8478 : 9588	4858 : 5188	193	2888	43	1188	18 : 633	6.7

**ANNEXE 2 : Polluants organiques (en µg/kg de produit sec)**

HARDELOT 1ere Campagne (29-09-87/09-11-87)

	SESTON	PLANCTON	Moule	Creve	Aréni	MORUE	FLET	Carre	CARRELET	CARRELET
	>1,2µm	40µm 200µm				40-50 cm	30	20-30	20-30 cm	30-40 cm
	SURF FOND					MUSC FOIE	MUSC	FOIE	MUSC FOIE	MUSC FOIE
HCB	<0.5 : <0.5	<0.5 : <0.5	<0.5	0.6	5.0	<0.5 : 7.0	3.0	3.0	<2.5 : 5.3	2.2 : 8.4
HEPTA	<0.5 : <0.5	<0.5 : 1.2	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5 : <0.5	<0.5	<0.5	<0.5 : 6.0	<0.5 : <0.5
HEPTE	<0.5 : <0.5	<0.5 : <0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5 : <0.5	<0.5	<0.5	<0.5 : <0.5	<0.5 : <0.5
ALDRI	<0.5 : <0.5	<0.5 : <0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5 : <0.5	<0.5	<0.5	<0.5 : <0.5	<0.5 : <0.5
DIELD	0.8 : <2.5	0.7 : <0.5	<0.5	<0.5	1.0	<0.5 : 10.0	2.5	<2.5	<2.5 : 2.1	<0.5 : <0.5
ENDRI	<2.0 : <2.0	2.0 : <2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0 : 6.0	<2.0	<2.0	<2.0 : <2.0	<2.0 : <2.0
A-END	<2.0 : <2.0	<2.0 : <2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0 : <2.0	<2.0	<2.0	<2.0 : <2.0	<2.0 : <2.0
DICGF	<5.0 : <5.0	<5.0 : <5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0 : <5.0	<5.0	<5.0	<5.0 : <5.0	<5.0 : <5.0
A-HCH	1.5 : <2.5	<0.5 : <0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5 : 4.4	<0.5	1.2	<0.5 : 2.0	<0.5 : 3.4
B-HCH	<1.0 : <1.0	<1.0 : <1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0 : <1.0	<1.0	<1.0	<1.0 : <1.0	<1.0 : 1.2
G-HCH	4.0 : 1.0	<0.5 : <0.5	<0.5	<0.5	0.8	<0.5 : 30	0.5	1.0	<0.5 : 1.0	<0.5 : 4.7
D-HCH	<1.0 : <1.0	<1.0 : <1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0 : <1.0	<1.0	<1.0	<1.0 : <1.0	<1.0 : <1.0
PPDDE	<0.5 : <0.5	7.2 : <0.5	2.6	<0.5	2.7	<0.5 : 26.0	1.2	5.5	<0.5 : 0.6	<0.5 : 10.3
OPDDE	<1.0 : <1.0	<1.0 : <1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0 : 32.0	<1.0	4.2	1.2 : 6.0	<1.0 : 7.2
PPDDD	<1.0 : <1.0	<1.0 : 6.0	<1.0	<1.0	1.4	<1.0 : 20.0	<1.0	4.5	<1.0 : 9.3	<1.0 : 9.6
OPDDD	<1.0 : <1.0	<1.0 : <1.0	<1.0	<1.0	7.0	<1.0 : 30.0	<1.0	20.0	2.0 : 9.2	<1.0 : 3.2
PPDDT	<1.0 : <1.0	2.0 : <1.0	<1.0	<1.0	<1.0	2.5 : 9.0	<1.0	20.0	<1.0 : 3.3	<1.0 : 1.9
OPDDT	<1.0 : <1.0	6.0 : 1.4	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0 : 0.0	<1.0	<1.0	<1.0 : 2.5	<1.0 : 2.3
DP5	85 : 14	66 : 18	75	10	40	0.0 : 1000	43	175	15 : 103	11 : 200
DP6	52 : <5.0	10 : 6	14	47	30	<5.0 : 300	45	100	12 : 103	6 : 160
PCBT	137 : 14	96 : 24	89	57	70	0.0 : 1300	88	295	27 : 366	17 : 360

HARDELOT 2eme Campagne (20-01-88/22-02-88)

	SESTON	PLANCTON	Moule	Creve	Aréni	MORUE	MORUE	FLET	CARRELET
	>1,2 µm	40µm 200µm				20-30 cm	50-60 cm	20-30 cm	20-40 cm
	SURF FOND					MUSC FOIE	MUSC FOIE	MUSC FOIE	MUSC FOIE
HCB	1.0 : 4.4	0.9 : 1.0	1.0	3.0	1.9	<0.5 : 14.4	<0.5 : 44.6	2.5 : <0.5	2.0 : 4.2
HEPTA	<0.5 : <0.5	<0.5 : <0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5 : <0.5	<0.5 : <0.5	<0.5 : <0.5	<0.5 : <0.5
HEPTE	<0.5 : <0.5	<0.5 : <0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5 : <0.5	<0.5 : <0.5	<0.5 : <0.5	<0.5 : <0.5
ALDRI	<0.5 : <0.5	<0.5 : <0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5 : <0.5	<0.5 : <0.5	<0.5 : <0.5	<0.5 : <0.5
DIELD	<0.5 : <0.5	<0.5 : 0.8	2.5	<0.5	<0.5	<0.5 : 27.2	<0.5 : <0.5	1.1 : <0.5	2.2 : 13.6
ENDRI	<2.0 : <2.0	4.7 : <2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0 : <2.0	<2.0 : <2.0	<2.0 : <2.0	<2.0 : <2.0
A-END	<2.0 : <2.0	<2.0 : <2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0 : <2.0	<2.0 : <2.0	<2.0 : <2.0	<2.0 : <2.0
DICGF	<5.0 : <5.0	<5.0 : <5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0 : <5.0	<5.0 : <5.0	<5.0 : <5.0	<5.0 : <5.0
A-HCH	<0.5 : 1.3	<0.5 : 0.0	0.0	<0.5	<0.5	<0.5 : 4.6	<0.5 : 6.4	<0.5 : <0.5	<0.5 : 0.5
B-HCH	<1.0 : <1.0	<1.0 : <1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0 : <1.0	<1.0 : 2.0	<1.0 : <1.0	<1.0 : <1.0
G-HCH	2.0 : 4.0	1.4 : 2.4	7.0	<0.5	<0.5	<0.5 : 44.0	<0.5 : 45.0	0.7 : <0.5	0.7 : 2.6
D-HCH	<1.0 : <1.0	<1.0 : <1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0 : <1.0	<1.0 : <1.0	<1.0 : <1.0	<1.0 : <1.0
PPDDE	<0.5 : <0.5	0.0 : 3.0	1.0	<0.5	<0.5	1.0 : 72.4	<0.5 : 146.6	1.0 : <0.5	<0.5 : 9.7
OPDDE	<1.0 : <1.0	<1.0 : <1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0 : <1.0	<1.0 : 67.4	<1.0 : 26.0	<1.0 : <1.0
PPDDD	<1.0 : <1.0	2.1 : 5.4	4.0	<1.0	<1.0	<1.0 : 41.2	<1.0 : 74.6	<1.0 : <1.0	<1.0 : <1.0
OPDDD	<1.0 : 13.0	3.5 : <1.0	<1.0	1.0	2.0	<1.0 : <1.0	<1.0 : 21.0	2.0 : <1.0	<1.0 : <1.0
PPDDT	<1.0 : <1.0	4.6 : 32.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0 : 13.6	<1.0 : 16.4	<1.0 : <1.0	<1.0 : 3.0
OPDDT	<1.0 : <1.0	1.5 : 1.5	1.1	<1.0	<1.0	<1.0 : 15.0	<1.0 : 33.6	<1.0 : <1.0	<1.0 : 2.2
DP5	20 : 60	19 : 140	40	<5.0	13	29 : 1014	40 : 6000	25 : 00	35 : 472
DP6	5 : 10	6 : 126	44	13	11	9 : 746	0 : 1020	12 : 607	66 : 119
PCBT	25 : 70	25 : 266	04	13	24	30 : 1760	40 : 7000	37 : 767	101 : 591



CALAIS - DUNKERQUE 1ere Campagne (28-29-30/10-11-87)

	SESTON ≥ 1,2 µm		PLANCTON 40µm 200µm		Moule	Coque	Abra	Creve	Aréni	MORUE 40-50 cm		FLET 30 cm		CARRELET 20-30 cm	
	SURF FOND									MUSC	FOIE	MUSC	FOIE	MUSC	FOIE
HCB	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	18.2	3.2	5.2	2.7	1.6
HEPTA	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	1.5	1.2	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5
HEPTE	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	2.6	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5
ALDRI	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5
DIELD	<2.5	<2.5	2.6	<2.5	1.6	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	34	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5
ENDRI	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	26	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2
A-END	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2
DICOF	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2
A-HCH	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	2.6	3.8	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	6.6	<2.5	<2.5	<2.5	1.4
B-HCH	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
G-HCH	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	6.2	2.9	<2.5	<2.5	<2.5	34	2.6	3.2	2.6	5.2
D-HCH	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
PFDD	<2.5	<2.5	2.5	<2.5	4.2	1.3	1.2	2.7	2.7	<2.5	62	1.7	12	<2.5	3.6
PFDE	<1.2	<1.2	<1.2	1.5	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	35.2	1.2	24	<1.2	15
PFDD	<1.2	<1.2	1.2	<1.2	2.7	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	11	2.3	32	<1.2	3.3
PFDD	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	2.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	26	5.2	6.2	<1.2	<1.2
PFDDT	<1.2	<1.2	1.3	<1.2	1.5	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	14.2	<1.2	7.2	<1.2	<1.2
PFDDT	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	12.2	<1.2	6.2	<1.2	<1.2
DP5	45	<5.2	34	35	63	12	12	<5.2	52	18	1222	45	692	15	71
DP6	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	22	56	32	32	22	<5.2	162	33	615	7	26
PCBT	45	<12.2	34	35	63	62	42	32	72	18	1462	72	1225	22	157

CALAIS - DUNKERQUE 2eme Campagne (19-24-88)

	SESTON ≥ 1,2 µm		PLANCTON 40µm 200µm		Moule	Creve	Aréni	Morue	FLET 20-40 cm		CARRELET 30-40 cm	
	SURF FOND							MUSC	MUSC	FOIE	MUSC	FOIE
HCB	11.2	<2.5	2.2	1.2	<2.5	1.2	2.7	2.2	<2.5	3.2	<2.5	3.2
HEPTA	3.2	<2.5	2.3	1.7	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5
HEPTE	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	2.6	<2.5	<2.5
ALDRI	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5
DIELD	<2.5	<2.5	1.3	<2.5	1.6	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	4.2
ENDRI	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2
A-END	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2
DICOF	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2
A-HCH	1.6	<2.5	<2.5	<2.5	2.7	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	2.6	<2.5	1.4
B-HCH	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	2.2	<1.2	3.4	<1.2	<1.2	<1.2
G-HCH	4.4	2.6	2.2	1.2	19.5	<2.5	<2.5	<2.5	2.6	6.2	1.2	12.2
D-HCH	1.2	<1.2	<1.2	<2.5	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
PFDD	2.6	<2.5	2.2	<2.5	2.7	1.3	1.3	2.1	1.6	69	<2.5	14.2
PFDE	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	9.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	12	<1.2	14.2
PFDD	1.2	<1.2	7.2	<1.2	<1.2	<1.2	3.2	<1.2	1.1	<1.2	<1.2	<1.2
PFDD	14.2	<1.2	2.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
PFDDT	4.4	<1.2	15.5	<1.2	2.2	<1.2	1.1	<1.2	<1.2	7.5	<1.2	1.4
PFDDT	<1.2	<1.2	2.5	<1.2	2.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	2.5	<1.2	1.2
DP5	62	12	11	12	55	15	22	46	63	1356	12	222
DP6	2	<5.2	12	12	16	27	75	11	9	297	<5.2	62
PCBT	76	12	29	22	71	42	97	57	72	1653	12	342

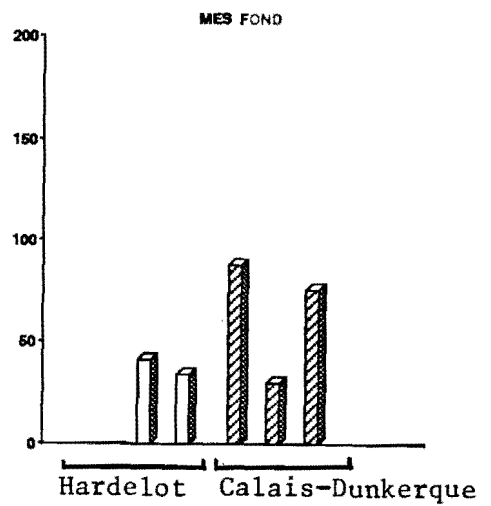
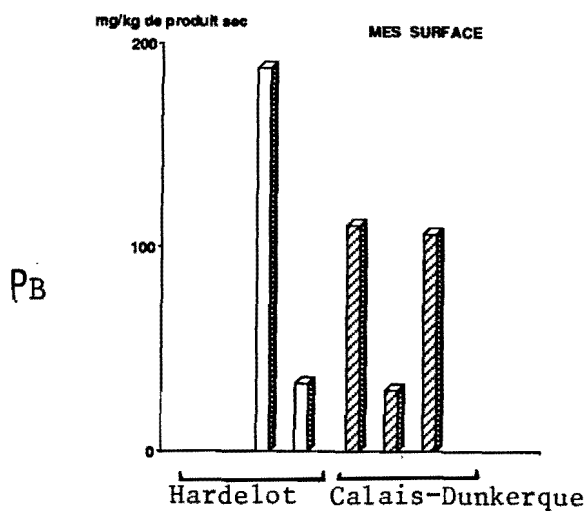
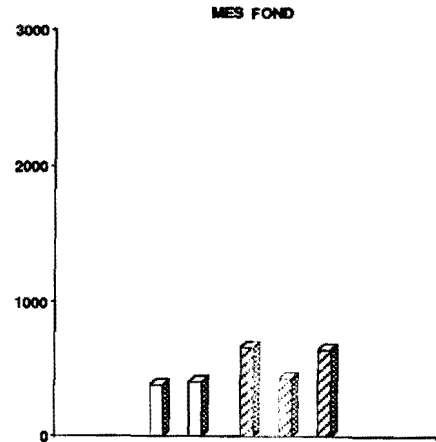
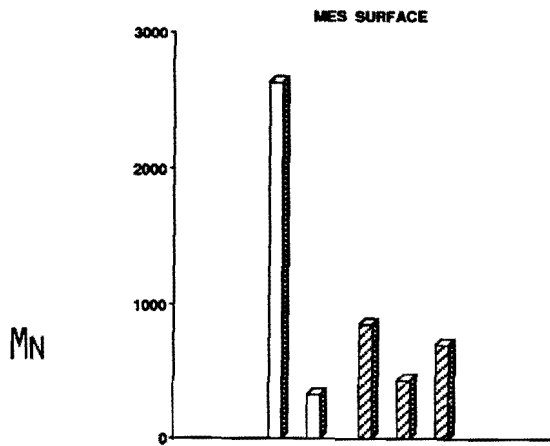
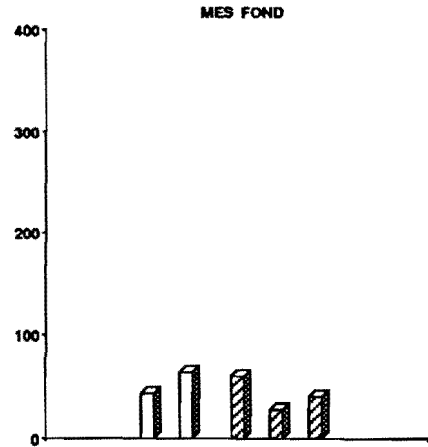
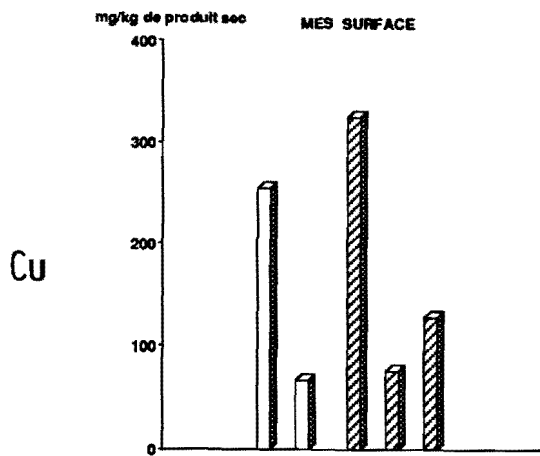
ANNEXE 2 - Polluants organiques (en µg/kg de produit sec)

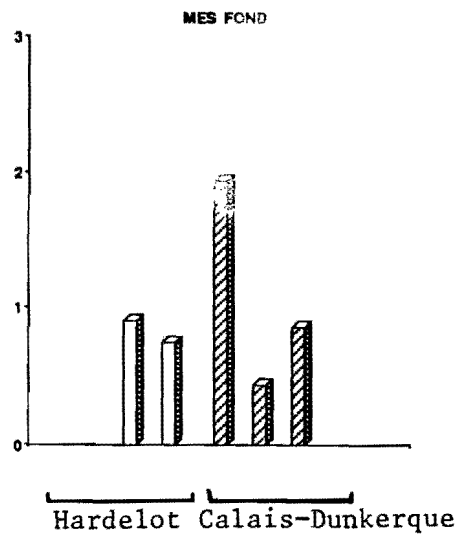
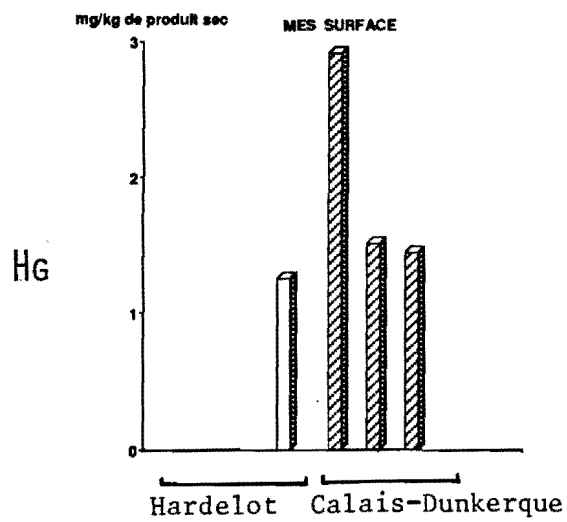
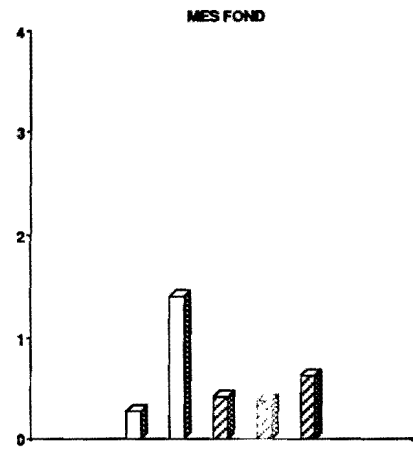
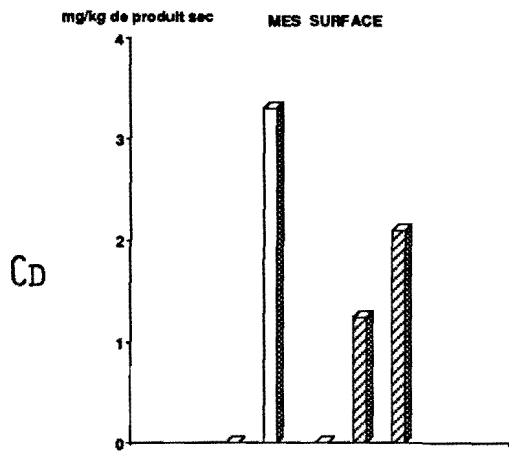
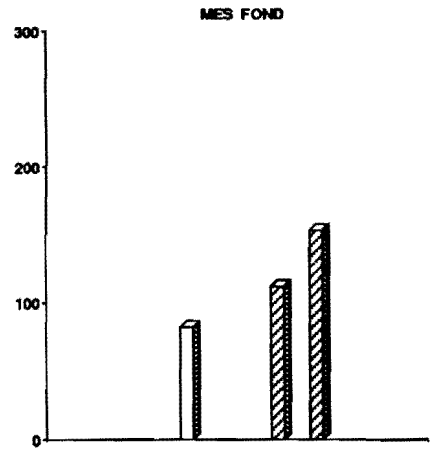
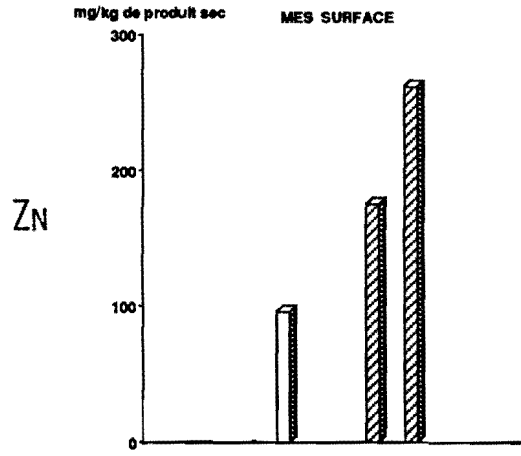
CALAIS - DUNKERQUE 3eme Campagne (26-26-86)

