

SOMMAIRE

Chapitre I – Présentation du site – Stratégie d'étude.....	1
Edith et Régis DELESMONT (1)	
Chapitre II – Climatologie et fonctionnement de la centrale.....	7
et présentation des campagnes pélagiques Edith et Régis DELESMONT	
Chapitre III – Etude de la chloration et Bactériologie.....	15
Edith et Régis DELESMONT	
Chapitre IV – Phytoplancton et biomasse chlorophyllienne	37
Benoist HITIER et Pascale HEBERT (2)	
Chapitre V – Zooplancton. Biomasses et espèces. Dinoflagellés noctiluques.....	49
Geneviève LE FÈVRE-LEHOËRFF (3) et Marie-Laure COCHARD (3)	
Chapitre VI – Zooplancton halieutique	69
Daniel WOEHLING (4)	
Chapitre VII – Le domaine benthique intertidal.....	79
Jean-Marie DEWARUMEZ (5) et Dominique MENU (5)	
Chapitre VIII – Le domaine benthique subtidal	93
Jean-Marie DEWARUMEZ, Christophe LUCZAK (5) et Dominique MENU (5)	

Accord Cadre S64T7001 avenant n° 1

Avril 1996

DEL/Brest.96.04

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

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

CHAPITRE I

PRESENTATION DU SITE - STRATEGIE D' ETUDE

Regis DELESMONT & Edith DELESMONT

RAPPEL SUR LE SITE

Le site de Gravelines est situé à l'ouest de la Mer du Nord , à proximité du Détroit 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.

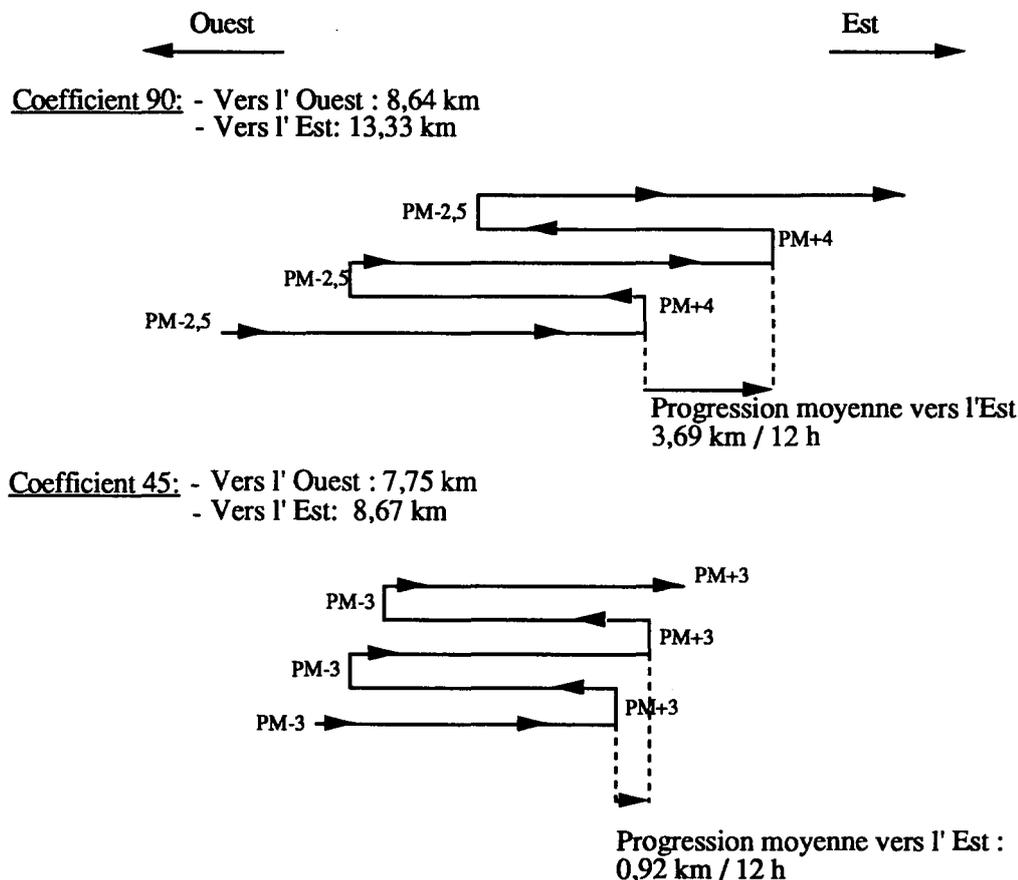


Fig .1.1. Schéma des courants devant Dunkerque

HYDROGRAPHIE

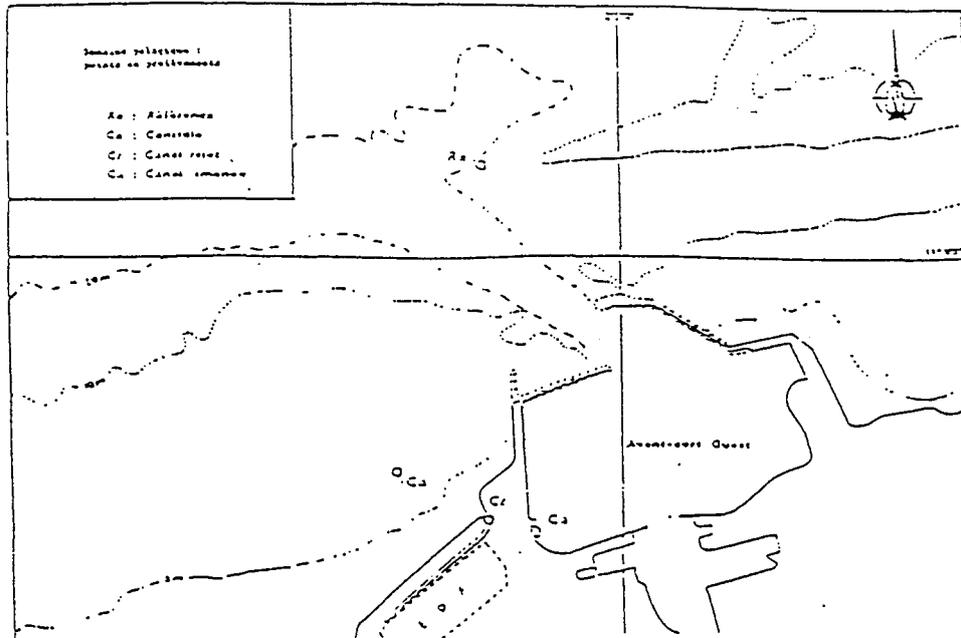
L'apport continental le plus proche est constitué par l'Aa , petit fleuve côtier qui draine l'arrière pays (région de Saint- Omer) et la plaine maritime . En raison de la très faible altitude de cette plaine , les écoulements à la mer sont contrôlés par des écluses . Il en est de même pour les deux autres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

Débits moyens estimés:

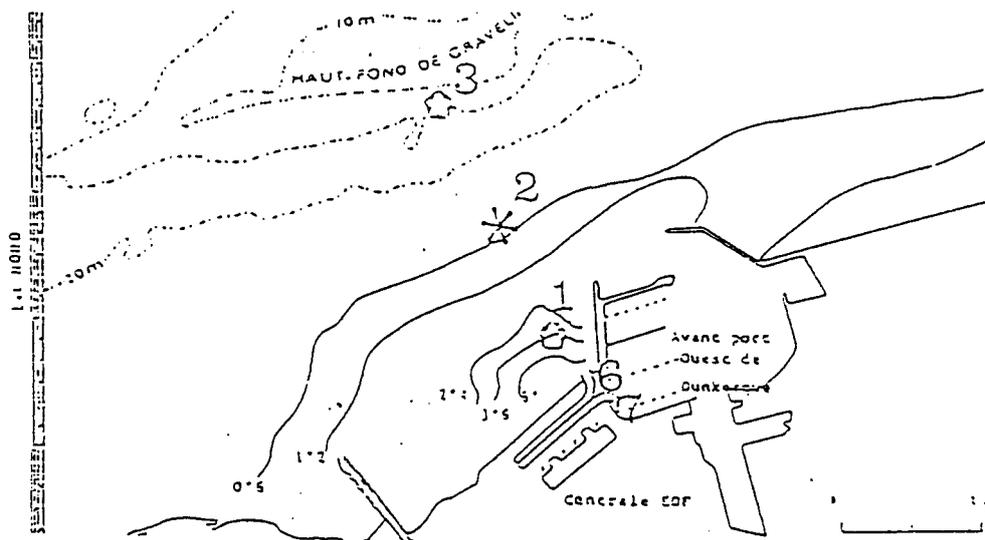
Canal de Dunkerque: 4,6 m³/s

Fleuve Aa: 7,5 m³/s

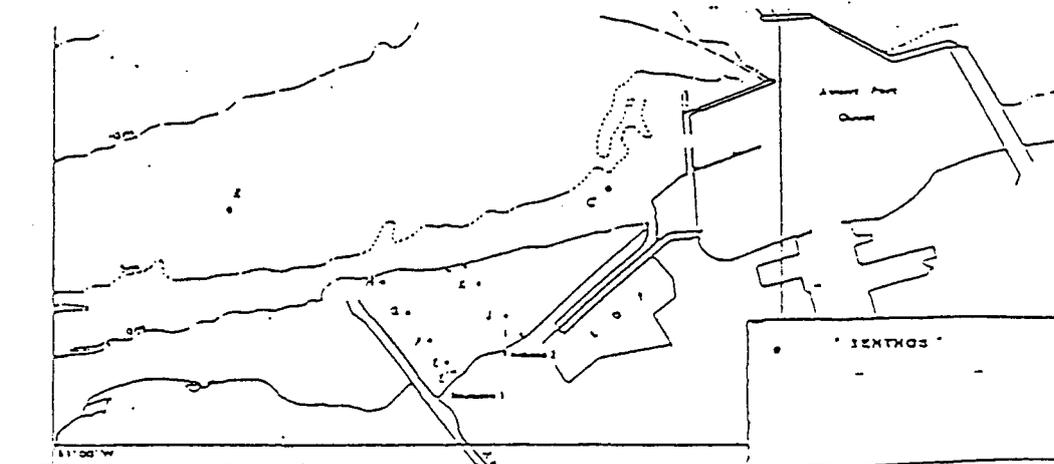
Canaux de Calais: 3,0 m³/s



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



b) Points Halieutique.



c) Points de prélèvements : Benthos intertidal et subtidal.

STRATEGIE D' ECHANTILLONNAGE

Domaine pélagique

Surveillance des eaux de la Prise et du Rejet

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

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

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

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

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

Tab.1.1 Stratégie de prélèvement prévue au point Prise

Milieu récepteur

Les deux campagnes de prélèvements en mer se sont déroulées avec le chalutier "JEAN XXIII" à partir de la darse de l' Avant-port Ouest de Dunkerque.

Date	Pleine mer (T.U.)	Coef.	Heures de prélèvement T.U			
			Prise	Rejet	Contrôle	Référence
05/04/95	14 h 58	66	8 h 20 à 8 h 57	9 h 15 à 9 h 45	9 h 50 à 10 h 15	10 h 45 à 11 h 00
9/10/95	11 h 51	98	10 h 15 à 10 h 55	9 h 03 à 9 h 40	10 h 10 à 10 h 20	9 h 20 à 9 h 45

Tab.1.2. Calendrier des campagnes pélagiques

Halieutique

La surveillance du plancton halieutique comprend trois campagnes:

- 2 campagnes à trois stations en mer selon un gradient côte-large du milieu récepteur ont eu lieu les 15 mai et 16 juin
- 1 campagne de deux stations au canal d' amenée réalisée le 2 juin.

Domaine benthique

Zone intertidale:

La campagne annuelle comprenant deux radiales de 4 stations a été effectuée le 13 juillet

Zone subtidale:

La surveillance du peuplement à *Abra alba* se poursuit. Les missions ont été réalisées les 16 février, ~~30 mai et 14 septembre~~

, 19 mars, 30 mai et 14 septembre

CHAPITRE II

CLIMATOLOGIE - FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE ET PRESENTATION DES CAMPAGNES PELAGIQUES

Regis DELESMONT & Edith DELESMONT

CLIMATOLOGIE

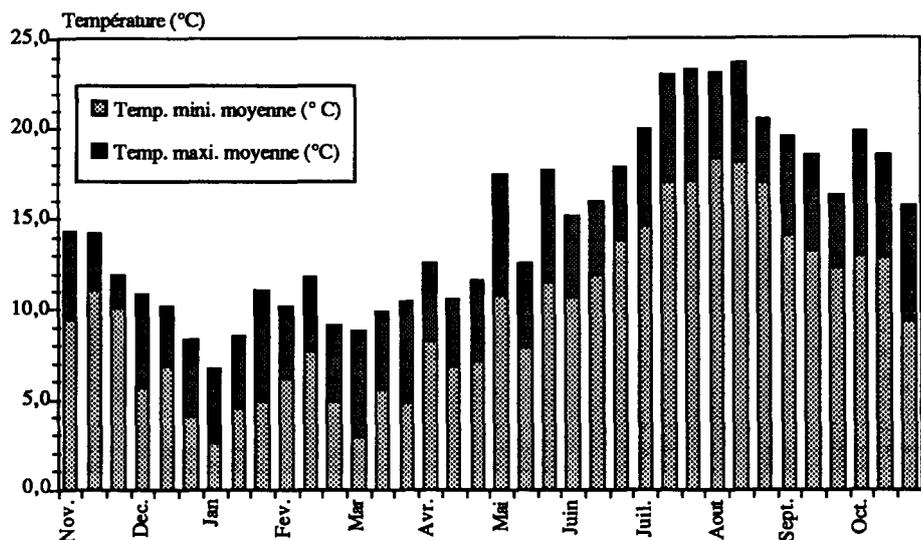


Fig.2.1. Températures moyennes par décades à Dunkerque (°C) -1994-1995

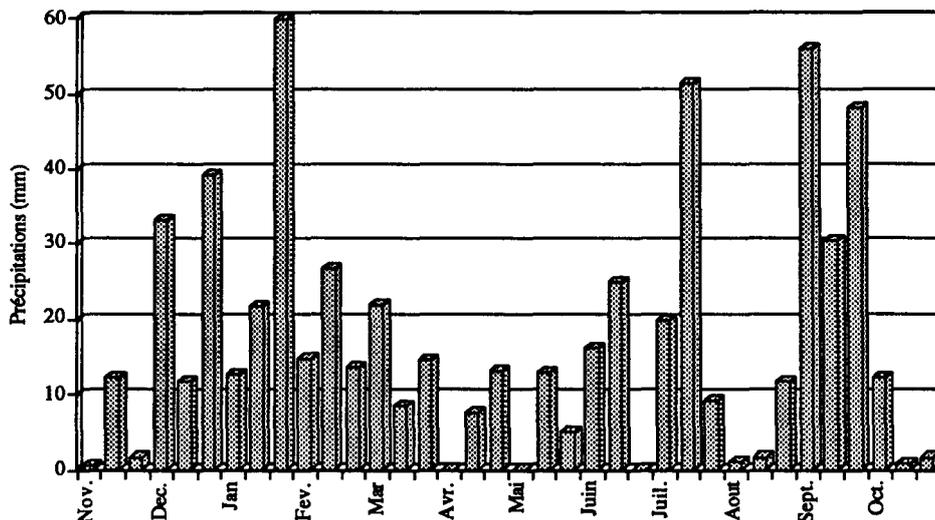


Fig.2.2. Précipitations par décades à Dunkerque (mm)-1994-1995

Durant la période 1994-1995, des températures élevées par rapport à la normale ont été relevées. L'hiver a été marqué par la douceur des températures, l'humidité et des vents forts. Sa pluviosité est cependant légèrement inférieure à la normale.

Un temps chaud et sec a prédominé durant l'été. Cependant quelques épisodes pluvio-orageux ont apporté des précipitations globales voisines de la normale.

FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

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

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

En 1994-1995 la puissance électrique produite par la centrale de Gravelines correspond à l'équivalent de 3 à 6 tranches de 900 MW. La production est la plus importante en saison froide.

La puissance hebdomadaire moyenne produite pour la période est proche de 4250 MW, soit l'équivalent de 4,7 tranches.

Les débits d'eau de mer de refroidissement des condenseurs ont varié de 167 à 240 m³/s,

soit les débits unitaires de pompage de 4 à 6 tranches. Le débit moyen calculé sur une base hebdomadaire est de 221 m³/s, soit l'équivalent du débit de pompage de 5,5 tranches. Les échauffements les plus faibles sont observés en mai et de la mi-août à la mi-octobre.

En première approximation, on peut considérer que la production d'1 MW électrique s'accompagne de la dissipation dans l'eau de mer de deux MW thermiques. Il est alors possible de calculer un échauffement théorique du rejet de la centrale sur la base des données hebdomadaires de puissance électrique.

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

Sur cette base de calcul, l'augmentation moyenne de la température de l'eau au rejet est de 9,15 °C. Cette valeur est du même ordre que celles des périodes précédentes.

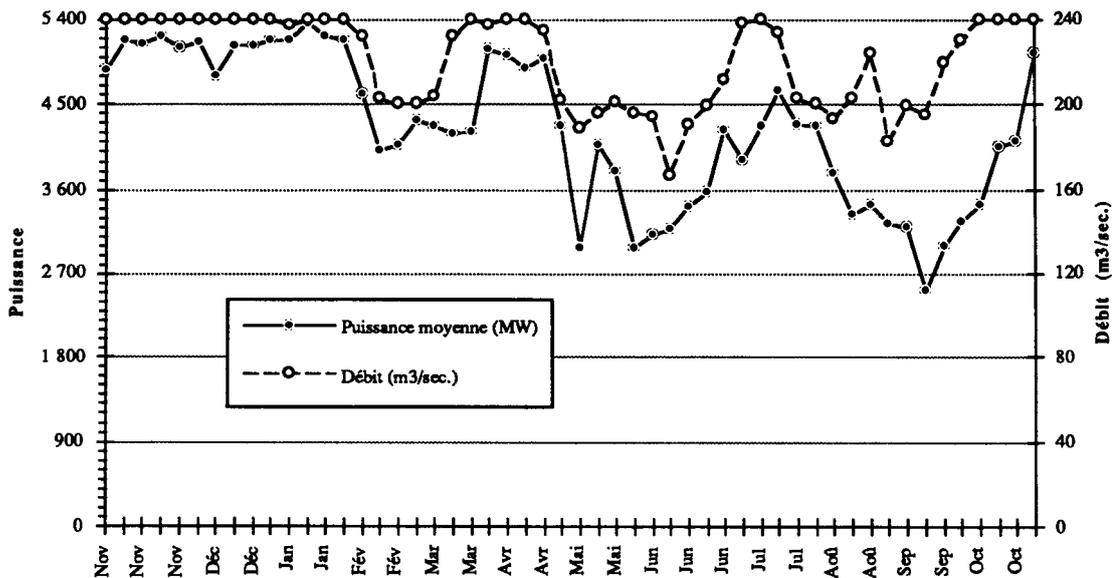


Fig.2.3. Fonctionnement de la centrale de Gravelines

Résultats de la surveillance à la prise et au rejet

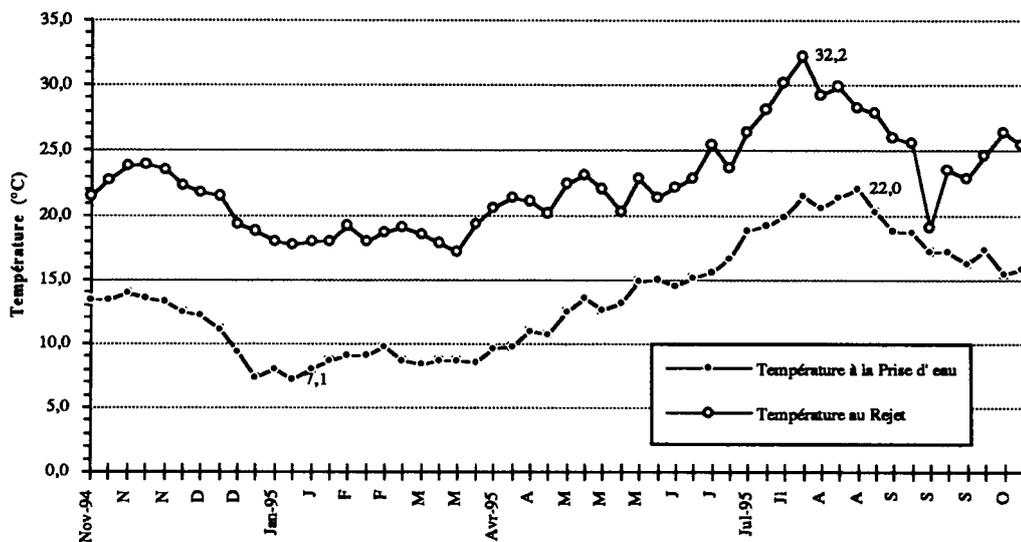


Fig.2.4. Température de l'eau de mer aux points Prise et Rejet - 1994-1995

A la prise d'eau dans l' Avant-port Ouest, la température minimale de 7,1 °C est observée le 16 janvier. Les températures les plus élevées sont relevées le 21 août avec 22,0 °C. Ce maximum est supérieur à celui des années précédentes durant lesquelles des températures égales ou supérieures à 20 °C avaient cependant été enregistrées. Le réchauffement printanier a, lui, été normal avec une température de 18 °C atteinte dès la mi- juillet 1995.

La température moyenne à la prise d'eau est de 13,58 °C. Cette valeur est supérieure de plus de 1 degré à celle des périodes précédentes.

Le transit de l'eau dans la centrale, calculé sur la base des prélèvements hebdomadaires réalisés, se traduit par un échauffement moyen de 8,92 °C (8,66°C en 1993-1994 et 8,78°C en 1992-1993), il est proche de l'échauffement moyen mesuré en continu par la centrale (9,15 °C).

Au rejet, la température de l'eau évolue de 17,2 °C (le 20/03/95) à 32,2 °C (le 01/08/95). Des températures du rejet de l'ordre de 30 °C ont été observées durant tout le mois d'août 1995.

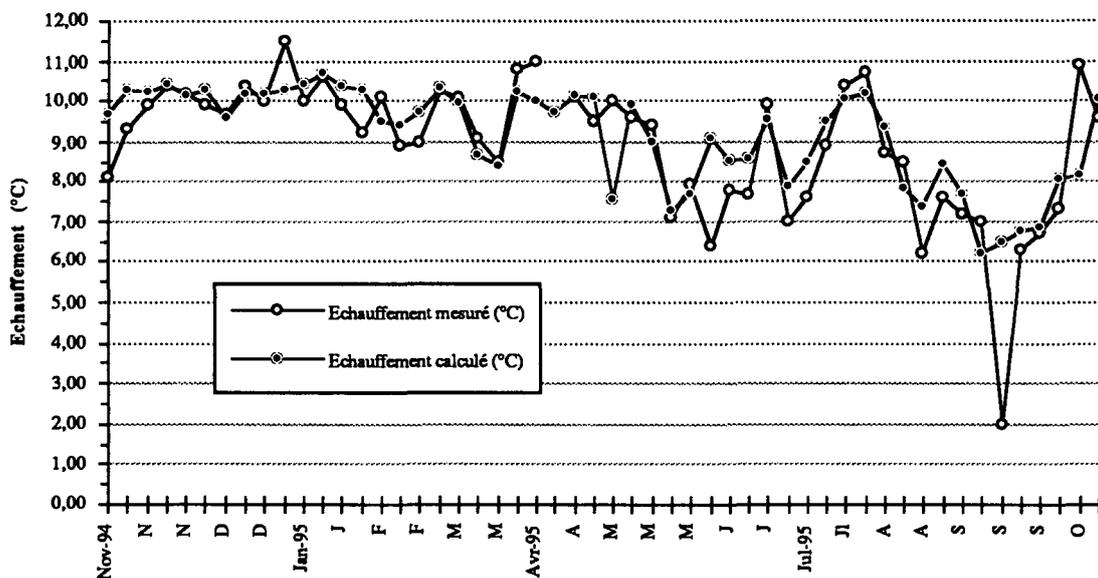


Fig.2.5. Comparaison entre les échauffements calculés et mesurés - 1994-1995

PRESENTATION DES CAMPAGNES PELAGIQUES

Fonctionnement de la Centrale lors des campagnes pélagiques

Campagne	Jours	Puissance (MW)	Débit (m ³ /s)	Chloration (% d'eau chlorée au rejet)
5/4/95	4/4/95	5200	240	33% puis 50%
	5/4/95	5200	240	50%
9/10/95	8/10/95	3800	240	100%
	9/10/95	Variable de 2900 à 4150	240	100%

Tab.1.3.. Fonctionnement de la centrale lors des campagnes

Structure hydrologique

Température:

Date	Profondeur (m.)	Prise d'eau	Rejet	Contrôle	Référence
5/4/1995	0	9,7	21,3	16,2	9,8
	-1	9,7	21,3	16,5	9,4
	-2	9,7	21,3	16,6	9,2
	-3	9,7	21,3	13,9	9,1
	-4	9,7	21,3	11,9	9,0
	-5	9,7	21,3	11,0	9,0
	-6	9,7	21,3	10,6	8,9
	-7	9,7	21,3	10,3	8,9
	-8				8,9
	Profondeur (m.)	Prise d'eau	Rejet	Contrôle	Référence
9/10/1995	0	17,3	24,6	21,7	16,3
	-1			21,8	16,3
	-2			21,8	16,3
	-3			16,7	16,3
	-4			16,6	16,3
	-5			16,5	16,2
	-6			16,5	16,2
	-7				16,2
	-8				16,2

Tab.1.4.. Profils thermiques observés lors des deux campagnes milieu pélagique de 1995

Les profils verticaux de températures observés lors des deux campagnes pélagiques sont représentés ci-dessous. En raison des turbulences importantes régnant dans les canaux de prise et de rejet, leurs températures sont considérées comme homogènes sur toute la hauteur de la colonne d' eau. La stratification thermique habituelle du panache de rejet est observée au point de contrôle. En mer, aucun impact thermique n' est observé au niveau du fond marin quand le panache est établi, à condition que la hauteur d' eau soit suffisante (≥ 7 m).

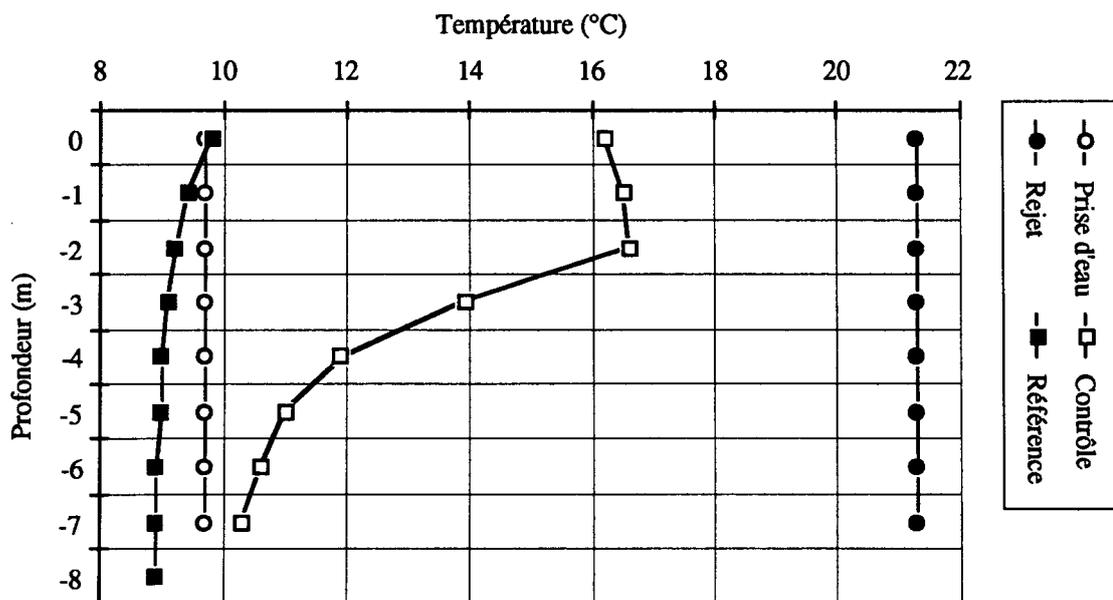


Fig. 1.3. Profils thermiques lors de la campagne d' avril 1995- (°C)

Lors de la campagne d' avril, on observe un léger gradient thermique au point "Référence". Les dosages de trihalométhanes réalisés sur l' eau de surface se sont avérés négatifs, ce qui permet d' exclure la présence d' eau ayant traversé la centrale. Il s' agit donc d' un réchauffement printanier des eaux de surface.

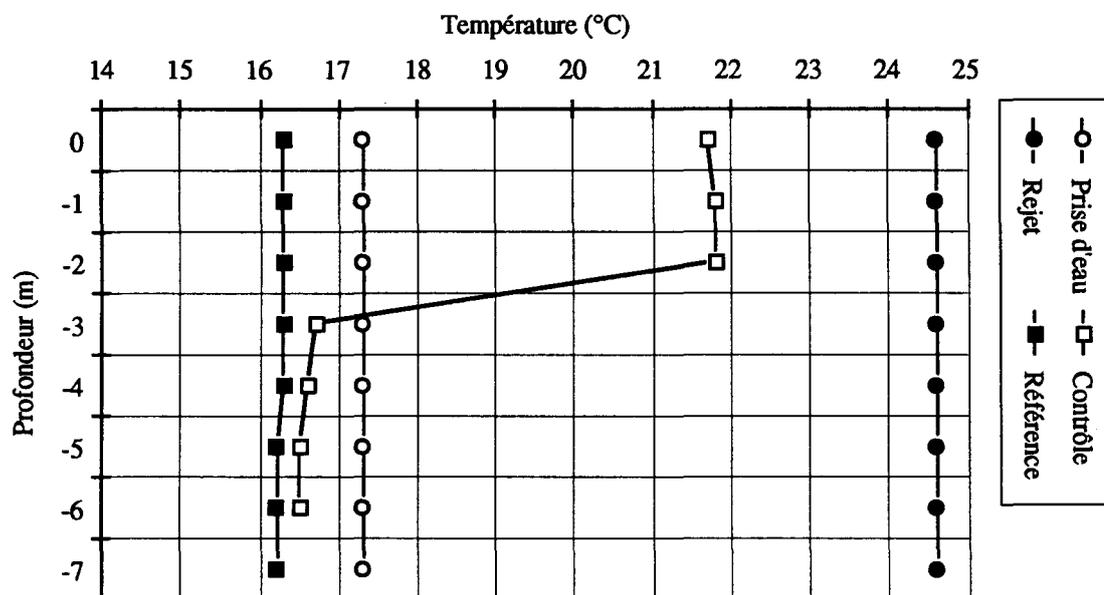


Fig.1.4. Profil thermique lors de la campagne d' octobre 1995 - (°C)

Salinité:

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

Date	Profondeur (m.)	Prise d'eau	Rejet	Contrôle	Référence
9/10/1995	Surface	33,31	33,29	33,36	33,57
		33,33	33,25	33,40	33,55
		33,33	33,25	33,34	
		33,34	33,29	33,35	
	Mi-profondeur				33,55
					33,57
	Fond			33,40	33,59
			33,39	33,59	
			33,38		
			33,41		

Tab.1.5.. Salinité lors de la campagne en mer d' octobre 1995 - (‰)

CHAPITRE III

ETUDE DE LA CHLORATION ET BACTERIOLOGIE

Regis DELESMONT & Edith DELESMONT

CHLORATION

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

L'oxydant injecté est consommé de façon rapide par l'eau de mer. Au point Rejet, la dose maximale de "chlore résiduel" mesurée à mi-marée est inférieure à 0,1 mg/l en 1994-1995. La quasi totalité des mesures est restée inférieure à 0,05 mg/l à l'exception des mois de octobre et novembre durant lesquels des doses mesurables d'oxydant résiduel sont retrouvées.

La disparition du chlore s'accompagne de la formation de dérivés stables. Le bromoforme est, en eau de mer, le plus abondant de ces produits de réaction. Sa présence permet de mettre en évidence les périodes de chloration.

Le graphique ci-après permet de visualiser la concentration en bromoforme en relation avec la température de l'eau à la prise d'eau. On constate que la chloration est en service lorsque la température à la prise d'eau est supérieure ou égale à 10 °C.

Cependant des traces de bromoforme sont mises en évidence en début et fin de période de chloration et peuvent correspondre à des essais de mise en service ou à des chlorations partielles. Durant la période d'étude 1994-1995, la chloration n'est arrêtée que durant trois mois (de janvier à mars).

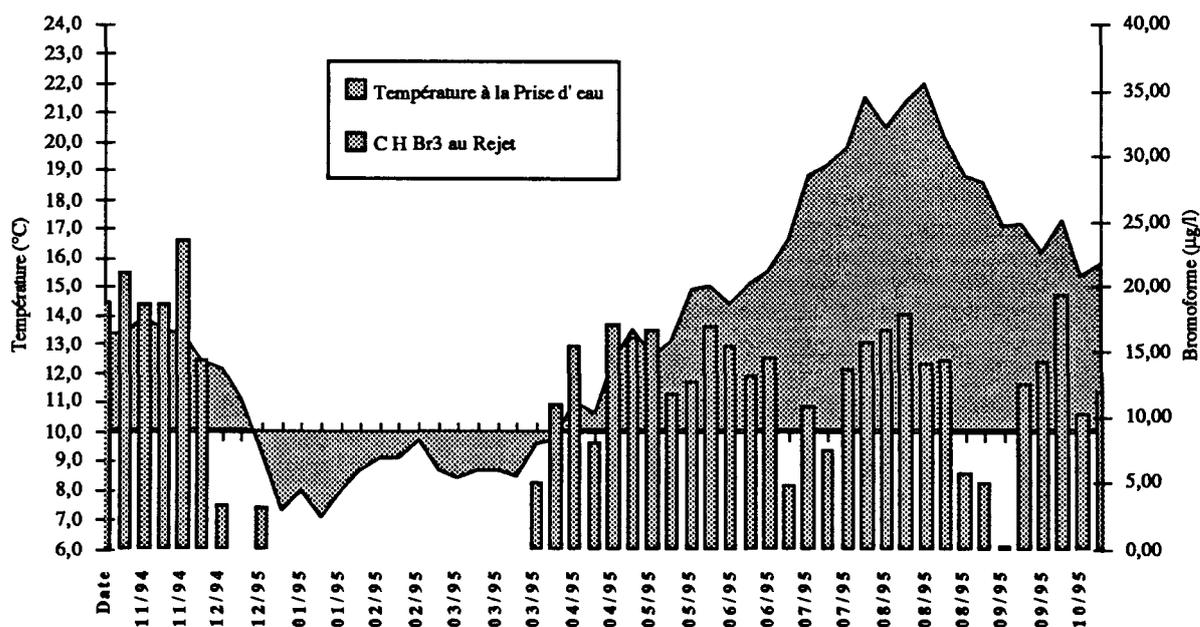


Fig.3.1. Bromoforme au Rejet en relation avec la température de l'eau à la Prise

La persistance du bromoforme en mer permet également de chiffrer le pourcentage d'eau de refroidissement qui passe une seconde fois dans la centrale après rejet et transit par l'avant-port Ouest. La valeur calculée en 1994-1995 est de 7,5 % pour la période de chloration. Cette valeur relativement élevée est à rapprocher du temps chaud et calme ayant régné pendant une grande partie de la saison de chloration.

Ce pourcentage a une grande importance sur le plan bactériologique car il permet de réensemencer les installations avec des bactéries qui se sont multipliées pendant le transit dans les installations. Une nouvelle espèce de bactérie peut ainsi s'installer durablement sur le site.

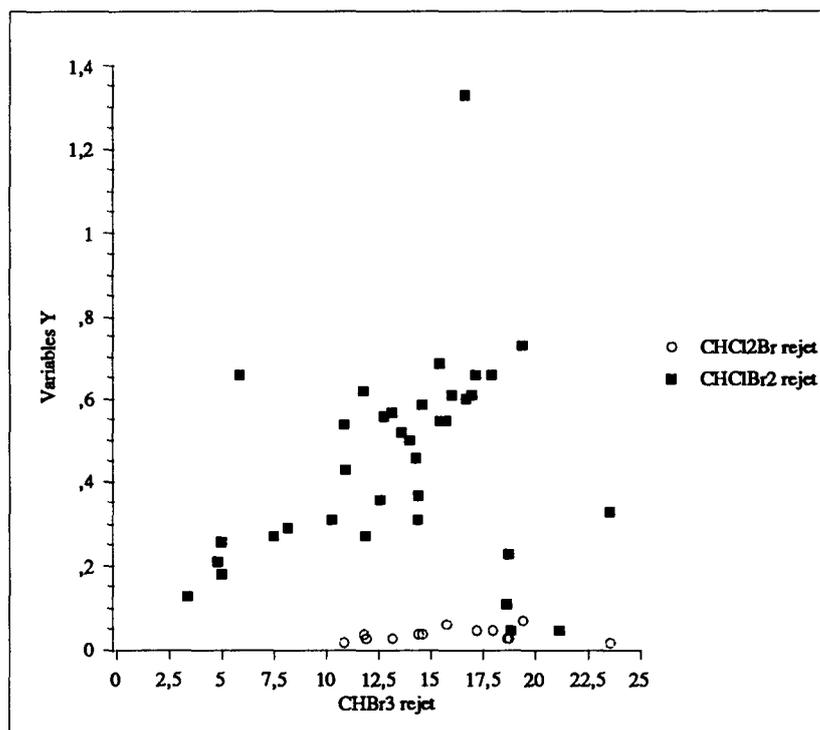


Fig.3.2: Relation entre les espèces d'haloformes au rejet (µg/l)

Le bromoforme (CHBr₃) est formé au rejet à une concentration moyenne de 12,9 µg/l; cette valeur est plus faible que celles enregistrées dans les périodes d'études précédentes. Il représente à lui seul 96,4 % des produits formés. Les deux autres composés formés et mis en évidence sont également bromés:

- chlorodibromométhane (CHClBr₂): 3,3 % du total formé avec une concentration moyenne de 0,44 µg/l

- dichlorobromométhane (CHCl₂Br): 0,3 % du total formé avec une concentration moyenne de 0,04 µg/l

BACTERIOLOGIE

Aspect quantitatif

Depuis 1989, les études bactériologiques portent uniquement sur les vibrions. En effet, cette catégorie de bactéries marines est particulièrement sensible aux modifications du milieu apportées par la centrale. Le développement d'importantes activités aquacoles (production 1995 : ≥ 1000 tonnes) sur le site même du rejet occasionne également un impact sur ce groupe bactérien.

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

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

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

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

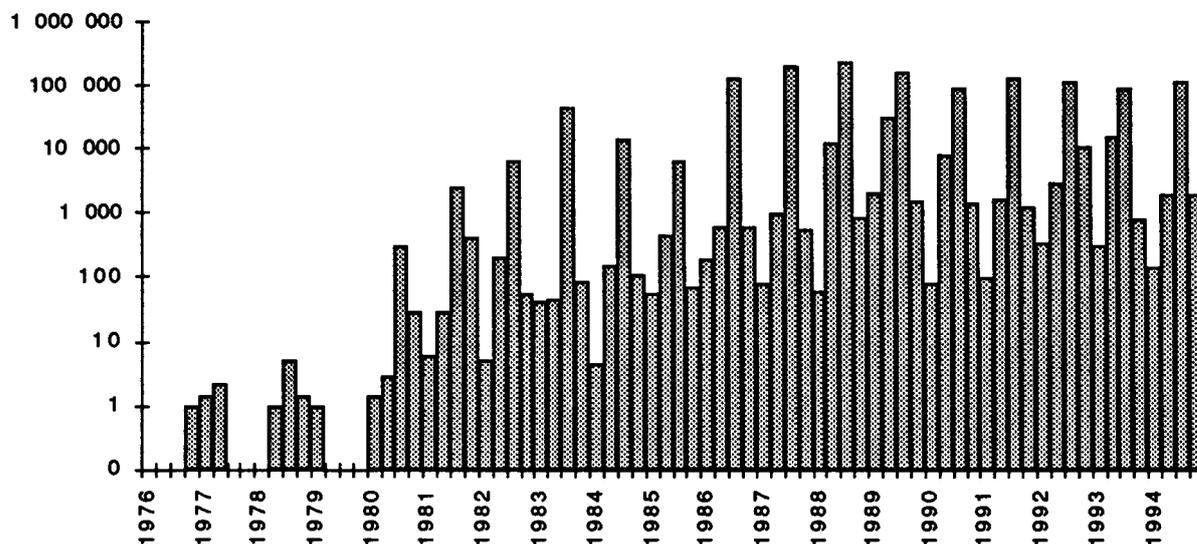


Fig.3.3: Moyenne géométrique trimestrielle des concentrations en vibrions/litre observées depuis 1977

En 1994-1995, les concentrations en vibrions sont en moyenne géométrique multipliées par 46 entre la Prise et le Rejet. Ce facteur est moins important que celui de 1993-1994 ($x = 67$) mais il s' applique à des concentrations quatre fois plus importantes en raison des températures élevées observées cette année.

