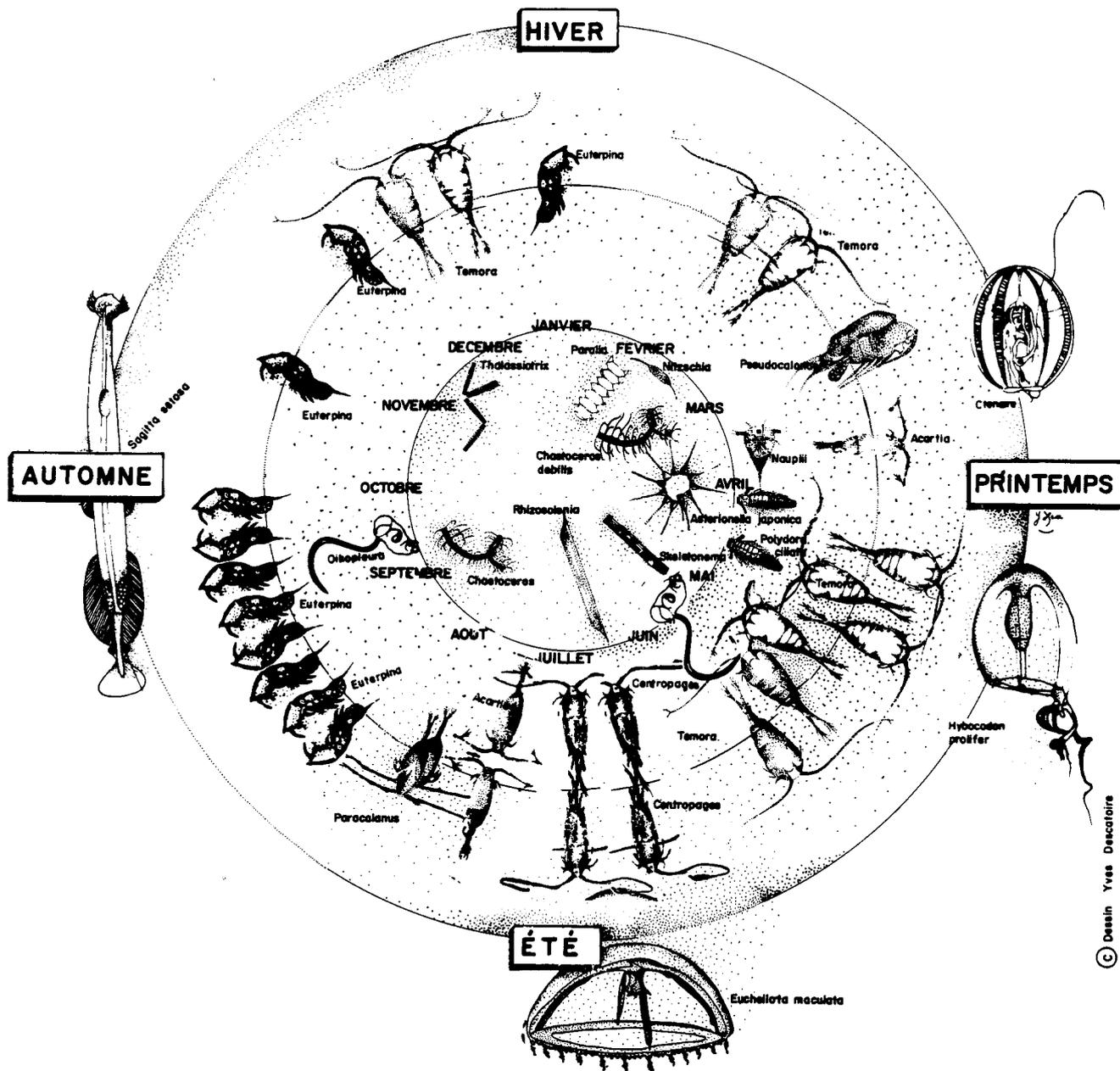


Surveillance écologique et halieutique Site de GRAVELINES

RAPPORT ANNUEL
Novembre 1990 – Octobre 1991



© Dessin Yves Descatoire

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

DEL 92.14
-Avril 1992-

IFREMER - Centre de Brest
B.P. 70
29280 Plouzané
tél. 98.22.40.40
fax. 98.22.45.48
tlx. 940 627

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE
L'AMENAGEMENT LITTORAL

AUTEUR (S) :	CODE : N° DEL/92.14
TITRE : Surveillance écologique et halieutique du site de Gravelines. Novembre 1990 - Octobre 1991.	Date : Avril 1992 Tirage nb. : 100 Pages nb. : 118 Figures nb.: Photos nb. :
CONTRAT (intitulé) N° 8.C.90 537 Avenant n° 2	DIFFUSION : Libre X Restreinte Confidentielle

RESUME

La période étudiée, novembre 1990 - octobre 1991, correspond au 13^e rapport de surveillance. La puissance de fonctionnement de la centrale varie de 3.3 à 5.7 tranches. Le réchauffement moyen au rejet est 8°9 et la valeur moyenne du bromoforme de 10.3 µg/l. Le taux de recirculation de l'eau de refroidissement est estimé à 6.6 %. La multiplication des vibrions est stimulée par l'échauffement et de l'ordre d'un facteur 100 au rejet.

L'impact se traduit sur le phytoplancton par un déficit en chlorophylle de 50 %. La destruction du plancton lors du transit est mise en évidence sur les cellules phytoplanctoniques, les noctiluques, les larves de *Lanice*, les copépodes *Temora longicornis*. L'impact sur l'estran s'est marqué par la poursuite de l'évolution bionomique en liaison avec l'évolution de la dune hydraulique, la biomasse moyenne diminue de 45 % par rapport à l'année 1990. Les spionidae *Spio martinensis* et *Pygospio elegans* restent en compétition.

L'évolution saisonnière sur le site est marquée par un réchauffement printanier précoce, marqué par un développement en mars de *Phaeocystis* et en avril de noctiluques.

On signale dans le plancton des larves de crépidules et dans le benthos *Ensis directus*.

Mots-clés : Sud Mer du Nord ; Gravelines ; Centrale nucléaire ; Milieux pélagique et benthique ; Impact.

Key words : Southern North Sea ; Gravelines ; Nuclear power plant ; Pelagic and benthic ecosystem ; Impact.

SOMMAIRE

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
Benoist HITIER (2) et Hubert GROSSEL (3)	
5. Zooplancton et noctiluques.....	45
Geneviève LE FEVRE-LEHOËRFF (4)	
6. Halieutique.....	67
Daniel WOEHLING (3)	
7. Benthos intertidal.....	75
Jean-Marie DEWARUMEZ et Dominique MENU (5)	
8. Benthos subtidal.....	97
Jean-Marie DEWARUMEZ et Dominique MENU (5)	

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

(1) Institut Pasteur de Lille - Laboratoire de Gravelines

(2) IFREMER Boulogne DEL

(3) IFREMER Nantes

(4) IFREMER Brest DEL

(5) Station Marine de Wimereux

I N T R O D U C T I O N

Ce rapport de travail présente les résultats obtenus pour la période de novembre 1990 à octobre 1991 devant la centrale de Gravelines et correspond au 13ème rapport de surveillance.

La surveillance écologique du site consiste à observer, en liaison avec les variations naturelles et celles dues au fonctionnement de la centrale, le milieu physique et biologique. Nous nous sommes attachés à déceler les changements qui peuvent intervenir dans la qualité et la biomasse des écosystèmes.

Nous avons réuni les résultats concernant les différentes études biologiques : microbiologique, planctonique, halieutique et benthique. L'ensemble des travaux traite des domaines suivants :

- Climatologie et fonctionnement de la centrale.
- Hydrobiologie et paramètres physico-chimiques.
- Microbiologie.
- Phytoplancton et production primaire.
- Zooplancton.
- Halieutique.
- Benthos intertidal et subtidal.

Les différents laboratoires ayant contribué à ce travail sont les laboratoires IFREMER de Brest, Nantes, Boulogne, la Station Marine de Wimereux et l'Institut Pasteur de Lille (laboratoire de Gravelines).

Les données concernant le fonctionnement de la centrale ont été communiquées par la Sous-unité Technique de Gravelines.

La responsabilité de mise en forme du rapport et la coordination ont été assurées par Geneviève LE FEVRE-LEHOERFF.

CHAPITRE 1

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.

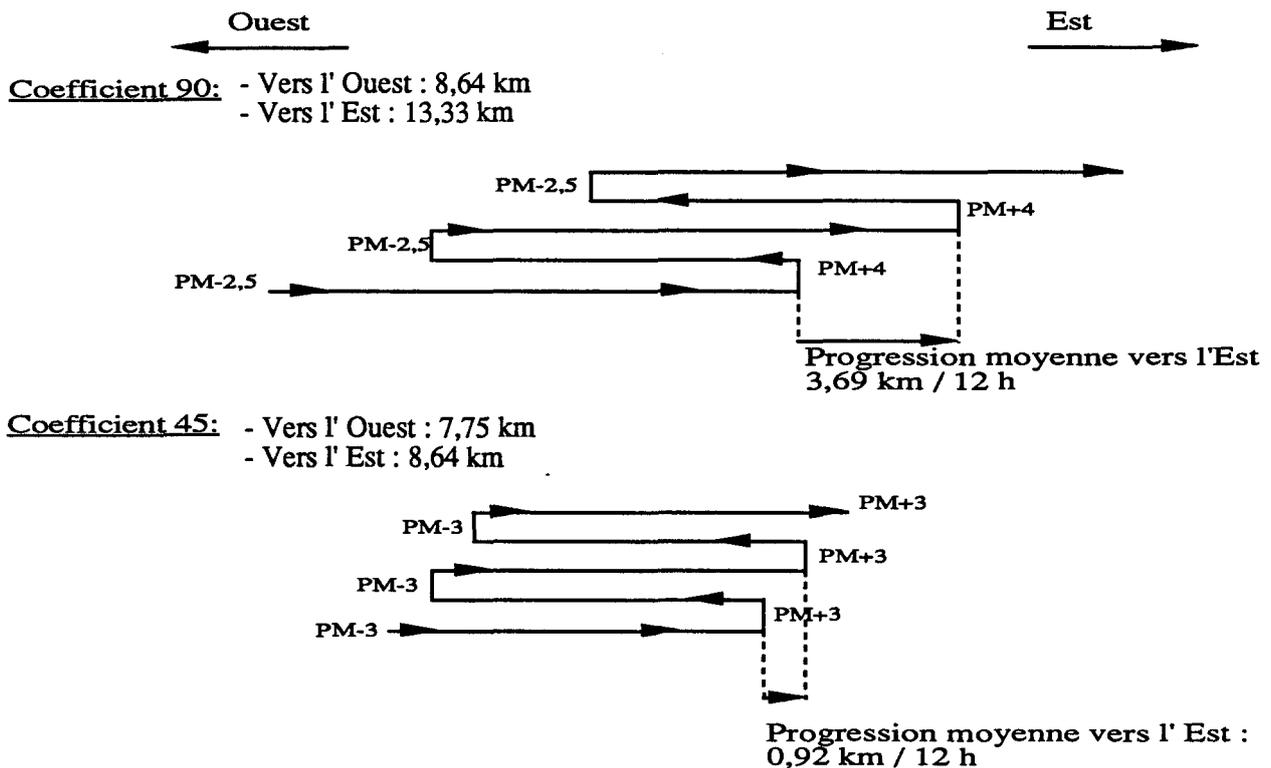


Fig 1.1. : Schéma des courants devant Dunkerque

1.2.HYDROGRAPHIE

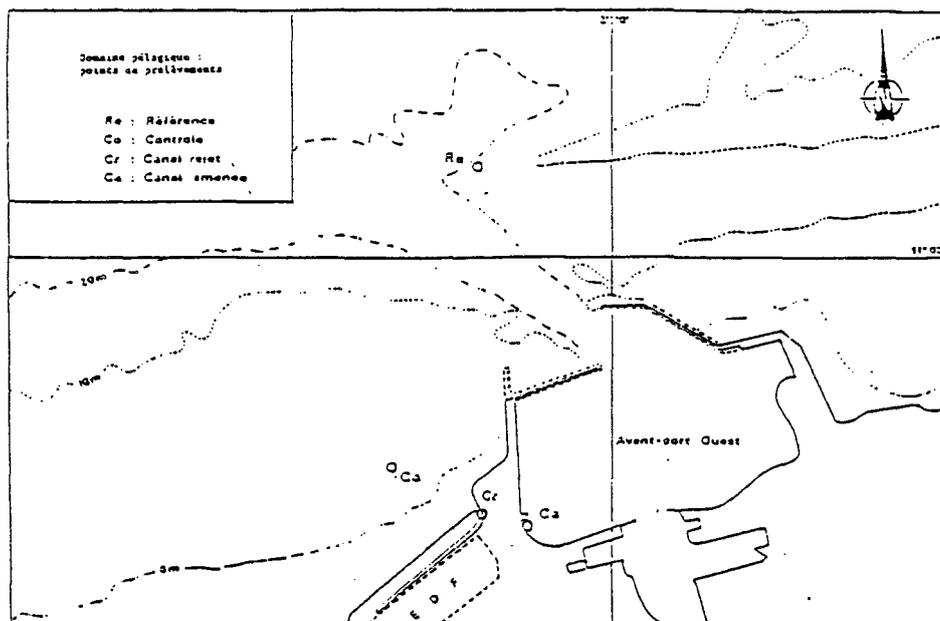
L'apport continental le plus proche est constitué par l'Aa , petit fleuve côtier qui draine l'arrière pays (région de Saint- Omer) et la plaine maritime . En raison de la très faible altitude de cette plaine , les écoulements à la mer sont contrôlés par des écluses . Il en est de même pour les deux autres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

Débits moyens estimés:

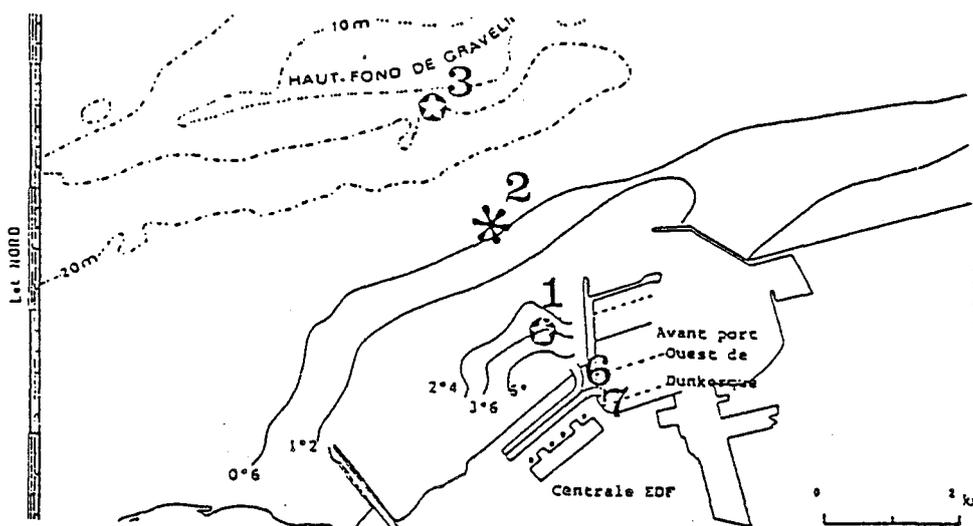
Canal de Dunkerque: 4,6 m³/s

Fleuve Aa: 7,5 m³/s

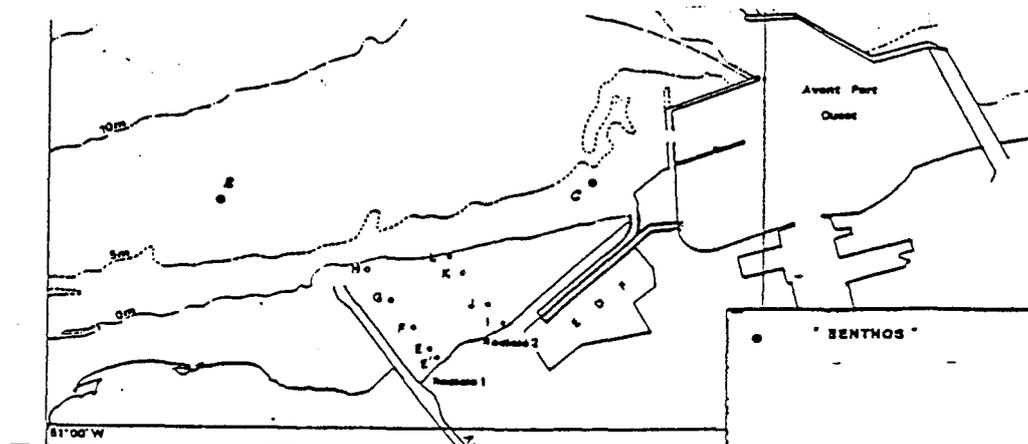
Canaux de Calais: 3,0 m³/s



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 marque un retour à des précipitations d'abondance normale après deux années déficitaires.

L'été fut particulièrement contrasté avec une pluviosité double de la normale en juin et juillet (2ème valeurs enregistrées depuis 1947), associée à un mois d'août extrêmement sec (en dessous du record de 1947).

En ce qui concerne les températures atmosphériques, elles sont dans l'ensemble voisines de la normale. Le mois de février est marqué par une première décade de gelée continue. Une période chaude et sèche est observée durant le mois d'août et les trois premières décades de septembre.

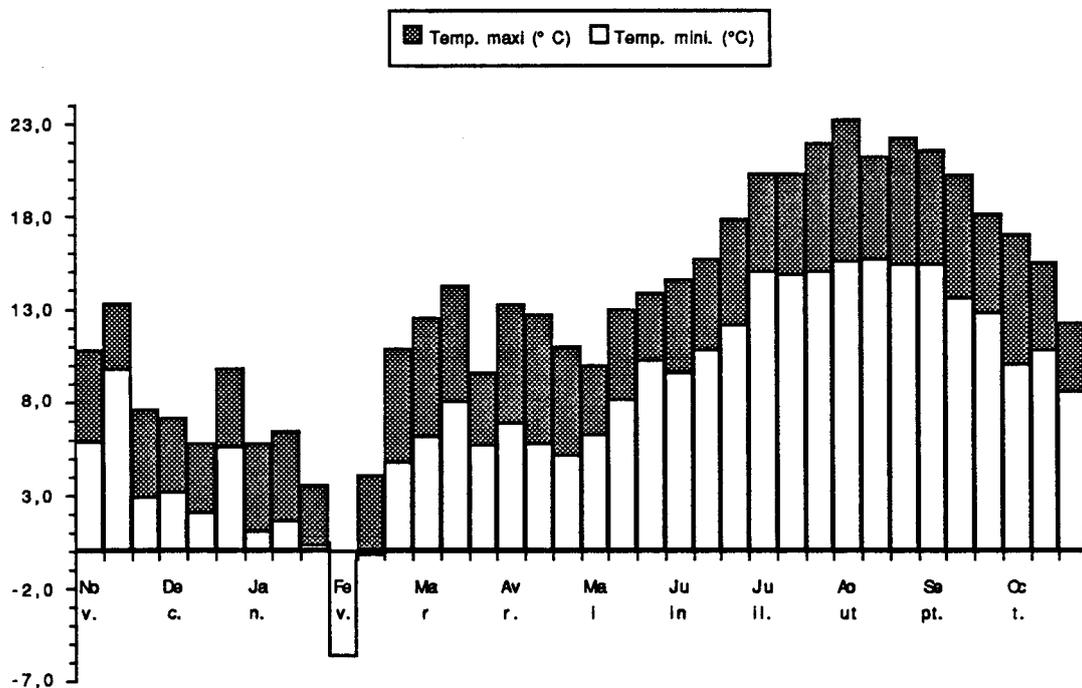


Fig 1.2. : Températures moyennes par décades à Dunkerque (°C)

Les précipitations plus abondantes que lors de la période précédente 1989-1990 se traduisent en mer par des salinités plus basses en été; en effet, les valeurs inhabituelles de la période précédentes (supérieures à 35 ‰) n'ont pas été observées.

Les mesures réalisées à la Prise d'eau de la centrale entre le premier juin et le 30 septembre 1991 ont montré des valeurs de salinité variant entre 33,43 et 34,89 ‰.

Le passage plus fréquent de dépressions se traduit également par un nombre élevé de jours (101) avec des vents dépassant 16 m/s.

Précipitations (mm)

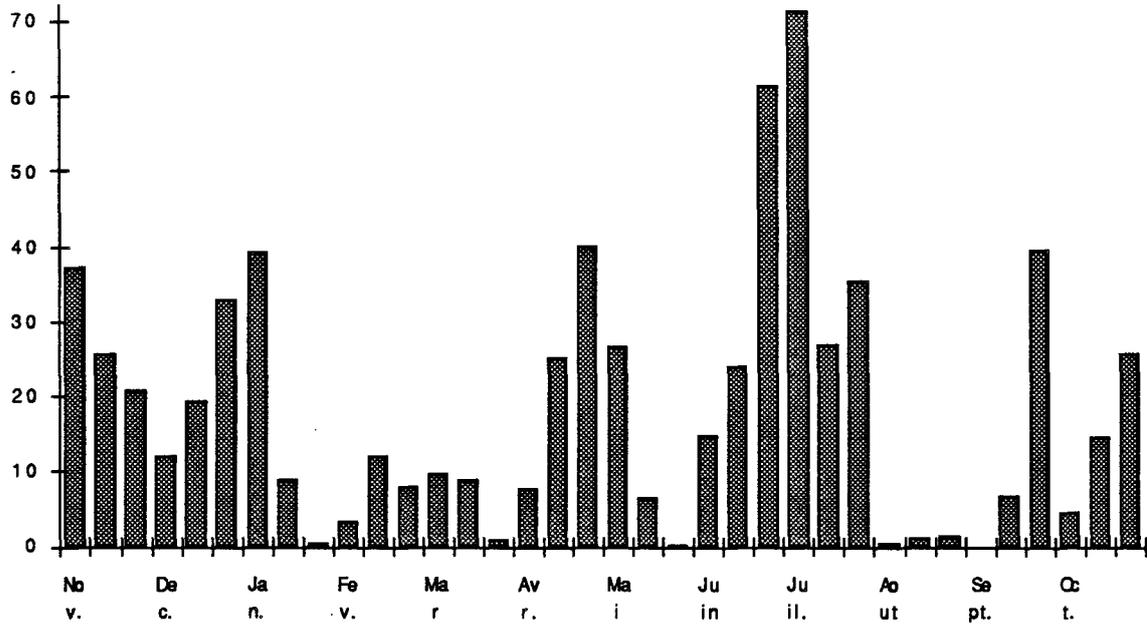


Fig 1.3. : Précipitations par décades à Dunkerque (mm)

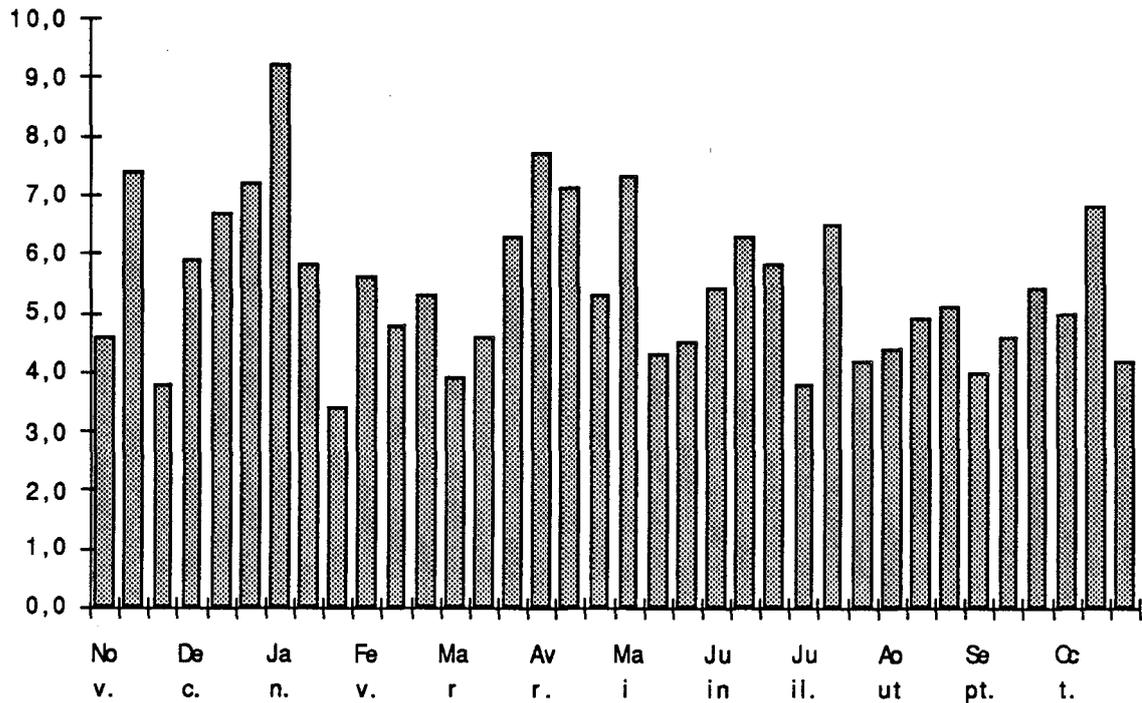


Fig 1.4. : Vitesse moyenne du vent par décades à Dunkerque (m/s)

1.4. FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

Selon les données communiquées par le Centre de Production Nucléaire de Gravelines, la puissance électrique produite a varié entre 3,3 et 5,7 tranches de 900 MW durant la période de cette étude. Les débits d'eau de mer de refroidissement des condenseurs sont légèrement supérieurs et correspondent à l'équivalent de 4 à 6 tranches.

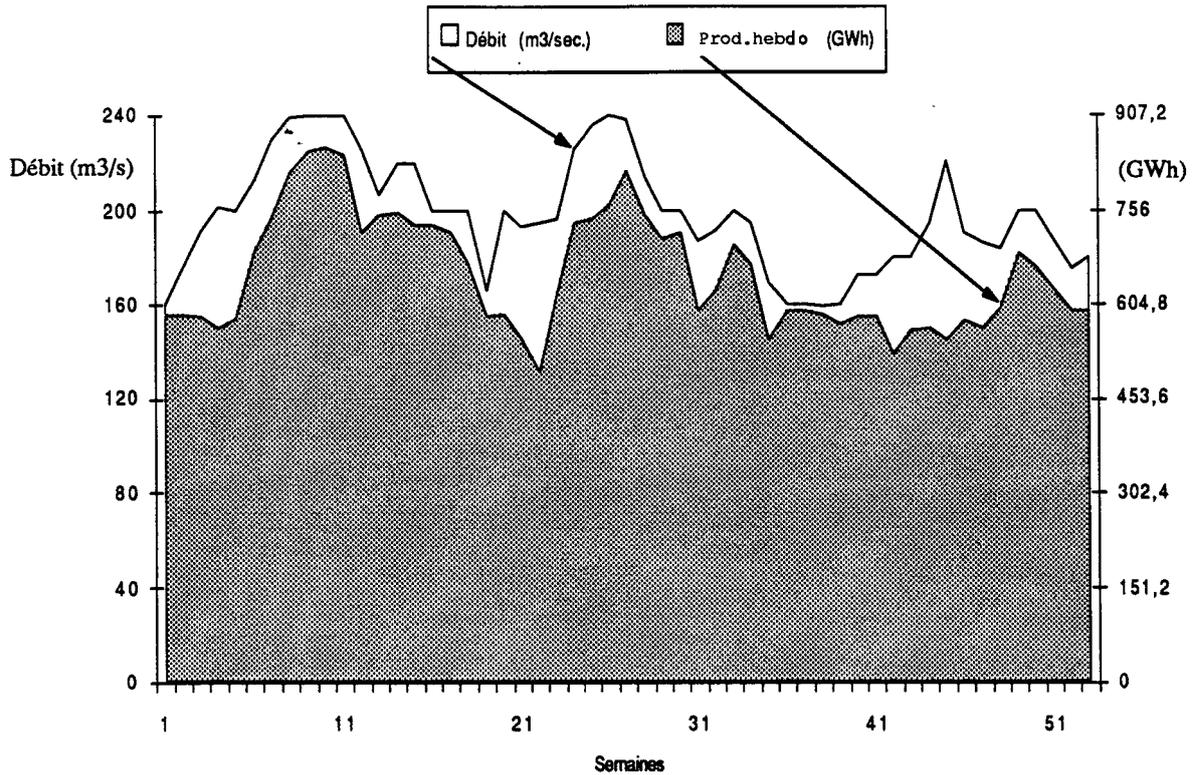


Fig 1.5. : Fonctionnement de la centrale de novembre 1990 à octobre 1991

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.

Sur cette base de calcul, l'augmentation moyenne de la température de l'eau au rejet est de $9,58^{\circ}\text{C}$. Cette valeur est pratiquement identique à celle de la période précédente 1989-1990 et elle peut être rapprochée de l'échauffement mesuré chaque semaine de façon instantanée : $8,90^{\circ}\text{C}$ pour cette période 1990-1991.

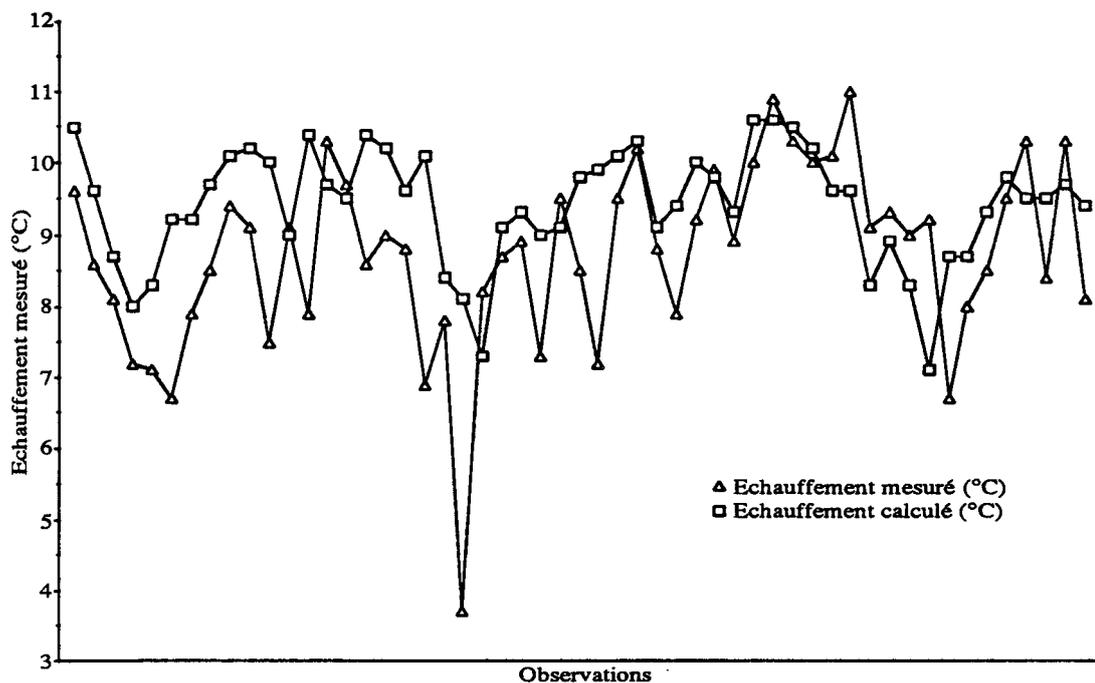


Fig 1.6. : Comparaison des échauffements mesurés et calculés

CHAPITRE 2

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 troisième année consécutive dans le domaine pélagique .

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

A terre, des prélèvements hebdomadaires sont réalisés 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.

Paramètres	Janvier	Fevrier-Mars-Avril	Mai	Juin-Juillet-Août	Septembre	Octobre-Novembre-Décembre
Température Chlore Haloformes Vibrions	Hebdo.	Hebdo.	Hebdo.	Hebdo.	Hebdo.	Hebdo.
Chlorophylle	Mensuel	Hebdo.	Hebdo.	Hebdo.	Hebdo.	Mensuel
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

Date	Pleine mer (T.U. + 2)	Coef	Heures de prélèvement (T.U.+ 2)			
			Prise	Rejet	Contrôle	Référence
22/05/91	08h39	55	09h10	08h30	07h50 à 08h25	08h45 à 09h10
23/09/91 26/09/91	15h03	97	11h15	11h20	12h15 à 12h40	11h20 à 11h40

Tab.2.2. : Calendrier des campagnes pélagiques

2.2.2. Fonctionnement de la Centrale lors des campagnes

Campagne	Jours	Puissance (MW /h)	Débit (m3/s)	Chloration (% du débit chloré)
22/5/91	21/5/91	4400	200	80 %
	22/5/91	4450	200	80 % (60 % de 11 à 13h)
23 et 26/9/91	23/9/91	2500 (de 7 à 24h)	180	67 %
	26/9/91	3500	180	100 % de 0h à 9h 67 % de 9h à 24h

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

2.2.3. Structure hydrologique

Les structures thermiques observées en mai et septembre 1991 sont représentées ci-après. La température mesurée au canal d'entrée est très proche de celle au point du large (Référence). La différence est inférieure à 0,5 °C et n'est que le reflet du gradient naturel entre la côte et le large sur des petits fonds de 10 mètres seulement (Carte Figure 1). Au point Contrôle, seules les eaux proches de la surface sont concernées par le panache de rejet.

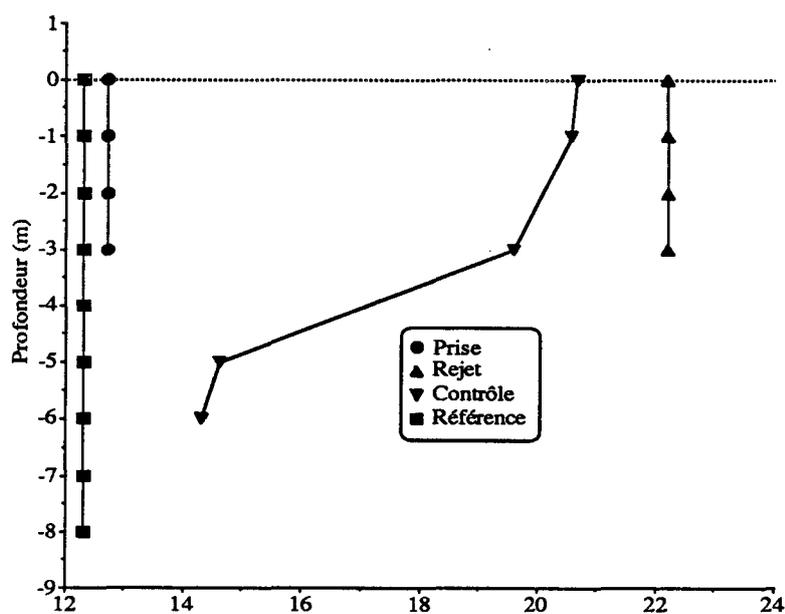


Fig.2.4. : Profil thermique lors de la campagne de mai 1991

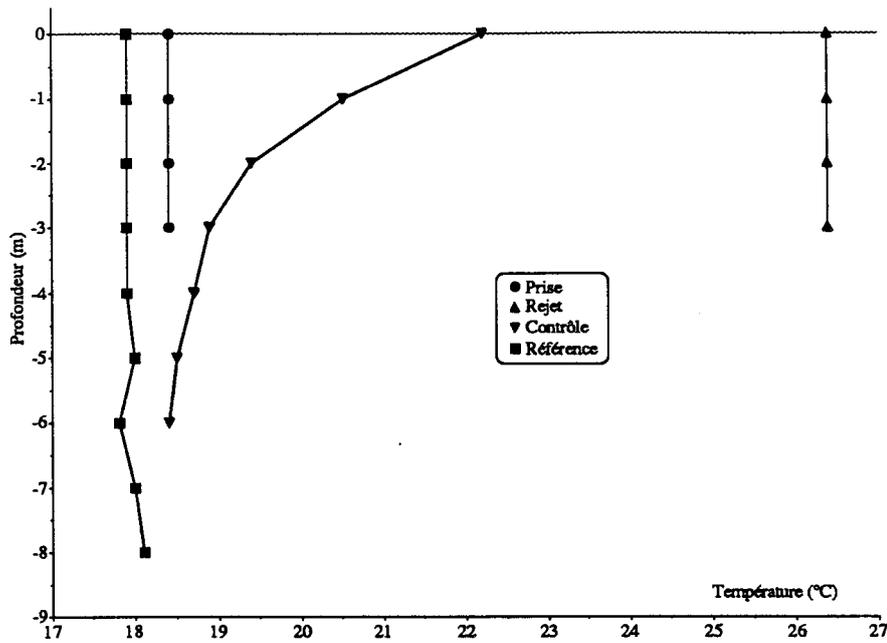


Fig.2.5. : Profil thermique lors de la campagne de septembre 1991

Date	Profondeur (m.)	Prise d'eau	Rejet	Contrôle	Référence
22/5/1991	Surface	33,45	33,45	33,44 33,44	33,48
	Fond			33,43 33,43	
23 & 26/09/91	Surface	34,69	34,68	34,65	34,66
		34,68	34,69	34,67	34,66
		34,64	34,67	34,66	
		34,69	34,69	34,67	
	Mi-profondeur				34,67 34,67
Fond			34,65 34,68 34,68 34,68	34,67 34,67	

Fig.2.6. : Profils de salinité lors des deux campagnes en mer de 1991

L' étude des profils de salinité obtenus lors des deux campagnes de prélèvement ne montre pas de différence significative entre les différents points. 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' est de la zone.

