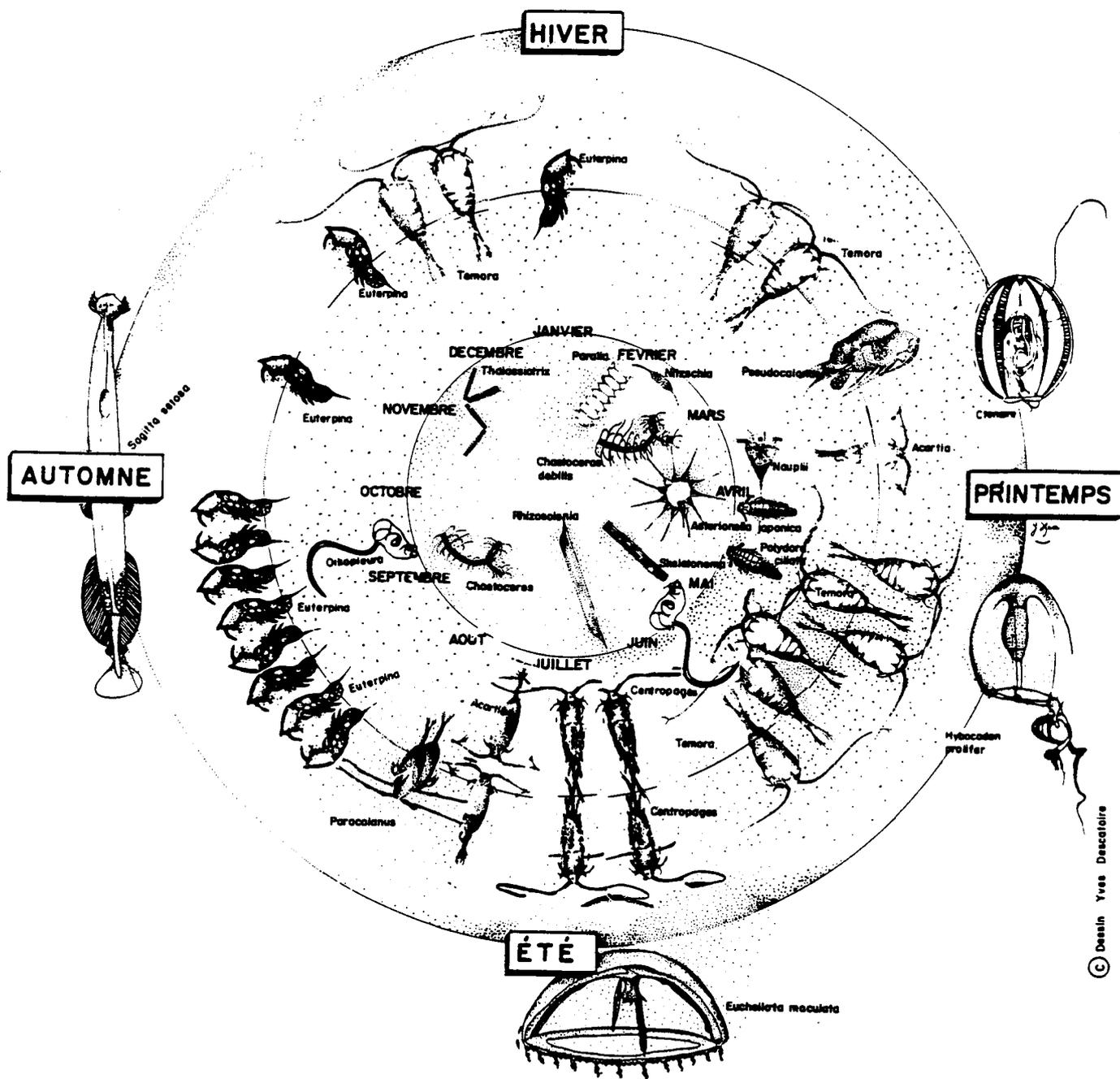


SURVEILLANCE ÉCOLOGIQUE ET HALIEUTIQUE SITE DE GRAVELINES

Novembre 1995- Octobre 1996



Coordinateur : Geneviève Le Fèvre-Lehoërff

Auteurs : Geneviève Le Fèvre- Lehoërff

Régis Delesmont, Jean Marie Dewarumez

Benoist Hitier, Daniel Woëhring

DEL/EC/RST/97/08
Avril 1997



FICHE DOCUMENTAIRE
DEL/EC/RST/97/08

Numéro d'identification du rapport : DIR/SER/Typdoc/An/Num Diffusion : libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> interdite <input type="checkbox"/> Validé par : P. GENTIEN Version du document : Version provisoire		date de publication Avril 1997 nombre de pages : 121 bibliographie (Oui / Non) : illustration(s) (Oui / Non) : langue du rapport : Français
Titre et sous-titre du rapport : Site de Gravelines Surveillance Ecologique et Halieutique (Novembre 1995 - Octobre 1996) Titre traduit : Site of Gravelines Ecological and Fisheries Monitoring (November 1995 - October 1996)		
Auteur(s) principal(aux) : nom, prénom LE FEVRE - LEHOERFF Geneviève DELESMONT Régis DEWARUMEZ Jean-Marie HITIER Benoist WOEHRLING Daniel	Organisme / Direction / Service, laboratoire IFREMER/DEL/EC/Brest Institut Pasteur Gravelines Station Marines de Wimereux IFREMER/DEL/Boulogne IFREMER/DRV/Nantes	
Collaborateur(s) : nom, prénom COCHARD Marie-Laure DELESMONT Edith HEBERT Pascale LUCZAK Christophe MENU Dominique	Organisme / Direction / Service, laboratoire IFREMER/DRV/Brest Institut Pasteur Gravelines IFREMER/DEL/Boulogne Station Marine de Wimereux Station Marine de Wimereux	
Travaux universitaires : diplôme : _____ discipline : _____ établissement de soutenance : _____ année de soutenance : _____		
Titre du contrat de recherche : Surveillance de la Centrale Nucléaire de Gravelines Organisme commanditaire : nom développé, sigle, adresse Electricité de France (EDF) Organisme(s) réalisateur(s) : nom(s) développé(s), sigle(s), adresse(s) IFREMER BREST / BOULOGNE / NANTES Institut Pasteur de Gravelines Station Marine de Wimereux Responsable scientifique : Geneviève Le Fèvre - Lehoerff		n° de contrat IFREMER S 64 T 7001 Avenant n°1
Cadre de la recherche : Surveillance des centrales nucléaires de bord de mer Programme : Impact des grands aménagements Convention : EDF / IFREMER Projet : Gravelines surveillance Autres (préciser) : Campagne océanographique : (nom de campagne, année, nom du navire)		

FICHE DOCUMENTAIRE
DEL/EC/RST/97/08

Résumé :

Le rapport de surveillance de Gravelines est le 18ème rapport de surveillance du site nucléaire. 1996 est marqué par une puissance moyenne de 4160 MW, un débit d'eau de refroidissement de 213 m³ / sec, un ΔT au rejet de 9°26. La chloration se traduit par la présence de bromoforme de 18,3 µg / l en moyenne au rejet. L'amplitude du cycle annuel des vibrions est stabilisé depuis 1986 mais la diversité des espèces augmente. L'année 1996 a été précoce pour la reproduction des espèces. La biomasse chlorophyllienne a atteint 45 mg / m³ et les noctiluques ont été présents de façon inhabituelle même en période hivernale. Le déficit dû à l'impact varie de 20 à 40 % pour le phytoplancton et de 30 % à 100 % pour le zooplancton selon les espèces. Les peuplements subtidiaux à *Abra Alba* sont suivis. L'impact sur l'intertidal est marqué par la disparition de *Spio martinensis*.

Abstract :

This report is the 18 th on annual surveillance of the nuclear plant site of Gravelines. In 1996, mean power output was 4160 MW with a cooling flow rate of 213 m³ / sec leading to an outfull ΔT of 9°26. The major impact of chloration is due to bromoform (18.3 µg / l) in outflow. The amplitude of the vibrio annual cycle is stable when compared to previous years but diversity increases. In 1996, earlyness in species reproduction was noticeable. Chlorophyll biomass reached 45 mg / m³ and *noctiluca* cycle was quite unusual. Impact is estimated aroud 20 - 40 % in phytoplankton biomass and 30 - 100 % in zooplankton, depending on the species. Subtidal *abra alba* populations have been studied. For intertidal populations disappearance of *spio martinensis* is to be noted.

Mots-clés :

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

Keywords :

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

Commentaire :

SOMMAIRE

Chapitre I - Présentation du site - Stratégie d'étude.....	1
Edith et Régis DELESMONT (1)	
Chapitre II - Climatologie et fonctionnement de la centrale et.....	7
et présentation des campagnes pélagiques	
Edith et Régis DELESMONT	
Chapitre III - Etude de la chloration et Bactériologie.....	15
Edith et Régis DELESMONT	
Chapitre IV - Phytoplancton et biomasse chlorophyllienne.....	37
Benoist HITIER et Pascale HEBERT (2)	
Chapitre V - Zooplancton. Biomasses et espèces. Dinoflagellés noctiluques.....	51
Geneviève LE FEVRE-LEHOERFF et Marie-Laure COCHARD	
Chapitre VI - Zooplancton halieutique.....	73
Daniel WOEHLING (4)	
Chapitre VII - Le domaine benthique intertidal.....	83
Jean-Marie DEWARUMEZ (5) et Dominique MENU (5)	
Chapitre VIII - Le domaine benthique subtidal.....	97
Jean-Marie DEWARUMEZ, Christophe LUCZAK (5) et Dominique MENU (5)	
Annexe bibliographique.....	115
Résumé.....	119

DEL/EC/RST/97/08

Avril 1997

Contrat : Accord Cadre S64T7001 avenant n° 1

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

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

CHAPITRE I

PRESENTATION DU SITE - STRATEGIE D' ETUDE

Régis 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.

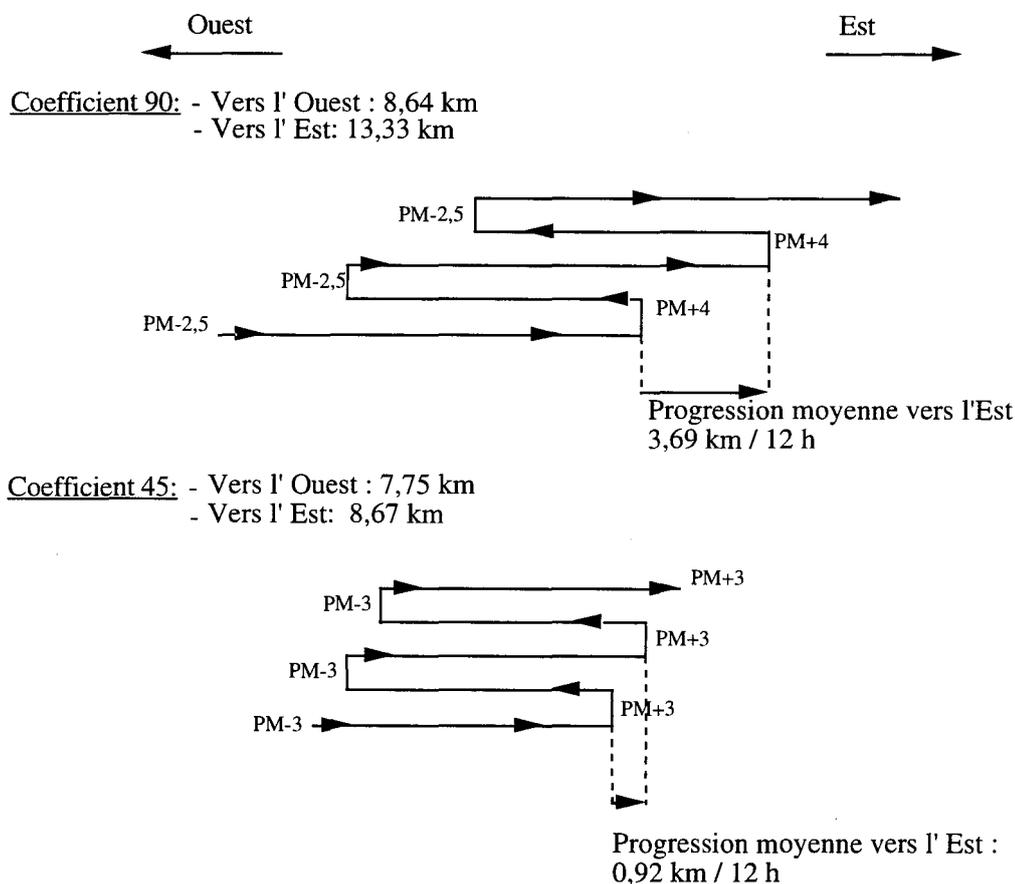


Schéma des courants devant Dunkerque

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

L'influence de ces cours d'eau n'est pas prépondérante sur la qualité de l'eau de mer transitant dans la centrale. Les dessalures significatives observées sur le site (de 1 à 3‰* environ) ont lieu par temps sec quand le vent de nord-est est établi sur de longues périodes en modifiant les courants et amenant des eaux du large de la Belgique.

(* : "‰" est une ancienne unité de salinité qui ne devrait plus être utilisée. Les changements de définition de 1978 conduisent à exprimer la salinité sous la forme d'un nombre sans unités bien que le terme de P.S.U. soit parfois utilisé.)

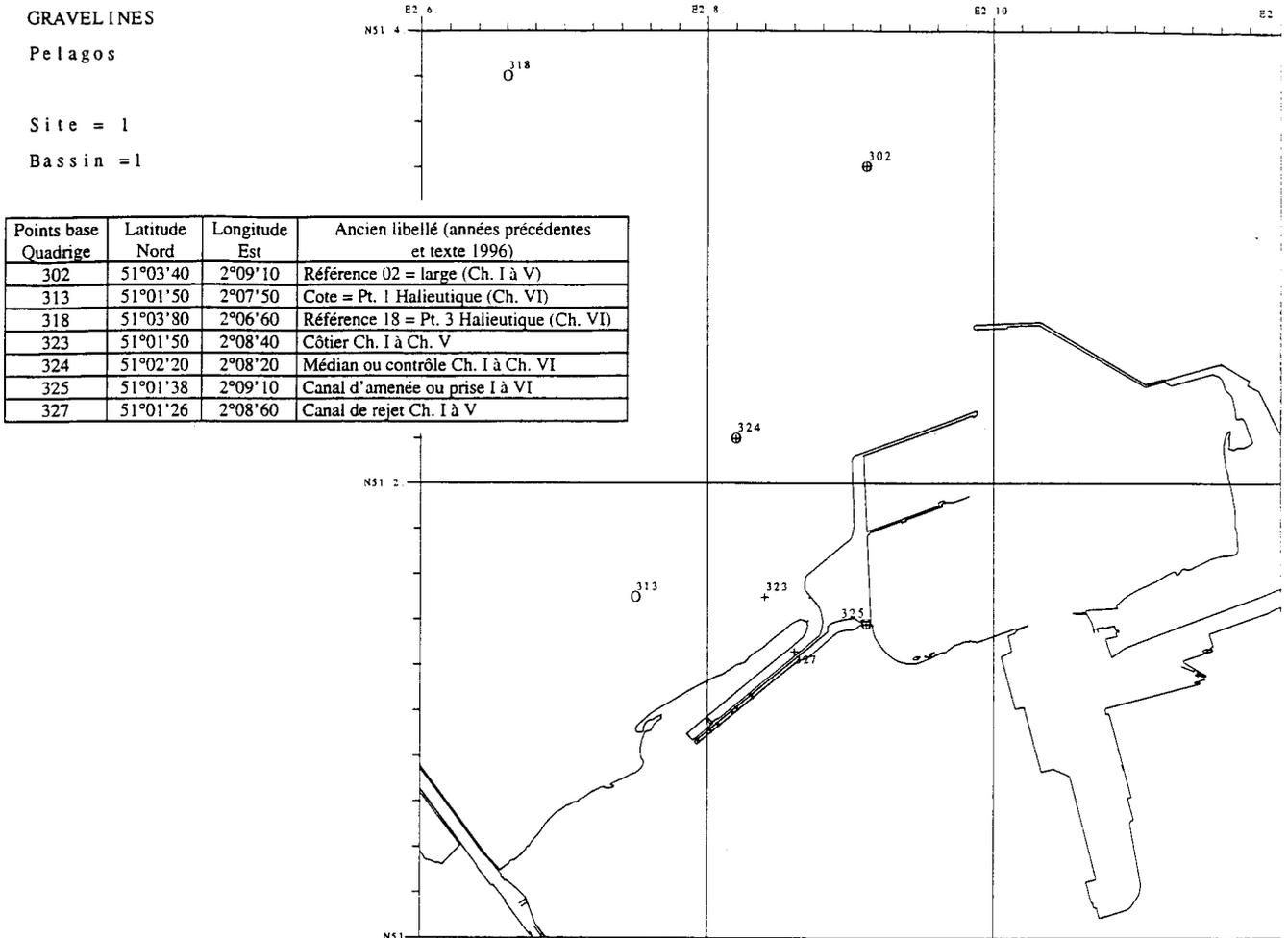


Fig. 1.1 Points Gravelines domaine pélagique

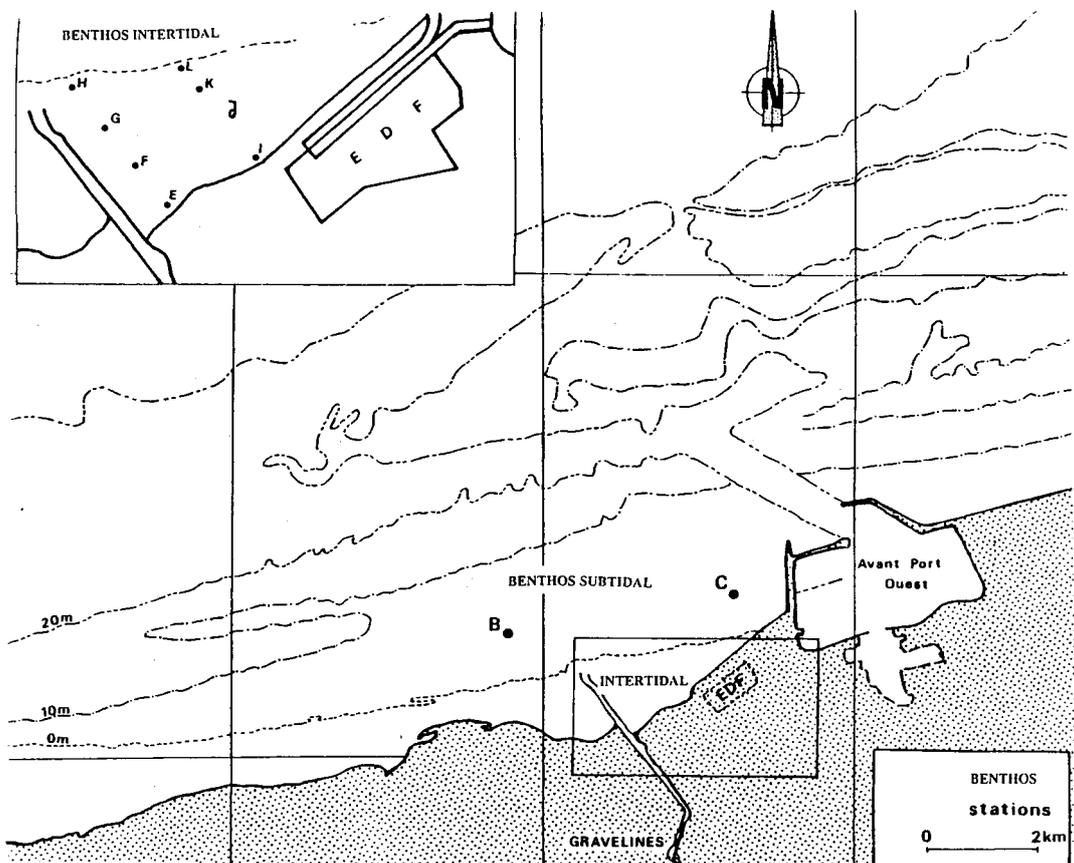


Fig. 1.2 Points Gravelines domaine benthique

STRATEGIE D' ECHANTILLONNAGE

Domaine pélagique

Surveillance des eaux de la Prise et du Rejet

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

Les quatre stations définies précédemment (Prise, Rejet, Contrôle dans le panache de rejet (+ 3 à + 4 °C) et Référence hors panache) sont étudiées simultanément dans deux situations annuelles différentes (printemps et fin d'été). La date de campagne de printemps a été avancée afin d'éviter le bloom de *phaeocystis* gênant les échantillonnages au filet par son important pouvoir colmatant.

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	Plaine mer (T.U.)	Coef.	Heures de prélèvement (T.U.)			
			Prise	Rejet	Contrôle	Référence
19/03/96	11 h 41	105	10 h 15	11 h 15	12 h 00	13 h 00
17/09/96	01 h 45	86	09 h 20	08 h 30	10 h 00	09 h 05

Halieutique

La surveillance du plancton halieutique comprend deux campagnes:

- 1 campagne à trois stations en mer selon un gradient côte-large du milieu récepteur a eu lieu le 26 avril 1996
- 1 campagne de deux stations au canal d'amenée réalisée le 9 mai 1996

Domaine benthique

Zone intertidale:

La campagne annuelle comprenant deux radiales de 4 stations a été effectuée le 2 juillet 1996

Zone subtidale:

La surveillance du peuplement à *Abra alba* se poursuit. Les missions ont été réalisées les 16 février, 9 avril, 13 juin, 22 juillet et 24 octobre 1996.

CHAPITRE II

CLIMATOLOGIE - FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE ET PRESENTATION DES CAMPAGNES PELAGIQUES

Régis DELESMONT & Edith DELESMONT

CLIMATOLOGIE

Durant la période 1995-1996 des températures moins élevées qu' en 1994-1995, période exceptionnellement chaude, ont été relevées. L' hiver a été marqué par un temps froid et sec. La pluviosité globale est inférieure à la normale avec 472 mm à comparer au 691 mm de moyenne des trois dernières périodes. Un épisode pluvieux important à apporté 79 mm en 24 heures le 29 août 1996.

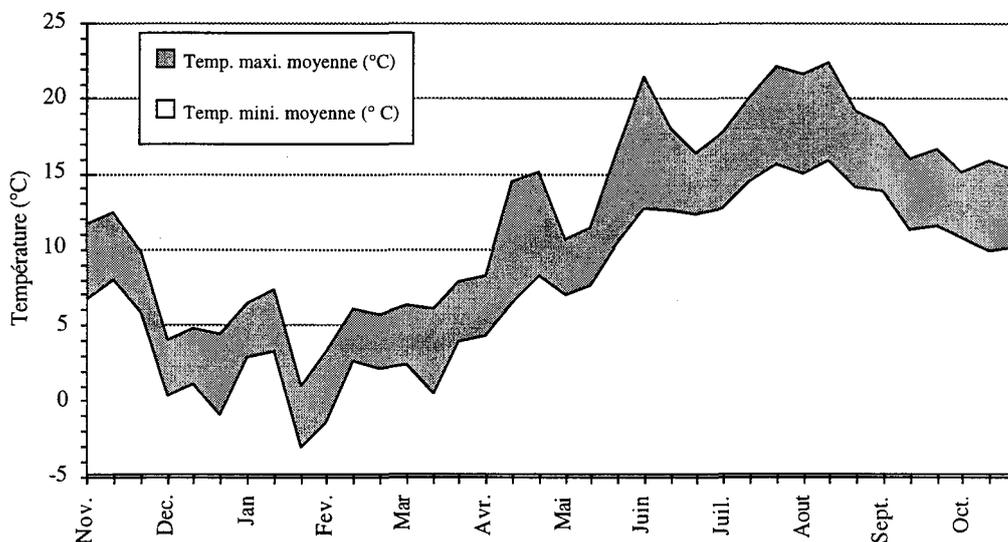


Fig.2.1. Températures moyennes par décades à Dunkerque (°C) -1995-1996

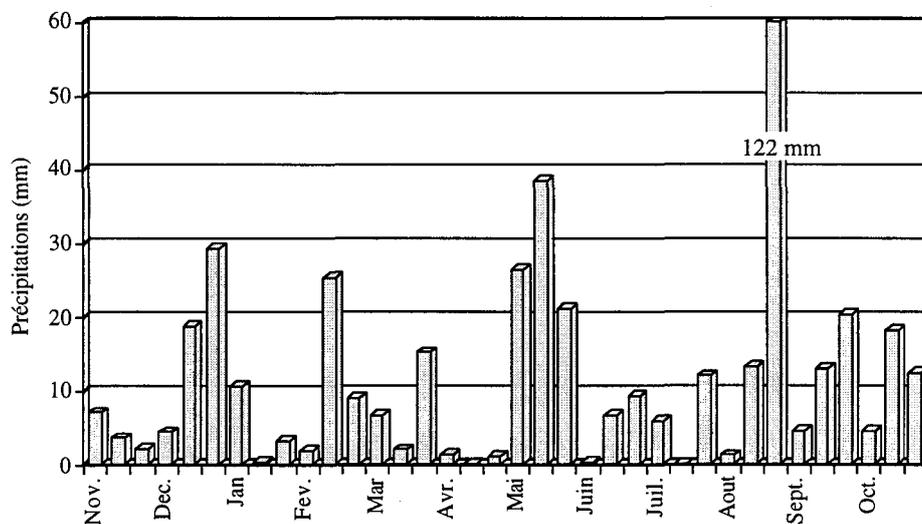


Fig.2.2. Précipitations par décades à Dunkerque (mm)- 1995-1996

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 voisine de 900 MW.

En 1995-1996 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 4160 MW, soit l'équivalent de 4,6 tranches.

Les débits d'eau de mer de refroidissement des condenseurs ont varié de 156 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 213 m³/s, soit l'équivalent du débit de pompage de 5,3 tranches. Les échauffements les plus faibles sont observés en mai et juin.

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

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

Sur cette base de calcul, l'augmentation moyenne de la température de l'eau au rejet est de 9,30 °C. Cette valeur est du même ordre que celles des périodes précédentes.

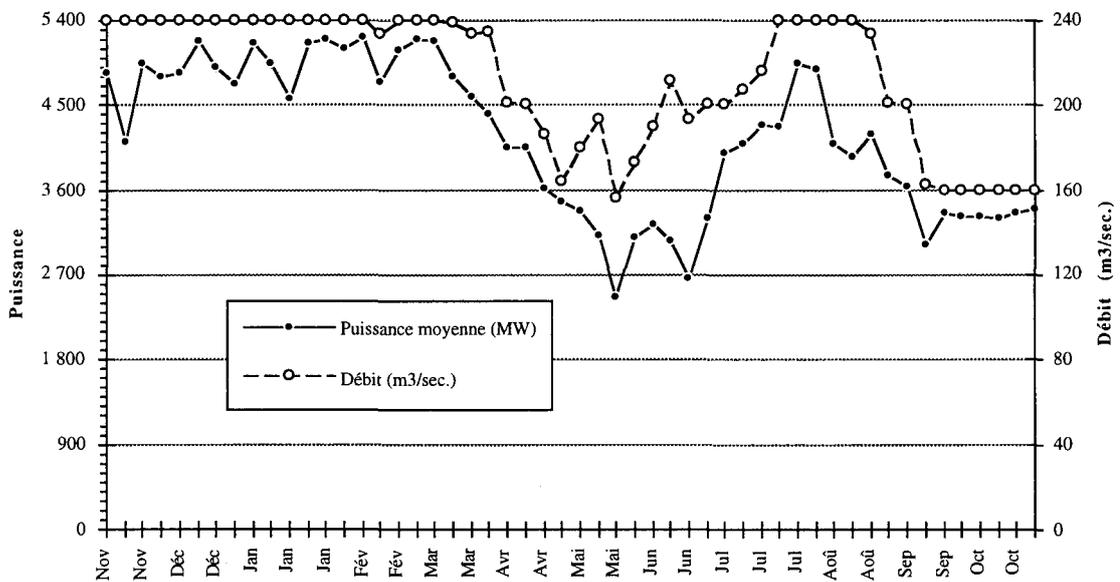


Fig.2.3. Fonctionnement de la centrale de Gravelines

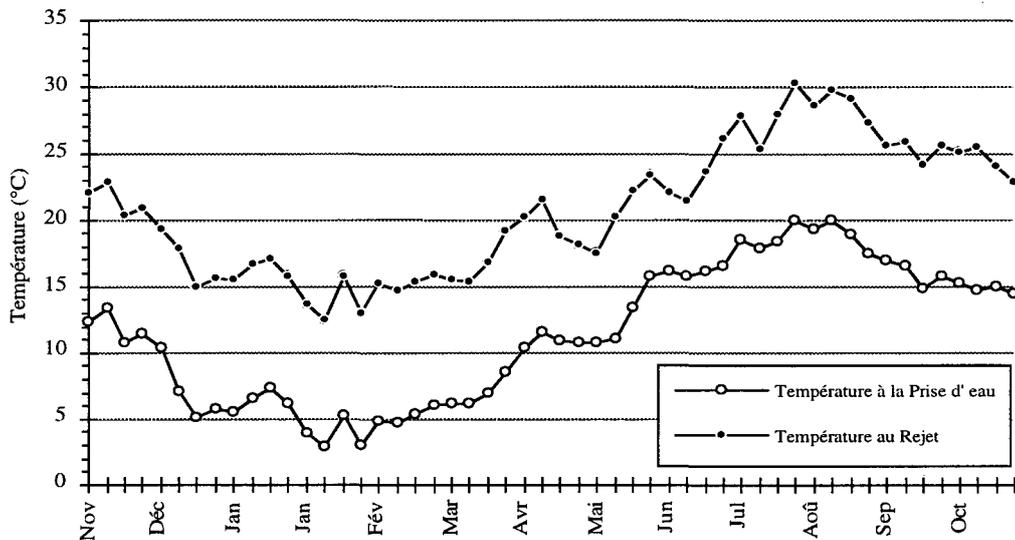


Fig.2.4. Température de l'eau de mer aux points Prise et Rejet - 1995-1996

La période 1995-1996 est marquée par des températures nettement moins élevées qu' en 1994-1995 pour l' ensemble du cycle annuel. La moyenne des températures de l' eau à la prise est de 11,50 °C pour la période d' étude soit 2 °C en dessous de la moyenne du cycle précédent.

A la prise d' eau dans l' avant-port Ouest, la température minimale (2,9 °C) est observée le 5 février 1996. Durant le mois d' août, les températures n' ont pas été supérieures à 20 °C; le maximum relevé est de 19,9 °C le 19 août 1996.

Le transit de l' eau dans la centrale, calculé sur la base des prélèvements hebdomadaires réalisés, se traduit par un échauffement moyen de 9,26 °C (8,92 °C en 1994-1995). Cette valeur est quasiment identique à celle calculée à partir des données hebdomadaires EdF (9,30 °C)

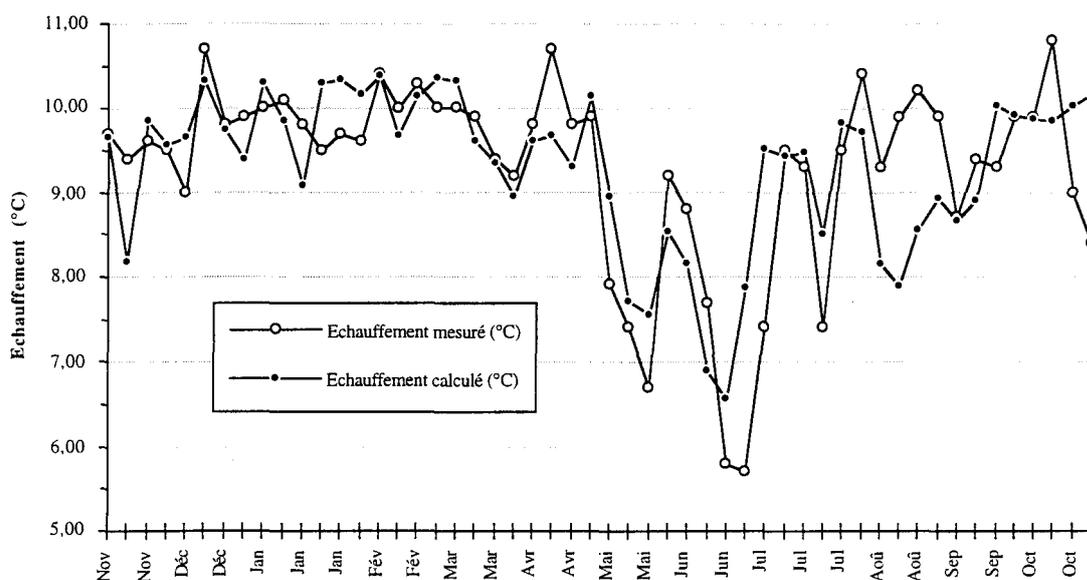


Fig.2.5. Comparaison entre les échauffements calculés et mesurés - 1995-1996

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)
19/03/96	18/03/96	5 000	240	0
	19/03/96	5 000	240	0
17/09/96	16/09/96	3 200	180	89
	17/09/96	3 200	160	100

Tab.2.1. Fonctionnement de la centrale lors des campagnes

Structure hydrologique

Température:

Les deux campagnes de prélèvement prévues ont été réalisées le 19 mars et le 17 septembre.

Date	Profondeur (m.)	Prise d'eau	Rejet	Contrôle	Référence
19/3/1996	0	6,0	15,9	13,3	6,0
	-1	6,0	15,9	13,2	6,0
	-2	6,0	15,9	12,7	6,0
	-3	6,0	15,9	11,5	6,0
	-4	6,0	15,9	7,5	6,0
	-5	6,0	15,9	7,2	5,9
	-6	6,0	15,9		5,9
	-7	6,0	15,9		5,9
	-8	6,0	15,9		5,9
	Profondeur (m.)	Prise d'eau	Rejet	Contrôle	Référence
17/9/1996	0	16,0	26,7	25,7	16,5
	-1			25,6	16,5
	-2			22,7	16,5
	-3			18,5	16,5
	-4				16,5
	-5				16,5
	-6				16,5
	-7				16,5
	-8	16,0	26,7		16,5

Tab.2.2. Profils thermiques observés lors des deux campagnes pélagiques (1996)

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.

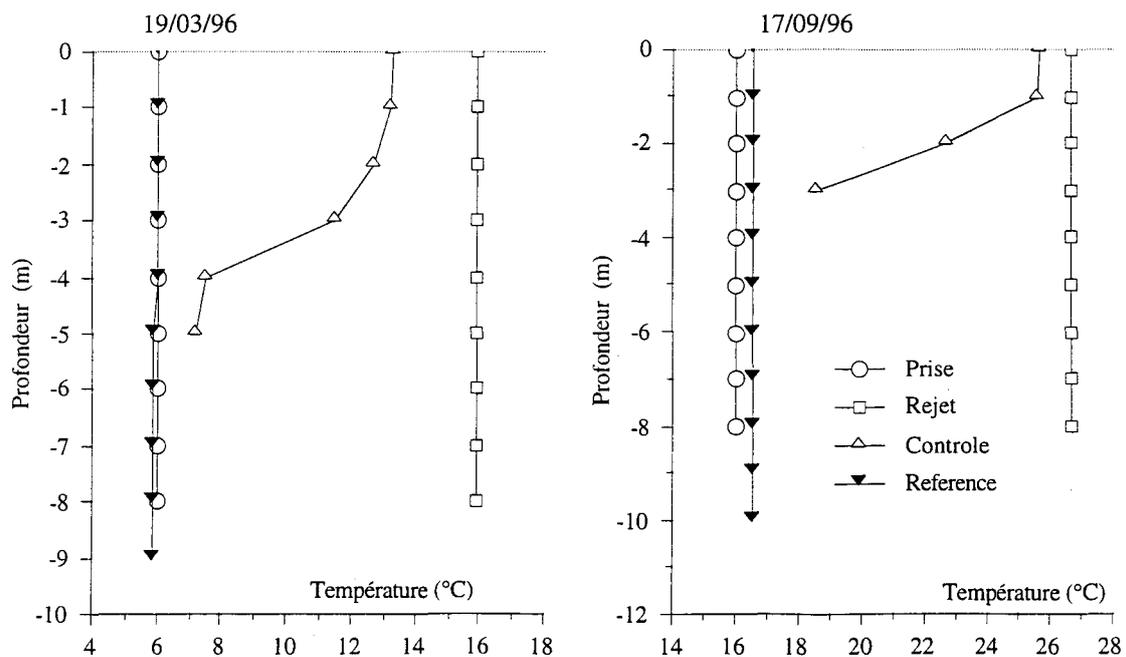


Fig. 2.6. Profils thermiques lors des campagnes pélagiques en 1996 (°C)

Le point de référence a été prélevé au point large pour éviter toute interférence avec les eaux de la centrale. De petites quantités de bromoforme sont cependant mesurées à ce point lors de la campagne de septembre.

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
19/3/1996	Surface			34,46	34,79
	Mi-profondeur	34,46	34,48		34,81
	Fond			34,38	34,82

Date	Profondeur (m.)	Prise d'eau	Rejet	Contrôle	Référence
17/9/1996	Surface			33,56	33,66
	Mi-profondeur	33,50	33,53		33,68
	Fond			33,56	33,68

Tab.2.3. Salinités lors des campagnes en mer de 1996 - (Valeurs moyennes - 4 prélèvements par point)

CHAPITRE III

ETUDE DE LA CHLORATION ET BACTERIOLOGIE

Régis 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 égale à 0,13 mg/l en octobre 1996. La présence de faibles concentrations en chlore est, cette année, plus fréquente que lors des périodes précédentes (16 mesures positives).

La disparition du chlore s'accompagne de la formation de dérivés stables par réaction avec la matière organique de l'eau de mer. Les ions bromures jouent un rôle important dans ces réactions. Une grande quantité de composés mal connus se forment à de très faibles concentrations. Le programme de surveillance ne s'intéresse qu'aux plus abondants d'entre eux, les trihalométhanes. Le bromoforme est, en eau de mer, le plus abondant de ces produits de réaction. Il représente cette année 97,7 % des haloformes formés.

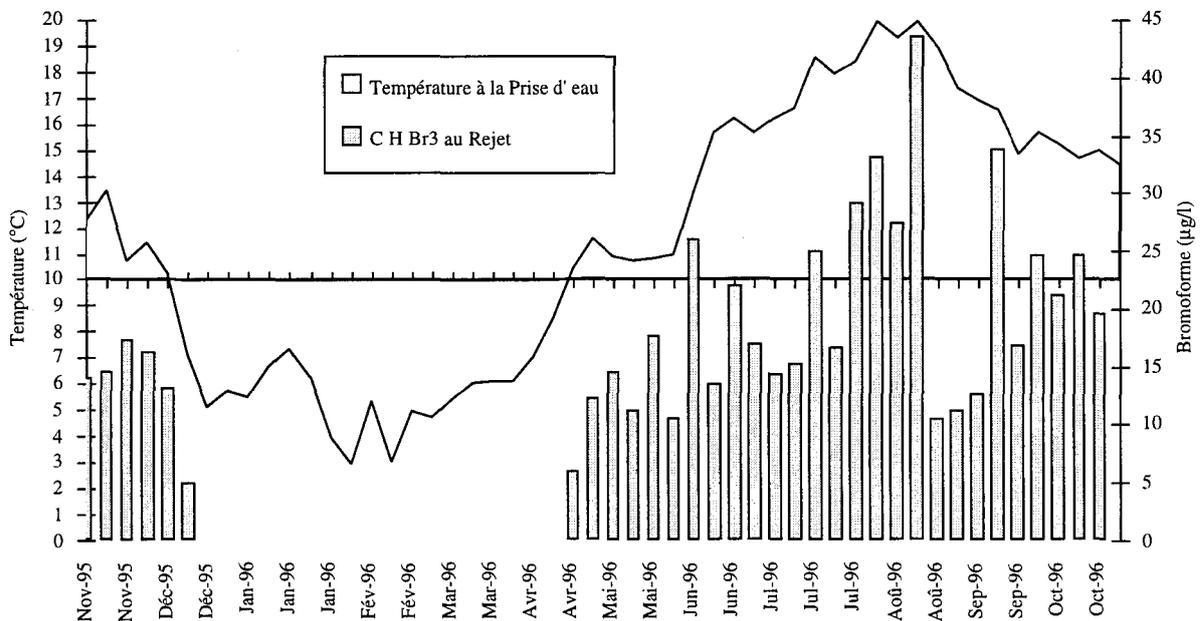


Fig.3.1. Bromoforme au Rejet en relation avec la température de l'eau à la Prise

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

Durant la période d'étude 1995-1996, la chloration est arrêtée durant quatre mois environ; de la mi-décembre à la mi-avril

La concentration moyenne en bromoforme est pour la période de chloration de 18,3 µg/l, valeur comparable à 17,1 µg/l, moyenne des trois dernières périodes.

La persistance du bromoforme en mer permet également de chiffrer le pourcentage d'eau de refroidissement qui passe une seconde fois dans la centrale. La valeur calculée en 1995-1996 est de 4,3 % pour la période de chloration. Cette valeur est conforme aux valeurs habituelles, de l'ordre de 3 à 4 % alors que celles des deux périodes précédentes étaient voisines de 7 % en relation probable avec une météo clémente limitant la dispersion en mer du panache de rejet de la centrale.

Ce pourcentage a une grande importance sur le plan bactériologique car le recyclage de l'eau du rejet permet de sélectionner et de fixer sur le site des espèces bactériennes.

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

- chlorodibromométhane (CHClBr₂): 2,0 % du total formé avec une concentration moyenne de 0,38 µg/l

- dichlorobromométhane (CHCl_2Br): 0,3 % du total formé avec une concentration moyenne de 0,06 $\mu\text{g/l}$

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

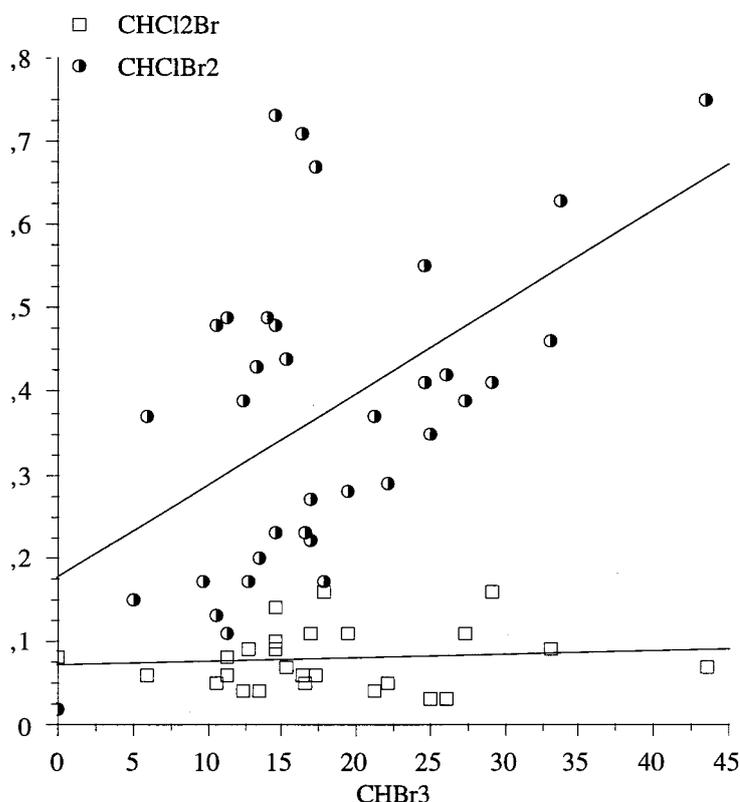


Fig.3.2: Relation entre les espèces d'haloformes au rejet ($\mu\text{g/l}$)

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 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 vibron/l en hiver à 1000 vibrions/l en été. Les concentrations actuellement observées à la prise d'eau sont de cet ordre de grandeur.

