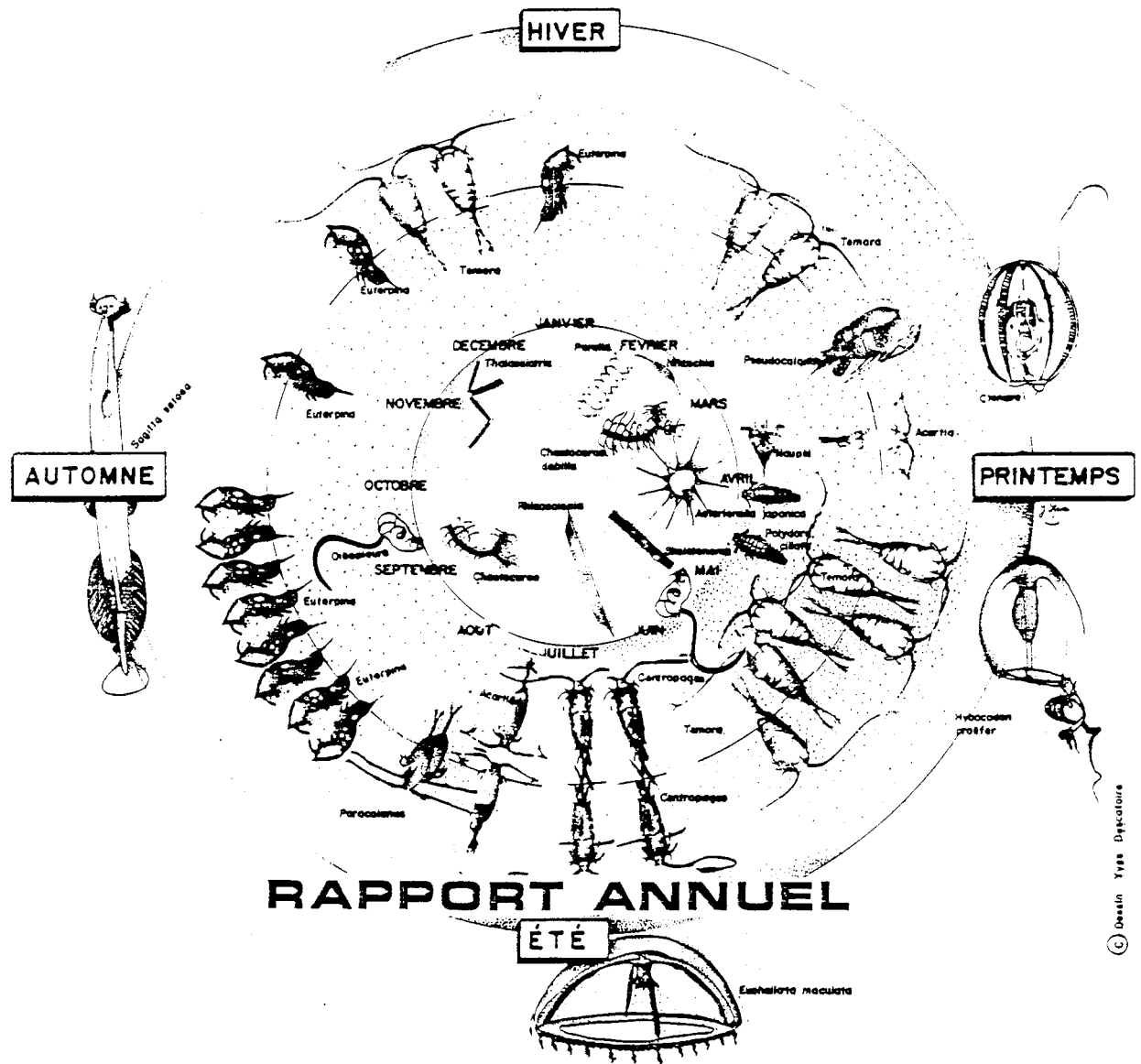


# Surveillance écologique et halieutique

## SITE DE GRAVELINES

Novembre 1985 - Octobre 1986



IFREMER - BREST - NANTES - QUISTREHAM

Station marine de Wimereux

Institut Pasteur de Lille

DERO-87.06-EL - Avril 1987 -

IFREMER  
 Centre de BREST  
 S.D.P.  
 B.P. 337  
 29273 BREST CEDEX  
 Tél. : 98.45.80.55  
 Télex 940 627

DIRECTION ENVIRONNEMENT  
 ET RECHERCHES OCEANIQUES

DEPARTEMENT ENVIRONNEMENT LITTORAL

<u>AUTEUR(S)</u> : Hydrologie : C. QUISTHOUDT, J.L. BOURGAIN - Microbiologie : E. et R. DELESMONT - Phytoplancton : H. GROSSEL - Zooplancton : G. LE FEVRE-LEHOERFF - Benthos : J.M. DEWARUMEZ, J.L. BOURGAIN - Halieutique : D. WOEHRLING, A. TETARD.		CODE : N° <u>DERO-87-06-EL</u>
<u>TITRE</u> Surveillance écologique et halieutique du site de Gravelines (novembre 1985 - octobre 1986).		Date : Avril 1987 Tirage nb : 100 Nb pages : 157 Nb figures : Nb photos :
<u>CONTRAT</u> (intitulé) N° <u>8 C 50263 et 8 C 50264</u>	DIFFUSION Libre <input checked="" type="checkbox"/> Restreinte <input type="checkbox"/> Confidentielle <input type="checkbox"/>	
<u>RESUME</u> La surveillance n° 8 sur le site de Gravelines couvre la période d'étude de novembre 1985 à octobre 1986. Les domaines étudiés sont l'hydrologie, la microbiologie, le plancton végétal et animal, le domaine halieutique, le benthos subtidal et intertidal. L'évolution des populations est reliée au fonctionnement de la centrale qui a atteint en 1986 sa puissance maximale 5576 MW.		
<u>ABSTRACT</u> Surveillance n° 8 of Gravelines Power Plant take in account studies between november 1985 and october 1986. Hydrology, microbiology, phytoplankton, zooplankton, fishing, subtidal and intertidal benthos are studied. Evolutions of populations are joined with running of Power Plant wich overtake maximum power 5576 MW during 1986.		
Mots-clés : Pelagos - Benthos - Halieutique - Centrale nucléaire surveillance		
Key words : Pelagos - Benthos - Fishing - Surveillance Power Plant		



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

## LISTE DES AUTEURS-REDACTEURS

Climatologie - Fonctionnement de la centrale - Hydrobiologie  
Paramètres physico-chimiques  
Chantal QUISTHOUDT <sup>□</sup> Jean-Luc BOURGAIN <sup>□</sup> Nicole DEGROS <sup>□</sup>  
Marie-Andrée JANQUIN <sup>□</sup> et Dominique MENU <sup>□</sup>

Microbiologie  
Régis DELESMONT ●

Phytoplancton - Production primaire  
Hubert GROSSEL ▽

Noctiluques et zooplancton  
Geneviève LE FEVRE-LEHOËRFF \*

Halieutique  
Daniel WOEHRLING ○ Jocelyne MARTIN ○ et Alain TETARD ▲

Benthos intertidal  
Jean-Marie DEWARUMEZ <sup>□</sup> et Dominique MENU

Benthos subtidal  
Jean-Luc BOURGAIN

Contrats 8 C 50.263  
8 C 50.264

- 
- Station Marine de Wimereux
  - Institut Pasteur de Lille
  - ▽ IFREMER Boulogne
  - \* IFREMER Brest
  - IFREMER Nantes
  - ▲ IFREMER Ouistreham



## S O M M A I R E

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
 <b><u>CHAPITRE I : CLIMATOLOGIE - FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE.</u></b>	
CARACTERES GENERAUX DU SITE.....	3
1. Bilan climatologique du cycle étudié.....	3
2. Les apports d'eaux de faible salinité.....	3
3. Fonctionnement de la centrale nucléaire.....	3
4. Hydrographie.....	5
 <b><u>CHAPITRE II : HYDROBIOLOGIE - PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES.</u></b>	
HYDROBIOLOGIE.....	7
1. Présentation des campagnes.....	7
1.1. Stratégie d'échantillonnage.....	7
1.2. Calendrier des campagnes.....	8
1.3. Fonctionnement de la centrale lors des mesures.....	9
2. Matériels et méthodes.....	9
3. Variations des paramètres physicochimiques.....	10
3.1. La température.....	10
3.2. La salinité.....	14
3.3. La densité.....	14
3.4. L'oxygène dissous.....	16
3.5. Le pH.....	18
3.6. Transparence de l'eau.....	18
3.7. Sels nutritifs.....	20
CONCLUSION.....	23
 <b><u>CHAPITRE III : MICROBIOLOGIE.</u></b>	
INTRODUCTION.....	25
MATERIELS ET METHODES.....	25
POINT DIGUE.....	26
1. Température.....	26
2. Chloration.....	27
3. Dénombrement des germes totaux.....	27
4. Germes aérobies viables.....	28
5. Vibrions halophiles.....	28
6. Pollution fécale.....	29
7. Activité bactérienne.....	29
POINTS "PRISE D'EAU" ET "REJET".....	30
1. Température et chloration.....	30
2. Dénombrement des germes totaux.....	31
3. Germes aérobies viables.....	31

4. Vibrions halophiles (37°).....	32
5. Pollution fécale.....	32
6. Activité bactérienne.....	33
CONCLUSION.....	33
ANNEXES.....	35

#### **CHAPITRE IV : PHYTOPLANCTON - PRODUCTION PRIMAIRE.**

TENEURS EN CHLOROPHYLLE - VARIATIONS SAISONNIERES.....	45
ESPECES PHYTOPLANCTONIQUES.....	45
IMPACT DU TRANSIT.....	45
1. Biomasse chlorophyllienne.....	51
2. Production primaire.....	51
3. Productivité.....	51
CONCLUSION.....	54

#### **CHAPITRE V : NOCTILUQUES ET ZOOPLANCTON.**

INTRODUCTION ET METHODES.....	57
RESULTATS.....	57
1. Les noctiluques.....	57
2. Le zooplancton.....	59
2.1. Biomasse zooplanctonique, carbone et azote organique.....	59
2.2. Les espèces zooplanctoniques.....	59
2.2.1. Pourcentage de dominance.....	59
2.2.2. Abondance des espèces.....	59
* Abondance moyenne sur le site (tous points confondus).	59
* Comparaison des abondances aux différents points de...	
mesure.....	63
CONCLUSION.....	73
ANNEXE : tableau V.1.....	74

#### **CHAPITRE VI : HALIEUTIQUE.**

INTRODUCTION.....	75
METHODOLOGIE.....	76
1. Etude planctonique.....	76
1.1. Localisation des points de mesure.....	76
1.2. Mesure des paramètres hydrologiques.....	77
1.3. Chronologie des campagnes.....	77
1.4. Echantillonnage du plancton.....	78

1.4.1. Méthode d'échantillonnage.....	78
1.4.2. Conservation des échantillons.....	78
1.4.3. Dépouillement des échantillons.....	78
1.5. Saisie, stockage et traitement des données.....	79
2. Etude de la macrofaune halieutique.....	79
2.1. Echantillonnage.....	79
2.2. Chronologie.....	79
2.3. Expression des résultats.....	80
2.3.1. Calcul des densités par trait.....	80
2.3.2. Calcul des densités moyennes par zone.....	81
2.3.3. Calcul des densités moyennes et production sur l'ensemble du secteur d'étude.....	82
RESULTATS.....	82
1. Poissons plats.....	82
1.1. La sole ( <u>Solea vulgaris</u> (QUENSEL)).....	85
1.1.1. Oeufs et larves.....	85
1.1.2. Juvéniles.....	87
1.2. La plie ( <u>Pleuronectes platessa</u> ).....	87
1.3. La limande ( <u>Limanda limanda</u> , L.).....	88
1.3.1. Oeufs et larves.....	88
1.3.2. Juvéniles.....	88
2. Autres espèces de poissons.....	89
2.1. Le merlan ( <u>Merlangus merlangus</u> ).....	89
2.1.1. Oeufs et larves.....	89
2.1.2. Juvéniles.....	89
2.2. Le tacaud.....	89
2.2.1. Oeufs et larves.....	89
2.2.2. Juvéniles.....	90
2.3. Le sprat.....	90
2.3.1. Oeufs et larves.....	90
2.3.2. Juvéniles.....	90
2.4. Le hareng ( <u>Clupea harengus</u> , L.).....	90
2.5. Le bar ( <u>Dicentrarchus labrax</u> , L.).....	90
3. Les crustacés : la crevette grise ( <u>Crangon crangon</u> , L.).....	90
3.1. Larves et post-larves.....	90
3.2. Juvéniles et adultes.....	91
CONCLUSION.....	91
BIBLIOGRAPHIE.....	92

## **CHAPITRE VII : BENTHOS INTERTIDAL.**

INTRODUCTION.....	101
METHODOLOGIE.....	102
RESULTATS.....	102
1. Composition bionomique.....	102
2. Résultats globaux.....	102
2.1. Radiale I.....	102

2.1.1. Station E.....	102
2.1.2. Station F.....	108
2.1.3. Station G.....	109
2.1.4. Station H.....	111
2.2. Radiale II.....	111
2.2.1. Station I.....	111
2.2.2. Station J.....	112
2.2.3. Stations K et L.....	112
CONCLUSION SUR L'EVOLUTION DE L'ESTRAN.....	113
1. Diagrammes rang-fréquence.....	113
1.1. Station E.....	113
1.2. Station F.....	113
1.3. Station I.....	113
1.4. Station J.....	113
2. Evolution des peuplements des hauts niveaux de l'estran.....	113
2.1. Cas de la granulométrie.....	113
2.2. Cas de la partie ouest.....	120
2.3. Cas des Spionidae ( <u>Spio filicornis</u> et <u>Pigospio elegans</u> ).....	120
2.4. Evolution de la biomasse.....	122
CONCLUSION.....	122
ANNEXES.....	127
Tableau VII.1.....	127
Tableau VII.2.....	128
Tableau VII.3.....	129
 <b><u>CHAPITRE VIII : BENTHOS SUBTIDAL.</u></b>	
INTRODUCTION.....	131
METHODOLOGIE.....	131
RESULTATS DE L'ANALYSE BIONOMIQUE.....	131
1. Station A.....	136
2. Station B.....	136
3. Station C.....	139
4. Station D.....	139
ETUDE DES POPULATIONS D' <u>Abra alba</u> ET DE <u>Tellina fabula</u> .....	142
1. <u>Abra alba</u> .....	142
2. <u>Tellina fabula</u> .....	144
CONCLUSION.....	145
ANNEXES.....	149
Tableau VIII.1.....	149
Tableau VIII.2.....	150



Tableau VIII.3.....	151
Tableau VIII.4.....	151
Tableau VIII.5.....	152
Tableau VIII.6.....	152
Tableau VIII.7.....	153
Tableau VIII.8.....	153



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



Le présent rapport de travail présente les résultats obtenus pour la période de novembre 1985 à octobre 1986 devant la centrale de Gravelines et correspond au 8ème 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.

Au cours de l'année 1986, une nouvelle stratégie d'échantillonnage a débuté en septembre. Elle consiste à comparer les deux systèmes d'entrée et de sortie de la centrale et également la zone impactée soumise au rejet à une zone hors influence qui est le système de référence, ceci pour trois situations printanière, estivale et automnale.

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, Ouistreham, 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 a été assurée à Brest et confiée à Geneviève LE FEVRE-LEHOËRFF.



C H A P I T R E I

CLIMATOLOGIE - FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

Avec l'aide technique de :

Chantal QUISTHOUDT  
Jean-Luc BOURGAIN  
Nicole DEGROS  
Marie-Andrée JANQUIN  
Dominique MENU





## CARACTERES GENERAUX DU SITE.

### 1. Bilan climatologique du cycle étudié.

La région côtière Nord - Pas-de-Calais bénéficie d'un climat océanique tempéré. Les masses d'eaux côtières présentent une faible inertie aux variations climatiques.

Nous avons représenté sur la figure 1 les variations de deux paramètres qui sont, respectivement, les précipitations (relevées à Dunkerque) et la température de l'air (enregistrée à Dunkerque).

De manière générale, la température de l'air varie de façon sinusoïdale montrant un maximum en été (juin - juillet - août :  $T^{\circ}\text{C} > 17^{\circ}\text{C}$ ) et un minimum en février ( $T^{\circ}\text{C} < 0$ ).

L'hiver a été rigoureux et le réchauffement printanier semble tardif (au mois d'avril, la température varie autour de  $6^{\circ}\text{C}$ ).

Dès le mois de mai, elle augmente alors progressivement pour atteindre le maximum estival.

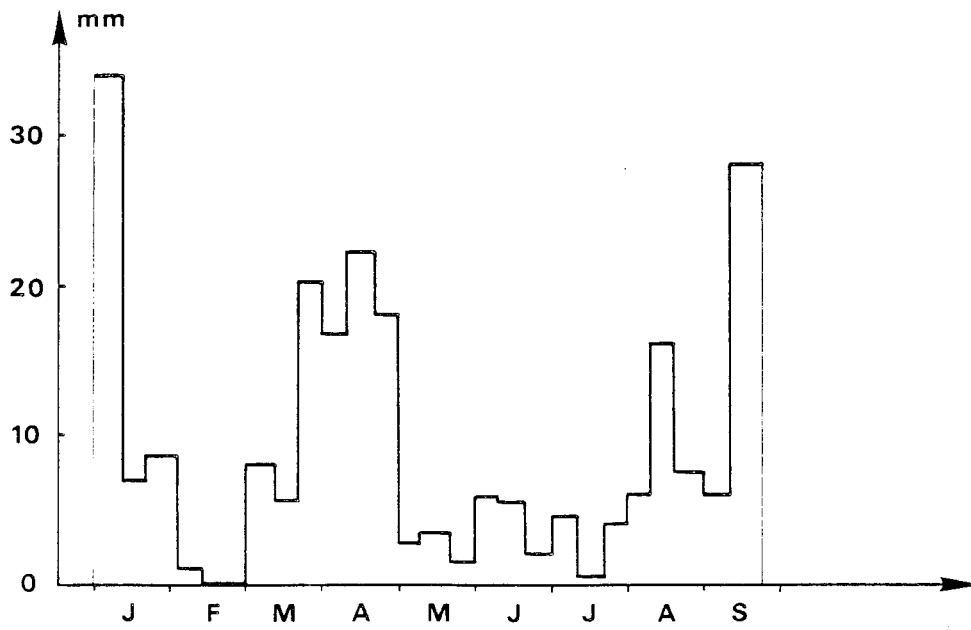
La pluviosité présente un intérêt quant à son impact sur les variations éventuelles de la salinité et des apports telluriques. La première décade de janvier paraît très pluvieuse puisque les précipitations recueillies à Dunkerque dépassent 30 mm. Le reste de l'hiver se caractérise par des précipitations peu importantes ( $< 10$  mm). Par contre, le printemps est pluvieux ( $> 15$  mm) : nous observons à nouveau un déficit pendant toute la période estivale ( $< 5$  mm). De nouvelles précipitations apparaissent en fin d'été et notamment en septembre (28 mm). Ces observations sont contraires à celles relevées en 1985. Durant notre cycle d'étude, le maximum relevé reste inférieur à l'an dernier.

### 2. Les apports d'eaux de faible salinité.

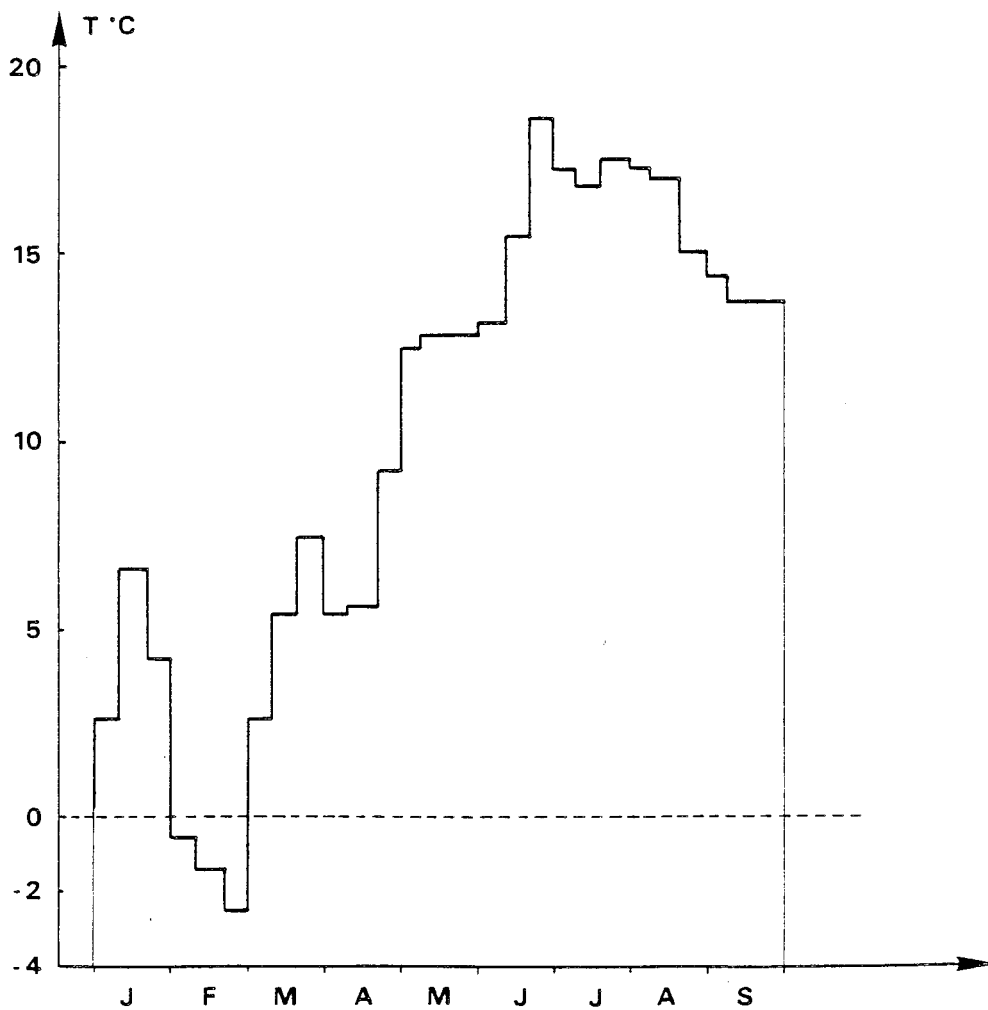
Le site de Gravelines est caractérisé par un certain nombre d'apports continentaux dont il ne faut pas ignorer l'existence : les eaux de ruissellement, les résurgences de la nappe phréatique et l'Aa. Ce dernier est un fleuve côtier qui draine les eaux d'une partie de l'arrière-pays et débouche à Grand-Fort-Philippe. Son débit retrace l'évolution climatologique de la région. Nous avons représenté sur la figure 2 les débits approximatifs des rejets de l'Aa (en fonction du nombre de vannes ouvertes à l'écluse de Gravelines - données fournies par le Service Maritime Nord du Port de Gravelines<sub>3</sub>). Ces derniers montrent des valeurs élevées en avril (environ 8 000 000 m<sup>3</sup>) confirmant en cela les importantes précipitations relevées à Dunkerque (fig. I.1). Le tracé révèle une relative stabilité en été puis des valeurs qui réaugmentent en septembre, parallèlement aux relevés de pluviosité.

### 3. Fonctionnement de la centrale nucléaire.

L'augmentation en puissance (mise en service des réacteurs) et l'activité des tranches de la centrale de Gravelines sont en progression régulière. Ainsi, la puissance hebdomadaire minimale délivrée était de :



PRECIPITATIONS A DUNKERQUE ( MOYENNE PAR DECADE )



TEMPERATURES RELEVÉES A DUNKERQUE ( MOYENNE PAR DECADE )

1300 MW (soit 218 400 MWh) en 1984 puis 2800 MW (soit 470 400 MWh) en 1985, pour atteindre 2934 MW (soit 492 934 MWh) en 1986 (pendant le cycle d'étude), de même, la puissance hebdomadaire maximale est passée de 3600 MW (soit 604 800 MWh) en 1984 à 5150 MW (soit 865 200 MWh) en 1985 et a atteint un maximum de 5576 MW (soit 936 869 MWh) cette année.

La figure I.3 retrace l'activité de la centrale durant le cycle d'étude. L'énergie électrique nette hebdomadaire peut varier de manière importante. Nous observons un maximum début mai (> 900 000 MWh), alors que le minimum relevé est de l'ordre de 500 000 MWh (mois d'août). Les débits du canal de rejet semblent plus homogènes ( $175 < m^3/s < 240$ ).

#### 4. Hydrographie.

D'un point de vue hydrographique, il faut noter que la marée est de type semi-diurne et dissymétrique : le montant étant plus court que le perdant d'environ deux heures, quel que soit le coefficient de marée. Le marnage est plus important à Gravelines qu'à Dunkerque (0.20 m à 0.30 m suivant les conditions de morte-eau ou de vive-eau). La pleine mer arrive à Gravelines, environ 10 minutes avant Dunkerque.

Le régime courantologique dans le Pas-de-Calais se caractérise par un courant général résiduel portant au N.E. dont la vitesse atteint 2.7 milles par jour. La force et la direction des vents peuvent modifier le régime courantologique et même créer un courant portant dans la direction du vent. Il faut également signaler la présence des courants de marées, alternatifs et parallèles à la côte.

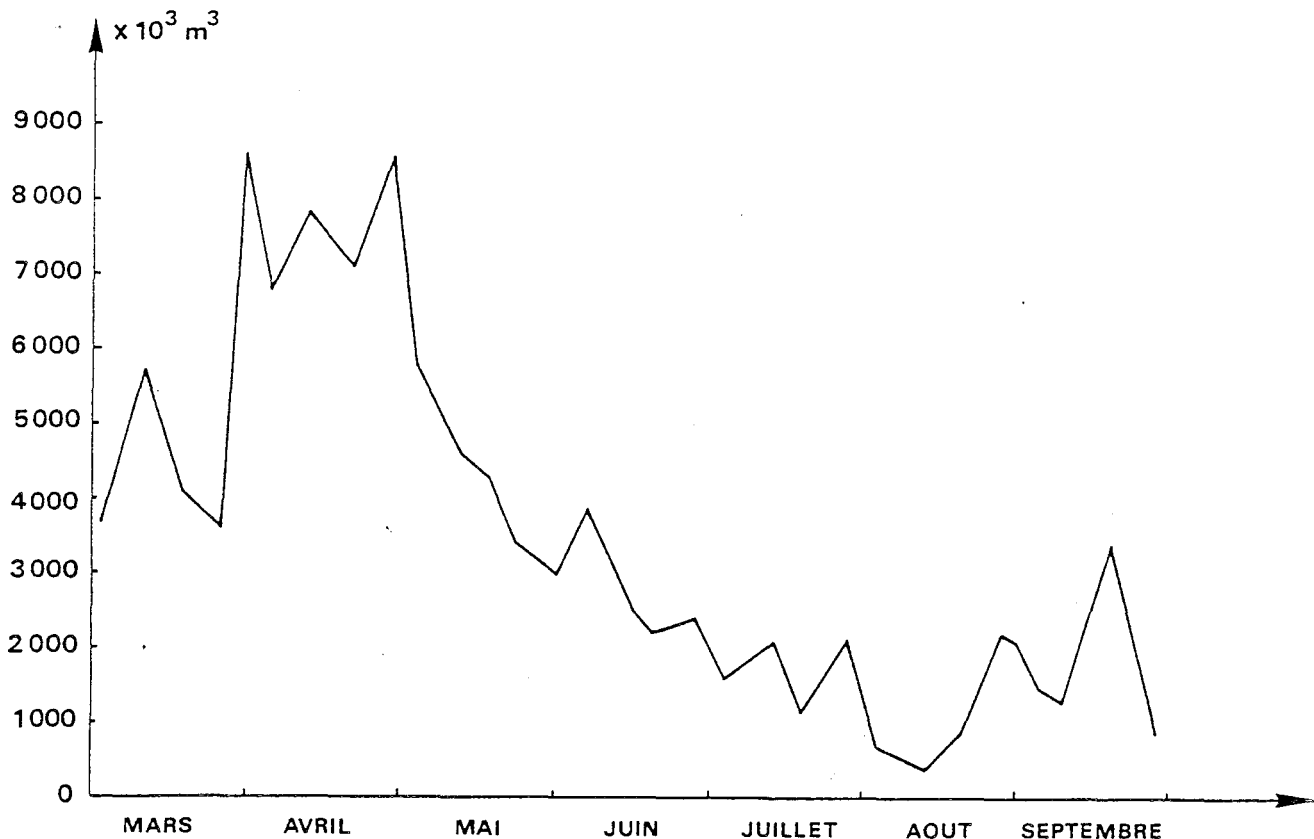


FIG. I-2 - DEBITS DES REJETS DE L'AA

( EN FONCTION DU NOMBRE DE VANNES OUVERTES A L'ECLUSE DE GRAVELINES .

VALEURS HEBDOMADAIRES )

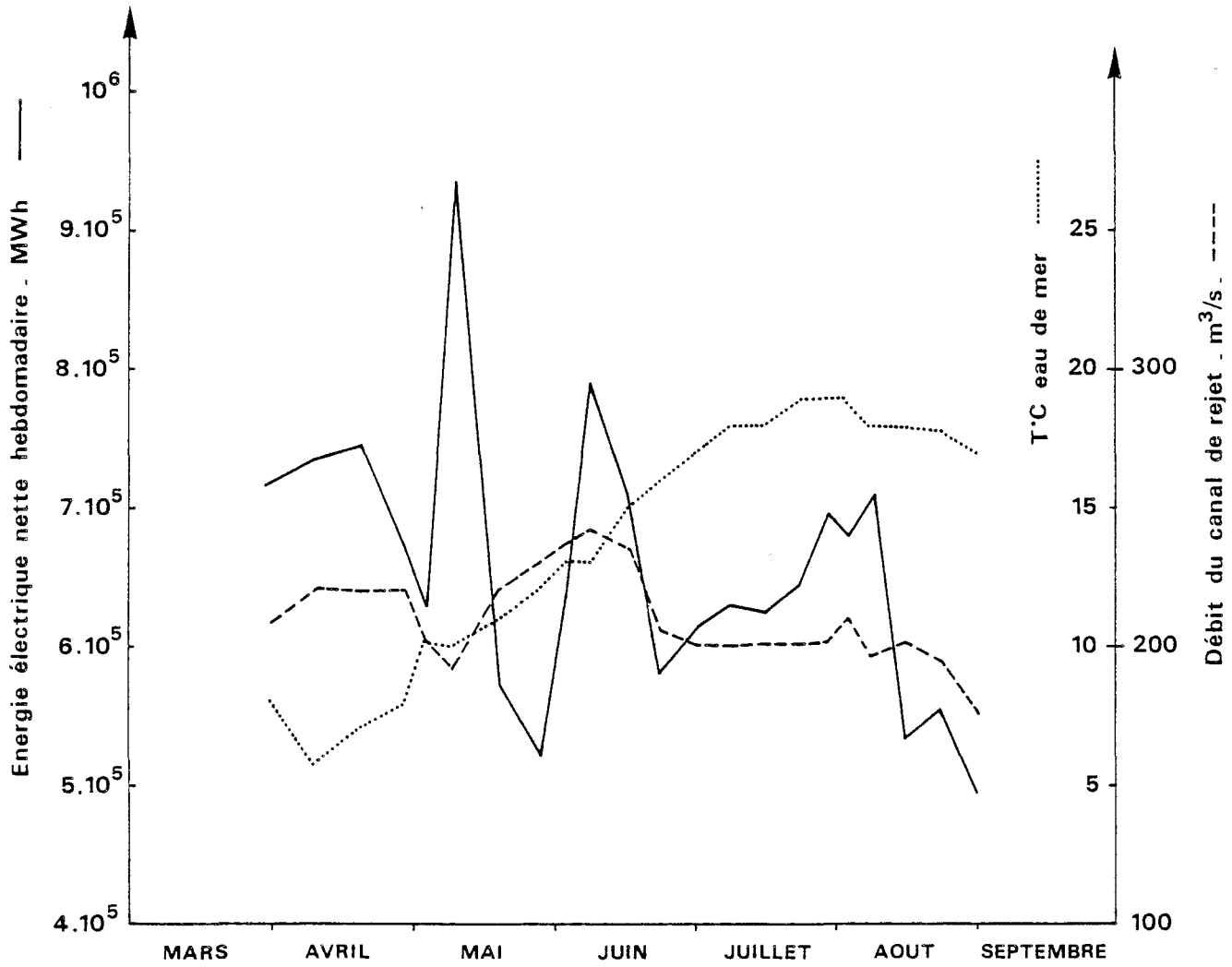


FIG.1-3 ACTIVITE DE LA CENTRALE NUCLEAIRE DE GRAVELINES

CHAPITRE II

HYDROBIOLOGIE - PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES



## HYDROBIOLOGIE.

### 1. Présentation des campagnes.

#### 1.1. Stratégie d'échantillonnage.

Afin d'apprécier plus précisément l'effet du rejet de la centrale nucléaire de Gravelines sur le milieu naturel, une stratégie nouvelle de surveillance écologique a été mise en oeuvre. Dans un premier temps, nous avons suivi cette stratégie d'échantillonnage (missions 1, 2, 3, 4, 5). Un nouvel arrêté préfectoral a nécessité le changement de cette stratégie pour le 2ème semestre 1986 et l'année 1987. La mission n° 6 a été effectuée selon les nouvelles normes, elle diffère donc, des cinq précédentes du premier semestre.

a) Missions 1, 2, 3, 4, 5 :

Quatre stations sont échantillonnées suivant les dénominations suivantes : canal d'amenée, large, côte, médian. Le point médian se situe dans la tache thermique et se caractérise par un  $\Delta t$  (par rapport au large) compris entre + 2 et + 4°C :

- mission 1 :  $\Delta t \approx 5^{\circ}\text{C}$
- mission 2 :  $\Delta t \approx 4^{\circ}\text{C}$
- mission 3 :  $\Delta t \approx 2.5^{\circ}\text{C}$
- mission 4 :  $\Delta t \approx 2.5^{\circ}\text{C}$
- mission 5 :  $\Delta t \approx 3.5^{\circ}\text{C}$

La situation géographique est résumée sur la figure II.1.