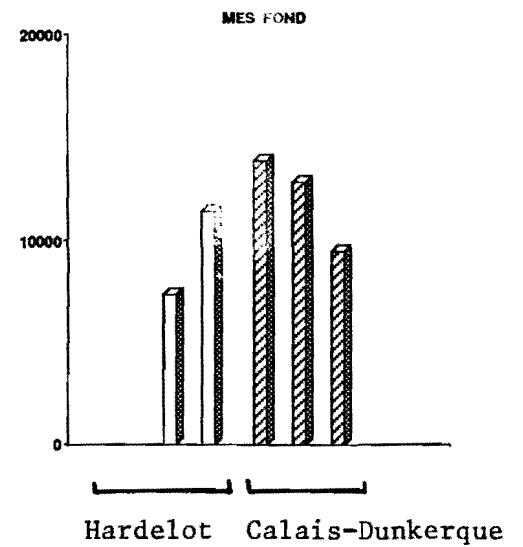
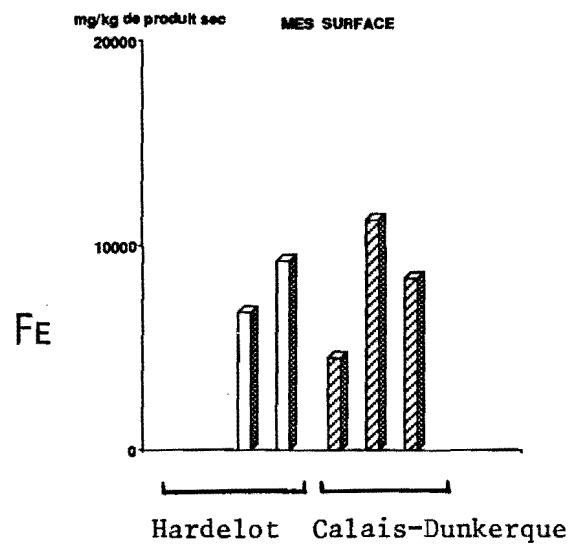
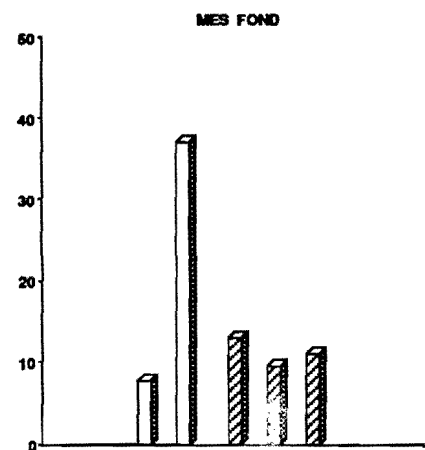
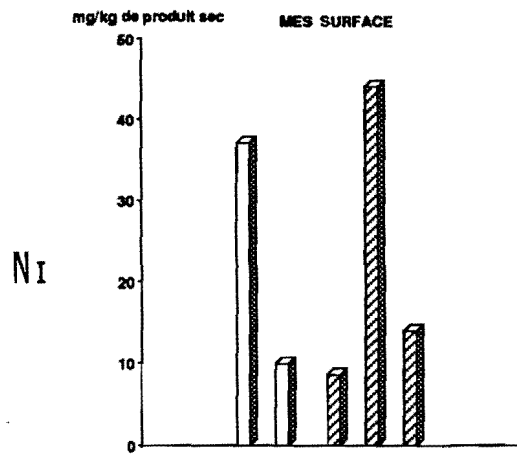
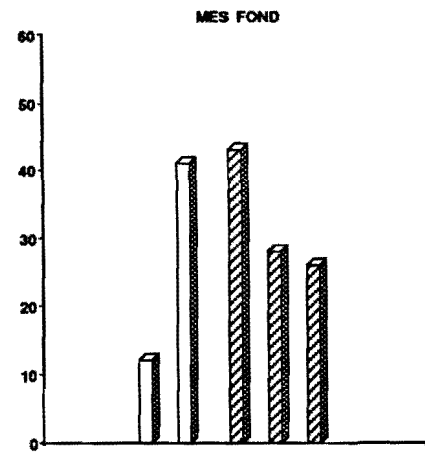
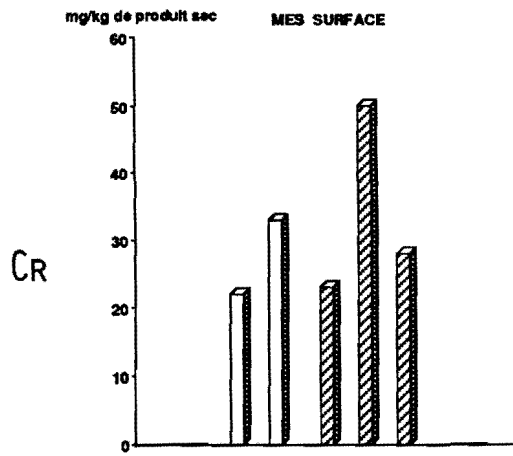
	SEST 1,2 µm	PLANC 40 µm	Moule	MACO	ABRA	Creve	Aréni	FLET 20-30 MUSC	CARRELET 20-30cm MUSC FOIE	
HCB	2.8	<2.5	2.5	0.8	2.6	<2.5	<2.5	2.6	<2.5	3.2
HEPTA	<2.5	<2.5	<2.5	2.6	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5
HEPTE	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5
ALDRI	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5
DIELD	2.7	<2.5	1.7	<2.5	<2.5	2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5
ENDRI	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2
A-END	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2
DICOF	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2
A-HCH	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	1.8
B-HCH	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
S-HCH	1.9	<2.5	5.2	3.6	1.1	<2.5	1.2	<2.5	<2.5	22.5
D-HCH	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	1.2
PPDDE	1.2	1.2	1.5	1.2	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	1.1
OPDDE	<1.2	<1.2	3.5	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
PPDDD	1.5	1.5	4.2	2.7	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	1.2	2.6
OPDDD	5.6	1.7	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
PPDDT	7.7	1.2	2.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	1.2	4.1	11.7
OPDDT	3.2	1.7	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	7.2
DP5	12	<5.2	243	42	33	<5.2	49	25	41	334
DP6	7	<5.2	11	6	<5.2	<5.2	5	7	7	49
PCBT	17	<12	254	46	33	<12.2	54	32	42	123

CALAIS - DUNKERQUE 4eme Campagne (29-26-86)

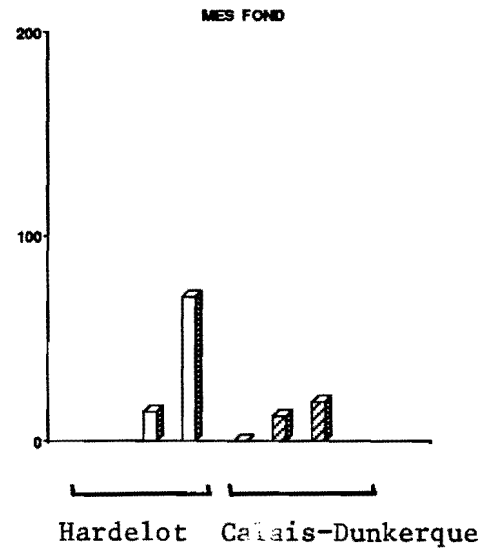
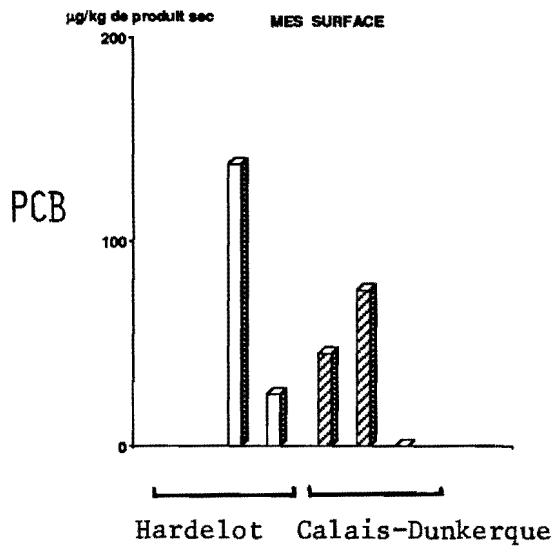
	SESTON > 1,2µm SURF FOND	PLANCTON 40µm 200µm	Moule	Abra	Creve	Aréni	FLET 20-40 cm MUSC FOIE	Carre 20-30 MUSC			
HCB	1.2	<2.5	2.5	2.8	1.5	<2.5	<2.5	<2.5	1.2	<2.5	
HEPTA	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	
HEPTE	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	
ALDRI	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	
DIELD	<2.5	<2.5	5.2	3.2	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	
ENDRI	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	7.6	<2.2	
A-END	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	
DICOF	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	<5.2	
A-HCH	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	2.2	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	1.5	<2.5
B-HCH	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	2.5	<1.2	
S-HCH	<2.5	2.7	<2.5	4.5	4.2	1.6	<2.5	<2.5	4.2	<2.5	
D-HCH	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	
PPDDE	<2.5	1.3	2.5	2.2	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	1.7	19.5	2.9
OPDDE	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	4.2	<1.2	
PPDDD	<1.2	7.3	2.2	5.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	1.6	11.7	<1.2
OPDDD	<1.2	1.1	<1.2	1.5	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2
PPDDT	<1.2	<1.2	5.2	1.2	1.2	<1.2	<1.2	<1.2	1.4	<1.2	
OPDDT	<1.2	1.2	<1.2	1.5	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	<1.2	
DP5	<5.2	7.2	<5.2	<5.2	262	23	26	24	62	471	53
DP6	<5.2	12.2	<5.2	11.2	62	44	19	12	32	429	26
PCBT	<12.2	19.2	<12.2	11.2	322	127	45	36	122	222	79

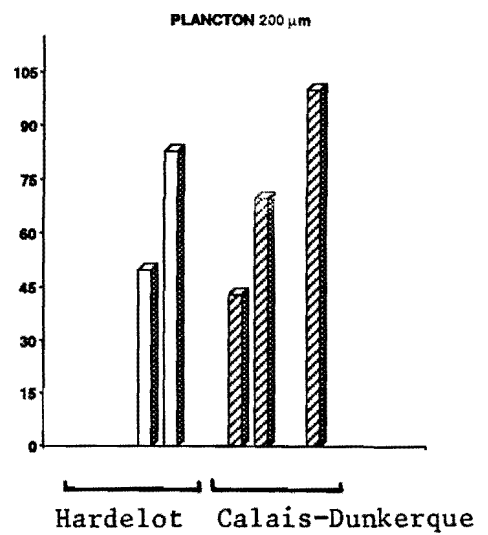
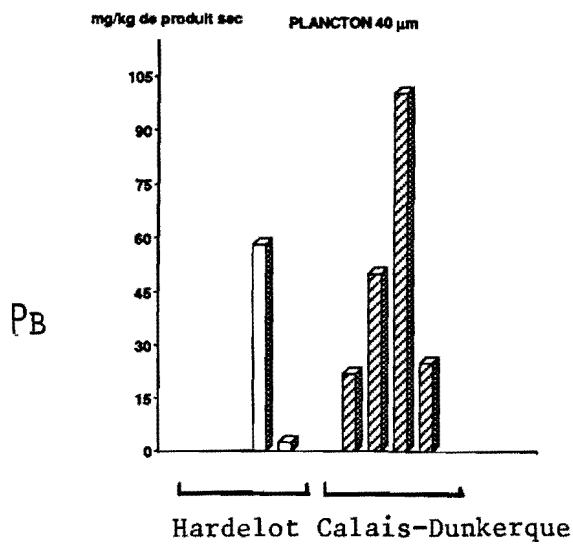
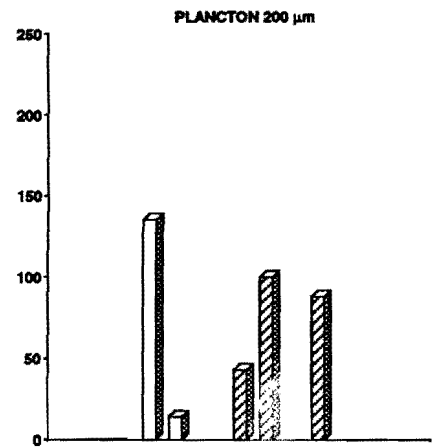
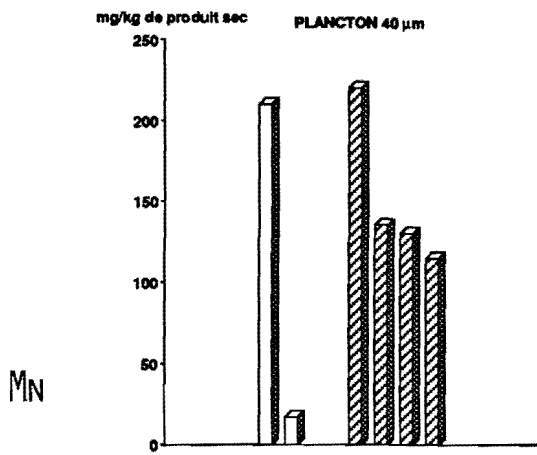
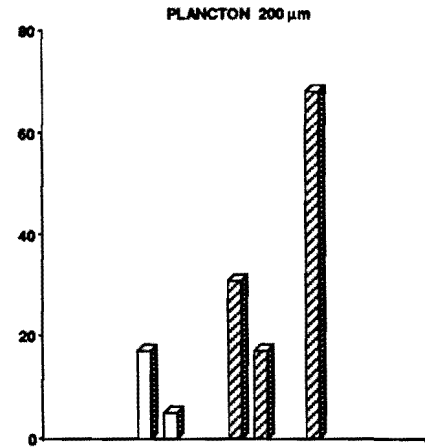
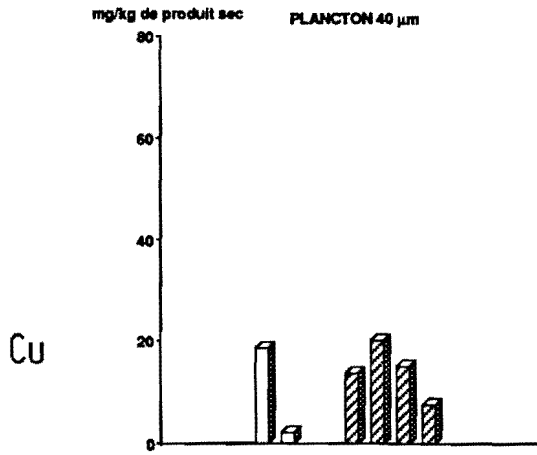


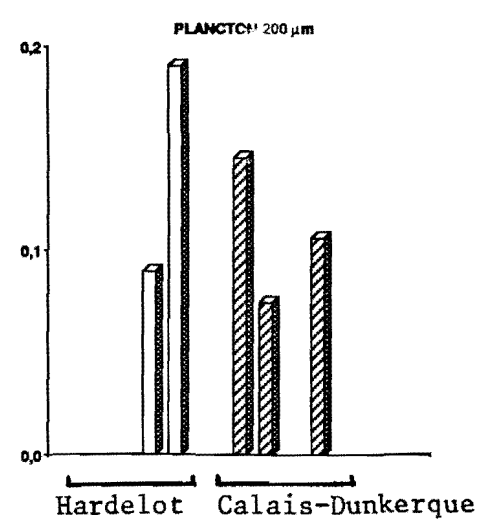
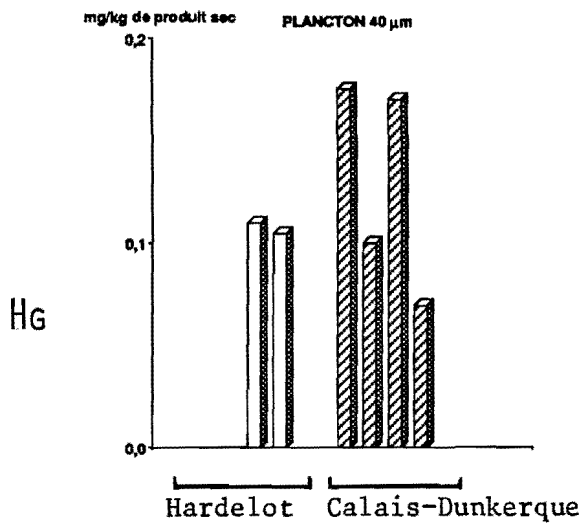
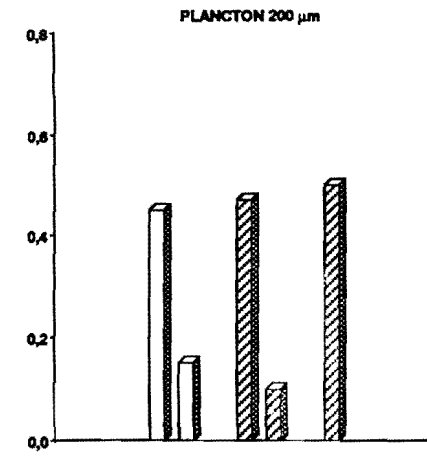
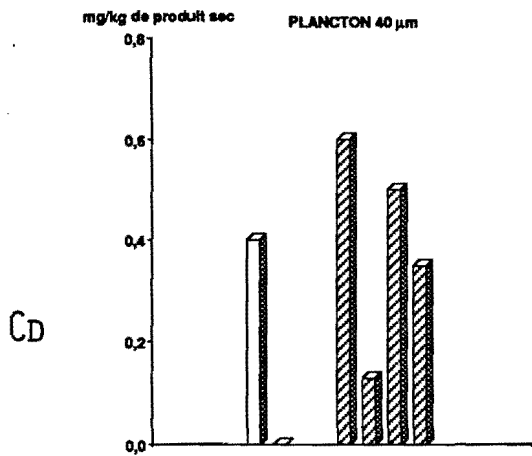
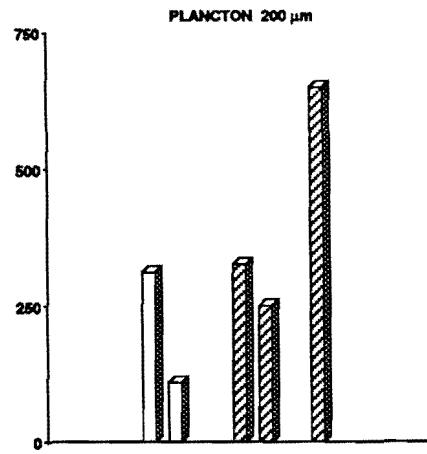
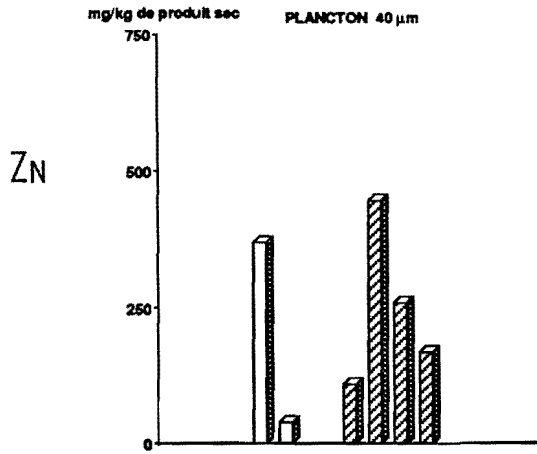




