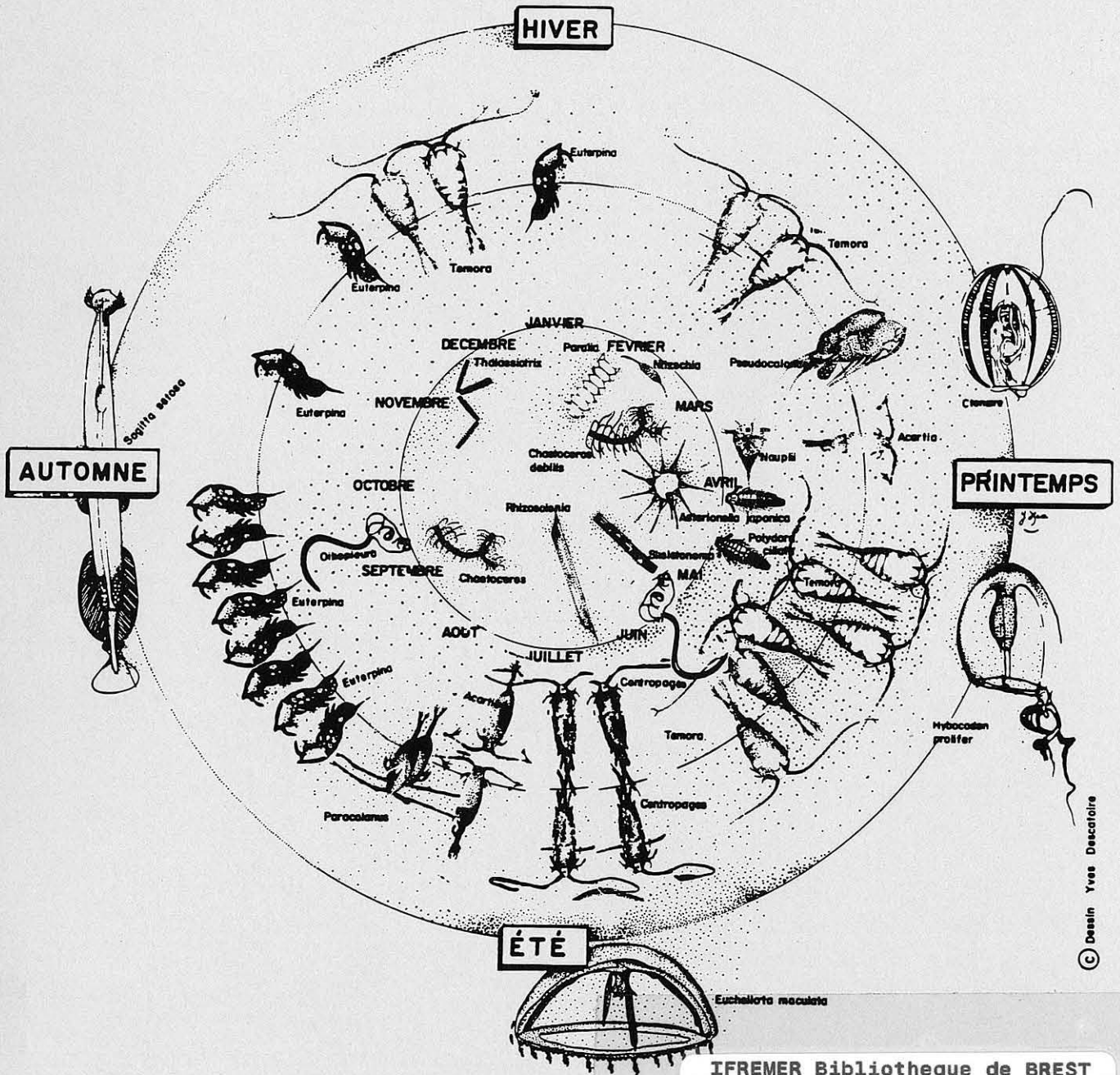


51345

SURVEILLANCE ÉCOLOGIQUE ET HALIEUTIQUE SITE DE GRAVELINES

RAPPORT ANNUEL Novembre 1992 - Octobre 1993



© Dessin Yves Descaire

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

IFREMER Bibliothèque de BREST



0EL05060

DEL 94.05
Avril 1994

SOMMAIRE

Chapitre I - Climatologie et fonctionnement de la centrale Edith et Régis DELESMONT (1)	1
Chapitre II - Stratégie et présentation des campagnes pélagiques Edith et Régis DELESMONT (1)	9
Chapitre III - Bactériologie et étude de la chloration Edith et Régis DELESMONT (1)	15
Chapitre IV - Phytoplancton et biomasse chlorophyllienne Benoist HITIER et Pascale HEBERT (2)	39
Chapitre V - Zooplancton. Biomasses et espèces. Dinoflagellés noctiluques Geneviève LE FÈVRE-LEHOËRFF (3)	53
Chapitre VI - Zooplancton halieutique Daniel WOEHLING (4)	69
Chapitre VII - Le domaine benthique intertidal Jean-Marie DEWARUMEZ et Dominique MENU (5)	83
Chapitre VIII - Le domaine benthique subtidal Jean-Marie DEWARUMEZ, Christophe LUCZAK et Dominique MENU (5)	99

Contrat n° 8 C 90 537 avenant n° 4

Avril 1994

DEL.94.05

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.

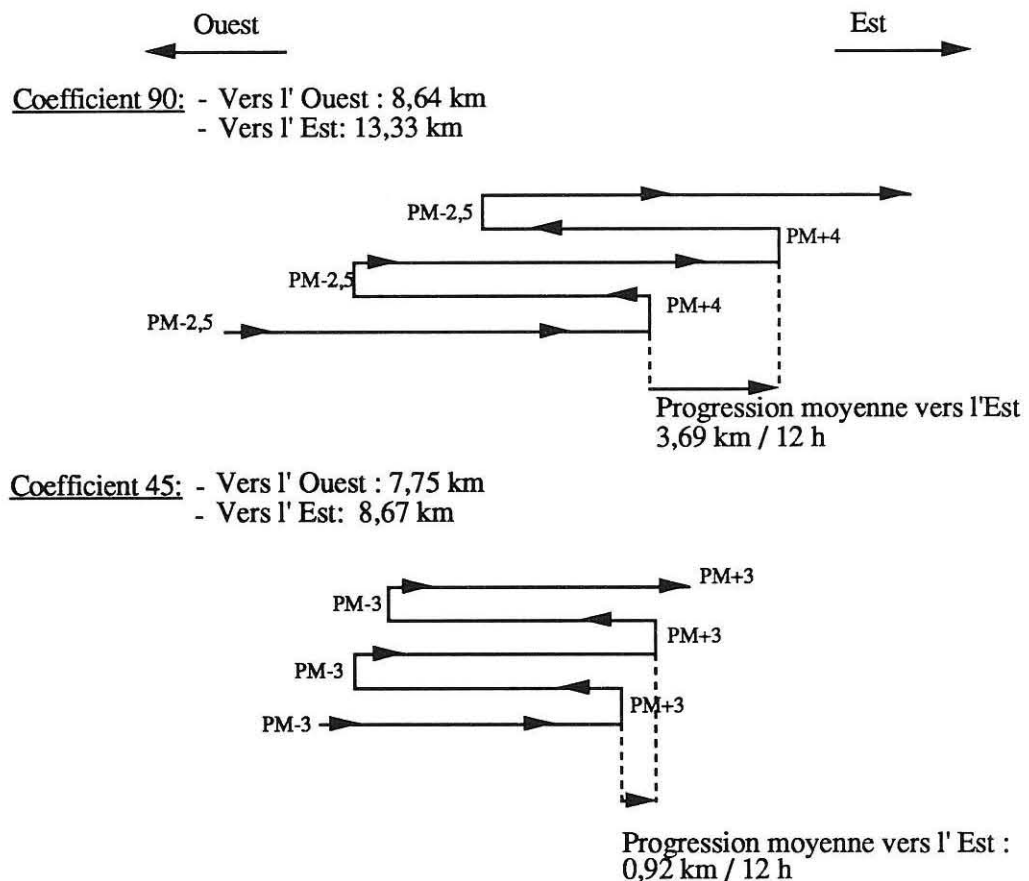


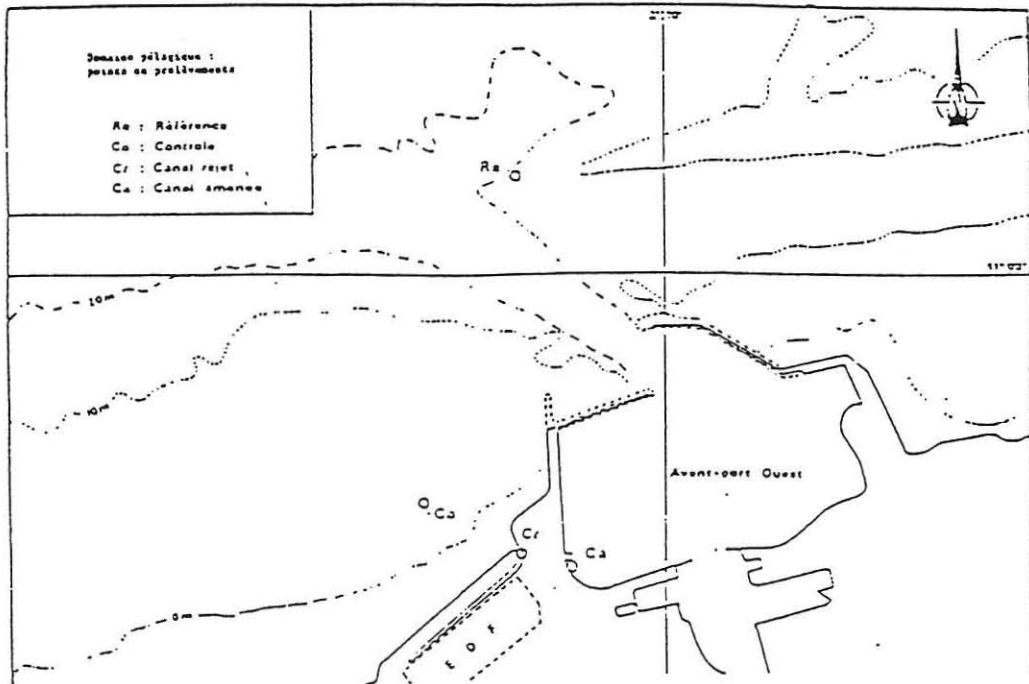
Fig 1.1. : Schéma des courants devant Dunkerque

1.2.HYDROGRAPHIE

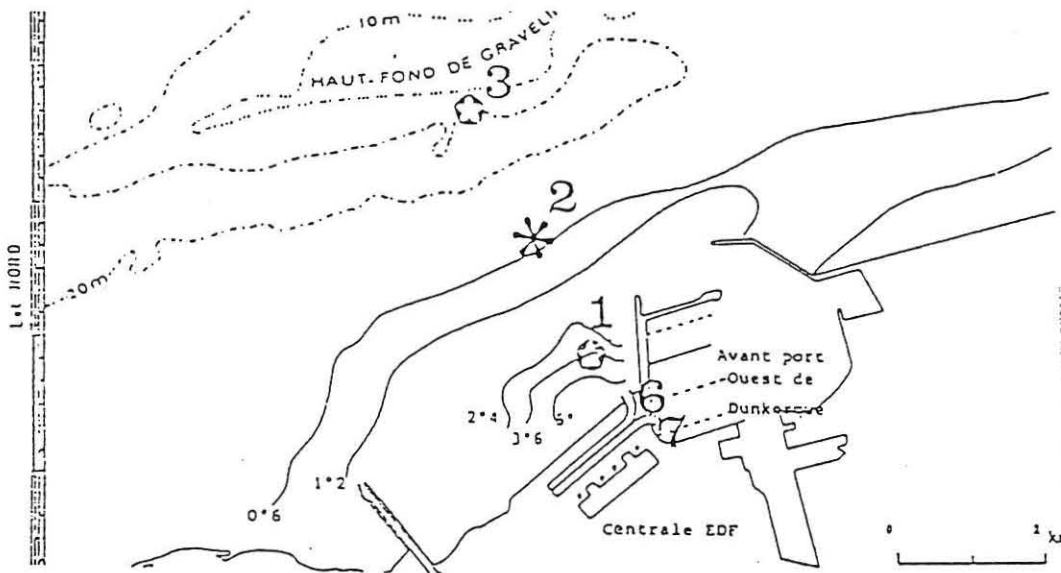
L'apport continental le plus proche est constitué par l'Aa , petit fleuve côtier qui draine l'arrière pays (région de Saint- Omer) et la plaine maritime . En raison de la très faible altitude de cette plaine , les écoulements à la mer sont contrôlés par des écluses . Il en est de même pour les deux autres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

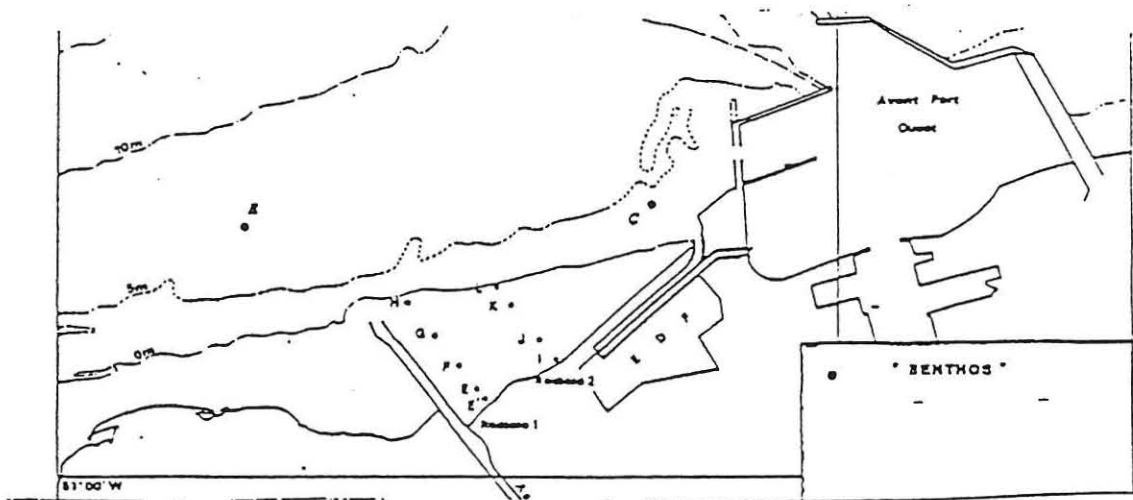
Canal de Dunkerque: 4,6 m³/s
 Fleuve Aa: 7,5 m³/s
 Canaux de Calais: 3,0 m³/s



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



b) Points Halieutiques.



c) Points de prélèvements : Benthos intertidal et subtidal.

Fig.1.2. : Carte du site de Gravelines

1.3. CLIMATOLOGIE

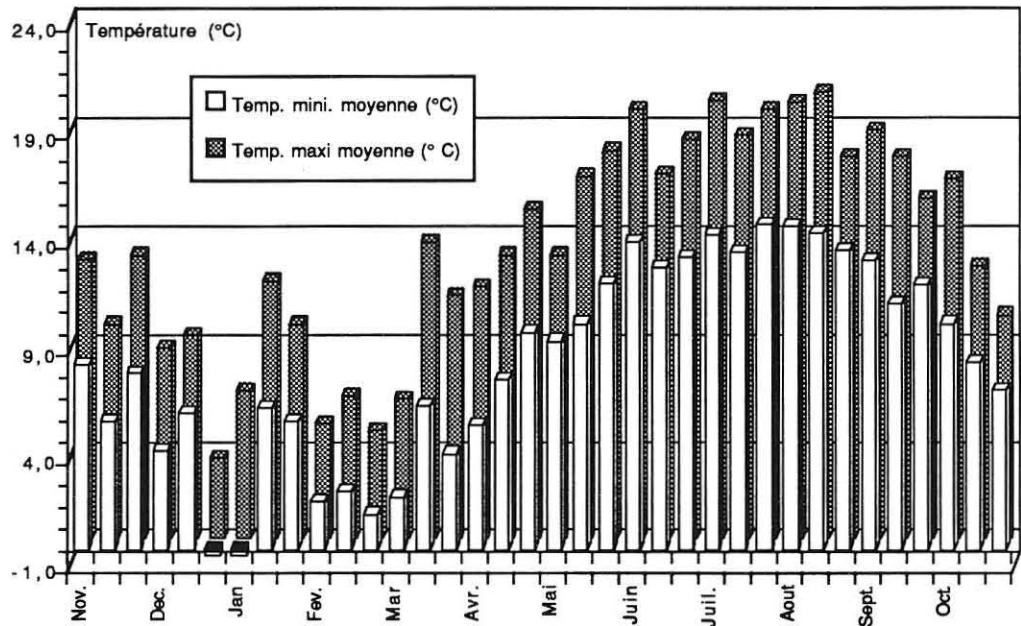


Fig.1.3.:Températures moyennes par décades à Dunkerque (°C)

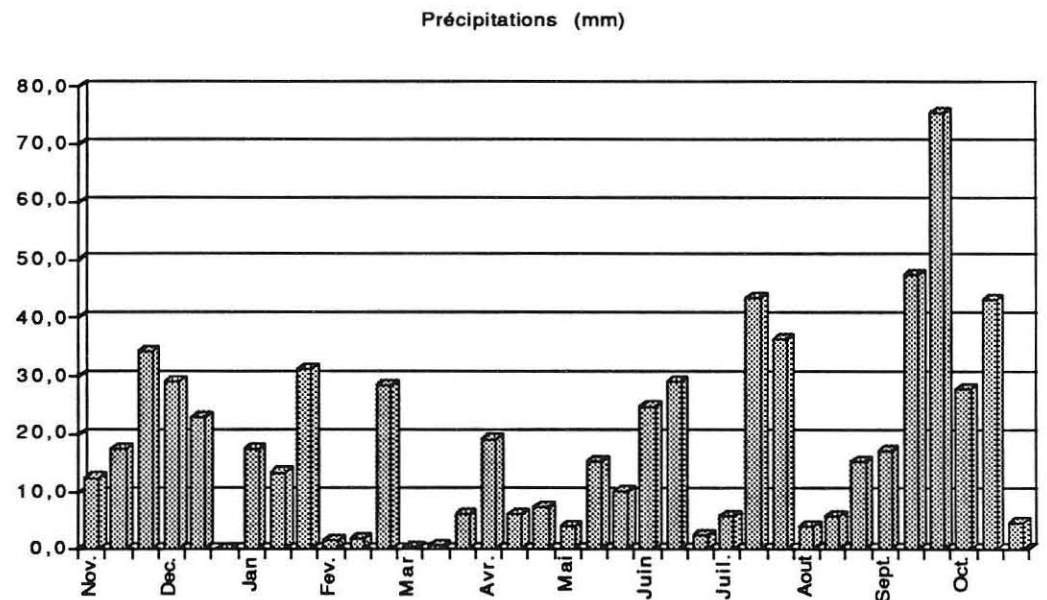


Fig.1.4.: Précipitations par décades à Dunkerque (mm)

L'année 1992 - 1993 se distingue des périodes précédentes par un hiver peu rigoureux et, surtout, par un été humide et venteux. Le nombre de jours avec précipitations est de 180, soit près de un jour sur deux, pour l'ensemble de l'année.

1.4. FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

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

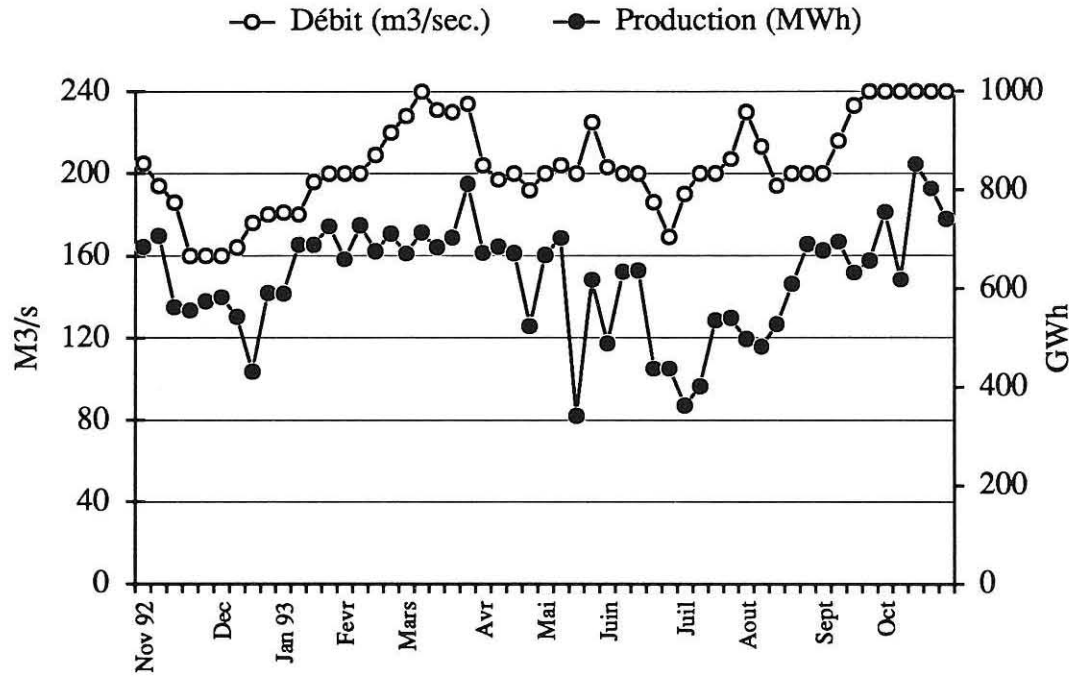


Fig.1.5.: Fonctionnement de la centrale de Gravelines

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 quantité moyenne hebdomadaire d'électricité produite pour la période est de 618 GW.h, soit l'équivalent de quatre tranches.

Les débits d'eau de mer de refroidissement des condenseurs ont varié de 160 à 240 m3/s soit les débits de pompage de 4 à 6 tranches. Le débit moyen calculé sur une base hebdomadaire est de 204 m3/s, soit l'équivalent du débit de pompage de 5 tranches. Les échauffements les plus faibles sont observés en été.

Le 17 mai 1993 est observé un arrêt total des installations occasionné par la présence en quantité importante de groseilles de mer (*Pleurobrachia pileus*) bloquant l'aspiration de l'eau de refroidissement. Cet arrêt s'est prolongé durant 48 h et un redémarrage progressif des installations a ensuite eu lieu sur plusieurs jours.

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 8,65 °C. Cette valeur est légèrement plus faible que celle de la période précédente 1991-1992 (9,44 °C).

Année	Semaine		Puissance hebdomadaire (GWh)	Débit (m3/sec.)	Température à la Prise (°C)	Echauffement calculé du Rejet (°C)
1992	2/11/1992	au 8/11/1992	685,4	205	11,4	9,5
	9/11/1992	au 15/11/1992	707,4	194	11,4	10,4
	16/11/1992	au 22/11/1992	562,6	186	9,9	8,6
	23/11/1992	au 29/11/1992	556,8	160	10,2	9,9
	30/11/1992	au 6/12/1992	574,2	160	9,9	10,2
	7/12/1992	au 13/12/1992	583,2	160	9,4	10,4
	14/12/1992	au 20/12/1992	544,0	164	9,2	9,4
	21/12/1992	au 27/12/1992	431,9	176	8,0	7,0
1993	28/12/1992	au 3/1/1993	591,7	180	8,0	9,3
	4/1/1993	au 10/1/1993	590,4	181	8,8	9,3
	11/1/1993	au 17/1/1993	689,1	180	8,0	10,9
	18/1/1993	au 24/1/1993	689,1	196	8,8	10,0
	25/1/1993	au 31/1/1993	726,0	200	8,4	10,3
	1/2/1993	au 7/2/1993	659,9	200	7,9	9,4
	8/2/1993	au 14/2/1993	727,6	200	7,5	10,3
	15/2/1993	au 21/2/1993	676,1	209	7,7	9,2
	22/2/1993	au 28/2/1993	711,1	220	5,9	9,2
	1/3/1993	au 7/3/1993	671,5	228	4,8	8,4
	8/3/1993	au 14/3/1993	713,5	240	5,7	8,5
	15/3/1993	au 21/3/1993	683,6	231	7,7	8,4
	22/3/1993	au 28/3/1993	703,3	230	7,9	8,7
	29/3/1993	au 4/4/1993	812,2	234	8,3	9,9
	5/4/1993	au 11/4/1993	672,8	204	8,9	9,4
	12/4/1993	au 18/4/1993	685,2	197	9,9	9,9
	19/4/1993	au 25/4/1993	672,6	200	10,8	9,6
	26/4/1993	au 2/5/1993	524,4	192	11,6	7,8
	3/5/1993	au 9/5/1993	668,1	200	11,9	9,5
	10/5/1993	au 16/5/1993	702,7	204	12,7	9,8
	17/5/1993	au 23/5/1993	341,8	200	13,2	4,9
	24/5/1993	au 30/5/1993	618,3	225	14,4	7,8
	31/5/1993	au 6/6/1993	489,2	203	14,9	6,9
	7/6/1993	au 13/6/1993	634,3	200	16,4	9,0
	14/6/1993	au 20/6/1993	636,6	200	16,5	9,1
	21/6/1993	au 27/6/1993	437,6	186	18,1	6,7
	28/6/1993	au 4/7/1993	437,6	169	18,1	7,4
	5/7/1993	au 11/7/1993	362,9	190	18,6	5,4
	12/7/1993	au 18/7/1993	402,0	200	18,2	5,7
	19/7/1993	au 25/7/1993	535,2	200	17,9	7,6
	26/7/1993	au 1/8/1993	540,5	207	18,3	7,4
	2/8/1993	au 8/8/1993	497,8	230	18,7	6,2
	9/8/1993	au 15/8/1993	482,2	213	18,5	6,4
	16/8/1993	au 22/8/1993	527,8	194	18,5	7,7
	23/8/1993	au 29/8/1993	609,8	200	17,7	8,7
	30/8/1993	au 5/9/1993	690,2	200	17,0	9,8
	6/9/1993	au 12/9/1993	677,6	200	16,8	9,6
	13/9/1993	au 19/9/1993	694,9	216	16,6	9,1
	20/9/1993	au 26/9/1993	632,5	233	16,5	7,7
	27/9/1993	au 3/10/1993	656,1	240	15,4	7,8
4/10/1993	au 10/10/1993	754,7	240	15,4	8,9	
11/10/1993	au 17/10/1993	618,2	240	14,5	7,3	
18/10/1993	au 24/10/1993	852,1	240	12,0	10,1	
25/10/1993	au 31/10/1993	802,8	240	10,5	9,5	
1/11/1993	au 7/11/1993	741,2	240	10,8	8,8	

Tab.1.1. : Fonctionnement de la centrale EdF de Gravelines

CHAPITRE II

STRATEGIE ET PRESENTATION DES CAMPAGNES PELAGIQUES

Edith et Régis DELESMONT

2.1. STRATEGIE D' ECHANTILLONNAGE

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

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

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

La périodicité des divers prélèvements réalisés 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. CAMPAGNES PELAGIQUES

2.2.1. 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
11/05/93	17:22	66	11:00 à	10:05 à	09:27 à	10:55 à
			11:35	11:35	10:15	11:40
08/10/93	16:56	45	11:30 à	10:45 à	09:45 à	09:45 à
			12:30	11:06	10:15	10:30

Tab.2.2. : Calendrier des campagnes pélagiques

2.2.2. Fonctionnement de la Centrale lors des campagnes

Campagne	Jours	Puissance (MW)	Débit (m3/s)	Chloration (% d' eau chlorée au rejet)
11/05/93	10/05/93	3800 avant 7 h puis 4400	200	100 %
	11/05/94	4400	200 (220 de 9 à 14 h)	100 % (90 % de 9 à 14 h)
08/10/94	07/10/94	5200 avant 23 h puis 4300	240	100 %
	08/10/94	4300 avant 6 h puis 5300	240	100 %

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

2.2.3. Structure hydrologique

2.2.3.1 Température:

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.

Date	Profondeur (m.)	Prise d'eau	Rejet	Contrôle	Référence
11/5/1993	0	12,3	22,7	19,6	12,2
	-1			19,2	12,2
	-2			19,0	12,2
	-3			16,6	12,1
	-4			15,0	11,9
	-5			13,4	11,9
	-6			12,7	11,9
	-7			12,4	11,9
	-8			12,2	11,9
	Profondeur (m.)	Prise d'eau	Rejet	Contrôle	Référence
8/10/1993	0	15,3	26,2	23,1	15,2
	-1			21,5	15,2
	-2			20,4	15,2
	-3			18,2	15,2
	-4			16,5	15,2
	-5			16,0	15,2
	-6			15,6	15,1
	-7			15,2	15,1
	-8				

Fig.2.4. : Profils thermiques observés lors des deux campagnes en mer de 1993

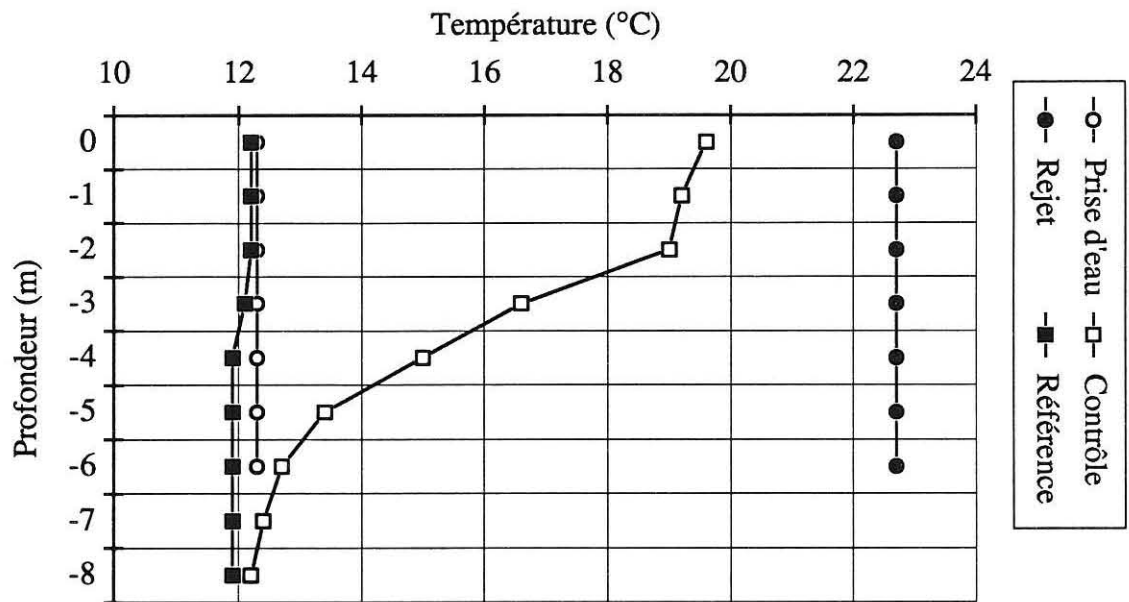


Fig. 2.1 : Profils thermiques lors de la campagne de mai 1993 - (°C)

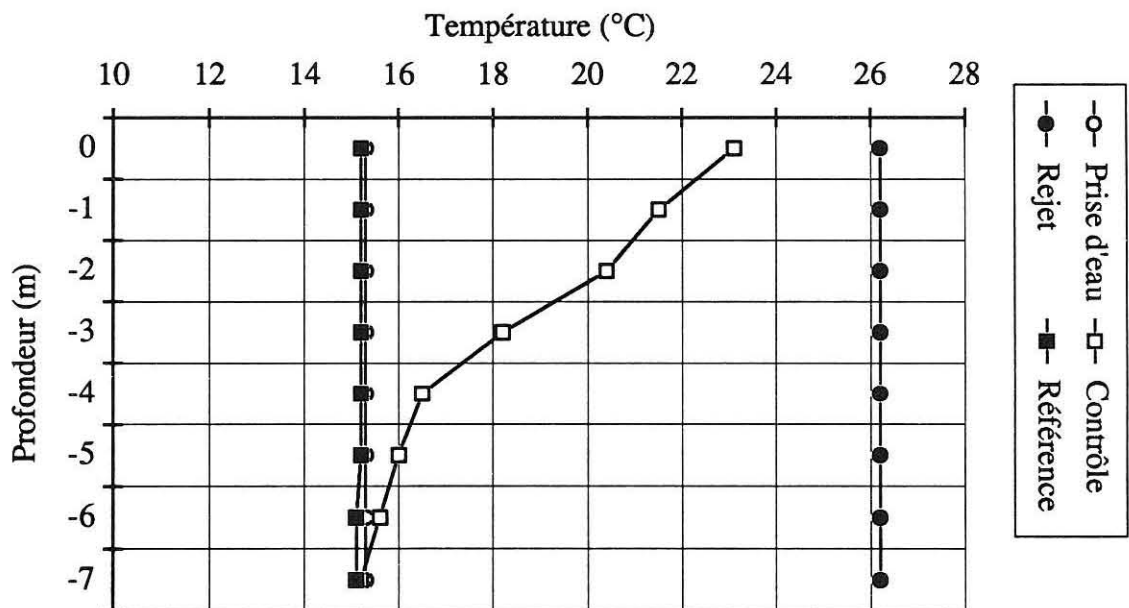


Fig.2.2. : Profil thermique lors de la campagne d' octobre 1993 - (°C)

2.2.3.2 Salinité:

L' étude des profils de salinité réalisés lors des deux campagnes de mesures montrent deux situations différentes:

- en mai une légère dessalure (0,35 ‰) côtière permet de confirmer la stratification du panache de rejet
- en octobre l' ensemble du site est homogène en salinité (différences <0,1‰)

L' influence de l' embouchure de l' Aa proche n' est pas visible dans les conditions de jasant des mesures; le panache des eaux douces sortant de l' estuaire est alors entraîné à l' ouest de la zone.

Date	Profondeur (m.)	Prise d'eau	Rejet	Contrôle	Référence
11/5/1993	Surface	33,77	33,80	33,80	34,15
		33,80	33,80	33,81	34,15
		33,80	33,79	33,81	
		33,80	33,79	33,81	
	Mi-profondeur				34,14 34,14
	Fond			34,11 34,11 34,10 34,11	34,16 34,15
8/10/1993	Surface	34,85	34,81	34,80	34,84
		34,81	34,80	34,73	34,80
		34,81	34,74	34,80	
		34,80	34,74	34,80	
	Mi-profondeur				34,85 34,84
	Fond			34,79 34,80 34,80 34,74	34,84 34,81

Fig.2.5. : Profils de salinité lors des deux campagnes en mer de 1993

CHAPITRE III

BACTERIOLOGIE ET ETUDE DE LA CHLORATION

Edith et Régis DELESMONT

3.1.: HYDROLOGIE

A la prise d' eau dans l' avant-port Ouest, la température minimale (4,9 °C) est observée le 4 janvier. Ce minimum relativement élevé est observé de façon précoce par rapport aux périodes d' études précédentes. Le minimum thermique habituel de début mars est légèrement supérieur (5,2 °C)

Les températures les plus élevées sont relevées début août avec 18,7 °C . Ce maximum est en très net retrait par rapport aux quatre 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 la fin juin.

La température moyenne à la prise d' eau est de 12,3 °C. Cette valeur est pratiquement identique à celle de la période précédente (12,4 °C).

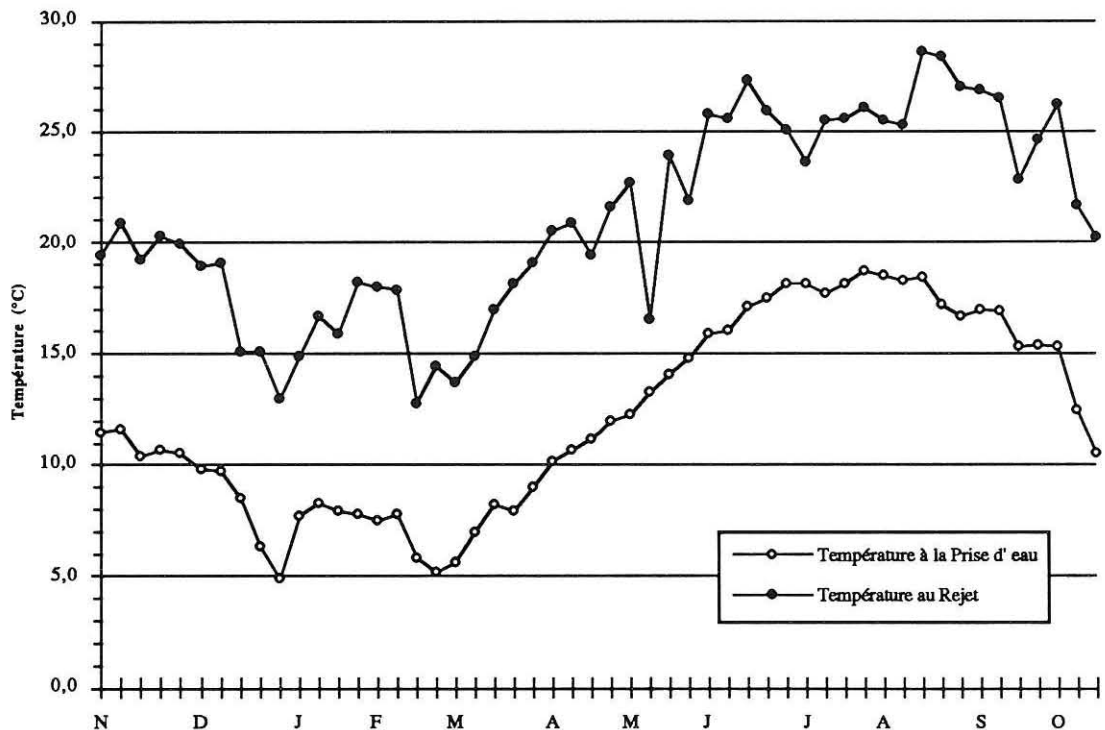


Fig.3.1.: Température de l' eau de mer aux points Prise et Rejet

Le transit de l' eau dans la centrale, calculé sur la base des prélèvements hebdomadaires réalisés, se traduit par un échauffement moyen de 8,78 °C (9,3 °C en 1991-1992), il est très proche de l' échauffement moyen mesuré en continu par la centrale (8,65 °C).

Au rejet , la température de l' eau évolue de 12,8 °C (le 23/02/93) à 28,6 °C (le 23/08/93). Aucune température supérieure ou égale à 30 °C n' a été observée durant la période d' étude.

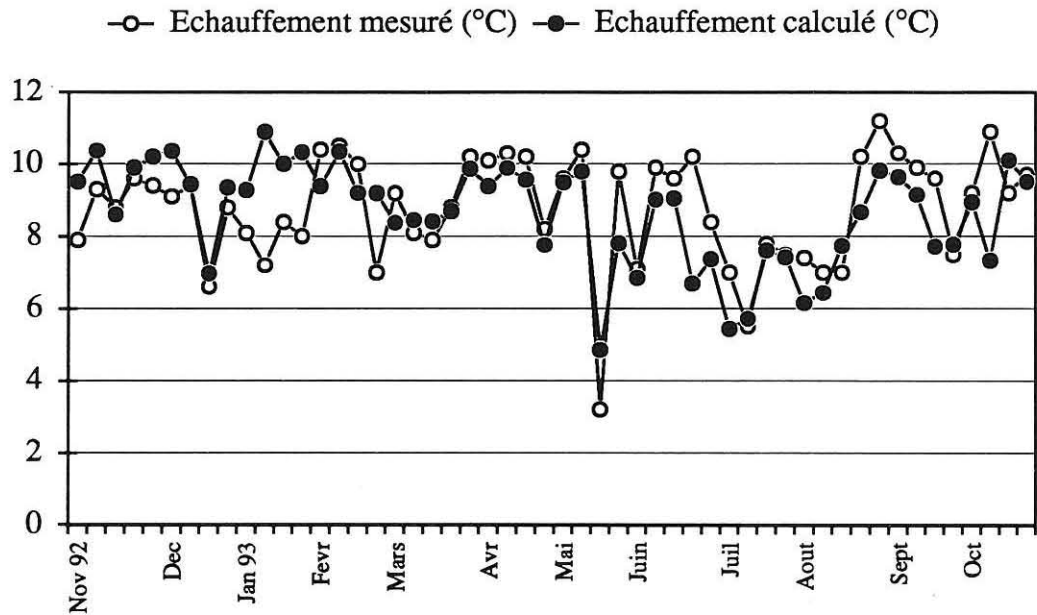


Fig.3.1.: Comparaison entre les échauffements calculés et mesurés

3.2.: 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 1993. La quasi totalité des mesures est cependant restée inférieure au seuil de mesure de 0,05 mg/l.

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

Le graphique ci-après permet de visualiser la concentration en bromoforme en relation avec la température de l'eau à la prise d'eau. On constate que, 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.

Les traces de bromoforme mises en évidence en début et fin de période correspondent à des essais de mise en service ou des vidanges des installations. Durant la période d'étude 1992/1993, la chloration est arrêtée de la mi-novembre à la mi-avril. Les faibles concentrations en bromoforme trouvées en décembre 1992 correspondent à une chloration maintenue sur la moitié de la tranche N°6 d'après les documents EdF.

La persistance du bromoforme en mer permet également de chiffrer le pourcentage d' eau de refroidissement qui passe une seconde fois dans la centrale. La valeur calculée en 1992 -1993 est de 3 % pour la période de chloration du 13 avril au 25 octobre. Cette valeur est en retrait par rapport à celle de la période précédente (4,7 %) en raison probablement du mauvais temps plus fréquent favorisant la dispersion des masses d' eau.

Ce pourcentage a une grande importance sur le plan bactériologique car, si l' on admet une multiplication d' un facteur 200 de certaines bactéries marines (vibrions) par l' ensemble constitué de la centrale et des établissements aquacoles, cela conduit à multiplier par 6 la concentration de ces germes à la prise d' eau. Une nouvelle espèce de bactérie peut ainsi s' installer durablement sur le site.