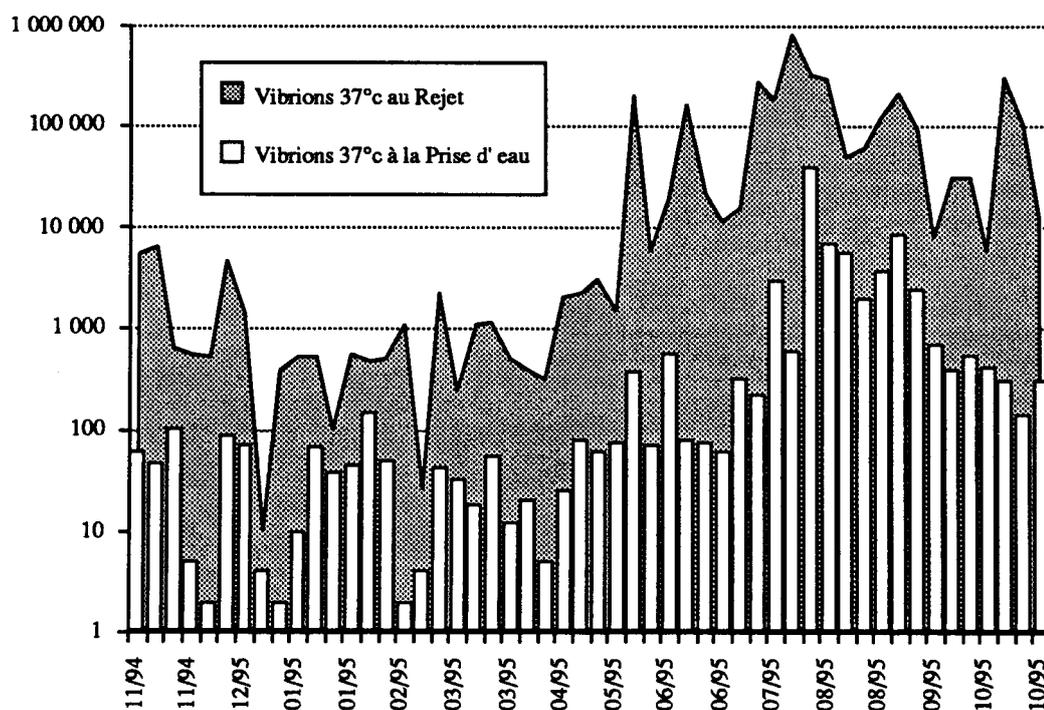


Fig.3.4. Dénombrement des vibrions par culture à 37 °C (échelle logarithmique)

En moyennes géométriques, les concentrations en vibrions par litre observées en 1994-1995 sont de 111 à la prise d' eau et de 5300 au rejet. Les moyennes observées en 1993-1995 étaient respectivement de 26 et 2260 vibrions par litre.

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

Prise d' eau 1994-95: $\log(\text{Vib/l}) = 0,188 T(^{\circ}\text{C}) - 0,505 \quad (r^2 = 0,656)$

Rejet 1994-95: $\log(\text{Vib/l}) = 0,227 T(^{\circ}\text{C}) - 1,391 \quad (r^2 = 0,518)$

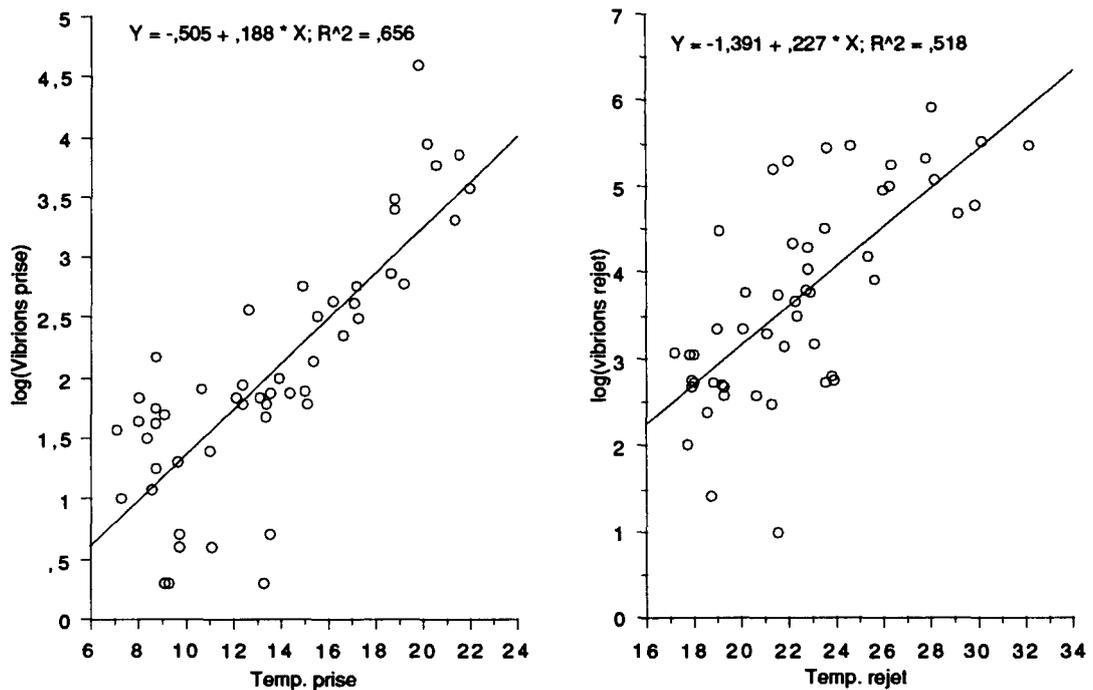


Fig.3.5. Corrélations entre la température et les concentrations en vibrions (log)

Aspect qualitatif

Si l' aspect quantitatif des populations de vibrions semble se stabiliser depuis la mise en service des tranches 5 et 6, il n' en pas été de même sur le plan des espèces isolées.

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

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

L' espèce majoritaire présente à Gravelines reste *Vibrio alginolyticus*. En moyenne dans chaque prélèvement, les pourcentages des diverses espèces semblent relativement stables.

La fréquence d' isolement de *Vibrio cholerae* Nag mesurée en 1995 est voisine de celle de la période 1992-1993; cette espèce reste la plus fréquemment isolée après *Vibrio alginolyticus* (12 à 13% depuis trois ans au rejet).

Vibrio cholerae Nag possède les mêmes propriétés biochimiques que le vibron du choléra, mais ne possède pas son caractère pathogène (le qualificatif Nag correspond au fait qu' il n' est pas agglutinable par les sérums spécifiques des vibrions du choléra). Les souches isolées durant la période 1994-1995 se distinguent également des souches épidémiques par leur

inaptitude à se développer en l'absence de sel.

En ce qui concerne le pouvoir pathogène des souches mises en évidence sur le site, il convient de rappeler que celui-ci ne peut être apprécié par les identifications que nous réalisons à partir de caractères biochimiques.

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

Cette année, seul un petit nombre de vibrions ($\leq 0,5\%$) n'ont pu être identifiés avec les clés de détermination des espèces utilisées.

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

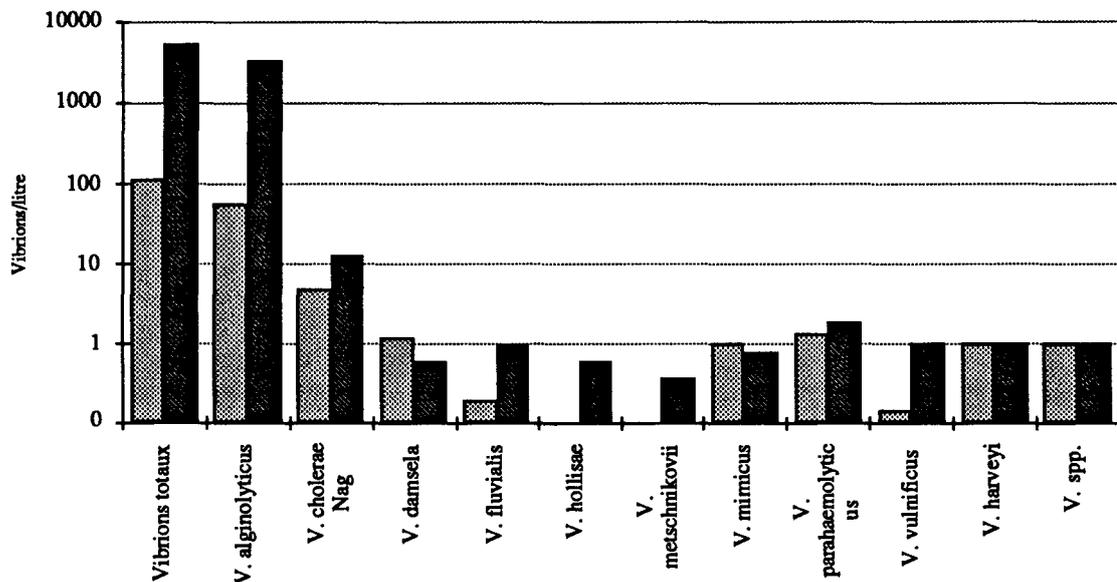


Fig. 3.6. Concentrations moyennes des diverses espèces de vibrions aux points de prise d'eau et de rejet

Toutes les concentrations des espèces régulièrement observées sont en augmentation entre la Prise et le Rejet. En ce qui concerne les espèces rares (présentes à des concentrations moyennes de l'ordre de une bactérie par litre), du fait du petit nombre d'identifications réalisées, lors des dénombrements, leur multiplication ne peut être mise en évidence.

Vibrio alginolyticus reste l'espèce la plus adaptée aux conditions actuelles du site (multiplication moyenne $X=61$ fois). *Vibrio cholerae* Nag, qui occupe depuis quelques années la seconde place par l'importance de sa multiplication sur le site, n'a cette année qu'un facteur de multiplication de 2,6 fois entre la prise et le rejet.

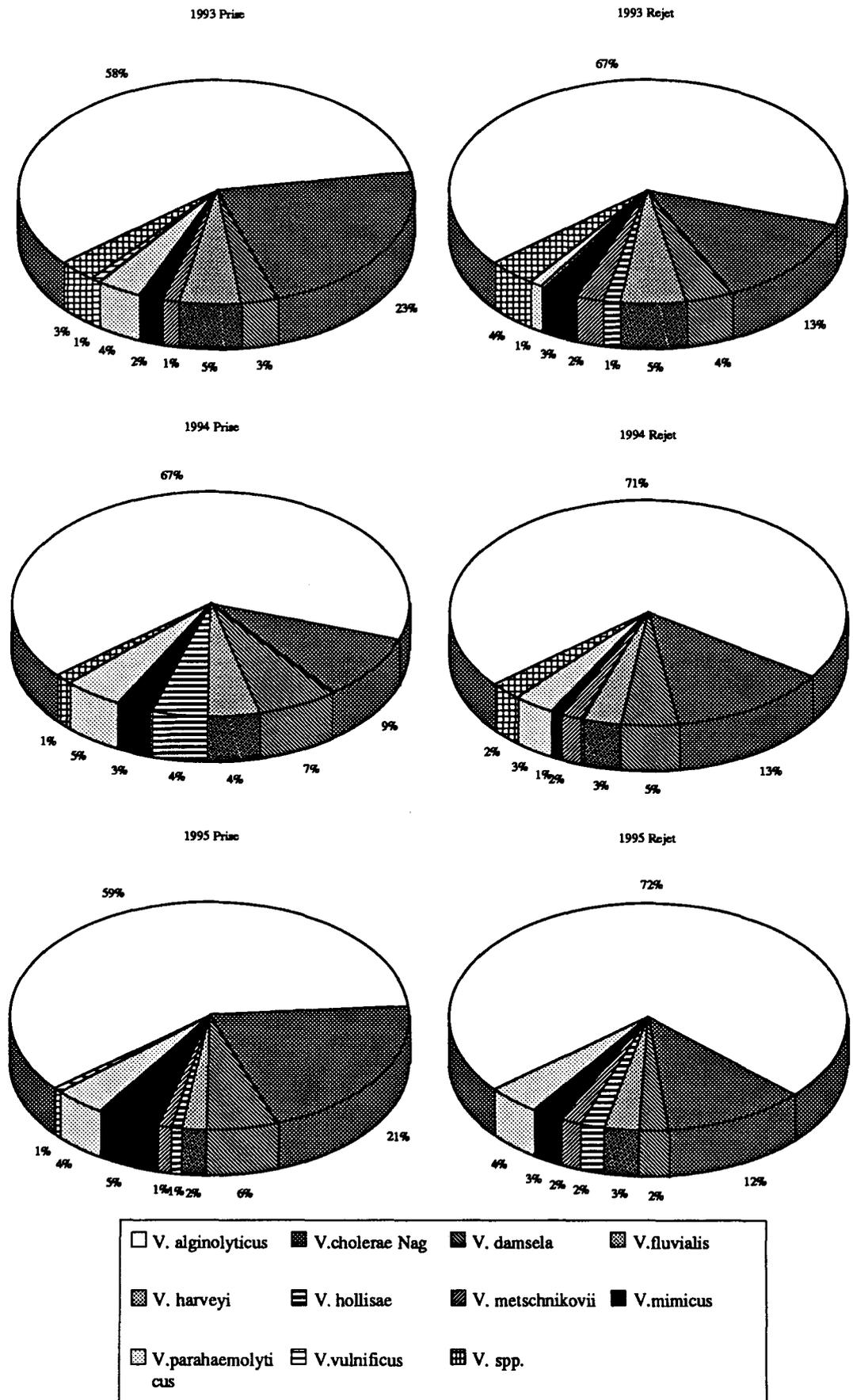


Fig.3.7. Abondance relative des diverses espèces de vibrions (moyenne des pourcentages d'abondances hebdomadaires)

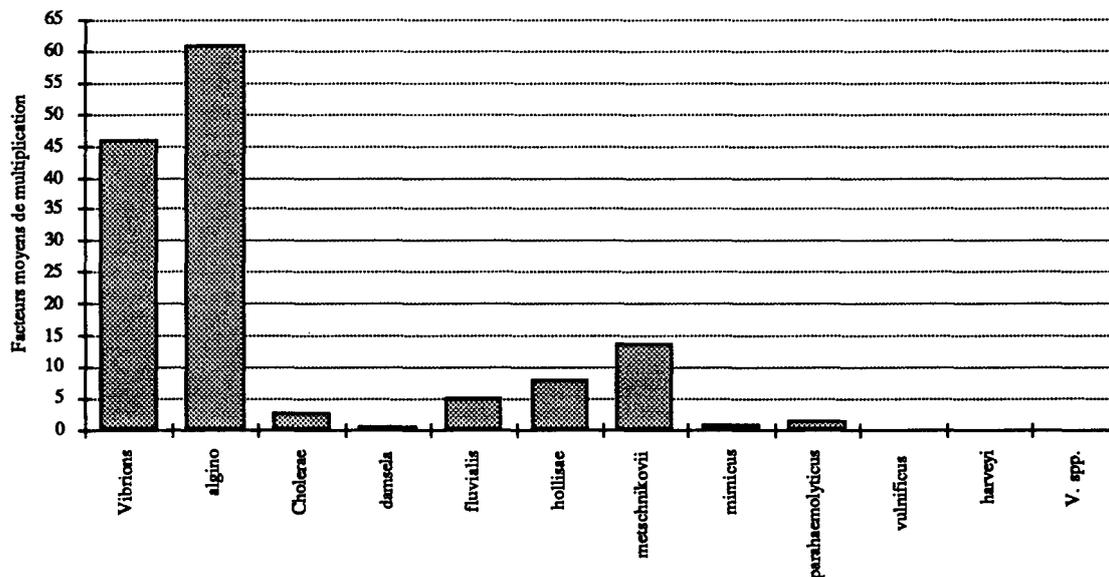


Fig. 3.8. Facteurs de multiplications moyens des diverses espèces de vibrions par transit entre les points de prise et de rejet

Influence de l' aquaculture

Depuis 1984, l' eau tiède produite par la centrale est utilisée pour alimenter des piscicultures en eau de mer. Une ferme expérimentale d' une capacité de production de 80 tonnes par an a été remplacée en 1992 par des structures plus importantes d' une capacité de 1 000 t/an. A la fin de 1995, le stock de poissons en élevage était d' environ 600 tonnes.

Actuellement la production des installations est dans une nouvelle phase d' extension: la capacité de production devrait atteindre 2 000 tonnes par an et porterait uniquement sur le bar.

La figure suivante schématise la circulation de l' eau sur le site de Gravelines. Les fermes aquacoles sont alimentées en eau chaude à partir des déversoirs de tranches en tête du canal de rejet. Afin de maintenir les élevages à une température maximale de 24 °C, de l' eau froide est pompée dans le canal de prise d' eau de mai à septembre. Le débit total utilisable est actuellement de l' ordre de 12 m³/s. Le rejet des eaux aquacoles se fait par un déversoir dans la partie amont du canal de rejet EdF.

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

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

Les résultats obtenus dans le cadre de la surveillance aquacole pour la période de janvier à décembre 1995 ont été comparés à ceux de la surveillance de la centrale aux mêmes dates .

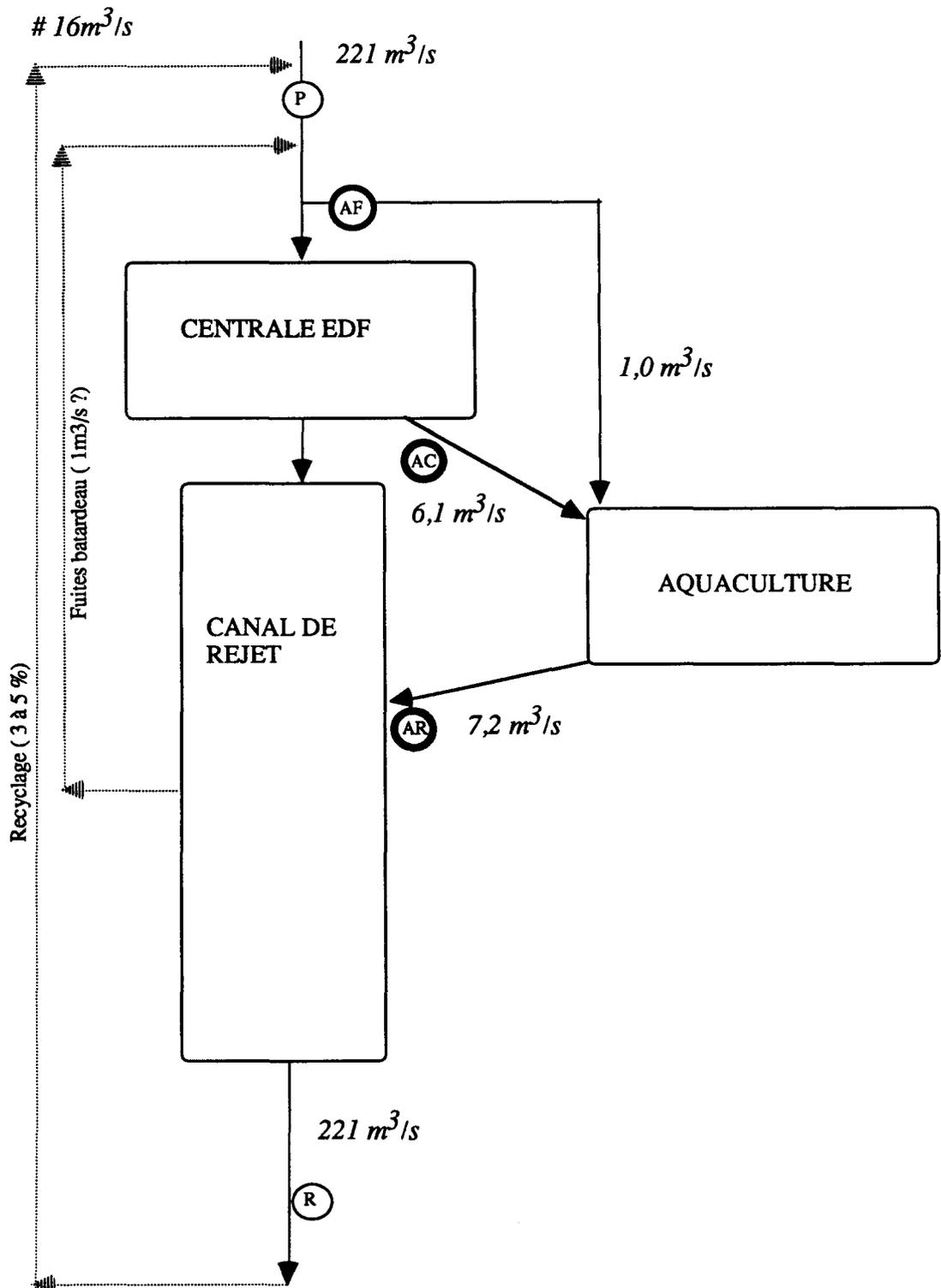


Fig. 3.10. Schéma de la circulation des eaux sur le site de Gravelines - Points de prélèvements - 1995

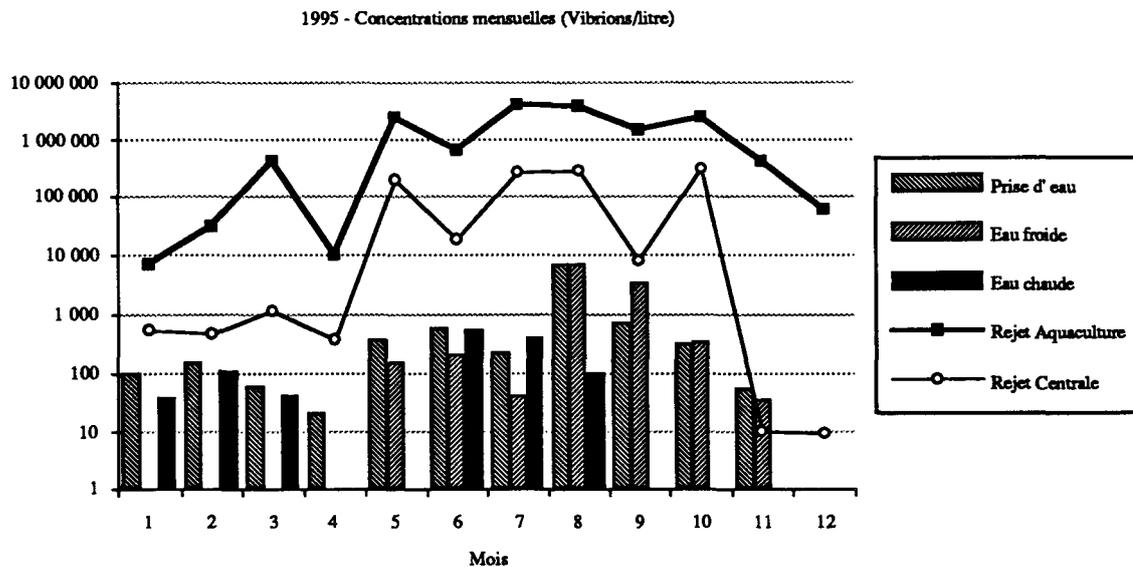


Fig. 3.11. Concentrations moyennes des vibrions (base mensuelle)

Une multiplication des vibrions de plus grande amplitude que dans le canal de rejet est observée dans le rejet aquacole. Les concentrations en vibrions dans le rejet aquacole sont toute l'année supérieures à celles du rejet en mer.

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

Les espèces autres que *Vibrio alginolyticus* sont les plus concernées par la multiplication dans les fermes aquacoles. La concentration moyenne en *Vibrio cholerae* Nag est beaucoup plus élevée dans le rejet aquacole qu'à l'extrémité du canal EdF.

Dans le rejet aquacole, *Vibrio alginolyticus* ne représente que 25 % des isollements vibrions et *Vibrio cholerae* Nag devient l'espèce la plus fréquemment isolée avec 59 %. La situation est comparable avec celle observée lors des deux périodes d'étude précédentes.

Le rejet des fermes marines représente sur la période un débit moyen de 7,2 m³/s qui se déversent dans les 214 m³/s du rejet de la centrale. Par effet de dilution une espèce bactérienne qui ne se multiplierait pas dans le canal de rejet verrait sa concentration réduite d'un facteur de l'ordre de 30 entre l'aquaculture et le rejet en mer.

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

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

Au rejet de la centrale et à la prise d'eau, les pourcentages calculés sont sensiblement différents de ceux mesurés avec les prélèvements hebdomadaires.

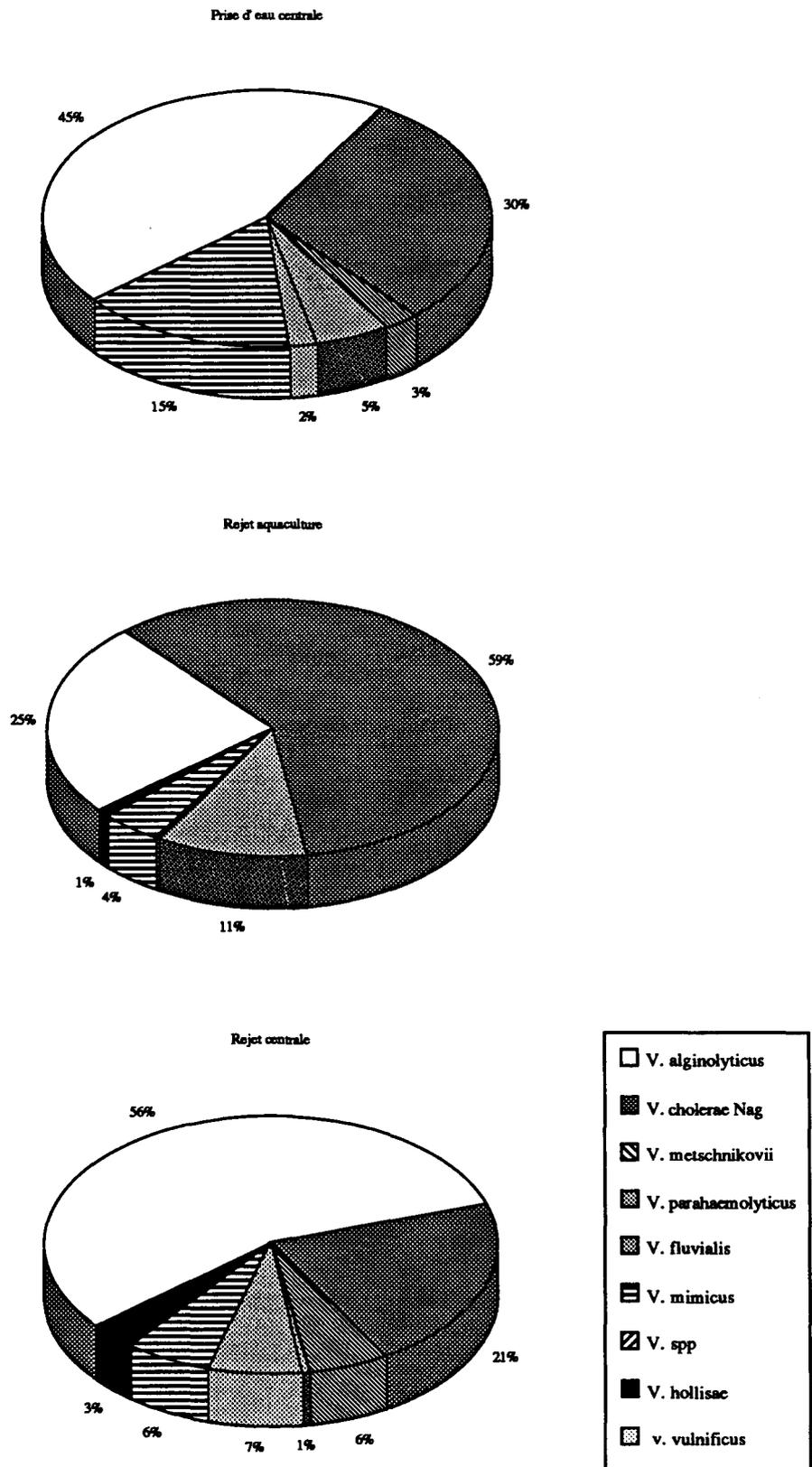


Fig. 3.12. Pourcentages moyens des diverses espèces de vibrions (contrôle mensuel)

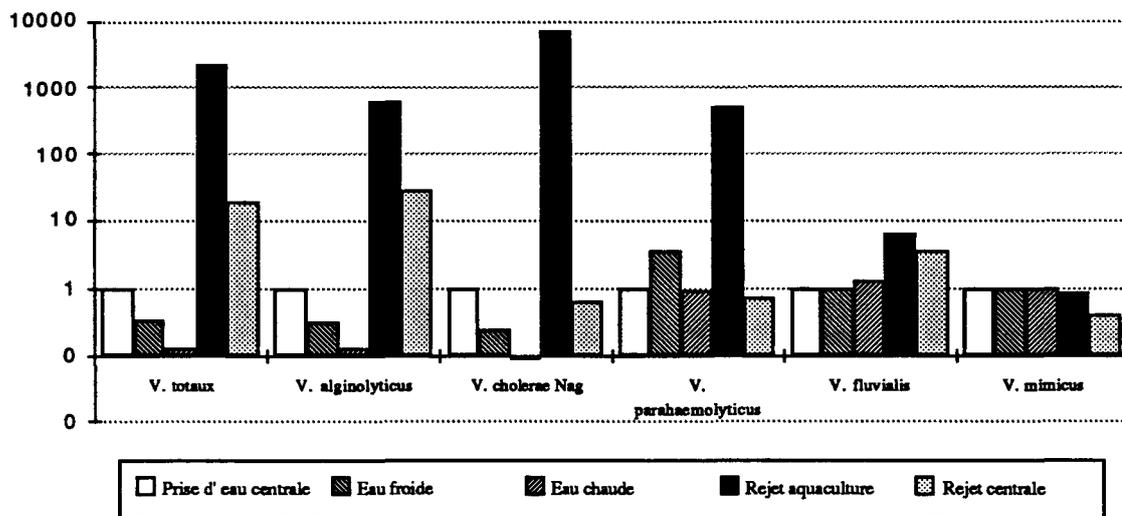


Fig. 3.13. Facteurs de multiplication des diverses espèces de vibrions (contrôle mensuel)

La modification de la microflore observée traduit la multiplication préférentielle de certaines espèces de vibrions dans la ferme aquacole comme *V. cholerae* NAg et, cette année, *V. parahaemolyticus*

Une estimation des flux moyens annuels de vibrions a été réalisée en utilisant ces résultats de contrôle mensuel. En ce qui concerne les vibrions totaux, le flux émis par l'aquaculture est du même ordre que le flux issu du canal de rejet. Compte tenu des différences de composition de la microflore des vibrions en ces deux points, il faut émettre l'hypothèse que le mélange des eaux n'est pas parfait dans le canal de rejet ou qu'une partie des vibrions issus de l'aquaculture est éliminée par le chlore résiduel de l'amont du canal.

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

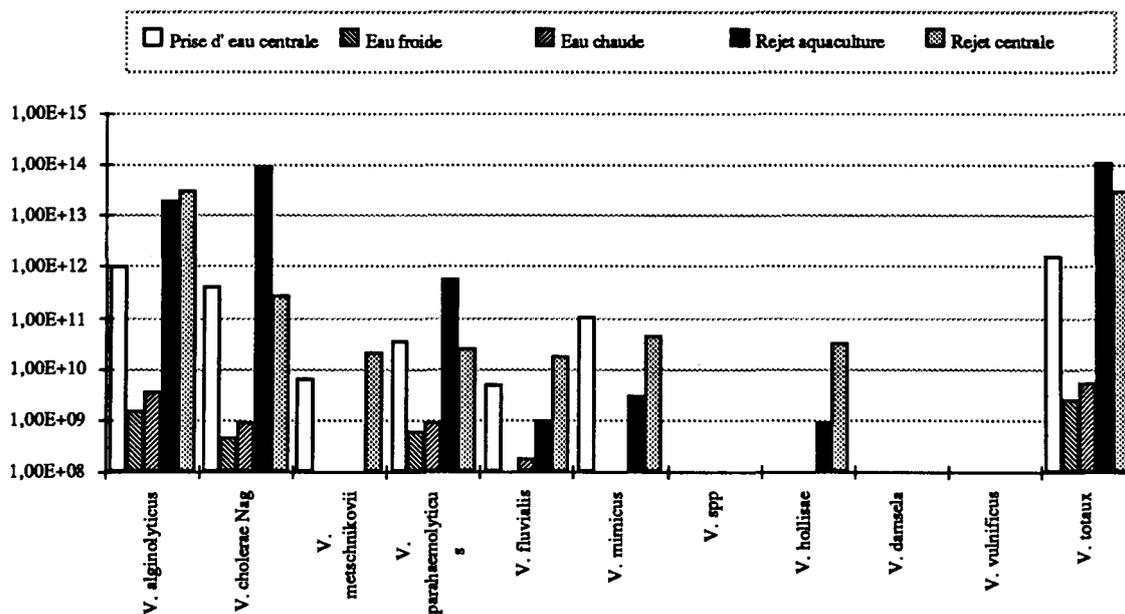


Fig. 3.14. Flux par 24 heures des diverses espèces de vibrions (contrôle mensuel)

CAMPAGNES PELAGIQUES

Les deux campagnes ayant été réalisées en période de chloration, le bromoforme est mis en évidence sur l'ensemble de la zone de travail à l'exception des points "Référence" échantillonnés un peu plus au large cette année.

En effet, lors des prélèvements des périodes précédentes, la présence de bromoforme indiquait qu'une partie de l'eau analysée au point "Référence" était passée dans la centrale. Le contrôle de température réalisé à bord du bateau se révélait insuffisant pour le choix d'une zone de référence satisfaisante.

Date	Point	Temp.	Vibrions 37°C (litre)							Haloformes		
		Surf.	Vibrions / toutes espèces	<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. cholerae</i> NAg	<i>V. damsela</i>	<i>V. hollisae</i>	<i>V. metschnikovii</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	CHCl ₂ Br (µg/l)	CHClBr ₂ (µg/l)	CHBr ₃ (µg/l)
(°C)												
5/4/95	Prise	9,7	5	1	1			3		-	-	0,4
	Rejet	21,3	300	300						-	0,43	11,0
	Contrôle	16,2	80	20					60	-	0,28	8,6
	Référence	9,8	<1							-	-	-
9/10/95	Prise	15,8	310	100	110				100	-	-	1,1
	Rejet	25,7	300 000	300 000						0,07	0,73	19,4
	Contrôle	23,0	240	30	210					-	0,28	8,1
	Référence	15,9	10	8	1					-	-	-

Tab. 3.1. Campagnes pélagiques - Bactériologie et chloration.

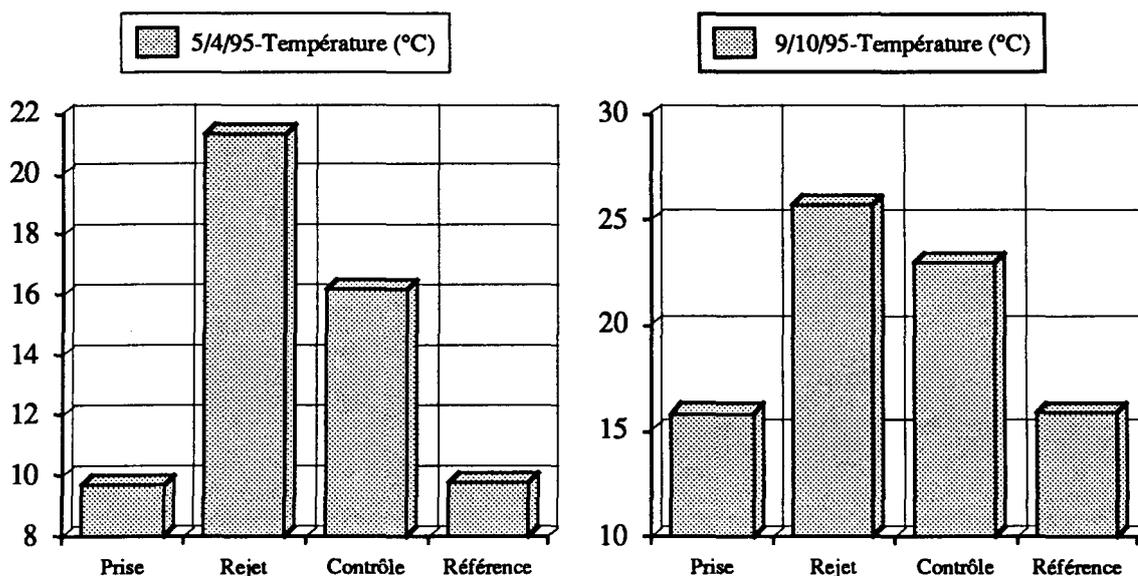


Fig.3.15. Campagnes pélagiques - Températures

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

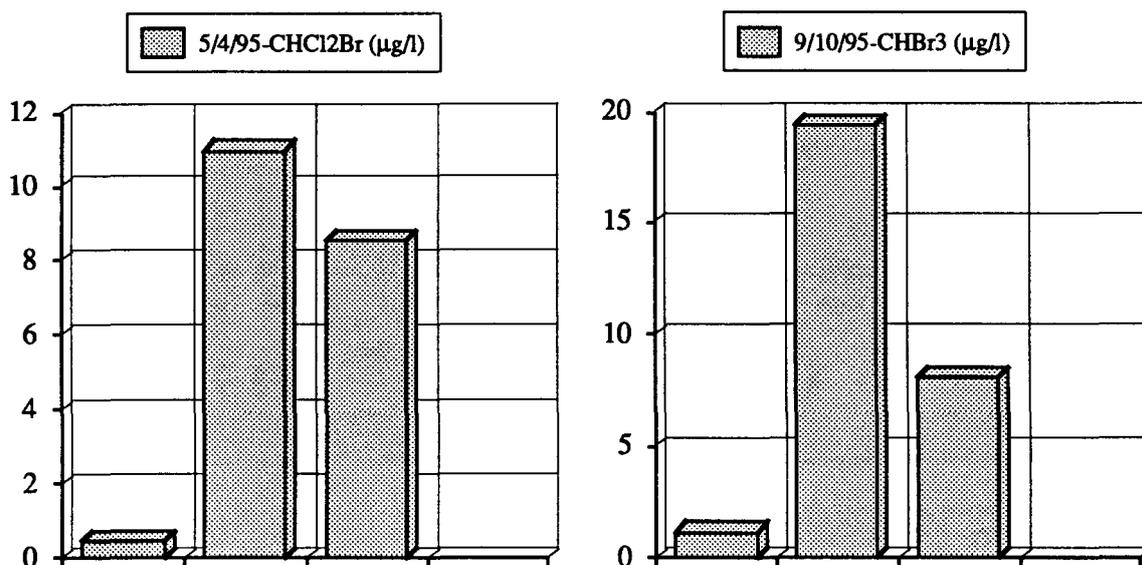


Fig.3.16. Campagnes pélagiques -Bromoforme

Les trihalométhanes résultant de la chloration de l' eau de mer sont mis en évidence lors des deux campagnes pélagiques sur l' ensemble des points proches de la centrale. En octobre, la dilution du bromoforme apparaît comme plus rapide que la dilution thermique.

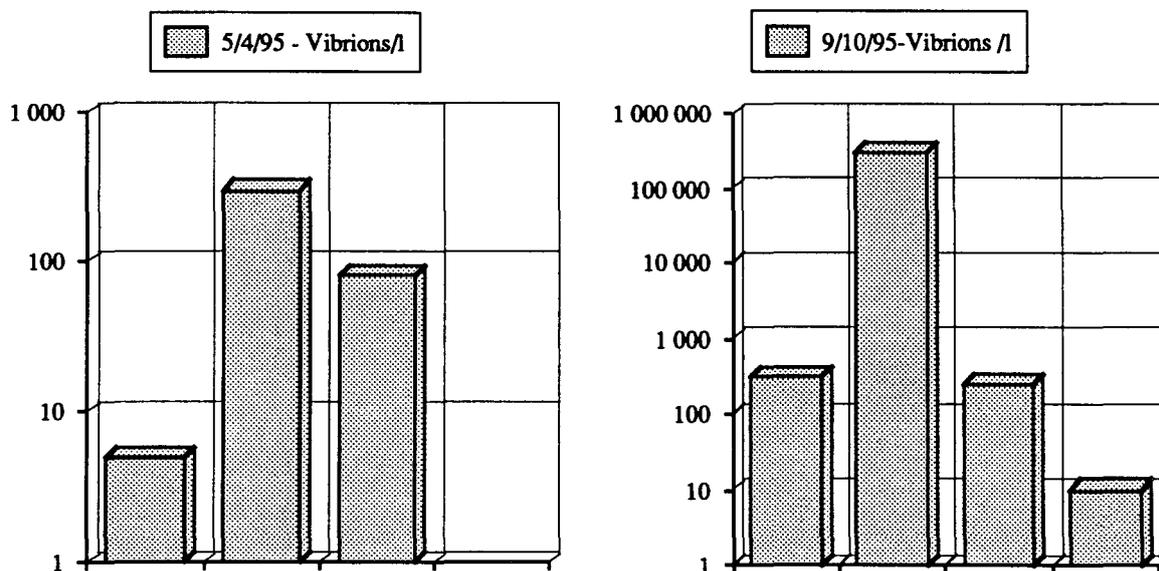


Fig.3.17. Campagnes pélagiques - Vibriions

Les vibrions sont en concentration plus importante au rejet et au point Contrôle que dans le milieu marin non concerné par le panache de rejet lors des deux campagnes pélagiques. La dilution des vibrions semble également beaucoup plus rapide que la dilution thermique.

CONCLUSION

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

Les dosages des haloformes et, en particulier, du plus abondant d'entre eux, le bromoforme, permettent la détermination de la période de chloration. Ils permettent également de mesurer l'étendue du panache de rejet et d'estimer le taux de recirculation de l'eau de refroidissement (7,5 %).

Les températures élevées de l'eau durant l'hiver 1994-1995 ont entraîné un arrêt de la chloration de trois mois seulement. 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 importante du nombre des vibrions (46 fois en moyenne géométrique). Les températures élevées relevées pour l'ensemble de la période ont eu également pour conséquence des concentrations moyennes en vibrions quatre fois plus importantes qu'en 1993-1994.

La grande diversité des espèces de vibrions apparue depuis quelques années est pleinement confirmée en 1995. Les différentes espèces de vibrions mises en évidence profitent toutes des conditions du site pour se multiplier.

