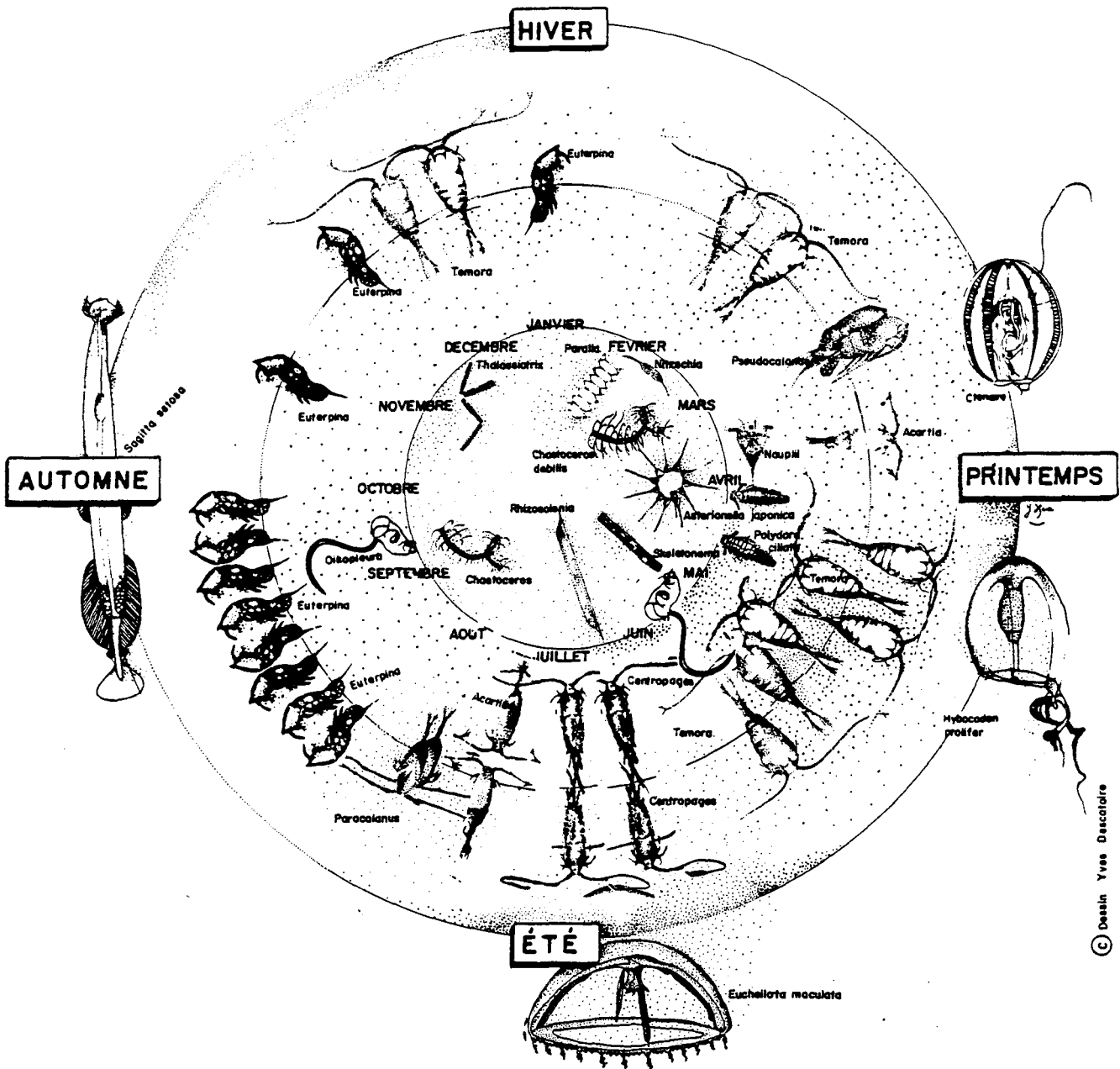


SITE de GRAVELINES

Novembre 1988 - Octobre 1989



© Dessin Yves Descatoire

IFREMER - Centre de Brest
Dépt. Environnement Littoral
B.P. 70 - 29280 PLOUZANE
Tél : 98.22.40.40
Fax : 98.22.45.48

DIRECTION ENVIRONNEMENT
ET RECHERCHES OCEANIQUES

DEPARTEMENT ENVIRONNEMENT LITTORAL

<u>AUTEUR(S)</u> : Climatologie - Hydrologie - Microbiologie : E. et R. DELESMONT ; Phytoplancton : H. GROSSEL ; Noc- tiluques et Zooplancton : G. LE FEVRE-LEHOERFF ; Halieu- tique : D. WOEHLING ; BENTHOS : J.M. DEWARUMEZ et D. MENU.		CODE : N° DRO - 90.12 - EL
<u>TITRE</u> SURVEILLANCE ECOLOGIQUE ET HALIEUTIQUE DU SITE DE GRAVELINES (Novembre 1988 - Octobre 1989).		Date : Avril 1990 Tirage nb : 60 ex.
CONTRAT (intitulé) N° 8C 90537		DIFFUSION Libre <input checked="" type="checkbox"/> Restreinte <input type="checkbox"/> Confidentielle <input type="checkbox"/>

RESUME

La stratégie d'étude modifiée en 1989 a pour but de cerner les impacts, par comparaison entre stations et choix d'espèces cibles. La puissance de fonctionnement de la centrale varie au cours de l'année de 4.5 à 6 tranches de 900 MW, le débit de refroidissement varie de 180 à 240 m³/sec. L'échauffement moyen du canal de rejet est de 8.9°C. L'eau recyclée est estimée à 5.4 %.

L'impact de transit se traduit par une multiplication intense des Vibrions, un déficit de biomasse chlorophyllienne (60 %), biomasse zooplanctonique (50 %), déficit dans l'abondance des oeufs (30 %) et larves (100 %) de soles.

L'impact sur le milieu récepteur est visible dans le compartiment bactérien et sur les espèces benthiques. Le déficit en biomasse benthique subtidale du peuplement à *Abra alba* est estimé à 100 g/m². Une évolution bionomique de la plage de Petit Fort Philippe est constatée.

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

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



Ifremer Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer

S O M M A I R E

I. Climatologie et fonctionnement de la centrale.....	3
Régis DELESMONT (1)	
II. Stratégie et présentation des campagnes pélagiques.....	9
Edith et Régis DELESMONT (1)	
III. Bactériologie et étude de la chloration.....	11
Edith et Régis DELESMONT (1)	
IV. Phytoplancton et production primaire.....	35
Hubert GROSSEL (2)	
V. Noctiluques et zooplancton.....	45
Geneviève LE FEVRE-LEHOERFF (3)	
VI. Halieutique.....	63
Daniel WOEHLING (4)	
VII. Benthos intertidal.....	75
Jean-Marie DEWARUMEZ et Dominique MENU (5)	
VIII. Benthos subtidal.....	97
Jean-Marie DEWARUMEZ et Dominique MENU (5)	

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

(1) Institut Pasteur de Gravelines

(2) IFREMER Boulogne

(3) IFREMER Brest

(4) IFREMER Nantes

(5) Station Marine de Wimereux

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

Ce rapport de travail présente les résultats obtenus pour la période de novembre 1988 à octobre 1989 devant la centrale de Gravelines et correspond au 11ème rapport de surveillance.

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

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

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

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

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

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

C H A P I T R E 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 Détroit du Pas de Calais. Cette situation , alliée à la faible profondeur des eaux , a pour conséquence un hydrodynamisme important .

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

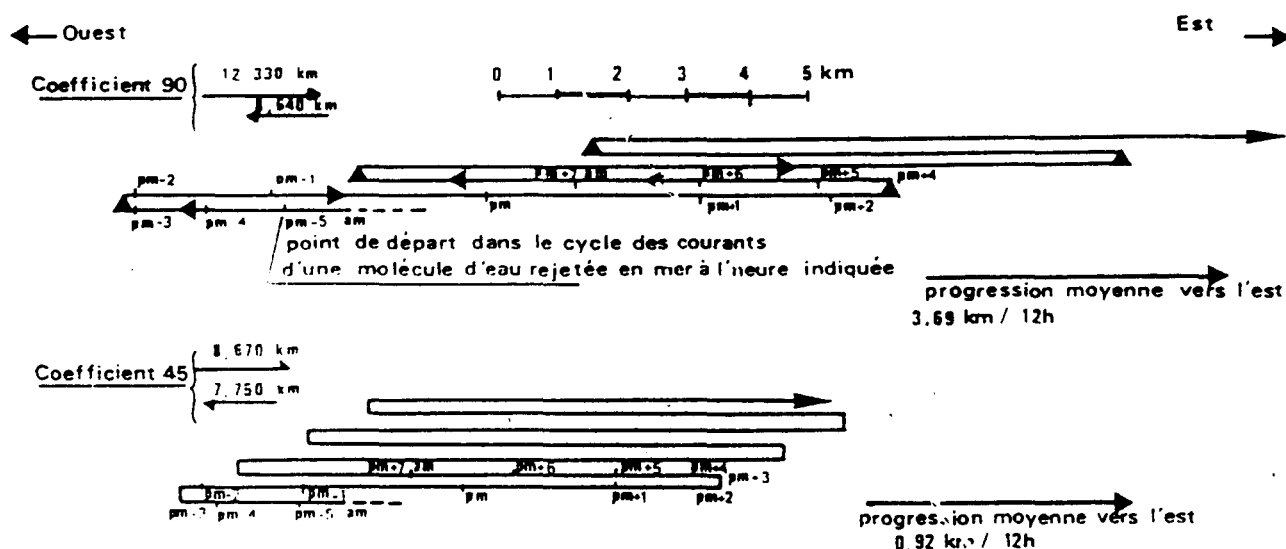
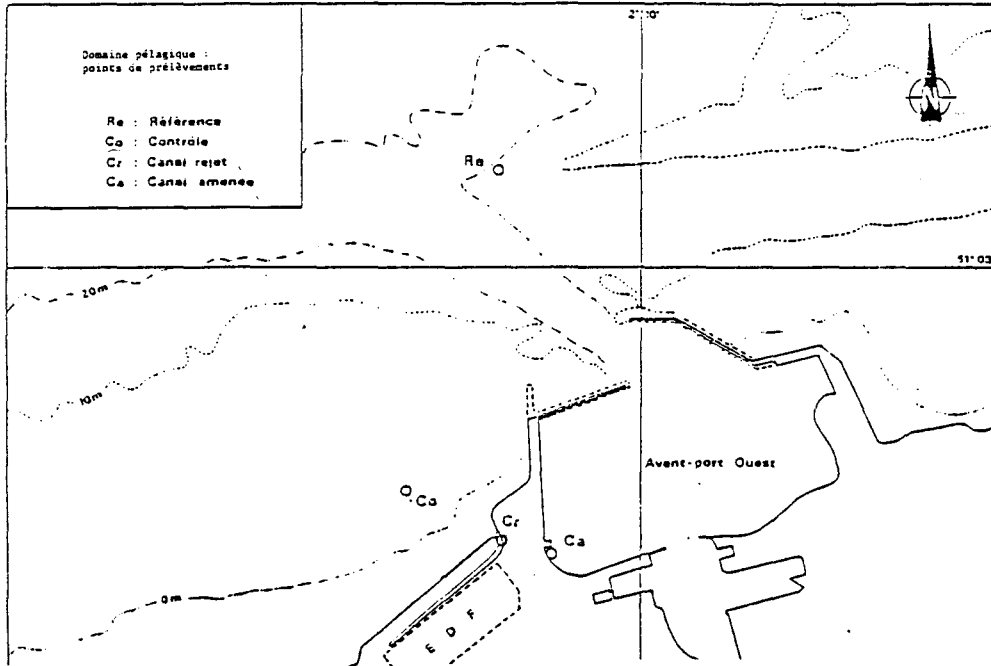


Fig 1.1. Schéma des courants devant Dunkerque

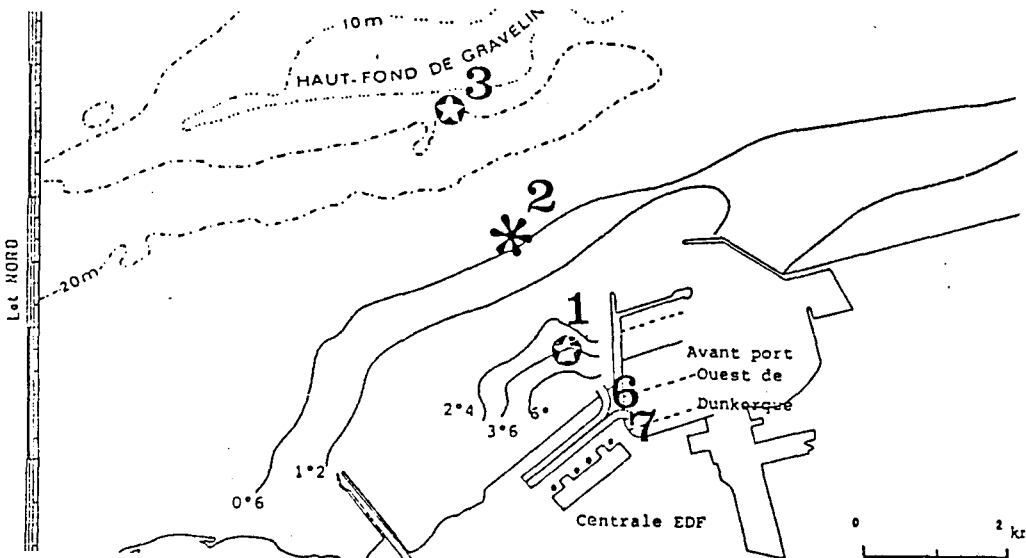
1.2. HYDROGRAPHIE

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

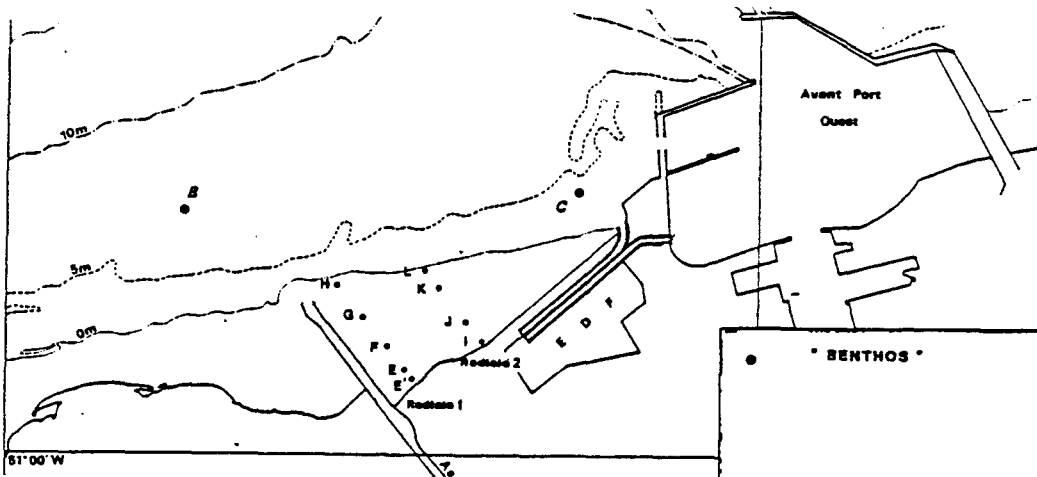
Débits moyens estimés :	Canal de Dunkerque	: 4,6 m ³ /s
	Fleuve Aa	: 7,5 m ³ /s
	Canaux de Calais	: 3,0 m ³ /s



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



b) Points Halieutique.



c) Points de prélèvements : Benthos intertidal et subtidal.

Fig. 1.2. Site de Gravelines.

1.3. CLIMATOLOGIE

L'année 1989 peut globalement être considérée comme exceptionnellement chaude et sèche .

Le premier trimestre a été particulièrement doux car la température de l'air la plus basse enregistrée à Dunkerque est de $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

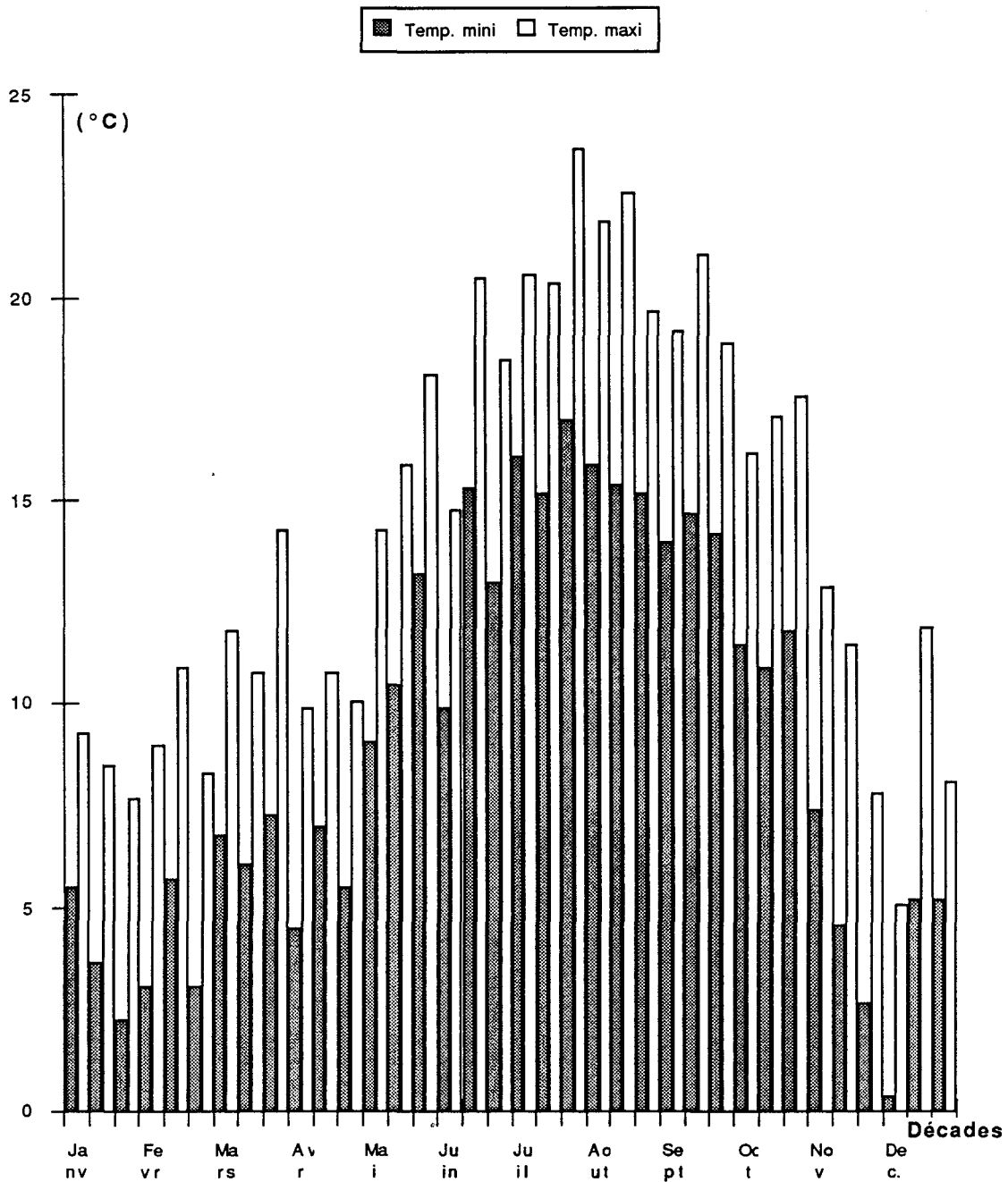


Fig.1.3. Température de l' air en 1989 à la station de Dunkerque

Les précipitations relevées à la station météorologique de Dunkerque ont été le plus souvent inférieures aux normales saisonnières. C'est principalement en janvier, mai-juin et août que les déficits les plus importants sont observés. Le mois d'avril se distingue par une pluviosité double de la normale.

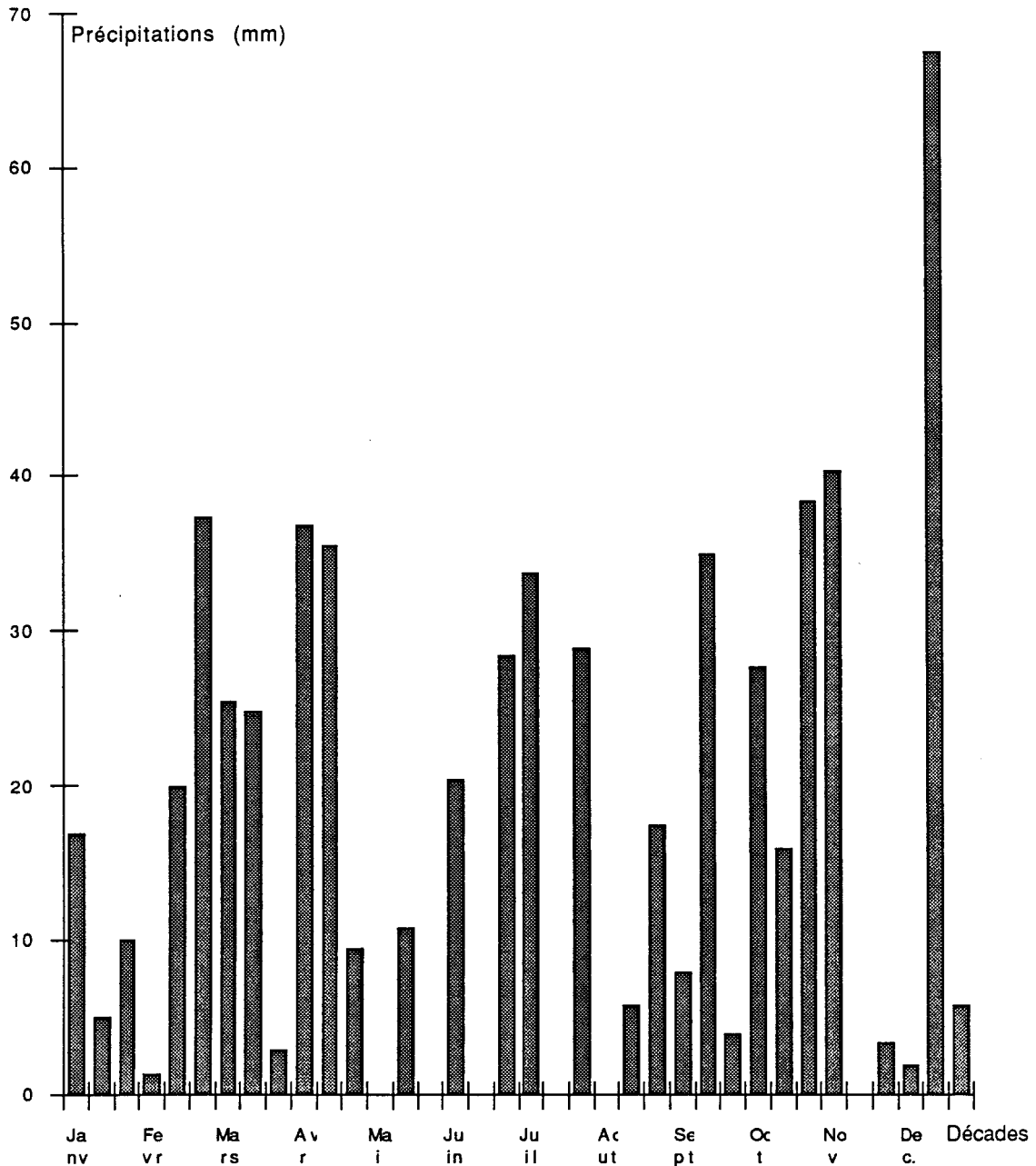


Fig.1.4. Précipitations en 1989 à la station de Dunkerque

1.4.FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

D'après les données communiquées par le Service Technique du C.P.N. de Gravelines, la puissance hebdomadaire produite par la centrale a varié en 1989 de 3 à 6 tranches de 900 MW.

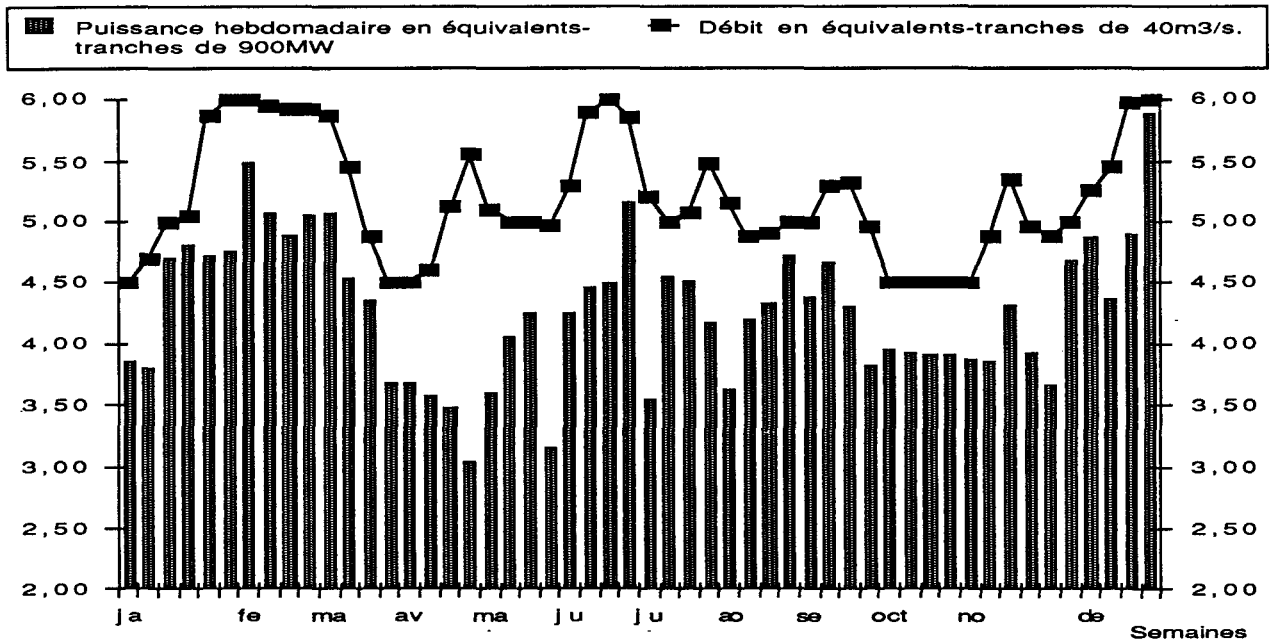


Fig.1.5. Fonctionnement de la centrale de Gravelines en 1989

Le débit de l'eau de mer utilisée comme réfrigérant a été compris entre 180 et 240 m³/s soit l'équivalent de 4.5 à 6 tranches de 900 MW .

On peut considérer en première approximation que pour 1 MW électrique produit par la centrale , 2 MW sont dissipés dans l'eau de mer de refroidissement . Un échauffement moyen du Canal de Rejet peut ainsi être calculé ; il est de 8,9 °C cette année soit légèrement supérieur aux valeurs des cycles d'études précédents (8,3 °C en 1987 ; 8,4 °C en 1988) .

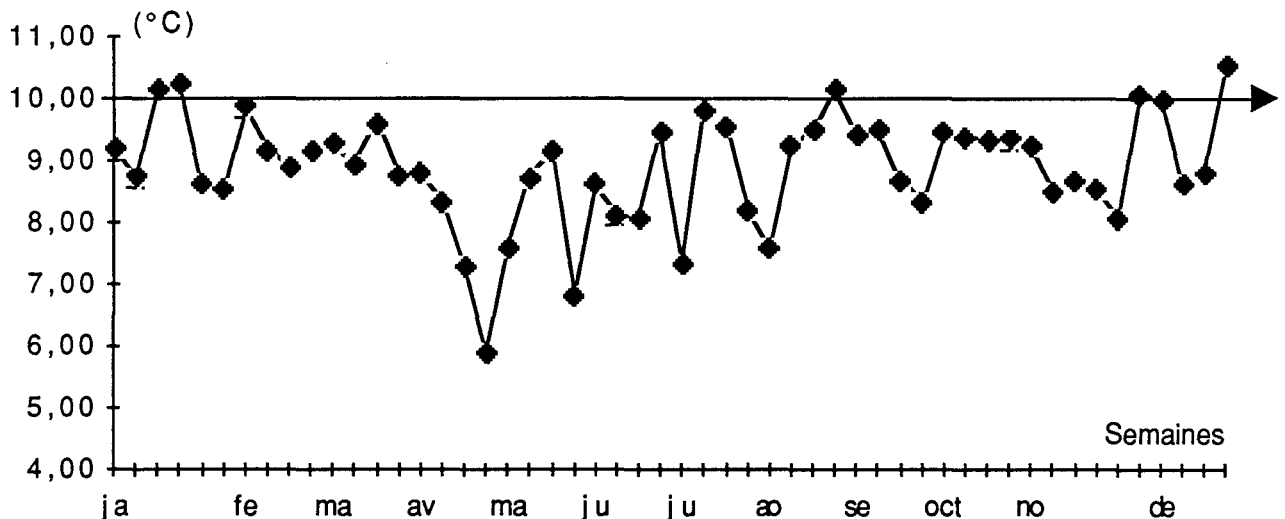


Fig.1.6. Echauffement calculé du canal de rejet

Quand la température de l'eau à la Prise atteint 10 °C , une chloration à la dose de 0,8 mg/l est réalisée afin de limiter les développements biologiques (essentiellement moules et balanes) dans les circuits de refroidissement .

C H A P I T R E I I

STRATEGIE ET PRESENTATION DES CAMPAGNES PELAGIQUES

Edith et Régis DELESMONT

2.1. STRATEGIE D' ECHANTILLONNAGE

Une nouvelle stratégie d'échantillonnage est en place depuis cette année dans le domaine pélagique .

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

A terre, des prélèvements hebdomadaires sont réalisés aux stations Prise et Rejet. Ils concernent la bactériologie (vibrions), la chloration (et à certaines périodes, le phytoplancton et le zooplancton à la Prise).

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

Tab.2.1. Stratégie d'analyse au point Prise

2.2. CAMPAGNES PELAGIQUES

2.2.1. Calendrier des campagnes

Date	Pleine mer (T.U. + 2)	Coefficient	Heures de prélèvement (T.U. + 2)			
			Prise	Rejet	Contrôle	Référence
30/6/1989	11 h 05	64	09 h 45	10 h 05	09 h 00 - 09 h 30	10 h 00 - 10 h 30
7/9/1989	05 h 17	56	11 h 15	12 h 00	11 h 35 - 12 h 00	12 h 10 - 12 h 40

Tab.2.2. Calendrier des campagnes

2.2.2. Fonctionnement de la Centrale lors des campagnes

Campagne	Jours	Puissance (MW)	Débit (m ³ /s)	Chloration
30/6/1989	29/06	4200 puis montée à 5200	240	100% du débit
	30/06	5100 à 5200	240	100% du débit
7/9/1989	06/09	4200	200 puis 220 à partir de 19h	80% puis 73% du débit
	07/09	4200	220	73% à partir de 10h , 91%

Tab.2.3. Fonctionnement de la centrale lors des campagnes

2.2.3. Profils thermiques

Comme lors des campagnes précédentes une stratification thermique verticale est observée dans la zone de contrôle impactée. Les eaux du fond (-5 à -9 m) ne sont pas concernées par le panache thermique .

Un front thermique existe également et le mélange des eaux échauffées se fait sur une distance de quelques mètres seulement .Au point Contrôle, il n'existe pratiquement pas d'eau avec $\Delta T = +3$ à $+4^{\circ}\text{C}$, aussi les prélèvements réalisés dans le panache le sont à $+5$ à $+8^{\circ}\text{C}$.

En juin, le point Référence semble légèrement impacté ($+0,8^{\circ}\text{C}$) de la subsurface à une profondeur de 4 mètres environ .

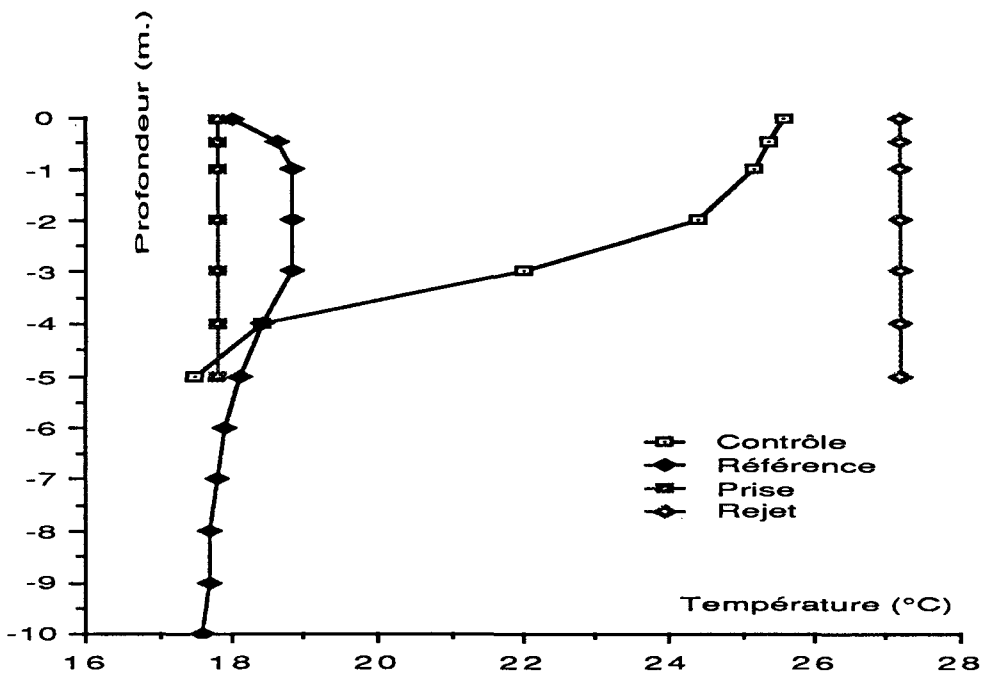


FIG.2.1. 30/06/1989 -Profils thermiques

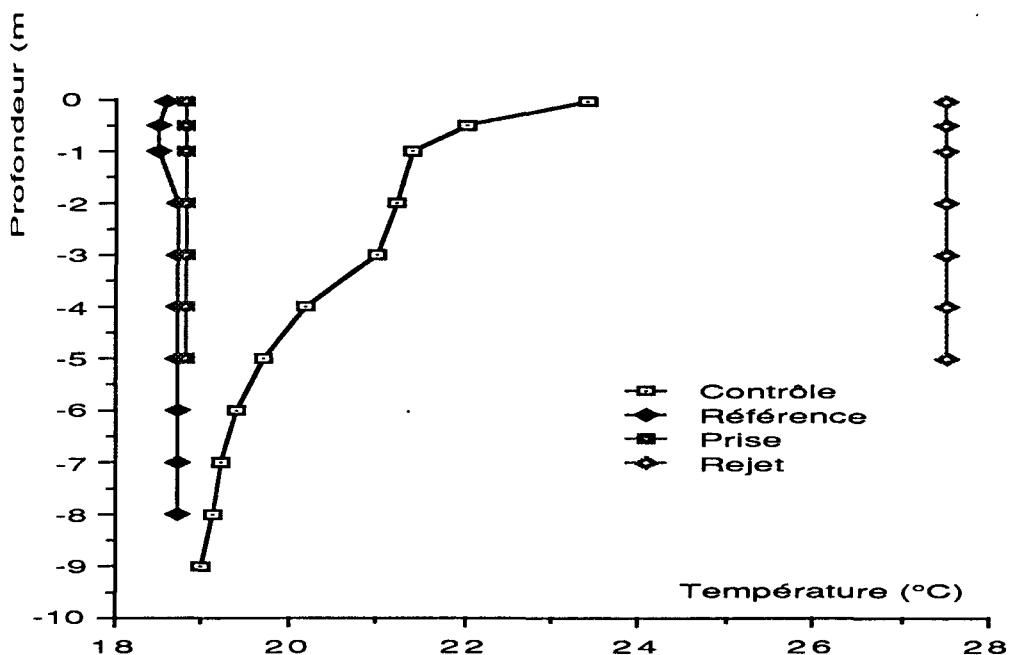


FIG. 2.2. 07/09/1989 - Profils thermiques

C H A P I T R E I I I

BACTERIOLOGIE ET ETUDE DE LA CHLORATION

Edith et Régis DELESMONT

3.1. HYDROLOGIE

Conséquence directe de la clémence du climat , des températures particulièrement élevées ont été relevées à la Prise d'eau .

De janvier à mars , période habituelle du minimum thermique , la température de l'eau a toujours été supérieure à 8°C (1.8 °C en 1987 ; 4.8 °C en 1988). Le maximum thermique est relevé le 24 juillet avec 21,1 °C soit près de 1 °C au dessus du maximum de l'été 1976.

Le transit dans la centrale se traduit par une élévation moyenne de 7.7 °C sur

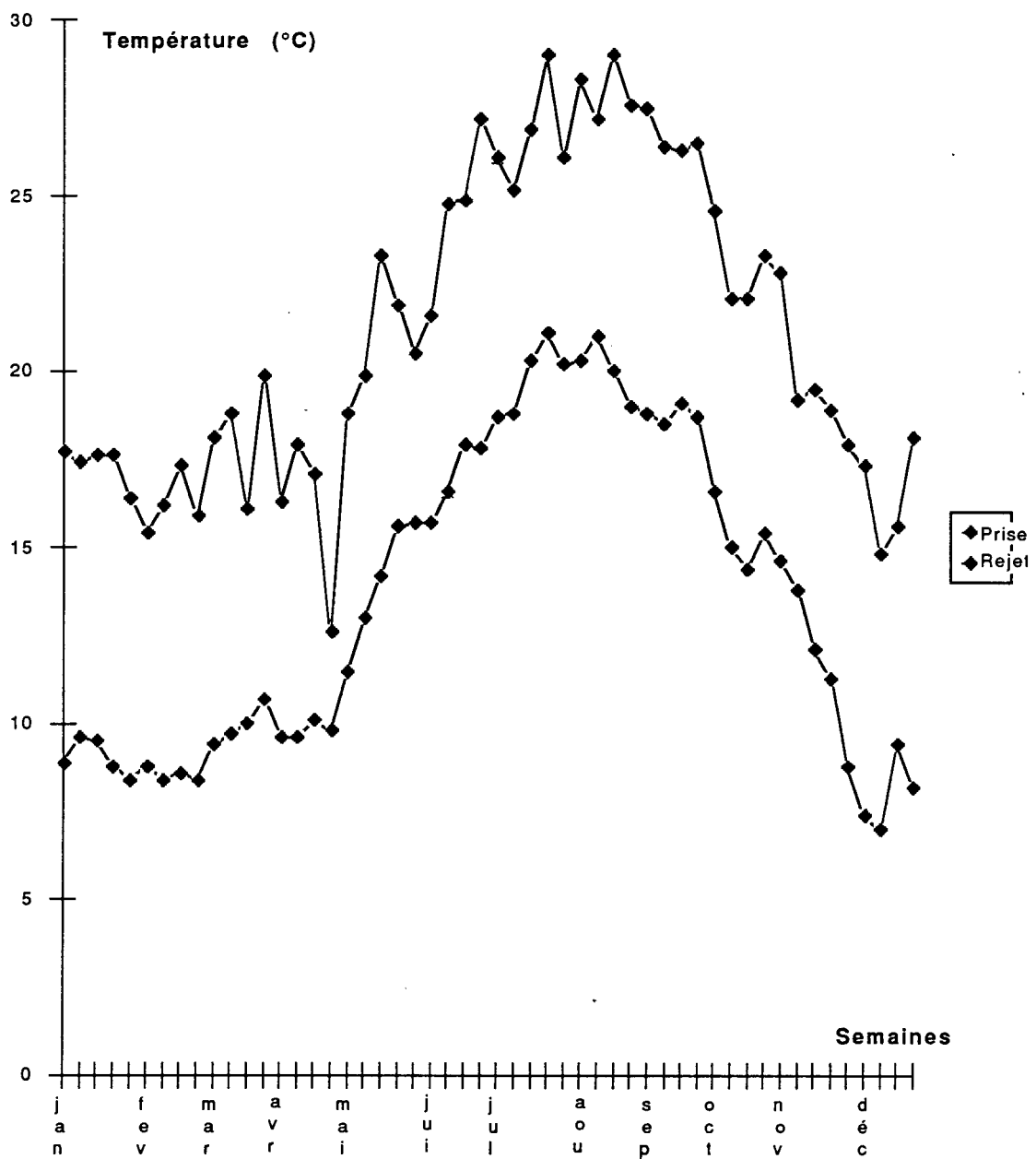


Fig.3.1. Température de l'eau aux points Prise et Rejet

la base des mesures hebdomadaires réalisées ; cette valeur est plus faible que les 8.9 °C calculés d'après le fonctionnement de la centrale. Les études précédentes ont cependant montré que les pertes thermiques dans le canal de rejet étaient négligeables.

La température maximale relevée est de 29 °C à deux reprises en juillet et en août 1989.

3.2. CHLORATION

La chloration du circuit de refroidissement de la centrale est réalisée par injection d'une solution d'hypochlorite de sodium préparée par électrolyse de l'eau de mer. La dose de chlore injectée est égale à 0.8 mg/l.

Le chlore injecté réagit très rapidement avec les bromures de l'eau de mer pour former du brome. La consommation de l'oxydant est rapide (taux d'oxydant résiduel au Rejet inférieur à 0.1 mg/L en général) ; elle conduit pour partie à la formation d'haloformes (composés volatils, mais stables).

L'haloforme le plus abondant est le bromoforme (CHBr_3) : il représente cette année 97% en masse des produits dosés. Quand les doses de bromoforme sont suffisamment grandes, deux autres composés sont mis en évidence : le chlorodibromométhane (CHClBr_2) et le dichlorobromométhane (CHCl_2Br) :

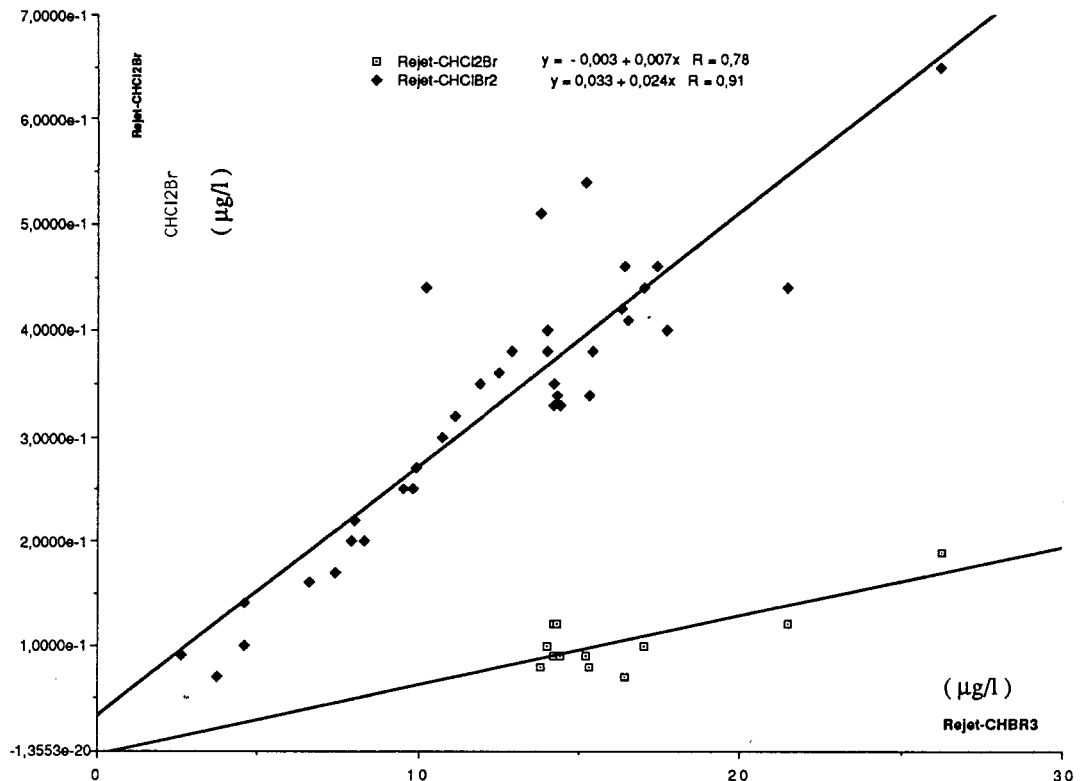


Fig.3.2. Relation entre les espèces d'haloformes au Rejet

En 1989 , la chloration a été réalisée pendant les huit mois où la température de l'eau à la Prise a été au moins égale à 10 °C .Le bromoforme dosé au Rejet permet de la mettre en évidence bien mieux que ne le permettent les dosages de chlore résiduel . En période de chloration , la dose moyenne de bromoforme au Rejet est de 17,9 µg/l ;elle est de 0,96 µg/l à la Prise .Quand le bromoforme est dosable à la Prise, il est possible de calculer quelle fraction de l'eau passée dans la centrale y entre une seconde fois (5,4 % en 1989) .

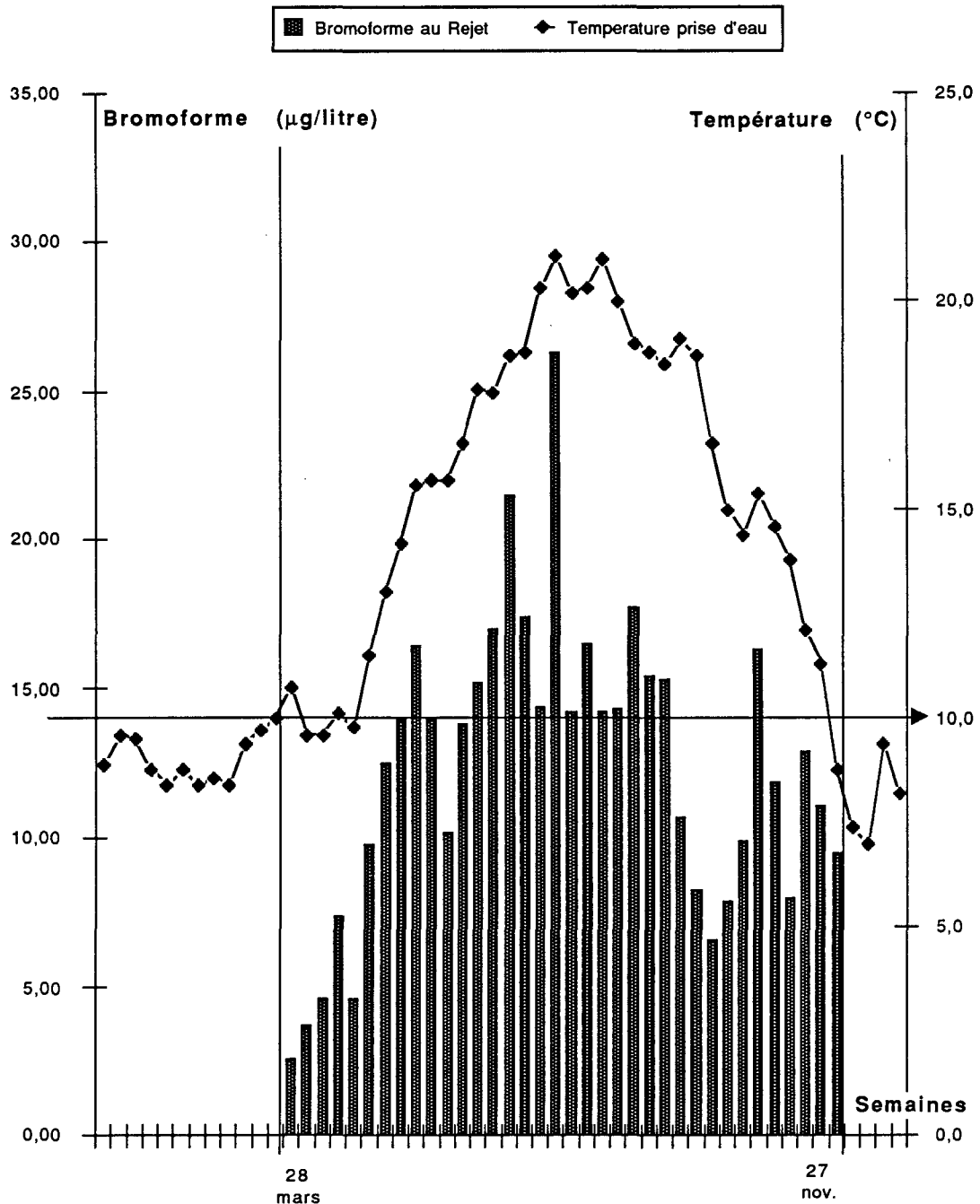


Fig. 3.3. Chloration en fonction de la température à la prise d'eau

3.2. BACTERIOLOGIE

Cette année, les études bactériologiques ont porté sur une seule catégorie de bactéries, les vibrions, dont les études précédentes ont montré qu'ils étaient particulièrement sensibles aux modifications du milieu apportées par la centrale.