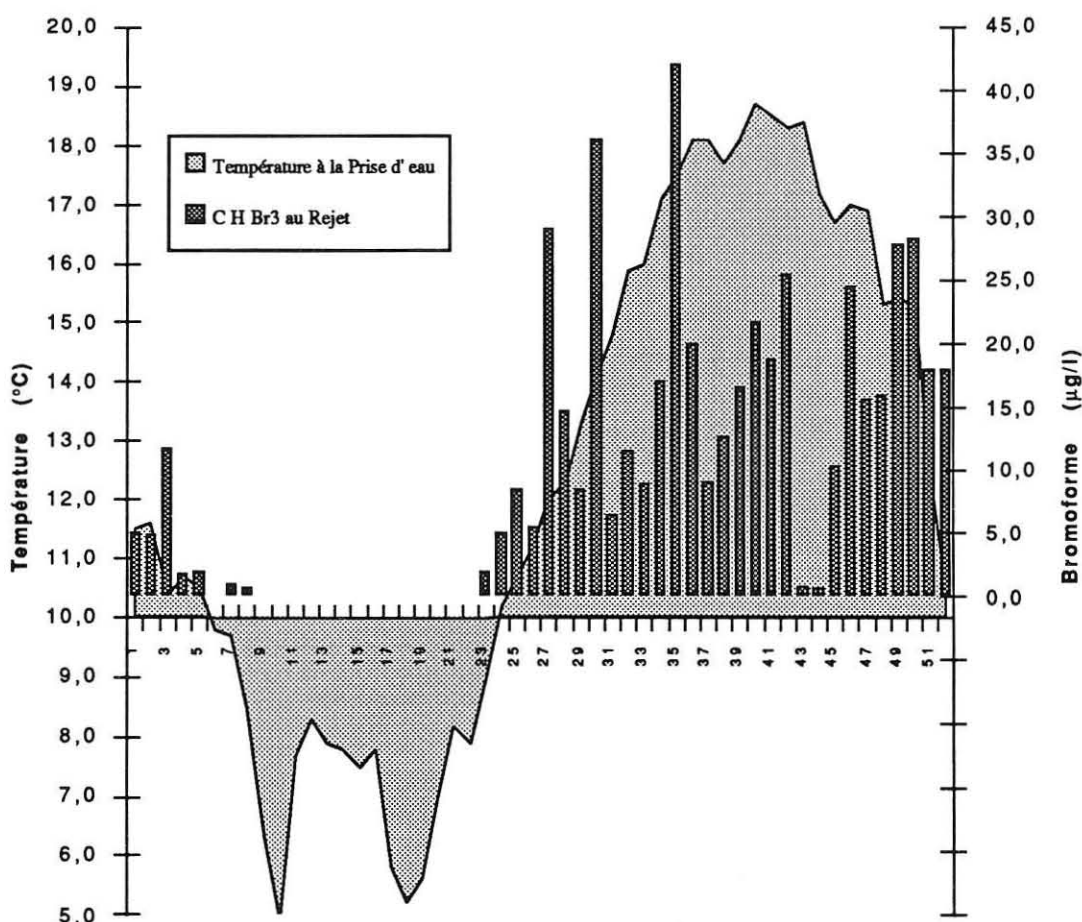


Fig.3.2: Bromoforme au Rejet en relation avec la température de l' eau à la Prise

Le bromoforme(CHBr₃) est formé au rejet à la concentration moyenne de 16,7 µg/l . Il représente à lui seul 96% des produits formés. Les deux autres composés formés et mis en évidence sont également bromés:

- chlorodibromométhane (CHClBr₂): 3,7% du total formé avec une concentration moyenne de 0,5 µg/l
- dichlorobromométhane (CHCl₂Br): 0,3% du total formé avec une concentration moyenne de 0,05 µg/l

De bonnes corrélations ($r > 0,5$) sont observées entre les proportions des trois trihalométhanes formés par la chloration comme le montre la figure ci-dessous.

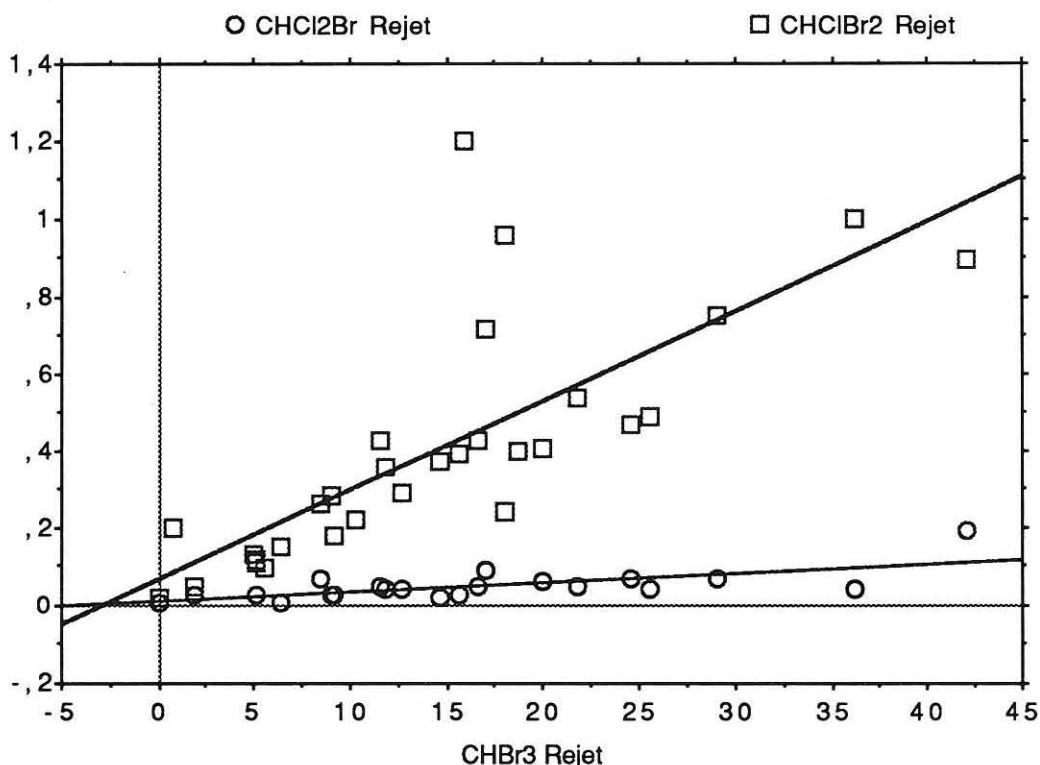


Fig.3.3: Relations entre les trihalométhanes au rejet

3.3.: BACTERIOLOGIE

3.3.1.: 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 cultiver à 37 °C car la quasi-totalité de ces bactéries peut présenter des caractères pathogènes pour l'homme. Un certain nombre de souches bactériennes pathogènes pour la faune aquatique sont incapables de cultiver 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 vibrion/l en hiver à 1000 vibrions/l en été

A Gravelines, le transit de l'eau de mer dans la centrale (et les installations aquacoles) entraîne une importante multiplication des vibrions. En 1993, leur nombre est en moyenne multiplié par 200 entre la Prise et le Rejet. Ce phénomène est observé en toutes saisons.

Cet important changement quantitatif, annoncé par les études d'avant-projet,

s' est développé avec la montée en puissance de la centrale. Depuis la mise en service de la totalité du site (6 tranches), les concentrations en vibrions semblent ne plus évoluer de façon significative.

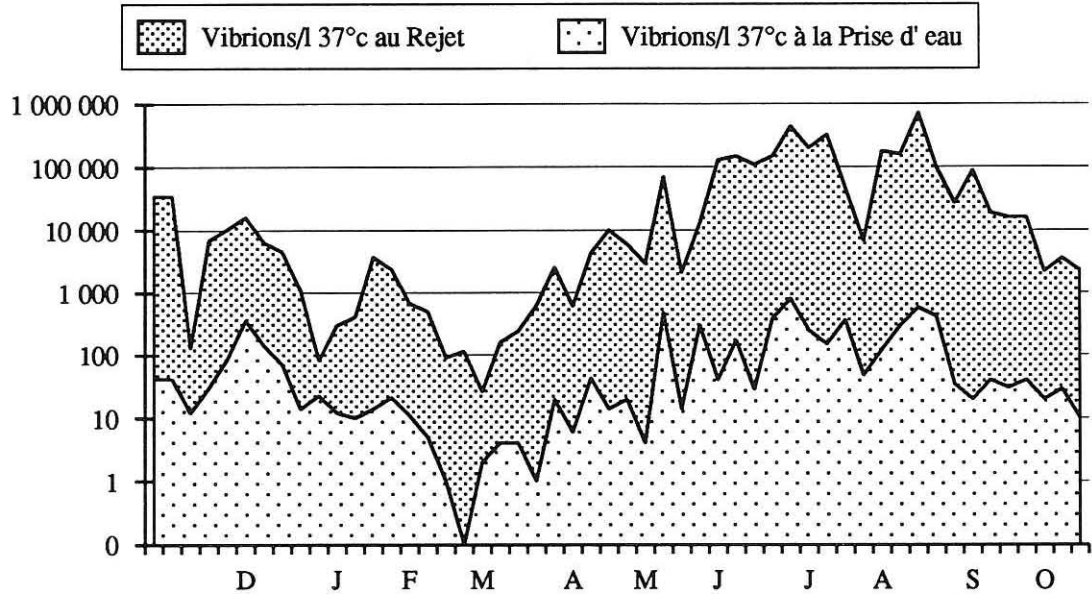


Fig.3.4.: Dénombrement des vibrions par culture à 37 °C (échelle logarithmique)

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:

$$\text{Prise d' eau 1992-93: } \log(\text{Vib/l}) = 0,140 T(^{\circ}\text{C}) - 0,294 \quad (r = 0,783)$$

$$\text{Rejet 1992-93: } \log(\text{Vib/l}) = 0,229 T(^{\circ}\text{C}) - 1,328 \quad (r = 0,861)$$

Ces deux relations sont pratiquement identiques en coefficients et corrélation à celles mises en évidence lors de la période précédente.

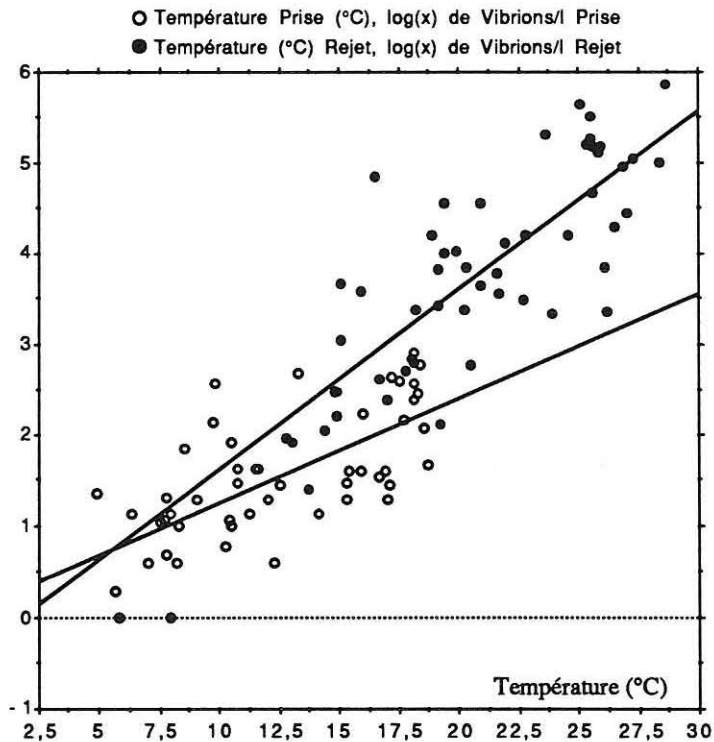


Fig.3.5.: Corrélations entre la température et les concentrations en vibrions (log)

3.3.2.: Aspect qualitatif

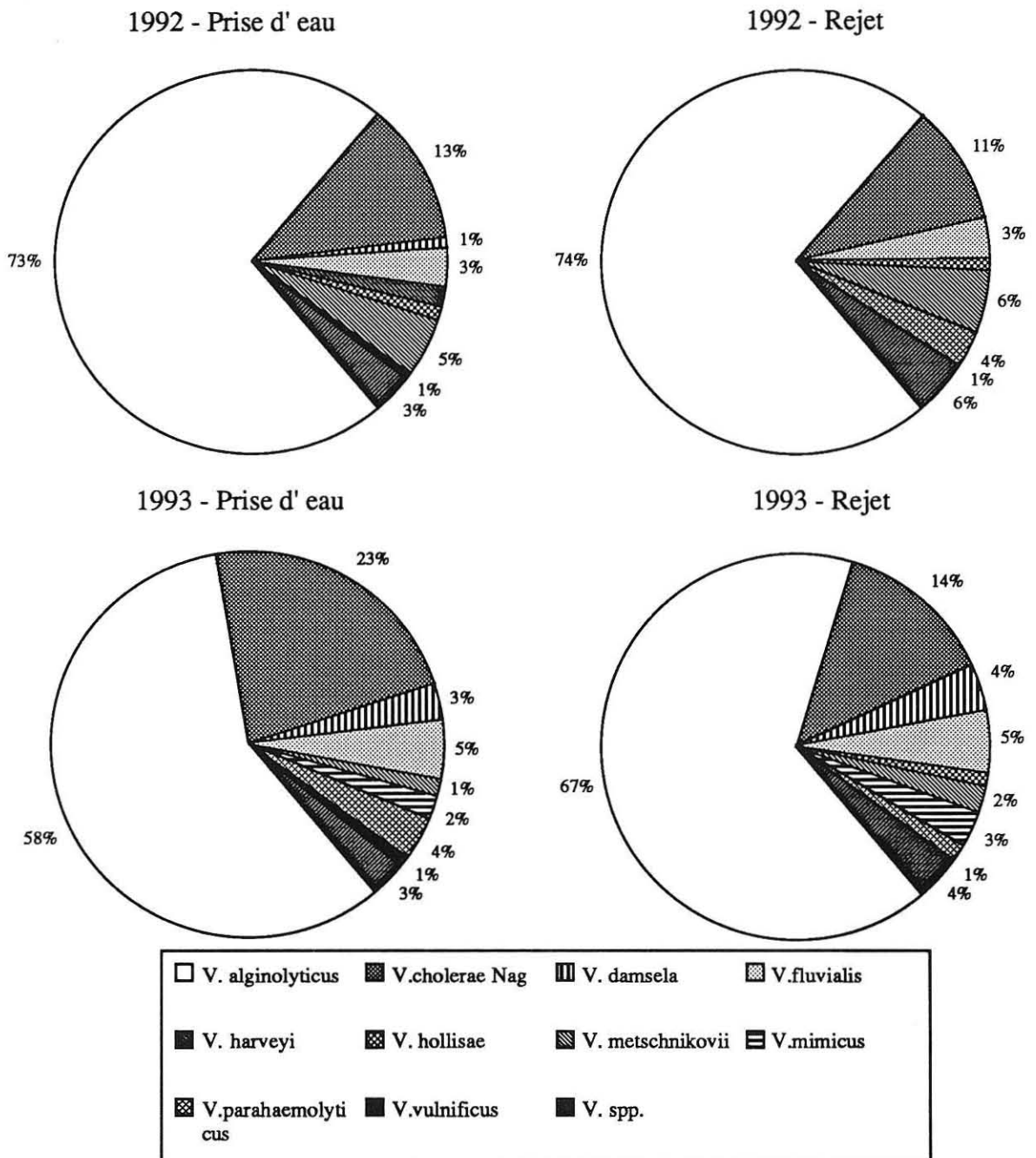


Fig. 3.6.: Abondance relative des diverses espèces de vibrions (moyenne des pourcentages d'abondances hebdomadaires)

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*; une diversité croissante des espèces de vibrions est observée depuis cette date.

L'espèce majoritaire, *Vibrio alginolyticus*, voit son pourcentage diminuer à nouveau cette année: 67 % contre 74 % en 1991-1992. *Vibrio cholerae* Nag est la seconde espèce par ordre d'importance avec un pourcentage de 13 % (10 % en 1991-1992).

Les autres espèces mises en évidence en 1993 sont: *Vibrio damsela*, *V. fluvialis*, *V. metschnikovii*, *V. mimicus*, *V. vulnificus* et *V. parahaemolyticus*. 3% des souches de vibrions isolées au rejet présentent des profils biochimiques non assimilables à des espèces répertoriées (*V. spp.*).

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% 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 $X= 184$ fois). Les deux espèces qui occupent la seconde place en termes de multiplication sur le site sont *Vibrio cholerae* NAg ($X= 10,4$ fois) et *Vibrio metschnikovii* ($X= 10,8$ fois) .

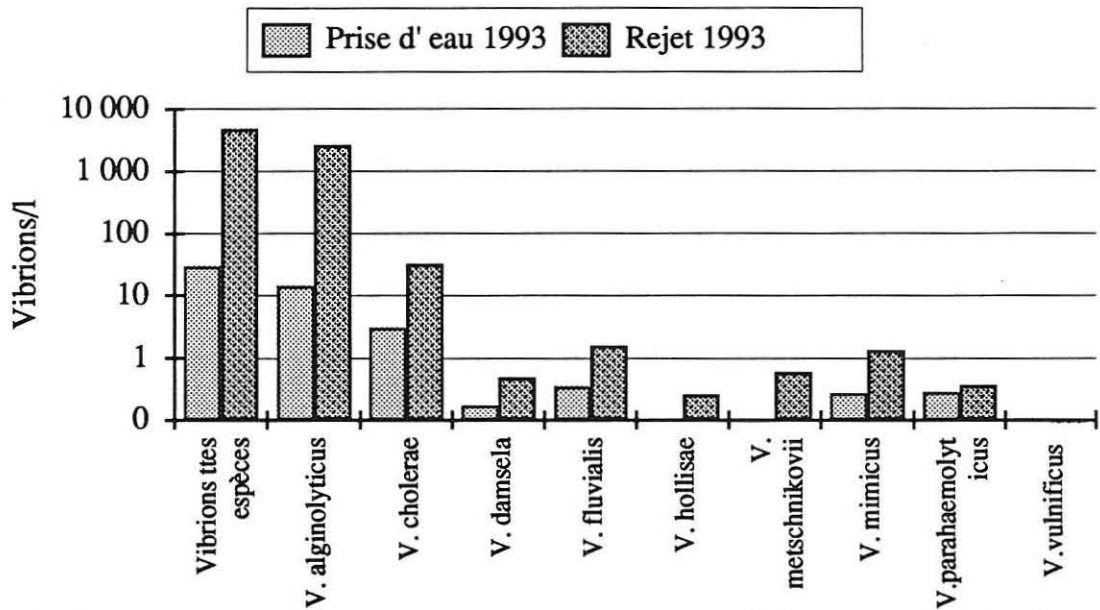


Fig. 3.7.: Concentrations moyennes des diverses espèces de vibrions au points de prise d' eau et de rejet

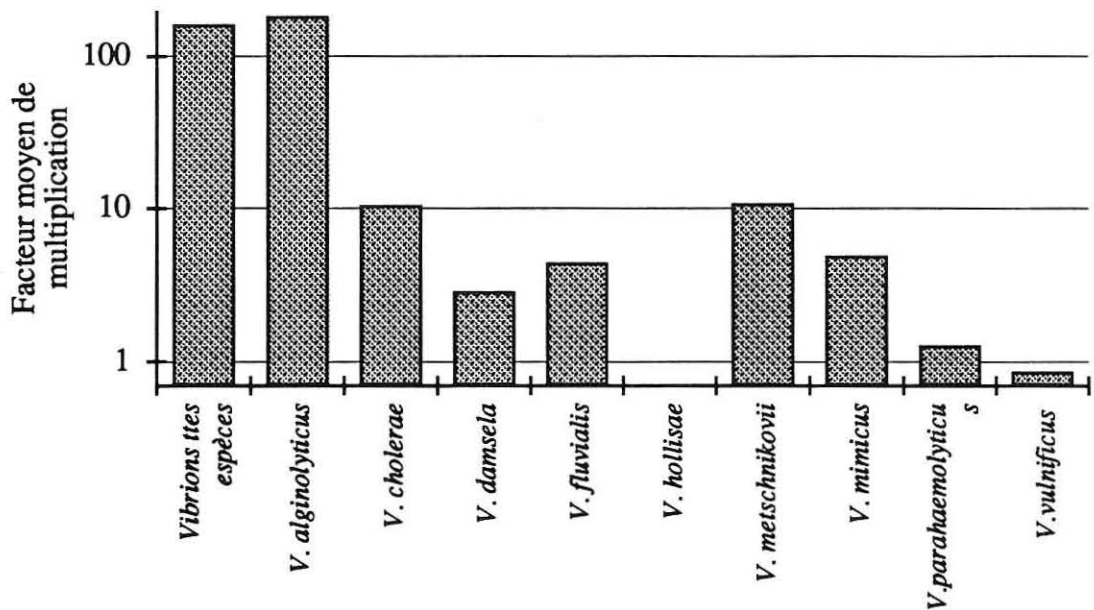


Fig. 3.8.: Facteurs de multiplications moyens des diverses espèces de vibrions par transit entre les points de prise d' eau et de rejet

3.3.3.: 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. A la fin de 1993, le stock de poissons en élevage était d'environ 600 tonnes.

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 utilisé est actuellement de 10 m³/s. Le rejet des eaux aquacoles se fait par un déversoir dans la partie amont du canal de rejet EdF.

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

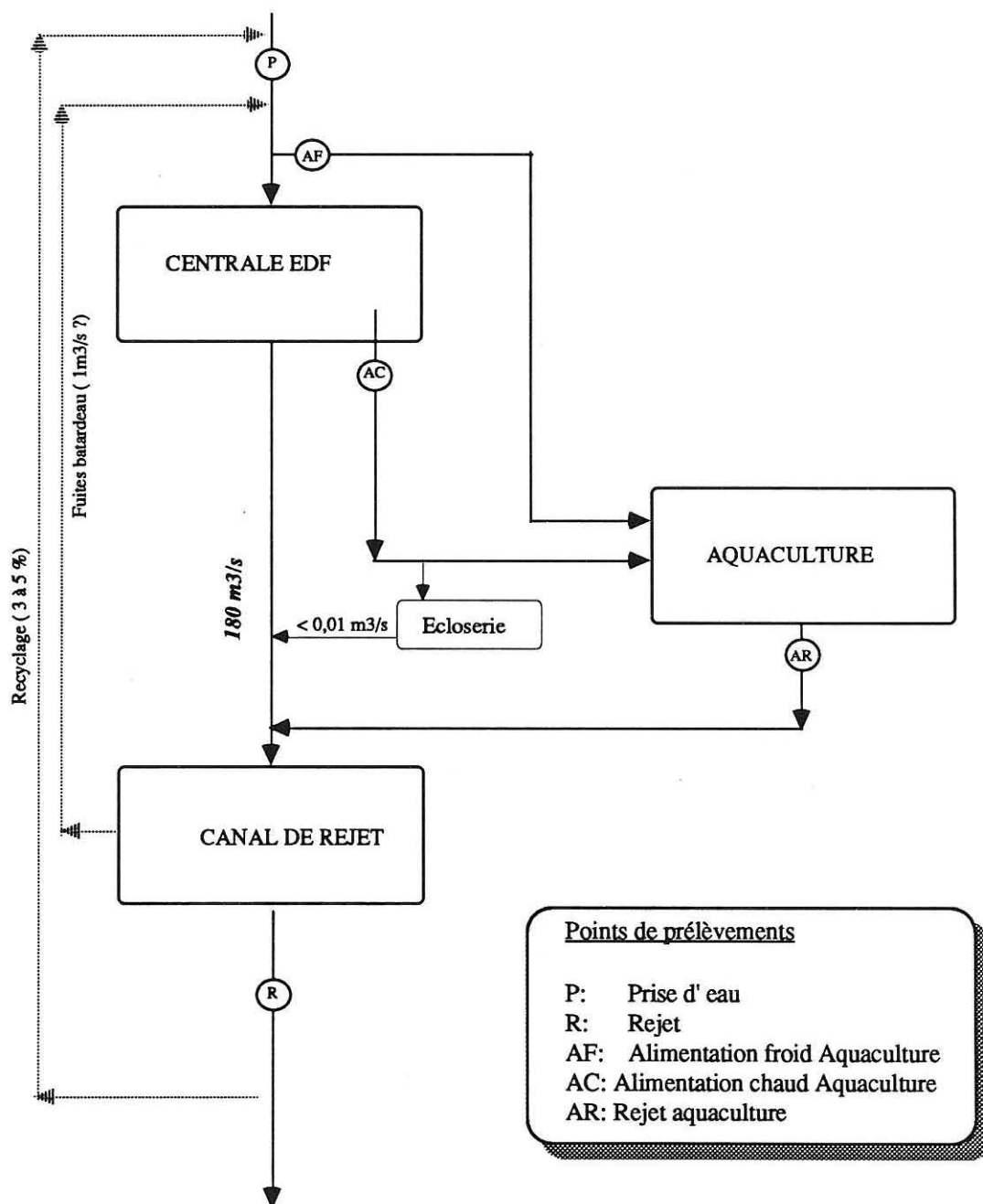


Fig. 3.9.: Schéma hydraulique de l'ensemble centrale EdF et aquaculture

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 mai 1992 à décembre 1993 ont été comparés à ceux de la surveillance de la centrale aux mêmes dates.

Une multiplication des vibrions d'aussi 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).

Ce sont les espèces autres que *Vibrio alginolyticus* qui sont les plus concernées. La concentration moyenne en *Vibrio cholerae* NAg est 178 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 7 m³/s qui se déversent dans les 200 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 30 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 entre l'aquaculture et l'extrémité du canal car la multiplication dans le canal de la centrale ne compense pas la dilution.

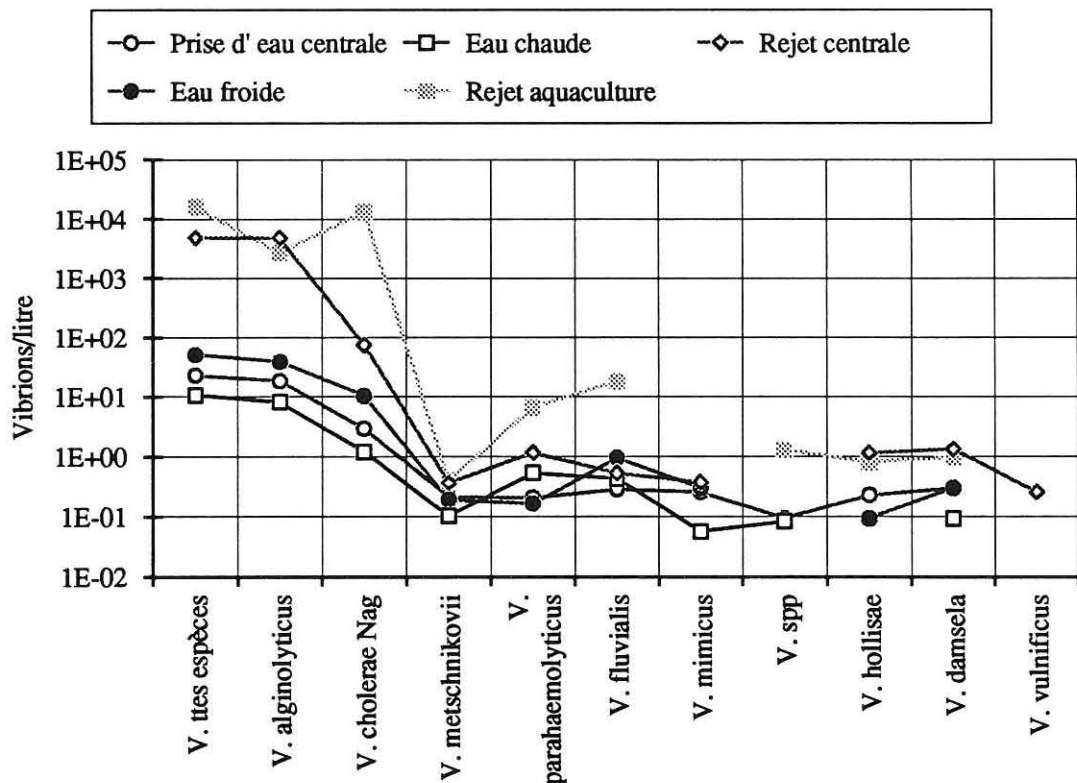


Fig. 3.10.: Concentrations moyennes des vibrions (base mensuelle)

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 aux mêmes dates.

Dans le rejet aquacole *Vibrio alginolyticus* ne représente que le quart des vibrions et *Vibrio cholerae* NA_g devient l'espèce majoritaire. 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 1992-93.

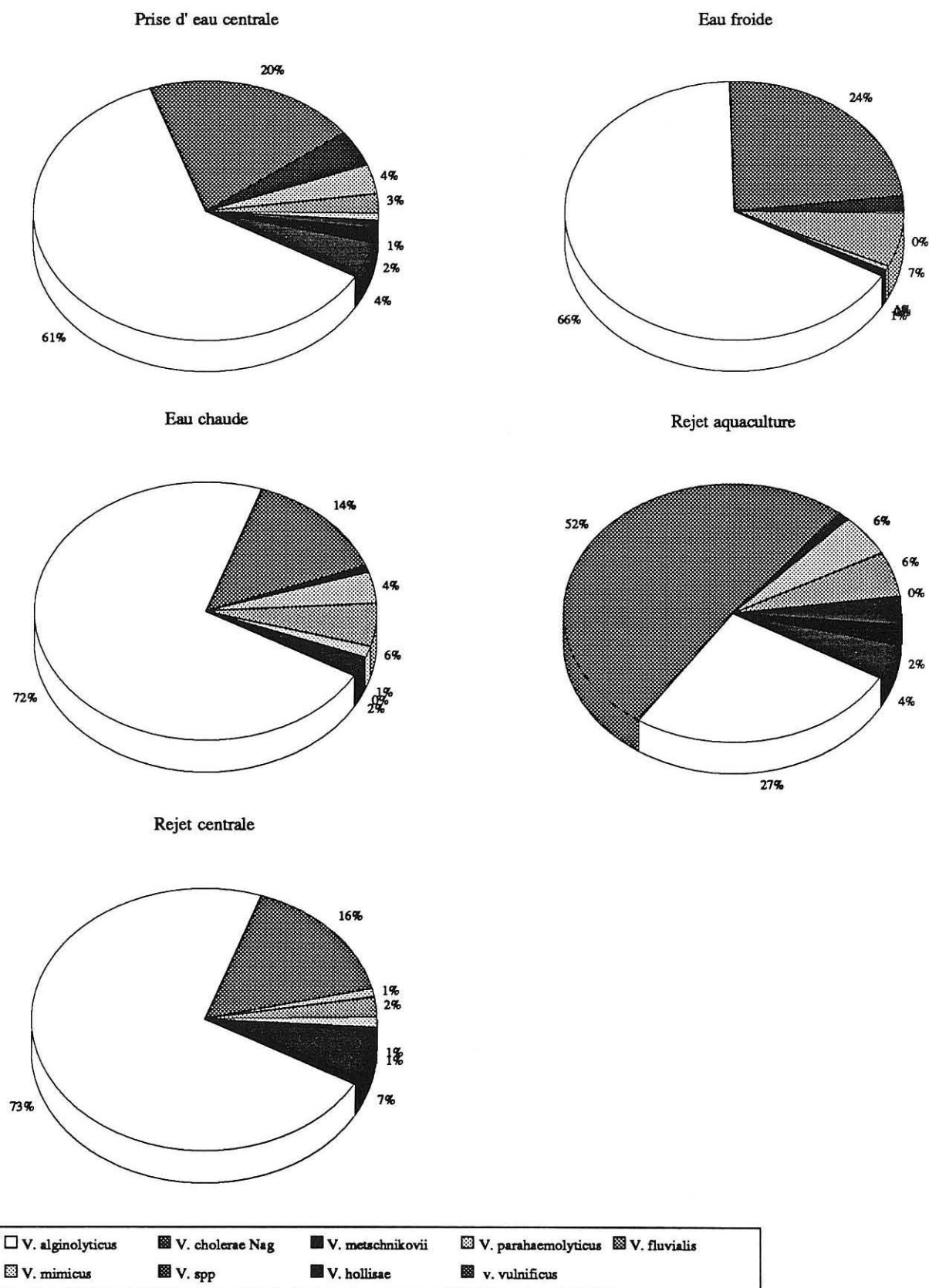


Fig. 3.11.: Pourcentages moyens des diverses espèces de vibrions (contrôle mensuel)

Une estimation des flux moyens annuels de vibrions a été réalisée en utilisant ces résultats de contrôle mensuel. Le flux le plus important est celui du canal EdF compte tenu de son débit important. Le flux de *Vibrio cholerae* NAg est plus faible au rejet de la centrale qu'au rejet de l'aquaculture: une fraction des vibrions issus des fermes marines serait donc détruite par le chlore résiduel de la partie amont du canal EdF.

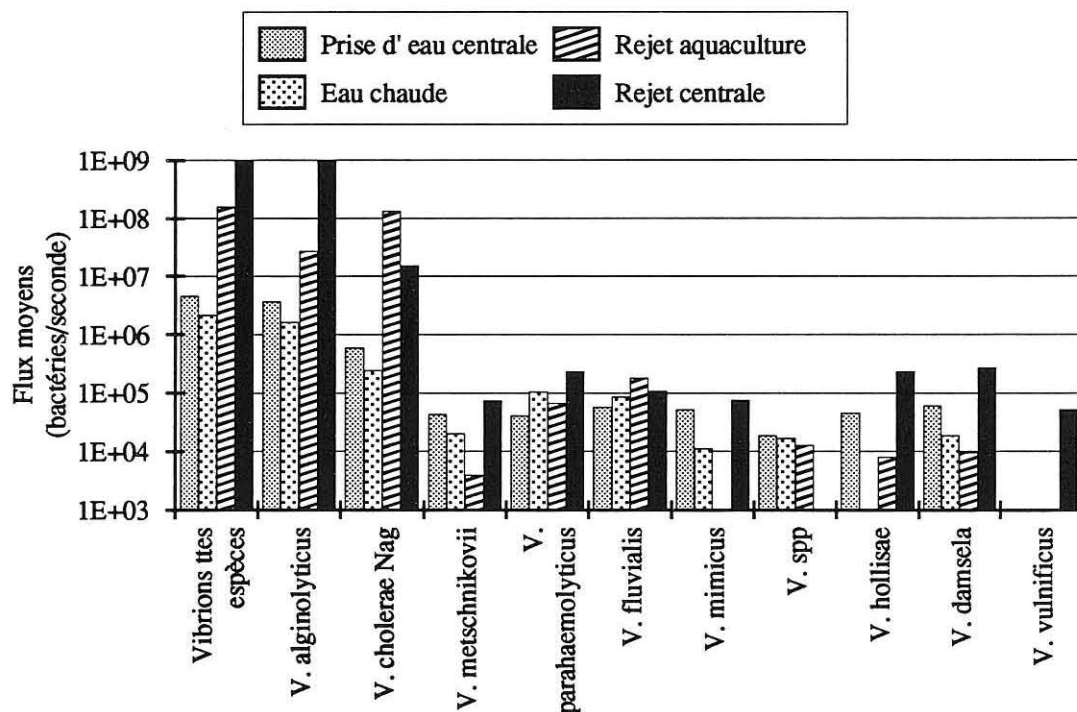


Fig. 3.12.: Flux des diverses espèces de vibrions (contrôle mensuel)

3.3.4.: Campagnes pélagiques

Date	Point	Temp.	Vibrions 37°C (/litre)						Haloformes		
		Surf. (°C)	Vibrions /l toutes espèces	<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. cholerae</i> NAg	<i>V. fluvialis</i>	<i>V. mimicus</i>	<i>V. vulnificus</i>	CHCl ₂ Br (µg/l)	CHClBr ₂ (µg/l)	CHBr ₃ (µg/l)
11/5/93	Prise	12,3	4	3	1					0,3	
	Rejet	22,7	3 000	1 700		1 300			0,02	0,37	14,6
	Contrôle	19,6	4 000	4 000					0,03	0,23	10,9
	Référence	12,2	70	60	10				0,02		0,4
08/10/94	Prise	15,3	20	4	16					0,10	0,8
	Rejet	26,2	2 200	1 200	300		600	100		2,22	28,3
	Contrôle	23,1	420	20	400					2,15	25,1
	Référence	15,2	44	18	26						0,6

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

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

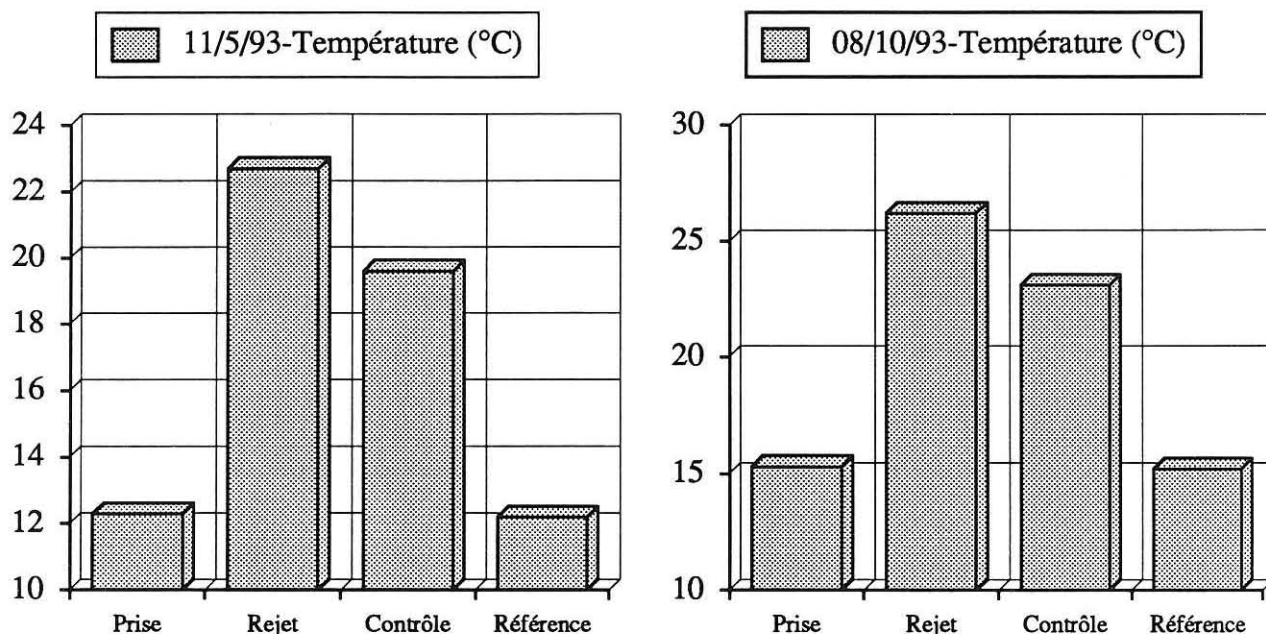


Fig.3.13. : Campagnes pélagiques - Températures

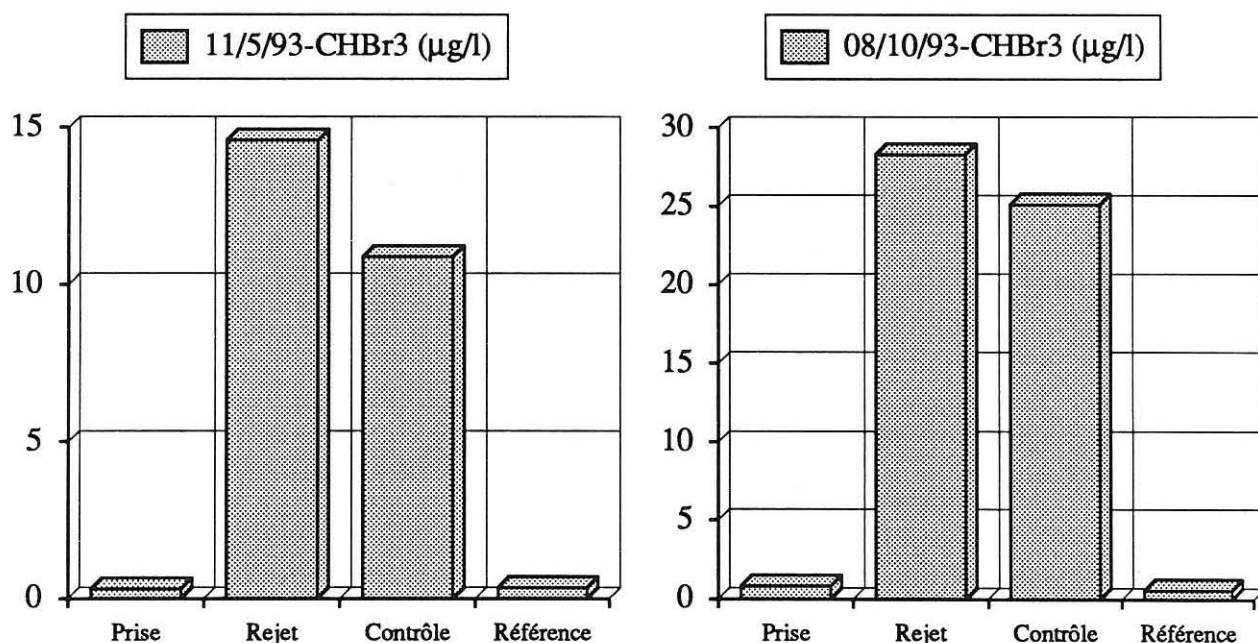


Fig.3.14. : Campagnes pélagiques -Bromoforme

Les vibrions sont en concentration plus importante au point Contrôle que dans le milieu marin non concerné par le panache de rejet lors des deux campagnes pélagiques.

