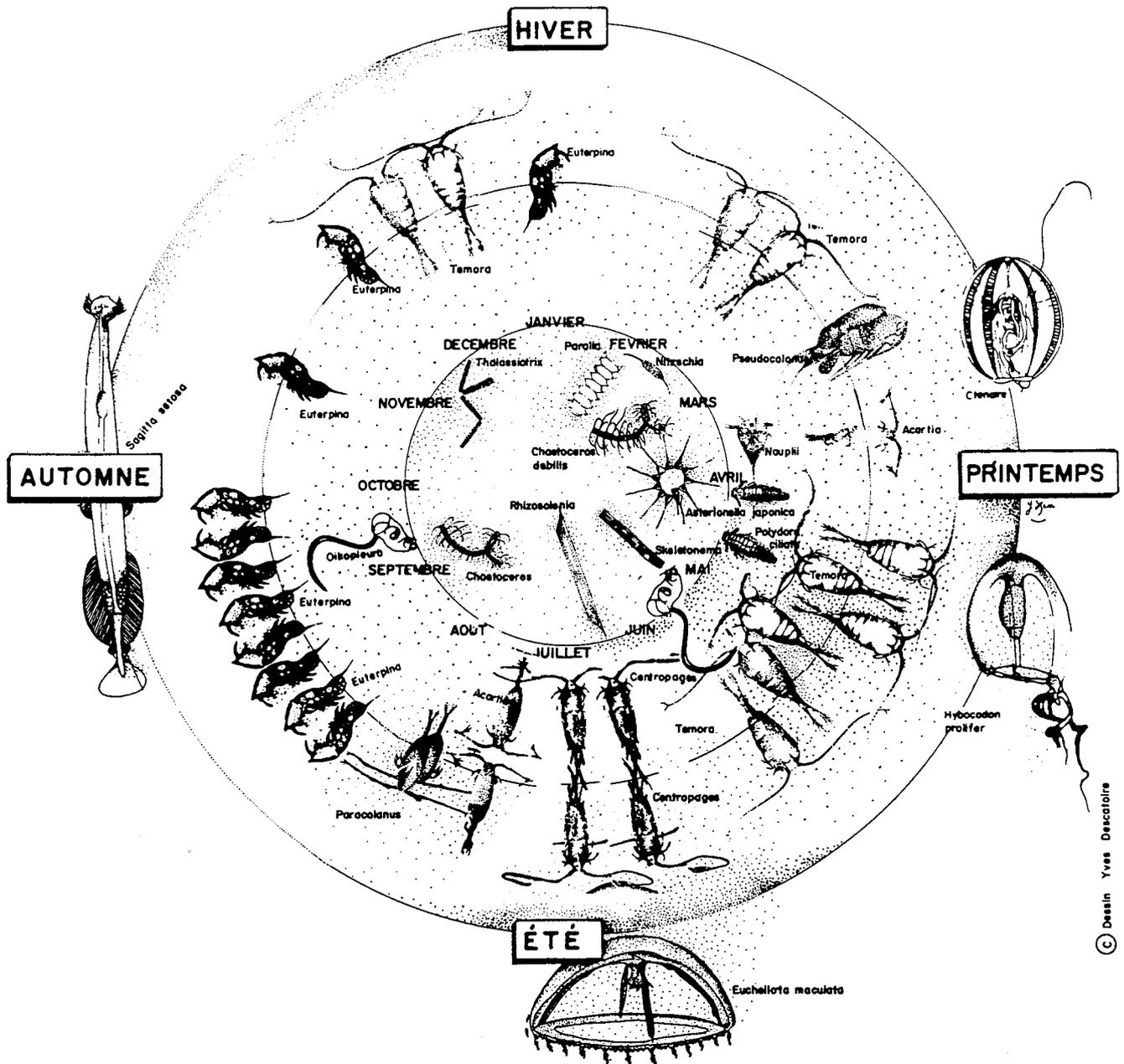


# Surveillance écologique et halieutique Site de GRAVELINES

RAPPORT ANNUEL  
Novembre 1991 – Octobre 1992



© Dessin Yves Descatoire

IFREMER -Brest -Nantes -Boulogne  
Station marine de Wimereux  
Institut Pasteur de Gravelines

DEL 93.11  
-Avril 1993-



Surveillance écologique et halieutique  
Site de Gravelines

Rapport annuel  
Novembre 1991 - Octobre 1992

Contrat n° 8 C 90 537 avenant n° 3

IFREMER Brest - Nantes - Boulogne

Station Marine de Wimereux

Institut Pasteur de Gravelines

Avril 1993

DEL.93.11



## S O M M A I R E

1. Climatologie et fonctionnement de la centrale.....	1
Régis et Edith DELESMONT (1)	
2. Stratégie et présentation des campagnes pélagiques.....	9
Régis et Edith DELESMONT (1)	
3. Bactériologie et étude de la chloration.....	15
Régis et Edith DELESMONT (1)	
4. Phytoplancton et biomasse chlorophyllienne.....	33
Hubert GROSSEL (4) et Pascale HEBERT (2)	
5. Zooplancton et noctiluques.....	41
Geneviève LE FEVRE-LEHOERFF (3)	
6. Halieutique.....	59
Daniel WOEHLING (4)	
7. Benthos intertidal.....	67
Jean-Marie DEWARUMEZ et Dominique MENU (5)	
8. Benthos subtidal.....	83
Jean-Marie DEWARUMEZ et Dominique MENU (5)	

La coordination des travaux est assurée par Geneviève LE FEVRE-LEHOERFF.

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



CHAPITRE I

CLIMATOLOGIE ET FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

Régis et Edith DELESMONT



### 1.1.RAPPEL SUR LE SITE

Le site de Gravelines est situé à l'ouest de la Mer du Nord , à proximité du Déroit du Pas de Calais. Cette situation , alliée à la faible profondeur des eaux , a pour conséquence un hydrodynamisme important .

L'onde de marée est du type semi-diurne avec une amplitude moyenne voisine de 4,5 m. Les courants de marée sont alternatifs et parallèles à la côte.

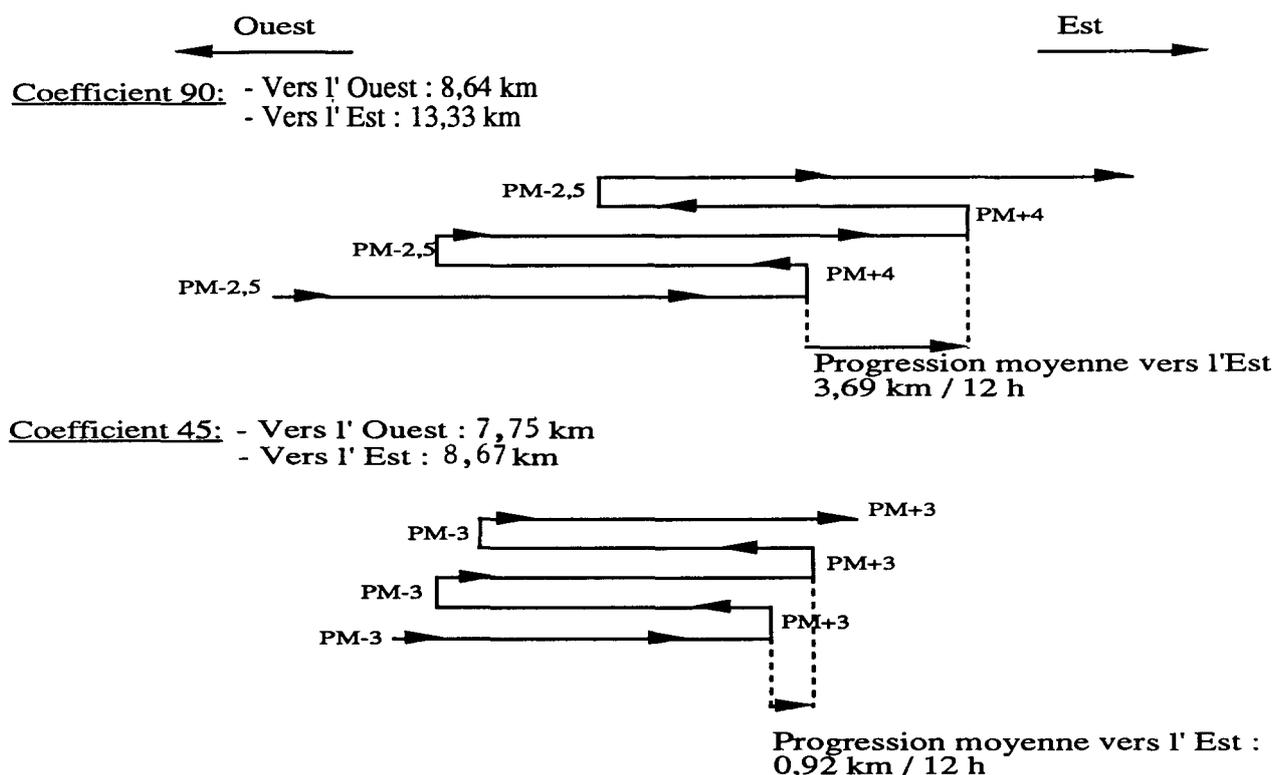


Fig 1.1. : Schéma des courants devant Dunkerque

### 1.2.HYDROGRAPHIE

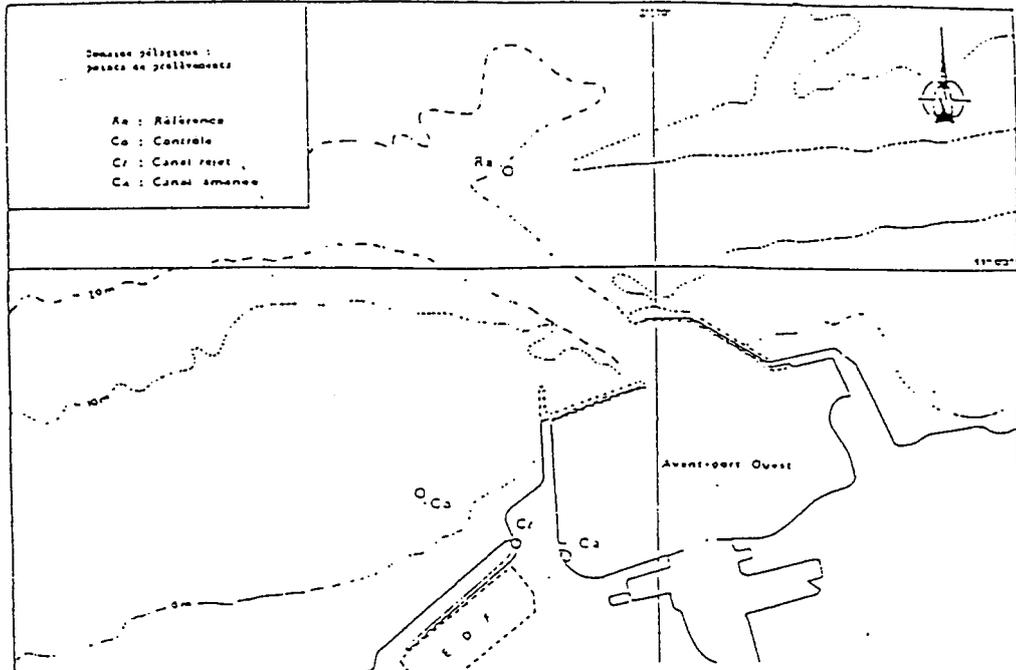
L'apport continental le plus proche est constitué par l'Aa , petit fleuve côtier qui draine l'arrière pays (région de Saint- Omer ) et la plaine maritime . En raison de la très faible altitude de cette plaine , les écoulements à la mer sont contrôlés par des écluses . Il en est de même pour les deux autres exutoires de la région : Dunkerque ( Canal Exutoire ) et Calais (Canaux de Marck , de la Rivière Neuve et de St. Omer).

Débits moyens estimés:

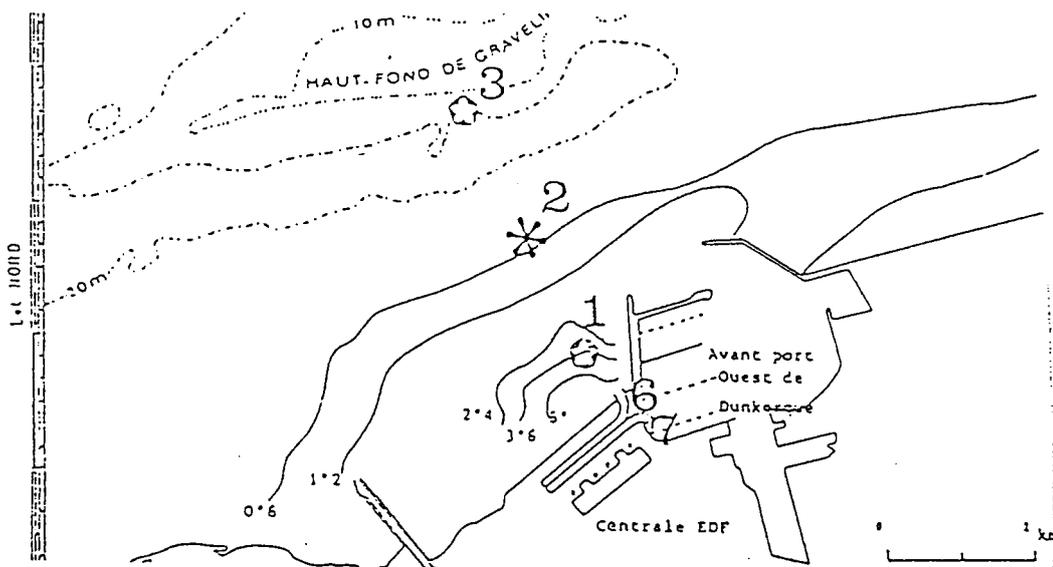
Canal de Dunkerque: 4,6 m<sup>3</sup>/s

Fleuve Aa: 7,5 m<sup>3</sup>/s

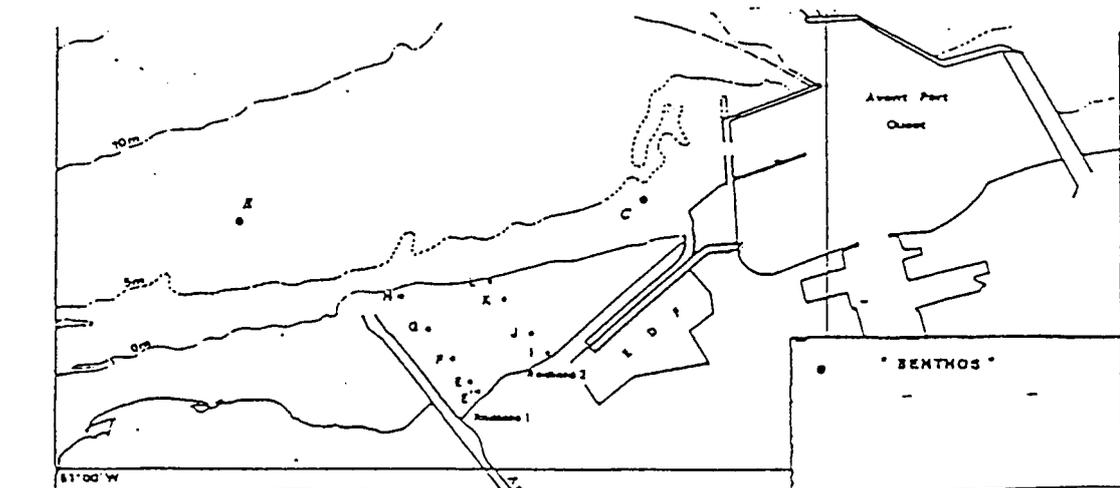
Canaux de Calais: 3,0 m<sup>3</sup>/s



a) Points de prélèvements :  
Hydrologie, Microbiologie, Phytoplancton, Zooplancton.



b) Points Halieutique.



c) Points de prélèvements : Benthos intertidal et subtidal.

Fig.1.2. : Carte du site de Gravelines

### 1.3. CLIMATOLOGIE

L'année 1991-1992 n'a pas été marquée par des phénomènes météorologiques exceptionnels. Il est cependant possible de relever un épisode pluvieux très important en novembre 1991.

La période estivale 1992 est caractérisée par des températures relativement modestes, comparativement aux valeurs élevées observées à la fin du printemps. La période fraîche et pluvieuse observée durant les deux dernières décades d'août se traduira par une température maximale de l'eau de mer légèrement inférieure à 20°C (19,9°C).

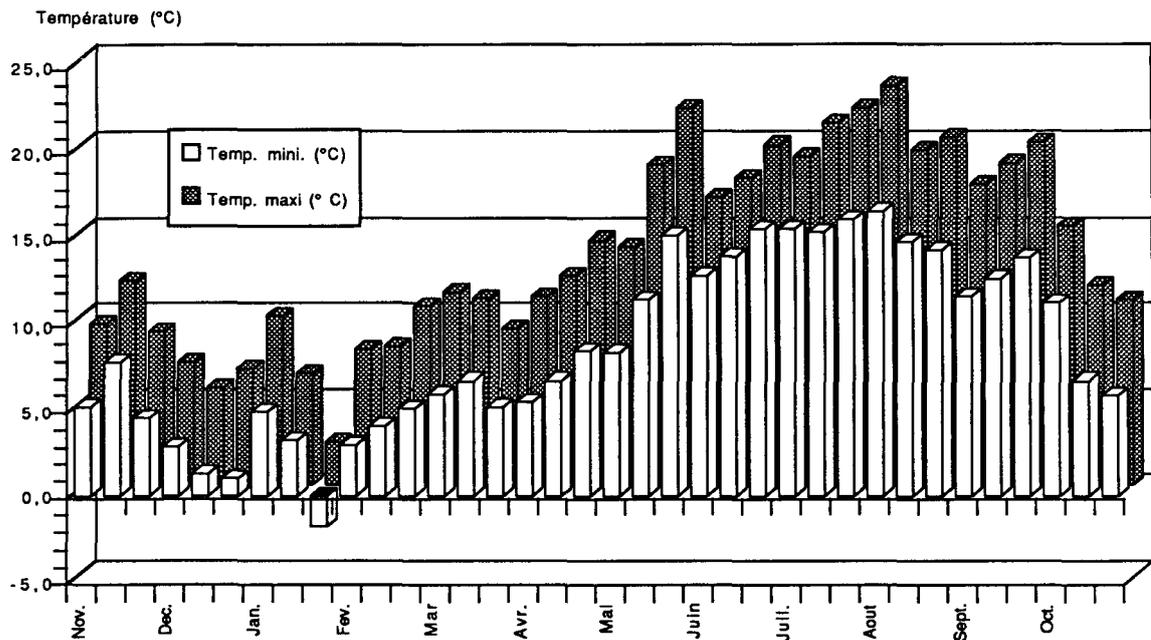


Fig. 1.3: Températures moyennes par décades à Dunkerque (°C)

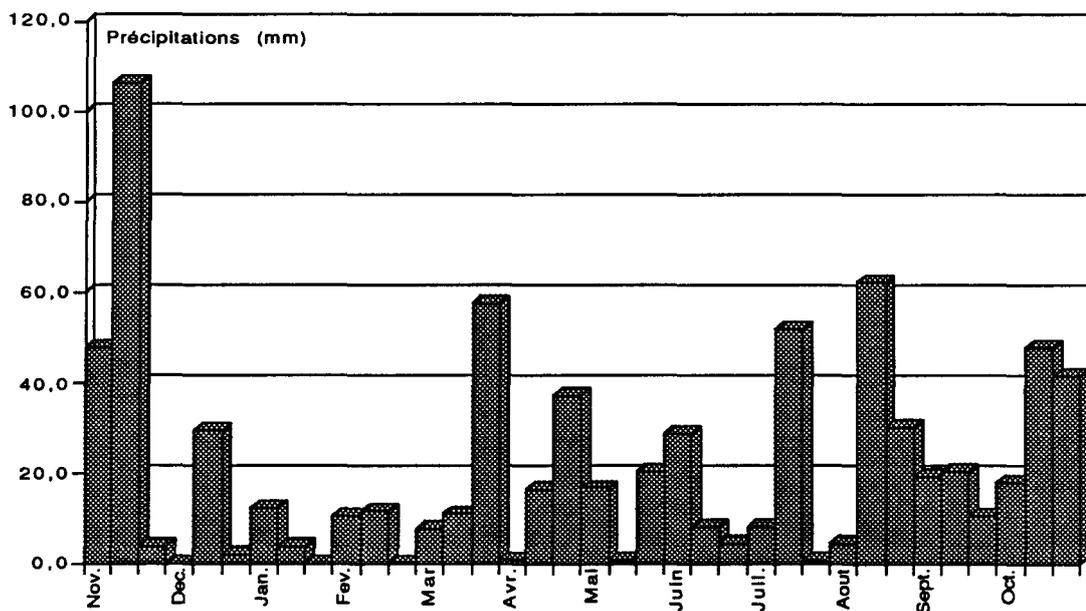


Fig. 1.4: Précipitations par décades à Dunkerque (mm)

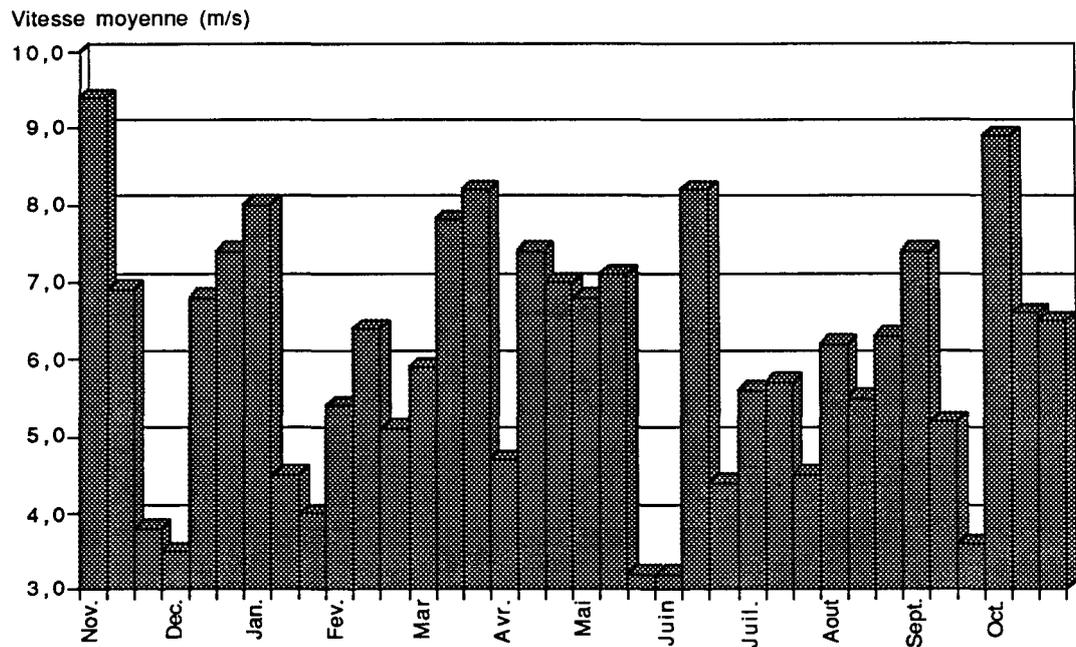


Fig.1.5: Vitesse moyenne du vent par décades à Dunkerque (m/s)

#### 1.4. FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

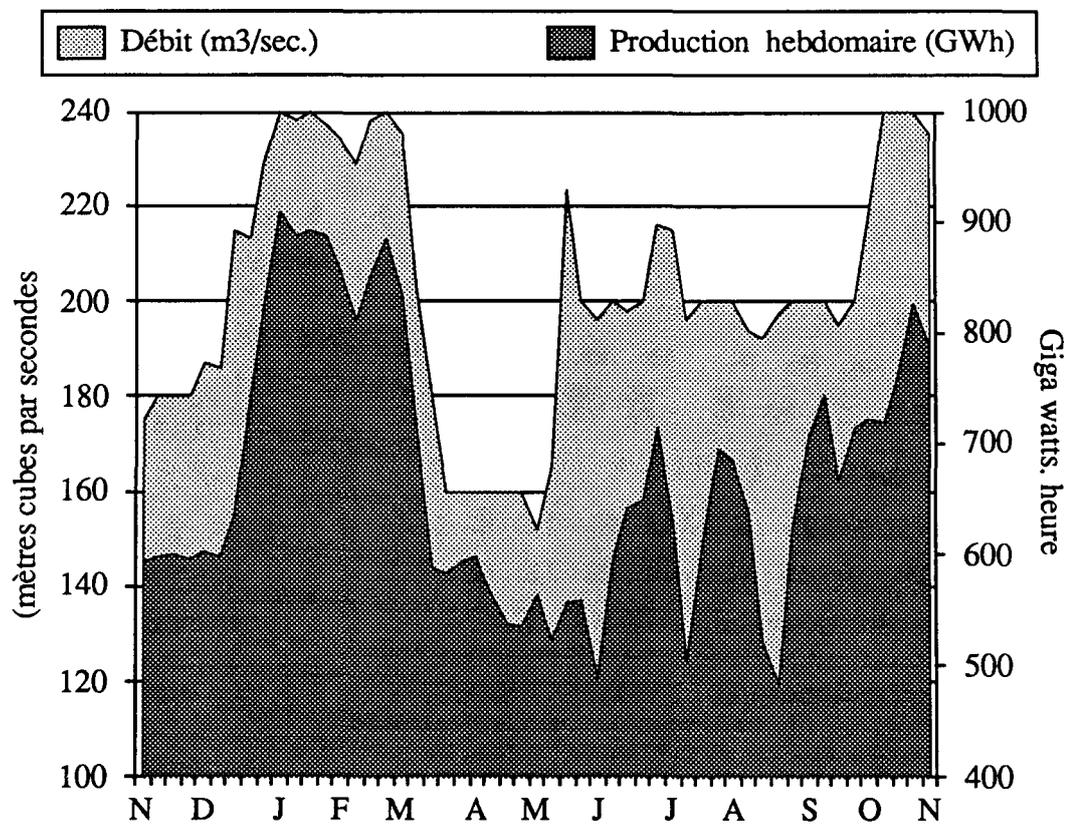


Fig 1.6. : Fonctionnement de la centrale de novembre 1991 à octobre 1992

La puissance électrique produite par la centrale de Gravelines correspond à l'équivalent de 3 à 6 tranches de 900 MW. La production la plus importante étant réalisée en saison froide.

Les débits d'eau de mer de refroidissement des condenseurs ont varié de 160 à 240 m<sup>3</sup>/s soit l'équivalent de 4 à 6 tranches de production. Les échauffements les plus faibles sont rencontrés en mai et en août.

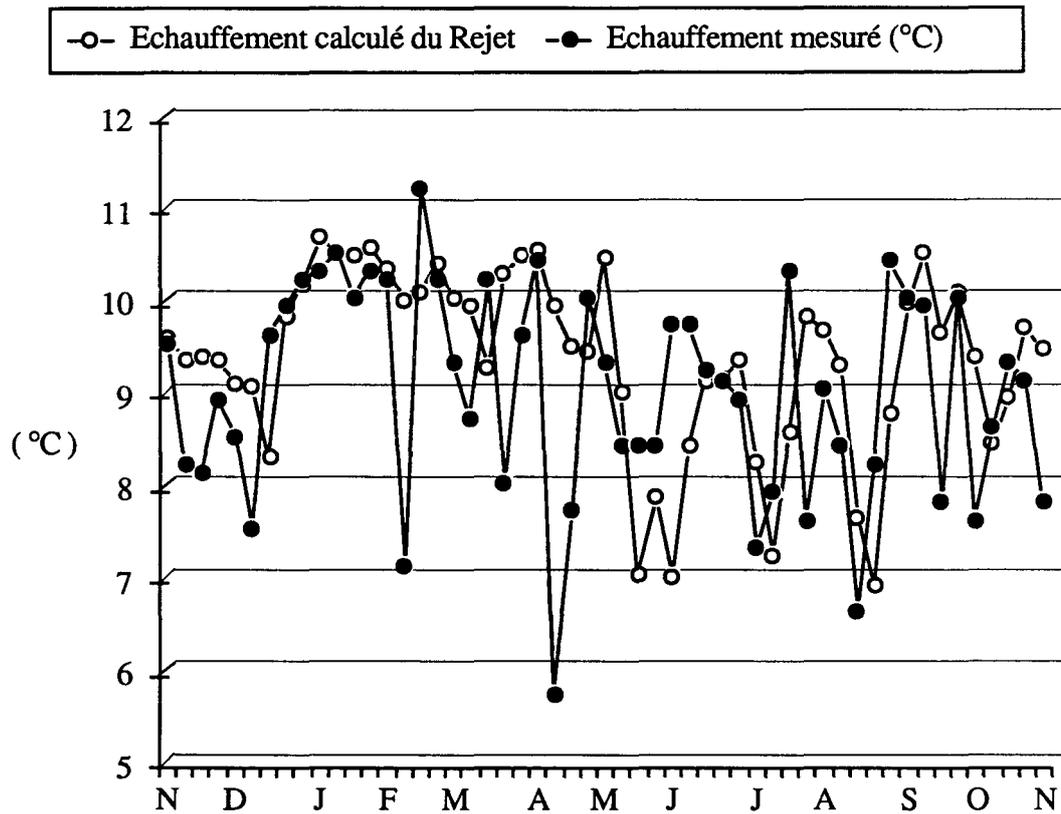


Fig 1.6. : Comparaison des échauffements mesurés et calculés

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 9,4°C. Cette valeur est pratiquement identique à celle de la période précédente 1990-1991 et elle peut être rapprochée de l'échauffement mesuré chaque semaine de façon instantanée : 9,3 °C pour cette période 1991-1992.



CHAPITRE II

STRATEGIE ET PRESENTATION DES CAMPAGNES PELAGIQUES

Régis et Edith DELESMONT



## 2.1. STRATEGIE D' ECHANTILLONNAGE

La stratégie d'échantillonnage mise en place depuis 1989 est reconduite pour la quatrième année consécutive dans le domaine pélagique .

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.

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 est reprise dans le tableau ci-dessous:

Paramètres	Janvier	Fevrier-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.2.1. : Stratégie de prélèvement prévue au point Prise

## 2.2. CAMPAGNES PELAGIQUES

### 2.2.1. Calendrier des campagnes

Les deux campagnes de prélèvement en mer se sont déroulées sur le chalutier "Saint Eloi" à partir de la darse de l'Avant-port Ouest de Dunkerque.

Date	Pleine mer ( T.U. + 2)	Coef	Heures de prélèvement ( T.U.+ 2)			
			Prise	Rejet	Contrôle	Référence
19/05/92	14:29	79	12:45 à	12:00 à	13:05 à	11:15 à
			13:45	12:45	13:40	12:45
28/09/92	13:31	112	11:55 à	10:45 à	10:45 à	09:45 à
			12:25	11:20	11:15	10:35

Tab.2.2. : Calendrier des campagnes pélagiques

### 2.2.2. Fonctionnement de la Centrale lors des campagnes

Campagne	Jours	Puissance (MW)	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Chloration (% d' eau chlorée au rejet)
19/05/92	18/05/92	3500	200	60 %
	19/05/92	3500	200	60 % avant 9H puis 80 %
28/09/92	27/09/92	4400	200	80 %
	28/09/92	3800 avant 6 H puis 4400	200 avant 16 H puis 220	80 %

Tab.2.3. : Fonctionnement de la centrale lors des campagnes

### 2.2.3. Structure hydrologique

En raison des turbulences importantes dans les canaux de prise et de rejet, leur température est considérée comme homogène en ces deux points sur toute la hauteur de la colonne d' eau.

En mai, le point de référence, bien que prélevé au large des jetées de l' Aa est situé dans le panache chaud du rejet ( des problèmes de navigation n' ont pas permis de réaliser le prélèvement dans d' autres conditions). Les eaux profondes ne sont pas concernées par cette influence thermique et sont mêmes plus froides que la prise d' eau en raison de leur plus grande inertie lors du réchauffement printanier.

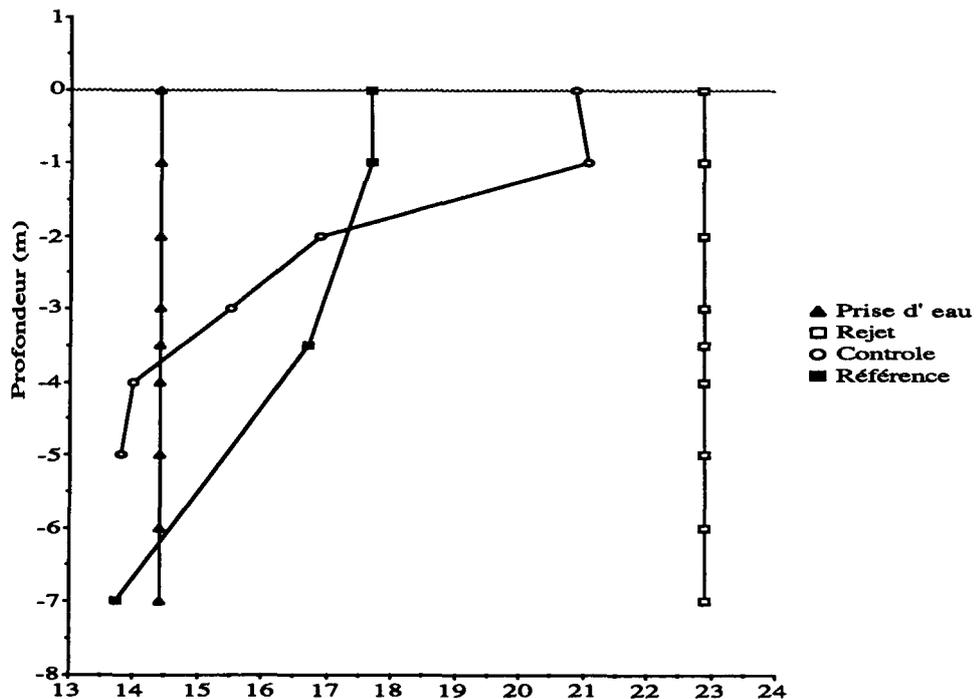


Fig. 2.1 : Profils thermiques lors de la campagne de mai 1992 - (°C)

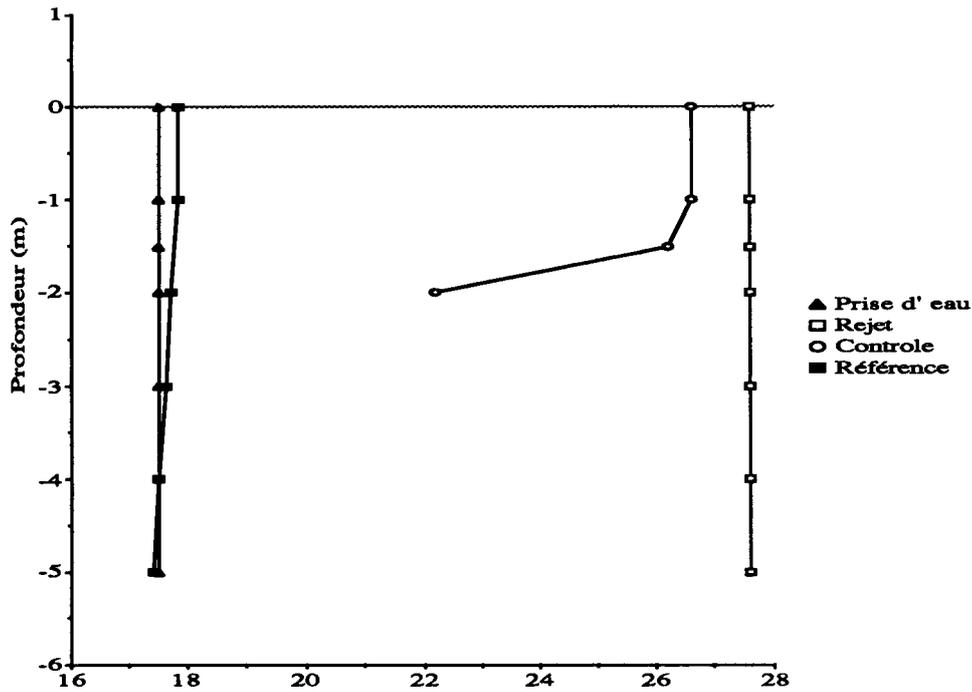


Fig.2.5 : Profil thermique lors de la campagne de septembre 1992 - (°C)

Date	Profondeur (m.)	Prise d'eau	Rejet	Contrôle	Référence
19/5/1992	Surface	34,77	34,76	34,75	34,74
		34,78	34,76	34,76	34,74
		34,72	34,76	34,77	
34,77		34,78	34,77		
Mi-profondeur					34,76 34,78
	Fond			34,79	34,78
			34,80	34,77	
			34,80		
			34,79		
28/9/1992	Surface	34,60	34,60	34,58	34,61
		34,60	34,60	34,69	34,65
		34,60	34,60	34,60	
		34,60	34,71	34,72	
Mi-profondeur					34,71 34,62
	Fond			34,64	34,66
			34,62	34,63	
			34,60		
			34,68		

Fig.2.6 : Profils de salinité lors des deux campagnes en mer de 1992

L' étude des profils de salinité obtenus lors des deux campagnes de prélèvements ne montre pas de différence significative entre les différents points. La variation de salinité pour l' ensemble des analyses réalisées est inférieure à 0,15‰ pour une même campagne.

Le gradient côte-large de salinité existe cependant à Gravelines mais pas dans la bande côtière où se déroulent les prélèvements. L' influence de l' embouchure de l' Aa proche n' est pas visible dans les conditions de jusant des mesures; le panache des eaux douces est alors entraîné à l' ouest de la zone.



CHAPITRE III

BACTERIOLOGIE ET ETUDE DE LA CHLORATION

Régis et Edith DELESMONT



### 3.1. HYDROLOGIE

A la prise d' eau dans l' Avant-port Ouest, la température minimale (4,7 °C) est observée le 28 janvier. Ce minimum relativement élevé est observé avec une avance d' un mois sur les périodes d' études précédentes. (Fig 2).

Les températures naturelles les plus élevées sont relevées du 20 juillet au 24 août et atteignent 19,9 °C . Ce maximum est en léger retrait par rapport aux trois années précédentes ( 1989: 21,1 °C --1990: 20,5 °C -- 1991: 20,2 °C).

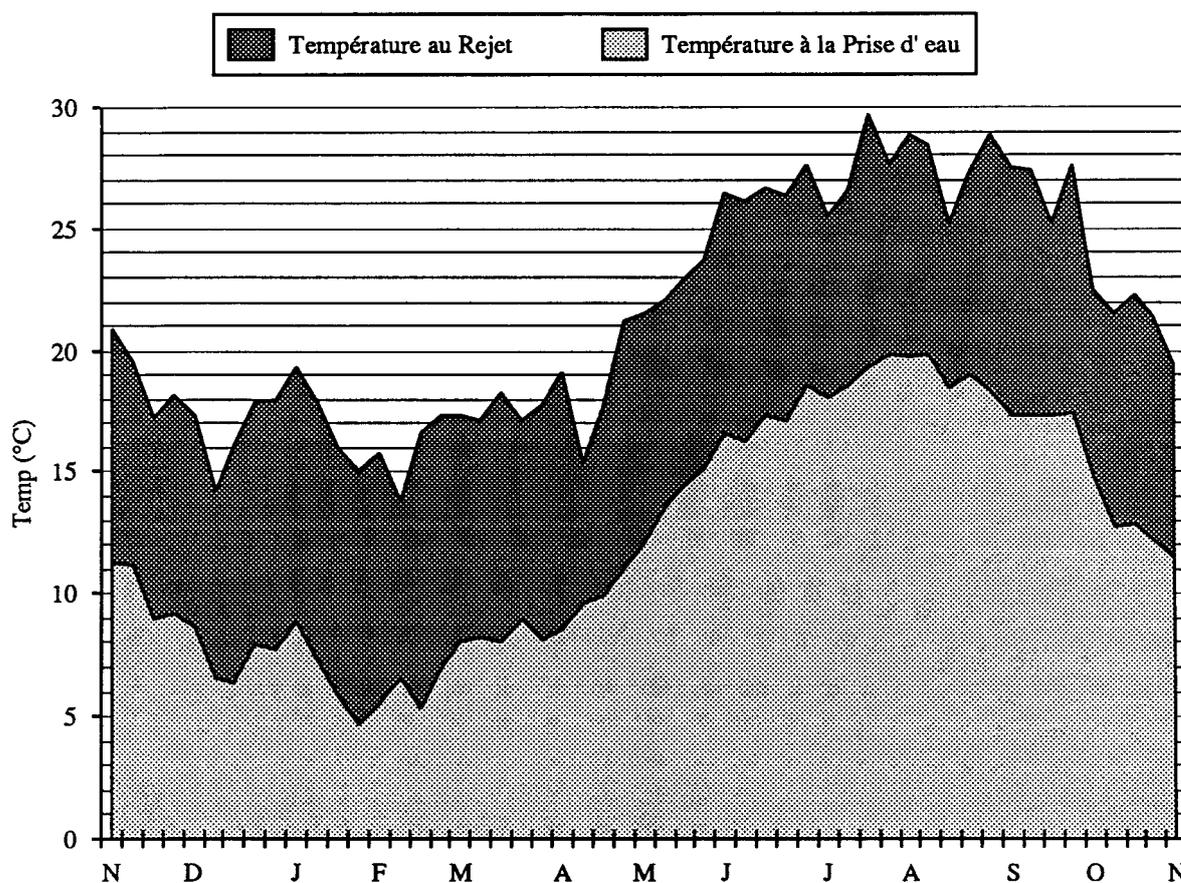


Fig.3.1. : Température de l' eau de mer aux points Prise et Rejet

Le transit de l' eau dans la centrale se traduit par un échauffement moyen de 9,3 °C (calculé sur la base des prélèvements hebdomadaires réalisés).