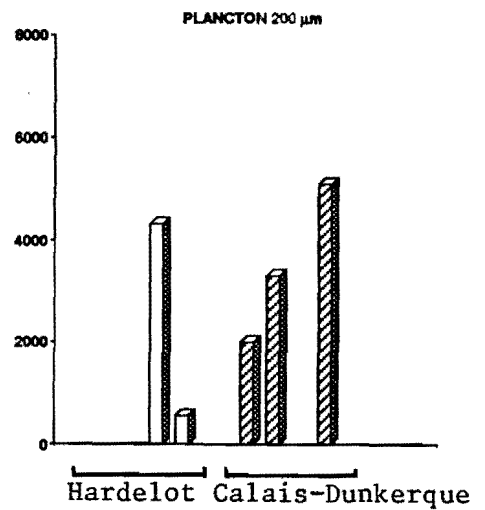
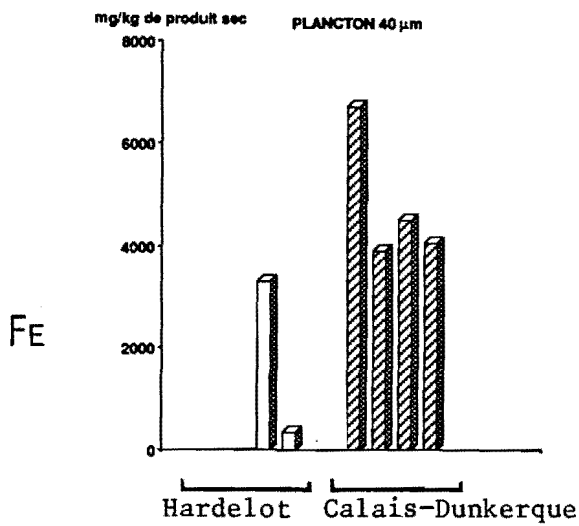
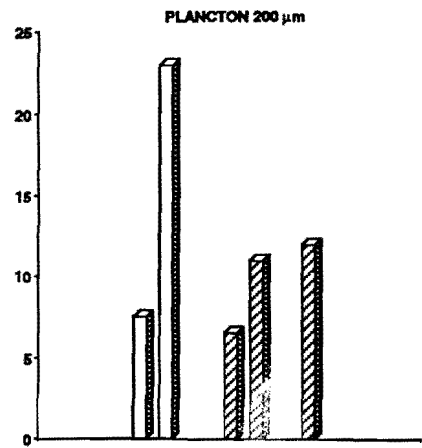
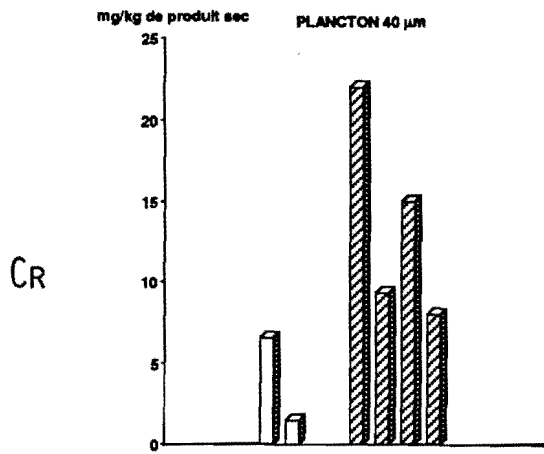
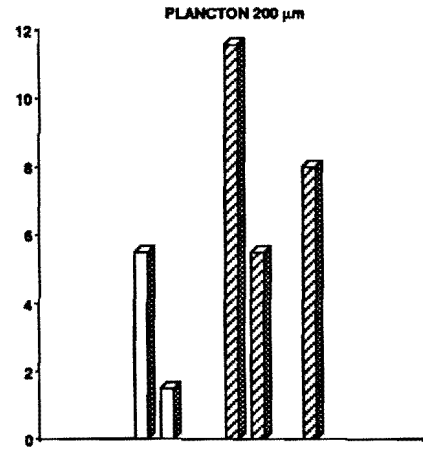
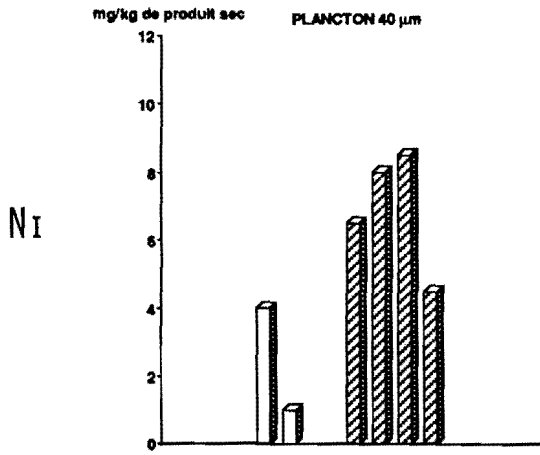
ANNEXE 3 - Polluants organiques dans les MeS



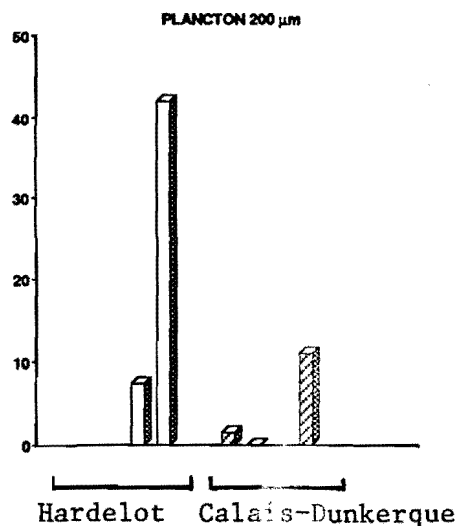
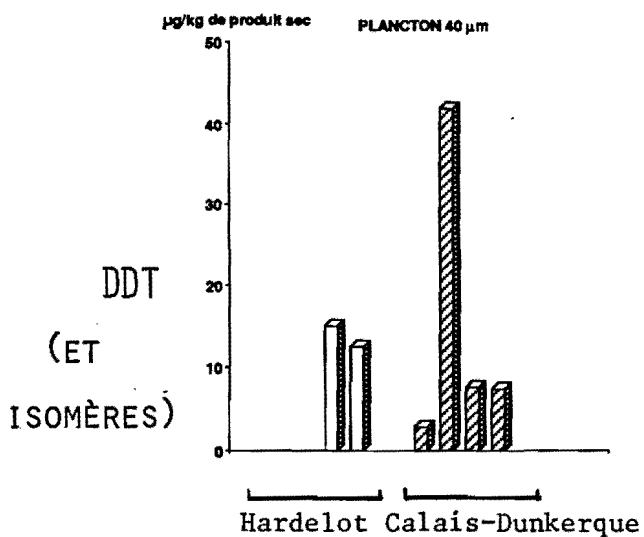
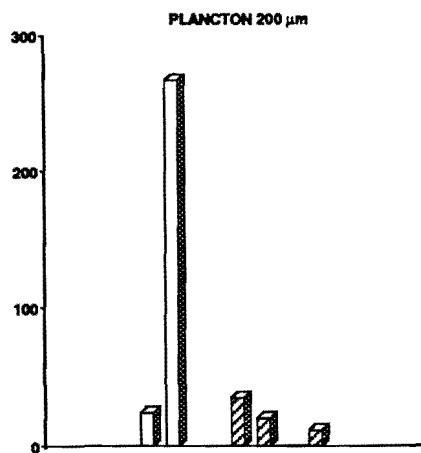
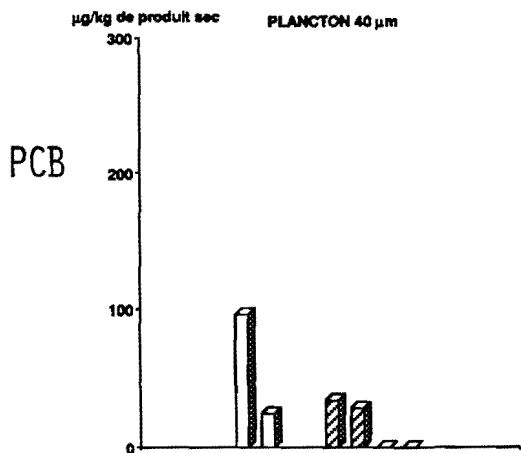


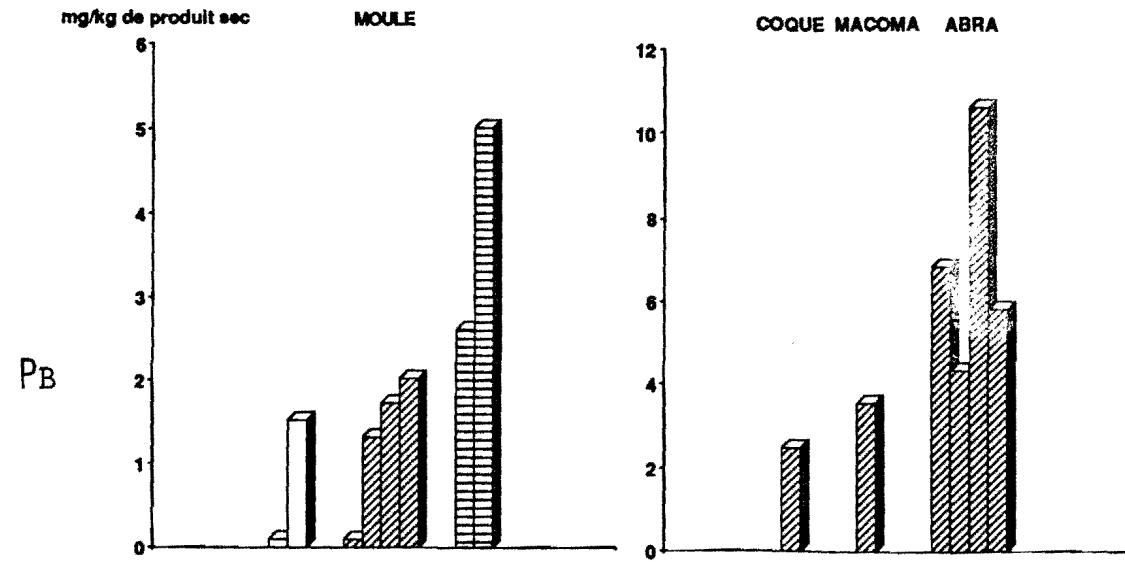
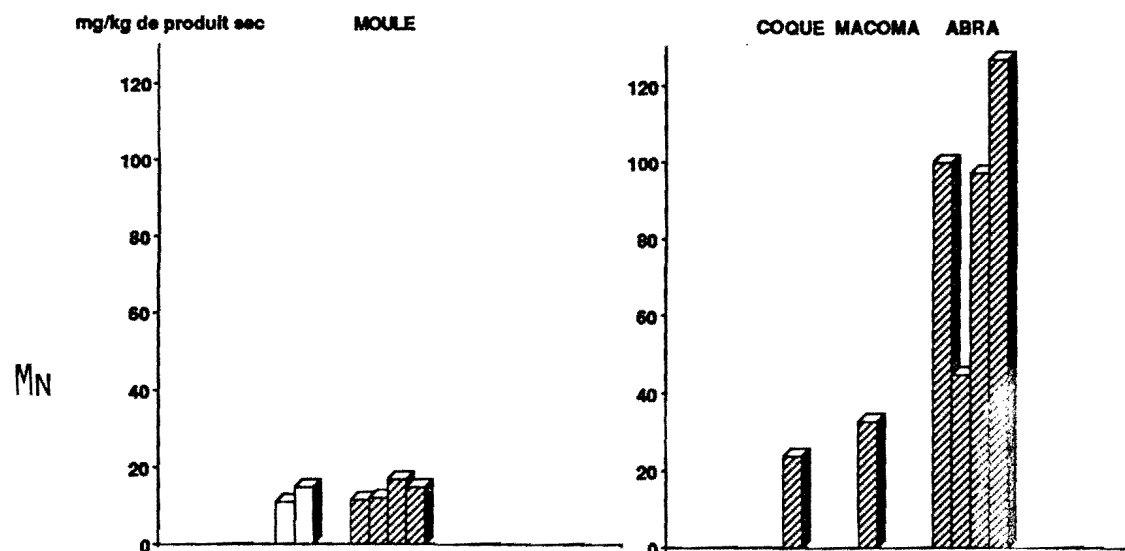
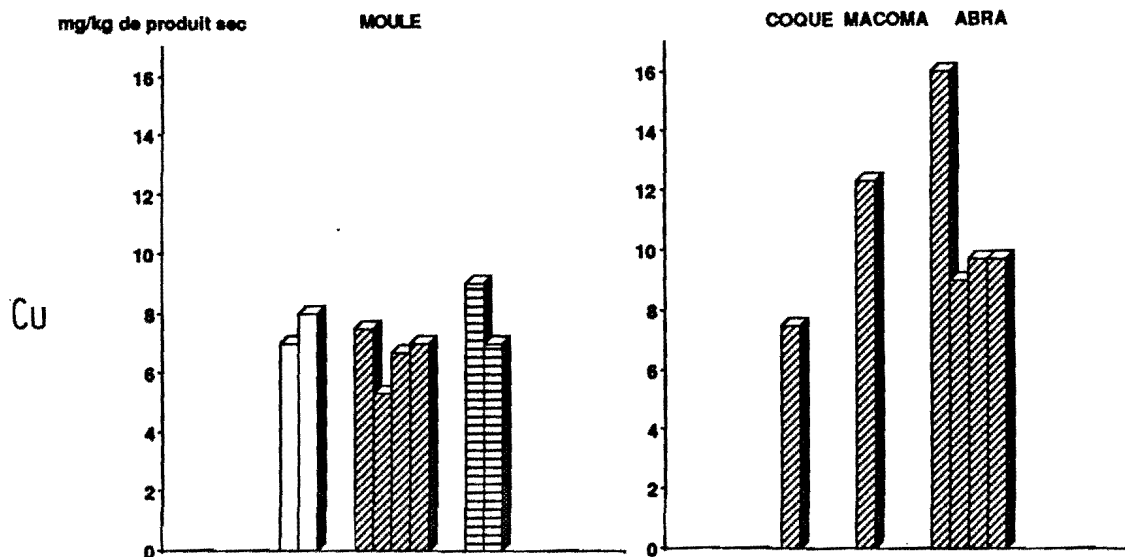