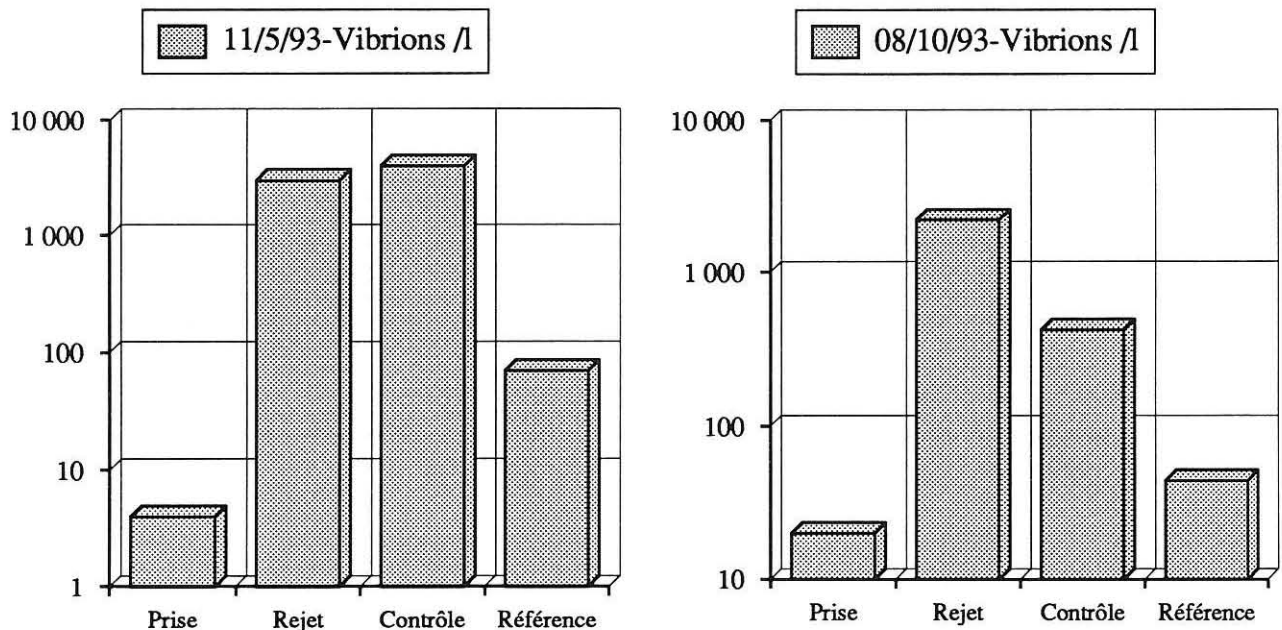


Fig.3.15. : Campagnes pélagiques -Bromoforme

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

3.5. Conclusion

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

Les dosages des haloformes et en particulier du plus abondant d'entre eux, le bromoforme, permettent la détermination de la période de chloration, de l'étendue du panache de rejet et du taux de recirculation de l'eau de refroidissement (3 %). 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 (200 fois en moyenne).

La grande diversité des espèces de vibrions mise en évidence lors des périodes d'étude précédentes est pleinement confirmée en 1993. 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 67 % des vibrions. 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. *Vibrio cholerae* Nag (non agglutinable) régulièrement isolé à Gravelines est l'espèce majoritaire dans le rejet aquacole.

Annexe

(Tableaux hebdomadaires)

Date	Température	Vibrons 37°C	V. alginolyticus	V. anguillarum	V. cholerae Nag	V. damsela	V. fluvialis	V. harveyi	V. hollisae	V. metschnikovii	V. mimicus	V. parahaemolyticus	V. vulnificus	V. spp.
3/11/92	11,5	42	8		6		28							
10/11/92	11,6	42	8		6		28							
16/11/92	10,4	12	12											
23/11/92	10,7	30	30											
30/11/92	10,5	84	8		76									
8/12/92	9,8	360	20											340
14/12/92	9,7	140	40		60									40
21/12/92	8,5	70	10		60									
29/12/93	6,3	14	8		6									
4/1/93	4,9	23	14		5	4								
13/1/93	7,7	12	8				4							
18/1/93	8,3	10	10											
26/1/93	7,9	14	11		3									
2/2/93	7,8	21	10		4		4					3		
9/2/93	7,5	11	5									6		
16/2/93	7,8	5	1		4									
23/2/93	5,8	1	1											
1/3/93	5,2	0	0											
8/3/93	5,6	2			1					1				
16/3/93	7,0	4	2				2							
22/3/93	8,2	4	2									2		
29/3/93	7,9	1	1											
6/4/93	9,0	20	2			8						5		5
13/4/93	10,2	6	3			3								
19/4/93	10,7	43	13		19							11		
28/4/93	11,2	14	4		3						7			
3/5/93	12,0	20	20											
11/5/93	12,3	4	3		1									
17/5/93	13,3	480	100		380									
24/5/93	14,1	14	14											
1/6/93	14,8	300	300											
7/6/93	15,9	40	10		17						13			
14/6/93	16,0	170	110		40						20			
21/6/93	17,1	28	28											
28/6/93	17,5	380	380											
5/7/93	18,1	800	700								100			
12/7/93	18,1	250	110		140									
19/7/93	17,7	150	30		120									
26/7/93	18,1	360	240				120							
2/8/93	18,7	47	22		18					7				
9/8/93	18,5	120	100		20									
16/8/93	18,3	290	190		100									
23/8/93	18,4	580	400		100							80		
30/8/93	17,2	420	220										200	
6/9/93	16,7	35	35											
13/9/93	17,0	20	20											
20/9/93	16,9	40	2		18	20								
27/9/93	15,3	30	30											
4/10/93	15,4	40	40											
8/10/93	15,3	20	4		16									
20/10/93	12,5	29	1		28									
25/10/93	10,5	10	10											

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

Date	Température	Vibrions 37°C	V. alginolyticus	V. anguillarum	V. cholerae Nag	V. damsela	V. fluvialis	V. harveyi	V. hollisae	V. metschnikovii	V. mimicus	V. parahaemolyticus	V. vulnificus	V. spp.
3/11/92	19,4	35 000	24 000				11 000							
10/11/92	20,9	35 000	24 000				11 000							
16/11/92	19,2	130	130											
23/11/92	20,3	7 000	6 000		1 000									
30/11/92	19,9	10 300	900		8 400				500	500				
8/12/92	18,9	16 000	1 000											15 000
14/12/92	19,1	6 400	200											6 200
21/12/92	15,1	4 500	4 200			300								
29/12/93	15,1	1 100	800		300									
4/1/93	13,0	82	18		30		34							
13/1/93	14,9	300	200		60	40								
18/1/93	16,7	410	410											
26/1/93	15,9	3 800	3 300											
2/2/93	18,2	2 400	1 100		100					100		500		
9/2/93	18,0	680	460			220						1 100		
16/2/93	17,8	500	200						300					
23/2/93	12,8	90	40			50								
1/3/93	14,4	115	70								45			
8/3/93	13,7	26	22				4							
16/3/93	14,9	160	100				60							
22/3/93	17,0	240	220									20		
29/3/93	18,1	620	40				340				240			
6/4/93	19,1	2 600	200			2 400								
13/4/93	20,5	600	140							460				
19/4/93	20,9	4 300	2 100		900					1 300				
28/4/93	19,4	10 000	9 000		1 000									
3/5/93	21,6	6 000	4 800		1 200									
11/5/93	22,7	3 000	1 700				1 300							
17/5/93	16,5	70 000	70 000											
24/5/93	23,9	2 100	2 100											
1/6/93	21,9	13 000	13 000											
7/6/93	25,8	130 000	120 000		10 000									
14/6/93	25,6	150 000	140 000		10 000									
21/6/93	27,3	110 000	110 000											
28/6/93	25,9	150 000	70 000		50 000						30 000			
5/7/93	25,1	450 000	250 000		200 000									
12/7/93	23,6	200 000	140 000								60 000			
19/7/93	25,5	330 000	210 000		120 000									
26/7/93	25,6	47 000	36 000		10 000						1 000			
2/8/93	26,1	6 800	5 800		1 000									
9/8/93	25,5	180 000	80 000		100 000									
16/8/93	25,3	160 000	160 000											
23/8/93	28,6	740 000	360 000		380 000									
30/8/93	28,4	100 000	100 000											
6/9/93	27,0	27 000	22 000				5 000							
13/9/93	26,9	90 000	70 000		20 000									
20/9/93	26,5	19 000	9 000		10 000									
27/9/93	22,8	16 000	8 000		8 000									
4/10/93	24,6	16 000	16 000											
8/10/93	26,2	2 200	1 200		300						600		100	
20/10/93	21,7	3 600	3 600											
25/10/93	20,2	2 300	1 300		1 000									

Tab.3.2.: Bactériologie; Mesures hebdomadaires au Rejet

Date	PRISE			REJET			
	C H Cl ₂ Br (µg/l)	C H Cl Br ₂ (µg/l)	C H Br ₃ (µg/l)	Chlore tot (mg/l)	C H Cl ₂ Br (µg/l)	C H Cl Br ₂ (µg/l)	C H Br ₃ (µg/l)
Seuils	0,01	0,02	0,05	0,03	0,01	0,02	0,05
3/11/1992	-	-	0,7	-	-	0,12	5,1
10/11/92	-	-	0,6	-	-	0,13	4,9
16/11/92	-	-	0,5	0,08	0,04	0,36	11,8
23/11/92	-	-	-	-	-	-	1,7
30/11/92	-	-	-	-	-	-	1,8
08/12/92	-	-	-	-	-	-	-
14/12/92	-	-	-	-	-	-	1,0
21/12/92	-	-	-	-	-	-	0,6
29/12/93	-	-	-	-	-	-	-
04/01/93	-	-	-	-	-	-	-
13/01/93	-	-	-	-	-	-	-
18/01/93	-	-	-	-	-	-	-
26/01/93	-	-	-	-	-	-	-
02/02/93	-	-	-	-	-	-	-
09/02/93	-	-	-	-	-	-	-
16/02/93	-	-	-	-	-	-	-
23/02/93	-	-	-	-	-	-	-
01/03/93	-	-	-	-	-	-	-
08/03/93	-	-	-	-	-	-	-
16/03/93	-	-	-	-	-	-	-
22/03/93	-	-	-	-	-	-	-
29/03/93	-	-	-	-	-	-	0,1
06/04/93	-	-	-	-	0,03	0,05	1,9
13/04/93	-	-	0,2	-	0,03	0,11	5,1
19/04/93	-	-	0,2	0,03	-	0,26	8,5
28/04/93	-	-	0,5	-	-	0,10	5,5
03/05/93	-	-	0,3	-	0,07	0,75	29,0
11/05/93	-	-	-	0,03	0,02	0,37	14,6
17/05/93	0,02	-	0,4	-	0,07	0,26	8,5
24/05/93	0,01	-	0,2	0,03	0,04	1,00	36,2
01/06/93	-	-	0,6	-	0,01	0,15	6,4
07/06/93	-	-	0,4	0,1	0,05	0,43	11,5
14/06/93	0,02	-	0,8	-	0,03	0,28	9,0
21/06/93	0,02	0,04	1,1	-	0,09	0,72	17,0
28/06/93	0,03	-	0,6	-	0,19	0,90	42,0
05/07/93	0,06	-	0,7	-	0,06	0,41	20,0
12/07/93	-	0,05	0,1	-	0,03	0,18	9,2
19/07/93	-	0,04	0,7	-	0,04	0,29	12,7
26/07/93	0,07	-	1,1	-	0,05	0,43	16,6
02/08/93	0,01	-	0,2	-	0,05	0,54	21,8
09/08/93	-	-	1,1	-	-	0,40	18,7
16/08/93	-	-	0,1	-	0,04	0,49	25,5
23/08/93	-	-	0,2	-	-	0,20	0,8
30/08/93	-	-	0,4	-	-	-	0,7
06/09/93	-	-	0,4	-	-	0,22	10,3
13/09/93	-	-	1,0	-	0,07	0,47	24,5
20/09/93	-	-	0,5	-	0,03	0,39	15,6
27/09/93	-	0,02	0,4	-	-	1,20	15,9
04/10/93	-	-	1,0	0,03	-	2,11	27,9
08/10/93	-	0,10	0,8	0,12	-	2,22	28,3
20/10/93	-	0,02	0,2	-	-	0,24	18,0
25/10/93	-	-	0,3	-	-	0,96	18,0

Tab.3.4. : Chlore résiduel et haloformes

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.

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 ont été décrites récemment.

- *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 (tétrodoxine 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.

CHAPITRE IV

PHYTOPLANCTON ET BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE

Benoist HITIER et Pascale HEBERT

La surveillance du phytoplancton et de la biomasse chlorophyllienne du site de gravelines se fait suivant deux axes.

Le premier est en un prélèvement d'eau hebdomadaire au canal d'aménée, en vue de constater les variations de la biomasse chlorophyllienne et de dénombrer les espèces phytoplanctoniques tout au long de l'année.

Le second vise à comparer trois stations par rapport à un point de référence théoriquement non impacté. Il consiste en deux campagnes de prélèvements hydrologiques aux différentes stations.

I. SURVEILLANCE HEBDOMADAIRE AU CANAL D'AMENEE.

a. Biomasse chlorophyllienne.

Le tableau 4.1 rassemble les résultats de teneur en chlorophylle et du pourcentage de chlorophylle non dégradée. La teneur en chlorophylle donne une idée de la quantité de phytoplancton présente dans l'eau. L'indice de dégradation représente l'état physiologique des cellules.

La floraison printanière s'amorce fin février avec des valeurs proches de 5 mg/m^3 pour culminer au milieu du mois d'avril avec une teneur de 34 mg/m^3 . Cette valeur est bien supérieure au pic printanier de 1992 (24 mg/m^3) et de 1991 (28 mg/m^3). Elle peut avoir un rapport avec les conditions météorologiques de l'année;

Une valeur importante apparaît à nouveau au milieu du mois de mai. Le reste du printemps est une période de faible production planctonique (valeurs comprises entre 2 et 4 mg/m^3).

Pendant l'été Les valeurs augmentent progressivement pour atteindre 9.09 mg/m^3 le 30 août.

On retrouve une valeur importante de 8.45 mg/m^3 le 20 octobre.

L'indice de dégradation voit sa valeur augmenter progressivement pendant le début du printemps pour culminer à plus de 90% pendant la deuxième quinzaine d'avril et la première de mai. Pendant l'été l'indice fluctue autour de 70%. Puis Il redevient très important pendant l'automne.

b. Succession des espèces planctoniques.

L'hiver est assez peu propice à la croissance du phytoplancton. On voit d'abord *Melosira sulcata* ainsi que des *Thalassiosira*. et des *Thalassionema*. *Asterionella glacialis* apparaît au mois de mars. *Phaeocystis* est présent pendant le mois d'avril et début mai. Il représente alors les $\frac{3}{4}$ de la biomasse. Il réapparaît au mois de juin. Le printemps est aussi propice à *Nitzchia* et *Rhizosolenia delicatula*. Un nombre important de *Nitzchia seriata* est relevé à la fin du mois de juin.

Pendant l'été les espèces dominantes sont : *Chaetoceros curvisetus*, *Rhizosolenia (delicatula et shrubsolei)*. Des péridiniens et des Noctiluques sont aussi présents à cette époque de l'année.

Nous avons à faire à une année normale en ce qui concerne le phytoplancton.

n° prélèvement	DATES	CHLOROPHYLLE (mg/m³)	% CHLOROPHYLLE non dégradée
39/92	12/11/1992	2.33	64.19
40/92	11/12/1992	1.35	65.53
1	04/01/1993	0.97	70.64
2	13/01/1993	2.18	68.57
3	18/01/1993	1.73	68.41
4	26/01/1993	2.02	61.50
5	02/02/1993	1.62	74.03
6	09/02/1993	2.95	76.48
7	16/02/1993	1.86	70.79
8	23/02/1993	4.17	75.11
9	01/03/1993	4.67	68.18
10	08/03/1993	3.31	69.20
11	16/03/1993	3.63	77.98
12	22/03/1993	6.12	82.55
13	29/03/1993	5.63	84.19
14	06/04/1993	10.06	81.61
15	13/04/1993	10.23	94.02
16	19/04/1993	34.45	96.58
17	28/04/1993	20.72	96.37
18	03/05/1993	8.12	95.75
19	11/05/1993	23.87	93.34
20	17/05/1993	2.24	77.79
21	24/05/1993	2.36	71.48
22	01/06/1993	2.47	67.46
23	07/06/1993	2.41	76.05
24	14/06/1993	1.67	60.07
25	21/06/1993	2.34	72.28
26	28/06/1993	2.25	79.81
27	05/07/1993	4.10	69.35
28	12/07/1993	4.35	80.51
29	17/07/1993	2.54	75.40
30	26/07/1993	3.33	74.30
31	02/08/1993	4.32	83.04
32	09/08/1993	6.81	89.89
33	16/08/1993	4.89	85.32
34	23/08/1993	9.39	87.64
35	30/08/1993	9.09	83.15
36	06/09/1993	7.12	90.10
37	13/09/1993	4.29	89.56
38	20/09/1993	3.49	81.73
39	27/09/1993	6.87	78.28
40	04/10/1993	4.43	77.21
41	08/10/1993	4.88	82.46
42	20/10/1993	8.45	92.16
43	25/10/1993	4.76	65.55

Tableau n°1 : Biomasse chlorophyllienne.

TENEUR EN CHLOROPHYLLE ET INDICE DE DEGRADATION

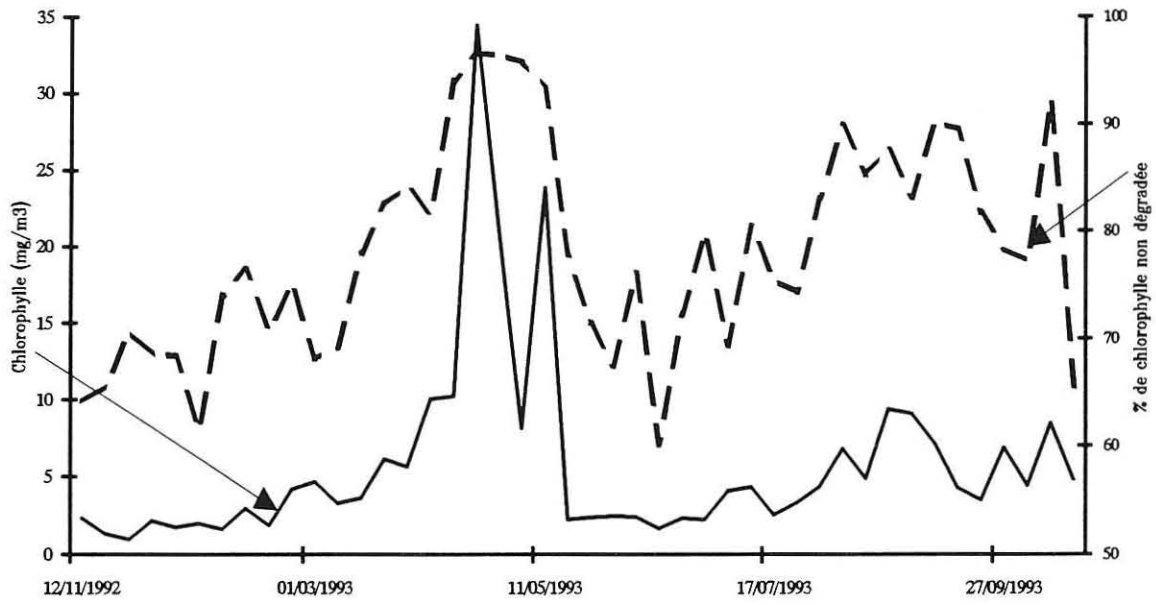


figure 4.1.

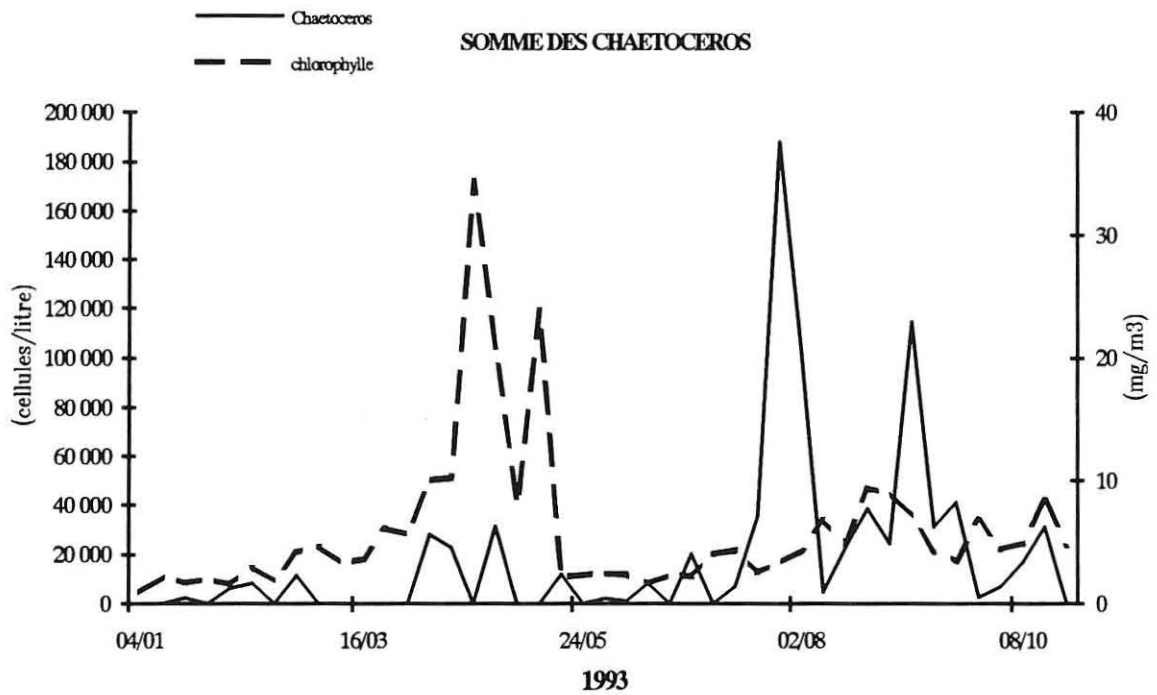
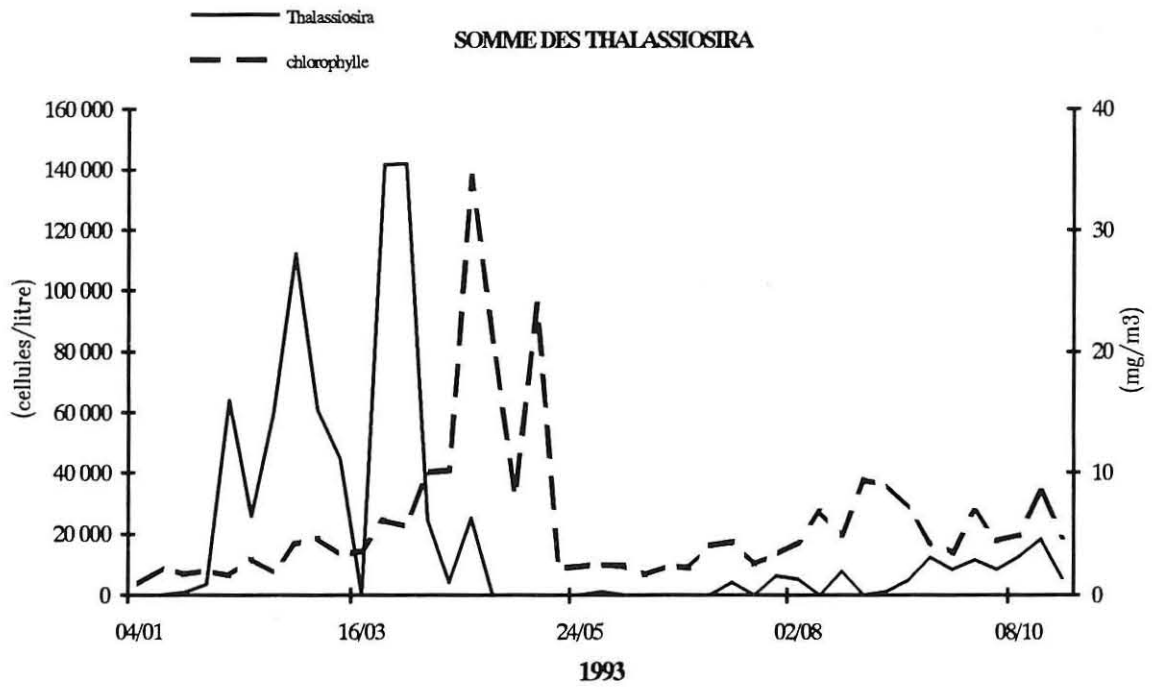


figure 4.2 : Teneurs en chlorophyll et succession d'espèces phytoplanctoniques.

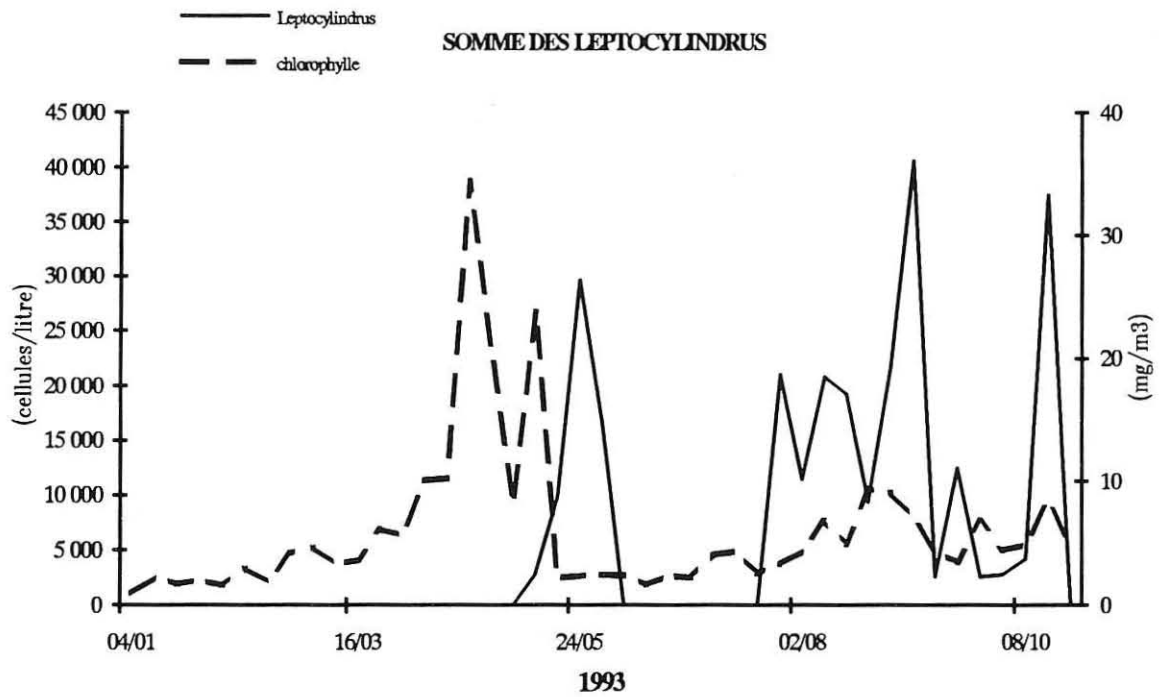
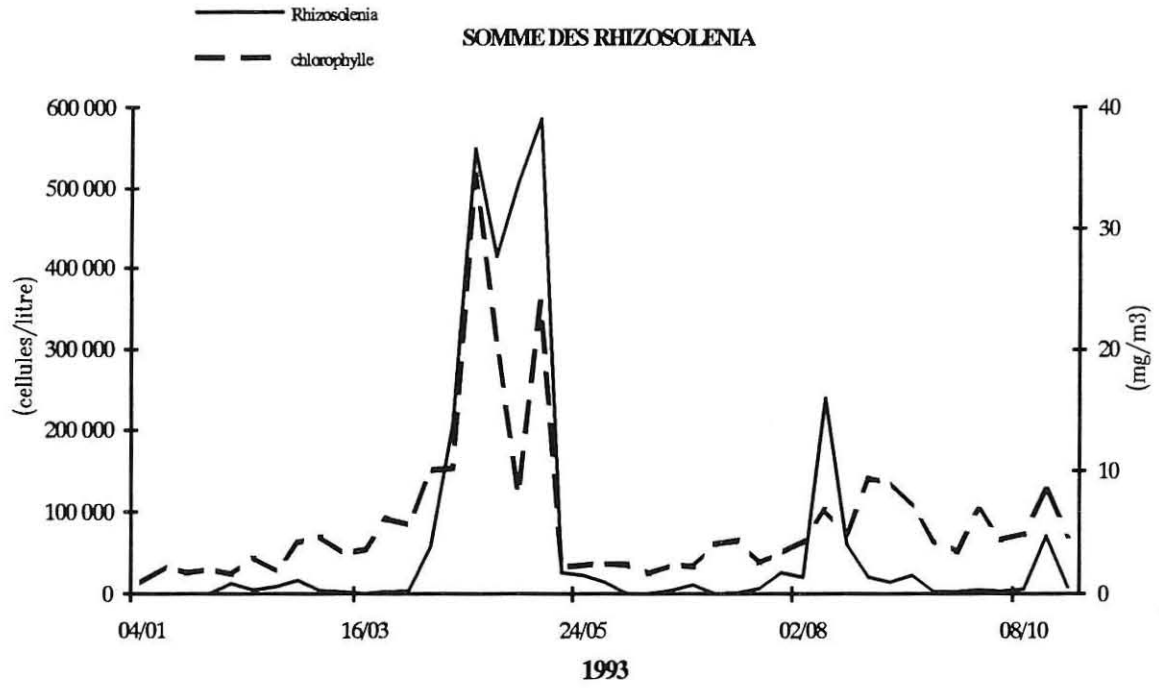


figure 4.3 : Teneurs en chlorophylle et succession d'espèces phytoplanctoniques.

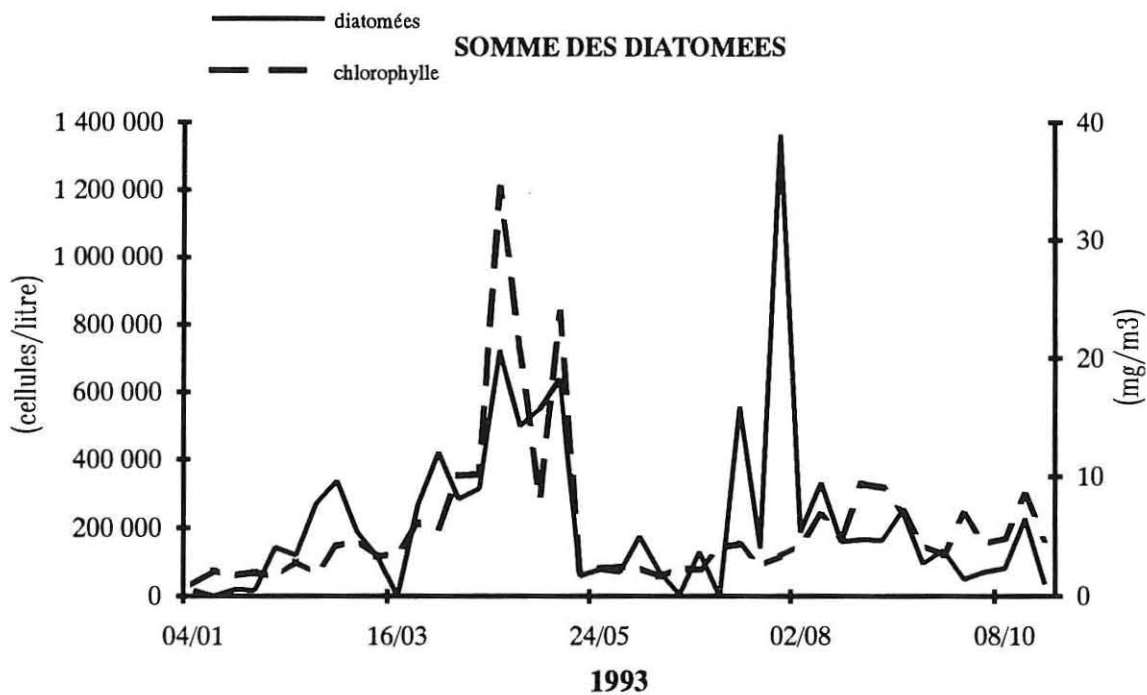
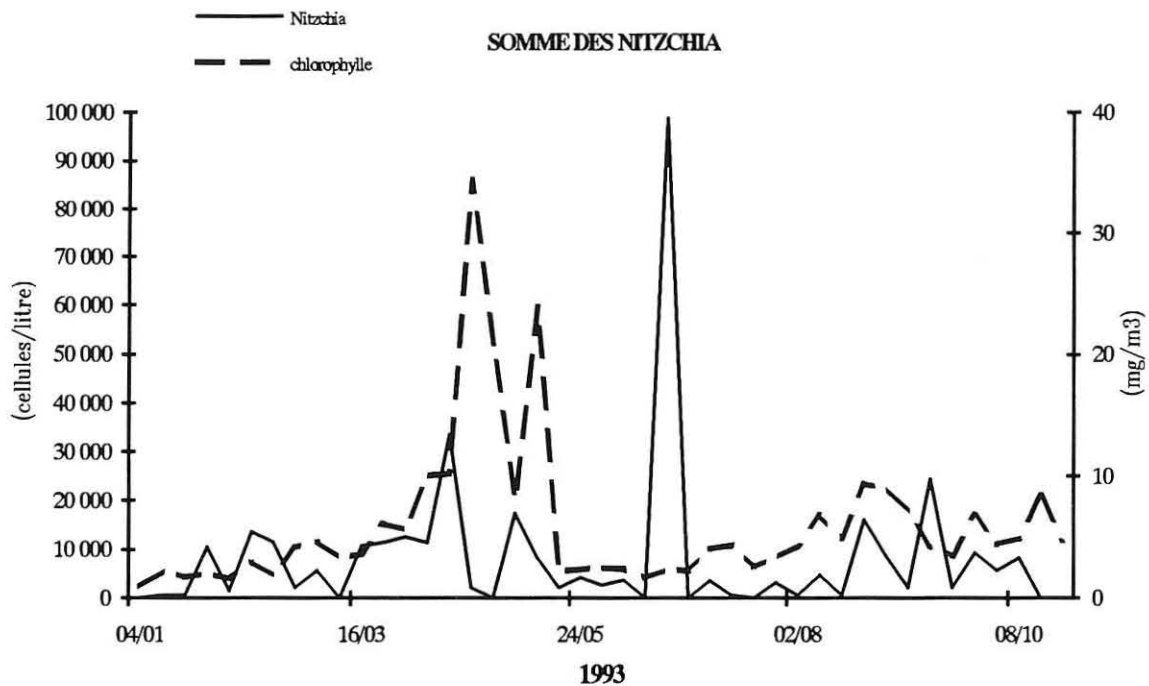


figure 4.4 : Teneurs en chlorophylle et succession d'espèces phytoplanctoniques.

II. IMPACT DE LA CENTRALE : CAMPAGNE DU 11 MAI ET DU 8 OCTOBRE.

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

En regardant le tableau 4.1 sur lequel sont reportées les teneurs hebdomadaires en chlorophylle, on constate que la campagne de printemps a été effectuée lors du deuxième pic (un mois après le premier). La campagne automnale est située au milieu d'une période de production moyenne.

On constate un déficit des teneurs moyennes en chlorophylle (25% le 11 mai et de 40% le 8 octobre) du rejet par rapport au canal d'amenée. On retrouve ce déficit entre la surface et le fond au niveau des points de contrôle (57% le 11 mai et 29% le 8 octobre) et de référence (16% le 11 mai et 20% le 8 octobre). Ceci semble indiquer le léger impact que subit malgré sa définition la station de référence.

Lors de la campagne de printemps, les teneurs moyennes en chlorophylle aux points de référence et de contrôle fond sont semblables. La légère différence exprime le gradient côte – large naturellement relevé sur le site.

Cette similitude n'apparaît pas lors de la campagne automnale. Elle ne se retrouve pas non plus en surface, ce qui vérifie l'impact thermique de la centrale.

L'impact de la centrale sur le phytoplancton est tout à fait réel. Une grande partie des cellules phytoplanctoniques est détruite lors de leur passage à travers la centrale, ce qui se traduit par le déficit en chlorophylle au niveau du rejet. Le passage dans la centrale se répercute aussi au niveau de l'état physiologique des cellules survivantes. Au printemps le déficit est comblé rapidement puisque le pourcentage de chlorophylle non dégradée au point de contrôle retrouve presque le niveau qu'il avait au canal d'amenée.

Ces résultats confirment l'impact constaté lors des études précédentes.

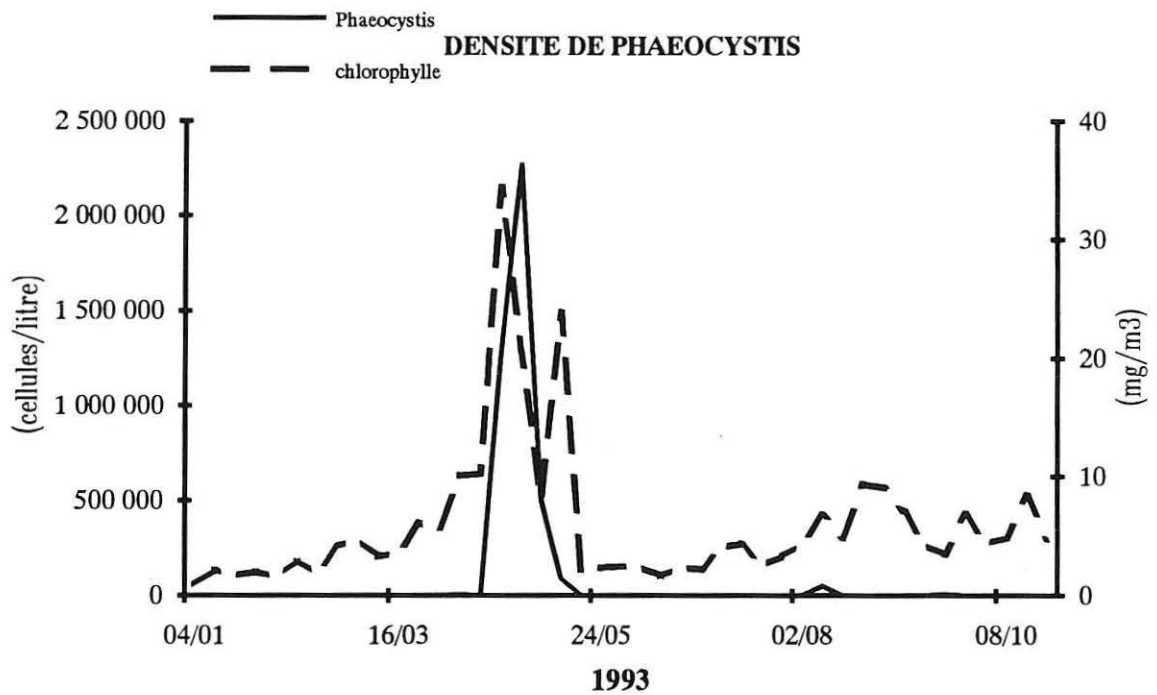
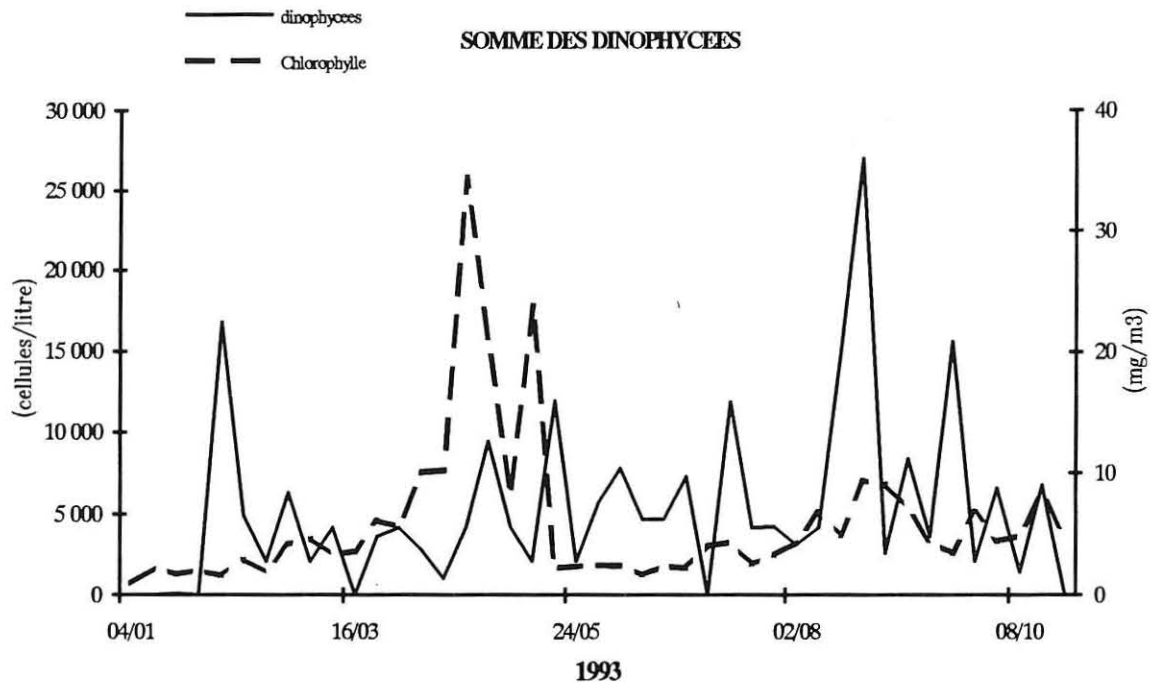


figure 4.5 : Teneurs en chlorophylle et succession d'espèces phytoplanctoniques

Teneurs en chlorophylle (mg/m³)

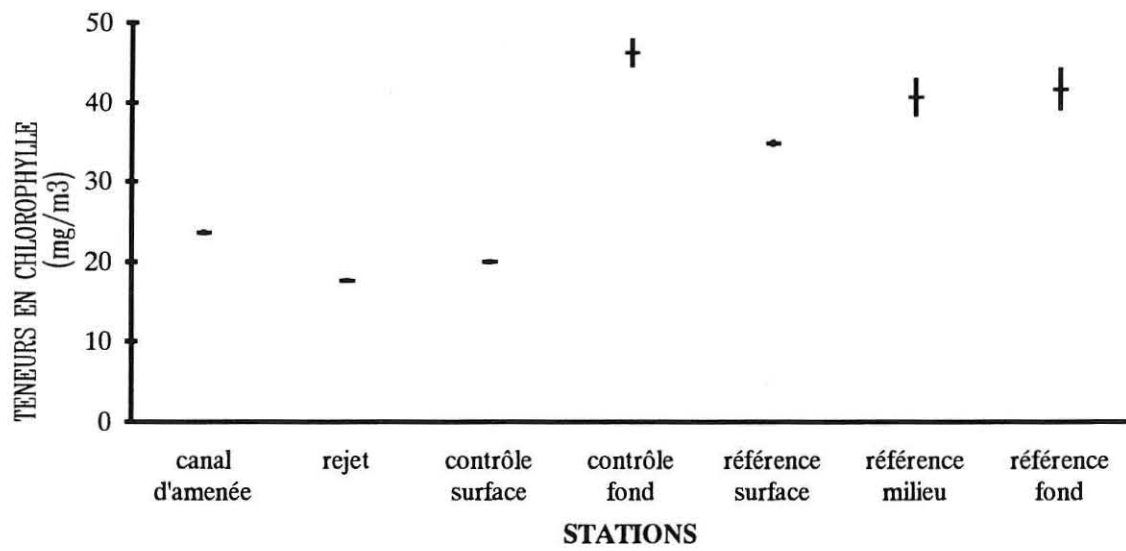
	station	nombre d'échantillons	moyenne	ecart-type
11 mai 1993	canal d'amenée	5	23.65	0.59
	rejet	5	17.66	0.46
	contrôle surface	4	20.05	0.55
	contrôle fond	4	46.24	3.54
	référence surface	2	34.86	0.80
	référence milieu	2	40.69	4.74
	référence fond	2	41.68	5.35
8 octobre 1993	canal d'amenée	5	4.88	0.21
	rejet	5	2.94	0.24
	contrôle surface	4	3.48	0.05
	contrôle fond	4	4.92	0.10
	référence surface	2	6.52	0.70
	référence milieu	2	7.75	0.05
	référence fond	2	8.18	0.08

% de chlorophylle non dégradée

	station	nombre d'échantillons	moyenne	écart-type
11 mai 1993	canal d'amenée	5	94.00	1.08
	rejet	5	87.89	1.08
	contrôle surface	4	91.22	1.26
	contrôle fond	4	92.51	0.64
	référence surface	2	96.41	1.46
	référence milieu	2	95.29	0.22
	référence milieu	2	94.40	0.75
8 octobre 1993	canal d'amenée	5	82.46	2.03
	rejet	5	73.76	1.79
	contrôle surface	4	70.54	1.91
	contrôle fond	4	77.90	0.74
	référence surface	2	77.11	5.38
	référence milieu	2	71.20	0.93
	référence milieu	2	67.67	0.02

tableau 4.2 : impact de la centrale sur la teneur en chlorophylle.

