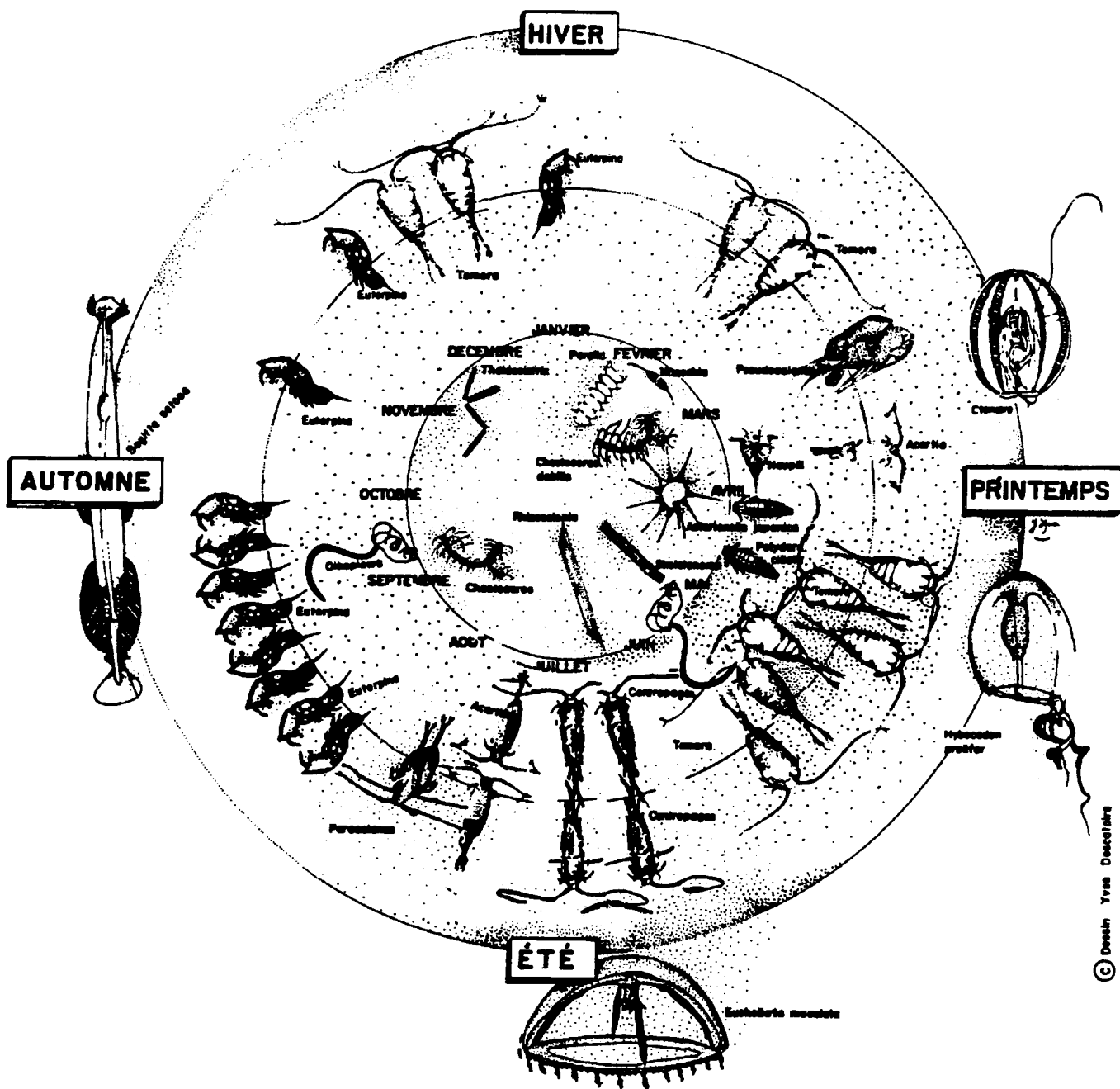


SURVEILLANCE ÉCOLOGIQUE ET HALIEUTIQUE SITE DE GRAVELINES

RAPPORT ANNUEL
Novembre 1993 - Octobre 1994



© Desain Yves Descoffres

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

DEL 95.07
Avril 1995

SOMMAIRE

Chapitre I - Climatologie et fonctionnement de la centrale Edith et Régis DELESMONT (1)	1
Chapitre II - Stratégie, fonctionnement de la centrale et hydrologie Edith et Régis DELESMONT	7
Chapitre III - Bactériologie et étude de la chloration Edith et Régis DELESMONT	15
Chapitre IV - Phytoplancton et biomasse chlorophyllienne Benoist HITIER (2) et Pascale HEBERT (2)	39
Chapitre V - Zooplancton. Biomasses et espèces. Dinoflagellés noctiluques Geneviève LE FÈVRE-LEHOËRFF (3) et Marie-Laure COCHARD (3)	51
Chapitre VI - Zooplancton halieutique Daniel WOEHLING (4)	71
Chapitre VII - Le domaine benthique intertidal Jean-Marie DEWARUMEZ (5) et Dominique MENU (5)	79
Chapitre VIII - Le domaine benthique subtidal Jean-Marie DEWARUMEZ, Christophe LUCZAK (5) et Dominique MENU	93

Accord Cadre S64T7001 avenant n° 1

Avril 1995

DEL.95.07

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

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

CHAPITRE I

CLIMATOLOGIE ET FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

Edith et Régis DELESMONT

1.1.RAPPEL SUR LE SITE

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

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

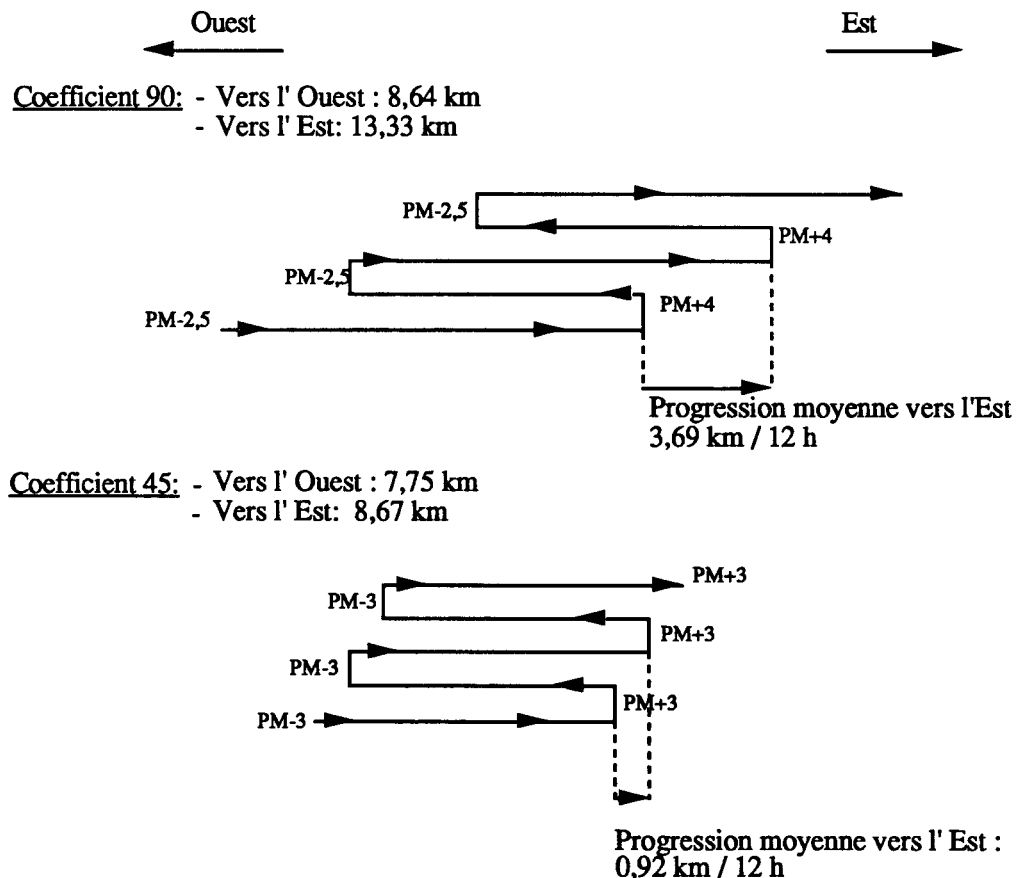


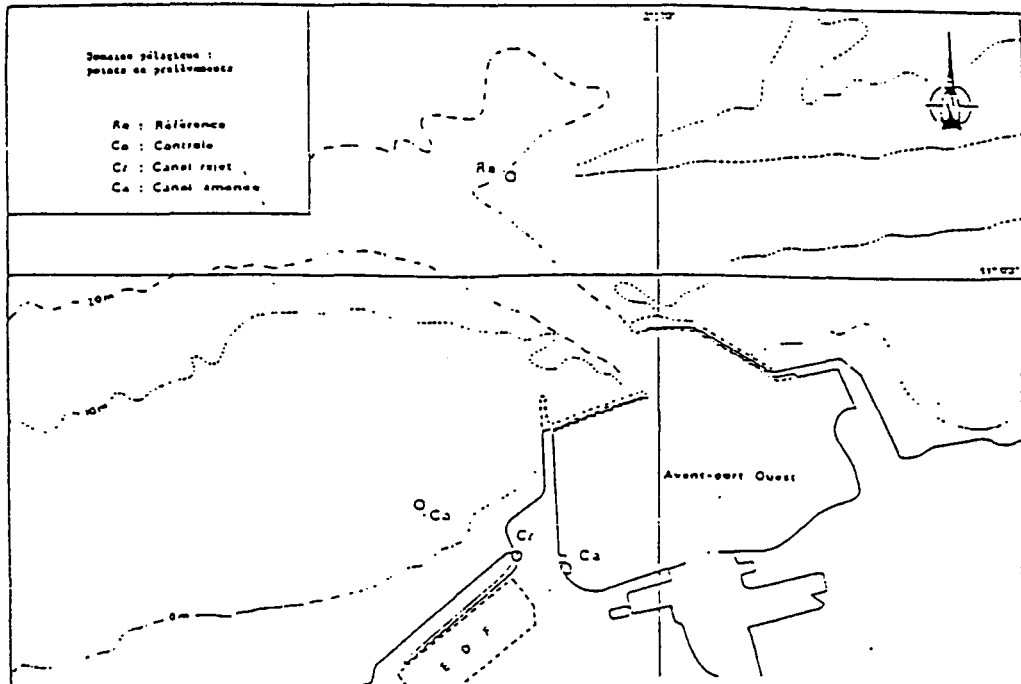
Fig 1.1. : Schéma des courants devant Dunkerque

1.2.HYDROGRAPHIE

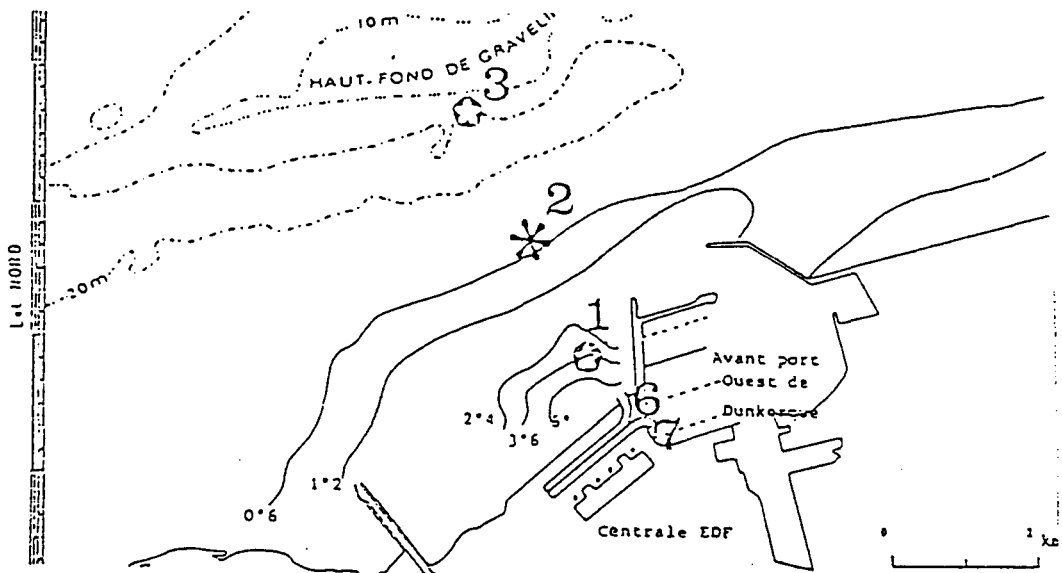
L'apport continental le plus proche est constitué par l'Aa , petit fleuve côtier qui draine l'arrière pays (région de Saint- Omer) et la plaine maritime . En raison de la très faible altitude de cette plaine , les écoulements à la mer sont contrôlés par des écluses . Il en est de même pour les deux autres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

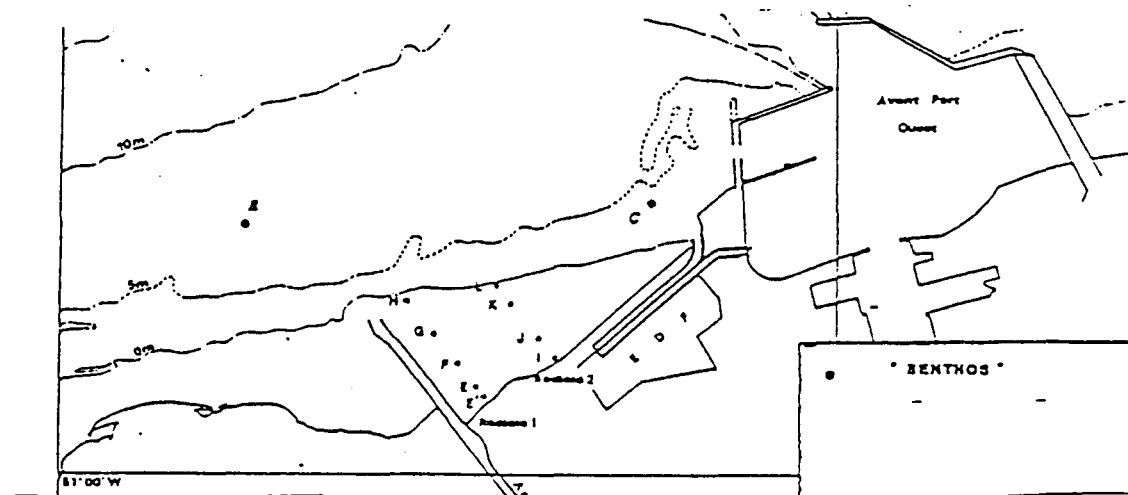
Canal de Dunkerque: $4,6 \text{ m}^3/\text{s}$
 Fleuve Aa: $7,5 \text{ m}^3/\text{s}$
 Canaux de Calais: $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$



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



b) Points Halieutique.



c) Points de prélèvements : Benthos intertidal et subtidal.

Fig.1.2. : Carte du site de Gravelines

1.3. CLIMATOLOGIE

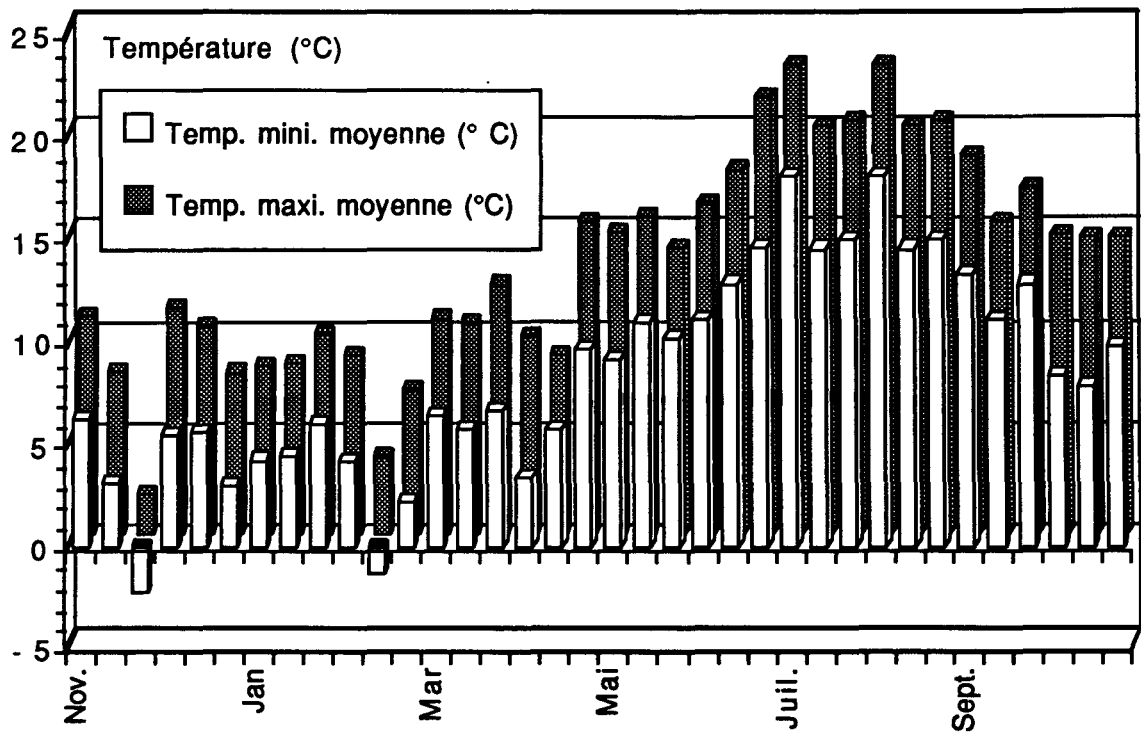


Fig.1.3.: Températures moyennes par décades à Dunkerque (°C)

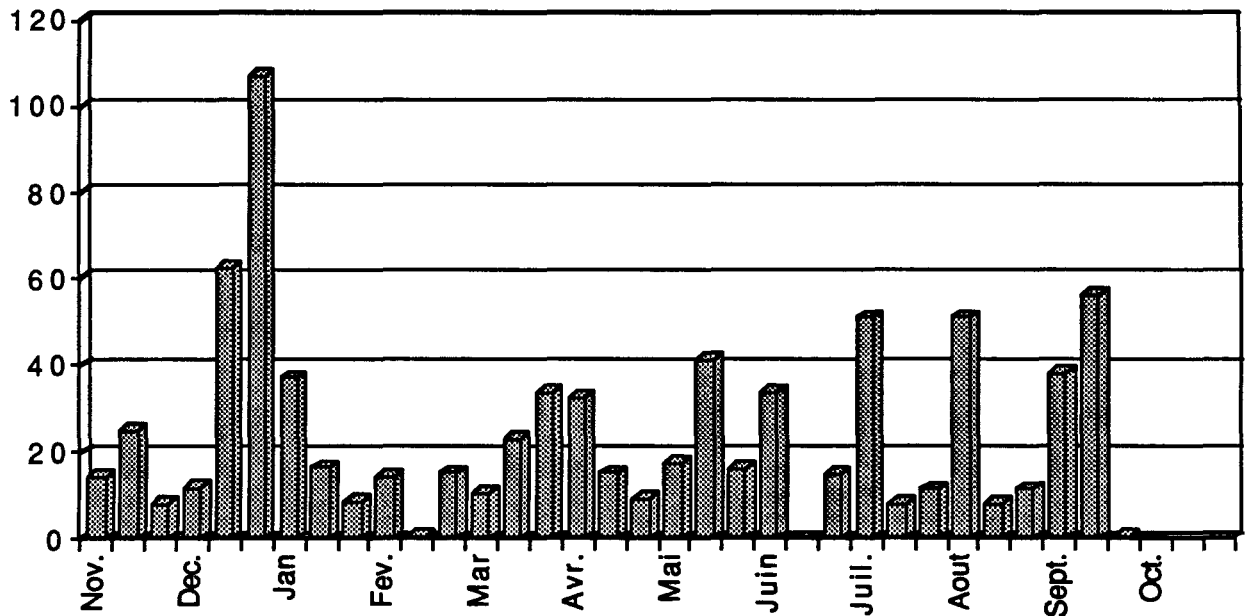


Fig.1.4.: Précipitations par décades à Dunkerque (mm)

L'année 1993 - 1994 a été marquée comme les périodes précédentes par un hiver peu rigoureux. Des températures élevées ont été enregistrées à partir du printemps jusqu'au milieu du mois d'août.

Des précipitations exceptionnellement importantes ont été enregistrées en décembre 1993.

CHAPITRE II

STRATEGIE, FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE ET HYDROLOGIE

Edith et Régis DELESMONT

2.1. STRATEGIE D' ECHANTILLONNAGE

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

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

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

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

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

Tab.2.1. : Stratégie de prélèvement prévue au point Prise

2.2. 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 unitaire de 900 MW.

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 4000 MW, soit l' équivalent de 4,4 tranches.

Les débits d' eau de mer de refroidissement des condenseurs ont varié de 130 à 240 m³/s soit les débits 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 de la fin du mois d' avril à la fin mai. Cette période est celle où l' abondance des groseilles de mer (*Pleurobrachia pileus*) avait provoqué des perturbations du pompage de refroidissement au cours des périodes précédentes.

En première approximation, on peut considérer que la production d' un MW électrique s' accompagne de la dissipation dans l' eau de mer de deux MW thermiques.

Il est alors possible de calculer un échauffement théorique du rejet de la centrale sur la base des données hebdomadaires de puissance électrique.

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

Sur cette base de calcul, l'augmentation moyenne de la température de l'eau au rejet est de 8,98 °C. Cette valeur est du même ordre que celles des périodes précédentes.

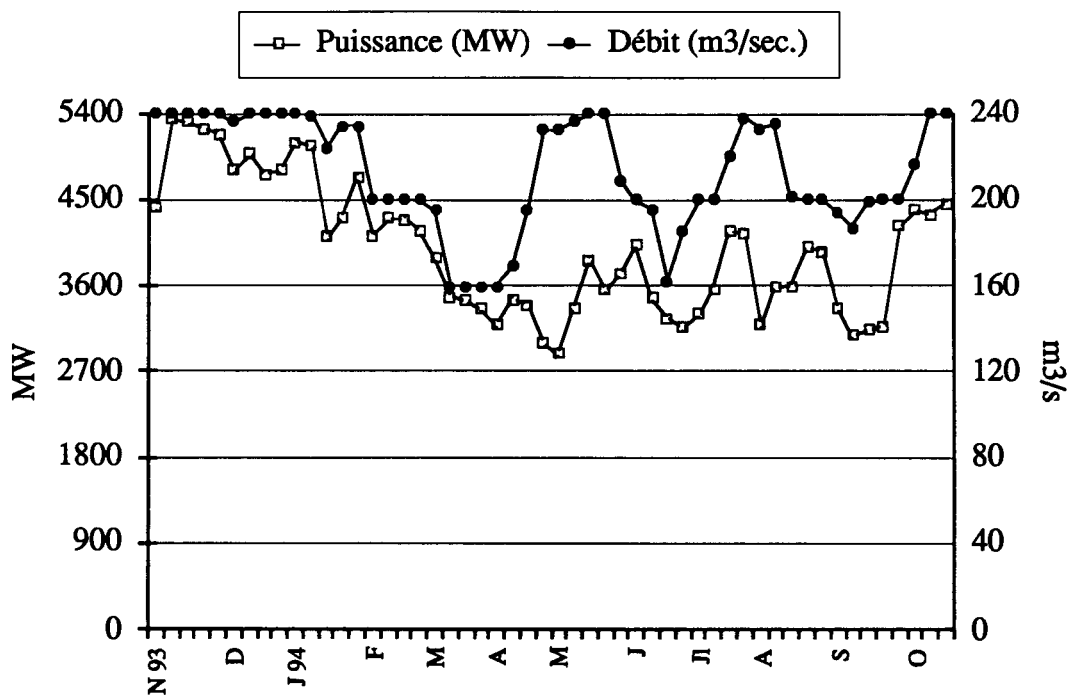


Fig.2.1.: Fonctionnement de la centrale de Gravelines

2.3.: HYDROLOGIE

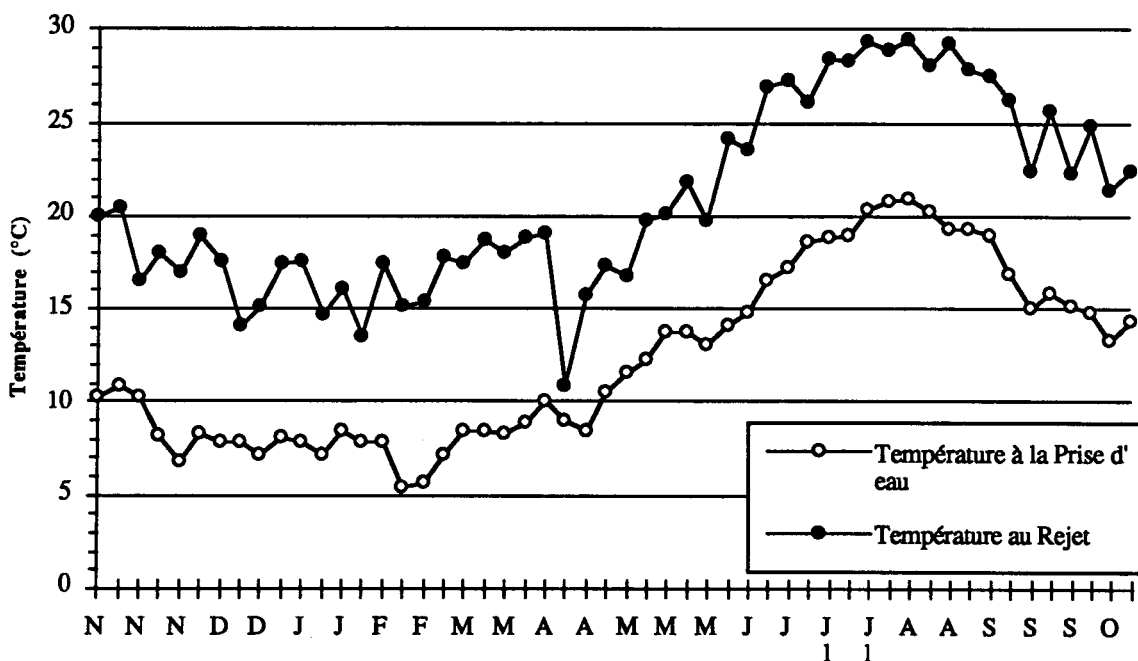


Fig.2.2.: Température de l'eau de mer aux points Prise et Rejet

A la prise d' eau dans l' avant-port Ouest, la température minimale de 5,4 °C est observée le 14 février.

Les températures les plus élevées sont relevées début août avec 20,9 °C . A l' exception de 1993 avec 18,7 °C, ce maximum correspond à celui des années précédentes durant lesquelles des températures égales ou supérieures à 20 °C avaient été enregistrées. Le réchauffement printanier a, lui, été normal avec une température de 18 °C atteinte dès le 4 juillet 1994.

La température moyenne à la prise d' eau est de 12,37 °C. Cette valeur est pratiquement identique à celles des deux périodes précédentes.

Le transit de l' eau dans la centrale, calculé sur la base des prélèvements hebdomadaires réalisés, se traduit par un échauffement moyen de 8,66 °C (8,78°C en 1992-1993 et 9,3 °C en 1991-1992), il est proche de l' échauffement moyen mesuré en continu par la centrale (8,98 °C).

Au rejet , la température de l' eau évolue de 13,5 °C (le 31/01/94) à 29,5 °C (le 08/08/94). Aucune température supérieure ou égale à 30 °C n' a été observée durant la période d' étude.

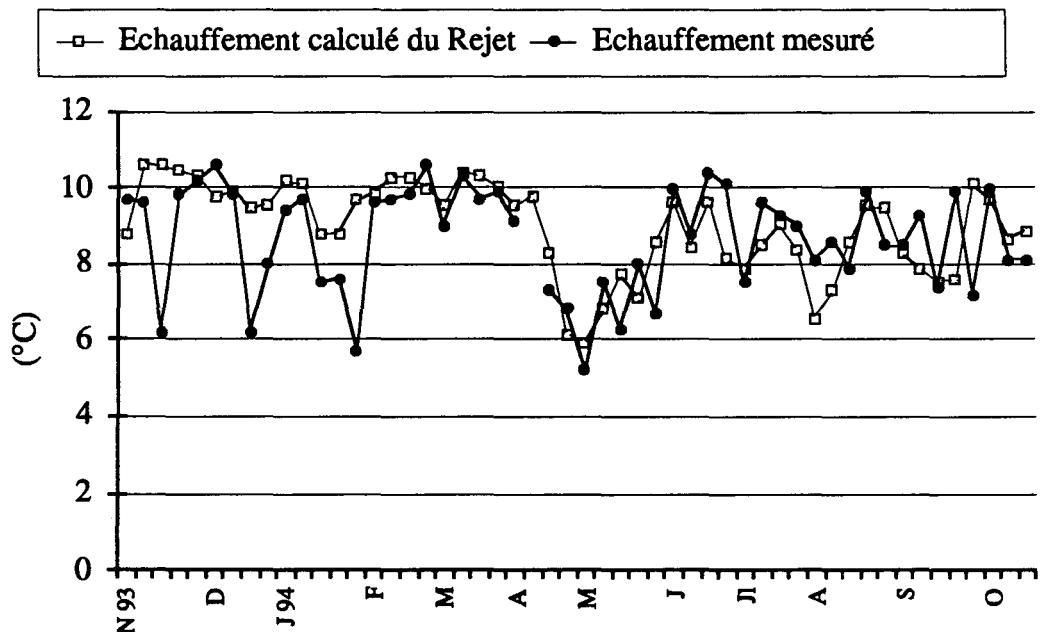


Fig.2.3.: Comparaison entre les échauffements calculés et mesurés

2.4. CAMPAGNES PELAGIQUES

2.4.1. Calendrier des campagnes

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

Date	Pleine mer (T.U. + 2)	Coef.	Heures de prélèvement (T.U.+ 2)			
			Prise	Rejet	Contrôle	Référence
23/06/94	11:54	85	07:30 à	08:45 à	10:05 à	10:45 à
			08:30	09:45	10:35	11:10
27/09/94	05:36	49	14:30 à	11:20 à	09:50 à	10:30 à
			15:30	12:00	10:20	10:50

Tab.2.2. : Calendrier des campagnes pélagiques

2.4.2. Fonctionnement de la Centrale lors des campagnes

Campagne	Jours	Puissance (MW)	Débit (m ³ /s)	Chloration (% d' eau chlorée au rejet)
23/06/94	22/06	3500	160	75
	23/06	3500	160	75
27/09/94		2300 puis		
	26/09	3900	200	80
	27/09	Variable de 3500 à 4100	200	80

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

2.4.3. Structure hydrologique

2.4.3.1 Température:

Date	Profondeur (m.)	Prise d'eau	Rejet	Contrôle	Référence
23/6/1994	0	16,5	26,9	25,3	15,7
	-1			25,3	15,7
	-2			24,4	15,7
	-3			18,9	15,7
	-4			16,3	15,7
	-5			15,9	15,7
	-6			15,8	15,6
	-7			16,5	26,9
	-8			15,6	
	Profondeur (m.)	Prise d'eau	Rejet	Contrôle	Référence
27/9/1994	0	15,8	25,7	23,0	15,9
	-1			23,0	15,9
	-2			20,7	16,0
	-3			20,2	16,0
	-4			19,1	16,0
	-5			17,6	16,0
	-6				16,0
	-7				16,0
	-8				16,0

Tab.2.4. : Profils thermiques observés lors des deux campagnes en mer de 1994

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 . Aucun impact thermique n' est observé au niveau du fond marin quand le panache est établi, à condition que la hauteur d' eau soit suffisante (≥ 7 m) .

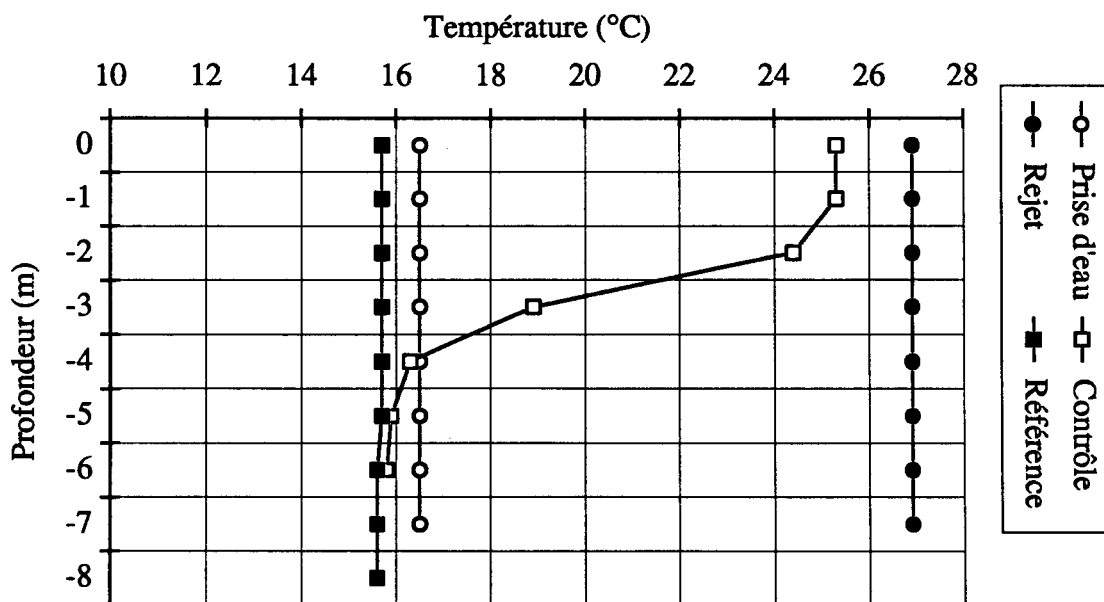


Fig. 2.4. : Profils thermiques lors de la campagne de juin 1994 - (°C)

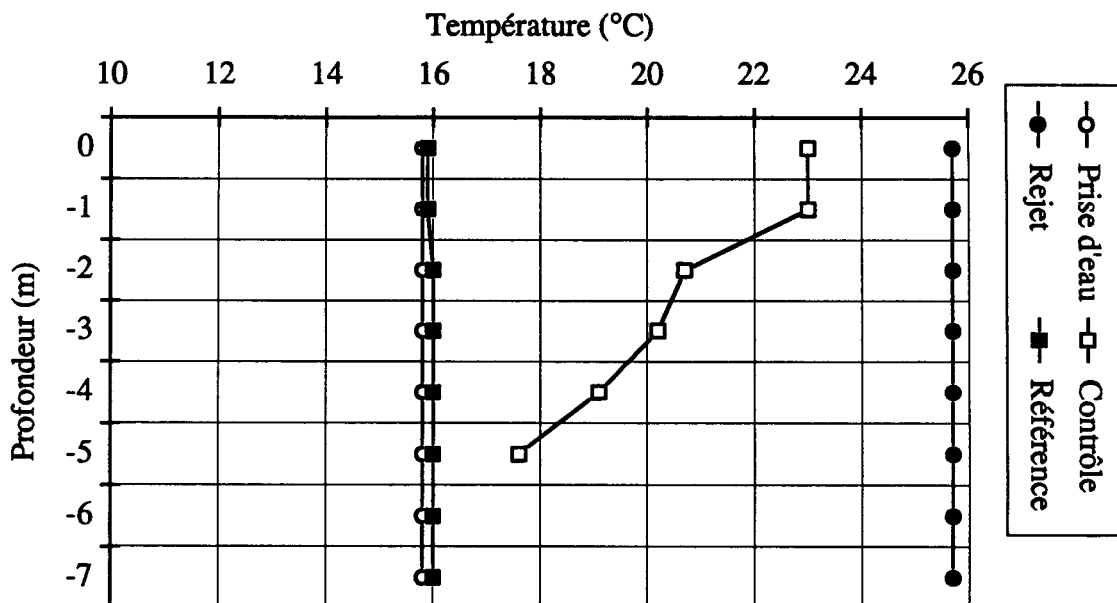


Fig.2.5. : Profil thermique lors de la campagne de septembre 1994 - (°C)

2.4.3.2 Salinité:

L' étude des profils de salinité réalisés lors des deux campagnes de mesures ne met 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 mesures; 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
23/6/1994	Surface	34,23 34,13 34,12 34,14	34,21 34,17 34,15 34,19	34,20 34,26 34,28 34,31	34,15 34,08
	Mi-profondeur				34,12 34,13
	Fond			34,24 34,21 34,16 34,29	34,26 34,24
27/9/1994	Surface	34,23 34,24 34,24 34,28	34,23 34,26 34,26 34,24	34,06 34,12 34,22 34,21	34,29 34,30
	Mi-profondeur				34,29 34,31
	Fond			34,18 34,23 34,25 34,29	34,31 34,31

Tab.2.5. : Profils de salinité lors des deux campagnes en mer de 1994

CHAPITRE III

BACTERIOLOGIE ET ETUDE DE LA CHLORATION

Edith et Régis DELESMONT

3.1.: 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 de 0,1 mg/l en 1994. La quasi totalité des mesures est cependant restée inférieure à 0,05 mg/l.

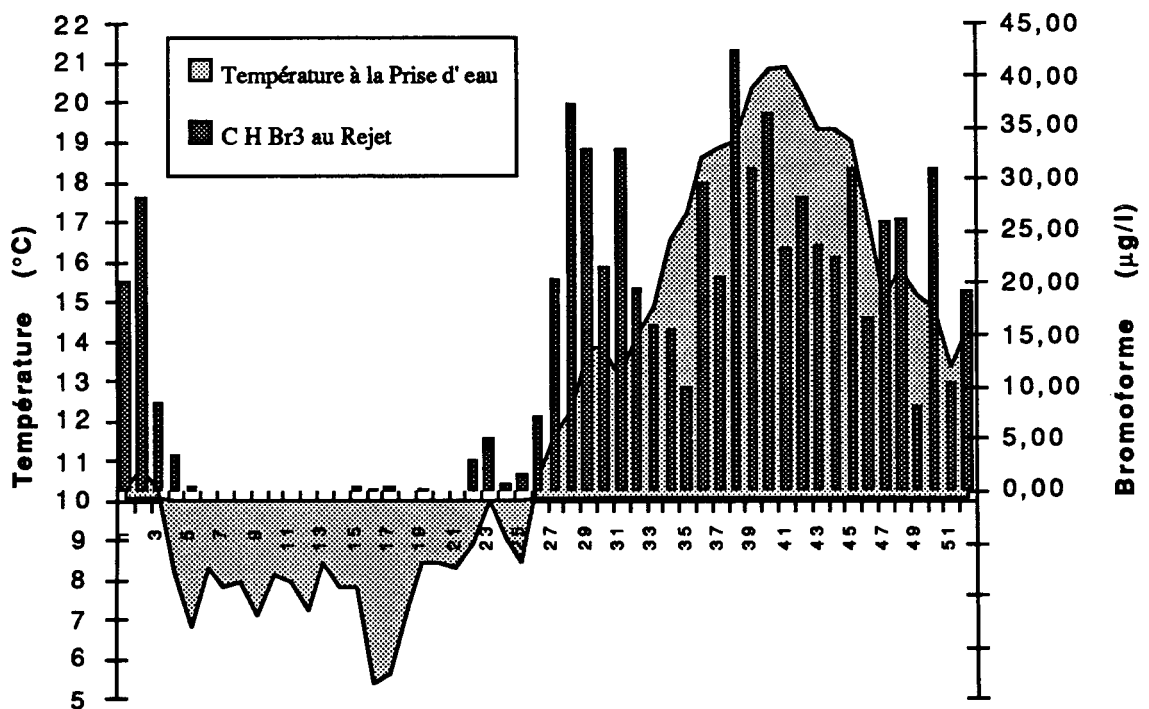


Fig.3.1: Bromoforme au Rejet en relation avec la température de l'eau à la Prise

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

Le graphique ci-dessus permet de visualiser la concentration en bromoforme en relation avec la température de l'eau à la prise d'eau. On constate que, conformément à l'arrêté de rejet, la chloration n'est en service que lorsque la température à la prise d'eau est supérieure à 10 °C.