ANNEXE 4 - Polluants organiques dans le plancton

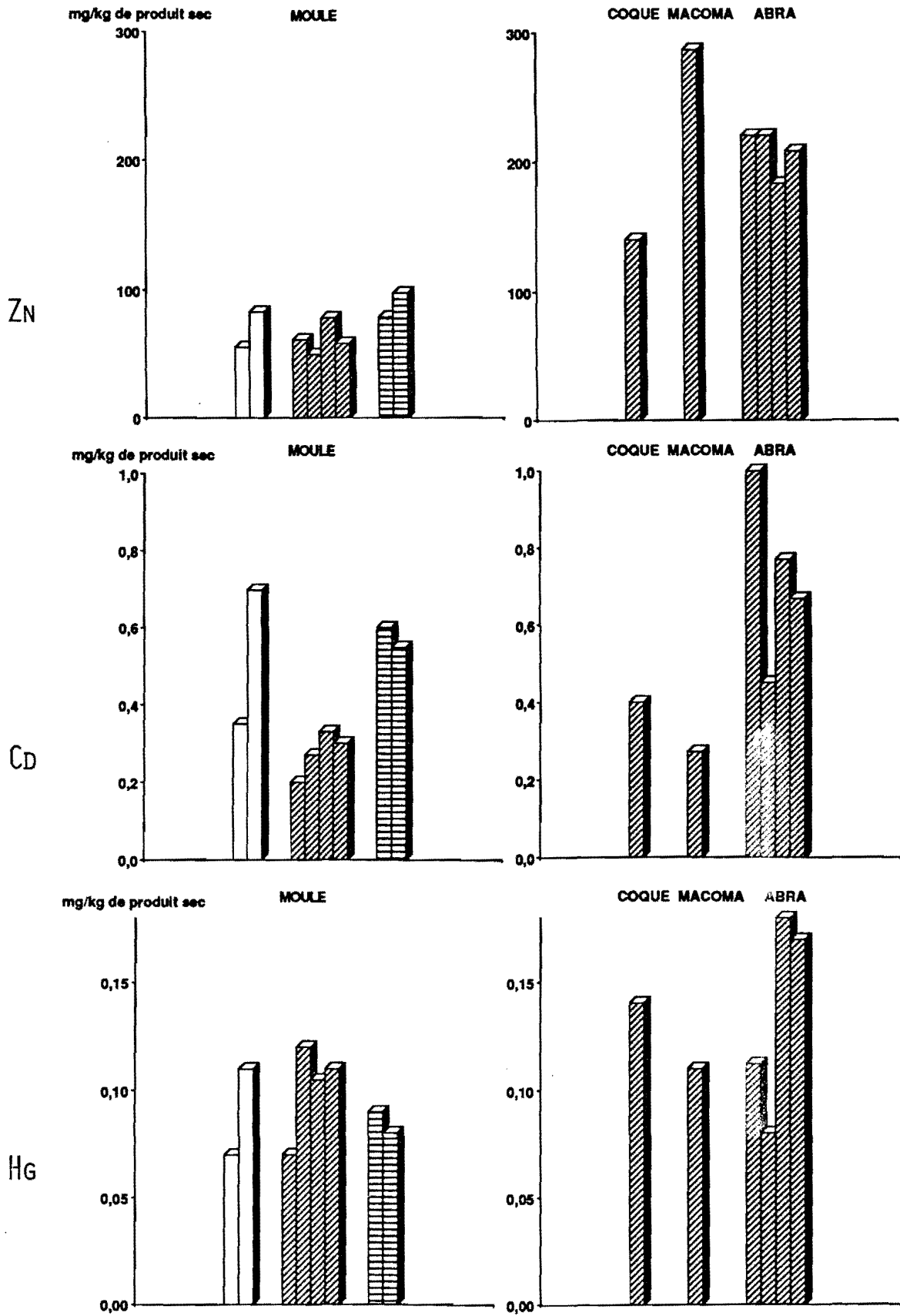




Moule E : Estran  
 L : Large

Hardelot Calais-Dunkerque

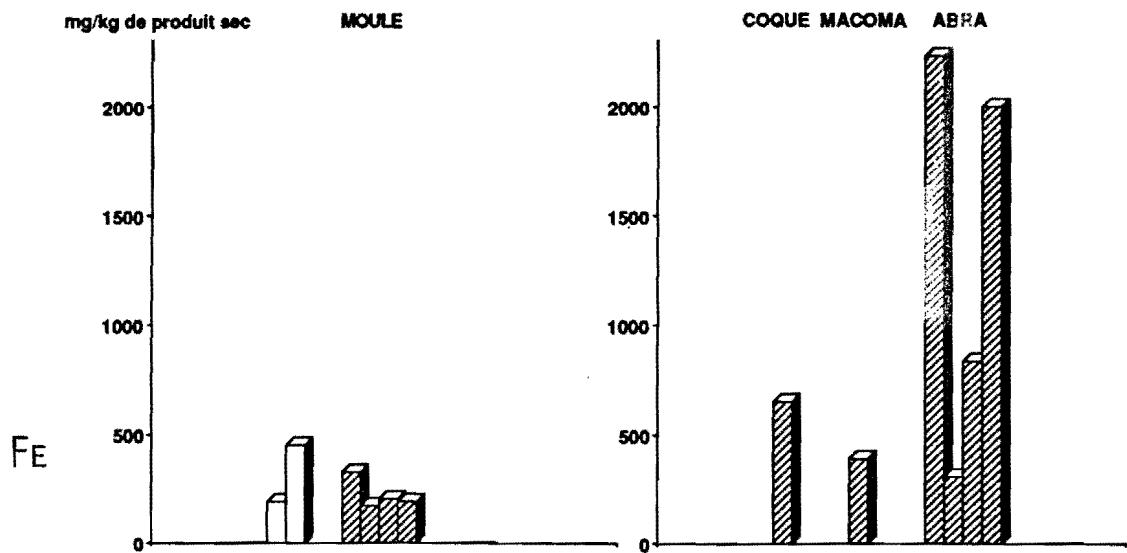
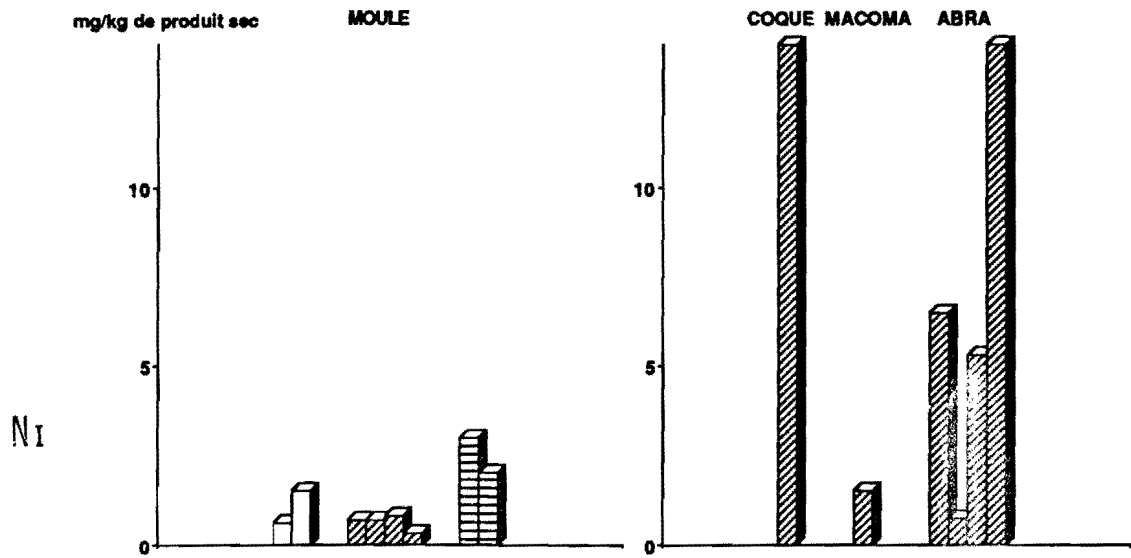
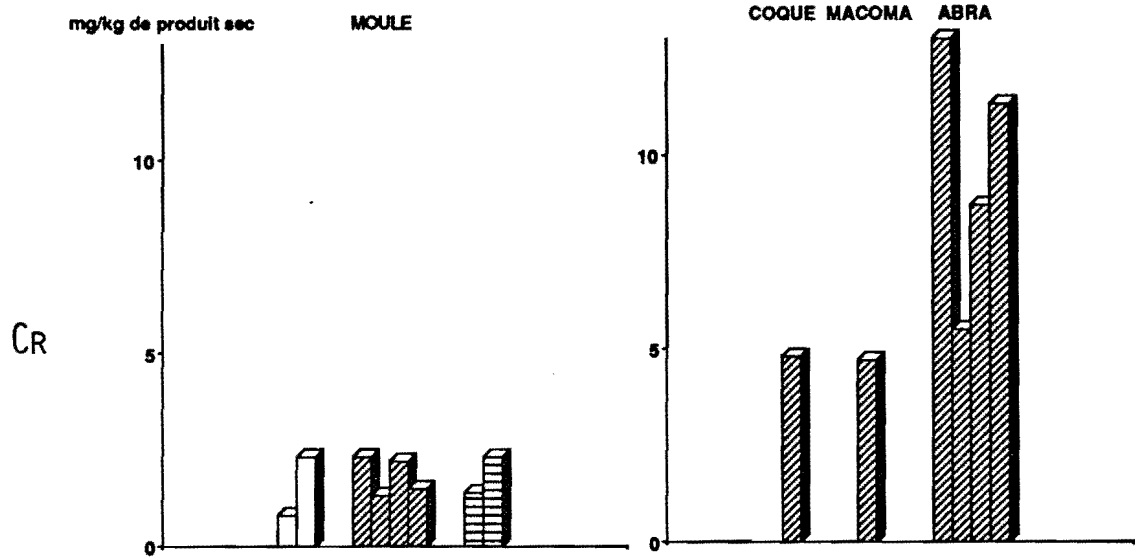
Calais-Dunkerque



Moule E : Estran  
L : Large

Hardelot Calais-Dunkerque

Calais-Dunkerque

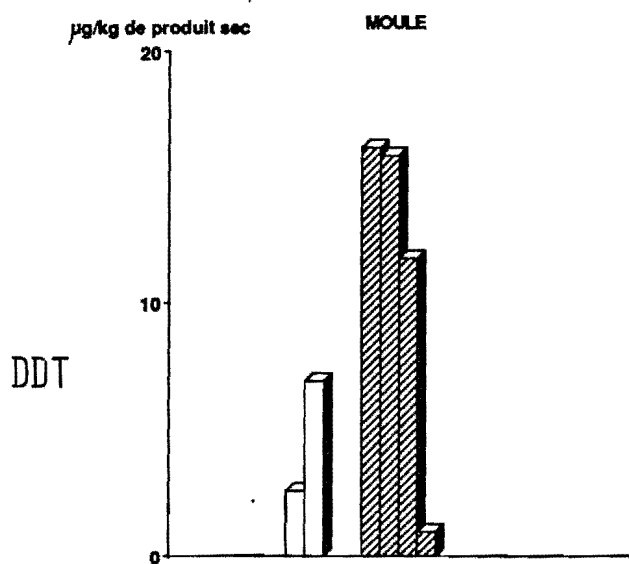
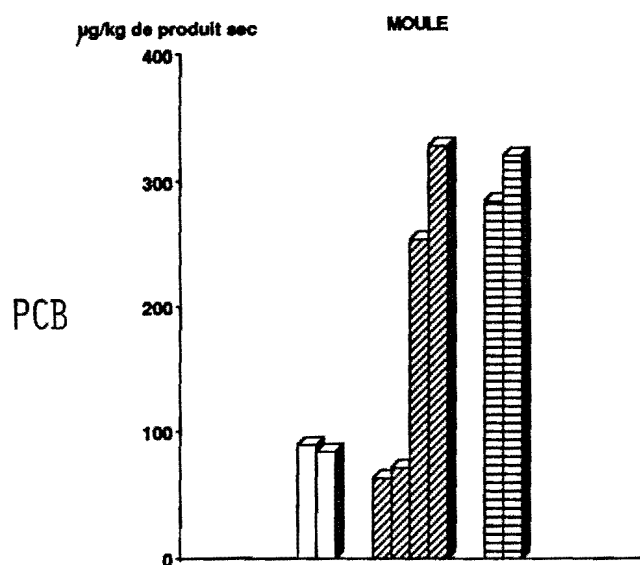


Moule E : Estran  
L : Large

Hardelot Calais-Dunkerque

Calais-Dunkerque

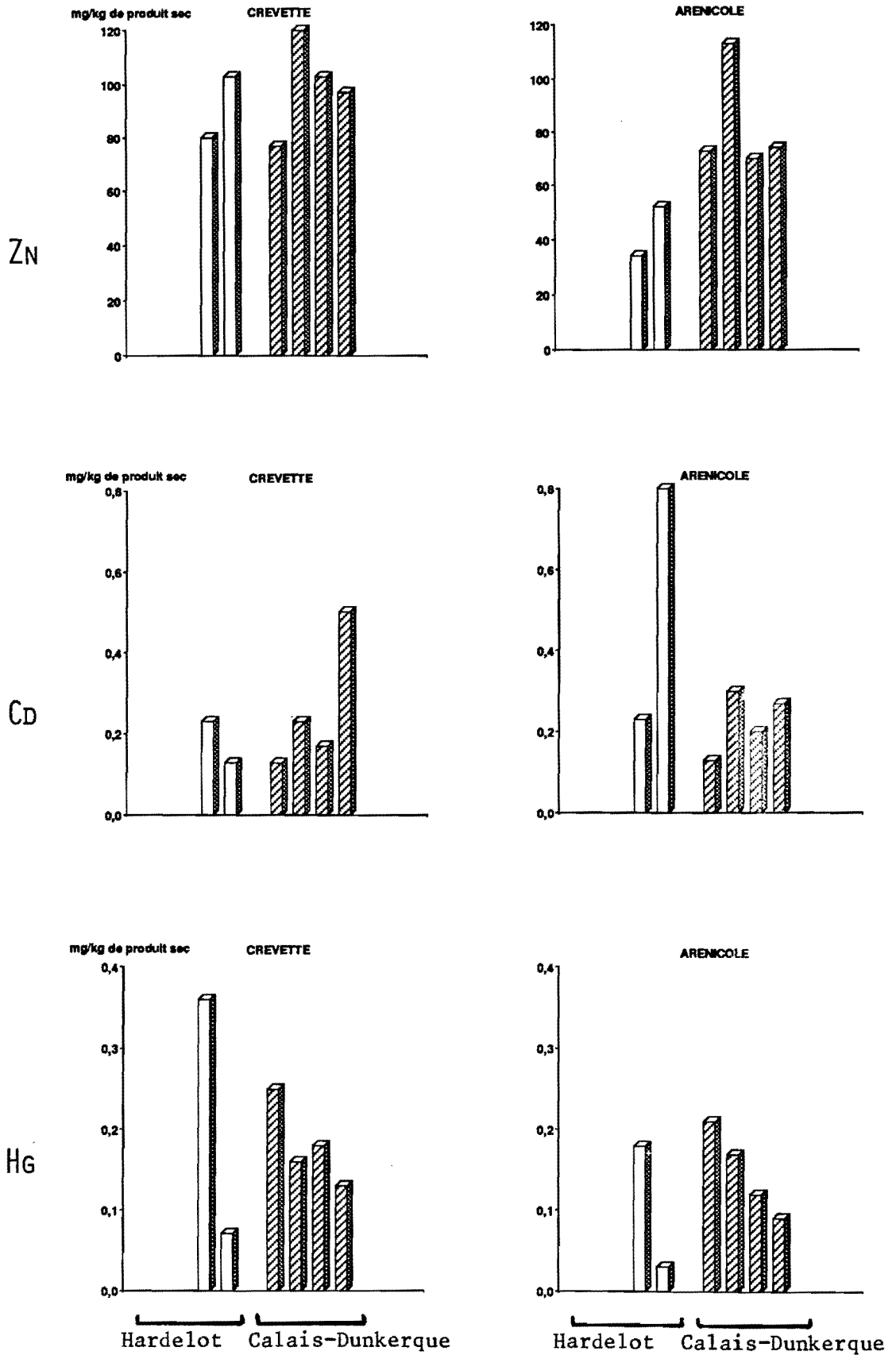
ANNEXE 5 - Polluants organiques dans les Lamellibranches



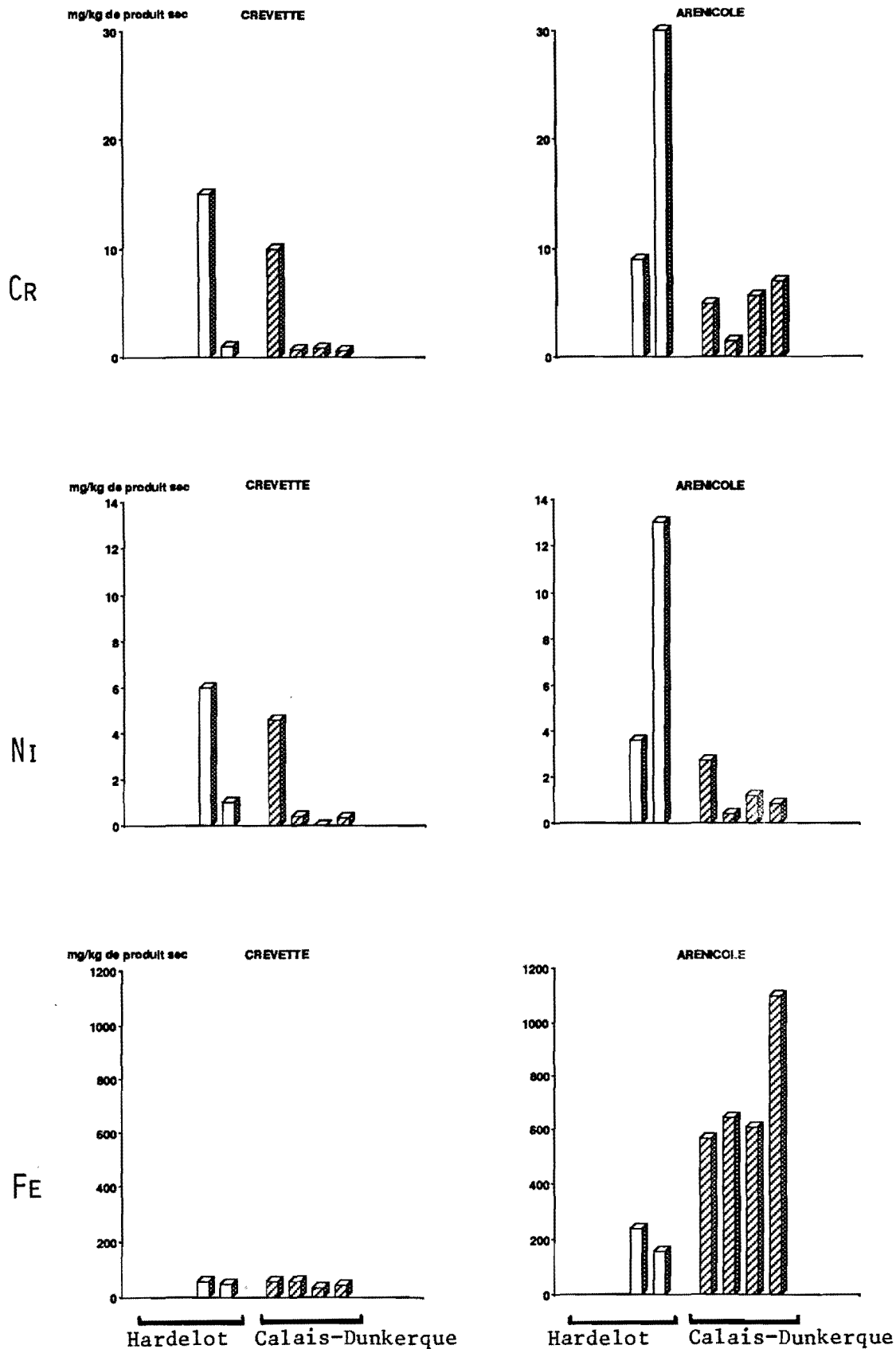
Moule E : Estran  
 L : Large

Hardelot Calais-Dunkerque

ANNEXE 6 - Métaux dans les crevettes et les arénicoles

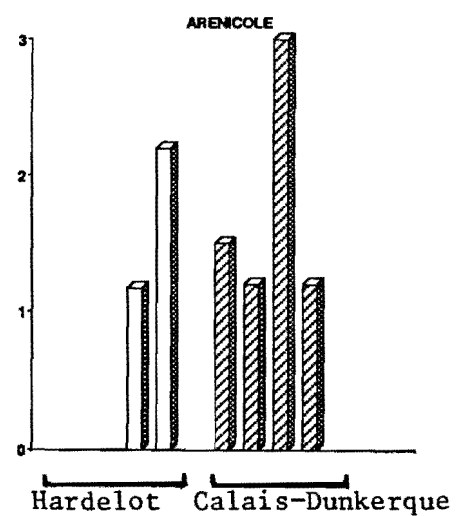
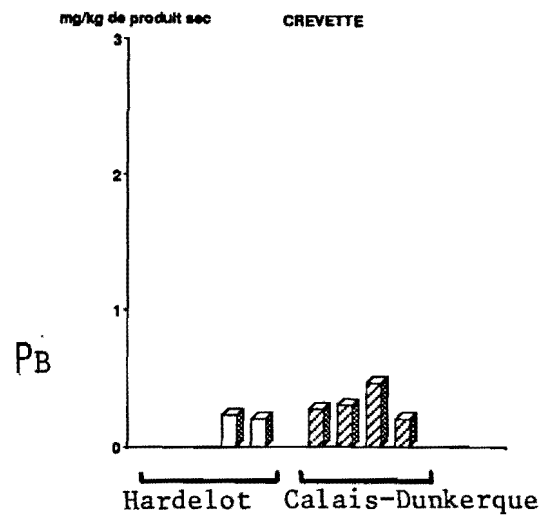
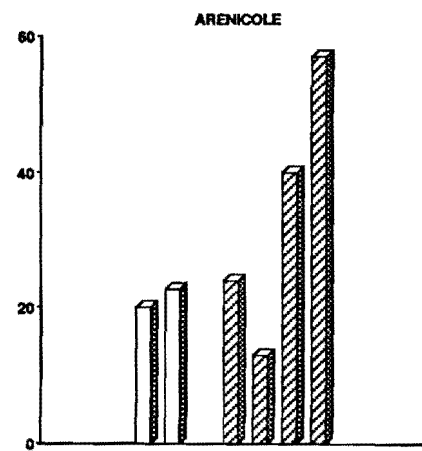
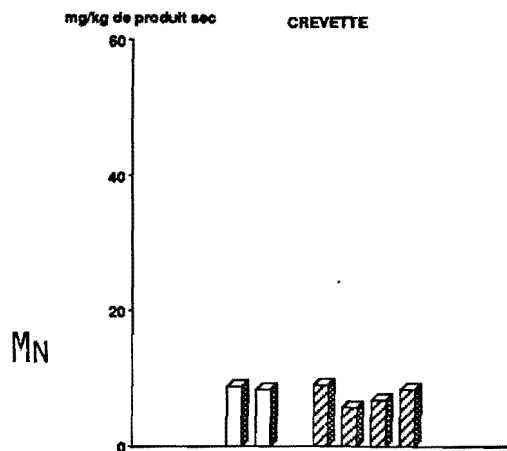
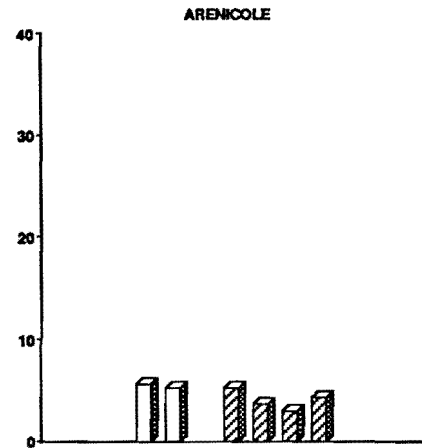
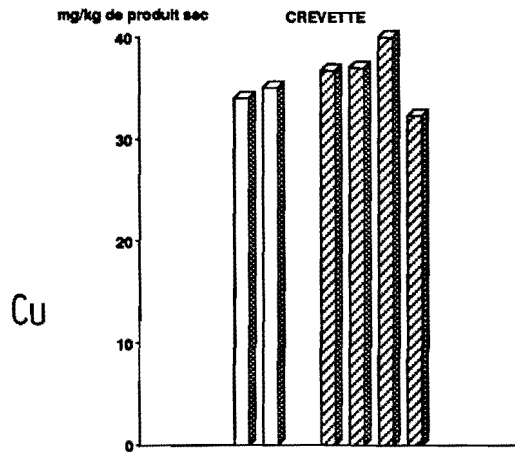