**TENEURS EN CHLOROPHYLLE
11 MAI 1993**



**TENEURS EN CHLOROPHYLLE
08 OCTOBRE 1993**

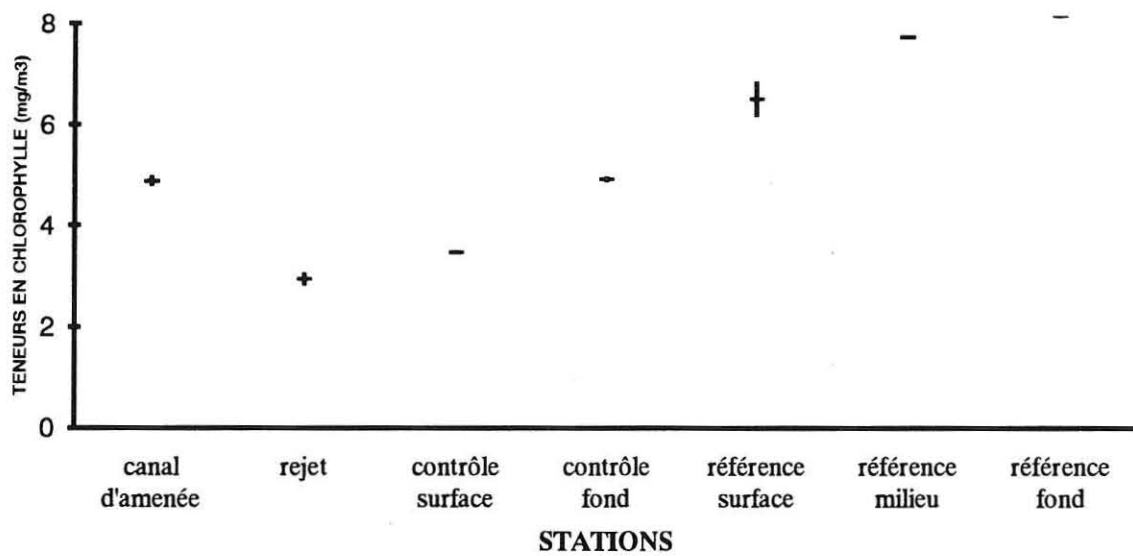
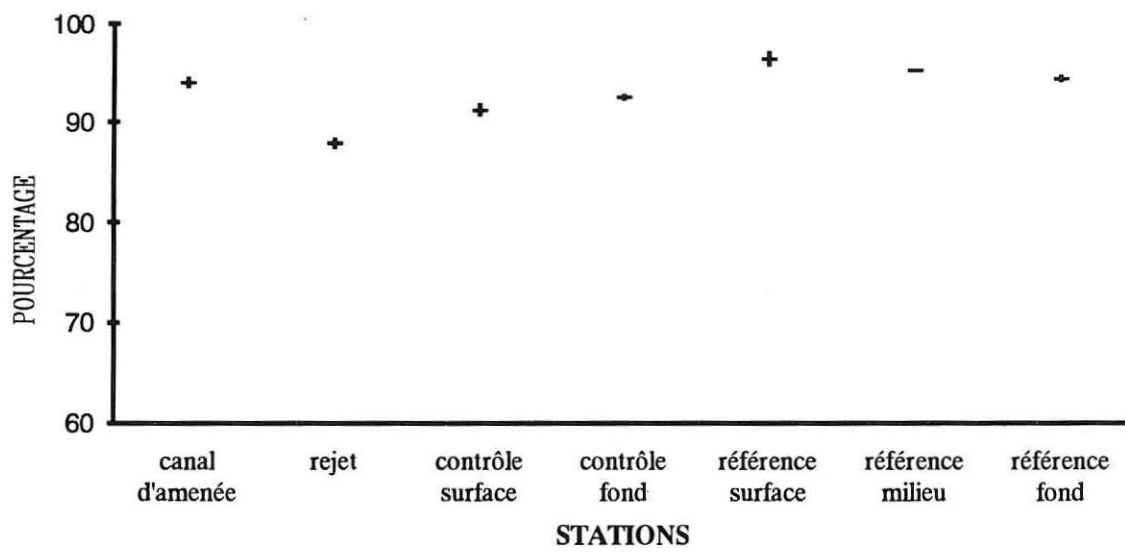


figure 4.5 : Impact de la centrale sur la teneur en chlorophylle.

**% DE CHLOROPHYLLE NON DEGRADEE
11 MAI 1993**



**% DE CHLOROPHYLLE NON DEGRADEE
8 OCTOBRE 1993**

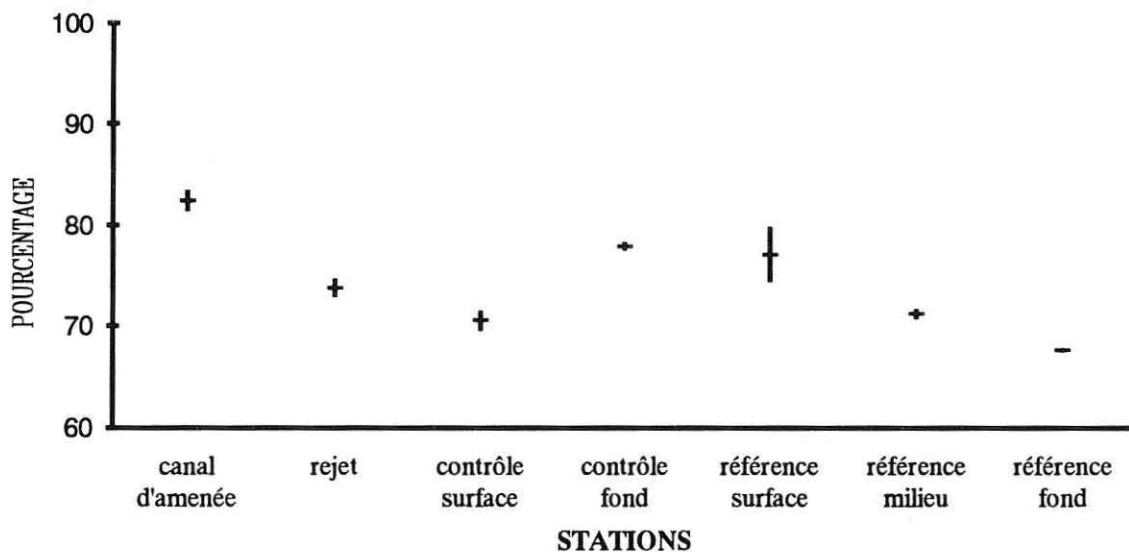


figure 4.6 : Impact de la centrale sur l'indice de dégradation.

L'impact sur le phytoplancton, appréhendé par les teneurs en chlorophylle aux 4 stations, fait apparaître un déficit des teneurs du canal d'amenée par rapport au rejet de 25% au printemps et de 40% à l'automne. Il révèle qu'une grande partie des cellules phytoplanctoniques est détruite lors du passage des masses d'eau à travers la centrale. Le pourcentage de chlorophylle non dégradée montre que le déficit est plus rapidement comblé au printemps.

CHAPITRE V

ZOOPLANCTON - BIOMASSES ET ESPECES

DINOFLAGELLES NOCTILUQUES

Geneviève LE FÈVRE-LEHOËRFF

METHODOLOGIE

Les deux missions annuelles destinées à la comparaison des points et l'évaluation de l'impact ont été réalisées le 11 mai pour la mission printanière et le 08 octobre pour la mission automnale. Du fait de la présence d'un bloom de *Phaeocystis* très important le 11 mai, des mesures de biomasses n'ont pu être effectuées aux quatre points et une autre mission le 17 mai a été tentée mais les valeurs aberrantes subsistent pour cette période (tableau 5.1).

Afin de cerner les variations saisonnières naturelles du zooplancton en milieu non impacté, des missions complémentaires de prélèvement ont été effectuées au canal d'entrée entre le 08 avril et le 08 octobre, ce qui donne un total de 16 mesures de zooplancton au canal d'entrée. Cette stratégie s'avère satisfaisante pour replacer les missions lourdes par rapport aux fluctuations naturelles.

RESULTATS

1. Surveillance au canal d'entrée

1.1. Biomasses (fig. 5.1 à 5.6)

L'année 1993 est caractérisée par des biomasses plus élevées qu'en 1992, les valeurs du 17 mai ont été éliminées, aberrantes du fait de la coïncidence avec le bloom de *Phaeocystis*.

Les valeurs de carbone et d'azote contenues dans les biomasses restent dans la gamme habituellement trouvée à Gravelines, le pourcentage de carbone de 10 % à 30 % et le pourcentage d'azote de 3 % à 8 % sont des valeurs faibles par rapport aux valeurs trouvées en Manche occidentale. On remarque de très fortes valeurs de poids d'azote et de carbone le 30 juin.

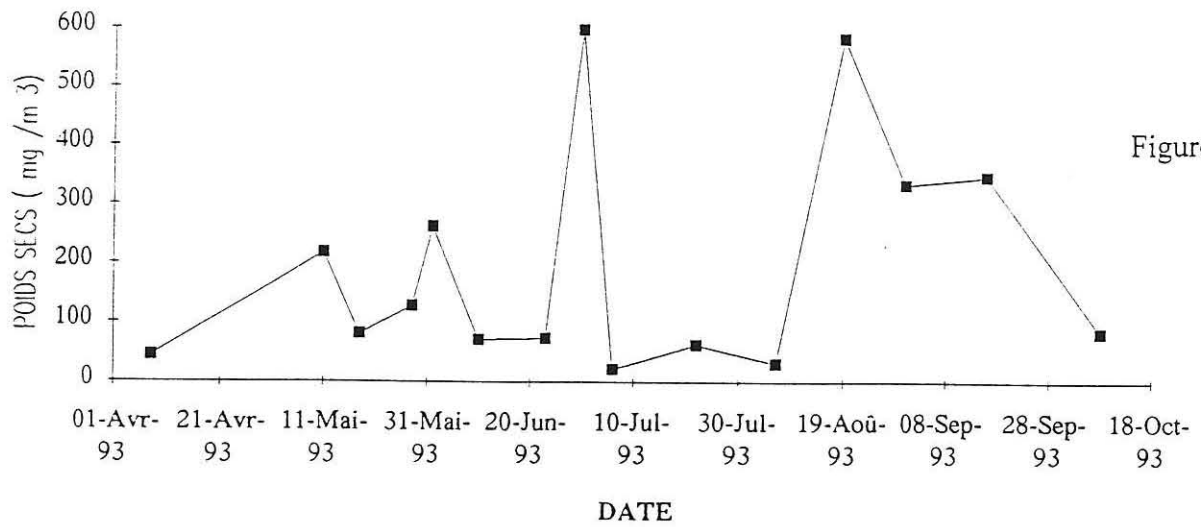
1.2. Espèces zooplanctoniques et noctiluques

Les noctiluques (fig. 5.7) restent abondantes de mai à juillet avec un maximum de 100 cellules par litre fin juin. Cette très forte concentration de noctiluques est sans doute responsable des fortes valeurs de poids de carbone et d'azote à ce moment.

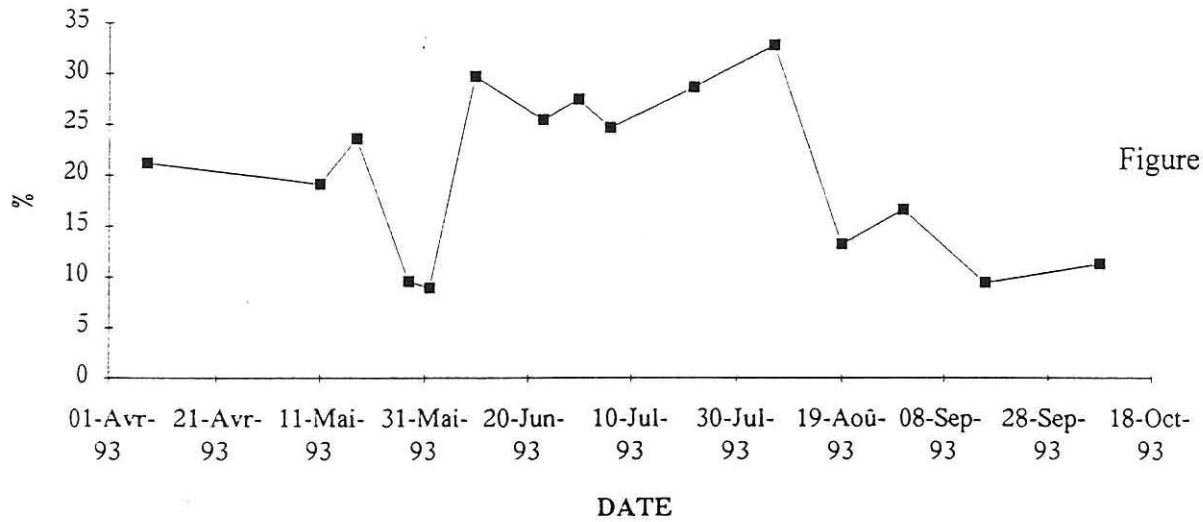
Le zooplancton total (fig. 5.8) montre de fortes densités toute l'année, valeurs habituellement rencontrées à Gravelines de 10^4 à 10^5 individus pour 10 m^3 , les espèces se succédant et maintenant un total élevé sur le site.

Les cténaïres *Pleurobrachia* (fig. 5.9), susceptibles quand leur abondance est excessive de colmater les grilles d'entrée des tambours à l'entrée des circuits de refroidissement, sont présents au printemps avec un maximum de 200 individus/ m^3 en mai. Le copépode *Temora longicornis* (fig. 5.10) est dominant sur le site, très abondant toute l'année avec un maximum en mai-juin de 5000 à 8000 individus/ m^3 . *Euterpina acutifrons* caractérise la fin de l'été au maximum thermique (fig. 5.11) avec 5000 individus/ m^3 . Les cladocères (fig. 5.12) au canal d'entrée sont représentés par *Evadne* au printemps et *Podon* en été, tandis que *Bosmina* est plus fréquent au large (station contrôle).

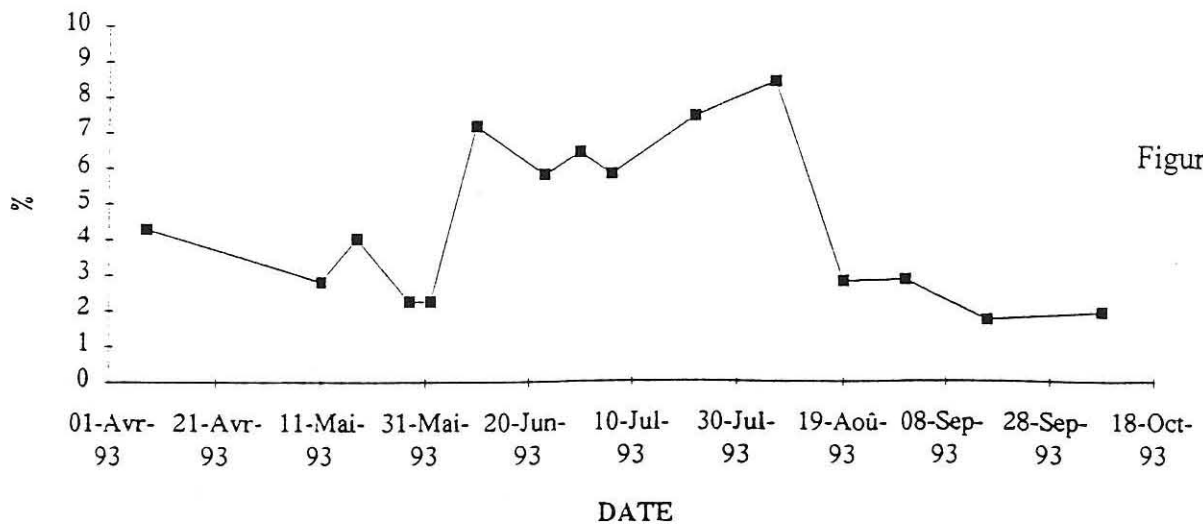
BIOMASSES ZOOPLANCTONIQUES au canal d'entrée



% CARBONE ZOOPLANCTONIQUE au canal d'entrée



% Azote zooplanctonique au canal d'entrée



C/ N ZOOPLANCTON

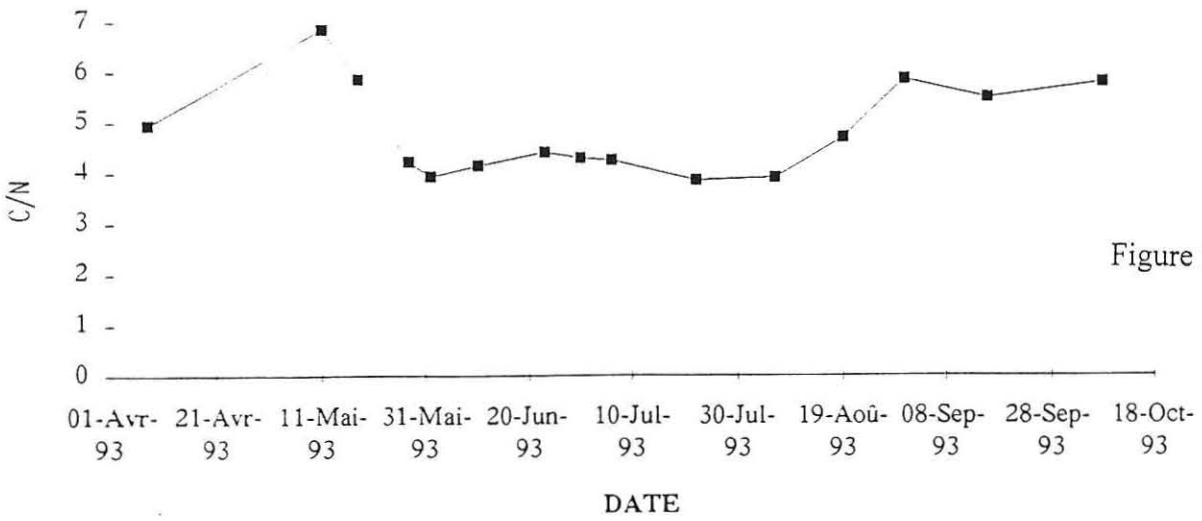


Figure 5.4.

POIDS de CARBONE ZOOPLANCTONIQUE au canal d'entrée

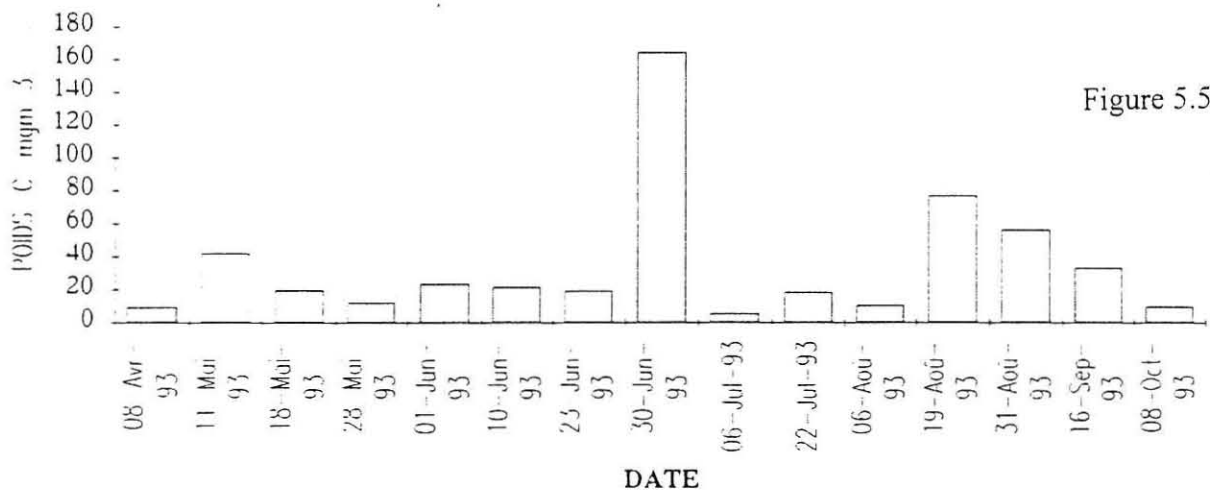


Figure 5.5.

POIDS d' AZOTE ZOOPLANCTONIQUE au canal d'entrée

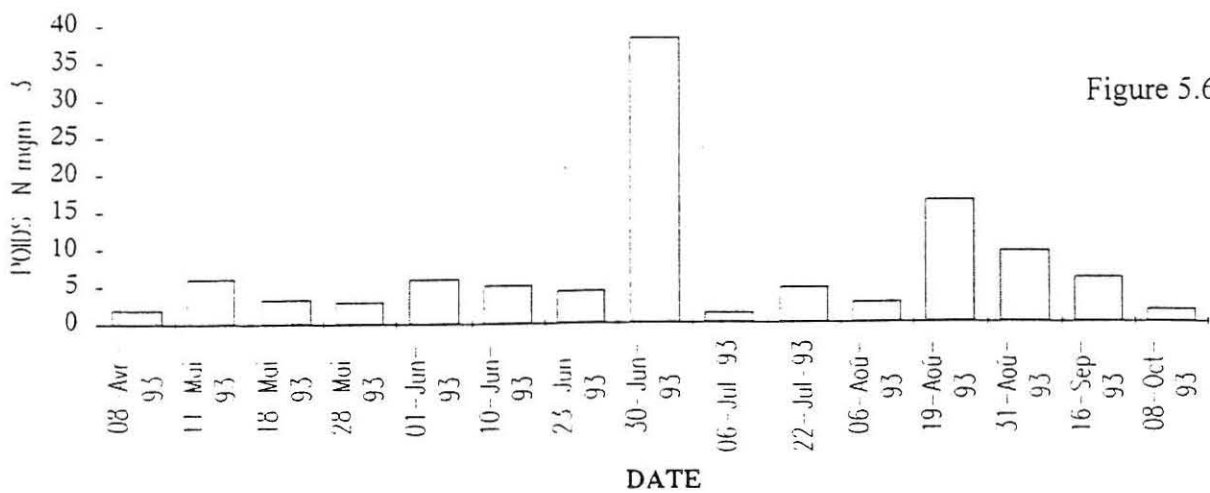


Figure 5.6.

NOCTILUQUES au canal d'entrée

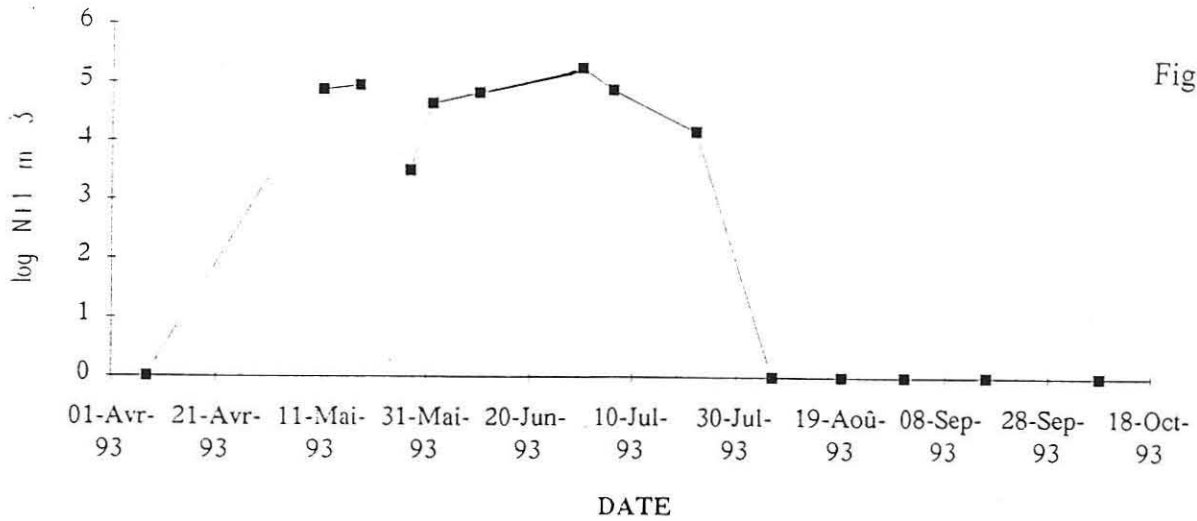


Figure 5.7.

TOTAL ZOOPLANCTON au CANAL d'entrée

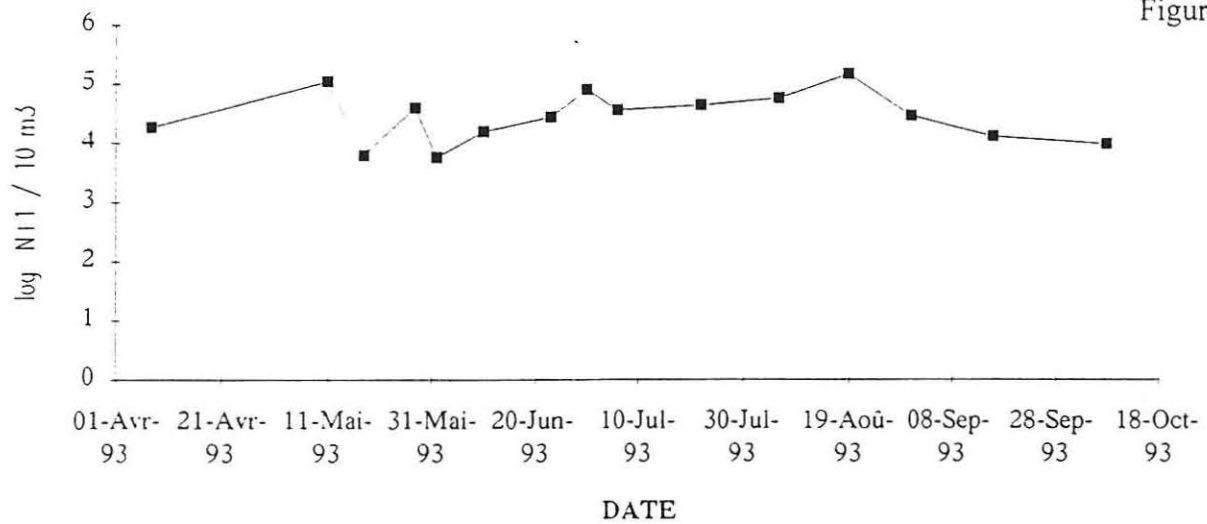


Figure 5.8.

PLEUROBRACHIA au canal d'entrée

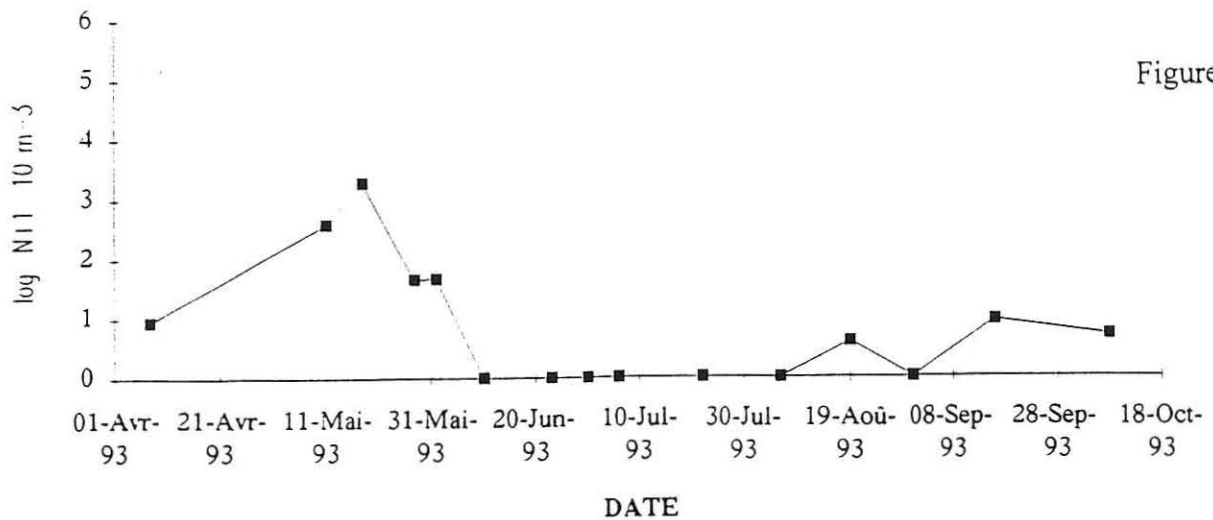
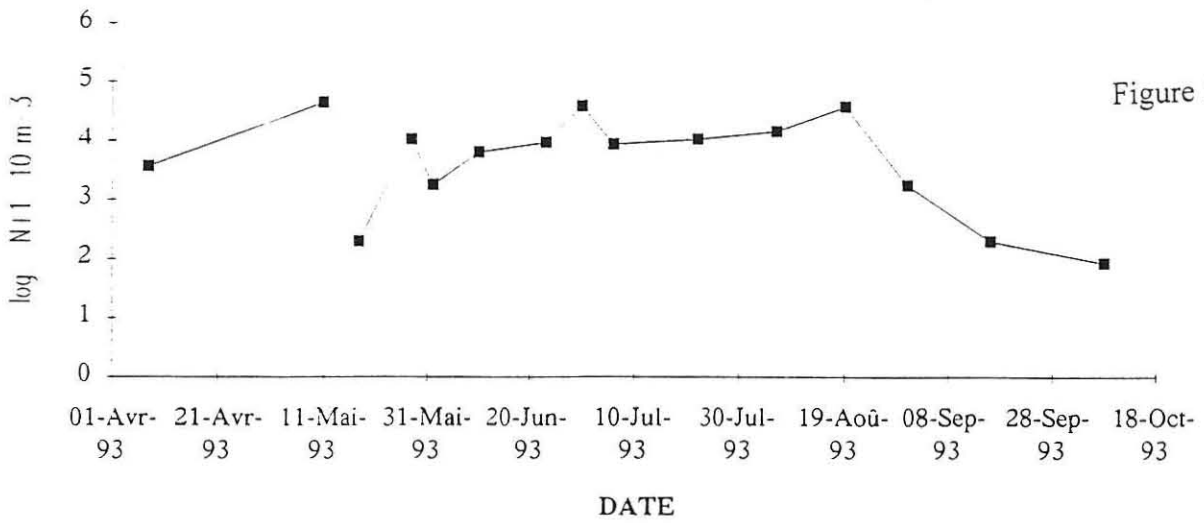
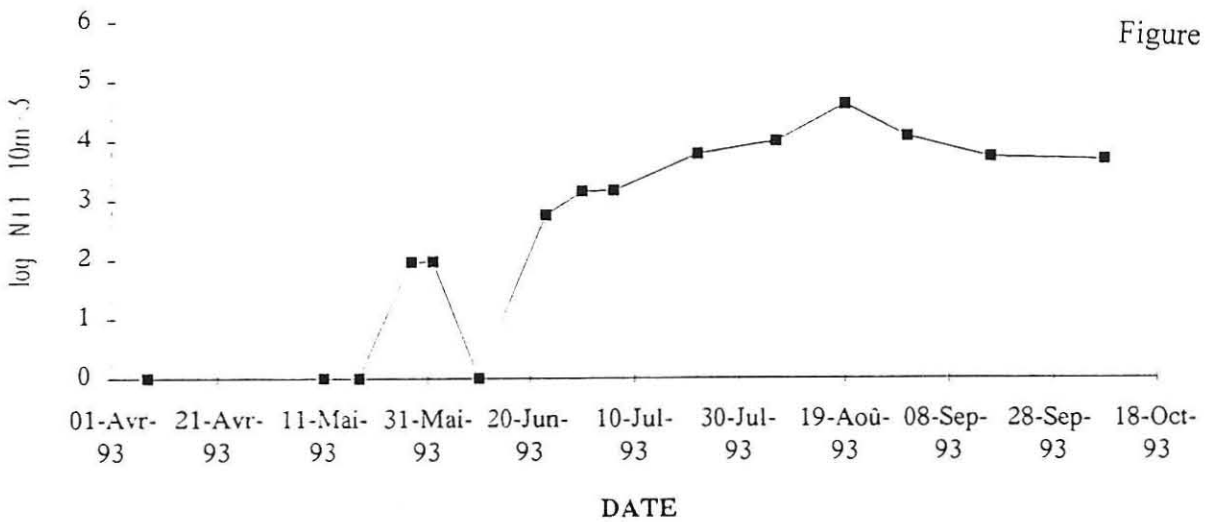


Figure 5.9.

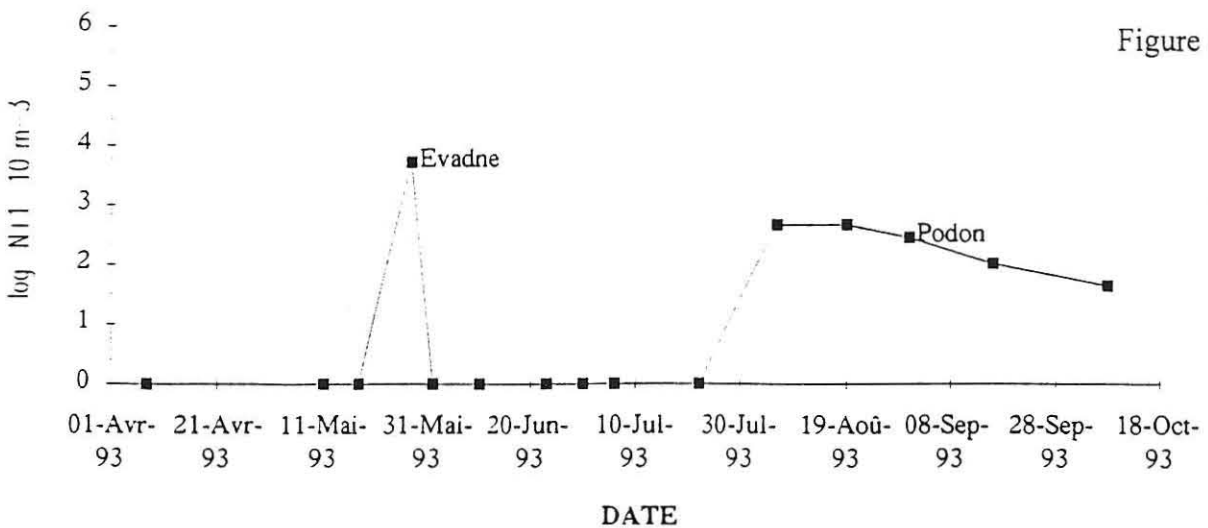
TEMORA LONGICORNIS au canal d'entrée



EUTERPINA ACUTIFRONS au canal d'entrée

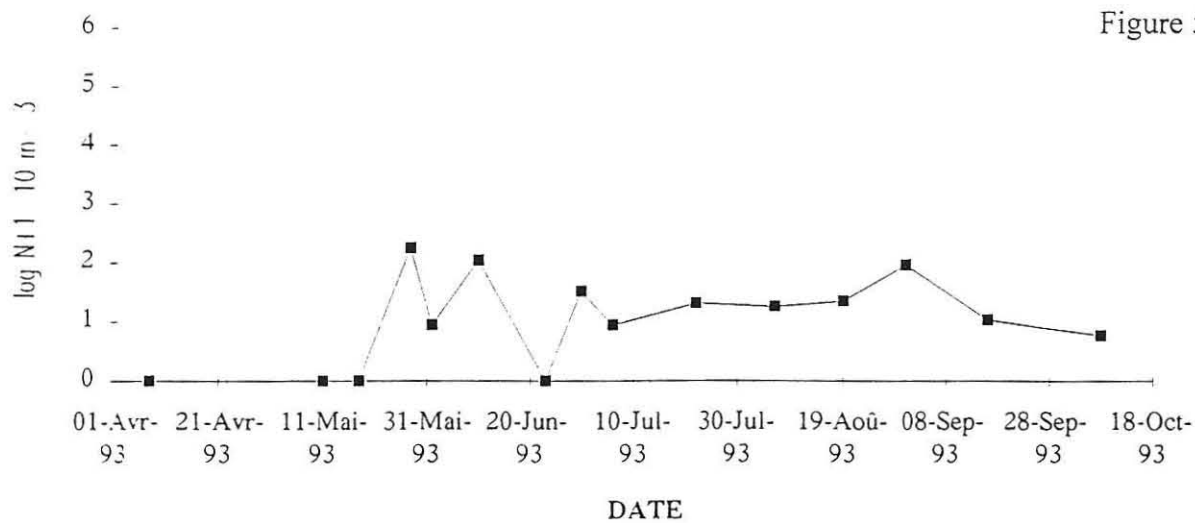


CLADOCERES au canal d' entrée



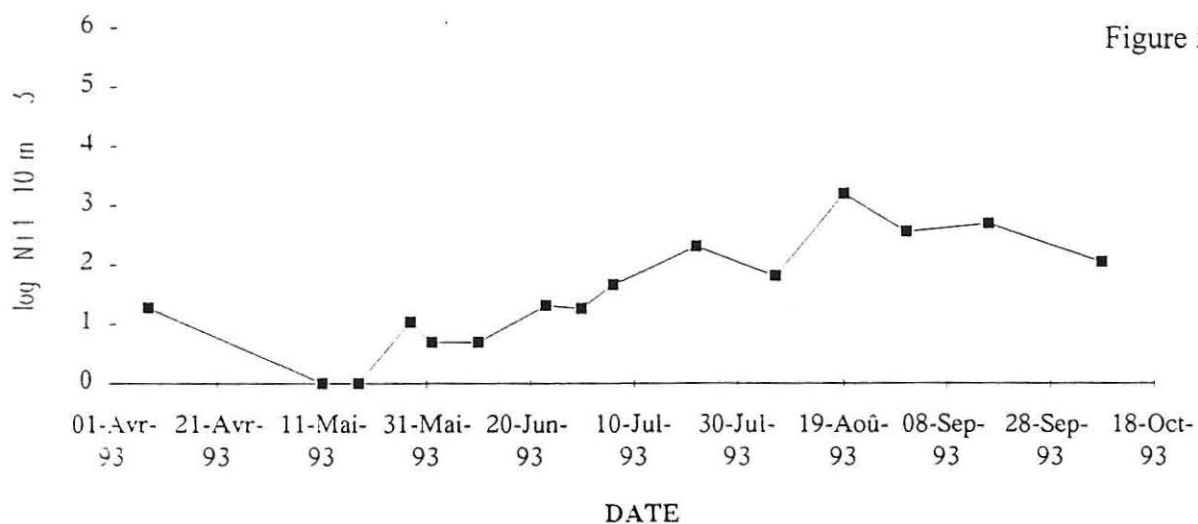
CNIDAIRES au canal d'entrée

Figure 5.13.