Cependant des traces de bromoforme sont mises en évidence en début et fin de période de chloration et peuvent correspondre à des essais de mise en service ou à des chloration partielles. Durant la période d'étude 1993/1994, la chloration est arrêtée de la mi-novembre à la mi-avril.

La persistance du bromoforme en mer permet également de chiffrer le pourcentage d'eau de refroidissement qui passe une seconde fois dans la centrale après rejet et transit par l'avant-port Ouest. La valeur calculée en 1993 -1994 est de 5,8 % pour la période de chloration. Cette valeur relativement élevée est à rapprocher du temps chaud

et calme ayant régné pendant une grande partie de la saison de chloration.

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

La quantité d'haloforme formé est en relation avec la proportion d'eau de refroidissement effectivement chlorée dans la centrale (figure ci-dessous).

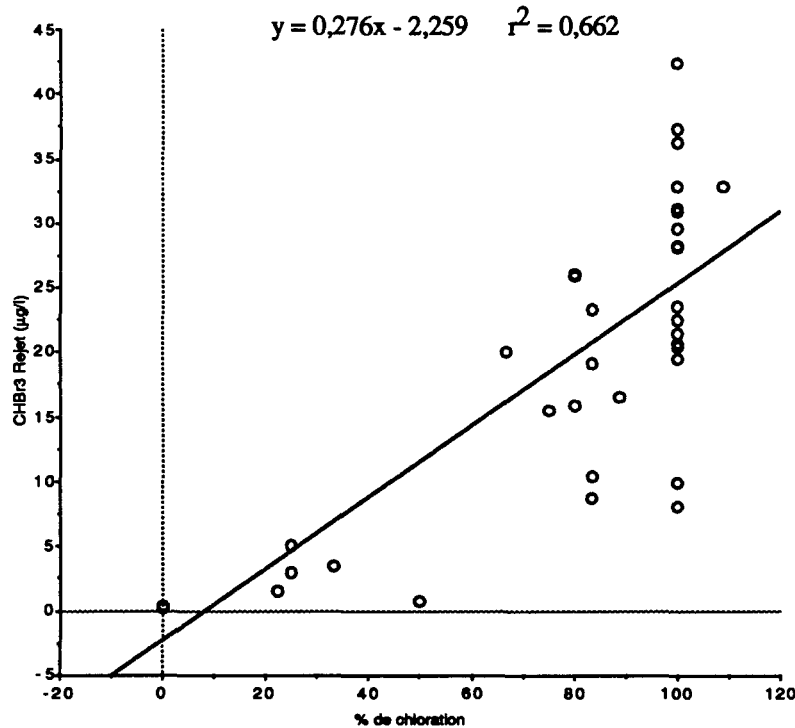


Fig.3.2: Dose de bromoforme au Rejet en relation avec le pourcentage de chloration de l'eau de refroidissement

Le bromoforme (CHBr_3) est formé au rejet à la concentration moyenne de $21,8 \mu\text{g/l}$. Il représente à lui seul 97,5 % des produits formés. Les deux autres composés formés et mis en évidence sont également bromés:

- chlorodibromométhane (CHClBr_2): 2,3 % du total formé avec une concentration moyenne de $0,48 \mu\text{g/l}$
- dichlorobromométhane (CHCl_2Br): 0,18 % du total formé avec une concentration moyenne de $0,04 \mu\text{g/l}$

3.2.: BACTERIOLOGIE

3.2.1.: Aspect quantitatif

Depuis 1989, les études bactériologiques portent uniquement sur les vibrions. En effet, cette catégorie de bactéries marines est particulièrement sensible aux modifications du milieu apportées par la centrale. Le développement d'importantes activités aquacoles (production prévue: 1000 t/an) 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.

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

A Gravelines, le transit de l'eau de mer dans la centrale (et les installations aquacoles) entraîne une importante multiplication des vibrions. En 1993-1994, leur nombre est en moyenne géométrique multiplié par 67 entre la Prise et le Rejet. Ce phénomène est observé en toutes saisons.

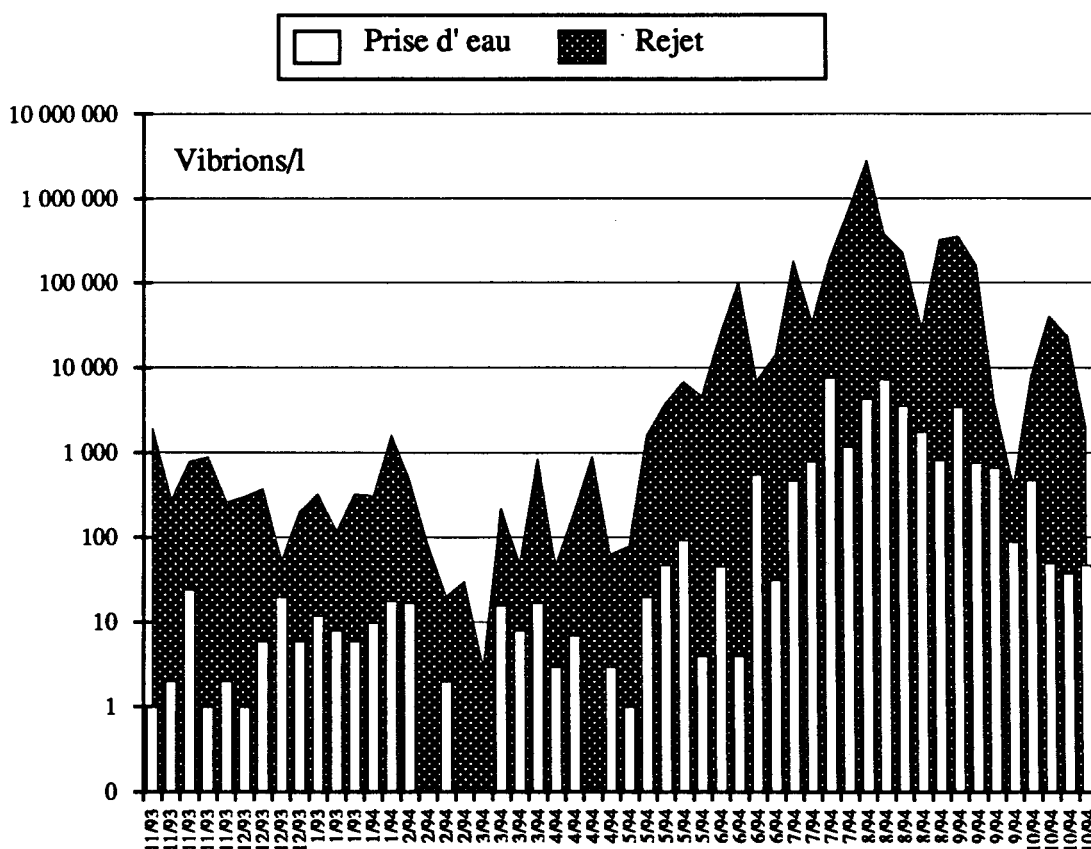


Fig.3.3.: Dénombrement des vibrions par culture à 37 °C (échelle logarithmique)

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.

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

$$\text{Prise d'eau 1993-94: } \log(\text{Vib/l}) = 0,214 T(^{\circ}\text{C}) - 1,127 \quad (r^2 = 0,742)$$

$$\text{Rejet 1993-94: } \log(\text{Vib/l}) = 0,233 T(^{\circ}\text{C}) - 1,515 \quad (r^2 = 0,709)$$

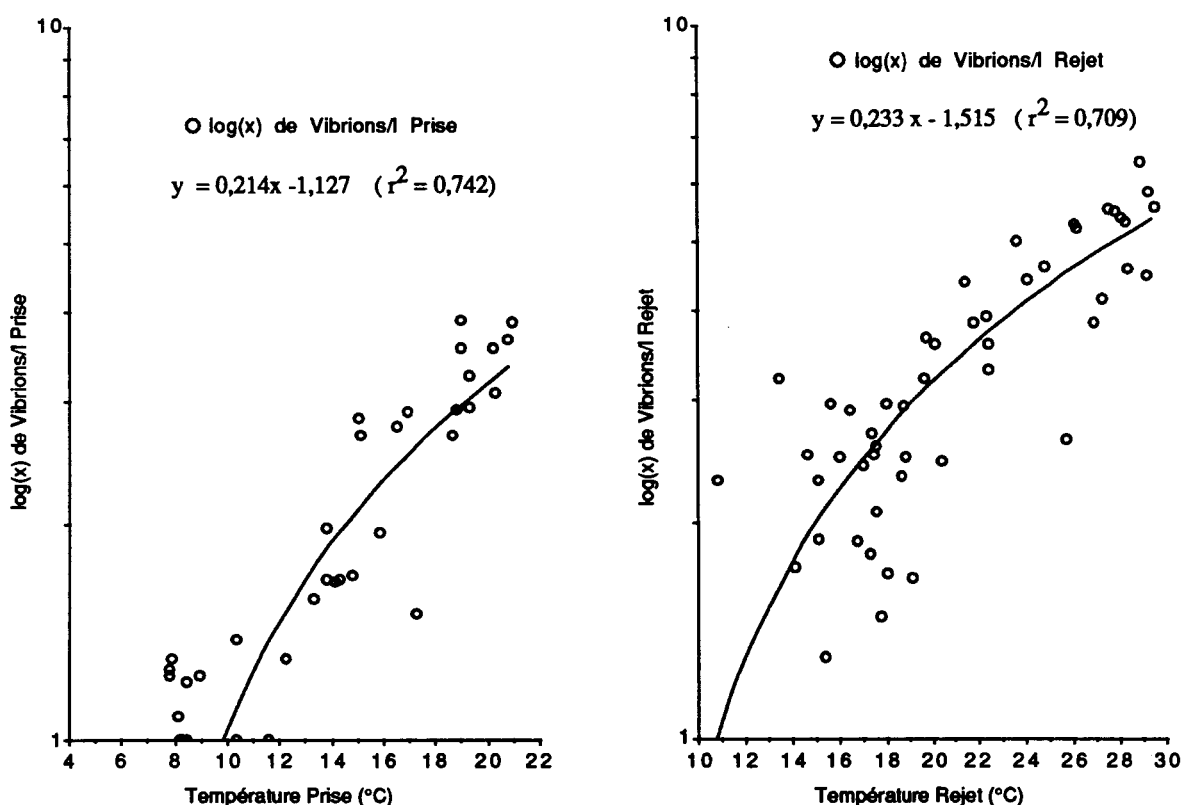


Fig.3.4.: Corrélations entre la température et les concentrations en vibrions (log)

3.2.2.: Aspect qualitatif

Si l'aspect quantitatif des populations de vibrions semble se stabiliser, il n'en est pas de même sur le plan qualitatif.

Avant 1984, la quasi totalité de la flore des vibrions était représentée par *Vibrio alginolyticus*; l'isolement d'une espèce différente avait un caractère exceptionnel. Depuis cette période, une diversité croissante des espèces de vibrions est observée. Avec les galeries d'identification bactériennes que nous utilisons (API 20E), toutes les espèces répertoriées dans ce système ont été isolées sur le site de Gravelines.

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

L'augmentation de la fréquence d'isolement de *Vibrio cholerae* Nag mesurée en 1993 n'est pas confirmée; cette espèce reste cependant la plus fréquemment isolée après *Vibrio alginolyticus* (12,5% en 1994). *Vibrio cholerae* Nag possède les mêmes propriétés biochimiques que le vibron du choléra, mais ne possède pas son caractère pathogène. Le qualificatif Nag correspond au fait qu'il n'est pas agglutinable par les sérums spécifiques des vibrions du choléra. L'apparition récente en Asie de nouvelles souches pathogènes ne répondant pas à ces sérums fait malheureusement perdre de la valeur à ce test.

A noter en 1993-1994, la mise en évidence plus fréquente de *Vibrio damsela*.

Les autres espèces mises en évidence en 1993 sont: *Vibrio harveyi*, *V. fluvialis*, *V. metschnikovii*, *V. mimicus*, *V. hollisae*, *V. vulnificus* et *V. parahaemolyticus*. 2,3% des souches de vibrions isolées au rejet présentent des profils biochimiques non assimilables à des espèces répertoriées dans le système API et sont notées *V. spp.*

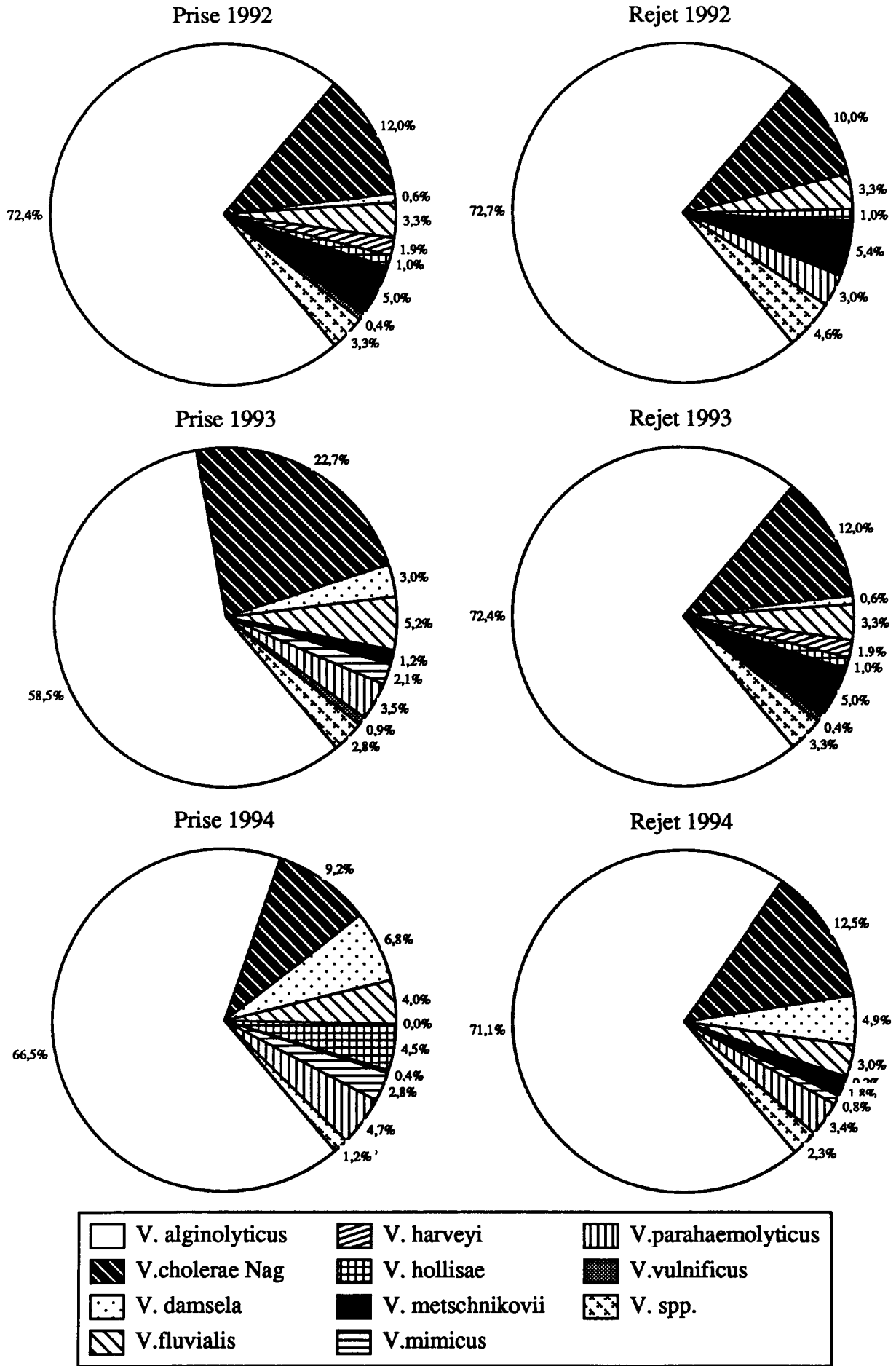


Fig. 3.5.: Abondance relative des diverses espèces de vibrions (moyenne des pourcentages d'abondances hebdomadaires)

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 (3 à 5 % de recirculation). Le pourcentage d' une espèce ne se conserve par transit que si cette espèce se multiplie autant que le reste de la population.

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

Vibrio alginolyticus reste l' espèce la plus adaptée aux conditions actuelles du site (multiplication moyenne $X= 78$ fois). L' espèce qui occupe la seconde place par l' importance de sa multiplication sur le site est *Vibrio cholerae* Nag ($X= 11,2$ fois) .

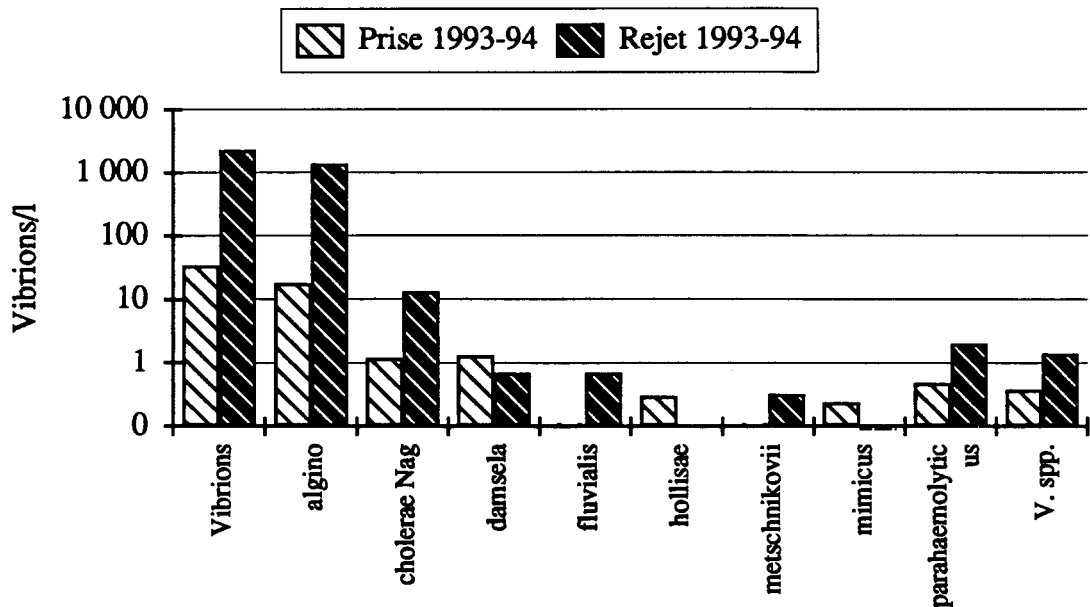


Fig. 3.6.: Concentrations moyennes des diverses espèces de vibrions aux points de prise d' eau et de rejet

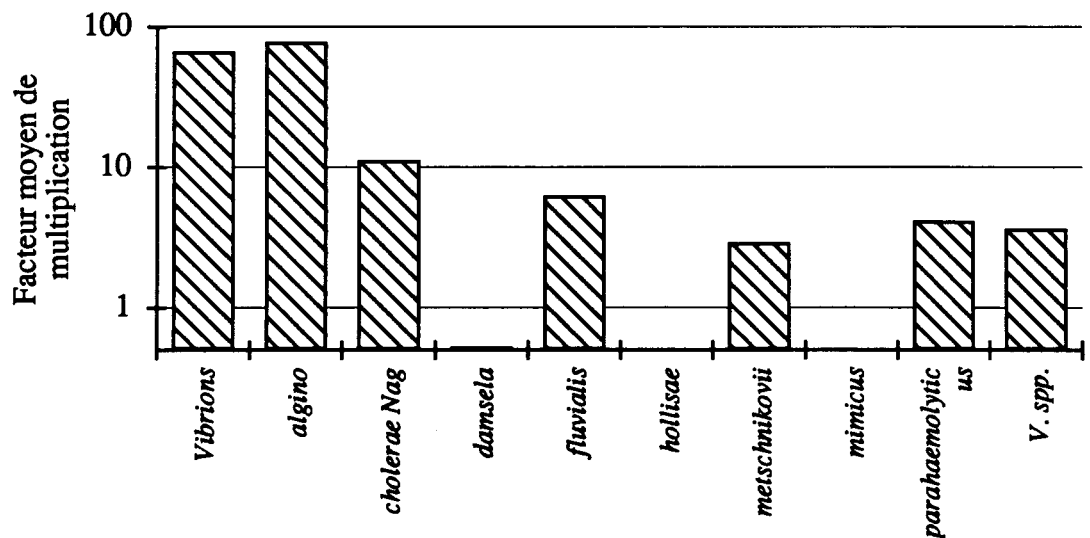


Fig. 3.7.: Facteurs de multiplications moyens des diverses espèces de vibrions par transit entre les points de prise d' eau et de rejet.

3.2.3.: 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 1000 t/an. En 1994, la production s'est élevée à environ 1100 tonnes de bars et daurades.

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 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 moyen utilisé en 1994 est de 8,5 m³/s. Le rejet des eaux aquacoles se fait par un déversoir dans la partie amont du canal de rejet EdF.

Une éclosérie marine utilise également le pompage des fermes aquacoles et possède son propre déversoir; le débit utilisé est de l'ordre de 10 l/s.

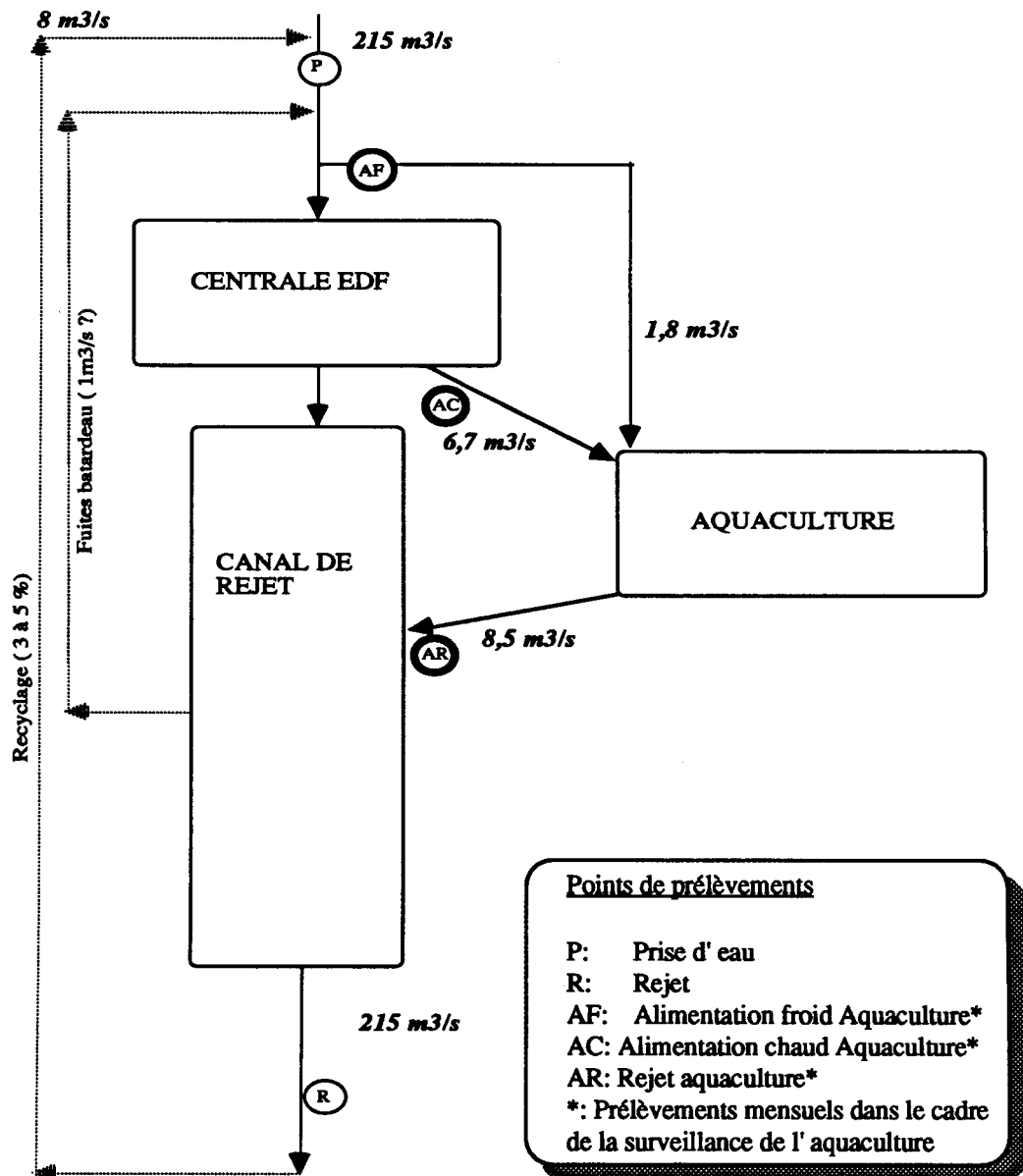


Fig. 3.8.: Schéma hydraulique de l'ensemble centrale EdF et aquaculture (débits moyens 1994)

Depuis le mois de mai 1992, les établissements aquacoles sont soumis à une surveillance mensuelle incluant la recherche des vibrions selon la même méthodologie que celle adoptée pour la centrale électrique.

Les résultats obtenus dans le cadre de la surveillance aquacole pour la période de janvier 1993 à décembre 1994 ont été comparés à ceux de la surveillance de la centrale aux mêmes dates.

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

Les espèces autres que *Vibrio alginolyticus* sont les plus concernées par la multiplication dans les fermes aquacoles. La concentration moyenne en *Vibrio cholerae* Nag est 300 fois plus élevée dans le rejet aquacole qu'à l'extrémité du canal EdF.

Le rejet des fermes marines représente sur la période une moyenne de 8,5 m³/s qui se déversent dans les 213 m³/s du rejet de la centrale. Aussi, par effet de dilution une espèce bactérienne en concentration très importante au débouché de l'aquaculture verra sa concentration réduite d'un facteur de l'ordre de 25 au rejet de la centrale si cette bactérie ne se multiplie pas dans le canal de la centrale.

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

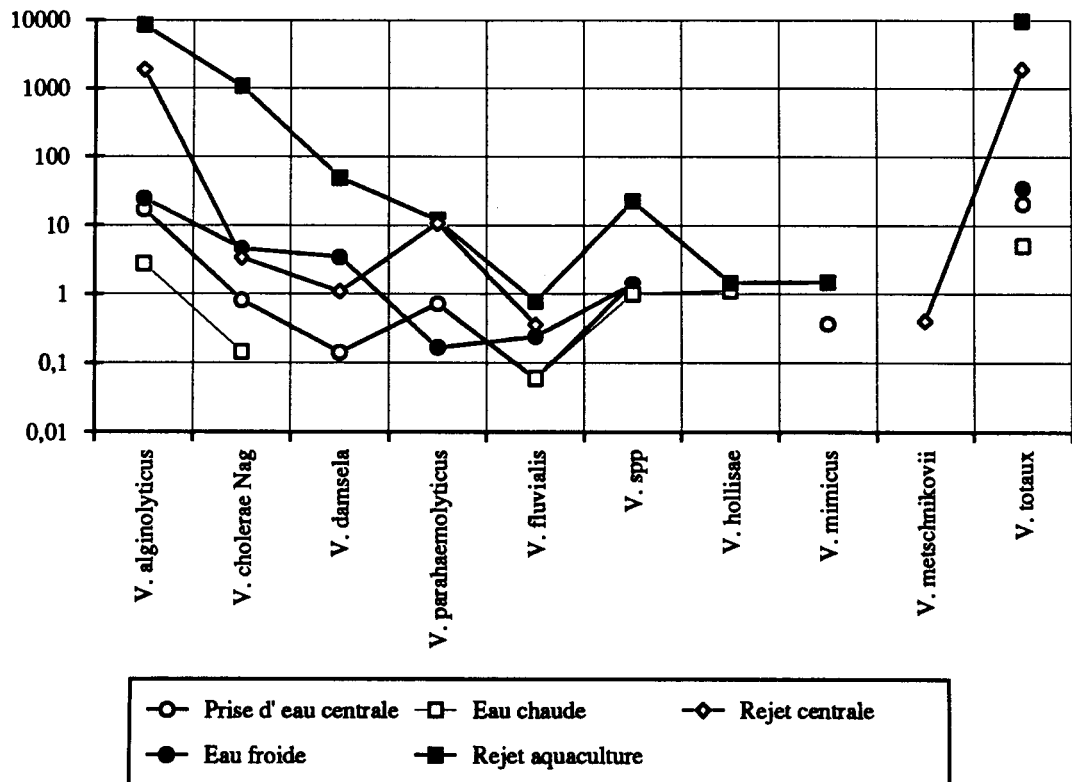


Fig. 3.9.: Concentrations moyennes des vibrions (base mensuelle)

Les résultats de la figure 3.11 comparent les pourcentages des différentes espèces de vibrions dans le rejet aquacole aux points de surveillance de la centrale prélevés avec la même périodicité mensuelle.

Dans le rejet aquacole, *Vibrio alginolyticus* ne représente que 34 % des vibrions et *Vibrio cholerae* NAg devient de très peu l'espèce majoritaire (35 %). La situation était encore plus marquée lors de la période d'étude précédente (1993) avec 27 % de *Vibrio alginolyticus* et 52 % de *Vibrio cholerae* NAg.

Au rejet de la centrale et à la prise d'eau, les pourcentages calculés sont proches de ceux obtenus sur la base des prélèvements hebdomadaires de la période 1991-1992.

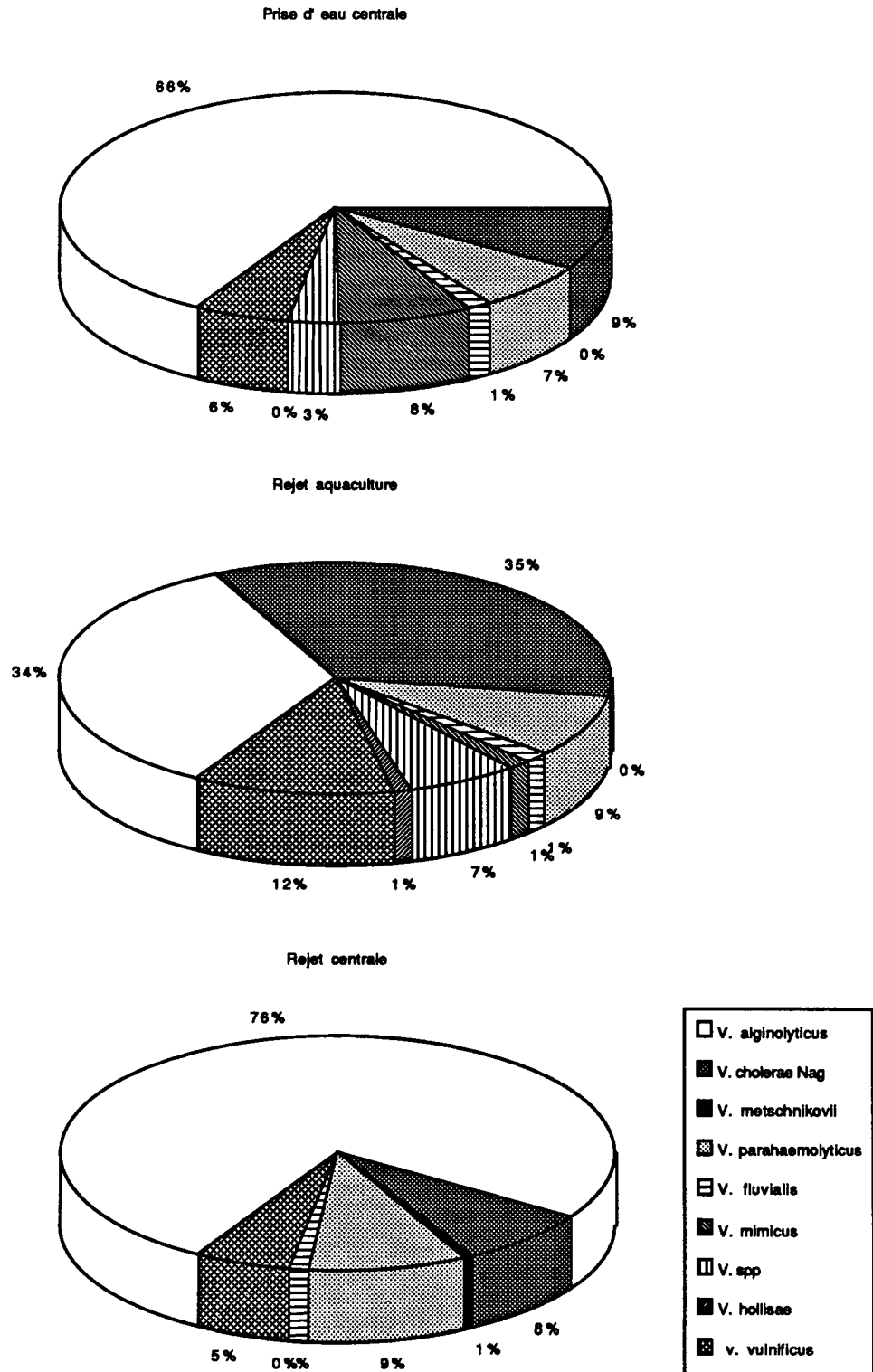


Fig. 3.10.: Pourcentages moyens des diverses espèces de vibrions (contrôle mensuel)

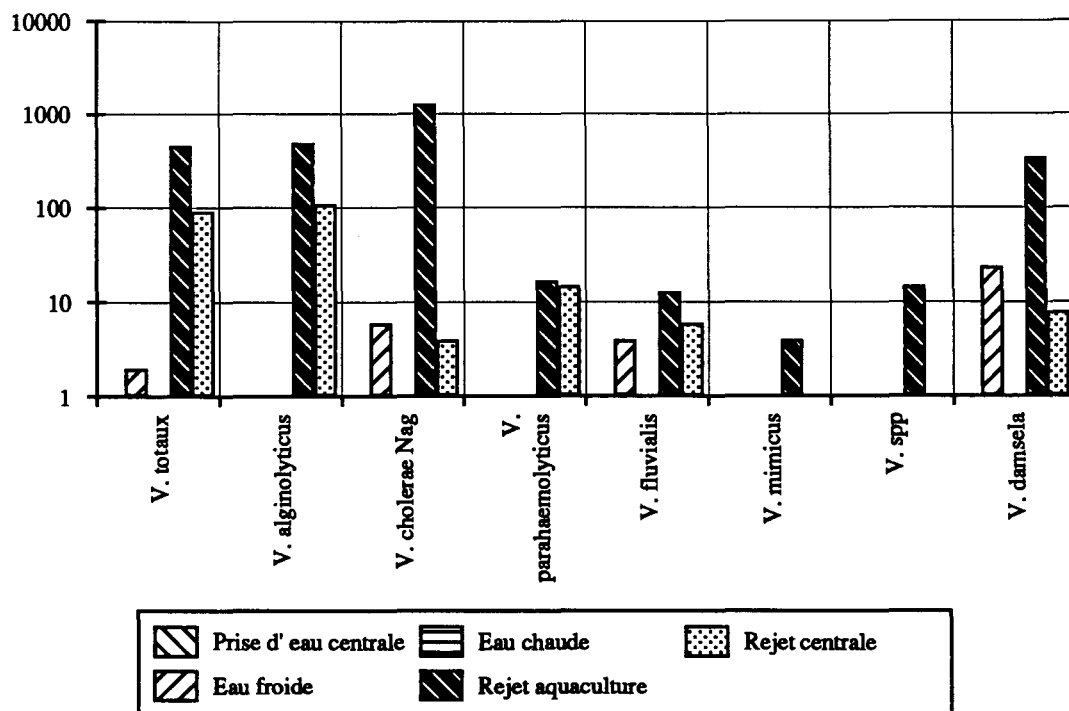


Fig. 3.11.: Facteurs de multiplication des diverses espèces de vibrions (contrôle mensuel)

La modification de la microflore observée est la traduction de la multiplication préférentielle de certaines espèces de vibrions dans la ferme aquacole comme *V. cholerae Nag* et *V. damsela*.

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 le plus important est celui du canal EdF compte tenu de son débit important. Ce n'est pas le cas pour les différentes espèces prises individuellement.

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.

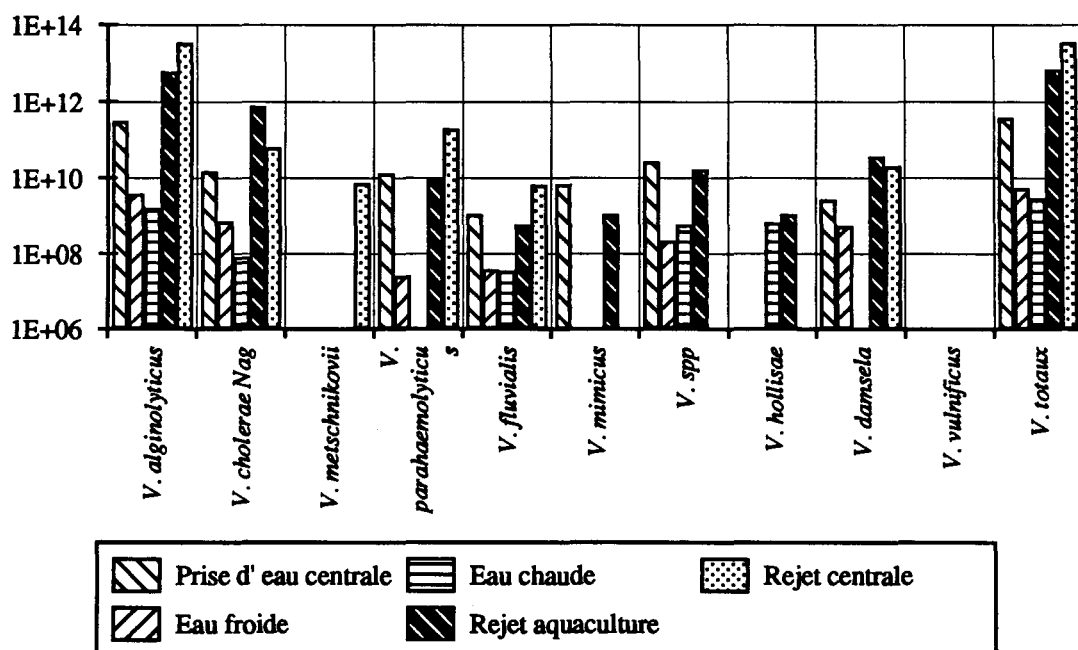


Fig. 3.12.: Flux par 24 heures des diverses espèces de vibrions (contrôle mensuel)

3.2.4.: Campagnes pélagiques

Les deux campagnes ayant été réalisées en période de chloration, le bromoforme est mis en évidence sur l'ensemble de la zone de travail. 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. Bien que les haloformes soient des produits très volatils, ils se conservent bien à l'intérieur de la masse d'eau, aux doses rencontrées, comme l'atteste leur présence au point Référence en l'absence d'échauffement mesurable. Une fraction de l'eau des points de référence prélevés est donc déjà passée par la centrale. Les prélèvements de 1995 seront réalisés plus au large.

