

H300 = BEN - I

52332

**IMPACT TROPHIQUE D'UN ELEVAGE  
INTENSIF DE SALMONIDES SUR LE  
MILIEU MARIN (RADE DE CHERBOURG)**

**RAPPORT INTECHMER N°14, Décembre 1997  
(Contrat IFREMER N° 93-2-450400)**

D.BENTLEY, Y.MEAR, P. MIRAMAND, A. MURAT et J.C. GUARY

DECEMBRE 1997

Conservatoire National des Arts et Métiers  
Institut National des Sciences et Techniques de la Mer  
B.P. 324  
50103 CHERBOURG Cédex

H300

BEN - I

IFREMER Bibliothèque de BREST



OEL08323

## INTRODUCTION

— L'aquaculture de poissons (salmonidés, bars et daurades en cages flottantes, turbots en marais) se développe rapidement en France comme dans certains autres pays européens. Afin de préserver au mieux la qualité de l'environnement marin, et donc, en retour, celle des élevages, il est indispensable de bien connaître l'impact que ce type d'élevage peut avoir sur l'environnement.

L'influence des élevages de saumons sur les fonds marins a été étudiée en Scandinavie dès la fin des années 80, en Finlande notamment (UOTILA, 1991). Ces études ont montré un enrichissement en zinc (plus de 400 ppm dans le sédiment superficiel situé juste sous les cages, 150 ppm à seulement 20 mètres des cages), en cuivre (120 ppm sous les cages, 20-30 ppm à 20 mètres) et, plus faiblement, en manganèse. Les autres métaux mesurés dans les sédiments (fer, cadmium, chrome, plomb et nickel) semblaient provenir d'autres sources que la nourriture des poissons. —

On sait, en effet, que ces poissons sont nourris avec des aliments artificiels généralement enrichis avec des métaux, notamment le cuivre et le zinc, pour prévenir une éventuelle carence en oligoéléments. On va donc retrouver ces métaux dans les sédiments impactés, en partie provenant des fécès de poissons, en partie des aliments non consommés retombant sur le fond.

Ces données concernant la Scandinavie, l'Ecosse ou l'Irlande n'étant pas forcément transposables directement en France, l'IFREMER a décidé de les vérifier en lançant un programme de recherche dans le contexte de production français. Une première étude (SALAUN, 1992) a montré que l'élevage de truites fario d'ELSAMER à Camaret n'entraînait aucun enrichissement significatif des sédiments en métaux, qu'ils soient situés sous ou à quelques mètres des cages.

L'élevage de truites fario de SALMONA à Cherbourg représentait également un site d'étude particulièrement intéressant, dans la mesure où l'hydrodynamique y est très spécifique.

Ainsi, dans l'hypothèse de vérifier l'impact de l'élevage SALMONA de truites fario sur l'environnement en Rade de Cherbourg, IFREMER a confié à INTECHMER :

- l'étude hydrologique destinée à mettre en évidence l'impact de la salmoniculture sur la masse d'eau;

- l'étude sédimentologique et géochimique afin de caractériser les sédiments situés sous et autour des cages (granulométrie, % de fraction fine, % de matière organique) et de mesurer les teneurs en cuivre et zinc des aliments distribués aux truites et des sédiments. Cette étude avait donc pour but d'estimer l'impact des apports trophiques de la ferme sur les sédiments au voisinage de la ferme. (contrat n° 93.2.450400, avril 1993)

# PREMIERE PARTIE : HYDROLOGIE

## SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
I - LOCALISATION ET CALENDRIER DES PRELEVEMENTS	4
1. CHOIX DES STATIONS DE PRELEVEMENT (figure 1)	4
2. CALENDRIER DES PRELEVEMENTS	6
II - MATERIEL ET METHODES	6
1. PRELEVEMENT - ECHANTILLONNAGE	6
2. TRAITEMENT ET ANALYSE DES ECHANTILLONS	7
III - RESULTATS ET DISCUSSION	8
1. MATIERES EN SUSPENSION-MATIERES VOLATILES (figure 2)	8
2. SELS AZOTES (figures 3, 4, 5)	10
2.1. Azote ammoniacal	10
2.2. Azote nitreux	14
2.3. Azote nitrique	15
3. PHOSPHORE DISSOUS (figure 6)	16
4. SILICIUM DISSOUS (figure 7)	18

## INTRODUCTION

Une première étude synthétique de l'environnement de la Rade de Cherbourg avait déjà été menée en 1989 par INTECHMER à la demande du Syndicat Mixte d'Équipement du Littoral (SMEL) et en partenariat avec IFREMER (Rapport INTECHMER, n°5, 1989 contrat SMEL SF/05/N°89/B/153). Les conclusions de ce premier bilan mettaient en évidence une insuffisance de données et recommandaient un suivi annuel des paramètres physicochimiques sur le site des futures installations aquacoles.

Un suivi hydrobiologique a ensuite été confié à INTECHMER (contrat SF/05/90/3/091). Des prélèvements et des analyses ont été effectués de mai 1990 à avril 1991. Les données acquises lors de ce suivi constituent le rapport INTECHMER n° 7, 1991

Une fois l'élevage de truites fario mis en place par la société SALMONA en Rade de Cherbourg, IFREMER/DEL nous a demandé de réaliser, en collaboration, un suivi de l'impact trophique de cet élevage sur la qualité physicochimique des eaux de la rade du fait des apports alimentaires (granulés secs extrudés) et des rejets de matières organiques liés à l'élevage. Les premiers résultats de cette étude portant sur les campagnes réalisées entre mai 1993 et février 1994 sont exposés dans ce rapport.

## I - LOCALISATION ET CALENDRIER DES PRELEVEMENTS

### *1. CHOIX DES STATIONS DE PRELEVEMENT (figure 1)*

La localisation des stations de prélèvement a été déterminée en accord avec l'équipe d'IFREMER/DEL (Brest) chargée de l'étude d'impact. Onze stations ont été échantillonnées sur 2 profondeurs (surface et fond) selon le plan présenté figure 1. La station 5 située au niveau du fort central (coffre d'amarrage de la marine nationale) est considérée comme station référence car suffisamment éloignée de la ferme pour ne subir aucun impact.

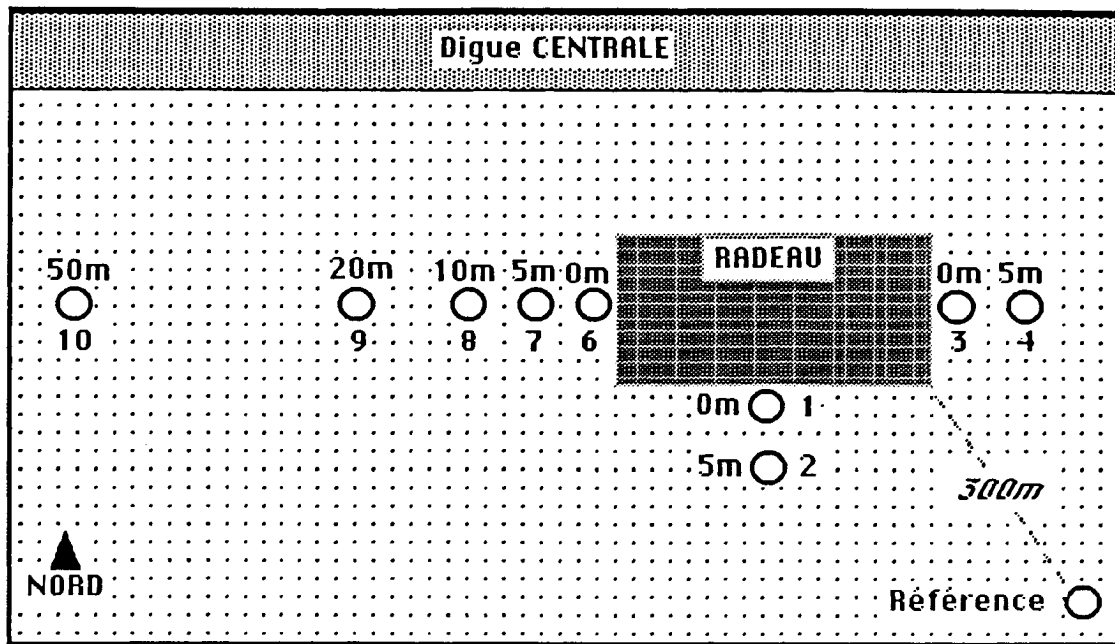


Figure 1 : Plan d'échantillonnage du site de la ferme SALMONA

## **2. CALENDRIER DES PRELEVEMENTS**

Des prélèvements ont été effectués les :

13 mai 1993,  
22 septembre 1993,  
22 février 1994,

depuis le bord de la ferme aquacole (stations 0, 1, 3 et 6 et à partir de la barge ou de la vedette des établissements SALMONA pour les autres points.

## **II - MATERIEL ET METHODES**

### **1. PRELEVEMENT - ECHANTILLONNAGE**

Les prélèvements ont été effectués en surface et au fond aux stations sélectionnées. Les études antérieures effectuées en rade de Cherbourg avaient montré une homogénéité verticale des températures et salinités due au brassage par les courants de marée qui affectent l'ensemble de la Grande Rade de Cherbourg. Cependant il était nécessaire de savoir si les rejets à partir des cages étaient ressentis de façon homogène sur la colonne d'eau.

La température, la teneur en oxygène dissous et la salinité sont mesurée in-situ à l'aide d'un thermo-salinomètre et d'un oxymètre par l'équipe de l'IFREMER.

Aussitôt après le prélèvement effectué à l'aide d'une bouteille de prélèvement type NISKIN (5l, PVC) , un échantillonnage est effectué à bord afin d'adapter le conditionnement aux différents paramètres retenus pour l'étude :

- azote ammoniacal : flacon (verre brun) à bouchon rodé 125 ml
- nutriments : flacon PVC 500 ml
- matières en suspension (MES) : flacon PVC 1 000 ml

L'ensemble des échantillons est conservé en glacière (froid et obscurité) jusqu'au retour au laboratoire.

## 2. TRAITEMENT ET ANALYSE DES ECHANTILLONS

Dès retour au laboratoire (quelques heures au plus) les échantillons sont filtrés et les réactifs nécessaires ajoutés :

- Nutriments : filtration sur membranes nylon (0,45  $\mu\text{m}$ ). Les échantillons sont ensuite congelés ou analysés immédiatement par méthode colorimétrique sur auto-analyseur Technicon AAII (selon les méthodes décrites par TREGUER et LE CORRE (1974).

- Les MES sont récoltées par filtration d'un litre d'échantillon sur membrane en fibre de verre tarée. Le poids est estimé au 1/10<sup>e</sup> mg après séchage pendant 24 heures dans une étuve à 95 °C. Les teneurs en matières volatiles sont déterminées après calcination des filtres à 550°C.

- L'azote ammoniacal est fixé par addition de réactifs permettant un dosage colorimétrique dans un délai de 12 à 48 heures.

Les techniques de mesure, du poids de MES et de la concentration en azote ammoniacal sont celles recommandées par l'IFREMER (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).



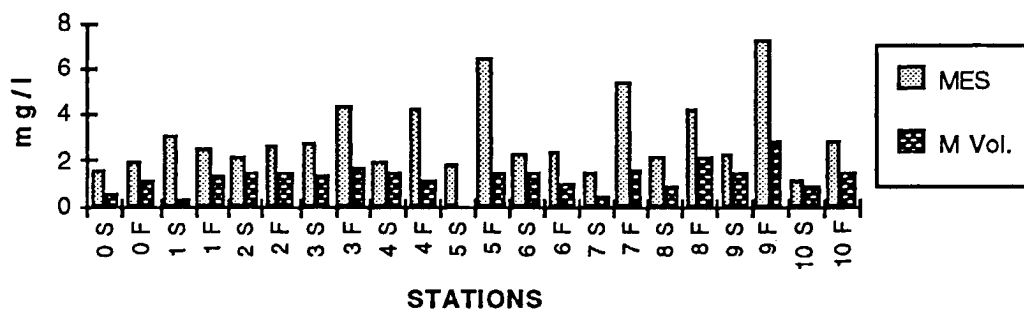
### III - RESULTATS ET DISCUSSION

#### 1. MATIERES EN SUSPENSION-MATIERES VOLATILES (figure 2)

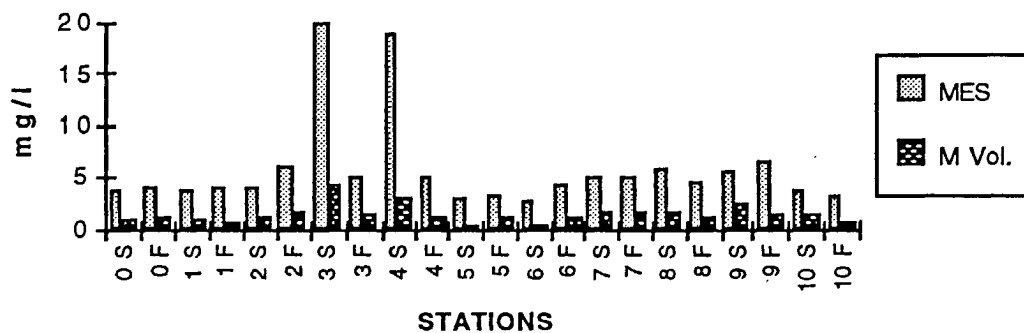
station mg/l	13/05/93		22/09/93		22/02/94	
	MES	M Vol.	MES	M Vol.	MES	M Vol.
0 S	1,6	0,6	3,8	0,9	7,8	4,1
0 F	1,9	1,1	4,0	1,1	13,6	1,0
1 S	3,1	0,3	3,8	0,8	4,1	1,8
1 F	2,6	1,3	4,1	0,7	1,9	0,2
2 S	2,1	1,4	4,1	1,1	3,1	1,8
2 F	2,7	1,4	6,1	1,7	5,4	3,6
3 S	2,8	1,3	20,0	4,4	3,1	1,8
3 F	4,4	1,7	4,9	1,6	2,6	1,0
4 S	1,9	1,5	19,0	2,9	2,8	1,1
4 F	4,3	1,1	5,0	1,3	1,8	0,5
5 S	1,8	0,0	3,0	0,5	1,5	0,6
5 F	6,5	1,4	3,3	1,0	3,3	1,0
6 S	2,3	1,5	2,8	0,3	3,6	3,1
6 F	2,4	1,0	4,2	1,0	4,0	2,7
7 S	1,5	0,4	5,1	1,8	1,2	0,0
7 F	5,4	1,6	5,1	1,7	5,1	3,7
8 S	2,1	0,9	5,9	1,7	0,5	0,4
8 F	4,3	2,1	4,5	1,1	2,8	1,2
9 S	2,3	1,5	5,6	2,5	2,4	1,6
9 F	7,3	2,9	6,7	1,6	3,4	2,1
10 S	1,1	0,9	3,8	1,5	1,4	0,3
10 F	2,9	1,4	3,3	0,7	1,4	0,4
moyenne	3,1	1,2	5,8	1,5	3,5	1,5
écart-type	1,6	0,6	4,4	0,9	2,7	1,2

Le taux moyen de matières en suspension sur le site d'étude est de  $4,1 \pm 3,4$  mg/l , inférieur à celui observé lors des suivis précédents. Les matières volatiles représentent en moyenne 34 % des matières en suspension avec  $1,4 \pm 0,9$  mg/l.

13/05/93



22/09/93



22/02/94

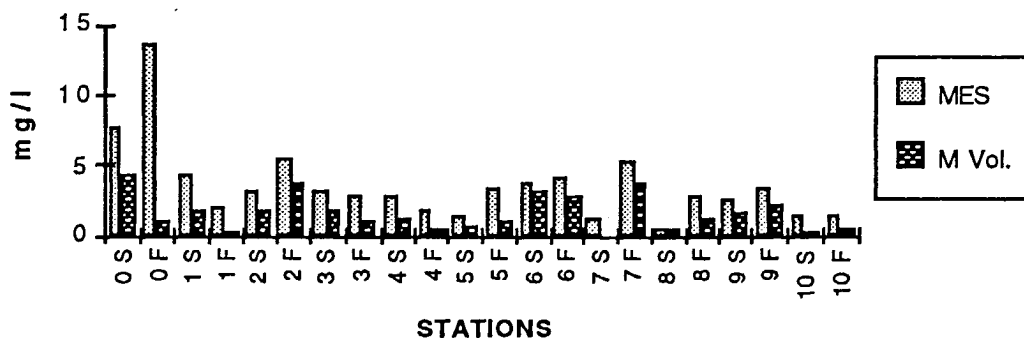


Figure 2 : Répartition des charges en matières en suspension et en matières volatiles aux différentes stations.