ANNEXE 6 - Métaux dans les crevettes et les arénicoles

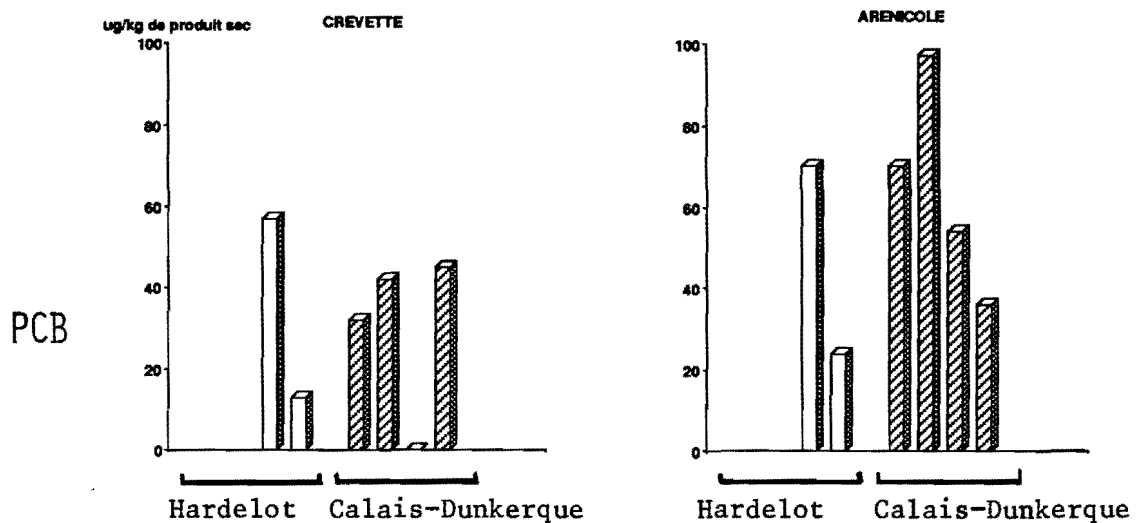




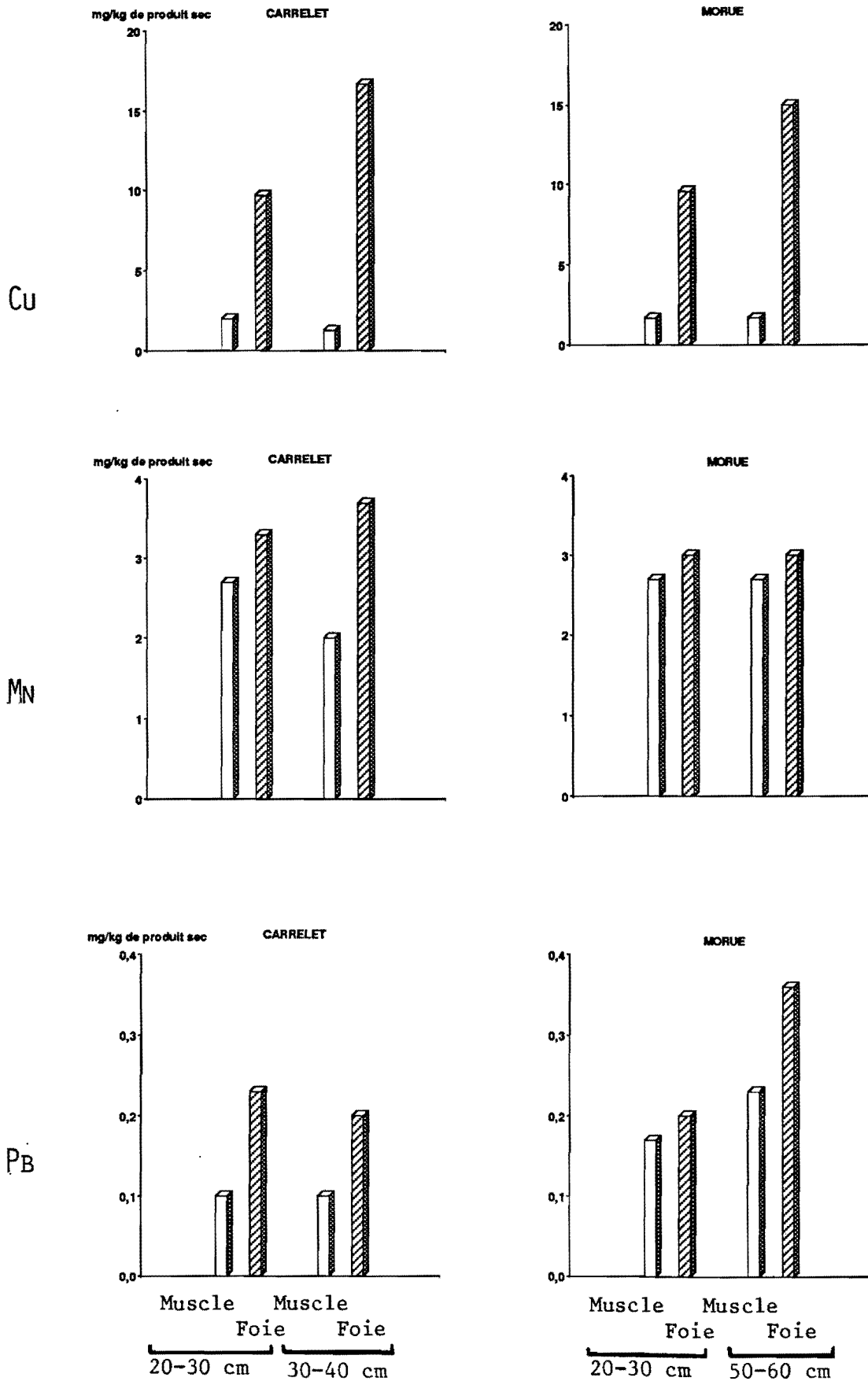
ANNEXE 6 - Métaux dans les crevettes et les arénicoles



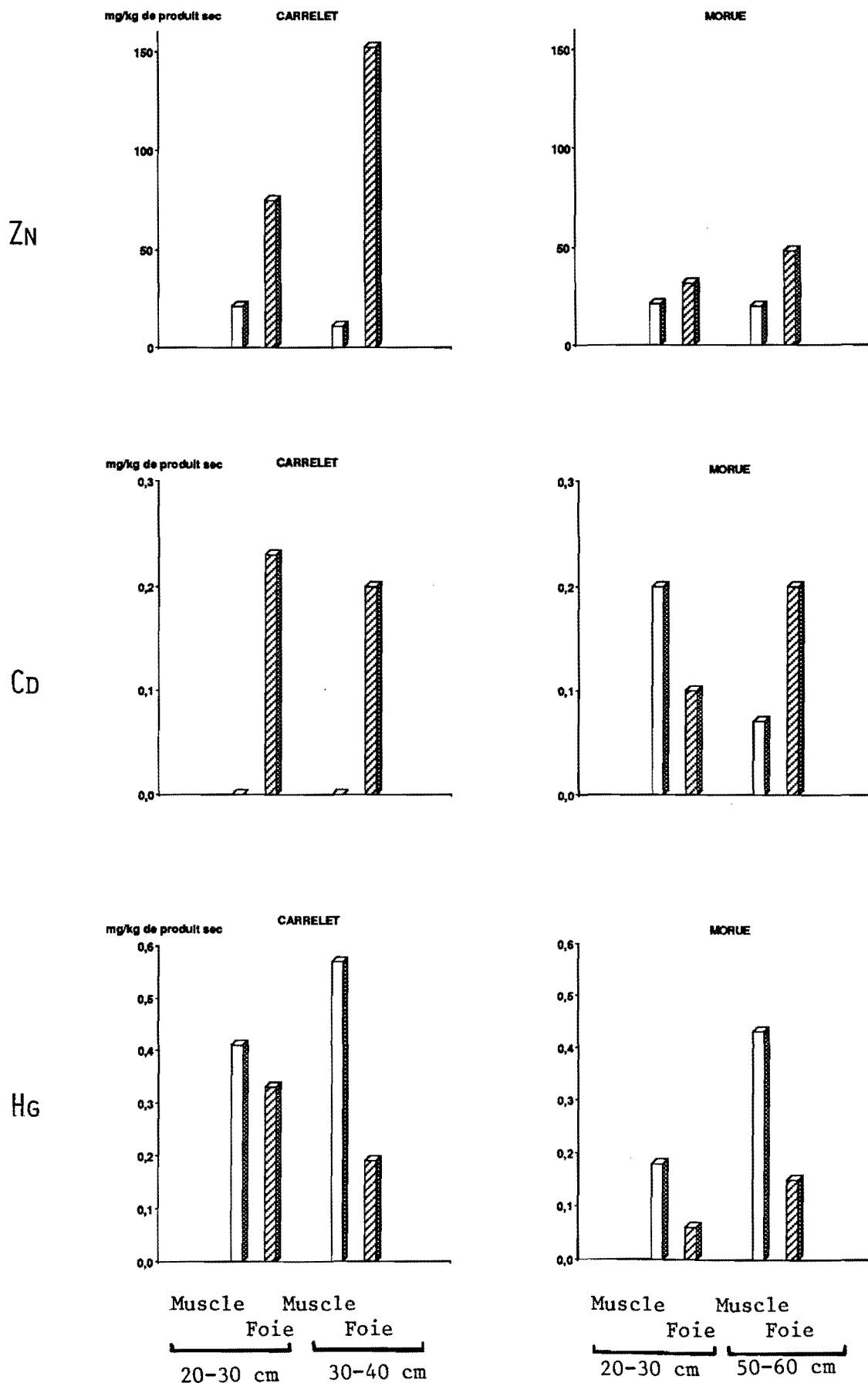
ANNEXE 6 - Polluants organiques dans les crevettes et les arénicoles



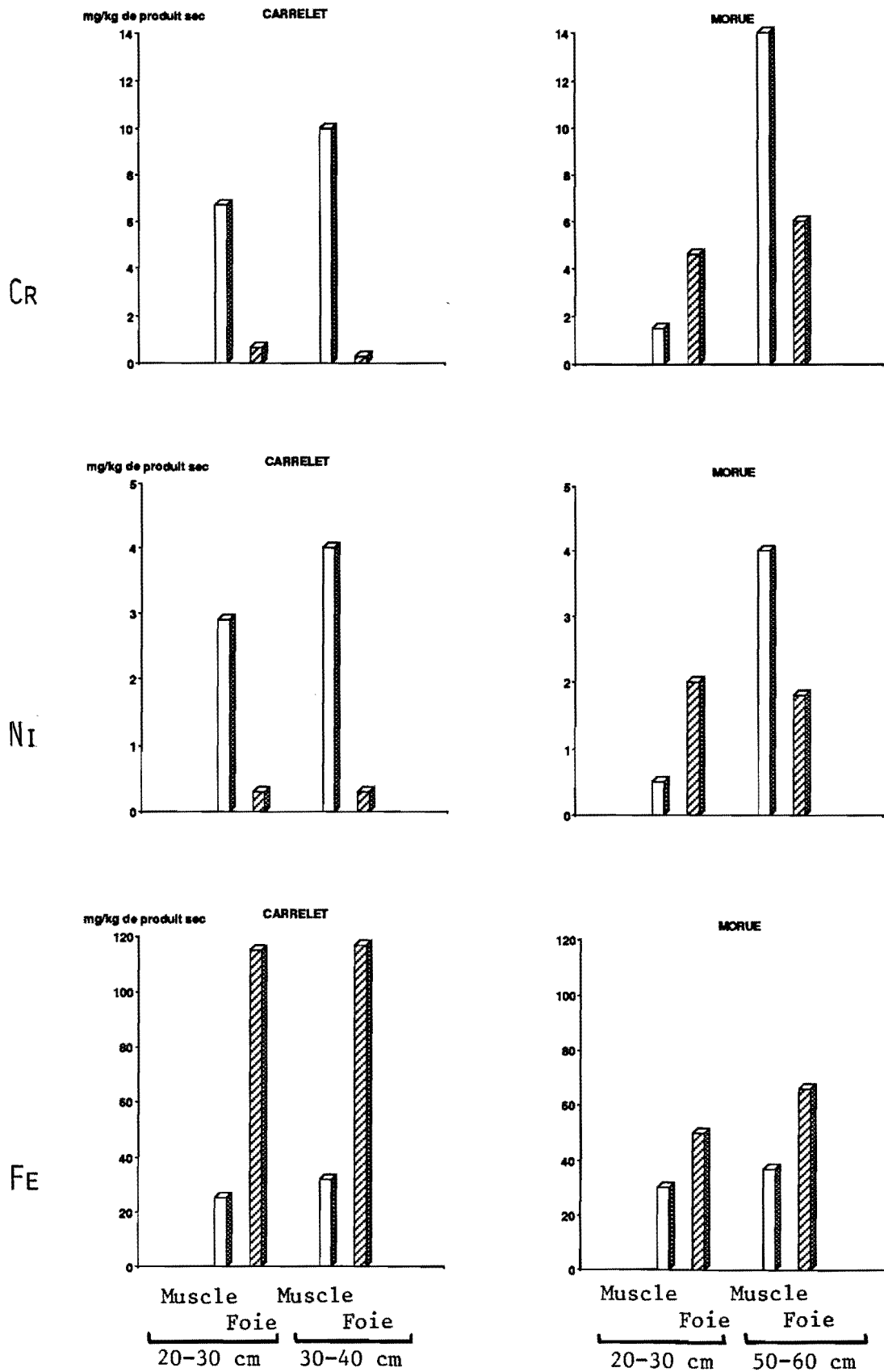
ANNEXE 7 - Métaux dans le muscle et le foie de deux classes de tailles



ANNEXE 7 - Métaux dans le muscle et le foie de deux classes de tailles

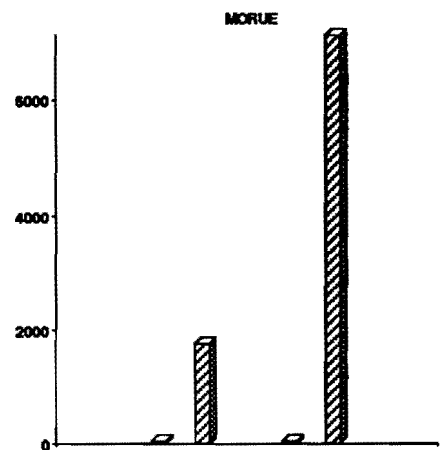
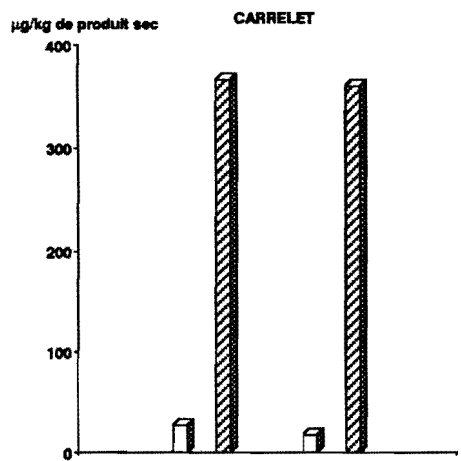


ANNEXE 7 - Métaux dans le muscle et le foie de deux classes de tailles

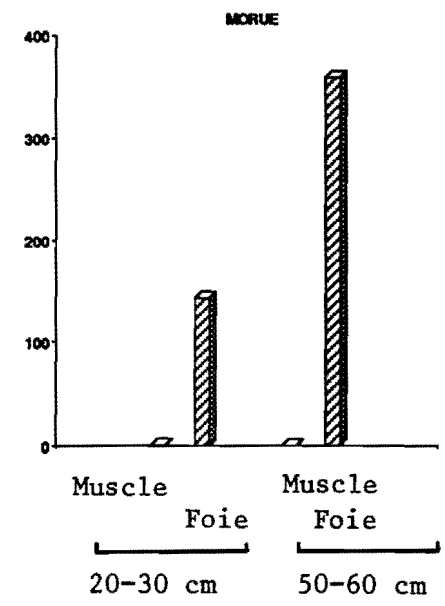
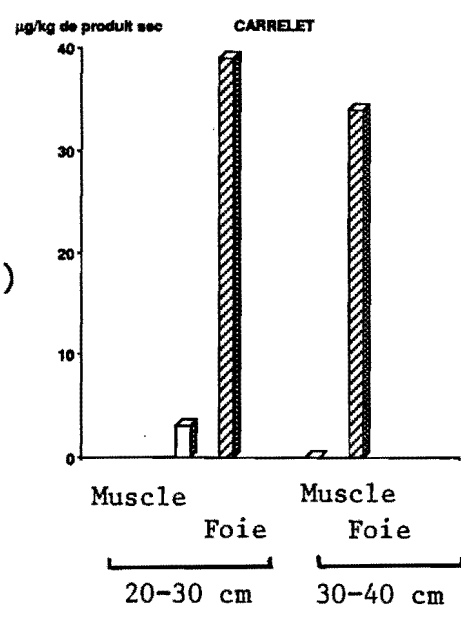


ANNEXE 7 - Polluants organiques dans le muscle et le foie de deux classes de taille