3.2.1. Vibrions - Généralités

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.

3.2.1.1. 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 vibrion cholérique.

C'est en 1950 que Fugino décrit une autre maladie due à un vibrion : 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 et de sous-espèces décrites est actuellement de 31. (l'édition 1984 du Bergey's Manual distingue 20 espèces).

3.2.1.2. Pouvoir pathogène

A : Envers l'homme :

Parmi les espèces principales, on peut citer :

- *V. cholerae* et son biotype *V. cholerae* El Tor, agents du cholera. Ces germes sont responsables d'épidémies.

- les formes de *Vibrio cholerae* non agglutinables par le sérum OM1, 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, méningoencéphalites et diarrhées pseudocholérique selon Kaper (1979) et Colwell (1977).

- *Vibrio parahaemolyticus* : Pour des raisons inconnues les souches découvertes en Europe et aux Etats-Unis ne semblent pas avoir actuellement un pouvoir pathogène 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 vibrion 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 semble 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 (tétrodotoxine 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.

B : Pour 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.

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 : *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, et *V. fluvialis*.

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 :

- qualité du milieu (salinité, température, matières en suspension, saturation gazeuse ...)
- conditions d'élevages (densité, alimentation ...)
- intégrité physique des poissons (blessures dues aux manipulations, cannibalisme, parois du bassin...)

3.2.2. Résultats 1989

3.2.2.1. Aspect quantitatif

Le transit dans la centrale se traduit, comme il a été observé les années précédentes, par une multiplication intense des vibrions: ils sont en moyenne, cette année, 80 fois plus nombreux au Rejet qu'à la Prise.

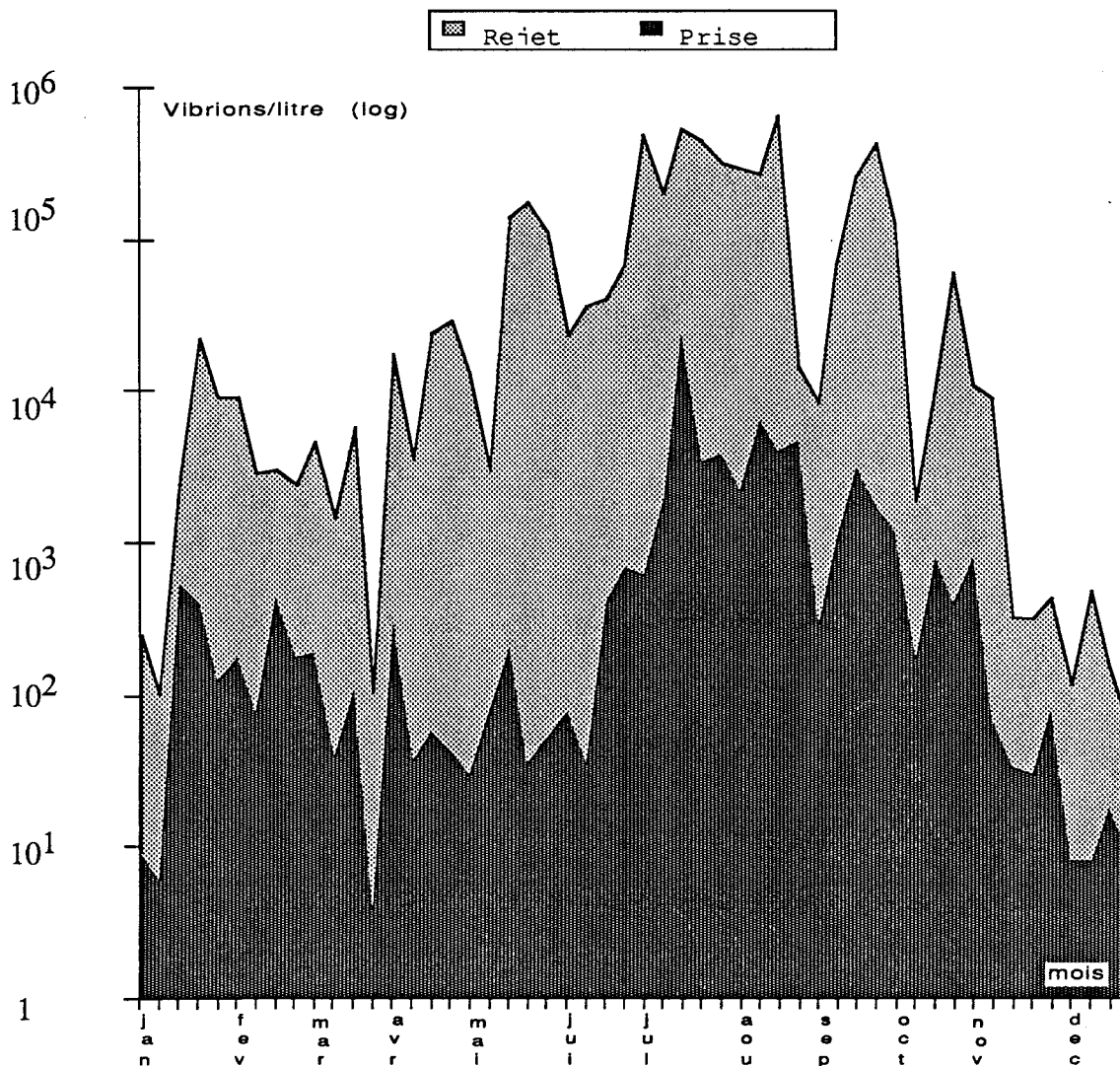


Fig.3.4. Dénombrement des vibrions halophiles à 37 °C (en log)

En raison de la douceur de l'hiver, des concentrations exceptionnellement fortes sont observées durant le premier semestre.

Bien que le niveau de la population estivale soit peu modifié, le nombre moyen de vibrions (moyenne logarithmique) est cette année plus élevé qu'en 1988 (24800 vibrions/litre contre 3000).

La température de l'eau est toujours un facteur important dans la concentration en vibrions comme en témoignent les relations:

Prise: $\log (\text{vibrions/litre}) = 0.149 T (^{\circ}\text{C}) + 0.271$ (r=0.75;52 valeurs)
 Rejet: $\log (\text{vibrions/litre}) = 0.393 T (^{\circ}\text{C}) - 4.293$ (r=0.66;52 valeurs)

3.2.2.2. Aspect qualitatif

Au départ des études réalisées à Gravelines sur les vibrions (1976-1980), une seule espèce était régulièrement isolée: *Vibrio alginolyticus*.

A partir de l'hiver 1984 - 1985 *V. parahaemolyticus* est isolé à plusieurs reprises dans le cadre de la surveillance écologique au point Digue en concentration parfois importante (103/litre). Ces mises en évidence sont essentiellement réalisées en saison froide (hiver 1984- 1985 et 1985-1986).

Depuis 1986, une diversité croissante des souches de vibrions isolées sur le site est observée. Cette diversité croissante a rendu nécessaire des modifications dans les techniques d'étude de ces bactéries et, actuellement, une dizaine d'espèces ont été recensées :

- | | |
|---------------------------|------------------------------|
| - <i>V. alginolyticus</i> | - <i>V. parahaemolyticus</i> |
| - <i>V. anguillarum</i> | - <i>V. cholerae</i> Nag |
| - <i>V. fluvialis</i> | - <i>V. harveyi</i> |
| - <i>V. metschnikovii</i> | - <i>V. mimicus</i> Nag |
| - <i>V. vulnificus</i> | |

La principale modification dans la technique de mise en évidence des vibrions dans le cadre de la surveillance de la centrale de Gravelines a été introduite cette année. Elle consiste à remplacer l'étape initiale d'enrichissement en milieu liquide par une filtration sur membrane. Cette modification permet de conserver la diversité initiale en vibrions tout en conservant une image acceptable sur le plan quantitatif (Rendement voisin de 90% d'après nos essais).

Cette méthode permet d'appréhender la diversité des populations de vibrions présentes au Rejet et à la Prise. Celle-ci est représentée dans les deux figures de la page suivante.

En dépit du très fort accroissement des populations par transit dans la centrale (80 fois en moyenne), la diversité est très semblable entre les deux points. Deux hypothèses peuvent être avancées pour expliciter ce phénomène:- toutes les espèces profitent pareillement du transit dans la centrale

- les vibrions présents à la prise d'eau proviennent principalement du rejet de la centrale en raison du recyclage partiel des eaux (cette hypothèse paraissant la plus probable).

Vibrio alginolyticus reste cependant majoritaire et représente 60 % environ des vibrions isolés.

Un petit nombre de vibrions (1 à 3 %) présente des caractéristiques ne permettant pas de les assimiler aux 9 espèces listées.

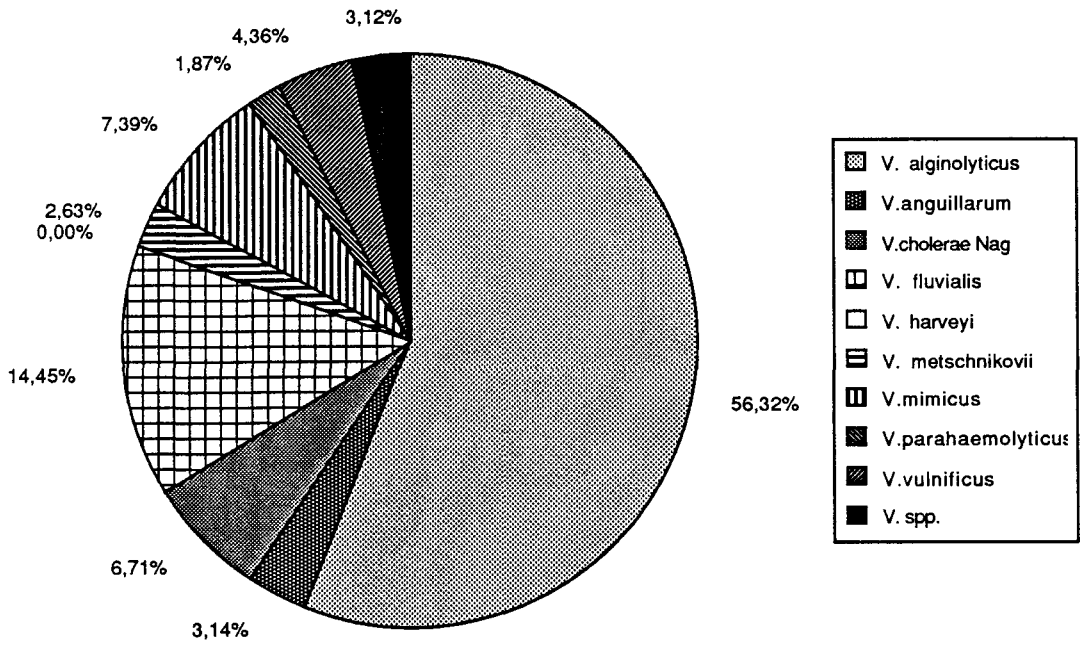


Fig.3.5. Pourcentage des diverses espèces de vibrions à la prise d'eau

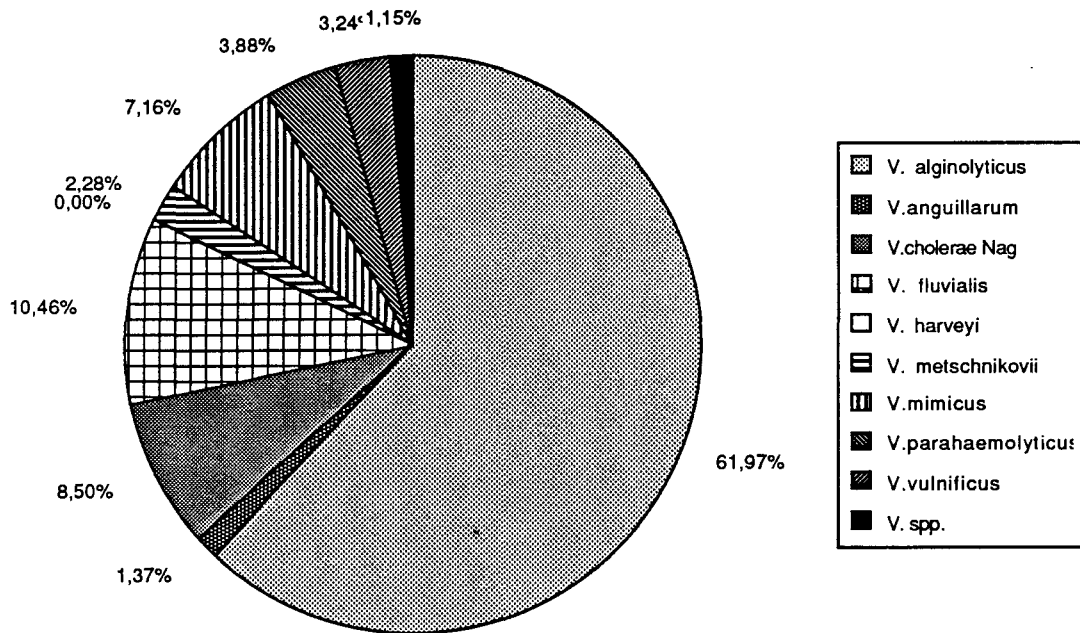


Fig.3.6. Pourcentage des diverses espèces de vibrions au rejet

Les figures suivantes permettent de visualiser la répartition temporelle des espèces de vibrions isolée en 1989 sur le site. *Vibrio anguillarum* est retrouvé à des périodes où *Vibrio alginolyticus* est peu abondant. Il en est de même pour *Vibrio vulnificus*. De telles indications ne sont que fragmentaires actuellement, elles pourront être précisées dans les études ultérieures quand un nombre plus important de résultats sera acquis.

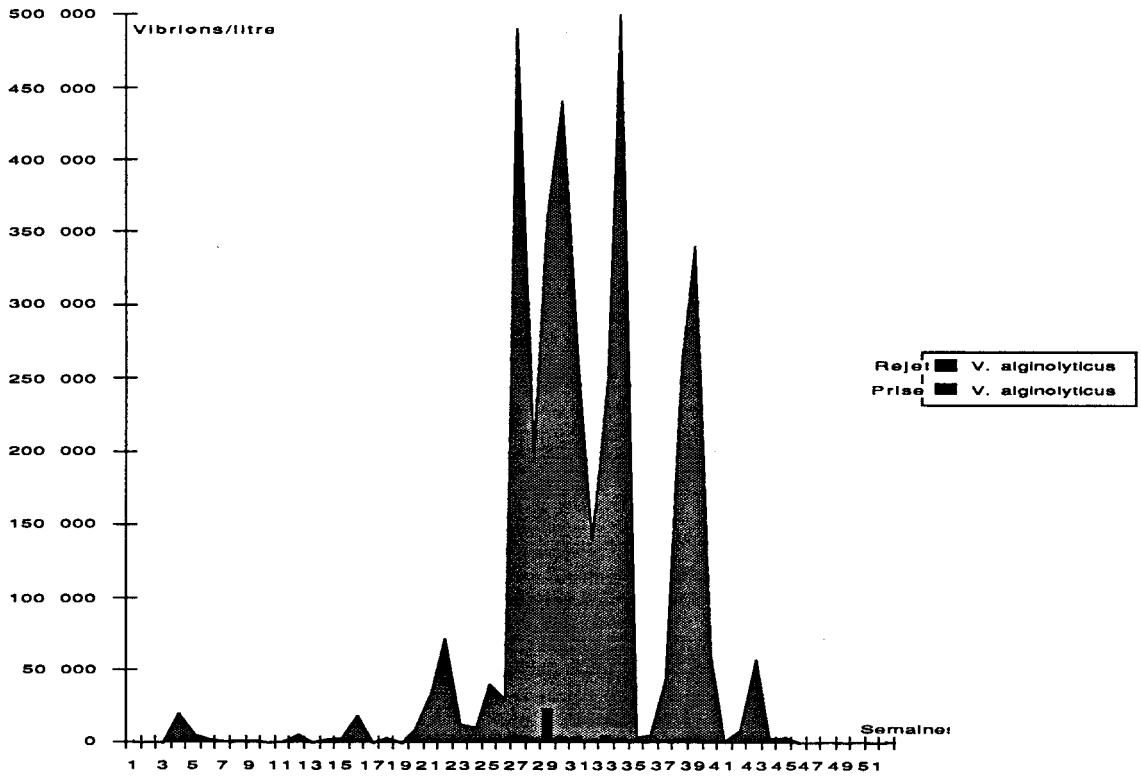


Fig.3.7.

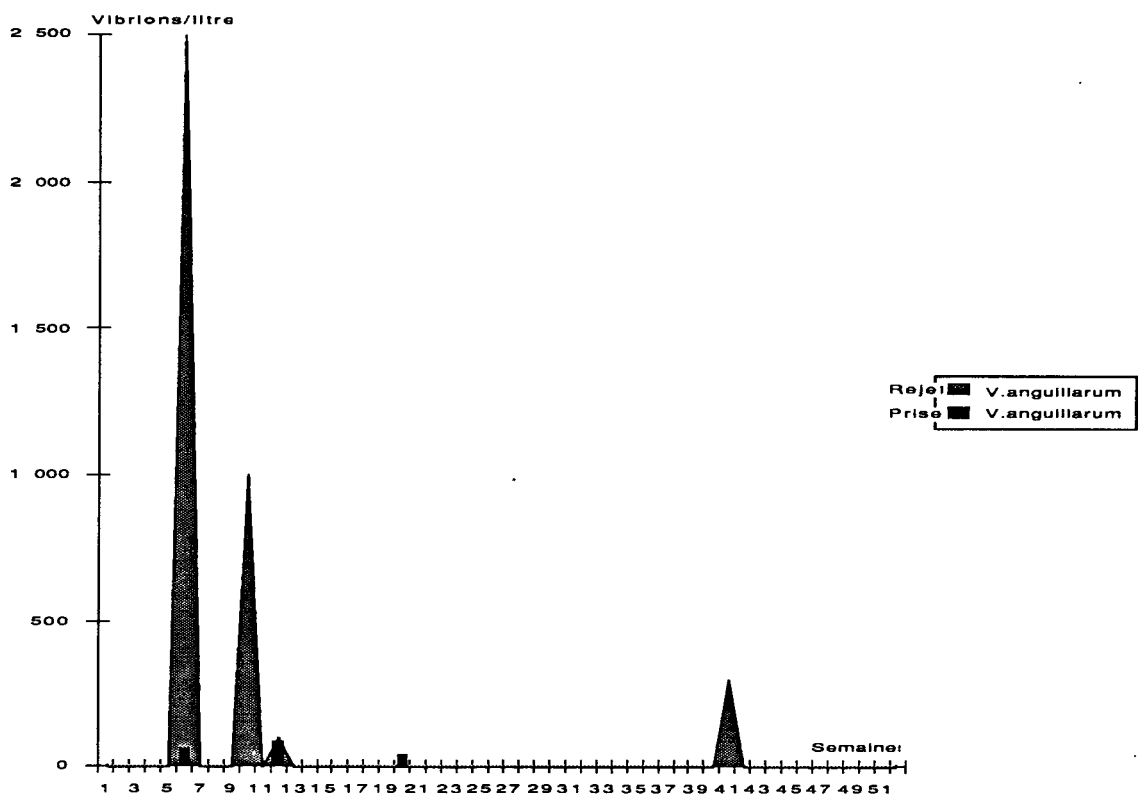


Fig.3.8.

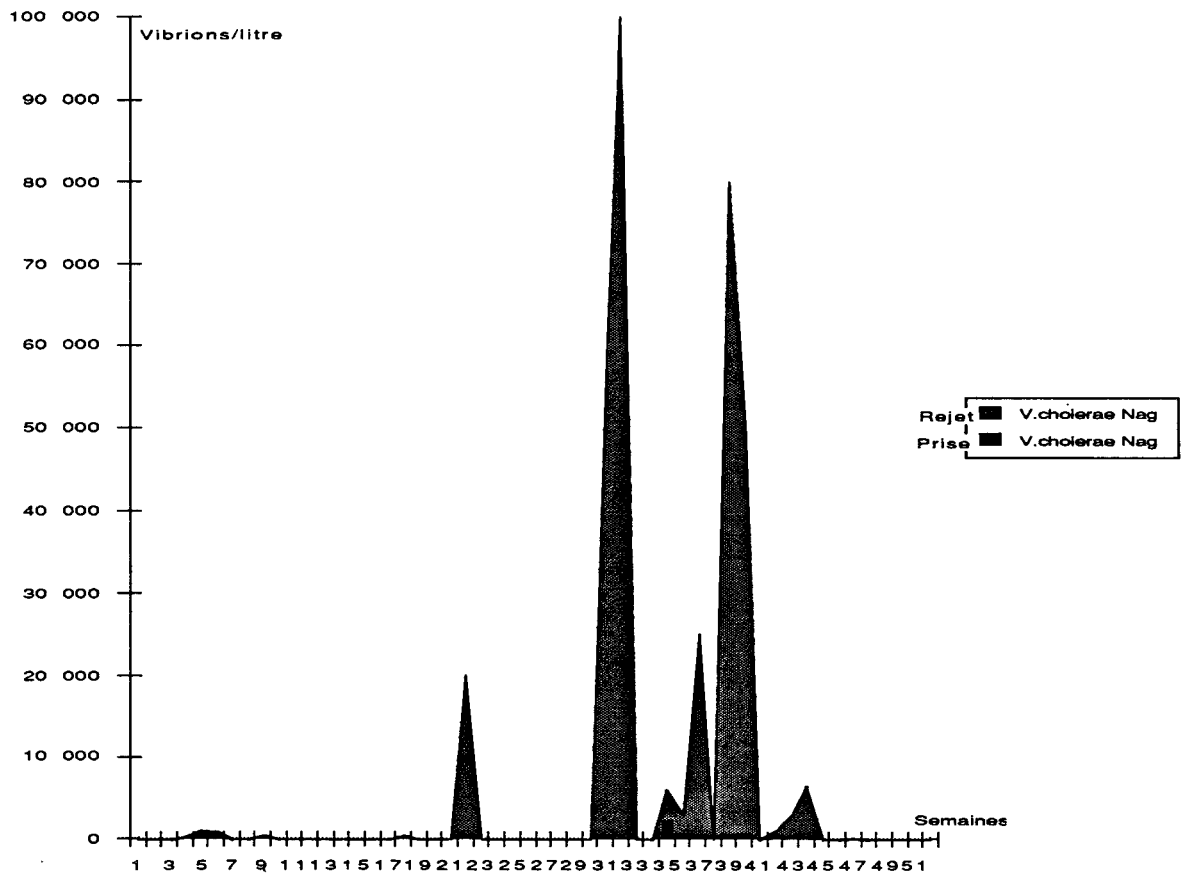


Fig.3.9. **V. cholerae Nag : comparaison Prise-Rejet**

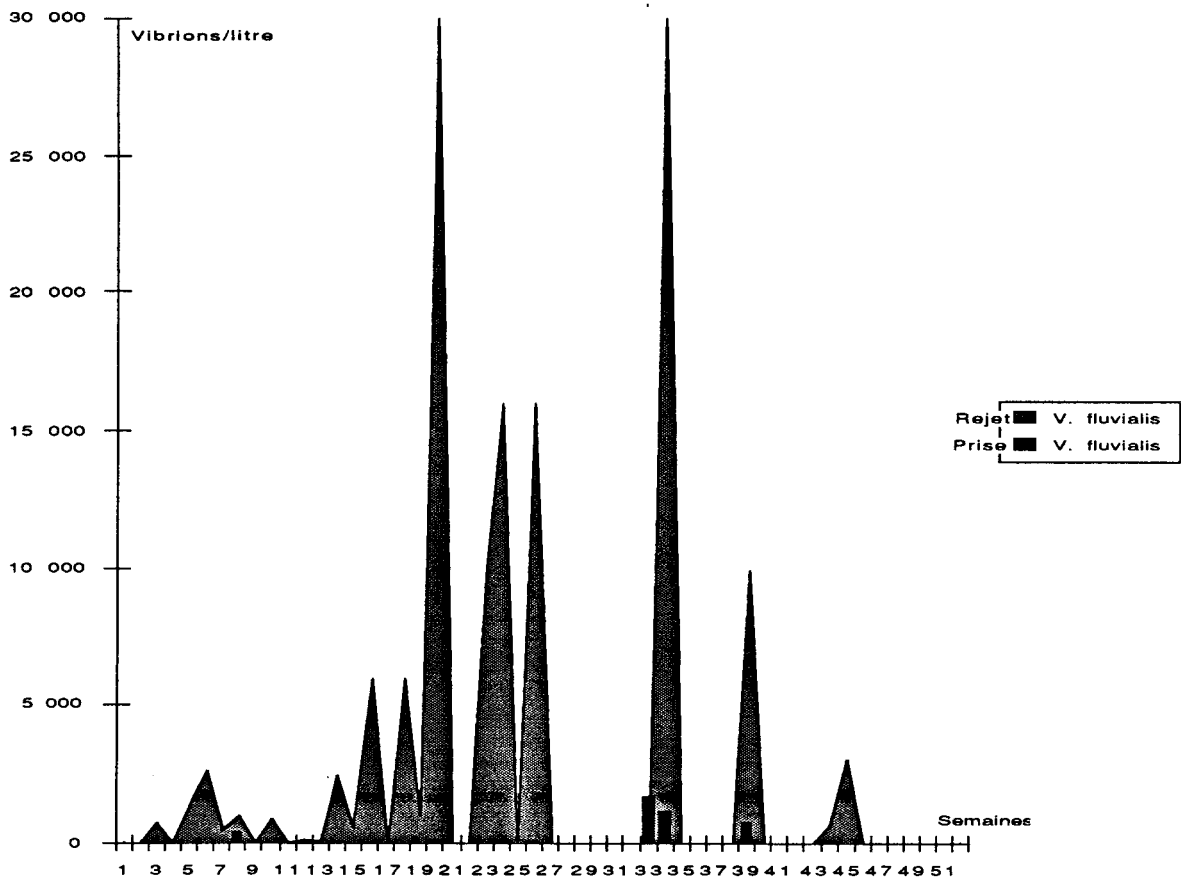


Fig.3.10. **V.fluvialis : comparaison Prise-Rejet**

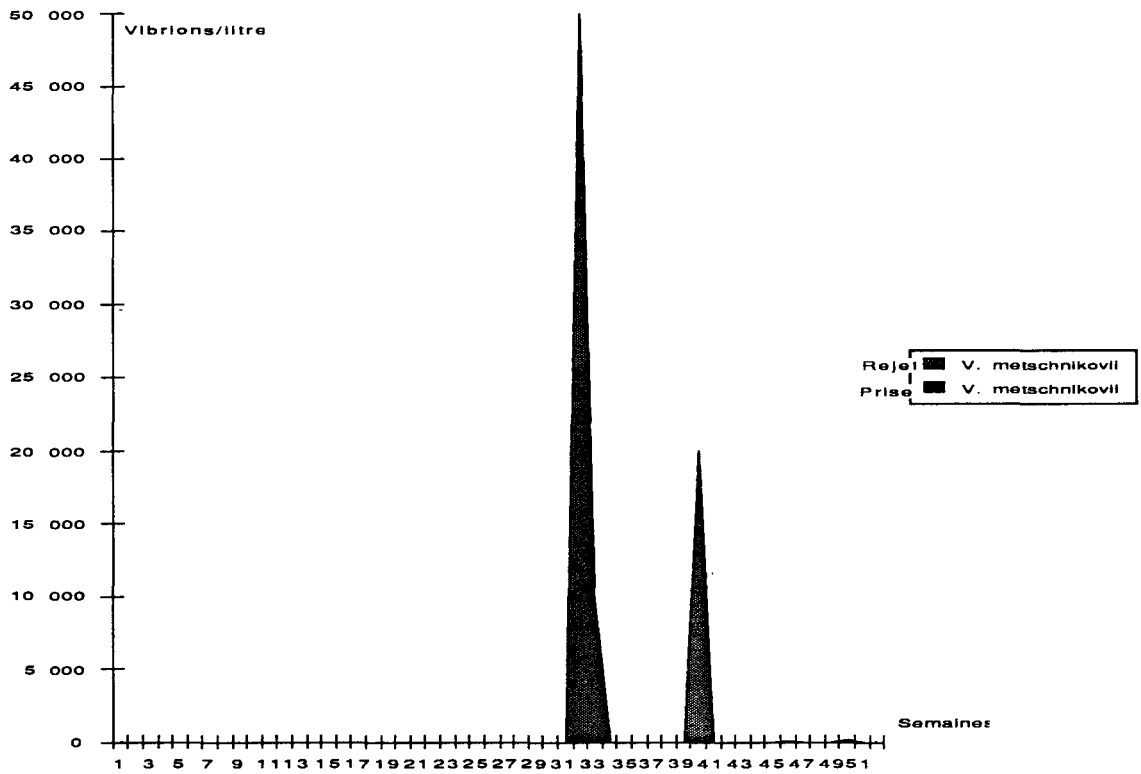


Fig.3.11. *V.metschnikovii* : comparaison Prise-Rejet

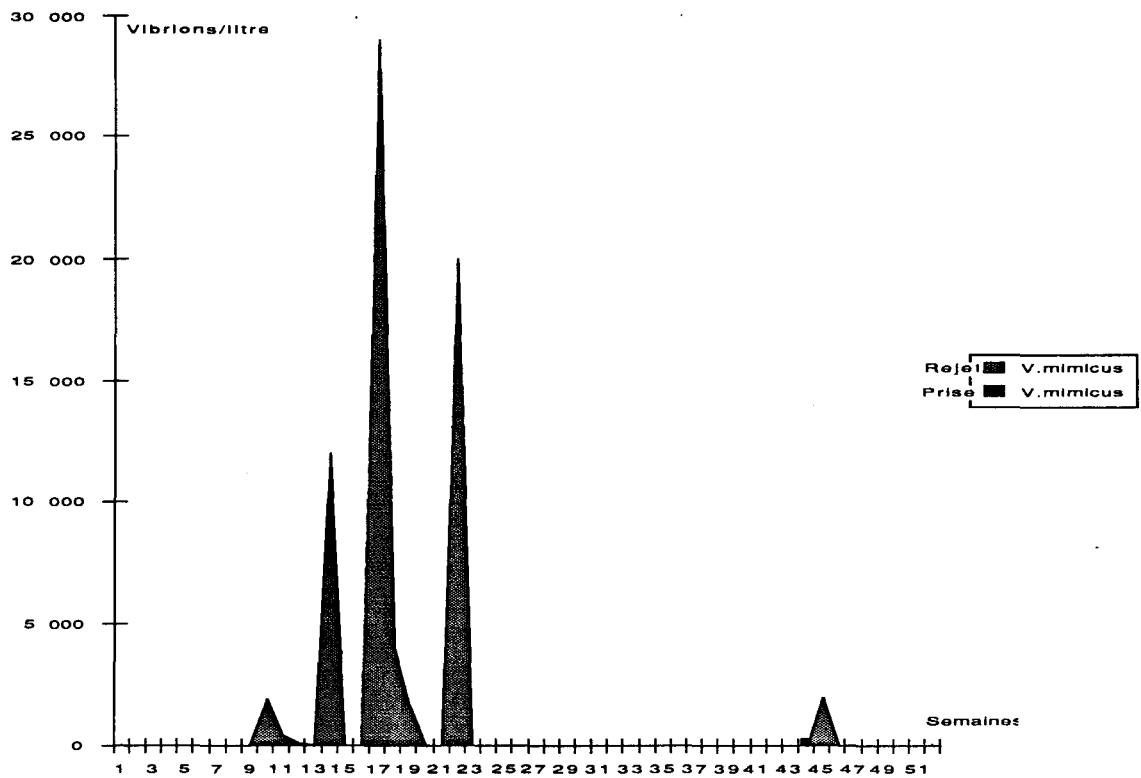


Fig.3.12. *V. mimicus* : comparaison Prise-Rejet

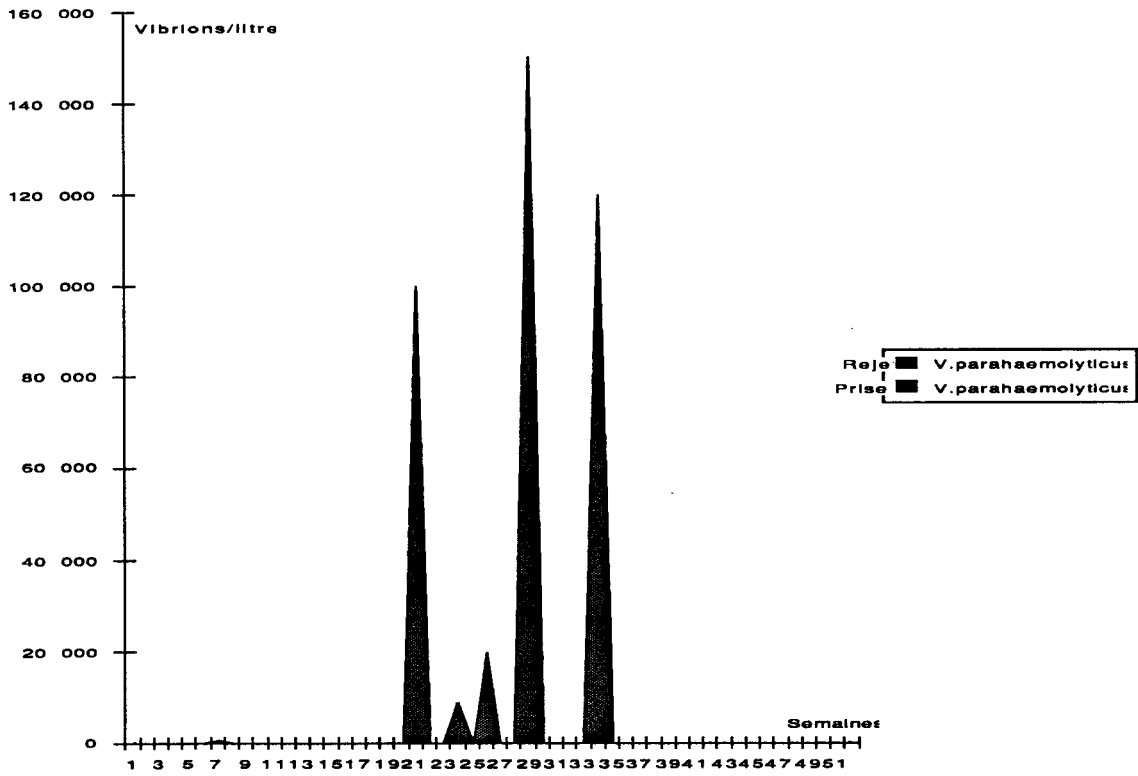


Fig.3.13. *V. parahaemolyticus* : comparaison Prise-Rejet

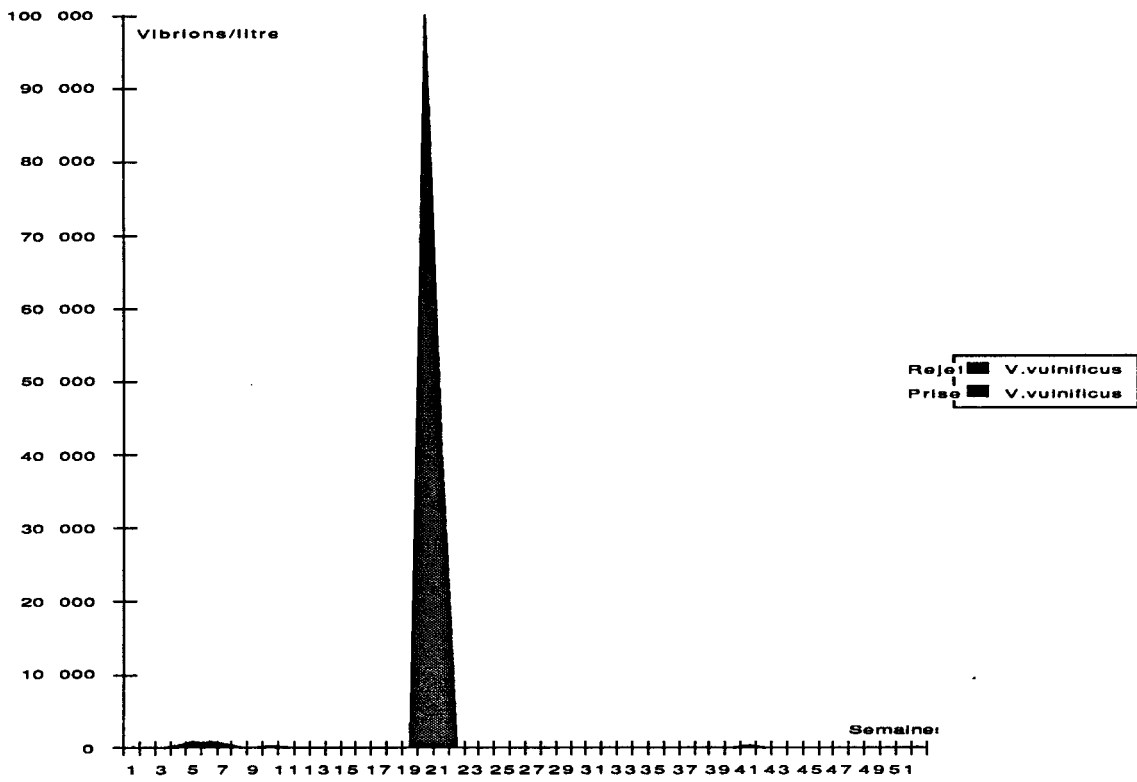


Fig.3.14. *V. vulnificus* : comparaison Prise-Rejet

3.3. CAMPAGNES PELAGIQUES

Les deux stations Contrôle et Référence sont échantillonnées en même temps que la Prise et le Rejet de façon à avoir une vision de l'ensemble du milieu. Les figures représentent, pour chaque campagne, les paramètres étudiés.

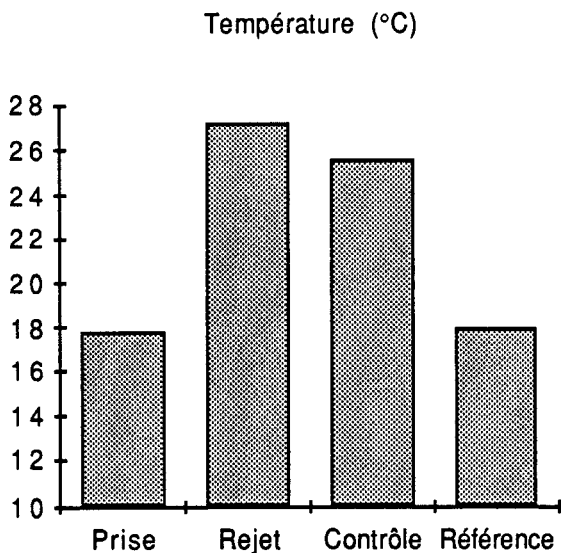


Fig.3.15. 30/06/89

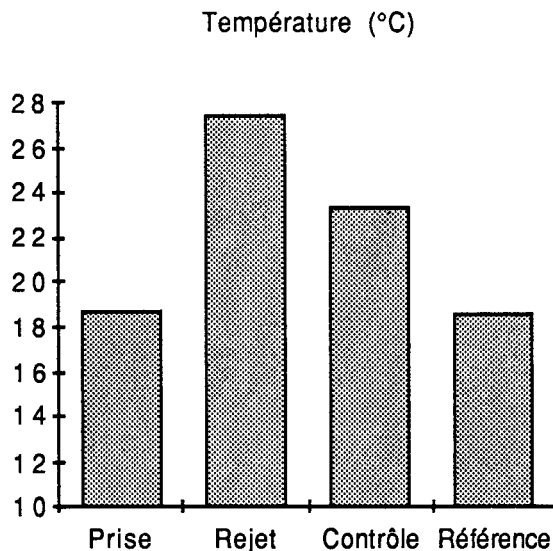


Fig.3.16. 07/09/89

Par rapport à la référence, aucun échauffement ne peut être mis en évidence à la Prise car sa température est égale (à +/- 0.2 °C) à celle notée en surface à la station de référence en mer.

Lors de la campagne de juin, on note au point Référence une concentration importante en bromoforme, ce qui confirme les observations faites avec la sonde thermique montrant des eaux légèrement réchauffées (environ 1 °C à - 1 m).

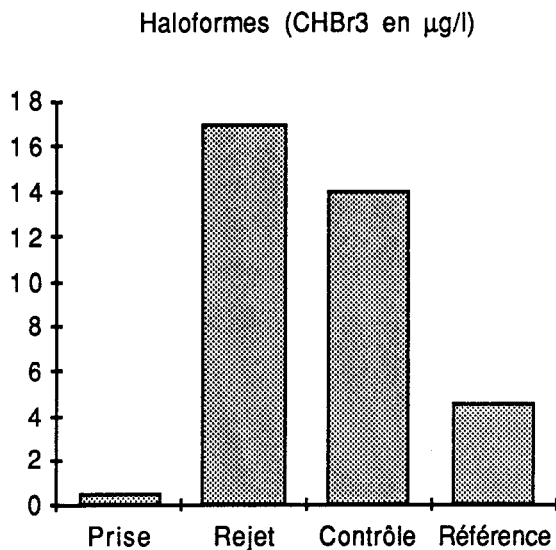


Fig.3.17. 30/06/89

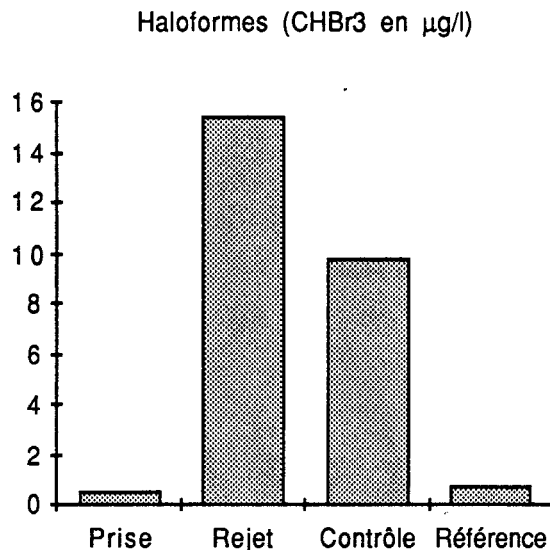


Fig.3.18. 07/09/89

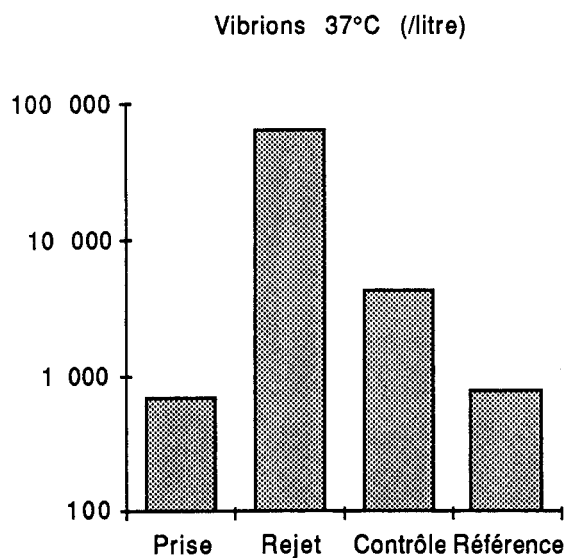


Fig.3.19. 30/06/89

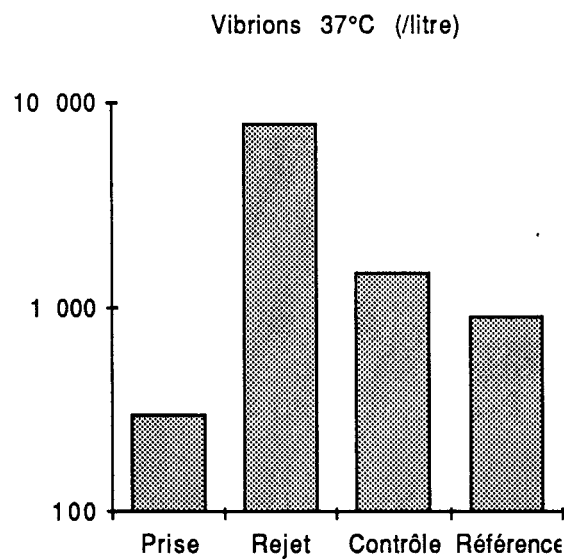


Fig.3.20. 07/09/89

Les vibrions sont en concentration plus importante au point Référence qu' à la prise d'eau ce qui montre que, à défaut d'une référence très extérieure au site, le point Prise représente le moins mauvais choix pour tenir ce rôle.

3.4. Conclusion

Cette étude permet de conforter les résultats obtenus les années précédentes bien que la période soit marquée par une douceur inhabituelle du climat.

La chloration produit des haloformes dont le plus abondant est le bromoforme produit à une dose moyenne de 12.4 µg/l et sa présence constitue le meilleur témoin de la chloration car la disparition du chlore est rapide (il est souvent en trop faible concentration au rejet pour être dosable).

Les vibrions halophiles, en raison des températures élevées, sont particulièrement abondants cette année. Les modifications méthodologiques mises en place cette année permettent de mettre en évidence la diversité des espèces entrevue depuis 1984. L'évolution de ces différentes espèces fera l'objet d'une attention particulière dans les études futures.