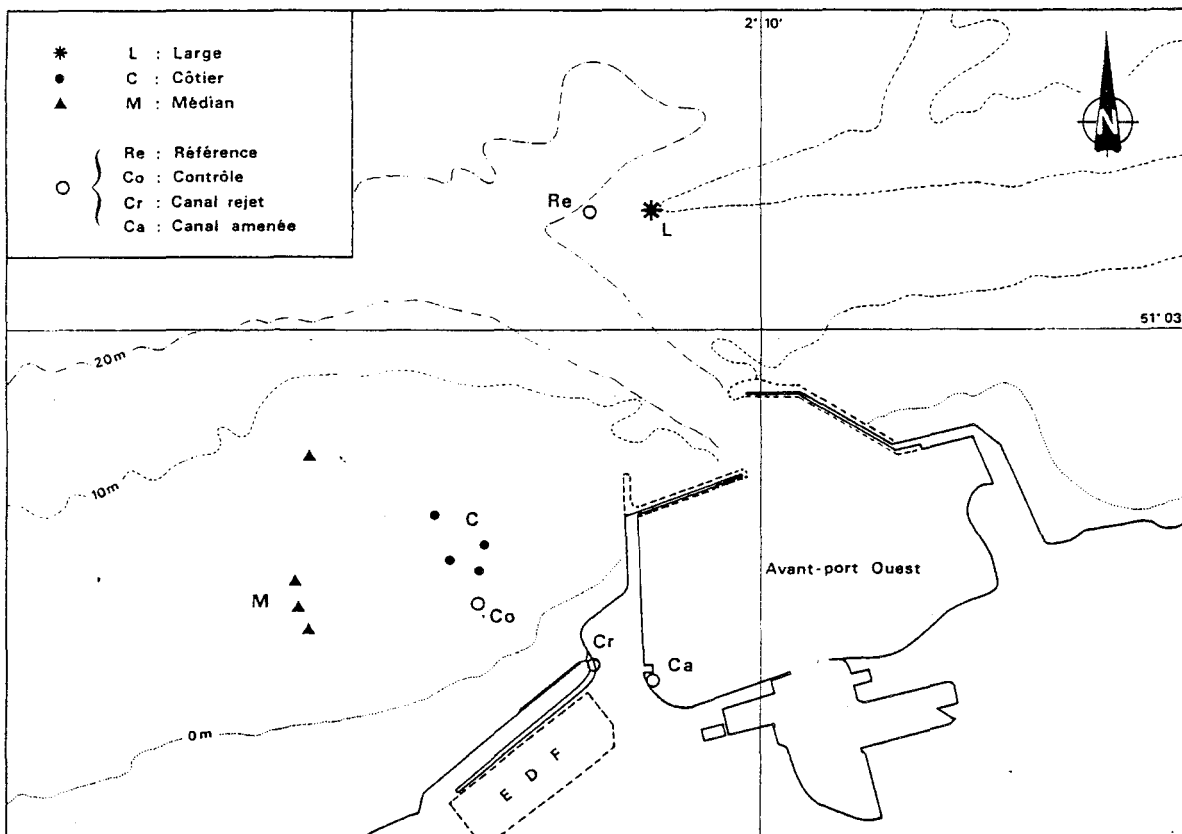


FIG. II-1- LOCALISATION DES STATIONS DE PRELEVEMENT AU COURS DES DIFFERENTES CAMPAGNES

Cinq campagnes de prélèvements au lieu de six prévues ont pu être assurées. Les conditions météorologiques ont entraîné des reports puis une annulation de la 6ème.

Nous avons travaillé dans des conditions de marée sensiblement identiques : le point côtier est réalisé, en règle générale, à l'étale de jusant.

Afin d'évaluer au mieux l'effet de transit de la masse d'eau à travers la centrale, nous avons essayé de prélever l'eau à la station côte dans un laps de temps bref : de + 5 à + 43 mn, par rapport aux moments de prélèvements au canal d'amenée.

b) Mission n° 6 :

Un certain nombre de modifications ont été apportées pour le programme 86-87 :

- localisation : deux stations fixes géographiquement ("canal d'amenée" et "canal de rejet") et deux stations variables géographiquement, déterminées par le  $\Delta t$  ("contrôle à  $\Delta t = + 3$  ou  $4^\circ\text{C}$  ; "référence" à  $\Delta t = 0^\circ\text{C}$ ).
- fréquence : 3 campagnes par an (avril, mai-juin, septembre).
- paramètres (voir matériels et méthodes).

La mission n° 6 s'est effectuée suivant cette nouvelle stratégie.

### 1.2. Calendrier des campagnes.

Le calendrier des missions est résumé comme ci-dessous.

N° Mission	Date	Station d'échantillonnage						Canal heure	Coefficient de marée	Heure tu de la PM
		Côte		Médian		Large				
		Heure tu	Prélèvements	Heure tu	Prélèvements	Heure tu	Prélèvements			
1	13.04.86	10h53	0 m - 5 m	10h10	0 m - 5 m	09h30	0 m - 5 m	10h00	74	14h06
2	24.04.86	08h27	0 m - 5 m	07h34	0 m - 5 m	06h51	0 m - 5 m	08h00	103	11h40
3	16.05.86	13h50	0 m - 5 m	12h54	0 m - 5 m	12h00	0 m - 5 m	13h45	39	16h40
4	27.05.86	10h24	0 m - 5 m	09h38	0 m - 5 m	08h35	0 m - 5 m	10h30	83	14h14
5	18.06.86	05h13	0 m - 5 m	04h30	0 m - 5 m	03h55	0 m - 5 m	04h30	61	08h07
		Contrôle		Référence		Canal amenée	Canal rejet			
6	20.09.86	09h55	0 m - 5 m	08h25	0m-8m-16m	08h00	09h00		99	13h05



### 1.3. Fonctionnement de la centrale lors des mesures.

Comme le débit des pompes de refroidissement est en principe identique, constant et lié à la puissance moyenne de la centrale, il doit traduire l'échauffement subi par l'eau du canal circulant dans le circuit de refroidissement.

Nous avons résumé par un tableau le régime de fonctionnement de la centrale les veilles et jours de campagne.

Missions	Dates	Energie électrique (MW/h) (moyenne)	Nombre de pompes du circuit de refroidissement en circulation	Nombre de tranches soumises à l'électrochloration
1	12.04.86	4400	11	0
	13.04.86	4500	11	0
2	23.04.86	4400	11	0
	24.04.86	4500	11	1/2
3	15.05.86	4400	11 1/2	4 1/2
	16.05.86	4400	12	4
4	26.05.86	3500	11	6
	27.05.86	4100	12	6
5	17.06.86	4000	10	5
	18.06.86	3800	10	5
6	19.09.86	4900	10	4
	20.09.86	4500	10	4

## 2. Matériels et méthodes.

Prélèvements, mesures et analyses sont effectués selon les techniques océanographiques exposées dans l'annexe technique (DEGROS, N., 1986) en respectant les spécificités techniques relatives à chaque paramètre hydrobiologique étudié.

Les campagnes de prélèvements sont effectuées à bord du N/O "SEPIA II", les échantillons sont prélevés à l'aide de bouteilles de type Niskin et leur traitement est immédiat. Les prélèvements "par la terre" sont possibles grâce à l'utilisation d'une camionnette.

En ce qui concerne les missions 1, 2, 3, 4 et 5, la plupart des paramètres physico-chimiques et biologiques sont mesurés :

- transparence de l'eau (disque de Secchi)
- température (sonde Lauda)
- salinité (salinomètre Beckman)
- oxygène dissous (méthode de Winkler)
- pH (pHmètre Knick)
- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (méthode de Koroleff)
- sels nutritifs dissous (autoanalyseur Technicon II).

La nouvelle stratégie (mission 6) entraîne une modification analytique : seuls ont été analysés :

- température
- salinité (contrôle et référence)
- oxygène dissous (contrôle fond)
- $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2$  +  $\text{NO}_3$ .

### 3. Variations des paramètres physico-chimiques.

#### 3.1. La température.

- a) Les variations temporelles de la masse d'eau (fig. II.2) :

Contrairement aux années précédentes, nous n'avons pas de suivi annuel de la masse d'eau puisque les campagnes ont débuté mi-avril pour se terminer mi-juin, plus une mission en septembre. Il n'est donc pas possible d'étudier l'évolution naturelle de la masse d'eau au cours d'un cycle annuel mais néanmoins nos résultats partiels entrent en concordance avec ceux des mêmes périodes lors de l'année antérieure, nous observons un réchauffement printanier qui atteint son maximum thermique en fin d'été : ( $14.84^\circ\text{C}$  en juin et  $14.98^\circ\text{C}$  en septembre au point large). Le réchauffement semble plus tardif que l'année dernière : en effet, nous n'avons relevé que  $5.5^\circ\text{C}$  mi-avril alors que l'an dernier, les températures augmentaient dès la fin mars. Le maximum thermique de l'année 1986 est particulièrement peu élevé.

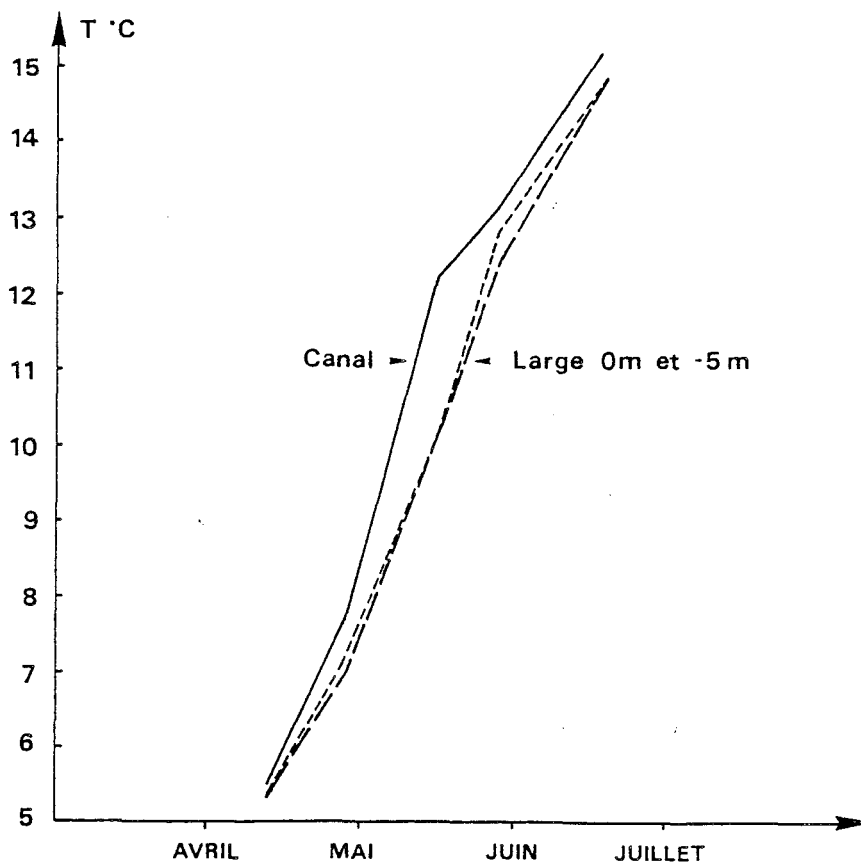


FIG. II-2 TEMPERATURE : VARIATIONS TEMPORELLES DE LA MASSE D'EAU

L'évolution des masses d'eau au canal d'amenée et au large est semblable, quoique les relevés thermiques au point canal sont très légèrement plus élevés qu'au point du large.

La figure II.2 ne montre pas de différence significative entre la surface et le fond au large.

b) Les variations thermiques spatiales lors de chaque campagne (fig. II.3) :

La figure II.3 montre l'évolution d'une masse d'eau depuis le canal d'amenée jusqu'au point large, en passant par le point côtier et le point médian ; ceci pour chaque mission :

- les missions 1 et 2 (13.04 et 24.04) se caractérisent par un phénomène identique, soit une masse d'eau du fond dont la température reste homogène. Seule la couche de surface subit des modifications thermiques. En effet, la température augmente au point côtier ( $\Delta T^{\circ}\text{C} = 5^{\circ}\text{C}$  le 13.04 et  $9.9^{\circ}\text{C}$  le 24.04), reste encore élevée au point médian et revient à la "normale" au large.

- mission n° 3 : ici nous observons un phénomène différent, du fait que l'ensemble de la colonne d'eau semble affecté par l'effet du rejet thermique, puisque la température de l'eau de fond augmente également mais le réchauffement reste supérieur en surface. En ce qui concerne les points canal et large, la colonne d'eau reste homogène mais la température du canal est de  $2^{\circ}\text{C}$  supérieure à celle du large !

- mission n° 4 : au cours de cette mission (27.05), le phénomène précédent est amplifié puisque nous mettons en évidence une élévation de température identique pour les eaux de surface et de fond aux points côtier et médian.

- la mission n° 5 montre des résultats partiellement identiques à ceux observés lors de la campagne n° 3. En ce qui concerne la mission n° 6, la température au canal d'amenée ( $13.7^{\circ}\text{C}$ ) est proche de celle relevée à la station de référence, c'est-à-dire hors tache ( $14.99^{\circ}\text{C}$  en surface,  $14.98^{\circ}\text{C}$  au milieu et au fond). Au canal de rejet, la température augmente considérablement pour atteindre  $24.8^{\circ}\text{C}$ . La station de contrôle, située (au cours de cette campagne) proche du point côtier montrait une élévation thermique n'affectant que la couche de surface ( $25.59^{\circ}\text{C}$  en surface et  $15.28^{\circ}\text{C}$  au fond).

c) Etude des  $\Delta T$  canal-côte, canal-médian, canal-large (fig. II.4) :

Cette figure résume et complète les observations précédentes

-  $\Delta t$  canal-côte : l'échauffement par le rejet se fait sentir de manière importante au point côtier où les plus grands  $\Delta t$  sont positifs et que la couche de surface est la plus affectée. Les deux premières campagnes montrent les plus grandes variations entre eau de surface et eau de fond ; cette stratification est liée aux conditions météorologiques (mer belle). Par contre, la mission du 27.05 (n° 4) ne montre pas de différence de température entre la surface et le fond où la mer était agitée le jour du prélèvement, ce qui provoque une homogénéisation de la colonne d'eau. Il reste les missions 3 et 5 où la stratification est peu marquée.

-  $\Delta t$  canal-médian : le  $\Delta t$  observé au point médian est plus faible, il varie entre 2.5 et 5°C. La figure II.3 permet également de mettre en évidence en ce point une stratification verticale plus régulière que précédemment : elle s'observe lors de chaque campagne (notons que la hauteur d'eau est un peu plus importante qu'au point côte). Dans cette zone, le rejet semble affecter surtout les eaux superficielles, la masse d'eau du fond varie autour d'un  $\Delta t$  nul ( $- 2 < \Delta T < + 1$ ).

-  $\Delta t$  canal-large : la figure illustre ce que nous avons déjà observé dans les paragraphes précédents : le rejet de la centrale n'atteint pas cette station de prélèvements puisque aucune "anomalie" thermique n'est mise en évidence.

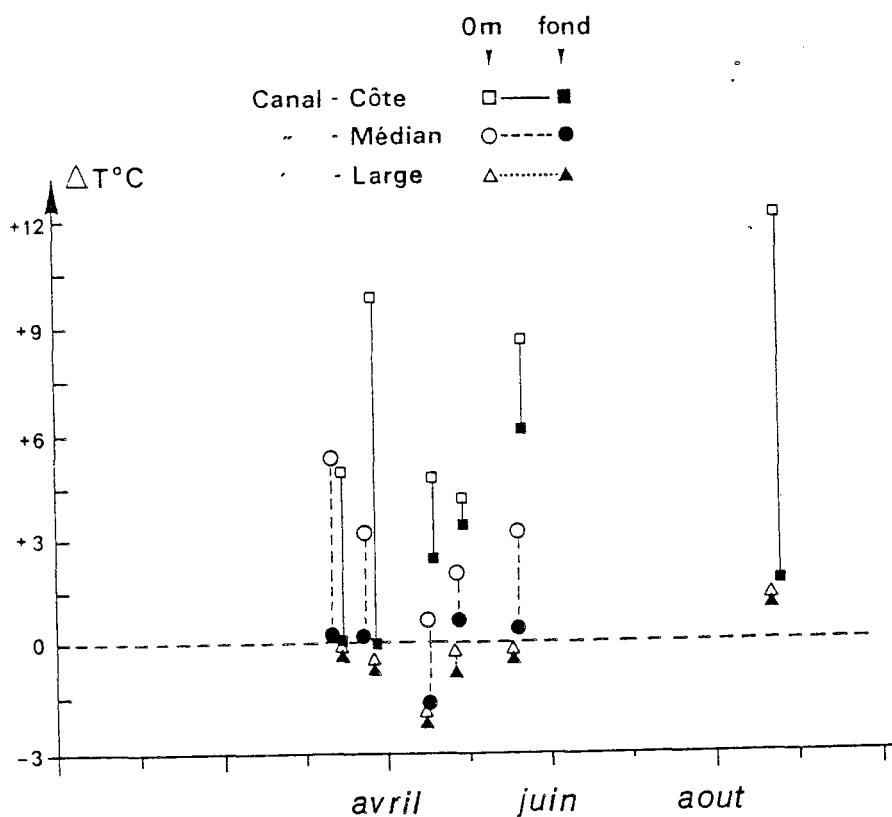


FIG.II-3- ETUDE DES  $\Delta T$  CANAL-COTE, CANAL-MEDIAN, CANAL-LARGE

d) Etude des profils verticaux (fig. II.5) :

Nous avons effectué des profils verticaux à la sonde. Les résultats obtenus sont semblables à ceux de l'année précédente, soit une stratification verticale faisant apparaître l'existence d'une microthermocline (fig. II.5). Le profil du 16.05 montre l'homogénéité verticale du point large et la présence d'une thermocline située à - 2 m au point côtier (à mi-hauteur de la colonne d'eau). De même la figure montre des résultats identiques (mission de septembre).

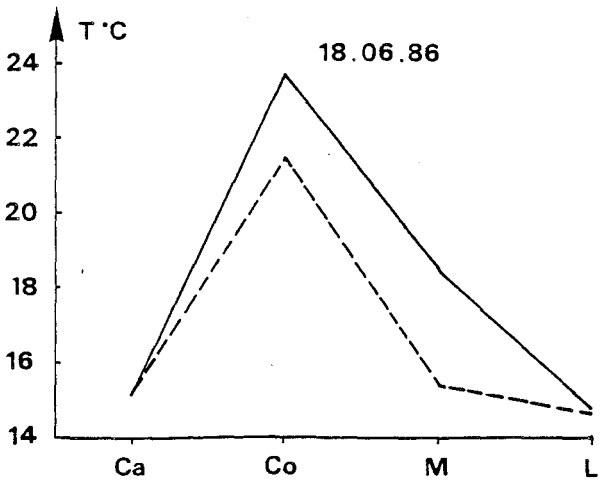
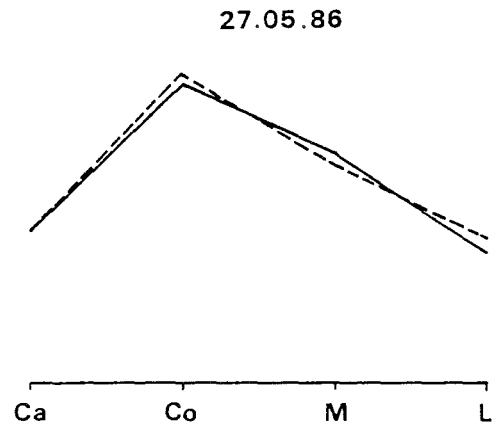
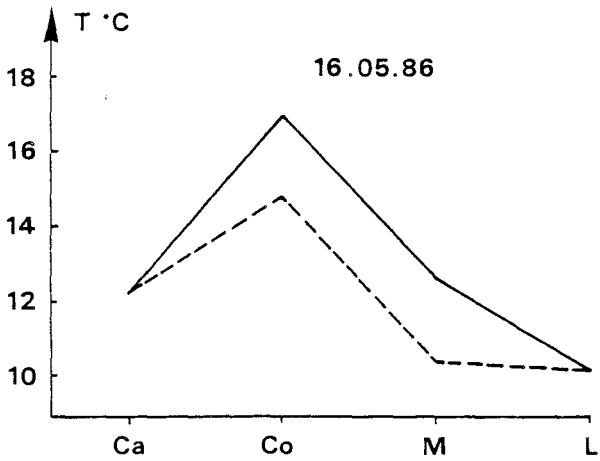
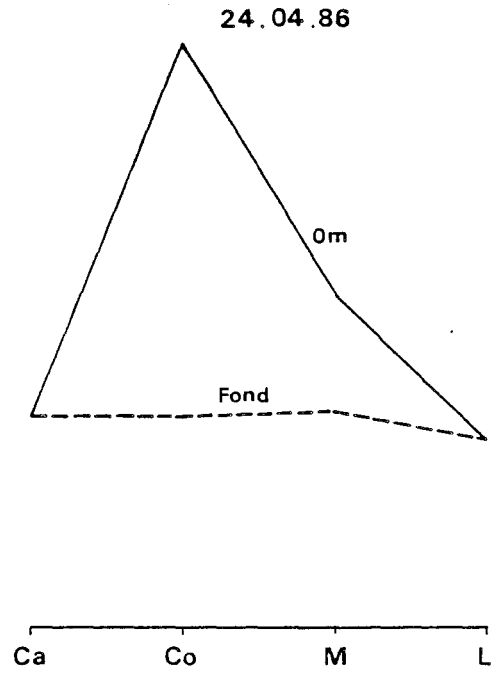
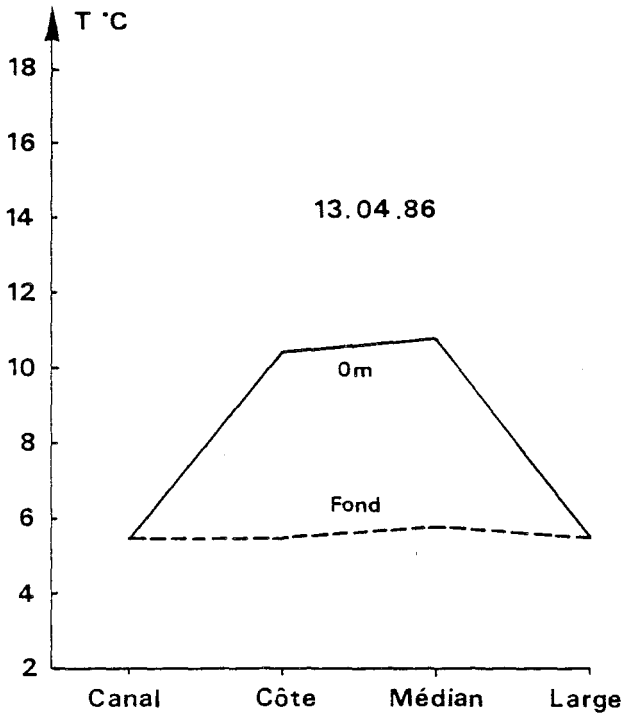


FIG. II-4-  
 VARIATIONS THERMIQUES SPATIALES  
 LORS DE CHAQUE CAMPAGNE

Il faut rappeler qu'il existe une stratification thermique entraînant la formation d'une thermocline située dans les premiers mètres supérieurs de la colonne d'eau aux points côtier et médian mais ce phénomène n'est pas permanent et, est fonction des conditions météorologiques.

### 3.2. La salinité.

Tout comme la température, il ne nous est pas possible d'étudier un cycle annuel mais il a déjà été montré lors des études précédentes que les variations de salinité reflètent les changements météorologiques notamment dans la zone côtière fortement influencée par la présence de l'Aa.

La figure II.6 montre une petite dessalure en avril ( $S\% < 33.5\%$  en surface quelque soit la station) puis les valeurs remontent au-dessus de  $34\%$  durant toute la période estivale. En règle générale, les valeurs relevées aux points médian et côtier sont très proches, que ce soit en surface ou au fond. Celles obtenues au large sont sensiblement plus élevées car l'influence continentale se fait moins sentir à cette distance de la côte.

On note une légère augmentation de la salinité au fond, en avril, par rapport aux eaux de surface plus touchées par les précipitations, le reste du temps (mai-juin) la colonne d'eau est homogène. La dessalure observée au cours de la mission peut être corrélée aux précipitations mesurées à cette époque ou encore aux débits de l'Aa alors maximums pour le cycle étudié.

Les salinités mesurées au mois de septembre sont supérieures à  $34\%$  bien que les précipitations soient en hausse par rapport à la période estivale mais les débits enregistrés au niveau de l'Aa n'augmentent pas de façon considérable comme ils l'ont été au mois d'avril.

### 3.3. La densité.

Nous avons représenté graphiquement (fig. II.7) les variations de la densité de l'eau de mer au cours des différentes missions à chaque station de prélèvements (côte-médian-large). En fait, nous n'avons pas exprimé la densité ( $\rho_{STP}$ ) mais  $\sigma_{STP}$  (sachant que  $\rho_{STP} = 1000$  ( $\sigma_{STP} - 1$ )).

L'évolution saisonnière de la densité est fonction des variations de la température et de la salinité. L'allure des courbes montre une décroissance des valeurs qui tend vers un minimum estival (le 20.09 :  $25.64$  au point référence en surface ;  $22.71$  au point contrôle en surface et  $25.37$  au fond. Il faut noter que la température évolue de façon inverse et, que c'est le paramètre le plus fluctuant sur ce site.

Il existe une stratification verticale pour les stations affectées par le rejet thermique : en effet, la couche d'eau superficielle se caractérise par une densité plus faible confirmant ainsi l'existence d'une stratification verticale de la colonne d'eau, déjà observée d'un point de vue thermique. La mission n° 4 (27.05) ne présente pas ce phénomène mais nous avons déjà précisé que l'état de la mer était agité, ce qui favorise l'homogénéisation verticale.

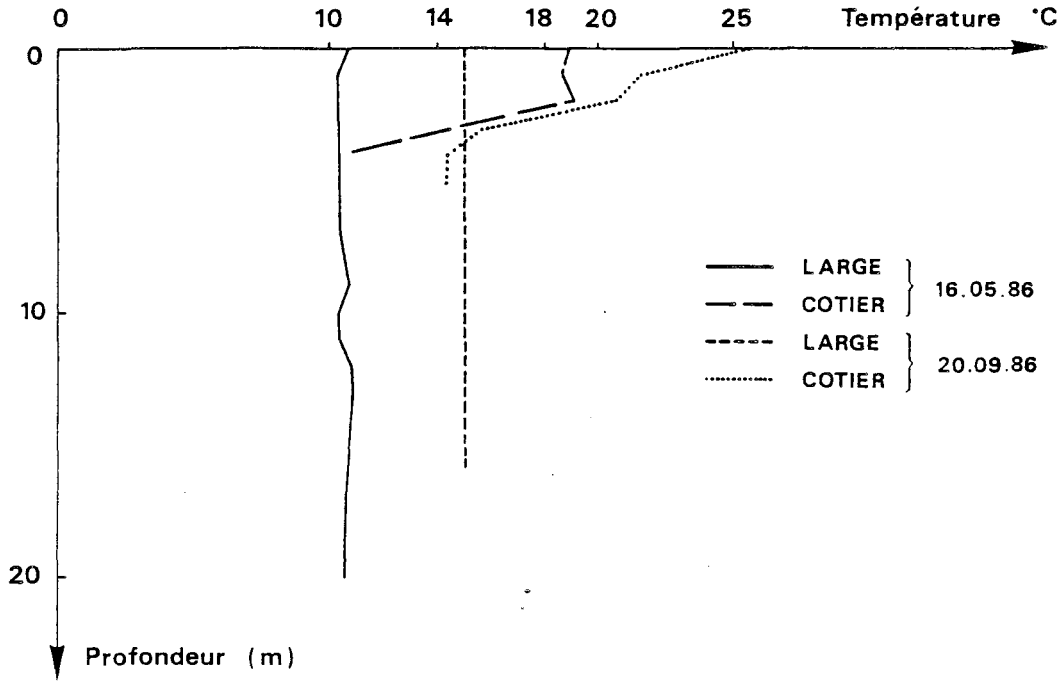


FIG.II-5- ETUDE DES PROFILS THERMIQUES VERTICAUX

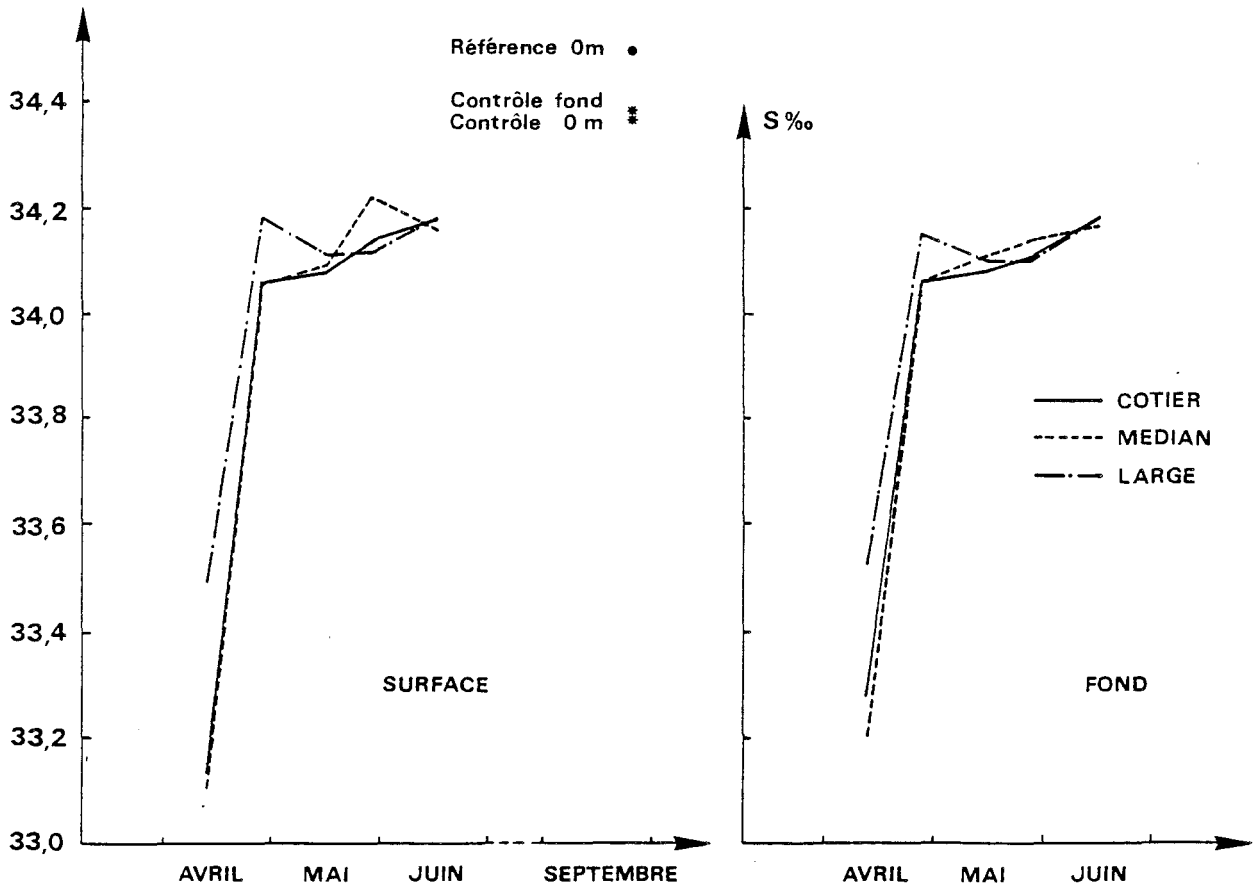


FIG.II-6- VARIATIONS TEMPORELLES DE LA SALINITE

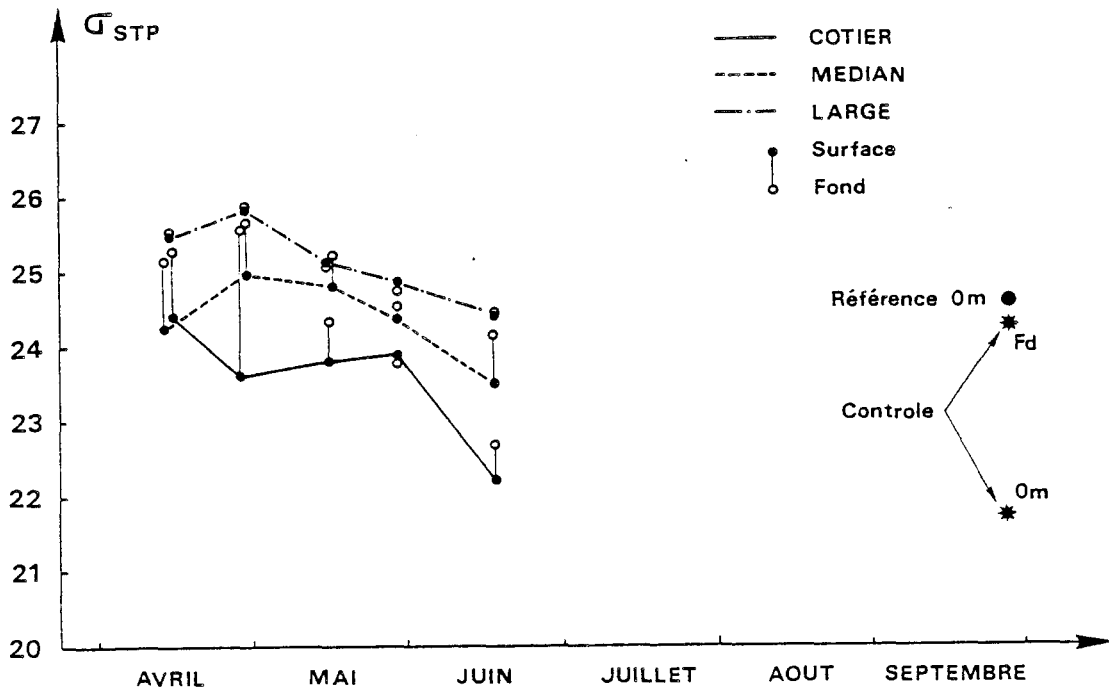


FIG. II-7- VARIATIONS DE LA DENSITE ( $\sigma_{STP}$ )

### 3.4. L'oxygène dissous (fig. II.8 et fig. II.9).

L'oxygène dissous est un paramètre relié aux processus biologiques de l'écosystème. Les valeurs recueillies au cours de cette étude sont reportées sur la figure II.8. L'allure générale permet de conclure à une production importante en avril puis une diminution des teneurs fin mai qui remontent légèrement en juin. Les résultats concordent avec les variations des teneurs chlorophylliennes : une forte densité des populations phytoplanctoniques en avril qui baisse fin mai puis réaugmente légèrement en juin. Cette production d'oxygène résulte de la photosynthèse. On note (au mois d'avril) des valeurs inférieures au point médian et au point côtier par rapport aux stations large et canal, de plus, le point côtier présente toujours des concentrations moins élevées.

Nous avons utilisé le pourcentage de saturation pour compléter ce travail ; il tient compte simultanément, de la température et de la salinité (fig. II.9). Quelle que soit la station de prélèvement, on s'aperçoit que la saturation augmente progressivement jusque mi-mai puis baisse brutalement fin mai pour réaugmenter ensuite. Cette augmentation progressive est à corrélérer avec le développement des populations phytoplanctoniques ce qui occasionne une sursaturation printanière ( $> 100\%$ ).

La diminution observée fin mai fait suite à une forte demande en oxygène induite par une accumulation de matières organiques : en effet, lorsque les populations phytoplanctoniques ont atteint leur phase stationnaire ou senescente, la quantité de matière particulaire se voit augmentée considérablement du fait de l'autolyse cellulaire.