Le panache de rejet de la centrale est visible en raison de son échauffement mais aussi de façon plus directe par la turbidité plus faible de ces eaux. La profondeur à laquelle le disque de Secchi n' est plus visible est de 1m au contrôle contre 1,9m au point référence en mai 1991. il en est de même en septembre où les profondeurs de disparition sont respectivement de 0,75m au contrôle et de 1,75m au point Référence.

CHAPITRE 3

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 (3,1°C) est observée le 13 février à la suite de la période froide de la première décade de ce mois (Fig 2).

La température la plus élevée est relevée le 26 août soit 20,2°C. Ce maximum est moins élevé que ceux des deux années précédentes (1989: 21,1°C --1990: 20,5 °C).

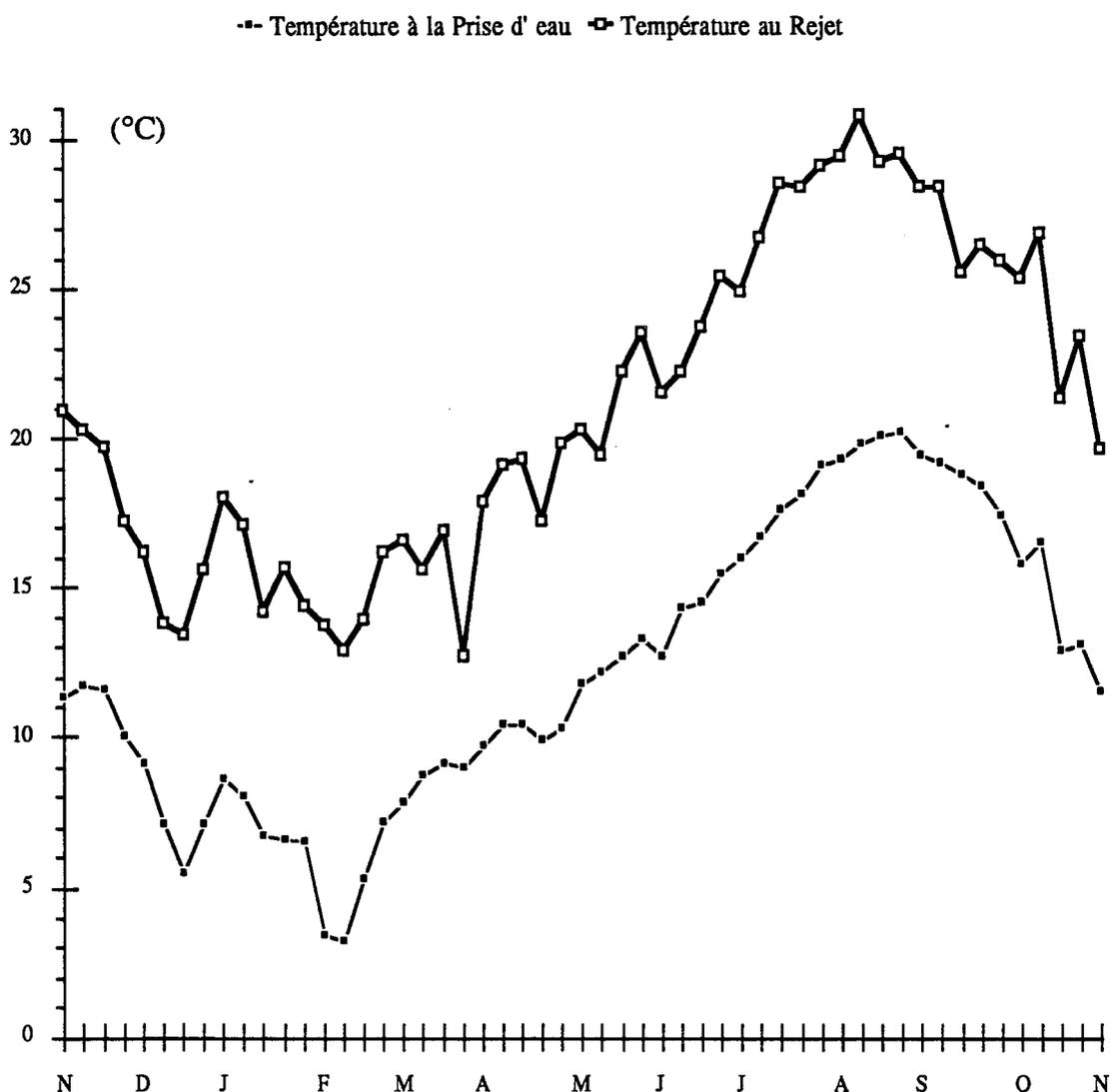


Fig.3.1. : Température de l' eau de mer aux points Prise et Rejet

Le transit de l' eau dans la centrale se traduit par un échauffement moyen de 8,9°C (calculé sur la base de nos prélèvements hebdomadaires).

Au Rejet, la température de l' eau varie de 12,7 °C le 25/3/91 à 30,8 °C le 12/8/91. Cette valeur minimale de 12,7 °C est due à un fonctionnement ponctuellement faible de la centrale ; le minimum thermique hivernal est observé le 13/2/91 avec une température de 12,9 °C.

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.

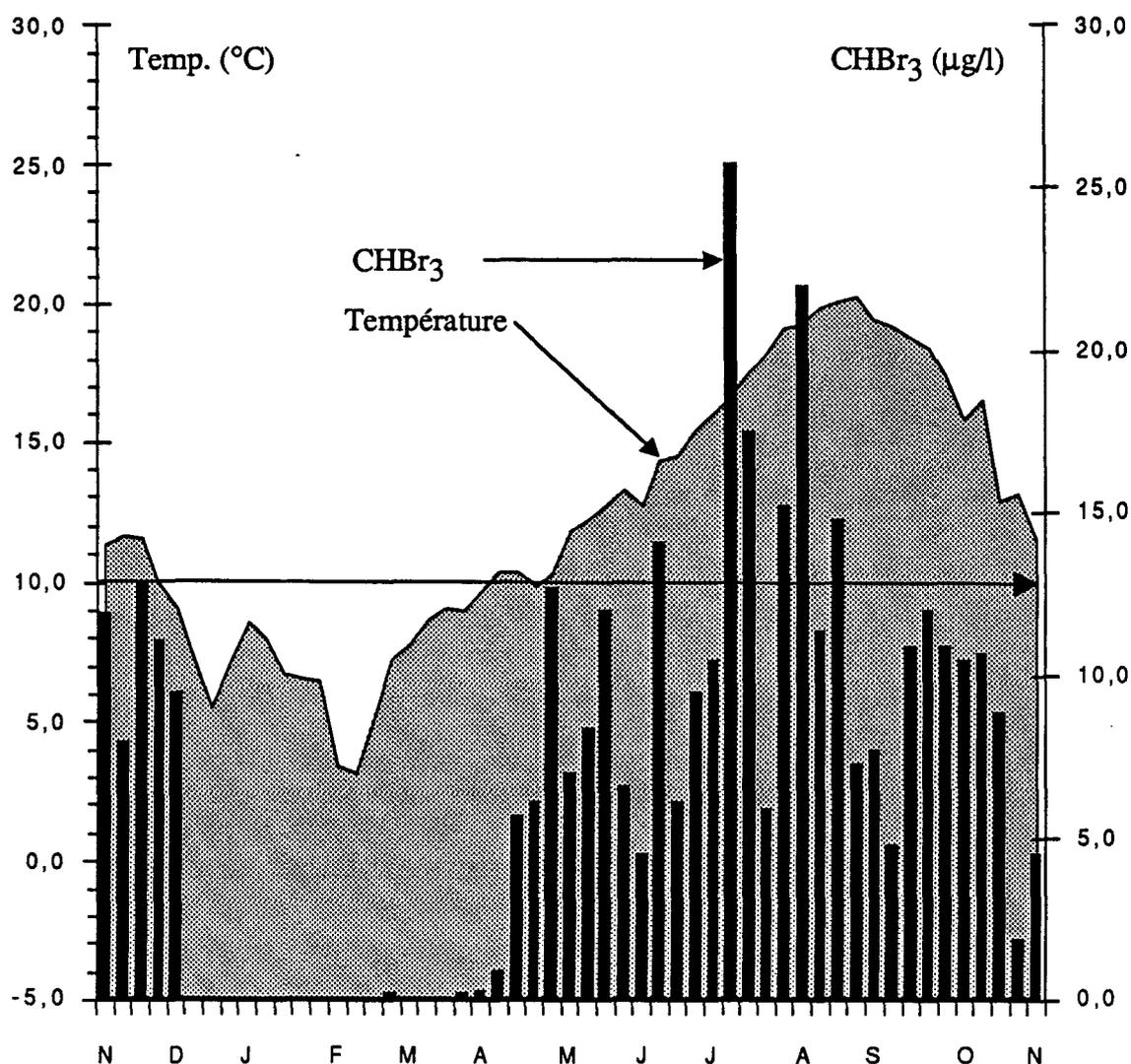


Fig.3.2. : Bromoforme au Rejet en relation avec la température de l' eau à la Prise

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 1991. 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 (CHBr_3) est le principal produit formé. Sa présence permet de mettre en évidence les périodes de chloration.

Le dosage du bromoforme permet également de chiffrer le pourcentage d'eau de refroidissement qui passe une seconde fois dans la centrale: 6,6% en 1991 (5,4% en 1989 et 1990).

Les quantités de bromoforme observées au Rejet sont fonction de nombreux paramètres : nature de l'eau, température et pourcentage de l'eau effectivement chlorée. en 1991, la quantité moyenne de bromoforme mesurée est de 10,3 $\mu\text{g/l}$.

La chloration a été interrompue durant quatre mois du 13/12/90 au 16/4/91. De faibles quantités de bromoforme, correspondant à des essais d'installations, sont détectées avant le début de la saison de chloration

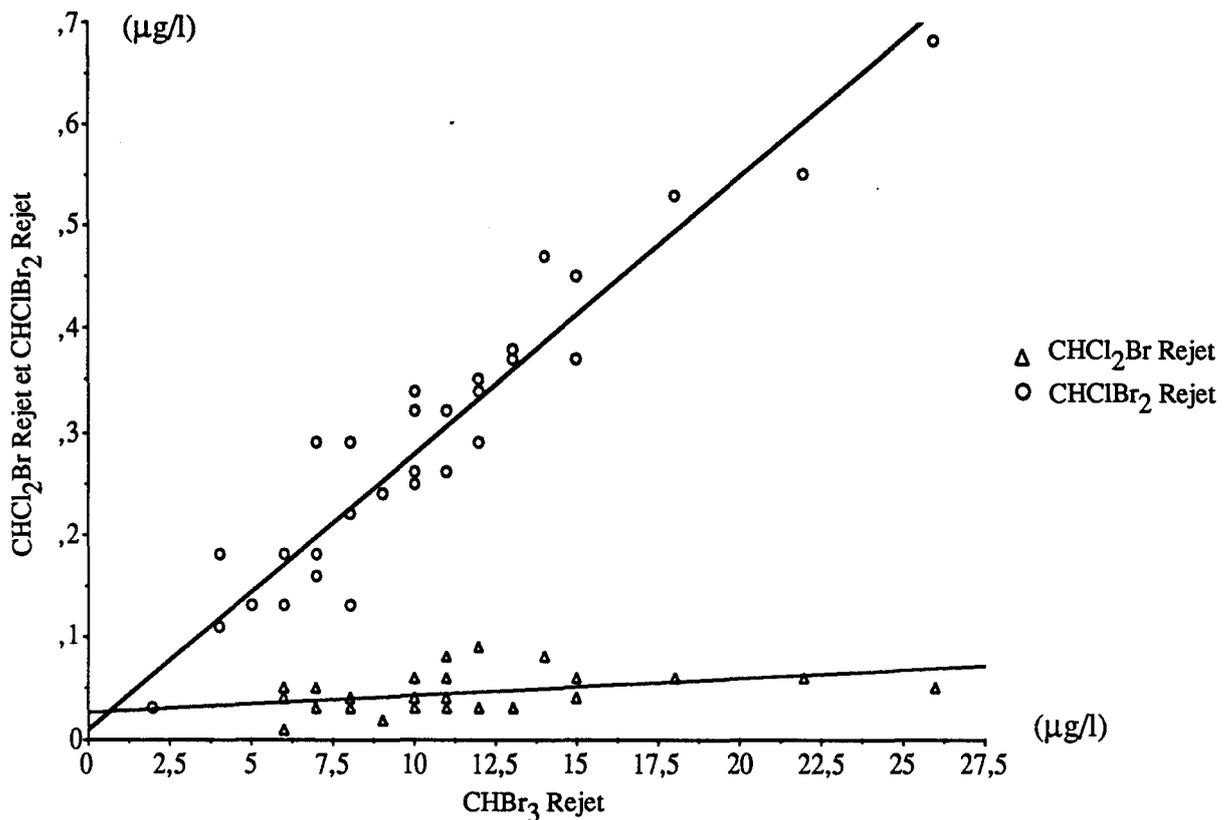


Fig.3.3. : Relation entre les différentes espèces d'haloformes au rejet

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 (CHClBr_2) et le dichoro-bromo-méthane (CHCl_2Br). Les quantités dosées de ces deux composés sont directement proportionnelles à la dose de bromoforme formée.

$$(\text{CHClBr}_2 \text{ (}\mu\text{g/l)}) = 0,027 * (\text{CHBr}_3 \text{ (}\mu\text{g/l)}) + 0,009 \quad (r^2 = 0,907)$$

3.3. BACTERIOLOGIE

Depuis 1989, les études bactériologiques portent uniquement sur les vibrions. En effet, cette catégorie de bactéries marines est particulièrement sensible aux modifications du milieu apportées par la centrale et par le développement d'importantes activités aquacoles sur le site même du rejet. La production de poissons (bars et daurades) qui est d'environ 100 t/an en 1991 augmentera progressivement pour atteindre 1000 t/an en 1993.

Au développement métallurgique actuel du Port Ouest de Dunkerque, va s'ajouter en 1993 un nouvel enrichissement en matières organiques avec l'installation d'une usine de synthèse organique (rejet prévu: 190 t/an en DBO_5)

A Gravelines, le transit de l'eau de mer dans la centrale entraîne une importante multiplication des vibrions. En 1991, leur nombre est en moyenne multiplié par 100 entre la Prise et le Rejet. Ce phénomène est observé en toutes saisons, mais il est plus marqué en été (facteur de multiplication: 340).

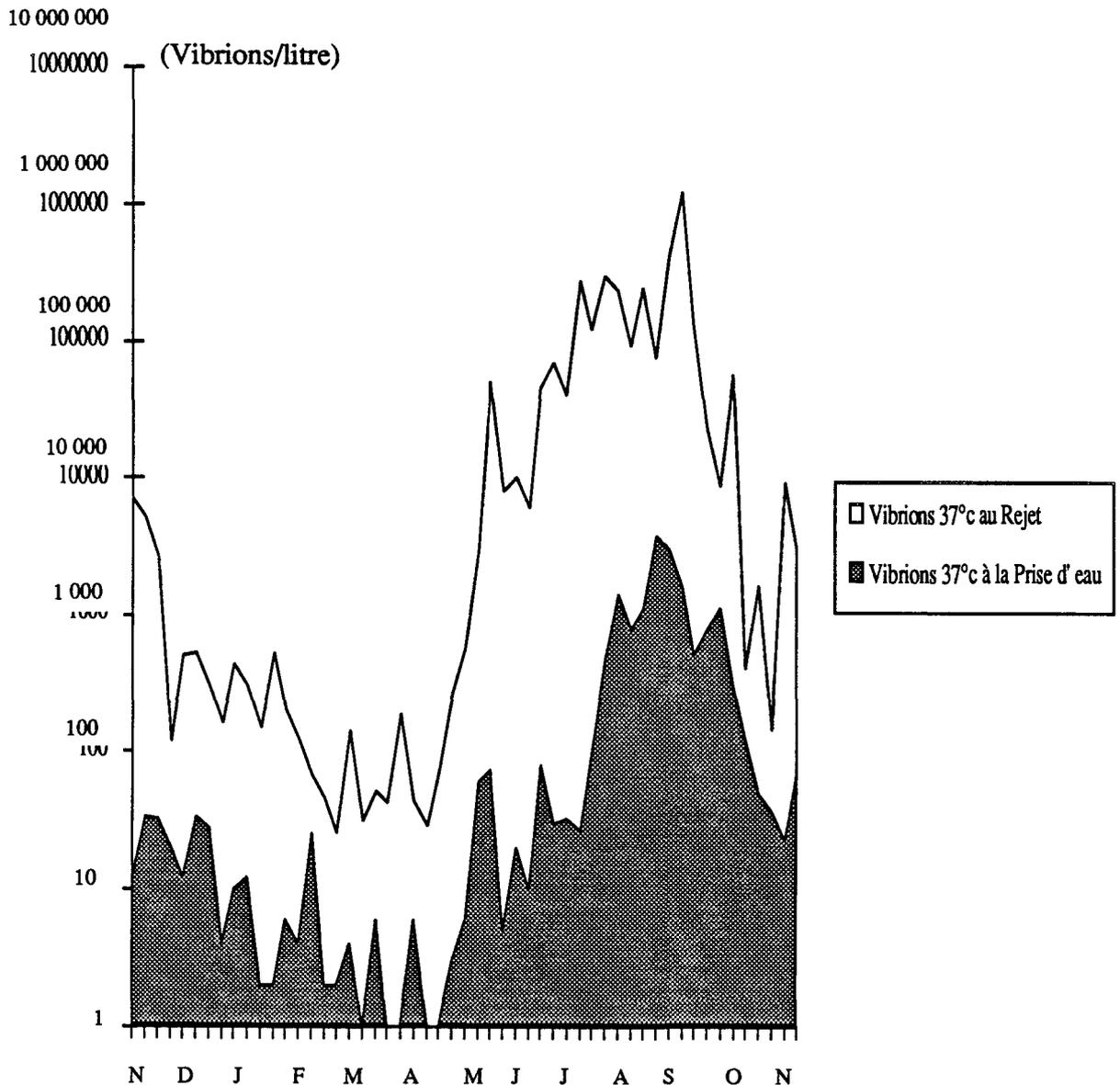


Fig.3.4. : Dénombrement des vibrions par culture à 37 °C (échelle logarithmique)

Dans le milieu marin, l'abondance des vibrions varie avec la température de l'eau: peu nombreux en hiver, leur plus grande abondance 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 ($r = 0,817$ à la Prise et $r = 0,871$ au Rejet).

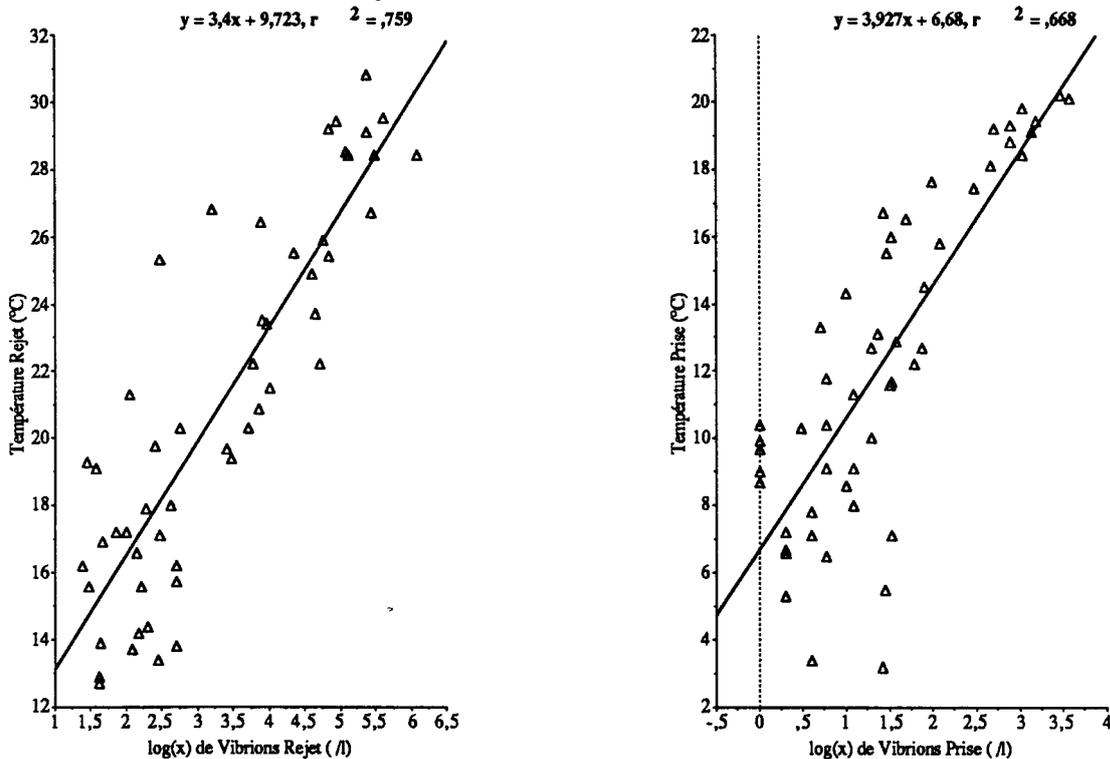


Fig.3.5. : Relations entre vibrions et température

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* ont 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 depuis trois ans pour les deux espèces majoritaires au Rejet: *Vibrio alginolyticus* (74%) et *Vibrio cholerae* NAg* (8%). Les autres espèces mises en évidence en 1991 sont: *Vibrio damsela*, *V. fluvialis*, *V. hollisae*, *V. metschnikovii*, *V. mimicus*, *V. parahaemolyticus* et *V. vulnificus*.

Le transit dans la centrale (et dans les établissements aquacoles) entraîne une multiplication de toutes les espèces présentes (fig.3.8.) à l'exception de *V. vulnificus* dont l'abondance est trop faible pour être comparée.

L'apparition des diverses espèces de vibrions ne semble pas régie par les variations de la température de l'eau contrairement à leurs abondances. L'utilisation épisodique d'antibiotiques et de biocides par les élevages peut également jouer un rôle dans la sélection des espèces.

*(non agglutinable par les sérums de diagnostic des vibrions cholériques)

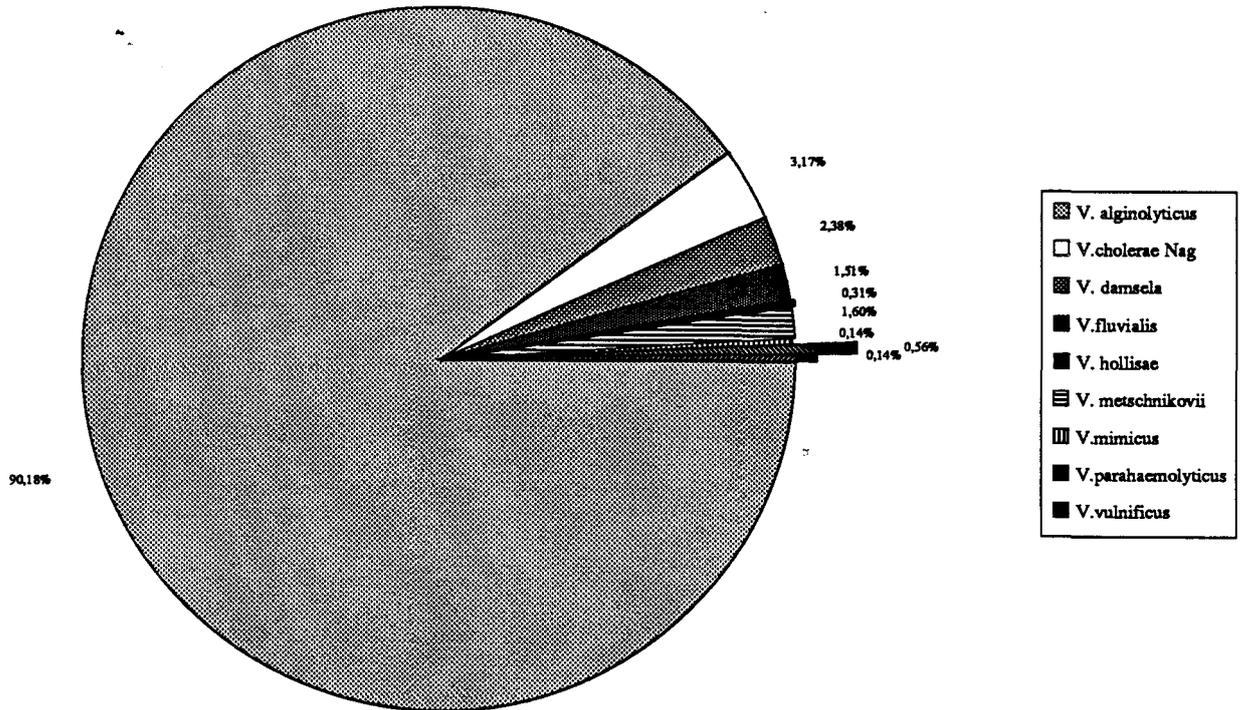


Fig.3.6. : Répartition des diverses espèces de vibrions observées à la prise d' eau

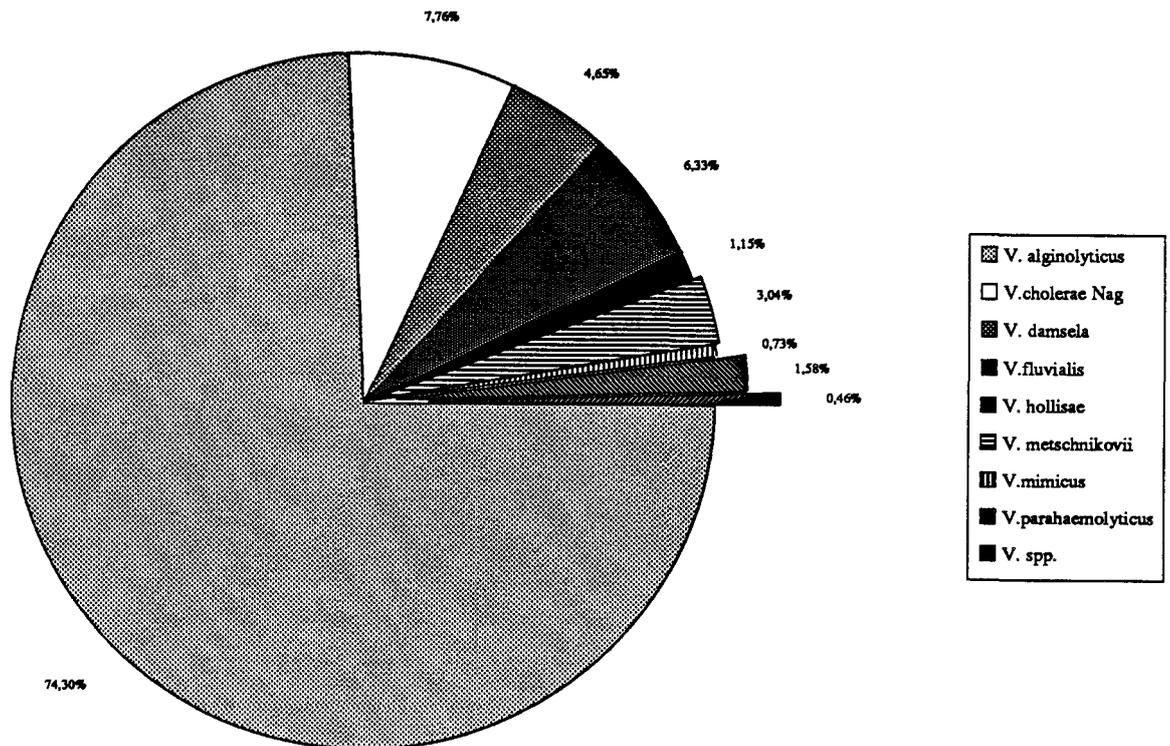


Fig.3.7. : Répartition des diverses espèces de vibrions observées au point Rejet

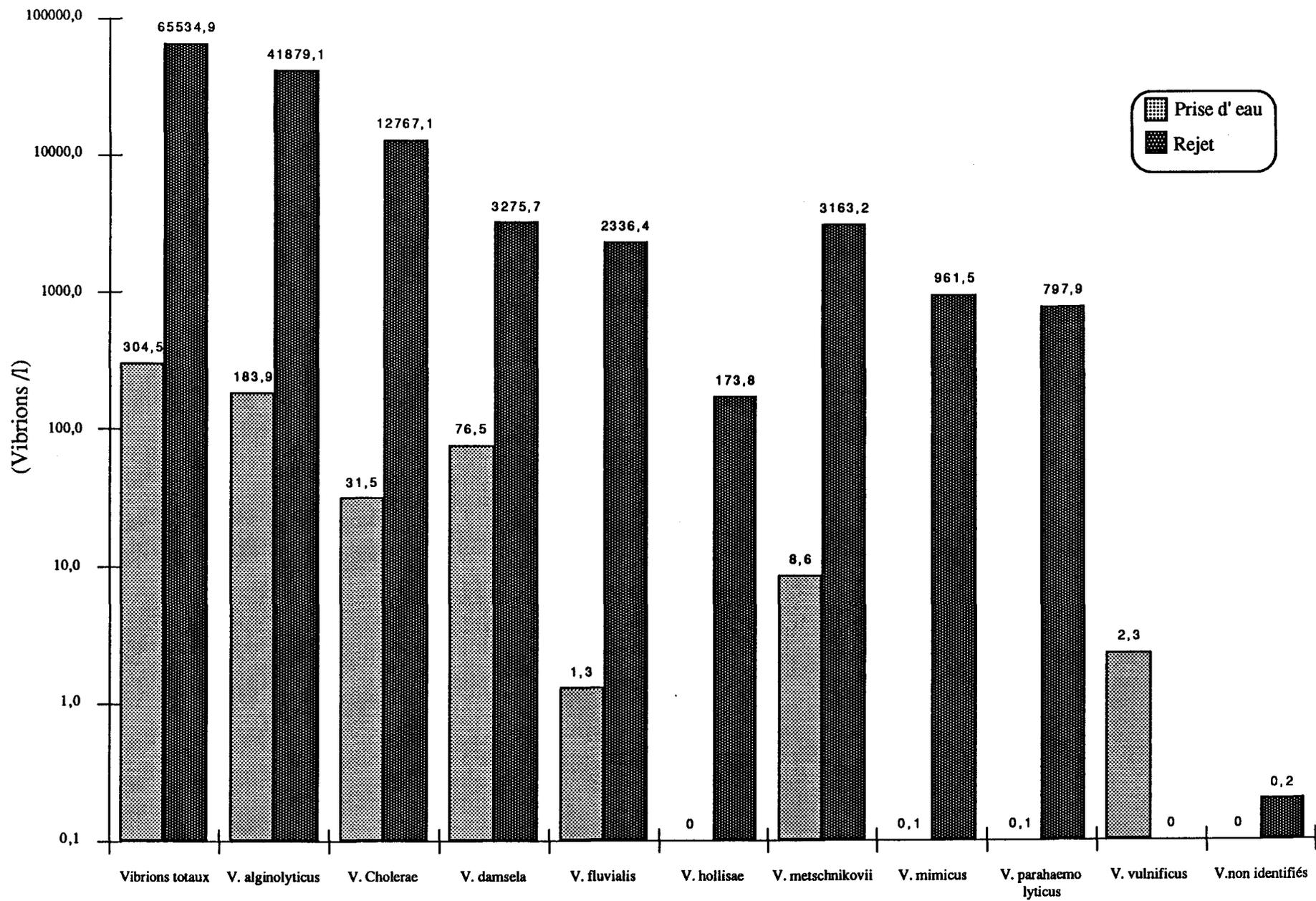


Fig. 3.8. : Evolution moyenne des nombres de vibrios par espèces entre les points Prise et Rejet

3.3. Campagnes pélagiques

Date	Point	Temp. Surf. (°C)	Vibrions 37°C (/litre)			Haloformes (µg/l)		
			<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. cholerae</i> NAg	<i>V. parahaemo- lyt.</i>	CHCl ₂ Br	CHClBr ₂	CHBr ₃
22/5/1991	Prise		75					0,7
	Rejet		50000			0,09	0,34	12,0
	Contrôle		840			0,023	0,18	6,6
	Référence		35					0,5
23&26/ 09/91	Prise		1100					0,9
	Rejet		6200		1400	0,03	0,29	12,0
	Contrôle		1500	300		0,04	0,34	10,9
	Référence		180					0,5

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

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.

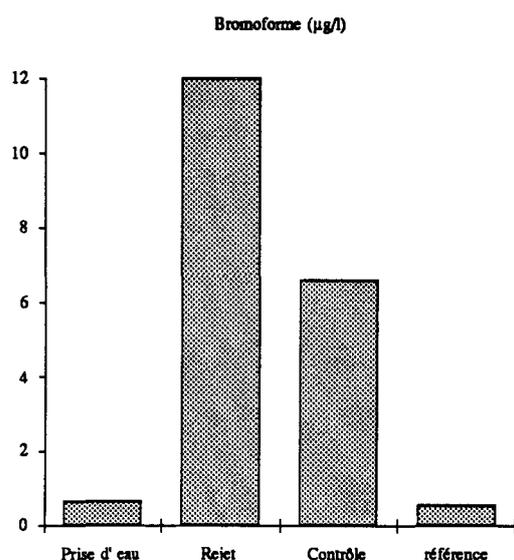


Fig. 3.9. :Bromoforme - mai 1991

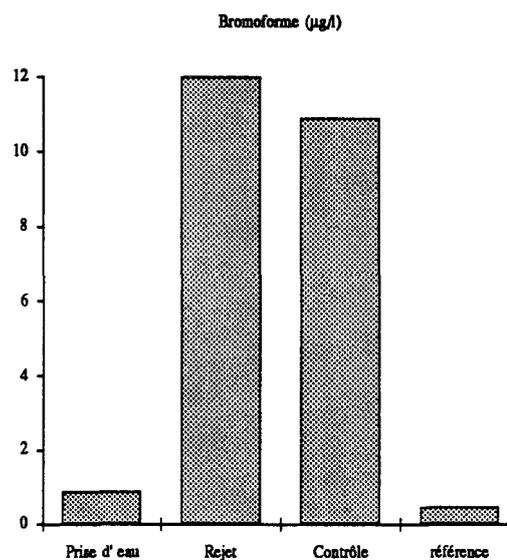


Fig. 3.10. :Bromoforme - septembre 1991

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.

