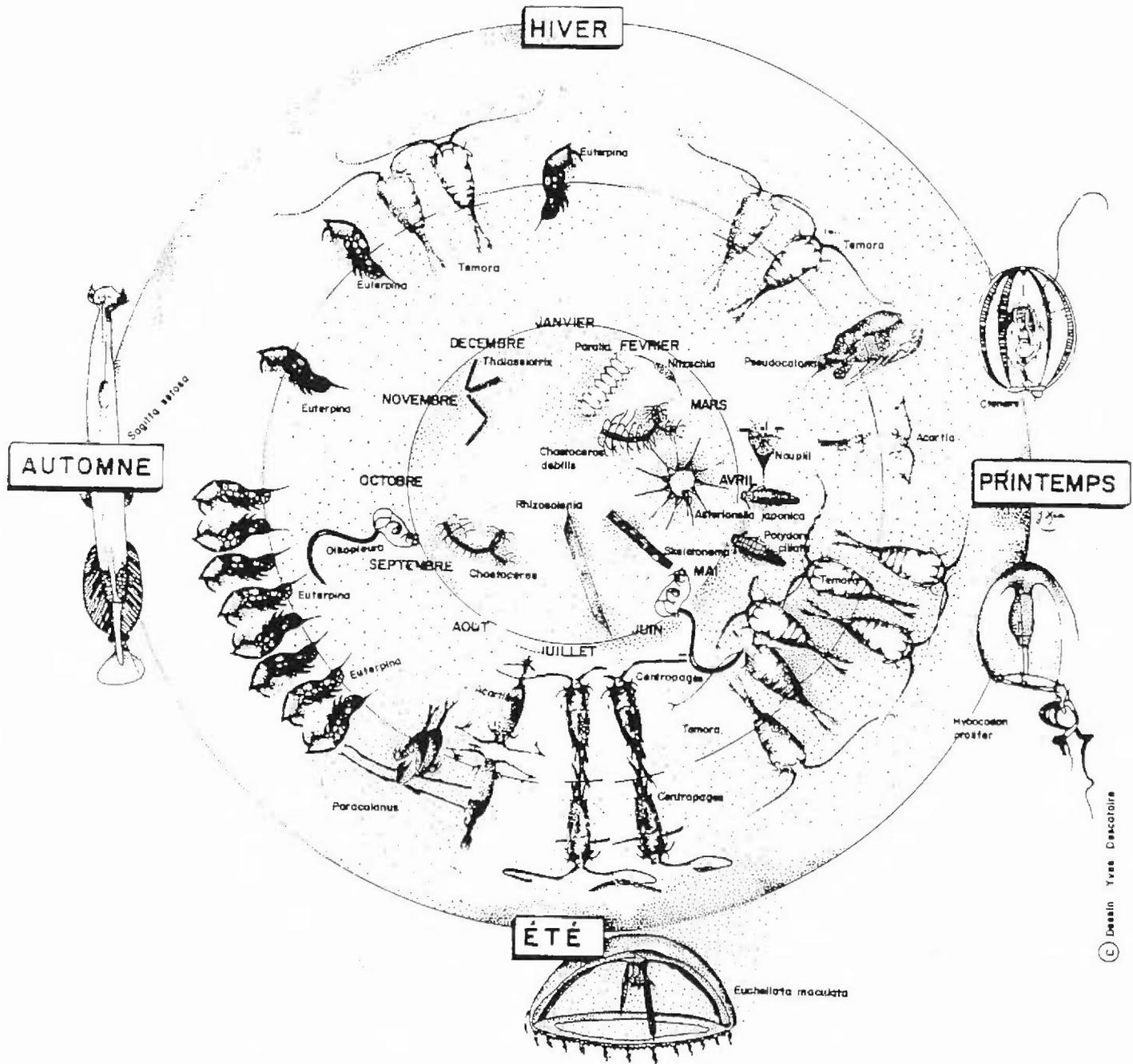


# SURVEILLANCE ÉCOLOGIQUE ET HALIEUTIQUE SITE DE GRAVELINES

Novembre 1996- Octobre 1997



© Dessin Yves Descatoire

Coordinatrice : Geneviève Le Fèvre-Lehoërff

Auteurs : Geneviève Le Fèvre - Lehoërff

Régis Delesmont, Jean Marie Dewarumez

Benoist Hitier, Daniel Woehrling

DEL/EC 98.03/BREST  
Avril 1998





## SOMMAIRE

Chapitre I - Présentation du site - Stratégie d'étude.....	1
Edith et Régis DELESMONT (1)	
Chapitre II - Climatologie et fonctionnement de la centrale et.....	7
et présentation des campagnes pélagiques	
Edith et Régis DELESMONT	
Chapitre III - Etude de la chloration et Bactériologie.....	15
Edith et Régis DELESMONT	
Chapitre IV - Phytoplancton et biomasse chlorophyllienne.....	37
Benoist HITIER(2) et Pascale HEBERT (2)	
Chapitre V - Zooplancton. Biomasses et espèces. Dinoflagellés noctiluques.....	51
Geneviève LE FEVRE-LEHOERFF(3) et Jacqueline LE GRAND (3)	
Chapitre VI - Zooplancton halieutique.....	81
Daniel WOEHLING (4) et Franck COPPIN (2)	
Chapitre VII - Le domaine benthique intertidal.....	91
Jean-Marie DEWARUMEZ (5) et Dominique MENU (5)	
Chapitre VIII - Le domaine benthique subtidal.....	105
Jean-Marie DEWARUMEZ, Christophe LUCZAK (5) et Dominique MENU (5)	

DEL/EC 98.03/ Brest  
Avril 1998

Contrat : Accord Cadre S64T7001 avenant n° 1

La coordination des travaux est assurée par Geneviève LE FÈVRE-LEHOËRFF

- 
- (1) Institut Pasteur de Lille - Laboratoire de Gravelines
  - (2) IFREMER - Centre de Boulogne
  - (3) IFREMER - Centre de Brest
  - (4) IFREMER - Centre de Nantes
  - (5) Station Marine de Wimereux

N.B. : Ce rapport préliminaire présente une pagination propre à chaque chapitre. Une pagination globale du rapport sera fournie dans le rapport annuel.





**Résumé :**

Le rapport de surveillance de Gravelines est le 19<sup>ème</sup> rapport de surveillance du site nucléaire. La climatologie de l'année est marquée par des températures basses en janvier ( $t^{\circ}$  de l'eau,  $0^{\circ}20$  à l'entrée) et élevées fin été et automne. La chloration des eaux de refroidissement ne s'est arrêtée que pendant 3 mois et demi. La concentration moyenne de bromoforme est égale à  $24,4 \mu\text{g/l}$ . Les vibrions montrent une évolution qualitative influencée par la ferme aquacole en extension. Le maximum chlorophyllien en avril égal  $18 \text{ mgchl}/\text{m}^3$ . Les Biomasses et successions d'espèces zooplanctoniques sont normales. L'année 1997 est précoce quant à la reproduction de la sole et du sprat. L'évolution de la répartition des *spionidiens* est influencée par les effluents de la centrale sur l'estran. L'impact des rejets est évalué dans la population subtidale à *Abra alba*.

**Abstract :**

This report is the 19th annual surveillance of the nuclear plant site of Gravelines. Low temperatures are observed in January (water  $t^{\circ} = 0^{\circ}20$  in entrance) and high in Automne. Chlorination was stopped three months and half only. Bromoform mean value is  $24,4 \mu\text{g.l}^{-1}$ . Vibrio variations are linked with fish farm increasing. In April chlorophyll maximum is  $18 \text{ mg m}^{-3}$ . Zooplanktonic succession and biomass are usual. Earlyness in sole and spart reproduction was noticeable. Spionidae distribution is linked to nuclear effluent on intertidal zone. Power plant impact is studied in subtidal *Abra alba* ecosystem.

**Mots-clés :**

Centrale nucléaire - Sud de la mer du Nord - Hydrologie - microbiologie - pelagos - benthos - surveillance

**Keywords :**

Nuclear power plant - South of North Sea - hydrology - microbiology - pelagos - benthos - surveillance

**Commentaire :**

## CHAPITRE I

### PRESENTATION DU SITE - STRATEGIE D' ETUDE

Régis DELESMONT & Edith DELESMONT





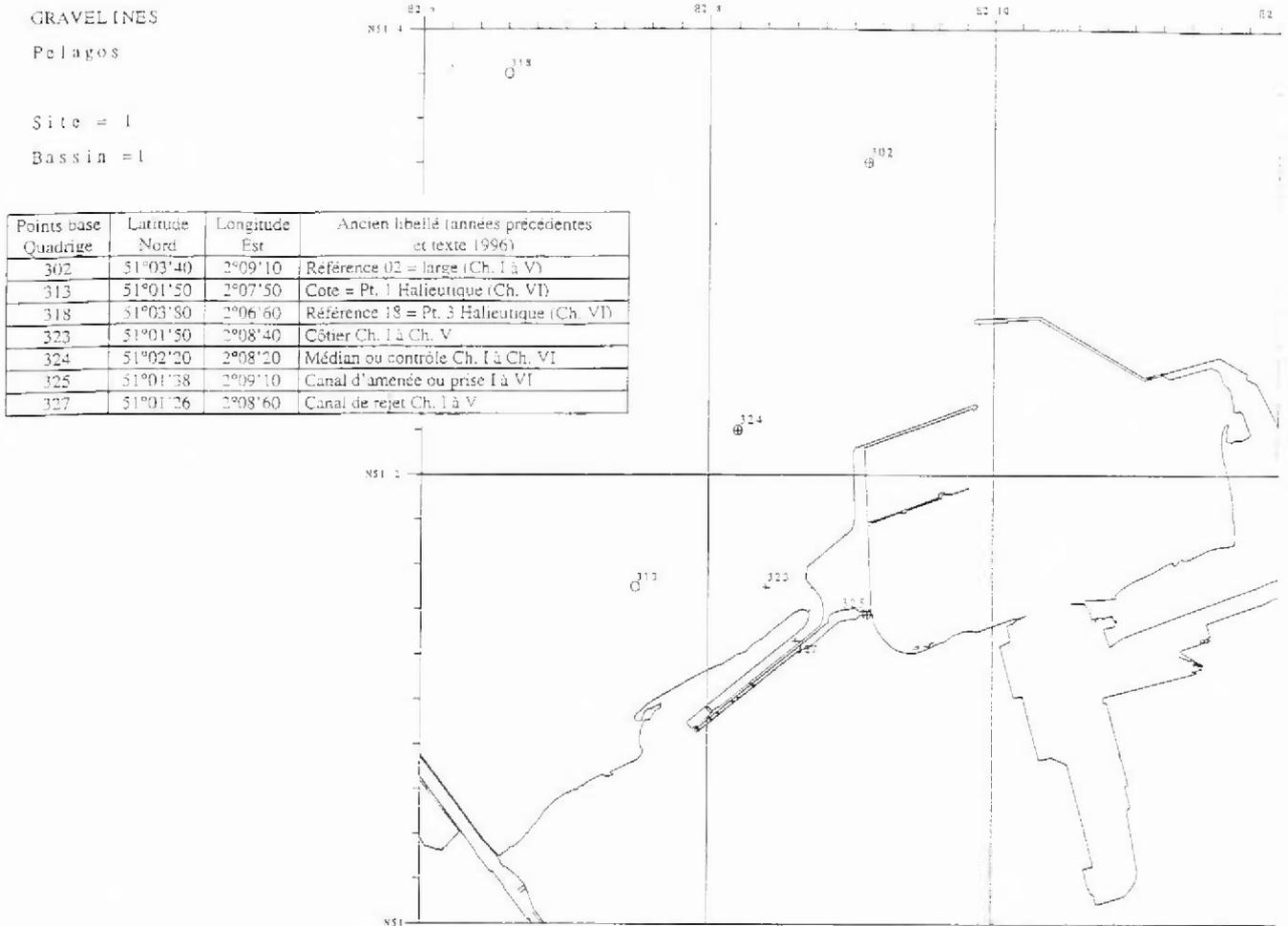


Fig. 1.2 Points Gravelines domaine pélagique

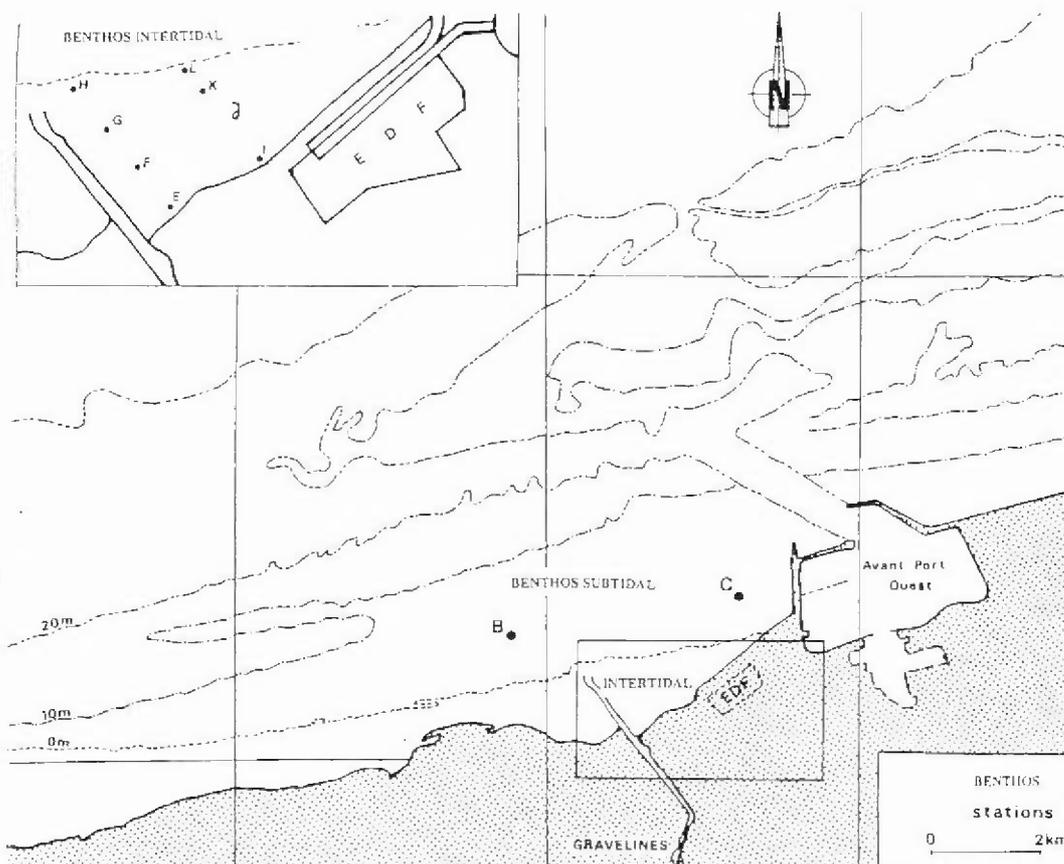


Fig. 1.3 Points Gravelines domaine benthique

## STRATEGIE D' ECHANTILLONNAGE

### Domaine pélagique

#### Surveillance des eaux de la Prise et du Rejet

La stratégie d'échantillonnage mise en place depuis 1989 a été reconduite sans modification dans les domaines pélagique et benthique.

Les quatre stations définies précédemment (Prise, Rejet, Contrôle dans le panache de rejet (+ 3 à + 4 °C) et Référence hors panache) sont étudiées simultanément dans deux situations annuelles différentes (printemps et fin d'été).

Des prélèvements hebdomadaires sont réalisés depuis les berges aux stations Prise et Rejet. Ils concernent la bactériologie (vibrions) et l'étude de la chloration. Le phytoplancton et le zooplancton sont également l'objet de mesures à la prise d'eau, en particulier lors des périodes de blooms.

La périodicité des divers prélèvements réalisés à la Prise d'eau est détaillée dans le tableau ci-dessous:

Paramètres	Janvier	Février- Mars-Avril	Mai	Juin-Juillet- Août	Septembre	Octobre- Novembre- Décembre
Température Chlore Haloformes Vibrions	Hebdo.	Hebdo.	Hebdo.	Hebdo.	Hebdo.	Hebdo.
Chlorophylle Phytoplancton	Mensuel	Hebdo.	Hebdo.	Hebdo.	Hebdo.	Mensuel
Noctiluques	-	-	Mensuel	Bi-mensuel	Mensuel	-

Tab.1.1 Stratégie de prélèvement prévue au point Prise

#### Milieu récepteur

Les deux campagnes de prélèvements en mer se sont déroulées avec le chalutier "JEAN XXIII".

Date	Pleine mer ( T.U.)	Coef.	Heures de prélèvement ( T.U.)			
			Prise	Rejet	Contrôle	Référence
8/4/97	12 h 15	114	10 h 05	09 h 20	10 h 10	09 h 05
16/9/97	11 h 05	101	10 h 10	09 h 30	08 h 45	09 h 35

Tab.1.2 Dates et horaires des campagnes pélagiques

### Halieutique

La surveillance du plancton halieutique comprend quatre campagnes:

- 2 campagnes à trois stations en mer (18/4/97 et 4/6/97) selon un gradient côte-large du milieu récepteur.
- 2 campagnes de deux stations au canal d'amenée (10/4/97 et 28/5/97).

### Domaine benthique

Zone intertidale: une campagne annuelle (5/7/97) comprenant deux radiales de 4 stations .

Zone subtidale: surveillance du peuplement à *Abra alba*. campagnes subtidales de deux stations (14/1/97, 10/4/97, 14/5/97, 6/6/97 et 16/9/97).



## CHAPITRE II

### CLIMATOLOGIE - HYDROLOGIE - FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE PRESENTATION DES CAMPAGNES PELAGIQUES

Régis DELESMONT & Edith DELESMONT



## CLIMATOLOGIE

Durant la période 1996-1997 des températures plus élevées qu' en 1995-1996 ont été relevées. L' hiver a été marqué par un temps particulièrement froid et sec en décembre et janvier. Le réchauffement printanier a été rapide et précoce (février - mars). La pluviosité globale est inférieure à la normale avec 536 mm à comparer au 636 mm de moyenne des quatre dernières périodes.

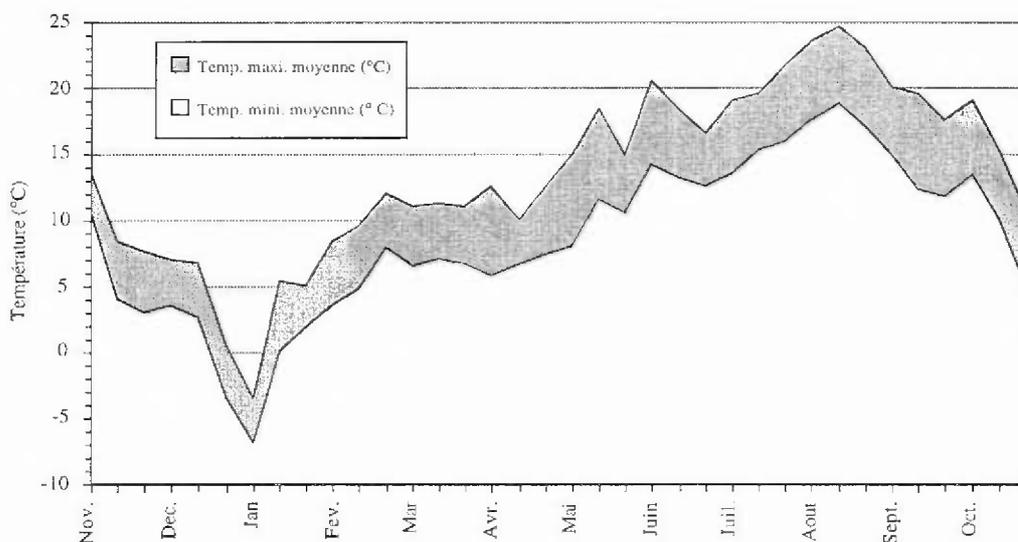


Fig.2.1. Températures moyennes de l'air par décades à Dunkerque (°C) -1996-1997

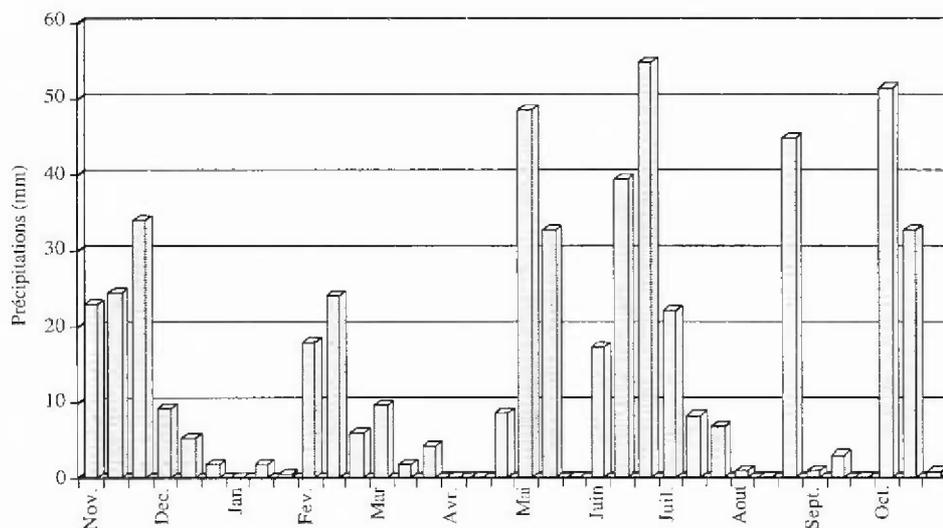


Fig.2.2. Précipitations par décades à Dunkerque (mm)- 1996-1997

## FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

Ce paragraphe est réalisé à partir des données de fonctionnement communiquées par la Centrale de Gravelines.

La centrale de Gravelines comprend six réacteurs d' une puissance électrique unitaire de 900 MW.

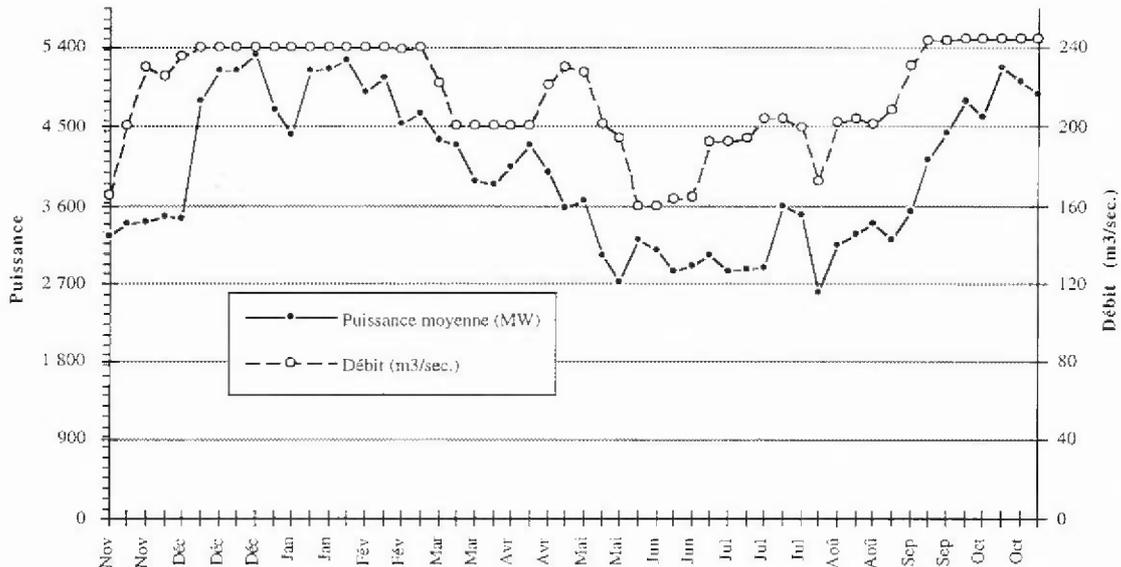


Fig.2.3. Fonctionnement de la centrale de Gravelines

En 1996-1997 la puissance électrique produite par la centrale de Gravelines correspond à l'équivalent de 3 à 6 tranches de 900 MW. La production est la plus importante en saison froide (de décembre à mars).

La puissance hebdomadaire moyenne produite pour la période est proche de 4000 MW, soit l'équivalent de 4,4 tranches.

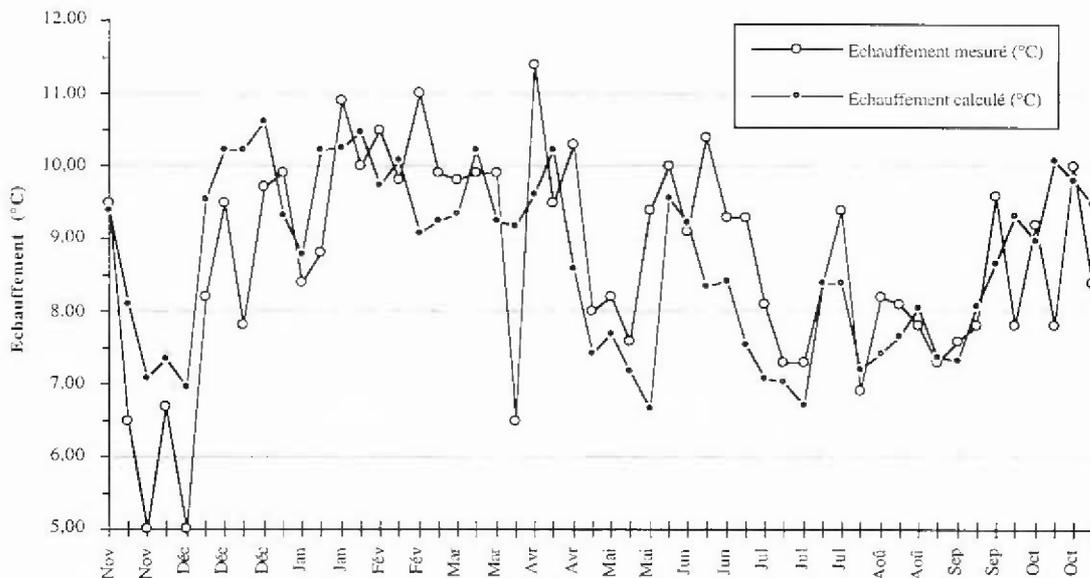


Fig.2.4. Comparaison entre les échauffements calculés et mesurés - 1996-1997

Les débits d' eau de mer de refroidissement des condenseurs ont varié de 160 à 245 m³/s, soit les débits unitaires de pompage de 4 à 6 tranches. Le débit moyen calculé sur une base hebdomadaire est de 216 m³/s, soit l'équivalent du débit de pompage de 5,4 tranches. Les échauffements les plus faibles sont observés en novembre 1996 et d' avril à septembre 1997.

En première approximation, on peut considérer que la production d'un MW électrique s'accompagne de la dissipation dans l'eau de mer de deux MW thermiques. Il est alors possible de calculer un échauffement théorique du rejet de la centrale sur la base des données hebdomadaires de puissance électrique.

Dans la réalité, suite aux variations de la hauteur de l'eau de mer avec la marée, le débit des pompes de refroidissement varie légèrement et l'élévation de température observée fluctue d'environ 10% autour de la valeur nominale calculée.

Sur cette base de calcul, l'augmentation moyenne de la température de l'eau au rejet est de 8,70 °C. Cette valeur est du même ordre que celles des périodes précédentes.

## HYDROLOGIE

### Résultats de la surveillance à la prise et au rejet

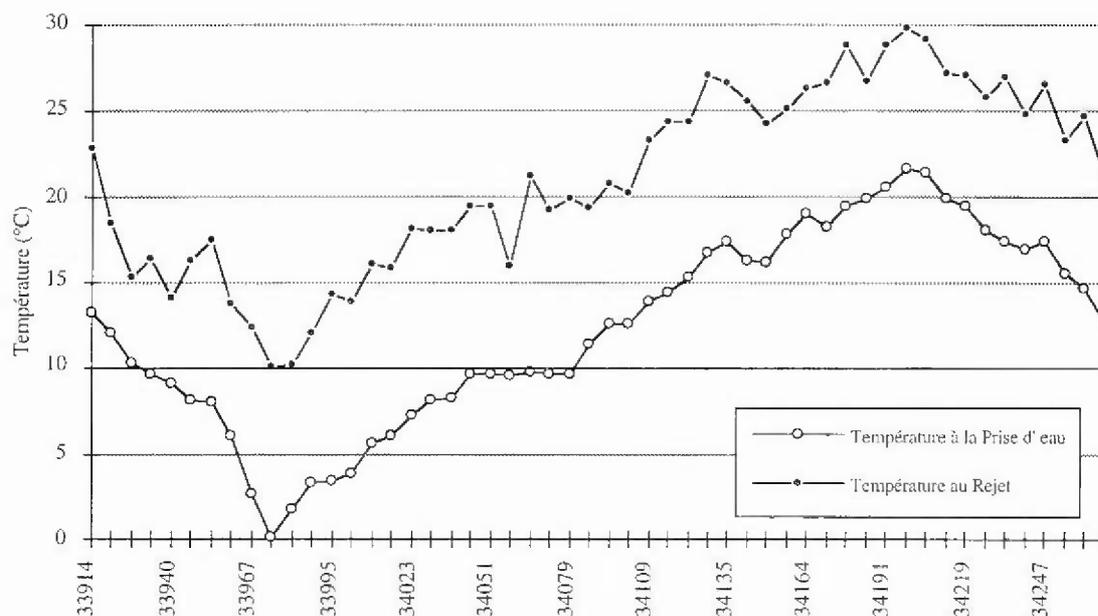


Fig. 2.5 Température de l'eau aux points Prise et Rejet (1996-1997)

A la prise d'eau dans l'avant-port Ouest, une température minimale particulièrement basse de 0,2 °C est observée le 6 janvier. Les températures les plus élevées sont relevées le 18 août avec 21,7 °C.

La moyenne des températures de l'eau à la prise est de 12,34 °C pour la période d'étude soit 0,8 °C en dessus de la moyenne du cycle précédent.

Au rejet, la température minimale (10,1 °C) est observée le 6 janvier 1997. Durant le mois d'août, les températures n'ont pas été supérieures à 30 °C; le maximum relevé est de 29,8 °C le 18 août 1997.

Le transit de l'eau dans la centrale, calculé sur la base des prélèvements hebdomadaires réalisés, se traduit par un échauffement moyen de 8,71 °C (9,26 °C en 1995-1996) ce qui un fonctionnement limité pendant la période estivale.

## PRESENTATION DES CAMPAGNES PELAGIQUES

### Fonctionnement de la Centrale lors des campagnes pélagiques

Campagne	Jours	Puissance (MW)	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Chloration
				(% d'eau du rejet subissant la chloration)
08/04/97	07/04/97	4400	200	40%
	08/04/97	4400	200	40% puis 60% après 10h00
16/09/97	15/09/97	3600 puis 4100	245	100%
	16/09/97	4100 puis 4300	245	100%

Tab.2.1 Fonctionnement de la centrale lors des campagnes pélagiques

## Structure hydrologique

### Température:

Les deux campagnes de prélèvement ont été réalisées en mars et en septembre.

Le point de référence a été prélevé au large en dehors de tout échauffement, de petites quantités de bromoforme sont cependant mesurées à ce point lors des deux campagnes. Le critère thermique n'est donc pas suffisant pour définir une référence d'eau non impactée par la centrale.

Les profils verticaux de températures observés lors des deux campagnes pélagiques sont représentés ci-dessous. En raison des turbulences importantes régnant dans les canaux de prise et de rejet, leurs températures sont considérées comme homogènes sur toute la hauteur de la colonne d'eau. La stratification thermique habituelle du panache de rejet est observée au point de contrôle malgré la faible profondeur d'eau. Dans les conditions de courant existant lors des deux campagnes, le panache de rejet était collé à la côte en direction de Petit Fort Philippe. En 1998, nous envisageons de réaliser les campagnes à un autre stade de la marée permettant une plus extension du panache thermique.

Date	Profondeur (m.)	Prise d'eau	Rejet	Contrôle	Référence
8/4/1997	0	9,8	21,2	21,3	9,7
	-1	9,8	21,2	21,3	9,7
	-2	9,8	21,2	21,3	9,7
	-3	9,8	21,2	20,6	9,7
	-4	9,8	21,2	11,9	9,6
	-5	9,8	21,2		9,6
	-6	9,8	21,2		9,6
	-8	9,8	21,2		9,5
16/9/1997	0	18,0	25,8	23,8	17,6
	-1	18,0	25,8	23,9	17,6
	-2	18,0	25,8	21,9	17,7
	-3	18,0	25,8	18,2	17,7
	-4	18,0	25,8		17,7
	-5	18,0	25,8		17,6
	-6	18,0	25,8		17,6
	-8	18,0	25,8		17,6

Tab.2.2 Profils thermiques observés lors des deux campagnes milieu pélagique de 1977

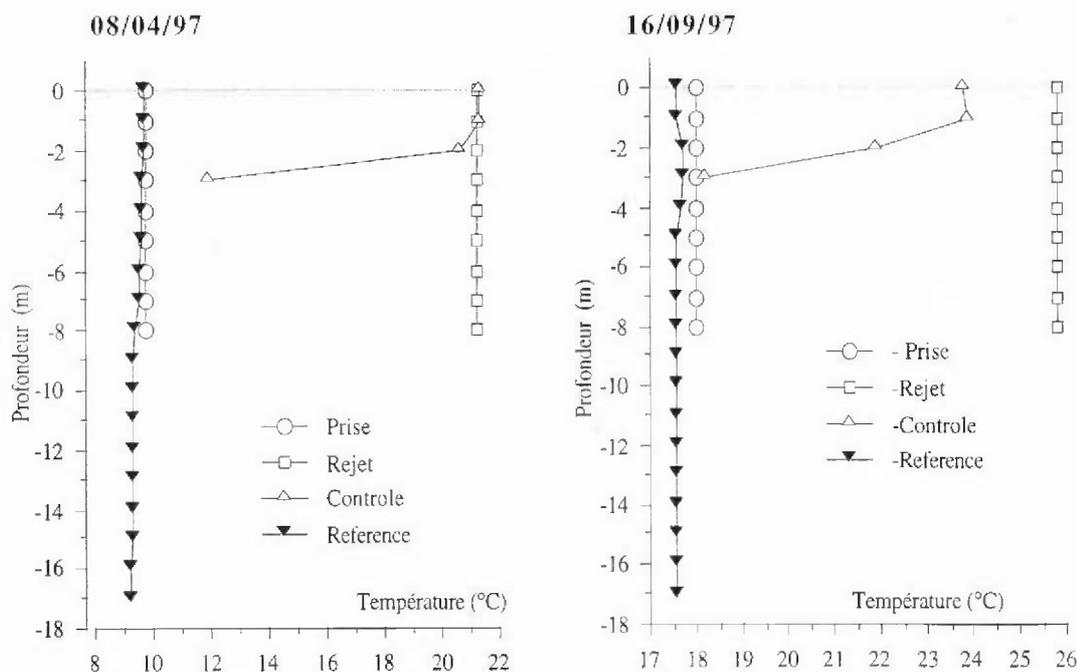


Fig. 2.6 Profils thermiques lors des campagnes pélagiques en 1997

Salinité:

Les déterminations de salinités réalisées ne mettent pas en évidence de zones à faible salinité sur la zone de mesure. L' influence de l' embouchure de l' Aa, proche, n' est pas visible dans les conditions de jusage des campagnes de prélèvement; le panache des eaux douces sortant de l' estuaire est alors entraîné à l' ouest de la zone d' étude.

Date	Profondeur (m.)	Prise d'eau	Rejet	Contrôle	Référence
8/4/1997	Surface	34,59	34,56	34,57	34,68
		34,59	34,55	34,57	34,68
		34,61	34,55	34,57	
		34,60	34,56	34,57	
	Mi-profondeur				34,75
					34,75
	Fond				34,56
				34,56	34,73
				34,56	
				34,56	

Tab.2.3 Salinités lors de la campagne en mer d' avril 1997- (‰)

Date	Profondeur (m.)	Prise d'eau	Rejet	Contrôle	Référence
16/9/1997	Surface	34,79	34,84	33,55	34,82
		34,79	34,83	33,56	34,83
		34,79	34,83	33,56	
		34,79	34,83	33,56	
	Mi-profondeur				34,82
					34,83
	Fond				34,79
				34,79	34,83
				34,79	
				34,79	

Tab.2.4 Salinités lors de la campagne en mer de septembre 1997- (‰)

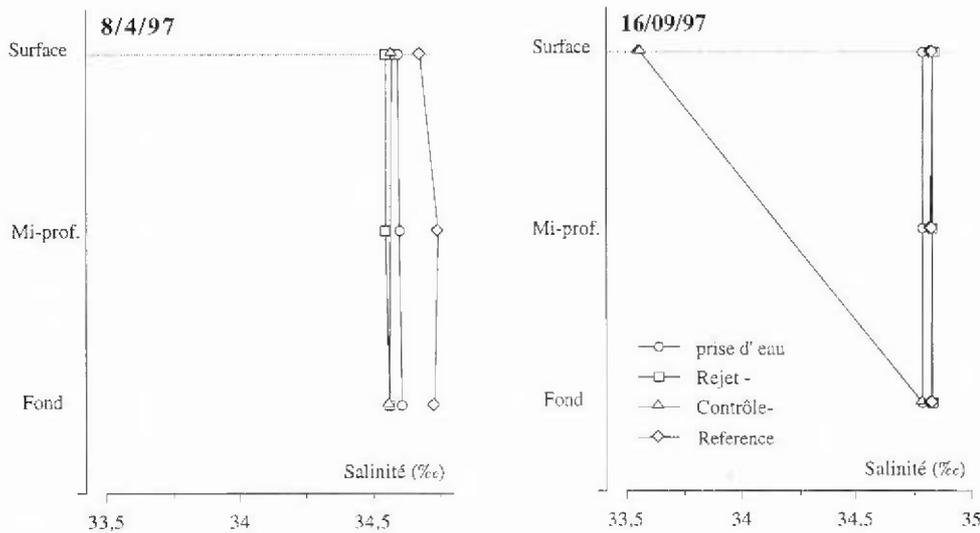


Fig.2.7 Salinités lors des campagnes en mer 1997- (‰)



CHAPITRE III

ETUDE DE LA CHLORATION ET BACTERIOLOGIE

Régis DELESMONT & Edith DELESMONT



## POINTS PRISE ET REJET

### Chloration

Afin de limiter les proliférations biologiques, du chlore est injecté sous forme d'eau de mer électrolysée dans les circuits de refroidissement. Selon l'arrêté préfectoral d'autorisation de rejet, la chloration est autorisée lorsque la température à la prise d'eau est supérieure à 10 °C.

L'oxydant injecté est consommé de façon rapide par l'eau de mer. Au point Rejet, la dose maximale de "chlore résiduel" mesurée à mi-marée est égale à 0,12 mg/l en mai 1997. La présence de faibles concentrations en chlore est observée aussi fréquemment que lors des périodes précédentes ( 18 mesures positives).

La disparition du chlore s'accompagne de la formation de dérivés stables.

Le bromoforme est, en eau de mer, le plus abondant de ces produits de réaction. Il représente cette année 96,8 % des haloformes formés.

Les deux autres composés formés et mis en évidence sont également bromés:

- chlorodibromométhane ( $\text{CHClBr}_2$ ): 3,0 % du total formé avec une concentration moyenne de 0,74  $\mu\text{g/l}$

- dichlorobromométhane ( $\text{CHCl}_2\text{Br}$ ): 0,2 % du total formé avec une concentration moyenne de 0,05  $\mu\text{g/l}$

Les quantités relatives de ces composés sont liées entre elles par des relations linéaires figurées ci-dessous:

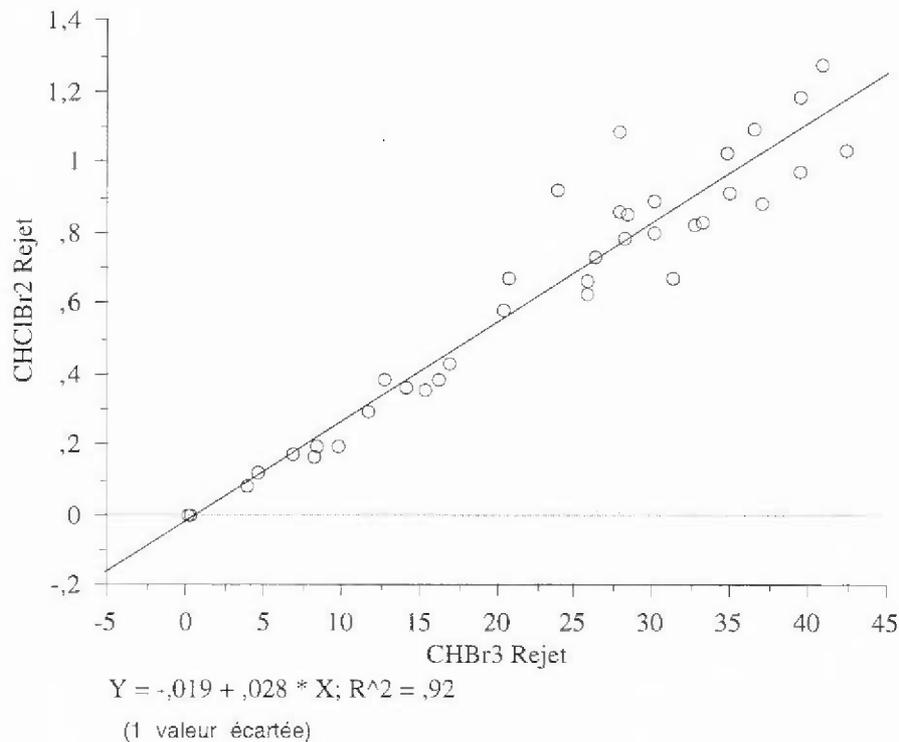


Fig.3.1 Relation entre deux espèces d'haloformes au rejet ( $\text{CHClBr}_2$  et  $\text{CHBr}_3$  en  $\mu\text{g/l}$ )

Durant la période d'étude 1996-1997, la chloration est arrêtée durant trois mois et demi: de la mi-décembre à fin mars.

La concentration moyenne en bromoforme est pour la période de chloration de 24,4  $\mu\text{g/l}$ , valeur supérieure à 18,0  $\mu\text{g/l}$ , moyenne des quatre dernières périodes.

La persistance du bromoforme en mer permet également de chiffrer le pourcentage d'eau de refroidissement qui passe une seconde fois dans la centrale. La valeur calculée en 1996-1997 est de 5,6 % pour la période de chloration. Cette valeur est conforme aux valeurs habituelles qui variaient entre 3,5 et 7 % en relation probable avec la météorologie influençant la dispersion en mer du panache de rejet de la centrale.

Ce pourcentage a une grande importance sur le plan bactériologique car le recyclage de

l' eau du rejet permet de sélectionner et de fixer sur le site des espèces bactériennes.

Le graphique ci-dessus permet de visualiser la concentration en bromoforme au rejet en relation avec la température de l' eau à la prise d' eau.

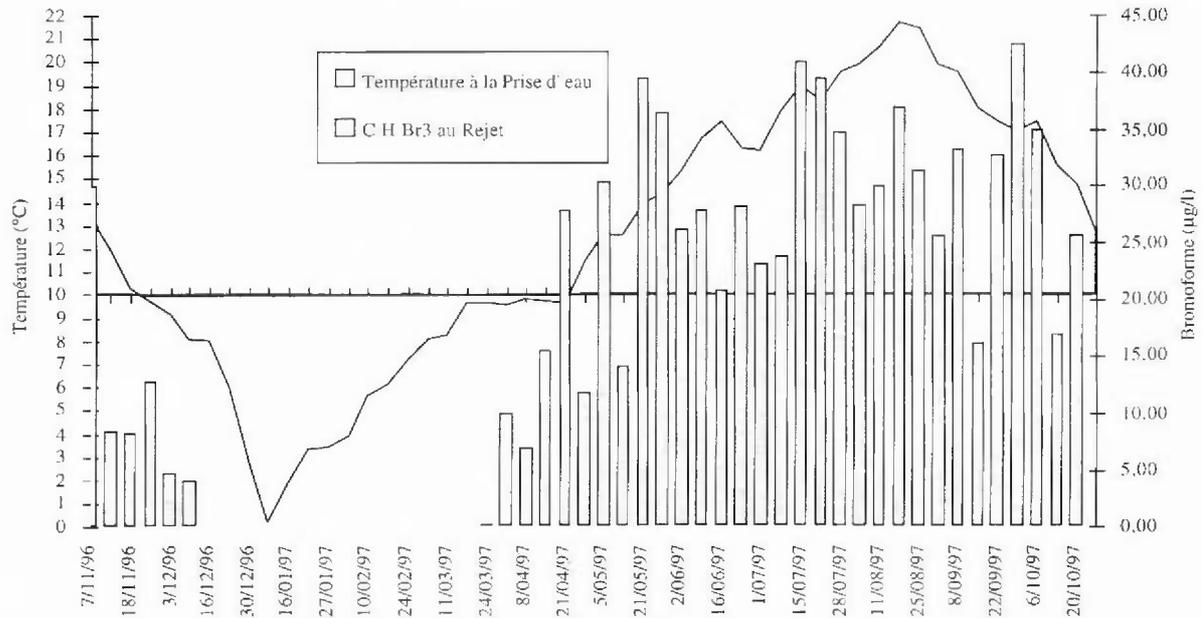


Fig.3.2 Bromoforme au Rejet en relation avec la température de l' eau à la Prise

## Bactériologie

### Aspect quantitatif

Depuis 1989, les études bactériologiques portent uniquement sur les vibrions. En effet, cette catégorie de bactéries marines est particulièrement sensible aux modifications du milieu apportées par la centrale. Le développement d' importantes activités aquacoles, sur le site même du rejet, occasionne également un impact sur ce groupe bactérien.

Les mesures concernent les vibrions capables de se multiplier à 37 °C, car la quasi-totalité de ces bactéries peut présenter des caractères pathogènes pour l' homme. Parmi les vibrions, un certain nombre de souches bactériennes pathogènes pour la faune aquatique sont incapables de se multiplier à cette température trop élevée.