BIBLIOGRAPHIE

- BARKER WH.JR., and GANGAROSA E.J. -1974 -
Food poisoning due to *Vibrio parahaemolyticus*.
ANN. REV. MED. , 25 : 75.
- BASHFORD D.J., DONOVAN T.J., FURNISS A.L. and LEE J.V. - 1979 -
Vibrio cholerae in Kent.
Lancet, 1 : 436-437.
- BLAKE P.A. - 1980 -
Diseases of human (other than *cholerae*) caused by *Vibrios*.
Annu. Rev. Microbiol., 34 : 341-367.
- BOUDON A., RICHARD C., LECORRE C. et COLOMB P. - 1973 -
Premier cas autochtone de syndrome diarrhéique à *Vibrio parahaemolyticus* en France : données
bactériologiques, cliniques et épidémiologiques.
Mad. et Mal. Infect. 13, n° 7, 443-447.
- BRENNER D.J., HICKMAN-BRENNER F.W., LEE J.V. *et al.* - 1983 -
Vibrio furnissii (formely aerogenic biogroup of *Vibrio fluvialis*) a new species isolated from human feces and the
environment.
J. CLIN. Microbiol., 18 : 816-824.
- CLARRIDGE J.E. and ZIGHELBOIM-DAUM S. - 1985 -
Isolation and characterization of two hemolytic phenotypes of *Vibrio damsela* associated with a fatal wound
infection.
J. CLIN. Microbiol., 21 : 302-306.
- COLWELL, R.R., and J. KAPER. -1977 -
Vibrio species as bacterial indicators of potential health hazards associated with water in : "bacterial indicators
Health hazards associated with water "
ASTM STP 635, HOADLEY, A.W., and R.J. DUTKA. ed. America Soc. for testing and Materials 115-125.
- DE KINKELIN P., MICHEL C., et GHITTINO P. - 1985 -
Précis de pathologie des poissons - INRA O.I.E ; 348 pages.
- DODIN A., DOSSO M. - Oct 1984 -
Ecologie des vibrions pathogènes.
Brest 1-5 ; Ifremer. Actes de colloque, 3 - pp. 483-489.
- FUJINO T. - 1974 -
Discovery of *Vibrio parahaemolyticus*.
In Int. Symp. on *V. parahaemolyticus*. Tokyo, Japan.
Sept. 17-18, 1973 FUJINO T. *et al.*, eds-, pp. 1-4.
- HANSEN W., PEPERSACK F., YOURASSOWSKY E. -1979 -
Mise en évidence de *Vibrio alginolyticus* dans les expectorations d'un bronchiteux.
Mad. et Mal. Infect. 9, n°6, 376-379.
- HICKMAN F.W., FARMER III J.J., HOLLIS D.G., FANNING G.R., STEIGERWALT A.G., WEAVER R.E., and BRENNER
D.J. - 1982 -
"Identification of *Vibrio hollisae* SP. Nov. From patients with diarrhea."
J. CLIN. Microbiol., 15 (3) : 395-401.
- HUCQ A., SMALL E.B., WEST P.A., HUQ M.I., RAHMAN R. and COLWELL R.R. - 1983 -
Ecological relationships between *Vibrio cholerae* and planktonic crustacean copepods.
Appl. Environ. Microbiol., 45 (1) : 275-283.

- JEAN-JACQUES W., RAJASHEKARAI AH K.R. *et al* - 1981 -
Vibrio metschnikovii bacteremia in a patient with cholecystitis.
 J. CLIN. Microbiol., 14 (6) : 711-712.
- JOHNSTON J.M., ANDES W.A. and GLASSER G. - 1983 -
Vibrio vulnificus (case reports).
 Jama, 294 : 1756-1768.
- KAPER J., LOCKMAN H., COLWELL R.R., and JOSEPH S.W. -1979 -
 Ecology, serology and enterotoxin production of *Vibrio cholerae* in Chesapeake bay.
 Appl. environ. Microbiol., 37 (1) : 91-103.
- KELLY M.T. - 1982 -
 Effect of temperature and salinity on *Vibrio (beneckeae) vulnificus* occurrence in a Gulf coast environment.
 Appl. Environ. Microbiol., 44 (1) : 820-824.
- LAWRENCE D.N., BLAKE P.A., YASHUK J.C., WELLS J.G., CREECH W.B., and HUGHES J.H. - 1979 -
Vibrio parahaemolyticus gastroenteritis outbreaks aboards two cruise ships.
 AM. J. Epidemiol, 109 (1) : 71-80.
- LOVE M., TEEBKEN-FIGHER D. *et al* - 1981 -
Vibrio damsela, a marine bacterium causes skin ulcers on the *Damselfish chromis punctipinnis*.
 SCI., 214 (4) : 1139-1140.
- MARCHAND M. - 1986 -
 Etude écologique des vibrions du bassin d'Arcachon.
 Brest, 1-5 octobre 1984 IFREMER, Actes de colloques, 3, 1986,pp. 483-489.
- MERRELL B.R., WALKER R.T., and JOSEPH S.W. - 1984 -
 In vitro and in vivo pathologic effects of *Vibrio parahaemolyticus* on human epithelial cells.
 Can. J. Microbiol., 30, 381-388.
- MIYAMOTO Y.T., Y; KATO - 1961 -
 Jap. J. Microbiol. : 5 : 477-486.
- MULLER G. - 1977 -
 Non-agglutinable *cholerae* vibrios (Nag) in sewage riverwater and seawater.
 Zentb. Bakt. Parast. Infekt. Hyg. Abt.I Orig. Reihe B, 165 : 487-497.
- NOGUCHI T. *et al*. - 1987 -
Vibrio alginolyticus, tetrodotoxin-producing bacterium, in intestinus of the fish *Fugu vermicularis vermicularis*.
 Marine Biology, 94, pp. 625-630.
- ROBERTS R.D. - 1979 -
 Pathologie du poisson.
 Editeur Maloine 317 p.
- SAKAZAKI R. - 1978 -
 Proposal of *Vibrio alginolyticus* for the biotype 2 of *Vibrio parahaemolyticus*.
 Jap J. Med. Sc. Biol., 21 : 359-362.
- SCHIEWE M.M., TRUSTE T.J., and CROSA J.H. - 1981 -
Vibrio ordalii sp. nv. A causative agent of vibriosis in fish.
 Curr. Microbiol., 6, 343-348.
- SOCHARD M.R., WILSON D.F., AUSTIN B., and COLWELL R.R. - 1979 -
 Bacteria associated with the surface and gut of marine Copepods.
 Appl. Environ. Microbiol., 37, ní 4 : 750-759.
- TISON D.L., NISHIBUCHI M. *et al*. - 1982 -
Vibrio vulnificus biogroup 2 new biogroup pathogenic for eels.
 Appl. Environ. Microbiol., 44 (1) : 640-646.

VANDERZANT C., NICKELSON R., and PARKER J.C. - 1970 -
Isolation of *Vibrio parahaemolyticus* from Gulf coast shrimp.
J. Milk Food Technol, 33, 161-162.

VIGNEULLE M. - 1986 -
Bactéries ichtyopathogènes en mariculture.
Brest, 1-5 octobre 1984. IFREMER, actes de colloques, 3, 1986, pp. 467-473.

ZEN-YOJI, LE CLAIR R.A., DHTA K., and MONTAGUE T.S - 1973 -
Comparaison of *Vibrio parahaemolyticus* cultures isolated in the United States with those isolated in Japan.
J. Infect., Dis., 127 (3) : 237-241.

Annexe
(Tableaux hebdomadaires)

N° semaine	Date	Température (°C)	Vibrions 37°C (/litre)	V. alginolyticus (/litre)	V. anguillarum (/litre)	V. cholerae Nag (/litre)	V. fluvialis (/litre)	V. harveyi (/litre)	V. metschnikovii (/litre)	V. mimicus (/litre)	V. parahaemolyticus (/litre)	V. vulnificus (/litre)	V. spp. (/litre)
1	4/1/1989	8,9	9	5			3						1
2	9/1/1989	9,6	6	1			1						4
3	16/1/1989	9,5	553	93									460
4	23/1/1989	8,8	411	366			6					33	6
5	30/1/1989	8,4	129	83		1	15					30	
6	6/2/1989	8,8	180	30	60							90	
7	13/2/1989	8,4	79	43								36	
8	22/2/1989	8,6	443	30			413						
9	28/2/1989	8,4	180	45		10	125						
10	6/3/1989	9,4	190	10	10		40			130			
11	14/3/1989	9,7	40	5	10		15			10			
12	20/3/1989	10	109	8	88		8			5			
13	28/3/1989	10,7	4	2			2						
14	3/4/1989	9,6	310	100			90			120			
15	10/4/1989	9,6	38	24			14						
16	17/4/1989	10,1	58	42			16			0			
17	25/4/1989	9,8	42	20			14			8			
18	2/5/1989	11,5	30				12			18			
19	9/5/1989	13	80	20						60			
20	17/5/1989	14,2	210	50	40	30	90						
21	22/5/1989	15,6	36	12								24	
22	29/5/1989	15,7	54	34		20							
23	5/6/1989	15,7	78	78									
24	12/6/1989	16,6	36	36									
25	19/6/1989	17,9	420	420									
26	30/6/1989	17,8	700	200			100			400			
27	3/7/1989	18,7	620	620									
28	10/7/1989	18,8	2000	2000									
29	18/7/1989	20,3	24000	24000									
30	24/7/1989	21,1	3400	3400									
31	31/7/1989	20,2	3800	3800									
32	7/8/1989	20,3	2200	2200									
33	14/8/1989	21	6400	4700			1700						
34	21/8/1989	20	4000	2800			1200						
35	28/8/1989	19	4600	2300		2300							
36	7/9/1989	18,8	300	300									
37	11/9/1989	18,5	1100	1100									
38	18/9/1989	19,1	3100	3100									
39	26/9/1989	18,7	1700	300		600	800						
40	2/10/1989	16,6	1200	500		700							
41	9/10/1989	15	180	120								60	
42	16/10/1989	14,4	800	120		680							
43	23/10/1989	15,4	410	240		170							
44	2/11/1989	14,6	820	400		120				300			
45	6/11/1989	13,8	70	20			10			40			
46	13/11/1989	12,1	34	6			6			22			
47	20/11/1989	11,3	30	16		2					12		
48	27/11/1989	8,8	80	80									
49	4/12/1989	7,4	8	8									
50	11/12/1989	7	8	4						4			
51	18/12/1989	9,4	18	14						4			
52	26/12/1989	8,2	8	4			4						

Tab.3.1. Bactériologie; Mesures hebdomadaires à la prise d'eau

N° semaine	Date	Température (°C)	Vibrions 37°C (/litre)	V. alginolyticus (/litre)	V. anguillarum (/litre)	V. cholerae Nag (/litre)	V. fluvialis (/litre)	V. Harveyi (/litre)	V. metschnikovii (/litre)	V. mimicus (/litre)	V. parahaemolyticus (/litre)	V. vulnificus (/litre)	V. spp. (/litre)
1	4/1/1989	17,7	240	240									
2	9/1/1989	17,4	97	93		4							
3	16/1/1989	17,6	1 997	140		7	750						1 100
4	23/1/1989	17,6	21 616	20 000		233						333	1 050
5	30/1/1989	16,4	9 000	5 600		1 000	1 500					900	
6	6/2/1989	15,4	8 800	1 900	2 500	900	2 600					900	
7	13/2/1989	16,2	2 767	1 000			500				667	600	
8	22/2/1989	17,3	2 500	1 500			1 000						
9	28/2/1989	15,9	2 200	1 700		500							
10	6/3/1989	18,1	4 300	200	1 000		900			1 900		300	
11	14/3/1989	18,8	1 400	1 000						400			
12	20/3/1989	16,1	5 500	5 200	100		120			80			
13	28/3/1989	19,9	100	60			40						
14	3/4/1989	16,3	16 800	2 400			2 400			12 000			
15	10/4/1989	17,9	3 400	2 800			600						
16	17/4/1989	17,1	24 000	18 000			6 000						
17	25/4/1989	12,6	29 000							29 000			
18	2/5/1989	18,8	13 000	2 600		400	6 000			4 000			
19	9/5/1989	19,9	2 900	300			1 000			1 600			
20	17/5/1989	23,3	140 000	10 000			30 000						100 000
21	22/5/1989	21,9	175 000	35 000							100 000	40 000	
22	29/5/1989	20,5	112 000	72 000		20 000				20 000			
23	5/6/1989	21,6	23 000	13 000			10 000						
24	12/6/1989	24,8	36 000	11 000			16 000				9 000		
25	19/6/1989	24,9	40 000	40 000									
26	30/6/1989	27,2	66 000	30 000			16 000				20 000		
27	3/7/1989	26,1	490 000	490 000									
28	10/7/1989	25,2	200 000	200 000									
29	18/7/1989	26,9	510 000	360 000							150 000		
30	24/7/1989	29	440 000	440 000									
31	31/7/1989	26,1	320 000	260 000		60 000							
32	7/8/1989	28,3	290 000	140 000		100 000			50 000				
33	14/8/1989	27,2	260 000	250 000					10 000				
34	21/8/1989	29	650 000	500 000			30 000				120 000		
35	28/8/1989	27,6	10 000	4 000		6 000							
36	7/9/1989	27,5	8 000	5 000		3 000							
37	11/9/1989	26,4	69 000	44 000		25 000							
38	18/9/1989	26,3	260 000	260 000									
39	26/9/1989	26,5	430 000	340 000		80 000	10 000						
40	2/10/1989	24,6	130 000	60 000		50 000			20 000				
41	9/10/1989	22,1	1 700	1 000	300							400	
42	16/10/1989	22,1	9 400	8 400		1 000							
43	23/10/1989	23,3	60 000	57 000		3 000							
44	2/11/1989	22,8	10 100	3 000		6 400	700						
45	6/11/1989	19,2	8 800	3 800			3 000		2 000				
46	13/11/1989	19,5	290	140		30			120				
47	20/11/1989	18,9	290	130		110					50		
48	27/11/1989	17,9	360	360									
49	4/12/1989	17,3	110	110									
50	11/12/1989	14,8	480	320					160				
51	18/12/1989	15,6	140	130					10				
52	26/12/1989	18,1	50	40			10						

Tab.3.2. Bactériologie; Mesures hebdomadaires au point 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/litre)	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	0,2	0,05	0,01	0,02	0,2
4/1/1989	-	-	-	-	-	-	-
9/1/1989	-	-	-	-	-	-	-
16/1/1989	-	-	-	-	-	-	-
23/1/1989	-	-	-	-	-	-	-
30/1/1989	-	-	-	-	-	-	-
6/2/1989	-	-	-	-	-	-	-
13/2/1989	-	-	-	-	-	-	-
22/2/1989	-	-	-	-	-	-	-
28/2/1989	-	-	-	-	-	-	-
6/3/1989	-	-	-	-	-	-	-
14/3/1989	-	-	-	-	-	-	-
20/3/1989	-	-	-	-	-	-	-
28/3/1989	-	-	-	-	-	0,09	2,6
3/4/1989	-	-	-	-	-	0,07	3,7
10/4/1989	-	-	-	-	-	0,14	4,6
17/4/1989	-	-	-	-	-	0,17	7,4
25/4/1989	-	-	-	-	-	0,10	4,6
2/5/1989	-	0,02	0,7	-	-	0,25	9,8
9/5/1989	-	-	0,6	-	-	0,36	12,5
17/5/1989	-	-	-	0,06	-	0,40	14,0
22/5/1989	-	-	0,5	-	0,07	0,46	16,4
29/5/1989	-	-	0,7	-	0,10	0,38	14,0
5/6/1989	-	-	0,2	-	-	0,44	10,2
12/6/1989	-	0,03	0,7	0,07	0,08	0,51	13,8
19/6/1989	-	-	0,3	0,05	0,09	0,54	15,2
30/6/1989	-	0,04	1,3	0,11*	0,10	0,44	17,0
3/7/1989	-	0,02	0,8	-	0,12	0,44	21,5
10/7/1989	-	0,02	1,0	-	-	0,46	17,4
18/7/1989	-	0,02	1,1	-	0,09	0,33	14,4
24/7/1989	-	0,03	1,2	-	0,19	0,65	26,3
31/7/1989	-	0,05	1,9	-	0,09	0,33	14,2
7/8/1989	-	-	0,5	-	-	0,41	16,5
14/8/1989	-	0,02	0,9	-	0,12	0,35	14,2
21/8/1989	-	-	0,6	-	0,12	0,34	14,3
28/8/1989	-	0,02	0,8	-	-	0,40	17,7
7/9/1989	-	-	0,6	0,20*	-	0,38	15,4
11/9/1989	-	-	-	-	0,08	0,34	15,3
18/9/1989	-	-	0,3	-	-	0,30	10,7
26/9/1989	-	-	0,7	-	-	0,20	8,3
2/10/1989	-	-	<0,2	-	-	0,16	6,6
9/10/1989	-	-	0,4	-	-	0,20	7,9
16/10/1989	-	-	0,4	-	-	0,27	9,9
23/10/1989	-	-	0,5	-	-	0,42	16,3
2/11/1989	-	-	0,4	-	-	0,35	11,9
6/11/1989	-	-	0,8	-	-	0,22	8,0
13/11/1989	-	-	0,5	-	-	0,38	12,9
20/11/1989	-	-	0,5	-	-	0,32	11,1
27/11/1989	-	-	0,2	-	-	0,25	9,5
4/12/1989	-	-	-	-	-	-	-
11/12/1989	-	-	-	-	-	-	-
18/12/1989	-	-	-	-	-	-	-
26/12/1989	-	-	-	-	-	-	-

* = 200m avant rejet

Tab.3.3. Chlore résiduel et haloformes


N° semaine	Puissance centrale (MWh/semaine)	Débit (m ³ /s)	Echauffement calculé (°C)	Puissance hebdo. (tranches)	Débit (tranches)
1	582 899	180	9,21	3,86	4,5
2	576 097	188	8,72	3,81	4,7
3	712 837	200	10,14	4,71	5
4	728 431	202	10,26	4,82	5,05
5	714 442	235	8,65	4,73	5,88
6	719 704	240	8,53	4,76	6
7	830 984	240	9,85	5,5	6
8	767 742	238	9,18	5,08	5,95
9	739 658	237	8,88	4,89	5,93
10	764 559	237	9,18	5,06	5,93
11	766 532	235	9,28	5,07	5,88
12	685 422	218	8,94	4,53	5,45
13	659 043	195	9,61	4,36	4,88
14	555 289	180	8,77	3,67	4,5
15	556 331	180	8,79	3,68	4,5
16	539 714	184	8,34	3,57	4,6
17	525 953	205	7,3	3,48	5,13
18	458 592	222	5,88	3,03	5,55
19	544 410	204	7,59	3,6	5,1
20	613 372	200	8,72	4,06	5
21	642 375	200	9,14	4,25	5
22	477 238	199	6,82	3,16	4,98
23	643 067	212	8,63	4,25	5,3
24	674 007	236	8,12	4,46	5,9
25	681 099	240	8,07	4,5	6
26	780 138	234	9,48	5,16	5,85
27	536 383	208	7,33	3,55	5,2
28	688 970	200	9,8	4,56	5
29	682 248	203	9,56	4,51	5,08
30	630 806	219	8,19	4,17	5,48
31	549 097	206	7,58	3,63	5,15
32	634 332	195	9,25	4,2	4,88
33	654 054	196	9,49	4,33	4,9
34	713 626	200	10,15	4,72	5
35	662 466	200	9,42	4,38	5
36	706 860	212	9,48	4,68	5,3
37	650 533	213	8,69	4,3	5,33
38	578 659	198	8,31	3,83	4,95
39	597 612	180	9,44	3,95	4,5
40	594 175	180	9,39	3,93	4,5
41	591 431	180	9,35	3,91	4,5
42	591 716	180	9,35	3,91	4,5
43	584 988	180	9,24	3,87	4,5
44	583 310	195	8,51	3,86	4,88
45	652 485	214	8,67	4,32	5,35
46	594 479	198	8,54	3,93	4,95
47	553 682	195	8,08	3,66	4,88
48	708 499	200	10,08	4,69	5
49	736 908	210	9,98	4,87	5,25
50	660 870	218	8,62	4,37	5,45
51	741 340	239	8,82	4,9	5,98
52	890 609	240	10,55	5,89	6

Tab.3.4. Fonctionnement de la centrale de Gravelines en 1989

C H A P I T R E I V

PHYTOPLANCTON ET PRODUCTION PRIMAIRE

Hubert GROSSEL
et
Benoist HITIER



4- PHYTOPLANCTON ET BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE

Comme pour les autres paramètres pélagiques, deux campagnes à quatre stations (entrée, rejet, contrôle et référence) ont eu lieu le 30 juin et le 7 septembre 1989. S'ajoute à cette surveillance du milieu récepteur un suivi hebdomadaire de la biomasse chlorophyllienne et de la détermination spécifique du phytoplancton, au canal d'amenée (entrée ou prise).

1. Impact de la centrale: campagnes du 30 juin et du 7 septembre.

La fig. IV.1 permet de situer les deux campagnes par rapport à l'évolution de la biomasse chlorophyllienne: le 30 juin correspond à une reprise estivale typique suivant la déplétion régulièrement enregistrée en juin; le 7 septembre correspond à une période de légère reprise après une diminution de l'activité phytoplanctonique courant août. L'indice de dégradation (obtenu à partir du rapport E 430/E 410 : les fortes valeurs signifient un bon état du pigment chlorophyllien) montre que chaque campagne est réalisée à une période où la biomasse chlorophyllienne se régénère.

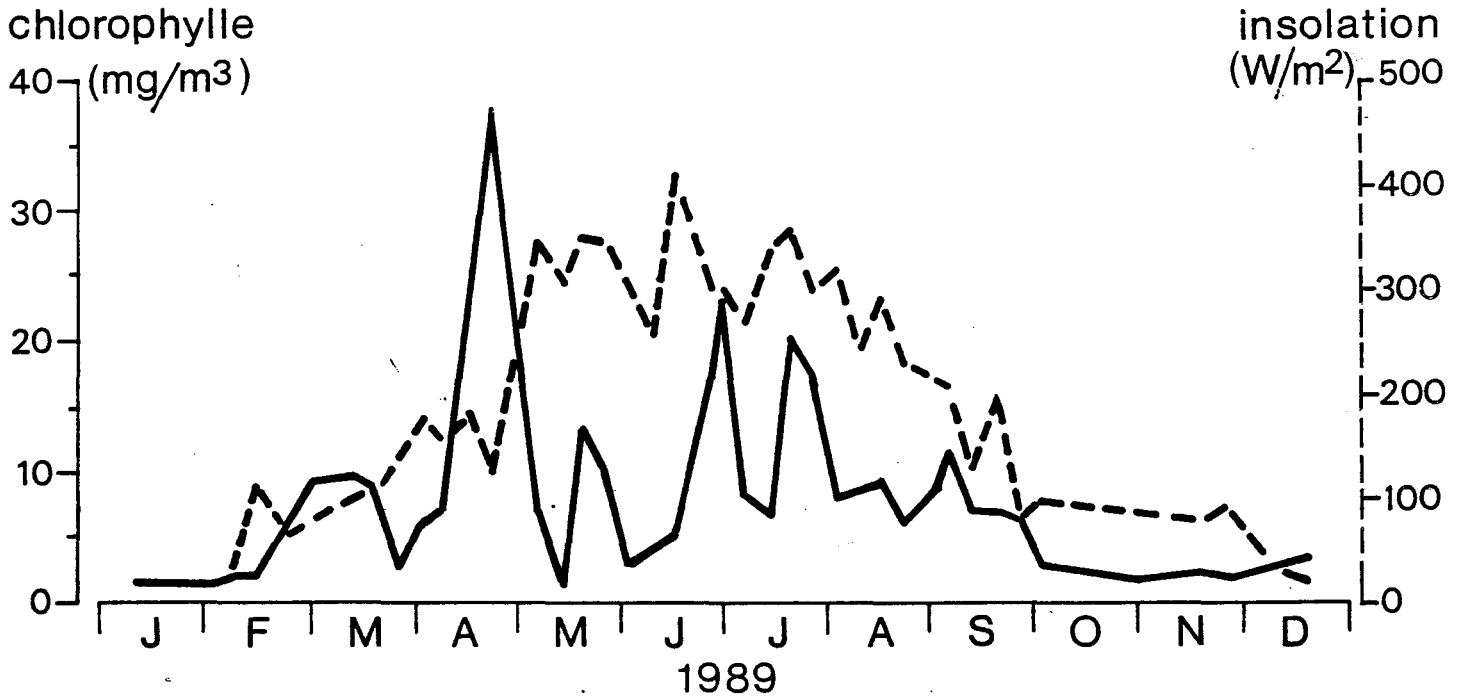
Le tableau ci-dessous, illustré par la fig. IV.2, montre bien l'impact du transit sur la biomasse chlorophyllienne. Celui-ci est très nettement ressenti aux points rejet et contrôle-surface, alors que le point contrôle-fond possède des caractéristiques proches de celles de la station référence.

Ces résultats confirment ceux des années antérieures. Le déficit observé en biomasse chlorophyllienne est d'environ 60% au rejet par rapport au canal d'amenée. Le 7 septembre, il avoisine les 70% par rapport au milieu récepteur de référence.

Stations	Nombre d'échantillons	Teneur en chlorophylle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
		Moyenne	Ecart-type
30.06.89 Entrée = Amenée	4	17.07	1.05
Rejet	4	5.85	0.50
Contrôle surface	4	10.60	0.83
Contrôle fond	4	15.64	2.94
Référence surface	3	15.96	1.83
Référence milieu	1	17.49	0.00
Référence fond	2	17.32	0.08
07.09.89 Entrée = Amenée	4	8.78	0.72
Rejet	4	3.46	0.32
Contrôle surface	4	4.01	0.16
Contrôle fond	4	11.47	0.36
Référence surface	2	6.33	5.27
Référence milieu	2	12.52	0.39
Référence fond	2	11.20	1.04

-GRAVELINES 1989-

TENEUR EN CHLOROPHYLLE ET INSOLATION



TENEUR EN CHLOROPHYLLE ET INDICE DE DEGRADATION

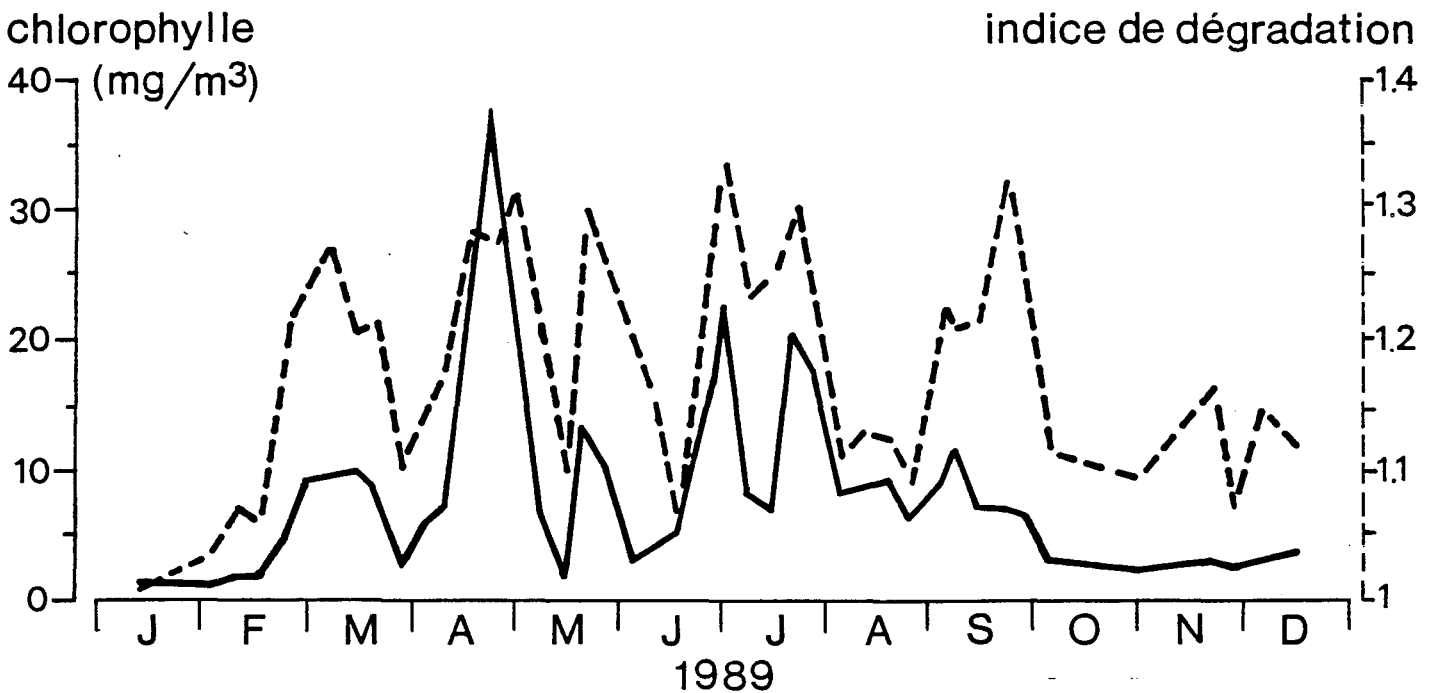
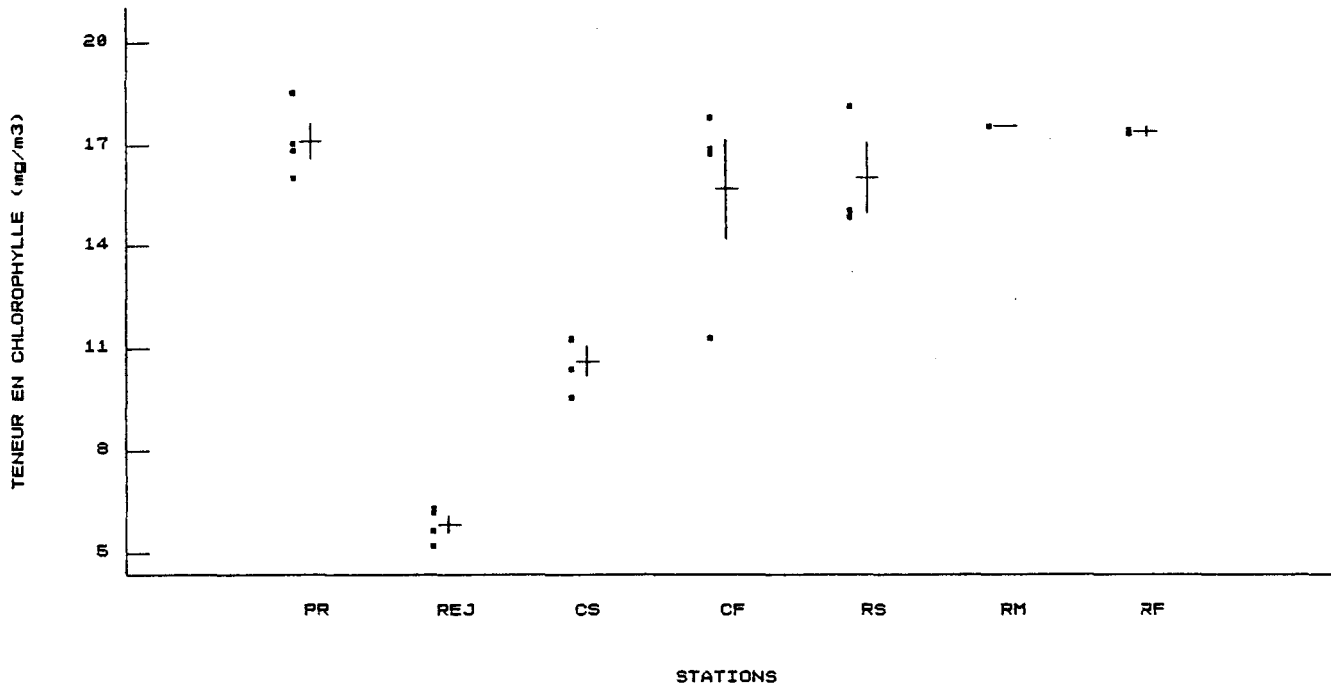


Figure IV.1.

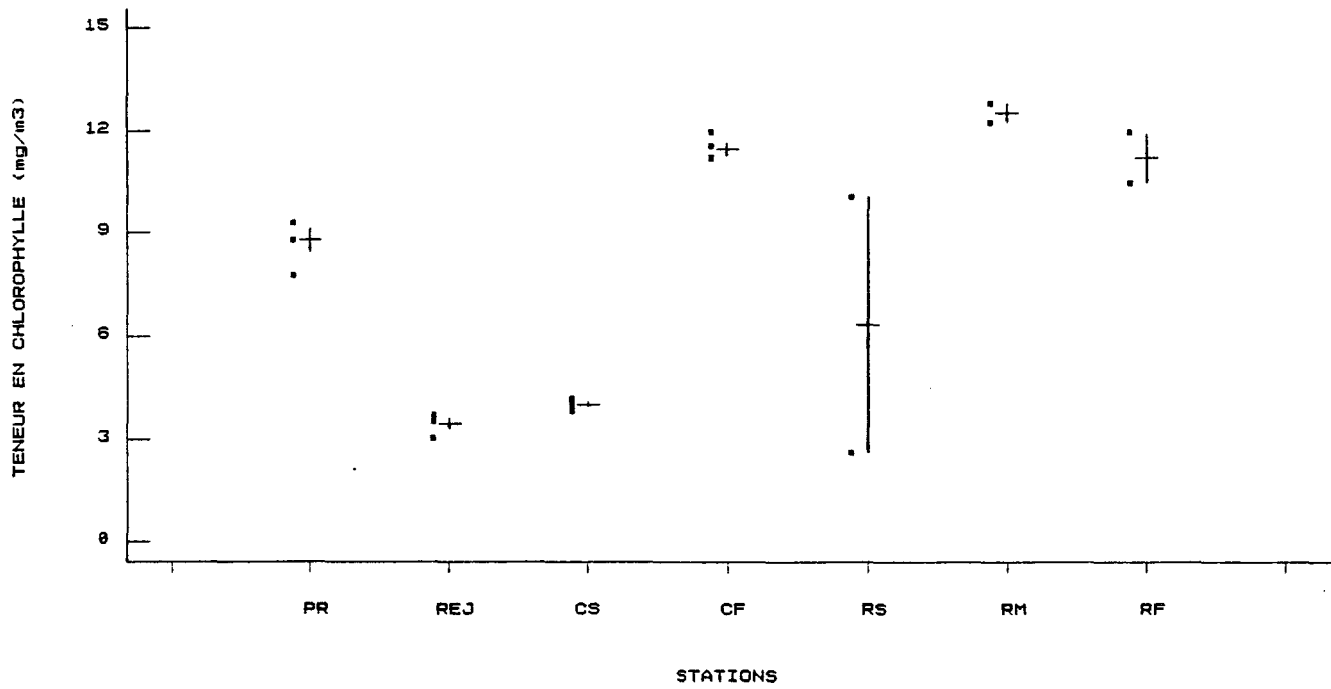
TENEURS EN CHLOROPHYLLE:

30 JUIN 1989.



TENEURS EN CHLOROPHYLLE:

07 SEPTEMBRE 1989.



PR = Prise
 REJ = Rejet
 CS = Contrôle-Surface
 CF = Contrôle-Fond
 RS = Référence Surface
 RM = Référence Moyen
 RF = Référence Fond

figure IV.2.

2. Surveillance hebdomadaire au canal d'amenée.

Cette étude donne lieu à la fois au suivi de la biomasse chlorophyllienne et de celui des espèces qui constituent le phytoplancton de l'eau transitant dans la centrale. La finalité de cette nouvelle approche est de situer l'environnement de la centrale dans le contexte actuellement préoccupant de l'eutrophisation du milieu marin littoral. L'attention se porte tout particulièrement sur *Phaeocystis* et sur les espèces du groupe des *Dinophycées* dont certaines sont potentiellement toxiques.

A. Evolution de la teneur en chlorophylle.

Cet échantillonnage montre la succession de six pics d'abondance (figure IV.1), nettement distincts. On verra ci-dessous que les espèces qui les constituent sont elles aussi bien différenciées. Il est important de constater le parallélisme marqué entre les teneurs et l'indice de dégradation, qui témoigne qu'aux pics de teneurs en chlorophylle correspond un bon état de ce pigment, et qu'inversement les périodes de faibles teneurs indiquent une dégradation pigmentaire. Ces observations attestent de la significativité de ce suivi phytoplanctonique.

La comparaison entre la teneur en chlorophylle et l'insolation (fig. IV.1 avec insolation moyenne durant la semaine précédant chaque échantillonnage) montre le décalage entre les période bien ensoleillées et les pics de biomasse (décalage d'environ quinze jours en période printanière).

Les teneurs observées (proches de 40 mg/m³ le 25 avril) correspondent à un milieu riche en phytoplancton.

B. Suivi des espèces.

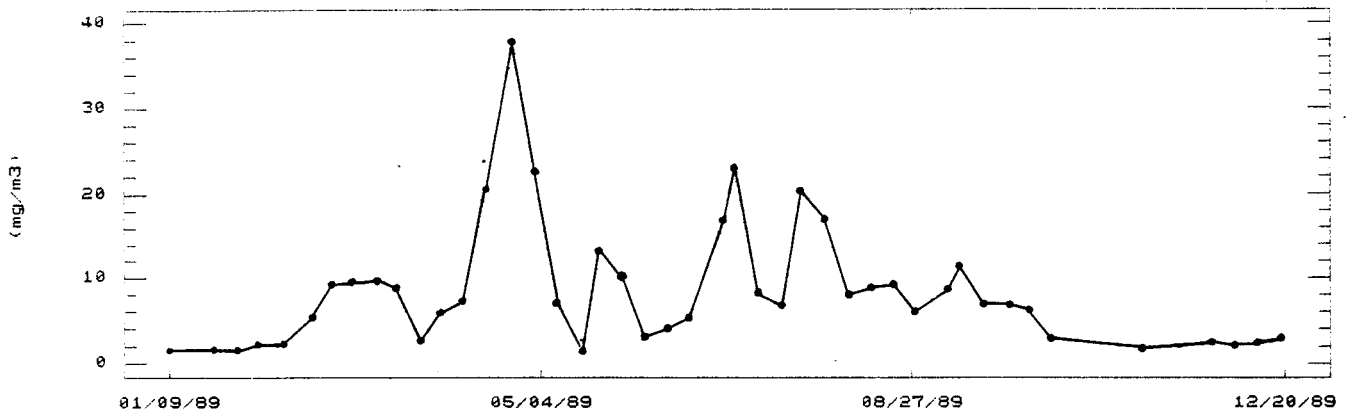
Les figures IV.3 à IV.6 montrent que les diatomées participent pour une part importante au premier pic de mars, puis aux autres pics estivaux. *Phaeocystis* forme l'essentiel de la biomasse chlorophyllienne du 25 avril, avec des densités considérables de cellules isolées (estimées à plus de 300 millions par litre, cf. fig. IV.7). On peut schématiser les principales espèces participant aux pics de la façon suivante:

- pic de mars: *Thalassiosira*, *Chaetoceros*, *Thalassionema*, apparition de *Phaeocystis*,
- pic d'avril: *Phaeocystis*, *Rhizosolenia*,
- pic de mai : *Rhizosolenia*, *Nitzchia*, *Skeletonema costatum*,
- pic de fin juin: *Rhizosolenia*, *Chaetoceros*,
- pic de fin juillet: *Chaetoceros*, *Nitzchia*,
- pic de septembre: *Leptocylindrus minimus*,

Les *Dinophycées* présentes ne constituent jamais une biomasse importante. On note cependant la présence fréquente d'espèces potentiellement toxiques pour la faune marine ou pour l'homme après ingestion de coquillages. Ces espèces sont:

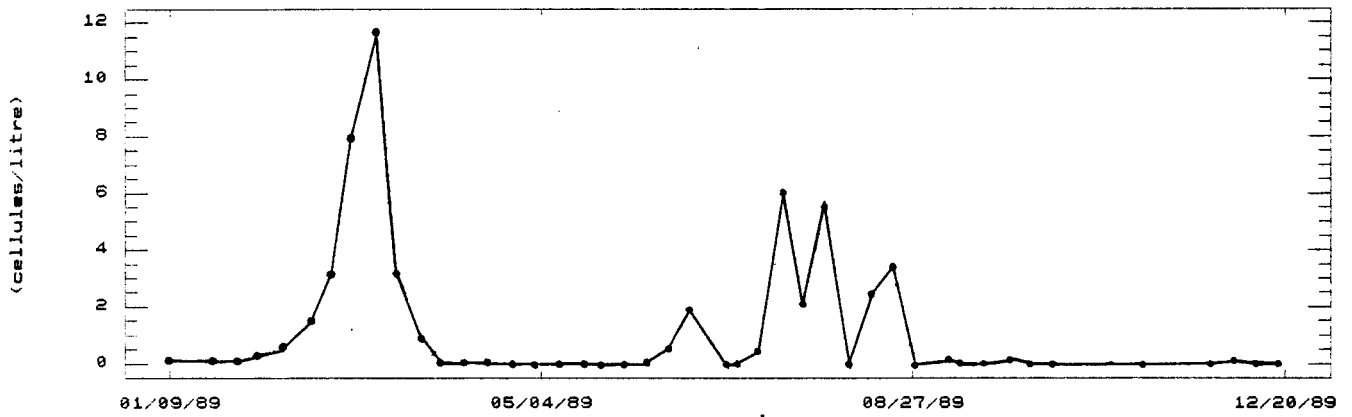
- Gyrodinium aureolum*, observé en janvier, mais surtout présent en été. Ses densités n'ont jamais été inquiétantes.
- Gyrodinium spirale*,
- Dinophysis acuminata*, dénombré le 24 juillet à 300 individus par litre, ce qui correspond à un dépassement du seuil d'alerte pour les zones conchylicoles.

TENEURS EN CHLOROPHYLLE



SOMME DES THALASSIOSIRA

(X 10000)



SOMME DES CHAETOCEROS

(X 100000)

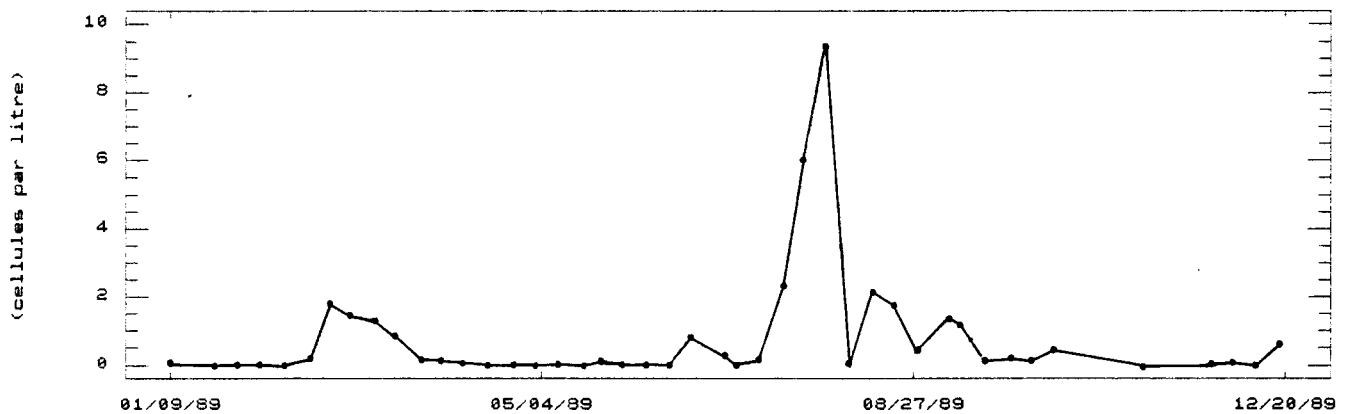
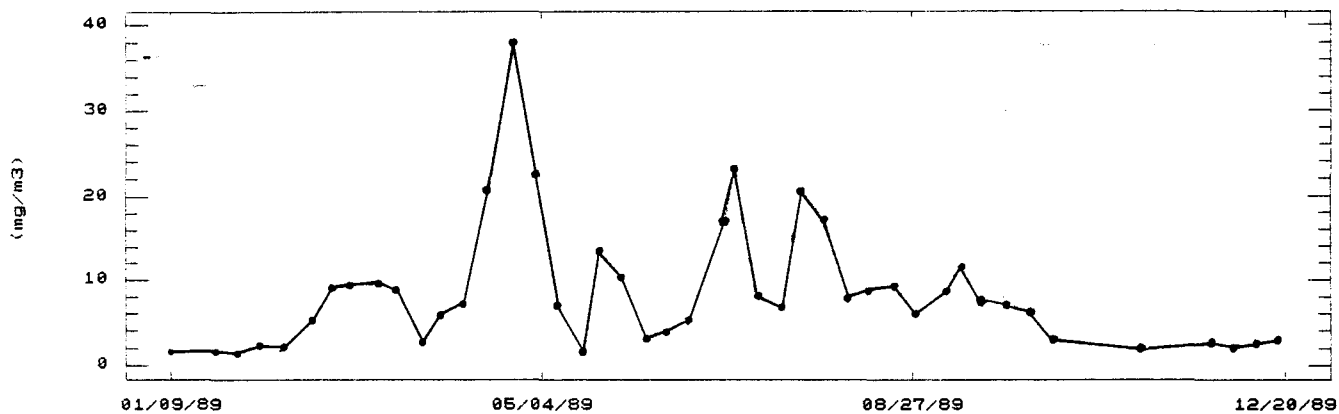


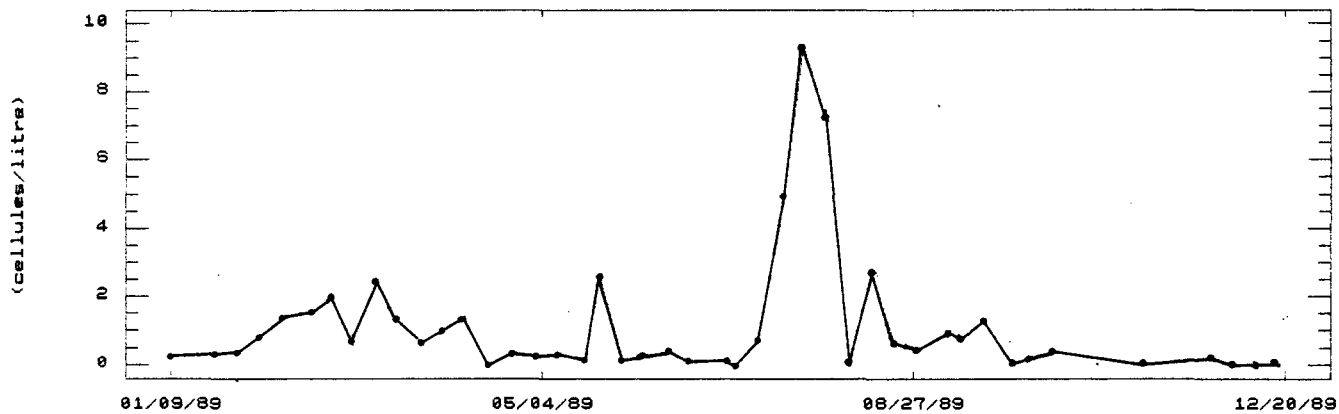
Figure IV.3.