Au Rejet, la température de l' eau varie de 13,8 °C le 10 février 1992 à 29,7 °C le 20 juillet 1992. La valeur de 30 °C au rejet n' est donc pas dépassée, contrairement aux deux années précédentes

### 3.2. CHLORATION

Quand la température de l'eau à la Prise atteint 10 °C , une chloration de l' eau de mer est autorisée afin de limiter les développements biologiques ( essentiellement moules et balanes ) dans les circuits de refroidissement.

La chloration du circuit de refroidissement de la centrale est réalisée par injection d'une solution d' hypochlorite de sodium préparée par électrolyse de l'eau de mer. afin de réaliser une chloration la plus homogène possible, cette solution est injectée dans l'eau de mer à l' aide de rampes de dispersion placées devant les prises d' eau de chacune des tranches de la centrale.

La dose de chlore utilisée est actuellement de 0,8 mg/l ; la dose initiale de 1 mg/l ayant pu être réduite à la suite d' études d' optimisation.

Le chlore injecté réagit très rapidement avec les bromures de l'eau de mer pour former du brome qui agit comme oxydant. L' oxydant introduit est consommé de façon rapide par l'eau de mer. Au point Rejet, la dose résiduelle exprimée en chlore total est restée inférieure à 0,1 mg/l en 1992. Les mesures étant réalisées à mi- marée, il est possible que des mesures réalisées à basse mer , alors que le transit est plus rapide, aient fournis des valeurs plus importantes.

La disparition du chlore s' accompagne de la formation de dérivés stables. Les haloformes sont les plus abondants de ces produits de réaction.

En eau de mer, le bromoforme ( $\text{CHBr}_3$ ) est quantitativement le principal produit formé. Sa présence permet de mettre en évidence les périodes de chloration.

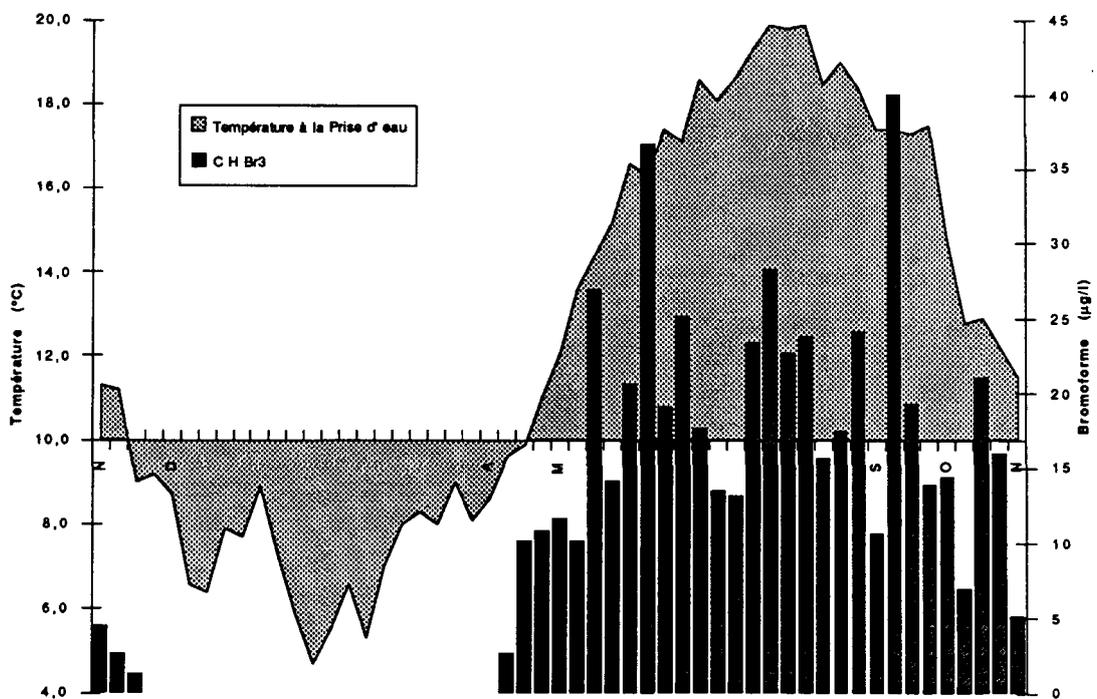


Fig.3.2. : Bromoforme au Rejet en relation avec la température de l' eau à la Prise

Les quantités de bromoforme observées au Rejet sont fonction de nombreux paramètres : nature de l' eau, température et pourcentage de l'eau effectivement chlorée dans les circuits de refroidissement. En 1992, la quantité moyenne de bromoforme mesurée au rejet durant la période de chloration est de 16,5 µg/l ( 10,3 µg/l en 1991).

D' après les dosages d' haloformes réalisés, la chloration a été interrompue durant cinq mois du 27/11/91 au 15/04/92. Les données de fonctionnement de la centrale transmises pour la réalisation de ce rapport sont en accord avec ces mesures.

Le bromoforme peut également permettre le suivi de la masse d' eau et ainsi apprécier le pourcentage de l' eau de refroidissement qui passe une seconde fois dans la centrale. Ce taux de recirculation est cette année de 4,7% (calculé sur la période du 21/4/92 au 3/11/92).

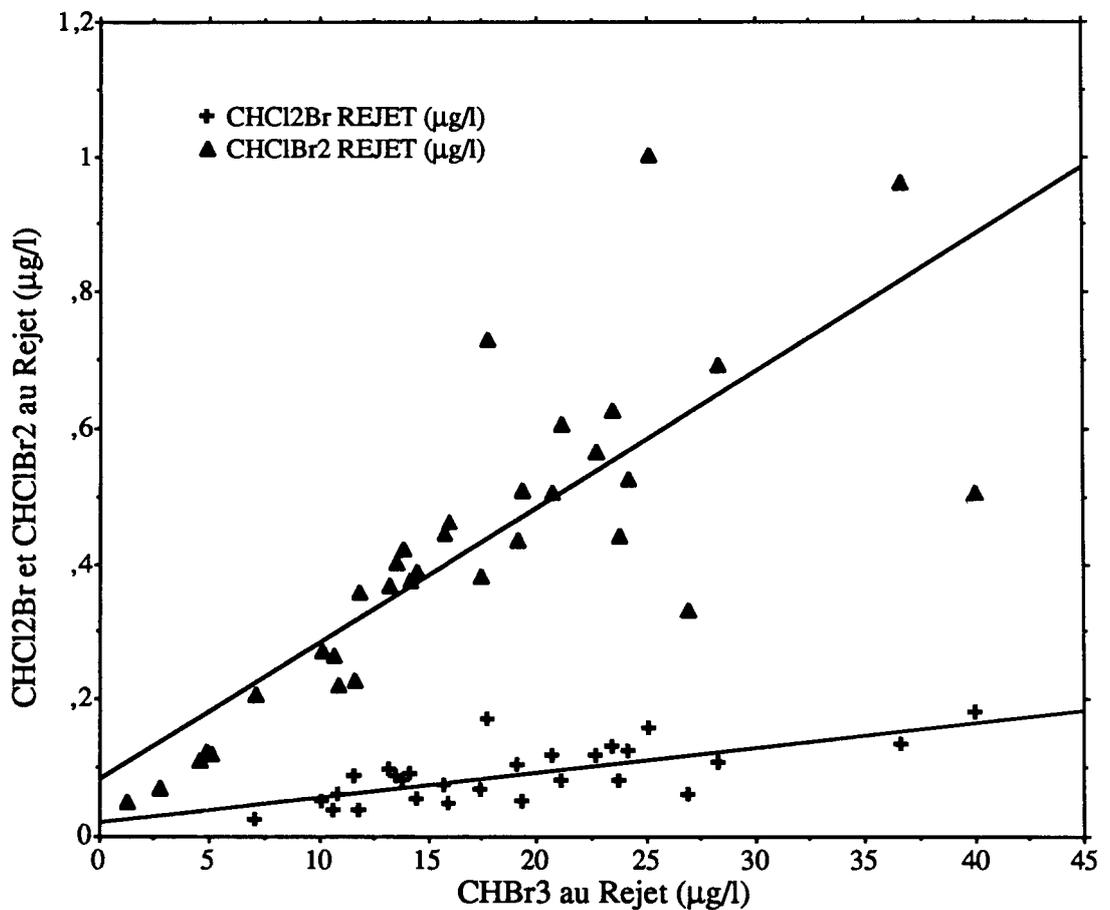


Fig.3.3. : Relation entre les différentes espèces d' haloformes au rejet

La figure ci-dessus représente les relations entre le bromoforme et les deux autres haloformes détectés dans l' eau de refroidissement: le chloro-dibromo-méthane ( $\text{CHClBr}_2$ ) et le dichoro-bromo-méthane ( $\text{CHCl}_2\text{Br}$ ). Les quantités dosées de ces deux composés sont fortement liées à la dose de bromoforme formée.

$$(\text{CHClBr}_2 \text{ (}\mu\text{g/l)}) = 0,02 * (\text{CHBr}_3 \text{ (}\mu\text{g/l)}) + 0,1 \quad (r^2 = 0,6)$$

$$(\text{CHCl}_2 \text{ Br (}\mu\text{g/l)}) = 0,0036 * (\text{CHBr}_3 \text{ (}\mu\text{g/l)}) + 0,02 \quad (r^2 = 0,5)$$

### 3.3. BACTERIOLOGIE

Depuis 1989, les études bactériologiques portent uniquement sur les vibrions car, dans la flore bactérienne des eaux marines, ils constituent un groupe autochtone de germes potentiellement pathogènes. Toutes les recherches sont réalisées à la température d'incubation de 37 °C car elles concernent des bactéries capables de s'adapter à l'homme.

A la différence des bactéries pathogènes d'origine continentale, vouées à une disparition plus ou moins rapide dans le milieu marin, les vibrions sont parfaitement adaptés au milieu et peuvent s'y multiplier.

Dans le milieu marin, l'abondance des vibrions et la nature des espèces présentes dépendent de nombreux facteurs tels que la température, la richesse en matières organiques, la salinité et éventuellement la nature de l'hôte (algues, copépodes, poisson, homme...). A Gravelines, la température de l'eau semble jouer un rôle très important dans la répartition des vibrions car, peu nombreux en hiver, leur plus grande population est observée en fin d'été.

Ces relations sont observées depuis le début des études de surveillance écologique à Gravelines. Il en est de même cette année où l'on observe des coefficients de corrélation élevés entre la température et le logarithme de la concentration en vibrions ( $r = 0,775$  à la Prise et  $r = 0,837$  au Rejet).

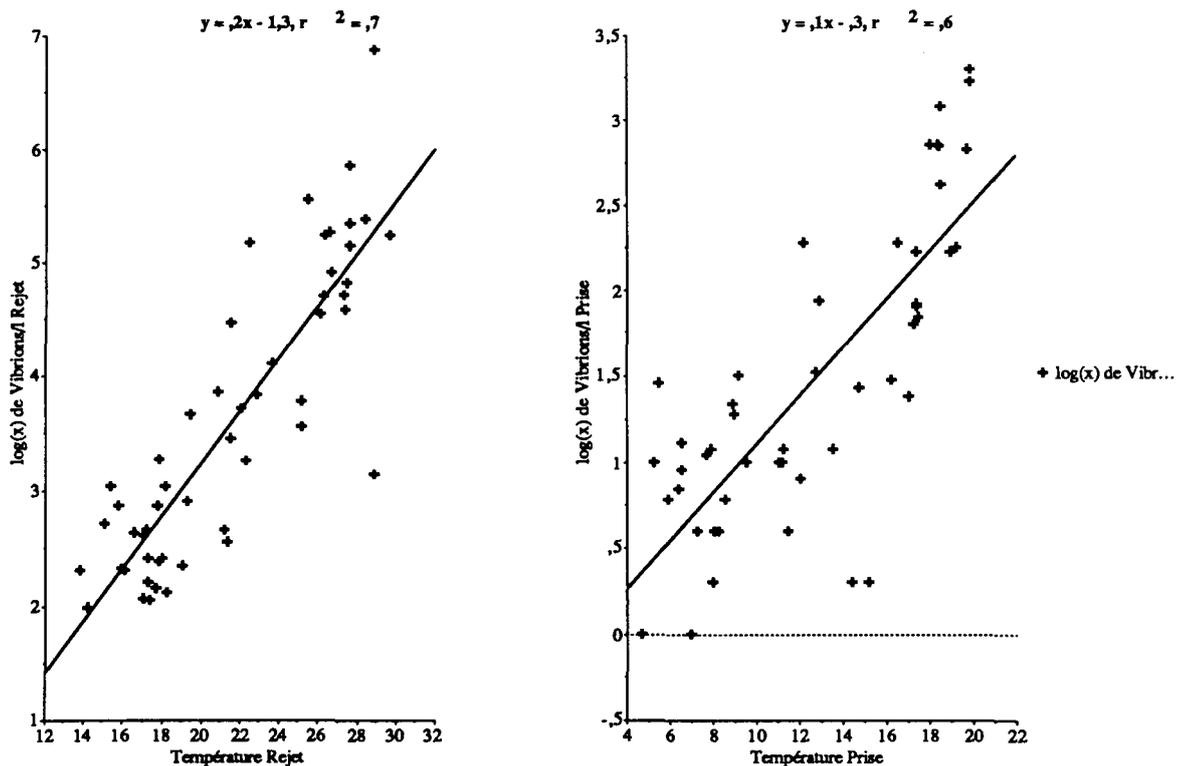


Fig.3.4. : Relations entre vibrions et température

A Gravelines, le transit de l'eau de mer dans la centrale (et les installations aquacoles) entraîne une importante multiplication des vibrions. En 1992, leur nombre est en moyenne multiplié par 200 entre la Prise et le Rejet. Ce phénomène est observé en toutes saisons et, suite aux conditions météorologiques, de manière à peine plus marquée en été cette année (facteur de multiplication: 240). Cette prolifération se fait en respectant l'allure du cycle annuel d'abondance qui se trouve amplifié.

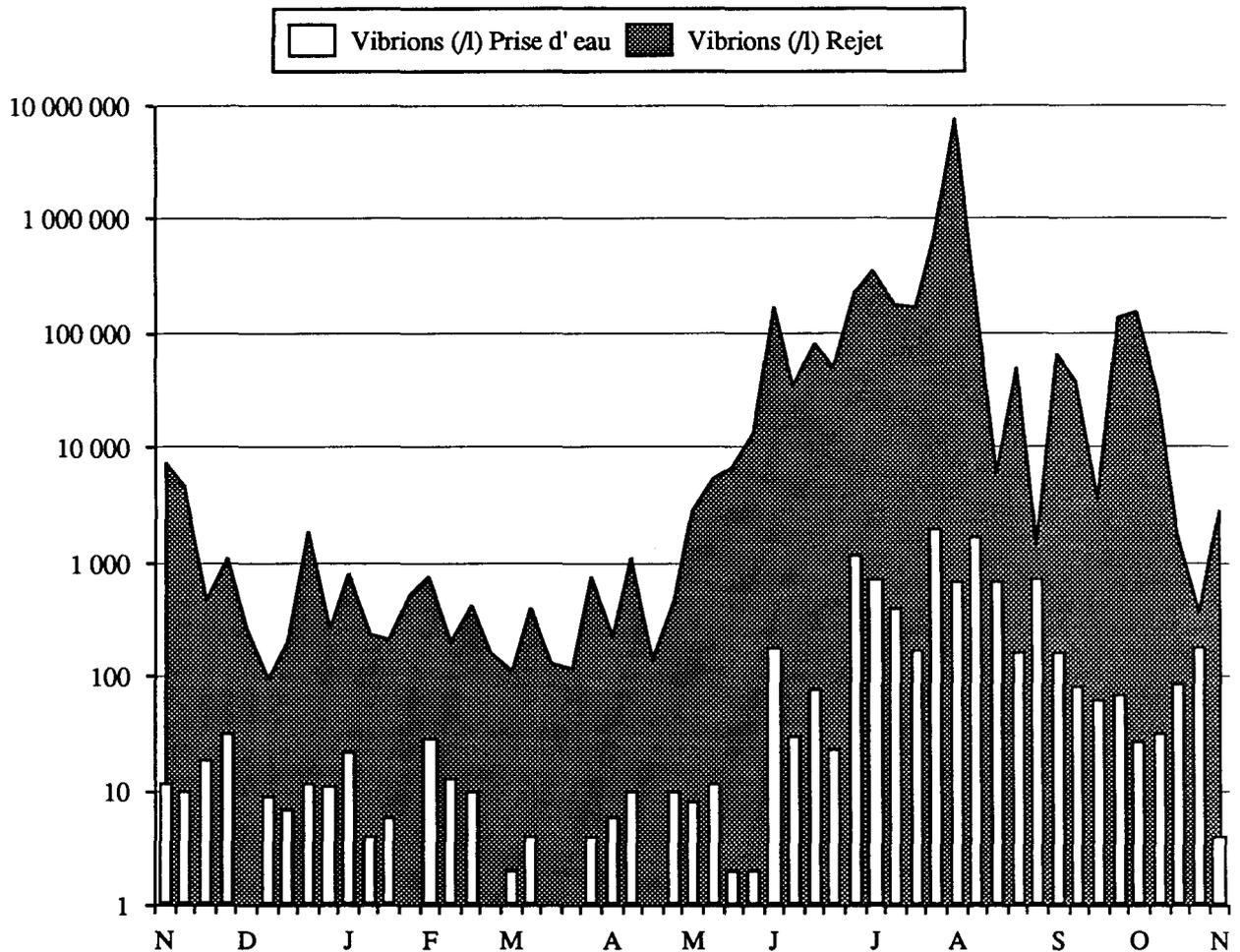


Fig.3.4. : Dénombrement des vibrions par culture à 37 °C (échelle logarithmique)

Lors des premières études réalisées à Gravelines, de 1976 à 1983, une seule espèce de vibrions était isolée: *Vibrio alginolyticus*. De rares isollements de *Vibrio parahaemolyticus* avaient également été réalisés durant cette période.

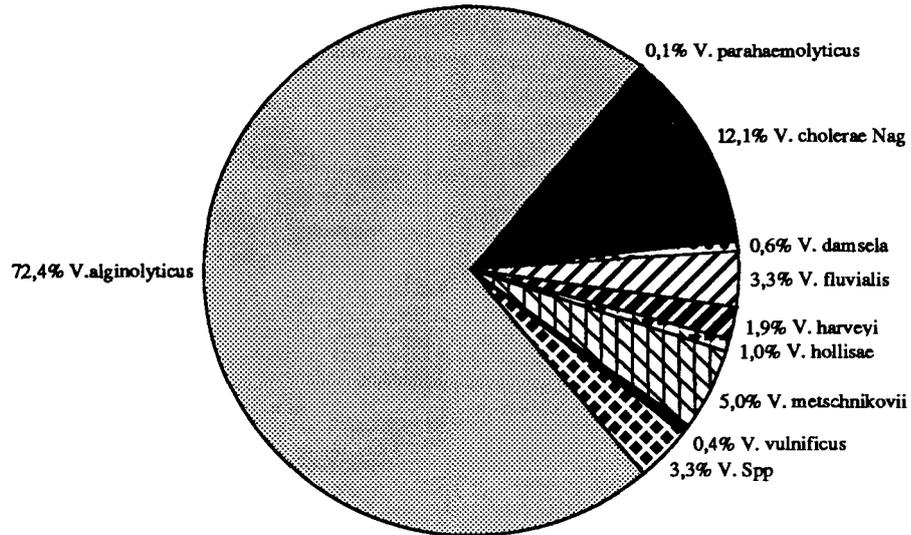
Depuis 1984, et surtout depuis 1986, une diversité croissante des espèces de vibrions est observée sur le site.

Cette diversité semble se stabiliser actuellement pour les deux espèces majoritaires au Rejet: *Vibrio alginolyticus* (73%) et *Vibrio cholerae* NA<sub>g</sub>\* (11%). Les autres espèces mises en évidence en 1992 sont: *Vibrio damsela*, *V. fluvialis*, *V.hollisae*, *V. metschnikovii*, *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus* et *V. vulnificus*. Cette année un nombre plus important que lors des études précédentes de souches de vibrions présentant des profils biochimiques non répertoriés (*V. Spp.*) a été isolé (4,7%).

L' apparition des ces diverses espèces de vibrions ne semble pas régie par les variations de la température de l' eau contrairement à leurs abondances. Les modifications du milieu et, peut être, l' utilisation épisodique d' antibiotiques et de biocides par les élevages jouent un rôle important dans la sélection des espèces.

\*( non agglutinable par les sérums de diagnostic des vibrions cholériques responsables d' épidémies)

Pourcentages des diverses espèces de vibrions à la prise d' eau en 1992



Pourcentages des diverses espèces de vibrions au Rejet en 1992

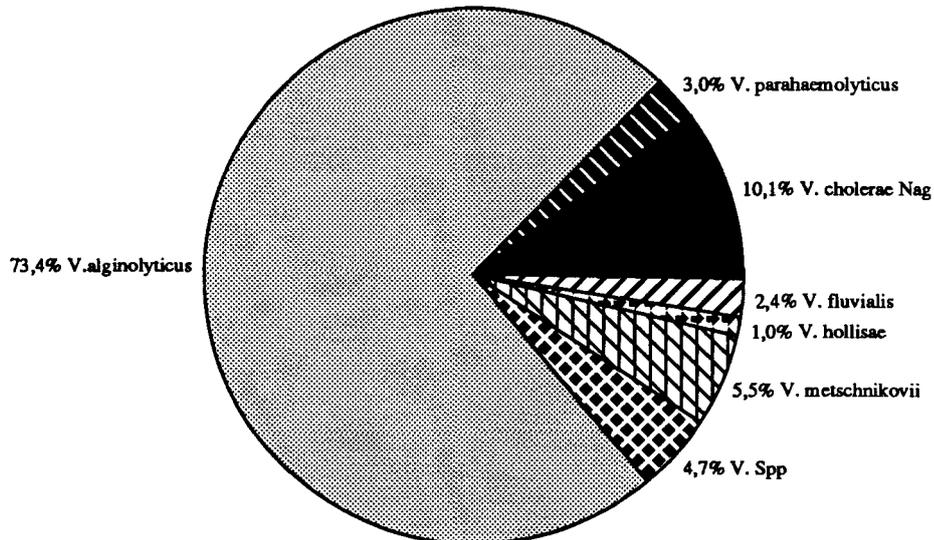


Fig.3.6. : Proportions entre les diverses espèces de vibrions observées en 1992 (52 mesures)

Tous les calculs concernant la diversité moyenne annuelle des vibrions de la figure 3.6 sont réalisés à partir de la moyenne géométrique du nombre de représentants de chaque espèce.

Cette stabilité apparente masque en réalité un certain nombre de phénomènes qui sont détaillés dans les figures 3.7 et 3.8.

Les nombres moyens de vibrions de toutes les espèces sont en augmentation par transit à travers la centrale. 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, leur multiplication ne peut être mise en évidence.

*Vibrio alginolyticus* est l'espèce qui est la plus adaptée aux conditions actuelles du site (multiplication moyenne  $X = 207$  fois). La seconde espèce dans l'ordre de l'importance de la multiplication est *Vibrio cholerae* NAg ( $X = 8,2$  fois).

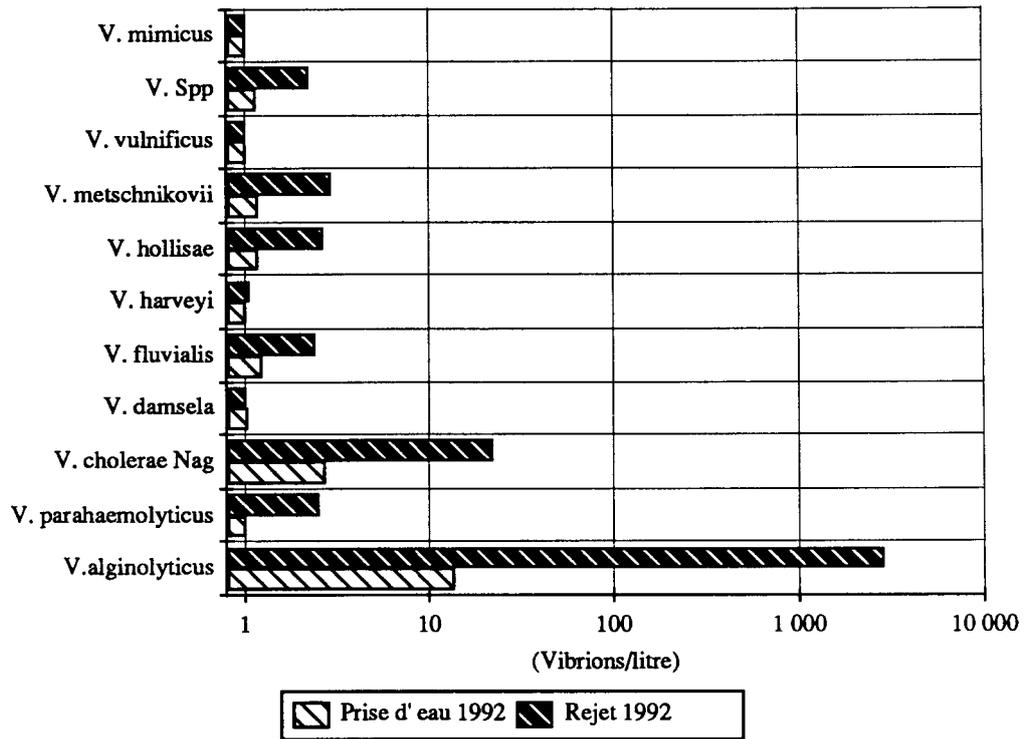


Fig.3.7. : Nombre moyen des diverses espèces de vibrions observées en 1992

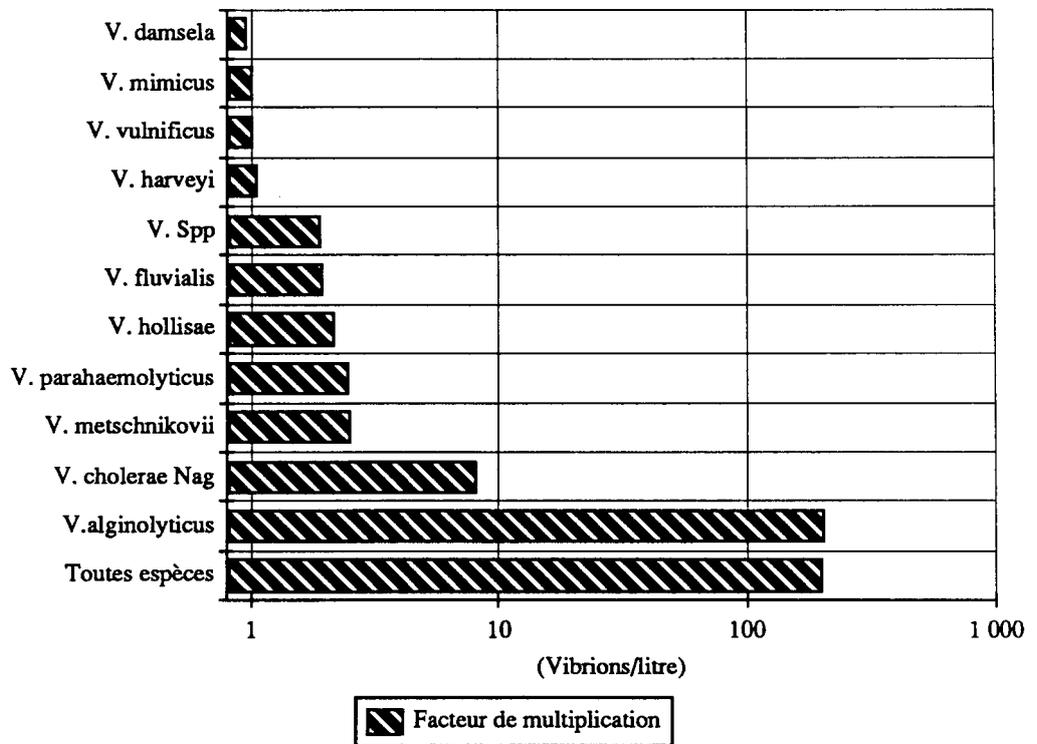


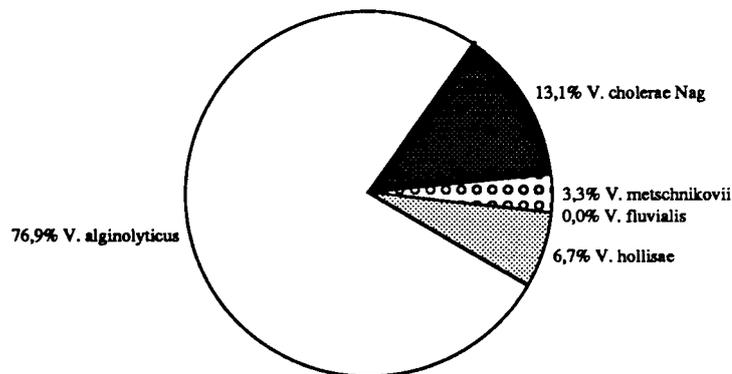
Fig.3.8. : Facteurs moyens de multiplication entre la prise et le rejet des diverses espèces de vibrions observées en 1992

Depuis le mois de mai 1992, les établissements aquacoles utilisant l'eau de la centrale et la rejetant en tête du canal de rejet sont soumis à une surveillance mensuelle incluant la recherche des vibrions selon la même méthodologie que celle adoptée pour la centrale électrique.

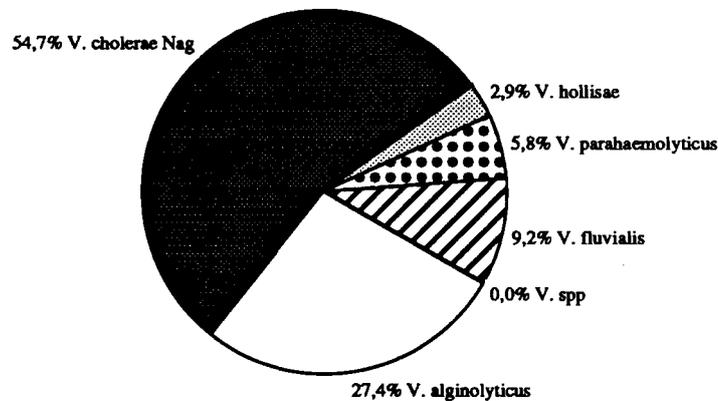
Les premiers résultats dont nous disposons permettent de confirmer la modification de la flore bactérienne évoquée dans les rapports précédents.

Les résultats de la figure 3.9 comparent le rejet aquacole aux points de surveillance de la centrale prélevés aux mêmes dates. Dans le rejet aquacole *Vibrio alginolyticus* ne représente que le quart des vibrions et *Vibrio cholerae* NAg devient l'espèce majoritaire. Au rejet de la centrale les pourcentages calculés sont très proches de ceux obtenus sur la base des prélèvements hebdomadaires pendant un an.

#### Prise d'eau centrale



#### Rejet aquaculture



#### Rejet centrale

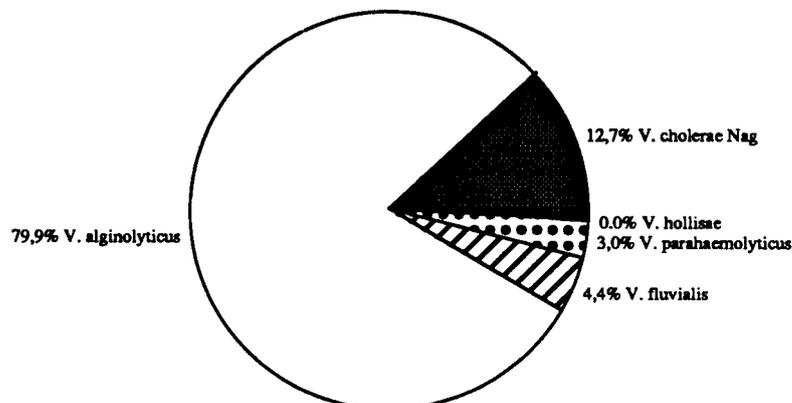


Fig.3.9. : Résultats obtenus durant le second semestre 1992 sur des prélèvements mensuels dans le cadre de la surveillance de la centrale et des établissements aquacoles (6 mesures).

Le rejet des fermes marines représente environ 7m<sup>3</sup>/s qui se déversent dans les 200m<sup>3</sup>/s du rejet de la centrale. Aussi, par effet de dilution une espèce bactérienne en concentration très importante au débouché de l'aquaculture verra sa concentration réduite d'un facteur de l'ordre de 30 au rejet de la centrale si cette bactérie ne se multiplie pas dans le canal de la centrale.

Les points "eau chaude" et "eau froide" de la figure 3.10 représentent les alimentations en eau de l'aquaculture. On voit que 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 déchlorés chimiquement).

*Vibrio alginolyticus* apparaît comme l'espèce la mieux adaptée aux conditions du canal EdF. Toutes les autres espèces voient leur concentration décroître entre l'aquaculture et l'extrémité du canal. La multiplication dans le canal de la centrale ne compensant pas la dilution.

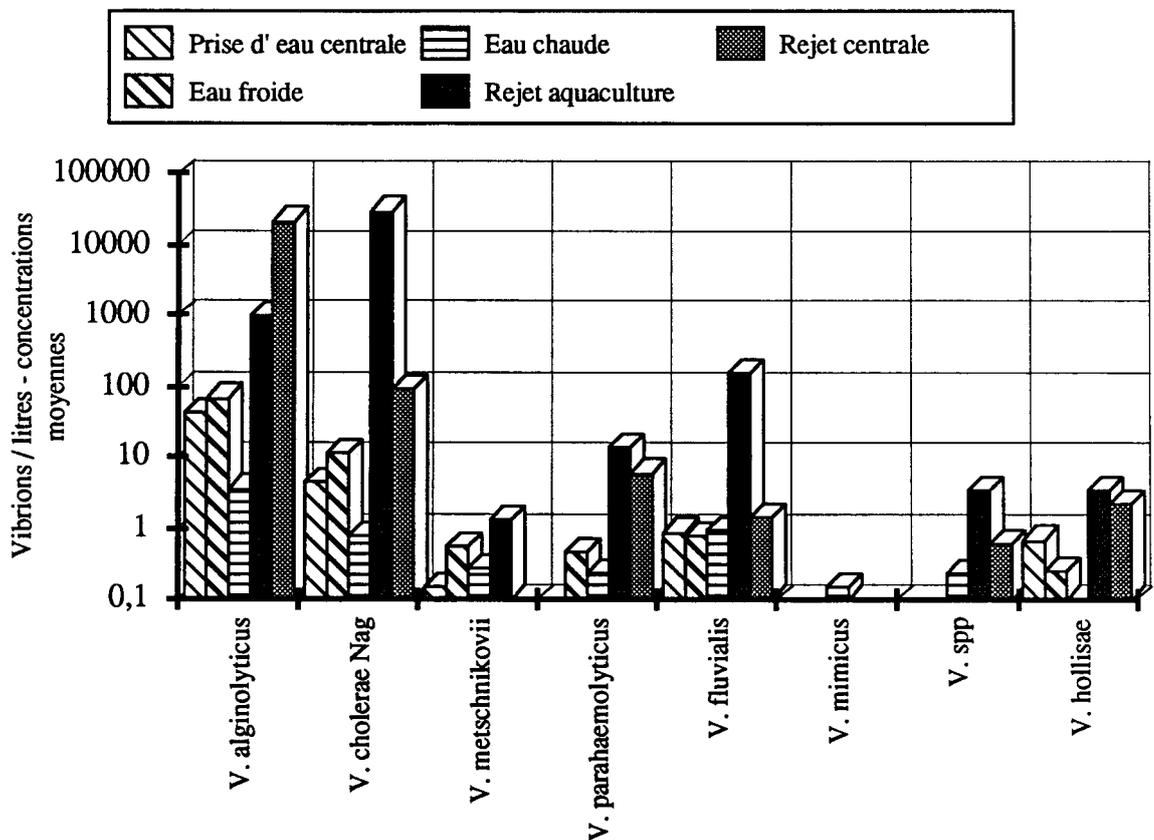


Fig.3.10. :Vibrions par litre -( concentrations moyennes sur la base de prélèvement mensuels réalisés durant le second semestre 1992)

### 3.3. Campagnes pélagiques

Les deux campagnes pélagiques réalisées annuellement permettent d'apprécier, dans les différents compartiments d'étude, l'influence de la centrale sur le milieu récepteur marin.

Date	Point	Temp.	Vibrions 37°C (/litre)						Haloformes (µg/l)		
		Surf.	Vibrions toutes espèces	<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. cholerae</i> NAg	<i>V. parahaemolyt.</i>	<i>V. damsela</i>	<i>V. metschnikovii</i>	CHCl <sub>2</sub> Br	CHClBr <sub>2</sub>	CHBr <sub>3</sub>
(°C)											
19/5/1992	Prise	14,4	2	2					-	-	-
	Rejet	22,9	6 800	5 600	1 200				0,06	0,33	27,0
	Contrôle	20,9	2 800	1 000	1 800				0,08	0,45	17,1
	Référence	17,7	1 900	800	500			600	0,10	0,42	11,4
28/09/92	Prise	17,5	70	70					-	-	1,0
	Rejet	27,6	140 000	140 000		1 400			0,08	0,42	13,9
	Contrôle	26,6	215	10		185	20		0,05	0,53	16,8
	Référence	17,8	45	35		10			-	-	1,4

Tab.3.1. : Campagnes pélagiques - Bactériologie et chloration -

Les deux campagnes ayant été réalisées en période de chloration, le bromoforme est mis en évidence sur l'ensemble de la zone de travail. Par comparaison avec la dilution thermique du rejet, on constate que la totalité du bromoforme observé est formée dès la sortie du canal de rejet. Bien que les haloformes soient des produits très volatils, ils se conservent bien à l'intérieur de la masse d'eau aux doses rencontrées comme l'atteste leur présence au point Référence.