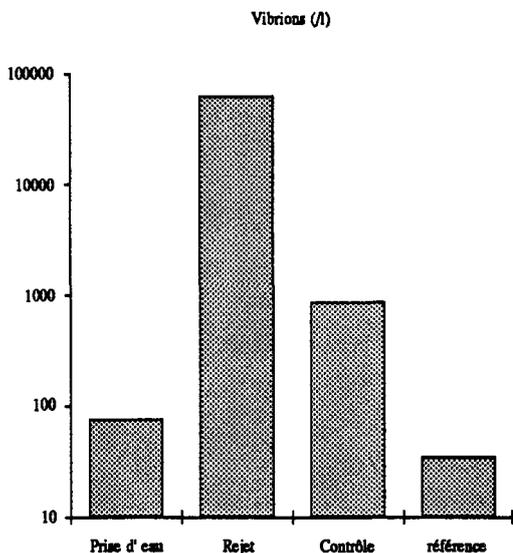


Fig. 3.11. :Vibrions - mai 1991

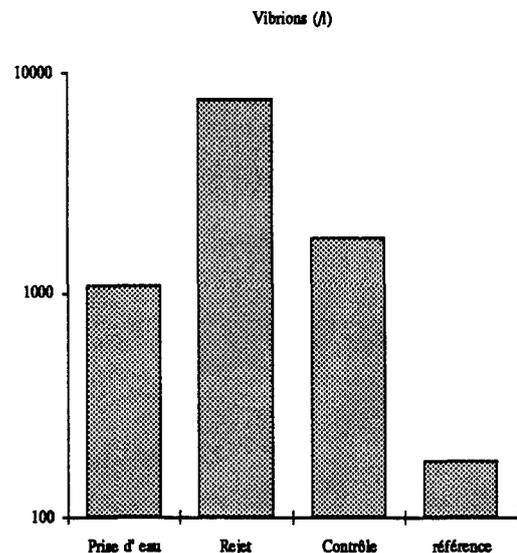


Fig. 3.12. :Vibrions - septembre 1991

Les vibrions sont en concentration importante au point Contrôle lors des deux campagnes pélagiques. Leur dilution semble cependant plus rapide que la dilution appréciée à l'aide de la température ou du 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 deux 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 (6,7%). 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 100.

La grande diversité des espèces de vibrions mise en évidence lors des deux périodes d'étude précédente est pleinement confirmée en 1991. Neuf espèces différentes de vibrions ont été isolées et toutes profitent des conditions du site pour se multiplier.

Cet impact sur le milieu pourrait s'accroître avec les apports en matières organiques au milieu marin prévus à Gravelines (aquaculture, Port Ouest).

Annexe

(Tableaux hebdomadaires)

Date	Température	Vibrios 37°C	V. alginolyticus	V. anguillarum	V. cholerae NAg	V. damsela	V. fluvialis	V. harveyi	V. hollisae	V. metschnikovii	V. mimicus	V. parahaemolyticus	V. vulnificus	V. spp.
08/11/90	11,3	12	12											
12/11/90	11,7	34	8				2			24				
19/11/90	11,6	32	32											
27/11/90	10,0	20	14		4							2		
05/12/90	9,1	12	10		2									
13/12/90	7,1	34	34											
18/12/90	5,5	28	24				4							
26/12/90	7,1	4	2							2				
03/01/91	8,6	10	10											
09/01/91	8,0	12	10				2							
15/01/91	6,7	2	2											
23/01/91	6,6	2	2											
29/01/91	6,5	6	4						2					
07/02/91	3,4	4			4									
13/02/91	3,2	26	6		16						4			
20/02/91	5,3	2	2											
25/02/91	7,2	2	2											
05/03/91	7,8	4	2									2		
12/03/91	8,7	1												
18/03/91	9,1	6	6											
25/03/91	9,0	1												
05/04/91	9,7	1												
11/04/91	10,4	6	6											
16/04/91	10,4	1												
22/04/91	9,9	1												
29/04/91	10,3	3	3											
10/05/91	11,8	6	6											
14/05/91	12,2	60	45				15							
22/05/91	12,7	75	75											
27/05/91	13,3	5	5											
03/06/91	12,7	20	20											
10/06/91	14,3	10	10											
17/06/91	14,5	80	80											
26/06/91	15,5	30	30											
01/07/91	16,0	33	33											
08/07/91	16,7	27	27											
16/07/91	17,6	100	100											
25/07/91	18,1	470	470											
29/07/91	19,1	1 400	1 400											
05/08/91	19,3	800	800											
12/08/91	19,8	1 100	400			700								
21/08/91	20,1	3 800	2 000		1 200	600								
26/08/91	20,2	3 000	1 100			1 600				300				
02/09/91	19,4	1 600	600			1 000								
09/09/91	19,2	520	440			80								
16/09/91	18,8	800	420		260								120	
23/09/91	18,4	1 100	1 100											
30/09/91	17,4	300	80		100					120				
08/10/91	15,8	120	40		50		30							
15/10/91	16,5	50	50											
23/10/91	12,9	37	37											
29/10/91	13,1	23	6				17							
06/11/91	11,5	70	40											

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

Date	Temperature	Vibrions 37°C	V. alginolyticus	V. anguillarum	V. cholerae NAg	V. damsela	V. fluvialis	V. harveyi	V. hollisae	V. metschnikovi	V. mimicus	V. parahemolyticus	V. vulnificus	V. spp.
08/11/90	20,9	7 200	5 600		1 000		600							
12/11/90	20,3	5 200	3 800							1 400				
19/11/90	19,7	2 600	2 200		400									
27/11/90	17,2	100	80		10							10		
05/12/90	16,2	500	360		100	40								
13/12/90	13,8	500	390				110							
18/12/90	13,4	280	220				60							
26/12/90	15,6	162	118			8				12		24		
03/01/91	18,0	420	160			260								
09/01/91	17,1	290	280		10									
15/01/91	14,2	150	90				60							
23/01/91	15,7	520	520											
29/01/91	14,4	200	160						40					
07/02/91	13,7	120	100							20				
13/02/91	12,9	42	36				6							
20/02/91	13,9	44	44											
25/02/91	16,2	24	8			6	8							2
05/03/91	16,6	140	90							40		10		
12/03/91	15,6	30	30											
18/03/91	16,9	46	28							12		6		
25/03/91	12,7	42	42											
05/04/91	17,9	190	190											6
11/04/91	19,1	38	32											
16/04/91	19,3	28	4			24								
22/04/91	17,2	70	70											
29/04/91	19,8	260	260											
10/05/91	20,3	560	520									40		
14/05/91	19,4	2 900	2 900											
22/05/91	22,2	50 000	50 000											
27/05/91	23,5	8 000	8 000											
03/06/91	21,5	10 000	10 000											
10/06/91	22,2	6 000	6 000											
17/06/91	23,7	44 000	44 000											
26/06/91	25,4	70 000	60 000				10 000							
01/07/91	24,9	40 000	40 000											
08/07/91	26,7	270 000	270 000											
16/07/91	28,5	120 000	60 000				60 000							
25/07/91	28,4	300 000	260 000									40 000		
29/07/91	29,1	230 000	230 000											
05/08/91	29,4	90 000	90 000											
12/08/91	30,8	240 000	20 000		130 000	40 000	50 000							
21/08/91	29,2	70 000	20 000		30 000	10 000								
26/08/91	29,5	400 000	110 000		130 000	120 000				10 000				
02/09/91	28,4	1 200 000	800 000		300 000					40 000				
09/09/91	28,4	130 000	20 000		60 000					50 000				
16/09/91	25,5	22 000	9 000		4 000			9 000						
23/09/91	26,4	7 600	6 200									1 400		
30/09/91	25,9	57 000	36 000		8 000					13 000				
08/10/91	25,3	290	40		150		100							
15/10/91	26,8	1 600	900		200		500							
23/10/91	21,3	110	40		20		50							
29/10/91	23,4	9 200	9 200											
06/11/91	19,6	3 000	2 000		1 000									

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

PRISE				REJET			
Date	CHCl ₂ Br (µg/l)	CHClBr ₂ (µg/l)	CHBr ₃ (µg/l)	Date	CHCl ₂ Br (µg/l)	CHClBr ₂ (µg/l)	CHBr ₃ (µg/l)
Seuils	0,01	0,02	0,2	Seuils	0,01	0,02	0,2
08/11/90	-	-	0,4	08/11/90	-	0,35	11,9
12/11/90	-	-	0,8	12/11/90	-	0,22	8
19/11/90	-	-	0,5	19/11/90	-	0,38	12,9
27/11/90	-	-	0,5	27/11/90	-	0,32	11,1
05/12/90	-	-	0,2	05/12/90	-	0,25	9,5
13/12/90	-	-	-	13/12/90	-	-	-
18/12/90	-	-	-	18/12/90	-	-	-
26/12/90	-	-	-	26/12/90	-	-	-
03/01/91	-	-	-	03/01/91	-	-	-
09/01/91	-	-	-	09/01/91	-	-	-
15/01/91	-	-	-	15/01/91	-	-	-
23/01/91	-	-	-	23/01/91	-	-	-
29/01/91	-	-	-	29/01/91	-	-	-
07/02/91	-	-	-	07/02/91	-	-	-
13/02/91	-	-	-	13/02/91	-	-	-
20/02/91	-	-	-	20/02/91	-	-	-
25/02/91	-	-	-	25/02/91	-	-	0,2
05/03/91	-	-	-	05/03/91	-	-	-
12/03/91	-	-	-	12/03/91	-	-	-
18/03/91	-	-	-	18/03/91	-	-	0,1
25/03/91	-	-	0,2	25/03/91	-	-	0,2
05/04/91	-	-	-	05/04/91	-	-	0,3
11/04/91	-	-	-	11/04/91	-	-	0,9
16/04/91	-	-	0,8	16/04/91	0,01	0,13	5,7
22/04/91	-	-	0,6	22/04/91	0,01	0,13	6,1
29/04/91	-	-	0,5	29/04/91	0,03	0,37	12,7
10/05/91	-	-	0,7	10/05/91	0,05	0,29	7
14/05/91	-	-	0,2	14/05/91	0,04	0,29	8,4
22/05/91	-	-	0,7	22/05/91	0,09	0,34	12
27/05/91	-	-	0,7	27/05/91	0,03	0,18	6,6
03/06/91	-	-	0,5	03/06/91	-	0,18	4,5
10/06/91	-	-	0,9	10/06/91	0,08	0,47	14,1
17/06/91	-	-	0,7	17/06/91	0,04	0,18	6,1
26/06/91	-	-	1,1	26/06/91	0,06	0,26	9,5
01/07/91	-	-	0,9	01/07/91	0,04	0,32	10,5
08/07/91	-	-	1,1	08/07/91	0,05	0,68	25,7
16/07/91	-	-	1,3	16/07/91	0,06	0,53	17,5
25/07/91	-	-	1,1	25/07/91	0,05	0,13	5,9
29/07/91	-	-	0,7	29/07/91	0,04	0,45	15,2
05/08/91	-	0,04	1,4	05/08/91	0,06	0,55	22
12/08/91	-	-	0,9	12/08/91	0,06	0,32	11,4
21/08/91	-	-	0,9	21/08/91	0,06	0,37	14,8
26/08/91	-	-	0,9	26/08/91	0,03	0,16	7,3
02/09/91	-	-	0,3	02/09/91	0,03	0,13	7,7
09/09/91	-	-	0,2	09/09/91	-	0,13	4,8
16/09/91	-	-	0,7	16/09/91	0,03	0,26	10,9
23/09/91	-	-	0,9	23/09/91	0,03	0,29	12
30/09/91	-	-	0,7	30/09/91	0,08	0,32	10,9
08/10/91	-	-	0,7	08/10/91	0,03	0,34	10,5
15/10/91	-	-	0,7	15/10/91	0,04	0,32	10,7
23/10/91	-	-	0,2	23/10/91	0,02	0,24	8,9
29/10/91	-	-	0,2	29/10/91	-	0,03	1,9
06/11/91	-	-	0,2	06/11/91	-	0,11	4,5

Tab.3.4. : Chlore résiduel et haloformes

Année	Semaine		Puissance hebdomadaire (GWh)	Débit (m3/sec.)	Température à la Prise (°C)	Echauffement calculé du Rejet (°C)
1990	5/11/1990	au 11/11/1991	589,5	160	11,5	10,5
	12/11/1991	au 18/11/1990	591,0	175	12,3	9,6
	19/11/1990	au 25/11/1990	585,8	191	11,2	8,7
	26/11/1990	au 2/12/1990	567,6	201	9,4	8,0
	3/12/1990	au 9/12/1990	581,8	200	8,4	8,3
	10/12/1990	au 16/12/1990	689,6	213	6,5	9,2
	17/12/1990	au 23/12/1990	745,5	230	5,8	9,2
	24/12/1990	au 30/12/1990	813,6	239	6,9	9,7
1991	31/12/1990	au 6/1/1991	849,2	240	7,9	10,1
	7/1/1991	au 13/1/1991	857,6	240	7,9	10,2
	14/1/1991	au 20/1/1991	843,8	240	7,0	10,0
	21/1/1991	au 27/1/1991	718,7	226	6,3	9,0
	28/1/1991	au 3/2/1991	749,6	206	6,9	10,4
	4/2/1991	au 10/2/1991	752,2	220	3,4	9,7
	11/2/1991	au 17/2/1991	732,5	220	3,1	9,5
	18/2/1991	au 24/2/1991	730,8	200	4,0	10,4
	25/2/1991	au 3/3/1991	720,6	200	5,9	10,2
	4/3/1991	au 10/3/1991	672,6	200	6,9	9,6
	11/3/1991	au 17/3/1991	587,6	166	7,6	10,1
	18/3/1991	au 24/3/1991	588,7	200	8,9	8,4
	25/3/1991	au 31/3/1991	552,4	193	8,7	8,1
	1/4/1991	au 7/4/1991	497,1	195	9,2	7,3
	8/4/1991	au 14/4/1991	623,7	196	10,2	9,1
	15/4/1991	au 21/4/1991	735,9	226	9,7	9,3
	22/4/1991	au 28/4/1991	742,7	236	10,0	9,0
	29/4/1991	au 5/5/1991	764,6	240	9,9	9,1
	6/5/1991	au 12/5/1991	818,6	238	10,3	9,8
	13/5/1991	au 19/5/1991	748,0	214	11,3	9,9
	20/5/1991	au 26/5/1991	710,0	200	13,0	10,1
	27/5/1991	au 2/6/1991	721,0	200	13,1	10,3
	3/6/1991	au 9/6/1991	596,4	187	13,4	9,1
	10/6/1991	au 16/6/1991	628,9	191	14,2	9,4
	17/6/1991	au 23/6/1991	700,7	200	14,8	10,0
	24/6/1991	au 30/6/1991	668,7	195	15,5	9,8
	1/7/1991	au 7/7/1991	549,7	169	16,1	9,3
	8/7/1991	au 14/7/1991	595,5	160	17,2	10,6
	15/7/1991	au 21/7/1991	595,4	160	17,8	10,6
	22/7/1991	au 28/7/1991	589,3	159	18,4	10,5
	29/7/1991	au 4/8/1991	574,0	160	18,8	10,2
	5/8/1991	au 11/8/1991	585,4	173	19,7	9,6
	12/8/1991	au 18/8/1991	585,8	173	19,7	9,6
	19/8/1991	au 25/8/1991	525,9	180	19,9	8,3
	26/8/1991	au 1/9/1991	562,7	180	19,8	8,9
	2/9/1991	au 8/9/1991	568,7	195	19,6	8,3
9/9/1991	au 15/9/1991	549,2	221	18,9	7,1	
16/9/1991	au 22/9/1991	581,5	190	19,0	8,7	
23/9/1991	au 29/9/1991	566,8	186	18,2	8,7	
30/9/1991	au 6/10/1991	600,5	184	17,1	9,3	
7/10/1991	au 13/10/1991	687,6	200	15,9	9,8	
14/10/1991	au 20/10/1991	666,5	200	15,4	9,5	
21/10/1991	au 27/10/1991	630,5	188	12,9	9,5	
28/10/1991	au 3/11/1991	594,4	175	13,0	9,7	
4/11/1991	au 10/11/1991	597,2	180	11,9	9,4	

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

CHAPITRE 4

PHYTOPLANCTON ET BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE

Benoist HITIER et Hubert GROSSEL

1. SURVEILLANCE HEBDOMADAIRE AU CANAL D'AMENEE

La surveillance hebdomadaire consiste en un prélèvement d'eau au canal d'aménée, afin d'analyser la biomasse chlorophyllienne et de dénombrer les principales espèces du phytoplancton.

Un enregistrement de l'insolation est effectué en continu à Boulogne sur mer. Il est présenté ici à titre d'information, sous forme de valeur moyenne pour la période ayant précédé le prélèvement (une semaine environ).

1.1 biomasse chlorophyllienne

Le tableau 4.1 rassemble les résultats pour la teneur en chlorophylle, le pourcentage de chlorophylle non dégradée et l'insolation.

Les résultats sont illustrés en figure 4.1. La floraison printanière s'amorce le 25 février pour culminer au milieu du mois de mai avec une valeur proche de 28 mg/m³. Il apparaît un premier pic à 17mg/m³ le 5 avril. Il est important de noter que nos observations ne mettent pas en évidence la déplétion post-printanière observée les années précédentes. On constate toutefois une valeur relativement faible le 22 mai. Les valeurs estivales sont irrégulières mais relativement importantes (8,6 mg/m³ en moyenne pour juillet et août) puis diminuent régulièrement à partir du mois de septembre.

1.2 succession des populations planctoniques

Les figures 4.2 et 4.3 illustrent l'évolution de l'abondance de quelques groupes d'espèces parmi les plus importants. Pour chaque graphe, la chlorophylle tracée en pointillés permet de situer la participation relative de ces groupes à la biomasse chlorophyllienne.

Le premier accroissement de chlorophylle fin février est marqué par des espèces précoces, comme *Paralia sulcata*. Viennent ensuite des espèces printanières avec la domination des *Thalassiosira*, puis des *Chaetoceros* (*C. sociale*) suivis des *Rhizosolenia* (*R. delicatula* et *R. stolterforthii*). Ces dernières sont là durant l'été conjointement aux *Nitzschia*. Les *Chaetoceros* apparaissent à nouveau au mois de septembre. Les *Leptocylindrus* ont un pic d'abondance en septembre.

Phaeocystis (Cf. fig. 4.4) apparaît dès le 5 mars et forme une part importante de la biomasse à partir du 5 avril. Il est présent pendant tout le printemps et n'est plus rencontré après le 22 mai.

Les Dinophycées sont présentes à partir du mois de février. Elles deviennent plus abondantes au mois de mars (*Gymnodinium* essentiellement). Les *Péridinium* viennent s'y ajouter à partir du mois de juin. *Prorocentrum* et de *Ceratium* sont abondantes en automne.

A aucun moment *Dinophysis* n'a été identifié au cours de l'année 1991.

2. IMPACT DE LA CENTRALE : CAMPAGNE DU 22 MAI ET DU 26 SEPTEMBRE

La météorologie a été défavorable pour la campagne du mois de septembre. Celle-ci a du être faite en deux parties. Les prélèvements sur le canal d'amenée et le canal de rejet ont été effectués le 23 septembre. Et ceux des points de contrôle et de référence qui nécessitent des moyens nautiques ont été faits le 26 septembre.

Comme on le voit grâce à la surveillance hebdomadaire au canal d'amenée, la première campagne du 22 mai a été réalisée après le pic du printemps. Les teneurs en chlorophylle y sont faibles (6 mg/m³ au lieu de 28 la semaine précédente). La campagne de septembre est située au milieu d'une période de production moyenne, par rapport à ce qui est habituellement observé en cette saison.

Les données du tableau 4.2 sont illustrées dans les figures 4.5 et 4.6 pour les teneurs en chlorophylle et le pourcentage de chlorophylle non dégradée.

Les deux campagnes présentent des résultats relativement cohérents avec des écarts-types faibles. Lors des deux échantillonnages, les teneurs observées au canal d'amenée témoignent de la pauvreté en chlorophylle des eaux de l'avant port de Dunkerque par rapport à celles du site non impacté.

Dans tous les cas, l'impact de la centrale sur le phytoplancton est tout à fait réel (une partie importante des cellules est détruite ce qui se traduit par le déficit en chlorophylle) et s'observe aussi dans l'état physiologique des cellules survivantes, exprimé par le pourcentage de chlorophylle dégradée.

Ainsi, le 22 mai, le déficit en teneur en chlorophylle est de - 54% dans le canal de rejet par rapport au canal d'amenée, ainsi que de - 61% entre le contrôle surface et la moyenne des trois niveaux de référence. Le pourcentage de chlorophylle non dégradée diminue de 18% entre le canal d'amenée et le canal de rejet et de 18% entre le point de contrôle surface et la moyenne des niveaux du point de référence. Les observations des 23 et 26 septembre, qui doivent être considérées avec précaution en raison du décalage des dates, confortent ces résultats (-74% entre le contrôle surface et la moyenne des niveaux du point de référence, en ce qui concerne la teneur en chlorophylle).

Ce type de résultat ainsi que leur amplitude confirme le constat d'impact déjà formulé lors des études antérieures.

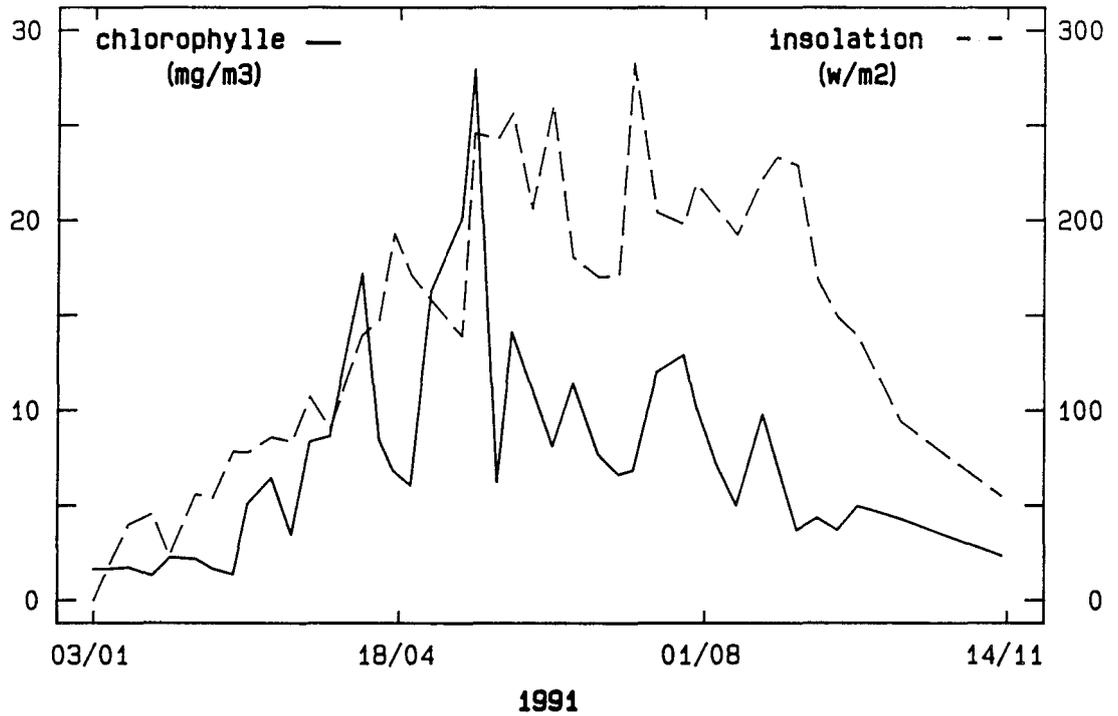
GRAVELINES 1991

n°	dates	chlorophylle (mg/m ³)	% chloro. non dégradée	insolation moy./jour (w/m ²) de la semaine précédant le prélèvement
1	03/01/91	1.63	54	20
2	09/01/91	1.63	55	21
3	15/01/91	1.71	54	40
4	23/01/91	1.29	57	46
5	29/01/91	2.27	70	23
6	07/02/91	2.18	73	56
7	13/02/91	1.63	71	54
8	20/02/91	1.34	86	78
9	25/02/91	5.10	77	78
10	05/03/91	6.48	83	86
11	12/03/91	3.43	76	83
12	18/03/91	8.36	87	107
13	25/03/91	8.67	80	90
14	05/04/91	17.21	92	139
15	11/04/91	8.43	90	147
16	16/04/91	6.81	78	193
17	22/04/91	6.03	82	171
18	29/04/91	16.33	83	157
19	10/05/91	20.20	91	138
20	14/05/91	27.95	94	246
21	22/05/91	6.21	91	242
22	27/05/91	14.12	100	256
23	03/06/91	11.09	92	206
24	10/06/91	8.09	71	261
25	17/06/91	11.45	91	180
26	26/06/91	7.66	88	170
27	03/07/91	6.61	86	171
28	08/07/91	6.87	91	283
29	16/07/91	12.02	93	204
30	25/07/91	12.92	94	197
31	29/07/91	10.24	99	219
32	05/08/91	7.21	94	206
33	12/08/91	4.98	91	192
34	21/08/91	9.81	89	222
35	26/08/91	7.27	87	233
36	02/09/91	3.68	83	228
37	09/09/91	4.35	73	168
38	16/09/91	3.67	74	148
39	23/09/91	4.97	65	138
40	08/10/91	4.28	79	94
41	12/11/91	2.33	64	54

tableau 4.1

- GRAVELINES 1991 -

TENEUR EN CHLOROPHYLLE ET INSOLATION



TENEUR EN CHLOROPHYLLE ET INDICE DE DEGRADATION

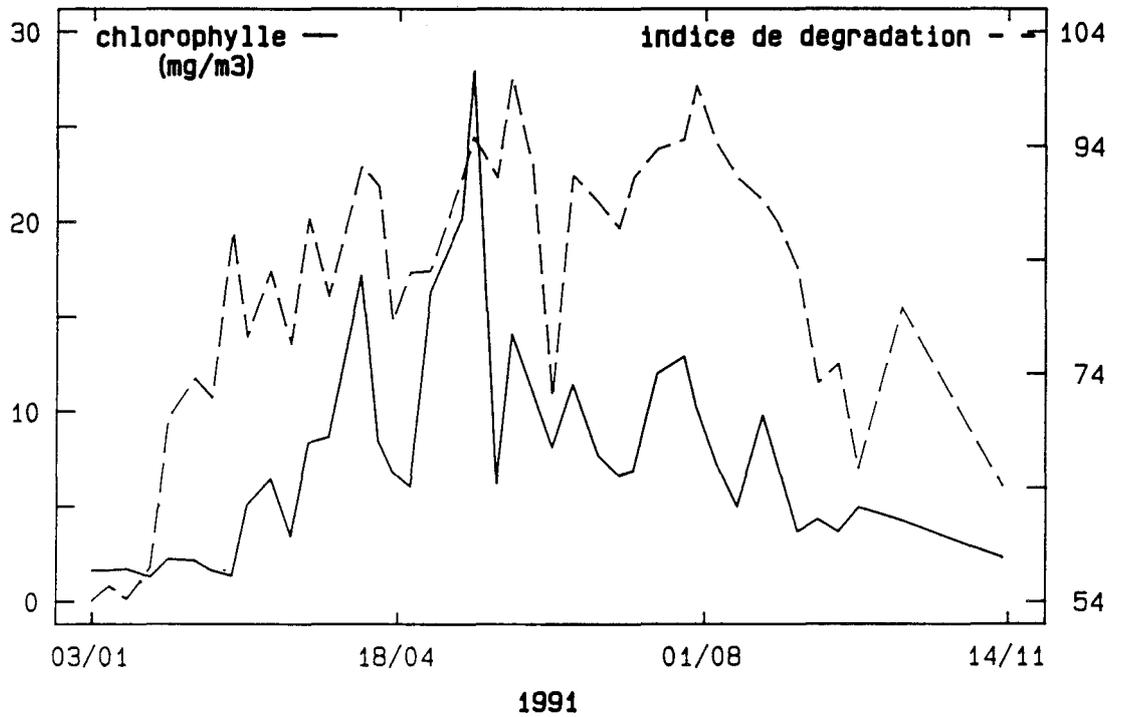


Figure 4.1

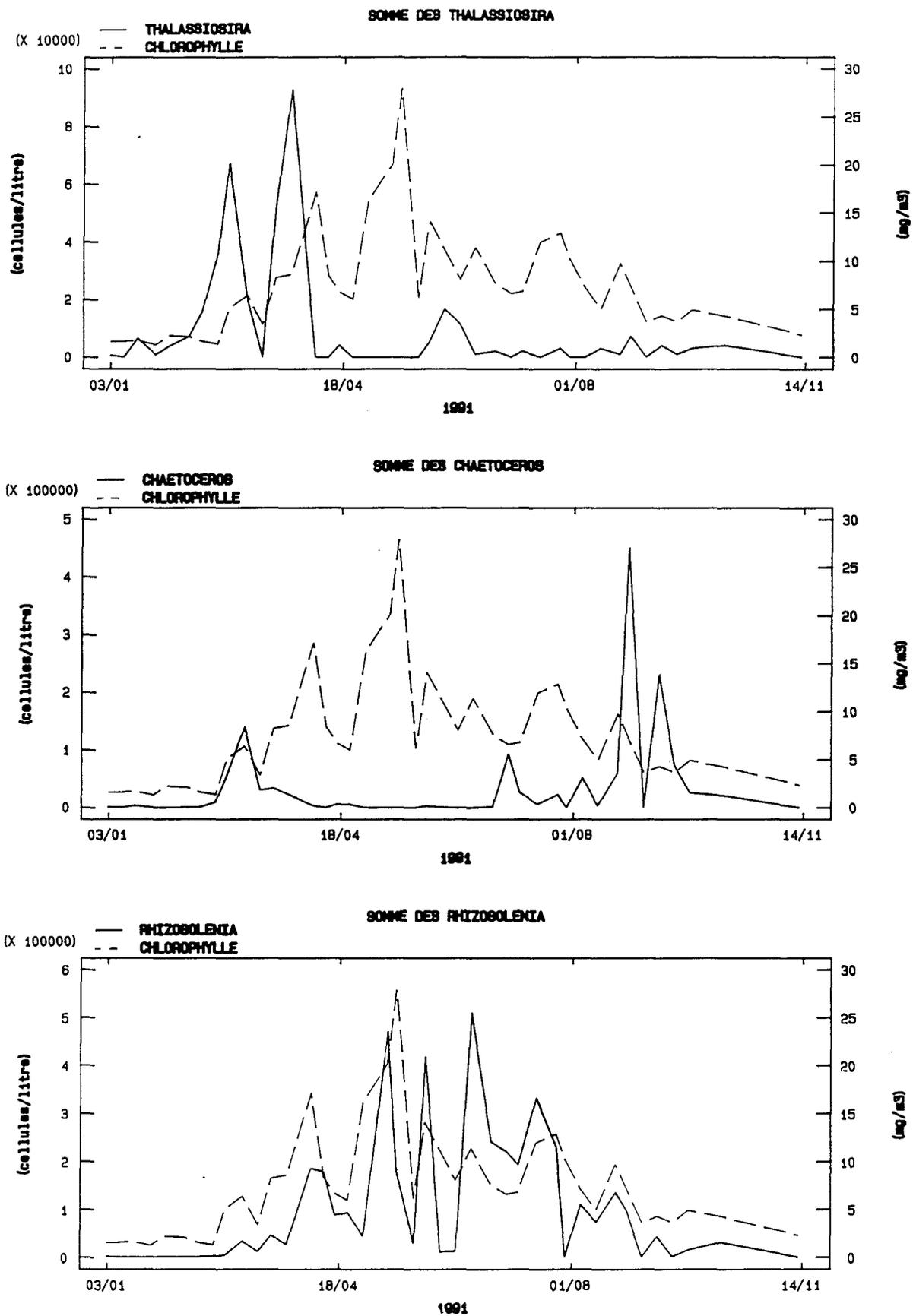


Figure 4.2 : Succession des populations phytoplanctoniques

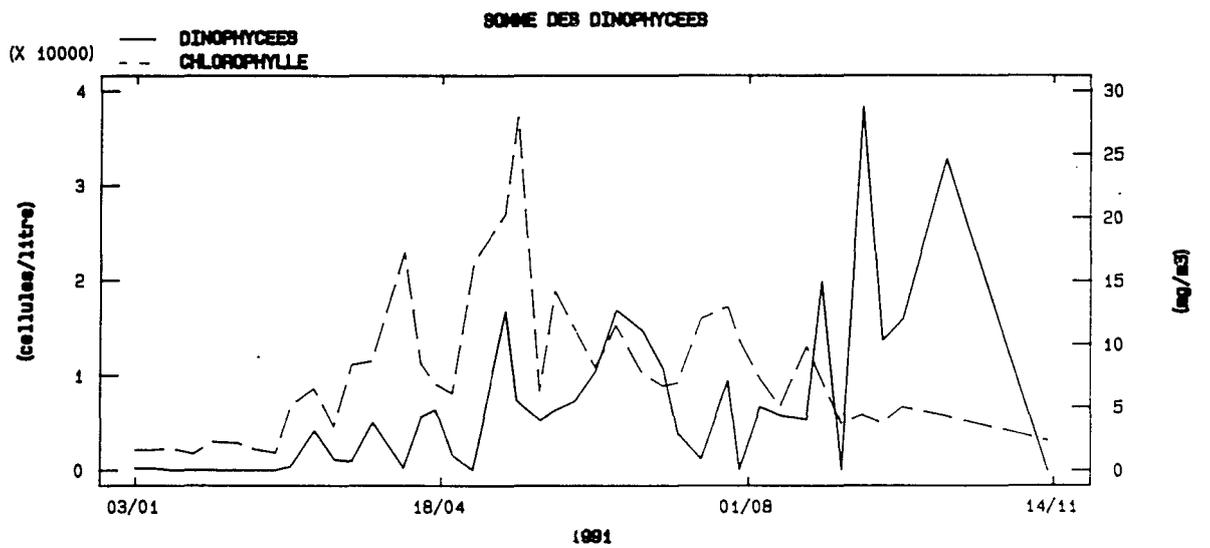
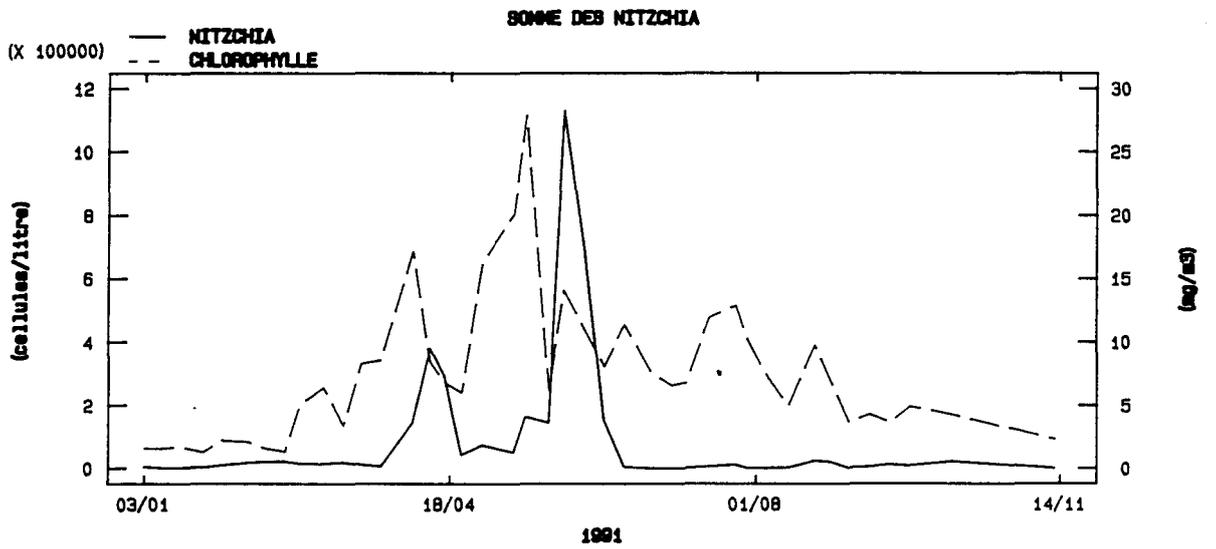
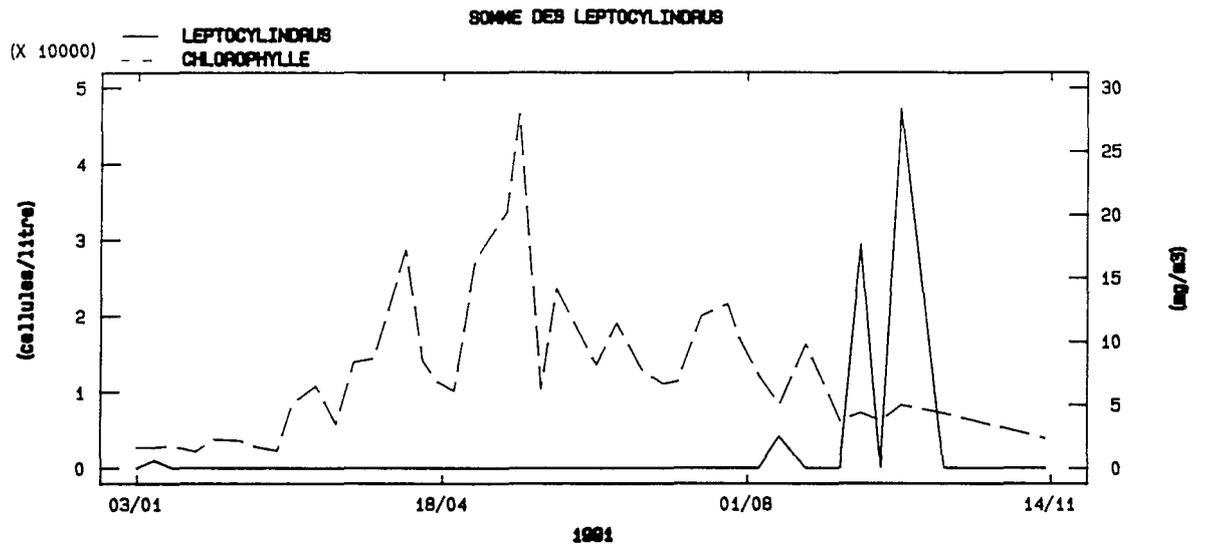