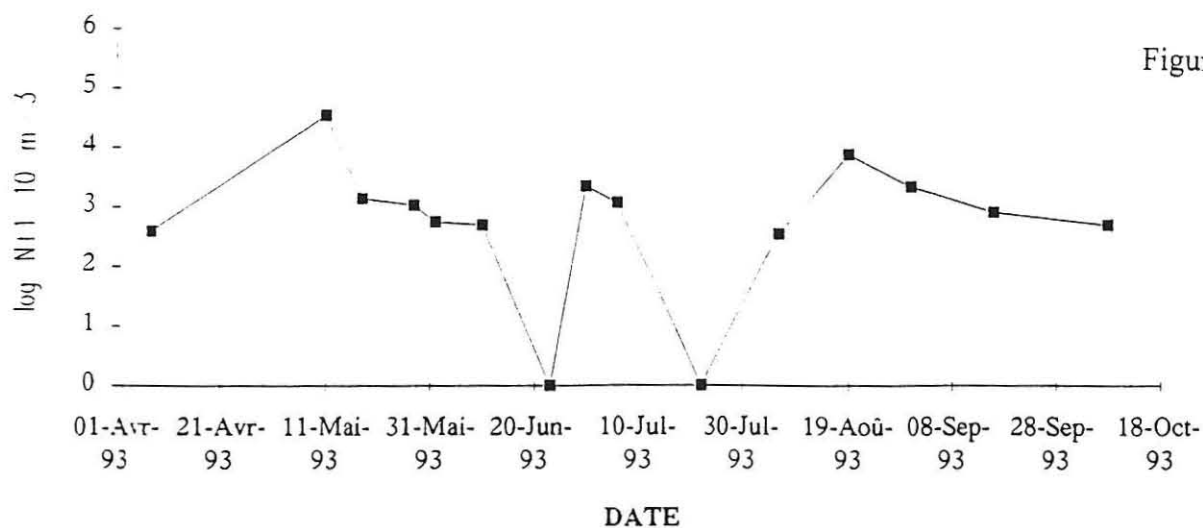
CHAETOGNATHES au canal d'entrée

Figure 5.14.

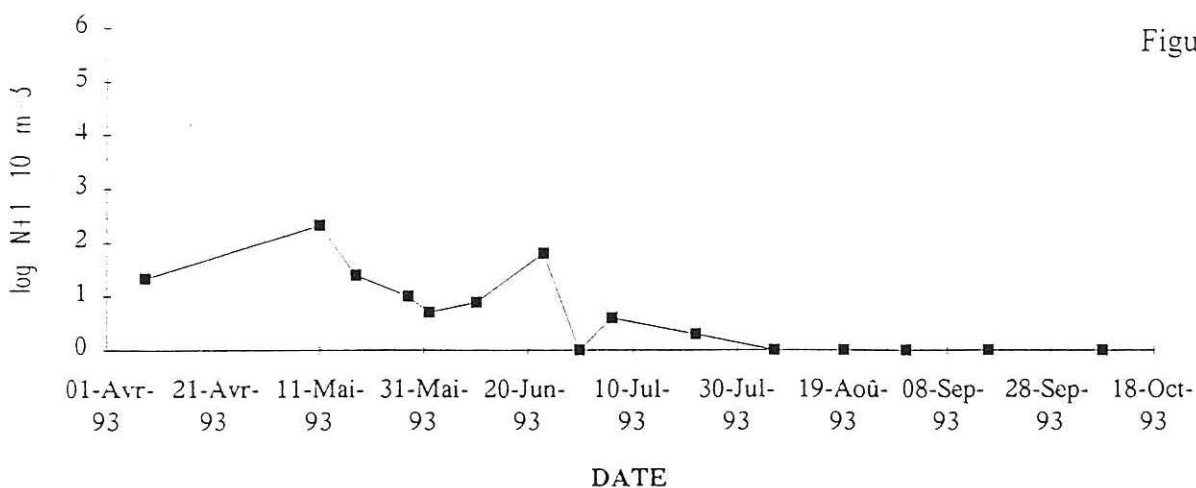


APPENDICULAIRES au canal d'entrée

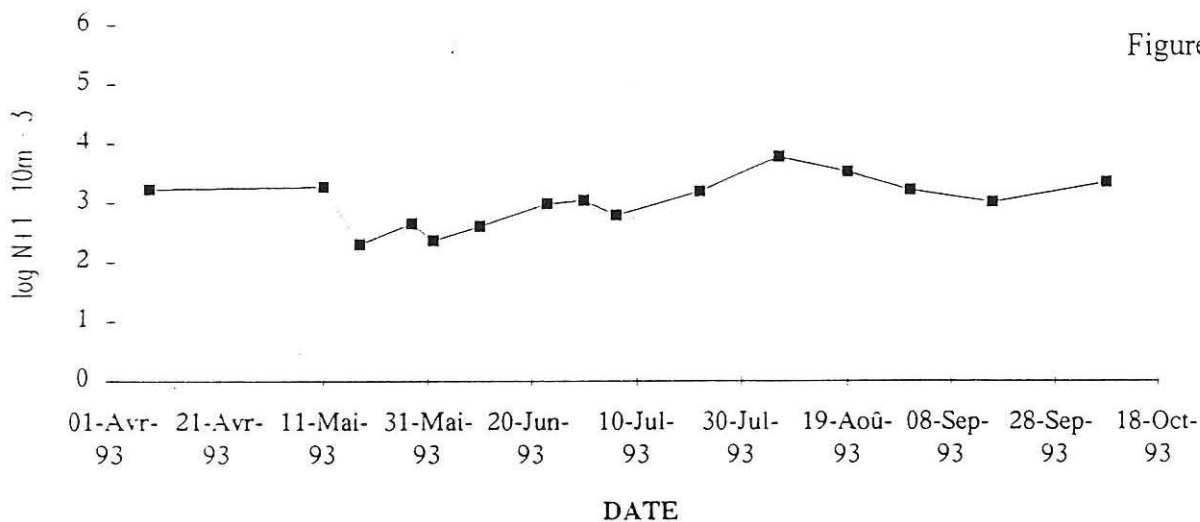
Figure 5.15.



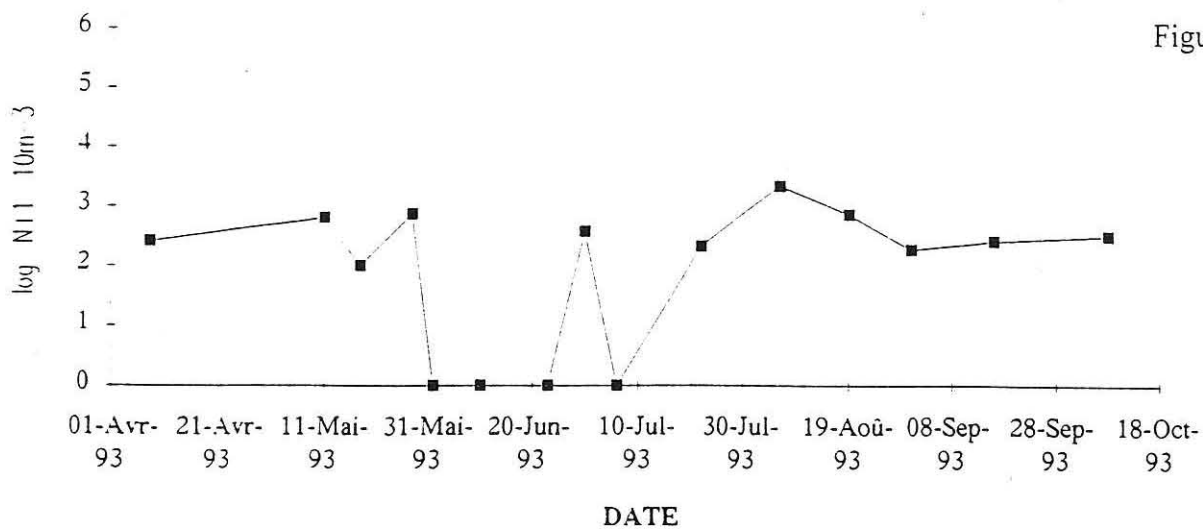
OEUFS de TELEOSTEENS au canal d'entrée



LARVES de CIRRIPEDES au canal d'entrée



CYPHONAUTES de BRYOZOAIRES



BIOMASSE ZOOPLANCTONIQUE 8 . 10 . 1993

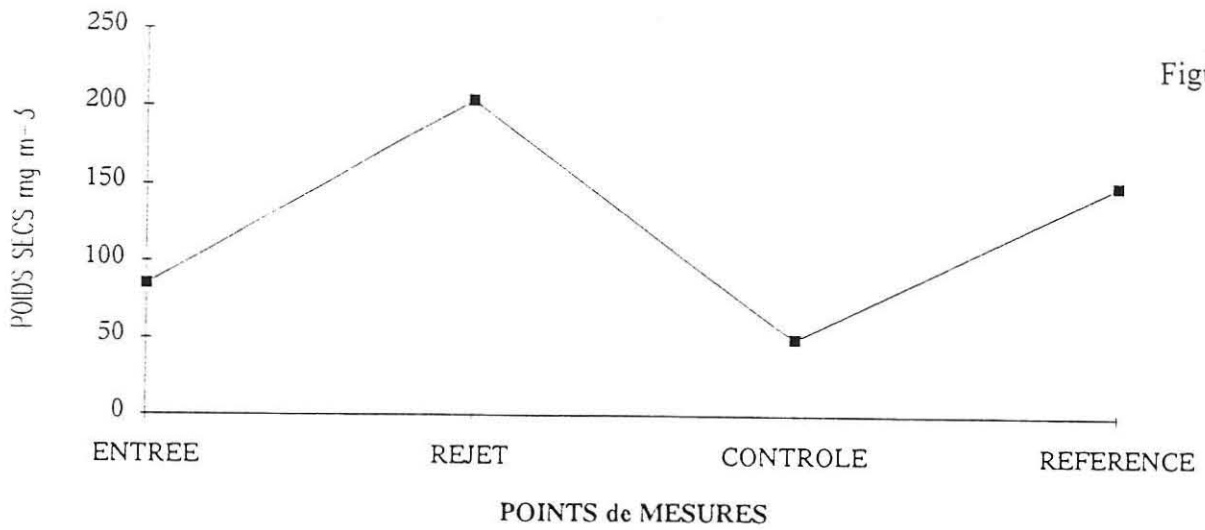


Figure 5.19.

POIDS de CARBONE ZOOPLANCTONIQUE

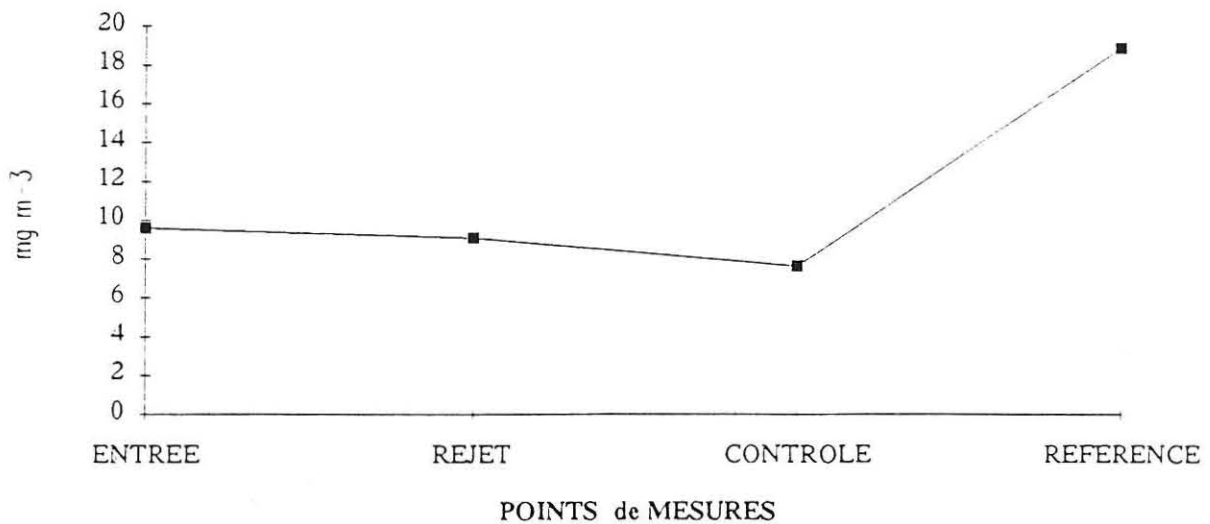


Figure 5.20.

POIDS d'AZOTE ZOOPLANCTONIQUE

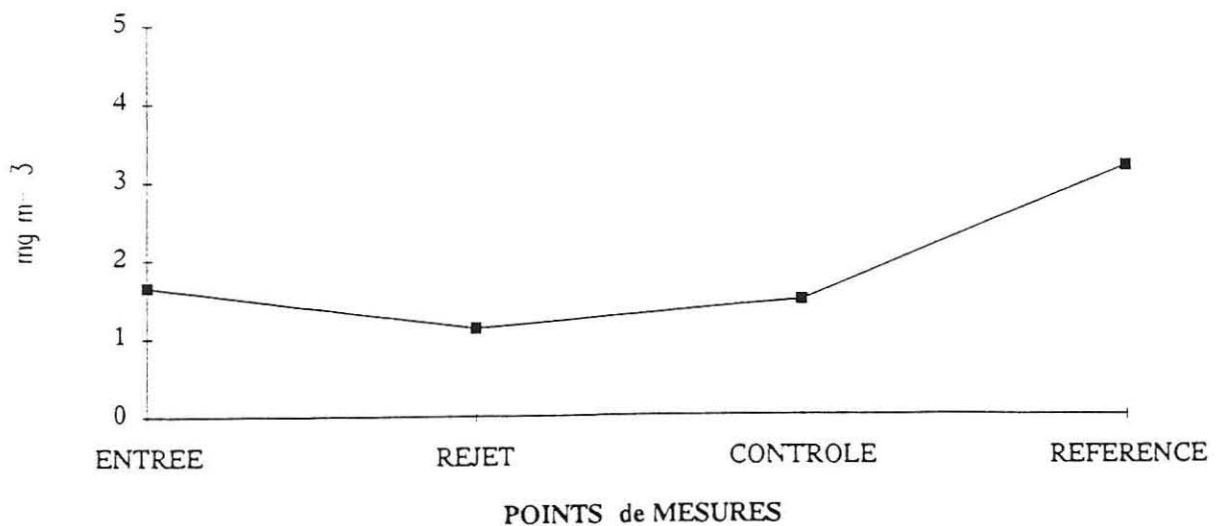
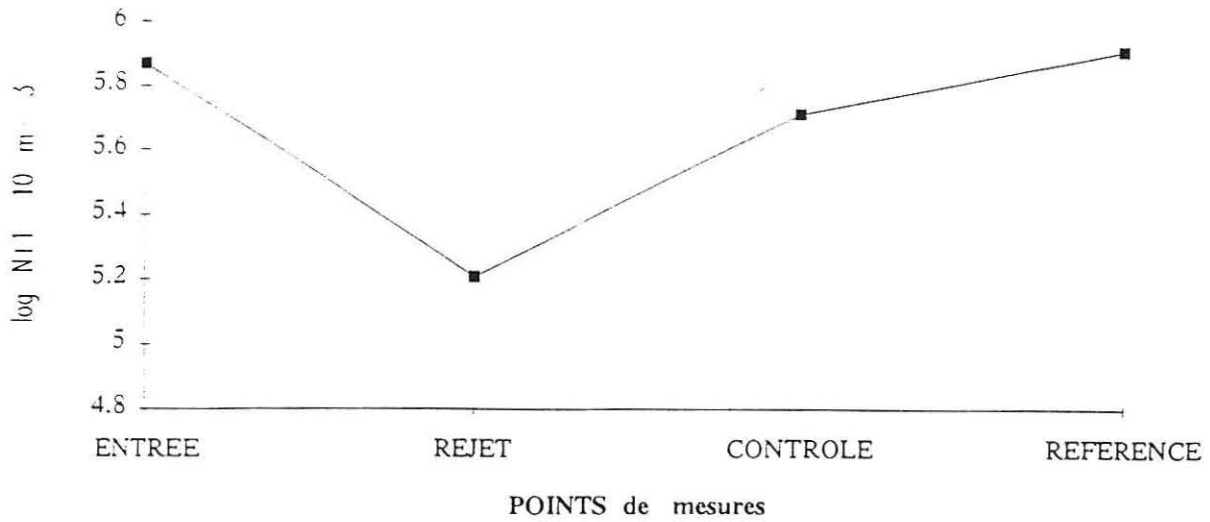


Figure 5.21.

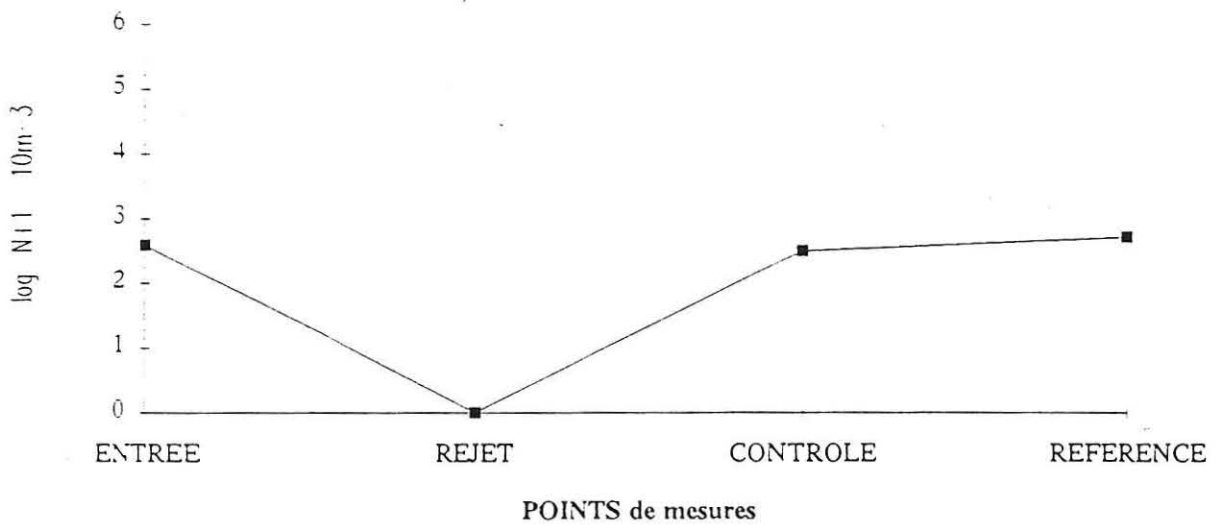
NOCTILUQUES le 11 MAI 1993

Figure 5.22.



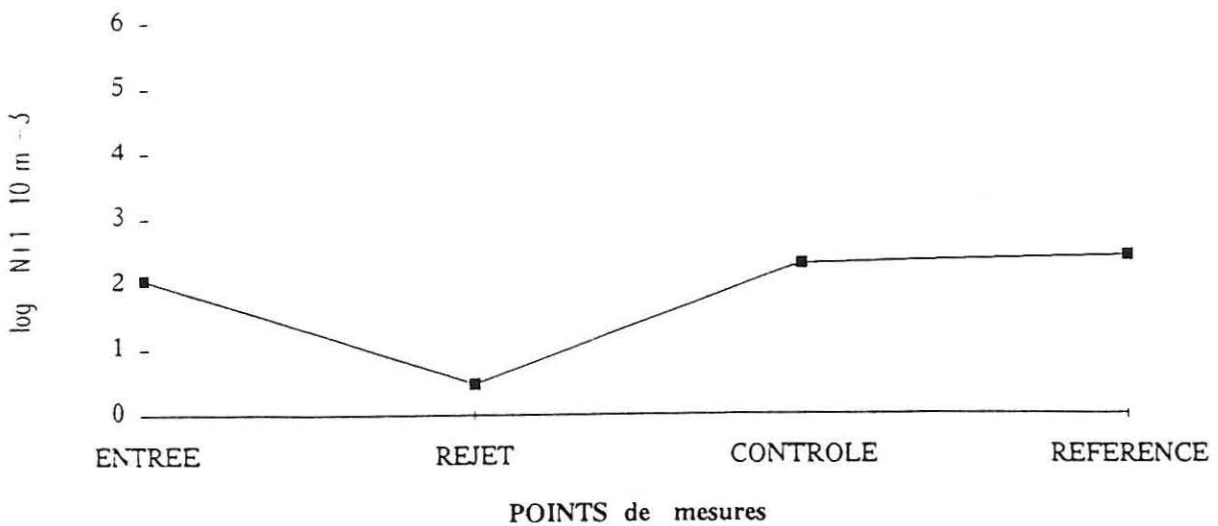
Pleurobrachia le 11 MAI 1993

Figure 5.23.



CHAETOGNATHES le 8 OCTOBRE 1993

Figure 5.24.



Les principaux carnivores deviennent abondants fin de printemps et surtout en été, ce sont les cnidaires et les chaetognathes (fig. 5.13 et 5.14) tandis que les appendiculaires *Oikopleura dioica* sont très liés aux poussées phytoplanctoniques (fig. 5.15). Au canal d'entrée, la surveillance permet d'estimer l'abondance des organismes qui risquent d'être détruits dans les circuits de refroidissement avec impact sur des stocks halieutiques (oeufs de poissons, fig. 5.16), mais aussi de surveiller l'abondance d'espèces qui pourraient libérer des larves pouvant se fixer s'il n'y avait pas chloration : cirripèdes, bryozoaires, etc. (fig. 5.17 et 5.18).

2. Comparaison des points les 11 mai et 08 octobre 1993

2.1. Biomasses (fig. 5.19, 5.20 et 5.21)

Seule la mission du 08 octobre est exploitable quantitativement, la mission de mai étant effectuée dans la période du bloom de *Phaeocystis*.

Selon un axe entrée, rejet, contrôle et référence, on observe dans le rejet une forte augmentation dans le poids sec de la biomasse totale mais on y observe un très faible pourcentage d'azote (< 1 %) et de carbone (< 7 %). Les valeurs exprimées en poids de carbone et poids d'azote ne permettent pas de montrer de différences entre les points entrée et sortie de centrale, seule la station référence est plus riche que les autres.

2.2. Espèces zooplanctoniques et noctiluques

Si on compare les abondances des espèces aux différents points, les déficits d'impact sont mis en évidence sur les noctiluques, *Pleurobrachia*, chaetognathes (fig. 5.22, 5.23 et 5.24), appendiculaires, *Oikopleura* (fig. 5.25). Comme pour les années précédentes le déficit n'apparaît pas si on considère le plancton total et en particulier les crustacés copépodes (fig. 5.26, 5.27 et 5.28). Le déficit apparaît d'une façon générale plus évidente sur les organismes à structure molle principalement.

CONCLUSION

Au cours de l'année 1993, le cycle saisonnier des espèces zooplanctoniques et les biomasses montrent des valeurs normales.

L'étude d'impact confirme les conclusions des années précédentes, l'impact est mis en évidence sur les espèces particulièrement fragiles à structure molle. L'étude de l'impact sur les différentes catégories et les groupes est nécessaire compte tenu de la diversité de sensibilité des différentes espèces, plutôt que l'évaluation globale d'impact sur un "total zooplancton" qui ne tient pas compte des spécificités de réaction.

Figure 5.25.

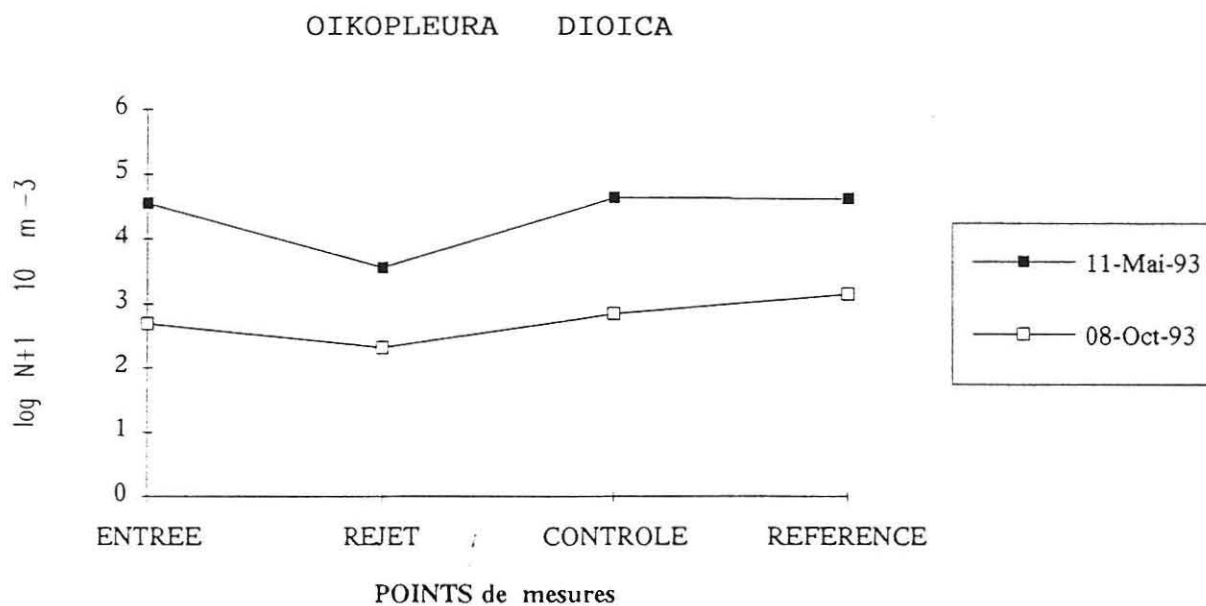
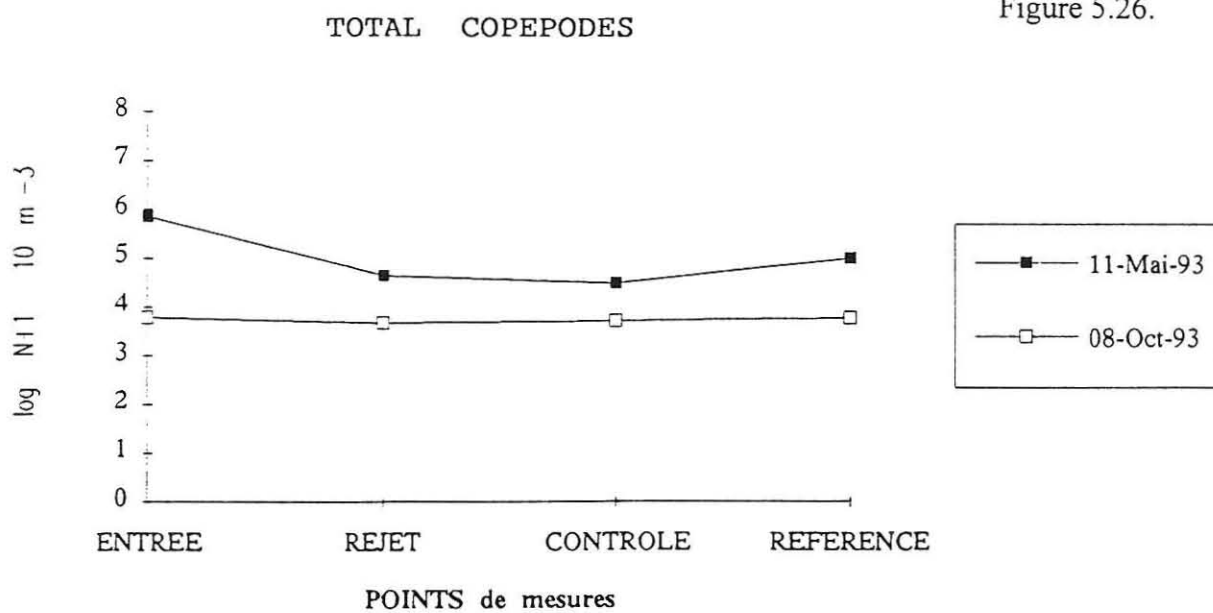
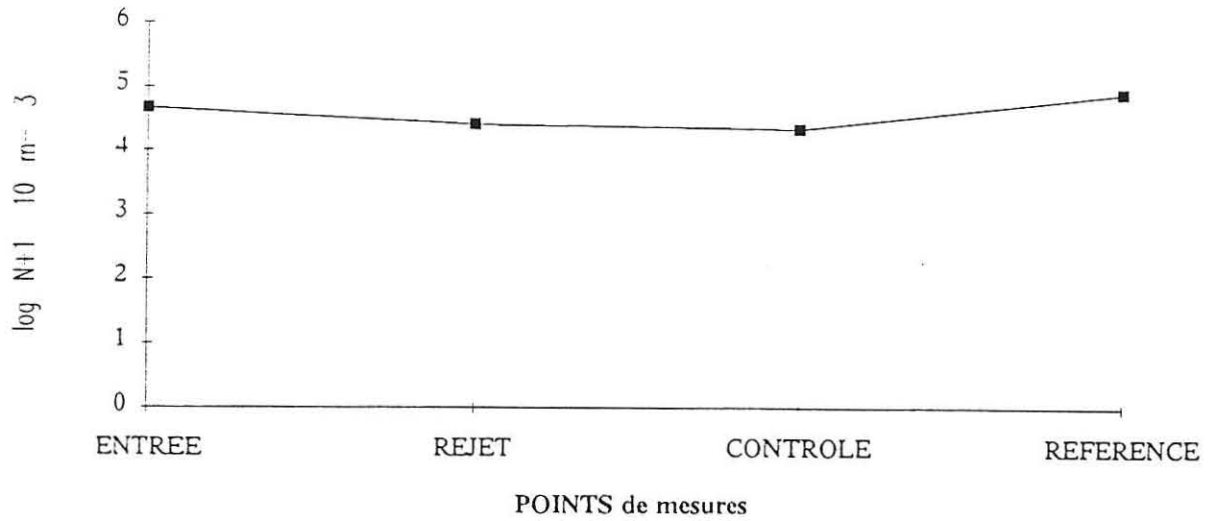


Figure 5.26.



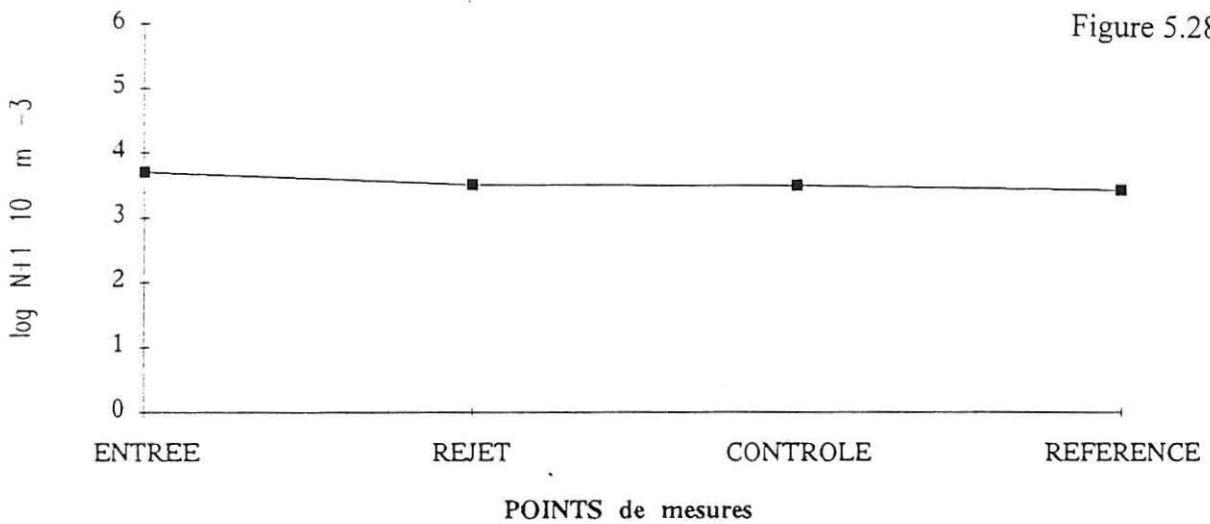
Temora longicornis le 11 MAI 1993

Figure 5.27.



EUTERPINA ACUTIFRONS le 8 OCTOBRE 1993

Figure 5.28.



LARVES d' OPHIURES le 11 MAI 1993

Figure 5.29.

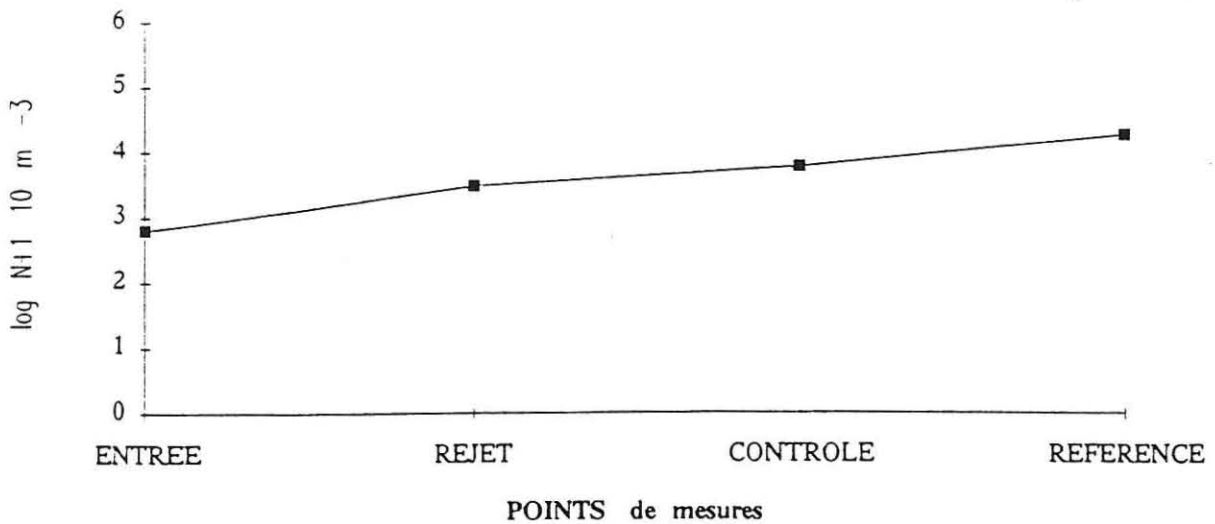


Tableau 5.1 : Biomasses zooplanctoniques - Carbone - Azote.

Date	Point	% C	% N	C/N	PS mg.m ⁻³
08.04.93	Entrée	21.25	4.30	4.94	45.2
		21.13	4.26	4.96	
	Entrée 1				
11.05.93	Entrée 1	15.87	2.76	5.75	217.7
		16.72	2.77	6.04	
	Entrée 2	15.56	3.02	5.15	336.0
		15.79	3.01	5.25	
	Entrée 3	15.60	3.00	5.20	219.6
		16.32	3.05	5.35	
	Entrée 4	16.93	3.23	5.24	113.7
		17.13	3.21	5.34	
	Entrée 5	10.96	1.98	5.54	206.9
		10.23	1.84	5.56	
	Rejet 1	21.58	4.32	5.00	142.7
		21.59	4.33	4.99	
	Rejet 2	17.11	3.48	4.92	198.3
		17.12	3.46	4.95	
	Rejet 3	21.08	4.63	4.55	312.3
		21.98	4.59	4.79	
	Rejet 4	20.51	4.32	4.75	257.2
		20.36	4.34	4.69	
Rejet 5	21.67	4.69	4.62	372.9	
	21.80	4.76	4.58		
17.05.93	Référence	Pas assez d'échantillon pour effectuer l'analyse.			5375
	Contrôle	"			4800
	Entrée	"			2025
	Rejet	5.00	1.22	4.10	148175
		5.05	1.21	4.17	
18.05.93	Entrée	23.57	4.01	5.88	82.4
		23.64	4.02	5.88	
28.05.93	Entrée	9.57	2.24	4.27	128.9
		9.54	2.27	4.20	
01.06.93	Entrée	8.97	2.27	3.95	264
		8.80	2.25	3.91	
10.06.93	Entrée	29.81	7.17	4.16	72
		29.75	7.16	4.16	
23.06.93	Entrée	25.31	5.75	4.40	74.7
		25.72	5.84	4.40	
30.06.93	Entrée	27.77	6.48	4.29	598
		27.28	6.37	4.28	
06.07.93	Entrée	24.72	5.79	4.27	22.5
		24.83	5.87	4.23	
22.07.93	Entrée	28.71	7.42	3.87	63.4
		28.81	7.49	3.85	
06.08.93	Entrée	32.90	8.39	3.92	31.6
		33.01	8.46	3.90	
19.08.93	Entrée	13.27	2.85	4.66	583.9
		13.25	2.78	4.77	
31.08.93	Entrée	16.78	2.85	5.89	336.7
		16.68	2.84	5.87	
16.09.93	Entrée	9.51	1.72	5.53	351.2
		9.42	1.72	5.48	

Tableau 5.1 (suite).

Date	Point	% C	% N	C/N	PS mg.m ⁻³
08.10.93	Entrée 1	10.17	1.75	5.81	109.7
		10.17	1.77	5.75	
	Entrée 2	9.94	1.75	5.68	106.6
		9.96	1.61	6.19	
	Entrée 3	11.62	1.96	5.93	64.2
		11.59	1.92	6.04	
	Entrée 4	13.19	2.23	5.91	60.2
		13.25	2.22	5.97	
	Entrée 5	12.29	2.09	5.88	84.7
		12.35	2.10	5.88	
	Rejet 1	5.00	0.59	8.47	189.5
		5.03	0.56	8.98	
	Rejet 2	5.49	0.65	8.45	167.7
		6.04	0.71	8.51	
	Rejet 3	6.69	0.73	9.16	116.8
		6.81	0.76	8.96	
	Rejet 4	3.17	0.30	10.57	284.3
		3.56	0.43	8.28	
	Rejet 5	4.66	0.51	9.14	262.2
		3.11	0.28	11.11	
	Référence 1	15.50	2.93	5.29	131.8
		15.64	2.92	5.36	
	Référence 2	1.98	0.19	10.42	77.4
		2.02	0.15	13.47	
	Référence 3	12.61	2.28	5.53	185.2
		12.30	2.33	5.28	
	Référence 4	13.19	2.36	5.59	158.6
		13.32	2.38	5.60	
	Référence 5	12.55	2.24	5.60	173.8
		12.62	2.23	5.66	
	Référence 6	13.38	2.37	5.65	151.9
		13.33	2.39	5.58	
	Référence 7	14.08	2.31	6.10	174.9
		13.95	2.37	5.89	
	Contrôle 1	14.39	2.83	5.08	58
		14.39	2.84	5.07	
	Contrôle 2	16.09	3.09	5.21	38.2
		16.28	3.16	5.15	
	Contrôle 3	14.61	2.88	5.07	55
		14.59	2.84	5.14	
	Contrôle 4	15.05	2.87	5.24	34.4
		14.64	2.89	5.07	
	Contrôle 5	14.85	2.77	5.36	43.5
		14.94	2.77	5.39	
	Contrôle 6	16.94	3.01	5.63	52.5
		16.92	2.99	5.66	
	Contrôle 7	15.46	2.89	5.35	68.6
15.39		2.90	5.31		

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" *Pleurobrachia pileus* (Cténaire).

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 : 5 campagnes ont été réalisées de début avril à fin juin afin de couvrir au mieux la période de présence des oeufs et larves de la sole et du sprat (deux campagnes en mer et trois campagnes au canal d'amenée). Cette chronologie ainsi que les principales caractéristiques des campagnes figurent dans le tableau 6.1.

Attention : les numéros de campagnes figurant dans le rapport provisoire ont été réincrémentés.

Campagne	Date (1993)	Heure pleine mer	Point hydro	Heure point	Sonde (m)	Température		Densité		Repliquat	Heure	Durée (mn)	Volume filtré (m ³)	
						surface	fond	Salinité	surface					
167	8 avril	12 h 35	6	8 h 25				34.25		1	8 h 25	15	98.58	
			7								8 h 49	15	136.57	
168	20 avril	11 h 7	1	9 h 6	4	10.1	10.0	33.91	26.11	1	9 h 16	2	74.62	
											2	9 h 26	2	82.19
			2	9 h 35	11	10.1	9.8	34.25	26.37	1	9 h 38	2	59.48	
											2	9 h 44	2	79.53
			3	9 h 56	27	9.9	9.0	34.43	26.54	1	10 h 1	4	136.94	
									2	10 h 12	4	153.14		
169	5 mai	5 h 28	6	7 h 29			11.3	34.32	26.21		7 h 29	15	179.12	
			7								7 h 59	4	65.85	
170	28 mai	16 h 47	6	8 h 57			13.8	35.93	26.96	1	9 h 6	17	295.54	
			7								9 h 34	16	241.70	
171	23 juin	14 h 45	1	12 h 58	6	17.3	16.5	34.56	25.12	1	13 h 1	6	264.57	
											2	13 h 11	6	252.46
			2	13 h 25	13	16.1	16.1	34.99	25.73	1	13 h 28	6	255.69	
											2	13 h 38	5	196.14
			3	13 h 52	27	15.6	15.3	35.28	26.07	1	13 h 55	7	292.70	
									2	14 h 6	6	290.49		

Tabl. 6.1.- Principales caractéristiques des campagnes en 1993

RÉSULTATS

La sole *Solea solea* (L.) = *Solea vulgaris* Quensel (tableau 6.2 et figures 6.1 à 6.4)

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 sont bien reproductibles.

Oeufs : les abondances d'oeufs sont supérieures à celles relevées en 1992 et au-dessus de la moyenne du site (en période de reproduction) qui est d'environ 30 oeufs par 10 m³ si l'on exclut les années exceptionnelles (1982 à 1984). La présence d'oeufs en nombre relativement élevé (environ 20 par 10 m³) dès la première campagne (8 avril) suggère, comme en 1992, une ponte précoce que l'on pouvait pressentir d'après les températures (on atteint les 10 °C dès la deuxième campagne fin avril alors que ces températures sont atteintes en général au cours du mois de mai). Cette précocité semble confirmée par le fait que le maximum se produit en avril alors qu'on l'observe généralement plutôt début mai. Par ailleurs, les pontes sont quasi achevées dès fin mai. Le décalage est du même ordre que celui observé en 1992 et la cinétique de ponte est classique, présentant une variation saisonnière unimodale. On note encore un gradient croissant vers la côte.

Des études menées parallèlement ont montré que ces décalages ne modifient pas le potentiel annuel de ponte, lequel semble principalement liée aux températures hivernales. En revanche, ils jouent probablement sur la survie des larves par le biais de leur nourriture, plus abondante à la fin du printemps. Des pontes tardives induisent ainsi généralement un bon recrutement.