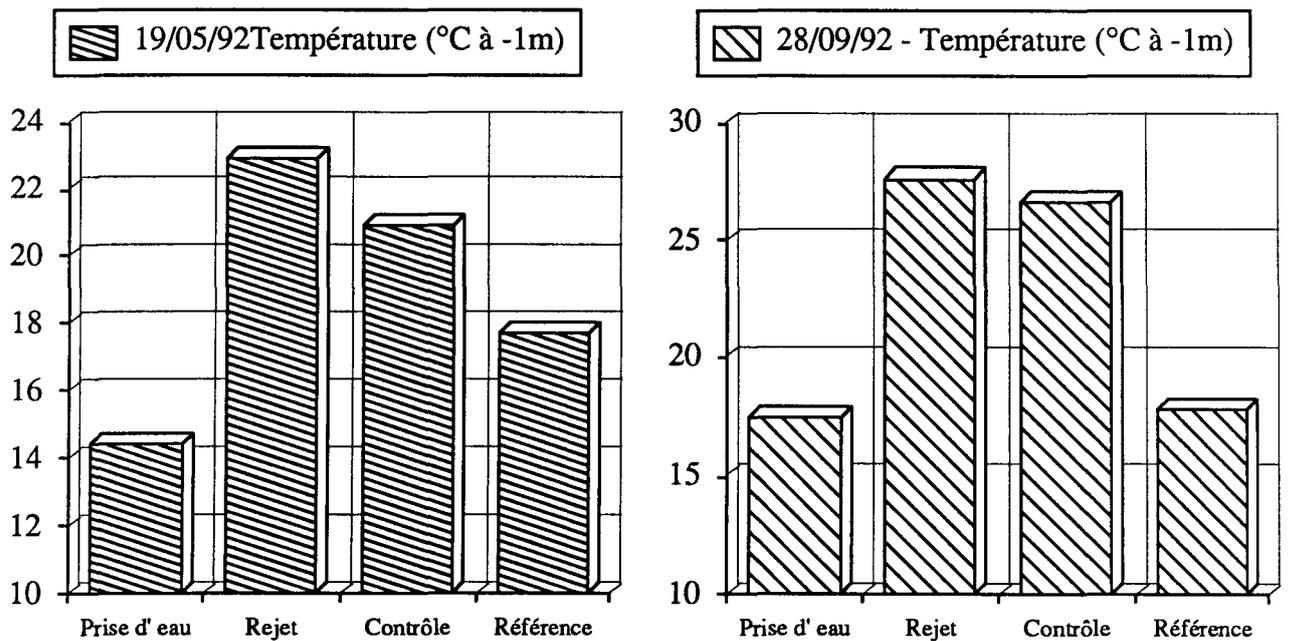


Fig.3.11. : Campagnes pélagiques - Températures

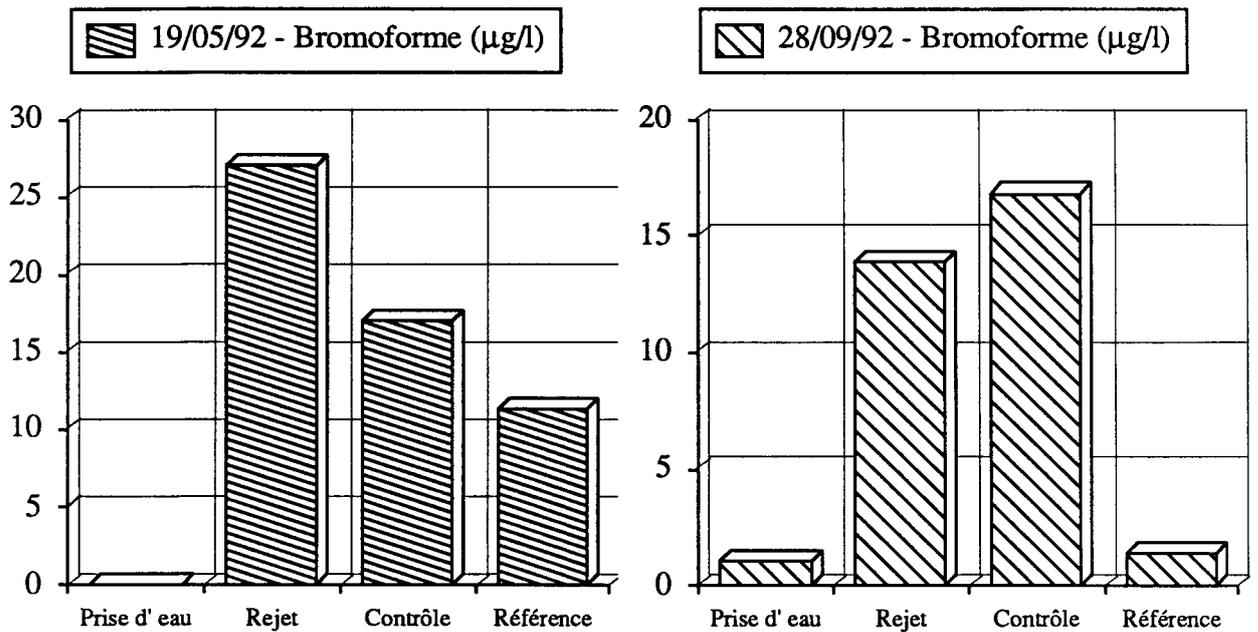


Fig.3.12. : Campagnes pélagiques -Bromoforme

Les vibrions sont en concentration plus importante au point Contrôle que dans le milieu marin non concerné par le panache de rejet lors des deux campagnes pélagiques. Leur dilution semble cependant plus rapide que la dilution appréciée à l'aide de la température ou du bromoforme lors de la campagne de septembre.

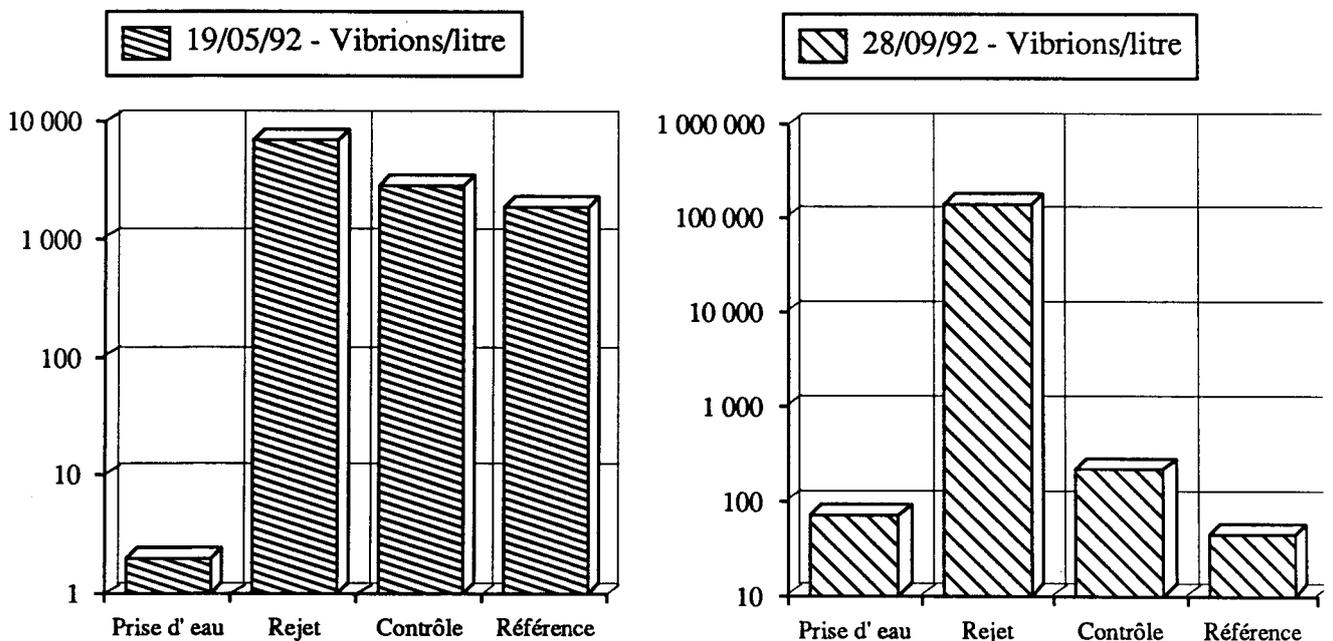


Fig.3.13. : Campagnes pélagiques -Bromoforme

La concentration de vibrions la plus faible est mesurée au point Référence; elle est comparable aux valeurs des années précédente pour les mêmes périodes. La diversité spécifique rencontrée lors de ces deux campagnes est faible: *Vibrio alginolyticus* est seul présent sur 6 des 8 mesures. Les autres espèces mises en évidence le sont en septembre avec *V. parahaemolyticus* au rejet et *V. cholerae* NAg au point Contrôle.

### 3.5. Conclusion

Les résultats obtenus cette année précisent et confirment pour la plupart les observations réalisées lors des précédentes études de surveillance écologique du site de Gravelines.

Les dosages des haloformes et en particulier du plus abondant d'entre eux, le bromoforme, permettent la détermination de la période de chloration, de l'étendue du panache de rejet et du taux de recirculation de l'eau de refroidissement (4,7%). Malgré le développement industriel en cours du Port Ouest de Dunkerque, aucun solvant chloré volatil n'a été mis en évidence.

Le passage de l'eau dans l'ensemble constitué par la centrale électrique et les installations aquacoles entraîne une multiplication du nombre de vibrions d'un facteur moyen de 200.

La grande diversité des espèces de vibrions mise en évidence lors des périodes d'étude précédentes est pleinement confirmée en 1992. Neuf espèces différentes de vibrions ont été isolées et toutes profitent des conditions du site pour se multiplier. Le rôle important de l'aquaculture dans la modification de la microflore bactérienne est mis en évidence au travers de la mesure de son rejet dans le canal de la centrale.

Cet impact sur le milieu pourrait s'accroître avec les apports en matières organiques au milieu marin prévus à Gravelines: extension de l'aquaculture à une production de 1000 tonnes/an et mise en service de Euro-aspartam (apport important en sel et azote).

Date	Temperature	Vibrions 37°C	V. alginolyticus	V. cholerae Nag	V. damsela	V. fluvialis	V. harveyi	V. hollisae	V. metschnikovii	V. mimicus	V. parahaemolyticus	V. vulnificus	V. spp.
08/11/91	11,3	12	12										
12/11/91	11,2	10	7	3									
21/11/91	9,0	19	13	3					3				
27/11/91	9,2	32	22	4									6
03/12/91	8,7	0	0										
11/12/91	6,6	9	2	2					5				
17/12/91	6,4	7	4			3							
26/12/91	7,9	12	6						6				
30/12/92	7,7	11	6						5				
06/01/92	8,9	22	22										
13/01/92	7,3	4	4										
21/01/92	5,9	6	1	4									1
28/01/92	4,7	1	0										1
06/02/92	5,5	29	19	6					4				
10/02/92	6,6	13	9			4							
19/02/92	5,3	10	5	5									
25/02/92	7,0	1	1										
03/03/92	8,0	2	0				2						
09/03/92	8,3	4	4										
16/03/92	8,0	0	0										
23/03/92	9,0	0	0										
30/03/92	8,1	4	2			1			1				
06/04/92	8,6	6	2			1			2				1
15/04/92	9,6	10	10										
21/04/92	9,9	0	0										
28/04/92	11,1	10	8	2									
06/05/92	12,1	8	6						2				
13/05/92	13,6	12	4	8									
19/05/92	14,4	2	2										
25/05/92	15,2	2	2										
02/06/92	16,6	190	160	30									
09/06/92	16,3	30	18	8		4							
16/06/92	17,4	80	80										
22/06/92	17,1	24	22										2
29/06/92	18,6	1 200	1 200										
06/07/92	18,1	720	720										
13/07/92	18,6	420	180	180				60					
20/07/92	19,3	180	160	20									
27/07/92	19,9	2 000	2 000										
03/08/92	19,8	680	680										
10/08/92	19,9	1 700	1 300	400									
17/08/92	18,5	700	300	300									
24/08/92	19,0	170	160								10		100
31/08/92	18,4	720	720										
07/09/92	17,4	170	80			30		60					
14/09/92	17,4	83	43	40									
21/09/92	17,3	63	43		20								
28/09/92	17,5	70	70										
08/10/92	14,8	27	27										
13/10/92	12,8	33	23	3								7	
19/10/92	12,9	87	33	27		27							
26/10/92	12,2	190	120	70									
03/11/92	11,5	4	2	2									

Tab.3.2.: Bactériologie; Mesures hebdomadaires à la prise d'eau

Date	Temperature	Vibriens 37°C au Rejet	V. alginolyticus	V. cholerae Nag Prise	V. damsela Prise	V. fluvialis Prise	V. harveyi Prise	V. hollissae	V. metschnikovii	V. mimicus	V. parahaemolyticus	V. vulnificus	V. spp.
08/11/91	20,9	7 200	5 600	1 000		600							
12/11/91	19,5	4 600	2 200	2 400									
21/11/91	17,2	460	260						200				
27/11/91	18,2	1 100	800	300									
03/12/91	17,3	260	40	120		100							
11/12/91	14,2	97	84						13				
17/12/91	16,1	200	200										
26/12/91	17,9	1 900	1 000						900				
30/12/92	18,0	260	200						60				
06/01/92	19,3	800	500										
13/01/92	17,9	240	120			80							
21/01/92	16,0	210	50										
28/01/92	15,1	520	220	100							100		
06/02/92	15,8	740	540						200				
10/02/92	13,8	200	170								30		
19/02/92	16,6	430	300										
25/02/92	17,3	160	160										2
03/03/92	17,4	110	110										
09/03/92	17,1	400	340						60				
16/03/92	18,3	128	78						50				
23/03/92	17,1	116	100	8					8				
30/03/92	17,8	740	708	32									
06/04/92	19,1	220	120						100				6
15/04/92	15,4	1 100	900										
21/04/92	17,7	140	140										
28/04/92	21,2	460	390	30					40				
06/05/92	21,5	2 900	1 900			1 000							
13/05/92	22,1	5 300	2 200	1 500							1 600		
19/05/92	22,9	6 800	5 600	1 200									
25/05/92	23,7	13 000	5 000					2 000			6 000		
02/06/92	26,4	170 000	110 000	40 000				10 000			10 000		
09/06/92	26,1	35 000	14 000	11 000		2 000					8 000		
16/06/92	26,7	80 000	70 000	10 000									
22/06/92	26,3	50 000	50 000										
29/06/92	27,6	220 000	180 000			20 000		20 000					
06/07/92	25,5	350 000	350 000										
13/07/92	26,6	180 000	100 000	80 000									
20/07/92	29,7	170 000	160 000	10 000									
27/07/92	27,6	700 000	700 000										
03/08/92	28,9	7 500 000	3 000 000	3 000 000				1 500 000					
10/08/92	28,4	240 000	240 000										
17/08/92	25,2	6 000	1 000	2 000									
24/08/92	27,3	51 000	51 000										
31/08/92	28,9	1 400	1 400										
07/09/92	27,5	65 000	65 000										
14/09/92	27,4	38 000	32 000	6 000									
21/09/92	25,2	3 600	3 600										
28/09/92	27,6	140 000	140 000										
08/10/92	22,5	150 000	150 000										
13/10/92	21,5	29 000	6 000	22 000					1 000				
19/10/92	22,3	1 800	1 700	100									
26/10/92	21,4	360	220	80					60				
03/11/92	19,4	2 900	2 400								500		

Tab.3.3. : Bactériologie; Mesures hebdomadaires au point Rejet

PRISE				REJET			
Date	CHCl <sub>2</sub> Br (µg/l)	CHClBr <sub>2</sub> (µg/l)	CHBr <sub>3</sub> (µg/l)	Date	CHCl <sub>2</sub> Br (µg/l)	CHClBr <sub>2</sub> (µg/l)	CHBr <sub>3</sub> (µg/l)
Seuils	0,01	0,02	0,2	Seuils	0,01	0,02	0,2
08/11/91	-	-	0,2	08/11/91	-	0,11	4,5
12/11/91	-	-	0,3	12/11/91	-	0,07	2,7
21/11/91	-	-	-	21/11/91	-	0,05	1,3
27/11/91	-	-	-	27/11/91	-	-	-
03/12/91	-	-	-	03/12/91	-	-	-
11/12/91	-	-	-	11/12/91	-	-	-
17/12/91	-	-	-	17/12/91	-	-	-
26/12/91	-	-	-	26/12/91	-	-	-
30/12/92	-	-	-	30/12/92	-	-	-
06/01/92	-	-	-	06/01/92	-	-	-
13/01/92	-	-	-	13/01/92	-	-	-
21/01/92	-	-	-	21/01/92	-	-	-
28/01/92	-	-	-	28/01/92	-	-	-
06/02/92	-	-	-	06/02/92	-	-	-
10/02/92	-	-	-	10/02/92	-	-	-
19/02/92	-	-	-	19/02/92	-	-	-
25/02/92	-	-	-	25/02/92	-	-	-
03/03/92	-	-	-	03/03/92	-	-	-
09/03/92	-	-	-	09/03/92	-	-	-
16/03/92	-	-	-	16/03/92	-	-	-
23/03/92	-	-	-	23/03/92	-	-	-
30/03/92	-	-	-	30/03/92	-	-	-
06/04/92	-	-	-	06/04/92	-	-	-
15/04/92	-	-	-	15/04/92	-	-	2,7
21/04/92	-	-	-	21/04/92	0,05	0,27	10,2
28/04/92	-	-	0,4	28/04/92	0,06	0,22	10,8
06/05/92	-	-	-	06/05/92	0,09	0,23	11,6
13/05/92	-	-	-	13/05/92	0,05	0,27	10,2
19/05/92	-	-	-	19/05/92	0,06	0,33	27,0
25/05/92	-	-	0,6	25/05/92	0,09	0,38	14,2
02/06/92	-	-	1,9	02/06/92	0,12	0,51	20,7
09/06/92	-	-	1,5	09/06/92	0,13	0,96	36,7
16/06/92	-	-	0,5	16/06/92	0,11	0,44	19,1
22/06/92	-	-	-	22/06/92	0,16	1,00	25,1
29/06/92	-	-	0,3	29/06/92	0,17	0,73	17,7
06/07/92	-	-	0,6	06/07/92	0,09	0,40	13,5
13/07/92	-	-	-	13/07/92	0,10	0,37	13,2
20/07/92	0,31	0,05	1,8	20/07/92	0,13	0,63	23,5
27/07/92	0,04	0,58	2,4	27/07/92	0,11	0,69	28,4
03/08/92	0,03	0,04	2,3	03/08/92	0,12	0,57	22,7
10/08/92	0,03	0,04	1,5	10/08/92	0,08	0,44	23,8
17/08/92	0,04	-	0,7	17/08/92	0,08	0,45	15,7
24/08/92	0,04	0,05	1,2	24/08/92	0,07	0,38	17,5
31/08/92	-	-	1,5	31/08/92	0,12	0,53	24,2
07/09/92	-	-	0,8	07/09/92	0,04	0,27	10,7
14/09/92	-	-	2,1	14/09/92	0,18	0,51	40,0
21/09/92	-	-	1,3	21/09/92	0,05	0,51	19,3
28/09/92	-	-	1,0	28/09/92	0,08	0,42	13,9
08/10/92	-	-	-	08/10/92	0,06	0,39	14,4
13/10/92	-	-	-	13/10/92	0,02	0,21	7,1
19/10/92	0,02	-	0,8	19/10/92	0,08	0,61	21,1
26/10/92	-	-	0,8	26/10/92	0,05	0,46	15,9
03/11/92	-	-	0,7	03/11/92	-	0,12	5,1

Tab.3.4. : Chlore résiduel et haloformes

Année	Semaine		Production hebdomadaire (GWh)	Débit (m3/sec.)	Température à la Prise (°C)	Echauffement calculé du Rejet (°C)
1991	28/10/91	au 3/11/1991	594,0	175	11,3	9,7
	4/11/1991	au 10/11/1991	597,0	180	11,2	9,4
	11/11/1991	au 17/11/1991	599,0	180	9,0	9,5
	18/11/1991	au 24/11/1991	596,0	180	9,2	9,4
	25/11/1991	au 1/12/1991	603,0	187	8,7	9,2
	2/12/1991	au 8/12/1991	597,0	186	6,6	9,1
	9/12/1991	au 15/12/1991	633,0	215	6,4	8,4
	16/12/1991	au 22/12/1991	742,0	213	7,9	9,9
	23/12/1991	au 29/12/1991	824,0	229	7,7	10,2
	30/12/1991	au 5/1/1992	908,0	240	8,9	10,8
	6/1/1992	au 12/1/1992	886,0	238	7,3	10,6
	13/1/1992	au 19/1/1992	891,0	240	5,9	10,6
	20/1/1992	au 26/1/1992	888,0	237	4,7	10,7
	27/1/1992	au 2/2/1992	856,0	234	5,5	10,4
	3/2/1992	au 9/2/1992	811,0	229	6,6	10,1
	10/2/1992	au 16/2/1992	850,0	238	5,3	10,2
	17/2/1992	au 23/2/1992	884,0	240	7,0	10,5
	24/2/1992	au 1/3/1992	834,0	235	8,0	10,1
	2/3/1992	au 8/3/1992	714,0	203	8,3	10,0
	9/3/1992	au 15/3/1992	588,0	179	8,0	9,3
	16/3/1992	au 22/3/1992	582,0	160	9,0	10,3
	23/3/1992	au 29/3/1992	594,0	160	8,1	10,6
	30/3/1992	au 5/4/1992	598,0	160	8,6	10,6
	6/4/1992	au 12/4/1992	563,0	160	9,6	10,0
	13/4/1992	au 19/4/1992	538,0	160	9,9	9,6
	20/4/1992	au 26/4/1992	535,0	160	11,1	9,5
	27/4/1992	au 3/5/1992	563,0	152	12,1	10,5
	4/5/1992	au 10/5/1992	523,0	164	13,6	9,1
	11/5/1992	au 17/5/1992	557,0	223	14,4	7,1
	18/5/1992	au 24/5/1992	558,0	200	15,2	7,9
	25/5/1992	au 31/5/1992	488,0	196	16,6	7,1
	1/6/1992	au 7/6/1992	597,0	200	16,3	8,5
	8/6/1992	au 14/6/1992	641,0	198	17,4	9,2
	15/6/1992	au 21/6/1992	648,0	200	17,1	9,2
	22/6/1992	au 28/6/1992	715,0	216	18,6	9,4
	29/6/1992	au 5/7/1992	630,0	215	18,1	8,3
	6/7/1992	au 12/7/1992	504,0	196	18,6	7,3
	13/7/1992	au 19/7/1992	607,0	200	19,3	8,6
	20/7/1992	au 26/7/1992	696,0	200	19,9	9,9
	27/7/1992	au 2/8/1992	685,0	200	19,8	9,7
	3/8/1992	au 9/8/1992	639,0	194	19,9	9,4
	10/8/1992	au 16/8/1992	521,0	192	18,5	7,7
	17/8/1992	au 23/8/1992	484,0	197	19,0	7,0
	24/8/1992	au 30/8/1992	622,0	200	18,4	8,8
	31/8/1992	au 6/9/1992	705,0	200	17,4	10,0
	7/9/1992	au 13/9/1992	744,0	200	17,4	10,6
	14/9/1992	au 20/9/1992	666,0	195	17,3	9,7
	21/9/1992	au 27/9/1992	714,0	200	17,5	10,2
	28/9/1992	au 4/10/1992	721,0	217	14,8	9,5
	5/10/1992	au 11/10/1992	719,0	240	12,8	8,5
	12/10/1992	au 18/10/1992	761,0	240	12,9	9,0
	19/10/1992	au 25/10/1992	825,0	240	12,2	9,8
26/10/1992	au 1/11/1992	788,0	235	11,5	9,5	

Tab.3.5. : Fonctionnement de la centrale EdF de Gravelines

CHAPITRE IV

PHYTOPLANCTON ET BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE

Hubert GROSSEL et Pascale HEBERT



## IV. PHYTOPLANCTON ET BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE

### 1. Surveillance hebdomadaire au canal d'aménée

#### a) biomasse chlorophyllienne

Le tableau IV.1 rassemble les résultats pour la teneur en chlorophylle. Ils sont illustrés en figure IV.1

La floraison printanière s'amorce en début mars avec des teneurs qui passent de 4 mg/m<sup>3</sup> à environ 10 mg/m<sup>3</sup>. Le pic printanier est enregistré dans les quinze premiers jours d'avril, avec des teneurs observées n'excédant pas 24 mg/m<sup>3</sup>. On peut constater que cette période coïncide avec celle du premier pic printanier observé en 1991, mais qu'elle se limite à cela en 1992, alors que 1991 avait vu une succession de pics identifiables dont le plus important s'était étalé en fin avril et sur les quinze premiers jours de mai.

Le mois de mai 92 correspond à une période de faible production phytoplanctonique (biomasse chlorophyllienne comprise entre 2 et 7 mg/m<sup>3</sup>). La reprise post printanière s'amorce dans la dernière décade de juin.

Les teneurs estivales sont relativement importantes, puisqu'on observe jusqu'à 16 mg/m<sup>3</sup> en début et en fin juillet. Après un mois d'août peu productif, une légère reprise est observée à la fin de ce mois et en début septembre (environ 8 mg/m<sup>3</sup>).

#### b) Succession des espèces phytoplanctoniques

Le printemps phytoplanctonique se développe au début mars avec l'apparition des *Chaetoceros* (figure IV.3, *Ch. sociale* surtout). *Phaeocystis* (figure IV.2) apparaît à la mi mars, suivi aussitôt par les *Rhizosolenia delicatula* (figure IV.4). La prédominance de *Phaeocystis* s'amplifie en avril. Son pic annuel d'abondance (26 millions de cellules/litres) coïncide avec le pic de chlorophylle du 15 avril.

Plus modeste et par intermittence, cette espèce sera encore présente dans les échantillons jusqu'au 27 juillet. Le début de la reprise estivale est marquée par les *Chaetoceros* mais très vite se sont les *Rhizosolenia* (*Rh. shrubsolei*, puis *Rh. delicatula*) qui dominent jusqu'à l'automne. La légère reprise de fin août-début septembre est caractérisée par les *Chaetoceros curvisetum* et *sociale* et ensuite par *Eucampia zodiacus*, espèce typiquement automnale (figure IV.5).

## GRAVELINES 1992

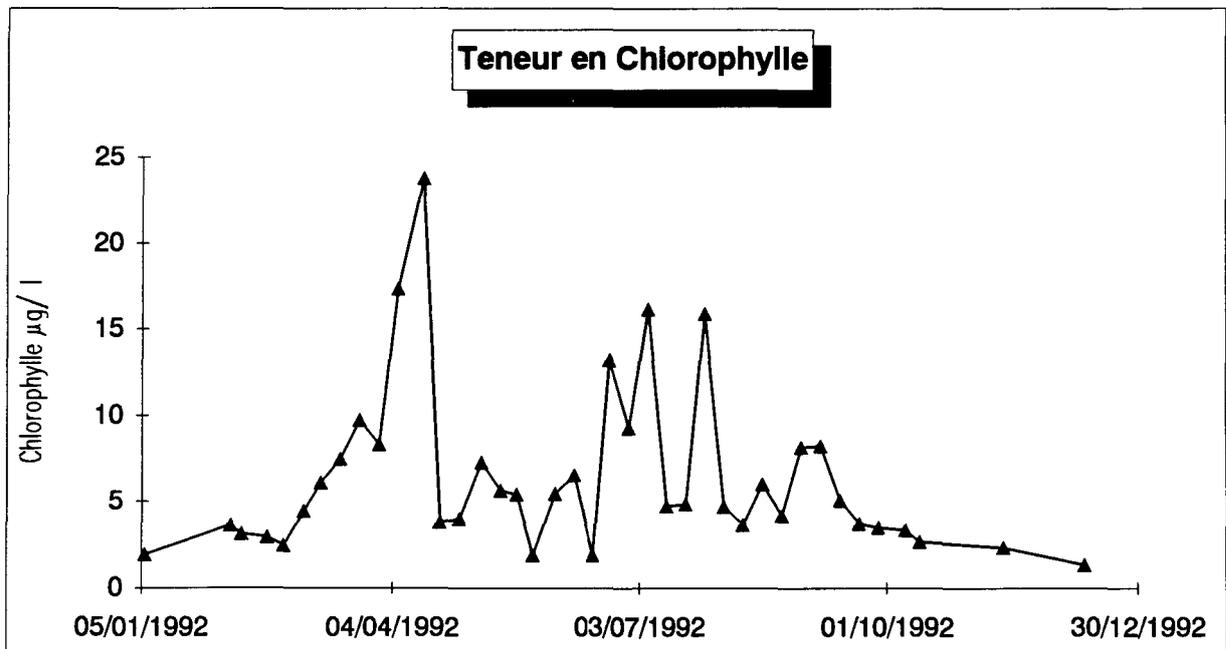


Figure IV.1

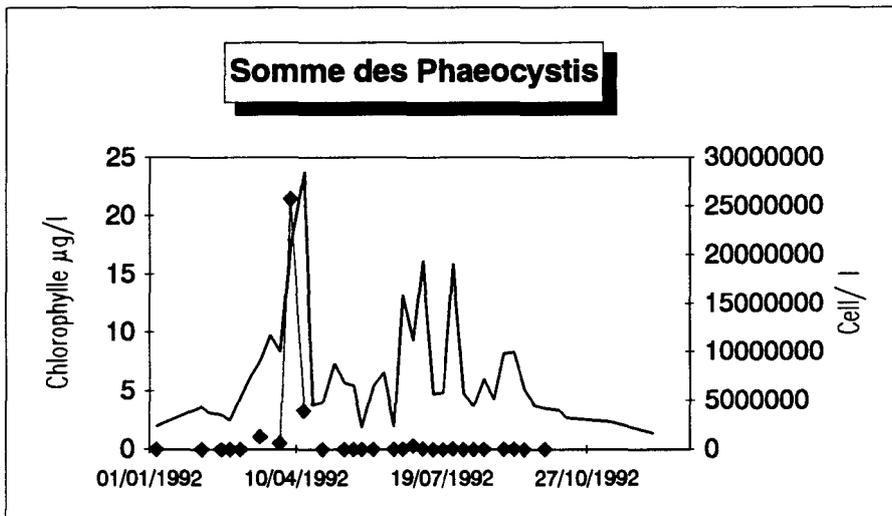


Figure IV-2

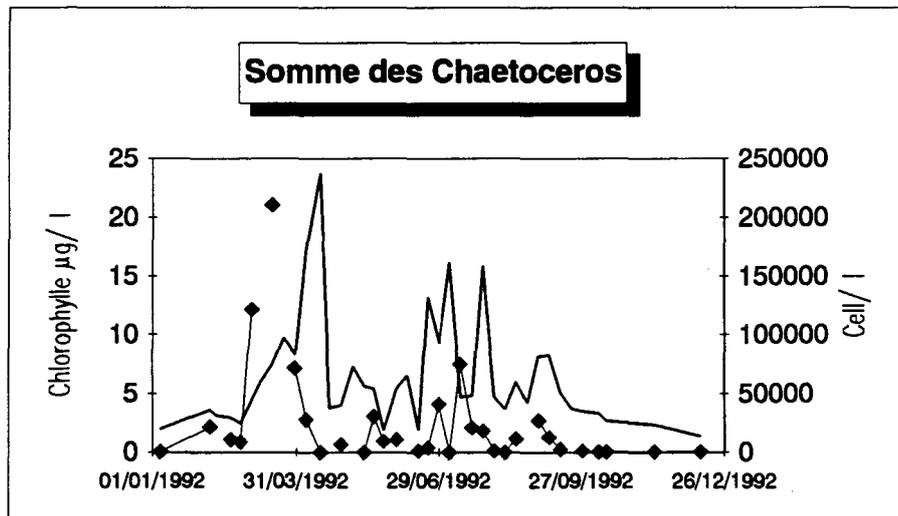


Figure IV-3

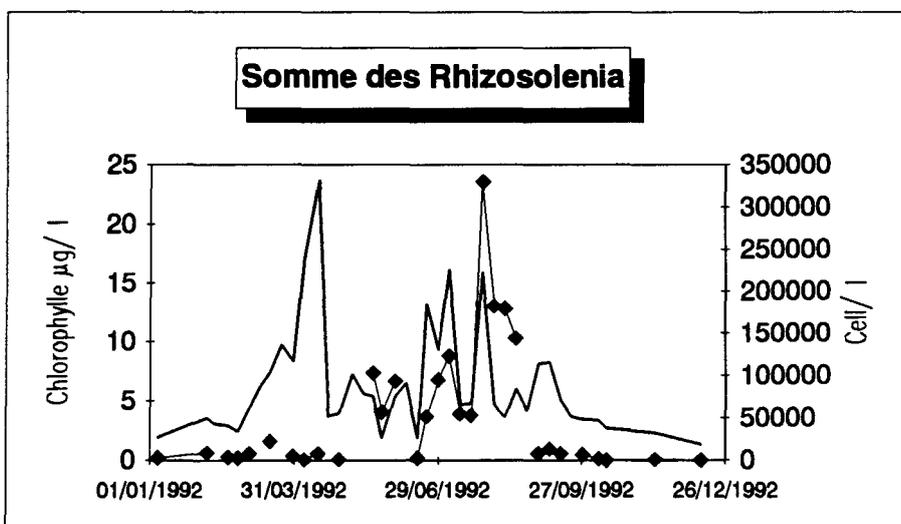


Figure IV-4

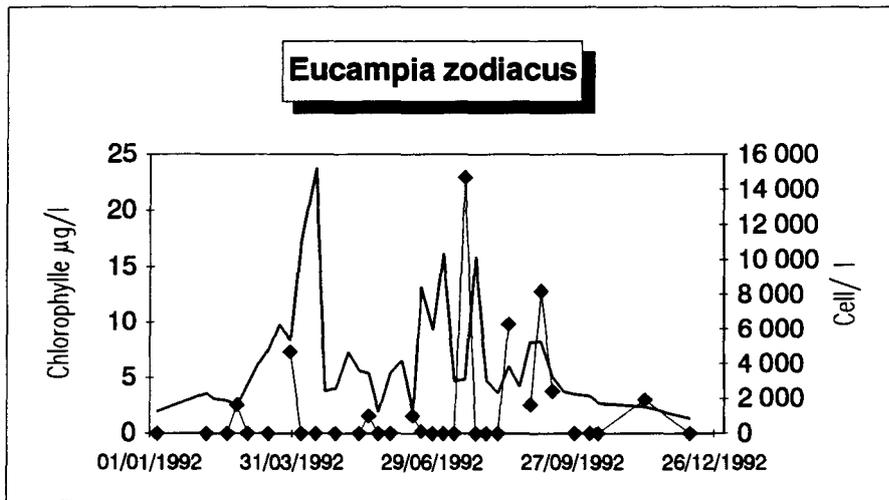


Figure IV-5

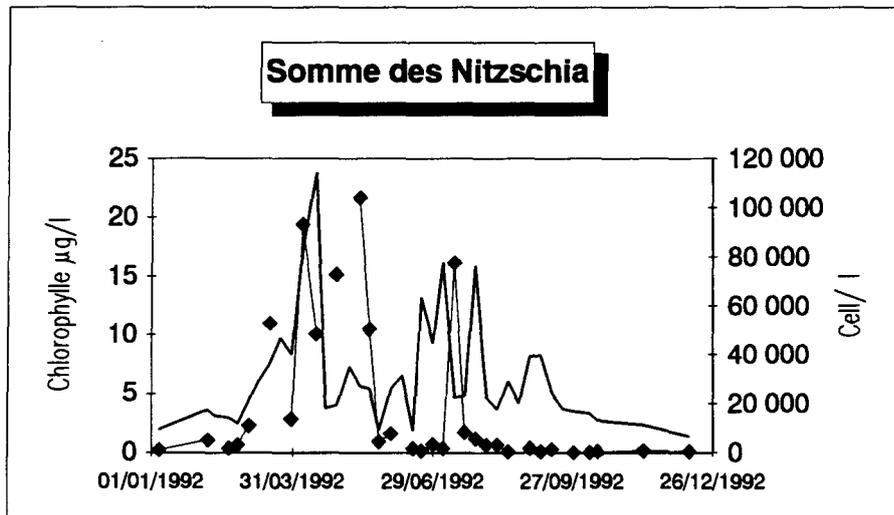


Figure IV-6

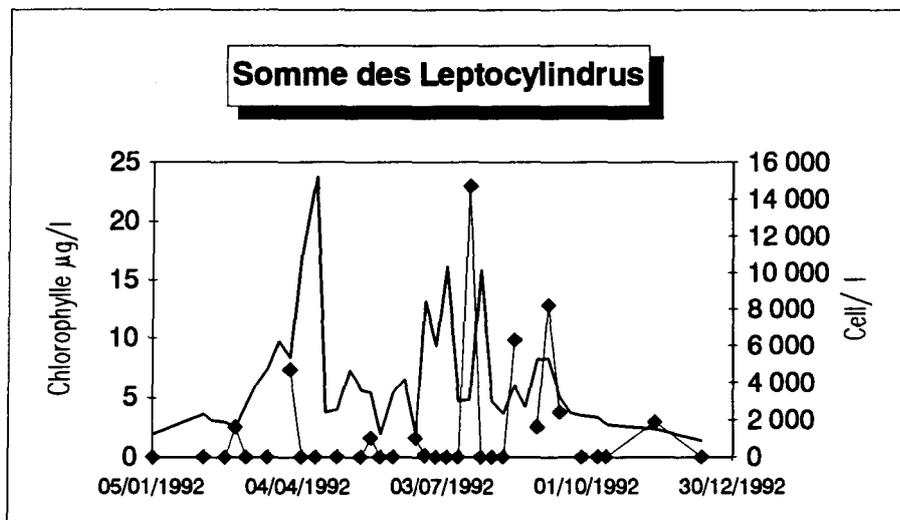


Figure IV-7

## GRAVELINES 1992

n°	DATES	CHLOROPHYLLE (mg/m3)	%CHLORO non dégradée
1	6.1.92	1.94	61.64
2	6.2.92	3.61	81.46
3	10.2.92	3.12	81.48
4	19.2.92	2.93	74.15
5	25.2.92	2.45	74.11
6	3.3.92	4.44	83.26
7	9.3.92	6.10	90.80
8	16.3.92	7.48	91.07
9	23.3.92	9.75	89.32
10	30.3.92	8.33	85.92
11	6.4.92	17.33	94.41
12	15.4.92	23.76	92.18
13	21.4.92	3.79	85.93
14	28.4.92	3.99	91.58
15	6.5.92	7.29	92.99
16	13.5.92	5.63	94.51
17	19.5.92	5.4	93.9
18	25.5.92	1.88	81.01
19	2.6.92	5.44	85.8
20	9.6.92	6.52	89.91
21	16.6.92	1.89	51.35
22	22.6.92	13.22	96.18
23	29.6.92	9.31	97.69
24	6.7.92	16.17	83.79
25	13.7.92	4.72	86.56
26	20.7.92	4.83	84.18
27	27.7.92	15.91	97.19
28	3.8.92	4.71	85.43
29	10.8.92	3.64	68.6
30	17.8.92	5.99	83.2
31	24.8.92	4.19	84.09
32	31.8.92	8.16	82.22
33	7.9.92	8.26	93.42
34	14.9.92	5.07	86.18
35	21.9.92	3.71	76.99
36	28.9.92	3.49	73.5
37	8.10.92	3.35	71.2
38	13.10.92	2.7	59.97
39	12.11.92	2.33	64.19
40	11.12.92	1.35	65.53

Tableau IV.1

## 2. Impact de la centrale : campagnes du 19 mai et du 28 septembre.

Le tableau 2 suivant résume les observations d'impact du transit sur la biomasse chlorophyllienne.

Station	Teneurs moyennes en chlorophylle (mg/m <sup>3</sup> )	
	19 mai	28 septembre
Amenée	3.93	2.46
Rejet	1.68	0.73
Contrôle surface	2.32	0.67
Contrôle fond	5.95	1.55
Référence surface	1.86	1.91
Référence milieu	4.55	2.14
Référence fond	5.75	2.12

On constate un déficit en chlorophylle dans le rejet par rapport à l'amenée de 57 % le 19 mai et de 70 % le 28 septembre. Ce déficit se retrouve, légèrement amoindri mais néanmoins sensible, en surface à la station contrôle, et même de façon significative en surface à la station référence le 19 mai, ce qui semble montrer (observation confortée par les températures enregistrées) que cette station s'est trouvée sous l'influence du rejet lors de cette campagne, réalisée dans des conditions de mer calme et stratifiée.

Globalement, les résultats de l'année 1992 confirment le constat d'impact des années antérieures.

CHAPITRE V  
ZOOPLANCTON ET NOCTILUQUES

Geneviève LE FÈVRE-LEHÖERFF



## METHODOLOGIE

Les deux missions annuelles destinées à la comparaison des points et l'évaluation de l'impact ont été réalisées le 19 mai pour la mission printanière et le 28 septembre pour la mission d'automne.

Afin de cerner les variations saisonnières du zooplancton en milieu non impacté, 12 missions complémentaires ont été effectuées au canal d'entrée, ce qui donne un total de 14 missions de suivi au canal d'entrée.

## RESULTATS

### 1. Surveillance au canal d'amenée

La station canal d'amenée est un milieu qui reçoit les eaux de l'avant-port Ouest, milieu bien renouvelé pendant la marée et peu pollué. Cette station ne peut être assimilée à la station référence du large mais le gradient naturel spatial côte-large est peu important par rapport aux variations temporelles qui sont suivies facilement car cette station est accessible sans moyen nautique.

#### 1.1. Biomasses, carbone, azote

Les biomasses exprimées en poids secs (fig. V.1) présentent une période d'abondance maximale annuelle en juin (340 mg/m<sup>3</sup>) avec de fortes valeurs également les 17 avril et 28 septembre (valeurs > 100 mg/m<sup>3</sup>). Les poids secs présentent en 1992 des valeurs et des amplitudes de variations saisonnières qui se situent dans le même ordre de grandeur que les valeurs moyennes calculées sur l'ensemble des années précédentes (1975-1991 résumées dans le tableau V.2).

On remarque que les valeurs des pourcentages de carbone et d'azote dans le poids sec (fig. V.2.a, V.2.b) sont relativement faibles (tableau V.3) par rapport aux valeurs habituellement trouvées pour les eaux marines du large. Cependant c'est le cas habituellement observé à Gravelines (tableau V.2). Les poids secs en effet ne correspondent pas à une biomasse zooplanctonique mais comportent à la fois le mésoplancton, une partie minérale, une partie organique et un mélange d'espèces végétales et animales. La signification des résultats de biomasse est cependant améliorée quand on dispose, comme c'est le cas dans cette étude, des récoltes d'espèces (comptage et identification spécifique).