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

Annexe

(tableaux hebdomadaires)

Date	Température (°C)	Vibrions 37°C	V. alginolyticus	V. cholerae Nag	V. damsela	V. fluvialis	V. harveyi	V. hollisae	V. metschnikovii	V. mimicus	V. parahaemolyticus	V. vulnificus	V. spp.
2/11/1994	13,4	60	60										
8/11/1994	13,4	48	6		14	28							
15/11/1994	13,9	101	4	97									
22/11/1994	13,5	5	5										
28/11/1994	13,3	2	1	1									
5/12/1994	12,4	88	4	46				38					
12/12/1995	12,1	70	37	13	20								
19/12/1995	11,1	4	4										
26/12/1994	9,3	2	2										
5/1/1995	7,3	10	10										
9/1/1995	8,0	68	44	2		2				20			
16/1/1995	7,1	38	26	12									
27/1/1995	8,0	44	14	10	20								
2/2/1995	8,7	150	20	66						64			
8/2/1995	9,1	50	50										
13/2/1995	9,1	2	2										
20/2/1995	9,7	4	4										
2/3/1995	8,7	42	2	40									
9/3/1995	8,4	32		32									
13/3/1995	8,7	18	8	4	6								
20/3/1995	8,7	56	36	8						12			
30/3/1995	8,5	12	12										
3/4/1995	9,6	20	16			4							
5/4/1995	9,7	5	1	1					3				
18/4/1995	11,0	25	25										
27/4/1995	10,6	80	55								25		
3/5/1995	12,4	60	60										
10/5/1995	13,5	75	45		30								
15/5/1995	12,6	370	80	230						60			
22/5/1995	13,1	70	20	30		20							
1/6/1995	14,9	580	340	240									
6/6/1995	15,0	78	16	52							10		
12/6/1995	14,4	74	16	29						29			
19/6/1995	15,1	60	30	30									
26/6/1995	15,5	320	170							120	30		
4/7/1995	16,6	220	40	180									
10/7/1995	18,8	3 000	2 400	600									
18/7/1995	19,2	600	300		300								
25/7/1995	19,8	40 000	33 000		7 000								
1/8/1995	21,5	7 000	4 800								2 200		
8/8/1995	20,5	5 800	5 800										
14/8/1995	21,4	2 000	2 000										
21/8/1995	22,0	3 700	2 700									1 000	
28/8/1995	20,2	8 600	6 000								2 600		
4/9/1995	18,8	2 500	1 400		800						300		
12/9/1995	18,6	720	180	240						300			
21/9/1995	17,1	410	360							50			
25/9/1995	17,2	560	340	60	100					60			
2/10/1995	16,2	430	330								100		
9/10/1995	17,3	310	100	110							100		
17/10/1995	15,4	140	100	40									
23/10/1995	15,8	300	190	10							100		

Tab.A.1. Bactériologie; Mesures hebdomadaires à la prise d'eau

Date	Temperature	Vibrons 37°C	V. alginolyticus	V. cholerae Nag	V. damsela	V. fluvialis	V. harveyi	V. hollisae	V. metschnikovii	V. mimicus	V. parahaemolyticus	V. vulnificus	V. spp.
2/11/1994	21,5	5 400	3 600	1 800									
8/11/1994	22,7	6 200	4 800						1 400				
15/11/1994	23,8	640	220	280							140		
22/11/1994	23,9	560	440					120					
28/11/1994	23,5	520	520										
5/12/1994	22,3	4 700	3 000					1 700					
12/12/1995	21,8	1 400	700	300							400		
19/12/1995	21,5	10	10										
26/12/1994	19,3	380	380										
5/1/1995	18,8	520	40	480									
9/1/1995	18,0	520	60	430					30				
16/1/1995	17,7	100	100										
27/1/1995	17,9	560	260		200					100			
2/2/1995	17,9	460	460										
8/2/1995	19,2	500	500										
13/2/1995	18,0	1 100	1 100										
20/2/1995	18,7	25	20	5									
2/3/1995	19,0	2 200	2 200										
9/3/1995	18,5	240	220	20									
13/3/1995	17,8	1 080	200	120	500	260							
20/3/1995	17,2	1 140	340			680				120			
30/3/1995	19,3	480	320	120		40							
3/4/1995	20,6	380	20	120					240				
5/4/1995	21,3	300	300										
18/4/1995	21,1	2 000	1 600								400		
27/4/1995	20,1	2 200	1 200								1 000		
3/5/1995	22,4	3 000	2 400		600								
10/5/1995	23,1	1 500	800	300	400								
15/5/1995	22,0	201 000	200 000	1 000									
22/5/1995	20,2	5 800	4 900			900							
1/6/1995	22,8	19 000	7 000							12 000			
6/6/1995	21,4	160 000	160 000										
12/6/1995	22,2	21 000	16 000	5 000									
19/6/1995	22,8	11 000	11 000										
26/6/1995	25,4	15 000	5 000								10 000		
4/7/1995	23,6	270 000	170 000					100 000					
10/7/1995	26,4	180 000	140 000	40 000									
18/7/1995	28,1	800 000	400 000	400 000									
25/7/1995	30,2	320 000	210 000			110 000							
1/8/1995	32,2	290 000	50 000	220 000							20 000		
8/8/1995	29,2	48 000	48 000										
14/8/1995	29,9	60 000	60 000										
21/8/1995	28,2	120 000	110 000	10 000									
28/8/1995	27,8	210 000	170 000								40 000		
4/9/1995	26,0	90 000	90 000										
12/9/1995	25,6	8 000	8 000										
21/9/1995	19,1	30 000	26 000	4 000									
25/9/1995	23,5	31 000	31 000										
2/10/1995	22,9	5 800	5 800										
9/10/1995	24,6	300 000	300 000										
17/10/1995	26,3	100 000	40 000	20 000						40 000			
23/10/1995	25,4	12 000	12 000										

Tab.A.2. Bactériologie; Mesures hebdomadaires au Rejet

PRISE				REJET			
Date	C H Cl2 Br (µg/l)	C H Cl Br2 (µg/l)	C H Br3 (µg/l)	Chlore tot (mg/l)	C H Cl2 Br (µg/l)	C H Cl Br2 (µg/l)	C H Br3 (µg/l)
Seuils	0,02	0,02	0,05	0,03	0,02	0,02	0,05
02/11/94	-	0,07	2,9	-	-	0,05	18,9
08/11/94	-	0,03	3,8	-	-	0,05	21,1
15/11/94	-	0,02	1,1	0,04	0,03	0,23	18,7
22/11/94	0,02	0,03	1,2	0,08	0,03	0,11	18,6
28/11/94	0,03	0,11	0,3	0,06	0,02	0,33	23,5
05/12/94	-	0,13	0,7	0,04	-	0,31	14,4
12/12/95	-	-	-	-	-	0,13	3,3
19/12/95	-	-	-	-	-	-	-
26/12/94	-	-	-	-	-	-	3,2
05/01/95	-	-	-	-	-	-	-
09/01/95	-	-	-	-	-	-	-
16/01/95	-	-	-	-	-	-	-
27/01/95	-	-	-	-	-	-	-
02/02/95	-	-	-	-	-	-	-
08/02/95	-	-	-	-	-	-	-
13/02/95	-	-	-	-	-	-	-
20/02/95	-	-	-	-	-	-	-
02/03/95	-	-	-	-	-	-	-
09/03/95	-	-	-	-	-	-	-
13/03/95	-	-	-	-	-	-	-
20/03/95	-	-	-	-	-	-	-
30/03/95	-	-	-	-	-	-	-
03/04/95	-	-	0,4	-	-	0,18	5,0
05/04/95	-	-	0,4	-	-	0,43	11,0
18/04/95	-	-	1,1	-	-	0,55	15,4
27/04/95	-	-	0,5	-	-	0,29	8,2
03/05/95	-	-	0,9	-	0,05	0,66	17,2
10/05/95	-	0,07	2,3	-	-	0,61	16,1
15/05/95	-	0,04	0,7	-	-	1,33	16,7
22/05/95	-	-	0,7	-	0,04	0,62	11,8
01/06/95	-	0,05	0,8	-	-	0,56	12,8
06/06/95	-	-	1,1	-	-	0,61	17,0
12/06/95	-	-	0,7	-	-	0,69	15,5
19/06/95	-	-	1,1	-	0,03	0,57	13,1
26/06/95	-	-	0,8	-	0,04	0,59	14,6
04/07/95	-	-	-	-	-	0,21	4,8
10/07/95	-	-	-	-	0,02	0,54	10,8
18/07/95	-	-	0,3	-	-	0,27	7,5
25/07/95	-	-	0,1	-	-	0,52	13,6
01/08/95	-	-	1,0	-	0,06	0,55	15,8
08/08/95	-	-	0,4	-	-	0,60	16,7
14/08/95	-	-	0,8	-	0,05	0,66	17,9
21/08/95	-	-	0,5	-	-	0,50	14,0
28/08/95	-	-	0,7	-	0,04	0,37	14,4
04/09/95	-	-	0,9	-	-	0,66	5,9
12/09/95	-	-	0,9	-	-	0,26	5,0
21/09/95	-	-	0,0	-	-	0,00	0,4
25/09/95	-	-	0,7	-	-	0,36	12,6
02/10/95	-	0,04	1,6	-	-	0,46	14,3
09/10/95	-	-	1,1	-	0,07	0,73	19,4
17/10/95	-	-	1,2	-	-	0,31	10,3
23/10/95	-	-	1,3	0,05	0,03	0,27	12,0

Tab.A.3. Chlore résiduel et haloformes

Année	Date	Production hebdomadaire* (GWh)	Débit eau de mer* (m3/sec.)	Température à la Prise* (°C)	Echauffement calculé du Rejet (°C)	Echauffement mesuré (°C)
1994	31/10/94 au 6/11/94	816 903	240	13,6	9,7	8,1
	7/11/94 au 13/11/94	869 397	240	13,5	10,3	9,3
	14/11/94 au 20/11/94	862 684	240	13,7	10,2	9,9
	21/11/94 au 27/11/94	877 942	240	13,6	10,4	10,4
	28/11/94 au 4/12/94	856 218	240	12,5	10,2	10,2
	5/12/94 au 11/12/94	866 619	240	12,0	10,3	9,9
	12/12/94 au 18/12/94	807 270	240	11,7	9,6	9,7
	19/12/94 au 25/12/94	860 505	240	10,4	10,2	10,4
1995	26/12/94 au 1/1/95	861 152	240	10,4	10,2	10,0
	2/1/95 au 8/1/95	869 031	240	8,1	10,3	11,5
	9/1/95 au 15/1/95	869 721	237	7,9	10,4	10,0
	16/1/95 au 22/1/95	901 157	240	7,7	10,7	10,6
	23/1/95 au 29/1/95	875 817	240	8,2	10,4	9,9
	30/1/95 au 5/2/95	869 091	240	8,5	10,3	9,2
	6/2/95 au 12/2/95	773 876	232	9,2	9,5	10,1
	13/2/95 au 19/2/95	672 613	203	9,2	9,4	8,9
	20/2/95 au 26/2/95	684 488	200	9,1	9,7	9,0
	27/2/95 au 5/3/95	728 057	200	8,8	10,4	10,3
	6/3/95 au 12/3/95	715 961	204	8,6	10,0	10,1
	13/3/95 au 19/3/95	704 856	232	8,8	8,6	9,1
	20/3/95 au 25/3/95	708 164	240	9,0	8,4	8,5
	27/3/95 au 2/4/95	854 899	237	9,0	10,3	10,8
	3/4/95 au 9/4/95	845 030	240	10,3	10,0	11,0
	10/4/95 au 16/4/95	820 257	240	10,8	9,7	-
	17/4/95 au 23/4/95	836 970	235	10,8	10,1	10,1
	24/4/95 au 30/4/95	717 481	202	10,9	10,1	9,5
	1/5/95 au 7/5/95	501 441	189	12,3	7,6	10,0
	8/5/95 au 14/5/95	683 244	196	13,2	9,9	9,6
	15/5/95 au 21/5/95	635 439	201	12,5	9,0	9,4
	22/5/95 au 28/5/95	501 580	196	13,6	7,3	7,1
	29/5/95 au 4/6/95	524 695	194	14,7	7,7	7,9
	5/6/95 au 11/6/95	534 070	167	15,1	9,1	6,4
	12/6/95 au 18/6/95	572 909	191	14,6	8,5	7,8
	19/6/95 au 25/6/95	600 182	199	16,0	8,6	7,7
	26/6/95 au 2/7/95	710 994	212	16,7	9,5	9,9
	3/7/95 au 9/7/95	657 980	238	17,6	7,9	7,0
	10/7/95 au 16/7/95	717 025	240	18,7	8,5	7,6
	17/7/95 au 23/7/95	780 396	234	19,7	9,5	8,9
	24/7/95 au 30/7/95	719 151	203	20,3	10,1	10,4
	31/7/95 au 6/8/95	716 578	200	21,4	10,2	10,7
	7/8/95 au 13/8/95	634 353	193	20,9	9,4	8,7
	14/8/95 au 20/8/95	559 652	203	21,2	7,8	8,5
21/8/95 au 27/8/95	578 256	224	21,5	7,3	6,2	
28/8/95 au 3/9/95	542 681	183	19,0	8,4	7,6	
4/9/95 au 10/9/95	537 031	199	19,0	7,7	7,2	
11/9/95 au 17/9/95	424 134	195	18,5	6,2	7,0	
18/9/95 au 24/9/95	502 666	220	17,9	6,5	2,0	
25/9/95 au 1/10/95	547 722	230	16,6	6,8	6,3	
2/10/95 au 8/10/95	577 356	240	16,5	6,8	6,7	
9/10/95 au 15/10/95	681 649	240	16,7	8,1	7,3	
16/10/95 au 22/10/95	688 712	240	16,8	8,2	10,9	
23/10/95 au 29/10/95	848 331	240	15,8	10,1	9,6	
	<i>moyennes</i>	713 546	220,9	13,7	9,15	8,92

Tab.A.4. : Fonctionnement de la centrale EdF de Gravelines (* : données EdF)

CHAPITRE IV
PHYTOPLANCTON ET BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE.

Benoist HITIER
et
Pascale HEBERT

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

- Un prélèvement d'eau hebdomadaire au canal d'amenée a pour objet de voir les variations de la biomasse chlorophyllienne et de dénombrer les espèces phytoplanctoniques tout au long de l'année. Il permet de comparer les années. Il situe chronologiquement les deux campagnes de prélèvements hydrologiques en fonction des pics de chlorophylle et de l'efflorescence de *Phaeocystis globosa*, espèce planctonique responsable d'eaux turbides et d'écumes qui peuvent bloquer les filtrations.
- Comme pour tous les paramètres hydrologiques, il y a eu deux campagnes de prélèvement les 5 avril et 9 octobre. Elles ont pour objet de comparer trois stations (amenée, rejet et contrôle) à un point de référence situé en dehors de l'impact du rejet de la centrale.

I. SURVEILLANCE HEBDOMADAIRE AU CANAL D'AMENEE.

a. Biomasse chlorophyllienne.

Le tableau 4.1 que se trouve à la fin du paragraphe rassemble les résultats de la teneur en chlorophylle et du pourcentage de chlorophylle non dégradée.

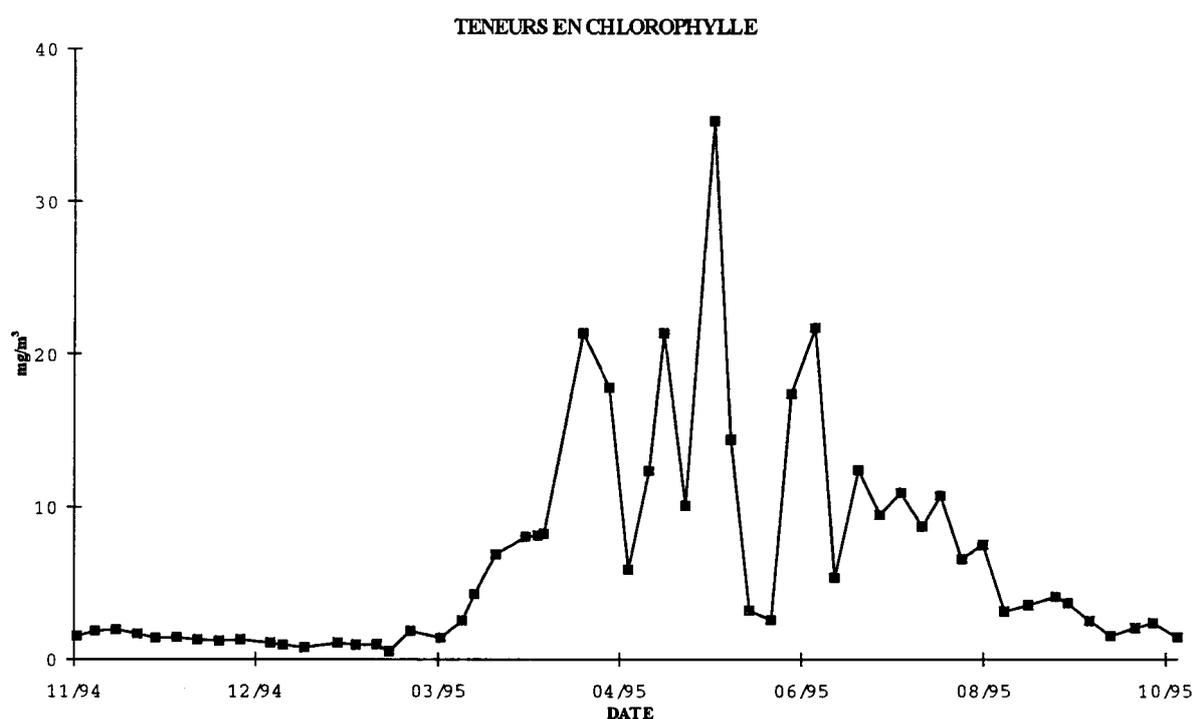


Fig. 4.1. Teneurs en chlorophylle

La teneur en chlorophylle donne une idée de la quantité de phytoplancton présente dans l'eau.

Pendant la période hivernale, les teneurs en chlorophylle restent faibles, inférieures à 2 mg/m^3 . Les valeurs augmentent régulièrement en mars pour atteindre 8 mg/m^3 le 3 avril. Au cours du printemps, elles évoluent en dent de scie passant par quatre pics respectivement les 18 avril (21 mg/m^3), 15 mai (21 mg/m^3), 1er juin (35 mg/m^3) et 4 juillet (22 mg/m^3).

Au cours de l'été, elles diminuent nettement passant de 12 mg/m^3 le 18 juillet à 1 mg/m^3 le 31 octobre.

La chlorophylle atteint un maximum de 35.24 mg/m^3 , semblable à celui du printemps 1993. Il est en revanche très supérieur aux maxima relevés aux printemps 1994 et 1992 qui se situaient à 22 et 24 mg/m^3 .

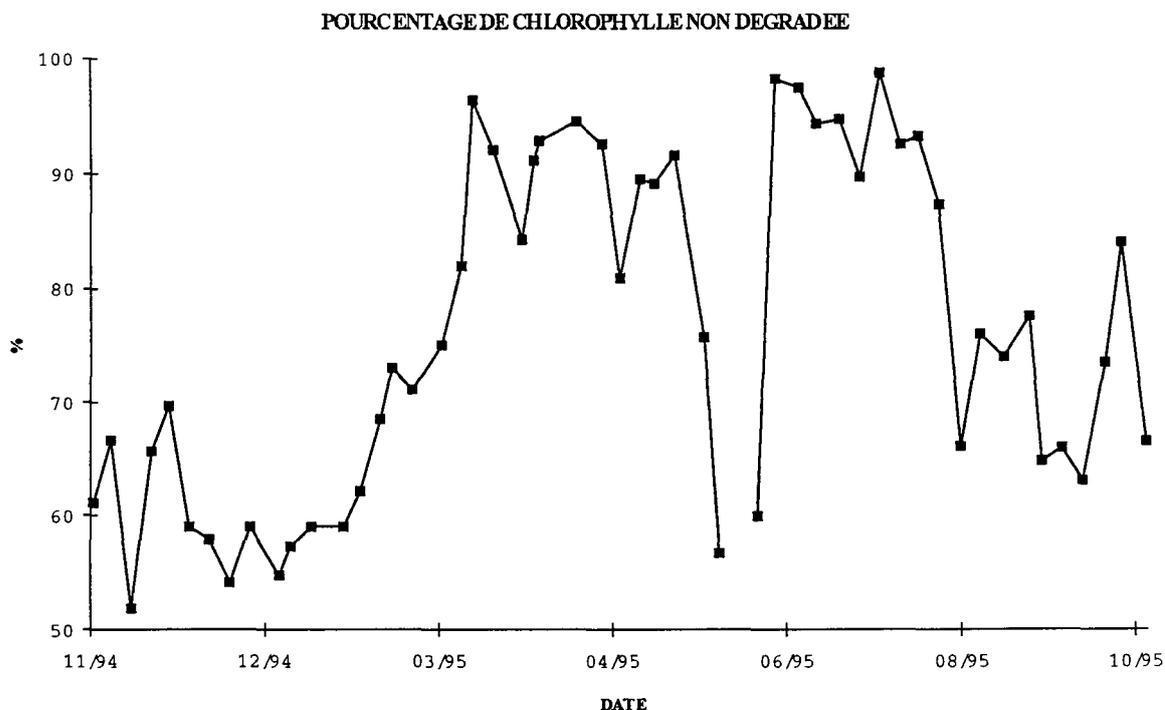


Fig. 4.2. indice de dégradation de la chlorophylle

L'indice de dégradation donne des indications sur l'état physiologique des cellules, et la composition du plancton.

Le pourcentage de chlorophylle non dégradée oscille autour de 60% jusqu'à la mi-janvier 1995. Il augmente ensuite progressivement pour atteindre 96% le 13 mars. Le pourcentage évolue alors en dent de scie jusqu'au mois d'août dans une fourchette comprise entre 80 et 95%.

Une exception toutefois ; pendant les trois premières semaines de juin, le pourcentage descend en dessous de 60% . A cette période on constate parallèlement des taux faibles en chlorophylle à la suite du pic du 1er juin où les teneurs atteignaient le maximum de 35 mg/m^3 .

A partir de la fin du mois d'août, les pourcentages diminuent sensiblement pour se situer aux alentours de 70% .

n°	DATES	CHLOROPHYLLE (mg/m ³)	% CHLOROPHYLLE non dégradée
44/94	02/11/1994	1.51	61.08
45/94	08/11/1994	1.85	66.62
46/94	15/11/1994	1.92	51.82
47/94	22/11/1994	1.66	65.67
48/94	28/11/1994	1.39	69.64
49/94	05/12/1994	1.42	59.00
50/94	12/12/1994	1.28	57.89
51/94	19/12/1994	1.20	54.11
52/94	26/12/1994	1.28	59.00
1	05/01/1995	1.07	54.72
2	09/01/1995	0.92	57.27
3	16/01/1995	0.76	59.00
4	27/01/1995	1.07	59.00
5	02/02/1995	0.93	62.13
6	09/02/1995	0.96	68.49
7	13/02/1995	0.53	72.96
8	20/02/1995	1.85	71.08
9	02/03/1995	1.37	74.96
10	09/03/1995	2.51	81.90
11	13/03/1995	4.27	96.39
12	20/03/1995	6.86	92.01
13	30/03/1995	8.01	84.17
14	03/04/1995	8.12	91.10
15	05/04/1995	8.23	92.82
16	18/04/1995	21.36	94.52
17	27/04/1995	17.80	92.55
18	03/05/1995	5.87	80.82
19	10/05/1995	12.32	89.45
20	15/05/1995	21.36	89.06
21	22/05/1995	10.07	91.53
22	01/06/1995	35.24	75.63
23	06/06/1995	14.42	56.70
24	12/06/1995	3.20	
25	19/06/1995	2.56	59.91
26	26/06/1995	17.37	98.20
27	04/07/1995	21.68	97.41
28	10/07/1995	5.34	94.29
29	18/07/1995	12.39	94.68
30	25/07/1995	9.46	89.63
31	01/08/1995	10.89	98.72
32	08/08/1995	8.68	92.51
33	14/08/1995	10.68	93.19
34	21/08/1995	6.56	87.24
35	28/08/1995	7.48	66.06
36	04/09/1995	3.13	75.90
37	12/09/1995	3.51	73.93
38	21/09/1995	4.06	77.49
39	25/09/1995	3.63	64.79
40	02/10/1995	2.49	65.96
41	09/10/1995	1.50	63.06
42	17/10/1995	2.03	73.40
43	23/10/1995	2.35	83.95
44	31/10/1995	1.42	66.51

b. Succession des espèces planctoniques.

Nous allons maintenant nous intéresser à la composition du phytoplancton.

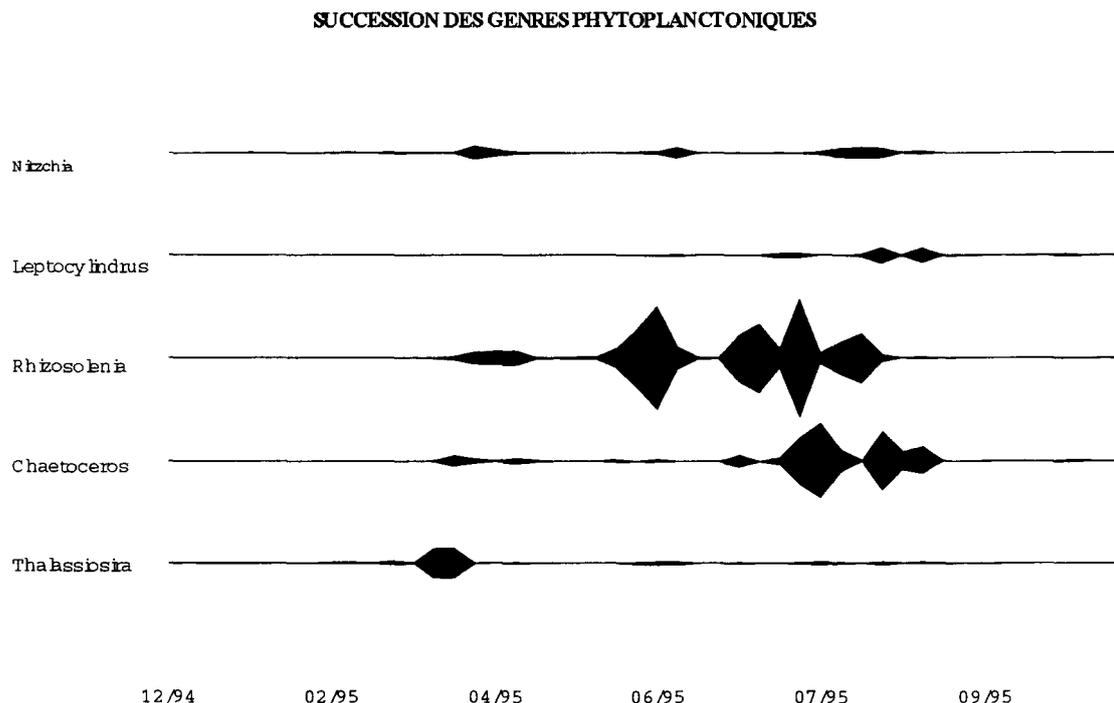


Fig. 4.3. Densité de quelques genres phytoplanctoniques

En hiver l'espèce dominatrice est *Melosira sulcata*.

Le phytoplancton est présent en grande quantité du mois de mars au mois d'août. On compte alors entre 200 000 et 600 000 cellules de diatomées par litre d'eau.

Au mois de mars les deux genres principaux sont les *Thalassiosira* et les *Lauderia*.

Phaeocystis, espèce responsable d'écume et d'eaux turbides, est présent du 30 mars au 15 mai. On en compte plus de 2 millions de cellules par litre les 18 et 27 avril.

Du mois de mai au mois d'août, on compte en majorité des *Rhizosolenia*.

fin août, les espèces dominantes sont : *Skeletonema costatum*, *Eucampia zoodiacus* et *Chaetoceros curvictus*.

Les figures 4.4 et 4.5 nous permettent d'attribuer les pics de chlorophylle à des genres phytoplanctoniques que nous avons reporté sur le tableau ci-dessous.

18/04/95	<i>Phaeocystis</i> (2 000 000 cell./litre)
15/05/95	<i>Phaeocystis</i> (1 300 000 cell./litre)
01/06/95	<i>Rhizosolenia</i> (386 000 cell./litre)
04/07/95	<i>Rhizosolenia delicatula</i> (325 000 cell./litre)

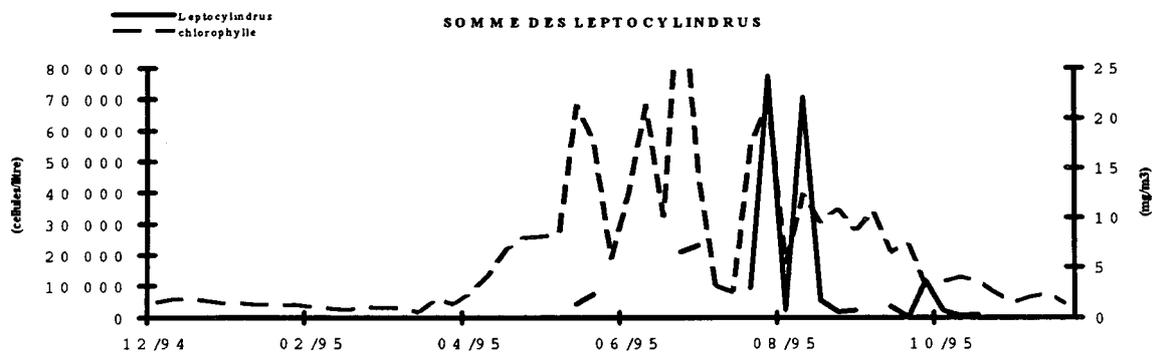
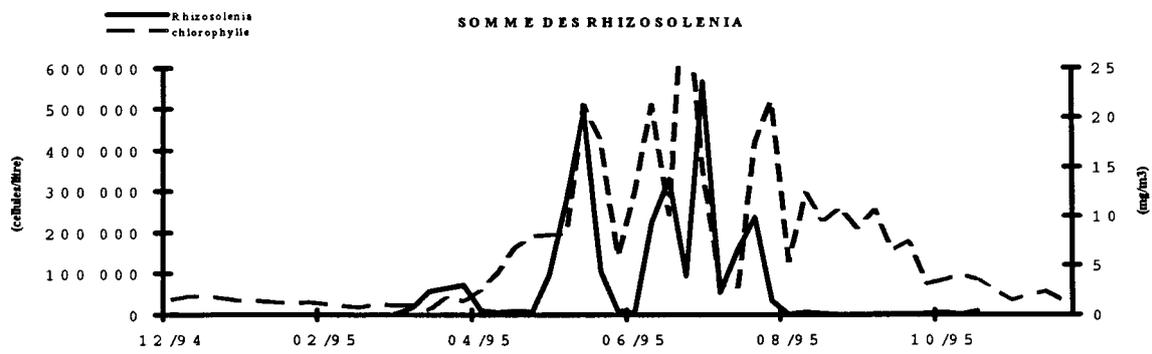
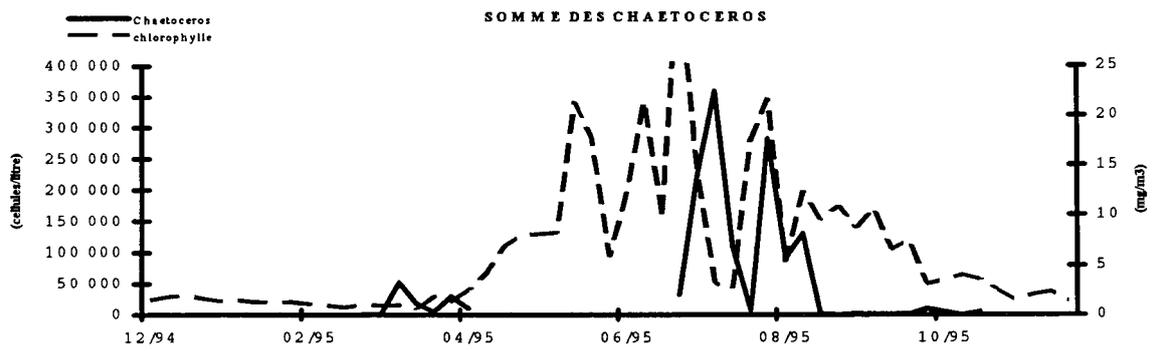
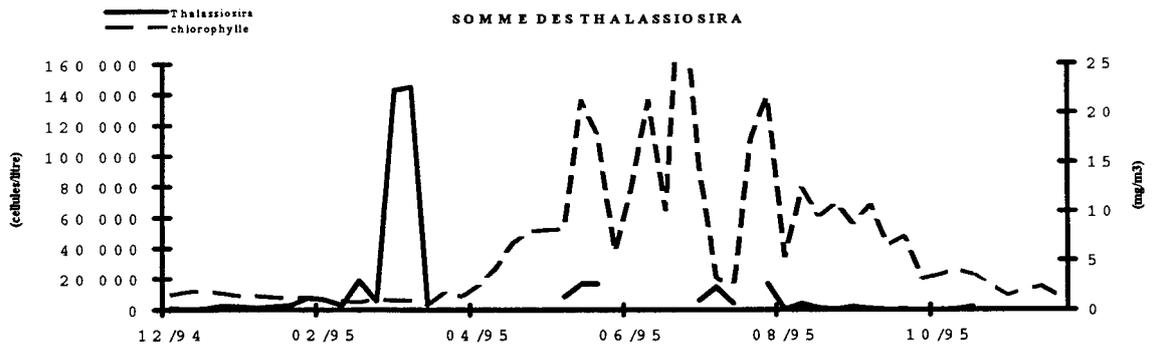


Fig. 4.4. Teneurs en chlorophylle et succession d'espèces phytoplanctoniques

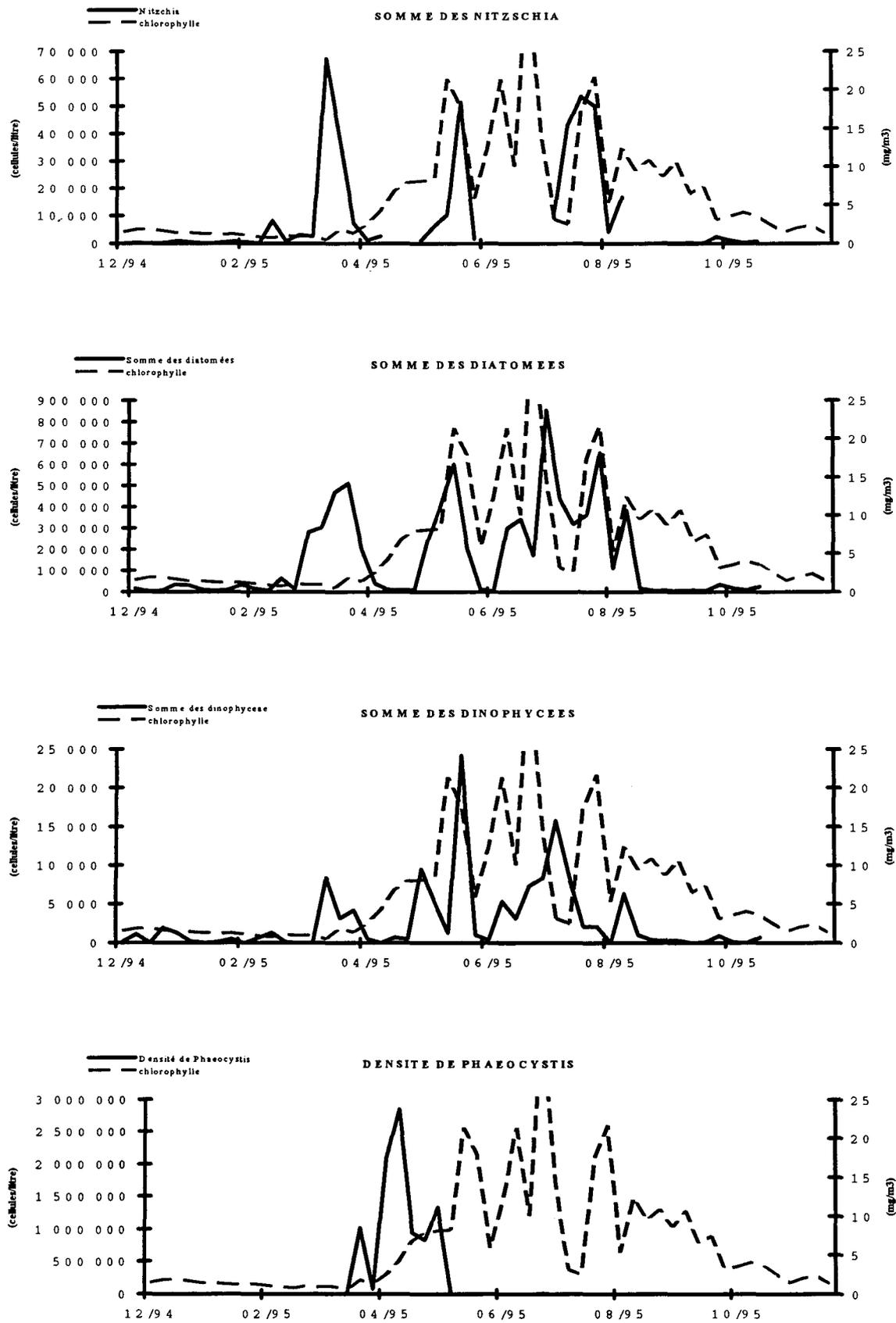


Fig. 4.5. Teneurs en chlorophylle et succession d'espèces phytoplanctoniques.

II. IMPACT DE LA CENTRALE : CAMPAGNES DU 5 AVRIL ET DU 9 OCTOBRE

Les figures 4.1 et 4.2 permettent de situer les deux campagnes de prélèvement sur les courbes d'évolution de la biomasse chlorophyllienne d'une part, et de l'indice de dégradation d'autre part. L'indice de dégradation indique l'état physiologique des pigments chlorophylliens et leur aptitude à se régénérer.

Pour ce qui est de la biomasse chlorophyllienne, le 5 avril se situe à la fin de la phase de croissance du début du printemps, dans la semaine précédant le premier pic de chlorophylle, au milieu de l'efflorescence planctonique à *Phaeocystis globosa*. La chlorophylle est de bonne qualité comme le montre le pourcentage de chlorophylle non dégradée de 92%.

Le 9 octobre, les teneurs en chlorophylle sont très faibles, au niveau des valeurs automnales. La qualité des cellules est médiocre. Le jour du prélèvement le pourcentage de chlorophylle non dégradée est le plus faible (63%) relevé depuis le début de l'été et se situe entre deux périodes où la qualité est voisine de 80% .

a. Teneurs en chlorophylle

	station	nombre d'échantillons	moyenne	écart-type
5 avril 1995	canal d'amenée	4	8.23	3.53
	rejet	4	5.87	0.19
	contrôle surface	4	8.12	2.82
	contrôle fond	4	11.00	3.37
	référence surface	2	9.19	0.22
	référence milieu	2	8.76	1.50
	référence fond	2	10.68	2.56
9 octobre 1995	canal d'amenée	4	1.50	0.59
	rejet	4	1.12	0.38
	contrôle surface	4	1.34	0.28
	contrôle fond	4	2.51	0.44
	référence surface	2	2.35	0.21
	référence milieu	2	2.78	0.21
	référence fond	2	2.56	0.00

Tab. 4.2. Teneurs en chlorophylle (mg/m^3)

Sur la figure 4.6 sont représentées les teneurs en chlorophylle des échantillons d'eau aux différentes stations de prélèvement.

L'impact du passage de la masse d'eau est bien visible. Au rejet le déficit est de 29% par rapport à l'amenée. Au contrôle surface, les teneurs sont proches de celles du canal d'amenée, preuve de leur bonne capacité à se régénérer. A la station de référence les valeurs sont voisines de celles de la station de contrôle fond. Elles sont nettement supérieures à celles des autres points de prélèvement.

Le 9 octobre, les stations se séparent nettement en deux groupes. Les valeurs aux points de contrôle fond et à la station de référence qui sont proches de $2.5 \text{ mg}/\text{m}^3$. Les autres sont inférieures à $1.5 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Le déficit entre l'amenée et le rejet est de 25%, la teneur au point de contrôle surface est située entre les deux.