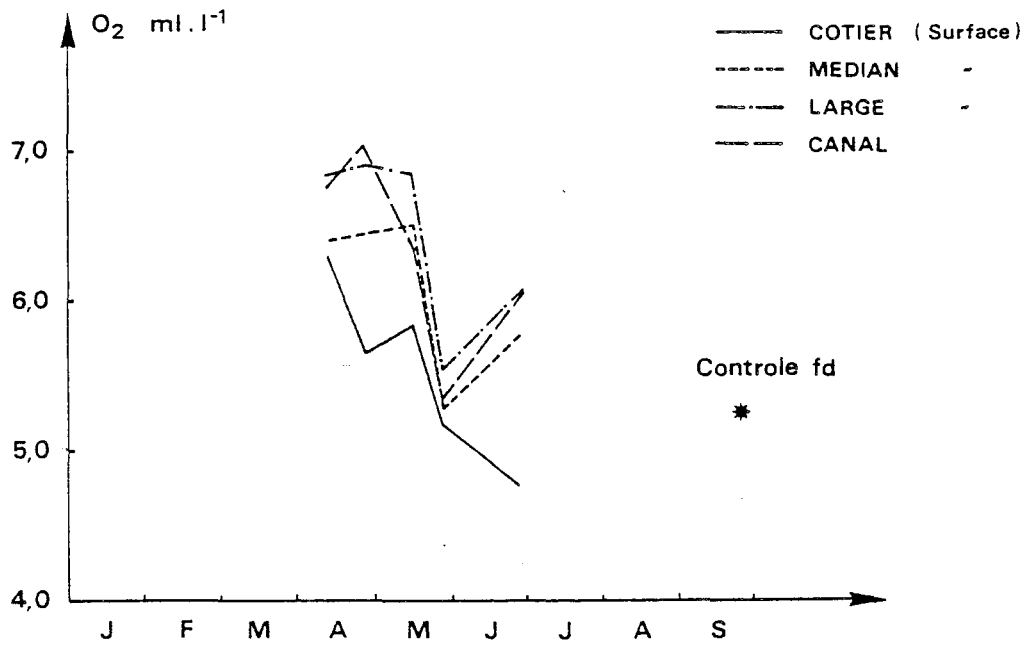


FIG.II-8-VARIATIONS TEMPORELLES DE L'OXYGENE DISSOUS  
POUR CHAQUE STATION DE PRELEVEMENT

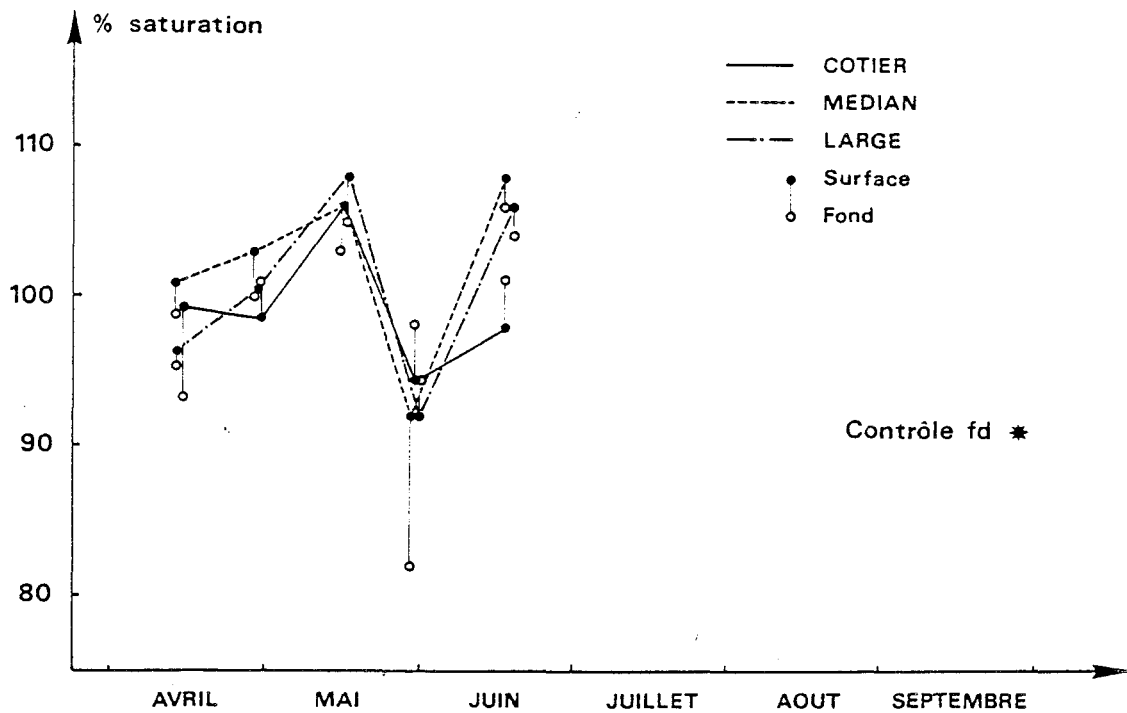


FIG.II-9-VARIATIONS DU POURCENTAGE DE SATURATION  
EN OXYGENE DISSOUS

Ici encore, l'amplitude des variations entre surface et fond reste la plus faible au large.

Au point médian, la couche de surface se caractérise par une saturation supérieure. La figure II.9 montre une sous-saturation importante (82 %) au point médian, fin mai. En ce qui concerne le point côtier, le pourcentage de saturation a tendance à être plus faible qu'au point médian mais l'amplitude entre surface et fond, est supérieure. L'impact mécanique de la centrale n'étant pas quantifiable on ne peut comparer les processus biologiques et chimiques du point côtier, liés à l'oxygénation, à ceux des stations large et canal. Les effets de pompage et de pressurisation par échauffement perturbent notablement la teneur de saturation de l'eau aspirée au canal d'amenée.

En ce qui concerne la mission de septembre, une seule analyse est réalisée au point contrôle au fond :  $5.23 \text{ ml O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ , soit 92.05 % de saturation, valeur caractéristique d'un phénomène de sous-saturation.

### 3.5. Le pH (fig. II.10).

De façon similaire à l'année précédente, on s'aperçoit que les valeurs de pH, fluctuent suivant l'activité photosynthétique des populations phytoplanctoniques et du stock de matière organique.

La figure II.10 retrace les variations de pH au cours de cette étude : nous pouvons mettre en évidence une augmentation du pH dès la fin du mois d'avril jusque mi-mai (pH  $\approx$  8.3) alors qu'il n'y a pas de différence significative entre les stations, ce qui semble signifier que le rejet de la centrale affecte peu ce paramètre indicateur du milieu naturel.

### 3.6. Transparence de l'eau.

La transparence de l'eau est évaluée par indication de la profondeur de disparition du disque de Secchi, où les résultats sont reportés sur la figure II.11.

L'interprétation de ces données est délicate puisque ce paramètre est sensible vis-à-vis des variations de très nombreux facteurs tels que les conditions météorologiques dont l'état de la mer, le coefficient de marée, la charge en matière organique...

Hormis la station canal qui évolue en "dents de scie", les autres points de prélèvement semblent montrer une turbidité plus importante mi-avril (coefficient de marée = 74 ; période de forte activité planctonique) qui diminue ensuite.

La station située au large présente les eaux les "plus claires" puisqu'elle est moins influencée par les apports continentaux tandis que les stations médian et côtier fluctuent dans une gamme plus étroite.

L'augmentation de la transparence de l'eau en mai et juin et même en septembre (2.50 m à la station "référence" et 1.60 m à la station "contrôle") est corrélée avec la diminution de biomasse phytoplanctonique fait concordant avec l'observation de l'année 1985.

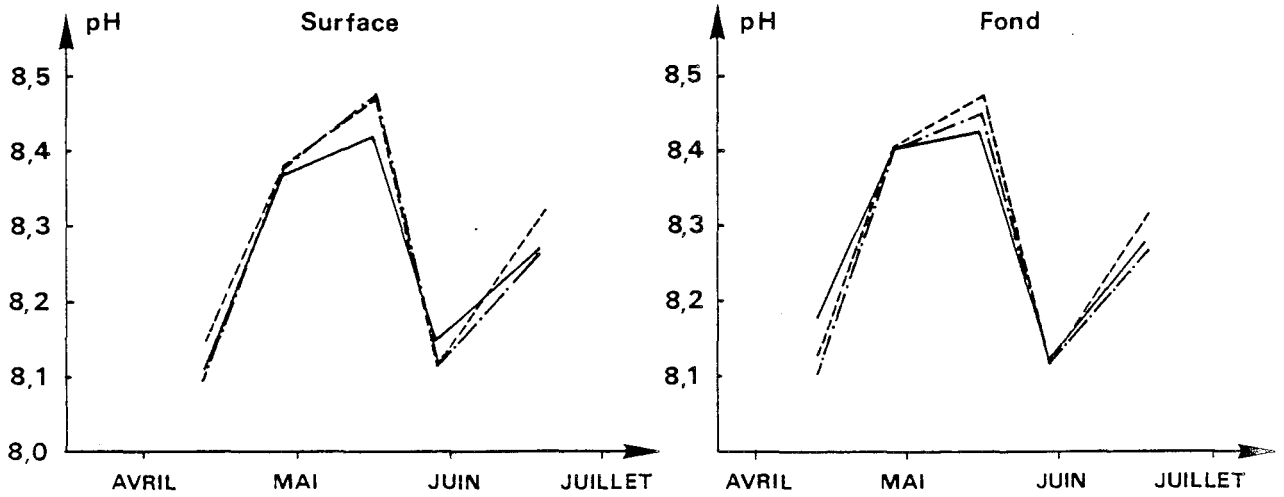


FIG.II-10-VARIATIONS DU pH

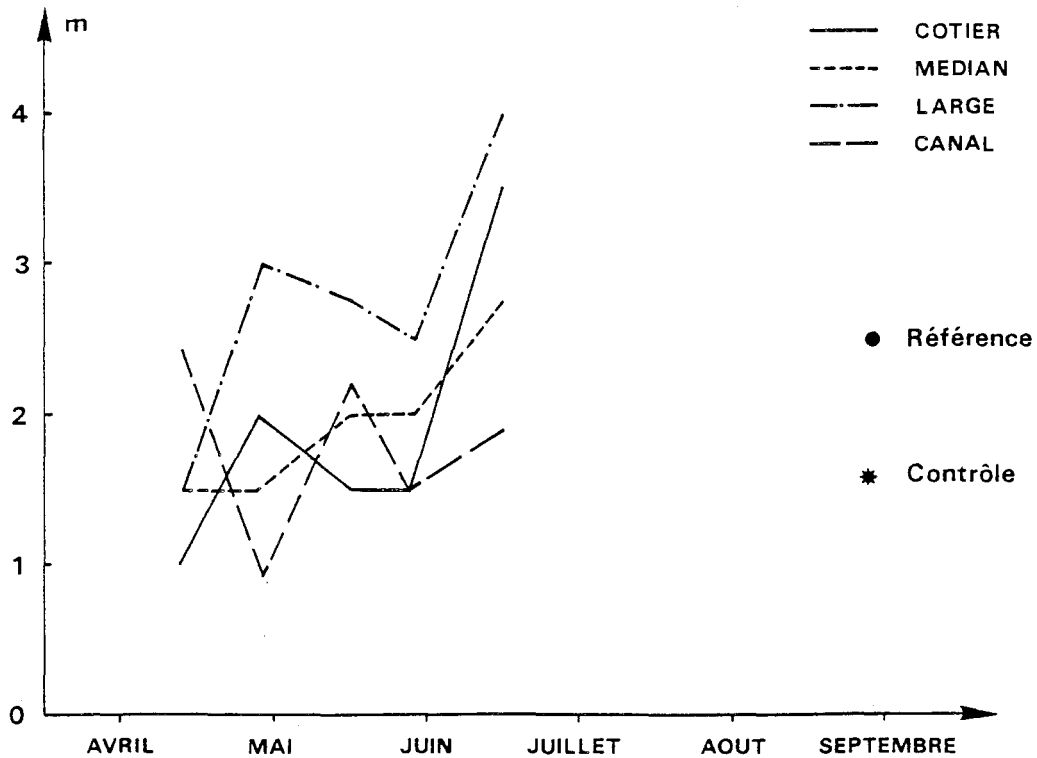


FIG.II-11- VARIATIONS DE LA TRANSPARENCE DE L'EAU  
(DISPARITION DU DISQUE DE SECCHI)

### 3.7. Sels nutritifs.

L'absence totale de prélèvements hivernaux rend difficile l'interprétation des variations temporelles des sels nutritifs, notamment en ce qui concerne la régénération des stocks durant la période hivernale. Il faut supposer qu'elle a été suffisante : les études antérieures n'ont jamais montré de carences et cette zone littorale est considérée comme eutrophe, enrichie par les nombreux apports continentaux. L'ensemble des résultats est présenté sur les figures II.12, II.13, II.14, II.15, II.16. De manière générale, on note une diminution importante de l'ensemble des sels nutritifs fin avril concordant avec le bloom phytoplanctonique (24.04). En effet, les cellules végétales sont avides de sels dissous (notamment de sels azotés) nécessaires à leur croissance, d'où l'épuisement des stocks. La dégénérescence des cellules et la mise en phase d'une activité bactérienne plus intense permettra une reminéralisation, visible sur les profils, mais la véritable reconstitution des ressources nutritives ne s'effectue qu'à la fin de l'automne.

L'ammonium est épuisé fin avril et réapparaît en petite quantité pendant la période estivale (fig. II.13).

La valeur la plus élevée, relevée au point médian au cours de la première mission ( $6.46 \mu\text{atg.l}^{-1}$ ) ne semble pas permettre d'évaluer le stock hivernal en comparaison avec les résultats obtenus au cours des études antérieures. Il a dû se produire une ou des poussées phytoplanctoniques antérieurement à la mission du 13 avril. Les valeurs sont légèrement plus faibles au niveau du fond et similaires quelque soit la station. Les eaux de surface présentent des concentrations un peu plus importantes aux points médian et côtier, notamment mi-avril :

5.40  $\mu\text{atg.l}^{-1}$  (côte) et 6.46  $\mu\text{atg.l}^{-1}$  (médian) en surface  
 contre  
 4.52  $\mu\text{atg.l}^{-1}$  (côte) et 4.73  $\mu\text{atg.l}^{-1}$  (médian) au fond.

La figure II.13 montre aussi une décroissance des teneurs en  $\text{NH}_4^+$  avec l'éloignement par rapport à la côte.

La mission du 20.09.86 se caractérise par une amorce de la régénération des stocks hivernaux en zone côtière.

- canal d'amenée : 5.42  $\mu\text{atg/l}$  (0.71 en juin)
- canal de rejet : 6.37  $\mu\text{atg/l}$  (0.92 en juin)
- point contrôle : 3.81  $\mu\text{atg/l}$  (surface) et 3.32  $\mu\text{atg/l}$  (fond)
- point référence : 0.46  $\mu\text{atg/l}$  (surface), 0.60  $\mu\text{atg/l}$  (milieu) et 0.76  $\mu\text{atg/l}$  (fond) (0.10 en surface en juin et 0.46 au fond en juin).

La figure II.14 concernant les nitrites retrace les mêmes phénomènes cités précédemment : épuisement fin avril, légère reconstitution du stock pendant l'été.

L'ampleur des variations concernant les nitrates est très marquée, surtout l'épuisement printanier où l'on passe de 19  $\mu\text{atg.l}^{-1}$  (canal d'amenée le 13.04) à 0  $\mu\text{atg.l}^{-1}$  (canal d'amenée le 24.04).

VARIATIONS TEMPORELLES DES SELS NUTRITIFS

FIG. II-12-

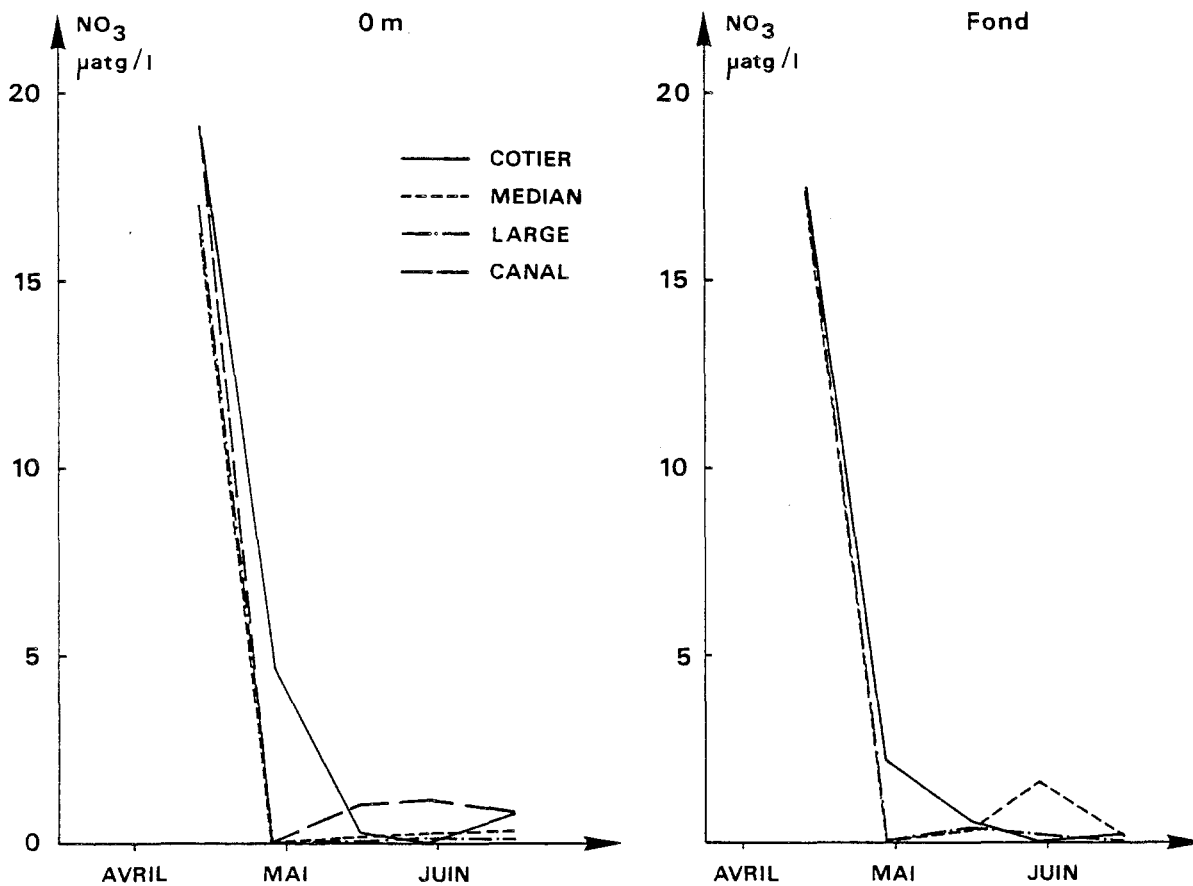


FIG. II-13-

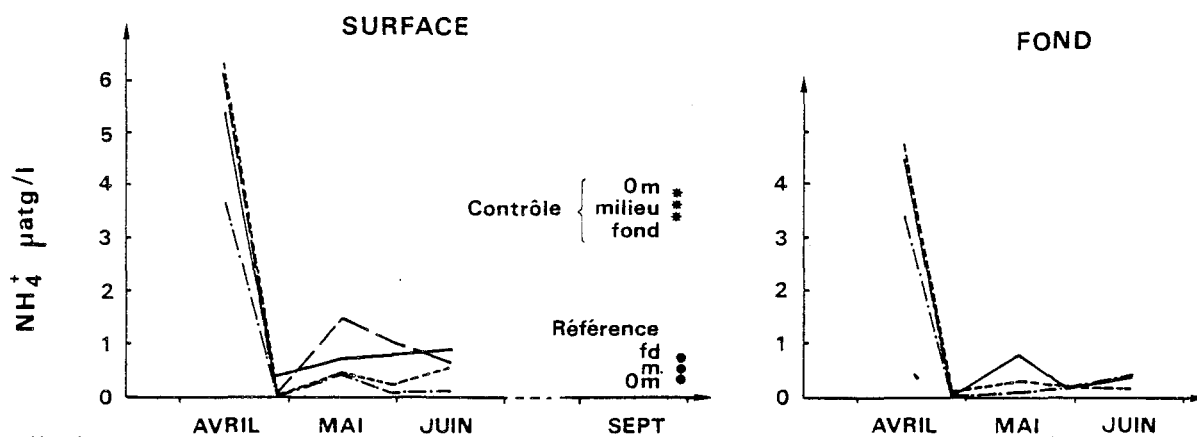


FIG. II-14-

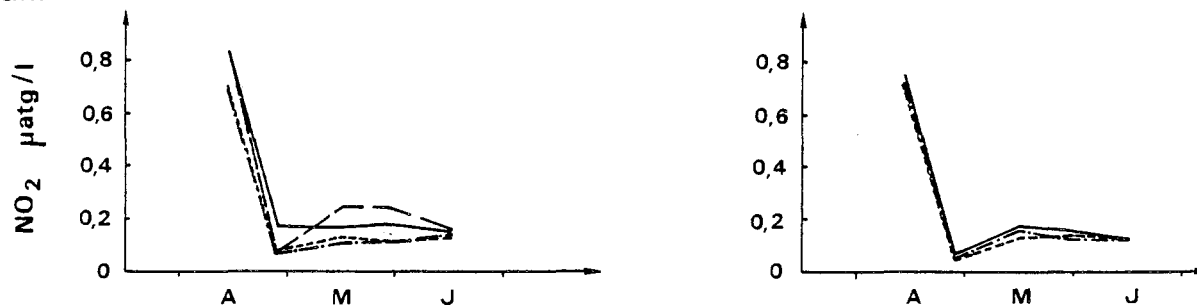


FIG.II-15-

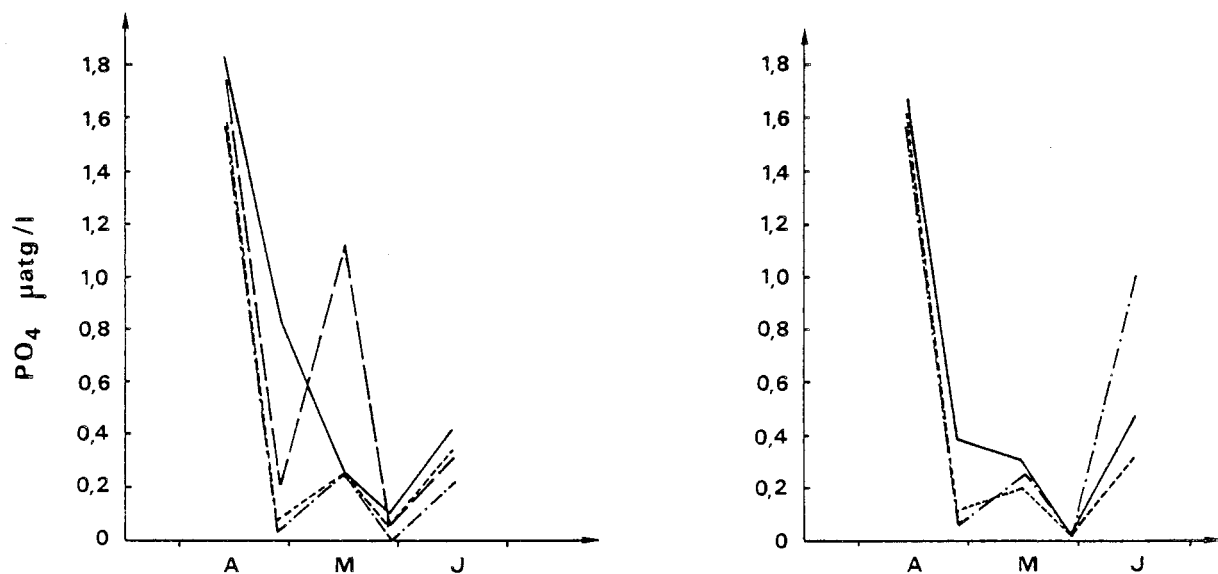
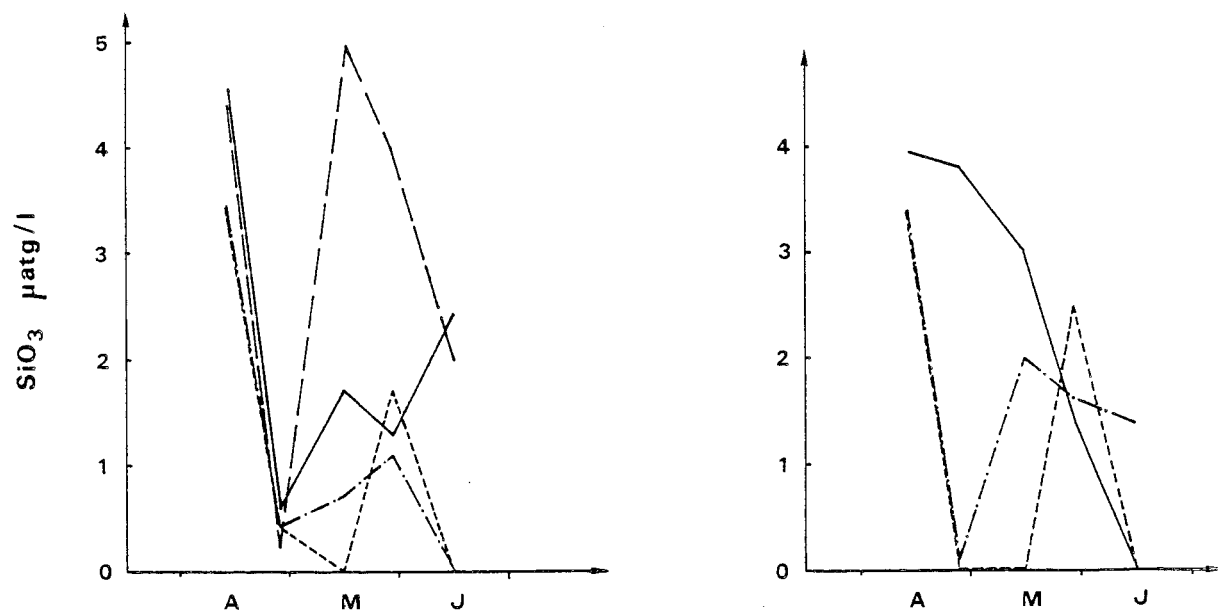


FIG.II-16-



VARIATIONS TEMPORELLES DES SELS NUTRITIFS

En l'espace de 10 jours, le stock a été totalement épuisé et restera à l'état de traces pendant toute la période estivale sauf au canal d'amenée (environ  $1 \mu\text{atg.l}^{-1}$ ).

Il n'y a pas de différence significative entre les concentrations mesurées en surface et au fond sauf un pic relevé au point médian à  $1.7 \mu\text{atg/l}$  fin mai.

Tout comme l'ammoniac, il semblerait que la régénération des stocks ( $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ ) ait commencée fin septembre. Mission du 20.09 :

- canal d'amenée :  $4.6 \mu\text{atg/l}$  ( $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ )
- canal de rejet :  $5.9 \mu\text{atg/l}$  ( $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ )
- point contrôle :  $5.1 \mu\text{atg/l}$  (0 m) et  $4.7 \mu\text{atg/l}$  (fond)
- point référence :  $3.1 \mu\text{atg/l}$ ,  $4.4$  (milieu)  $\mu\text{atg/l}$  et  $4.1 \mu\text{atg/l}$

La poussée planctonique automnale a dû se produire antérieurement à cette mission.

En comparaison avec l'an dernier, la reconstitution des réserves nutritives est plus précoce puisqu'en 1985, aucune ébauche de phénomène n'a été mise en évidence fin octobre.

Les résultats concernant phosphates et silicates (fig. II.15 et II.16) concordent avec les observations précédentes quant à la diminution importante de fin avril.

Les profils des phosphates, point "canal d'amenée" mis à part, correspondent à ce qui était dit pour les sels azotés.

Le point "canal d'amenée" présente des variations plus importantes.

Quant aux silicates (fig. II.16) les variations sont de type "dent de scie", très différentes entre la surface et le fond. Ce phénomène est difficilement explicable avec le peu de données à notre disposition.

### CONCLUSION.

Malgré la période d'étude restreinte nous pouvons constater une similitude des variations saisonnières aux différents points de prélèvements, pour chaque paramètre mesuré. Le point du large n'est pas affecté par le rejet de la centrale et restera un point de référence à l'avenir soumis aux variations naturelles ou non indépendantes de la centrale. Les points "côtier" et "rejet" sont soumis au rejet et les modifications physico-chimiques sont observables par le suivi des paramètres température, densité, oxygène dissous, production primaire et quantité de chlorophylle. Le canal d'amenée se révèle plus riche en sels nutritifs que les autres points, le cycle annuel semble normal, l'oxygène dissous montre un pourcentage normal à l'exception du mois de mai où une sous-saturation en oxygène dissous est détectée.

### BIBLIOGRAPHIE.

DEGROS, N., 1986.

Techniques océanographiques. Paramètres hydrobiologiques. 41 p.  
in : Recueil des Techniques utilisées pour l'étude écologique des sites de centrales nucléaires sur les côtes françaises de Manche et Atlantique. Rapport IFREMER DERO-86.24-EL.





CHAPITRE III

MICROBIOLOGIE

E. et R. DELESMONT  
J.M. DELATRE



## INTRODUCTION.

La parution du nouvel arrêté préfectoral régissant la surveillance écologique de la centrale EDF de Gravelines (6 tranches de 900 MW) a entraîné des modifications dans la stratégie d'échantillonnage du compartiment bactériologique. La période 1985-86 est donc une période de transition dans laquelle on peut distinguer deux parties :

- de novembre 1985 à juin 1986, poursuite du programme antérieur
  - . prélèvement hebdomadaire au point "digue"
  - . prélèvement bimestriel aux points "prise d'eau" et "canal de rejet".
- à partir de juillet 1986, nouveau programme
  - . abandon du point "digue"
  - . prélèvement hebdomadaire aux points "prise d'eau" et "canal de rejet"
  - . trois prélèvements aux points "côte" et "large", lors des campagnes pélagiques
  - . suppression des dénombrements d'E. coli.

## MATERIEL ET METHODES.

Le matériel et les méthodes d'analyses sont inchangés par rapport aux études précédentes.

Le point "digue", situé à 1200 m du rejet, à l'angle de la jetée des Huttes a été prélevé à la bouteille Van Dorn (à l'aide d'un téléphérique) au moment où l'influence du rejet est la plus grande, soit 1 heure avant la pleine mer.

La "prise d'eau" est prélevée à la bouteille Van Dorn à partir du pont routier enjambant le canal de prise d'eau, derrière les masques écrémeurs, c'est-à-dire dans une zone où des turbulences importantes assurent une bonne représentativité.

Le "canal de rejet" est échantillonné en subsurface au seau à partir de la rive Est du canal, à la limite de l'enceinte EDF.

Les prélèvements aux points "entrée" et "rejet" ont été réalisés à mi-marée (PM + 3 ou PM - 3) ce qui correspond à une situation moyenne quant à l'impact de la centrale sur les eaux de refroidissement :

- A basse mer, la dose de chlore résiduel est maximale, ce qui permet de bien observer l'effet biocide du chlore. Par contre, les temps de séjour faibles dans le canal de rejet limitent les effets de prolifération bactérienne provoqués par l'élévation de température.
- A marée haute, le temps de séjour dans le canal de rejet est plus grand, ce qui minimise la dose d'oxydant résiduel et favorise les phénomènes de multiplication bactérienne.

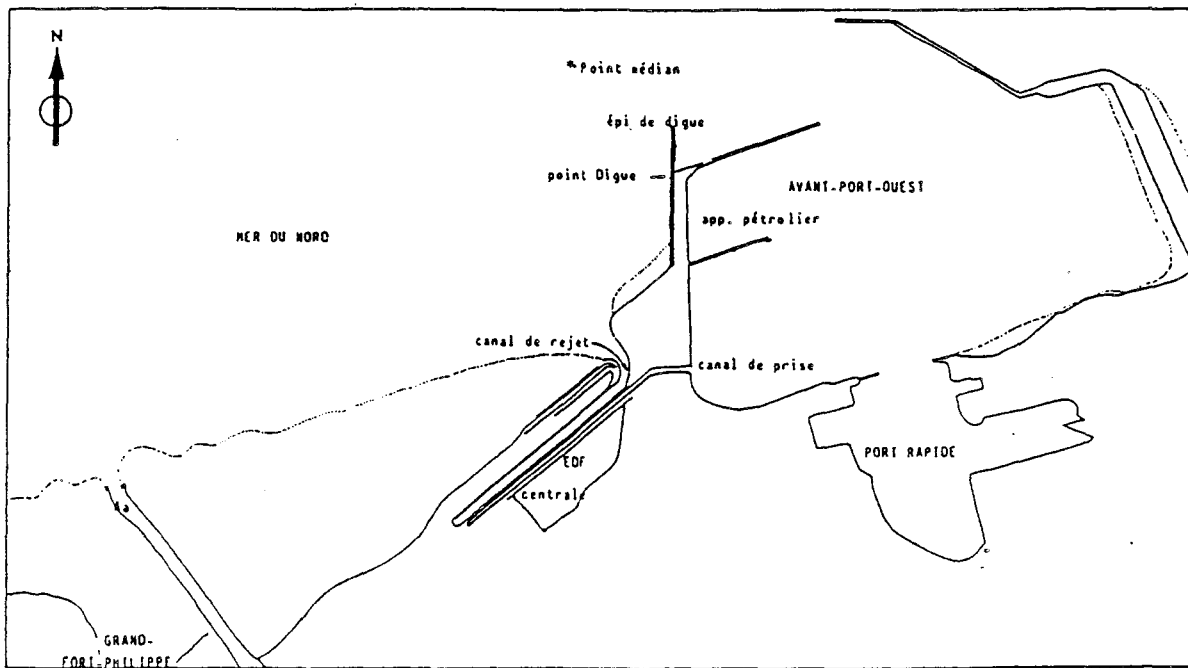
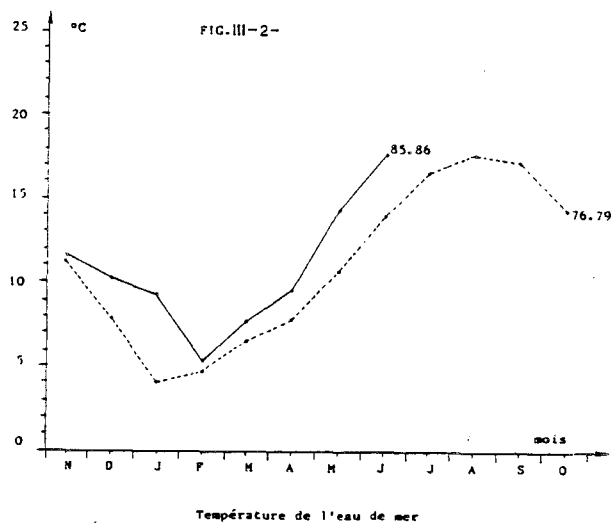


FIG. III-1- Carte du site

### POINT DIGUE.

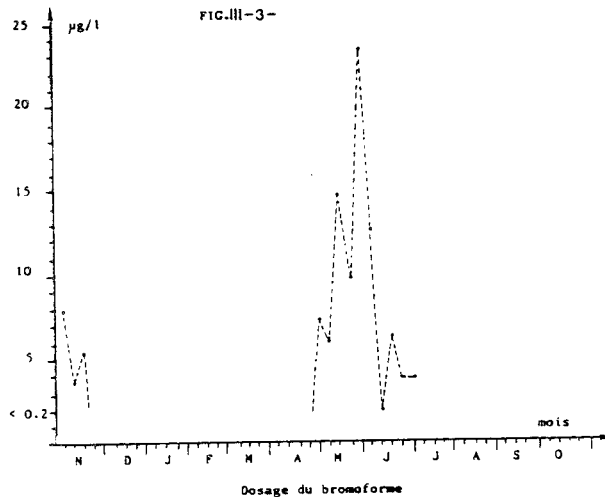
Les mesures hebdomadaires sont présentées dans le tableau III.1 et sur les figures III.16 à III.21.

#### 1. Température.



L'échauffement moyen de l'eau pour les huit mois d'étude est de 2.4°C par rapport à la période de référence avant centrale (1976-79). Le minimum thermique est observé en février.

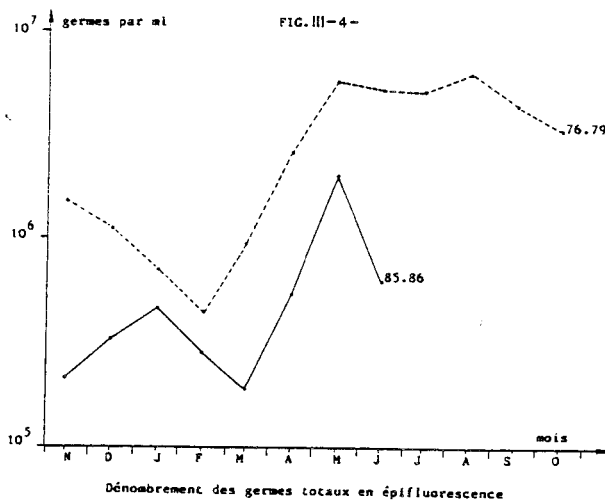
## 2. Chloration.