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

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

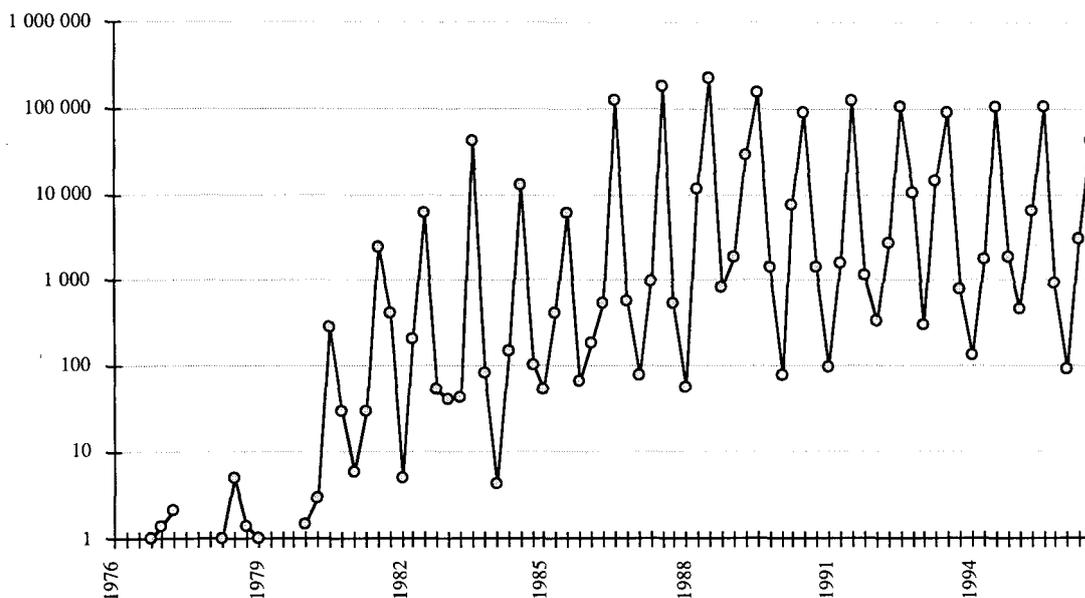


Fig.3.3: Moyenne géométrique trimestrielle des concentrations en vibrions/litre observées depuis 1977

En 1995-1996, leur nombre est, en moyenne géométrique annuelle, multiplié par 45 entre la Prise et le Rejet. Ce phénomène est de la même ampleur que lors de la période précédente 1994-1995 (46 fois).

La concentration moyenne des vibrions à la prise d' eau est cette année de 35 par litre ce qui correspond aux valeurs habituelles et montre le caractère exceptionnel de 1995 (111 vibrions par litre) signalé dans le rapport précédent. Les concentrations en vibrions (moyennes géométriques) observées en 1995-1996 dans le rejet sont de 1564 vibrions par litre. Cette valeur est également en retrait par rapport aux observations de 1994-1995 qui avaient fourni une concentration moyenne de 5300 vibrions/l au rejet.

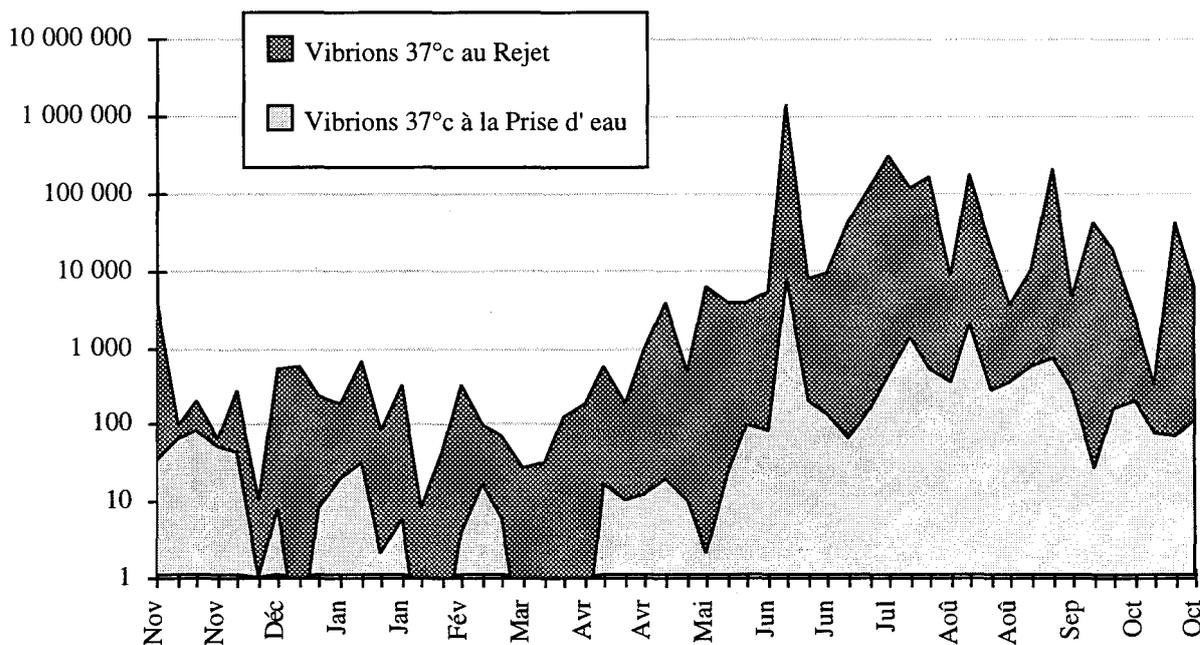


Fig.3.4. Dénombrement des vibrions par culture à 37 °C (Vibrions/ litre - échelle logarithmique)

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

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

$$\log(\text{Vibrions/litre}) = -0,318 + 0,167 * (\text{température en } ^\circ\text{C}) \quad r^2 = 0,703$$

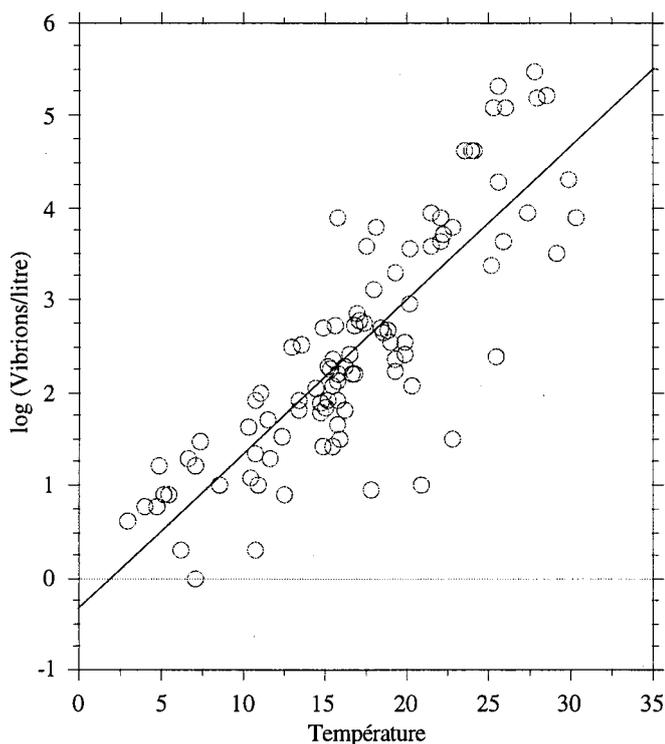


Fig.3.5. *Corrélations entre la température et les concentrations en vibrions (log). 1995-1996*

Aspect qualitatif

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

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

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

L'espèce majoritaire présente à Gravelines reste *Vibrio alginolyticus*. L'espèce la plus fréquemment isolée dans le rejet après *Vibrio alginolyticus* était *Vibrio cholerae* Nag depuis trois ans avec un pourcentage de 12 à 13 %.

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

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

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

Vibrio fluvialis est la seconde espèce par ordre d'importance avec un pourcentage de 9,5 %.

Les autres espèces mises en évidence en 1995-1996 sont: *Vibrio damsela*, *V. harveyi*, *V. metschnikovii*, *V. mimicus*, *V. hollisae*, *V. vulnificus* et *V. parahaemolyticus*. Quelques souches de vibrions isolées au rejet présentent des profils biochimiques non assimilables à des espèces répertoriées (*V. spp.*).

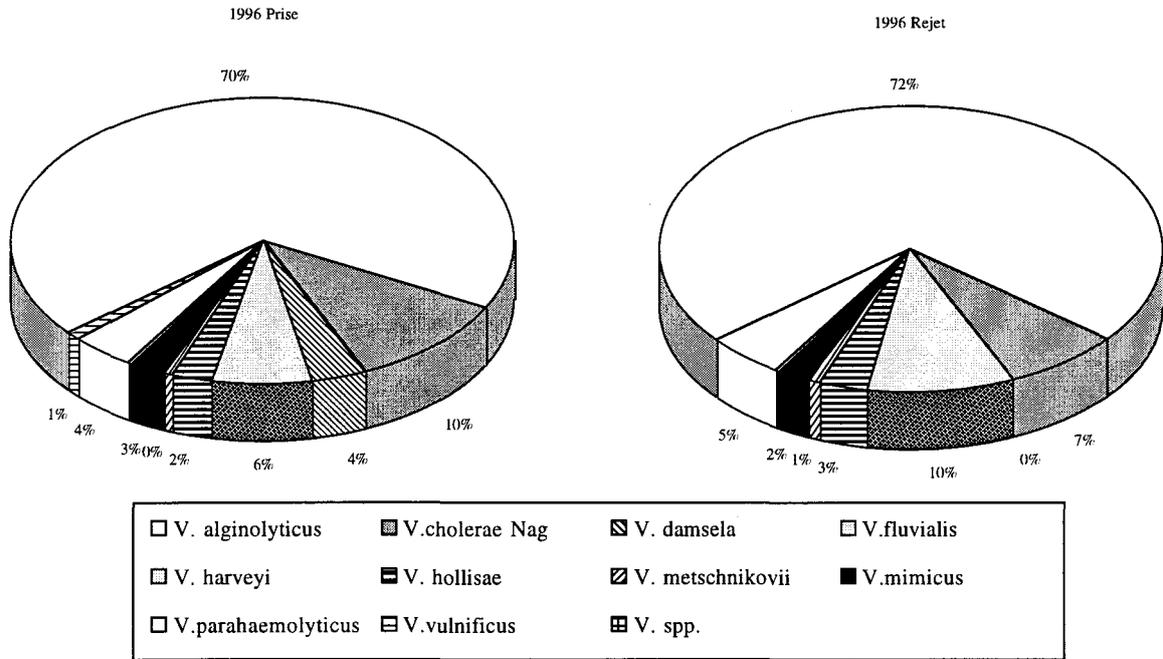


Fig. 3.6. Pourcentages moyens d'isolement des diverses espèces de vibrions aux points de prise d'eau et de rejet

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

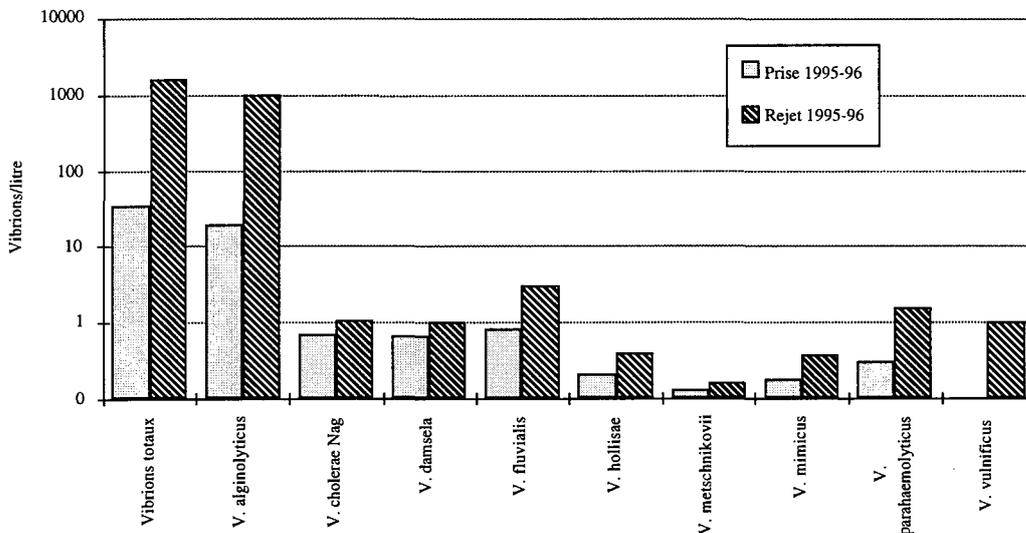


Fig. 3.7. Concentrations moyennes des diverses espèces de vibrions aux points de prise d'eau et de rejet

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, la multiplication observée est peu significative.

Vibrio alginolyticus reste l' espèce la plus adaptée aux conditions actuelles du site (multiplication moyenne $X= 52$ fois). *Vibrio cholerae* NAg, qui occupait 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 1,5 fois entre la prise et le rejet.

La figure ci-dessous représente l' évolution de la composition des populations de vibrions dans le rejet depuis 1989. Le pourcentage d' isolement de *V. alginolyticus* semble se stabiliser au niveau de 70%. Le pourcentage de *V. cholerae* Nag (non O1) après une phase de croissance culminant à 13 % en 1993 retrouve le niveau de 7% qu' il avait en 1989-1992.

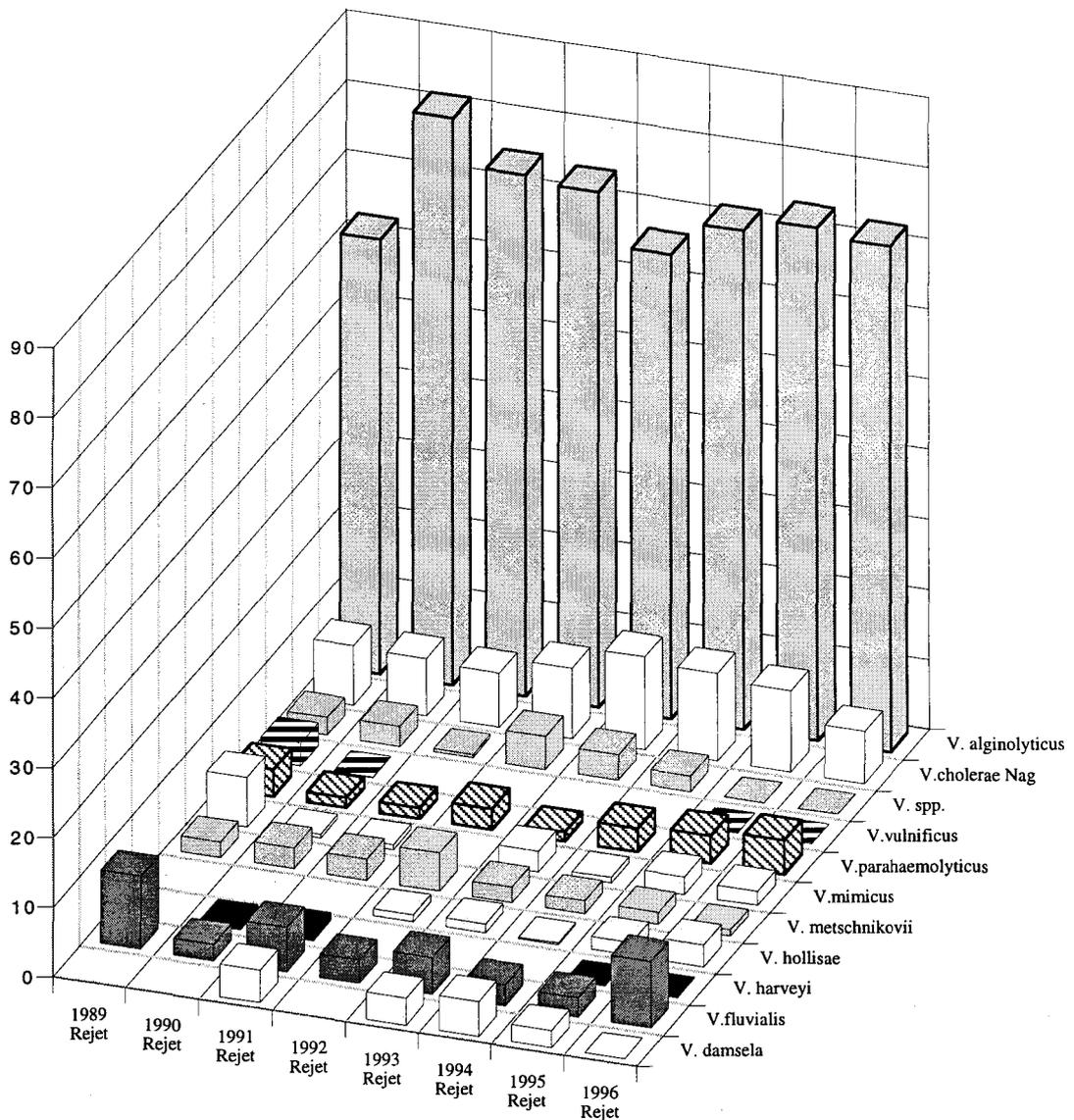


Fig.3.8. Abondance relative des diverses espèces de vibrions (moyenne des pourcentages d' abondances hebdomadaires)

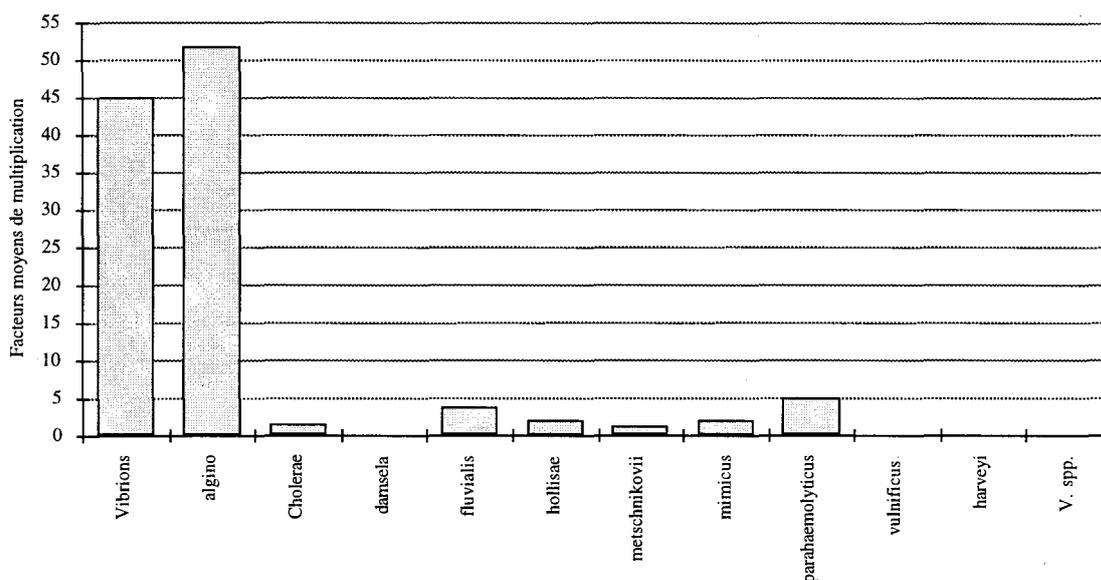


Fig. 3.9. Facteurs de multiplications moyens des diverses espèces de vibrions par transit entre les points de prise et de rejet. 1995-1996

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. La quantité moyenne d'eau utilisée par l'aquaculture est en diminution cette année: le débit moyen observé est de 5,7 m³/s en 1996 contre 7,2 m³/s en 1995.

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

Le rejet des eaux aquacoles se fait par un déversoir dans la partie amont du canal de rejet EdF; au point Rejet du programme de surveillance de la centrale, on observe en réalité les eaux issues de la centrale mélangées au rejet de l'aquaculture.

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.

Afin d'apprécier l'influence de l'aquaculture sur le rejet de la centrale, les résultats obtenus dans le cadre de la surveillance aquacole pour la période de janvier à décembre 1996 ont été comparés à ceux de la surveillance de la centrale aux mêmes dates.

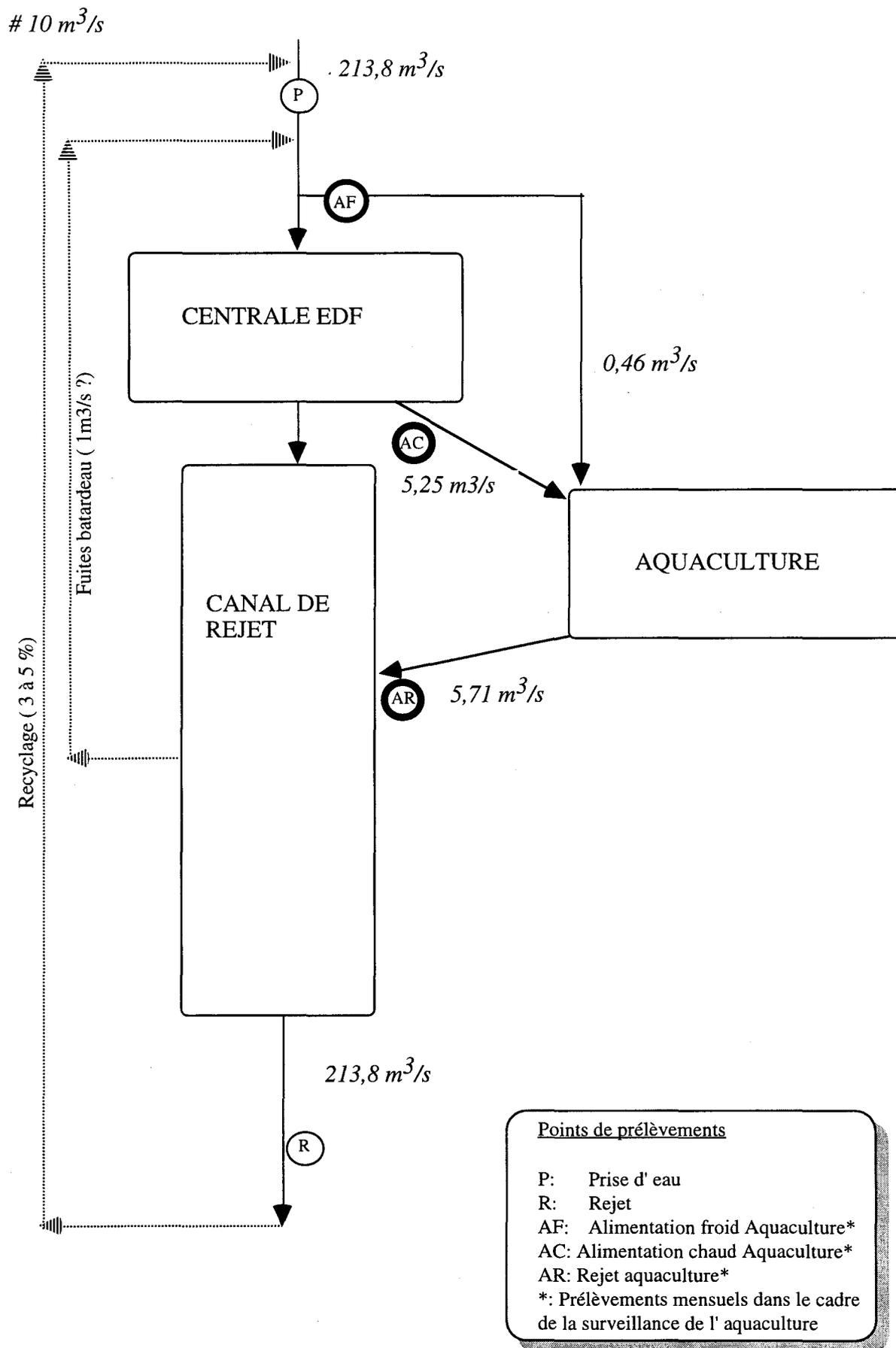


Fig. 3.10. Schéma de la circulation des eaux sur le site de Gravelines - Points de surveillance - 1996

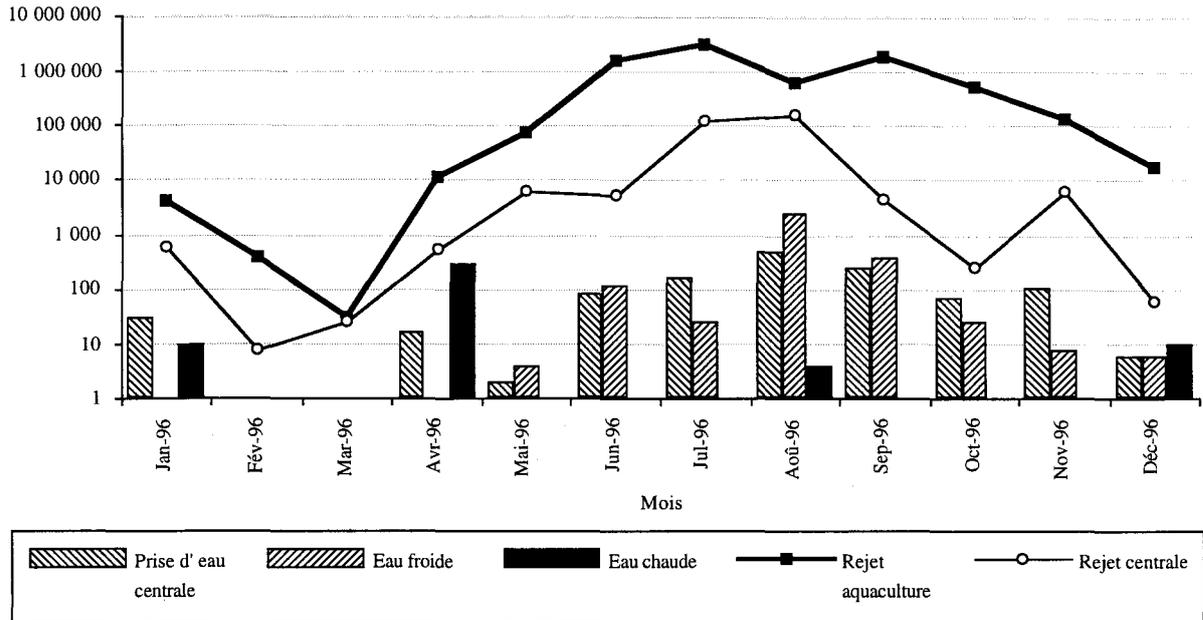


Fig. 3.11. Concentrations moyennes des vibrions (Vibrions/litre - analyses mensuelles)

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 ce qui se traduit par une concentration moyenne annuelle supérieure d'un facteur voisin de 10.

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 très 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 35 % des isollements de vibrions. *Vibrio cholerae* Nag qui était l'espèce la plus fréquemment isolée avec 59 % en 1995 voit son pourcentage baisser à 32%. Cette année, *V. parahaemolyticus* est bien représenté dans le rejet aquacole avec 22% des isollements.

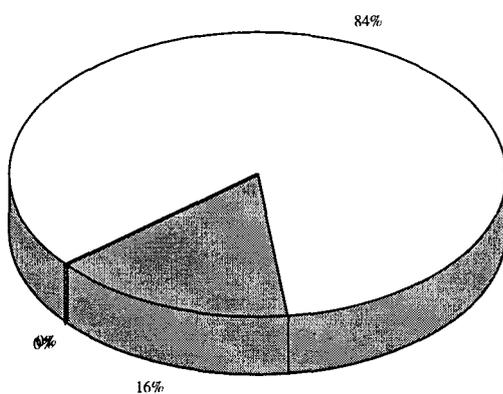
Le rejet des fermes marines représente sur la période un débit moyen de 5,7 m³/s qui se déversent dans les 214 m³/s du rejet de la centrale. Par effet de dilution, une espèce bactérienne qui ne se multiplierait pas dans le canal de rejet verrait sa concentration réduite d'un facteur de l'ordre de 37 entre l'aquaculture et le rejet en mer.

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

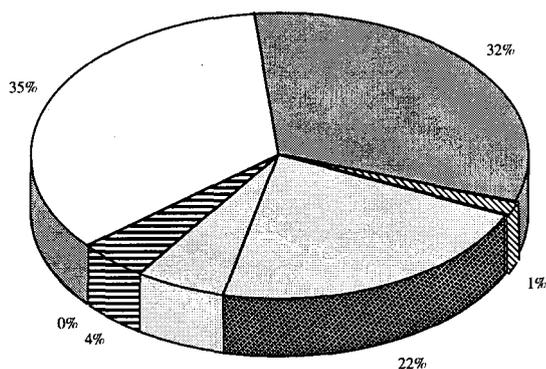
Les résultats de la figure 3.12. comparent les pourcentages des différentes espèces de vibrions dans le rejet aquacole aux points de surveillance de la centrale prélevés aux mêmes dates.

Au rejet de la centrale et à la prise d'eau, les pourcentages calculés sont sensiblement différents de ceux obtenus à partir des prélèvements hebdomadaires. La représentativité des résultats est cependant plus faible compte tenu du plus petit nombre d'échantillons analysés.

Prise d' eau centrale



Rejet aquaculture



Rejet centrale

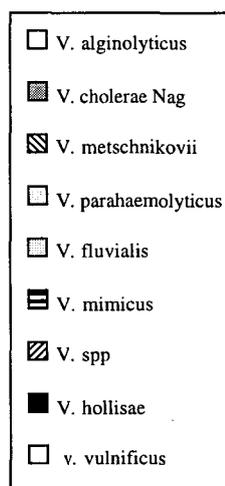
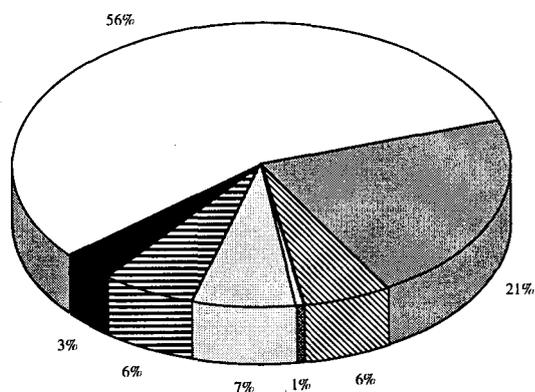


Fig. 3.12. Pourcentages moyens des diverses espèces de vibrions (contrôle mensuel)

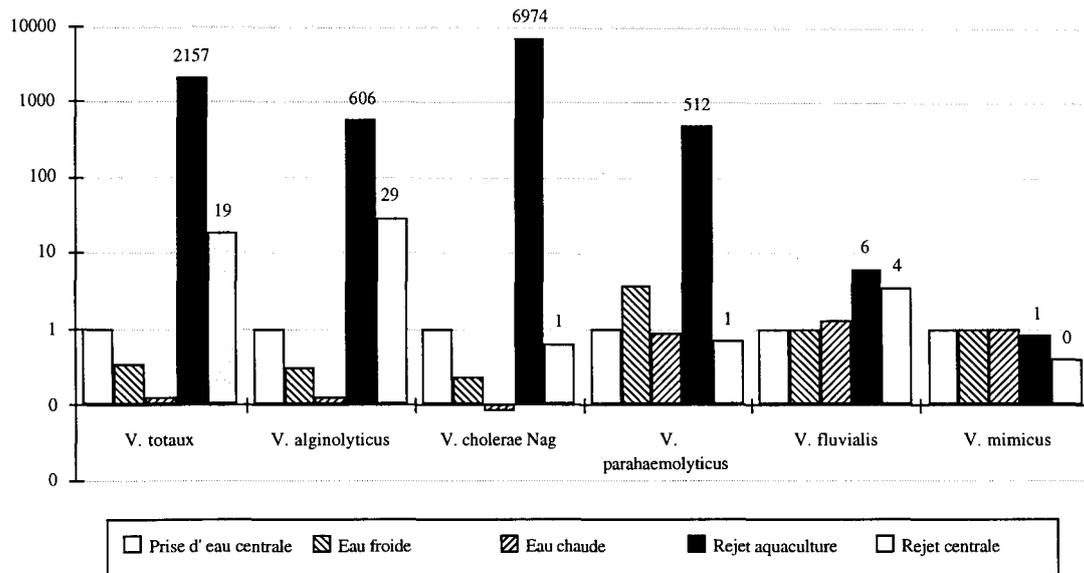


Fig. 3.13. Facteurs de multiplication des diverses espèces de vibrions (contrôle mensuel) 1995-1996

La modification de la microflore observée traduit la multiplication préférentielle de certaines espèces de vibrions dans la ferme aquacole autres que *V. alginolyticus* comme *V. cholerae Nag* et, cette année, *V. parahaemolyticus*. En raison du nombre plus réduit d' échantillons analysés lors de la surveillance de l' aquaculture (12 mesures), les facteurs de multiplication des différentes espèces de vibrions sont différents de ceux obtenu dans la surveillance de la centrale (52 mesures).

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.

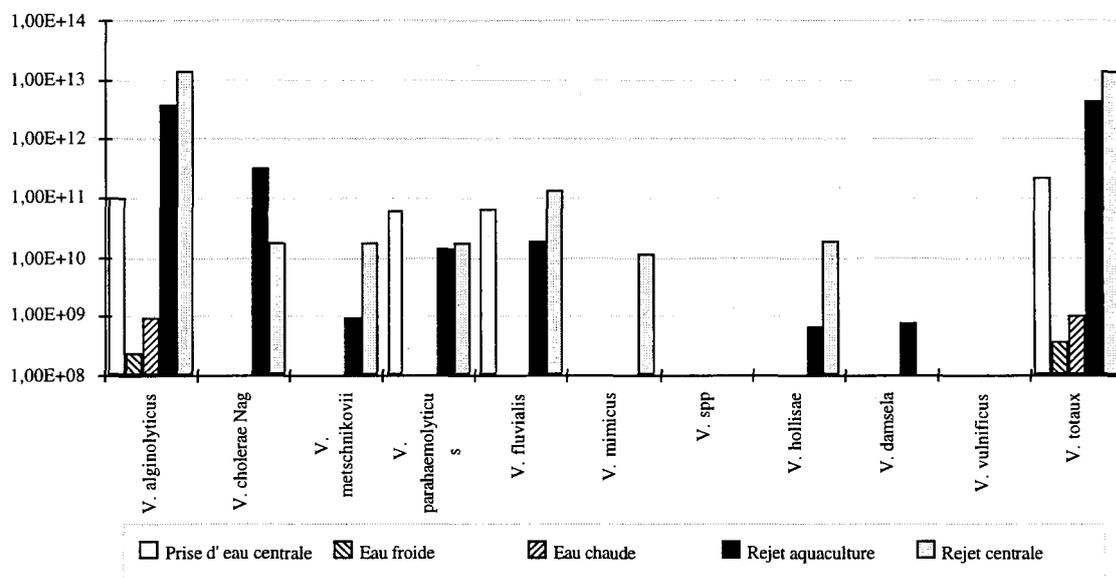


Fig. 3.14. Flux par 24 heures des diverses espèces de vibrions (contrôle mensuel)

CAMPAGNES PELAGIQUES

La première campagne pélagique a été réalisée en mars, c'est à dire plus tôt que lors des périodes précédentes afin de réaliser de meilleurs échantillonnages de zooplancton en dehors de la période du bloom de *phaeocystis*.

Date	Point	Temp.	Vibriens 37°C (/litre)					Haloformes			
		Surf.	Vibriens /l toutes espèces	<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. cholerae</i> NAg	<i>V. fluvialis</i>	<i>V. damsela</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	CHCl2Br (µg/l)	CHClBr2 (µg/l)	CHBr3 (µg/l)
(°C)											
19/3/96	Prise	6,0	<1						-	-	-
	Rejet	15,9	32	4	8	20			-	-	-
	Contrôle	13,3	48	46		2			-	-	-
	Référence	6,0	<1						-	-	-
17/09/96	Prise	16,0	320	260			60		-	-	-
	Rejet	26,7	3 000	1 300	100			1 600	0,06	0,33	9,4
	Contrôle	25,7	2 800	1 200		1 600			0,05	0,28	10,3
	Référence	16,5	110	110					-	-	0,4

Tab. 3.1. Campagnes pélagiques - Bactériologie et chloration.

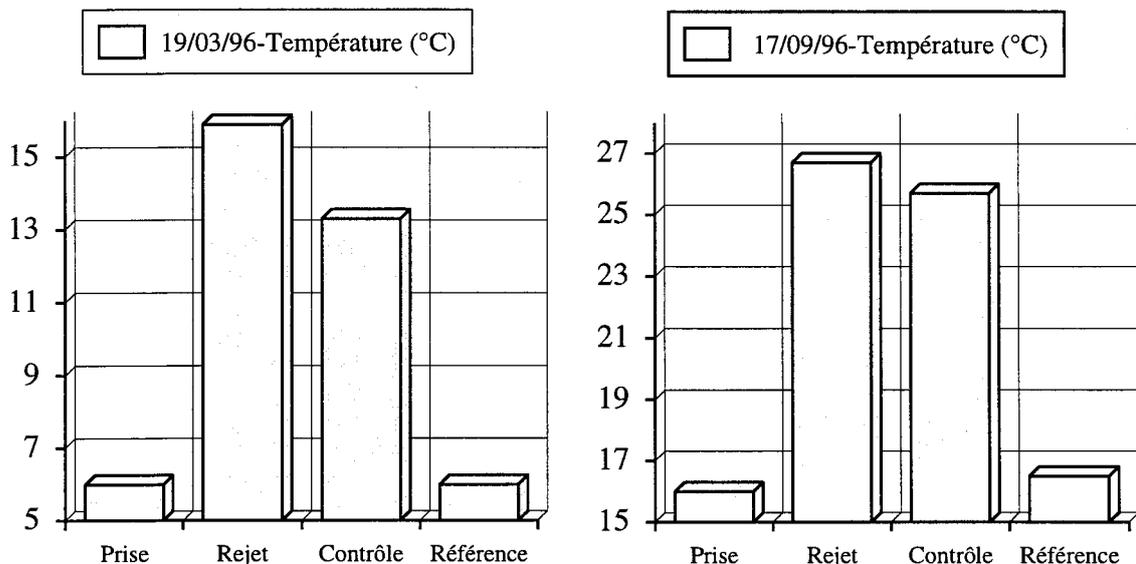


Fig.3.15. Campagnes pélagiques - Températures

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.

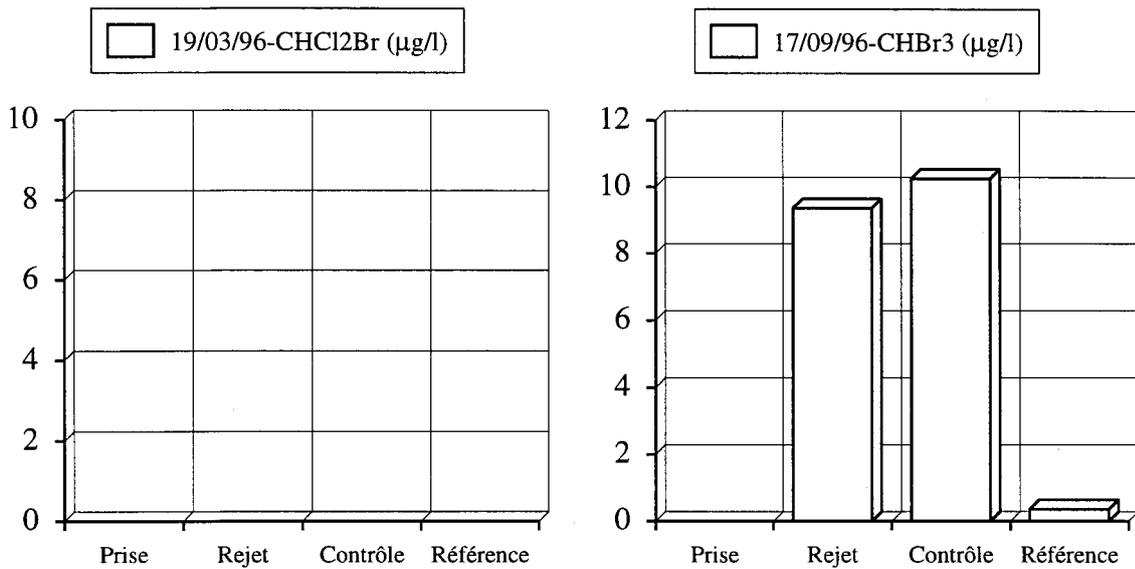


Fig.3.16. Campagnes pélagiques -Bromoforme

Les trihalométhanes résultants de la chloration de l' eau de mer ne sont mis en évidence que lors de la seconde campagne pélagique (septembre). Compte tenu de la très faible dilution entre le rejet et le point contrôle, les concentrations en haloformes sont très proches pour les deux points.

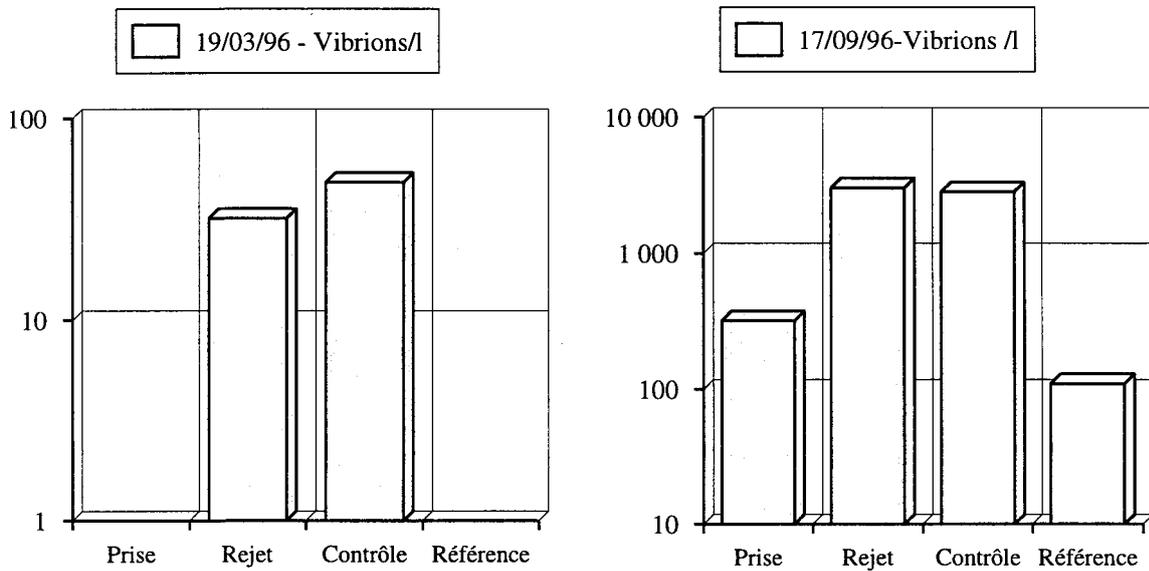


Fig.3.17. Campagnes pélagiques - Vibrions

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 est comparable à la dilution thermique en septembre alors que la multiplication des vibrions semble se poursuivre en mer le 19 mars.

CONCLUSION

Les résultats obtenus cette année permettent d'apprécier l'évolution des modifications du milieu observées lors des dernières études de surveillance écologique du site de Gravelines.

Durant la période 1995-1996 des températures moins élevées qu'en 1994-1995, période exceptionnellement chaude, ont été relevées. L'hiver a été marqué par un temps froid et sec. La pluviosité globale est inférieure à la normale avec 472 mm à comparer au 691 mm de moyenne des trois dernières périodes.

La moyenne des températures de l'eau à la prise est de 11,50 °C pour la période d'étude soit 2 °C en dessous de la moyenne du cycle précédent. La température minimale (2,9 °C) est observée le 5 février 1996. Durant le mois d'août, les températures n'ont pas été supérieures à 20 °C; le maximum relevé est de 19,9 °C le 19 août 1996.

La puissance hebdomadaire moyenne produite par la centrale est de 4160 MW pour un débit d'eau de mer de refroidissement des condenseurs de 213 m³/s.

Le transit de l'eau dans la centrale, calculé sur la base des prélèvements hebdomadaires réalisés, se traduit par un échauffement moyen de 9,26 °C (9,0 °C en 1994-1995).

La chloration mise en oeuvre pour lutter contre la salissure des circuits se traduit par une concentration moyenne en bromoforme de 18,3 µg/l, valeur comparable à 17,1 µg/l, moyenne des trois dernières périodes. Les dosages d'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 (4,3 %).

En dépit de variations liées aux conditions climatiques, l'amplitude du cycle des vibrions dans le rejet est relativement stable depuis la mise en service des six tranches de la centrale de Gravelines (cycle 1986). Le développement de l'aquaculture (phase expérimentale en 1984, puis extensions en 1991 et 1992) ne semble pas avoir eu d'influence sur les vibrions en termes d'abondance.

Avant 1984, la quasi totalité de la flore des vibrions isolés sur le site était représentée par *Vibrio alginolyticus*. Parallèlement au développement de l'aquaculture sur le site, une diversité croissante des espèces de vibrions a été observée. Cette évolution semble marquer un palier actuellement. La répartition des espèces autres que *Vibrio alginolyticus* est influencée, non seulement par les variations climatiques et hydrologiques, mais également par l'évolution technique rapide et importante des conditions d'élevage dans les fermes aquacoles.

Au rejet, *Vibrio alginolyticus* reste l'espèce la plus souvent isolée avec un pourcentage moyen de 71 %.

Vibrio fluvialis est la seconde espèce par ordre d'importance avec un pourcentage de 9,5 %.

Le pourcentage d'isolement de *V. cholerae* Nag est de 7,5 %, en diminution depuis 1993 où il avait atteint 13 %. Les souches de *Vibrio cholerae* isolées sur le site ne sont pas agglutinables par les sérums anti-*Vibrio cholerae* O1 (Nag) et sont depuis deux ans halophiles strictes, ce qui permet de les différencier des souches épidémiques.