## 2. SELS AZOTES (figures 3, 4, 5)

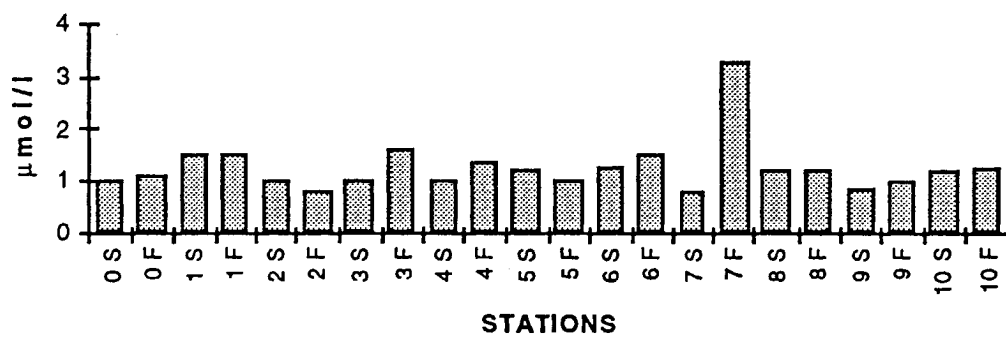
### 2.1. Azote ammoniacal

Première forme de rejet d'azote dans le milieu marin, l'ion ammonium ne doit pas s'accumuler et des oxydations en azote nitreux puis nitrique doivent permettre de maintenir sa concentration dans l'eau de mer à un niveau assez bas. C'est un paramètre important du fait qu'il constitue la forme de rejet direct d'azote par les poissons en élevage.

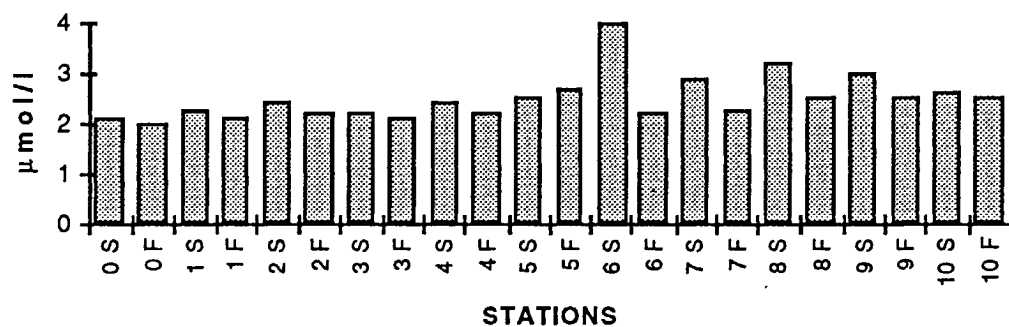
station	NH <sub>4</sub> en µmol/l		
	13/05/93	22/09/93	22/02/94
0 S	1,0	2,1	2,1
0 F	1,1	2,0	1,2
1 S	1,5	2,3	1,0
1 F	1,5	2,1	0,7
2 S	1,0	2,4	1,4
2 F	0,8	2,2	0,7
3 S	1,0	2,2	0,6
3 F	1,6	2,1	0,6
4 S	1,0	2,4	2,2
4 F	1,4	2,2	0,9
5 S	1,2	2,5	1,0
5 F	1,0	2,7	0,8
6 S	1,3	4,0	1,1
6 F	1,5	2,2	1,0
7 S	0,8	2,9	1,0
7 F	3,3	2,3	1,5
8 S	1,2	3,2	1,0
8 F	1,2	2,5	1,4
9 S	0,9	3,0	1,5
9 F	1,0	2,5	1,0
10 S	1,2	2,6	0,9
10 F	1,3	2,5	0,8
moyenne	1,3	2,5	1,1
écart-type	0,5	0,4	0,4

La concentration moyenne observée sur le site pendant la période d'étude est de  $1,6 \pm 0,8$  µmole/l.

13/05/93



22/09/93



22/02/94

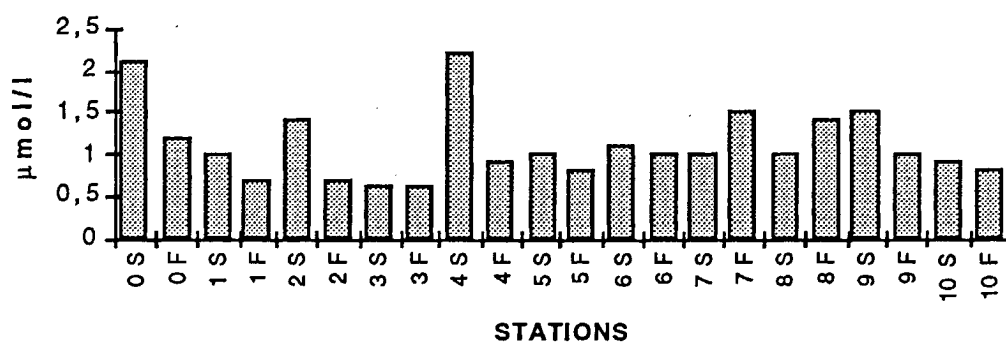
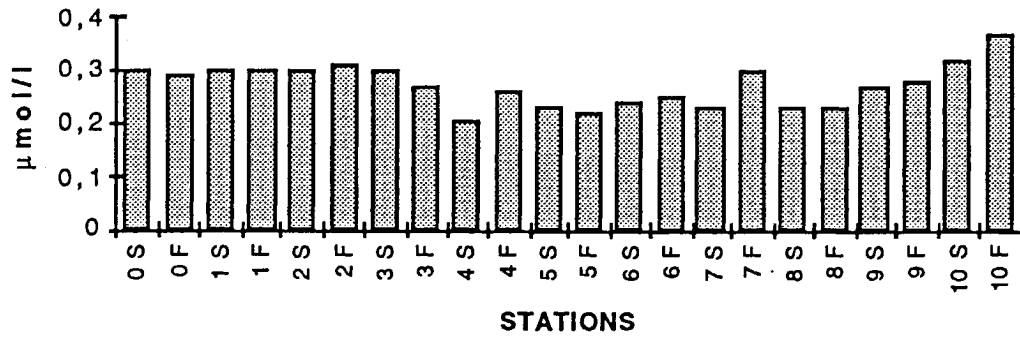
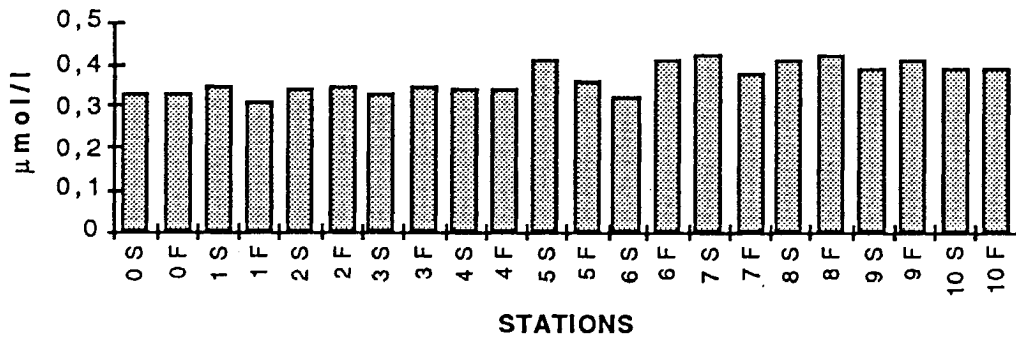


Figure 3 : Répartition des concentrations en azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) aux différentes stations.

22/02/93



22/09/93



22/02/94

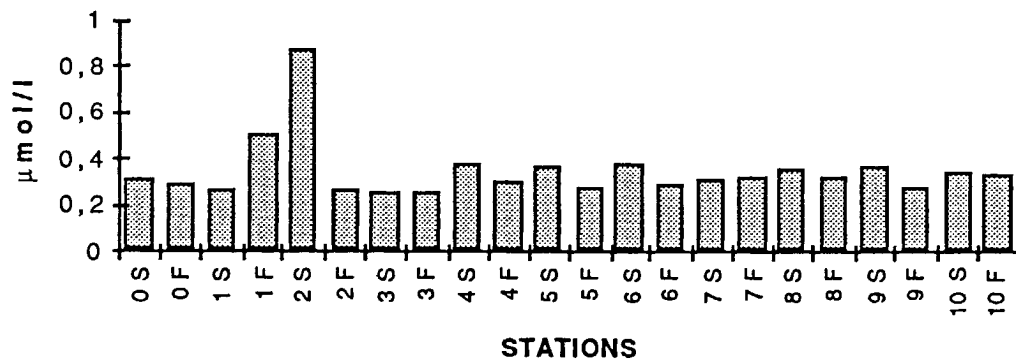
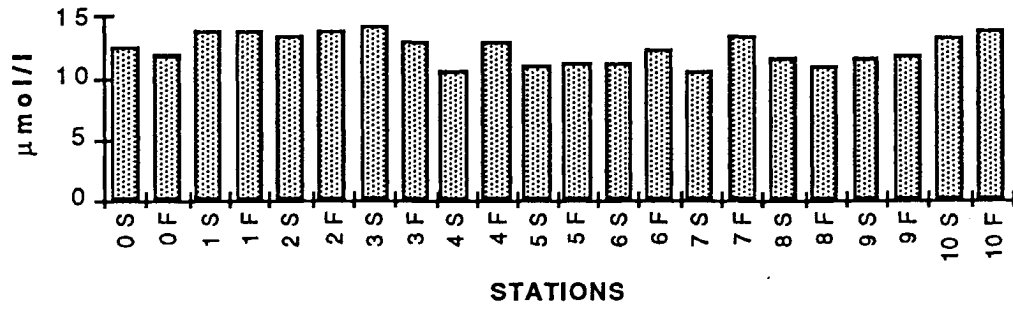
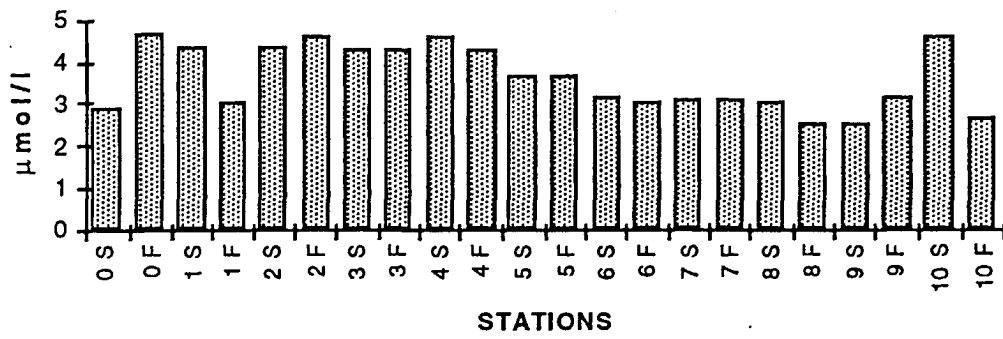


Figure 4 : Répartition des concentrations en azote nitreux ( $\text{NO}_2^-$ ) aux différentes stations.

13/05/93



22/09/93



22/02/94

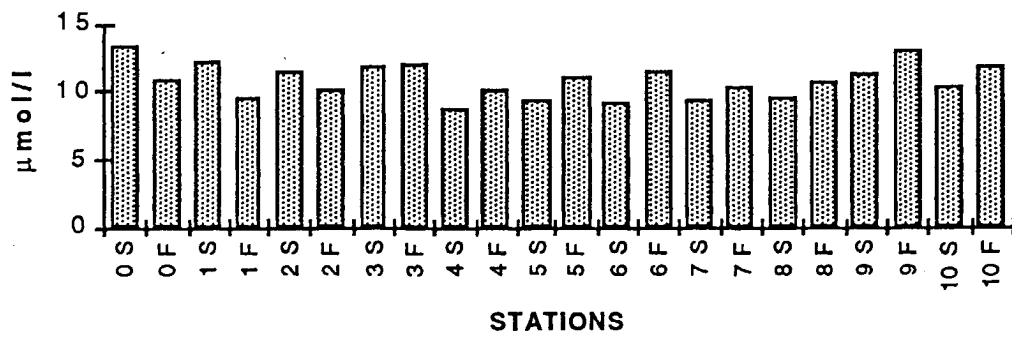


Figure 5 : Répartition des concentrations en azote nitrique ( $\text{NO}_3^-$ ) aux différentes stations.

## 2.2. Azote nitreux

Cette forme correspond à un état d'oxydation instable de l'azote en milieu marin, rapidement transformé en azote nitrique.

station	NO <sub>2</sub> en $\mu\text{mol/l}$		
	13/05/93	22/09/93	22/02/94
0 S	0,30	0,33	0,31
0 F	0,29	0,33	0,29
1 S	0,30	0,35	0,27
1 F	0,30	0,31	0,50
2 S	0,30	0,34	0,87
2 F	0,31	0,35	0,27
3 S	0,30	0,33	0,26
3 F	0,27	0,35	0,26
4 S	0,21	0,34	0,38
4 F	0,26	0,34	0,30
5 S	0,23	0,41	0,37
5 F	0,22	0,36	0,28
6 S	0,24	0,32	0,38
6 F	0,25	0,41	0,29
7 S	0,23	0,42	0,31
7 F	0,30	0,38	0,33
8 S	0,23	0,41	0,36
8 F	0,23	0,42	0,33
9 S	0,27	0,39	0,37
9 F	0,28	0,41	0,28
10 S	0,32	0,39	0,35
10 F	0,37	0,39	0,34
moyenne	0,27	0,37	0,35
écart-type	0,04	0,04	0,13

La concentration moyenne observée sur le site pendant la période d'étude est de  $0,33 \pm 0,09 \mu\text{mole/l}$ .

### 2.3. Azote nitrique

C'est la forme principale de stockage de l'azote et aussi la première forme consommée par le phytoplancton lors des blooms. Les nitrates suivent donc une évolution classique avec appauvrissement printanier et régénération en automne.

station	NO3 en $\mu\text{mol/l}$		
	13/05/93	22/09/93	22/02/94
0 S	12,5	2,9	13,2
0 F	11,9	4,7	10,8
1 S	13,8	4,4	12,2
1 F	13,8	3,0	9,5
2 S	13,4	4,4	11,4
2 F	13,9	4,6	9,9
3 S	14,3	4,3	11,8
3 F	12,8	4,3	12,0
4 S	10,6	4,6	8,6
4 F	12,8	4,3	9,9
5 S	10,9	3,7	9,2
5 F	11,1	3,7	11,0
6 S	11,2	3,2	9,1
6 F	12,3	3,0	11,3
7 S	10,6	3,1	9,2
7 F	13,3	3,1	10,3
8 S	11,6	3,0	9,4
8 F	10,9	2,5	10,6
9 S	11,8	2,5	11,2
9 F	12,0	3,2	12,8
10 S	13,4	4,6	10,2
10 F	14,0	2,7	11,6
moyenne	12,4	3,6	10,7
écart-type	2,2	0,8	1,2

La concentration moyenne observée sur le site pendant la période d'étude est de  $8,9 \pm 4,0 \mu\text{mole/l}$ .



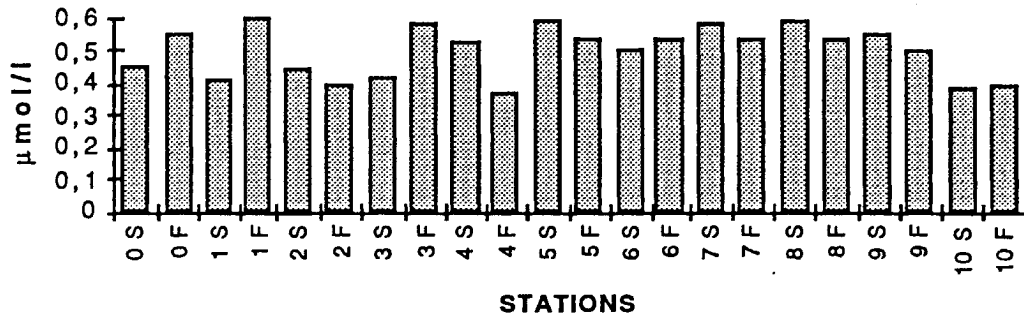
### 3. PHOSPHORE DISSOUS (figure 6)

Présent à très faible concentration dans le milieu marin, le phosphore est indispensable au développement des espèces phytoplanctoniques. Rapidement consommé en période de bloom, il peut être le facteur limitant de la croissance des populations phytoplanctoniques. On observe de ce fait un cycle saisonnier très marqué avec des valeurs très basses de mai à septembre puis une régénération du stock dès septembre.