Comme les années précédentes les dosages de chlore résiduel sont négatifs au point "digue" (au seuil de 0.05 mg/l), ce qui est confirmé par l'absence de blocage de la production hétérotrophe bactérienne.

Le bromoforme permet de mettre en évidence la chloration ; celle-ci a été interrompue de fin novembre 1985 à fin avril 1986, soit durant 5 mois (contre trois seulement durant la période précédente). En période de chloration les doses de bromoforme observées varient de 3.8 à 23.3 µg/l.

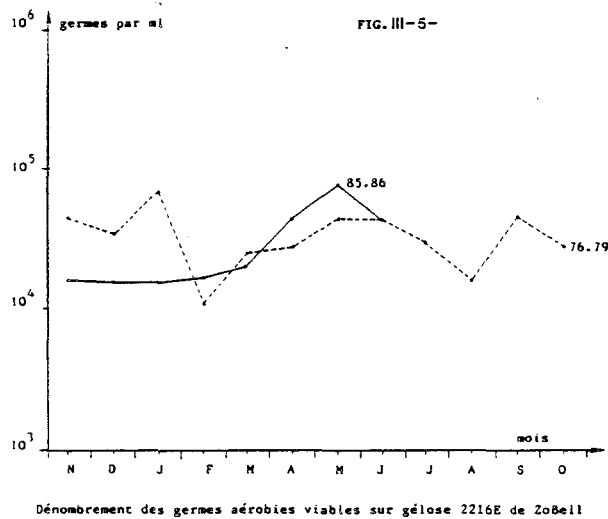
## 3. Dénombrement des germes totaux.



La fraction de cycle annuel étudiée montre un maximum d'abondance en mai, comme lors des périodes précédentes. Les valeurs moyennes sont toujours plus faibles que celles enregistrées avant la mise en service de la centrale. On note, cette année, un nombre de germes totaux relativement faible en hiver.

Moyenne :  
 - période 1985-86 (8 mois) :  $4.3 \cdot 10^5$ /ml  
 - 1976-79 (référence) :  $2.0 \cdot 10^6$ /ml  
 - 1984-85 :  $7.4 \cdot 10^5$ /ml

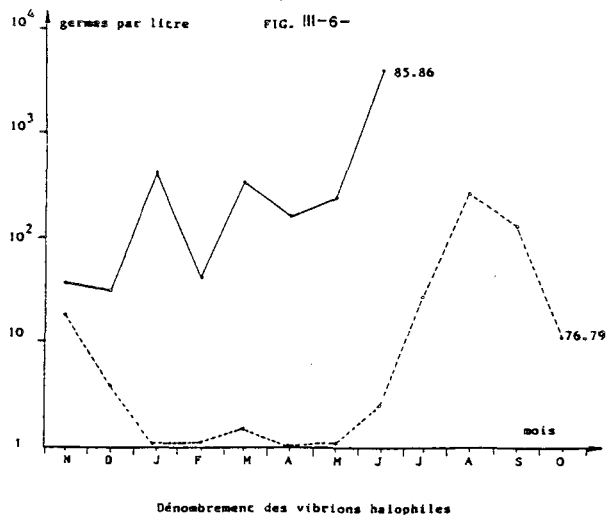
#### 4. Germes aérobies viables.



Les nombres de germes viables présentent peu de variations saisonnières et leurs nombres sont très proches de ceux observés précédemment. Les valeurs les plus fortes sont relevées en mai, au moment où le nombre total de cellules bactériennes est également le plus élevé.

Moyenne :  
 - période 1985-86 (8 mois) :  $2.6 \cdot 10^4$ /ml  
 - 1976-79 (référence) :  $3.2 \cdot 10^4$ /ml  
 - 1984-85 :  $3.2 \cdot 10^4$ /ml

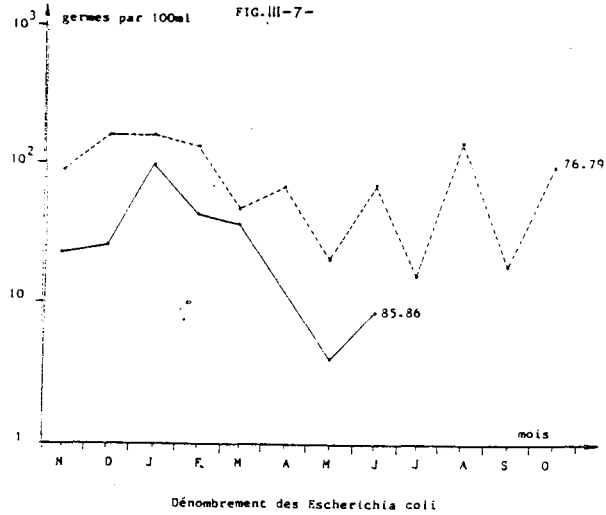
#### 5. Vibrions halophiles (37°C).



Les vibrions halophiles sont toujours en forte concentration, depuis la mise en service de la centrale. Leur nombre semble même plus élevé que lors de la période correspondante en 1984-85 (171/litre contre 116/litre en moyenne).

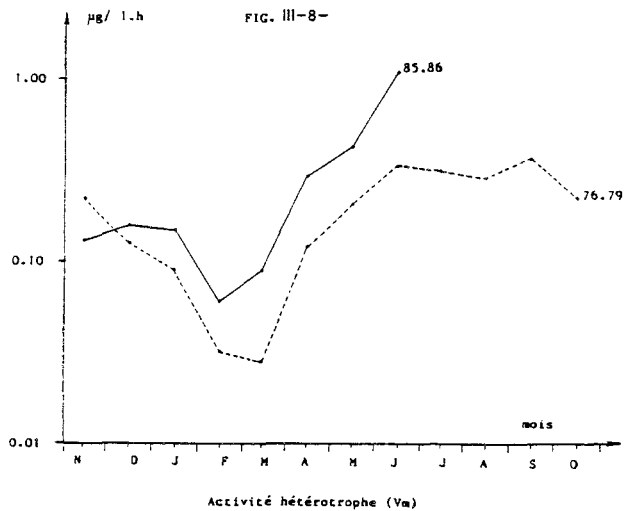
Vibrio parahaemolyticus a été isolé à trois reprises en saison froide, confirmant ainsi son apparition, observée l'hiver précédent.

### 6. Pollution fécale.



La pollution fécale du site, estimée par le dénombrement des E. coli est faible. Le niveau de contamination se situe en dessous des valeurs de la période 1976-79. Comme les années précédentes, c'est en saison froide que l'on observe la plus grande abondance des E. coli.

### 7. Activité bactérienne.



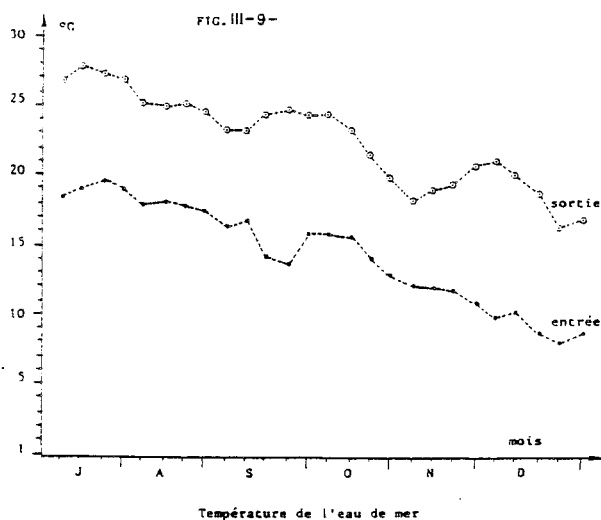
Aucun blocage de l'activité hétérotrophe bactérienne n'est observé confirmant ainsi l'absence de chlore résiduel au point "digue".

L'activité bactérienne est même relativement importante pour la période étudiée, car elle est presque toujours plus élevée que celle enregistrée lors de la période de référence.

### POINTS "PRISE D'EAU" ET "REJET".

Les données du prélèvement bimestriel sont représentées dans le tableau III.2 (annexe). Ces deux points sont suivis de façon hebdomadaire depuis juillet 1986 (tableaux III.3, III.4). L'exploitation des résultats sera réalisée de façon plus complète dans le prochain rapport, quand un cycle annuel complet aura été étudié. Cependant, il est possible de faire un certain nombre de remarques sur les résultats obtenus à ce jour.

#### 1. Température et chloration.



L'élévation de la température de l'eau de refroidissement est en moyenne de 8.1°C pour la période étudiée. Les dosages de chlore résiduel mettent en évidence des doses faibles (0.13 mg/l) en deux périodes : août et de fin novembre à mi-décembre.

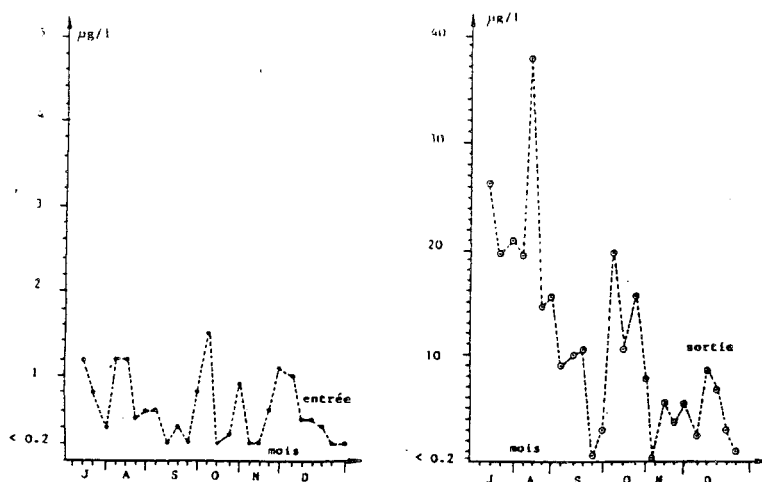
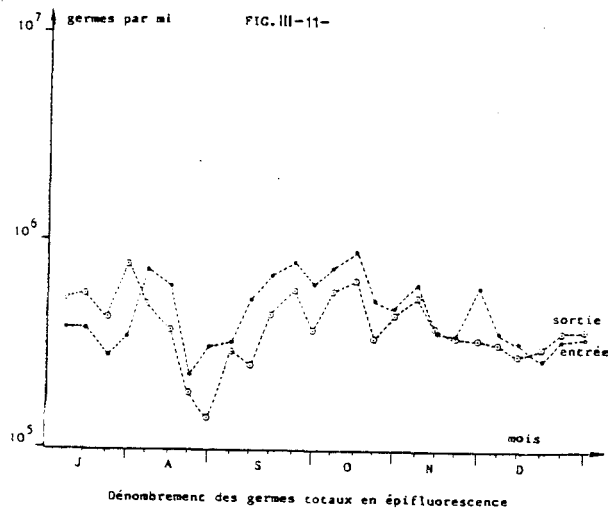


FIG III-10- Dosage du bromoforme



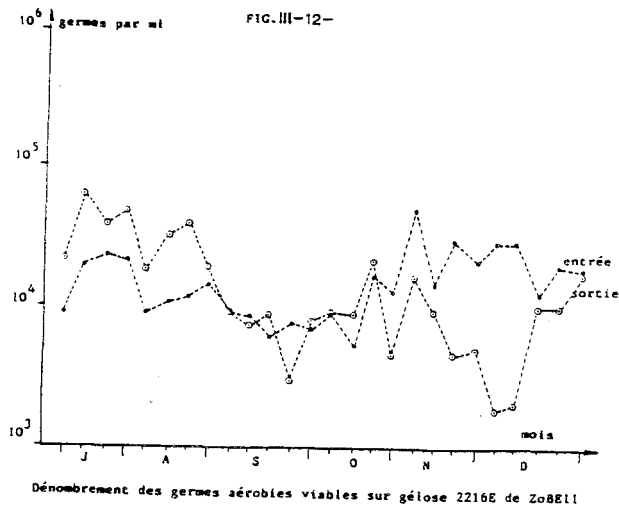
Le bromoforme est présent sur l'ensemble de la période (deux exceptions cependant) en doses décroissantes, liées, peut-être, aux teneurs en matières organiques de l'eau. L'arrêt de la chloration a lieu fin décembre. En utilisant les résultats des semaines où le bromoforme est abondant ( $> 10 \mu\text{g}/\text{l}$ ) on peut estimer le taux de recyclage de l'eau à 4 % environ.

## 2. Dénombrement des germes totaux.



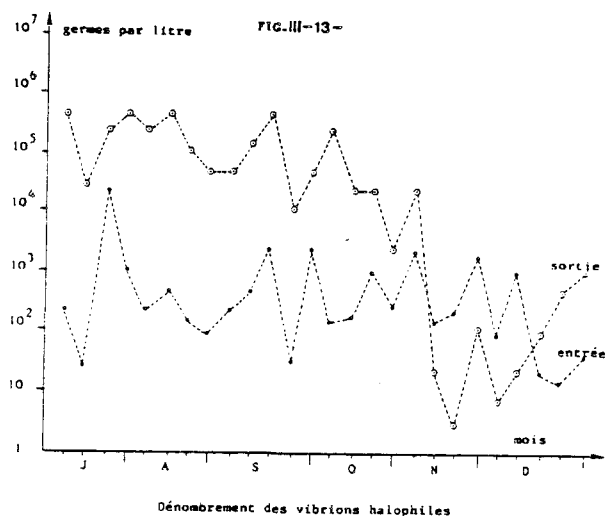
Aucune prolifération de la microflore totale n'est mise en évidence. Les variations observées sont de faible amplitude, et le niveau moyen s'établit à  $4 \cdot 10^5$  germes/ml.

## 3. Germes aérobies viables.



Les germes aérobies viables (cultivés sur gélose 2216 E de ZoBell) semblent peu affectés par la chloration à l'exception de la période allant de fin-novembre à fin-décembre, où une mortalité est observée.

#### 4. Vibrions halophiles (37°C).

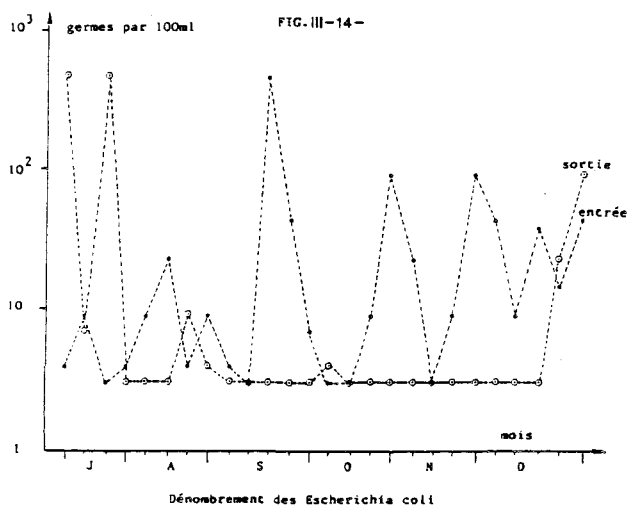


Les vibrions halophiles sont, en été, 100 à 1000 fois plus nombreux dans le rejet qu'à la prise d'eau.

En présence de chlore résiduel (fin novembre - mi-décembre), les concentrations de vibrions sont plus faibles au rejet qu'à la prise d'eau, ce qui montre une sensibilité au chlore comparable à celle de l'ensemble de la microflore viable.

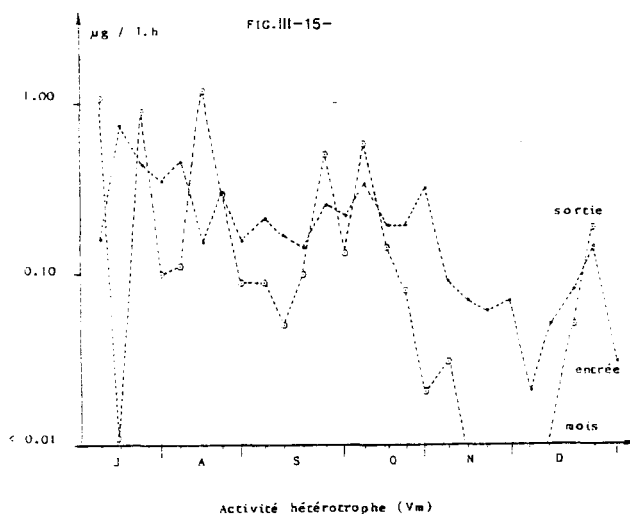
Les phénomènes de multiplication, notés en toutes saisons au point "digue", doivent alors avoir lieu plus en aval, quand le chlore a disparu et que subsiste un résiduel thermique.

#### 5. Pollution fécale.



Les dénombrements d'E. coli n'étaient pas prévu dans le programme, mais, réalisés dans un autre cadre, ils sont rapportés ici. On observe que, (deux exceptions en juillet) la centrale n'apporte pas de pollution fécale en période de chloration, mais au contraire, épure l'eau en transit.

## 6. Activité bactérienne.



L'activité bactérienne est comparable pour les deux points pendant le premier trimestre d'étude ; l'échauffement de l'eau compense alors les effets de la chloration. Par contre, en novembre et décembre, on observe des activités très faibles, voire nulles dans le canal de rejet, ce qui est en accord avec les observations faites sur la chloration et les mortalités de germes viables.

### CONCLUSION.

La période d'étude 1985-86 est une période de transition, elle permet de confirmer les résultats acquis lors des études antérieures au point "digue" :

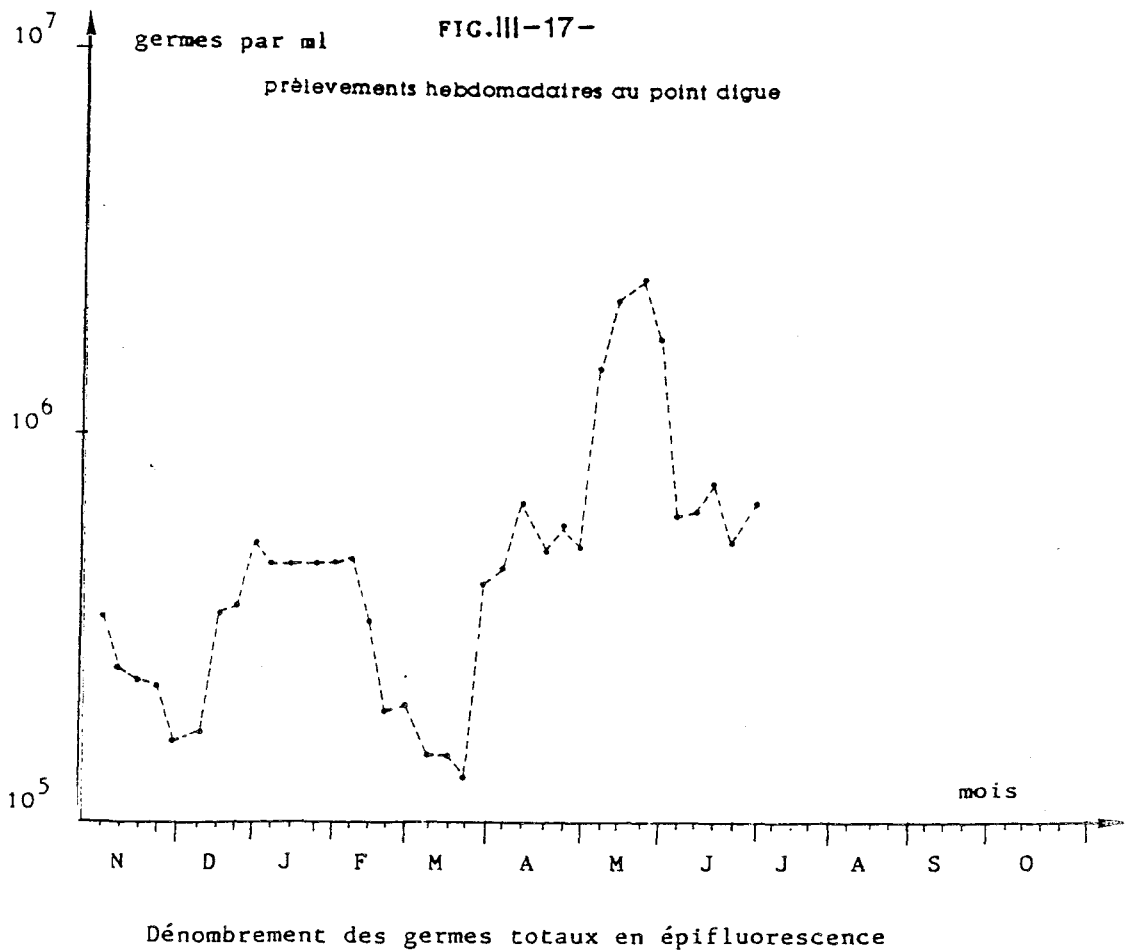
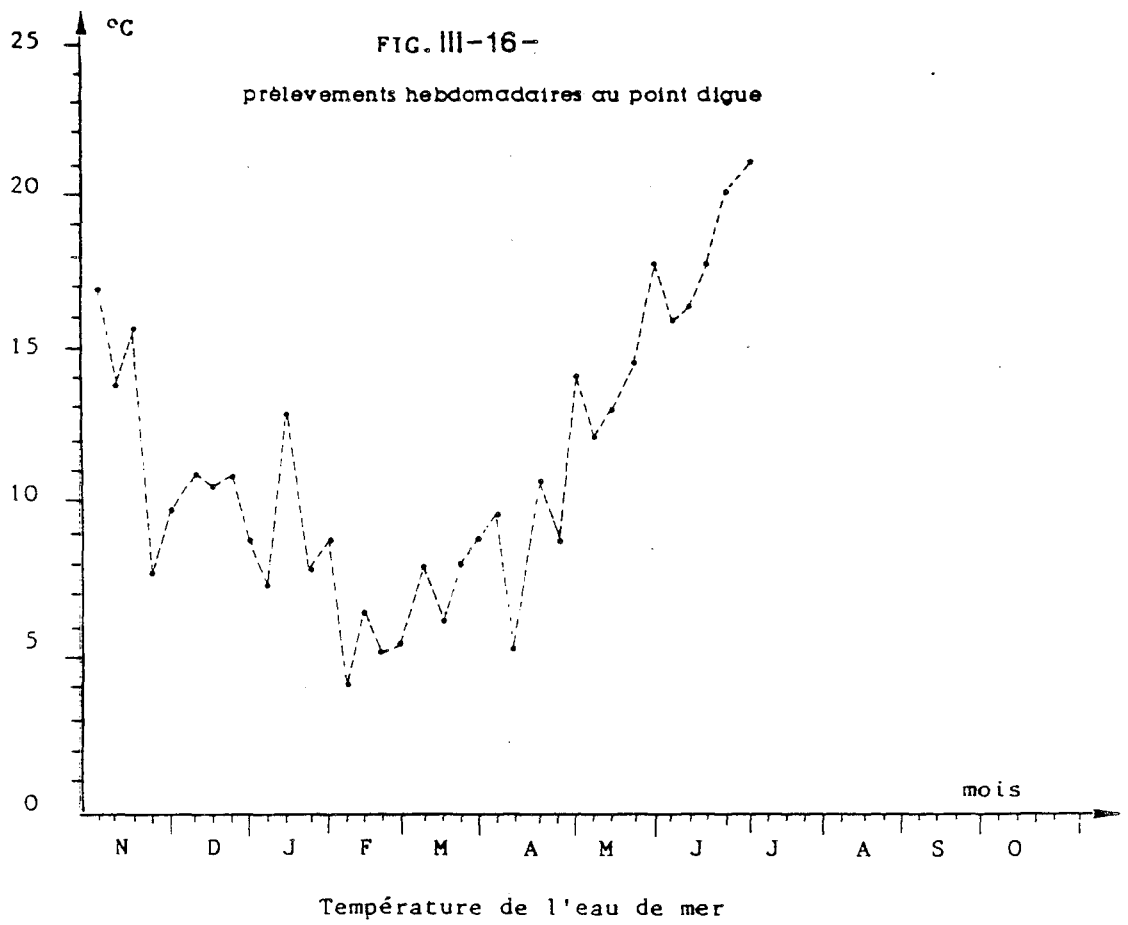
- absence d'oxydant résiduel
- présence de bromoforme en période de chloration
- absence de modifications importantes dans la microflore totale et son activité vis-à-vis du glucose
- les vibrions halophiles profitent de l'échauffement de l'eau en toutes saisons
- présence épisodique de Vibrio parahaemolyticus.

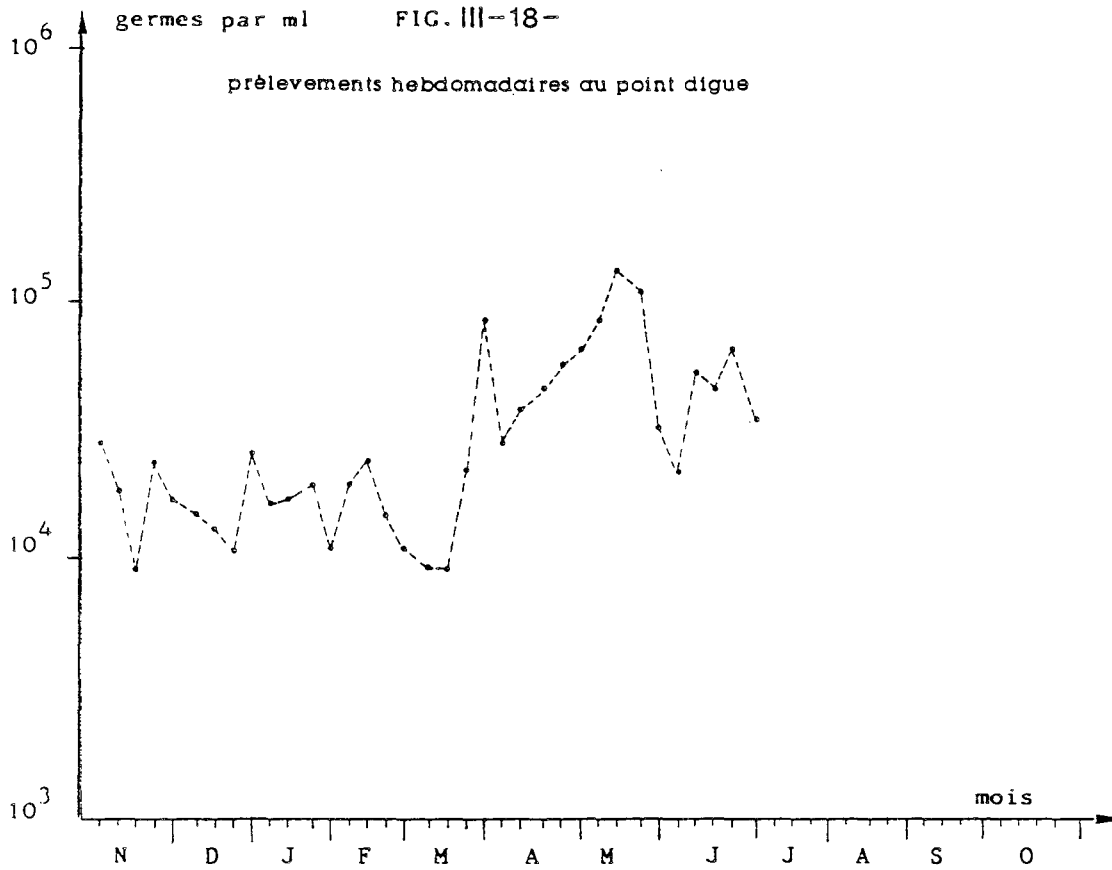
Les mesures aux points "prise d'eau" et "rejet", si elles ont l'inconvénient d'abandonner un point pour lequel un grand nombre de données existe, permettent de faire des comparaisons en s'affranchissant des variations inter-annuelles et rendent possible des améliorations dans les techniques d'études.