Les autres espèces mises en évidence en 1995-1996 sont: *Vibrio damsela*, *V. harveyi*, *V. metschnikovii*, *V. mimicus*, *V. hollisae*, *V. vulnificus* et *V. parahaemolyticus*. Quelques souches de vibrions isolées au rejet présentent des profils biochimiques non assimilables à des espèces répertoriées (*V. spp.*).

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.
06/11/95	12,3	34	6	20							8		
14/11/95	13,4	64	8	56									
21/11/95	10,7	80	2	78									
27/11/95	11,4	52	6	24						22			
04/12/95	10,3	42	6	18				14			4		
11/12/95	7,1	1	1										
18/12/95	5,1	8	2	6									
27/12/95	5,7	0	0										
03/01/96	5,5	8	2	6									
08/01/96	6,6	20	4							16			
15/01/96	7,3	30	30										
22/01/96	6,2	2	2										
29/01/96	3,9	6	2	2								2	
05/02/96	2,9	0	0										
12/02/96	5,3	0	0										
21/02/96	3,0	4	4										
26/02/96	4,9	16	16										
04/03/96	4,7	6	2								4		
11/03/96	5,4	0	0										
19/03/96	6,0	0	0										
28/03/96	6,1	0	0										
01/04/96	6,1	0	0										
10/04/96	7,0	16	16										
18/04/96	8,5	10	10										
25/04/96	10,4	12	12										
29/04/96	11,6	20	20										
09/05/96	10,9	10	10										
14/05/96	10,7	2	2										
20/05/96	10,8	22	2								20		
28/05/96	11,0	96	28			56				12			
03/06/96	13,4	80	5			75							
10/06/96	15,7	8 000	8 000										
17/06/96	16,2	190	140			50							
24/06/96	15,7	129	80			29					20		
01/07/96	16,2	66	54			12							
08/07/96	16,6	160	50			80							
15/07/96	18,5	440	300			140							
25/07/96	17,9	1 300	1 300										
29/07/96	18,4	500	500										
05/08/96	19,9	350	150	100	100								
12/08/96	19,3	1 920	1 920										
19/08/96	19,9	260	160										
28/08/96	18,9	340	340										
03/09/96	17,4	570	220		300				50				
10/09/96	16,9	720	720										
16/09/96	16,5	260	215			45							
23/09/96	14,8	26	26										
01/10/96	15,7	160	160										
07/10/96	15,2	190	190										
14/10/96	14,7	78	68								10		
22/10/96	15,0	70	10			30		20	10				
28/10/96	14,4	111	11			29		71					

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

Date	Température	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.
06/11/95	22,0	4 400	4 400										
14/11/95	22,8	31	22	9									
21/11/95	20,3	120	70	50									
27/11/95	20,9	10	8				2						
04/12/95	19,3	230	160	50		20							
11/12/95	17,8	9	3	6									
18/12/95	14,9	500	220	140							140		
27/12/95	15,6	540	40	500									
03/01/96	15,5	230	200							30			
08/01/96	16,7	160	80	80									
15/01/96	17,1	600	370							230			
22/01/96	15,7	80	23								57		
29/01/96	13,6	320	60					260					
05/02/96	12,5	8	8										
12/02/96	15,7	44	24								20		
21/02/96	13,0	310	310										
26/02/96	15,2	80	80										
04/03/96	14,7	62	62										
11/03/96	15,4	26	9			17							
19/03/96	15,9	32	4	8		20							
28/03/96	15,5	120	30			50		40					
01/04/96	15,3	180	180										
10/04/96	16,8	520	520										
18/04/96	19,2	170	170										
25/04/96	20,2	900	900										
29/04/96	21,5	3 900	2 900								1 000		
09/05/96	18,8	480	480										
14/05/96	18,1	6 200	1 200	2 000				3 000					
20/05/96	17,5	3 800	3 800										
28/05/96	20,2	3 600	1 600							2 000			
03/06/96	22,2	5 200	1 200			2 000					2 000		
10/06/96	23,4	1 400 000	900 000								500 000		
17/06/96	22,0	7 600	1 600			6 000							
24/06/96	21,4	8 800	8 800										
01/07/96	23,6	42 000	42 000										
08/07/96	26,1	120 000	120 000										
15/07/96	27,8	300 000	120 000			180 000							
25/07/96	25,3	120 000	120 000										
29/07/96	27,9	160 000	160 000										
05/08/96	30,3	8 000	8 000										
12/08/96	28,6	170 000	170 000										
19/08/96	29,8	20 000	20 000										
28/08/96	29,1	3 200	3 200										
03/09/96	27,3	9 000	9 000										
10/09/96	25,6	210 000	210 000										
16/09/96	25,9	4 300	800			1 500			2 000				
23/09/96	24,1	41 000	41 000										
01/10/96	25,6	19 000	19 000										
07/10/96	25,1	2 400	2 000			400							
14/10/96	25,5	240	240										
22/10/96	24,0	43 000	20 000			18 000					5 000		
28/10/96	22,8	6 200	4 600			1 600							

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
06/11/95	-	-	0,3	-	0,08	0,49	14,1
14/11/95	-	-	1,5	0,06	-	0,73	14,5
21/11/95	-	-	0,6	0,09	0,09	0,67	17,3
27/11/95	-	-	1,2	0,09	0,06	0,71	16,3
04/12/95	-	-	1,0	-	0,06	0,43	13,3
11/12/95	-	-	-	-	-	0,15	5,1
18/12/95	-	-	-	-	-	-	-
27/12/95	-	-	-	-	-	-	-
03/01/96	-	-	-	-	-	-	-
08/01/96	-	-	-	-	-	-	-
15/01/96	-	-	-	-	-	-	-
22/01/96	-	-	-	-	-	-	-
29/01/96	-	-	-	-	-	-	-
05/02/96	-	-	-	-	-	-	-
12/02/96	-	-	-	-	-	-	-
21/02/96	-	-	-	-	-	-	-
26/02/96	-	-	-	-	-	-	-
04/03/96	-	-	-	-	-	-	-
11/03/96	-	-	-	-	-	-	-
19/03/96	-	-	-	-	-	-	-
28/03/96	-	-	-	-	-	-	-
01/04/96	-	-	-	-	-	-	-
10/04/96	-	-	-	-	-	-	-
18/04/96	-	-	-	-	-	-	-
25/04/96	-	0,01	0,6	0,07	0,16	0,37	6,0
29/04/96	-	0,02	0,6	-	0,06	0,39	12,4
09/05/96	-	-	0,0	-	0,04	0,48	14,6
14/05/96	-	-	0,3	-	0,14	0,49	11,3
20/05/96	-	-	0,2	-	0,08	0,17	17,8
28/05/96	0,02	0,02	0,5	-	0,16	0,48	10,7
03/06/96	0,04	-	1,6	0,04	0,05	0,42	26,1
10/06/96	0,04	-	0,7	0,04	0,03	0,20	13,5
17/06/96	-	-	0,9	-	0,04	0,29	22,1
24/06/96	-	-	0,2	-	0,05	0,27	17,0
01/07/96	-	-	-	-	0,11	0,23	14,5
08/07/96	-	-	0,9	0,05	0,10	0,44	15,3
15/07/96	-	-	1,3	0,04	0,07	0,35	25,0
25/07/96	-	-	2,6	-	0,03	0,23	16,6
29/07/96	-	-	0,6	-	0,05	0,41	29,2
05/08/96	-	-	1,0	0,08	0,16	0,46	33,1
12/08/96	0,04	-	2,1	0,07	0,09	0,39	27,4
19/08/96	-	-	1,7	-	0,11	0,75	43,6
28/08/96	-	-	1,4	-	0,07	0,13	10,7
03/09/96	-	-	0,5	-	-	0,11	11,3
10/09/96	-	-	-	-	0,06	0,17	12,7
16/09/96	-	-	0,9	0,07	0,09	0,63	33,9
23/09/96	-	-	-	0,06	-	0,22	16,9
01/10/96	-	-	1,2	0,05	-	0,41	24,7
07/10/96	-	-	1,5	0,06	-	0,37	21,2
14/10/96	-	-	0,4	0,13	0,04	0,55	24,6
22/10/96	-	-	-	0,06	-	0,28	19,5
28/10/96	-	-	0,8	-	0,11	0,17	9,8

Tab.A.3. Chlore résiduel et haloformes

Année	Dates (semaines)		puissance moyenne hebdo.*	Débit eau de mer*	Température à la Prise*	Echauffement calculé du Rejet*	Echauffement mesuré
	du	au					
1995	06/11/95	12/11/95	4 853	240,0	12,5	9,7	9,7
	13/11/95	19/11/95	4 103	240,0	12,9	8,2	9,4
	20/11/95	26/11/95	4 949	240,0	11,3	9,9	9,6
	27/11/95	03/12/95	4 802	240,0	10,9	9,6	9,5
	04/12/95	10/12/95	4 846	240,0	8,6	9,7	9,0
	11/12/95	17/12/95	5 179	240,0	6,0	10,3	10,7
	18/12/95	24/12/95	4 894	240,0	5,7	9,7	9,8
1996	25/12/95	31/12/95	4 718	240,0	5,4	9,4	9,9
	01/01/96	07/01/96	5 169	240,0	5,6	10,3	10,0
	08/01/96	14/01/96	4 949	240,0	7,0	9,9	10,1
	15/01/96	21/01/96	4 561	240,0	7,0	9,1	9,8
	22/01/96	28/01/96	5 169	240,0	5,3	10,3	9,5
	29/01/96	04/02/96	5 198	240,0	4,0	10,4	9,7
	05/02/96	11/02/96	5 105	240,0	4,0	10,2	9,6
	12/02/96	18/02/96	5 214	240,0	4,8	10,4	10,4
	19/02/96	25/02/96	4 738	234,0	3,8	9,7	10,0
	26/02/96	03/03/96	5 090	240,0	4,8	10,1	10,3
	04/03/96	10/03/96	5 200	240,0	4,9	10,4	10,0
	11/03/96	17/03/96	5 185	240,0	5,3	10,3	10,0
	18/03/96	24/03/96	4 806	239,0	6,3	9,6	9,9
	25/03/96	31/03/96	4 580	234,0	6,6	9,4	9,4
	01/04/96	07/04/96	4 402	235,0	6,2	9,0	9,2
	08/04/96	14/04/96	4 044	201,0	7,2	9,6	9,8
	15/04/96	21/04/96	4 046	200,0	8,6	9,7	10,7
	22/04/96	28/04/96	3 619	186,0	10,3	9,3	9,8
	29/04/96	05/05/96	3 479	164,0	10,9	10,1	9,9
	06/05/96	12/05/96	3 374	180,0	10,5	9,0	7,9
	13/05/96	19/05/96	3 115	193,0	10,4	7,7	7,4
	20/05/96	26/05/96	2 465	156,0	11,2	7,6	6,7
	27/05/96	02/06/96	3 087	173,0	12,5	8,5	9,2
	03/06/96	09/06/96	3 244	190,0	13,9	8,2	8,8
	10/06/96	16/06/96	3 055	212,0	15,9	6,9	7,7
	17/06/96	23/06/96	2 650	193,0	16,3	6,6	5,8
	24/06/96	30/06/96	3 293	200,0	16,2	7,9	5,7
	01/07/96	07/07/96	3 989	200,0	16,7	9,5	7,4
	08/07/96	14/07/96	4 087	207,0	17,7	9,4	9,5
	15/07/96	21/07/96	4 284	216,0	18,3	9,5	9,3
	22/07/96	28/07/96	4 272	240,0	18,7	8,5	7,4
29/07/96	04/08/96	4 942	240,0	19,3	9,8	9,5	
05/08/96	11/08/96	4 885	240,0	19,5	9,7	10,4	
12/08/96	18/08/96	4 093	240,0	19,1	8,2	9,3	
19/08/96	25/08/96	3 957	240,0	19,9	7,9	9,9	
26/08/96	01/09/96	4 183	234,0	18,6	8,5	10,2	
02/09/96	08/09/96	3 752	201,0	17,9	8,9	9,9	
09/09/96	15/09/96	3 629	200,0	16,8	8,7	8,7	
16/09/96	22/09/96	3 021	162,0	15,6	8,9	9,4	
23/09/96	29/09/96	3 358	160,0	15,4	10,0	9,3	
30/09/96	06/10/96	3 319	160,0	15,8	9,9	9,9	
07/10/96	13/10/96	3 306	160,0	14,9	9,9	9,9	
14/10/96	20/10/96	3 302	160,0	14,9	9,9	10,8	
21/10/96	27/10/96	3 355	160,0	14,6	10,0	9,0	
28/10/96	03/11/96	3 401	160,0	13,9	10,2	8,4	
		<i>moyennes</i>	4159,9	213,3	11,5	9,30	9,29

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'aménée est destiné à observer les variations de la biomasse chlorophyllienne et de dénombrer les espèces phytoplanctoniques tout au long de l'année. Il permet de comparer les années. Il situe chronologiquement les deux campagnes de prélèvements hydrologiques en fonction des pics de chlorophylle et de l'efflorescence de *Phaeocystis*, espèce planctonique responsable d'eaux turbides et d'écumes particulièrement visibles dans le panache de rejet de la centrale.
- Des prélèvements de chlorophylle et de phytoplancton sont effectués au cours des deux campagnes hydrologiques du 19 mars et du 17 septembre. Celles-ci ont pour objet de comparer trois stations (amenée, rejet et contrôle) à un point de référence situé en dehors de l'impact du rejet de la centrale.

I. SURVEILLANCE HEBDOMADAIRE AU CANAL D'AMENEE.

a. Biomasse chlorophyllienne.

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

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

Pendant les mois de novembre à janvier, les teneurs en chlorophylle sont faibles, proches de 2 mg/m^3 . On observe un premier pic à la mi-février. Il avoisine 9 mg/m^3 . Un second pic s'amorce le 19 mars pour culminer le 18 avril à $45,63 \text{ mg/m}^3$ et se terminer le 29 avril. Pendant les 15 premiers jours de mai, les valeurs sont proches de 6 mg/m^3 . Du 14 mai au 3 juin, les valeurs sont supérieures à 10 mg/m^3 passant par un maximum à $13,09 \text{ mg/m}^3$ le 28 mai.

Elles oscillent entre $2,73$ et $7,60 \text{ mg/m}^3$ pendant le reste de la période étudiée.

La chlorophylle atteint un maximum de $45,63 \text{ mg/m}^3$, ce qui est la valeur la plus élevée de ces dernières années. En 1995 et en 1993 les valeurs printanières atteignaient 35 mg/m^3 . Ces valeurs étaient en revanche très supérieures aux maxima relevés aux printemps 1994 et 1992 et qui se situaient à 22 et 24 mg/m^3 .

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

Pendant la période couvrant les mois de novembre 1995 à février 1996, les pourcentages de chlorophylle non dégradée varient entre 59% et 72% avec une valeur moyenne proche de 66% et un écart-type légèrement supérieur à 4% .

Dès le début du mois de février, les valeurs augmentent pour atteindre 80% le 12 février, puis elles redescendent brutalement à $59,67 \%$ la semaine suivante.

Entre le 4 mars et le 19 août, les pourcentages de chlorophylle non dégradée oscillent entre 71 % et 100 % . Les taux dépassent 95 % les 1^{er} et 10 avril, le 28 mai le 29 juillet et le 5 août. Le 9 mai et le 15 juillet, les pourcentages passent par des creux respectivement à 73,36 % et 79,01 % .

Après le 15 août, les taux passent de 90 % à 75 % et diminuent en dents de scie. Une exception le 1^{er} octobre où le taux est exceptionnellement à 59 % .

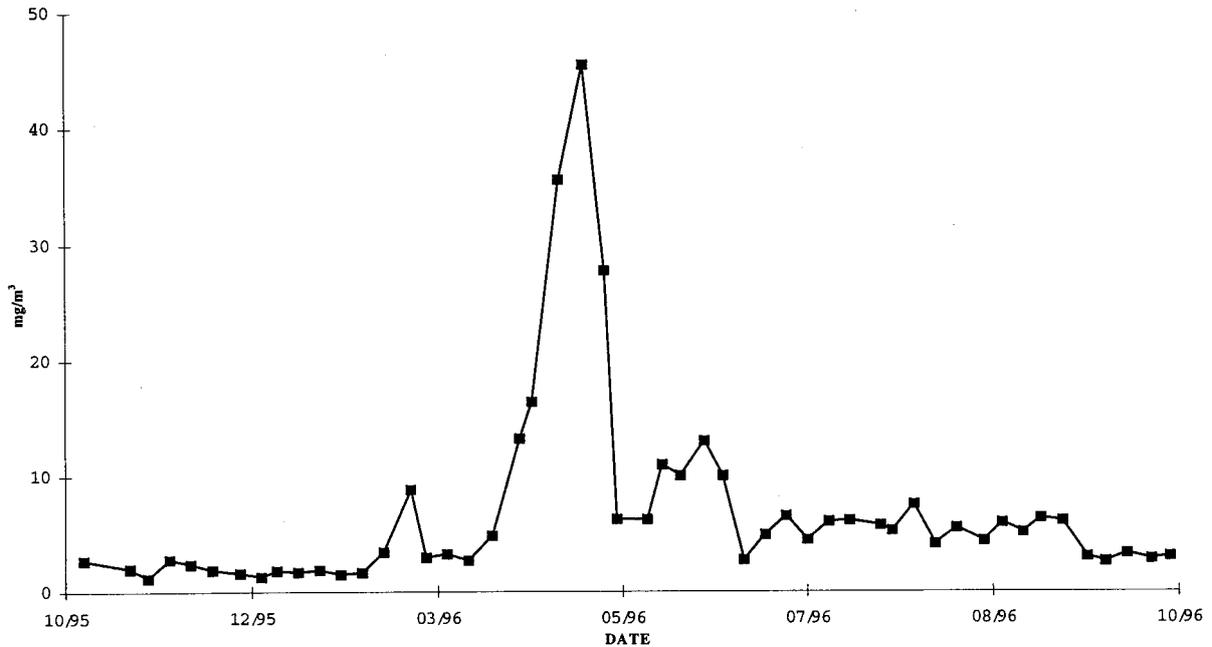


Fig. 4.1. Biomasse chlorophyllienne

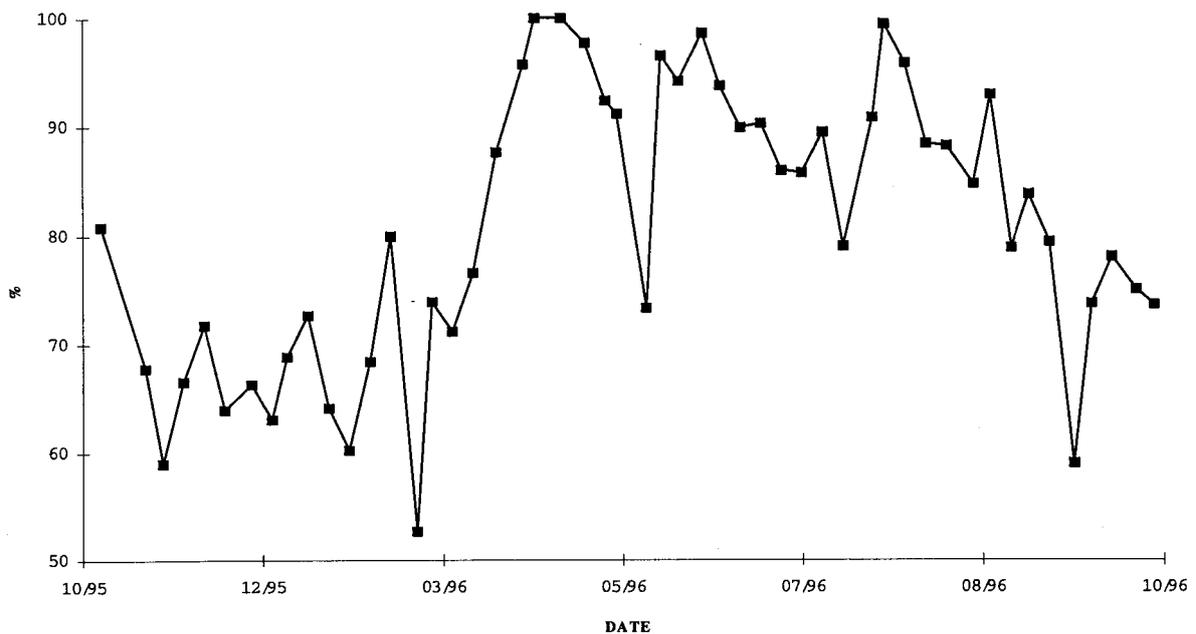


Fig. 4.2 Pourcentage de chlorophylle active

n°	DATES	CHLOROPHYLLE (mg/m ³)	% CHLOROPHYLLE non dégradée
45/95	06/11/1995	2,70	80,81
47/95	21/11/1995	2,00	67,80
48/95	27/11/1995	1,18	59,00
49/95	04/12/1995	2,78	66,58
50/95	11/12/1995	2,36	71,74
51/95	18/12/1995	1,87	63,96
52/95	27/12/1995	1,58	66,31
1	03/01/1996	1,30	63,07
2	08/01/1996	1,80	68,87
3	15/01/1996	1,69	72,66
4	22/01/1996	1,87	64,15
5	29/01/1996	1,48	60,22
6	05/02/1996	1,65	68,39
7	12/02/1996	3,39	79,96
8	21/02/1996	8,85	52,67
9	26/02/1996	2,94	73,92
10	04/03/1996	3,24	71,17
11	11/03/1996	2,68	76,59
12	19/03/1996	4,85	87,64
13	28/03/1996	13,27	95,72
14	01/04/1996	16,50	100,00
15	10/04/1996	35,69	100,00
16	18/04/1996	45,63	97,72
17	25/04/1996	27,86	92,39
18	29/04/1996	6,29	91,15
19	09/05/1996	6,24	73,36
20	14/05/1996	11,01	96,55
21	20/05/1996	10,08	94,16
22	28/05/1996	13,09	98,59
23	03/06/1996	10,08	93,77
24	10/06/1996	2,73	89,90
25	17/06/1996	4,93	90,26
26	24/06/1996	6,58	85,98
27	01/07/1996	4,48	85,78
28	08/07/1996	6,08	89,47
29	15/07/1996	6,18	79,01
30	25/07/1996	5,77	90,80
31	29/07/1996	5,29	99,43
32	05/08/1996	7,60	95,81
33	12/08/1996	4,13	88,41
34	19/08/1996	5,51	88,22
35	28/08/1996	4,38	84,76
36	03/09/1996	5,98	92,89
37	10/09/1996	5,14	78,89
38	16/09/1996	6,38	83,80
39	23/09/1996	6,15	79,42
40	01/10/1996	3,01	59,00
41	07/10/1996	2,58	73,76
42	14/10/1996	3,30	78,05
43	22/10/1996	2,80	75,03
44	28/10/1996	3,05	73,64

Tab. 4.1. Biomasse chlorophyllienne et pourcentage de chlorophylle active

b. Succession des espèces planctoniques.

Nous allons maintenant nous intéresser à la composition du phytoplancton.

Phaeocystis, espèce très abondante, est présente cette année entre le 1er avril et le 20 mai. Il est responsable d'écumes et d'eaux turbides particulièrement visibles dans le canal de rejet de la centrale.

On a compté	Date	nombre de cellules/litre
	1 avril	4 026 000
	10 avril	2 094 000
	18 avril	1 368 000
	25 avril	640 000
	29 avril	0
	9 mai	460 000
	14 mai	1 250 000
	20 mai	194 000

Comme on le voit aussi sur la figure 4.6, *Phaeocystis* présente deux périodes de grande abondance. La première, entre le 1er et le 25 avril, contribue à la montée de la biomasse chlorophyllienne. En revanche, on voit beaucoup plus clairement le rapprochement entre la biomasse chlorophyllienne élevée et le nombre important de cellules de *Phaeocystis* observées le 14 mai. Pendant ces périodes, le pourcentage de chlorophylle active est supérieur à 91 %.

Mis à part *Phaeocystis*, on observe plus de 100 000 cellules de diatomées par litre aux dates suivantes :

Date	Nombre de diatomées (cellules par litre)	espèce(s) dominante(s)
26 février	112 300	<i>Melosira, Thalassiosira</i>
19 mars	195 000	<i>Nitzchia, Thalassionena</i>
28 mars	324 400	<i>Rhizosolenia delicatula, Chaetoceros curvicutus</i>
1 ^{er} avril	425 200	<i>Chaetoceros sociale, Rhizosolenia delicatula</i>
10 avril	695 200	<i>Rhizosolenia delicatula, Cerataulina</i>
18 avril	1 006 900	<i>Rhizosolenia delicatula, Lauderia borealis</i>
25 avril	472 700	<i>Rhizosolenia delicatula, Nitzchia delicatula</i>
29 avril	115 400	<i>Rhizosolenia delicatula, Nitzchia delicatula</i>
9 mai	98 000	<i>Nitzchia delicatula</i>
14 mai	85 000	<i>Nitzchia delicatula</i>
20 mai	222 500	<i>Nitzchia delicatula</i>
28 mai	396 500	<i>Rhizosolenia delicatula, Rhizosolenia stolterfortii, Nitzchia delicatula</i>
3 juin	262 100	<i>Rhizosolenia delicatula, Rhizosolenia shrubsolei</i>
17 juin	279 300	<i>Nitzchia seriata, Chaetoceros curvicutus</i>
29 juillet	262 500	<i>Rhizosolenia shrubsolei</i>
8 août	163 100	<i>Rhizosolenia shrubsolei</i>
16 septembre	357 000	<i>Leptocylindrus</i>
23 septembre	498 000	<i>Nitzchia delicatula</i>

Comme le montre cette énumération et la figure 4.5, les teneurs en chlorophylle et le nombre de diatomées observées augmentent aux mêmes périodes: du 19 mars au 17 juin, des pics au cours de l'été puis un dernier pic pendant la deuxième quinzaine du mois de septembre.

Comme on peut le voir sur les figures 4.4 et 4.5, les genres apparaissent en nombre important dans l'ordre suivant sur la période étudiée : *Thalassiosira, Chaetoceros, Rhizosolenia, Leptocylindrus et Nitzchia*.

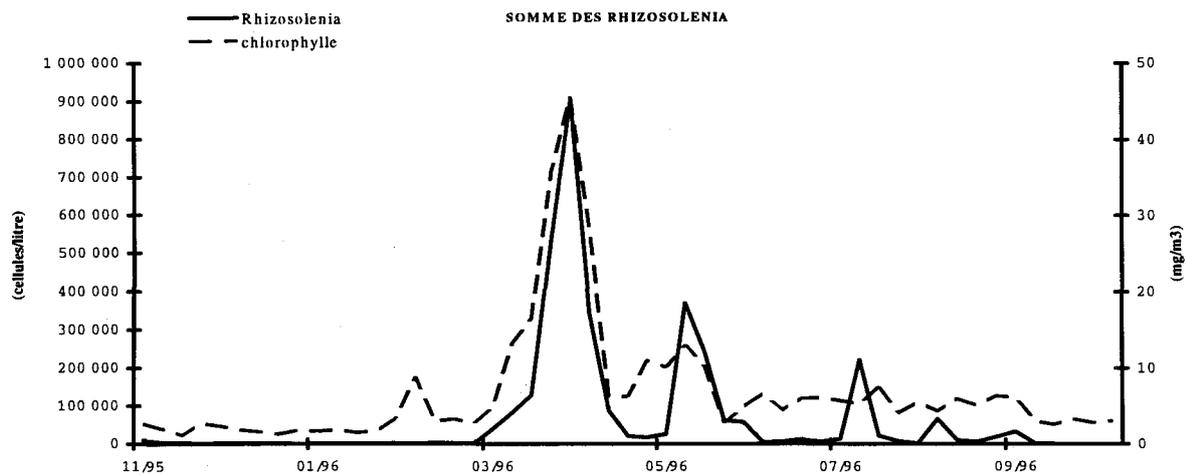
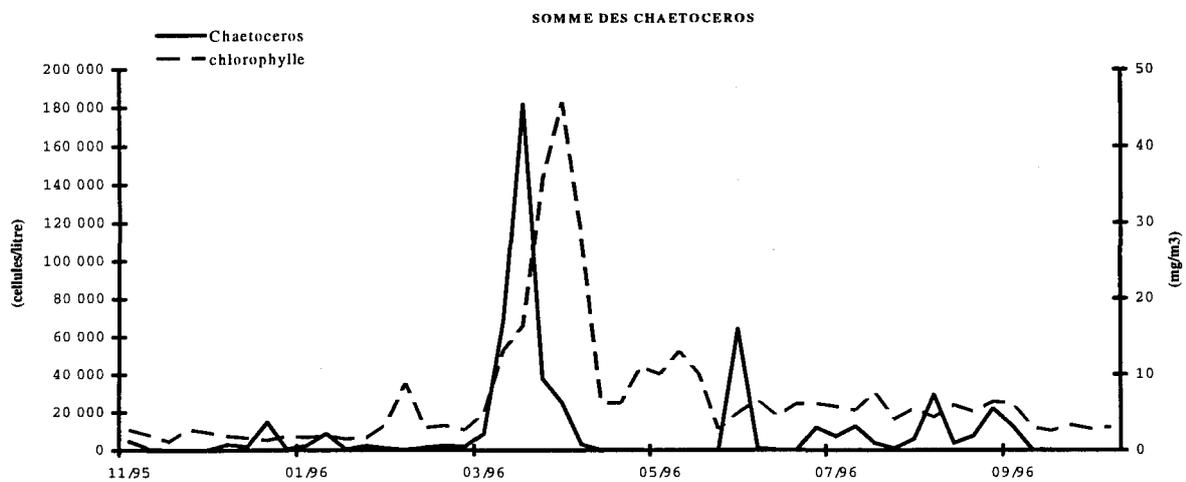
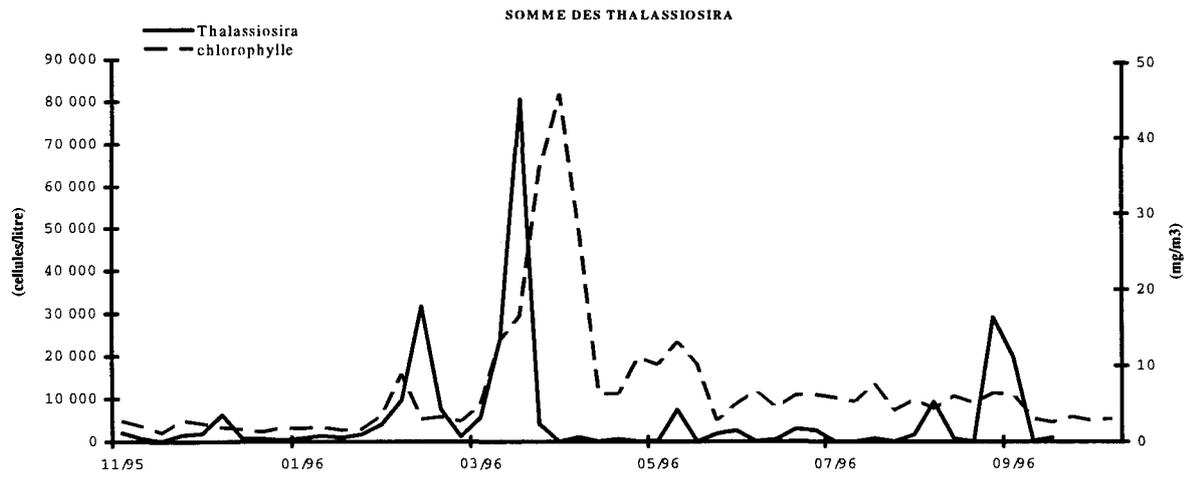


Fig. 4.4. Biomasse chlorophyllienne et succession d'espèces phytoplanctoniques

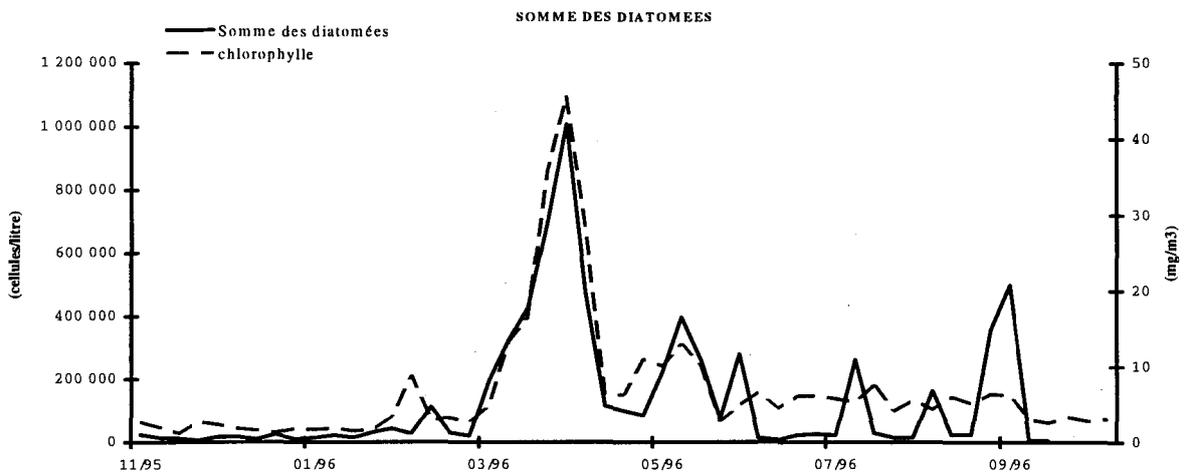
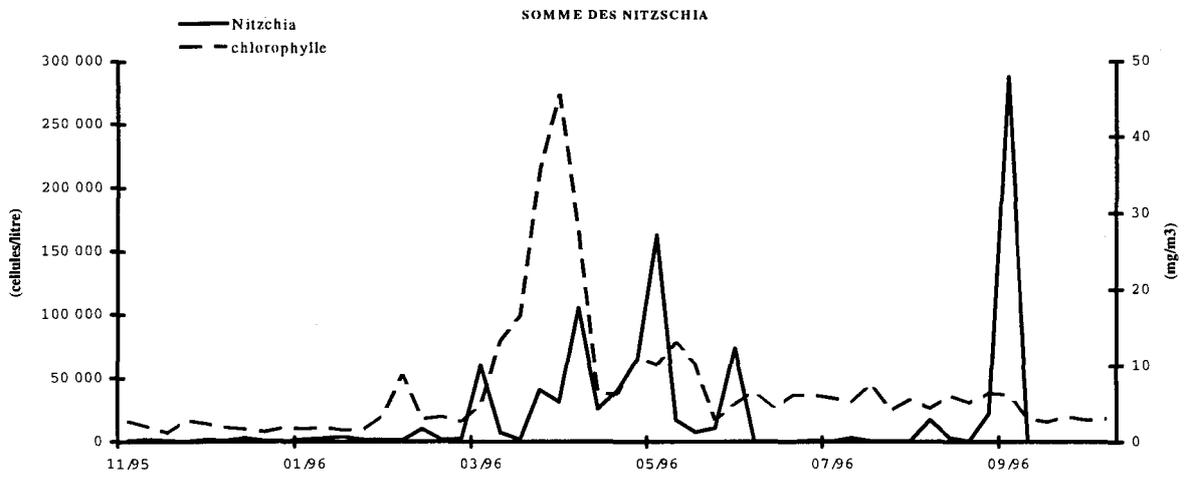
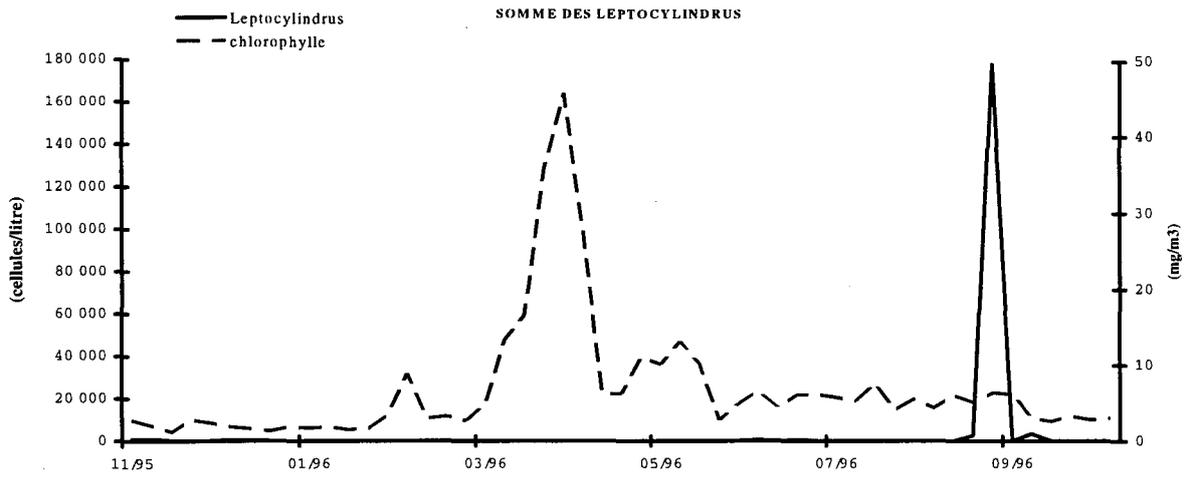


Fig. 4.5. Biomasse chlorophyllienne et succession d'espèces phytoplanctoniques

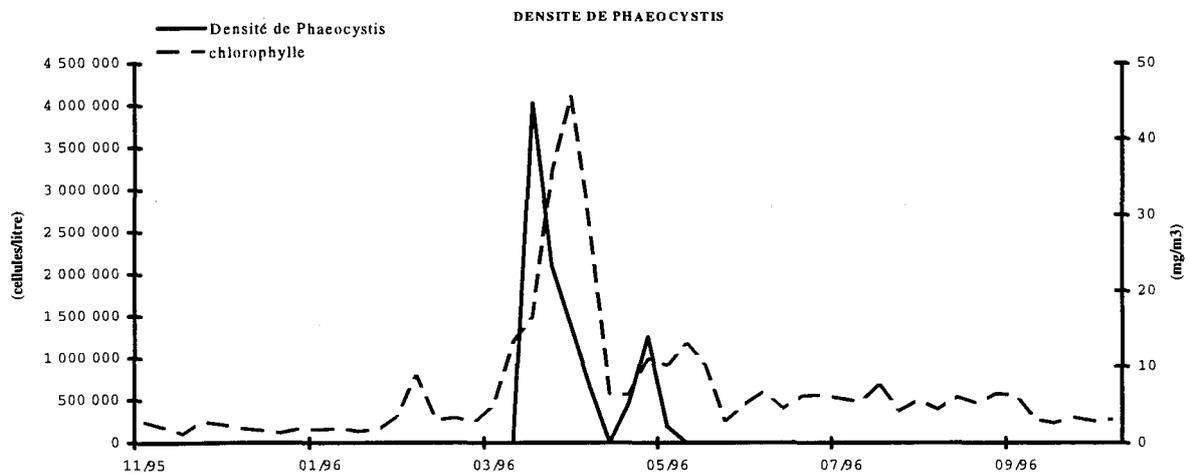
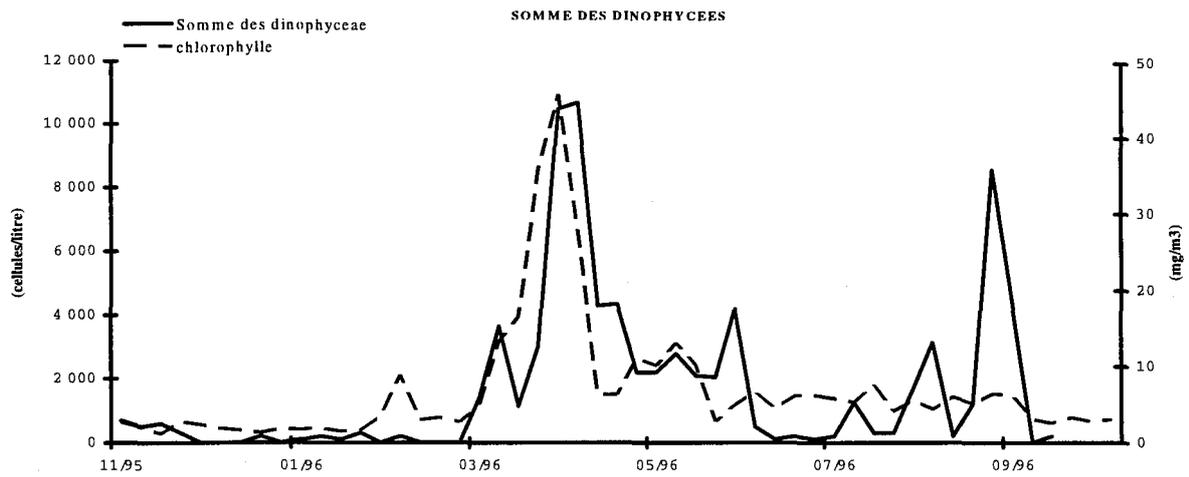


Fig. 4.6. Biomasse chlorophyllienne et succession d'espèces phytoplanctoniques.

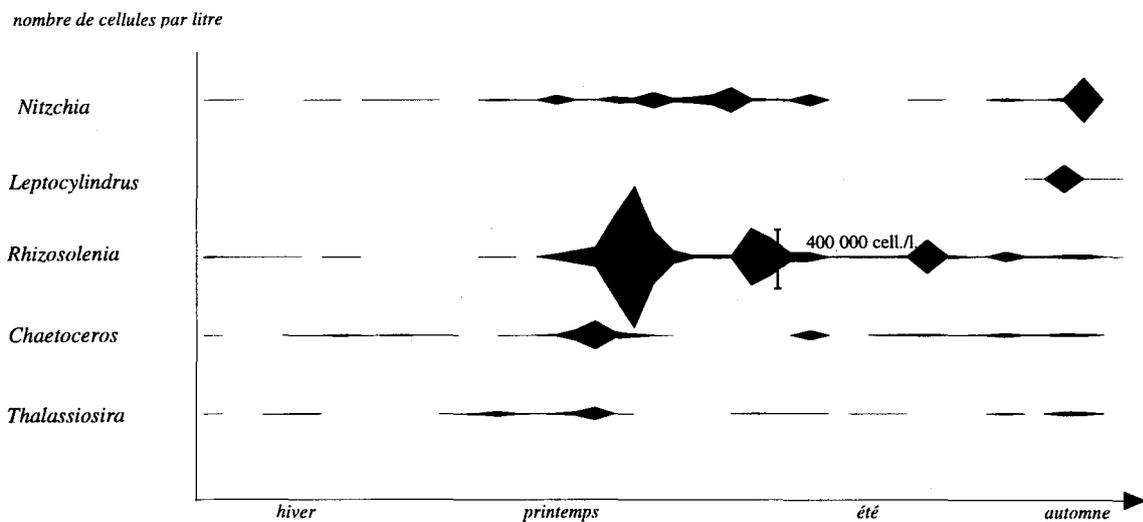


Fig. 4.7. Densité de quelques genres phytoplanctoniques

II. IMPACT DE LA CENTRALE : CAMPAGNES DU 19 MARS ET DU 17 SEPTEMBRE

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

La campagne du 19 mars se situe au début de la deuxième période de croissance de la biomasse chlorophyllienne. Cet épisode culmine le 18 avril avec une production de $45,63 \text{ mg/m}^3$ et se prolonge jusqu'au 3 juin. Il est le plus important de l'année tant par l'intensité que par la durée.

Nous sommes quinze jours avant l'apparition de l'efflorescence planctonique à *Phaeocystis*.

La campagne de printemps se situe dans une phase d'augmentation de l'activité de la chlorophylle avec une valeur de 88 %

Le 17 septembre, les biomasses chlorophylliennes sont faibles, mais au-dessus du niveau moyen des valeurs automnales ($4,5 \text{ mg/m}^3$). Le jour du prélèvement, le pourcentage de chlorophylle non dégradée se situe à la fin de la période pendant laquelle la qualité des cellules se dégrade passant de 100 % le 29 juillet à 59 % le 1^{er} octobre.

a. Biomasse chlorophyllienne

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

Le 19 mars, le déficit de biomasse chlorophyllienne entre le canal d'amenée et le rejet est de 18 %. Au niveau du point de contrôle il n'est plus que de 3 % par rapport au canal d'amenée. L'impact de la centrale est marqué au niveau du rejet mais au point de contrôle la biomasse chlorophyllienne est à des valeurs proches de celles du canal d'amenée.

Au canal d'amenée, le déficit est de 22 % par rapport au point de référence non impacté. Cette différence montre un gradient côte-large important.