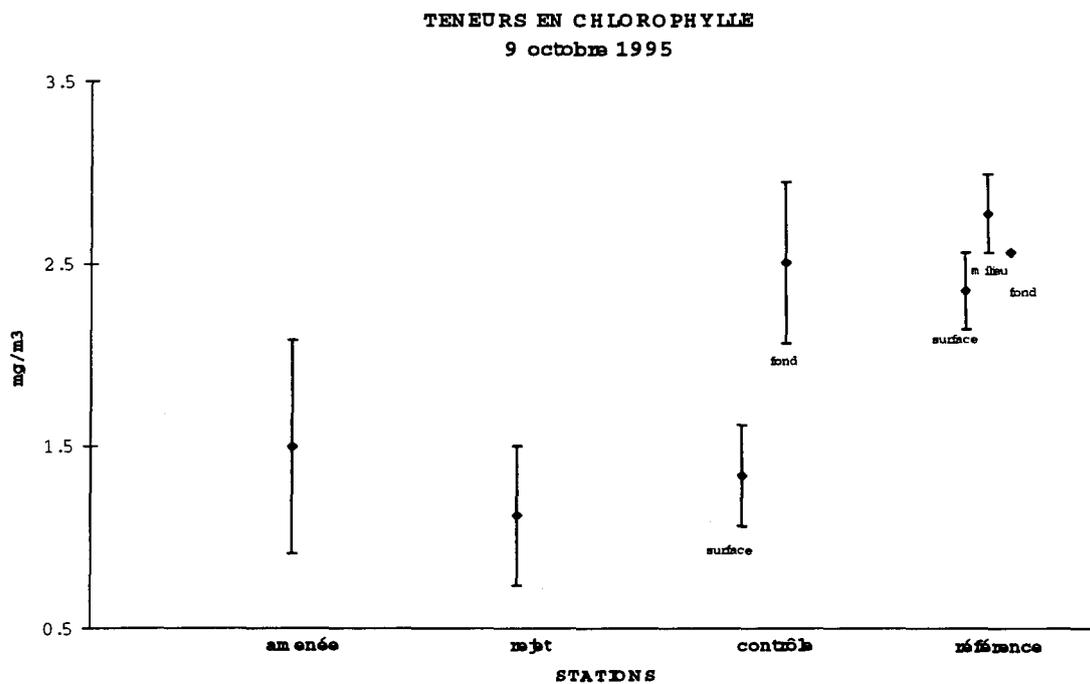
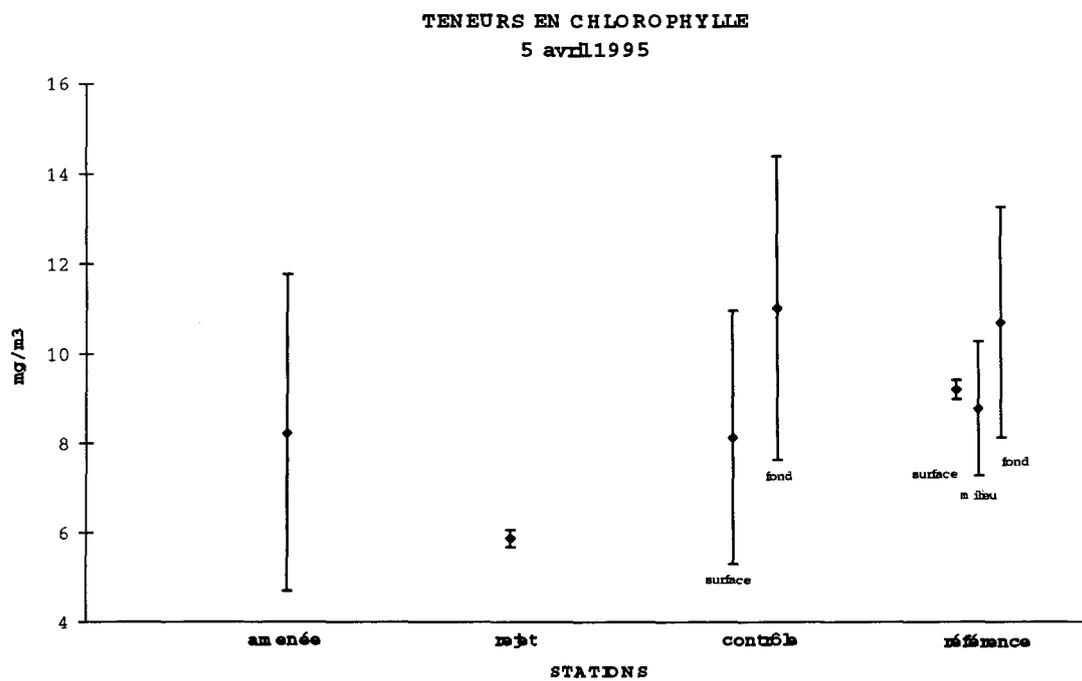


Fig. 4.6. Impact de la centrale sur la teneur en chlorophylle.

b. Pourcentage de chlorophylle non dégradée

	station	nombre d'échantillons	moyenne	écart-type
5 avril 1995	canal d'amenée	4	92.82	1.66
	rejet	4	74.68	3.22
	contrôle surface	4	80.30	7.37
	contrôle fond	4	87.42	6.87
	référence surface	2	83.10	0.62
	référence milieu	2	82.80	2.92
	référence fond	2	85.12	4.35
9 octobre 1995	canal d'amenée	4	63.06	1.53
	rejet	4	47.85	0.62
	contrôle surface	4	57.18	1.30
	contrôle fond	4	43.54	2.51
	référence surface	2	70.13	0.12
	référence milieu	2	68.08	0.59
	référence fond	2	65.33	0.32

Tab. 4.3. pourcentage de chlorophylle non dégradée

La figure 4.7 présente les différents pourcentages de chlorophylle non dégradée aux stations lors des deux campagnes de prélèvement.

Lors de leur passage dans la centrale, la qualité des cellules phytoplanctoniques est altérée.

Le 5 avril, le pourcentage de chlorophylle non dégradée chute de 20% entre le canal d'amenée et le canal de rejet. Il n'est pas régénéré intégralement au point de contrôle surface. Là les valeurs sont assez proches de celles mesurées au point de référence et se situent dans une fourchette de 80 à 87 % de chlorophylle non dégradée.

Le 9 octobre, les cellules subissent une altération de 25% lors de leur passage dans la centrale, et sont partiellement régénérées au point de contrôle surface. La station de référence est le lieu où la qualité des cellules est la meilleure. Le gradient surface fond est mis en évidence aux points référence et contrôle.

CONCLUSION,

1995 se classe parmi les années où les teneurs en chlorophylle atteignent des maxima élevés (35.24 mg/m^3). La campagne de prélèvement hydrologique du printemps s'est déroulée au milieu de l'efflorescence à *Phaeocystis* et celle de l'automne alors que les teneurs en chlorophylle sont revenues à des valeurs hivernales. Comme pour les années précédentes, l'impact de la centrale sur la biomasse chlorophyllienne est nettement visible au niveau du rejet et se fait encore sentir au point de contrôle surface.

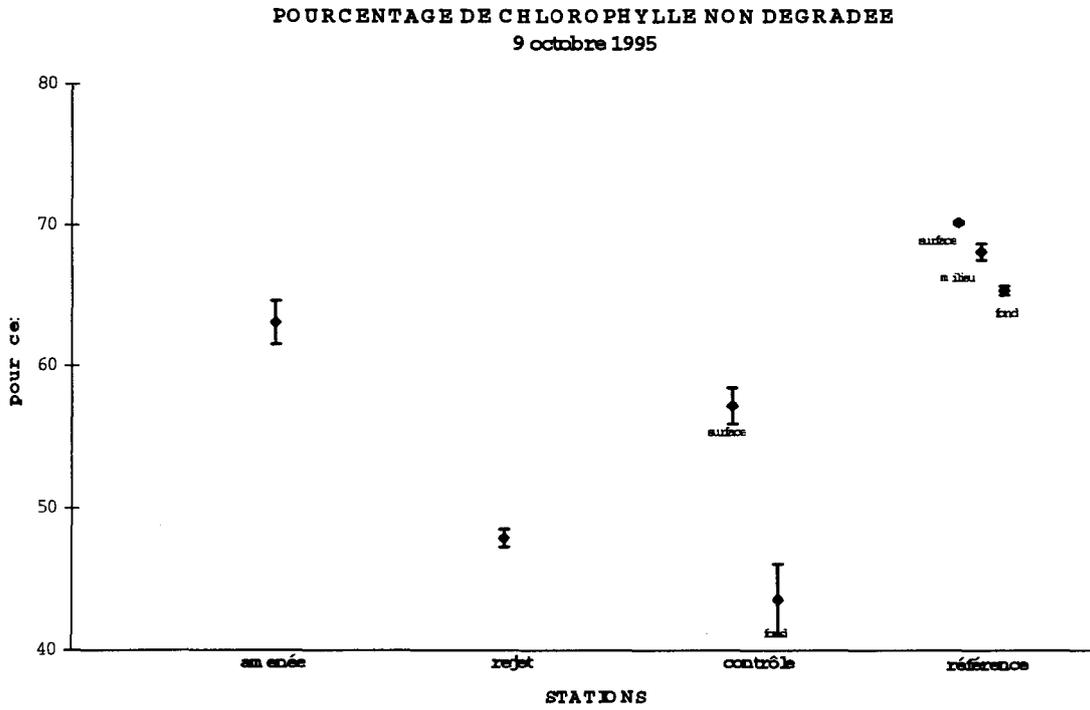
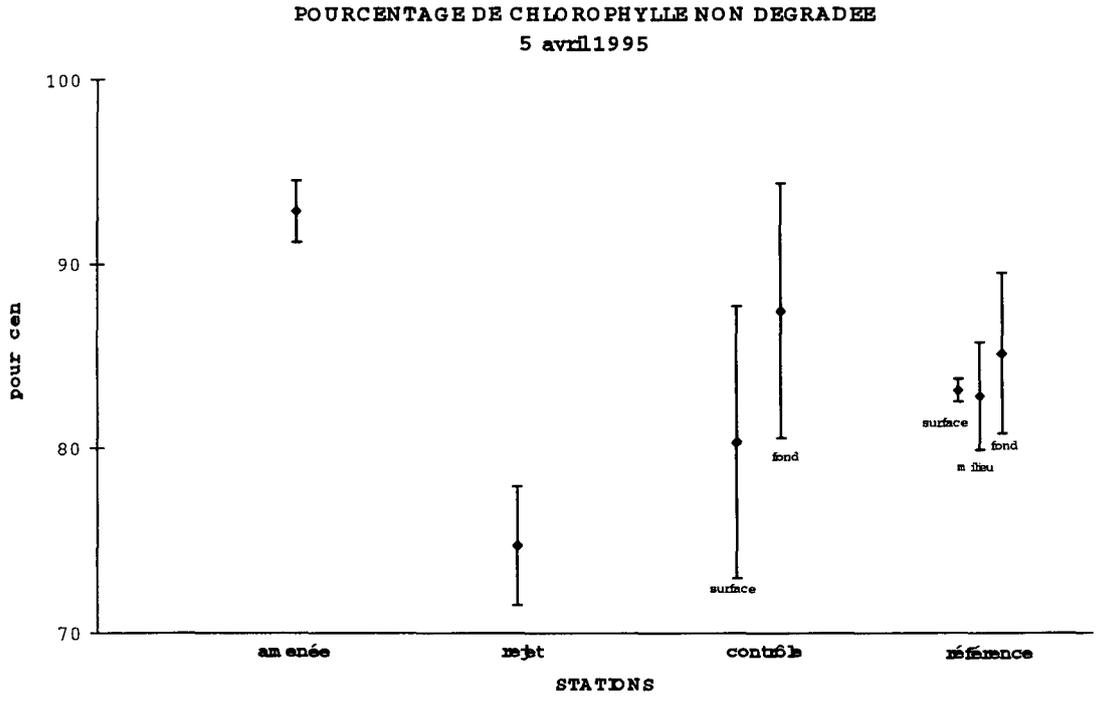


Fig. 4.7. Impact de la centrale sur l'indice de dégradation.

Chapitre V

ZOOPLANCTON - BIOMASSES ET ESPECES DINOFLAGELLES NOCTILUQUES

**Geneviève LE FEVRE-LEHOËRFF
et Marie-Laure COCHARD**

METHODOLOGIE

Les missions annuelles, destinées à l'évaluation de l'impact par comparaison spatiale des points de prélèvements, ont été réalisées le 5 avril pour la mission printanière, et le 9 octobre pour la mission d'automne. Les missions d'évaluation d'impact, selon un gradient côte large, étant limitées à deux par an, elles se situent par rapport aux fluctuations naturelles du milieu pour l'année considérée. Les variations saisonnières du milieu non impacté sont estimées par la surveillance au canal d'aménée où 10 missions complémentaires de zooplancton ont été effectuées. Les résultats peuvent s'appuyer sur les mesures de chlorophylle, température, évaluées de façon hebdomadaire.

RESULTATS

SURVEILLANCE AU CANAL D'ENTREE

1. Biomasses (poids sec) Carbone et Azote zooplanctoniques (tableaux 5.1 et 5.2 ; figures 5.1 à 5.6)

Pour l'année 1995, la biomasse récoltée au filet WP2 montre une valeur anormalement élevée de 740 mg.m^{-3} de poids sec le 23 mai (fig. 5.1). Cette valeur élevée correspond aux arrivées massives de cténaïres à cette époque (fig. 5.9) et au début du pic estival de Noctiluques (fig. 5.7). Bien que les organismes soient riches en eau, leur taille est importante et les poids recueillis ne sont pas négligeables. Pour le reste de l'année, on observe un minimum en décembre 1994 avec 5 mg.m^{-3} et deux périodes de biomasses élevées avec 150 mg.m^{-3} en mars et 123 en août.

Les pourcentages de carbone et d'azote (figs. 5.4 et 5.5) sont faibles à Gravelines par rapport à d'autres sites (Le Fèvre-Lehoërff *et al.*, 1993). En 1995, le maximum se produit début avril, 39 % pour le carbone et 9 % pour l'azote. Quelle que soit l'année considérée, la valeur printanière du maximum de carbone et d'azote correspond à une valeur de C/N proche de 4, tandis que les valeurs d'automne oscillent entre 6 et 8 (fig. 5.6).

2. Espèces (tableaux 5.3 et 5.4)

Les dinoflagellés noctiluques présentent une forte abondance estivale ($10^4/\text{m}^3$) caractérisée par une longue durée (1 mois), en liaison avec les températures favorables de l'été 1995 (fig. 5.7). L'abondance totale des individus du zooplancton (fig. 5.8) est proche de 10^4 individus/ m^3 avec un maximum annuel printanier, ce qui est une valeur normale sur le site. Si le maximum est conforme aux années moyennes, on remarque des valeurs particulièrement élevées pour l'hiver 1994-1995. Ces valeurs sont très vraisemblablement en rapport avec les températures clémentes de l'eau, ce qui a favorisé la reproduction en automne des copépodes *Acartia clausi* et *Euterpina acutifrons*, et en fin d'hiver *Temora longicornis* (fig. 5.12), de même que les Cirripèdes. *T. longicornis* est précoce en 1995 puisqu'il atteint $5\ 000$ individus/ m^3 dès le début avril ; le maximum des copépodes totaux atteignant à la même date $6\ 500$ individus/ m^3 .

Figure 5.1

BIOMASSE ZOOPLANCTONIQUE au canal d'entrée

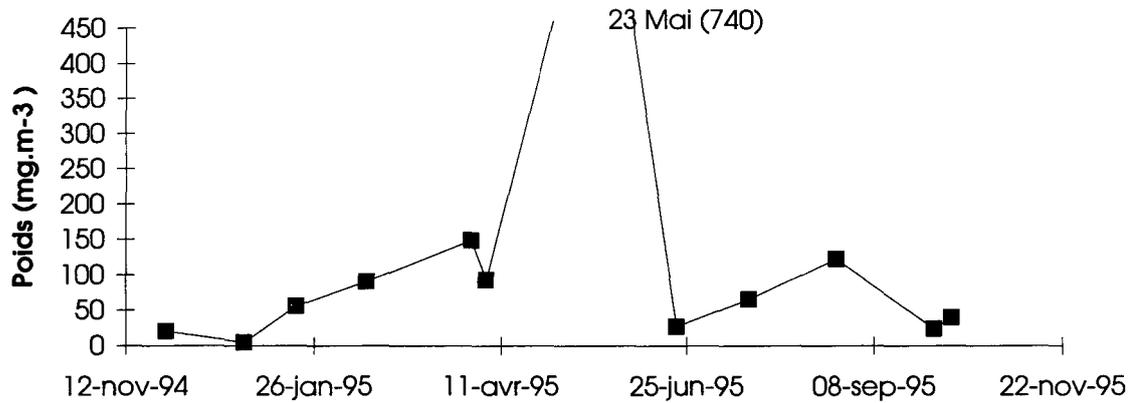


Figure 5.2

POIDS DE CARBONE au canal d'entrée

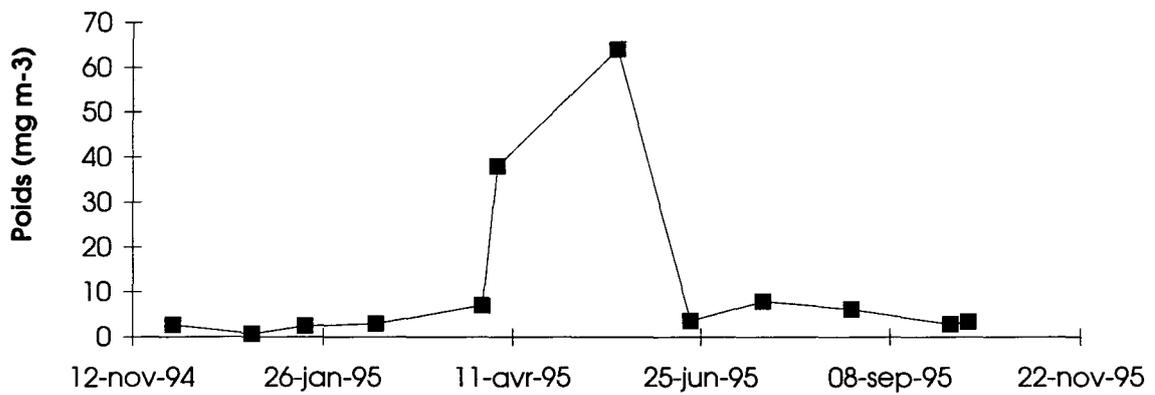


Figure 5.3

POIDS D'AZOTE au canal d'entrée

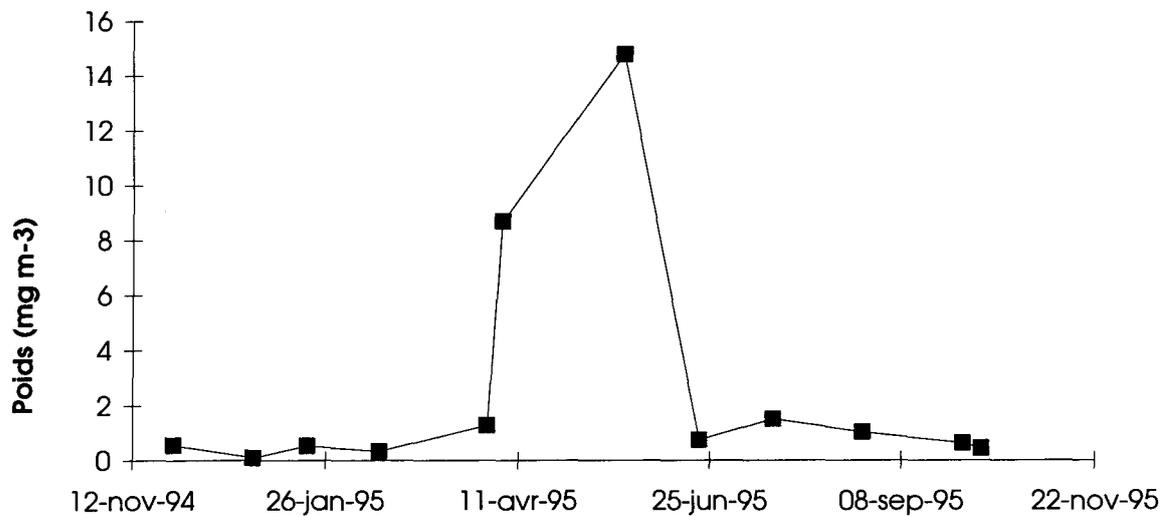


Figure 5.4

% CARBONE ZOOPLANCTONIQUE au canal d'entrée

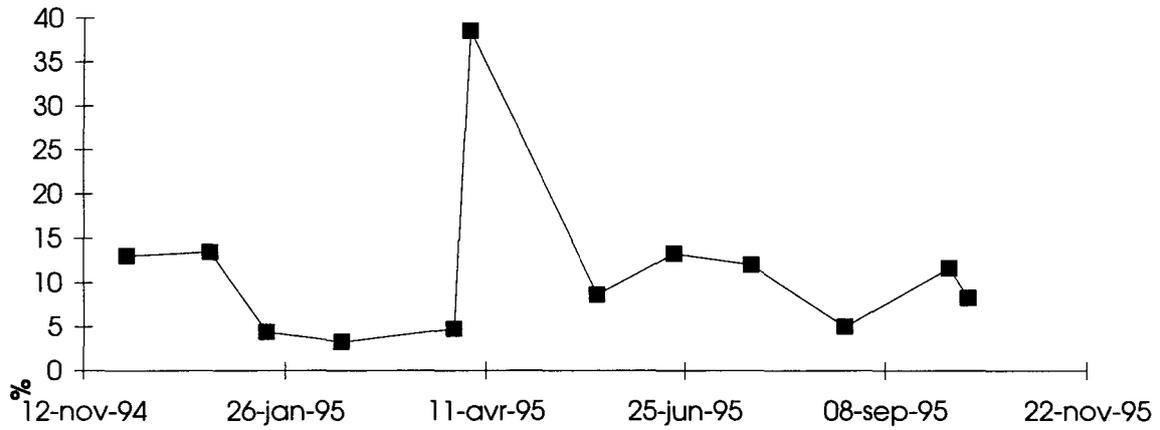


Figure 5.5

% AZOTE ZOOPLANCTONIQUE au canal d'entrée

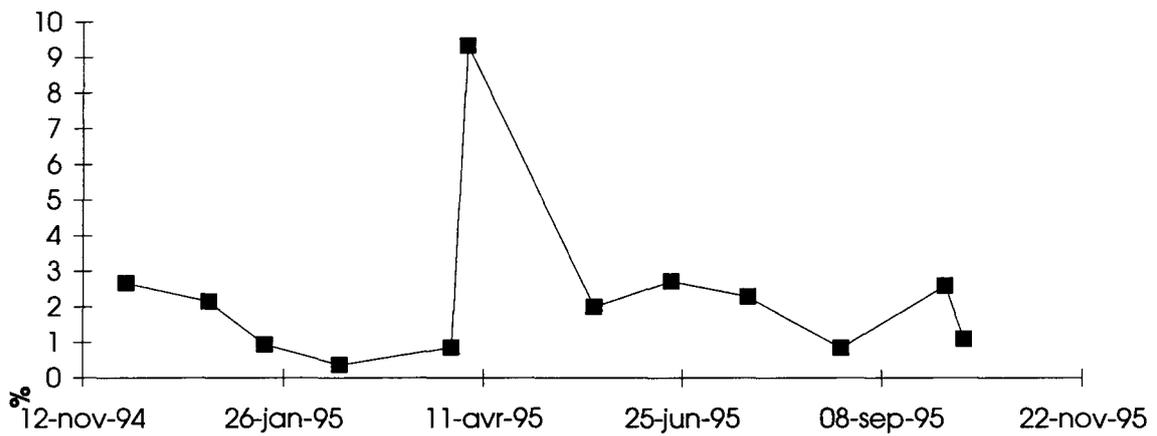


Figure 5.6

C/N au canal d'entrée

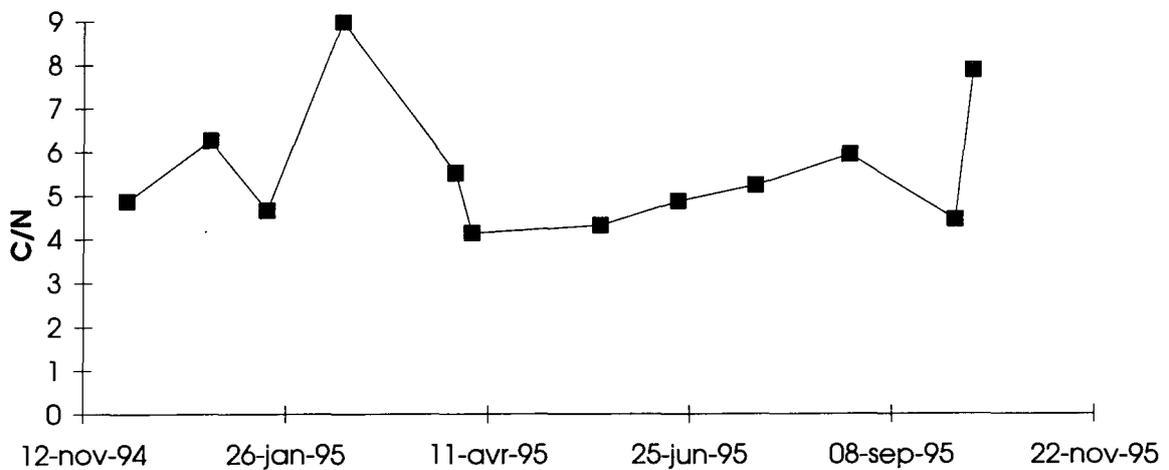


Figure 5.7

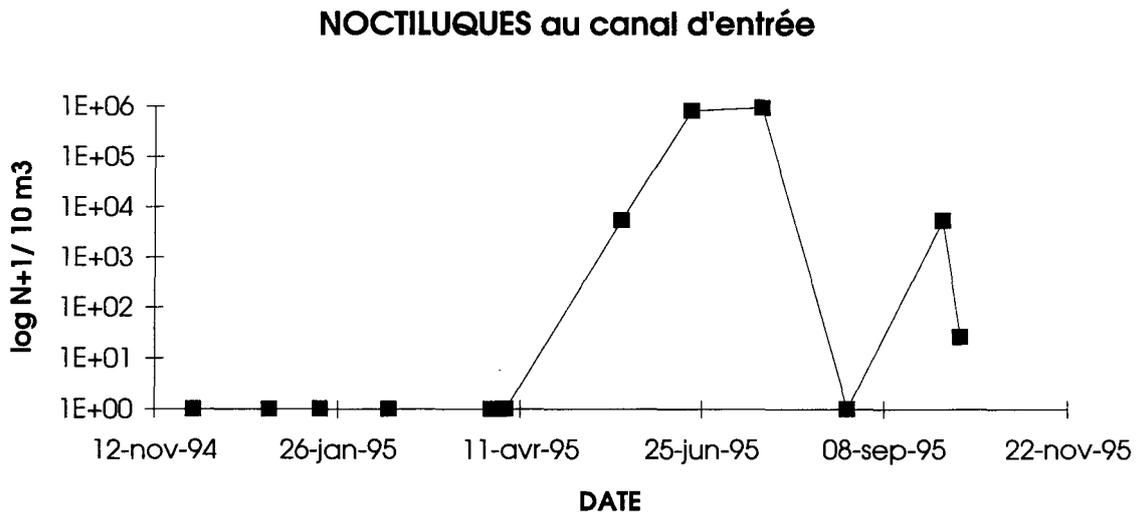


Figure 5.8

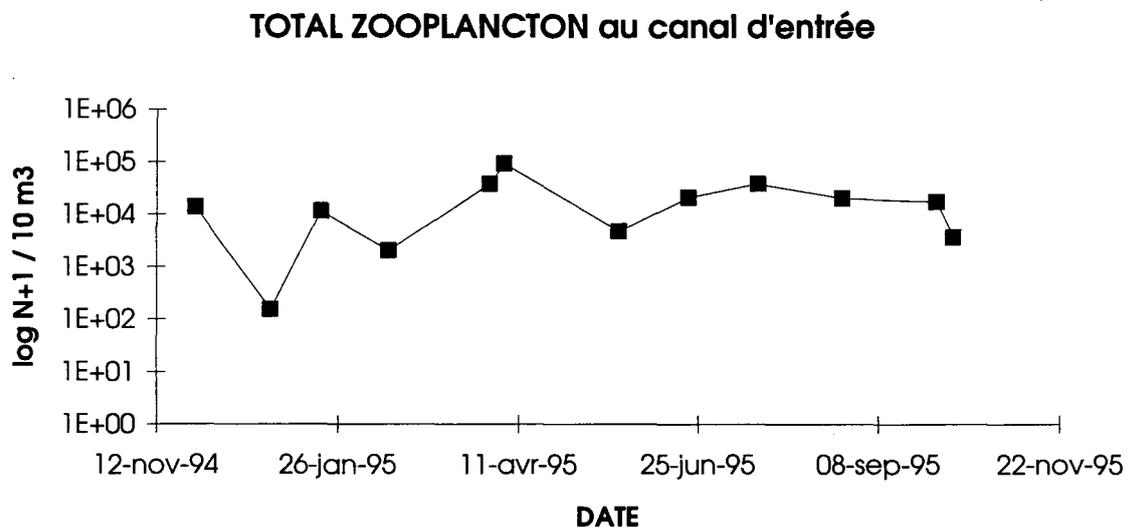
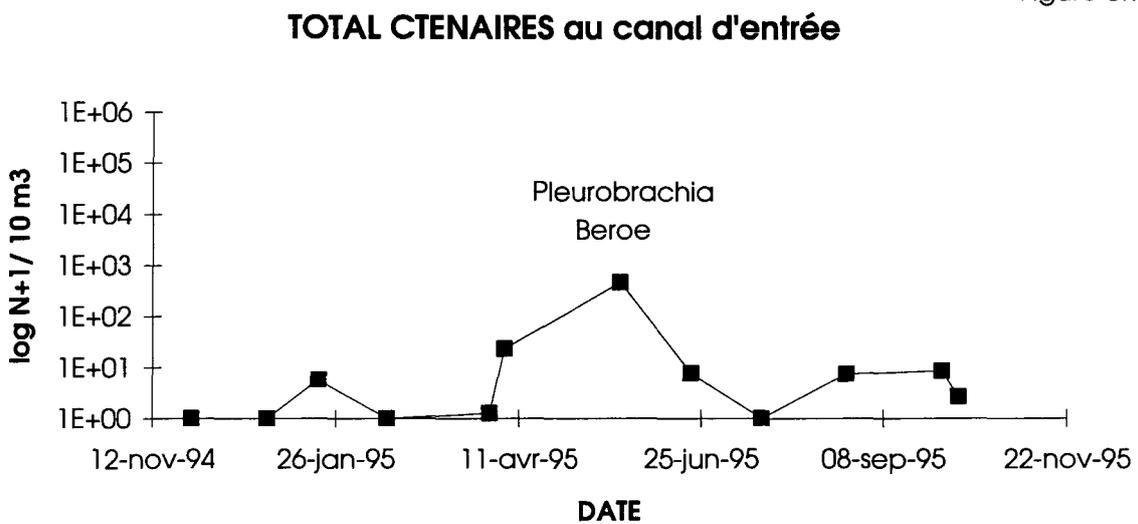