Les fluctuations interannuelles du maximum de ponte sont attribuées à la conjonction entre le potentiel annuel global (déterminé par les phénomènes de maturation dépendant de la température et de la nutrition), la cinétique des pontes (déterminée par le réchauffement printanier, lequel joue sur les décalages pouvant concentrer les pontes mais aussi sur le taux d'atrésie des oeufs), et enfin par l'effet du balancement du proche barycentre de la grande frayère du sud de la mer du Nord autour d'une position moyenne (et à l'intensité de l'apport par advection qui en résulte).

Dans ce schéma, l'influence de la Centrale pourrait essentiellement s'exercer à travers un effet attractif de proche en proche sur les géniteurs pouvant accentuer ou réduire les effets d'un glissement naturel des foyers de ponte.

Camp.	Point	Repliquat	Larves	Total Oeufs	Oeufs St1	Oeufs St2
167	6		0.00	25.36	22.93	2.43
			0.00	20.36	18.89	1.46
		Moyenne	0.00	22.86	20.91	1.95
168	1	1	0.00	53.60	30.55	23.05
		2	0.00	34.55	19.95	14.60
		Moyenne	0.00	44.08	25.25	18.83
	2	1	1.01	55.81	28.92	26.90
		2	0.75	51.30	32.19	19.11
		Moyenne	0.88	53.55	30.55	23.00
3	1		1.75	15.19	8.76	6.43
			0.78	20.37	13.58	6.79
		Moyenne	1.26	17.78	11.17	6.61
169	6		0.00	0.45	0.06	0.39
			2.73	14.58	3.04	11.54
		Moyenne	1.36	7.51	1.55	5.96
170	6		0.14	0.07	0.00	0.07
			0.83	0.33	0.08	0.25
		Moyenne	0.48	0.20	0.04	0.16
171	1	1	0.00	0.23	0.00	0.23
		2	0.08	0.63	0.48	0.16
		Moyenne	0.04	0.43	0.24	0.19
	2	1	0.78	1.25	0.94	0.31
		2	0.41	0.82	0.61	0.20
		Moyenne	0.59	1.03	0.77	0.25
3	1	0.27	0.27	0.00	0.27	
	2	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Moyenne	0.14	0.14	0.00	0.14	

Tabl. 6.2 - Densités d'oeufs et de larves de sole en 1993 (en nombre par 10 m³) ; Stade 1 ("St1") : oeufs non embryonnés, Stade 2 ("St2") : oeufs embryonnés

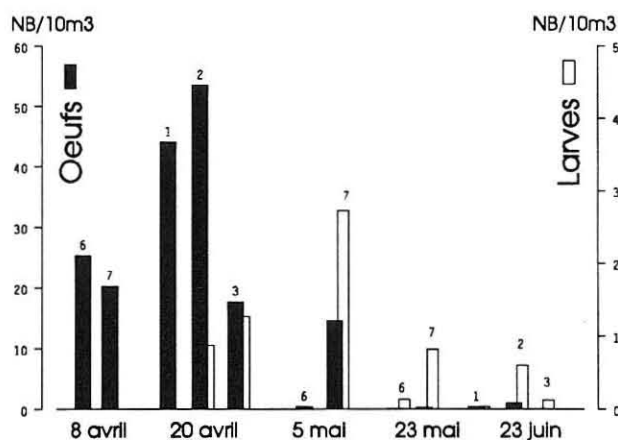


Fig. 6.1 - Densités d'oeufs et larves de Sole en chaque point en 1993 (les numéros de points sont indiqués au haut des barres)

SOLE

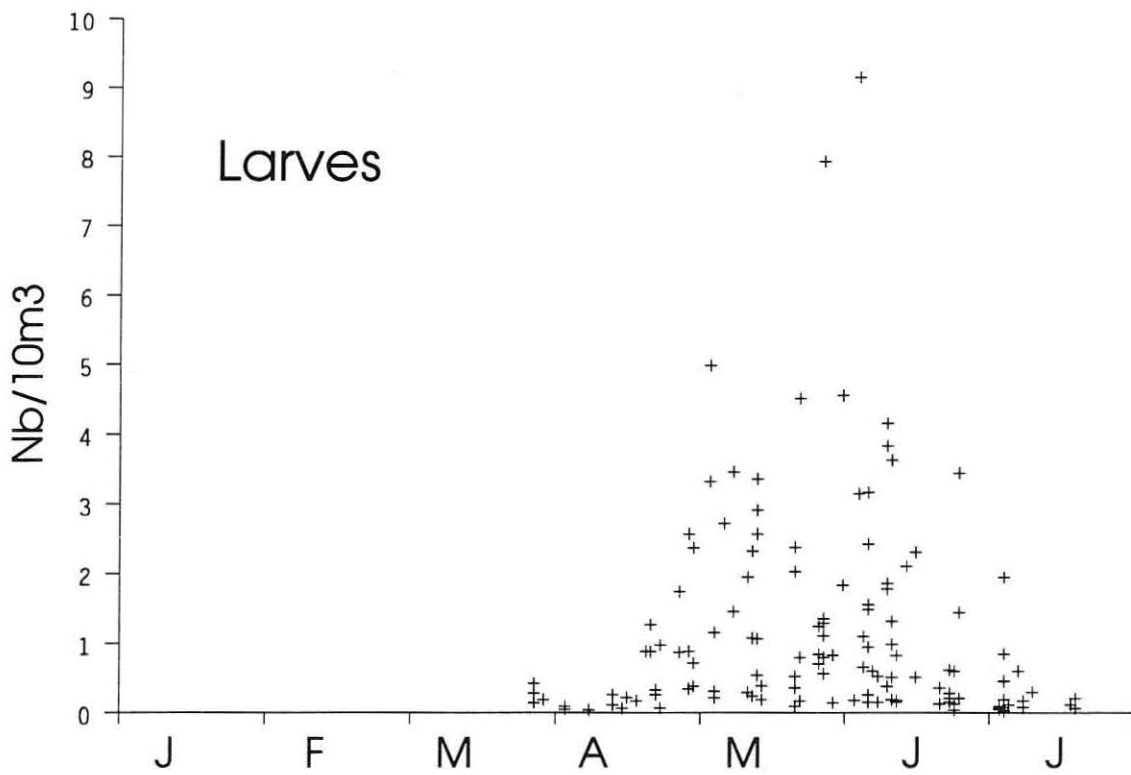
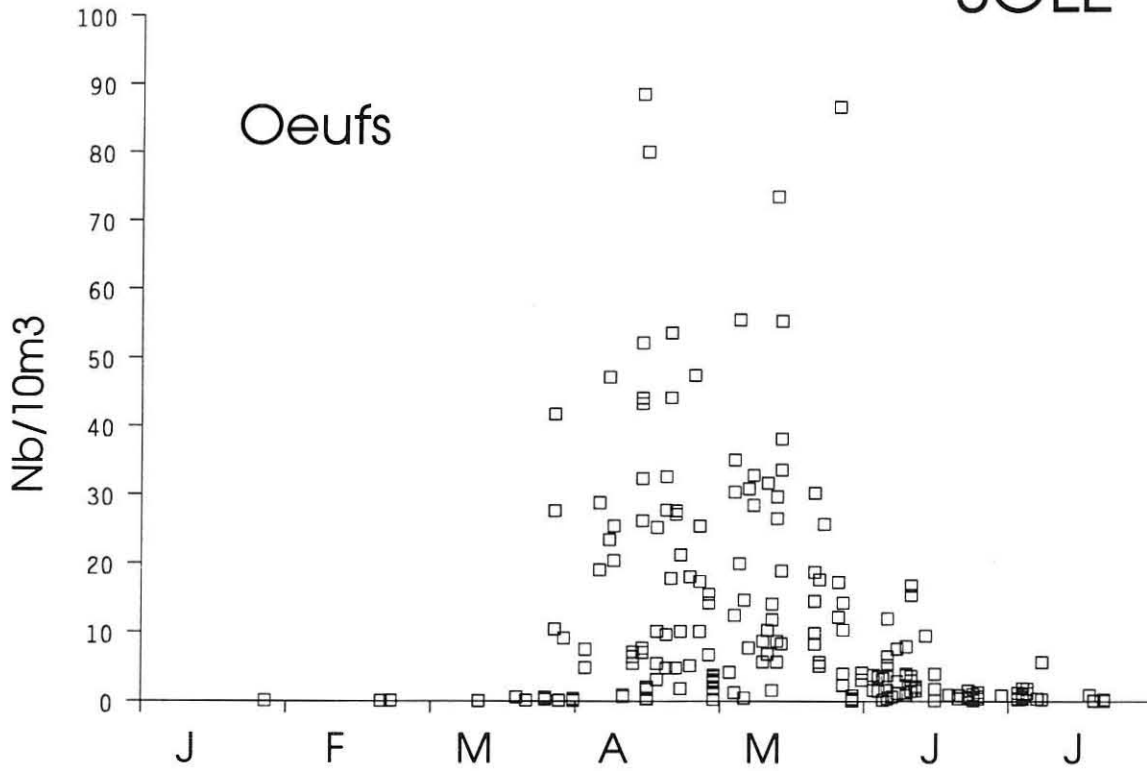


Fig. 6.2 - Variations mensuelles des densités d'oeufs et de larves de Sole de 1975 à 1993 (toutes années et tous points confondus)

Sole oeufs

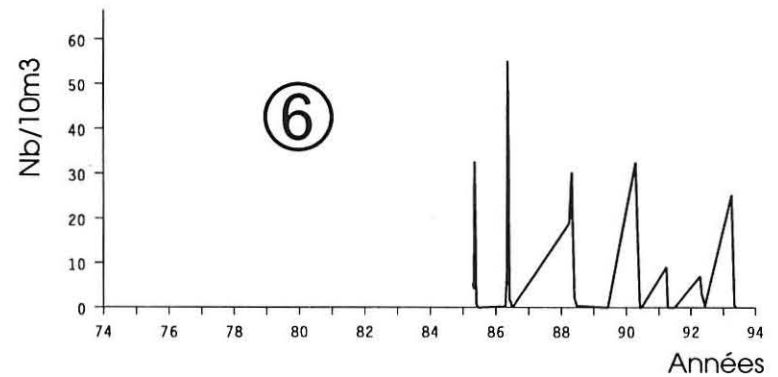
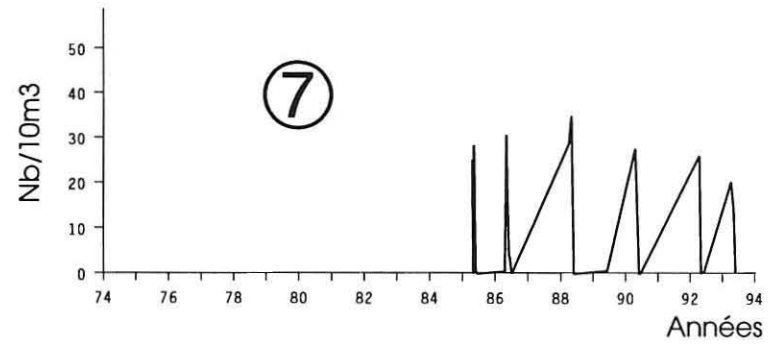
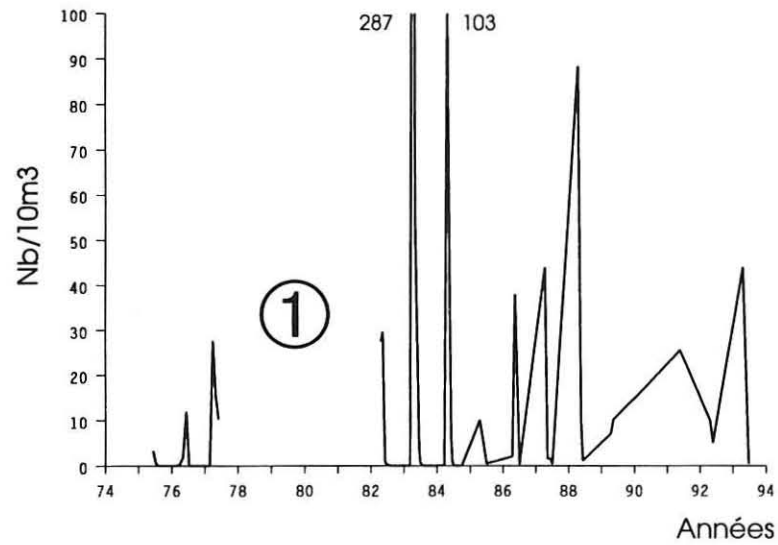
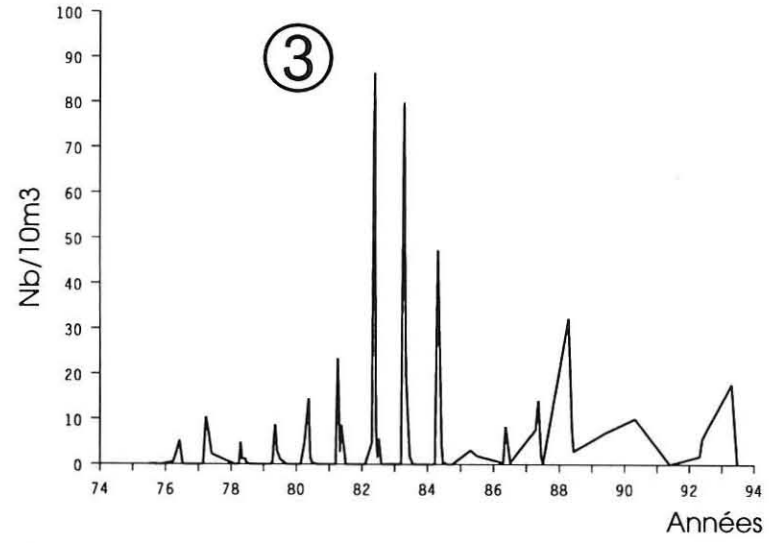
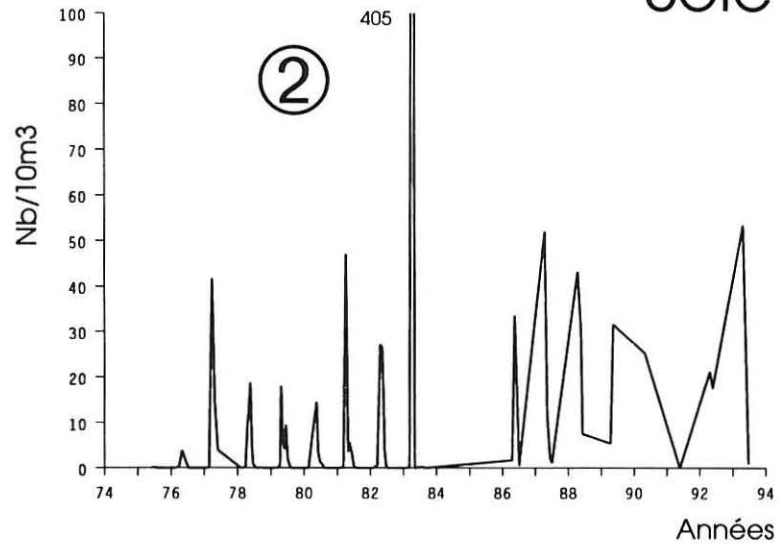


Fig. 6.3 - Variations pluriannuelles des densités d'oeufs de Sole en chaque point

Sole larves

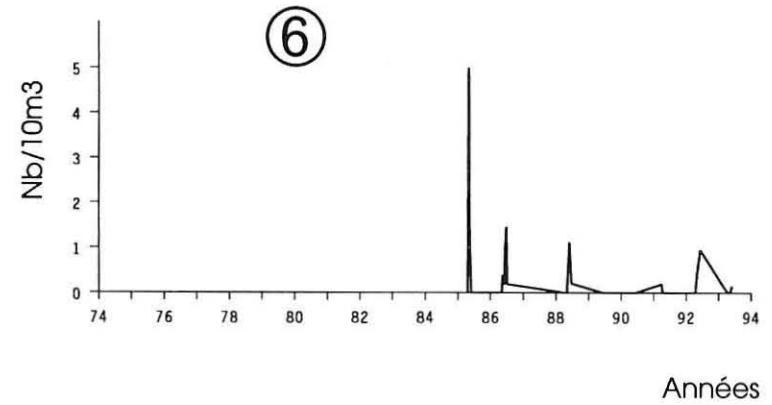
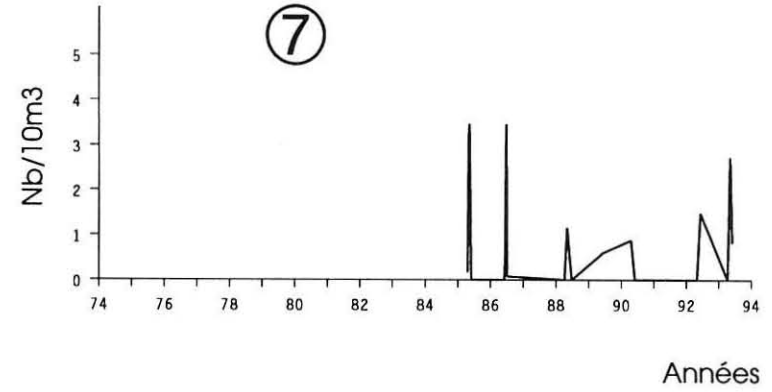
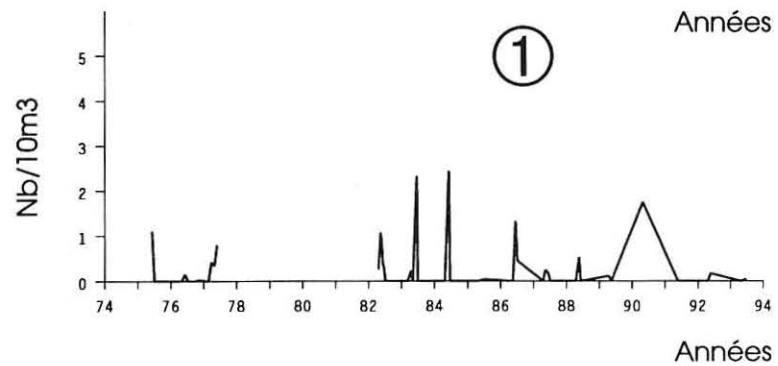
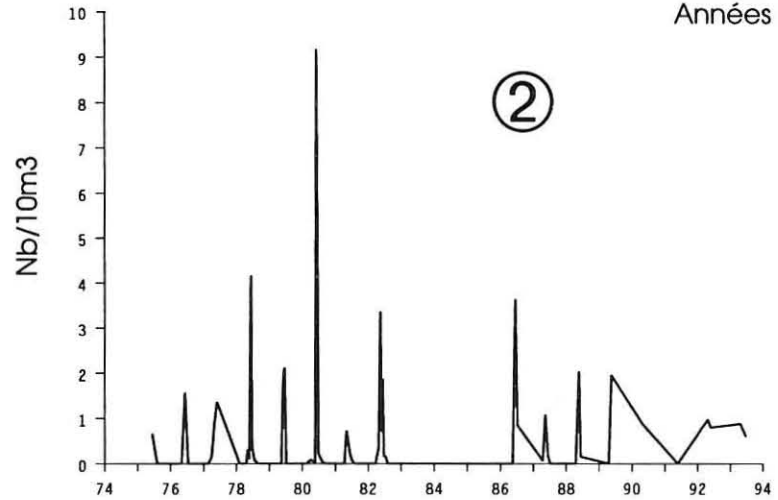
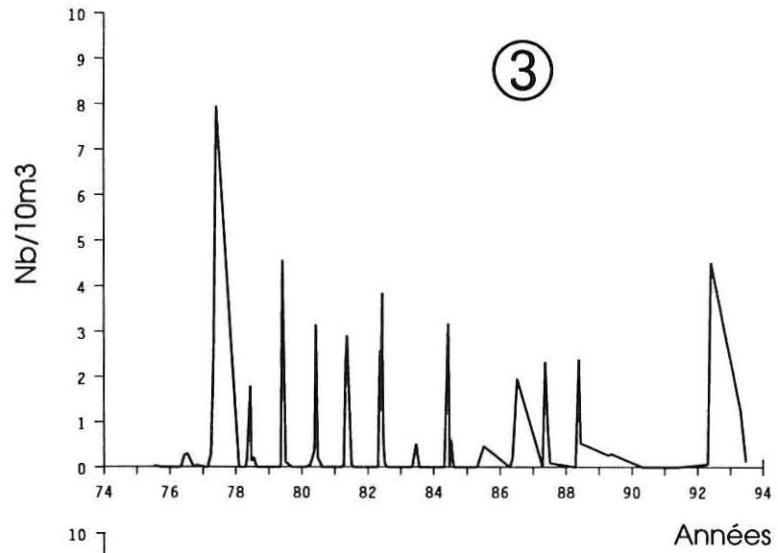


Fig. 6.4 - Variations pluriannuelles des densités de larves de Sole en chaque point

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.

Larves : les densités de larves sont faibles, mais cependant d'un ordre de grandeur habituel (1 ou 2 par 10 m³). Elles sont également plus élevées qu'en 1992. Leur maximum présente un décalage d'environ un mois avec celui des oeufs, et semble également précoce (il a lieu habituellement début juin). Il est probable que pour cette raison, il n'induirait probablement qu'un recrutement médiocre.

On note cependant une tendance générale à la baisse des effectifs des larves de sole depuis 1977.

Le sprat *Sprattus sprattus* (L.) (tableau 6.3 et figures 6.5 à 6.8)

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.

Oeufs : contrairement à ce qui est observé pour 1992, qui apparaît comme une année pauvre, l'année 1993 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 à partir de 1983.

Là encore, le maximum se produit fin avril, indiquant comme dans le cas de la sole, une avance des pontes.

Larves : plus tardives, leurs densités sont du même ordre que celles observées en 1992 et se situent dans la moyenne du site.

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

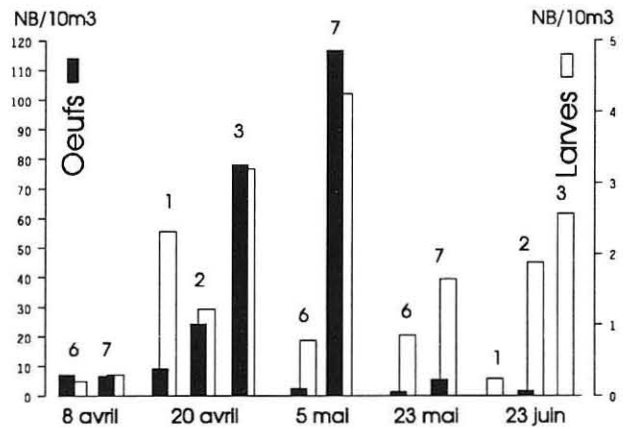


Fig. 6.5 - Densités d'oeufs et larves de Sprat en chaque point en 1993 (les numéros de points sont indiqués au haut des barres)

Camp.	Point	Repliquat	Larves	Total	Oeufs	Oeufs
167	6		0.20	7.10	5.88	1.22
			0.29	6.74	5.27	1.46
		Moyenne	0.24	6.92	5.57	1.34
168	1		2.68	9.65	5.90	3.75
			1.95	8.76	6.33	2.43
		Moyenne	2.31	9.20	6.11	3.09
	2		1.68	22.19	10.09	12.10
			0.75	26.66	12.57	14.08
	Moyenne	1.21	24.42	11.33	13.09	
3	1		3.07	69.52	41.19	28.33
			3.33	86.72	57.47	29.26
		Moyenne	3.20	78.12	49.33	28.79
169	6		0.78	2.57	1.51	1.06
			4.25	116.63	80.18	36.45
		Moyenne	2.51	59.60	40.84	18.75
170	6		0.85	1.45	1.22	0.24
			1.65	5.54	4.72	0.83
		Moyenne	1.25	3.49	2.97	0.53
171	1		0.04	0.08	0.08	0.00
			0.36	0.32	0.00	0.32
		Moyenne	0.20	0.20	0.04	0.16
	2		1.72	2.19	1.72	0.47
			2.04	1.22	0.61	0.61
		Moyenne	1.88	1.70	1.16	0.54
3		2.50	0.54	0.27	0.27	
		2.62	0.55	0.28	0.28	
	Moyenne	2.56	0.55	0.28	0.28	

Tabl. 6.3 - Densités d'oeufs et de larves de sprat en 1993 (en nombre par 10 m³) ; Stade 1 ("St1") : oeufs non embryonnés, Stade 2 ("St2") : oeufs embryonnés

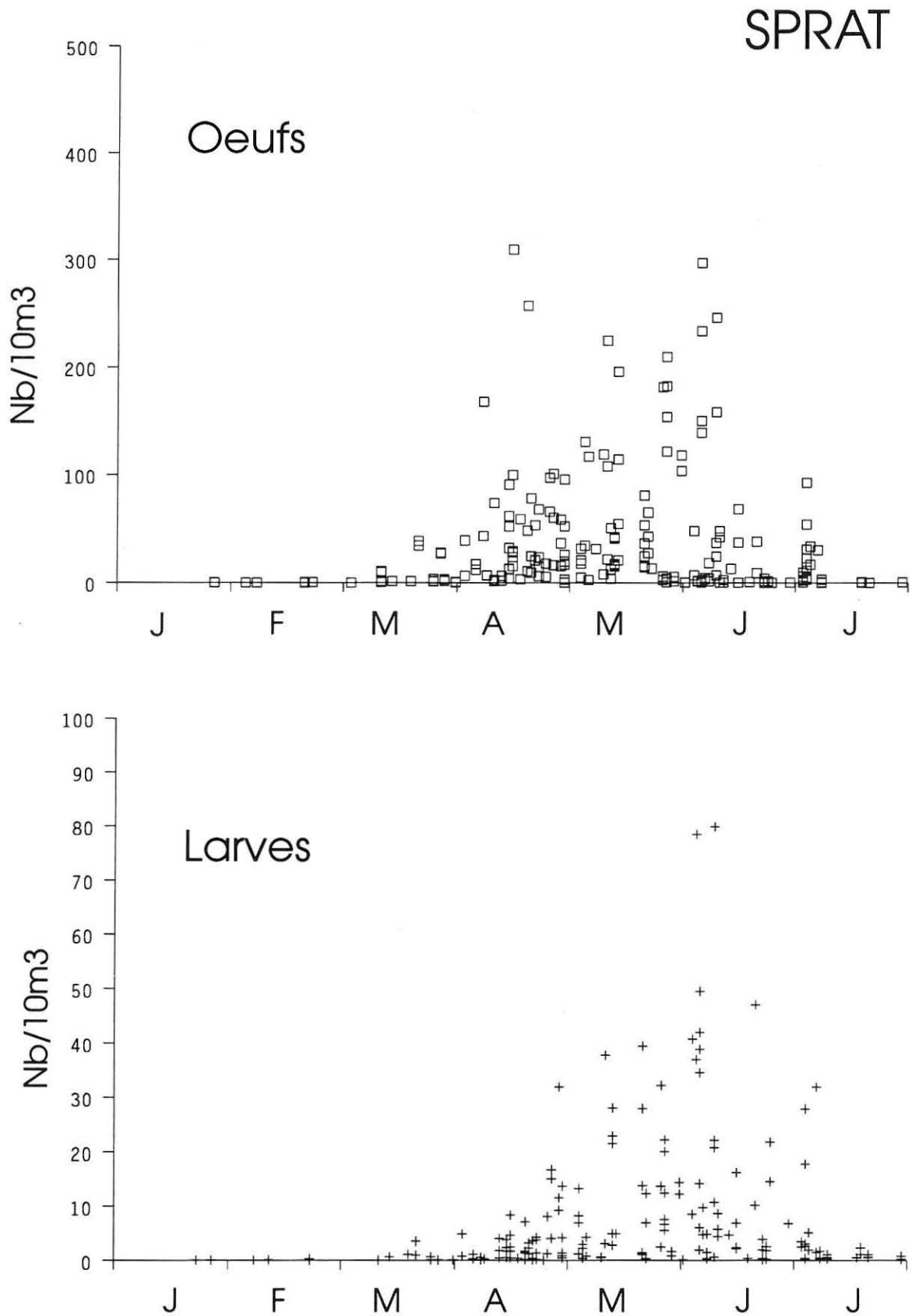
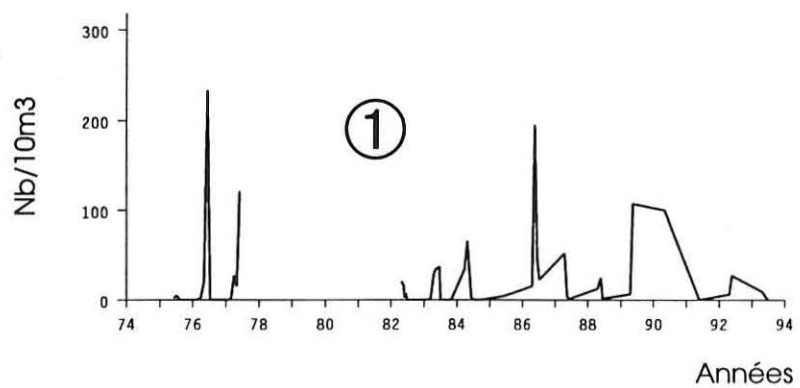
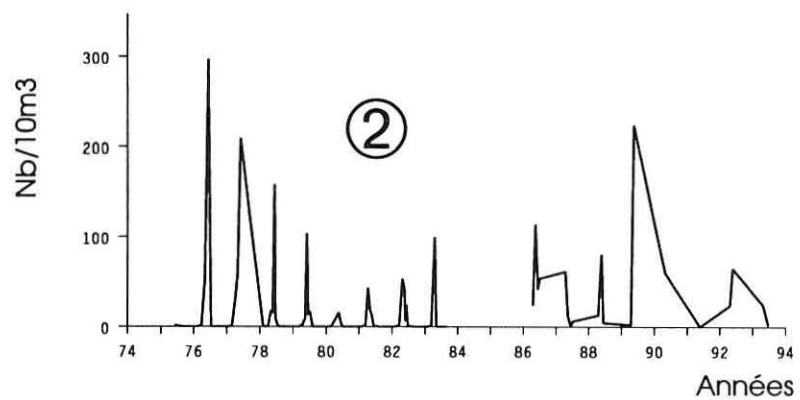
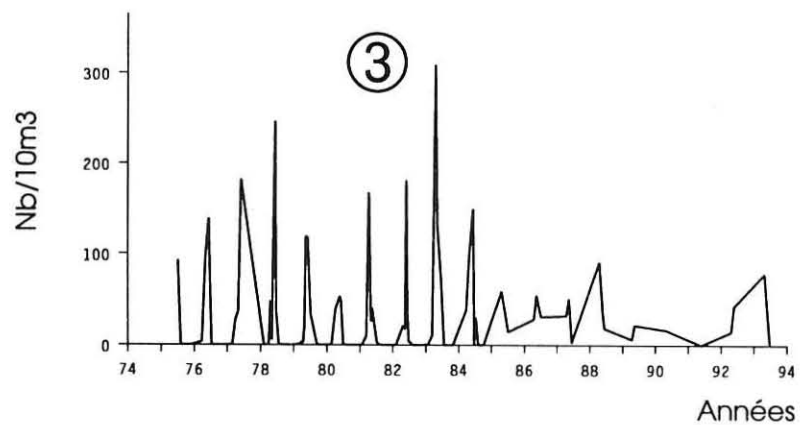


Fig. 6.6 - Variations mensuelles des densités d'oeufs et de larves de Sprat de 1975 à 1993 (toutes années et tous points confondus)



Sprat oeufs

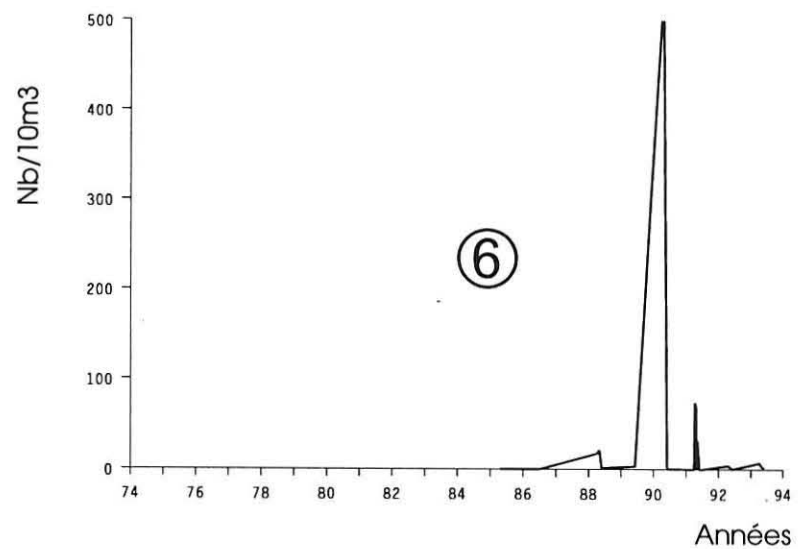
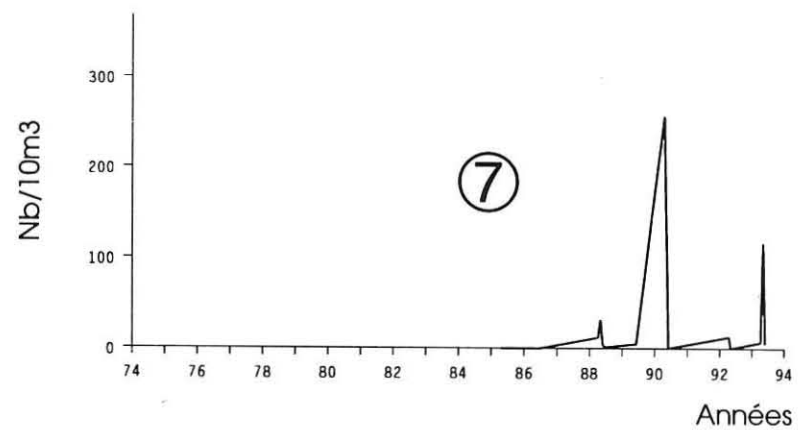
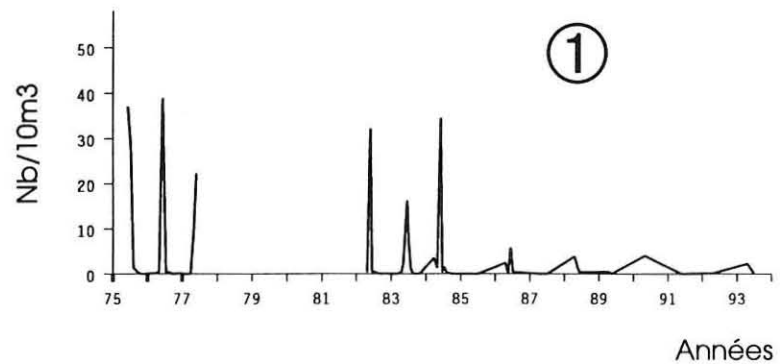
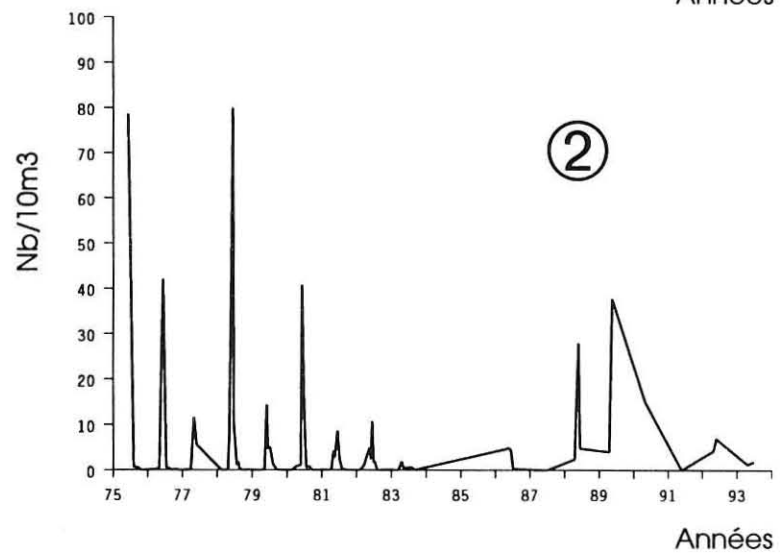
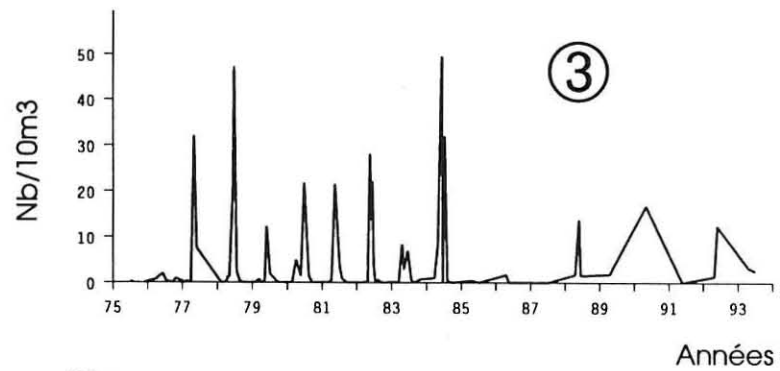


Fig. 6.7 - Variations pluriannuelles des oeufs de sprat en chaque point



Sprat Larves

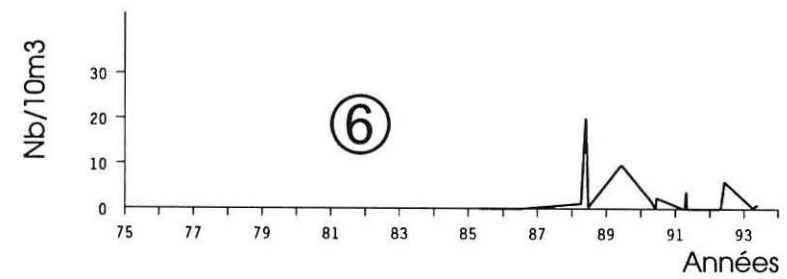
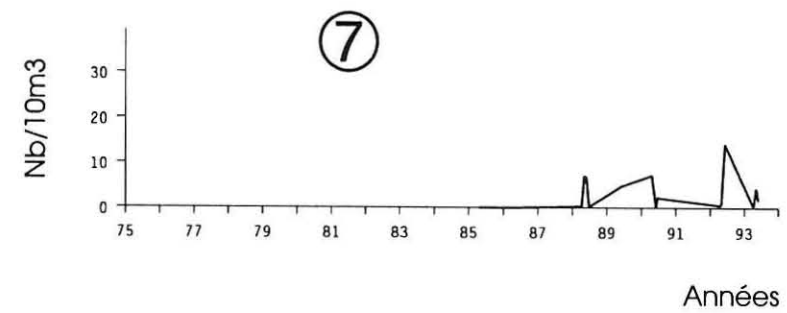


Fig. 6.8 - Variations pluriannuelles des larves de Sprat en chaque point

"Groseille de mer" *Pleurobrachia pileus* (tableau 6.4 et figures 6.9 à 6.11)

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.

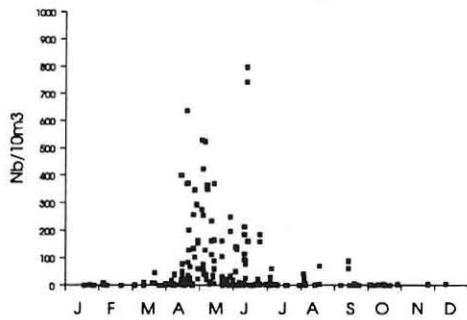


Fig. 6.9 - Variations mensuelles des densités de Cténaires (principalement la "groseille de mer" *Pleurobrachia pileus*) de 1975 à 1993 (toutes années et tous points confondus)

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 relative de jeunes individus.

Nb/10m³

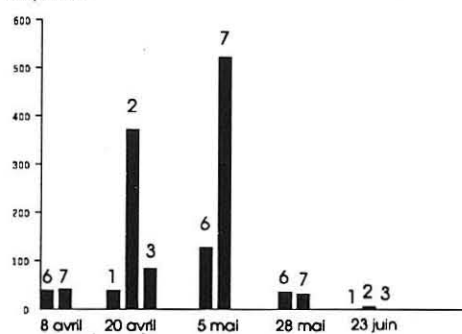


Fig. 6.10 - Densités de Cténaires en chaque point en 1993 (les numéros de points sont indiqués au haut des barres)

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.

ÉLÉMENTS DE CONCLUSION PROVISOIRE

L'année 1993, comme 1992, est caractérisée par un hiver et un printemps relativement doux qui entraînent une avance des pontes de la sole et du sprat. Pour les deux espèces, on observe un maximum en avril, le décalage étant plus accentué pour la première que pour la seconde.

Les densités sont globalement supérieures à celles de 1992. Pour la sole, elles se situent légèrement au-dessus de la moyenne du site, alors qu'on observe l'inverse pour le sprat. D'une manière générale, on note des concordances intéressantes dans les fluctuations annuelles des effectifs d'oeufs des deux espèces de biologie pourtant très différente. On peut y voir l'influence de facteurs généraux, notamment les températures hivernales qui semblent déterminer le potentiel annuel (études sur la sole) alors que le réchauffement printanier gouverne la cinétique des pontes, sans changer les maximums. Les résultats obtenus à Gravelines semblent refléter des tendances générales.