Dans le milieu marin régional, l' abondance des vibrions varie avec la température de l' eau: peu nombreux en hiver, leur plus grande population est observée en fin d' été. Les concentrations mesurées avant la mise en service de la centrale variaient de <1 vibrions/l en hiver à 1000 vibrions/l en été. Les concentrations actuellement observées à la prise d' eau sont de cet ordre de grandeur.

A Gravelines, le transit de l' eau de mer dans la centrale (et les installations aquacoles) entraîne une importante multiplication des vibrions. Ce phénomène est observé en toutes saisons.

Cet important changement quantitatif, annoncé par les études d' avant-projet, s' est développé avec la montée en puissance de la centrale. Depuis la mise en service de la totalité du site ( 6 tranches), la situation en termes de concentrations en vibrions semble relativement stabilisée.

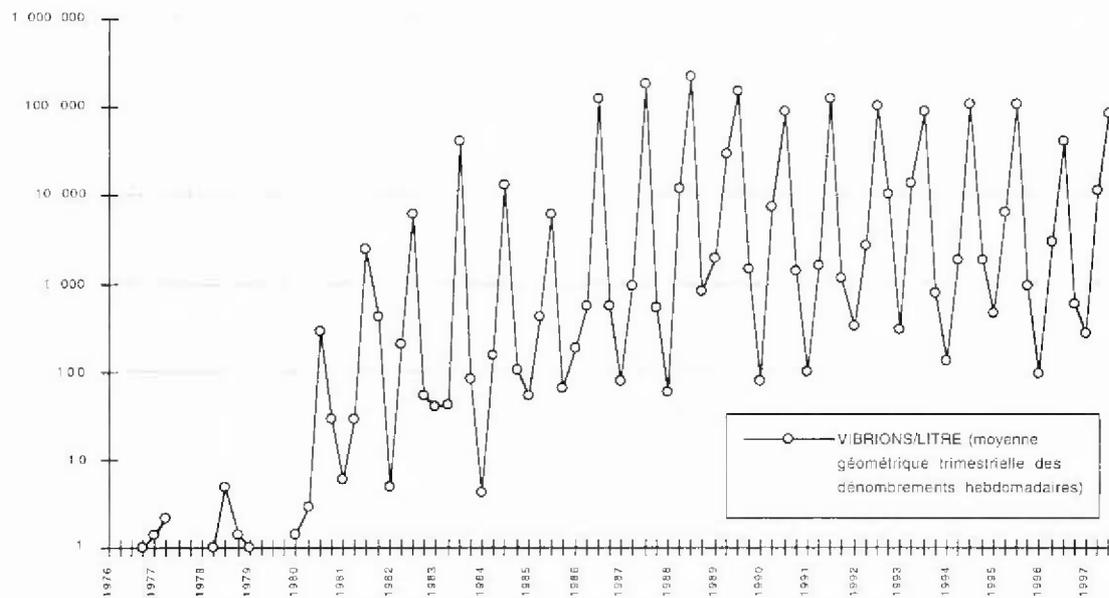


Fig.3.3 Moyenne géométrique trimestrielle des concentrations en vibrions/litre observées depuis 1977

La concentration en vibrions est, en moyenne géométrique annuelle, multipliée par 45 entre la Prise et le Rejet depuis deux ans. Ce phénomène est de plus grande ampleur pour cette période 1996-1997 (89 fois).

La concentration moyenne des vibrions à la prise d'eau est cette année de 37 par litre ce qui correspond aux valeurs habituelles. La concentration en vibrions (moyenne géométrique) observée en 1996-1997 dans le rejet est de 2910 vibrions par litre. Cette valeur est intermédiaire entre les observations de 1994-1995 (5300 Vibrions/l) et celles de 1995-1996 (1564 vibrions/l).

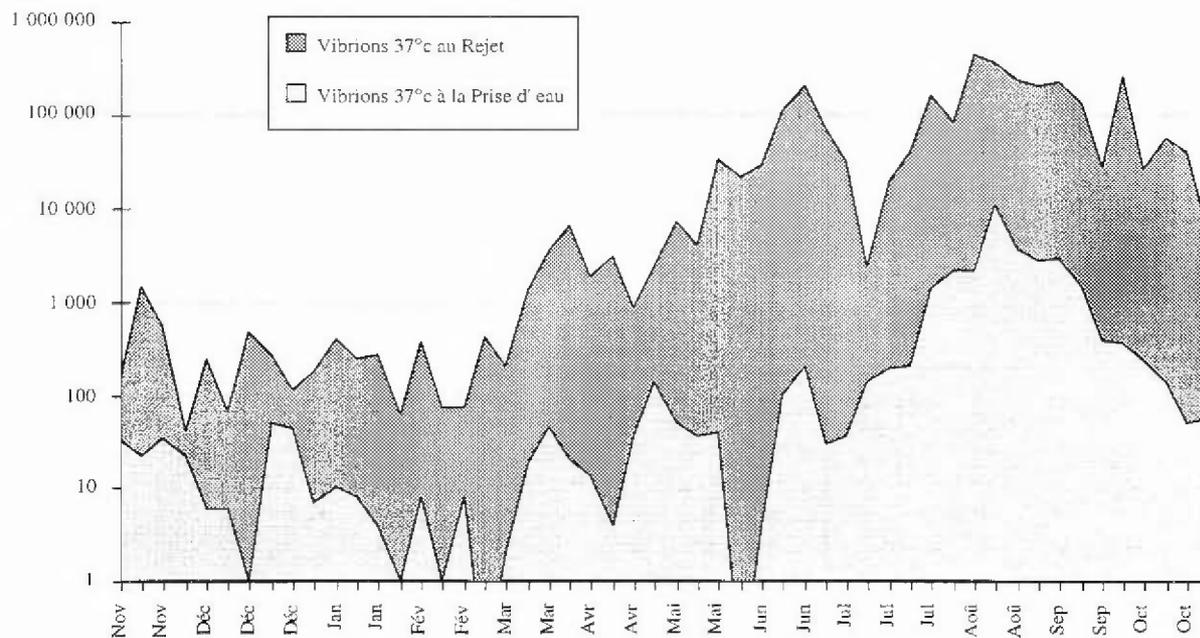


Fig.3.4 Dénombrement des vibrions par culture à 37 °C (échelle logarithmique)

La température de l'eau de mer est, depuis le début des études de surveillance, le facteur du milieu expliquant le mieux les concentrations en vibrions:

Pour l'ensemble des 104 mesures réalisées à la prise d'eau et au rejet lors de ce cycle d'étude, la relation entre concentration en vibrions et température est la suivante:

$$\log(\text{Vibrions/litre}) = -0,494 + 0,190 * (\text{température en } ^\circ\text{C}) \quad r^2 = 0,816$$

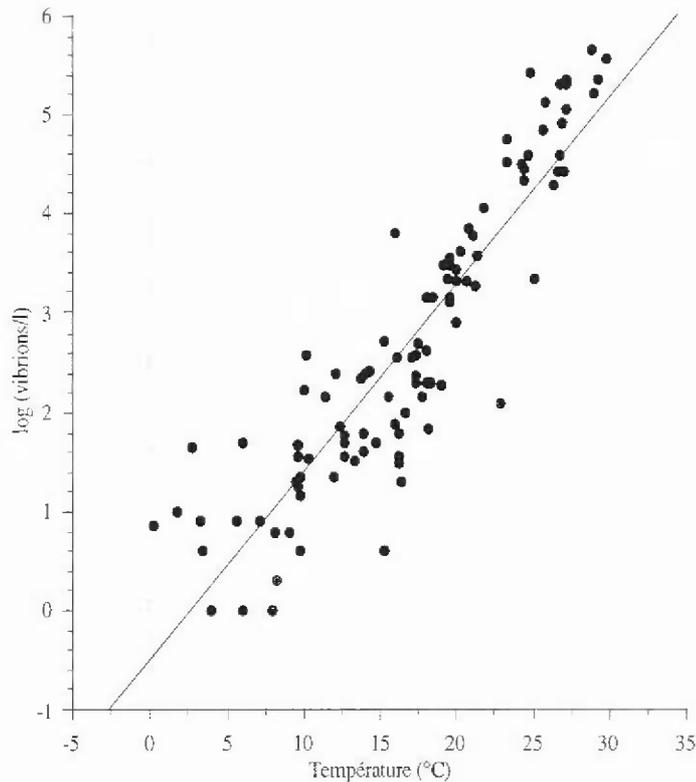


Fig.3.5 Corrélations entre la température et les concentrations en vibrions (log). 1996-1997

### Aspect qualitatif

Si sur le plan quantitatif la situation des vibrions semble se stabiliser depuis la mise en service des tranches 5 et 6, il n'en est pas de même en ce qui concerne la composition de cette population.

Avant 1984, la quasi totalité de la flore des vibrions était représentée par *Vibrio alginolyticus*; l'isolement d'une espèce différente avait un caractère exceptionnel.

Depuis cette période, une diversité croissante des espèces de vibrions est observée. Avec les galeries d'identification bactériennes que nous utilisons (API 20E), toutes les espèces répertoriées dans ce système ont été successivement isolées sur le site de Gravelines.

L'espèce majoritaire présente à Gravelines reste *Vibrio alginolyticus*. L'espèce la plus fréquemment isolée dans le rejet après *Vibrio alginolyticus* est à nouveau *Vibrio cholerae* Nag depuis trois ans avec un pourcentage de 6,7 %.

Les souches de *Vibrio cholerae* isolées sur le site ne sont pas agglutinables par les sérums anti-*Vibrio cholerae* O1 (Nag) et sont, depuis deux ans, halophiles strictes, ce qui permet de les différencier des souches épidémiques.

En ce qui concerne *Vibrio cholerae*, il convient de rappeler que cette espèce comprend

environ 140 sérotypes et que seulement deux de ces sérotypes présentent un risque sanitaire important. Ces deux sérotypes n'ont jamais été isolés sur le site de Gravelines.

*Vibrio parahaemolyticus* est la troisième espèce par ordre d'importance avec un pourcentage de 4,5 %.

Les autres espèces mises en évidence en 1995-1996 sont: *Vibrio damsela*, *V. fluvialis*, *V. metschnikovii*, *V. mimicus*, *V. hollisae* et *V. vulnificus*.

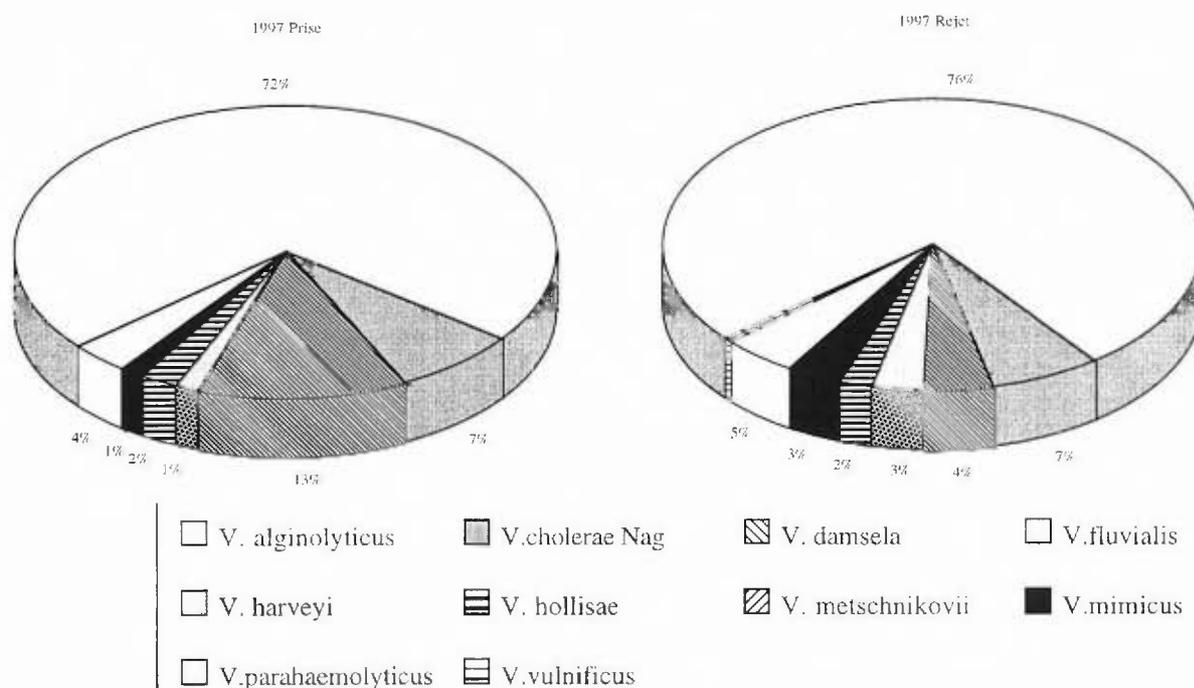


Fig. 3.6 Pourcentages moyens d'isolement des diverses espèces de vibrions aux points de prise d'eau et de rejet

Si le transit de l'eau de mer entre la prise et le rejet semble s'accompagner de peu de modification dans la structure des populations de vibrions, il faut se rappeler que le point Prise d'eau est lui-même influencé par le rejet par l'intermédiaire de la recirculation d'une fraction de l'eau déjà passée dans la centrale. Le pourcentage d'une espèce ne se conserve par transit que si cette espèce se multiplie autant que le reste de la population.

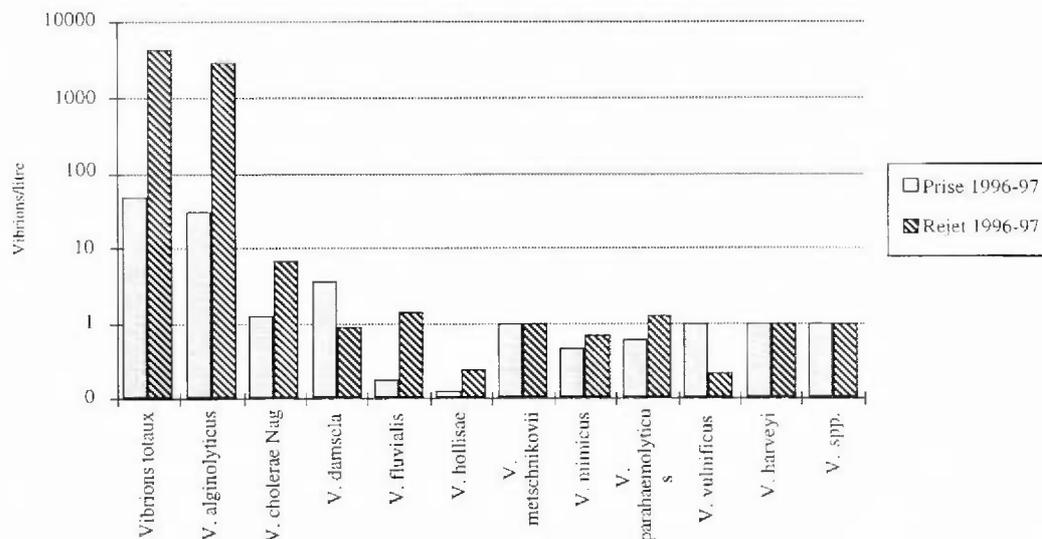


Fig. 3.7 Concentrations moyennes des diverses espèces de vibrions aux points de prise d'eau et de rejet

*Vibrio alginolyticus* reste l'espèce la plus adaptée aux conditions actuelles du site (multiplication moyenne  $\bar{X}$  = 97 fois). *Vibrio cholerae* NAg, qui occupe depuis quelques années la seconde place par l'importance de sa multiplication sur le site, n'a cette année qu'un facteur de multiplication de 5,3 fois entre la prise et le rejet.

En ce qui concerne les espèces rares (présentes à des concentrations moyennes de l'ordre de une bactérie par litre), du fait du petit nombre d'identifications réalisées, lors des dénombrements, la multiplication observée est peu significative.

La figure ci-dessous représente l'évolution de la composition des populations de vibrions dans le rejet depuis 1989. Le pourcentage d'isolement de *V. alginolyticus* semble se stabiliser au niveau de 75%. Le pourcentage de *V. cholerae* NAg (non 01) après une phase de croissance culminant à 13 % en 1993 retrouve le niveau de 7% qu'il avait en 1989-1992.

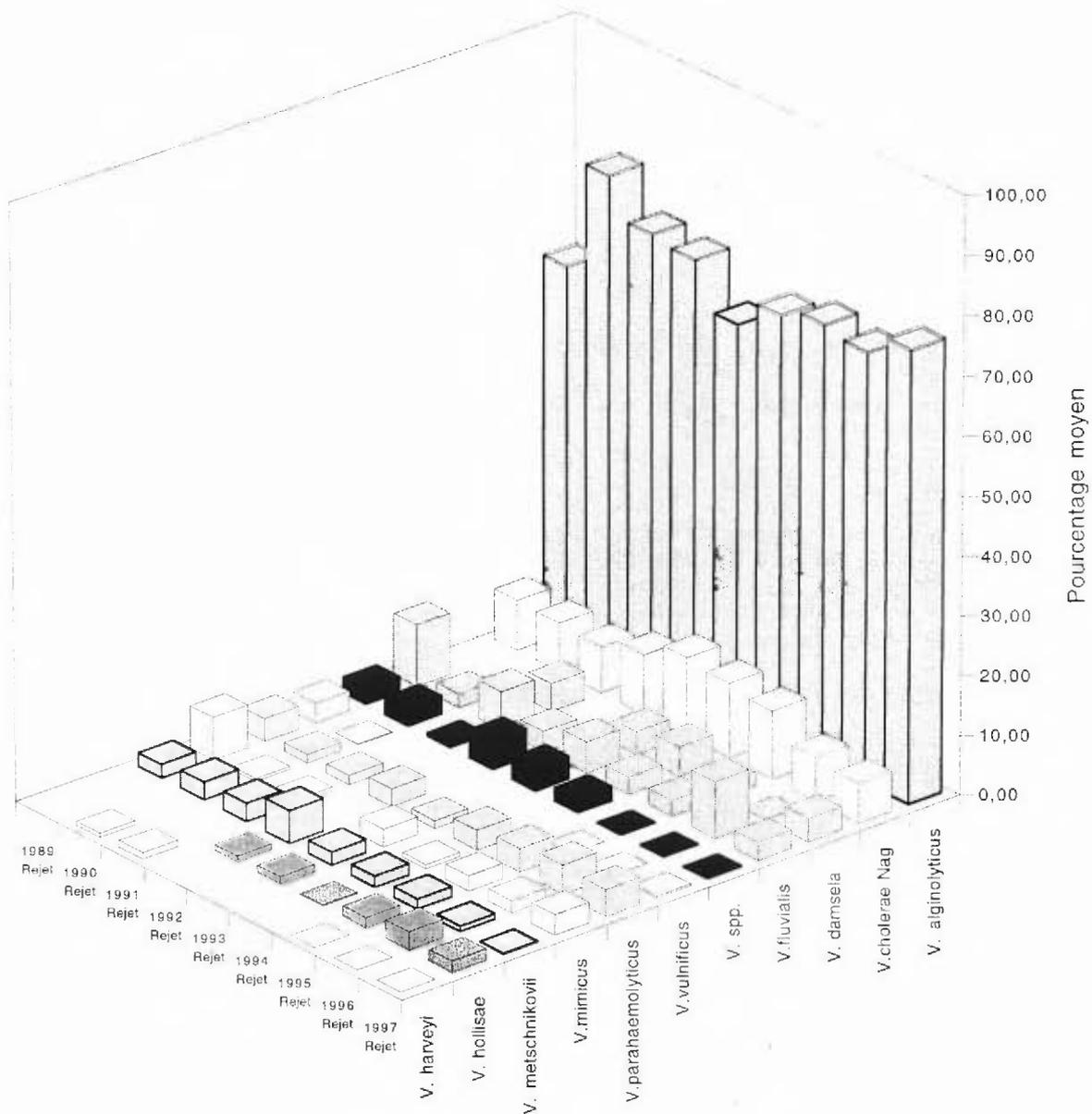


Fig.3.8 Abondance relative des diverses espèces de vibrions (moyenne des pourcentages d'abondances hebdomadaires)

## AUTRES POINTS DE CONTROLE

### Influence de l'aquaculture

Depuis 1984, l'eau tiède produite par la centrale est utilisée pour alimenter des piscicultures en eau de mer. Une ferme expérimentale d'une capacité de production de 80 tonnes par an a été remplacée en 1992 par des structures plus importantes d'une capacité de 1 000 t/an. Depuis septembre 1996, un nouvel arrêté préfectoral autorise la production de 2 000 tonnes de poissons/an sur le site

La figure suivante schématise la circulation de l'eau sur le site de Gravelines. Les fermes aquacoles sont alimentées en eau chaude à partir des déversoirs de tranches en tête du canal de rejet. Afin de maintenir les élevages à une température maximale de 24 °C, de l'eau froide est pompée dans le canal de prise d'eau de mai à septembre. Le débit total utilisable est actuellement de l'ordre de 12 m<sup>3</sup>/s. Le rejet des eaux aquacoles se fait par un déversoir dans la partie amont du canal de rejet EdF. La quantité moyenne d'eau utilisée par l'aquaculture est cette année: de 7,7 m<sup>3</sup>/s.

Une éclosérie marine utilise également le pompage des fermes aquacoles et rejette ses eaux dans le circuit de rejet de la ferme aquacole le débit utilisé est faible, de l'ordre de 10 l/s.

Depuis le mois de mai 1992, les établissements aquacoles sont soumis à une surveillance mensuelle de leur rejet dans le cadre d'un arrêté préfectoral. Les mesures portent sur la pollution organique et incluent la recherche des vibrions selon la même méthodologie que celle adoptée pour la surveillance centrale électrique.

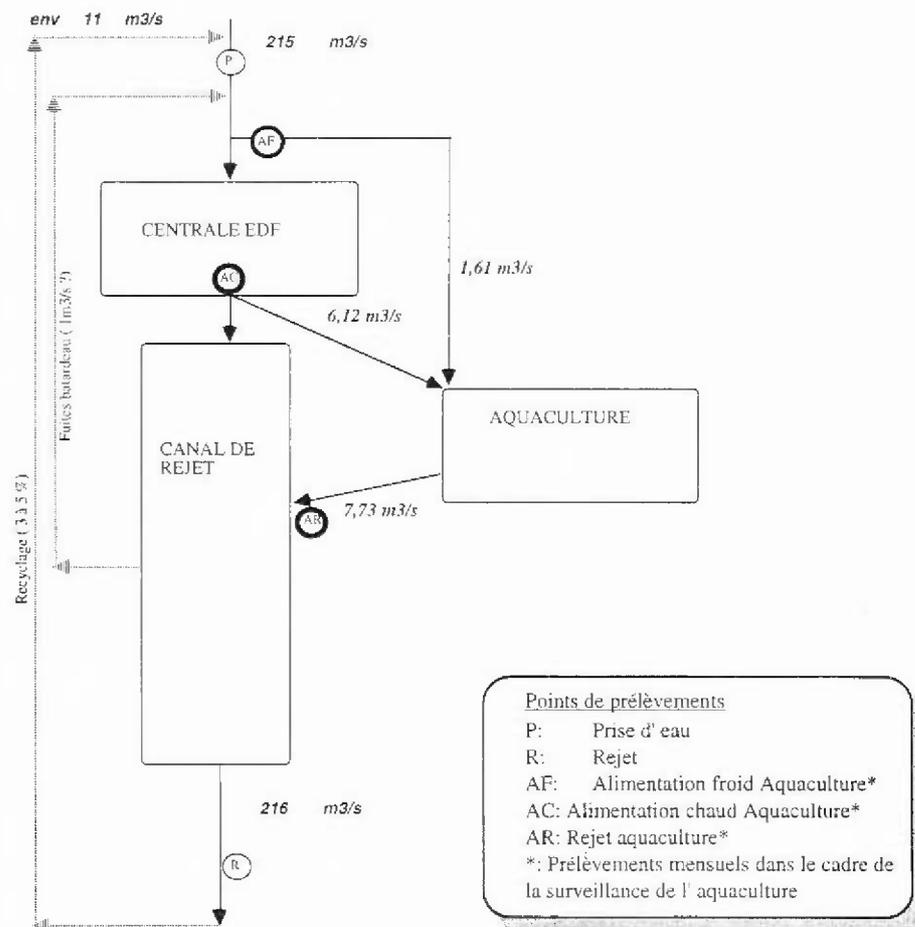


Fig. 3.9 Schéma de la circulation des eaux sur le site de Gravelines - Points de surveillance - 1997

Afin d'apprécier l'influence de l'aquaculture sur le rejet de la centrale, les résultats obtenus dans le cadre de la surveillance aquacole pour la période de janvier à décembre 1997 ont été comparés à ceux de la surveillance de la centrale aux mêmes dates.

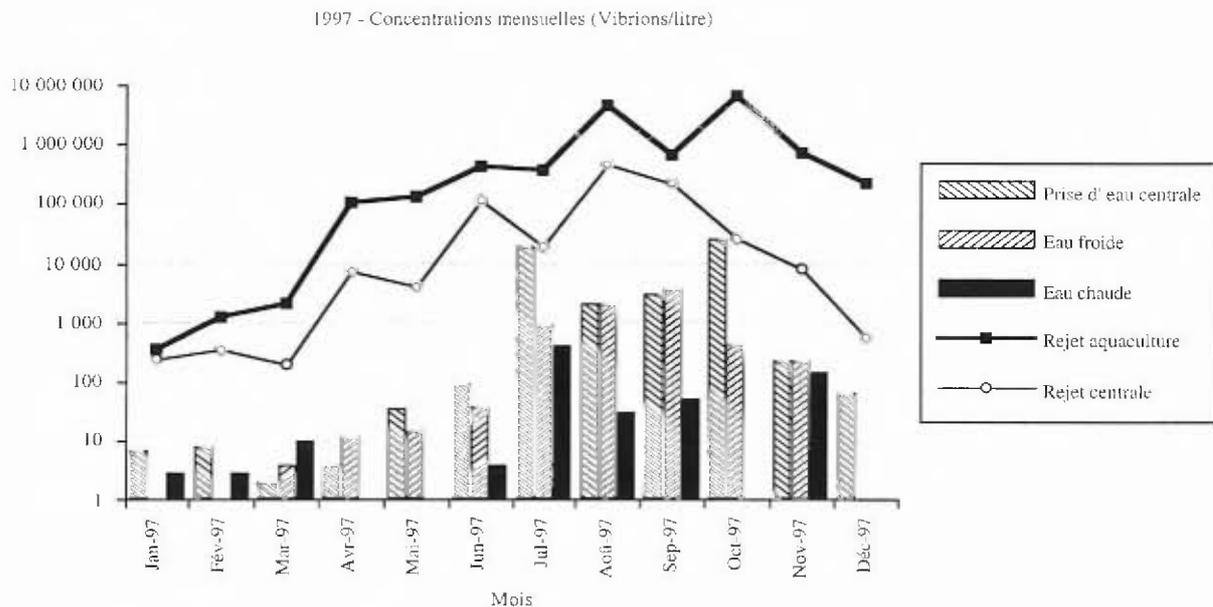


Fig. 3.10 Concentrations moyennes des vibrions (base mensuelle)

Les concentrations en vibrions dans le rejet aquacole sont toute l'année supérieures à celles du rejet en mer. En moyenne annuelle, les vibrions sont 9,3 fois plus abondants dans le rejet aquacole.

La chloration par EdF réduit nettement les concentrations en vibrions dans les déversoirs de tranches (point "eau chaude"). La multiplication des bactéries se produit dans l'eau échauffée dès que l'oxydant résiduel a disparu (Extrémité du canal de rejet et bassins aquacoles).

Les Trois principales espèces concernées par la multiplication dans les fermes aquacoles sont *Vibrio alginolyticus*, *V. cholerae* Nag\* et *V. parahaemolyticus*. Les concentrations moyennes ces trois espèces sont beaucoup plus élevées dans le rejet aquacole qu'à l'extrémité du canal EdF.

Dans le rejet aquacole, *Vibrio alginolyticus* représente 51 % des isollements de vibrions. *Vibrio cholerae* Nag qui était l'espèce la plus fréquemment isolée avec 59 % en 1995 voit son pourcentage baisser pour la seconde année consécutive (32 % en 1996 et 24 % en 1997). Cette année encore, *V. parahaemolyticus* est bien représenté dans le rejet aquacole avec 15 % des isollements.

Le rejet des fermes marines représente sur la période un débit moyen de 7,7 m<sup>3</sup>/s qui se déversent dans les 216 m<sup>3</sup>/s du rejet de la centrale. Par effet de dilution, une espèce bactérienne qui ne se multiplierait pas dans le canal de rejet verrait sa concentration réduite d'un facteur de l'ordre de 37 entre l'aquaculture et le rejet en mer.

En tenant compte de l'influence de l'aquaculture, il se confirme que *Vibrio alginolyticus* est l'espèce la mieux adaptée aux modifications thermiques dues à la centrale. Toutes les autres espèces voient leur concentration décroître de façon plus importante entre l'aquaculture et l'extrémité du canal car la multiplication dans le canal de la centrale ne compense pas la dilution.

Les résultats de la figure 3.12. comparent les pourcentages des différentes espèces de vibrions dans le rejet aquacole aux points de surveillance de la centrale prélevés aux mêmes dates.

Au rejet de la centrale et à la prise d'eau, les pourcentages calculés sont sensiblement différents de ceux mesurés avec les prélèvements hebdomadaires. La fiabilité des résultats est cependant plus faible compte tenu du plus petit nombre d'échantillons concernés (12 au lieu de 52).

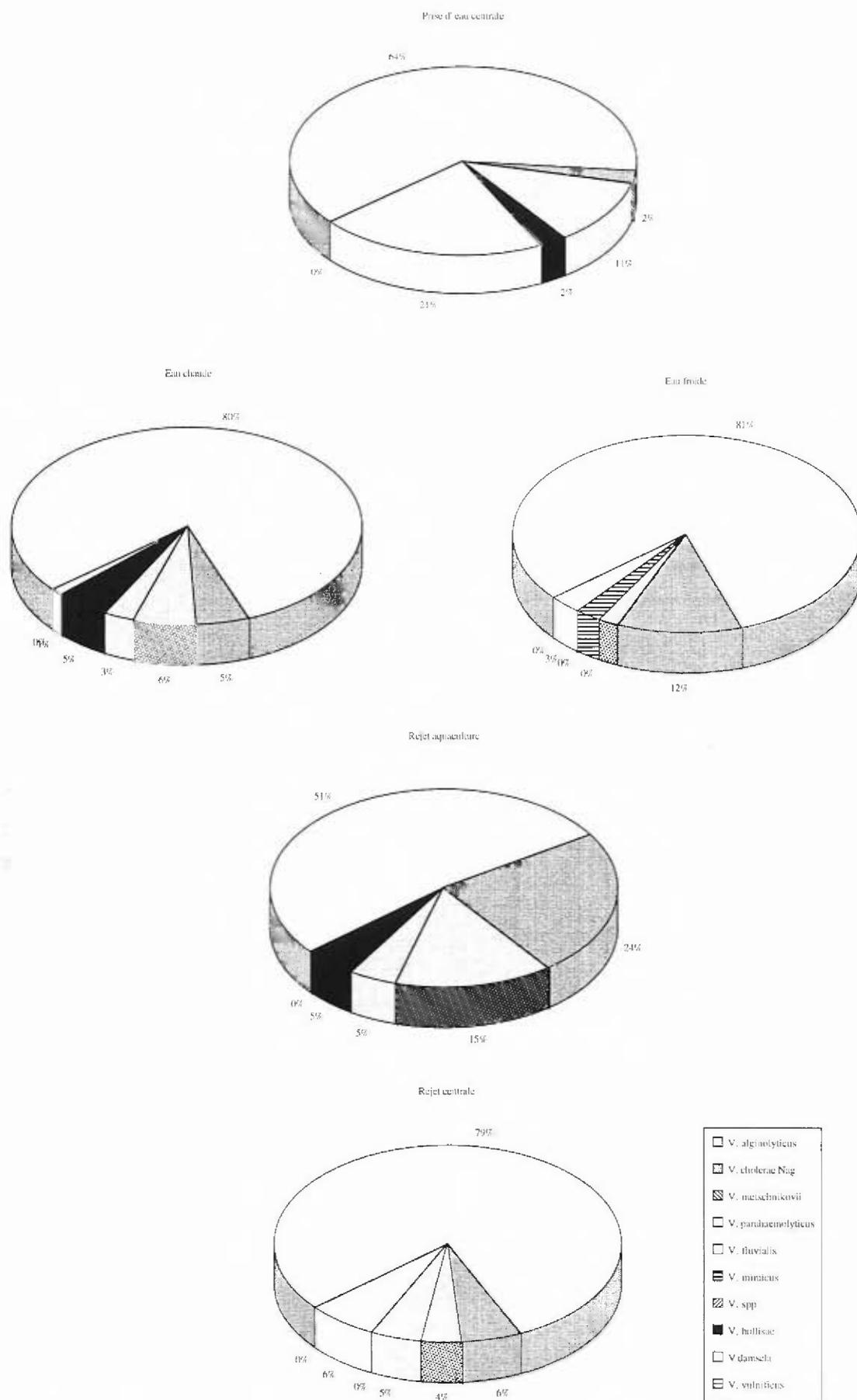


Fig.3.11 Pourcentages moyens des diverses espèces de vibrions (contrôle mensuel) - 1997

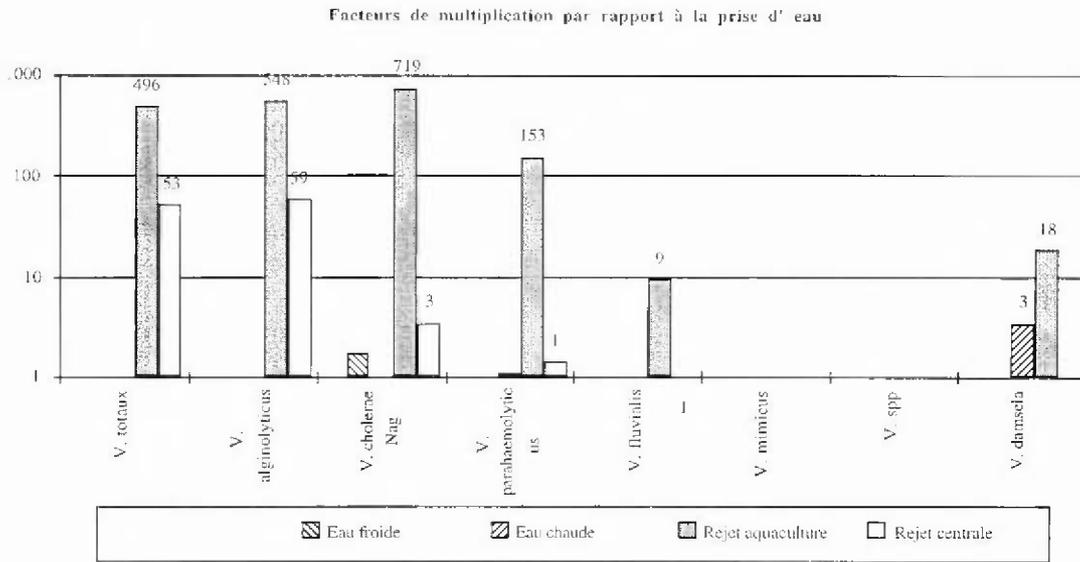


Fig. 3.12 Facteurs de multiplication des diverses espèces de vibrions (contrôle mensuel) 1997

Le canal de rejet de la centrale est alimenté par les déversoirs (eau chaude) et le rejet aquacole. Compte tenu des concentrations respectives en vibrions de ces alimentations, la grande majorité des vibrions ensemençant le canal de rejet provient de l' aquaculture.

Une estimation des flux moyens annuels de vibrions a été réalisée en utilisant les résultats de contrôle mensuel. En ce qui concerne les vibrions totaux, le flux émis par l' aquaculture est le quart du flux total de vibrions sortant du canal de rejet.

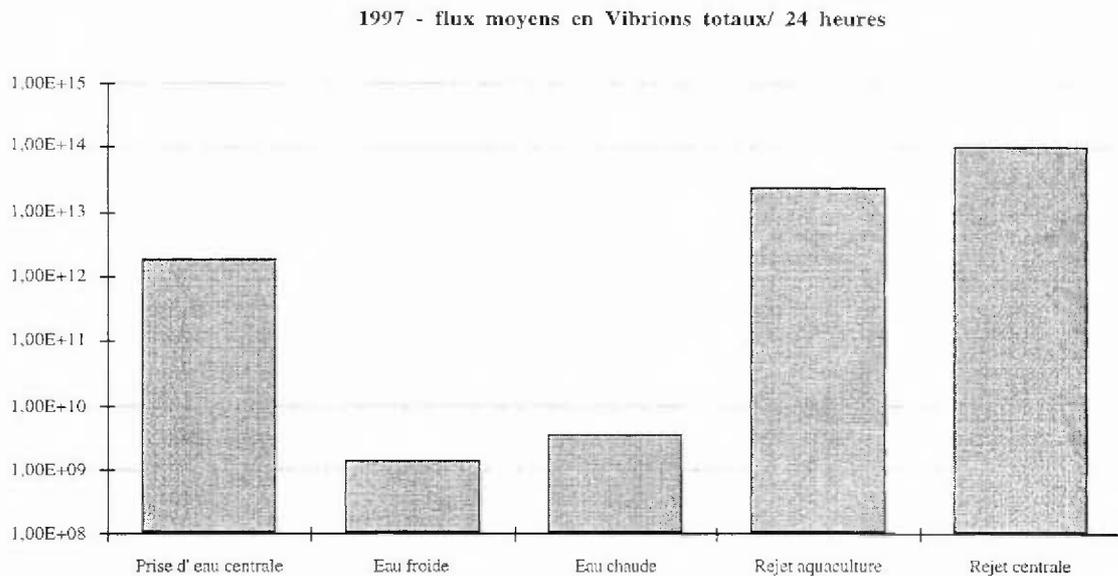


Fig. 3.13 Flux par 24 heures des diverses espèces de vibrions (contrôle mensuel)

## Campagnes pélagiques

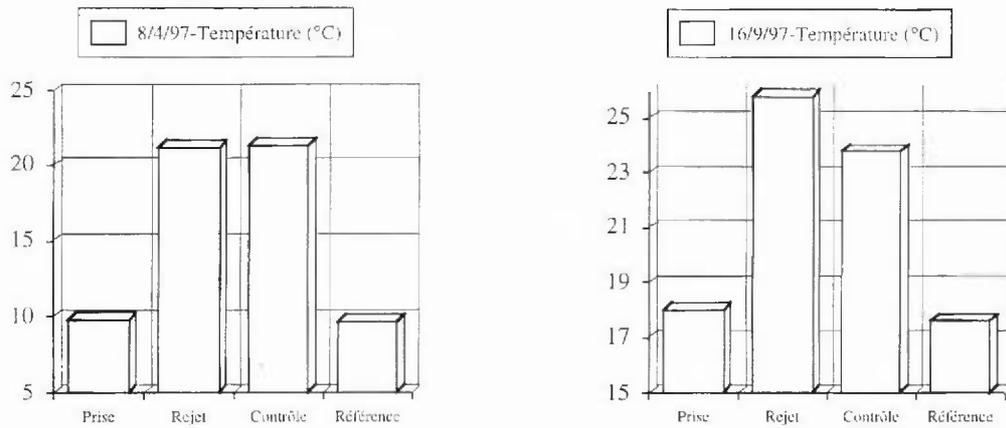


Fig.3.14 Campagnes pélagiques - Températures

On n'observe aucune dilution du rejet en mer au point contrôle lors de la campagne de printemps. En effet, par temps calme, les eaux du rejet se mélangent peu et s'étalent sur l'eau de mer plus froide comme le montrent les figures ci-dessus représentant les températures de surface.

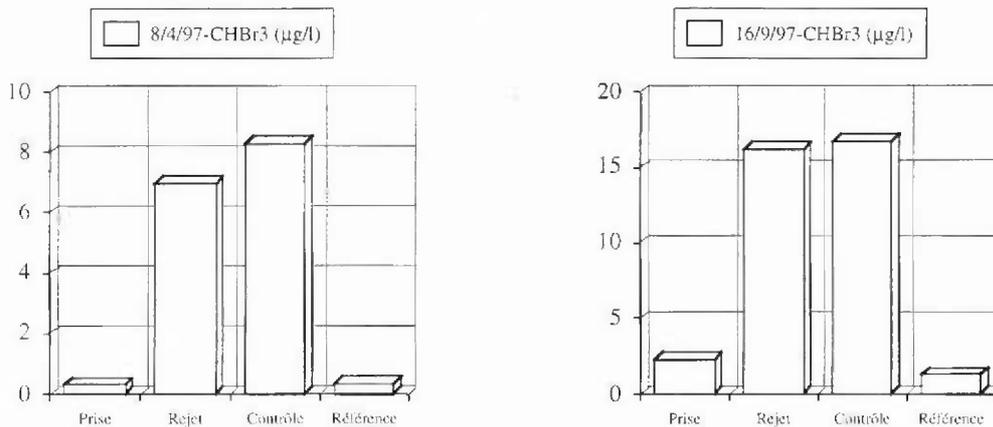


Fig.3.15 Campagnes pélagiques - Bromoforme

Les trihalométhanes résultants de la chloration de l'eau de mer sont mis en évidence que lors des deux campagnes pélagiques. Les concentrations en haloformes sont légèrement plus grandes au Contrôle qu'au rejet.

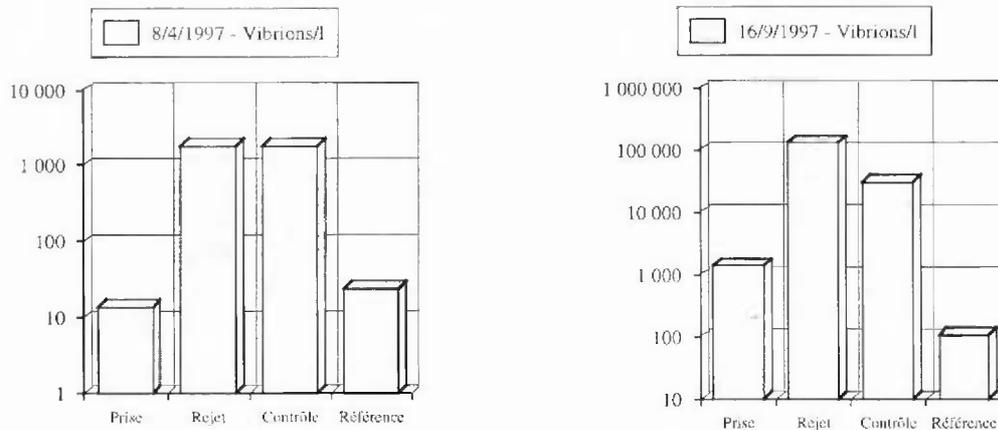


Fig.3.16 Campagnes pélagiques - Vibrions

Date	Point	Temp.	Vibrions 37°C (/litre)						Haloformes		
		Surf.	Vibrions /l toutes espèces	<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. cholerae</i> NA <sub>g</sub>	<i>V. damsela</i>	<i>V. minicus</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	CHCl <sub>2</sub> Br (µg/l)	CHClBr <sub>2</sub> (µg/l)	CHBr <sub>3</sub> (µg/l)
		Température (°C)									
8/4/97	Prise	9,8	14	2	12				-	-	0,3
	Rejet	21,2	1 800	1 200	600				-	0,17	7,0
	Contrôle	21,3	1 800	1 300	500				0,02	0,19	8,3
	Référence	9,7	24	2	10			12	-	-	0,3
16/9/97	Prise	18,0	1 420	340		480		600	-	0,05	2,3
	Rejet	25,8	130 000	60 000	60 000		10 000		0,02	0,38	16,2
	Contrôle	23,8	31 000	9 000	22 000				-	0,39	16,7
	Référence	17,6	110	80	30				-	0,03	1,3

Tab. 3.1. Campagnes pélagiques - Bactériologie et chloration.

## CONCLUSION

Les résultats obtenus cette année précisent et confirment les modifications du milieu observées lors des dernières études de surveillance écologique du site de Gravelines.

Malgré une période de gel continu de trois semaines durant l'hiver 1996-1997, la chloration des eaux de refroidissement ne s'est arrêtée que pendant 3 mois et demi. Les composés chimiques formés sont bromés. Le plus abondant est le bromoforme avec une concentration moyenne de 24,4 µg/l (97 % du total). Les dosages d'haloformes et, en particulier, du plus abondant d'entre eux, le bromoforme, permettent de mesurer l'étendue du panache de rejet et d'estimer le taux de recirculation de l'eau de refroidissement (5,6 % en 1996-1997). Malgré les activités industrielles du Port Ouest de Dunkerque, aucun solvant chloré volatil n'a été mis en évidence cette année encore à des concentrations de l'ordre du micro-gramme par litre.

Le passage de l'eau dans l'ensemble constitué par la centrale électrique et les installations aquacoles entraîne une multiplication importante du nombre des vibrions (37 fois en moyenne géométrique).

En dépit de variations liées aux conditions climatiques, l'amplitude du cycle des vibrions dans le rejet est relativement stable depuis la mise en service des six tranches de la centrale de Gravelines (cycle 1986). Le développement de l'aquaculture (phase expérimentale en 1984 puis extensions en 1992 et 1996) ne semble pas avoir eu d'influence sur les vibrions en termes d'abondance.

Avant 1984, la quasi totalité de la flore des vibrions isolés sur le site était représentée par *Vibrio alginolyticus*. Parallèlement au développement de l'aquaculture sur le site, une diversité croissante des espèces de vibrions a été observée. Cette diversité des espèces de vibrions est pleinement confirmée en 1996-1997. Les différentes espèces de vibrions mises en évidence profitent toutes des conditions du site pour se multiplier.

*Vibrio alginolyticus* qui était auparavant la seule espèce de vibron mise en évidence sur le site, reste l'espèce majoritaire dans le rejet de la centrale avec 76 % des isollements. Le rôle important de l'aquaculture dans les modifications de la microflore bactérienne est mis en évidence par la mesure de son rejet dans le canal de la centrale.