Date	Point	Temp.	Vibrions 37°C (litre)						Haloformes			
		Surf.	Vibrions /l toutes espèces	<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. cholerae</i> NAG	<i>V. damsela</i>	<i>V. holisae</i>	<i>V. metschnikovii</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	CHCl ₂ Br (µg/l)	CHClBr ₂ (µg/l)	CHBr ₃ (µg/l)
(°C)												
23/6/94	Prise	16,5	560	260	300					-	0,03	1,1
	Rejet	26,9	7 000	2 000	5 000					-	0,49	15,5
	Contrôle	25,3	3 800		3 800					-	1,99	13,4
	Référence	15,7	300	40	50			110		-	-	0,7
27/09/94	Prise	15,8	90	60		10	20			-	0,05	1,1
	Rejet	25,7	70	40	30					0,03	0,54	26,2
	Contrôle	23,0	420	40	380					-	1,56	19,6
	Référence	15,9	200	30	40			110	20	-	0,03	1,7

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

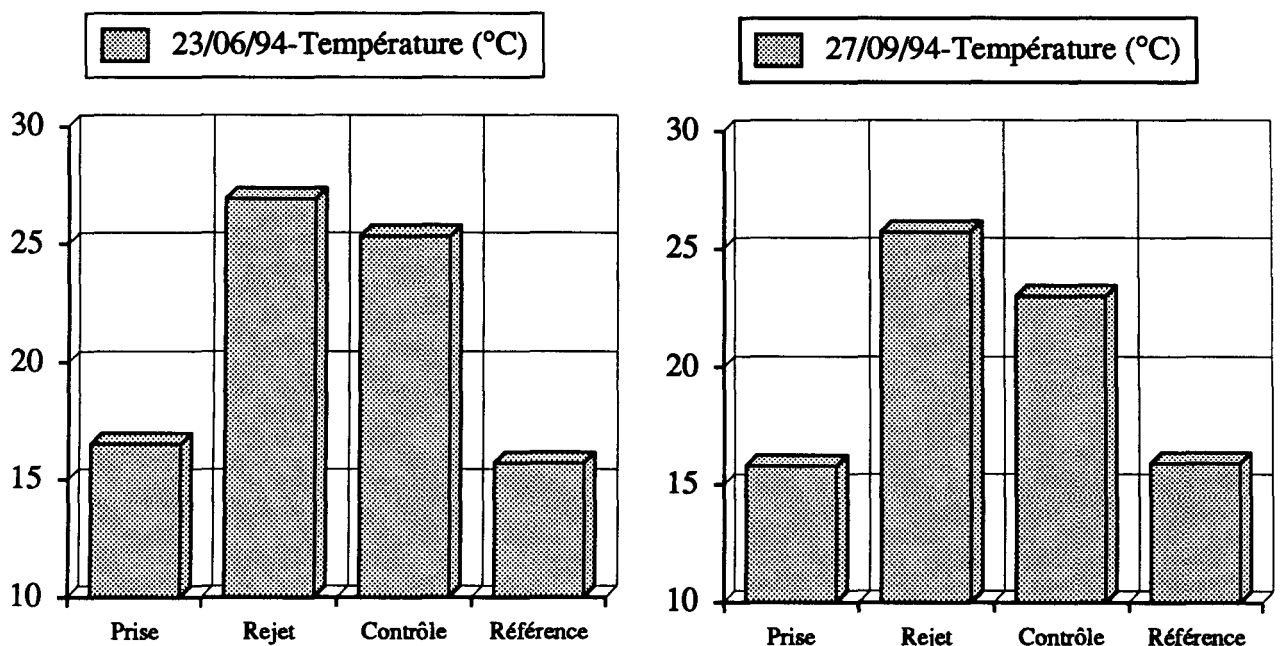


Fig.3.13. : Campagnes pélagiques - Températures

Les vibrions sont en concentration plus importante au point Contrôle que dans le milieu marin non concerné par le panache de rejet lors des deux campagnes pélagiques. En septembre, le prélèvement pour analyses n' a pas été réalisé à l' extrémité du canal comme habituellement, mais en amont .

La concentration en vibrions est faible en ce point où la chloration est encore efficace. La multiplication des vibrions n' intervient que plus tard quand le chlore a disparu dans la partie terminale du rejet et en mer alors que subsiste un échauffement suffisant.

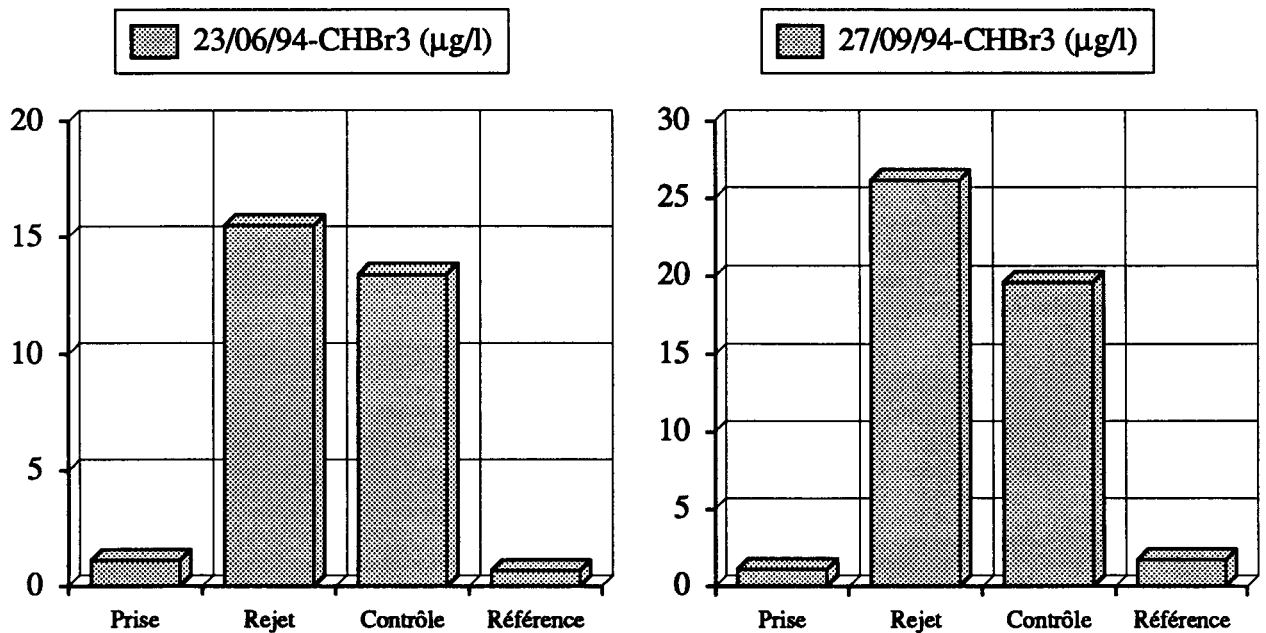


Fig.3.14. : Campagnes pélagiques -Bromoforme

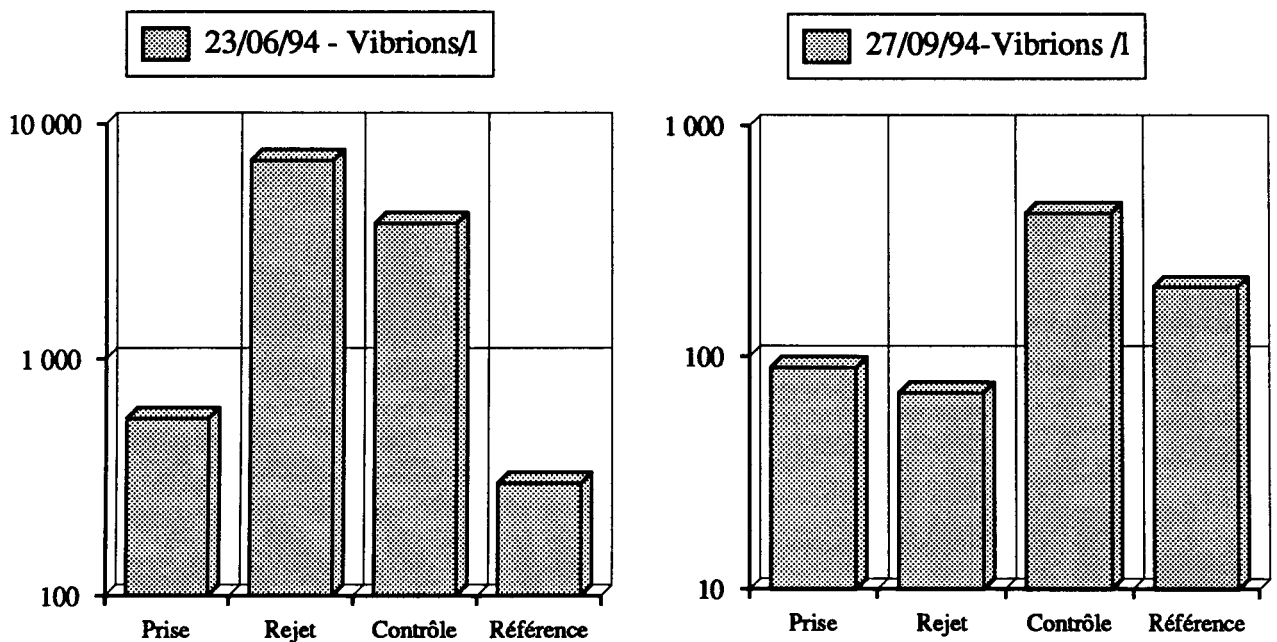


Fig.3.15. : Campagnes pélagiques - Vibrions

3.4. Conclusion

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

Les dosages des haloformes et, en particulier, du plus abondant d'entre eux, le bromoforme, permettent la détermination de la période de chloration, de l'étendue du panache de rejet et du taux de recirculation de l'eau de refroidissement (5,8 %). Malgré le développement industriel en cours du Port Ouest de Dunkerque, aucun solvant chloré volatil n'a été mis en évidence.

Le passage de l'eau dans l'ensemble constitué par la centrale électrique et les installations aquacoles entraîne une multiplication importante du nombre des vibrions (67 fois en moyenne géométrique).

La grande diversité des espèces de vibrions apparue depuis quelques années est pleinement confirmée en 1994. Les différentes espèces de vibrions mises en évidence profitent toutes des conditions du site pour se multiplier.

Parmi les vibrions, *Vibrio alginolyticus*, espèce auparavant seule mise en évidence sur le site, reste l'espèce majoritaire dans le rejet de la centrale. Le rôle important de l'aquaculture dans la modification de la microflore bactérienne est mis en évidence au travers de la mesure de son rejet dans le canal de la centrale.

Annexe

(tableaux hebdomadaires)

Date	Température	Vibrions 37°C	<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. anguillarum</i>	<i>V. cholerae</i> Nag	<i>V. damsela</i>	<i>V. fluvialis</i>	<i>V. harveyi</i>	<i>V. hollisae</i>	<i>V. metschnikovii</i>	<i>V. mimicus</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>V. vulnificus</i>	<i>V. spp.</i>
02/11/93	10,3	1	1											
08/11/93	10,8	2	2											
15/11/93	10,3	24	24											
23/11/93	8,2	1	1											
30/11/93	6,8	2	2											
06/12/93	8,3	1	1											
13/12/93	7,8	6	2				4							
21/12/93	7,9	20	10			10								
27/12/93	7,1	6	2				4							
03/01/94	8,1	12	12											
10/01/94	7,9	8	8											
18/01/94	7,2	6	1			4	1							
27/01/94	8,4	10	2						8					
31/01/94	7,8	18	8		10									
07/02/94	7,8	17	17											
14/02/94	5,4	0	0											
23/02/94	5,6	2	2											
28/02/94	7,2	0	0											
08/03/94	8,4	0	0											
15/03/94	8,4	16	6		6	4								
22/03/94	8,3	8	3		5									
28/03/94	8,9	17	2						15					
06/04/94	10,0	3	3											
12/04/94	9,0	7	3				4							
18/04/94	8,4	<1												
26/04/94	10,5	3	2		1									
02/05/94	11,6	1	1											
09/05/94	12,2	20	10		4							6		
16/05/94	13,8	48	44		2					2				
24/05/94	13,8	95	45		50									
30/05/94	13,1	4	1									3		
06/06/94	14,1	46	46											
15/06/94	14,8	4	4											
23/06/94	16,5	560	260		300									
27/06/94	17,2	32	12									20		
04/07/94	18,6	480	480											
11/07/94	18,8	800	700									100		
18/07/94	19,0	7 800	7 400			400								
25/07/94	20,3	1 200	900											300
01/08/94	20,8	4 400	2 800			1 600								
08/08/94	20,9	7 400	7 200											200
16/08/94	20,2	3 600	1 100		1 500	1 000								
22/08/94	19,3	1 800	1 000		800									
29/08/94	19,3	840	840											
05/09/94	19,0	3 500	500			1 100					1 900			
15/09/94	16,9	780	520											260
19/09/94	15,0	680	220		60				280			120		
27/09/94	15,8	90	60			10			20					
04/10/94	15,1	480				400				80				
11/10/94	14,8	50	30									20		
20/10/94	13,3	38	8		24	6								
26/10/94	14,3	48									44	4		

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

Date	Température	Vibrons 37°C	<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. anguillarum</i>	<i>V. cholerae</i> Nag	<i>V. damsela</i>	<i>V. fluvialis</i>	<i>V. harveyi</i>	<i>V. holisae</i>	<i>V. metschnikovii</i>	<i>V. mimicus</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>V. vulnificus</i>	<i>V. spp.</i>
02/11/93	20,0	1 900	1 900											
08/11/93	20,4	280	200		80									
15/11/93	16,5	780	780											
23/11/93	18,0	880	880											
30/11/93	17,0	260	140							120				
06/12/93	18,9	300	300											
13/12/93	17,6	370	330				40							
21/12/93	14,1	54	54											
27/12/93	15,1	200	40			160								
03/01/93	17,5	320	320											
10/01/93	17,6	120	120											
18/01/93	14,7	320	100			180	40							
27/01/94	16,0	310	170			50				10		80		
31/01/94	13,5	1 600	1 000		600									
07/02/94	17,4	480	440			40								
14/02/94	15,1	80	40			40								
23/02/94	15,4	20	12		4	2			2					
28/02/94	17,8	30	30											
08/03/94	17,4	3	3											
15/03/94	18,7	220	20		120	80								
22/03/94	18,0	50	10				20			20				
28/03/94	18,8	840	840											
06/04/94	19,1	48	48											
12/04/94	-	200	10				110				80			
18/04/94	15,7	900	420		220					60		200		
26/04/94	17,3	64	30		4							30		
02/05/94	16,8	78	58		2							18		
09/05/94	19,7	1 600	1 100		300		100					100		
16/05/94	20,1	3 800	2 800		1 000									
24/05/94	21,8	6 800	1 400		3 400		2 000							
30/05/94	19,8	4 600	4 600											
06/06/94	24,1	25 000	25 000											
15/06/94	23,6	100 000	70 000		30 000									
23/06/94	26,9	7 000	2 000		5 000									
27/06/94	27,3	14 000	14 000											
04/07/94	26,1	180 000	150 000									30 000		
11/07/94	28,4	35 000	35 000											
18/07/94	28,3	200 000	140 000		60 000									
25/07/94	29,3	700 000	300 000		100 000									300 000
01/08/94	28,9	2 800 000	2 100 000		300 000							100 000		300 000
08/08/94	29,5	370 000	370 000											
16/08/94	28,1	230 000	130 000		100 000									
22/08/94	29,2	30 000	30 000											
29/08/94	27,8	320 000	280 000											40 000
05/09/94	27,5	350 000	70 000		280 000									
15/09/94	26,2	160 000	160 000											
19/09/94	22,4	3 900	3 700									200		
27/09/94	25,7	420	40		380									
04/10/94	22,3	8 000	8 000											
11/10/94	24,8	40 000	30 000									10 000		
20/10/94	21,4	23 000	8 000		3 000									12 000
26/10/94	22,4	2 000	2 000											

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

Date	PRISE			REJET			
	C H Cl2 Br (µg/l)	C H Cl Br2 (µg/l)	C H Br3 (µg/l)	Chlore tot (mg/l)	C H Cl2 Br (µg/l)	C H Cl Br2 (µg/l)	C H Br3 (µg/l)
Seuils	0,02	0,02	0,05	0,03	0,02	0,02	0,05
02/11/93	-	-	0,2	-	-	1,18	20,1
08/11/93	-	-	0,4	-	-	1,99	28,2
15/11/93	-	-	0,4	0,08	-	0,72	8,7
23/11/93	-	-	0,4	-	-	0,26	3,5
30/11/93	-	-	-	-	-	-	0,4
06/12/93	-	-	-	-	-	-	-
13/12/93	-	-	-	-	-	-	-
21/12/93	-	0,08	-	-	-	-	-
27/12/93	-	-	-	-	-	-	-
03/01/94	-	-	-	-	-	-	-
10/01/94	-	-	-	-	-	0,13	-
18/01/94	-	-	-	-	-	-	-
27/01/94	-	-	-	-	-	-	-
31/01/94	-	-	-	-	-	-	-
07/02/94	-	-	-	-	0,08	-	0,4
14/02/94	-	-	-	-	-	-	0,2
23/02/94	-	-	-	-	-	-	0,4
28/02/94	-	-	-	-	-	-	-
08/03/94	-	-	-	-	-	-	0,3
15/03/94	-	-	-	-	-	-	-
22/03/94	-	-	0,2	-	-	-	-
28/03/94	-	-	0,2	-	-	0,11	2,9
06/04/94	-	-	0,2	-	-	0,14	5,0
12/04/94	-	-	0,3	-	-	-	0,7
18/04/94	-	-	0,6	0,03	-	0,06	1,5
26/04/94	-	-	0,6	-	-	0,23	7,1
02/05/94	-	0,02	0,9	-	0,02	0,67	20,4
09/05/94	-	0,07	4,4	0,03	0,03	0,75	37,3
16/05/94	-	0,06	3,0	-	-	0,71	32,9
24/05/94	-	0,04	2,6	0,03	0,09	0,55	21,5
30/05/94	-	0,23	0,7	-	0,04	1,02	32,9
06/06/94	-	0,05	1,9	0,1	0,15	0,03	19,5
15/06/94	-	-	0,5	-	0,07	0,45	15,9
23/06/94	-	0,03	1,1	-	0,02	0,49	15,5
27/06/94	-	0,03	1,0	-	0,08	0,29	9,9
04/07/94	0,04	0,08	2,9	-	0,15	0,61	29,6
11/07/94	0,02	0,04	2,1	-	0,03	0,61	20,7
18/07/94	-	-	1,2	-	0,16	0,99	42,4
25/07/94	-	0,05	1,5	-	0,03	0,37	31,1
01/08/94	0,03	0,05	2,1	-	0,21	0,04	36,3
08/08/94	-	-	-	-	0,03	0,41	23,3
16/08/94	0,02	-	0,8	-	0,03	0,67	28,3
22/08/94	-	0,36	2,0	-	0,04	0,60	23,6
29/08/94	-	-	2,0	-	-	0,07	22,5
05/09/94	-	0,05	0,6	-	0,04	0,83	30,9
15/09/94	-	-	1,1	-	-	0,14	16,6
19/09/94	-	0,03	0,8	-	0,02	0,09	26,0
27/09/94	-	0,05	1,1	-	0,03	0,54	26,1
04/10/94	-	0,06	1,8	0,03	0,05	0,20	8,0
11/10/94	-	-	0,9	-	0,03	0,77	30,9
20/10/94	-	0,08	1,3	-	-	0,05	10,4
26/10/94	-	0,00	1,2	-	0,03	0,04	19,1

Tab.A.3. : Chlore résiduel et haloformes

Année	Date	Production hebdomadaire (GWh)	Débit eau de mer (m3/sec.)	Température à la Prise (°C)	Echauffement calculé du Rejet (°C)	Echauffement mesuré (°C)
1993	02/11/93	741 184	240	10,3	8,8	9,7
	08/11/93	896 188	240	10,8	10,6	9,6
	15/11/93	892 171	240	10,3	10,6	6,2
	23/11/93	881 136	240	8,2	10,4	9,8
	30/11/93	869 790	240	6,8	10,3	10,2
	06/12/93	808 053	236	8,3	9,7	10,6
	13/12/93	836 428	240	7,8	9,9	9,8
	21/12/93	800 275	240	7,9	9,5	6,2
	27/12/93	807 654	240	7,1	9,6	8,0
1994	03/01/94	856 673	240	8,1	10,2	9,4
	10/01/94	848 828	239	7,9	10,1	9,7
	18/01/94	691 382	224	7,2	8,8	7,5
	27/01/94	723 395	234	8,4	8,8	7,6
	31/01/94	795 985	234	7,8	9,7	5,7
	07/02/94	692 681	200	7,8	9,9	9,6
	14/02/94	722 795	200	5,4	10,3	9,7
	23/02/94	721 994	200	5,6	10,3	9,8
	28/02/94	701 581	200	7,2	10,0	10,6
	08/03/94	653 834	195	8,4	9,5	9,0
	15/03/94	585 103	160	8,4	10,4	10,3
	22/03/94	579 270	160	8,3	10,3	9,7
	28/03/94	563 378	160	8,9	10,0	9,9
	06/04/94	536 280	160	10,0	9,5	9,1
	12/04/94	580 610	169	9,0	9,8	-
	18/04/94	571 781	196	8,4	8,3	7,3
	26/04/94	502 362	232	10,5	6,2	6,8
	02/05/94	483 600	232	11,6	5,9	5,2
	09/05/94	565 731	236	12,2	6,8	7,5
	16/05/94	650 475	240	13,8	7,7	6,3
	24/05/94	597 459	240	13,8	7,1	8,0
	30/05/94	628 536	209	13,1	8,6	6,7
	06/06/94	675 442	200	14,1	9,6	10,0
	15/06/94	582 032	196	14,8	8,5	8,8
	23/06/94	548 218	162	16,5	9,6	10,4
	27/06/94	530 810	186	17,2	8,1	10,1
	04/07/94	554 025	200	18,6	7,9	7,5
	11/07/94	598 662	200	18,8	8,5	9,6
	18/07/94	698 911	220	19,0	9,0	9,3
	25/07/94	697 189	238	20,3	8,3	9,0
	01/08/94	536 667	233	20,8	6,6	8,1
	08/08/94	602 750	235	20,9	7,3	8,6
	16/08/94	604 969	201	20,2	8,6	7,9
	22/08/94	670 902	200	19,3	9,5	9,9
	29/08/94	664 757	200	19,3	9,5	8,5
	05/09/94	563 885	194	19,0	8,3	8,5
	15/09/94	516 936	187	16,9	7,9	9,3
	19/09/94	527 304	199	15,0	7,5	7,4
	02/10/94	533 665	200	15,8	7,6	9,9
	04/10/94	710 132	200	15,1	10,1	7,2
	11/10/94	737 002	217	14,8	9,7	10,0
	20/10/94	730 673	240	13,3	8,7	8,1
	26/10/94	749 549	240	14,3	8,9	8,1
	moyenne	669 636	212,77	12,37	8,98	8,66

Tab.A.4. : Fonctionnement de la centrale EdF de Gravelines

VIBRIONS -Bibliographie

I Introduction

Dans la flore bactérienne des eaux marines, les vibrions halophiles forment un groupe autochtone de germes potentiellement pathogènes.

A la différence des pathogènes d'origine terrestre, voués à une disparition plus ou moins rapide dans le milieu marin, les vibrions sont parfaitement adaptés à celui-ci et peuvent s'y multiplier.

L'abondance de ces vibrions étant en relation avec la température, il a semblé utile d'examiner l'éventualité d'un envahissement du milieu marin par ces germes suite au réchauffement des eaux sur le site de Gravelines par une centrale électrique (5400 MW).

II Historique

Les premières descriptions de vibrions remontent à 1893 lors de l'épidémie de choléra à Alexandrie où Koch isola une bactérie des selles de plusieurs malades : *Vibrio comma*, le vibron cholérique.

En 1950 que Fugino décrit une autre maladie due à un vibron : recherchant la cause d'une intoxication alimentaire fatale par du frai de sardine fermenté, il isole une bactérie halophile qu'il appelle *Pasteurella parahaemolytica*. En 1959, dans un cas semblable (intoxication alimentaire par du poisson avarié) Miyamoto et al. décrivent *Oceanomonas alginolytica*.

A la suite de nombreuses observations, Sakazaki et al proposent en 1968 de distinguer deux espèces : *Vibrio parahaemolyticus* et *Vibrio alginolyticus*, la première espèce étant seule considérée comme entéropathogène.

Depuis, la classification des vibrions est en constante évolution, le nombre total d'espèces décrites est actuellement de 31 espèces. (l'édition 1984 du Bergey's Manual en distingue 20 espèces). Pour notre part, dans un souci de standardisation avec d'autres laboratoires nous utilisons les identifications du système API avec les galeries d'identification API 20E qui distingue 9 espèces cultivables à 37 °C (ces neuf espèces sont actuellement présentes sur le site de Gravelines). Les souches incapables de se développer à 37°C, donc à priori incapables de provoquer une pathologie humaine, ne sont pas prises en compte dans notre étude de surveillance.

III Pouvoir pathogène

III -A Pouvoir pathogène envers l'homme

Parmi les espèces pathogènes principales, on peut citer plus particulièrement :

- *V. cholerae* et son biotype *V. cholerae* El Tor, agents du choléra sont responsables de grandes épidémies à travers le monde Depuis 1980 plus de 80 cas ont été recensés en France par le centre de Référence Nationale du vibron de L'Institut Pasteur de Paris (des voyages à l'étranger semblent à l'origine de la totalité des cas observés).

Les formes de *Vibrio cholerae* non agglutinées par le sérum OM1 sont de plus en plus souvent décrites dans l'environnement, en France (bassin d'Arcachon, Marchand-1984), Angleterre (Kent, Bashford-1979), Allemagne (Mer baltique, Muller-1977), Etats-Unis (Chesapeake Bay, Kaper-1979). L'isolement fréquent de *V. cholerae* non agglutinables est lié à une augmentation sensible de cas de septicémies, méningo-encéphalites et diarrhées pseudocholérique selon Kaper (1979) et Colwell (1977).

Néanmoins de véritables épidémies ayant pour agent *Vibrio cholerae* non agglutinable par les sérums anti O1 ont été décrites récemment; il s'agit d'un nouveau sérotype dénommé O 139 Bengal* pour lequel aucun sérum de diagnostic n'est actuellement commercialisé. Le nombre total de sérogroupes de *Vibrio Cholerae* décrits est actuellement de 155*.

- *Vibrio parahaemolyticus* : Pour des raisons inconnues les souches découvertes en Europe et aux Etats-Unis ne semblent pas avoir actuellement un pouvoir épidémique aussi marqué qu'au Japon (24 % des intoxications alimentaires selon Zen-Yoji-1973). On trouve cependant de nombreux exemples de gastro-entérites aux Etats-Unis (Barker-1974, Lawrence-1979) et quelques cas en France (Boudon-1973); c'est le vibron le plus souvent rencontré dans les intoxications alimentaires causées par des fruits de mer.

- *Vibrio alginolyticus* : Cette espèce très fréquente dans les eaux côtières ne semblent pas être pathogène en règle générale. On la retrouve impliquée dans des complications de blessures (infections de plaies, pus d'otites, septicémies après brûlures, bronchites) (Hansen-1979, Merrel-1984).

- *Vibrio vulnificus* : Des septicémies suivant de quelques jours la consommation de fruits de mer crus ont été décrites par Blake-1980). Des cas de lésions superficielles ont été décrits (Jonhston-1983) ainsi qu'un cas de pneumopathie (Kelly-1982) et d' endométrite (Tison-1982) suite à des baignades en mer.

- *Vibrio damsela* peut causer des infections généralisées chez l'homme (Clarridge-1985).

- *Vibrio fluvialis* et *Vibrio hollisae* ont été impliqués dans des gastro-entérites liées à des consommations de produits de la mer (Brenner-1983, Hickman-1982).

- *Vibrio metschnikovii* est décrit comme responsable de cas de péritonites et de bactériémies (Jean Jacques-1981).

Le pouvoir pathogène des vibrions est dans une grande mesure indépendant de la notion d'espèce et, indépendamment des caractères biochimiques, semble lié à deux propriétés principales (Dodin-1984) :

- le facteur d'attachement aux cellules des parois de l'intestin. Les germes qui ne possèdent pas de facteur d'attachement de type cholérique sont qualifiés de Nag (non agglutinés par le sérum OM1).

- la sécrétion de toxines du type cholérique ou d'un autre type (tétradotoxine observée au Japon pour certaines souches de *V. alginolyticus* (Noguchi-1987)).

Les vibrions ne semblent pas avoir de propriétés entéro-invasives, les septicémies et pus observés sont toujours des complications de blessures ou d'otites après contact avec le milieu marin.

III-B-Pouvoir pathogène envers la faune marine

Dans le milieu naturel, les vibrions sont souvent décrits dans leur association avec les copépodes et les crevettes (Vanderzant-1970, Sochard-1979, Hucq-1983). Le caractère chitinolytique des souches bactériennes est évoqué au travers de relations de parasitisme.

Avec la mise en place des élevages en domaine maritime, une pathologie infectieuse d'origine bactérienne est apparue et les vibrions y jouent le plus grand rôle.

Pour des raisons historiques, la maladie la plus étudiée est la vibriose (septicémie hémorragique) à *Vibrio anguillarum*. En effet, elle a particulièrement touché les débuts de l'élevage en eaux marines et estuariennes de truites arc-en-ciel et de saumons. De nombreuses ambiguïtés existent cependant dans la littérature sur la définition de l'espèce en termes de caractères biochimiques.

Vibrio anguillarum est également pathogène pour les autres élevages : bar, sole, turbot, et daurade (Vigneulle-1984). La vibriose se déclare généralement en eaux froides (moins de 11°C) suite à un stress du poisson (Roberts-1979).

Vibrio ordalii, distingué ultérieurement de *Vibrio anguillarum* est également agent de vibriose (Schiewe-1981).

Un autre type d'infection souvent rencontré se manifeste sous la forme d'attaques tégumentaires (ulcères ou lésions hémorragiques). Love décrit *V. damsela* à cette occasion en 1981.

De Kinkelin (1985) cite également comme impliqués dans la pathologie des poissons :

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| - <i>V. alginolyticus</i> , | <i>V. parahaemolyticus</i> , |
| - <i>V. vulnificus</i> , | - <i>V. fluvialis</i> . |

De la même façon qu'en pathologie humaine, le pouvoir infectieux est lié à la présence d'un facteur d'attachement et à la synthèse de toxines chez les souches bactériennes.

Le système immunitaire des poissons étant mal connu, il semble cependant que les conditions d'élevage jouent un grand rôle dans le déclenchement des maladies. Parmi ces conditions, on peut citer: la qualité du milieu (salinité, température, matières en suspension, saturation gazeuse ...), les conditions d'élevages (densité, alimentation ...) et l'intégrité physique des poissons (blessures dues aux manipulations, au cannibalisme, aux parois du bassin...). Les problèmes de pathologie piscicoles peuvent n'apparaître qu'après plusieurs années d'élevages avec la modification progressive de la microflore et le développement de la résistance aux antibiotiques.

* : "A new Pandemic Strain of Cholera: Laboratory Diagnosis of *Vibrio cholerae* O139 Bengal" - By G. Balakrish Nair, Surabhi Garg, Asih K; Mukhopadhyay, Toshio Shimada, Yoshifumi Takeda.- *LabMedica international* -May/June 1994. pp - 8 ,11.

(La bibliographie complète de ce texte est détaillée dans l'édition d'avril 1990 du Rapport de Surveillance du Site de Gravelines (nov 1988-oct 1989 -pages 25 à 27)

CHAPITRE IV

PHYTOPLANCTON ET BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE

Benoist HITIER et Pascale HEBERT

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

- Un prélèvement d'eau hebdomadaire au canal d'amenée a pour objet de voir les variations de la biomasse chlorophyllienne et de dénombrer les espèces phytoplanctoniques tout au long de l'année. Il situe chronologiquement les deux campagnes de prélèvements hydrologiques en fonction des pics de chlorophylle et de l'efflorescence de *Phaeocystis globosa*, espèce planctonique responsable d'eaux turbides et d'écumes qui gênent les filtrations.
- Comme pour tous les paramètres hydrologiques, il y a eu deux campagnes de prélèvement les 23 juin et 27 septembre. Elles ont pour objet de comparer trois stations (amenée, rejet et contrôle) à un point de référence situé en dehors de l'impact du rejet de la centrale.

I. SURVEILLANCE HEBDOMADAIRE AU CANAL D'AMENEE.

a. Biomasse chlorophyllienne.

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

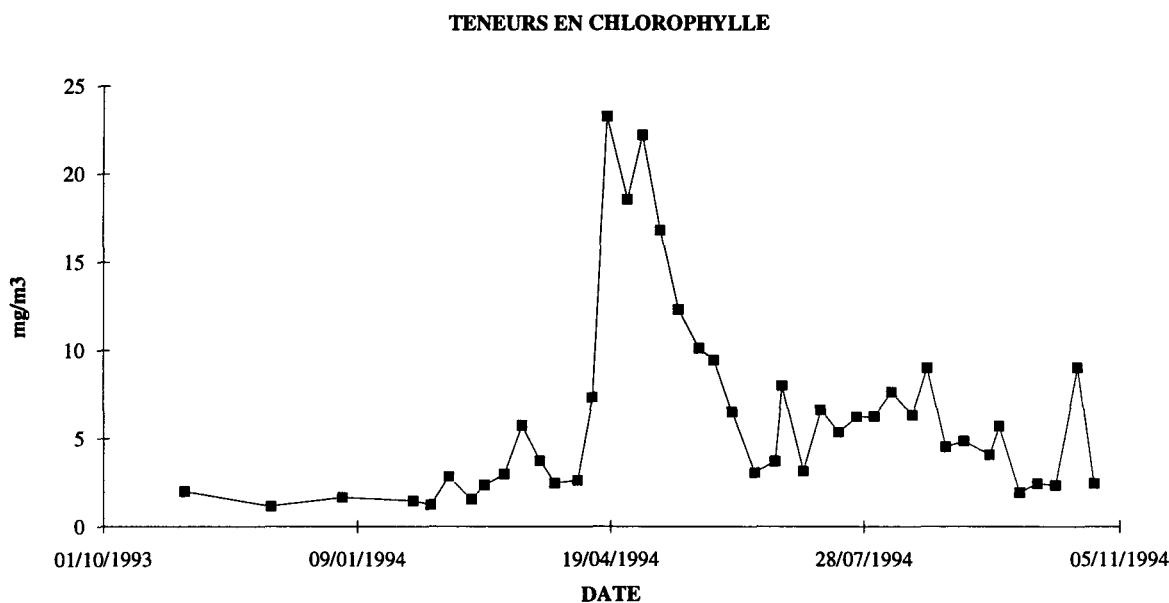


figure 4.1. : teneurs en chlorophylle

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

La floraison printanière s'amorce fin février avec une valeur proche de 3 mg/m³ pour culminer le 18 avril avec une valeur de 23 mg/m³. Cette valeur est beaucoup plus faible qu'en 1993 où la valeur maximale a été de 34 mg/m³, mais semblable à celle de 1992 et sensiblement inférieure à celle de 1991 (28 mg/m³).

Les teneurs diminuent ensuite progressivement pendant le reste du printemps jusqu'à des valeurs approchant 3 mg/m^3 au cours de la deuxième quinzaine du mois de juin.

La production chlorophyllienne remonte régulièrement pendant l'été jusqu'à atteindre un maximum de 9 mg/m^3 le 16 août.

Les valeurs s'affaiblissent ensuite à l'exception d'une valeur importante de 9 mg/m^3 le 20 octobre.

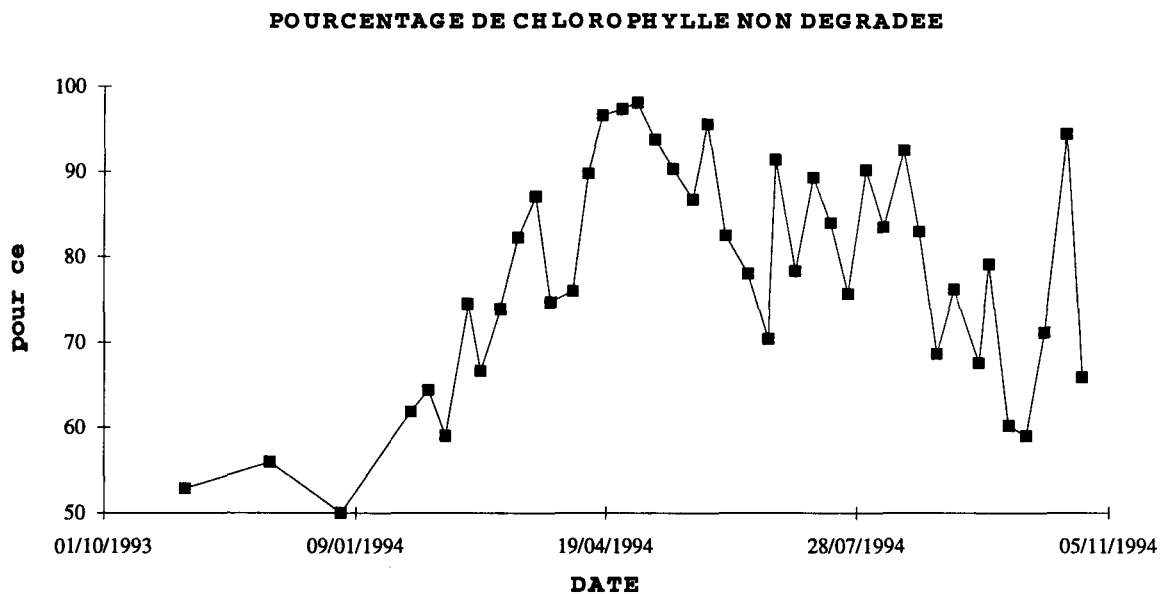


figure 4.2 : indice de dégradation de la chlorophylle

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

Jusqu'à la fin du mois de janvier le pourcentage de chlorophylle non dégradée est compris entre 50 et 60%. Ensuite, l'indice de dégradation voit sa valeur augmenter progressivement pour culminer au-dessus de 90% pendant un mois du 18 avril au 16 mai.

Elles descendent légèrement ensuite puis oscillent entre 75 et 90 % jusqu'au 22 août. A partir de cette date les pourcentages diminuent en dent de scie et atteignent 60% le 27 septembre. Le 20 octobre le pourcentage de chlorophylle non dégradée passe par un pic à 94 %. Ce pic coïncide à celui de la teneur en chlorophylle observée le même jour.

b. Succession des espèces planctoniques.

Nous allons maintenant nous intéresser à la composition du phytoplancton.

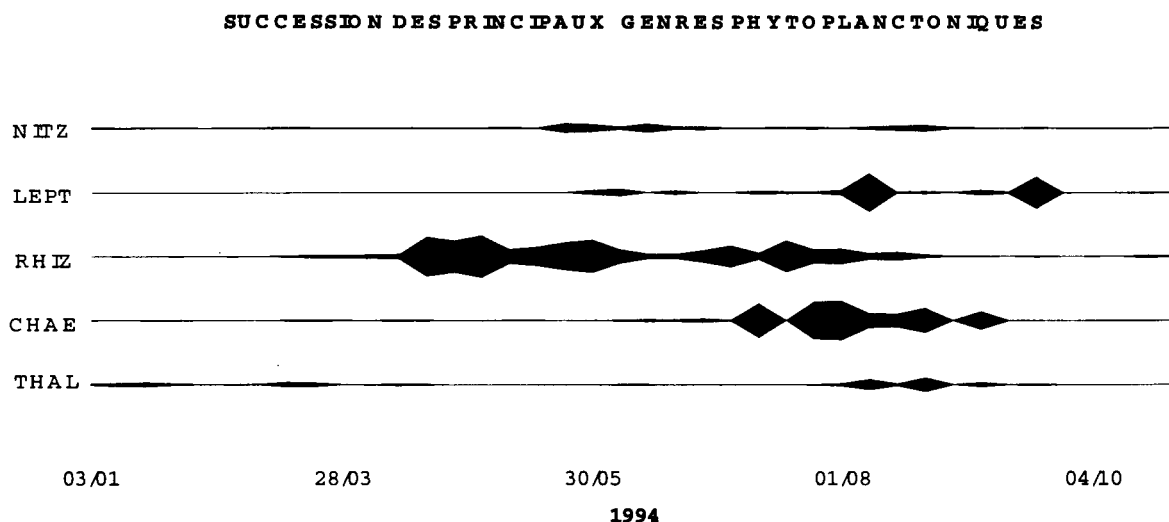


figure 4.3 : densité de quelques genres phytoplanctoniques

L'hiver est peu propice à la croissance du phytoplancton. La période hivernale est dominée par *Melosira sulcata* et *Thalassiosira*. *Phaeocystis* est présent à la fin du mois d'avril et pendant le mois de mai. Il représente 85% de la biomasse. Il réapparaît au mois de juin. C'est à cette époque que l'on trouve aussi *Nitzschia* et *Rhizosolenia delicatula*.