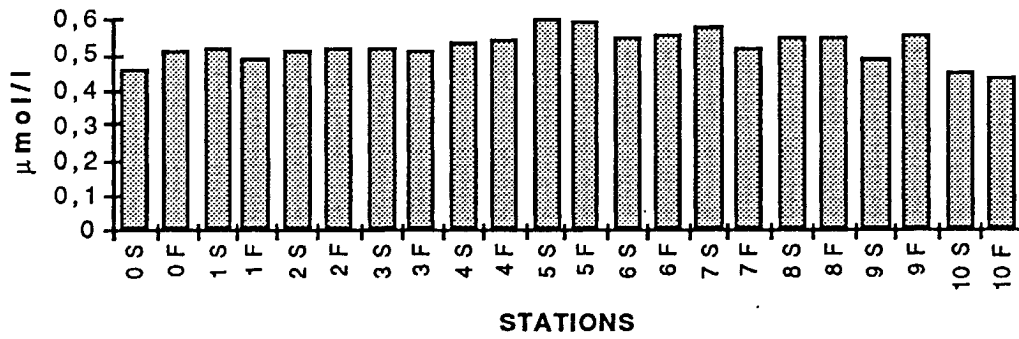
station	PO4 en $\mu\text{mol/l}$		
	13/05/93	22/09/93	22/02/94
0 S	0,45	0,46	0,67
0 F	0,55	0,51	0,68
1 S	0,41	0,52	0,54
1 F	0,60	0,49	0,55
2 S	0,44	0,51	0,58
2 F	0,40	0,52	0,53
3 S	0,42	0,52	0,54
3 F	0,58	0,51	0,54
4 S	0,52	0,53	0,61
4 F	0,37	0,54	0,57
5 S	0,59	0,60	0,75
5 F	0,54	0,59	0,57
6 S	0,50	0,55	0,66
6 F	0,54	0,56	0,62
7 S	0,58	0,58	0,67
7 F	0,54	0,52	0,66
8 S	0,59	0,55	0,61
8 F	0,54	0,55	0,68
9 S	0,55	0,49	0,60
9 F	0,50	0,56	0,61
10 S	0,38	0,45	0,61
10 F	0,39	0,44	0,50
moyenne	0,50	0,53	0,61
écart-type	0,08	0,04	0,06

La concentration moyenne observée sur le site pendant la période d'étude est de  $0,54 \pm 0,08 \mu\text{mole/l}$ .

13/05/93



22/09/93



22/02/94

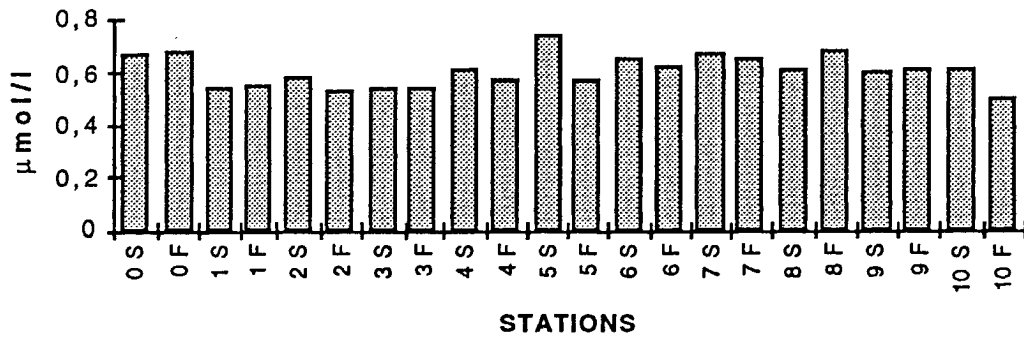


Figure 6 : Répartition des concentrations en phosphore inorganique dissous ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) aux différentes stations.

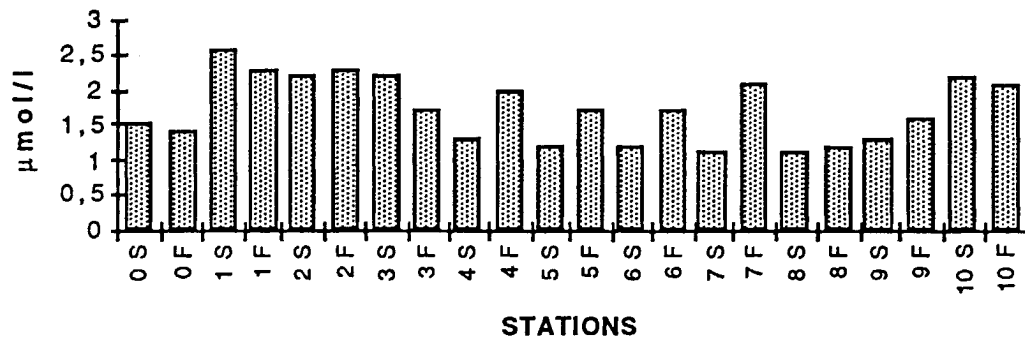
#### 4. SILICIUM DISSOUS (figure 7)

Cet élément ne constitue pas réellement un élément nutritif mais sous sa forme acide orthosilicique dissous, il est indispensable au développement des diatomées qui l'utilisent pour construire leur frustule. Le cycle annuel est de ce fait assez marqué avec une forte période de consommation des "silicates" d'avril à août.

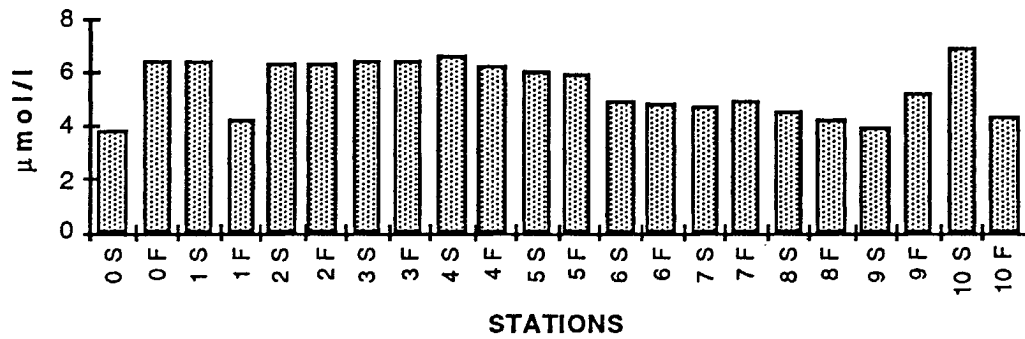
station	Si en $\mu\text{mol/l}$		
	13/05/93	22/09/93	22/02/94
0 S	1,5	3,8	6,6
0 F	1,4	6,4	5,2
1 S	2,6	6,4	6,0
1 F	2,3	4,2	4,6
2 S	2,2	6,3	5,9
2 F	2,3	6,3	5,0
3 S	2,2	6,4	5,9
3 F	1,7	6,4	5,9
4 S	1,3	6,6	4,1
4 F	2,0	6,2	4,6
5 S	1,2	6,0	4,5
5 F	1,7	5,9	5,4
6 S	1,2	4,9	4,4
6 F	1,7	4,8	5,5
7 S	1,1	4,7	4,5
7 F	2,1	4,9	5,0
8 S	1,1	4,5	4,7
8 F	1,2	4,2	5,4
9 S	1,3	3,9	5,7
9 F	1,6	5,2	6,3
10 S	2,2	6,9	5,0
10 F	2,1	4,3	6,5
moyenne	1,7	5,4	5,3
écart-type	0,5	1,0	0,7

La concentration moyenne observée sur le site pendant la période d'étude est de  $4,2 \pm 1,9 \mu\text{mole/l}$ .

13/05/93



22/09/93



22/02/94

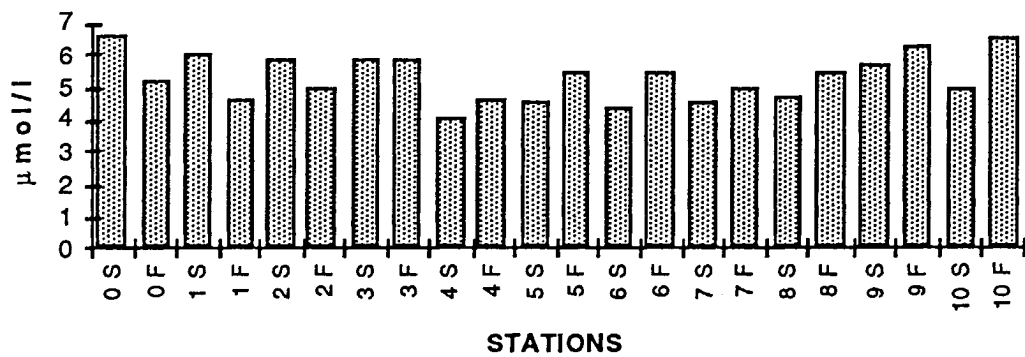


Figure 7 : Répartition des concentrations en Silicium minéral dissous ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ) aux différentes stations.

## DEUXIEME PARTIE :

### SEDIMENTOLOGIE BENTHOS GEOCHIMIE

#### SOMMAIRE

I - INTRODUCTION	21
II - POSITION DES PRELEVEMENTS	21
III - TECHNIQUES D'ANALYSE AU LABORATOIRE	23
1. ANALYSE GRANULOMETRIQUE	23
1.1 Echantillons "géochimie"	23
1.2 Echantillons "biologie"	24
2. LA PERTE AU FEU	24
3. ANALYSE BIOGEOCHIMIQUE DES TENEURS EN CUIVRE ET EN ZINC DES ALIMENTS POUR TRUITES ET DES SEDIMENTS	24
IV - RESULTATS	24
1. TAUX D'ENVASEMENT	24
2. GRANULOMETRIE DE LA FRACTION SABLEUSE	25
3. ESTIMATION DE LA QUANTITE DE MATIERE ORGANIQUE DANS LES SEDIMENTS	28
4. LA FAUNE BENTHIQUE	29
5. CONCENTRATIONS EN CUIVRE ET EN ZINC DES ALIMENTS POUR TRUITES ET DES SEDIMENTS AUTOUR DES CAGES	29
V - CONCLUSION	32

## I - INTRODUCTION

Les prélèvements de sédiments ont été effectués dans le but :

- de déterminer l'envasement de surface
- d'estimer le contenu en matière organique et de mesurer les teneurs en cuivre et en zinc (oligoéléments pouvant provenir des aliments artificiels) de la fraction fine,
- de permettre une étude de la faune benthique.

Pour répondre à ces objectifs, deux techniques de prélèvement ont été mises en oeuvre:

- Le carottier Reineck permet une bonne conservation de l'interface eau-sédiment; il a été utilisé pour obtenir les échantillons nécessaires à la cartographie de surface, à la quantification de la matière organique et aux analyses géochimiques.
- La benne Hamon permet de prélever une grande quantité de sédiment, ce qui est nécessaire pour l'étude de la faune benthique.

Pour relier les résultats obtenus sur les deux types de prélèvements, les analyses ont été effectuées sur l'ensemble des échantillons.

## II - POSITION DES PRELEVEMENTS

Les 22 stations étudiées, numérotées de 4 à 32, sont situées de part et d'autre de la cage principale à distance variant de quelques mètres à environ 500m (Fig.1). La zone étudiée représente une superficie d'environ 240 000 m<sup>2</sup>, suivant un rectangle d'allongement Est-Ouest (800 x 300 m).

Le tableau 1 présente les types d'échantillon prélevés pour l'étude faunistique "biologie" ou pour l'étude de l'envasement et de la teneur en matière organique "géochimie" aux différentes stations. Soit 23 échantillons pour la "biologie", le prélèvement n°21 étant subdivisé en 2 sous-échantillons (surface et fond). Pour l'étude sédimentologique et géochimique, 19 prélèvements ont été effectués, les stations 7, 28 et 29 Est n'ont pas été échantillonnées.

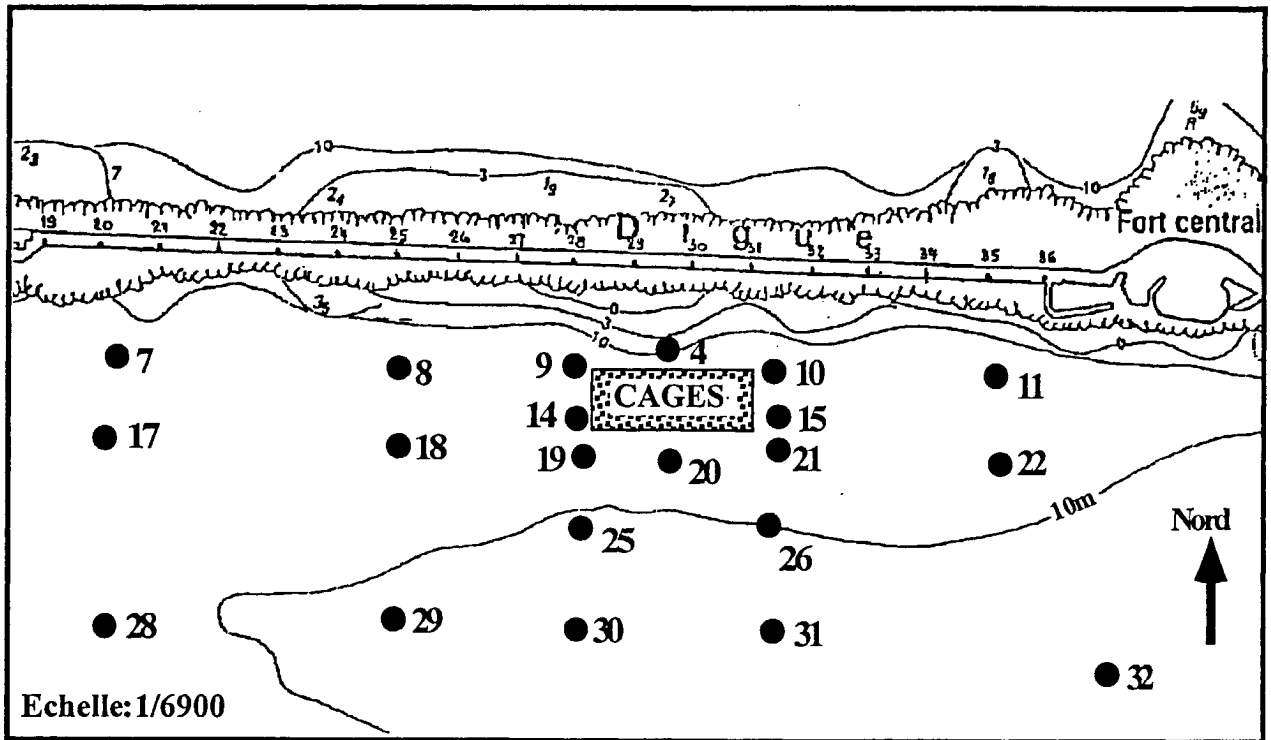


Figure 1. Plan des stations de prélèvements autour des cages de la ferme SALMONA (Rade de Cherbourg).

Station	"Biologie"	"Géochimie"
4	*****	*****
7	*****	
8	*****	*****
9	*****	*****
10	*****	*****
11	*****	*****
14	*****	*****
15	*****	*****
17	*****	*****
18	*****	*****
19	*****	*****
20	*****	*****
21		*****
21 Surface	*****	
21 Fond	*****	
22	*****	*****
25	*****	*****
26	*****	*****
28	*****	
29	*****	*****
29 Est	*****	
30	*****	*****
31	*****	*****
32	*****	*****

Tableau 1. Liste des échantillons analysés

### III - TECHNIQUES D'ANALYSE AU LABORATOIRE

#### 1. ANALYSE GRANULOMETRIQUE

##### 1.1 Echantillons "géochimie"

Après séchage à l'étuve à une température de 50°C, une vingtaine de grammes de chaque échantillon a été homogénéisée pendant quatre heures (au mélangeur rotatif) puis tamisée sous l'eau sur un tamis de maille 63µm. Deux fractions granulométriques ont été ainsi obtenues : la fraction fine et la fraction grossière. La fraction fine a été conservée pour l'analyse géochimique (analyse des teneurs en Cu et Zn); son pourcentage a permis d'obtenir le taux d'envasement.



## **1.2 Echantillons "biologie"**

Une centaine de grammes de chaque échantillon, préalablement séché à l'étuve, a été tamisée sous l'eau sur un tamis de norme AFNOR. Les refus de chaque tamis ont été pesés et les résultats présentés sous forme d'histogrammes permettant de caractériser les différents faciès sédimentaires.

## **2. LA PERTE AU FEU**

Cinq grammes de sédiments ont été portés à 450 °C (au four à moufle) pendant 4 heures. La différence de poids (poids initial - poids final) correspond à la quantité de matière organique présente dans le sédiment.

## **3. ANALYSE BIOGEOCHIMIQUE DES TENEURS EN CUIVRE ET EN ZINC DES ALIMENTS POUR TRUITES ET DES SEDIMENTS**

L'analyse des teneurs en cuivre et en zinc a été réalisée sur la fraction fine inférieure à 63 µm des 19 échantillons de sédiment "géochimie". Après minéralisation par attaque nitrique-perchlorique à chaud (80°C) de l'échantillon sec, le cuivre a été dosé par spectrophotométrie d'absorption atomique avec four de graphite et effet Zeeman, le zinc par spectrophotométrie d'absorption atomique avec flamme air-acétylène.