Date	Point	Repliquat	Individus
167	6		37.74
			41.00
		Moyenne	39.37
168	1	1	48.24
		2	27.25
		Moyenne	37.74
	2	1	438.45
		2	305.79
		Moyenne	372.12
169	3	1	95.22
		2	72.62
		Moyenne	83.92
170	6		127.73
			522.39
		Moyenne	325.06
171	6		35.19
			31.44
		Moyenne	33.31
171	1	1	0.30
		2	0.99
		Moyenne	0.64
	2	1	4.38
		2	8.36
		Moyenne	6.37
	3	1	0.68
		2	0.83
		Moyenne	0.76

Tabl. 6.4 - Densités de *Pleurobrachia pileus* en 1993 (en nombre par 10 m³)

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

Cténaires

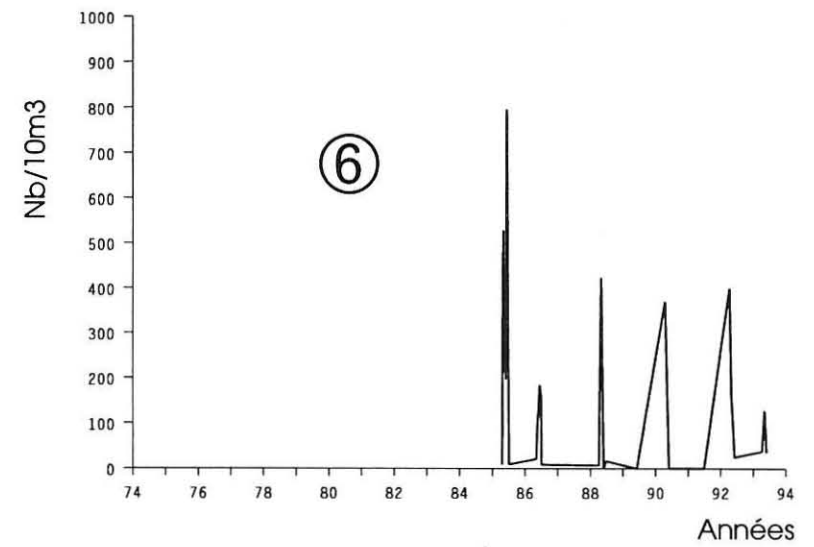
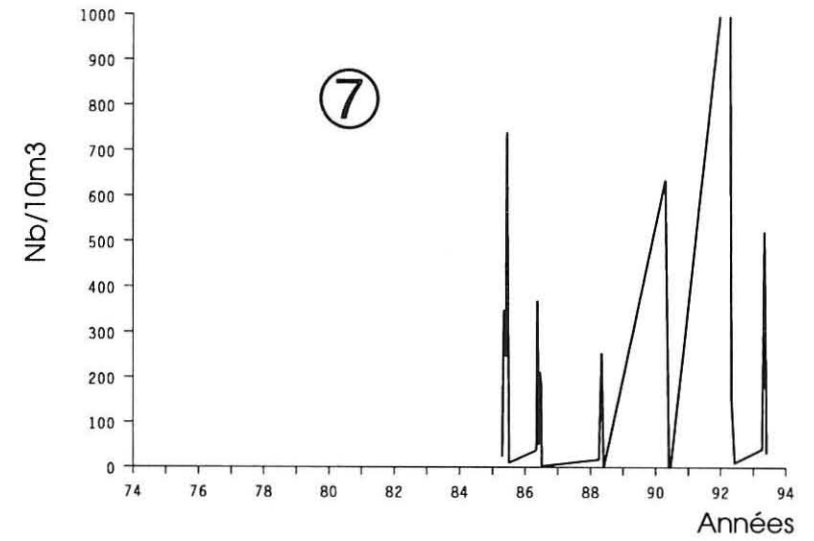
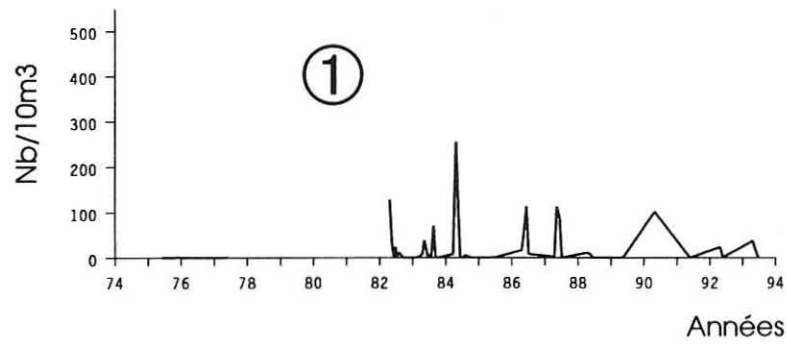
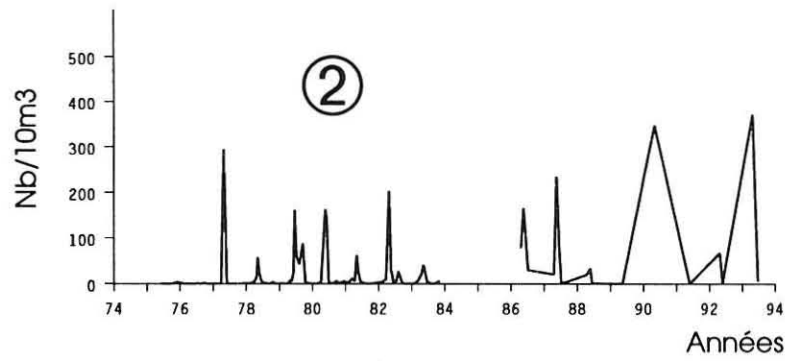
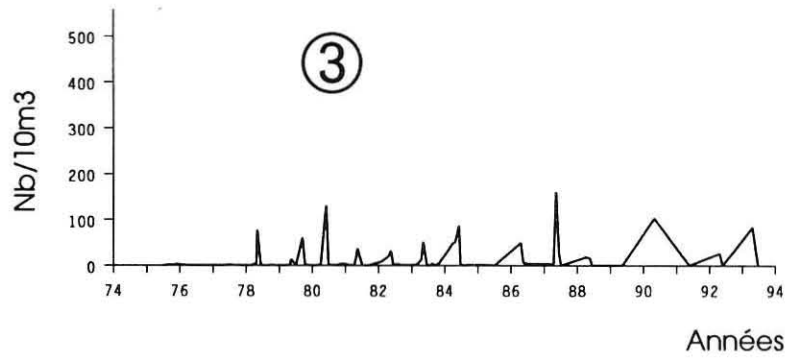


Fig. 6.11 - Variations pluriannuelles des densités de Cténaires (principalement la groseille de mer *Pleurobrachia pileus*) en chaque point

CHAPITRE VII

LE DOMAINE BENTHIQUE INTERTIDAL

Jean-Marie DEWARUMEZ et Dominique MENU

INTRODUCTION

A la faveur des études menées depuis 1973 sur l'estran de Gravelines, les facteurs qui déterminent l'organisation des populations animales intertidales sont parfaitement identifiés. La présence de l'Aa mais aussi le ruissellement des eaux provenant de la nappe phréatique induisent des dessalures qui agissent sur l'extension des peuplements de type estuarien. La courantologie, en fait tous les facteurs la modifiant, agit sur la structure granulométrique des sédiments et notamment sur la teneur en particules fines. Ces deux facteurs ont une action directe sur le peuplement des hauts de plage.

On a pu noter, cependant que depuis 1985 un troisième facteur pouvait avoir un effet non négligeable sur les communautés benthiques intertidales. Il s'agit de la température qui agit directement sur les populations de deux annélides polychètes de la famille de Spionidés : *Spio martinensis* et *Pygospio elegans* dont les affinités écologiques diffèrent au niveau de leurs préférences thermiques.

Les évolutions simultanées ou non de ces trois facteurs permettent d'expliquer les nombreuses altérations qui ont pu être mises en évidence depuis le début des études, tant au niveau de la répartition des espèces principales qu'au niveau de la morphologie de la plage.

METHODOLOGIE

La méthodologie de prélèvement n'a pas changé cette année. Les 8 stations ont été échantillonnées sur 0,25 m² le long des deux radiales le 06/07/1993.

RESULTATS

1- COMPOSITION BIONOMIQUE

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

- 1 Nématode
- 1 Némerte
- 1 Oligochète
- 10 Annélides Polychètes:
 - 3 errantes
 - 7 sédentaires
- 3 Mollusques
 - 1 Gastéropode
 - 2 Bivalves
- 11 Crustacés
 - 1 Cumacé
 - 2 Isopodes
 - 6 Amphipodes
 - 2 Décapodes.

2- RESULTATS GLOBAUX

(Figures 7-1 à 4, Tableaux 7-1 à 3)

2-1- Radiale 1

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

2-1-1- Station E

Les placages de vase ne progressent plus en superficie depuis 1991. La teneur en pélites augmente par rapport à 1992. Le sédiment est constitué à plus de 73% par des sables moyens.

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

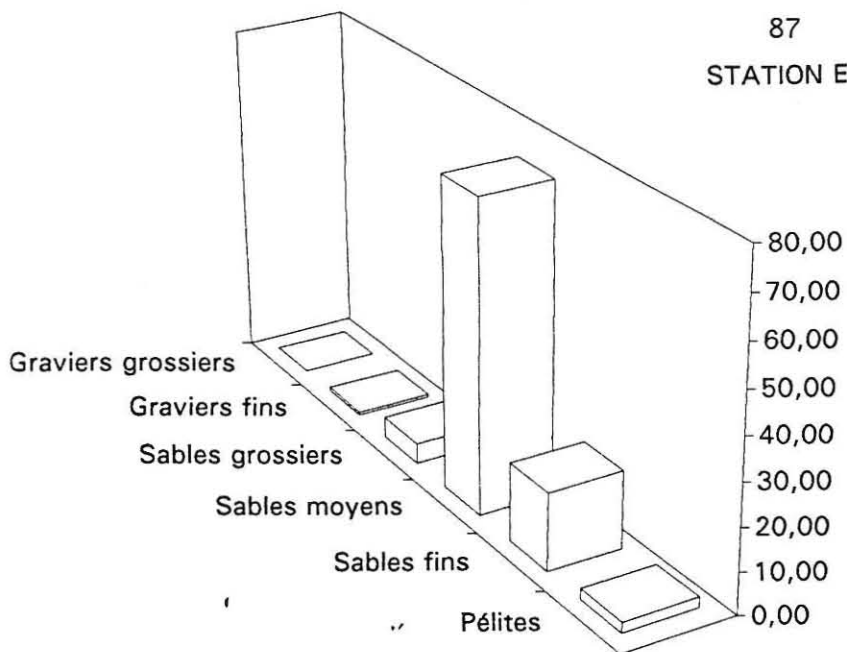
Les fortes précipitations printanières et cet envasement ont permis au peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres de reprendre de la vigueur. On peut noter cette année, et ce la se vérifie sur la totalité des hauts niveaux que les espèces euryhalines sont plus abondantes, tout comme les espèces vasicoles. *Hydrobia ulvae* voit sa densité de population passer de 4000 à 10000 par m². *Corophium arenarium* bénéficie également de ces bonnes conditions. En dépit de ces modifications, nous pouvons affirmer que la structure de la communauté n'est pas affectée, le peuplement, malgré les évolutions inter annuelles de la structure sédimentaire reste en place.

L'influence de la dessalure liée à l'Aa se manifeste à nouveau à cette station, *Enoplus brevis* et les Enchytraeidae réapparaissent, en densité faibles, il est vrai. La population de *Spio martinensis* colonise les hauts niveaux de la radiale 1, la densité de la population de ce polychète atteint 836 ind/m².

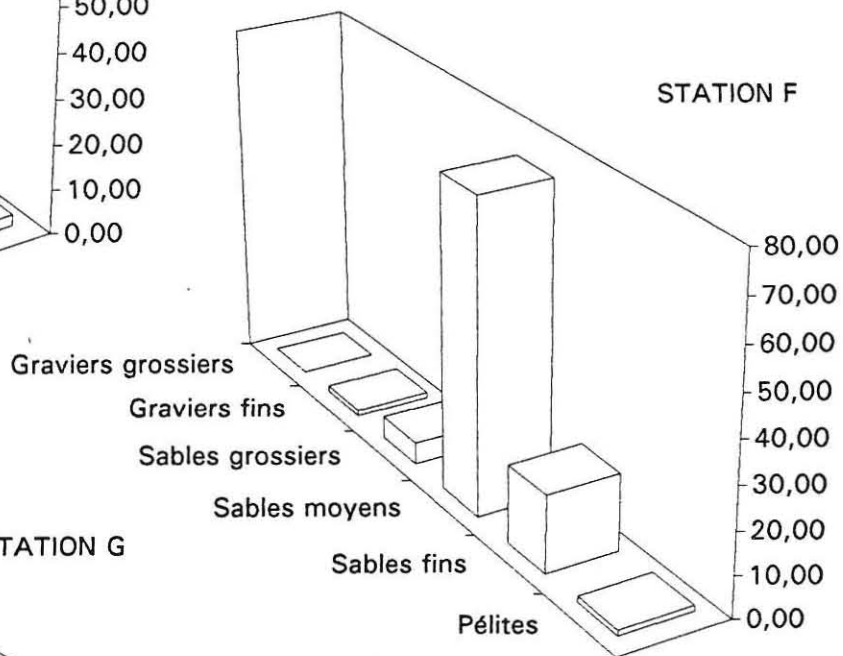
Densité /m ²	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
<i>Hydrobia ulvae</i>	2892	8740	8	216	0	300	11412	11956	7124	952	11324	25340	12820	7492	4060	10172
<i>Spio martinensis</i>	0	0	0	0	0	8	48	12	60	0	0	192	56	92	12	836
<i>Pygospio elegans</i>	0	144	0	624	0	0	0	0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

Il résulte de ces modifications une forte augmentation de la biomasse par rapport aux résultats de 1992. La biomasse 1993 est 1,4 fois supérieure à celle de 1992, elle est une des plus fortes jamais enregistrée à cette station.

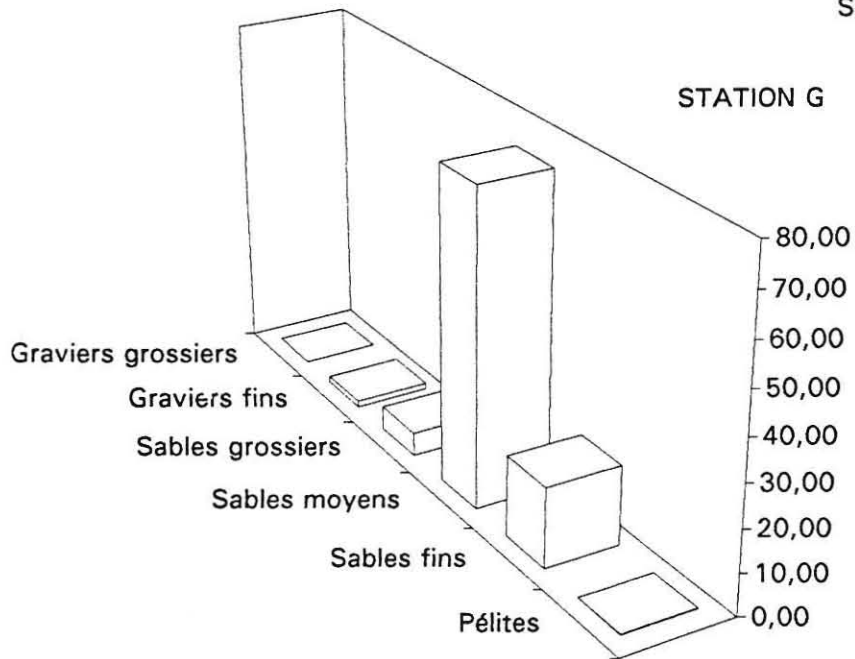
87
STATION E



STATION F



STATION G



STATION H

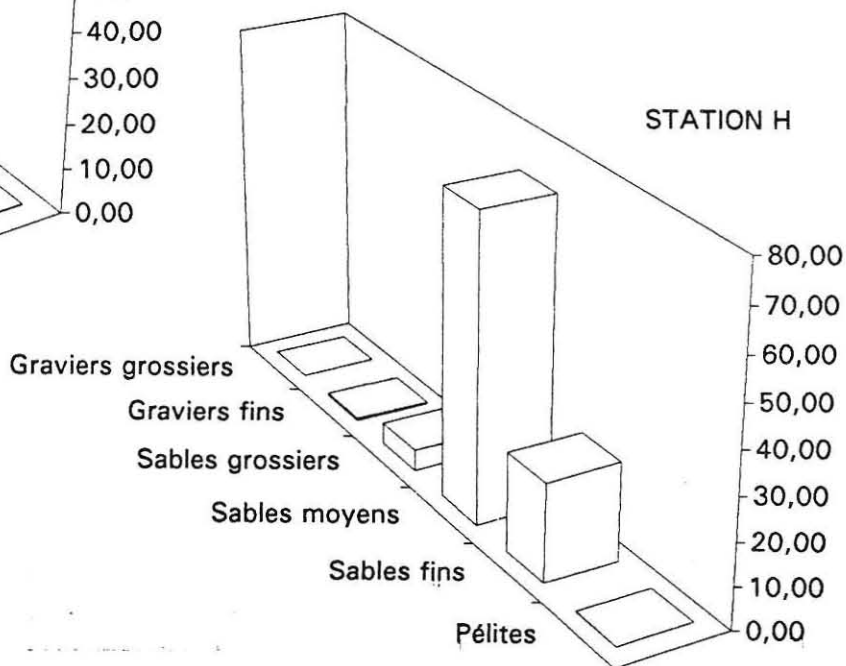


Fig 7-1 : Radiale 1, analyses granulométriques (% pondéraux)

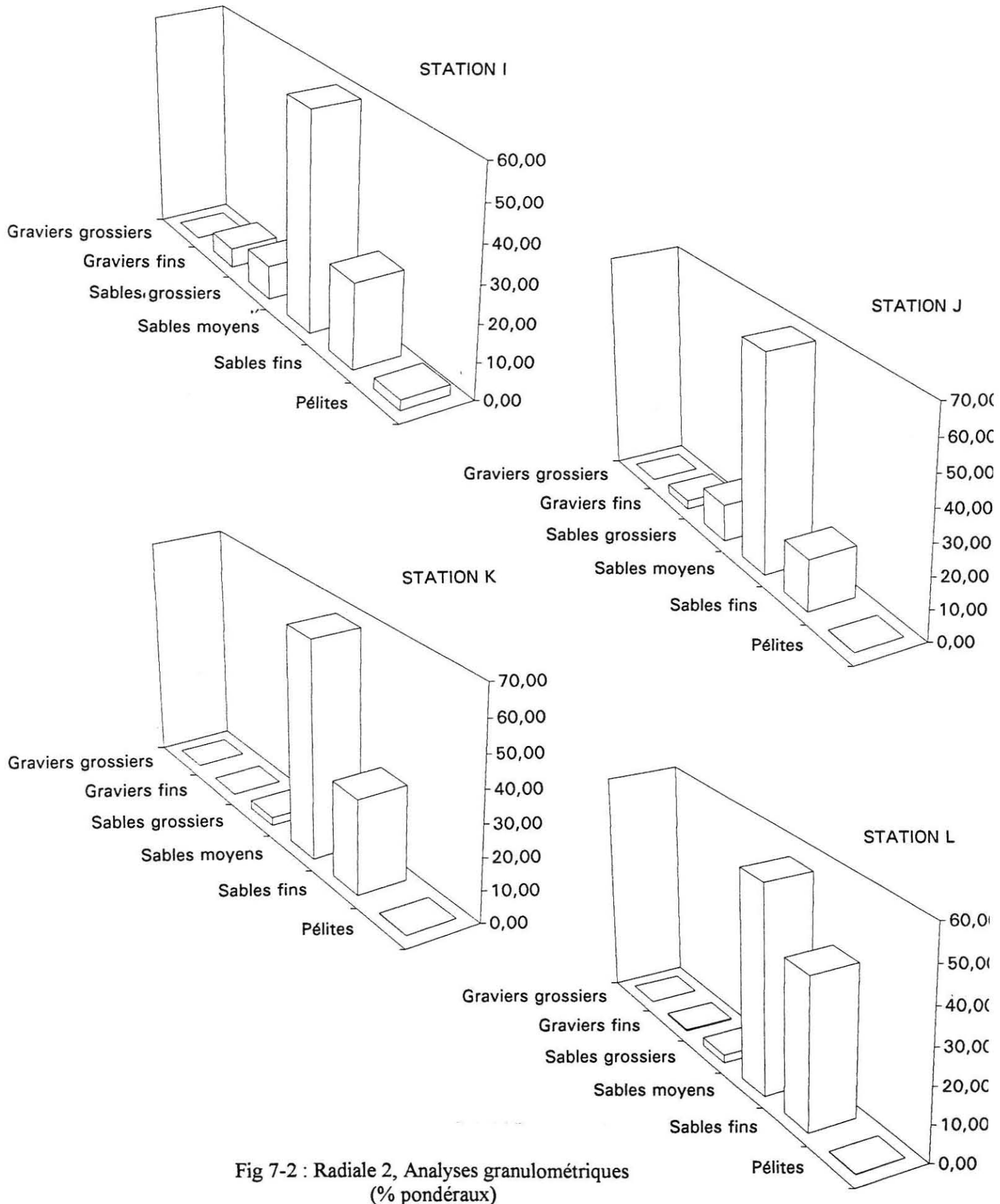


Fig 7-2 : Radiale 2, Analyses granulométriques (% pondéraux)

2-1-2- Station F

Cette station est le siège des modifications bionomiques les plus importantes enregistrées sur l'estran depuis le début des études. Elles sont liées au devenir d'une population de *Cerastoderma edule* et à l'importance de la dessalure occasionnée par l'Aa.

En 1992, l'absence conjuguée de ces deux facteurs avait provoqué une profonde altération bionomique et avait entraîné une chute brutale de la biomasse. En 1993, la dessalure provoquée par l'Aa permet à nouveau l'installation d'espèces euryhalines, tout comme dans les niveaux supérieurs. Les Enchytraeidae, *Hediste diversicolor* et *Ophelia rathkei* réapparaissent à la station F. *Hydrobia ulvae* voit sa densité de population augmenter sans pour cela qu'elle atteigne des niveaux importants.

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

La population de coques a maintenant complètement disparu de cette station. Ce phénomène s'est déjà produit pendant la période 1987-1988. Cette disparition avait précédé le très fort recrutement de 1989.

On note également à cette station, tout comme dans les niveaux supérieurs, une très forte augmentation de la densité de la population de *Spio martinensis*. Il résulte de cette évolution une légère augmentation de la biomasse qui reste néanmoins avec 1,37 g/m² la troisième plus faible enregistrée à cette station.

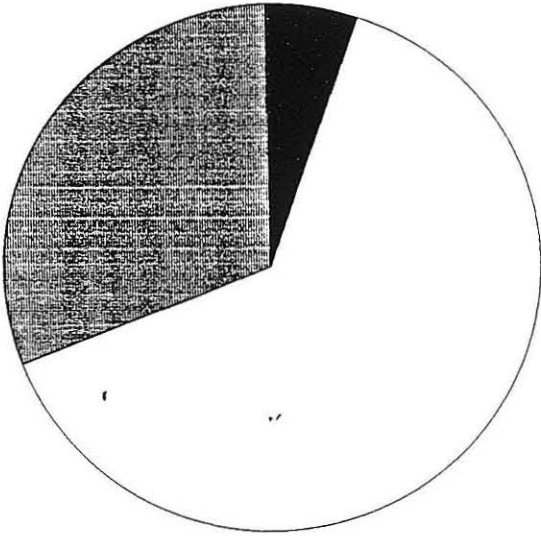
2-1-3 Station G

Cette station des moyens niveaux inférieurs de l'estran se retrouve soustraite depuis plusieurs années de l'influence directe de la dessalure de l'Aa, du fait de la présence du complexe de dunes et de bâches. Les résultats enregistrés en 1993 sont du même ordre que ceux de 1992. Cependant, la population de *Spio martinensis* colonise également cette station avec une densité de population de 100 ind/m². La densité globale du peuplement des moyens niveaux inférieurs progresse donc de manière importante entre 1992 et 1993 et passe de 68 à 192 ind/m². La biomasse progresse également de manière importante (0,48 g/m² soit une progression de 0,36 g/m² par rapport à 1992) mais cela est dû essentiellement à la récolte d'un individu de *Portumnus latipes* qui représente à lui seul près de 0,4 g/m². On peut donc en conclure que la biomasse reste à cette station à un niveau faible, néanmoins semblable à ce que l'on peut trouver sur les autres plages de la région. Le peuplement installé à cette station évolue donc très peu depuis maintenant plusieurs années.

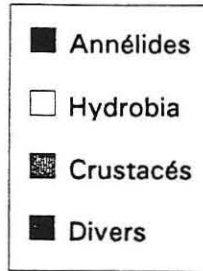
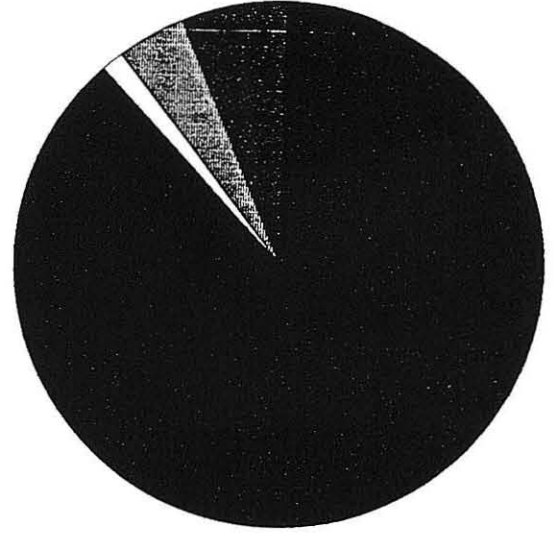
2-1-4- Station H

Cette station a pendant des années été d'une très grande stabilité. Elle était tout à fait caractéristique des stations des bas niveaux de la région: faible diversité et faible biomasse, rarement supérieure à 1 g/m² malgré la récolte occasionnelle d'individus sur dispersés de grande taille.

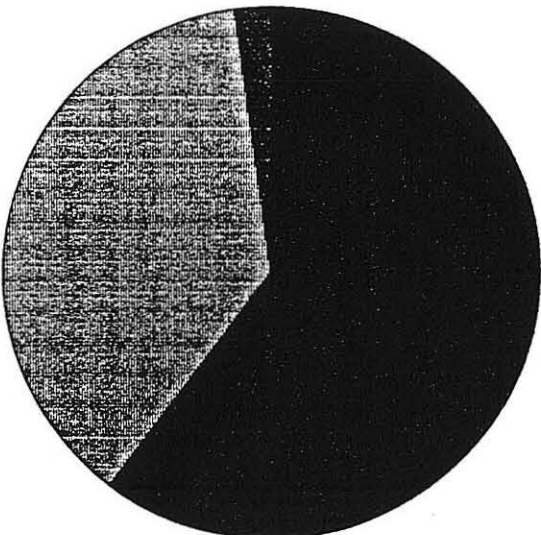
St. E



St. F



St. G



St. H

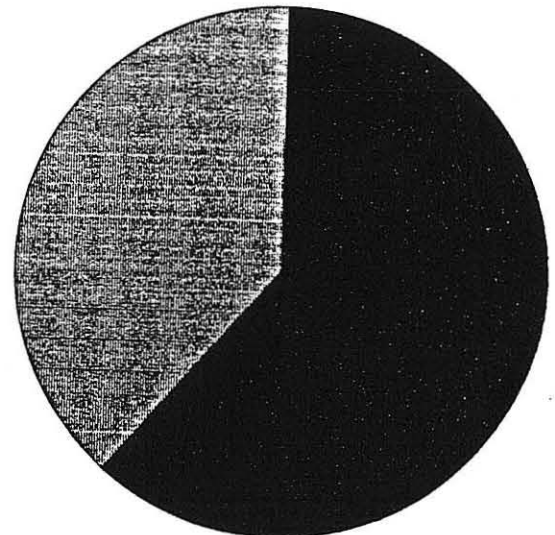
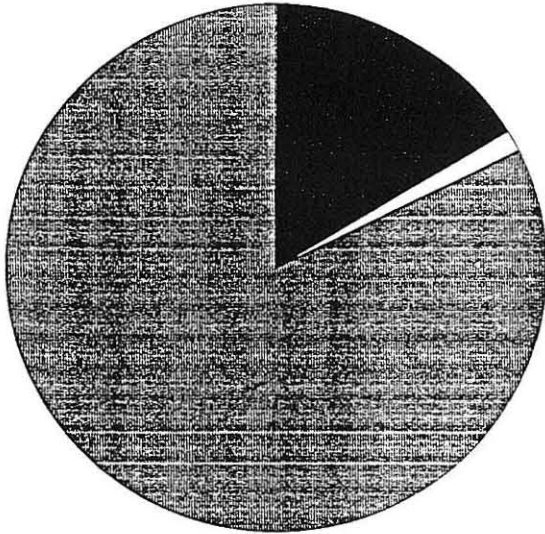
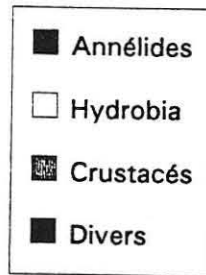
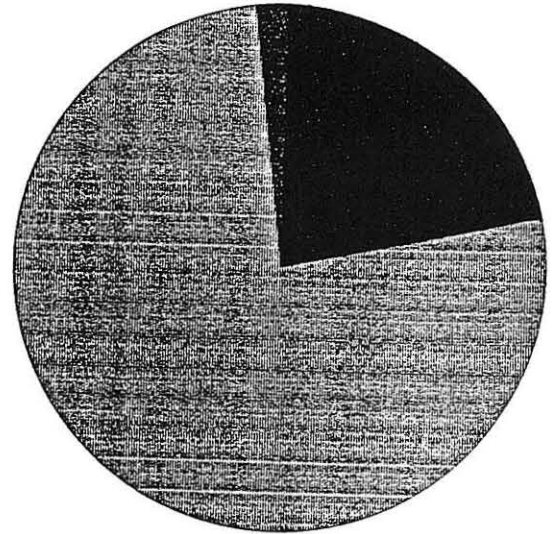


Fig 7-3 : Radiale 1, importance relative des différents groupes zoologiques (densité)

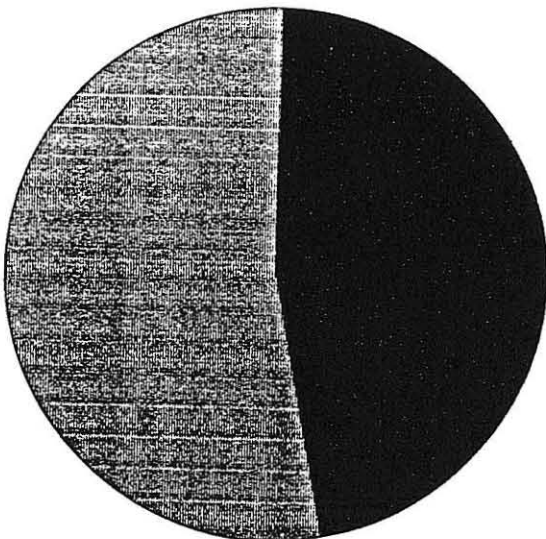
St. I



St. J



St. K



St. L

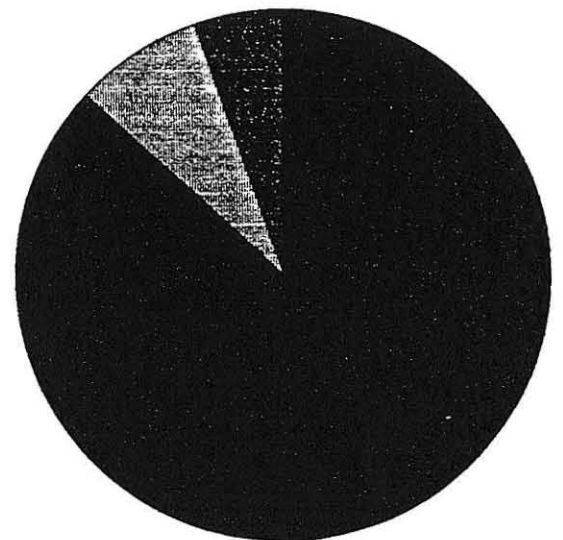


Fig 7-4 : Radiale 2, importance relative des différents groupes zoologiques (densité)

En 1992, grâce à la présence d'*Ensis directus* la biomasse avait atteint 3 g/m². On pouvait penser à l'époque que la population de ce mollusque, à l'instar de ce qui se passe avec cette espèce aux Pays-Bas, commençait à coloniser l'estran. En 1993, *Ensis directus* n'a pas été récolté sur l'estran, ceci correspond en fait à la mortalité importante qu'a subie l'espèce en milieu subtidal. Cette mortalité est aussi notée sur les côtes belges et néerlandaises.

En 1993, les résultats reviennent dans la norme de ce que l'on rencontre habituellement à cette station. La densité est de 104 ind/m² pour une biomasse de 0,11 g/m². Le peuplement est dominé par *Nephtys cirrosa* et *Bathyporeia sarsi*.

2-1-5- Radiale 1: conclusion

Les faits les plus marquants enregistrés sur cette radiale au cours de l'étude 1993 sont la réapparition des espèces euryhalines liées à une influence accrue de la dessalure provoquée par l'Aa et la progression de la population de *Spio martinensis* sur trois des niveaux de l'estran. Si l'on excepte l'évolution de la population de cet annélide, on peut considérer que les peuplements animaux de l'estran sur cette radiale reviennent en 1993 à un niveau moyen par rapport la connaissance que nous en avons depuis 1973.

2-2- Radiale 2

2-2-1- Station I

Depuis maintenant plusieurs années cette station est sous l'influence variable, combinée ou non, des trois facteurs écologiques cités plus haut. On peut ainsi noter d'année en année des variations importantes que ce soit au niveau des densités des populations animales ou, ce qui est plus important, au niveau des hiérarchies des différentes espèces contributives à la structuration du peuplement. Le peuplement n'en est pas réellement pour autant altéré.

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

En 1993, après une lente dérive au cours des années 1987 à 1990 vers un peuplement caractérisant des aspects de sédiments moins envasés et une influence moindre de la dessalure, la tendance au retour vers une composition classique du peuplement mise en évidence en 1992, se confirme. *Corophium arenarium* est prédominant et sa densité atteint presque les niveaux exceptionnels enregistrés en 1980 avec 6184 ind/m². On peut également noter une forte augmentation des densités de *Bathyporeia pilosa*, de *Pygospio elegans* et de *Eurydice affinis*. par contre la densité de *Hydrobia ulvae* diminue fortement. La densité globale du peuplement établi à cette station passe de 4900 ind/m² en 1992 à 6200 en 1993, la biomasse évolue parallèlement : 3 g/m² en 1992 et 3,9 g/m² en 1993, soit la troisième plus forte biomasse enregistrée à cette station depuis le début des études.

2-2-2- Station J

Cette station, située à proximité immédiate du complexe de dunes et de bâches a été caractérisée, dès que la lente évolution de ce complexe l'a permis vers 1988, par une dérive vers des affinités très marquées avec les peuplements des niveaux moyens inférieurs.

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

En 1992, cette station revenait vers des aspects beaucoup plus conformes à ce que sont les peuplements des moyens niveaux de la région, avec dominance de *Nerine cirratulus*, *Bathyporeia pilosa* et *Eurydice affinis*. Cette tendance se confirme et s'intensifie en 1993, avec l'augmentation de la densité des populations de *Nerine cirratulus* et *Eurydice affinis*. La densité de la population de *Bathyporeia pilosa* régresse légèrement. La biomasse est identique à celle enregistrée en 1992 : 0,35 g/m².

2-2-3- Station K

Cette station est caractérisée par une très grande stabilité depuis le début des études. Elle est caractérisée par un peuplement dominé par *Nephtys cirrosa*, *Haustorius arenarius* et *Bathyporeia sarsi*. La station K ne montre cette année que peu d'évolution, si ce n'est la légère augmentation des espèces dominantes ce qui occasionne une augmentation de la biomasse (0, 47 g/m²).

2-2-4- Station L

En 1992, on avait pu mettre en évidence une très importante augmentation de la biomasse, liée à la colonisation des bas niveaux de l'estran par la population de *Ensis directus*.

En 1993, tout comme à la station H la population de couteaux a complètement disparu de la station L. Le déficit en biomasse est considérable (-20 g/m²). Le cortège spécifique du peuplement est conforme à ce que l'on trouve habituellement dans la région.

2-2-5- Radiale 2 : conclusion

On note sur cette radiale une confirmation des tendances observées en 1992 sur les trois niveaux supérieurs, la population de *Ensis directus* ne se maintient pas, elle est affectée par le même phénomène de mortalité qui touche la totalité de la population qui s'est installée en 1991 dans la région à l'occasion d'un recrutement pléthorique.

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. En 1991 on avait pu mettre en évidence une forte action de la dessalure sur la structure bionomique de cette partie de l'estran; en 1992 cette influence avait complètement disparu. Par contre en 1993, on note une tendance à l'installation d'espèces euryhalines.

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

Le phénomène d'oscillations ou de basculements continus auquel on assiste depuis 1988 se confirme donc encore cette année. Il faut cependant noter que ces oscillations n'altèrent en rien la structure bionomique des peuplements.

3-2- Cas des Spionidiens

Depuis quelques années, même si le principe général de la séparation des espèces *Spio martinensis* et *Pygospio elegans* n'était pas remis en cause, on a pu assister à une lente érosion des densités des populations de ces deux annélides. En 1993, la situation est beaucoup plus tranchée, les deux populations sont toujours complètement séparées, mais les densités des deux espèces augmentent de manière considérable. La densité globale de *Spio martinensis* sur l'estran (présence à 5 stations) est de 393 ind/m² et celle de *Pygospio elegans* (présence à 2 stations) de 282 ind/m². *Spio martinensis* reste toujours localisé à l'ouest de l'estran en fortes densités et dans les niveaux inférieurs de la partie est en faibles densités, tandis que *Pygospio elegans* reste uniquement inféodé aux niveaux supérieurs de la partie est.

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

Ces répartitions semblent prouver que l'impact thermique se fait toujours sentir dans les niveaux supérieurs de la partie est de l'estran.

3-3 Evolution de la biomasse

Toute modification de la structure bionomique d'un peuplement entraîne des altérations 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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

En 1992, la biomasse moyenne de l'estran était revenue à une position moyenne en valeur. Ce retour était dû en fait à la colonisation des bas niveaux par *Ensis directus*. En 1993, la biomasse moyenne de l'estran n'atteint pas le niveau moyen. Ce déficit, alors que la quasi totalité des niveaux échantillonnés semblent montrer un retour vers la normale, est du à l'absence de *Cerastoderma edule*, dont l'apport en biomasse est loin d'être négligeable sur l'estran de Gravelines.

Radiale 1	Station E	Station F	Station G	Station H
Graviers grossiers	0,00	0,00	0,00	0,00
Graviers fins	0,79	1,37	1,44	0,46
Sables grossiers	4,96	5,23	5,60	4,97
Sables moyens	73,36	73,88	74,10	71,61
Sables fins	18,39	18,17	18,80	22,94
Pélites	2,51	1,35	0,06	0,02

Radiale 2	Station I	Station J	Station K	Station L
Graviers grossiers	0,00	0,00	0,00	0,00
Graviers fins	5,39	2,80	0,08	0,35
Sables grossiers	9,28	11,78	2,60	2,26
Sables moyens	59,26	68,85	67,68	56,34
Sables fins	23,27	16,53	29,58	41,00
Pélites	2,80	0,04	0,05	0,05

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

	STATION E		STATION F		STATION G		STATION H	
	ind.	biom.	ind.	biom.	ind.	biom.	ind.	biom.
<i>Epoplus brevis</i>	3	2,4						
Némertes					1	1,5		
Enchytraeidae	1	0,1	19	1,4				
<i>Eteone longa</i>	1	0,8	3	2,1	1	0,4		
<i>Hediste diversicolor</i>			3	49				
<i>Nephtys cirrosa</i>					2	7,2	7	11,4
<i>Spio martinensis</i>	209	190,1	242	168,7	25	1,6		
<i>Nerine cirratulus</i>	3	9,6	28	111,7			9	14,8
<i>Paraonis fulgens</i>					1	0,1		
<i>Arenicola marina</i>			1	1,5				
<i>Ophelia rathkei</i>			4	0,9				
<i>Hydrobia ulvae</i>	2543	1329,2	5	2,9				
<i>Macoma balthica</i>	1	0,9	1	0,9				
<i>Eurydice affinis</i>	61	24,8	1	0,5				
<i>Eurydice pulchra</i>					1	1,1		
<i>Bathyporeia pilosa</i>	705	116,8						
<i>Bathyporeia sarsi</i>			5	2	14	6,8	9	3,1
<i>Urothoe brevicornis</i>					2	3,4		
<i>Pontocrates altamarinus</i>							1	0,3
<i>Corophium arenarium</i>	452	138,1	1	0,3				
<i>Crangon crangon</i>			6	1				
<i>Portumnus latipes</i>					1	99,1		
TOTAL	3979	1812,8	319	342,9	48	121,2	26	29,6

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

	STATION I		STATION J		STATION K		STATION L	
	ind.	biom.	ind.	biom.	ind.	biom.	ind.	biom.
Nemertes			2	0,6			1	0,5
Eteone longa	2	0,4	1	0,4				
Nephtys cirrosa					6	87,5	19	111,8
Nerine cirratulus	2	3,3	22	50,9				
Spio martinensis					2	0,3	13	8,4
Pygospio elegans	351	177,5	1	0,3				
Magelona mirabilis							2	4,1
Hydrobia ulvae	29	63,7						
Tellina fabula							1	23,2
Eurydice affinis	59	24,7	60	24,7				
Pseudocuma longicornis							2	0,3
Haustorius arenarius					5	26		
Bathyporeia pilosa	171	33,5	19	9,3				
Bathyporeia sarsi					1	0,3	1	0,3
Urothoe brevicornis					1	0,4		
Pontocrates altamarinus					1	0,3		
Corophium arenarium	1546	682,6	5	1,7				
Crangon crangon					1	1,9		
TOTAL	2160	985,7	110	87,9	17	116,7	39	148,6

Tableau 7-3: Radiale 2. Analyse faunistique de l'estran
(nombre d'individus par 0,25 m², biomasse en mg par 0,25 m²)

CHAPITRE VIII

LE DOMAINE BENTHIQUE SUBTIDAL

Jean-Marie DEWARUMEZ
Christophe LUCZAK
Dominique MENU

INTRODUCTION

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

Le peuplement à *Abra alba* est caractérisé par une forte productivité et, surtout, par une très grande instabilité quant aux dominances d'une dizaine d'espèces, les plus contributives à l'organisation bionomique du peuplement, qui, tour à tour, peuvent être prépondérantes. Ainsi les recrutements, souvent pléthoriques d'espèces telles que *Abra alba*, *Lanice conchilega*, *Pectinaria koreni*, *Spisula subtruncata* ou *Ensis directus* peuvent fournir des apports en biomasse qui peuvent atteindre voire dépasser 50 g/m². Si les conditions écologiques le permettent les cohortes ayant recruté se maintiennent, l'apport en biomasse s'accroît en fonction de la croissance des recrues et la biomasse peut atteindre et parfois dépasser 100 g/m². Ceci est particulièrement vrai à la station B, mais les mêmes phénomènes peuvent se rencontrer à la station C mais de manière fortement atténuée. Il est ainsi possible de mettre en évidence des déficits en biomasse entre les deux stations que l'on peut attribuer au fonctionnement de la centrale.