TENEURS EN CHLOROPHYLLE



SOMME DES NITZCHIA

(X 10000)



SOMME DES DINOPHYCEES

(X 10000)

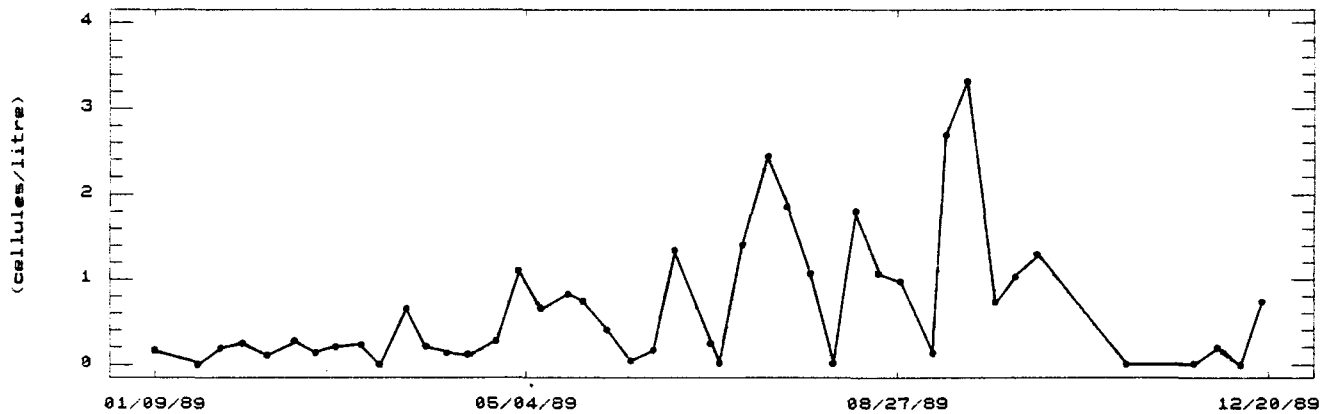
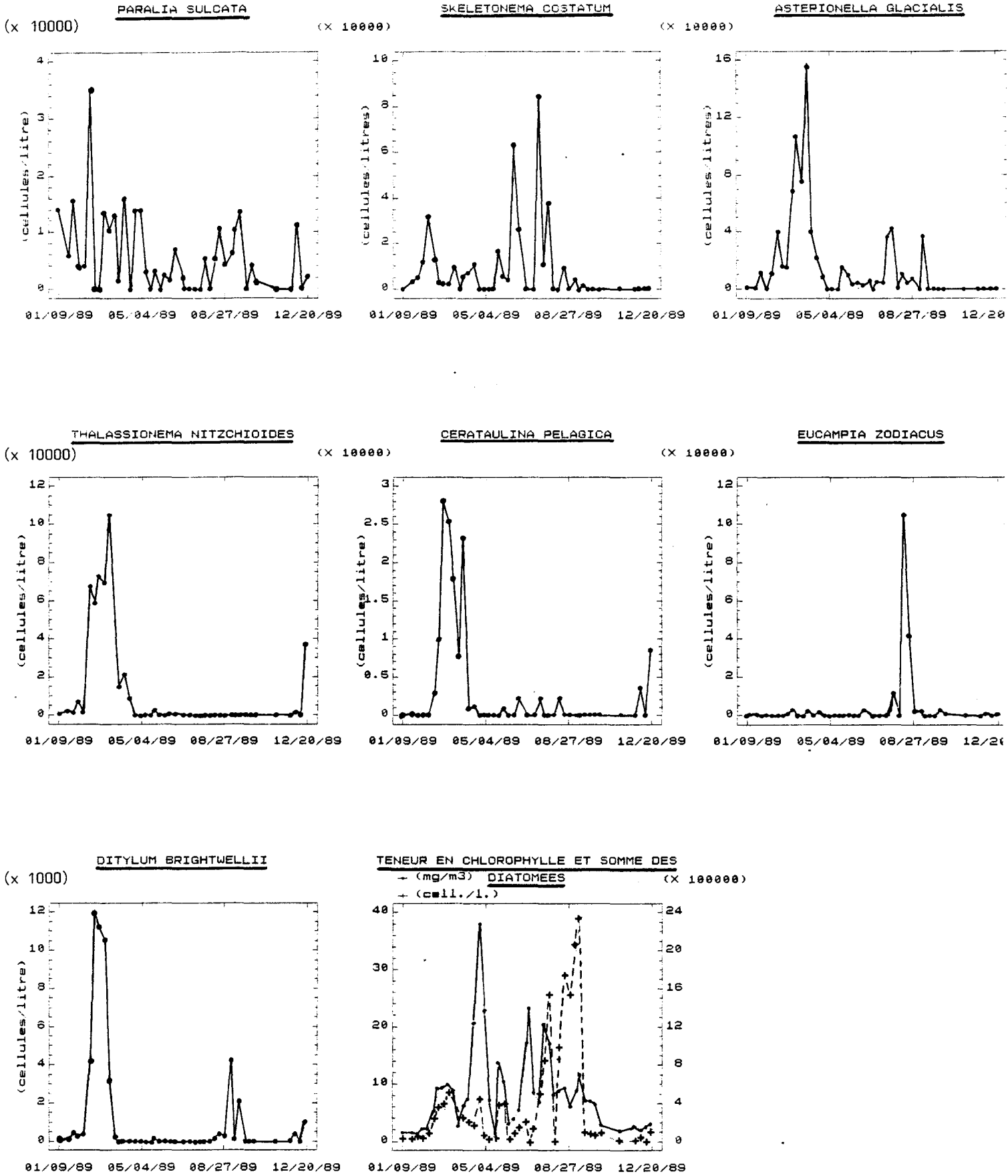


Figure IV.5.



Gravelines 1989 : Succession de quelques espèces de diatomées.

Figure IV.6.

Gravelines 1989

Teneurs en chlorophylle et densité en Phaeocystis

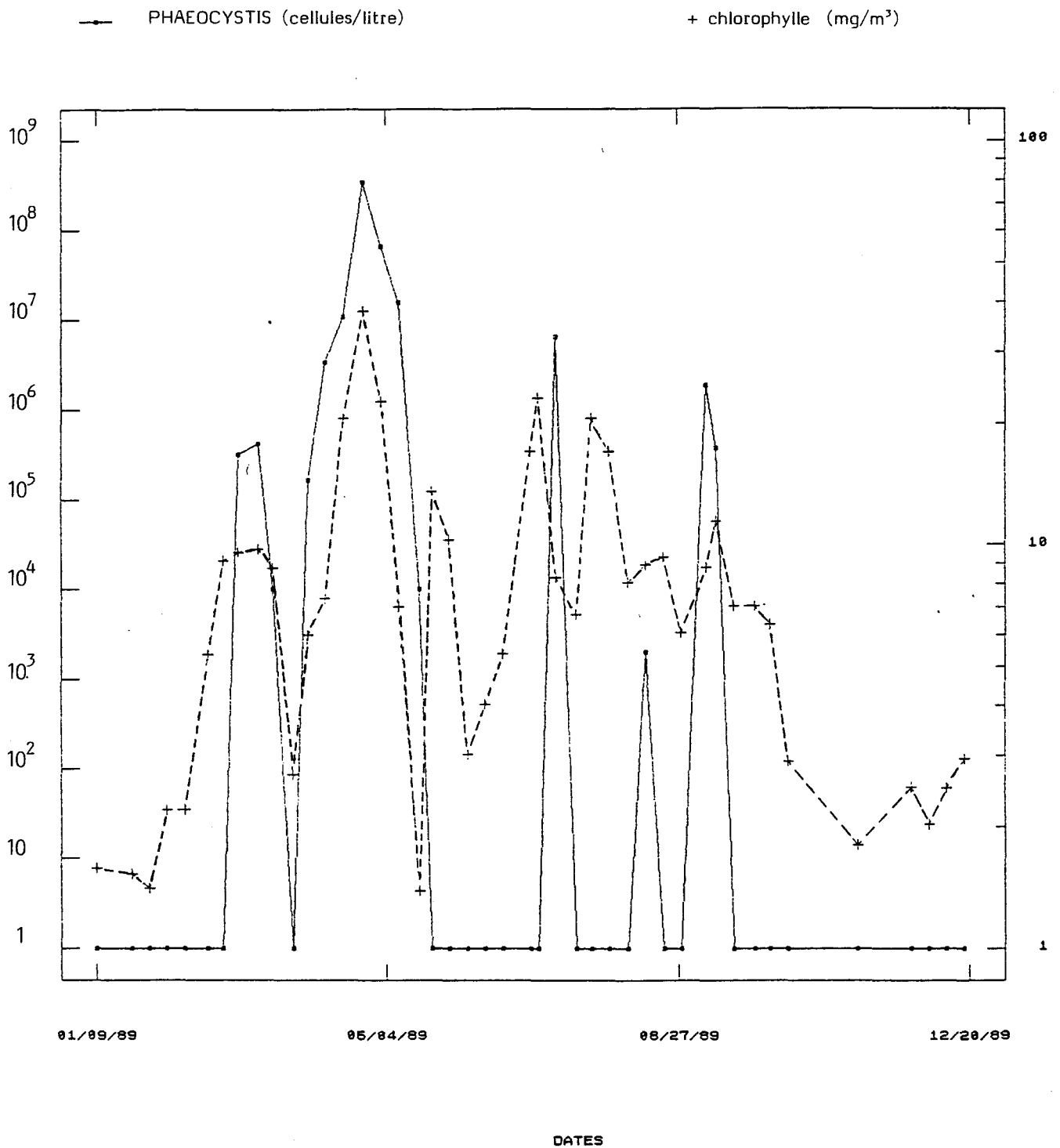


Figure IV.7.

Tableau

Surveillance hebdomadaire au canal d'amenée.

N° de mission	Dates	Chlorophylle (mg / m ³)	% Chloro. non dégradée	Insolation moy./j (W/m ²) de la semaine précédant le prélèvement
1	1/ 9/89	1.58	60.	1
2	1/23/89	1.53	62.	1
3	1/30/89	1.41	64.	1
4	2/ 6/89	2.20	68.	35
5	2/13/89	2.20	67.	112
6	2/22/89	5.35	85.	78
7	2/28/89	9.10	89.	78
8	3/ 6/89	9.55	92.	88
9	3/14/89	9.76	85.	118
10	3/20/89	8.75	85.	100
11	3/28/89	2.69	72.	141
12	4/ 3/89	5.96	76.	179
13	4/10/89	7.35	81.	155
14	4/17/89	20.58	93.	182
15	4/25/89	37.88	92.	125
16	5/ 2/89	22.60	96.	236
17	5/ 9/89	7.02	86.	343
18	5/17/89	1.39	72.	306
19	5/22/89	13.55	95.	350
20	5/29/89	10.27	91.	347
21	6/ 5/89	3.02	82.	309
22	6/12/89	4.01	78.	257
23	6/19/89	5.37	66.	415
24	6/30/89	17.07	97.	298
25	7/ 3/89	23.09	99.	300
26	7/10/89	8.28	88.	269
27	7/18/89	6.73	90.	334
28	7/24/89	20.55	95.	356
29	7/31/89	17.04	88.	296
30	8/ 7/89	8.05	74.	320
31	8/14/89	8.89	76.	242
32	8/21/89	9.29	75.	294
33	8/28/89	6.05	71.	229
34	9/ 7/89	8.78	87.	218
35	9/11/89	11.39	85.	203
36	9/18/89	7.05	86.	127
37	9/26/89	7.03	97.	202
38	10/ 2/89	6.35	88.	76
39	10/ 9/89	2.91	74.	98
40	11/ 6/89	1.80	71.	90
41	11/27/89	2.51	80.	80
42	12/ 4/89	2.03	68.	94
43	12/11/89	2.49	78.	62
44	12/18/89	2.94	75.	19

C H A P I T R E V

NOCTILUQUES ET ZOOPLANCTON

Geneviève LE FEVRE-LEHOËRFF

INTRODUCTION.

Les dinoflagellés noctiluques et le zooplancton de taille moyenne correspondant au mesoplancton sont récoltés par le même filet WP2 (200 µm).

L'échantillonnage prévu pour le zooplancton correspond aux prélèvements effectués aux points étudiés en hydrologie, phytoplancton et microbiologie. A chaque point de prélèvement, six échantillons de zooplancton sont congelés et destinés aux mesures de biomasse, azote et carbone. Un seul échantillon est formolé pour l'identification et le comptage des espèces zooplanctoniques et des noctiluques.

Les prélèvements ont été effectués d'une part, pour les deux missions du 30 juin et du 07 septembre aux quatre points entrée, rejet, contrôle et référence et d'autre part, des prélèvements supplémentaires au canal d'entrée ont été récoltés entre le mois de mai et le mois de septembre pour étudier plus finement le cycle saisonnier des noctiluques.

RESULTATS.

Deux types de résultats ont été obtenus avec la mise en place de la nouvelle stratégie définie en 1989 :

- au cours des deux missions annuelles, 30 juin et 07 septembre 1989, nous avons comparé les points et étudié des variations spatiales de paramètres.
- le complément de prélèvements au canal d'entrée a permis de préciser les variations saisonnières d'abondance en relation avec des conditions naturelles du milieu non impacté (avant port).

1. Les variations spatiales. Comparaison des points.

1.1. Biomasse, carbone et azote.

Les résultats de biomasses zooplanctoniques sont présentés dans les tableaux 5.1 et 5.2 et par les figures V.1 à V.7. On remarque tout d'abord que les biomasses sont très élevées aux deux missions du 30 juin et du 07 septembre. Ces biomasses ne correspondent pas seulement au poids du zooplancton mais également au poids des noctiluques, très abondantes, récoltées en même temps.

Dans le tableau 5.1 sont présentés les résultats des mesures individuelles effectuées au CHN afin de tester la variabilité liée à la mesure. Nous avons effectué pour chaque échantillon de zooplancton deux ou trois mesures au CHN. Dans la plupart des cas, les mesures pour un même échantillon sont très bien groupées, quelques exceptions mettent en évidence la difficulté de réaliser un broyage parfait et une homogénéisation complète avant la mesure. Le grand nombre de mesures présentées ici permet de tester la variabilité due à la méthode de mesure comparée à la variabilité de l'échantillonnage et la différence entre les échantillons d'un même point ainsi que la différence entre les points.

On remarque cependant que si on tient compte des valeurs moyennes par point, le point rejet est comme pour l'année 1989, plus faible en biomasse et en azote que les points entrée et référence et présente un rapport C/N plus élevé.

Fig. V.1.

-GRAVELINES 1989-

AZOTE -30 juin 89-

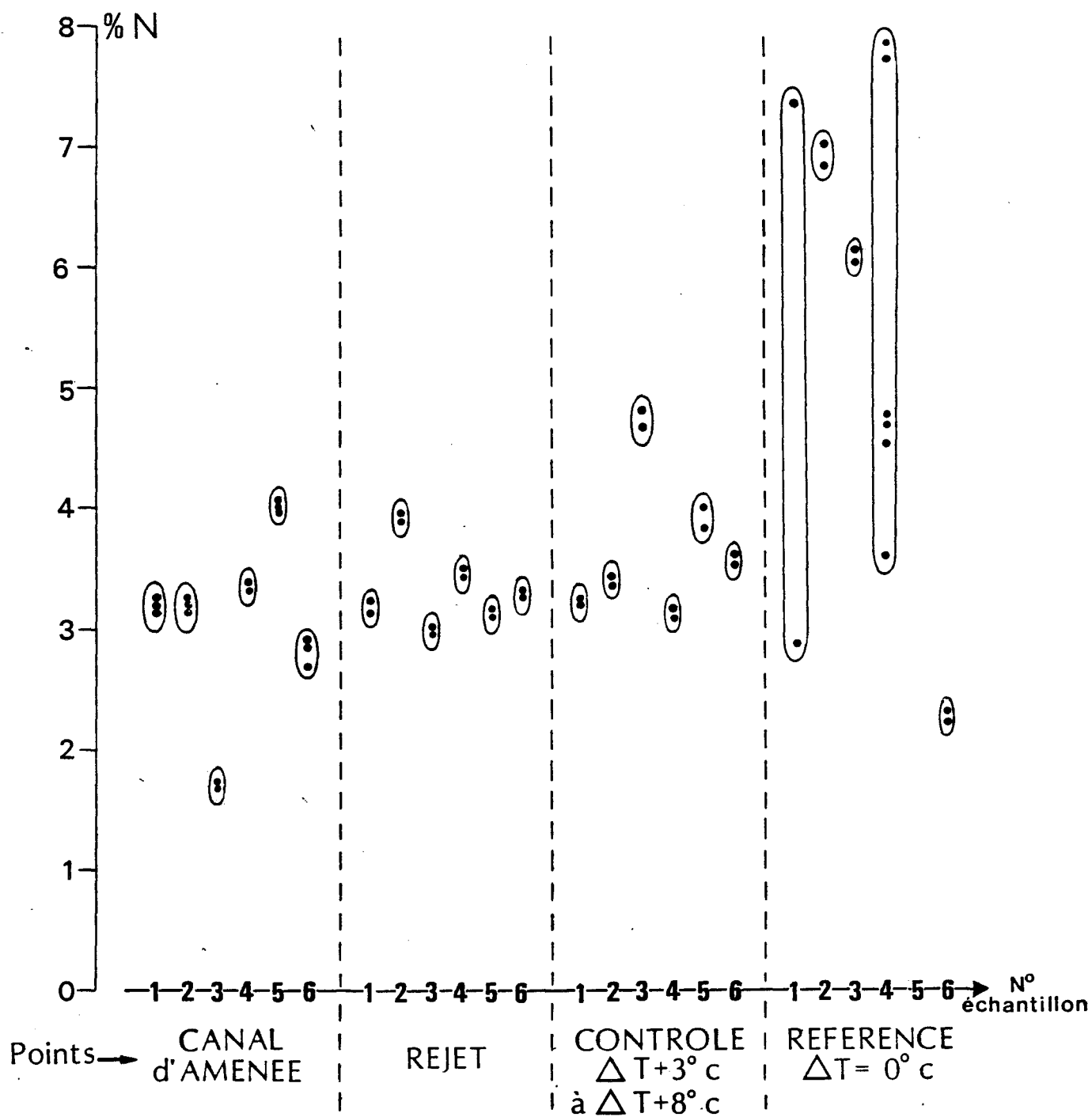


Fig. V.2.

-GRAVELINES 1989-

AZOTE -7 septembre 89-

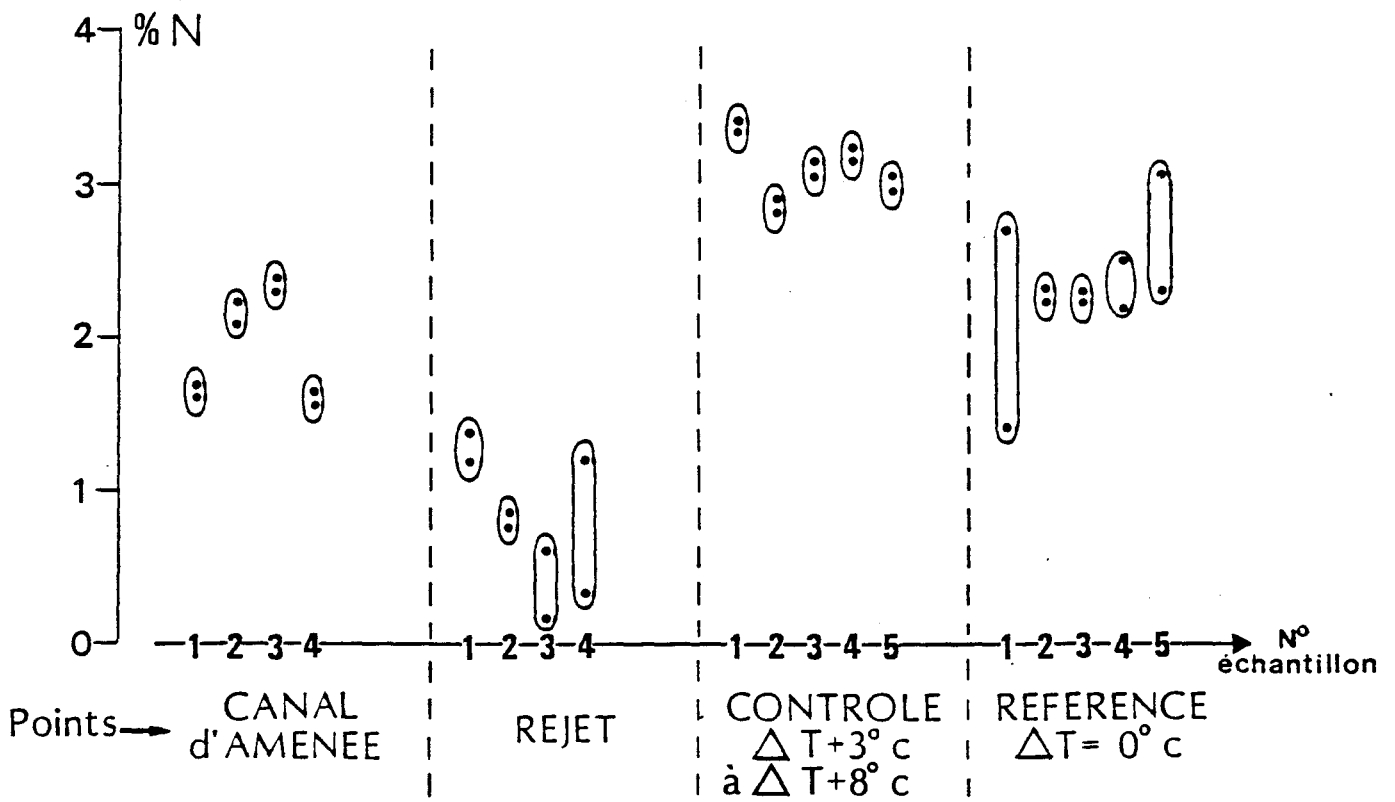


Fig. V.3.

-GRAVELINES 1989-

CARBONE -30 juin 89-

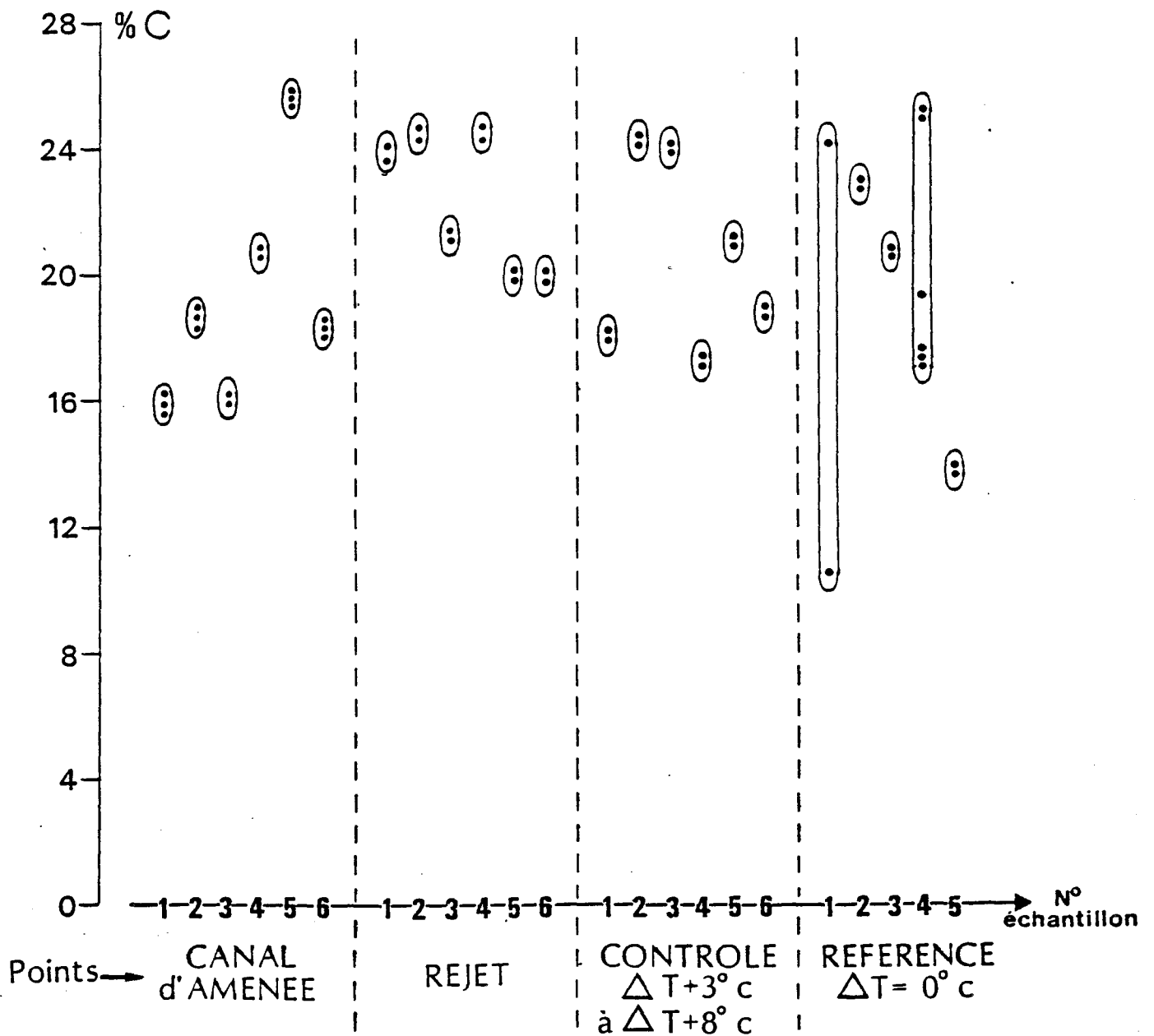


Fig. V.4.

-GRAVELINES 1989-

CARBONE -7 septembre 89-

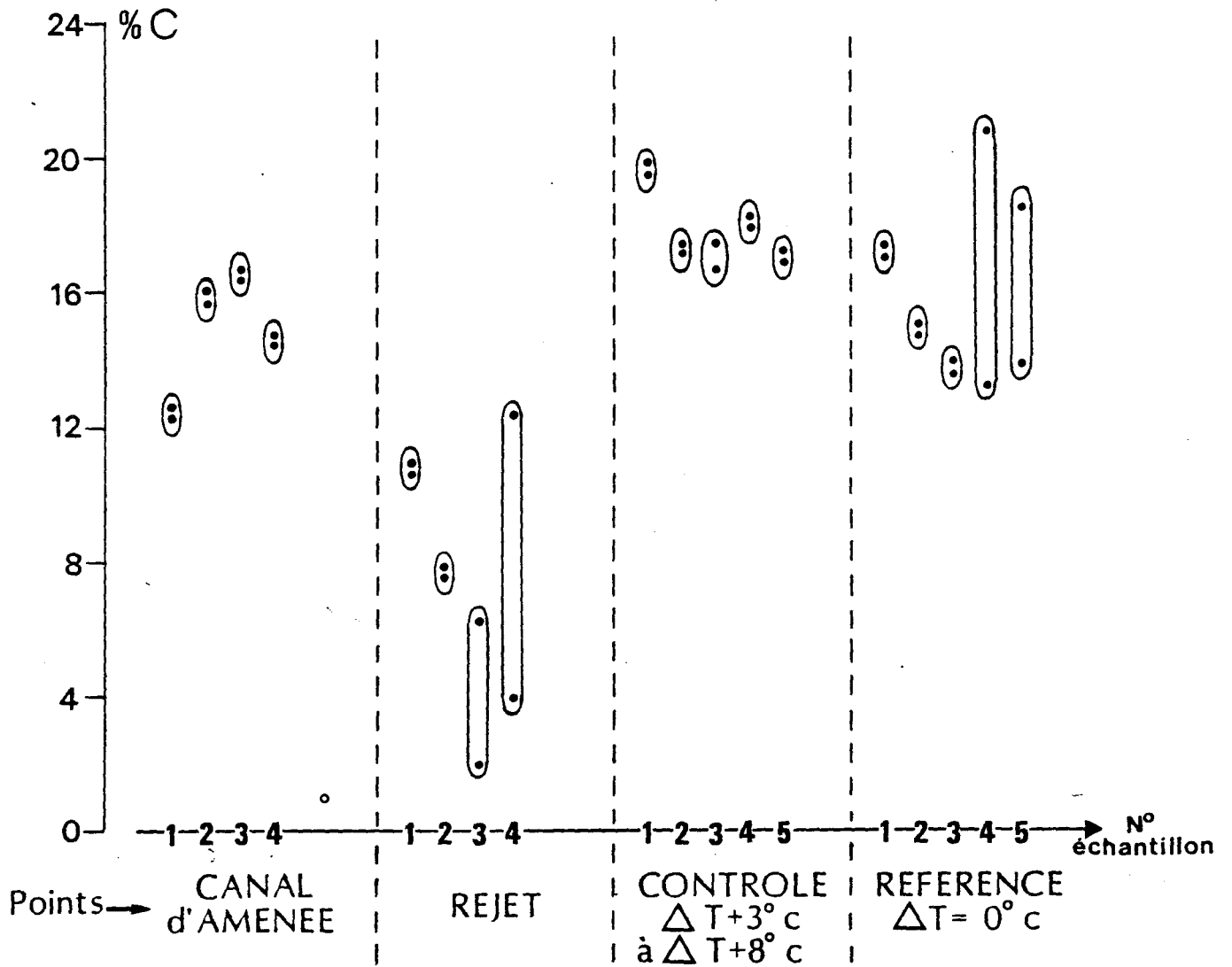


Fig. V.5.

-GRAVELINES 1989-

CARBONE / AZOTE -30 juin 89-

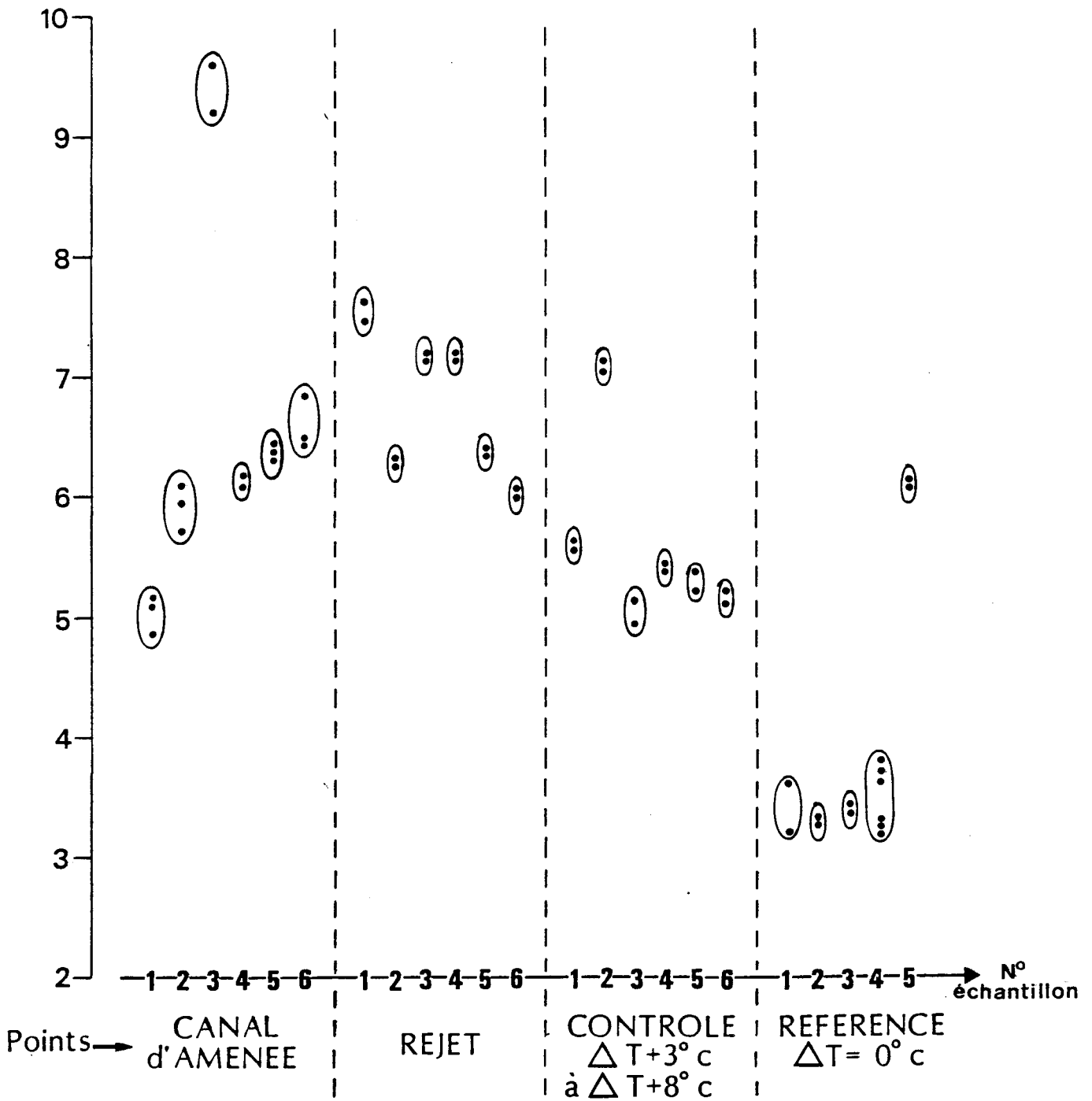


Fig. V.6.

-GRAVELINES 1989-

CARBONE / AZOTE -7 septembre 89-

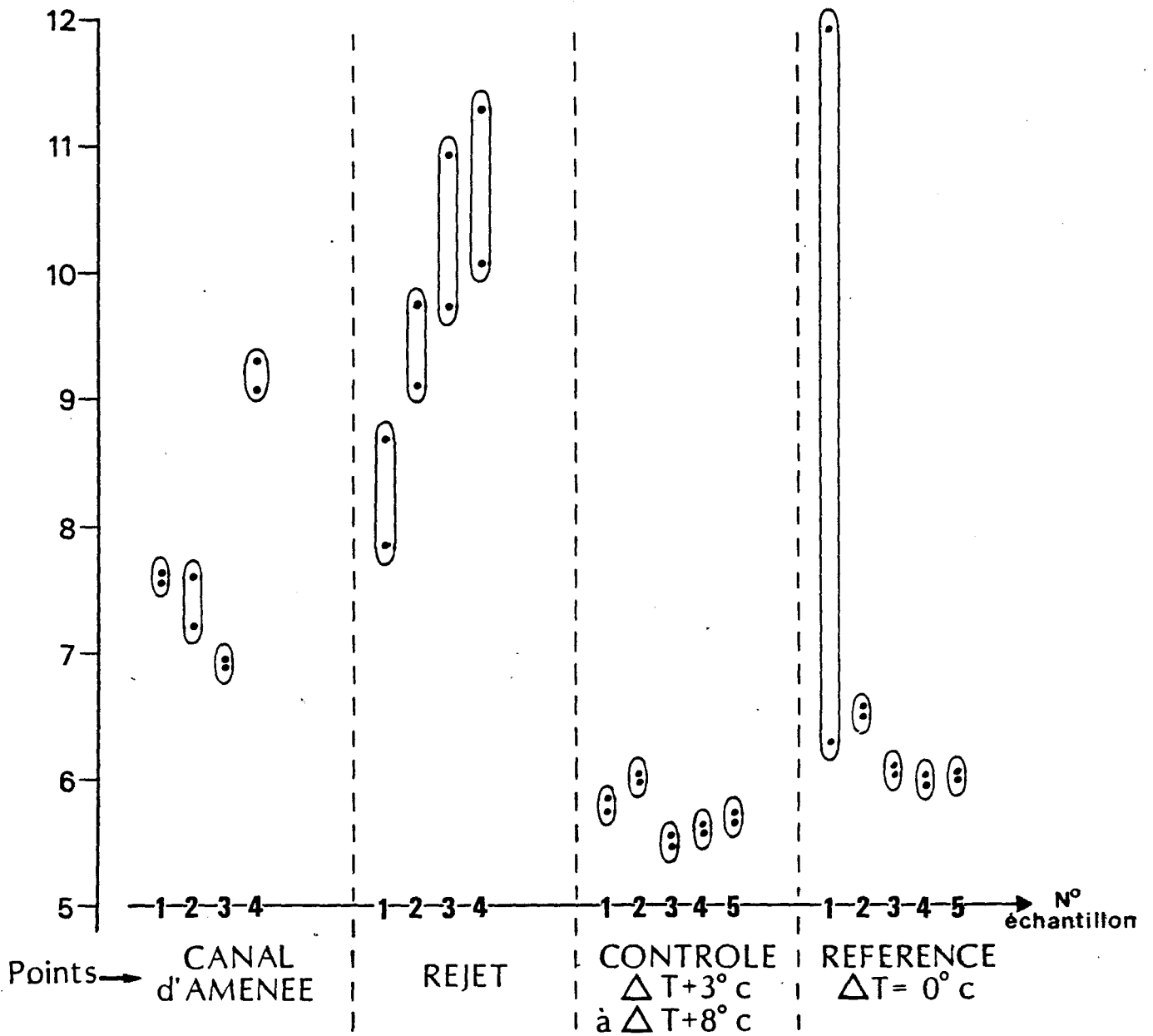


Fig. V.7.

-GRAVELINES 1989-

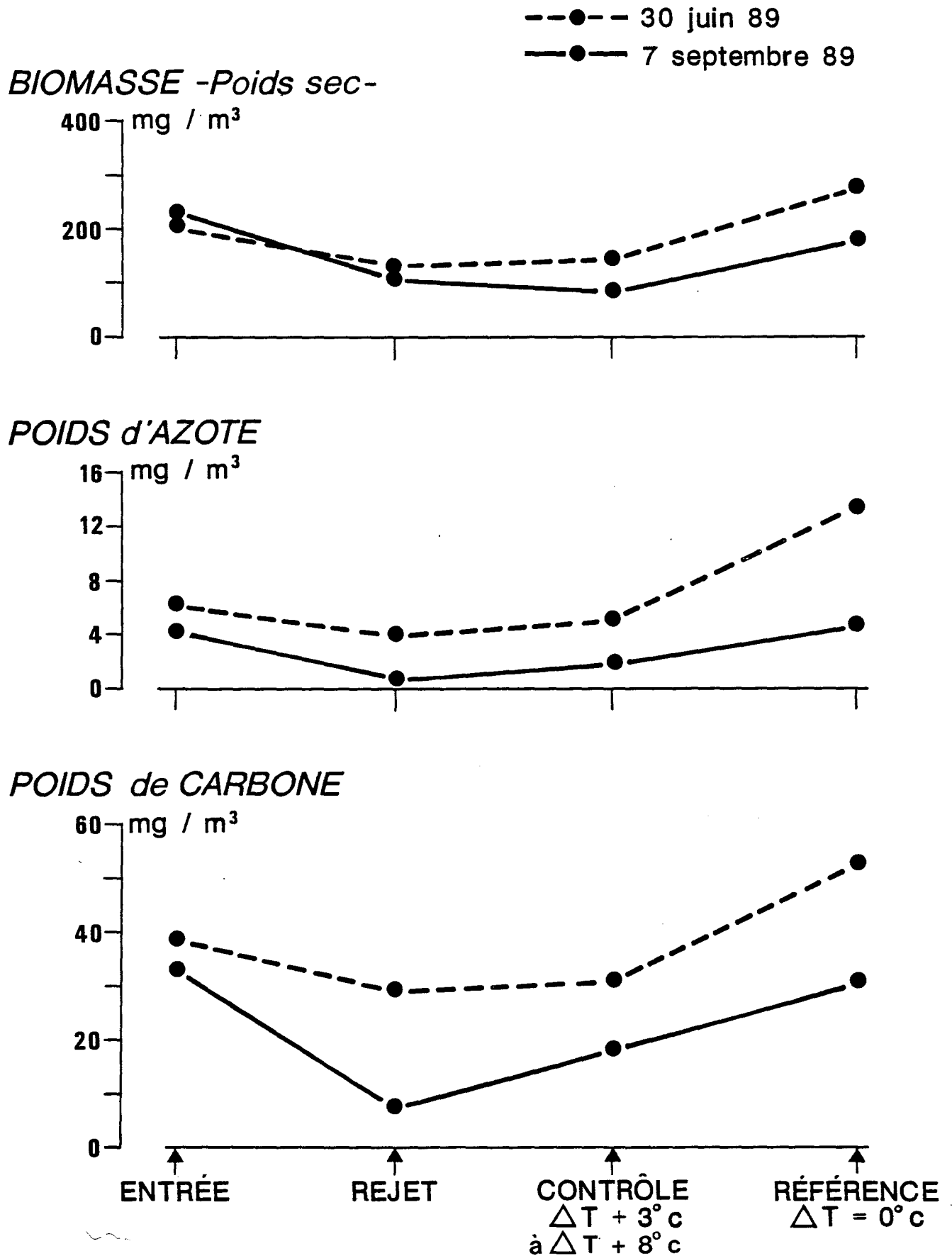


Tableau 5.1 - Biomasses zooplanctoniques
 Résultats des mesures au CHN de l'azote et du carbone.

Légende : (1) à (6) repliquats en un même point.
 1. 2. 3 mesures répétées pour le même échantillon.

		% N		% C		C/N	
30.06.89 - Entrée							
(1)	1	3.244		15.881		4.896	
	2	3.156		16.119		5.108	
	3	3.095		16.001		5.171	
M/S		3.165	0.749	16.000	0.119	5.058	0.144
(2)	1	3.250		18.579		5.717	
	2	3.188		19.028		5.968	
	3	3.101		18.936		6.106	
M/S		3.180	0.748	18.848	0.237	5.930	0.197
(3)	1	1.689		16.211		9.599	
	2	1.737		16.014		9.221	
M/S		1.713	0.034	16.113	0.139	9.410	0.267
(4)	1	3.383		20.896		6.177	
	2	3.378		20.642		6.110	
M/S		3.381	0.004	20.769	0.180	6.144	0.047
(5)	1	3.996		25.629		6.413	
	2	4.001		25.635		6.410	
	3	4.033		25.741		6.383	
M/S		4.010	0.020	25.668	0.063	6.402	0.017
(6)	1	2.850		18.385		6.450	
	2	2.867		18.514		6.459	
	3	2.691		18.246		6.779	
M/S		2.803	0.097	18.382	0.134	6.563	0.187
30.06.89 - Rejet							
(1)	1	3.114		23.722		7.617	
	2	3.234		24.223		7.490	
M/S		3.174	0.085	23.973	0.354	7.554	0.090
(2)	1	3.946		24.711		6.262	
	2	3.873		24.452		6.314	
M/S		3.9095	0.052	24.582	0.183	6.288	0.037
(3)	1	2.947		21.211		7.196	
	2	2.977		21.429		7.198	
M/S		2.962	0.021	21.320	0.154	7.197	0.001

		% N		% C		C/N	
(4)	1	3.426		24.626		7.187	
	2	3.404		24.546		7.212	
M/S		3.415	0.016	24.586	0.057	7.200	0.018
(5)	1	3.143		20.232		6.436	
	2	3.090		20.016		6.478	
M/S		3.117	0.038	20.124	0.153	6.457	0.030
(6)	1	3.288		19.967		6.073	
	2	3.305		20.024		6.059	
M/S		3.297	0.012	19.955	0.040	6.066	0.010
30.06.89 - Côte							
(1)	1	3.226		18.138		5.622	
	2	3.260		18.181		5.578	
M/S		3.243	0.024	18.160	0.030	5.600	0.031
(2)	1	3.407		24.205		7.106	
	2	3.439		24.401		7.096	
M/S		3.423	0.023	24.303	0.139	7.101	0.007
(3)	1	4.715		24.223		5.137	
	2	4.863		24.034		4.943	
M/S		4.789	0.105	24.129	0.134	5.040	0.137
(4)	1	3.164		17.248		5.451	
	2	3.206		17.404		5.429	
M/S		3.185	0.030	17.326	0.110	5.440	0.016
(5)	1	4.064		21.235		5.225	
	2	3.896		20.964		5.381	
M/S		3.980	0.119	21.100	0.192	5.303	0.110
(6)	1	3.583		18.746		5.231	
	2	3.659		18.892		5.163	
M/S		3.621	0.054	18.819	0.103	5.197	0.048
30.06.89 - Large							
(1)	1	7.432		24.231		3.260	
	2	2.972		10.791		3.631	
M/S		5.202	3.154	17.511	9.504	3.446	0.262
(2)	1	6.857		22.804		3.326	
	2	7.038		23.048		3.275	
M/S		6.948	0.128	23.426	0.535	3.301	0.036

	% N		% C		C/N	
(3) 1	6.059		20.703		3.417	
2	6.144		20.812		3.387	
M/S	6.102	0.060	20.758	0.077	3.402	0.021
(Moyenne (4) (5)) : 2 échantillons mélangés						
(4) 1	4.556		17.229		3.782	
2	4.719		17.473		3.703	
3	4.788		17.535		3.663	
4	7.862		25.315		3.220	
5	7.756		25.167		3.245	
6	3.624		19.384		5.349	
M/S	5.551	1.799	20.351	3.866	3.827	0.783
(5) 1	2.309		14.000		6.064	
2	2.282		13.975		6.123	
M/S	2.296	0.019	13.988	0.018	6.094	0.042
07.09.89 - Entrée						
(1) 1	1.651		12.507		7.577	
2	1.645		12.386		7.528	
M/S	1.648	0.004	12.447	0.086	7.552	0.035
(2) 1	2.071		15.699		7.581	
2	2.239		16.117		7.199	
M/S	2.155	0.119	15.908	0.296	7.390	0.270
(3) 1	2.394		16.576		6.925	
2	2.377		16.467		6.927	
M/S	2.386	0.012	16.522	0.077	6.926	0.001
(4) 1	1.582		14.704		9.296	
2	1.625		14.750		9.075	
M/S	1.604	0.030	14.727	0.033	9.186	0.156
07.09.89 - Rejet						
(1) 1	1.230		10.722		8.719	
2	1.393		10.994		7.890	
M/S	1.312	0.115	10.858	0.192	8.305	0.586
(2) 1	0.795		7.782		9.784	
2	0.871		7.939		9.117	
M/S	0.833	0.054	7.861	0.111	9.451	0.472
(3) 1	0.190		2.082		10.971	
2	0.655		6.367		9.718	
M/S	0.423	0.329	4.225	3.030	10.345	0.886

		% N		% C		C/N	
(4)	1	1.236		12.476		10.092	
	2	0.357		4.034		11.299	
M/S		0.796	0.621	8.255	5.969	10.696	0.854
07.09.89 - Côte							
(1)	1	3.392		19.863		5.856	
	2	3.378		19.567		5.793	
M/S		3.385	0.010	19.715	0.209	5.825	0.045
(2)	1	2.873		17.243		6.003	
	2	2.863		17.249		6.024	
M/S		2.868	0.007	17.246	0.004	6.013	0.015
(3)	1	3.149		17.487		5.554	
	2	3.055		16.829		5.509	
M/S		3.102	0.067	17.158	0.465	5.532	0.032
(4)	1	3.191		17.963		5.630	
	2	3.230		18.261		5.653	
M/S		3.210	0.028	18.112	0.211	5.642	0.016
(5)	1	3.058		17.351		5.673	
	2	3.025		17.099		5.652	
M/S		3.042		17.225	0.178	5.663	0.015
07.09.89 - Large							
(1)	1	1.458		17.388		11.930	
	2	2.724		17.169		6.302	
M/S		2.091	0.895	17.279	0.155	9.116	3.980
(2)	1	2.261		14.786		6.540	
	2	2.294		14.896		6.492	
M/S		2.278	0.023	14.841	0.078	6.516	0.034
(3)	1	2.256		13.780		6.109	
	2	2.290		13.876		6.059	
M/S		2.273	0.024	13.828	0.068	6.084	0.035
(4)	1	2.210		13.356		6.042	
	2	3.513		20.936		5.960	
M/S		2.862	0.921	17.146	5.360	6.001	0.058
(5)	1	3.084		18.526		6.006	
	2	2.316		13.897		6.001	
M/S		2.700	0.543	16.212	3.273	6.004	0.004

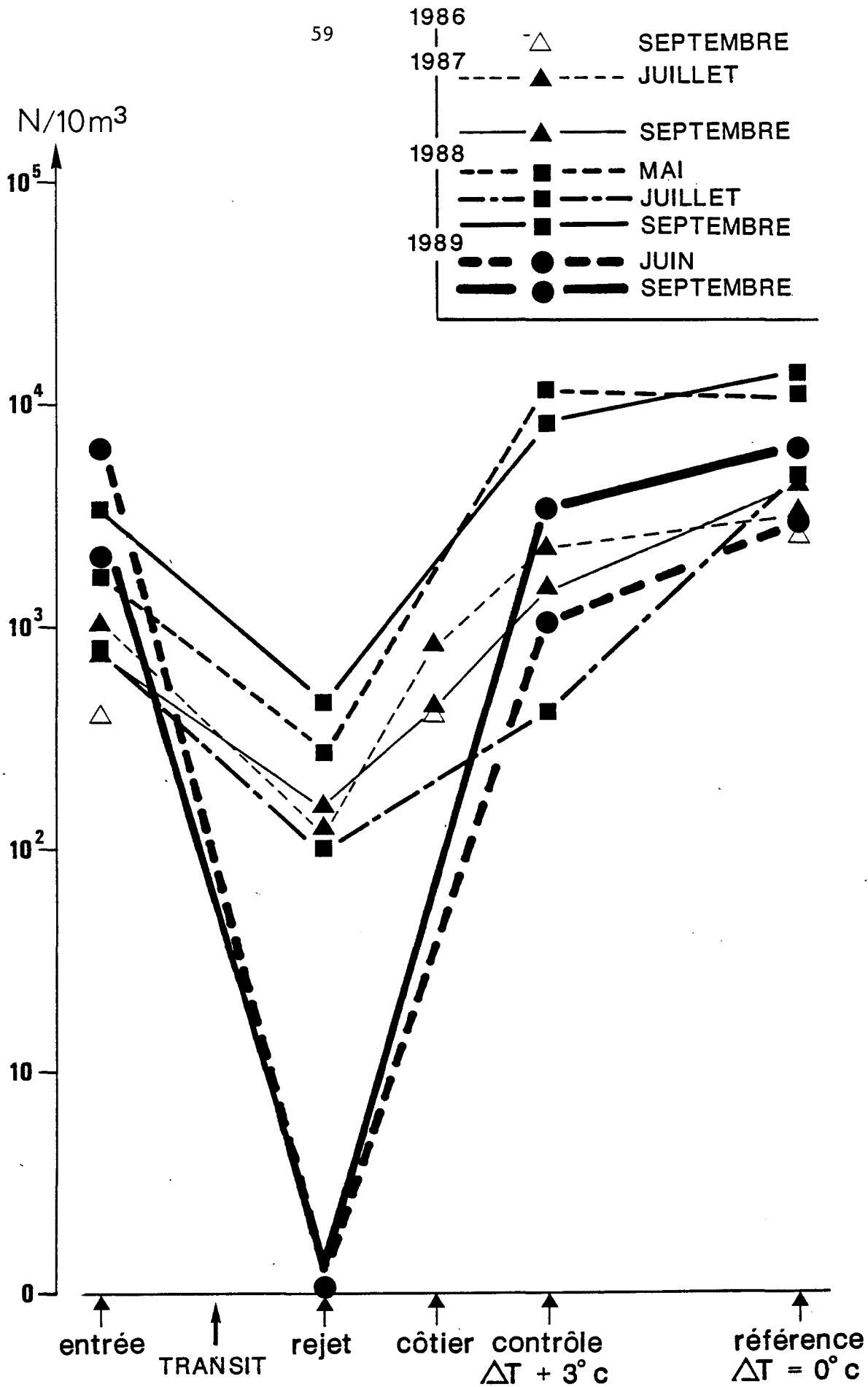
Tableau 5.2 - Gravelines 1989

Date - Point	Biomasse mg/m ³		% C	Poids C mg/m ³	% N	Poids N mg/m ³	C/N
30.06.89 - Entrée							
1	184.5		16.00	29.52	3.17	5.85	5.06
2	324.0		18.85	61.07	3.18	10.30	5.93
3	288.9		16.11	46.54	1.71	4.94	9.41
4	134.8		20.77	28.00	3.38	4.56	6.14
5	117.6		25.67	30.19	4.01	4.72	6.40
6	172.0		18.38	31.61	2.80	4.82	6.56
	M 203.6	S 84.0	19.30	39.29	3.04	6.19	6.58
30.06.89 - Rejet							
1	54.2		23.97	12.99	3.17	1.72	7.55
2	254.7		24.58	62.60	3.91	9.96	6.29
3	82.6		21.32	17.61	2.96	2.44	7.20
4	152.4		24.59	37.48	3.42	5.21	7.20
5	135.0		20.12	27.16	3.12	4.21	6.46
6	96.3		19.96	19.22	3.30	3.18	6.07
	M 129.2	S 80.0	22.42	29.51	3.31	4.29	6.80
30.06.89 - Côte							
1	129.0		18.16	23.43	3.24	4.18	5.60
2	187.3		24.30	45.51	3.42	6.40	7.10
3	65.9		24.13	15.90	4.79	3.16	5.04
4	199.4		17.33	34.56	3.19	6.36	5.44
5	161.4		21.10	34.06	3.98	6.42	5.30
6	169.2		18.82	31.84	3.62	6.13	5.20
	M 152.0	S 48.6	20.64	31.37	3.71	5.64	5.61
30.06.89 - Large							
1	167.2		17.51	29.28	5.20	8.69	3.45
2	254.3		23.43	59.56	6.95	17.67	3.30
3	304.1		20.76	63.13	6.10	18.55	3.40
4	284.6		20.35	57.92	5.55	15.80	3.83
5	395.8		13.99	55.37	2.30	9.10	6.09
	M 281.2	S 82.7	19.20	53.05	5.22	13.96	4.01

Tableau 5.2 (suite).