Cuivre et zinc ont également été dosés par la même méthode dans deux aliments artificiels (granulés secs extrudés) pour truites.

## **IV - RESULTATS**

### **1. TAUX D'ENVASEMENT**

Le taux d'envasement varie de 3% (station 9) (Tableau 2) au nord-ouest à proximité immédiate du radeau, jusqu'à plus de 39% (stations 31 et 32), ce qui correspond aux stations les plus éloignées de la cage vers le sud-est et donc vers la sortie de la Petite Rade.

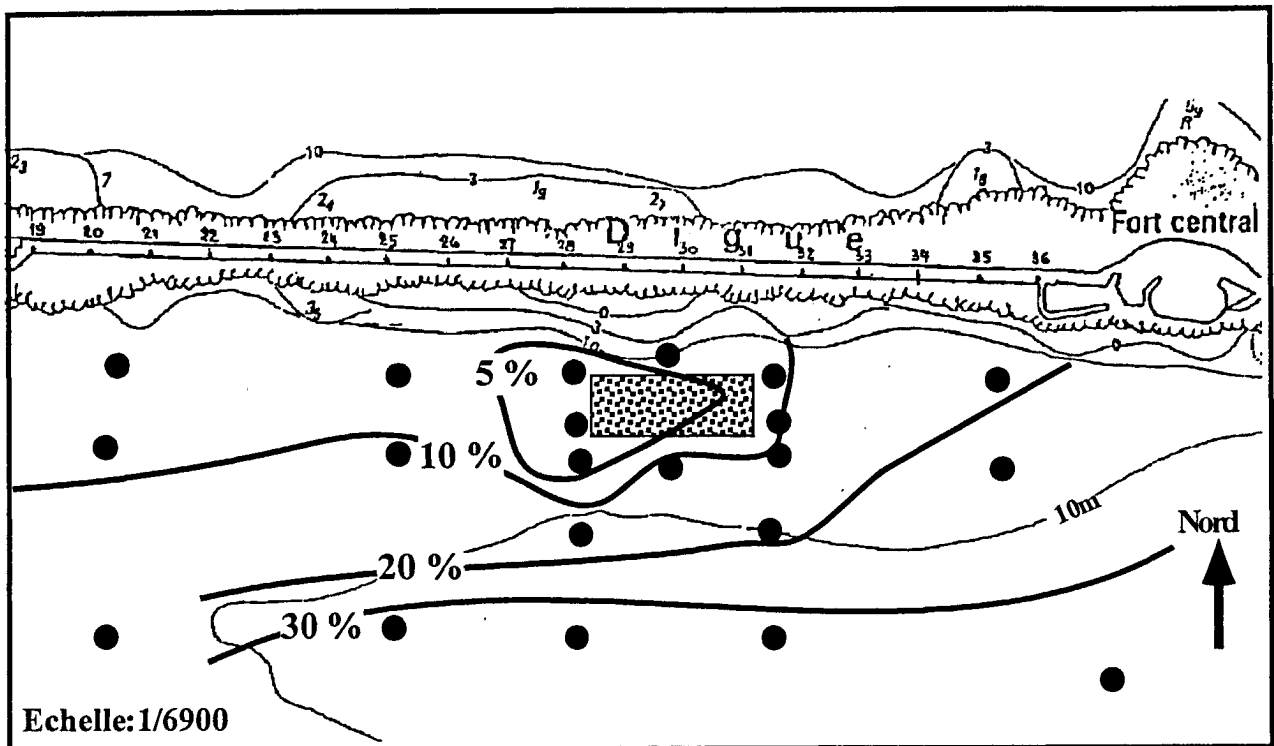


Figure 2. Cartographie de l'envasement (% de fraction fine <math> < 63 \text{ microns}</math>) autour de la ferme SALMONA.

La figure 2 présente la cartographie superficielle de la fraction fine (<63  $\mu\text{m}$ ). Les zones les moins envasées (<5 %) se situent sous la cage et immédiatement à l'ouest de celle-ci. L'envasement augmente vers le sud et le sud-est.

Station	Pourcentage de la fraction < 63 microns
9	3,0
14	3,7
19	4,2
10	5,6
4	5,7
8	7,7
17	8,1
21	9,9
25	11,4
20	11,5
18	11,8
15	12,1
26	15,0
11	18,7
22	24,3
29	31,6
30	35,0
32	39,1
31	39,4

Tableau 2. Taux d'envasement des différents échantillons analysés

## 2. GRANULOMETRIE DE LA FRACTION SABLEUSE

La fraction sableuse est essentiellement constituée de sables fins terrigènes (principalement composés de quartz) dont les modes vont de 63 à 160  $\mu\text{m}$ . la répartition géographique de ces modes traduit un affinement progressif du nord-ouest vers le sud-est (Fig. 3).

Certains échantillons montrent des distributions bimodales avec un mode secondaire très grossier (>2500  $\mu\text{m}$ ). Cette fraction très grossière est essentiellement constituée de débris coquilliers, on la retrouve principalement associée au mode à 160 micromètres (Fig. 4).

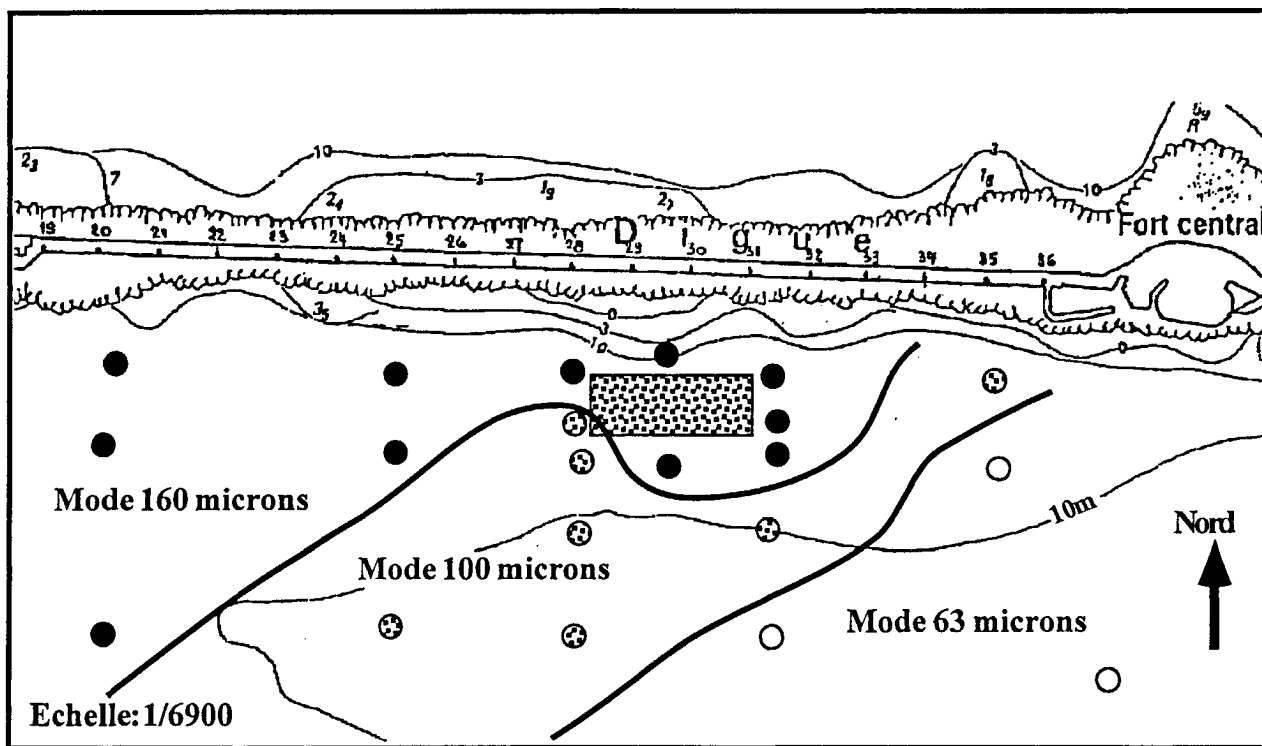


Figure 3. Cartographie de la granulométrie (modes) de la fraction sableuse autour de la ferme SALMONA.

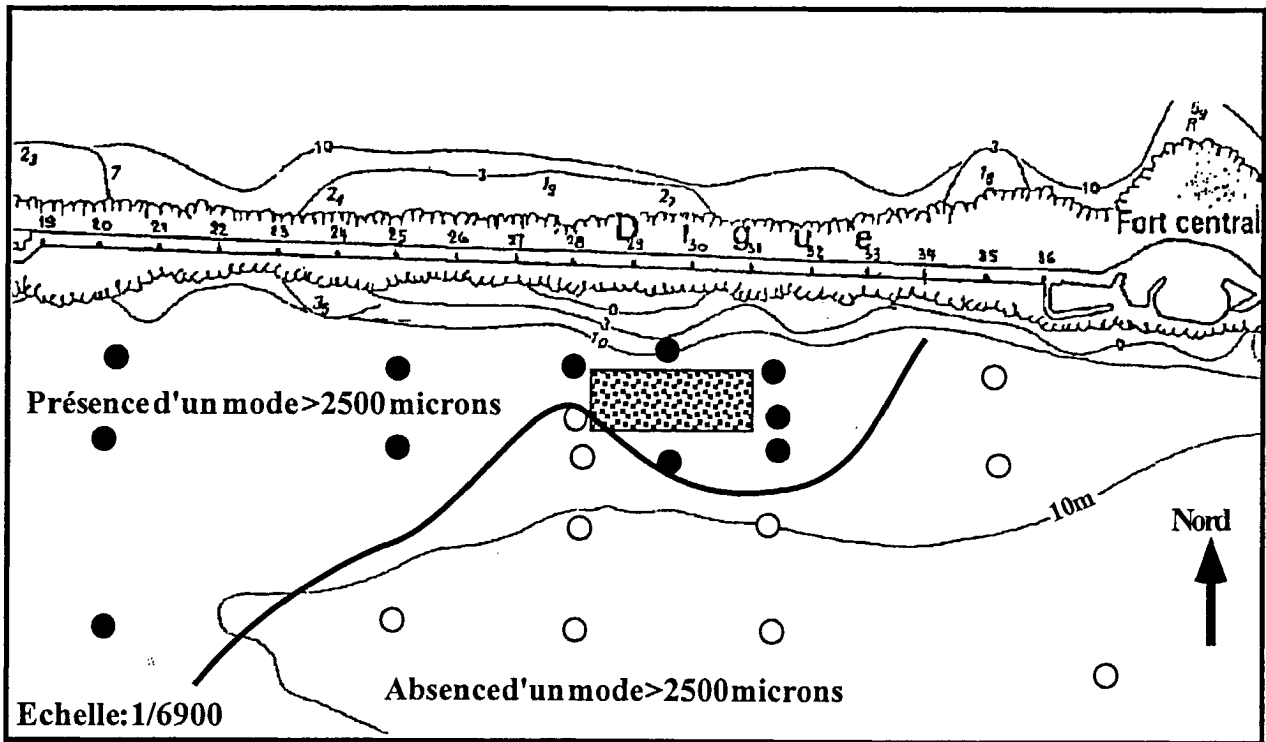


Figure 4. Cartographie de la fraction grossière (> 2500 microns) des sédiments autour de la ferme SALMONA.

### **3. ESTIMATION DE LA QUANTITE DE MATIERE ORGANIQUE DANS LES SEDIMENTS**

Les teneurs les plus faibles (< 6 %) en matière organique sont situées aux alentours immédiats de la cage (Tableau 3) . Les valeurs les plus fortes (> 8 %) se retrouvent dans la partie méridionale de la zone, stations 30, 31 et 32, qui correspond aux stations les plus envasées.

Station	Pourcentage de matière organique (perte au feu)
4	5,1
9	6,7
10	5,5
11	3,9
14	5,4
15	6,0
17	6,0
18	6,4
19	5,5
20	4,4
21	4,6
22	6,4
25	6,1
26	6,4
30	8,4
31	9,3
32	8,2

Tableau 3. Pourcentage de matière organique dans les échantillons

#### **4. LA FAUNE BENTHIQUE**

Un inventaire de la faune benthique avait déjà été réalisé précédemment par INTECHMER (Rapport Intechmer n°5, 1989) qui montrait la présence de trois faciès principaux en Rade de Cherbourg :

- un faciès à Sabellidae avec 3 espèces associées (Nephtys sp., Nucula sp. et Pandora sp.)
- un faciès à Nucula sp. avec 3 espèces associées (Nephtys sp., Lanice conchilega, et Pandora sp.)
- un faciès à Lanice conchilega avec 2 espèces associées (Nephtys sp., Nucula sp.).

L'étude rapide effectuée à partir du sédiments prélevé en 1993 et 1994 autour des cages, montre une situation marquée par la prédominance d'*Abra alba* et de *Melinna palmata*, avec, à proximité des cages, un grand nombre d'espèces vagiles détritivores, carnivores et nécrophages.

#### **5. CONCENTRATIONS EN CUIVRE ET EN ZINC DES ALIMENTS POUR TRUITES ET DES SEDIMENTS AUTOUR DES CAGES**

Les deux aliments artificiels distribués aux truites contiennent effectivement du cuivre et du zinc (en tant qu'oligoéléments ajoutés) à des concentrations respectivement de 5,5-5,6 µg/g sec et 116-147 µg/g sec (Tableaux 4 et 5).

Les concentrations de cuivre et de zinc par rapport au poids sec de sédiment, ainsi que les teneurs en Cu et Zn normalisées par rapport au % de la fraction fine (< 63 µm), et par rapport au % de matière organique sont présentées dans les tableaux 4 et 5.

La normalisation au % de fraction fine, notamment, permet de mieux mettre en évidence un impact trophique éventuel des cages directement sur les sédiments les plus exposés, en s'affranchissant de leur capacité propre à fixer des quantités plus ou moins grandes de contaminants métalliques du fait de leur seule granulométrie.

Ainsi peut-on observer un impact réellement significatif de l'élevage (test t), quoique relativement modéré, sur certaines stations situées à l'ouest et immédiatement à proximité des cages (n° 9 et 14), alors que ces sédiments sont anormalement pauvres en particules fines (Fig. 2). L'impact est beaucoup moins évident au nord (stations 4 et 10), mais est encore décelable.

Cela confirme bien qu'il existe un courant proche de la digue centrale, ou des turbulences engendrées par les cages elles-mêmes,

Tableau 4 : Teneurs en cuivre dans la fraction fine des sédiments prélevés autour des cages (non normalisées, normalisées au % de la fraction fine, normalisées au % de matière organique) et dans les aliments distribués aux truites

N° Echantillon	[Cu] ( $\mu\text{g/g sec}$ )	[Cu] / % fraction fine	[Cu] / % matière organique
4	14,7 $\pm$ 1	2,58 $\pm$ 0,18	2,88 $\pm$ 0,20
8	13,1 $\pm$ 0,7	1,70 $\pm$ 0,09	-
9	19 $\pm$ 1	6,33 $\pm$ 0,33	2,84 $\pm$ 0,15
10	15,5 $\pm$ 0,2	2,77 $\pm$ 0,04	2,82 $\pm$ 0,04
11	11,7 $\pm$ 0,3	0,63 $\pm$ 0,02	3,0 $\pm$ 0,08
14	15,8 $\pm$ 0,4	4,27 $\pm$ 0,11	2,93 $\pm$ 0,07
15	15,2 $\pm$ 0,3	1,26 $\pm$ 0,02	2,53 $\pm$ 0,05
17	12,9 $\pm$ 1,1	1,59 $\pm$ 0,14	2,15 $\pm$ 0,18
18	7,9 $\pm$ 0,8	0,67 $\pm$ 0,07	1,23 $\pm$ 0,13
19	12 $\pm$ 1	2,86 $\pm$ 0,24	2,18 $\pm$ 0,18
20	10,5 $\pm$ 1,7	0,91 $\pm$ 0,15	2,39 $\pm$ 0,39
21	12,3 $\pm$ 2	1,24 $\pm$ 0,20	2,67 $\pm$ 0,43
22	10,1 $\pm$ 1	0,42 $\pm$ 0,04	1,58 $\pm$ 0,16
25	11,6 $\pm$ 1,9	1,02 $\pm$ 0,17	1,90 $\pm$ 0,31
26	11,6 $\pm$ 1,9	0,77 $\pm$ 0,13	1,81 $\pm$ 0,3
29	9,3 $\pm$ 0,6	0,29 $\pm$ 0,02	-
30	9,0 $\pm$ 1,3	0,26 $\pm$ 0,04	1,07 $\pm$ 0,15
31	7,6 $\pm$ 0,7	0,19 $\pm$ 0,02	0,82 $\pm$ 0,08
32	11,0 $\pm$ 0,3	0,28 $\pm$ 0,01	1,18 $\pm$ 0,03
X $\pm$ 1 $\sigma$	12,1 $\pm$ 2,9	1,58 $\pm$ 1,59	2,12 $\pm$ 0,72
Granulé "petit"	5,5 $\pm$ 0,1,	-	-
Granulé "gros"	5,6 $\pm$ 0,2	-	-