La campagne automnale, contrairement à celle du 19 mars, s'est déroulée alors que du chlore est injecté dans les installations. On sait que le chlore a un impact sur la quantité et la qualité des cellules qui passent dans la centrale, retardant leur régénération ; ce qui est ressenti encore au niveau du point de contrôle.

Par rapport à la station de référence, non impactée, les différences en surface sont de 36 % pour le canal d'amenée, 60 % pour le rejet et 50 % pour la station de contrôle.

Pour les deux campagnes, les valeurs de chlorophylle sont plus élevées au fond qu'en surface ; aussi bien à la station de contrôle qu'au point de référence.

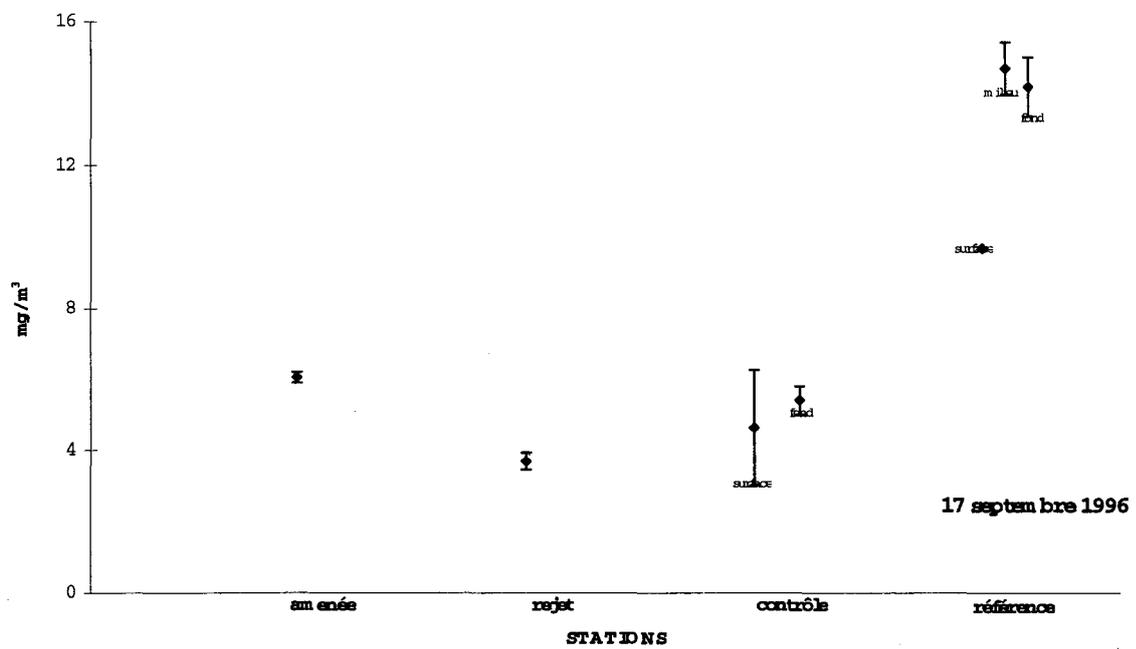
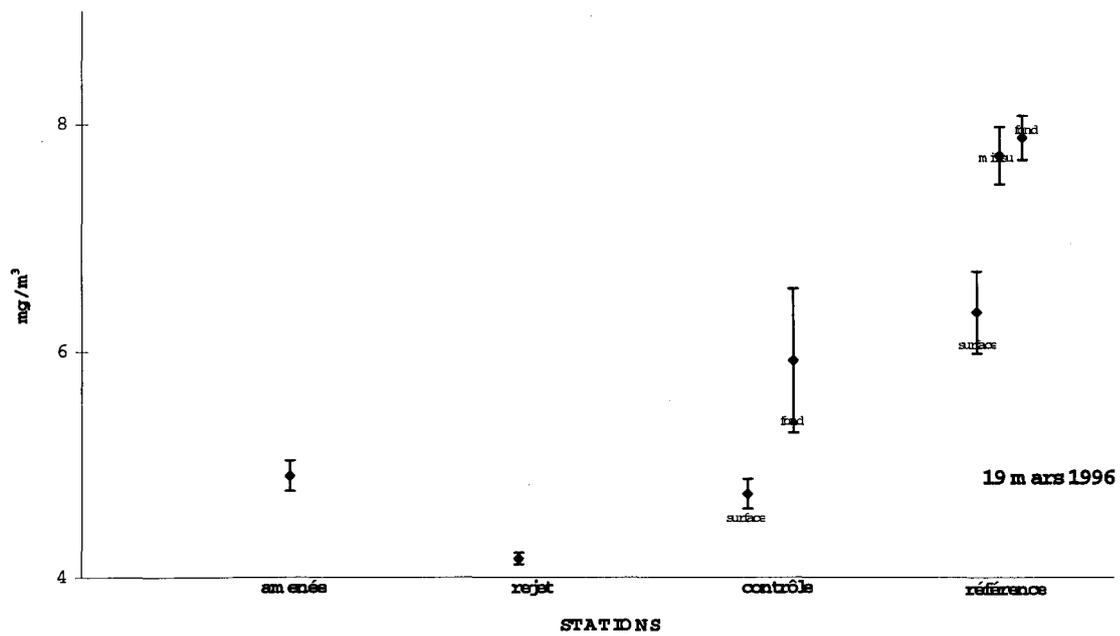


Fig. 4.8. Impact de la centrale sur la biomasse chlorophyllienne.

	station	nombre d'échantillons	moyenne	écart-type
19 mars 1996	canal d'amenée	4	4.90	0.14
	rejet	4	4.17	0.05
	contrôle surface	4	4.74	0.13
	contrôle fond	4	5.92	0.63
	référence surface	2	6.34	0.36
	référence milieu	2	7.72	0.25
	référence fond	2	7.88	0.20
17 septembre 1996	canal d'amenée	4	6.43	0.15
	rejet	4	4.09	0.24
	contrôle surface	4	5.03	1.62
	contrôle fond	4	5.80	0.40
	référence surface	2	10.07	0.01
	référence milieu	2	15.09	0.72
	référence fond	2	14.58	0.83

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

b. Pourcentage de chlorophylle active

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

Lors de leur passage dans la centrale, la qualité du phytoplancton est altérée.

Le 19 mars, le pourcentage de chlorophylle non dégradée chute de 6 % 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 encore bien inférieures à celles mesurées au point de référence et se situent dans une fourchette de 80 à 95 % de chlorophylle non dégradée.

Le 17 septembre, les cellules subissent une altération de 21 % lors de leur passage dans la centrale, et ne sont pas régénérées au point de contrôle surface. A la station de référence, le pourcentage de chlorophylle active est de 89 %, supérieur de 7 % aux teneurs trouvées au canal d'amenée ; ceci montre le gradient côte-large.

	station	nombre d'échantillons	moyenne	écart-type
19 mars 1996	canal d'amenée	4	87.04	0.68
	rejet	4	80.57	1.31
	contrôle surface	4	81.29	1.97
	contrôle fond	4	83.32	2.73
	référence surface	2	95.57	0.24
	référence milieu	2	95.43	0.44
	référence fond	2	93.28	1.88
17 septembre 1996	canal d'amenée	4	82.94	0.79
	rejet	4	63.90	1.16
	contrôle surface	4	68.37	4.65
	contrôle fond	4	70.26	2.21
	référence surface	2	89.43	0.72
	référence milieu	2	74.96	2.00
	référence fond	2	71.48	4.75

Tab. 4.3. pourcentage de chlorophylle active

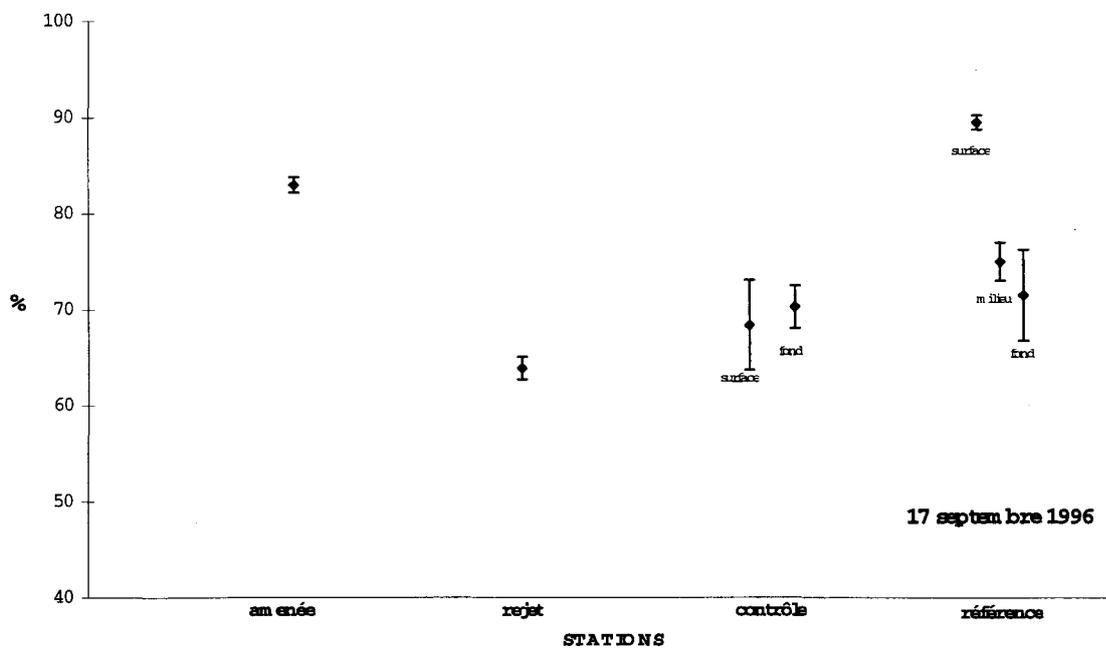
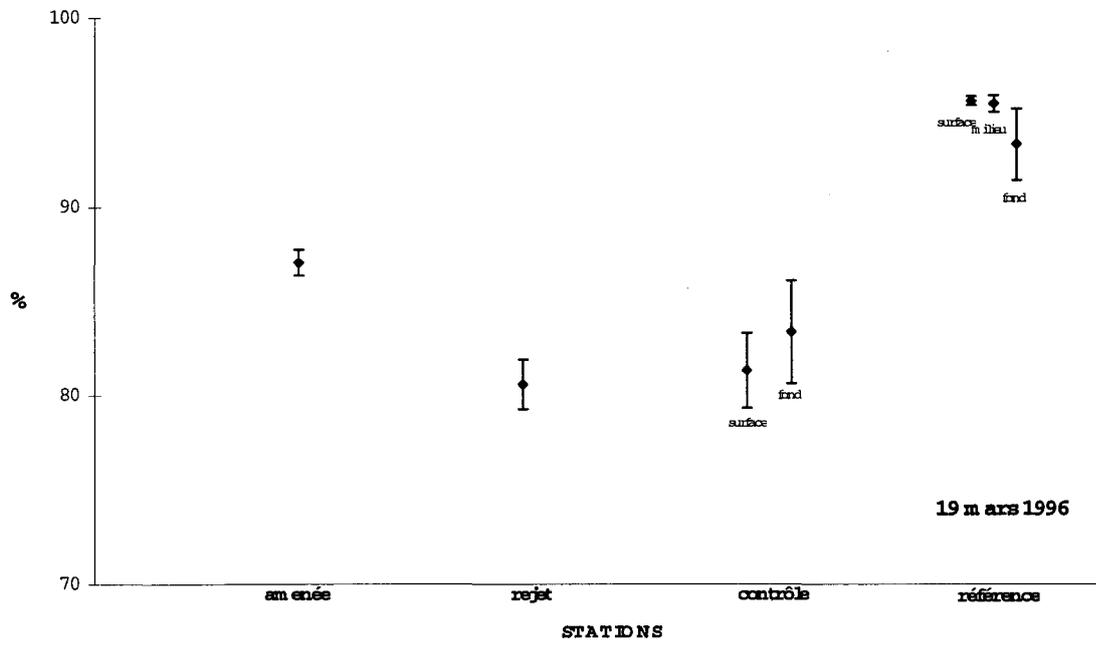


Fig. 4.7. Impact de la centrale sur le pourcentage de chlorophylle active

CONCLUSION,

En 1996, la chlorophylle atteint la valeur la plus élevée de ces dernières années (45,63 mg/m³). La campagne de prélèvement du printemps s'est déroulée au début de la floraison printanière et quinze jours avant l'efflorescence de *Phaeocystis*. Celle d'automne se situe à un moment où les valeurs de chlorophylle sont supérieures au niveau moyen de la période. L'impact de la centrale est bien mis en évidence par la chute des teneurs en chlorophylle entre le canal d'amenée et le canal de rejet. Au printemps, les teneurs en chlorophylle remontent bien, malgré un mauvais état physiologique des cellules à la station de contrôle. En automne, les teneurs en chlorophylle ne reviennent pas aux initiales et l'état physiologique des cellules est semblable au rejet et à la station de contrôle. Le chlore injecté dans les circuits de centrale retarde la régénération des cellules.

CHAPITRE V

ZOOPLANCTON - BIOMASSES ET ESPECES

DINOFLAGELLES NOCTILUQUES

**Geneviève LE FEVRE-LEHOERFF
Marie-Laure COCHARD**

METHODOLOGIE

Les missions annuelles, destinées à évaluer l'impact par la comparaison spatiale des prélèvements selon un axe côte-large, ont été réalisées le 19 mars pour la mission printanière et le 17 septembre pour la mission d'automne. Les variations saisonnières du milieu non impacté sont estimées par la surveillance au canal d'entrée de centrale. Les prélèvements de zooplancton au point entrée sont réalisés selon une périodicité d'un prélèvement par mois. Les résultats obtenus peuvent s'appuyer sur les données de chlorophylle et température mesurées de façon hebdomadaire.

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

	Prélèvements de zooplancton (filet 200 µm)			
	Entrée	Rejet	Contrôle	Référence
07.11.95	+			
01.12.95	+			
04.01.96	+			
01.02.96	+			
19.03.96	+	+	+	+
19.04.96	+			
14.05.96	+			
04.06.96	+			
25.07.96	+			
26.08.96	+			
17.09.96	+	+	+	+
01.10.96	+			

RESULTATS

BIOMASSES (POIDS SECS), CARBONE ET AZOTE ZOOPLANCTONIQUES (tableaux 5.1 et 5.2, figures 5.1 à 5.6)

1. Surveillance au canal d'entrée

Les valeurs très élevées de poids sec (fig. 5.1 et tab. 5.1) du 19 avril et 14 mai ne correspondent pas à des biomasses de zooplancton mais à une contamination des échantillons par les *Phaeocystis* et les noctiluques. Le cycle annuel décrit au canal d'entrée montre, à part ces périodes de blooms, des valeurs qui s'inscrivent dans la fourchette de valeurs habituellement répertoriées à Gravelines. La période la plus pauvre se situe en décembre ou janvier selon l'année étudiée avec de 10 à 15 mg/m³ en poids sec et deux périodes d'abondance du zooplancton en août et en automne, septembre ou octobre, les valeurs se situent entre 100 et 150 mg/m³.

Les pourcentages de carbone et d'azote (fig. 5.2 et 5.3, et tab. 5.2) sont faibles à Gravelines en 1996 comme les années précédentes et par rapport à d'autres sites (Le Fèvre-Lehoërff *et al.*, 1993). En 1996 les maxima se produisent en mars et en juillet, avec 29 % pour le carbone et 7 % pour l'azote. Le rapport C/N reste généralement près de 4.5, les valeurs maximales atteignent dans certains cas C/N = 7 à 8.

2. Missions du 19 mars et du 17 septembre (fig; 5.4 à 5.6)

La mission du 19 mars en début de période printanière ne présente pas de gradient très net. Les valeurs les plus faibles se situent dans la tache thermique (contrôle) pour le % de carbone et le % d'azote, tandis que les pourcentages les plus faibles sont dans le rejet le 17 septembre. Si on examine les résultats en terme de poids de carbone et poids d'azote, les valeurs au rejet sont pour les deux missions inférieures à celles du canal d'entrée. Le déficit étant plus important en septembre.

LES ESPECES

1. Surveillance au canal d'entrée (fig. 5.7 à 5.18, tab. 5.3)

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

Les noctiluques (fig. 5.7)

Le développement précoce des noctiluques en 1996 a été favorisé par une longue période de temps calme avec vent de nord faible. A la même période l'arrivée d'eau de faible salinité (32 ‰) pouvait laisser supposer un retour des eaux de l'Escault en contre courant côtier, comme il s'en produit certaines années. Mais on observe en 1996 non seulement un développement précoce des populations mais une durée importante des fortes abondances (10⁴ à 10⁵ individus/m³). Les facteurs qui permettent le maintien pendant une si longue période des populations doivent être recherchés plus attentivement, car les températures de l'air et de l'eau et les conditions météorologiques générales au cours de l'année ne justifient pas la différence observée avec les années précédentes. De 1975 à 1988 on observait à Gravelines les pics d'abondances en périodes estivales (Le Fèvre-Lehoërff, 1989) et principalement en juillet avec parfois une eau rouge. L'eau rouge correspondant à une densité de 10⁹ cellules/m³ forme une sorte de crème orange, phénomène qui s'est produit par exemple en 1985 sur une grande

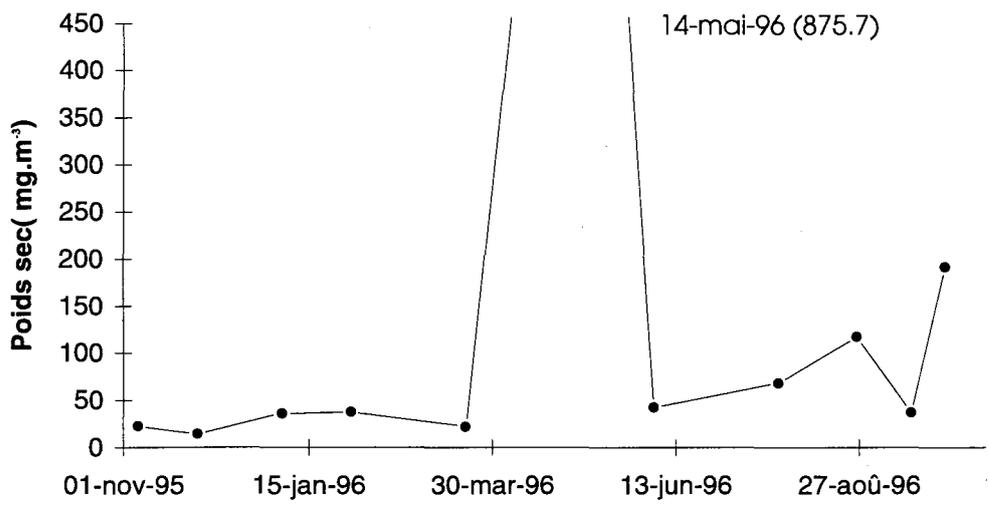


Fig.5.1 *Biomasse zooplanctonique au canal d'entrée*

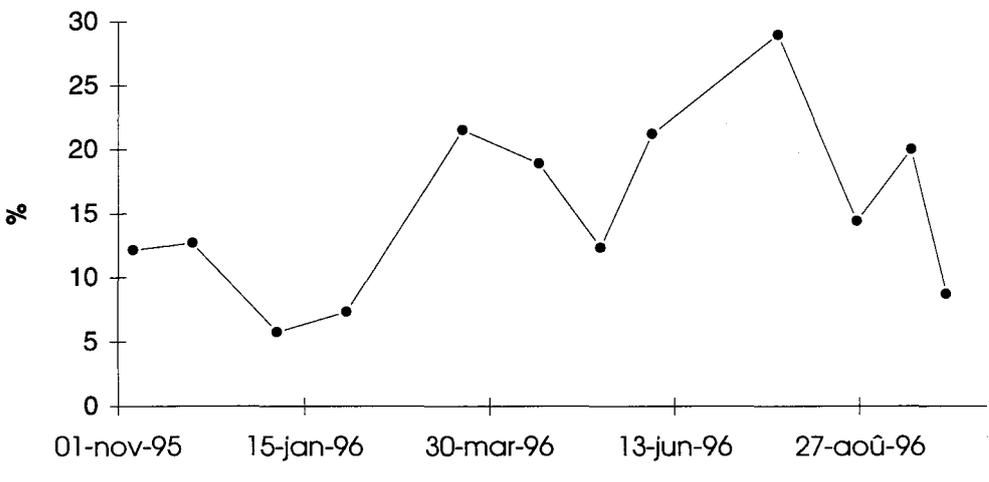


Fig.5.2 *% Carbone zooplanctonique au canal d'entrée*

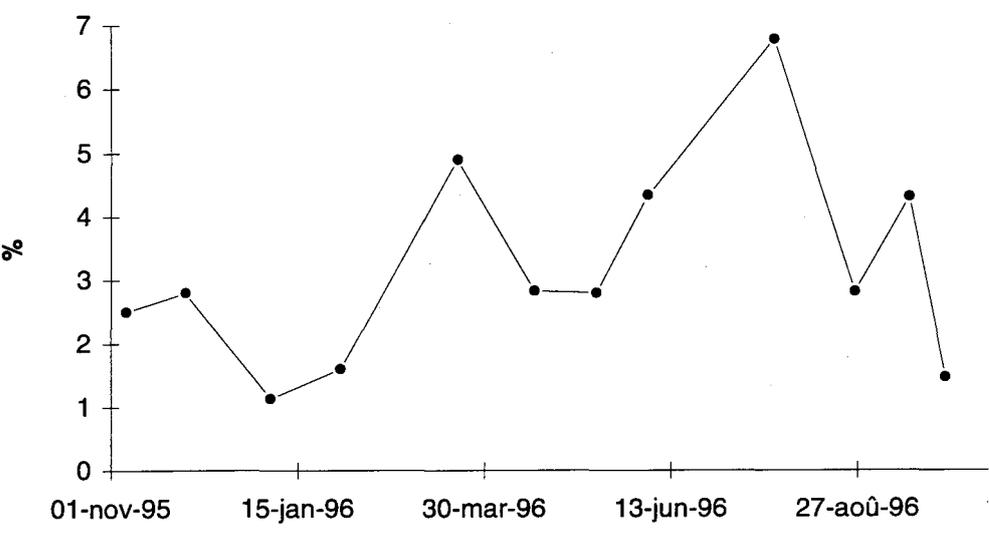


Fig.5.3 *% Azote zooplanctonique au canal d'entrée*

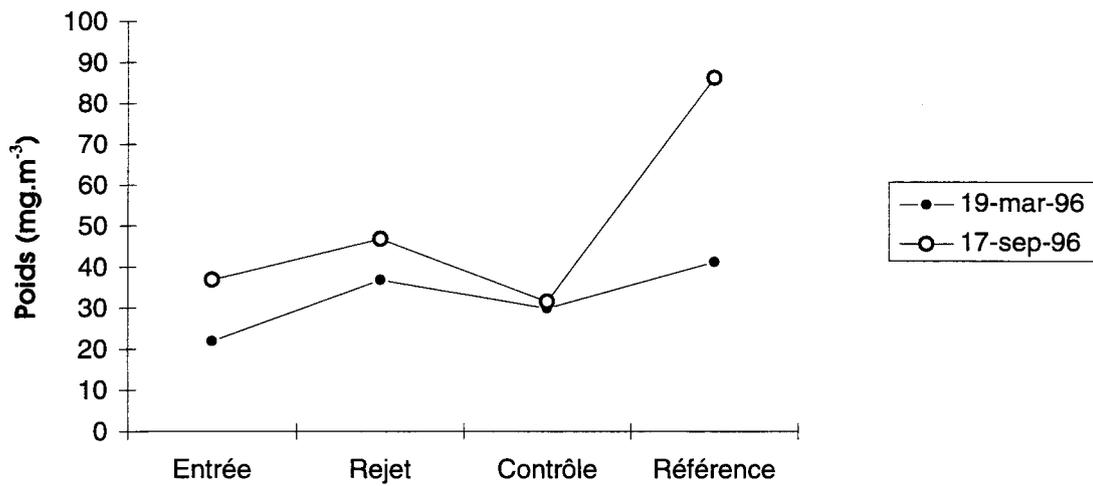


Fig.5.4 *Biomasse zooplanctonique*

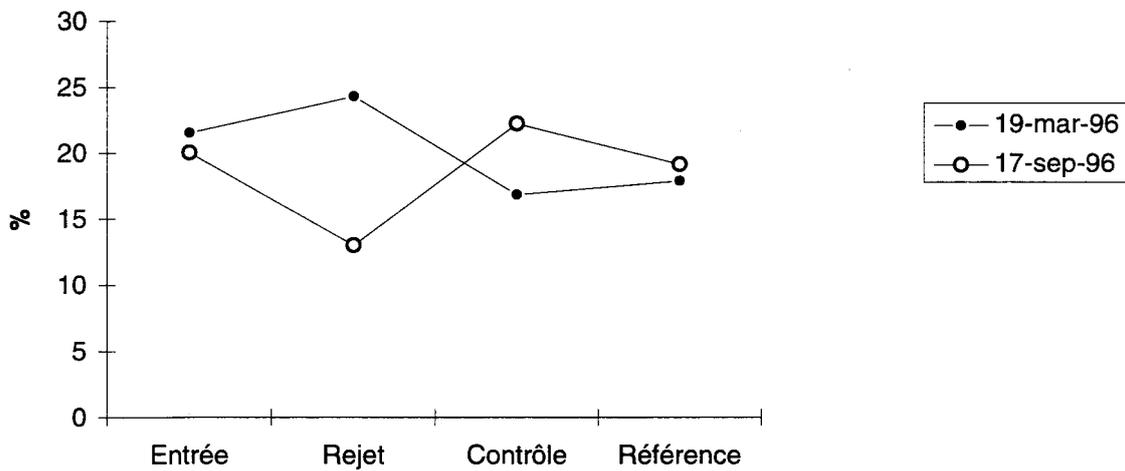


Fig.5.5 *% Carbone zooplanctonique*

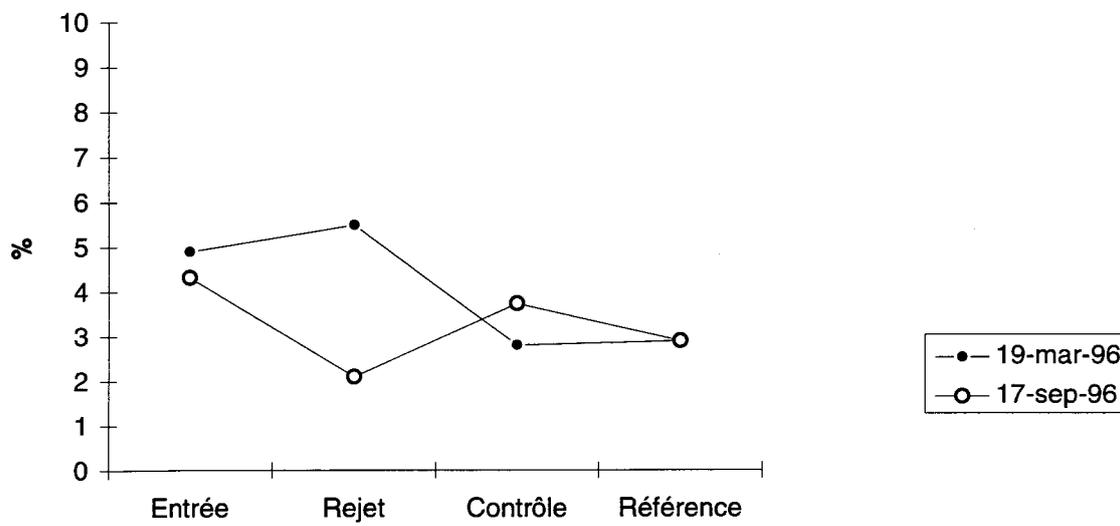
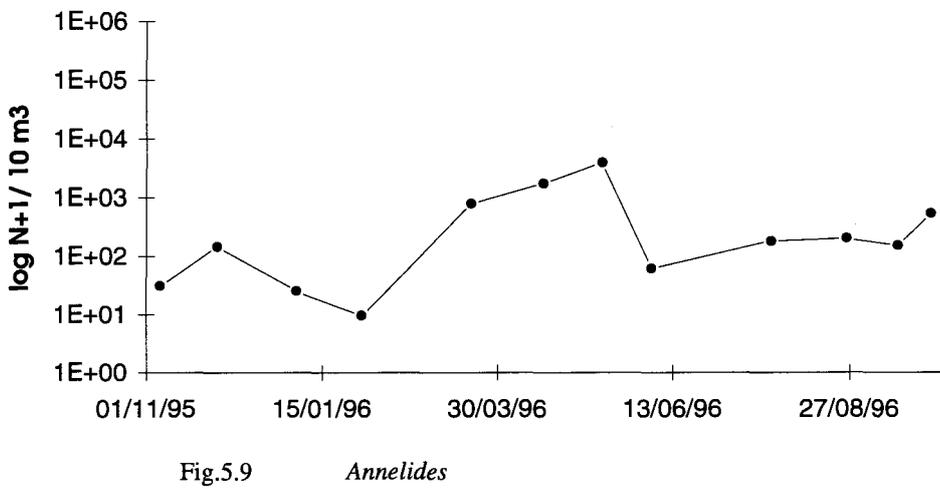
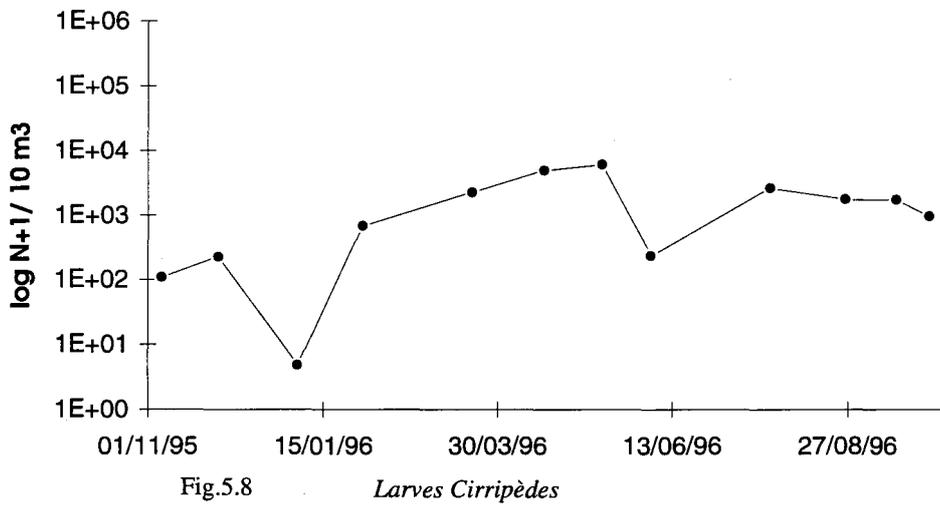
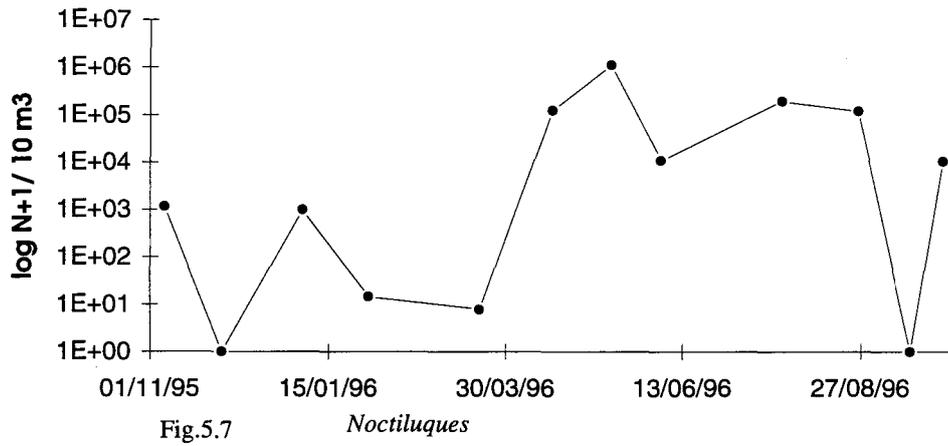


Fig.5.6 *% Azote zooplanctonique*



surface de côte représentant un phénomène régional (Le Fèvre-Lehoërff, 1986). Le nombre d'eaux rouges présentes à Gravelines ne semble pas augmenter pendant ces dernières années, cependant on observe fréquemment que la durée de présence des noctiluques en quantité non négligeable est plus longue. Les facteurs responsables ne sont pas clairement connus.

Les espèces zooplanctoniques (fig. 5.8 à 5.18)

Elles présentent globalement des valeurs normales. Les principales larves d'annélides (fig. 5.9) sont abondantes en avril et mai, principalement les spionidae. Les larves de *Lanice conchilega* sont abondantes au printemps et à l'automne (40/m³). Les larves de cirripèdes (fig. 5.8) sont particulièrement abondantes en avril et en mai (500 à 700/m³). Les larves d'ophiures (fig. 5.12) sont présentes à partir du mois de juin, les mollusques en été (fig. 5.10). Une surveillance particulière permet de déterminer la présence des gastéropodes crépidules dans l'avant-port par la présence des larves dans le plancton. Les adultes ne font pas l'objet d'un suivi actuellement.

Le zooplancton total (fig. 5.13) montre des valeurs normales avec un maximum en avril-mai de 5000 ind./m³. Les valeurs sont légèrement inférieures en moyenne à celles de l'année 1995.

Les cténaires (fig. 5.14) *Pleurobrachia* et *Beroe* montrent un maximum en avril avec 100 ind./m³, ce qui est une valeur moyenne, mais les individus sont de taille suffisante pour former une biomasse élevée dans le zooplancton total.

L'importance des méduses en biomasse est variable selon les espèces. Le 14 mai l'abondance de l'espèce *Ratkea octopunctata* (338/m³) a fortement contribué, avec la présence des *Phaeocystis* (10⁶/litre) et de noctiluques (10⁵/m³), à la forte biomasse et au colmatage observé. En général pour l'ensemble des cnidaires (fig. 5.15), le maximum d'espèces se situe entre mai et août.

Egalement en été on observe une abondance normale des cladocères avec deux espèces *Evadne* et *Podon* (fig. 5.16). Fin août un épisode pluvieux a apporté 122 mm de pluie en dernière décade alors que le niveau de pluviosité était faible (proche de 10 mm par décade) depuis juin. Sur ce site où les profondeurs d'eau sont faibles sur de grandes surfaces les effets sont décelables rapidement. On observe en effet à la mission du 26 août une très forte abondance du cladocère *Podon* (80/m³), l'épisode pluvieux de mai ayant favorisé *Evadne* (70/m³ le 06 juin). Les observations au rythme mensuel ne sont pas suffisantes pour détecter de microvariations mais les principaux événements sont décelables de façon satisfaisante avec la stratégie actuelle.

Les appendiculaires *Oikopleura* et *Fritillaria* sont, avec les copépodes le groupe le plus représentatif du compartiment des herbivores du site (fig. 5.17). Les chaetognathes, principalement *Sagitta setosa* forment par contre la masse de carnivores la plus importante de l'automne et de l'hiver (fig. 5.18).

Les copépodes (fig. 5.19) forment le groupe le plus important exprimé en nombre d'individus, entre 50 et 80 % des espèces répertoriées. Au cours de l'année 1996 la proportion des espèces les plus courantes *Temora longicornis*, *Centropages hamatus*, *Acartia clausi* et *Euterpina acutifrons* ont présenté une variation normale. *Temora longicornis* a dominé de manière plus précoce que pour la moyenne des années précédentes.

Acartia clausi reste très présent en été et *Euterpina acutifrons* est favorisé par les eaux de températures élevées. Une attention particulière est portée sur un cyclopoïde qui n'est pas encore déterminé et qui semble proche des copépodes parasites des poissons. Il est très abondant en automne.