Figure 4.3 : Succession des populations phytoplanctoniques

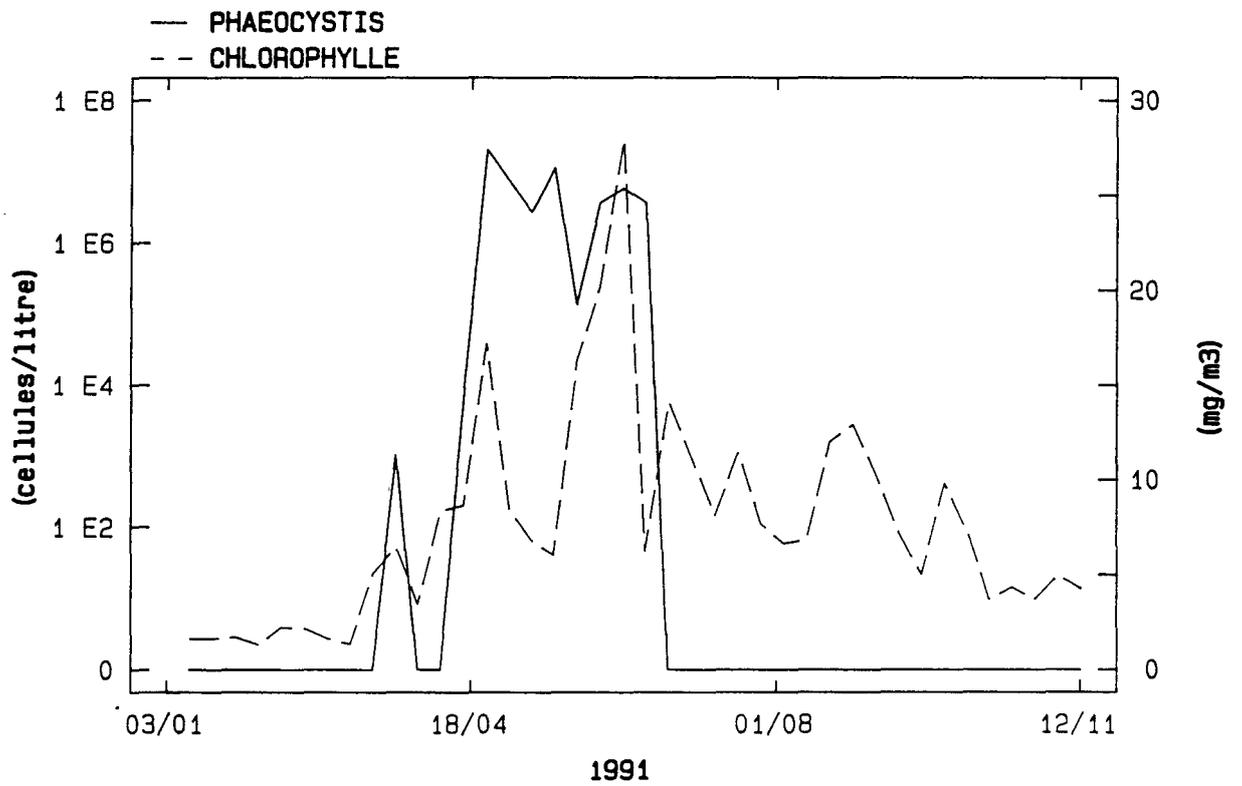


Figure 4.4 : Teneurs en chlorophylle et densité de *Phaeocystis*

Teneurs en chlorophylle (mg/m³)

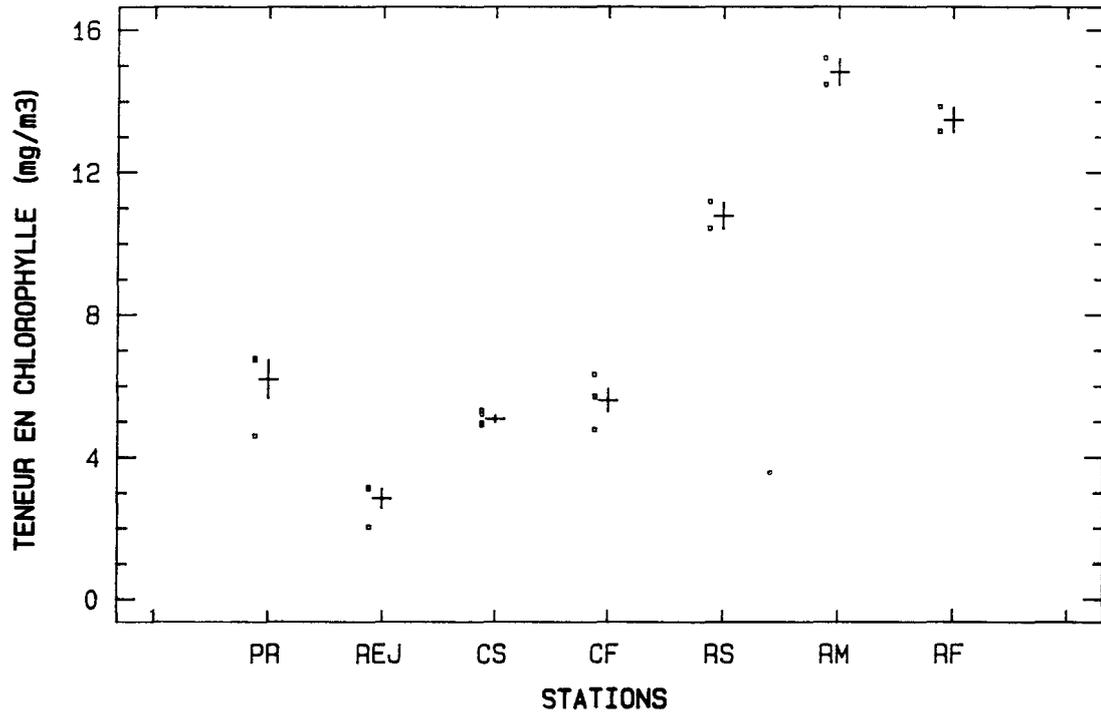
	Station	Nombre d'échantillons	Moyenne	Ecart type
22 mai 1991	ENTREE AMENEE	4	6.18	0.53
	REJET	4	2.83	0.27
	CONTROLE SURFACE	4	5.06	0.09
	CONTROLE FOND	4	5.59	0.31
	REFERENCE SURFACE	2	10.77	0.37
	REFERENCE MILIEU	2	14.80	0.36
	REFERENCE FOND	2	13.47	0.34
23 et 26 septembre 1991	ENTREE AMENEE	4	5.66	0.28
	REJET	4	3.64	0.10
	CONTROLE SURFACE	4	2.37	0.15
	CONTROLE FOND	4	6.56	0.57
	REFERENCE SURFACE	2	8.87	0.30
	REFERENCE MILIEU	4	8.45	1.00
	REFERENCE FOND	2	10.46	0.56

% de Chlorophylle non dégradée

	Station	Nombre d'échantillons	Moyenne	Ecart type
22 mai 1991	ENTREE AMENEE	4	95.06	1.13
	REJET	4	77.28	0.74
	CONTROLE SURFACE	4	83.46	2.11
	CONTROLE FOND	4	88.72	0.92
	REFERENCE SURFACE	2	85.53	1.74
	REFERENCE MILIEU	2	88.93	0.48
	REFERENCE FOND	2	86.22	1.58
23 et 26 septembre 1991	ENTREE AMENEE	4	71.76	2.06
	REJET	4	58.58	0.41
	CONTROLE SURFACE	4	55.79	1.93
	CONTROLE FOND	4	56.84	1.34
	REFERENCE SURFACE	2	73.68	0.08
	REFERENCE MILIEU	4	69.45	0.57
	REFERENCE FOND	2	62.09	1.21

tableau 4.2 : campagnes pélagiques avec impact de la centrale

TENEURS EN CHLOROPHYLLE
22 MAI 1991



TENEURS EN CHLOROPHYLLE
26 SEPTEMBRE 1991

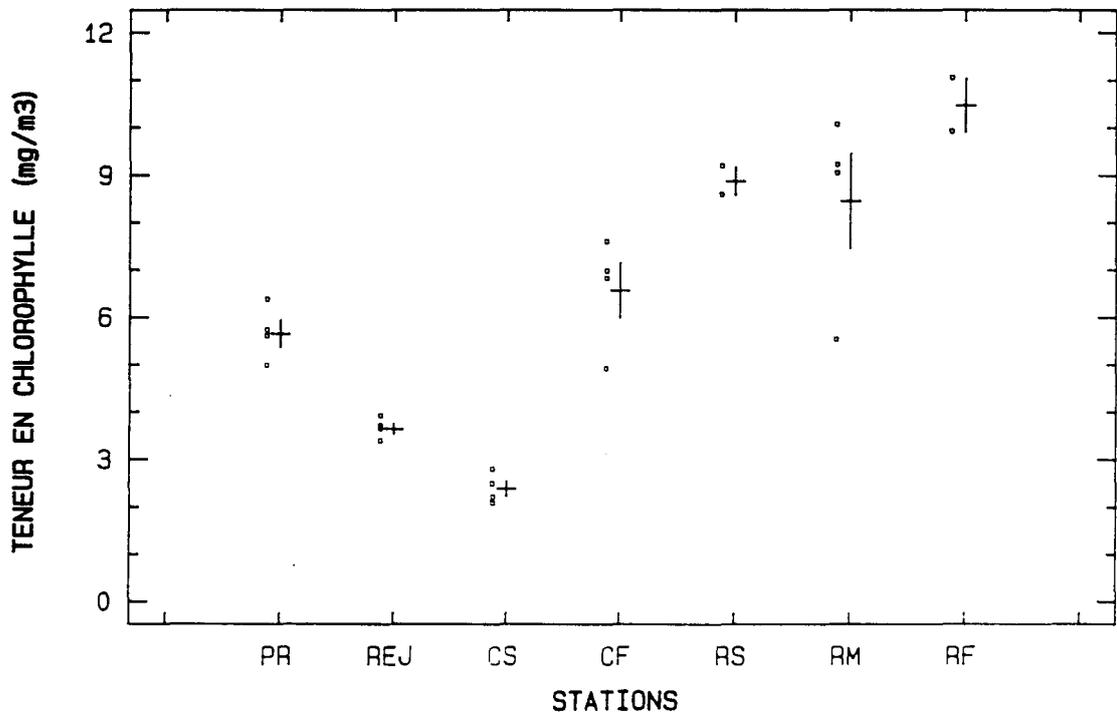
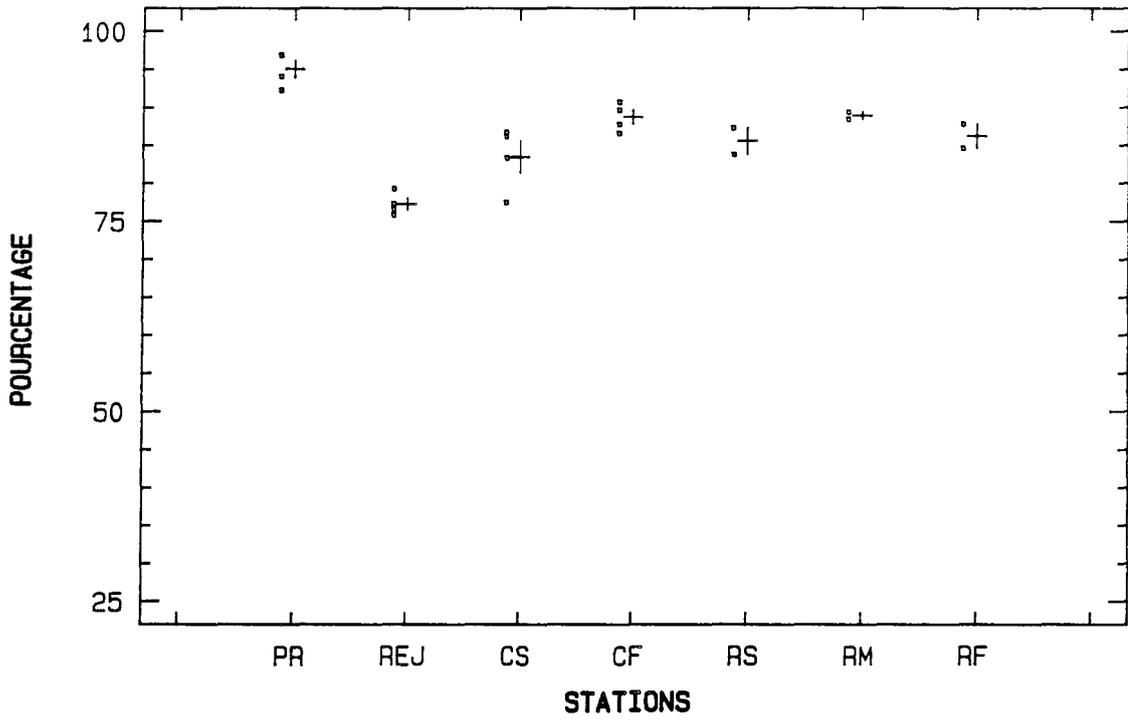


Figure 4.5

% DE CHLOROPHYLLE NON DEGRADEE
22 MAI 1991



% DE CHLOROPHYLLE NON DEGRADEE
26 SEPTEMBRE 1991

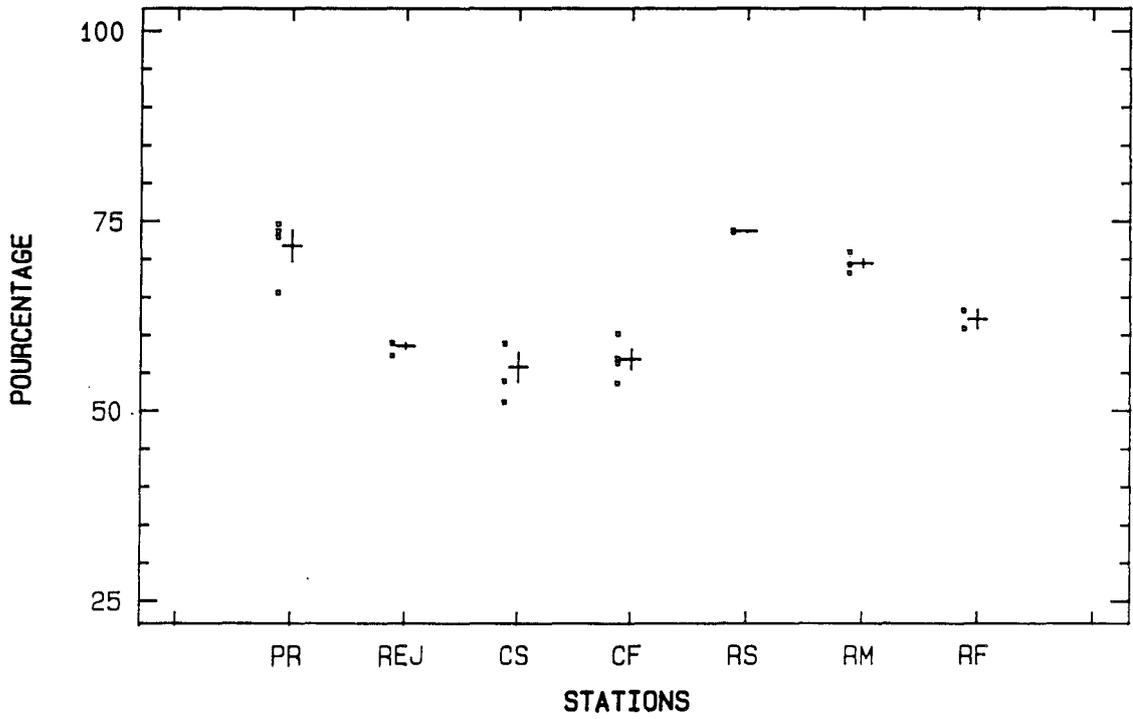


Figure 4.6

CHAPITRE 5

ZOOPLANCTON ET NOCTILUQUES

Geneviève LE FEVRE-LEHOËRFF

METHODOLOGIE

Les missions annuelles destinées à la comparaison des points ont été réalisées le 22 mai pour la mission printanière, les 23 et 26 septembre pour la mission d'automne. Cette dernière pour des raisons météorologiques a dû se dérouler sur deux journées, la comparaison entrée-sortie de centrale le 23, la comparaison tache thermique-hors tache le 26, ce qui est insatisfaisant et l'interprétation tient compte de cette difficulté. Une amélioration technique permet actuellement de prélever plus facilement le zooplancton dans le canal de rejet et le canal d'amenée avec un filet de petite dimension (surface d'ouverture 0.10 m²).

Afin de cerner les variations saisonnières du zooplancton en milieu non impacté, des missions complémentaires ont été effectuées au canal d'amenée, soit un total de 13 missions entre le 28 mars et le 23 septembre pour l'étude des biomasses, des espèces zooplanctoniques et des dinoflagellés noctiluques. Les résultats obtenus en 1991 sont suffisamment satisfaisants pour que nous adoptions cette même stratégie au cours de l'année 1992.

RESULTATS

1. Surveillance au canal d'amenée

Cette station de prélèvement permet d'effectuer les prélèvements hydrologiques, microbiologiques et planctoniques avec une périodicité choisie pour cerner avec une bonne précision les variations saisonnières du milieu naturel non impacté. La station canal d'amenée reçoit les eaux de l'avant-port ouest, milieu bien renouvelé pendant la marée et peu pollué. La station canal d'amenée ne peut être assimilée à la station référence du large, mais le gradient côte-large est peu important par rapport aux variations temporelles, saisonnières, accessibles facilement et sans moyen nautique.

1.1. Biomasse zooplanctonique - carbone et azote (tableau 5.1 et figures 5.1, 5.2, 5.3 et 5.4)

La biomasse zooplanctonique est exprimée en poids sec. Elle présente un maximum proche de 500 mg/m³ pendant la période 07-15 mai (fig. 5.1). Pendant la première quinzaine du mois de mai le pourcentage d'azote et de carbone croît rapidement dans la matière sèche recueillie et le 13 mai on observe le maximum annuel de poids d'azote 28 mg/m³ et de poids de carbone 122 mg/m³ (figures 5.2 et 5.3). Après le 15 mai le pourcentage d'azote et celui du carbone continuent d'augmenter dans le poids sec mais la biomasse recueillie est moins importante, ne dépassant pas 150 mg/m³ en moyenne au canal d'amenée. Si on observe la composition floristique et faunistique du plancton (tableaux 5.2 à 5.4) on peut remarquer que le maximum annuel de biomasse observée correspond d'abord aux *Phaeocystis* encore bien présents (chapitre 4), aux noctiluques à multiplication précoce en 1991 (fig. 5.5) et au zooplancton herbivore (fig. 5.6) présents normalement à cette époque. La simultanéité de présence de ces trois catégories de populations explique le maximum particulièrement élevé de la biomasse entre le 7 et le 13 mai.

Les pourcentages de carbone et azote dans la biomasse présentent leur maximum au mois de juin au canal d'amenée (fig. 5.4.a et b).

Le rapport C/N varie selon la saison et peut présenter des valeurs élevées l'hiver (supérieures à 10), le minimum observé C/N = 4 en 1991 s'observe entre juin et août (fig. 5.4.c).

Tableau 5.1

Biomasses - Gravelines 1991 - Suivi au canal d'amenée

	Poids sec mg/m ³	% N	Poids N mg/m ³	% C	Poids C mg/m ³	C/N
22.4.91	26.8	0.12	0.03	1.75	0.5	14.8
30.4.91	153.3	0.69	1.1	9.76	15.0	14.2
7.5.91	510.0	1.96 3.00	10.0 15.3	14.46 15.43	73.8 78.7	7.4 5.1
13.5.95	474.6	5.65 5.88	26.8 27.9	25.50 26.23	121.0 124.5	4.5 4.5
28.5.91	83.3	3.95 1.73	3.3 1.4	18.49 8.13	15.4 6.8	4.7 4.7
5.6.91	91.2	8.22 8.30	7.5 7.6	33.79 34.44	30.8 31.4	4.1 4.2
28.6.91	6.8	6.33 6.22	0.4 0.4	26.28 26.07	1.8 1.8	4.2 4.2
19.7.91	145.0	5.13 5.40	7.4 7.8	22.28 22.62	32.3 32.8	4.3 4.2
7.8.91	43.8	6.81 6.94	3.0 3.0	28.50 28.59	12.5 12.5	4.2 4.1
22.8.91	84.6	6.25 6.57	5.3 5.6	27.22 28.14	23.0 23.8	4.4 4.3
9.9.91	36.7	5.19 5.23	1.9 1.9	23.97 23.99	8.8 8.8	4.6 4.6

Fig. 5-1

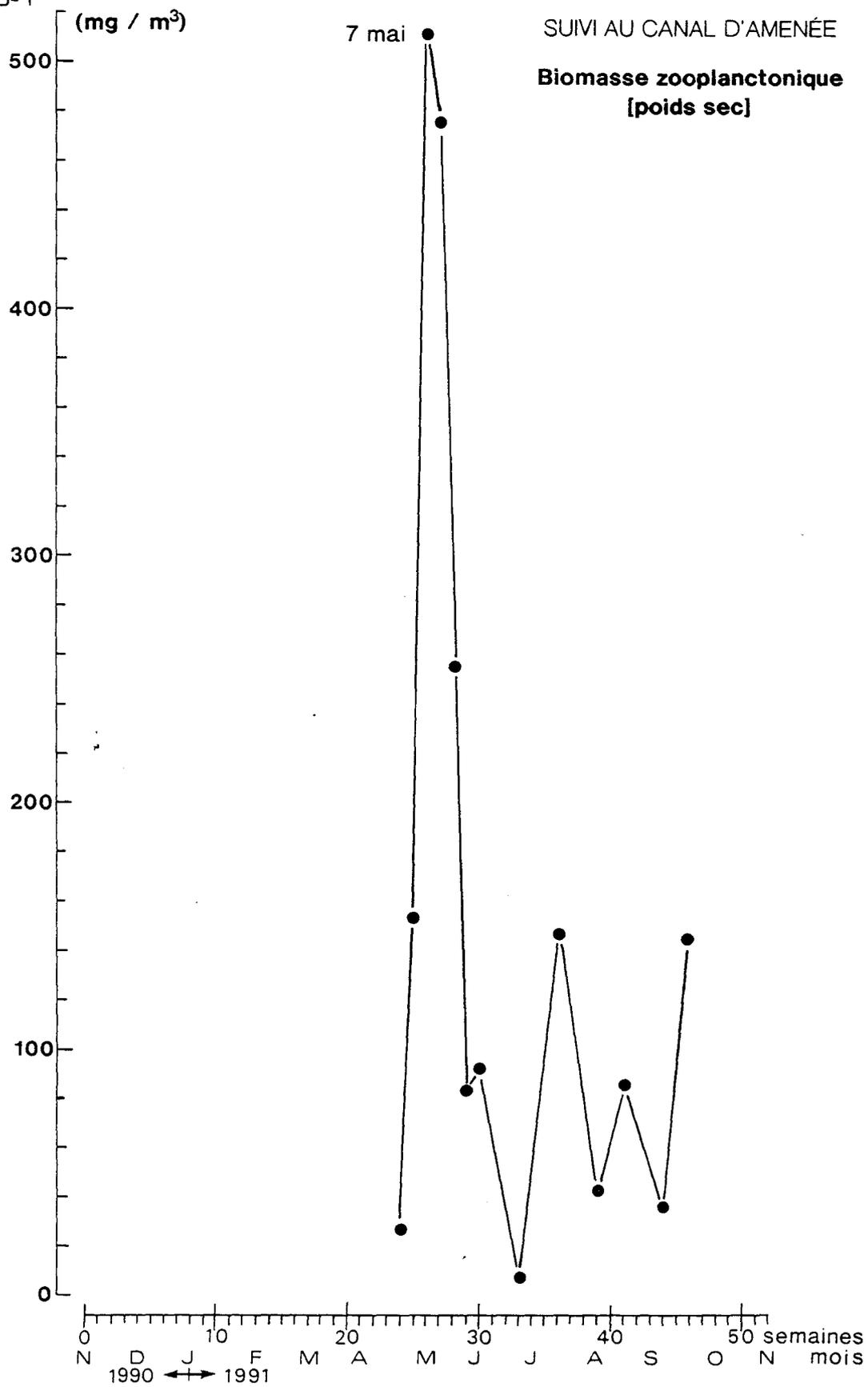


Fig. 5-2

SUIVI AU CANAL D'AMENÉE

Poids d'azote zooplanctonique

(mg / m³)

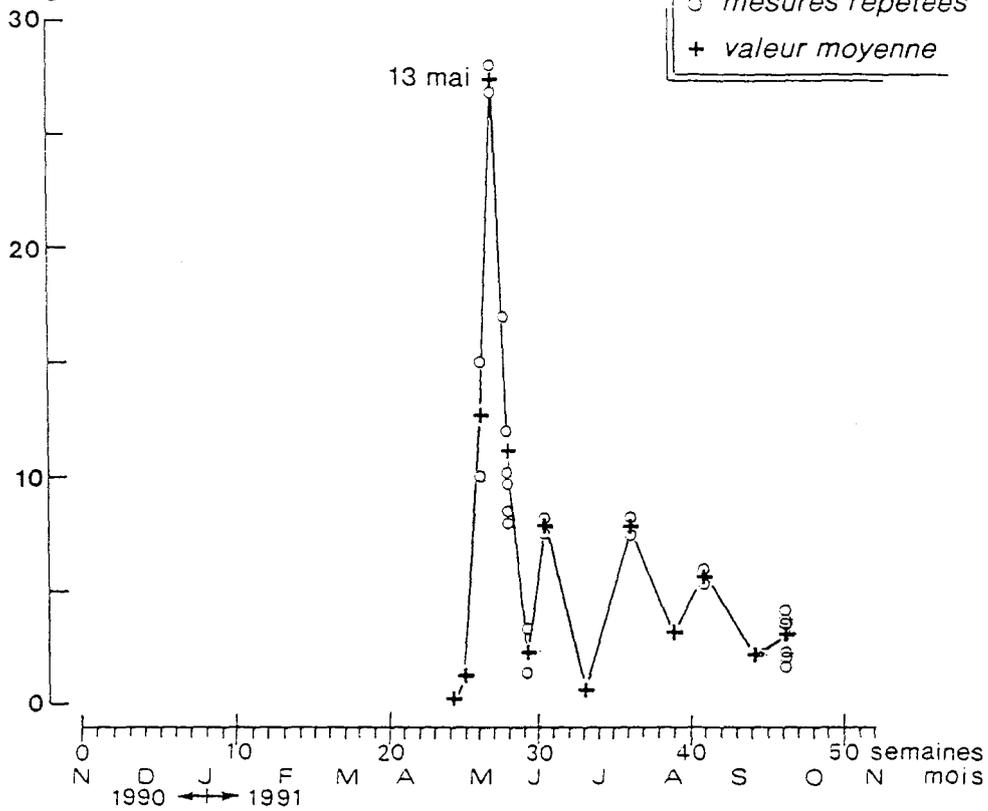


Fig. 5-3

SUIVI AU CANAL D'AMENÉE

Poids de carbone zooplanctonique

(mg / m³)

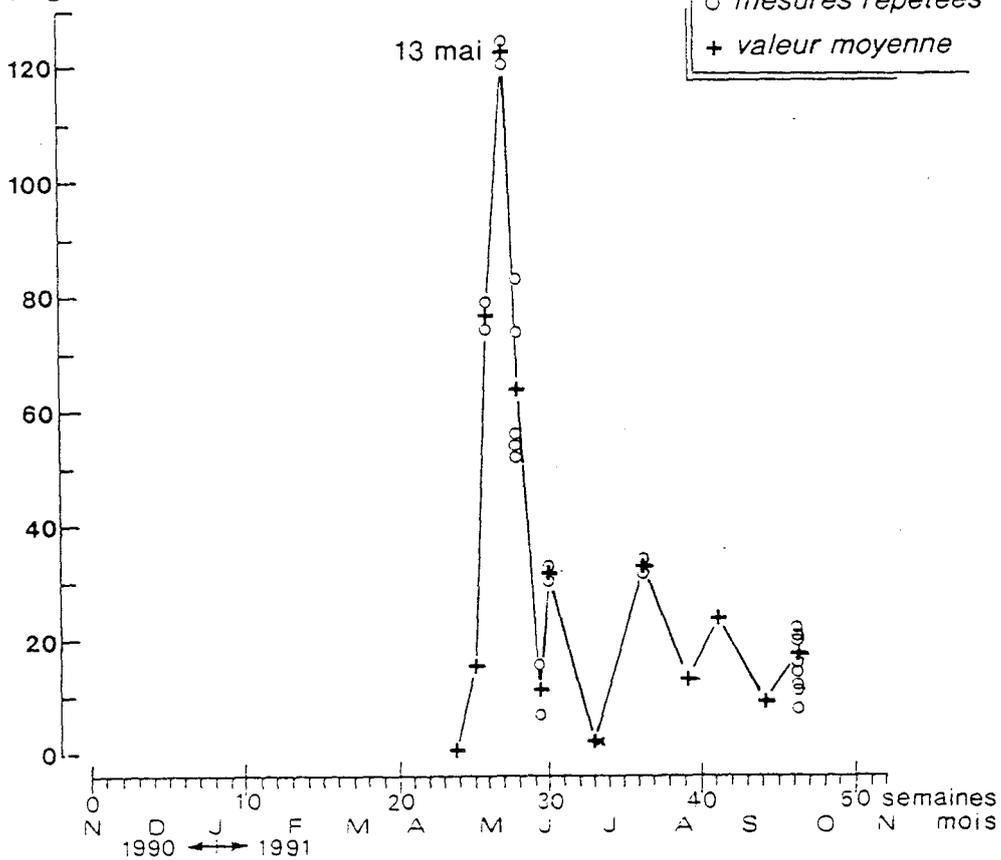
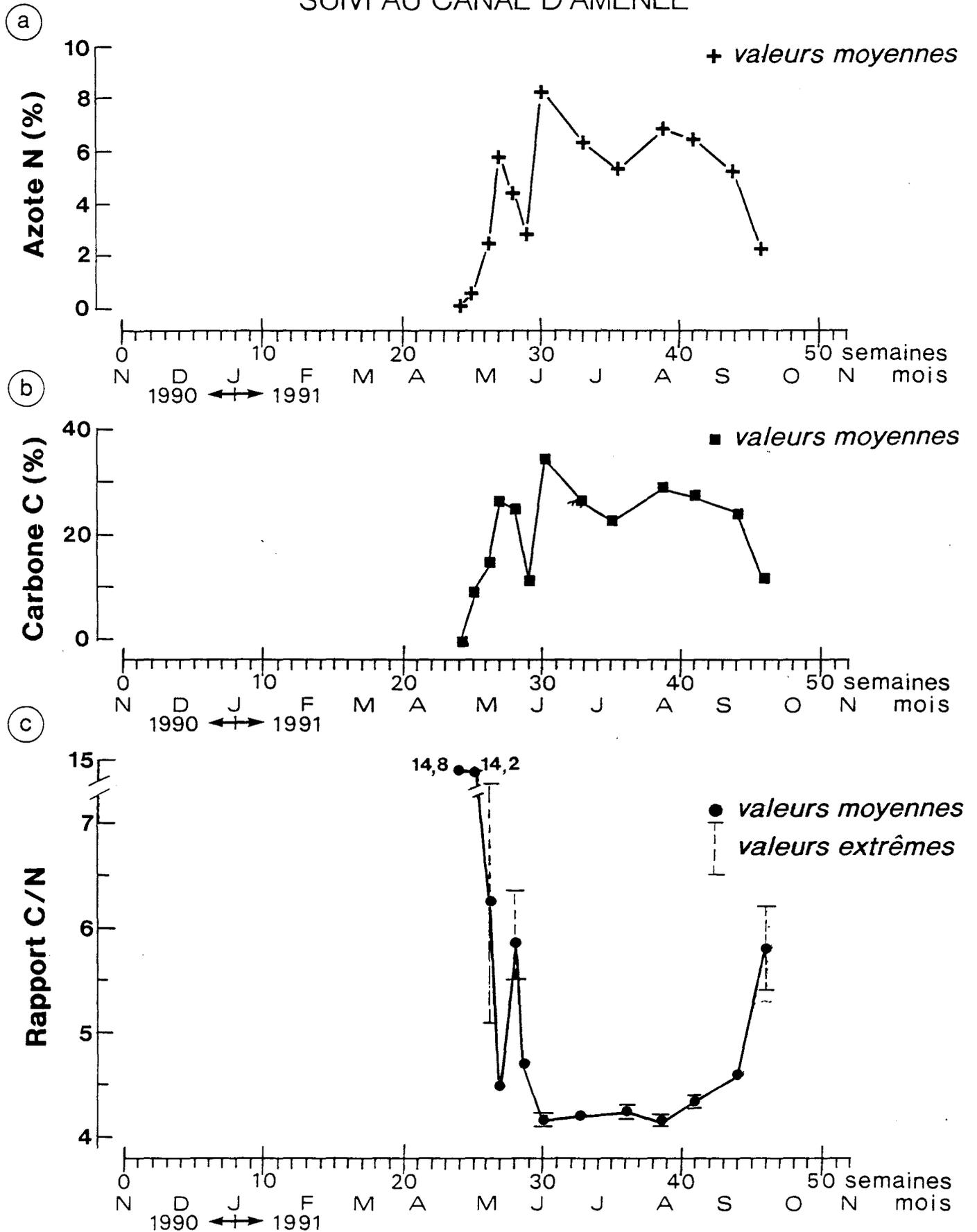


Fig. 5-4

SUIVI AU CANAL D'AMENÉE



1.2. Noctiluques (tableau 5.2 et figure 5.5)

Les noctiluques sont présentes dès le mois d'avril. Les conditions météorologiques favorables à leur développement se maintiennent en 1991 comme en 1990 pendant une longue période. Elles présentent une abondance supérieure à 10^3 individus/ m^3 de mai à août (fig. 5.5) en liaison avec un printemps précoce et un été chaud.