Tableau 5 : Teneurs en zinc dans la fraction fine des sédiments prélevés autour des cages (non normalisées, normalisées au % de la fraction fine, normalisées au % de matière organique) et dans les aliments distribués aux truites

N° Echantillon	[Cu] ( $\mu\text{g/g sec}$ )	[Cu] / % fraction fine	[Cu] / % matière organique
4	136 $\pm$ 1	23,9 $\pm$ 0,2	26,7 $\pm$ 0,2
8	122 $\pm$ 4	15,8 $\pm$ 0,5	-
9	192 $\pm$ 1	64,0 $\pm$ 0,3	28,7 $\pm$ 0,2
10	152 $\pm$ 4	27,1 $\pm$ 0,7	27,6 $\pm$ 0,7
11	110 $\pm$ 10	5,9 $\pm$ 0,5	28,2 $\pm$ 2,6
14	182 $\pm$ 2	49,2 $\pm$ 0,5	33,7 $\pm$ 0,4
15	157 $\pm$ 12	13,0 $\pm$ 1,0	26,2 $\pm$ 2,0
17	128 $\pm$ 15	15,8 $\pm$ 1,9	21,3 $\pm$ 2,5
18	99 $\pm$ 14	8,4 $\pm$ 1,2	15,5 $\pm$ 2,2
19	120 $\pm$ 1	28,6 $\pm$ 0,2	21,8 $\pm$ 0,2
20	131 $\pm$ 4	11,4 $\pm$ 0,3	29,8 $\pm$ 0,9
21	113 $\pm$ 7	11,4 $\pm$ 0,7	24,6 $\pm$ 1,5
22	89 $\pm$ 14	3,7 $\pm$ 0,6	13,9 $\pm$ 2,2
25	106 $\pm$ 7	9,3 $\pm$ 0,6	17,4 $\pm$ 1,1
26	100 $\pm$ 10	6,7 $\pm$ 0,7	15,6 $\pm$ 1,6
29	99 $\pm$ 1	3,13 $\pm$ 0,03	-
30	95 $\pm$ 16	2,7 $\pm$ 0,5	11,3 $\pm$ 1,9
31	79 $\pm$ 1	2,01 $\pm$ 0,03	8,5 $\pm$ 0,1
32	104 $\pm$ 11	2,7 $\pm$ 0,3	12,7 $\pm$ 1,3
X $\pm$ 1 $\sigma$	121,8 $\pm$ 30,7	16,0 $\pm$ 16,6	21,4 $\pm$ 7,5
Granulé "petit"	147 $\pm$ 14	-	-
Granulé "gros"	116 $\pm$ 13	-	-

empêchant les particules fines de se déposer dans cette zone, mais renforçant l'apport d'aliments non consommés par les truites, contenant cuivre et zinc, dans les sédiments de cette zone.

Plus on s'éloigne des cages en direction de l'est/sud-est, plus l'impact trophique de l'élevage s'affaiblit, et devient totalement imperceptible, alors que les sédiments de cette zone (stations n° 22, 29, 30, 31 et 32) sont beaucoup plus envasés et deux fois plus riches en particules fines (Tableau 2, Fig. 2).

La normalisation par rapport au taux de matière organique ne donne pas d'indication supplémentaire, mais vient renforcer globalement le constat précédent, indiquant que la légère contamination métallique mesurée dans les sédiments des stations les plus proches et à l'ouest des cages est probablement liée à la présence de matière organique dégradée ou en voie de dégradation à partir d'aliments pour truites non consommés ou à partir de fécès de ces poissons.

## V - CONCLUSION

Les fonds marins situés sous et aux alentours immédiats de la cage sont essentiellement constitués par des sables fins plus ou moins envasés. On note un affinement souligné par les modes granulométriques (de 160 à 63 microns) et les teneurs en fraction fine (de 5 à près de 40 %) du nord-ouest vers le sud-est.

Dans ce schéma général, il existe cependant une anomalie dans la répartition des fractions fines à l'ouest immédiat de la cage. Dans cette zone, le pourcentage de fraction fine est anormalement faible (< 5 %). Cette anomalie semble liée à l'existence de la cage qui induirait des turbulences au niveau du fond limitant ainsi le dépôt de sédiment fin. En même temps, elle augmenterait le dépôt de matière organique en voie de dégradation provenant d'aliments non consommés ou de fécès de truites, induisant une très légère contamination en cuivre et zinc des sédiments de cette zone.

Classiquement, on peut mettre en évidence une étroite corrélation entre la teneur estimée en matière organique et l'envasement, ce qui n'est pas possible dans le cas présent. Il ne semble donc pas que la mise en place de l'élevage se traduise par une augmentation notable de la matière organique dans les zones situées à proximité.

## BIBLIOGRAPHIE

AMINOT A. et H. CHAUSSEPIED, 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO/BNDO eds, Brest, 395 p.

INTECHMER, 1989. Etude de l'environnement de la Rade de Cherbourg (Contrat SMEL SF/05/89-B-153). Rapport INTECHMER n° 5, 56 p.

INTECHMER, 1991. Suivi annuel des paramètres physicochimiques avant implantation des élevages de salmonidés en Rade de Cherbourg (Contrat SF/05/90-B-091). Rapport INTECHMER n° 7, 23 p. + annexes.

SALAUN, G., 1992. Caractérisation de l'origine piscicole des rejets solides des élevages en mer par l'intermédiaire des métaux. Rapport de stage, IUT de Brest, Biologie Appliquée, IFREMER/DEL-G.92.43, 22 p. + annexes.

TREGUER P. et P. LE CORRE, 1974. Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Utilisation de l'AAII Technicon. Laboratoire d'Océanographie chimique, UBO ed., Brest, 59 p.

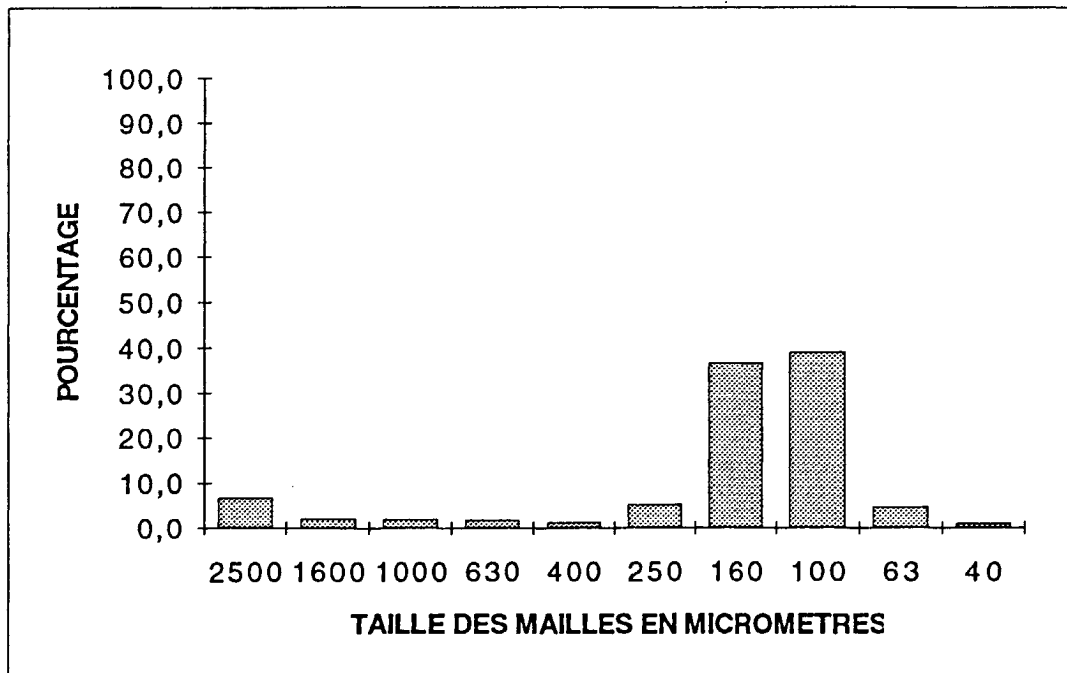
UOTILA, J., 1991. Metal content and spread of fish farming sludge in Southwestern Finland, *in* : Marine Aquaculture and Environment, T. Makinen, ed. , NORD, 121-126.

**ANNEXES**  
**DEUXIEME PARTIE :**  
**SEDIMENTOLOGIE**

**ANALYSE GRANULOMETRIQUE**  
**DES ECHANTILLONS PRELEVÉS AUTOUR DES CAGES**

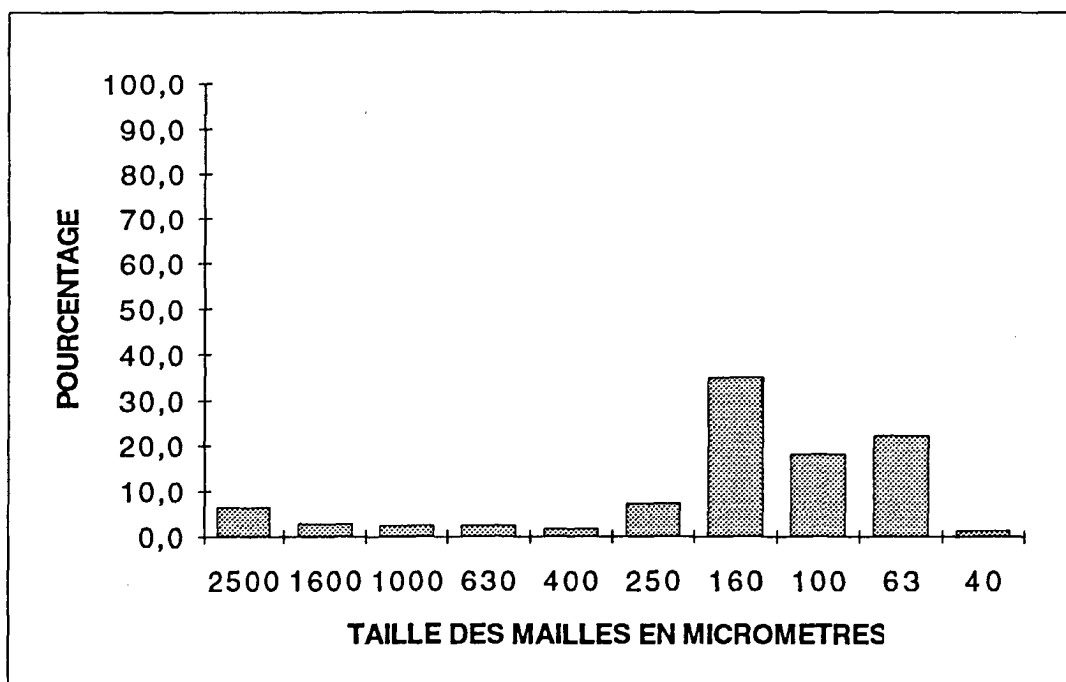
## Echantillon N° 4

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	6,04	6,7
1600	1,80	2,0
1000	1,76	2,0
630	1,67	1,9
400	1,06	1,2
250	4,60	5,1
160	32,88	36,6
100	35,01	39,0
63	4,17	4,6
40	0,89	1,0
Poids total en grammes	89,88	



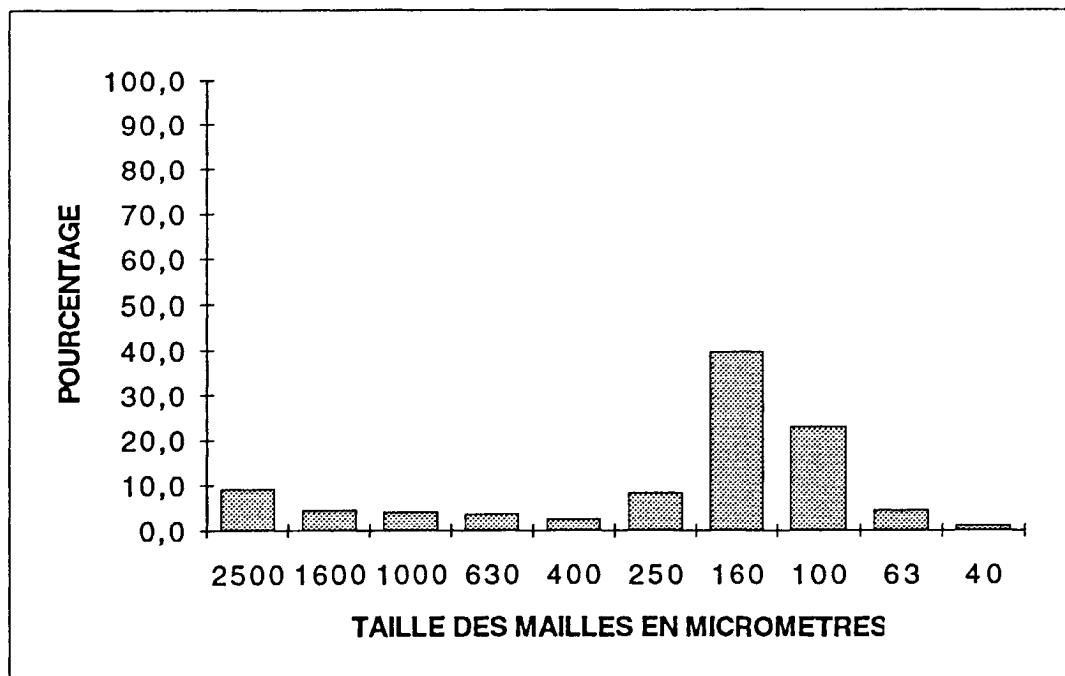
## Echantillon N° 7

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	10,01	6,5
1600	4,33	2,8
1000	3,86	2,5
630	3,86	2,5
400	2,72	1,8
250	11,38	7,3
160	54,24	35,0
100	28,14	18,1
63	34,46	22,2
40	2,05	1,3
Poids total en grammes	155,05	



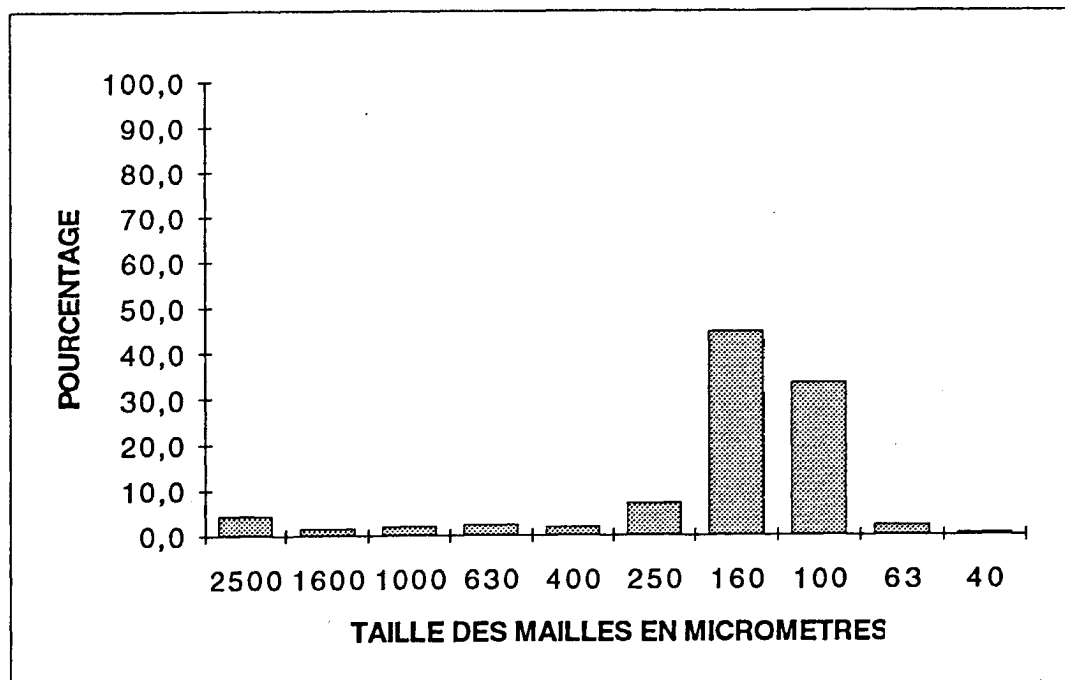
## Echantillon N° 8

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	9,58	9,1
1600	4,74	4,5
1000	4,27	4,0
630	3,85	3,6
400	2,59	2,5
250	8,80	8,3
160	41,81	39,6
100	24,19	22,9
63	4,66	4,4
40	1,17	1,1
Poids total en grammes	105,66	