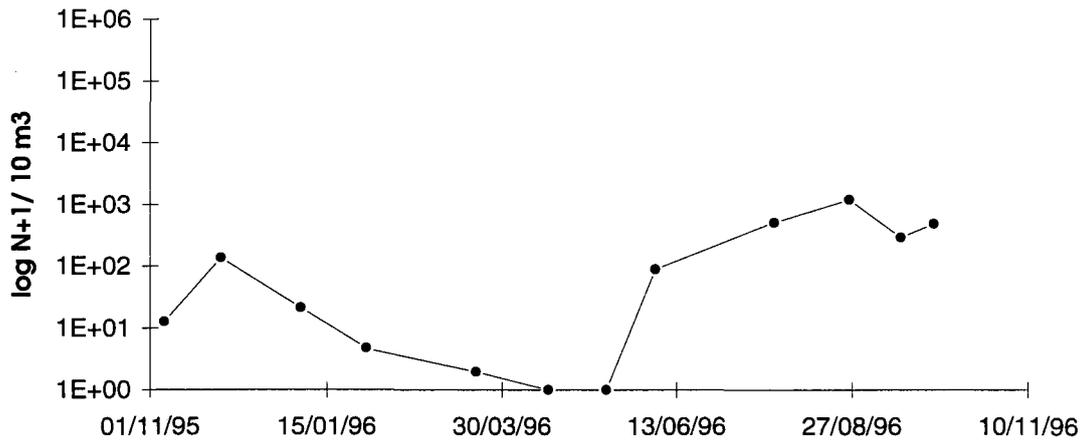


Fig.5.10 *Larves de mollusques*

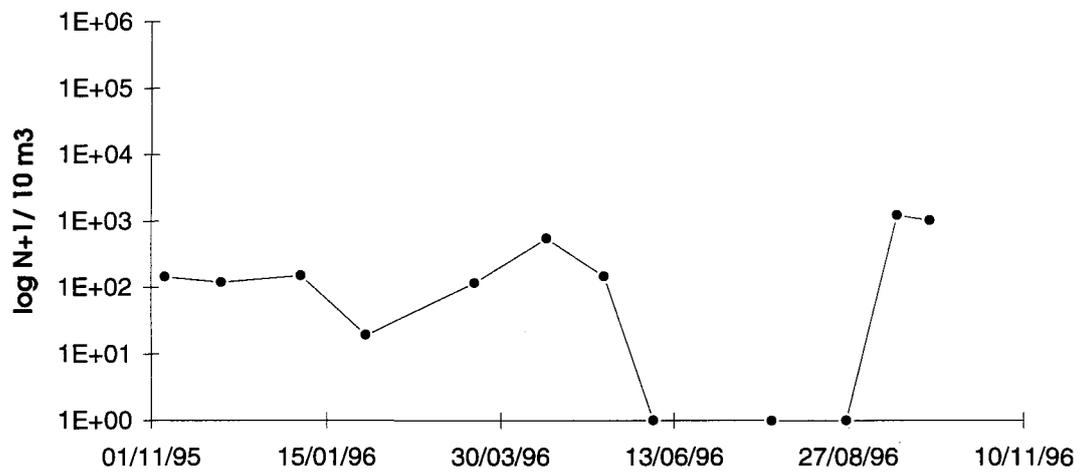


Fig.5.11 *Larves de Bryozoaires*

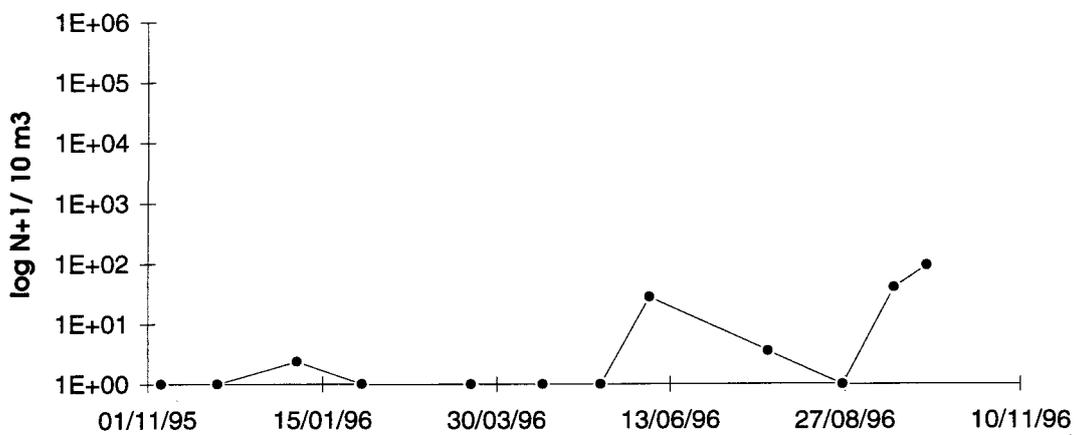


Fig.5.12 *Ophioplutei d'Echinodermes*

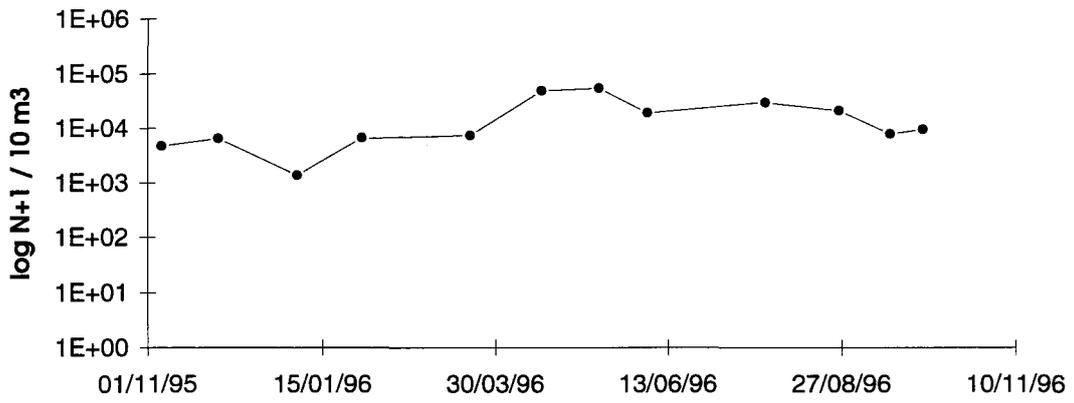


Fig.5.13 *Total zooplancton*

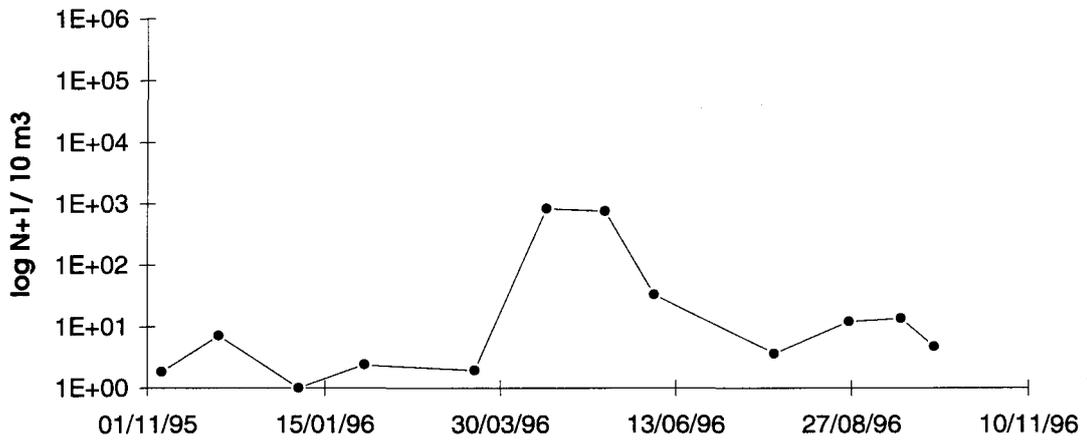


Fig.5.14 *Ctenaires*

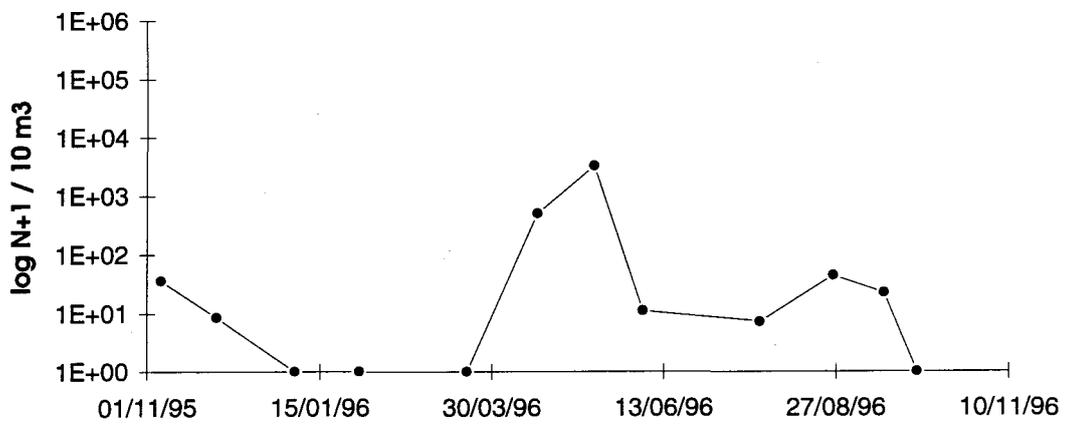


Fig.5.15 *Cnidaires*

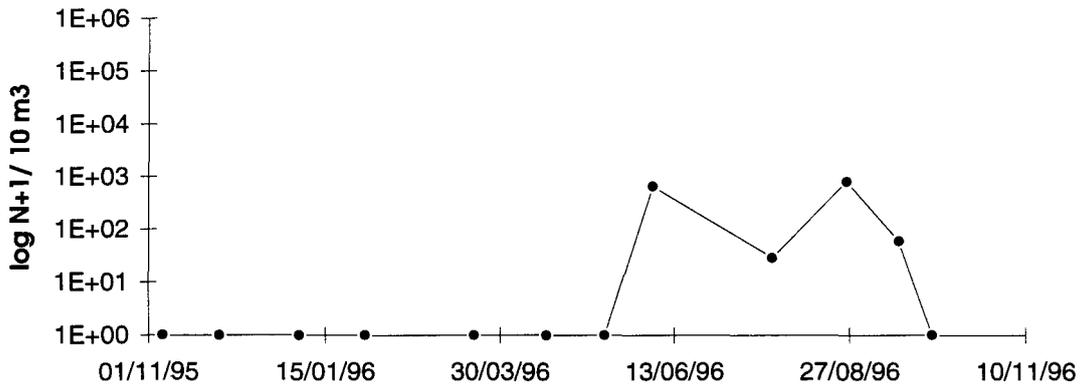


Fig.5.16 *Cladocères*

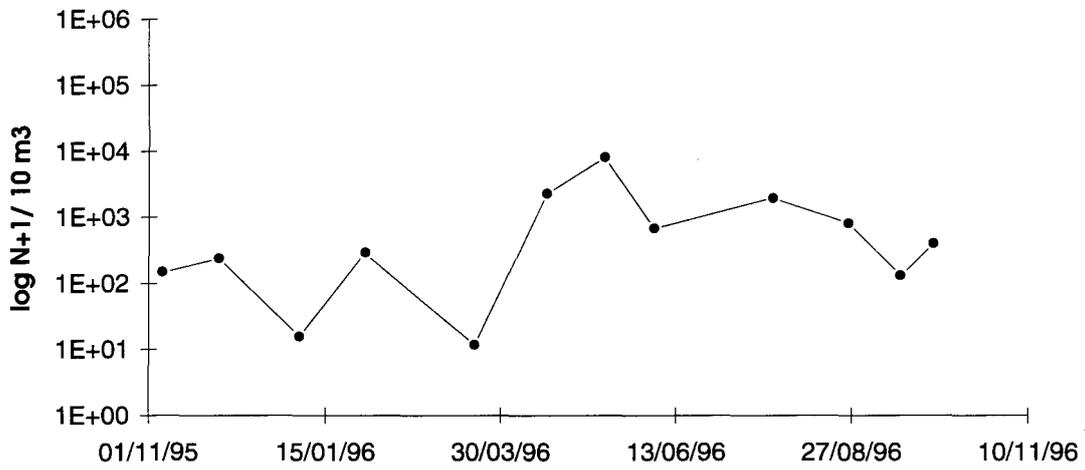


Fig.5.17 *Appendiculaires*

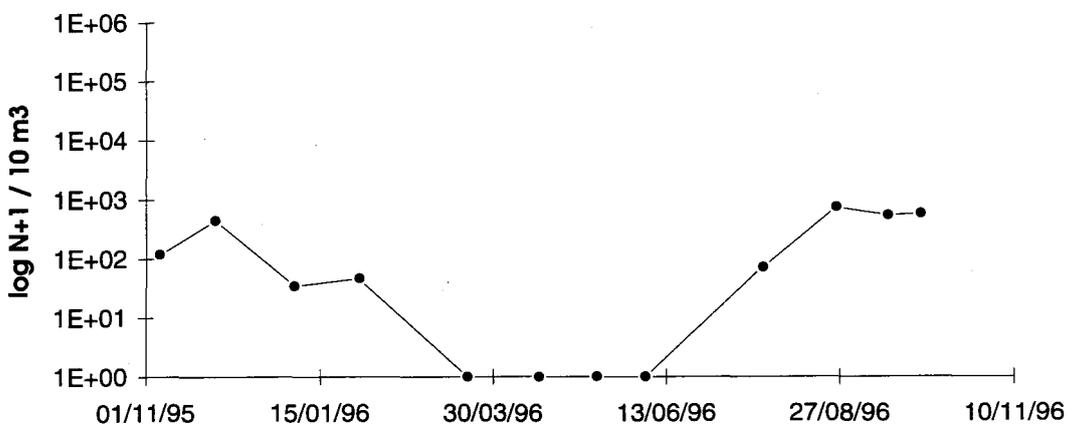


Fig.5.18 *Chaetognathes*

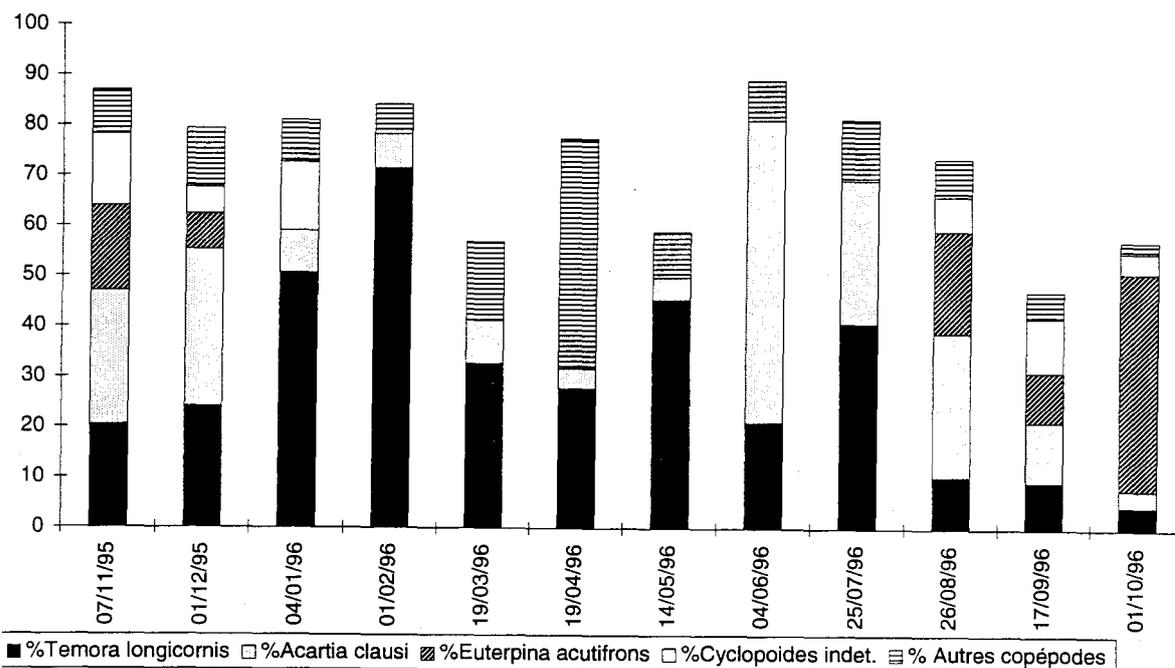


Fig.5.19

Variations saisonnières du pourcentage de Copépodes

2. Missions du 19 mars et du 17 septembre (fig. 5.20 à 5.31, tab. 5.3 et 5.4)

Les noctiluques (fig. 5.20) ne sont pas présentes en septembre. Les abondances en mars ne montrent pas le même gradient côte-large que les années précédentes, mais les valeurs du mois de mars sont faibles et dans ces conditions les différences entre points ne peuvent être significatives. L'estimation de l'impact et le gradient côte-large ne peut être mesuré correctement qu'entre avril et août.

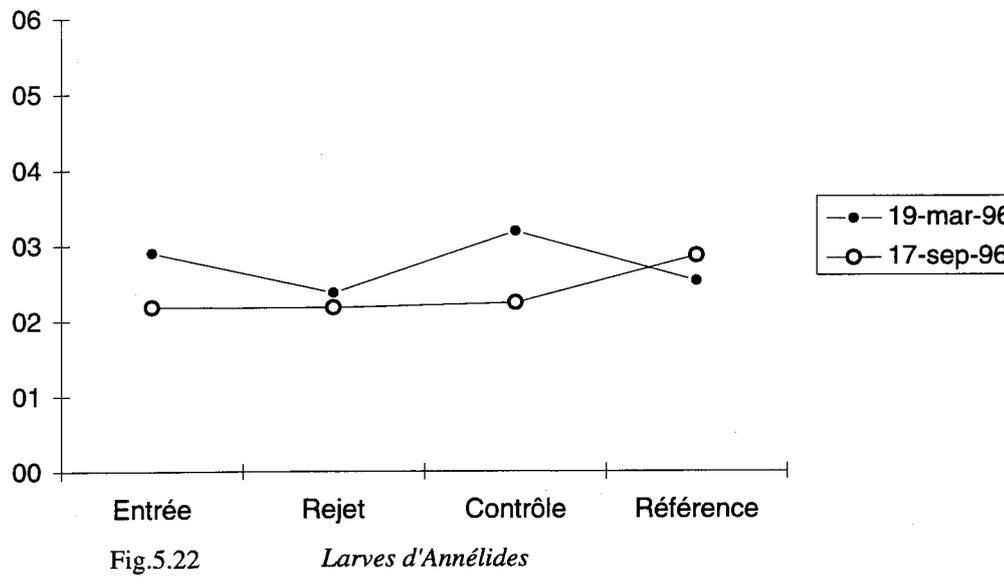
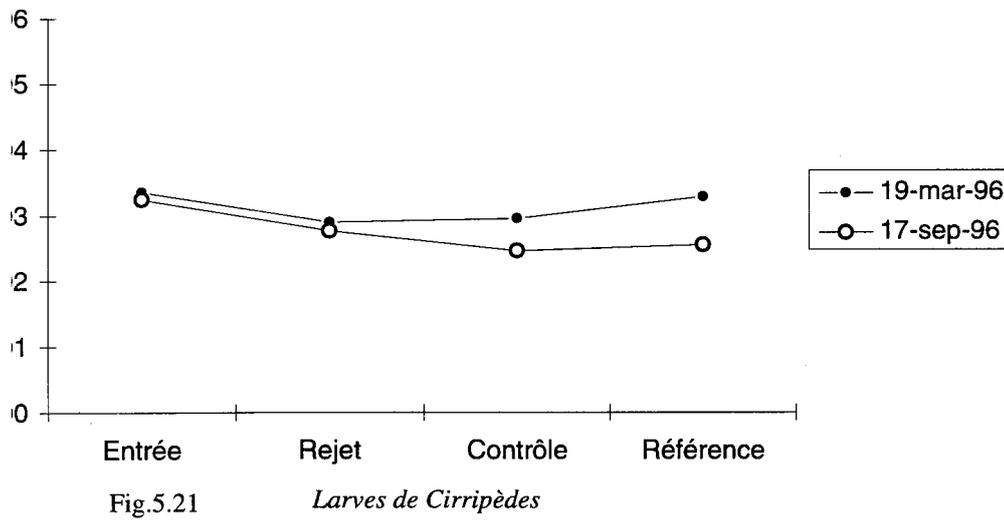
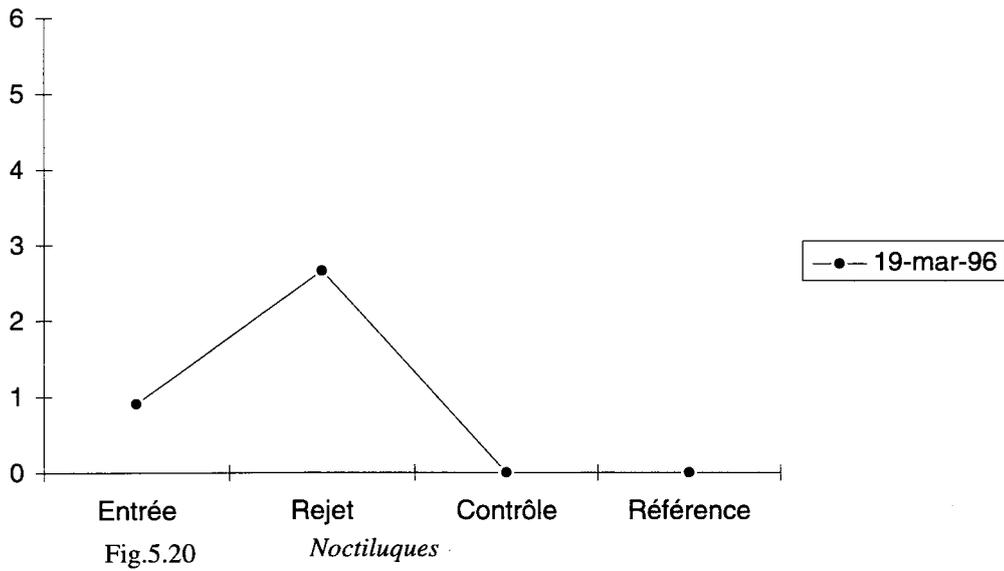
Les espèces montrent des gradients peu importants entre les points en 1996. La figure «total zooplancton» (fig. 5.26) est en accord avec la biomasse totale, ce qui confirme la validité des mesures de poids sec.

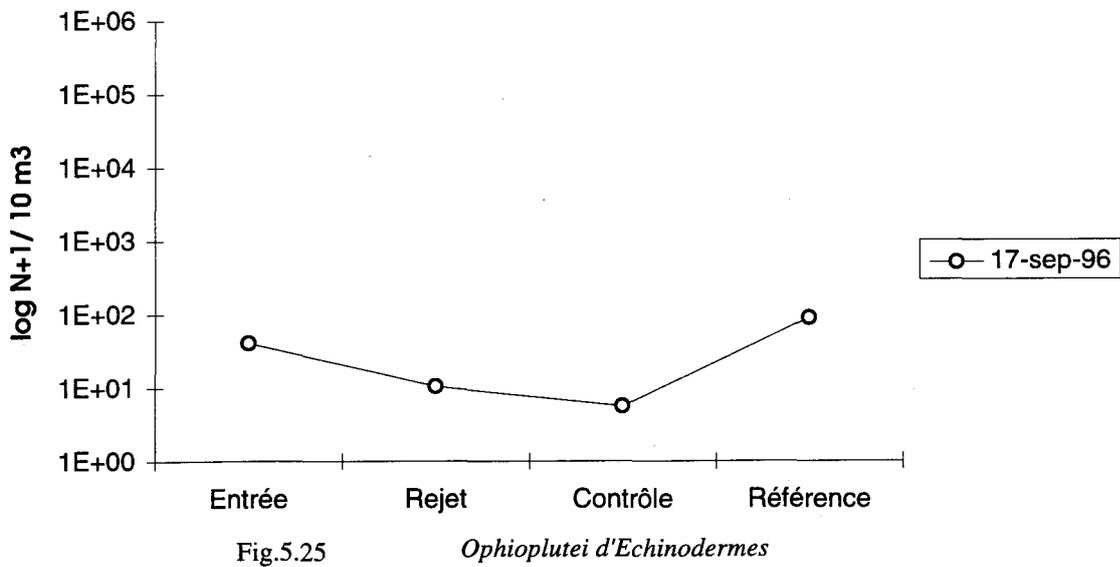
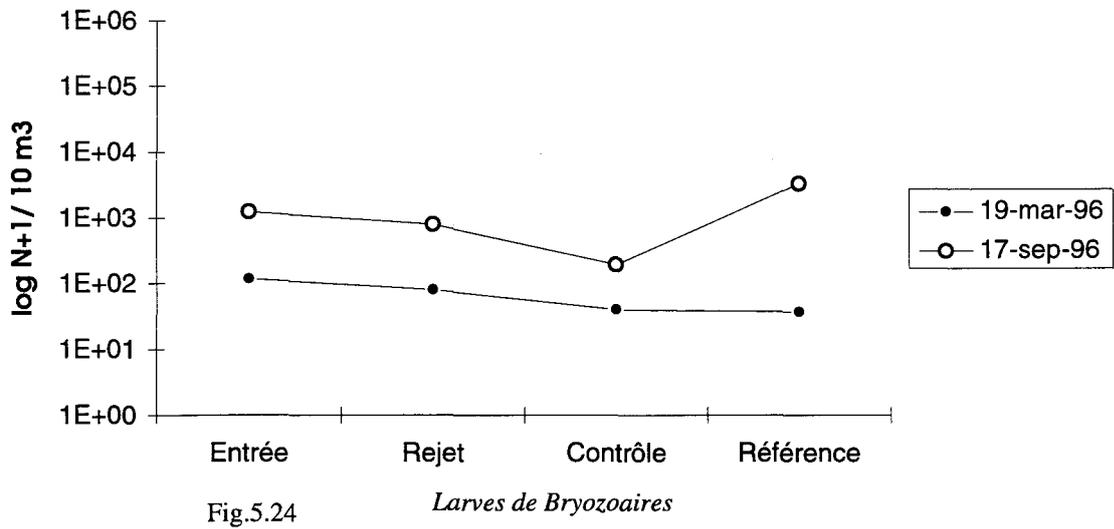
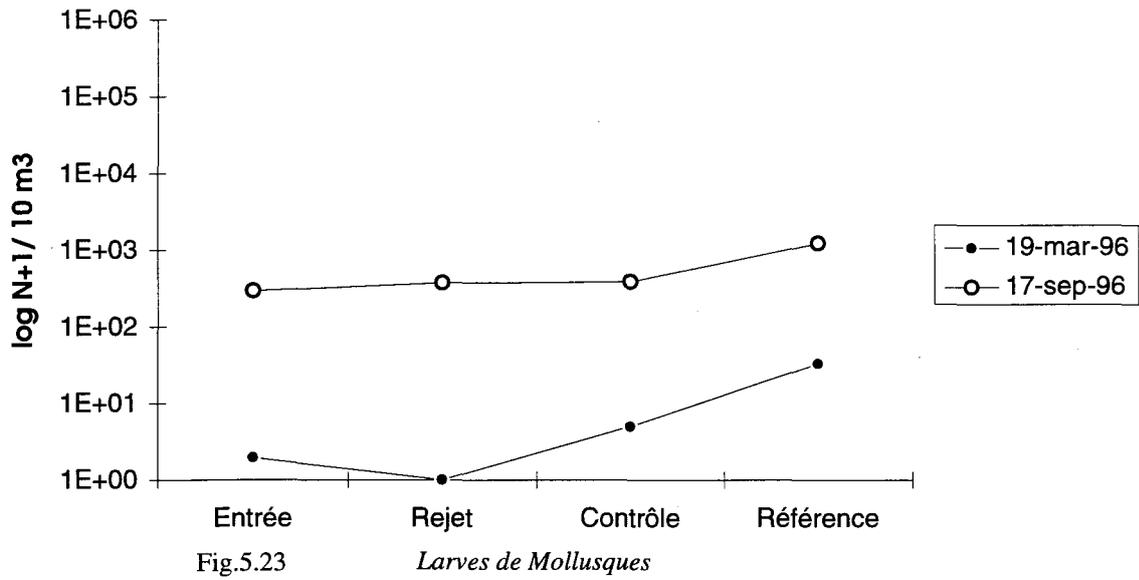
L'impact de transit est décelé par un déficit d'abondance des individus au rejet et parfois plus loin, au point contrôle (tache thermique). Le déficit entre l'entrée et le rejet est noté pour les cténaïres (fig. 5.27), cnidaïres (fig. 5.28) et cladocères (fig. 5.29) tandis que le déficit se produit également au point contrôle pour les bryozoaires (fig. 5.24), les appendiculaires (fig. 5.30), les échinodermes (fig. 5.25) et les chaetognathes (fig. 5.31).

Les valeurs de déficit en 1996 sont très proches de celles calculées pour l'année précédente. Les principaux groupes zooplanctoniques sont plus ou moins concernés.

En mars le déficit de transit est de 61 % pour le total zooplancton, 66 % pour les cirripèdes et 63 % pour les copépodes. Les différences existent entre espèces : 72 % pour *Temora longicornis* et 58 % pour *Pseudocalanus*. Pour les annélides spionidae on observe 73 % mais seulement 32 % pour les larves cyphonautes de bryozoaires.

En septembre l'impact de transit sur les cnidaïres, les cténaïres et les cladocères est de 100 % de mortalité, 76 % pour les appendiculaires mais seulement 67 % concernant les cirripèdes, 62 % les *Temora*, 64 % les *Acartia*, 57 % les chaetognathes et 35 % les bryozoaires.





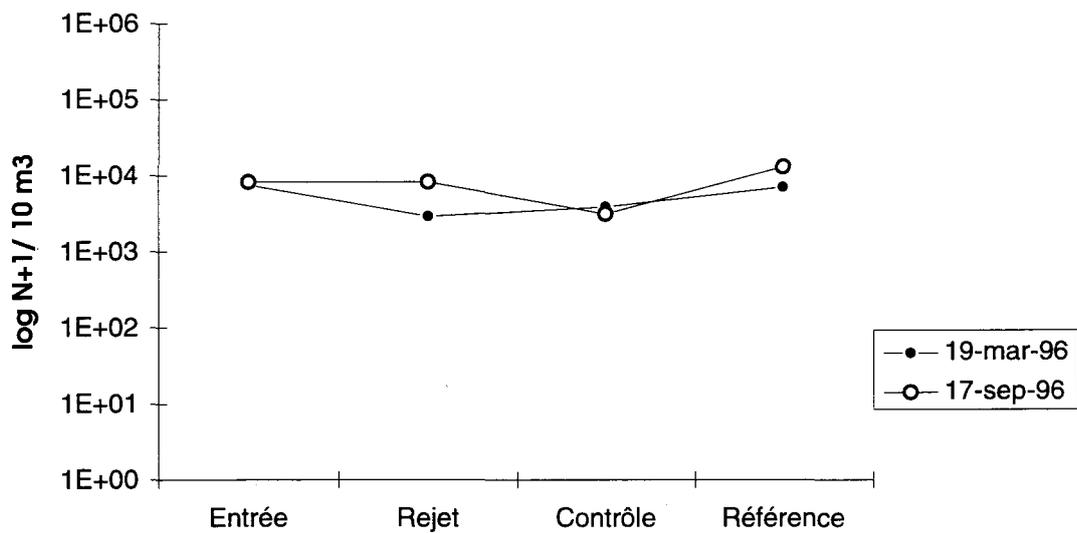


Fig.5.26 *Total zooplancton*

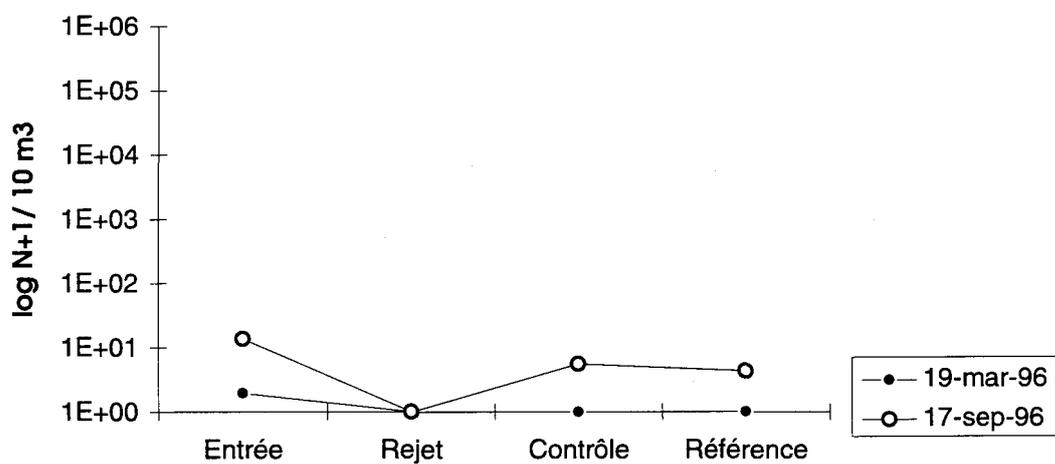


Fig.5.27 *Cténaires*

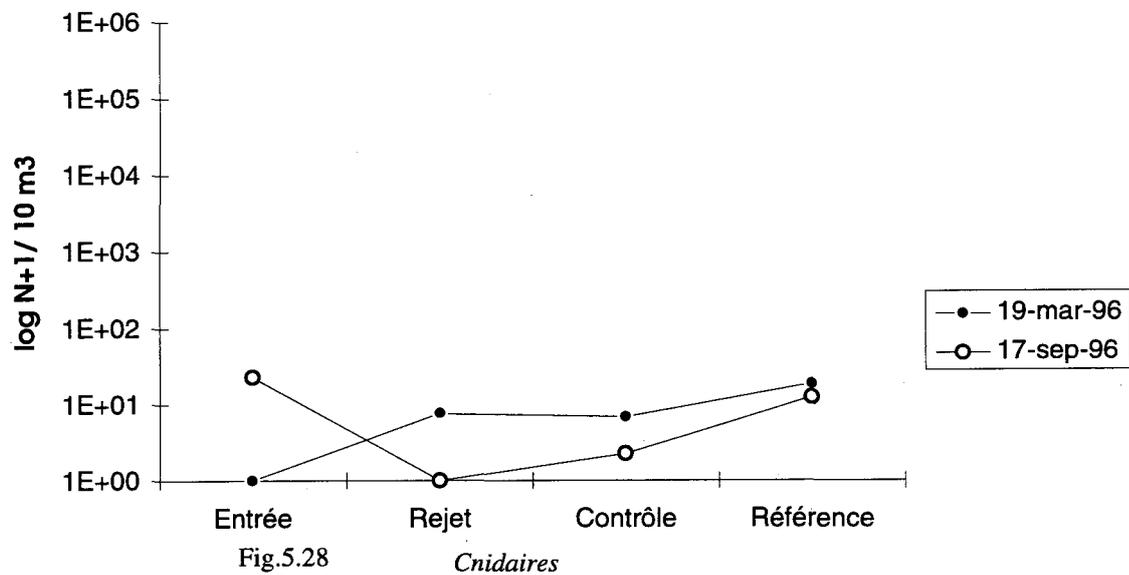


Fig.5.28

Cnidaires

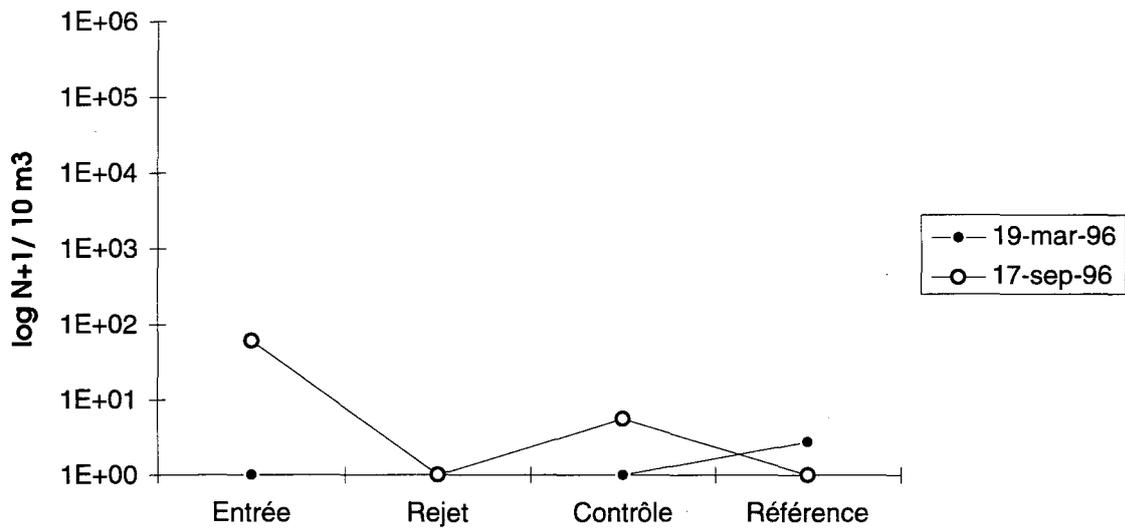


Fig.5.29 *Cladocères*

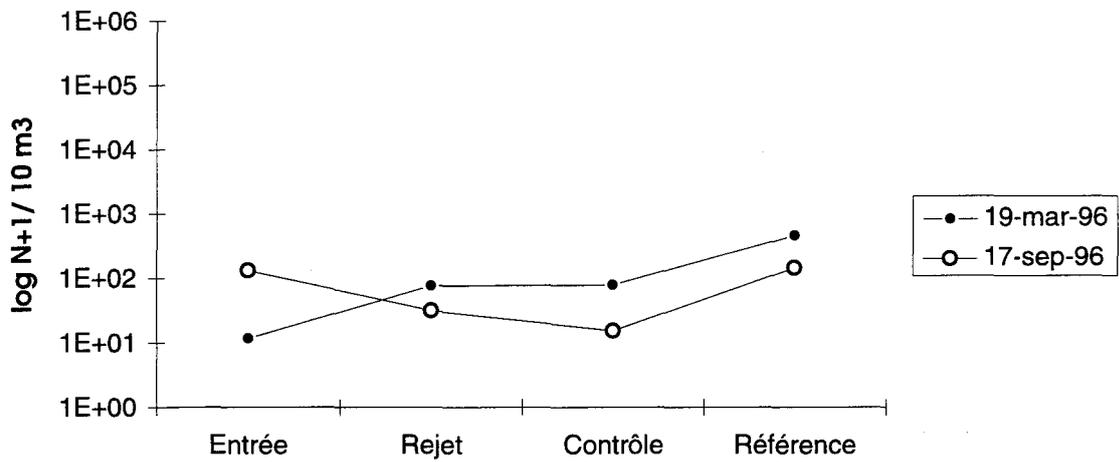


Fig.5.30 *Appendiculaires*

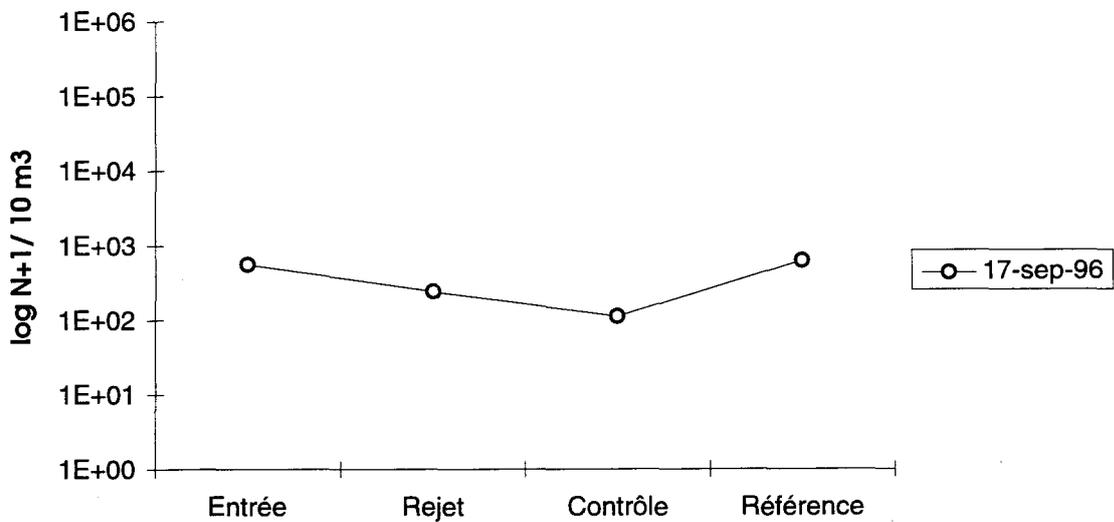


Fig.5.31 *Chaetognathes*

Si on compare le point contrôle au point rejet, le déficit est accentué dans la tache thermique pour les chaetognathes avec 54 % de déficit du contrôle par rapport au rejet. Pour les bryozoaires on note 50 % en mars et 76 % en septembre. Très rapidement vers le point référence au large les abondances redeviennent normales, les fluctuations qui seraient dues à un déficit ne seraient pas détectables compte-tenu de notre méthode d'investigation et de la fluctuation d'origine naturelle dans le milieu récepteur.

CONCLUSION

La période 1995-1996 a été marquée par l'abondance des noctiluques pendant une durée supérieure à la moyenne des années d'étude pour lesquelles les pics d'abondance étaient caractéristiques de la période estivale. Depuis ces dernières années, le nombre d'eaux rouges ne semble pas augmenter mais on observe que la durée annuelle de présence en quantité non négligeable de noctiluques est de plus longue durée.

Les espèces zooplanctoniques et les biomasses correspondantes ont présenté des variations normales d'abondance. Les copépodes et les appendiculaires forment le groupe le plus important d'herbivores, les espèces les plus représentatives suivies étant *Temora longicornis*, *Acartia clausi* et *Oikopleura dioica*. Les carnivores les plus représentatifs sont les méduses de fin de printemps et été tandis que les chaetognathes dominent à l'automne et l'hiver avec *Sagitta setosa* principalement.

L'impact de transit auquel s'ajoute le déficit dans le milieu récepteur de la tache thermique varie en 1996 de 60 % à 70 %, globalement inférieur à celui de l'année précédente. Les différents groupes zooplanctoniques sont plus ou moins concernés. Tandis que les cnidaires, cténaires, cladocères et appendiculaires peuvent subir un impact fort avec mortalité de 100 % par transit, l'impact est moins fort pour les copépodes entre 50 % et 70 % selon les espèces. Pour *Temora longicornis* le déficit est de 72 % en mars et 62 % en septembre. Les larves de bryozoaires présentent un déficit moindre 30 à 40 %.

On a observé depuis quelques années une quantité importante de copépodes à l'automne. Ces copépodes cyclopoïdes sont proches de copépodes parasites des poissons. Une détermination précise reste à faire. La relation entre l'abondance de cette (ou ces) espèce(s) et les conditions d'environnement dans le rejet reste à déterminer. On ne peut affirmer que ce développement soit lié au développement de la ferme aquacole de Gravelines.

REFERENCES

LE FEVRE-LEHOERFF G., 1986. Zooplancton. in : 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).

LE FEVRE-LEHOERFF G., 1989. Zooplancton. in : 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.

LE FEVRE-LEHOERFF G., E. ERARD-LE DENN and G. ARZUL, 1993. Planktonic ecosystems in the Channel. Trophic relations. *Oceanologica acta*, 16, n° 5-6 : 661-670.

Date	Point	Poids sec	Poids sec moyen	Poids sec écart-type
07-nov-95	entrée	22,7	22,7	
01-déc-95	entrée	14,1	14,1	
04-jan-96	entrée	35,8	35,8	
01-fév-96	entrée	37,5	37,5	
19-mar-96	entrée1	6,5	21,9	19,3
19-mar-96	entrée2	7,2		
19-mar-96	entrée3	10,0		
19-mar-96	entrée4	40,2		
19-mar-96	entrée5	45,7		
19-avr-96	entrée	756,9	756,9	
14-mai-96	entrée	875,7	875,7	
04-jun-96	entrée	42,3	42,3	
25-jul-96	entrée	68,0	68,0	
26-août-96	entrée	117,6	117,6	
17-sep-96	entrée1	18,0	36,9	32,8
17-sep-96	entrée2	20,6		
17-sep-96	entrée3	95,4		
17-sep-96	entrée4	26,0		
17-sep-96	entrée5	24,8		
01-oct-96	entrée	191,9	191,9	
19-mar-96	rejet1	17,5	36,9	3,3
19-mar-96	rejet2	14,6		
19-mar-96	rejet3	10,1		
19-mar-96	rejet4	11,1		
19-mar-96	rejet5	9,8		
19-mar-96	contrôle1	17,4	30,0	21,3
19-mar-96	contrôle2	14,2		
19-mar-96	contrôle3	66,8		
19-mar-96	contrôle4	29,2		
19-mar-96	contrôle5	22,5		
19-mar-96	référence1	35,6	41,4	19,8
19-mar-96	référence2	13,1		
19-mar-96	référence3	66,0		
19-mar-96	référence4	52,9		
19-mar-96	référence5	39,3		
17-sep-96	rejet1	36,1	46,9	7,5
17-sep-96	rejet2	56,5		
17-sep-96	rejet3	50,0		
17-sep-96	rejet4	44,2		
17-sep-96	rejet5	47,6		
17-sep-96	contrôle1	26,0	31,6	8,8
17-sep-96	contrôle2			
17-sep-96	contrôle3	43,9		
17-sep-96	contrôle4			
17-sep-96	contrôle5	24,5		
17-sep-96	contrôle6	32,2		
17-sep-96	référence1	156,4	86,4	38,8
17-sep-96	référence2	104,3		
17-sep-96	référence3	59,8		
17-sep-96	référence4	54,0		
17-sep-96	référence5	80,3		
17-sep-96	référence6	63,7		

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

Date	Point	%C	%C moyenne point	poids carbone	poids carbone moyenne point	%N	%N moyenne point	poids azote	poids azote moyenne point	C/N	C/N moyenne point
07-nov-95	entrée	12,13	12,13	2,7	2,7	2,50	2,50	0,6	0,6	4,85	4,85
01-déc-95	entrée	12,69	12,69	1,8	1,8	2,80	2,80	0,4	0,4	4,53	4,53
04-jan-96	entrée	5,76	5,76	2,1	2,1	1,13	1,13	0,4	0,4	5,10	5,10
01-fév-96	entrée	7,34	7,34	2,8	2,8	1,60	1,60	0,6	0,6	4,59	4,59
19-mar-96	entrée 1	29,69	21,54	1,9	4,7	6,47	4,90	0,4	0,8	4,59	4,39
19-mar-96	entrée 2	31,06		2,2		7,33		0,5		4,24	
19-mar-96	entrée 3	20,77		2,1		4,82		0,5		4,31	
19-mar-96	entrée 4	15,99		6,4		3,49		1,4		4,58	
19-mar-96	entrée 5	10,20		4,7		2,40		1,1		4,25	
19-avr-96	entrée	18,93	18,93	143,3	143,3	2,83	2,83	21,4	21,4	6,69	6,69
14-mai-96	entrée	12,34	12,34	108,1	108,1	2,80	2,80	24,5	24,5	4,41	4,41
04-jun-96	entrée	21,24	21,24	9,0	9,0	4,34	4,34	1,8	1,8	4,89	4,89
25-jul-96	entrée	28,96	28,96	19,7	19,7	6,80	6,80	4,6	4,6	4,26	4,26
26-aoû-96	entrée	14,44	14,44	17,0	17,0	2,82	2,82	3,3	3,3	5,12	5,12
17-sep-96	entrée 1	18,35	20,02	3,3	7,4	3,80	4,32	0,7	1,6	4,83	4,65
17-sep-96	entrée 2	19,65		4,0		4,14		0,9		4,75	
17-sep-96	entrée 3	20,09		19,2		4,31		4,1		4,66	
17-sep-96	entrée 4	19,28		5,0		4,14		1,1		4,66	
17-sep-96	entrée 5	22,73		5,6		5,19		1,3		4,38	
01-oct-96	entrée	8,74	8,74	16,8	16,8	1,47	1,47	2,8	2,8	5,95	5,95
19-mar-96	rejet 1	24,84	24,29	4,3	3,1	5,48	5,50	1,0	0,7	4,53	4,42
19-mar-96	rejet 2	20,88		3,1		4,67		0,7		4,47	
19-mar-96	rejet 3	25,68		2,6		5,85		0,6		4,39	
19-mar-96	rejet 4	25,10		2,8		5,74		0,6		4,37	
19-mar-96	rejet 5	24,96		2,4		5,75		0,6		4,34	
19-mar-96	contrôle 1	14,55	16,84	2,5	5,1	1,98	2,81	0,3	0,8	7,35	6,15
19-mar-96	contrôle 2	17,26		2,4		2,84		0,4		6,08	
19-mar-96	contrôle 3	13,93		9,3		2,21		1,5		6,30	
19-mar-96	contrôle 4	18,57		5,4		3,30		1,0		5,63	
19-mar-96	contrôle 5	19,87		4,5		3,70		0,8		5,37	
19-mar-96	référence 1	15,74	17,90	5,6	7,4	2,90	2,90	1,0	0,9	5,43	6,78
19-mar-96	référence 2	30,32		4,0		5,94		0,8		5,10	
19-mar-96	référence 3	14,21		9,4		1,73		1,1		8,21	
19-mar-96	référence 4	14,78		7,8		1,71		0,9		8,64	
19-mar-96	référence 5	14,47		5,7		2,22		0,9		6,52	
17-sep-96	rejet 1	15,35	12,99	5,5	6,1	2,71	2,10	1,0	1,0	5,66	6,23
17-sep-96	rejet 2	12,46		7,0		1,98		1,1		6,29	
17-sep-96	rejet 3	13,31		6,7		2,19		1,1		6,08	
17-sep-96	rejet 4	11,78		5,2		1,78		0,8		6,62	
17-sep-96	rejet 5	12,04		5,7		1,86		0,9		6,47	
17-sep-96	contrôle 1	21,35	22,23	5,5	7,0	3,30	3,74	0,9	1,1	6,47	5,96
17-sep-96	contrôle 2	22,34		5,9		3,91		1,1		5,71	
17-sep-96	contrôle 3	21,10		9,3		3,54		1,6		5,96	
17-sep-96	contrôle 4	22,05		5,9		3,91		1,0		5,64	
17-sep-96	contrôle 5	24,11		7,2		4,10		1,2		5,88	
17-sep-96	contrôle 6	22,41		7,2		3,67		1,2		6,11	
17-sep-96	référence 1	16,52	19,15	25,8	16,6	2,31	2,90	3,6	2,4	7,15	6,64
17-sep-96	référence 2	18,20		19,0		2,68		2,8		6,79	
17-sep-96	référence 3	20,04		12,0		2,89		1,7		6,93	
17-sep-96	référence 4	18,81		10,2		2,96		1,6		6,35	
17-sep-96	référence 5	20,65		16,6		3,26		2,6		6,33	
17-sep-96	référence 6	20,70		13,2		3,31		2,1		6,25	

Tab.5.2. Carbone et azote du zooplancton. Pourcentage et poids (mg/m3)

Date	07/11/95	01/12/95	04/01/96	01/02/96	19/03/96	19/04/96
DINOFLAGELLES	0	0	0	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	1143	0	983	14	8	126654
<i>Hybocodon prolifer</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Eucheilota maculata</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Rathkea octopunctata</i>	0	0	0	0	0	511
Autres Cnidaïres	36	9	0	0	0	0
TOTAL CNIDAÏRES	36	9	0	0	0	511
<i>Pleurobrachia pileus</i>	2	7	0	2	2	844
<i>Beroë sp.</i>	0	0	0	0	0	0
TOTAL CTENAIRES	2	7	0	2	2	844
CHAETOGNATHES	118	446	35	47	0	0
<i>Lanice conchilega</i>	13	129	14	0	12	111
<i>Spionidae</i>	16	9	8	10	764	1378
Autres Annélides	2	9	2	0	19	267
TOTAL ANNELIDES	31	146	25	10	795	1756
<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>	54	206	4	681	1123	3333
<i>Cypris Cirripèdes</i>	54	17	1	0	1154	1667
TOTAL Larves CIRRIPEDES	109	223	5	681	2277	5000
AMPHIPODES	2	6	2	0	0	22
ISOPODES	0	0	0	0	0	0
CUMACES	0	0	0	0	0	0
<i>Mesopodopsis slabberii</i>	4	0	0	0	0	0
<i>Schistomysis spiritus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Schistomysis kerviellii</i>	0	0	0	0	0	0
Autres Mysidacés	0	1	1	0	0	0
TOTAL MYSIDACES	4	1	1	0	0	0
<i>Calanus helgolandicus</i>	2	1	0	0	0	111
<i>Paracalanus parvus</i>	200	300	16	62	47	222
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	0	120	47	269	811	5778
<i>Stephos minor</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Temora longicornis</i>	962	1562	701	4868	2464	13889
<i>Eurytemora affinis</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Metridia lucens</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Centropages typicus</i>	13	9	0	0	0	0
<i>Centropages hamatus</i>	15	137	38	48	312	1200
<i>Isias clavipes</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Candacia armata</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Labidocera wollastonii</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Parapontella brevicornis</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Acartia clausi</i>	1252	2026	115	460	639	2000
<i>Acartia discaudata</i>	2	0	0	5	0	0
<i>Oithona sp.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Oncaea sp.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Euterpina acutifrons</i>	799	464	6	10	2	0
<i>Corycaeus sp.</i>	181	180	8	5	0	0
<i>Harpacticoides</i>	0	1	0	0	6	15556
<i>Cyclopoïdes indet.</i>	672	343	189	0	0	0
<i>Cyclopina littoralis</i>	0	9	0	0	2	0
<i>Monstrillides</i>	2	0	0	0	0	0
Nauplii copépodes	0	0	0	0	0	0
TOTAL COPEPODES	4098	5153	1121	5727	4283	38756
EUPHAUSIACES	0	0	0	0	0	0
Larves NATANTIA	0	0	0	0	0	0
Larves THALASSINIDEA	0	0	0	0	0	0
Larves de Porcellanidae	0	0	0	0	0	0
Larves de Paguridae	0	0	0	0	0	0
Larves de Diogenidae	0	0	0	0	0	0
Larves de Galatheididae	0	0	0	0	0	0
TOTAL L. d' ANOMOURES	0	0	0	0	0	0
Zoé de Brachyours	0	0	1	0	0	0
Mégaloïdes de Brachyours	2	0	0	0	0	0
TOTAL L. de BRACHYOURES	2	0	1	0	0	0
Larves GASTEROPODES	5	43	19	0	2	0
Larves BIVALVES	7	94	2	5	0	0
TOTAL L. de MOLLUSQUES	13	137	22	5	2	0
Cyphonautes BRYOZOAIRES	145	120	151	19	117	556
Ophiopluteus d'Echinodermes	0	0	2	0	0	0
Echinopluteus d'Echinodermes	0	0	0	0	0	0
TOTAL L. d'ECHINODERMES	0	0	2	0	0	0
<i>Oikopleura dioïca</i>	149	240	16	293	12	2311
<i>Fritillaria borealis</i>	0	0	0	0	0	0
TOTAL APPENDICULAIRES	149	240	16	293	12	2311
Larves d'Ascidiés	0	0	0	0	0	0
Oeufs Téléostéens	0	0	0	0	4	67
Alevins et larves de Poissons	0	0	0	1	0	0
TOTAL ZOOPLANCTON	4708	6489	1381	6784	7491	49822