Date - Point	Biomasse mg/m ³		% C	Poids C mg/m ³	% N	Poids N mg/m ³	C/N
07.09.89 - Entrée							
1		166.5	12.45	20.81	1.65	2.75	7.55
2		132.7	15.91	21.11	2.16	2.87	7.39
3		154.5	16.52	25.52	2.39	3.69	6.93
4		434.1	14.73	63.94	1.61	6.99	9.19
	M	S					
	221.9	142.2	14.90	33.06	1.95	4.33	7.77
07.09.89 - Rejet							
1		70.1	10.86	7.61	1.31	0.92	8.31
2		95.5	7.86	7.51	0.83	0.79	9.45
3		85.0	4.23	3.60	0.42	0.36	10.34
4		167.0	8.26	13.79	0.80	1.34	10.70
	M	S					
	104.4	43.0	7.80	8.14	0.84	0.87	9.7
07.09.89 - Côte							
1		143.5	19.72	28.30	3.39	4.86	5.83
2		29.2	17.25	5.04	2.87	0.84	6.01
3		108.2	17.16	18.57	3.10	3.35	5.53
4		87.2	18.11	15.79	3.21	2.80	5.64
5		126.3	17.23	21.76	3.04	3.84	5.66
	M	S					
	98.9	44.2	17.89	17.69	3.12	3.09	5.73
07.09.89 - Large							
1		159.5	17.28	27.56	2.09	3.33	9.12
2		301.5	14.84	44.74	2.28	6.87	6.52
3		195.3	13.83	27.01	2.27	4.43	6.08
4		129.4	17.15	22.19	2.86	3.70	6.00
5		163.0	16.21	26.42	2.70	4.40	6.00
	M	S					
	189.8	66.7	15.86	30.10	2.44	4.55	6.74

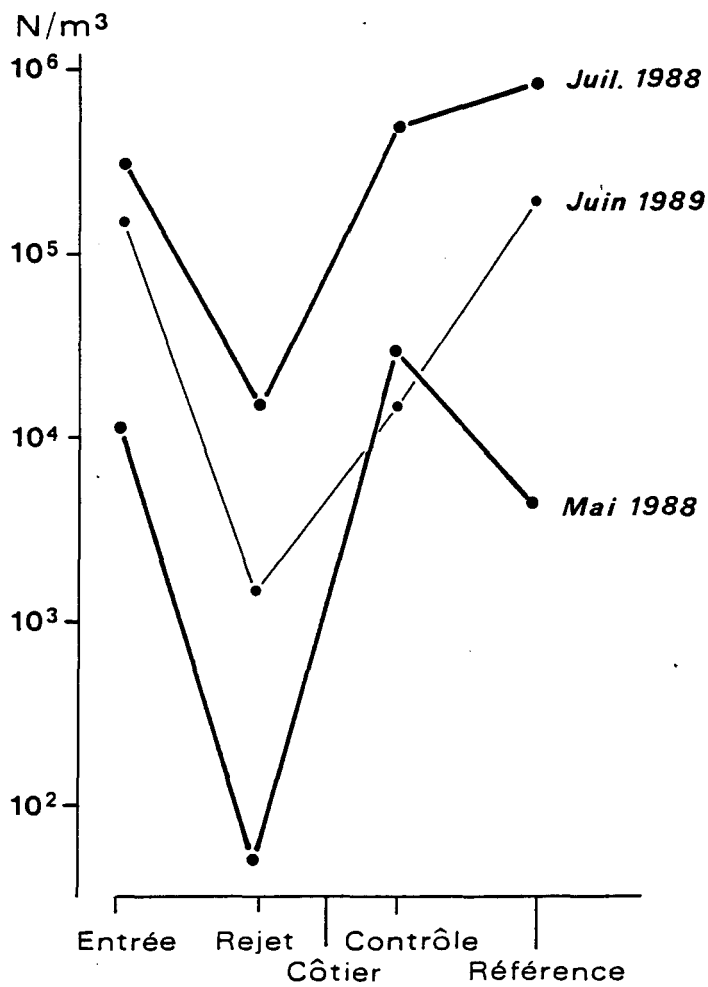
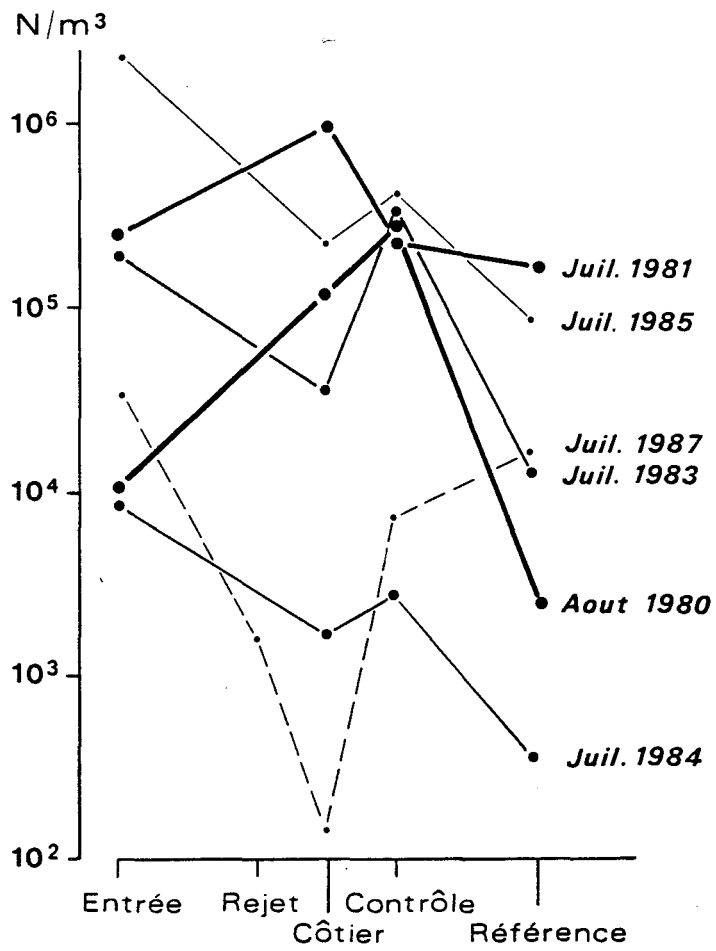
Fig. V.8.



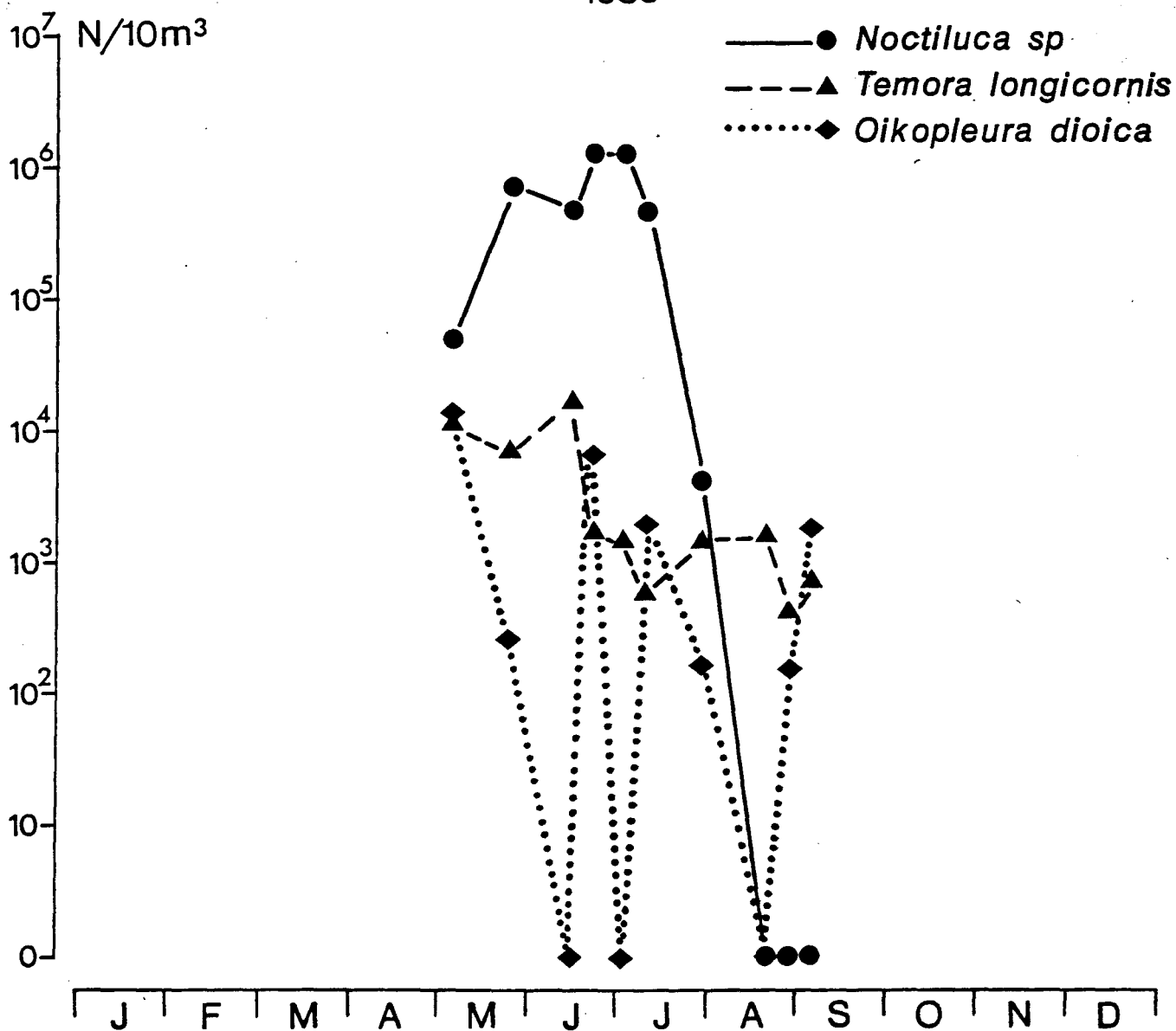
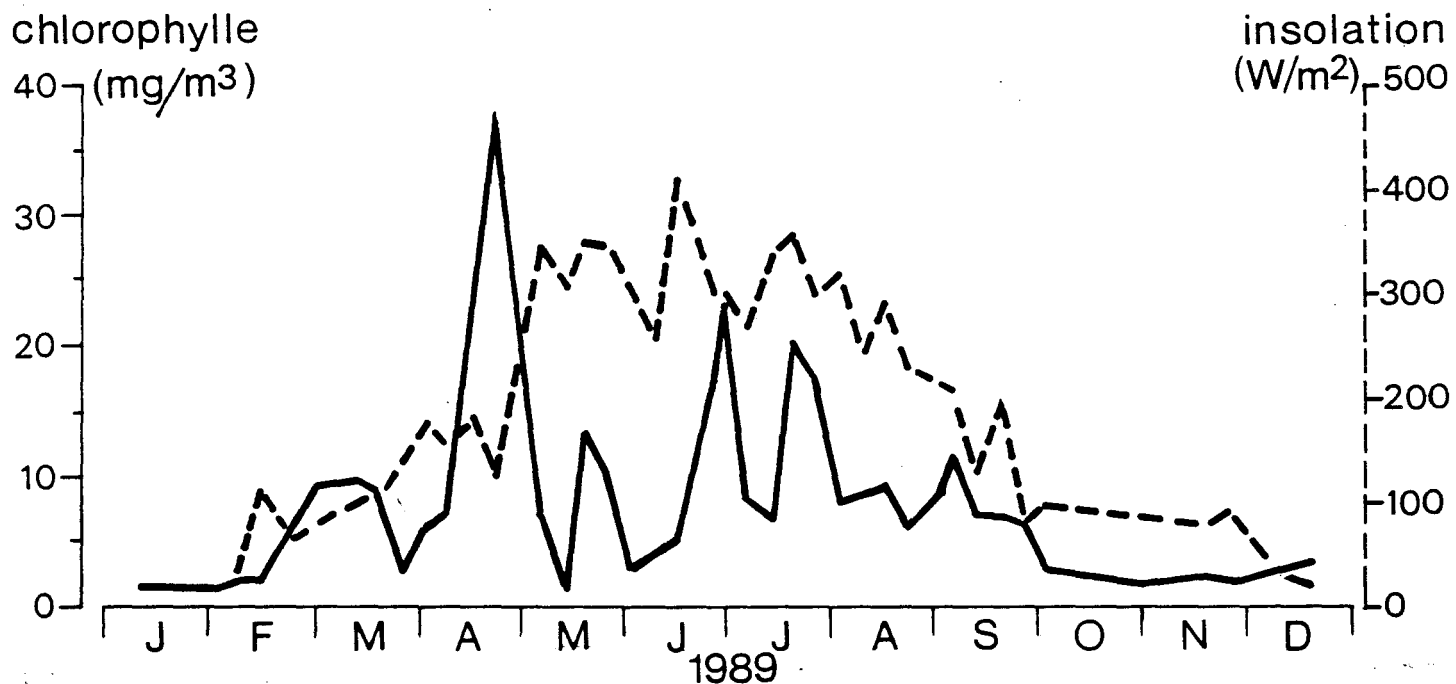
Variations d'abondance de *Oikopleura dioica*.

Variations d'abondance des Noctiluques.

Fig. V.9.



ÉVOLUTION SAISONNIÈRE AU POINT 'ENTRÉE'



1.2. Les espèces.

La comparaison des points confirme en 1989 l'ensemble des résultats de l'année 1988.

Les organismes qui subissent une mortalité très importante par transit sont des organismes mous d'assez grande taille, chaetognathes (*Sagitta*), appendiculaires (*Oikopleura dioica*), et également les dinoflagellés noctiluques (fig. V.8 et V.9). Notons comme l'an passé la richesse de l'avant port en noctiluques, la zone est favorable au développement de ce groupe particulièrement par temps calme et vent modéré d'est. Le beau temps calme et les longues périodes d'ensoleillement ont favorisé les phénomènes d'eau rouge à noctiluques en 1989 (cf. variations saisonnières en hydrologie).

2. Les variations saisonnières.

Le programme en 1989 prévoyait le suivi au canal d'entrée de quelques paramètres permettant de mieux cerner les caractéristiques principales de l'année, indépendamment du fonctionnement de la centrale. Nous avons pu ainsi avoir une très bonne précision des variations thermiques d'une année exceptionnellement chaude en 1989 (voir chapitre hydrologie). Le suivi de la quantité de chlorophylle en relation avec l'insolation a confirmé et affiné nos observations antérieures, à savoir la multiplicité des pics de production primaire et secondaire par an. Cinq à six peuvent être mis en évidence en relation avec des changements très rapides dans l'évolution temporelle de l'écosystème.

La figure V.10 représente d'une part la longue période où les noctiluques ont proliféré à Gravelines en 1989 de mai à août en liaison avec la météorologie exceptionnelle de l'année.

On remarque le maintien de *Temora longicornis* à un niveau que l'on pourrait qualifier de "moyen" par rapport à certaines années aux caractéristiques météorologiques plus contrastées. Le maximum de *Temora* dans les années moins chaudes peut atteindre 10^6 ind./10 m³ mais l'abondance diminue en général plus vite après cette période de maximum en mai-juin.

Enfin la courbe d'*Oikopleura dioica*, espèce thermophile et herbivore, montre des fluctuations nombreuses en accord avec les poussées phytoplanctoniques successives.

En ce qui concerne l'ensemble des espèces, le cycle zooplanctonique reste globalement stable sur Gravelines. Nous notons toutefois comme l'an dernier une assez bonne présence des annélides *Magelona* et *Nephtys*. De plus les larves cyphonautes de bryozoaires sont nombreuses ainsi que les larves d'ophiures.

Isias clavipes, espèce thermophile est présente et *Paracalanus parvus* abondant dès le mois de juin (année chaude). Les copépodes parasites de poissons sont abondants surtout en septembre.

CONCLUSION.

Les résultats de l'année 1989 confirment ceux de l'année 1988. Cette année a été intéressante par le suivi d'une année exceptionnellement chaude qui a été contrôlée au canal d'entrée de la centrale. La nouvelle stratégie combinant deux missions de couverture spatiale seulement mais auxquelles s'ajoute un suivi hebdomadaire à l'entrée pour contrôler le rôle de facteurs "naturels, hors impact" semble donner une solution acceptable de stratégie de surveillance.

C H A P I T R E . V I

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.

Par ses caractéristiques essentielles, le site s'inscrit dans une famille d'aires côtières de nutrition, frayères et nourriceries, en particulier pour les poissons plats.

La réactualisation du programme de surveillance du milieu récepteur pour 1989 a conduit à l'abandon des campagnes d'échantillonnage des phases benthiques de poissons plats et à focaliser l'étude sur les stades planctoniques de deux espèces cibles choisies pour leur importance économique effective ou potentielle et la reproductibilité de leur présence dans le milieu : la sole et le sprat, toutes deux à ponte côtière.

METHODOLOGIE

Le matériel et les méthodes de terrain et de laboratoire sont en grande partie identiques à ceux utilisés depuis plusieurs années et harmonisés pour l'ensemble des sites d'implantation de centrales nucléaires. Ils sont décrits en détail dans les précédents rapports d'étude.

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

Localisation des points de prélèvement : trois points en mer (point 1 : côte, point 2 : médian, point 3 : large) et deux points "canal de prise" (6 : rive gauche et 7 : milieu).

Chronologie : 4 campagnes ont eu lieu de mi-Avril à fin Juin afin de couvrir au mieux la période de présence des oeufs et larves de la sole et du sprat. Seule la campagne de début Juin a été réalisée à l'entrée du canal, les trois autres ont eu lieu en mer. Cette chronologie ainsi que les caractéristiques des campagnes figurent dans le tableau 1 ci-après.

N° Campagne date	Heure PM	Point	Heure	Sonde	Température	
					Surf.	Fond
144 12 Avril	16 h 19	1	15 h 06	5 m	11.40	11.30
		2	15 h 40	12 m	9.50	9.50
		3	16 h 20	28 m	9.50	9.20
145 10 Mai	15 h 10	1	13 h 32	4 m	15.90	12.10
		2	13 h 55	11 m	11.80	11.70
		3	14 h 21	27 m	11.50	11.00
146 06 Juin	08 h 05	6	09 h 30		14.40	
		7	09 h 10		14.40	
147 30 Juin		1	06 h 30	4 m	25.60	17.50
		2	07 h 33	11 m	19.80	17.20
		3	12 h 21	27 m	16.70	16.50

TABLEAU 1 . Principales caractéristiques des campagnes.

N° CAMPAGNE	POINT	REPLIQUAT	VOLUME (m ³)	HEURE (T.U.)	DUREE
144 12 Avril	1	1	142.10	15 h 12	6 mn
		2	138.96	15 h 25	6 mn
	2	1	155.73	15 h 45	6 mn
		2	90.44	16 h 03	4 mn
	3	1	72.75	16 h 23	3 mn
		2	76.34	16 h 32	4 mn
145 10 Mai	1	1	83.72	13 h 35	2 mn
		2	131.77	13 h 44	3 mn
	2	1	81.37	13 h 58	2 mn
		2	72.60	14 h 08	2 mn
	3	1	144.32	14 h 28	4 mn
		2	139.44	14 h 41	4 mn
	146 06 Juin	6	115.30	09 h 30	15 mn
		7	66.64	09 h 10	14 mn
	147 30 Juin	1	1	129.12	08 h 47
2			154.13	08 h 55	3 mn
2		1	208.81	09 h 04	4 mn
		2	206.93	09 h 12	3 mn
3		1	310.16	09 h 30	4 mn
		2	314.25	09 h 39	6 mn

TABLEAU 2. Caractéristiques des prélèvements.

RESULTATS

La dernière campagne (30 Juin) n'a pas été dépouillée ainsi que les prélèvements "canal" en raison de l'inconstance de l'immersion du filet entraînant des erreurs dans le calcul des volumes filtrés. Les premiers résultats figurent dans les tableaux 2 et 3 ci-après.

Sole (*Solea vulgaris* QUENSEL)**Oeufs :**

Globalement, les résultats enregistrés en 1989 témoignent d'un cycle moyen aussi bien dans l'abondance que dans la chronologie. Les mesures effectuées mi-mai se situent dans la période du maximum. Ainsi, malgré des températures mi-avril voisines voire même légèrement supérieures à celles de 1988, n'observe-t-on pas de véritable avance des pontes comme ce fut le cas au cours de cette année.

On retrouve en 1989 des densités de l'ordre de grandeur de celles observées avant 1982, confirmant ainsi la décrue amorcée après le maximum de 1983. Les forts effectifs observés après la mise en service doivent plutôt être attribués à l'effet de fluctuations naturelles. Leur augmentation après

1981 n'est d'ailleurs statistiquement significative qu'au point du large (point 3), hors influence (résultats non encore publiés) et l'on n'observe aucune évolution significative de la différence entre le point 1 impacté et 3 non impacté.

Dans le contexte hydrodynamique très complexe et fluctuant du secteur et compte-tenu de la nature ponctuelle des prélèvements, à la fois dans le temps et dans l'espace, il est difficile de faire la part, dans ces fluctuations, des pontes locales et de l'advection à partir de foyers voisins.

A méso-échelle, on peut invoquer également une certaine dérive pluriannuelle du barycentre de l'aire de ponte du Sud de la Mer du Nord, la plus importante de la vaste frayère recouvrant une grande partie de ce secteur biogéographique et dont l'épicentre se situe à quelques dizaines de kilomètres du littoral de Gravelines.

Dans l'hypothèse où la coïncidence entre l'augmentation globale des effectifs pendant quelques années et le démarrage de la centrale ne serait pas entièrement fortuite, il n'est pas déraisonnable de penser que l'échauffement des eaux, par un effet attractif de proche en proche sur les géniteurs, ait pu accentuer l'incidence d'un glissement naturel des foyers de ponte.

Larves :

Les fluctuations importantes dans les densités d'oeufs ne se répercutent cependant pas sur les effectifs de larves. En effet, des études précédentes ont montré que ces derniers étaient davantage déterminés par la date que par l'importance de la ponte, le recrutement se faisant principalement à partir des pontes tardives (au mois de Mai) lorsque les conditions optimales pour la survie des larves (température et nourriture surtout) sont réunies.

Ainsi, si la centrale avait pour effet d'avancer une partie des pontes (ou d'induire des pontes plus importantes), il est probable que ces dernières seraient vouées à un mauvais recrutement, sans compter l'impact accru, en valeur absolue, du transit.

D'une manière générale, on n'enregistre pas de grandes variations dans les densités de larves, les fluctuations de la ponte étant largement amorties, au niveau des larves, par la survie différentielle. Ainsi, au contraire des oeufs, observe-t-on à Gravelines des effectifs plus stables et globalement mois importants, cette fois-ci, après mise en service de la centrale, du moins en apparence, la tendance n'étant pas confirmée statistiquement.

Fig. VI.1.

GRAVELINES Sole

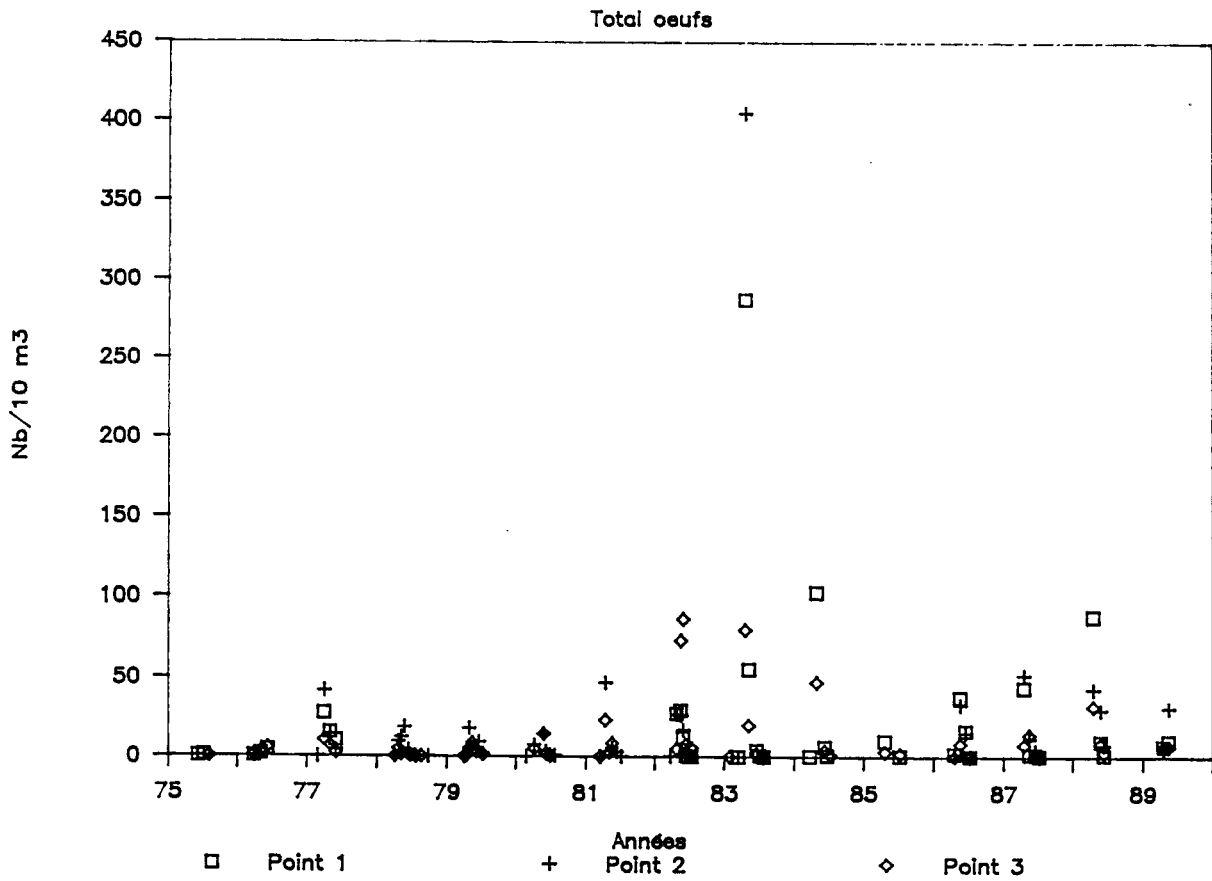


Fig. VI.2.

GRAVELINES Sole

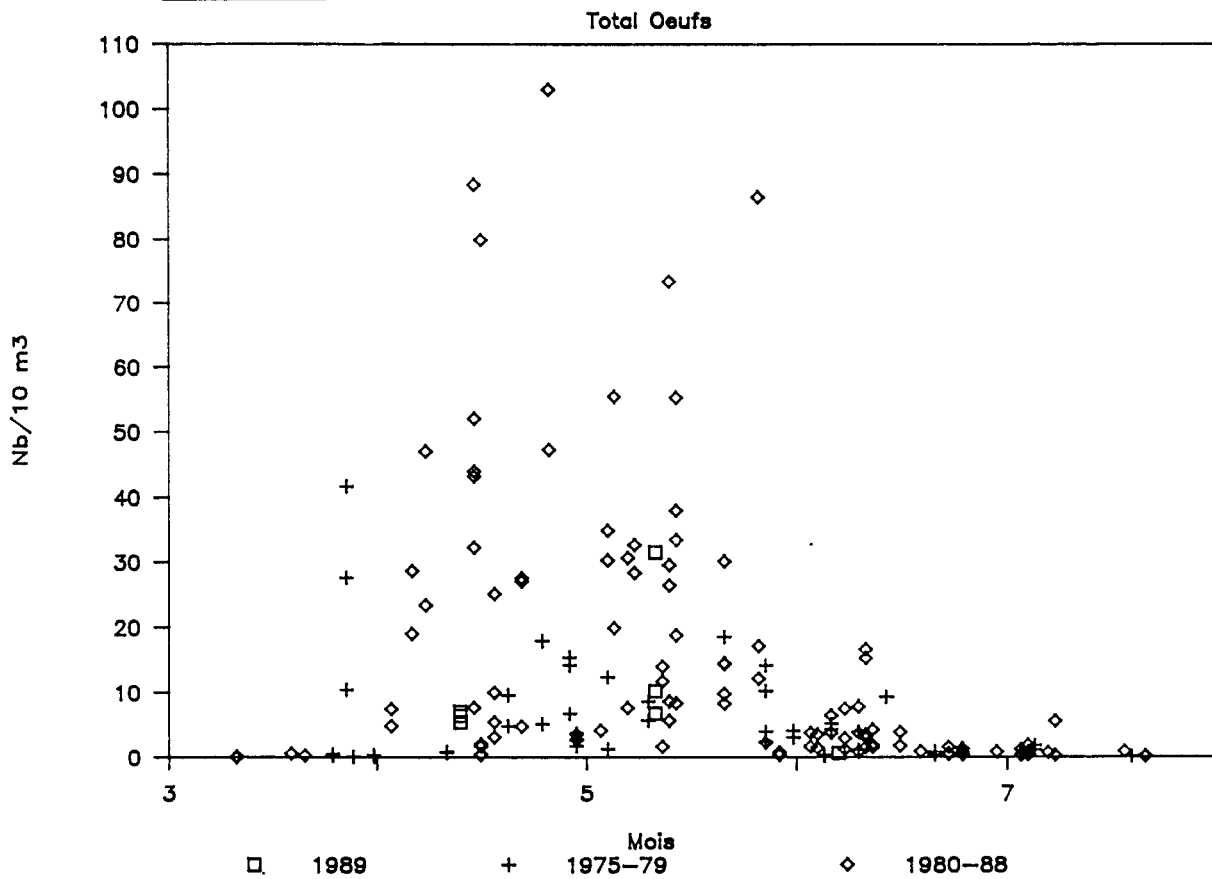


Fig. VI.3.

GRAVELINES Sole

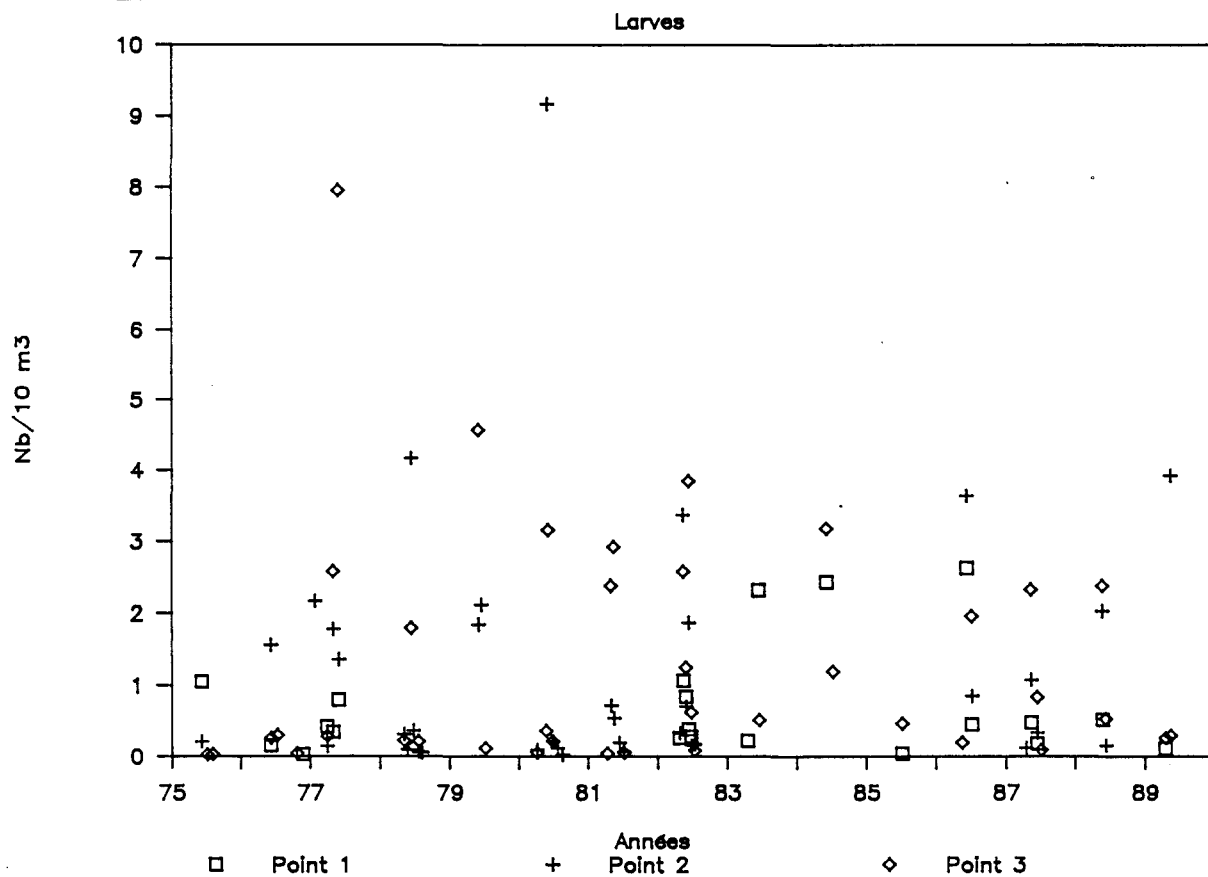


Fig. VI.4.

GRAVELINES Sole

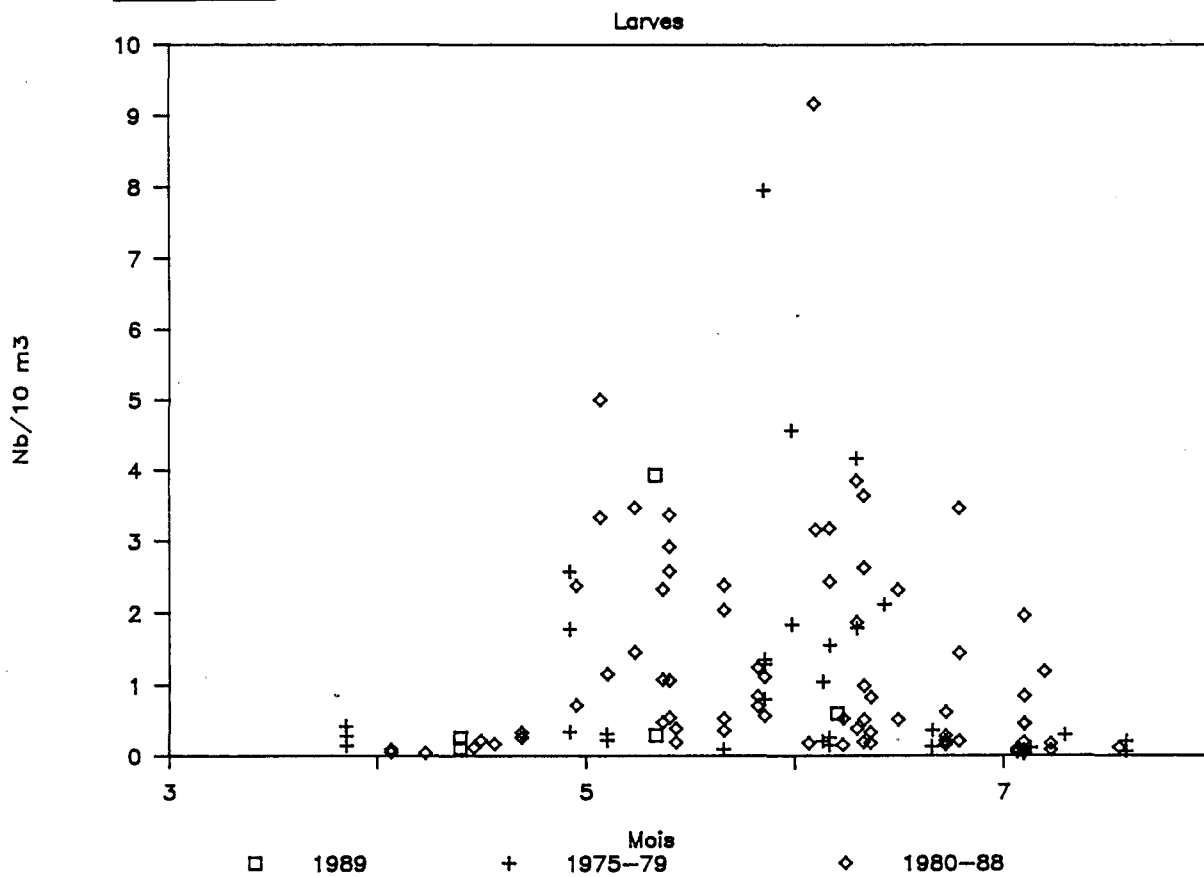


Fig. VI.5.

GRAVELINES Sole

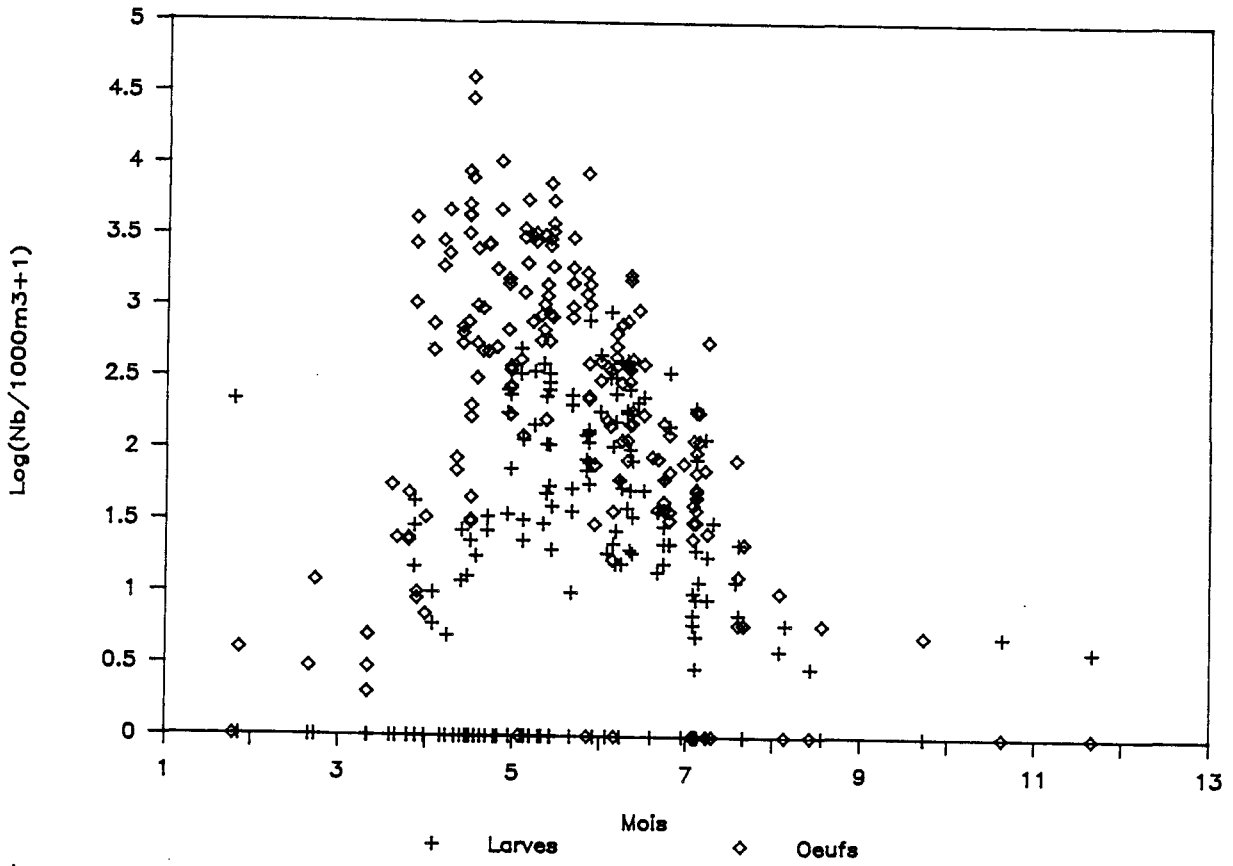
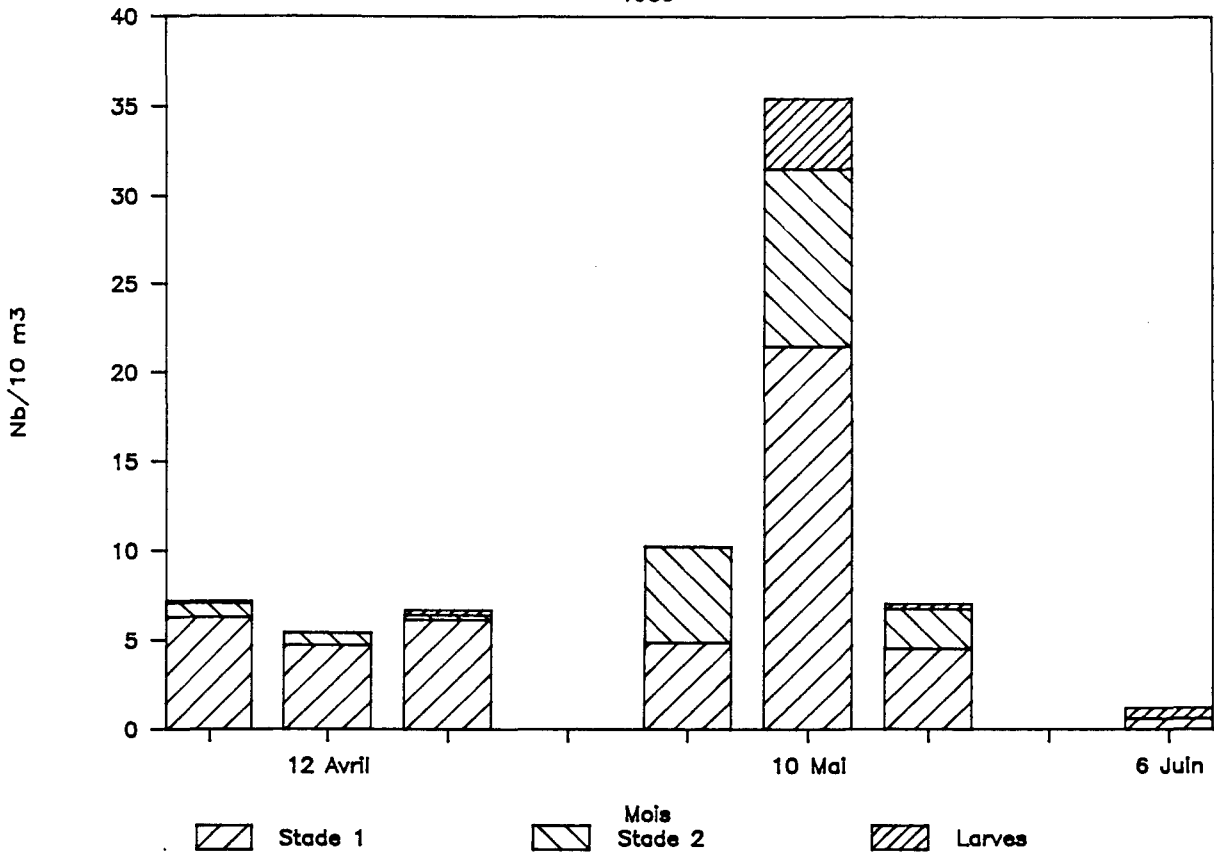


Fig. VI.6.