## Echantillon N° 9

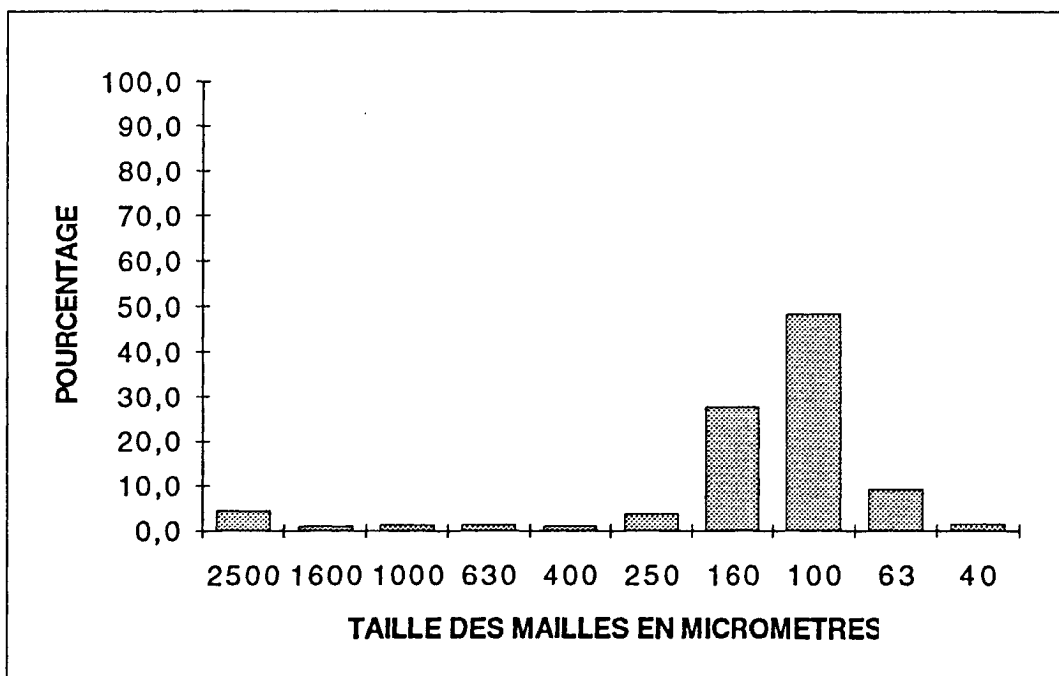
Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	4,72	4,4
1600	1,65	1,5
1000	2,15	2,0
630	2,47	2,3
400	2,10	1,9
250	7,65	7,1
160	48,10	44,6
100	36,06	33,4
63	2,34	2,2
40	0,58	0,5
Poids total en grammes	107,82	





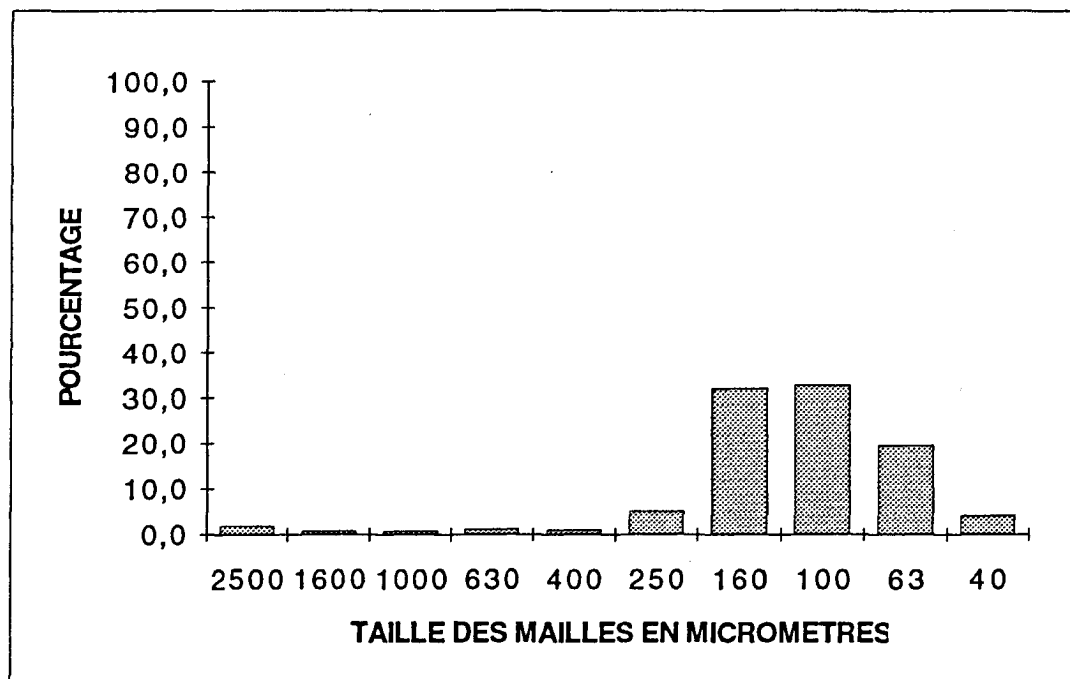
## Echantillon N° 10

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	4,16	4,5
1600	0,98	1,1
1000	1,23	1,3
630	1,32	1,4
400	1,05	1,1
250	3,53	3,8
160	25,34	27,6
100	44,32	48,3
63	8,44	9,2
40	1,40	1,5
Poids total en grammes	91,77	



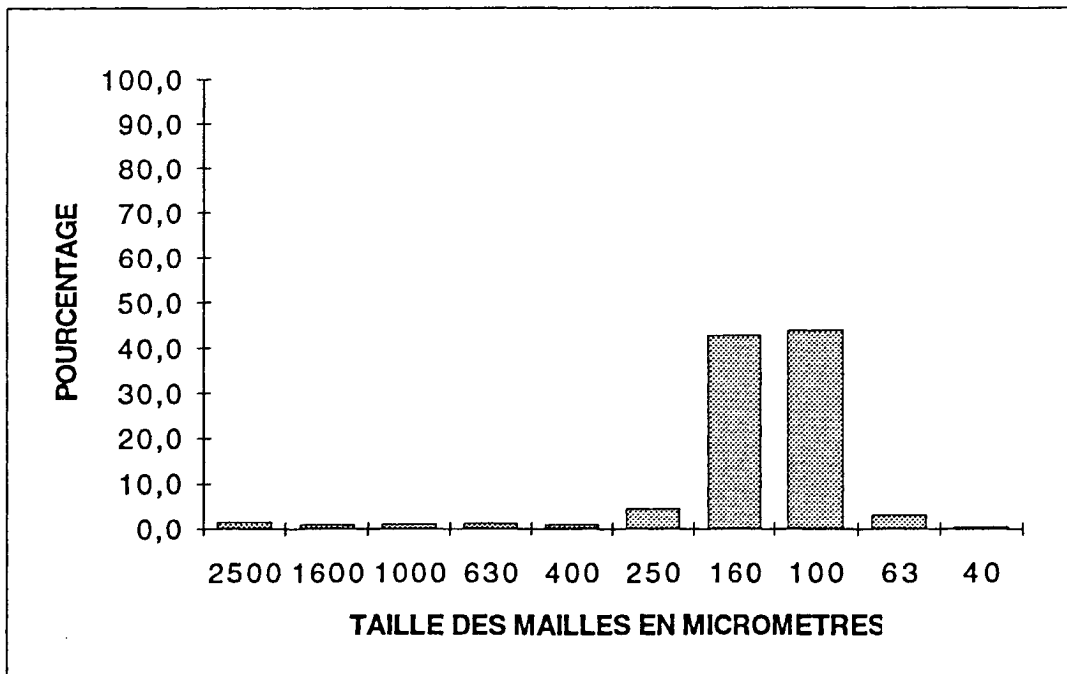
## Echantillon N° 11

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	1,59	1,9
1600	0,73	0,9
1000	0,71	0,9
630	1,02	1,2
400	0,90	1,1
250	4,26	5,1
160	26,75	32,2
100	27,25	32,8
63	16,43	19,8
40	3,50	4,2
Poids total en grammes	83,14	



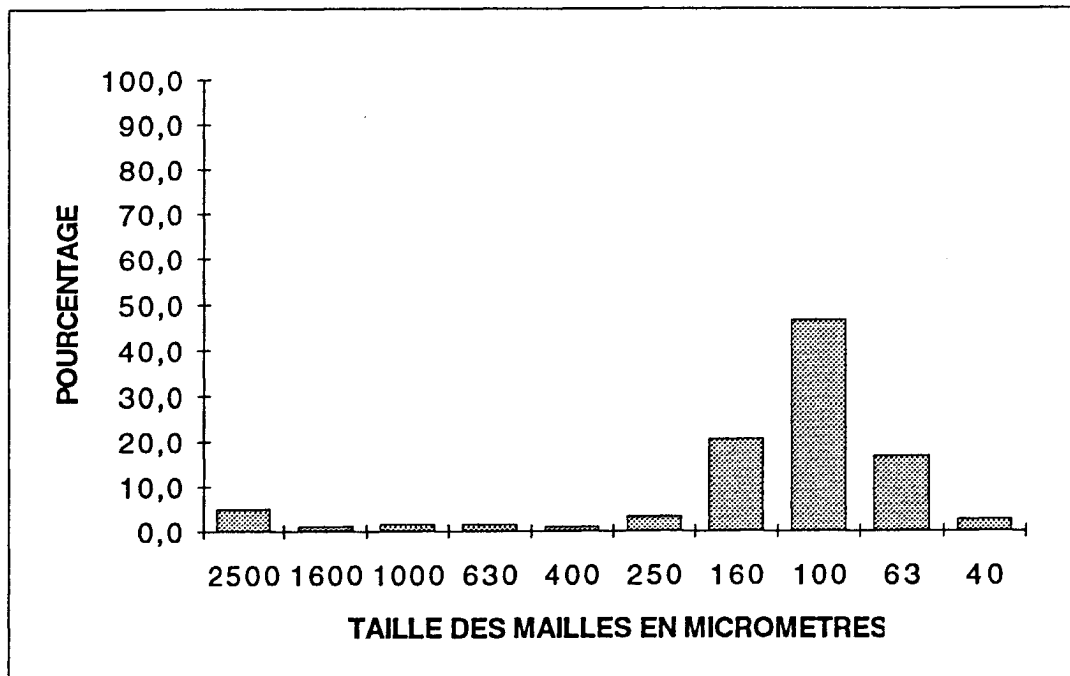
## Echantillon N° 14

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	1,63	1,5
1600	1,01	0,9
1000	1,20	1,1
630	1,34	1,2
400	1,04	0,9
250	5,02	4,5
160	47,18	42,6
100	48,43	43,8
63	3,39	3,1
40	0,41	0,4
Poids total en grammes	110,65	



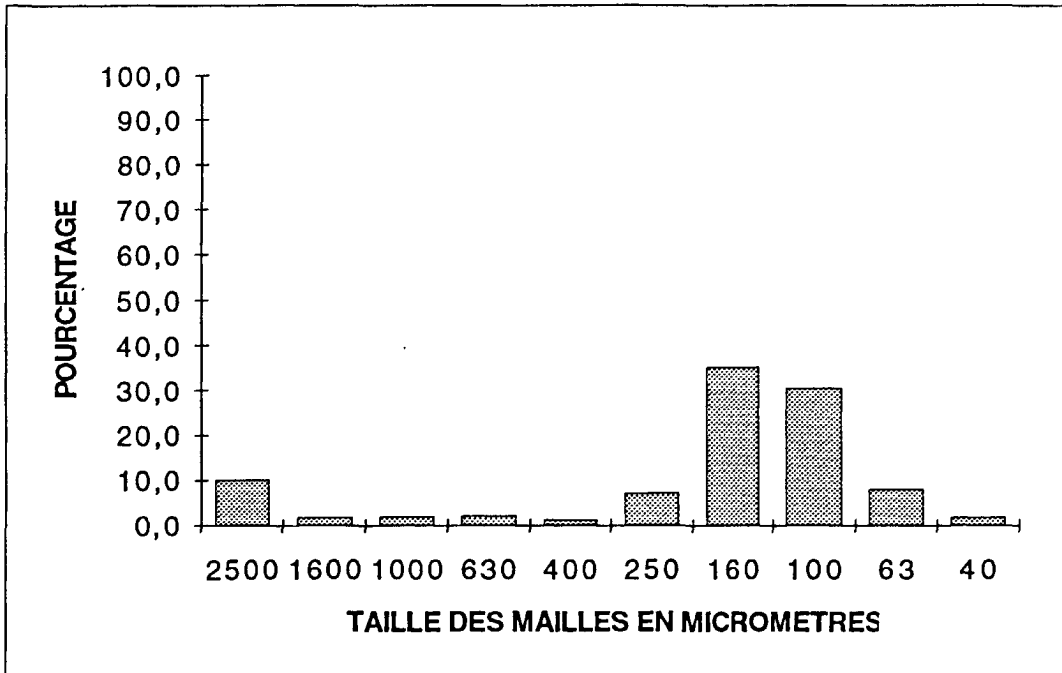
# Echantillon N° 15

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	4,96	5,1
1600	1,09	1,1
1000	1,42	1,4
630	1,44	1,5
400	1,11	1,1
250	3,30	3,4
160	20,14	20,5
100	45,65	46,5
63	16,37	16,7
40	2,59	2,6
Poids total en grammes	98,07	



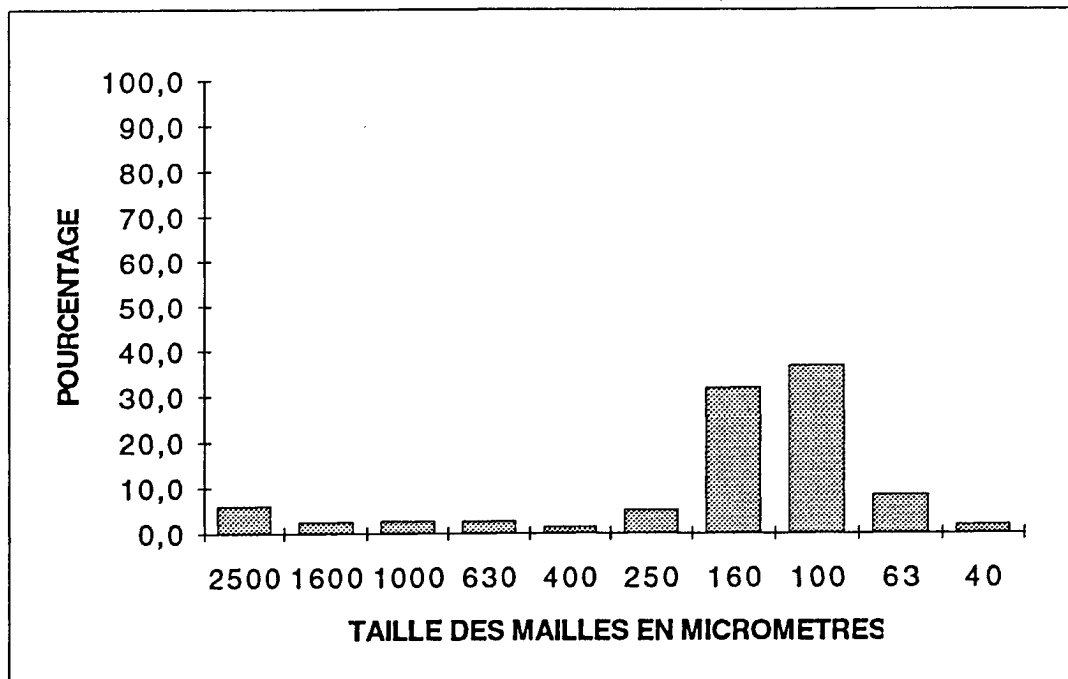
## Echantillon N° 17

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	11,22	10,2
1600	2,05	1,9
1000	2,20	2,0
630	2,22	2,0
400	1,37	1,2
250	7,82	7,1
160	38,83	35,2
100	33,68	30,5
63	8,88	8,1
40	1,98	1,8
Poids total en grammes	110,25	