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

Station	Entrée						
	Date	14/05/96	04/06/96	25/07/96	26/08/96	17/09/96	01/10/96
DINOFLAGELLES	0	0	0	0	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	1139706	10980	198551	121951	0	10545	
<i>Hybocodon prolifer</i>	0	0	4	0	0	0	
<i>Eucheilota maculata</i>	0	0	4	45	23	0	
<i>Rathkea octapunctata</i>	3382	0	0	0	0	0	
Autres Cnidaies	0	11	0	0	0	0	
TOTAL CNIDAIES	3382	11	7	45	23	0	
<i>Pleurobrachia pileus</i>	735	0	4	12	14	5	
<i>Beroe</i> sp.	29	34	0	0	0	0	
TOTAL CTENAIRES	765	34	4	12	14	5	
CHAETOGNATHES	0	0	72	764	557	592	
<i>Lanice conchilega</i>	0	0	58	0	132	403	
<i>Spionidae</i>	735	45	123	203	20	118	
Autres Annélides	3235	17	0	0	0	14	
TOTAL ANNELIDES	3971	62	181	203	152	536	
<i>Bosmina</i> sp.	0	0	0	0	0	0	
<i>Podon</i> sp.	0	0	29	813	61	0	
<i>Evadne</i> sp.	0	661	0	0	0	0	
TOTAL CLADOCERES	0	661	29	813	61	0	
<i>Nauplii Cirripèdes</i>	882	179	2174	1138	1531	711	
<i>Cypris Cirripèdes</i>	5294	56	478	650	223	261	
TOTAL Larves CIRRIPEDES	6176	235	2652	1789	1755	972	
AMPHIPODES	15	28	22	20	7	24	
ISOPODES	15	0	0	0	0	0	
CUMACES	0	0	0	0	0	0	
<i>Mesopodopsis slabberii</i>	0	0	0	0	3	5	
<i>Schistomysis spiritus</i>	0	0	0	0	2	0	
<i>Schistomysis kerviellii</i>	0	0	0	0	0	0	
Autres Mysidacés	0	3	4	0	0	0	
TOTAL MYSIDACES	0	3	4	0	4	5	
<i>Calanus helgolandicus</i>	0	3	22	81	0	0	
<i>Paracalanus parvus</i>	294	0	0	650	203	166	
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	2206	868	2246	0	31	47	
<i>Stephos minor</i>	0	0	0	0	0	0	
<i>Temora longicornis</i>	25441	4146	12609	2276	771	450	
<i>Eurytemora affinis</i>	0	0	0	0	0	0	
<i>Metridia lucens</i>	0	0	0	0	0	0	
<i>Centropages typicus</i>	0	0	0	0	0	0	
<i>Centropages hamatus</i>	2353	571	1304	894	182	0	
<i>Isias clavipes</i>	0	0	22	0	0	0	
<i>Candacia armata</i>	0	0	0	0	0	0	
<i>Labidocera wollastonii</i>	0	0	0	8	0	0	
<i>Parapontella brevicornis</i>	0	0	0	0	0	0	
<i>Acartia clausi</i>	2500	11821	8841	6341	985	332	
<i>Acartia discaudata</i>	0	0	72	0	0	0	
<i>Oithona</i> sp.	0	0	0	0	10	0	
<i>Oncaea</i> sp.	0	0	0	0	0	0	
<i>Euterpina acutifrons</i>	0	0	0	4472	821	4265	
<i>Corycaeus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	
Harpacticoides	294	39	0	0	0	0	
<i>Cyclopides indet.</i>	0	0	51	1545	882	403	
<i>Cyclopina littoralis</i>	0	84	0	0	0	0	
<i>Monstrillides</i>	0	0	0	0	0	0	
<i>Nauplii copépodes</i>	0	0	0	0	0	0	
TOTAL COPEPODES	33088	17532	25167	16268	3884	5664	
EUPHAUSIACES	0	0	0	0	0	0	
Larves NATANTIA	0	22	14	8	1	0	
Larves THALASSINIDEA	0	0	14	0	0	0	
Larves de Porcellanidae	0	3	0	4	1	0	
Larves de Paguridae	0	3	0	0	0	0	
Larves de Diogeneidae	0	0	87	12	4	0	
Larves de Galatheididae	0	0	0	0	0	0	
TOTAL L. d' ANOMOURES	0	6	87	16	5	0	
Zoé de Brachyours	0	106	22	20	9	0	
Mégaloopes de Brachyours	0	3	4	4	1	0	
TOTAL L. de BRACHYOURES	0	109	25	24	10	0	
Larves GASTEROPODES	0	84	362	1220	213	308	
Larves BIVALVES	0	6	152	0	81	190	
TOTAL L. de MOLLUSQUES	0	90	514	1220	294	498	
Cyphonautes BRYOZOAIRES	147	0	0	0	1237	1043	
Ophiopluteus d'Echinodermes	0	28	4	0	41	95	
Echinopluteus d'Echinodermes	0	0	0	0	0	0	
TOTAL L. d'ECHINODERMES	0	28	4	0	41	95	
<i>Oikopleura dioica</i>	8235	678	1957	813	132	403	
<i>Fritillaria borealis</i>	0	0	0	0	0	0	
TOTAL APPENDICULAIRES	8235	678	1957	813	132	403	
Larves d'Ascidies	0	0	0	0	0	0	
Oeufs Téléostéens	15	14	11	0	0	0	
Alevins et larves de Poissons	15	42	22	4	0	0	
TOTAL ZOOPLANCTON	55824	19555	30786	22000	8175	9834	

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

Date	19-mars-1996			17-septembre-1996		
	Station	Rejet	Contrôle	Référence	Rejet	Contrôle
DINOFLAGELLES	0	0	0	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	452	0	0	0	0	0
<i>Hybocodon prolifer</i>	4	5	0	0	0	0
<i>Eucheilota maculata</i>	0	0	0	0	2	12
<i>Rathkea octopunctata</i>	0	0	0	0	0	0
Autres Cnidaires	4	2	18	0	0	0
TOTAL CNIDAIRES	8	7	18	0	2	12
<i>Pleurobrachia pileus</i>	0	0	0	0	6	4
<i>Beroe sp.</i>	0	0	0	0	0	0
TOTAL CTENAIRES	0	0	0	0	6	4
CHAETOGNATHES	0	0	0	241	111	630
<i>Lanice conchilega</i>	11	10	1	95	123	255
Spionidae	207	1512	285	24	46	69
Autres Annélides	19	54	55	32	8	414
TOTAL ANNELIDES	238	1577	342	151	177	738
<i>Bosmina sp.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Podon sp.</i>	0	0	2	0	6	0
<i>Evadne sp.</i>	0	0	1	0	0	0
TOTAL CLADOCERES	0	0	3	0	6	0
<i>Nauplii Cirripèdes</i>	674	653	1911	319	214	225
<i>Cypris Cirripèdes</i>	107	244	25	257	74	130
TOTAL Larves CIRRIPEDES	782	897	1936	576	288	354
AMPHIPODES	0	2	0	2	12	5
ISOPODES	0	0	0	0	1	0
CUMACES	0	0	0	2	6	11
<i>Mesopodopsis slabberii</i>	0	2	0	3	1	0
<i>Schistomysis spiritus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Schistomysis kervillei</i>	0	0	0	1	0	0
Autres Mysidacés	0	0	0	0	0	0
TOTAL MYSIDACES	0	2	0	4	1	0
<i>Calanus helgolandicus</i>	0	2	42	0	0	1
<i>Paracalanus parvus</i>	4	9	79	175	4	397
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	337	276	2226	30	1	0
<i>Stephos minor</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Temora longicornis</i>	697	427	1089	296	122	1057
<i>Eurytemora affinis</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Metridia lucens</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Centropages typicus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Centropages hamatus</i>	230	327	51	144	47	69
<i>Isias clavipes</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Candacia armata</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Labidocera wollastonii</i>	0	0	0	0	0	4
<i>Parapontella brevicornis</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Acartia clausi</i>	299	176	702	356	126	289
<i>Acartia discaudata</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Oithona sp.</i>	0	0	0	5	29	212
<i>Oncaea sp.</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Euterpina acutifrons</i>	0	0	39	3182	1370	2099
<i>Corycaeus sp.</i>	0	0	0	0	0	0
Harpacticoïdes	8	10	9	0	6	0
<i>Cyclopoides indet.</i>	0	2	9	1852	236	2422
<i>Cyclopina littoralis</i>	8	12	21	0	0	0
<i>Monstrillides</i>	0	0	0	0	0	0
Nauplii copépodes	0	0	0	0	0	0
TOTAL COPEPODES	1582	1241	4268	6040	1941	6550
EUPHAUSIACES	0	0	0	0	0	0
Larves NATANTIA	0	0	6	0	0	5
Larves THALASSINIDEA	0	0	0	0	0	0
Larves de Porcellanidae	0	0	0	0	0	0
Larves de Paguridae	0	0	0	0	0	0
Larves de Diogeneidae	0	0	0	2	0	2
Larves de Galatheididae	0	0	0	0	0	0
TOTAL L. d' ANOMOURES	0	0	0	2	0	2
Zoé de Brachyours	126	15	15	3	0	2
Mégaloopes de Brachyours	0	0	0	0	0	2
TOTAL L. de BRACHYOURES	126	15	15	3	0	3
Larves GASTEROPODES	0	5	9	181	96	69
Larves BIVALVES	0	0	24	193	292	1183
TOTAL L. de MOLLUSQUES	0	5	33	373	388	1252
Cyphonautes BRYOZOAIRES	80	40	37	798	193	3284
Ophiopluteus d'Echinodermes	0	0	0	11	6	91
Echinopluteus d'Echinodermes	0	0	0	0	0	0
TOTAL L. d'ECHINODERMES	0	0	0	11	6	91
<i>Oikopleura dioica</i>	77	79	466	32	16	147
<i>Fritillaria borealis</i>	0	0	0	0	0	0
TOTAL APPENDICULAIRES	77	79	466	32	16	147
Larves d'Ascidies	0	2	0	0	0	0
Oeufs Téléostéens	0	5	13	0	0	0
Alevins et larves de Poissons	0	0	2	0	0	0
TOTAL ZOOPLANCTON	2893	3872	7140	8233	3152	13088

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

CHAPITRE VI
ZOOPLANCTON HALIEUTIQUE

Daniel WOEHLING

INTRODUCTION

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

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.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

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

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

Afin de compléter les prélèvements, nous avons également analysé cette année les échantillons récoltés à l'aide du filet WP₂ muni d'un maillage de 200 µm utilisé pour l'étude du zooplancton général.

Localisation des points de prélèvement : les prélèvements ont été réalisés en quatre points en mer, dont trois situés sur une radiale (1 : côte, 2 : médian, 3 : large) et un (point 5) correspondant au point de référence de l'étude zooplanctonique ; enfin, les échantillons provenant des deux points situés à l'entrée du canal d'amenée sont réunis à partir de cette année et considérés comme deux repliquats du point 6.

Chronologie : 8 campagnes ont été considérées, réalisées au cours des six premiers mois de l'année (deux campagnes en mer et six campagnes au canal d'amenée), allant du 4 janvier au 4 juin 1996, afin de couvrir au mieux la période de présence des œufs et larves de la sole et du sprat, période qui correspond également au maximum de présence des groseilles de mer. Cette chronologie ainsi que les principales caractéristiques des campagnes figurent dans le tableau 5.

N°	Date	Heure PM (T.U.)	Coef.	Point	Station	Repliquat	Heure T.U.	Maillage (µm)	Volume (m³)
183	4 janv.	10 h 59	71	6	1	1	9 h 05	200	8.34
184	1 ^{er} fév.	9 h 55	57	6	1	1	8 h 50	200	8.34
185	19 mars	11 h 41	108	1	1	1	11 h 15	200	2.61
185	19 mars	11 h 41	108	2	1	1	13 h 40	200	3.12
185	19 mars	11 h 41	108	2	2	1	13 h 45	200	2.73
185	19 mars	11 h 41	108	5	1	1	12 h 20	200	10.82
185	19 mars	11 h 41	108	5	2	1	12 h 25	200	10.84
185	19 mars	11 h 41	108	6	1	1	11 h 05	200	5.13
186	19 avril	12 h 36	97	6	1	1	8 h 40	200	0.45
187	26 avril	5 h 21	35	1	1	1	6 h 30	500	32.84
187	26 avril	5 h 21	35	1	1	2	6 h 30	500	35.15
187	26 avril	5 h 21	35	2	1	1	6 h 48	500	26.36
187	26 avril	5 h 21	35	2	1	2	6 h 48	500	36.30
187	26 avril	5 h 21	35	3	1	1	7 h 09	500	104.03
187	26 avril	5 h 21	35	3	1	2	7 h 09	500	91.82
188	9 mai	3 h 47	70	6	1	1	8 h 37	500	35.18
188	9 mai	3 h 47	70	6	1	2	8 h 37	500	26.62
189	14 mai	9 h 32	72	6	1	1	12 h 30	200	0.68
190	4 juin	13 h 23	101	6	1	1	8 h 45	200	3.57

Tabl. 6.1. Caractéristiques principales des campagnes de prélèvement de zooplancton halieutique à Gravelines en 1996

RÉSULTATS

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 œufs et larves de sole forment un élément caractéristique du plancton de Gravelines et les cycles annuels d'abondance sont bien reproductibles.

Œufs : les pontes abondantes dès le mois d'avril et l'absence d'œufs dès mi-mai révèlent une année précoce du point de vue de la reproduction. La campagne du 19 avril est probablement proche du pic comme en attestent les effectifs observés le 26 avril et le 9 mai. Les densités sont supérieures en 1996 à la moyenne du site (environ 30 à 50 par 10 m³). On retrouve le gradient d'abondance vers la côte (fig. 6.4), avec des effectifs plus importants au point médian 2 et au point 6.

Larves : les larves n'apparaissent qu'en mai. Leurs effectifs sont anormalement bas jusqu'en juin où elles atteignent leurs taux habituels (quelques unités par 10 m³). Ce phénomène du au taux de survie des jeunes larves, plus élevé à la fin du printemps en liaison avec les facteurs trophiques.

Date	Point	Station	Repliquat	Œufs	œufs st1	œufs st2	Larves
4 janvier	6	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00
1 ^{er} février	6	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00
19 mars	1		1	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	1 et 2	1	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	1 et 2	1	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00
19 avril	6	1	1	111.11	66.67	44.44	0.00
26 avril	1	1	1	47.50	24.36	23.14	0.00
	1	1	2	71.69	35.28	36.41	0.00
	1	1	Moyenne	59.60	29.82	29.78	0.00
	2	1	1	103.20	57.67	45.53	0.00
	2	1	2	90.36	55.10	35.26	0.00
	2	1	Moyenne	96.78	56.39	40.40	0.00
	3	1	1	58.45	30.76	27.68	0.00
3	1	2	47.05	27.88	19.17	0.00	
3	1	Moyenne	52.75	29.32	23.43	0.00	
9 mai	6	1	1	43.20	36.38	6.82	0.00
	6	1	2	69.11	48.08	21.03	3.00
	6	1	Moyenne	56.16	42.23	13.93	1.50
14 mai	6	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00
4 juin	6	1	1	0.00	0.00	0.00	5.60

Tabl. 6.2. Densités d'œufs et de larves de sole à Gravelines en 1996 (en nombre par 10 m³)

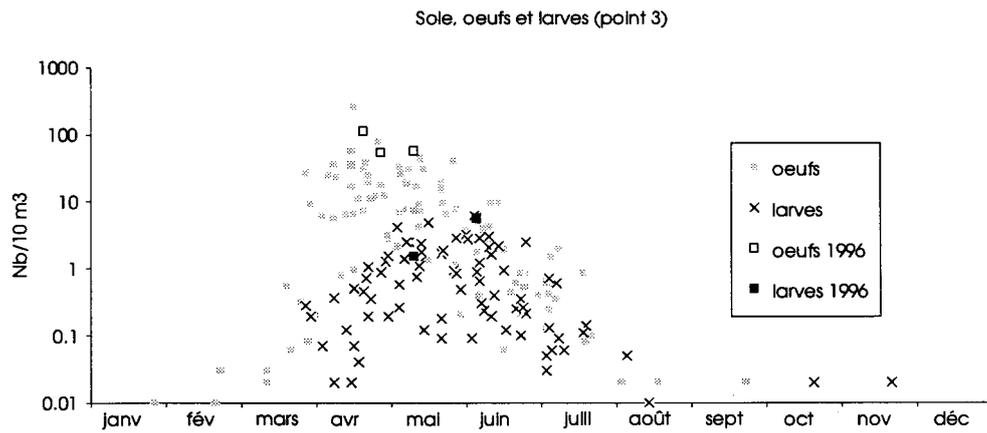


Fig. 6.1. Variations saisonnières des densités d'oeufs et de larves de sole à Gravelines au point 3 (référence large) de 1975 à 1996

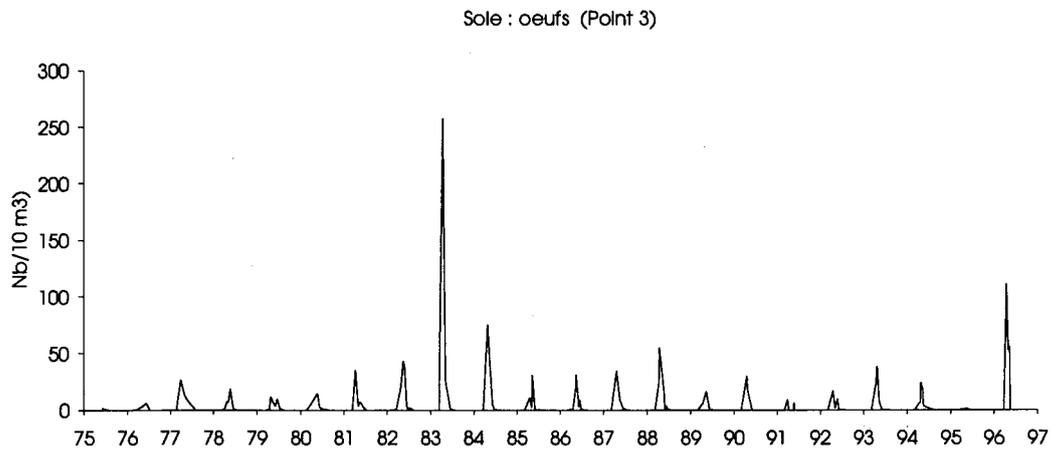


Fig. 6.2. Variations pluriannuelles des densités d'oeufs de sole à Gravelines au point 3 (référence large) de 1975 à 1996

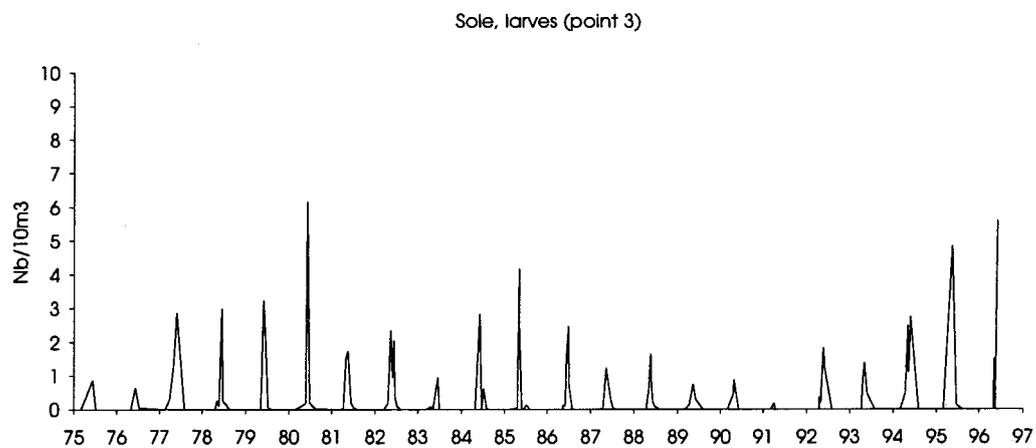


Fig. 6.3. Variations pluriannuelles des densités de larves de sole à Gravelines au point 3 (référence large) de 1975 à 1996

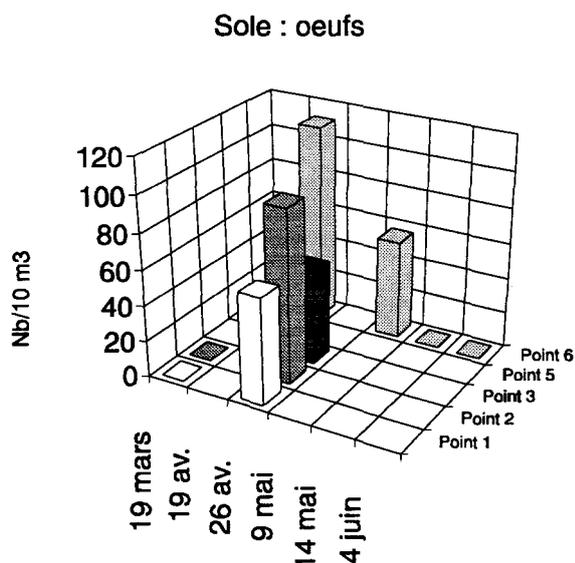


Fig. 6.4. Densités de larves de sole à Gravelines en 1996 en fonction de la date et du point de prélèvement

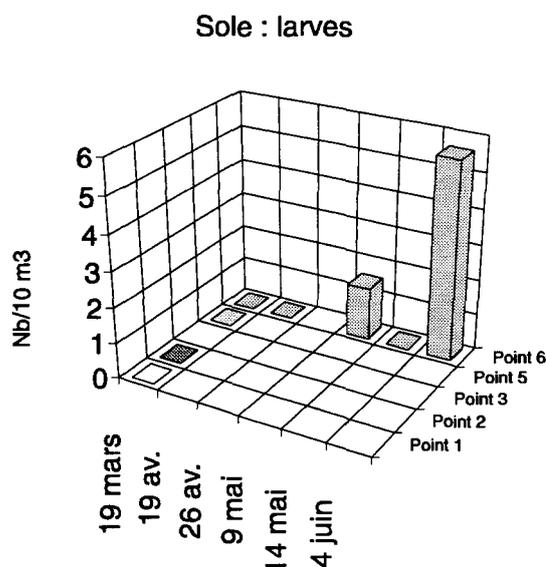


Fig. 6.5. Densités de larves de sole à Gravelines en 1996 en fonction de la date et du point de prélèvement

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 : on retrouve en 1996 des effectifs élevés, de l'ordre de grandeur habituel (200 à 300 par 10 m³), voire plus élevés. Là encore, le pic de ponte a lieu relativement tôt, puisque l'on observe les plus forts effectifs lors de la campagne du 9 mai, précédés par des pontes non négligeables dès le mois de mars, ce qui est relativement exceptionnel.

En mer, on observe un gradient normal vers le large (lors de la campagne du 26 avril), bien que les effectifs les plus importants aient été relevés dans le canal d'aménée.

Date	Point	Station	Repliquat	Oeufs	oeufs st1	oeufs st2	Larves	
4 janvier	6	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	
1 ^{er} février	6	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	
19 mars	1	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	
		2	1	0.00	0.00	0.00	0.00	
		2	2	1	10.99	0.00	0.00	0.00
	2	Moyenne	1	5.50	0.00	0.00	0.00	
		5	1	1	22.18	21.25	0.92	0.00
		5	2	1	19.38	5.54	0.00	0.00
5	Moyenne	1	20.78	13.40	0.46	0.00		
6	1	1	3.90	0.00	0.00	0.00		
19 avril	6	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	
26 avril	1	1	1	8.53	2.44	6.09	3.65	
		1	2	10.24	3.41	6.83	1.14	
		1	Moyenne	9.39	2.93	6.46	2.40	
	2	1	1	6.07	3.04	3.04	0.00	
		2	1	2	17.63	8.82	8.82	0.00
		2	Moyenne	11.85	5.93	5.93	0.00	
	3	1	1	39.99	21.53	18.46	0.00	
		3	1	2	23.53	16.55	6.97	0.87
3		Moyenne	31.76	19.04	12.72	0.44		
9 mai	6	1	1	227.38	161.44	65.94	0.00	
		6	1	2	534.87	384.62	150.24	3.00
	6	Moyenne	381.13	273.03	108.09	1.50		
14 mai	6	1	1	0.00	0.00	0.00	14.71	
4 juin	6	1	1	22.41	2.80	5.60	8.40	

Tabl. 6.3. Densités d'œufs et de larves de sprat à Gravelines en 1996 (en nombre par 10 m³)

Larves : les larves apparaissent en mai et atteignent des densités d'un ordre de grandeur habituel qui avoisine les quelques unités par 10 m³.

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

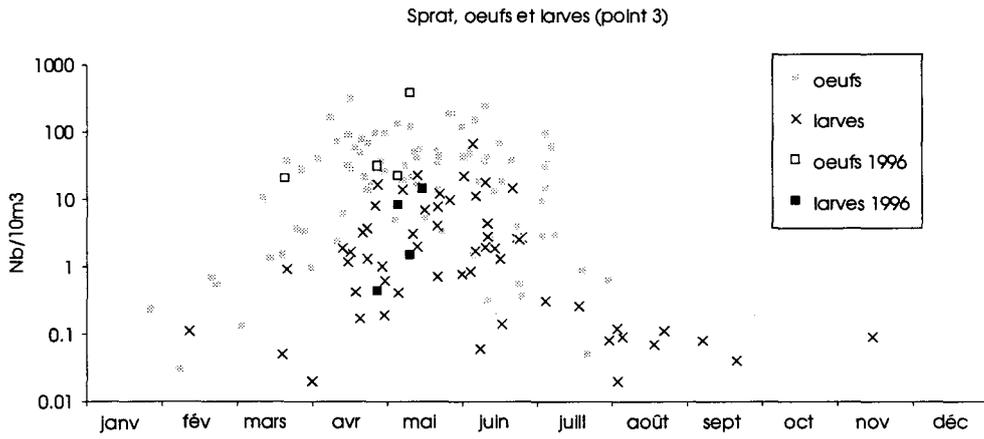


Fig. 6.6 Variations saisonnières des densités d'oeufs et de larves de sprat à Gravelines au point 3 (référence large) de 1975 à 1996

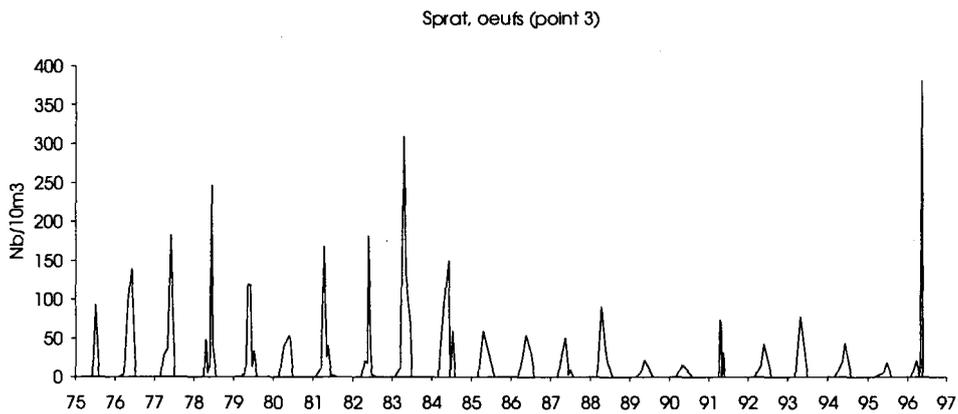


Fig. 6.7. Variations pluriannuelles des densités d'oeufs de sprat à Gravelines au point 3 (référence large) de 1975 à 1996

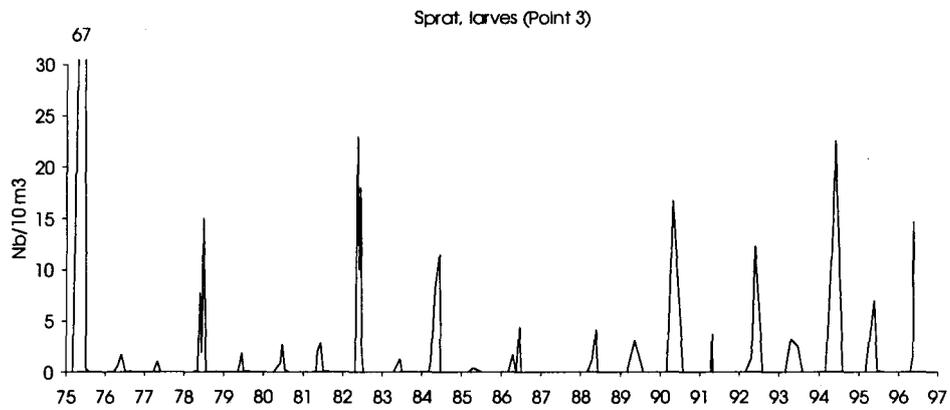


Fig. 6.8. Variations pluriannuelles des densités de larves de sprat à Gravelines au point 3 (référence large) de 1975 à 1996

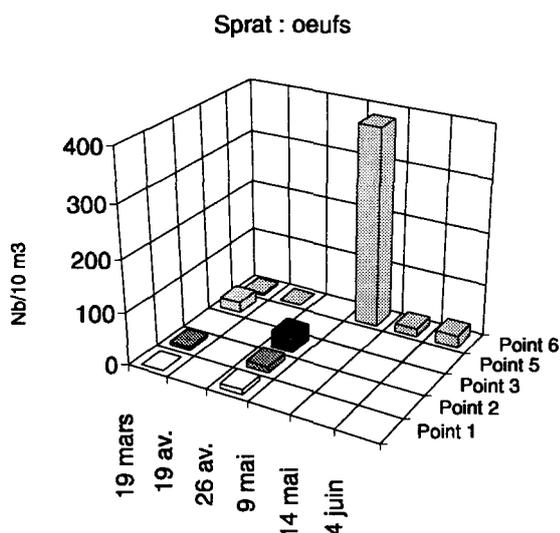


Fig. 6.9. Densités d'œufs de sprat à Gravelines en 1996 en fonction de la date et du point de prélèvement

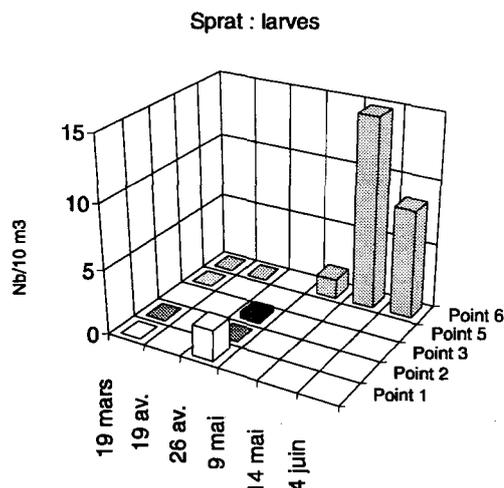


Fig. 6.10. Densités de larves de sprat à Gravelines en 1996 en fonction de la date et du point de prélèvement

“Groseille de mer” *Pleurobrachia pileus* (figure 26 et tableau 8)

La groseille de mer *Pleurobrachia pileus* (Cténiaire) fait partie des espèces constantes à Gravelines. Elle est 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 l'étude halieutique, seuls les individus adultes sont capturés.

Les densités, bien qu'importantes, demeurent ainsi sous-estimées, notamment en début de saison, lorsqu'apparaissent les jeunes individus. Les effectifs habituellement observés atteignent fréquemment plusieurs dizaines ou centaines d'individus par 10 m³ au moment du pic qui a lieu entre mi-avril et mi-mai. Les densités dans le canal d'amenée sont importantes.

Date	Point	Station	Repliquat	Nb. ind.	
4 janv.	6	1	1	0.00	
1 ^{er} fév.	6	1	1	2.40	
19 mars	1	1 et 2	1	0.00	
			5	0.92	
			5	0.00	
			5	Moyenne	0.46
			6	1.95	
19 av.	6	1	1	844.44	
			1	555.36	
			1	Moyenne	359.61
			2	619.21	
			2	Moyenne	558.65
26 av.	2	1	1	204.56	
			3	146.38	
			3	Moyenne	175.47
			3	377.45	
			6	348.57	
9 mai	6	1	Moyenne	363.01	
			1	735.29	
			1	0.00	
14 mai	6	1	1	0.00	
4 juin	6	1	1	0.00	

Tabl. 6.4 Densités de groseilles de mer (*Pleurobrachia pileus*) à Gravelines en 1996 (en nombre par 10 m³)

En 1996, les densités sont particulièrement élevées et supérieures à celles observées en 1995. De forts effectifs sont observés dès le mois d'avril ce qui, là encore, suggère un pic précoce, et demeurent importants jusqu'en mai.

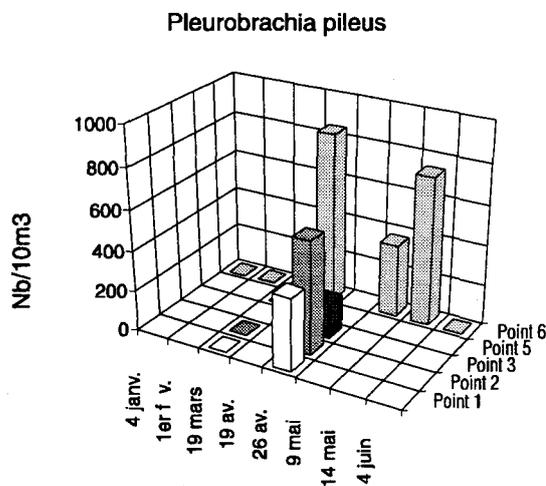


Fig. 6.11. Densités de groseille de mer (*Pleurobrachia pileus*) à Gravelines en 1996 en fonction de la date et du point de prélèvement

ÉLÉMENTS DE CONCLUSION

L'année 1996 se présente comme une année précoce du point de vue de la reproduction du sprat et de la sole ainsi que pour le pic d'abondance des groseilles de mer.

Les densités sont élevées, notamment pour les œufs des deux espèces de poissons, ce qui suggère une année particulièrement productive, contrastant nettement avec l'année 1995. On retrouve, pour les deux espèces, des effectifs particulièrement élevés, figurant parmi les plus importants observés jusque là. Pour la sole, on note des densités voisines de celles des pics de 1983 et 1984. Les effectifs semblent suivre des variations pluriannuelles cycliques, du moins pour les oeufs.

Les effectifs de larves, en revanche, sont normaux. Ce dernier résultat n'est pas surprenant étant donné que leur abondance est déterminée davantage par leur taux de survie, plus important vers fin mai, début juin, lorsque la température et la nourriture disponible (sous ses aspects quantitatifs et qualitatifs), sont favorables. En d'autres termes, lors de reproductions précoces, seules les pontes de la fin du cycle sont réellement productives, ce qui n'est pas le cas lorsque le pic est tardif, permettant au maximum d'éclosions de produire de manière synchrone avec les cycles trophiques. Les effectifs se situent dans la normale du site. On retrouve pour la sole des effectifs voisins de ceux observés dans les années 1980 et 1985.

///

CHAPITRE VII

LE DOMAINE BENTHIQUE INTERTIDAL

Jean-Marie DEWARUMEZ
Dominique MENU

INTRODUCTION

Les études écologiques qui sont menées depuis 1973 sur l'estran sableux de Petit-Fort-Philippe ont permis de mettre en évidence les principaux facteurs régissant l'organisation et la répartition des communautés benthiques intertidales. La teneur en fines du sédiment, sous la dépendance directe de la courantologie locale, et les dessalures, provoquées par l'Aa et/ou les eaux de ruissellement dues aux résurgences de la nappe phréatique dans les hauts de plage, conditionnent fortement l'organisation et l'évolution de la vie benthique intertidale et ce, notamment, dans les niveaux supérieurs.

Depuis 1985, on a pu noter le rôle important d'un troisième facteur qui agit sur les évolutions respectives de deux populations d'annélides polychètes de la famille des Spionidae : *Spio martinensis* et *Pygospio elegans*. Ces deux espèces ont des affinités écologiques semblables mais des préférences thermiques différents. Ils sont donc de bons témoins de l'évolution de l'impact thermique sur la plage de Gravelines.

Il devient possible, au vu de l'évolution (synchrone ou non) de ces trois facteurs, d'expliquer les altérations bionomiques que subissent les peuplements intertidaux depuis le début des études écologiques sur cet estran. Ces altérations sont particulièrement évidentes dans les niveaux supérieurs de l'estran. Les niveaux inférieurs ne présentent, en général, pas, depuis maintenant plusieurs années, de modification franche qui ne puisse être expliquée par un phénomène totalement étranger au fonctionnement de la centrale ou qui affecte plus particulièrement le milieu subtidal proche.

METHODOLOGIE

La stratégie d'échantillonnage reste inchangée en 1996 par rapport aux études précédentes, les deux radiales de quatre stations ont été échantillonnées le 2 juillet 1996. La méthodologie concernant la mesure de la biomasse a changé au cours de cette étude. Afin de pouvoir recadrer ultérieurement les données de la biomasse par rapport aux données de la littérature nous avons adopté cette année la technique du poids sec sans cendres (PSSC) en remplacement de la méthode du poids sec décalcifié (PSD).

Cependant, aux fins de comparaisons des résultats antérieurs avec les résultats 1996 et postérieurs, nous avons utilisé cette année les deux méthodes en parallèle en partant de poids individuels frais essorés équivalents (quand cela s'est avéré possible) de chaque espèce. Après la pesée en poids frais essoré, les deux demi-échantillons subissent des traitements différents:

- passage à l'acide chlorhydrique 10%, rinçage, séchage à 110° pendant 24 h puis pesée pour le poids sec décalcifié;
- séchage à 60° pendant 72 h, passage au four à 560° pendant 5 h puis pesée pour le poids sec sans cendres.

Les biomasses sont calculées en tenant compte des poids frais et ramenés au poids frais total de l'échantillon.

RESULTATS

1- Composition bionomique

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

Radiale 1	Station E	Station F	Station G	Station H
Graviers grossiers	0,00	2,11	0,86	0,00
Graviers fins	0,14	3,83	0,90	0,08
Sables grossiers	2,44	10,90	6,19	1,28
Sables moyens	67,55	52,44	35,79	59,51
Sables fins	27,11	30,67	56,23	39,10
Pérites	2,76	0,06	0,04	0,03

Radiale 2	Station I	Station J	Station K	Station L
Graviers grossiers	0,18	0,71	0,06	0,03
Graviers fins	0,45	1,31	0,73	0,08
Sables grossiers	5,85	10,00	6,96	0,87
Sables moyens	51,68	69,41	51,82	50,64
Sables fins	30,37	18,55	40,40	48,34
Pérites	11,47	0,03	0,02	0,05

Tabl. 7.1. Caractéristiques granulométriques du sédiment aux huit stations intertidales (% pondéraux)

	Station E	Station F	Station G	Station H	Station I	Station J	Station K	Station L
<i>Sagartia troglodytes</i>							1	
<i>Nemertes sp</i>		1						
<i>Enchytraeidae sp</i>		6			1			
<i>Nerine cirratulus</i>	24	112	1			19		
<i>Pygospio elegans</i>	8	168	1		16	1		
<i>Magelona mirabilis</i>								1
<i>Paraonis fulgens</i>			3					
<i>Hediste diversicolor</i>		2						
<i>Nephtys cirrosa</i>	1		9	8			10	9
<i>Eteone longa</i>		7	1					
<i>Eumida sanguinea</i>							1	
<i>Ophelia rathkei</i>		394	2					
<i>Lanice conchilega</i>							4	
<i>Capitella capitata</i>		2						1
<i>Arenicola marina</i>		1			210			
<i>Hydrobia ulvae</i>	2622	3						
<i>Macoma balthica</i>		10						
<i>Cerastoderma edule</i>		4						
<i>Tellina tenuis</i>								1
<i>Eurydice affinis</i>	3				6			
<i>Eurydice pulchra</i>		4				30		
<i>Haustorius arenarius</i>			3	1				
<i>Bathyporeia pilosa</i>	24							
<i>Bathyporeia sarsi</i>		4	2			72		
<i>Corophium arenarium</i>	6				401	2		
<i>Diogenes pugilator</i>								2
<i>Crangon crangon</i>		14	3	3		1		1
<i>Carcinus maenas</i>		1						
<i>Portumnus latipes</i>				1				
Larves de Dipteres	1							
TOTAL	2689	733	25	13	634	125	16	15

Tabl. 7.2. Résultats bruts sur les deux radiales par 0,25 m²

- 1 Cnidaire
- 1 Némerte
- 1 Annélide Oligochète
- 13 Annélides Polychètes :
 - 4 errantes
 - 9 sédentaires
- 4 Mollusques :
 - 1 Gastéropode
 - 3 Bivalves
- 10 Crustacés :
 - 2 Isopodes
 - 4 Amphipodes
 - 4 Décapodes
- 1 larve de Diptère

Ces 31 taxons correspondent à 4280 individus récoltés : 3460 sur la radiale 1 et 790 sur la radiale 2. Ces résultats sont très proches de ceux de ceux de 1995 (4405 individus).

2- Résultats globaux

(figures 7-1 & 2, tableaux 7-1 à 4)

2-1 Radiale 1

Le complexe de dunes et de bâches n'évolue plus maintenant depuis plusieurs années. En 1996 cette situation se vérifie une fois de plus. Depuis 1989 sous l'influence de la circulation d'eau de refroidissement de la centrale, 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

Les placages de vase ne sont plus présents sur les hauts niveaux de l'estran. Néanmoins, la teneur en pélites revient à un niveau moyen par rapport aux études précédentes (2,8%). Les sables moyens sont toujours dominants (67,6%), la teneur en sables fins évolue peu par rapport à 1995 (27,11%). On assiste donc en fait par rapport à l'étude précédente à un affinement du sédiment (97,4% pour les trois catégories de sédiments fins en 1996 contre 77,5 en 1995).

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

Le peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres évolue, la population de *Corophium arenarium* régressé jusqu'à des niveaux équivalents à ceux de 1987 (moins de 100/m²). Néanmoins la population de *Hydrobia ulvae* se maintient quant à elle à des niveaux équivalents à ceux des précédentes études (supérieur à 10000/m²). La densité de *Eurydice affinis* continue à régresser (76/m²) poursuivant ainsi l'évolution marquée depuis 1992.