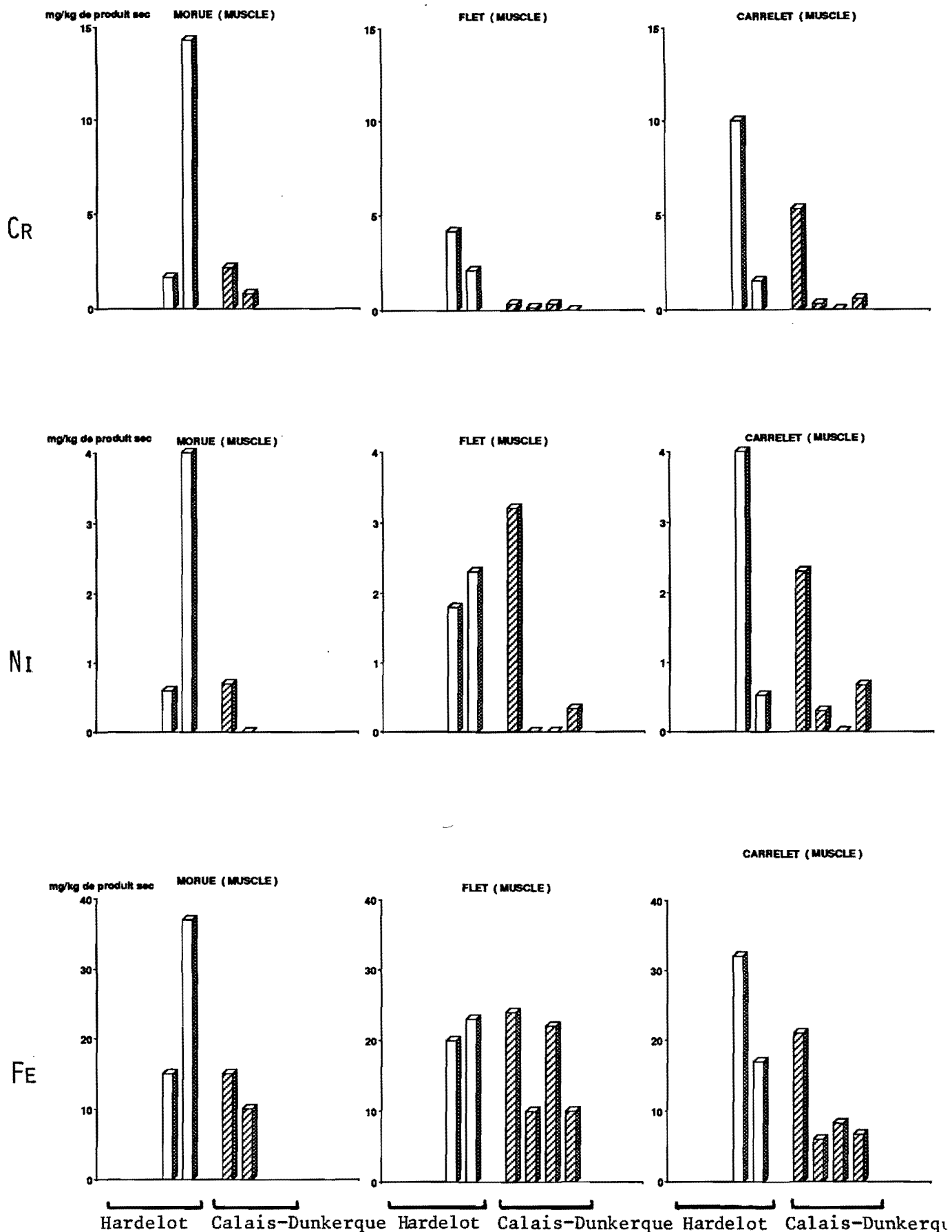
PCB



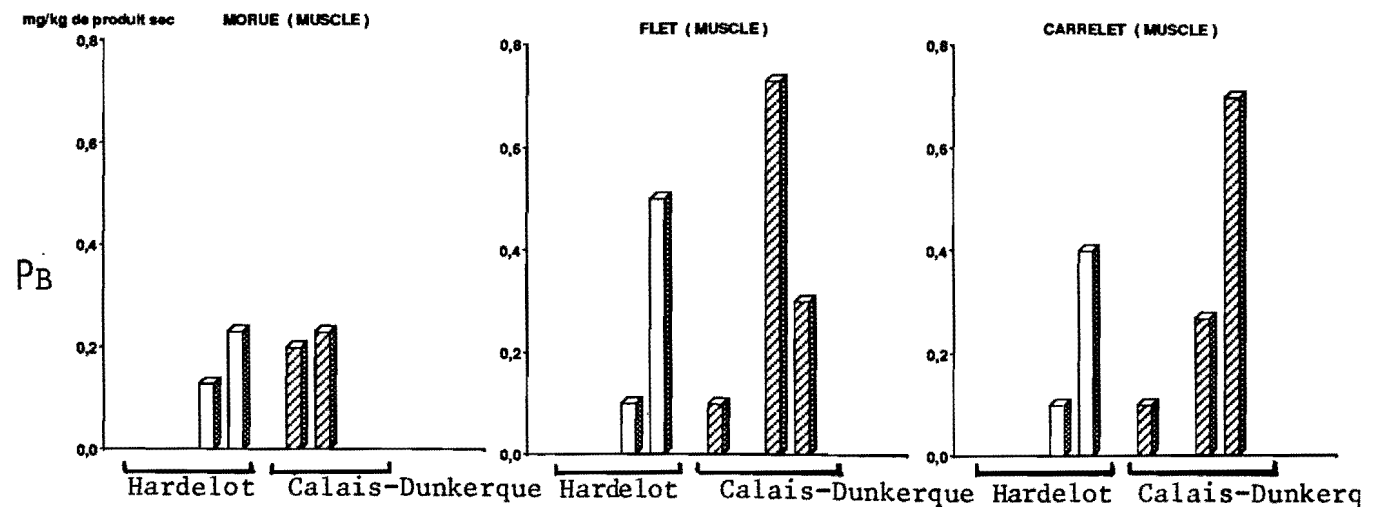
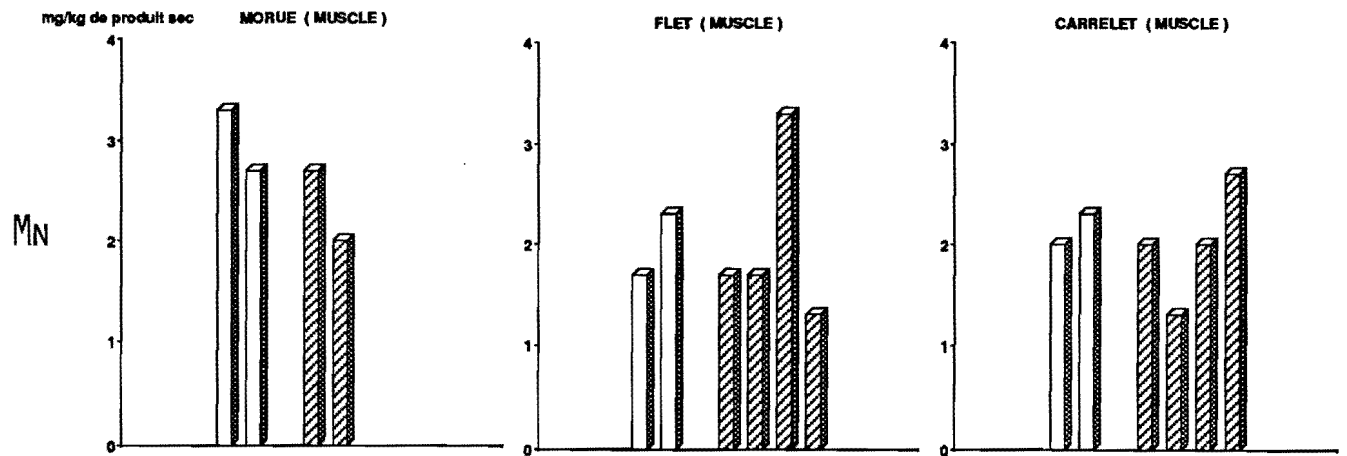
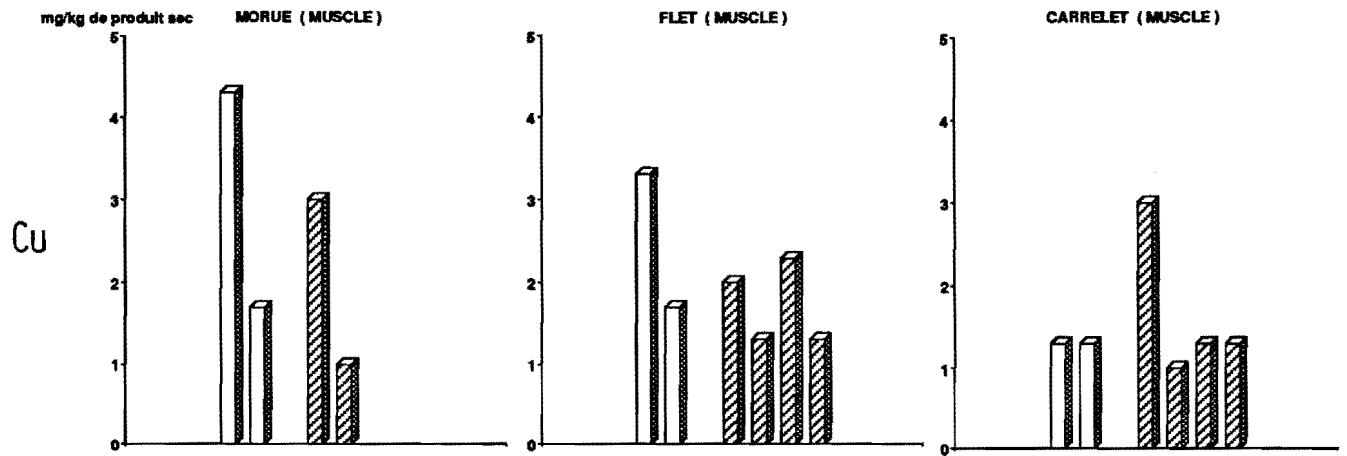
DDT  
(ET ISOMÈRES)



ANNEXE 8 - Métaux dans les muscles de poissons

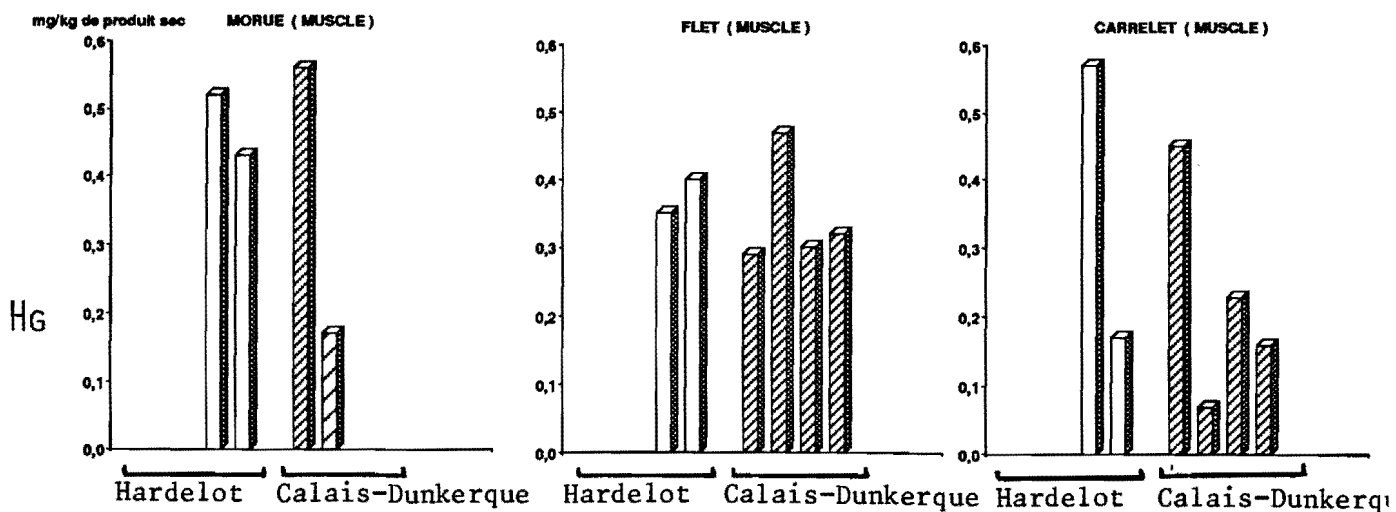
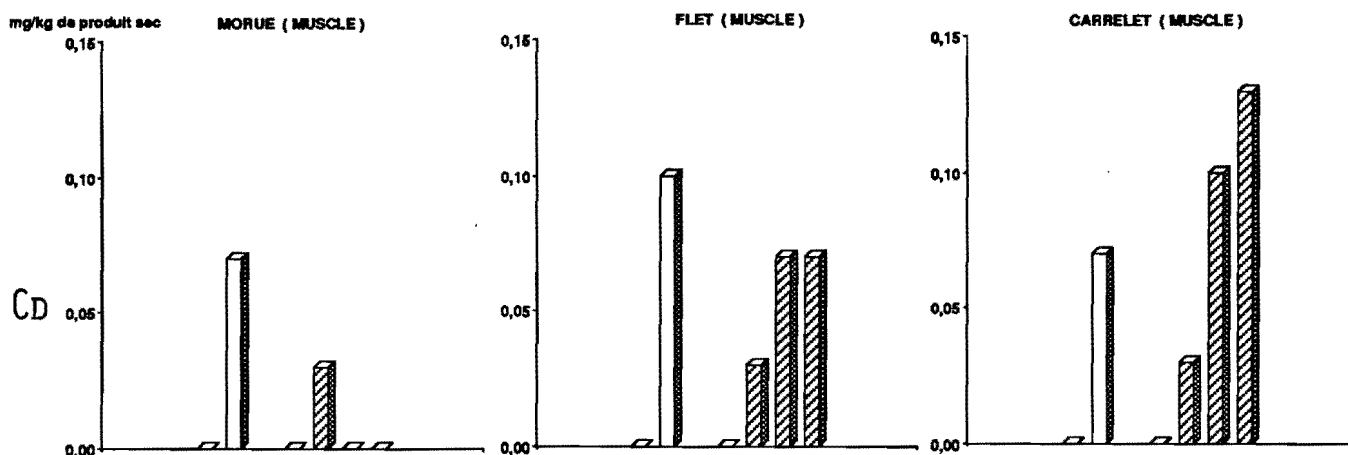
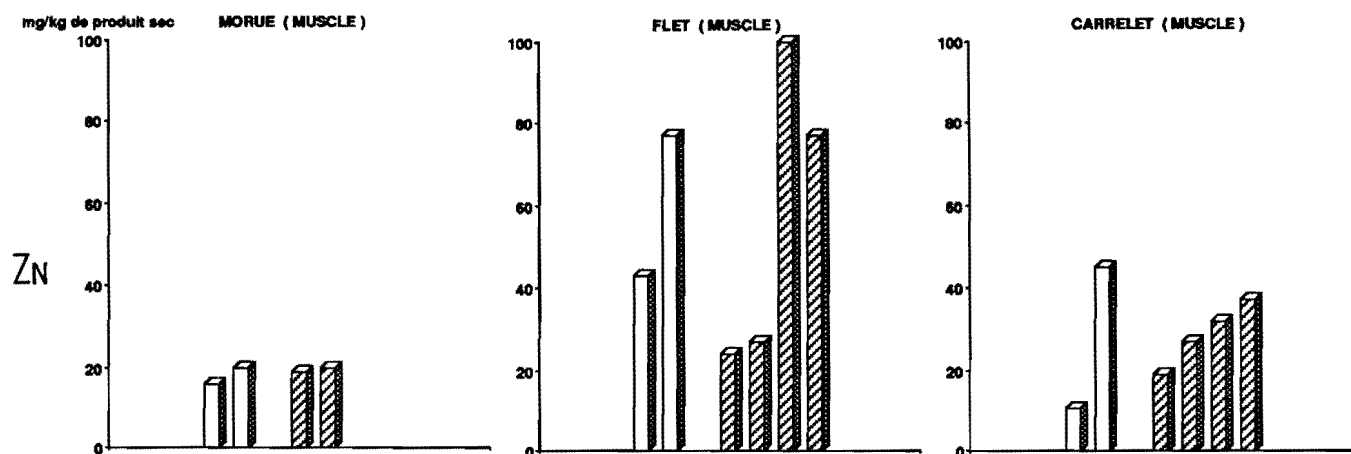