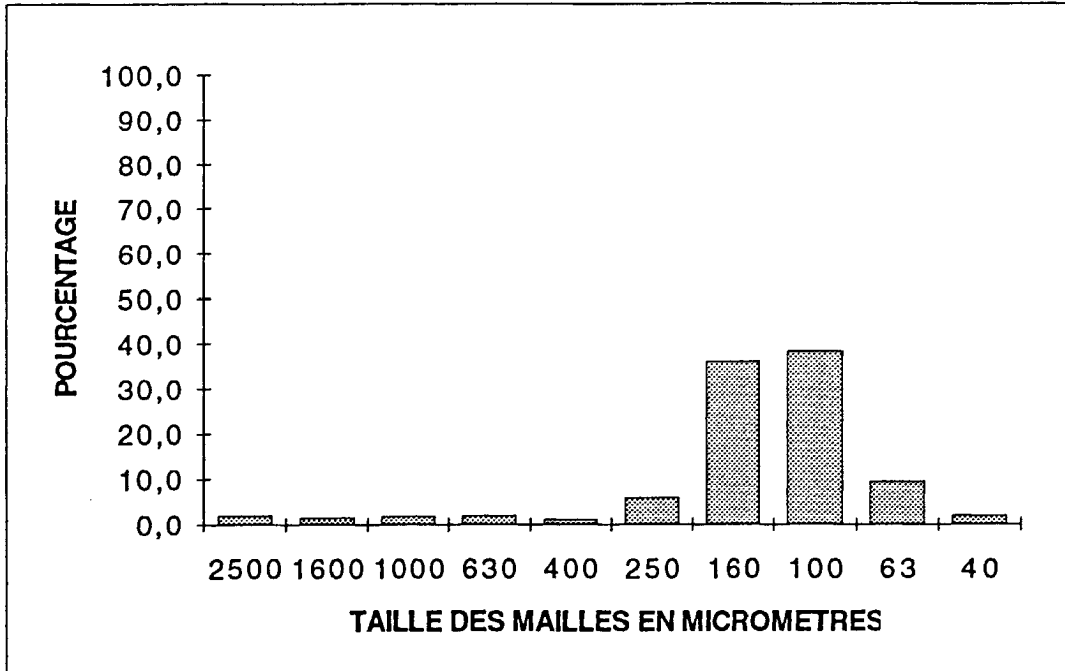
## Echantillon N° 18

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	5,32	6,0
1600	2,28	2,6
1000	2,43	2,7
630	2,51	2,8
400	1,41	1,6
250	4,64	5,2
160	28,36	31,9
100	32,68	36,7
63	7,55	8,5
40	1,75	2,0
Poids total en grammes	88,93	



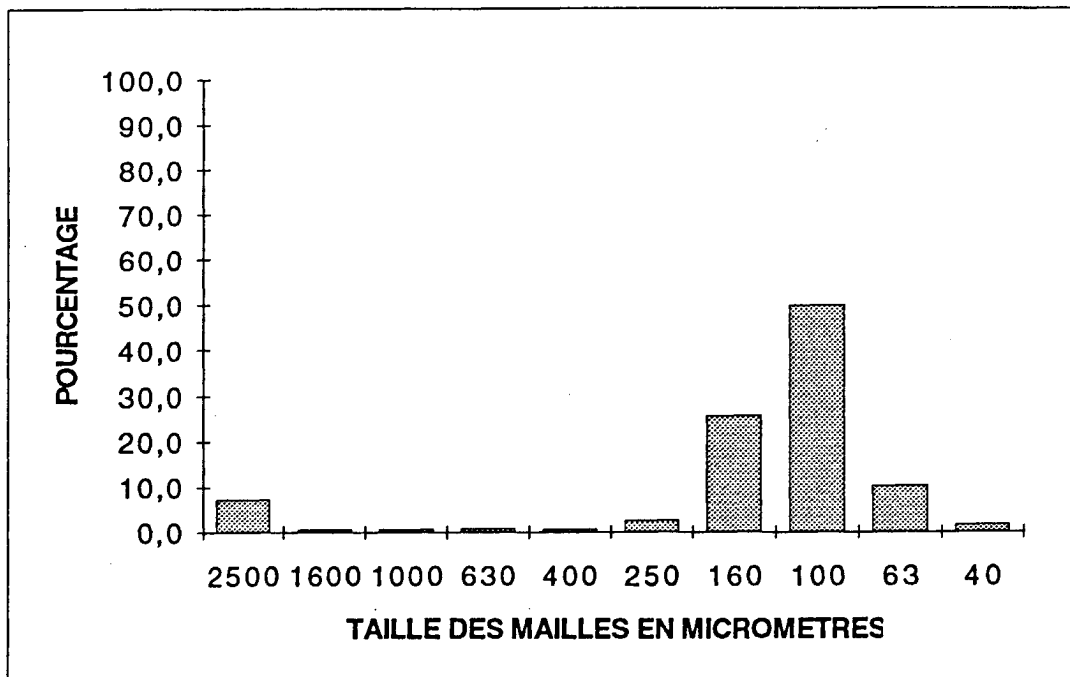
## Echantillon N° 19

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	2,06	1,9
1600	1,63	1,5
1000	1,89	1,8
630	2,03	1,9
400	1,22	1,1
250	6,40	5,9
160	38,89	36,1
100	41,36	38,4
63	10,24	9,5
40	2,07	1,9
Poids total en grammes	107,79	



## Echantillon N° 20

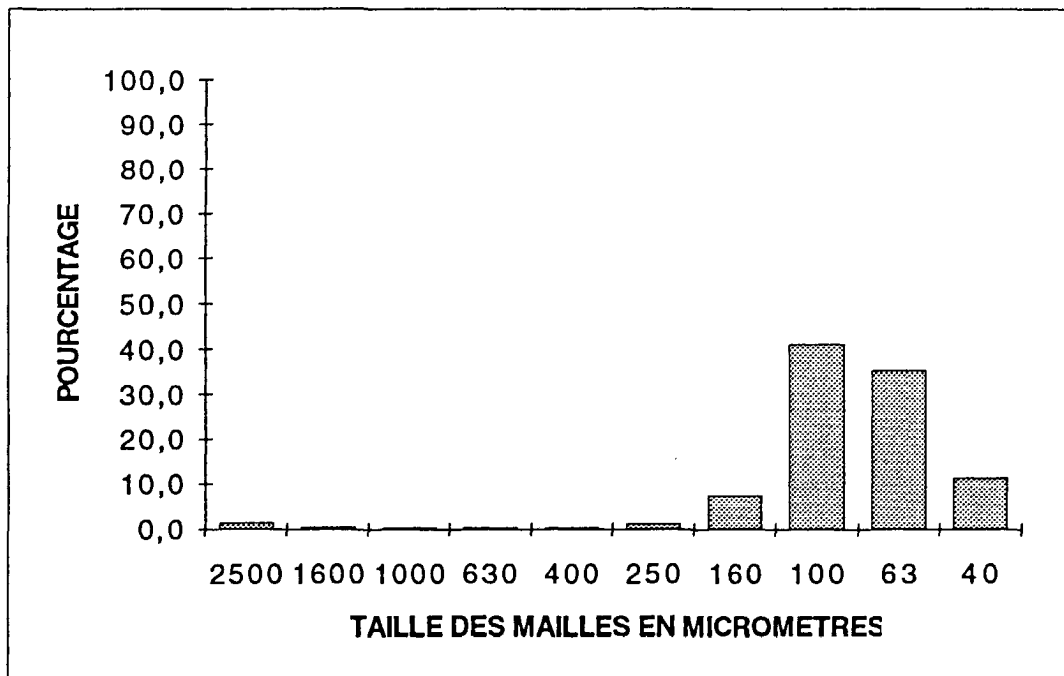
Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	7,89	7,3
1600	0,74	0,7
1000	0,70	0,6
630	0,86	0,8
400	0,74	0,7
250	2,79	2,6
160	27,68	25,7
100	53,61	49,7
63	11,04	10,2
40	1,79	1,7
Poids total en grammes	107,84	





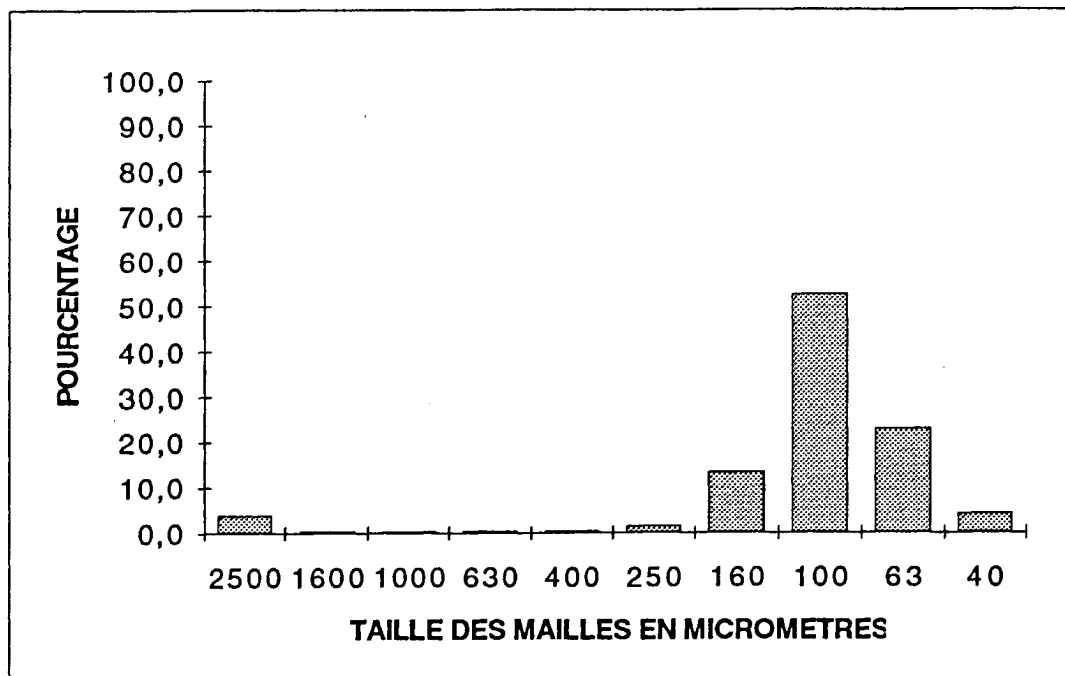
## Echantillon N° 21 Fond

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	1,00	1,5
1600	0,36	0,5
1000	0,30	0,4
630	0,30	0,4
400	0,29	0,4
250	0,82	1,2
160	5,01	7,5
100	27,58	41,2
63	23,71	35,4
40	7,60	11,3
Poids total en grammes	66,97	



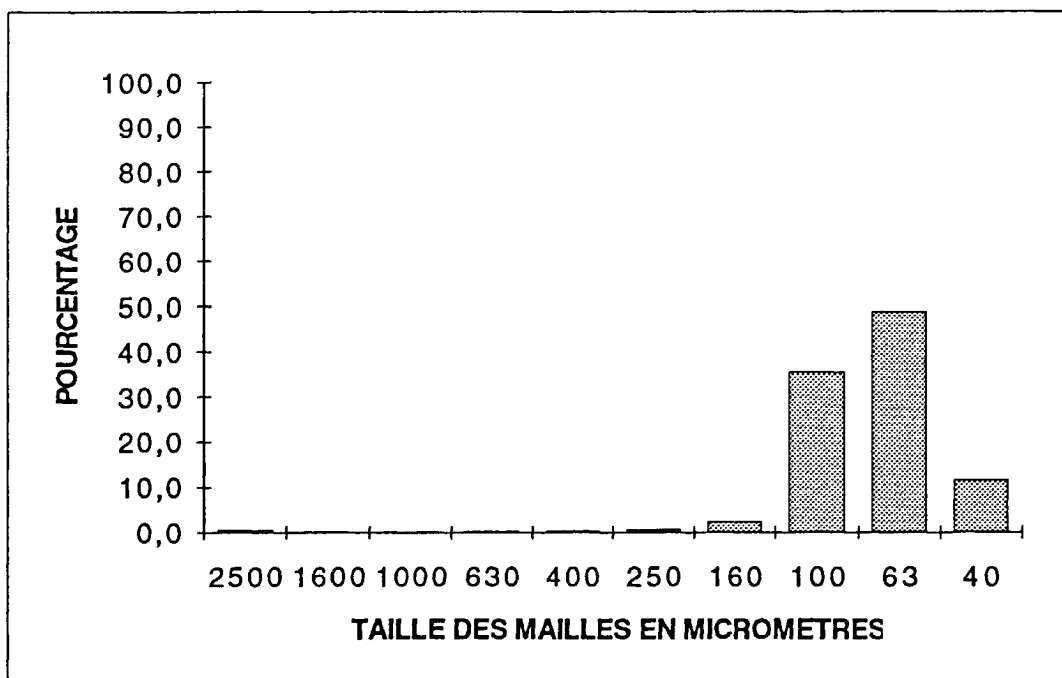
## Echantillon N° 21 Surface

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	3,90	4,0
1600	0,39	0,4
1000	0,26	0,3
630	0,45	0,5
400	0,32	0,3
250	1,50	1,5
160	13,11	13,3
100	51,81	52,6
63	22,62	23,0
40	4,11	4,2
Poids total en grammes	98,47	



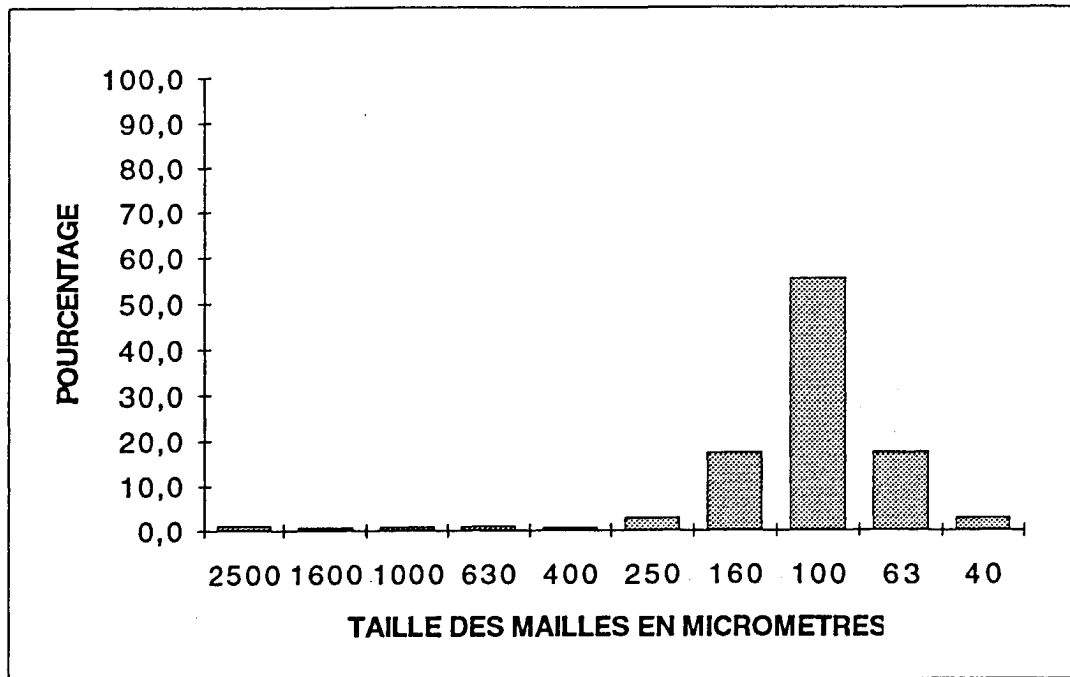
## Echantillon N° 22

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	0,46	0,6
1600	0,10	0,1
1000	0,13	0,2
630	0,21	0,3
400	0,32	0,4
250	0,50	0,6
160	1,84	2,3
100	28,12	35,4
63	38,63	48,6
40	9,20	11,6
Poids total en grammes	79,51	



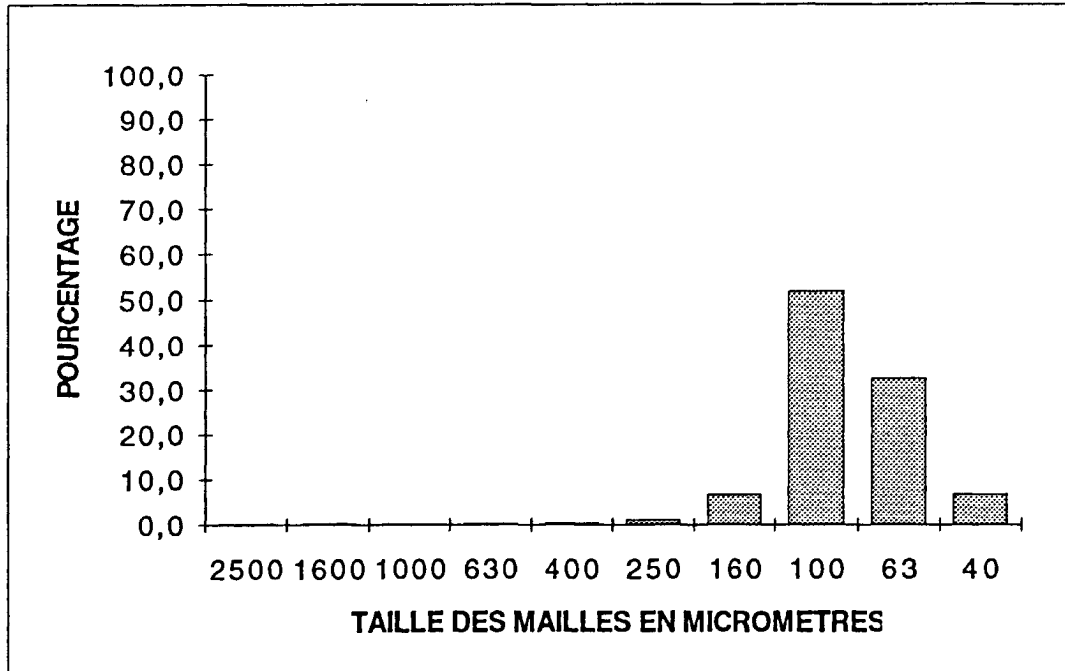
## Echantillon N° 25

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	1,02	1,1
1600	0,56	0,6
1000	0,76	0,8
630	0,94	1,0
400	0,63	0,7
250	2,58	2,8
160	16,26	17,4
100	51,86	55,4
63	16,36	17,5
40	2,56	2,7
Poids total en grammes	93,53	