DATE	POINT.	HEURE	DEB.	N	t'	DIAM.	Vm3	PS.ECH	PS.mg.m3
19.3.92	ENTREE	13.1	4353	120	72	0.1	1.99	21.7	10.9
2.4.92	ENTREE	9.3	4353	55	23	0.1	0.99	37.2	41.8
17.4.92	ENTREE		4353	28	20	0.1	0.47	73.6	156.6
28.4.92	ENTREE	12.25	4353	34	23	0.1	0.57	29.9	52.5
13.5.92	ENTREE		4353	48	19	0.1	0.77	24.5	31.8
19.5.92	ENTREE	10.5	4353	40	16	0.1	0.65	49.7	76.5
19.5.92	ENTREE	11	4353	40	15	0.1	0.64	61.2	95.6
19.5.92	ENTREE	11.05	4353	60	28	0.1	0.98	65.4	66.7
19.5.92	ENTREE	11.1	4353	50	18	0.1	0.8	59.5	74.4
19.5.92	ENTREE	11.15	4353	90	23	0.1	1.43	55.7	39
5.6.92	ENTREE	7.45	4353	90	149	0.1	1.69	119.5	70.7
19.6.92	ENTREE	9.4	4353	500	132	0.1	7.93	1003.6	126.6
29.6.92	ENTREE	8.55	4353	170	98	0.1	2.81	956.5	340.4
13.7.92	ENTREE	8.1	4353	225	90	0.1	3.63	110.2	30.4
29.7.92	ENTREE	9.45	4353	305	98	0.1	4.87	383.2	78.7
14.8.92	ENTREE	9.05	4353	300	100	0.1	4.8	124.6	26
27.8.92	ENTREE	12.2	4353	210	70	0.1	3.36	188	56
28.9.92	ENTREE	9.55	4353	100	62	0.1	1.66	238.7	143.8
28.9.92	ENTREE	10	4353	170	64	0.1	2.74	286.8	104.7
28.9.92	ENTREE	10.1	4353	135	64	0.1	2.2	403.3	183.3
28.9.92	ENTREE	10.15	4353	200	64	0.1	3.19	530.4	166.3
28.9.92	ENTREE	10.2	4353	75	64	0.1	1.28	155.3	121.3
28.9.92	ENTREE	10.25	4353	135	62	0.1	2.2	398.6	181.2
19.5.92	REJET	10.15	4353	75	18	0.1	1.19	123.2	103.5
19.5.92	REJET	10.2	4353	50	23	0.1	0.81	130.6	161.2
19.5.92	REJET	10.25	4353	48	20	0.1	0.78	205.8	263.8
19.5.92	REJET	10.3	4353	140	35	0.1	2.22	109.5	49.3
19.5.92	REJET	10.35	4353	75	21	0.1	1.19	79	66.4
19.5.92	CONTROLE	11.1	4654	38	14	0.25	1.42	84.1	59.2
19.5.92	CONTROLE	11.15	4654	40	16	0.25	1.49	73.6	49.4
19.5.92	CONTROLE	11.2	4654	35	12	0.25	1.3	74.4	57.2
19.5.92	CONTROLE	11.25	4654	40	16	0.25	1.49	75.3	50.5
19.5.92	CONTROLE	11.3	4654	45	17	0.25	1.68	66	39.3
19.5.92	CONTROLE	11.35	4654	37	14	0.25	1.38	68.3	49.5
19.5.92	REFERENCE	9.5	4654	30	32	0.25	1.13	1348.5	1193.4
19.5.92	REFERENCE	10	4654	70	32	0.25	2.61	1021.4	391.3
19.5.92	REFERENCE	10.1	4654	75	27	0.25	2.79	648.9	232.6
19.5.92	REFERENCE	10.2	4654	65	26	0.25	2.42	484.5	200.2
19.5.92	REFERENCE	10.3	4654	60	28	0.25	2.24	358.6	160.1
19.5.92	REFERENCE	10.4	4654	38	26	0.25	1.43	253.2	177.1
28.9.92	REJET	8.5	4353	250	76	0.1	3.98	212.6	53.4
28.9.92	REJET	11	4353	220	60	0.1	3.49	122.7	35.2
28.9.92	REJET	11.05	4353	240	61	0.1	3.8	168.9	44.4
28.9.92	REJET	11.1	4353	150	59	0.1	2.42	122	50.4
28.9.92	REJET	11.15	4353	110	59	0.1	1.81	72.4	40
28.9.92	REJET	11.2	4353	205	78	0.1	3.3	76.5	23.2
28.9.92	CONTROLE	9.04	4654	40	15	0.25	1.49	44.1	29.6
28.9.92	CONTROLE	9.06	4654	50	16	0.25	1.86	42.7	23
28.9.92	CONTROLE	9.1	4654	45	15	0.25	1.68	51.8	30.8
28.9.92	CONTROLE	9.15	4654	35	16	0.25	1.31	33.6	25.6
28.9.92	CONTROLE	9.2	4654	35	16	0.25	1.31	12.6	9.6
28.9.92	CONTROLE	9.25	4654	31	15	0.25	1.16	13.8	11.9
28.9.92	REFERENCE	8.2	4654	45	27	0.25	1.69	230.7	136.5
28.9.92	REFERENCE	8.25	4654	45	27	0.25	1.68	157.2	93.6
28.9.92	REFERENCE	8.28	4654	55	23	0.25	2.05	279.3	136.2
28.9.92	REFERENCE	8.3	4654	50	17	0.25	1.86	206.2	110.9
28.9.92	REFERENCE	8.33	4654	50	21	0.25	1.87	284.2	152
28.9.92	REFERENCE	8.35	4654	50	24	0.25	1.87	230.5	123.3

Tableau V.1.

La comparaison avec d'autres sites en Manche (G. LE FEVRE-LEHOERFF, E. ERARD-LE DENN et G. ARZUL, 1992) montre que les pourcentages en carbone et azote dans le poids sec sont toujours plus faibles en moyenne à Gravelines qu'à Flamanville par exemple où la matière en suspension minérale est négligeable (tableau V.4).

Fig. V.1. BIOMASSES suivi au canal d'amenée

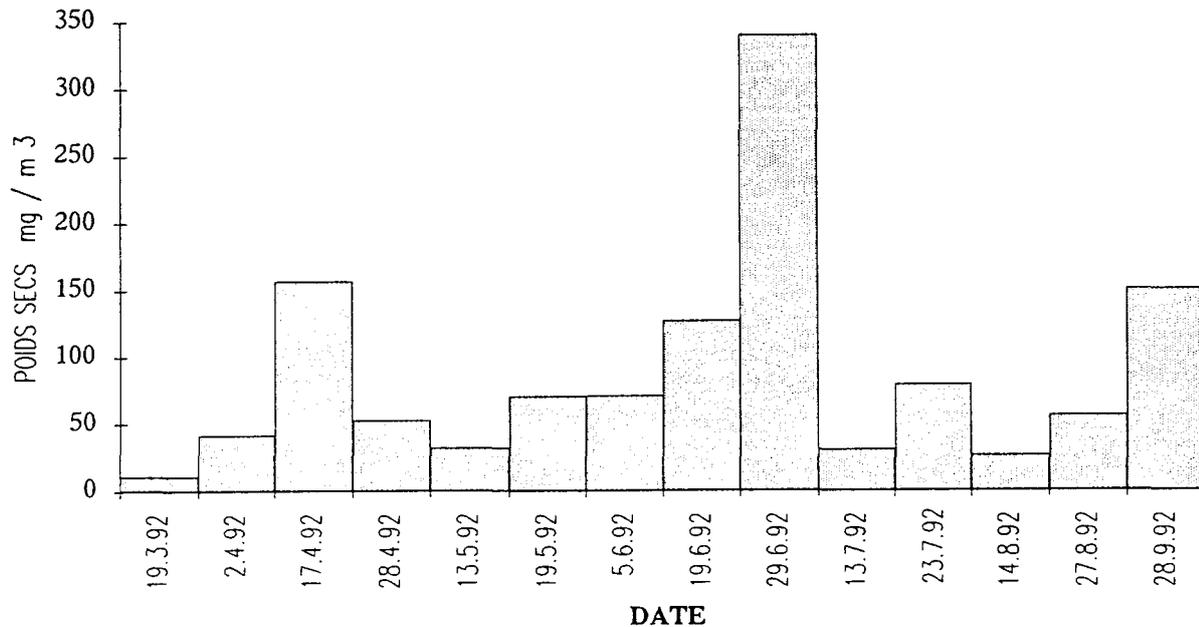


Tableau V.2 : Moyennes calculées sur la période 1975-1991.

Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Poids sec µg/m	105.5	248.2	175.5	139.9	186.6	251.5	142.1	222.4	167.2	96.3	127.8	160.5

Le rapport C/N est relativement stable (fig. V.3). On remarque tant dans les courbes de variations de la biomasse que dans les pourcentages et le rapport C/N, que 3 périodes montrent des variations fortes 17 avril, 29 juin et 28 septembre.

En avril et en juin les récoltes sont contaminées par des organismes autres que le zooplancton, ce qui peut jouer sur les brusques variations de valeurs. Rappelons que la mi-avril est caractérisée par le bloom de *Phaeocystis*, le 29 juin par l'arrivée massive des dinoflagellés noctiluques (fig. V.6).

Fig. V.2.a.

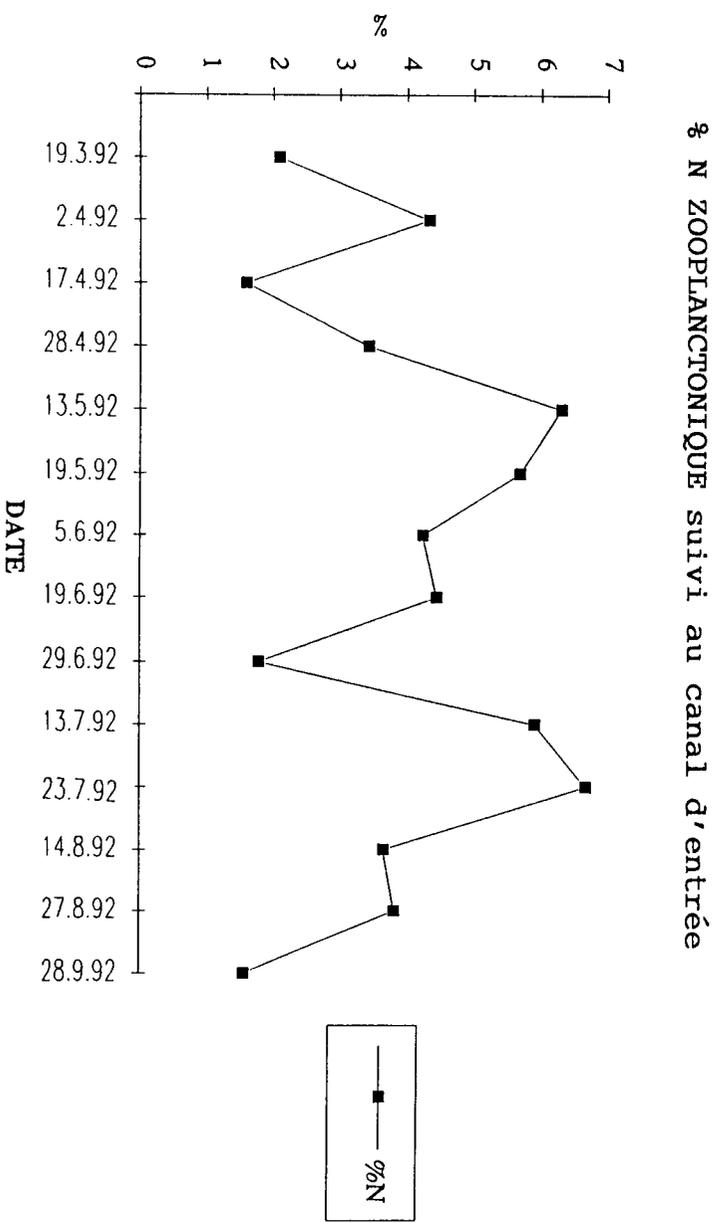
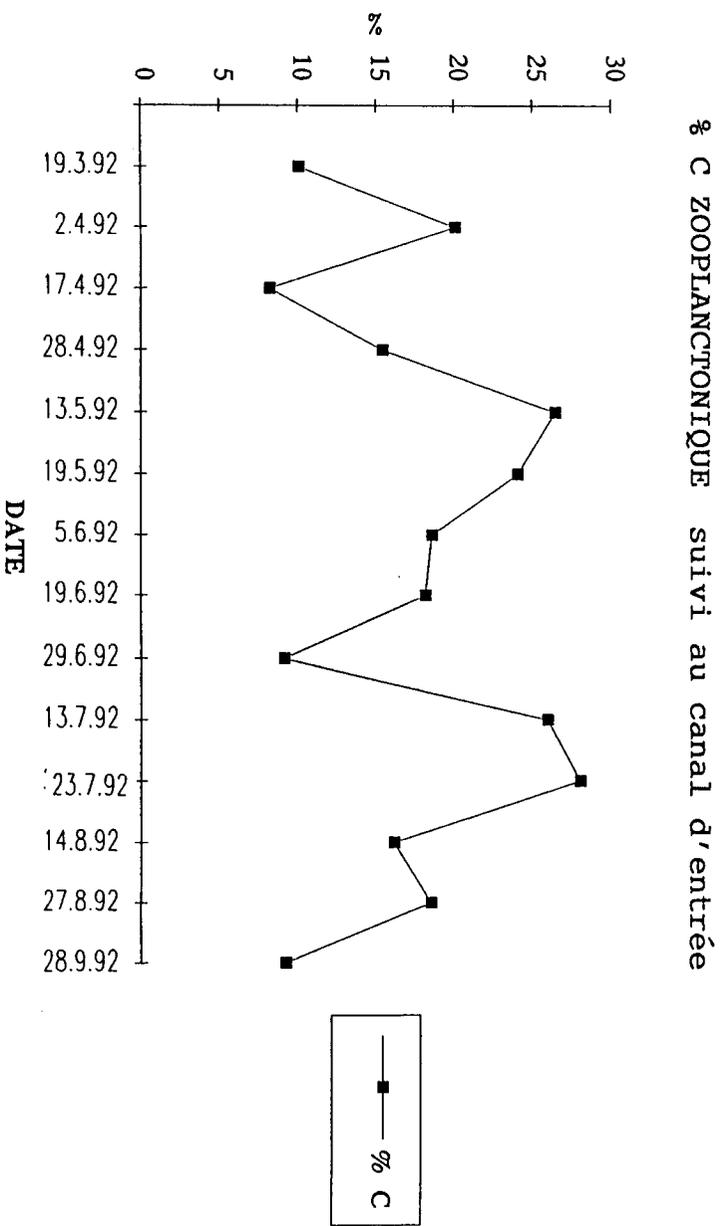
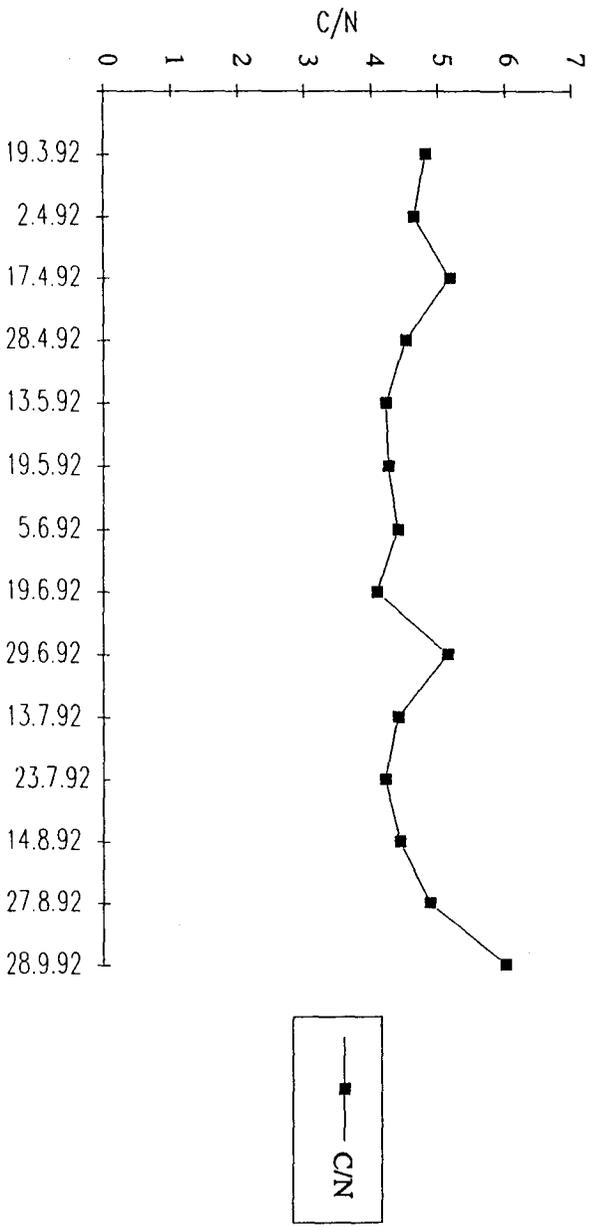


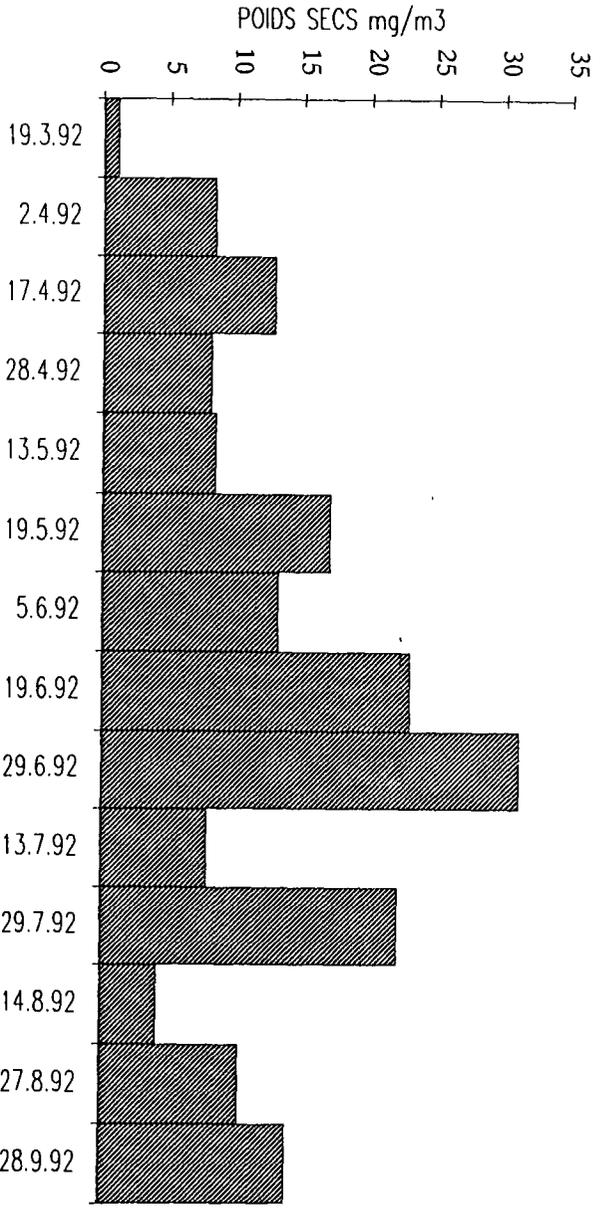
Fig. V.2.b.



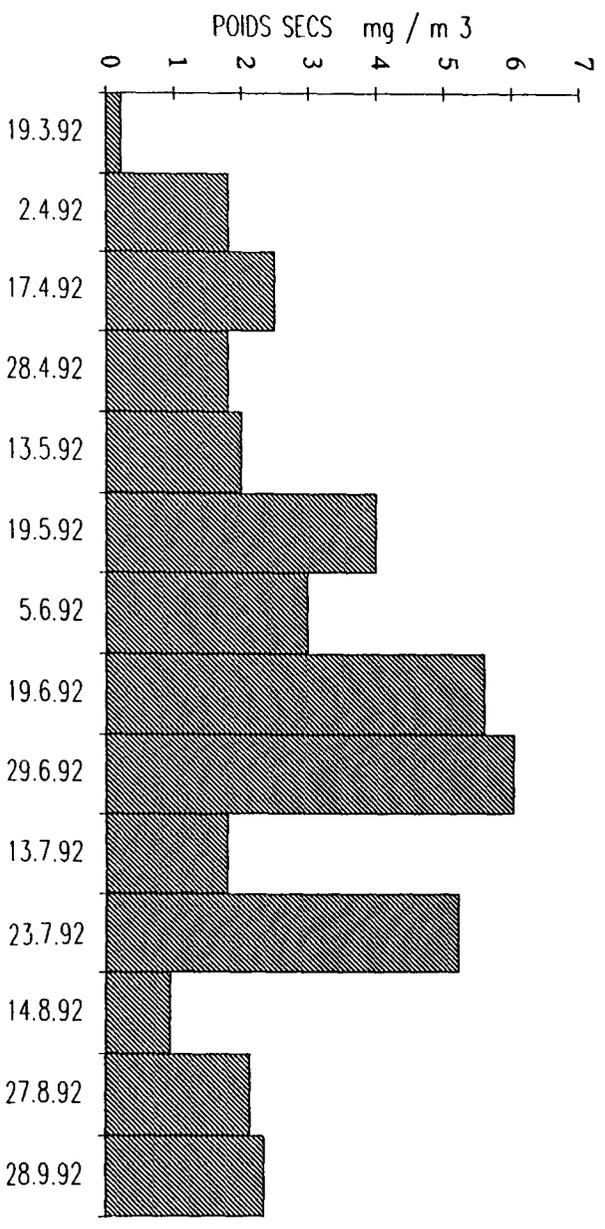
**Fig. V.3.**  
C/N ZOOPLANCTONIQUE suivi au canal d'amenée



**Fig. V.4.**



**Fig. V.5.**



Afin de mieux suivre la production zooplanctonique, les poids de carbone et d'azote ont été calculés à partir des poids secs et des pourcentages, ce qui permet d'éliminer les fluctuations dues à la partie minérale. Les valeurs sont normales avec un maximum de fin de printemps de 30 mg/m<sup>3</sup> en carbone et 6 mg/m<sup>3</sup> en azote (fig. V.4 et V.5).

Tableau V.3 : % de carbone, % d'azote et C/N. Suivi au canal d'amenée 1992.

DATE	% C	%N	C/N
19.3.92	10.07	2.09	4.82
2.4.92	20.07	4.33	4.63
17.4.92	8.19	1.59	5.17
28.4.92	15.43	3.42	4.51
13.5.92	26.47	6.3	4.21
19.5.92	24.1	5.68	4.25
5.6.92	18.58	4.23	4.39
19.6.92	18.16	4.44	4.09
29.6.92	9.15	1.78	5.15
13.7.92	26	5.91	4.4
23.7.92	28.09	6.67	4.21
14.8.92	16.16	3.65	4.43
27.8.92	18.54	3.81	4.88
28.9.92	9.23	1.56	6.03

Le suivi des noctiluques (fig. V.6) au canal d'amenée montre que l'année 1992 est une année très "classique" à Gravelines avec un maximum estival en juillet ( $4 \times 10^4$  cellules/m<sup>3</sup>). Ce sont des valeurs proches des valeurs trouvées régulièrement avant 1986, bien inférieures aux blooms et eaux rouges de la période 1986-1991. Les conditions météorologiques de l'année 1992 ont certainement joué un rôle majeur pour expliquer le faible développement des noctiluques en 1992.

Tableau V.4 : Comparaison Gravelines (G) / Flamanville (F) (1975-1991).

	% Carbone		% d'Azote	
	G	F	G	F
Janvier	12.3	17.8	1.6	4.0
Février	10.9	23.5	2.5	4.9
Mars	12.8	23.0	2.2	4.1
Avril	19.9	24.6	3.8	5.0
Mai	21.1	34.6	4.4	7.5
Juin	23.1	32.7	5.1	8.0
Juillet	23.7	35.0	5.5	7.9
Août	14.9	35.6	2.9	8.8
Septembre	17.2	34.0	3.1	8.0
Octobre	16.2	35.5	2.7	7.8
Novembre	17.3	23.4	2.3	4.9
Décembre	16.6	15.9	2.6	3.7

Fig. V.6. Abondance des NOCTILUQUES suivi au canal d'amenée

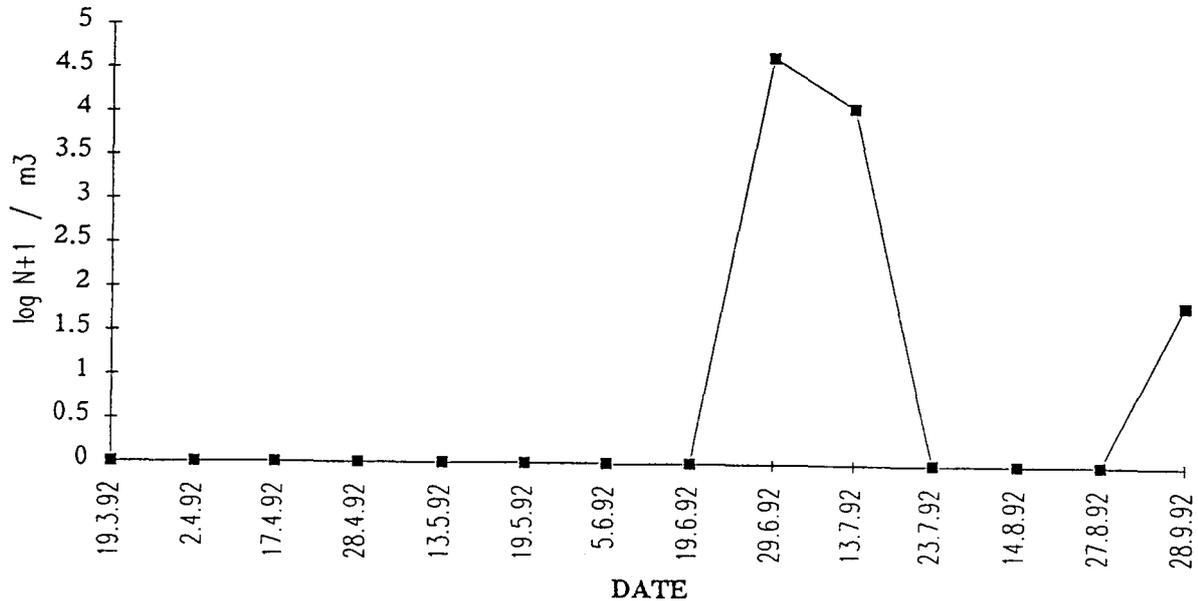


Tableau V.5 : Présence des noctiluques N/m<sup>3</sup>.

29.06.1992	44 301
13.07.1992	11 696
28.09.1992	68

Le suivi des espèces zooplanctoniques au canal d'entrée montre un cycle moyen très normal avec le développement des premières populations de *Temora longicornis*, *Oikopleura dioica* et petits *Pleurobrachia* dès mars et avril. En

fin avril et en mai, c'est la présence classique des cténaïres *Pleurobrachia* qui atteignent leur taille maximale, à laquelle s'ajoute le maximum d'abondance de *Temora longicornis* et présence d'alevins de Téléostéens. En juin présence des larves de crustacés : Porcellanes, Brachyours (zoe et megalopes). Le 29 juin le zooplancton est négligeable, seules comptent les Noctiluques et de gros Cténaïres *Pleurobrachia*.

En juillet, puis août, c'est la période des Copépodes *Acartia clausi*, *Centropages hamatus*, puis *Euterpina acutifrons*. Les carnivores présents sont d'abord *Euceilota maculata* en été puis les Chaetognathes.

Fin août (prélèvement du 28.08) on remarque une quantité importante dans les échantillons de détritus mélangés à de nombreuses chaînes phytoplanctoniques.

## 2. Impact de la centrale. Les missions du 19 mai et du 28 septembre.

Les biomasses, poids de carbone et d'azote ne sont pas différentes entre l'entrée et le rejet de la centrale. La zone référence du large est plus riche, ceci aux deux missions (fig. V.7.a, b, c). Si on compare l'abondance des espèces aux différents points pour les deux missions, l'impact ne se manifeste pas de la même manière selon l'espèce considérée.

Aucune différence significative n'est visible si on considère l'abondance du total zooplancton (fig. V.8). Les Copépodes *Temora longicornis* (fig. V.9), *Pseudocalanus minutus* (fig. V.10) et les Chaetognathes (fig. V.11) ne semblent pas très affectés par le transit. Ainsi qu'il a été déjà précisé dans les rapports précédents, les espèces *Paracalanus parvus* (fig. V.12), *Acartia clausi* (fig. V.13) et *Euterpina acutifrons* (fig. V.14) maintiennent leur population à un bon niveau au rejet et dans la tache thermique. Les hautes températures dans la tache thermique sont plutôt favorables à ces espèces.

Les déficits d'impact se font sentir sur les Dinoflagellés Noctiluques (fig. V.15), les oeufs de poissons (fig. V.16), les appendiculaires (fig. V.17), les cladocères *Evadne* (fig. V.18), les larves d'annélides *Lanice conchilega* (fig. V.19) et *Spionidae* (fig. V.20). Les larves de Bryozoaires et d'Ophiures semblent directement affectées selon la saison (fig. V.21 et V.22).

Une remarque concerne les larves de gastéropodes (fig. 23). Comme l'année dernière, les larves de Crépidules ont été répertoriées dans les échantillons et semblent bien se développer surtout en été. Le pourcentage reste faible dans l'ensemble des larves mais les problèmes économiques posés par l'extension de cette espèce sur les côtes doivent nous demander une vigilance accrue sur les modifications qui pourraient intervenir par une stimulation de la reproduction dans des eaux échauffées.

## CONCLUSION

Au cours de l'année 1992, les variations naturelles sur le site ont été suivies comme l'année précédente. Les conditions météorologiques ont été défavorables à la prolifération des noctiluques et les températures maximales atteintes inférieures aux années précédentes.

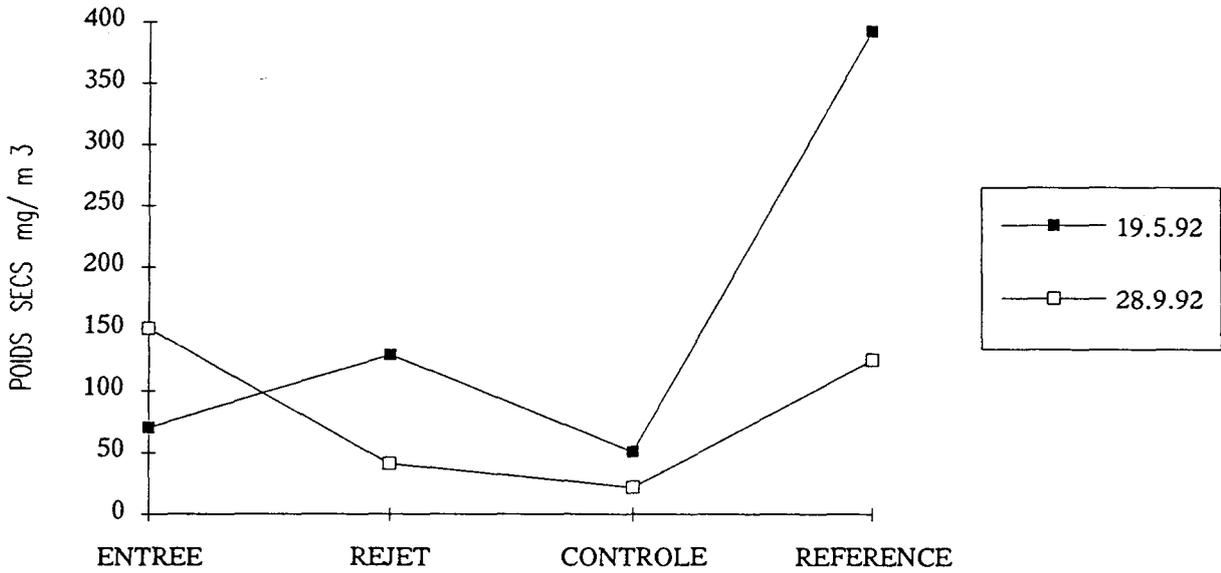


Fig. V.7.b. POIDS de CARBONE

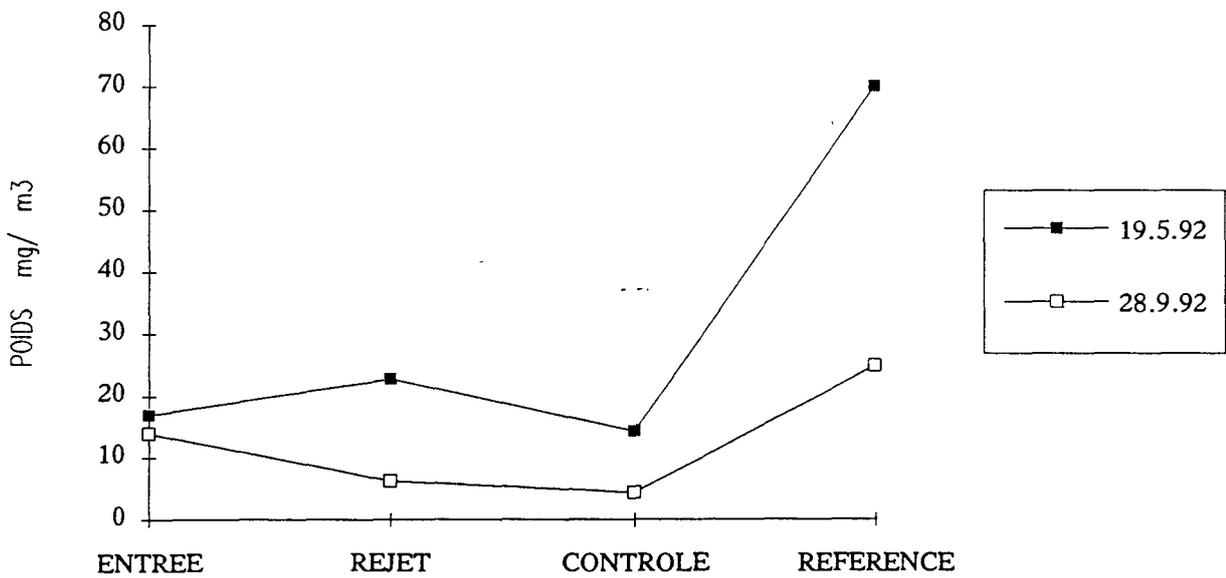


Fig. V.7.c. POIDS d' AZOTE

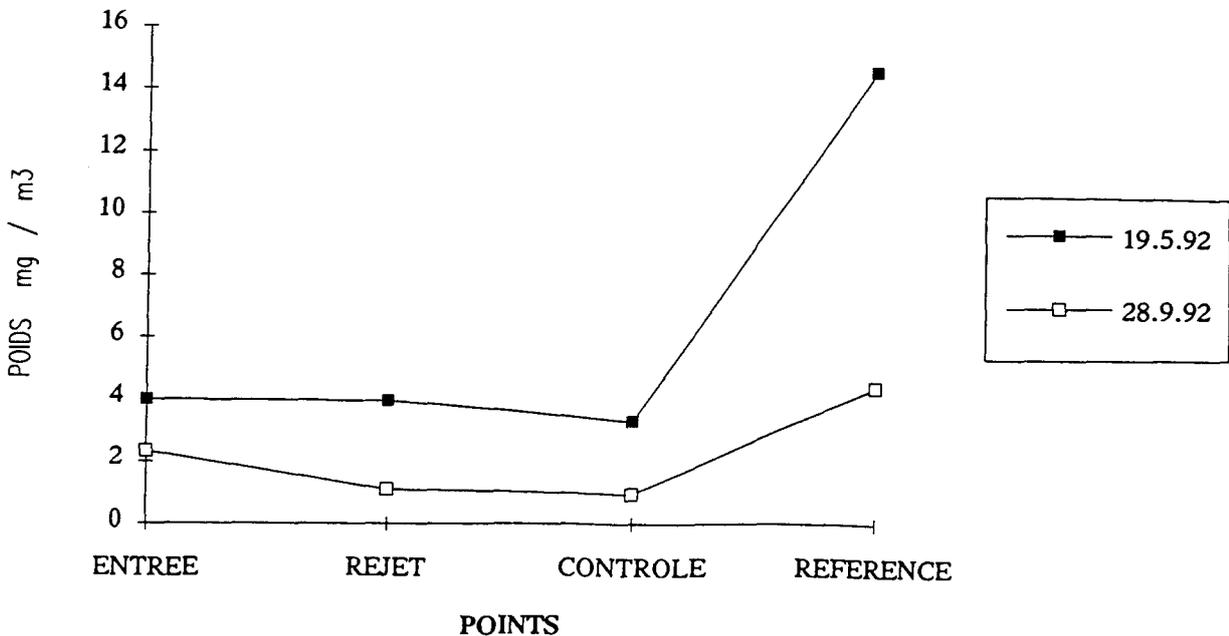


Fig. V.8.

## Abondance du Total zooplancton

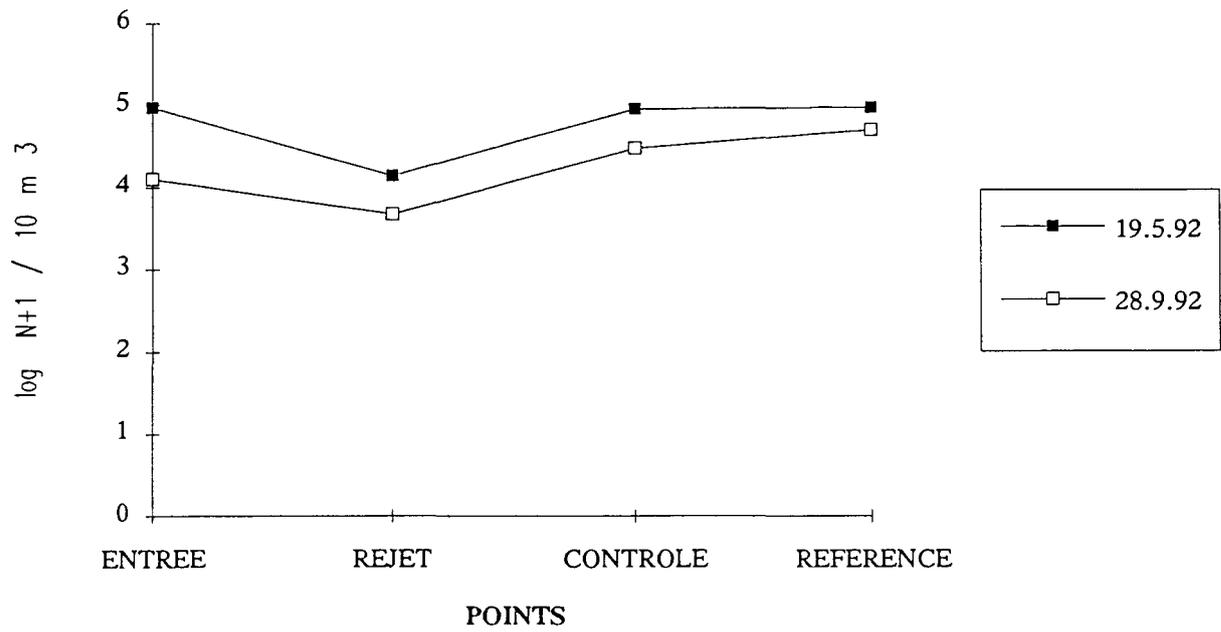


Fig. V.9.

## Abondance de Temora longicornis

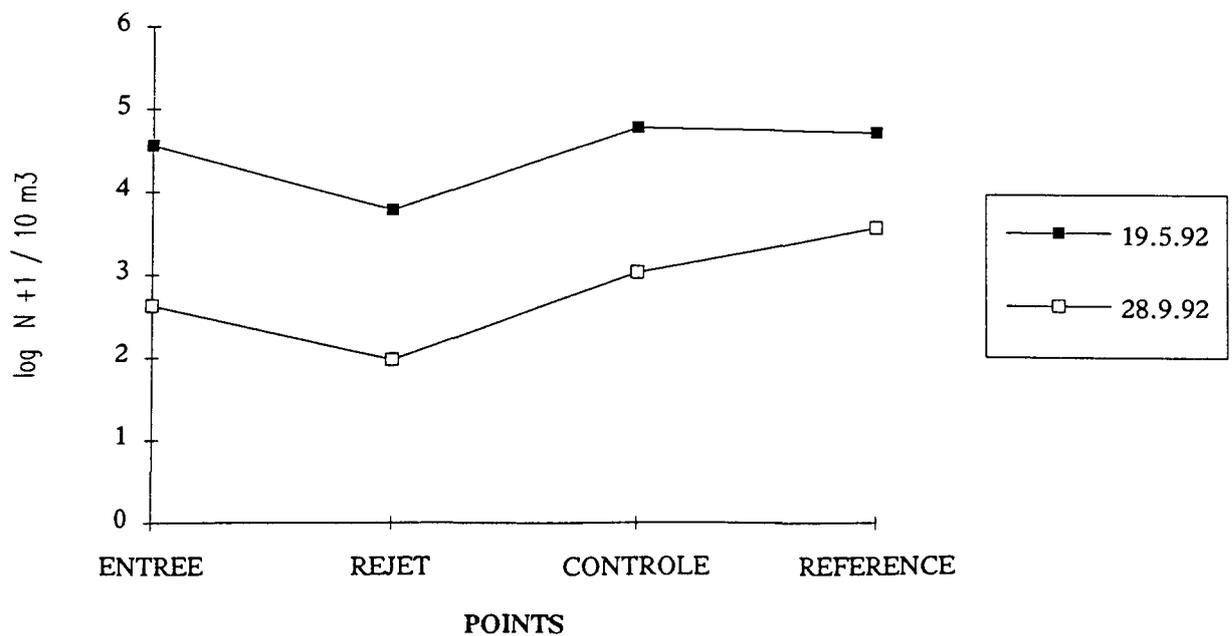


Fig. V.10.