Pendant l'été les espèces dominantes sont : *Chaetoceros curvisetus*, *Rhizosolenia (shrubsolei et stolterfortii)*. Des dinophyceae et des Noctilucaceae sont aussi présents. *Dinophysis acuminata* fait une apparition le 16 août. Cette espèce planctonique est potentiellement dangereuse pour l'homme lorsqu'il mange des moules infestées. Toutefois le nombre d'individus trouvés (100/litre) est inférieur au seuil de toxicité.

Phaeocystis est de nouveau présent le 20 octobre.

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

14/02/94	<i>Nitzschia</i>
15/03/94	<i>Nitzschia et Thalassiosira</i>
18/04/94	<i>Thalassiosira et Phaeocystis</i>
02/05/94	<i>Thalassiosira</i>
26/06/94	<i>Chaetoceros et Phaeocystis</i>
08/08/94	<i>Leptocylindrus, Thalassiosira et Chaetoceros</i>
28/08/94	<i>Nitzschia et Rhizosolenia</i>
19/09/94	<i>Leptocylindrus</i>
20/10/94	<i>Phaeocystis</i>

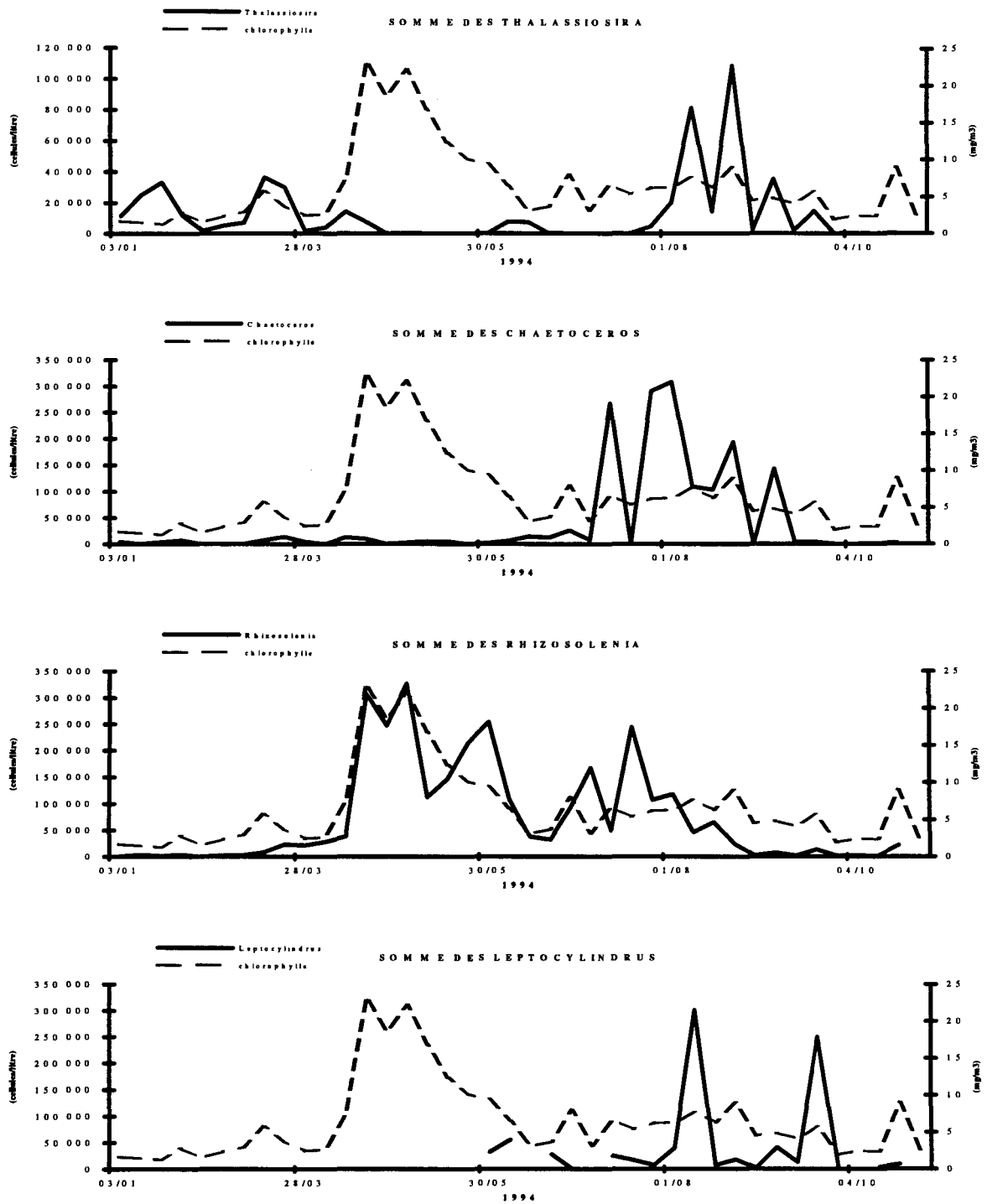


figure 4.4 : Teneurs en chlorophylle et succession d'espèces phytoplanctoniques.

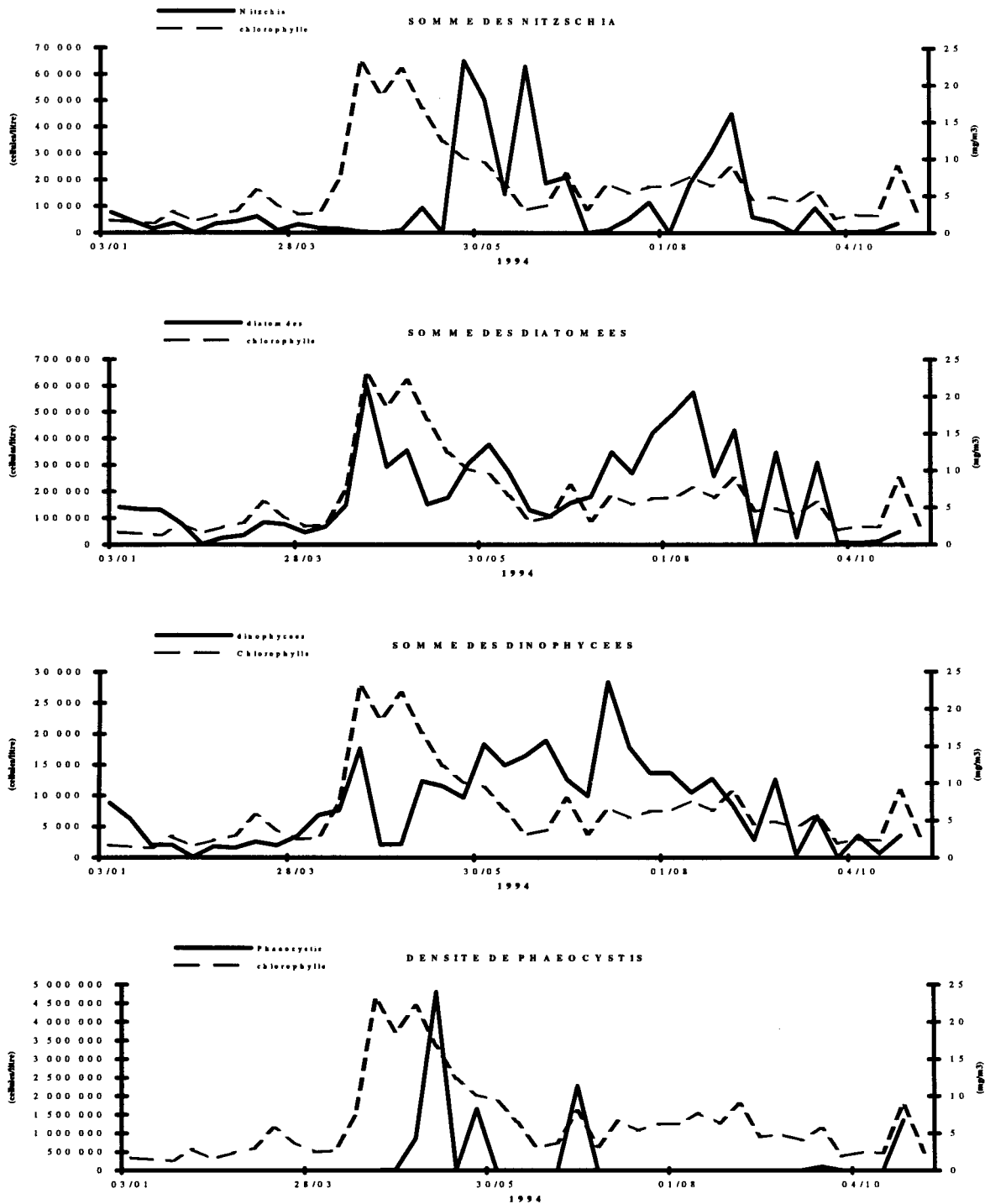


figure 4.5 : Teneurs en chlorophylle et succession d'espèces phytoplanctoniques.

n° prélèvement	DATES	CHLOROPHYLLE mg/m ³	% CHLOROPHYLLE non dégradée
44/93	02/11/1993	2.01	52.88
49/93	06/12/1993	1.17	55.94
1	03/01/1994	1.67	50.00
5	31/01/1994	1.49	61.87
6	07/02/1994	1.27	64.40
7	14/02/1994	2.83	59.00
8	23/02/1994	1.55	74.45
9	28/02/1994	2.35	66.62
10	08/03/1994	2.97	73.89
11	15/03/1994	5.74	82.23
12	22/03/1994	3.74	87.07
13	28/03/1994	2.48	74.69
14	06/04/1994	2.64	75.97
15	12/04/1994	7.34	89.78
16	18/04/1994	23.27	96.57
17	26/04/1994	18.54	97.32
18	02/05/1994	22.21	98.07
19	09/05/1994	16.80	93.72
20	16/05/1994	12.31	90.33
21	24/05/1994	10.13	86.75
22	30/05/1994	9.46	95.54
23	06/06/1994	6.53	82.51
24	15/06/1994	3.05	78.01
25	23/06/1994	3.72	70.39
26	26/06/1994	7.99	91.39
27	04/07/1994	3.16	78.32
28	11/07/1994	6.63	89.31
29	18/07/1994	5.36	83.98
30	25/07/1994	6.22	75.68
31	01/08/1994	6.25	90.16
32	08/08/1994	7.64	83.50
33	16/08/1994	6.32	92.47
34	22/08/1994	8.99	82.97
35	29/08/1994	4.50	68.61
36	05/09/1994	4.84	76.18
37	15/09/1994	4.08	67.57
38	19/09/1994	5.70	79.11
39	27/09/1994	1.95	60.21
40	04/10/1994	2.46	59.00
41	11/10/1994	2.35	71.18
42	20/10/1994	9.01	94.41
43	26/10/1994	2.44	65.88

tableau 4.1 : teneurs en chlorophylle

II. IMPACT DE LA CENTRALE : CAMPAGNES DU 23 JUIN ET DU 27 SEPTEMBRE

Les figures 4.1 et 4.2 permettent de situer les deux campagnes de prélèvement sur les courbes d'évolution de la biomasse chlorophyllienne.

La campagne du 23 juin est située dans la période de la fin du printemps où les teneurs en chlorophylle sont faibles à l'amorce de la reprise estivale. L'indice de dégradation indique l'état physiologique des pigments chlorophylliens et de leur aptitude à se régénérer. Le 23 juin correspond à un minimum dans la période allant du 28 février au 27 septembre. C'est justement le jour choisi pour la deuxième campagne de prélèvement.

Le 27 septembre est situé dans une période où la teneur en chlorophylle est à un niveau très bas et où la qualité des pigments chlorophylliens est très mauvaise.

a. Teneurs en chlorophylle

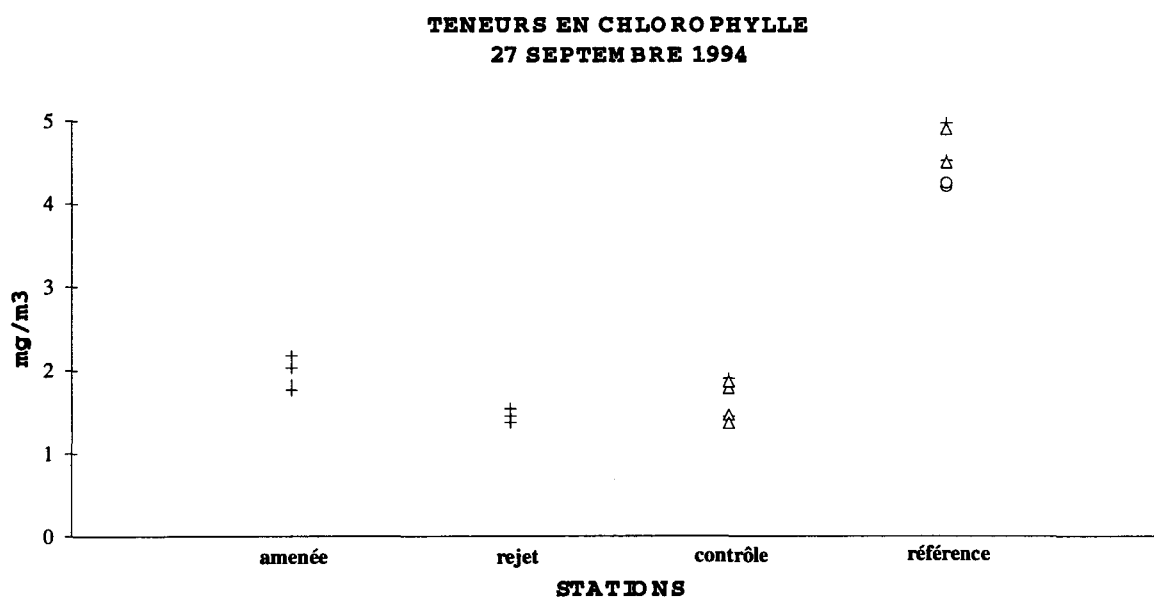
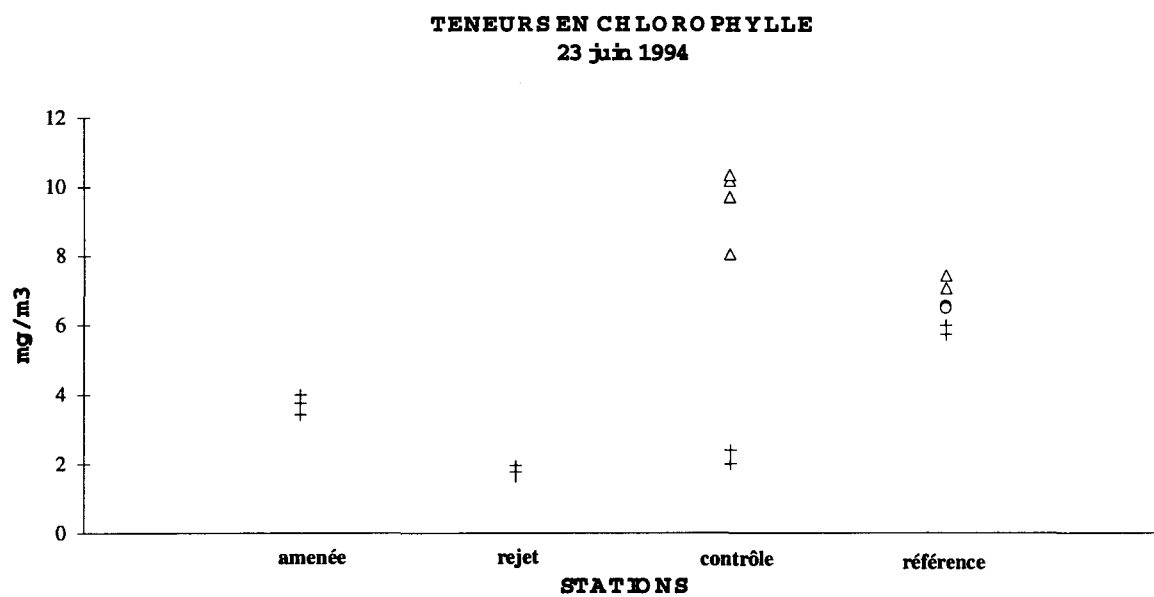
	station	nombre d'échantillons	moyenne	écart-type
23 juin 1994	canal d'aménée	4	3.72	0.24
	rejet	4	1.84	0.15
	contrôle surface	4	2.14	0.19
	contrôle fond	4	9.59	1.05
	référence surface	2	5.88	0.18
	référence milieu	2	6.52	0.04
	référence fond	2	7.26	0.26
27 septembre 1994	canal d'aménée	4	1.95	0.19
	rejet	4	1.45	0.07
	contrôle surface	4	1.66	0.24
	contrôle fond	4	1.63	0.24
	référence surface	2	4.76	0.32
	référence milieu	2	4.23	0.03
	référence fond	2	4.71	0.29

tableau 4.2 : Teneurs en chlorophylle (mg/m^3)

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

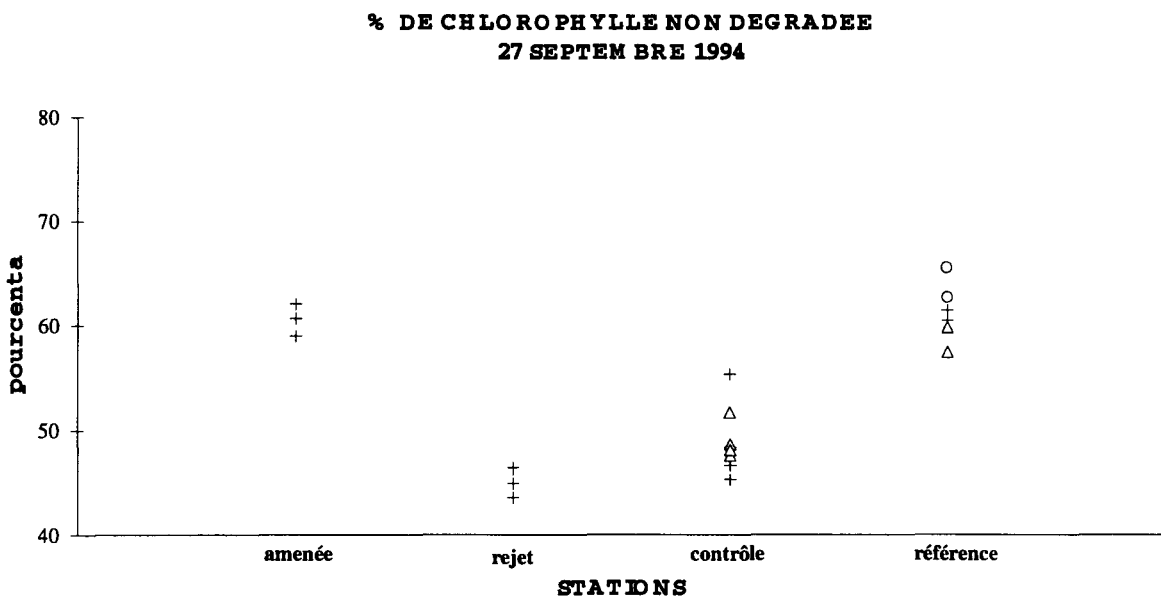
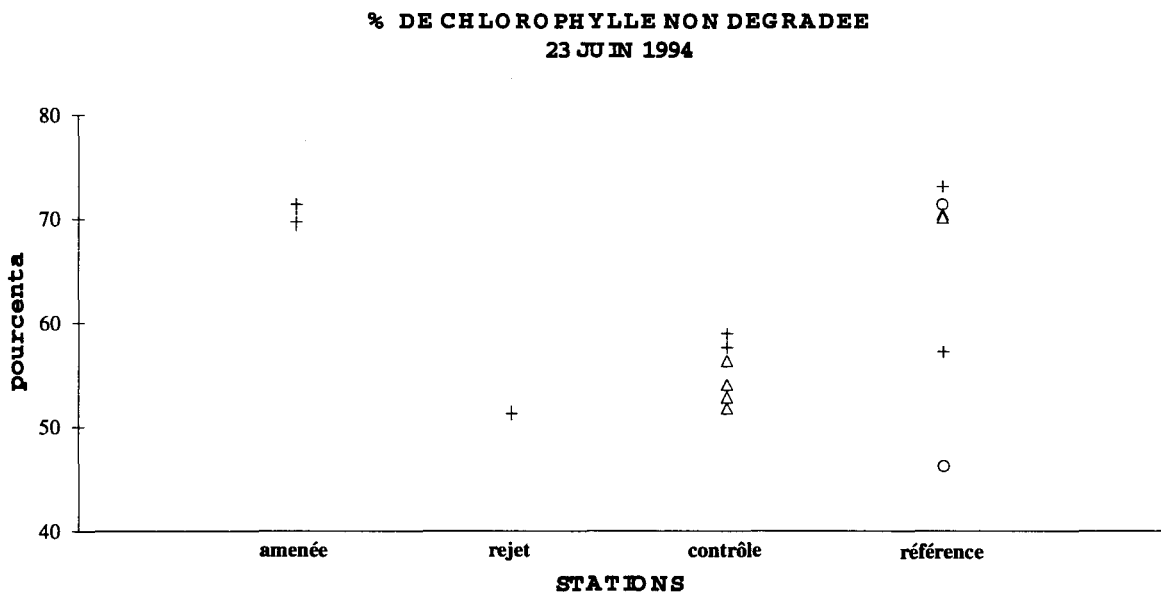
L'impact du passage de la masse d'eau dans la centrale est bien visible puisque les teneurs en chlorophylle au point de rejet sont égales à 50% de celles constatées au canal d'aménée. Au point de contrôle, le profil thermique montre une stratification des masses d'eau. On voit bien sur le figure que le fond n'est pas concerné par le panache thermique. La colonne d'eau au point de référence est bien homogène.

Le 27 septembre, le déficit des stations rejet. et contrôle est beaucoup plus faible (-25%). A la station de contrôle, il n'y a pas de stratification de la masse d'eau sans doute en raison de la faible hauteur d'eau au moment du prélèvement (5m).



+ : surface o : milieu < : fond

figure 4.6 : Impact de la centrale sur la teneur en chlorophylle.



+ : surface o : milieu < : fond

figure 4.7 : Impact de la centrale sur la teneur en chlorophylle.

b. Pourcentage de chlorophylle non dégradée

	station	nombre d'échantillons	moyenne	écart-type
23 juin 1994	canal d'amenée	4	70.39	0.95
	rejet	4	51.35	0.15
	contrôle surface	4	58.36	0.75
	contrôle fond	4	53.78	1.98
	référence surface	2	65.19	11.27
	référence milieu	2	58.81	17.83
	référence fond	2	70.33	0.21
27 septembre 1994	canal d'amenée	4	60.21	1.50
	rejet	4	45.32	1.35
	contrôle surface	4	48.95	4.47
	contrôle fond	4	49.06	1.85
	référence surface	2	61.00	0.70
	référence milieu	2	64.15	2.02
	référence fond	2	58.66	1.68

tableau 4.3 : pourcentage de chlorophylle non dégradée

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

Les masses d'eau se comportent de manière identique lors des deux campagnes.

Les pigments chlorophylliens des cellules phytoplanctoniques sont très altérés lors du passage des masses d'eau dans la centrale. L'indice de dégradation diminue de 25% entre le canal d'amenée et le rejet.

Elles se régénèrent totalement entre le rejet et la station de contrôle. En effet il n'y a pas de différence significative entre les valeurs de la surface et celles du fond au point de contrôle. Alors que le profil thermique et les teneurs en chlorophylle montrent que la colonne d'eau n'est pas homogène le 23 juin.

Ces résultats confirment l'impact constaté les années précédentes.

CHAPITRE V

ZOOPLANCTON - BIOMASSES ET ESPECES

DINOFLAGELLES NOCTILUQUES

**Geneviève LE FÈVRE-LEHOËRFF
Marie-Laure COCHARD**

METHODOLOGIE

Les missions annuelles destinées à l'évaluation de l'impact par comparaison spatiale des points de prélèvements ont été réalisées le 23 juin pour la mission printanière et le 27 septembre pour la mission d'automne.

Les missions d'évaluation d'impact selon un gradient côte-large étant limitées à deux par an, elles se situent par rapport aux fluctuations naturelles du milieu pour l'année considérée. Les variations saisonnières du milieu non impacté sont estimées par la surveillance au canal d'aménée où les 8 missions complémentaires ont été effectuées entre le 31 janvier et le 11 octobre.

RESULTATS

1. Surveillance au canal d'entrée

1.1. Biomasses (poids secs) carbone et azote zooplanctoniques (tableaux 5.1, 5.2, figures 5.1 à 5.6)

Les valeurs les plus élevées de biomasses, supérieures à 300 mg/m³ se situent entre le 02 mai et le 07 juin suivant normalement les maxima de production phytoplanctonique observées entre le 18 avril et le 02 mai. Les biomasses du 02 mai sont très contaminées par la production de diatomées tandis que celles du 07 juin sont chargées en dinoflagellés noctiluques.

Les pourcentages d'azote et de carbone dans le poids sec recueilli présentent comme les années précédentes des valeurs faibles, inférieures à 5 % pour l'azote et 25 % pour le carbone. Les valeurs les plus élevées sont observées fin juin avec 4.6 % d'azote et 20.3 % de carbone. Les poids d'azote et de carbone zooplanctoniques présentent respectivement, un maximum annuel de 11 mg/m³ et 49.4 mg/m³ le 02 mai (figures 5.2 et 5.3).

1.2. Espèces zooplanctoniques et noctiluques (tableau 5.3, figures 5.7 à 5.18)

Les noctiluques atteignent des valeurs élevées en juin avec 200 cellules/litre (100/l en 1993, 40/l en 1992), ce qui correspond à une abondance normale à cette saison. Le zooplancton total présente entre mars et septembre des densités de 10⁴ à 10⁵ individus/10 m³. Les cténaïres ne présentent pas de valeurs fortes en 1994. Les copépodes ont une succession normale, *Temora longicornis* et *Pseudocalanus* dominant en mai tandis que *Acartia clausi* et *Centropages hamatus* ont leur maximum estival et *Euterpina acutifrons* en automne. L'appendiculaire *Oikopleura dioica* est abondant surtout en juillet et septembre, et les chaetognathes en automne.

Les larves intéressantes à étudier sont en premier les larves d'annélides. Les spionidae montrent un maximum de larves en mars (600/m³), tandis que les larves de *Lanice* sont bien représentées en avril (160/m³), puis septembre (330/m³). Les larves d'espèces susceptibles de proliférer excessivement sont toujours suivies avec attention, citons tout d'abord les ophiures dont les larves atteignent une densité de 3500/m³ en septembre. Les larves de cirripèdes correspondant à plusieurs espèces se succèdent en avril (600/m³), juillet (500/m³) et septembre (1500/m³).