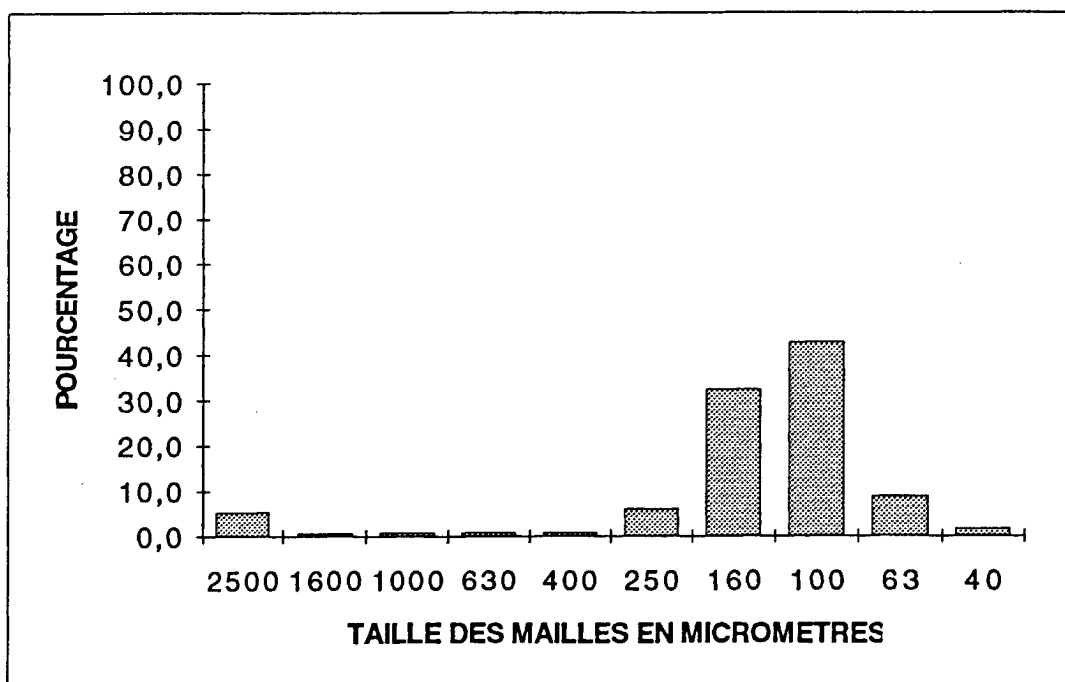
## Echantillon N° 26

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	0,12	0,1
1600	0,22	0,2
1000	0,16	0,2
630	0,27	0,3
400	0,37	0,4
250	1,14	1,1
160	7,16	6,8
100	54,43	51,7
63	34,31	32,6
40	7,07	6,7
<b>Poids total en grammes</b>	<b>105,25</b>	



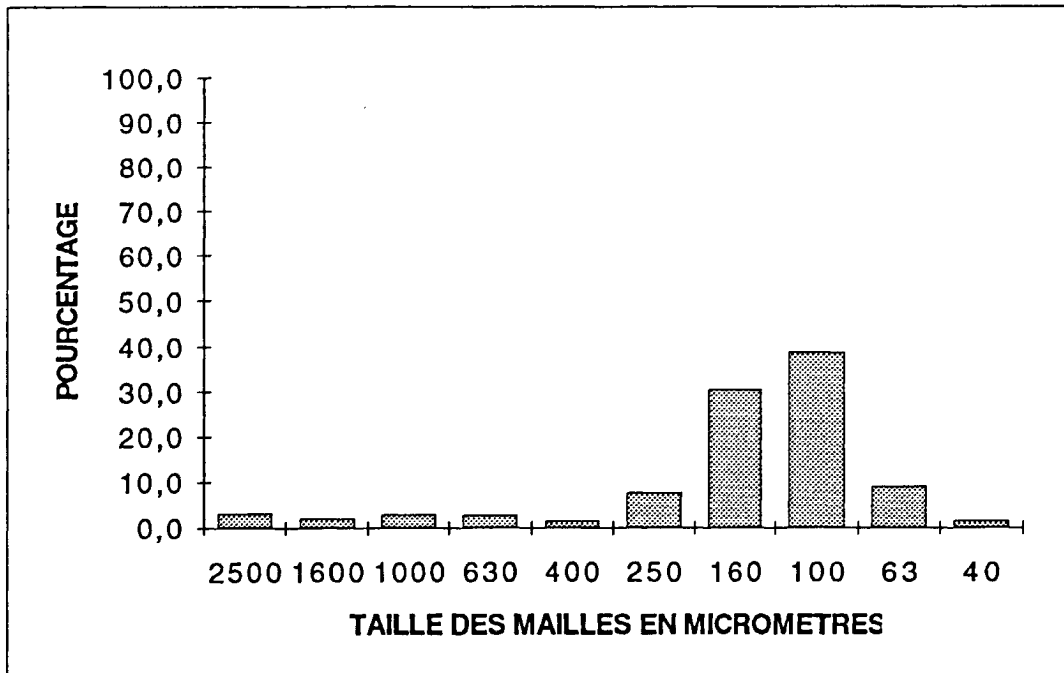
## Echantillon N° 28

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	5,37	5,4
1600	0,59	0,6
1000	0,75	0,8
630	0,86	0,9
400	0,86	0,9
250	5,98	6,0
160	32,25	32,3
100	42,59	42,7
63	8,84	8,9
40	1,62	1,6
Poids total en grammes	99,71	



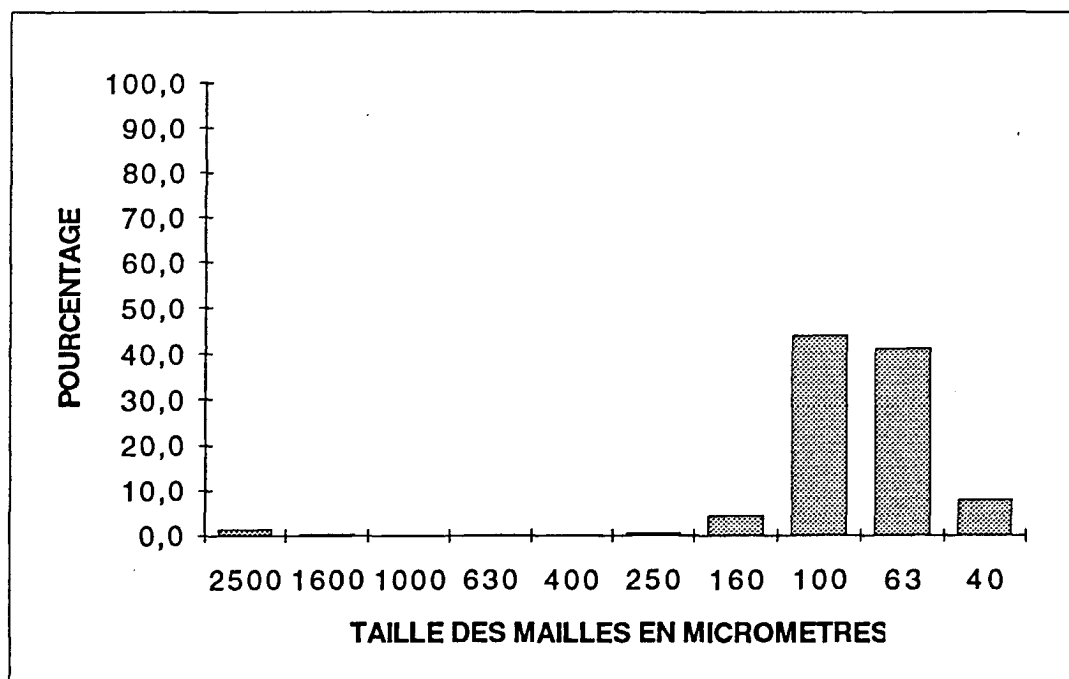
## Echantillon N° 29

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	2,89	3,2
1600	1,90	2,1
1000	2,63	2,9
630	2,51	2,8
400	1,33	1,5
250	6,96	7,7
160	27,70	30,5
100	35,22	38,8
63	8,33	9,2
40	1,42	1,6
Poids total en grammes	90,89	



# Echantillon N° 30

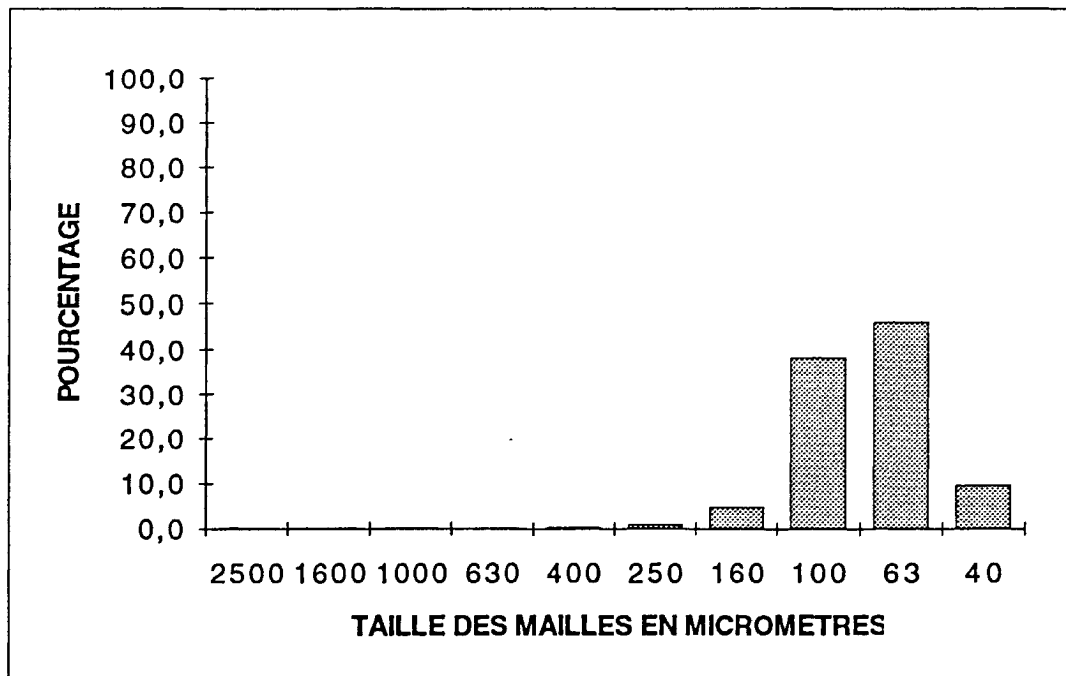
Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	1,16	1,4
1600	0,15	0,2
1000	0,10	0,1
630	0,14	0,2
400	0,13	0,2
250	0,44	0,5
160	3,60	4,4
100	35,78	43,9
63	33,51	41,1
40	6,51	8,0
Poids total en grammes	81,52	





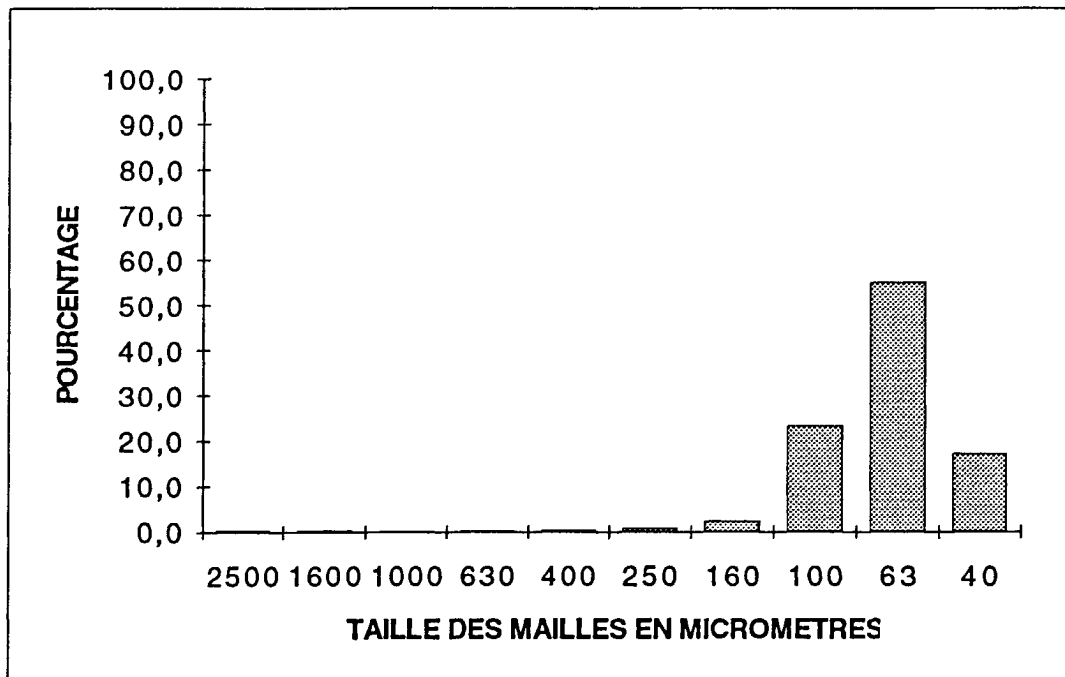
# Echantillon N° 31

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	0,06	0,1
1600	0,06	0,1
1000	0,09	0,1
630	0,12	0,2
400	0,18	0,2
250	0,71	1,0
160	3,59	4,8
100	28,39	38,1
63	34,20	45,9
40	7,17	9,6
Poids total en grammes	74,57	



# Echantillon N° 32

Maille en micromètres	Poids de la fraction	Pourcentage
2500	0,21	0,3
1600	0,20	0,3
1000	0,07	0,1
630	0,15	0,2
400	0,31	0,5
250	0,58	0,9
160	1,55	2,3
100	15,53	23,3
63	36,52	54,9
40	11,43	17,2
Poids total en grammes	66,55	





## FICHE DE PRESENTATION

à la commission de certification du service fait

Contrat n° : 93.2.450400 Contractant : CNAM, INTECHNER

Intitulé : Impact trophique d'un élevage intensif de salmonidés sur le milieu marin (rade de Cherbourg)

Montant : 70.000

Responsable DEL : N. KENPF

Rapport (Titre) :

D. BENTLEY, Y. NÉAR, P. MIRAMAND, A. DURAT & J.C. GUARY  
Impact trophique d'un élevage intensif de salmonidés sur le milieu marin (rade de Cherbourg). Rapp. INTECHNER n° 14, déc. 1997 : 34p + annexes.

Date de remise :

dec. 1997

Lieu de consultation :

DEL Brest, DOC/EL  
Bibliothèque CB

Mise en évidence de l'intérêt scientifique :

La rade de Cherbourg constitue un site atelier intéressant pour l'obtention de références factuelles sur l'impact de la pisciculture marine française sur l'environnement. La truite fario, qui y fait l'objet d'une production importante en cages flottantes, est le principal salmonidé marin élevé en France.

Une étude de référence approfondie de l'environnement autour de cette ferme en activité a été mise en place durant une année (1993-1994), suivie d'une période de surveillance allégée (1994-96), avec la participation d'INTECHNER. L'ensemble des résultats a fait l'objet de deux rapports IFREMER/DEL, l'un consacré à la masse d'eau et l'autre au fond marin :

Impact de la salmoniculture marine sur l'environnement en rade de Cherbourg.  
Vol. 1 : Hydrologie, phytoplancton, bactériologie. N. BERCERON et al., DEL/97.04  
Vol. 2 : Etude bio-sédimentaire. N. KENPF et al., DEL/97.05.

Mise en évidence des résultats obtenus :

La collaboration d'INTECHNER concernait deux thématiques de cette étude, l'hydrologie et le sédiment, avec la mise à disposition des acquis antérieurs sur la zone, la participation aux campagnes de mesures et de prélèvements, la prise en charge de certaines analyses. Les principaux résultats d'INTECHNER, fournis au fur et à mesure de leur obtention, ont été intégrés dans les rapports IFREMER DEL cités, avec la collaboration des scientifiques concernés.

Visa du Chef de Projet : N. KENPF

15 dec. 1997