ANNEXE 8 - Métaux dans le muscle des poissons

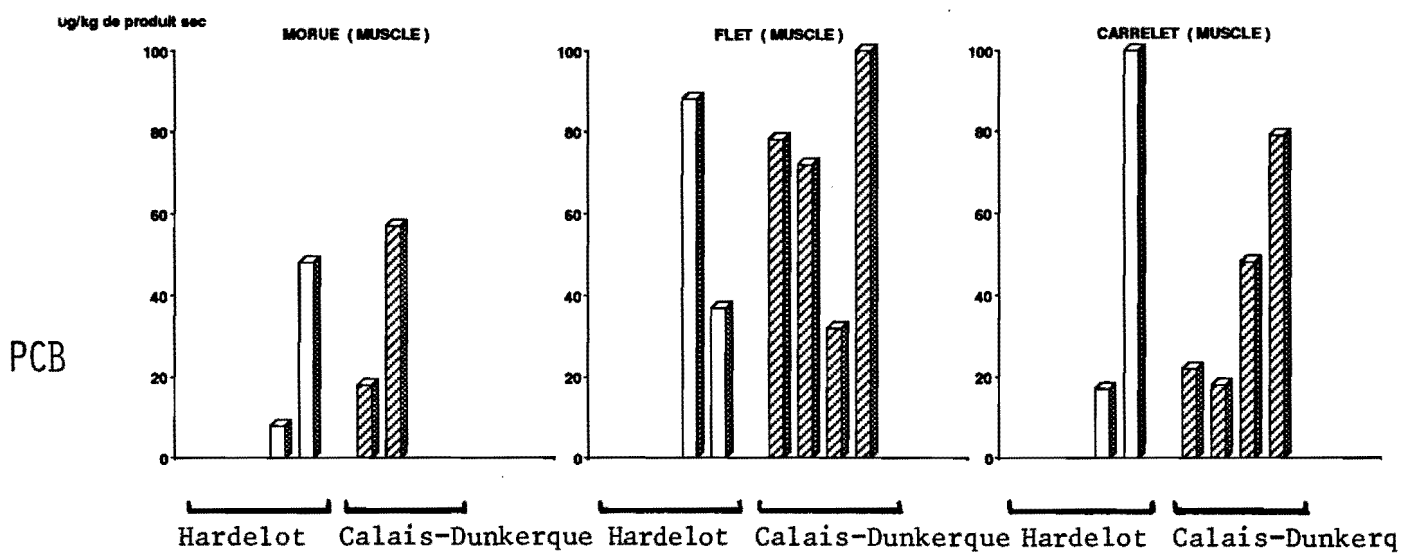




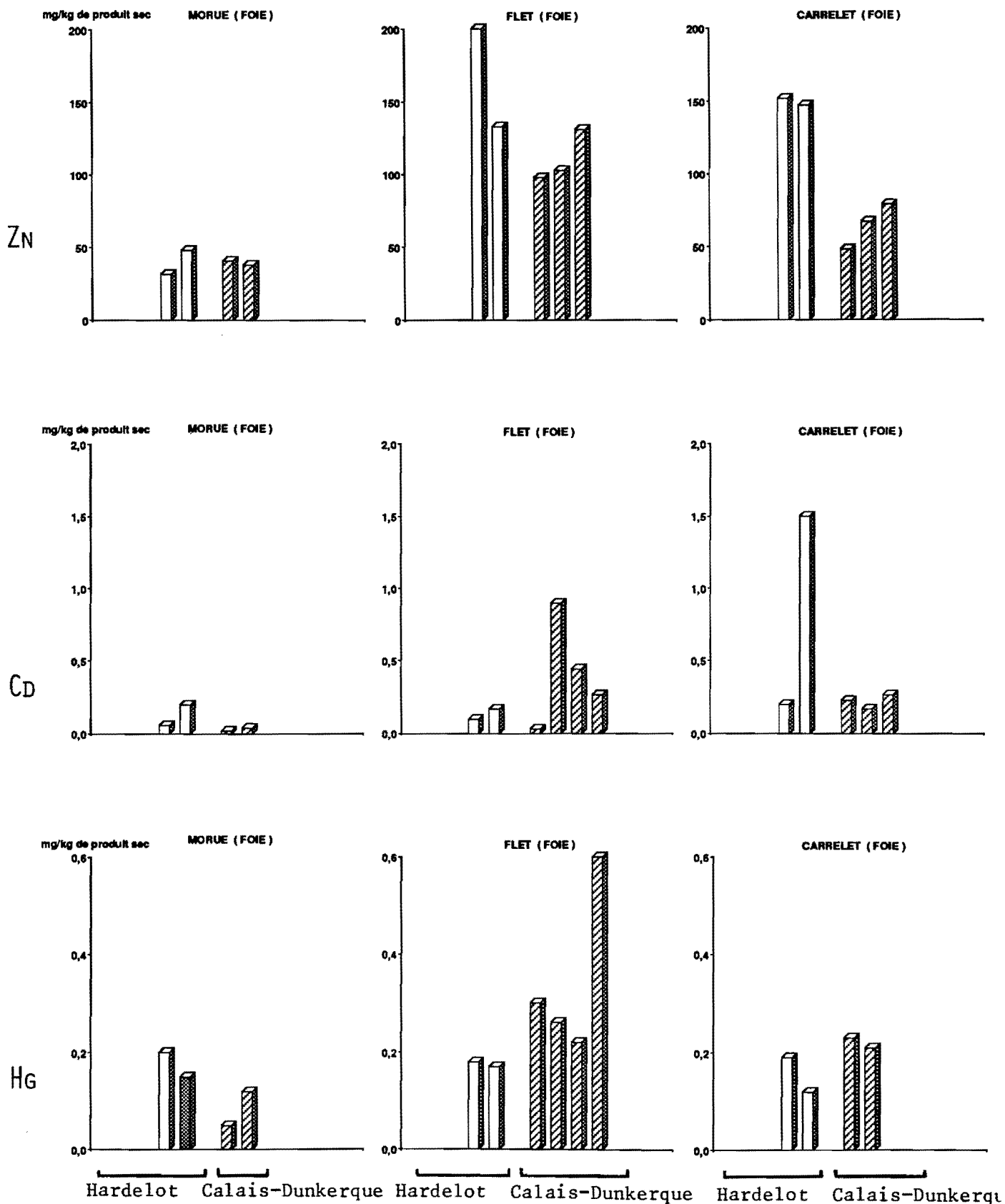
ANNEXE 8 - Métaux dans le muscle des poissons



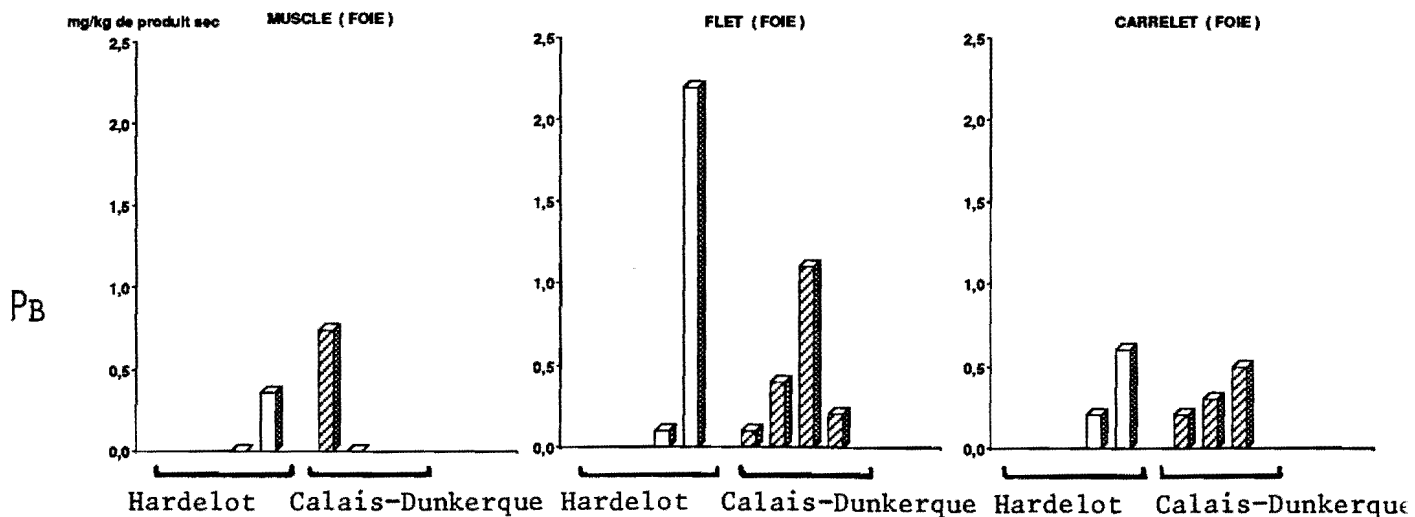
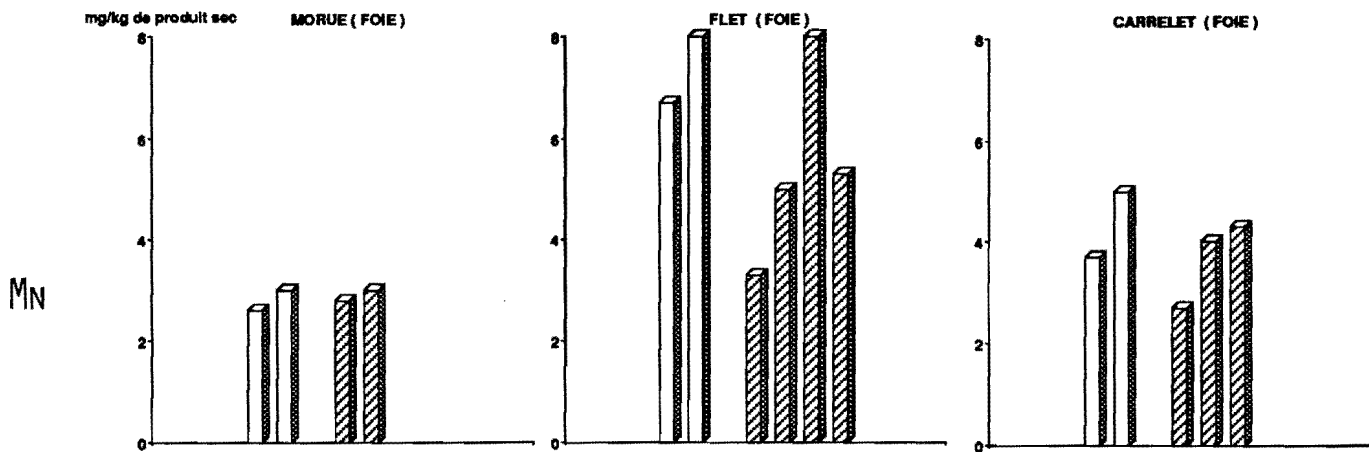
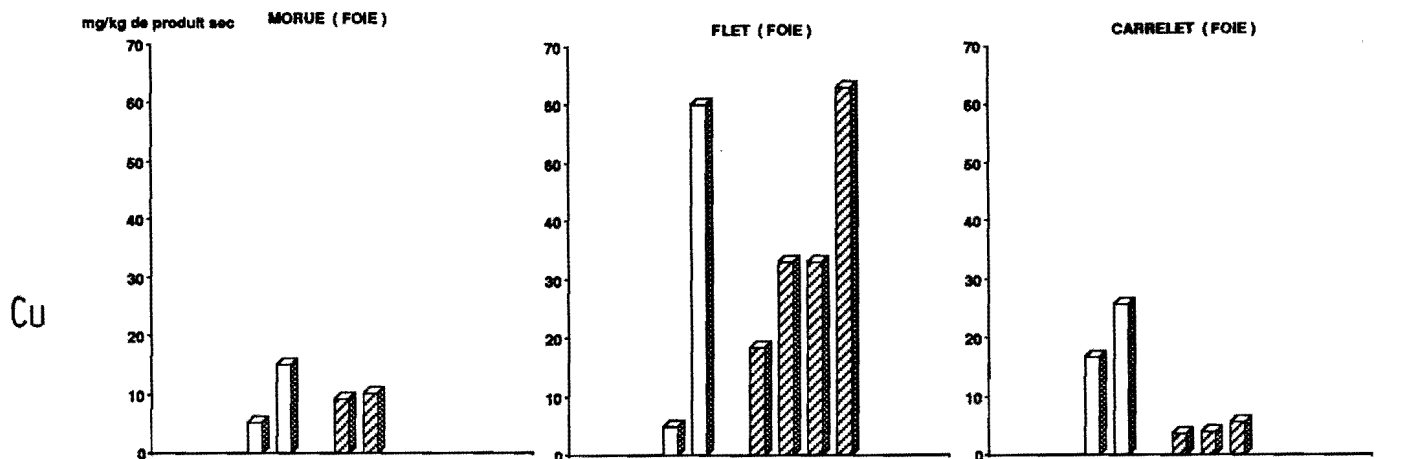
ANNEXE 8 - Polluants organiques dans le muscle des poissons



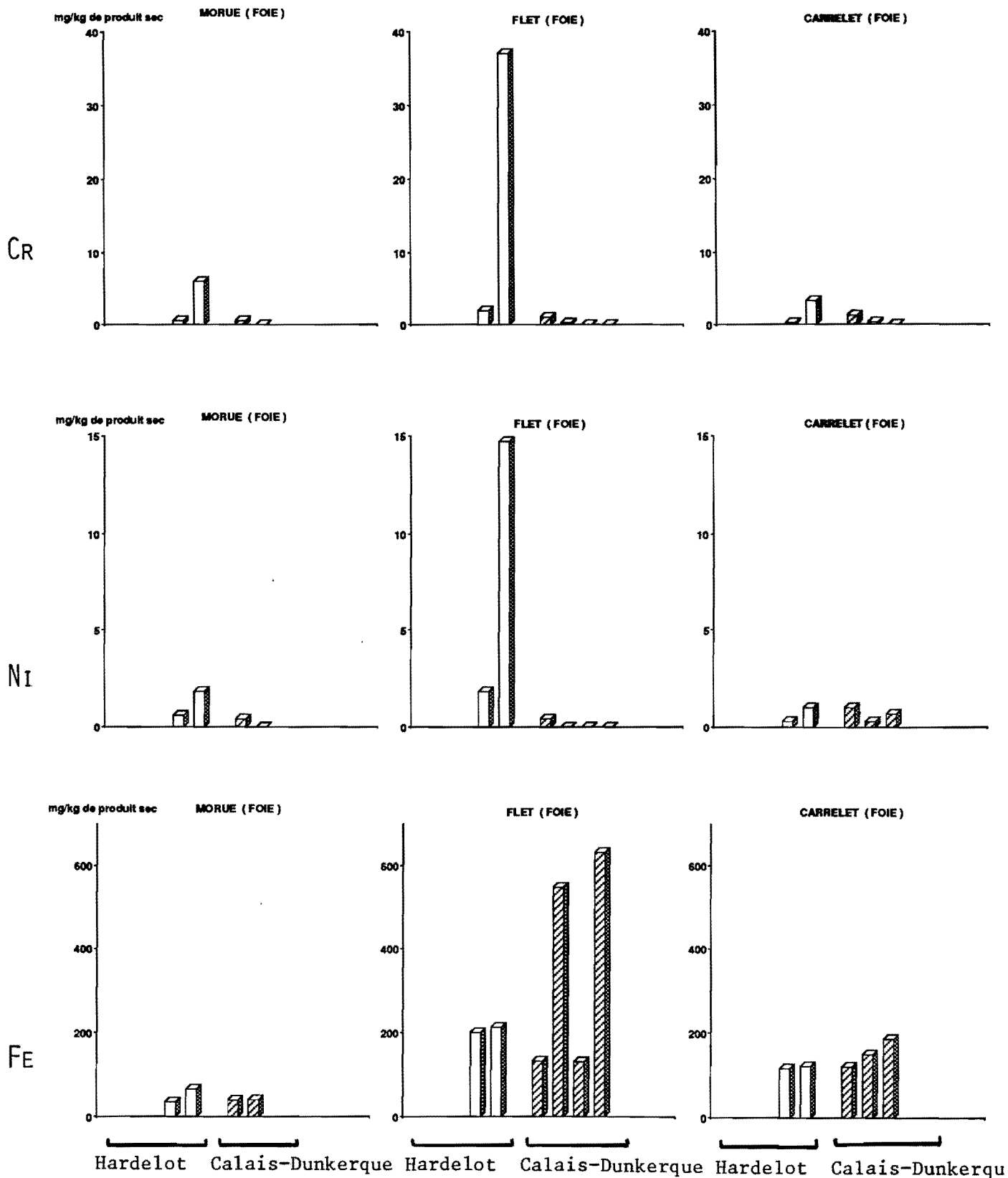
ANNEXE 9 - Métaux dans le foie des poissons



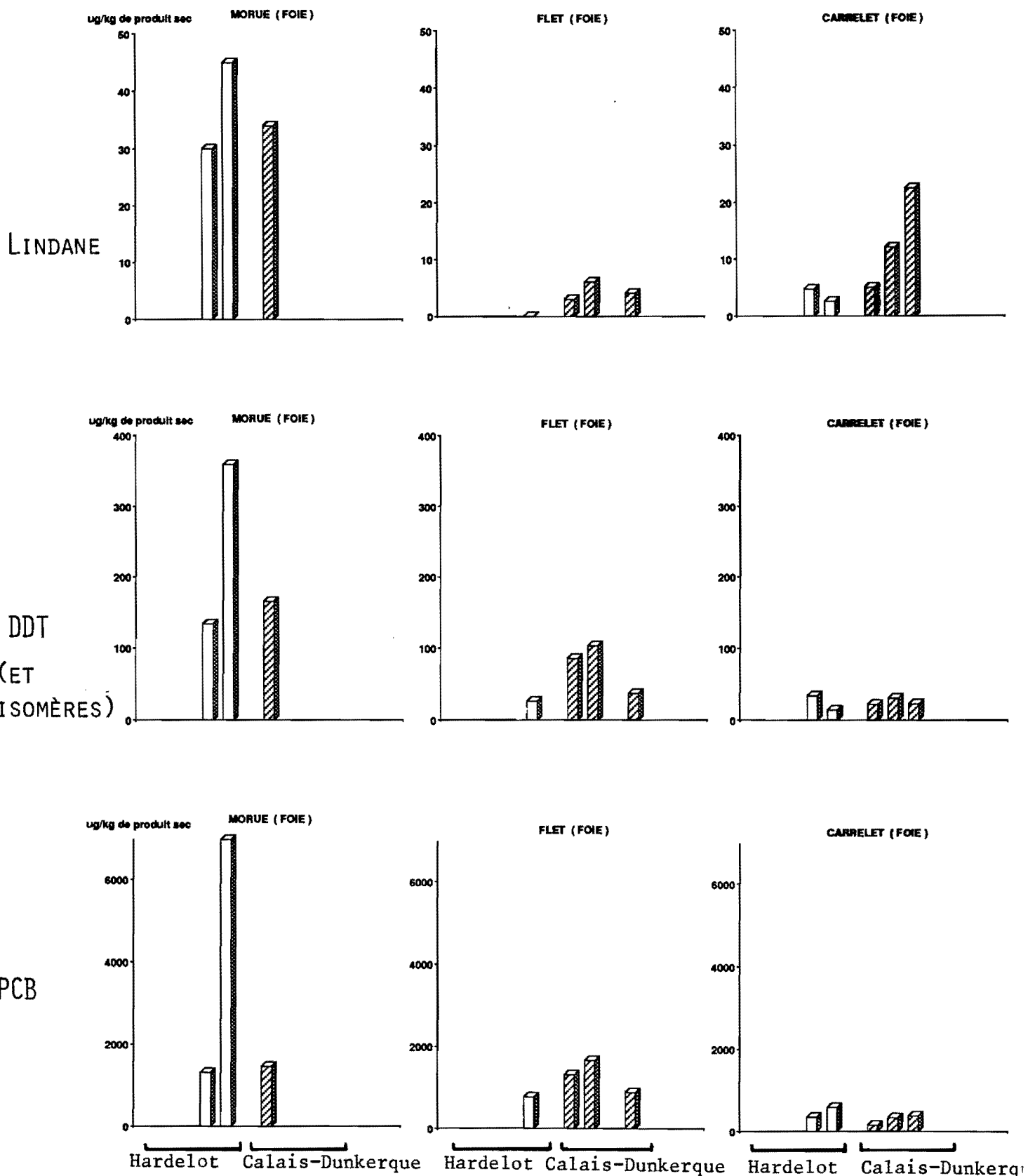
ANNEXE 9 - Métaux dans le foie des poissons



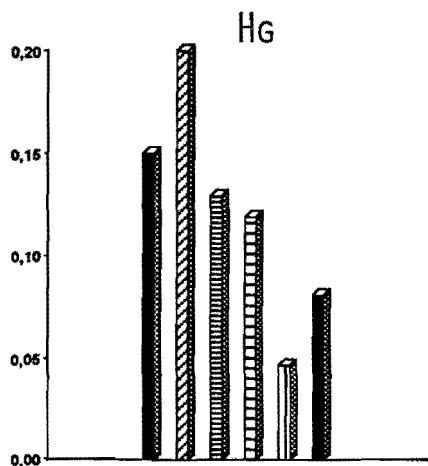
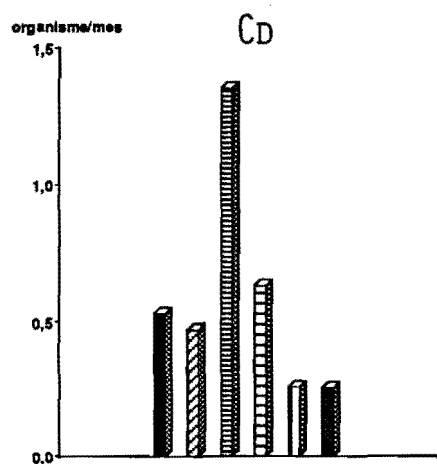
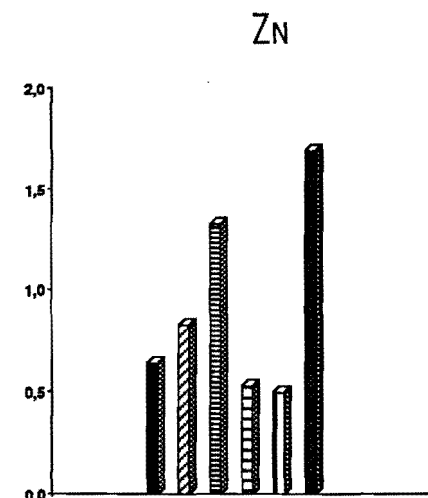
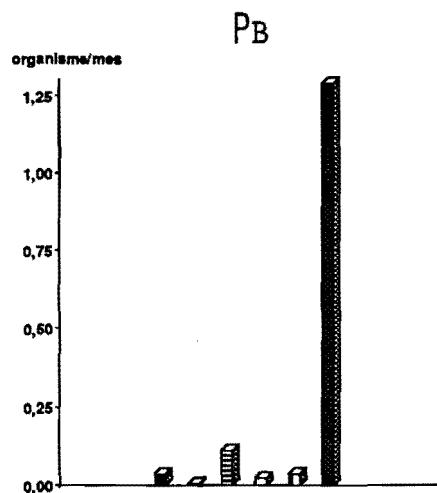
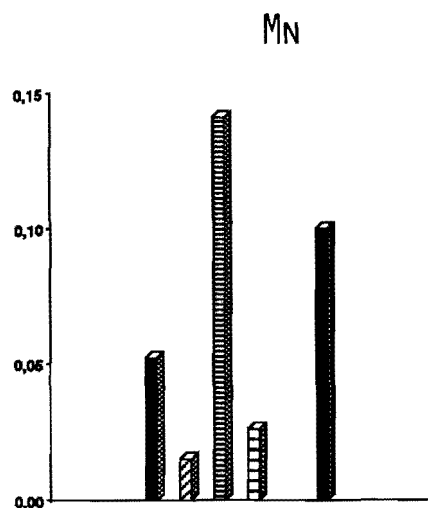
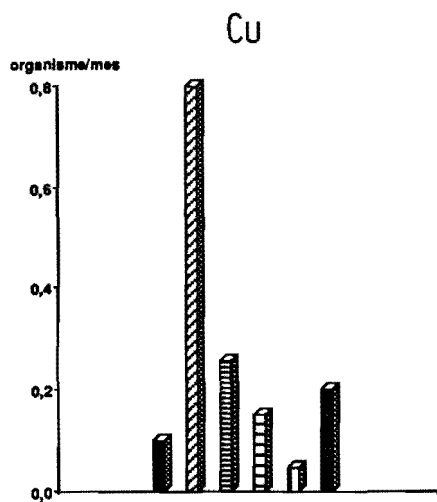
ANNEXE 9 - Métaux dans le foie des poissons