L'enseignement le plus important en 1996 semble être la complète disparition de *Spio martinensis* et l'apparition simultanée de *Pygospio elegans* (cette espèce n'avait pas été récoltée

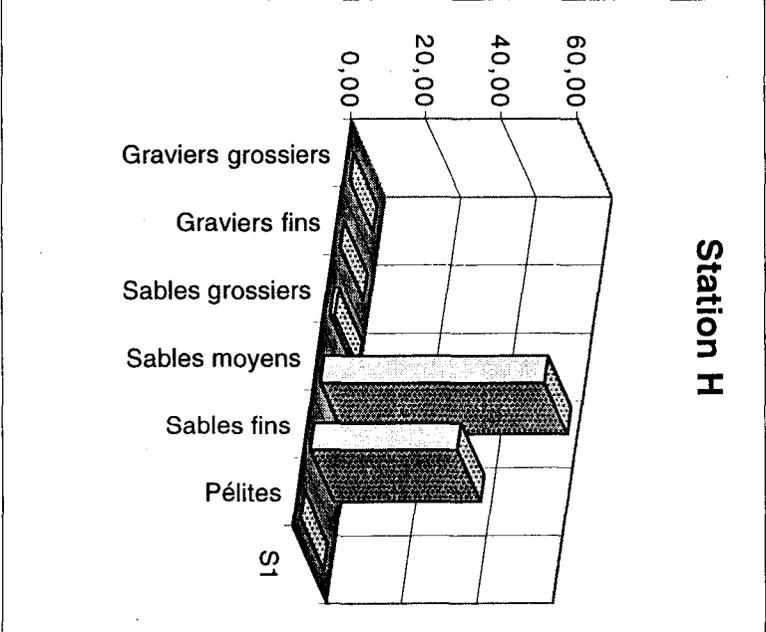
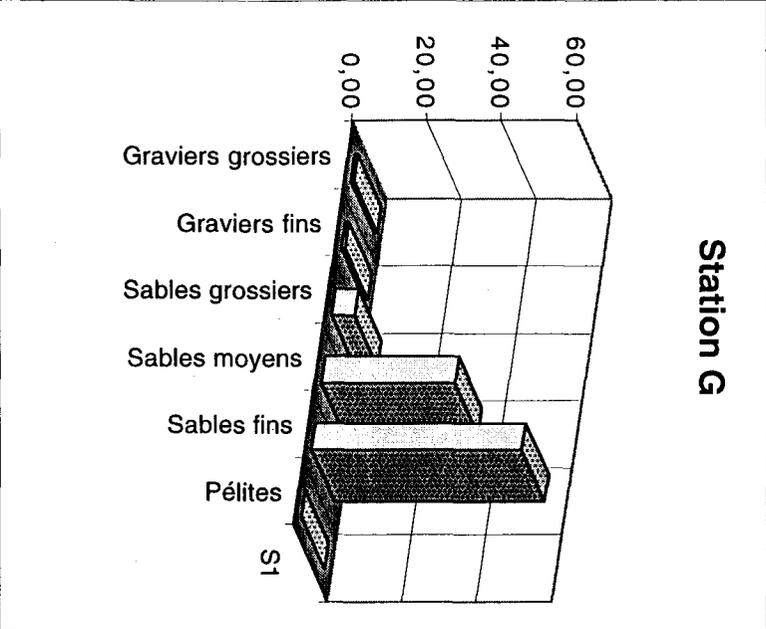
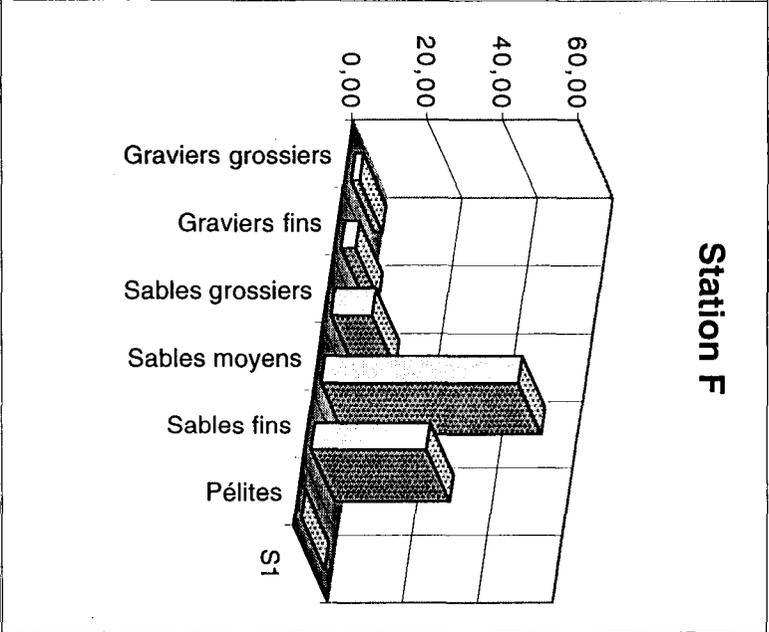
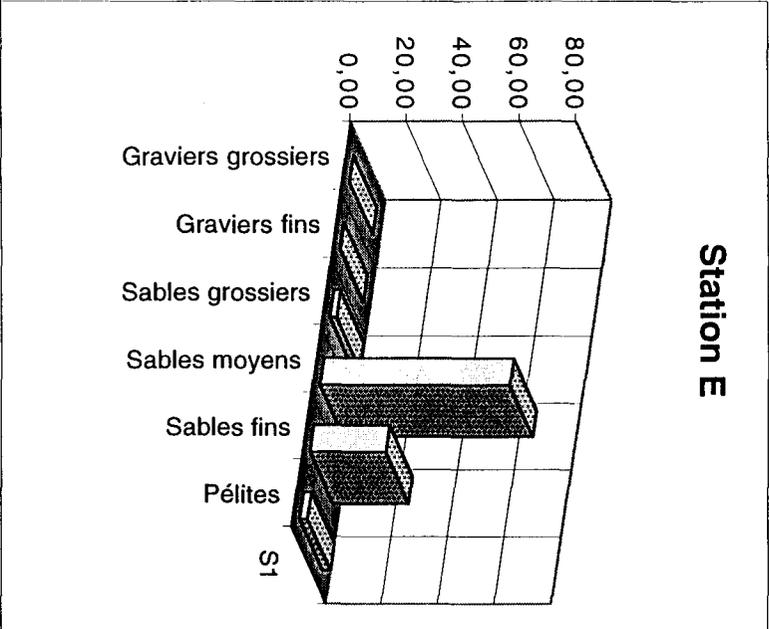


Fig. 7.1. Radiale 1, Analyses granulométriques (%pondéraux)

à cette station depuis 1990). Plus que ces seules observations à cette station, c'est davantage la concordance des résultats avec les niveaux inférieurs qui fait que ce fait est écologiquement important. Nous reviendrons sur le cas de ces deux Spionidiens dans un prochain paragraphe.

Densité /m ²	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
<i>Hydrobia ulvae</i>	952	11324	25340	12820	7492	4060	10172	11304	12028	10488
<i>Spio martinensis</i>	0	0	192	56	92	12	836	8	348	0
<i>Pygospio elegans</i>	20	48	0	44	0	0	0	0	0	32
<i>Eurydice affinis</i>	1280	504	144	0	136	496	244	100	76	12
<i>Corophium arenarium</i>	76	1208	360	2648	344	180	1808	3168	2830	24

La biomasse (PSD) reste très importante (8,7 g/m² contre 9,8 en 1995), cette légère diminution est due sans aucun à la forte régression de *Corophium arenarium*. La biomasse en PSSC est, comme dans tous les cas supérieure, à la biomasse en PSD, elle atteint 11,8 g/m². Cette différence est sans doute due à la destruction de matières organiques par l'acide chlorhydrique.

2-1-2 Station F

C'est à cette station que les changements les plus importants ont pu être mis en évidence depuis le début des études. C'est en fait à cette station que les plus fortes altérations de la biomasse ont pu être enregistrées, et ce, notamment à cause des conditions écologiques favorables à l'installation de populations de mollusques bivalves (*Cerastoderma edule* et *Macoma balthica*) qui selon les aléas du recrutement sont ou non présentes à cette station.

Les résultats enregistrés en 1996 font état de trois faits importants : la confirmation de ce qui a été observé à la station E au sujet des populations de Spionidiens, le niveau de densité de population atteint par *Ophelia rathkei*, 1576/m², niveau jamais atteint au cours des 23 années d'étude, et aussi le retour des populations de bivalves.

La population de *Spio martinensis* a complètement disparu, elle semble avoir été remplacée par une population en densité quasiment équivalente de *Pygospio elegans* (762/m²). Les populations de bivalves semblent se reconstituer, mais elles restent néanmoins à un niveau faible de densité (40/m² pour *Macoma balthica* et 16 /m² pour *Cerastoderma edule*).

Densité/m ²	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
<i>Hediste diversicolor</i>	44	16	0	4	12	12	0	12	4	40	8
<i>Spio martinensis</i>	236	0	0	592	192	8	12	968	4	692	0
<i>Pygospio elegans</i>	1460	40	16	0	0	144	0	0	0	0	672
<i>Ophelia rathkei</i>	8	100	4	0	0	28	0	16	324	184	1576
<i>Hydrobia ulvae</i>	216	0	0	15700	860	0	8	20	0	0	12
<i>Cerastoderma edule</i>	16	0	0	1368	636	64	8	0	0	0	12
<i>Macoma balthica</i>	92	40	0	84	0	8	0	4	40	20	40
<i>Corophium arenarium</i>	36	16	0	36	24	60	0	4	24	100	0

Il semble donc que les conditions de dessalure aient permis la réimplantation d'espèces euryhalines. Cette dessalure concordant avec une influence plus forte de l'échauffement a sans doute accentué le déséquilibre mis en évidence à la station E au niveau des Spionidiens et favorisé ainsi l'installation de *Pygospio elegans* à la station F. Il faut noter également la récolte en forte densité (448 /m²) de *Nerine cirratulus* à cette station.

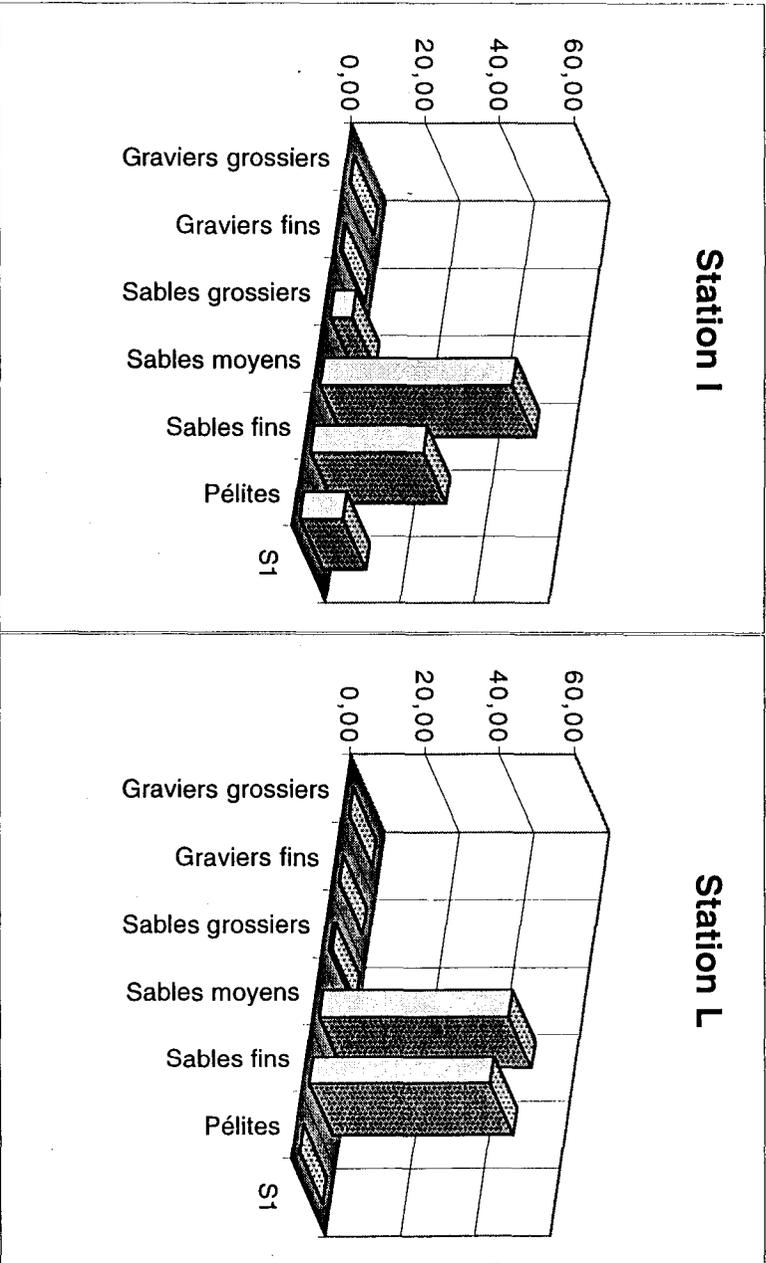
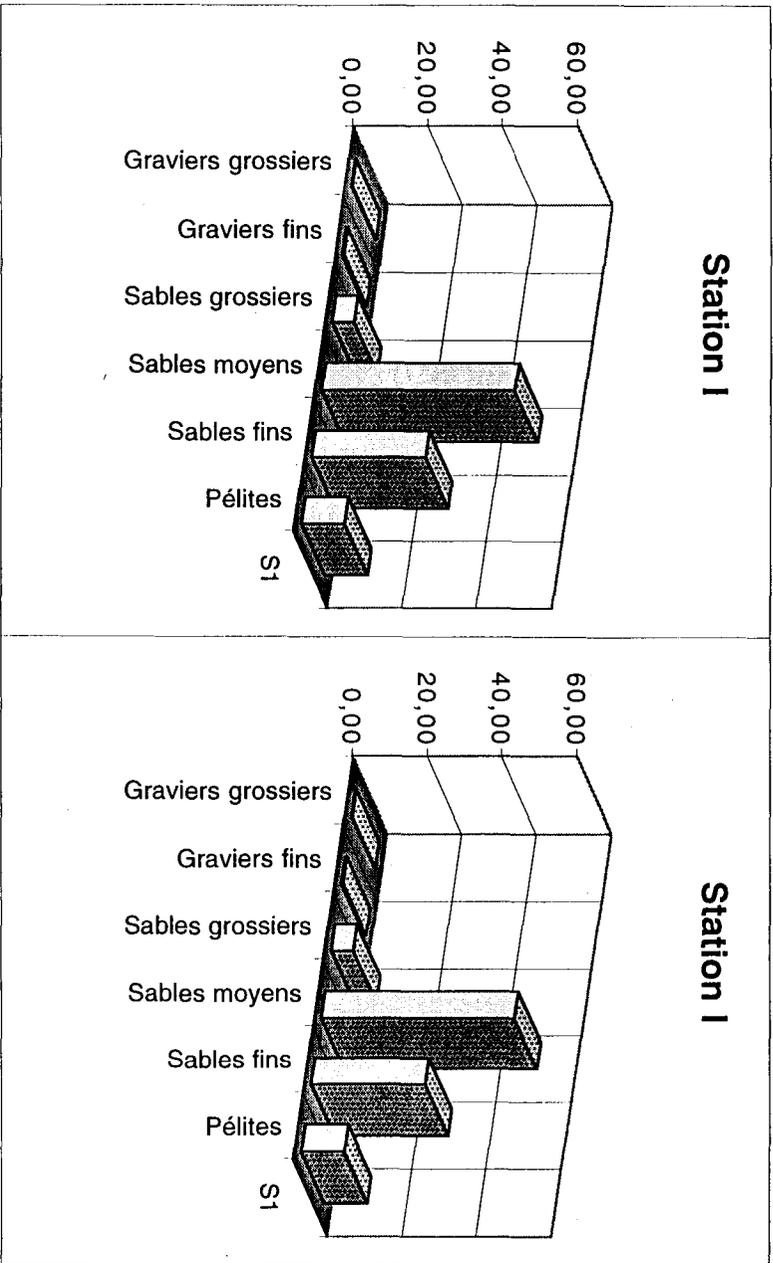


Fig.7.2. Radiale 2, Analyses granulométriques (%pondéraux)

La présence des bivalves provoque une forte augmentation de la biomasse (24,9 contre 3,4 g/m² en PSD; la biomasse en PSSC atteint 31,2 g/m²). 50 % de cette biomasse est fournie par *Cerastoderma edule*.

2-1-3 Stations G et H

Comme depuis plusieurs années, on ne note quasiment aucune évolution marquante, liée au fonctionnement de la centrale. Ces deux stations se trouvent complètement soustraites à l'influence de l'Aa du fait des altérations morphologiques de l'estran. Elles sont tout à fait caractéristiques des niveaux inférieurs des estrans de la région, dominées par *Nephtys cirrosa*. La biomasse est très faible (de l'ordre de 0,3 à 0,4 g/m² en PSD et en PSSC) du fait de l'absence d'espèce de grande taille, à répartition surdispersée que l'on peut récolter dans les bas niveaux.

2-1-4 Radiale 1 : Conclusions

Les faits marquants enregistrés en 1996 concernant cette radiale sont nombreux. Il faut principalement noter:

- la disparition de *Spio martinensis* de cette radiale et son remplacement par *Pygospio elegans*;
- la stabilité de la population de *Hydrobia ulvae* par rapport aux études précédentes, la densité de cette espèce reste toujours supérieure à 10000 /m² dans les niveaux supérieurs de l'estran;
- les prémisses de la réinstallation des populations des bivalves *Cerastoderma edule* et *Macoma balthica* en moyens niveaux supérieurs. Les densités restent faibles eu égard aux densités que les populations de ces espèces peuvent atteindre dans certaines zones de la région. Mais l'apport en biomasse demeure très important par rapport aux autres niveaux de l'estran, elle représente plus de 60% de la biomasse totale de l'estran;
- les densités atteintes par la population de *Ophelia rathkei*, près de 1600 /m². Ces densités ne conditionnent toutefois pas une biomasse importante, étant donnée la taille de cette espèce;
- Les fortes densités de *Nerine cirratulus* à la station F qui participent fortement à l'élaboration de la biomasse (1,6 g/m² en PSD et 3,8 g/m² en PSSC);
- enfin, un fait qui peut paraître anecdotique, étant données les faibles densités rencontrées, c'est la récolte régulière à quasiment tous les niveaux de juvéniles de *Crangon crangon* : 46/m² à la station F et 12 aux stations G et H. Si l'on tient compte d'une méthode d'échantillonnage tout à fait inadaptée pour cette espèce, on peut penser que le recrutement de cette espèce a été particulièrement bénéfique en 1996.

2-2 Radiale 2

2-2-1 Station I

Depuis plusieurs années cette station se trouve sous l'action combinée ou non, permanente ou non des trois facteurs écologiques qui régissent l'organisation bionomique de l'estran de Gravelines. La proximité du rejet de la centrale rend sans doute cette station plus instable, les peuplements semblant évoluer soit vers des aspects moins typiques des peuplements des sédiments dessalés et envasés, soit vers des aspects plus classiques des hauts niveaux des plages à faible énergie.

	Station E		Station F		Station G		Station H	
	PSSC	PSD	PSSC	PSD	PSSC	PSD	PSSC	PSD
<i>Nemertes sp</i>			1,4	1,4				
<i>Enchytraeidae sp</i>			2,0	2,9				
<i>Nerine cirratulus</i>	75,2	57,6	938,9	414,4	8,4	8,4		
<i>Pygospio elegans</i>	2,2	2,2	16,4	7,9	0,1	0,1		
<i>Paraonis fulgens</i>					1,3	1,3		
<i>Hediste diversicolor</i>			14,2	16,4				
<i>Nephtys cirrosa</i>	7,7	7,7			67,9	58,2	55,4	49,5
<i>Eteone longa</i>			9,0	9,0	0,9	0,9		
<i>Ophelia rathkei</i>			53,6	66,3	0,2	0,2		
<i>Capitella capitata</i>			0,1	0,1				
<i>Arenicola marina</i>			12,8	12,8				
<i>Hydrobia ulvae</i>	2846,9	2080,8	10,0	10,0				
<i>Macoma balthica</i>			215,0	199,7				
<i>Cerastoderma edule</i>			6496,0	5721,7				
<i>Eurydice affinis</i>	2,3	2,3						
<i>Eurydice pulchra</i>			2,7	2,8				
<i>Haustorius arenarius</i>					16,9	16,6	7,1	7,1
<i>Bathyporeia pilosa</i>	11,7	11,8						
<i>Bathyporeia sarsi</i>			0,7	2,5	0,3	0,3		
<i>Corophium arenarium</i>	4,7	3,0						
<i>Crangon crangon</i>			2,1	2,1	20,9	25,2	0,5	0,5
<i>Carcinus maenas</i>			14,4	14,4				
<i>Portunus latipes</i>							14,8	14,8
Larves de Dipteres	3,3	3,3						
TOTAL	2954,0	2168,8	7789,1	6484,3	116,8	111,1	77,8	71,9

Tabl. 7.3. Radiale 1 : Biomasses (PSSC et PSD) en mg/0,25m²

	Station I		Station J		station K		Station L	
	PSSC	PSD	PSSC	PSD	PSSC	PSD	PSSC	PSD
<i>Sagartia troglodytes</i>					143,4	143,4		
<i>Enchytraeidae sp</i>	0,1	0,1						
<i>Nerine cirratulus</i>			61,2	58,1				
<i>Pygospio elegans</i>	0,2	1,8	0,1	0,1				
<i>Magelona mirabilis</i>							3,0	3,0
<i>Nephtys cirrosa</i>					119,2	108,0	46,0	45,5
<i>Eumida sanguinea</i>					0,2	0,2		
<i>Lanice conchilega</i>					2,5	5,8		
<i>Capitella capitata</i>							0,2	0,2
<i>Hydrobia ulvae</i>	288,0	192,1						
<i>Tellina tenuis</i>							175,8	175,8
<i>Eurydice affinis</i>	1,5	1,5						
<i>Eurydice pulchra</i>			22,5	23,6				
<i>Bathyporeia sarsi</i>			16,7	17,8				
<i>Corophium arenarium</i>	295,7	177,7	1,8	1,8				
<i>Diogenes pugilator</i>							253,0	235,1
<i>Crangon crangon</i>			17,8	17,8			0,2	0,2
TOTAL	585,4	373,2	120,1	119,3	265,3	257,5	478,2	459,8

Tabl. 7.4. Radiale 2 : biomasse (PSSC et PSD) en mg/0,25m²

Densité/m ²	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
<i>Enchytraeidae</i>	88	40	0	36	0	8	20	0	0	16	4
<i>Pygospio elegans</i>	2004	1472	1004	1224	208	148	424	1404	32	772	64
<i>Hydrobia ulvae</i>	100	800	312	688	564	0	620	116	1216	1380	840
<i>Corophium arenarium</i>	1304	2512	1380	1852	468	624	3772	6184	956	1232	1604
<i>Bathyporeia pilosa</i>	1680	8	126	0	52	100	60	684	64	128	0
<i>Eurydice affinis</i>	272	68	268	16	60	0	20	236	448	436	24

En 1995, on avait pu noter un retour à la normale pour la station des peuplements benthiques, avec des densités importantes des amphipodes *Corophium arenarium* et *Bathyporeia pilosa* et de l'isopode *Eurydice affinis*. Les densités de *Hydrobia ulvae* restaient stables autour de 1400/m². La population de *Pygospio elegans* était à nouveau bien installée (772/m²). En 1996, la situation évolue dans le sens d'une forte diminution de la densité de population de *Pygospio elegans* (64 /m²). Les densités des populations de *Bathyporeia pilosa* et de *Eurydice affinis* évoluent dans le même sens. Il n'en résulte finalement qu'une faible diminution de la biomasse dans la mesure où ces trois espèces sont à faible biomasse (1,49 g/m² (PSD) contre 1,68 en 1995, la biomasse en PSSC est de 2,34 g/m²).

2-2-2- Station J

Cette station est située à proximité du complexe de dunes et de bâches. On a pu noter depuis l'apparition des phénomènes d'érosion des milieux intermédiaires de l'estran que les peuplements installés à cette station évoluaient peu à peu vers des aspects caractéristiques des niveaux moyens inférieurs, la station n'étant plus protégée de l'influence de la houle.

Densité/m ²	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
<i>Nerine cirratulus</i>	0	40	168	336	12	146	36	32	88	68	96	76
<i>Eurydice affinis</i>	60	200	452	40	8	0	0	140	240	16	68	0
<i>Eurydice pulchra</i>	4	8	480	0	192	160	0	16	0	236	308	120
<i>Bathyporeia pilosa</i>	28	272	276	0	0	0	0	156	76	0	0	0

On note un appauvrissement général de cette station (500 individus/m² contre 832 en 1995). *Bathyporeia pilosa*, aux affinités vasicoles très marquées, semble avoir été définitivement supplantée par *Bathyporeia sarsi* (400/m² en 1994, 348 en 1995 et 288 en 1996. Le peuplement reste également dominé par *Nerine cirratulus* et par *Eurydice pulchra*.

La biomasse n'évolue quasiment pas, elle reste voisine des valeurs enregistrées les années précédentes : 0,48 g/m² (PSD et PSSC).

Les espèces caractéristiques du peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres ont maintenant complètement disparu de cette station qui a acquis un cortège spécifique tout à fait caractéristique des niveaux moyens de la région.

2-2-3 Station K

Cette station est remarquablement stable depuis le début des études. Elle est caractérisée par la présence d'une population non négligeable de *Nephtys cirrosa*.

En 1996 les résultats enregistrés à cette station sont très faibles: 4 espèces et 16 individus récoltés. Néanmoins la biomasse est double par rapport à 1995 (1,1 g/m² en PSD et PSSC contre 0,6 en 1995), ceci est du à la récolte d'un individu de *Sagartia troglodytes* fixé sur un tube de *Lanice conchilega* qui représente à lui seul plus de 50% de la biomasse.

2-2-4 Station L

Tout comme les deux stations des niveaux inférieures de la radiale 1 cette station est d'une très grande stabilité bionomique. L'espèce principale est *Nephtys cirrosa*. Il faut simplement noter en 1996 la récolte de *Diogenes pugilator* qui représente plus de 50 % de la biomasse. En 1996 aucun individu de *Portumnus latipes* n'a été récolté.

2-2-5 Radiale 2 : Conclusion

On peut noter qu'en 1996, les peuplements n'ont que faiblement évolué sur la radiale 2. Certaines tendances se sont confirmées : évolution de la station J vers des aspects moyens niveaux inférieurs, stabilité des niveaux inférieurs, relative stabilité des hauts niveaux.

Cependant un fait nous oblige à nous interroger, la diminution de la densité de population de *Pygospio elegans* à la station I. Certes cette espèce reste présente, tout comme à la station J, mais l'arrivée de cette espèce aux station E et F sur la radiale 1 rend importante la connaissance de la répartition de cette espèce sur les 2 km qui séparent les deux radiales.

3- CONCLUSION SUR L'EVOLUTION DE L'ESTRAN

3-1 Cas de la partie ouest

Les peuplements typiquement estuariens qui occupaient la partie ouest de l'estran ont disparu dès la mise en fonctionnement de la centrale. Il a été remplacé par un peuplement d'espèces vasicoles et d'eaux saumâtres qui est particulièrement fragilisé par la variabilité de la dessalure et l'instabilité sédimentaire.

	Densité moyenne 1990	Densité moyenne 1991	Densité moyenne 1992	Densité moyenne 1993	Densité moyenne 1994	Densité moyenne 1995	Densité moyenne 1996
<i>Ophelia rathkei</i>	0	15	0	4	82	55	396
<i>Oligochètes</i>	0	6	0	20	1	45	6
<i>Enoplus brevis</i>	0	0	0	3	0	0	0
<i>Hediste diversicolor</i>	3	6	0	3	1	11	2

On note, en 1996, en général une diminution des densités des espèces euryhalines. Toutefois cela ne se vérifie pas pour *Ophelia rathkei* qui a sans doute pu profiter de la forte pluviosité de mai, survenant au moment de sa période de reproduction. La grande majorité des individus récoltés sont des juvéniles de 5 à 6 mm de long.

Les récoltes de *Cerastoderma edule* et de *Macoma balthica* montrent néanmoins que l'influence de la dessalure se fait encore sentir dans les niveaux supérieurs de la partie ouest de l'estran.

3-2 Cas des Spionidiens

Le principe général de la séparation des deux populations de Spionidiens n'a jamais été remis en cause entre 1989 et 1995. *Spio martinensis* occupait l'ouest de l'estran, à l'écart de toute influence de la centrale et *Pygospio elegans* la partie est, même si les densités de ces deux espèces subissaient parfois des fluctuations importantes.

Densité/m ²		1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
<i>Spio martinensis</i>	E	0	192	56	92	12	836	8	348	0	Ouest
	F	0	592	192	8	12	938	4	692	0	
	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Est
	J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pygospio elegans</i>	E	48	0	0	0	0	0	0	0	32	Ouest
	F	16	0	0	144	0	0	0	0	672	
	I	1004	1224	208	148	424	1404	32	772	64	Est
J	0	144	60	0	0	4	0	0	4		

En 1996, le schéma décrit plus haut n'est plus du tout vérifié. *Spio martinensis* a complètement déserté la plage de Petit-Fort-Philippe et a été remplacé par *Pygospio elegans*. Cela pourrait signifier que l'impact thermique se fait sentir maintenant dans la partie ouest de l'estran, néanmoins il convient d'attendre les prochaines études pour savoir si la situation perdure. Il semble toutefois qu'à l'avenir, il faille penser à une modification du plan d'échantillonnage. L'allègement de l'effort d'échantillonnage dans des bas niveaux relativement stables pourrait compenser un effort accru dans les hauts niveaux (radiale supplémentaire) qui nous permettrait de mettre en évidence un éventuel gradient entre la partie est et la partie ouest de l'estran.

3-3 Evolution de la biomasse

Toute altération de la structure bionomique d'un peuplement benthique a des répercussions sur la biomasse produite. En 1996, le fait se vérifie encore.

La biomasse des peuplements benthiques est cette année relativement forte (5 g/m² en PSD et 6,2 en PSSC) ce qui place ce résultat au troisième rang depuis le début des études. Cette forte augmentation (100%) par rapport à 1995 est sans aucun doute liée à la réapparition des bivalves à la station F, les biomasses enregistrés aux autres stations restant équivalentes à celles enregistrées en 1995. L'augmentation de la biomasse des mollusques compense largement la perte liée à la régression ou à la disparition d'espèces comme *Corophium arenarium* ou *Spio martinensis*.

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996 PSSC	1996 PSD
E	13,40	1,52	7,99	13,51	7,92	4,62	2,99	7,25	8,7	9,87	11,82	8,68
F	6,67	2,12	0,05	41,46	25,97	13,37	0,48	1,37	20,63	3,42	31,16	25,94
G	1,26	0,83	0,39	0,48	0,41	0,61	0,12	0,48	0,61	0,77	0,47	0,44
H	0,24	0,16	0,87	0,38	1,29	0,12	2,97	0,11	0,29	0,77	0,31	0,29
I	2,07	2,44	2,70	1,66	0,60	0,38	3,02	3,94	1,47	1,68	2,34	1,49
J	0,40	1,49	1,65	0,11	0,32	0,15	0,35	0,35	0,48	0,75	0,48	0,48
K	0,73	0,82	1,48	0,86	0,71	0,77	0,02	0,47	1,63	0,55	1,06	1,03
L	0,43	0,61	0,67	0,22	0,18	0,90	20,52	0,59	0,30	2,49	1,91	1,84
Moy. Estran	3,15	1,25	1,98	7,34	4,68	2,54	3,77	1,82	4,26	2,56	6,19	5,02

Les valeurs de biomasse calculée au moyen du poids sec sans cendres sont toutes supérieures à celles mesurées par le poids sec décalcifié. Nous ne disposons pas encore à l'heure actuelle de rapports de biomasses individuelles mesurées selon les deux méthodes pour toutes les espèces pour pouvoir extrapoler le poids sec sans cendres à toutes les campagnes antérieures. Des ajouts de poids individuels seront effectués au cours de prochaines études pour estimer le plus fidèlement possible l'évolution de la biomasse en PSSC depuis le début des études.

CHAPITRE VIII

LE DOMAINE BENTHIQUE SUBTIDAL

Jean-Marie DEWARUMÉZ
Christophe LUCZAK
Dominique MENU

INTRODUCTION

Le suivi écologique du domaine subtidal du site de Gravelines est maintenant assuré depuis 1973. Les études ont porté dans un premier temps sur les aspects qualitatifs des peuplements benthiques que l'on rencontre dans le champ proche du site (de 1973 à 1976). Depuis 1976, se sont les aspects quantitatifs qui sont abordés. Ils le furent d'abord au niveau des trois communautés benthiques majeures du site (le peuplement des sables envasés à *Abra alba*, le peuplement des sables moyens propres à *Ophelia borealis* et le peuplement de l' "Hétérogène envasé". Maintenant, depuis plusieurs années, seule la comparaison entre deux stations du peuplement à *Abra alba* (l'une impactée par la centrale et l'autre non) est poursuivie

Le peuplement à *Abra alba* est caractérisé par une forte productivité mais surtout par une très grande instabilité du cortège spécifique, ou tout au moins par l'instabilité des effectifs d'une dizaine d'espèces qui peuvent tour à tour devenir prépondérantes dans le peuplement selon les recrutements qui peuvent parfois être pléthoriques. Ces espèces (*Abra alba*, *Spiophanes bombyx*, *Lanice conchilega*, *Ensis directus*, *Spisula subtruncata* et *Pectinaria koreni* en particulier) peuvent fournir des apports en biomasse qui peuvent dépasser 100 g/m². En septembre 1995, la biomasse a même atteint 400 g/m², grâce aux apports de *Lanice conchilega* (272g) et de *Ensis directus* (55g). Les recrues de *Lanice conchilega* ont trouvé des conditions écologiques favorables et elles se sont maintenues à un haut niveau de densité (4600 individus /m²). Ce phénomène est courant et peut provoquer des augmentations fortes mais sporadiques de la biomasse à la station B (station non impactée). Il a été régulièrement montré qu'à la station C (station impactée) des phénomènes analogues pouvaient se produire mais d'une manière considérablement atténuée du fait de l'impact de la centrale. La circulation des eaux de refroidissement provoque un lessivage des fines à la station C. Ainsi, bien que les masses d'eaux puissent apporter à la station B et à la station C les mêmes population larvaires méroplanctoniques, la réussite du recrutement est beaucoup plus faible à la station C parce que les larves ne trouvent pas là les conditions optimales à leur survie.

Malgré cette instabilité apparente, le système est d'une remarquable organisation. Des études récentes pratiquées sur la période 1976-1992 ont montré que le peuplement établi à la station B était caractérisé par un cycle de 7 ans. Les espèces caractéristiques semblent donc être interchangeables ou tout au moins jouer le même rôle au sein de la communauté benthique.

La station C, du fait de la circulation de l'eau de refroidissement de la centrale, possède un sédiment totalement dépourvu de pélites. Les espèces sabulicoles à faible biomasse y dominent particulièrement.

METHODOLOGIE

La méthodologie de prélèvement reste inchangée. Quatre campagnes ont été réalisées aux stations B et C les 10 janvier, 02 mai, 22 juillet et 24 octobre 1996.

Tout comme pour l'étude du benthos intertidal, nous avons décidé d'adopter à partir de cette année la technique du Poids Sec Sans Cendres (PSSC) pour le calcul de la biomasse. Néanmoins, et, comme dans le cas de l'étude du benthos intertidal, une comparaison des biomasses en Poids Sec Décalcifié (PSD) et en poids sec sans cendres a été réalisée. Pour l'instant, comme la comparaison n'a pu être effectuée sur toutes les espèces, une corrélation ne peut pas encore être faite dans ce rapport, bien que des tendances puissent être envisagées. La technique utilisée est la même que celle décrite dans le chapitre "Benthos Intertidal". L'utilisation de cette nouvelle technique permettra de recadrer les résultats obtenus en matière de production potentielle des peuplements benthiques au sein des études similaires de la littérature et ainsi de pouvoir mieux appréhender l'impact potentiel de la centrale sur le peuplement à *Abra alba*.

L'étude en parallèle des deux techniques de calcul de la biomasse sera poursuivie pour les espèces récoltées de manière insuffisante en 1996 lors de la prochaine étude afin d'obtenir un panel complet de corrélation entre les biomasses en PSSC et PSD des espèces principales du peuplement à *Abra alba*.

Station B	10/01/96	2/05/96	22/07/96	24/10/96
Graviers grossiers	0,27	0,53	1,68	0,95
Graviers fins	0,33	0,53	7,87	5,81
Sables grossiers	11,74	12,45	36,58	50,24
Sables moyens	33,39	51,11	44,58	24,07
Sables fins	47,29	34,95	9,15	17,56
Pélites	6,98	0,44	0,13	1,37

Station C	10/01/96	2/05/96	22/07/96	24/10/96
Graviers grossiers	2,80	0,12	0,01	0,02
Graviers fins	1,18	0,02	0,07	0,09
Sables grossiers	9,19	0,46	0,73	1,70
Sables moyens	75,60	81,25	71,66	86,55
Sables fins	11,21	18,13	27,51	11,61
Pélites	0,02	0,01	0,03	0,03

*Tableau 8.1. Caractéristiques granulométriques du sédiment
aux deux stations subtidales (% pondéraux)*

RESULTATS

1- Analyses granulométriques

L'ensemble des résultats des analyses granulométriques est présenté sur le tableau 8.1. et les figures 8.1. et 8.2.

1-1- Station B

En janvier 1996 la tendance au retour à la normale du sédiment enregistrée en 1995 se trouvait confirmée dans la mesure où la teneur en pélites du sédiment atteignait 7% - valeur encore supérieure à celle enregistrée en septembre 1995 (5,7%) - alors que les teneurs en sables fins et moyens restaient elles aussi dans la norme. Les résultats enregistrés à partir du mois de mai montrent un retour vers la structure dite altérée avec prédominance de sables moyens et grossiers (51 et 12% respectivement). Parallèlement on peut noter une chute considérable de la teneur en pélites (0,44 et 0,13% respectivement en mai et juillet). Cette altération de la teneur en pélites modifie considérablement les caractéristiques bionomiques du peuplement installé à la station B d'autant que cette modification sédimentologique intervient en période de recrutement. Après cette grave altération de la structure bionomique on note à nouveau un retour progressif vers une situation plus normale. La teneur en pélites redevient presque normale avec une valeur de 1,37%, bien que la teneur en sables grossiers reste forte (50%). Les résultats enregistrés au début de l'année 1997 confirment également ce retour à une situation plus classique du peuplement à *Abra alba*.

1-2- Station C

Le sédiment de la station C reste très semblable à ce que l'on trouve habituellement. Les sables fins et moyens représentent entre 87 et 99% du poids total du sédiment avec 11 à 28% pour les sables fins et 72 à 87% pour les sables moyens. La fraction grossière reste très faible (de 0,1 à 4%) tandis que la teneur en pélites reste presque totalement inexistante (entre 0,01 et 0,03% du poids total du sédiment). On peut donc conclure que la situation reste inchangée à la station C en 1996.

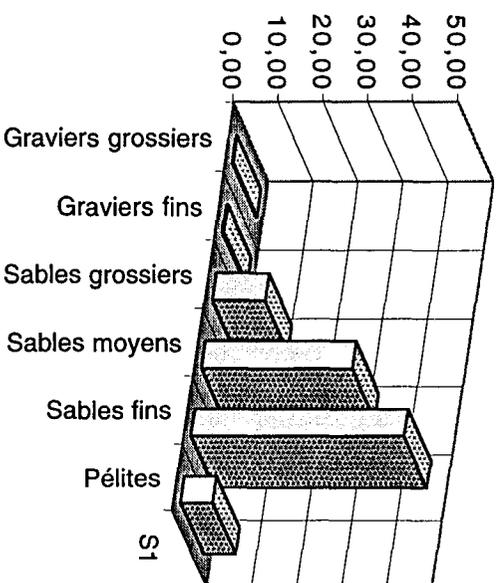
2- Analyses bionomiques

L'ensemble des résultats des analyses bionomiques est présenté dans les tableaux 8.2. à 8.7.

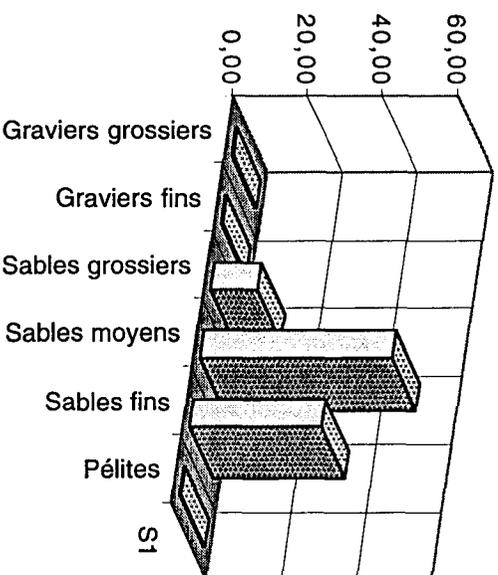
L'analyse faunistique a permis d'identifier 65 taxons différents sur les deux stations. 49 taxons ont été récoltés à la station B et 23 taxons à la station C. Ils se répartissent comme suit:

- 1 Cnidaire
- 6 Némertes
- 30 Annélides:
 - 17 errantes
 - 13 sédentaires
- 9 Mollusques:
 - 1 Gastéropode
 - 8 Bivalves
- 14 Crustacés:
 - 1 Mysidacé
 - 7 Amphipodes
 - 6 Décapodes
- 4 Echinodermes Ophiurides
- 1 Poisson

Ces taxons récoltés représentent un total de 10423 individus récoltés dont 10051 à la station B et 372 à la station C.