Fig. 5-5 SUIVI AU CANAL D'AMENÉE
-Entrée de la centrale-

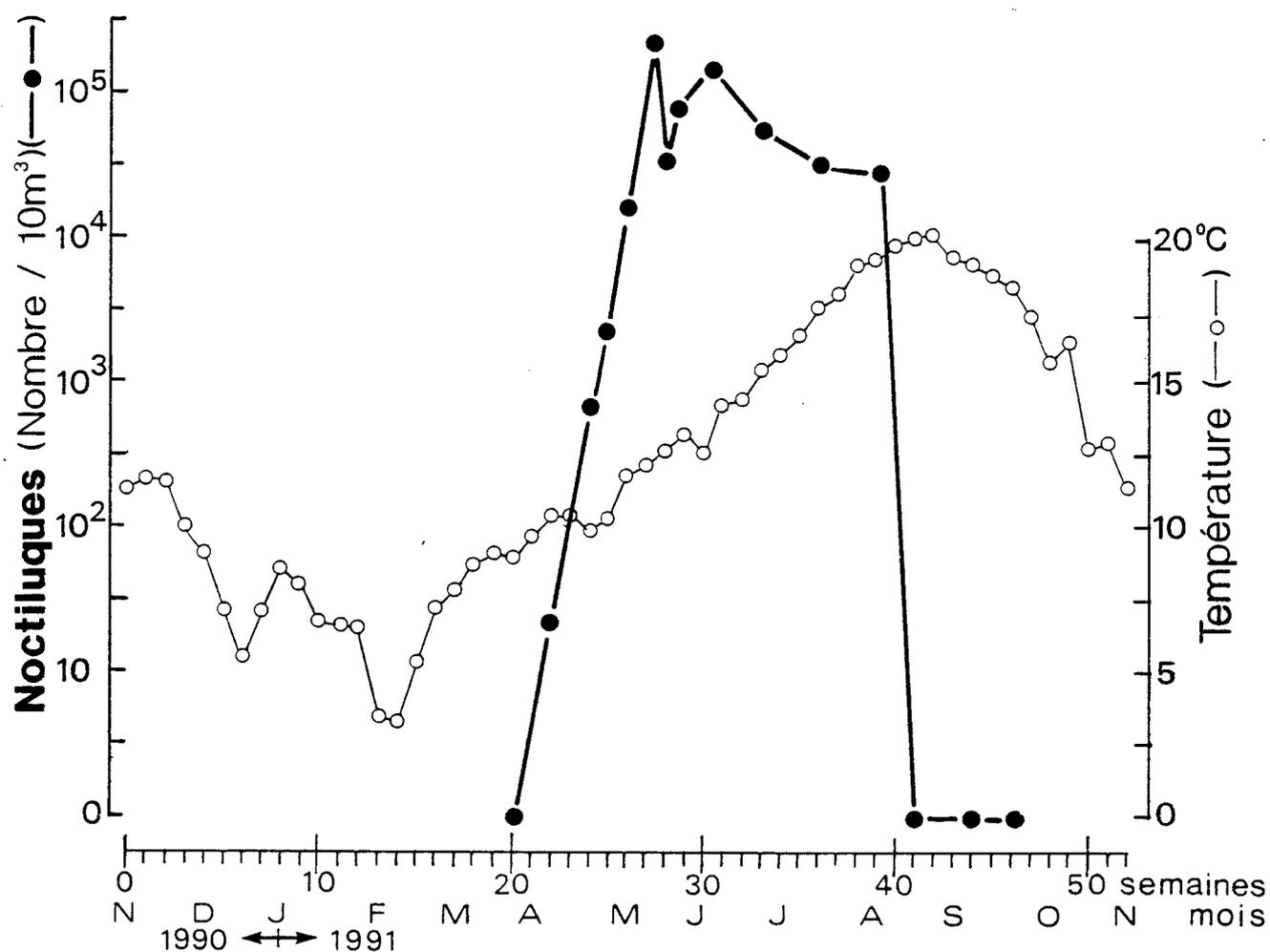


Tableau 5.2

Noctiluques - Variations au canal d'amenée (N/10 m³)

Dates	N/10 m ³	Dates	N/10 m ³
28.03.91	0	05.06.91	141 474
10.04.91	22	28.06.91	56 835
22.04.91	677	19.07.91	32 305
30.04.91	2 057	07.08.91	29 635
07.05.91	16 500	22.08.91	0
13.05.91	216 167	09.09.91	0
22.05.91	37 946	23.09.91	0
28.05.91	80 667		

1.3. Espèces zooplanctoniques

L'évolution saisonnière des différentes espèces zooplanctoniques montre une succession spécifique normale dans ses grands traits.

Pour l'holoplancton (tableau 5.3 et fig. 5.6), la succession très classique des maxima est observée : *Temora longicornis* en mai (100 000 individus/m³), *Acartia* en juillet (10 000/m³), *Euterpina acutifrons* en septembre (1 000/m³). Les cténaïres *Pleurobrachia* sont présents à partir du mois d'avril et les *Beroe* à partir du mois de mai. Le maximum de cténaïres observés le 13 mai atteint 35/m³.

Les chaetognathes montrent un maximum classique en septembre avec 100 individus/m³. Les appendiculaires sont présents pendant une grande partie de la période d'étude, leur maximum se produisant en juillet avec 1 500 individus/m³. L'espèce principale est *Oikopleura dioica* mais on peut trouver également *Fritillaria pellucida* en mai en petite quantité.

Comme les années précédentes les copépodes parasites sont abondants fin septembre (900/m³) mais ne semblent pas en augmentation par rapport aux années précédentes.

Des espèces rares peuvent également donner de très bonnes informations sur le cycle saisonnier de l'année. En 1991 en particulier *Isias clavipes* copépoïde très côtier et thermophile était présent en août et début septembre, le maximum de 63 individus/m³ se produisant lors du maximum thermique (20.2°C).

On remarque également en août - début septembre le cladocère *Podon* qui atteint 100 individus/m³ en août.

Tableau 5.3

Holoplancton quelques espèces caractéristiques (N/m³) - Suivi au canal d'aménée

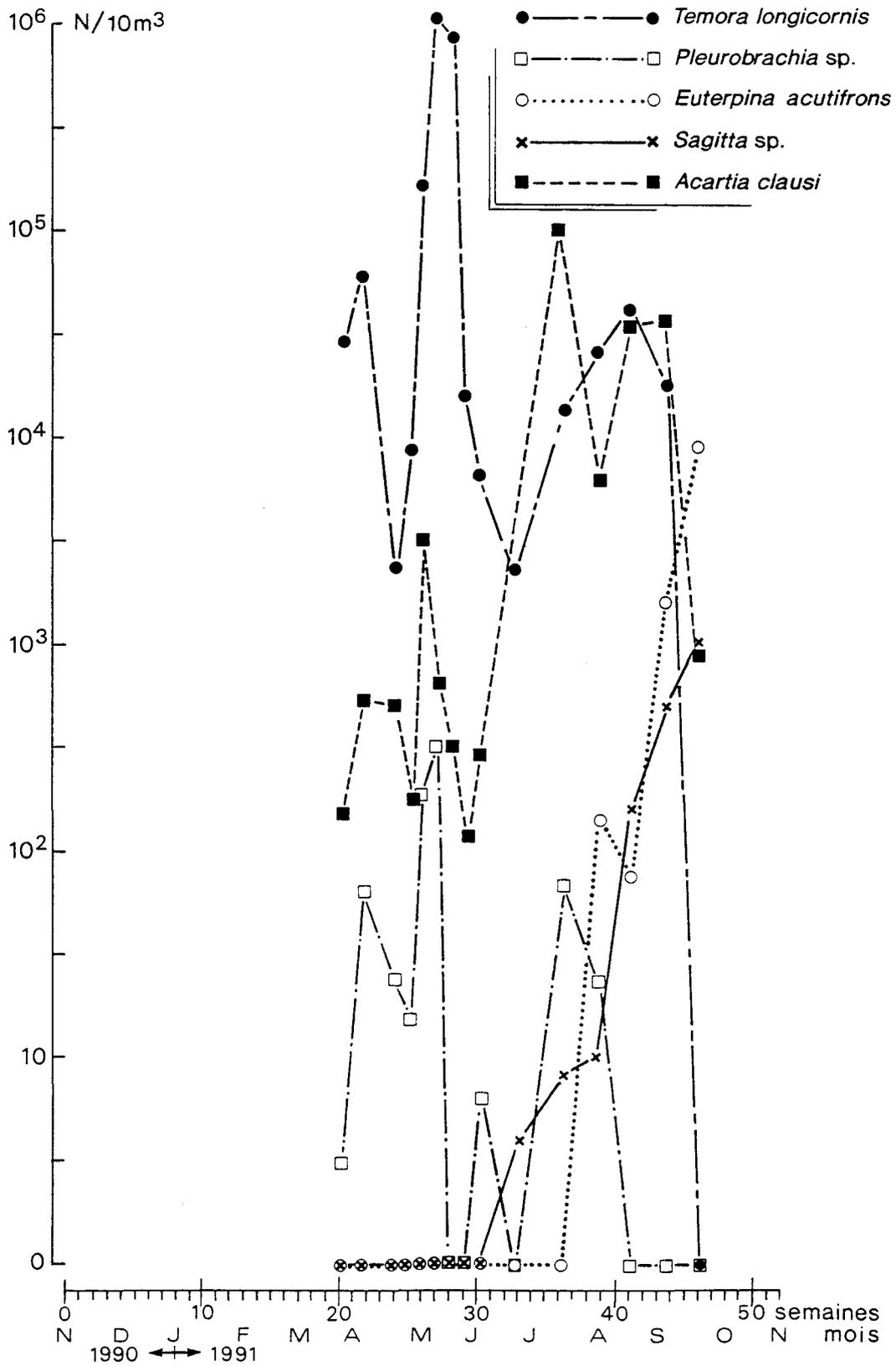
Espèces	Dates	28.03.91	10.04.91	22.04.91	30.04.91	07.05.91
Pleurobrachia		+	7	2	1	19
Beroe		0	0	0	0	0
Sagitta		0	0	0	0	0
Temora longicornis		2 594	5 986	227	749	16 313
Centropages hamatus		1 402	152	194	214	3 213
Isias clavipes		0	0	0	0	0
Acartia clausi		15	52	50	17	319
Euterpina acutifrons		0	0	0	0	0
Copépodes parasites		0	0	0	0	0
Mysidacés		+	0	0	0	0
Amphipodes		1	0	0	0	0
Cladocères		+	3	0	0	0
Appendiculaires		57	19	72	37	76
		13.05.91	22.05.91	28.05.91	05.06.91	28.06.91
Pleurobrachia		33	0	0	+	0
Beroe		2	+	6	1	+
Sagitta		0	0	0	0	+
Temora longicornis		113 083	82 908	1 539	623	220
Centropages hamatus		6 183	6 843	3 952	477	92
Isias clavipes		0	0	0	0	0
Acartia clausi		67	32	12	29	203
Euterpina acutifrons		0	0	0	0	0
Copépodes parasites		0	0	0	0	0
Mysidacés		0	0	0	0	+
Amphipodes		0	0	6	+	+
Cladocères		0	0	0	0	0
Appendiculaires		25	0	0	0	0
		19.07.91	07.08.91	22.08.91	09.09.91	23.09.91
Pleurobrachia		7	2	0	0	0
Beroe		0	0	0	0	0
Sagitta		1	1	16	54	113
Temora longicornis		1 358	2 532	3 943	1 833	0
Centropages hamatus		464	237	447	348	0
Isias clavipes		0	10	63	+	0
Acartia clausi		10 051	623	3 644	3 881	96
Euterpina acutifrons		0	14	7	160	884
Copépodes parasites		0	0	0	51	119
Mysidacés		0	0	0	0	0
Amphipodes		0	7	0	73	0
Cladocères		0	94	64	14	0
Appendiculaires		1 522	153	523	127	263

Tableau 5.4

Variations d'abondance du meroplancton (nombre d'individus/m³)

Dates	28.03.91	10.04.91	22.04.91	30.04.91	07.05.91
Cnidaires	2	0	2	1	0
Spionidae	63	183	8	29	63
Lanice conchilega	17	7	2	17	0
Magelona sp.	+	0	2	0	0
Nauplii cirripèdes	208	48	52	23	169
Cypris cirripèdes	14	49	11	11	38
Zoe brachyours	5	3	0	0	6
Larves Bryozoaires	+	2	6	11	19
Larves Stellerides	0	0	0	0	63
Larves Bivalves	0	5	6	0	0
Larves Gastéropodes	0	0	0	0	0
Larves d'Ascidies	0	0	0	0	0
Oeufs Téléostéens	3	9	8	6	+
Larves Téléostéens	+	+	3	0	0
	13.05.91	22.05.91	28.05.91	05.06.91	28.06.91
Cnidaires	0	+	0	0	0
Spionidae	100	38	30	4	14
Lanice conchilega	17	16	0	0	0
Magelona sp.	0	0	0	0	0
Nauplii cirripèdes	50	70	85	0	20
Cypris cirripèdes	25	22	30	13	0
Zoe brachyours	8	0	0	2	7
Larves Bryozoaires	67	11	42	4	6
Larves Stellerides	0	0	18	0	0
Larves Bivalves	67	32	218	55	0
Larves Gastéropodes	0	0	0	0	19
Larves d'Ascidies	0	0	6	0	+
Oeufs Téléostéens	0	3	3	1	+
Larves Téléostéens	0	3	3	1	+
	19.07.91	07.08.91	22.08.91	09.09.91	23.09.91
Cnidaires	22	9	42	32	0
Spionidae	150	21	20	18	84
Lanice conchilega	7	4	104	32	120
Magelona sp.	0	0	0	0	0
Nauplii cirripèdes	131	170	204	118	36
Cypris cirripèdes	20	24	16	10	0
Zoe brachyours	0	2	3	14	0
Larves Bryozoaires	229	38	36	17	0
Larves Stellerides	0	0	0	0	0
Larves Bivalves	20	21	20	0	0
Larves Gastéropodes	118	28	33	0	0
Larves d'Ascidies	52	0	0	0	0
Oeufs Téléostéens	0	0	0	0	0
Larves Téléostéens	0	0	0	0	0

Fig. 5-6 SUIVI AU CANAL D'AMENÉE
 -Variations saisonnières de quelques espèces -



Les larves méroplanctoniques ou les phases pélagiques de certains hydraires sont de bons indicateurs des conditions météorologiques de l'année comme les copépodes cités précédemment. On peut citer en 1991 les abondances des méduses estivales jusqu'à 10 individus par m^3 pour *Eucheilota maculata* et *Sarsia prolifera* et $30/m^3$ pour *Obelia*.

Remarques concernant les mollusques :

a) Gastéropodes : il a été observé de juin à août un nombre important de larves de gastéropodes. Parmi ces gastéropodes on peut signaler que les crépidules sont présentes dans l'avant-port ouest de Dunkerque avec un maximum en juillet. Bien que l'abondance de cette espèce soit réduite il était intéressant de noter sa présence, compte tenu des problèmes que sa prolifération pose dans certaines régions conchylicoles (golfe normano-breton, rade de Brest) et son abondance sera suivie avec attention les années à venir.

b) Bivalves : les larves de bivalves ont été particulièrement abondantes du 07 mai au 06 juin avec un maximum supérieur à 200 individus/ m^3 fin mai. La détermination spécifique de ces larves serait intéressante pour compléter l'information concernant les abondances des différentes espèces benthiques (cf. chapitre benthos).

Les autres larves planctoniques montrent les mêmes caractéristiques que les années précédentes.

2. Missions du 22 mai et des 23-26 septembre - Impact de la centrale

2.1. Biomasse - carbone et azote (tableaux 5.5 et 5.6, figures 5.7, 5.8, 5.9 et 5.10)

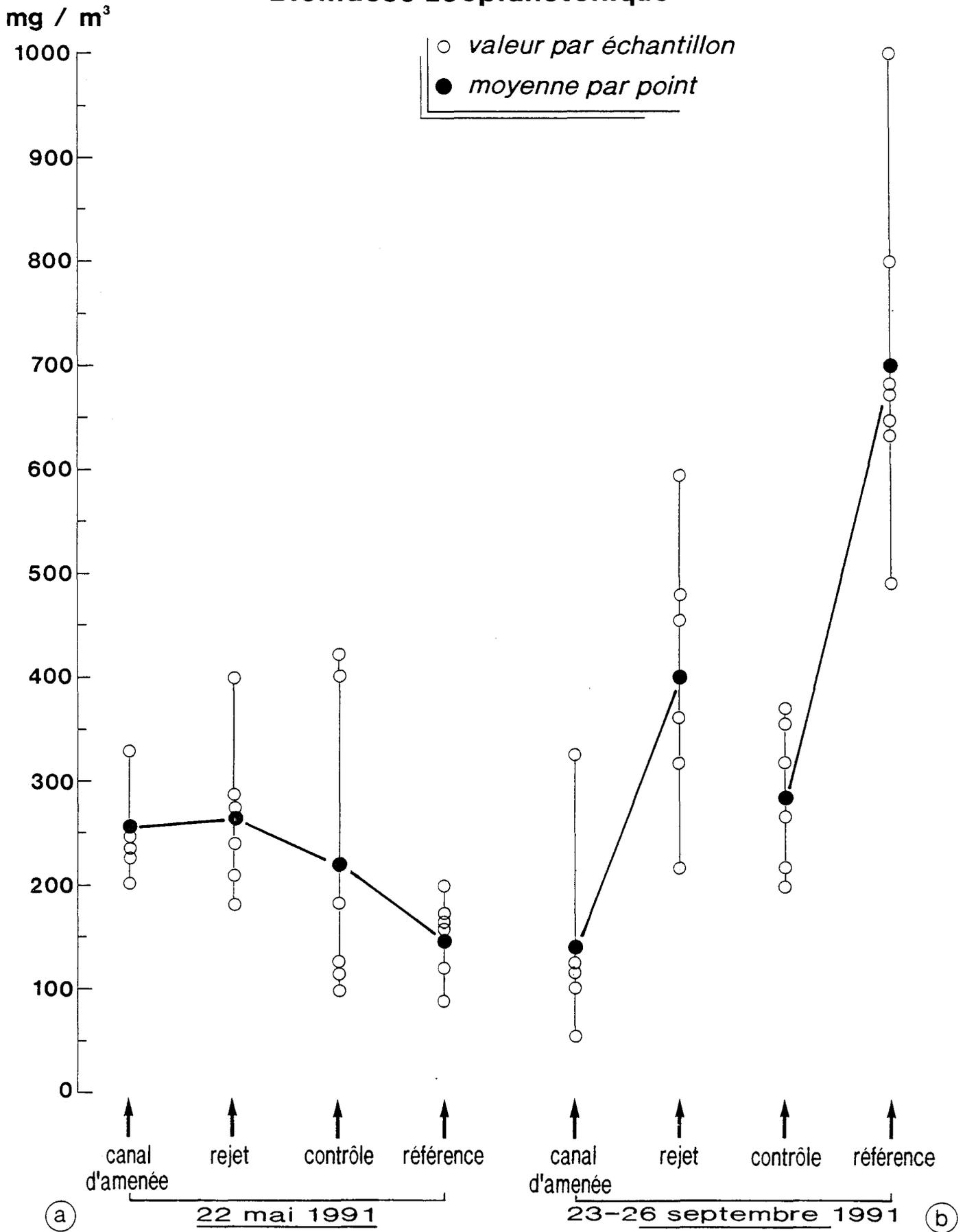
Les valeurs des biomasses zooplanctoniques présentent toujours une forte variabilité. L'hétérogénéité naturelle entre les prélèvements effectués au même point ou à la même station est du même ordre de grandeur que l'hétérogénéité spatiale existant entre les points. Aucun impact permanent ne peut être mis en évidence actuellement par la mesure des biomasses totales (fig. 5.7). Les résultats concernant les valeurs de carbone et d'azote permettent de différencier les points pour certaines missions en mai en particulier, mais l'interprétation des différences observées n'est pas évidente. En mai 1991 comme en mai 1990 il y a augmentation du carbone au rejet et diminution rapide vers le point contrôle. Les variations du carbone et de l'azote ne se font pas dans les mêmes proportions (figs. 5.8 et 5.9). Le rapport C/N diminue au rejet puis croit à nouveau au point contrôle en mai et en septembre (fig. 5.10)

2.2. Impact sur les espèces

Noctiluques

Le déficit par transit sur les noctiluques est constaté en 1991 comme pour les années précédentes (fig. 5.11).

Fig. 5-7 COMPARAISON DES POINTS

Biomasse zooplanctonique

Zooplancton

Les différentes espèces ne subissent pas l'impact de la même manière. Les appendiculaires sont toujours affectés par le transit, ainsi que nous l'avons mis en évidence au cours des années précédentes. La mission de septembre 1991 effectuée sur deux journées ne permet pas de comparer les quatre points. Nous pouvons uniquement comparer les points deux à deux. Les courbes de comparaison entrée/rejet reproduisent les constantes des années précédentes non seulement pour les appendiculaires *Oikopleura dioica* (fig. 5.12) mais également pour les larves de *Lanice conchilega*, les copépodes *Acartia clausi* et *Temora longicornis* (fig. 5.12, 13, 14). Le déficit par transit est mis en évidence sur les appendiculaires *Oikopleura dioica*, les larves de *Lanice conchilega* et les copépodes *Temora longicornis*, tandis que *Acartia clausi* reste très abondante dans la zone côtière soumise au rejet et dans la tache thermique. Cette constatation avait déjà été notée les années précédentes.

Fig. 5-10

Rapport C/N

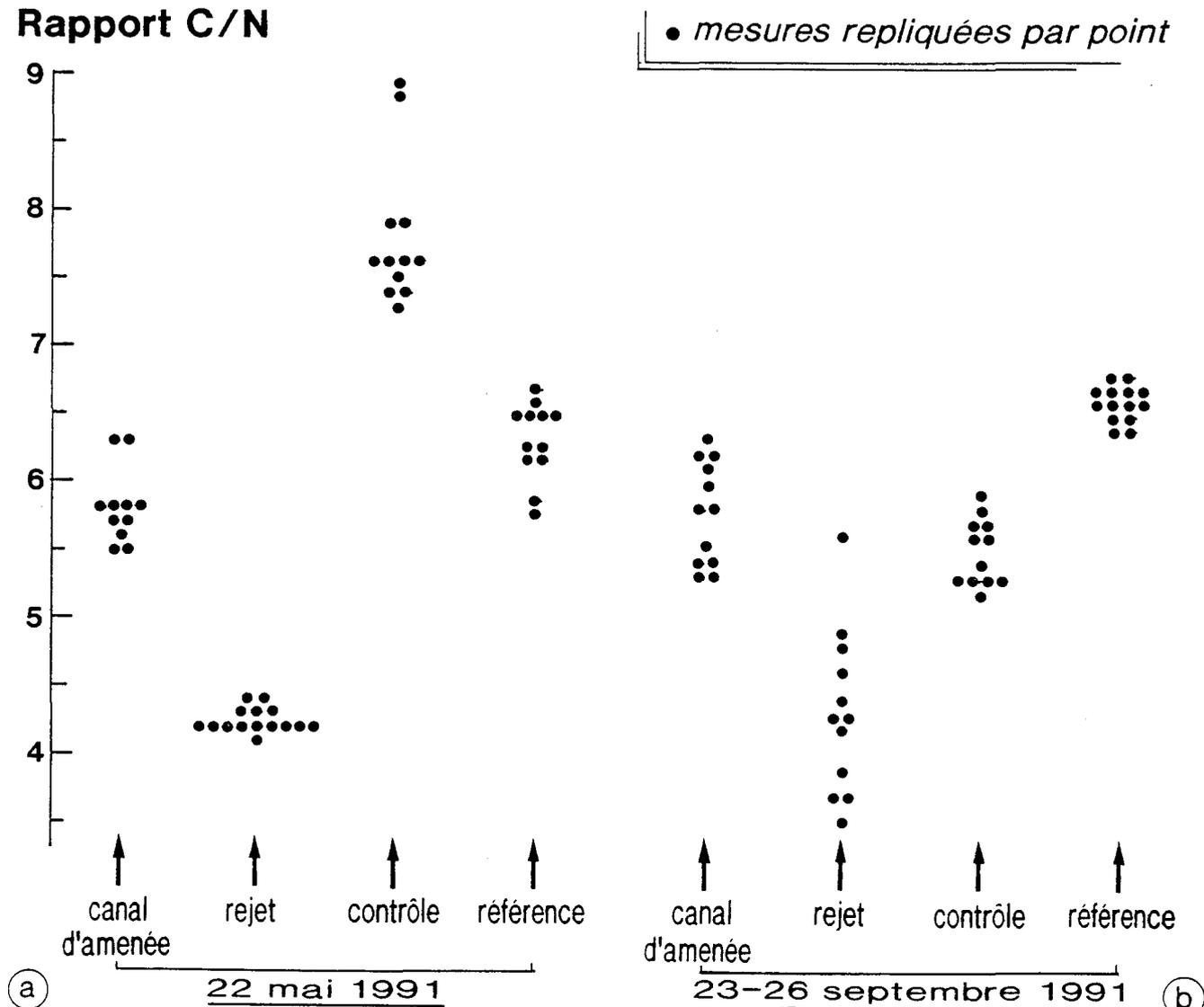
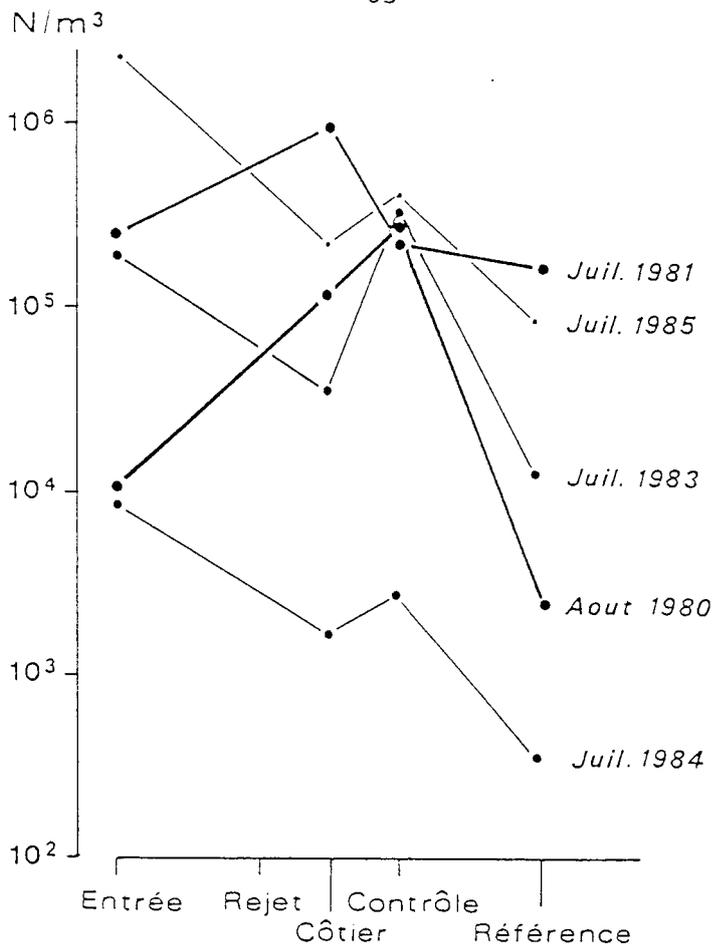


Tableau 5.5

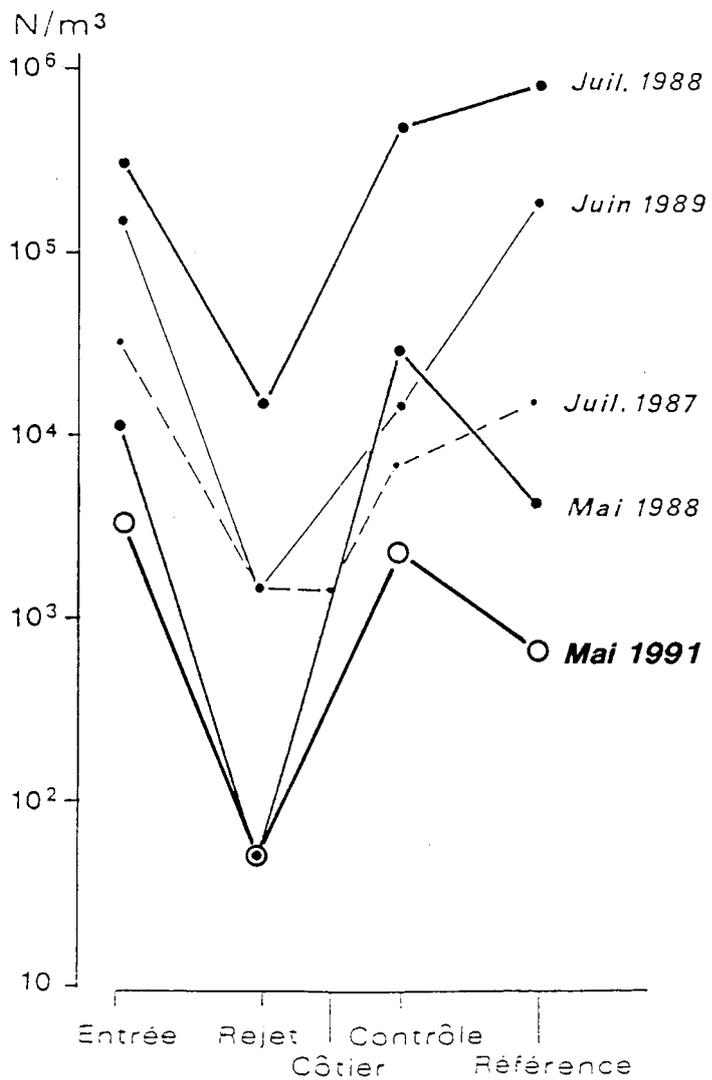
22 mai 1991		Poids sec mg/m ³	% N	Poids N mg/m ³	% C	Poids C mg/m ³	C/N
Amenée	(1)	238.9	4.06	9.7	22.91	54.7	5.6
			4.04	9.7	22.93	54.8	5.7
	(2)	335.5	2.94	9.9	16.96	56.9	5.8
			2.94	9.9	16.82	56.4	5.7
	(3)	251.1	4.76	12.0	27.47	69.0	5.8
			4.75	12.0	27.54	69.2	5.8
	(4)	201.6	4.06	8.2	25.57	51.6	6.3
			4.04	8.1	25.44	51.3	6.3
	(5)	240.8	6.31	15.2	34.58	83.3	5.5
			6.32	15.2	34.73	83.6	5.5
Rejet	(1)	212.6	7.35	15.6	32.04	68.1	4.4
			7.31	15.5	31.92	67.9	4.4
	(2)	181.0	7.33	13.3	31.78	57.5	4.3
			7.37	13.3	31.83	57.6	4.3
	(3)	244.1	7.49	18.3	31.73	77.5	4.2
			7.47	18.2	31.48	76.8	4.2
	(4)	272.2	7.62	20.7	31.79	86.5	4.2
			7.67	20.9	32.18	87.6	4.2
	(5)	394.8	5.09	20.1	21.57	85.2	4.2
			4.91	19.4	21.10	83.3	4.3
	(6)	262.0	8.04	21.1	33.52	87.8	4.2
			8.09	21.2	33.62	88.1	4.2
		8.19	21.5	33.83	88.6	4.1	
Contrôle (côtier) tache thermique	(1)	399.2	1.49	6.0	13.18	52.6	8.8
			1.43	5.7	12.79	51.1	8.9
	(2)	414.8	1.96	7.8	14.89	59.4	7.6
			2.00	8.0	15.16	60.5	7.6
	(3)	117.9	3.06	3.6	22.74	26.8	7.4
			3.05	3.6	22.79	26.9	7.5
	(4)	118.9	2.11	2.5	16.69	19.8	7.92
			2.07	2.5	16.39	19.5	7.90
	(5)	96.4	2.76	2.7	21.02	20.3	7.63
			2.74	2.6	20.81	20.1	7.61
	(6)	176.9	2.36	4.2	17.20	30.4	7.28
			2.29	4.1	16.90	29.9	7.38
Référence	(1)	200.1	2.84	5.7	18.88	37.8	6.6
			2.79	5.6	18.80	37.8	6.7
	(2)	169.1	3.10	5.2	20.29	34.3	6.5
			3.18	5.4	20.77	35.1	6.5
	(3)	170.3	3.15	5.4	19.65	33.5	6.2
			3.10	5.3	19.48	31.2	6.3
	(4)	89.5	3.20	2.9	18.74	16.8	5.9
			3.30	3.0	19.03	17.0	5.8
	(5)	157.0	2.95	4.6	18.52	29.1	6.3
			2.99	4.7	18.63	29.3	6.2
	(6)	122.4	2.26	2.8	14.75	18.1	6.5
			2.26	2.8	14.62	17.9	6.5

Tableau 5.6

23 et 26/09/91	Poids sec mg/m ³	% N	Poids N mg/m ³	% C	Poids C mg/m ³	C/N	
Amenée	(1)	324.7	1.22	4.0	6.55	21.3	5.4
			1.20	3.9	6.37	20.7	5.3
	(2)	125.8	3.07	3.9	17.17	21.6	5.6
			3.11	3.9	17.22	21.7	5.5
	(3)	101.3	1.85	1.9	11.40	11.6	6.2
			1.82	1.8	10.93	11.1	6.0
	(4)	140.1	2.52	3.5	14.61	20.5	5.8
			2.49	3.5	14.45	20.2	5.8
	(5)	113.4	2.04	2.3	12.90	14.6	6.3
			2.05	2.3	12.80	14.5	6.2
	(6)	57.4	2.59	1.5	13.67	7.9	5.3
Rejet	(1)	318.4	2.95	9.4	10.82	34.5	3.7
			2.55	8.1	10.92	34.8	4.3
	(2)	593.1	2.75	16.3	9.70	57.5	3.5
			2.14	16.7	10.57	64.8	4.9
	(3)	478.4	2.21	10.6	10.70	51.2	4.8
			2.63	12.6	10.28	49.2	3.9
	(4)	361.8	2.57	9.3	10.93	39.5	4.3
			2.77	10.0	11.50	41.6	4.2
	(5)	447.6	3.25	14.6	12.03	53.9	3.7
			2.75	12.3	12.61	56.4	4.6
	(6)	215.1	2.65	5.7	11.64	25.0	4.4
			2.16	4.7	11.99	25.8	5.6
Contrôle (côtier)	(1)	323.8	2.98	10.0	16.69	54.0	5.6
			2.91	9.4	16.61	53.8	5.7
	(2)	350.6	1.97	6.9	11.58	40.6	5.9
			2.01	7.0	11.55	40.5	5.7
	(3)	364.2	2.34	8.5	12.82	46.7	5.4
			2.44	8.9	12.94	47.0	5.3
	(4)	203.1	2.65	5.4	14.08	28.6	5.3
			2.68	5.4	14.08	28.6	5.3
	(5)	270.6	2.54	6.9	13.41	36.3	5.3
			2.59	7.0	13.38	36.2	5.2
	(6)	209.0	2.25	4.7	12.52	26.2	5.6
			2.20	4.6	12.68	26.5	5.8
Référence	(1)	486.8	1.95	9.5	13.24	64.5	6.8
			1.97	9.6	13.15	64.0	6.7
	(2)	637.2	1.96	12.5	12.90	82.2	6.6
			1.92	12.2	13.05	83.2	6.8
	(3)	998.8	1.79	17.9	11.91	119.0	6.7
			1.85	18.5	12.14	121.3	6.6
	(4)	793.2	2.07	16.4	13.76	109.1	6.7
		2.14	17.0	13.66	108.4	6.4	
	(5)	673.9	1.98	13.3	12.78	86.1	6.5
			1.98	13.3	12.65	85.3	6.4
	(6)	660.0	2.01	13.3	13.13	86.7	6.5
			1.99	13.1	13.23	86.7	6.6
	(7)	630.2	2.15	13.6	14.25	89.8	6.6
			2.10	13.2	14.15	89.2	6.7



a



b

Fig. 5-11 Noctiluques, déficit par transit

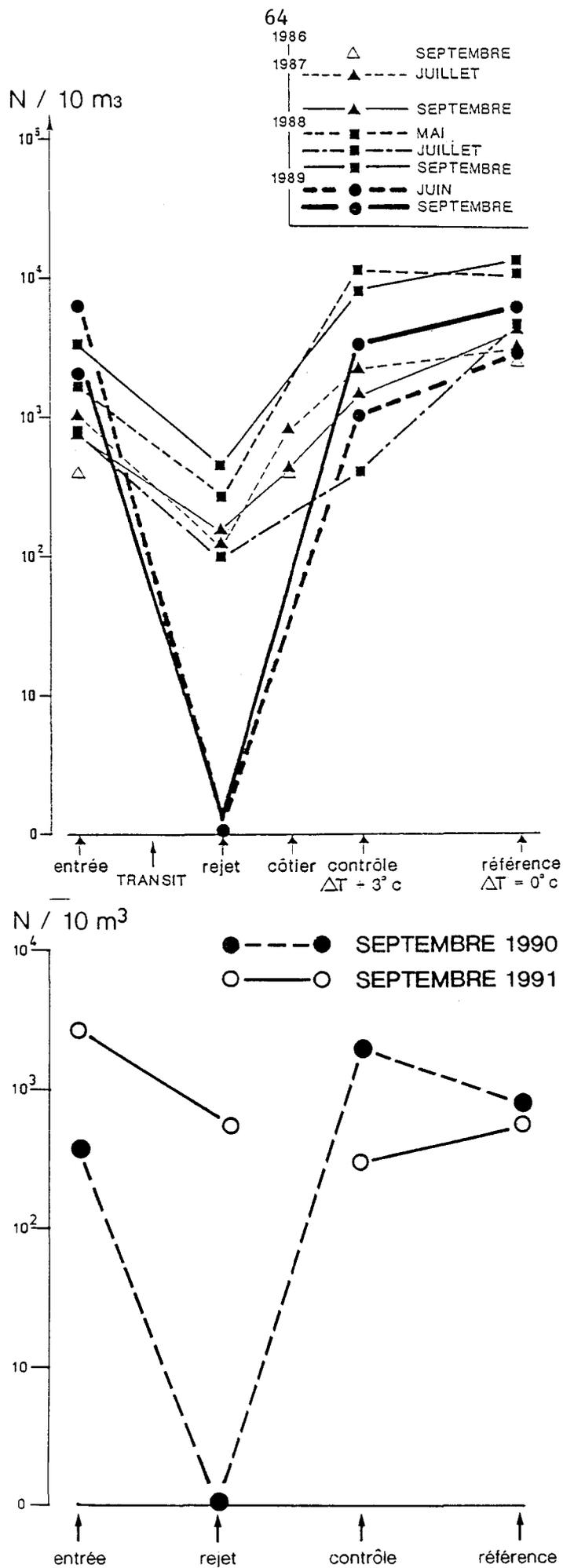


Fig. 5-12 *Oikopleura dioica*, déficit par transit.