Figure 5.9



Podon au canal d'entrée

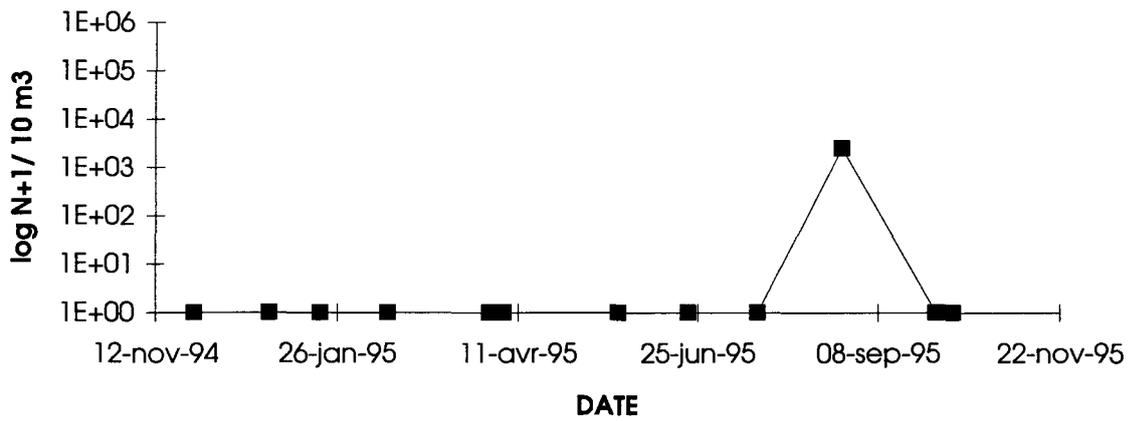


Figure 5.11

Copépodes parasites au canal d'entrée

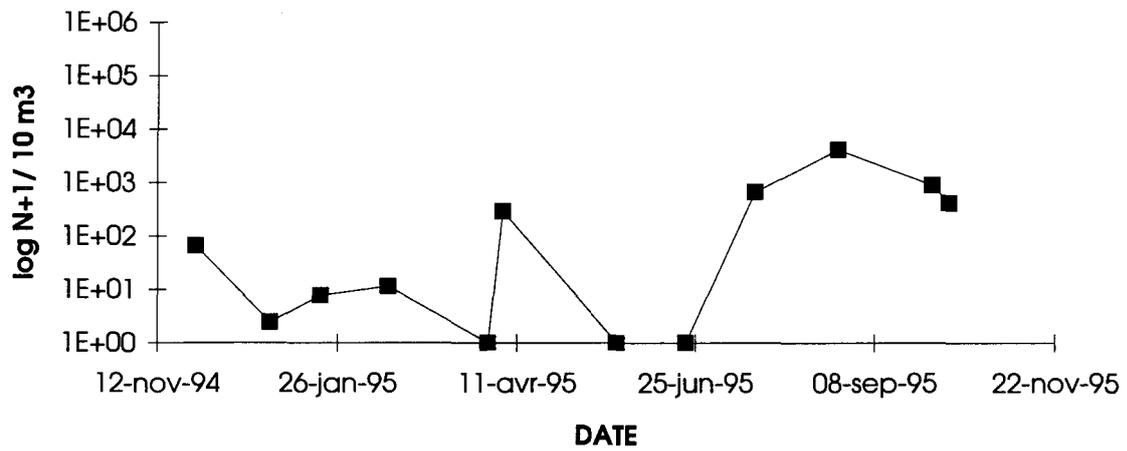


Figure 5.12

Temora longicornis au canal d'entrée

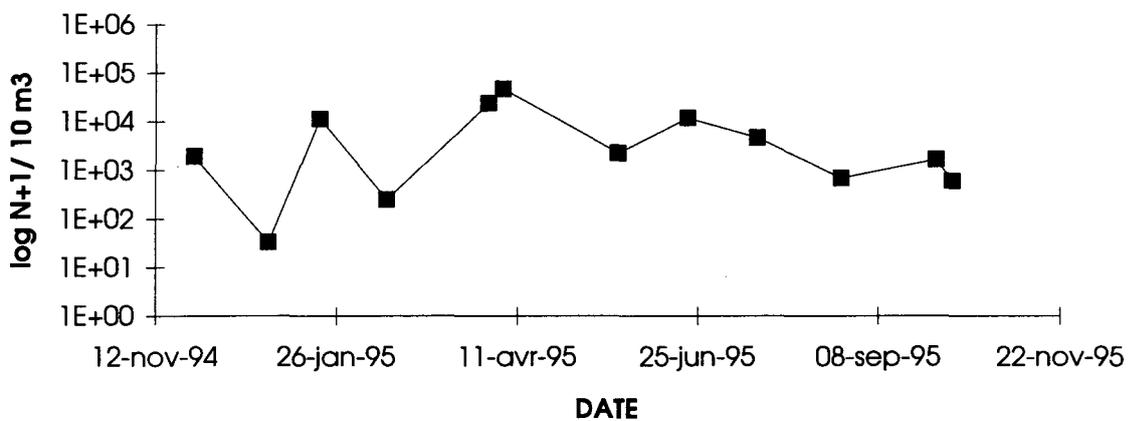


Figure 5.13

Centropages hamatus au canal d'entrée

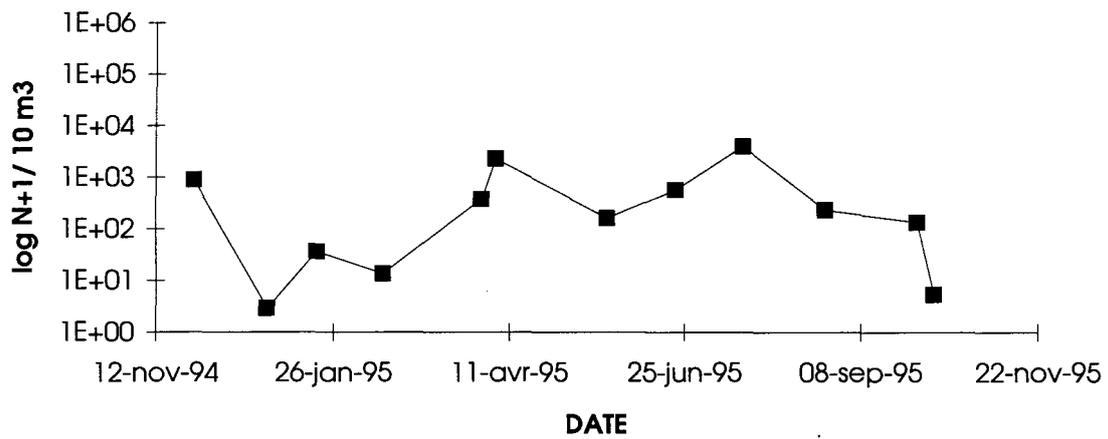


Figure 5.14

Acartia clausi au canal d'entrée

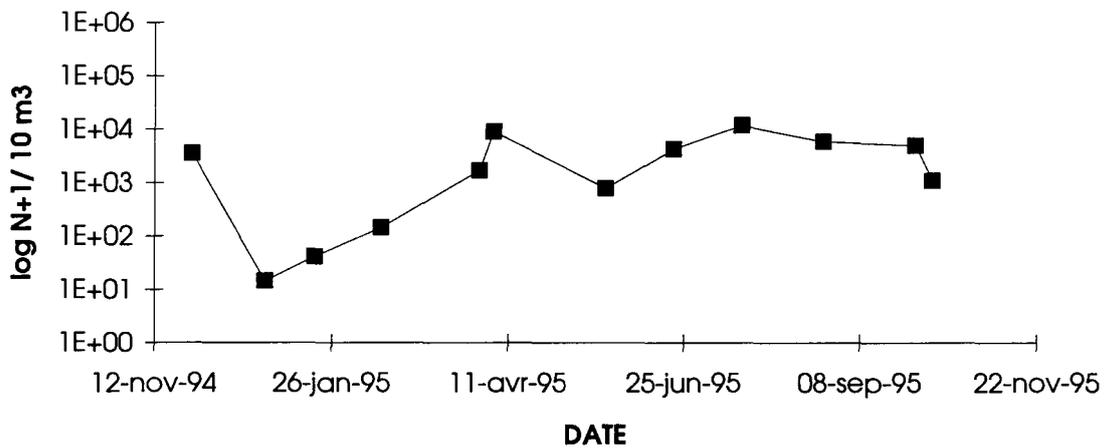


Figure 5.15

Euterpina acutifrons au canal d'entrée

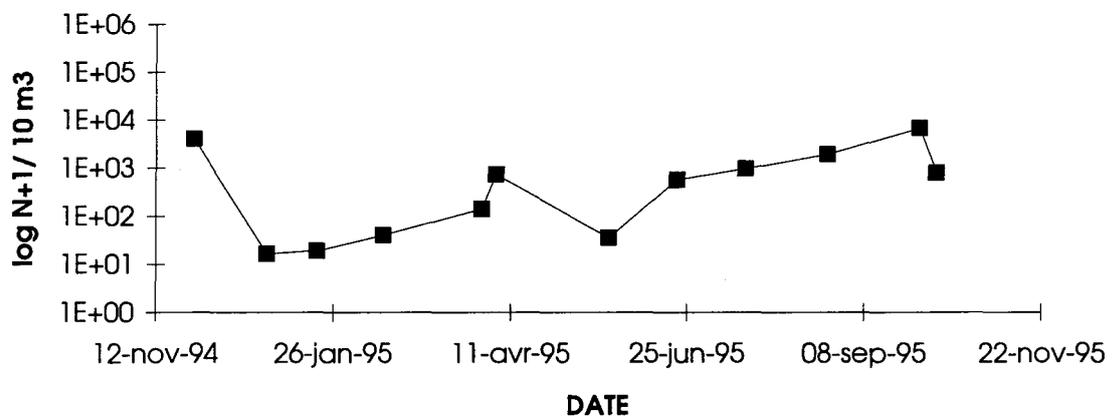


Figure 5.16

Oikopleura dioica au canal d'entrée

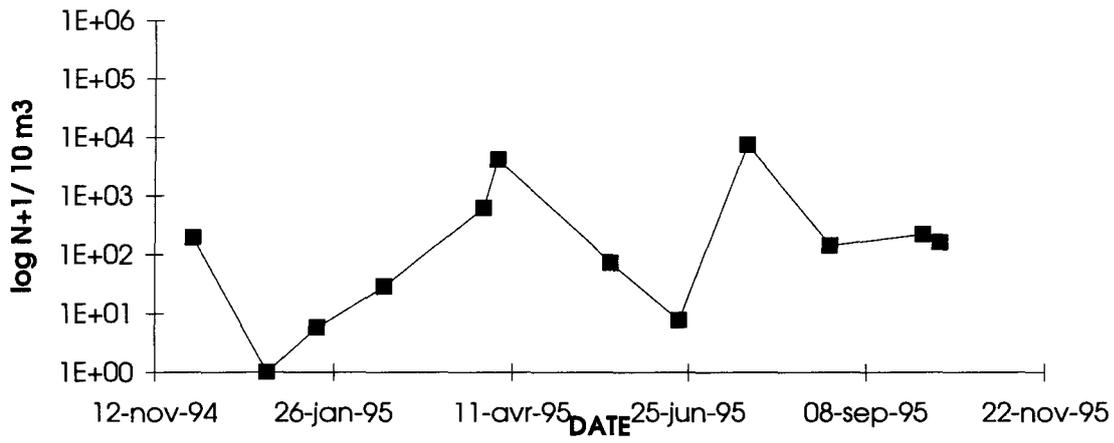


Figure 5.17

Fritillaria borealis au canal d'entrée

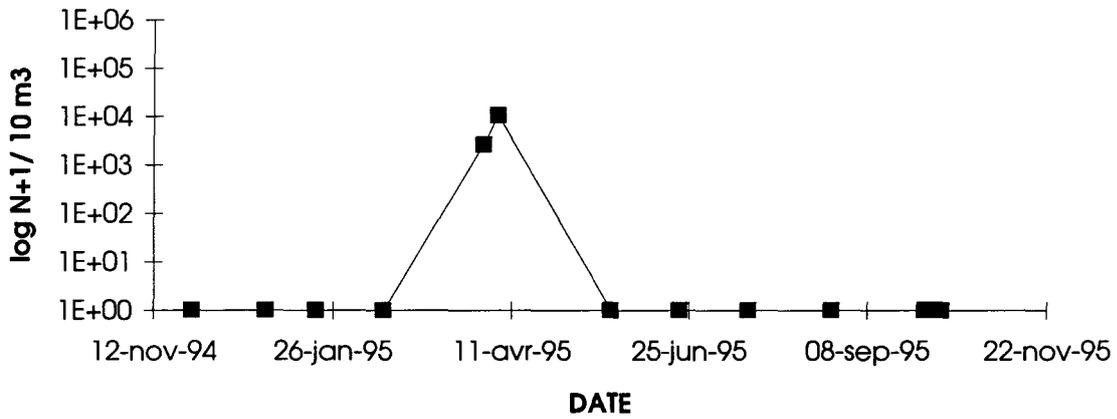


Figure 5.18

Lanice conchilega au canal d'entrée

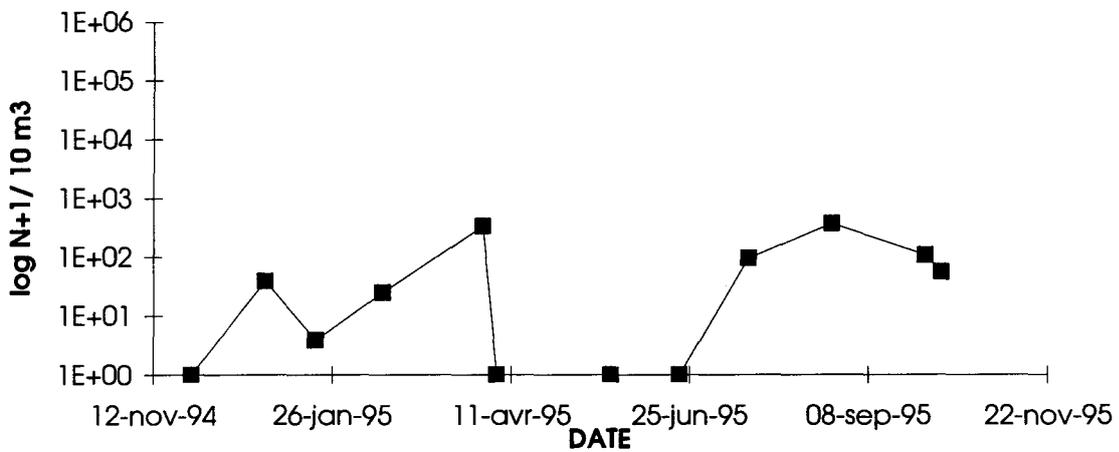


Figure 5.19

LARVES ophioplutei d'OPHIURES au canal d'entrée

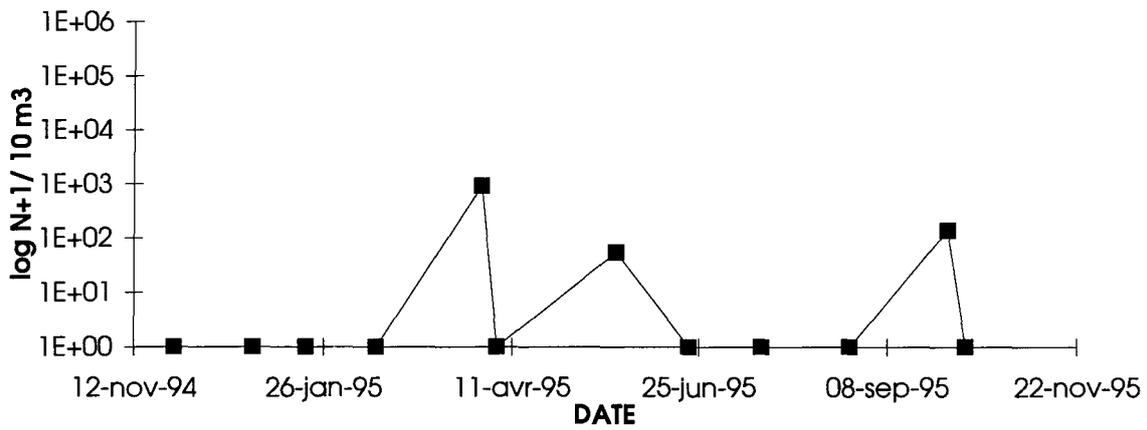


Figure 5.20

LARVES DE CIRRIPEDES au canal d'entrée

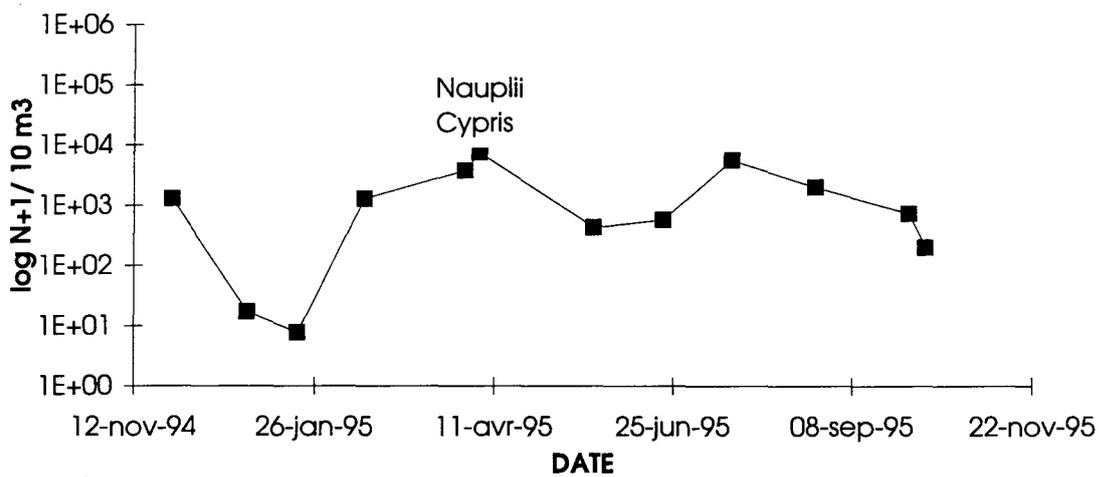
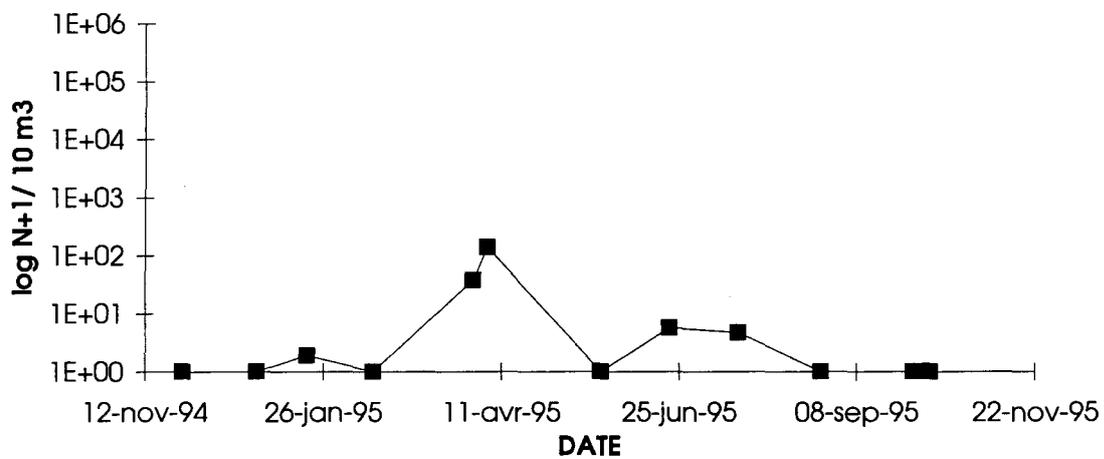


Figure 5.21

Oeufs de TELEOSTEENS au canal d'entrée



Le maximum annuel du copépode *C. hamatus* (fig. 5.13) est estival (500/m³ en juillet), mais reste modeste en pourcentage par rapport à *Acartia clausi* (fig. 5.14) qui présente tout au long de l'année 1995 une bonne reproduction, très liée avec les températures élevées (près de 1 000/m³ entre avril et octobre 95, avec un maximum en juillet). Notons la régularité en automne d'un copépode carnivore *Corycaeus*, peu abondant, 10/m³ environ en novembre 94 et octobre 95, tandis que *Eurytemora* est présent lors des dessalures de printemps. Deux autres copépodes réguliers de l'automne, bien représentés en 1995, sont *Oithona* et *Acartia discaudata*. On remarque une forte quantité de copépodes parasites (fig. 5.11). Les autres espèces de l'holoplancton sont essentiellement les herbivores appendiculaires (figs. 5.16, 5.17) *Oikopleura dioica*, présent toute l'année avec 500 à 1 000 individus/m³, mais préférentiellement estival, tandis que *Fritillaria borealis* est printanier, 250/m³ en mars à 1 000/m³ en avril. Les Cladocères ont été peu représentés, à part *Podon* au mois d'août. Nous avons déjà évoqué précédemment le maximum des cténaies (fig. 5.9) *Pleurobrachia* et *Beroe* en avril (total 50/m³). Ces valeurs correspondent aux récoltes par les filets WP2 200 µm où nous pouvons recueillir les jeunes individus, tandis que les filets Bongo de maille 500 µm utilisés en halieutique, sélectionnent les grands individus seulement avec des abondances en mai et juin variant de 5/m³ au large en mai et 3/m³ au canal d'entrée en juin (cf. chapitre VI - Halieutique).

Les larves montrent des périodes d'apparition normale. Les abondances des larves de *Lanice conchilega* (fig. 5.18) sont proches de 40/m³ pour le 1er maximum en mars, le deuxième en avril. Les mollusques gastéropodes présentent plusieurs maxima de 30/m³ entre avril et août, tandis que les bivalves sont abondants (100/m³) uniquement en juillet. Les Ophiures, dont le développement dans les fonds de la région est remarquable, montrent un pic de larves en mars (100/m³). Les autres larves présentes sont les cirripèdes en avril (750/m³) et juillet (500/m³) (fig. 5.20), correspondant à des espèces différentes. Les autres organismes du méroplancton sont les oeufs et larves de poissons en avril (15/m³) (fig. 5.21) et les larves de crustacés à maximum estival.

MISSIONS DU 5 AVRIL ET DU 9 OCTOBRE

1. Biomasses - Carbone et Azote (tableaux 5.1 et 5.2)

La comparaison des points montre qu'un impact de transit se marque au printemps pour la biomasse, les pourcentages et poids de carbone et d'azote (figs. 5.22 à 5.26). Le rapport C/N reste similaire pour les différents points au printemps (fig. 5.27). En automne, les valeurs sont plus faibles qu'au printemps pour les biomasses, les poids de carbone et d'azote et les différences entre les points sont peu importantes (fig. 5.22 à 5.24). On remarque que la valeur du pourcentage de carbone et d'azote augmente pour les deux missions entre le rejet et le large, ce qui confirme une contamination des échantillons par des valeurs de détritux minéral à la côte. Le C/N, très élevé près de la côte à l'automne, diminue rapidement dès le point contrôle, ce qui correspond à une meilleure qualité du plancton récolté, et une moindre dégradation.

2. Les espèces

L'impact de transit est décelé par un déficit en abondance des individus au rejet, et parfois au point contrôle. Très rapidement vers le large, les abondances redeviennent normales et les déficits ne sont plus décelables, même s'ils existent, car nos méthodes de comptage des abondances ne peuvent distinguer entre un déficit et une fluctuation d'origine naturelle dans le milieu récepteur.

Figure 5.22

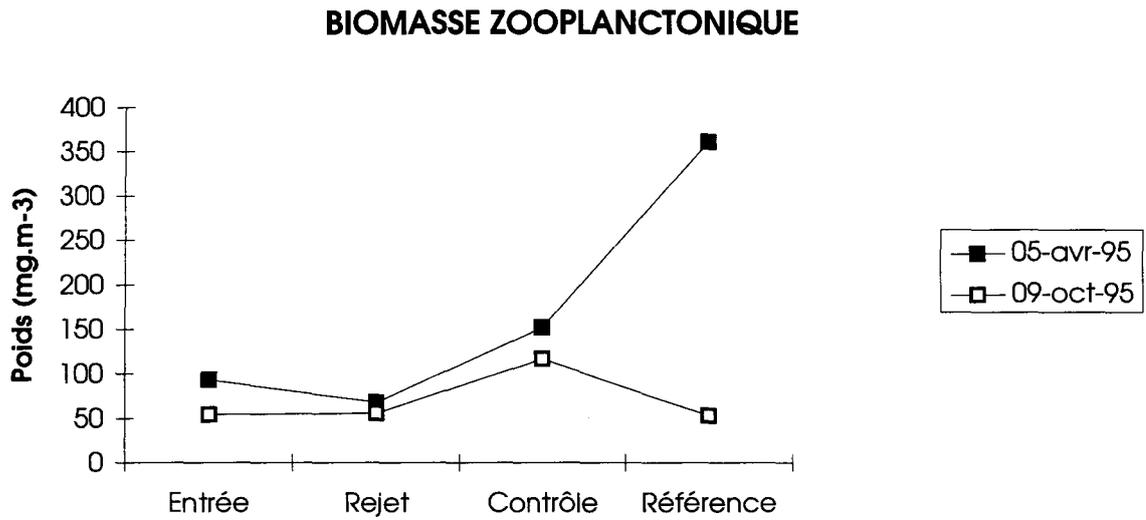


Figure 5.23

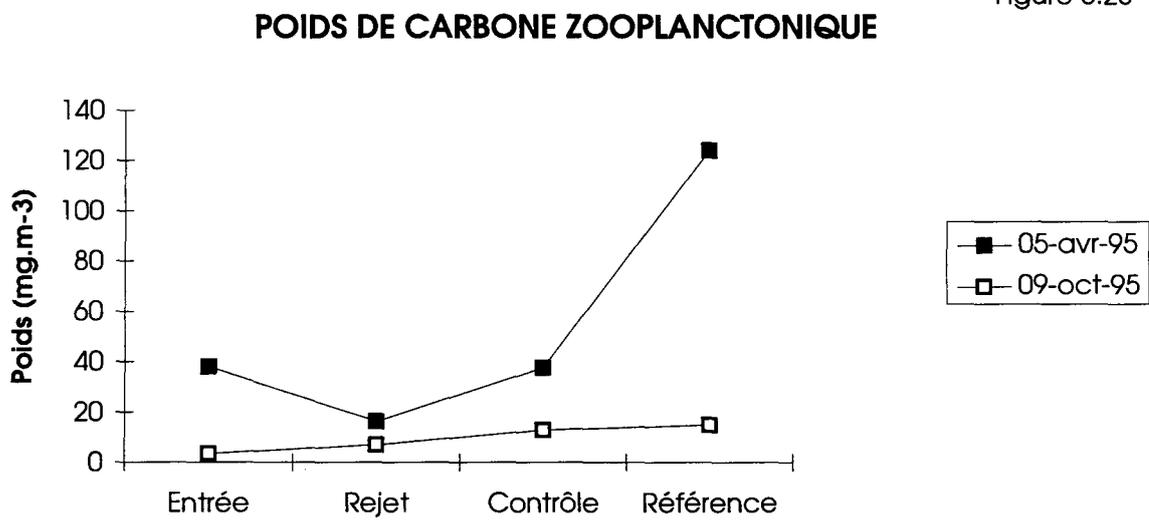


Figure 5.24

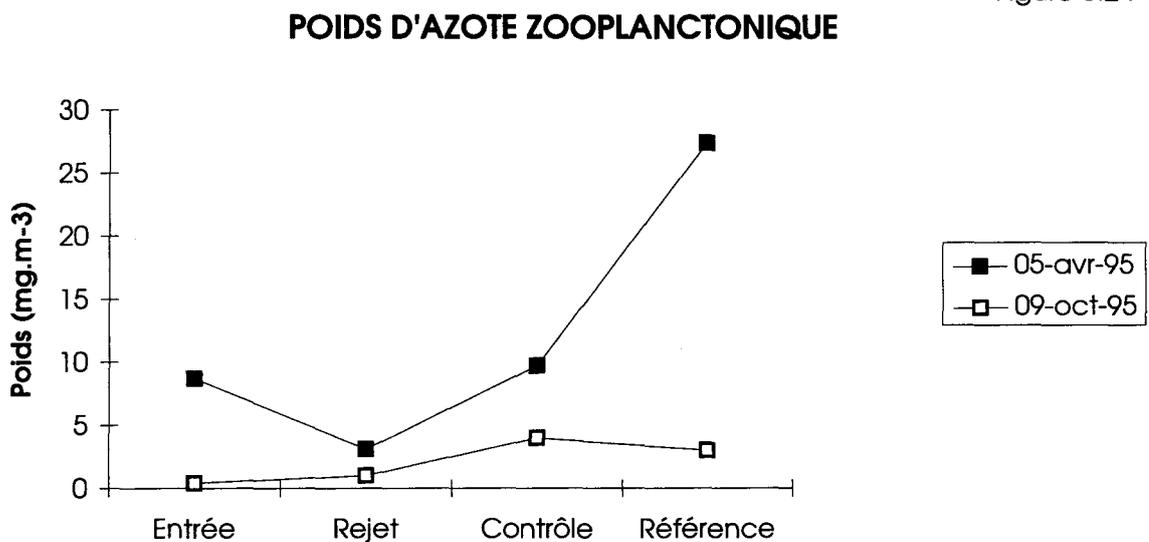


Figure 5.25

% CARBONE ZOOPLANCTONIQUE

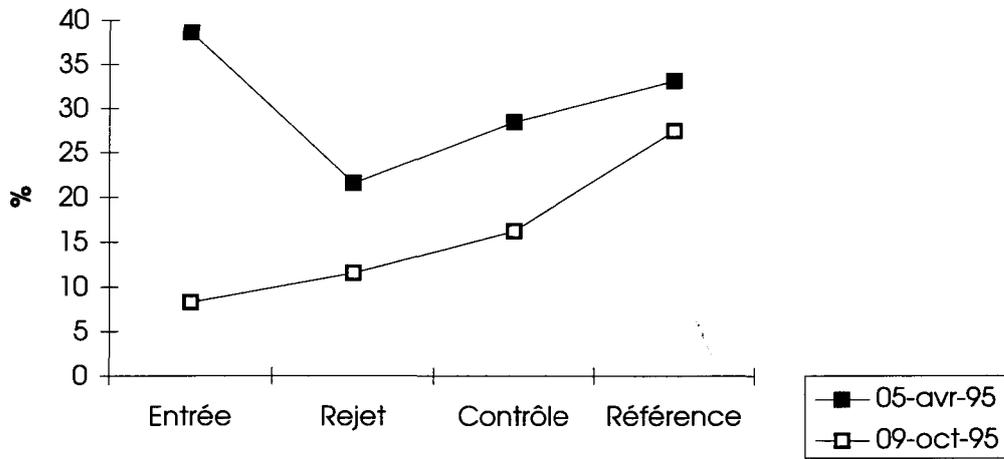


Figure 5.26

% AZOTE ZOOPLANCTONIQUE

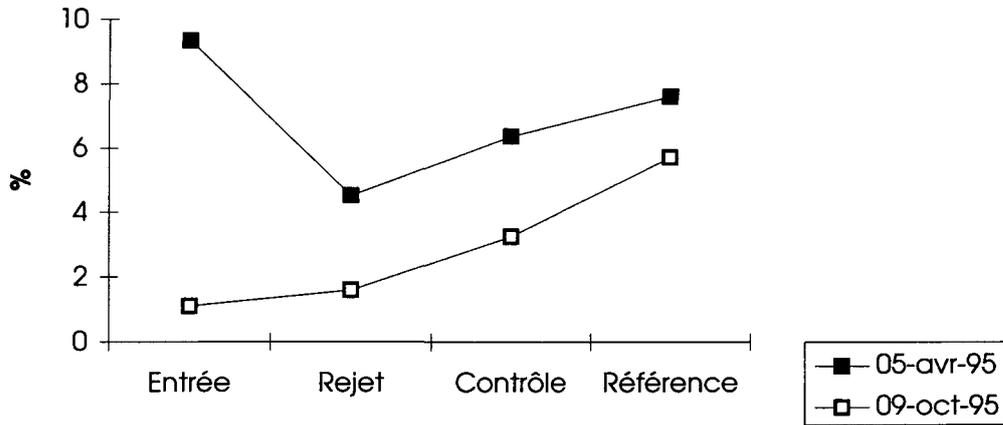


Figure 5.27

C/N

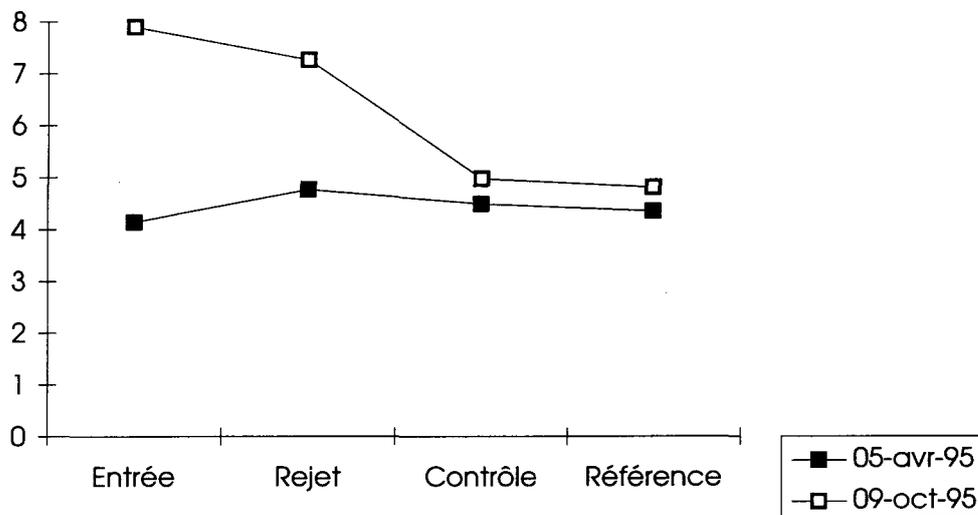


Figure 5.28

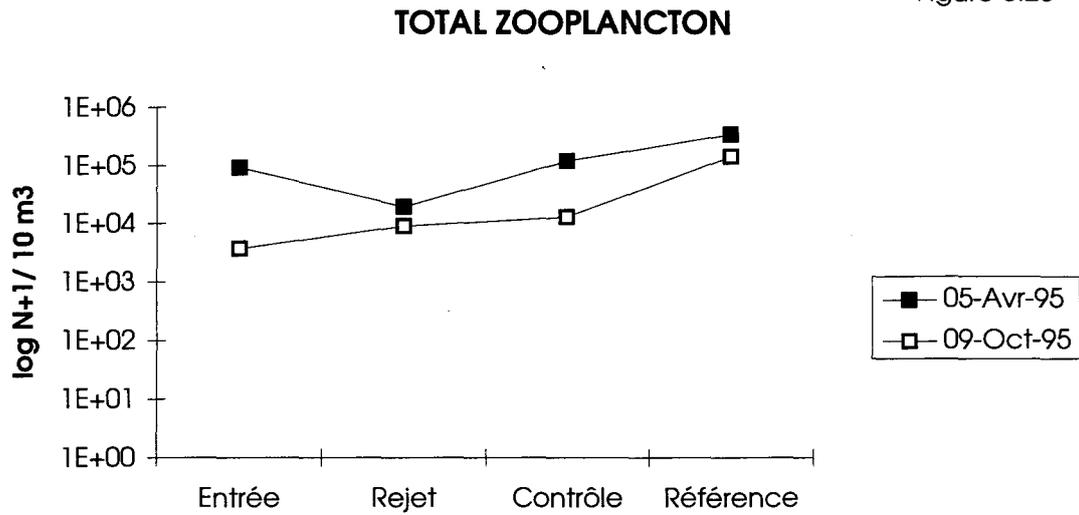


Figure 5.29

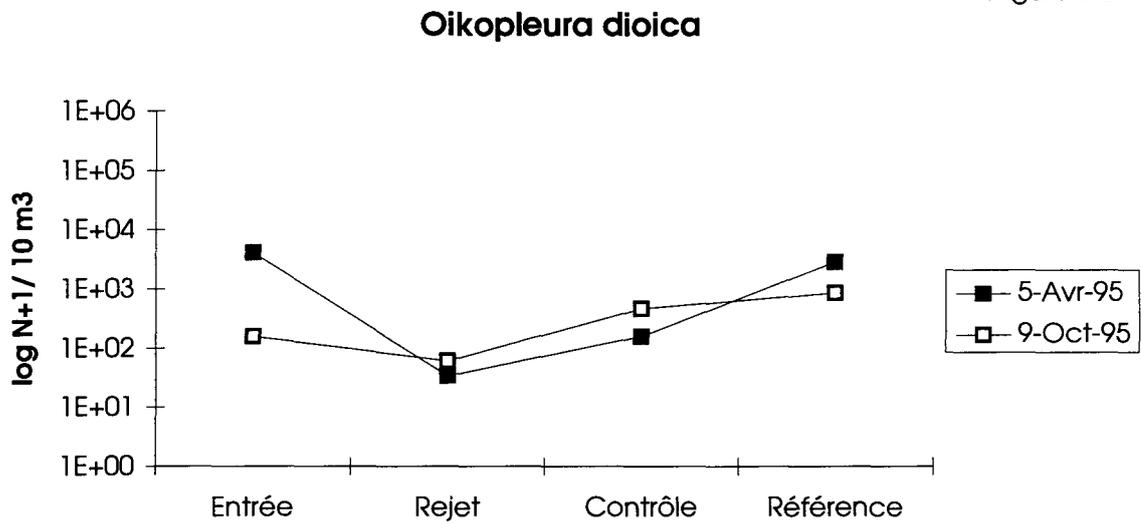


Figure 5.30

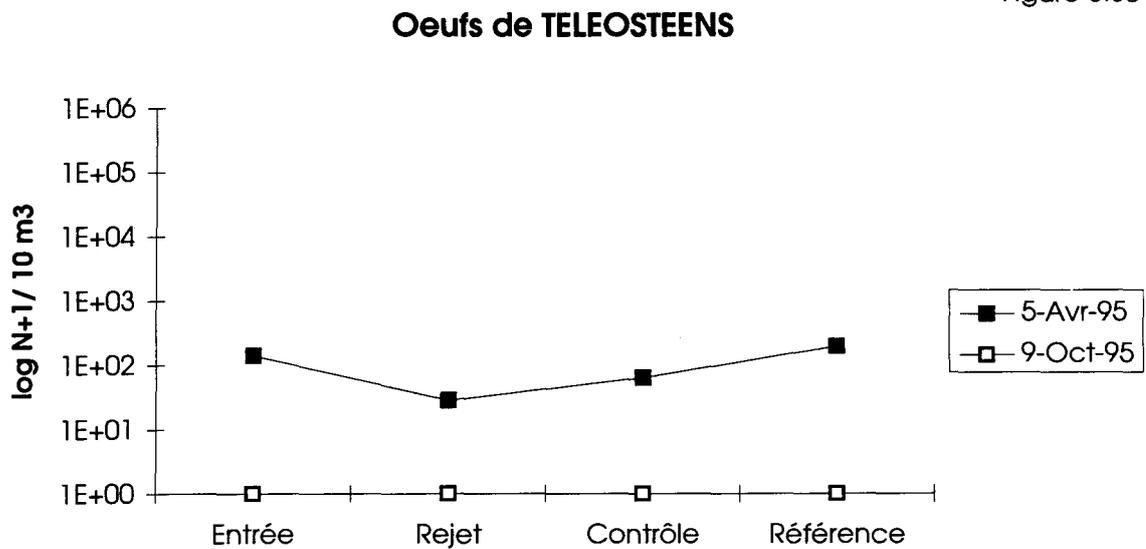


Figure 5.28

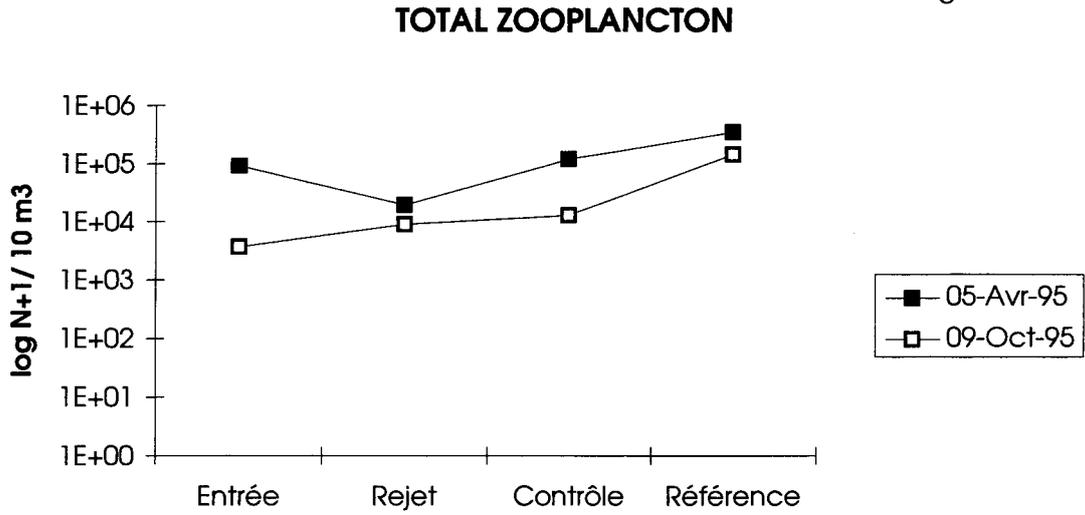


Figure 5.29

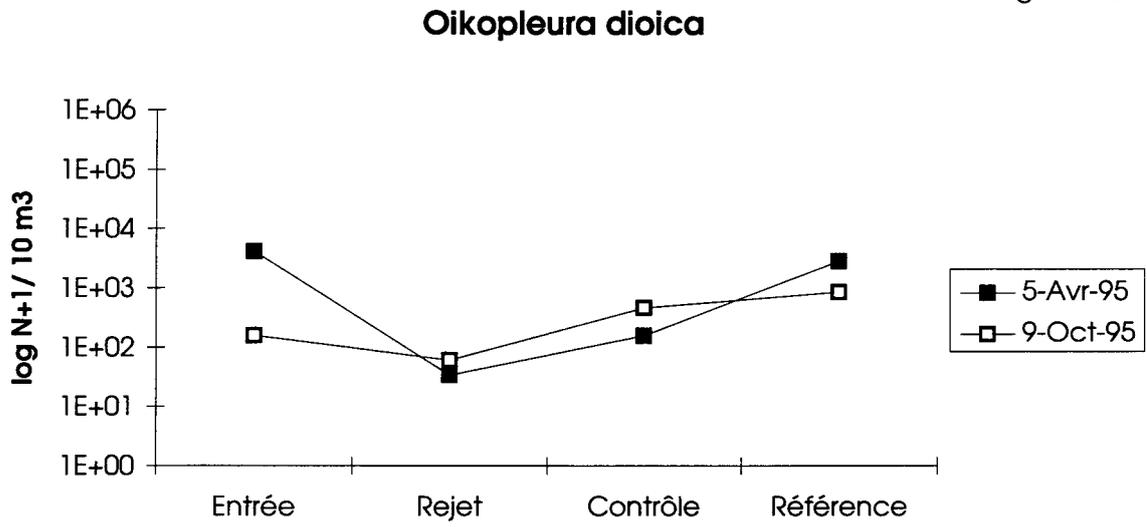
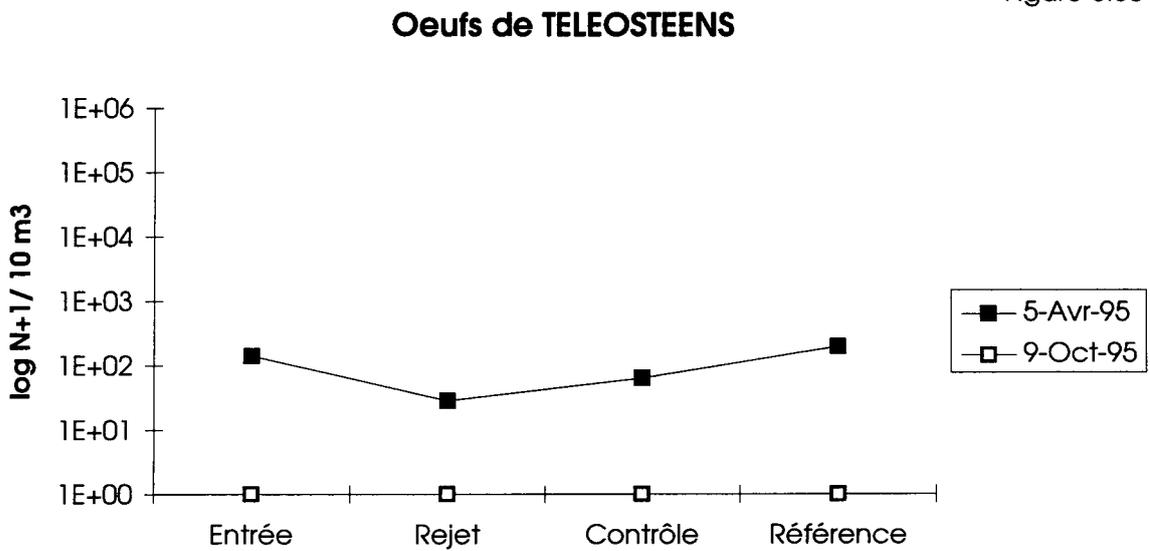


Figure 5.30



Tab .5.1 *Biomasse zooplanctonique : Poids sec (mg/m3)*

Date	Point	Poids sec	Poids sec moyen
28-nov-94	entrée	20.4	20.4
29-déc-94	entrée	4.5	4.5
19-jan-95	entrée	55.9	55.9
16-fév-95	entrée	90.9	90.9
30-mar-95	entrée	148.7	148.7
05-avr-95	entrée1	72.0	93.2
05-avr-95	entrée2	76.0	
05-avr-95	entrée3	103.3	
05-avr-95	entrée4	111.9	
05-avr-95	entrée5	82.4	
05-avr-95	entrée6	113.6	
23-mai-95	entrée	740.3	740.3
21-jun-95	entrée	26.9	26.9
20-jul-95	entrée	65.7	65.7
24-aoû-95	entrée	122.5	122.5
02-oct-95	entrée	23.8	23.8
09-oct-95	entrée1	53.5	39.7
09-oct-95	entrée2	39.1	
09-oct-95	entrée3	27.7	
09-oct-95	entrée4	44.8	
09-oct-95	entrée5	31.5	
09-oct-95	entrée6	41.8	
05-avr-95	rejet1	79.7	68.1
05-avr-95	rejet2	78.1	
05-avr-95	rejet3	72.5	
05-avr-95	rejet4	71.9	
05-avr-95	rejet5	74.3	
05-avr-95	rejet6	32.1	
05-avr-95	contrôle1	156.2	152.2
05-avr-95	contrôle2	136.2	
05-avr-95	contrôle3	121.1	
05-avr-95	contrôle4	149.8	
05-avr-95	contrôle5	140.6	
05-avr-95	contrôle6	209.1	
05-avr-95	référence1	435.2	361.0
05-avr-95	référence2	364.5	
05-avr-95	référence3	295.8	
05-avr-95	référence4	402.5	
05-avr-95	référence5	364.5	
05-avr-95	référence6	303.6	
09-oct-95	rejet1	64.8	61.1
09-oct-95	rejet2	62.8	
09-oct-95	rejet3	53.6	
09-oct-95	rejet4	56.0	
09-oct-95	rejet5	93.7	
09-oct-95	rejet6	35.8	
09-oct-95	contrôle1	89.3	124.1
09-oct-95	contrôle2	74.2	
09-oct-95	contrôle3	77.4	
09-oct-95	contrôle4	171.6	
09-oct-95	contrôle5	230.5	
09-oct-95	contrôle6	101.8	
09-oct-95	référence1	103.7	53.1
09-oct-95	référence2	9.6	
09-oct-95	référence3	6.4	
09-oct-95	référence4	81.9	
09-oct-95	référence5	71.4	
09-oct-95	référence6	45.3	

Tab .5.2 Carbone et Azote du zooplancton. Pourcentages et poids (mg/m3)

Date	Point	%C échantillon	%C moyenne point	poids carbone échantillon	poids carbone moyenne point	%N échantillon	%N moyenne point	poids azote échantillon	poids azote moyenne point	C/N	C/N moyenne point
28-nov-94	entrée	13.01	13.01	2.7	2.7	2.67	2.67	0.5	0.5	4.87	4.87
29-déc-94	entrée	13.47	13.47	0.6	0.6	2.15	2.15	0.1	0.1	6.27	6.27
19-jan-95	entrée	4.38	4.38	2.5	2.4	0.94	0.94	0.5	0.5	4.66	4.66
16-fév-95	entrée	3.24	3.24	2.9	2.9	0.36	0.36	0.3	0.3	9.00	9.00
30-mar-95	entrée	4.75	4.75	7.1	7.1	0.86	0.86	1.3	1.3	5.52	5.52
05-avr-95	entrée 1	40.75	38.59	29.4	38.0	9.99	9.34	7.2	8.7	4.08	4.14
05-avr-95	entrée 2	37.10		28.2		8.91		6.8		4.16	
05-avr-95	entrée 3	34.54		35.7		8.10		8.4		4.26	
05-avr-95	entrée 4	40.99		45.9		9.98		11.2		4.11	
05-avr-95	entrée 5	40.99		33.8		10.09		8.3		4.06	
05-avr-95	entrée 6	37.19		42.3		8.94		10.2		4.16	
23-mai-95	entrée	8.64	8.64	64.0	64.0	2.00	2.00	14.8	14.8	4.32	4.32
21-jun-95	entrée	13.28	13.28	3.6	3.6	2.72	2.72	0.7	0.7	4.88	4.88
20-jul-95	entrée	12.02	12.02	7.9	7.9	2.29	2.29	1.5	1.5	5.25	5.25
24-aoû-95	entrée	5.00	5.00	6.1	6.1	0.84	0.84	1.0	1.0	5.95	5.95
02-oct-95	entrée	11.60	11.60	2.8	2.8	2.60	2.60	0.6	0.6	4.46	4.46
09-oct-95	entrée 1	8.46	8.26	4.5	3.4	1.15	1.10	0.6	0.4	7.36	7.90
09-oct-95	entrée 2	11.71		4.6		1.87		0.7		6.26	
09-oct-95	entrée 3	9.61		2.7		0.84		0.2		11.44	
09-oct-95	entrée 4	6.39		2.9		0.72		0.3		8.88	
09-oct-95	entrée 5	6.86		2.2		0.98		0.3		7.00	
09-oct-95	entrée 6	6.53		2.7		1.01		0.4		6.47	
05-avr-95	rejet 1	23.76	21.52	18.9	16.2	4.96	4.52	4.0	3.1	4.79	4.77
05-avr-95	rejet 2	20.21		15.8		4.24		3.3		4.77	
05-avr-95	rejet 3	16.14		11.7		3.30		2.4		4.89	
05-avr-95	rejet 4	24.19		17.4		5.23		3.8		4.63	
05-avr-95	rejet 5	21.67		16.1		4.51		3.4		4.80	
05-avr-95	rejet 6	23.15		7.4		4.88		1.6		4.74	
05-avr-95	contrôle 1	24.68	28.48	38.6	37.6	5.00	6.36	7.8	9.7	4.94	4.50
05-avr-95	contrôle 2	31.19		42.5		7.11		9.7		4.39	
05-avr-95	contrôle 3	32.75		39.6		7.43		9.0		4.41	
05-avr-95	contrôle 4	29.95		44.9		6.68		10.0		4.48	
05-avr-95	contrôle 5	25.63		36.0		5.82		8.2		4.40	
05-avr-95	contrôle 6	26.68		55.8		6.13		12.8		4.35	
05-avr-95	référence 1	34.34	33.14	149.4	124.0	7.86	7.60	34.2	27.4	4.37	4.36
05-avr-95	référence 2	32.97		120.2		7.55		27.5		4.37	
05-avr-95	référence 3	32.08		94.9		7.29		21.6		4.40	
05-avr-95	référence 4	35.78		144.0		8.35		33.6		4.29	
05-avr-95	référence 5	30.26		110.3		6.87		25.0		4.40	
05-avr-95	référence 6	33.39		101.4		7.69		23.3		4.34	
09-oct-95	rejet 1	11.51	11.55	7.5	7.0	1.70	1.60	1.1	1.0	6.77	7.27
09-oct-95	rejet 2	11.50		7.2		1.56		1.0		7.37	
09-oct-95	rejet 3	11.39		6.1		1.56		0.8		7.30	
09-oct-95	rejet 4	11.59		6.5		1.52		0.9		7.63	
09-oct-95	rejet 5	11.01		10.3		1.40		1.3		7.86	
09-oct-95	rejet 6	12.30		4.4		1.84		0.7		6.68	
09-oct-95	contrôle 1	10.31	16.20	9.2	12.8	2.22	3.25	2.0	4.0	4.64	4.98
09-oct-95	contrôle 2	15.04		11.2		3.38		2.5		4.45	
09-oct-95	contrôle 3	17.32		13.4		3.78		2.9		4.58	
09-oct-95	contrôle 4	18.96		32.5		3.43		5.9		5.53	
09-oct-95	contrôle 5	15.08		34.8		2.75		6.3		5.48	
09-oct-95	contrôle 6	20.47		20.8		3.94		4.0		5.20	
09-oct-95	référence 1	28.14	27.46	29.2	14.9	5.67	5.71	5.9	3.0	4.96	4.82
09-oct-95	référence 2	26.90		2.6		5.73		0.5		4.69	
09-oct-95	référence 3	24.52		1.6		5.02		0.3		4.88	
09-oct-95	référence 4	27.68		22.7		5.79		4.7		4.78	
09-oct-95	référence 5	28.39		20.3		5.85		4.2		4.85	
09-oct-95	référence 6	29.12		13.2		6.17		2.8		4.72	

Tab.5.3 : Abondance des espèces zooplanctoniques (Nombre/10 m3)