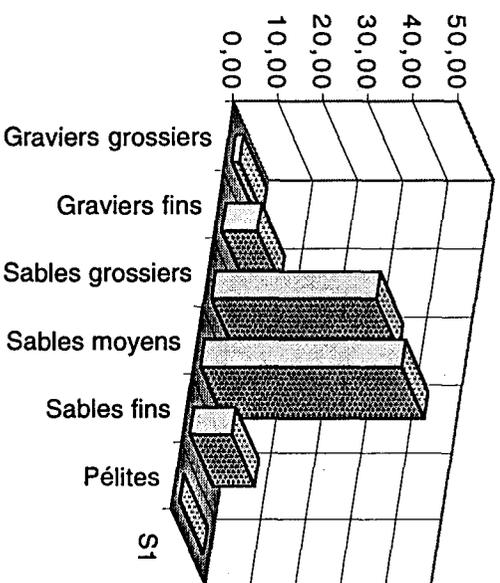


10/01/1996



02/05/1996

22/07/1996



24/10/1996

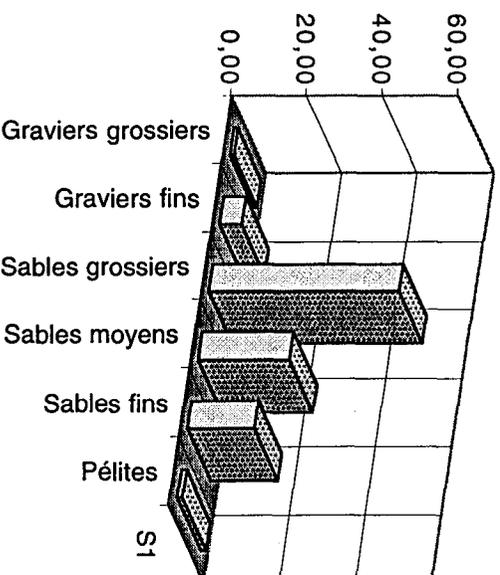


Fig. 8.1. Caractéristiques granulométriques du sédiment à la station B

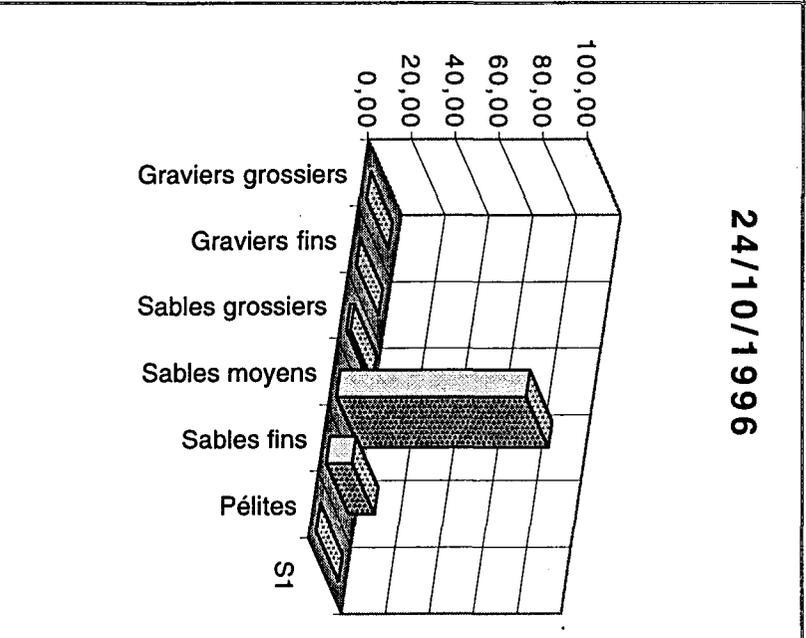
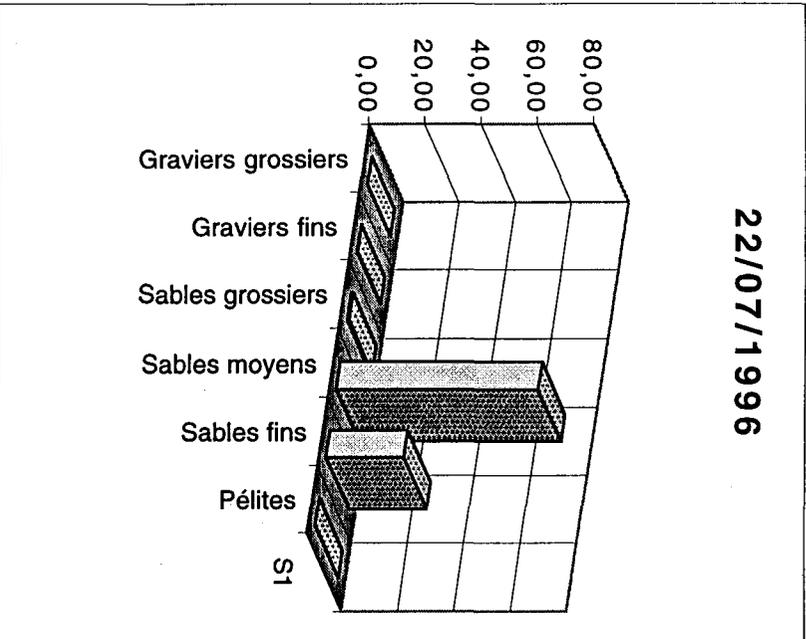
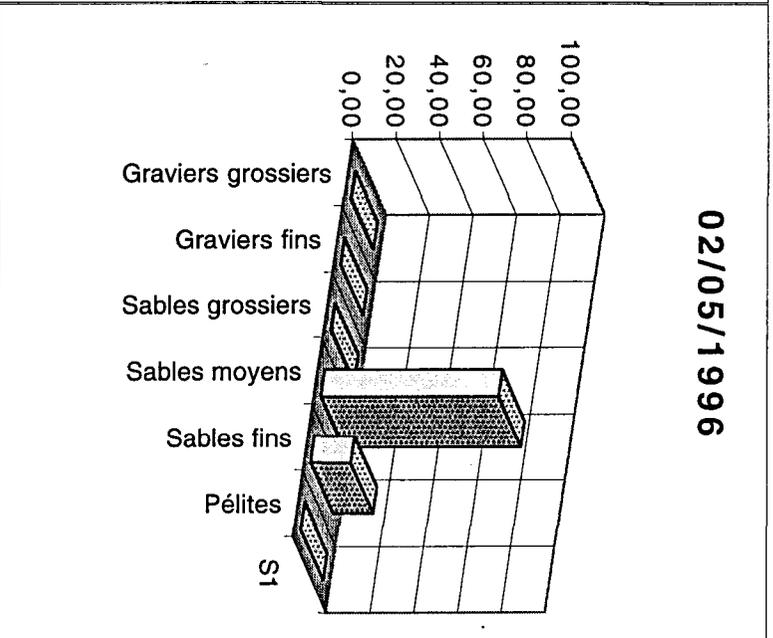
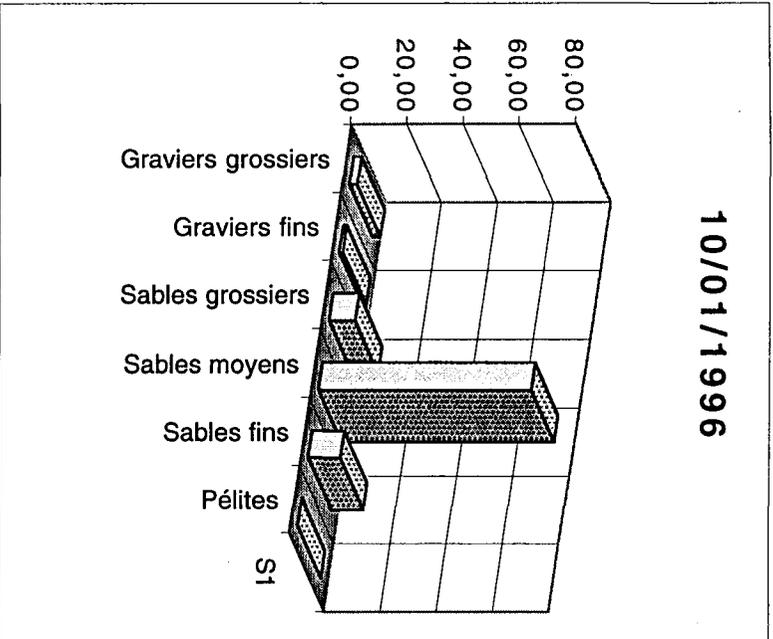


Fig. 8.2: Caractéristiques granulométriques du sédiment à la Station C

Ces valeurs sont très inférieures aux valeurs enregistrées lors des études précédentes (- 7000 par rapport à 1995). Néanmoins les résultats enregistrés en janvier (9264 individus) masquent fortement l'appauvrissement général enregistré en 1996 à la station B, la station C restant, quant à elle, tout à fait dans la norme des résultats des années antérieures entre 300 et 400 individus récoltés.

2-1- Station B

Cette station est représentative du peuplement à *Abra alba*, elle est sujette à des basculements biotiques importants qui en général n'affectent pas la densité de population ni la biomasse. Cependant depuis 1991 à la suite d'une altération brutale du sédiment et du recrutement de *Ensis directus*, ces basculements, liés aux aléas du recrutement, ne permettent plus depuis un maintien durable des populations benthiques ayant fortement recruté.

Les phénomènes enregistrés en 1991 ont provoqué la quasidisparition des espèces vasicoles qui ont été remplacées par un cortège d'espèces sabulicoles. *Ensis directus* nouvellement recruté sur le site a trouvé là des conditions tout à fait favorables à son implantation et s'est maintenu depuis, à des densités beaucoup plus faibles que lors de son recrutement. Toutefois ces densités restent toujours bien supérieures à celles d'une autre espèce, indigène, *Ensis arcuatus*, dont la densité ne dépasse jamais 2/m². A partir de 1992, du fait du cycle benthopélagique de 95% des espèces du peuplement à *Abra alba*, de nombreux recrutements d'espèces caractéristiques du peuplement ont eu lieu sans pouvoir se maintenir. Le peuplement a évolué vers des aspects sabulicoles et gravelicoles caractérisés par l'arrivée d'espèces comme *Goniadella bobretzkii*, *Glycera alba* et *Nephtys cirrosa*. Le recrutement des espèces vasicoles ne permettait pas un retour à la situation d'avant 1991 dans la mesure où les recrutements ne pouvaient pas se maintenir au delà de quelques semaines du fait de la structure inappropriée du sédiment et surtout de sa faible charge en pélites et donc en matière organique.

En 1995, il a semblé que les tentatives de "réappropriation" du milieu de la part des espèces vasicoles caractéristiques du peuplement à *Abra alba*, avaient lieu, à la faveur des recrutements successifs des différentes espèces. Ainsi, successivement on a pu noter les dominances de *Spiophanes bombyx*, *Magelona mirabilis*, *Capitella capitata*, *Lanice conchilega*, *Eumida sanguinea*, *Abra alba*, *Phyllodoce mucosa*... La situation en septembre 1995 était à nouveau tout à fait caractéristique du peuplement à *Abra alba*.

En janvier 1996, la situation ne semble pas avoir évolué avec une dominance de *Lanice conchilega* (5470 / m²), *Sagartia troglodytes* (1684 / m²), *Eumida sanguinea* (377 / m²), *Spisula subtruncata* (217 / m²), *Abra alba* (175 / m²), *Melita gladiosa* (162 / m²), *Caullierella alata* (132 / m²). La densité globale des populations établies à la station B est de 9264 individus par m² (11023 en septembre 1995). La biomasse atteint des niveaux considérables : 406 g/m² en PSSC et 390 g/m² en PSD. Les espèces les plus contributives à l'élaboration de la biomasse sont *Lanice conchilega* (269 g/m² en PSSC et 297 en PSD) *Sagartia troglodytes* (35g/m² en PSSC et 32 en PSD), *Ensis directus* (39 g/m² en PSSC et 33 en PSD) et *Nassarius reticulatus* (22g/m² en PSSC et 21 en PSD). Il faut noter que le résultat enregistré au niveau de la biomasse de *Lanice conchilega* est inférieure en PSSC par rapport à la mesure en PSD, contrairement à toutes les autres mesures effectuées sur les autres espèces. Cette différence est sans doute due à la structure même des tubes de cette espèce qui peuvent conserver une part importante de sable.

Le retour à la situation d'avant 1991 semblait donc se confirmer. A partir de mai 1996, on assiste à un basculement total, un retour vers la situation antérieure, la densité de population chute à 97 / m²; toutes les espèces vasicoles ont disparu et ont été remplacées par des espèces sabulicoles voire gravelicoles (*Nephtys cirrosa*, *Goniadella bobretzkii* et *Nephtys caeca*). *Ensis directus* se maintient (22/m²) avec quelques espèces vasicoles pionnières (*Notomastus latericeus*, *Spiophanes bombyx*). La densité totale est de 97 individus par m². La biomasse chute à 21g/m² en PSSC et 18g/m² en PSD, cette biomasse est essentiellement due à *Ensis directus* (18g/m² en PSSC et 16g/m² en PSD).

Il faut signaler la récolte simultanée en janvier 1996 de deux espèces rares sur le site : les crustacés décapodes *Liocarcinus arcuatus* (6 exemplaires) et *L. marmoreus* (1 exemplaire).

	10/01/96	2/05/96	22/07/96	24/10/96
<i>Sagartia troglodytes</i>	1684	2		155
<i>Nemertes sp</i>	9	2		7
<i>Cerebratulus sp</i>		1		3
<i>Emplectonema neesi</i>	1			
<i>Lineus bilineatus</i>	1			
<i>Tubulanus polymorphus</i>	6	1		1
<i>Sthenelais boa</i>	75		1	
<i>Harmothoe lunulata</i>	12			
<i>Pholoe minuta</i>	13			1
<i>Sigalion mathildae</i>	7			
<i>Phylodoce mucosa</i>	66			2
<i>Eumida sanguinea</i>	377	2		3
<i>Eunereis longissima</i>	7			1
<i>Nephtys caeca</i>		2		1
<i>Nephtys cirrosa</i>		17	12	6
<i>Nephtys hombergii</i>	61		1	83
<i>Lumbrineris fragilis</i>		1		1
<i>Glycera alba</i>			2	3
<i>Goniadella bobretzkii</i>		12	5	1
<i>Scoloplos armiger</i>		3	9	14
<i>Spiophanes bombyx</i>	12	17	15	32
<i>Magelona mirabilis</i>	15			
<i>Notomastus latericeus</i>	106	3	7	12
<i>Caulleriella alata</i>	132	1		3
<i>Mediomastus fragilis</i>	14			
<i>Capitella capitata</i>	91			
<i>Lanice conchilega</i>	5740		1	73
<i>Pectinaria koreni</i>	6			
<i>Owenia fusiformis</i>	40			
<i>Nassarius reticulatus</i>	97	2	5	87
<i>Mysella bidentata</i>	6			
<i>Venerupis pullastra</i>	3			
<i>Spisula solida</i>			1	
<i>Spisula subtruncata</i>	217			42
<i>Macoma balthica</i>	1			
<i>Abra alba</i>	175	6	3	117
<i>Tellina fabula</i>	5		1	
<i>Ensis directus</i>	57	22	15	27
<i>Leucothoe incisa</i>	6		1	
<i>Melita gladiosa</i>	162			
<i>Pariambus typicus</i>	30			
<i>Processa canaliculata</i>	1			
<i>Crangon crangon</i>	2	1	1	4
<i>Liocarcinus arcuatus</i>	6			
<i>Liocarcinus holsatus</i>		1	2	3
<i>Liocarcinus marmoreus</i>	1			
<i>Ophiura albida</i>		1	3	2
<i>Ophiura texturata</i>	17			1
<i>Acrocniida brachiata</i>	3			
TOTAL	9264	97	85	685

Tabl. 8.2. Station B: densités en nombre d'individus.m⁻²

	10/01/96	2/05/96	22/07/96	24/10/96
<i>Sagartia troglodytes</i>	35132,3	153,2		15321,1
<i>Cerebratulus sp</i>		121,4		334,2
<i>Sthenelais boa</i>	3167,9		77,3	
<i>Sigalion mathildae</i>	116,0			
<i>Phyllodoce mucosa</i>	59,2			1,8
<i>Eumida sanguinea</i>	188,0	1,1		0,9
<i>Eunereis longissima</i>	92,0			17,4
<i>Nephtys caeca</i>		97,5		39,8
<i>Nephtys cirrosa</i>		159,2	111,8	77,5
<i>Nephtys hombergii</i>	731,5		15,1	1156,3
<i>Lumbrineris fragilis</i>		136,5		127,2
<i>Goniadella bobretzkii</i>		97,9	51,2	12,3
<i>Scoloplos armiger</i>				20,0
<i>Notomastus latericeus</i>	1246,9			21,3
<i>Cautleriella alata</i>	81,6			
<i>Capitella capitata</i>	53,6			
<i>Lanice conchilega</i>	269422,8			3014,2
<i>Pectinaria koreni</i>	30,5			
<i>Owenia fusiformis</i>	559,9			
<i>Nassarius reticulatus</i>	22094,7	395,1	1009,8	13065,9
<i>Mysella bidentata</i>	2,4			
<i>Spisula solida</i>			277,7	
<i>Spisula subtruncata</i>	14101,7			16486,2
<i>Abra alba</i>	2340,6	99,1	52,3	3123,8
<i>Tellina fabula</i>	37,6		10,2	
<i>Ensis directus</i>	39229,5	17860,1	20601,6	32845,9
<i>Melita gladiosa</i>	227,9			
<i>Liocarcinus holsatus</i>		75,3	112,5	146,2
<i>Ophiura texturata</i>	407,8			
divers	710,2	1418,2	685,2	561,1
TOTAL	390034,5	20614,6	23004,7	86373,1

Tabl. 8.4. Station B: biomasse (PSSC) en mg.m⁻²

	10/01/96	2/05/96	22/07/96	24/10/96
<i>Sagartia troglodytes</i>	32097,3	153,2		13325,9
<i>Cerebratulus sp</i>		121,4		334,2
<i>Sthenelais boa</i>	3026,3		77,3	
<i>Sigalion mathildae</i>	116,0			
<i>Phyllodoce mucosa</i>	49,6			1,8
<i>Eumida sanguinea</i>	178,4	1,1		0,9
<i>Eunereis longissima</i>	92,0			17,4
<i>Nephtys caeca</i>		97,5		39,8
<i>Nethys cirrosa</i>		159,2	111,8	77,5
<i>Nephtys hombergii</i>	721,9		15,1	956,3
<i>Lumbrineris fragilis</i>		136,5		127,2
<i>Goniadella bobretzkii</i>		97,9	51,2	12,3
<i>Scoloplos armiger</i>				20,0
<i>Notomastus latericeus</i>	1143,7			21,3
<i>Caulleriella alata</i>	60,0			
<i>Capitella capitata</i>	43,2			
<i>Lanice conchilega</i>	297076,2			3201,7
<i>Pectinaria koreni</i>	30,5			
<i>Owenia fusiformis</i>	559,9			
<i>Nassarius reticulatus</i>	20655,9	395,1	1009,8	11065,9
<i>Mysella bidentata</i>	2,4			
<i>Spisula solida</i>			277,7	
<i>Spisula subtruncata</i>	13987,1			15986,2
<i>Abra alba</i>	2094,1	99,1	52,3	1923,8
<i>Tellina fabula</i>	37,6		10,2	
<i>Ensis directus</i>	33384,3	15560,1	18601,6	29645,9
<i>Melita gladiosa</i>	225,5			
<i>Liocarcinus holsatus</i>		75,3	112,5	146,2
<i>Ophiura texturata</i>	397,2			
divers	710,2	1418,2	685,2	561,1
TOTAL	406689,2	18314,6	21004,7	77465,4

Tabl. 8.5. Station B: biomasse (PSD) en mg.m⁻²

La situation reste inchangée en juillet au niveau de la densité globale, des biomasses et des espèces principales. La biomasse chute très fortement mais reste importante (21 g/m² en PSSC et 18 en PSD) cette biomasse est fournie à plus de 85% dans les deux cas par *Ensis directus*. Le cortège spécifique est dominé également de *Nephtys cirrosa* et de *Goniadella bobretzkii*. La densité globale est faible 87 individus/m².

Par contre en octobre 1996, le peuplement semble amorcer un nouveau retour vers des aspects plus vasicoles, confirmé par la teneur en pérites : 1,37%. La densité globale du peuplement à cette station remonte fortement : 685 individus par m². Les biomasses progressent également 86g/m² (PSSC) et 77 g (PSD). Les espèces les plus contributives à l'élaboration de la biomasse sont:

- *Ensis directus* : 33 g (PSSC) et 30 g (PSD) pour 27 individus récoltés
- *Spisula subtruncata* : 16,5 g (PSSC) et 16 g (PSD) pour 42 individus récoltés
- *Sagartia troglodytes* : 15 g (PSSC) et 13 g (PSD) pour 155 individus récoltés
- *Nassarius reticulatus* : 13 g (PSSC) et 11 g (PSD) pour 87 individus récoltés
- *Abra alba* : 3 g (PSSC) et 2 g (PSD) pour 117 individus récoltés
- *Lanice conchilega* : 3 g (PSSC) et 3,2 g (PSD) pour 73 individus récoltés
- *Nephtys hombergii* : 1,2 g (PSSC) et 1,9 g (PSD) pour 83 individus récoltés

Tout se passe donc comme si le peuplement retrouvait une situation proche de la normale pendant la période automne - hiver et qu'au cours du printemps et de l'été les fines étaient lessivées et que les espèces sabulicoles devenaient à nouveau prépondérantes. Cette situation laisse présager une colonisation de la station au printemps et en été par les phénomènes classiques du recrutement et en période automnale et hivernale par les espèces situées à proximité, par migration pour certaines. Ces modifications régulières prouvent toutefois les capacités de réaction rapide du peuplement après une perturbation importante.

2-2 Station C

La station C permet de visualiser l'impact de la circulation d'eau de refroidissement des réacteurs sur le peuplement à *Abra alba*. Le courant important (jusqu'à 240m³/sec) est comparable à celui de la Seine à l'étiage. Il provoque un lessivage de fines et induit la disparition des espèces vasicoles. Le déficit en biomasse est considérable mais localisé au champ proche de la centrale et l'influence sur le peuplement à *Abra alba* n'est plus détectable au delà de 500 m du rejet.

Néanmoins il est possible de mettre en évidence de façon fugace et atténuée les phénomènes que l'on remarque à la station B, l'absence totale de pérites ne permet pas la survie au delà de quelques jours des espèces vasicoles qui y recrutent.

En 1996, le schéma décrit depuis plusieurs années n'évolue pas. Le peuplement est toujours dominé par *Nephtys cirrosa* (de à 88 individus /m²), *Bathyporeia pilosa* (1 à 5/m²) et *Portumnus latipes* (1 à 5/m²). La densité globale varie de 55/m² en octobre et 153 en juillet.

La biomasse reste faible : toujours inférieure à 1g/m². Elle varie en PSSC entre 0,45g/m² en octobre (0,42 en PSD) et 0,95g en janvier (0,77 en PSD). Si l'on excepte *Hyperoplus lanceolatus* en mai 1996 (0,32 g/m² en PSSC et 0,28 en PSD), *Nephtys cirrosa* (de 0,20 à 0,76g/m² en PSD et de 0,25 à 0,82 g/m² en PSSC) et *Portumnus latipes* (de ,004 à 0,14 g/m² en PSSC et de 0,04 à 0,12 g/m² en PSD) représentent la majeure partie de la biomasse. Ces valeurs sont dans la norme de ce que l'on rencontre habituellement à cette station.

Il faut noter la première récolte d'une Némerte (espèce nouvelle pour la Manche Orientale-Mer du Nord, à confirmer) *Tetrastemma helvolum*, en 39 exemplaires à la station C en janvier 1996.

	10/01/96	2/05/96	22/07/96	24/10/96
<i>Nemerte sp</i>		1	4	2
<i>Tetrastemma (helvolum?)</i>	39			
<i>Harmothoe lunulata</i>		1		
<i>Phyllodoce mucosa</i>	1			
<i>Eteone longa</i>			1	
<i>Eumida sanguinea</i>	1	2		
<i>Nephtys cirrosa</i>	57	33	88	37
<i>Lumbrineris impatiens</i>		1	2	
<i>Spiophanes bombyx</i>		1	31	
<i>Spio martinensis</i>			3	
<i>Nerine cirratulus</i>				2
<i>Magelona mirabilis</i>			14	
<i>Typosyllis armillaris</i>	3			
<i>Capitella capitata</i>	1		1	
<i>Tellina fabula</i>			1	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	1	2		1
<i>Haustorius arenarius</i>	1			
<i>Bathyporeia elegans</i>		1	5	5
<i>Urothoe elegans</i>		6		3
<i>Pontocrates altamarinus</i>		1	2	
<i>Portumnus latipes</i>		3	1	5
<i>Ophiothrix fragilis</i>		6		
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>		2		
TOTAL	104	60	153	55

Tabl.8.3. Station C, densités en nombre d'individus.m⁻²

	10/01/96	2/05/96	22/07/96	24/10/96
<i>Nemerte sp</i>		4,3	15,0	33,8
<i>Phyllodoce mucosa</i>	0,8			
<i>Nephtys cirrosa</i>	816,1	253,2	490,3	259,6
<i>Lumbrineris impatiens</i>			177,6	
<i>Spiophanes bombyx</i>			4,5	
<i>Spio martinensis</i>			0,6	
<i>Nerine cirratulus</i>				5,4
<i>Magelona mirabilis</i>			1,9	
<i>Capitella capitata</i>			0,1	
<i>Tellina fabula</i>			1,2	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	3,9	6,7		1,8
<i>Haustorius arenarius</i>	3,4			
<i>Bathyporeia elegans</i>		0,3	1,2	6,4
<i>Urothoe elegans</i>		6,8		0,9
<i>Pontocrates altamarinus</i>			0,6	
<i>Portumnus latipes</i>		29,4	3,8	139,5
<i>Ophiothrix fragilis</i>		67,9		
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>		319,5		
Divers	126,2	13,2	0,9	2,3
TOTAL	950,4	701,3	697,7	449,7

Tabl. 8.6. Station C, biomasse (PSSC) en mg.m⁻²

	10/01/96	2/05/96	22/07/96	24/10/96
<i>Nemerte sp</i>		4,3	15,1	31,0
<i>Phyllodoce mucosa</i>	0,8			
<i>Nephtys cirrosa</i>	761,4	198,3	477,5	256,4
<i>Lumbrineris impatiens</i>			190,8	
<i>Spiophanes bombyx</i>			3,8	
<i>Spio martinensis</i>			0,2	
<i>Nerine cirratulus</i>				0,6
<i>Magelona mirabilis</i>			6,2	
<i>Capitella capitata</i>			0,1	
<i>Tellina fabula</i>			1,2	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	3,9	6,4		1,8
<i>Haustorius arenarius</i>	3,4			
<i>Bathyporeia elegans</i>		0,3	1,2	1,1
<i>Urothoe elegans</i>		7,5		0,9
<i>Pontocrates altamarinus</i>			0,4	
<i>Portumnus latipes</i>		24,1	3,8	123,6
<i>Ophiothrix fragilis</i>		46,9		
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>		280,9		
divers	6,2	4,3	1,2	
TOTAL	769,5	568,7	700,3	415,4

Tabl. 8.7. Station C, Biomasse (PSD) en mg.m⁻²

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 de *Abra alba* (fig. 8.3.)

La population d'*Abra alba* présente des fluctuations spectaculaires et brutales qui peuvent être reliées sans aucun doute au caractère pionnier de cette espèce.

En 1991 la population de cette espèce avait complètement disparu lors de l'accident sédimentologique et du recrutement d'*Ensis directus* alors qu'elle était à un niveau particulièrement élevé. Depuis malgré les conditions sédimentologiques pas toujours favorables et surtout l'irrégularité de l'envasement cette espèce a présenté des progressions de la densité de sa population. En septembre 1995 le prélèvement a révélé un très important recrutement pendant l'été, les densités atteintes en septembre atteignaient 2723 /m², valeurs tout à fait similaires à ce que l'on pouvait rencontrer avant 1995.

En janvier 1996, on assiste à une nouvelle chute de la densité de cette espèce (125 /m², individus d'une taille moyenne de 8 mm), l'espèce se maintient ensuite à un niveau très faible en mai et septembre (respectivement 6 et 3/m²) et revient ensuite à 117/m² (taille moyenne des individus 11 mm) en octobre à la faveur du réenvasement du sédiment. Les densités de population de *Abra alba* restent donc particulièrement faible en 1996. Néanmoins les résultats enregistrés en 1995 ont montré que cette espèce pouvait toujours avoir sur le site des potentialités importantes de sédentarisation. Le suivi de sa population est donc toujours indispensable car cette espèce est un cas typique d'espèce pionnière.

3-2- Etude de la population de *Tellina fabula* (fig. 8.4.)

Cette espèce, de la même famille que *Abra alba* se différencie de cette espèce par son écologie. *Tellina fabula* a des affinités sédimentaires moins vasicoles que *Abra alba*, son régime alimentaire quoique également dépositivore est un peu différent, notamment au niveau de la prise alimentaire et surtout *Tellina fabula* ne développe pas de capacités pionnières. Les densités de cette espèce ont rarement atteint 600/m², alors que *Abra alba* peut dépasser 8000/m².

Depuis 1991 cette espèce reste à un niveau assez bas de densité : en 1995, sa densité avait varié de 8 à 44/m². En 1996 seul 6 individus ont été récoltés (5 en janvier et 1 en juillet). La population de *Tellina fabula* ne réussit donc toujours pas à se réimplanter.

Néanmoins, il convient de poursuivre la surveillance de cette espèce car elle a souvent présenté des phénomènes de compétitions avec *Abra alba*.

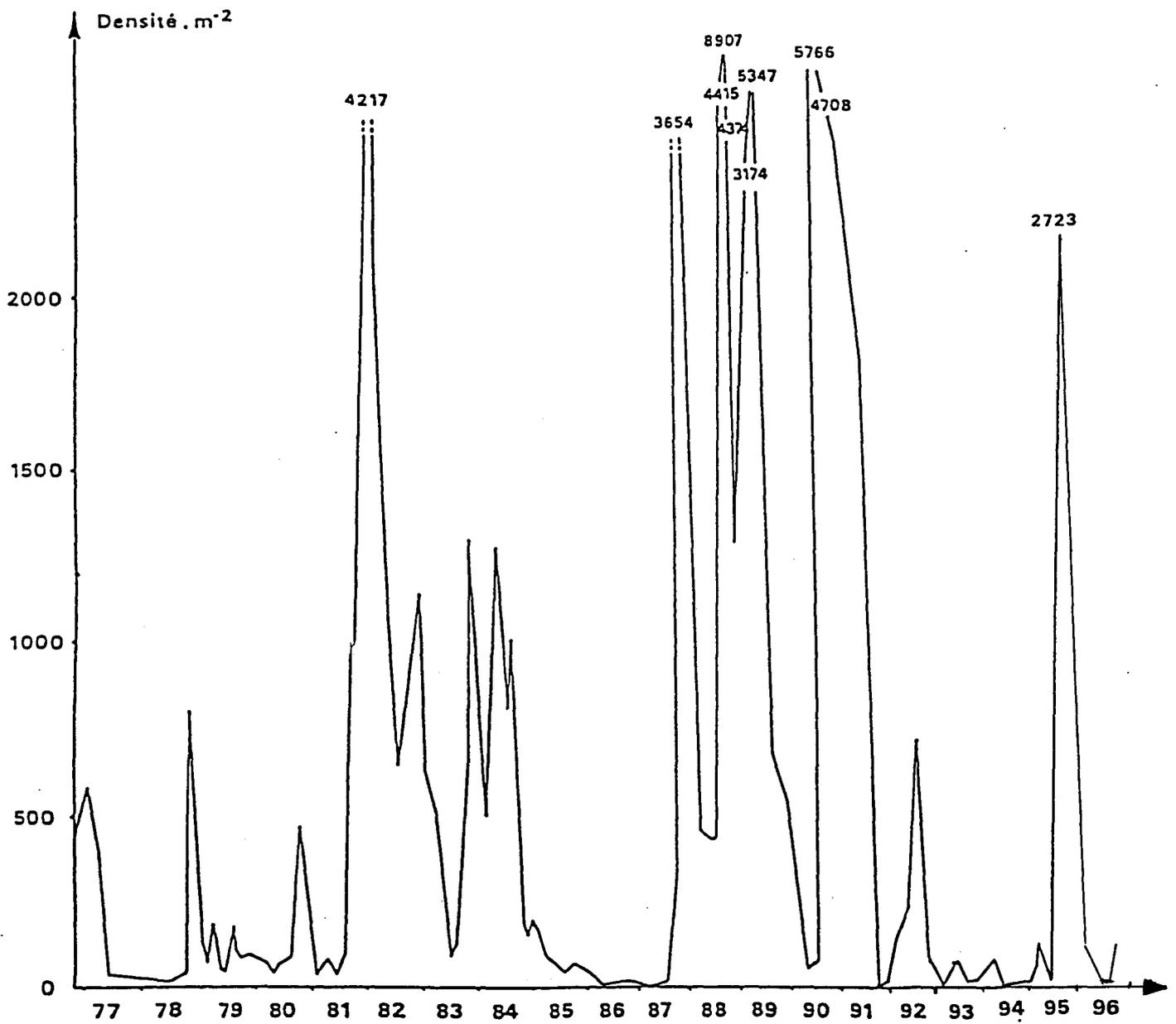


Figure 8-3 : *Abra alba*, évolution de la densité de population entre 1977 et 1995

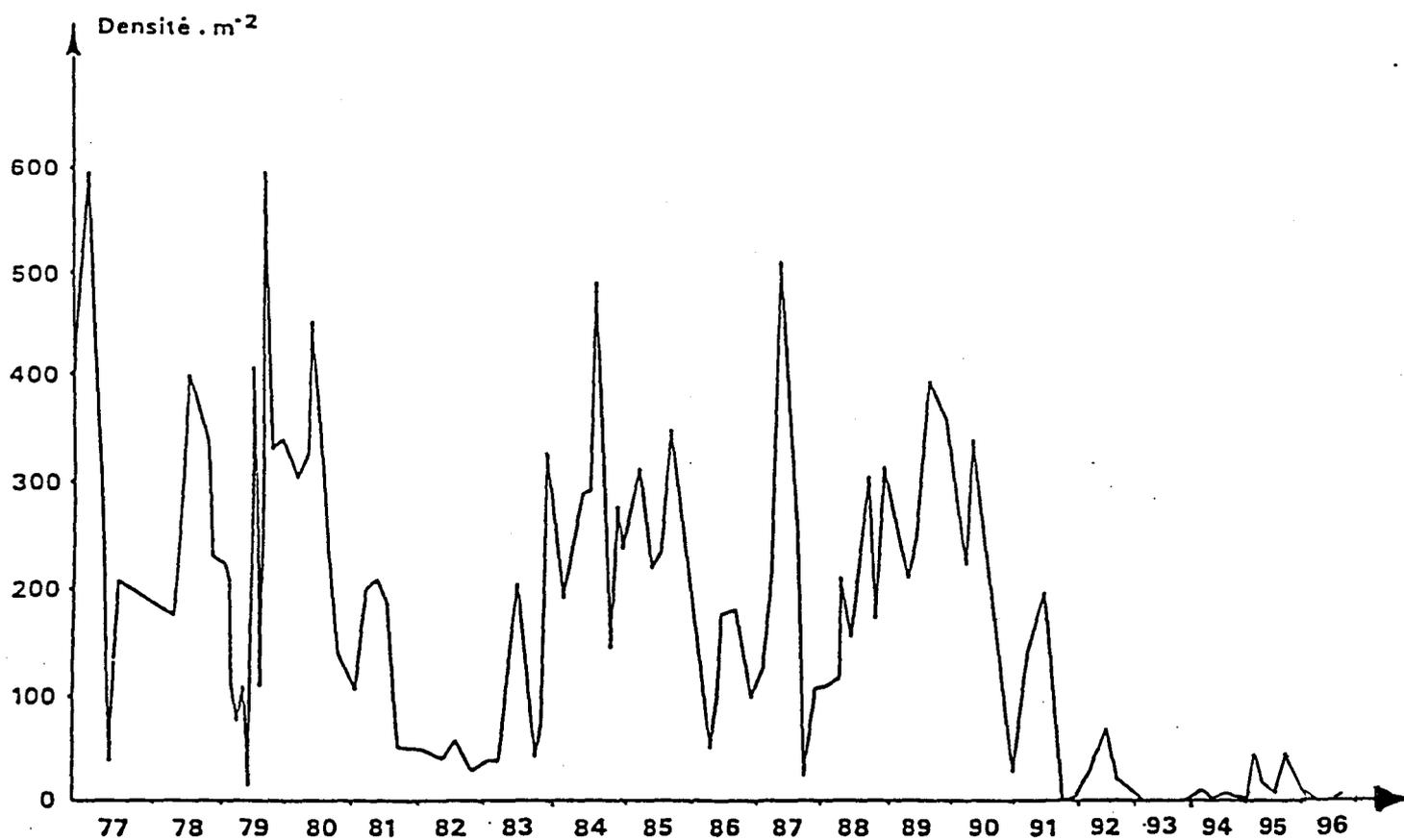


Figure 8-4 : *Tellina fabula*, évolution de la densité de population de 1977 à 1995

CONCLUSION

L'étude 1996 a montré que le peuplement à *Abra alba* à la Station B présentait toujours de oscillations de cortèges spécifiques entre un assemblage caractéristique des sables grossiers propres et un assemblage d'espèces vasicoles. Néanmoins le résultat obtenu en janvier montre que les potentialités du peuplement restent totalement intactes. La biomasse enregistrée en janvier atteint 406 g/m^2 en PSSC et 390 g/m^2 en PSD; à titre de comparaison la valeur enregistrée en septembre 1995 était de 403 g/m^2 en PSD. Pendant le reste de l'étude et malgré une chute considérable de la densité, la biomasse reste toujours importante (de 20 à 86 g/m^2 en PSSC). Il fait toutefois signaler qu'une espèce représente alors plus de 75% de la biomasse : *Ensis directus*. En plus il est nécessaire de signaler que la biomasse est largement sous évaluée dans la mesure où dans la plupart des cas seul la partie antérieure des couteaux est récoltée. Nous ne disposons malheureusement pas encore de relations allométriques pour les individus de grande taille nous permettant d'estimer le déficit en biomasse dû à la récolte de fragments d'individus.

ANNEXE SITE DE GRAVELINES

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

ET

RAPPORTS ANNUELS IFREMER 1986 - 1996.

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.
- 1996. Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1994 - octobre 1995) IFREMER DEL/Brest 96.04. 1996. 111 p.

Nota :

Un rapport préliminaire paraît chaque année en janvier et le rapport annuel paraît 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 :

S'il s'agit de citer le document général la référence doit être citée de la manière suivante « nom coordinateur » *et al.* (année) titre référence du document.

Exemple document 1996

Geneviève Le Fèvre - Lehoërff et al (1996) Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (Novembre 1994 - Octobre 1995) IFREMER DEL/Brest 96.04 1996 111 p.

S'il s'agit de citer une référence particulière concernant un chapitre on doit citer l'auteur ou les auteurs de ce chapitre.

Exemple

J.M. Dewarumez, C. Luczak et D. Menu 1996 in : G. Le Fèvre - Lehoërff *et al.* (1996) Site de Gravelines Surveillance écologique et halieutique (Novembre 1994 - Octobre 1995) IFREMER DEL/Brest 96.04 1996 111 p.

RESUME

Surveillance de Gravelines Novembre 1995 - Octobre 1996

Durant la période de 1995-1996 des températures moins élevées qu'en 1994-1995, période exceptionnellement chaude, ont été relevées. L'hiver a été marqué par un temps froid et sec. La pluviosité globale est inférieure à la normale avec 472 mm à comparer au 691 mm de moyenne des trois dernières périodes. La moyenne des températures de l'eau à la prise est de 11,50 ° C pour la période d'étude soit 2°C en dessous de la moyenne du cycle précédent. La température minimale (2,9 °C) est observée le 5 février 1996. Durant le mois d'Août, les températures n'ont pas été supérieures à 20° C, le maximum relevé est de 19,9 ° C le 19 août 1996.

La puissance hebdomadaire moyenne produite par la centrale est de 4160 MW pour un débit d'eau de mer de refroidissement des condenseurs de 213 m³/s. Le transit de l'eau dans la centrale, calculé sur la base des prélèvements hebdomadaires réalisés, se traduit par un échauffement moyen de 9,26 ° C (8,92 ° C en 1994-1995).

La chloration mise en oeuvre pour lutter contre la salissure dans les circuits se traduit par une concentration moyenne en bromoforme de 18,3 µg/l, moyenne des trois dernières périodes.

Le passage de l'eau dans l'ensemble constitué par la centrale et les installations aquacoles entraîne une multiplication importante du nombre des vibrions (45 fois en moyenne géométrique). En dépit de variations liées aux conditions climatiques, l'amplitude du cycle des vibrions dans le rejet est relativement stable depuis la mise en service des six tranches de la centrale de Gravelines (cycle 1986). Le développement de l'aquaculture (phase expérimentale en 1984 puis extensions en 1991 et 1992) ne semble pas avoir eu d'influence sur les vibrions en termes d'abondance. Avant 1984, la quasi totalité de la flore des vibrions isolés sur le site était représentée par *Vibrio alginolyticus*. Depuis cette date, une diversité croissante des espèces de vibrions a été observée. Cette évolution semble marquer un palier actuellement. Au rejet, *Vibrio alginolyticus* reste l'espèce la plus souvent isolée avec un pourcentage moyen de 71 %. *Vibrio fluvialis* est la seconde espèce par ordre d'importance avec un pourcentage de 9,5 %. Le pourcentage d'isolement de *V. cholerae* Nag est de 7,5 %, en diminution depuis 1993 où il avait atteint 13 %. Les autres espèces mises en évidence en 1995 - 1996 sont : *Vibrio damsela*, *V. harveyi*, *V. metschnikovii*, *V. mimicus*, *V. hollisae*, *V. vulnificus* et *V. parahaemolyticus*.

La biomasse chlorophyllienne atteint 45 mg/m³ le 18 Avril 1996, ce qui est la valeur la plus élevée de ces dernières années. La campagne du printemps se situe au début de la période de croissance de la biomasse chlorophyllienne avant l'efflorescence de *Phaeocystis*. La station de rejet présente alors un déficit de 18 % par rapport au canal d'amenée. Il ne subsiste presque plus de déficit au niveau du point de contrôle. Pendant la campagne d'automne le déficit au point de rejet est de 36 % par rapport au canal d'amenée. Il est encore de 21 % à la station de contrôle, ce qui signifie que la chlorophylle n'est pas revenue au niveau qu'elle avait avant de passer dans la centrale.

La période étudiée est marquée par une variation inhabituelle des noctiluques. Les abondances maximales normales 10^4 à 10^5 individus / m^3 en Mai restent inférieures aux valeurs constatées pendant les périodes d'eaux rouges (10^9 indiv. / m^3). Ce qui reste inexplicable est la durée annuelle de présence, supérieure à la moyenne et surtout la présence en saison hivernale.

La biomasse zooplanctonique normale reste comprise entre 100 mg / m^3 de poids sec maximum et 10 mg / m^3 minimum en hiver. Les pourcentages de carbone et d'azote dans le poids sec atteignent le maximum en Mars et Juillet avec 29 % pour le carbone et 7 % pour l'azote.

La succession des espèces est classique. Les espèces printanières sont précoces avec un maximum de goémones de mer de 100 individus / m^3 dès le mois d'Avril. Les poussées de *Phaeocystis*, les développements des noctiluques et des méduses *Ratkea octopunctata* ont été responsables des colmatages dans les prélèvements de Mai. Les rares épisodes pluvieux de cette année sèche ont été marqués par les cladocères *Evadne* et *Podon* véritables traceurs de dessalures. Les copépodes *Temora longicornis*, *Acartia clausi*, et les appendiculaires *Oikopleura dioica* restent les groupes les plus importants d'herbivores tandis que les carnivores les plus représentatifs sont les méduses puis en automne les chaetognathes.

L'impact de transit auquel s'ajoute le déficit dans le milieu récepteur varie selon les espèces concernées : les cnidaires, cténaires cladocères et appendiculaires peuvent subir des mortalités de 100 % tandis que l'impact est moins fort pour les copépodes de 50 % à 70 %. Le déficit sur les larves de Bryozoaires est faible : de 30 % à 40 %.

L'année 1996 se présente comme une année précoce du point de vue de la reproduction du sprat et de la sole. Les effectifs d'oeufs pour les deux espèces sont supérieures à la moyenne du site : au moment du pic, on atteint des densités de 100 oeufs par $10m^3$ pour la sole et de près de 400 pour le sprat. Cette productivité élevée semble corrigée au niveau des larves dont les effectifs demeurent à un niveau habituel (quelques unités par $10m^3$ pour la sole, de 10 à 20 pour le sprat).

Le fait marquant de l'étude 1996 en milieu intertidal est sans aucun doute la disparition complète de *Spio martinensis* de l'estran de Gravelines. Le schéma qui se maintenait depuis plusieurs années ne se vérifie pas cette année. *Spio* est remplacé sur la totalité de l'estran par *Pygospio elegans*. Les densités de cette espèce atteignent sur la partie ouest de l'estran celles que pouvait atteindre *Spio martinensis*. Il y a donc eu remplacement d'une espèce par une autre espèce plus thermophile. L'impact thermique de la centrale semble donc avoir été plus important en 1996 sur l'estran. Pour ce qui est des autres espèces, on notera la stabilité des effectifs de *Hydrobia ulvae* aux stations E ($10488 / m^2$) et I ($840 / m^2$), la quasi disparition de *Corophium arenarium* à la station E ($24 / m^2$, niveau le plus bas depuis plus de 10 ans) et son maintien à la station I. La réapparition de *Cerastoderma edule* ($16 / m^2$) et de *Macoma balthica* ($40 / m^2$) à la station F. Enfin, *Ophelia rathkei* semble avoir profité de bonnes conditions de dessalure et a bénéficié d'un recrutement exceptionnel ($1576 / m^2$).

La méthode de calcul de la biomasse a changé cette année. Nous avons utilisé la méthode de Poids Sec Sans Cendre (PSSC) au lieu de la méthode du Poids Sec Décalcifié (PSD), dans un but de comparaison ultérieure avec les données de la bibliographie.

Une comparaison des deux méthodes a néanmoins été effectuée afin de pouvoir recalculer les résultats 1996 sur ceux des années antérieures. Les résultats obtenus par le PSD sont toujours inférieurs aux résultats obtenus par le PSSC. La biomasse moyenne (PSD) est un peu supérieure à la moyenne des années précédentes (5,02 g / m²), ceci est dû à la réapparition des coques et des *Macoma*. La biomasse moyenne en PSSC donne un résultat de 6,19 g / m².

La station subtidale B semblait opérer un retour à la normale en 1995, cette évolution se confirmait à l'examen du prélèvement de Janvier 1996, les espèces dominantes étaient *Lanice conchilega* (5740 / m²), *Sagartia troglodytes* (1684 / m², dont 70 % de juvéniles), *Eumida sanguinea* (377 / m²), *Spisula subtruncata* (217 / m²), *Abra alba* (175 / m²), *Owenia fusiformis* (40 / m²), etc. Les trois prélèvements suivants ne font pas état d'une telle association d'espèces. Toutes ces espèces régressent fortement et sont remplacées par des espèces sabulicoles (*Goniadella bobretzkii*, *Scoloplos armiger* etc..) ou des espèces vasicoles pionnières (*Notomastus latericeus*, *Spiophanes bombyx* etc...) et par *Ensis directus*. La biomasse est très importante en Janvier : 388 g / m² (PSD) et 391 g / m² (PSSC) ; elle est surtout due à *Lanice conchilega* (297 / m² en PSD et 269 / m² en PSSC- la plus faible biomasse en PSSC est due à une surestimation du PSD à cause des tubes -). Les biomasses enregistrées au cours des autres campagnes sont beaucoup plus faibles (de 21 à 86 g / m²).

La station C ne montre aucune évolution particulière, cette station sous l'influence constante de la centrale ne présente pas les mêmes évolutions que la station B.