GRAVELINES Sole

1989



CAMPAGNE	POINT		Stade 1	Stade 2	Total	Larves
144 12 Avril	1	1	8.44	0.56	9.01	0.00
		2	4.17	1.01	5.18	0.22
	2	1	4.62	0.51	5.14	0.00
		2	4.87	0.88	5.75	0.00
	3	1	5.50	0.00	5.50	0.00
145 10 Mai	1	1	1.91	0.96	2.87	0.00
		2	7.89	9.72	17.61	0.00
	2	1	27.53	15.73	43.26	3.93
		2	15.43	4.41	19.83	0.00
	3	1	2.77	3.32	6.10	0.00
146 06 Juin	6	2	6.30	1.15	7.45	0.57
			0.60	0.00	0.60	0.60

TABLEAU 3. Résultats concernant la sole.

Sprat (*Sprattus sprattus* L.)

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

Après une période de baisse des effectifs depuis 1984, on retrouve en 1989 des densités d'oeufs proches de celles observées avant 1980 et qui furent parmi les plus élevées. La même tendance est notée pour les larves.

Oeufs :

Contrairement à la sole, on n'observe pas de changement important dans les effectifs après mise en route de la centrale. D'une manière générale, on observe une excellente reproductibilité des cycles d'abondance : l'amplitude des variations des maxima n'excède pas un facteur 2 sur 15 ans, ce qui est remarquable compte-tenu de la variabilité de l'échantillonnage. Les densités de 1989 sont relativement élevées.

Larves :

Au contraire de la sole, les larves de sprat présentent de grandes variations d'abondance d'une année sur l'autre.

CAMPAGNE	POINT	REPLIQUAT	Stade 1	Stade 2	Total	Larves
144 12 Avril	1	1	7.32	2.25	9.57	0.49
		2	3.02	0.29	3.31	0.43
	2	1	1.28	0.26	1.54	2.31
		2	2.21	0.44	2.65	5.75
	3	1	3.30	1.65	4.95	1.10
145 10 Mai	1	1	57.33	32.01	89.35	0.00
		2	74.01	51.60	125.67	0.00
	2	1	108.15	155.34	263.49	66.85
		2	83.75	101.38	185.12	8.82
	3	1	20.51	4.43	24.94	3.32
146 06 Juin	6	2	6.87	11.46	18.33	2.87
		7	4.80	0.00	4.80	4.80

TABLEAU 4. Résultats concernant le sprat.

Fig. VI.7.

GRAVELINES Sprat

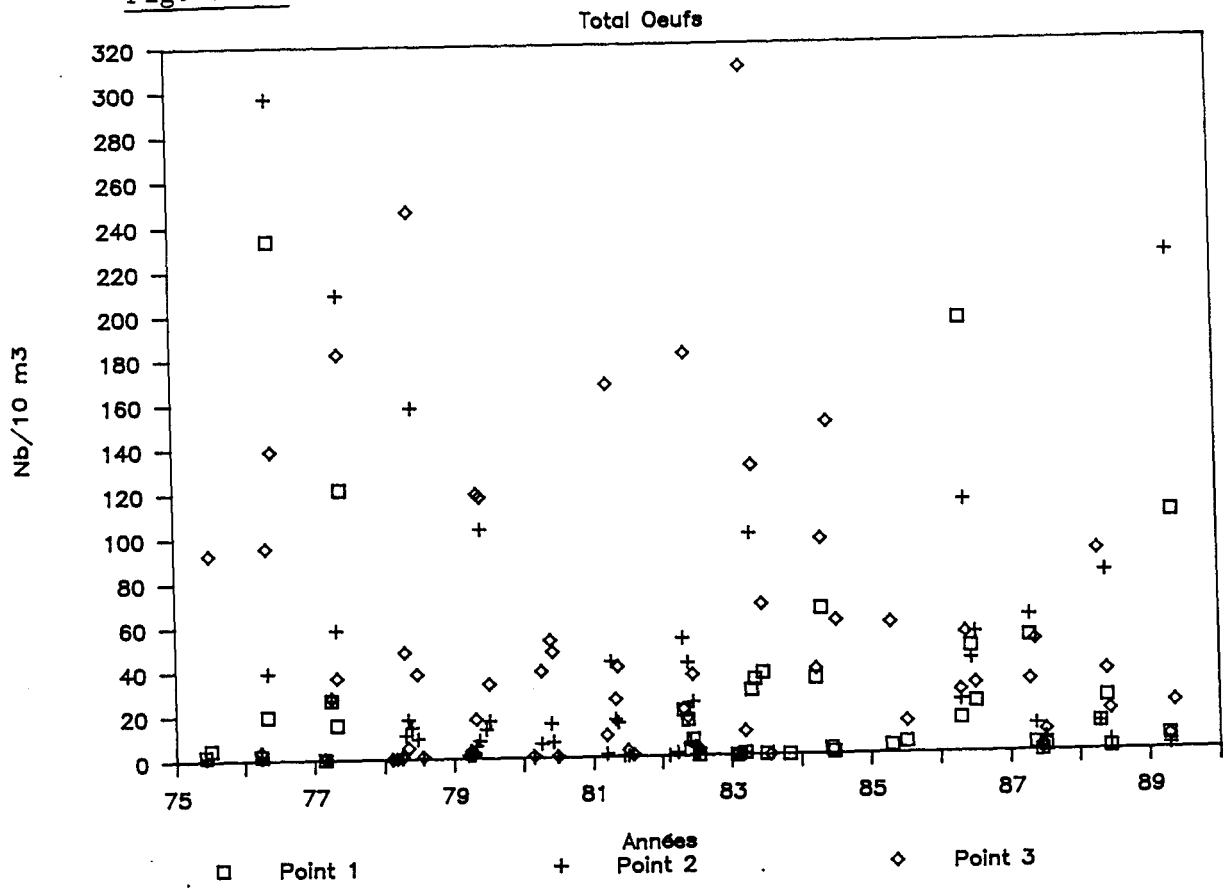


Fig. VI.8.

GRAVELINES Sprat

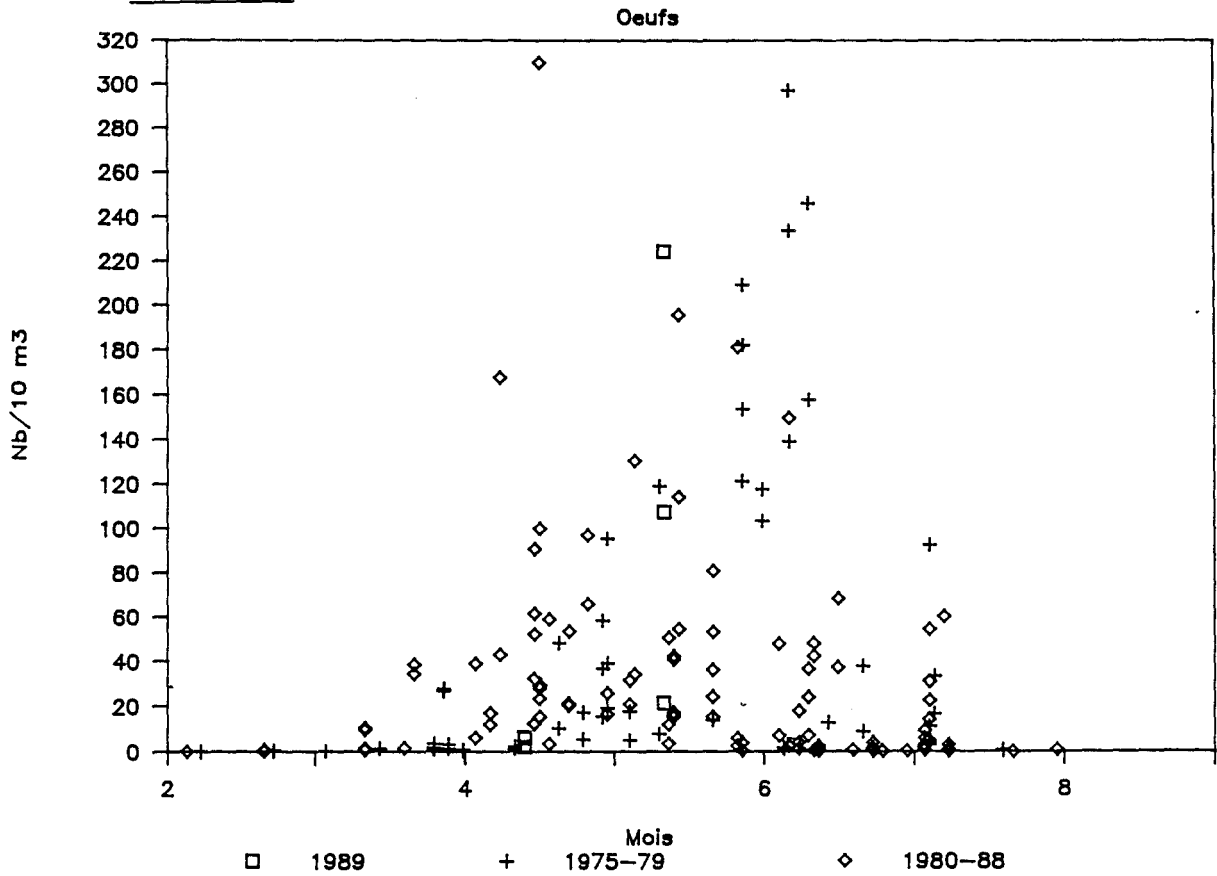


Fig. VI.9.

GRAVELINES Sprat

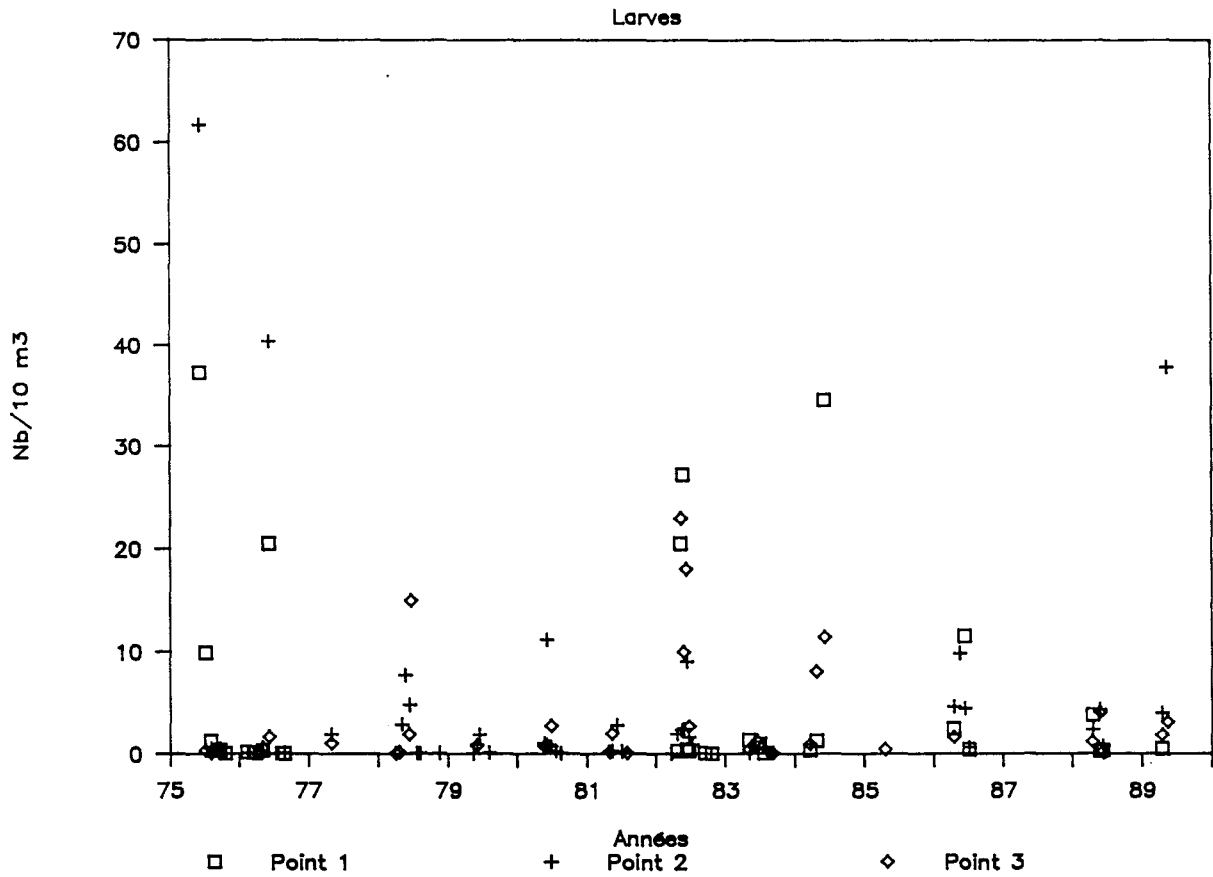


Fig. VI.10.

GRAVELINES Sprat

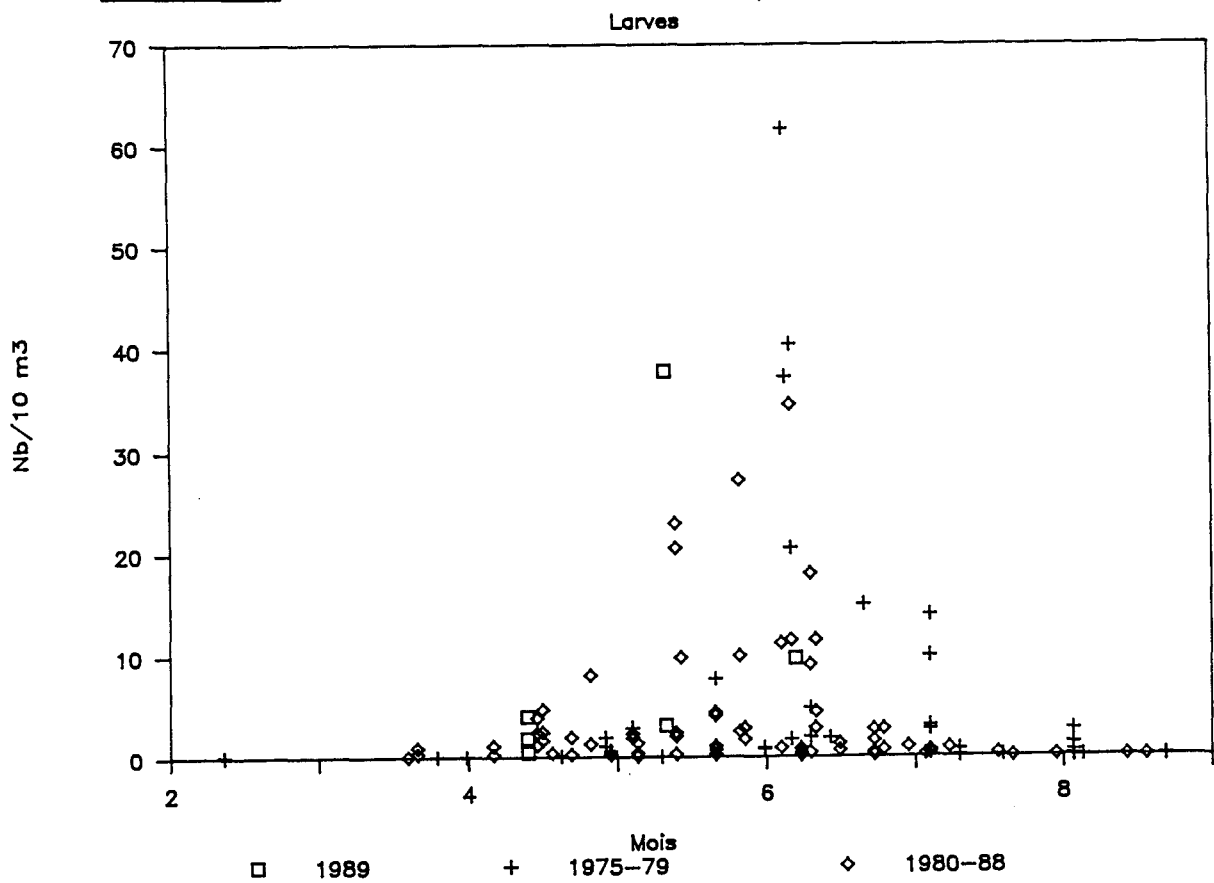


Fig. VI.11.

GRAVELINES Sprat

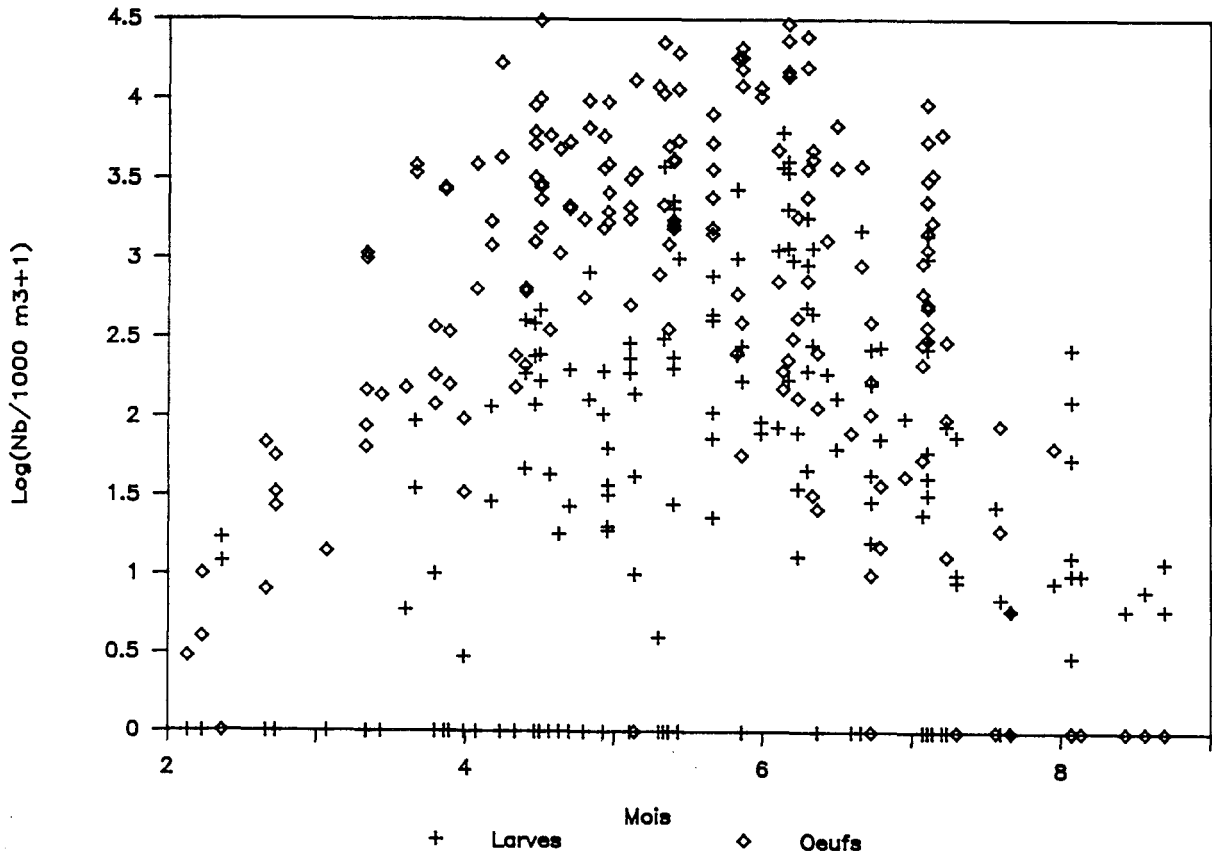
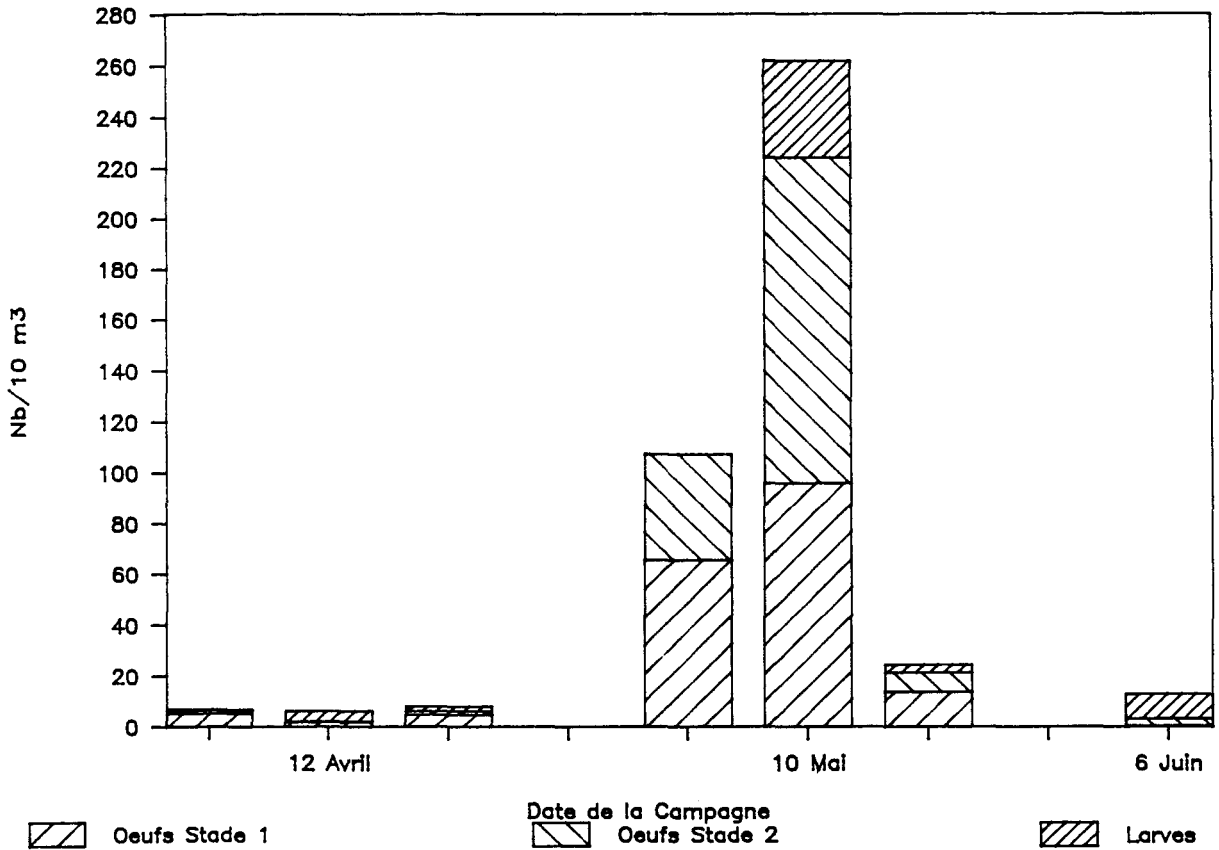


Fig. VI.12.

GRAVELINES Sprat

1989



ELEMENTS DE CONCLUSION

L'année 1989 présente des cycles moyens, aussi bien pour la sole que pour le sprat.

La restauration d'un cycle moyen pour les oeufs de sole confirme la tendance amorcée après les forts effectifs de 1983 et 1984. Pour cette espèce, il aura fallu attendre 1989 pour retrouver des effectifs d'avant mise en service de la centrale, illustrant parfaitement le concept de fluctuations à long terme et le besoin de telles séries temporelles, surtout dans un contexte perturbé.

Une incidence de la centrale sur les peuplements et la ponte de la sole n'est pas à exclure, potentialisée par les fluctuations naturelles de la répartition des géniteurs.

Il demeure qu'une augmentation locale des pontes aggrave d'autant les dommages liés au transit, responsable d'un déficit estimé à 30 % pour les oeufs et 100 % pour les larves.

C H A P I T R E V I I

BENTHOS INTERTIDAL

J.M. DEWARUMEZ et D. MENU

BENTHOS INTERTIDAL

INTRODUCTION

Etudié depuis 1973 l'estran de Gravelines apparaît particulièrement sensible à certains facteurs physiques ou physicochimiques.

L'organisation de la plage de Petit-Fort-Philippe est régie par deux facteurs écologiques :

- un facteur "dessalure" dont il faut rechercher l'origine dans la présence de l'Aa et des eaux de ruissellement provenant de la nappe phréatique. Cette dessalure favorise l'implantation d'espèces euryhalines et, l'extension des peuplements de type estuarien,

- un facteur "courantologie locale" : les axes des courants généraux sur ce site peuvent être modifiés par des phénomènes locaux. Il en résulte des altérations de la structure sédimentologique et notamment de la teneur en pélites du sédiment qui influent directement sur l'extension des peuplements de sédiments envasés.

Cependant depuis 1985, il semble qu'un autre facteur agisse sur la répartition des espèces animales. Il s'agit de la température. Il est en effet possible de mettre en évidence un impact thermique en comparant les aires de répartition d'espèces à affinités écologiques semblables mais à préférences thermiques différents comme le sont deux annélides de la famille des Spionidiés : *Spio filicornis* et *Pygospio elegans*.

Depuis 1973, de nombreux aménagements locaux ont eu une influence considérable sur la morphologie et la bionomie de la plage de Petit-Fort-Philippe.

La construction des digues de l'avant-port ouest de Dunkerque, en modifiant la circulation des masses d'eaux a provoqué une répartition différente des teneurs en pélites sur la plage qui s'est traduite par l'extension du peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres.

La mise en fonctionnement de la centrale de Gravelines a peu à peu annihilé cet envasement.

Ces altérations de la structure granulométrique se sont accompagnées de modifications de la morphologie de l'estran : une grande dune hydraulique située à mi estran a éclaté en 1981 en un complexe de dunes et de bâches qui tend depuis à progresser vers l'ouest.

METHODOLOGIE

La méthodologie n'a pas évolué : 8 stations ont été prospectées sur 1/4 m² le long de deux radiales le 7 juillet 1989.

RESULTATS

1. Composition bionomique

27 taxons ont été recensés. Ils se répartissent comme suit :

- 1 Oligochète
- 10 Polychètes: 4 Errantes
6 Sédentaires
- 4 Mollusques : 1 Gastéropode
3 Bivalves
- 11 Crustacés : 5 Amphipodes
3 Isopodes
3 Décapodes
- 1 Insecte
- 1 Poisson

On note peu d'évolution quant au cortège spécifique si ce n'est la récolte des *Enchytraeidae*, au reste fort peu nombreux (11 individus au total).

Notons la récolte de *Spisula subtruncata* dans les bas niveaux. Cette récolte est à relier avec les densités très importantes que cette espèce atteint en milieu subtidal.

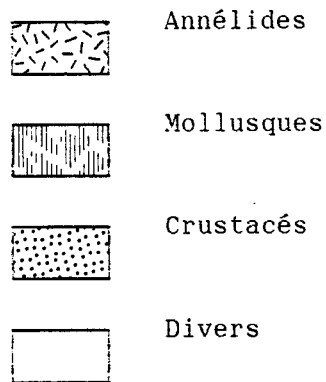
2. Résultats globaux

(Tableaux VII.1, 2 et 3 ; figures VII.1 à 6)

2.1. Radiale 1

Le complexe de dunes et de bâches a maintenant atteint le chenal de l'Aa et coupe la radiale I entre les stations F et G. Le complexe s'est atténué et élargi, il est toujours formé de 3 dunes, une seule atteint le chenal, les deux autres sont plus courtes. Les bâches sont moins profondes. Cette modification provoque une redistribution des sédiments sur l'estran, elle s'accompagne d'une remontée du niveau marégraphique en moyen niveau, l'Aa ne s'écoule plus que sur 20 cm environ à marée basse.

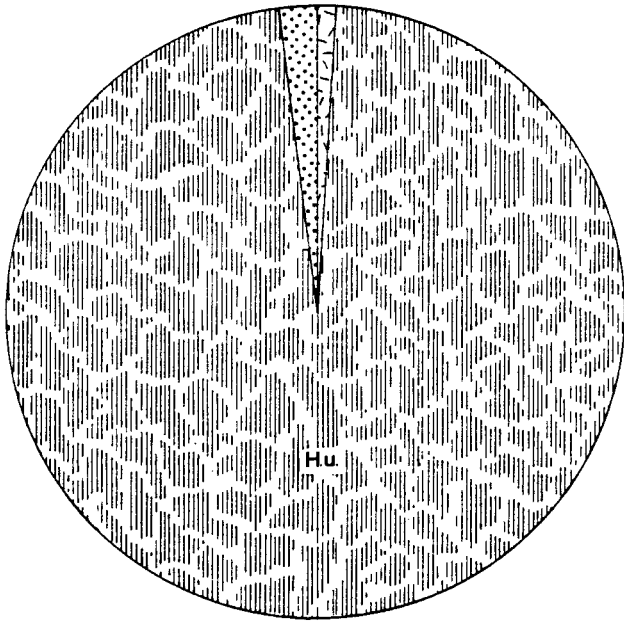
Fig. VII.1 à 4 : Légende



B.s. = Bathyporeia sarsi
 C.a. = Corophium arenarium
 C.c. = Crangon crangon
 C.e. = Cerastoderma edule
 C.m. = Carcinus maenas
 E.p. = Eurydice pulchra
 H.a. = Haustorius arenarius
 H.d. = Hediste diversicolor
 H.l. = Hyperoplus lanceolatus
 H.u. = Hydrobia ulvae

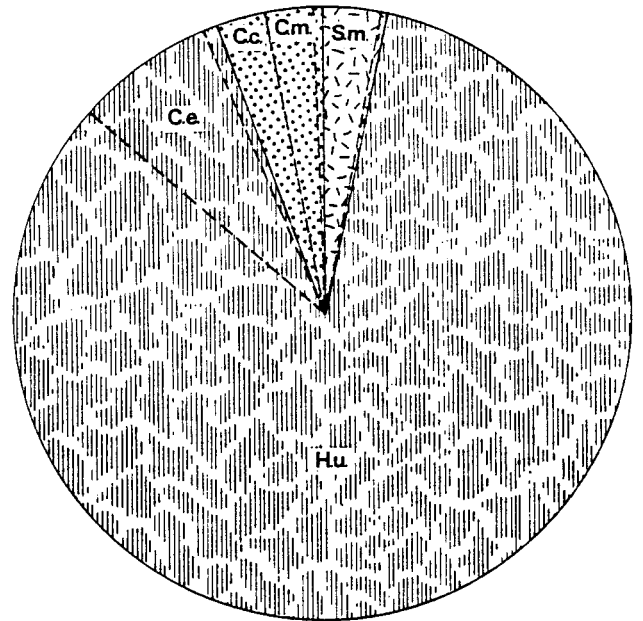
L.c. = Lanice conchilega
 M.b. = Macoma balthica
 M.m. = Magelona mirabilis
 N.c. = Nephtys cirrosa
 N.e. = Nerine cirratulus
 P.a. = Pontocrates altamarinus
 P.e. = Pygospio elegans
 S.b. = Spiophanes bombyx
 S.m. = Spio martinensis
 S.s. = Spisula subtruncata

STATION E



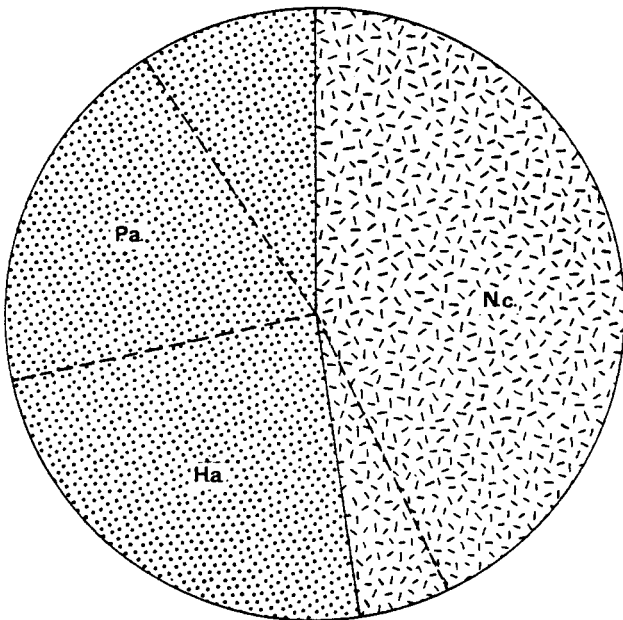
$N = 26\,040 \text{ ind./m}^2$

STATION F



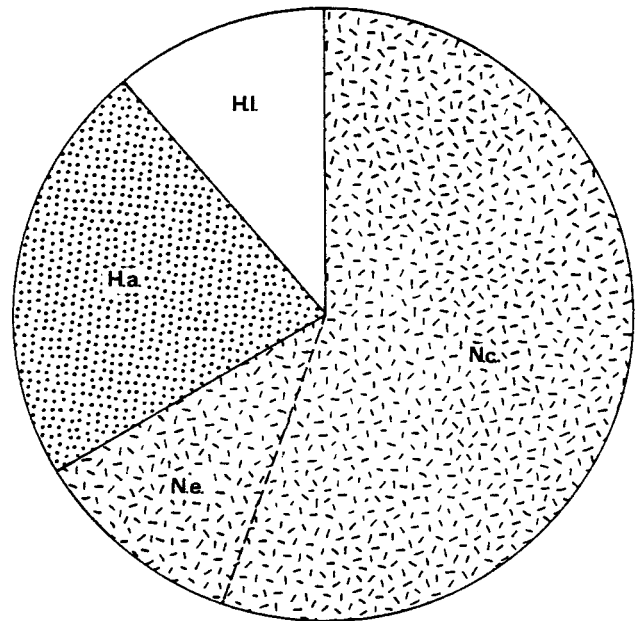
$N = 18\,864 \text{ ind./m}^2$

STATION G



$N = 84 \text{ ind./m}^2$

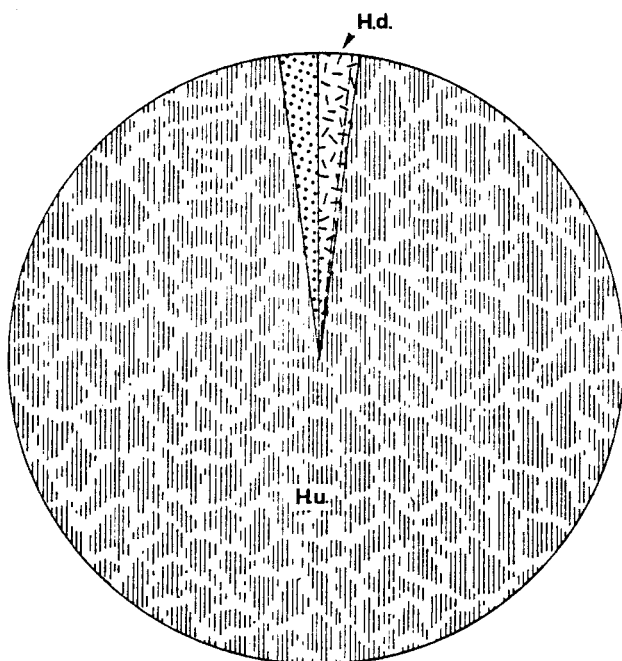
STATION H



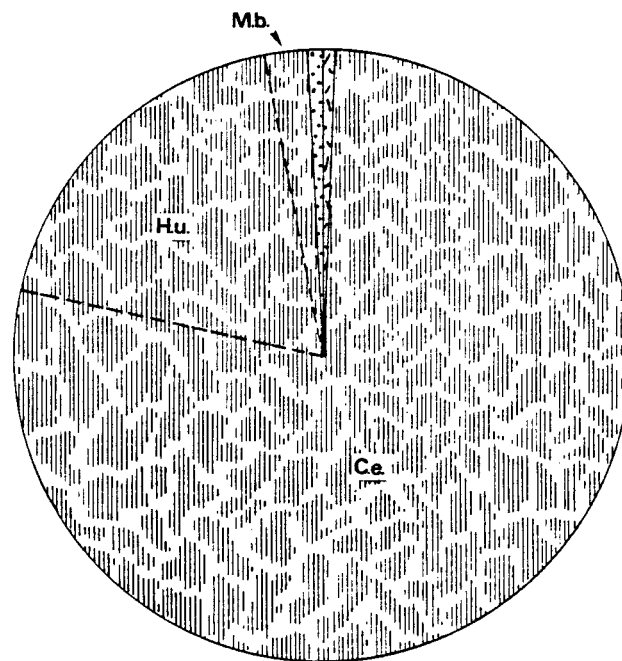
$N = 36 \text{ ind./m}^2$

Fig. VII.1 : Radiale I. Importance relative des différents groupes zoologiques (nombre d'individus).

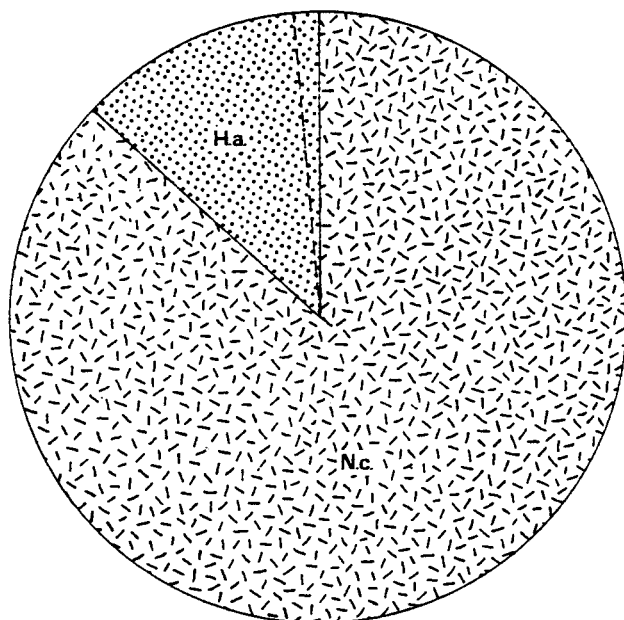
STATION E


 $B = 13,510 \text{ g/m}^2$

STATION F


 $B = 41,465 \text{ g/m}^2$

STATION G


 $B = 0,481 \text{ g/m}^2$

STATION H

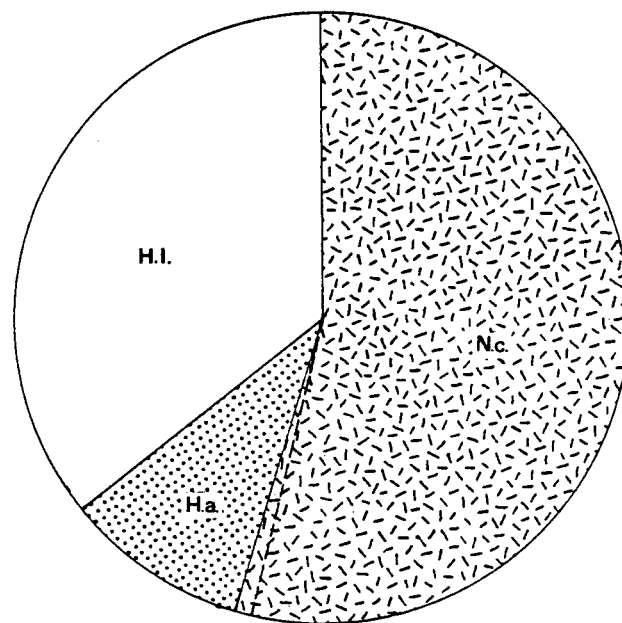

 $B = 0,382 \text{ g/m}^2$

Fig. VII.2 : Radiale I. Importance relative des différents groupes zoologiques (biomasse).

2.1.1. Station E

La zone des hauts niveaux (25 ha) reste d'aspect homogène même si les placages de vase perpendiculaires à la côte semblent se reconstituer. En effet, si l'an dernier ils étaient très peu étendus (une centaine de placages de 1 m²), ils semblent être beaucoup plus grands cette année. Certaines plaques mesurent 15 m de long sur 5 m de large. La superficie ne dépasse pas toutefois 10% de la superficie totale des hauts niveaux. Ils sont localisés plutôt à l'ouest de l'estran. Parallèlement à la reconstitution des plaques de vases on assiste à une très forte augmentation de la teneur en pélites.

	1983		1984			1985		1986	1987	1988	1989
Station	E'	E	E'*	E'	E	E*	E	E	E	E	E
%											
Pelites	9,39	2,03	9,91	2,73	1,57	9,20	0,57	3,92	1,22	0,91	7,22
Sable fin	43,26	28,52	47,40	15,04	18,90	51,15	40,66	34,39	25,08	24,03	40,63
Sable moyen	45,45	49,04	41,35	77,12	69,57	36,23	54,97	57,35	68,93	66,46	47,91

* : aspects envasés

La teneur en pélites est tout à fait similaire à celle qu'elle était à la station E jusqu'en 1979 ou à la station E' jusqu'en 1983.

Au niveau spécifique, *Hydrobia ulvae* a été récoltée à une densité de 25340/m² ce qui est considérable : plus de deux fois supérieure à la plus forte densité déjà enregistrée. Les populations des pécararides diminuent (*Corophium arenarium*, *Bathyporeia pilosa* et *Eurydice affinis*).

Densité/m ²	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Hydrobia ulvae	2892	8740	8	216	0	300	11412	11956	7124	952	11324	25340
Spio filicornis	0	0	0	0	0	8	48	12	60	0	0	192
Pygospio elegans	0	144	0	624	0	0	0	0	1460	20	48	0
Eurydice affinis	0	100	64	4	0	68	144	564	84	1280	504	144
Corophium volutator	16	208	108	0	8	8	0	0	0		0	0
Corophium arenarium	172	852	1888	0	68	220	52	1336	5716	76	1208	360

Les évolutions respectives de densités des différentes espèces montrent que le milieu exerce une forte pression sur le peuplement et que si les espèces occupent toujours un rang similaire dans la hiérarchie, leurs effectifs sont très variables. Les stress peuvent être la dessalure, l'émersion, l'échauffement, l'érosion, l'engraissement ou les pollutions. Ainsi selon l'importance de l'un ou de l'autre de ces facteurs le peuplement réagit au niveau des densités des espèces principales, et, par voie de conséquence de leur biomasse. Quoi qu'il en soit les conditions générales du milieu (teneur en pélites, légère dessalure) et le cortège spécifique mettent la station E tout à fait dans la norme des hauts niveaux des plages à basse énergie situés à l'est de Calais, bien que certaines altérations importantes soient souvent mises en évidence. La biomasse est la plus forte enregistrée à ce niveau depuis le début des études : 13,51 g/m².

2.1.2. Station F

C'est à cette station que l'on a pu mettre en évidence les variations les plus importantes et surtout celles qui ont occasionné les modifications les plus fortes de la biomasse, ces variations étaient en relation étroite avec la dessalure. Cette année encore il est impossible de mettre en évidence une influence de la dessalure au niveau du cortège spécifique. Seuls 2 *Enchytraeidae* et 1 *Hediste diversicolor* ont été récoltées alors qu'*Ophelia rathkei* a complètement disparu.

Station F

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

Le fait le plus important que l'on a pu observer cette année est sans conteste la prédominance des mollusques à cette station. *Hydrobia ulvae* a été récoltée à une densité de 15700/m², densité considérable pour cette espèce à cette station, la plus forte densité enregistrée était de 4324/m² en 1978.

Les bivalves *Macoma balthica* et surtout *Cerastoderma edule* ont bénéficié d'un recrutement considérable. La densité de *Cerastoderma edule*, sans atteindre les niveaux équivalents à ceux d'autres plages de la région, est la plus forte jamais enregistrée à cette station : 1368/m². Tous sont des individus de 1ère année.

La densité de *Macoma balthica* croît également sans atteindre toutefois les densités atteintes par le passé.

Un autre phénomène surprenant est la récolte à forte densité (respectivement 516 et 492/m²) de juvéniles de *Carcinus maenas* (largeur de carapace 3 à 5 mm) et de *Crangon crangon* (longueur totale 8 à 10 mm). Il est fort probable que pour ces deux espèces on soit en présence d'un phénomène d'accumulation passive du fait d'une structure courantologique particulière liée à l'atténuation du complexe de dunes et de bâches.

Il résulte de ces modifications une biomasse élevée (41,3 g/m²) qui n'atteint pas les niveaux maximums enregistrés quand la population de coques était constituée de grands individus (53 g/m²).

2.1.3. Station G

Cette station se trouve séparée de la station F par le complexe de dunes et de bâches.

L'étude 1989 ne met pas en évidence d'influence de la dessalure au niveau du cortège spécifique.

Espèces	1986	1987	1988	1989
* Enchytraeidae sp.	21,6 %	0 %	0 %	0 %
* Ophelia rathkei	33,2 %	0 %	0 %	0 %
Nephtys cirrosa	0,8 %	7,7 %	16,7%	42,9%
Haustorius arenarius	0 %	19,2 %	20,8%	23,8%
Bathyporeia sarsi	5,8 %	21,2 %	16,7%	4,8%

* espèces euryhalines

On note une grande stabilité au niveau de la densité des populations et de la biomasse par rapport à l'étude précédente.

2.1.4. Station H

Cette station, au relief tourmenté, est dominée par la présence de *Nephtys cirrosa* que l'on rencontre régulièrement depuis plusieurs années en densités stables. Cette station évolue peu.

2.1.5. Conclusion quant à la Radiale I

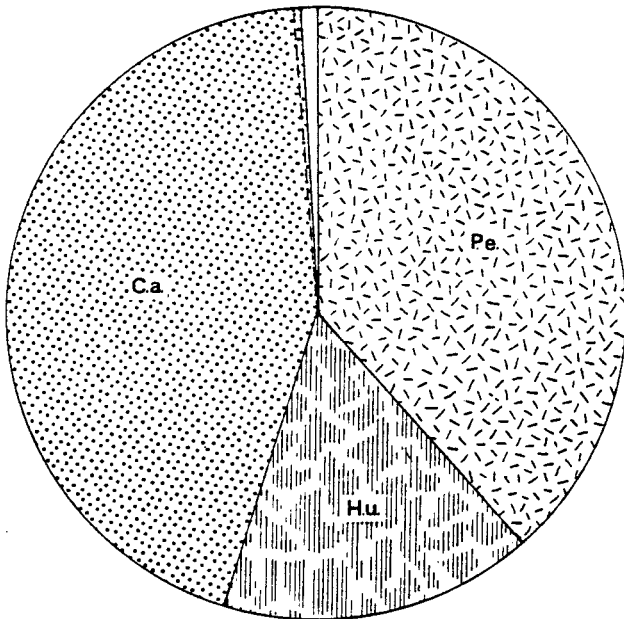
Au vu des résultats il semble que la structure bionomique de la plage à cet endroit tende de plus en plus à ressembler à celle des autres plages à faible énergie de la région. Les influences de l'Aa et de la centrale (impact courantologique) semblent se faire moins sentir.