Figure 5.1

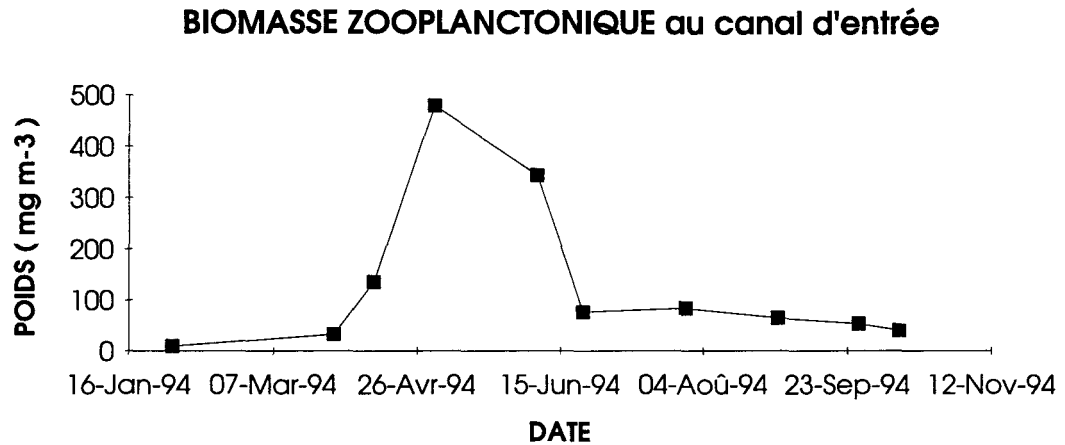


Figure 5.2

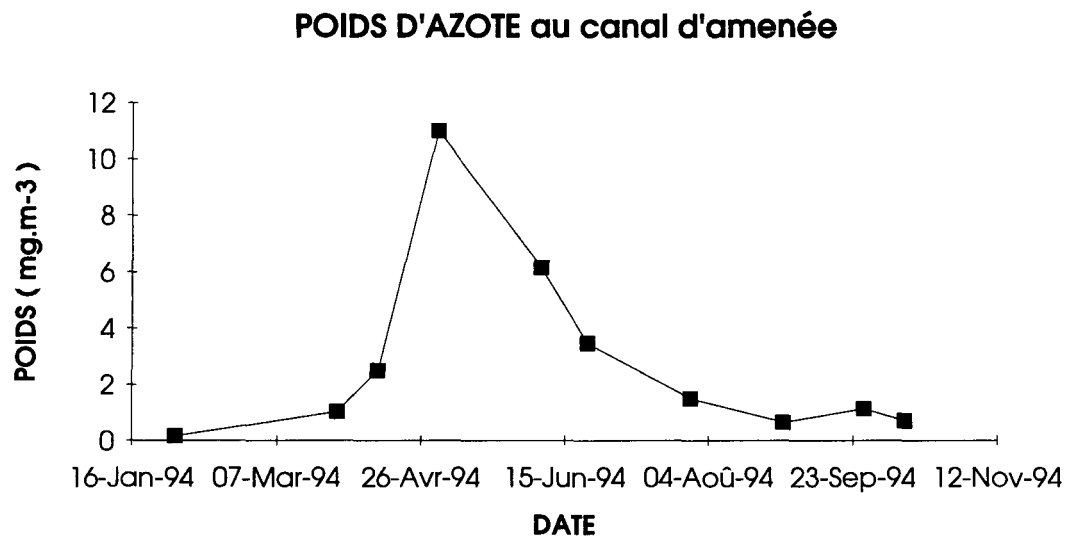


Figure 5.3

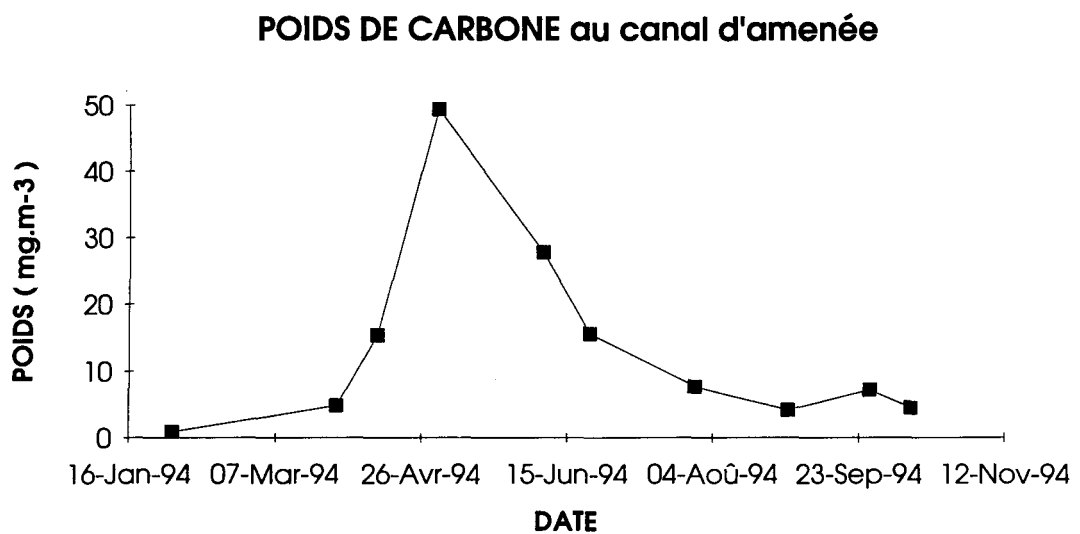


Figure 5.4

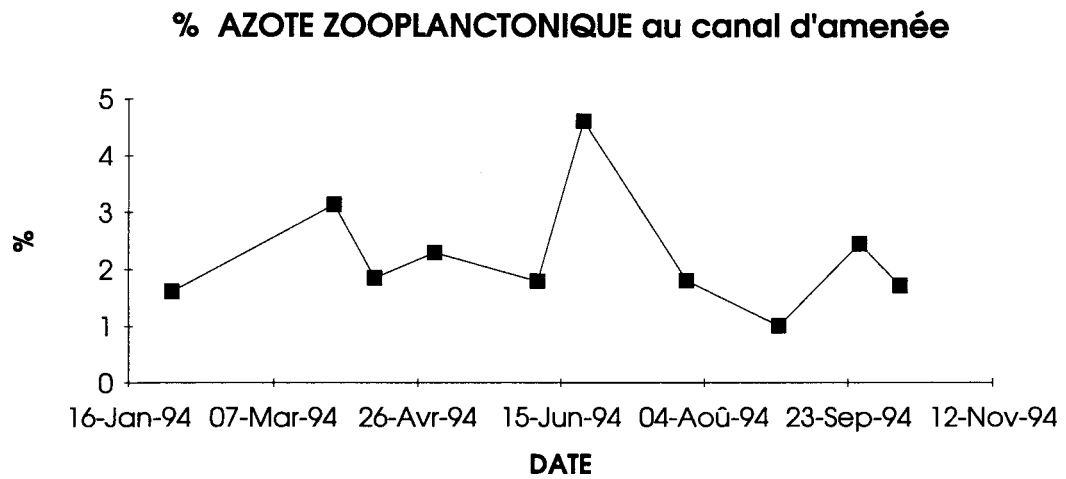


Figure 5.5

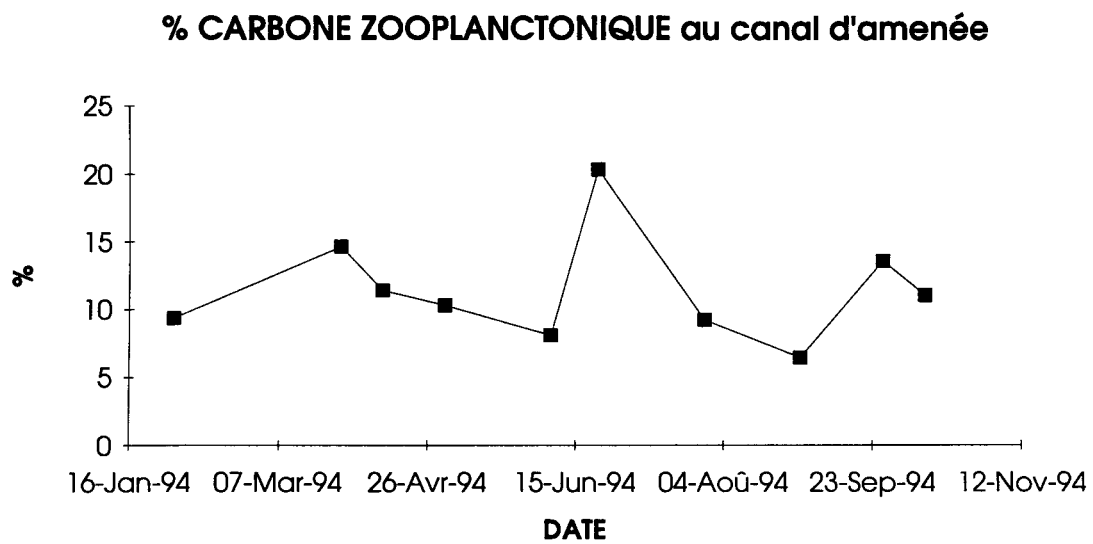


Figure 5.6

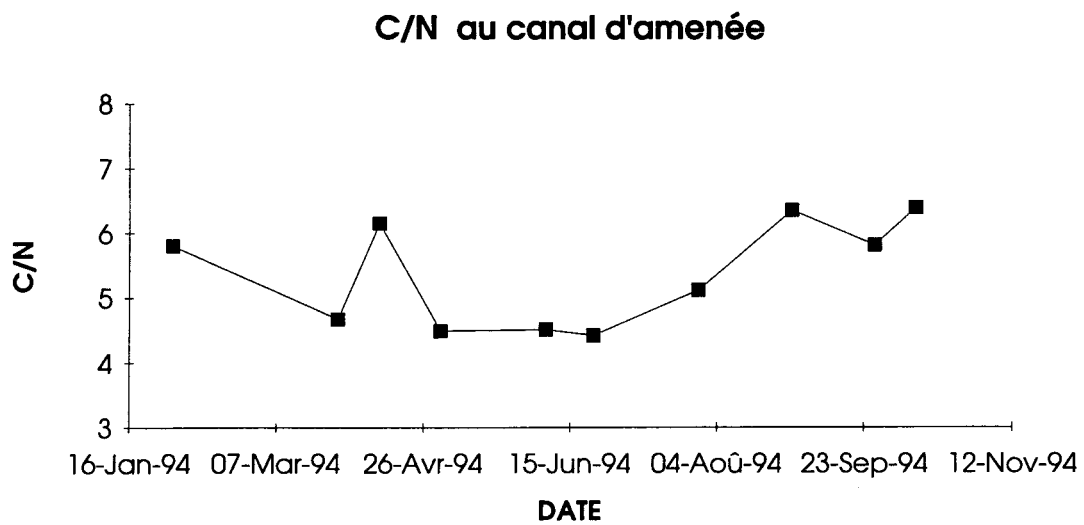


Figure 5.7

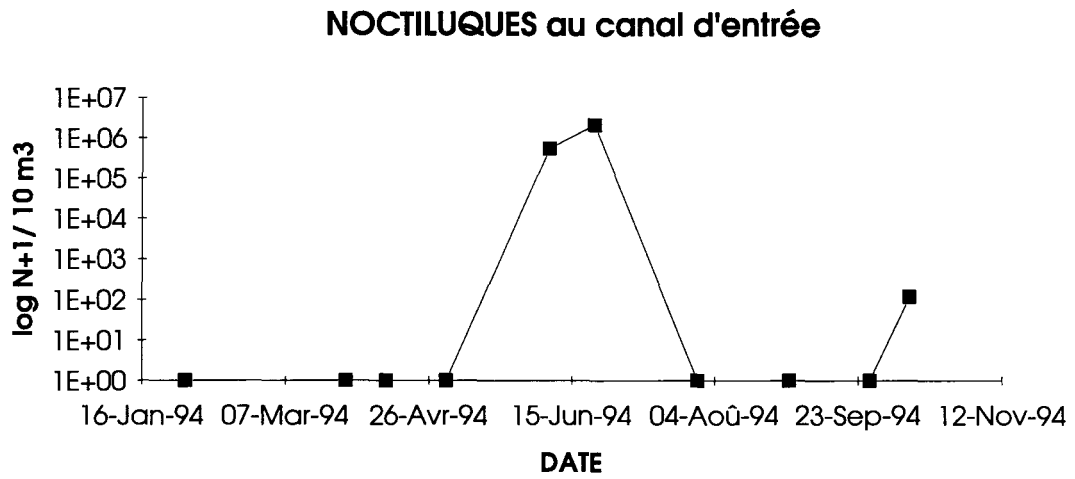


Figure 5.8

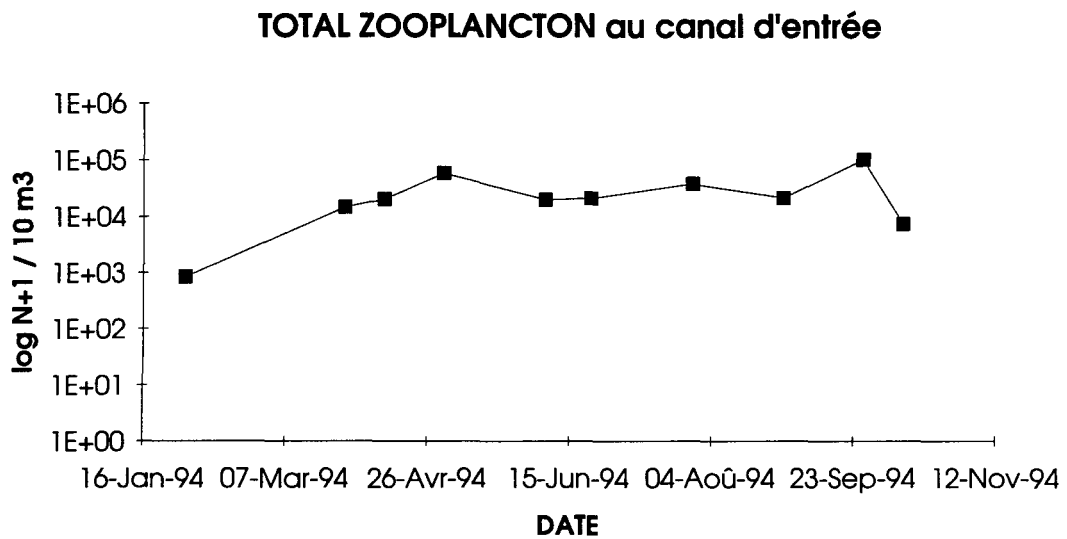


Figure 5.9

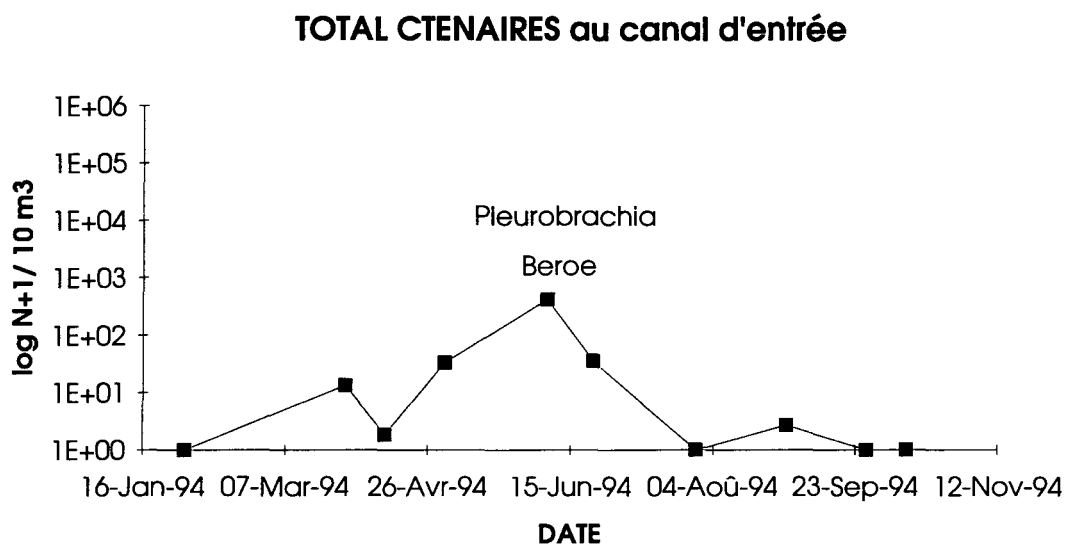


Figure 5.10

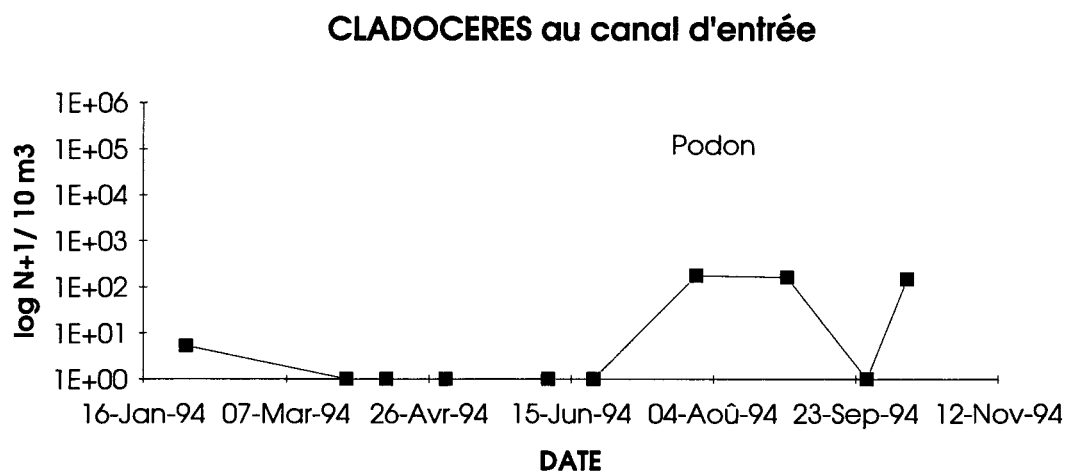


Figure 5.11

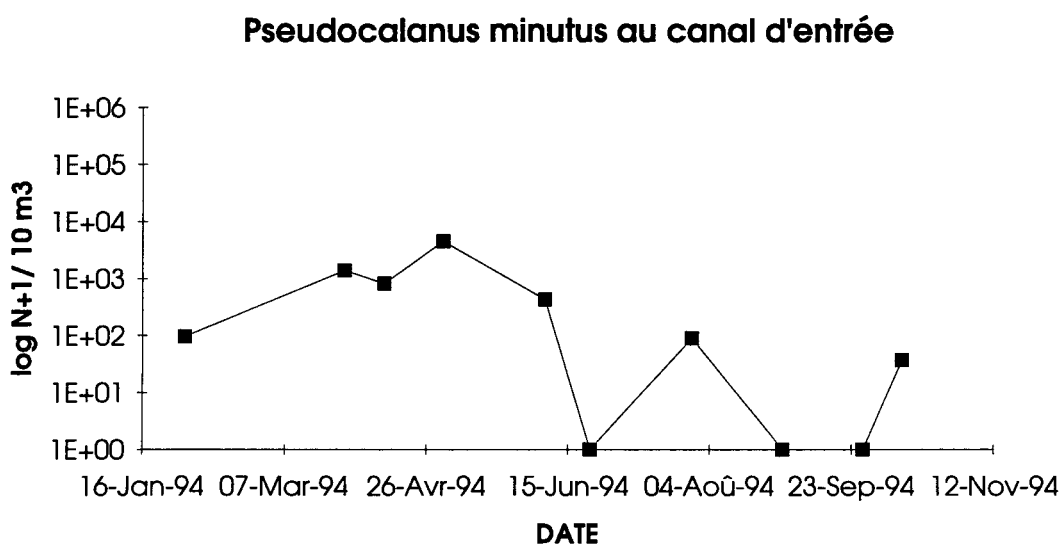


Figure 5.12

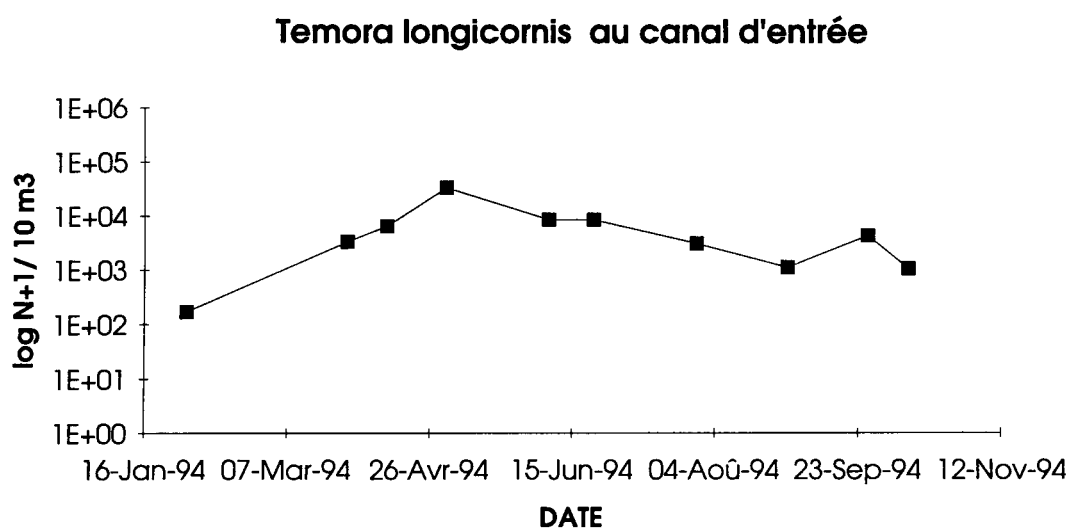


Figure 5.13

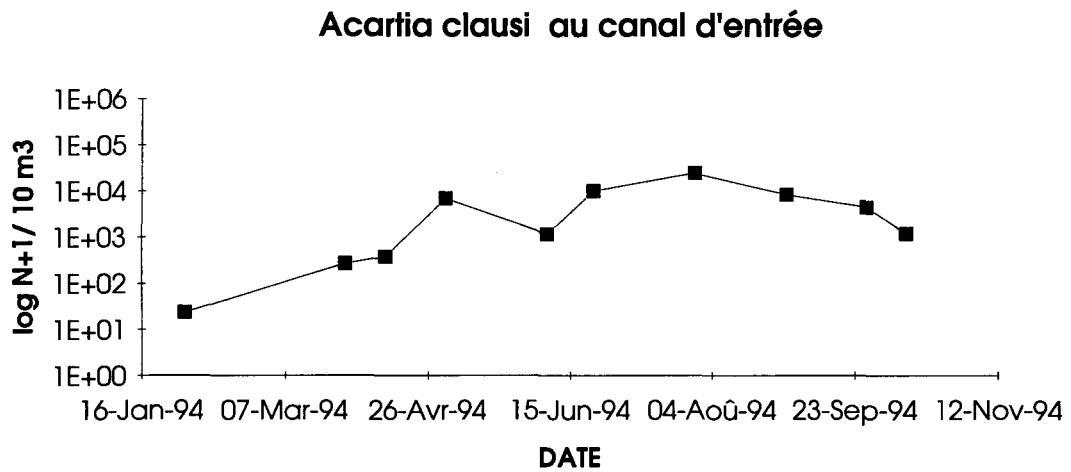


Figure 5.14

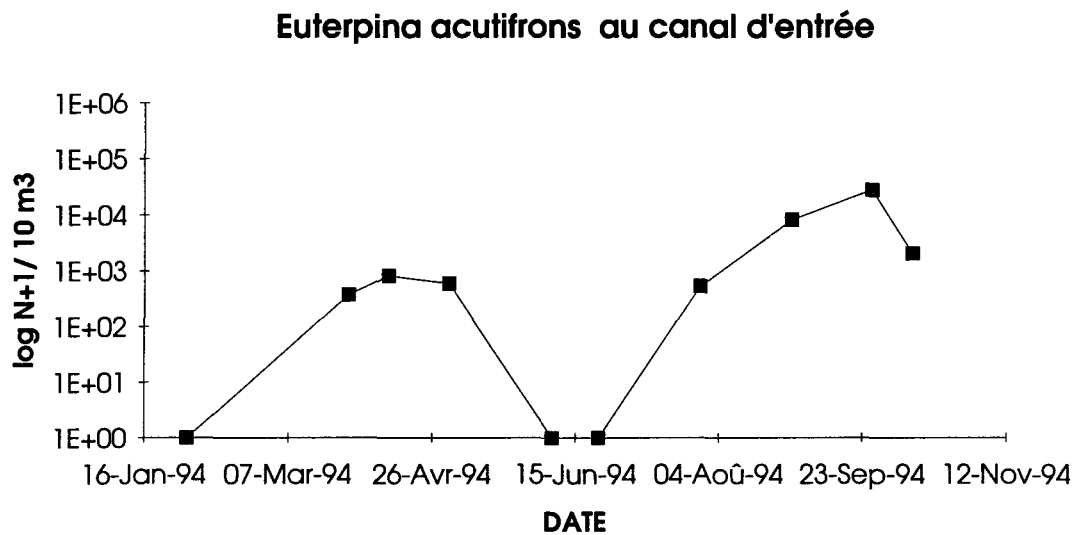


Figure 5.15

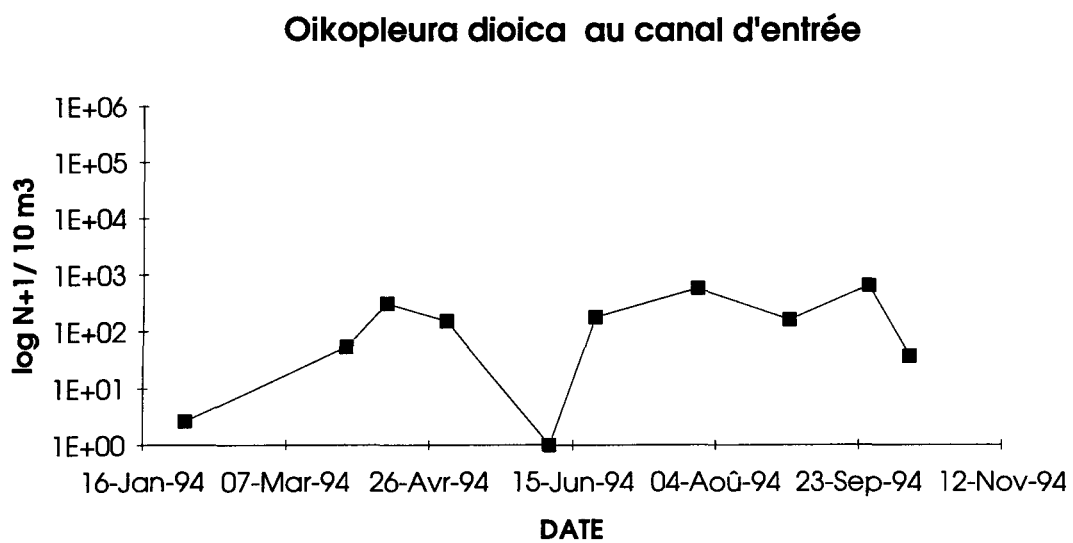


Figure 5.16

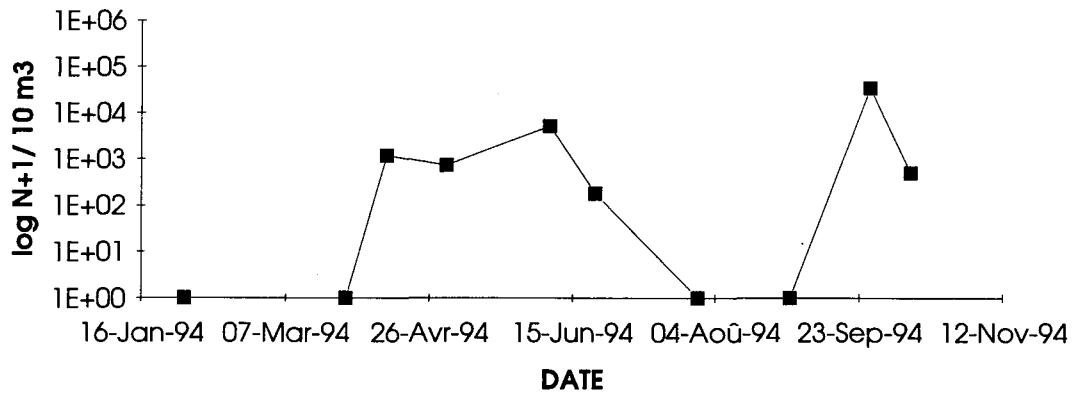
LARVES ophioplutei d'OPHIURES au canal d'entrée

Figure 5.17

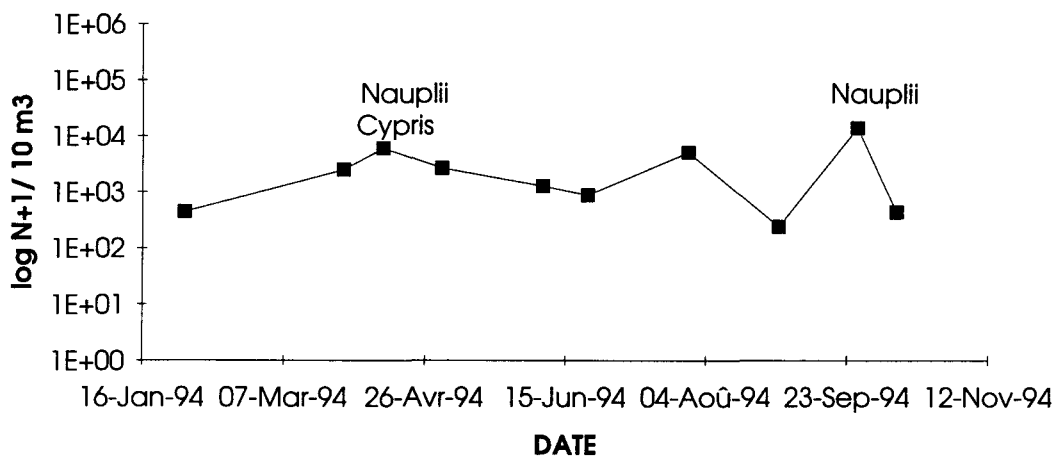
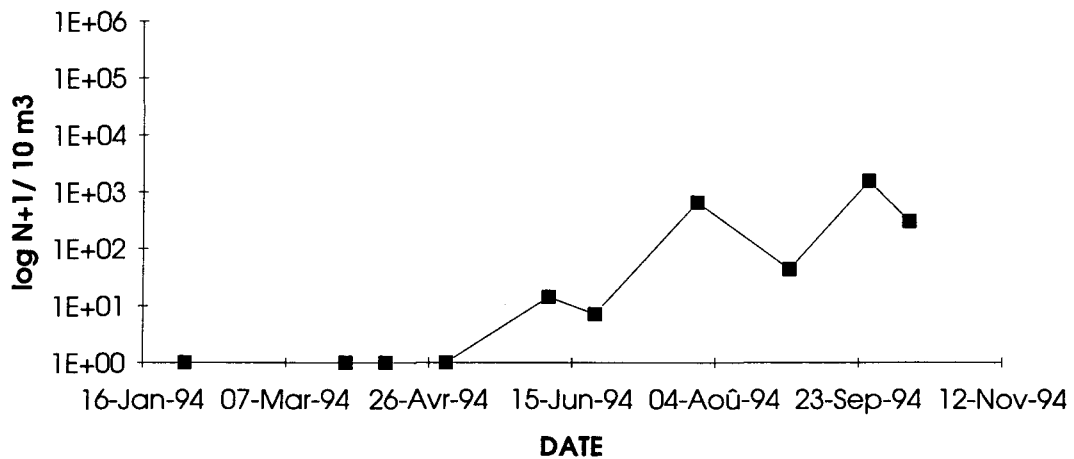
LARVES DE CIRRIPEDES au canal d'entrée

Figure 5.18

CHAETOGNATHES au canal d'entrée

2. Comparaison des points le 23 juin et le 27 septembre

2.1. Biomasses, carbone et azote (figures 5.19 à 5.21)

Sur les biomasses totales, poids de carbone et poids d'azote, aucun impact sensible et constant n'apparaît. On remarque que la zone plus au large dite de référence est plus riche aux deux missions comme nous l'avions déjà constaté les années antérieures mais entre les points entrée et rejet il n'apparaît qu'un léger déficit en juin qui ne peut être considéré comme important et ne se reproduit pas en septembre. On peut penser qu'il dépend de quelques espèces et particulièrement des noctiluques.

2.2. Espèces zooplanctoniques et noctiluques (figures 5.22 à 5.31)

Un incident technique est à l'origine de l'absence de résultat pour le point contrôle du 27 septembre. Les espèces très affectées par l'impact dans le rejet sont les organismes mous : noctiluques, cténaïres, appendiculaires, chaetognathes. Ce résultat est conforme aux observations des années antérieures. On remarque que les larves d'ophiures sont également détruites. Sur l'abondance totale du zooplancton l'impact de transit s'estime à environ 70 % en juin et 80 % en septembre.

CONCLUSION

Au cours de l'année d'étude de surveillance du zooplancton sur le site, les successions des espèces présentent des évolutions normales. Les cycles saisonniers des différentes catégories restent dans la moyenne des observations effectuées au cours des années antérieures.

Le zooplancton total subit un impact de transit de 70 % à 80 %. Certaines espèces semblent plus sensibles à l'impact, ce sont surtout les organismes à structure molle. L'impact différé dans la tache thermique et au-delà ne peut être estimé par l'étude légère qui est poursuivie. Au-delà de la zone de la tache thermique, la population zooplanctonique recueillie semble normale et rien ne laisse supposer un effet différé de forte amplitude dans l'état actuel de nos observations.

Figure 5.19

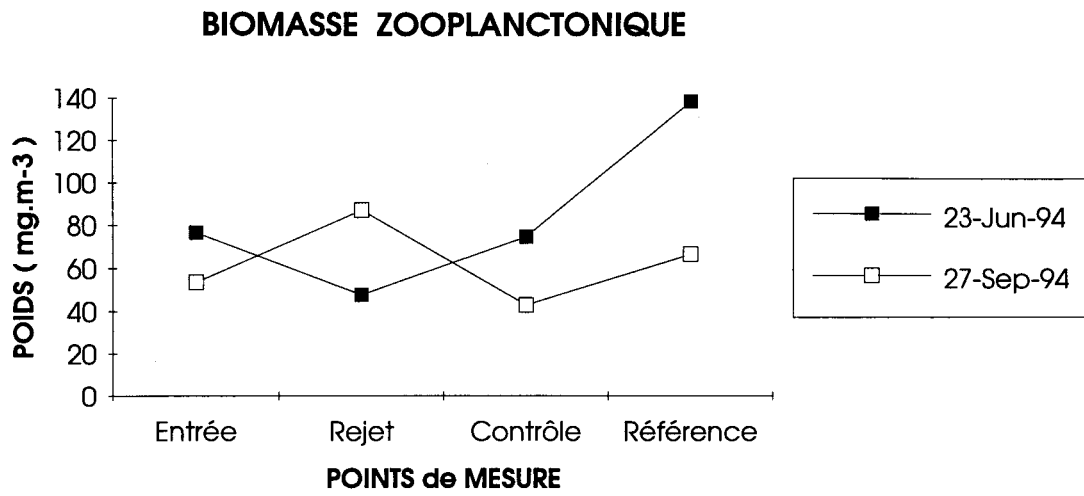


Figure 5.20

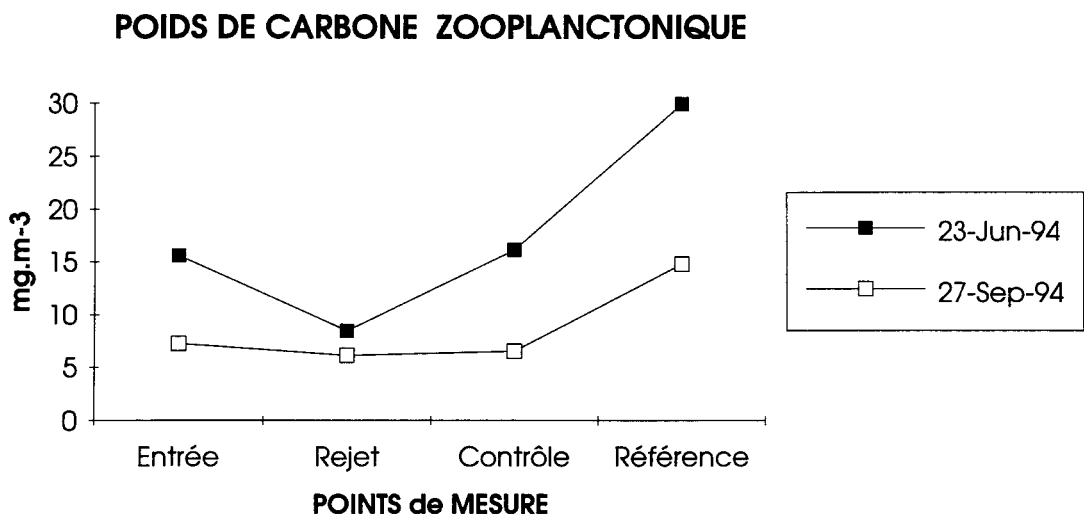


Figure 5.21

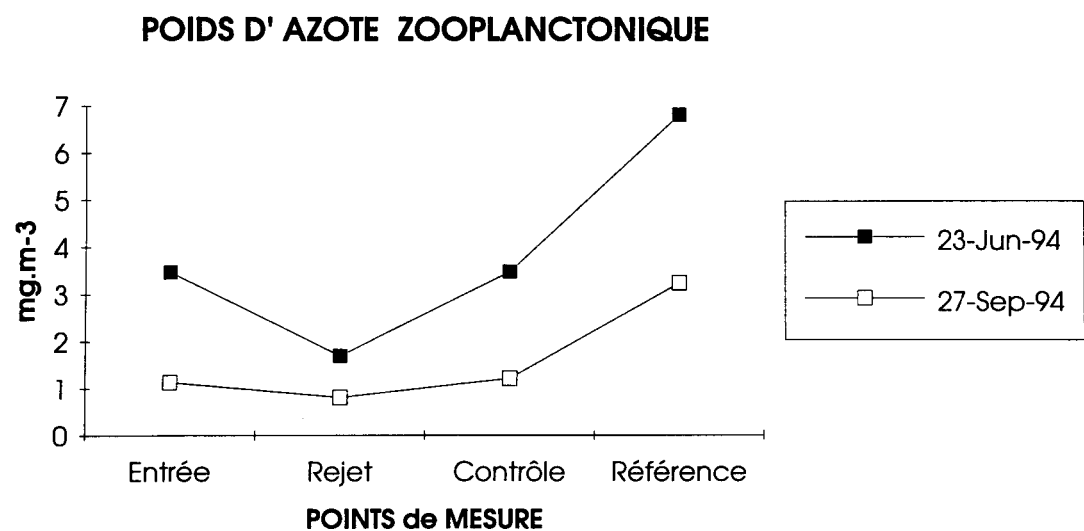


Figure 5.22

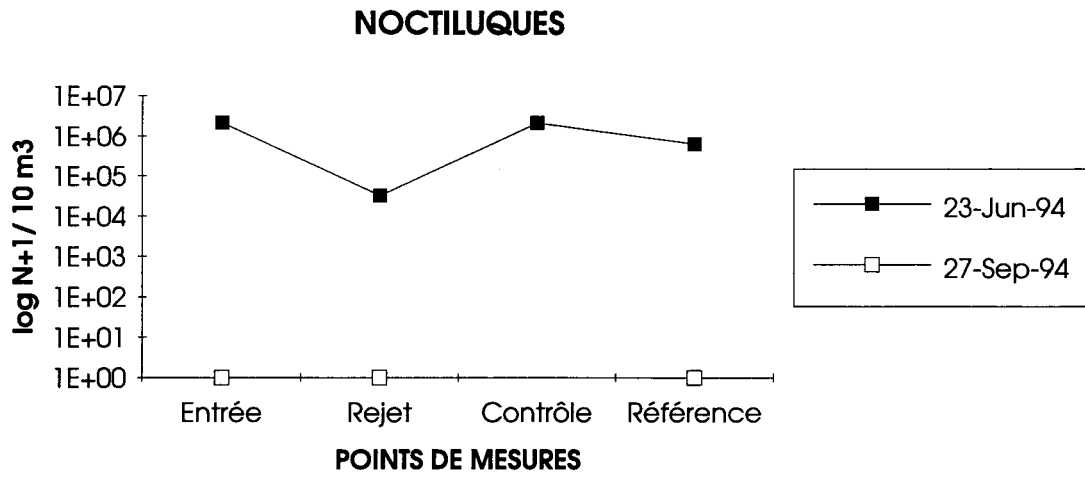


Figure 5.23

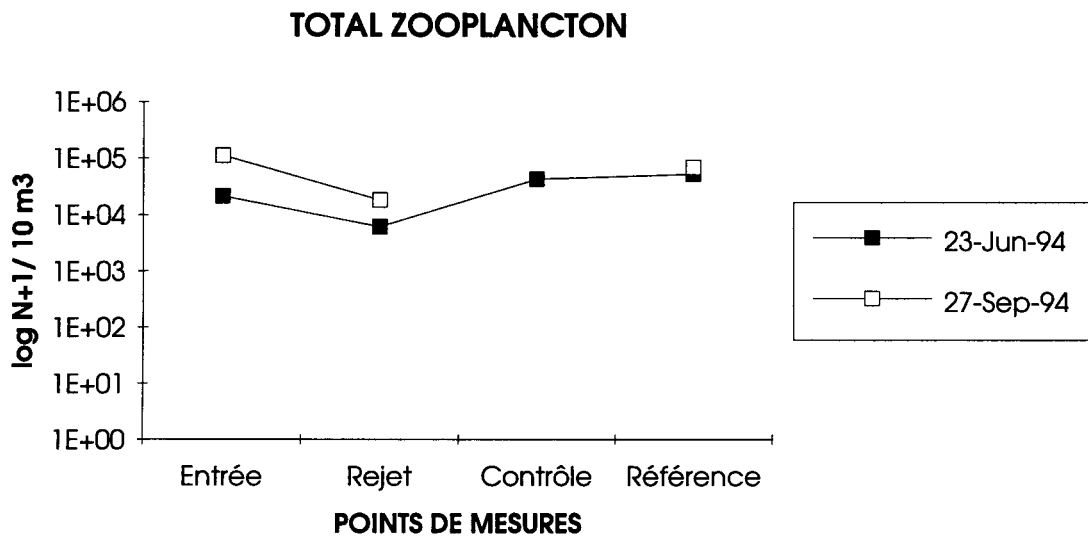


Figure 5.24

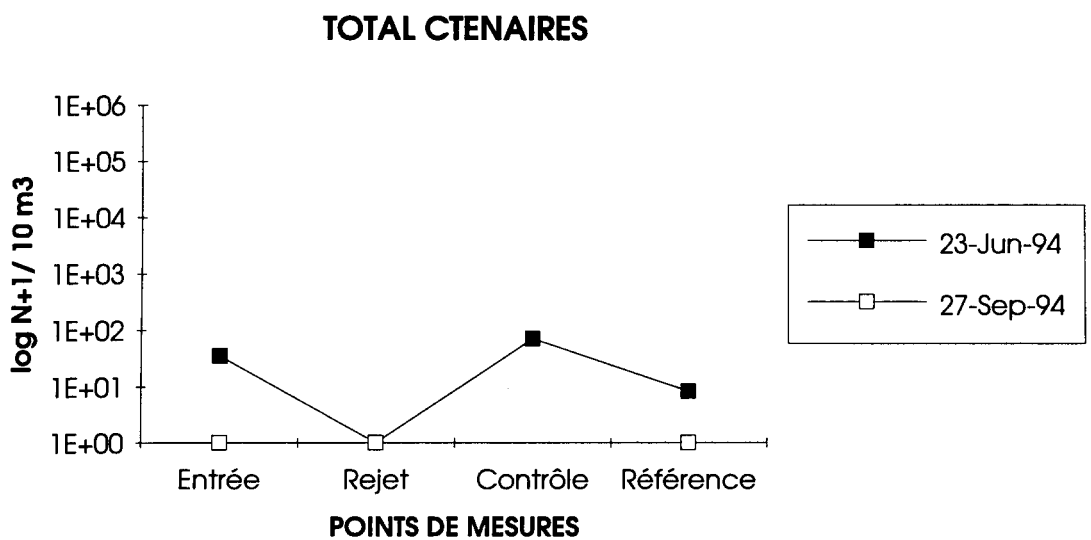


Figure 5.25

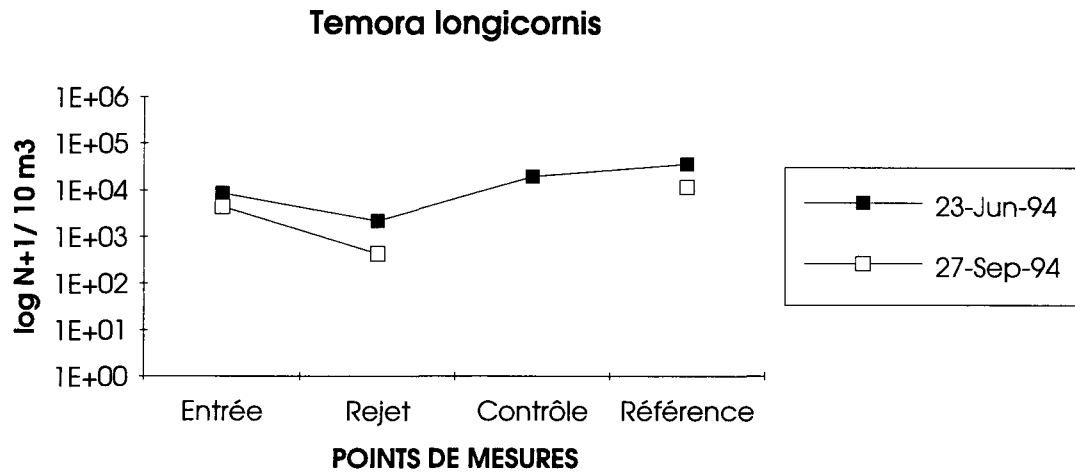


Figure 5.26

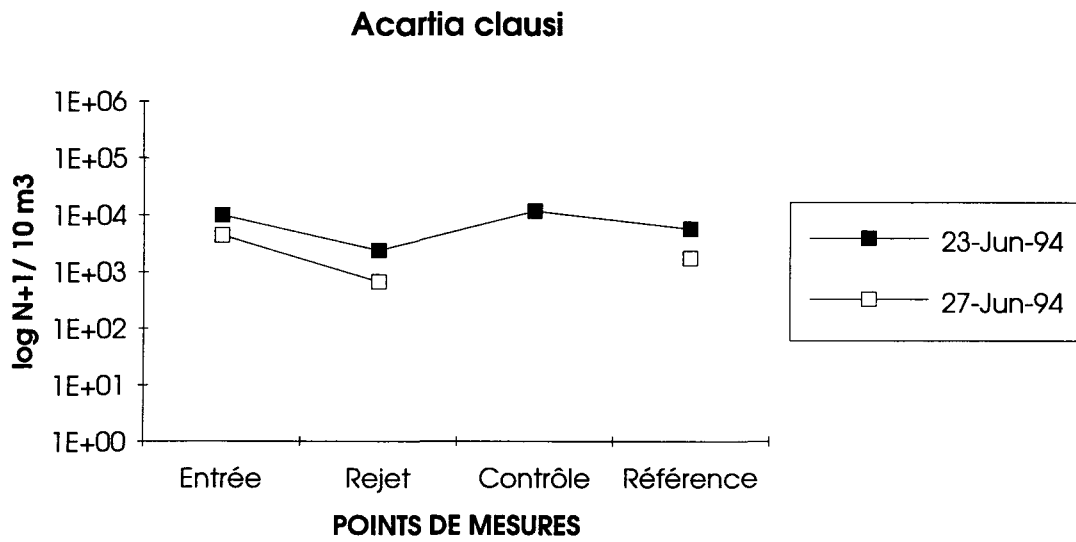


Figure 5.27

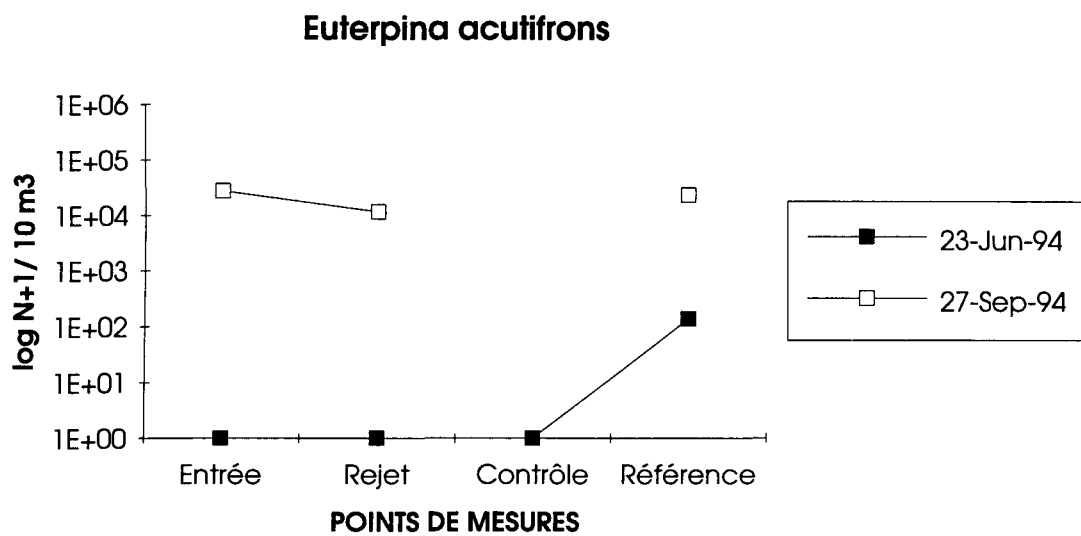


Figure 5.28

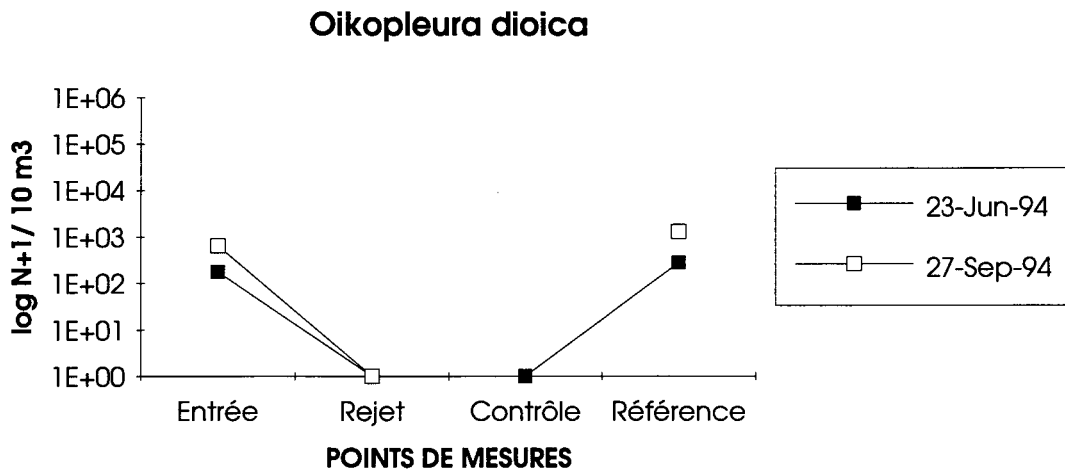


Figure 5.29

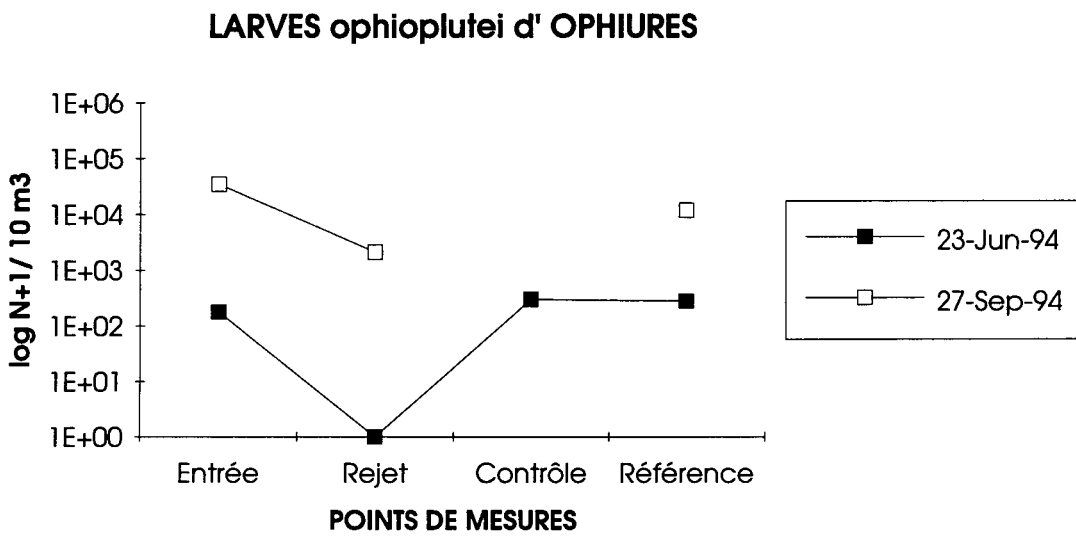


Figure 5.30

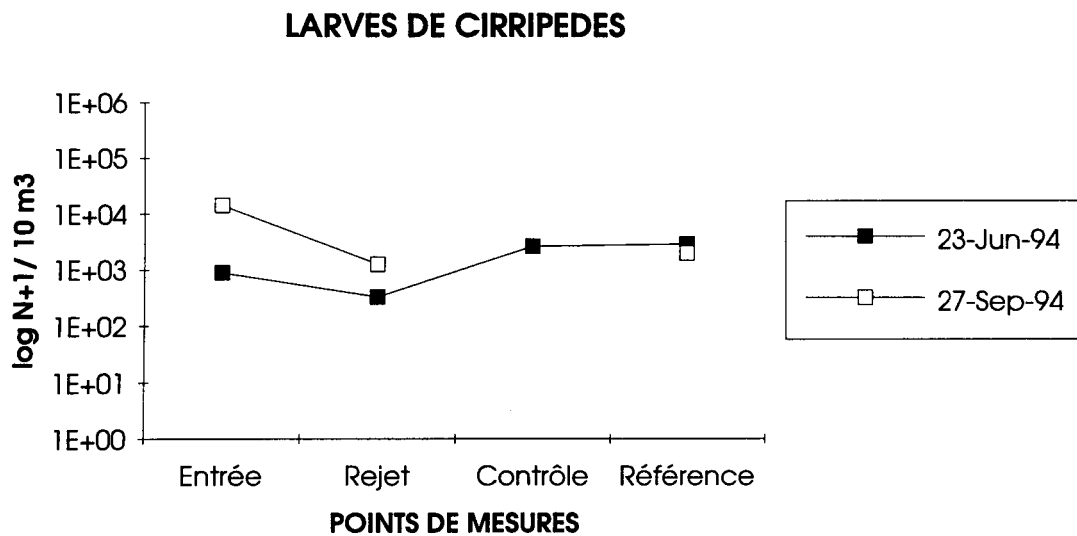
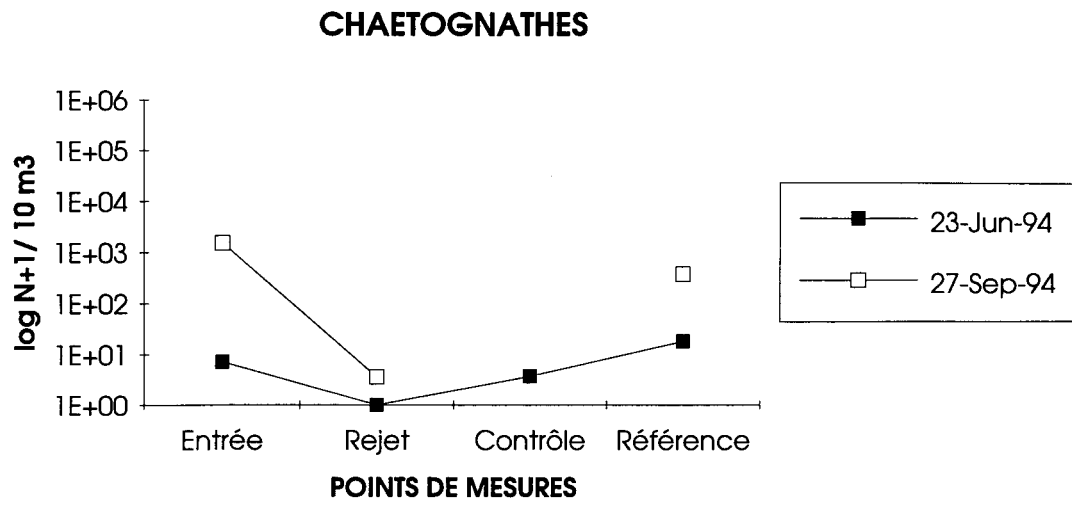