L'évolution constatée depuis 1984 semble en récession actuellement; La répartition des espèces autres qu'*alginolyticus* étant sûrement influencée par l'évolution technique rapide et importante des conditions d'élevages

*Vibrio cholerae* Nag est la seconde espèce par ordre d'importance avec un pourcentage de 6,7 %. Ce pourcentage d'isolement de *V. cholerae* Nag est en diminution depuis 1993 où il avait atteint 13 %. Les souches de *Vibrio cholerae* isolées sur le site ne sont pas agglutinables par les sérums anti-*Vibrio cholerae* O1 (Nag) et sont depuis trois ans halophiles strictes, ce qui permet de les différencier des souches épidémiques.

En ce qui concerne *Vibrio cholerae*, il convient de rappeler que cette espèce comprend environ 140 sérotypes et que seulement deux de ces sérotypes présentent un risque sanitaire important. Ces deux sérotypes n'ont jamais été isolés sur le site de Gravelines.

Les autres espèces mises en évidence en 1996-1997 sont: *Vibrio damsela*, *V. mimicus*, *V. hollisae*, *V. vulnificus*, *V. parahaemolyticus* et *V. fluvialis*.



Annexe

( tableaux hebdomadaires )

Année	Dates (semaines)		Débit eau de mer*	Température à la Prise*	Echauffement calculé du Rejet*	Echauffement mesuré
	du	au				
1996	04/11/96	10/11/96	165	13,3	9,4	9,5
	11/11/96	17/11/96	200	12,0	8,1	6,5
	18/11/96	24/11/96	230	10,0	7,1	5,0
	25/11/96	01/12/96	226	9,0	7,4	6,7
	02/12/96	08/12/96	236	9,0	7,0	5,0
	09/12/96	15/12/96	240	8,0	9,6	8,2
	16/12/96	22/12/96	240	8,0	10,2	9,5
	23/12/96	29/12/96	240	4,0	10,2	7,8
1997	30/12/96	05/01/97	240	1,0	10,6	9,7
	06/01/97	12/01/97	240	1,0	9,3	9,9
	13/01/97	19/01/97	240	2,0	8,8	8,4
	20/01/97	26/01/97	240	3,0	10,2	8,8
	27/01/97	02/02/97	240	3,0	10,3	10,9
	03/02/97	09/02/97	240	5,0	10,5	10,0
	10/02/97	16/02/97	240	6,0	9,8	10,5
	17/02/97	23/02/97	240	7,0	10,1	9,8
	24/02/97	02/03/97	239	8,0	9,1	11,0
	03/03/97	09/03/97	240	8,0	9,2	9,9
	10/03/97	16/03/97	222	8,0	9,3	9,8
	17/03/97	23/03/97	200	10,0	10,2	9,9
	24/03/97	30/03/97	200	10,0	9,2	9,9
	31/03/97	06/04/97	200	10,0	9,2	6,5
	04/04/97	10/04/97	200	10,0	9,6	11,4
	14/04/97	20/04/97	200	10,0	10,2	9,5
	21/04/97	27/04/97	221	10,0	8,6	10,3
	28/04/97	04/05/97	230	12,0	7,4	8,0
	05/05/97	11/05/97	227	12,0	7,7	8,2
	12/05/97	18/05/97	201	13,0	7,2	7,6
	19/05/97	25/05/97	194	14,0	6,7	9,4
	26/05/97	01/06/97	160	14,0	9,6	10,0
	02/06/97	08/06/97	160	16,0	9,2	9,1
	09/06/97	15/06/97	163	-	8,3	10,4
	16/06/97	22/06/97	164	-	8,4	9,3
	23/06/97	29/06/97	192	-	7,5	9,3
	30/06/97	06/07/97	192	-	7,1	8,1
	07/07/97	13/07/97	194	-	7,0	7,3
	14/07/97	20/07/97	204	-	6,7	7,3
	21/07/97	27/07/97	204	-	8,4	8,4
	28/07/97	03/08/97	199	-	8,4	9,4
	04/08/97	10/08/97	172	-	7,2	6,9
11/08/97	17/08/97	202	-	7,4	8,2	
18/08/97	24/08/97	204	-	7,7	8,1	
25/08/97	31/08/97	201	-	8,1	7,8	
01/09/97	07/09/97	208	-	7,4	7,3	
08/09/97	14/09/97	231	-	7,3	7,6	
15/09/97	21/09/97	244	-	8,1	7,8	
22/09/97	28/09/97	244	-	8,7	9,6	
29/09/97	05/10/97	245	-	9,3	7,8	
06/10/97	12/10/97	245	-	9,0	9,2	
13/10/97	19/10/97	245	-	10,1	7,8	
20/10/97	26/10/97	245	-	9,8	10,0	
27/10/97	02/11/97	245	-	9,5	8,4	
		<i>moyennes</i>	216,0	8,6	8,70	8,71

Tab.3.A..1 Fonctionnement de la centrale EdF de Gravelines (\* : données EdF - : non communiqué)

Date	PRISE			REJET			
	C H Cl2 Br (µg/l)	C H Cl Br2 (µg/l)	C H Br3 (µg/l)	Chlore tot (mg/l)	C H Cl2 Br (µg/l)	C H Cl Br2 (µg/l)	C H Br3 (µg/l)
Seuils	0,02	0,02	0,05	0,03	0,02	0,02	0,05
7/11/96	-	-	0,6	0,07	0,04	0,89	30,1
12/11/96	-	-	0,6	≤ 0,03	0,04	0,19	8,5
18/11/96	-	-	0,5	≤ 0,03	0,00	0,16	8,2
25/11/96	-	-	1,1	0,08	0,04	0,38	12,9
3/12/96	-	-	0,9	≤ 0,03	-	0,12	4,7
9/12/96	-	-	0,2	≤ 0,03	-	0,08	4,0
16/12/96	-	-	-	≤ 0,03	-	-	0,1
23/12/96	-	-	-	≤ 0,03	-	-	-
30/12/96	-	-	-	≤ 0,03	-	-	-
6/1/97	-	-	-	≤ 0,03	-	-	-
16/1/97	-	-	-	≤ 0,03	-	-	-
20/1/97	-	-	-	≤ 0,03	-	-	-
27/1/97	-	-	-	≤ 0,03	-	-	-
3/2/97	-	-	-	≤ 0,03	-	-	-
10/2/97	-	-	-	≤ 0,03	-	-	-
17/2/97	-	-	-	≤ 0,03	-	-	-
24/2/97	-	-	-	≤ 0,03	-	-	-
3/3/97	-	-	-	≤ 0,03	-	-	-
11/3/97	-	-	-	≤ 0,03	-	-	-
17/3/97	-	-	-	≤ 0,03	-	-	-
24/3/97	-	-	0,3	≤ 0,03	-	-	0,3
1/4/97	-	-	0,4	*	0,16	0,19	9,9
8/4/97	-	-	0,3	≤ 0,03	-	0,17	7,0
15/4/97	-	-	0,9	≤ 0,03	0,11	0,35	15,5
21/4/97	-	-	0,8	0,06	0,03	0,86	27,9
30/4/97	0,02	0,04	1,5	≤ 0,03	0,09	0,29	11,8
5/5/97	0,03	0,05	1,8	0,05	0,69	0,94	30,3
13/5/97	-	0,06	2,1	0,12	0,02	0,36	14,2
21/5/97	-	0,06	2,7	≤ 0,03	0,04	0,97	39,5
26/5/97	-	-	0,7	0,04	0,04	1,09	36,5
2/6/97	-	-	0,2	≤ 0,03	-	0,73	26,2
9/6/97	-	0,05	1,6	≤ 0,03	0,05	1,08	27,8
16/6/97	-	0,04	1,6	≤ 0,03	0,03	0,67	20,8
23/6/97	-	0,05	1,8	≤ 0,03	0,04	0,78	28,2
1/7/97	-	-	1,1	0,07	-	3,34	23,2
7/7/97	-	0,04	1,3	0,09	0,03	0,92	24,0
15/7/97	-	0,10	4,2	0,06	0,04	1,27	40,9
21/7/97	-	0,03	1,0	0,05	0,06	1,18	39,5
28/7/97	-	0,05	2,4	0,07	0,03	1,02	34,7
4/8/97	-	0,06	2,7	≤ 0,03	0,04	0,85	28,4
11/8/97	-	0,04	1,8	0,05	0,02	0,80	30,1
18/8/97	-	0,06	2,8	≤ 0,03	0,03	0,88	37,0
25/8/97	-	0,03	1,2	0,06	-	0,67	31,4
1/9/97	-	0,04	1,6	*	0,05	0,66	25,7
8/9/97	-	0,04	1,9	≤ 0,03	0,02	0,83	33,2
16/9/97	-	0,05	2,3	0,05	0,02	0,38	16,2
22/9/97	-	-	0,7	0,04	0,04	0,82	32,7
29/9/97	-	0,02	1,2	≤ 0,03	0,04	1,03	42,4
6/10/97	-	0,03	1,5	≤ 0,03	0,05	0,91	35,0
13/10/97	-	-	0,7	≤ 0,03	0,02	0,43	17,0
20/10/97	-	0,02	1,4	0,04	0,03	0,62	25,8
28/10/97	-	-	0,6	0,06	0,02	0,58	20,4

\* : Présence de matières en suspension perturbant le dosage de chlore

Tab.3.A..2 Chlore résiduel et haloformes

Date	Température	Vibrions 37°C	V. alginolyticus	V. cholerae Nag	V. damsela	V. fluvialis	V. harveyi	V. holisae	V. metschnikovii	V. mimicus	V. parahaemolyticus	V. vulnificus	V. spp.
07/11/96	13,3	32	12					20					
12/11/96	12,0	22	14	8									
18/11/96	10,3	34	28										
25/11/96	9,7	22	22					6					
03/12/96	9,1	6	6										
09/12/96	8,1	6	6										
16/12/96	8,0	1	1										
23/12/96	6,0	50	50										
30/12/96	2,7	44	40	4									
06/01/97	0,2	7	7										
16/01/97	1,8	10	10										
20/01/97	3,3	8	5			1		2					
27/01/97	3,4	4	2	1		1							
03/02/97	3,9	1	1										
10/02/97	5,6	8	4		4								
17/02/97	6,1	1	1										
24/02/97	7,2	8	4		4								
03/03/97	8,1	0	0										
11/03/97	8,2	2	2										
17/03/97	9,6	18	18										
24/03/97	9,6	46	24	4							20		
01/04/97	9,5	20	16								4		
08/04/97	9,8	14	2	12									
15/04/97	9,7	4	4										
21/04/97	9,6	36	36										
30/04/97	11,4	140	20		120								
05/05/97	12,6	50	50										
13/05/97	12,6	36	16		20								
21/05/97	13,9	40	40										
26/05/97	14,4	0	0										
02/06/97	15,3	4	4										
09/06/97	16,7	100	50	20	20								
16/06/97	17,4	200	190		10								
23/06/97	16,3	30	30										
01/07/97	16,2	36	4	10	12	10							
07/07/97	17,8	140	50	40	50								
15/07/97	19,0	190	90		100								
21/07/97	18,3	200	200										
28/07/97	19,5	1 400	500	100	300	100				400			
04/08/97	19,9	2 100	600							600	900		
11/08/97	20,6	2 100	900		1 200								
18/08/97	21,7	11 000	8 000		1 000					2 000			
25/08/97	21,4	3 600	2 600		1 000								
01/09/97	19,9	2 700	800	1 400	500								
08/09/97	19,5	2 900	1 500		1 400								
16/09/97	18,0	1 420	340		480						600		
22/09/97	17,4	370	180	70	120								
29/09/97	17,0	360	130	170							60		
06/10/97	17,4	230	200	30									
13/10/97	15,5	140	140										
20/10/97	14,7	50	50										
28/10/97	12,7	56	34		12						10		

Tab.3.A..3 Bactériologie; Mesures hebdomadaires à la prise d'eau

Date	Température	Vibrions 37°	V. alginolyticus	V. cholerae Nag	V. damsela	V. fluvialis	V. harveyi	V. hollisae	V. metschnikovii	V. mimicus	V. parahaemolyticus	V. vulnificus	V. spp.
07/11/96	22,8	120	120										
12/11/96	18,5	1 400	800	600									
18/11/96	15,3	520	320					200					
25/11/96	16,4	20	17								3		
03/12/96	14,1	240	240										
09/12/96	16,3	60	60										
16/12/96	17,5	480	160		20			300					
23/12/96	13,8	220	220										
30/12/96	12,4	72	72										
06/01/97	10,1	170	170										
16/01/97	10,2	380	380										
20/01/97	12,1	240	230			10							
27/01/97	14,3	260	260										
03/02/97	13,9	60	3							57			
10/02/97	16,1	360	260		100								
17/02/97	15,9	73	73										
24/02/97	18,2	67	34		34								
03/03/97	18,0	410	90		100	100					100		
11/03/97	18,0	200	100		100								
17/03/97	19,5	1 300	200		500					600			
24/03/97	19,5	3 400	1 400								2 000		
01/04/97	16,0	6 400	4 400							2 000			
08/04/97	21,2	1 800	1 200	600									
15/04/97	19,2	3 000	3 000										
21/04/97	19,9	800	800										
30/04/97	19,4	2 200	2 000			200							
05/05/97	20,8	7 000	7 000										
13/05/97	20,2	4 000	4 000										
21/05/97	23,3	33 000	17 000	6 000							10 000		
26/05/97	24,4	21 000	4 000	4 000							13 000		
02/06/97	24,4	28 000	28 000										
09/06/97	27,1	110 000	60 000								50 000		
16/06/97	26,7	200 000	190 000	10 000									
23/06/97	25,6	70 000	30 000	40 000									
01/07/97	24,3	31 000	31 000										
07/07/97	25,1	2 200	1 600			600							
15/07/97	26,3	19 000	9 000			10 000							
21/07/97	26,7	39 000	20 000	19 000									
28/07/97	28,9	160 000	80 000	70 000		10 000							
04/08/97	26,8	80 000	80 000										
11/08/97	28,8	440 000	440 000										
18/08/97	29,8	360 000	360 000										
25/08/97	29,2	230 000	230 000										
01/09/97	27,2	200 000	170 000									30 000	
08/09/97	27,1	220 000	220 000										
16/09/97	25,8	130 000	60 000	60 000						10 000			
22/09/97	27,0	27 000	16 000	1 000		10 000							
29/09/97	24,8	260 000	220 000	40 000									
06/10/97	26,6	26 000	26 000										
13/10/97	23,3	56 000	56 000										
20/10/97	24,7	39 000	39 000										
28/10/97	21,1	5 800	4 300	1 000	500								

Tab.3.A..4 Bactériologie; Mesures hebdomadaires au Rejet



**CHAPITRE IV**

**PHYTOPLANCTON ET BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE.**

**Benoist HITIER  
et  
Pascale HEBERT**



La surveillance du phytoplancton et de la biomasse chlorophyllienne du site de Gravelines a deux objectifs.

- Un prélèvement d'eau hebdomadaire au canal d'amenée est destiné à observer les variations de la biomasse chlorophyllienne et de dénombrer les espèces phytoplanctoniques tout au long de l'année. Il permet de comparer les années. Il situe chronologiquement les deux campagnes de prélèvements hydrologiques en fonction des pics de chlorophylle et de l'efflorescence de *Phaeocystis*, espèce planctonique responsable d'eaux turbides et d'écumes particulièrement visibles dans le panache de rejet de la centrale.
- Des prélèvements de chlorophylle et de phytoplancton sont effectués au cours des deux campagnes hydrologiques du 8 avril et du 16 septembre. Celles-ci ont pour objet de comparer trois stations ( amenée, rejet et contrôle) à un point de référence situé en dehors de l'impact du rejet de la centrale.

## I. SURVEILLANCE HEBDOMADAIRE AU CANAL D'AMENEE.

### a. Biomasse chlorophyllienne.

Le tableau 4.1 rassemble les résultats de biomasse chlorophyllienne et du pourcentage de chlorophylle non dégradée.

La biomasse chlorophyllienne donne une idée de la quantité de phytoplancton présente dans l'eau.

Les valeurs restent faibles jusqu'au 10 février. Elles augmentent ensuite progressivement et passent par 3 pics de respectivement 15,34 ; 18,00 et 16,20 mg/m<sup>3</sup> les 17 mars, 8 et 21 avril. Elles sont inférieures à 1 mg/m<sup>3</sup> le 5 mai puis remontent pour atteindre une valeur proche de 10 mg/m<sup>3</sup> le 21 mai. Les teneurs redescendent ensuite progressivement en oscillant jusqu'au 21 juillet. Puis la floraison estivale commence et se prolonge pendant tout le mois d'août. En automne les valeurs avoisinent 4 mg/m<sup>3</sup>.

La chlorophylle atteint un maximum de 18 mg/m<sup>3</sup>, ce qui est la valeur la plus faible de ces dernières années. En 1995 et en 1993 les valeurs printanières atteignaient 35 mg/m<sup>3</sup>. Cette valeur est légèrement plus faible que les maxima relevés aux printemps 1994 et 1992 et qui se situaient à 22 et 24 mg/m<sup>3</sup>.

L'indice de dégradation donne des indications sur l'état physiologique des cellules, et la composition du plancton. Il permet de calculer le pourcentage de chlorophylle active.

Jusqu'au 10 février, les pourcentages de chlorophylle active varient entre 50 % et 70 % avec une valeur moyenne proche de 60 % et un écart-type légèrement supérieur à 4 %.

Dès le 16 février, les valeurs passent brutalement au-dessus de 90 %. La chlorophylle reste de très bonne qualité jusqu'au 10 août à l'exception du 5 mai (55,52 %) et d'une période allant du 16 juin au 1<sup>er</sup> juillet ; elles se situent alors entre 74 et 80 %. L'activité de la chlorophylle diminue ensuite pour être à 70 % le 20 octobre.

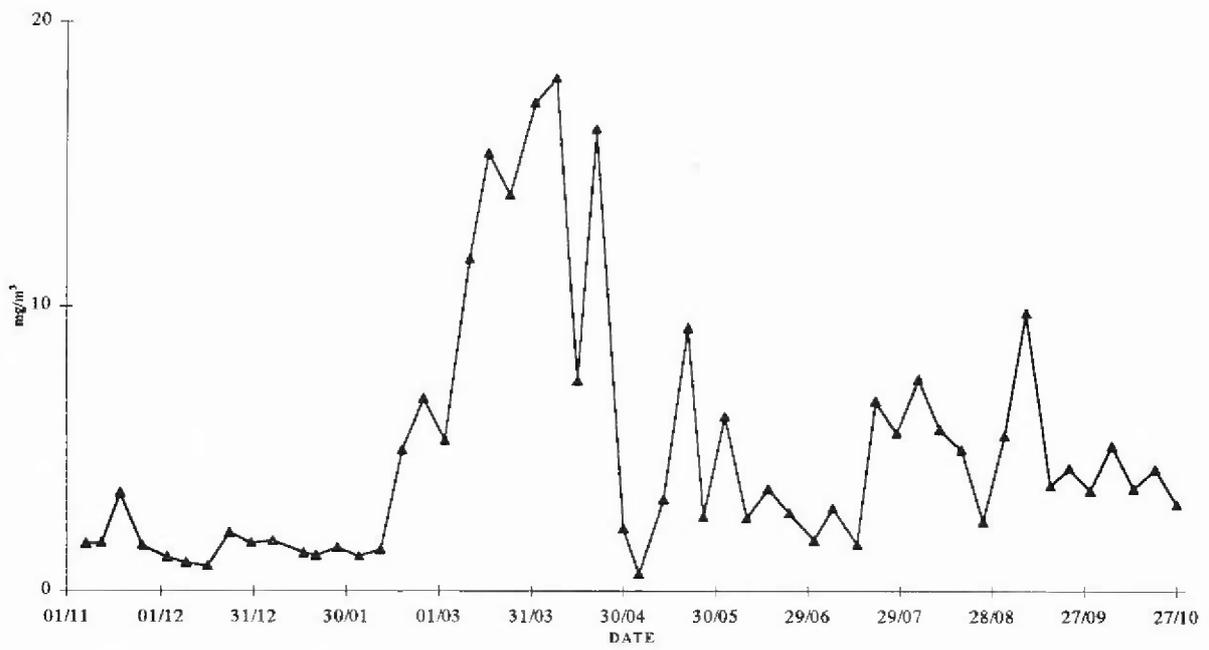


Fig. 4.1. Biomasse chlorophyllienne

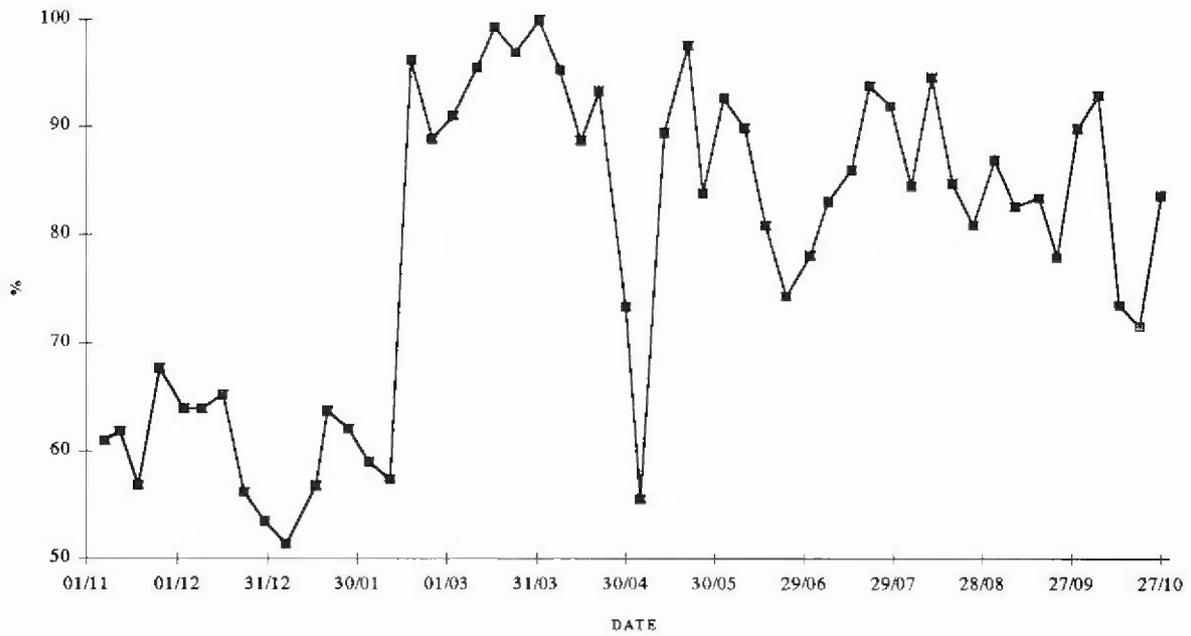


Fig. 4.2 Pourcentage de chlorophylle active

n°	DATES	CHLOROPHYLLE (mg/m <sup>3</sup> )	% CHLOROPHYLLE active
45/96	07/11/96	1.68	60.95
46/96	12/11/96	1.71	61.84
47/96	18/11/96	3.45	56.83
48/96	25/11/96	1.62	67.72
49/96	03/12/96	1.21	63.94
50/96	09/12/96	1.00	63.91
51/96	16/12/96	0.88	65.26
52/96	23/12/96	2.06	56.19
01/97	30/12/96	1.69	53.46
02/97	06/01/97	1.78	51.35
03/97	16/01/97	1.35	56.76
04/97	20/01/97	1.25	63.72
05/97	27/01/97	1.53	62.09
06/97	03/02/97	1.22	59.00
07/97	10/02/97	1.45	57.35
08/97	17/02/97	4.93	96.21
09/97	24/02/97	6.76	88.86
10/97	03/03/97	5.28	91.01
11/97	11/03/97	11.65	95.53
12/97	17/03/97	15.34	99.30
13/97	24/03/97	13.89	96.95
14/97	01/04/97	17.11	100.00
15/97	08/04/97	18.00	95.31
16/97	15/04/97	7.37	88.71
17/97	21/04/97	16.20	93.34
18/97	30/04/97	2.18	73.36
19/97	05/05/97	0.59	55.52
20/97	13/05/97	3.20	89.45
21/97	21/05/97	9.23	97.63
22/97	26/05/97	2.59	83.84
23/97	02/06/97	6.11	92.64
24/97	09/06/97	2.55	89.89
25/97	16/06/97	3.58	80.87
26/97	23/06/97	2.73	74.35
27/97	01/07/97	1.79	78.10
28/97	07/07/97	2.91	83.05
29/97	15/07/97	1.64	86.02
30/97	21/07/97	6.65	93.85
31/97	28/07/97	5.53	91.97
32/97	04/08/97	7.43	84.53
33/97	11/08/97	5.65	94.63
34/97	18/08/97	4.94	84.76
35/97	25/08/97	2.43	80.92
36/97	01/09/97	5.42	86.94
37/97	08/09/97	9.76	82.63
38/97	16/09/97	3.68	83.47
39/97	22/09/97	4.30	77.96
40/97	29/09/97	3.52	89.86
41/97	06/10/97	5.08	92.97
42/97	13/10/97	3.59	73.59
43/97	20/10/97	4.26	71.65
44/97	27/10/97	3.03	83.66

Tab. 4.1. Biomasse chlorophyllienne et pourcentage de chlorophylle active

## b. Succession des espèces planctoniques.

Nous allons maintenant nous intéresser à la composition du phytoplancton.

*Phaeocystis*, est responsable d'écumes et d'eaux turbides particulièrement visibles dans le canal de rejet de la centrale. On le voit en petites quantités le 21 janvier et le 10 février. Il est présent sans interruption du 11 mars au 21 avril. Pendant un mois, du 24 mars au 21 avril, le nombre de cellules observées dépassent 500 000. Cette année, on constate deux pics de *Phaeocystis*. Le premier, le plus important, est situé avant le pic de chlorophylle. Le second correspond à une chute brutale des teneurs en chlorophylle. Pendant toute cette période, la chlorophylle très active est comprise entre 88 et 100 %.

On a compté	Date	nombre de cellules/litre
	21 janvier	13 000
	10 février	79 000
	11 mars	54 000
	17 mars	185 000
	24 mars	672 000
	1 <sup>er</sup> avril	3 424 000
	8 avril	503 000
	15 avril	1 442 000
	21 avril	768 000

En dehors de *Phaeocystis*, on observe plus de 100 000 cellules de diatomées par litre aux dates suivantes :

Date	Nombre de diatomées (cellules par litre)	espèce(s) dominante(s)
17 février	352 000	<i>Chaetoceros</i> , <i>Rhizosolenia</i>
3 mars	232 000	<i>Chaetoceros curvisetum</i>
11 mars	444 000	<i>Chaetoceros curvisetum</i>
17 mars	510 000	<i>Chaetoceros curvisetum</i> , <i>Nitzschia seriata</i>
24 mars	604 000	<i>Chaetoceros curvisetum</i> , <i>Chaetoceros sociale</i>
1 <sup>er</sup> avril	475 000	<i>Asterionella glacialis</i> , <i>Nitzschia seriata</i>
8 avril	174 000	<i>Nitzschia</i>
21 mai	210 000	<i>Rhizosolenia delicatula</i> , <i>Rhizosolenia setiger</i>
26 mai	116 000	<i>Rhizosolenia delicatula</i>
2 juin	201 000	<i>Rhizosolenia delicatula</i>
21 juillet	222 000	<i>Chaetoceros</i>
4 août	182 000	<i>Rhizosolenia shrubsolei</i>
11 août	420 000	<i>Rhizosolenia shrubsolei</i>
18 août	652 000	<i>Chaetoceros curvisetum</i> , <i>Leptocylindrus</i> , <i>Rhizosolenia delicatula</i>
1 <sup>er</sup> septembre	310 000	<i>Nitzschia delicatissima</i> , <i>Chaetoceros sociale</i>
8 septembre	472 000	<i>Chaetoceros curvisetum</i> , <i>Thalassiosira rotula</i> , <i>Asterionella glacialis</i>
16 septembre	212 000	<i>Nitzschia</i> , <i>Asterionella glacialis</i>

Comme le montre cette énumération et la figure 4.5, on voit 3 floraisons importantes : du 17 février au 8 avril ; du 21 mai au 2 juin et du 21 juillet au 16 septembre. Elles correspondent évidemment à des teneurs élevées en chlorophylle. La période de faible production qui va du 15 avril au 15 mai correspond à une période pluvieuse, mais surtout à l'efflorescence de *Phaeocystis*.

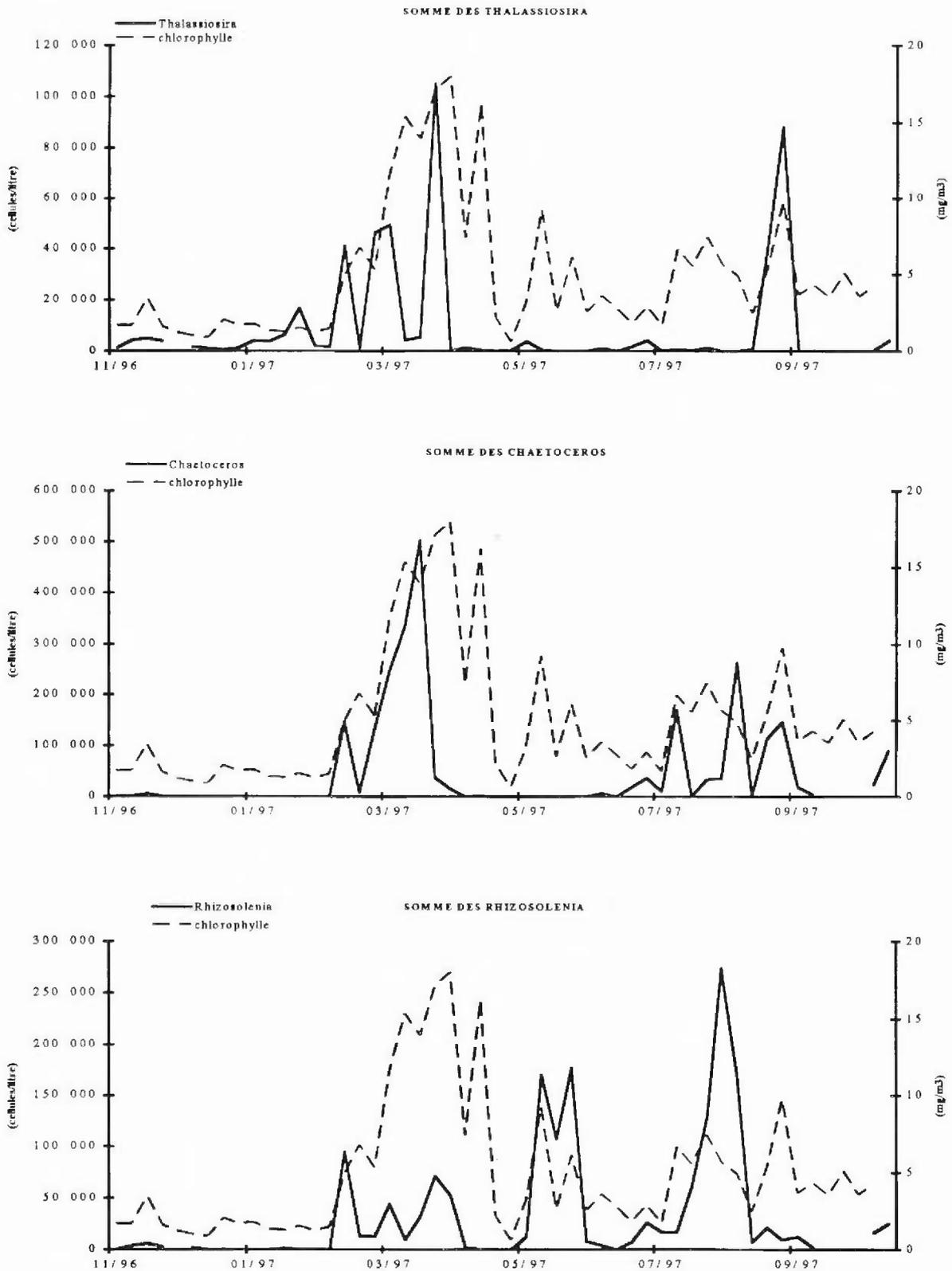


Fig. 4.4. Biomasse chlorophyllienne et succession d'espèces phytoplanctoniques

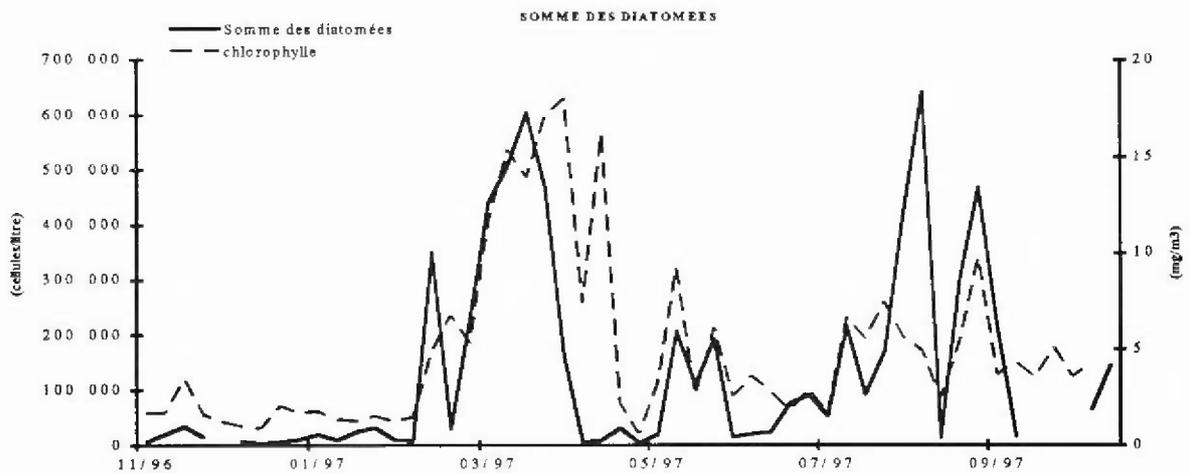
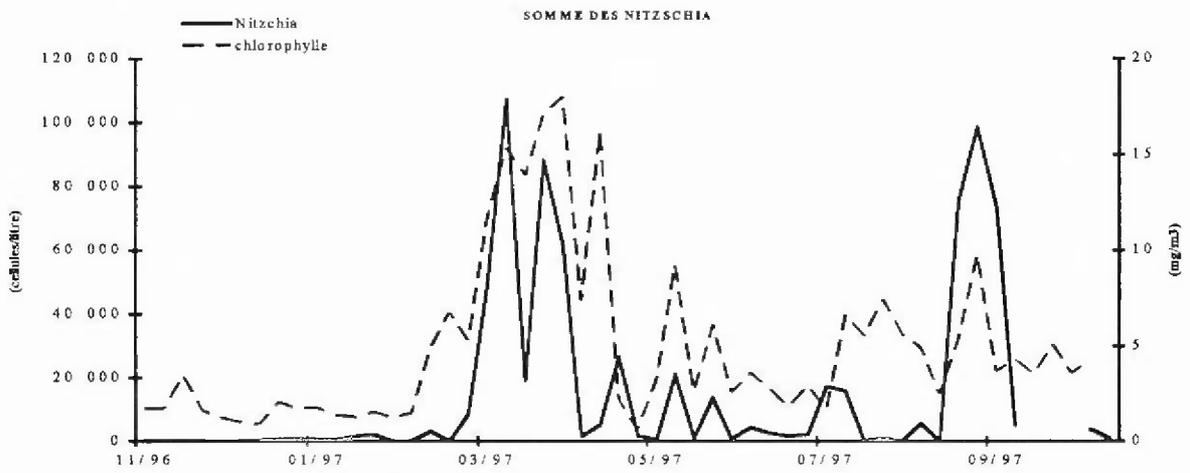
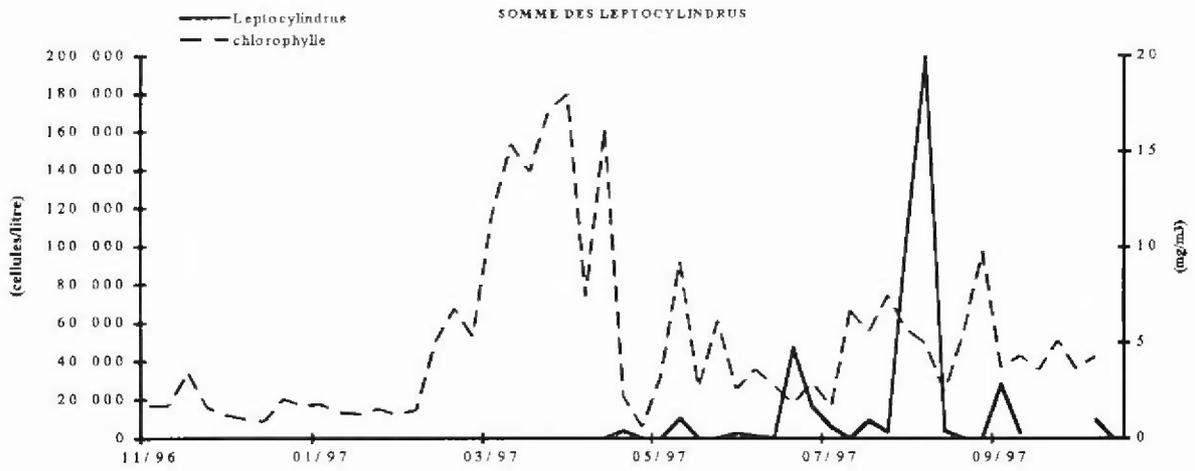


Fig. 4.5. Biomasse chlorophyllienne et succession d'espèces phytoplanctoniques

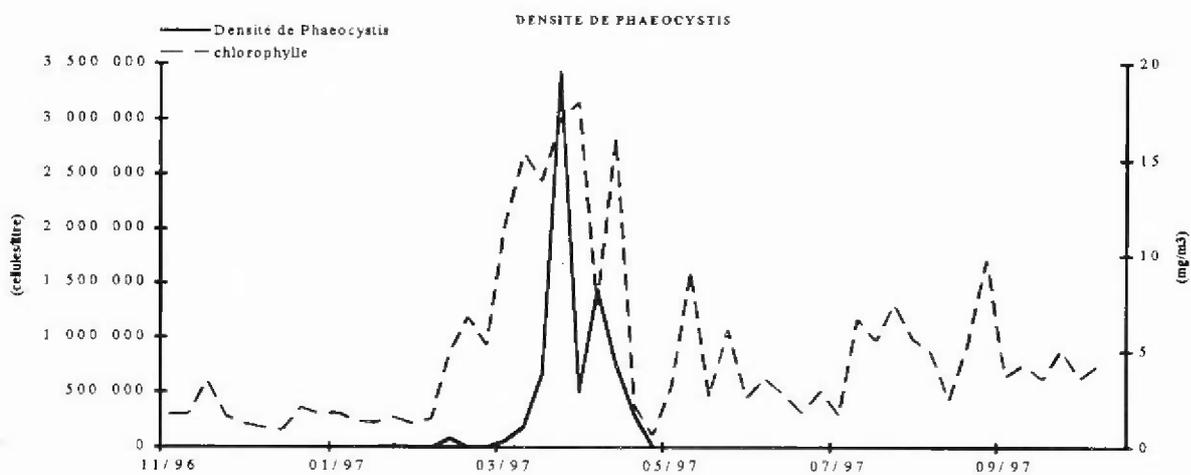
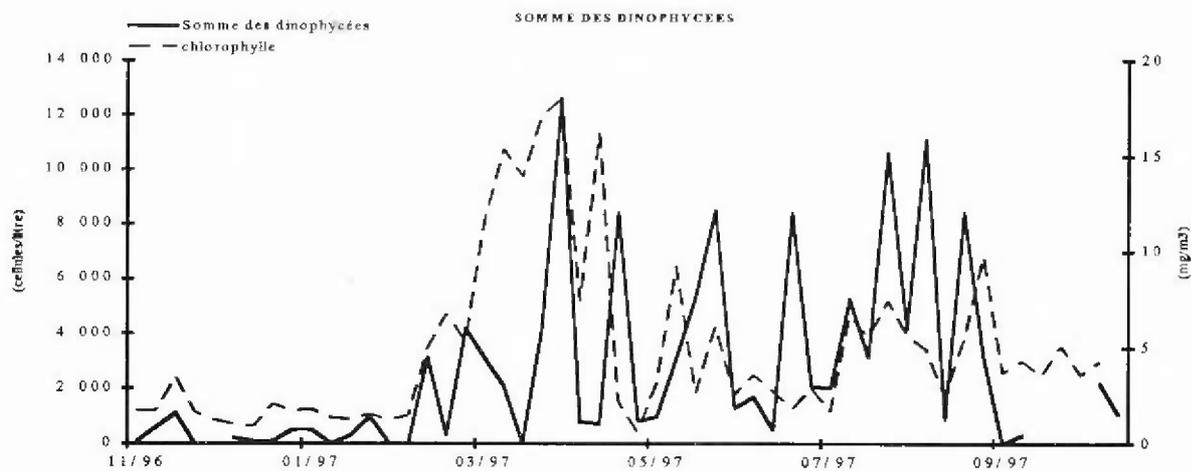


Fig. 4.6. Biomasse chlorophyllienne et succession d'espèces phytoplanctoniques.

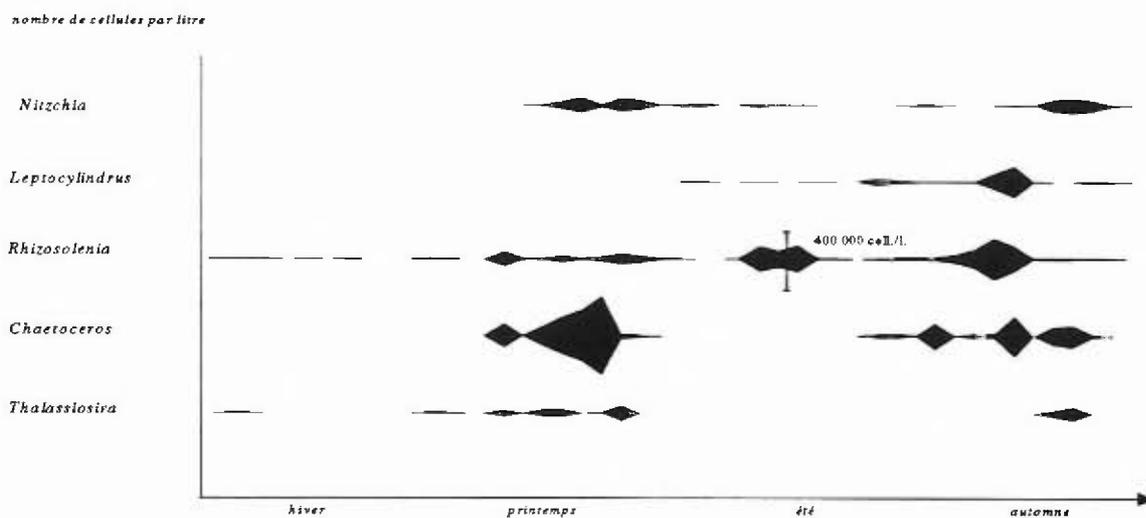


Fig. 4.7. Densité de quelques genres phytoplanctoniques

## II. IMPACT DE LA CENTRALE : CAMPAGNES DU 8 AVRIL ET DU 16 SEPTEMBRE

Les figures 4.1 et 4.2 permettent de situer les deux campagnes de prélèvement sur les courbes d'évolution annuelle de la biomasse chlorophyllienne d'une part, et du pourcentage de chlorophylle active d'autre part. Ce dernier montre l'état physiologique des pigments chlorophylliens et leur aptitude à se régénérer.

La campagne du 8 avril correspond au premier pic de chlorophylle. La teneur ( $18 \text{ mg/m}^3$ ) est la plus élevée de toute l'année. Elle se situe à la fin de la première floraison printanière de phytoplancton.

La campagne a eu lieu dans la période d'efflorescence planctonique à *Phaeocystis*, elle se situe entre les deux maxima.

La campagne de printemps se situe au paroxysme de l'activité de la chlorophylle avec une valeur de 95 %.

Le 16 septembre, les biomasses chlorophylliennes sont très faibles ( $3,68 \text{ mg/m}^3$ ), au niveau des valeurs automnales. Elles succèdent au dernier pic de chlorophylle où la teneur avoisine  $10 \text{ mg/m}^3$ .

Le 16 septembre, la chlorophylle est encore active (83 %). Elle est dans la phase de décroissance progressive qui a commencé au début du mois d'août.

### a. Biomasse chlorophyllienne

Sur la figure 4.8 est représentée la biomasse chlorophyllienne des échantillons d'eau aux différentes stations de prélèvement.

Le 8 avril, le déficit de biomasse chlorophyllienne entre le canal d'amenée et le rejet est de 28 %. Au niveau du point de contrôle la stratification constatée par les relevés de température se retrouve au niveau des teneurs en chlorophylle. En effet, le déficit entre la surface et le fond est de 28 %. Les teneurs en chlorophylle sont semblables au rejet et au point de contrôle fond. L'eau chlorée à son passage dans la centrale et le mauvais mélange des masses d'eau à cette station expliquent sans doute que la teneur en chlorophylle soit si faible au point de contrôle surface.

La station de référence est assez homogène et se situe dans des valeurs proches de celles relevées au canal d'amenée. Il n'y a pas de gradient côte-large significatif, confirmant ce qui a été noté au niveau des températures.

La campagne automnale s'est déroulée alors que du chlore était injecté dans les installations. On voit sur la figure 4.2 que l'impact de la chloration est ressenti jusqu'au point de contrôle. En effet, le déficit entre le point de contrôle surface et le canal d'amenée est de 30 %.

Les teneurs en chlorophylle sont beaucoup plus élevées au canal de rejet qu'au canal d'amenée, ce qui est inattendu, mais se retrouve aussi au niveau de la salinité (34,83 et  $34,79 \text{ ‰}$ ).

La station de référence, non impactée, a des valeurs de chlorophylle proches de celles relevées au canal d'amenée.