Station	Entrée						
	Date	28/11/1994	29/12/1994	19/01/1995	16/02/1995	30/03/1995	05/04/1995
DINOFLAGELLES	0	0	0	0	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hybocodon prolifer</i>	0	0	0	0	0	0	0
Autres Cnidaires	0	0	0	0	0	0	6
TOTAL CNIDAIRES	0	0	0	0	0	0	6
<i>Pleurobrachia pileus</i>	0	0	6	0	1	23	0
<i>Beroe sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL CTENAIRES	0	0	6	0	1	23	0
CHAETOGNATHES	45	0	8	0	0	0	0
<i>Lanice conchilega</i>	0	38	4	25	332	0	0
<i>Spionidae</i>	3	6	11	19	902	1316	0
Autres Annélides	20	0	2	6	11	23	0
TOTAL ANNELIDES	22	45	17	50	1246	1339	0
<i>Bosmina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Podon sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Evadne sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL CLADOCERES	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nauplii Cirripèdes</i>	1283	15	4	1291	2326	4094	0
<i>Cypris Cirripèdes</i>	1	2	4	0	1424	3363	0
TOTAL Larves CIRRIPEDES	1284	17	8	1291	3750	7456	0
<i>Mesopodopsis slabberii</i>	0	0	2	0	3	0	0
<i>Schistomysis spiritus</i>	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL MYSIDACES	0	0	2	0	3	0	0
CUMACES	0	0	0	0	0	0	0
ISOPODES	0	1	4	2	0	0	0
AMPHIPODES	3	0	0	13	1	0	0
<i>Calanus helgolandicus</i>	0	0	2	0	380	47	0
<i>Pseudocalanus minutus</i>	1	4	29	109	1234	4386	0
<i>Paracalanus parvus</i>	1316	6	11	19	665	2485	0
<i>Para + Pseudo calanidae</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Metridia lucens</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Labidocera wollastoni</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parapontella brevicornis</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Centropages typicus</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Centropages hamatus</i>	888	3	36	13	380	2339	0
<i>Isias clavipes</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Temora longicornis</i>	1941	33	11281	250	23972	47149	0
<i>Eurytemora affinis</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Acartia clausi</i>	3553	15	42	145	1709	9064	0
<i>Acartia discaudata</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oithona sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oncaea sp.</i>	0	0	0	0	47	0	0
<i>Corycaeus sp.</i>	66	2	4	0	0	0	0
Cyclopoides ind.	66	2	8	11	0	292	0
<i>Euterpina acutifrons</i>	4046	17	19	40	142	731	0
Harpacticoides nd.	66	0	0	15	0	0	0
TOTAL COPEPODES	11942	83	11432	604	28530	66494	0
CARIDAE Larves	3	0	4	0	4	6	0
Larves zoe de Paguridae	0	0	0	0	1	0	0
Larves zoe de Galatheidæ	0	0	0	0	1	0	0
L. zoe de Porcellanidae	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL ANOMOURES	0	0	0	0	3	0	0
Larves zoe	0	0	19	23	29	35	0
Larves Megalopes	0	0	0	0	0	6	0
TOTAL L. BRACHYOURES	0	0	19	23	29	41	0
MACROURES Larves	0	0	0	0	0	0	0
Larves Gastéropodes	99	3	10	10	0	292	0
Larves Bivalves	0	1	2	4	0	292	0
TOTAL L. MOLLUSQUES	99	4	11	13	0	585	0
BRYOZOAIRES L. Cyphonautes	99	2	0	2	190	292	0
L. Ophiopluteus	0	0	0	0	902	0	0
L. Echinopluteus	0	0	0	0	0	0	0
Autres larves d'Echinodermes	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL L. ECHINODERMES	0	0	0	0	902	0	0
<i>Oikopleura dioica</i>	197	0	6	29	617	4094	0
<i>Fritillaria borealis</i>	0	0	0	0	2611	10673	0
TOTAL APPENDICULAIRES	197	0	6	29	3228	14766	0
ASCIDIEN Larves	0	0	0	0	0	0	0
TELEOSTEENS-oeufs	0	0	2	0	38	140	0
TELEOSTEENS-alevins et larves	1	0	0	0	4	35	0
TOTAL ZOOPLANCTON	13695	153	11518	2027	37927	91184	0

Tab.5.3 (suite) : Abondance des espèces zooplanctoniques (Nombre/10 m3)

Station	Entrée						
	Date	23/05/1995	21/06/1995	20/07/1995	24/08/1995	02/10/1995	09/10/1995
DINOFLAGELLES	0	0	0	0	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	5446	833781	964286	0	5400	27	
<i>Hybocodon prolifer</i>	0	0	10	0	0	0	
Autres Cnidaires	31	0	5	127	13	0	
TOTAL CNIDAIRES	31	0	14	127	13	0	
<i>Pleurobrachia pileus</i>	228	8	0	7	9	3	
<i>Beroe sp.</i>	246	0	0	0	0	0	
TOTAL CTENAIRES	473	8	0	7	9	3	
CHAETOGNATHES	2	8	14	653	189	3	
<i>Lanice conchilega</i>	0	0	95	373	108	56	
<i>Spionidae</i>	0	0	248	47	135	8	
Autres Annélides	71	4	19	0	135	3	
TOTAL ANNELIDES	71	4	362	420	378	67	
<i>Bosmina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	
<i>Podon sp.</i>	0	0	0	2519	0	0	
<i>Evadne sp.</i>	0	0	0	0	0	0	
TOTAL CLADOCERES	0	0	0	2519	0	0	
<i>Nauplii Cirripèdes</i>	36	144	5000	1632	540	147	
<i>Cypris Cirripèdes</i>	393	432	552	373	189	54	
TOTAL LARVES CIRRIPEDES	429	576	5552	2006	729	201	
<i>Mesopodopsis slabberii</i>	0	0	0	2	0	0	
<i>Schistomysis spiritus</i>	0	0	0	0	0	0	
TOTAL MYSIDACES	0	0	0	2	0	0	
CUMACES	0	0	76	0	0	0	
ISOPODES	0	0	0	0	4	0	
AMPHIPODES	22	2	95	28	11	16	
<i>Calanus helgolandicus</i>	0	6	0	2	2	3	
<i>Pseudocalanus minutus</i>	179	2303	57	0	27	0	
<i>Paracalanus parvus</i>	89	144	19	840	0	13	
Para + Pseudo calanidae	0	0	0	0	0	0	
<i>Metridia lucens</i>	0	0	0	0	0	0	
<i>Labidocera wollastoni</i>	0	0	0	6	0	0	
<i>Parapontella brevicornis</i>	0	0	0	0	0	0	
<i>Centropages typicus</i>	0	0	0	0	0	0	
<i>Centropages hamatus</i>	161	576	4048	233	135	5	
<i>Isias clavipes</i>	0	0	0	0	22	0	
<i>Temora longicornis</i>	2286	12092	4762	700	1701	617	
<i>Eurytemora affinis</i>	0	0	0	0	0	0	
<i>Acartia clausi</i>	786	4319	11905	5877	5022	1099	
<i>Acartia discaudata</i>	0	0	0	0	0	107	
<i>Oithona sp.</i>	0	0	0	0	135	5	
<i>Oncaea sp.</i>	0	0	0	0	0	0	
<i>Corycaeus sp.</i>	0	0	0	47	11	46	
Cyclopoides ind.	0	0	667	4151	891	416	
<i>Euterpina acutifrons</i>	36	576	990	1959	6965	804	
Harpacticoides nd.	0	0	0	0	0	0	
TOTAL COPEODES	3536	20015	22448	13813	14910	3115	
CARIDAE Larves	4	4	19	7	2	0	
Larves zoe de Paguridae	0	0	95	22	0	3	
Larves zoe de Galatheidae	0	0	0	0	0	0	
L. zoe de Porcellanidae	0	0	10	0	0	0	
TOTAL ANOMOURES	0	0	105	22	0	3	
Larves zoe	2	4	10	26	4	5	
Larves Megalopes	0	0	0	0	0	0	
TOTAL L. BRACHYOURS	2	4	10	26	4	5	
MACROURES Larves	7	0	10	0	0	0	
Larves Gastéropodes	0	0	248	280	54	38	
Larves Bivalves	0	0	1143	0	243	35	
TOTAL L. MOLLUSQUES	0	0	1390	280	297	72	
BRYOZOAIRES L. Cyphonautes	0	0	714	47	297	32	
L. Ophiopluteus	54	0	0	0	135	0	
L. Echinopluteus	0	0	0	0	0	0	
Autres larves d'Echinodermes	0	0	0	0	0	0	
TOTAL L. ECHINODERMES	54	0	0	0	135	0	
<i>Oikopleura dioica</i>	71	8	7381	140	216	158	
<i>Fritillaria borealis</i>	0	0	0	0	0	0	
TOTAL APPENDICULAIRES	71	8	7381	140	216	158	
ASCIDIES Larves	0	0	0	0	0	0	
TELEOSTEENS-oeufs	0	6	5	0	0	0	
TELEOSTEENS-alevins et larves	0	0	5	0	0	0	
TOTAL ZOOPLANKTON	4703	20633	38200	20097	17194	3676	

Tab.5.4 : Abondance des espèces zooplanctoniques aux points Rejet, Contrôle et Référence (Nombre/10m3)

Date	05-avril-1995			09-octobre-1995		
Station	Rejet	Contrôle	Référence	Rejet	Contrôle	Référence
DINOFLAGELLES	0	0	0	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Hybocodon proliifer</i>	0	0	0	0	0	0
Autres Cnidaies	0	13	6	0	14	26
TOTAL CNIDAIES	0	13	6	0	14	26
<i>Pleurobrachia pileus</i>	0	0	146	0	20	0
<i>Beroe sp.</i>	0	0	0	0	0	0
TOTAL CTENAIRES	0	0	146	0	20	0
CHAETOGNATHES	0	0	2532	2	40	268
<i>Lanice conchilega</i>	32	633	2532	0	40	20
<i>Sponidae</i>	67	316	0	5	26	6
Autres Annélides	8	554	1582	10	34	9
TOTAL ANNELIDES	108	1503	4114	14	100	34
<i>Bosmina sp.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Podon sp.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Evadne sp.</i>	0	0	0	0	0	0
TOTAL CLADOCERES	0	0	0	0	0	0
<i>Nauplii Cirripèdes</i>	1133	1424	4430	362	605	499
<i>Cypris Cirripèdes</i>	874	1503	12658	0	37	3
TOTAL Larves CIRRIPEDES	2008	2927	17089	362	642	501
<i>Mesopodopsis slabberli</i>	0	0	0	0	3	0
<i>Schistomysis spiritus</i>	0	0	0	0	0	0
TOTAL MYSIDACES	0	0	0	0	3	0
CUMACES	0	0	0	0	0	23
ISOPODES	0	0	0	0	0	0
AMPHIPODES	5	6	0	0	3	3
<i>Calanus helgolandicus</i>	97	13	0	0	9	71
<i>Pseudocalanus minutus</i>	1554	712	1266	0	3	0
<i>Paracalanus parvus</i>	291	633	4747	60	356	1140
<i>Para + Pseudo calanidae</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Metridia lucens</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Labidocera wollastoni</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Parapontella brevicornis</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Centropages typicus</i>	0	25	0	0	26	427
<i>Centropages hamatus</i>	97	0	949	60	3	142
<i>Isias clavipes</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Temora longicornis</i>	12435	106804	287342	1027	1959	31339
<i>Eurytemora affinis</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Acartia clausi</i>	2170	1424	4747	2476	3989	39174
<i>Acartia discaudata</i>	0	0	0	121	499	214
<i>Oithona sp.</i>	0	0	0	845	0	0
<i>Oncaea sp.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Corycaeus sp.</i>	0	0	0	60	249	1496
Cyclopoides ind.	0	79	1266	664	2778	64815
<i>Euterpina acutifrons</i>	227	237	316	2838	1318	2635
<i>Harpacticoides nd.</i>	32	0	949	121	0	71
TOTAL COPEPODES	16904	109927	301582	8273	11187	141524
CARIDAE Larves	0	6	13	0	6	9
Larves zoe de Paguridae	0	0	0	0	0	9
Larves zoe de Galatheidae	0	0	0	0	0	0
L. zoe de Porcellanidae	0	0	44	0	0	0
TOTAL ANOMOURES	0	0	44	0	0	9
Larves zoe	3	0	25	0	0	0
Larves Megalopes	0	0	0	2	0	0
TOTAL L. BRACHYOURES	3	0	25	2	0	0
MACROURES Larves	0	0	0	0	0	6
Larves Gastéropodes	0	0	316	121	94	108
Larves Bivalves	130	79	316	0	137	171
TOTAL L. MOLLUSQUES	130	79	633	121	231	279
BRYOZOAIRES L. Cyphonautes	32	158	0	121	17	142
L. Ophiopluteus	0	158	1266	0	0	0
L. Echinopluteus	0	0	0	0	0	0
Autres larves d'Echinodermes	0	158	0	0	0	0
TOTAL L. ECHINODERMES	0	316	1266	0	0	0
<i>Oklopleura dioica</i>	34	158	2848	60	463	855
<i>Fritillaria borealis</i>	0	3797	12658	0	0	0
TOTAL APPENDICULAIRES	34	3956	15506	60	463	855
ASCIDIES Larves	0	0	0	0	0	0
TELEOSTEENS-œufs	28	63	196	0	0	0
TELEOSTEENS-alevins et larves	3	6	0	0	0	0
TOTAL ZOOPLANCTON	19254	118962	343152	8957	12725	143678

CHAPITRE VI

ZOOPLANCTON HALIEUTIQUE

Daniel WOEHLING

Dans le domaine halieutique, l'étude écologique est centrée sur les principales espèces constituant les ressources vivantes du secteur et sa capacité biotique. Parallèlement, est réalisé le suivi de grandes espèces holoplanctoniques comme les "groseilles de mer" (*Pleurobrachia pileus*, cténaire) représentant un danger potentiel de colmatage des grilles de filtration.

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 ainsi en continuité avec les côtes belges et hollandaises, à la frange méridionale d'une des plus importantes frayères de sole dont l'épicentre se situe à quelques dizaines de kilomètres au Nord-Est.

La réactualisation du programme de surveillance 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 cibles choisies pour leur importance économique effective ou potentielle et la reproductibilité de leur présence dans le milieu : la *sole* et le *sprat*, toutes deux à ponte côtière.

MATERIEL ET METHODES

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

Rappel succinct : les prélèvements de plancton se font à l'échantillonneur *Bongo* grand modèle (61 cm de diamètre d'embouchure) muni de deux filets de maillage 500 µm pêchant simultanément. Depuis 1984, deux repliquats sont réalisés en chaque point de mesure.

Localisation des points de prélèvement : trois points en mer (1 : côte, 2 : médian, 3 : large) et deux points à l'entrée du canal d'amenée (6 : rive gauche et 7 : milieu).

Chronologie : en 1995, trois campagnes ont été réalisées de mi-mai à mi-juin afin de couvrir au mieux la période de présence des oeufs et larves de la sole et du sprat (deux campagnes en mer et une campagne au canal d'amenée), période qui correspond également au maximum de présence des groseilles de mer. La campagne en mer prévue fin avril-début mai n'a pu avoir lieu en raison de mauvaises conditions météorologiques. Cette chronologie ainsi que les principales caractéristiques des campagnes figurent dans le tableau 6.1.

N° Campagne	Date	Heure pleine mer	Coef. flicient marée	Point	Heure mesures (température, salinité)	Sonde (m)	Température °C		N° Repliquat	Heure du prélèvement	Durée Prélèvement (mn)	Volume filtré (m ³)
178	15/5	11 h 44	81	1	10 h 05	11	12.00	14.00	1	10 h 05	2	61.08
				1	10 h 05	11	12.00	14.00	2	10 h 17	1	59.51
				2	10 h 24	12	/	/	1	10 h 24	2	45.89
				2	10 h 24	12	/	/	2	10 h 31	1	50.52
				3	10 h 44	26	12.00	/	1	10 h 44	2	110.60
				3	10 h 44	26	/	/	2	10 h 50	2	116.00
179	2/6	14 h 08		6	10 h 10	/	15.00	/	1	10 h 13	15	167.10
				7	9 h 47	/	15.00	/	1	9 h 47	15	145.50
180	16/6	14 h 01		1	12 h 24	11	14.00	/	1	12 h 24	6	301.80
				1	12 h 24	11	14.00	/	2	12 h 34	6	380.00
				2	13 h 18	12	/	/	1	13 h 18	6	239.80
				2	13 h 18	12	/	/	2	13 h 38	6	469.60
				3	12 h 54	24	/	/	1	12 h 54	6	278.20
				3	12 h 54	24	/	/	2	13 h 02	6	247.20

Tab. 6.1. Caractéristiques principales des campagnes en 1995

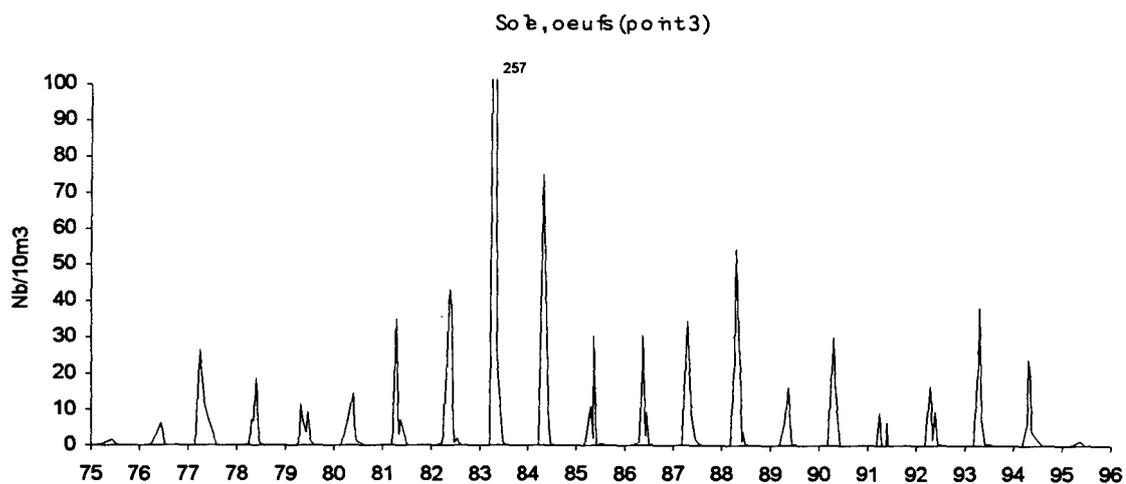


Fig. 6.1. Densités d'oeufs de sole à Gravelines au point 3 (référence Large) de 1975 à 1995

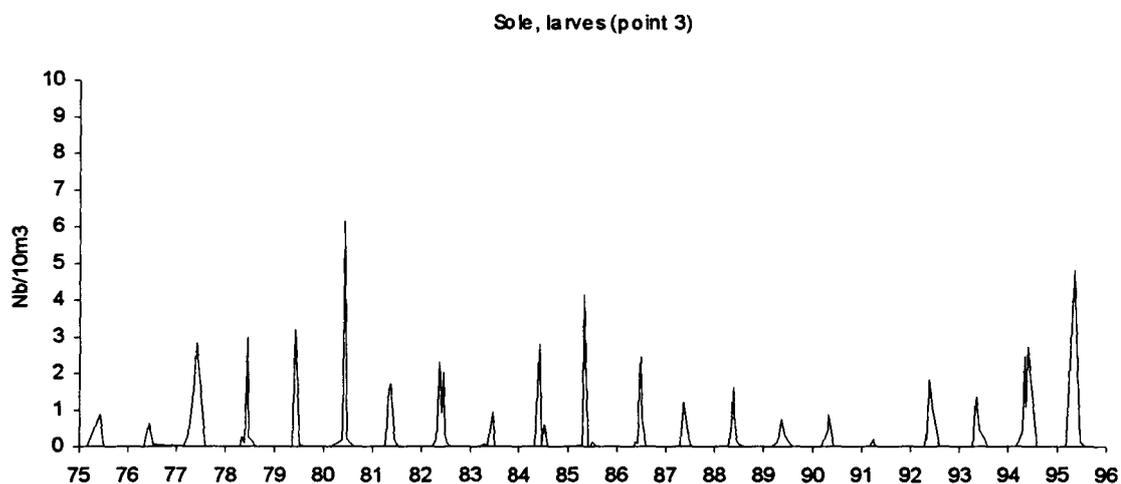


Fig. 6.2. Densités de larves de sole à Gravelines au point 3 (référence Large) de 1975 à 1995

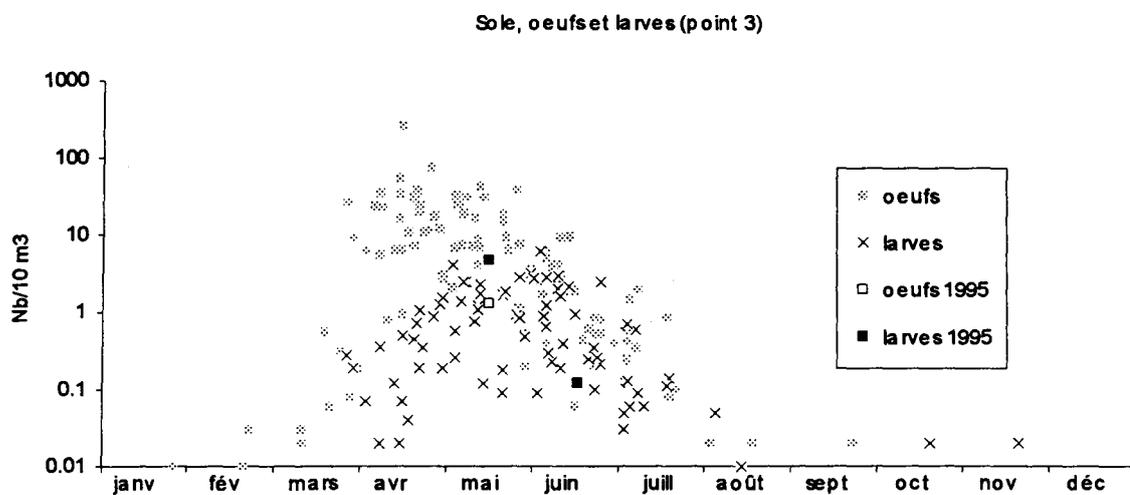


Fig. 6.3. Variations saisonnières des densités d'oeufs et de larves de sole à Gravelines au point 3 (référence Large) de 1975 à 1995

RESULTATS

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

La sole constitue la principale espèce commerciale du secteur. Le site étant inclus dans l'aire de reproduction, les oeufs et larves de sole forment un élément caractéristique du plancton de Gravelines et les cycles annuels d'abondance sont bien reproductibles.

Oeufs : étant donné que la première campagne a eu lieu mi-mai, probablement après le pic de ponte (lequel se produit généralement fin avril, début mai), les abondances d'oeufs sont inférieures à la moyenne du site (fig. 6.1). Cependant, si on les compare à celles relevées au cours des années précédentes à la même époque (fig. 6.3), elles révèlent d'un ordre de grandeur normal (1 à 5 oeufs par 10 m^3 à la fin de la saison de ponte).

Nous avons déjà mentionné à plusieurs reprises la bonne reproductibilité des périodes de ponte de la sole à Gravelines, le site étant proche de l'épicentre de la frayère de mer du Nord. Les fluctuations pluriannuelles de la production sur le site sont essentiellement liées aux répartitions spatio-temporelles des géniteurs affectant l'ensemble d'un secteur. On retrouve le gradient général d'abondance des

Campagne	Point	Repliquat	Larves	Oeufs		
				Total	Stade 1	Stade 2
178 (15 mai)	1	1	3.27	3.60	1.96	1.64
		2	1.51	1.68	1.18	0.50
	Moyenne	2.39	2.64	1.57	3.14	
	2	1	6.10	4.58	2.83	1.74
		2	7.92	1.78	1.39	0.40
	Moyenne	7.01	3.18	2.11	1.07	
3	1	3.98	1.08	0.90	0.18	
	2	5.69	1.55	0.86	0.69	
Moyenne	4.84	1.32	0.88	0.44		
179 (2 juin)	6		0.00	0.12	0.06	0.06
	7		0.14	0.14	0.00	0.14
	Moyenne		0.07	0.13	0.03	0.10
180 (16 juin)	1	1	0.03	0.27	0.00	0.27
		2	0.74	5.89	1.26	4.63
	Moyenne	0.39	3.08	0.63	2.45	
	2	1	0.17	0.33	0.33	0.00
		2	0.34	0.34	0.17	0.17
	Moyenne	0.26	0.34	0.25	0.85	
	3	1	0.07	0.00	0.00	0.00
		2	0.16	0.00	0.00	0.00
Moyenne	0.12	0.00	0.00	0.00		

Tab. 6.2. Densités d'oeufs et de larves de sole en 1995 (nb. par 10 m^3)

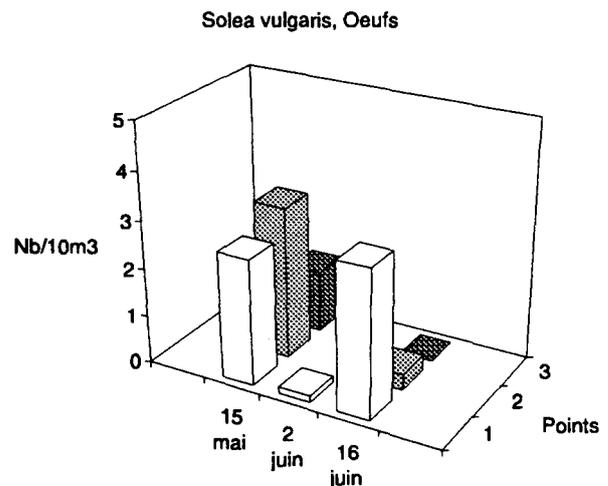


Fig. 6.4. Densités d'oeufs de sole en 1995 en fonction de la date et du point de prélèvement

oeufs vers la côte, avec cependant des effectifs plus importants au point médian.

Larves : Les densités sont d'un ordre de grandeur habituel (quelques unités par 10 m^3). Les effectifs sont supérieurs à ceux de 1994 (fig. 6.2) ; de fait, on observe depuis 1992, une remontée des effectifs lesquels présentent des fluctuations pluriannuelles périodiques. Comme en 1994, le maximum est précoce ; les larves sont abondantes dès mi-mai (fig. 6.3), alors que le pic a lieu habituellement début juin.

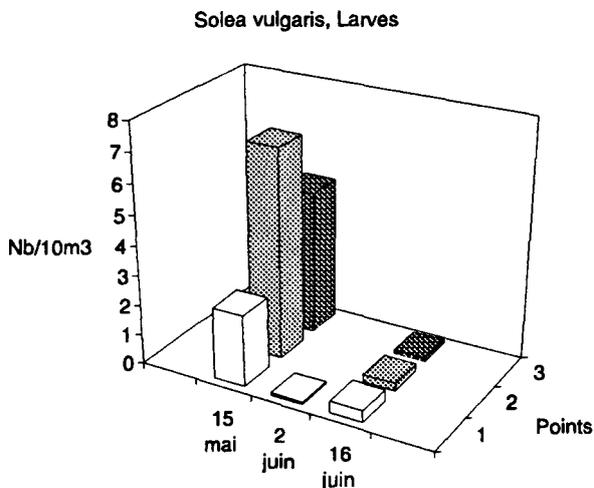


Fig. 6.5. Densités de larves de sole en 1995 en fonction de la date et du point de prélèvement

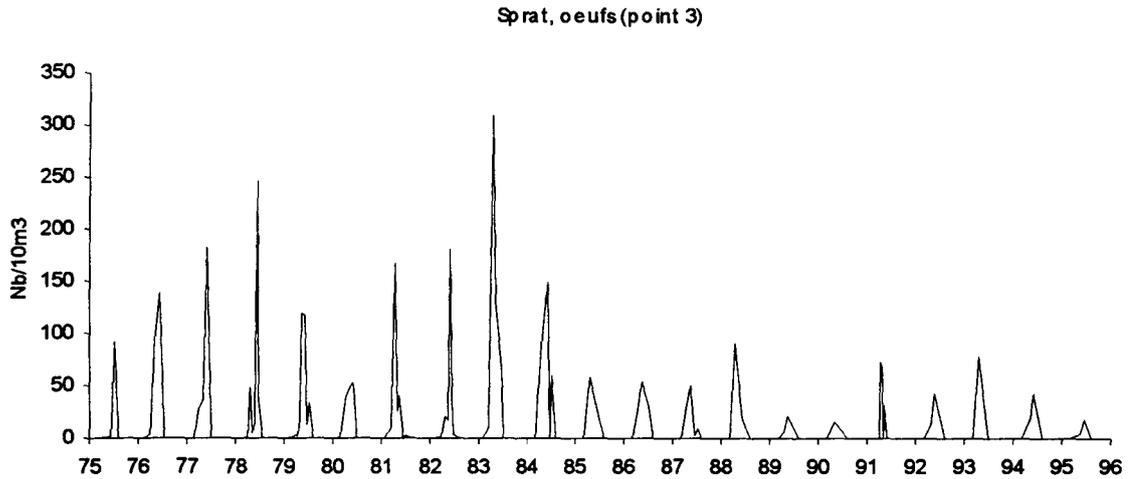


Fig. 6.6. Densités d'oeufs de sprat à Gravelines au point 3 (référence Large) de 1975 à 1995

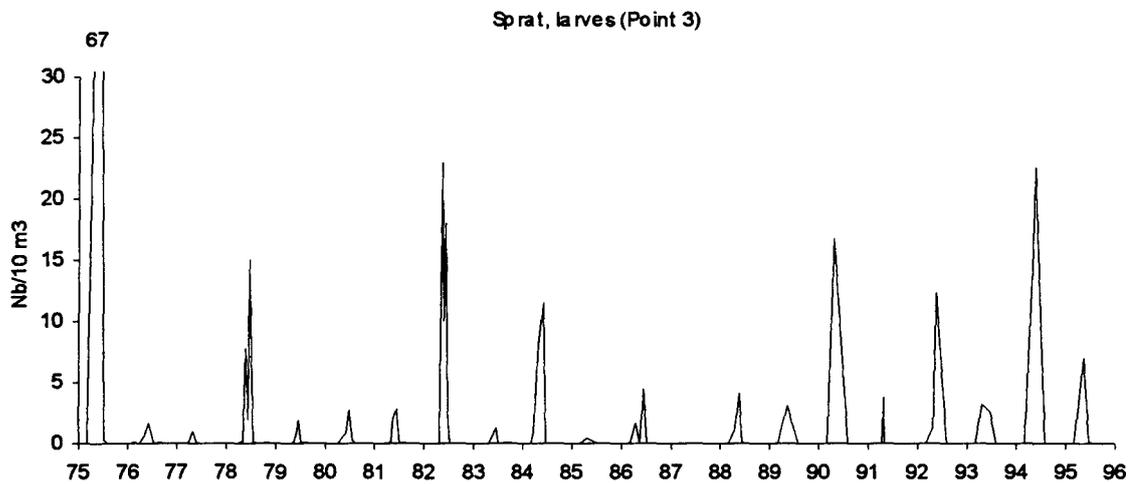


Fig. 6.7. Densités de larves de sprat à Gravelines au point 3 (référence Large) de 1975 à 1995

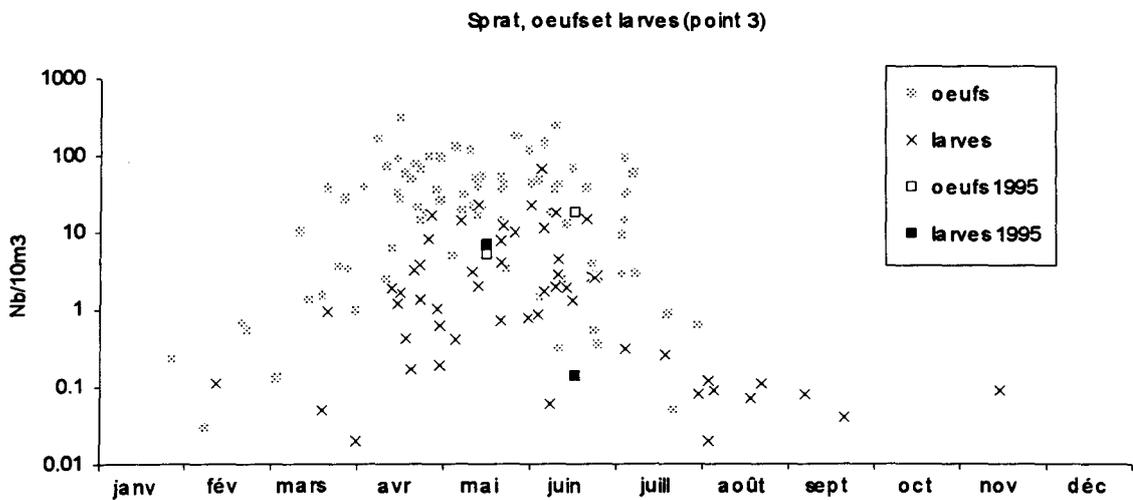


Fig. 6.8. Variations saisonnières des densités d'oeufs et de larves de sprat à Gravelines au point 3 (référence Large) de 1975 à 1995

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

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

Oeufs : Les effectifs sont nettement inférieurs à ceux habituellement enregistrés à Gravelines (fig. 6.6). Une part de ce déficit est imputable aux prélèvements tardifs, un pic de ponte ayant pu avoir lieu avant, ce qui est suggéré par les forts effectifs de larves observés dès mi-mai. Cependant, le maximum de ponte est relativement étalé, ce qui est confirmé par les effectifs encore relativement importants mi-juin. Il semble donc y avoir un réel déficit de la ponte du sprat en 1995.

Larves : on retrouve des densités relativement élevées, comme en 1994 (fig. 6.7). D'une manière générale, les variations pluriannuelles des larves de sprat font apparaître une alternance d'années à forts et à faibles effectifs, les ordres de grandeur variant environ d'un facteur 10. Ces fluctuations sont indépendantes de celles des densités d'oeufs, à l'instar de ce qu'on observe pour la sole. En effet, alors que les densités d'oeufs dépendent essentiellement de la répartition des géniteurs, les quantités de larves relèvent davantage du taux de survie des jeunes stades, déterminé en partie par la nourriture disponible. C'est par ce

Campagne	Point	Repliquat	Larves	Oeufs		
				Total	Stade 1	Stade 2
178 (15 mai)	1	1	13.1	0.49	0.00	0.49
		2	0.84	0.67	0.00	0.67
	Moyenne		6.87	0.58	0.00	0.58
	2	1	40.10	1.09	0.00	1.09
		2	47.50	0.40	0.02	0.20
	Moyenne		43.80	0.75	0.01	0.65
3	1	3.98	4.70	1.63	3.07	
	2	10.00	5.69	2.07	3.62	
	Moyenne		6.99	5.20	1.85	3.35
179 (2 juin)	6		0.24	0.06	0.06	0.00
	7		0.07	0.27	0.00	0.27
	Moyenne		0.16	0.17	0.03	0.14
180 (16 juin)	1	1	0.00	8.75	6.63	2.12
		2	2.74	0.00	0.00	0.00
	Moyenne		1.37	4.38	3.32	1.06
	2	1	0.29	24.69	10.67	14.01
		2	3.41	4.77	1.19	3.58
	Moyenne		1.85	14.73	5.93	8.80
3	1	0.07	9.78	7.48	2.30	
	2	0.20	27.19	19.42	7.77	
Moyenne		0.14	18.49	13.45	5.04	

Tab. 6.3. Densités d'oeufs et de larves de sprat en 1995 (nb. par 10 m³)

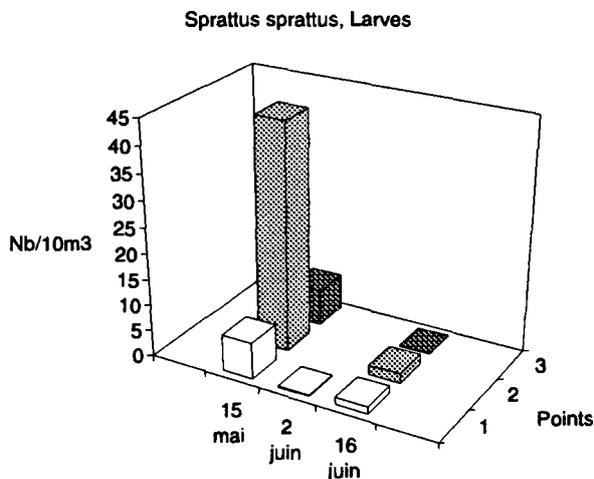


Fig. 6.10. Densités de larves de sprat en 1995 en fonction de la date et du point de prélèvement

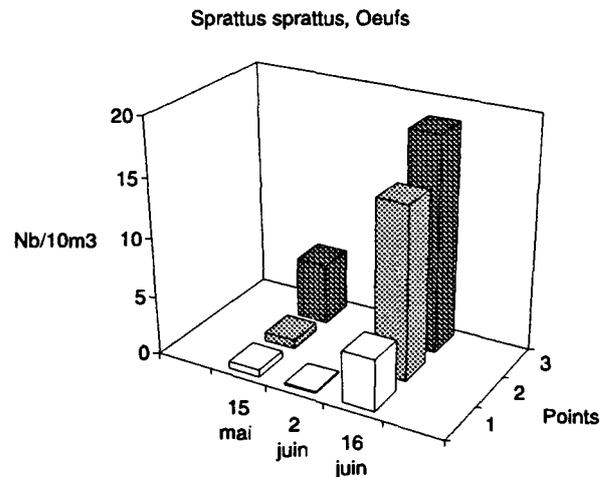


Fig. 6.9. Densités d'oeufs de sprat en 1995 en fonction de la date et du point de prélèvement

biais que les décalages de ponte déterminent la survie larvaire. En 1994, le maximum avait lieu en mai, dans une période favorable. C'est également mi-mai que l'on note les effectifs élevés en 1995.

Le gradient vers le large est moins net qu'en 1994, mais demeure perceptible lors des forts effectifs, conformément à l'écologie de cette espèce pélagique dont la ponte a lieu plutôt vers le large.

"Groseille de mer" *Pleurobrachia pileus* (figures 6.11 à 6.13, tableau 6.4)

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

Le site de Gravelines, de par sa situation biogéographique en mer épicontinentale septentrionale et productive, convient particulièrement à cette espèce d'eaux côtières froides qui prolifère au printemps. En raison du maillage des filets utilisés dans cette étude, seuls les individus adultes sont capturés. Les densités demeurent ainsi sous-estimées, notamment au début de la saison lorsqu'apparaissent les jeunes individus.

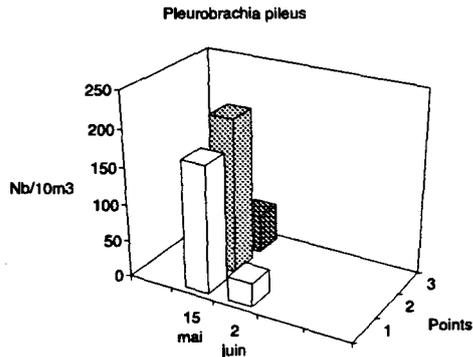


Fig. 6.11. Densités de *Pleurobrachia pileus* en 1995 en fonction de la date et du point de prélèvement

Campagne	Point	Repliquat	Total
178 (15 mai)	1	1	124.42
		2	221.83
		Moyenne	173.10
	2	1	186.54
		2	231.19
		Moyenne	208.87
3	1	41.94	
	2	62.78	
	Moyenne	52.36	
179 (2 juin)	6		30.65
	7		33.55
	Moyenne	32.10	

Tab. 6.4. Densités de *Pleurobrachia pileus* en 1995 (nb. par 10 m³)

Les densités habituellement observées atteignent fréquemment plusieurs dizaines ou centaines d'individus par 10 m³ au moment du pic qui se produit généralement entre mi-avril et début juin (fig. 6.12). Les effectifs sont particulièrement élevés dans le canal d'amenée.

En 1995, les densités sont de l'ordre de grandeur de celles généralement rencontrées en fin de saison, quoique légèrement inférieures à celles observées en 1994 à la même époque (mais cette dernière année présentait des effectifs particulièrement élevés). On note un net gradient vers la côte (fig. 6.11).

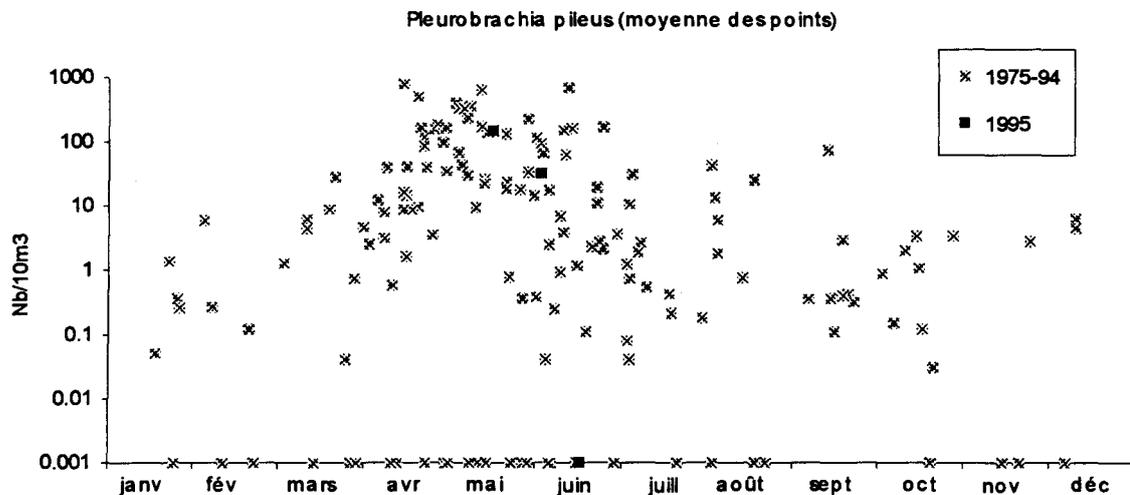


Fig. 6.12. Variations saisonnières des densités du cténaire *Pleurobrachia pileus* (groseilles de mer) à Gravelines de 1975 à 1995 (moyenne des points)

Cténaires *Pleurobrachia pileus* (moyenne des points)

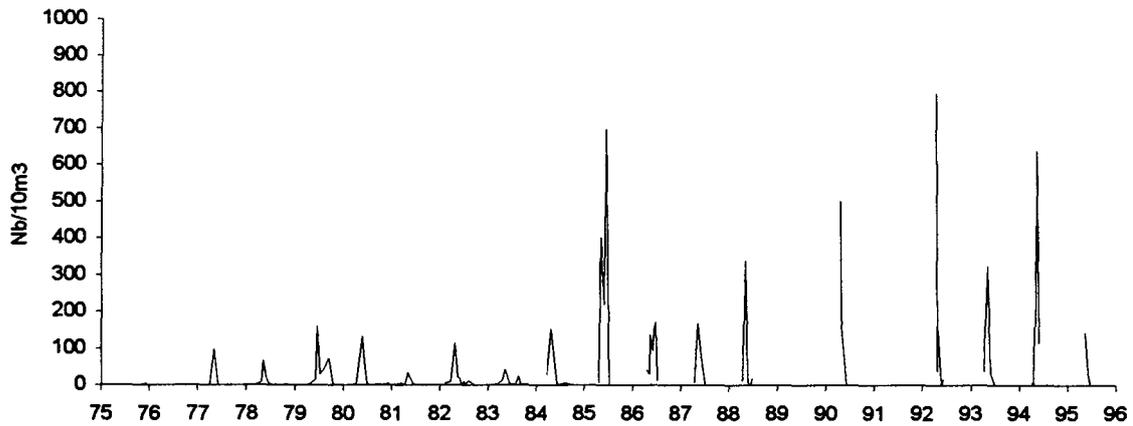


Fig. 6.13. Densités du cténaire *Pleurobrachia pileus* à Gravelines de 1975 à 1995 (moyenne des points)

ÉLÉMENTS DE CONCLUSION

L'année 1995 semble présenter, pour les espèces méso et macroplanctoniques étudiées, des caractéristiques habituelles.