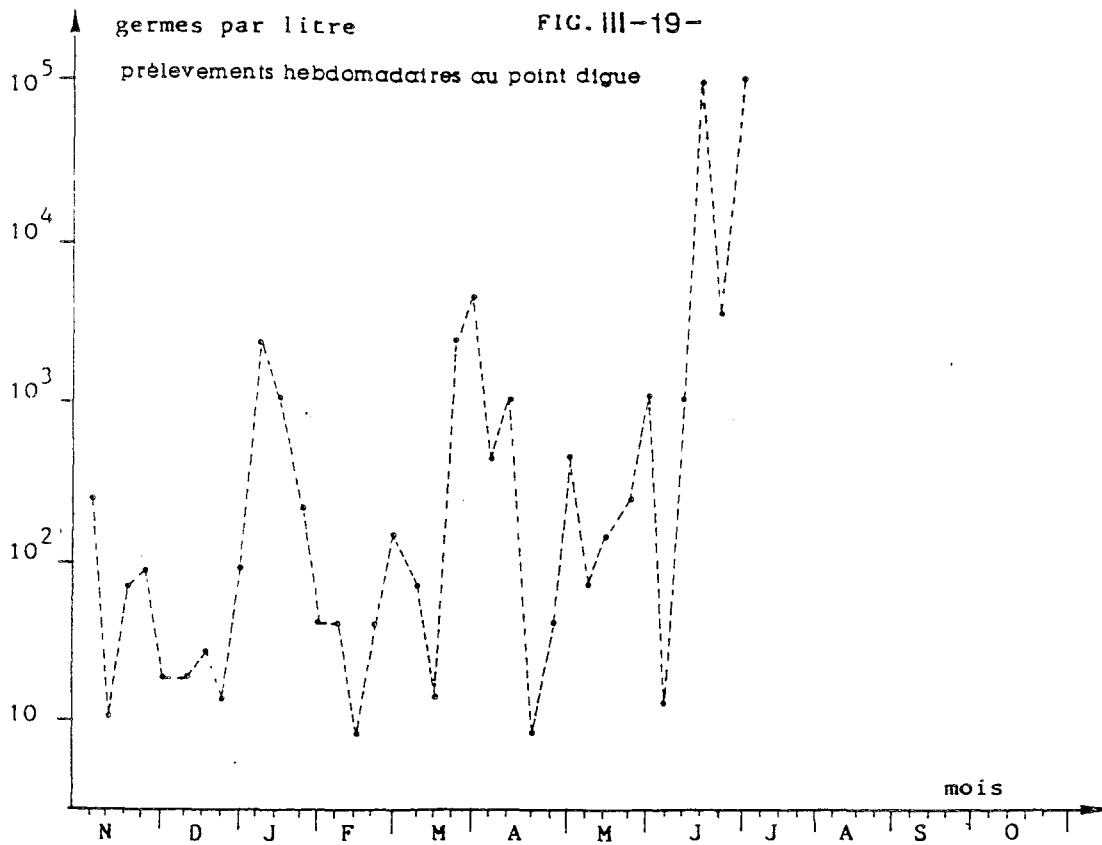
## ANNEXES





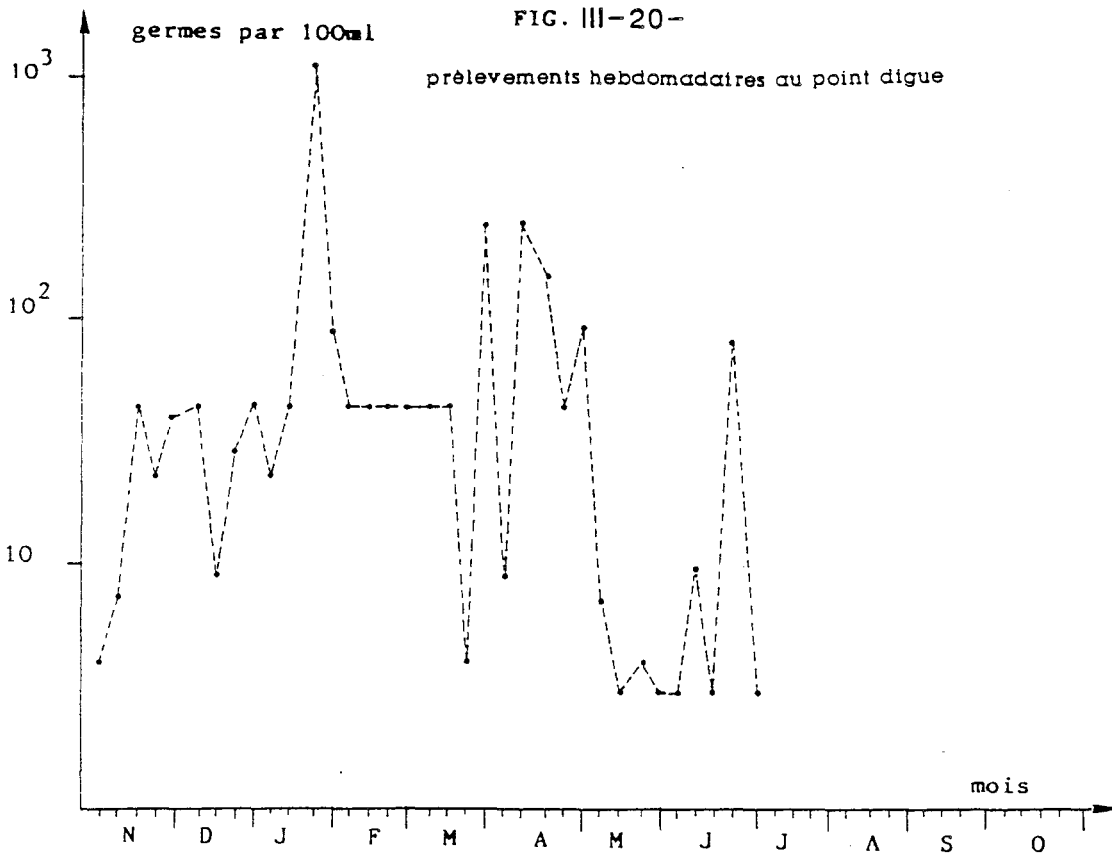


Dénombrement des germes aérobies viables sur gélose 2216E de ZoBell

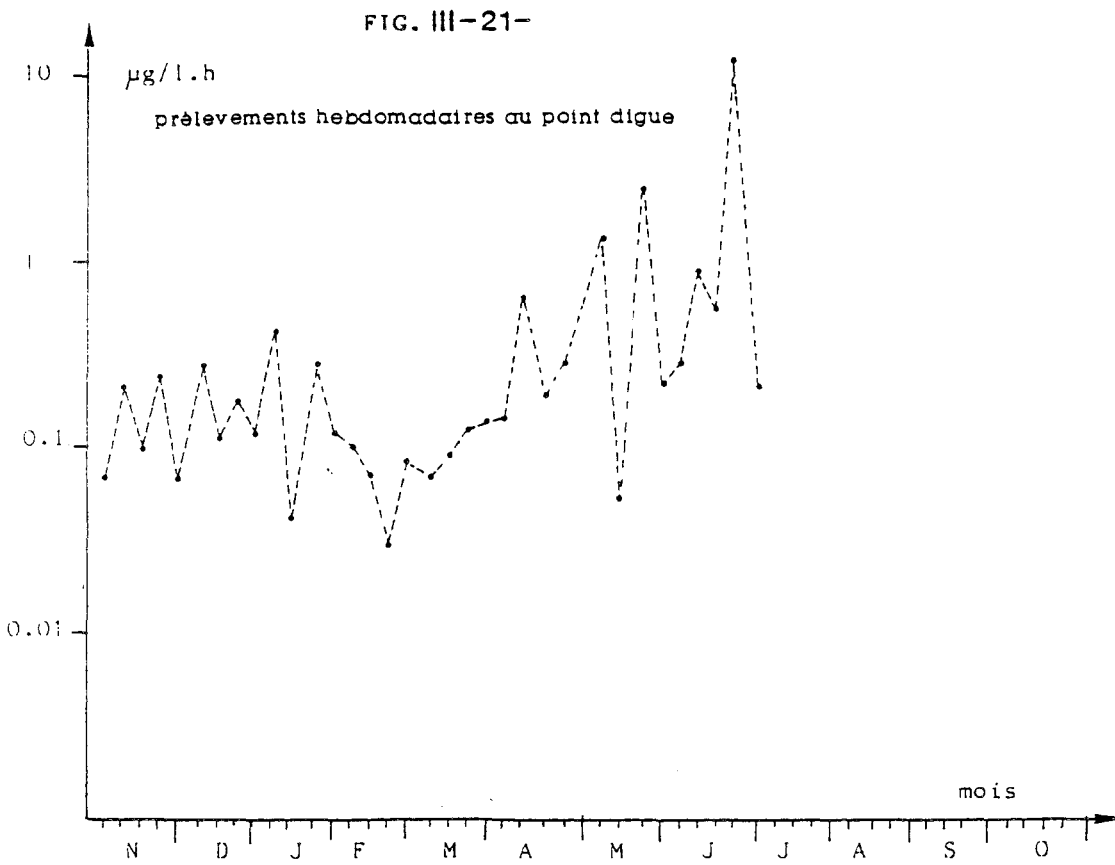


Dénombrement des vibrions halophiles

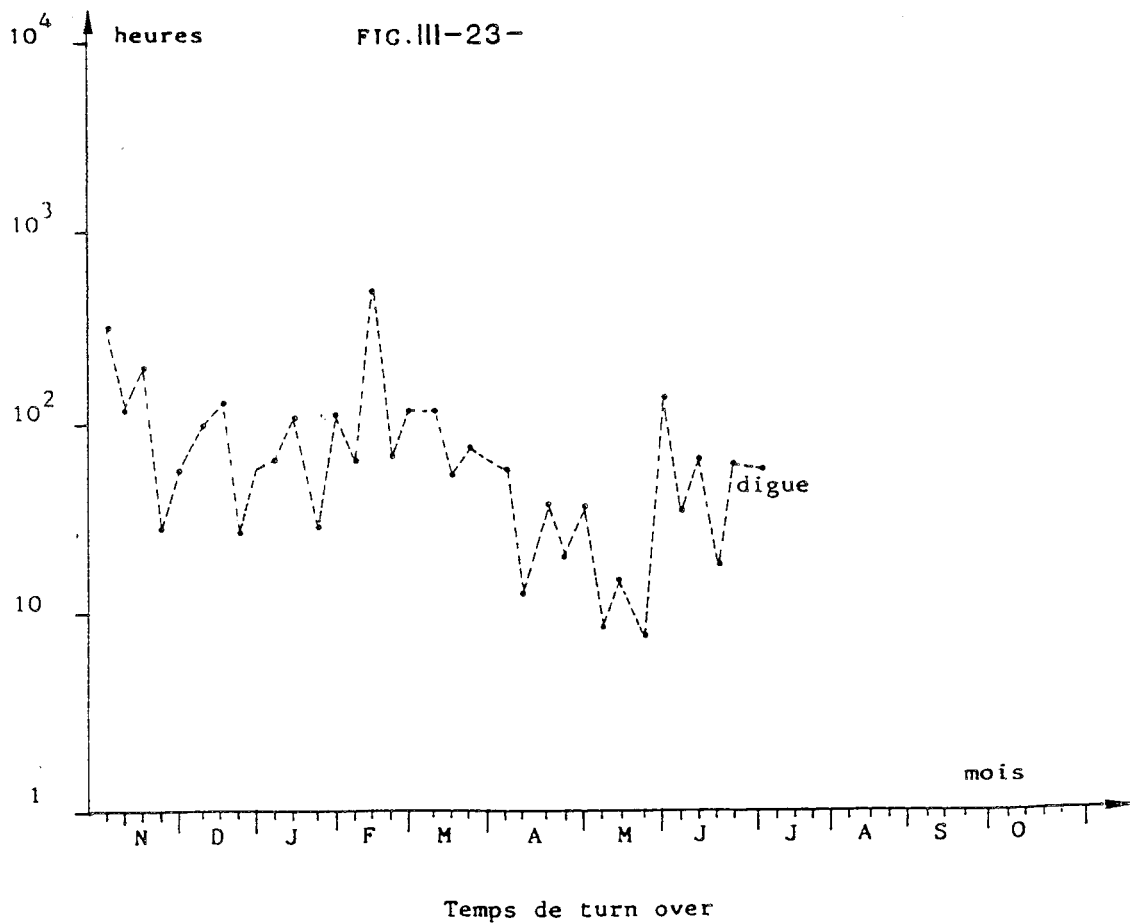
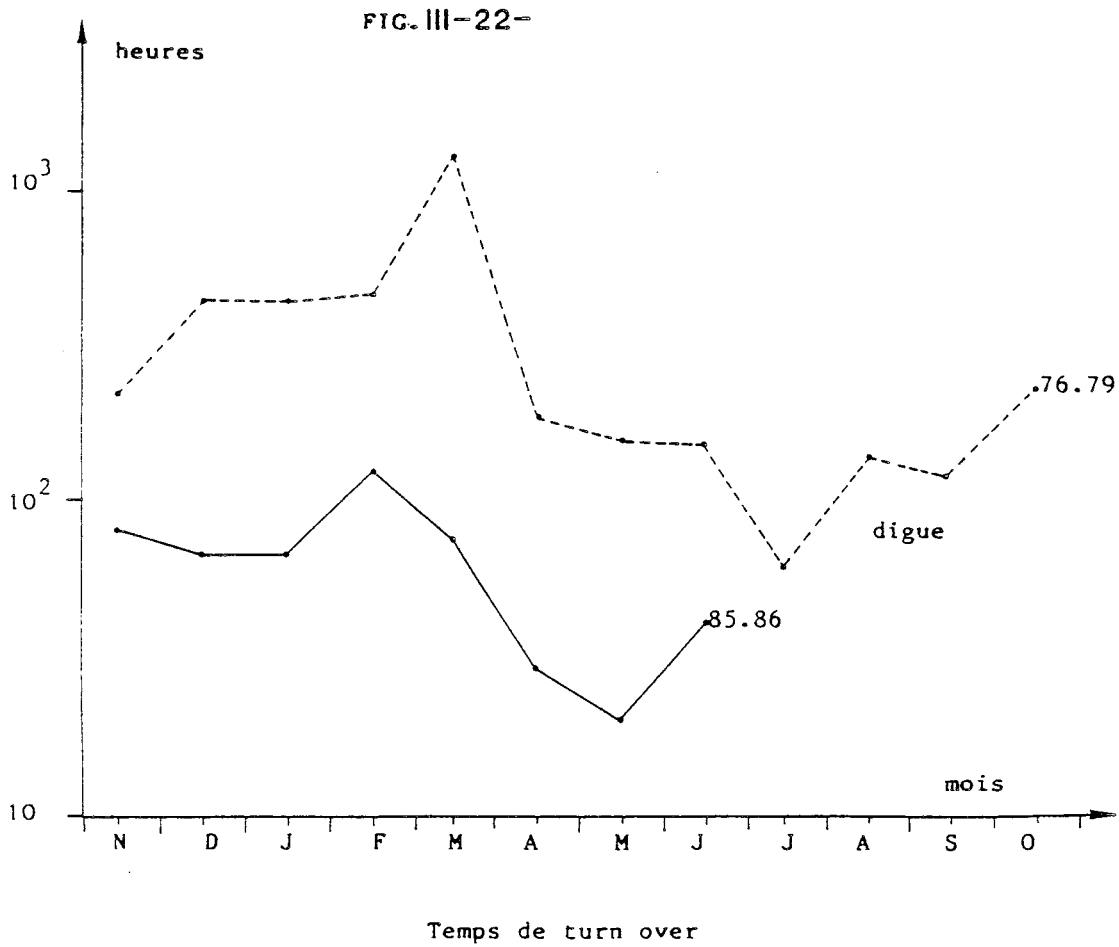


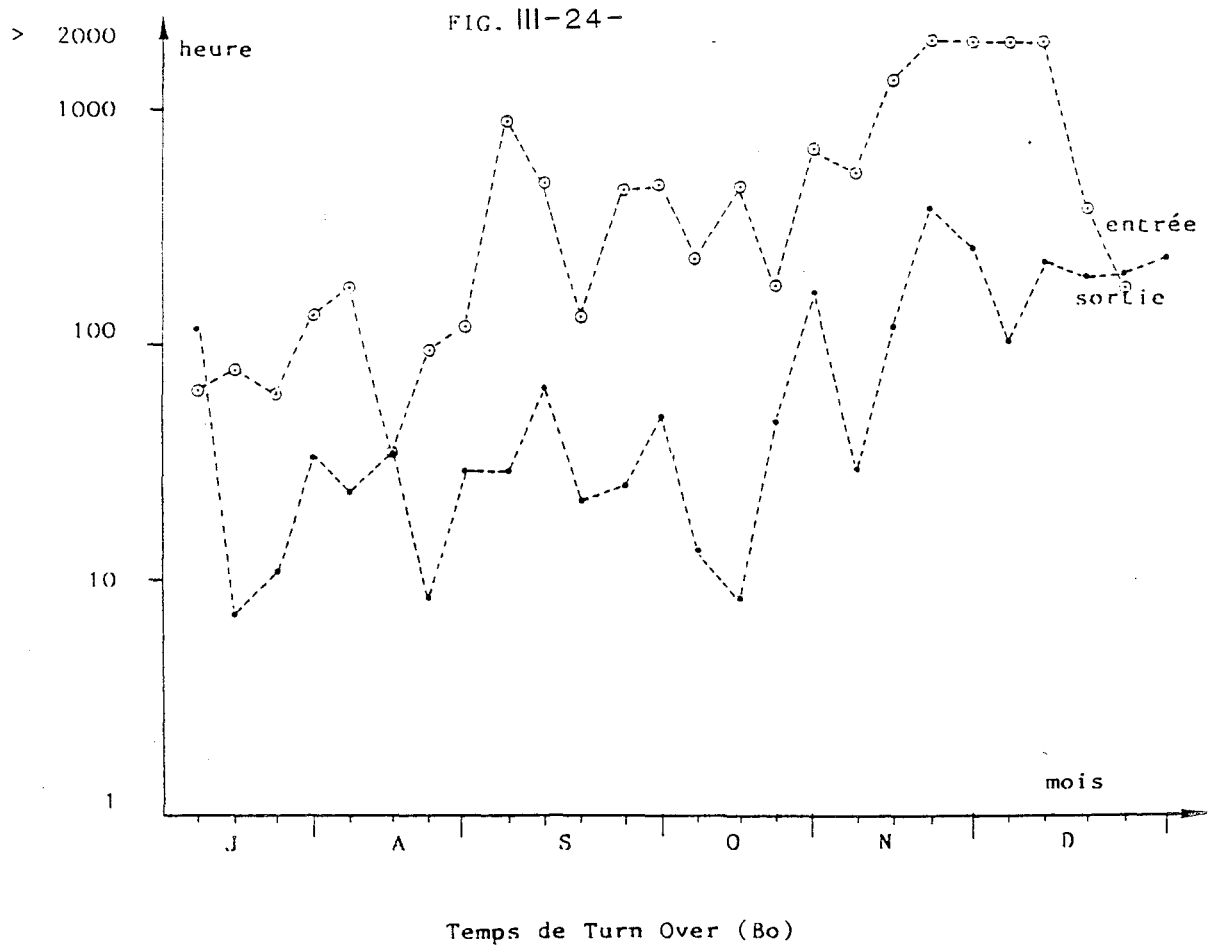


Dénombrement des Escherichia coli



Activité hétérotrophe (Vm)





Date	Temp. (°C)	Nb total Fluo. ( /ml)	Nb total ZoBell ( /ml)	E. coli ( /100ml)	Strepto. f. ( /100ml)	Vibriens ( /litre)	Potentiel hétérotrophe				CHBr <sub>3</sub> (µg / l)
							Coeff. corr.	X Resp.	Vm (µg / l.h)	Bc (heure)	
1985											
28.10	16°8	3.4 10 <sup>5</sup>	2.8 10 <sup>4</sup>	4	9	240	0.55	15	0.07	312	7.8
08.11	13°8	2.4 10 <sup>5</sup>	1.8 10 <sup>4</sup>	7	< 3	11	0.97	-	0.20	122	3.8
13.11	15°6	2.3 10 <sup>5</sup>	9.0 10 <sup>3</sup>	43	23	75	0.89	-	0.10	201	5.4
21.11	07°6	2.2 10 <sup>5</sup>	2.3 10 <sup>4</sup>	23	9	93	0.97	-	0.23	29	< 0.2
26.11	09°7	1.6 10 <sup>5</sup>	1.7 10 <sup>4</sup>	39	43	20	0.99	-	0.07	56	< 0.2
02.12	10°9	1.7 10 <sup>5</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>	43	43	20	0.97	12	0.27	96	< 0.2
23.12	10°5	3.5 10 <sup>5</sup>	1.3 10 <sup>4</sup>	9	15	28	1.00	15	0.11	124	< 0.2
26.12	10°9	3.6 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	29	4	15	0.96	12	0.17	27	< 0.2
31.12	08°8	5.2 10 <sup>5</sup>	2.6 10 <sup>4</sup>	43	15	93	1.00	10	0.12	57	< 0.2
1986											
08.01	07°4	4.6 10 <sup>5</sup>	1.6 10 <sup>4</sup>	23	23	2400	0.92	13	0.40	63	< 0.2
17.01	12°7	4.6 10 <sup>5</sup>	1.7 10 <sup>4</sup>	43	7	1100	0.93	85	0.04	101	< 0.2
21.01	07°9	4.6 10 <sup>5</sup>	1.9 10 <sup>4</sup>	1100	43	210	0.95	76	0.28	29	< 0.2
28.01	08°8	4.6 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	93	43	43	0.98	110	0.12	110	< 0.2
05.02	04°2	4.8 10 <sup>5</sup>	1.9 10 <sup>4</sup>	43	43	43	0.93	9	0.10	63	< 0.2
11.02	06°4	3.3 10 <sup>5</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	43	43	9	0.93	19	0.07	494	< 0.2
20.02	05°1	1.9 10 <sup>5</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>	43	93	43	0.95	16	0.03	67	< 0.2
24.02	05°5	2.0 10 <sup>5</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	43	43	150	0.92	19	0.08	115	< 0.2
06.03	07°8	1.5 10 <sup>5</sup>	9.0 10 <sup>3</sup>	43	43	75	0.92	9	0.07	114	< 0.2
12.03	06°2	1.5 10 <sup>5</sup>	9.0 10 <sup>3</sup>	43	9	15	0.97	14	0.09	55	< 0.2
17.03	08°0	1.3 10 <sup>5</sup>	2.2 10 <sup>4</sup>	4	< 3	2400	0.85	16	0.13	74	< 0.2
25.03	08°8	4.1 10 <sup>5</sup>	8.6 10 <sup>4</sup>	240	240	4600	-	-	-	-	< 0.2
04.04	09°6	4.5 10 <sup>5</sup>	2.8 10 <sup>4</sup>	9	23	460	0.99	21	0.14	56	< 0.2
10.04	05°3	6.6 10 <sup>5</sup>	3.8 10 <sup>4</sup>	240	460	1100	0.96	35	0.63	13	< 0.2
14.04	10°5	5.0 10 <sup>5</sup>	4.6 10 <sup>4</sup>	150	4	9	0.97	19	0.18	39	< 0.2
21.04	08°8	5.7 10 <sup>5</sup>	5.6 10 <sup>4</sup>	43	4	43	0.99	25	0.28	20	< 0.2
28.04	14°0	5.7 10 <sup>5</sup>	6.4 10 <sup>4</sup>	93	4	460	0.99	21	0.59	36	7.3
06.05	12°1	1.5 10 <sup>6</sup>	8.3 10 <sup>4</sup>	7	< 3	75	0.97	26	1.39	9	6.1
12.05	13°1	2.2 10 <sup>6</sup>	1.3 10 <sup>5</sup>	< 3	< 3	150	0.88	44	0.05	15	14.7
21.05	14°4	2.5 10 <sup>6</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>	4	4	240	0.99	29	2.39	8	9.8
28.05	17°6	1.8 10 <sup>6</sup>	3.3 10 <sup>5</sup>	< 3	4	1100	0.83	19	0.21	140	23.3
02.06	15°9	6.1 10 <sup>5</sup>	2.2 10 <sup>4</sup>	< 3	< 3	14	0.88	26	0.28	37	12.6
10.06	16°4	6.4 10 <sup>5</sup>	5.2 10 <sup>4</sup>	9	< 3	1100	0.71	11	0.87	63	2.0
19.06	17°8	7.4 10 <sup>5</sup>	4.5 10 <sup>4</sup>	< 3	4	110 000	0.96	31	0.55	19	6.3
26.06	20°2	5.3 10 <sup>5</sup>	6.5 10 <sup>4</sup>	75	15	3900	0.95	19	12.49	62	3.9
02.07	21°2	6.5 10 <sup>5</sup>	3.5 10 <sup>4</sup>	< 3	< 3	110 000	0.97	26	0.22	58	-

Tableau III.1 :

RESULTATS DES MESURES HEBDOMADAIRES AU POINT DIGUE

Date	Temp. (°C)	Nb total fluo. ( /ml)	Nb total ZoBell ( /ml)	E. coli ( /100ml)	Strepto. f. ( /100ml)	Vibrions ( /litre)	Potentiel hétérotrophe				CHBr <sub>3</sub> (µg /l)
							Coeff. corr.	% Resp.	V <sub>m</sub> (µg / l.h)	B <sub>0</sub> (heure)	
Canal de prise											
1985											
26.11	06°1	1.3 10 <sup>5</sup>	1.8 10 <sup>4</sup>	23	23	9	1.00	-	0.02	158	< 0.2
1986											
10.03	02°7	8.1 10 <sup>4</sup>	1.7 10 <sup>4</sup>	23	23	43	1.00	13	0.03	128	< 0.2
21.04	07°5	5.3 10 <sup>5</sup>	3.3 10 <sup>4</sup>	21	< 3	23	0.95	29	0.13	83	< 0.2
19.06	16°4	6.7 10 <sup>5</sup>	5.9 10 <sup>4</sup>	4	< 3	460	0.98	26	0.84	5	0.9
Canal de rejet											
1985											
26.11	15°0	1.9 10 <sup>5</sup>	3.0 10 <sup>4</sup>	23	7	390	0.98	-	0.03	126	< 0.2
1986											
12.03	12°8	1.4 10 <sup>5</sup>	2.0 10 <sup>4</sup>	43	93	110	-	11	0.02	6	< 0.2
21.04	15°0	8.3 10 <sup>5</sup>	6.6 10 <sup>4</sup>	9	4	75	0.97	25	0.28	11	< 0.2
19.06	24°5	1.1 10 <sup>6</sup>	5.3 10 <sup>4</sup>	< 3	43	15 000	0.95	33	0.64	86	11.8

Tableau III.2 :

Points Prise d'eau et Rejet: mesures bimestrielles

## CANAL DE REJET

DATE	TEMP. eau °C	FLUO. /ml	ZoBell /ml	COLIF. totaux /100ml	E.COLI /100ml	STREPTO. fécaux /100ml	VIBRIONS algino /litre	COEFF. corré	% Resp.	Vm µg/lh	Bo heures	CHLORE mg/l
08.07.86	26°8	5.2 10 <sup>5</sup>	2.2 10 <sup>4</sup>	1100	460	460	460 000	0.97	21	1.06	64	<0.05
17.07.86	27°8	5.5 10 <sup>5</sup>	6.1 10 <sup>4</sup>	93	7	4	28 000	0.62	19	-2.43	78	<0.05
23.07.86	27°2	4.2 10 <sup>5</sup>	3.9 10 <sup>4</sup>	460	460	1100	240 000	0.96	15	0.89	60	<0.05
29.07.86	26°8	7.5 10 <sup>5</sup>	4.7 10 <sup>4</sup>	< 3	< 3	4	460 000	0.99	26	0.10	132	<0.05
05.08.86	25°2	4.9 10 <sup>5</sup>	1.8 10 <sup>4</sup>	< 3	< 3	7	240 000	0.92	32	0.11	178	<0.05
12.08.86	25°0	3.7 10 <sup>5</sup>	3.2 10 <sup>4</sup>	4	< 3	43	460 000	0.82	41	1.18	35	<0.05
19.08.86	25°2	1.8 10 <sup>5</sup>	3.8 10 <sup>4</sup>	9	9	7	110 000	0.93	28	0.29	95	0.05
26.08.86	24°6	1.4 10 <sup>5</sup>	1.9 10 <sup>4</sup>	4	4	7	46 000	0.95	21	0.09	119	<0.05
02.09.86	23°3	2.9 10 <sup>5</sup>	9.0 10 <sup>3</sup>	23	< 3	6	46 000	0.60	59	0.09	898	0.08
09.09.86	23°2	2.5 10 <sup>5</sup>	7.4 10 <sup>3</sup>	< 3	< 3	< 3	150 000	0.95	15	0.05	475	0.07
16.09.86	24°4	4.4 10 <sup>5</sup>	8.7 10 <sup>3</sup>	4	< 3	21	460 000	0.99	15	0.10	133	<0.05
20.09.86	24°8	5.7 10 <sup>5</sup>	2.9 10 <sup>3</sup>	< 3	< 3	< 3	11 000	0.95	18	0.51	459	0.06
30.09.86	24°4	3.7 10 <sup>5</sup>	8.1 10 <sup>3</sup>	3	3	43	46 000	0.92	19	0.13	482	<0.05
07.10.86	24°4	5.6 10 <sup>5</sup>	9.0 10 <sup>3</sup>	4	4	4	240 000	0.89	22	0.59	238	<0.05
14.10.86	23°2	6.4 10 <sup>5</sup>	8.6 10 <sup>3</sup>	9	< 3	4	24 000	0.90	27	0.14	464	<0.05
21.10.86	21°5	3.4 10 <sup>5</sup>	2.1 10 <sup>3</sup>	23	< 3	43	24 000	1.00	14	0.08	177	<0.05
27.10.86	19°9	4.3 10 <sup>5</sup>	4.5 10 <sup>3</sup>	15	< 3	4	2400	0.96	17	0.02	675	<0.05
04.11.86	18°3	5.4 10 <sup>5</sup>	1.6 10 <sup>4</sup>	4	< 3	43	24 000	0.86	16	0.03	553	<0.05
10.11.86	19°0	3.8 10 <sup>5</sup>	9.0 10 <sup>3</sup>	< 3	< 3	23	23	0.94	29	0.01	1351	0.08
17.11.86	19°4	3.5 10 <sup>5</sup>	4.5 10 <sup>3</sup>	< 3	< 3	23	3	-	-	-	-	0.08
24.11.86	20°8	3.4 10 <sup>5</sup>	5.0 10 <sup>3</sup>	4	< 3	43	110	0.26	11	0.03	2217	<0.05
01.12.86	21°1	3.2 10 <sup>5</sup>	1.8 10 <sup>3</sup>	4	< 3	9	7	0.71	-	0	10 000	<0.05
08.12.86	20°3	2.8 10 <sup>5</sup>	2.0 10 <sup>3</sup>	< 3	< 3	4	23	0.84	-	0	10 000	0.13
16.12.86	18°8	3.1 10 <sup>5</sup>	9.8 10 <sup>3</sup>	14	3	75	93	0.96	15	0.05	373	<0.05
22.12.86	16°4	3.7 10 <sup>5</sup>	1.0 10 <sup>4</sup>	23	23	7	460	0.73	20	0.18	177	<0.05
29.12.86	17°0	3.8 10 <sup>5</sup>	1.7 10 <sup>4</sup>	93	93	43	1100					<0.05

## CANAL DE PRISE

DATE	TEMP. eau °C	FLUO. /ml	ZoBell /ml	COLIF. totaux /100ml	E.COLI /100ml	STREPTO. fécaux /100ml	VIBRIONS algino /litre	COEFF. corré	% Resp.	Vm µg/lh	Bo heures	CHLORE mg/l
08.07.86	18°6	3.8 10 <sup>5</sup>	9.0 10 <sup>3</sup>	4	4	< 3	240	0.98	21	0.16	116	
17.07.86	19°0	3.8 10 <sup>5</sup>	2.0 10 <sup>4</sup>	9	9	< 3	28	1.00	23	0.75	7	
23.07.86	19°6	2.8 10 <sup>5</sup>	2.4 10 <sup>4</sup>	< 3	< 3	< 3	24 000	1.00	19	0.44	11	
29.07.86	19°0	3.5 10 <sup>5</sup>	2.2 10 <sup>4</sup>	4	4	< 3	1100	0.89	27	0.35	32	
05.08.86	18°0	7.2 10 <sup>5</sup>	9.0 10 <sup>3</sup>	9	9	< 3	240	0.95	23	0.45	23	
12.08.86	18°2	6.0 10 <sup>5</sup>	1.1.10 <sup>4</sup>	23	23	15	460	0.87	28	0.15	33	
19.08.86	18°0	2.3 10 <sup>5</sup>	1.2 10 <sup>4</sup>	7	4	4	150	0.83	26	0.30	8	
26.08.86	17°6	3.1 10 <sup>5</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>	9	9	< 3	93	0.79	20	0.16	28	
02.09.86	16°4	3.3 10 <sup>5</sup>	9.3 10 <sup>3</sup>	9	4	4	240	0.90	14	0.21	29	
09.09.86	16°8	5.2 10 <sup>5</sup>	8.8 10 <sup>3</sup>	7	< 3	3	460	0.97	25	0.17	64	
16.09.86	14°4	6.7 10 <sup>5</sup>	8.8 10 <sup>3</sup>	460	460	7	2400	1.00	18	0.14	21	
20.09.86	13°7	7.8 10 <sup>5</sup>	7.8 10 <sup>3</sup>	93	43	< 3	35	1.00	21	0.25	24	
30.09.86	15°8	6.2 10 <sup>5</sup>	7.0 10 <sup>3</sup>	7	7	4	2400	0.97	25	0.22	49	
07.10.86	15°8	7.3 10 <sup>5</sup>	9.0 10 <sup>3</sup>	4	< 3	9	150	0.97	28	0.34	13	
14.10.86	15°6	8.7 10 <sup>5</sup>	5.5 10 <sup>3</sup>	< 3	< 3	< 3	200	0.96	3	0.19	8	
21.10.86	14°1	5.2 10 <sup>5</sup>	1.7 10 <sup>4</sup>	93	9	4	1100	0.92	18	0.19	46	
27.10.86	13°0	4.7 10 <sup>5</sup>	1.3 10 <sup>4</sup>	240	93	< 3	280	0.94	21	0.31	160	
04.11.86	12°2	6.1 10 <sup>5</sup>	5.1 10 <sup>4</sup>	93	23	43	2400	0.99	20	0.09	28	
10.11.86	12°0	3.7 10 <sup>5</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>	93	< 3	< 3	150	0.93	19	0.07	112	
17.11.86	11°8	3.6 10 <sup>5</sup>	3.1 10 <sup>4</sup>	23	9	4	240	0.88	75	0.06	369	
24.11.86	11°0	6.0 10 <sup>5</sup>	2.2 10 <sup>4</sup>	240	93	43	2100	0.93	18	0.07	250	
01.12.86	10°0	3.7 10 <sup>5</sup>	2.9 10 <sup>4</sup>	43	43	4	93	0.97	17	0.02	101	
08.12.86	10°4	3.3 10 <sup>5</sup>	2.9 10 <sup>4</sup>	240	9	9	1100	0.98	7	0.05	211	
16.12.86	08°8	2.7 10 <sup>5</sup>	1.3 10 <sup>4</sup>	39	39	43	23	0.97	18	0.08	187	
22.12.86	08°1	3.4 10 <sup>5</sup>	2.0 10 <sup>4</sup>	64	15	23	15	0.86	8	0.14	190	
29.12.86	08°9	3.5 10 <sup>5</sup>	1.9 10 <sup>4</sup>	93	43	23	43	0.87	6	0.03	222	

Tableau III.3: Points Prise d'eau et Canal de Rejet: mesures hebdomadaires

Date	$\text{CCl}_2 = \text{CH}_2$ $\mu\text{g/l}$	$\text{CHCl}_3$ $\mu\text{g/l}$	$\text{CCl}_4$ $\mu\text{g/l}$	$\text{CHCl}_2\text{Br}$ $\mu\text{g/l}$	$\text{CHClBr}_2$ $\mu\text{g/l}$	$\text{C}_2\text{Cl}_4$ $\mu\text{g/l}$	$\text{CHBr}_3$ $\mu\text{g/l}$
<b>Prise d'eau</b>							
08.07.86	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.03	< 0.05	< 0.05	1.2
17.07.86	"	"	"	"	"	"	0.8
23.07.86	"	"	"	"	"	"	0.4
29.07.86	"	"	"	"	"	"	1.2
05.08.86	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.03	< 0.05	< 0.05	1.2
12.08.86	"	"	"	"	"	"	0.5
19.08.86	"	"	"	"	"	"	0.6
26.08.86	"	"	"	"	"	"	0.6
02.09.86	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.03	< 0.05	< 0.05	< 0.2
09.09.86	"	"	"	"	"	"	0.4
16.09.86	"	"	"	"	"	"	< 0.2
20.09.86	"	"	"	"	"	"	"
30.09.86	"	"	"	"	"	"	1.5
07.10.86	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.03	< 0.05	< 0.05	0.2
14.10.86	"	"	"	"	"	"	0.3
21.10.86	"	"	"	"	"	"	0.9
27.10.86	"	"	"	"	"	"	0.2
04.11.86	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.03	< 0.05	< 0.05	< 0.2
10.11.86	"	"	"	"	"	"	0.6
17.11.86	"	"	"	"	"	"	1.1
24.11.86	"	"	"	"	"	"	1.0
01.12.86	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.03	< 0.05	0.05	0.5
08.12.86	"	"	"	"	"	< 0.05	0.5
16.12.86	"	"	"	"	"	"	0.4
22.12.86	"	"	"	"	"	"	< 0.2
29.12.86	"	"	"	"	"	"	"
<b>Canal de rejet</b>							
08.07.86	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.03	0.78	< 0.05	26.1
17.07.86	"	"	"	"	0.44	"	19.7
23.07.86	"	"	"	"	0.67	"	20.9
29.07.86	"	"	"	"	0.67	"	19.3
05.08.86	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.03	1.00	< 0.05	37.9
12.08.86	"	"	"	"	0.34	"	14.6
19.08.86	"	"	"	"	0.47	"	15.6
26.08.86	"	"	"	"	0.22	"	09.1
02.09.86	-	-	-	-	-	-	-
09.09.86	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.03	0.31	< 0.05	10.4
16.09.86	"	"	"	"	< 0.05	"	0.5
20.09.86	"	"	"	"	0.09	"	02.8
30.09.86	"	"	"	0.10	0.62	"	19.7
07.10.86	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.03	0.34	< 0.05	10.4
14.10.86	"	"	"	0.08	0.43	"	15.6
21.10.86	"	"	"	< 0.03	0.25	"	07.8
27.10.86	"	"	"	"	< 0.05	"	< 0.2
04.11.86	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.03	0.19	< 0.05	05.5
10.11.86	"	"	"	"	0.12	"	03.6
17.11.86	"	"	"	"	0.12	"	05.5
24.11.86	"	"	"	"	0.09	"	02.3
01.12.86	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.03	0.28	< 0.05	08.5
08.12.86	"	"	"	"	0.31	"	06.8
16.12.86	"	"	"	"	0.06	"	03.0
22.12.86	"	"	"	"	< 0.05	"	00.9
29.12.86	"	"	"	"	"	"	< 0.2

Tableau III.4 : Dosage des haloformes volatils à la Prise d'eau et au canal de rejet





CHAPITRE IV

PHYTOPLANCTON - PRODUCTION PRIMAIRE

Hubert GROSSEL



### TENEURS EN CHLOROPHYLLE - VARIATIONS SAISONNIERES (fig. IV.1).

La première campagne (13 avril 1986) a lieu alors que le "printemps phytoplanctonique" est nettement engagé (la teneur moyenne en chlorophylle a, toutes stations confondues, est voisine de 11 mg/m<sup>3</sup>). Le pic printanier est observé le 24 avril, avec une teneur moyenne en chlorophylle proche de 40 mg/m<sup>3</sup> (des teneurs supérieures à 100 mg/m<sup>3</sup> sont enregistrées au point Médian - 5 m). Une diminution des teneurs fin mai (moyenne # 7 mg/m<sup>3</sup>) est suivie par une reprise en juin (# 8 mg/m<sup>3</sup>, le 18 juin). La campagne du 20 septembre révèle des teneurs plus faibles, témoignant du retour de l'automne.

Comparée aux années antérieures, 1986 semble avoir été très productive.

### ESPECES PHYTOPLANCTONIQUES.

Le 13 avril, la population est bien diversifiée (figure IV.5 de l'évolution de l'indice de diversité spécifique). Des espèces printanières dominent : ce sont Skeletonema costatum (fig. IV.2), Chaetoceros spp., Rhizosolenia delicatula (fig. IV.3) et surtout Asterionella japonica (fig. IV.2). Cette population a nettement évolué le 24 avril, pic annuel observé des teneurs en chlorophylle, avec le partage de la masse d'eau entre deux espèces dominantes : R. delicatula et le nanoflagellé Phaeocystis qui marque sa présence en cette seule occasion. La diversité spécifique exprime cette domination par une baisse sensible (fig. IV.5). Cet indice exprime de façon encore plus sensible une tendance à la monospécificité lors des deux campagnes de mai. C'est Rhizosolenia delicatula qui, colonisant quasiment la masse d'eau en mai, marque donc par sa présence et son abondance tout le printemps 1986.

La campagne du 18 juin est l'occasion d'observer le début du bloom estival, remarquable par l'arrivée des Rhizosolenia stolterfothii, qui dominent une population encore peu diversifiée. Le retour des espèces automnales induit une augmentation de la diversité (Sh = 3.42 valeur la plus élevée du cycle d'étude). Chaetoceros sociale (fig. IV.4), Leptocylindrus minimus et Nitzschia seriata (fig. IV.4) en sont les espèces les plus remarquables, enregistrées le 20 septembre.

Pendant le cycle étudié, les Péridiniens (fig. IV.2) ont montré leur période d'abondance en juin (15 % au point Large en surface avec 39 /cm<sup>3</sup>, moins de 10 % à toutes les autres stations).

### IMPACT DU TRANSIT SUR LA BIOMASSE ET SUR LA PRODUCTION PRIMAIRE.

Les données de fonctionnement de la centrale au moment des prélèvements permettent, par un simple calcul, d'estimer l'échauffement théorique de la masse d'eau lors du transit.

La relation :  $\Delta t = 0.48 P/D$

dans laquelle  $\Delta t$  = échauffement lié au transit (°C).

P = puissance électrique nette de la centrale, toutes tranches confondues (MW)

D = débit = nombre de pompes x 20 m<sup>3</sup>/sec.