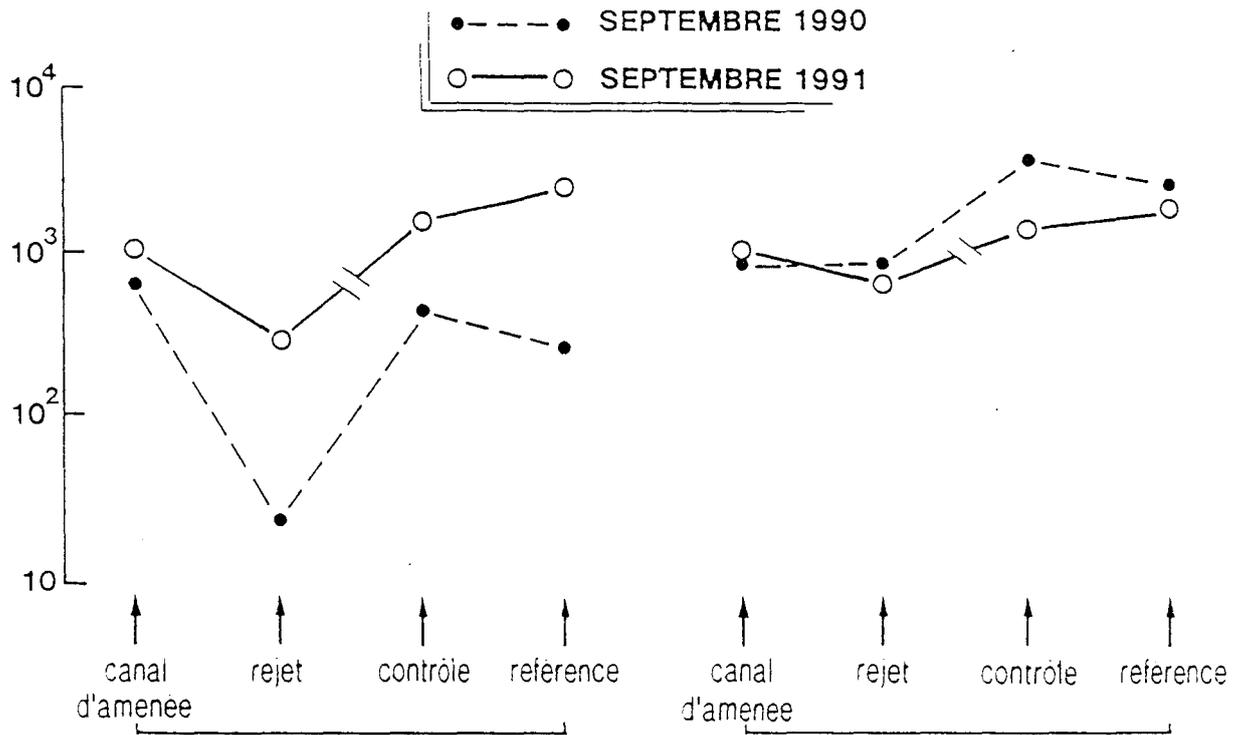
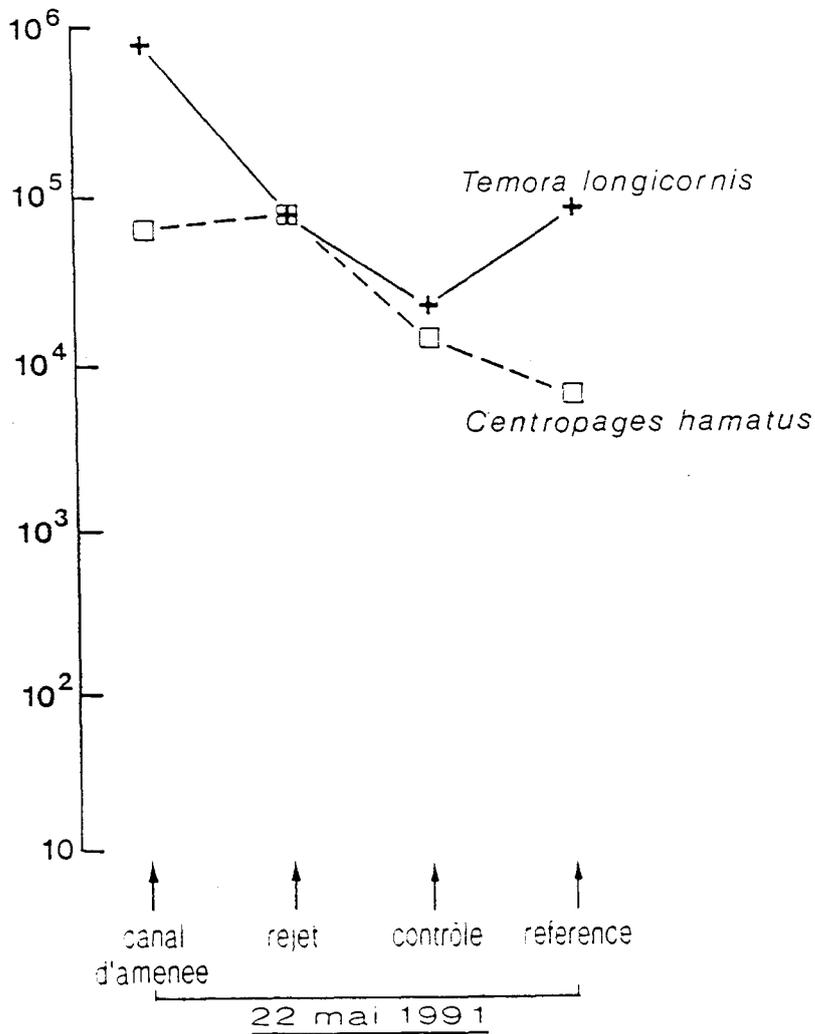


Fig. 5-13 (a) *Lanice conchilega*

(b) *Acartia clausi*

Fig. 5-14



CONCLUSION

Au cours de l'année 1991 la stratégie de surveillance mise en place au canal d'aménée s'est avérée très satisfaisante pour suivre les variations naturelles du site hors impact. Les variations saisonnières des noctiluques, des biomasses et espèces zooplanctoniques ont été correctement cernées grâce à la précocité des premiers prélèvements dès fin mars pour les espèces et fin avril pour les biomasses. Cette stratégie est renouvelée pour l'année 1992.

L'étude d'impact réduite à deux missions confirme les conclusions des années précédentes. Les mauvaises conditions météorologiques de septembre ne nous ont malheureusement pas donné de résultats très satisfaisants. Il serait souhaitable de pouvoir effectuer la deuxième mission avant le 15 septembre pour étudier l'impact au moment du maximum thermique.

Comme l'année dernière nous avons constaté que l'estimation de l'impact ne peut se baser sur les mesures de biomasse totale, il existe une trop forte variabilité naturelle de ce paramètre très rustique, mais cependant facile à mesurer. 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.

CHAPITRE 6

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 km au Nord-Est.

La réactualisation du programme de surveillance du milieu récepteur pour 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.

MATERIEL ET METHODES

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 µm pêchant simultanément. Depuis 1984, deux repliquats sont réalisés en chaque point de mesure.

LOCALISATION DES POINTS DE PRELEVEMENT : trois points en mer (1 : côte, 2 : médian, 3 : large) et deux points au canal de prise" (6 : rive gauche et 7 : milieu).

CHRONOLOGIE : 4 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 1991, pour des raisons météorologiques et de contraintes de planning, les campagnes de prélèvement au filet BONGO n'ont pu avoir lieu qu'à partir de juin. En compensation, nous avons étudié les échantillons de zooplancton prélevés au filet WP2 (de maillage 200 µm) couvrant la période de fin mars à juillet et comportant une campagne en mer (le 22 mai), les autres étant réalisées à l'entrée du canal, de façon à ne pas avoir de trop grand hiatus dans la chronologie, bien que les faibles volumes filtrés au filet WP2 ne permettent pas d'espérer la même précision dans l'estimation des densités d'oeufs et de larves.

Cette chronologie ainsi que les principales caractéristiques des campagnes figurent dans le tableau 6.1.

N° Mission	Date	Point	Heure T.U.	Volume (m ³)
152	28 mars	6	8 h 20	51.57
153	10 avril	6	8 h 10	7.35
154	22 avril	6	9 h 10	2.66
155	30 avril	6	11 h 55	0.70
156	7 mai	6	9 h 45	0.32
157	13 mai	6	6 h 45	0.48
158	22 mai	1	9 h 15	0.78
		2	5 h 50	0.82
		3	6 h 45	5.91
		6	8 h 30	0.75
159	28 mai	6	13 h 45	0.33
160	5 juin	6	6 h 55	1.90
161	28 juin	6	9 h 15	8.62

TABLEAU 6.1 : Principales caractéristiques des campagnes

RESULTATS

LA SOLE (SOLEA SOLEA (L.) = SOLEA VULGARIS QUENSEL)

Date	Point	Larves	Total oeufs	Oeufs stade 1	Oeufs stade 2
28 mars	6	0.2	9.1	6.6	2.5
10 avril	6	0.0	0.0	0.0	0.0
22 avril	6	0.0	0.0	0.0	0.0
30 avril	6	0.0	0.0	0.0	0.0
7 mai	6	0.0	0.0	0.0	0.0
13 mai	6	0.0	0.0	0.0	0.0
22 mai	1	0.0	25.6	12.8	12.8
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	0.0	0.0
	6	0.0	0.0	0.0	0.0
28 mai	6	0.0	0.0	0.0	0.0
5 juin	6	0.0	0.0	0.0	0.0
28 juin	6	0.0	0.0	0.0	0.0

TABLEAU 6.2 : Densités d'oeufs et de larves de sole en 1991 (en nombre par 10 m³)

Oeufs (tableau 6.2 et figure 6.1) : les abondances d'oeufs sont comparables à celles relevées en 1990 et légèrement inférieures à la moyenne du site (environ 30 par m³ si l'on exclut les années exceptionnelles comme 1983 et 1984). La présence d'oeufs en nombre relativement élevé (environ 1 par m³) dès la première campagne (28 mars) suggère une ponte précoce que l'on pouvait pressentir d'après les températures hivernales. L'absence d'oeufs dans les prélèvements ultérieurs (même compte-tenu des faibles volumes filtrés) et leur réapparition fin mai, semble être l'indice d'une courbe saisonnière bimodale à l'instar des années à hiver doux suivi de températures printanières peu élevées. Après des pontes précoces on observe au contraire un retard en fin de saison.

Des études menées parallèlement ont montré que ces décalages n'altéraient pas la production annuelle totale mais jouaient probablement essentiellement sur la survie des larves par le biais de la nourriture, potentiellement plus élevée, dans cette région, à la fin du printemps. Les années à fort recrutement sont celles au cours desquelles un hiver relativement froid, induisant des pontes tardives qui venaient amplifier le maximum printanier, était suivi par un printemps "chaud".

La restauration d'effectifs comparables à ceux de la période précédant la mise en service de la centrale, décriée observée à la suite des forts effectifs de 1983 et 1984, se confirme (voir encore le rapport de l'année 1989). Les fluctuations pluriannuelles du maximum de ponte sont attribuées à l'effet 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 à l'allure du réchauffement printanier.

Dans ce schéma, l'influence de la Centrale peut s'exercer à travers un effet attractif de proche en proche sur les géniteurs pouvant accentuer ou réduire les effets d'un glissement naturel des foyers de ponte. La tache thermique aura également une influence sur la cinétique de ponte.

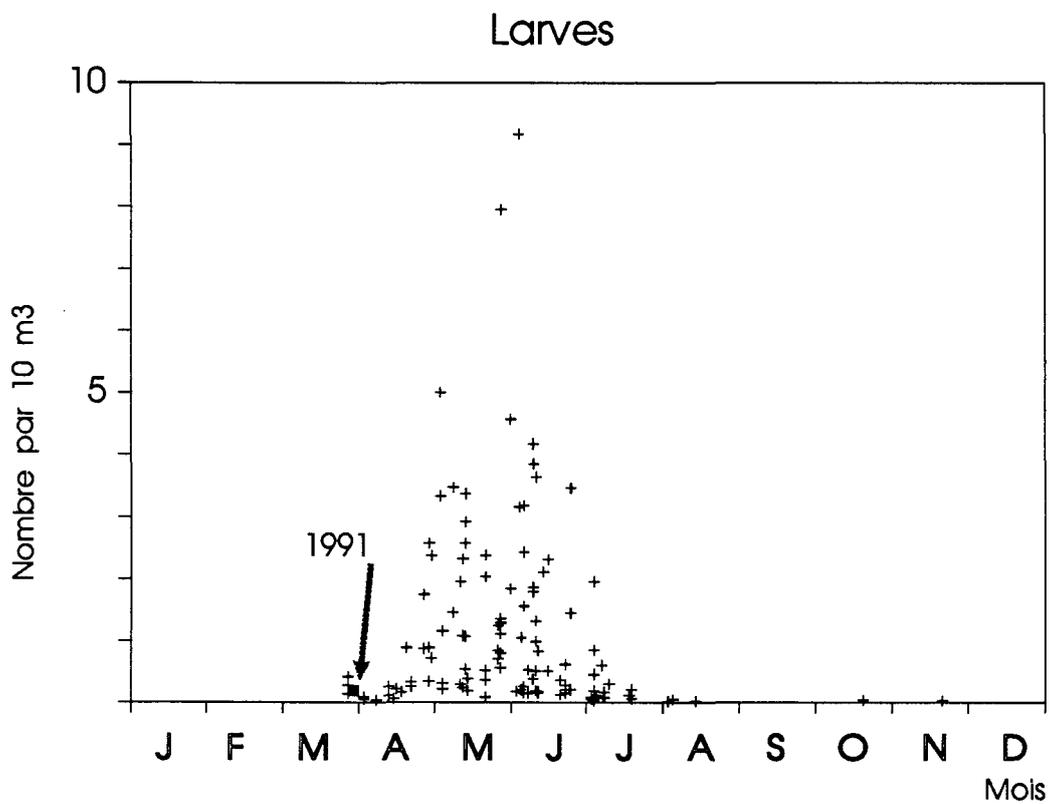
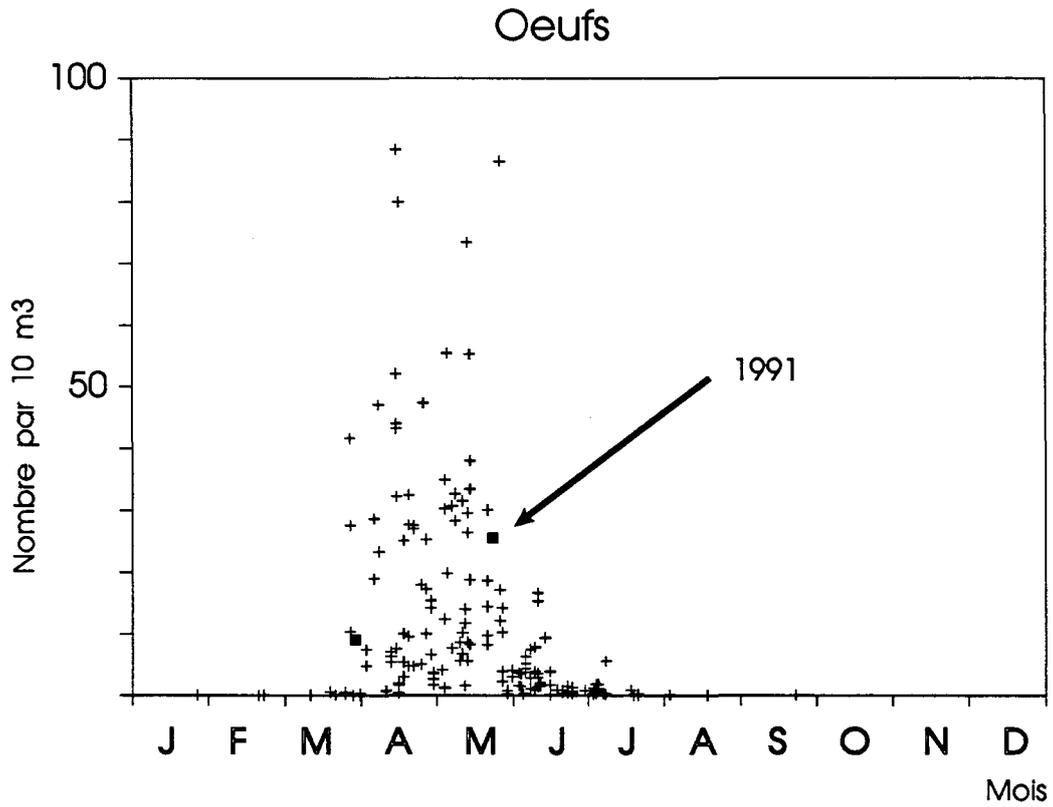


Fig.6.1 - Densités d'oeufs et larves de la Sole en 1991 comparées à celles relevées de 1975 à 1990

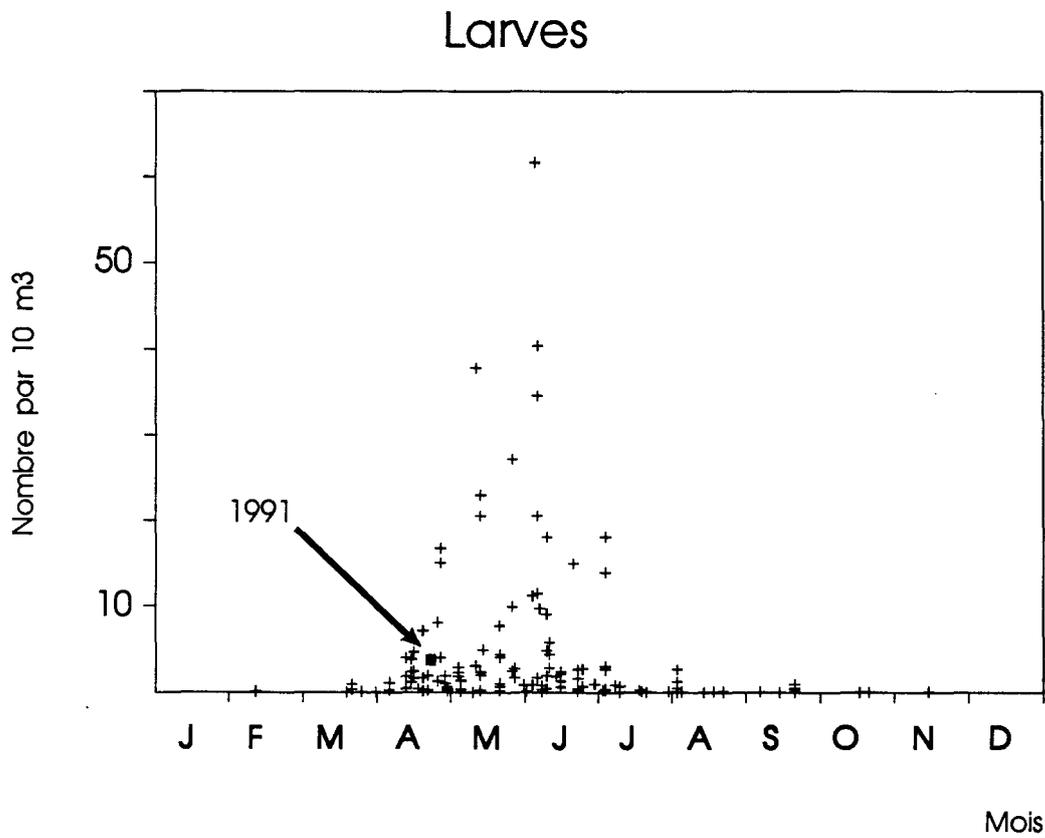
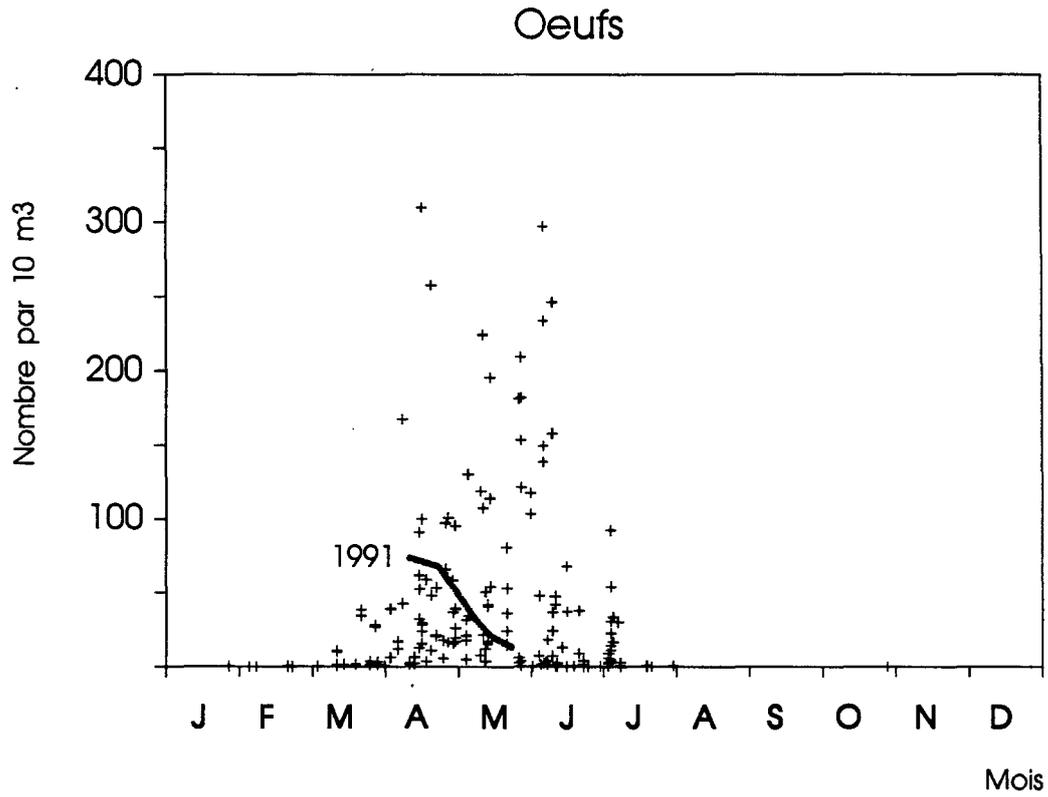


Fig.6.2 - Densités d'oeufs et larves du sprat en 1991 comparées à celles relevées de 1975 à 1990

Larves (tableau 6.2 et figure 6.1) : les densités de larves sont faibles, mais cependant d'un ordre de grandeur habituel (figure 6.1).

LE SPRAT (*SPRATTUS SPRATTUS* L.)

Date	Point	Larves	Total oeufs	Oeufs stade 1	Oeufs stade 2
28 mars	6	0.0	0.0	0.0	0.0
10 avril	6	0.0	73.5	55.8	17.7
22 avril	6	3.8	67.7	33.8	33.8
30 avril	6	0.0	0.0	0.0	0.0
7 mai	6	0.0	31.3	31.3	0.0
13 mai	6	0.0	20.8	20.8	0.0
22 mai	1	0.0	12.8	12.8	0.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	0.0	0.0
	6	0.0	13.3	13.3	0.0
28 mai	6	0.0	0.0	0.0	0.0
5 juin	6	0.0	0.0	0.0	0.0
28 juin	6	0.0	0.0	0.0	0.0

TABLEAU 6.3 : Densités d'oeufs et de larves de sprat en 1991 (en nombre par 10 m³)

Cette espèce pélagique, bien que ne faisant pas l'objet d'une exploitation commerciale à Gravelines, est très bien représentée dans le plancton.

Oeufs (tableau 6.3 et figure 6.2) : après une période de baisse des effectifs depuis 1984, on retrouva en 1989 des densités proches de celles observées avant 1980 et qui furent parmi les plus élevées. Dans ce contexte, l'année 1991 apparaît plutôt comme une année moyenne mais l'évolution saisonnière des densités suggère nettement une avance importante des pontes dont le maximum est atteint dès mars, confirmant ainsi les observations faites relativement à la sole.

Larves (tableau 6.3 et figure 6.2) : plus tardives, leurs densités se situent également dans la moyenne.

ELEMENTS DE CONCLUSION

Précédée d'un hiver doux, l'année 1991 se caractérise par une avance des pontes de la sole et du sprat. Le maximum semble atteint exceptionnellement tôt pour le sprat, dès mars, alors que les effectifs d'oeufs de sole suggèrent une évolution saisonnière bimodale avec également des pontes précoces mais plus étalées et présentant un deuxième maximum tardif, cette cinétique étant gouvernée par l'allure du réchauffement printanier. La fraction précoce des pontes ne participe probablement que faiblement au recrutement.

Les densités d'oeufs de sole se situent dans la moyenne du site, de sorte que l'on peut penser que la production annuelle est normale. Mais compte-tenu de l'existence de pontes tardives importantes, le recrutement en jeunes soles devrait classer l'année 1991 parmi les "bonnes années".

CHAPITRE 7

BENTHOS INTERTIDAL

J.-M. DEWARUMEZ et D. MENU

INTRODUCTION

A la faveur des études menées depuis 1973 sur l'estran de Petit Fort Philippe, il apparaît nettement que celui-ci est particulièrement sensible à certains facteurs du milieu, physiques ou physicochimiques.

L'organisation de la plage est régie principalement par deux facteurs écologiques:

- la salinité; la présence de l'Aa et les eaux de ruissellement provenant de la nappe phréatique provoquent des dessalures qui influent directement sur les peuplements animaux et notamment sur l'extension du peuplement de type estuarien;

- la courantologie locale; les axes de courant généraux sur le site peuvent être modifiés par des phénomènes locaux, il en résulte des altérations de la structure sédimentologique, notamment de la teneur en particules fines du sédiment et en conséquence sur l'extension des espèces vasicoles.

Cependant, depuis 1985 un troisième facteur semble agir directement sur la répartition des communautés benthiques intertidales. Il s'agit de la température. Il semble en effet possible de déceler un effet de la température si l'on observe les répartitions respectives de deux Annélides Polychètes de la famille des Spionidae : Spio martinensis et Spiophanes bombyx dont les affinités écologiques ne diffèrent que par leur préférence thermique.

Les évolutions, simultanées ou non, de ces différents facteurs ont depuis le début des études agi sur la morphologie de la plage (évolution d'une dune hydraulique située à mi-estran) tout comme sur la répartition des communautés animales (extension

du peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres). Toutes ces évolutions ont été longuement décrites dans les rapports précédents.

En 1990, la situation avait fort peu évolué par rapport à l'étude précédente. La dune hydraulique a continué sa lente progression vers l'ouest et son atténuation en hauteur ; on avait pu noter en 1989 une forte chute de la biomasse sur les niveaux les plus productifs de l'estran du fait de la diminution de la densité des populations d'Hydrobia ulvae et de Cerastoderma edule; mais les résultats enregistrés en 1989 avaient été exceptionnels au niveau de la biomasse ce qui fait que les résultats enregistrés en 1990 demeuraient largement supérieurs à la moyenne calculée sur la totalité des études.

METHODOLOGIE

La méthodologie n'a pas changé cette année. 8 stations de 0.25 m² ont été échantillonnées le long des deux radiales, le 1er juillet 1991.

RESULTATS

1- Composition bionomique

24 taxons ont été récoltés lors de cette étude. Ils se répartissent comme suit:

- 1 Nemerte
- 1 Oligochète
- 9 Annélides Polychètes
 - 4 errantes
 - 5 sédentaires
- 3 Mollusques
 - 1 Gastéropode
 - 2 Bivalves
- 9 Crustacés
 - 2 Isopodes
 - 6 Amphipodes
 - 1 Décapode
- 1 Diptère

Ceci correspond à 3239 individus récoltés.

2- Résultats globaux

(tableaux 7.1 à 3 et fig. 7.1 à 6)

2.1- Radiale 1

Le complexe des dunes n'évolue plus depuis 1989. tout au plus semble-t-il continuer à s'atténuer en hauteur.

2.1.1- Station E

On ne note que peu d'évolution à cette station en ce qui concerne les placages de vase caractéristiques des niveaux supérieurs de cet estran. Toutefois on peut noter une diminution de la teneur globale du sédiment en pélites. Le taux de pélites reste élevé par rapport aux années 1987-88.

	Station E	Station F	Station G	Station H	Station I	Station J	Station K	Station L
graviers grossiers	0,28	3,55	0,16	0	1,10	1,68	0,49	0,35
graviers fins	0,60	5,80	0,73	0,12	2,63	2,16	0,74	0,68
sables grossiers	4,80	14,02	14,10	1,93	8,51	11,88	8,76	5,32
sables moyen	70,75	49,74	62,41	62,50	57,70	48,42	68,05	56,20
sables fins	20,61	26,11	22,58	35,42	28,46	35,85	21,96	37,42
pélites	2,96	0,77	0,02	0,03	1,59	0,02	0,01	0,02
pois total échantillon	663,62	561,97	503,97	473,85	599,79	487,40	564,86	572,29

**Tableau 7-1 : Caractéristiques granulométriques
du sédiment aux 8 stations intertidales**

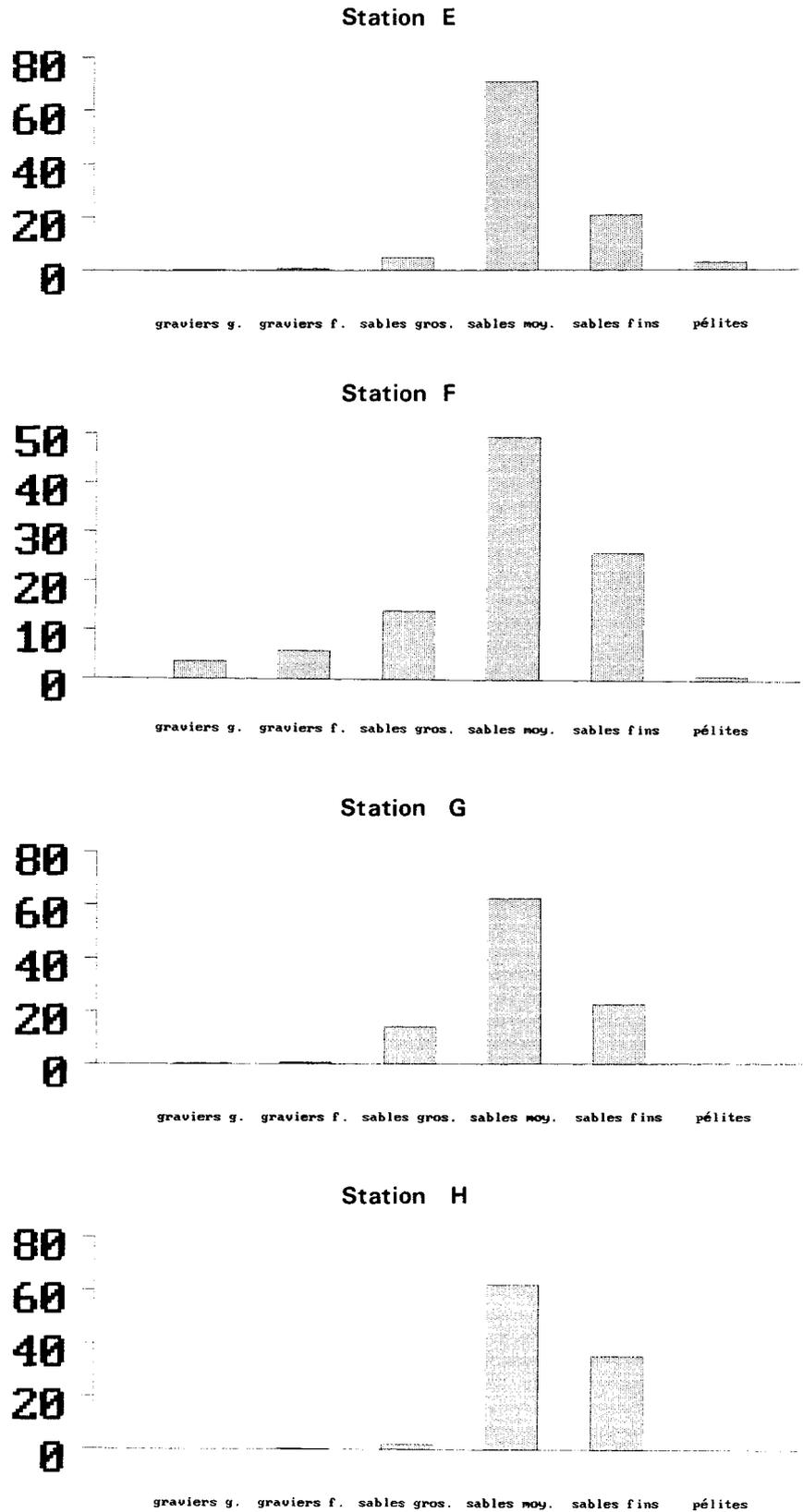


Fig. 7.1 : Radiale I . Analyses granulométriques (% pondéraux)

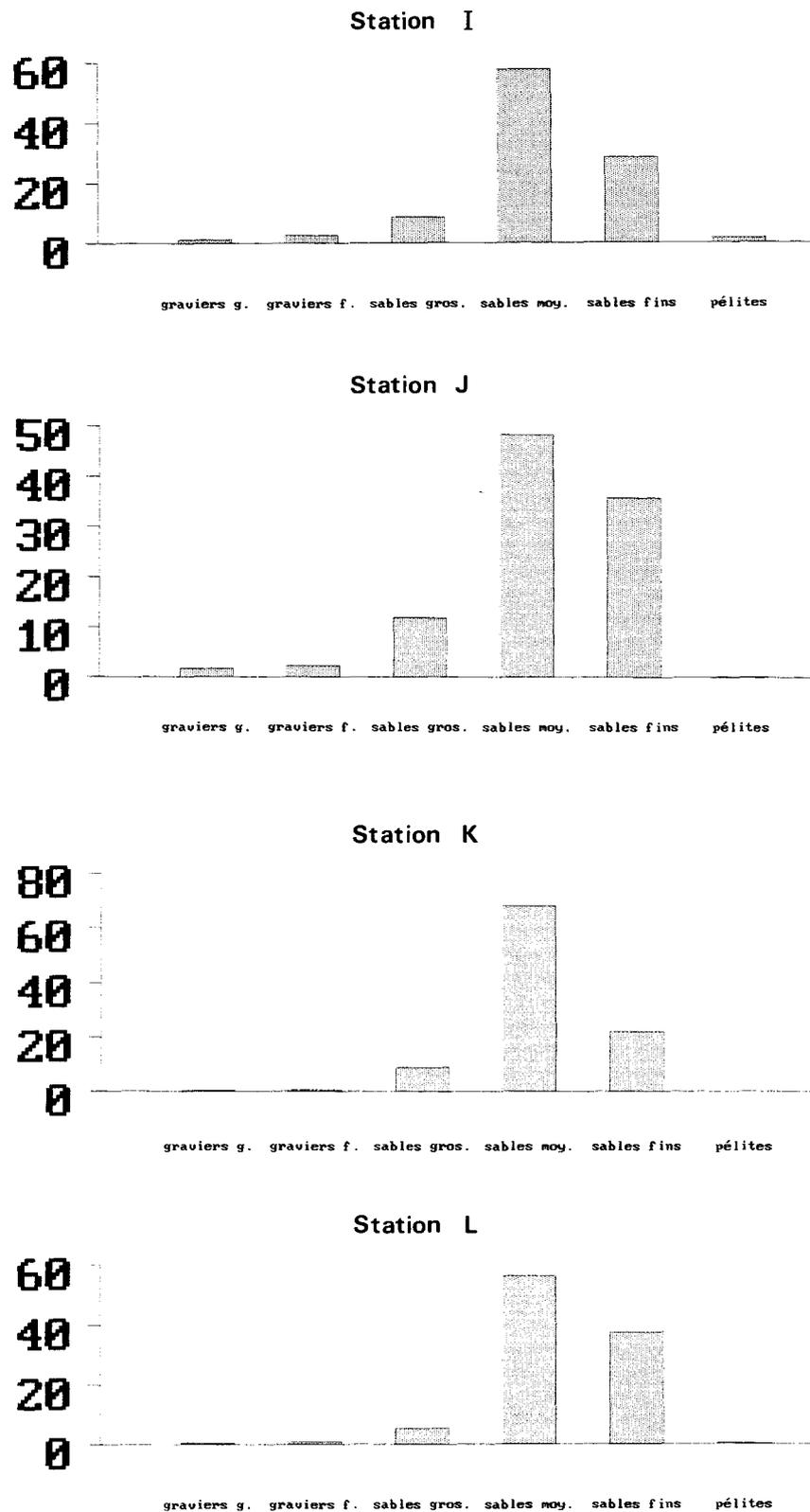


Fig. 7. 2 : Radiale II . Analyses granulométriques (% pondéraux)

Station %	1983		1984			1985		1986	1987	1988	1989	1990	1991
	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
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
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

* : aspects envasés

Ceci permet le maintien des espèces vasicoles comme Hydrobia ulvae et Corophium arenarium, bien que leurs densités globales chutent de manière significative.