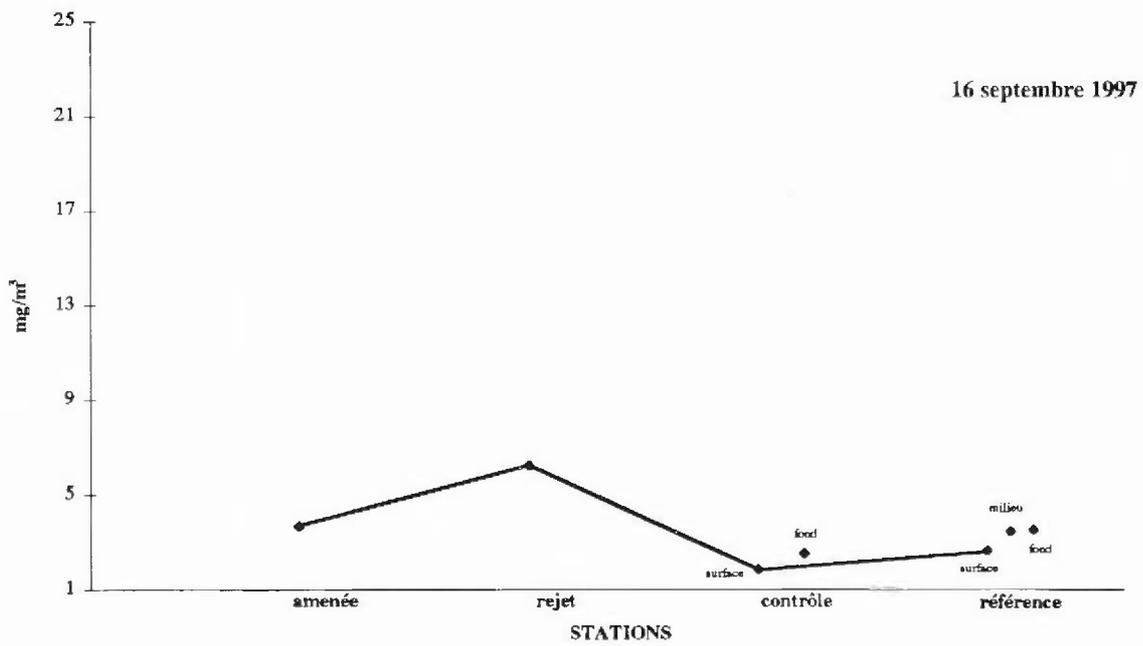
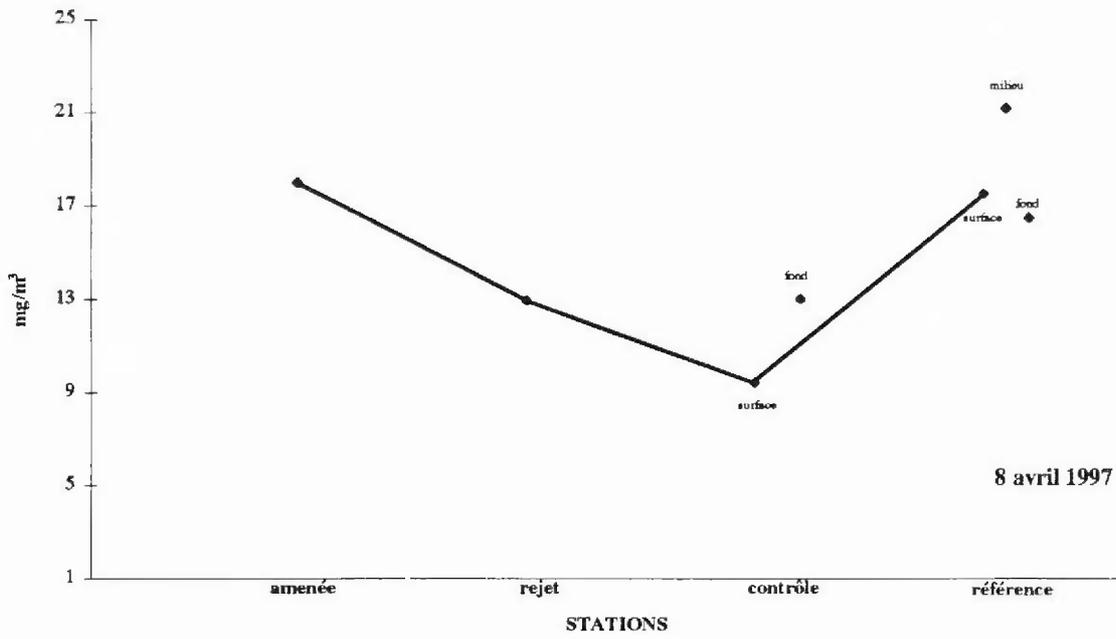


Fig. 4.8. Impact de la centrale sur la biomasse chlorophyllienne.

	station	nombre d'échantillons	moyenne	écart-type
8 avril 1997	canal d'amenée	4	18.01	1.30
	rejet	4	12.96	2.34
	contrôle surface	4	9.41	0.38
	contrôle fond	4	13.01	0.90
	référence surface	2	17.52	1.30
	référence milieu	2	21.18	0.66
	référence fond	1	16.49	0.00
16 septembre 1997	canal d'amenée	4	3.68	0.19
	rejet	4	6.26	0.63
	contrôle surface	4	1.87	0.45
	contrôle fond	4	2.53	0.59
	référence surface	2	2.67	0.07
	référence milieu	2	3.47	0.40
	référence fond	2	3.54	0.11

Tab. 4.2. Biomasse chlorophyllienne ( $mg/m^3$ )

### b. Pourcentage de chlorophylle active

La figure 4.9 présente les différents pourcentages de chlorophylle active aux stations lors des deux campagnes de prélèvement.

La chlorophylle est altérée en passant dans la centrale. Les deux graphiques de la figure 4.9 se ressemblent ; le déficit est plus marqué pour la campagne automnale.

Le 8 avril, le pourcentage de chlorophylle active chute de 6 % entre le canal d'amenée et le canal de rejet. Il chute encore de 3 % en arrivant au point de contrôle surface. Les valeurs à la station de référence sont proches de celles relevées au canal d'amenée.

Le 16 septembre, les cellules subissent une altération de 13 % lors de leur passage dans la centrale, encore 7 % avant d'atteindre le point de contrôle surface. A la station de référence, le pourcentage de chlorophylle active est au niveau des teneurs trouvées au canal d'amenée.

La chloration a un effet négatif sur l'état physiologique des cellules lors des 2 campagnes.

	station	nombre d'échantillons	moyenne	écart-type
8 avril 1997	canal d'amenée	4	95.31	3.77
	rejet	4	89.93	1.74
	contrôle surface	4	86.45	1.40
	contrôle fond	4	89.65	3.52
	référence surface	2	98.76	0.17
	référence milieu	2	95.15	1.27
	référence fond	1	92.87	0.00
16 septembre 1997	canal d'amenée	4	83.47	1.20
	rejet	4	70.23	0.46
	contrôle surface	4	63.81	3.40
	contrôle fond	4	74.77	4.78
	référence surface	2	95.90	1.24
	référence milieu	2	89.99	7.15
	référence fond	2	89.75	1.20

Tab. 4.3. pourcentage de chlorophylle active

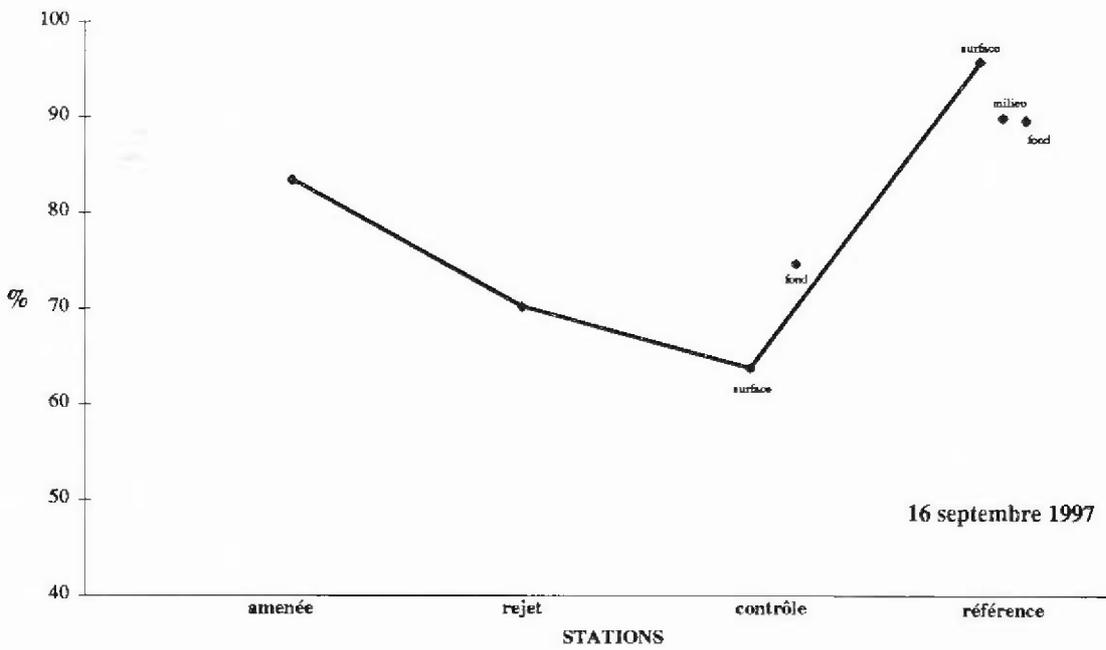
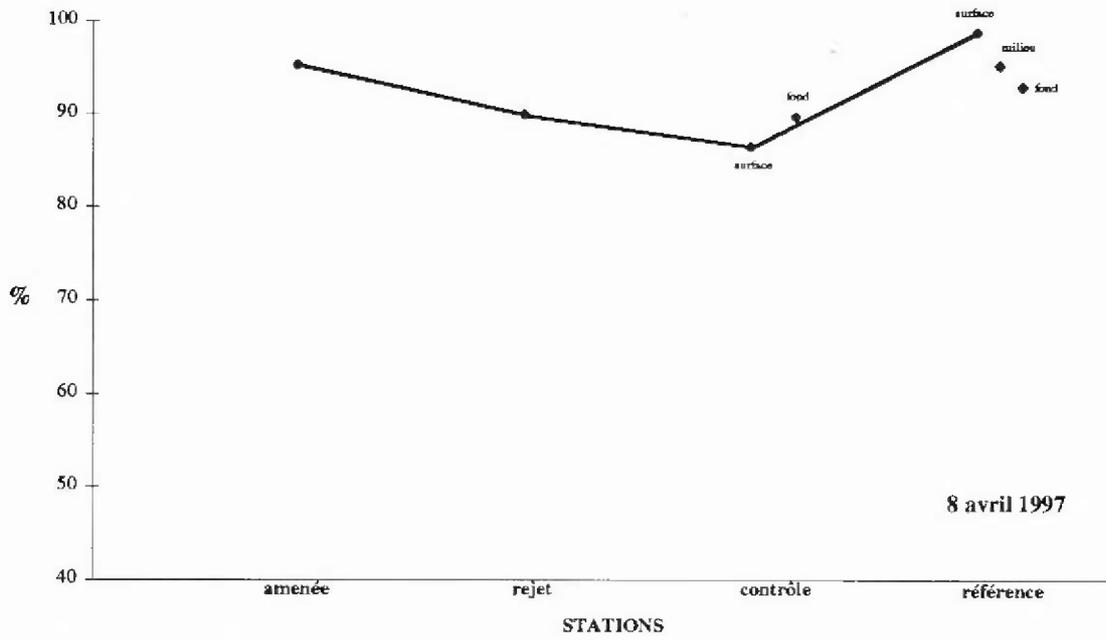


Fig. 4.9. Impact de la centrale sur le pourcentage de chlorophylle active

## CONCLUSION,

En 1997, le maximum de chlorophylle est le plus faible observé ces dernières années. La campagne de printemps a eu lieu à la fin de la première floraison de phytoplancton et au milieu de l'efflorescence de *Phaeocystis*. Celle d'automne arrive juste après le dernier pic de chlorophylle. Du chlore était injecté dans les circuits lors du déroulement des deux campagnes. Son effet est bien visible tant au niveau de la biomasse que de l'activité chlorophyllienne. En effet la dégradation des teneurs et des pourcentages se prolonge jusqu'à la station de contrôle. Lors des deux campagnes, les masses d'eau étaient stratifiées comme le montrent les différences de teneurs et de pourcentages visibles entre le fond et la surface à la station de contrôle.

**CHAPITRE V**

**ZOOPLANCTON - BIOMASSES ET ESPECES**

**DINOFLAGELLES NOCTILUQUES**

**Geneviève LE FEVRE-LEHOËRFF  
Jacqueline LE GRAND**



## METHODOLOGIE

Les missions annuelles, destinées à évaluer l'impact par la comparaison spatiale des prélèvements selon un axe côte-large, ont été réalisées le 8 avril 1997 pour la mission printanière et le 16 septembre pour la mission d'automne. Les variations saisonnières du milieu non impacté sont estimées par la surveillance au canal d'entrée de centrale. Les prélèvements de zooplancton au point entrée sont réalisés selon une périodicité d'un prélèvement par mois. Les résultats obtenus peuvent s'appuyer sur les données de chlorophylle et température mesurées selon une périodicité hebdomadaire.

La surveillance permet de suivre l'évolution du plancton au canal d'entrée, en relation avec les conditions météorologiques générales de l'année. On détecte ainsi, l'arrivée à date variable des blooms de *Phaeocystis*, noctiluques ou *Pleurobrachia*. Ces organismes risquent de produire des colmatages au moment du maximum d'abondance avec des conséquences différentes selon l'espèce. Au moment où les maxima de *Phaeocystis* (de fin mars à mai selon les années) ou les noctiluques (variable également) se produisent, il y a risque de colmatage des engins de prélèvements, les filets à plancton WP2 de vide de maille 200 µm en particulier. Les conséquences sont d'une part une mauvaise évaluation quantitative des abondances spécifiques et des biomasses (refoulement et évitement à l'entrée du filet) et d'autre part une évaluation erronée de certains paramètres. Un exemple est celui des biomasses totales (poids sec) et composition en carbone et Azote de la récolte si le mélange zooplanctonique et *Phaeocystis* est très important. Quand il s'agit de la prolifération des cténaïres *Pleurobrachia* ou *Beroe* au printemps les individus adultes sont de taille suffisante pour provoquer le colmatage des grilles des tambours de filtration d'eau à l'entrée du circuit de refroidissement des condenseurs. Le risque apparaît au niveau du fonctionnement de la centrale, ce qui pose un problème d'ordre technique sérieux pour le fonctionnement et la sécurité de la centrale. Quand l'arrivée est trop massive la circulation peut être impossible dans certaines tranches et conduire à l'arrêt de une ou plusieurs tranches.

	Prélèvements de zooplancton (filet 200 µm)			
	Entrée	Rejet	Contrôle	Référence
14.11.96	+			
16.12.96	+			
28.01.97	+			
19.02.97	+			
04.03.97	+			
08.04.97	+	+	+	+
21.05.97	+			
16.06.97	+			
08.07.97	+			
05.08.97	+	+	+	+
16.09.97	+			
01.10.97	+			

## RESULTATS

### BIOMASSES (POIDS SECS), CARBONE ET AZOTE ZOOPLANCTONIQUES

#### 5.1. Surveillance au canal d'entrée (figures 5.1 et 5.2, tableaux 5.1 et 5.2)

Les poids secs présentent des valeurs oscillant de 20 à 40 mg m<sup>-3</sup> de novembre 96 à mars 97, valeurs plus élevées que l'année précédente. Les valeurs ensuite croissent jusqu'au maximum annuel le 21 mai avec 172 mg m<sup>-3</sup>.

Les biomasses du mois de juin n'ont pu être estimées, les valeurs étant le 16 juin anormalement élevées, n'ont pas été retenues. L'examen des échantillons formolés a montré (voir résultats des comptages) que les dinoflagellés noctiluques étaient responsables de ces valeurs aberrantes.

La période du mois d'août et septembre montre des valeurs normales correspondant à une bonne production de zooplancton : 55 à 70 mg m<sup>-3</sup> en poids sec.

Les pourcentages de carbone et d'azote présentent deux périodes de maxima. En 1997, les maxima se produisent d'abord dès février avec 26 % de carbone et 6 % d'azote dans le poids sec, et surtout en juillet avec 35 % de carbone et 9 % d'azote.

Le rapport C/N indice de l'état physiologique du zooplancton varie de 4.5 à 6 dans les cas moyens. Des valeurs élevées se produisent quand le zooplancton présente une plus forte dégradation, c'est le cas en décembre / janvier (C/N > 7).

#### 5.2 Missions du 8 avril 1997 et du 16 septembre 1997 (figures 5.3 et 5.4, tableaux 5.1 et 5.2)

La mission du 8 avril se marque par des valeurs très contrastées entre la prise rejet d'une part (valeurs de 32 mg m<sup>-3</sup> et 46 mg m<sup>-3</sup> en poids sec) et contrôle référence d'autre part (103 et 82 mg m<sup>-3</sup>), on remarque également pour cette mission que les % d'azote et % de carbone sont faibles et que le C/N augmente entre le rejet et la référence. Il n'est pas simple d'interpréter ces gradients. Il est indispensable de comparer ces résultats avec les résultats hydrologiques. On peut remarquer qu'à cette époque le DT est particulièrement élevé entre la prise 9°8 et le rejet (21°2) DT = 11°4 et on peut penser que les biomasses élevées trouvées au large du rejet sont composées en partie de plancton en cours de dégradation (C/N > 6 contrôle et proche de 8 en référence).

Pour la mission d'automne aucun gradient anormal n'est signalé. Le plancton présente des valeurs plus faibles au point contrôle mais les % de carbone, % d'azote et C/N ont des valeurs normales.

## LES ESPECES (Abondances)

### 5.2.1. Surveillance au canal d'amenée (figures 5.5 à 5.10, tableaux 5.3, 5.4 et 5.5)

Les dinoflagellés noctiluques et les espèces zooplanctoniques ont été suivies quantitativement au canal d'entrée avec la même périodicité que les biomasses.

#### Les noctiluques

En 1997 les noctiluques n'ont pas montré de développement aussi précoce qu'en 1996. Ceci est dû bien évidemment aux conditions météorologiques de l'hiver : le 6 janvier 97 la température à l'entrée était 0°2. Les températures sont restées inférieures à 5° jusqu'au 10 février. Pendant la période suivante mars et avril les températures se sont relevées normalement.

En 1997, le cycle des noctiluques a ensuite été marqué par la durée d'un été et automne chaud qui a permis aux populations de maintenir des densités élevées depuis fin mai jusqu'en octobre.

#### Les espèces zooplanctoniques

Le zooplancton total présente des valeurs normales et une bonne production entre mars et octobre le maximum annuel est marqué en août 97 (4000 ind/m<sup>3</sup>) le minimum en janvier 97 (70 ind/m<sup>3</sup>).

Les copépodes constituent toujours un fort pourcentage des récoltes cependant variable selon la saison. L'année 1997 est marquée, comme il a déjà été dit plus haut par l'influence des basses températures hivernales, le copépode qui a le mieux réussi dans ces conditions a été *Pseudocalanus*, tandis que la production de *Temora longicornis* et *Centropages hamatus* s'est trouvée défavorisée. Plusieurs générations se produisant chaque année pour chaque espèce la reproduction estivale semble équivalente à celle de l'année passée.

*Acartia clausi* petite espèce qui s'adapte bien aux températures élevées a bien profité de l'automne 96 doux et des températures favorables de l'été et automne 1997.

Les cténaires *Pleurobrachia* et *Beroe* ont été moins abondants en 1997 qu'en 1996. Les comparaisons entre les récoltes au filet 200 µm et filet 500 µm (récoltes halieutiques) ont permis d'affiner la période d'abondance maximale du 15 avril au 20 mai.

Les appendiculaires *Oikopleura dioica* et *Fritillaria borealis* ont, comme certains copépodes subit le retard de production à la fin de l'hiver et début du printemps. Ces herbivores thermophiles ont profité de la production phytoplanctonique à partir du mois de mai (400 ind / m<sup>3</sup>) mais la production annuelle a été plus faible qu'en 1996. Les chaetognathes *Sagitta setosa* en particulier holoplancton carnivores caractéristiques de l'automne a montré un cycle annuel normal avec une bonne production en automne 96 (25/m<sup>3</sup>) et automne 97 (40/m<sup>3</sup>) favorisée par des automnes doux et une bonne production à cette époque de zooplancton herbivores (nourriture).

Les larves d'annélides polychètes sont abondantes au printemps et à l'automne. *Lanice* atteint en 1997 des valeurs plus élevées qu'en 1996 avec plus de 150 larves / m<sup>3</sup> en septembre et octobre confirmant son caractère thermophile.

Les larves de cirripèdes au contraire ont pu profiter de l'hiver et du printemps froid 1997. En février 97 on note 1600 nauplii de cirripèdes / m<sup>3</sup>, ce qui correspond à la reproduction des espèces d'eau froide (*Balanus balanoides*). Les larves de gastéropodes sont estivales et présentent des valeurs normales. Une surveillance particulière doit être portée à une prolifération éventuelle de crépidules dans l'avant port ouest de Dunkerque.

## 5.2. Missions du 8 avril et 16 septembre 1997 (figures 5.1.1 à 5.17, tableaux 5.3, 5.4 et 5.5)

Les noctiluques sont absentes à la mission d'avril. L'impact noté en septembre ne s'applique qu'à une population de faible densité ( $90/m^3$ ) et est négligeable.

L'impact sur l'ensemble des espèces zooplanctoniques est faible pour les deux missions considérées. L'impact se manifeste soit au rejet soit plus loin au point contrôle. Les espèces les plus affectées en avril sont les larves de cirripèdes (déficit 89 %), les copépodes *Temora longicornis* et *Pseudocalanus minutus* (29 %), les appendiculaires (75 %). Au mois de septembre ce sont *Paracalanus* (72 %) *Euterpina acutifrons* (52 %), les cnidaires (95 %), les appendiculaires (98 %), les larves de gastéropodes (98 %), les larves d'ophiures (96 %).

## CONCLUSION

La période 1996-1997 a été marquée par l'influence des conditions météorologiques exceptionnelles avec un début d'hiver rigoureux en janvier et février, ce qui a provoqué un retard de production au printemps pour certaines espèces et une sélection sévère des espèces restantes comme les *Pseudocalanus* et les larves de *Balanus*.

Par contre l'été et l'automne aux températures clémentes de façon prolongée ont eu un effet favorable sur la reproduction des espèces estivales et automnales : noctiluques chaetognathes et larves de mollusques.

Aux deux missions printanière et automnale l'impact des effets de la centrale a montré des valeurs conformes aux résultats des années précédentes.

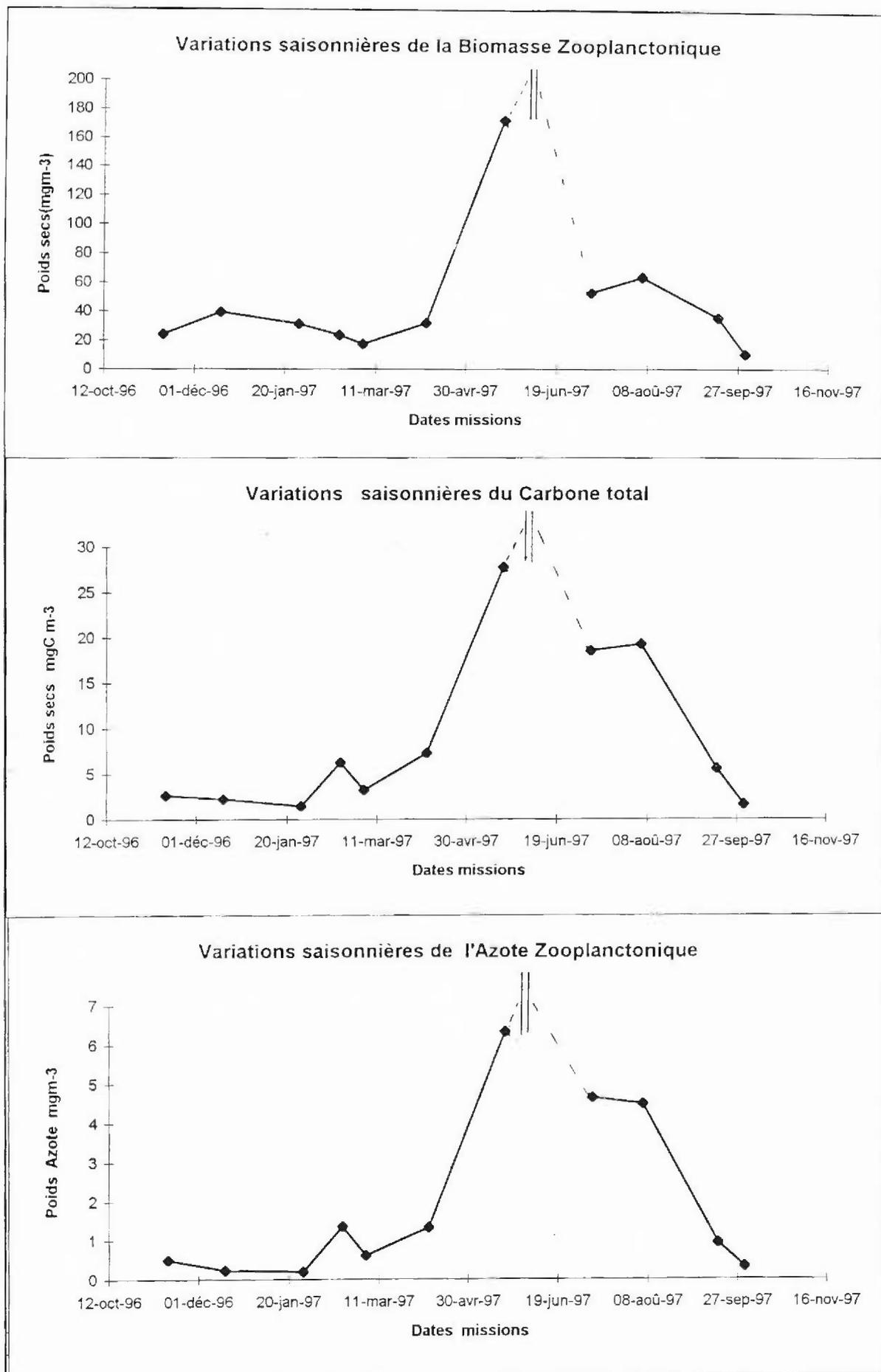


Fig.5.1

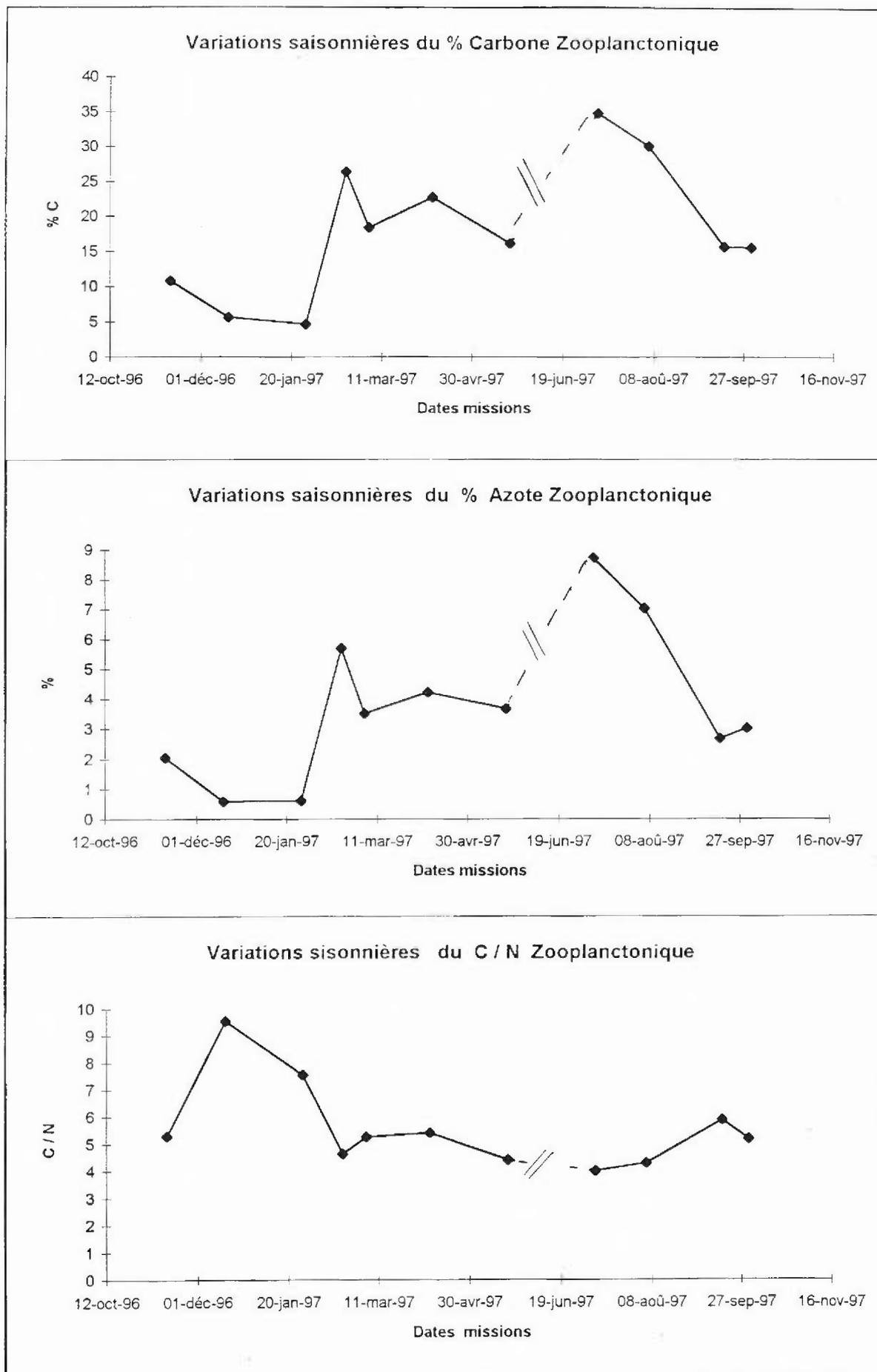


Fig.5.2

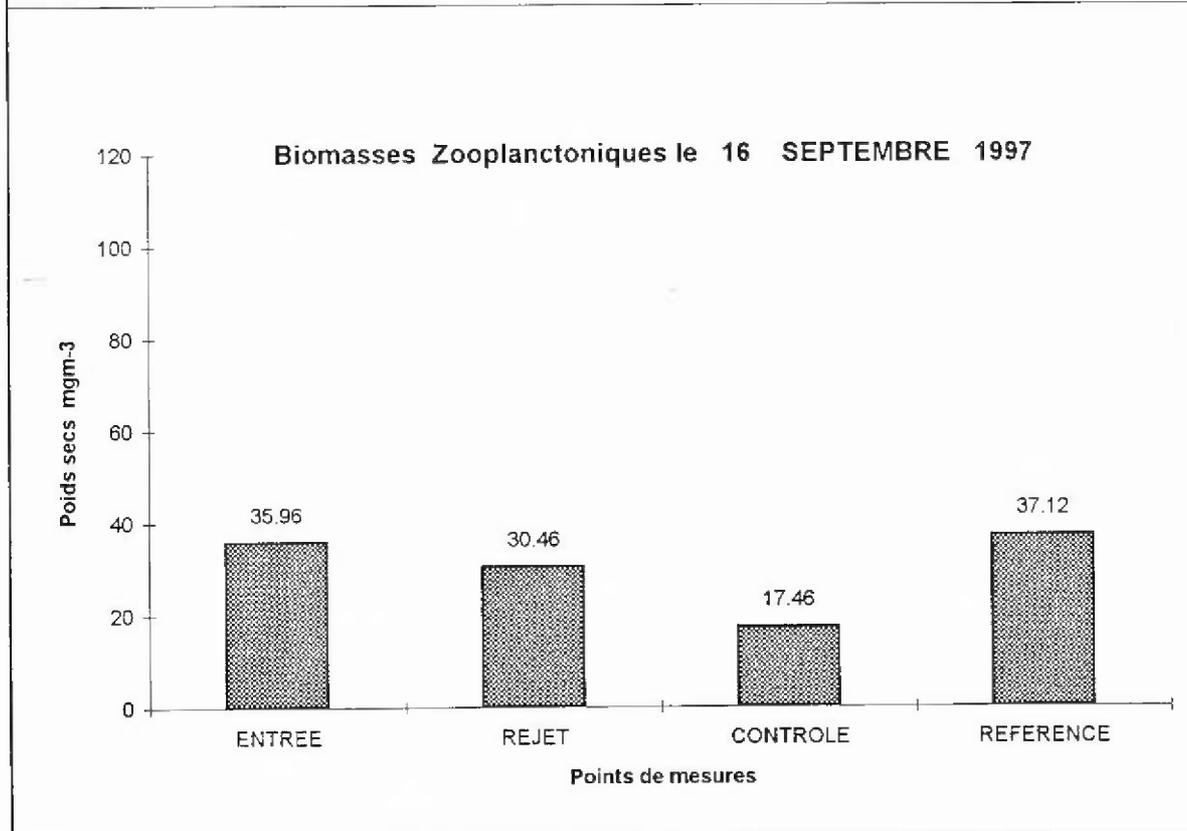
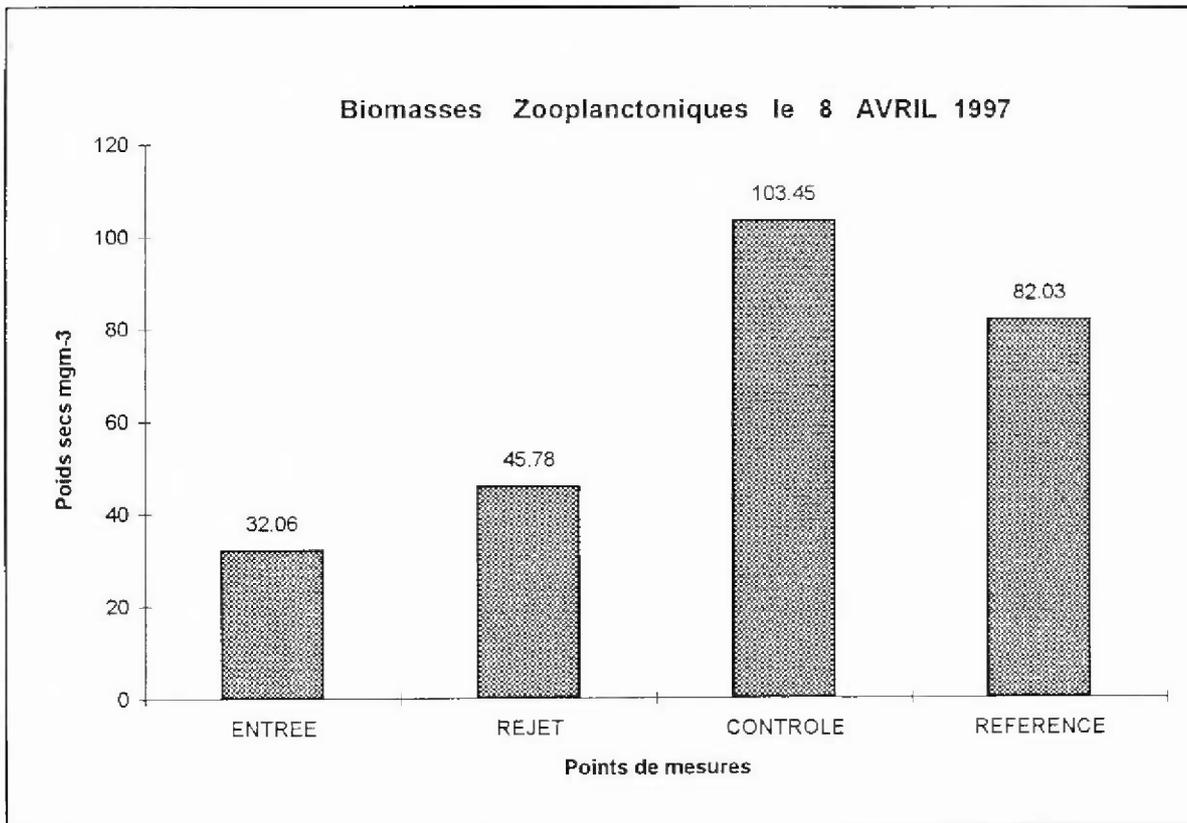


Fig.5.3

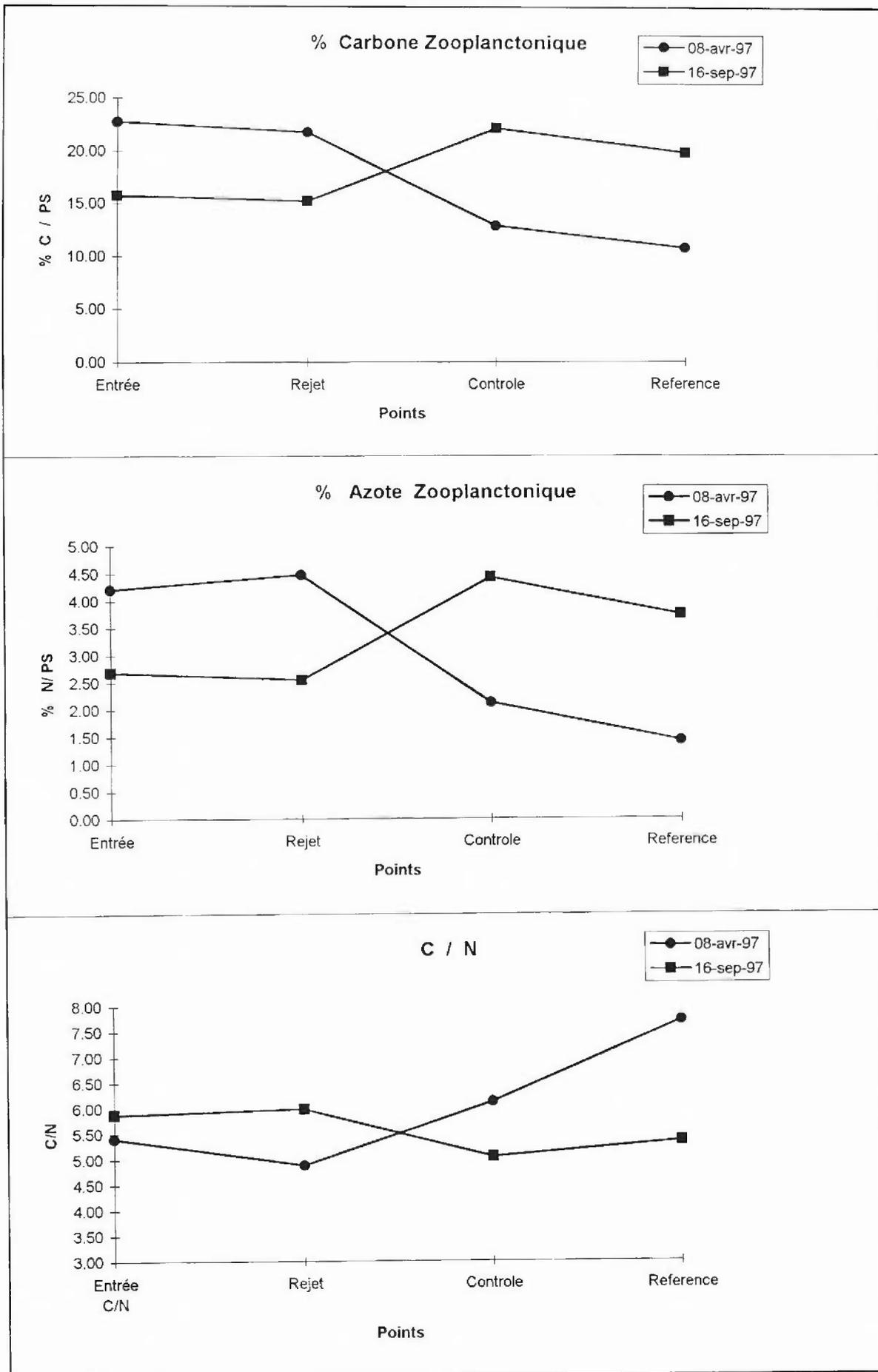
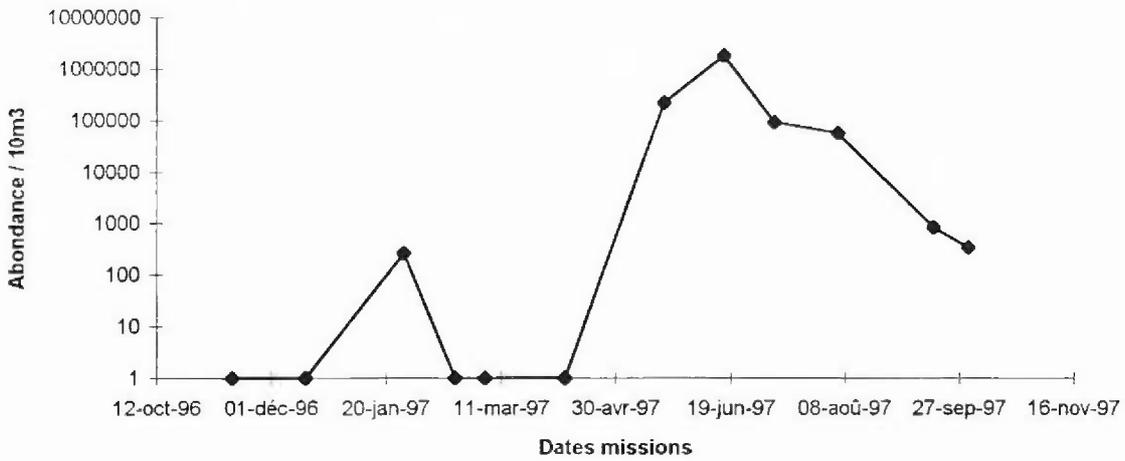
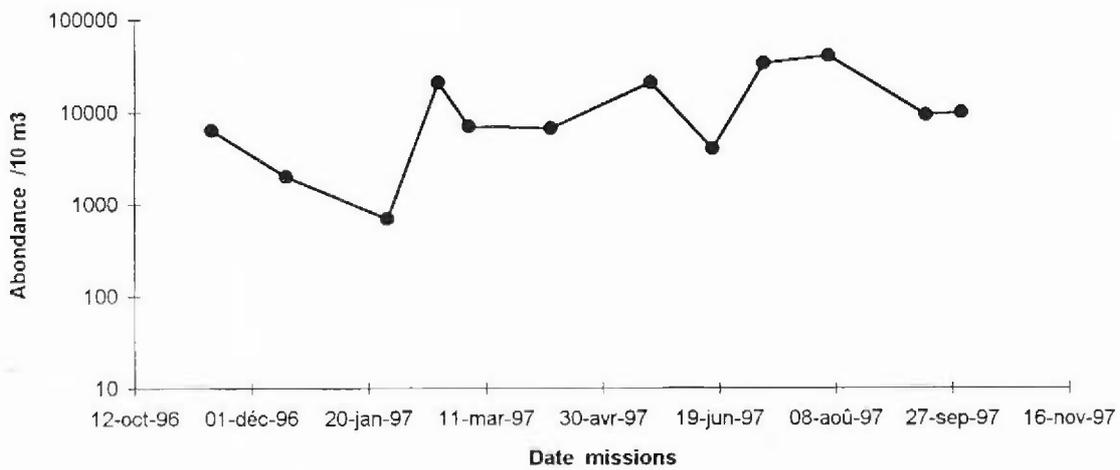