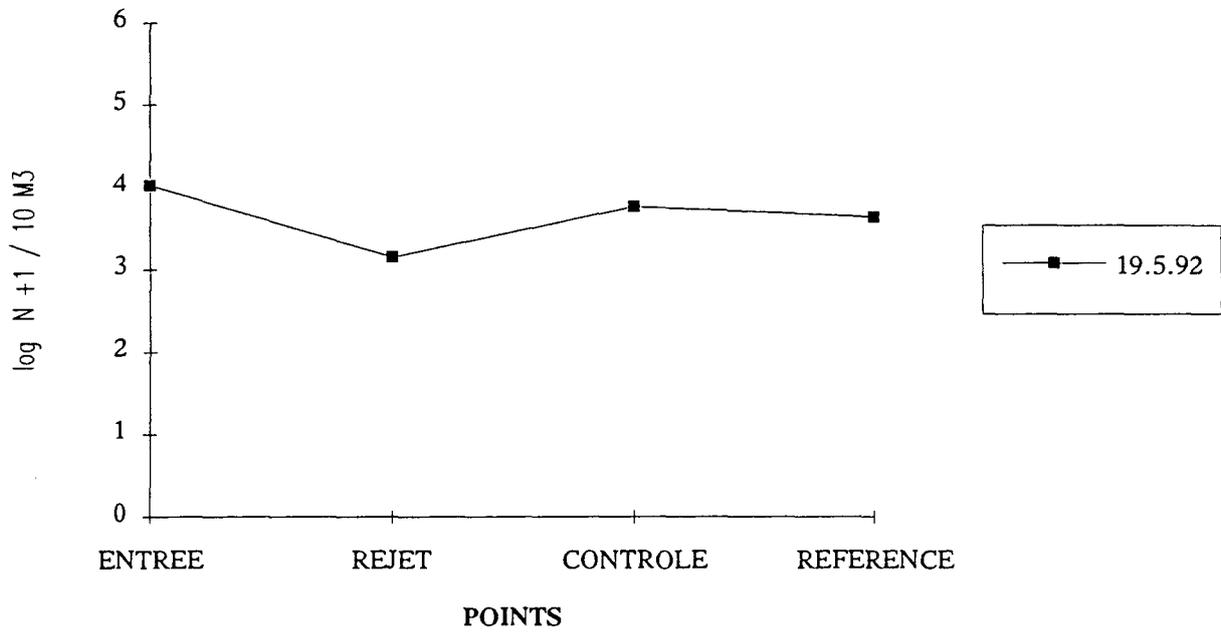
Abondance de *Pseudocalanus minutus*

Fig. V.11.

Abondance des Chaetognathes

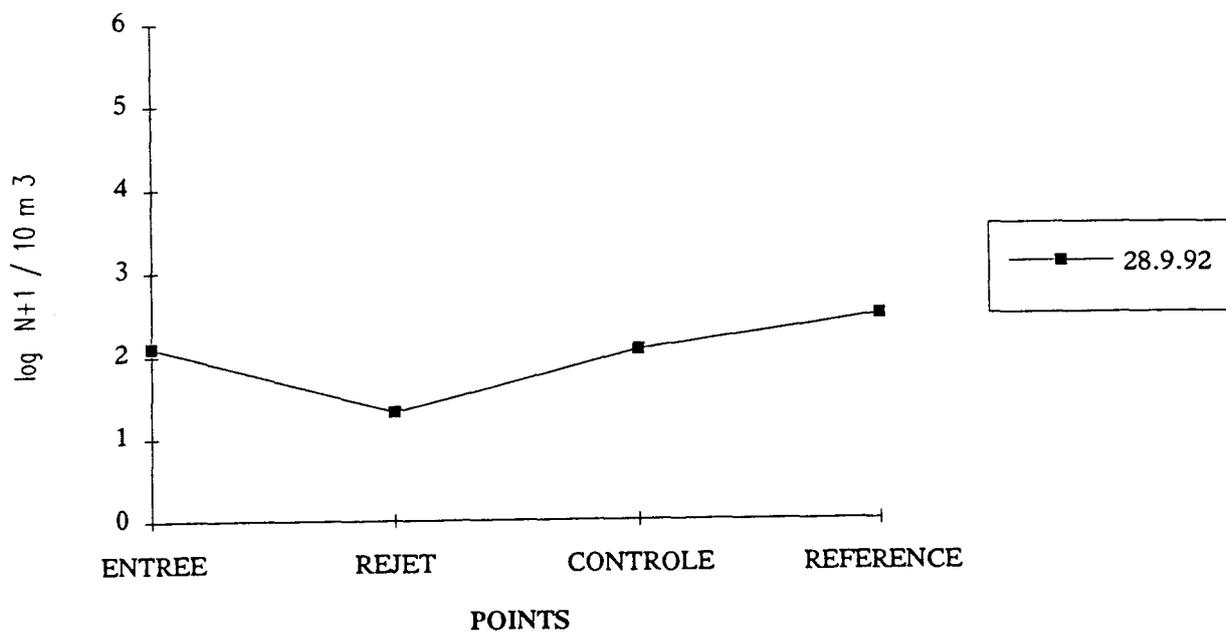


Fig. V.12.  
Abondance de *Paracalanus parvus*

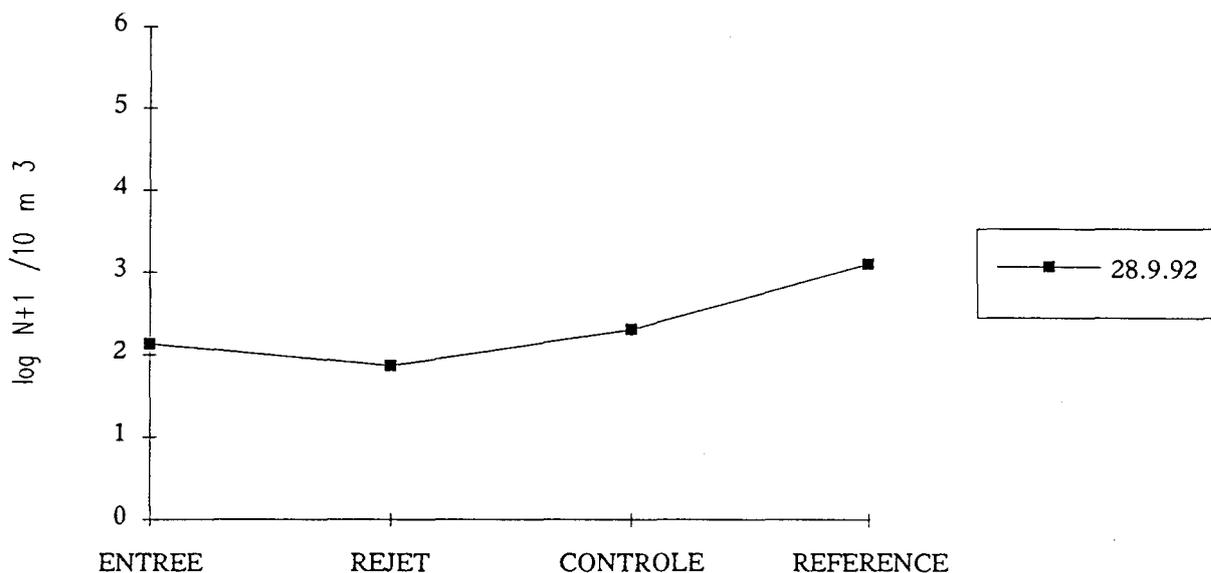


Fig. V.13.  
Abondance de *Acartia clausi*

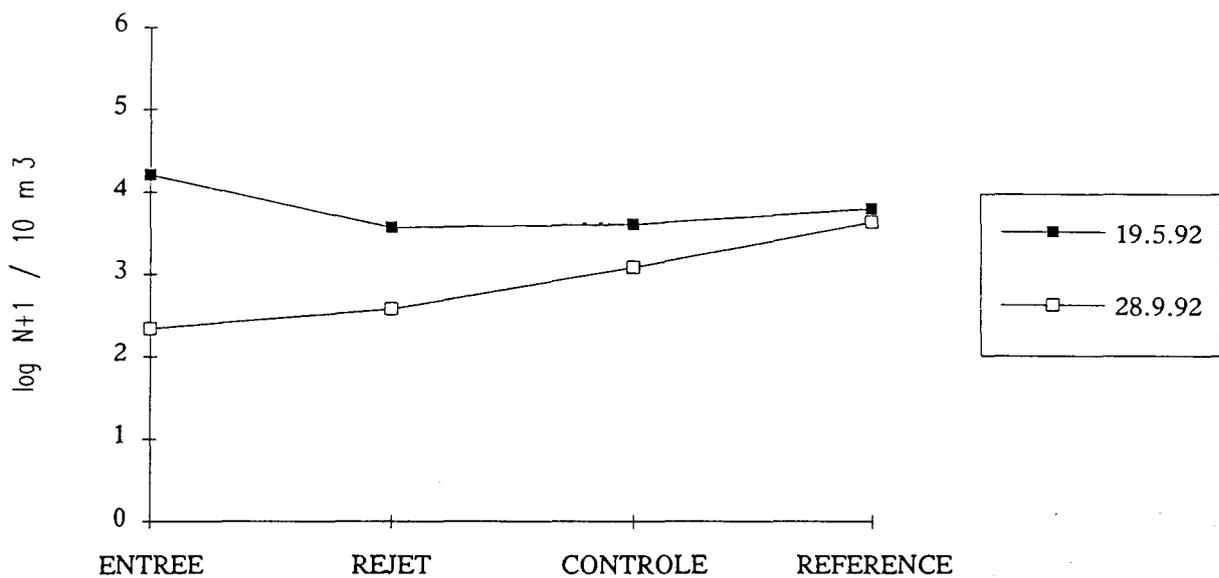
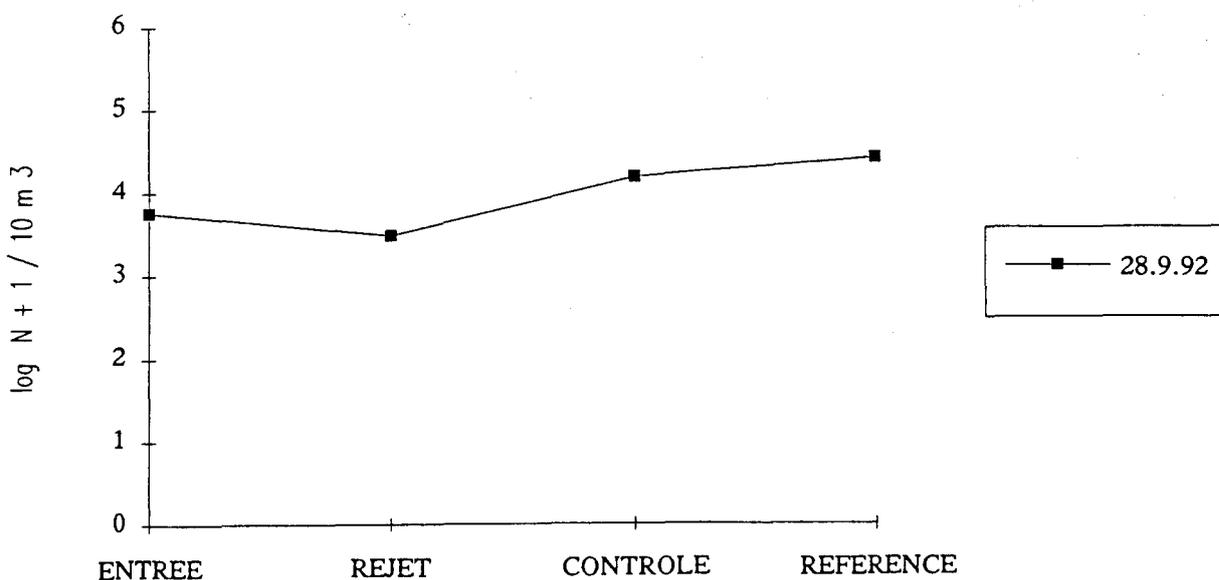


Fig. V.14.  
Abondance de *Euterpina acutifrons*



POINTS

Fig. V.15. Abondance des Noctiluques

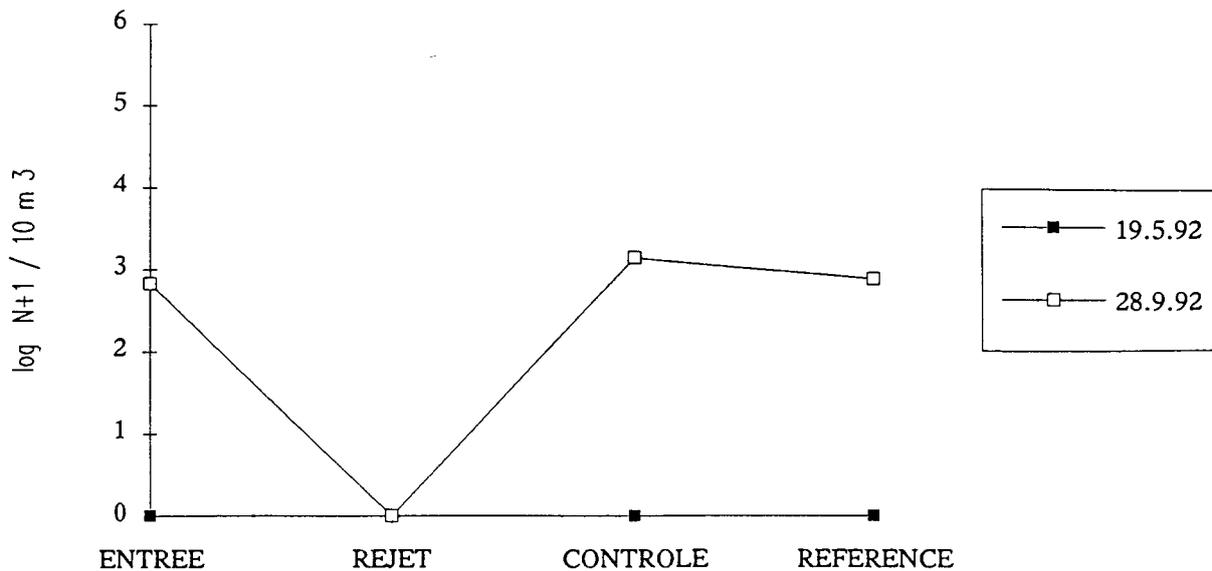


Fig. V.16. Abondance des Oeufs de Teleosteens

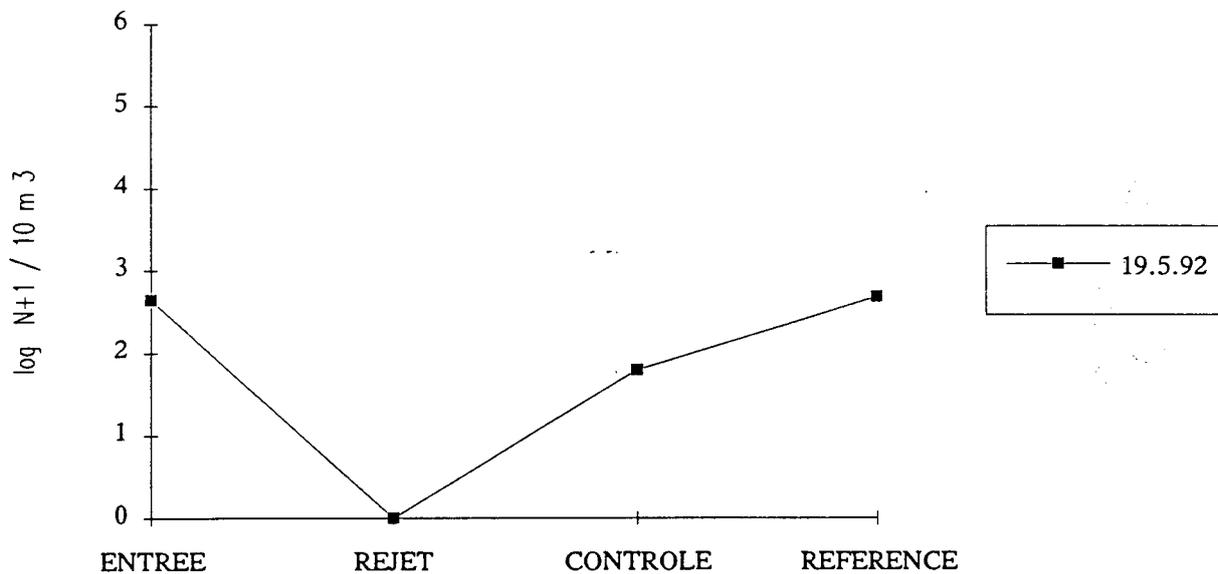


Fig. V.17. Abondance des Appendiculaires

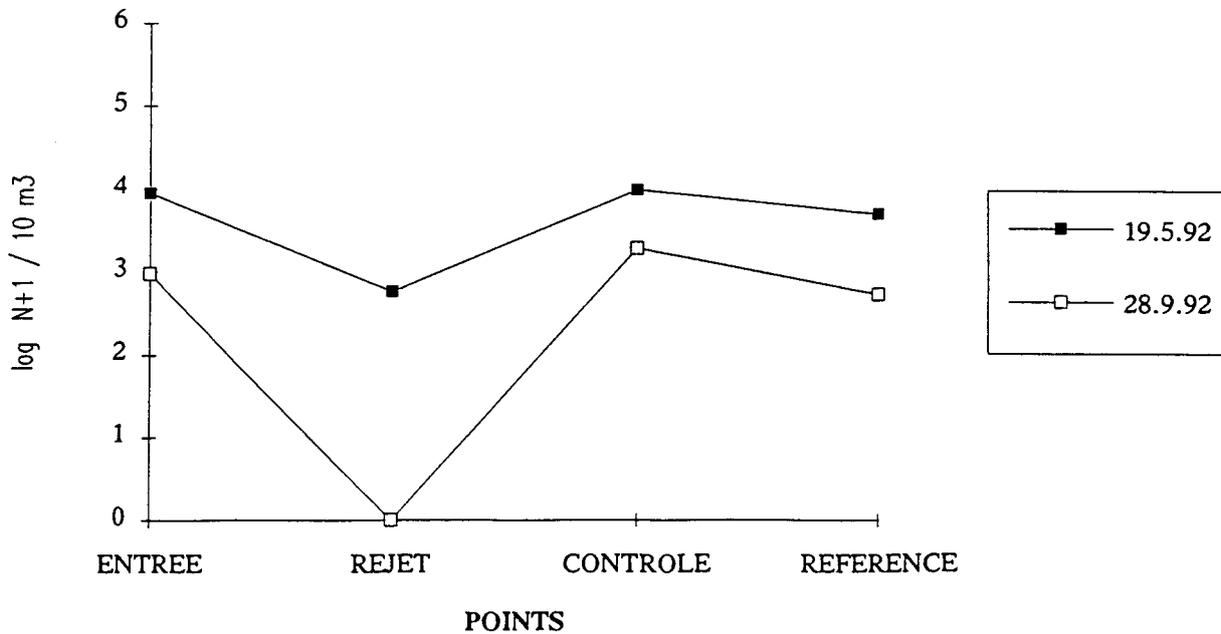


Fig. V.18.

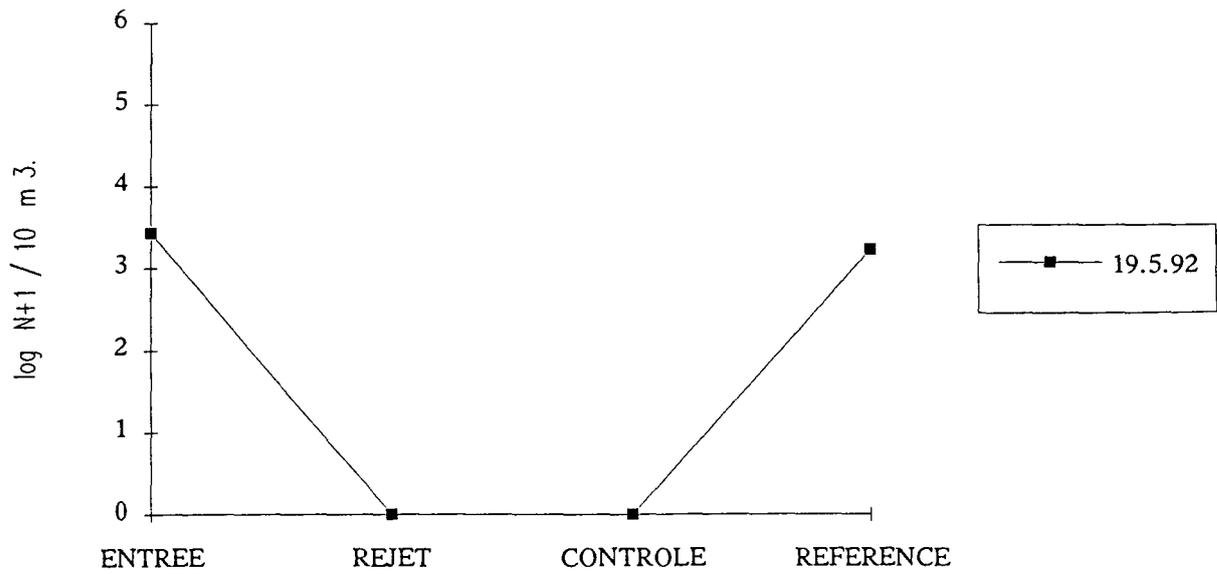
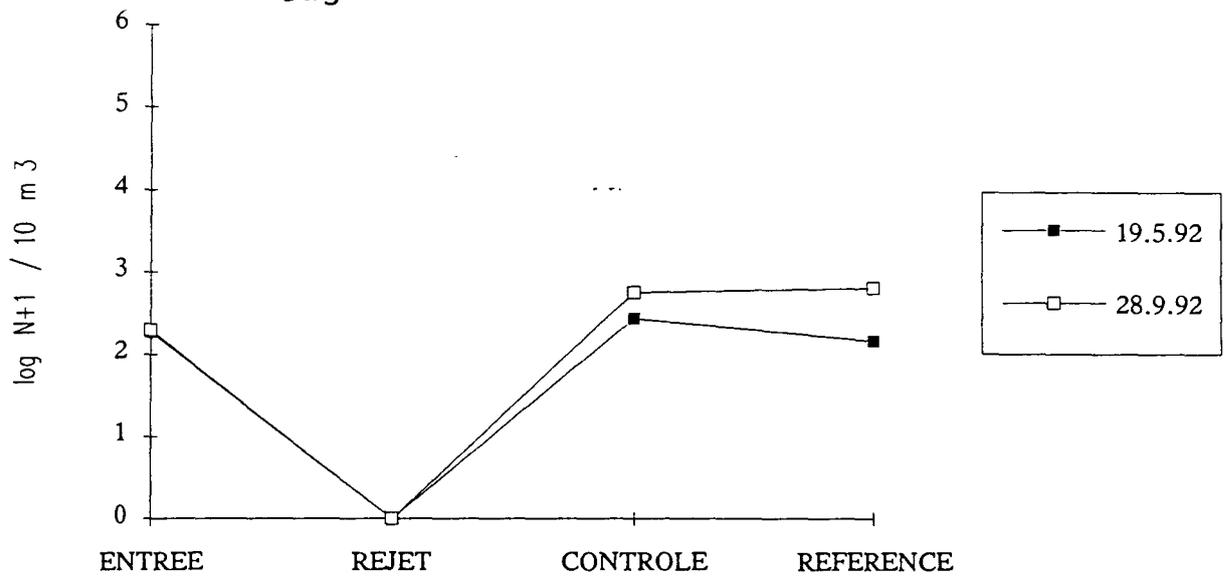
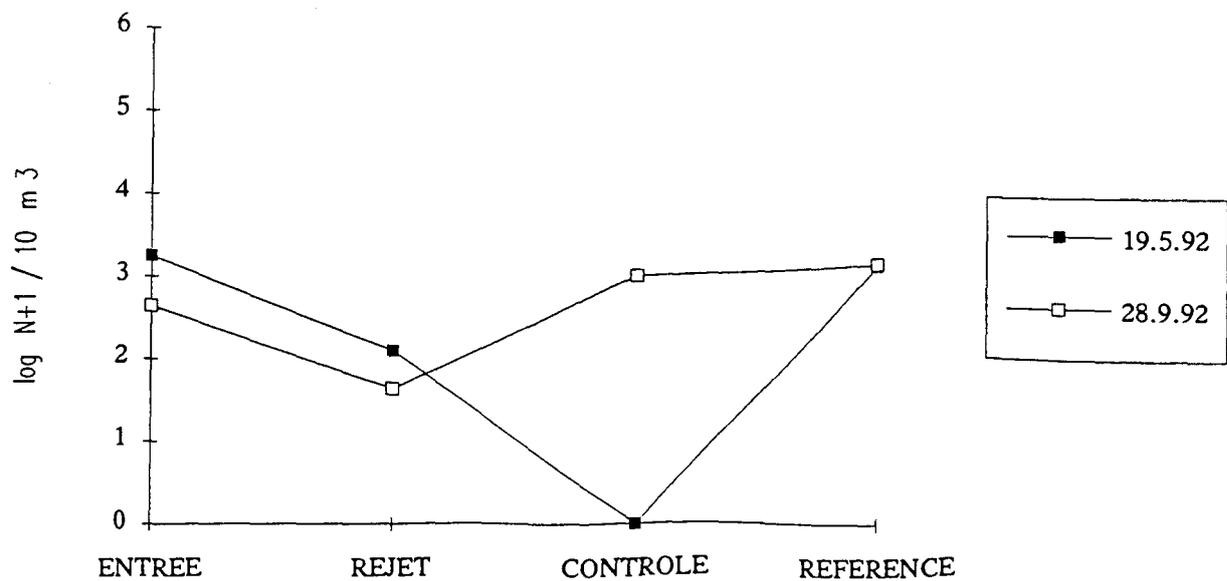
Abondance de *Evadne* sp.Abondance des Larves de *Lanice conchilega*

Fig. V.19.

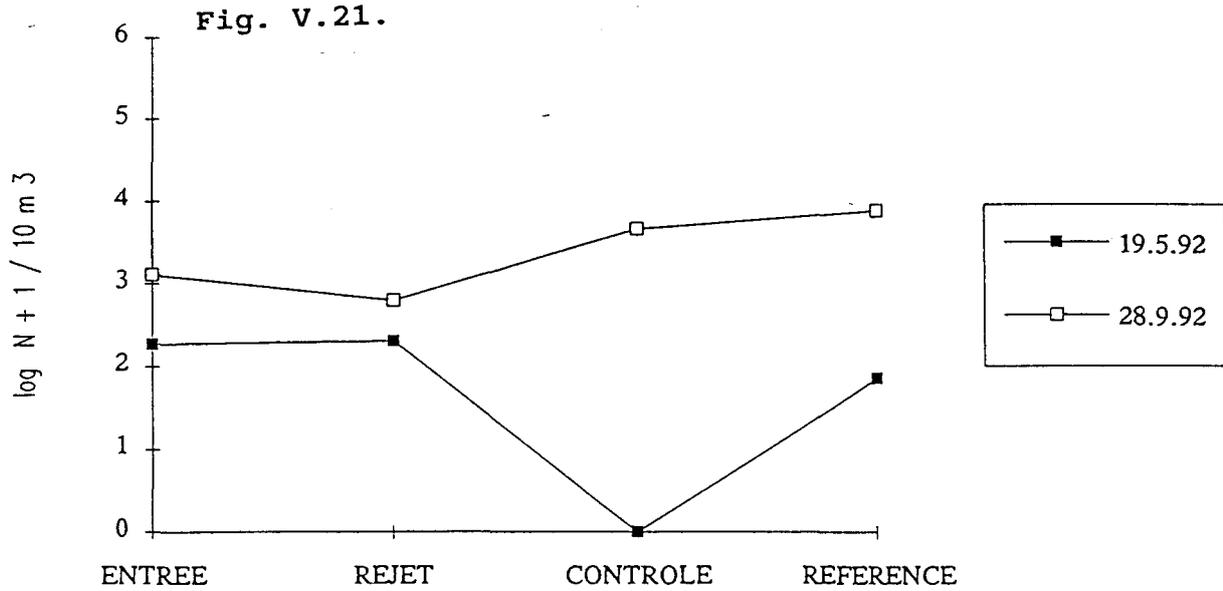


Abondance des Larves de Spionidés

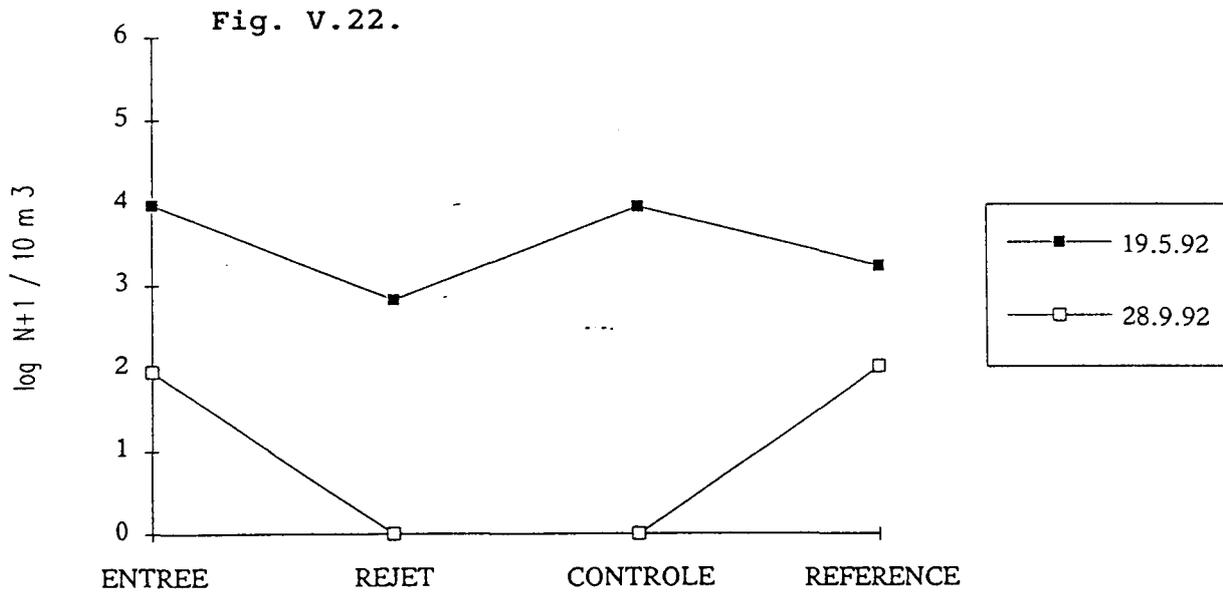
Fig. V.20.



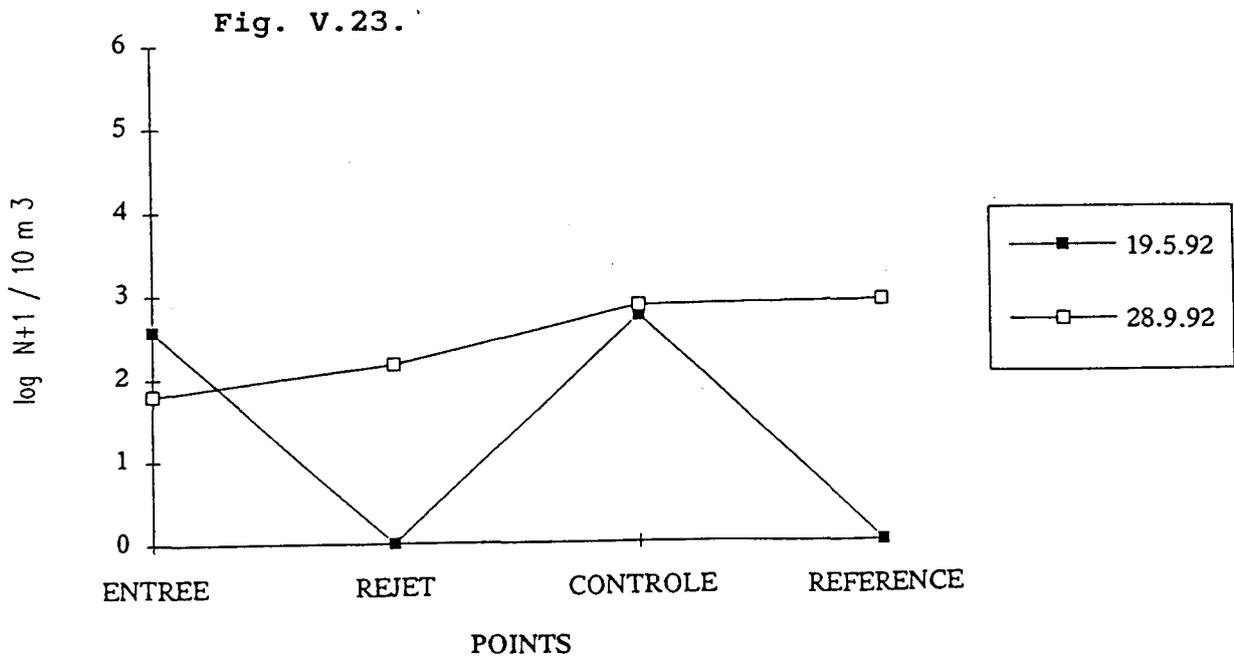
## Abondance des Cyphonautes ( l.de Bryozoaires)



## Abondance des Larves d'Ophiures



## Abondance des larves de Gasteropodes



Le cycle saisonnier des espèces zooplanctoniques et les biomasses montrent des valeurs normales.

L'étude d'impact confirme les conclusions des années précédentes. Si le déficit sur le zooplancton total n'est pas mis en évidence, l'impact se fait sentir sur des espèces particulièrement fragiles. L'impact sur les noctiluques, les appendiculaires, les oeufs de poissons et les larves d'annélides est confirmé.

Les espèces qui se développent bien dans les eaux échauffées, *Acartia clausi*, *Euterpina acutifrons*, *Paracalanus parvus* se maintiennent bien. Une surveillance doit continuer sur le développement du gastéropode *Crepidula*.

L'étude de l'impact sur les différentes catégories et les groupes est nécessaire compte tenu de la diversité de sensibilité et de comportement des diverses espèces.

#### REFERENCE CITEE

G. LE FEVRE-LEHOERFF, E. ERARD-LE DENN and G. ARZUL.

Planktonic ecosystems in the Channel. Trophic relations. Congrès Manche 2-4 Sept. 1992, IFREMER Brest (soumis).

CHAPITRE VI  
ZOOPLANCTON HALIEUTIQUE

Daniel WOEHLING



## ZOOPLANCTON HALIEUTIQUE

Dans le domaine halieutique, l'étude écologique est centrée sur les principales espèces constituant les ressources vivantes du secteur et sa capacité biotique.

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. Par ses caractéristiques essentielles, il s'inscrit dans une famille d'aires côtières de nutrition, frayères et nourriceries, en particulier pour les poissons plats. Il se trouve en continuité avec les côtes belges et hollandaises, à la frange méridionale d'une des plus importantes frayères de sole dont l'épicentre se situe à quelques dizaines de kilomètres au Nord-Est.

La réactualisation du programme de surveillance du milieu récepteur en 1989 a conduit à l'abandon des campagnes d'échantillonnage des phases benthiques de poissons plats et à focaliser l'étude sur les stades planctoniques de deux espèces-cible 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. Parallèlement, est réalisé le suivi de grandes espèces holoplanctoniques comme les "groseilles de mer" (*Pleurobrachia pileus*).

### MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel et les méthodes de terrain et de laboratoire sont en grande partie identiques à 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 microns pêchant simultanément. Depuis 1984, deux repliquats sont réalisés en chaque point de mesure.

**Localisation des points de prélèvement :** trois points en mer (1 : côte, 2 : médian, 3 : large) et deux points au canal de prise" (6 : rive gauche et 7 : milieu).

**Chronologie :** quatre campagnes ont été prévues de fin mars à fin juin afin de couvrir au mieux la période de présence des oeufs et larves de la sole et du sprat. En 1992, compte-tenu de la précocité des pontes, les prélèvements ont été centrés sur le mois d'avril. Ces derniers résultent d'une campagne en mer (le 22 avril), les autres étant réalisées à l'entrée du canal de façon à ne pas avoir de trop grand hiatus dans la chronologie.

Cette chronologie ainsi que les principales caractéristiques des campagnes figurent dans le tableau VI.1 ci-dessous :

Campagne	Date	Heure pleine mer	Point	Heure point hydro	Sonde (m)	Température		Densité	Salinité	Repliquat	Heure	Durée (mn)	Volume (m <sup>3</sup> )
						surface	fond						
162	14 avril	9 h 36	6	13 h 51		9.80		33.94	26.18		13 h 51	15	65.62
											14 h 24	5	18.76
163	22 avril	15 h 3	1	13 h 09	4	23.80	14.00	33.81	22.82	1	13 h 16	1	64.94
											13 h 25	1	48.79
			2	13 h 33	12	12.80	12.30	34.49	26.06	2	13 h 36	5	131.73
											13 h 50	1	75.90
			3	14 h 06	27	13.80	13.30	34.49	25.85	1	14 h 09	4	150.76
											14 h 23	4	203.91
2	14 h 23									14 h 23	15	106.27	
										14 h 48	15	125.69	

Tabl. VI.1 - Principales caractéristiques des campagnes

## RÉSULTATS

**La sole *Solea solea* (L.) = *Solea vulgaris* Quensel (tableau VI.2 et figure VI.1 et VI.2)**

La ponte de la sole dans le secteur de Gravelines, relativement étendue, a lieu globalement de mars à juillet, mais la période principale demeure centrée sur avril-mai (fig. VI.1) avec des pics de l'ordre de quelques dizaines d'oeufs par m<sup>3</sup>. Ce schéma correspond à ce qui est classiquement observé dans les zones septentrionales dans lesquelles la sole présente une ponte printanière liée à l'installation des températures favorables supérieurs à 7 degrés C qui la déclanchent, avec un décalage de la période du maximum lié à la latitude. L'extension de la période de ponte s'explique par la succession des pontes fractionnées provenant de géniteurs à différents états de maturité (selon leur taille ou leur âge, par exemple).

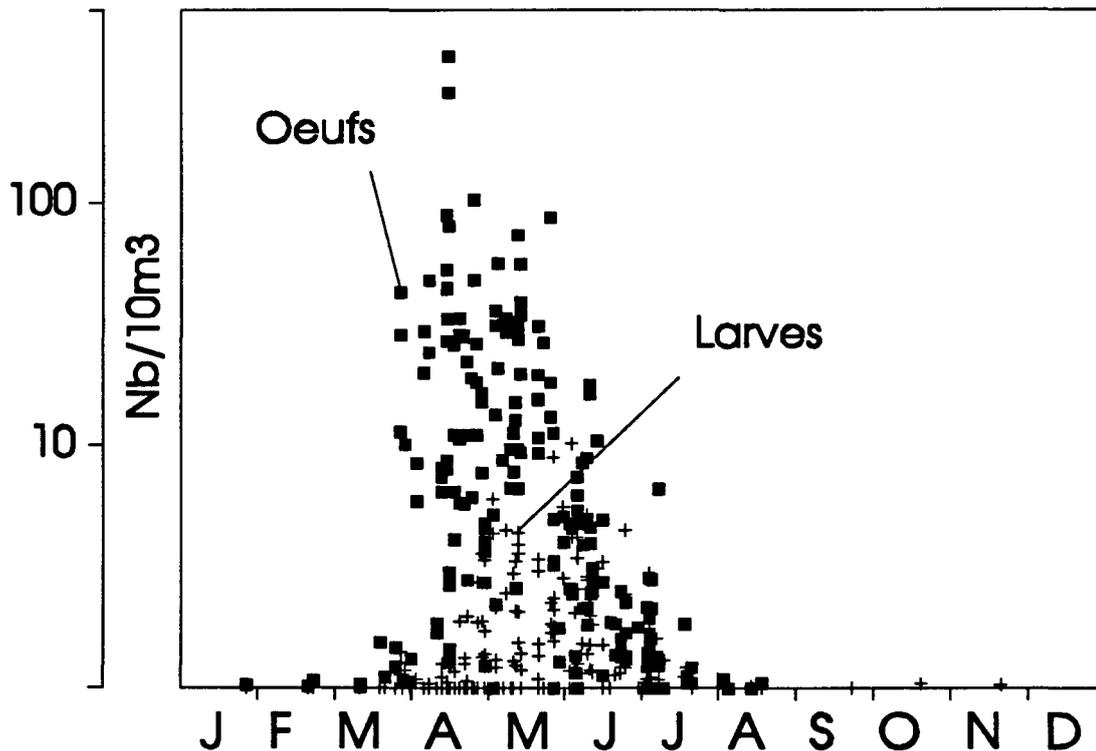


Fig. VI.1 - Densités d'oeufs et de larves de sole à Gravelines de 1975 à 1992 au point 3 ("large", hors-influence du panache)

À Gravelines, on observe encore d'une année sur l'autre des décalages de la période de ponte et des maximums, liés au réchauffement printanier. Si ce dernier agit sur la cinétique des pontes, les quantités émises semblent plutôt reliées aux températures hivernales, agissant pendant la période de maturation des géniteurs. C'est ainsi que les hivers "doux" sont souvent suivis de maximums d'oeufs élevés. Ces derniers, cependant, n'ont que peu de répercussion sur les densités de larves qui sont probablement davantage fonction de leur taux de survie, plus élevé à la fin du printemps, coïncidant avec une température favorable et avec les maximums de leur nourriture potentielle. C'est ainsi que les larves présentent un maximum fin mai-début juin, indiquant que les pontes véritablement productives sont celles de la fin de la saison. Les années à fort recrutement sont celles au cours desquelles un hiver relativement froid, induisant des pontes tardives, est suivi par un printemps doux. Les hivers doux induisant des pontes précoces se soldent en fait par un faible recrutement relatif malgré une productivité initiale (en oeufs) élevée.