Figure 5.31



Date	Point	Poids sec échantillon mg	Poids sec /m3 mg/m3	Poids sec Moyen /m3 mg/m3
31-Jan-94	Entrée	56.00	9.89	9.9
28-Mar-94	Entrée	142.50	32.98	33.0
11-Avr-94	Entrée	327.10	135.14	135.1
02-Mai-94	Entrée	790.30	479.87	479.9
07-Jun-94	Entrée	490.40	343.80	343.8
23-Jun-94	Entrée1	122.60	51.02	
23-Jun-94	Entrée2	274.20	125.72	
23-Jun-94	Entrée3	124.30	46.15	
23-Jun-94	Entrée4	190.00	74.57	
23-Jun-94	Entrée5	231.90	86.03	76.7
29-Jul-94	Entrée	384.80	83.22	83.2
30-Aoû-94	Entrée	194.00	64.80	64.8
27-Sep-94	Entrée1	456.10	91.31	
27-Sep-94	Entrée2	256.00	44.05	
27-Sep-94	Entrée3	198.30	32.47	
27-Sep-94	Entrée4	210.40	44.06	
27-Sep-94	Entrée5	196.00	55.63	53.5
11-Oct-94	Entrée	109.10	40.54	40.5
23-Jun-94	Rejet 1	54.60	71.58	
23-Jun-94	Rejet 2	30.40	18.31	
23-Jun-94	Rejet 3	26.70	42.39	
23-Jun-94	Rejet 4	32.40	58.42	
23-Jun-94	Rejet 5	26.30	47.12	47.6
23-Jun-94	Contrôle1	215.80	80.35	
23-Jun-94	Contrôle2	192.10	72.37	
23-Jun-94	Contrôle3	134.90	81.20	
23-Jun-94	Contrôle4	89.80	61.31	
23-Jun-94	Contrôle5	109.80	78.79	74.8
23-Jun-94	Référence1	1028.70	146.55	
23-Jun-94	Référence2	1168.20	162.25	
23-Jun-94	Référence3	918.50	134.93	
23-Jun-94	Référence4	969.20	142.49	
23-Jun-94	Référence5	746.30	107.37	138.7
27-Sep-94	Rejet1	434.90	52.24	
27-Sep-94	Rejet2	698.30	76.41	
27-Sep-94	Rejet3	840.90	98.40	
27-Sep-94	Rejet4	790.10	93.25	
27-Sep-94	Rejet5	960.80	115.41	87.1
27-Sep-94	Contrôle1	60.40	33.17	
27-Sep-94	Contrôle2	119.00	59.14	
27-Sep-94	Contrôle3	58.50	26.30	
27-Sep-94	Contrôle4	39.80	23.96	
27-Sep-94	Contrôle5	147.70	71.72	42.9
27-Sep-94	Référence1	169.50	61.03	
27-Sep-94	Référence2	185.30	64.88	
27-Sep-94	Référence3	152.10	53.35	
27-Sep-94	Référence4	237.60	89.34	
27-Sep-94	Référence5	162.30	66.04	66.9

Tableau 5.1 : Biomasses

Date	Point	%C	%C Moyen point	Poids C échant	Poids C Moyen échant	%N	%N Moyen point	Poids N échant	Poids N Moyen échant	C/N	C/N Moyen échantillon
31-Jan-94	Entrée	9.34	9.34	0.92	0.92	1.61	1.61	0.16	0.16	5.80	6
28-Mar-94	Entrée	14.62	14.62	4.82	4.82	3.13	3.13	1.03	1.03	4.67	5
11-Avr-94	Entrée	11.38	11.38	15.37	15.37	1.85	1.85	2.5	2.5	6.15	6
02-Mai-94	Entrée	10.29	10.29	49.38	49.38	2.29	2.29	10.99	10.99	4.49	4
07-Jun-94	Entrée	8.08	8.08	27.78	27.78	1.79	1.79	6.15	6.15	4.51	5
23-Jun-94	Entrée1	22.6		11.53		4.99		2.54		4.53	
23-Jun-94	Entrée2	16.99		21.36		3.86		4.85		4.40	
23-Jun-94	Entrée3	18.83		8.68		4.06		1.87		4.64	
23-Jun-94	Entrée4	23.47		17.51		5.64		4.21		4.16	
23-Jun-94	Entrée5	19.67	20.31	16.92	15.56	4.52	4.61	3.89	3.47	4.35	4
29-Jul-94	Entrée	9.21	9.21	7.66	7.66	1.8	1.8	1.5	1.5	5.12	5
30-Août-94	Entrée	6.42	6.42	4.16	4.16	1.01	1.01	0.65	0.65	6.36	6
27-Sep-94	Entrée1	6.71		6.13		0.9		0.82		7.46	
27-Sep-94	Entrée2	13.1		5.78		2.47		1.09		5.30	
27-Sep-94	Entrée3	19.25		6.26		3.86		1.25		4.99	
27-Sep-94	Entrée4	14.49		6.39		2.69		1.19		5.39	
27-Sep-94	Entrée5	13.95	13.5	7.76	7.22	2.34	2.45	1.3	1.13	5.96	6
11-Oct-94	Entrée	11	11	4.46	4.46	1.72	1.72	0.7	0.7	6.40	6
23-Jun-94	Rejet 1	16.18		11.58		3.34		2.39		4.84	
23-Jun-94	Rejet 2	17.54		3.21		3.53		0.65		4.97	
23-Jun-94	Rejet 3	16.74		7.1		3.27		1.39		5.12	
23-Jun-94	Rejet 4	19.99		11.67		3.79		2.21		5.27	
23-Jun-94	Rejet 5	18.29	17.75	8.61	8.43	3.86	3.56	1.82	1.69	4.74	5
23-Jun-94	Contrôle1	22.99		18.46		5.12		4.11		4.49	
23-Jun-94	Contrôle2	24.6		17.81		5.32		3.85		4.62	
23-Jun-94	Contrôle3	21.55		17.5		4.54		3.69		4.75	
23-Jun-94	Contrôle4	23.2		14.22		5.03		3.08		4.61	
23-Jun-94	Contrôle5	15.8	21.63	12.45	16.09	3.46	4.69	2.73	3.49	4.57	5
23-Jun-94	Référence1	22.42		32.87		5.13		7.52		4.37	
23-Jun-94	Référence2	19.18		31.13		4.3		6.98		4.46	
23-Jun-94	Référence3	21.86		29.49		5.1		6.88		4.29	
23-Jun-94	Référence4	22		31.35		5		7.13		4.40	
23-Jun-94	Référence5	23.05	21.7	24.76	29.92	5.21	4.95	5.6	6.82	4.42	4
27-Sep-94	Rejet1	9.09		4.75		1.19		0.62		7.64	
27-Sep-94	Rejet2	7.4		5.65		1.1		0.84		6.73	
27-Sep-94	Rejet3	6.9		6.79		0.82		0.81		8.41	
27-Sep-94	Rejet4	8.12		7.57		1.07		1		7.59	
27-Sep-94	Rejet5	6.68	7.64	5.82	6.12	0.87	1.01	0.76	0.81	7.68	8
27-Sep-94	Contrôle1	20.1		6.67		3.7		1.23		5.43	
27-Sep-94	Contrôle2	12.04		7.12		1.97		1.16		6.11	
27-Sep-94	Contrôle3	23.06		6.06		5.29		1.39		4.36	
27-Sep-94	Contrôle4	18.13		4.35		3.64		0.87		4.98	
27-Sep-94	Contrôle5	11.69	17	8.38	6.52	1.98	3.32	1.42	1.21	5.90	5
27-Sep-94	Référence1	19.08		11.64		4.05		2.47		4.71	
27-Sep-94	Référence2	21.97		14.26		4.78		3.1		4.60	
27-Sep-94	Référence3	23.01		12.29		5.04		2.69		4.57	
27-Sep-94	Référence4	20.94		18.7		4.65		4.15		4.50	
27-Sep-94	Référence5	25.61	22.12	16.9	14.76	5.81	4.87	3.83	3.25	4.41	5

Tableau 5.2 : Teneurs en Carbone et en azote
Pourcentages et Poids (mg/ m3)

Station	Entrée										
	Date	31/01/94	28/03/94	11/04/94	02/05/94	07/06/94	23/06/94	29/07/94	30/08/94	27/09/94	11/10/94
DINOFLAGELLES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Noctiluca scintillans</i>	0	0	0	0	0	562857	2142857	0	0	0	120
<i>Hybocodon prolifer</i>	0	1	0	0	0	7	179	2	0	0	0
Autres Cnidaies	0	1	2	15	136	32	16	149	44	6	6
TOTAL CNIDAIES	0	2	2	15	143	211	18	149	44	6	
<i>Pleurobrachia pileus</i>	0	13	2	33	150	0	0	0	0	0	
<i>Beroe</i> sp.	0	0	0	0	271	36	0	3	0	0	
TOTAL CTENAIRES	0	13	2	33	421	36	0	3	0	0	
CHAETOGNATHES	0	0	0	0	14	7	622	43	1530	296	
<i>Lanice conchilega</i>	0	321	1630	593	143	0	0	892	3279	296	
<i>Spionidae</i>	55	6000	1333	148	1286	0	0	162	0	0	
Autres Annélides	0	0	74	296	143	179	222	81	2623	37	
TOTAL ANNELIDES	55	6321	3037	1037	1571	179	222	1135	5902	333	
<i>Bosmina</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Podon</i> sp.	3	0	0	0	0	0	178	162	0	148	
<i>Evadne</i> sp.	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL CLADOCERES	5	0	0	0	0	0	178	162	0	148	
<i>Nauplii Cirripèdes</i>	442	1339	4296	1185	1143	357	5067	0	14208	444	
<i>Cypris Cirripèdes</i>	0	1179	1778	1481	143	536	133	243	0	0	
TOTAL LARVES CIRRIPEDES	442	2518	6074	2667	1286	893	5200	243	14208	444	
<i>Mesopodopsis slabberii</i>	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	
<i>Schistomysis spiritus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL MYSIDACES	0	0	0	0	0	0	2	16	0	0	
CUMACES	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	
ISOPODES	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	
AMPHIPODES	3	1	0	11	0	14	33	19	11	9	
<i>Calanus helgolandicus</i>	0	0	0	0	0	179	0	0	0	185	
<i>Pseudocalanus minutus</i>	95	1393	815	4593	429	0	89	0	0	37	
<i>Paracalanus parvus</i>	13	54	0	0	0	0	267	162	1967	259	
<i>Para + Pseudo calanidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Metridia lucens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Labidocera wollastoni</i>	0	0	0	0	0	11	133	0	0	0	
<i>Parapontella brevicornis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Centropages typicus</i>	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	
<i>Centropages hamatus</i>	18	161	741	3111	429	357	1911	162	874	74	
<i>Isias clavipes</i>	0	0	0	0	0	0	133	0	0	0	
<i>Temora longicornis</i>	168	3321	6519	33333	8571	8571	3111	1135	4372	1074	
<i>Acartia clausi</i>	24	268	370	6815	1143	9821	24000	8189	4372	1185	
<i>Acartia discadata</i>	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Oithona</i> sp.	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Oncaea</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Corycaeus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	
<i>Cyclopoides</i> ind.	0	0	0	0	0	0	356	973	0	185	
<i>Euterpina acutifrons</i>	0	375	815	593	0	0	533	8189	27760	2074	
<i>Harpacticoides</i> nd.	0	268	222	5333	0	179	0	81	1093	0	
TOTAL COPEPODES	329	5839	9481	53778	10571	19118	30578	18892	40437	5111	
CARIDAE Larves	0	2	0	4	7	7	44	16	16	7	
Larves zoe de Paguridae	0	3	0	0	0	7	0	0	0	0	
Larves zoe de Galatheidæ	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
L. zoe de Porcellanidae	0	0	0	0	0	18	7	0	5	2	
TOTAL ANOMOURES	0	4	0	0	0	25	7	0	5	2	
Larves zoe	0	6	81	19	0	18	58	5	0	4	
Larves Megalopes	0	0	0	0	7	18	11	0	0	2	
TOTAL L. BRACHYOURES	0	6	81	19	7	36	69	5	0	6	
MACROURES Larves	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	
Larves Gastéropodes	3	54	148	0	0	0	0	486	874	37	
Larves Bivalves	5	0	0	0	857	357	178	81	1530	0	
TOTAL L. MOLLUSQUES	8	54	148	0	857	357	178	568	2404	37	
BRYOZOAIRES L. Cyphonautes	0	0	74	0	0	179	44	0	1530	333	
L. Ophiopluteus	0	0	1185	741	5143	179	0	0	34973	519	
L. Echinopluteus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL L. ECHINODERMES	0	0	1185	741	5143	179	0	0	34973	519	
<i>Oikopleura dioica</i>	3	54	307	152	0	179	578	162	656	37	
<i>Fritillaria borealis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL APPENDICULAIRES	3	54	307	152	0	179	578	162	656	37	
ASCIDIES Larves	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TELEOSTEENS-œufs	0	16	30	178	7	0	0	0	0	0	
TELEOSTEENS-alevins et larves	0	0	0	11	7	7	4	0	0	0	
TOTAL ZOOPLANKTON	845	14830	20422	58652	20036	21425	37791	21414	101716	7289	

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

Date	23-Juin-1994			27-Septembre-1994	
Station	Rejet	Contrôle	Référence	Rejet	Référence
DINOFLAGELLES					
<i>Noctiluca scintillans</i>	33333	2281481	694444	0	0
<i>Hybocodon prolifer</i>	17	0	0	0	0
Autres Cnidaies	0	4	11	0	49
TOTAL CNIDAIRES	17	4	11	0	49
<i>Pleurobrachia pileus</i>	0	0	0	0	0
<i>Beroe</i> sp.	0	70	8	0	0
TOTAL CTENAIRES	0	70	8	0	0
CHAETOGNATHES	0	4	18	4	377
<i>Lanice conchilega</i>	0	0	278	61	7213
<i>Spionidae</i>	300	2963	1111	61	874
Autres Annélides	167	1185	278	485	1749
TOTAL ANNELIDES	467	4148	1667	606	9836
<i>Bosmina</i> sp.	0	0	0	0	0
<i>Podon</i> sp.	0	0	0	0	0
<i>Evadne</i> sp.	0	0	0	0	0
TOTAL CLADOCERES	0	0	0	0	0
<i>Nauplii Cirripèdes</i>	333	2074	1528	1273	1749
<i>Cypris Cirripèdes</i>	0	593	1389	0	219
TOTAL Larves CIRRIPEDES	333	2667	2917	1273	1967
<i>Mesopodopsis slabberii</i>	0	0	0	0	0
<i>Schistomysis spiritus</i>	0	0	0	0	0
TOTAL MYSIDACES	0	0	0	0	0
CUMACES	0	15	0	0	0
ISOPODES	0	0	0	0	0
AMPHIPODES	0	0	0	0	0
<i>Calanus helgolandicus</i>	0	4	139	0	5
<i>Pseudocalanus minutus</i>	167	1481	3472	242	656
<i>Paracalanus parvus</i>	0	0	278	121	1530
<i>Para + Pseudo calanidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Metridia lucens</i>	0	0	0	0	0
<i>Labidocera wollastoni</i>	0	7	9	0	0
<i>Parapontella brevicornis</i>	0	0	0	0	0
<i>Centropages typicus</i>	0	0	0	0	22
<i>Centropages hamatus</i>	100	2370	1250	61	437
<i>Isias clavipes</i>	0	0	0	0	0
<i>Temora longicornis</i>	2133	18963	35278	424	10273
<i>Acartia clausi</i>	2367	10667	5694	667	1749
<i>Acartia discaudata</i>	0	0	0	0	0
<i>Oithona</i> sp.	0	0	0	0	0
<i>Oncaea</i> sp.	0	0	0	0	0
<i>Corycaeus</i> sp.	0	0	0	0	0
Cyclopoides ind.	33	0	0	303	4372
<i>Euterpina acutifrons</i>	0	0	139	11576	23607
Harpacticoides nd.	33	0	139	0	219
TOTAL COPEPODES	4833	33493	46389	13394	42869
CARIDAE Larves	0	0	0	0	0
Larves zoe de Paguridae	0	0	0	0	0
Larves zoe de Galatheidæ	0	0	0	0	0
L. zoe de Porcellanidae	0	7	7	0	0
TOTAL ANOMOURES	0	7	7	0	0
Larves zoe	33	4	3	0	0
Larves Megalopes	0	19	4	1	0
TOTAL L. BRACHYOURES	33	22	7	1	0
MACROURES Larves	0	0	4	0	0
Larves Gastéropodes	33	296	0	4	219
Larves Bivalves	367	889	694	606	0
TOTAL L. MOLLUSQUES	400	1185	694	610	219
BRYOZOAIRES L. Cyphonautes	33	889	417	242	1749
L. Ophiopluteus	0	296	278	2121	10929
L. Echinopluteus	0	0	0	0	0
TOTAL L. ECHINODERMES	0	296	278	2121	10929
<i>Oikopleura dioica</i>	0	0	278	0	1311
<i>Fritillaria borealis</i>	0	0	0	0	0
TOTAL APPENDICULAIRES	0	0	278	0	1311
ASCIDIES Larves	0	0	0	0	0
TELEOSTEENS-oeufs	0	15	0	0	0
TELEOSTEENS-alevins et larves	0	0	1	0	0
TOTAL ZOOPLANCTON	6117	42815	52696	18251	69306

CHAPITRE VI

ZOOPLANCTON HALIEUTIQUE

Daniel WOEHLING

ZOOPLANCTON HALIEUTIQUE

Dans le domaine halieutique, l'étude écologique est centrée sur les principales espèces constituant les ressources vivantes du secteur et sa capacité biotique. Parallèlement, est réalisé le suivi de grandes espèces holoplanctoniques comme les "groseilles de mer" (espèce : *Pleurobrachia pileus*, Cténaire) responsables par le passé du colmatage des grilles des filtres rotatifs.

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

La réactualisation du programme de surveillance a conduit à l'abandon des campagnes d'échantillonnage des phases benthiques de poissons plats et à focaliser l'étude sur les stades planctoniques de deux espèces-cible choisies pour leur importance économique effective ou potentielle et la reproductibilité de leur présence dans le milieu : la *sole* et le *sprat*, toutes deux à ponte côtière.

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.

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

Chronologie : en 1994, 6 campagnes ont été réalisées de début avril à fin mai afin de couvrir au mieux la période de présence des oeufs et larves de la sole et du sprat (deux campagnes en mer et quatre campagnes au canal d'amenée), 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 6.1.

N° Campagne	Date	Heure pleine mer	Coef. fi-clent marée	Point	Heure mesures (température, salinité)	Sonde (m)	Température (°C)		Salinité (‰)	Anomalie de Densité (sigma)	N° Repliquat	Heure du prélèvement	Durée Prélèvement (min)	Volume filtré (m ³)
							Surface	Fond						
172	7/4	16 h 34	56	6	15 h 30	/	9.30	/	30.58	23.64	1	15 h 46	15	189.83
					15 h 30	/	9.30	/	30.58	23.64	1	16 h 08	15	195.03
173	15/4	1 h 49	72	6	7 h 49	/	8.00	/	30.42	23.71	1	7 h 53	15	193.32
					7 h 49	/	8.00	/	30.42	23.71	1	8 h 13	15	204.33
174	21/4	7 h 30	45	6	14 h 22	/	13.50	/	/	/	1	14 h 29	15	164.48
					14 h 22	/	13.50	/	/	/	1	14 h 54	15	187.57
175	6/5	9 h 05	54	1	7 h 32	5	14.50	14.00	33.10	24.64	1	7 h 35	6	158.84
					7 h 32	5	14.50	14.00	33.10	24.64	2	7 h 47	1	23.17
					8 h 00	11	/	/	34.32	/	1	8 h 04	4	89.77
					8 h 00	11	/	/	34.32	/	2	8 h 14	4	90.60
					8 h 27	27	/	/	/	/	1	8 h 29	4	95.97
176	11/5	12 h 13	79	6	8 h 35	/	/	/	34.13	/	1	8 h 40	4	12.58
					8 h 35	/	/	/	34.13	/	1	8 h 52	2	14.42
177	31/5	16 h 27	55	1	14 h 08	4	21.50	/	34.13	23.72	1	14 h 11	6	137.90
					14 h 08	4	21.50	/	34.13	23.72	2	14 h 23	6	145.82
					14 h 39	11	13.50	/	/	/	1	14 h 42	6	157.31
					14 h 39	11	13.50	/	/	/	2	14 h 54	6	157.78
					15 h 09	27	13.40	/	34.32	25.81	1	15 h 10	5	108.92
					15 h 09	27	13.40	/	34.32	25.81	2	15 h 24	5	107.62

Tab. 6.1.- Caractéristiques principales des campagnes en 1994

RESULTATS

La sole *Solea solea* (L.) = *Solea vulgaris* Quensel (figure 6.1, 6.2 et 6.3, tableau 6.2)

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

Campagne	Point	Repliquat	Larves	Oeufs		
				Total	Stade 1	Stade 2
172	6		0.21	4.69	3.95	0.74
			0.51	6.56	5.64	0.92
	Moyenne	0.36	5.63	4.80	0.83	
173	6		0.31	7.14	4.03	3.10
			0.69	5.48	3.33	2.15
	Moyenne	0.50	6.31	3.68	2.63	
174	6		1.46	32.59	17.51	15.08
			0.64	15.35	8.53	6.82
	Moyenne	1.05	23.97	13.02	10.95	
175	1	1	0.25	3.15	0.13	2.01
		2	2.59	16.83	7.34	9.5
		Moyenne	1.42	9.99	3.74	5.76
	2	1	1.11	46.34	38.32	8.02
		2	3.97	30.91	22.08	8.83
		Moyenne	2.54	38.63	30.20	8.43
	3	1	5.21	5.84	4.38	1.46
		2	1.66	5.81	4.98	0.83
		Moyenne	3.44	5.83	4.68	1.15
176	6		0.79	5.56	2.38	3.18
			1.39	2.77	2.08	0.69
	Moyenne	1.09	4.17	2.23	1.94	
177	1	1	0.29	1.09	0.51	0.58
		2	0.27	1.78	0.41	1.37
		Moyenne	0.28	1.44	0.46	0.98
	2	1	2.10	2.54	0.25	2.29
		2	3.04	7.61	2.54	5.07
		Moyenne	2.57	5.08	1.40	3.68
	3	1	4.04	2.94	0.00	2.94
		2	6.69	1.49	0.00	1.49
		Moyenne	5.37	2.22	0.00	2.22

Tab. 6.2.- Densités d'oeufs et de larves de sole en 1994 (en nombre par 10 m³)

La restauration d'effectifs comparables à ceux de la période précédant la mise en service de la centrale se confirme. Depuis quelques années, les effectifs semblent se stabiliser autour de la moyenne du site observée avant mise en service.

L'hypothèse la plus plausible est que les variations pluriannuelles de l'intensité de la ponte au voisinage de Gravelines dépendent essentiellement de la précocité et de l'importance de la colonisation du site par les géniteurs lors de la migration printanière de reproduction vers les frayères-nourricières côtières. Celle-ci semble obéir principalement à la température, qui règle à la fois la valeur du maximum que la cinétique des pontes.

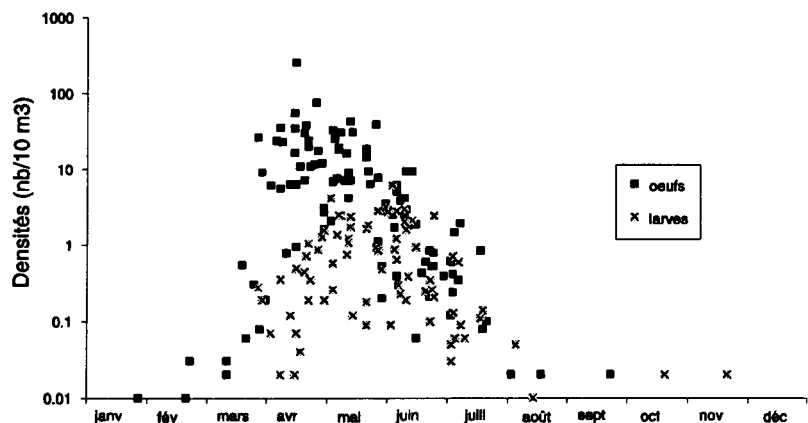


Fig. 6.1.- Variation saisonnière des densités d'oeufs et de larves de sole de 1975 à 1994

L'évolution des effectifs en 1983, présentant les plus fortes valeurs lors de la campagne 175 (début mai) semblent indiquer que le maximum couvre la période fin avril-début mai (les effectifs enregistrés vers le milieu et la fin du mois sont nettement inférieurs). La période de ponte peut ainsi être qualifiée de

Oeufs (fig. 6.1, 6.2 et 6.3) : en 1994, les abondances d'oeufs sont légèrement inférieures à celles relevées en 1993. Elles se rapprochent ainsi de la moyenne observée sur le site qui est d'environ 30 oeufs par 10 m³ lors du maximum (fig 6.2) si l'on exclut les abondances exceptionnelles observées au cours de l'année 1983 près de 300 par 10 m³.

L'analyse des productions annuelles (fig. 6.2), mieux que celle des densités brutes, montre que cette dernière marque le sommet d'une période de plus forts effectifs. Malgré la coïncidence avec le début de la mise en service de la centrale (1980-81), cette augmentation transitoire relève des fluctuations pluriannuelles naturelles de période 7-8 ans telles qu'elles apparaissent à l'examen des séries temporelles en Manche et mer du Nord. Une autre période d'augmentation des effectifs, quoique moins marquée, est observée autour de 1988.

"normale", bien que légèrement avancée, comme le suggèrent les densités proches du maximum observées dès mi-avril. Le gradient général vers la côte se confirme, le point médian présentant des effectifs plus élevés que le point du large, ce qui fut souvent constaté au cours de ces études.

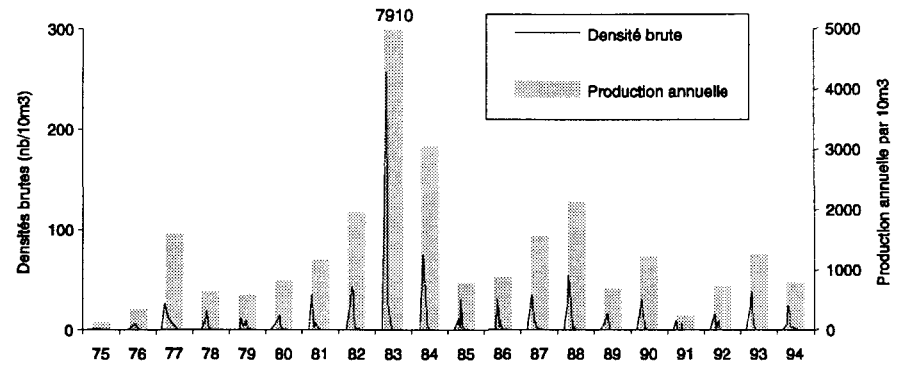


Fig. 6.2.- Variations pluriannuelles des densités d'oeufs de sole (densités brutes et densités intégrées = "production")

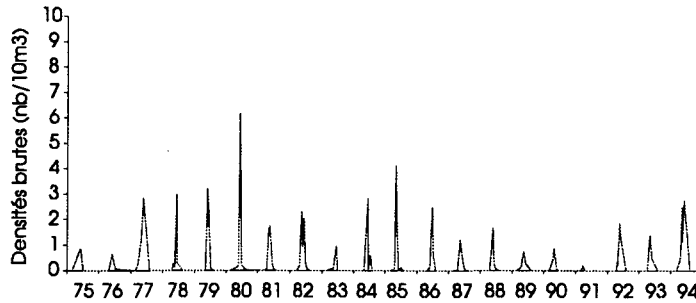


Fig. 6.3.- Variations pluriannuelles des densités de larves de sole

Larves (fig. 6.3) : les densités de larves sont d'un ordre de grandeur habituel, quoique supérieures à celles de 1993. Leur maximum semble précoce (il a lieu habituellement début juin) puisqu'il se produit en même temps que celui des oeufs. On note là encore des fluctuations pluriannuelles, qui ne suivent cependant pas celles observées pour les oeufs, avec une tendance générale à la baisse des effectifs lors des maxima depuis les années 1977-80.

Le sprat *Sprattus sprattus* (L.) (figures 6.4, 6.5 et 6.6, 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 du site.

Campagne	Point	Repliquat	Larves	Oeufs		
				Total	Stade 1	Stade 2
172	6		15.17	2.53	1.84	0.68
		7	4.31	1.74	1.08	0.67
	Moyenne	9.74	2.14	1.46	0.68	
173	6		0.47	7.55	3.52	4.03
		7	0.54	7.15	0.20	4.50
	Moyenne	0.51	7.35	1.86	4.27	
174	6		17.51	78.31	28.21	50.10
		7	6.82	30.49	9.81	20.69
	Moyenne	12.17	54.40	19.01	35.40	
175	1	1	1.26	4.78	0.25	4.53
		2	3.88	28.06	25.47	2.59
	Moyenne	2.57	16.42	12.86	3.56	
	2	1	16.49	24.51	22.28	2.23
		2	15.89	14.57	12.80	1.77
	Moyenne	16.19	19.54	17.54	2.00	
3	1	22.51	20.01	18.34	1.67	
	2	6.01	19.08	18.66	0.41	
Moyenne	14.26	19.55	18.50	1.04		
176	6		7.15	89.82	39.74	50.07
		7	3.47	77.68	26.35	51.32
	Moyenne	5.31	83.75	33.05	50.70	
177	1	1	0.36	7.98	1.09	6.89
		2	0.21	15.50	1.78	13.72
	Moyenne	0.29	11.74	1.44	10.31	
	2	1	1.84	24.41	4.83	19.58
		2	2.66	74.53	14.20	60.34
	Moyenne	2.25	49.47	9.52	39.96	
3	1	14.32	44.80	8.81	35.99	
	2	30.85	41.63	11.89	29.74	
Moyenne	22.59	43.22	10.35	32.87		

Tab. 6.3.- Densités d'oeufs et de larves de sprat en 1994 (en nombre par 10 m³)

Oeufs (fig. 6.4, 6.5 et 6.6) : comme 1993, l'année 1994 montre des effectifs qui se rapprochent de la moyenne du site, inférieurs cependant à ceux observés au cours des années 1977-79 ou 1981-84 (100 à 300 par 10 m³). On est frappé par ailleurs de la similitude des fluctuations annuelles des effectifs d'oeufs de sprat et de sole, notamment le fort pic de 1983.

Les effectifs sont importants dès avril et la ponte demeure importante jusqu'à fin mai. Bien qu'en 1994 la ponte soit très étalée, le maximum semble se produire vers la mi-mai. On note généralement des effectifs proches de ceux observés en 1993.

Larves (fig. 6.6) les densités sont nettement plus élevées que celles observées en 1993. D'une manière générale, les variations pluriannuelles de larves de sprat font apparaître une alternance

Campagne	Point	Repliquat	Total
172	6		5.79
			10.46
	Moyenne	8.13	
173	6		0.83
			2.40
	Moyenne	1.62	
174	6		61.28
			109.18
	Moyenne	85.23	
175	1	1	306.21
		2	524.87
		Moyenne	415.54
	2	1	69.51
		2	321.42
		Moyenne	195.47
	3	1	60.02
		2	102.86
		Moyenne	81.44
176	6		1093.69
			187.25
	Moyenne	640.47	
177	1	1	145.03
		2	118.51
		Moyenne	131.77
	2	1	64.08
		2	49.18
		Moyenne	56.63
	3	1	183.62
		2	126.37
		Moyenne	155.00

Tab. 6.4.- Densités de *Pleurobrachia* en 1994 (en nombre par 10 m³)

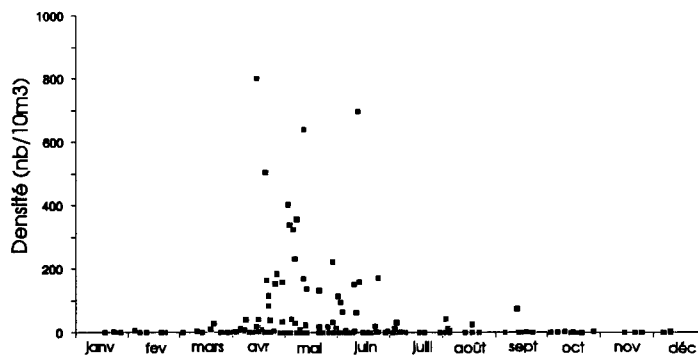


Fig. 6.7.- Variations saisonnières des densités de la "groseille de mer" *Pleurobrachia pileus* de 1979 à 1994

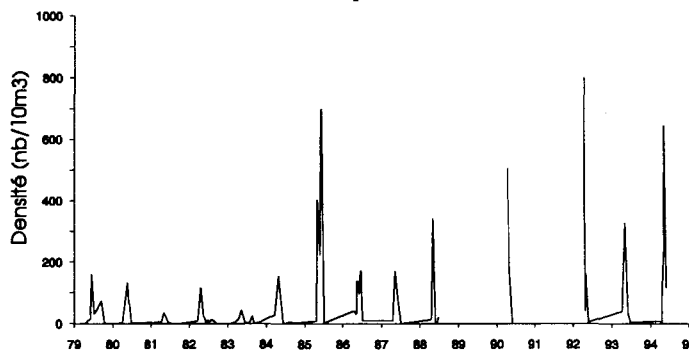


Fig. 6.8.- Variations pluriannuelles des densités de *Pleurobrachia pileus*

Cependant, parmi ces derniers, ceux qui seraient susceptibles de passer au travers de la maille du Bongo (0.5 mm, soit 1 mm de maille étirée) peuvent tout au plus contribuer au colmatage des grilles (3 mm de maille) lequel est attribué principalement aux gros individus dont la densité atteint 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 sont particulièrement élevées dans le canal d'aménée, probablement du fait d'une prolifération dans les eaux calmes de l'avant-port.

On retrouve en 1994 des densités de l'ordre de grandeur de celles observées en 1993, mais cependant plus élevées (400 à 600 par 10 m³ lors du maximum de début mai). Les effectifs les plus élevés ont été observés dans le canal d'aménée, suivis de près par les densités au point côtier.