2.2. Radiale 2

2.2.1. Station I

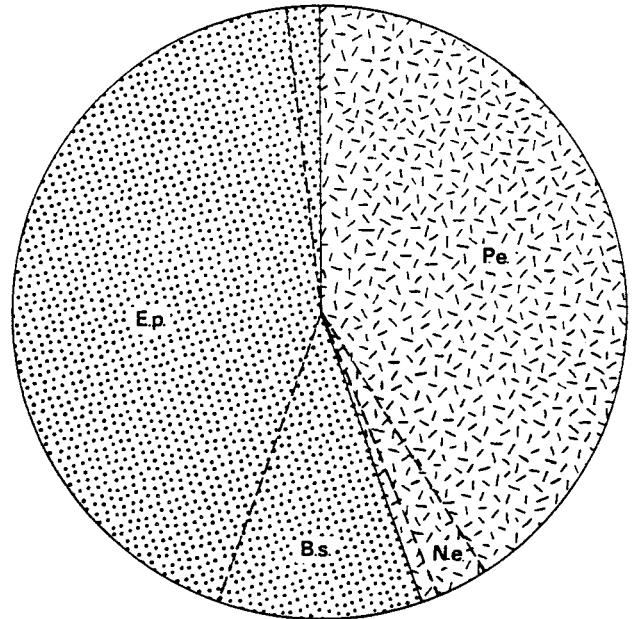
Depuis plusieurs années, il avait signalé que la pression exercée par le milieu (courant, salinité, granulométrie) rendait le peuplement instable à cette station. Cela se vérifie en 1989.

STATION I



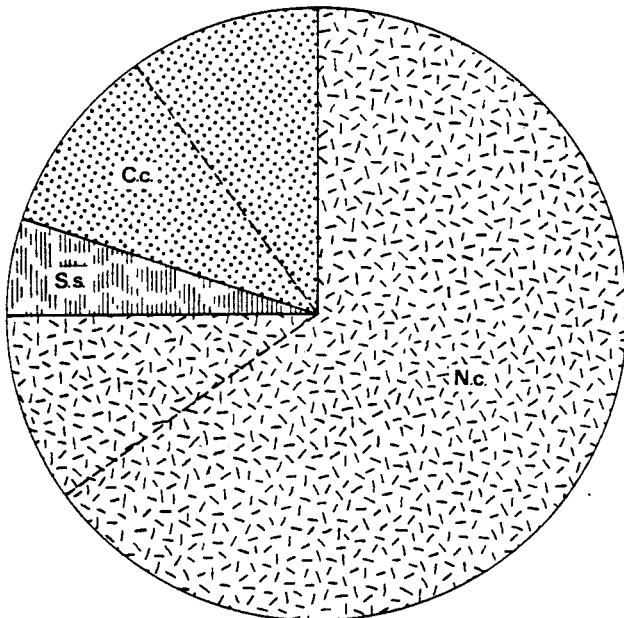
$N = 4\,216 \text{ ind./m}^2$

STATION J



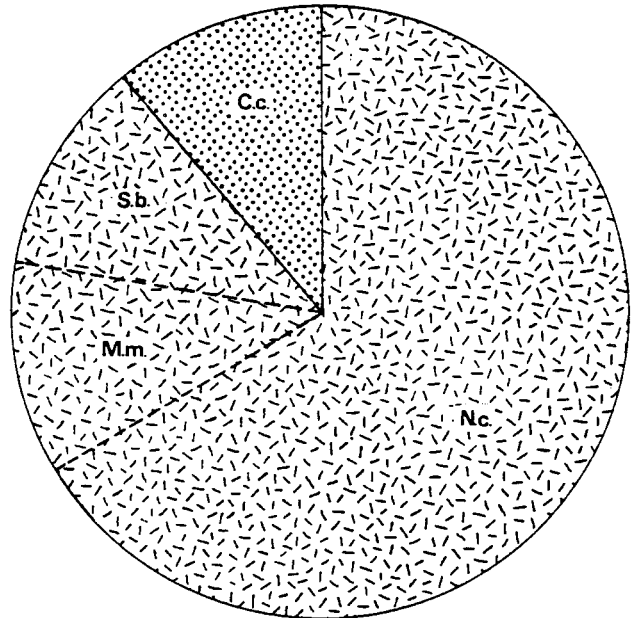
$N = 448 \text{ ind./m}^2$

STATION K



$N = 80 \text{ ind./m}^2$

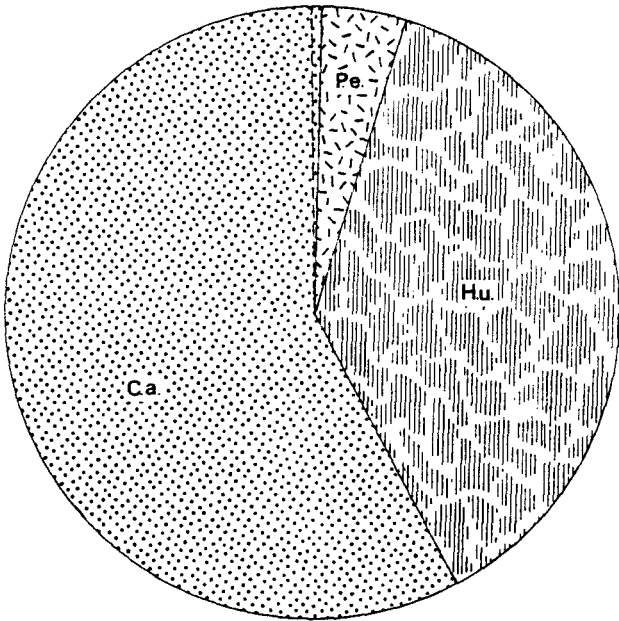
STATION L



$N = 36 \text{ ind./m}^2$

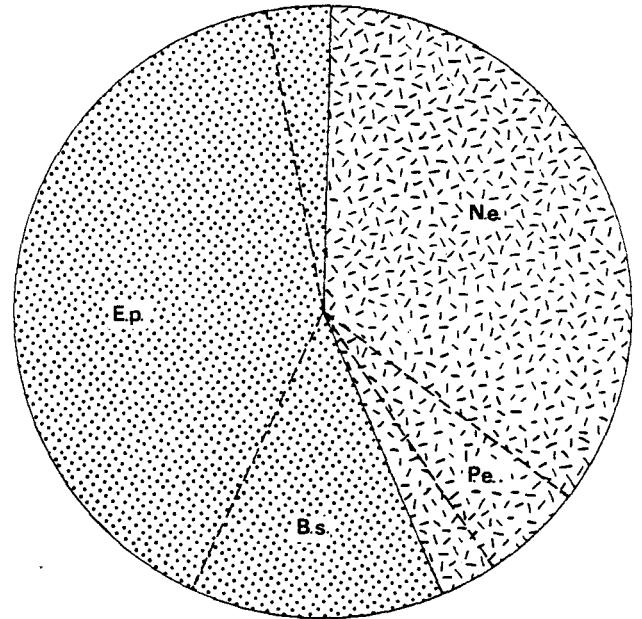
Fig. VII.3 : Radiale II. Importance relative des différents groupes zoologiques (nombre d'individus).

STATION I



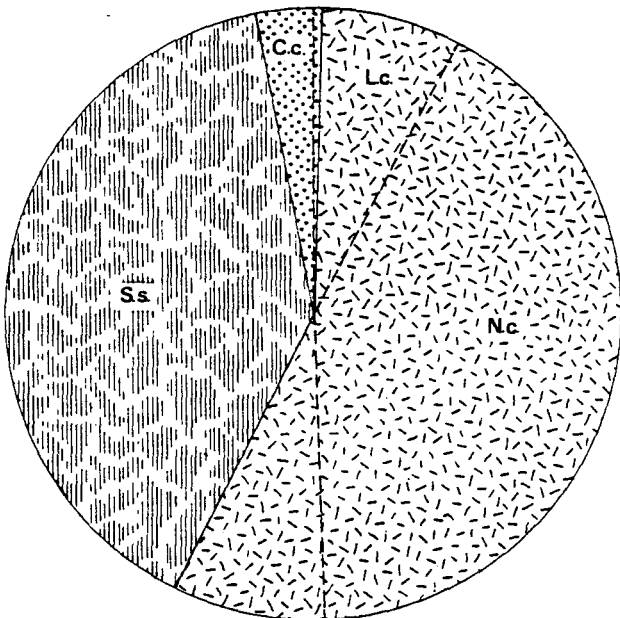
$$B = 1,665 \text{ g/m}^2$$

STATION J



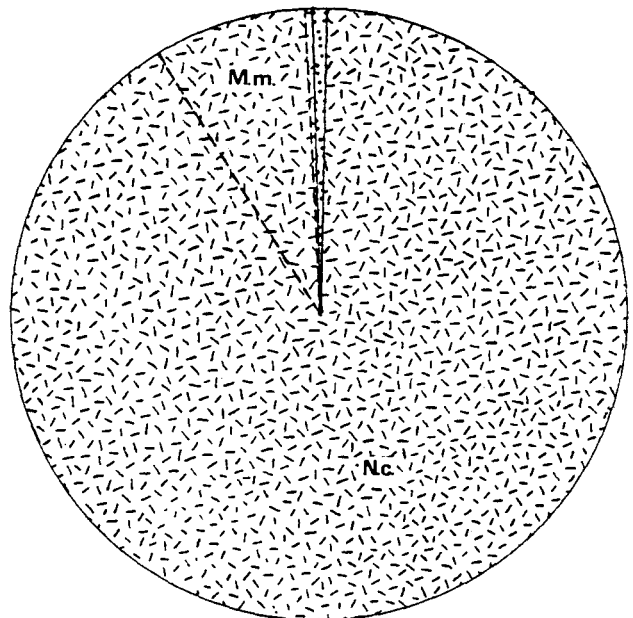
$$B = 0,108 \text{ g/m}^2$$

STATION K



$$B = 0,857 \text{ g/m}^2$$

STATION L



$$B = 0,224 \text{ g/m}^2$$

Fig. VII.4 : Radiale II. Importance relative des différents groupes zoologiques (biomasse).

Densités/m ²	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Oligochètes	0	0	0	0	12	4	8	84	88	40	0	36
Pygospio elegans	0	72	132	108	0	0	664	1448	2004	1472	1004	1224
Hydrobia ulvae	196	0	12	9168	8596	452	1464	1684	100	800	312	688
Corophium arenarium	220	5280	6476	60	704	2068	400	380	1304	2512	1380	1852
Corophium volutator	16	596	108	4	20	0	0	0	0	0	0	0
Bathyporeia pilosa	524	124	196	48	192	108	4448	40	1680	8	126	0
Eurydice affinis	204	16	4	4	24	0	284	4	272	68	268	16

On en revient à une situation analogue à celle de 1987 avec toutefois l'absence de récolte de *Bathyporeia pilosa*. Depuis 1983 il est possible de relier l'évolution de cette espèce avec les changements de composition du sédiment :

Résultats en %	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Pélites	7,39	0,13	1,10	0,88	1,22	0,99	1,10
Sables fins	36,99	17,63	40,22	36,19	25,08	26,32	42,54
Sables moyens	51,78	77,34	54,18	58,14	68,93	61,54	54,53

et notamment à la teneur des pélites :

	1983		1984		1985		1986		1987		1988		1989
Pélites (% pondéraux)	7,39	↘	0,13	↗	1,10	↘	0,88	↗	1,22	↘	0,99	↗	1,10
B. pilosa (densité/m ²)	108	↗	4448	↘	40	↗	1680	↘	8	↗	128	↘	0

De faibles variations dans la teneur en pélites du sédiment peuvent en effet permettre ou interdire l'installation d'une population dense de *Bathyporeia pilosa*. Une faible diminution de l'envasement (0,2%) peut provoquer une forte augmentation de la densité de *B. pilosa*, si elle permet de passer le seuil de tolérance de cette espèce. Comme en 1988 la teneur en pélites est proche de 1% et donc au dessus du seuil de tolérance qui doit être voisin de 0,9%.

2.2.2. Station J

Cette station est située à proximité du complexe de dunes et de bâches, elle est directement soumise aux modifications sédimentologiques qui résultent de la redistribution des sédiments provoquée par l'atténuation du complexe dunes et de bâches.

Des affinités avec les moyens niveaux inférieurs peuvent être mises en évidence : récolte de *Bathyporeia sarsi* ($48/m^2$) et *Eurydice pulchra* ($192/m^2$) et diminution des densités de *Nerine cirratulus* et *Eurydice affinis*.

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

2.2.3. Stations K et L

On ne note pas d'évolution particulière à ces stations depuis maintenant plusieurs années. Les peuplements sont typiques des niveaux marégraphiques concernés et sont dominés par *Nephtys cirrosa*.

Ces niveaux sont faiblement productifs.

3. Evolution de l'estran

3.1. Evolution de la structure granulométrique des stations supérieures de l'estran

Une analyse en composantes principales (Fig. VII.7) a été réalisée sur les données granulométriques enregistrées aux quatre stations supérieures de l'estran (stations E, F, I et J) depuis 1979.

Cette analyse met en évidence plusieurs faits intéressants. Le comportement erratique de la station F révèle la présence de nombreuses coquilles de *Cerastoderma edule* pour la plupart moulues mais aussi entières (animaux morts ou vivants).

Mais le fait le plus intéressant c'est l'éclatement du nuage de points stations correspondant à l'année 1989, alors que depuis 1984 on assistait à un rapprochement des points-stations (tout au moins de E, I et J) signe d'une homogénéisation des conditions de sédimentation dans les niveaux supérieurs. Cette homogénéisation respectait toutefois un léger

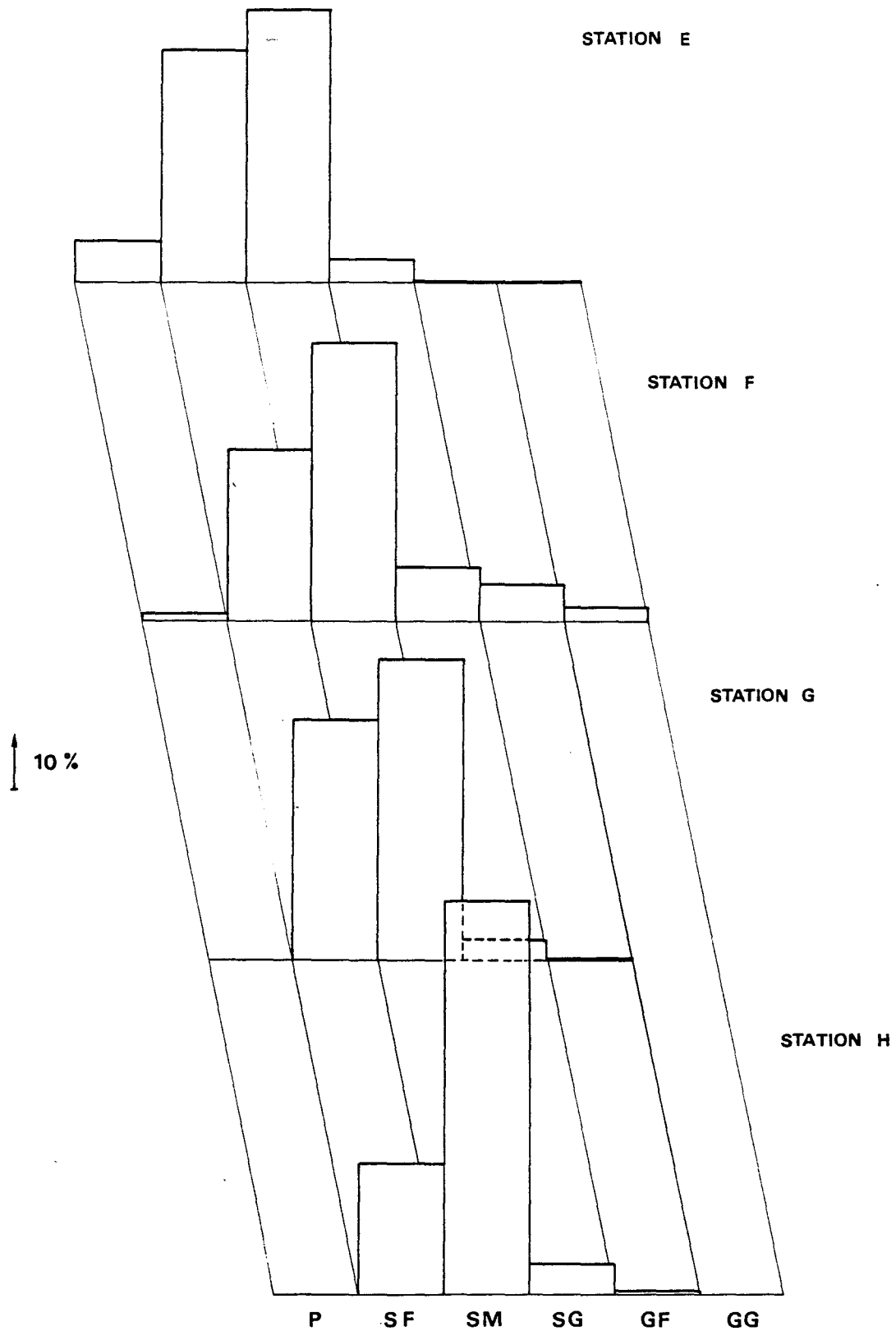


Fig. VII.5 : Radiale I. Caractéristiques granulométriques du sédiment aux quatre stations (pourcentages pondéraux).

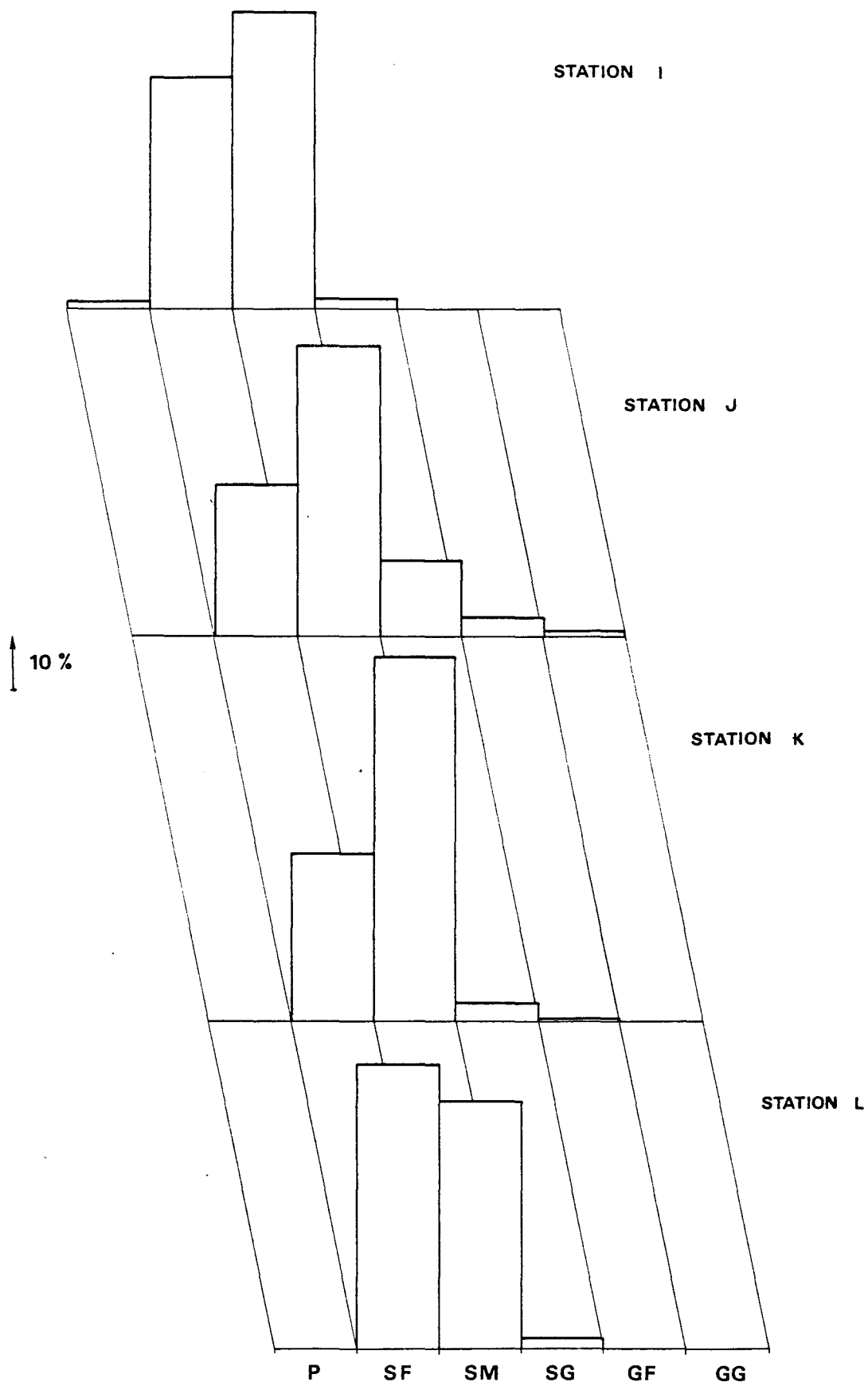


Fig. VII.6 : Radiale II. Caractéristiques granulométriques du sédiment aux quatre stations (pourcentages pondéraux).

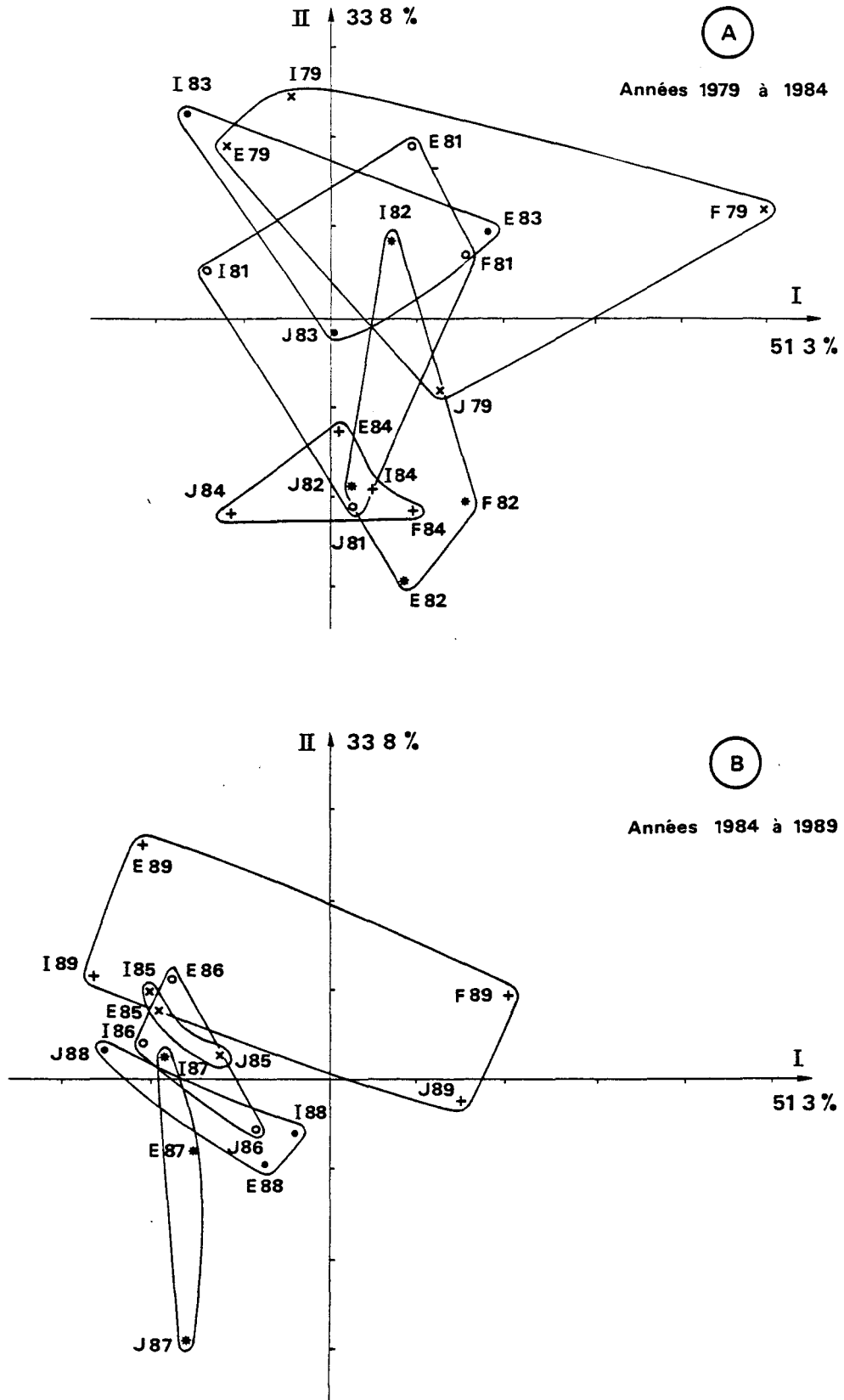


Fig. VII.7 : Evolution du sédiment aux quatre stations intertidales supérieures.

envasement aux stations E et I.

La situation actuelle est tout à fait caractéristique des plages locales dans lesquels la houle intervient pour classer les sédiments. Le retour à une dissociation des sédiments de hauts et de moyens niveaux signifie que l'atténuation du complexe de dunes déjà cité permet à la houle d'agir directement sur les sédiments.

3.2. Cas de la partie Ouest

La disparition de *Corophium volutator* se confirme d'année en année. Les aspects franchement estuariens qui permettaient l'installation de populations de cet amphipode n'existent plus depuis la mise en fonctionnement de la centrale.

Les populations d'*Hydrobia ulvae* et de *Corophium arenarium* sont fragilisées et présentent des variations explicables par la forte pression du milieu qui rend les effectifs des espèces fluctuants. Toutefois, cette année, et cela se confirme dans la partie est, les populations animales sont très semblables à ce que l'on trouve sur les autres estrans à faible énergie.

L'influence de la dessalure (surtout dans les niveaux inférieurs) ne se fait plus sentir. Les espèces euryhalines ont presque toutes disparu.

	Densité moyenne 1987	Densité moyenne 1988	Densité moyenne 1989
<i>Ophelia rathkei</i>	12	2	0
Oligochètes	312	0	0,5
<i>Enoplus brevis</i>	305	0	0
<i>Nereis diversicolor</i>	3	0.5	0,5

3.3. Cas des spionidiens

On assiste à un basculement de la répartition des populations de Spionidiens *Pygospio elegans* et *Spio martinensis*. On revient à une situation analogue à celle de 1985 : établissement de la population de *Spio* à l'ouest et de *Pygospio* à l'est.

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

Cela semble signifier que l'impact thermique ne se fait plus sentir à l'ouest de la zone d'étude en raison sans doute de l'accès facilité de la houle sur l'estran, la houle contrariant le rejet des masses d'eau en provenance de la centrale, tout au moins dans la partie ouest.

3.4. Evolution de la biomasse

Les modifications bionomiques provoquent toujours des évolutions importantes de la biomasse.

Année	1974	1976	1978-	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Station	1975	1977	1979										
E' g/m ²	-	-	-	-	8,44	6,18	12,01	4,46	-	-	-	-	-
E "	2,99	6,36	4,39	2,28	0,81	2,22	1,81	7,16	9,01	13,40	1,52	7,99	13,51
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
G "	1,04	0,88	1,14	0,69	1,78	0,75	0,97	0,51	1,51	1,26	0,83	0,39	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
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
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
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
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
Moyenne estran	1,13	-	2,80	1,98	3,27	3,30	9,42	2,37	2,46	3,15	1,25	1,98	7,34

On note en 1989 une forte augmentation de la biomasse dans la partie ouest de l'estran. Elle est 6 fois plus élevée qu'en 1988.

Cette augmentation est due à l'essor des populations des mollusques *Hydrobia ulvae* et *Cerastoderma edule*.

La biomasse de la partie est de l'estran est plutôt en régression. Il en résulte toutefois une forte augmentation de la biomasse moyenne de l'estran de Petit-Fort-Philippe.

CONCLUSION

En 1989, la progression du complexe de dunes et de bâches a atteint le chenal de l'Aa. Il en a résulté une atténuation générale de la hauteur des dunes. Elles ne constituent désormais plus un obstacle à l'action de la houle sur les niveaux supérieurs de l'estran.

Ce frein joue aussi sur l'impact thermique. La population de *Spio martinensis* s'implante à nouveau à l'ouest, prouvant ainsi que les eaux échauffées n'arrivent plus jusqu'au chenal de l'Aa. On se retrouve ainsi dans la situation de 1985, période à laquelle les populations de *Spio* et de *Pygospio* étaient séparées.

Tous ces phénomènes décrits risquent d'être sans doute accentués du fait de la reconstruction prochaine des jetées de l'Aa. Cet aménagement va provoquer une érosion des niveaux inférieurs de l'estran qui risque de saper le complexe de dunes ce qui pourrait à terme faciliter encore l'action de la houle sur l'estran et accentuer les phénomènes enregistrés lors de cette étude.

Tableau VII.1 : Radiale I - Résultats bruts par 0,25 m²

	Station E		Station F		Station G		Station M	
	Ind.	Biom. mg	Ind.	Biom. mg	Ind.	Biom. mg	Ind.	Biom. mg
Oligochètes Enchytraeidae			2	0,1				
Polychètes Eteone longa Nephtys cirrosa Hediste diversicolor Nerine cirratulus Paraonis fulgens Spio martinensis			2	2,0	9	104,7	5	51,3
	1	49,7	1	21,4				
	3	17,7	11	41,2	1	0,1		
	48	43	148	3,1				
Mollusques Cerastoderma edule Hydrobia ulvae Macoma balthica			342	8080,5				
	6335	3253,3	3925	1946,0				
			21	188,0				
Crustacés Bathyporeia pilosa Bathyporeia sarsi Carcinus maenas Corophium arenarium Crangon crangon Eurydice affinis Eurydice pulchra Haustorius arenarius Pontocrates altamarinus Sphaeroma monodi	6	1,7	1	0,3	1	0,2		
			129	217				
	80	44,9	7	2,6				
			123	57,9	1	0,2		
	36	8,3	1	0,2				
			2	0,9				
					5	14,0	2	9,1
					4	1,1		
			1	0,3				
Insectes Larves de Diptères	1	0,5						
Poissons Hyperoplus lanceolatus							1	34,1
Total	6510	3377,4	4716	10366,2	21	120,3	9	95,4
Diversité	0,228		1,025		2,100		1,658	
Régularité	0,07		0,26		0,81		0,83	

Tableau VII.2 : Radiale II - Résultats par 0,25 m²

	Station I		Station J		Station K		Station L	
	Ind.	Biom. mg	Ind.	Biom. mg	Ind.	Biom. mg	Ind.	Biom. mg
Oligochètes Enchytraeidae	9	0,1						
Polychètes								
Harmothoe lunulata					1	1,7		
Lanice conchilega					1	15,7		
Magelona mirabilis							1	4,6
Nephtys cirrosa			1	0,8	13	104,7	6	50,9
Nerine cirratulus			3	9,5				
Pygospio elegans	406	18,7	46	1,4				
Spiophanes bombyx							1	0,1
Mollusques								
Hydrobia ulvae	172	155,7						
Spisula subtruncata					1	85,0		
Crustacés								
Bathyporeia sarsi			12	3,6	1	0,3		
Corophium arenarium	463	240,3						
Crangon crangon					2	6,7	1	0,4
Eurydice affinis	4	1,4	2	0,9				
Eurydice pulchra			48	10,9				
Portumnus latipes					1	0,1		
Total	1054	416,2	112	27,1	20	214,2	9	56,0
Diversité	1,567		1,701		1,817		1,447	
Régularité	0,68		0,66		0,65		0,72	

TABLEAU VII.3 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT AUX HUIT STATIONS INTERTIDALES (% PONDERAUX)

	E	F	G	H	I	J	K	L
Pélites	7,22	1,17	0,03	0,01	1,10	0,10	0,02	0,04
Sables fins	40,63	30,46	42,61	23,58	42,54	27,95	30,19	52,24
Sables moyens	47,91	49,26	53,24	70,52	54,53	53,22	66,14	45,47
Sables grossiers	3,96	9,57	3,86	5,34	1,67	14,10	3,35	1,96
Graviers fins	0,16	6,87	0,26	0,48	0,08	3,57	0,21	0,20
Graviers grossiers	0,12	2,67	0	0,07	0,08	1,06	0,09	0,09
Poids total échantillon	413,62	598,12	424,58	432,58	631,19	564,75	566,47	500,57

C H A P I T R E V I I I

BENTHOS SUBTIDAL

J.M. DEWARUMEZ et D. MENU

BENTHOS SUBTIDAL

INTRODUCTION

Le suivi écologique du milieu benthique subtidal de Gravelines est assuré depuis 1973. Après une première phase qui a consisté à définir les unités bionomiques locales, les caractéristiques quantitatives ont été régulièrement étudiées depuis 1976 en quatre stations situées dans 3 peuplements littoraux de la Mer du Nord.

La station A est située dans le peuplement de l'hétérogène envasé, sur des fonds importants (25 m). Ce peuplement, éloigné de la côte, est peu soumis aux rejets telluriques et se montre d'une grande stabilité bionomique. Il est d'une grande richesse et très productif, sa biomasse moyenne est de 25 g/m².

Les stations B et C sont situées dans le peuplement à *Abra alba*. Ce peuplement est également très productif mais instable, non dans sa composition bionomique mais dans l'importance relative que peuvent prendre les 7 ou 8 espèces principales du peuplement d'une année sur l'autre. Les recrutements d'espèces telles que *Lanice conchilega*, *Abra alba*, *Tellina fabula* ou *Pectinaria koreni* peuvent provoquer des variations de biomasse de 10 à 50 g/m². Ce peuplement est établi sur des fonds peu importants de l'ordre de 5 à 8 m de profondeur. Le peuplement à *Abra alba* est échantillonné en deux stations ceci afin de mettre en évidence l'impact de la centrale (station C) par comparaison avec une station témoin (station B). Il apparaît que la station C subit bien l'impact de la circulation d'eau sous la forme d'un dégraissage important et par conséquent par la disparition des espèces vasicoles au profit d'espèces sabulicoles.

La station D est effectuée au sein du peuplement à *Ophelia borealis*. Située au large, ce peuplement est d'une grande stabilité bionomique. Cette stabilité peut être vérifiée à l'occasion de dépôts de dragages effectués à proximité en 1985 :

- jusqu'en 1985 cette station était tout à fait typique du peuplement à *Ophelia borealis* et n'évoluait pas,

- depuis 1985 à la faveur des rejets de dragages effectués à l'ouest de la station, le sédiment a été alimenté en particules fines ce qui a permis l'installation d'espèces vasicoles qui depuis se maintiennent. La biomasse moyenne est de 2 g/m².

En 1989, étant donnée la stabilité apparente des peuplements

benthiques aux stations A et D, il a été décidé d'abandonner l'étude de ces stations et de porter l'effort d'échantillonnage sur les stations B et C. Il est en effet fort improbable qu'un impact se fasse sentir aux stations A et D et leur situation très au large ne nous permettent pas de recalculer les résultats enregistrés à des stations très côtières donc sous influence tellurique très marquée.

Par contre, la comparaison entre les stations C (impactée) et B (non impactée) semble être beaucoup plus intéressante pour pouvoir quantifier l'impact de la centrale sur le peuplement benthique subtidal le plus proche et, par ailleurs, le seul susceptible d'être impacté.

METHODOLOGIE

Quatre campagnes ont été effectuées aux stations B et C les 20 janvier, 19 mai, 8 septembre et 5 décembre 1989 selon la méthodologie déjà décrite.

RESULTATS

1. Analyse granulométrique

L'ensemble des résultats est présenté sur le tableau VIII.1 et la figure VIII.1.

Les caractéristiques granulométriques du sédiment de la station B sont tout à fait dans la norme des sédiments du peuplement à *Abra alba*.

La teneur en pélites varie entre 1,8 et 9,1% et présente le cycle annuel déjà décrit avec un maximum estival et un dégraissage hivernal.

La classe des sables fins est la classe dominante (51 à 86% du poids de sédiment) et les particules grossières (plus de 2 mm) qui ne représentent jamais plus de 1% pondéral du sédiment sont les vestiges des populations de mollusques.

Au niveau de la station C, on a pu noter au cours de l'année d'étude une tendance très nette à l'affinement du sédiment. En effet, si en janvier le sédiment était dominé par des sables moyens (87,2%) et presque totalement dépourvu de pélites (0,1%), en décembre, le sédiment était constitué par des sables fins (78,2%) très envasés (6,4%), les sables grossiers ne représentant plus que 13,3% du sédiment.

L'évolution semble peu nette si l'on considère la classe des sables fins, mais, au cours de l'étude la classe modale est passée de 0,25 mm (dans les sables moyens) à 0,125 mm (dans les sables fins), la limite

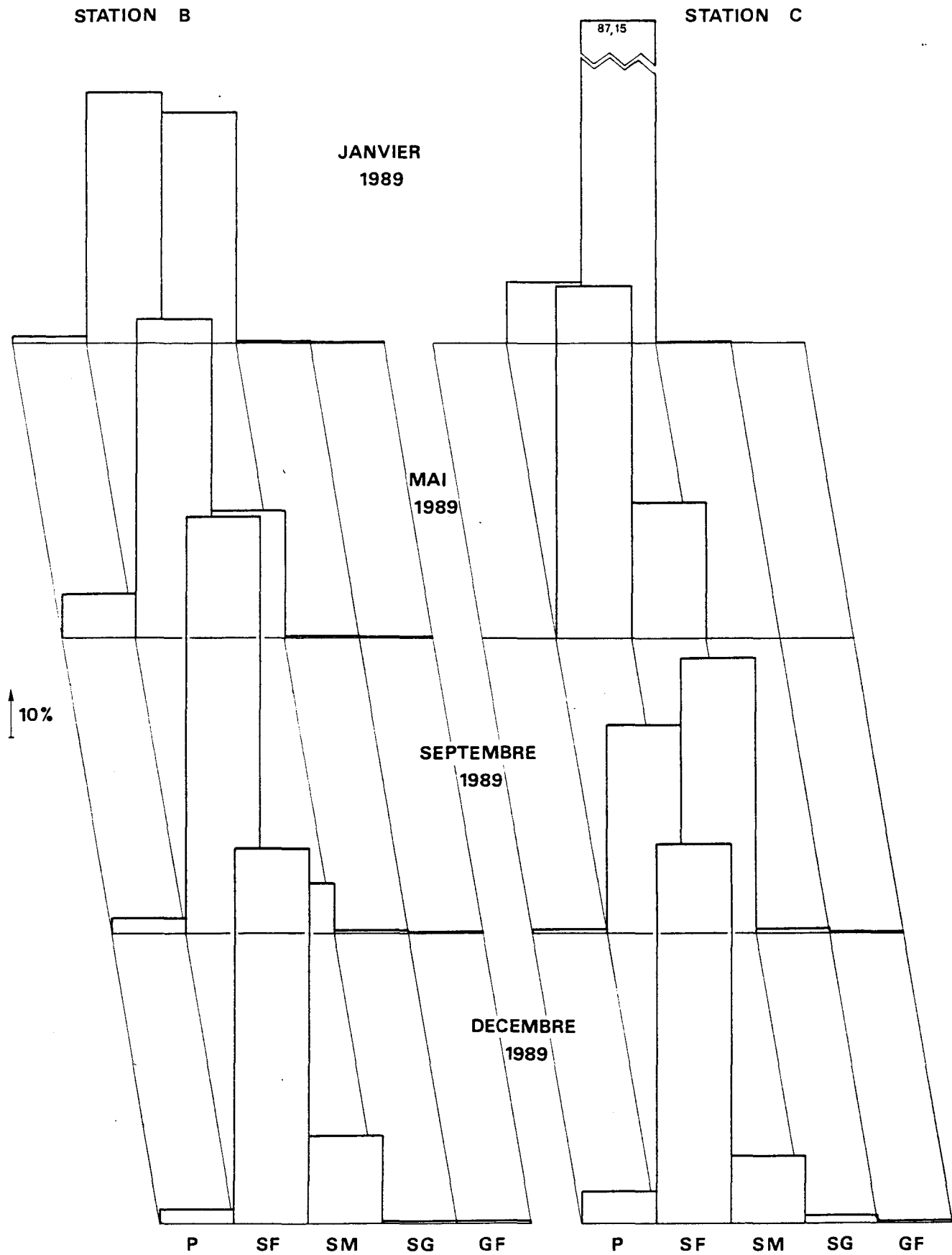


Fig. VIII.1 : Evolution des caractéristiques granulométriques aux deux stations subtidales.

entre sables moyens et fins étant située à 0,2 mm. En revanche pour ce qui est de la teneur en pélites on note une évolution régulière vers un envasement qui devient très important en décembre. Nous avons déjà remarqué lors d'études antérieures des phénomènes d'envasement du sédiment à cette station (en 1987 par exemple) qui demeuraient transitoires. L'envasement de 1987 s'était accompagné d'une légère transformation du peuplement en place avec l'apparition d'espèces vasicoles à la faveur de leurs recrutements normaux.

Cette année, ainsi que nous le montrerons plus loin, cet envasement s'est accompagné d'une modification bionomique importante. On connaît la grande mobilité des sédiments côtiers qu'occupe le peuplement à *Abra alba* et la rapidité de la réaction des conditions de sédimentation ou d'érosion lors d'une modification de la courantomologie locale. Dans la mesure où l'on s'intéresse ici à une station très côtière, il est possible que les modifications enregistrées sur l'estran de Petit Fort Philippe (morphologie et houle) soient liées à ce qui se passe dans le milieu subtidal proche. Il est ainsi possible que le trajet de l'eau de refroidissement en ait été modifié et que la station C ne soit plus (ou soit moins) impactée.

2. Analyse bionomique

(tableaux VIII.2, 3, 4 et 5, figures VIII.2 et 3)

Au total 76 taxons ont été récoltés aux deux stations (63 à la station B et 49 à la station C) ; ils se répartissent comme suit :

1 Cnidaire	(Station B : 1 ; Station C : 1)
4 Némertes	(" : 3 ; " : 1)
1 Oligochète	(" : 1 ; " : 0)
28 Polychètes : 13 errantes	(" : 11 ; " : 8)
15 sédentaires	(" : 13 ; " : 13)
13 Mollusques : 2 Gastéropodes	(" : 2 ; " : 2)
11 Bivalves	(" : 9 ; " : 9)
24 Crustacés : 11 Amphipodes	(" : 7 ; " : 6)
2 Cumacés	(" : 2 ; " : 1)
1 Isopode	(" : 1 ; " : 0)
10 Décapodes	(" : 9 ; " : 4)
4 Echinodermes : 3 Ophiuroides	(" : 3 ; " : 2)
1 Echinoïde	(" : 1 ; " : 1)
1 Poisson	(" : 0 ; " : 1)

Ces 76 taxons correspondent à 15026 individus récoltés (13283 la station B et 1743 à la station C).

2.1. Station B

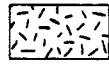
Cette station, représentative du peuplement à *Abra alba*, est sujette, comme nous l'avons montré lors des études précédentes, à des recrutements très importants d'espèces telles que *Spiophanes bombyx*, *Lanice conchilega*, *Pectinaria koreni*, *Abra alba* et *Tellina fabula*, toutes caractéristiques du peuplement à *Abra alba*. L'étude précédente avait mis en évidence un recrutement extraordinaire de *Spiophanes bombyx* dont la densité avait atteint 23899 individus par mètre carré pour une biomasse de 42,5 g. Il en résultait une biomasse pour la station de 66,7 g/m². Le recrutement de *Spiophanes bombyx* venant se surajouter (comme pour toutes les espèces qui présentent des recrutements importants) à un fond de peuplement très dense. Les densités de cette espèce au cours de l'étude ne rendent pas compte de ce recrutement. Cette année les espèces qui bénéficient d'un recrutement important sont *Lanice conchilega* (1000 post-larves par m² en mai), *Spisula subtruncata* et *Abra alba* dans une moindre mesure. Les mollusques dominent largement dans les quatre prélèvements (56 à 72% des individus). Les espèces dominantes sont *Abra alba*, *Tellina fabula* et *Macoma balthica* au début de l'étude et *Tellina fabula*, *Macoma balthica* et *Spisula subtruncata* à la fin. Les Polychètes sont remarquablement constants : 22% des individus en janvier, 35% en mai, septembre et décembre et ceci quel que soit le niveau de densité du peuplement ; celle-ci n'étant jamais inférieure à 2300 individus par mètre carré dépasse les 6000 individus en mai 1989 en raison de la forte densité d'*Abra alba* (3174/m², 53% des individus).

La prédominance des mollusques en forte densité provoque une augmentation considérable de la biomasse. En effet, si la biomasse enregistrée en janvier est tout à fait dans la moyenne du peuplement depuis quelques années (25,4 g/m²) elle arrive à des niveaux jamais atteints en mai (116,6 g/m²), en septembre (84 g/m²) et en décembre (107,5 g/m²).

Les mollusques *Abra alba*, *Tellina fabula*, *Macoma balthica* et *Spisula subtruncata* représentent successivement 77%, 77%, 58% et 71% de la biomasse totale au cours des quatre campagnes.