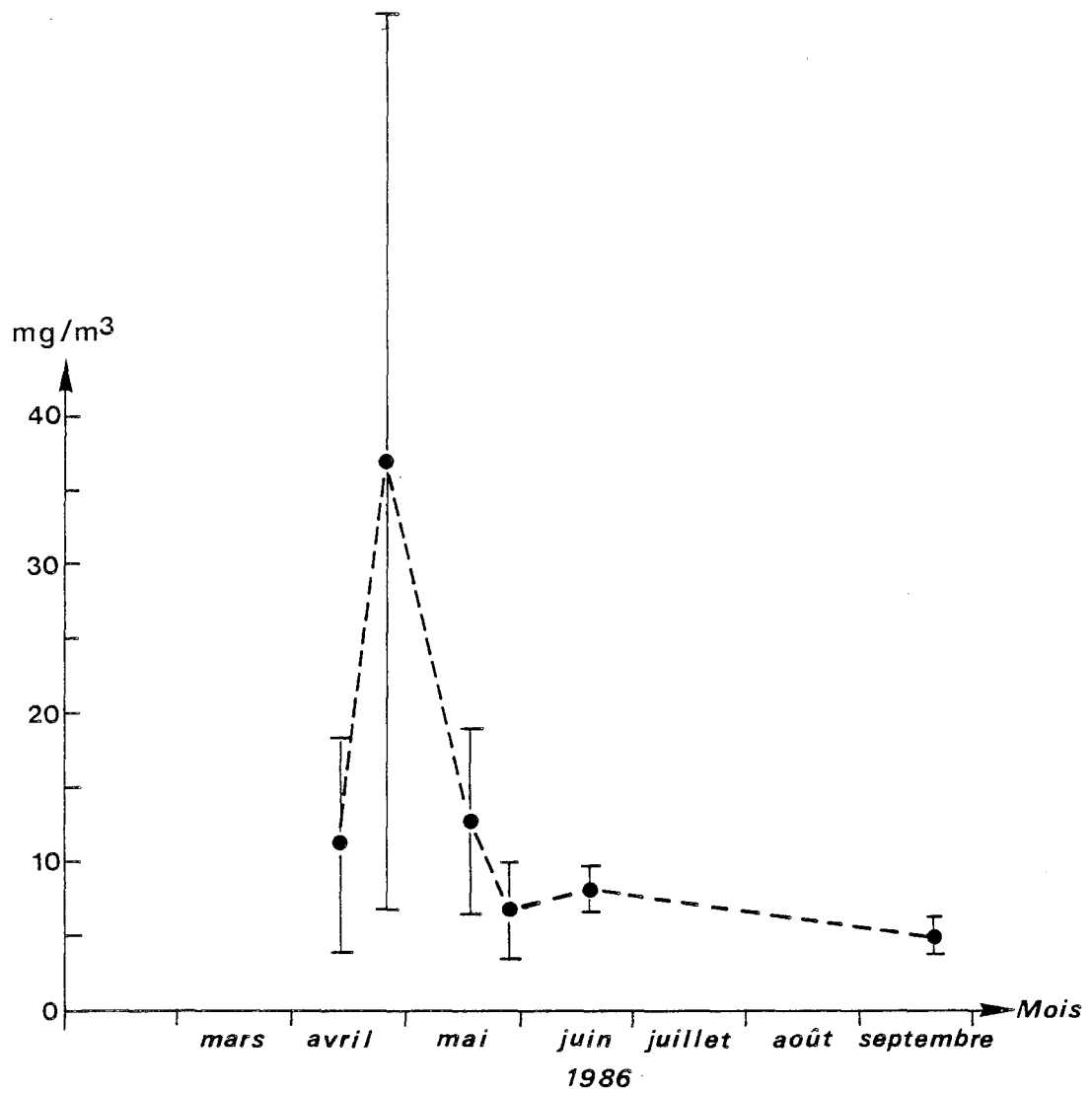


Fig.IV-1-:Teneurs moyennes en CHLOROPHYLLE  
sur l'ensemble du site etudie (et ecart-types)

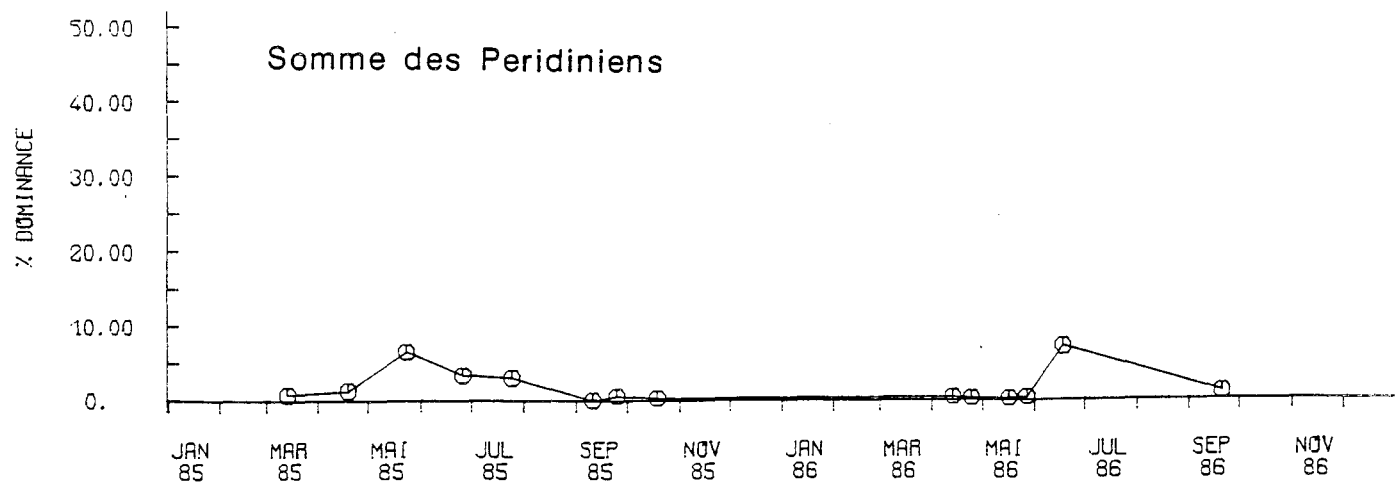
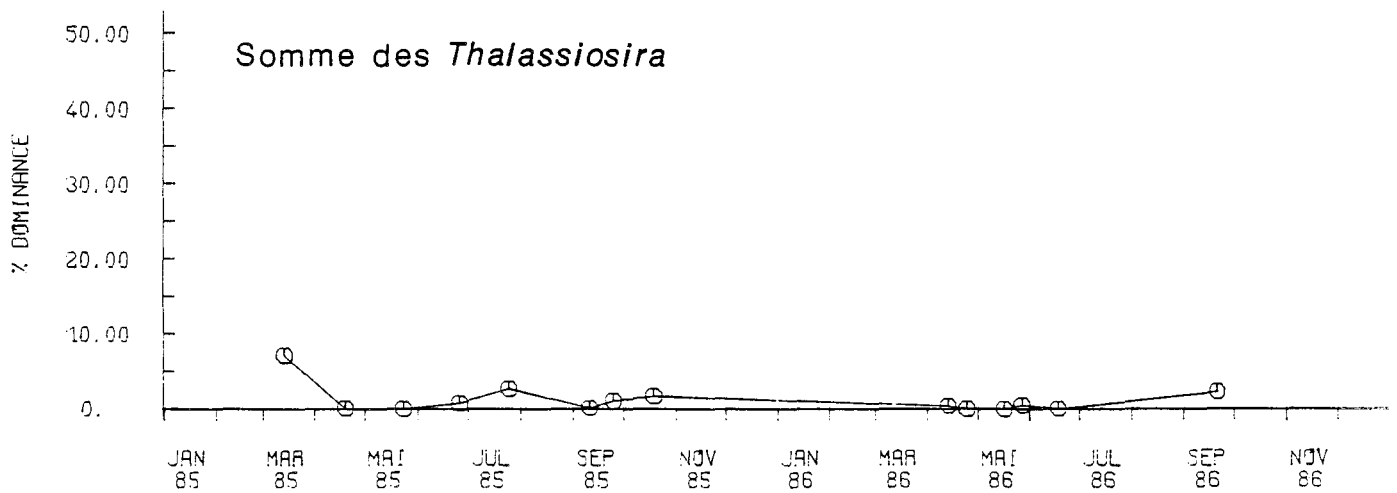
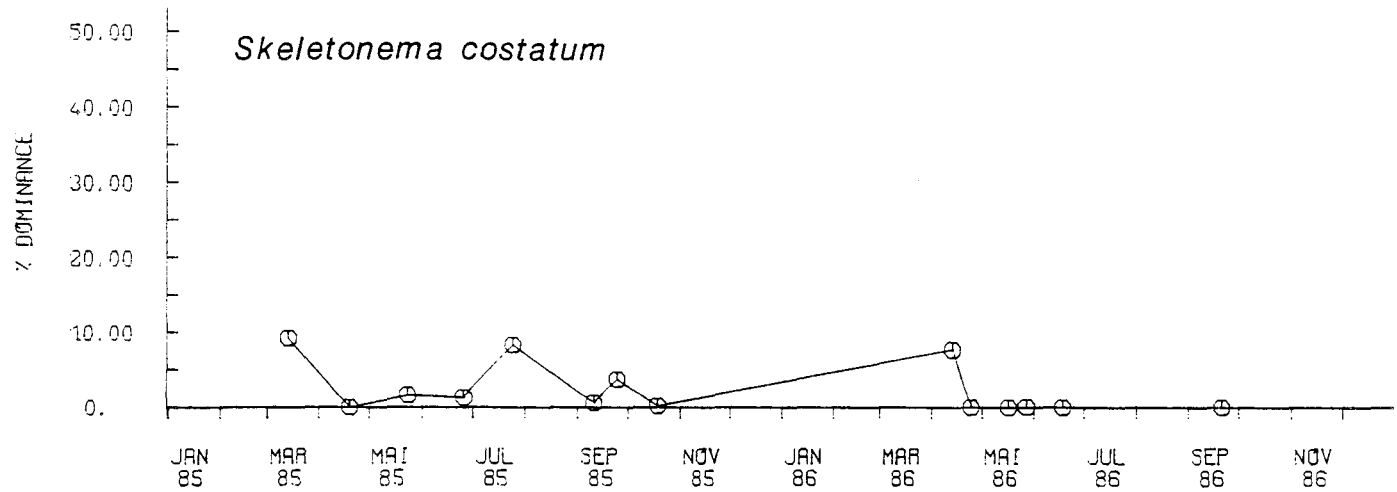
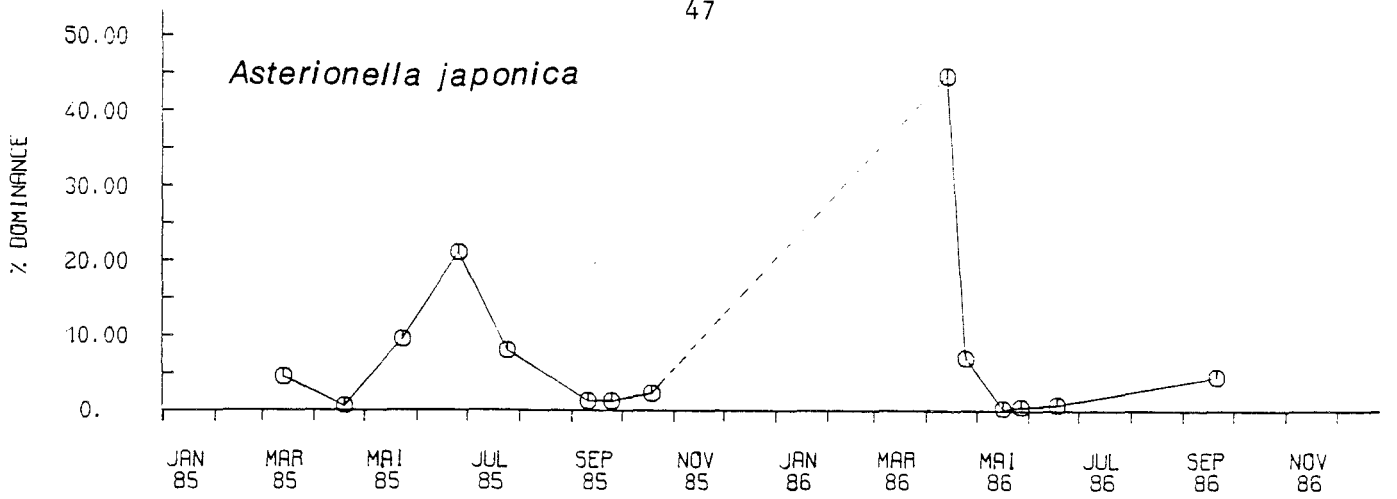


Fig.IV-2-: Successions phytoplanctoniques (pourcentage d'abondance)

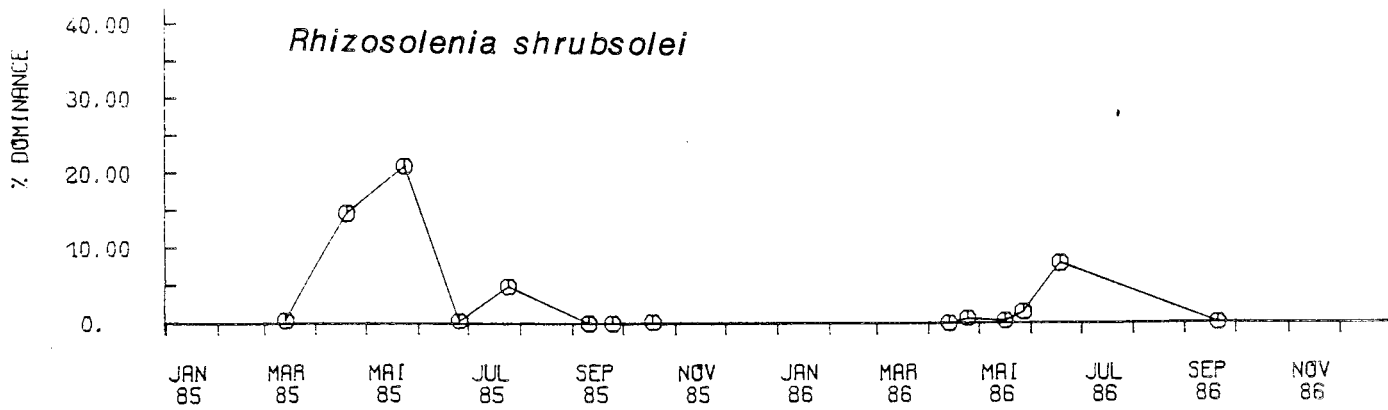
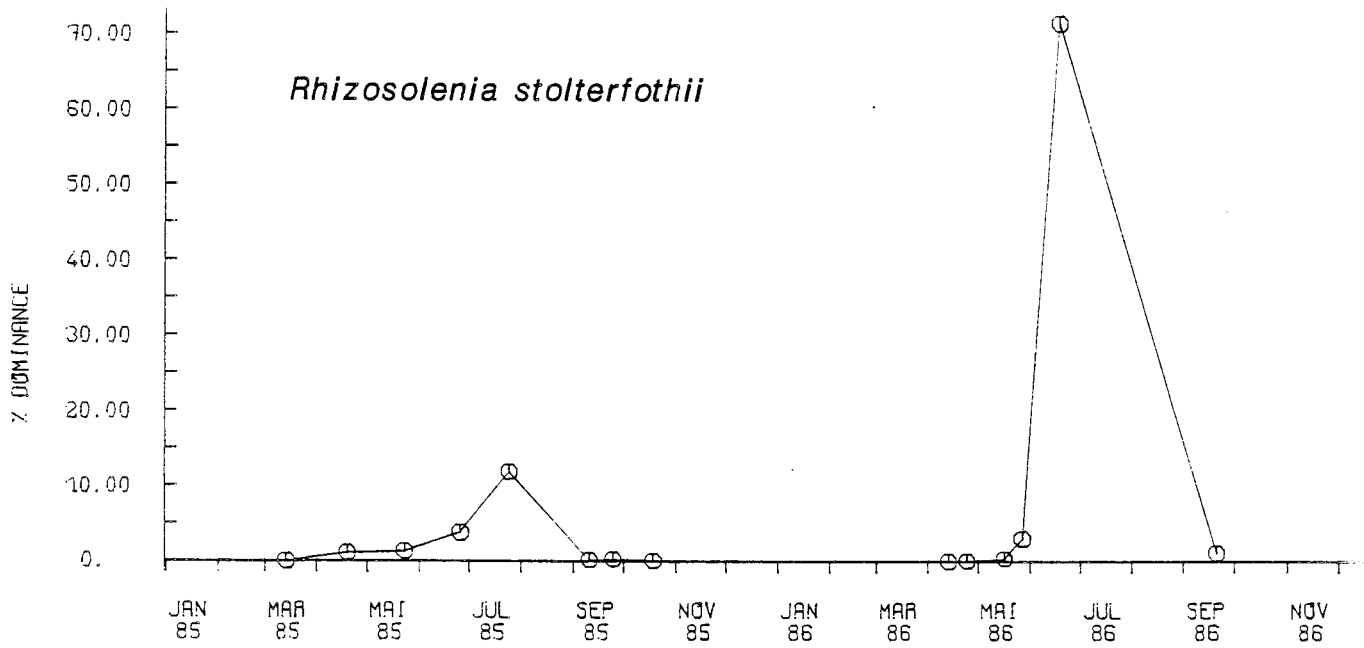
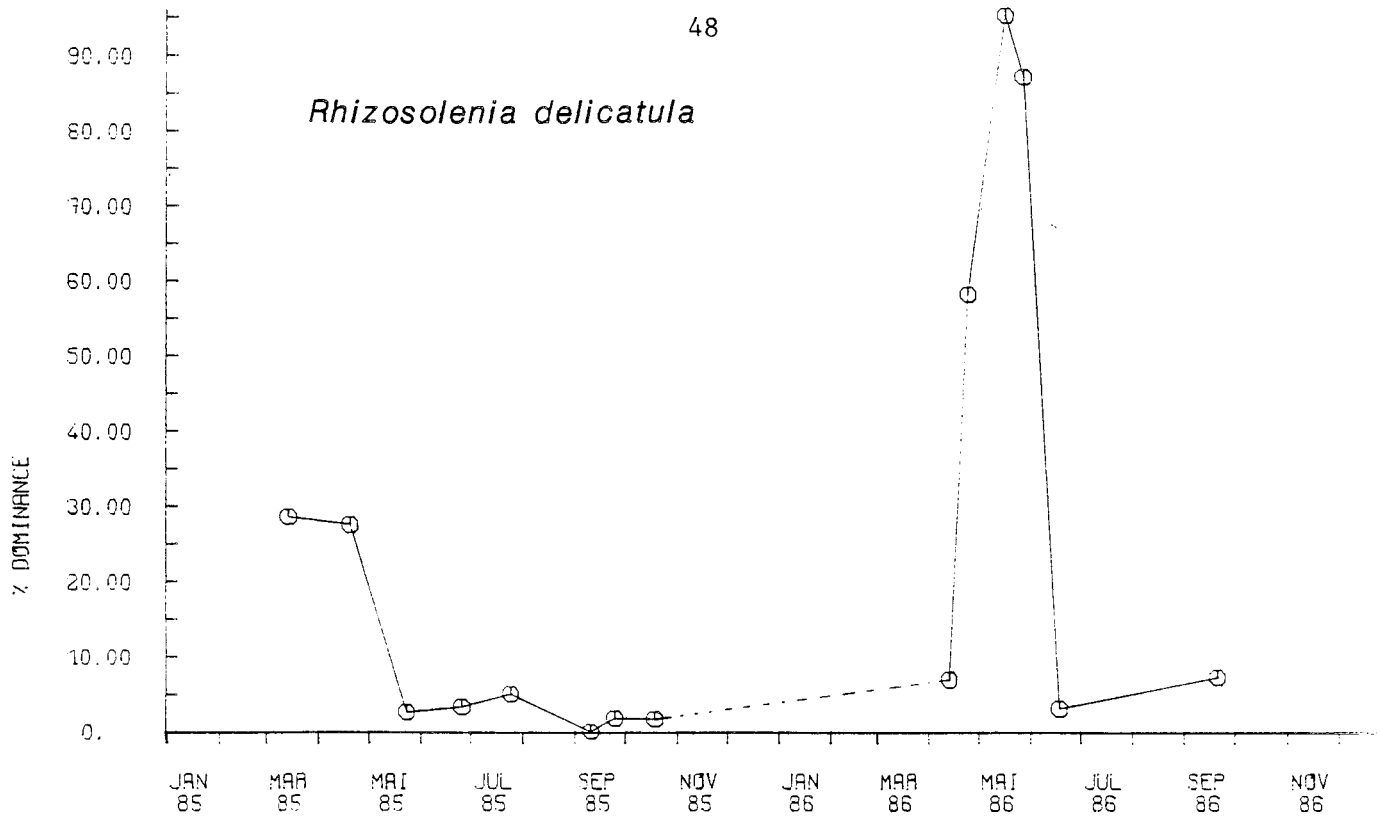


Fig.IV-3-: Succession des especes du genre *Rhizosolenia* (pourcentage d'abondance)

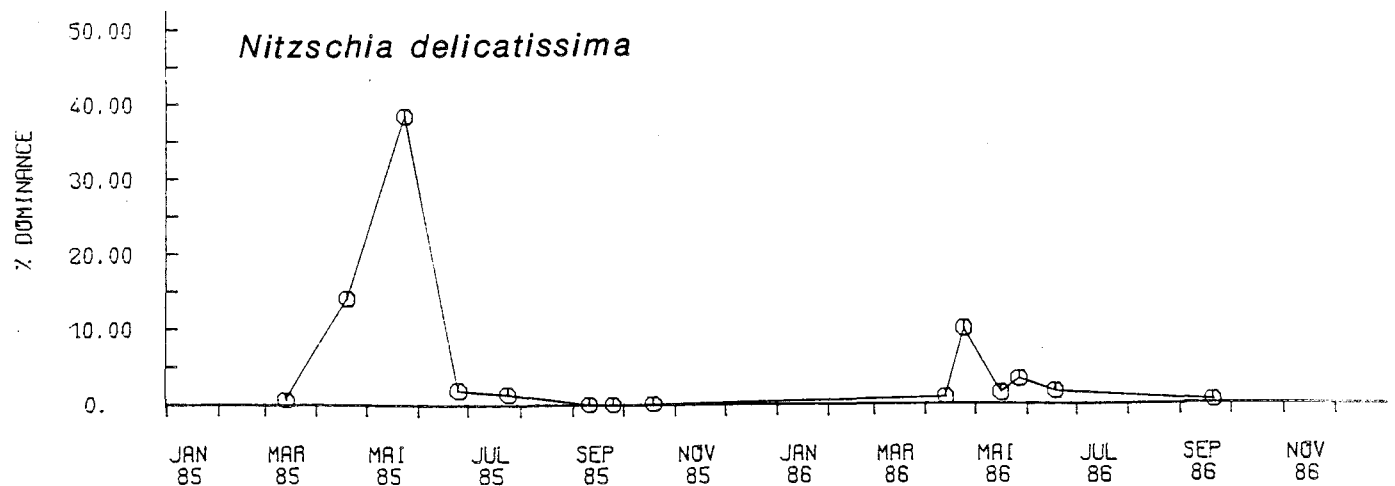
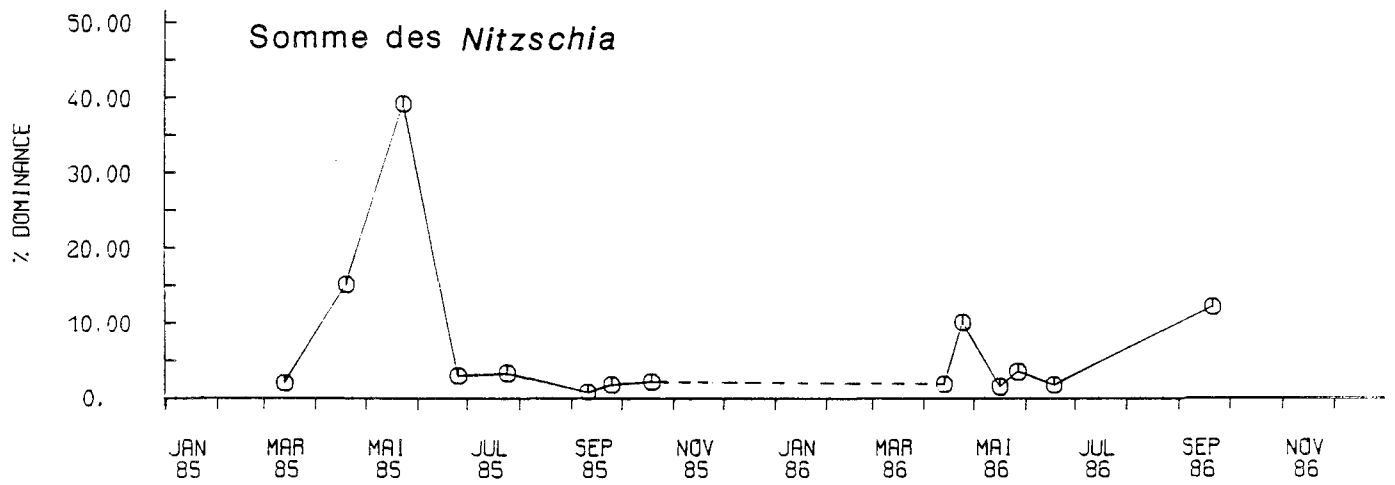
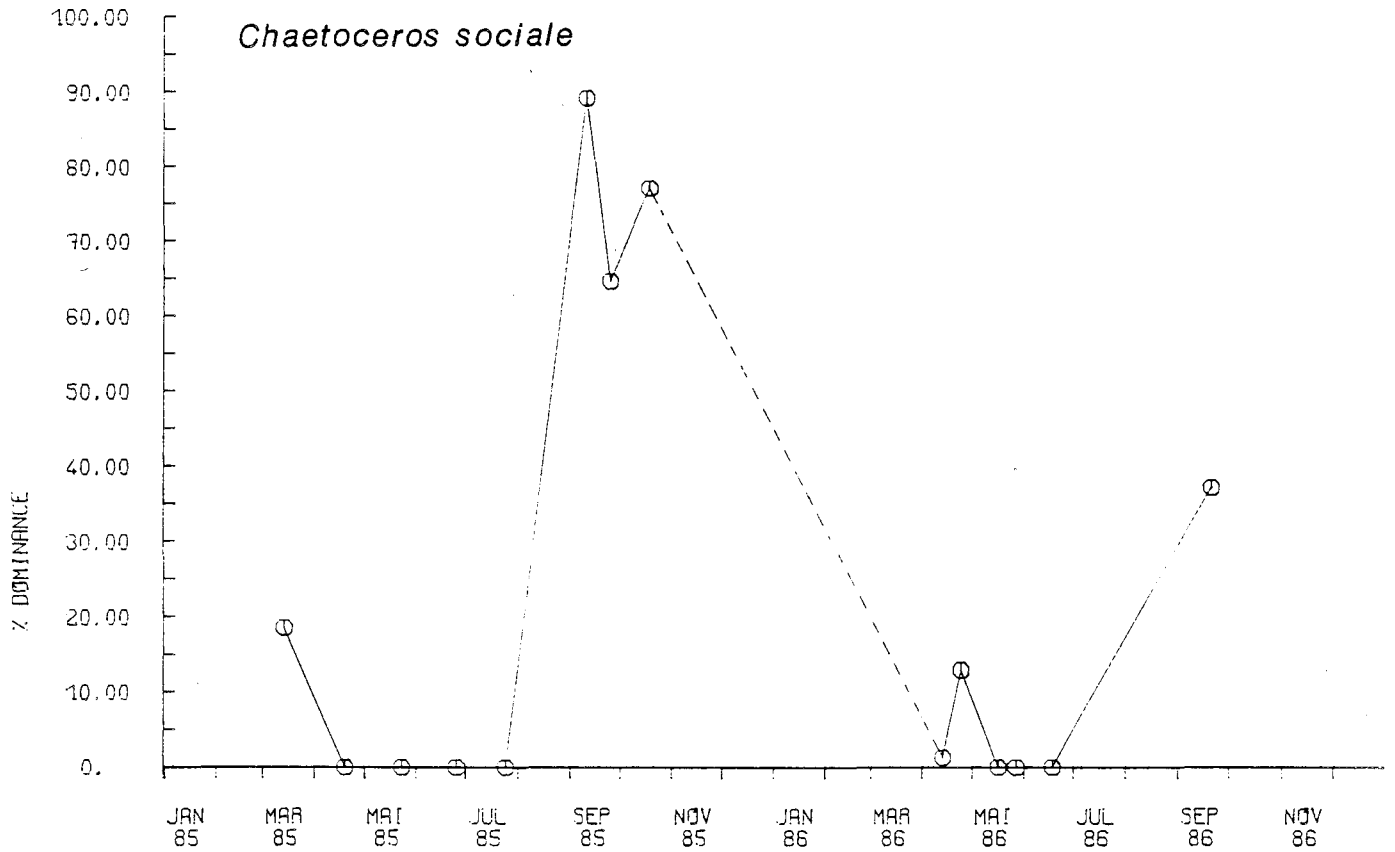


Fig.IV-4--: Successions phytoplanctoniques

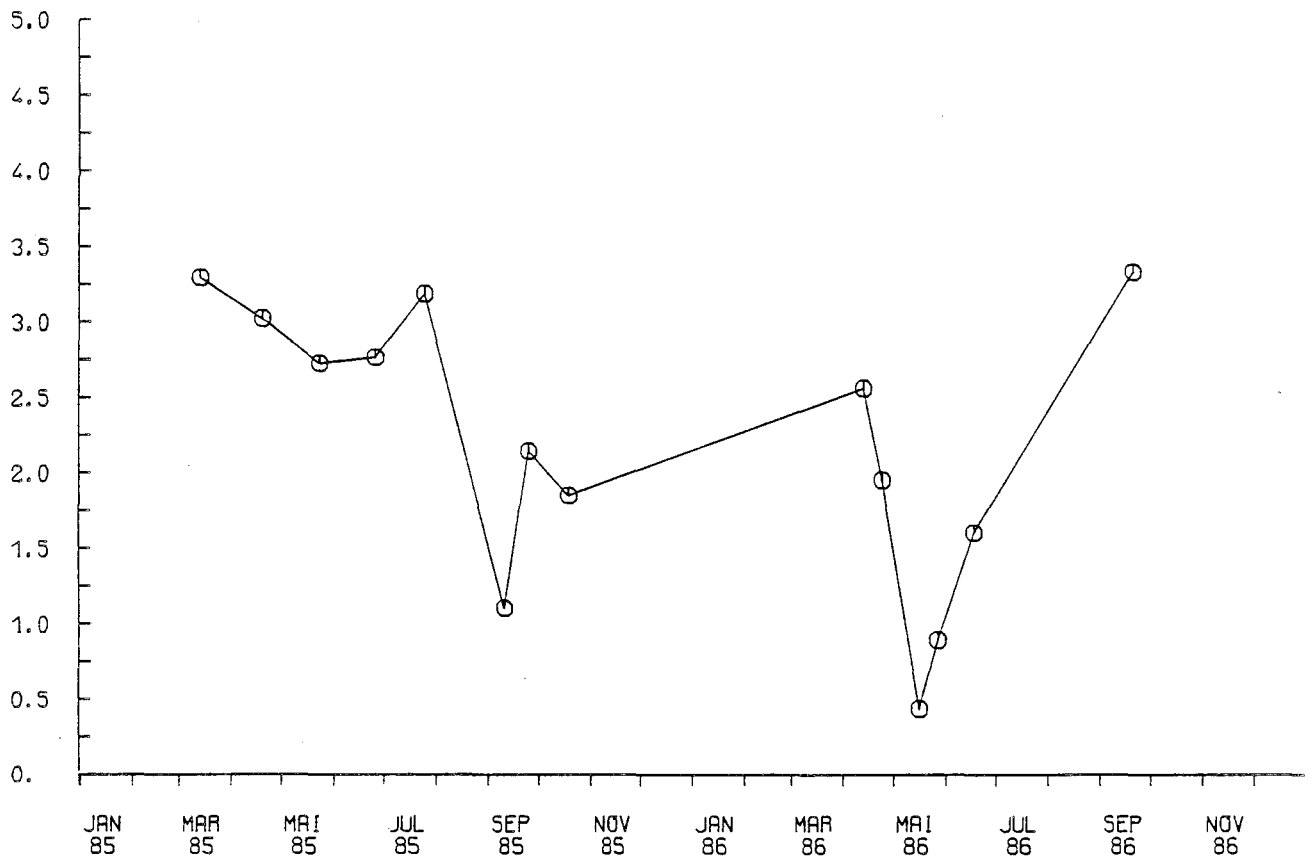


Fig.IV.-5--: Indice de diversite de SHANNON  
(somme du microplancton)



fournit l'échauffement et, à partir de là, permet d'estimer un pourcentage de dilution théorique, lors des prélèvements, de l'eau du rejet par l'eau du site récepteur. Le tableau IV.1 résume ces données.

Le tableau IV.2 rassemble les valeurs de biomasses chlorophylliennes, ainsi que les résultats des mesures de productivité primaire (par incubation sous lumière artificielle en présence de bicarbonate marqué), et les indices de productivité cellulaire mesurés (rapport P/B).

Ces résultats de biomasses et de productivité sont respectivement illustrés par les figures IV.6 et IV.7.

### 1. Biomasse chlorophyllienne (fig. IV.6).

Exceptées les teneurs enregistrées au point Médian le 27 mai, on constate un gradient surface-fond croissant des teneurs en chlorophylle. A deux reprises, une légère stratification enregistrée au point de référence (Large), le 16 mai et le 27 mai, pourrait laisser penser au caractère naturel de ces gradients verticaux, mais leur ampleur est très inférieure à ce qui est observé à proximité du rejet. Ce gradient vertical est un indice de l'impact du transit, ce qui a déjà été établi par les études antérieures. Mais la rupture de ce gradient sous l'effet de l'agitation de la mer (fonction des conditions météorologiques) cache cet effet de l'impact (ex : campagne du 16 mai, point Côtier). L'appréciation d'une référence, considérée comme une valeur susceptible d'être la plus proche de celles potentiellement présentes sur le site côtier "non impacté", permet une estimation de l'impact au niveau du rejet. Ainsi, on observe :

- le 13 avril, un déficit en biomasse de - 68 %
- le 24 avril, un déficit en biomasse de - 76 %
- le 16 mai, un déficit en biomasse de - 74 %
- le 27 mai, un déficit en biomasse de - 84 %
- le 18 juin, un déficit en biomasse de - 37 %
- le 20 septembre, un déficit en biomasse de - 47 %.

Ce qui donne un déficit moyen en biomasse estimé, au rejet par rapport au site, à 64 %.

### 2. Production primaire.

En se basant sur le même principe, on peut estimer, pour les trois campagnes concernées :

- le 16 mai, un déficit en production de - 93 %
- le 27 mai, un déficit en production de - 98 %
- le 20 septembre, un déficit en production de - 97 %.

Ce qui donne un déficit moyen en production de - 96 % au rejet par rapport au site.