Fig.5.4  
60

### Variations saisonnières des Dinoflagellés Noctiluques



### Variations saisonnières du Zooplancton total



### Variations saisonnières du total Copépodes

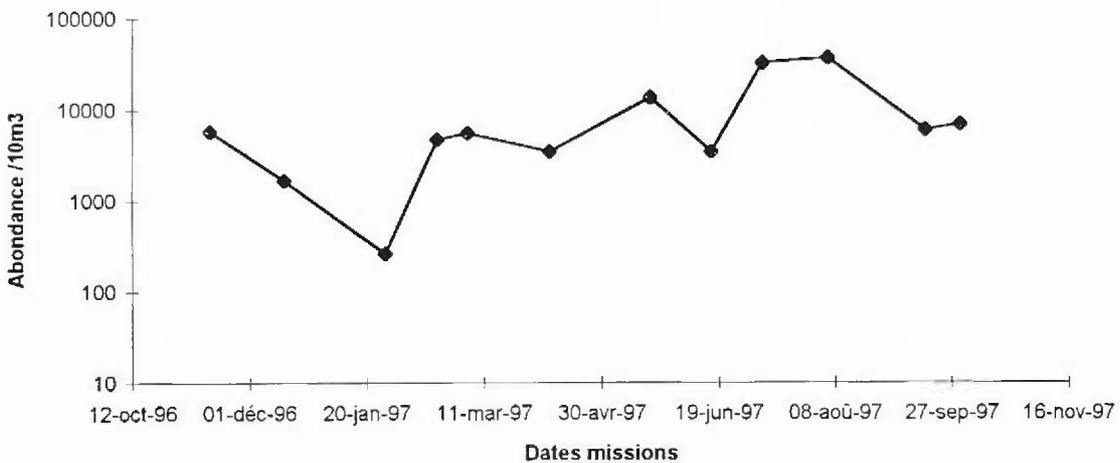


Fig 5.5

### Variations saisonnières du pourcentage des Copépodes principaux

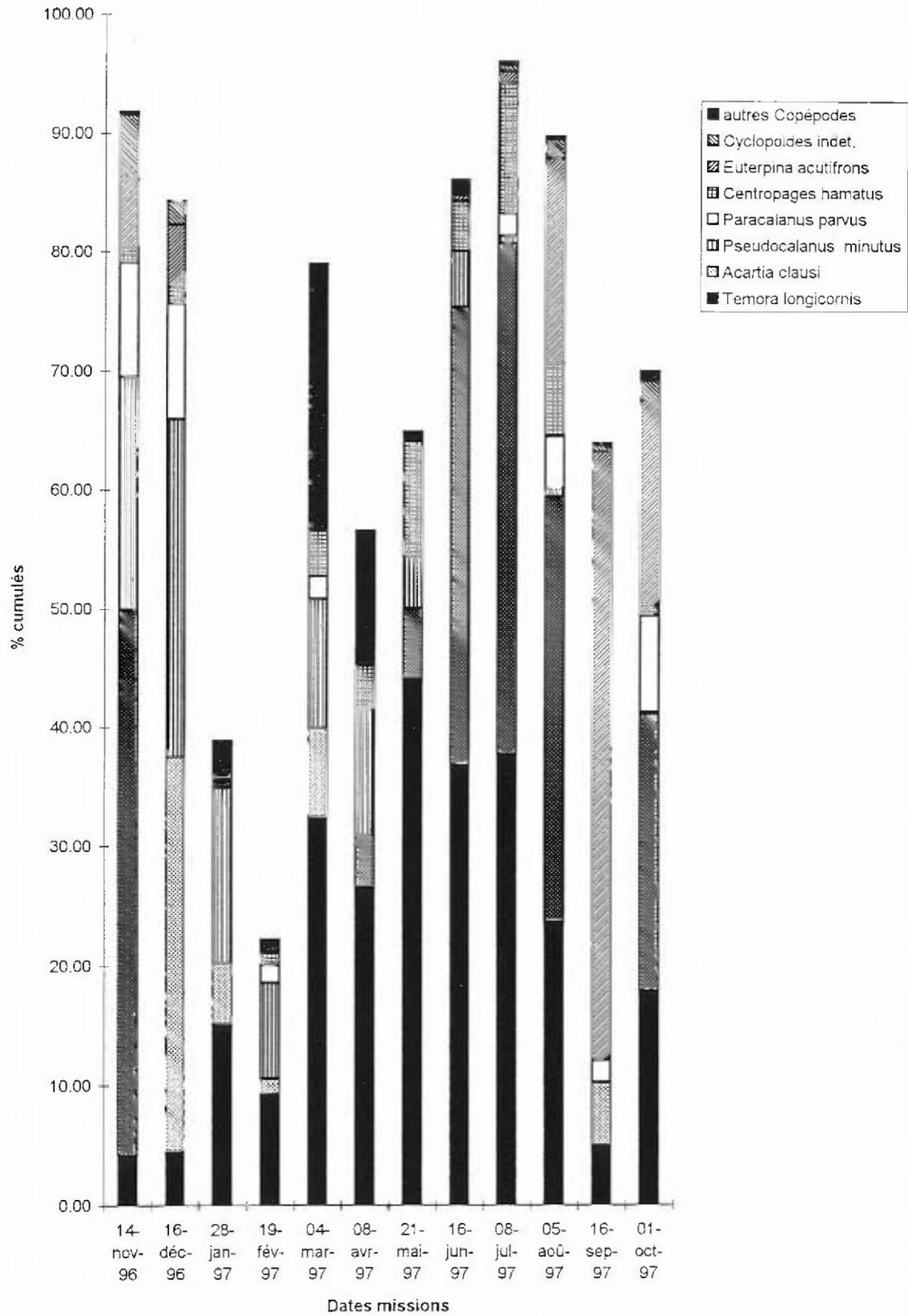


Fig 5.6  
62

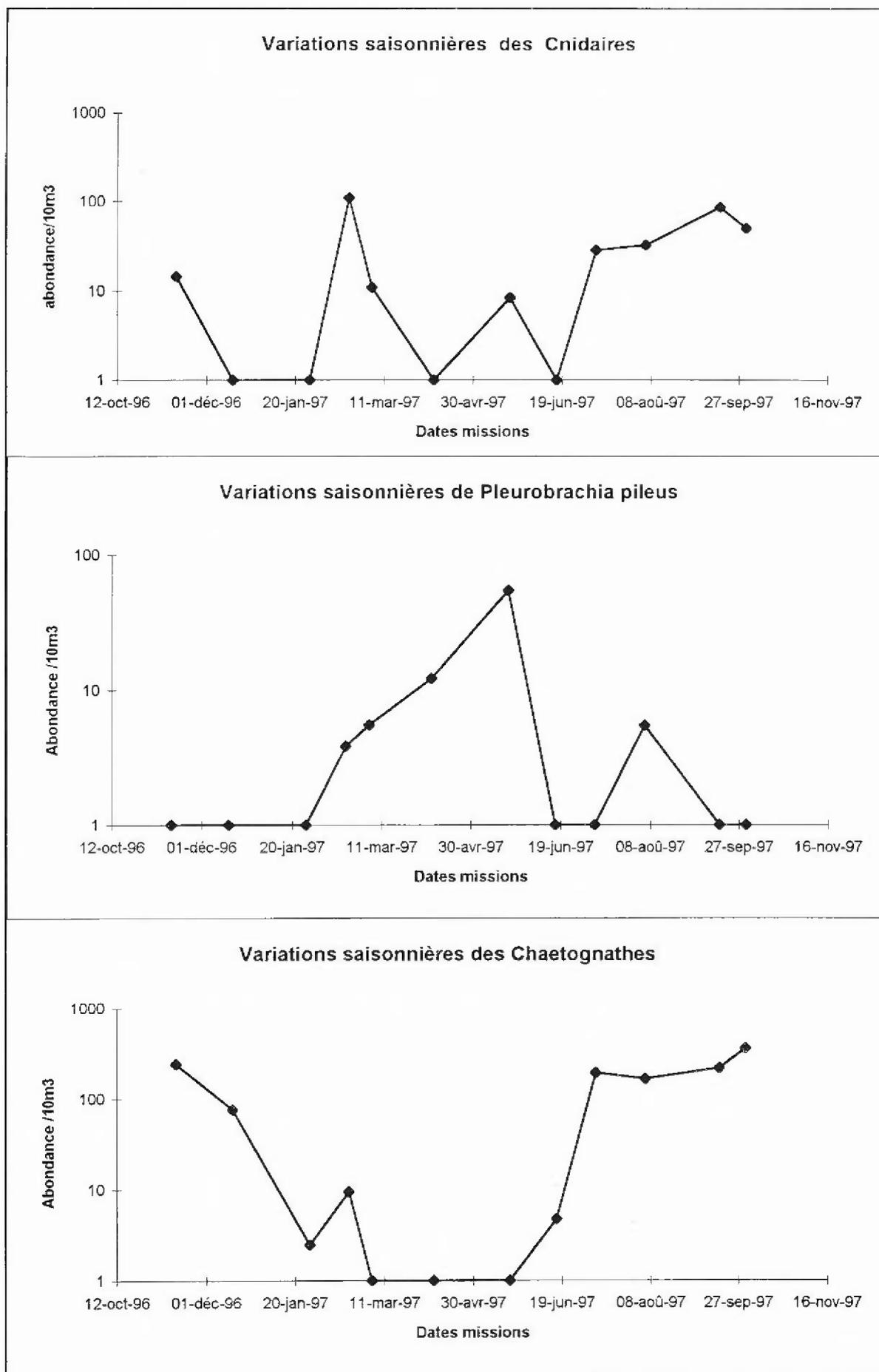
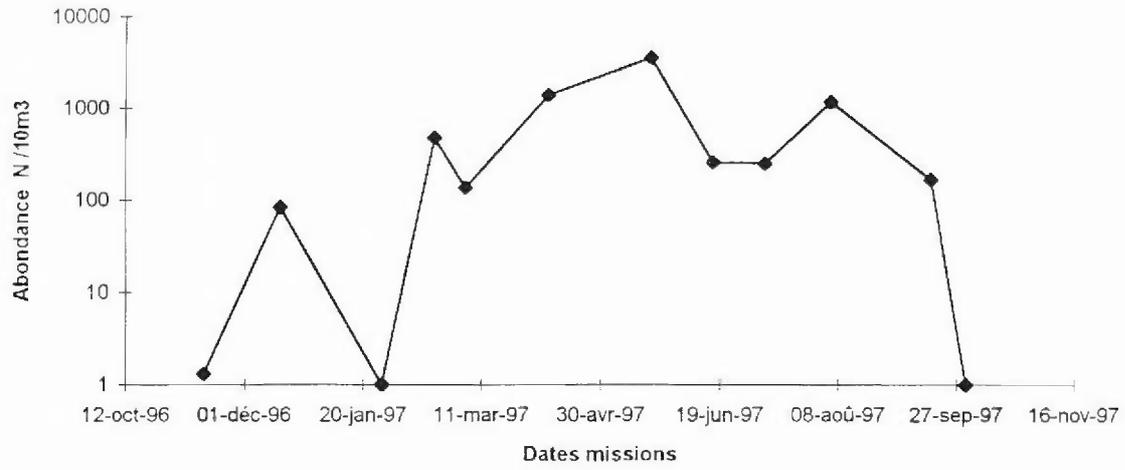
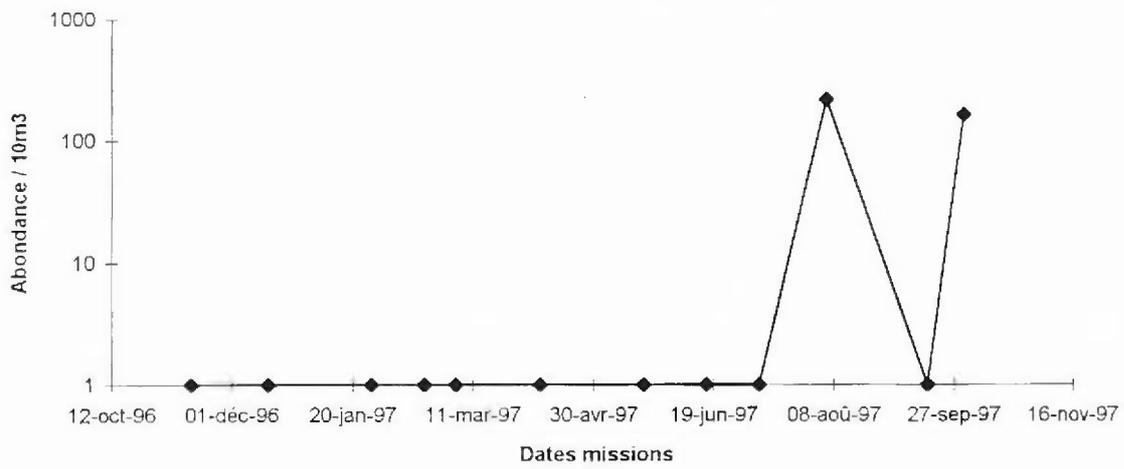


Fig.5.7

### Variations saisonnières des Appendiculaires



### Variations saisonnières des Cladocères



### Variations saisonnières des Mysidacés

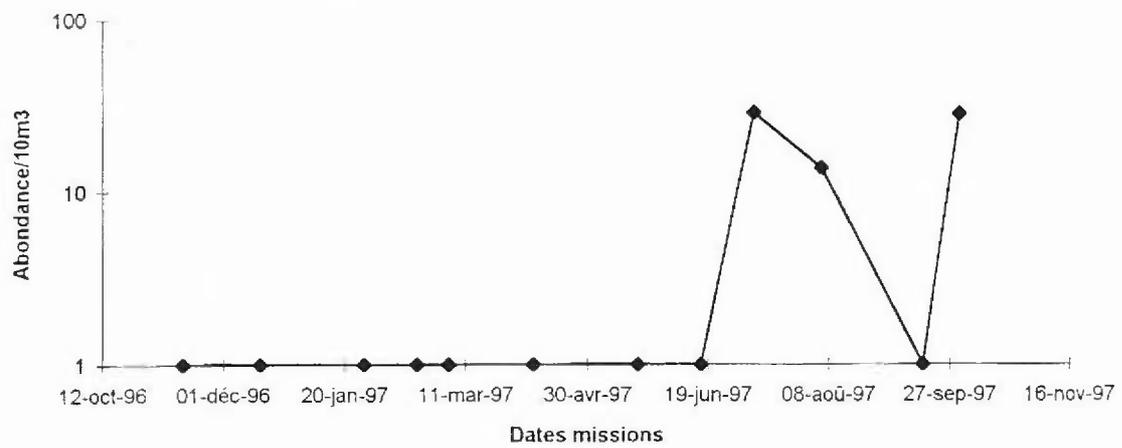


Fig.5. 8

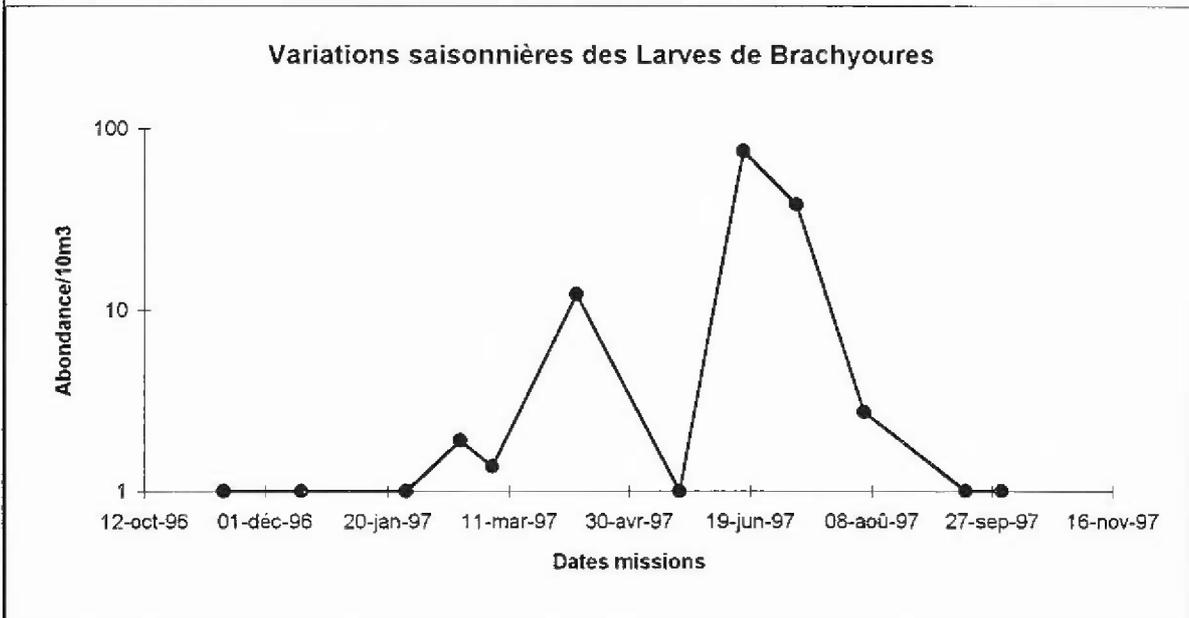
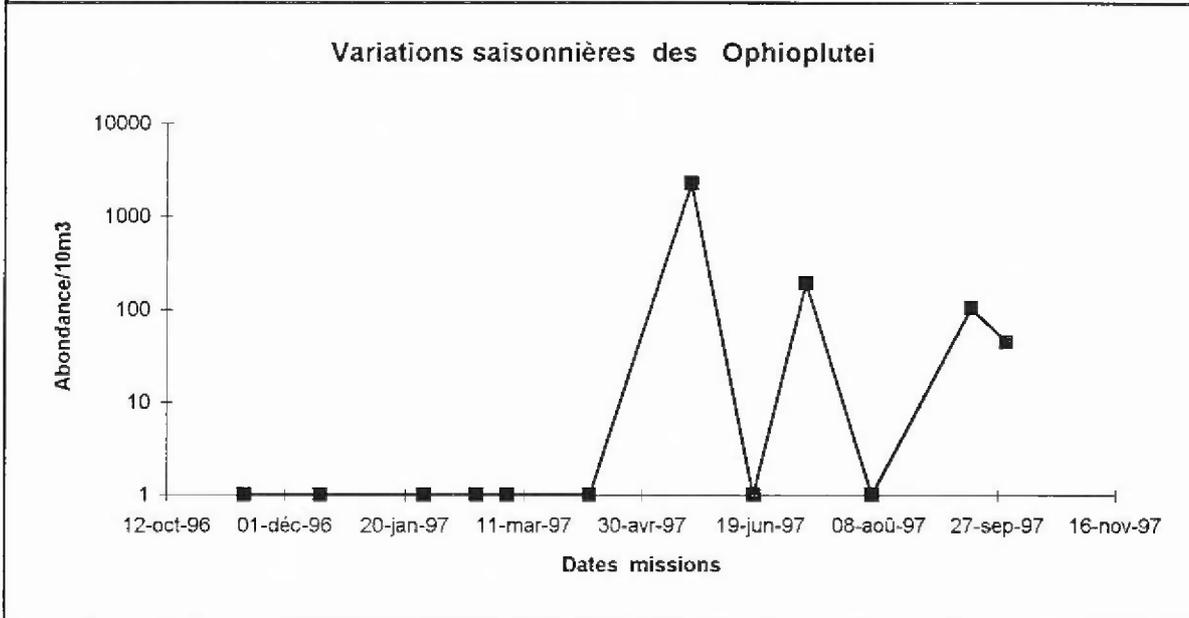
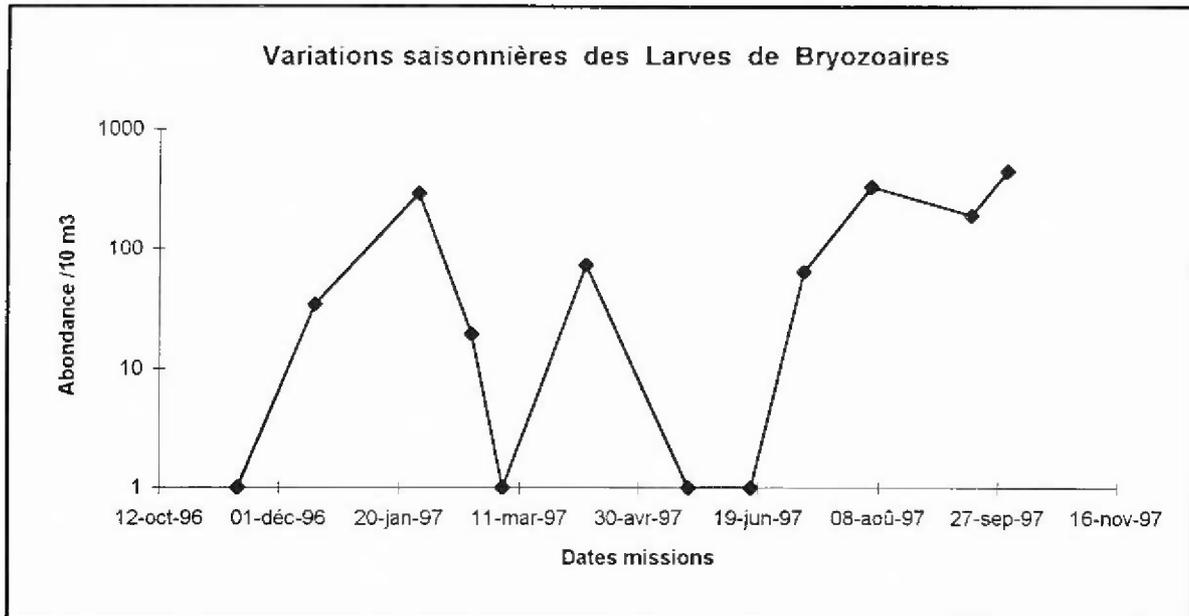


Fig.5.9  
65

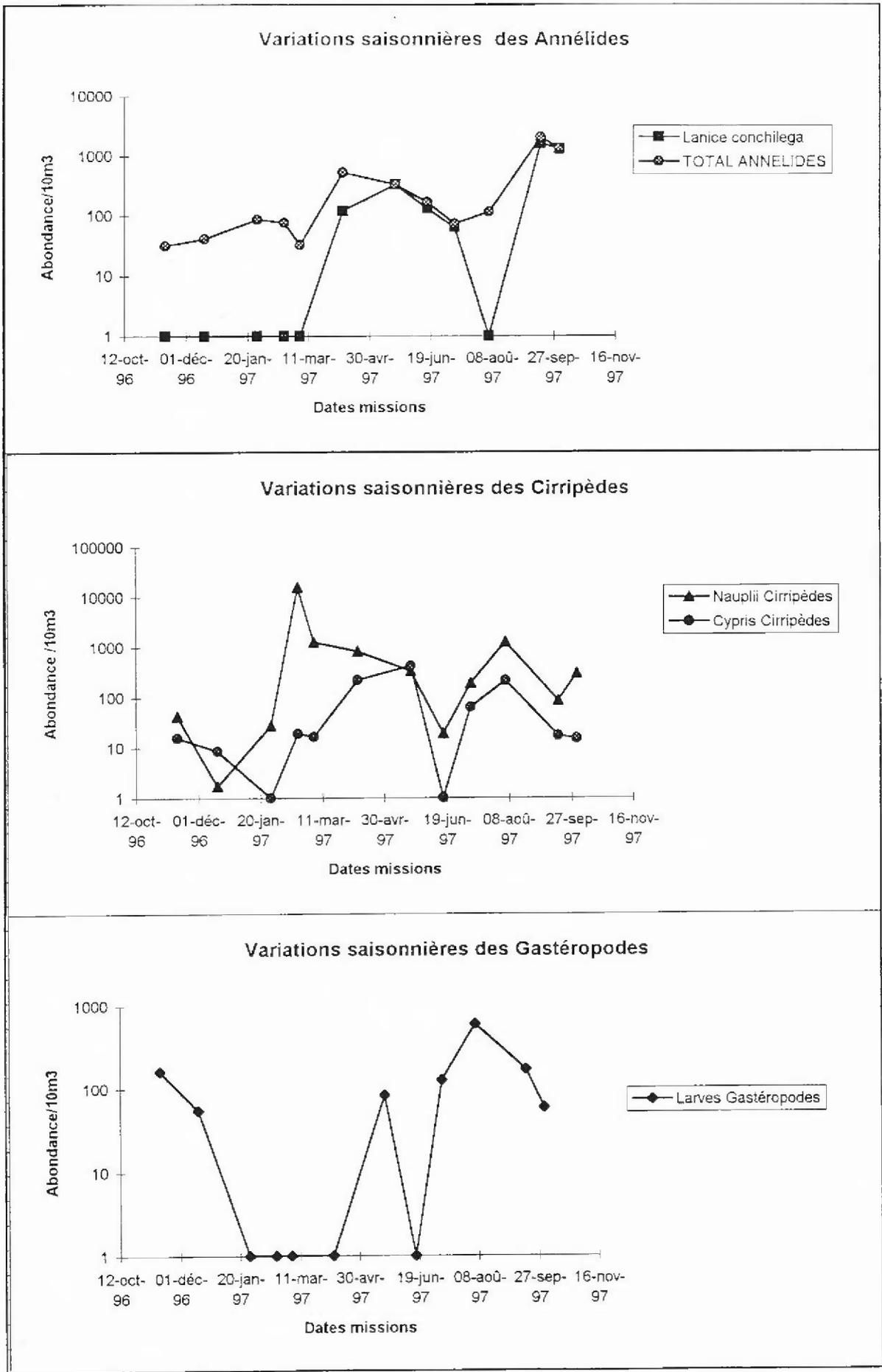


Fig.5. 10

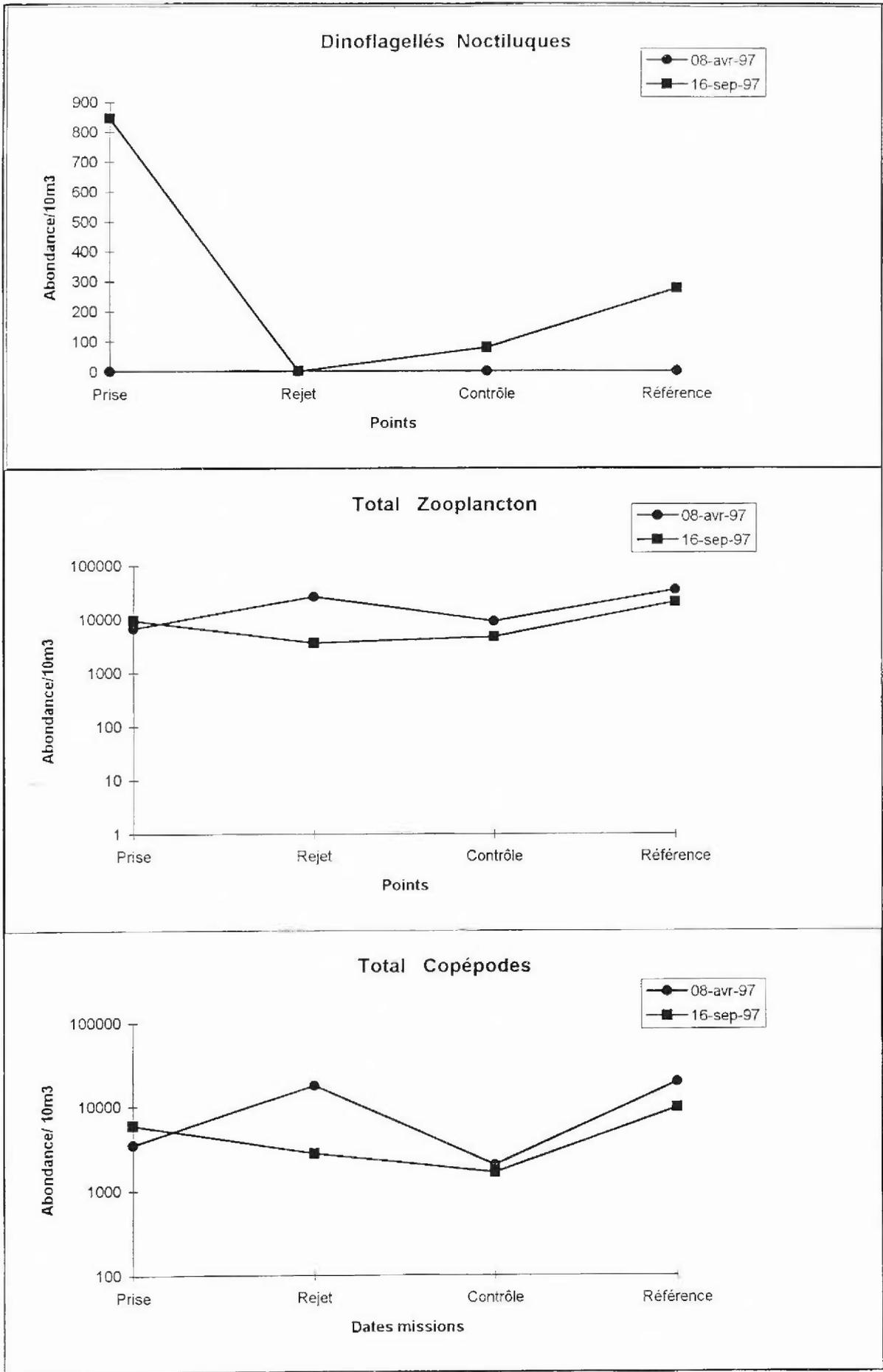


Fig.5. 11  
67

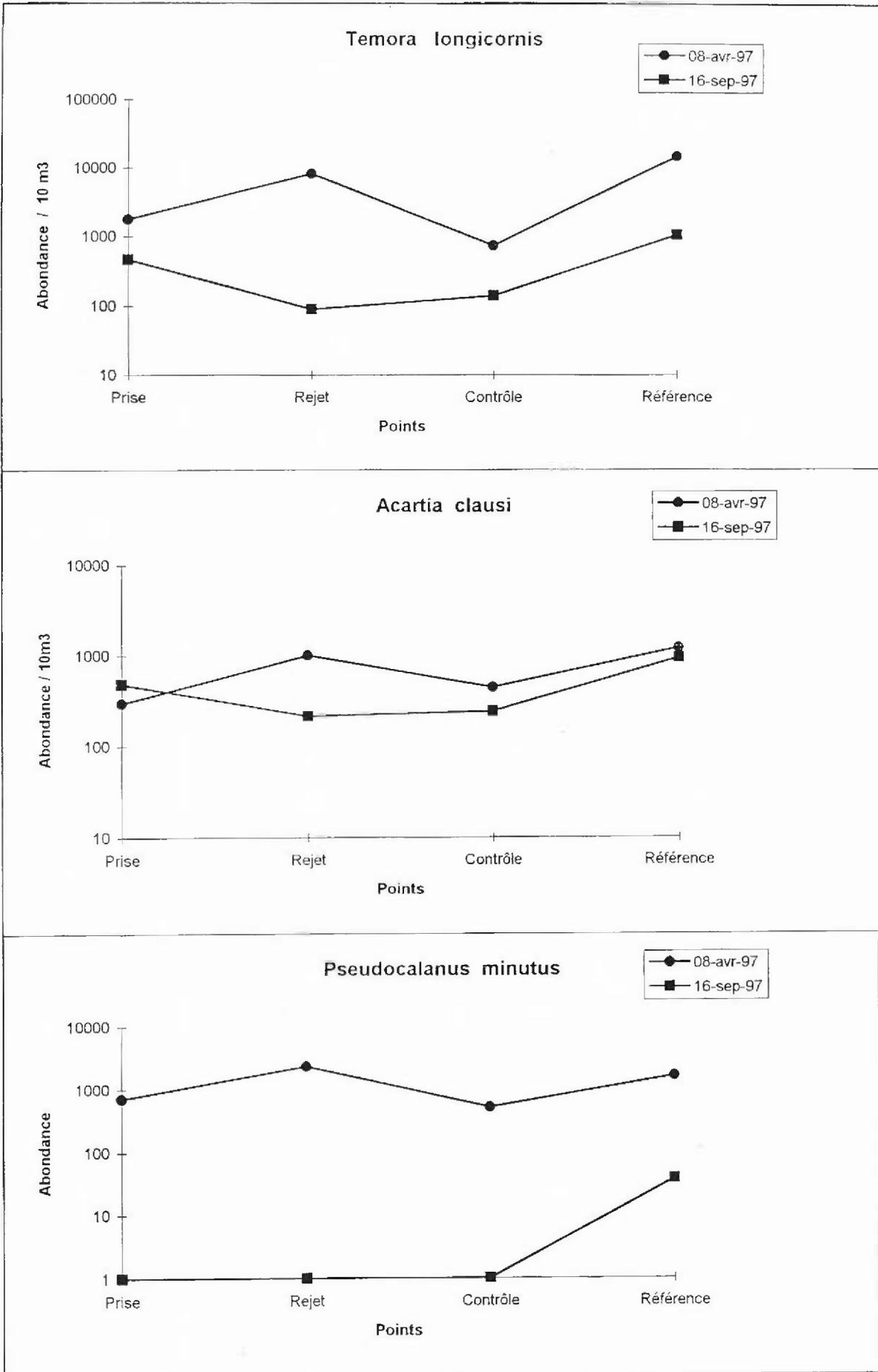


Fig.5. 12  
68

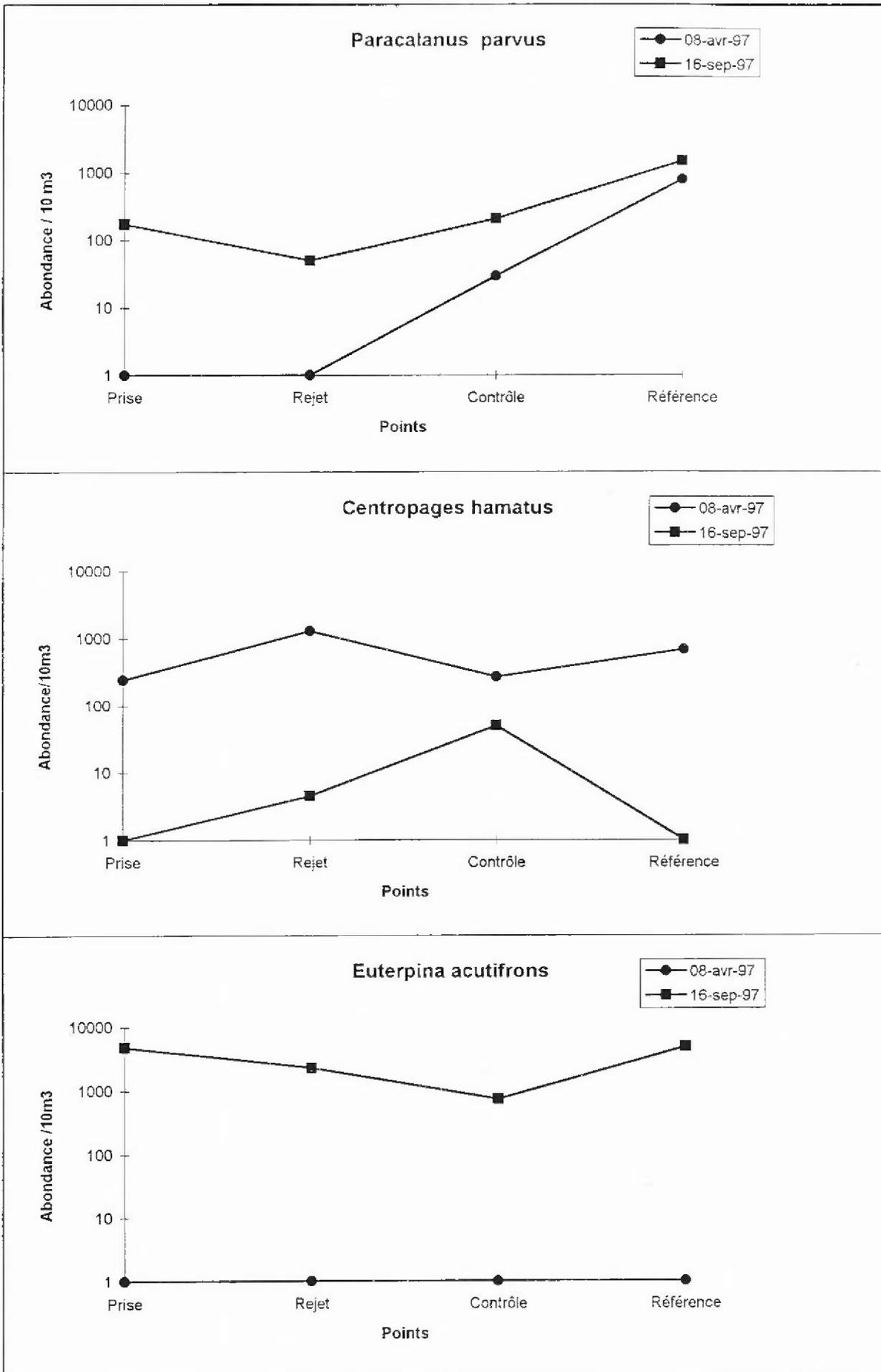


Fig.5. 13  
69

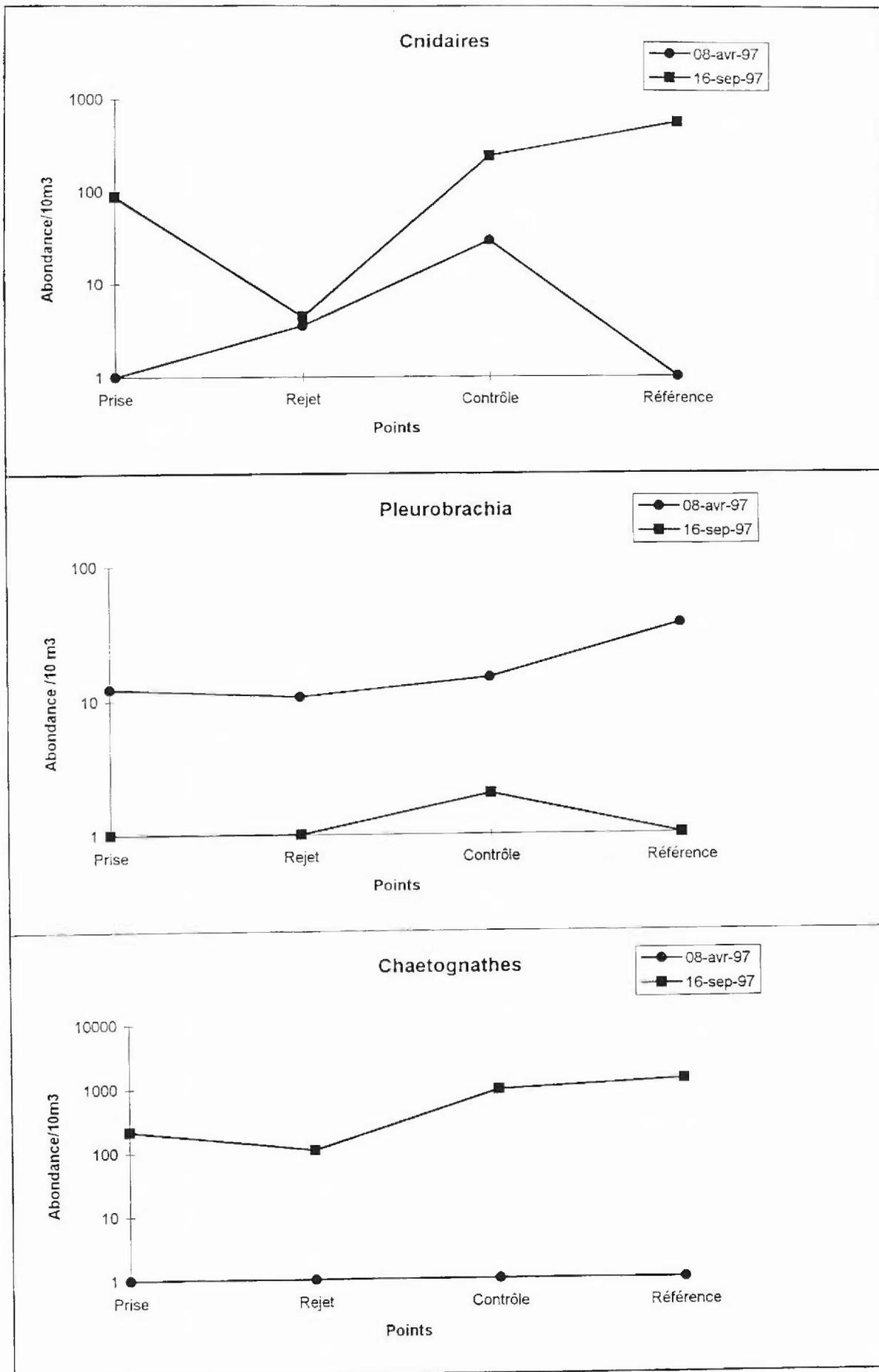


Fig.5. 14  
70

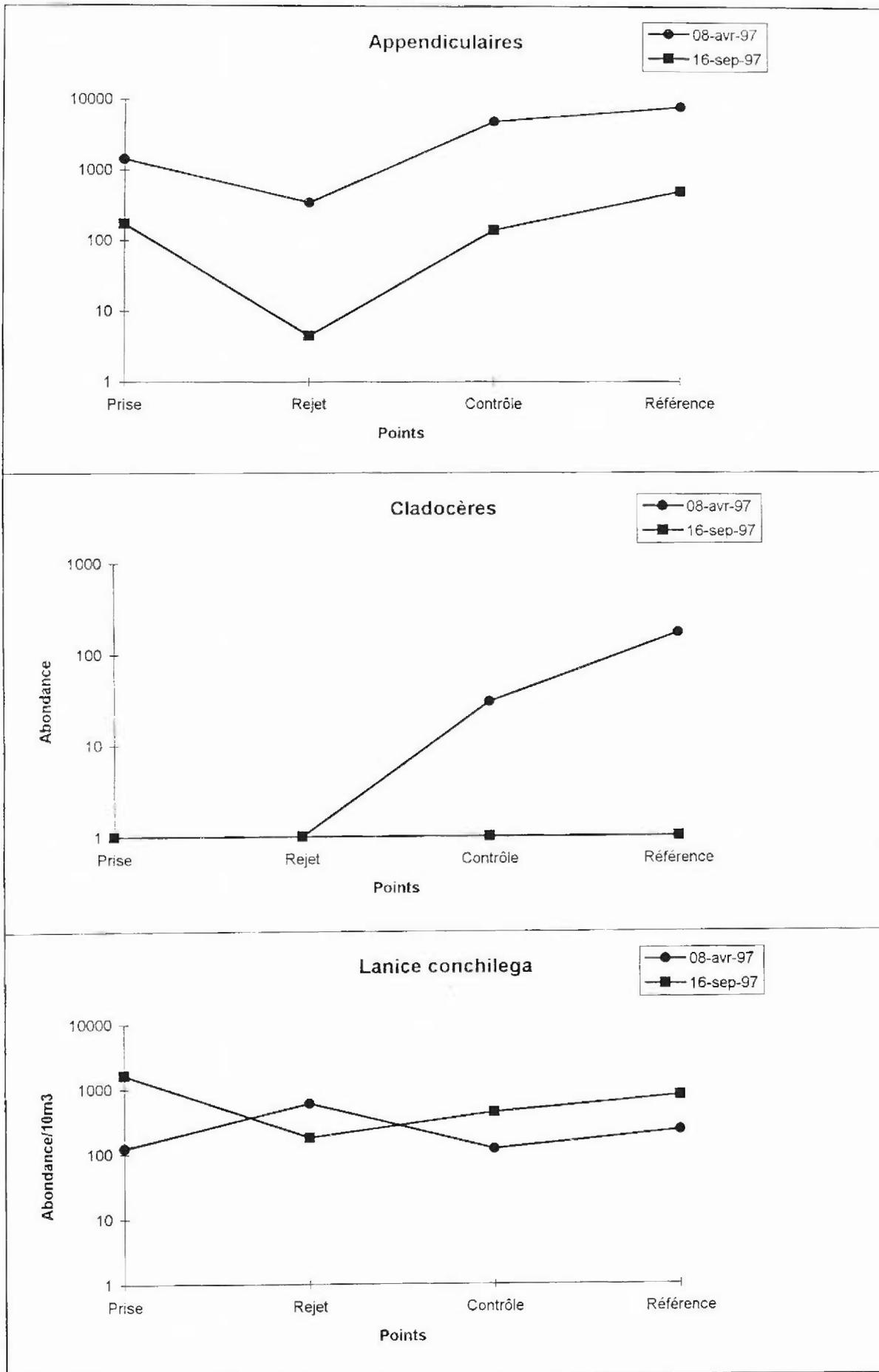


Fig.5. 15  
71

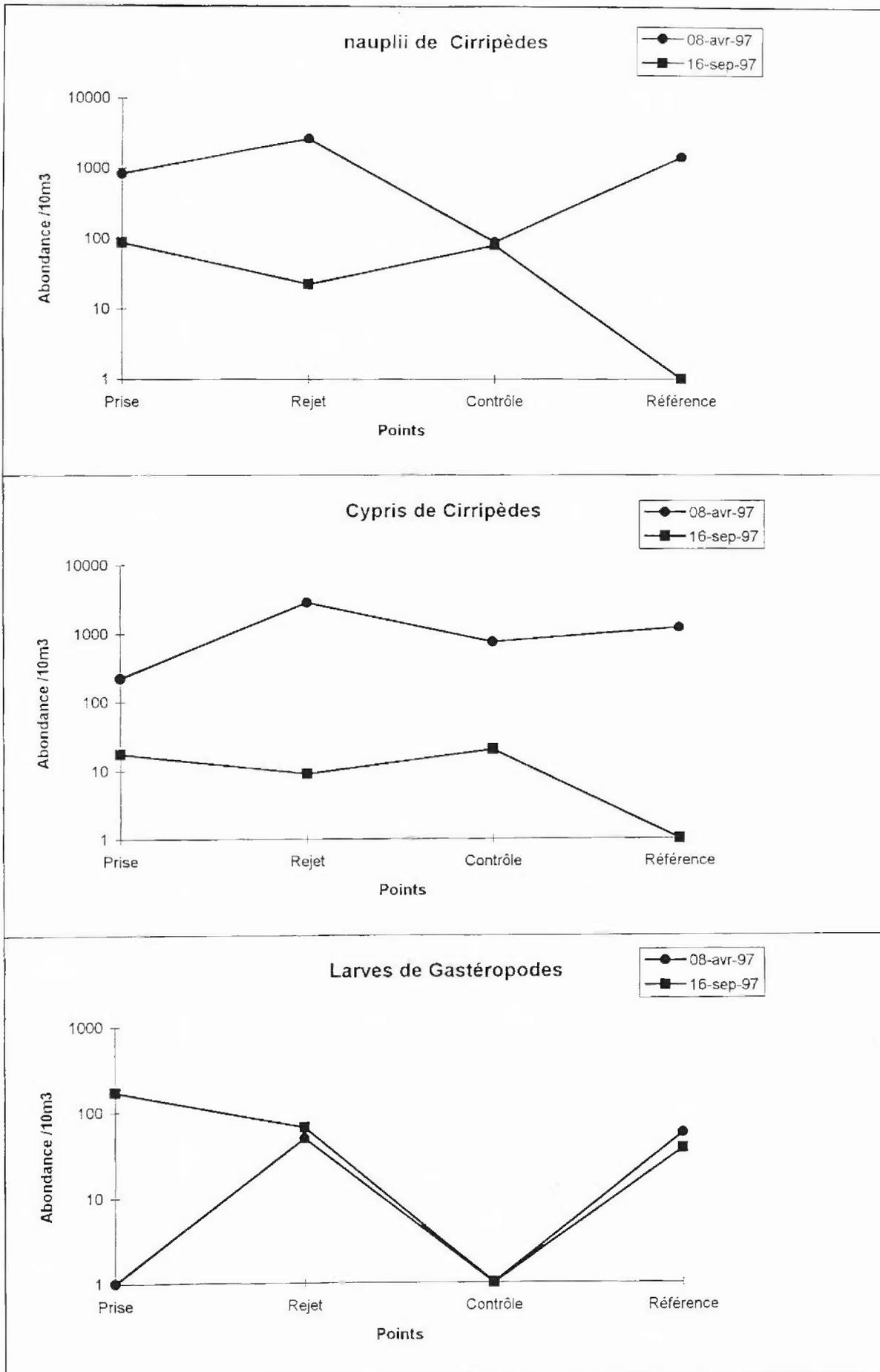


Fig.5. 16

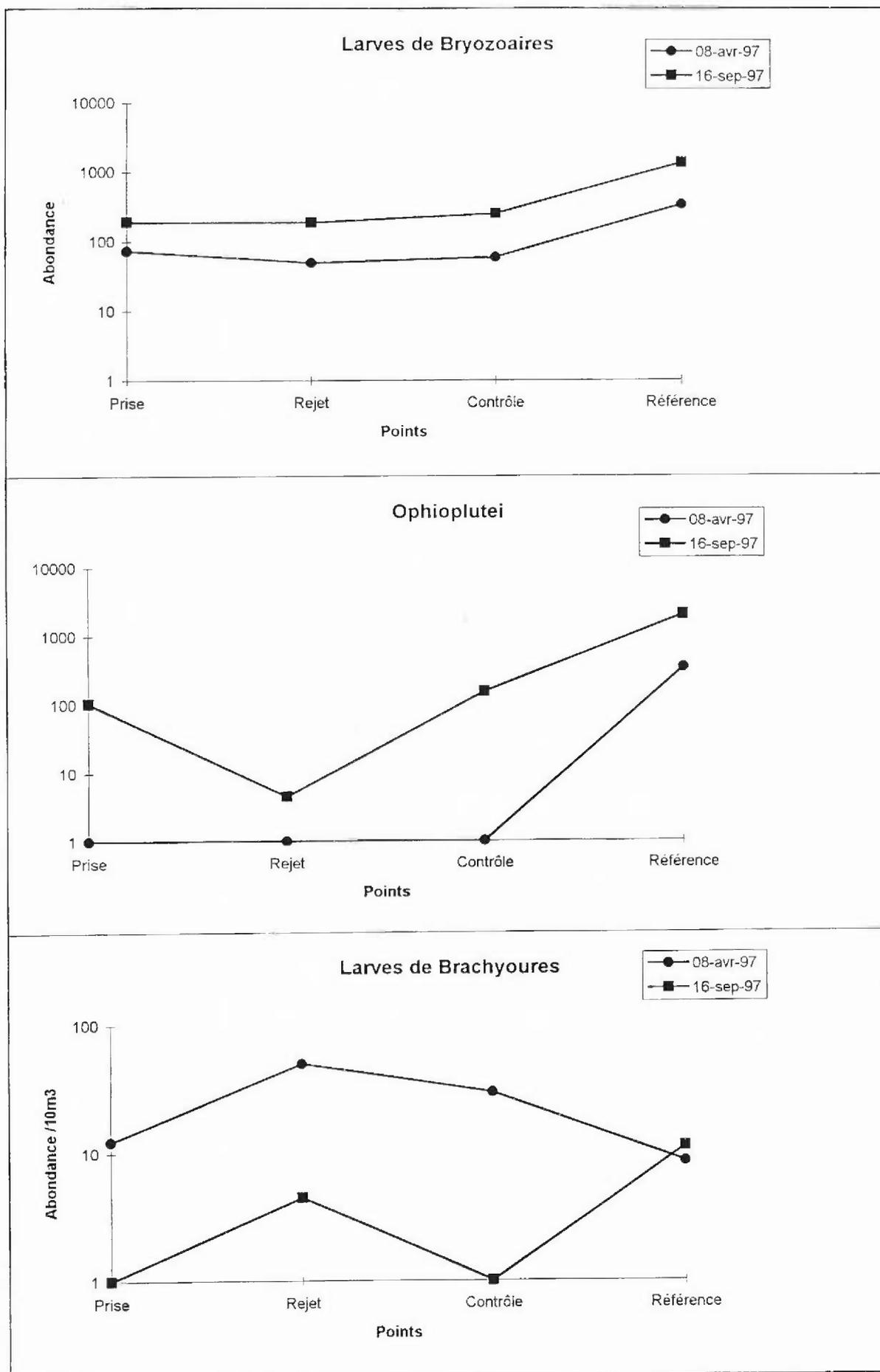


Fig.5. 17

		mg/m3	Moyenne	écart-type
DATE	POINT	Poids sec	Poids sec	Poids sec
14-nov-96	Entrée	24.15	24.15	
16-déc-96	Entrée	39.61	39.61	
28-jan-97	Entrée	31.30	31.30	
19-fév-97	Entrée	23.69	23.69	
04-mar-97	Entrée	17.50	17.50	
08-avr-97	Entrée	43.85	43.85	
08-avr-97	Entrée	34.00		
08-avr-97	Entrée	26.46		
08-avr-97	Entrée	37.22		
08-avr-97	Entrée	23.43		
08-avr-97	Entrée	27.42	32.06	7.7
21-mai-97	Entrée	172.50	172.50	
08-jul-97	Entrée	53.16	53.16	
05-aoû-97	Entrée	63.70	63.70	
16-sep-97	Entrée	22.83		
16-sep-97	Entrée	36.57		
16-sep-97	Entrée	48.08		
16-sep-97	Entrée	56.31		
16-sep-97	Entrée	30.26		
16-sep-97	Entrée	21.73	35.96	13.92
01-oct-97	Entrée	10.30	10.30	
08-avr-97	Rejet	40.69		
08-avr-97	Rejet	40.12		
08-avr-97	Rejet	39.39		
08-avr-97	Rejet	43.41		
08-avr-97	Rejet	35.99		
08-avr-97	Rejet	75.07	45.78	14.55
08-avr-97	Controle	164.26		
08-avr-97	Controle	240.54		
08-avr-97	Controle	106.52		
08-avr-97	Controle	59.50		
08-avr-97	Controle	29.92		
08-avr-97	Controle	19.95	103.45	85.8
08-avr-97	Reference	39.45		
08-avr-97	Reference	27.29		
08-avr-97	Reference	115.37		
08-avr-97	Reference	75.22		
08-avr-97	Reference	159.47		
08-avr-97	Reference	75.35	82.03	49.01
16-sep-97	Rejet	25.26		
16-sep-97	Rejet	38.20		
16-sep-97	Rejet	32.30		
16-sep-97	Rejet	25.66		
16-sep-97	Rejet	25.35		
16-sep-97	Rejet	35.97	30.46	5.83
16-sep-97	Controle	3.51		
16-sep-97	Controle	13.63		
16-sep-97	Controle	45.07		
16-sep-97	Controle	14.58		
16-sep-97	Controle	11.60		
16-sep-97	Controle	16.35	17.46	14.25
16-sep-97	Reference	12.59		
16-sep-97	Reference	7.63		
16-sep-97	Reference	25.94		
16-sep-97	Reference	36.02		
16-sep-97	Reference	64.23		
16-sep-97	Reference	76.33	37.12	27.82