Bien que les prélèvements aient été effectués en fin de saison de ponte, les densités d'oeufs de sole indiquent des effectifs normaux pour la période. Les densités de larves s'inscrivent dans un pic de fluctuations pluriannuelles et trahissent une légère avance de la saison de reproduction en 1995. En revanche, pour le sprat, on note un déficit de ponte, alors que les densités de larves se situent parmi les effectifs élevés. La période de ponte semble plus étalée pour cette espèce que lors des années précédentes, phénomène déjà noté en 1994.

Les densités de groseilles de mer sont normales. Les gradients côte-large sont bien respectés pour l'ensemble des espèces étudiées.

CHAPITRE VII

LE DOMAINE BENTHIQUE INTERTIDAL

Jean-Marie DEWARUMEZ

Dominique MENU

INTRODUCTION

Les études menées depuis 1973 sur l'estran de Petit-Fort-Philippe ont permis de mettre en évidence les facteurs écologiques qui déterminent la répartition et l'organisation des communautés benthiques intertidales. La teneur en fines du sédiment, fortement influencée par la courantologie locale, et les dessalures, qu'elles soient occasionnées par l'Aa ou par les résurgences de la nappe phréatique conditionnent la vie benthique sur l'estran de Gravelines, notamment dans les hauts de plage.

Depuis 1985, un troisième facteur semble pouvoir jouer un rôle non négligeable, il s'agit de la température dont l'action a pu être mise en relief par l'observation des évolutions respectives de deux annélides polychètes de la famille des Spionidés: *Spio martinensis* et *Pygospio elegans*.

Les évolutions synchrones ou non de ces trois facteurs écologiques permettent d'expliquer les nombreuses altérations qui ont pu être mises en évidence depuis le début des études écologiques de cet estran.

METHODOLOGIE

La méthodologie n'a pas changé au cours de l'étude 1995. Les huit stations ont été échantillonnées sur 0,25 m² le long des deux radiales, le 13 juillet 1995.

RESULTATS

1- COMPOSITION BIONOMIQUE

26 taxons ont été recensés sur les deux radiales au cours de cette étude. Ils se répartissent comme suit:

- 1 Némerte
- 1 Annélide Oligochète
- 10 Annélides Polychètes :
 - 3 polychètes errantes
 - 7 polychètes sédentaires
- 2 Mollusques :
 - 1 Gastéropode
 - 1 Bivalve
- 11 Crustacés :
 - 2 Isopodes
 - 7 Amphipodes
 - 2 Décapodes
- 1 Larve de Diptère

Ces 26 taxons correspondent à 5653 individus récoltés : 4405 sur la radiale 1 et 1248 sur la radiale 2. Ces résultats sont très proches de ceux de 1994 (5110 individus).

Radiale 1	Station E	Station F	Station G	Station H
Graviers grossiers	0,79	3,19	0,06	0,00
Graviers fins	1,94	7,94	0,80	0,10
Sables grossiers	9,74	13,51	4,69	4,61
Sables moyens	61,08	46,12	56,42	55,13
Sables fins	25,46	28,12	37,99	40,00
Pélites	0,99	1,11	0,04	0,15

Radiale 2	Station I	Station J	Station K	Station L
Graviers grossiers	0,26	0,86	0,02	0,05
Graviers fins	0,66	1,25	0,23	0,24
Sables grossiers	6,13	9,43	4,32	3,32
Sables moyens	57,71	65,91	72,70	35,06
Sables fins	29,87	22,49	22,70	61,23
Pélites	5,37	0,06	0,03	0,11

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

2- RESULTATS GLOBAUX

(figures 7-1 & 2, Tableaux 7-1 à 3)

2-1 Radiale 1

Le complexe de dunes et de bâches n'évolue plus depuis maintenant plusieurs années, cela se vérifie encore en 1995. Depuis 1989, il s'est progressivement atténué et n'offre plus de protection aux niveaux supérieurs de l'estran vis à vis de la houle.

2-1-1 Station E

On ne note plus la présence cette année de placages de vase. La teneur en pélites du sédiment diminue elle est de 1%. La structure granulométrique du sédiment évolue peu, les sables moyens restent largement dominants (61%) et la teneur en sables fins est quasiment identique à celle de 1994.

% pondéraux	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Pélites	1,57	0,57	3,92	1,22	0,91	7,22	7,73	296	1,27	2,51	2,34	0,99
Sable fin	18,90	40,66	34,39	25,08	24,03	40,63	19,72	20,61	7,60	18,39	25,59	25,46
Sable moyen	69,57	54,97	57,35	68,93	66,46	47,91	71,06	70,75	80,95	73,36	68,43	61,08

Le peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres continue à bénéficier des bonnes conditions mises en place en 1993, situation qui a perduré en 1994. *Corophium arenarium* (2820/m²) et *Hydrobia ulvae* (12028/m²) restent à des niveaux semblables à 1994 et dans un moindre mesure à 1993. La densité de *Eurydice affinis* continue à régresser (244 en 1993, 100 en 1994 et 76 en 1995).

La population de *Spio martinensis* qui avait quasiment disparu en 1994 (8/m² , voisin des niveaux de densités enregistrés en 1987-88) réapparaît en 1995. La population de *Pygospio elegans*. évolue de la même manière sur la radiale 2. Nous reviendrons sur la cas de ces deux polychètes dans un prochain paragraphe.

Densité /m ²	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
<i>Hydrobia ulvae</i>	7124	952	11324	25340	12820	7492	4060	10172	11304	12028
<i>Spio martinensis</i>	60	0	0	192	56	92	12	836	8	348
<i>Pygospio elegans</i>	1460	20	48	0	44	0	0	0	0	0
<i>Eurydice affinis</i>	84	1280	504	144	0	136	496	244	100	76
<i>Corophium arenarium</i>	5716	76	1208	360	2648	344	180	1808	3168	2820

La biomasse globale augmente encore à cette station. Elle augmente de 1,2 g/m² et atteint presque 10 g/m² . Cette augmentation est due en grande partie à *Spio martinensis* et à *Hydrobia ulvae* .

2-1-2 Station F

C'est à cette station que l'on a pu mettre en évidence les évolutions les plus importantes, en fait celles qui ont provoqué les altérations les plus fortes de la biomasse. Ces modifications sont directement liées à la présence ou non de populations de

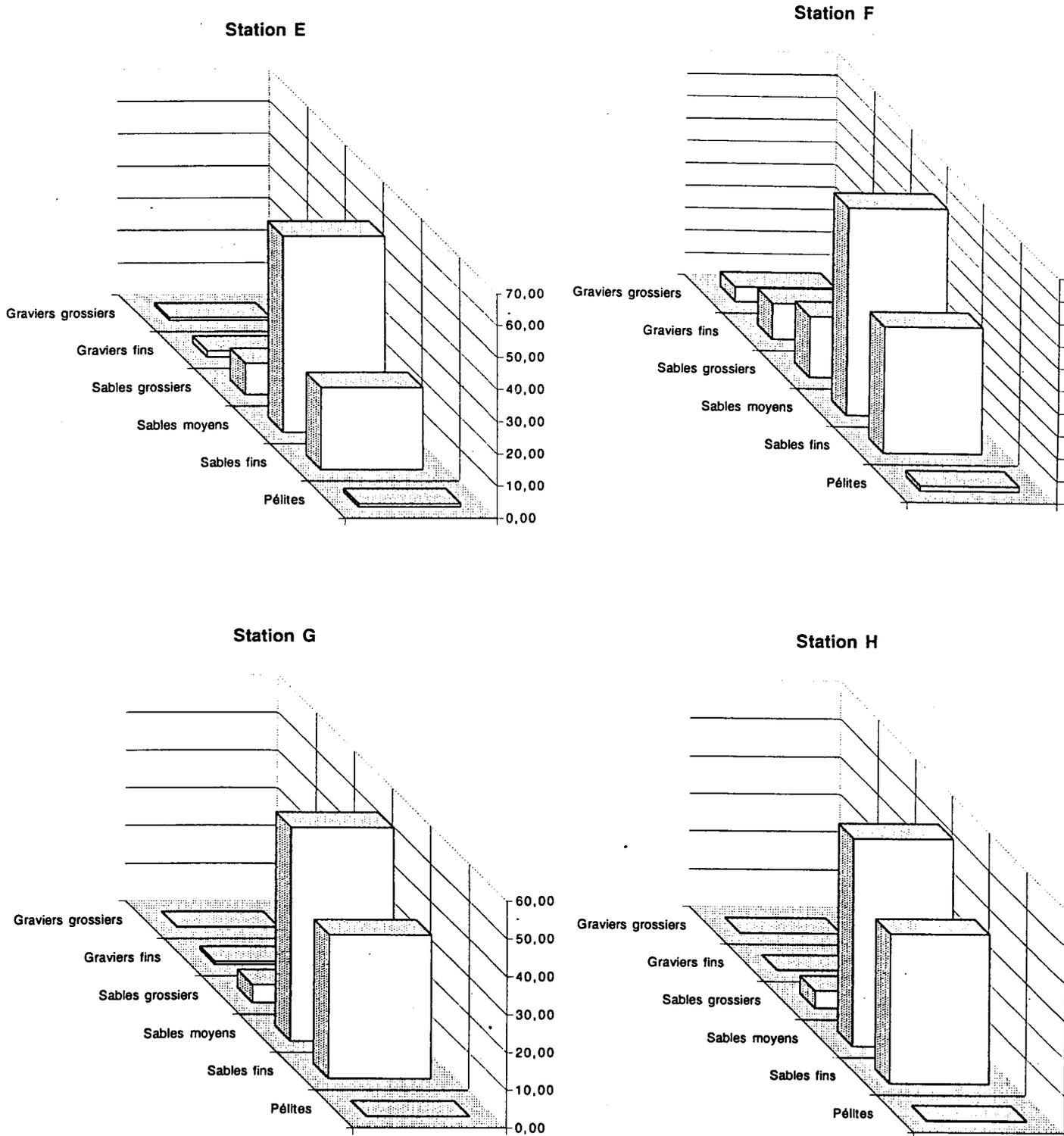


Fig. 7-1 : Radiale 1, Analyses granulométriques (% pondéraux)

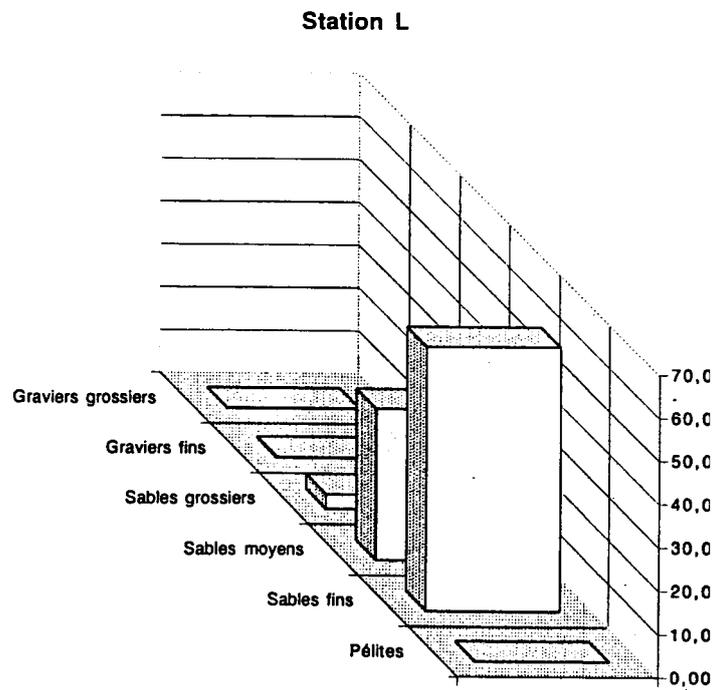
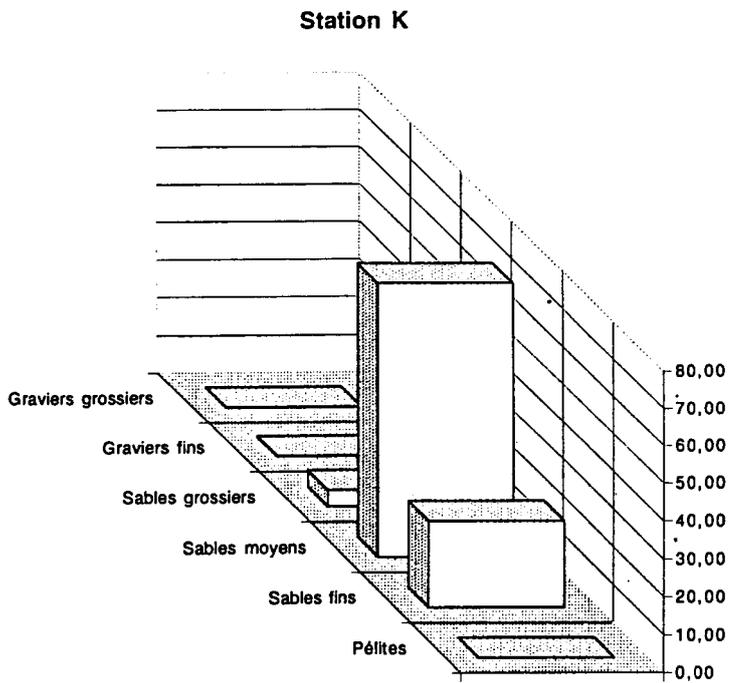
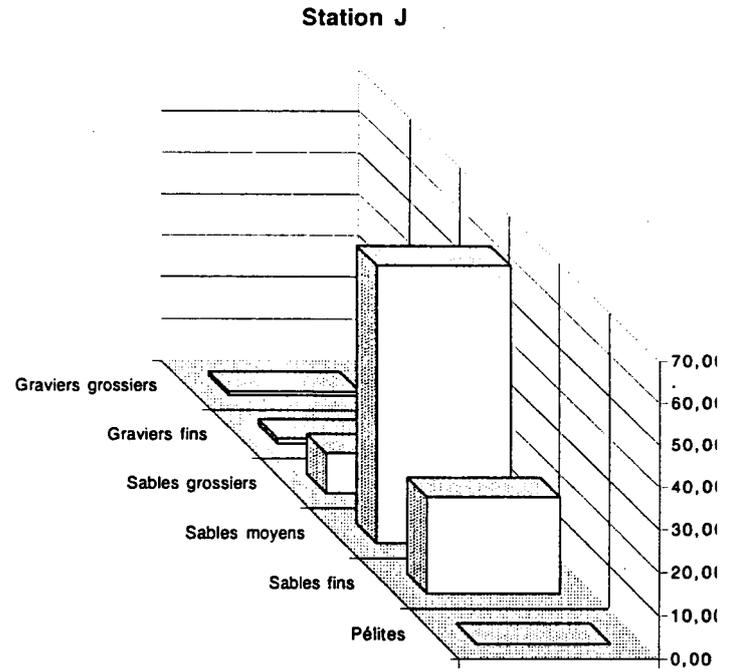
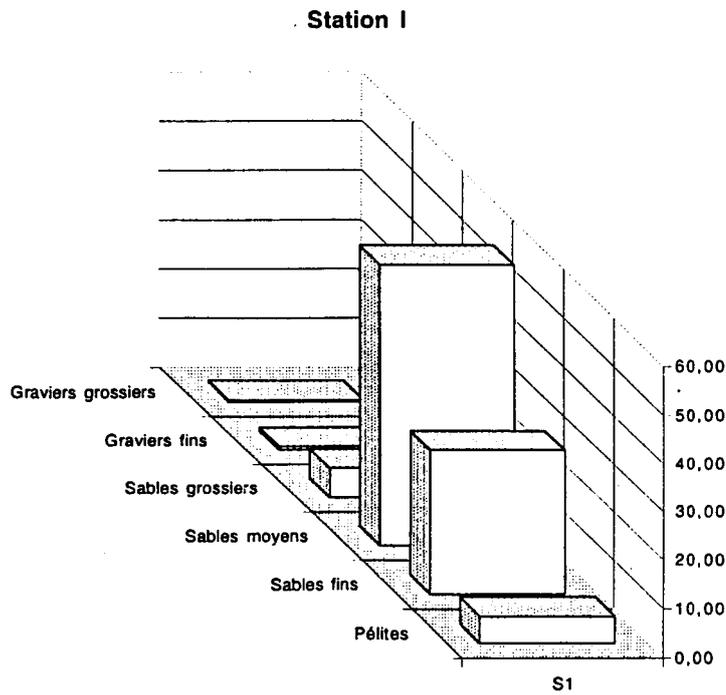


Fig. 7-2 : Radiale 2, Analyses granulométriques (% pondéraux)

	Station E		Station F		Station G		Station H	
	densité	biom.	densité	biom.	densité	biom.	densité	biom.
<i>Enchytraeidae sp</i>	5	0,5	40	3,7				
<i>Eteone longa</i>			5	1,1	3	0,6		
<i>Hediste diversicolor</i>			10	18,9	1	1,8		
<i>Nephtys cirrosa</i>					14	167,8	2	31,8
<i>Nerine cirratulus</i>	1	14,5	15	121,7	1	20,9		
<i>Spio martinensis</i>	87	71,4	173	132,8				
<i>Ophelia rathkei</i>			46	10,1	9	1,7		
<i>Arenicola marina</i>			1	500,7				
<i>Hydrobia ulvae</i>	3007	1681,8						
<i>Macoma balthica</i>	1	13,7	5	41,8				
<i>Eurydice affinis</i>	19	8,7						
<i>Eurydice pulchra</i>			1	0,5				
<i>Bathyporeia pilosa</i>	214	61,8						
<i>Bathyporeia sarsi</i>			1	0,3			3	0,8
<i>Haustorius arenarius</i>							7	6,7
<i>Corophium arenarium</i>	705	641,7	25	24,2				
<i>Portumnus latipes</i>							4	154,9
TOTAL	4039	2494,1	322	855,8	28	192,8	16	194,2

Tableau 7-2 : Radiale 1: Résultats bruts, densités et biomasses (en mg) /0,25 m2

mollusques bivalves (*Cerastoderma edule* et *Macoma balthica*). Ces deux espèces peuvent être sujettes à des recrutements très importants, elles peuvent générer ainsi de fortes biomasses. On lie habituellement la présence de ces deux espèces à la présence d'eaux dessalées (estuariennes) mais aussi à des facteurs écologiques agissant à méso-échelle et qui influent directement sur le recrutement de ces deux espèces dans une vaste zone géographique (cf *Cerastoderma edule* de 1981 à 83 et de 1989 à 91 et *Macoma balthica* de 1983 à 1987).

Densité/m ²	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
<i>Hediste diversicolor</i>	116	44	16	0	4	12	12	0	12	4	40
<i>Spio martinensis</i>	1324	236	0	0	592	192	8	12	968	4	692
<i>Pygospio elegans</i>	0	1460	40	16	0	0	144	0	0	0	0
<i>Ophelia rathkei</i>	68	8	100	4	0	0	28	0	16	324	184
<i>Hydrobia ulvae</i>	0	216	0	0	15700	860	0	8	20	0	0
<i>Cerastoderma edule</i>	4	16	0	0	1368	636	64	8	0	0	0
<i>Macoma balthica</i>	200	92	40	0	84	0	8	0	4	40	20
<i>Corophium arenarium</i>	12	36	16	0	36	24	60	0	4	24	100

En 1994 malgré une période hivernale pluvieuse on avait assisté à la régression de toutes les espèces euryhalines à l'exception d'*Ophelia rathkei* et de *Macoma balthica*. En 1995. On note le retour des principales espèces euryhalines (*Hediste diversicolor* : 40/m², et les Enchytraeidae: 160/m²). Tout cela bien que la pluviosité ait été moyenne. Ce qui montre que la période à laquelle interviennent les pluies est importante, la concordance doit être optimale entre l'arrivée de l'eau douce sur l'estran et la période de reproduction des espèces intertidales.

La densité d'*Ophelia rathkei* diminue fortement (184/m² en 1995 contre 324 en 1994) mais l'espèce reste à un niveau de densité remarquablement élevé. La densité de *Macoma balthica* régresse, elle passe de 40/m² en 1994 à 20 en 1995, la biomasse de cette espèce diminue dans la même proportion.

1994 avait été caractérisé par la présence d'*Arenicola marina* (36/m²) qui n'avait été que très rarement récoltée sur l'estran de Gravelines. L'espèce est toujours présente mais à un niveau bien moindre. La présence de cette espèce avait provoqué, en 1994, une augmentation considérable de la biomasse qui avait atteint 20 g/m². En 1995, la biomasse n'est plus que de 3,5 g/m², ce qui est une valeur relativement faible.

La population de *Spio martinensis*, tout comme à la station E se reconstitue, elle atteint une densité de 692 ind/m².

2-1-3 Stations G et H

Depuis maintenant plusieurs années, la station G se trouve soustraite à l'influence de l'Aa du fait des altérations morphologiques de l'estran. Les stations G et H évoluent en fait très peu, elles sont occupées par des peuplements tout à fait caractéristiques des bas niveaux des estrans de la région. La biomasse y est régulièrement inférieure à 1 g/m², malgré les récoltes occasionnelles d'animaux de grande taille surdispensés comme *Portunus latipes* pour cette année ou d'espèces appartenant au peuplement subtidal à *Abra alba* tout proche comme ce fut le cas en 1992 avec la récolte d'*Ensis directus*.

2-1-4 Radiale 1 : conclusion

Les faits marquants enregistrés à cette station en 1995 ont été le retour à une situation proche de ce que l'on avait pu enregistrer en 1993. Par rapport à 1994 on notera plus particulièrement la prépondérance des espèces euryhalines et le maintien des

populations à forte biomasse comme *Hydrobia ulvae* et *Corophium arenarium*. La population de *Spio martinensis* semble est revenue à un niveau presque normal.

2-2 Radiale 2

2-2-1 Station I

Depuis plusieurs années cette station est sous l'influence constante ou non, simultanée ou non, des trois facteurs écologiques déterminants pour la plage de Gravelines. Ainsi, d'année en année, le peuplement évolue lentement vers des aspects soit envasés soit dessalés, sans que cette évolution puisse se maintenir définitivement. Jusqu'en 1990, le peuplement avait lentement évolué vers des aspects moins caractéristiques des sédiments envasés et dessalés. Depuis cette date, le peuplement évolue à nouveau vers une composition bionomique classique.

Densités/m ²	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Oligochètes	8	84	88	40	0	36	0	8	20	0	0	16
<i>Pygospio elegans</i>	664	1448	2004	1472	1004	1224	208	148	424	1404	32	772
<i>Hydrobia ulvae</i>	1464	1684	100	800	312	688	564	0	620	116	1216	1380
<i>Corophium arenarium</i>	400	380	1304	2512	1380	1852	468	624	3772	6184	956	1232
<i>Bathyporeia pilosa</i>	4448	40	1680	8	126	0	52	100	60	684	64	128
<i>Eurydice affinis</i>	284	4	272	68	268	16	60	0	20	236	448	436

En 1994 ont avait pu noter une forte prédominance des espèces euryhalines malgré une forte diminution de la densité de *Corophium arenarium* (de 6200 en 1993 à 1000 en 1994). En 1995, si la densité de cette espèce augmente elle n'atteint pas pour autant les densités enregistrées en 1993. La population d'*Hydrobia ulvae* reste au même niveau qu'en 1994. Le reste des espèces récoltées est dans la norme habituelle du peuplement à cette station et présente une grande stabilité dans les effectifs par rapport à 1994.

Le fait marquant de cette campagne 1995 est la réapparition de *Pygospio elegans* à la station I (densité de 772/m² en 1995, 32 en 1994). On n'atteint pas les densités maximum pour cette espèce sur le site mais l'augmentation est notable.

2-2-2 Station J

Cette station est située à proximité immédiate du complexe fortement atténué de dunes et de bâches. Elle est caractérisée, depuis que la lente évolution du complexe l'a permis, par une dérive vers des affinités très marquées avec les peuplements des moyens niveaux inférieurs des estrans de la région.

Densité/m ²	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
<i>Nerine cirratulus</i>	52	0	40	168	336	12	146	36	32	88	68	96
<i>Eurydice affinis</i>	796	60	200	452	40	8	0	0	140	240	16	68
<i>Eurydice pulchra</i>	60	4	8	480	0	192	160	0	16	0	236	308
<i>Bathyporeia pilosa</i>	296	28	272	276	0	0	0	0	156	76	0	0

En 1994, la récolte de *Bathyporeia sarsi* en très grande densité (400/m²) avait confirmé l'évolution signalée plus haut. Cette espèce, inféodée au niveaux inférieurs des estrans de la région se maintient en 1995 à un niveau équivalent (348 /m²). Elle occupe désormais la niche écologique laissée vacante par *Bathyporeia pilosa* qui possède des affinités vasicoles très marquées. Le reste du cortège spécifique est dominé par *Nerine cirratulus* et *Eurydice pulchra*. dont la densité de population a progressé entre 1994 et

	Station I		Station J		Station K		Station L	
	densité	biom.	densité	biom.	densité	biom.	densité	biom.
<i>Enchytraeidae sp</i>	4	0,4						
<i>Némertes sp</i>					1	0,6		
<i>Eteone longa</i>			1	0,4	1	0,7		
<i>Nephtys cirrosa</i>					12	100,6	7	74,5
<i>Paraonis fulgens</i>					2	0,5		
<i>Pygospio elegans</i>	193	12,7	2	1,1				
<i>Nerine cirratulus</i>			24	87,6	7	35		
<i>Lanice conchilega</i>							1	4,8
<i>Hydrobia ulvae</i>	345	200,1						
<i>Euridyce affinis</i>	109	29,1	17	6,1				
<i>Eurydice pulchra</i>			77	21,9				
<i>Urthoe brevicornis</i>							1	0,3
<i>Atylus swammerdami</i>							1	0,2
<i>Bathyporeia pilosa</i>	32	7,9						
<i>Bathyporeia sarsi</i>			87	21,1	2	0,4		
<i>Haustorius arenarius</i>					1	0,7	8	27,6
<i>Pontocrates altamarinus</i>							1	0,2
<i>Corophium arenarium</i>	308	163,7						
<i>Crangon crangon</i>							1	14,7
<i>Portumnus latipes</i>							2	500,7
<i>Larves diptères</i>	5	6,9						
TOTAL	992	420,4	208	138,2	26	138,5	22	623

Tableau 7-3 : Radiale 2 : Résultats bruts, densités et biomasses (en mg) /0,25m²

1995. La biomasse reste du même ordre de grandeur depuis 1993 (0,5 g/m²). Le peuplement installé à cette station est maintenant tout à fait typique des moyens niveaux à forte énergie de la région. Il n'existe pratiquement plus de traces du peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres qui y était installé voilà quelques années.

2-2-3 Station K

Cette station est d'une remarquable stabilité depuis le début des études, elle est caractérisée par la présence de *Nephtys cirrosa*, *Haustorius arenarius*, *Bathyporeia sarsi*. La biomasse est, en général, faible et la différence entre les biomasses enregistrées en 1994 et 1995 est due à l'absence de récolte de *Portumnus latipes*.

2-2-4 Station L

Tout comme les deux autres stations de bas niveau de la radiale 1 cette station est d'une grande stabilité bionomique. Le cortège spécifique que l'on y rencontre est tout à fait caractéristique des bas niveaux de plage de la région, l'augmentation de la biomasse par rapport aux années précédentes est due à la récolte de deux *Portumnus latipes*.

2-2-5 Radiale 2 : conclusion

Les résultats enregistrés en 1994 confirment dans une large mesure ceux de 1994. L'évolution de la station J vers des aspects de peuplements de moyens niveaux inférieurs est de plus en plus marquée. L'évènement le plus important survenu dans la partie ouest de l'estran est le retour de la population de *Pygospio elegans*.

3- CONCLUSION SUR L'EVOLUTION DE L'ESTRAN

3-1 Cas de la partie ouest

Les peuplements typiquement estuariens qui occupaient cette partie de l'estran ont disparu à partir de la mise en fonctionnement de la centrale. Le peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres qui l'a remplacé est fortement fragilisé par la variabilité de la dessalure et de l'érosion des fines.

	Densité moyenne 1989	Densité moyenne 1990	Densité moyenne 1991	Densité moyenne 1992	Densité moyenne 1993	Densité moyenne 1994	Densité moyenne 1994
<i>Ophelia rathkei</i>	0	0	3,5	0	4	82	54
<i>Oligochètes</i>	0,5	0	1,5	0	20	1	45
<i>Enoplus brevis</i>	0	0	0	0	3	0	0
<i>Hediste diversicolor</i>	0,5	0,75	1,5	0	3	1	11

En 1994, malgré un hiver pluvieux, hormis *Ophelia rathkei*, les espèces euryhalines n'ont pas pu se maintenir après leur réinstallation en 1993, les pluies printanières n'ayant pas pu entretenir suffisamment la dessalure. En 1995, bien que les pluies printanières aient été également faibles les espèces vasicoles semblent se réinstaller et tout particulièrement en moyen niveau.

3-2 Cas des Spionidiens

Le principe général de la séparation géographique des deux espèces n'a jamais été réellement remis en cause depuis 1984. On trouve *Spio martinensis* sur la partie ouest de la plage, à l'écart de toute influence de la centrale, tandis que *Pygospio elegans* s'accommode parfaitement de la partie est. Malgré tout, les densités de ces deux annélides subissaient des fluctuations parfois importantes. En 1993, la situation semblait s'être à nouveau figée en isolant parfaitement les deux populations d'annélides.

Densité/m ²		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
<i>Spio martinensis</i>	E	12	60	0	0	192	56	92	12	836	8	348
	F	1324	236	0	0	592	192	8	12	938	4	692
	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pygospio elegans</i>	E	0	1460	20	48	0	0	0	0	0	0	0
	F	0	636	40	16	0	0	144	0	0	0	0
	I	1448	2004	1472	1004	1224	208	148	424	1404	32	772
	J	136	236	80	0	144	60	0	0	4	0	8

En 1994 le schéma décrit plus haut était toujours valable: *Spio martinensis* était présent à l'ouest hors d'atteinte des eaux réchauffées de la centrale tandis que *Pygospio elegans* restait confiné à l'est, mais les populations des deux espèces avaient simultanément chuté et les deux espèces étaient quasiment éliminées du site. En 1995, la situation redevient très similaire à ce qu'elle était en 1993, avec deux populations parfaitement individualisées et possédant un bon niveau de densité. Notons cependant que l'évolution de la station J vers des aspects de moyens niveaux inférieurs semble devoir éliminer *Pygospio elegans*.

3-3 Evolution de la biomasse.

Toute altération de la structure bionomique d'une communauté entraîne inmanquablement une altération de la biomasse.

en g/m ²	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
E'	4,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	7,16	9,01	13,40	1,52	7,99	13,51	7,92	4,62	2,99	7,25	8,7	9,87
F	6,28	5,79	6,67	2,12	0,05	41,46	25,97	13,37	0,48	1,37	20,63	3,42
G	0,51	1,051	1,26	0,83	0,39	0,48	0,41	0,61	0,12	0,48	0,61	0,77
H	0,27	0,18	0,24	0,16	0,87	0,38	1,29	0,12	2,97	0,11	0,29	0,77
I	2,95	2,08	2,07	2,44	2,70	1,66	0,60	0,38	3,02	3,94	1,47	1,68
J	0,58	0,24	0,40	1,49	1,65	0,11	0,32	0,15	0,35	0,35	0,48	0,75
K	0,92	0,46	0,73	0,82	1,48	0,86	0,71	0,77	0,02	0,47	1,63	0,75
L	0,26	0,45	0,43	0,61	0,67	0,22	0,18	0,90	20,52	0,59	0,30	2,49
Moy. estran	2,37	2,46	3,15	1,25	1,98	7,34	4,68	2,54	3,77	1,82	4,26	2,56

Le bilan de l'évolution de la biomasse sur la plage de Gravelines fait apparaître importante diminution de la biomasse moyenne, elle est due la disparition de *Arenicola marina* à la station F. Cette diminution n'est pas compensée par le retour des populations de Spionidiens dont la biomasse individuelle est beaucoup trop faible.

CHAPITRE VIII

LE DOMAINE BENTHIQUE SUBTIDAL

Jean-Marie DEWARUMÉZ

Christophe LUCZAK

Dominique MENU

INTRODUCTION

Le suivi écologique du domaine subtidal de la région de Gravelines est assuré depuis 1973. Dans un premier temps, de 1973 à 1976, les études ont porté sur les aspects qualitatifs des trois communautés benthiques identifiées dans la région. Depuis 1976 ce sont les aspects quantitatifs (densités, biomasses) qui sont envisagés. D'abord, ils le furent dans le cadre des trois communautés benthiques, ensuite uniquement au niveau du seul peuplement à *Abra alba*. Les études actuelles portent sur la comparaison de deux stations, l'une impactée par la centrale (Station C) et l'autre non impactée (station B).

Le peuplement à *Abra alba* est caractérisé par une forte productivité mais également par une très grande instabilité des dominances d'une dizaine d'espèces, les plus contributives à l'organisation bionomique du peuplement. Ainsi les recrutements, souvent pléthoriques d'espèces telles que *Abra alba*, *Lanice conchilega*, *Pectinaria koreni*, *Spisula subtruncata* ou *Ensis directus* peuvent fournir des apports en biomasse qui peuvent atteindre voire dépasser 50 g/m². D'autres espèces peuvent présenter également de forts recrutements: *Phyllodoce mucosa*, *Eumida sanguinea*. Mais étant donnée leur faible biomasse individuelle, l'impact au niveau de la biomasse globale est moins important.

Si les conditions écologiques le permettent, les cohortes ayant recruté se maintiennent, l'apport en biomasse s'accroît en fonction de la croissance des recrues et elle peut atteindre et parfois dépasser 100 g/m². Ceci est particulièrement vrai à la station B, cependant, les mêmes phénomènes peuvent se produire à la station C mais ils sont fortement atténués. La comparaison des deux stations permet de mettre en évidence des déficits en biomasse que l'on peut attribuer au fonctionnement de la centrale.

La station B est normalement caractérisée par un sédiment envasé avec prédominance d'espèces vasicoles à forte biomasse, mais en 1991, une tempête a provoqué une altération sédimentologique qui a fait disparaître complètement la fraction la plus fine du sédiment.

La circulation des eaux de refroidissement de la centrale provoque un lessivage des fines à la station C qui est donc caractérisée par un sédiment constitué de sables fins à moyens quasiment dépourvu de pélites. A cette station, les espèces sabulicoles à faible biomasse prédominent.

METHODOLOGIE

La méthodologie de prélèvement reste inchangée. Quatre campagnes ont été réalisées aux stations B et C les 16 février, 9 mars, 30 mai et 14 septembre 1995. Du fait des modifications sédimentologiques survenues à la station B lors de l'étude précédente, il a été décidé de doubler les prélèvements effectués à la station B par d'autres effectués à 250 m, en dehors de la zone affectée par le phénomène. Les prélèvements sont conservés à des fins de contrôle ultérieur par rapport à l'évolution future de la station B.

L'examen de ces prélèvements montre que la perturbation mise en évidence en 1991 continue à être localisée à la station B et que la différence entre les deux stations s'atténue progressivement. Le peuplement à *Abra alba* conserve intactes ses potentialités et la recolonisation de la station B par les espèces localisées dans le champ proche commence à être patente. L'étude porte néanmoins sur l'analyse de la station B dont le retour à la normale se confirme d'année en année. La comparaison avec la station C, impactée en continu par la centrale, démontre les capacités du peuplement à *Abra alba* de revenir à une situation normale en quelques années dès lors qu'une perturbation s'arrête.

Station B	16/02/1995	09/03/1995	30/05/1995	14/09/1995
Graviers grossiers	0,66	0,46	0,31	0,05
Graviers fins	0,79	0,56	1,26	0,24
Sables grossiers	27,37	24,01	34,52	5,20
Sables moyens	48,86	49,15	37,33	41,35
Sables fins	21,86	25,19	23,69	47,43
Pélites	0,45	0,63	2,89	5,73

Station C	16/02/1995	09/03/1995	30/05/1995	14/09/1995
Graviers grossiers	0,05	0,01	0,06	0,03
Graviers fins	0,07	0,04	0,12	0,13
Sables grossiers	0,38	0,51	1,54	1,76
Sables moyens	84,33	88,72	91,00	92,38
Sables fins	15,16	10,72	7,27	5,71
Pélites	0,01	0,01	0,00	0,00

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

RESULTATS

1- ANALYSES GRANULOMETRIQUES

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

1-1- Station B

L'altération de la structure granulométrique est toujours sensible, mais on note un retour de plus en plus net vers une structure classique pour le peuplement à *Abra alba*. La teneur en sables fins augmente (de 22 à 47%) au détriment de la teneur en sables grossiers qui diminuent (de 24 à 5%). Parallèlement la teneur en pérites augmente de 0,45 à 5,7%, valeur tout à fait normale pour le peuplement à *Abra alba*. L'envasement constaté en novembre 1994 a été très fugace, celui noté depuis mai 1995 se confirme dans les prélèvements réalisés en 1996. La teneur importante en sables moyens (voisine de 40%) montre que la situation n'est, néanmoins pas redevenue complètement normale.

1-2- Station C

Le sédiment de la station C reste très semblable à ce que l'on trouve habituellement à cette station. La seule différence que l'on peut noter est que si les sables fins à moyens dominent toujours très largement, ils représentent maintenant plus de 98% du poids du sédiment : 84 à 92% pour les sables moyens et 6 à 15% pour les sables fins. Les pérites sont quasiment inexistantes avec un maximum de 0,01%.

2- ANALYSE BIONOMIQUE

(Tableaux 8-2 à 5, Figures 8-2 et 3)

L'analyse faunistique a permis d'identifier 56 taxons différents sur les deux stations (45 espèces à la station B et 24 espèces à la station C). Ils se répartissent comme suit:

- 1 Cnidaire
- 3 Némertes
- 24 Annélides
 - 13 sédentaires
 - 11 errantes
- 9 Mollusques
 - 1 Gastéropode
 - 8 Bivalves
- 16 Crustacés
 - 1 Mysidacé
 - 1 Cumacé
 - 1 Isopode
 - 9 Amphipodes
 - 4 Décapodes
 - 3 Echinodermes Ophiurides

Ils correspondent à 17934 individus récoltés dont 17528 à la station B et 406 à la station C.

Le nombre d'individus récoltés est équivalent à ce que l'on pouvait rencontrer avant la perturbation à la station B: toujours plus de 15000 individus. Ces dernières années les densités globales étaient voisines de 3000 individus à la station B.

Pour ce qui est de la station C, il n'y a pas d'évolution marquante au niveau du nombre d'individus récoltés depuis plusieurs années, il reste toujours voisin de 3 ou 400 individus.