### 3. Impact sur la productivité des cellules présentes.

Illustré par la figure IV.7, le rapport Production/Biomasse permet d'apprécier cette productivité. Au rejet, la baisse de cet indice atteint :

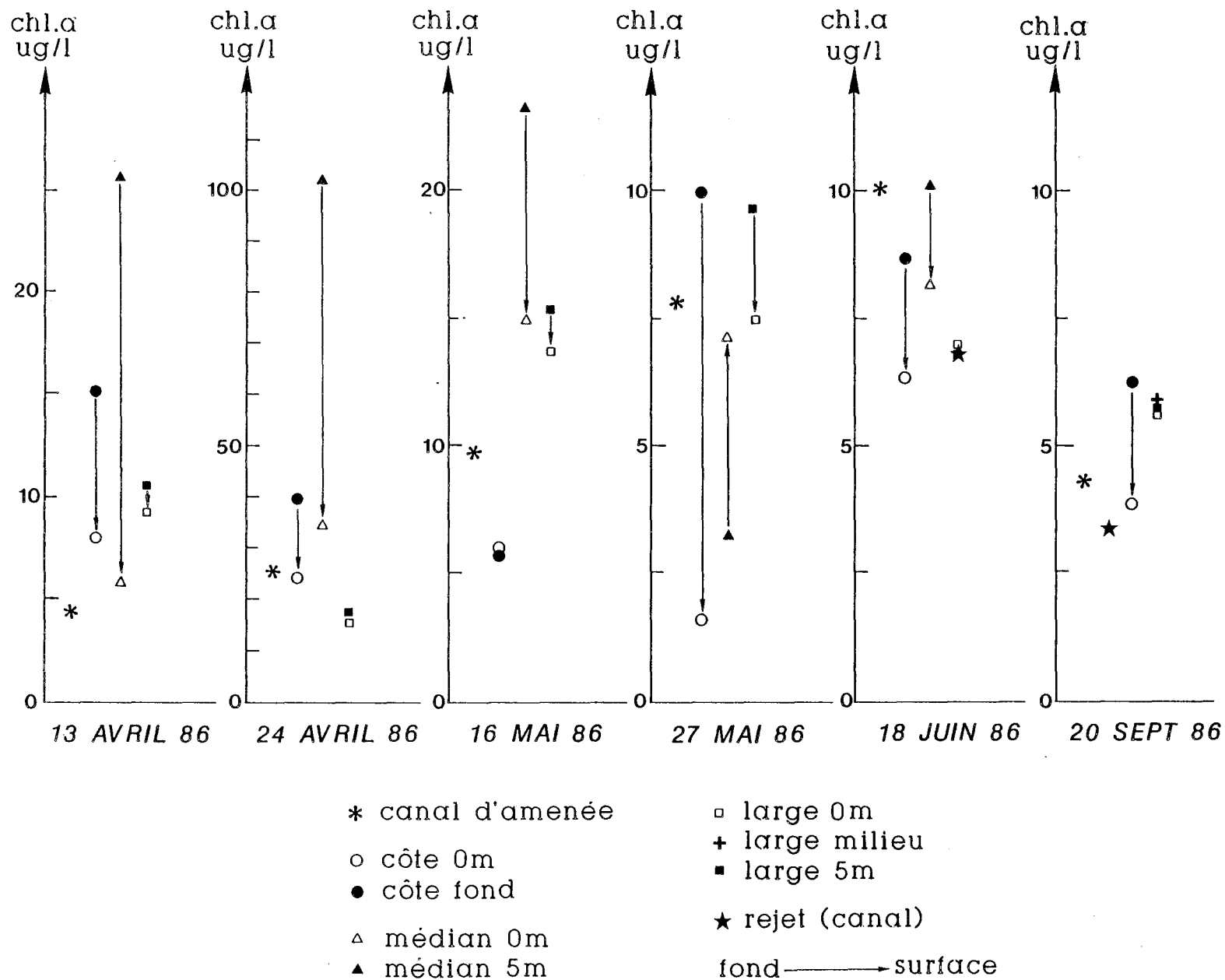


Fig.IV-6--:Teneurs en CHLOROPHYLLE aux stations -gradients verticaux-

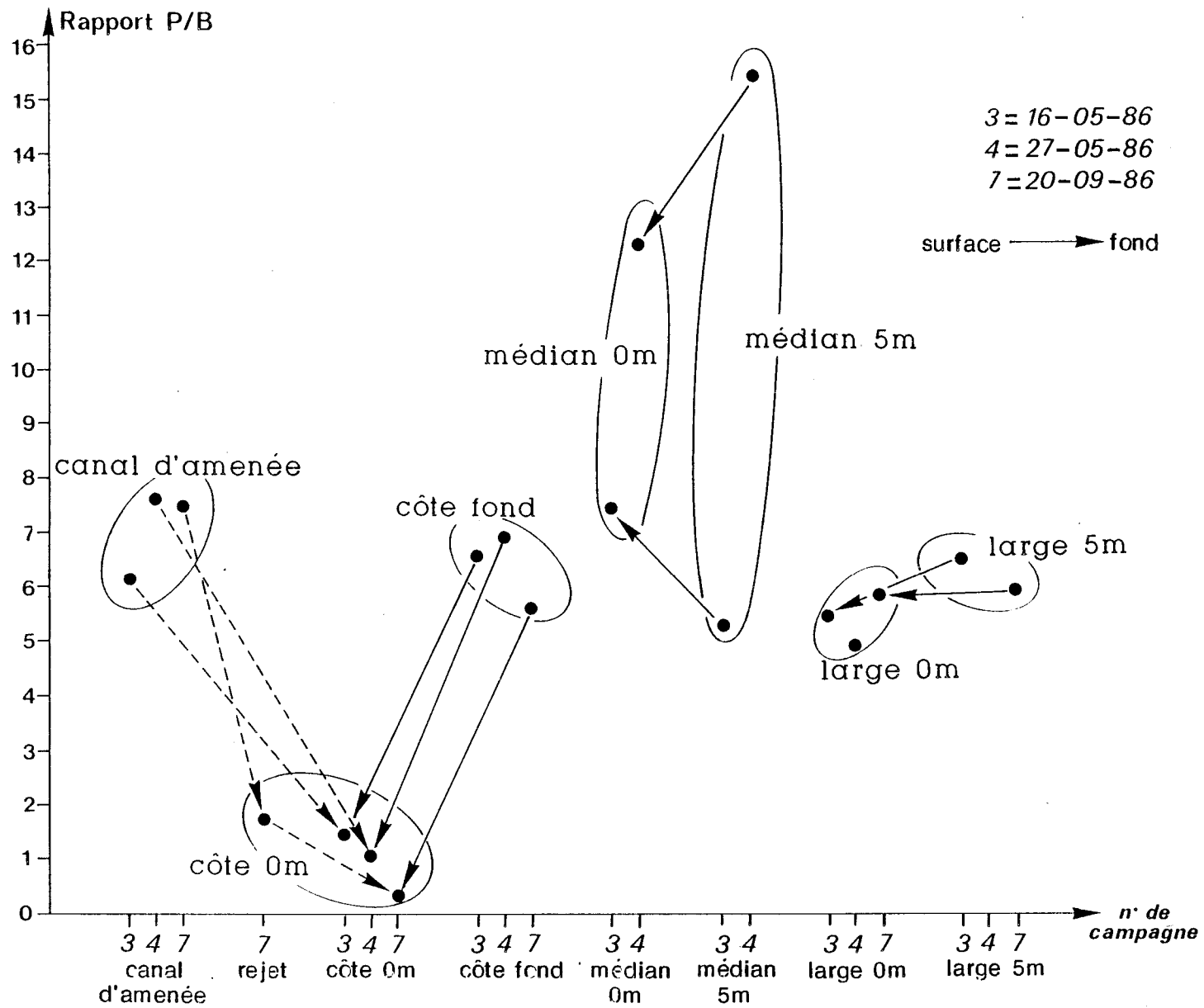


Fig.IV-7-: Rapport PRODUCTION/BIOMASSE

- 76 % par rapport au site le 16 mai,
- 89 % par rapport au site le 27 mai,
- 96 % (contrôle 0 m) et - 73 % (canal de rejet) par rapport au site, le 20 septembre.

Ce qui représente une chute très significative (- 84 % en moyenne de la productivité estimée dans le proche rejet.

Mais la figure met aussi en évidence, comme on l'avait déjà noté en 1985, une augmentation du rapport P/B lorsque l'on est plus loin dans le rejet (point Médian en surface) :

- par rapport au site, le P/B augmente de + 27 % le 16 mai,
- par rapport au site, le P/B augmente de + 32 % le 27 mai.

Ce qui tend à montrer la possibilité de récupération cellulaire pour les cellules issues du transit, ou bien l'existence de bonnes conditions de productivité pour les cellules issues du site entrant dans le mélange au fur et à mesure de l'éloignement du rejet.

#### CONCLUSION.

L'année 1986 semble avoir été une année productive pour le compartiment phytoplanctonique. Sur la zone étudiée, des teneurs records en chlorophylle ont été enregistrées ( $> 100 \text{ mg/m}^3$ ) en avril. Le printemps a été très nettement dominé par l'espèce Rhizosolenia delicatula, Phaeocystis n'ayant été recensée qu'en une seule occasion (24 avril).

Les résultats 1986 confirment les observations antérieures concernant l'impact du transit, à savoir :

- une chute très importante de la biomasse chlorophyllienne au rejet de la centrale, ainsi que de sa production globale.
- l'influence remarquable de la stratification thermique verticale par beau temps, sur l'appréciation de l'impact.
- la possibilité d'indice soit de "récupération cellulaire" pour les cellules ayant transité, soit de bonnes conditions de productivité pour les cellules issues du site entrant dans le mélange au fur et à mesure de l'éloignement du rejet.

Tableau IV.1.

Dilution théorique des eaux du rejet par les eaux du site.

Dates	Stations	Température observée °C	Température théorique du rejet du canal + $\Delta t$ °C	Dilution théorique du prélèvement %
13.04.86	Canal d'amenée	5.5	15.3	
	Côte 0 m	10.65		
	fond	5.56		
	Médian 0 m	10.86		
	5 m	5.83		
	Large 0 m	5.47		
5 m	5.46			
24.04.86	Canal d'amenée	7.7	17.5	
	Côte 0 m	17.66		
	fond	7.58		
	Médian 0 m	10.98		
	5 m	7.85		
	Large 0 m	7.11		
5 m	7.06			
16.05.86	Canal d'amenée	12.2	21.0	
	Côte 0 m	16.98		
	fond	14.94		
	Médian 0 m	12.71		
	5 m	10.48		
	Large 0 m	10.16		
5 m	10.17			
27.05.86	Canal d'amenée	13.1	21.3	
	Côte 0 m	16.95		
	fond	17.06		
	Médian 0 m	15.00		
	5 m	13.98		
	Large 0 m	12.39		
5 m	12.79			
18.06.86	Canal d'amenée	15.2	24.3	
	Côte 0 m	23.76		
	fond	21.46		
	Médian 0 m	18.38		
	5 m	15.58		
	Large 0 m	14.84		
5 m	14.82			
20.09.86	Canal d'amenée	13.7	24.1	
	Canal de rejet	24.8		
	Contrôle 0 m	25.59		
	fond	15.28		
	Référence 0 m	14.99		
	milieu	14.98		
fond	14.98			

Tableau IV.2.

Teneurs en chlorophylle, productivité  
et indice de productivité des prélèvements (rapport P/B)

Dates	Stations	Teneurs en chlorophylle mg/m <sup>3</sup>	Productivité mgC/m <sup>3</sup> /heure	P/B
13.04.86	Canal	4.29		
	Côte 0 m fond	8.29		
		15.14		
	Médian 0 m 5 m	5.92		
		25.77		
	Large 0 m 5 m	9.39		
10.48				
24.04.86	Canal	25.09		
	Côte 0 m fond	24.45		
		39.39		
	Médian 0 m 5 m	34.13		
		102.42		
	Large 0 m 5 m	15.56		
16.99				
16.05.86	Canal	9.73	60.1	6.2
	Côte 0 m fond	5.95	8.4	1.4
		5.75	37.4	6.5
	Médian 0 m 5 m	14.96	110.9	7.4
		23.21	121.0	5.2
	Large 0 m 5 m	13.68	74.6	5.5
15.37		99.4	6.5	
27.05.86	Canal	7.83	59.9	7.7
	Côte 0 m fond	1.53	1.6	1.0
		9.59	66.3	6.9
	Médian 0 m 5 m	7.16	88.3	12.3
		3.23	49.9	15.5
	Large 0 m 5 m	7.48	36.3	4.9
9.64		-	-	
18.06.86	Canal	10.08		
	Côte 0 m fond	6.39		
		8.69		
	Médian 0 m 5 m	8.14		
		10.16		
	Large 0 m 5 m	7.04		
6.83				
20.09.86	Canal d'amenée de rejet	4.33	32.4	7.5
	Contrôle 0 m fond	3.31	5.7	1.7
		3.87	1.0	0.3
	Référence 0 m milieu	6.30	34.8	5.5
		5.62	32.6	5.8
	fond	5.89	-	-
5.71		34.0	6.0	

CHAPITRE V

NOCTILUQUES ET ZOOPLANCTON

Geneviève LE FEVRE-LEHOËRFF





## INTRODUCTION ET METHODES.

La période novembre 1985 - octobre 1986 correspond à la 8ème étude de surveillance du site de Gravelines. L'échantillonnage du zooplancton et des noctiluques, la méthode de prélèvements en mer et le dépouillement des échantillons en laboratoire sont décrits dans un rapport méthodologique publié séparément (G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1985).

Les points de prélèvements sont identiques à ceux de l'année précédente pour la période janvier-juin 1986. Une nouvelle stratégie d'échantillonnage qui prévoit trois missions par an et de nouvelles répartitions des points de prélèvements a été mise en place au deuxième semestre de l'année 1986. Pour cette période une seule mission a pu avoir lieu en septembre. Les points de prélèvements prévus seront au nombre de quatre, définis comme suit :

- un point référence à  $\Delta T = 0^{\circ}\text{C}$  point du large.
- un point contrôle à  $\Delta T = + 3^{\circ}\text{C}$ .
- un point dans le canal de rejet.
- un point dans le canal d'amenée.

## RESULTATS.

Nous résumerons les principaux résultats de deux types d'organismes :

- les noctiluques (Dinoflagellés).
- le zooplancton (taille mesoplancton essentiellement).

### 1. Les noctiluques.

L'année précédente avait été marquée par la formation d'une très spectaculaire eau rouge à noctiluques en juillet 1985. Nous avons résumé des résultats obtenus sur Gravelines depuis plusieurs années et mis en évidence les variations interannuelles. L'année 1985 a permis de montrer la très forte influence du vent sur le maintien et la destruction du phénomène. Nous avons montré aussi la simultanéité des fortes concentrations en eaux rouges à noctiluques et les phénomènes de desoxygénation (valeurs de  $\text{O}_2$  avec 70 % à 80 % de saturation) et de dégradation avec des valeurs de 15 à 25  $\mu\text{atg/l}$  de  $\text{NH}_4$ .

Les valeurs de noctiluques observées en 1986 sont beaucoup plus faibles et on retrouve les valeurs de l'année 1984 (8000 ind./m<sup>3</sup>).

La comparaison des points de mesures nous permet, une fois encore, de noter la plus grande abondance au point côtier et dans le canal de rejet (fig. V.1) et les faibles valeurs au point du large.

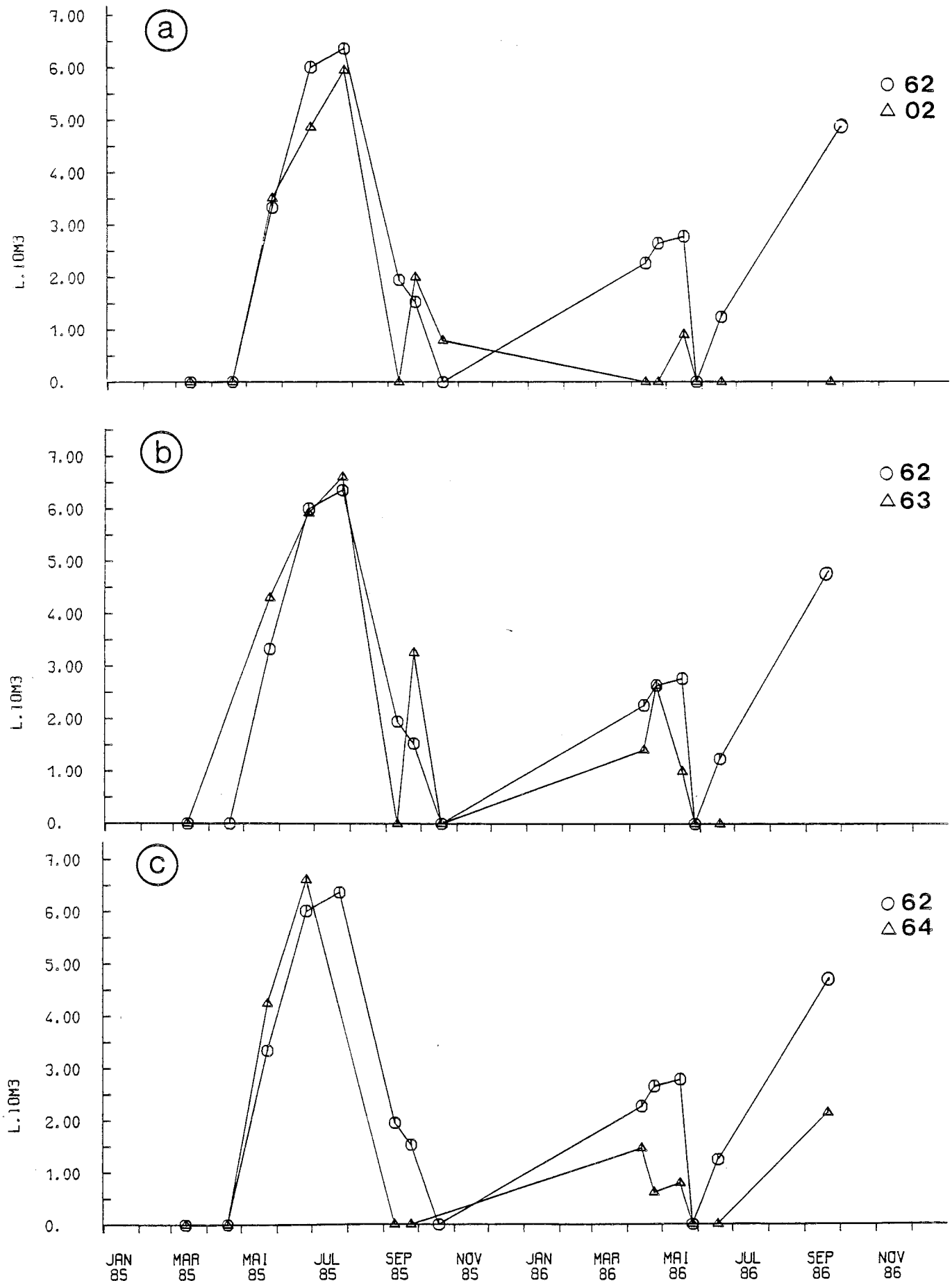
Les valeurs maximales pendant les missions se situent en septembre, quelques taches de noctiluques en échouage ont été notées sur les plages en juillet mais n'ont pas atteint l'ampleur du phénomène de 1985.

## FIG.V-1- VARIATIONS SAISONNIERES DES NOCTILUQUES

(a)-comparaison des points 62 (cotier) et 02 (large)

(b)-comparaison des points 62 (cotier) et 63 (median)

(c)-comparaison des points 62 (cotier) et 64 (canal d'entrée)



## 2. Le zooplancton.

### 2.1. Biomasse zooplanctonique, carbone et azote organique.

L'importance des détritiques dans les récoltes de biomasses montre qu'il y a lieu de faire plusieurs mesures au même point entre 2 et 6 prélèvements. A l'avenir six mesures de biomasses à chaque station permettront, nous l'espérons, d'avoir une meilleure confiance dans les résultats. Le tableau V.1 montre que les valeurs individuelles de biomasses sont tantôt bien groupées autour de la moyenne tantôt dispersées. Des résultats plus cohérents apparaissent pour le poids d'azote organique.

Les valeurs maximales de carbone et d'azote se produisent à la fin du mois d'avril et au mois de juin (fig. V.3).

### 2.2. Les espèces zooplanctoniques.

#### 2.2.1. Pourcentage de dominance.

La figure V.4 représente les variations du pourcentage de dominance de quatre espèces : trois copépodes Temora longicornis, Centropages hamatus, Acartia clausi et l'appendiculaire Oikopleura dioica. On peut remarquer que durant l'année 1986, la dominance de Temora longicornis représente de 60 % à 80 % de l'effectif global pendant les mois d'avril et de mai, durée supérieure à celle des années antérieures. Il est possible que le printemps anormalement froid et le retard dans l'arrivée de la saison estivale ait favorisé le maintien de la dominance de Temora longicornis jusqu'en juin. Pour l'ensemble des espèces présentes à Gravelines, la chronologie de succession est normale au cours de l'année.

#### 2.2.2. Abondance des espèces.

\* Abondance moyenne sur le site (tous points confondus).

La courbe d'abondance du plancton total (fig. V.5) est dépendante des variations de peu d'espèces et est surtout dépendante du groupe des copépodes. Deux périodes montrent les maxima de nombreuses espèces : le 24 avril où l'on observe un maximum des espèces printanières et le 18 juin celui des espèces estivales (fig. V.6.1 à fig. V.6.20). On ne connaît pas les valeurs de l'été n'ayant pas de valeur en juillet et août.

Les espèces principales à maximum printanier sont : les copépodes Temora longicornis ( $10^5$  individus/ $10^3$  m<sup>3</sup>) et Pseudocalanus minutus, les annélides Spionidés, les nauplii et cypris de Cirripèdes ( $12\ 000$  individus/ $10^3$  m<sup>3</sup>) au point median.

En avril et mai on observe les fortes abondances de l'Annélide de sable Lanice conchilega. En juin Oikopleura dioica atteint un maximum particulièrement élevé. En juin également on observe le maximum du Cladocère Evadne, des larves de Téléostéens et du Cténaire Pleurobrachia plus tardif et moins abondant qu'en 1985 où l'on avait observé une prolifération de la population telle que les grilles d'entrée du circuit d'eau de refroidissement avaient été colmatées.

FIG.V-2-

## BIOMASSE ZOOPLANCTONIQUE

• valeur individuelle

+ moyenne des valeurs

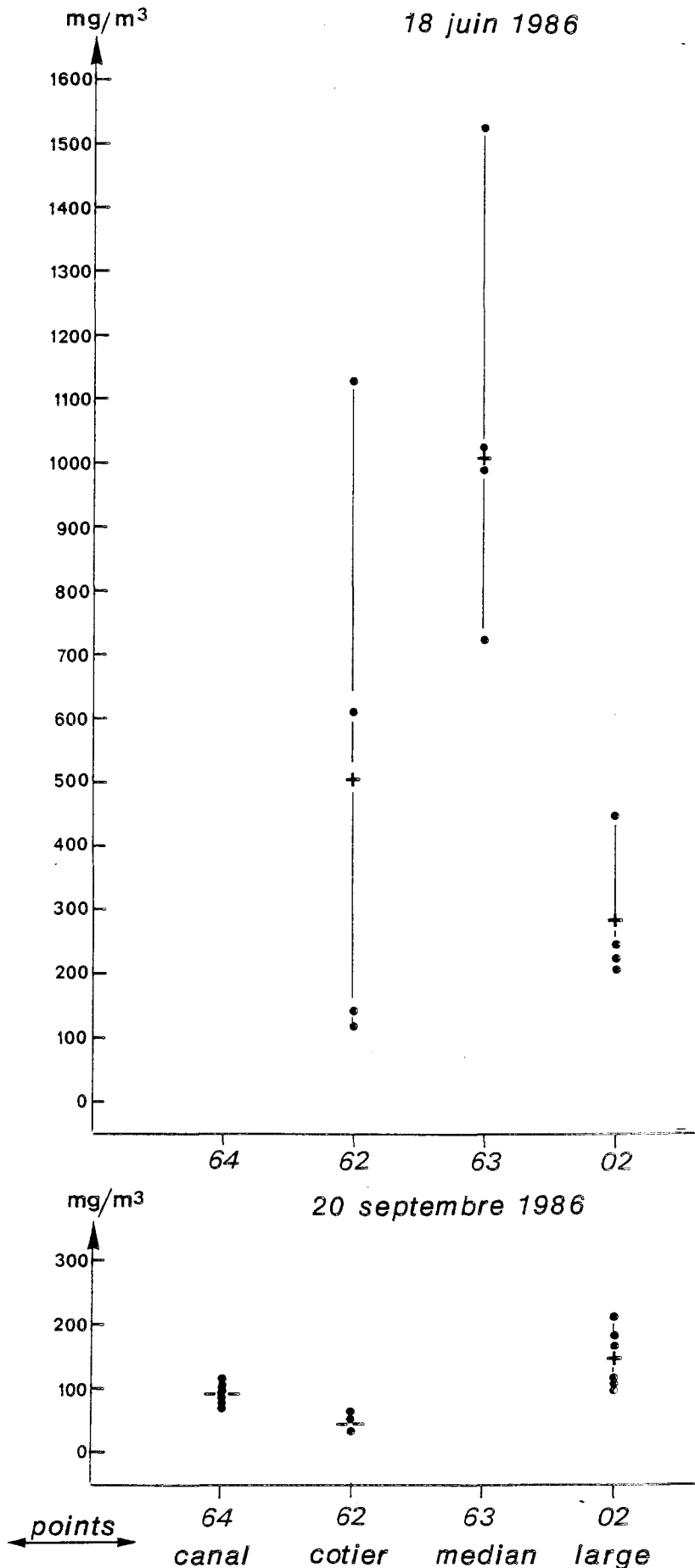
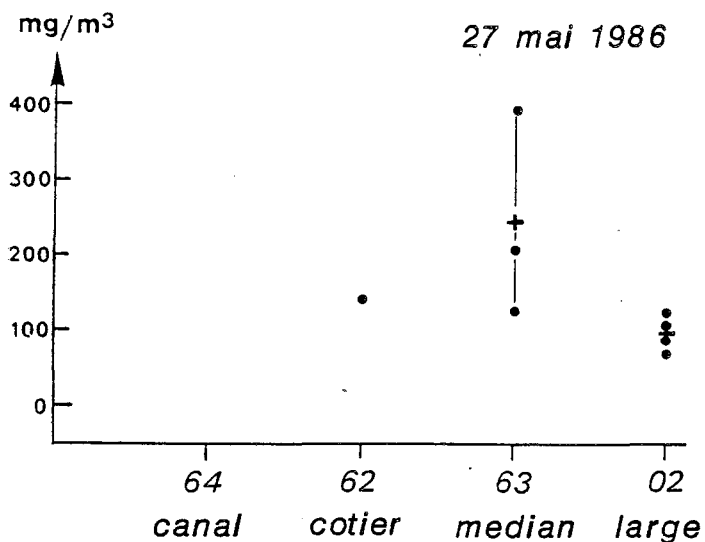
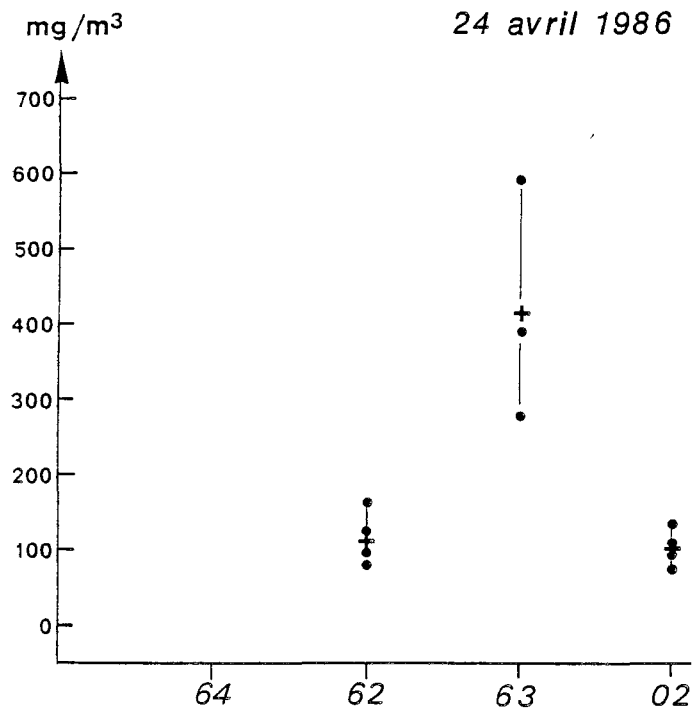
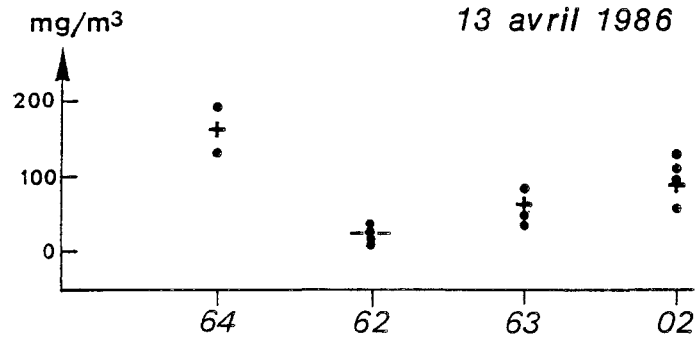


FIG.V-3-

VARIATION DU POIDS DE CARBONE ET D'AZOTE  
(moyenne par mission tous points confondus)

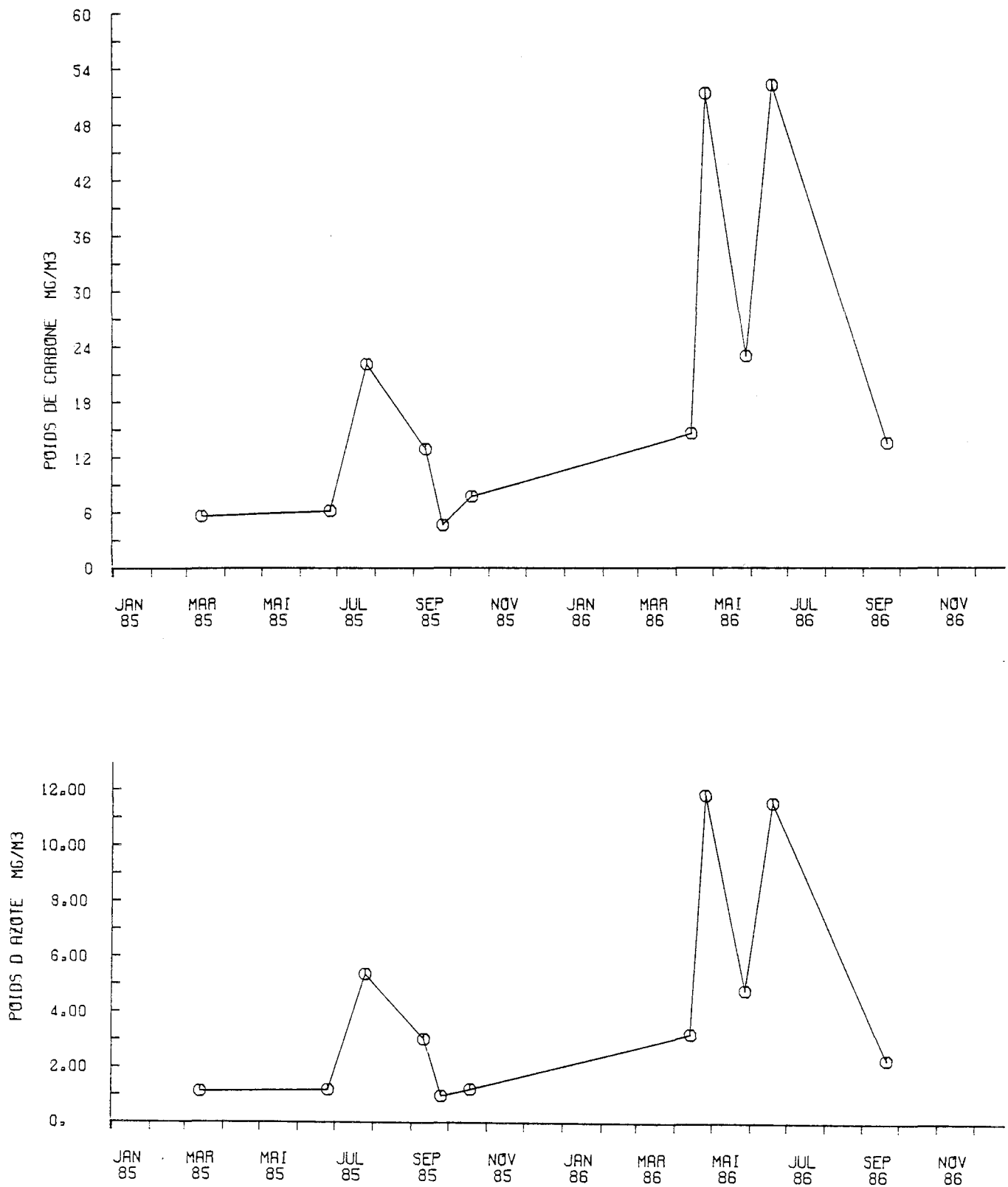


FIG.V-4- DOMINANCE DE 4 ESPECES ZOOPLANCTONIQUES

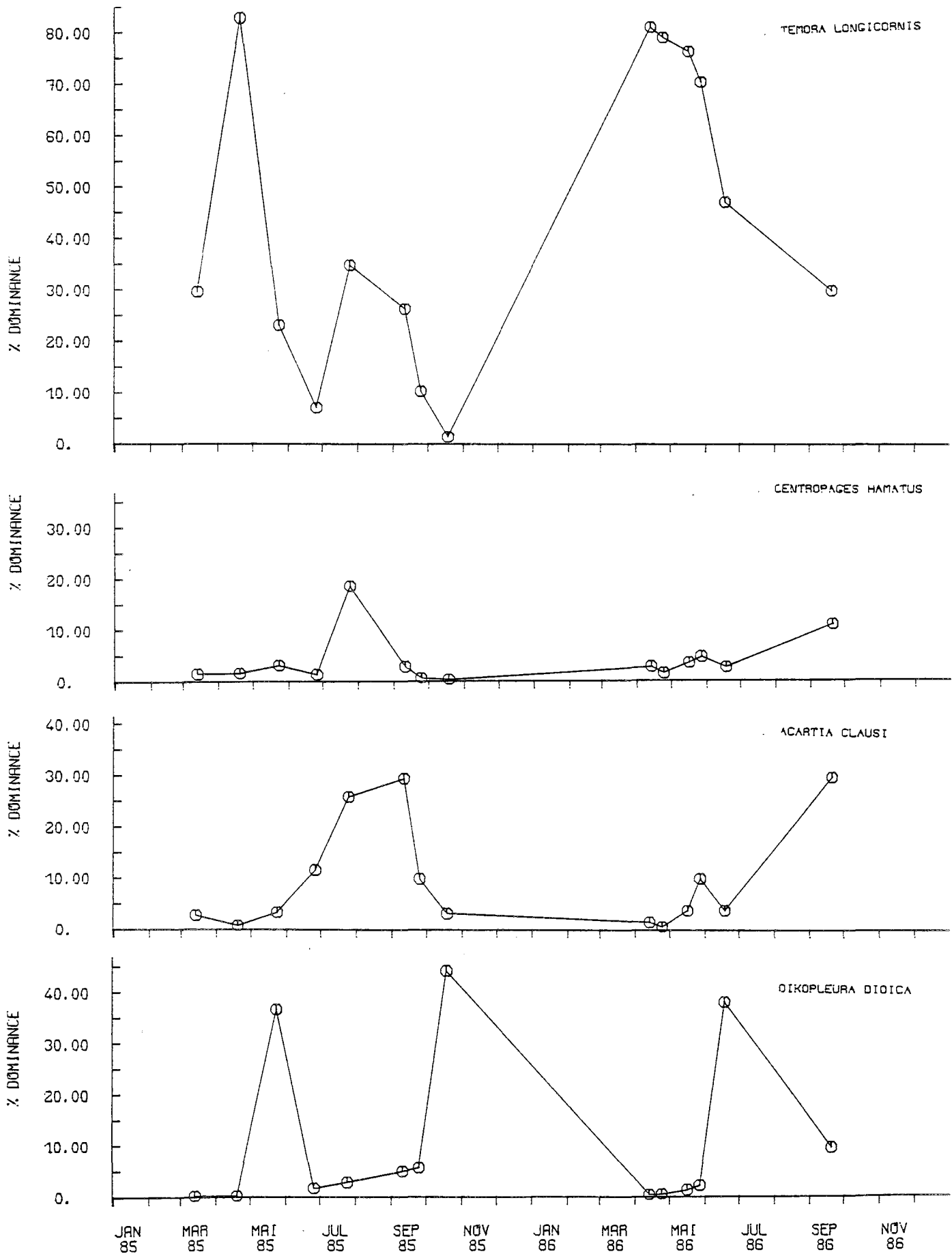
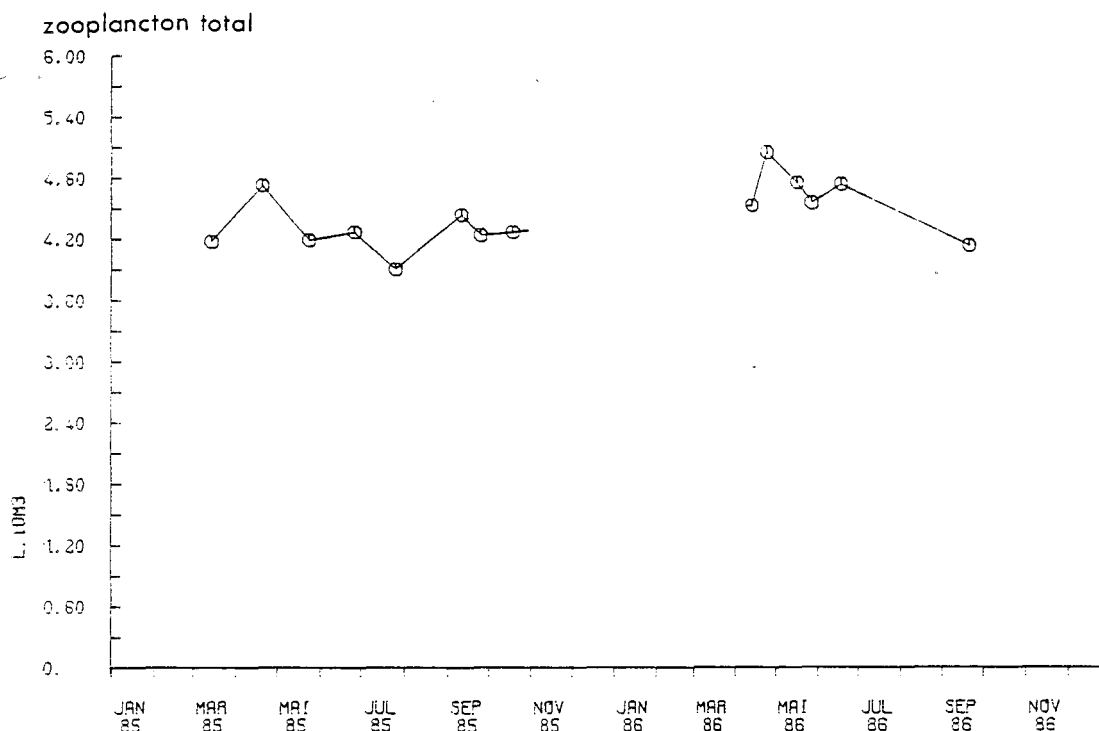


FIG.V-5- VARIATIONS SAISONNIERES DU ZOOPLANCTON TOTAL



En septembre on observe la présence, normale à cette époque, de Sagitta setosa et Euterpina acutifrons.