DATE	POINT	% C	Moy %C	%N	Moy %N	C/N	Moy C/N	POIDS C	Moy P C	POIDS N	Moy P N
14-nov-96	Entrée	10.83	10.83	2.05	2.05	5.28	5.28	2.62	2.62	0.50	0.50
16-déc-96	Entrée	5.63	5.63	0.59	0.59	9.54	9.54	2.23	2.23	0.23	0.23
28-jan-97	Entrée	4.60	4.60	0.61	0.61	7.54	7.54	1.44	1.44	0.19	0.19
19-fév-97	Entrée	26.39	26.39	5.70	5.70	4.63	4.63	6.25	6.25	1.35	1.35
04-mar-97	Entrée	18.41	18.41	3.51	3.51	5.25	5.25	3.22	3.22	0.61	0.61
08-avr-97	Entrée	19.28		3.08		6.26		8.45		1.35	
08-avr-97	Entrée	23.32		4.27		5.46		7.93		1.45	
08-avr-97	Entrée	26.28		5.11		5.14		6.95		1.35	
08-avr-97	Entrée	26.22		4.86		5.40		9.76		1.81	
08-avr-97	Entrée	21.38		4.40		4.86		5.01		1.03	
08-avr-97	Entrée	19.95	22.74	3.53	4.21	5.65	5.40	5.47	7.26	0.97	1.33
21-mai-97	Entrée	16.10	16.10	3.67	3.67	4.39	4.39	27.77	27.77	6.33	6.33
08-jul-97	Entrée	34.81	34.81	8.72	8.72	3.99	3.99	18.51	18.51	4.64	4.64
05-aoû-97	Entrée	30.13	30.13	7.04	7.04	4.28	4.28	19.19	19.19	4.48	4.48
16-sep-97	Entrée	15.48		2.82		5.49		3.53		0.64	
16-sep-97	Entrée	20.66		4.14		4.99		7.56		1.51	
16-sep-97	Entrée	16.19		2.55		6.35		7.78		1.23	
16-sep-97	Entrée	11.30		1.57		7.20		6.36		0.88	
16-sep-97	Entrée	15.20		2.57		5.91		4.60		0.78	
16-sep-97	Entrée	15.50	15.72	2.43	2.68	6.38	5.87	3.37	5.53	0.53	0.93
01-oct-97	Entrée	15.59	15.59	3.02	3.02	5.16	5.16	1.61	1.61	0.31	0.31
08-avr-97	Rejet	23.49		4.82		4.87		9.56		1.96	
08-avr-97	Rejet	23.23		4.70		4.94		9.32		1.89	
08-avr-97	Rejet	23.52		4.91		4.79		9.26		1.93	
08-avr-97	Rejet	24.00		4.88		4.92		10.42		2.12	
08-avr-97	Rejet	20.24		3.97		5.10		7.28		1.43	
08-avr-97	Rejet	16.45	21.82	3.53	4.47	4.66	4.88	12.35	9.70	2.65	2.00
08-avr-97	Controle	13.58		2.21		6.14		22.31		3.63	
08-avr-97	Controle	9.60		1.50		6.40		23.09		3.61	
08-avr-97	Controle	12.85		2.21		5.81		13.69		2.35	
08-avr-97	Controle	14.14		2.29		6.17		8.41		1.36	
08-avr-97	Controle	13.01		2.31		5.63		3.89		0.69	
08-avr-97	Controle	14.24	12.90	2.14	2.11	6.65	6.12	2.84	12.37	0.43	2.01
08-avr-97	Reference	11.52		1.52		7.58		4.54		0.60	
08-avr-97	Reference	10.43		1.29		8.09		2.85		0.35	
08-avr-97	Reference	9.55		1.23		7.76		11.02		1.42	
08-avr-97	Reference	9.87		1.34		7.37		7.42		1.01	
08-avr-97	Reference	10.78		1.31		8.23		17.19		2.09	
08-avr-97	Reference	12.88	10.84	1.74	1.41	7.40	7.71	9.71	8.79	1.31	1.13
16-sep-97	Rejet	15.57		2.59		6.01		3.93		0.65	
16-sep-97	Rejet	13.33		2.16		6.17		5.09		0.83	
16-sep-97	Rejet	15.02		2.42		6.21		4.85		0.78	
16-sep-97	Rejet	15.21		2.52		6.04		3.90		0.65	
16-sep-97	Rejet	17.40		3.08		5.65		4.41		0.78	
16-sep-97	Rejet	14.74	15.21	2.47	2.54	5.97	5.99	5.30	4.58	0.89	0.76
16-sep-97	Controle	26.61		5.46		4.87		0.74		0.15	
16-sep-97	Controle	25.49		4.51		5.65		3.47		0.61	
16-sep-97	Controle	23.71		4.93		4.81		10.69		2.22	
16-sep-97	Controle	18.29		3.67		4.98		2.67		0.54	
16-sep-97	Controle	19.75		4.41		4.48		2.29		0.51	
16-sep-97	Controle	19.44	22.22	3.52	4.42	5.52	5.03	3.18	3.84	0.58	0.77
16-sep-97	Reference	21.13		4.07		5.19		2.66		0.51	
16-sep-97	Reference	24.89		5.08		4.90		1.90		0.39	
16-sep-97	Reference	22.52		4.45		5.06		5.84		1.15	
16-sep-97	Reference	17.70		3.00		5.90		6.38		1.08	
16-sep-97	Reference	17.11		2.88		5.94		10.99		1.85	
16-sep-97	Reference	16.15	19.92	2.87	3.73	5.63	5.35	12.33	6.68	2.19	1.20

SITE	Gravelines	Gravelines	Gravelines	Gravelines	Gravelines
STATION	Prise	Prise	Prise	Prise	Prise
DATE	14/11/1996	16/12/1996	28/01/1997	19/02/1997	04/03/1997
Volume filtré (m3)	7.58	5.81	4.04	5.22	7.28
Nature des résultats	N/10 m3				
Obelia sp.	4	0	0	0	1
Hybocodon prolifer	0	0	0	4	0
Eucheilota maculata	0	0	0	0	0
Rathkea octopunctata	0	0	0	107	0
Autres Cnidaies	11	0	0	0	10
TOTAL CNIDAIES	15	0	0	111	11
Pleurobrachia pileus	0	0	0	4	5
Beroe sp.	0	0	2	0	3
TOTAL CTENAIRES	0	0	2	4	8
TOTAL CHAETOGNATHES	243	76	2	10	0
Lanice conchilega	0	0	0	0	0
Spionidae	0	0	87	75	33
	0	0	0	0	0
Autres Annélides	32	41	0	2	0
TOTAL ANNELIDES	32	41	87	77	33
Bosmina sp	0	0	0	0	0
Podon sp.	0	0	0	0	0
Evadne sp.	0	0	0	0	0
TOTAL CLADOCERES	0	0	0	0	0
Nauplii Cirripèdes	42	2	27	15709	1264
Cypris Cirripèdes	16	9	0	19	16
TOTAL Larves CIRRIPEDES	58	10	27	15728	1280
AMPHIPODES	0	9	12	0	1
ISOPODES	0	2	0	4	0
CUMACES	0	0	0	0	0
Mesopodopsis slabberii	0	0	0	0	0
Schistomysis spiritus	0	0	0	0	0
Schistomysis kervilli	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
Autres Mysidacés	0	0	0	0	0
TOTAL MYSIDACES	0	0	0	0	0
Calanus helgolandicus	5	0	0	77	1
Paracalanus parvus	607	193	0	307	137
Pseudocalanus minutus	1240	565	101	1686	769
Stephos minor	0	0	0	0	0
Temora longicornis	264	90	104	1954	2280
Eurytemora affinis	0	0	0	0	0
Metridia lucens	0	0	0	0	0
Centropages typicus	0	0	0	0	0
Centropages hamatus	79	28	2	230	275
Isias clavipes	0	0	0	0	0
Candacia armata	0	0	0	0	0
Labidocera wollastonii	0	0	0	0	0
Parapontella brevicornis	0	0	0	0	0
Acartia clausi	2902	654	35	268	522
Acartia discaudata	0	0	0	38	0
Oithona sp.	0	0	0	0	0
Oncaea sp.	0	0	0	0	0
Euterpina acutifrons	369	103	0	0	0
Corycaeus sp.	5	0	0	0	0
Harpacticoides	0	0	7	38	1374
Cyclopoides indet.	343	41	0	0	0
Cyclopina littoralis	5	0	15	57	0
Monstrilides	0	0	0	0	192
	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0
Nauplii copépodes	0	0	0	0	0
TOTAL COPEODES	5821	1673	265	4655	5551
EUPHAUSIACES	0	0	0	0	0
Larves NATANTIA	0	0	0	0	0
Larves THALASSINIDEA	0	0	0	0	0
Larves de Porcellanidae	0	0	0	0	0
Larves de Paguridae	0	0	0	0	0
Larves de Diogeneidae	5	0	0	0	0
Larves de Galatheididae	0	0	0	0	0
TOTAL L. d' ANOMOURES	5	0	0	0	0
Zoe de Brachyours	0	0	0	2	1
Mégalopes de Brachyours	0	0	0	0	0
TOTAL L. de BRACHYOURES	0	0	0	2	1
Larves Gastéropodes	164	55	0	0	0
Larves BIVALVES	0	2	2	0	0
TOTAL L. de MOLLUSQUES	164	57	2	0	0
Cyphonautes BRYOZOAIRES	0	34	290	19	0
Ophiopluteus d'Echinodermes	0	0	0	0	0
Echinopluteus d'Echinodermes	0	0	0	0	0
TOTAL L. d'ECHINODERMES	0	0	0	0	0
Oikopleura dioica	1	84	0	479	137
Fritillaria borealis	0	0	0	0	0
TOTAL APPENDICULAIRES	1	84	0	479	137
Larves d'Ascidiés	0	0	0	0	0
Oeufs Téléostéens	0	0	0	0	4
Alevins et larves de Poissons	3	0	0	2	3
TOTAL ZOOPLANCTON	6340	1986	688	21090	7030
Noctiluca scintillans	0	0	267	0	0

SITE	Gravelines						
STATION	Prise						
DATE	08/04/1997	21/05/1997	16/06/1997	08/07/1997	05/08/1997	16/09/1997	01/10/1997
Volume filtré (m3)	1.64	2.39	2.12	3.13	3.65	5.8	6.7
Nature des résultats	N/10 m3						
Obelia sp.	0	0	0	0	0	86	45
Hybocodon prolifér	0	8	0	0	3	0	0
Euchelota maculata	0	0	0	26	16	2	0
Rathkea octopunctata	0	0	0	0	0	0	0
Autres CNIDAIRES	0	0	0	3	14	0	6
TOTAL CNIDAIRES	0	8	0	29	33	88	51
Pleurobrachia pileus	12	54	0	0	5	0	0
Beroe sp.	0	4	5	0	0	0	0
TOTAL CTENAIRES	12	59	5	0	5	0	0
TOTAL CHAETOGNATHES	0	0	5	192	164	217	368
Lanice conchilega	122	335	132	64	0	1638	1313
Spionidae	415	0	38	0	110	3	15
Autres Annélides	0	0	0	10	5	414	16
TOTAL ANNELIDES	537	335	170	73	115	2055	1345
Bosmina sp.	0	0	0	0	0	0	0
Podon sp.	0	0	0	0	219	0	164
Evadne sp.	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL CLADOCERES	0	0	0	0	219	0	164
Nauplii Cirripèdes	829	335	19	192	1260	86	299
Cypris Cirripèdes	220	418	0	64	219	17	15
TOTAL Larves CIRRIPEDES	1049	753	19	256	1479	103	313
AMPHIPODES	12	0	19	16	11	3	4
ISOPODES	0	0	0	0	0	0	0
CUMACES	0	0	0	0	0	0	0
Mesopodopsis slabberii	0	0	0	0	3	0	28
Schistomysis spiritus	0	0	0	26	8	0	0
Schistomysis kervillei	0	0	0	0	0	0	0
Autres Mysidacés	0	0	0	3	3	0	0
TOTAL MYSIDACES	0	0	0	29	14	0	28
Calanus helgolandicus	24	0	14	19	8	2	1
Paracalanus parvus	0	0	0	639	1808	172	806
Pseudocalanus minutus	707	921	189	192	274	0	15
Stephos minor	0	0	0	0	0	0	0
Temora longicornis	1756	9205	1472	12652	9753	466	1761
Eurytemora affinis	0	0	0	0	0	0	0
Metridia lucens	0	0	0	0	0	0	0
Centropages typicus	0	0	0	0	0	0	0
Centropages hamatus	244	2008	170	3706	2521	0	90
Isias clavipes	0	0	0	64	110	0	0
Candacia armata	0	0	0	0	0	0	0
Labidocera wollastonii	0	0	0	0	0	2	45
Parapontella brevicornis	0	0	0	0	0	0	0
Acartia clausi	293	1255	1547	14441	14795	483	2299
Acartia discaudata	0	0	0	0	0	0	0
Oithona sp.	0	0	0	0	0	17	0
Oncaea sp.	0	0	0	0	0	0	0
Euterpina acutifrons	0	0	19	319	7123	4759	1701
Corycaeus sp.	0	0	0	0	0	0	30
Harpacticoides	439	167	38	0	0	0	0
Cyclopoides indet.	0	0	0	192	658	52	164
Cyclopina littoralis	0	0	0	0	0	0	0
Monstrilides	0	0	0	0	3	0	0
Nauplii copépodes	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL COPEPODES	3463	13556	3448	32224	37052	5951	6912
EUPHAUSIACÉS	0	0	0	0	0	0	0
Larves NATANTIA	6	0	0	3	3	10	12
Larves THALASSINIDEA	0	0	0	3	0	0	0
Larves de Porcellanidae	0	0	0	6	3	0	10
Larves de Paguridae	6	0	0	0	0	2	0
Larves de Diogeneidae	0	0	0	0	0	0	0
Larves de Galatheidae	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL L. d' ANOMOURES	6	0	0	6	3	2	10
Zoe de Brachyours	12	0	75	32	0	0	0
Mégaloopes de Brachyours	0	0	0	6	3	0	0
TOTAL L. de BRACHYOURES	12	0	75	38	3	0	0
Larves Gastéropodes	0	84	0	128	603	172	60
Larves BIVALVES	49	167	0	64	55	138	15
TOTAL L. de MOLLUSQUES	49	251	0	192	658	310	75
Cyphonautes BRYOZOAIRES	73	0	0	64	329	190	448
Ophiopluteus d'Échinodermes	0	2259	0	192	0	103	45
Echinopluteus d'Échinodermes	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL L. d'ÉCHINODERMES	0	2259	0	192	0	103	45
Oikopleura dioica	1415	3682	264	256	1205	172	0
Fritillaria borealis	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL APPENDICULAIRES	1415	3682	264	256	1205	172	0
Larves d'Ascidies	0	0	0	0	0	0	15
Oeufs Téléostéens	12	4	0	0	0	0	0
Alevins et larves de Poissons	0	0	5	0	0	0	0
TOTAL ZOOPLANCTON	6646	20908	4009	33572	41293	9310	9855
Noctiluca scintillans	0	227615	1879245	94569	56986	845	343

SITE	Gravelines	Gravelines	Gravelines	Gravelines	Gravelines	Gravelines
STATION	Rejet	Contrôle	Référence	Rejet	Contrôle	Référence
DATE	08/04/1997	08/04/1997	08/04/1997	16/09/1997	16/09/1997	16/09/1997
Volume filtré (m3)	2.82	2.71	3.54	2.24	9.98	5.41
Nature des résultats	N/10 m3					
Obelia sp.	0	0	0	4	240	518
Hybocodon prolifer	0	0	0	0	0	0
Euheilota maculata	0	0	0	0	0	0
Rathkea octopunctata	0	0	0	0	0	0
Autres Cnidaires	4	30	0	0	7	63
TOTAL CNIDAIRES	4	30	0	4	247	580
Pleurobrachia pileus	11	15	37	0	2	0
Beroe sp.	0	0	0	0	0	0
TOTAL CTENAIRES	11	15	37	0	2	0
TOTAL CHAETOGNATHES	0	0	0	107	912	1294
Lanice conchilega	596	118	226	179	431	776
Spionidae	1142	295	226	45	0	148
	0	0	0	0	0	0
Autres Annélides	149	148	339	54	491	1331
TOTAL ANNELIDES	1887	561	791	277	922	2255
Bosmina sp.	0	0	0	0	0	0
Podon sp.	0	30	56	0	0	0
Evadne sp.	0	0	113	0	0	0
TOTAL CLADOCERES	0	30	169	0	0	0
Nauplii Cirripèdes	2681	89	1525	22	80	0
Cypria Cirripèdes	2830	738	1186	9	20	0
TOTAL LARVES CIRRIPEDES	5511	827	2712	31	100	0
AMPHIPODES	11	11	0	0	2	7
ISOPODES	0	0	0	0	0	4
CUMACES	0	0	0	0	0	148
Mesopodopsis slabberi	0	0	0	0	0	0
Schistomysis spiritus	0	0	0	0	0	0
Schistomysis kervillei	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
Autres Mysidacés	0	0	0	0	0	0
TOTAL MYSIDACES	0	0	0	0	0	0
Calanus helgolandicus	99	30	56	0	1	0
Paracalanus parvus	0	30	791	49	210	1479
Pseudocalanus minutus	2284	502	1582	0	0	37
Stephos minor	0	0	0	0	0	0
Temora longicornis	8191	738	15141	89	140	1072
Eurytemora affinis	0	0	0	0	0	0
Metridia lucens	0	0	0	0	0	0
Centropages typicus	0	0	0	0	0	2
Centropages hamatus	1291	266	678	4	50	0
Isias clavipes	0	0	0	0	0	0
Candacia armata	0	0	0	0	0	0
Labidocera wollastonii	0	0	0	9	1	13
Parapontella brevicornis	0	0	0	0	0	0
Acartia clausi	993	443	1186	214	240	924
Acartia discaudata	0	0	0	0	0	0
Oithona sp.	0	0	0	45	0	74
Oncaea sp.	0	0	0	0	0	0
Euterpina acutifrons	0	0	0	2299	731	4843
Corycaeus sp.	0	0	0	0	0	37
Harpacticoides	4965	0	0	0	10	74
Cyclopoïdes indet.	0	0	0	45	240	998
Cyclopina littoralis	0	0	0	13	0	0
Monstrilides	0	0	0	0	0	37
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
Nauplii copepodes	0	0	0	40	150	739
TOTAL COPEPODES	17823	2007	19435	2767	1623	9590
EUPHAUSIACÉS	0	0	0	0	0	0
Larves NATANTIA	0	0	3	9	0	20
Larves THALASSINIDEA	0	0	0	0	1	0
Larves de Porcellanidae	0	0	0	0	0	0
Larves de Paguridae	4	0	20	0	0	4
Larves de Diogenidae	0	0	0	0	0	0
Larves de Galatheididae	0	0	0	0	0	0
TOTAL L. d' ANOMOURES	4	0	20	0	0	4
Zoae de Brachyoures	50	30	8	4	0	9
Megalopes de Brachyoures	0	0	0	0	0	2
TOTAL L. de BRACHYOURES	50	30	8	4	0	11
Larves GASTROPODES	50	0	56	67	0	37
Larves BIVALVES	0	354	2486	71	160	2070
TOTAL L. de MOLLUSQUES	50	354	2542	138	160	2107
Cyphonautes BRYOZOAIRES	50	59	339	188	251	1368
Ophiopluteus d'Echinodermes	0	0	339	4	150	1996
Echinopluteus d'Echinodermes	0	0	56	0	0	0
TOTAL L. d'ECHINODERMES	0	0	395	4	150	1996
Oikopleura dioica	348	4959	8249	4	140	518
Fritillaria borealis	0	0	0	0	0	0
TOTAL APPENDICULAIRES	348	4959	8249	4	140	518
Larves d'Ascidiés	0	0	0	4	0	0
Oeufs Téléostéens	39	22	23	0	0	0
Alevins et larves de Poissons	0	0	17	0	0	0
TOTAL ZOOPLANCTON	25784	8904	34740	3580	4663	20641
Noctiluca scintillans	0	0	0	0	80	277

Pleurobrachia						
Date	maille $\mu\text{m}$	Point				
		PRISE	REJET	COTE	CONTROLE	REFERENCE
14/11/1996	200	0				
16/12/1997	200	0				
28/01/1997	200	0				
19/02/1997	200	4				
04/03/1997	200	5				
08/04/1997	200	12	11		15	37
10/04/1997	500	56				
18/04/1997	500			176	412	140
21/05/1997	200	54				
28/05/1997	500	0.51				
04/06/1997	500			2	5	3
16/06/1997	200	0				
08/07/1997	200	0				
05/08/1997	200	5				
16/09/1997	200	0	0		2	0
01/10/1997	200	0				
Beroe						
Date	maille $\mu\text{m}$	Point				
		PRISE	REJET	COTE	CONTROLE	REFERENCE
14/11/1996	200	0				
16/12/1997	200	0				
28/01/1997	200	2				
19/02/1997	200	0				
04/03/1997	200	3				
08/04/1997	200	0	0		0	0
10/04/1997	500					
18/04/1997	500			0	3	0
21/05/1997	200	4				
28/05/1997	500	2				
04/06/1997	500					
16/06/1997	200	5				
08/07/1997	200	0				
05/08/1997	200	0				
16/09/1997	200	0	0		0	0
01/10/1997	200	0				



**CHAPITRE VI**  
**ZOOPLANCTON HALIEUTIQUE**

**Daniel WOEHLING**

**Frank COPPIN**



## INTRODUCTION

Dans le domaine halieutique, l'étude écologique est centrée sur les principales espèces constituant les ressources vivantes du secteur et sa capacité biotique. Parallèlement, est réalisé le suivi de grandes espèces holoplanctoniques comme les "groseilles de mer" (*Pleurobrachia pileus*, Cténaire) représentant un danger potentiel de colmatage des grilles de filtration. Depuis cette année, les résultats sont joints à ceux obtenus au moyen de filets de maille plus fine et analysés dans le chapitre "Zooplancton".

Le site de Gravelines est situé en bordure orientale de l'entonnoir formé par le bassin du sud de la mer du Nord, secteur de convergence des hauts-fonds, baigné d'eaux épicontinentales riches de nombreux apports telluriques. De par ses caractéristiques, il s'inscrit dans une famille d'aires côtières de nutrition, frayères et nourriceries d'espèces halieutiques, en particulier pour les poissons plats. De ce point de vue, le site est en continuité avec les côtes belges et hollandaises, à la frange méridionale d'une des plus importantes frayères de sole de mer du Nord, dont l'épicentre se situe à quelques dizaines de kilomètres au nord-est.

Depuis la réactualisation de programme de surveillance, l'étude est focalisée sur les stades planctoniques de deux espèces cibles choisies pour leur importance économique effective ou potentielle et la reproductibilité de leur présence dans le milieu : la *sole* et le *sprat*, toutes deux à ponte côtière et caractéristiques du site. Le choix de deux espèces d'écologie différente en phase adulte (la première est benthique, le seconde pélagique), outre leur intérêt direct, permet de mettre en évidence des processus généraux affectant le site.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel et les méthodes de terrain et de laboratoire sont dérivés de ceux utilisés depuis le début des études et harmonisés pour l'ensemble des sites d'implantation de centrales nucléaires. Ils sont décrits en détail dans les précédents rapports.

**Rappel succinct** : les prélèvements de plancton se font à l'échantillonneur *Bongo* grand modèle (61 cm de diamètre d'embouchure) muni de deux filets de maillage 500 µm pêchant simultanément. Deux repliquats sont réalisés en chaque point de mesure.

**Localisation des points de prélèvement** : les prélèvements ont été réalisés en trois points en mer situés le long d'une radiale (1 : côte, 2 : médian, 3 : large) et un (point 6) situé à l'entrée du canal d'amenée.

**Chronologie** : en 1997, quatre campagnes ont été réalisées (deux campagnes en mer et deux campagnes au canal d'amenée), dans l'intervalle allant du 10 avril au 4 juin 1997, afin de couvrir au mieux la période de présence des œufs et larves de la sole et du sprat. Cette chronologie ainsi que les principales caractéristiques des campagnes figurent dans le tableau 6.5.

N°	Date	Heure PM (T.U.)	Cof.	Point	Répliquât	Heure T.U.	Maillage (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )
191	10 avril	13 h 40	104	6	1	7 h 42	500	48,83
191	10 avril	13 h 40	104	6	2	8 h 17	500	24,24
192	18 avril	9 h 08	48	1	1	7 h 35	500	80,49
192	18 avril	9 h 08	48	1	2	7 h 41	500	82,38
192	18 avril	9 h 08	48	2	1	7 h 52	500	28,63
192	18 avril	9 h 08	48	2	2	8 h 00	500	35,18
192	18 avril	9 h 08	48	3	1	8 h 25	500	44,87
192	18 avril	9 h 08	48	3	2	8 h 31	500	148,75
193	28 mai	16 h 12	69	6	1	9 h 03	500	178,12
193	28 mai	16 h 12	69	6	2	9 h 23	500	158,04
194	4 juin	10 h 58	88	1	1	10 h 17	500	303,40
194	4 juin	10 h 58	88	1	2	10 h 27	500	317,17
194	4 juin	10 h 58	88	2	1	10 h 42	500	362,77
194	4 juin	10 h 58	88	2	2	10 h 52	500	121,74
194	4 juin	10 h 58	88	3	1	11 h 16	500	364,71
194	4 juin	10 h 58	88	3	2	11 h 27	500	52,16

Tabl. 6.1. Caractéristiques principales des campagnes de prélèvement de zooplancton halieutique à Gravelines en 1997

## RÉSULTATS

**La sole *Solea solea* (L.) = *Solea vulgaris* Quensel** (tableau 6.2) et figures 6.1 à 6.5)

La sole constitue la principale espèce halieutique du secteur. Le site étant inclus dans l'aire de reproduction, à proximité du barycentre de la grande frayère de mer du Nord, les œufs et larves de sole forment un élément caractéristique du plancton de Gravelines et les cycles annuels d'abondance sont reproductibles.

**Œufs** : après des densités élevées observées en 1996, lesquelles étaient de l'ordre de grandeur de celles relevées au cours des années 1983 et 1984 (fig. 6.4), les effectifs de 1997 (fig. 6.1 et 6.4) se situent à nouveau dans la moyenne du site (environ 30 à 50 par 10 m<sup>3</sup>). Observées dès la première quinzaine d'avril, ces densités révèlent une année relativement précoce, comme l'attestent par ailleurs les températures voisines de 10° qui normalement sont atteintes en mai. On retrouve le gradient d'abondance vers la côte (fig. 6.2), avec des effectifs plus importants au point médian et à l'entrée du canal d'aménée.

Date	Point	Répliquât	Œufs	œufs st1	œufs st2	Larves
10 avril	6	1	15,15	11,47	3,69	0,00
	6	2	16,92	13,62	3,30	0,41
	6	Moyenne	16,04	12,55	3,50	0,21
18 avril	1	1	13,67	10,19	3,48	0,25
	1	2	13,35	9,71	3,64	0,24
	1	Moyenne	13,51	9,95	3,56	0,25
	2	1	48,89	27,94	20,95	2,79
	2	2	39,79	29,56	10,23	2,27
	2	Moyenne	44,34	28,75	15,59	2,53
28 mai	3	1	14,71	9,36	5,35	0,45
	3	2	2,02	1,34	0,67	0,13
	3	Moyenne	8,37	5,35	3,01	0,29
	6	1	0,22	0,17	0,06	0,62
	6	2	0,44	0,32	0,13	0,38
	6	Moyenne	0,33	0,25	0,10	0,50
4 juin	1	1	1,05	0,79	0,26	0,26
	1	2	2,02	1,51	0,50	0,13
	1	Moyenne	1,54	1,15	0,38	0,20
	2	1	1,32	0,88	0,44	0,55
	2	2	2,63	1,31	1,31	0,82
	2	Moyenne	1,98	1,10	0,88	0,69
	3	1	0,44	0,00	0,44	4,83
	3	2	0,00	0,00	0,00	21,47
3	Moyenne	0,22	0,00	0,22	13,15	

Tabl. 6.2. Densités d'œufs et de larves de sole à Gravelines en 1997 (en nombre par 10 m<sup>3</sup>)

**Larves** : les larves apparaissent dès la première campagne (avril). Contrairement à l'année précédente, elles sont présentes dès le mois d'avril, signe d'une ponte précoce. En juin, on atteint les densités habituelles (quelques unités par 10 m<sup>3</sup>).

Sole, oeufs et larves (moyennes par campagne)

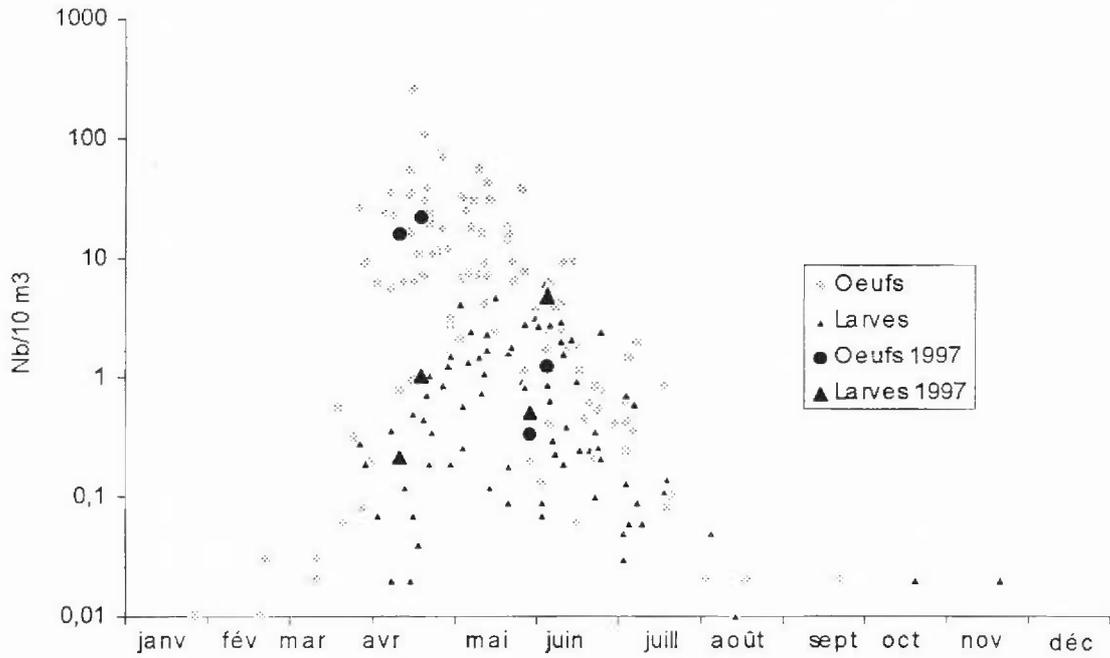


Fig. 6.1. Variations saisonnières des densités d'oeufs et de larves de sole à Gravelines de 1975 à 1997

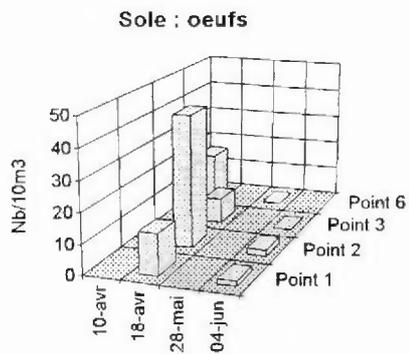


Fig. 6.2. Densités de larves de sole à Gravelines en 1997 en fonction de la date et du point de prélèvement

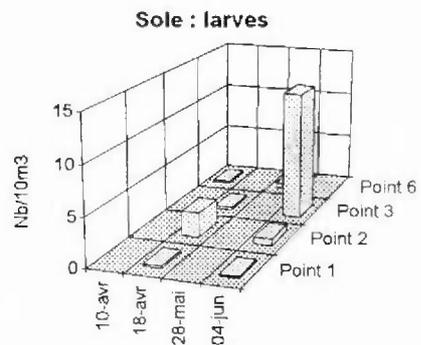


Fig. 6.3. Densités de larves de sole à Gravelines en 1997 en fonction de la date et du point de prélèvement

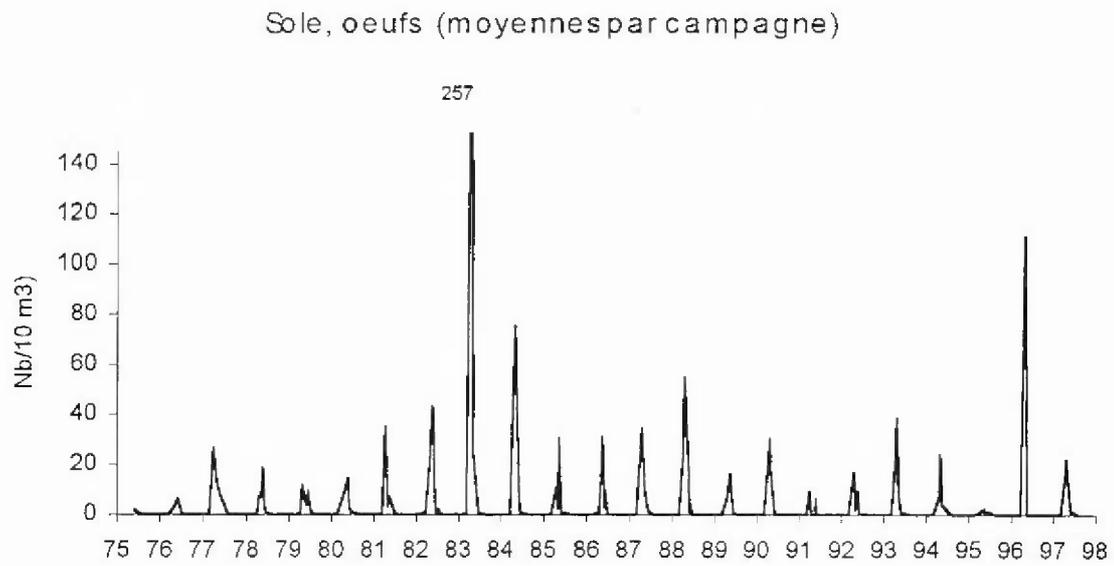


Fig. 6.4. Variations annuelles des densités d'oeufs de sole à Gravelines de 1975 à 1997

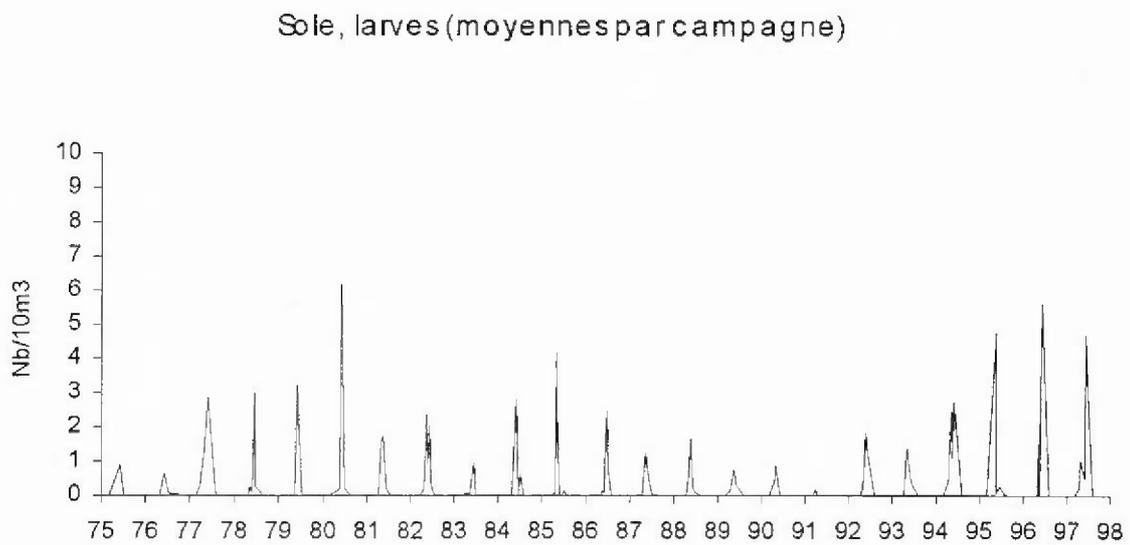


Fig. 6.5. Variations annuelles des densités de larves de sole à Gravelines de 1975 à 1997

### Le sprat *Sprattus sprattus* (L.) (tableau 6.3 et figures 6.6 à 6.10)

Cette espèce pélagique, bien que ne faisant pas l'objet d'une exploitation commerciale à Gravelines, est très bien représentée dans le plancton du secteur. La reproductibilité des cycles d'abondance en fait également une espèce caractéristique du site.

*Oeufs* : les effectifs sont nettement moins élevés que lors du pic en 1996 (fig. 6.9), mais des abondances importantes sont observées dès le mois d'avril (fig. 6.6), suggérant pour cette espèce également une période de ponte précoce. On observe un gradient global vers le large, mais comme pour la sole, c'est le point médian qui présente les effectifs les plus élevés.

*Larves* : les effectifs sont plus élevés et plus constants qu'en 1996. Les larves sont trouvées dès avril à des taux de quelques unités par 10 m<sup>3</sup>, voisins du maximum observé au cours de certaines années (fig. 6.10).

Comme pour les larves de sole, le recrutement s'opère principalement en fin de saison de ponte, avec l'apparition des conditions trophiques favorables et de la température.

Date	Point	Répliquât	Oeufs	œufs st1	œufs st2	Larves
10 avril	6	1	36,04	24,98	11,06	0,82
	6	2	23,93	17,74	6,19	0,41
	6	Moyenne	29,99	21,36	8,63	0,62
18 avril	1	1	60,63	29,07	31,56	3,98
	1	2	49,28	20,15	29,13	2,67
	1	Moyenne	54,96	24,61	30,35	3,33
	2	1	183,00	54,48	128,52	11,18
	2	2	129,61	34,11	95,50	6,25
	2	Moyenne	156,31	44,30	112,01	8,72
28 mai	3	1	57,95	31,65	26,30	7,58
	3	2	8,87	4,57	4,30	0,54
	3	Moyenne	33,41	18,11	15,30	4,06
	6	1	8,37	0,51	7,86	0,56
	6	2	12,15	1,46	10,69	1,39
	6	Moyenne	10,26	0,99	9,28	0,98
4 juin	1	1	16,61	9,23	7,38	1,22
	1	2	27,75	16,14	11,60	5,80
	1	Moyenne	22,18	12,69	9,49	3,51
	2	1	33,08	22,49	10,59	0,77
	2	2	92,00	52,57	39,43	4,11
	2	Moyenne	62,54	37,53	25,01	2,44
3	3	1	19,30	10,09	9,21	14,48
	3	2	61,35	15,34	46,01	64,41
	3	Moyenne	40,43	12,72	27,61	39,45

Tabl. 6.3. Densités d'œufs et de larves de sprat à Gravelines en 1997 (en nombre par 10 m<sup>3</sup>)

### ÉLÉMENTS DE CONCLUSION

L'année 1997 se présente comme une année précoce du point de vue de la reproduction du sprat et de la sole. Le décalage est plus marqué qu'en 1996. En effet, bien que les minima hivernaux de température aient été nettement inférieurs à ceux de 1996, le réchauffement est régulier et important dès février. Des températures proches de 10°C sont atteintes dès mi-mars alors qu'en moyenne on ne les observe qu'à partir de début mai, voire mi-mai.

On retrouve, pour les deux espèces, des densités d'œufs se situant dans la moyenne du site. Depuis 1995, leurs variations annuelles sont comparables. Les larves présentent depuis 1994 des effectifs réguliers, plus élevés que ceux habituellement observés au cours des années précédentes. Ce phénomène est particulièrement marqué pour le sprat. Les cycles annuels de température, avec un réchauffement printanier précoce mais régulier, semblent favorables au recrutement des larves. L'abondance de celles-ci est déterminée davantage par leur taux de survie, plus important vers fin mai, début juin, lorsque la température et la nourriture disponible (sous ses aspects quantitatifs et qualitatifs), sont favorables.