Densité /m ²	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	41991
<u>Hydrobia ulvae</u>	2892	8740	8	216	0	300	11412	11956	7124	952	11324	25340	12820	7492
<u>Spio martinensis</u>	0	0	0	0	0	8	48	12	60	0	0	192	56	92
<u>Pygospio elegans</u>	0	144	0	624	0	0	0	1460	20	48	0	44	0	0
<u>Eurydice affinis</u>	0	100	64	4	0	68	144	564	84	1280	504	144	0	136
<u>Corophium arenarium</u>	172	852	1888	0	68	220	52	1336	5716	76	1208	360	2648	344

Toutefois la hiérarchie du cortège spécifique, tout au moins pour les premières espèces, n'est pas altérée de manière significative. La pression du milieu étant forte le peuplement réagit uniquement au niveau des densités de populations des espèces qui le constituent. La présence de Nerine cirratulus à cette station se confirme. La station E reste dans la norme des hauts niveaux de plage à basse énergie de la région. La biomasse globale est de 4.5g/m².

2.1.2- Station F

Cette station est le siège des plus importantes modifications bionomiques sur le site depuis le début des études. Ces évolutions sont liées à l'influence plus ou moins grande de la dessalure provoquée par l'Aa et donc directement liée au débit de celle-ci et par conséquent aux conditions pluviométriques.

Cependant, les aléas de la dynamique de la population de Cerastoderma edule influent grandement sur l'évolution globale de la communauté benthique.

Il semble que cette année la dessalure de l'Aa se fasse sentir d'une manière plus importante et l'on note la réapparition d'Ophelia rathkei.

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

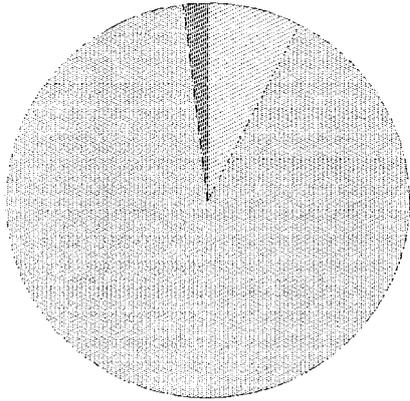
Cette espèce n'est pas la seule à avoir bénéficié de la dessalure car Pygospio elegans se réimplante à cette station. Certes, le niveau de la population reste modeste eu égard aux densités que cette espèce peut atteindre mais sa réapparition prouve que cette zone de l'estran, soumise à deux stress différents (thermique avec la centrale et halin avec l'Aa), est représentative en fait de basculements bionomiques liés à l'intensité relative de ces deux stress.

Hydrobia ulvae a complètement disparu et Cerastoderma edule regresse également. Pour ces deux espèces il s'agit en fait d'un simple vieillissement de populations non réalimentées par de nouvelles recrues. Pour ce qui est de Cerastoderma edule il est possible que l'on puisse noter une réapparition de jeunes individus en 1992 dans la mesure où l'on a pu observer sur d'autres plages de la région un recrutement (faible, il est vrai) en été 1991.

La biomasse globale chute de manière importante mais reste toutefois assez élevée 13.4g/m².

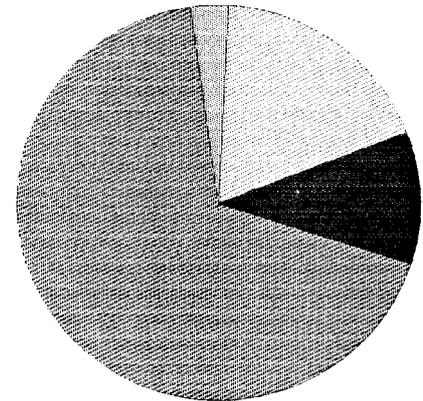
	Station E		Station F		Station G		Station H	
	Ind.	Biom. (mg)	Ind.	Biom. (mg)	Ind.	Biom. (mg)	Ind.	Biom. (mg)
Nemertes			2	0,1				
Enchytraeidae			3	0,9				
Eteone longa	1	0,9	7	7,6				
Hediste diversicolor			3	42,0				
Nephtys cirrosa					5	97,1	5	30,5
Nerine cirratulus	19	55,8	59	326,2				
Ophelia rathkei			7	5,2				
Pygospio elegans			36	4,4				
Spio martinensis	23	2,9	2	0,1			2	0,1
Hydrobia ulvae	1873	1011,4						
Cerastoderma edule			16	2801,7				
Macoma balthica			2	61,0				
Eurydice affinis	34	9,8						
Bathyporeia pelagica								
Bathyporeia pilosa	31	7,0	14	3,6				
Bathyporeia sarsi			2	0,8	1	0,3		
Corophium arenarium	86	64,2	15	8,0				
Haustorius arenarius					5	55,6		
Urothoe elegans					1	0,5		
Larves de dipteres	1	3,3						
Total	2068	1155,3	168	3341,6	12	153,5	7	30,6
Diversité	0,654		2,833		1,65		0,863	
Régularité	0,22		0,77		0,83		0,863	

Tableau 7-2 : Radiale 1, Analyse faunistique,
Résultats/0,25 m²



Station E

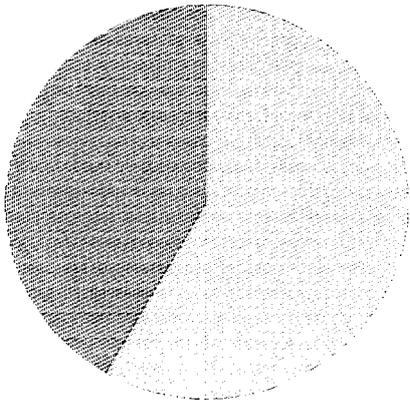
$D = 8272 / m^2$



Station F

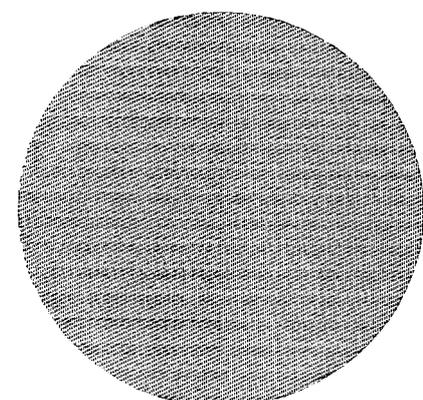
$D = 672 / m^2$

Divers
Annélides
Hydrobia ulvae
Bivalves
Crustacés



Station G

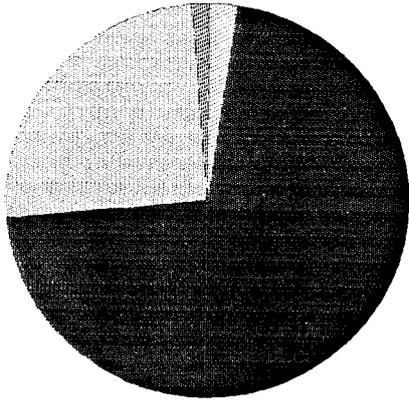
$D = 48 / m^2$



Station H

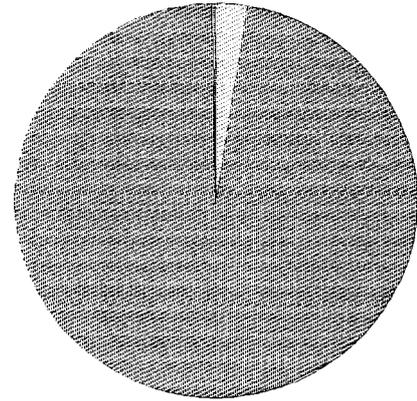
$D = 28 / m^2$

Fig. 7.3 : Radiale I . Importance relative des différents groupes zoologiques (Densité)



Station E

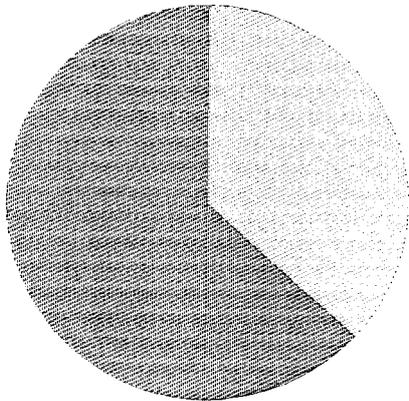
$B = 4,6 \text{ g/m}^2$



Station F

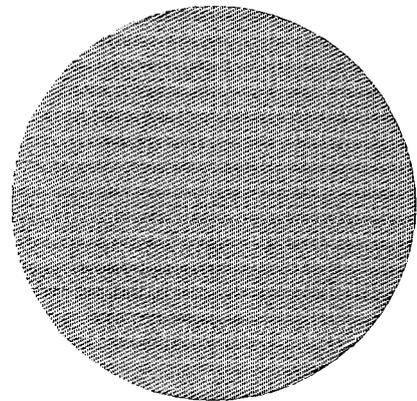
$B = 13,4 \text{ g/m}^2$

Divers
Annélides
Hydrobia ulvae
Bivalves
Crustacés



Station G

$B = 0,6 \text{ g/m}^2$



Station H

$B = 0,1 \text{ g/m}^2$

Fig. 7.4 : Radiale I . Importance relative des différents groupes zoologiques (Biomasse)

2.1.3- Station G

Cette station est isolée des niveaux supérieurs de l'estran par le complexe de dunes et de bâches depuis plusieurs années et s'est vu couper de l'influence de la dessalure occasionnée par l'Aa.

Cette station est d'une grande stabilité bionomique et présente d'année en année des aspects similaires tant au niveau de la composition bionomique qu'au niveau de la biomasse.

2.1.4- Station H.

Cette station ne présente plus d'évolution notable depuis plusieurs années; elle tout à fait caractéristique des bas niveaux de la région.

2.1.5- Radiale 1: conclusion

Cette radiale peut être scindée en deux quant à l'évolution des communautés benthiques en fonction des stress qu'elles subissent.

Les hauts de plage sont confrontés à l'action parfois antagoniste mais aussi parfois synergique des stress occasionnés par l'Aa et la centrale tandis que les bas niveaux semblent, quant à eux, directement sous l'influence de conditions marines classiques.

2.2 Radiale 2

2.2.1- station I

Depuis plusieurs années cette station est sous l'influence variable de différents facteurs naturels ou non comme les dessalures occasionnées par les eaux de ruissellement et comme les impacts courantologiques et thermiques de la centrale.

D'année en année on note des variations importantes à la fois au niveau des densités des populations animales mais aussi au niveau des cortèges spécifiques.

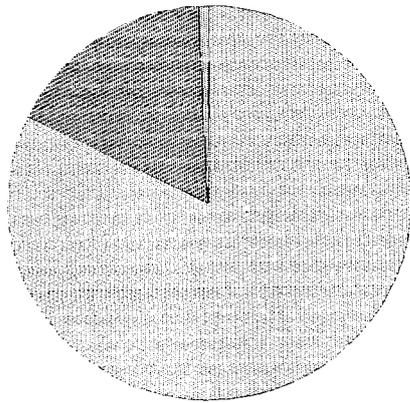
Densités/m ²	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Oligochètes	0	0	0	0	12	4	8	84	88	40	0	36	0	8
Pygospio elegans	0	72	132	108	0	0	664	1448	2004	1472	1004	1224	208	148
Hydrobia ulvae	196	0	12	9168	8596	452	1464	1684	100	800	312	688	564	0
Corophium arenarium	220	5280	6476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

Les résultats enregistrés en 1991 sont très semblables à ceux de 1990. Seule la disparition d' Hydrobia ulvae (qui confirme les résultats enregistrés sur la radiale 1) apparait comme un fait nouveau. La réapparition des Enchytraeidae confirme également la similitude de l'évolution des parties ouest et est de l'estran.

La biomasse est faible à cette station : 0.4g/m².

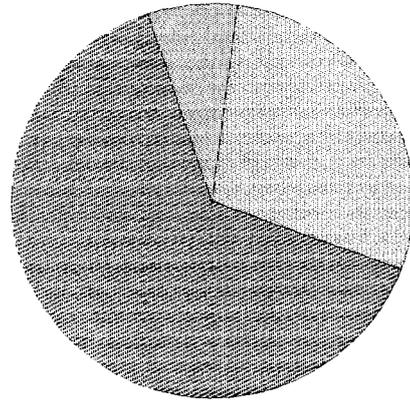
	Station I		Station J		Station K		Station L	
	Ind.	Biom.	Ind.	Biom.	Ind.	Biom.	Ind.	Biom.
Nemertes					1	4,9		
Enchytraeidae	2	0,1						
Magelona mirabilis							1	5,5
Nephtys cirrosa					3	28,6	12	98,1
Nephtys hombergii							1	121,6
Nerine cirratulus	1	2,1	9	30,8	22	111,8		
Pygospio elegans	37	1,7						
Spio martinensis								
Eurydice affinis	1	0,3						
Eurydice pulchra	1	0,7						
Bathyporeia pilosa	25	5,3						
Corophium arenarium	156	86,0	4	4,4				
Haustorius arenarius					2	19,0		
Urothoe elegans					4	2,7		
Portumnus latipes					1	26,2		
Larves de diptères			1	3,1				
Total	223	96,2	14	38,3	33	193,2	14	224,2
Diversité	1,311		1,198		1,624		0,735	
Régularité	0,47		0,76		0,63		0,46	

Tableau 7-3 : Radiale 2, Analyse faunistique, Résultats/0,25 m²



Station I

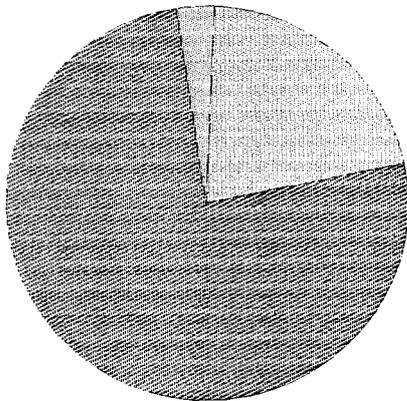
$D = 892 / m^2$



Station J

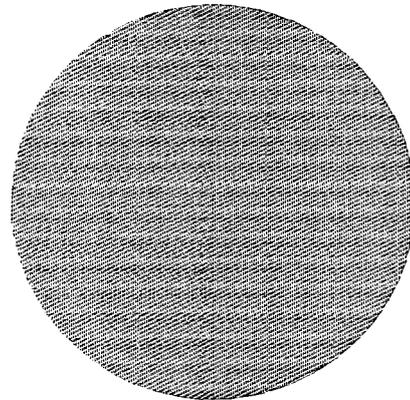
$D = 56 / m^2$


Divers
Annélides
Crustacés



Station K

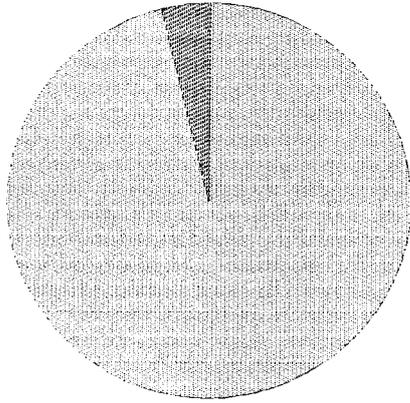
$D = 132 / m^2$



Station L

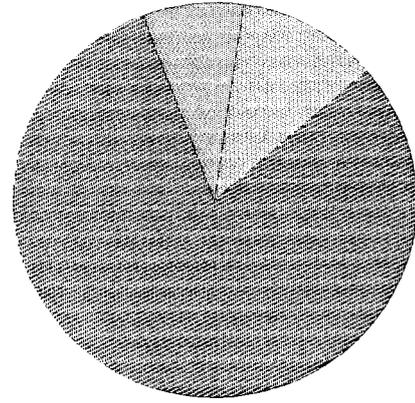
$D = 56 / m^2$

Fig. 7.5 : Radiale II . Importance relative des différents groupes zoologiques (Densité)



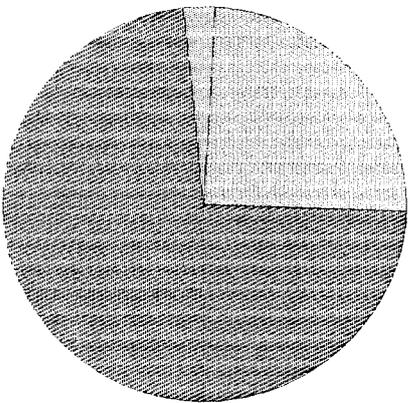
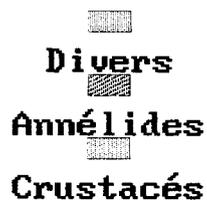
Station I

$B = 0,38 \text{ g/m}^2$



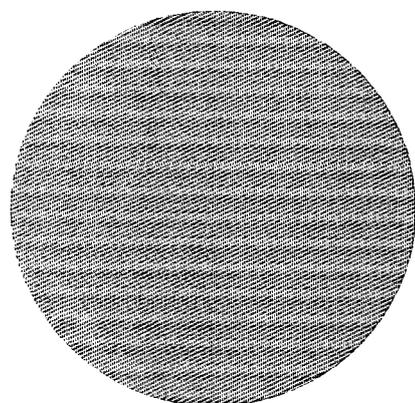
Station J

$B = 0,15 \text{ g/m}^2$



Station K

$B = 0,77 \text{ g/m}^2$



Station L

$B = 0,90 \text{ g/m}^2$

Fig. 7.6 : Radiale II . Importance relative des différents groupes zoologiques (Biomasse)

2.2.2- Station J

Cette station est située à proximité immédiate du complexe de dunes et de bâches. Elle est caractérisée depuis plusieurs années par des affinités très marquées avec les moyens niveaux inférieurs.

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

Le cortège spécifique n'est constitué cette année que de deux espèces : *Nerine cirratulus* ce qui semble tout à fait normal et *Corophium arenarium* ce qui peut sembler moins normal. Toutefois, étant donnée la faible densité de *Corophium arenarium*, il est probable que les individus récoltés aient été entraînés par la marée descendante.

2.2.3- Station K et L

Depuis plusieurs années les communautés benthiques installées à ces stations sont d'une remarquable stabilité, tout à fait caractéristiques des niveaux inférieurs des estrans de la région: dominés par *Nephtys cirrosa*.

2.2.4- Radiale 2 : conclusion

Comme pour la radiale 1 il est possible de scinder la radiale 2 en deux zones selon leurs types d'évolution temporelle à long terme: les hauts niveaux qui présentent des évolutions liées directement aux stress qu'ils subissent et les niveaux

moyens et bas qui semblent maintenant depuis quelques années directement assujettis aux conditions écologiques marines et non aux stress liés aux activités de la centrale et par conséquent beaucoup plus stables. Cependant, il est fort possible que cette situation ne soit pas définitive et le maintien de la surveillance de ces stations doit être assuré.

3- Conclusion sur l'évolution de l'estran

3.1- cas de la partie Ouest

Les aspects typiquement estuariens de cette radiale ont totalement disparu dès la mise en fonctionnement de la centrale.

Le peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres qui le remplace dans les hauts niveaux est très fragilisé par l'équilibre instable établi entre l'action des deux stress décrits plus haut.

Cette année la dessalure semble prendre le pas sur l'impact thermique et les espèces euryhalines réapparaissent.

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

3.2- Cas des Spionidiens

Spio martinensis reste localisé à l'ouest de l'estran prouvant ainsi qu'un impact thermique continue à se faire sentir sur la partie est.

Pygospio elegans reste présent dans les eaux échauffées de la partie est mais vient coloniser les niveaux moyens supérieurs de la partie ouest montrant ainsi un influence grandissante de la dessalure occasionnée par l'Aa.

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

3.4- Evolution de la biomasse

Les modifications bionomiques se traduisent en général par des altérations de la biomasse.

Année	1974	1976	1978	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Station	1975	1977	1979												
E' g/m ²	-	-	-	-	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
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
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
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
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
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
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
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
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

La biomasse moyenne de l'estran diminue de 45% par rapport à 1990. La chute de densité de Cerastoderma edule et la forte régression de la population d'Hydrobia ulvae peuvent ici être directement mises en cause. La biomasse moyenne est cette année une des plus faibles jamais enregistrées à Gravelines.

CHAPITRE 8

BENTHOS SUBTIDAL

J.-M. DEWARUMEZ et D. MENU

INTRODUCTION

Le suivi écologique du domaine subtidal de la région de Gravelines est assuré depuis 1973. Les aspects quantitatifs des principales communautés benthiques locales sont étudiés depuis 1976. Elles le furent d'abord en quatre stations représentatives des trois peuplements benthiques identifiés localement puis en deux stations caractéristiques du peuplement à Abra alba, l'une impactée par le fonctionnement de la centrale nucléaire (station C) et l'autre non (station B).

Le peuplement à Abra alba est caractérisé par une très forte biomasse (qui a d'ailleurs tendance à augmenter depuis quelques années) mais est très instable, non dans la composition bionomique mais dans l'importance relative que peuvent prendre la petite dizaine d'espèces principales d'une année à l'autre. Les recrutements (en général pléthoriques) d'espèces telles que Lanice conchilega, Spisula subtruncata, Abra alba, Tellina fabula ou Pectinaria koreni peuvent fournir des apports en biomasse pouvant représenter 50g/m² au moment de l'apparition des recrues. Il est bien évident que si le recrutement se maintient comme c'est souvent le cas, la croissance des recrues fait que l'apport en biomasse peut être beaucoup plus important ce qui permet des biomasses supérieures à 100g/m² de plus en plus fréquentes depuis quelques années.

Ces phénomènes se retrouvent de manière atténuée à la station C qui est perturbée par le fonctionnement de la centrale. Cette station présente régulièrement un déficit souvent considérable (-90% en densité de populations et en biomasse) par rapport à ce qui existe à la station B.

La station B est donc caractérisée par un sédiment envasé avec prédominance d'espèces vasicoles à forte biomasse, tandis que la station C est caractérisée par un sédiment débarrassé de ses particules fines où prédominent les espèces sabulicoles à faible biomasse.

Méthodologie

Quatre campagnes ont été réalisées aux stations B et C les 19 février, 22 juin, 10 septembre et 3 décembre 1991. La méthodologie reste inchangée

Resultats

1. Analyses granulométriques

L'ensemble des résultats est présenté sur le tableau 8.1 et les figures 8.1 et 2.

	Station B				Station C			
	Fév. 91	Juin 91	Sept. 91	Déc.91	Fév. 91	Juin 91	Sept. 91	Déc. 91
graviers grossiers	0,40	0,25	2,80	1,61	1,37	0	0,02	0,02
graviers fins	0,80	0,14	12,07	10,93	0,68	0,06	0,11	0,10
sables grossiers	1,95	1,49	54,64	58,91	3,41	0,59	1,00	0,68
sables moyens	23,56	15,71	19,90	15,76	82,49	71,31	86,84	69,73
sables fins	60,60	73,06	9,94	10,76	12,04	28,02	12,02	29,44
pélites	12,68	9,34	0,65	2,04	0,01	0,02	0,00	0,03
Poids total échantillon	810,03	568,85	2057,25	1605,83	1130,27	814,84	1463,16	1101,15

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

1.1 station B

La station B a été marquée par une altération brutale et profonde de la structure granulométrique du sédiment. Cette altération qui ne semble pas affecter une surface de plus de 0.4 km² est sans doute la conséquence d'une tempête qui en une semaine de temps a profondément remanié le sédiment. Cette altération a été mise en évidence dès la fin juin 1991 juste après la campagne du 22 juin.

En février et juin le sédiment était tout à fait normal pour le peuplement : constitué de sables moyens à fins fortement envasés (10 à 12%). Dès fin juin le sédiment est constitué de sables grossiers

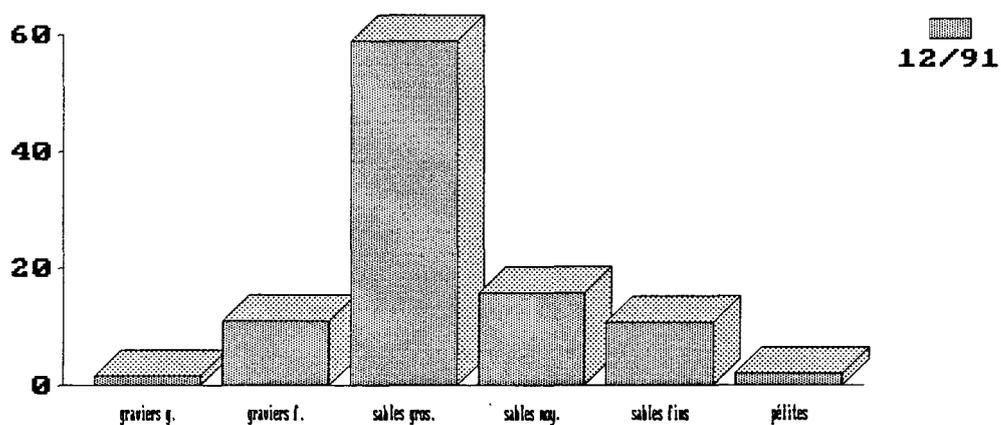
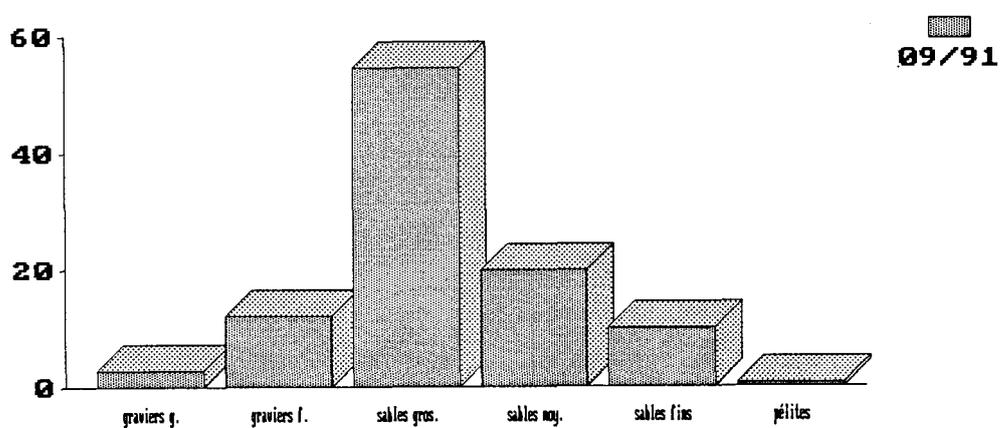
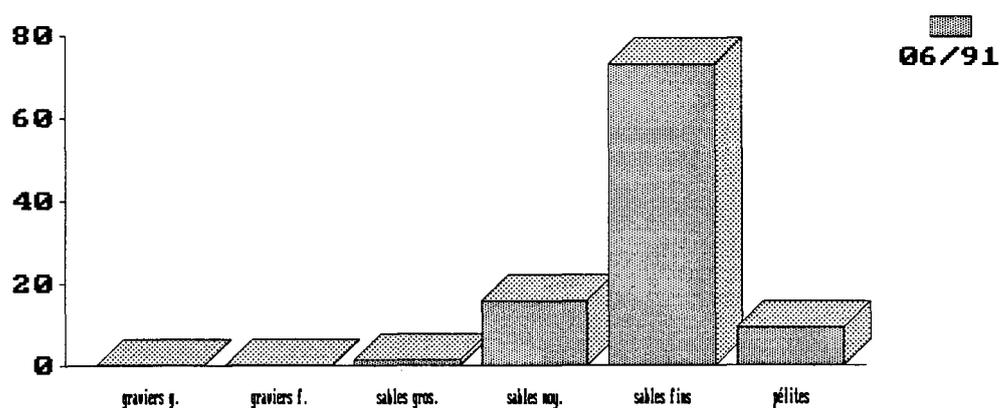
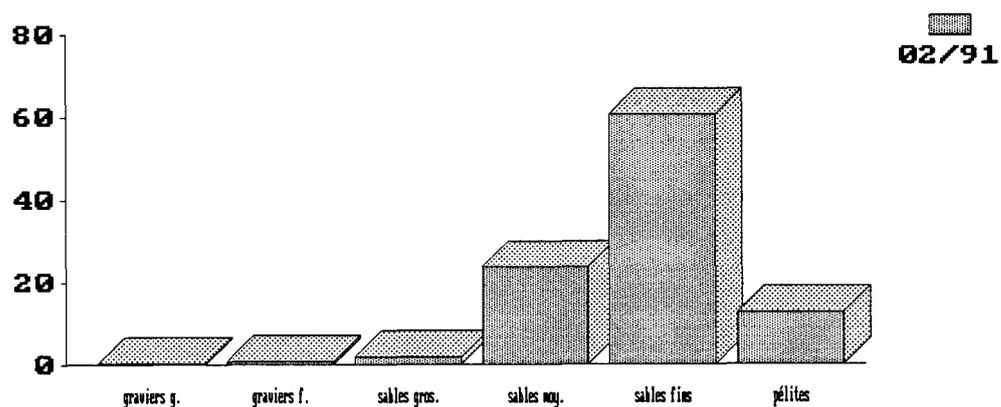


Fig.8.1: Evolution de la structure granulométrique du sédiment à la station B en 1991.

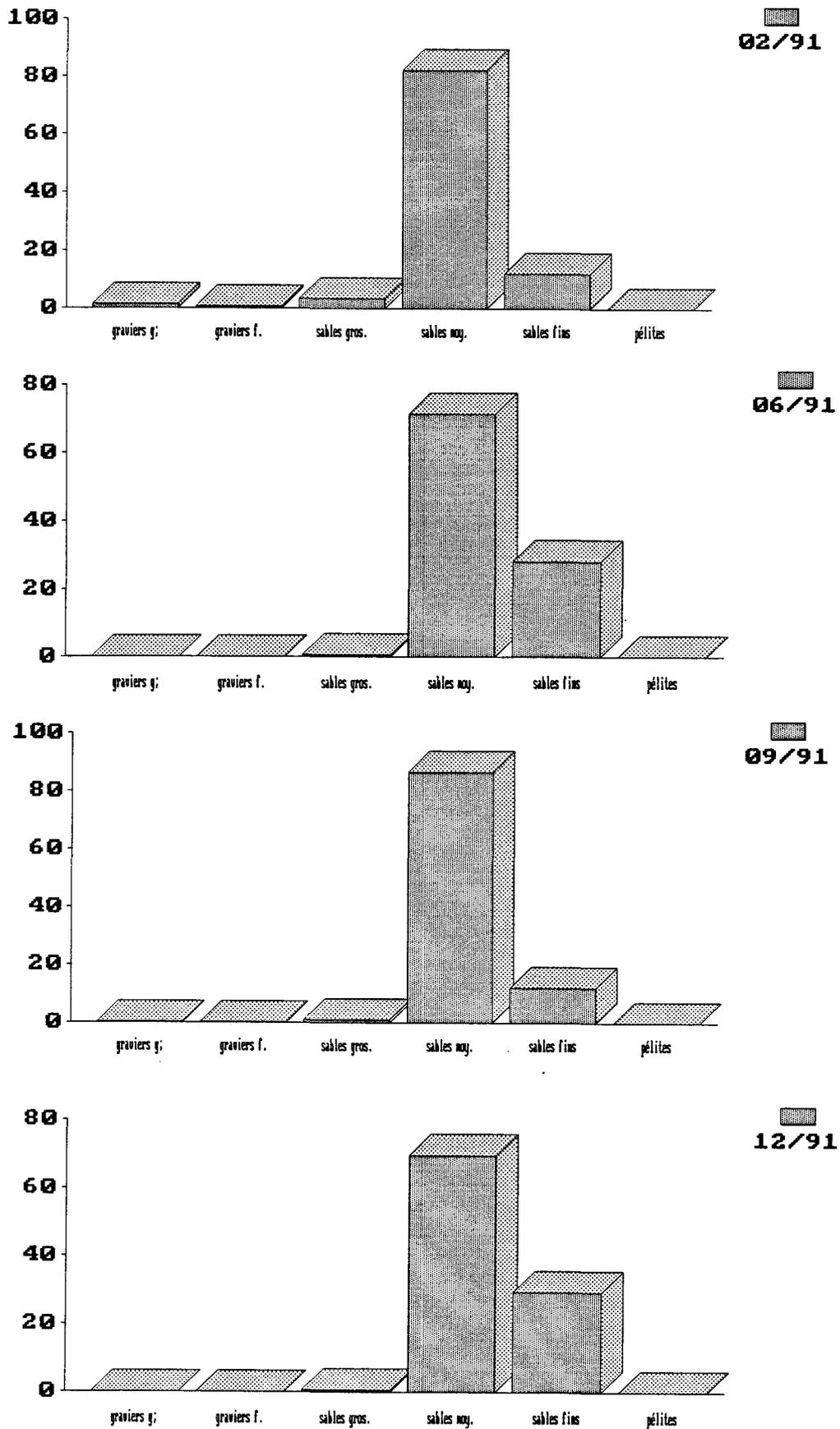


Fig.8.2 Evolution de la structure granulomètrique du sédiment à la station C en 1991.

dépourvus de pélites. En septembre 1991 le sédiment s'envase légèrement (0.65%) et en décembre il redevient dans la norme du peuplement pour ce qui est de la teneur en pélites (2.04%) mais la structure granulométrique reste très altérée: la classe granulométrique dominante reste celle des sables grossiers.

1.2 station C

Le sédiment de la station est resté tout au long de l'année semblable à ce que l'on trouve habituellement. On n'a pas pu mettre en évidence d'envasement bien que le prélèvement de juin fait apparaître une importante proportion d'espèces vasicoles. Le sédiment est resté composé de sables moyens à fins dépourvus de pélites.

2. Analyse bionomique

(tableaux 8.2, 3, 4 et 5, fig. 8.3 et 4)

L'analyse faunistique a permis de dénombrer 80 taxons: 63 à la station B et 50 à la station C. Ils se répartissent comme suit:

- 2 Cnidaires
- 3 Némertes
- 31 Polychètes
 - 17 errantes
 - 14 sédentaires
- 14 Mollusques
 - 2 Gastéropodes
 - 12 Bivalves
- 23 Crustacés
 - 1 Tanaidacé
 - 3 Cumacés
 - 1 Isopode

- 12 Amphipodes
- 6 Décapodes
- 5 Echinodermes
 - 4 Ophiurides
 - 1 Echinide
- 2 Poissons

Ces 80 taxons correspondent à 57466 individus récoltés (26321 à la station B et 31145 à la station C.

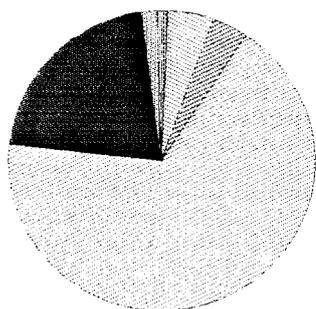
2.1 Station B

Cette station est représentative du peuplement à Abra alba, elle est sujette à des basculements bionomiques de type chaotique comme l'ont montré les études précédentes. Ces basculements sont directement liés aux aléas du recrutement.