### Oeufs

Les abondances d'oeufs (tabl. VI.2) sont comparables à celles relevées en 1991 et légèrement inférieures à la moyenne du site (environ 30 par m<sup>3</sup> si l'on exclut les années exceptionnelles comme

Date	Point	Repliquat	Larves	Total oeufs	Oeufs Stade 1	Oeufs Stade 2
14 avril	6		0	7.01	6.70	0.30
			0	26.14	19.20	6.93
		moyenne	0	16.58	12.95	3.62
22 avril	1	1	0	8.62	7.70	0.92
		2	0	11.48	9.84	1.64
		moyenne	0	10.05	8.77	1.28
	2	1	0.91	23.38	18.83	4.55
		2	1.05	18.97	13.17	5.80
		moyenne	0.98	21.18	16.00	5.18
3	1	0.13	0.27	0.27	0.00	
	2	0	3.33	1.86	1.47	
	moyenne	0.07	1.80	1.06	0.74	
29 avril	6		0.38	3.01	2.07	0.94
			0	0.24	0.16	0.08
		moyenne	0.19	1.63	1.12	0.51

Tabl. VI.2 - Densités d'oeufs et de larves de sole en 1992 (en nombre par 10 m<sup>3</sup>)

1983 et 1984). La présence d'oeufs en nombre relativement élevé (environ 16 par m<sup>3</sup>) dès la première campagne (14 avril) suggère une ponte précoce que l'on pouvait pressentir d'après les températures (on atteint les 10 degrés dès la mi-avril et les 14 degrés en mai alors que ces températures sont atteintes en général respectivement en mai et juin). Contrairement à l'année précédente où la ponte semblait présenter deux maximums séparés par un intervalle de deux mois, l'année 1992 présente un schéma plus classique, avec une ponte relativement continue mais dont le maximum, décalé d'environ deux à trois semaines, correspond à une année précoce.

La restauration d'effectifs comparables à ceux de la période précédant la mise en service de la centrale se confirme (voir encore le rapport de l'année 1989). Depuis quelques années, les effectifs semblent se stabiliser autour de la moyenne du site observée avant mise en service (fig. VI.2). Les fluctuations pluriannuelles du maximum de ponte sont attribuées à l'effet des températures hivernales augmentées du balancement du proche barycentre de la grande frayère du sud de la mer du Nord autour d'une position moyenne (et à l'intensité de l'apport par advection qui en résulte), alors que la cinétique de la ponte (fécondité réelle) semble liée au réchauffement printanier.

Dans ce schéma, l'influence de la centrale peut s'exercer à travers un effet attractif sur les géniteurs

pouvant accentuer ou réduire les effets d'un glissement naturel des foyers de ponte. Le panache aura également une action sur la cinétique de ponte.

### Larves

Les densités de larves sont d'un ordre de grandeur habituel (1 ou 2 par 10 m<sup>3</sup>). Leur maximum, en décalage d'environ un mois avec les oeufs, semble néanmoins précoce et n'induirait probablement qu'un recrutement médiocre.

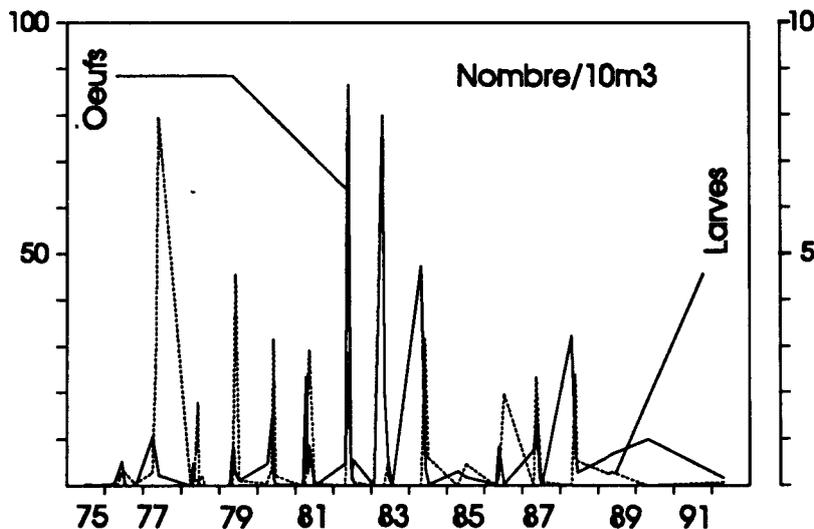


Fig. VI.2 - Fluctuations pluriannuelles des densités d'oeufs et de larves de sole à Gravelines de 1975 à 1992 au point 3 ("large", hors-influence)

### Le sprat *Sprattus* (L.) (tableau VI.3 et figure VI.3 et VI.4)

Cette espèce pélagique, bien que ne faisant pas l'objet d'une exploitation commerciale à Gravelines, est très bien représentée dans le plancton depuis le début des études. Sa période de ponte (fig. VI.3) recouvre celle de la sole bien qu'étant plus étendue et pouvant déborder largement sur le début de l'été avec un maximum d'avril à juin. Là encore, le maximum de larves est légèrement décalé par rapport à celui des oeufs.

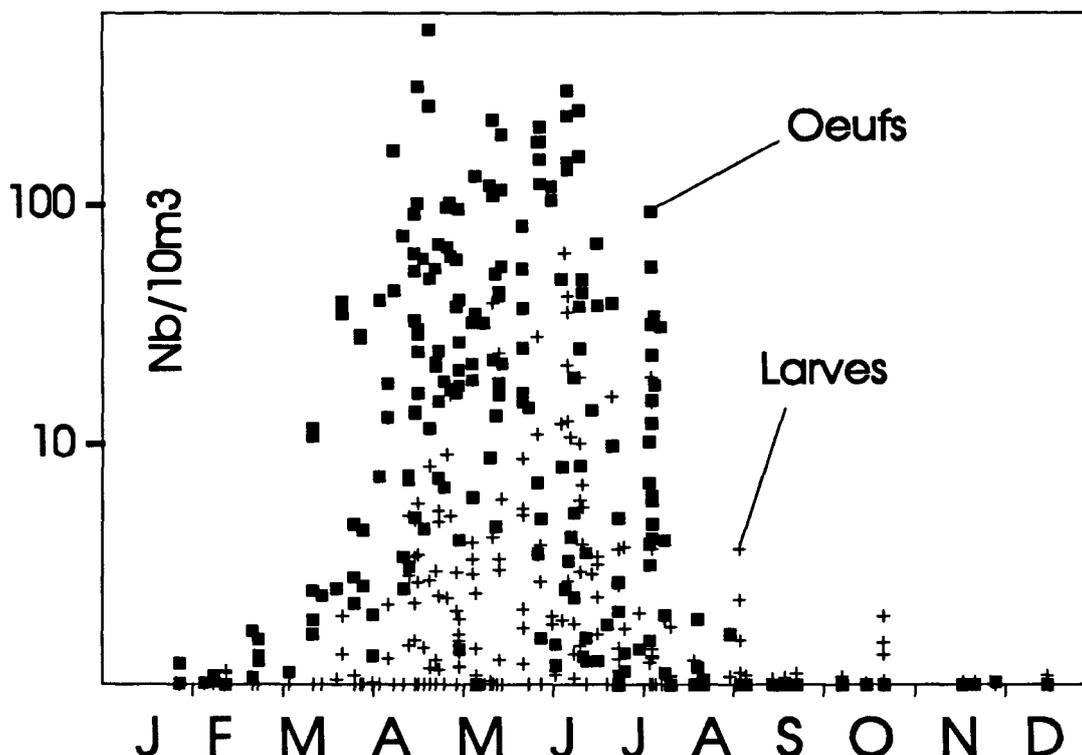


Fig. VI.3 - Densités d'oeufs et de larves de sprat sur le site de Gravelines de 1975 à 1992 au point 3 ("large", hors-influence du panache)

#### Oeufs

Date	Point	Repliquat	Larves	Total oeufs	Oeufs stade 1	Oeufs stade 2
14 avril	6		0	3.96	2.13	1.83
		7	0.53	12.80	5.33	7.47
		moyenne	0.27	8.38	3.73	4.65
22 avril	1	1	0.31	5.54	2.77	2.77
		2	0	6.97	2.05	4.92
		moyenne	0.15	6.26	2.41	3.85
	2	1	4.86	21.86	10.02	11.84
		2	3.69	25.30	11.07	14.23
		moyenne	4.27	23.58	10.54	13.04
3	1	1	1.19	4.91	2.79	2.12
		2	1.47	23.54	16.18	7.36
		moyenne	1.33	14.22	9.48	4.74

Tabl. VI.3 - Densités d'oeufs et de larves de sprat en 1992 (en nombre par 10 m<sup>3</sup>)

Comme pour la sole, on observe un maximum dans les fluctuations pluriannuelles de 1981 à 1984, mais non suivi de restauration des effectifs caractéristiques de la période précédant la mise en service de la centrale (fig. VI.4).

Le phénomène semble relativement stable et il serait intéressant de s'assurer qu'il ne s'agit que d'une variation naturelle des effectifs chez cette espèce pélagique.

L'évolution saisonnière des densités (tabl. VI.3) suggère, comme dans le cas de la sole, une avance des pontes, moins importante qu'en 1991 où le maximum était atteint dès mars.

#### Larves

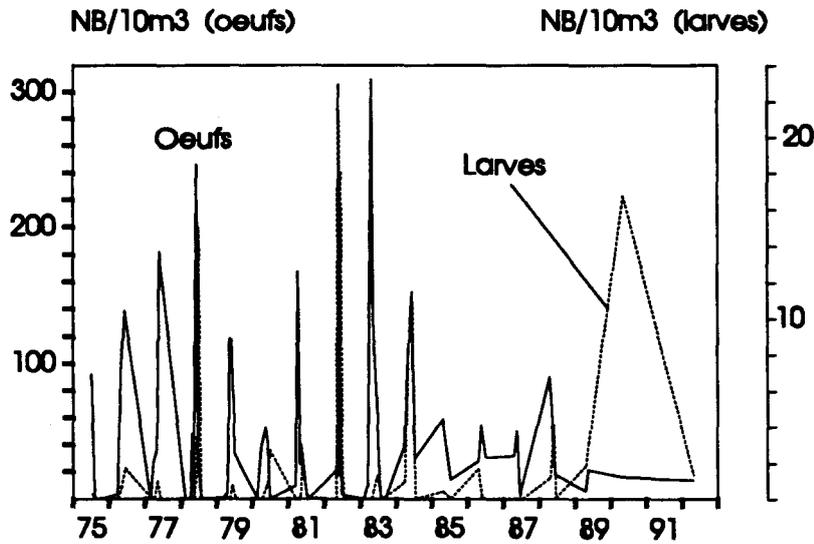


Fig. VI.4 - Fluctuations pluriannuelles des densités d'oeufs et de larves de sprat à Gravelines de 1975 à 1992 au point 3 ("large", hors-influence)

Plus tardives, leurs densités sont du même ordre que celles observées en 1991 et se situent dans la moyenne du site.

Comme dans le cas de la sole, on observe une certaine discordance entre les quantités d'oeufs et de larves, provenant probablement d'un taux de survie différentiel d'une année sur l'autre : les pontes précoces se soldent par un mauvais recrutement en larves du fait d'une mauvaise coïncidence entre celles-ci et les températures favorables ou la nourriture potentielle.

#### "Groseille de mer" *Pleurobrachia pileus* (tableau VI.4 et figure VI.5 et VI.6)

La groseille de mer *Pleurobrachia pileus* (cténaire), espèce constante à Gravelines depuis le début des études, fait l'objet d'une attention particulière depuis l'apparition des problèmes de colmatage des tambours de filtration.

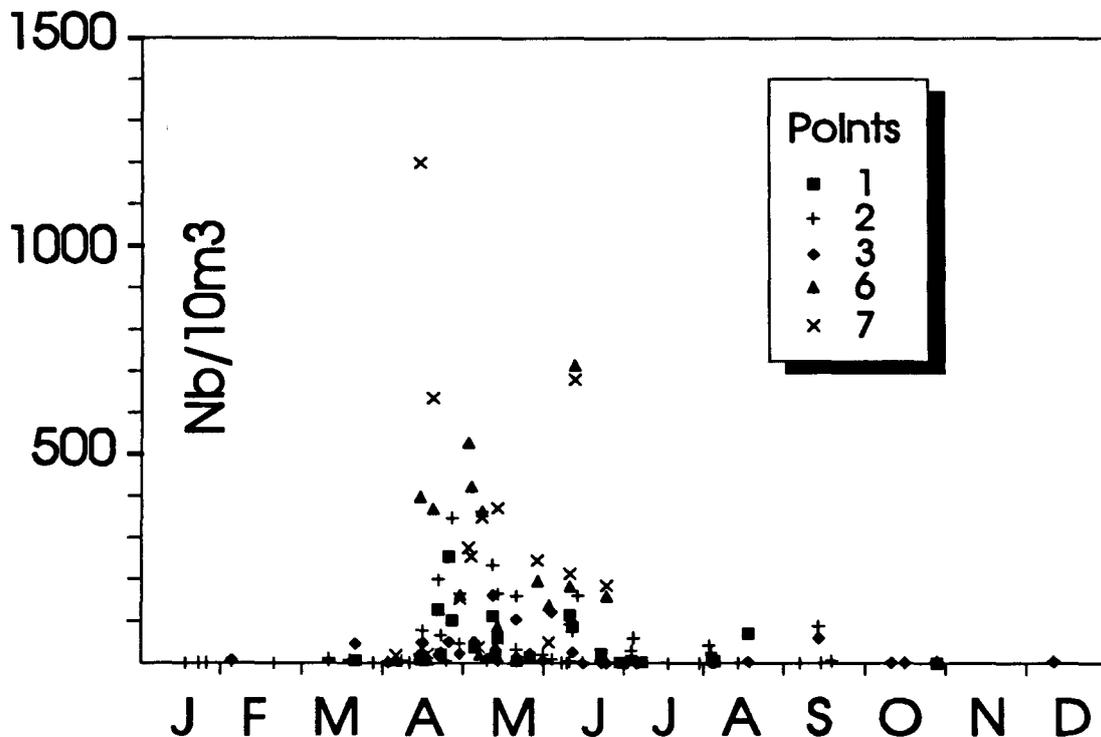


Fig. VI.5 - Densités de *Pleurobrachia* à Gravelines de 1975 à 1992

Date	Point	Repliquat	Individus
14 avril	6		399.85
	7		1199.17
		moyenne	799.51
22 avril	1	1	1.54
		2	45.50
		moyenne	23.52
	2	1	82.60
		2	51.64
		moyenne	67.12
3	1	5.84	
	2	48.65	
	moyenne	27.24	
29 avril	6		164.10
	7		53.41
	moyenne		108.76

Tabl. VI.4 - Densité de "groseilles de mer" (*Pleurobrachia pileus*) en 1992

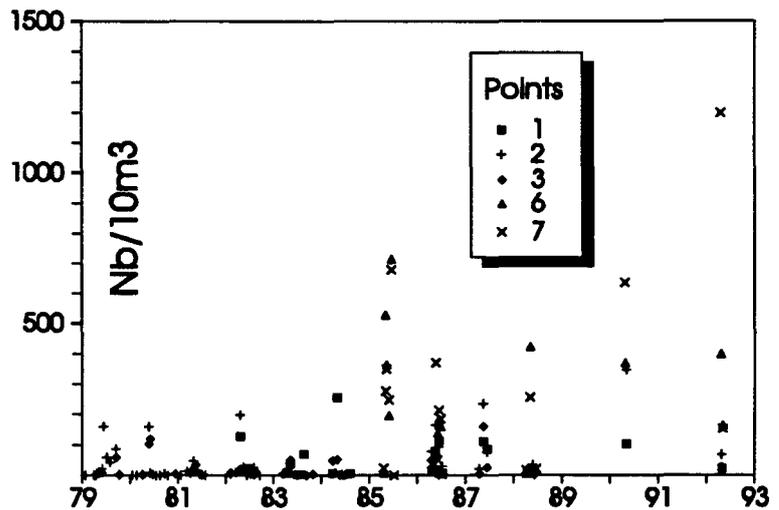


Fig. VI.6 - Fluctuations pluriannuelles des densités de *Pleurobrachia* à Gravelines de 1975 à 1992

Le site de Gravelines, de par sa situation biogéographique en mer épicontinentale septentrionale et productive, convient particulièrement à cette espèce d'eaux côtières froides qui prolifère au printemps. En raison du maillage des filets utilisés dans l'étude halieutique, seuls les individus adultes sont capturés.

Leur densité peut atteindre plusieurs centaines par  $10\text{ m}^3$  comme c'est le cas en 1992 (tabl. VI.4). La période principale se situe entre avril et mai (fig. VI.5). La densité est particulièrement élevée aux points 6 et 7 dans le canal d'amenée, probablement par un effet de prolifération dans les eaux calmes de l'avant-port. Ce gradient se retrouve dans les résultats où les points sont distingués (fig. VI.5 et VI.6 ci-dessus). L'augmentation apparente des effectifs depuis quelques années est liée à l'échantillonnage de ces points. Hormis les problèmes qu'elle pose pour l'exploitation de la centrale, la prolifération des groseilles de mer augmente la pression de prédation.

### Éléments de conclusion

L'année 1992 est caractérisée par un hiver et un printemps relativement doux qui entraînent une avance des pontes de la sole et du sprat. Pour les deux espèces, on observe un maximum au cours de la deuxième quinzaine d'avril mais le début des pontes semble effectivement plus précoce pour la sole que pour le sprat conformément à la biologie des espèces. Alors que pour la première espèce les effectifs d'œufs se situent dans la moyenne, ils sont nettement déficitaires pour la seconde pour laquelle, mis à part le pic des années 1982-84 qu'on observe également chez la sole, on ne retrouve pas les densités d'avant mise en service de la centrale.

Si pour la sole la cinétique des pontes est gouvernée par la vitesse du réchauffement printanier, l'abondance des œufs (ou encore la production annuelle) est fonction des températures hivernales déterminant une variation des quantités émises, amplifiées par les oscillations géographiques du barycentre de la grande frayère de mer du Nord. Les hivers doux comme celui de 1992 induisent ainsi des pontes abondantes mais peu productives, la fraction précoce des pontes ne participant probablement que faiblement au recrutement. Contrairement à l'année 1991 où malgré des pontes précoces, une partie de la production avait été retardée en fin de saison suite à un refroidissement printanier, les pontes de 1992, unimodales et précoces, devraient se solder par un mauvais recrutement.

Les groseilles de mer, si leurs densités sont d'un ordre de grandeur habituel dans le milieu extérieur, semblent en revanche proliférer dans l'avant-port.

Aucun phénomène anormal n'a été constaté en 1992.

///

CHAPITRE VII  
BENTHOS INTERTIDAL

Jean-Marie DEWARUMEZ et Dominique MENU



## **INTRODUCTION**

A la faveur des études menées depuis 1973 sur l'estran de Gravelines, il a été possible de déterminer avec précision les facteurs qui régissent l'organisation des populations animales intertidales. Ces facteurs du milieu sont avant tout physiques ou physicochimiques.

Ainsi l'organisation de la plage de Petit-Fort-Philippe est principalement régie par deux facteurs écologiques:

-la salinité fortement influencée par la présence de l'Aa et des ruissellements des eaux provenant de la nappe phréatique. Les dessalures éventuelles agissent directement sur les peuplements animaux et notamment sur les peuplements des haut niveaux, elles conditionnent l'extension des peuplements de type estuarien;

-la courantologie, fortement sous l'influence de phénomènes souvent locaux mais dont l'action est considérable dans la mesure où ils agissent directement sur la structure granulométrique des sédiments et notamment sur la teneur en pélites et par conséquent sur la répartition des espèces vasicoles.

Cependant on a pu noter que depuis 1985 un troisième facteur pouvait avoir une importance non négligeable sur la répartition des communautés benthiques intertidales, il s'agit de la température qui peut agir directement sur la répartition des deux espèces d'annélides de la famille des Spionidés: *Spio martinensis* et *Spiophanes bombyx*, espèces à affinités écologiques ne différant que par leurs préférences thermiques.

Les évolutions simultanées ou non de ces différents facteurs peuvent expliquer les altérations qui ont pu être mises en évidence depuis le début des études tant au niveau de la répartition des espèces principales qu'au niveau de la morphologie de la plage (position et extension de la dune hydraulique qui progresse régulièrement vers l'ouest depuis plusieurs années).

Depuis 1989 on a pu assister à une diminution continue de la biomasse de l'estran en raison de la diminution des espèces les plus importantes au niveau de l'élaboration de la biomasse globale. Il faut cependant dire que les résultats de 1989 avaient été tout à fait exceptionnels.

## **METHODOLOGIE**

La méthodologie n'a pas changé cette année. 8 stations ont été échantillonnées sur 0,25 m<sup>2</sup> le long des deux radiales le 04-07-92.

## **RESULTATS**

### **1- Composition bionomique**

25 taxons ont été récoltés lors de cette étude, ils se décomposent comme suit :

- 1 Nématode,
- 1 Oligochète,
- 8 Annélides Polychètes,
  - 2 Errantes
  - 6 Sédentaires
- 3 Mollusques,
  - 1 Gastéropode
  - 2 Bivalves
- 11 Crustacés,
  - 2 Isopodes
  - 6 Amphipodes
  - 3 Décapodes
- 1 Poisson.

### **2- Résultats globaux**

(tableaux 7-1 à 3 & figures 7-1 à 6)

#### **2-1- Radiale 1**

Le complexe de dunes et de bâches n'évolue plus depuis 1989. Il semble s'atténuer en hauteur et offre de moins en moins de protection aux hauts niveaux vis à vis de la houle.

## 2-1-1- Station E

Les placages de vase ne semblent pas avoir progressé en superficie par rapport à 1991. Toutefois; la teneur du sédiment en pélites continue à diminuer. Cette diminution est à mettre en parallèle avec l'atténuation de la hauteur du complexe de dunes. Le sédiment est maintenant constitué à plus de 80 % de sables moyens.

Station %	1983		1984			1985		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
	E'	E	E*	E'	E	E*	E	E	E	E	E	E	E	E
Pélites	9,39	2,03	9,91	2,73	1,57	9,20	0,57	3,92	1,22	0,91	7,22	7,73	2,96	1,27
Sable fin	43,26	28,52	47,40	15,04	18,90	51,15	40,66	34,39	25,08	24,03	40,63	19,72	20,61	7,60
Sable moyen	45,45	49,04	41,35	77,12	69,57	36,23	54,97	57,35	68,93	66,46	47,91	71,06	70,75	80,95

\* : aspects envasés

Il en résulte bien entendu des modifications importantes au niveau faunistique. *Hydrobia ulvae* voit sa densité de population diminuer de manière significative (-3400/m<sup>2</sup> entre 1991 et 1992).

La majorité des espèces régressent également sauf *Eurydice affinis* qui progresse de 136 à 496 / m<sup>2</sup>. La structure hiérarchique du cortège spécifique est relativement peu affectée par cette évolution sédimentologique, les quatre premières espèces sont les mêmes qu'en 1991 seul l'ordre change, prouvant ainsi que l'on est en présence du même peuplement.

Densité /m <sup>2</sup>	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
<i>Hydrobia ulvae</i>	2892	8740	8	216	0	300	11412	11956	7124	952	11324	25340	12820	7492	4060
<i>Spio martinensis</i>	0	0	0	0	0	8	48	12	60	0	0	192	56	92	12
<i>Pygospio elegans</i>	0	144	0	624	0	0	0	0	1460	20	48	0	44	0	0
<i>Eurydice affinis</i>	0	100	64	4	0	68	144	564	84	1280	504	144	0	136	496
<i>Corophium arenarium</i>	172	852	1888	0	68	220	52	1336	5716	76	1208	360	2648	344	180

Une autre modification est décelable par simple observation du cortège spécifique, il s'agit de la diminution de l'influence de la dessalure provoquée par l'Aa. Aucune espèce à affinité franchement estuarienne comme *Hediste diversicolor* n'a été récoltée. Toutes ces modifications altèrent grandement la productivité du peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres. La biomasse chute de 1.63 g/m<sup>2</sup>.

## 2-1-2 Station F

Cette station est le siège des plus importantes modifications bionomiques sur le site depuis le début des études. Ces modifications sont provoquées par l'influence de la dessalure de l'Aa et par les aléas de la dynamique de population de *Cerastoderma edule*. Ces deux phénomènes qui entre 1989 et 1991 avaient provoqué un enrichissement considérable du niveau moyen supérieur sont complètement absents en 1992. Tout comme à la station E, les espèces affectionnant les eaux dessalées sont absentes : nous n'avons pas récolté *Hediste diversicolor*, *Pygospio elegans*, *Ophelia rathkei*, *Corophium arenarium*, *Enchytraeidae* sp et la densité d'*Hydrobia ulvae* reste quasi-nulle (8 individus /m<sup>2</sup>).

Densité/m <sup>2</sup>	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
<i>Hediste diversicolor</i>	32	80	0	0		432	88	116	44	16	0	4	12	12	0
<i>Spio martinensis</i>	0	0	0	0	0	112	80	1324	236	0	0	592	192	8	12
<i>Pygospio elegans</i>	0	52	0	236	0	0	0	0	1460	40	16	0	0	144	0
<i>Ophelia rathkei</i>	0	132	12	248	124	152	1100	68	8	100	4	0	0	28	0
<i>Hydrobia ulvae</i>	4324	0	8	0	0	4	0	0	216	0	0	15700	860	0	8
<i>Cerastoderma edule</i>	0	92	48	320	144	152	36	4	16	0	0	1368	636	64	8
<i>Macoma balthica</i>	0	40	0	32	44	472	32	200	92	40	0	84	0	8	0
<i>Corophium arenarium</i>	36	0	56	0	4	12	0	12	36	16	0	36	24	60	0
Oligochètes	0	0	0	0	0	324	336	820	3360	2452	0	8	0	12	0

La population de coques a elle aussi pratiquement disparu, le recrutement espéré en 1991 du fait de l'observation de recrutements (faibles, il est vrai) sur d'autres plages n'a pas pu être observé sur la plage de Petit-Fort-Philippe. Cette disparition provoque une chute tout à fait considérable de la biomasse à cette station. Le déficit en biomasse atteint presque  $13 \text{ g/m}^2$  ; elle n'est plus que de  $0,48 \text{ g/m}^2$  pour une densité de population totale de 356 individus .

### 2-1-3 Station G

Cette station des moyens niveaux inférieurs de la plage est isolée des niveaux supérieurs par le complexe de dunes et de bâches et, par conséquent se trouve désormais soustraite en grande partie à l'influence de la dessalure de l'Aa.

Si la densité globale du peuplement installé à cette station est légèrement supérieure à celle de 1991( 64 contre 48 individus/m<sup>2</sup>) la biomasse est beaucoup plus faible. Mais dans l'ensemble, aux aléas de l'échantillonnage près, on peut estimer que cette station n'a pas évolué de façon notable depuis maintenant plusieurs années.

### 2-1-4 Station H

Cette station ne présentait pas d'évolution marquante depuis plusieurs années. La biomasse était toujours faible, rarement supérieure à  $1 \text{ g/m}^2$  malgré des récoltes d'individus de grande taille.

Cette année la biomasse atteint presque  $3 \text{ g/m}^2$ . Ceci est dû aux récoltes simultanées d'*Hyperoplus lanceolatus* ( $84 \text{ g/m}^2$ ) et d'*Ensis directus* ( $8 \text{ g/m}^2$ ). La population d'*Ensis directus*, très dense en milieu subtidal tend donc à remonter sur les niveaux inférieurs de l'estran. Le reste du cortège spécifique rencontré à cette station est tout à fait conforme à ce que l'on trouvait les années précédentes, c'est à dire des espèces caractéristiques des niveaux inférieurs des plages de la région.

### 2-1-5 Radiale 1 : conclusion

La séparation en deux de cette radiale du fait de l'existence du complexe des dunes et de bâches s'estompe avec l'érosion des dunes. Il semble que l'influence de la houle réduise les stress occasionnés par la dessalure et par la centrale.

## 2-2 Radiale 2

### 2-2-1 Station I

Depuis plusieurs années cette station est sous l'influence variable, combinée ou non, des différents facteurs déjà cités plus haut. D'année en année on note des variations importantes à la fois au niveau des densités des populations animales mais aussi au niveau de la hiérarchie des principales espèces du peuplement, sans que la nature même du peuplement en soit profondément altérée.

Les résultats enregistrés cette année font apparaître un retour vers la structure classique du peuplement avec prédominance de *Corophium arenarium* dont la densité est multipliée par 6 par rapport à 1991.

Densités/m <sup>2</sup>	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Oligochètes	0	0	0	0	12	4	8	84	88	40	0	36	0	8	20
Pygospio elegans	0	72	132	108	0	0	664	1448	2004	1472	1004	1224	208	148	424
Hydrobia ulvae	196	0	12	9168	8596	452	1464	1684	100	800	312	688	564	0	620
Corophium arenarium	220	5280	6476	60	704	2068	400	380	1304	2512	1380	1852	468	624	3772
Bathyporeia pilosa	524	124	196	48	192	108	4448	40	1680	8	126	0	52	100	60
Eurydice affinis	204	16	4	4	24	0	284	4	272	68	268	16	60	0	20

On note la réapparition d'*Hydrobia ulvae* dans les hauts niveaux supérieurs de la partie est de l'estran, cette réapparition va dans le même sens que l'augmentation de la densité de cette espèce à la station E. La biomasse globale augmente à cette station et revient dans la norme de ce qui a pu être trouvé en moyenne les années précédentes ( $3,02 \text{ g/m}^2$ ).

### 2-2-2 Station J

Cette station, située à proximité immédiate du complexe de dunes et de bâches était caractérisée depuis 1988 par des affinités très marquées avec les moyens niveaux inférieurs.

Densité/m <sup>2</sup>	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
<i>Nerine cirratulus</i>	0	8	32	68	84	0	52	0	40	168	336	12	146	36	32
<i>Eurydice affinis</i>	84	44	152	4	16	20	796	60	200	452	40	8	0	0	140
<i>Eurydice pulchra</i>	8	0	32	24	36	28	60	4	8	480	0	192	160	0	16
<i>Bathyporeia pilosa</i>	180	368	84	0	12	72	296	28	272	276	0	0	0	0	156

Elle revient cette année vers des aspects beaucoup plus conformes à ce que sont les peuplements des moyens niveaux supérieurs de la région, dominée par *Bathyporeia pilosa* (156/m<sup>2</sup>) et par *Eurydice affinis* 140/m<sup>2</sup>). Néanmoins, la population de *Nerine cirratulus* reste à un niveau équivalent à celui de 1991 (32/m<sup>2</sup>). La biomasse progresse légèrement et redevient normale pour le peuplement (0,35 g/m<sup>2</sup>).

### 2-2-3 Station K

Le peuplement établi à cette station est depuis de nombreuses années d'une très grande stabilité. Cette année confirme entièrement les résultats antérieurs.

### 2-3-4 Station L

Tout comme à la station H sur la radiale 1 on assiste à la colonisation des bas niveaux de la radiale 2 par la population d'*Ensis directus*. Si sur la radiale 1 la densité était faible, il n'en va pas de même pour ce qui est de la station L. La densité de la population d'*Ensis directus* atteint 168/m<sup>2</sup> pour une biomasse de 17g/m<sup>2</sup>. Il faut aussi signaler la densité inhabituelle de *Lanice conchilega* à cette station (116/m<sup>2</sup>). La récolte simultanée de ces deux espèces en bas d'estran est à rapprocher du prélèvement du mois d'octobre effectué à la station C relativement proche de la station L (voir chapitre suivant). Le reste du cortège spécifique est conforme à ce que l'on peut trouver dans les bas niveaux de la région. Néanmoins, la récolte d'*E. directus* et de *L. conchilega* provoque une augmentation très importante de la biomasse globale de la station. Avec 20,52 g/m<sup>2</sup> c'est la quatrième plus importante biomasse relevée sur l'estran depuis le début des études et encore faut-il signaler que les trois premières ont toutes été relevées à la station F au moment d'un fort recrutement de *Cerestoderma edule*.

### 2-2-5 Radiale 2: conclusion

La remarque qui avait été faite lors du précédent rapport au sujet du maintien de la surveillance des stations des niveaux inférieurs de l'estran trouve cette année sa justification. Il est désormais intéressant de surveiller ces stations afin de vérifier si la population d'*Ensis directus* parvient à se maintenir en bas d'estran (et ce surtout à la station L) d'autant plus que l'on connaît les capacités de cette espèce à coloniser complètement un site.

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

### 3-1 Cas de la partie ouest

Les aspects typiquement estuariens de cette partie de l'estan ont disparu dès la mise en fonctionnement de la centrale. Le peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres qui l'a remplacé est très fragilisé par les deux stress décrits plus haut.

	Densité moyenne 1987	Densité moyenne 1988	Densité moyenne 1989	Densité moyenne 1990	Densité moyenne 1991	Densité moyenne 1992
<i>Ophelia rathkei</i>	12	2	0	0	3,5	0
Oligochètes	312	0	0,5	0	1,5	0
<i>Enoplus brevis</i>	305	0	0	0	0	0
<i>Nereis diversicolor</i>	3	0,5	0,5	0,75	1,5	0

Contrairement à ce qui s'est passé en 1991, la dessalure ne semble pas avoir agi sur la structure bionomique du peuplement. Nous n'avons rencontré cette année aucune espèce à affinité estuarienne marquée.

On assiste donc depuis 1988 à un phénomène d'oscillation ou de basculement continu entre des aspects plus ou moins estuariens sans que pour cela la structure bionomique du peuplement soit affectée de manière profonde ou définitive.

### 3-2 Cas des Spionidiens

*Spio martinensis* reste toujours localisé à l'ouest de l'estran prouvant par là que l'impact thermique se fait toujours ressentir à l'est. Toutefois on assiste depuis plusieurs années à une décroissance continue de la population dont la densité n'est plus que de 12 /m<sup>2</sup> bien que l'espèce semble avoir colonisé les autres niveaux de la partie est de l'estran.

Densité/m <sup>2</sup>		1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	
Spio martinensis	E	8	48	12	60	0	0	192	56	92	12	Ouest
	F	112	80	1324	236	0	0	592	192	8	12	
	I	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	Est
	J	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pygospio elegans	E	0	0	0	1460	20	48	0	0	0	0	Ouest
	F	0	0	0	636	40	16	0	0	144	0	
	I	0	664	1448	2004	1472	1004	1224	208	148	424	Est
	J	0	0	136	236	80	0	144	60	0	0	

*Pygospio elegans*, quant à lui reste localisé uniquement dans la partie est. La récolte enregistrée en 1991 à la station F n'a pas pu être confirmée cette année.

### 3-4 Evolution de la biomasse

Toutes les modifications bionomiques génèrent des altérations de la biomasse.

Station	Année	1974	1976	1978	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
		1975	1977	1979													
E'	g/m <sup>2</sup>	-	-	-	-	8,44	6,18	12,01	4,46	-	-	-	-	-	-	-	-
E	"	2,99	6,36	4,39	2,28	0,81	2,22	1,81	7,16	9,01	13,40	1,52	7,99	13,51	7,92	4,62	2,99
F	"	1,65	3,37	11,16	6,99	10,29	9,37	52,98	6,28	5,79	6,67	2,12	0,05	41,46	25,97	13,37	0,48
G	"	1,04	0,88	1,14	0,69	1,78	0,75	0,97	0,51	1,051	1,26	0,83	0,39	0,48	0,41	0,61	0,12
H	"	0,37	0,29	0,16	0,28	0,37	3,22	0,86	0,27	0,18	0,24	0,16	0,87	0,38	1,29	0,12	2,97
I	"	0,93	-	2,08	2,42	6,29	5,92	2,53	2,95	2,08	2,07	2,44	2,70	1,66	0,60	0,38	3,02
J	"	0,66	-	1,80	0,22	0,40	0,56	0,12	0,58	0,24	0,40	1,49	1,65	0,11	0,32	0,15	0,35
K	"	0,66	-	1,51	2,80	0,39	0,53	1,60	0,92	0,46	0,73	0,82	1,48	0,86	0,71	0,77	0,02
L	"	0,29	-	0,12	0,21	0,58	1,03	11,89	0,26	0,45	0,43	0,61	0,67	0,22	0,18	0,90	20,52
Moyenne estran		1,13	-	2,80	1,98	3,27	3,30	9,42	2,37	2,46	3,15	1,25	1,98	7,34	4,68	2,54	3,77

Si l'on considère la biomasse globale de l'estran on pourrait penser que la plage de Gravelines revient à une position moyenne. Si l'on observe les résultats station par station on s'aperçoit que l'augmentation de la biomasse moyenne par rapport à 1991 (3,77 contre 2,54 g/m<sup>2</sup>) est due en fait à une forte ou très forte augmentation de la biomasse des bas niveaux ainsi qu'à une très forte baisse de la biomasse de la station F. La disparition de *Cerastoderma edule* est compensée par l'arrivée en bas niveau d'*Ensis directus*.