Les structures spatiales sont également bien reproductibles, notamment pour les œufs avec un gradient global côte-large et des effectifs souvent plus importants au point médian.

///

Sprat, oeufs et larves (moyennes par campagne)

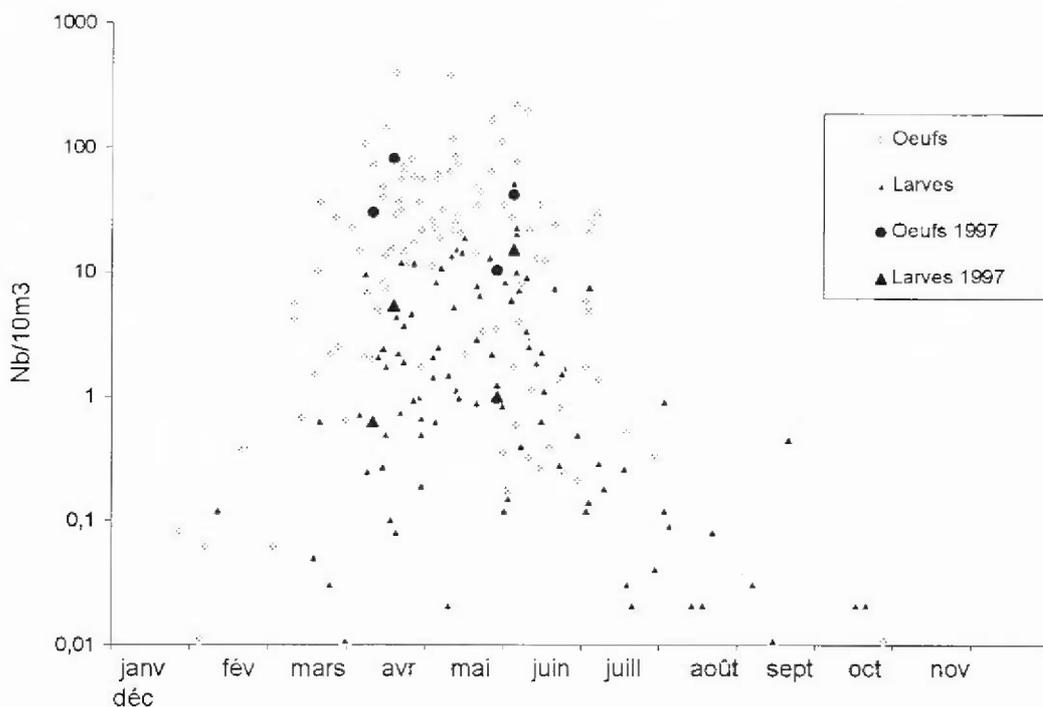


Fig. 6.6 Variations saisonnières des densités d'oeufs et de larves de sprat à Gravelines de 1975 à 1997

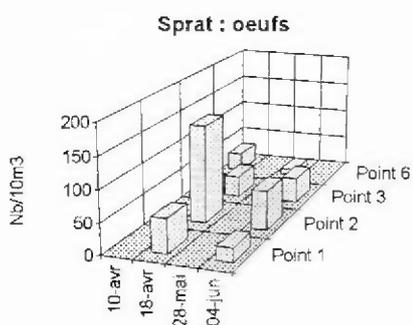


Fig. 6.7. Densités d'œufs de sprat à Gravelines en 1997 en fonction de la date et du point de prélèvement

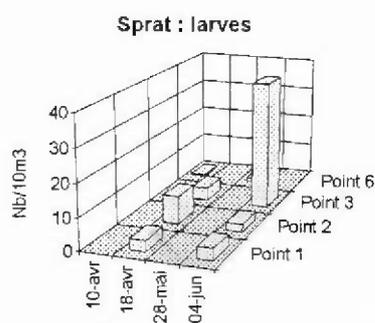


Fig. 6.8. Densités de larves de sprat à Gravelines en 1997 en fonction de la date et du point de prélèvement

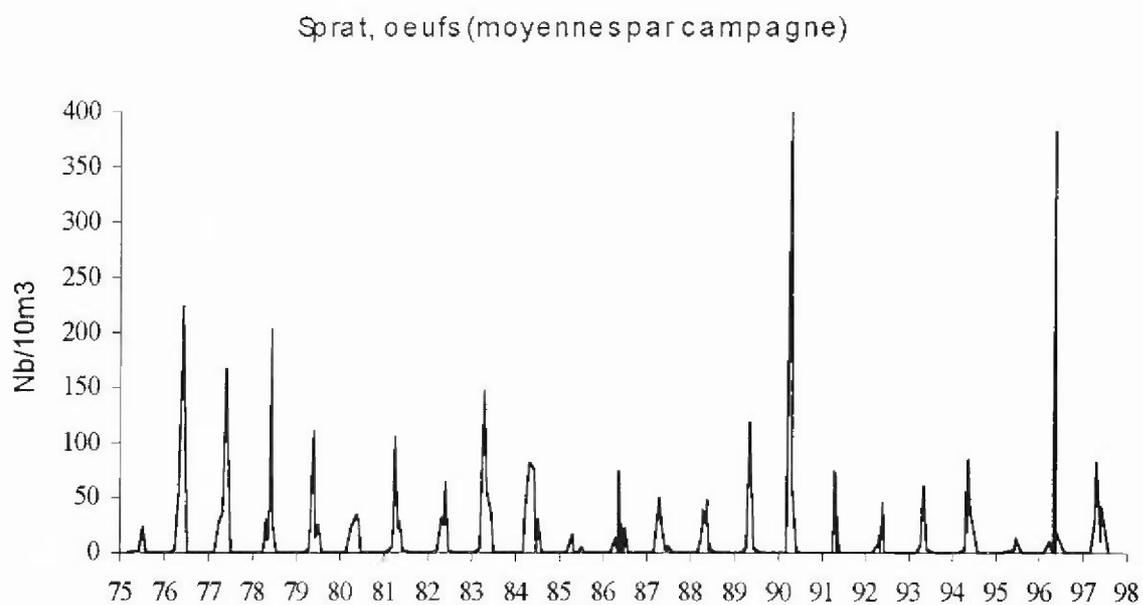


Fig. 6.9. Variations annuelles des densités d'oeufs de sprat à de 1975 à 1997 (moyennes par campagne)

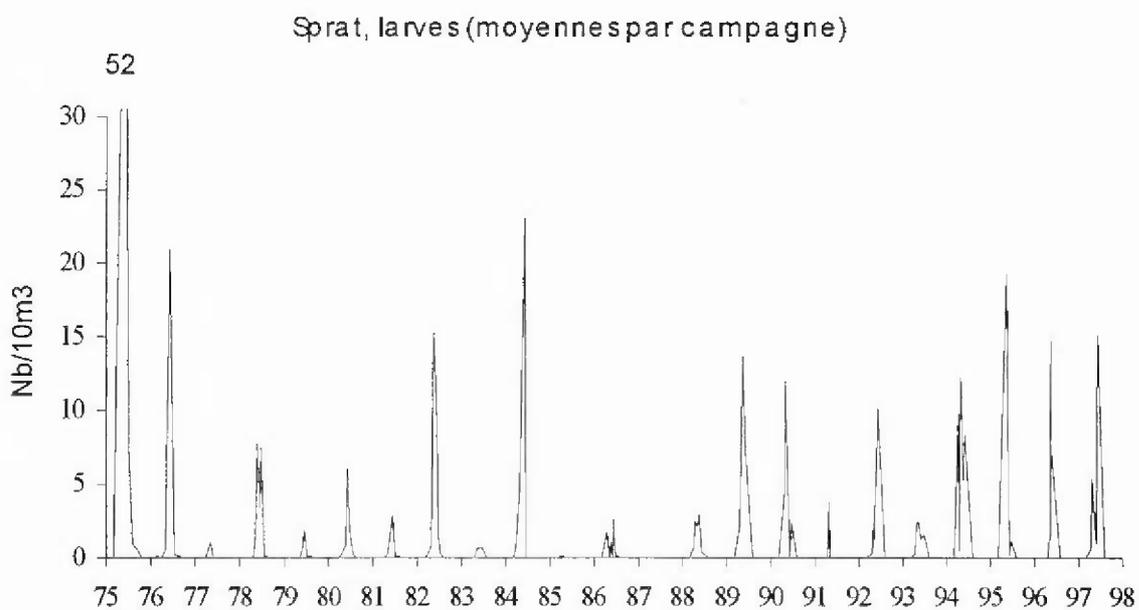


Fig. 6.10. Variations annuelles des densités de larves de sprat à Gravelines de 1975 à 1997



**CHAPITRE VII**  
**BENTHOS INTERTIDAL**

**Jean-Marie DEWARUMEZ**

**Dominique MENU**



## INTRODUCTION

Les facteurs régissant l'organisation, la répartition et l'évolution des communautés benthiques intertidales de l'estran de Petit-Fort-Philippe sont bien connus à la faveur des études menées depuis 1973 sur ce site. Les communautés benthiques sont sous l'influence directe de deux principaux facteurs environnementaux : la teneur en fines du sédiment et la salinité.

L'influence directe de la courantologie locale sur la teneur en fines du sédiment, conditionne l'extension des populations animales à préférendum vasicole tandis que les dessalures provoquées l'Aa ainsi que par le ruissellement des eaux issues des résurgences de la nappe phréatique agissent sur la répartition des espèces euryhalines.

Depuis 1985 on note le rôle important d'un troisième facteur écologique qui agit sur la répartition des populations de deux espèces d'annélides polychètes de la famille de Spionidiens : *Spio martinensis* et *Pygospio elegans*. Les affinités écologiques de ces deux espèces ne diffèrent que par des préférendums thermiques. Ils sont donc de bons témoins de l'impact thermique sur l'estran de Gravelines.

Les évolutions respectives de ces trois facteurs permettent d'expliquer en grande partie les altérations bionomiques que subissent les peuplements intertidaux. Ces altérations sont particulièrement évidentes dans les niveaux supérieurs de l'estran et affectent le peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres. Les niveaux inférieurs de l'estran sont depuis plusieurs années caractérisés par une grande stabilité bionomique; les seuls changements que l'on puisse mettre en évidence sont en général parfaitement explicables par un phénomène affectant également le milieu subtidal proche et qui, en fait, est totalement étranger au fonctionnement de la centrale.

## METHODOLOGIE

La stratégie d'échantillonnage reste inchangée en 1997 par rapport aux années précédentes, les deux radiales ont été échantillonnées sur 4 niveaux le 5 juillet 1997.

Depuis 1996, la méthode de détermination de la biomasse a changé. Nous utilisons désormais la méthode du poids sec sans cendres (PSSC) en lieu et place de la méthode du poids sec décalcifié (PSD). Les résultats d'intercomparaison entre les pesées effectuées selon les deux méthodes ont montré que la méthode du PSD sous-évaluait la biomasse, sans doute par destruction ou le lessivage d'une partie de la matière organique lors des opérations de traitement. Le PSSC, quant à lui, nous permet d'éviter ce problème, ce qui permet d'obtenir une biomasse plus proche de la réalité, si l'on ne tient pas compte des pertes dues aux récoltes d'animaux brisés.

La technique du PSSC utilisée est la suivante :

- séchage à 60° pendant 72 heures, première pesée pour déterminer le poids sec, passage au four à 520° pendant 6 h, puis pesée des cendres. Le PSSC est la différence entre les deux pesées.

## RESULTATS

### 1- Composition bionomique.

Au cours de cette étude 24 taxons ont été récoltés sur les deux radiales. Ils se répartissent comme suit :

- 1 Némerte
- 1 Nématode
- 1 Annélide Oligochète
- 7 Annélides Polychètes
  - 3 errantes
  - 4 sédentaires

<b>radiale 1</b>	station E	station F	station G	station H
Graviers grossiers	0,10	5,14	0,00	0,00
Graviers fins	1,20	1,71	0,12	0,23
Sables grossiers	2,33	4,99	2,50	3,95
Sables moyens	64,72	55,38	71,46	56,90
Sables fins	31,61	31,85	25,88	38,86
Pélites	0,04	0,92	0,04	0,07

<b>radiale 2</b>	station I	station J	station K	station L
Graviers grossiers	1,30	1,78	0,02	0,04
Graviers fins	0,37	3,22	0,39	0,63
Sables grossiers	2,34	17,35	5,77	3,98
Sables moyens	65,18	52,56	76,33	36,79
Sables fins	31,83	25,04	17,44	58,27
Pélites	0,04	0,03	0,06	0,29

Tableau 7-1: Caractéristiques granulométriques du sédiment aux huit stations intertidales (% pondéraux)

- 1 Mollusque Gastéropode
- 2 Mollusques bivalves
- 10 Crustacés
  - 2 Isopodes
  - 6 Amphipodes
  - 2 Décapodes
- 1 Insecte

Ces 24 taxons correspondent à 3634 individus récoltés : 2307 sur la radiale 1 et 1327 sur la radiale 2. Ces résultats sont inférieurs à ceux enregistrés en 1996. On note une diminution de la densité globale de 1153 individus ; soit le tiers de la densité globale de 1996. Par contre sur la radiale 2, la densité globale est en forte hausse (+ 537 individus).

## 2- Résultats globaux

(figures 7-1 & 2, tableaux 7-1 à 7-4)

### 2-1 Radiale 1

On ne note pas d'évolution en 1997 par rapport au complexe de dunes et de bâches. Il a atteint depuis maintenant plusieurs années son extension maximale. Il n'offre plus de protection aux niveaux supérieurs de l'estran par rapport à la houle.

#### 2-1-1 Station E

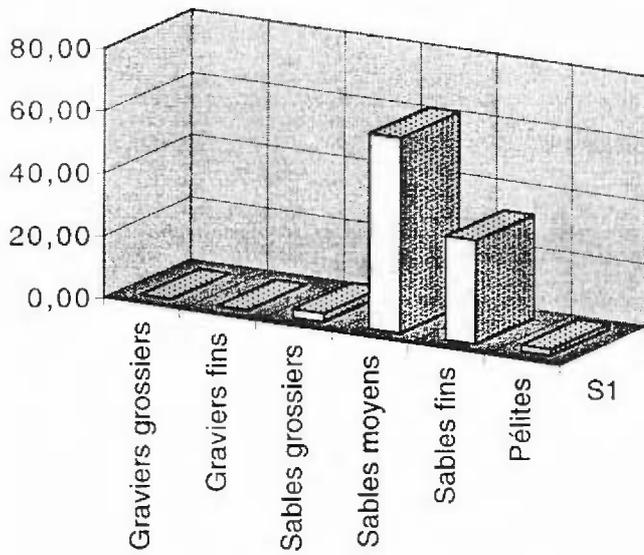
Les placages de vase ont disparu depuis plusieurs années. Malgré tout le sédiment est resté plus ou moins envasé (de 0,9 à 4 %). En 1997 on assiste à une diminution très importante de la teneur en pélites du sédiment, elle n'est plus que de 0,04% ce qui est le résultat le plus faible enregistré depuis le début des études. Ce phénomène de lessivage des fines se confirme sur la totalité de l'estran. Les sables moyens sont toujours dominants à la station E (64,72%); le taux de sables fins est en légère augmentation mais ce résultat reste dans la norme des ce que l'on rencontre habituellement à cette station.. La proportion de sédiment fins évolue peu par rapport à 1996 (96,4 contre 97,4% en 1996). C'est donc plus une modification qualitative que quantitative à laquelle nous assistons avec la forte chute de la teneur en pélites.

% pondéraux	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Pélites	3,92	1,22	0,91	7,22	7,73	2,96	1,27	2,51	2,34	0,99	2,76	0,04
Sable fin	34,39	25,08	24,03	40,63	19,72	20,61	7,60	18,39	25,59	25,46	27,11	31,61
Sable moyen	57,35	68,93	66,46	47,91	71,06	70,75	80,95	73,36	68,43	61,08	67,55	64,72

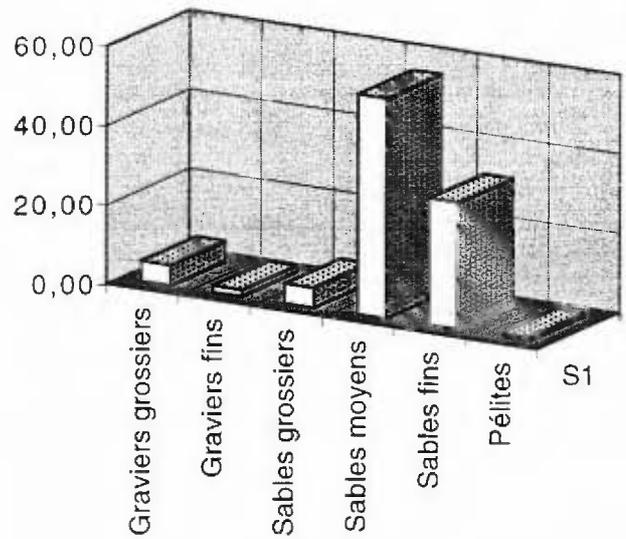
Le peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres évolue fortement. Si la population de *Corophium arenarium* semble se reconstituer (200/m<sup>2</sup>), la population de *Hydrobia ulvae* chute considérablement (5772/m<sup>2</sup>). Parallèlement à cela, la population de *Bathyporeia pilosa* augmente fortement (1376/m<sup>2</sup>), tout comme celle de *Eurydice affinis* (160/m<sup>2</sup>).

Mais le résultat le plus intéressant enregistré en 1997 est le retour vers la situation d'avant 1996 au sujet de la répartition des Spionidiens. La modification mise en évidence en 1996, qui détruisait le schéma existant depuis plusieurs années, n' a été que très fugace. Nous reviendrons sur le cas de ces deux espèces dans un prochain paragraphe.

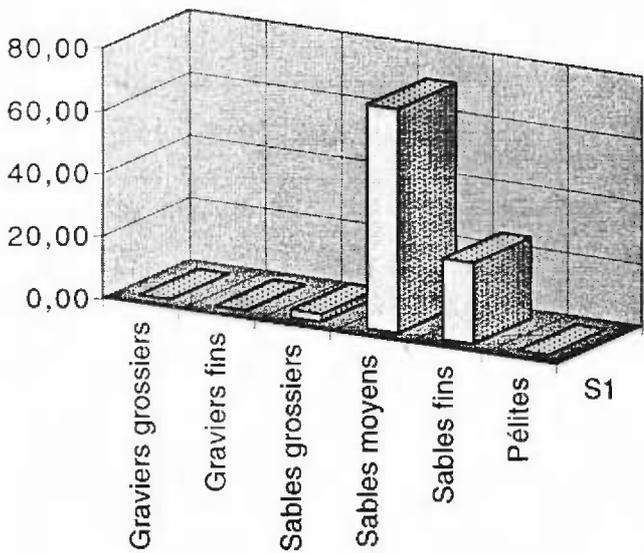
**Station E**



**Station F**



**Station G**



**Station H**

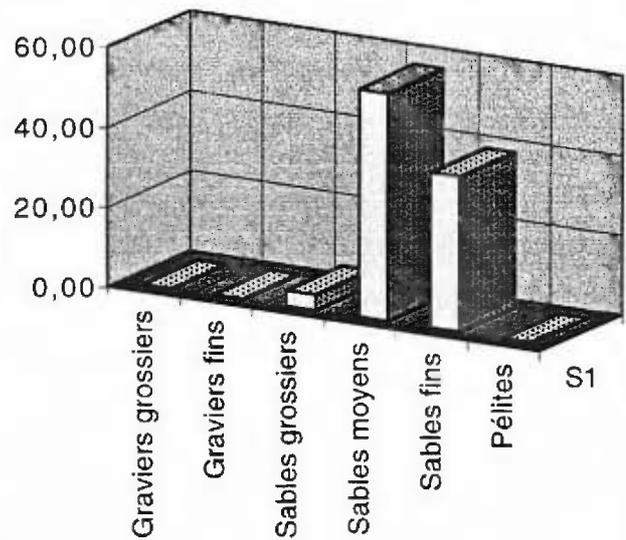


Fig. 7.1. : Caractéristiques granulométriques du sédiment aux quatre stations de la radiale I (%)

	St E		St F		St G		St H	
	nb. ind	biom.	nb. ind	biom.	nb. ind	biom.	nb. ind	biom.
<i>Nématodes</i>								
<i>Enchytraeidae</i>			4	0,2				
<i>Eteone longa</i>			4	4,5				
<i>Hediste diversicolor</i>			17	129,2				
<i>Nephtys cirrosa</i>					6	54,8	10	97,1
<i>Nerine cirratulus</i>	1	7,9	6	19,7				
<i>Spio martinensis</i>	19	1,6	49	4,4	1	0,1	1	2,1
<i>Ophelia rathkei</i>			115	23,1				
<i>Hydrobia ulvae</i>	1443	2009,8	14	44,4				
<i>Cerastoderma edule</i>			13	7432,7				
<i>Macoma balthica</i>			162	5502,1				
<i>Eurydice affinis</i>	40	9,4						
<i>Eurydice pulchra</i>			1	0,7				
<i>Corophium arenarium</i>	50	51,3						
<i>Haustorius arenarius</i>					2	12,8		
<i>Urothoe elegans</i>							1	0,4
<i>Bathyporeia pelagica</i>					2	0,7		
<i>Bathyporeia pilosa</i>	344	118,7						
<i>Bathyporeia sarsi</i>			1	0,3				
<i>Portumnus latipes</i>							1	21,7
TOTAL/0,25m <sup>2</sup>	1897	2198,7	386	13161,3	11	68,4	13	121,3

Tableau 7.2 Radiale 1: Résultats bruts par 0,25 m2

Densité/m <sup>2</sup>	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
<i>Hydrobia ulvae</i>	952	11234	25340	12820	7492	4060	10172	11304	12028	10488	5772
<i>Spio martinensis</i>	0	0	192	56	92	12	836	8	348	0	76
<i>Pygospio elegans</i>	20	48	0	44	0	0	0	0	0	32	160
<i>Eurydice affinis</i>	1280	504	144	0	136	496	244	100	76	12	160
<i>Corophium arenarium</i>	76	1208	360	2648	344	180	1808	3168	2830	24	200

La biomasse reste néanmoins forte, quoiqu'en très légère baisse par rapport à 1996, (8,4g/m<sup>2</sup> contre 8,7 en 1996). La forte régression de *Hydrobia ulvae* a été quasiment compensée par la hausse de densité des autres espèces.

### 2-1-2 Station F

C'est à cette station qu'ont pu être mis en évidence les changements les plus importants depuis le début des études. Et c'est en fait à cette station que les plus fortes altérations de la biomasse ont pu être enregistrées, et ce, notamment avec les évolutions des populations des mollusques bivalves *Cerastoderma edule* et *Macoma balthica* qui, selon les aléas de leurs recrutements produiront ou non une forte biomasse.

Les résultats enregistrés en 1997 à la station F mettent en évidence deux faits importants. En premier lieu, les résultats confirment ceux enregistrés à la station E au niveau des populations de spionidiens. Ce cas sera étudié dans un chapitre ultérieur. Mais, le fait primordial est le fort recrutement des mollusques bivalves *Cerastoderma edule* et *Macoma balthica*. En effet ces espèces bénéficient toutes deux d'un bon recrutement. Lors de l'étude précédente, nous avons déjà signalé une reconstitution des populations de ces deux mollusques qui n'atteignaient pas des niveaux importants de densité. En 1997, les densités de *Cerastoderma edule* et *Macoma balthica* atteignent respectivement 52 et 648 /m<sup>2</sup>.

Densité/m <sup>2</sup>	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
<i>Hediste diversicolor</i>	16	0	4	12	12	0	12	4	40	8	68
<i>Spio martinensis</i>	0	0	592	192	8	12	968	4	692	0	192
<i>Pygospio elegans</i>	40	16	0	0	144	0	0	0	0	672	2
<i>Ophelia rathkei</i>	100	4	0	0	28	0	16	324	184	1576	460
<i>Hydrobia ulvae</i>	0	0	15700	860	0	8	20	0	0	12	56
<i>Cerastoderma edule</i>	0	0	1368	636	64	8	0	0	0	12	52
<i>Macoma balthica</i>	40	0	84	0	8	0	4	40	20	40	648
<i>Corophium arenarium</i>	16	0	36	24	60	0	4	24	100	0	0

D'autres espèces affectionnant les eaux dessalées voient leurs densités progresser : *Hediste diversicolor* (68/m<sup>2</sup> contre 8 en 1996) ou *Hydrobia ulvae*. Quant à *Ophelia rathkei*, si sa densité de population baisse par rapport à une année tout à fait extraordinaire en 1996, elle reste néanmoins à un niveau très élevé par rapport aux études précédentes (648/m<sup>2</sup>).

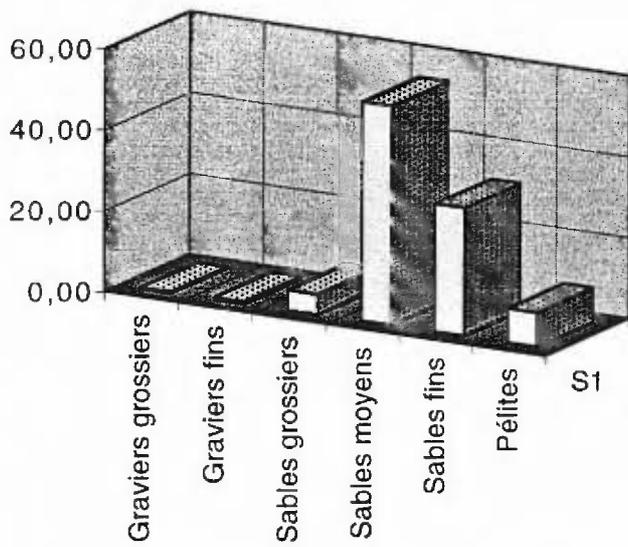
Il en résulte une très forte augmentation de la biomasse qui atteint les niveaux les plus élevés jamais enregistrés sur l'estran de Gravelines : 52,4g/m<sup>2</sup>.

Les conditions de dessalure qui avaient été signalées en 1996 semblent s'être maintenues en 1997 et elles ont permis le maintien ou un recrutement plus intense des espèces euryhalines.

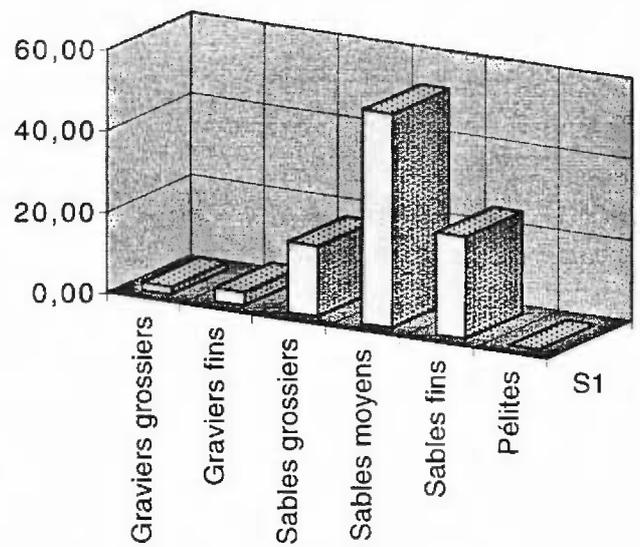
	Station I		Station J		Station K		Station L	
	nb. ind	biom.						
<i>Nemertes</i>					1	4,8		
<i>Nématodes</i>	183	18,5	4	0,2				
<i>Enchytraeidae</i>	53	6,1						
<i>Eteone longa</i>	1	1,1			1	0,8	1	0,7
<i>Hediste diversicolor</i>								
<i>Nephtys cirrosa</i>					4	38,7	8	65,7
<i>Nerine cirratulus</i>			1	4,3	4	13,4		
<i>Pygospio elegans</i>	286	40,0						
<i>Spio martinensis</i>			15	1,2			1	0,5
<i>Ophelia rathkei</i>								
<i>Hydrobia ulvae</i>	51	50,4						
<i>Cerastoderma edule</i>								
<i>Macoma balthica</i>								
<i>Eurydice affinis</i>	9	7,3	47	36,1				
<i>Eurydice pulchra</i>			5	3,1				
<i>Corophium arenarium</i>	377	307,3	20	18,3				
<i>Haustorius arenarius</i>					4	15,7		
<i>Urothoe elegans</i>								
<i>Bathyporeia pelagica</i>								
<i>Bathyporeia pilosa</i>	1	0,2	247	59,4				
<i>Bathyporeia sarsi</i>					1	0,2		
<i>Crangon crangon</i>							1	2,1
<i>Portumnus latipes</i>								
<i>Staphylinidae</i>	1	0,1						
TOTAL/0,25m <sup>2</sup>	962	431,0	339	122,6	15	73,6	11	69,0

Tableau 7.3 Radiale 2: Résultats bruts par 0,25 m<sup>2</sup>

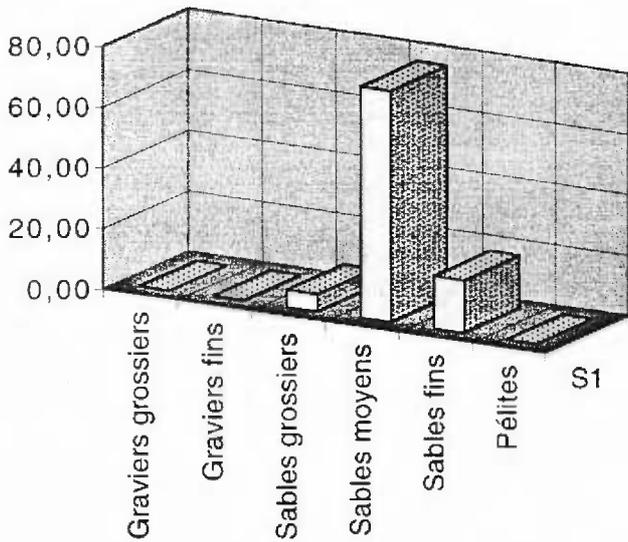
**Station I**



**Station J**



**Station K**



**Station L**

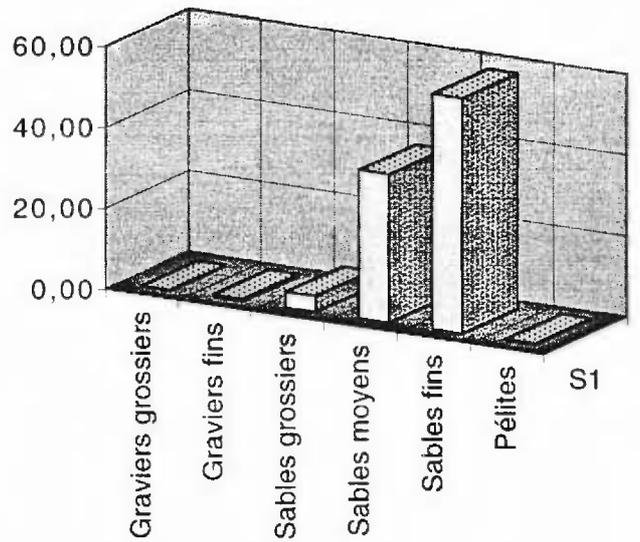


Fig. 7.2. : Caractéristiques granulométriques du sédiment aux quatre stations de la radiale II (%)

Le recrutement important de *Nerine cirratulus* noté en 1996 n' a été que transitoire et cette espèce retrouve en 1997 des densités normales (24/m<sup>2</sup>).

### 2-1-3 Station G et H

Comme depuis plusieurs années maintenant, ces deux stations sont caractérisées par une grande stabilité. On ne note pas en ces stations d'influence de la centrale. Ces deux stations sont complètement soustraites à l'influence de l'Aa du fait des altérations morphologiques de la plage. Elles sont dominées par *Nephtys cirrosa* et les amphipodes *Haustoridae*, elles sont tout à fait caractéristiques des niveaux inférieurs des plages de la région. La biomasse en ces stations est faible : inférieure à 0,5g/m<sup>2</sup>.

### 2-1-4 Radiale 1 : Conclusions

Les résultats enregistrés en 1997 permettent de confirmer le maintien des conditions de dessalure dans la partie ouest de l'estran. La stabilité de ces conditions a permis le maintien voire l'essor des espèces euryhalines.

Les populations de Spionidiens semblent à nouveau s'accorder au schéma qui avait été en vigueur pendant plusieurs années et qui tendait à séparer les populations de *Spio martinensis* et de *Pygospio elegans* en fonction de l'impact thermique de la centrale.

Neanmoins il n'en reste qu'à la station F, la biomasse enregistrée en 1997 a été une des plus fortes jamais enregistrées sur l'estran de Gravelines.

### 2-2 Radiale 2

#### 2-2-1 Station I

Depuis plusieurs années cette station est le reflet du résultats des actions combinées des trois facteurs écologiques principaux qui régissent la répartition les communautés benthiques de l'estran de Petit-Fort-Philippe. En effet cette station est sous l'action combinée de la dessalure, du courant et de la température. Cette station est rendue instable par le proximité du rejet. Selon la prépondérance de tel ou tel facteur cette station évoluera soit vers des aspects typiques des hauts niveaux des estrans à faible énergie de la région soit vers des aspects moins envasés.

Densité/m <sup>2</sup>	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
<i>Enchytraeidae</i>	40	0	36	0	8	20	0	0	16	4	212
<i>Pygospio elegans</i>	1472	1004	1224	208	148	424	1404	32	132	64	1144
<i>Hydrobia ulvae</i>	800	312	688	564	0	620	116	1216	1380	840	204
<i>Corophium arenarium</i>	2512	1380	1852	468	624	3772	6184	956	1232	1604	1508
<i>Bathyporeia pilosa</i>	8	126	0	52	100	60	684	64	128	0	4
<i>Eurydice affinis</i>	68	268	16	60	0	20	236	448	436	24	36

La population de *Hydrobia ulvae* continue à régresser fortement et revient au niveau de 1993 (204/m<sup>2</sup>). Les populations de *Eurydice pluchra* et de *Corophium arenarium* restent à un niveau équivalent à celui de 1996 (respectivement : 36 et 1508/m<sup>2</sup>).

Mais les résultats les plus intéressants sont sans conteste la forte progression de la population des *Enchytraeidae* (de 4 en 1996 à 212/m<sup>2</sup> en 1997) et de *Pygospio elegans* ( de 64 en 1996 à 1144/m<sup>2</sup> en 1997). Ces deux résultats montrent que l'influence de la dessalure se fait plus sentir en 1997 qu'en 1996 et que *Pygospio* retrouve des conditions idéales à son implantation. L'impact thermique doit être moins important cette année.

La biomasse enregistrée en 1997 est légèrement inférieure à celle de 1996 (1,7g/m<sup>2</sup> en 1997 contre 2,3 en 1996).

#### 2-2-2 Station J

Cette station est située à proximité immédiate du complexe de dunes et de bâches. Cette station est le siège un lent phénomène d'érosion provoqué par la houle qui élimine les particules fines du sédiment et qui fait évoluer le peuplement vers des aspects caractéristiques des moyens niveaux inférieurs.

Densité/m <sup>2</sup>	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
<i>Nerine cirratulus</i>	168	336	12	146	36	32	88	68	96	76	4
<i>Eurydice affinis</i>	452	40	8	0	0	140	240	16	68	0	188
<i>Eurydice pulchra</i>	480	0	192	160	0	16	0	236	308	120	20
<i>Bathyporeia pilosa</i>	276	0	0	0	0	156	76	0	0	0	988

On note en 1997 un retour vers une situation caractéristique des niveaux moyens supérieurs. La population de *Nerine cirratulus* (4/m<sup>2</sup>) régresse considérablement et, par contre celles de *Bathyporeia pilosa* et de *Eurydice affinis* augmentent de manière très importante. Ces deux espèces étaient absentes en 1996.

La biomasse par contre n'évolue pas elle reste voisine de 0,5g/m<sup>2</sup>. La perte en biomasse due à la régression de la population de *Nerine* est compensée par la répartition de *Bathyporeia pilosa* et de *Eurydice affinis*.

#### 2-2-3 Stations K et L

Ces deux stations sont particulièrement stables depuis maintenant plusieurs années. Elles sont caractérisées par un cortège typique des bas niveaux des estrans de la région, dominées par *Nephtys cirrosa*, *Haustorius arenarius* et *Portumnus latipes*.

#### 2-2-4 Radiale 2 : Conclusion

L'étude 1997 a été caractérisée par un retour vers une situation analogue à celle d'avant 1996. L'évolution mise en évidence en 1996 n'a donc été que très fugace. La population de *Pygospio* est à nouveau localisée à la partie est de l'estran, la dessalure se fait sentir de manière sensible dans les hauts niveaux et les niveaux inférieurs n'évoluent plus depuis plusieurs années.

### 3- Conclusion sur l'évolution de l'estran

#### 3-1 Cas de la partie ouest

Les peuplements typiquement estuariens ont disparu de la partie ouest de l'estran dès la mise en service de la centrale. Néanmoins l'influence de l'Aa existe encore et le peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres qui s'est installé est fragilisé par la variabilité de la dessalure et par la circulation d'eau de la centrale et l'instabilité thermique et sédimentaire qu'elle induit.

	Densité moyenne 1992	Densité moyenne 1993	Densité moyenne 1994	Densité moyenne 1995	Densité moyenne 1996	Densité moyenne 1997
<i>Ophelia rathkei</i>	0	4	82	55	396	115
Oligochètes	0	20	1	45	6	4
<i>Hediste diversicolor</i>	0	3	1	11	2	17

On note en 1997 une diminution globale des densités des espèces typiquement euryhalines. Ceci doit être tempéré par plus faits importants:

- les résultats enregistrés en 1996 pour *Ophelia rathkei* étaient exceptionnels
- d'autres espèces euryhalines voient leurs densité augmenter de manière importante : il s'agit de *Cerastoderma edule* et de *Macoma balthica*.

On peut conclure en fait, en s'affranchissant des variations de densités individuelles que l'influence de la dessalure se fait encore sentir intensément sur la partie ouest de l'estran.

### 3-2 Cas des Spionidiens

Le principe général de la séparation des deux populations de spionidiens a été remise en cause en 1996. L'impact thermique ne se faisait pas sentir dans la partie ouest de l'estran.

En 1997 on revient à une situation similaire à 1995 et aux années antérieures, les deux populations sont à nouveau séparées du fait de la diminution de l'impact thermique de la centrale.

Densité/m <sup>2</sup>		1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
<i>Spio martinensis</i>	E	192	52	92	12	836	8	348	0	76	ouest
	F	592	192	8	12	938	4	692	0	196	
	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	est
	J	0	0	0	0	0	0	0	0	60	
<i>Pygospio elegans</i>	E	0	0	0	0	0	0	0	32	0	ouest
	F	0	0	144	0	0	0	0	672	0	
	I	1224	208	148	424	1404	32	772	64	1144	est
	J	144	60	0	0	4	0	0	4	0	

*Pygospio* se trouve maintenant confiné à la seule station J. La densité de sa population est proche des plus fortes densités enregistrées depuis le début des études. *Spio* occupe le reste de l'estran. Cette situation très différente de ce qui se passait en 1996 montre la possibilité d'adaptation des populations benthiques intertidales aux stress qu'elles subissent.

### 3-3 Cas de la biomasse

Toute altération de la structure bionomique provoque rapidement une altération de la biomasse. Cette altération peut-être positive ou négative, cela dépend en fait des espèces qui sont en cause.

g/m <sup>2</sup>	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996 PSD	1996 PSSC	1997 PSSC
E	1,52	7,99	13,51	7,92	4,62	2,99	7,25	8,7	9,87	8,68	11,82	8,79
F	2,12	0,05	41,46	25,97	13,37	0,48	1,37	20,63	3,42	25,94	31,16	52,64
G	0,83	0,39	0,48	0,41	0,61	0,12	0,48	0,61	0,77	0,44	0,47	0,27
H	0,16	0,87	0,38	1,29	0,12	2,97	0,11	0,29	0,77	0,29	0,31	0,48
I	2,44	2,7	1,66	0,6	0,38	3,02	3,94	1,47	1,68	1,49	2,34	1,72
J	1,49	1,65	0,11	0,32	0,15	0,35	0,35	0,48	0,75	0,48	0,48	0,49
K	0,82	1,48	0,86	0,71	0,77	0,02	0,47	1,63	0,55	1,03	1,06	0,29
L	0,61	0,67	0,22	0,18	0,9	20,52	0,59	0,3	2,49	1,84	1,91	0,28
Moy. estran	1,25	1,98	7,34	4,68	2,54	3,77	1,82	4,26	2,05	5,02	6,19	8,12

La biomasse moyenne de l'estran est une des plus forte jamais enregistrée depuis le début des études. Ce résultats est sans aucun doute possible dû à la biomasse de la station F, à cette station deux espèces contribuent pour 98% de la biomasse : *Cerastoderma edule* et *Macoma balthica*. Ces deux espèces représentent 50,9% de la biomasse totale de l'estran.

**CHAPITRE VIII**

**BENTHOS SUBTIDAL**

**Jean-Marie DEWARUMEZ**

**Christophe LUCZAK**

**Dominique MENU**



## INTRODUCTION

Le suivi écologique du domaine subtidal de Gravelines est maintenant assuré depuis 1973. Depuis 1976 les aspects quantitatifs du peuplement à *Abra alba* sont assurés. Actuellement le suivi est réalisé en une station impactée par le fonctionnement de la centrale (la station C) et en une station située hors impact (la station B). La comparaison des évolutions du peuplement en ces deux stations permet de mettre en évidence l'impact du fonctionnement de la centrale.

Le fonctionnement de la centrale par la circulation des eaux de refroidissement entraîne un lessivage des fines dans le champ proche du rejet. Ce lessivage a entraîné la disparition complète des espèces vasicoles qui y étaient établies. Ainsi bien que les masses d'eau apportent sur les deux stations un contingent similaire de larves planctoniques, les recrutements ne perdurent jamais à la station C du fait d'un sédiment inapproprié. Alors qu'à la station B les conditions sont suffisamment favorables pour le maintien des recrues.

Le peuplement à *Abra alba* à la station B est particulièrement productif, la biomasse a déjà dépassé  $400\text{g/m}^2$ , ce qui représente une des valeurs les plus importantes de biomasse en baie sud de la mer du Nord, tous peuplements confondus.

## METHODOLOGIE

La méthodologie de prélèvement reste inchangée. Quatre campagnes ont été effectuées les 14 janvier, 10 avril, 6 juin et 16 septembre 1997.

Nous employons désormais pour la détermination de la biomasse le poids sec sans cendres (PSSC). Les résultats enregistrés en 1996 dans l'intercalibration des deux méthodes (PSSC et PSD) a prouvé que la méthode du poids sec décalcifié donnait des résultats plus faibles, ceci est sans doute dû au lessivage de la matière organique lors de la décalcification à l'acide chlorhydrique.

## RESULTATS

### 1- Analyses granulométriques

L'ensemble des résultats des analyses granulométriques est présenté sur le tableau 8-1 et les figures 8-1 et 8-2.

#### 1-1 Station B

Le sédiment semble être redevenu typique du peuplement à *Abra alba* à la station B. Les teneurs en pélites n'ont jamais été inférieures à 1,79 % en 1997. On a même enregistré 17,94% en avril 1997. On peut donc penser que l'altération sédimentologique mise en évidence en 1991 est donc maintenant complètement terminée. La teneur en sable grossier excède à peine les 20% en janvier, elle est ensuite toujours inférieure à 15%.

#### 1-2 Station C

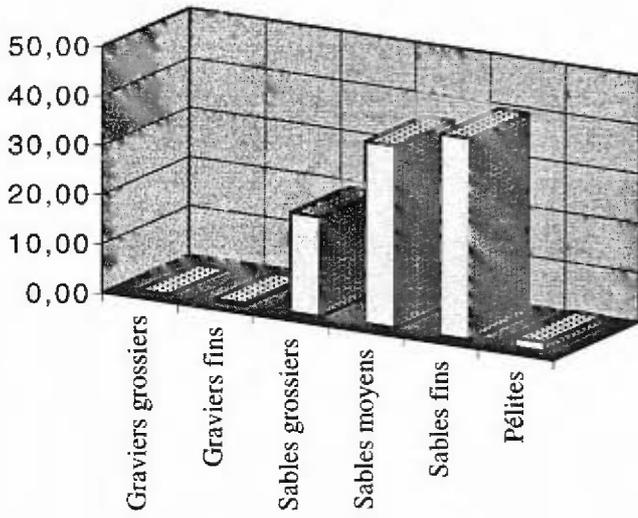
Le sédiment de la station C n'évolue pas, toujours presque totalement dépourvu de pélites, il est dominé par les sables moyens ( 65 à 85 %) et les sables fins (11 à 31 %). La fraction grossière n'atteint jamais 1,5%. L'impact de la circulation d'eau de refroidissement est donc toujours très fort.