ÉLÉMENTS DE CONCLUSION

L'année 1994 d'une manière générale se présente comme une année moyenne. La ponte de la sole et du sprat est, en termes de productivité et si l'on considère l'ensemble des points, légèrement inférieure à celle observée en 1993, mais les effectifs sont de l'ordre de grandeur habituel sur le site. Les variations pluriannuelles de la ponte des deux espèces sont semblables ce qui, compte-tenu de leur différence d'écologie (l'une est benthique, l'autre pélagique), est l'indice de phénomènes généraux intéressant un secteur plus vaste et affectant les géniteurs et leurs migrations.

Les variations d'abondance des larves, en revanche, paraissent indépendantes de celles des oeufs et relèvent de phénomènes locaux. Les maxima d'abondance en 1994 se situant au plein du printemps, les abondances, liés au taux de survie, sont légèrement meilleures qu'en 1993.

Les périodes de reproduction se présentent comme normales, centrées sur fin avril et le mois de mai, époque où les températures atteignent et dépassent les 10 °C et représentant l'optimum pour la ponte des deux espèces de poissons et les plus favorables à la prolifération des cténaïres. La ponte du sprat s'avère plus étalée que d'habitude. Les maximums de larves semblent avoir lieu globalement en même temps que ceux des oeufs. Le gradient vers la côte (et le canal d'aménée) se maintient.

Les cténaïres présentent également une abondance plus élevée qu'au cours de l'année précédente. De fait, l'année 1994 apparaît comme une année "forte".

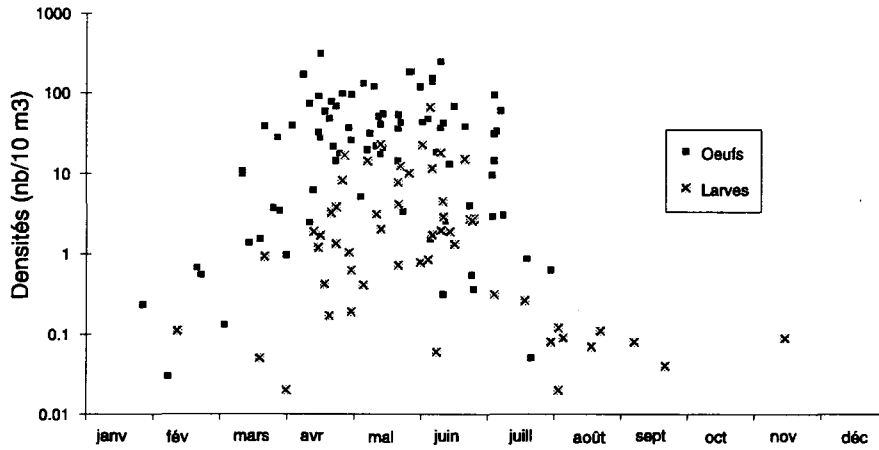


Fig. 6.4.- Variations saisonnières des densités d'oeufs et de larves de sprat de 1975 à 1994

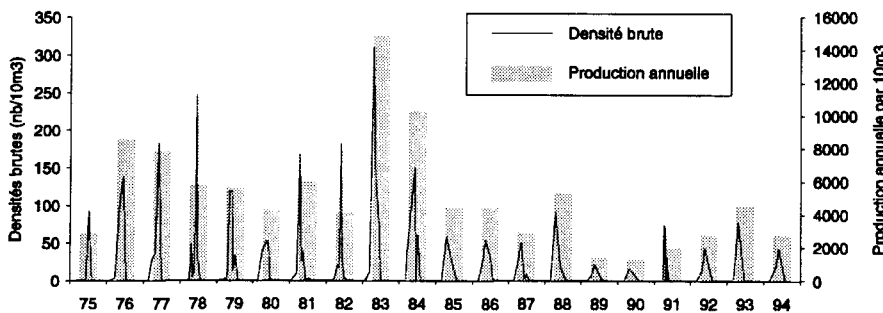


Fig. 6.5.- Variations pluriannuelles des densités d'oeufs de sprat (densités brutes et densités intégrées = "production")

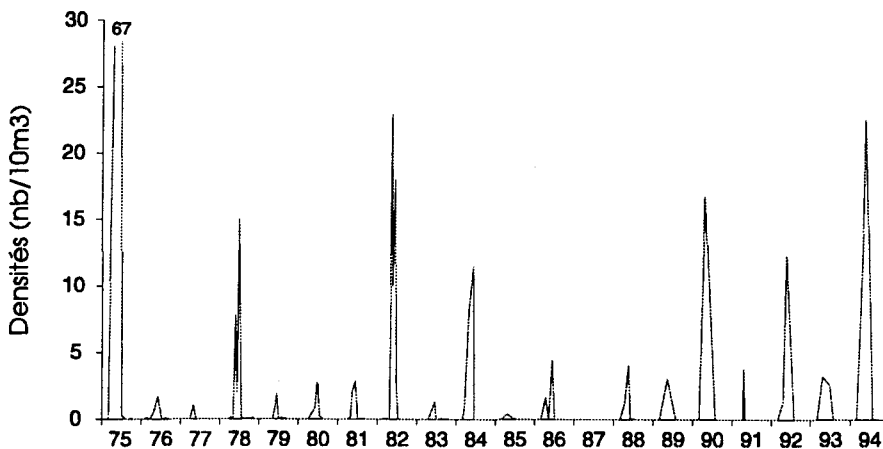


Fig. 6.6.- Variations pluriannuelles des densités de larves de sprat

d'années à forts et à faibles effectifs (fig 6.5) selon des ordres de grandeur qui varient environ d'un facteur 10. Ces variations sont indépendantes de celles des densités d'oeufs, à l'instar de ce qu'on observe pour la sole. En effet, alors que les densités d'oeufs échantillonnées dépendent essentiellement de la répartition des géniteurs, les quantités de larves relèvent davantage du taux de survie des jeunes stades, dans lequel la quantité et la qualité de la nourriture disponible entre pour une large part. C'est par ce biais que les décalages de ponte déterminent la survie larvaire. En 1994, le maximum se produit en mai, dans une période favorable, alors qu'en 1993, il avait lieu plus tôt.

Contrairement à ce que l'on observe pour la Sole, on ne note pas de gradient vers la côte, mais au contraire un très net gradient vers le large fin mai, conformément à l'écologie de cette espèce pélagique uniformément répartie et dont la ponte a lieu plutôt vers le large.

"Groseille de mer" *Pleurobrachia pileus* (figures 6.7 et 6.8, tableau 6.4)

La groseille de mer *Pleurobrachia pileus* (cténaire), espèce constante à Gravelines depuis le début des études, fait l'objet d'une attention particulière depuis les problèmes de colmatage des tambours de filtration¹.

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 demeurent ainsi sous-estimées, notamment au début de la saison où l'on note une abondance de jeunes individus.

1. Ce danger avait été signalé dès le rapport d'étude de projet paru en mars 1981.

CHAPITRE VII

LE DOMAINE BENTHIQUE INTERTIDAL

Jean-Marie DEWARUMEZ et Dominique MENU

INTRODUCTION

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

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

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

METHODOLOGIE

La méthodologie n'a pas changé au cours de l'étude 1994. Les huit stations ont été échantillonnées sur 0,25 m² le long des deux radiales, le 26 juin 1994.

RESULTATS

1- COMPOSITION BIONOMIQUE

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

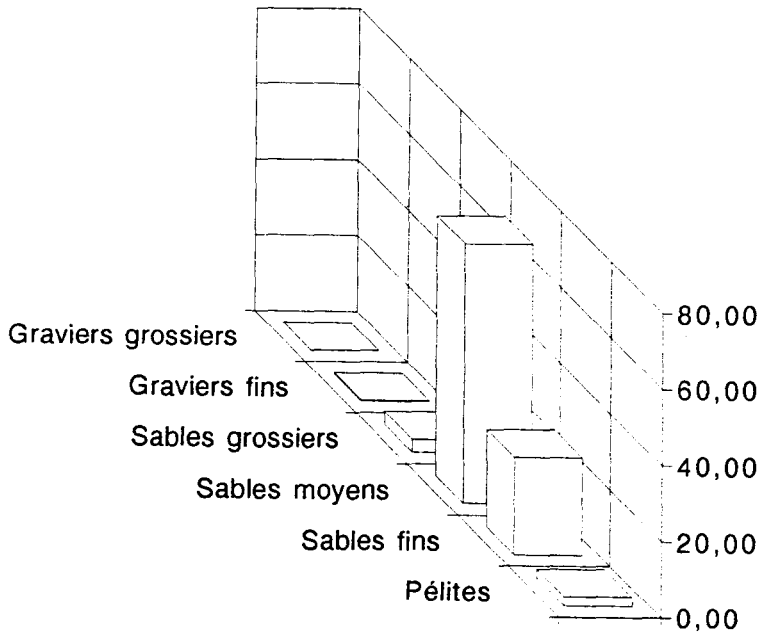
- 1 Némerte
- 1 Annélide Oligochète
- 13 Annélides Polychètes :
 - 3 polychètes errantes
 - 10 polychètes sédentaires
- 2 Mollusques :
 - 1 Gastéropode
 - 1 Bivalve
- 14 Crustacés :
 - 2 Cumacés
 - 2 Isopodes
 - 8 Amphipodes
 - 2 Décapodes
- 1 Larve de Diptère

Ces 32 taxons correspondent à 5110 individus récoltés : 4072 sur la radiale 1 et 938 sur la radiale 2.

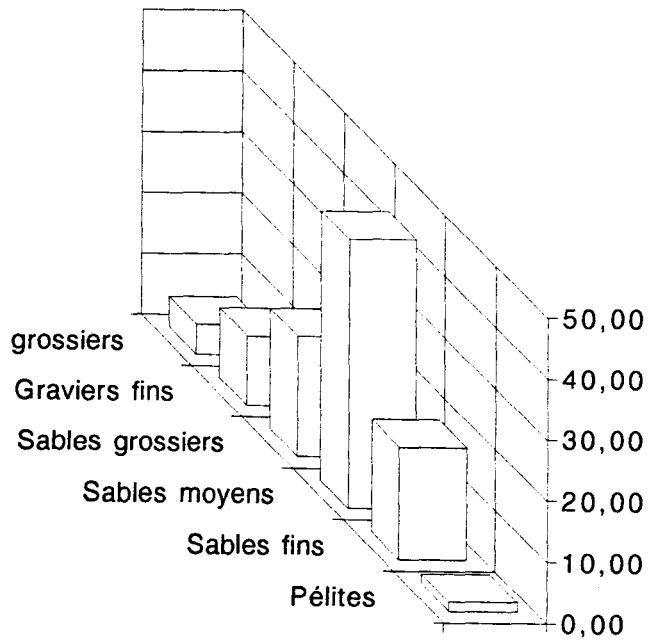
Radiale 1	Station E	Station F	Station G	Station H
Graviers grossiers	0,04	4,92	0,11	0,14
Graviers fins	0,22	11,39	0,55	0,48
Sables grossiers	3,37	19,78	6,06	9,67
Sables moyens	68,43	44,07	67,27	72,51
Sables fins	25,59	18,33	25,93	17,17
Pélites	2,34	1,50	0,08	0,04

Radiale 2	Station I	Station J	Station K	Station L
Graviers grossiers	0,68	6,85	0,00	0,06
Graviers fins	1,65	4,56	0,16	0,73
Sables grossiers	7,27	9,73	2,67	9,12
Sables moyens	61,05	53,95	76,56	48,35
Sables fins	25,90	24,86	20,56	41,66
Pélites	3,45	0,04	0,04	0,08

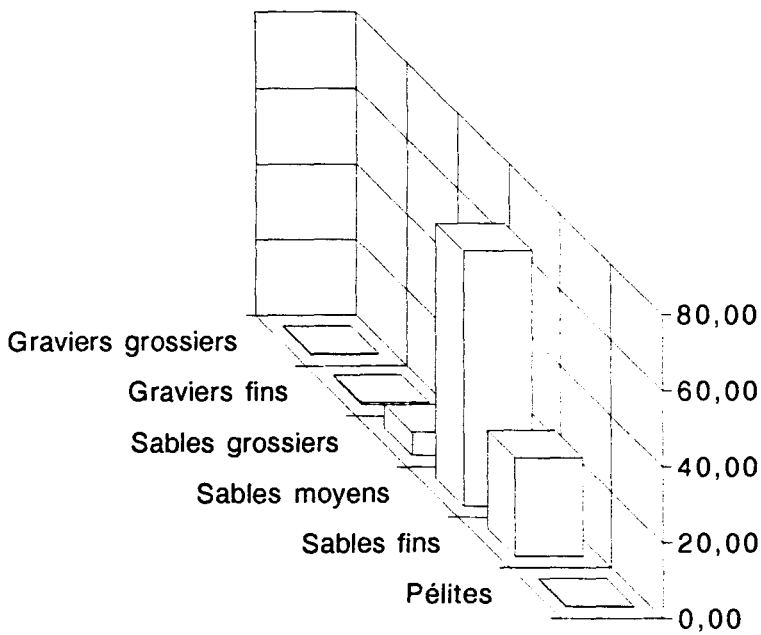
Tableau 7-1: Caractéristiques granulométriques du sédiment aux huit stations intertidales (% pondéraux)



Station F



Station G



Station H

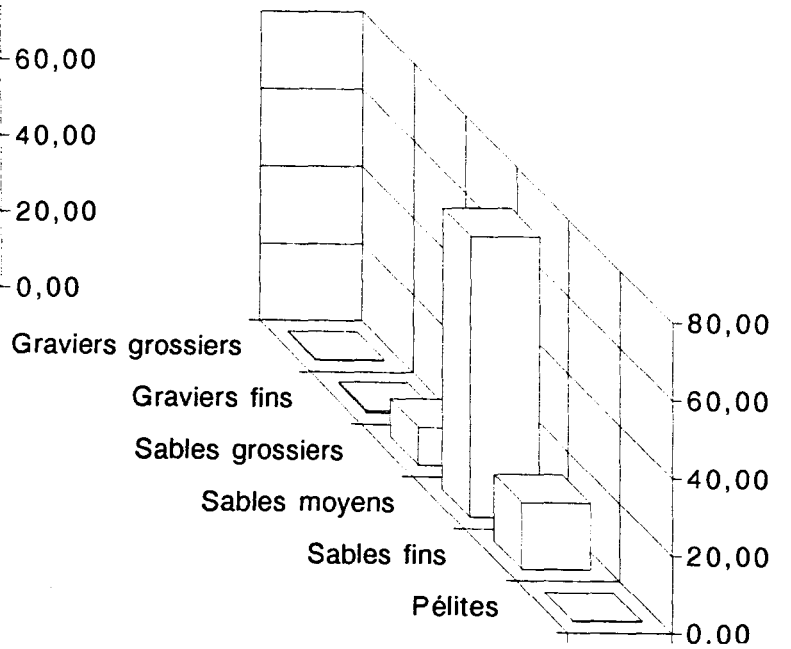
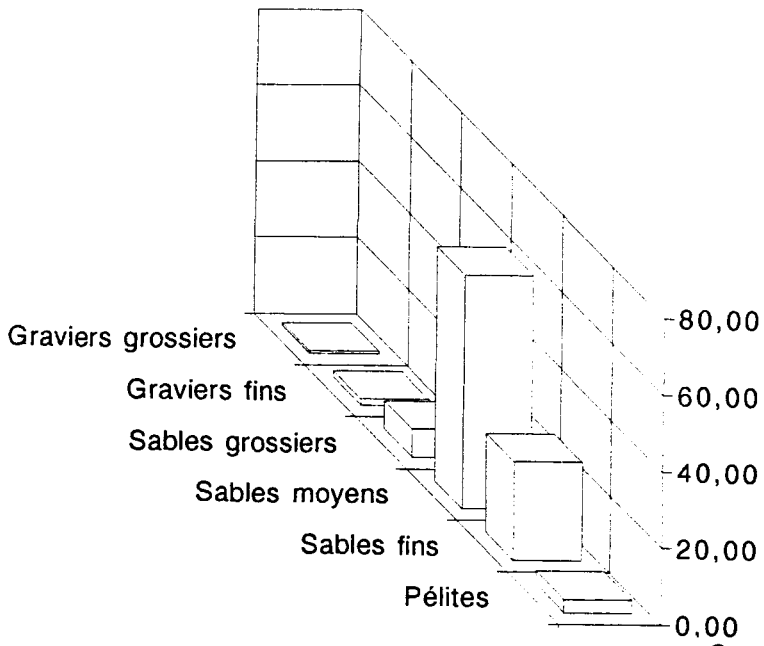
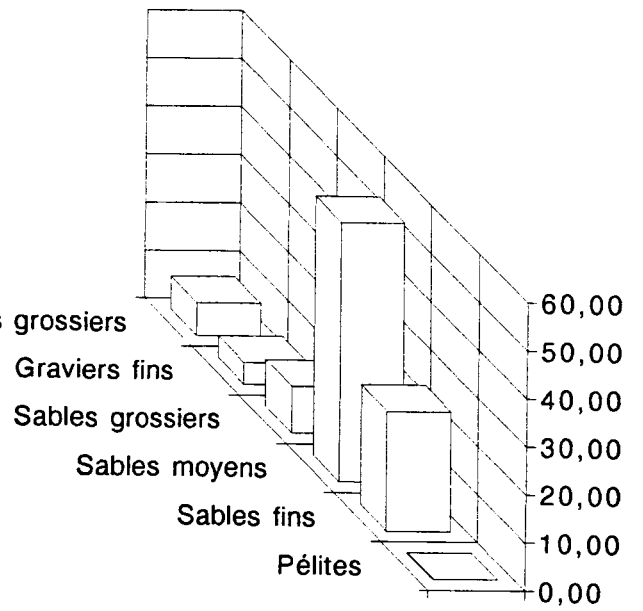


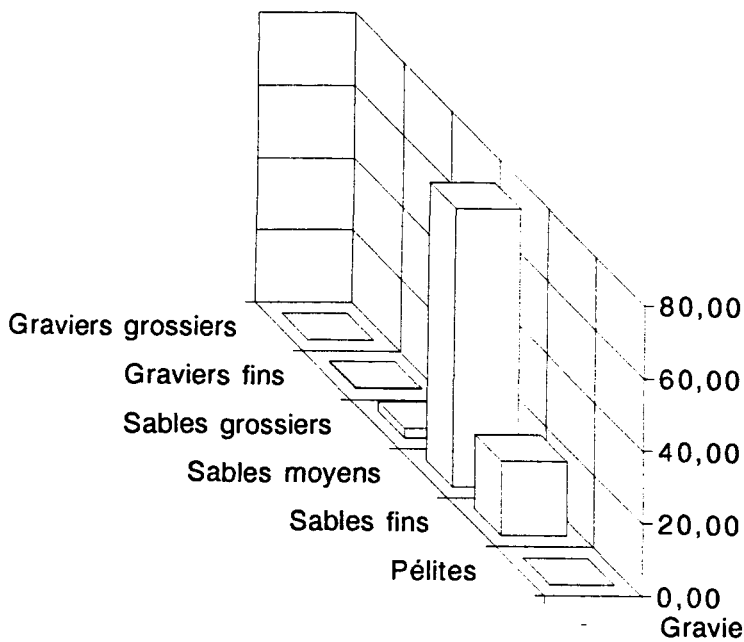
Figure 7-1 : Radiale1, analyses granulométriques (% pondéraux)



Station J



Station K



Station L

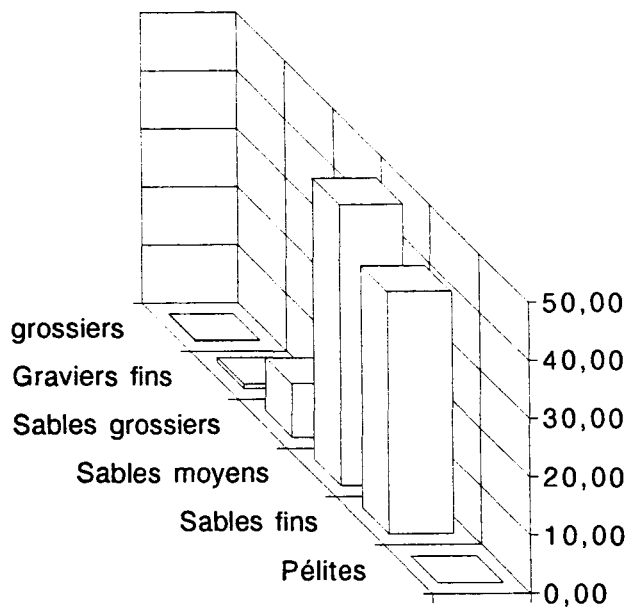


Figure 7-2 : Radiale2, analyses granulométriques (% pondéraux)

2- RESULTATS GLOBAUX

(figures 7-1 & 2, Tableaux 7-1 à 3)

2-1 Radiale 1

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

2-1-1 Station E

On ne note plus la présence cette année de placages de vase, cependant la structure granulométrique du sédiment évolue peu, les pélites sont intimement mêlées au reste du sédiment. La teneur en sables moyens reste voisine de 70 % et la teneur en pélites est quasiment identique à celle de 1993

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Station %	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Pélites	2,03	1,57	0,57	3,92	1,22	0,91	7,22	7,73	2,96	1,27	2,51	2,34
Sable fin	28,52	18,90	40,66	34,39	25,08	24,03	40,63	19,72	20,61	7,60	18,39	25,59
Sable moyen	49,04	69,57	54,97	57,35	68,93	66,46	47,91	71,06	70,75	80,95	73,36	68,43

Le peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres continue à bénéficier des bonnes conditions mises en place en 1993, année qui fut pluvieuse. Les fortes pluies hivernales ont permis le maintien voire l'expansion de ce peuplement. *Corophium arenarium* (3168 / m²) et *Hydrobia ulvae* (11304 / m²) ont particulièrement bénéficié de ces bonnes conditions pour le peuplement des hauts niveaux. *Eurydice affinis* voit sa densité régresser (de 244 en 1993 à 100 en 1994).

La population de *Spio martinensis* par contre, disparaît quasiment (8 / m²), et revient aux très faibles niveaux de densités enregistrés en 1987 - 88, sans toutefois que la niche écologique laissée vacante soit occupée par *Pygospio elegans*. Nous reviendrons sur la cas de ces deux polychètes dans un prochain paragraphe.

Densité /m ²	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
<i>Hydrobia ulvae</i>	2892	8740	8	216	0	300	11412	11956	7124	952	11324	25340	12820	7492	4060	10172	11304
<i>Spio martinensis</i>	0	0	0	0	0	8	48	12	60	0	0	192	56	92	12	836	8
<i>Pygospio elegans</i>	0	144	0	624	0	0	0	0	1460	20	48	0	44	0	0	0	0
<i>Eurydice affinis</i>	0	100	64	4	0	68	144	564	84	1280	504	144	0	136	496	244	100
<i>Corophium arenarium</i>	172	852	1888	0	68	220	52	1336	5716	76	1208	360	2648	344	180	1808	3168

La forte augmentation de la population de *Corophium arenarium* provoque une forte augmentation de la biomasse à cette station. Elle augmente de 1,5 g / m² et atteint 8,7 g, la deuxième plus forte valeur enregistrée depuis le début des études.

2-1-2 Station F

C'est cette station qui a subi depuis le début des études les évolutions les plus importantes ou tout au moins celles qui ont provoqué les altérations les plus fortes de la biomasse. Ces modifications sont directement liées à la présence ou non de populations de mollusques bivalves (*Cerastoderma edule* et *Macoma balthica*) qui sont toutes deux capables de générer de fortes biomasses. La présence de ces bivalves peut être directement reliée à l'influence de la dessalure provoquée par l'Aa, mais aussi à des

	Station E		Station F		Station G		Station H	
	Densité	Biomasse	Densité	Biomasse	Densité	Biomasse	Densité	Biomasse
Enchytraeidae sp			1	0,1				
Eteone longa			9	2	3	0,5		
Hediste diversicolor			1	1,6				
Nephtys cirrosa					11	121,2	5	34,6
Nerine cirratulus	1	24,1	32	137,6			2	2,2
Spio martinensis	2	0,1	1	0,1	1	0,1		
Ophelia rathkei			81	19	1	0,2		
Arenicola marina			9	4913,5				
Lanice conchilega					2	1,9		
Hydrobia ulvae	2826	1437,6						
Macoma balthica	2	14,4	10	77,2				
Eurydice affinis	25	9,3						
Bathyporeia pelagica							1	0,3
Bathyporeia pilosa	225	60,5						
Bathyporeia sarsi			4	1,3	3	1,2		
Haustorius arenarius					7	22,2	1	3,9
Corophium arenarium	792	630,1	6	5,1	5	5,9	1	0,5
Crangon crangon					1	0,6		
Portumnus latipes							1	32,1
TOTAL	3873	2176,1	154	5157,5	34	153,8	11	73,6

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

facteurs écologiques agissant à mesoéchelle et qui influent directement sur le recrutement de ces deux espèces dans une vaste zone géographique (cf *Cerastoderma edule* de 1981 à 83 et de 1989 à 91 et *Macoma balthica* de 1983 à 1987).

Densité/m ²	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
<i>Hediste diversicolor</i>	32	80	0	0		432	88	116	44	16	0	4	12	12	0	12	4
<i>Spio martinensis</i>	0	0	0	0	0	112	80	1324	236	0	0	592	192	8	12	968	4
<i>Pygospio elegans</i>	0	52	0	236	0	0	0	0	1460	40	16	0	0	144	0	0	0
<i>Ophelia rathkei</i>	0	132	12	248	124	152	1100	68	8	100	4	0	0	28	0	16	324
<i>Hydrobia ulvae</i>	4324	0	8	0	0	4	0	0	216	0	0	15700	860	0	8	20	0
<i>Cerastoderma edule</i>	0	92	48	320	144	152	36	4	16	0	0	1368	636	64	8	0	0
<i>Macoma balthica</i>	0	40	0	32	44	472	32	200	92	40	0	84	0	8	0	4	40
<i>Corophium arenarium</i>	36	0	56	0	4	12	0	12	36	16	0	36	24	60	0	4	24
Oligochètes	0	0	0	0	0	324	336	820	3360	2452	0	8	0	12	0	76	4

En 1993, les espèces caractéristiques des eaux saumâtres avaient particulièrement bénéficié de la forte pluviosité et du débit accru de l'Aa. C'était le cas notamment de *Hediste diversicolor*, d'*Ophelia rathkei* et de *Hydrobia ulvae*. En 1994 malgré une période hivernale pluvieuse comme nous l'avons déjà indiqué, toutes les espèces euryhalines à l'exception d'*Ophelia rathkei* et de *Macoma balthica* régressent. Ceci montre ainsi que la période à laquelle on enregistre les fortes pluviosités est importante. On peut en effet supposer que les fortes pluies hivernales ont davantage favorisé les peuplements de haut niveau qui sont plus sous l'influence des eaux de ruissellement provenant de la nappe phréatique, tandis que les peuplements des moyens niveaux, sous l'influence directe de l'Aa, n'ont pas bénéficié de cette dessalure.

La densité d'*Ophelia rathkei* est multipliée par 20 (324 / m² en 1994 contre 16 en 1993), tandis que celle de *Macoma balthica* passe de 4 à 40 / m² (tous de très jeunes individus, la biomasse en résultant est donc très faible). Mais le fait le plus important que l'on peut signaler à ce niveau, c'est la présence d'*Arenicola marina* (36 / m²) qui n'avait pour l'instant été que très rarement récoltée. La présence de cette espèce provoque une augmentation considérable de la biomasse qui atteint 20,63 g/m². *Arenicola marina*, à elle seule représente une biomasse de 19,6 g soit 95% de la biomasse totale.

2-1-3 Stations G et H

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

2-1-4 Radiale 1 : conclusion

Les faits marquants enregistrés à cette station en 1994 ont été le maintien des peuplements des hauts niveaux grâce à l'influence des eaux de ruissellement, la régression des populations de certaines espèces euryhalines à la station F et la très forte biomasse occasionnée à la station F par *Arenicola marina*. La population de *Spio martinensis* semble avoir presque complètement disparu.

2-2 Radiale 2

2-2-1 Station I

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

Densité /m ²	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Oligochètes	0	0	0	0	12	4	8	84	88	40	0	36	0	8	20	0	0
Pygospio elegans	0	72	132	108	0	0	664	1448	2004	1472	1004	1224	208	148	424	1404	32
Hydrobia ulvae	196	0	12	9168	8596	452	1464	1684	100	800	312	688	564	0	620	116	1216
Corophium arenarium	220	5280	6476	60	704	2068	400	380	1304	2512	1380	1852	468	624	3772	6184	956
Bathyporeia pilosa	524	124	196	48	192	108	4448	40	1680	8	126	0	52	100	60	684	64
Eurydice affinis	204	16	4	4	24	0	284	4	272	68	268	16	60	0	20	236	448

Les espèces euryhalines sont prépondérantes même si l'on note une forte diminution de la densité de *Corophium arenarium* (de 6200 en 1993 à 1000 en 1994). La population d'*Hydrobia ulvae* progresse fortement de 100 à 1200 entre 1993 et 1994. Le reste des espèces récoltées est dans la norme habituelle du peuplement à cette station.

Mais le fait le plus marquant est la disparition quasi complète de *Pygospio elegans* de la Station I (densité de 32 / m² en 1994 contre 1404 en 1993).

2-2-2 Station J

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

Densité/m ²	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
<i>Nerine cirratulus</i>	0	8	32	68	84	0	52	0	40	168	336	12	146	36	32	88	68
<i>Eurydice affinis</i>	84	44	152	4	16	20	796	60	200	452	40	8	0	0	140	240	16
<i>Eurydice pulchra</i>	8	0	32	24	36	28	60	4	8	480	0	192	160	0	16	0	236
<i>Bathyporeia pilosa</i>	180	368	84	0	12	72	296	28	272	276	0	0	0	0	156	76	0

En 1994 la récolte de *Bathyporeia sarsi* en très grande densité (400 / m²) vient confirmer l'évolution signalée plus haut. Cette espèce est en effet inféodée au niveaux inférieurs de l'estran. Le reste du cortège spécifique reste conforme aux études précédentes, dominé par *Nerine cirratulus* et *Eurydice pulchra*. La biomasse reste du même ordre de grandeur qu'en 1993 (0,5 g/m²).

2-2-3 Station K

Cette station est d'une remarquable stabilité depuis le début des études, elle est caractérisée par la présence de *Nephtys cirrosa*, *Haustorium arenarium*, *Bathyporeia sarsi*. La biomasse est en général faible et seule la récolte de quelques *Portunus latipes* peut provoquer une augmentation de la biomasse.

	Station I		Station J		Station K		Station L	
	Densité	Biomasse	Densité	Biomasse	Densité	Biomasse	Densité	Biomasse
Némertes sp					1	0,7		
Eteone longa					1	0,5		
Nephtys cirrosa					6	65,9	9	70,5
Paraonis fulgens					1	0,4		
Pygospio elegans	8	0,8						
Spio martinensis							2	0,5
Spiophanes bombyx							1	0,8
Nerine cirratulus			17	72	2	1,3		
Magelona mirabilis							1	0,8
Lanice conchilega							1	0,9
Hydrobia ulvae	304	189,6						
Diastylis bradyi							5	0,5
Cumopsis fagei							1	0,1
Euridyce affinis	112	27	4	2,2				
Euridyce pulchra			59	22,4				
Urthoe brevicornis					1	0,4		
Atylus swammerdami							3	0,6
Bathyporeia pilosa	16	4,4						
Bathyporeia sarsi			100	22,8	19	6,9		
Haustorius arenarius					8	34,1		
Pontocrates altamarinus					2	0,3	4	0,9
Corophium arenarium	239	140,1	3	1,6			1	0,3
Crangon crangon					1	0,3		
Portumnus latipes					1	299		
Larves diptères	5	7,5						
TOTAL	684	369,9	183	121	43	409,8	28	75,9

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

2-2-4 Station L

Tout comme les deux autres stations de bas niveau de la radiale 1 cette station est d'une grande stabilité bionomique. Le cortège spécifique que l'on y rencontre est tout à fait caractéristique des bas niveaux de plage de la région.

2-2-5 Radiale 2 : conclusion

Les résultats enregistrés en 1994 confirme dans une large mesure ceux de 1993. Seule l'évolution plus marquée de la station J vers des aspects de peuplements de moyens niveaux inférieurs est notable, en dehors bien sûr de la disparition de *Pygospio elegans*.

3- CONCLUSION SUR L'EVOLUTION DE L'ESTRAN

3-1 Cas de la partie ouest

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

	Densité moyenne 1987	Densité moyenne 1988	Densité moyenne 1989	Densité moyenne 1990	Densité moyenne 1991	Densité moyenne 1992	Densité moyenne 1993	Densité moyenne 1994
<i>Ophelia rathkei</i>	12	2	0	0	3,5	0	4	82
Oligochètes	312	0	0,5	0	1,5	0	20	1
<i>Enoplus brevis</i>	305	0	0	0	0	0	3	0
<i>Nereis diversicolor</i>	3	0,5	0,5	0,75	1,5	0	3	1

En 1993, on avait pu noter la réapparition des espèces euryhalines. En 1994, malgré un hiver pluvieux, on n'a pas pu noter le maintien de ces espèces, si ce n'est *Ophelia rathkei*, les faibles pluies printanières n'ayant pas suffi pour permettre à l'Aa d'exercer un influence sur les peuplements de moyens niveaux supérieurs. Par contre dans les niveaux supérieurs, sous l'influence des eaux de ruissellement un tel cortège spécifique a pu se maintenir.

3-2 Cas des Spionidiens

Depuis plusieurs années, même si le principe général de la séparation géographique des deux espèces n'était pas réellement remis en cause, les densités de ces deux annélides subissaient des fluctuations parfois importantes. En 1993, la situation semblait s'être à nouveau figée en isolant parfaitement les deux populations d'annélides.

Densité/m ²		1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	
<i>Spio martinensis</i>	E	8	48	12	60	0	0	192	56	92	12	836	8	Ouest
	F	112	80	1324	236	0	0	592	192	8	12	938	4	
	I	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Est
	J	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pygospio elegans</i>	E	0	0	0	1460	20	48	0	0	0	0	0	0	Ouest
	F	0	0	0	636	40	16	0	0	144	0	0	0	
	I	0	664	1448	2004	1472	1004	1224	208	148	424	1404	32	Est
J	0	0	136	236	80	0	144	60	0	0	4	0		

En 1994 le schéma est toujours valable: *Spio martinensis* est présent à l'ouest hors d'atteinte des eaux réchauffées de la centrale tandis que *Pygospio elegans* reste confiné à l'est. La seule différence, notable, est que les populations des deux espèces ont simultanément chuté d'une manière si importante que les deux espèces sont quasiment éliminées du site. Il est impératif de vérifier si cette situation se maintient en 1995 dans la mesure où ces deux espèces constituent un modèle biologique intéressant pour le suivi de l'impact thermique de la centrale.

3-3 Evolution de la biomasse.

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

en g/m ²	1974 1975	1976 1977	1978 1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
E'	-	-	-	-	8,44	6,18	12,01	4,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	2,99	6,36	4,39	2,28	0,81	2,22	1,81	7,16	9,01	13,40	1,52	7,99	13,51	7,92	4,62	2,99	7,25	8,7
F	1,65	3,37	11,16	6,99	10,29	9,37	52,98	6,28	5,79	6,67	2,12	0,05	41,46	25,97	13,37	0,48	1,37	20,63
G	1,04	0,88	1,14	0,69	1,78	0,75	0,97	0,51	1,051	1,26	0,83	0,39	0,48	0,41	0,61	0,12	0,48	0,61
H	0,37	0,29	0,16	0,28	0,37	3,22	0,86	0,27	0,18	0,24	0,16	0,87	0,38	1,29	0,12	2,97	0,11	0,29
I	0,93	-	2,08	2,42	6,29	5,92	2,53	2,95	2,08	2,07	2,44	2,70	1,66	0,60	0,38	3,02	3,94	1,47
J	0,66	-	1,80	0,22	0,40	0,56	0,12	0,58	0,24	0,40	1,49	1,65	0,11	0,32	0,15	0,35	0,35	0,48
K	0,66	-	1,51	2,80	0,39	0,53	1,60	0,92	0,46	0,73	0,82	1,48	0,86	0,71	0,77	0,02	0,47	1,63
L	0,29	-	0,12	0,21	0,58	1,03	11,89	0,26	0,45	0,43	0,61	0,67	0,22	0,18	0,90	20,52	0,59	0,30
Moy. Estran	1,13	-	2,80	1,98	3,27	3,30	9,42	2,37	2,46	3,15	1,25	1,98	7,34	4,68	2,54	3,77	1,82	4,26

Le bilan global de l'évolution de la biomasse sur la plage de Gravelines fait apparaitre une forte augmentation de la biomasse moyenne, cette forte augmentation n'est due en fait qu'à la récolte d'*Arenicola marina* à la station F. Cette espèce montre les potentialités de production de l'estran de Gravelines, en remplaçant une autre espèce aussi productive qui est absente depuis plusieurs années: *Cerastoderma edule*.

CHAPITRE VIII

LE DOMAINE BENTHIQUE SUBTIDAL

Jean-Marie DEWARUMÉZ
Christophe LUCZAK
Dominique MENU

INTRODUCTION

Le suivi écologique du milieu subtidal de la région de Gravelines est assuré depuis 1973. Après une première phase (1973-76) qui a porté sur les aspects qualitatifs, les études qui sont menées sur le site sont de type quantitatif. Elles ont porté dans un premier temps sur trois de communautés benthiques de la région puis uniquement sur le peuplement à *Abra alba* au niveau de deux stations, l'une non impactée par la centrale (station B), l'autre impactée (station C).

Le peuplement à *Abra alba* est caractérisé par une très forte productivité et une très forte instabilité de la dizaine d'espèces les plus contributives à l'organisation bionomique du peuplement. Ces espèces peuvent, tout à tour, être dominantes. Ainsi les recrutements, souvent pléthoriques d'*Abra alba*, *Lanice conchilega*, *Spisula subtruncata* ou *Ensis directus* peuvent fournir des apports en biomasse souvent considérables. Ces bouffées de production, régulières à la station B, peuvent également se faire sentir à la station C mais de manière fortement atténuée du fait de l'impact de la centrale sur la nature du sédiment.

La circulation des eaux de refroidissement provoquent un lessivage des fines à la station C, et si la station B est caractérisée par un sédiment envasé où prédominent les espèces vasicoles à forte production, la station C est caractérisée par un sédiment quasiment dépourvu de pélites où dominant les espèces sabulicoles à faible biomasse. Il faut signaler que l'impact de la centrale sur le peuplement à *Abra alba* reste localisé à une distance n'excédant pas 500 du canal de rejet. Le peuplement à *Abra alba* garde au delà de cette distance toutes ses potentialités.

En 1991, une perturbation très localisée, sans doute liée à une tempête, a affecté le sédiment à la station B. La nature granulométrique du sédiment a été complètement transformée, le sédiment a été, dès lors, constitué de sable moyens à grossiers propres. Cette altération a été synchrone avec un recrutement pléthorique d'*Ensis directus*. L'absence de pélites a provoqué la disparition des espèces vasicoles et la structure bionomique a été fortement altérée. Depuis le sédiment tend à redevenir semblable à ce qu'il était auparavant, l'enrichissement en pélites permettant le retour des espèces vasicoles.

METHODOLOGIE

La méthodologie de prélèvement reste inchangée. Quatre campagnes ont été réalisées aux stations B et C, les 8 février, 28 juin, 28 septembre et 7 novembre 1994. Le prélèvement supplémentaire destiné au contrôle ultérieur de l'évolution du peuplement à *Abra alba* non affecté par l'altération du sédiment (station B) a été maintenu. Un examen rapide de ces prélèvements montre que le peuplement à *Abra alba* possède à proximité de la station B toutes les potentialités pour une recolonisation par les espèces caractéristiques dès que les conditions sédimentologiques seront optimales.