	St. E	St. F	St. G	St. H	St. I	St. J	St. K	St. L
graviers grossiers	0,53	2,94	0,01	0,01	0,94	0,62	0,05	0,06
graviers fins	1,32	7,00	0,12	0,12	1,87	1,20	0,38	0,57
sables grossiers	8,32	17,41	1,79	3,01	6,39	9,62	8,44	3,72
sables moyens	80,95	47,54	76,94	58,19	59,20	62,33	75,57	71,19
sables fins	7,60	23,93	21,12	36,48	26,35	26,18	15,50	24,43
pélites	1,27	0,88	0,02	2,18	5,25	0,04	0,06	0,02

**Tableau 7-1 :**  
**Caractéristiques granulométriques du sédiment**  
**aux huit stations intertidales**

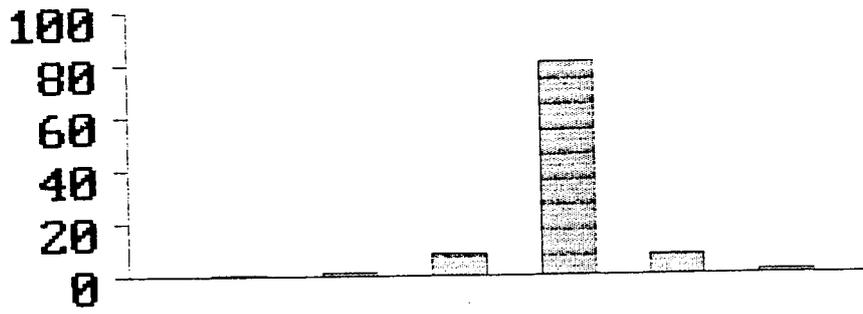
**Tableau 7 - 2 : Radiale 1. Analyse faunistique de l'estran  
(nombre d'individus par 0,25m2, Biomasse en mg par 0,25m2)**

	ST. E	ST. E	ST. F	ST. F	ST. G	ST. G	ST. G	ST. H
	nb. ind.	Biom.	Nb. indi	Biom.	Nb. ind.	Biom.	Nb. ind.	Biom.
<i>Nematodes spp</i>	4	3,4	1	0,2	1	0,2		
<i>Eteone longa</i>					1	2,9		
<i>Nephtys cirrosa</i>					3	22	3	19,5
<i>Nerine cirratulus</i>	2	9,4	46	66,9				
<i>Spio martinensis</i>	3	0,1	3	0,1	3	0,1	6	0,2
<i>Hydrobia ulvae</i>	1015	604,8	2	0,1				
<i>Cerastoderma edule</i>			1	30				
<i>Ensis directus</i>							2	159,4
<i>Eurydice affinis</i>	124	54,6	20	11,2				
<i>Eurydice pulchra</i>	8	6,2	13	11,9	2	0,4	1	0,2
<i>Corophium arenarium</i>	45	26,1						
<i>Haustorius arenarius</i>					1	2,1		
<i>Bathyporeia pilosa</i>	153	40,2	3	0,7				
<i>Bathyporeia sarsi</i>					3	0,6		
<i>Pontocrates altamarinus</i>							1	0,2
<i>Crangon crangon</i>	1	2,5						
<i>Portumnus latipes</i>					2	2,1	7	268,2
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>							1	295,5
<b>Total individus par 0.25m2</b>	1355		89		16		21	
<b>Total biomasse par 0.25m2</b>		747,3		121,1		30,4		743,2
<b>Total individus par m2</b>	5420		356		64		84	
<b>Total biomasse par m2</b>		2889,2		484,4		121,6		2972,8

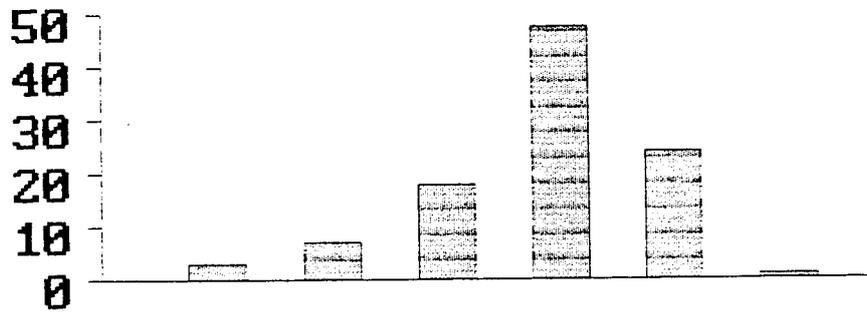
**Tableau 7 - 3 : Radiale 2. Analyse faunistique de l'estran  
(nombre d'individus par 0,25m<sup>2</sup>, Biomasse en mg par 0,25m<sup>2</sup>)**

	ST. I	ST. I	ST. J	ST. K	ST. K	ST. L	ST. L
	nb. ind.	Biom.	Biom.	Nb. ind.	Biom.	Nb. ind.	Biom.
<i>Oligochètes</i>	5	0,1					
<i>Nephtys cirrosa</i>				1	14,7	2	20
<i>Magelona mirabilis</i>						1	0,3
<i>Nerine cirratulus</i>			24,6				
<i>Spio martinensi</i>				1	0,1	3	0,1
<i>Pygospio elegans</i>	106	7,3					
<i>Paraonis fulgens</i>				1	0,1		
<i>Lanice conchilega</i>			17,9	1	21,9	29	139,5
<i>Hydrobia ulvae</i>	155	123					
<i>Ensis directus</i>						42	4725,8
<i>Eurydice affinis</i>	5	1,7	24,1				
<i>Eurydice pulchra</i>			3,6				
<i>Corophium arenarium</i>	943	617,2					
<i>Haustorius arenarius</i>				1	0,6		
<i>Bathyporeia pilosa</i>	15	5,5	16,1				
<i>Bathyporeia sarsi</i>				4	0,6		
<i>Urothoe poseidonis</i>						7	4,7
<i>Pontocrates altamarinus</i>				1	0,1		
<i>Diogenes pugilator</i>						2	238,7
<i>Portumnus latipes</i>				1	0,4	1	0,1
<b>Total individus par 0.25m<sup>2</sup></b>	1229			11		87	
<b>Total biomasse par 0.25m<sup>2</sup></b>		754,8	86,3		38,5		5129,2
<b>Total individus par m<sup>2</sup></b>	4916			44		348	
<b>Total biomasse par m<sup>2</sup></b>		3019,2	345,2		154		20516,8

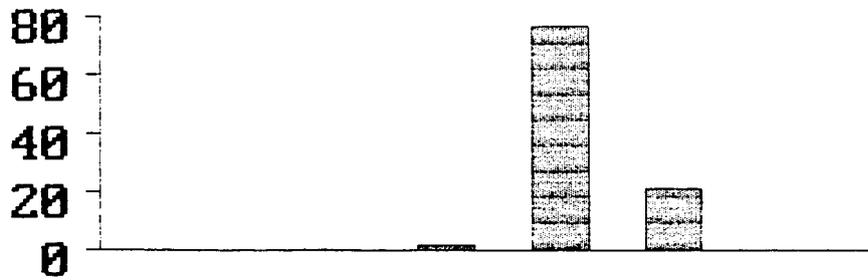
st E



st F



st G



st H

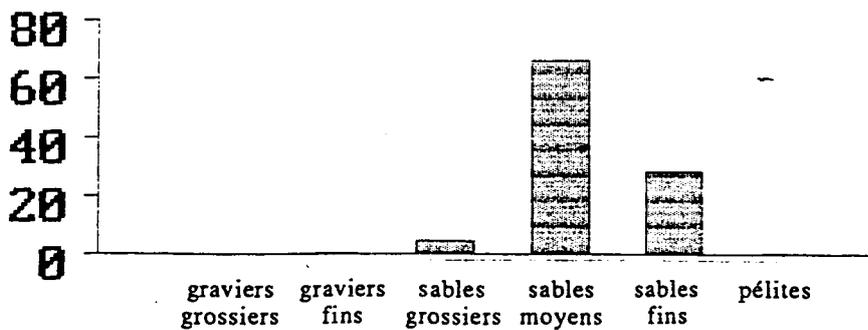


Figure 7-1 : Radiale 1, Analyses granulométriques (% pondéraux)

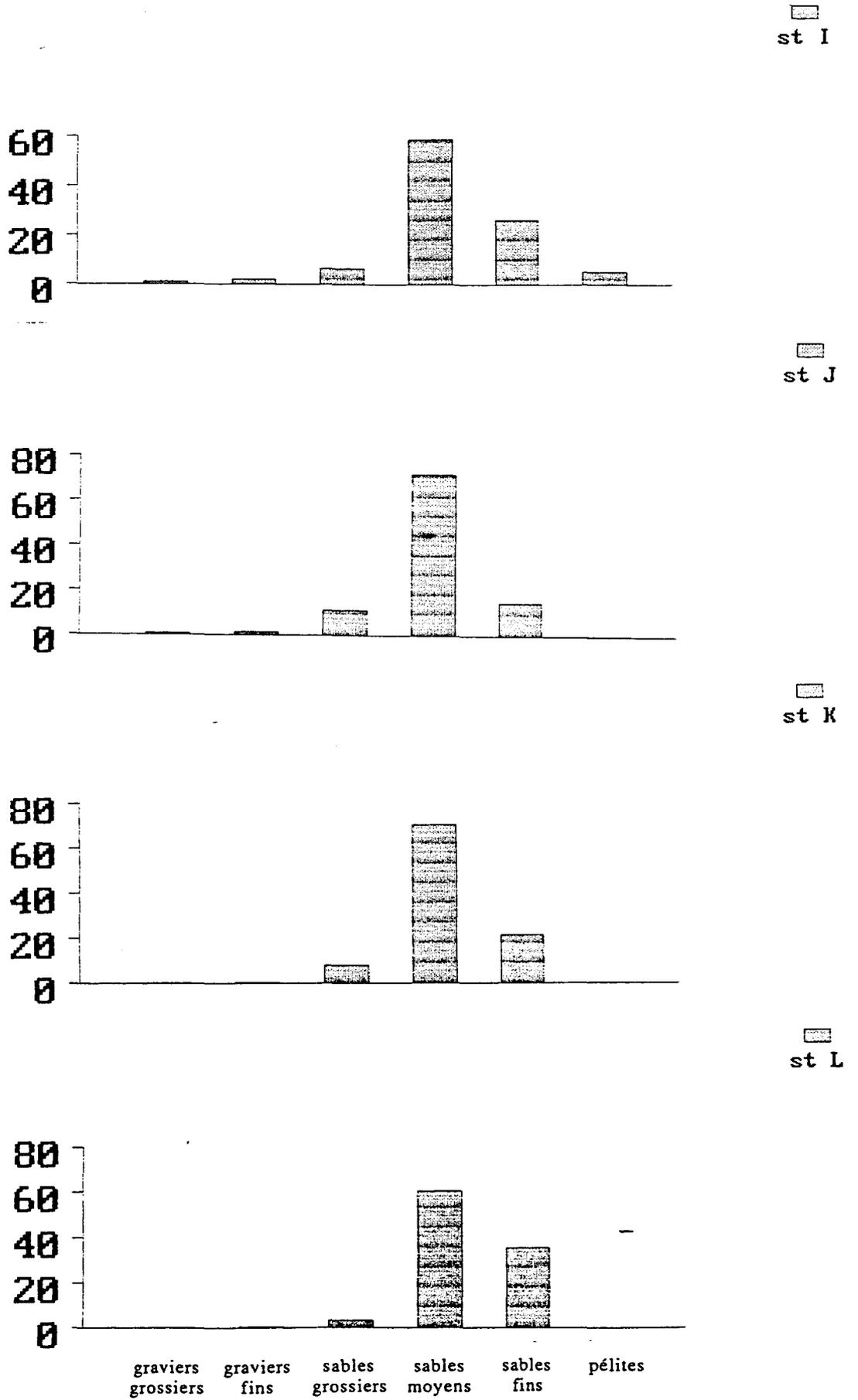
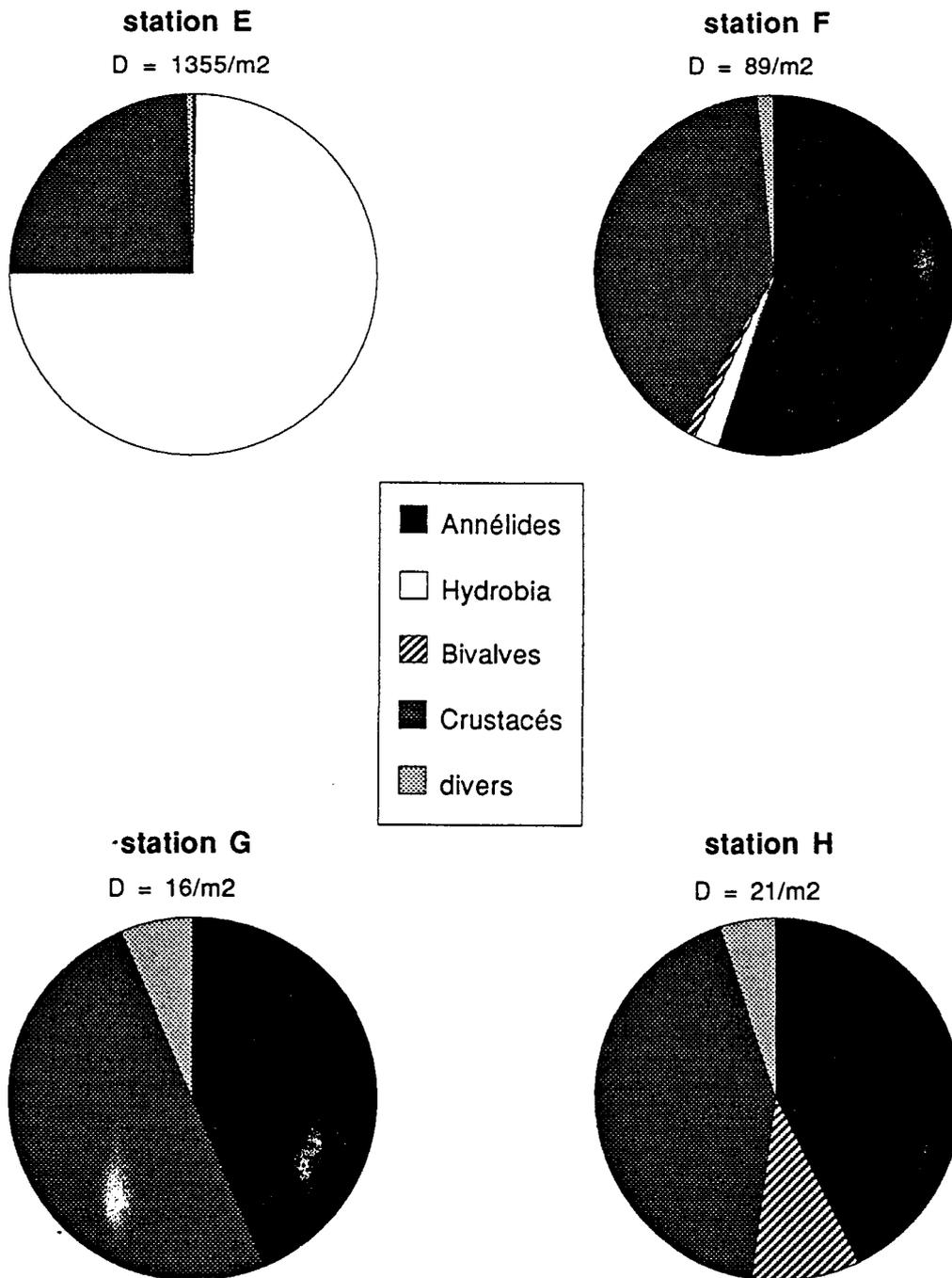
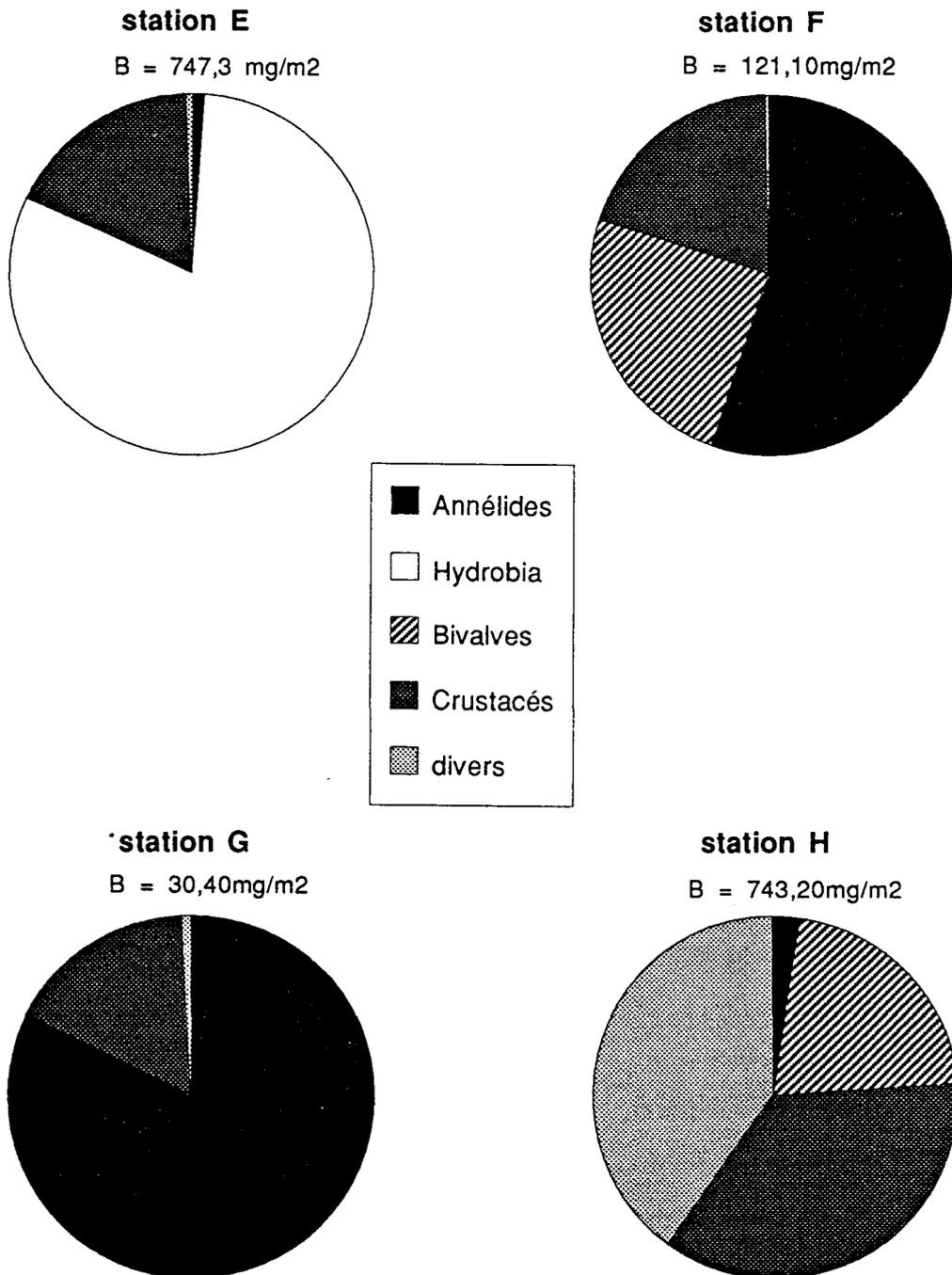


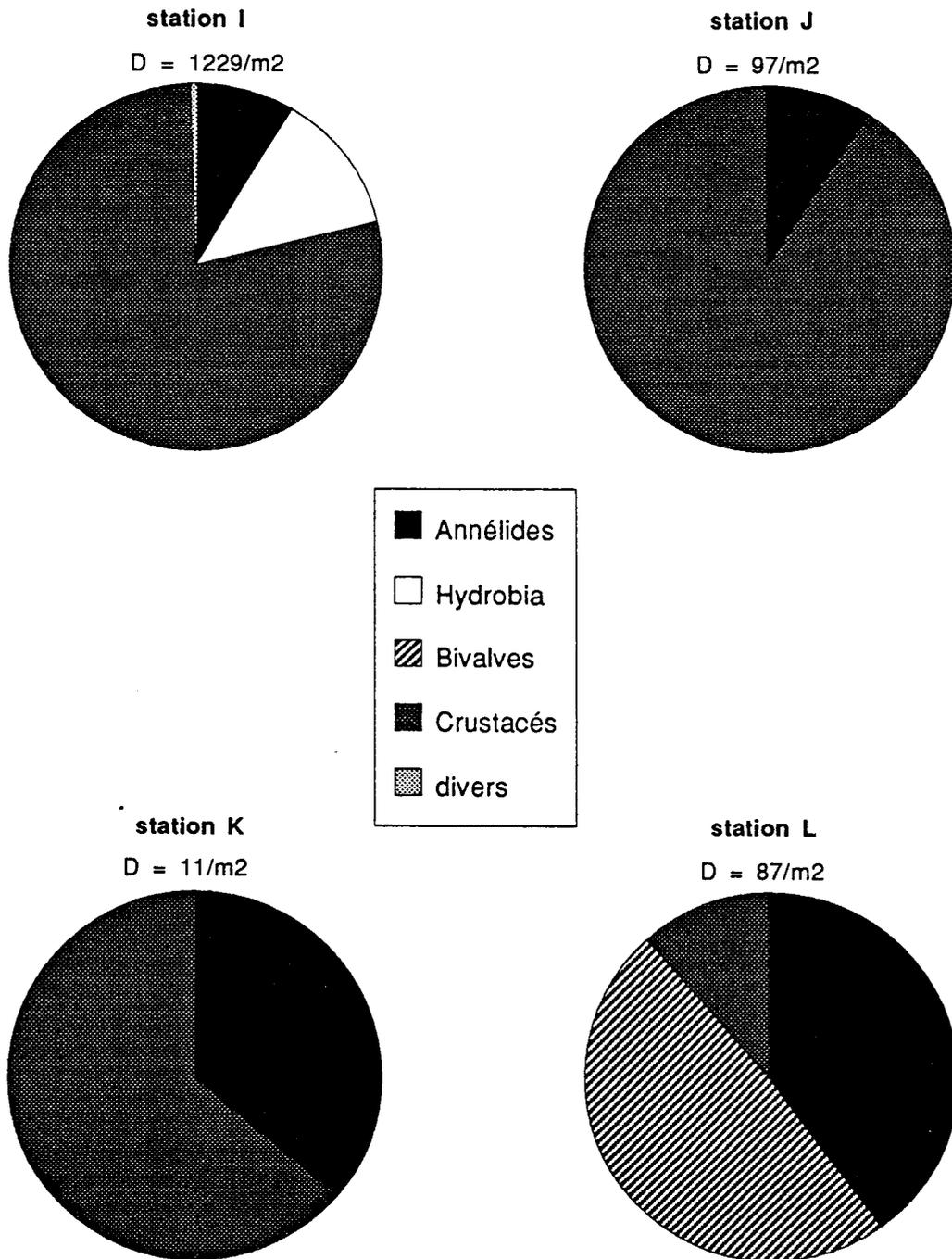
Figure 7-2 : Radiale 2, Analyses granulométriques (% pondéraux)



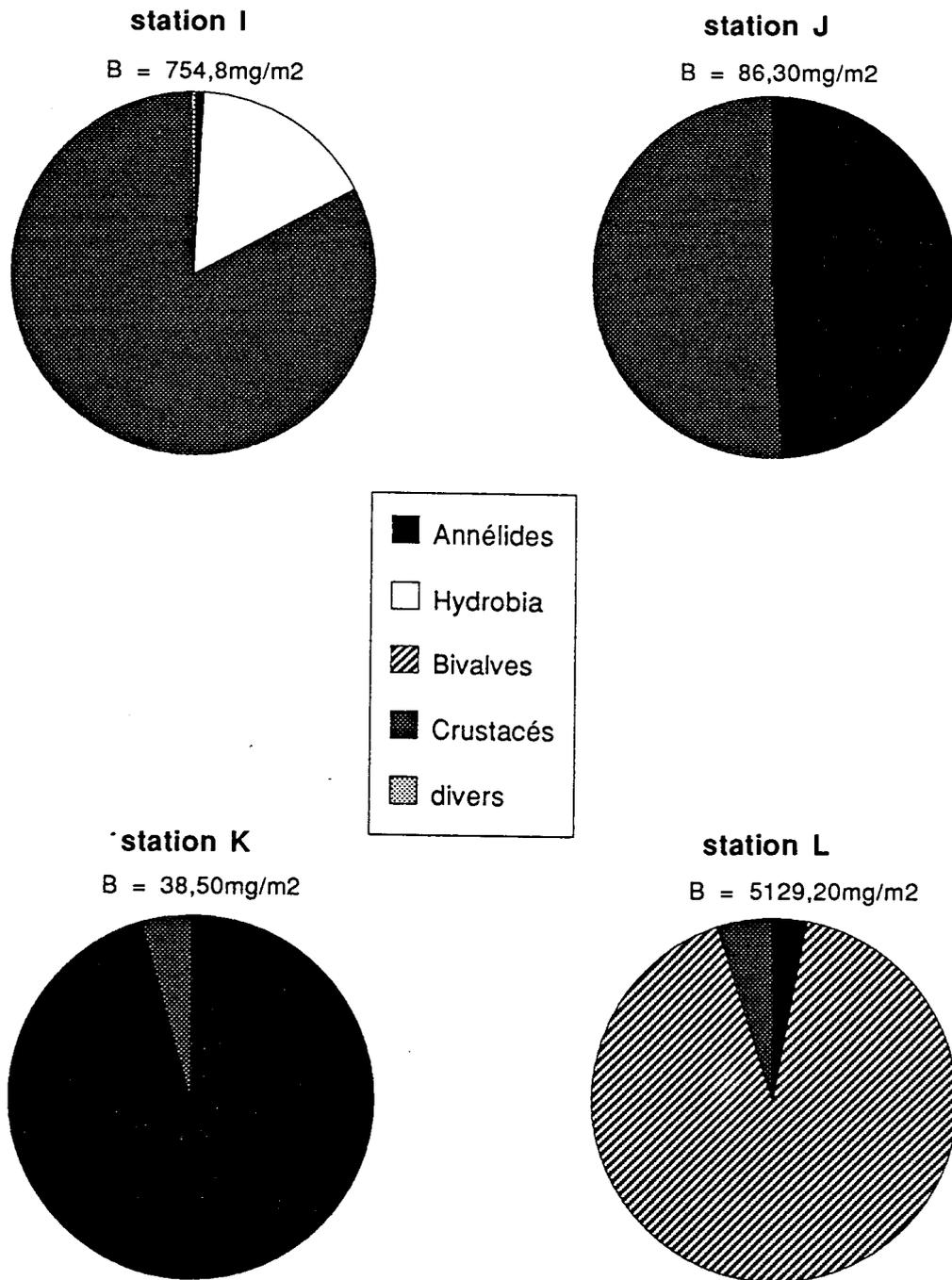
**Figure 7-3 : Radiale 1, Importance relative des différents groupes zoologiques ( densité)**



**Figure 7-4 : Radiale 1, Importance relative des différents groupes zoologiques ( biomasse)**



**Figure 7-5 : Radiale 2, Importance relative des différents groupes zoologiques ( densité)**



**Figure 7-6 : Radiale 2, Importance relative des différents groupes zoologiques ( biomasse)**

CHAPITRE VIII  
BENTHOS SUBTIDAL

Jean-Marie DEWARUMEZ et Dominique MENU



## **INTRODUCTION**

Le suivi écologique du domaine subtidal de la région de Gravelines est assuré depuis 1973. De 1973 à 1976, les études ont porté sur les aspects qualitatifs des trois communautés benthiques de la région. Depuis 1976 ce sont les aspects quantitatifs qui sont pris en compte. Dans un premier temps ils le furent au niveau de quatre stations représentatives des trois communautés benthiques; dans un deuxième temps ils le sont au niveau de deux stations représentatives du peuplement à *Abra alba*, l'une impactée par la centrale et l'autre non.

Le peuplement à *Abra* est caractérisé par une forte productivité, et surtout aussi par une très grande instabilité quant aux dominances relatives des 10 principales espèces qui, tour à tour, peuvent être prépondérantes. Ainsi les recrutements, souvent pléthoriques d'espèces telles que *Abra alba*, *Lanice conchilega*, *Pectinaria koreni*, *Spisula subtruncata*... peuvent fournir des apports en biomasse qui peuvent atteindre voire dépasser 50g/m<sup>2</sup>. Il est bien évident que si les recrues se maintiennent l'apport en biomasse s'accroît en conséquence et ainsi depuis quelques années il arrive souvent que la biomasse dépasse, parfois largement les 100g/m<sup>2</sup>. Ceci est particulièrement vrai pour la station B (non impactée) mais les phénomènes se retrouvent parfois mais de manière fortement atténuée à la station C (impactée), on peut ainsi mettre en évidence des déficits en biomasse, liés au fonctionnement de la centrale, qui peuvent atteindre 90%.

La station B est caractérisée par un sédiment envasé avec prédominance d'espèces vasicoles à forte biomasse, tandis que la station C est caractérisée par un sédiment complètement dépourvu de pélites où prédominent les espèces sabulicoles à faible biomasse.

## **METHODOLOGIE**

Quatre campagnes ont été réalisées aux stations B et C les 20 février, 4 juin, 1er octobre et 9 décembre.

## **RESULTATS**

### 1- Analyses granulométriques

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

#### 1-1 Station B

Lors de l'étude de 1991 la station a été marquée par une altération brutale et profonde de la structure granulométrique du sédiment. Cette altération affectait une zone de 0,4 km<sup>2</sup> centrée autour de la station B. Ce sédiment s'est par la suite progressivement réenvasé pour revenir dans la norme du peuplement (au moins en ce qui concerne la teneur en fines) en décembre 1991.

En 1992, le sédiment tend à redevenir normal quant aux teneurs en sables moyens et fins (de 30 à 87%) bien que la structure sédimentologique ne semble pas encore tout à fait stabilisée. Les teneurs en pélites sont tout à fait normales en début d'année (4,2 à 5%) et diminuent à nouveau en fin d'année (0,7 à 1,3%).

#### 1-2 Station C

Le sédiment de la station C reste dans la norme pendant la totalité de l'année. Il faut cependant noter que le prélèvement d'octobre fait apparaître une différence très significative avec les trois autres prélèvements. Il est toutefois à signaler que pour de raisons conjuguées de météo et de hauteur d'eau nous avons dû déplacer de 300m environ le point de prélèvement. Ainsi que nous l'avions déjà signalé dans un précédent rapport l'impact de la centrale ne se fait pas sentir très loin du rejet. Ce changement forcé de position à l'occasion d'un seul prélèvement vient confirmer l'impact important de la centrale au niveau du sédiment et donc au niveau des animaux qui le colonisent.

La structure normale du sédiment a été retrouvée aussi lors d'un prélèvement effectué en février 1993 qui confirme parfaitement le résultat de décembre 1992 sédiment constitué de sables moyens à fins dépourvu de pélites.

#### 2- Analyse bionomique

(tableaux 8-2 à 5, figures 8-2 & 3)

L'analyse a permis de dénombrer 74 taxons différents sur les deux stations (61 à la station B et 38 à la station C). Ils se répartissent comme suit:

- 2 Cnidaires
- 4 Némertes
- 34 Polychètes:
  - 18 errantes
  - 16 sédentaires
- 10 Mollusques:
  - 2 Gastéropodes
  - 8 Bivalves
- 19 Crustacés
  - 1 Mysidacé
  - 3 Cumacés
  - 10 Amphipodes
  - 5 Décapodes
- 4 Echinodermes Ophiurides
- 1 Poisson

Ils correspondent à 16 737 individus récoltés dont 12 859 à la station B et 3878 à la station C.

## 2-1 Station B

Cette station est représentative du peuplement à *Abra alba*; elle est sujette à des basculements bionomiques de type chaotique comme ont pu le montrer les études précédentes. Ces basculements sont directement liés aux aléas du recrutement.

En 1991, nous avons pu assister à cette station à deux phénomènes importants: une altération brutale et profonde de la structure granulométrique du sédiment et le recrutement d'une espèce habituellement absente du site étudié (*Ensis directus*) et ce dans des proportions tout à fait considérables.

Ces deux phénomènes ne sont pas liés, le recrutement d'*E. directus* ayant eu lieu avant la modification sédimentologique.

Par contre la conjonction des deux phénomènes a fait que la quasi-totalité des espèces vasicoles fortement contributives à l'élaboration de la biomasse ont complètement disparu, tout au moins dans un premier temps. Puis au fur et à mesure que le sédiment se réenrichissait en particules fines les espèces vasicoles sont réapparues soit au gré d'un recrutement soit à la faveur de migrations passives.

En 1992 le peuplement redevient normal dans sa composition bionomique bien que la structure sédimentologique ne soit toujours pas rétablie sauf pour ce qui est de la teneur en pélites. Ce retour à une situation normale du fait de la restauration de la teneur en fine prouve *a contrario* que le désenvasement provoqué par la centrale est la cause de la pauvreté de la station C.

Des espèces vasicoles comme *Abra alba*, *Tellina fabula*, *Lanice conchilega*, *Notomastus latericeus*, *Nephtys hombergii*, *Pectinaria koreni*... réapparaissent et même comme pour ce qui est plus particulièrement d'*Abra alba* (712/m<sup>2</sup>), de *Lanice conchilega* (3760/m<sup>2</sup>) de *Spiophanes bombyx* (596/m<sup>2</sup>) et de *Pectinaria koreni* (150/m<sup>2</sup>) bénéficient d'un excellent recrutement. La population d'*Ensis directus* se développe, les individus grandissent et grossissent, et, malgré une mortalité importante bien que normale, provoque une augmentation considérable de la biomasse jusqu'à des niveaux jamais atteints. Ces valeurs sont comparables aux mesures effectuées dans les bancs d'*Ophiothrix fragilis* qui sont les peuplements subtidaux les plus productifs de la région.

Ainsi la biomasse était de 218g/m<sup>2</sup> en février de 190g/m<sup>2</sup> en octobre et de 151g/m<sup>2</sup> en décembre. En juin, la "faible" valeur enregistrée est due à un sous échantillonnage de la population des couteaux. Mais ce qui est tout à fait remarquable, c'est de considérer non pas la biomasse mesurée effectivement mais d'estimer la biomasse réelle en extrapolant la biomasse des couteaux à ce qu'elle devrait être si tous étaient récoltés entiers. On arrive alors à des valeurs encore plus fortes : 206g/m<sup>2</sup> en octobre et 270 g/m<sup>2</sup> en décembre.

*Lanice conchilega* est la deuxième espèce au niveau de l'élaboration de la biomasse avec 88g/m<sup>2</sup> en octobre. La biomasse faible d'*Abra alba* est due au fait que la majorité des individus étaient de petite taille, il s'agissait alors de post recrues d'une taille moyenne de 4 à 5 mm.

## 2-2 Station C

La station C avait bénéficié temporairement en 1991 du recrutement d'*Ensis directus*. La centrale avait eu dans un premier temps un effet bénéfique sur la population d'*E.directus* en favorisant la croissance grâce à la température, puis néfaste du fait d'un déficit sérieux en particules alimentaires qui a provoqué une mortalité très importante.

La situation en 1992 en tout à fait classique au vu des prélèvements de février, de juin et de décembre. On rencontre alors un cortège spécifique normal dominé par *Nephtys cirrosa* et *Lumbrineris impatiens*, une densité globale de population normale (40 à 73/m<sup>2</sup>) et une biomasse normale (0,5 à 2g/m<sup>2</sup>). Par contre en octobre nous sommes en présence d'une situation complètement atypique avec un peuplement très semblable à ce que l'on peut trouver à la station B et même encore plus riche avec une densité de population de 3693/m<sup>2</sup>, une biomasse mesurée de 234g/m<sup>2</sup> et une biomasse estimée de près de 296g/m<sup>2</sup>. Comme nous l'avons signalé dans l'étude granulométrique, ce résultat surprenant est dû au fait que pour des raisons de sécurité liée aux conditions météorologiques, la faible hauteur d'eau et la proximité des digues de l'avant port de Dunkerque, nous avons été contraints de déplacer la station de prélèvement d'environ 300 m. Ceci permet au moins de constater que l'impact de la centrale pour spectaculaire qu'il soit n'en reste pas moins localisé.

## 3- Etude des populations d'*Abra alba* et de *Tellina fabula*

*Abra alba* et *Tellina fabula* sont deux bivalves caractéristiques du peuplement à *Abra alba*. Leurs populations sont suivies conjointement depuis 1976 à la station B.

### 3-1 Etude de la population d'*Abra alba* (fig 8-7 &8)

La population d'*Abra alba* présente des fluctuations spectaculaires et brutales que l'on peut relier sans conteste au caractère pionnier de cette espèce. Elle présente le même type d'évolution dans de nombreux sites d'étude en Manche ou en Mer du Nord. Cependant, parmi tous ces sites, c'est à la station B que les fluctuations semblent les plus importantes.

En 1991 la population semblait s'être replacée à un niveau très élevé à la faveur d'un excellent recrutement, mais l'action combinée de l'accident sédimentologique et de l'explosion de la population d'*Ensis directus* ont fait que la population d'*Abra alba* a complètement disparu.

En 1992 grâce au réenvasement progressif du sédiment, la population d'*Abra alba* semble se réimplanter dans un premier temps à la faveur de migrations passives (voir l'histogramme de juin) puis du fait d'un bon recrutement (voir l'histogramme d'octobre). Les densités sans être aussi fortes qu'aux moments des recrutements pléthoriques n'en sont pas moins importantes et dépassent les 700/m<sup>2</sup> en octobre. La diminution de la teneur en pélites signalée en fin d'année semble toutefois avoir provoqué une mortalité importante en décembre qui est confirmée par nos observations de février 1993.

### 3-2 Etude de la population de *Tellina fabula* (fig 8-9 &10)

Ce qui avait été observé pour *Abra alba* en 1991 était vrai aussi pour *Tellina fabula* qui a totalement disparu de la station B. Un léger repeuplement semble s'amorcer en 1992 qui n'atteint pas les proportions de la population d'*Abra alba*. *Tellina fabula* n'a pas les facultés colonisatrices d'*Abra alba* et ses fluctuations de densités sont d'ailleurs en général plus douces. La densité maximale de *Tellina* en 1992 a été de 66/m<sup>2</sup>. Au vu des histogrammes de fréquence de taille ce repeuplement se fait grâce à un apport d'individus âgés par migration passive.

## **CONCLUSION**

Cette étude confirme la très forte productivité potentielle du peuplement à *Abra alba* et sa relative fragilité vis à vis des stress liés à la structure granulométrique du sédiment et notamment à la teneur en fines. Cette étude confirme également que l'impact de la centrale ne semble pas s'exercer à plus de 500m du rejet. Mais on peut estimer que le déficit en biomasse atteint dans ces conditions si l'on tient compte des résultats enregistrés à la station C en octobre 1992 une valeur de plus de 110 tonnes de poids sec décalcifié sur la totalité de la surface supposée impactée.