<b>STATION B</b>	<b>14/01/97</b>	<b>10/04/97</b>	<b>23/07/97</b>	<b>16/09/97</b>
Graviers grossiers	0,05	0,09	0,57	0,03
Graviers fins	0,56	0,05	1,51	0,04
Sables grossiers	20,17	0,70	14,45	6,59
Sables moyens	36,83	33,64	30,03	34,37
Sables fins	40,61	47,58	48,13	52,52
Pélites	1,79	17,94	5,31	6,45
	100,00	100,00	100,00	100,00

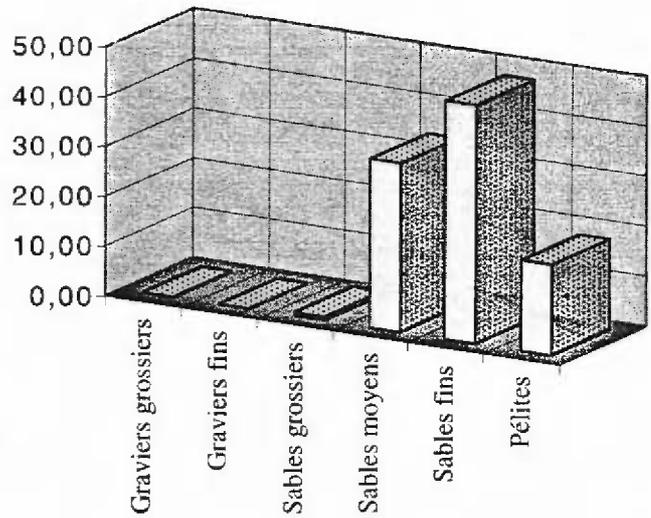
<b>STATION C</b>	<b>14/01/97</b>	<b>10/04/97</b>	<b>23/07/97</b>	<b>16/09/97</b>
Graviers grossiers	0,23	0,98	0,18	0,00
Graviers fins	0,37	0,44	0,39	0,03
Sables grossiers	2,34	1,89	2,79	0,25
Sables moyens	65,18	68,41	85,56	78,73
Sables fins	31,83	28,18	11,05	20,92
Pélites	0,04	0,10	0,03	0,07

Tableau 8-1: Caractéristiques granulométriques du sédiment  
aux deux stations subtidales (% pondéraux)

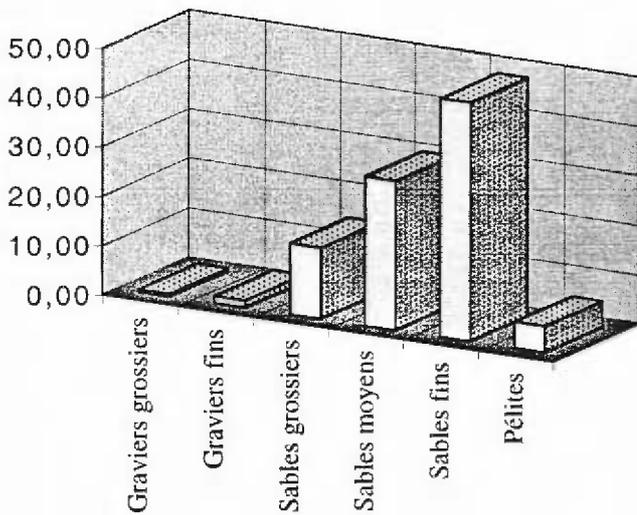
**Station B, 14/01/97**



**Station B, 10/04/97**



**Station B, 06/06/97**



**Station B, 16/09/97**

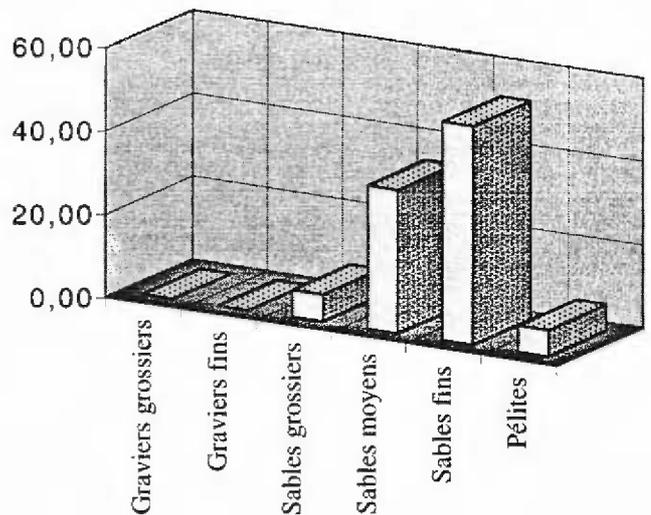
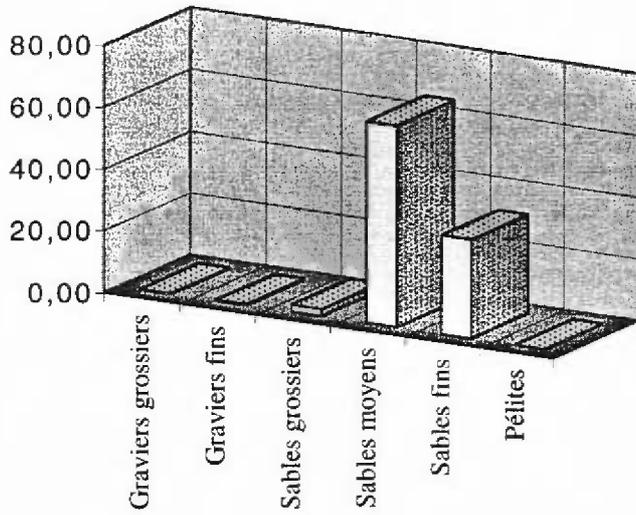
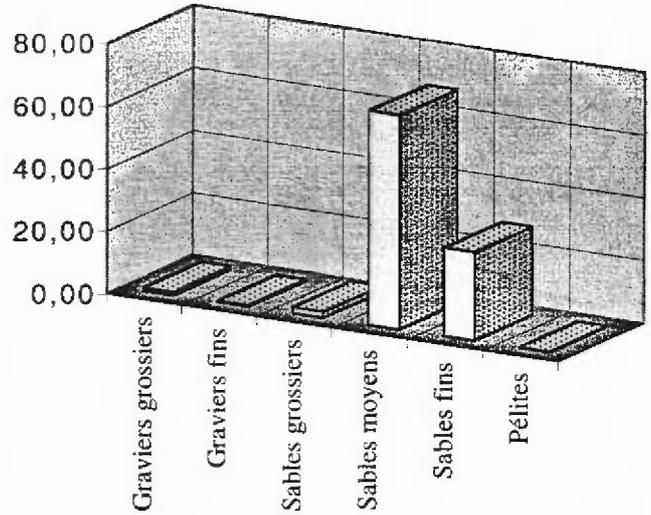


Fig. 8.1 : Station B, Caractéristiques granulométriques du sédiment (% pondéraux)

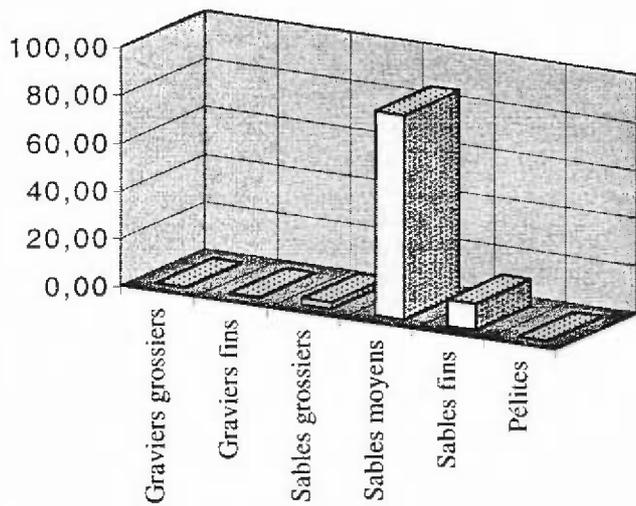
**Station C, 14/01/97**



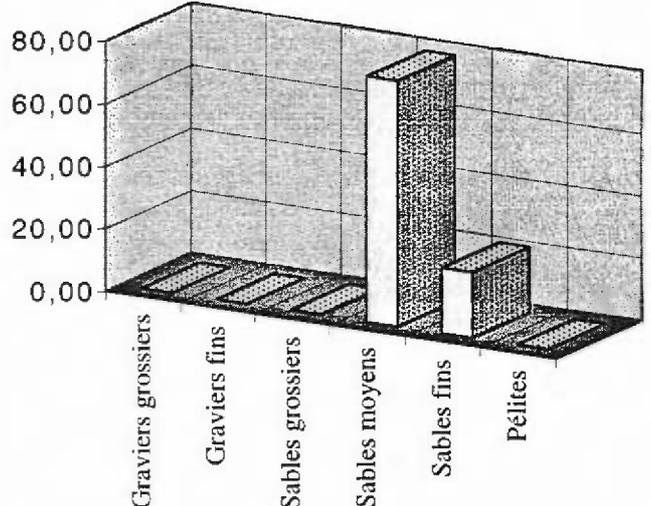
**Station C, 10/04/97**



**Station C, 06/06/97**



**Station C, 16/09/97**



## 2- Analyses bionomiques

L'ensemble des résultats bionomiques figurent dans les tableaux 8-2 à 8-5.

L'analyse faunistique a permis d'identifier 62 taxons différents sur les deux stations. 51 taxons ont été récoltés à la station B et 21 taxons ont été récoltés à la station C. Ils se répartissent comme suit:

- 1 Cnidaire
- 3 Némertes
- 29 Annélides polychètes
  - 17 errantes
  - 12 sédentaires
- 11 Mollusques
  - 3 Gastéropodes
  - 8 Bivalves
- 14 Crustacés
  - 1 Mysidacé
  - 1 Isopode
  - 1 Tanaidacé
  - 6 Amphipodes
  - 5 Décapodes
- 3 Echinodermes
- 1 Poisson

Ces 62 taxons représentent 12277 individus récoltés : 11790 à la station B et 487 à la station C. On note que le nombre d'individus récoltés à la station B progresse de plus de 1300, ceci est à relier à l'envasement mis en évidence au cours de l'année. Les effectifs à la station C progressent également, ceci étant dû à une seule espèce *Nephtys cirrosa* qui a été récolté à 215 exemplaires soit 44% des individus récoltés à la station C.

### 2-1 Station B

Cette station est représentative du peuplement à *Abra alba*. Ce peuplement est sujet à des basculements bionomiques importants qui ne remettent toutefois pas en cause la structure du peuplement. Une dizaine d'espèces semblant être interchangeables peuvent dominer tour à tour au gré de la réussite de leurs recrutements.

L'étude 1997 marque un retour plus prononcé à une situation normale au sein du peuplement à *Abra alba*. Les résultats enregistrés montrent que le cortège spécifique se reconstitue, bien que les densités que l'on enregistre ne soient pas très élevées. Les tentatives de réappropriation du milieu semblent avoir finalement abouti en 1997.

En janvier, Le cortège spécifique semble se reconstituer bien que les effectifs restent faibles. Les espèces dominantes sont *Lanice conchilega* (278/m<sup>2</sup>), *Magelona mirabilis* (120/m<sup>2</sup>), *Phyllodoce mucosa* (66/m<sup>2</sup>), *Spiophanes bombyx* (50/m<sup>2</sup>) et *Notomastus latericeus* (41/m<sup>2</sup>). Comme espèces accompagnatrices on peut citer *Nassarius reticulatus* (33/m<sup>2</sup>) dont l'apport en biomasse est important (5,3 g/m<sup>2</sup>), *Scoloplos armiger* (32/m<sup>2</sup>) et *Nephtys hombergii* (27/m<sup>2</sup>). La biomasse globale est de 17,4 g/m<sup>2</sup>. Les espèces les plus contributives à l'élaboration de la biomasse sont, outre *Nassarius reticulatus*, *Ensis directus* (5,8 g/m<sup>2</sup>), *Lanice conchilega* (3,2 g/m<sup>2</sup>) et *Notomastus latericeus* (1,0 g/m<sup>2</sup>). La biomasse de *Ensis directus* est toujours sous évaluée. Cette espèce semble s'être parfaitement adaptée au site, elle est maintenant incorporée au cortège spécifique du peuplement.

En avril, malgré la très forte teneur en pérites signalée plus haut le cortège s'appauvrit, la densité globale n'est plus que de 414/m<sup>2</sup>. La population de *Lanice conchilega* a presque complètement disparu, seules sont encore présentes *Magelona mirabilis* (246/m<sup>2</sup>), *Nephtys hombergii* (32/m<sup>2</sup>), *Spiophanes bombyx* (25/m<sup>2</sup>), *Nassarius reticulatus* (24/m<sup>2</sup>) et *Spisula*

	14/01/97	10/04/97	6/06/97	16/09/97
<i>Sagartia troglodytes</i>	1	0	1	10
<i>Tubulanus polymorphus</i>	1	0	0	30
<i>Cerebratulus sp.</i>	3	1	5	2
<i>Scoloplos armiger</i>	32	0	0	47
<i>Spio martinensis</i>	2	11	3	2
<i>Spiophanes bombyx</i>	50	25	1077	347
<i>Aonides paucibranchiata</i>	0	0	0	0
<i>Magelona mirabilis</i>	120	246	1640	403
<i>Notomastus latericeus</i>	41	2	10	140
<i>Capitella capitata</i>	2	1	3	0
<i>Travisia forbesii</i>	1	0	0	0
<i>Ophelia borealis</i>	1	0	0	0
<i>Phyllodoce mucosa</i>	66	5	22	28
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	0	2	4	0
<i>Eumida sanguinea</i>	7	1	46	40
<i>Eteone longa</i>	0	0	1	15
<i>Harmothoe glabra</i>	1	0	4	0
<i>Harmothoe lunulata</i>	0	0	1	0
<i>Stenelais boa</i>	2	0	0	2
<i>Pholoe minuta</i>	0	0	1	8
<i>Syllidae sp.</i>	1	0	0	0
<i>Eunereis longissima</i>	6	2	0	15
<i>Glycera alba</i>	2	0	0	0
<i>Goniadella bobretzkii</i>	1	0	0	0
<i>Nephtys longosetosa</i>	14	0	1	0
<i>Nephtys cirrosa</i>	2	6	9	3
<i>Nephtys hombergii</i>	27	32	143	142
<i>Owenia fusiformis</i>	5	5	10	2
<i>Pectinaria koreni</i>	0	2	190	65
<i>Lanice conchilega</i>	278	7	4722	758
<i>Crepidula fornicata</i>	0	0	0	2
<i>Lunatia alderi</i>	1	0	1	0
<i>Nassarius reticulatus</i>	33	24	16	20
<i>Mysella bidentata</i>	1	0	6	7
<i>Venerupis pullastra</i>	0	0	0	5
<i>Spisula subtruncata</i>	13	15	11	122
<i>Mactra corallina</i>	0	1	0	2
<i>Macoma balthica</i>	1	0	0	3
<i>Tellina fabula</i>	1	3	20	8
<i>Abra alba</i>	11	10	45	65
<i>Ensis directus</i>	18	8	45	18
<i>Urothoe poseidonis</i>	2	0	3	3
<i>Atylus falcatus</i>	0	0	1	2
<i>Atylus swammerdami</i>	0	2	1	35
<i>Diastylis bradyi</i>	0	1	3	0
<i>Crangon crangon</i>	0	0	0	2
<i>Pagurus bernhardus</i>	1	1	0	0
<i>Corystes cassivelaunus</i>	0	0	7	3
<i>Liocarnus holsatus</i>	0	0	14	15
<i>Ophiura texturata</i>	0	1	0	0
<i>Ophiura sp. "jeunes"</i>	0	0	0	192
<i>Echinocardium cordatum</i>	0	0	0	0
Total	748	414	8066	2562

Tableau 8-2 Station B densités en nombre d'individus. m<sup>-2</sup>

	14/01/97	10/04/97	6/06/97	16/09/97
<i>Sagartia troglodytes</i>				3451,3
<i>Scoloplos armiger</i>	24,1			17,2
<i>Spiophanes bombyx</i>	14	17,3	220,6	72,2
<i>Magelona mirabilis</i>	43,2	218,6	1298	320,2
<i>Notomastus latericeus</i>	999,6		158,5	328,0
<i>Phyllodoce mucosa</i>	91,1	6,8	16,5	
<i>Eunereis longissima</i>	310,6	307,4		267,0
<i>Nephtys hombergii</i>	802	1209,4	920,8	2835,7
<i>Pectinaria koreni</i>			73,8	919,8
<i>Lanice conchilega</i>	3158,2	183	8188,4	3135,7
<i>Nassarius reticulatus</i>	5307,6	5721,6	2651,9	5821,7
<i>Spisula subtruncata</i>	241,7	6031,7	3458,5	305,5
<i>Mactra corallina</i>		1610,6		5938,7
<i>Tellina fabula</i>	17,9	143,9	174,4	287,8
<i>Abra alba</i>	60,4	377,3	482,5	1333,3
<i>Ensis directus</i>	5835,6	2900,3	826,3	3480,3
<i>Liocarnus holsatus</i>			105,2	70,0
<i>Ophiura sp. "jeunes"</i>				93,8
Divers	484,2	839	1159	476,8
TOTAL	17390,2	19566,9	19734,4	29155

Tableau 8.3 : Station B, Biomasse en mg.m-2

*subtruncata* (15/m<sup>2</sup>). La biomasse globale est néanmoins plus forte qu'en janvier (19,6 g/m<sup>2</sup>), ceci est dû à la récolte des gros individus (surtout pour *Spisula subtruncata* : 6 g/m<sup>2</sup>), et à la récolte d'un individu de *Mactra corallina* (1,6 g/m<sup>2</sup>).

En juin, on note le recrutement de nombreuses espèces *Lanice conchilega* (4722/m<sup>2</sup>), *Magelona mirabilis* (1640/m<sup>2</sup>), *Spiophanes bombyx* (1077/m<sup>2</sup>), *Pectinaria koreni* (190/m<sup>2</sup>) et *Nephtys hombergii* (143/m<sup>2</sup>). *Abra alba* (45/m<sup>2</sup>) et *Tellina fabula* (20/m<sup>2</sup>) bénéficient d'un recrutement plus faible. On assiste donc comme avant la perturbation sédimentologique à un recrutement relativement important. Certes, les densités n'atteignent pas celles d'alors, mais le peuplement semble avoir recouvré ses possibilités. La biomasse, en raison de la petite taille des individus récoltés ne progresse pas (19,7 g/m<sup>2</sup>). Elle est due en grande partie à *Lanice conchilega* (8,2g/m<sup>2</sup>), *Spisula subtruncata* : 3,5 g/m<sup>2</sup>), *Nassarius reticulatus* (2,7g/m<sup>2</sup>) et *Magelona mirabilis* (1,3/m<sup>2</sup>).

En septembre (notons que pour ce prélèvement les analyses ne portent que sur 0,6 m<sup>2</sup>, du fait une mauvaise fixation des échantillons), les espèces ayant bénéficié d'un bon recrutement sont toujours présentes, ainsi *Lanice conchilega* (758/m<sup>2</sup>), *Magelona mirabilis* (403/m<sup>2</sup>), *Spiophanes bombyx* (347/m<sup>2</sup>), *Nephtys hombergii* (142/m<sup>2</sup>) et *Pectinaria koreni* (65/m<sup>2</sup>) se sont bien implantées. La biomasse progresse (29,2 g/m<sup>2</sup>), mais on reste toujours à des niveaux de biomasse faible par rapport à certains résultats antérieurs. *Nassarius reticulatus* (5,8g/m<sup>2</sup>), *Sagartia troglodytes* (3,5g/m<sup>2</sup>), *Ensis directus* (3,5g/m<sup>2</sup>), *Lanice conchilega* (3,1g/m<sup>2</sup>), *Nephtys hombergii* (2,8/m<sup>2</sup>), *Abra alba* (31,3g/m<sup>2</sup>) et surtout *Mactra corallina* (5,9 g/m<sup>2</sup> pour 2 individus) sont les espèces les plus contributives à l'élaboration de la biomasse..

En conclusion, il semble donc que la situation soit redevenue "normale" à la station B bien que les résultats enregistrés au niveau de la densité et de la biomasse ne soient toujours au niveau des résultats antérieurs. Aucune espèce ne présente de recrutement pléthorique, mais on peut supposer que si les conditions sédimentologiques se maintiennent, la situation en 1998 devrait redevenir complètement normale.

## 2-2 Station C

La station C permet de visualiser l'impact de la circulation d'eau de refroidissement sur la communauté à *Abra alba*. Le courant important provoque un lessivage des fines. Cela est parfaitement confirmé par les analyses granulométriques.

Une espèce a particulièrement dominé cette année, il s'agit de *Nephtys cirrosa* qui représente au total 44% des individus récoltés à la station C. Cette espèce est sabulicole et sa présence confirme parfaitement les résultats enregistrés au niveau de la granulométrie. La densité de cette espèce est toujours supérieure à 60/m<sup>2</sup>, elle atteint même 107/m<sup>2</sup> en avril. Certaines espèces abondantes à la station B se retrouvent fugacement à la station C : par exemple *Spiophanes bombyx* (31/m<sup>2</sup>) et *Magelona mirabilis* (20/m<sup>2</sup>) en avril.

Il est à noter la récolte de 6 individus de grande taille de *Hyperoplus lanceolatus* (2 en janvier et 4 en septembre). Signalons également la récolte d'un Tanaïdacé qui n'a pu être déterminé pour l'instant mais qui semble pouvoir être une espèce nouvelle pour l'inventaire des espèces de la région.

La biomasse reste faible à cette station, toujours inférieure à 2,4 g/m<sup>2</sup>. Les deux plus fortes biomasses sont dues aux récoltes des *Hyperoplus lanceolatus* citées plus haut.

## 3- ETUDE DES POPULATIONS DE ABRA ALBA ET DE TELLINA FABULA

*Abra alba* et *Tellina fabula* sont deux espèces caractéristiques du peuplement à *Abra alba*. Leurs populations sont suivies depuis 1976 à la station B. Les populations de ces deux espèces ont été fortement affectées par l'altération granulométrique.

	14/01/97	10/04/97	6/06/97	16/09/97
<i>Némertes</i>		1	3	3
<i>Spiophanes bombyx</i>		31	7	
<i>Nerine cirratulus</i>	4	5	1	13
<i>Magelona mirabilis</i>		20	1	
<i>Eteone longa</i>		1		
<i>Eumida sanguinea</i>				1
<i>Nephtys cirrosa</i>	61	107	73	74
<i>Lumbrineris impatiens</i>			1	
<i>Spisula subtruncata</i>	1	2	4	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>			1	2
<i>Eurydice pulchra</i>	1			
<i>Tanaidacea sp.</i>		2		
<i>Atylus swammerdami</i>			1	1
<i>Pontocrates altamarinus</i>		3	3	
<i>Urothoe elegans</i>	5		2	
<i>Bathyporeia elegans</i>	2	2	6	2
<i>Crangon crangon</i>	1	1	2	
<i>Diogenes pugilator</i>			7	
<i>Portumnus latipes</i>	12		8	1
<i>Ophiura albida</i>		2		
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	2			4
TOTAL	89	177	120	101

Tableau 8.4 : Station C, densités en nombre d'individus.m<sup>-2</sup>

	14/01/97	10/04/97	6/06/97	16/09/97
<i>Némertes</i>		4,0	7,7	15,1
<i>Spiophanes bombyx</i>		13,4	0,3	
<i>Nerine cirratulus</i>	1,3	2,0	0,3	0,6
<i>Magelona mirabilis</i>		20,7	1,1	
<i>Eteone longa</i>		0,8		
<i>Eumida sanguinea</i>				0,2
<i>Nephtys cirrosa</i>	347,4	408,2	723,1	542,4
<i>Lumbrineris impatiens</i>			67,0	
<i>Spisula subtruncata</i>	143,1	396,7	854,7	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>			0,3	1,4
<i>Eurydice pulchra</i>	0,3			
<i>Tanaidacea sp.</i>	0,1	0,1		
<i>Atylus swammerdami</i>			0,3	0,7
<i>Pontocrates altamarinus</i>		1,0	0,8	
<i>Urothoe elegans</i>	1,3		0,5	
<i>Bathyporeia elegans</i>	0,7	0,6	1,3	0,7
<i>Crangon crangon</i>	104,3	0,4	0,7	
<i>Diogenes pugilator</i>			1,5	
<i>Portumnus latipes</i>	383,8		84,2	74,7
<i>Ophiura albida</i>		0,4		
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	1407,6			1738,9
	2389,9	848,3	1743,8	2374,7

Tableau 8.5 : Station C, biomasses en mg.m<sup>-2</sup>

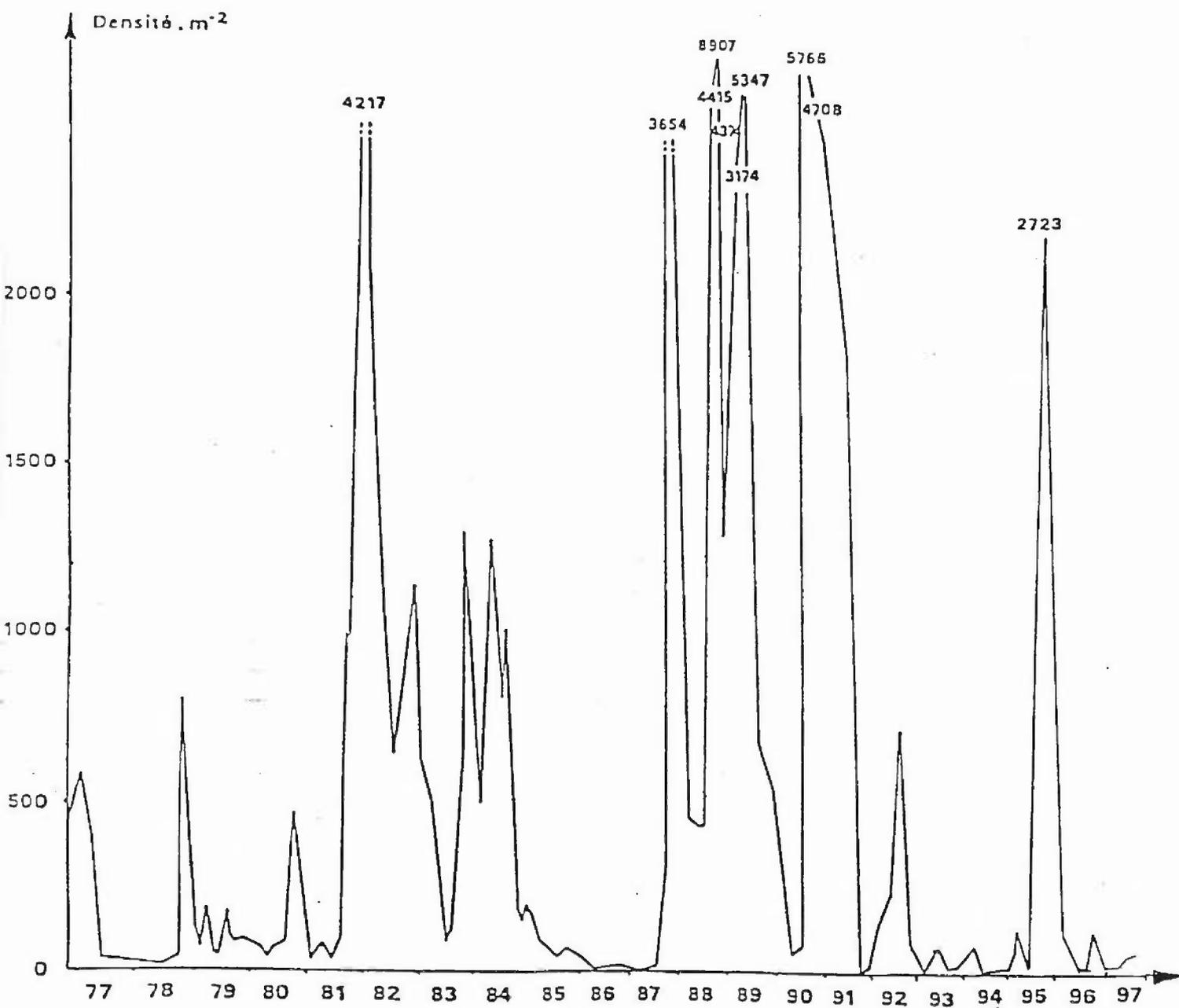


Fig. 8-3 : *Abra alba*, évolution de la densité de population entre 1977 et 1997

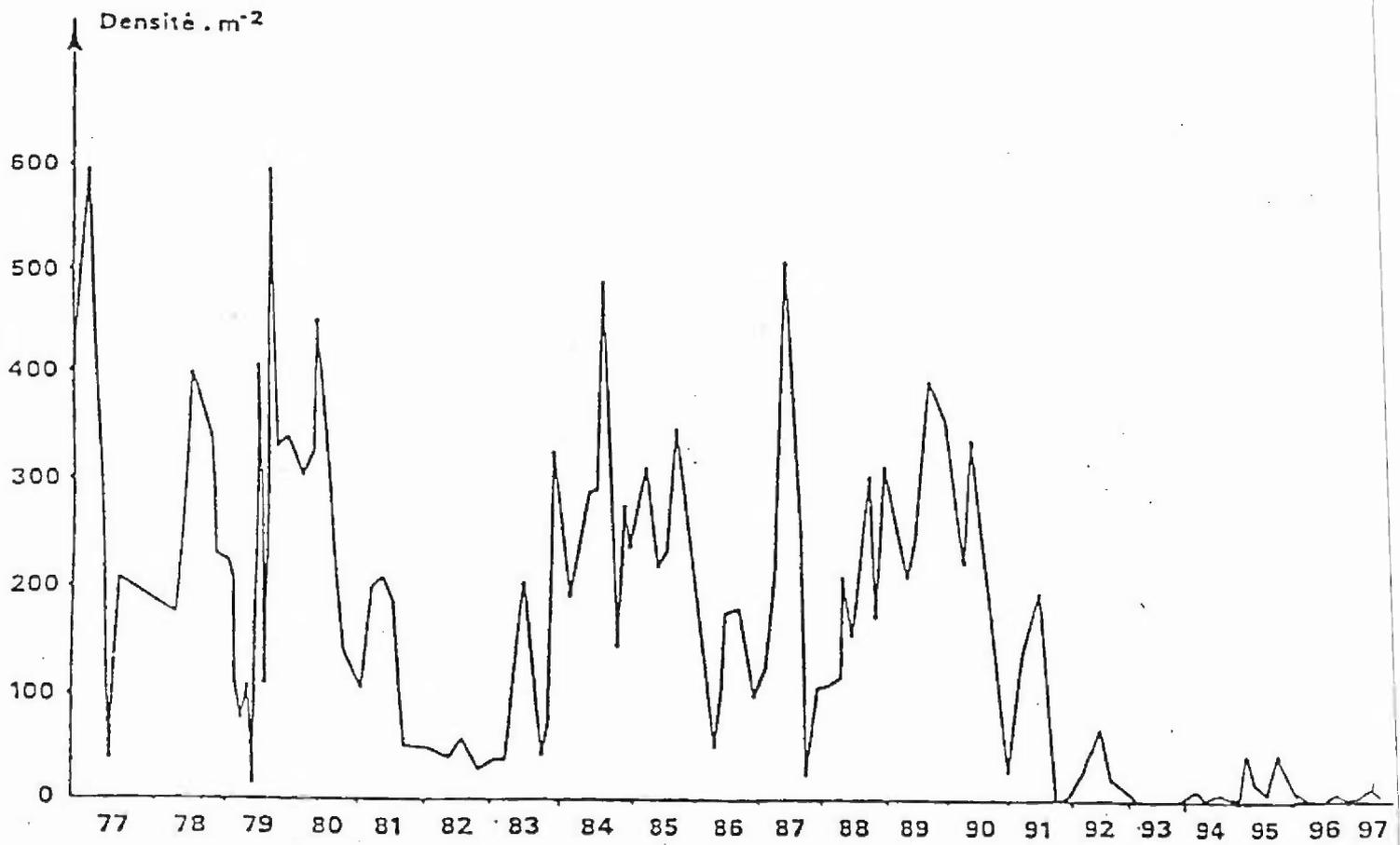


Fig. 8-4 : *Tellina fabula*, évolution de la densité de population entre 1977 et 1997

### 3-1 Etude de la population de *Abra alba*

La population de *Abra alba* est connue pour ses fluctuations brutales et imprévisibles qui sont sans conteste liées au caractère pionnier de cette espèce.

Depuis 1991, cette espèce n'a présenté qu'à deux reprises un recrutement important, en 1992 et en 1995, encore ces recrutements ont été très fugaces, l'espèce ne trouvant pas les conditions édaphiques stables nécessaires à son maintien. Depuis, en 1996 cette espèce est restée à un niveau assez faible de densité ( 6 et 3/m<sup>2</sup> en mai et septembre 96). En 1997 la densité de population progresse mais n'atteint que 45/m<sup>2</sup> en juin 1997. On peut espérer que cette espèce va profiter lors de son prochain recrutement des meilleures conditions écologiques qui semblent s'être instaurées en 1997.

### 3-2 Etude de la population de *Tellina fabula*

Cette espèce, de la même famille que *Abra alba* s'en différencie par une affinité moins vasicole, néanmoins elle n'avait pas "profité" du changement granulométrique survenu en 1991. Les densités que cette espèce atteint sont en général beaucoup plus faibles que celles de *Abra alba*.

Les résultats enregistrés en 1997 sont du même ordre que ceux de 1996 (seuls 6 individus avait été récoltés au cours des quatre campagnes), en 1997, 32 individus ont été récoltés dont 20 en juin. Cette espèce n'arrive pas à s'implanter à nouveau à la station B.

Le suivi de cette espèce s'impose tout de même dans la mesure où elle présente des phénomènes de compétition avec *Abra alba* et qu'elle est sujette à un recrutement, à un niveau faible certes, continu tout au long de l'année, elle pourrait donc profiter avant les autres du retour à des conditions sédimentologiques favorables.



## RESUME

### Surveillance de Gravelines Novembre 1996-Octobre 1997

Durant la période 1996-1997 des températures plus élevées qu'en 1995-1996 ont été relevées. L'hiver a été marqué par un temps particulièrement froid et sec en décembre et janvier. Le réchauffement printanier a été rapide et précoce (février - mars). La pluviosité globale est inférieure à la normale avec 536 mm, à comparer au 636 mm de moyenne des quatre dernières périodes. A la prise d'eau dans l'avant-port Ouest, une température minimale particulièrement basse de 0,2°C est observée le 6 janvier. Les températures les plus élevées sont relevées le 18 août avec 21,7°C. La moyenne des températures de l'eau à la prise est de 12,34°C pour la période d'étude soit 0,8°C en dessus de la moyenne du cycle précédent.

En 1996-1997 la puissance électrique produite par la centrale de Gravelines correspond à l'équivalent de 3 à 6 tranches de 900 MW. Le débit moyen calculé sur une base hebdomadaire est de 216m<sup>3</sup>/s. Les réchauffements les plus faibles sont observés en novembre 1996 et d'avril à septembre 1997. L'augmentation moyenne de la température de l'eau au rejet est de 8,70°C. Au rejet, les températures n'ont pas été supérieures à 30°C ; le maximum relevé est de 29,8°C le 18 août 1997.

La chloration des eaux de refroidissement ne s'est arrêtée que pendant 3 mois et demi. Le plus abondant des produits de réaction du chlore avec l'eau de mer est le bromoforme avec une concentration moyenne de 24,4 µg/l (97 % des haloformes). Les dosages de bromoforme, permettent d'estimer de taux de recirculation de l'eau de refroidissement à 5,6 % en 1996-1997.

Le passage de l'eau dans l'ensemble constitué par la centrale électrique et les installations aquacoles entraîne une multiplication importante du nombre des vibrions (37 fois en moyenne géométrique). L'amplitude du cycle des vibrions dans le rejet est relativement stable depuis la mise en service des six tranches de la centrale de Gravelines (cycle 1986). Le développement de l'aquaculture utilisant les eaux chaudes de la centrale ne semble pas avoir eu d'influence sur les vibrions en termes d'abondance. Parallèlement au développement de l'aquaculture sur le site, une diversité croissante des espèces de vibrions a été observée. *Vibrio alginolyticus* qui était auparavant la seule espèce de vibron mise en évidence par la mesure de son rejet dans le canal de la centrale. L'évolution constatée depuis 1984 semble en récession actuellement ; la répartition des espèces autres qu'*alginolyticus* étant sûrement influencée par l'évolution technique rapide et importante des conditions d'élevage.

La biomasse chlorophyllienne atteint 18 mg/m<sup>3</sup> le 8 avril, ce qui est la valeur la plus faible de ces dernières années. La campagne de printemps se situe à la fin de la première floraison phytoplanctonique, au milieu de l'efflorescence de *Phaeocystis*. Au rejet, le déficit par rapport au canal d'amenée est de 5,14 mg/m<sup>3</sup>. Il s'accroît au point de contrôle (6,60 mg/m<sup>3</sup>). La campagne d'automne se situe juste après le dernier pic de chlorophylle. A la station de contrôle, le déficit est de 1,81 mg/m<sup>3</sup>, par rapport au canal d'amenée (49 %). Ceci montre l'impact de la chloration sur la régénération des cellules. Celui-ci est amplifié par la stratification de la masse d'eau comme le montre le gradient surface fond à la station de contrôle (0,66 mg/m<sup>3</sup>).

Les Dinoflagellés noctiluques présentent en 1997 un mode de variation classique à Gravelines c'est à dire une abondance maximale de mai à septembre. Le maximum annuel du 16 juin atteint 2.10<sup>5</sup> cellules/m<sup>3</sup>.

La biomasse zooplanctonique présente des valeurs normales de 50 mg/m<sup>3</sup> avec un maximum en mai (172). Les pourcentages les plus élevés en carbone et en Azote se produisent en Février (26 % C, 6 % N) et en juillet (35 % et 9 % N).

La succession des espèces zooplanctoniques correspond aux épisodes météorologiques les plus marquants, le premier se situe en janvier (t° eau 0°2) avec un minimum de 70 ind/m<sup>3</sup>. Les taxons qui ont le mieux résisté aux basses températures sont les copépodes *Pseudocalanus minutus*, les petits harpacticoides, les larves de Cirripèdes. Le printemps est toujours favorable aux herbivores en particulier Appendiculaires. L'épisode estival prolongé par un automne exceptionnellement doux a favorisé *Acartia clausi*, les larves de *Lanice conchilega* les Appendiculaires.

L'impact est relativement connu et se manifeste soit au rejet soit au point de contrôle selon la mission. Les groupes les plus affectés par l'impact sont les noctiluques, les *Cnidaires* et les Appendiculaires.

L'année 1997 se présente comme une année précoce du point de vue de la reproduction de la sole et du sprat. Les densités d'oeufs en revanche s'inscrivent dans la moyenne du site, contrairement à 1996 où elles avaient été exceptionnelles. Les densités des larves sont plus élevées en 1997 qu'en 1996. On remarque que, bien que la densité des oeufs soit moins forte en 1997 qu'en 1996, on atteint des effectifs de larves importants témoignant d'un meilleur recrutement.

Les variations pluriannuelles sont relativement voisines pour les deux espèces à la fois pour les oeufs et pour les larves. Les structures spatiales sont également bien reproductibles avec un maximum au point médian pour les deux espèces.

Les résultats enregistrés sur l'estran 1997 montrent une profonde évolution au niveau de la répartition des spionidiens. La situation redevient semblable à ce qu'elle était en 1995 et lors des années précédentes, les populations de Spionidiens semblent à nouveau séparées par l'influence des effluents échauffés de la centrale. Les densités de *Spio martinensis* n'atteignent pas des valeurs importantes : maximum 198/m<sup>2</sup> à la station F. Les densités de *Pygospio elegans* sont du niveau des plus importantes enregistrées sur l'estran depuis le début des études (1144/m<sup>2</sup> à la station J). L'étude 1997 met en évidence une progression générale des densités des espèces euryhalines dans la partie ouest et les niveaux supérieurs de la partie est de l'estran. Néanmoins, la densité de la population de *Ophelia rathkei* diminue de manière importante. Malgré cela la population reste à un très haut niveau de densité (460/m<sup>2</sup>). Le résultat qui a la plus forte incidence sur la biomasse est sans conteste le recrutement des deux bivalves *Cerastoderma edule* et *Macoma balthica*. Les densités de ces deux espèces passent respectivement de 16 à 52/m<sup>2</sup> et de 40 à 648/m<sup>2</sup>. La biomasse atteint alors 52,5g/m<sup>2</sup> à la station F.

L'étude 1997 du benthos subtidal montre plusieurs faits qui indiquent le retour à une situation stable à la station B. *Notomastus latericeus*, espèce pionnière, est toujours présente mais la densité hivernale qui est chez cette espèce souvent la plus forte, chute fortement (106/m<sup>2</sup>) en 1996 et 41 en 1997). *Magelona mirabilis* est en densité importante tout au long de l'année, le maintien de cette espèce indique la stabilisation des conditions écologiques. Elle a d'ailleurs bénéficié d'un bon recrutement en 1997 (1640/m<sup>2</sup> en juin). *Ensis directus* semble avoir colonisé définitivement le peuplement à *Abra alba* dans cette région. *Ensis arcuatus* a adopté une stratégie démographique différente, ses recrutements « entretiennent » la population à un niveau constant de quelques dizaines d'individus par mètre carré. les densités de *Abra alba* n'atteignent pas les niveaux du début de 1996 (entre 10 et 65/m<sup>2</sup>) mais l'espèce reste présente tout au long de l'année. Les densités de *Tellina fabula* restent comparables à celles de 1996 (1 à 20/m<sup>2</sup>). On note cette année un fort recrutement de *Ophiura texturata* en automne (192/m<sup>2</sup>).

La biomasse reste stable tout au long de l'année, mais à un niveau relativement faible, de l'ordre de 20g/m<sup>2</sup>.

Pour ce qui est de la station C on observe aucune évolution par rapport à 1996, le peuplement rendu oligospécifique par l'influence de la circulation d'eau et le dégraissage, reste identique d'une année sur l'autre, dominé par *Nephtys cirrosa*, *Bathyporeira elegans* et par *Portumnus latipes*. La biomasse est faible inférieure à 1g/m<sup>2</sup> mais des récoltes de *Hyperoplus lanceolatus* ou de *Spisula subtruncata* peuvent transitoirement la faire augmenter jusqu'à un peu plus de 2g.

The history of biology is a complex and multifaceted field that encompasses a wide range of scientific disciplines and cultural contexts. This paper explores the evolution of biological thought from ancient times to the present, highlighting key figures and their contributions to the field. The study of life and its processes has been a central theme in human history, with early civilizations developing rudimentary theories of natural philosophy. The scientific revolution of the 16th and 17th centuries marked a turning point, as the scientific method was applied to the study of nature. Key figures such as Aristotle, Galen, and the Copernican heliocentric model of the universe laid the groundwork for modern biology. The 18th and 19th centuries saw the rise of natural history and the development of taxonomy, with Carl Linnaeus's system of classification becoming a cornerstone of biological science. The 19th century also witnessed the birth of evolutionary biology, as Charles Darwin's theory of natural selection provided a unifying framework for understanding the diversity of life. The 20th century brought the rise of molecular biology and genetics, with the discovery of DNA and the structure of the genetic code. The field of biology continues to expand, with new technologies and discoveries pushing the boundaries of our understanding of life and its processes.

## 1. Introduction: The Evolution of Biological Thought

The history of biology is a complex and multifaceted field that encompasses a wide range of scientific disciplines and cultural contexts. This paper explores the evolution of biological thought from ancient times to the present, highlighting key figures and their contributions to the field. The study of life and its processes has been a central theme in human history, with early civilizations developing rudimentary theories of natural philosophy. The scientific revolution of the 16th and 17th centuries marked a turning point, as the scientific method was applied to the study of nature. Key figures such as Aristotle, Galen, and the Copernican heliocentric model of the universe laid the groundwork for modern biology. The 18th and 19th centuries saw the rise of natural history and the development of taxonomy, with Carl Linnaeus's system of classification becoming a cornerstone of biological science. The 19th century also witnessed the birth of evolutionary biology, as Charles Darwin's theory of natural selection provided a unifying framework for understanding the diversity of life. The 20th century brought the rise of molecular biology and genetics, with the discovery of DNA and the structure of the genetic code. The field of biology continues to expand, with new technologies and discoveries pushing the boundaries of our understanding of life and its processes.

## 2. Ancient and Medieval Biology: Natural Philosophy and the Four Elements

The history of biology is a complex and multifaceted field that encompasses a wide range of scientific disciplines and cultural contexts. This paper explores the evolution of biological thought from ancient times to the present, highlighting key figures and their contributions to the field. The study of life and its processes has been a central theme in human history, with early civilizations developing rudimentary theories of natural philosophy. The scientific revolution of the 16th and 17th centuries marked a turning point, as the scientific method was applied to the study of nature. Key figures such as Aristotle, Galen, and the Copernican heliocentric model of the universe laid the groundwork for modern biology. The 18th and 19th centuries saw the rise of natural history and the development of taxonomy, with Carl Linnaeus's system of classification becoming a cornerstone of biological science. The 19th century also witnessed the birth of evolutionary biology, as Charles Darwin's theory of natural selection provided a unifying framework for understanding the diversity of life. The 20th century brought the rise of molecular biology and genetics, with the discovery of DNA and the structure of the genetic code. The field of biology continues to expand, with new technologies and discoveries pushing the boundaries of our understanding of life and its processes.

## 3. The Scientific Revolution: Galileo, Newton, and the Birth of Modern Biology

The history of biology is a complex and multifaceted field that encompasses a wide range of scientific disciplines and cultural contexts. This paper explores the evolution of biological thought from ancient times to the present, highlighting key figures and their contributions to the field. The study of life and its processes has been a central theme in human history, with early civilizations developing rudimentary theories of natural philosophy. The scientific revolution of the 16th and 17th centuries marked a turning point, as the scientific method was applied to the study of nature. Key figures such as Aristotle, Galen, and the Copernican heliocentric model of the universe laid the groundwork for modern biology. The 18th and 19th centuries saw the rise of natural history and the development of taxonomy, with Carl Linnaeus's system of classification becoming a cornerstone of biological science. The 19th century also witnessed the birth of evolutionary biology, as Charles Darwin's theory of natural selection provided a unifying framework for understanding the diversity of life. The 20th century brought the rise of molecular biology and genetics, with the discovery of DNA and the structure of the genetic code. The field of biology continues to expand, with new technologies and discoveries pushing the boundaries of our understanding of life and its processes.

## 4. The 18th and 19th Centuries: Linnaeus, Darwin, and the Rise of Evolutionary Biology

The history of biology is a complex and multifaceted field that encompasses a wide range of scientific disciplines and cultural contexts. This paper explores the evolution of biological thought from ancient times to the present, highlighting key figures and their contributions to the field. The study of life and its processes has been a central theme in human history, with early civilizations developing rudimentary theories of natural philosophy. The scientific revolution of the 16th and 17th centuries marked a turning point, as the scientific method was applied to the study of nature. Key figures such as Aristotle, Galen, and the Copernican heliocentric model of the universe laid the groundwork for modern biology. The 18th and 19th centuries saw the rise of natural history and the development of taxonomy, with Carl Linnaeus's system of classification becoming a cornerstone of biological science. The 19th century also witnessed the birth of evolutionary biology, as Charles Darwin's theory of natural selection provided a unifying framework for understanding the diversity of life. The 20th century brought the rise of molecular biology and genetics, with the discovery of DNA and the structure of the genetic code. The field of biology continues to expand, with new technologies and discoveries pushing the boundaries of our understanding of life and its processes.