Station B	08/02/1994	28/06/1994	28/09/1994	07/11/1994
Graviers grossiers	0,27	0,89	0,61	0,01
Graviers fins	5,63	5,85	6,13	1,00
Sables grossiers	28,03	45,10	35,37	31,73
Sables moyens	36,45	33,31	32,66	47,71
Sables fins	29,42	14,77	23,86	14,70
Pélites	0,20	0,08	1,37	4,86

Station C	08/02/1994	28/06/1994	28/09/1994	07/11/1994
Graviers grossiers	0,01	0,10	0,02	0,34
Graviers fins	0,04	0,46	0,29	0,78
Sables grossiers	0,34	2,56	1,52	4,09
Sables moyens	83,96	58,14	81,66	88,18
Sables fins	15,64	33,01	16,46	6,59
Pélites	0,01	5,73	0,05	0,01

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

RESULTATS

1- ANALYSES GRANULOMETRIQUES

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

1-1 Station B

L'altération de la structure granulométrique du sédiment est toujours sensible. Le sédiment est toujours constitué de sables fins à grossiers. Cependant, on note une tendance très nette à l'envasement du sédiment. La teneur en pélites atteint presque 5 % en novembre 1994, ce qui est une valeur tout à fait normale pour le peuplement à *Abra alba*. Le sédiment n'est toutefois pas encore totalement propice à l'installation d'un peuplement typique.

1-2 Station C

Le sédiment reste tout à fait semblable à ce qu'il est habituellement à cette station. La structure différente observée en juin est liée à un déplacement, légèrement vers le large du prélèvement pour des raisons de sécurité (vent orienté au SW qui faisait dériver le bateau en direction de la digue).

Le sédiment à cette station est toujours constitué de sables fins (plus de 80%) propres.

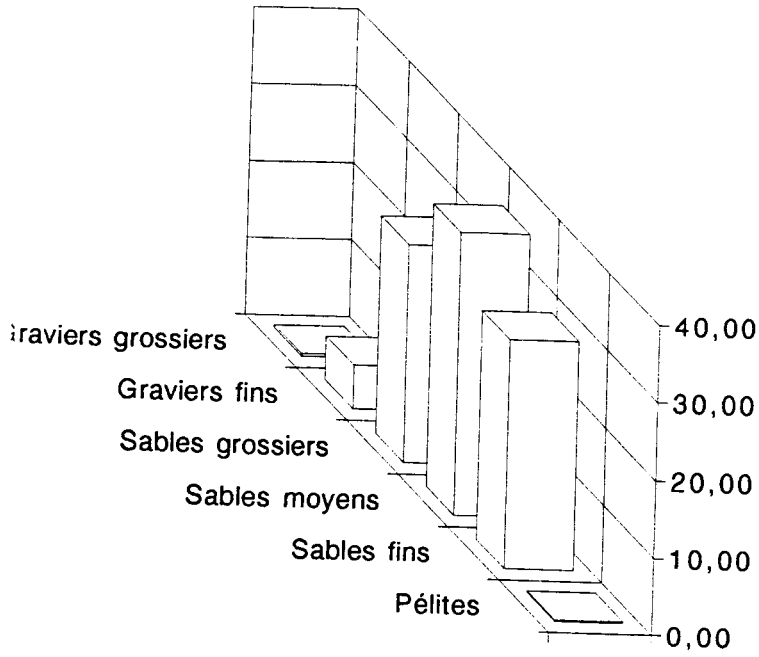
2- ANALYSES BIONOMIQUES

(Tableaux 8-2 à 5, Figures 8-2 et 3)

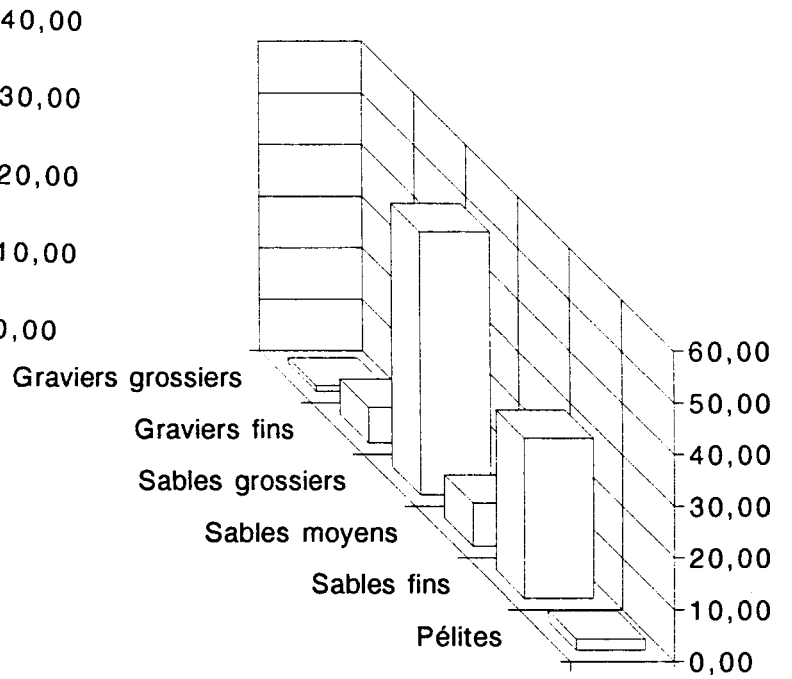
L'analyse faunistique a permis d'identifier 59 taxons différents sur les deux stations (45 pour la station B et 29 à la station C). Ils se répartissent comme suit:

- 1 Cnidaire
- 3 Némertes
- 28 Annélides Polychètes:
 - 16 errantes
 - 12 sédentaires
- 8 Mollusques
 - 2 Gastéropodes
 - 6 Bivalves
- 16 Crustacés
 - 1 Mysidacé
 - 1 Isopode
 - 10 Amphipodes
 - 4 Décapodes
- 3 Echinodermes Ophiurides

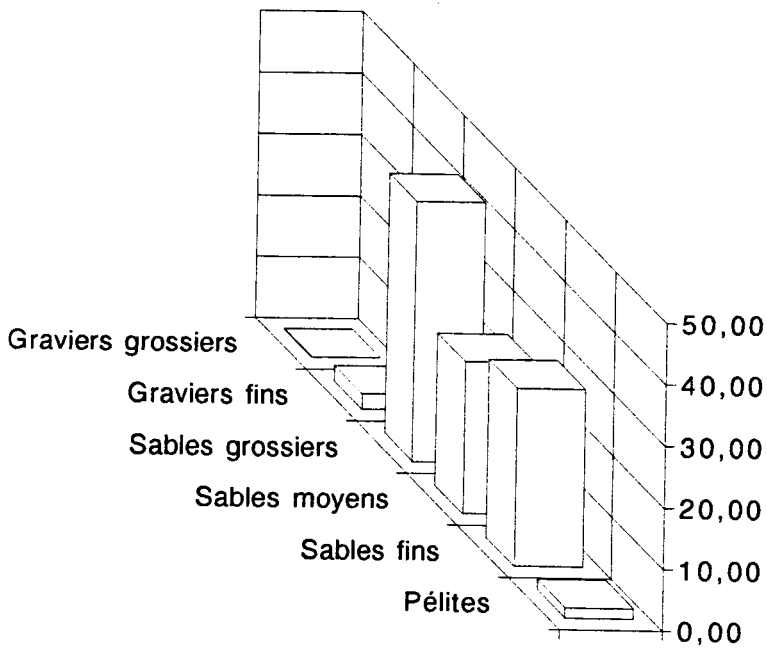
Ils correspondent à 3417 individus récoltés (2989 à la station B, 428 à la station C). Ces nombres sont très proches de ceux de 1993 (3457 individus avaient alors été récoltés).



Jun



Septembre



Novembre

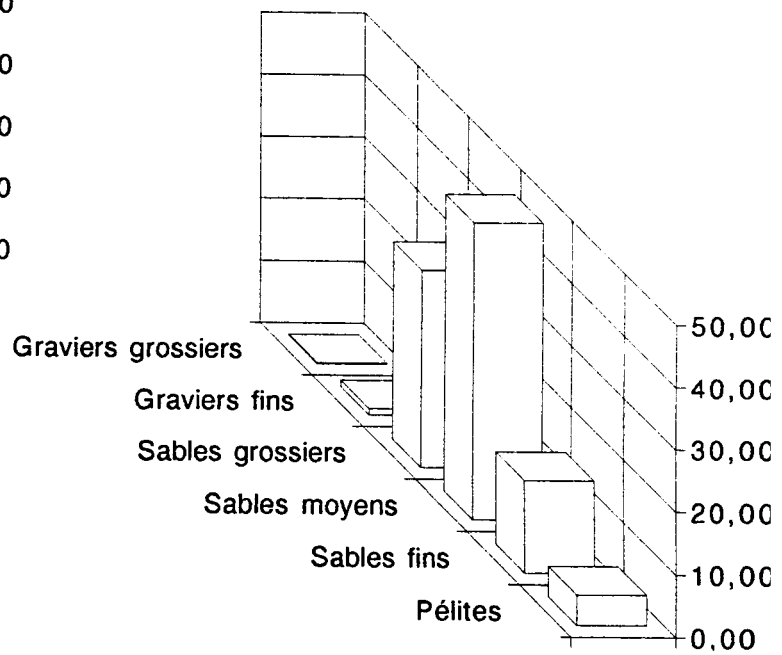
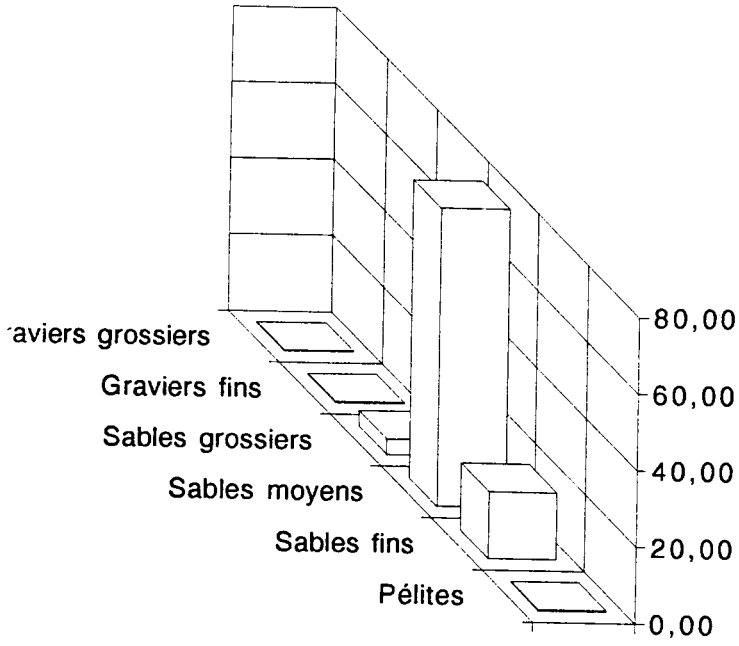
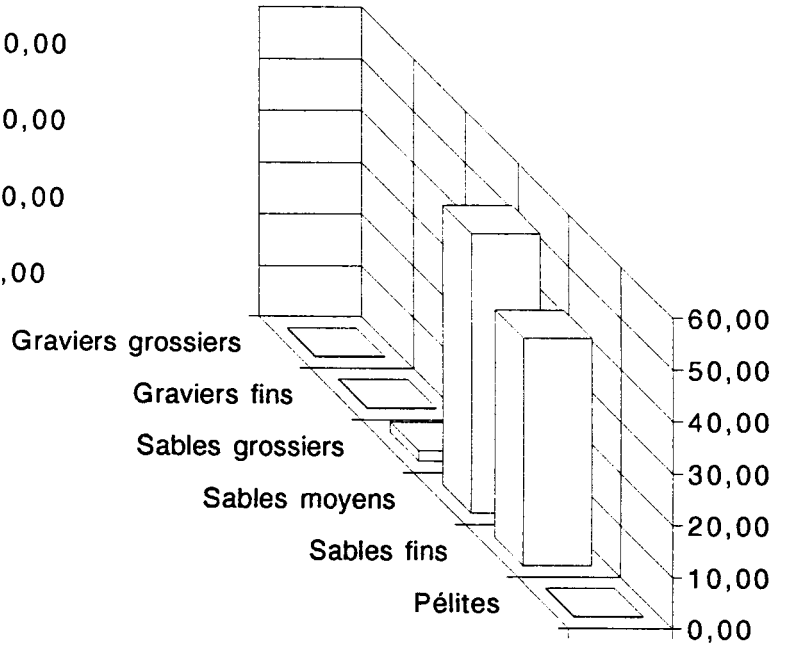


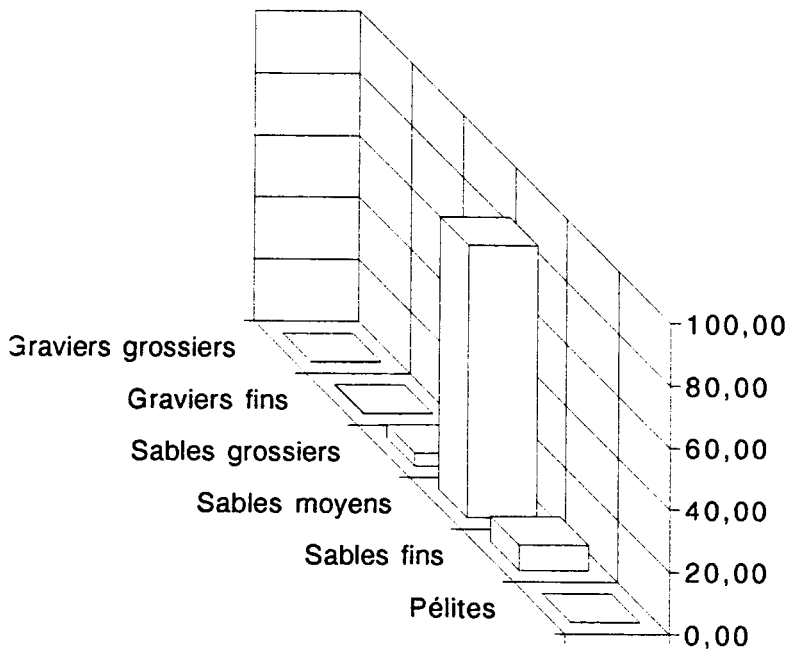
Figure 8-1 : Evolution de la structure granulométrique du sédiment à la station B en 1994



Juin



Septembre



Novembre

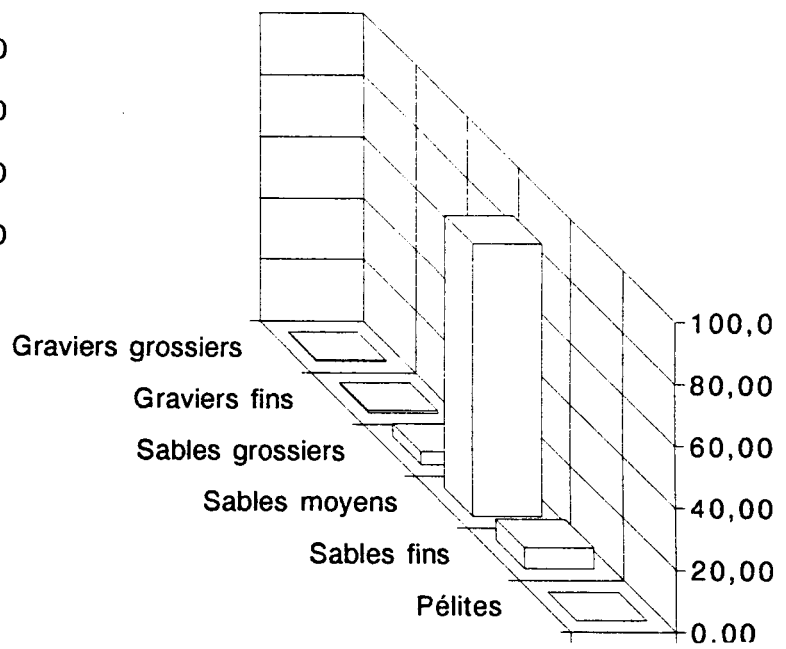


Figure 8-2 : Evolution de la structure granulométrique du sédiment à la station C en 1994

2-1 Station B

Cette station est représentative du peuplement à *Abra alba*, elle est régulièrement soumise à des basculements bionomiques de type chaotique liés aux phénomènes du recrutement.

En 1991 cette station a subi deux perturbations importantes, une altération sédimentologique et le recrutement d'*Ensis directus*. Ces deux phénomènes totalement indépendants ont entraîné une quasi disparition des espèces vasicoles. *Ensis directus* occupe la place laissée vacante et s'accommode parfaitement des nouvelles conditions.

En 1992, les premières espèces pionnières commencent à s'installer (*Notomastus latericeus*, *Capitella capitata*), mais les recrutements des espèces normalement présentes ne résistent pas aux conditions sédimentologiques.

En 1993, la population d'*Ensis directus* subit une mortalité très importante, les recrutements des espèces normalement présentes ont lieu sans qu'aucun ne soit durable; dès le mois de septembre, on ne voit plus d'effet du recrutement printannier. Mais des espèces vasicoles comme *Abra alba*, *Lanice conchilega*, *Spiophanes bombyx*, *Phyllodoce mucosa*, *Scoloplos armiger*... peuvent à nouveau être récoltées à la station B.

En 1994, le recrutement printannier a été quasiment inexistant. 160 individus seulement ont été récoltés en juin. Par contre il semble que des phénomènes de recolonisation par des adultes aient lieu à partir des espèces vivant à proximité de la station B. Si l'on se base sur les résultats de février, on s'aperçoit que certaines espèces voient leur densité augmenter de manière importante en dehors de leur période normale de recrutement. Il s'agit notamment de *Scoloplos armiger*, *Notomastus latericeus* et de *Phyllodoce mucosa*.

Spiophanes bombyx semble avoir recruté pendant l'été (255/m² en septembre) de même que *Lanice conchilega* (275/m² en septembre). *Eumida sanguinea* est présente à effectifs constants en septembre et en novembre (respectivement 122 et 124/m²). Mais les structures des populations sont différentes. En septembre, la population est constituée d'adultes, ce qui accredit la thèse de la colonisation, tandis qu'en novembre, la population est constituée exclusivement de très jeunes individus, ce qui fait penser à un recrutement. Cette espèce est à recrutement automnal et il n'est donc pas surprenant de trouver de juvéniles à cette période. *Liocarcinus holsatus* et *Ophiura albida* présentent aussi un recrutement automnal de faible amplitude.

Des espèces sabulicoles sont toujours présentes à la station B, notamment les Glyceridés *Goniadella bobretzkii* et *Glycera alba* ainsi que *Nephtys cirrosa*. La population de couteaux est toujours présente (de 25 à 186 /m²) et il est à noter qu'une deuxième cohorte, formée d'individus de moins de 4 cm, apparaît, un deuxième recrutement de cette espèce, nettement moins important que celui de 1991 a eu lieu en 1994.

La biomasse reste toutefois très importante du fait de la présence de *Ensis directus*. La biomasse varie selon les prélèvements de 14 à 97 g/m², valeurs qui sont à rapprocher de celles de 1993: 2 à 27g/m². Le peuplement semble donc se réinstaller.

En conclusion, les possibilités pour la station B de revenir à un état normal se confirment.

2-2 Station C

Les résultats enregistrés à la station C sont tout à fait conformes à ce que l'on observe habituellement : un peuplement oligospecificque d'espèces sabulicoles. Les espèces

	08/02/1994	28/06/1994	28/09/1994	07/11/1994
<i>Tubulanus polymorphus</i>			7	
<i>Cerebratulus sp.</i>			4	
<i>Scoloplos armiger</i>	82	47	36	5
<i>Spiophanes bombyx</i>	15	1	255	51
<i>Magelona mirabilis</i>	10		15	10
<i>Chaetozone setosa</i>	8		6	2
<i>Notomastus latericeus</i>	331	1	3	10
<i>Capitella capitata</i>	93	1		1
<i>Mediomastus fragilis</i>	1		6	1
<i>Phyllodoce mucosa</i>	396		12	
<i>Phyllodoce groenlandica</i>		2		
<i>Eumida sanguinea</i>	1		122	124
<i>Eteone longa</i>		1	3	
<i>Harmothoe lunulata</i>	6		3	1
<i>Sthenelais boa</i>	1			1
<i>Pholoe minuta</i>	1			
<i>Kefersteinia cirrata</i>			1	
<i>Syllidien sp.</i>	1	4		
<i>Eunereis longissima</i>	9		1	
<i>Glycera alba</i>	7		1	1
<i>Gonadiella bobretzkii</i>	1			
<i>Nephtys longosetosa</i>	1			
<i>Nephtys cirrosa</i>		59	103	87
<i>Nephtys hombergii</i>	32	1	6	8
<i>Owenia fusiformis</i>	11		1	1
<i>Pectinaria koreni</i>	12		4	1
<i>Lanice conchilega</i>	3	1	275	92
<i>Lunatia alderi</i>	1			
<i>Nassarius reticulatus</i>	12	6	2	1
<i>Mysella bidentata</i>	53			2
<i>Spisula subtruncata</i>	1			
<i>Macoma balthica</i>	1	2		6
<i>Tellina fabula</i>	12	1		2
<i>Abra alba</i>	76		4	3
<i>Ensis directus</i>	186	25	43	64
<i>Leucothoe incisa</i>	10	3	5	20
<i>Melita obtusata</i>			3	
<i>Urothoe poseidonis</i>		1		
<i>Atylus swammerdami</i>	7		7	
<i>Diastylis bradyi</i>	4	3	1	2
<i>Crangon crangon</i>		1	2	3
<i>Pagurus bernhardus</i>			1	
<i>Liocarcinus holsatus</i>			6	1
<i>Ophiura texturata</i>			1	1
<i>Ophiura albida</i>				4
TOTAL	1385	160	939	505

Tableau 8-2 : Station B, densités par m2

	08/02/1994	28/06/1994	28/09/1994	07/11/1994
<i>Sagartia troglodytes</i>				1
<i>Cerebratulus sp</i>		1	1	
<i>Nemertes sp</i>	2			
<i>Siophanes bombyx</i>		1	3	
<i>Nerine cirratulus</i>	18	12	14	3
<i>Capitella capitata</i>				1
<i>Heteromastus filiformis</i>			1	
<i>Notomastus latericeus</i>		1		
<i>Phyllodoce mucosa</i>			1	
<i>Harmothoe lunulata</i>				1
<i>Sthenelais boa</i>			1	
<i>Eunereis longissima</i>			1	
<i>Nephtys cirrosa</i>	28	43	29	75
<i>Nephtys hombergii</i>				
<i>Lumbrineris impatiens</i>		3		1
<i>Lanice conchilega</i>		2	1	
<i>Mysella bidentata</i>			3	
<i>Abra alba</i>		7	29	
<i>Tellina fabula</i>		4		
<i>Ensis directus</i>		4		
<i>Eurydice pulchra</i>			1	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	1			
<i>Bathyporeia elegans</i>	6	2	5	
<i>Urothoe elegans</i>	72	18	14	
<i>Pontocrates altamarinus</i>	1			
<i>Synchelidium maculatum</i>			1	
<i>Corophium arenarium</i>			1	1
<i>Portumnus latipes</i>	4	1	1	
<i>Ophiothrix fragilis</i>	3	1	3	
TOTAL	135	100	110	83

Tableau 8-3: Station C, densités par m2

	08/02/1994	28/06/1994	28/09/1994	07/11/1994
<i>Scoloplos armiger</i>	61	379,4	208,3	
<i>Spiophanes bombyx</i>			190,3	56,5
<i>Notomastus latericeus</i>	4390,4			
<i>Phyllodoce mucosa</i>	874,6		15,4	
<i>Eumida sanguinea</i>			101,5	9,8
<i>Nephtys cirrosa</i>		384,7	653	376,3
<i>Nephtys hombergii</i>	1227	112,5	881,3	690,5
<i>Lanice conchilega</i>			1727,6	853,7
<i>Tellina fabula</i>	50,1	30,5		42,5
<i>Abra alba</i>	971,6		59,7	61,5
<i>Tellina fabula</i>	501	305		425
<i>Ensis directus "entier"</i>	16796,2	1951,5	2292,3	3513,2
<i>Ensis directus "cassés"</i>	72397,1	10886,5	17614,4	24509,4
<i>Liocarcinus holsatus</i>			1289,7	743,3
Biomasse totale	97269	14050,1	25033,5	31281,7

Tableau 8-4 : Station B, biomasse globale en mg par m2

	08/02/1994	28/06/1994	28/09/1994	07/11/1994
<i>Cerebratulus sp</i>		195,5		
<i>Nerine cirratulus</i>	14,4	17,5	22,5	
<i>Nephtys cirrosa</i>	147,2	207,2	159,6	857,1
<i>Abra alba</i>		95,3	96,1	
<i>Tellina fabula</i>		132		
<i>Ensis directus</i>		1533,3		
<i>Portumnus latipes</i>	38,2		39,4	
<i>Urothoe elegans</i>	55	4,7	15,6	
<i>Divers</i>	29	296	51,2	15,5
Biomasse totale	283,8	2481,5	384,4	872,6

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

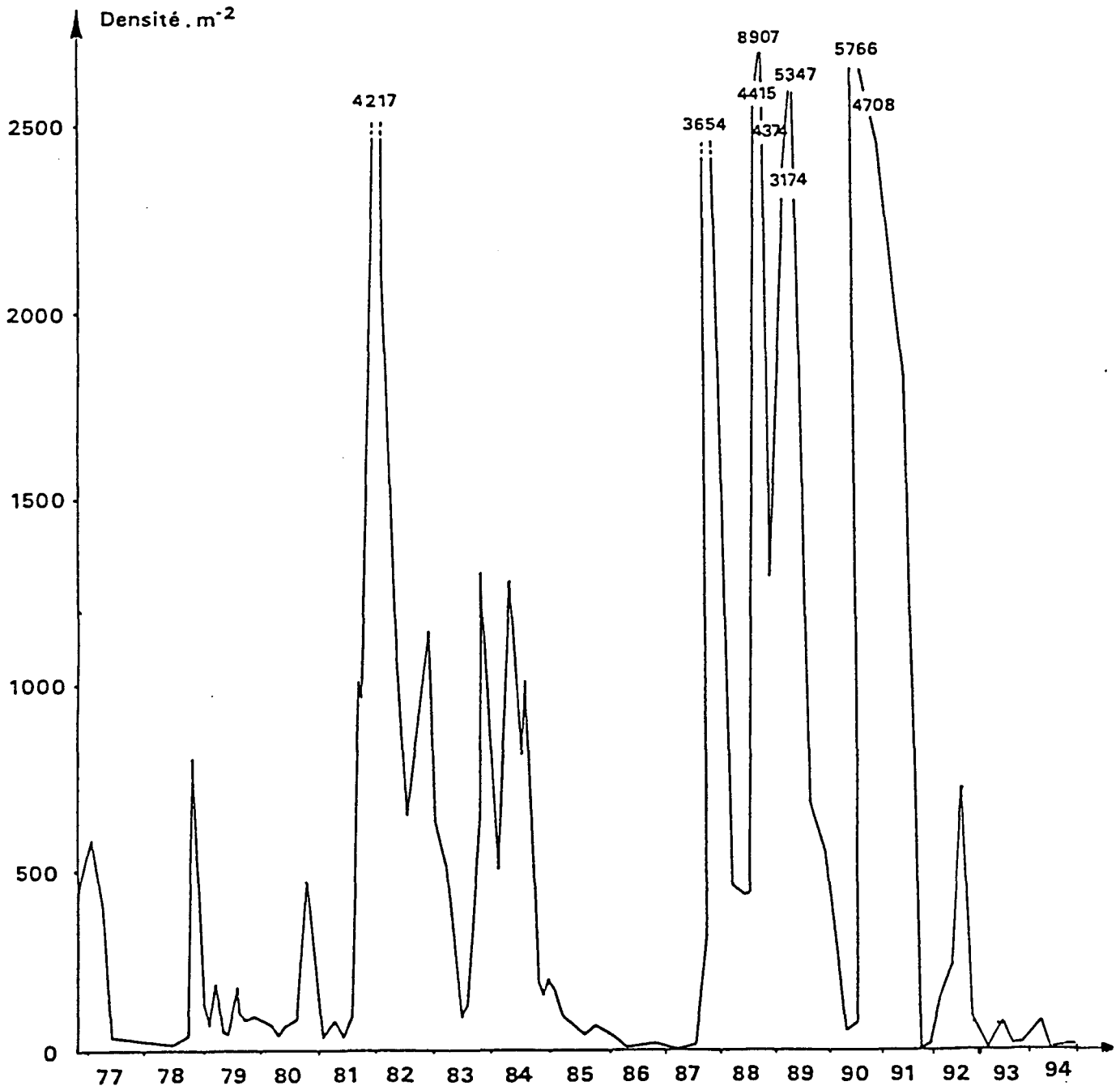


Fig 8-3 : *Abra alba*, variation de la densité de population

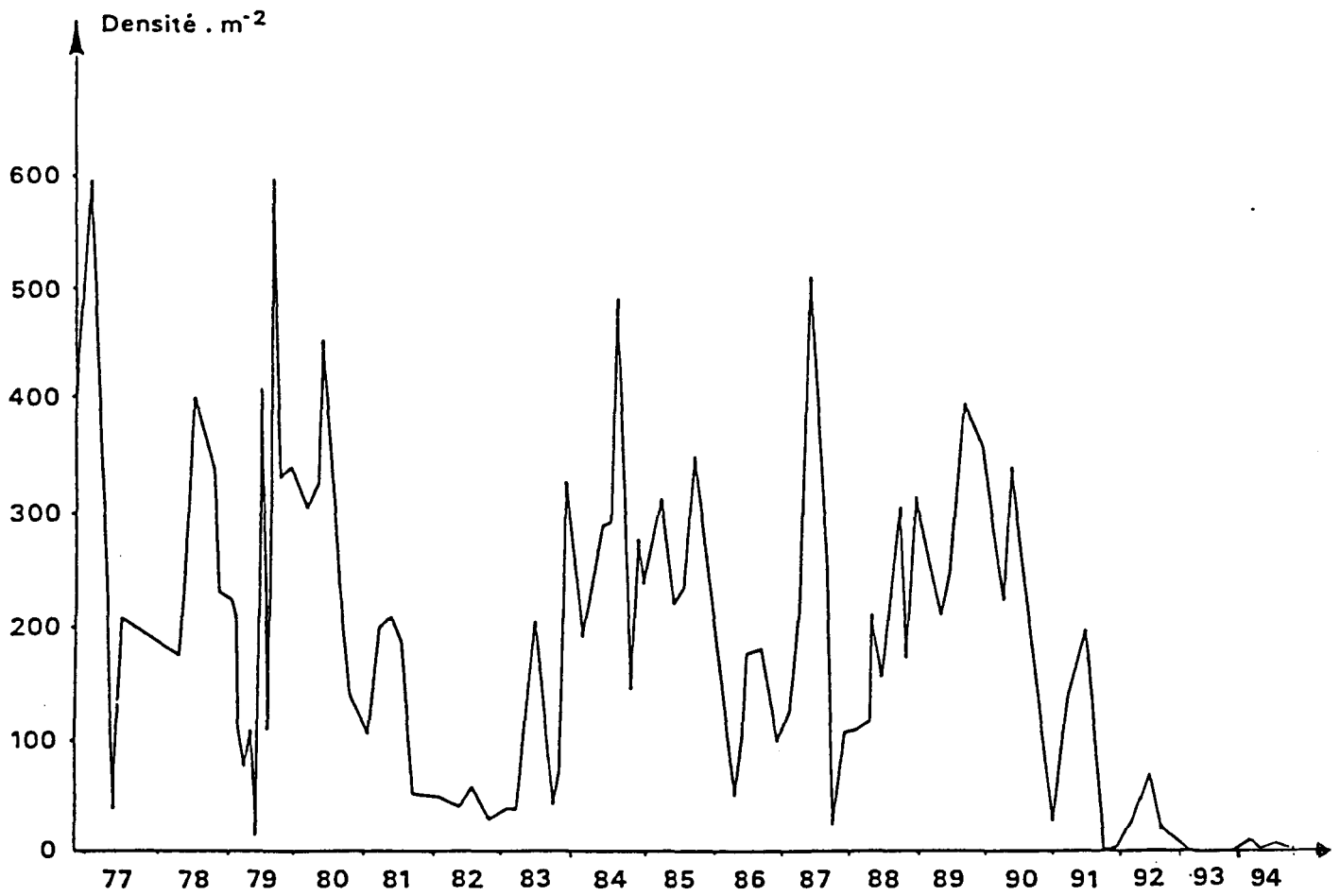


Fig 8-4: *Tellina fabula*, variation de la densité de population

dominantes sont *Nephtys cirrosa* (28 à 75 /m²), *Nerine cirratulus* (3 à 18/m²), *Urothoe elegans* (0 à 72/m²) et *Bathyporeia elegans* (0 à 6 /m²). La densité moyenne du peuplement à la station C est voisin de 100/m².

Le prélèvement effectué en juin est un peu différent quant aux espèces récoltées c'est en fait dû à un positionnement un peu différent pour des raisons de sécurité comme expliqué plus haut. Quoiqu'il en soit, ce prélèvement montre que l'influence de la centrale sur le peuplement à *Abra alba* est localisé au champ proche du canal de rejet.

La biomasse est dans la norme habituelle (de 0,3 à 0,8 g/m²) sauf en juin où elle atteint presque 2,5 g/m² du fait de la présence des espèces vasicoles.

Il faut enfin signaler que des *Abra alba* , toutes de petite taille (moins de 7 mm), ont été également récoltées en septembre.

3- ETUDE DES POPULATIONS D'ABRA ALBA ET DE TELLINA FABULA A LA STATION B

Abra alba et *Tellina fabula* sont deux bivalves caractéristiques du peuplement à *Abra alba*, leur population sont suivies depuis 1976.

3-1 *Abra alba* (figure 8-3)

En 1993, nous signalions que les conditions n'étaient pas encore adéquates à la restauration de la population d'*Abra alba*.

En 1994, le prélèvement de février aurait pu faire croire que la réimplantation de cette population avait eu lieu mais les autre prélèvements effectués depuis ont montré qu'il n'en était rien. Cependant, si les conditions sédimentologiques se maintiennent (et notamment le taux de pélites enregistré en novembre), il est fort probable que la population se réinstalle d'une manière plus nette en 1995.

3-2 *Tellina fabula* (figure 8-4)

Tellina fabula possède des aptitudes colonisatrices moindres qu'*Abra alba* et les densités observées en 1994 le montrent bien. Le même phénomène que pour *Abra alba* (colonisation en février puis régression de la population nouvellement installée) est observé mais les densités sont moindres (densité maximale 12/m² en février).

CONCLUSION

L'étude 1994 a montré que l'altération de la structure granulométrique de la station B était encore forte. Néanmoins, on a pu noter un envasement progressif qui laisser augurer un retour à une situation plus normale en 1995. Malgré cette altération importante il faut remarquer que les capacités de production du peuplement à la station B restent très importantes, la biomasse a atteint 97 g/m² en février 1994.

La station C n'a pas évolué en 1994, elle reste sous l'influence de la circulation de rejet de la centrale, mais l'impact reste localisé au champ proche de la centrale.

RESUME

Surveillance de Gravelines Novembre 1993 - Octobre 1994

L'année 1993-1994 se distingue des périodes précédentes par un hiver peu rigoureux et, surtout pluvieux. La quantité moyenne d'électricité produite par la centrale pour la période est de 4000 MW, soit l'équivalent de 4.4 tranches, pour un débit moyen calculé de 212 m³/s, soit l'équivalent du débit de pompage de 5.3 tranches. Sur cette base de calcul, l'augmentation moyenne de la température de l'eau au rejet est de 8.98°C. Cette valeur du même ordre que celles des périodes précédentes.

Les dosages des haloformes et en particulier du plus abondant d'entre eux, le bromoforme, permettent de mesurer la conformité de la période de chloration à l'autorisation préfectorale, l'étendue du panache de rejet et le taux de recirculation de l'eau de refroidissement (5.8 % environ). Malgré le développement industriel en cours du Port Ouest de Dunkerque, aucun solvant chloré volatil n'a été mis en évidence.

Le passage de l'eau dans l'ensemble constitué par la centrale électrique et les installations aquacoles entraîne une multiplication importante du nombre des vibrions (67 fois en moyenne). La grande diversité des espèces de vibrions mise en évidence lors des périodes d'étude précédentes est pleinement confirmée en 1994. Les différentes espèces de vibrions isolées profitent toutes des conditions du site pour se multiplier. *Vibrio alginolyticus*, espèce auparavant seule mise en évidence sur le site ne représente plus cette année que 71 % des vibrions isolés du rejet. La mise en place récente d'une surveillance des apports de l'aquaculture au milieu marin permet de mettre en évidence le rôle important de l'aquaculture dans la modification de la microflore bactérienne : seulement 34 % des vibrions isolés dans le rejet aquacole sont des *Vibrio alginolyticus*.

La mesure des teneurs en chlorophylle montre un maximum annuel de 23 mg/m³ au canal d'entrée le 18 avril, ce qui est plus faible qu'en 1993 mais semblable à 1992. La période hivernale est dominée par les espèces *Melosira sulcata* et *Thalassiosira*. *Phaeocystis* est présent fin avril et début mai tandis que *Chaetoceros* et *Rhizosolenia* dominent en été. L'impact du passage de la masse d'eau dans la centrale est estimé à 50 % en juin et 25 % en septembre, estimation calculée sur la quantité de chlorophylle.

Les biomasses zooplanctoniques présentent des valeurs maximales supérieures à 300 mg/m³ entre le 02 mai et le 07 juin. Les valeurs du pourcentage d'azote sont toujours inférieures à 5 % et de carbone inférieures à 25 %. Les espèces zooplanctoniques présentent des densités totales de 10⁴ à 10⁵ individus/10 m³. Les noctiluques atteignent en juin une densité de 200 cell./l. *Temora longicornis* domine en mai ainsi que *Pseudocalanus minutus*, tandis que *Acartia clausi* et *Oikopleura dioica* sont abondants en été. Les espèces d'automne sont *Euterpina acutifrons* et les Chaetognathes. L'impact de transit sur la population zooplanctonique totale est estimé à 70 % en juin et 80 % en septembre.

Concernant le compartiment halieutique, l'année 1994 d'une manière générale se présente comme une année moyenne. La ponte de la sole et du sprat est légèrement inférieure à celle observée en 1993, mais les effectifs sont de l'ordre de grandeur habituel sur le site. Les fluctuations pluriannuelles d'abondance des oeufs des deux espèces sont semblables, indices

de phénomènes écologiques généraux affectant un secteur plus vaste. Les abondances de larves, en revanche, sont légèrement plus élevées qu'en 1993. Les cténaires présentent également une abondance plus élevée qu'au cours de l'année précédente. De fait, l'année 1994 apparaît comme une année "forte" si l'on considère les fluctuations d'abondance depuis 1979.

Sur la radiale estran I, on peut noter le maintien des peuplements des hauts niveaux grâce à l'influence des eaux de ruissellement. A la station F, *Arenicola marina*, très abondante, provoque une forte augmentation de la biomasse. La population en *Spio martinensis* semble avoir presque complètement disparu. Sur la radiale estran II, les résultats de 1994 ne montrent pas d'évolution marquante par rapport à 1993. Les peuplements de la station J continuent d'évoluer de plus en plus vers des aspects de moyens niveaux inférieurs. La population de *Pygospio elegans* a également presque complètement disparu.

La station subtidale B continue à évoluer vers un retour à la "normale". Le taux de petites augmente régulièrement pour redevenir équivalent à ce qu'il était avant 1991. Les populations d'*Abra alba* et de *Tellina fabula* restent à des niveaux faibles malgré une augmentation légère et temporaire des densités. La station C n'a pas évolué en 1994. L'impact de la centrale reste toujours fort, mais également toujours localisé au champ proche.