ANNEXE 9 - Polluants organiques dans le foie des poissons



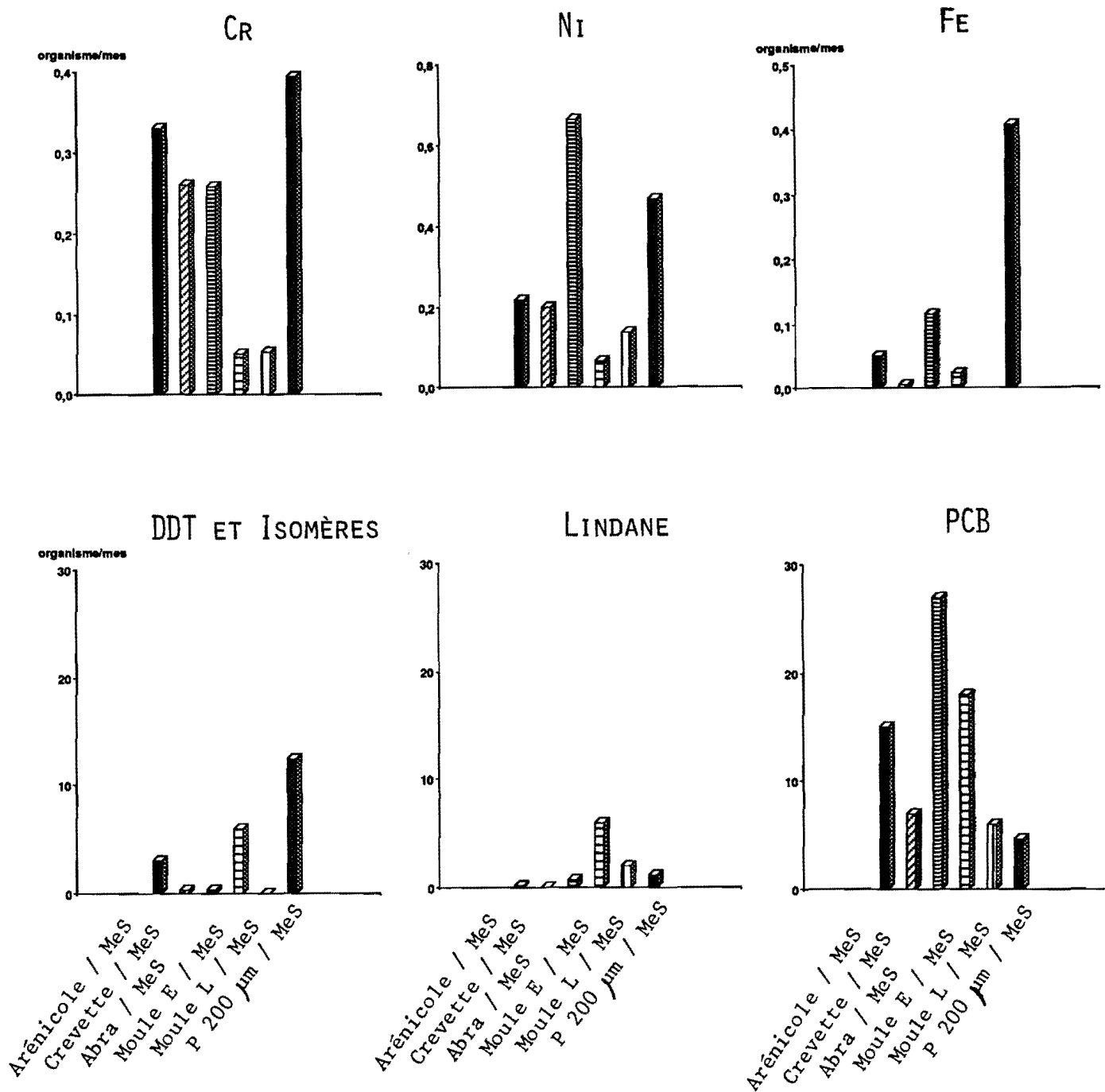
ANNEXE 10 - Rapports des concentrations consommateurs primaires / MeS



Arénicole / MeS  
 Crevette / MeS  
 Abra / MeS  
 Moule E / MeS  
 Moule L / MeS  
 P 200 µm / MeS

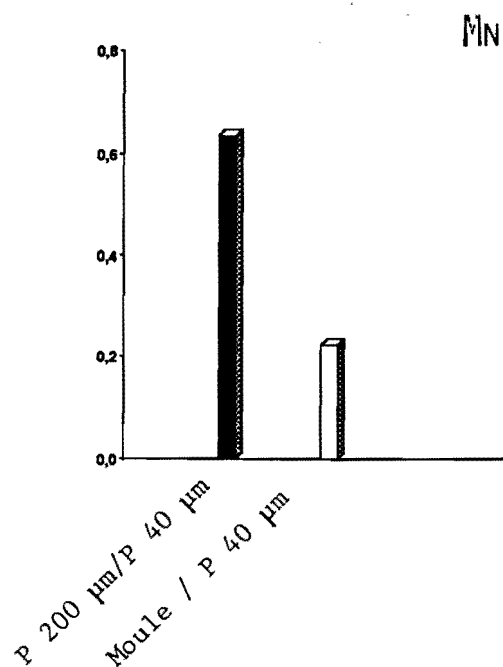
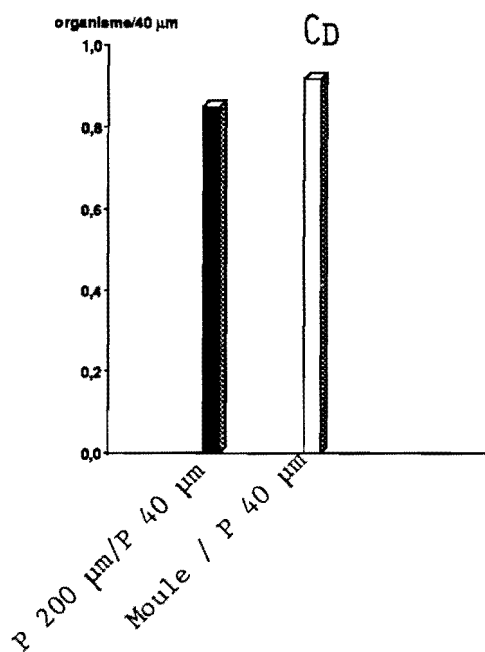
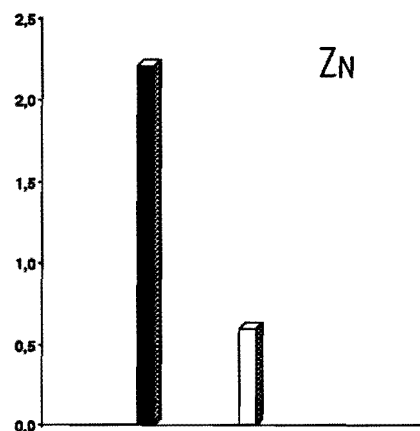
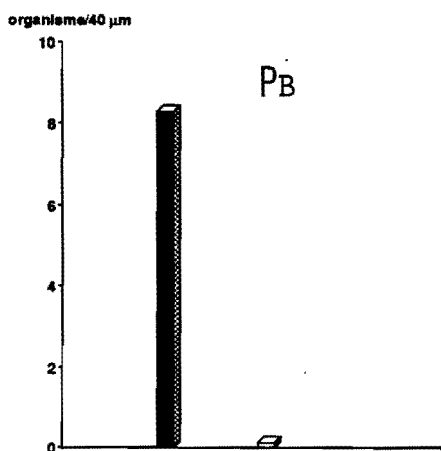
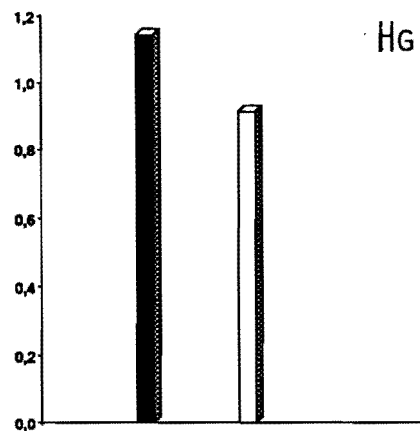
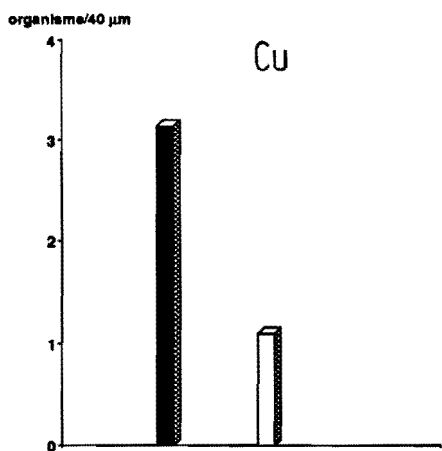
Arénicole / MeS  
 Crevette / MeS  
 Abra / MeS  
 Moule E / MeS  
 Moule L / MeS  
 P 200 µm / MeS

ANNEXE 10 - Rapports des concentrations consommateurs primaires / MeS

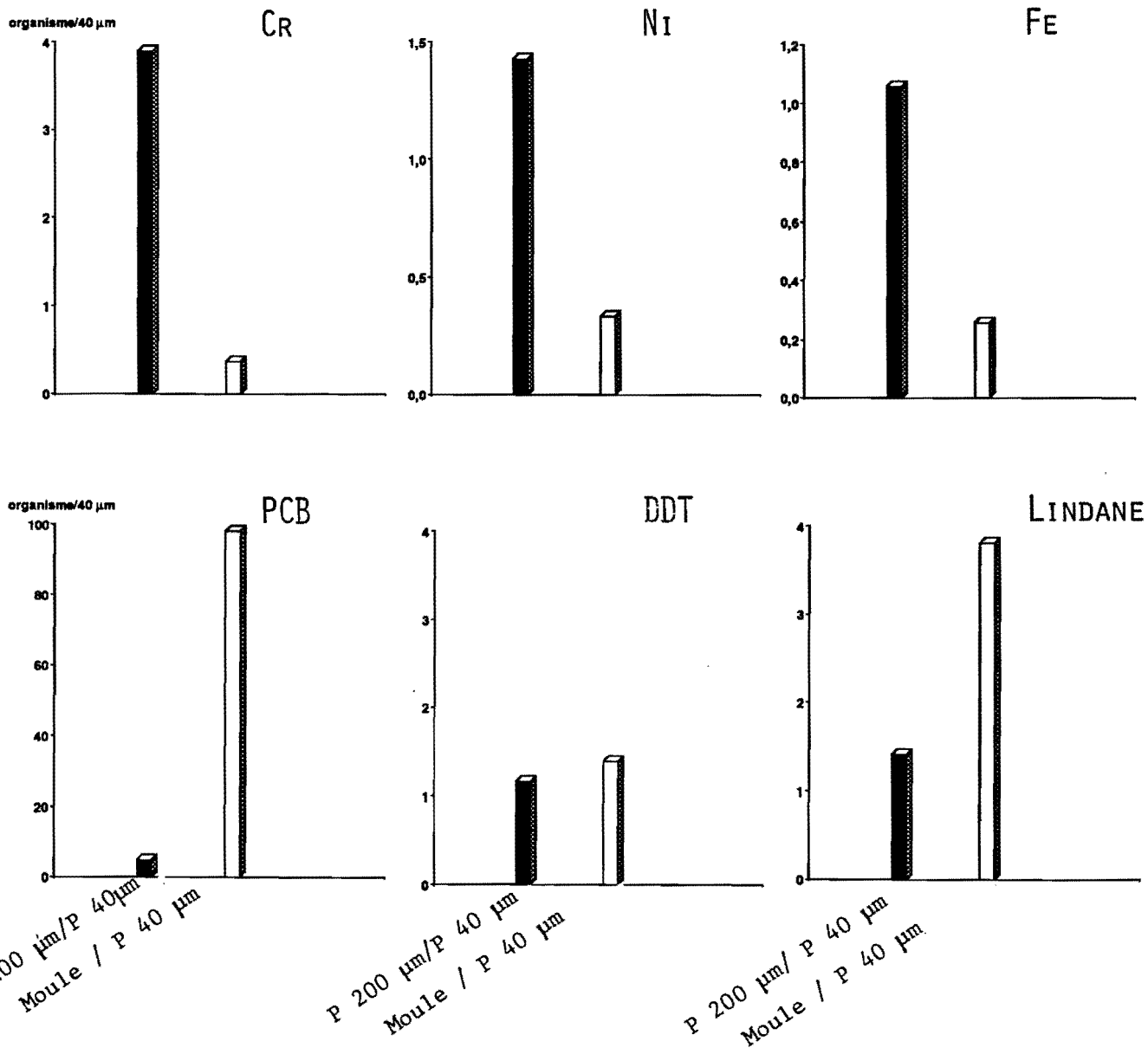




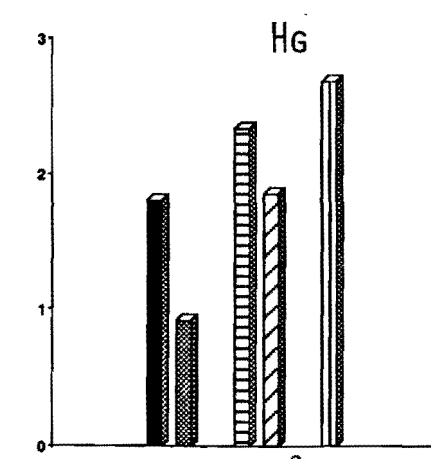
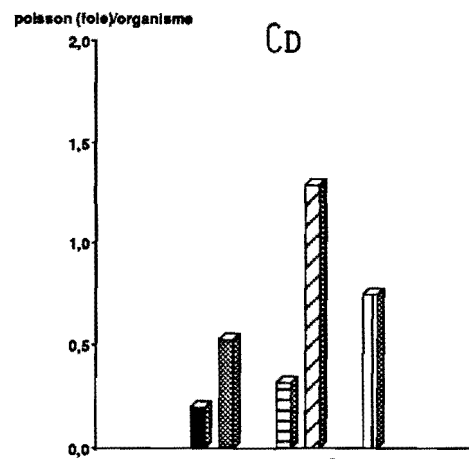
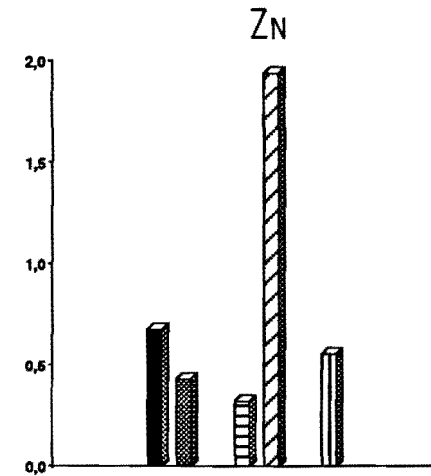
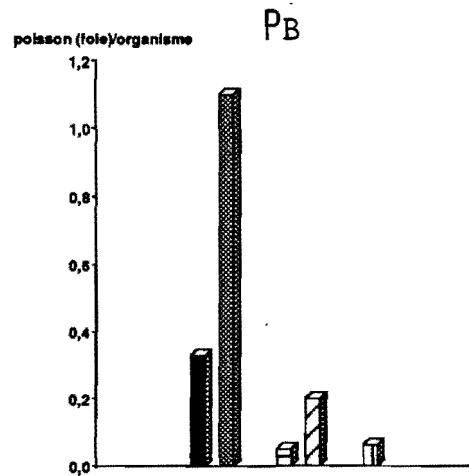
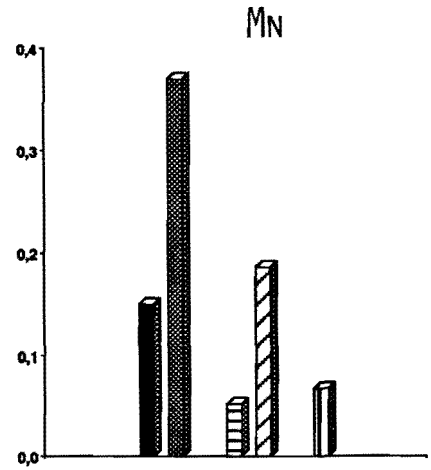
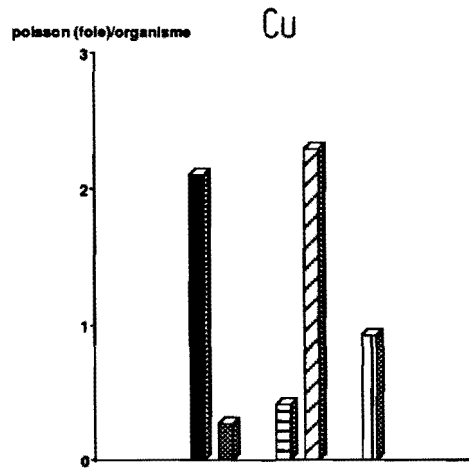
ANNEXE 11 - Rapports des concentrations P 200 et Moules / P 40



Annexe 11 - Rapport des concentrations P 200 et Moules / P 40



ANNEXE 12 - Rapports des concentrations consommateurs secondaires /  
consommateurs primaires



Morue / Arénicole  
Morue / Crevette  
Carrelet / Abra  
Carrelet / Arénicole  
Flet / Abra

Morue / Arénicole  
Morue / Crevette  
Carrelet / Abra  
Carrelet / Arénicole  
Flet / Abra

ANNEXE 12 - Rapports des concentrations consommateurs secondaires /  
consommateurs primaires