L'année 1990 avait été caractérisée par le recrutement important de trois espèces (Lanice conchilega, Abra alba et Notomastus latericeus) ces recrutements provoquant des biomasses très fortes de l'ordre de 110 g/m² en fin d'année 1990.

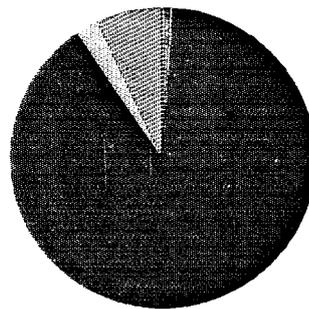
En 1991 deux phénomènes importants ont eu lieu: une altération importante du sédiment déjà signalée dans le paragraphe précédent et le recrutement d'une espèce habituellement absente du site étudié.

Nous avons donc assisté en juin 1991 au recrutement d'un Solenidae dans des proportions tout à fait considérables (près de 4500 individus /m²). Contrairement à ce que nous avons annoncé dans le rapport préliminaire il ne s'agit pas d'Ensis arcuatus mais d'Ensis directus. Au moment de la rédaction dudit rapport les animaux venaient d'atteindre la taille minimale à laquelle la différenciation entre les deux espèces commence à apparaître. Depuis le doute est levé quant à



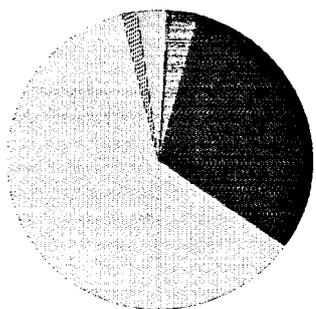
fév. 91

$D = 3663 /m^2$



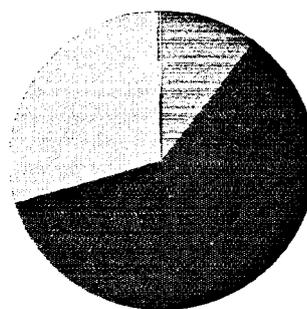
juin 91

$D = 21888 /m^2$



sept. 91

$D = 89 /m^2$



déc. 91

$D = 681 /m^2$

Fig. 8.3 : Station B. Importance relative des différents groupes zoologiques (Densité)

l'espèce qui a recruté. Le fait intéressant est que cette récolte constitue la première signalisation sur les côtes françaises de cette espèce d'origine nord-américaine qui colonise depuis la fin des années 1970 les fonds côtiers de la Mer du Nord à partir du German Bight aussi bien vers le nord (Danemark puis mer Baltique) que vers le sud (Southern Bight). La signalisation la plus méridionale de cette espèce date de 1986 aux environs d'Ostende. Ce recrutement montre l'influence que les eaux originaires du nord peuvent avoir sur le site de Gravelines.

Le deuxième accident survenu pendant cette année consiste en une altération brutale et locale du sédiment à la suite d'une tempête. Le sédiment est devenu gravelo-sableux et n'a ainsi plus permis le maintien des espèces vasicoles qui ont instantanément disparu. Abra alba et Tellina fabula ont ainsi complètement disparu, ainsi que les autres espèces très contributives à l'élaboration de la biomasse (Notomastus latericeus, Nephtys hombergii, Lanice conchilega, Spisula subtruncata et Spiophanes bombyx). La densité d'Ensis directus chute d'une manière importante : 9/m² en septembre. En décembre le sédiment tout en conservant des caractéristiques fort semblables à celles de septembre s'envase légèrement. Cela permet le retour des espèces vasicoles et c'est Ensis directus qui semble le mieux profiter de ce réenvasement. Cette colonisation ne peut être due qu'à des phénomènes de migrations passives étant données les densités (entre 2000 et 3000 individus /m²) de la population de ce couteau autour de la station étudiée. D'autres espèces vasicoles réapparaissent également (Notomastus latericeus, Lanice conchilega, Nephtys hombergii, Abra alba et Tellina fabula) mais en densités beaucoup plus faibles qu'en juin 1991.

	Février 91	Juin 91*	Septembre 91	Décembre 91
<i>Sagartia troglodytes</i>	8	26		
<i>Cerebratulus</i> sp	8	6		
<i>Tubulanus polymorphus</i>	5		1	1
<i>Nemertes</i> sp			13	
<i>Anaitides mucosa</i>	1	20		
<i>Anaitides groenlandica</i>		2		
<i>Capitella capitata</i>	4	26		
<i>Capitella tripartita</i>		4		
<i>Capitomastus minimus</i>	1			
<i>Chaetozone setosa</i>	13	72		
<i>Eteone longa</i>	3			
<i>Eteone picta</i>	3			
<i>Eumida sanguinea</i>	3	2		4
<i>Eunereis longissima</i>	8	4		1
<i>Glycera alba</i>	3			
<i>Goniadella bobretzkii</i>			5	9
<i>Harmothoe glabra</i>		14		
<i>Harmothoe lunulata</i>	2	90		
<i>Lanice conchilega</i>		11648	3	23
<i>Magelona mirabilis</i>	4	4		
<i>Mediomastus fragilis</i>	26	22		
<i>Nephtys caeca</i>			4	2
<i>Nephtys cirrosa</i>			32	9
<i>Nephtys hombergii</i>	170	200		
<i>Notomastus latericeus</i>	346	702		47
<i>Owenia fusitormis</i>	31	98		1
<i>Pectinaria koreni</i>	41	34		
<i>Pholoe minuta</i>	62	200		
<i>Scoloplos armiger</i>		16	9	4
<i>Sigalion mathildae</i>	8	2		
<i>Spio martinensis</i>		26		
<i>Spiophanes bombyx</i>	60	1866	5	1
<i>Sthenelais boa</i>	28	20		
<i>Lunatia alderi</i>	1	4		
<i>Nassarius reticulatus</i>	35	24	2	2
<i>Abra alba</i>	2440	1822		5
<i>Cultellus pellucidus</i>		2		
<i>Ensis arcuatus</i>	3	10		3
<i>Ensis directus</i>		4358	9	562
<i>Macoma balthica</i>	40	26	3	
<i>Montacuta ferruginosa</i>		28		
<i>Mysella bidentata</i>	12	104		
<i>Spisula solida</i>			1	
<i>Spisula subtruncata</i>	73	46		
<i>Tellina fabula</i>	136	192		1
<i>Venerupis pullastra</i>	11	4		
<i>Bodotria scorpioides</i>		2		
<i>Diastylis bradyi</i>	3	2		
<i>Idotea linearis</i>	1			
<i>Atylus swammerdami</i>		4		
<i>Leucothoe incisa</i>	1			
<i>Microprotopus maculatus</i>		4		
<i>Pariambus typicus</i>	1			
<i>Urothoe poseidonis</i>	11	18		
<i>Crangon crangon</i>	1	2		1
<i>Diogenes pugilator</i>		2		
<i>Liocarcinus holsatus</i>		90		
<i>Acrocnida brachiata</i>	13	10		
<i>Echinocardium cordatum</i>		6		
<i>Ophiura albida</i>	3			3
<i>Ophiura texturata</i>	39	22	2	2
<i>Pleuronectes platessa</i>		2		
<i>Pomatostichus minutus</i>	1			
Total	3663	21888	89	681
Diversité	2,181	2,262	2,994	1,19
Régularité	0,40	0,40	0,81	0,28

Tableau 8-2 : Station B, Analyse faunistique, nb.ind./m²
 (* : prélèvement réalisé sur 0,5 m²)

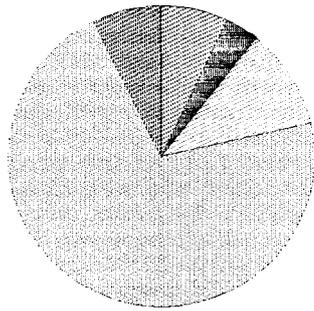
2-2 station C

La station C a bénéficié également de ce recrutement extraordinaire d'Ensis directus et d'une manière totalement différente: le recrutement de cette espèce a été beaucoup plus important à la station C qu'à la station B. La densité atteint 27500 individus par m² en juin mais la population ne se maintient pas : 19/m² en septembre et 189/m² en décembre. La croissance des coqueux est fortement altérée par la centrale: si le début de la croissance est favorisé (biomasse individuelle presque deux fois plus forte en juin: 0.5 contre 0.3 mg) elle est par la suite fortement ralentie (biomasses individuelles respectivement 31 mg et 12 mg aux stations B et C en septembre contre 109 et 5 mg en décembre). Il est d'ailleurs à signaler qu'en décembre le poids individuel d'Ensis directus a diminué par rapport à septembre bien qu'entretiens les animaux aient grandi en taille. Le recrutement d'Ensis directus en juin est accompagné par l'arrivée de quelques espèces vasicoles qui permettent une forte progression de la biomasse.

La centrale a donc cette année dans un premier temps un effet bénéfique sur le peuplement à Abra alba en favorisant la croissance d'Ensis directus grâce, on peut le supposer, à l'action de la température mais dans un deuxième temps cet effet est négatif et agit sur la densité de la population et sur la croissance individuelle.

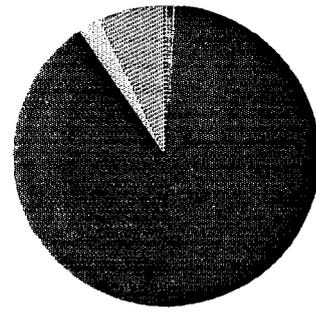
	Février 91	Juin 91	Septembre 91	Décembre 91
Sagartia troglodytes		30		1
Edwardsia sp		1		
Lineus bilineatus		1		
Cerebratulus sp		2	2	
Anaitides mucosa	1			
Capitella capitata		2		
Chaetozone setosa		2		
Eteone longa		3		
Harmothoe lunulata		19		
Lanice conchilega		236		
Lumbrineris fragilis	2			3
Magelona mirabilis		22		
Nephtys cirrosa	17	73	36	67
Nephtys hombergii		22		
Nerine cirratulus				22
Notomastus latericeus		48		
Scoloplos armiger		1		
Sigalion mathildae		2		
Spio martinensis		360	2	
Spiophanes bombyx	2	2107	1	1
Abra alba		18		
Ensis arcuatus		3		
Ensis directus		27506	19	189
Macoma balthica		3		
Mysella bidentata		1		
Mytilus edulis	1			
Spisula subtruncata	2	29		
Tellina fabula		31		
Apeudes talpa		2		
Diastylis bradyi		10		
Pseudocuma longicornis		4		
Atylus falcatus		4		
Atylus swammerdami		4		
Bathyporeia elegans		31		6
Bathyporeia guilliamsonniana		3		
Bathyporeia pelagica		1		1
Leucothoe incisa		6		
Megaluropus agilis		3		
Microprotopus maculatus		1		
Pontocrates altamarinus		1		
Urothoe elegans				2
Urothoe poseidonis		71		
Anapagurus hyndmanni		1		
Crangon crangon	1	1		
Liocarcinus holsatus		64		
Pinnotheres pisum				1
Portumnus latipes			2	22
Echinocardium cordatum		1		
Ophiura albida		1		
Ophiothrix fragilis	2	9		
Total	28	30740	62	315
Diversité	2,04	0,709	1,554	1,778
Régularité	0,68	0,13	0,60	0,51

Tableau 8-3 : Station C, Analyse faunistique, nb.ind./m²



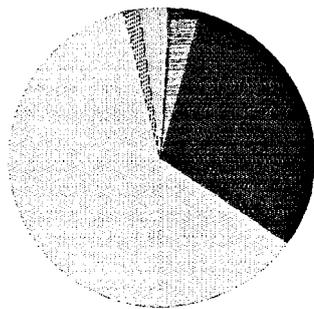
fév. 91

D = 28 /m²



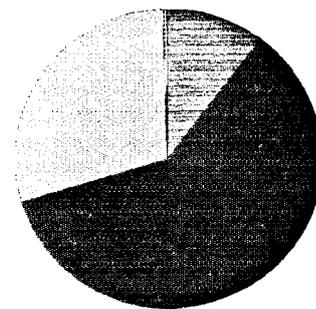
juin 91

D = 30740 /m²



sept. 91

D = 62 /m²



déc. 91

D = 315 /m²

Fig. 8.4 : Station C . Importance relative des différents groupes zoologiques (Densité)

2-3 évolution de la biomasse

Il résulte de ces modifications bionomiques des altérations très importantes de la biomasse (Tableaux 8.4 et 8.5). La biomasse enregistrée à la station B évolue de manière spectaculaire : en février elle est tout à fait dans la norme de ce que l'on trouvait l'hiver lors des dernières études : de l'ordre de 60 g/m². Par contre en juin grâce au recrutement de Lanice conchilega, au maintien de la population de Notomastus latericeus et d'Abra alba la biomasse atteint une valeur jamais atteinte sur le site : 246 g/m². En septembre, du fait de la modification sédimentologique la biomasse chute de manière considérable pour n'être plus que de 4 g/m². En décembre le développement de la population d'Ensis directus et l'accroissement du poids individuel de cette espèce fait que le déficit de biomasse est comblé d'une manière significative: la biomasse revient à un niveau presque normal de 68 g/m².

La station C présente elle aussi des évolutions importantes de biomasse que l'on peut relier au fort recrutement d'Ensis directus en juin qui permet une forte progression de la biomasse (30g/m²).

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.

	Fév. 91	Juin 91	Sept. 91	Déc. 91
Neptys hombergii	956,7	1091,1	445,2	-
Notomastus latericeus	6163,8	6542,2	-	564,4
Abra alba	29760,1	72010,6	-	217,4
Tellina fabula	1682,9	4019,8	-	50,6
Ensis directus	-	1309,8	285,3	61630,2
Divers	22403,0	161040,2	3710,3	5930,5
Total	60966,5	246013,7	4440,8	68393,1

Tableau 8-4 : Station B, Biomasse globale en mg/m²

	Février 91	Juin 91	Septembre 91	Décembre 91
Nephtys hombergii	90,6	2000,8	-	-
Nephtys cirrosa	236,6	260,4	426,4	260,6
Abra alba	-	902,3	-	-
Tellina fabula	-	653,7	-	-
Ensis directus	-	15054,7	241,7	893,3
Divers	524,3	11299,7	30,8	941,3
Total	851,5	30171,6	698,9	2095,2

Tableau 8-5 : Station C, Biomasse globale en mg/m²

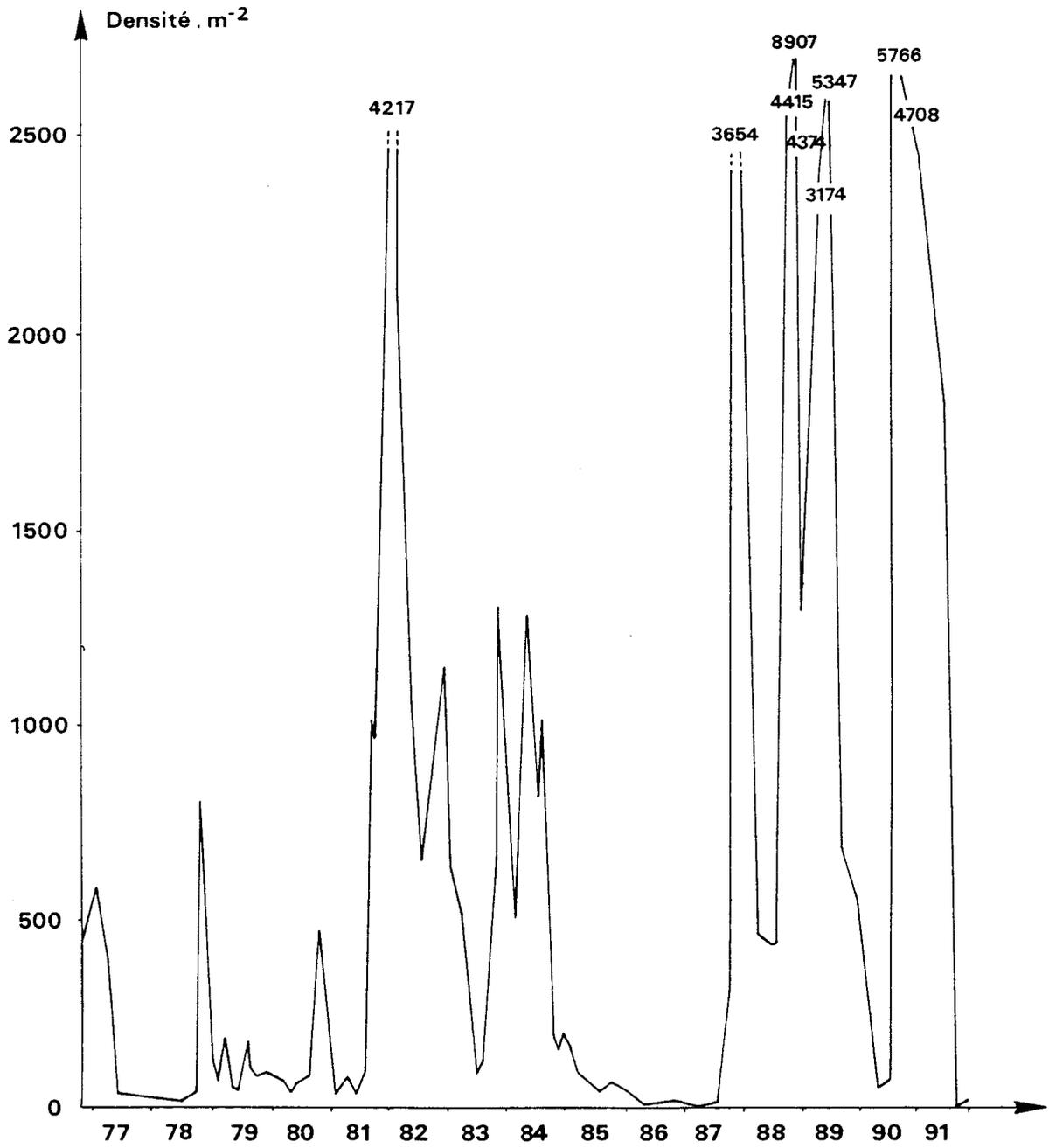
3.1. Abra alba

La population d'Abra alba présente des fluctuations très importantes et très brutales que l'on peut relier sans conteste au caractère pionnier de l'espèce.

En 1991, au bénéfice d'un recrutement très important la population semblait s'être replacée à un niveau très élevé de densité (fig 8.5). L'évolution de la population semblait pendant le premier semestre tout à fait conforme à un phénomène naturel: diminution progressive et lente de la densité et croissance individuelle en taille (fig.8.6) et en poids. L'accident sédimentologique survenu fin juin entraîne la disparition totale de la population. Quelques individus réapparaissent en décembre mais leur taille (fig 8.6) semble prouver que nous sommes en présence de phénomènes de migration passive qui annoncent peut être une recolonisation de la station par cette espèce du fait du réenvasement.

3.2. Tellina fabula

Un phénomène analogue se produit avec Tellina fabula qui disparaît totalement de la station dès l'accident sédimentologique, auparavant la population de Tellina fabula se situait à un niveau moyen par rapport à l'ensemble des études.

Fig. 8.5 : *Abra alba*. Variations de la densité de la population

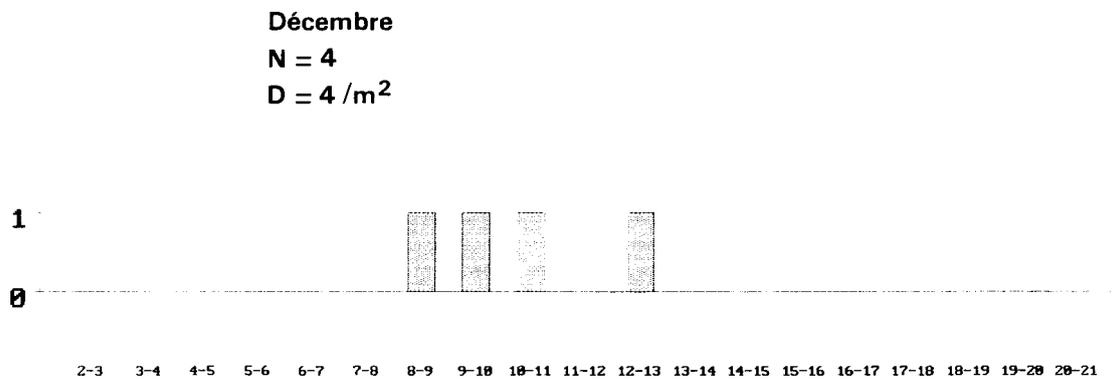
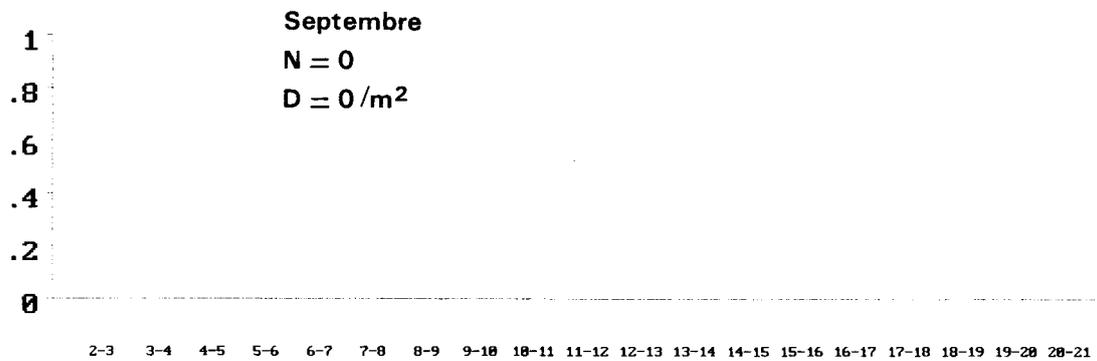
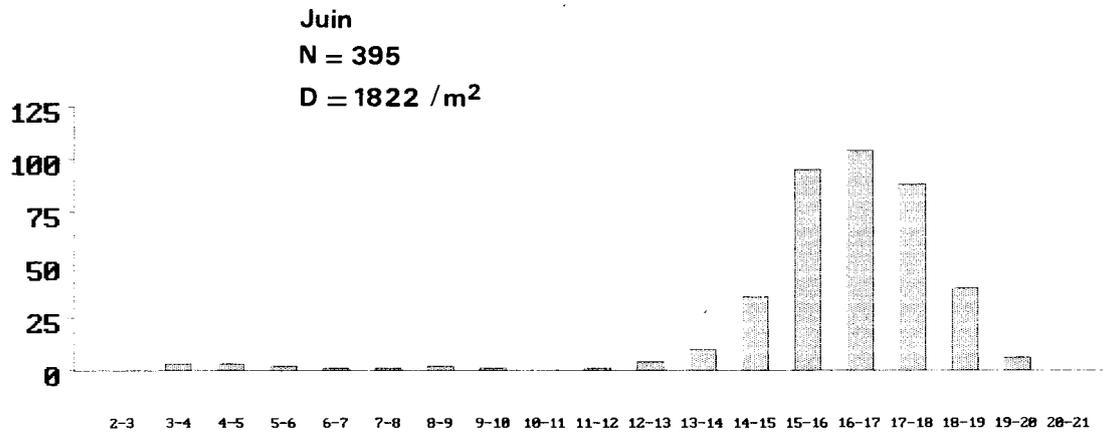
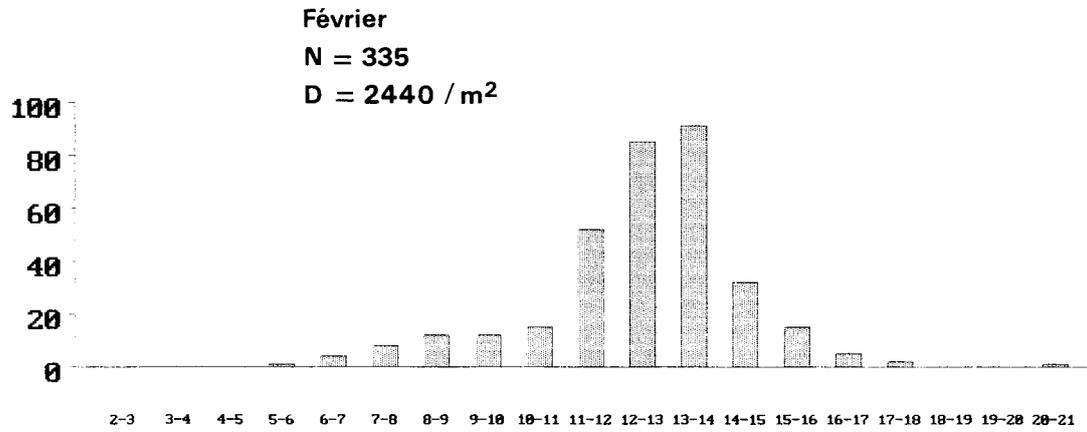
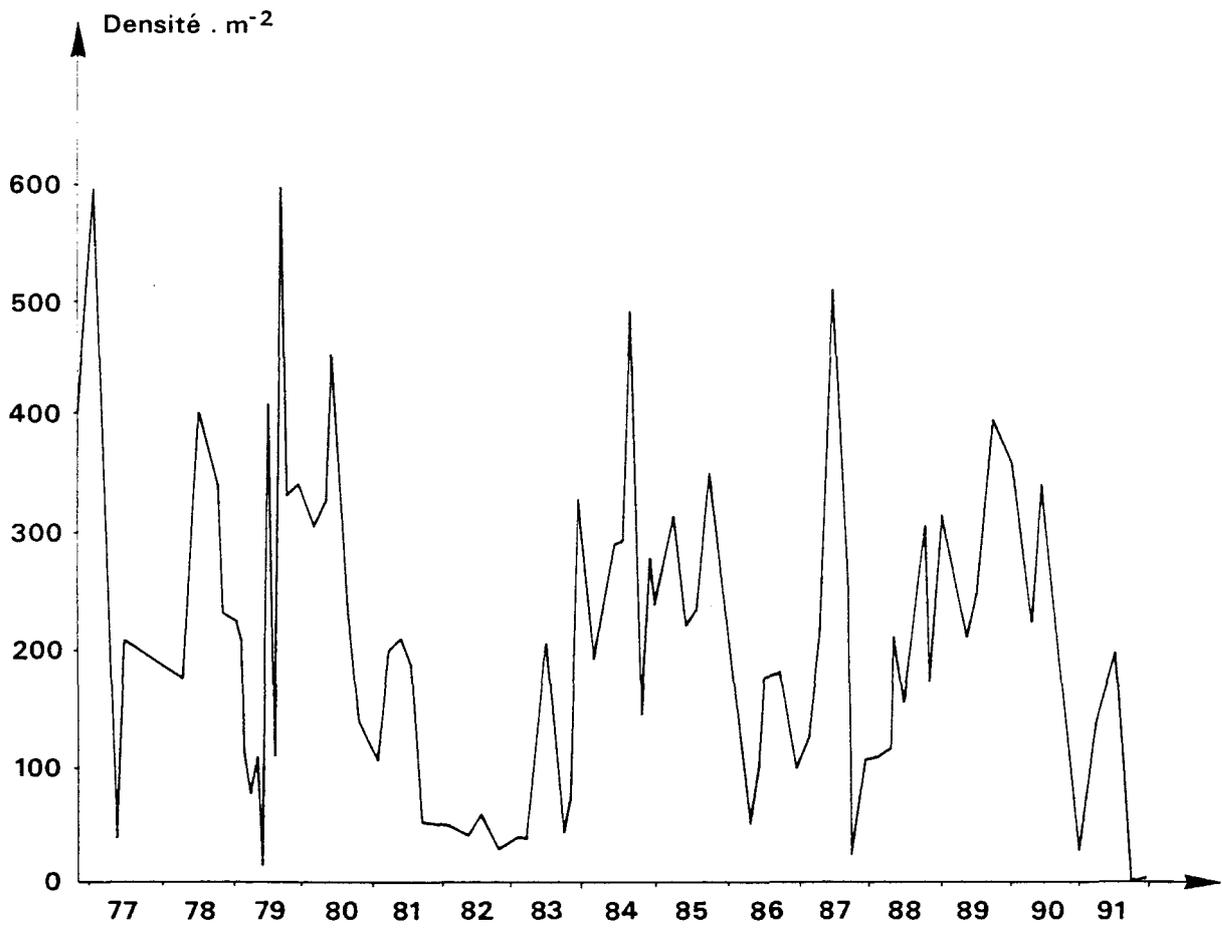


Fig. 8. 6 : *Abra alba* . Histogrammes des fréquences de taille

Fig. 8.7 : *Tellina fabula* . Variations de la densité de la population

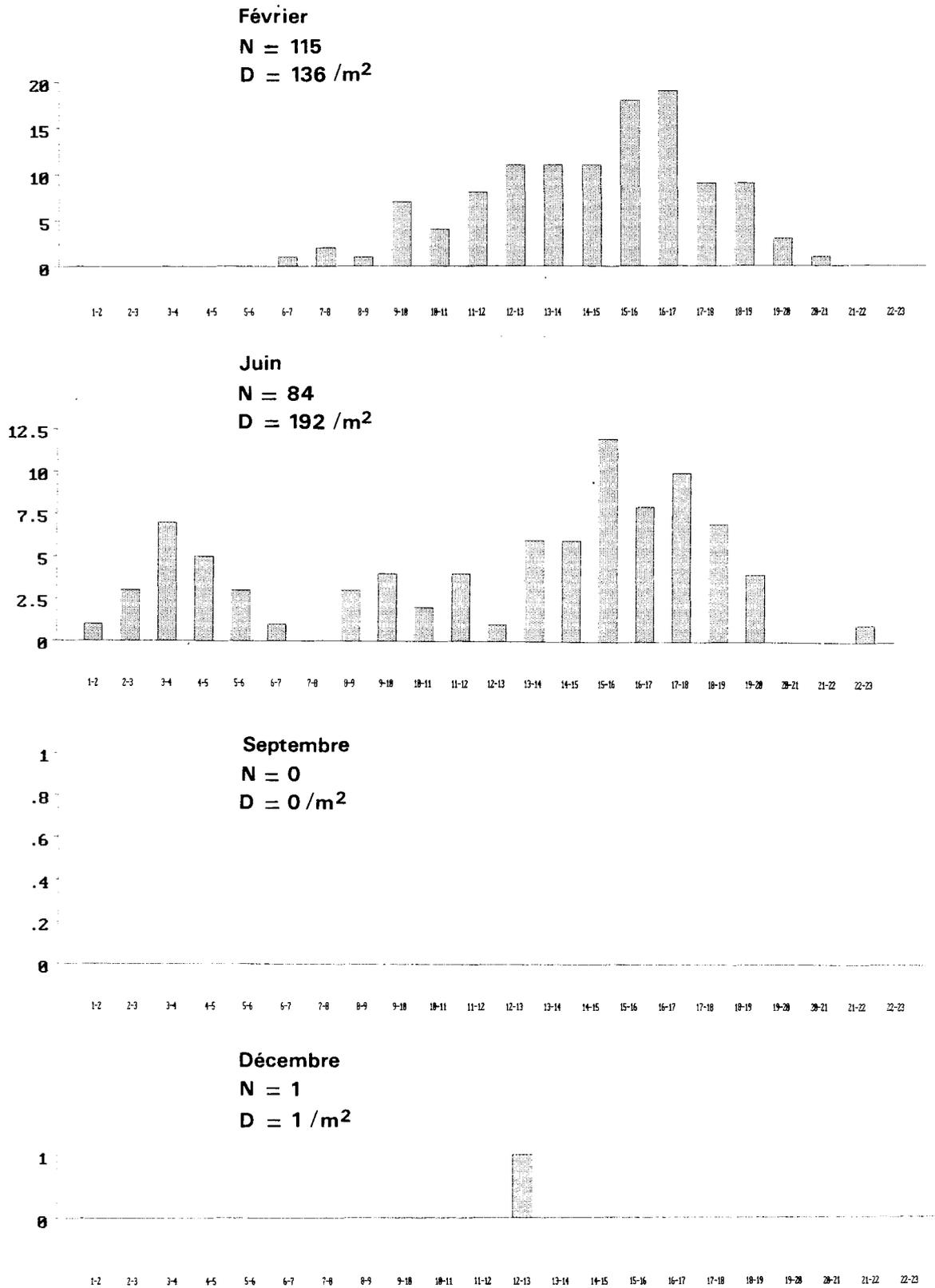


Fig. 8.8 : *Tellina fabula* . Histogrammes des fréquences de taille

CONCLUSION

Cette étude a confirmé que le peuplement à Abra alba était sujet à des modifications bionomiques importantes et qu'une espèce pouvait devenir prédominante si d'aventure son recrutement était efficace.

Cette année nous avons assisté à deux phénomènes importants; l'un, biologique, est la colonisation du site par une espèce introduite (Ensis directus) à la faveur de conditions hydrologiques favorables et l'autre, sédimentologique, est l'altération de la granulométrie du sédiment. Ces deux phénomènes ont eu des répercussions importantes sur la biomasse mais ne dissimulent pas pour autant l'effet négatif de la centrale sur la communauté benthique à Abra alba.

RESUME

Pendant la période étudiée, la puissance de fonctionnement de la centrale a varié de 3.3 à 5.7 tranches de 900 MW, le débit de refroidissement variant de 180 à 240 m³/sec. Le réchauffement moyen annuel du canal de rejet est 8.9°. 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 10.3 µg/l. Son dosage permet d'estimer à 6.6 % le taux de recirculation de l'eau de refroidissement. La multiplication du nombre de vibrions de l'ordre d'un facteur 100 au rejet et la grande diversité mise en évidence depuis trois ans est confirmée (neuf espèces principales).

L'impact se traduit sur le phytoplancton par un déficit en chlorophylle de l'ordre de 50 % à 60 % et une destruction des cellules lors du transit. Une destruction du zooplancton pendant le transit est également mise en évidence sur certaines espèces fragiles en particulier les appendiculaires, les larves de *Lanice*. Tandis que les copépodes *Temora longicornis* subissent un impact négatif, le copépode *Acartia clausi* est très abondant dans la zone échauffée.

En moyenne annuelle, les températures sont voisines de la normale en 1991. Deux remarques cependant peuvent être faites. L'hiver doux 1990-1991 a permis un réchauffement printanier précoce, qui a été marqué par la présence dès le 5 mars de *Phaeocystis*, de l'accroissement dès avril des noctiluques et de la reproduction précoce des sprats et des soles. L'été, s'il a été normal en variation moyenne, a été marqué par des températures élevées en août avec ensoleillement et sécheresse. Cette époque a été favorable au développement d'espèces très côtières thermophiles, par exemple le copépode *Isias clavipes*.

De juin à août les larves de gastéropodes ont été très abondantes. On peut signaler dans l'avant port ouest de Dunkerque la présence de larves de crépidules avec un maximum en juillet. Bien que l'abondance de cette espèce soit réduite, sa présence est à suivre avec attention les années à venir compte tenu des problèmes que sa prolifération pose actuellement dans certaines régions conchylicoles.

L'estran montre une évolution bionomique en liaison avec l'évolution de la dune hydraulique et de l'influence de trois facteurs principaux : courantologie, dessalure et température. La biomasse moyenne de l'estran diminue de 45 % par rapport à 1990 due à la chute de densité de *Cerastoderma* et la régression d'*Hydrobia ulvae*. Les spionidae *Spio martinensis* et *Pygospio elegans* restent en compétition, le premier reste localisé à l'ouest, le deuxième reste présent dans les eaux échauffées du rejet dans la partie est. Le benthos subtidal du peuplement à *Abra alba* est suivi en comparant la station C impactée par le rejet et la station B non impactée. La station C soumise au rejet débarrassée de ses particules fines est peuplée d'espèces sabulicoles à faible biomasse tandis qu'en B dominent les espèces vasicoles à forte biomasse.

Sur l'ensemble de la région étudiée, le couteau *Ensis directus* est signalé pour la première fois. C'est une espèce d'origine nord américaine qui colonise depuis la fin des années 1970 les fonds côtiers de la Mer du Nord, cette espèce avait atteint Ostende en 1986.

Des modifications importantes dans la granulométrie du sédiment se sont produites au cours de l'année entraînant des modifications rapides des biomasses de la population à *Abra alba*.