	Station B				Station C			
	Fév. 92	Juin 92	Oct. 92	Déc.92	Fév. 92	Juin 92	Oct. 92	Déc. 92
graviers grossiers	0,93	0,10	1,81	0,41	0,04	0,44	0,85	0,17
graviers fins	5,03	0,80	9,61	1,68	0,12	2,16	0,32	0,32
sables grossiers	28,82	7,20	56,45	29,28	0,84	12,30	1,16	3,46
sables moyens	43,36	37,28	20,80	46,30	89,32	73,57	30,85	71,61
sables fins	17,64	49,61	10,64	21,07	9,43	11,47	58,59	24,32
pélites	4,21	5,00	0,69	1,26	0,25	0,06	8,23	0,12

**Tableau 8-1 :**  
**Caractéristiques granulométriques du sédiment**  
**aux deux stations subtidales**

	Fév-92	Jun-92	Oct-92	Déc-92
<i>Edwardsia sp</i>	1			
<i>Sagartia troglodytes</i>	2	4		
<i>Cerebratulus sp</i>	2	1	4	
<i>Lineus bilineatus</i>	1	1	2	
<i>Tubulanus polymorphus</i>	12	3	8	
<i>Nemertes sp</i>		1		
<i>Harmothoe glabra</i>	1	2		
<i>Harmothoe lunulata</i>	12	33	8	2
<i>Pholoe minuta</i>	58	87	2	4
<i>Sthenelais boa</i>	2	6	4	
<i>Sigalion malthidae</i>		1	2	
<i>Anaitides mucosa</i>	57	2	172	17
<i>Eteone longa</i>	1	2		
<i>Eteone picta</i>		2		
<i>Eumida sanguinea</i>	225	52	42	11
<i>Eunereis longissima</i>	11	7	16	
<i>Nephtys assimilis</i>	2	7		
<i>Nephtys caeca</i>	1		1	
<i>Nephtys hombergii</i>	15	203	94	8
<i>Nephtys longosetosa</i>	11			
<i>Glycera alba</i>	6	2	6	
<i>Goniadella bobretzki</i>			6	2
<i>Scoloplos armiger</i>	11		4	3
<i>Spio martinensis</i>		1	2	
<i>Spiophanes bombyx</i>	176	596	80	17
<i>Magelona mirabilis</i>	3		8	
<i>Cauleriella alata</i>	14	7		
<i>Chaetozone setosa</i>		4		
<i>Capitella capitata</i>	11	7	14	
<i>Heteromastus filiformis</i>		1		1
<i>Mediomastus fragilis</i>	3	15		15
<i>Arenicola marina</i>				1
<i>Notomastus latericeus</i>	288	289	118	18
<i>Lanice conchilega</i>	361	623	3760	16
<i>Pectinaria koreni</i>	37	150	16	3
<i>Owenia fusiformis</i>	3	14		2
<i>Lunatia alderi</i>		2		
<i>Nassarius reticulatus</i>	111	25		
<i>Venerupis pullastra</i>	1	3		
<i>Spisula subtruncata</i>	4	8	10	
<i>Mysella bidentata</i>	5	418	10	5
<i>Abra alba</i>	74	225	712	67
<i>Macoma balthica</i>	18	16	14	
<i>Tellina fabula</i>	21	43	66	18

Tableau 8-2 : Station B, Analyse faunistique,  
nombre d'individus par m<sup>2</sup>

<i>Ensis arcuatus</i>	1			
<i>Ensis directus</i>	1590	80	344	841
<i>Cumopsis longipes</i>				2
<i>Diastylis bradyi</i>		2	2	
<i>Acidostoma obesum</i>	1			
<i>Orchomene nana</i>		1		
<i>Leucothoe incisa</i>		6		1
<i>Atylus swammerdami</i>	2	13		12
<i>Urothoe poseidonis</i>	1	1	52	
<i>Pariambus typicus</i>		1		
<i>Crangon crangon</i>		1		
<i>Pagurus bernardus</i>	5	1		
<i>Carcinus maenas</i>		2		
<i>Liocarcinus holsatus</i>	2	2		
<i>Acrocnida brachiata</i>		9	8	
<i>Ophiura albida</i>	4	29		
<i>Ophiura texturata</i>	9	5	2	12
<b>TOTAL INDIVIDUS</b>	3176	3016	5589	1078

**Tableau 8-2 : Station B, Analyse faunistique,  
nombre d'individus par m<sup>2</sup> (suite)**

	Fév-92	Jun-92	Oct-92	Déc-92
<i>Cerebratulus sp</i>			1	
<i>Tubulanus polymorphus</i>	1		1	
<i>Nemertes sp</i>	2	2		2
<i>Harmothoe lunulata</i>			7	
<i>Anaitides mucosa</i>		2	52	
<i>Eumida sanguinea</i>		2	14	
<i>Eunereis longissima</i>			1	
<i>Nephtys cirrosa</i>	24	36	3	34
<i>Nephtys hombergii</i>			19	
<i>Lumbrineris fragilis</i>	3	3		
<i>Goniadella bobretzki</i>			1	
<i>Scoloplos armiger</i>	1			
<i>Nerine cirratulus</i>				4
<i>Spio martinensis</i>		14	1	6
<i>Spiophanes bombyx</i>		1	3	3
<i>Magelona mirabilis</i>		1	1	
<i>Paraonis fulgens</i>	2			
<i>Capitella capitata</i>			1	
<i>Notomastus latericeus</i>	1		47	2
<i>Lanice conchilega</i>			1889	
<i>Pectinaria koreni</i>		1	5	
<i>Abra alba</i>			35	
<i>Macoma balthica</i>			1	
<i>Tellina fabula</i>			16	
<i>Ensis arcuatus</i>			2	
<i>Ensis directus</i>		2	1587	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>			1	2
<i>Bodotria scorpioides</i>		1		
<i>Cumopsis longipes</i>				1
<i>Pontocrates altamarinus</i>		1		5
<i>Bathyporeia elegans</i>			1	4
<i>Haustorius arenarius</i>	5			1
<i>Urothoe elegans</i>				5
<i>Urothoe poseidonis</i>			2	
<i>Portumnus latipes</i>		2		2
<i>Ophiothrix fragilis</i>		1		2
<i>Ophiura texturata</i>			1	
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	1	4		
<b>TOTAL INDIVIDUS</b>	<b>40</b>	<b>73</b>	<b>3692</b>	<b>73</b>

Tableau 8-3 : Station C, Analyse faunistique,  
nombre d'individus par m<sup>2</sup>

	Fév-92	Jun-92	Oct-92	Déc-92
<i>Nephtys hombergii</i>	0,3577	1,5299	1,7136	0,2143
<i>Lanice conchilega</i>	5,8634	3,9458	88,1028	0,4271
<i>Notomastus latericeus</i>	2,9412	8,0943	3,5904	0,5437
<i>Nassarius reticulatus</i>	24,3674	3,7897		
<i>Abra alba</i>	0,8516	2,0217	1,3566	0,2035
<i>Tellina fabula</i>	0,1693	0,3969	0,664	0,1007
<i>Ensis directus</i>	173,88	20,4646	87,5793	147,8838
<i>Ensis directus (corrigé)</i>	173,88	24,2116	103,0252	267,2991
Divers	9,6842	9,2692	7,67	1,9996
Total	218,1148	49,5121	190,6767	151,3727
Total corrigé / <i>Ensis directus</i>	218,1148	53,2591	206,1226	270,788

Tableau 8-4 : Station B, Biomasse globale en mg/m<sup>2</sup>

	Fév-92	Jun-92	Oct-92	Déc-92
<i>Nephtys cirrosa</i>	0,1994	0,3774		0,2374
<i>Lumbrineris fragilis</i>	0,2206			
<i>Lanice conchilega</i>		0,4553	22,3556	
<i>Abra alba</i>			0,1068	
<i>Tellina fabula</i>			0,0701	
<i>Ensis directus</i>		0,1841	210,9831	
<i>Ensis directus corrigé</i>		0,1841	271,913	
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	0,0601	0,6613		
Divers	0,0141	0,2522	1,2873	0,6445
Total	0,4942	1,9303	234,8029	0,8819
Total corrigé / <i>Ensis directus</i>	0,4942	1,9303	295,7328	0,8819

Tableau 8-5 : Station C, Biomasse globale en mg/m<sup>2</sup>

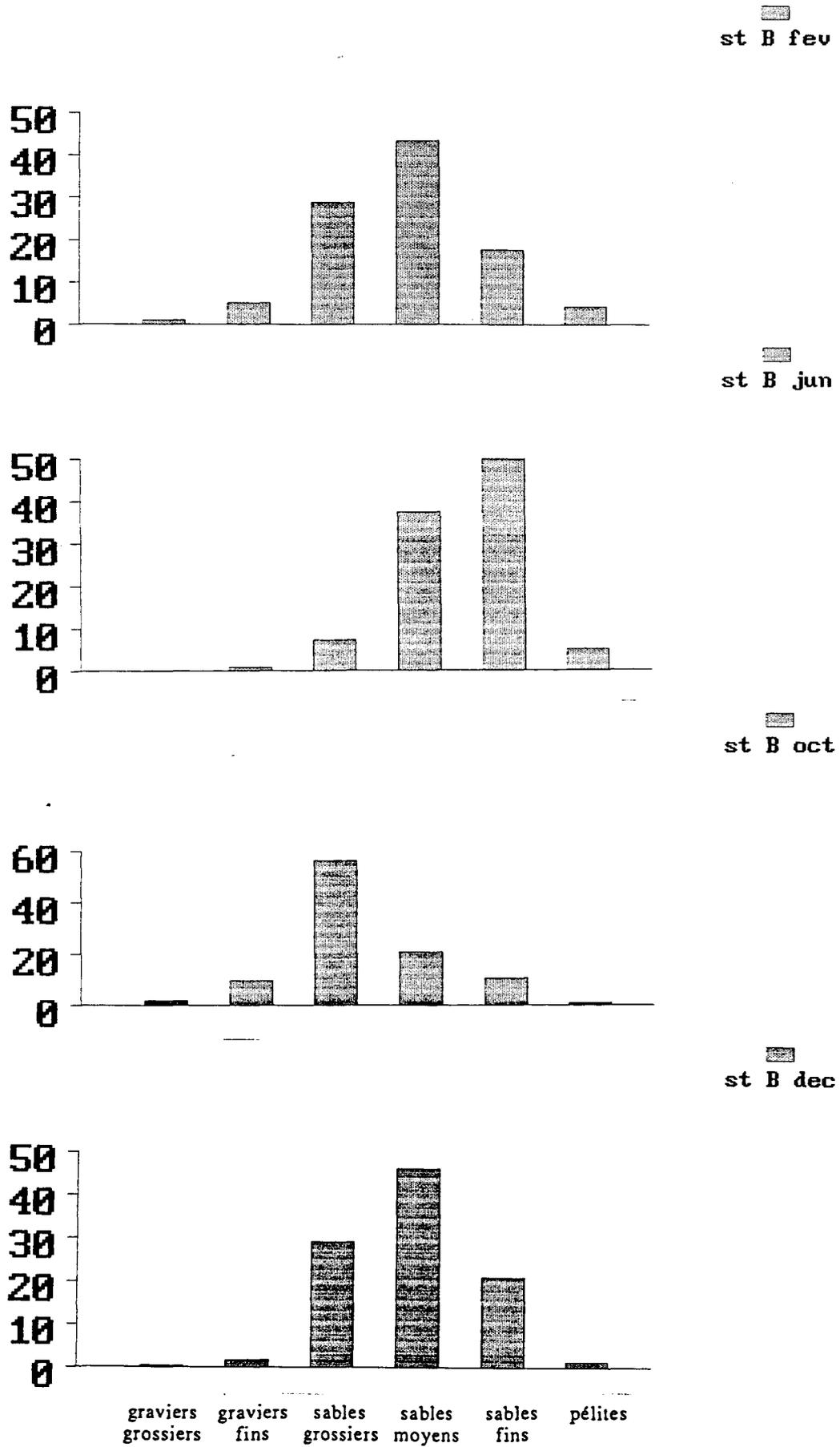
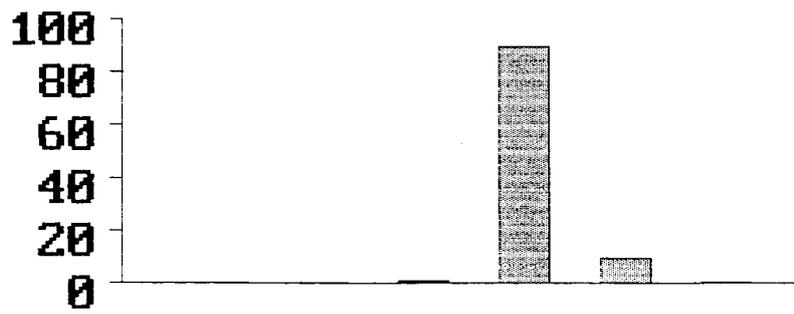
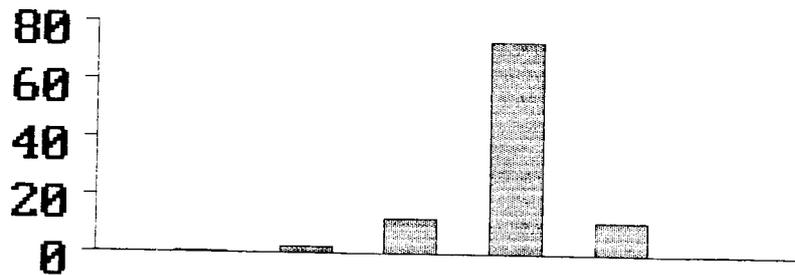


Figure 8-1 : Evolution de la structure granulométrique du sédiment à la station B en 1992

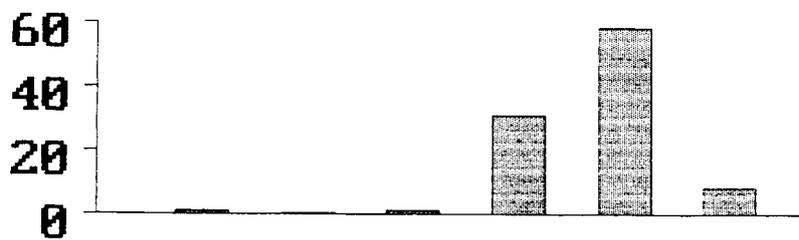
st C fev



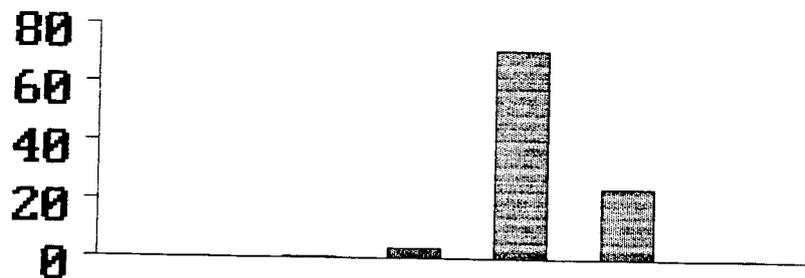
st C jun



st C oct

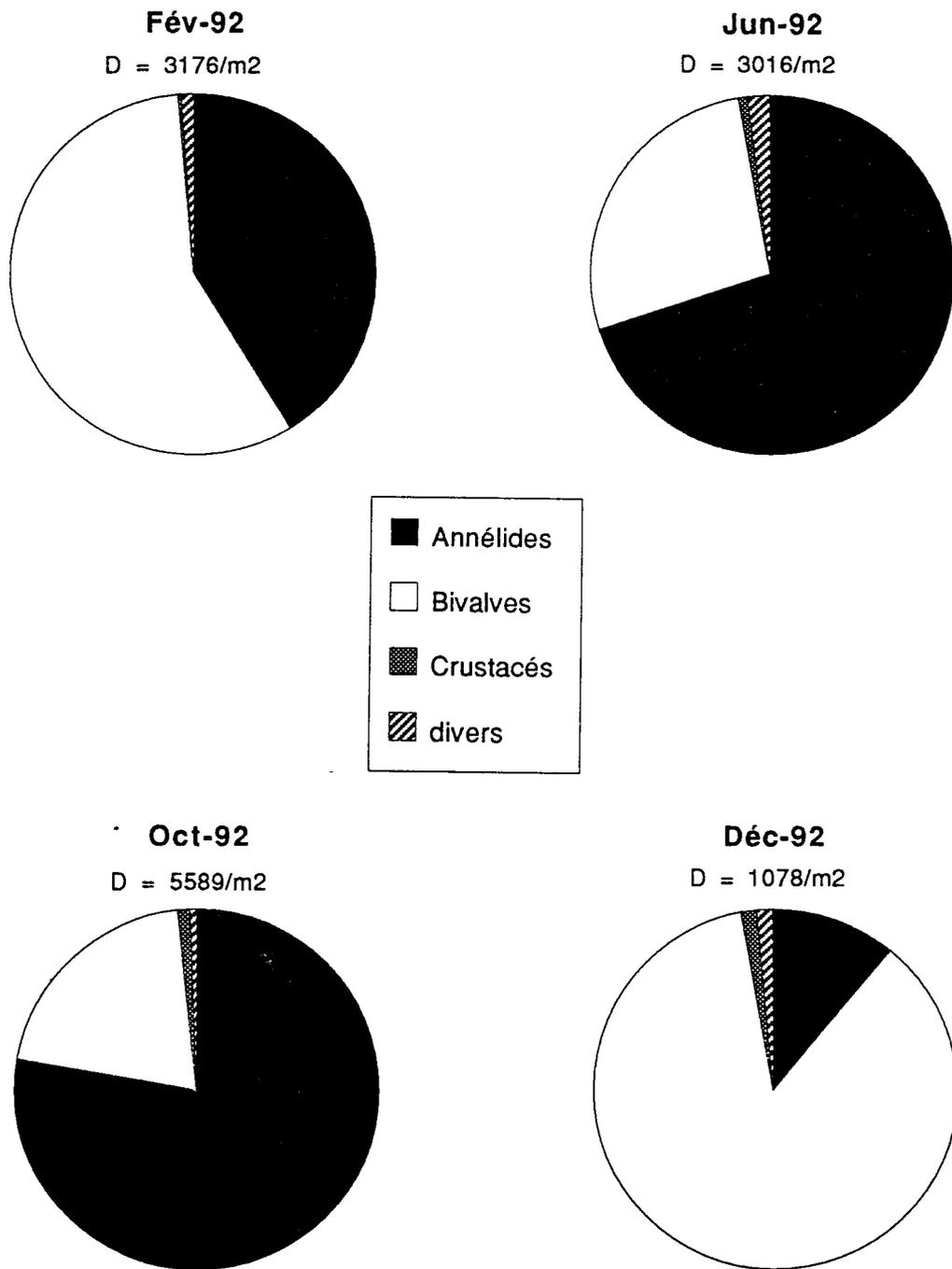


st C dec

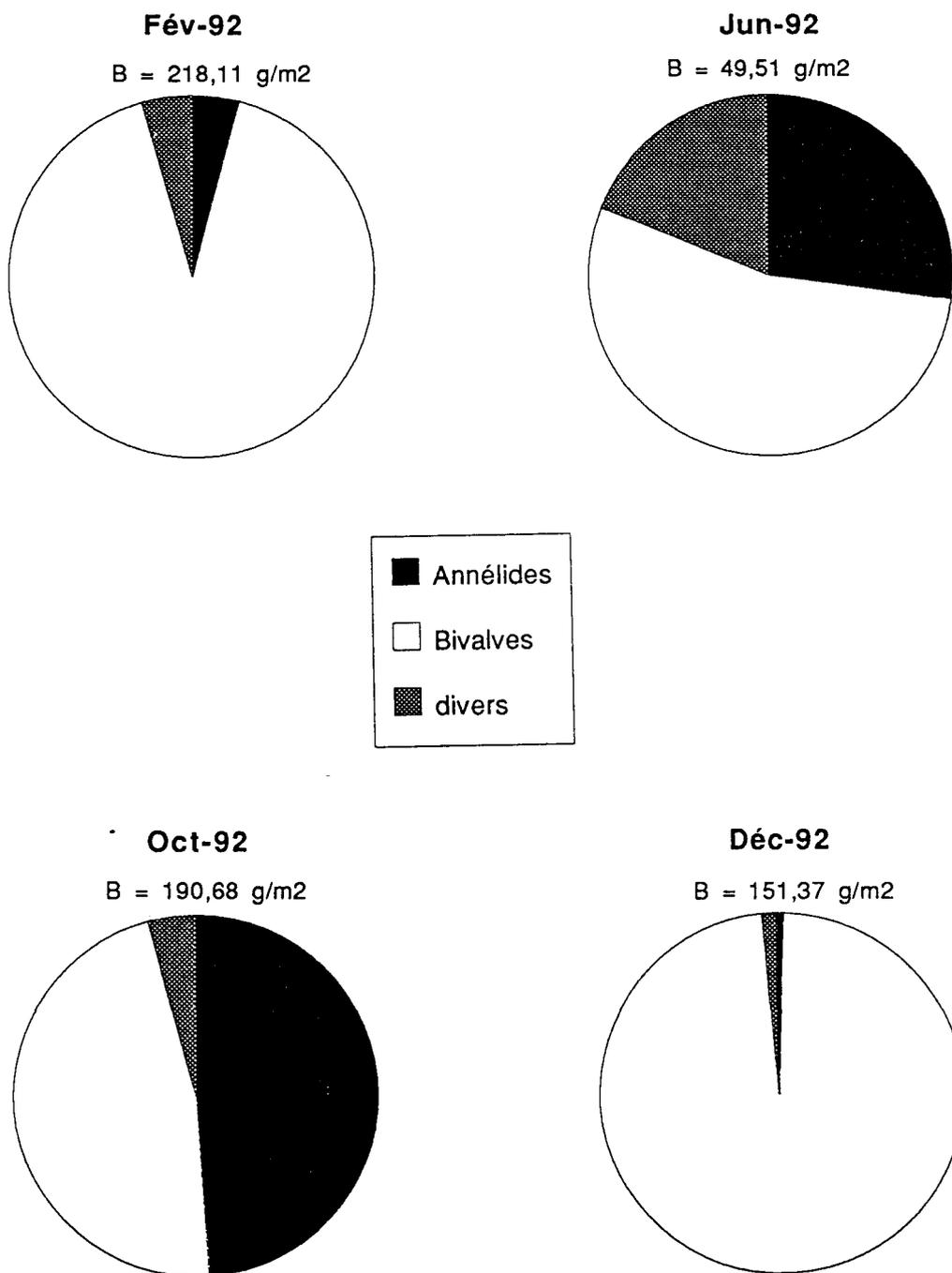


graviers grossiers    graviers fins    sables grossiers    sables moyens    sables fins    pélites

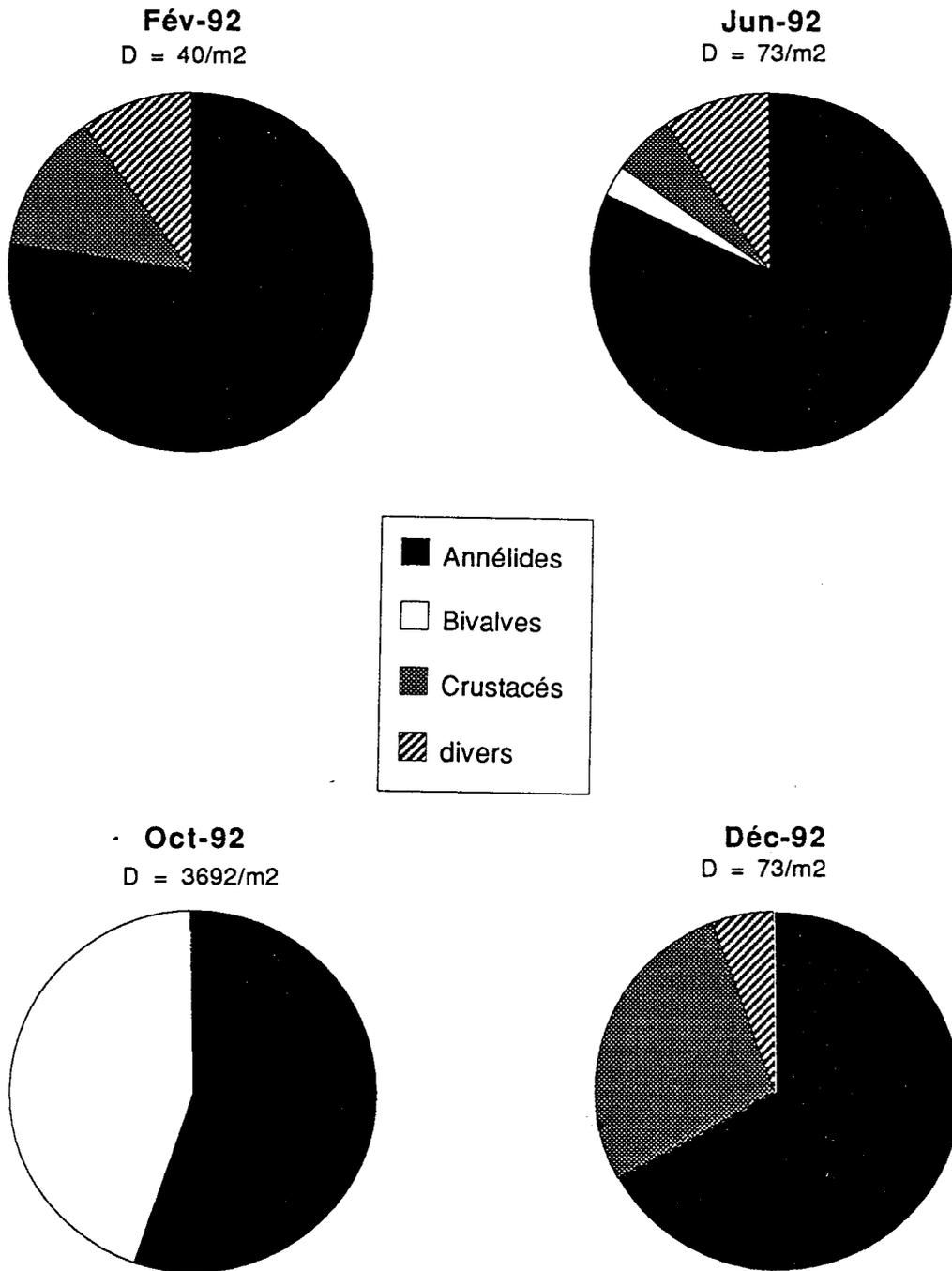
Figure 8-2 : Evolution de la structure granulométrique du sédiment à la station C en 1992



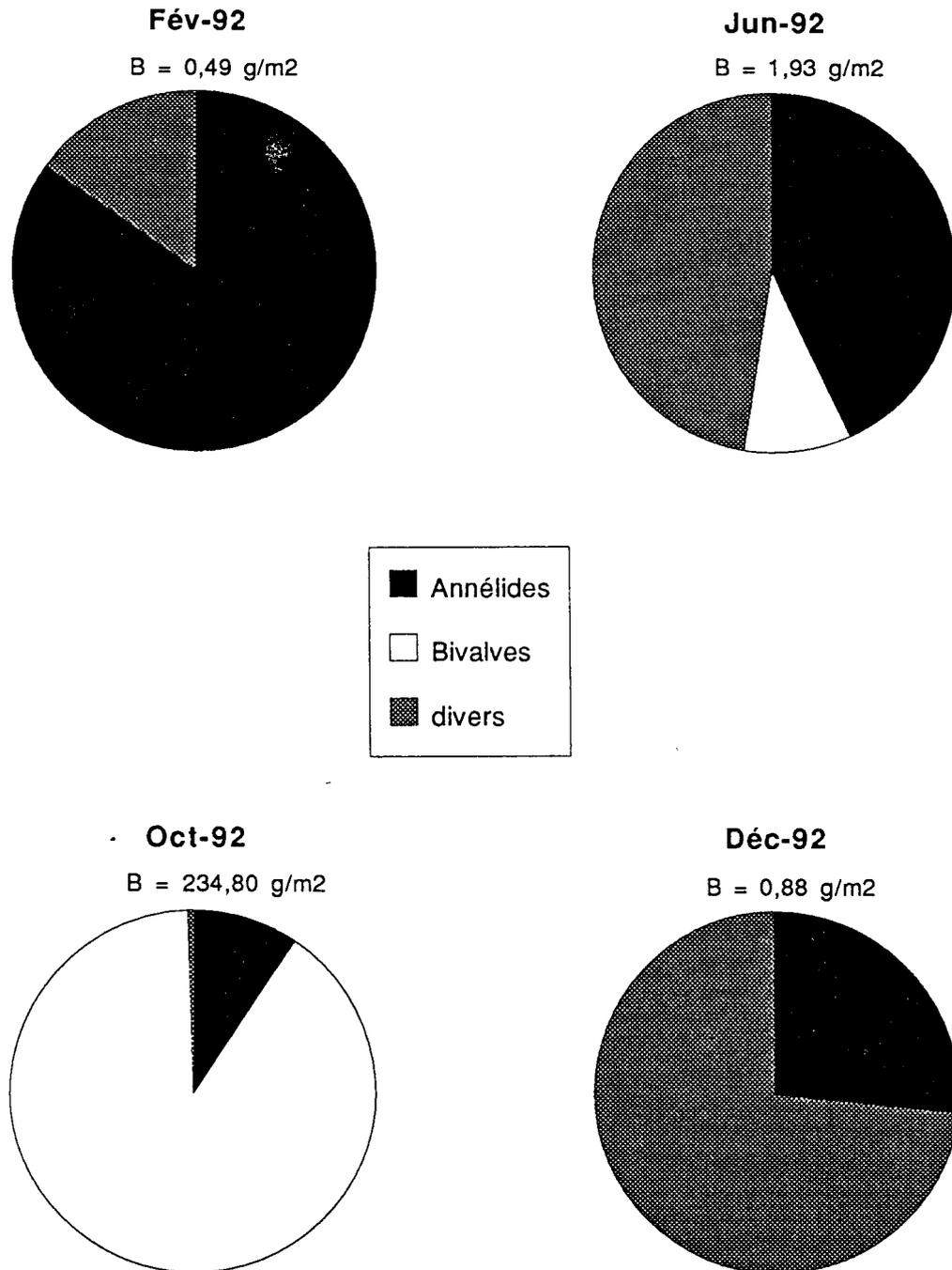
**Figure 8-3 : Station B , Importance relative des différents groupes zoologiques (densité)**



**Figure 8-4 : Station B , Importance relative des différents groupes zoologiques (biomasse)**



**Figure 8-5 : Station C , Importance relative des différents groupes zoologiques (densité)**



**Figure 8-6 : Station C , Importance relative des différents groupes zoologiques (biomasse)**

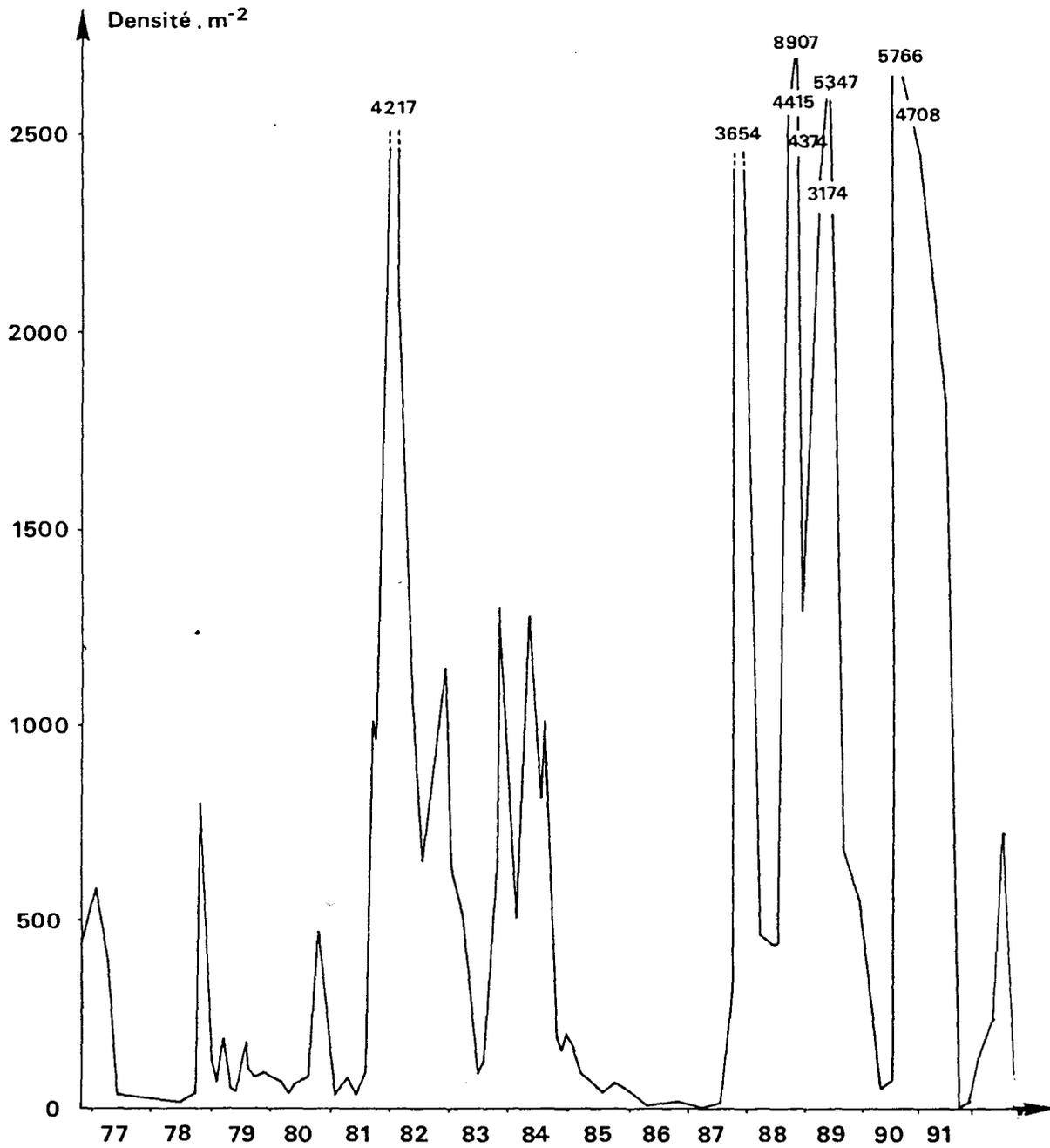


Figure 8-7 : *Abra alba*, variations de la densité de population

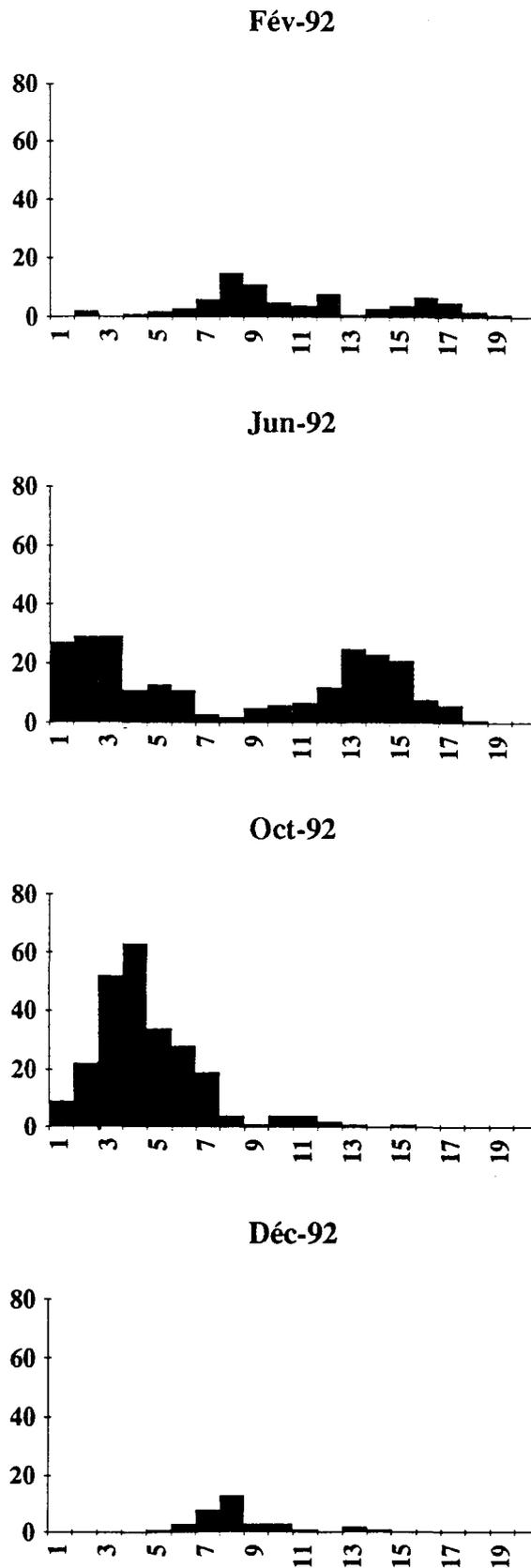


Figure 8-8 : *Abra alba*, Histogrammes des fréquences de taille

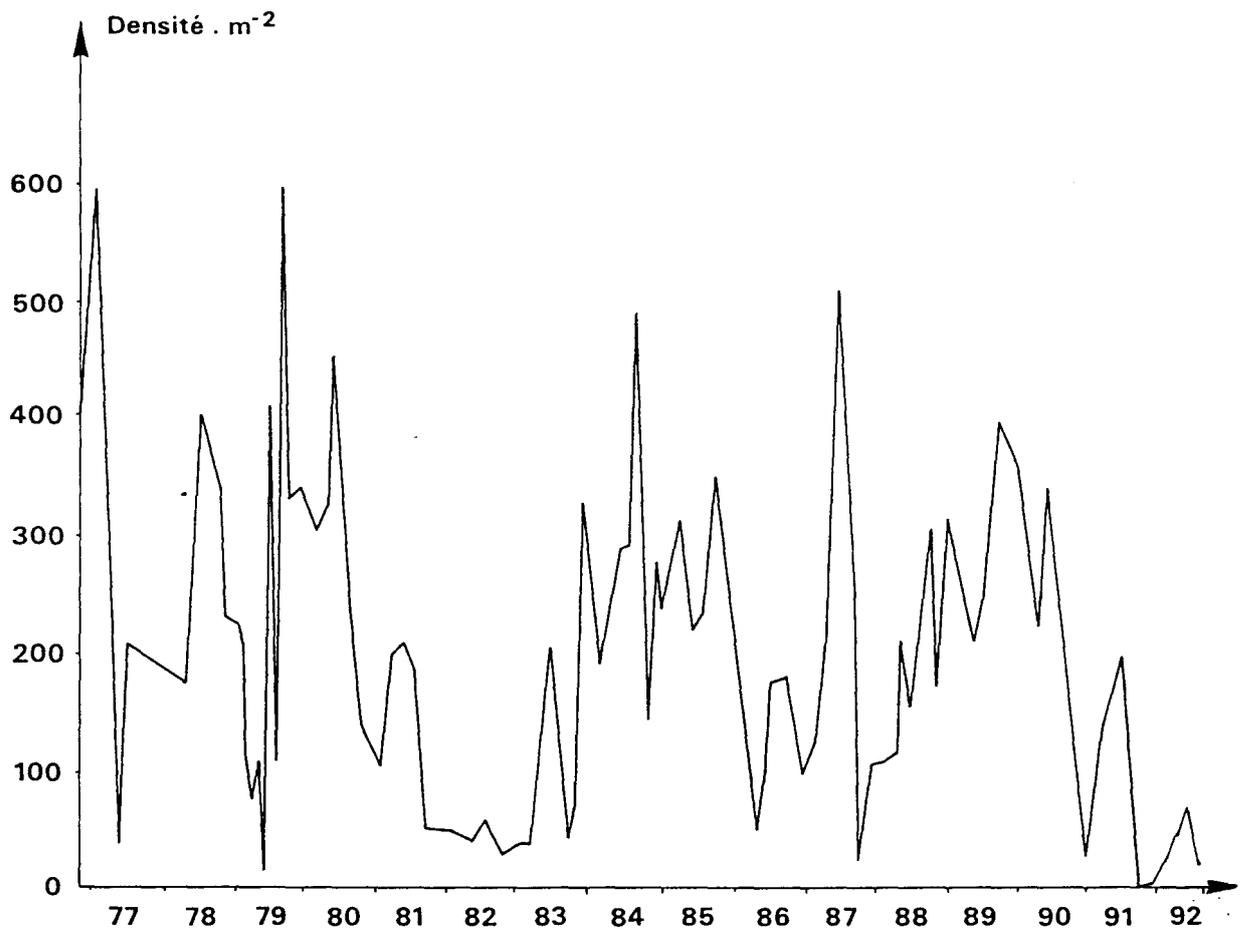


Figure 8-9 : *Tellina fabula*, variations de la densité de population

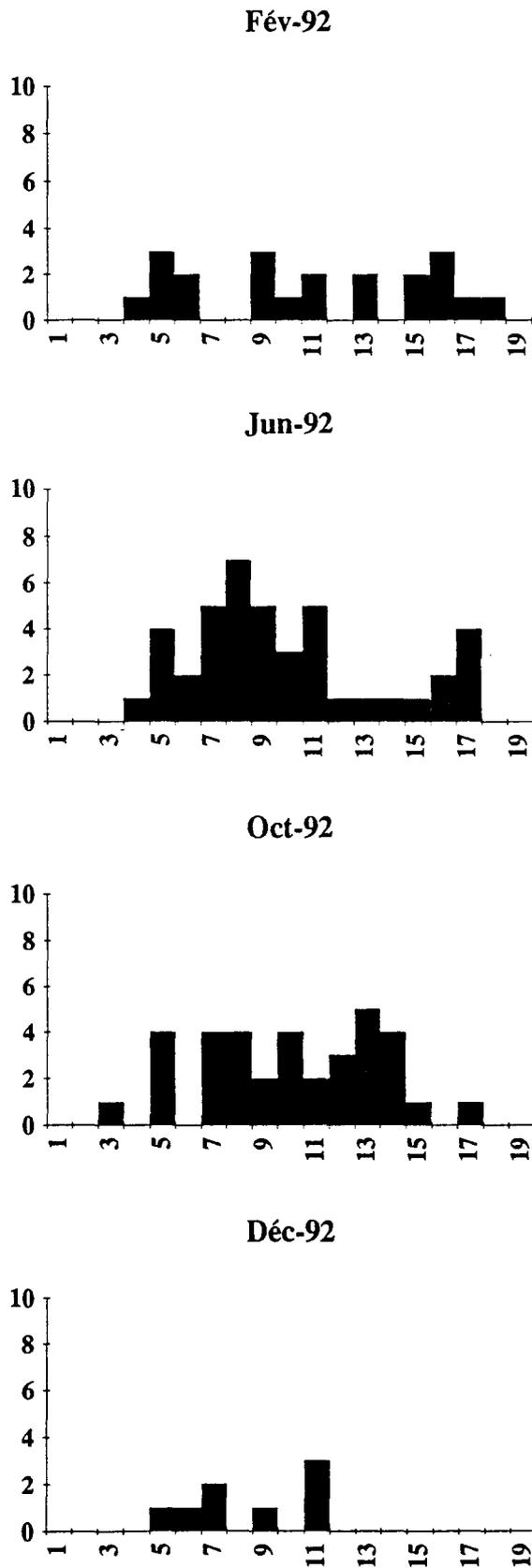


Figure 8-10 : *Tellina fabula*, Histogrammes des fréquences de taille

## RESUME

Pendant la période novembre 1991 - octobre 1992 la puissance de fonctionnement de la centrale a varié de 3 à 6 tranches de 900 MW, les débits d'eau de refroidissement des condenseurs ont varié de 160 à 240 m<sup>3</sup>/s. Le réchauffement moyen annuel mesuré dans le canal de rejet est 9.3°C. La chloration de 0.8 mg/l est appliquée au circuit de refroidissement quand la température au canal d'entrée est supérieure à 10°C. Le bromoforme principal halogéné formé au rejet présente une valeur moyenne de 16.5 µg/l. Aucun solvant volatil n'a été mis en évidence. Le taux de recirculation de l'eau de refroidissement est estimé à 4.7 %.

Le passage de l'eau dans l'ensemble constitué par la centrale électrique et les installations aquacoles entraîne une multiplication du nombre de vibrions d'un facteur moyen annuel de 200. La grande diversité mise en évidence est confirmée. Le rôle de l'aquaculture dans la modification de la flore bactérienne est mis en évidence.

L'impact sur le milieu pourrait être modifié par les apports en matière organique en liaison avec l'extension de la ferme aquacole et les apports de sels et d'azote par la mise en service de Euro Aspartam.

L'impact se traduit sur le phytoplancton par un déficit en chlorophylle de 57 % au printemps et 70 % à l'automne. Les espèces zooplanctoniques qui subissent le plus fort déficit sont les appendiculaires, les oeufs de poissons, les larves d'annélides, de même que les dinoflagellés noctiluques. Les eaux échauffées sont favorables aux *Acartia clausi*, *Euterpina acutifrons*, *Paracalanus parvus* qui maintiennent leur abondance à un haut niveau.

Une surveillance accrue doit continuer sur le développement du gastéropode *Crepidula* dont les larves sont déterminées dans le plancton. Les deux espèces halieutiques étudiées en surveillance, la Sole et le Sprat, montrent une précocité de pontes en 1992 avec des abondances normale pour la Sole et déficitaire pour le Sprat. Les pontes de 1992 relativement précoces se soldent par un mauvais recrutement. Aucun phénomène anormal n'a été observé dans l'évolution du zooplancton halieutique.

L'estran montre en général une évolution bionomique en liaison avec l'évolution de la dune hydraulique et l'influence de trois facteurs principaux : courantologie, dessalure et température.

En 1992 la dessalure ne semble pas avoir agi sur la structure bionomique du peuplement contrairement à l'année précédente et en 1992 aucune espèce à affinité estuarienne n'a été rencontrée. *Spio martinensis* est toujours localisé à l'ouest subissant l'impact thermique à l'est. La population montre une densité en décroissance constante (12/m<sup>2</sup>). L'évolution de la biomasse globale montre la disparition de *Cerastoderma edule* compensée par l'arrivée de *Ensis directus*.

L'étude du peuplement à *Abra alba* montre que l'impact de la centrale ne semble pas s'exercer à plus de 500 mètres du rejet sur le benthos subtidal, le déficit étant estimé à 110 tonnes de poids sec décalcifié sur la totalité de la surface estimée impactée.