Ce niveau de biomasse atteint au cours de l'étude confirme la tendance générale du peuplement à l'enrichissement depuis quelques années. Il semble que le facteur "nutrition", notamment pour les dépositivores en constitue pas un facteur limitant au niveau de l'expansion

Fig. VIII.2 et 3 : Légende



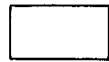
Annelides Polychètes



Mollusques



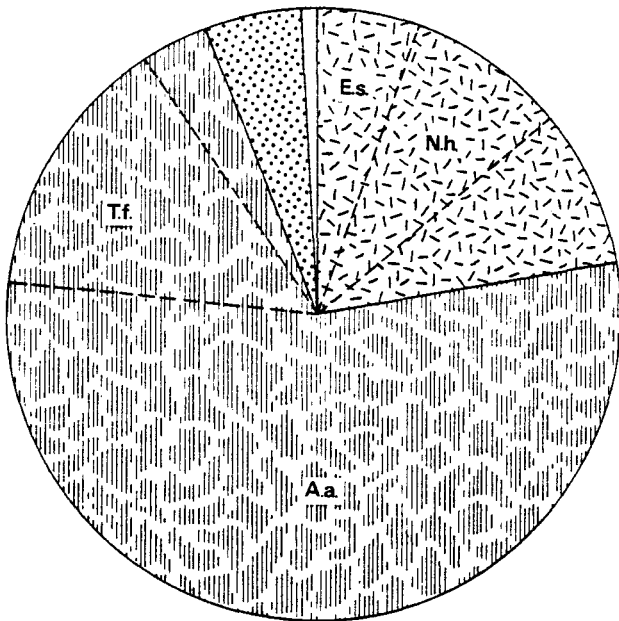
Crustacés



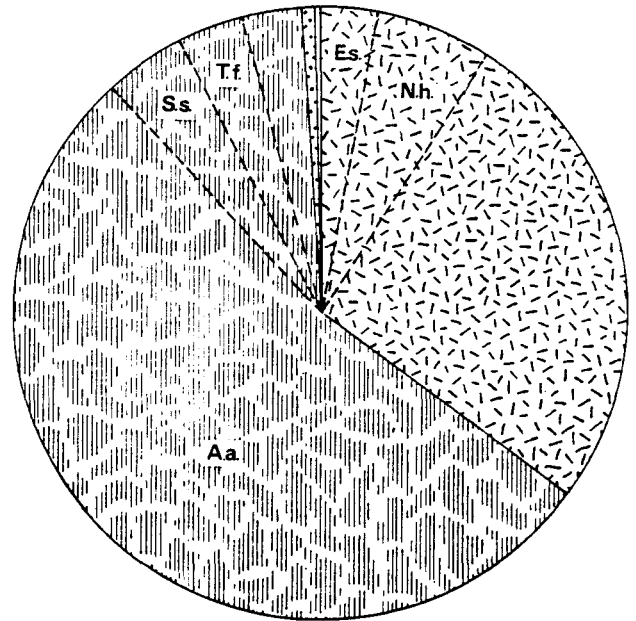
Divers

- A.a. = *Abra alba*
E.s. = *Eumida sanguinea*
L.c. = *Lanice conchilega*
M.b. = *Macoma balthica*
N.c. = *Nephtys cirrosa*
N.h. = *Nephtys hombergii*
Ne.c. = *Nerine cirratulus*
P.l. = *Portumnus latipes*
S.b. = *Sthenelais boa*
S.s. = *Spisula subtruncata*
T.f. = *Tellina fabula*
U.p. = *Urothoe poseidonis*

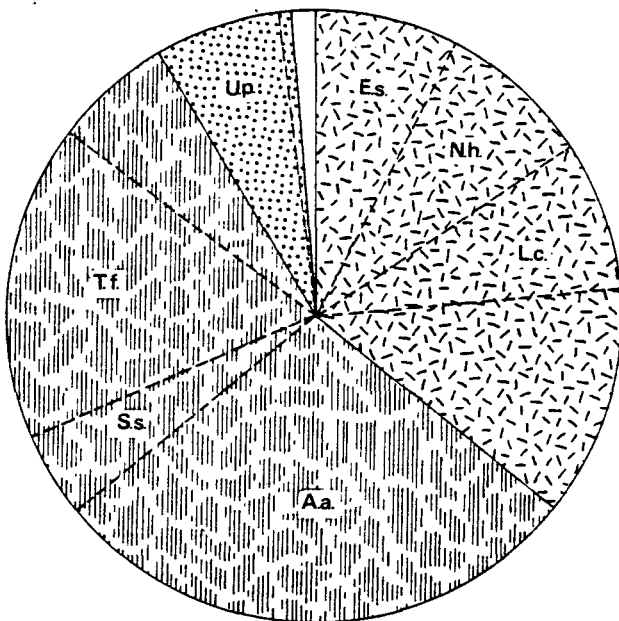
20 JANVIER 89

 $N = 2362 / m^2$ $B = 25,4 g / m^2$

19 MAI 89

 $N = 6022 / m^2$ $B = 116,6 g / m^2$

8 SEPTEMBRE 89

 $N = 2417 / m^2$ $B = 84,0 g / m^2$

5 DECEMBRE 89

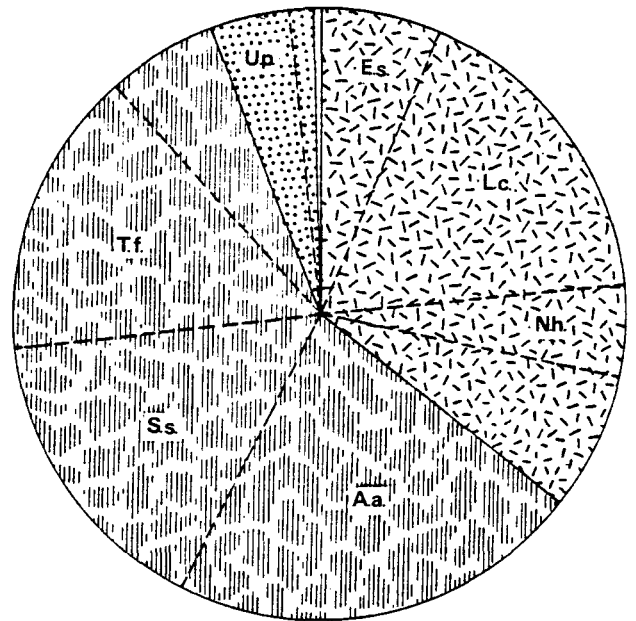
 $N = 2482 / m^2$ $B = 107,5 g / m^2$

Fig. VIII.2 : Evolution des proportions relatives des différents groupes zoologiques à la station B en 1989 (nombre d'individus).

du peuplement. Ainsi les dépositores comme certaines annélides polychètes, les amphipodes et surtout les mollusques bivalves voient leurs populations se développer régulièrement.

Il est à signaler que *Spisula subtruncata*, qui cette année est particulièrement abondante, a bénéficié pour s'implanter de conditions exceptionnelles d'une dérive de courants contrecarrée par de longues périodes de vents forts de N.E. Ces vents ont permis aux larves de cette espèce dont la population souche est située au large des côtes belges et néerlandaises de coloniser une zone où, si elle est régulièrement rencontrée, elle n'atteint normalement jamais des densités de 400/m² comme en décembre voire 750/m² comme lors d'un prélèvement surnuméraire effectué fin juin 89.

2.2. Station C

Cette station permet de mettre en évidence l'impact de la centrale de Gravelines sur le peuplement à *Abra alba*. En 1987 il avait été noté un léger envasement à cette station. L'augmentation de la teneur en fines, pour faible qu'elle fût, avait toutefois permis l'installation d'espèces vasicoles et notamment celles qui avaient bénéficié d'un bon recrutement à la station B.

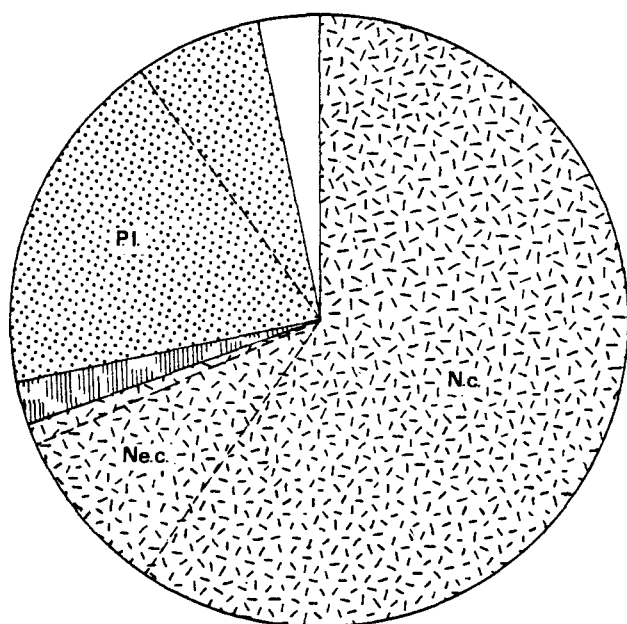
Ces espèces étaient, certes, moins abondantes qu'à la station B, mais on pouvait noter une différence nette par rapport aux études antérieures.

Ce phénomène fut tout à fait transitoire.

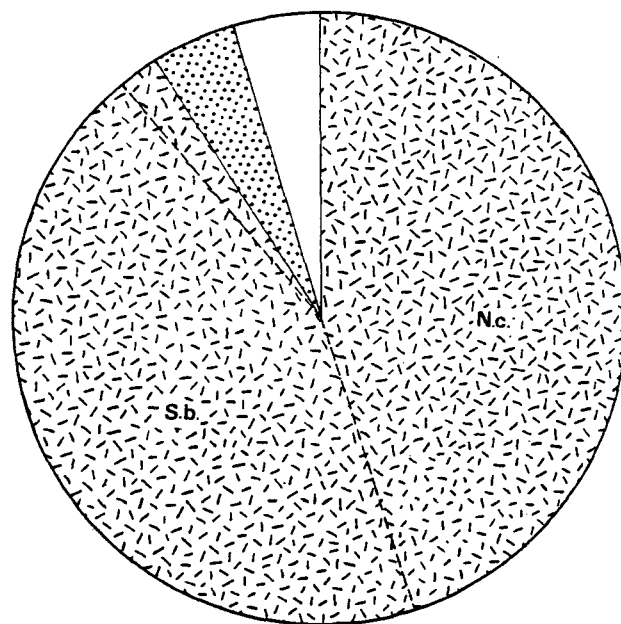
En 1989 un envasement progressif se fait sentir et les résultats bionomiques se calquent sur les résultats de la granulométrie. En janvier, le peuplement est semblable à ce que l'on connaît : dominé par *Nephtys cirrosa* (60% des individus), *Merine cirratulus* (9%) et *Portumnus latipes* (18%), la teneur en pélites est de 0,1% et la biomasse est de 0,7 g/m². On note toutefois la récolte d'1 *Abra alba* et d'1 *Spisula subtruncata*.

En mai on note une légère augmentation de l'envasement (0,18%). *Nephtys cirrosa* domine toujours (45%), d'autres espèces sabulicoles sont toujours présentes : *Bathyporeia elegans*, *Portumnus latipes* et *Hyperoplus lanceolatus*. Mais on note la récolte de plusieurs espèces vasicoles soit à la faveur du recrutement normal (*Spiophanes bombyx* : 44% des individus) ou d'une colonisation (*Nephtys hombergii*, *Eteone longa* et *Eumida*

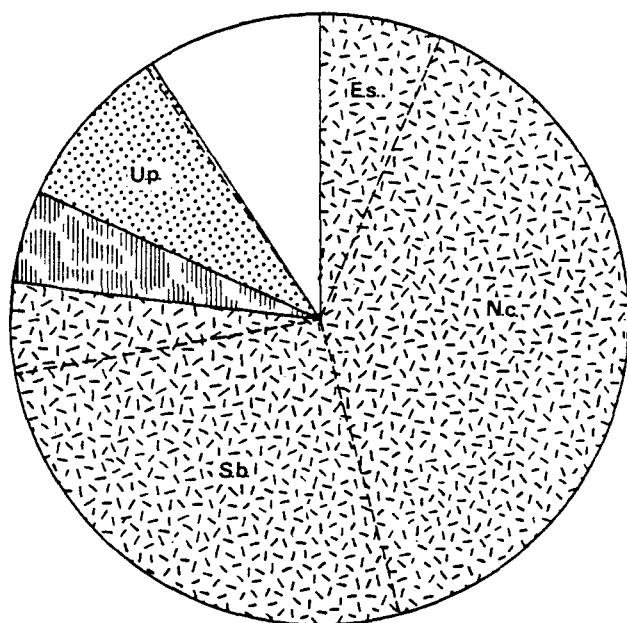
20 JANVIER 89

 $N = 92 / m^2$ $B = 0,7g / m^2$

19 MAI 89

 $N = 180 / m^2$ $B = 1,2g / m^2$

8 SEPTEMBRE 89

 $N = 276 / m^2$ $B = 6,7g / m^2$

5 DECEMBRE 89

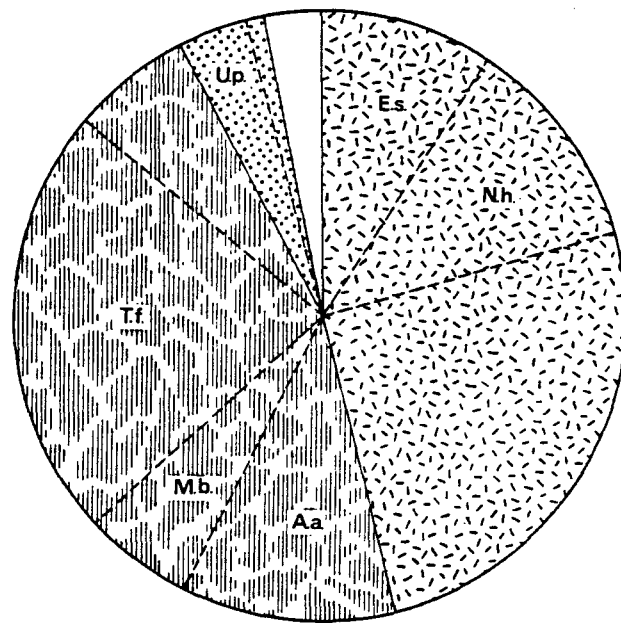
 $N = 1195 / m^2$ $B = 42,3g / m^2$

Fig. VIII.3 : Evolution des proportions relatives des différents groupes zoologiques à la station C en 1989 (nombre d'individus).

sanguinea). La biomasse est de 1,2 g/m², la densité du peuplement est de 180/m².

En septembre, l'envasement s'est encore accru (0,9%), il n'est pas encore suffisant pour chasser les espèces sabulicoles comme *Nephtys cirrosa* (108/m²) ou *Nerine bonnieri* mais les espèces vasicoles s'implantent : *Spiophanes bombyx* (73/m²), *Urothoe poseidonis* (24/m²), *Eumida sanguinea* (18/m²), *Echinocardium cordatum* (7/m²), *Montacuta ferruginosa* (8/m²) et *Spisula subtruncata* (3/m²). L'apparition de ces nombreuses espèces vasicoles provoque une forte augmentation de la biomasse qui atteint 6,7 g/m², la densité du peuplement est de 276 individus/m².

En décembre, l'envasement s'est encore accentué, la teneur en pélites atteint 6,4%, valeur comparable à ce que l'on peut rencontrer dans le peuplement à *Abra alba*. Il en résulte une très forte augmentation de la densité globale (1195/m²) en raison de l'apparition (ou du développement) de populations d'espèces vasicoles : *Tellina fabula* (273/m²), *Nephtys hombergii* (138/m²), *Abra alba* (133/m²), *Eumida sanguinea* (112/m²), *Owenia fusiformis* (111/m²) etc... Il faut noter également la récolte en très grand nombre (250/m²) de coquilles vides d'*Abra alba* preuve d'une mortalité récente qui a affecté cette espèce.

Il faut également signaler qu'*Urothoe poseidonis* peut être récoltée à de très fortes densités (708/m² lors d'un prélèvement surnuméraire en juin).

Les espèces sabulicoles (*Nephtys cirrosa*, *Portumnus latipes*, etc...) ont complètement disparu.

Les Annélides et les Mollusques sont dominants (46% des individus). Les fortes densités de mollusques provoquent une très forte augmentation de la biomasse qui atteint 42,3 g/m², les mollusques représentent 64% de cette biomasse.

Deux espèces dont on connaît les préférences sédimentologiques ont des évolutions opposées qui rendent parfaitement compte de l'évolution du sédiment : *Portumnus latipes* (sabulicole) voit sa densité décroître au fur et à mesure de l'envasement, au contraire *Nephtys hombergii* (vasicole) voit sa densité croître dans le même temps.

D'autres espèces ne sont apparues qu'une fois atteint le seuil d'envasement minimal pour le peuplement à *Abra alba* (il se situe entre 1,5 et 2%), il s'agit de *Capitella capitata*, *Harmothoe lunulata*,

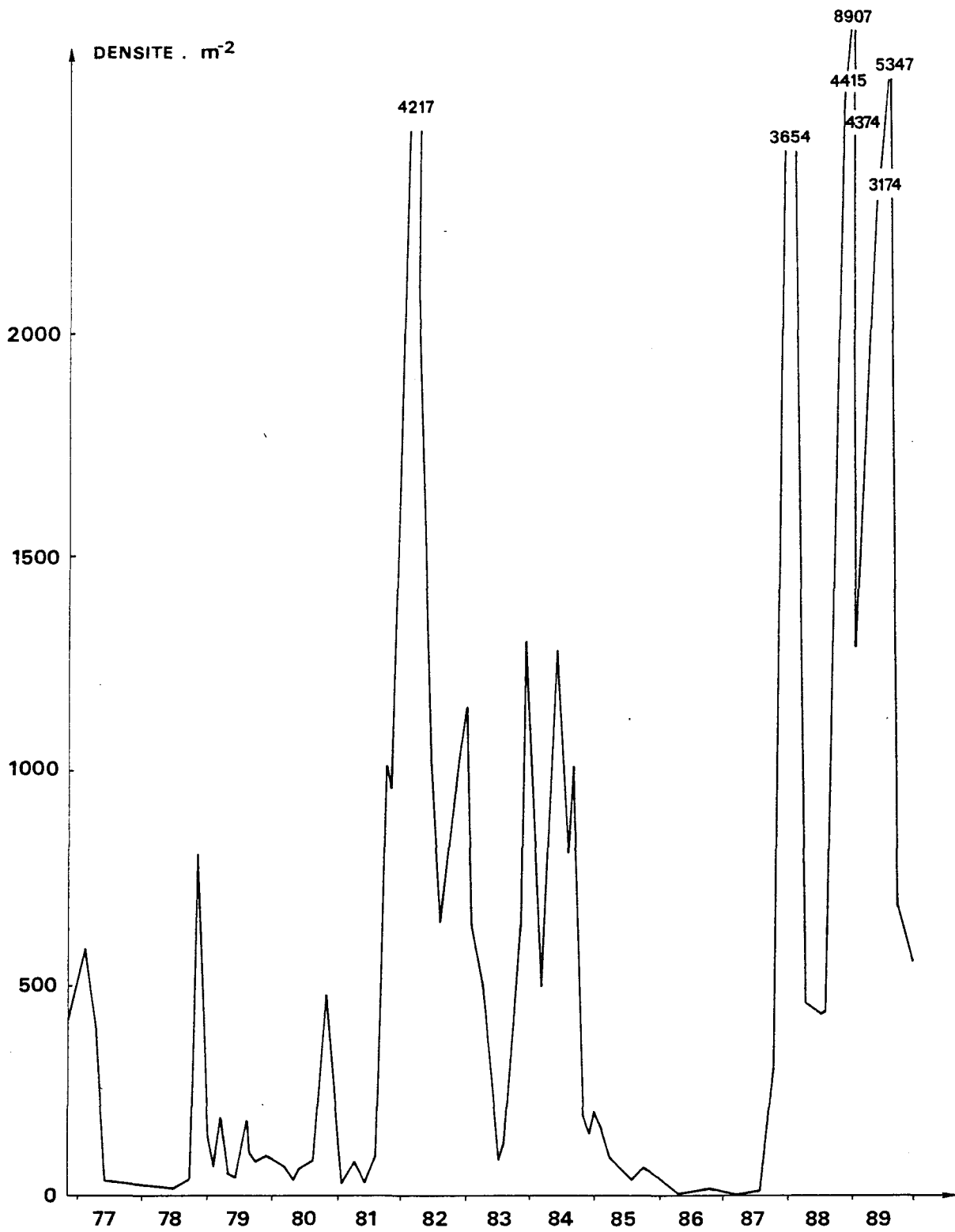


Fig. VIII.4 : *Abra alba*. Variations de la densité de la population

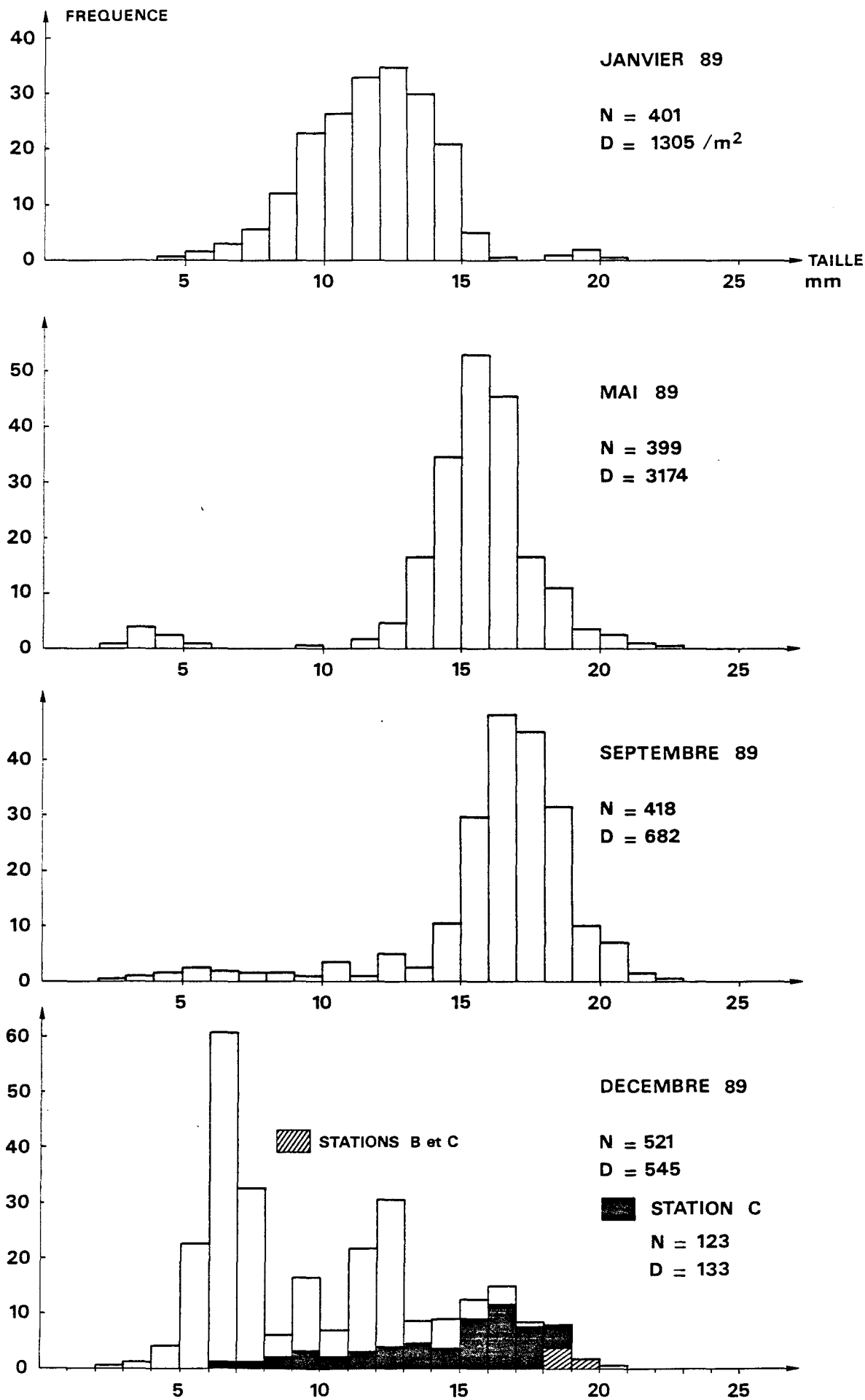


Fig. VIII.5 : *Abra alba*. Histogramme des fréquences de taille.

Heteromastus filicornis, *Notomastus latericeus*, *Owenia fusiformis*, *Pholoe minuta*, *Sthenelais boa*, etc...

2.3. Comparaison entre les stations B et C

(Tableau VIII.5)

Pendant les deux premières campagnes on ne note pas d'évolution particulière par rapport aux autres études si ce n'est le déficit considérable qu'atteint la biomasse à la station C par rapport à la station B. Ce déficit atteint 115 g/m² en poids sec en mai, ce déficit correspond à 11,5 tonnes à l'hectare !

Ce déficit est bien évidemment dû à la très forte augmentation de la biomasse à la station B que ne peut compenser la faible augmentation à la station C.

Le déficit de biomasse est encore de 77 g/m² en septembre pour ne plus être que de 65 g/m² en décembre, non à cause d'une diminution de la biomasse à la station B mais surtout en raison de la forte augmentation à la station C.

En ce qui concerne le déficit au niveau de la densité il est de 1300 individus/m² en décembre contre 5800/m² en mai. Le tableau VIII.5 nous renseigne quant à la composition spécifique des deux stations et notamment au niveau de la comparaison des effectifs des espèces vasicoles. Les densités de ces espèces, sans atteindre en C des valeurs analogues à celles rencontrées à la station B n'en sont pas moins importantes par rapport aux résultats des années précédentes.

3. Etude des populations d'*Abra alba* et de *Tellina fabula*

Abra alba et *Tellina fabula* sont deux bivalves caractéristiques du peuplement à *Abra alba*. Leurs populations sont suivies quantitativement de façon régulière depuis 1978 à la station B (Fig. VIII.4 et VIII.6).

3.1. *Abra alba*

(Fig. VIII.4 et 5)

La population d'*Abra alba* présente des fluctuations très importantes et très brutales que l'on peut lier sans conteste au caractère pionnier de cette espèce. Elle est aussi soumise à des migrations passives importantes. Fin octobre 1988, la densité d'*Abra alba* atteignait 8907/m².

Les prélèvements effectués en période hivernale et printanière ont

montré une stabilisation de la population entre 3000 et 5000 individus par mètre carré jusqu'en fin mai 1989 (si l'on excepte la densité relativement faible de janvier : $1305/m^2$).

Depuis la densité a régressé régulièrement pour atteindre $545/m^2$ en décembre 1989. Les histogrammes de fréquence de tailles nous permettent d'interpréter les variations de densité.

En janvier, la structure unimodale centrée sur des individus de 1 et 2 ans correspond parfaitement à l'histogramme de fin octobre 1988. La baisse de densité est due soit à une disparition de toutes les classes d'âge ou à un mauvais échantillonnage. En mai le mode s'est déplacé vers des tailles plus élevées, les individus de 1 an semblent avoir disparu. Un petit mode secondaire apparaît, il correspond au recrutement de 1989 (faible par ailleurs). En septembre l'allure très proche de celle de mai confirme le faible recrutement et la disparition des individus nés en 1988. En décembre l'histogramme devient trimodal avec une cohorte correspondant au recrutement de l'année, une cohorte correspondant à l'année 1988 et une à l'année 1987. Ces cohortes ne peuvent être présentes à la station B que par migration passive. Notons que l'histogramme dressé en décembre pour la population d'*Abra* établie à la station C est d'allure tout à fait différente une cohorte est prédominante : celle des individus nés en 1987. Cependant des individus des cohortes antérieures sont aussi présents en nombre plus faible. Ceci prouve que le sédiment à cette station n'a pas été colonisé que par le recrutement 1989 mais aussi par des individus plus âgés.

Ces quatre histogrammes montrent une fois de plus que cette espèce est opportuniste et qu'elle peut adapter son comportement et sa stratégie démographique pour coloniser un sédiment adéquat. Les populations locales peuvent ainsi recevoir des apports en individus âgés provenant d'autres populations mais aussi émettre des individus vers d'autres sites. La colonisation de la station C en apporte la preuve.

3.2. *Tellina fabula*

(Fig. VIII.6 et 7)

La densité de la population de cette espèce n'atteint jamais les maxima que l'on peut rencontrer dans la population d'*Abra alba*. Elle n'excède jamais $600/m^2$. Mais cette espèce présente néanmoins des fluctuations importantes. Depuis fin 1987, il semble que cette population

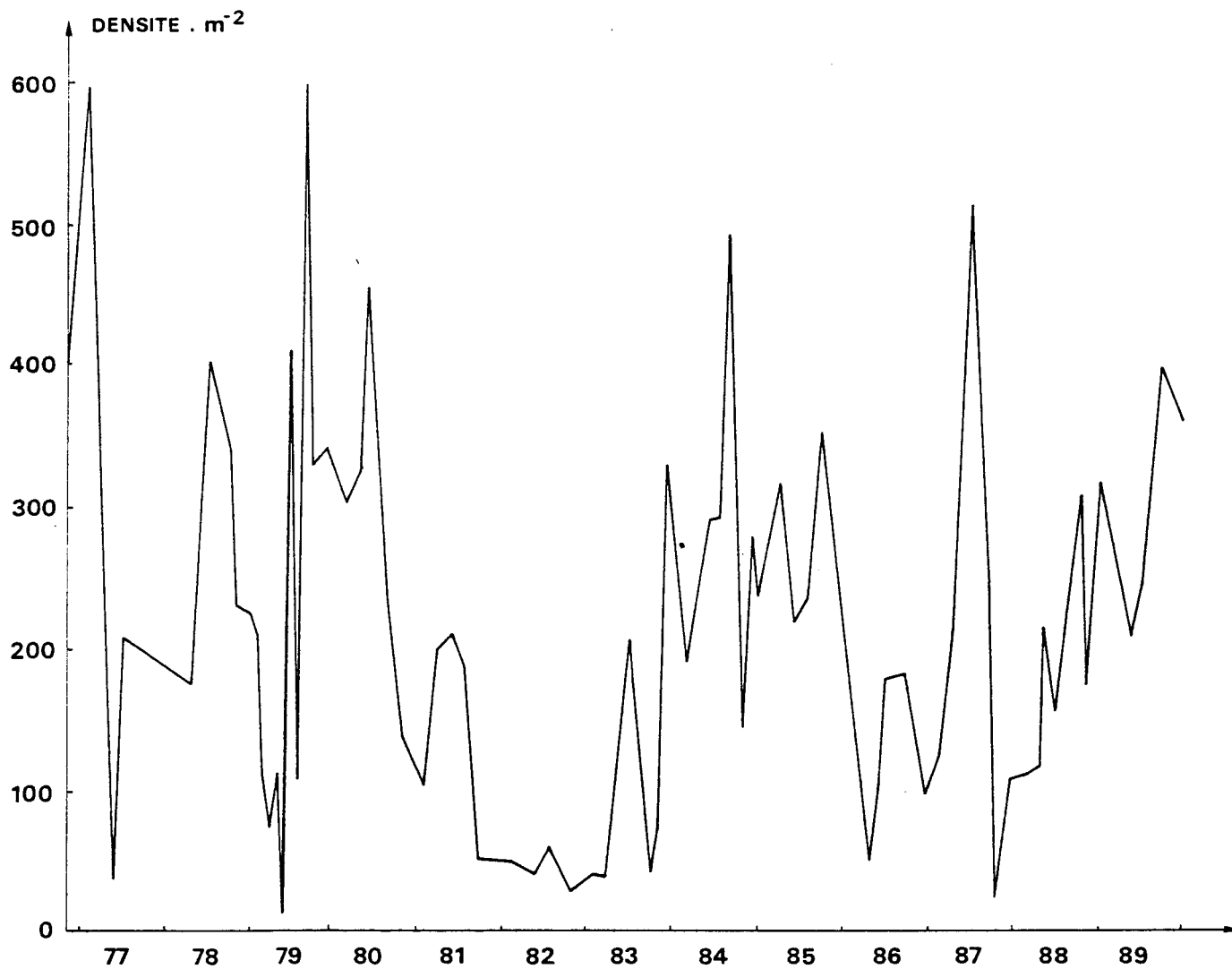


Fig. VIII.6 : *Tellina fabula*. Variations de la densité de la population.

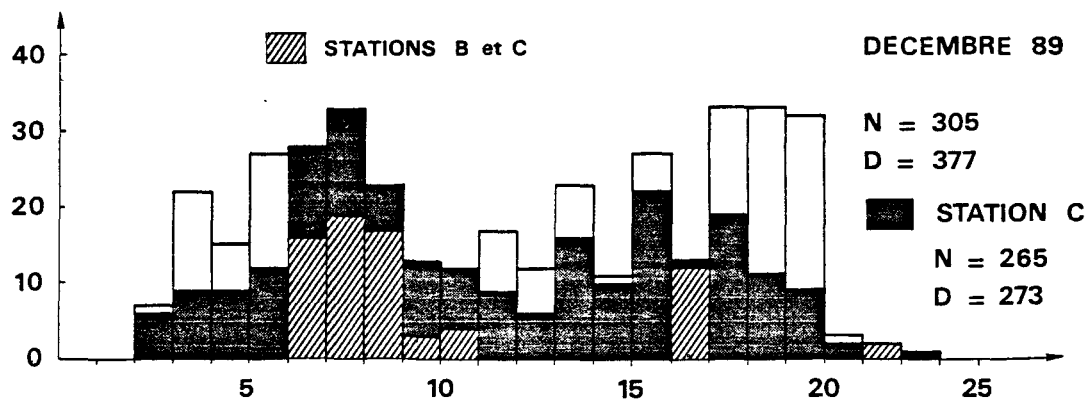
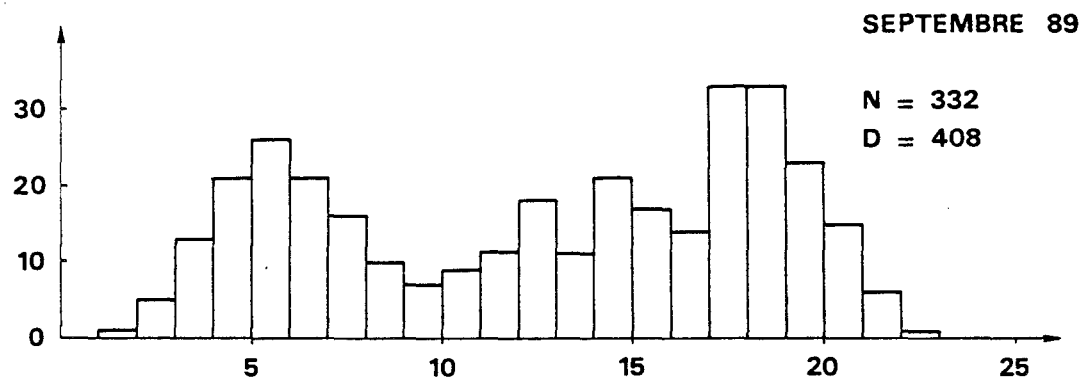
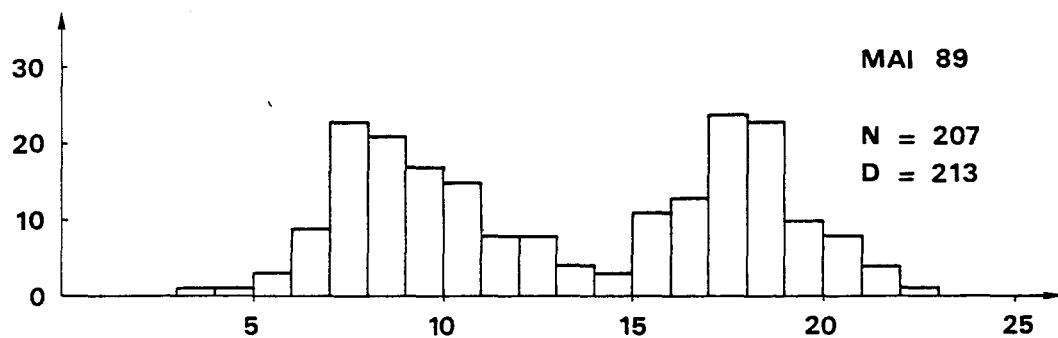
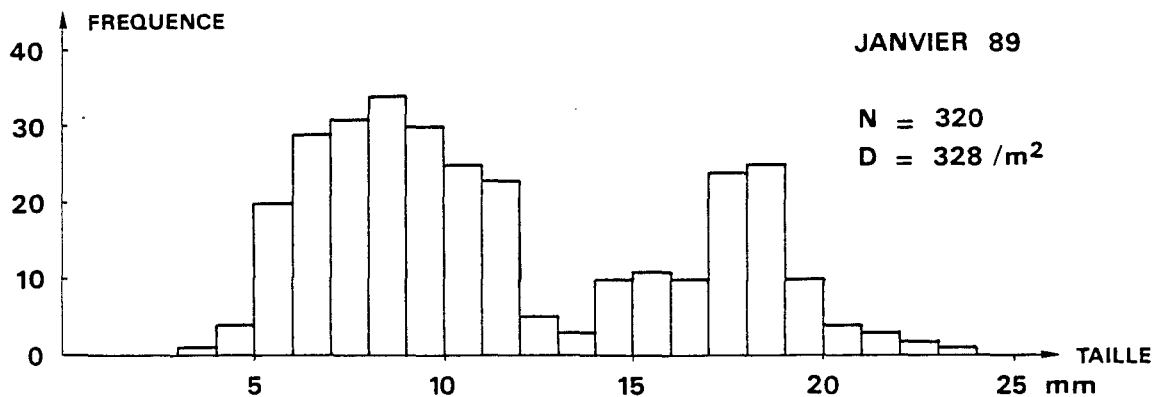


Fig. VIII.7 : *Tellina fabula*. Histogramme des fréquences de taille.

soit en phase de développement : une tendance très nette à l'augmentation de la densité est confirmée par les résultats enregistrés en 1989.

Les histogrammes de fréquence de taille montrent que le recrutement a été tardif en 1989. Il n'est pas visible fin mai 1989 et apparaît sur l'histogramme de septembre. Un recrutement secondaire est visible en décembre. Mais des petits individus sont récoltés tout au long de l'année.

En ce qui concerne la structure de la population établie à la station C, il apparaît que toutes les classes d'âge sont présentes. Les histogrammes (tout comme les densités d'ailleurs) sont très semblables aux stations B et C (Fig. VIII.7).

CONCLUSION

Les résultats les plus importants enregistrés lors de cette étude sont :

- les niveaux qu'a atteint la biomasse à la station B
- l'évolution de la station C vers des aspects plus conformes à ce qu'est normalement le peuplement à *Abra alba*.

La biomasse à la station B est voisine de 100 g/m^2 ce qui est tout à fait considérable. Lors de l'étude précédente, cette potentialité de production du peuplement avait été pressentie : "La biomasse enregistrée à la station B en mai 88 ($66,7 \text{ g/m}^2$), pour extraordinaire qu'elle soit, est sans doute très inférieure à ce qu'elle a dû être fin octobre quand la densité d'*Abra alba* a atteint $8900/\text{m}^2$ ".

La station C semble désormais s'éloigner de l'impact courantologique direct de la centrale. Toutefois si les conditions que l'on y rencontre semblent satisfaire de nombreuses espèces vasicoles, il semble qu'elles ne soient pas tout à fait normales, la forte mortalité d'*Abra alba* ($250/\text{m}^2$) semble le prouver et le déficit en biomasse reste quand même de 65 g/m^2 . L'évolution de l'envasement à cette station est, sans doute lié aux modifications que l'on a pu mettre en évidence sur la plage de Petit Fort Philippe.

Quoiqu'il en soit il est certain que si le peuplement se maintient de la sorte à cette station, celle-ci ne pourra plus être considérée comme impactée et qu'il faudra sans doute chercher une autre station qui subira l'impact, sans doute légèrement à terre et à l'ouest de l'actuelle station C.

TABLEAU VIII.1 : CARACTÉRISTIQUES GRANULOMÉTRIQUES DU SÉDIMENT AUX DEUX STATIONS
SUBTIDALES (POURCENTAGES PONDERAUX)

	St. B Janvier 89	St. B Mai 89	St. B Septembre 89	St. B Décembre 89	St. C Janvier 89	St. C Mai 89	St. C Septembre 89	St. C Décembre 89
Pélites	1,76	9,06	3,18	2,96	0,01	0,18	0,91	6,43
Sables fins	50,78	64,95	85,73	77,66	12,65	71,98	42,19	78,16
Sables moyens	46,56	25,29	10,25	17,93	87,15	27,75	55,78	13,34
Sables grossiers	0,68	0,46	0,56	0,68	0,18	0,08	0,96	1,76
Gravier fin	0,22	0,25	0,27	0,78	0,01	0,01	0,16	0,31
Poids total du sédiment (g)	625,14	492,46	171,74	433,53	1509,18	276,94	221,00	267,36

TABLEAU VIII.2 : STATION B - RESULTATS BRUTS (INDIVIDUS/m²)

	Juillet 89	Mai 89	Septembre 89	Décembre 89
<i>Sagartia troglodytes</i>	6	9		4
<i>Cerebratulus</i> sp.	1		1	
<i>Lineus bilineatus</i>			1	
<i>Tubulanus polymorphus</i>			1	
<i>Enchytraeidae</i> sp.			10	
<i>Anaitides groenlandica</i>		10		
<i>Anaitides mucosa</i>	72	231	1	3
<i>Capitella capitata</i>		175	14	53
<i>Caulleriella alata</i>				
<i>Chaetozone setosa</i>		15	8	2
<i>Eumida sanguinea</i>	129	183	186	154
<i>Eunereis longissima</i>	7	30	1	1
<i>Harmothoe lunulata</i>	14	124	29	58
<i>Heteromastus filiformis</i>		245	4	
<i>Lanice conchilega</i>	12	96	198	429
<i>Leptonereis glauca</i>			1	
<i>Magelona mirabilis</i>	40		5	3
<i>Nephtys hombergii</i>	198	373	198	118
<i>Notomastus latericeus</i>	12	59	45	9
<i>Owenia fusiformis</i>		25	22	14
<i>Pectinaria koreni</i>			2	1
<i>Pholoe minuta</i>	9	331	15	7
<i>Polydora pulchra</i>			2	
<i>Protodorvillea kefersteini</i>			1	
<i>Scoloplos armiger</i>			9	
<i>Sigalion malthildae</i>	3		6	8
<i>Spio martinensis</i>	3	26	41	13
<i>Spiophanes bombyx</i>	26	131	69	1
<i>Sthenelais boa</i>	5	56	5	10
<i>Abra alba</i>	1305	3174	682	545
<i>Cultellus pellucidus</i>	4			
<i>Ensis arcuatus</i>	3	1	5	7
<i>Lunatia alderi</i>			1	
<i>Macoma balthica</i>	4	123	45	89
<i>Montacuta ferruginosa</i>			7	
<i>Mysella bidentata</i>	38	72	82	45
<i>Nassarius reticulatus</i>			8	
<i>Spisula subtruncata</i>	15	268	112	403
<i>Tapes rhomboides</i>	6	3	1	
<i>Tellina fabula</i>	328	213	408	377
<i>Aora typica</i>			1	
<i>Atylus swammerdami</i>	21			3
<i>Corystes cassivelaunus</i>			1	
<i>Crangon crangon</i>	11		1	1
<i>Cumopsis longipes</i>				1
<i>Diastylis bradyi</i>	11	1		
<i>Diogenes pugilator</i>				3
<i>Idotea linearis</i>	1	1	1	
<i>Leucothoe incisa</i>		14	7	5
<i>Liocarcinus depurator</i>	8		1	
<i>Liocarcinus holsatus</i>	1		3	7
<i>Melita obtusata</i>	4		2	3
<i>Microprotopus maculatus</i>	7		1	
<i>Pagurus bernhardus</i>			1	
<i>Pariambus typicus</i>	36	4		
<i>Pilumnus hirtellus</i>				1
<i>Pinnotheres pisum</i>				4
<i>Portumnus latipes</i>		1		
<i>Urothoe poseidonis</i>	16	14	156	97
<i>Acrocnida brachiata</i>		14	8	1
<i>Echinocardium cordatum</i>			2	
<i>Ophiura albida</i>			3	
<i>Ophiura texturata</i>	6		3	2
NOMBRE TOTAL D'INDIVIDUS	2362	6022	2417	2483
BIOMASSE TOTALE (g/m ²)	25,4394	116,5605	83,9844	107,4930

TABLEAU VIII.3 : STATION C - RESULTATS BRUTS (INDIVIDUS/m²)

STATION C	Janvier 89	Mai 89	Septembre 89	Décembre 89
Sagartia troglodytes				4
Nemertini sp.	3	7	17	
Capitella capitata				20
Chaetozone setosa				1
Eteone longa		2		
Eumida sanguinea		1	18	112
Harmothoe lunulata				15
Heteromastus filiformis				10
Lanice conchilega	1			13
Magelona mirabilis				2
Nephtys cirrosa	55	81	109	
Nephtys hombergii		1	2	138
Nerine bonnieri			5	
Nerine cirratulus	8			
Notomastus latericeus				6
Owenia fusiformis				111
Pectinaria koreni				1
Pholoe minuta				5
Scoloplos armiger			1	
Sigalion malthildae				3
Spio martinensis			5	94
Spiophanes bombyx		79	73	19
Sthelenais boa				4
Abra alba	1			133
Donax vittatus			1	
Ensis arcuatus			1	
Lunatia alderi				3
Macoma balthica				69
Montacuta ferruginosa			8	2
Mysella bidentata				36
Nassarius reticulatus				16
Spisula subtruncata	1		3	16
Tellina fabula				273
Tellina tenuis			1	
Atylus swammerdami				2
Bathyporeia elegans	2	2		
Carcinus maenas				2
Cumopsis longipes		1		
Diogenes pugilator				5
Orchomene nana				1
Pinnotheres pisum				1
Pontocrates altamarinus		1		
Portumnus latipes	17	4	1	
Urothoe elegans	4			
Urothoe poseidonis			24	43
Acrocnida brachiata				6
Echinocardium cordatum			7	1
Ophiura texturata				28
Hyperoplus lanceolatus		1		
TOTAL INDIVIDUS	92	180	276	1195
BIOMASSE TOTALE(en g/m ²)	0,6660	1,1680	6,6502	42,3047

TABLEAU VIII.4 : REPARTITION DE LA BIOMASSE A LA STATION B (g/m²)

	Janvier 89	Mai 89	Septembre 89	Décembre 89
<i>Nephtys hombergii</i>	2,5617	10,8765	6,1482	3,2608
<i>Lanice conchilega</i>	0,4030	3,9990	5,0860	7,8008
<i>Abra alba</i>	13,6673	52,4919	18,8116	8,0042
<i>Tellina fabula</i>	5,0671	6,2618	9,3668	4,6394
<i>Macoma balthica</i>	0,3326	7,7711	3,4424	3,3164
<i>Spisula subtruncata</i>	0,5252	23,1472	17,5002	60,2946
Autres espèces	2,8825	12,0130	23,6292	20,1768
Total	25,4394	116,5605	83,9844	107,4930

TABLEAU VIII.5 : REPARTITION DE LA BIOMASSE A LA STATION C (g/m²)

	Janvier 89	Mai 89	Septembre 89	Décembre 89
<i>Nephtys cirrosa</i>	0,4614	0,2996	0,5647	
<i>Nephtys hombergii</i>				2,3289
<i>Nassarius reticulatus</i>				8,9579
<i>Abra alba</i>				6,1956
<i>Tellina fabula</i>				5,0243
<i>Macoma balthica</i>				2,8094
<i>Spisula subtruncata</i>				4,1583
<i>Echinocardium cordatum</i>			5,0386	
Autres espèces	0,2046	0,8684	1,0479	12,8303
Biomasse totale	0,6660	1,1680	6,6502	42,3047

TABLEAU VIII.6 : COMPARAISON DES EFFECTIFS DES PRINCIPALES
ESPECES VASICOLES AUX STATIONS B ET C

ESPECES	DATES	STATION B	STATION C
Anaitides mucosa	Septembre 1979	41	0
	Mai 1980	4	0
	Mai 1981	3	72
	Mai 1982	697	25
	Juin 1983	54	0
	Juillet 1984	14	0
	Juillet 1985	17	0
	Mai 1986	3	0
	Juillet 1987	738	5
	Mai 1988	294	0
	Mai 1989	231	0
	Décembre 1989	3	0
	Spiophanes bombyx	Septembre 1979	1
Mai 1980		2	2
Mai 1981		5	12
Mai 1982		97	536
Juin 1983		138	3
Juillet 1984		2 282	243
Juillet 1985		31	1
Mai 1986		633	3
Juillet 1987		6 250	941
Mai 1988		23 899	36
Mai 1989		131	79
Décembre 1989		1	19
Lanice conchilega		Mai 1980	60 000
	Mai 1981	1 000	100
	Mai 1982	20 000	7 000
	Juin 1983	15 000	10
	Juillet 1984	2 486	243
	Juillet 1985	779	0
	Mai 1986	7	0
	Juillet 1987	5 200	969
	Mai 1988	46	11
	Mai 1989	96	0
	Décembre 1989	429	13

TABLEAU VIII.6 : COMPARAISON DES EFFECTIFS DES PRINCIPALES
ESPECES VASICOLES AUX STATIONS B ET C (suite)

ESPECES	DATES	STATION B	STATION C
Lagis koreni	Septembre 1979	354	82
	Mai 1980	228	4
	Mai 1981	27	3
	Mai 1982	10	0
	Juin 1983	2	0
	Juillet 1984	4	0
	Juillet 1985	77	0
	Mai 1986	94	0
	Juillet 1987	255	1313
	Mai 1988	8	0
	Mai 1989	0	0
	Décembre 1989	1	1
	Abra alba	Septembre 1979	77
Mai 1980		64	0
Mai 1981		100	9
Mai 1982		1 020	26
Juin 1983		77	1
Juillet 1984		811	0
Juillet 1985		37	0
Mai 1986		13	0
Juillet 1987		15	0
Mai 1988		602	1
Mai 1989		3 174	0
Décembre 1989		545	133
Tellina fabula		Septembre 1979	328
	Mai 1980	453	800
	Mai 1981	167	69
	Mai 1982	41	16
	Juin 1983	209	2
	Juillet 1984	292	5
	Juillet 1985	238	0
	Mai 1986	100	0
	Juillet 1987	513	38
	Mai 1988	216	1
	Mai 1989	213	0
	Décembre 1989	377	273