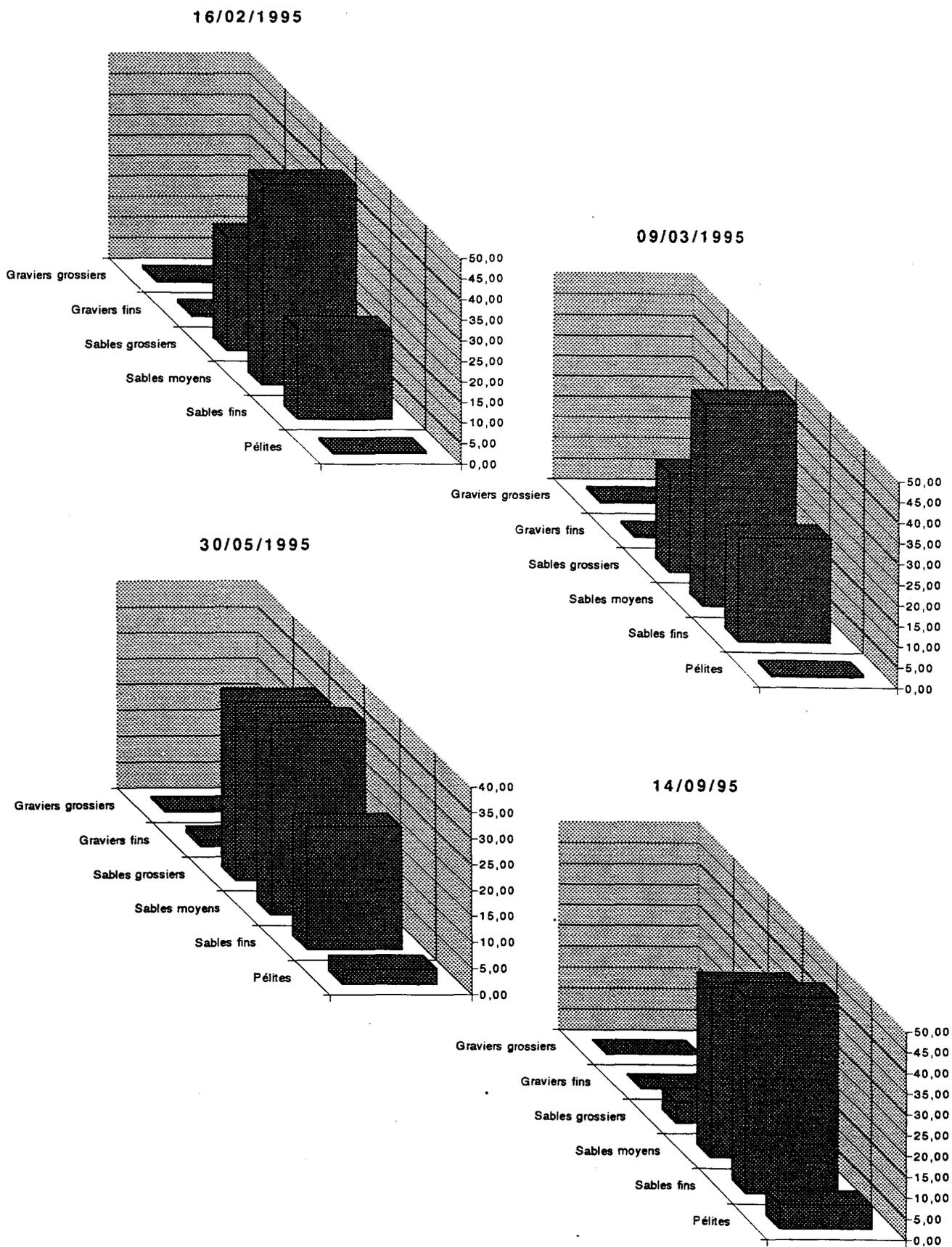
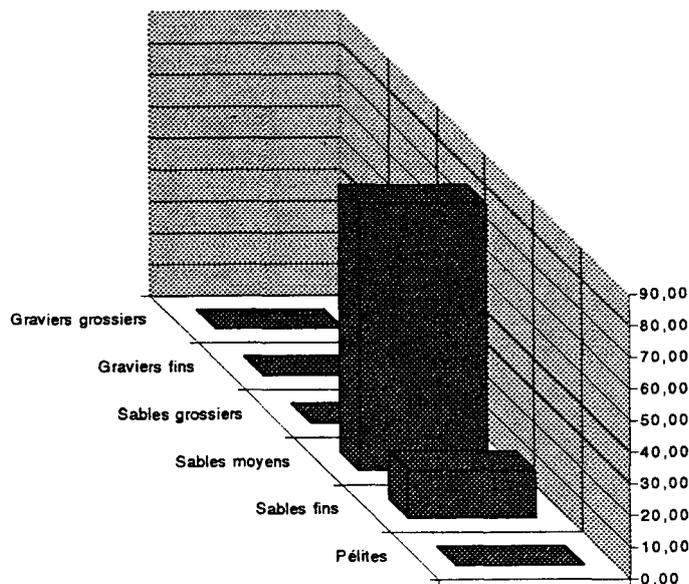
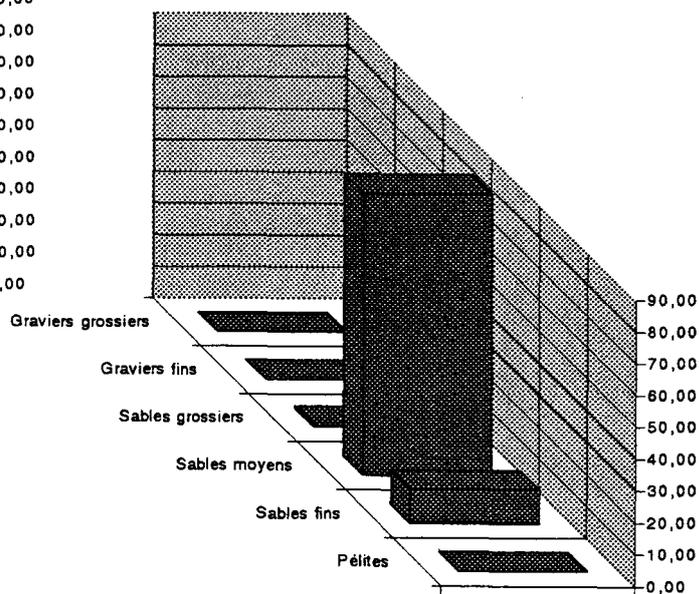


Figure 8-1 : Evolution de la structure granulométrique du sédiment à la station B en 1995

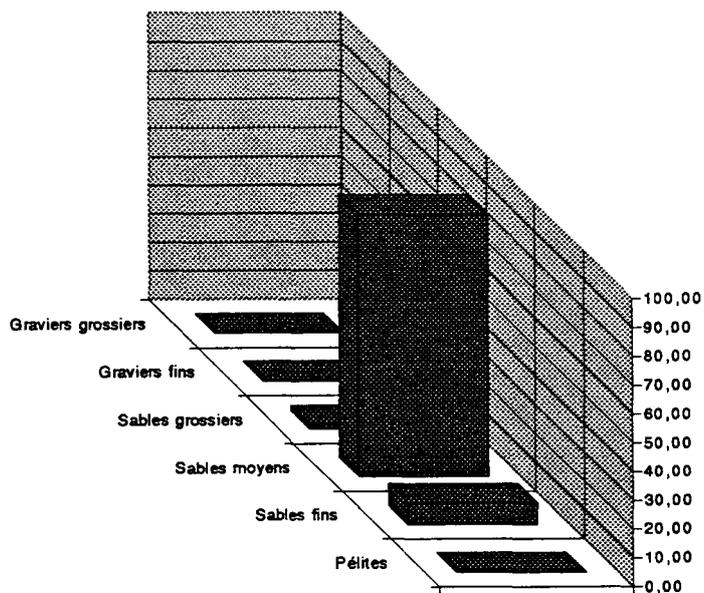
16/02/95



09/03/95



30/05/95



14/09/95

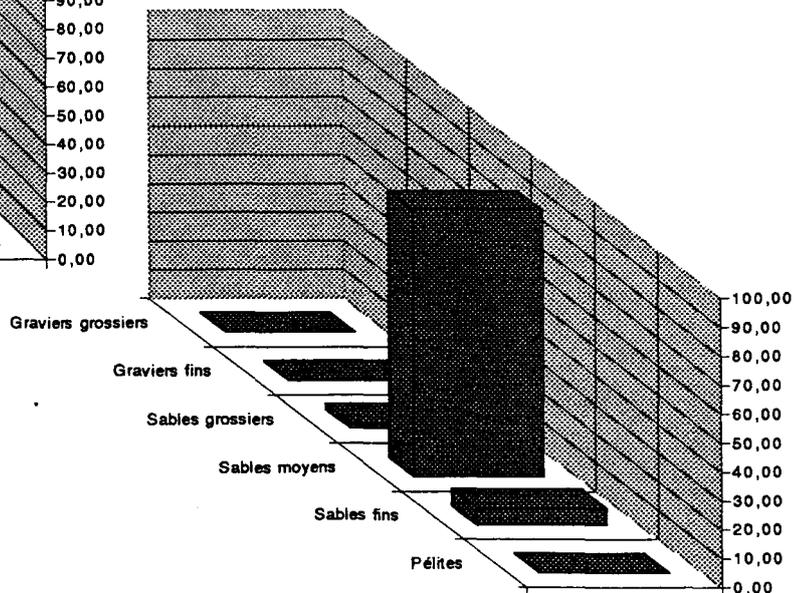


Figure 8-2 : Evolution de la structure granulométrique du sédiment à la station C en 1995

2-1- Station B

Cette station, représentative du peuplement à *Abra alba*, est sujette à des basculements bionomiques de type chaotique liés directement aux aléas du recrutement et des conditions météorologiques (vent) qui les influencent.

Au printemps 1991, deux phénomènes indépendants mais simultanés se sont produits : une altération profonde du sédiment et le recrutement d'une espèce habituellement absente du site (*Ensis directus*). Il en a résulté la quasi-disparition des espèces vasicoles de la station B, *Ensis directus* occupant la place laissée vacante et s'accommodant parfaitement des nouvelles conditions sédimentologiques. En 1992, les recrutements des espèces du peuplement à *Abra* ne réussirent pas à se maintenir. Le peuplement évolua en 1993 vers des aspects sabulicoles et gravelicoles, avec l'arrivée d'espèces comme *Goniadella bobretzkii*, *Glycera alba* et *Nephtys cirrosa*. Les recrutements des espèces vasicoles avaient néanmoins lieu sans pouvoir se maintenir plus de quelques semaines en raison de la structure granulométrique inappropriée. *Ensis directus* restait présent, malgré une forte mortalité. En 1994, à la faveur d'une tendance au retour à la normale du sédiment, une tendance identique au niveau bionomique s'affirme.

En 1995, tout se passe comme si des tentatives de réappropriation du milieu de la part des espèces caractéristiques du peuplement à *Abra alba* se produisaient. On note une succession de dominances de plusieurs groupes d'espèces pendant les six premiers mois :

- en février : *Spiophanes bombyx* (1098/m²), *Magelona mirabilis* (354/m²), *Capitella capitata* (264/m²), *Spio martinensis* (139/m²);

- en mars : *Lanice conchilega* (490/m²), *Eumida sanguinea* (277/m²), *Nassarius reticulatus* (135/m²), *Abra alba* (130/m²), *Phyllodoce mucosa* (116/m²) *Ensis directus* (109/m²);

- en mai : *Lanice conchilega* (1832/m²), *Ensis directus* (360/m²) et *Notomastus latericeus* (140/m²).

En septembre, le cortège spécifique redevient tout à fait classique du peuplement : *Lanice conchilega* (4630/m²), *Abra alba* (2723/m²), *Sagartia troglodytes* (1737/m²), *Spisula subtruncata* (483/m²), *Notomastus latericeus* (337/m²) et *Ensis directus* (180/m²).

On note, en fait, au cours de cette année cinq recrutements réussis : *Lanice conchilega* et *Ensis directus* au printemps puis, *Sagartia troglodytes*, *Abra alba* et *Spisula subtruncata* en été. Ces recrutements semblent se maintenir au delà de quelques semaines dans la mesure où elles sont toujours présentes dans les prélèvements effectués en 1996. Il semble donc que le peuplement à *Abra alba* soit revenu à la situation d'avant 1991. Il est à noter que si le recrutement estival de *Sagartia troglodytes* et de *Abra alba* procède d'un phénomène à l'échelle locale, celui de *Spisula subtruncata* est général sur les côtes de la baie sud de la mer du Nord. De très nombreux rejets de *Spisula subtruncata* ont été notés sur les plages de la région de Dunkerque et du sud de la Belgique, en août et en septembre 1995. Ces rejets ont sans doute été provoqués par des reprises par la houle de nord qui a longuement été observée pendant l'été 1995. De nombreux rejets de *Spisula subtruncata* ayant été observés sur les plages à proximité de la station B, on peut penser que les densités qu'a pu atteindre cette espèce en août, quelques semaines après son recrutement, à la station B, sont sans doute plus fortes que les 483/m² observés en septembre.

Ce retour à la normale au niveau bionomique s'accompagne d'un retour à des valeurs plus habituelles de la biomasse. En février, la biomasse globale reste faible (11,4 g/m²), les espèces les plus contributives sont *Ensis directus* (3,6 g/m²), *Macoma balthica* (1,4 g/m²) et *Abra alba* (1,3 g/m²). En mars, la biomasse revenait à des niveaux normaux pour la station (90g/m²), *Ensis directus* représentant à lui seul 55,5 g/m², *Nassarius reticulatus* (19,2g) et *Lanice conchilega* étant les autres espèces à forte biomasse. A la faveur des recrutements de la fin du printemps et de l'été, on assiste à une véritable explosion de la biomasse qui atteint 403 g/m², la valeur la plus forte jamais enregistrée sur le site. Les espèces qui contribuent à l'élaboration de cette biomasse sont:

	16/02/1995	09/03/1995	30/05/1995	14/09/1995
<i>Tubulanus polymorphus</i>	23			10
<i>Cerebratulus sp.</i>		1	2	
<i>Sagartia troglodytes</i>				1737
<i>Spio martinensis</i>	139		2	
<i>Scoloplos armiger</i>	83	1		
<i>Spiophanes bombyx</i>	1098	49		
<i>Magelona mirabilis</i>	354	52		3
<i>Chaetozone setosa</i>	2	1		7
<i>Notomastus latericeus</i>	8	31	140	337
<i>Capitella capitata</i>	264	3	2	
<i>Phyllodoce mucosa</i>	66	116	12	40
<i>Eumida sanguinea</i>		277	6	73
<i>Harmothoe glabra</i>		1		
<i>Harmothoe lunulata</i>		13	42	17
<i>Sthenelais boa</i>		8		80
<i>Pholoe minuta</i>	1	5		7
<i>Kefersteinia cirrata</i>	1		2	
<i>Eunereis longissima</i>	3	3	2	
<i>Nephtys cirrosa</i>	2	11	2	
<i>Nephtys assimilis</i>		1		
<i>Nephtys hombergii</i>	67	86	18	73
<i>Owenia fusiformis</i>	13	9		50
<i>Pectinaria koreni</i>	2		2	37
<i>Lanice conchilega</i>	3	490	1832	4630
<i>Lunatia alderi</i>	1			
<i>Nassarius reticulatus</i>	20	135	28	140
<i>Venerupis pullastra</i>				10
<i>Mysella bidentata</i>	52	4	20	40
<i>Spisula subtruncata</i>	2	1		483
<i>Macoma balthica</i>	17	8		
<i>Tellina fabula</i>	44	15	8	43
<i>Abra alba</i>	62	130	18	2723
<i>Ensis directus</i>	14	109	34	180
<i>Ensis sp. (E. directus juv.)</i>			326	
<i>Idotea linearis</i>	1			
<i>Leucothoe incisa</i>	1	17	2	7
<i>Urothoe poseidonis</i>	6			
<i>Atylus falcatus</i>			2	
<i>Atylus swammerdami</i>	1	2		
<i>Diastylis bradyi</i>	9	1		
<i>Pagurus bernhardus</i>		3		3
<i>Liocarcinus holsatus</i>		10	30	10
<i>Acrocnida brachiata</i>	1			3
<i>Ophiura texturata</i>			16	277
<i>Ophiura albida</i>		1		3
TOTAL	2363	1594	2548	11023

Tableau 8-2 : Station B, Densités par m²

	16/02/1995	09/03/1995	30/05/1995	14/09/1995
<i>Némertes sp</i>	1		1	1
<i>Nerine cirratulus</i>	1	25		1
<i>Polydora ciliata</i>			1	1
<i>Spio martinensis</i>	8			
<i>Spiophanes bombyx</i>		1	1	
<i>Harmothoe lunulata</i>				1
<i>Pholoe minuta</i>	1			
<i>Eumida sanguinea</i>	2			
<i>Nephtys cirrosa</i>	47	29	48	72
<i>Lumbrineris impatiens</i>				4
<i>Capitella capitata</i>			1	
<i>Lanice conchilega</i>	5		6	3
<i>Ensis directus</i>			1	1
<i>Tellina fabula</i>			1	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>		4		
<i>Eurydice pulchra</i>		1		1
<i>Bathyporeia elegans</i>	1	3	2	1
<i>Urothoe elegans</i>	5	72	4	22
<i>Pontocrates altamarinus</i>		1		
<i>Photis longicaudata</i>		1		
<i>Pariambus typicus</i>				1
<i>Crangon crangon</i>				1
<i>Portumnus latipes</i>	5	5	2	10
<i>Ophiura albida</i>		1		
TOTAL	76	143	68	120

Tableau 8-3: Station C, densités par m²

	16/02/1995	09/03/1995	30/05/1995	14/09/1995
<i>Sagartia troglodytes</i>				28328,7
<i>Spiophanes bombyx</i>	872,8	33,8		
<i>Notomastus latericeus</i>	44,2	1037,2	6166,6	8025,3
<i>Magelona mirabilis</i>	177,2	16,9		
<i>Eumida sanguinea</i>		89,3		
<i>Phyllodoce mucosa</i>	177,7	147,1		
<i>Nephtys cirrosa</i>		23		
<i>Nephtys hombergii</i>	1134,3	2813,6	789,6	2956,3
<i>Lanice conchilega</i>		6653,4	2296,2	272141,3
<i>Pectinaria koreni</i>				1001,7
<i>Nassarius reticulatus</i>	1212,3	19152,7	1526	12404,0
<i>Macoma balthica</i>	1403,7	587,6		
<i>Spisula subtruncata</i>	299,9	231,2		1196,0
<i>Abra alba</i>	1250,4	1633,5	310,2	5335,3
<i>Tellina fabula</i>	234,0	161,4	337,2	681,0
<i>Ensis directus</i>	3696,4	55498,9	16467,6	54632,7
<i>Ophiura texturata</i>				1059,7
Divers	902,3	1234,2	1388	15282,7
Biomasse totale	11405,3	89313,8	29281,4	403044,7

Tableau 8-4 : Station B, biomasses en mg.m⁻²

	16/02/1995	09/03/1995	30/05/1995	14/09/1995
<i>Nerine cirratulus</i>		11,6		1,0
<i>Spiophanes bombyx</i>		11,3		
<i>Nephtys cirrosa</i>	280,2	296,7	248,9	424,2
<i>Lumbrineris impatiens</i>				220,1
<i>Lanice conchilega</i>	5,2			12,2
<i>Tellina fabula</i>			22,0	
<i>Ensis directus</i>				38,4
<i>Gastrosaccus spinifer</i>		18,9		
<i>Urothoe elegans</i>	3,3	68,2	4,6	9,5
<i>Crangon crangon</i>				2,5
<i>Portunus latipes</i>	100,9	454,7	213,1	128,9
<i>Ophiura albida</i>		19,0		
Divers	5,6	2,4	18,6	10,0
TOTAL	395,2	882,8	507,2	846,8

Tableau 8-5 : Station C, biomasses en mg.m⁻²

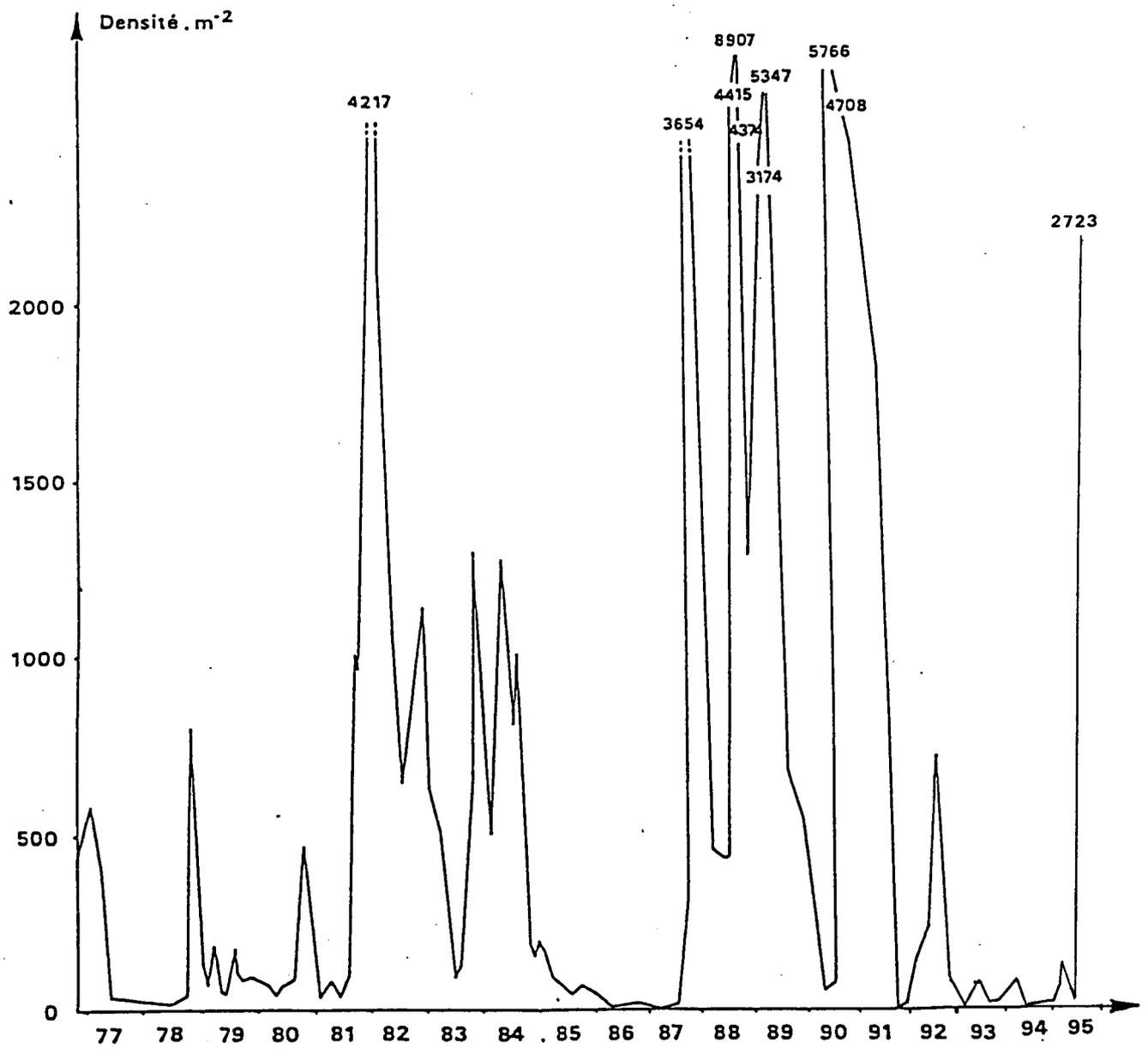


Figure 8-3 : *Abra alba*, évolution de la densité de population entre 1977 et 1995

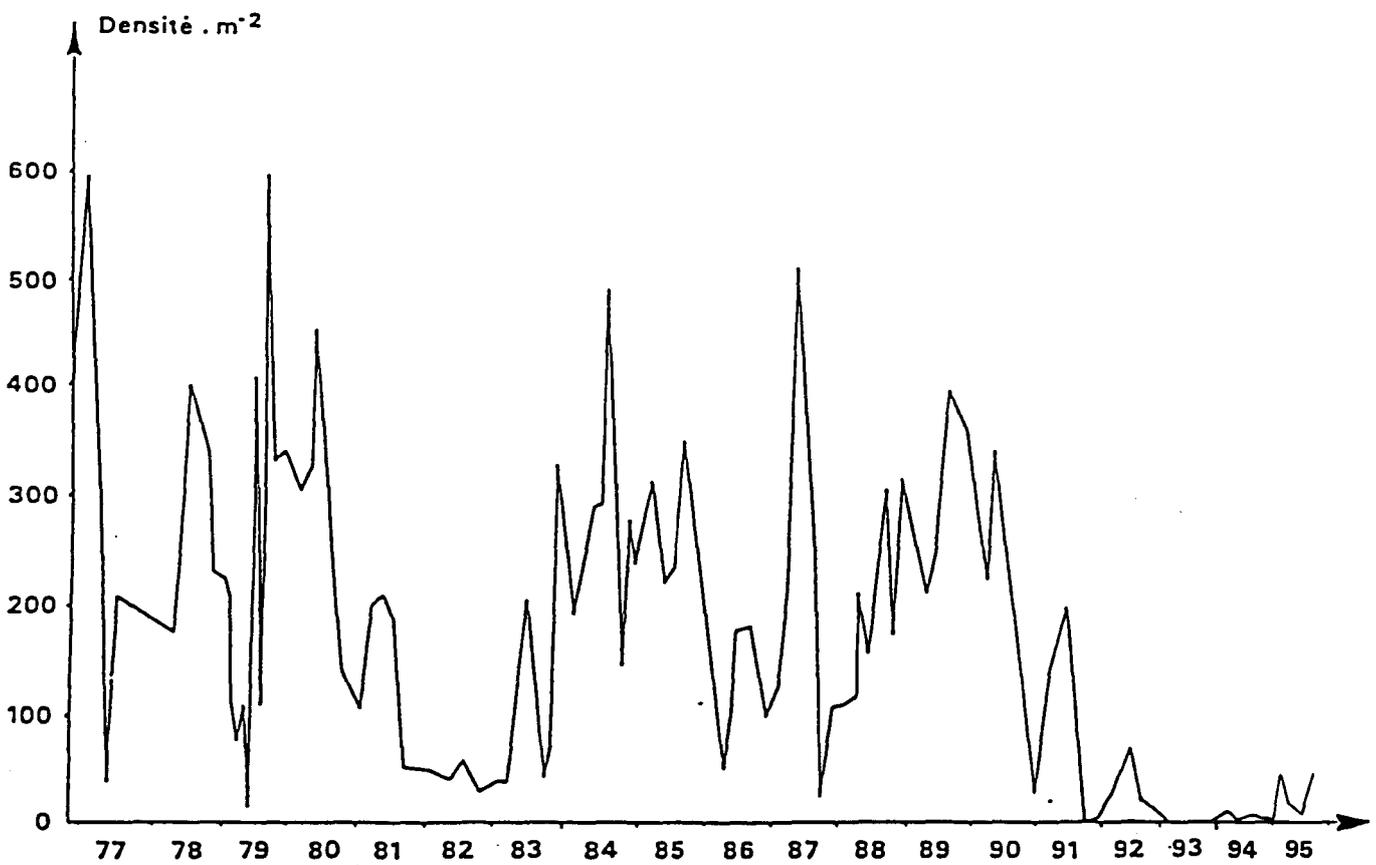


Figure 8-4 : *Tellina fabula*, évolution de la densité de population de 1977 à 1995

- *Lanice conchilega* (272 g/m²),
- *Ensis directus* (54,6 g/m²),
- *Sagartia troglodytes* (28,3 g/m²),
- *Nassarius reticulatus* (12,4 g/m²),
- *Notomastus latericeus* (8 g/m²),
- *Abra alba* (5,3 g/m²).

On peut donc estimer que, au moins au niveau de la biomasse, la situation est redevenue normale. L'implantation de *Ensis directus* ne s'est pas faite au détriment d'une espèce qui aurait pu rentrer en compétition trophique mais l'espèce s'est intégrée au cortège spécifique. Quel niveau aurait atteint la biomasse si l'on avait pas assisté à ces rejets de *Spisula subtruncata* sur les côtes? cette espèce ne représentant qu'une part infime de la biomasse de septembre: 0,3%.

2-2- Station C

La station C permet de mettre en évidence de l'impact de la centrale sur le peuplement à *Abra alba*. On a pu noter au cours des études précédentes un déficit en biomasse qui pour important qu'il soit (95% de la biomasse) n'en est pas moins localisé à une zone de 500 autour du rejet.

Néanmoins, à cette station on peut mettre en évidence certains recrutements comme celui de *Ensis directus* en 1991, mais ces phénomènes sont fortement atténués.

Ordinairement, cette station est caractérisée par un peuplement oligospécifique d'espèces sabulicoles, dominé par *Nephtys cirrosa*, *Urothoe elegans* et *Nerine cirratulus*. Les résultats enregistrés en 1995 confirment entièrement cette situation.

Les espèces dominantes au cours de cette année d'étude sont *Nephtys cirrosa* (densité moyenne 49/m²), *Urothoe elegans* (26/m²) et *Nerine cirratulus* (7/m²), et *Portumnus latipes* (6/m²).

La biomasse est faible, de 0,4 à 0,9 g/m², *Portumnus latipes* et *Nephtys cirrosa* représentent plus de 80% de la biomasse totale. L'impact de la centrale est donc toujours aussi important à cette station, que ce soit au niveau de densité du peuplement qu'au niveau de la biomasse.

3- ETUDE DES POPULATIONS D'ABRA ALBA ET DE TELLINA FABULA

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

3-1- Etude de la population d'*Abra alba* (figure 8-3)

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

En 1991, la population d'*Abra alba* était à un niveau très élevée quand l'altération sédimentologique et le recrutement de *Ensis directus* ont complètement fait disparaître cette espèce. On a pu noter depuis quelques progressions de la densité de cette espèce, notamment en 1992, sans jamais dépasser les 100/m², les conditions n'étant pas encore adéquates à la restauration de la population.

En 1995, si les densités relevées au cours des trois premiers prélèvements semblent prouver que la population connaît toujours des difficultés pour s'établir (densités variant de 18 à 130/m²), le prélèvement de septembre révèle un recrutement très important (2723/m²) tout à fait similaire à ce que l'on pouvait rencontrer avant 1991. Le recrutement semble se maintenir

en 1996. L'hypothèse émise, lors de l'étude précédente, du retour probable de l'espèce est donc confirmée.

3-2- Etude de la population de *Tellina fabula* (figure 8-4)

Les résultats enregistrés depuis plusieurs années ont montré les aptitudes colonisatrices moindres de cette espèce. Etant donné le caractère sabulicole tolérant de *Tellina fabula*, on aurait pu croire que cette espèce se serait facilement adaptée aux nouvelles conditions sédimentologiques, il n'en a rien été. Les densités sont restées très faibles (12/m² en 1994).

En 1995, la population progresse quelque peu mais n'atteint pas des niveaux très élevés. La densité varie de 8 à 44/m² sans que l'on puisse mettre en évidence un recrutement important.

CONCLUSION

L'étude 1995 a montré que l'influence de l'altération de la structure granulométrique du sédiment se faisait de moins en moins sentir à la station B. On peut même estimer que le peuplement est redevenu identique à ce qu'il était avant 1991, les résultats enregistrés au niveau de la biomasse et principalement en septembre le démontrent. Toutefois *Ensis directus* a été intégré au cortège spécifique. Les capacités colonisatrices de cette espèce ont fait qu'en 1991 elle a occupé la niche écologique laissée vacante par les espèces vasicoles. Avec le retour des espèces vasicoles, elle s'intègre à la communauté. Le premier recrutement de cette espèce depuis 1991 a été mis en évidence en mai, ce recrutement fut relativement faible, la densité de jeunes recrues était de 326/m², à comparer avec 10000/m² enregistrés en 1991.

Mais en 1995, plusieurs recrutements ont été mis en évidence, les plus spectaculaires étant ceux d'*Abra alba* pour les valeurs à la station B et *Spisula subtruncata* pour l'étendue géographique.

La station C n'a pas évolué en 1995, elle reste sous l'influence de la circulation de rejet de la centrale; le peuplement est toujours dominé par des espèces sabulicoles du fait du lessivage des pélites.

ANNEXE SITE DE GRAVELINES

RAPPORTS ANNUELS C.N.E.X.O ET I.S.T.P.M 1975 - 1985 ET RAPPORTS ANNUELS IFREMER 1986 - 1995.

Rapports C.N.E.X.O

- 1975.** Etude écologique du site de Gravelines. Rapport des travaux au 30 août 1975. ELGMM-CNEXO pour EDF. Août 1975 (2 volumes).
- 1976.** Etude écologique de projet. Site de Gravelines. Rapport final 1er cycle. ELGMM-CNEXO / IBMR Wimereux / Université de Lille pour EDF. Juin 1976 (4 volumes).
- 1977.** Etude écologique de projet. Site de Gravelines 2ème cycle. ELGMM-CNEXO / IBMR Wimereux / Université de Lille pour EDF. Novembre 1977 (3 volumes).
- 1981.** Etude de surveillance écologique 1er cycle (janvier 1978 à juin 1979) Site de Gravelines. CNEX-COB-ELGMM / IBMR Wimereux / Université de Lille pour EDF. Janvier 1981.
- 1981.** Première étude de surveillance du site de Gravelines. Description statistique des données et interprétation écologique CNEXO-COB-ELGMM pour EDF. Août 1981.
- 1982.** Etude de surveillance écologique du site de Gravelines (Surveillance n°2 juillet 1979 - octobre 1980). CNEXO-COB-LGMM / IBMR Wimereux / Université de Lille pour EDF. Février 1982.
- 1982.** Etude de surveillance écologique du site de Gravelines (Surveillance n° 3 novembre 1980 - octobre 1981). CNEXO-COB-ELGMM / IBMR Wimereux / Université de Lille pour EDF. Novembre 1982.
- 1983.** Surveillance écologique du site de Gravelines (Surveillance n° 4 novembre 1981 - octobre 1982). CNEXO-COB-ELGMM / SBMW / Institut Pasteur de Lille pur EDF. Avril 1983.
- 1984.** Surveillance écologique du site de Gravelines (Surveillance n° 5 novembre 1982 - octobre 1983). CNEXO-COB-ELGMM / SBMW / Institut Pasteur de Lille pour EDF. Avril 1984.
- 1985.** Surveillance écologique du site de Gravelines (Surveillance n° 6 novembre 1983 - octobre 1984). IFREMER-Centre de Brest-DERO-EL / Station Marine de Wimereux / Institut Pasteur de Lille pour EDF. Avril 1985.

Rapports I.S.T.P.M

- 1980.** Etude halieutique de projet de site, Gravelines, rapport de fin d'études. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1980.
- 1981.** Site de Gravelines, rapport de fin d'étude de projet, 1ère partie : zooplanctonologie halieutique. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1981.
- 1982.** Site de Gravelines. Etude de surveillance écologique des ressources halieutiques année 1980. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1981.
- 1982.** Site de Gravelines. Etude de surveillance écologique des ressources halieutiques, année 1981. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1982.
- 1983.** Site de Gravelines. Etude de surveillance écologique des ressources halieutiques, année 1982. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1983.
- 1984.** Site de Gravelines. Etude de surveillance écologique des ressources halieutiques, année 1983. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1984.
- 1985.** Site de Gravelines. Etude de surveillance écologique des ressources halieutiques, année 1984. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1985.

Rapports I.F.R.E.M.E.R

- 1986.** Site de Gravelines. Etude de surveillance écologique et halieutique (novembre 1984 - octobre 1985) IFREMER / Brest / Nantes / Ouistreham / Station marine de Wimereux / Institut Pasteur de Lille. DERO 86.09.EL pour EDF. 1986. (2 volumes).
- 1987.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1985 - octobre 1986) IFREMER / Brest / Nantes / Ouistreham / Station marine de Wimereux / Institut Pasteur de Lille. DERO 87.06.EL pour EDF. 1987. 157 p.
- 1988.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1986 - octobre 1987) IFREMER / Brest / Nantes / Ouistreham / Station marine de Wimereux / Institut Pasteur de Gravelines. DERO 88.17.EL pour EDF. 1988. 156 p.
- 1989.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1987 - octobre 1988) IFREMER / Station marine de Wimereux / Institut Pasteur de Gravelines. DERO 89.08.EL pour EDF. 1989. 153 p.

- 1990.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1988 - octobre 1989) IFREMER DRO 90.12.EL pour EDF. 1990. 120 p.
- 1991.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1989 - octobre 1990) IFREMER DRO 91.10.EL pour EDF. 1991. 93 p.
- 1992.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1990 - octobre 1991) IFREMER DEL 92.14. 1992. 119 p.
- 1993.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1991 - octobre 1992) IFREMER DEL 93.11. 1993. 105 p.
- 1994.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1992 - octobre 1993) IFREMER DEL 94.05. 1994. 117 p.
- 1995.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1993 - octobre 1994) IFREMER DEL 95.07. 1995. 107 p.

Nota :

Un rapport préliminaire parait chaque année en janvier et le rapport annuel parait en avril.

Citations des auteurs : le grand nombre d'auteurs impliqués dans la rédaction des rapports cités ci-dessus ne nous a pas permis de lister l'ensemble. Il est admis que si un rapport est cité dans une bibliographie et texte de publication, il doit l'être de la manière suivante :

J.M. DEWARUMEZ et D. MENU 1990 Benthos Subtidal (ch. VIII p 97-120) in : site de Gravelines - surveillance écologique et halieutique (novembre 1988 - octobre 1989) IFREMER DRO 90.12 EL pour EDF. 1990. 120 p.

RESUME

Surveillance de Gravelines Novembre 1994 - Octobre 1995

L'année 1994-1995 se distingue des périodes précédentes par un hiver peu rigoureux et, surtout, un été très chaud. La quantité moyenne d'électricité produite par la centrale pour la période est de 4 250 MW, soit l'équivalent de 4,7 tranches, pour un débit moyen calculé de 221 m³/s, soit l'équivalent du débit de pompage de 5,5 tranches. Sur cette base de calcul, l'augmentation moyenne de la température de l'eau au rejet est de 9,15 °C. Cette valeur est du même ordre que celles des périodes précédentes. Les dosages des haloformes et, en particulier, du plus abondant d'entre eux, le bromoforme, montrent que la chloration a été en service pendant 9 des 12 mois de la période d'étude. Une fraction plus importante qu'habituellement (7,5 % environ) de l'eau de rejet passe une seconde fois dans la centrale. Le passage de l'eau dans l'ensemble constitué par la centrale électrique et les installations aquacoles entraîne une multiplication importante du nombre des vibrions (46 fois en moyenne). Ce nombre est moins important que celui de 1993-1994 ($x = 67$) mais il s'applique à des concentrations en vibrions quatre fois plus importantes en raison des températures élevées observées cette année. La grande diversité des espèces de vibrions mise en évidence lors des périodes d'étude précédentes est pleinement confirmée en 1995. Les différentes espèces de vibrions isolées profitent toutes des conditions du site pour se multiplier. *Vibrio alginolyticus*, espèce auparavant seule mise en évidence sur le site ne représente plus cette année que 72 % des isollements de vibrions du rejet. La surveillance des apports de l'aquaculture au milieu marin permet de mettre en évidence le rôle important de l'aquaculture dans la modification de la microflore bactérienne.

La biomasse chlorophyllienne faible en hiver augmente progressivement pendant le mois de mars pour atteindre son maximum de 35 mg/m³ le 18 avril. Ensuite, elle présente de fortes variations puis décline à partir de la mi-juillet pour revenir à des valeurs hivernales d'environ 1 mg/m³. L'indice de chlorophylle non dégradée est supérieur à 80 % du 15 mars à la fin août et se situe à des valeurs beaucoup plus faibles le reste de l'année. Les deux campagnes de prélèvements du 5 avril et du 9 octobre montrent bien l'impact de la centrale sur la biomasse chlorophyllienne. Celle-ci subit une perte de 20 % et de 25 % entre le canal d'amenée et le rejet. Le plancton est dominé par *Meliorisa* en hiver. Les *Thalassiosira* et *Lauderia* sont des espèces printanières. *Thalassiosira* reste le genre phytoplanctonique majoritaire jusqu'en août ; *Eucampia* est le genre typiquement automnal. Comme tous les ans, on assiste à une efflorescence à *Phaeocystis* du 30 mars au 15 mai.

L'année 1995 a montré l'importance des conditions météorologiques générales sur les variations saisonnières du zooplancton. L'hiver doux 1994-1995 a favorisé la reproduction des espèces printanières (*Temora longicornis*). Les groseilles de mer *Pleurobrachia* ont montré un maximum d'abondance à une époque normale "moyenne", en mai ($50/m^3$), les individus adultes formant 10 % de la population totale. L'été chaud a permis le bon développement du copépode *Acartia clausi* et de l'appendiculaire *Oikopleura dioica*, ainsi que le maintien pendant plus d'un mois des dinoflagellés noctiluques. Enfin, l'automne a présenté un plancton très dégradé et la présence d'une grande quantité de copépodes parasites. L'impact de transit est bien marqué au printemps où le déficit est proche de 80 %. Les groupes qui subissent l'impact les plus forts sont les appendiculaires, les annélides spionidae, les ctenaires et les oeufs de poissons.

La ponte de la *sole* est normale, mais les densités d'oeufs observées en fin de saison ainsi que les effectifs de larves indiquent une ponte précoce. Les quantités s'inscrivent dans la gamme des fluctuations normales, présentant des variations cycliques à long terme. En revanche, pour le *sprat*, l'analyse révèle un déficit de ponte en 1995, qui ne se répercute cependant pas au niveau des larves, dont la survie semble avoir été favorisée par un été précoce également.

Les peuplements animaux établis sur la radiale I en intertidal reviennent à un état similaire à ce que l'on pouvait rencontrer en 1993 avec un retour des espèces euryhalines (*Hediste diversicolor* et les enchytraeidae). Sur la radiale II ouest intertidal, le phénomène est similaire quoique fortement atténué, ce qui permet de mettre en cause l'influence de l'Aa. Pour ce qui est des Spionidiens, on note une réapparition simultanée des deux espèces selon le schéma vérifié depuis plusieurs années : *Spio martinensis* à l'ouest et *Pygospio elegans* à l'est. Les effectifs des deux espèces sont en forte progression par rapport à 1994. Les niveaux inférieurs ne montrent pas d'évolution notable.

La station subtidale B continue son évolution dans le sens d'un retour à la normale, le cortège spécifique est redevenu typique et a maintenant intégré *Ensis directus* comme espèce normale du peuplement, à tel point que nous avons pu mettre en évidence en mai un nouveau recrutement de cette espèce. Ce recrutement n'a pas atteint les niveaux de 1991, mais la densité des jeunes couteaux (3 à 4 mm) dépassait les 330 individus par m^2 . Néanmoins, les populations animales ne semblent pas stables dans le temps, on assiste à des successions inhabituelles au cours d'un cycle annuel des espèces principales : *Spiophanes bombyx*, *Magelona mirabilis*, *Capitella capitata*, *Scoloplos armiger* et *Abra alba* dominant en février, *Ensis directus*, *Nassarius reticulatus*, *Eumida sanguinea*, *Lanice conchilega*, *Phyllodoce mucosa* et *Abra alba* en mars, en septembre. La biomasse est très variable (de 12 à 90 g/m^2). La station C ne montre pas d'évolution marquante par rapport à 1994, l'influence de la centrale la tient à l'écart des modifications qui affectent la station B.