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

METHODOLOGIE

La méthodologie de prélèvement reste inchangée. Quatre campagnes ont été réalisées aux stations B et C les 2 février, 23 juin, 1er septembre et 4 novembre 1993. Du fait des modifications sédimentologiques survenues à la station B lors de l'étude précédente, il a été décidé de doubler les prélèvements effectués à la station B par une autre station située à 250 m qui n'a pas été affectée par le phénomène. Les prélèvements sont conservés à des fins de contrôle ultérieur par rapport à l'évolution future de la station B. Un examen rapide de ces prélèvements montre que la perturbation mise en évidence en 1991 est vraiment localisée à la station B et que le peuplement à *Abra alba* a conservé intactes ses potentialités. Le rapport portera néanmoins sur l'analyse de la station B qui montre des velléités de retour à la normale ce qui rend sa comparaison avec la station C impactée en continu encore plus intéressante.

RESULTATS

1- ANALYSES GRANULOMETRIQUES

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

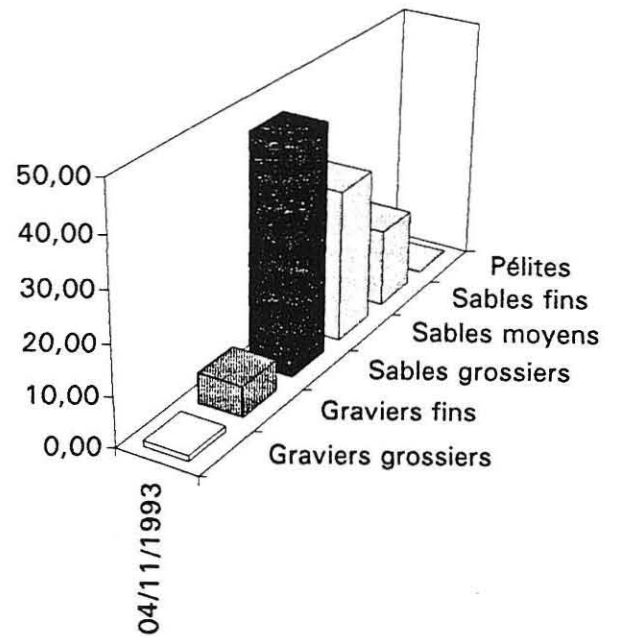
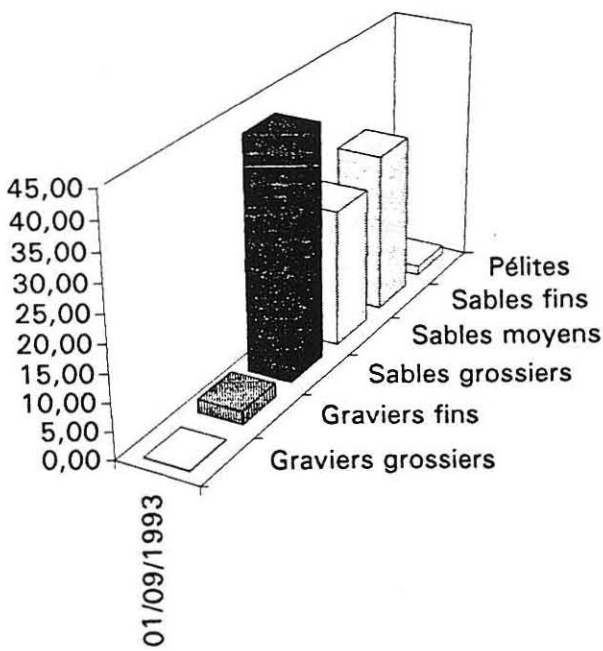
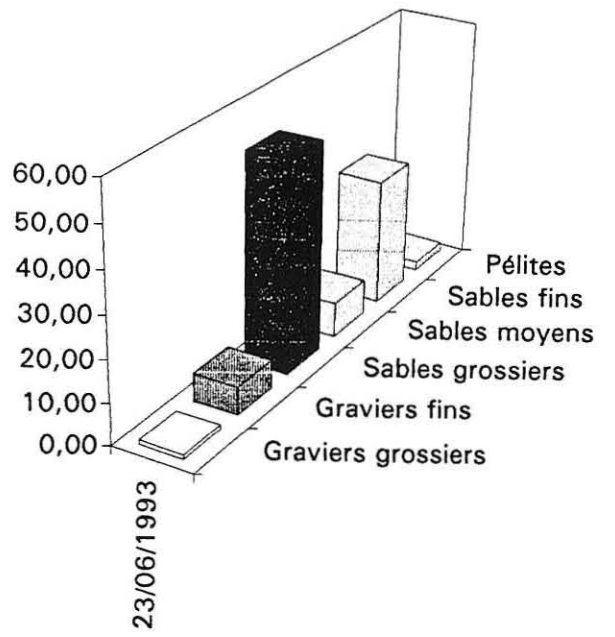
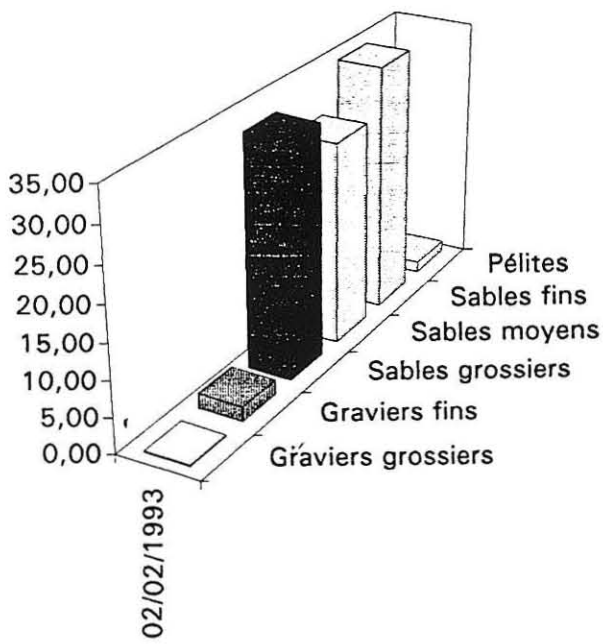


Fig 8-1 : Evolution de la structure granulométrique du sédiment à la station B en 1993

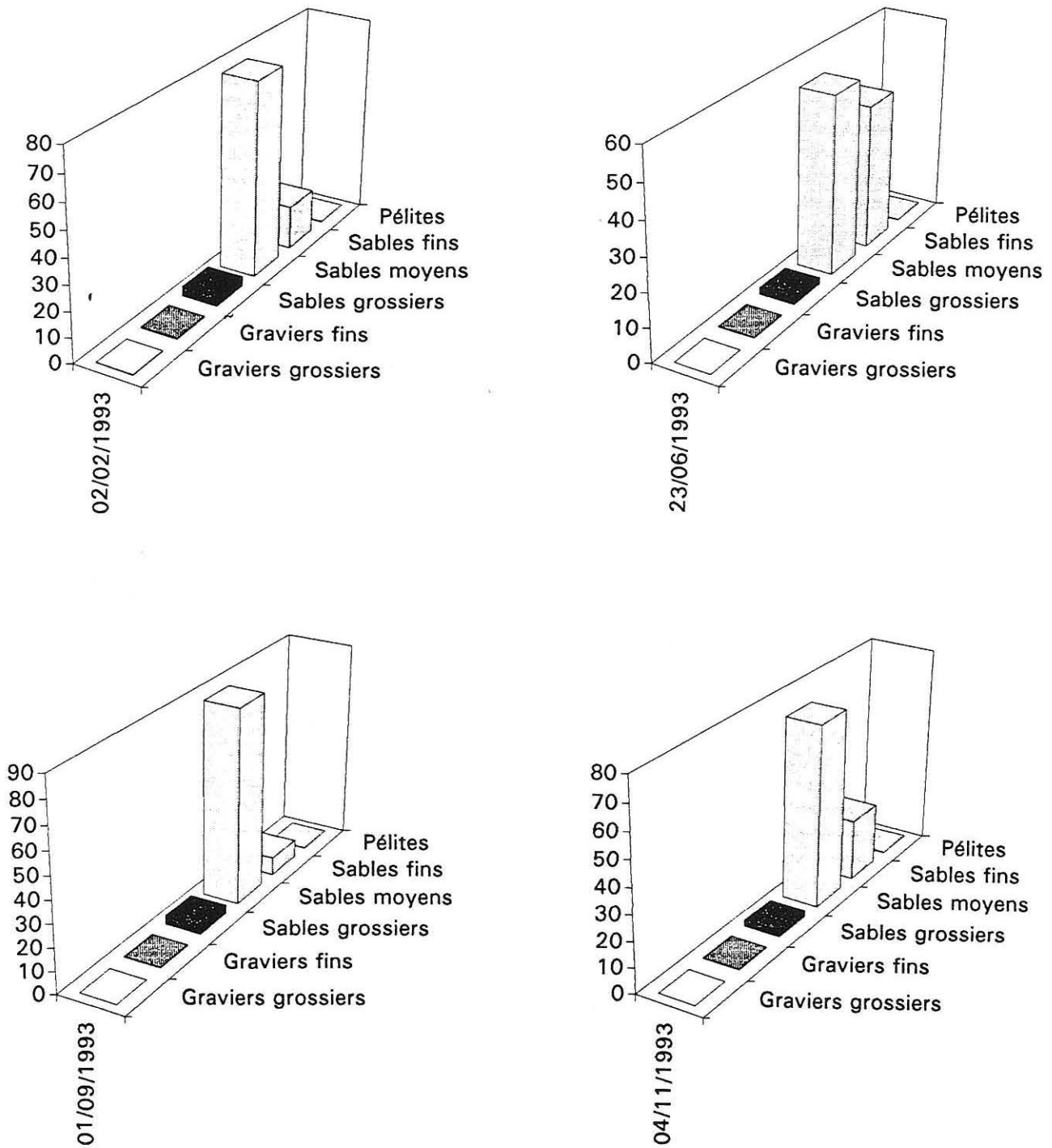


Fig 8-2 : Evolution de la structure granulométrique du sédiment à la station C en 1993

Station B	02/02/1993	23/06/1993	01/09/1993	04/11/1993
Graviers grossiers	0,18	1,01	0,08	1,17
Graviers fins	2,08	6,81	2,48	6,24
Sables grossiers	32,77	50,90	42,33	46,18
Sables moyens	28,52	8,31	24,68	30,52
Sables fins	35,00	30,84	28,79	15,73
Pélites	1,46	2,12	1,65	0,16

Station C	02/02/1993	23/06/1993	01/09/1993	04/11/1993
Graviers grossiers	0,15	0,01	0,01	0,03
Graviers fins	0,34	0,09	0,15	0,23
Sables grossiers	3,98	1,97	4,02	2,45
Sables moyens	77,89	54,01	87,68	72,62
Sables fins	17,43	43,74	8,07	24,43
Pélites	0,21	0,18	0,07	0,24

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

1-1- Station B

Cette station a été marquée par une altération brutale et profonde de la structure granulométrique du sédiment. Cette altération affectait une zone de 0,4 km² centrée autour de la station B.

Le sédiment reste en 1993 à la limite inférieure en ce qui concerne la teneur en fines par rapport aux teneurs habituelles du sédiment du peuplement à *Abra alba*. Le sédiment s'affine également au niveau des deux catégories inférieures des sables qui représentent désormais entre 48 et 63% du poids du sédiment. Ces conditions se rapprochent de la normale.

1-2- Station C

Le sédiment de la station C reste dans la norme de ce que l'on rencontre habituellement à cette station. Les sables fins à moyens dominent très largement et représentent toujours plus de 90% du poids du sédiment. Les teneurs en pélites restent toujours faibles, moins de 0,24%.

2- ANALYSE BIONOMIQUE

(Tableaux 8-2 à 5, Figures 8-2 et 3)

L'analyse faunistique a permis d'identifier 54 taxons différents sur les deux stations (44 espèces à la station B et 22 espèces à la station C). Ils se répartissent comme suit:

- 1 Cnidaire
- 2 Némertes
- 27 Annélides
 - 15 sédentaires
 - 12 errantes
- 7 Mollusques
 - 1 Gastéropode
 - 6 Bivalves
- 14 Crustacés
 - 1 Mysidacé
 - 2 Cumacés
 - 9 Amphipodes
 - 2 Décapodes
- 2 Echinodermes
- 1 Poisson.

Ils correspondent à 3457 individus récoltés dont 3151 à la station B et 306 à la station C. Ces nombres sont à rapprocher de ceux de l'an dernier 16737 individus récoltés au total dont 12859 pour la station B et 3878 pour la station C.

2-1- Station B

Cette station est représentative du peuplement à *Abra alba*, elle est sujette à des basculements bionomiques de type chaotique. Ces basculements sont liés directement aux aléas du recrutement.

En 1991, deux phénomènes sont survenus à cette station: une altération brutale et profonde du sédiment et le recrutement pléthorique d'une espèce habituellement absente du site étudié (*Ensis directus*). Ces deux phénomènes sont totalement indépendants. Il en est résulté

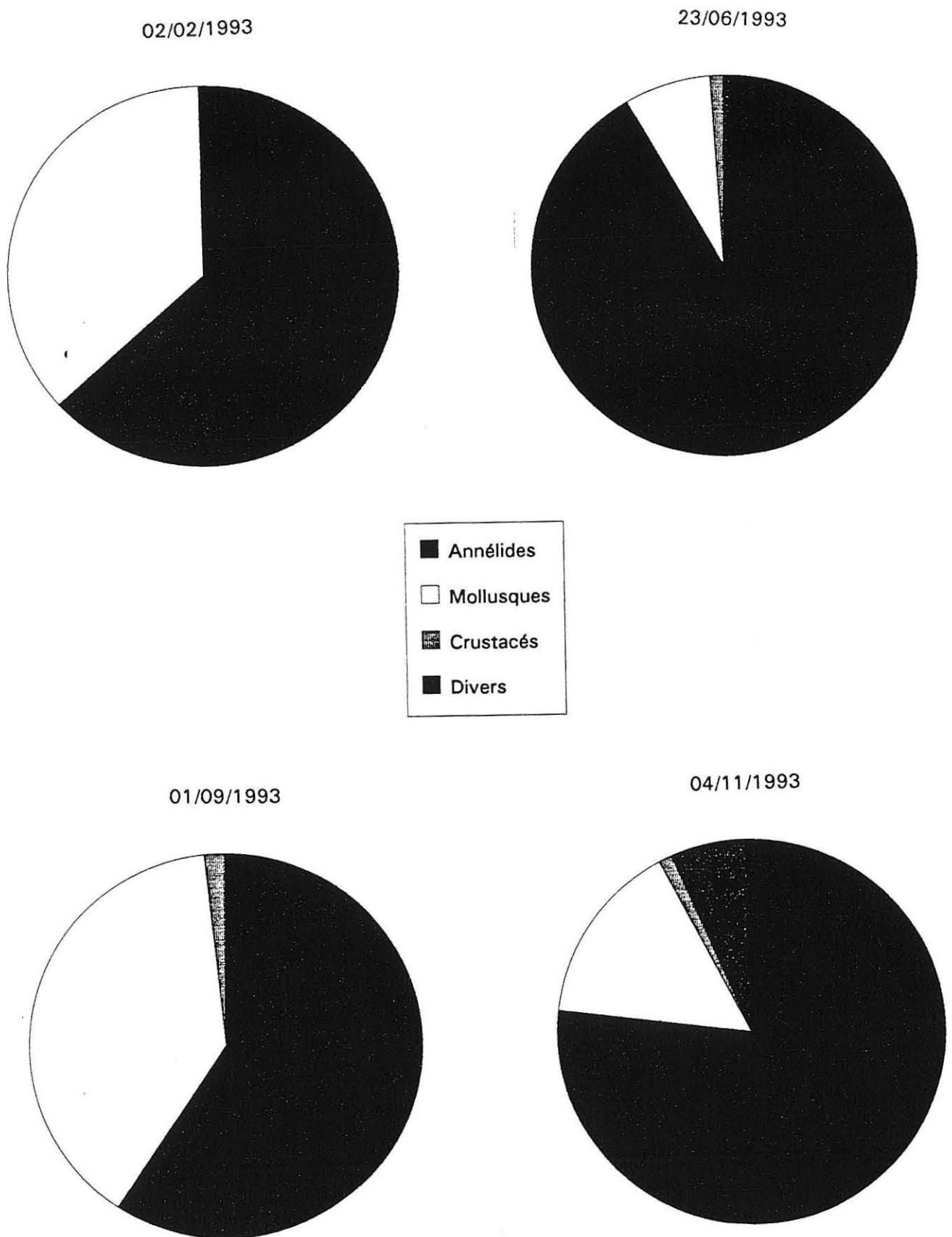


Fig 8-3 : Station B, importance relative des différents groupes zoologiques (densités)

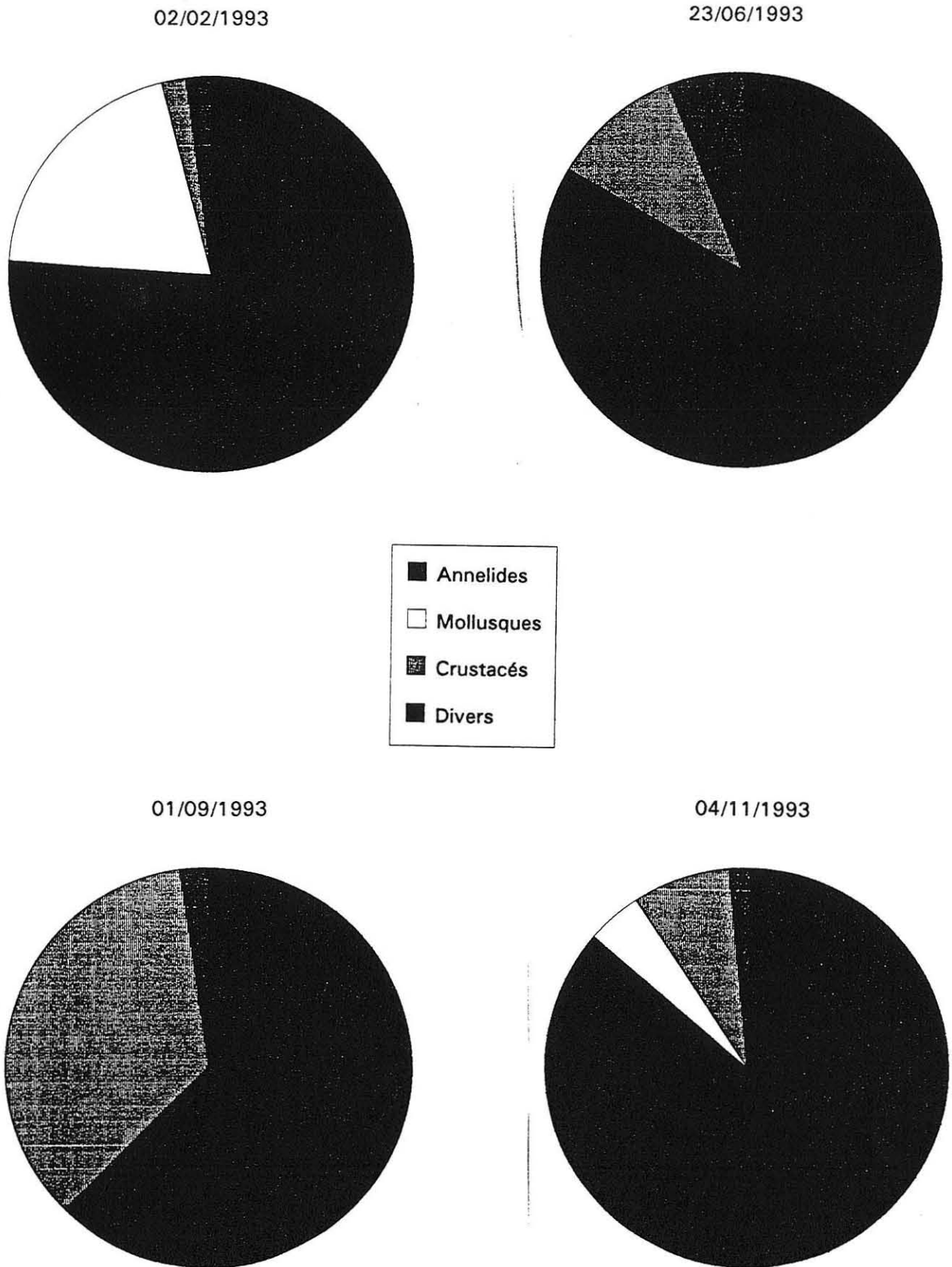


Fig 8-4 : Station C, importance relative des différents groupes zoologiques (densités)

une quasi disparition des espèces vasicoles de la station B, *Ensis directus* occupant la place laissée vacante et s'accommodant parfaitement des nouvelles conditions sédimentologiques.

En 1992, le peuplement tend à revenir vers la normale tout au moins en ce qui concerne le cortège spécifique, les recrutements ont l'air efficaces mais ne semblent pas se maintenir jusqu'à l'hiver suivant. La présence de *Ensis directus* occasionne une augmentation considérable de la biomasse qui atteint la valeur de 270 g/m².

En 1993, la population d'*Ensis directus* subit une mortalité considérable, cette mortalité se vérifie aussi bien dans l'aire de répartition de cette espèce dans la zone d'étude mais aussi sur les populations qui s'étaient implantées en bas niveaux des estrans. Les populations des eaux belges et néerlandaises de cette espèce subissent également cette mortalité, la seule différence étant que cette mortalité affecte plusieurs cohortes d'âges différents. A Gravelines du fait de l'arrivée récente de cette espèce une seule cohorte est présente. Ceci montre que la mortalité ne concerne pas uniquement la cohorte qui arrive à maturité reproductive mais aussi les cohortes précédentes et suivantes. Il faut toutefois signaler qu'une population établie à proximité semble être épargnée par cette mortalité, il s'agit de la population établie dans l'avant port ouest de Dunkerque.

Le prélèvement réalisé en juin montre l'effet du recrutement. Les espèces classiques du peuplement à *Abra alba* ont toutes recruté: *Lanice conchilega* (976 ind/m²), *Eumida sanguinea* (465/m²), *Spiophanes bombyx* (391/m²), *Anaitides mucosa* (214/m²), *Scoloplos armiger* (135/m²), *Abra alba* (78/m²) et *Eunereis longissima* (46/m²). La population d'*Ensis directus* reste encore à un niveau important (100/m²).

Les prélèvements suivants montrent une lente érosion des différentes populations, pas une ne semble pouvoir se maintenir sur place. La seule espèce qui semble résister est *Goniadella bobretzkii*, espèce sabulicole. Tout se passe donc comme si les populations larvaires se déposaient normalement sur la station mais ne pouvaient se maintenir, sans doute pour des raisons de disponibilité alimentaire. Il faut signaler que les espèces qui ont recruté à la station B ont aussi recruté à la station suivie parallèlement.

La biomasse n'atteint pas, bien évidemment, les niveaux enregistrés en 1992, mais à la faveur du recrutement de juin, elle atteint 27,8 g/m².

Les prélèvements effectués à la station B montrent que malgré l'altération profonde de la structure granulométrique de son sédiment, cette station possède toutes les potentialités pour revenir dans la norme dès que la teneur en fines restera constante au cours d'un cycle annuel.

2-2- Station C

La station C avait présenté en octobre 1992 un aspect atypique, très semblable de ce que peut être le peuplement à *Abra alba* non impacté. La densité de *Ensis directus* notamment était très forte (près de 1600 ind/m²). En 1993 cette situation ne se représente pas, tout au plus en février le prélèvement révèle-t-il la présence de 11 *Ensis directus* par m². Les trois autres prélèvements sont tout à fait représentatifs de ce que l'on sait être l'impact de la centrale sur le peuplement à *Abra alba*. Les prélèvements sont dominés par *Nephtys cirrosa* remarquablement stable au niveau de la densité au cours de cette année. *Nerine cirratulus*, représenté par des individus de petite taille tout au long de l'année, semble peut-être présenter des périodes de

	02/02/1993	23/06/1993	01/09/1993	04/11/1993
Edwardsia sp		4		
Cerebratulus sp		4		
Nemertes sp		5		13
Harmothoe lunulata		1		
Anaitides mucosa		214		20
Eumida sanguinea		465	34	17
Eunereis longissima		46		1
Nephtys ciliata	1			
Nephtys cirrosa	26	3	1	
Nephtys hombergii		6	1	1
Nephtys longosetosa		3	4	14
Glycera alba			1	
Goniadella bobretzkii	1	7		42
Scoloplos armiger	2	135	3	9
Spio martinensis		6	2	
Spiophanes bombyx		391	13	6
Aonides paucibranchiata			1	
Polydora pulchra		2		
Magelona mirabilis		11		
Caullierela alata		2		2
Capitomastus minimus				1
Capitella capitata			1	1
Notomastus latericeus		4	5	11
Flabelligera affinis		33		
Owenia fusiformis				3
Lanice conchilega		976	31	30
Pectinaria koreni		76	14	2
Nassarius reticulatus	1	12	4	
Chlamys opercularis			1	
Mysella bidentata		1		
Macoma balthica	1		1	
Abra alba		78	16	21
Ensis directus	15	100	50	10
Mya truncata				1
Diastylis bradyi		1		1
Cumopsis longipes		1		
Orchomene nana		1		
Leucothoe incisa		1		
Atylus swammerdami		2		
Pontocrates altamarinus				1
Urothoe poseidonis		1		
Pariambus typicus		2		
Liocarcinus holsatus		14	3	
Ophiura albida		1		
TOTAL	47	2609	186	207

Tableau 8-2: Station B, Résultats bruts (Nombre d'individus par m²)

	02/02/1993	23/06/1993	01/09/1993	04/11/1993
Némertes		4	1	1
Sigalion mathildae	1			
Eumida sanguinea		2		
Eunereis longissima		1	1	
Nephtys cirrosa	34	39	37	39
Nephtys longosetosa	1			1
Lumbrineris fragilis		2		
Nerine cirratulus	3	1	22	14
Spio martinensis	3	13	4	2
Spiophanes bombyx		8		
Lanice conchilega		4		
Ensis directus	11			3
Gastrosaccus spinifer	1			
Diastylis bradyi		1		
Eurydice pulchra			1	
Pontocrates altamarinus			11	
Haustorius arenarius			1	
Bathyporeia elegans			5	1
Urothoe elegans		6	14	1
Portumnus latipes		2	4	3
Echinocardium cordatum	1			
Hyperoplus lanceolatus		1	1	
TOTAL	55	84	102	65

Tableau 8-3 : Station C, Résultats bruts (nombre d'individus par m²)

	02/02/1993	23/06/1993	01/09/1993	04/11/1993
<i>Nephtys ciliata</i>	546,3			
<i>Lanice conchilega</i>		10660	302,9	105,9
<i>Notomastus latericeus</i>			37,6	
<i>Nassarius reticulatus</i>	366,2	1938,3		
<i>Ensis directus</i>	5483,9	11961,3	1625,5	1056,3
<i>Abra alba</i>		161,8	348,9	64,3
Divers	503,5	3063,5	100,9	417,9
Biomasse totale	6899,9	27784,9	2415,8	1644,4

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

	02/02/1993	23/06/1993	01/09/1993	04/11/1993
<i>Nephtys cirrosa</i>	171,1	264,7	270,8	341,7
<i>Lumbrineris fragilis</i>		201,7		
<i>Ensis directus</i>	1695,6			114,2
<i>Portumnus latipes</i>		78,5	128,4	117,9
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>			203,8	
Divers	453,9	55,2	50,1	74,2
Biomasse totale	2320,6	600,1	653,1	648

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

reproduction surnuméraires, quand on sait que sa période de reproduction est en juin dans la région.

La biomasse reste à un niveau normalement faible pour cette station (0,6 g/m²). Seul le prélèvement de février montre une valeur supérieure du fait de la présence de *Ensis directus*.

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

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

3-1- Etude de la population d'*Abra alba*

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

En 1991, la population s'était replacée à un niveau très élevé quand l'altération sédimentologique et l'explosion de la population de couteaux ont complètement fait disparaître cette espèce.

En 1992, grâce à un réenvasement progressif (qui ne s'est pas maintenu par la suite) et à la faveur d'un bon recrutement la population semblait pouvoir se rétablir. Nous signalions dans le précédent rapport que la diminution de la teneur en fines observée en décembre 1992 n'avait pas permis le maintien de la population d'*Abra alba*.

En 1993, on peut s'apercevoir que les conditions ne sont pas encore adéquates pour que la population d'*Abra alba* puisse se maintenir d'une façon durable. A la faveur de migrations passives (la taille moyenne des individus est de 7,2mm à l'époque) la densité maximale est de 78/m² en juin puis elle décroît autour de 20/m² pendant l'automne et l'hiver.

3-2- Etude de la population de *Tellina fabula*

Nous signalions dans notre précédent rapport que du fait des aptitudes colonisatrices moindres de *Tellina fabula* par rapport à *Abra alba* la recolonisation semblait être moins efficace et mettre en jeu également plus les migrations passives que le recrutement.

En 1993 ce que nous avons dit se trouve confirmé de la façon la plus nette, aucun individu de *Tellina fabula* n'a été récolté à la station B.

CONCLUSION

L'étude 1993 a montré que la station B était durablement altérée par les modifications sédimentologiques mais que, dans la mesure où cette altération ne touche en fait qu'une zone de 0,4 km² autour de la station B, il est fort probable que la situation redevienne normale à plus ou moins brève échéance. Le succès du recrutement en juin semble le démontrer.

La station C n'a pas évolué pendant cette année d'étude.

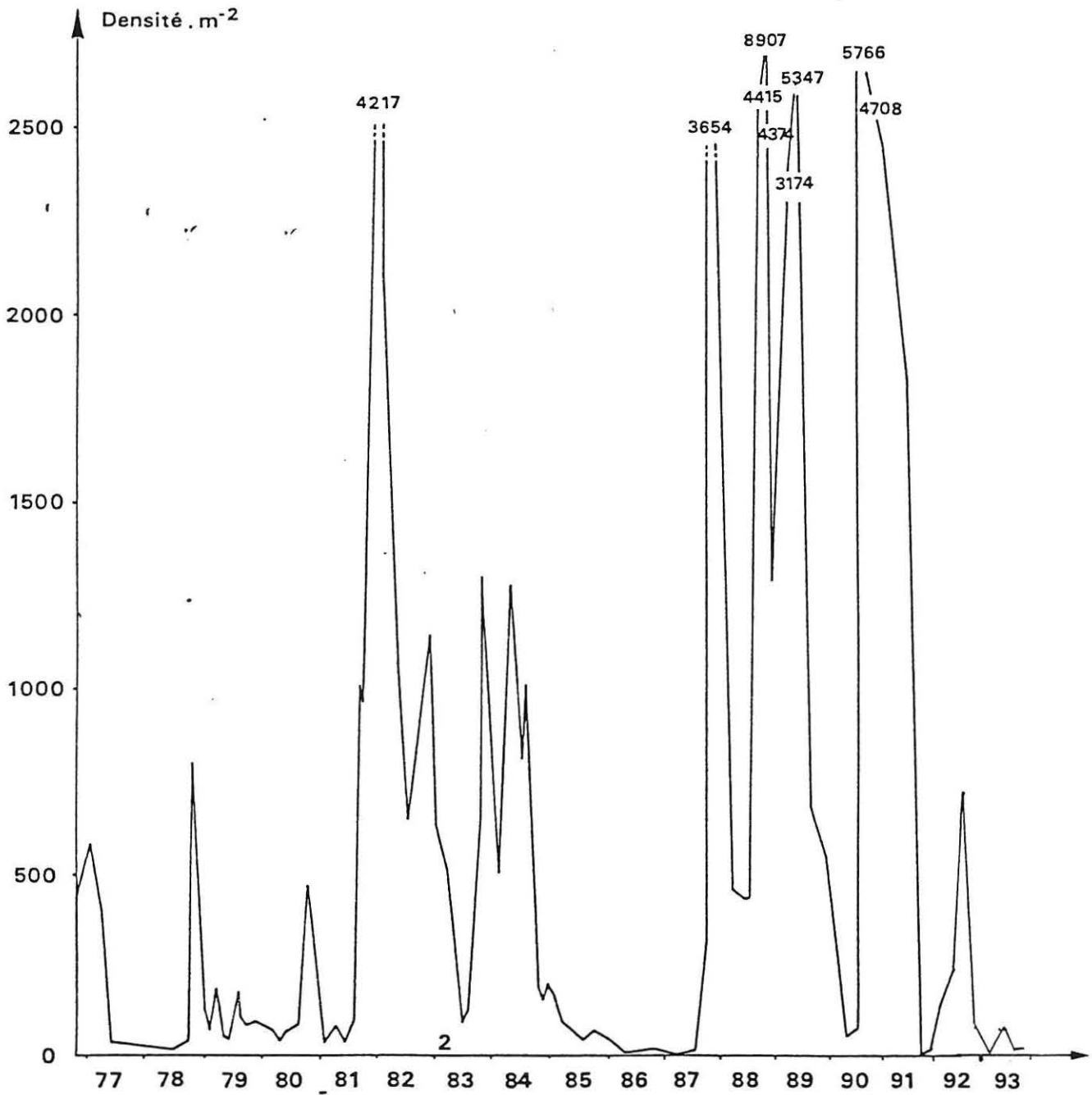


Fig 8-5 : *Abra alba*, variation de la densité de population

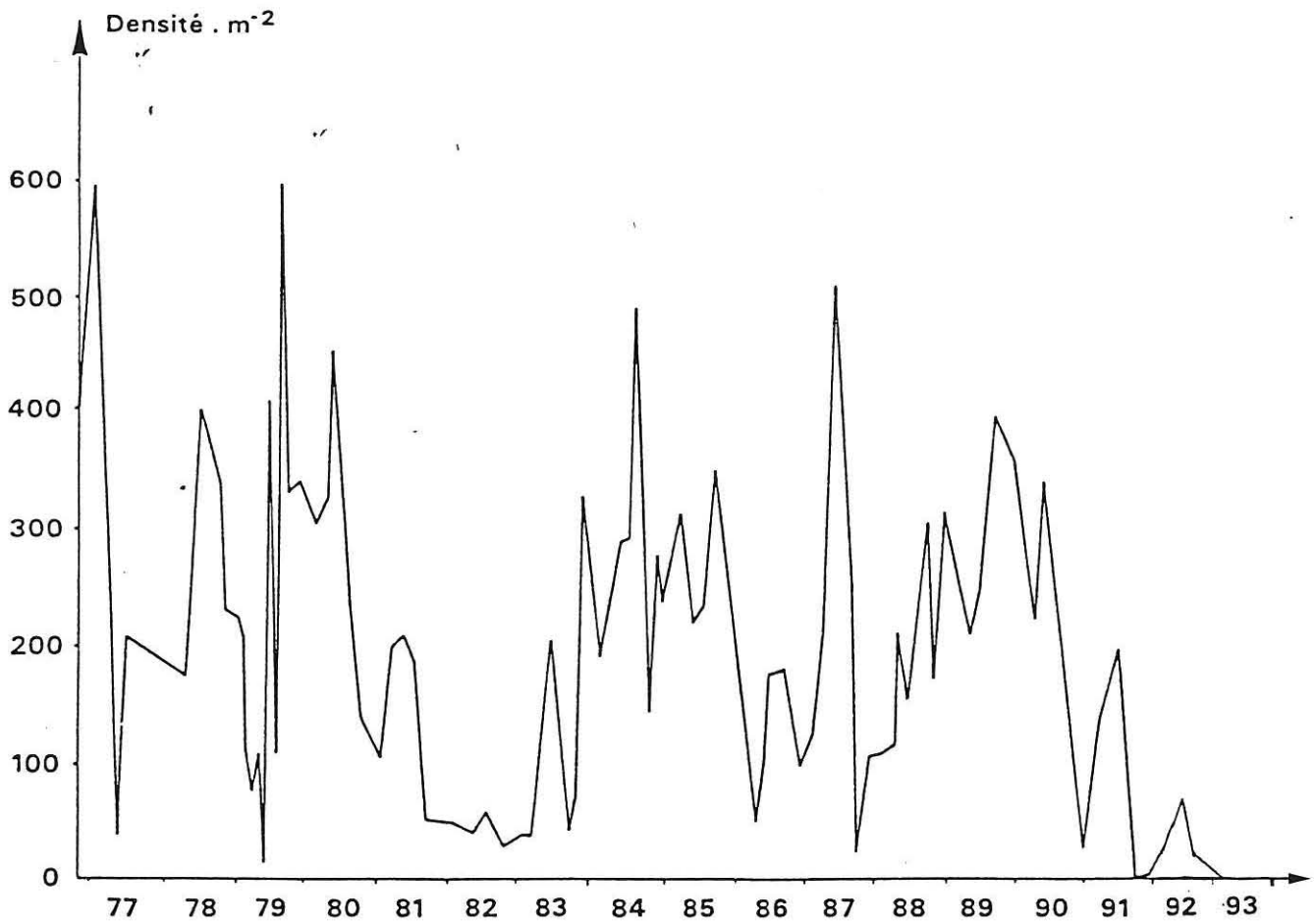


Fig 8-6 : *Tellina fabula*, variation de la densité de population

Enfin, il est à signaler que malgré l'altération profonde qu'a subie le peuplement établi à la station B, sa biomasse demeure quand même très nettement supérieure à celle de la station C, avec par exemple un déficit de 27 g/m² en juin 1993.

RESUME

Surveillance de Gravelines Novembre 1992 - Octobre 1993

L'année 1992-1993 se distingue des périodes précédentes par un hiver peu rigoureux et, surtout, par un été humide et venteux.

La quantité moyenne hebdomadaire d'électricité produite pour la période est de 618 MW.h, soit l'équivalent de quatre tranches, pour un débit moyen calculé de 204 m³/s, soit l'équivalent du débit de pompage de 5 tranches. Sur cette base de calcul, l'augmentation moyenne de la température de l'eau au rejet est de 8.65°C. Cette valeur est plus faible que celle de la période précédente 1991-1992 (9.44°C).

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 (3 %). 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 (200 fois en moyenne annuelle).

La grande diversité des espèces de vibrions mise en évidence lors des périodes d'étude précédentes est pleinement confirmée en 1993. 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 67 % des vibrions. 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. *Vibrio cholerae* Nag (non agglutinable) régulièrement isolé à Gravelines est l'espèce majoritaire dans le rejet aquacole.

La mesure des teneurs en chlorophylle aux quatre stations montre l'impact de la centrale sur le phytoplancton. Elle fait apparaître un déficit des teneurs du canal de rejet par rapport au canal d'amenée de 25 % au printemps et de 40 % à l'automne. Elle révèle qu'une grande partie des cellules phytoplanctoniques est détruite lors du passage des masses d'eau à travers la centrale. Le pourcentage de chlorophylle non dégradée montre que le déficit est plus rapidement comblé au printemps qu'en automne.

Les biomasses zooplanctoniques présentent des valeurs plus élevées qu'en 1992 avec deux pics les 30 juin et 19 août qui atteignent 500 mg.m⁻³. Les pourcentages de carbone varient de 10 à 30 % du poids sec et les pourcentages d'azote de 3 à 8 %. Le maximum de Noctiluques se situe fin juin avec 10⁵ cellules m⁻³. Le zooplancton présente des densités d'espèces normales sur le site, l'impact de transit est détectable à l'automne sur les organismes à structure molle, Noctiluques, Cténaïres, Chaetognathes et Appendiculaires.

La ponte de la sole et celle du sprat sont précoces en 1993, c'est la conséquence d'un climat hivernal et printanier doux. Le maximum d'abondance des oeufs se situe en avril.

On note une importante influence de la dessalure sur les peuplements benthiques intertidaux. La réapparition d'espèces euryhalines (*Enoplus brevis*, Oligochètes *Enchytraeidae*, *Ophelia rathkei* ...) et les augmentations de la densité des populations de *Corophium arenarium* et de *Hydrobia ulvae* semblent le montrer. Les zones colonisées par les populations de spionidiens sont à nouveau bien tranchées et les densités des populations de *Spio martinensis* et de *Pygospio elegans* augmentent fortement. La biomasse globale de l'estran chute de manière importante (- 50 %, 1.82 g/m² en 1993 contre 3.77 en 1992). Cette chute est due en fait à la disparition d'*Ensis directus* des bas niveaux et à l'absence de *Cerastoderma edule* de la station F.

L'altération sédimentologique de la station B subtidale est encore évidente, elle reste localisée immédiatement autour de cette station. La teneur en pélites est à peine inférieure à la valeur minimale permettant l'installation d'un peuplement à *Abra alba* dense (2 %), sauf en novembre où elle est très faible. La station B conserve à tout le moins la capacité de bénéficier des recrutements qui intéressent le peuplement (densité du peuplement en juin 1993 : 2609 ind./m², biomasse : 27.7 g/m²), mais les conditions ambiantes (granulométrie, ressource alimentaire) ne permettent pas le maintien des recrues. La population d'*Ensis directus* subit une mortalité très importante qui semble générale sur les côtes de la baie sud de la Mer du Nord. En conséquence, la biomasse chute d'une manière considérable, la valeur maximale en 1993 ne représente que le dixième de la valeur maximale de 1992. La station C ne présente aucune évolution particulière.