Les autres espèces observées au cours des comptages mais<sub>3</sub> qui n'ont pas donné lieu à un dénombrement précis (exprimé en nombre / 10 m<sup>3</sup>), concernent essentiellement des Cnidaires et des Annélides. En avril les très nombreuses méduses sont pour leur grande majorité du genre Ratkea octopunctata et on peut noter également la présence de grandes Sarsia tubulosa surtout à la station du large. Les méduses acalèphes Rhizostoma octopus sont présentes à la mission de septembre.

Nous avons observé une importante quantité de Magelona papillicornis qui reflète le bon recrutement de cette Annélide sur le site depuis 1985. (Voir Résultats au chapitre Benthos).

\* Comparaison des abondances aux différents points de mesures.

Depuis plusieurs années déjà, un suivi a permis de comparer les abondances des principales espèces au point entrée (canal point 64) et sortie (côtier point 62) de la centrale.

Nous avons observé au cours des précédentes années que le point rejet était souvent plus pauvre que le point entrée. En 1986 le phénomène est loin d'être constant (fig. V.7.1 à fig. V.7.5) et de plus peut-être inversé pour l'espèce Oikopleura dioica par exemple pour laquelle aucune modification n'apparaît au point côtier mais une nette régression dans le canal d'amenée. La comparaison globale de la période de surveillance 1978-1987 peut nous aider à comprendre l'ensemble des phénomènes qui ont pu provoquer ces modifications successives (synthèse des différentes années, en cours).

FIG.V-6-

VARIATIONS SAISONNIERES DES PRINCIPAUX TAXONS DU ZOOPLANCTON  
(moyenne tous points confondus)

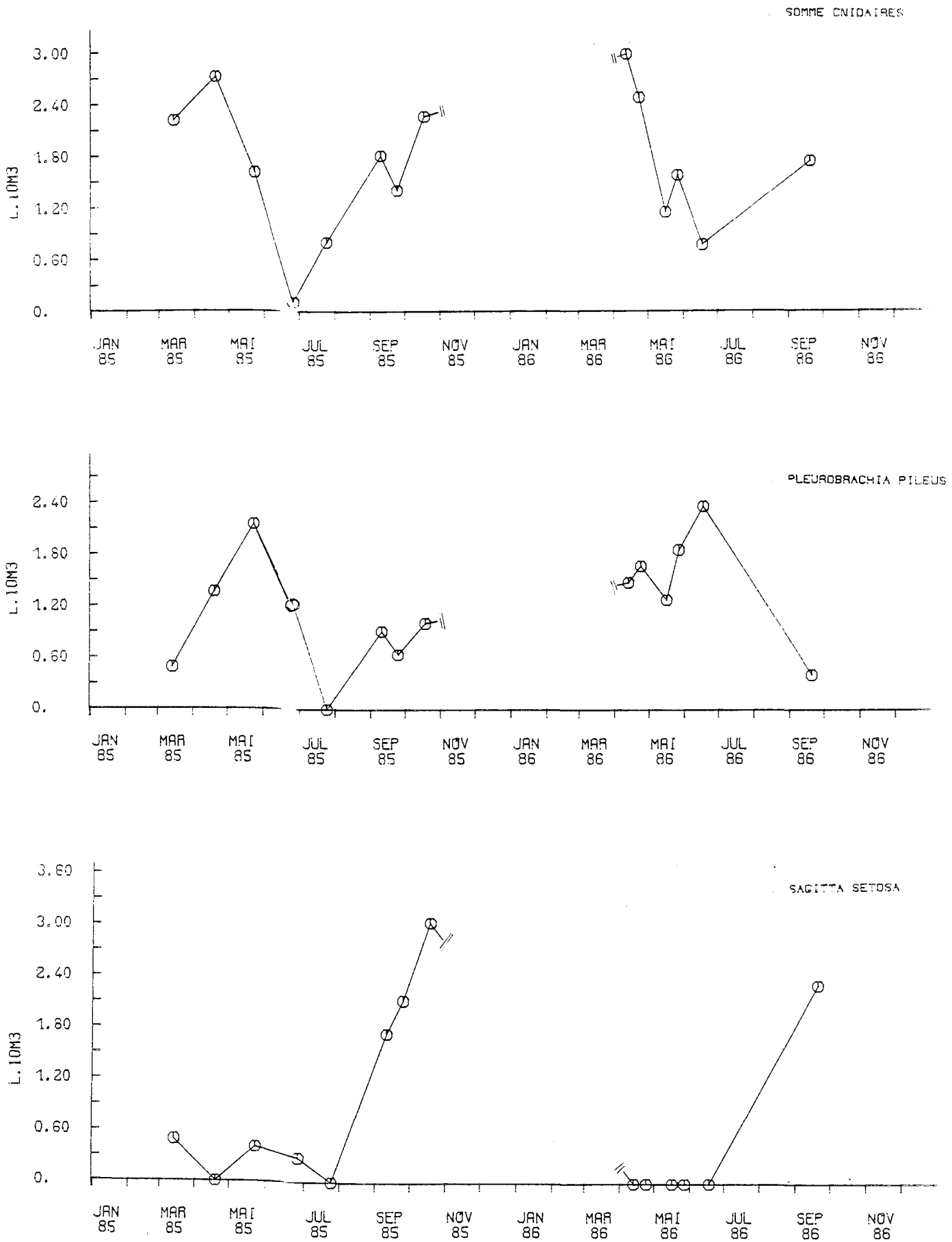




FIG.V-6--(suite)

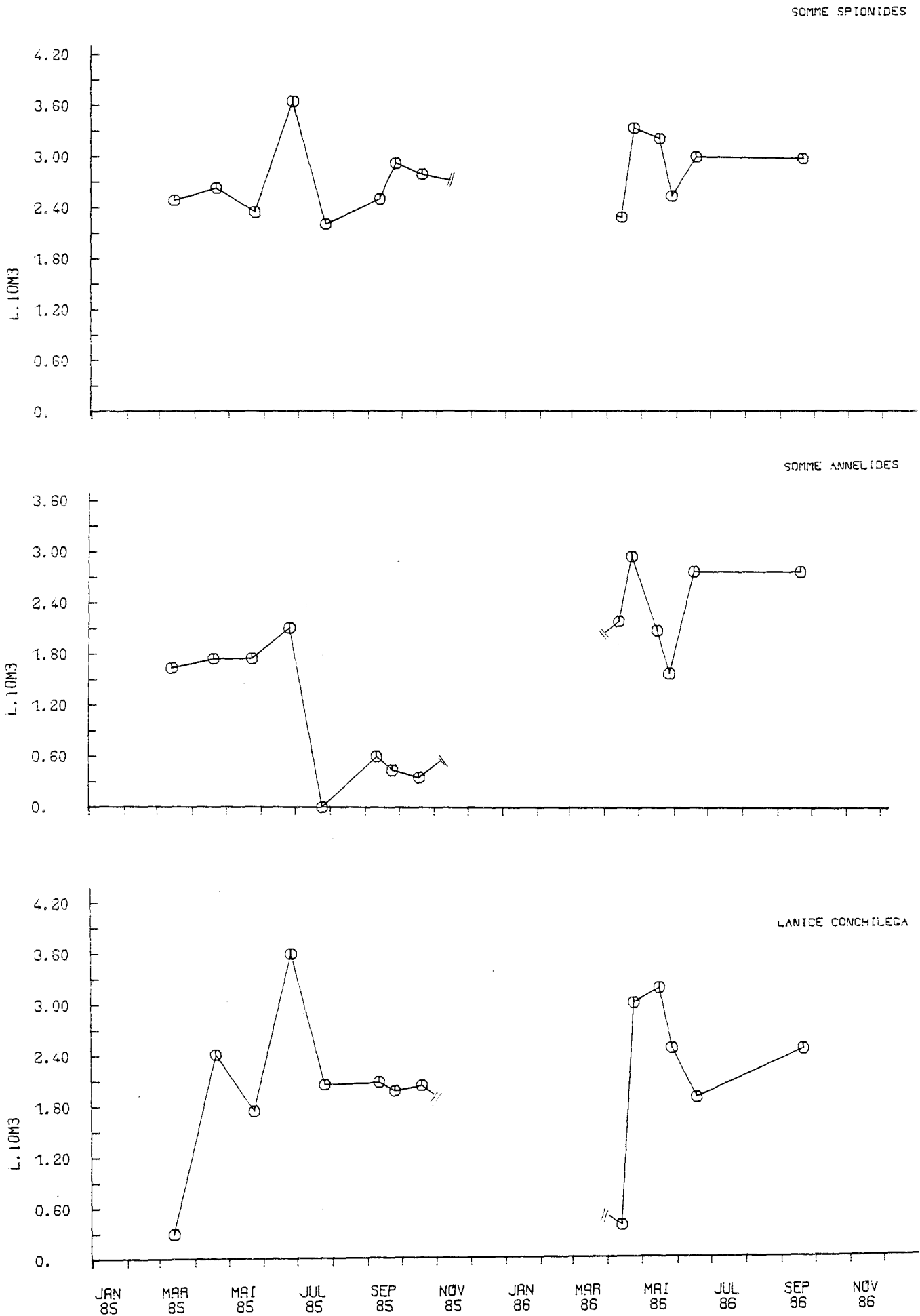


FIG.V-6-(suite)

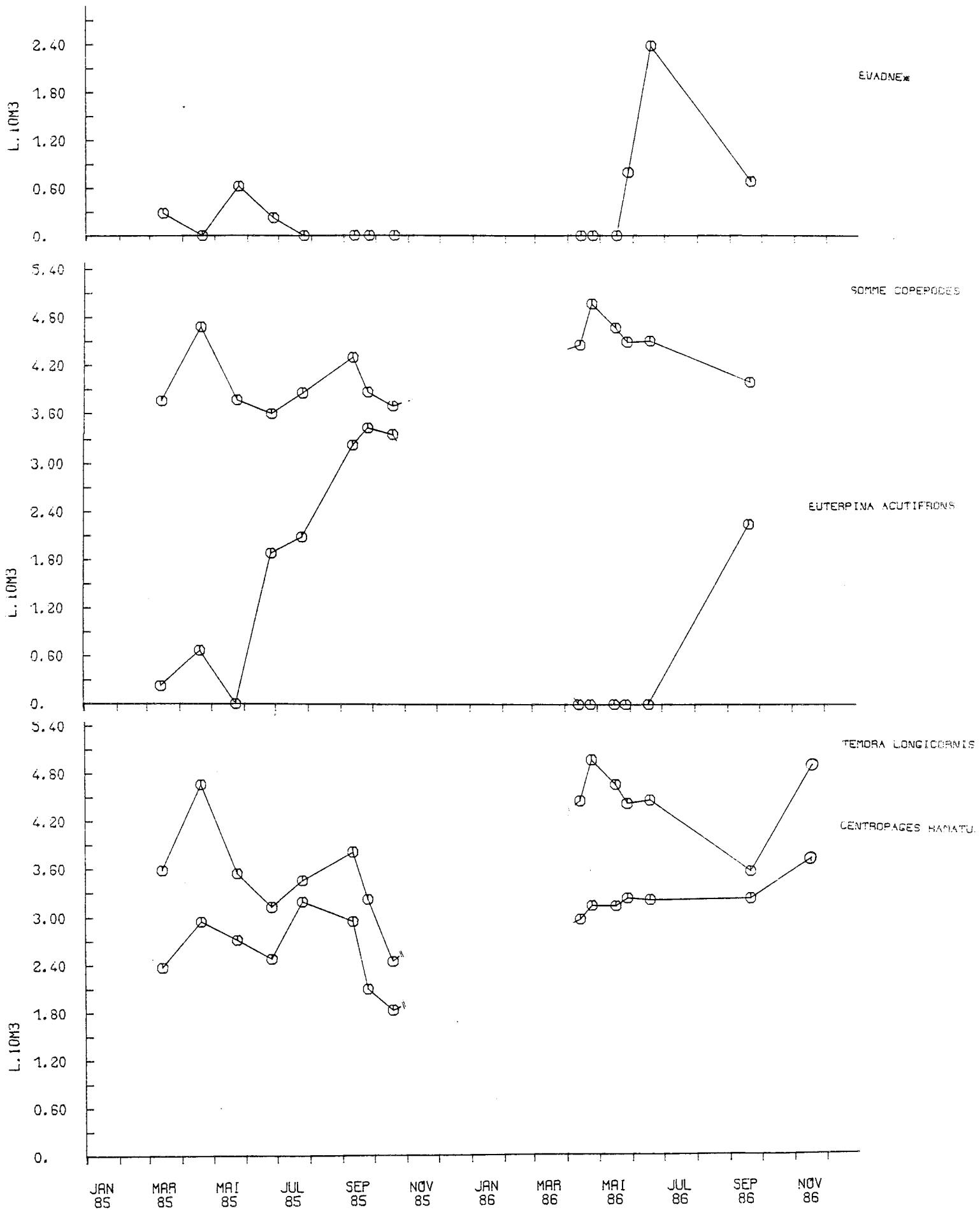
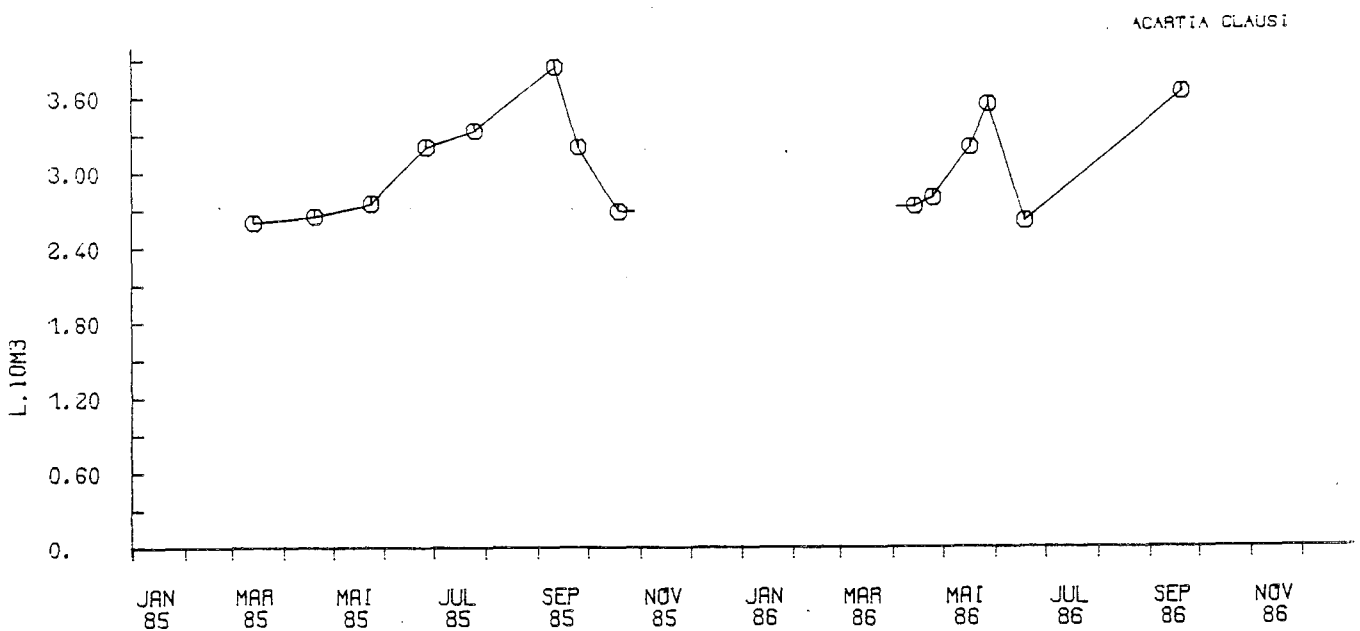
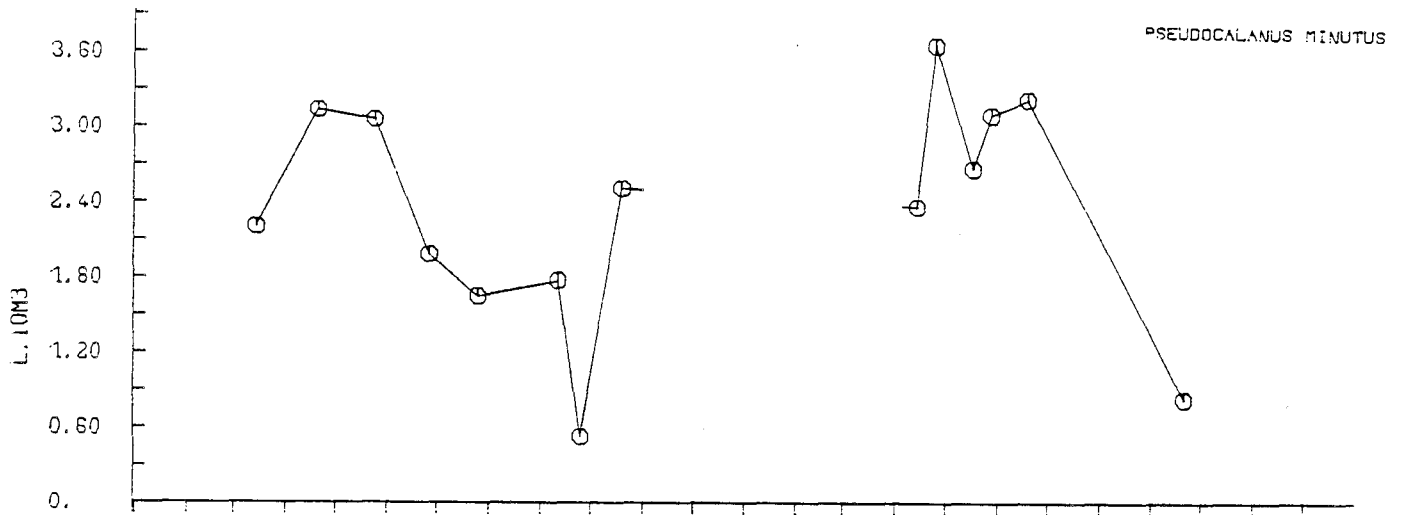
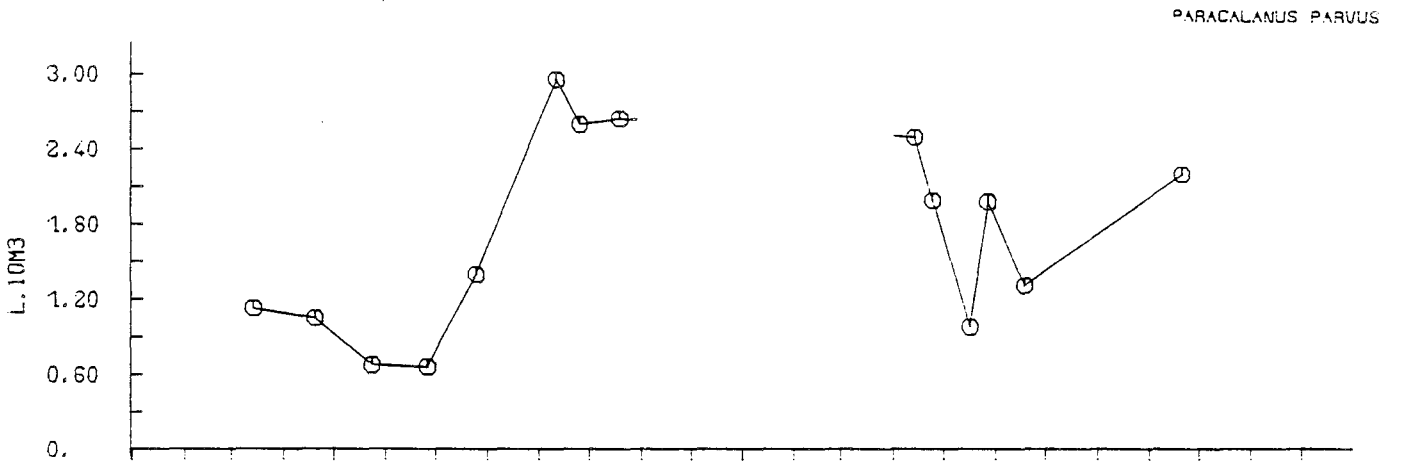


FIG.V-6--(suite)



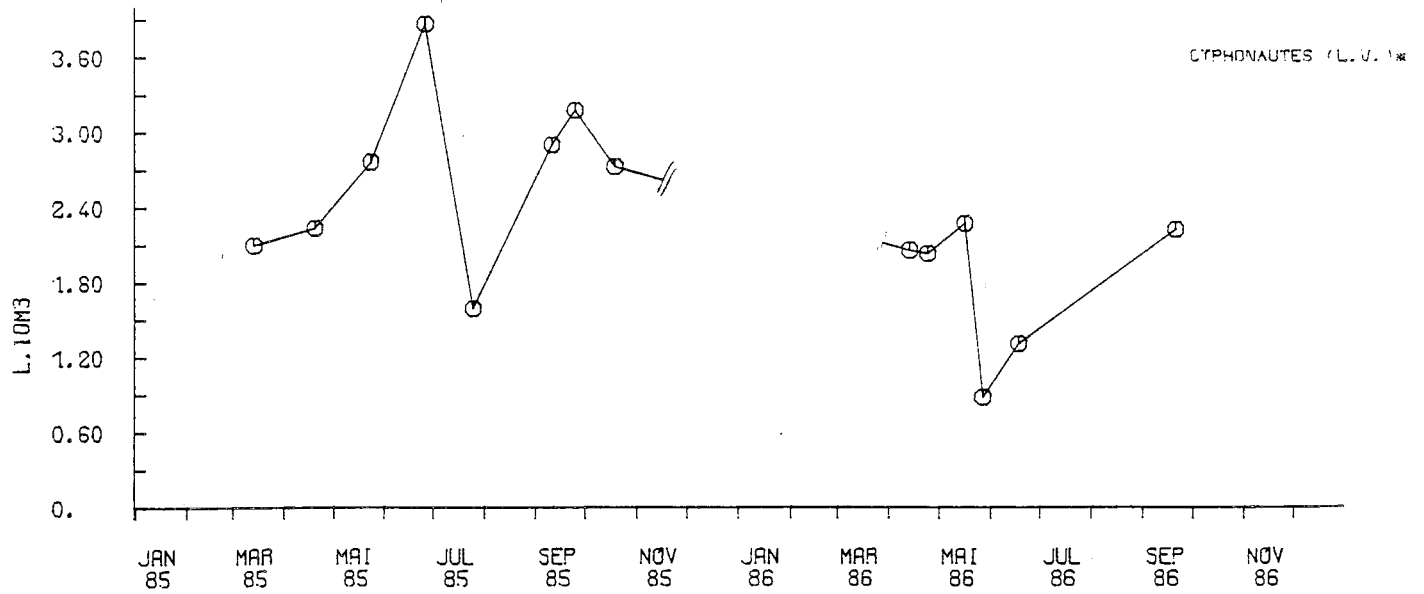
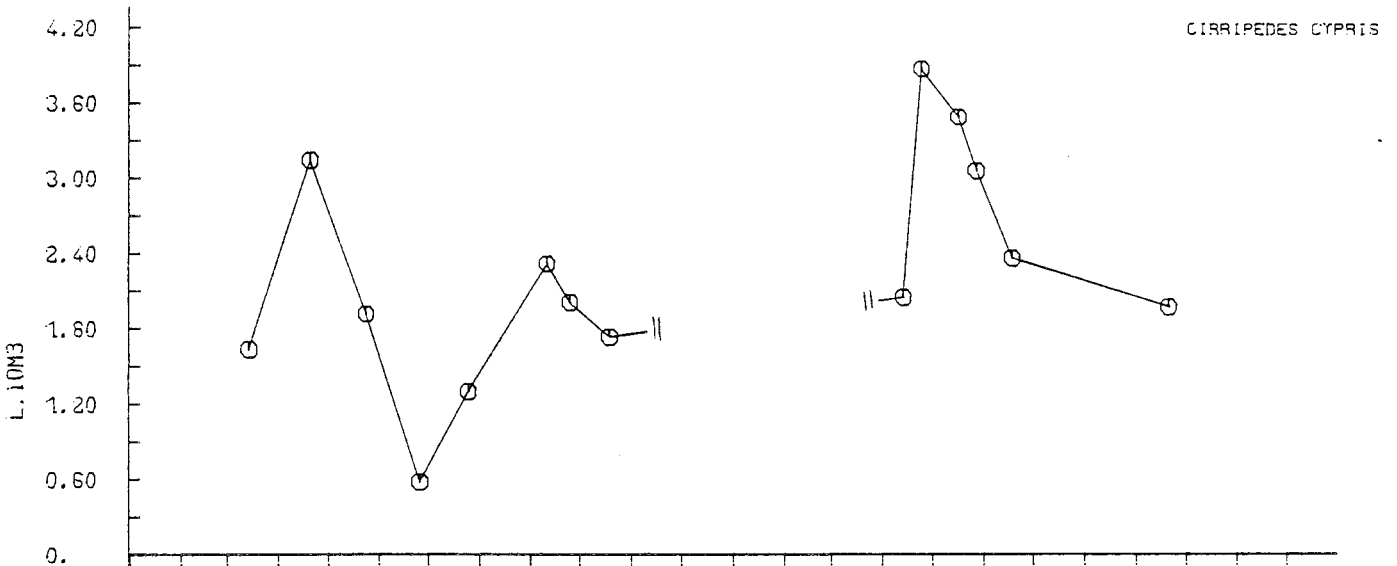
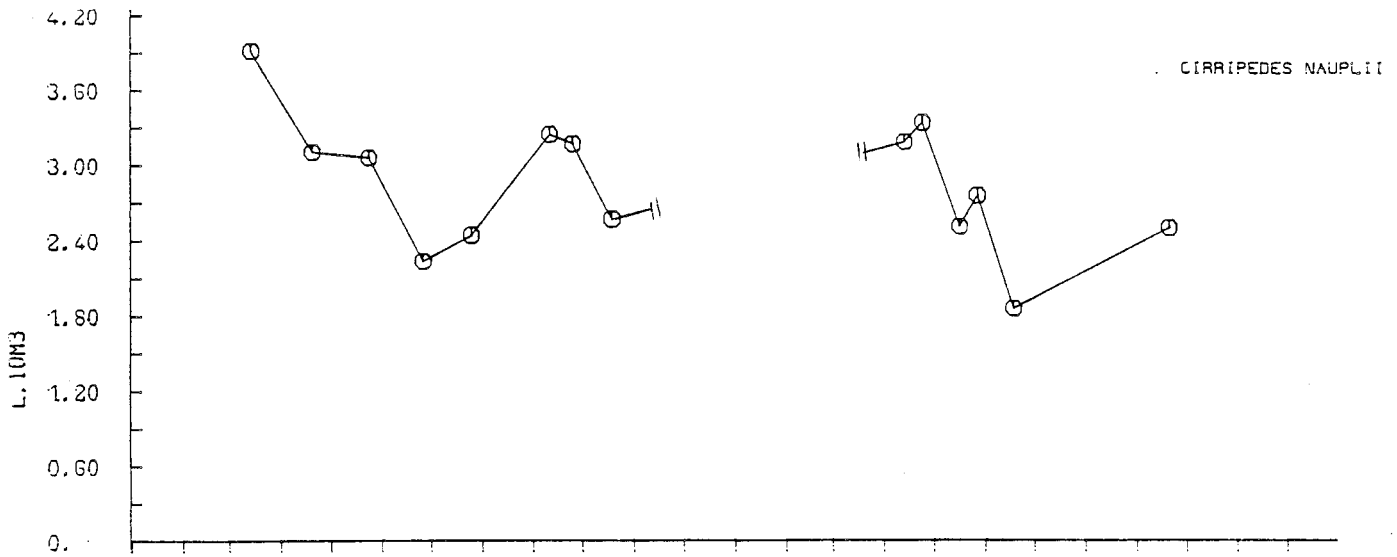


FIG.V-6-(suite)

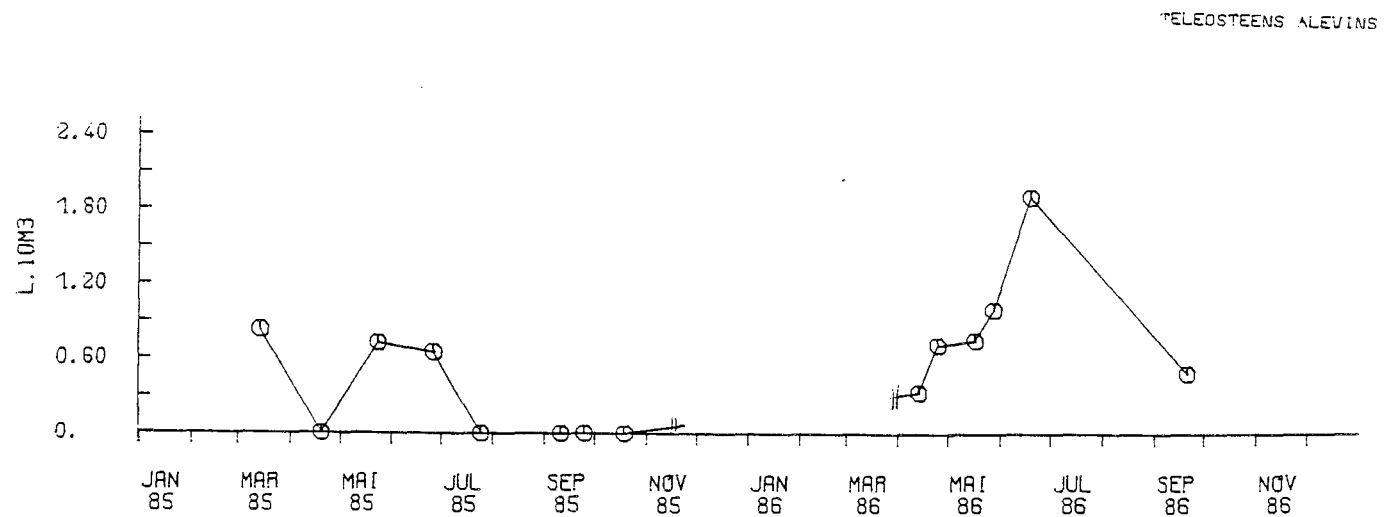
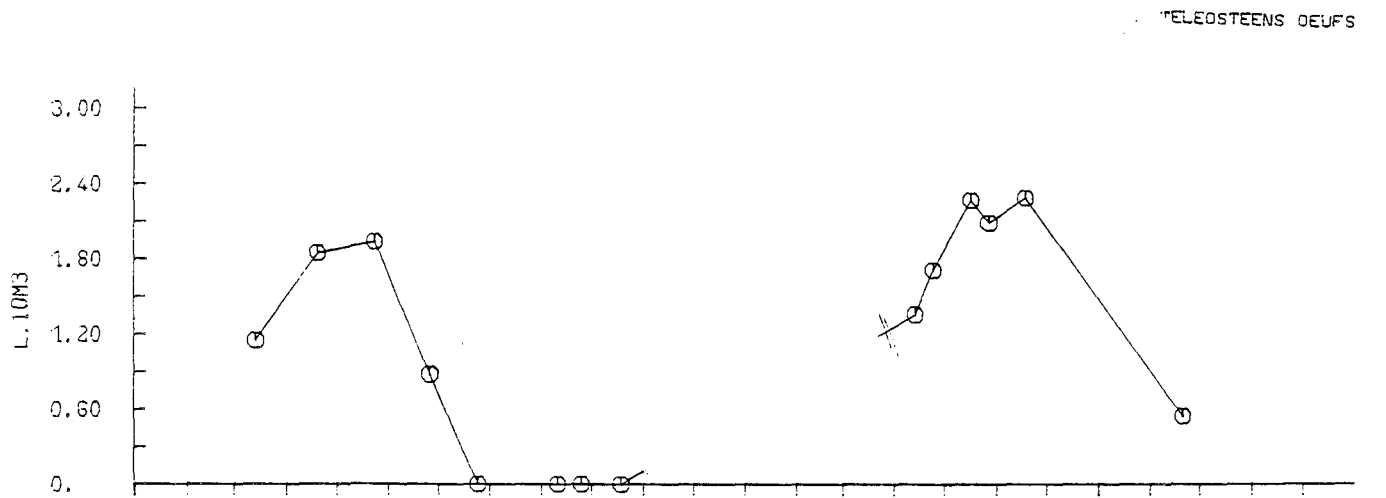
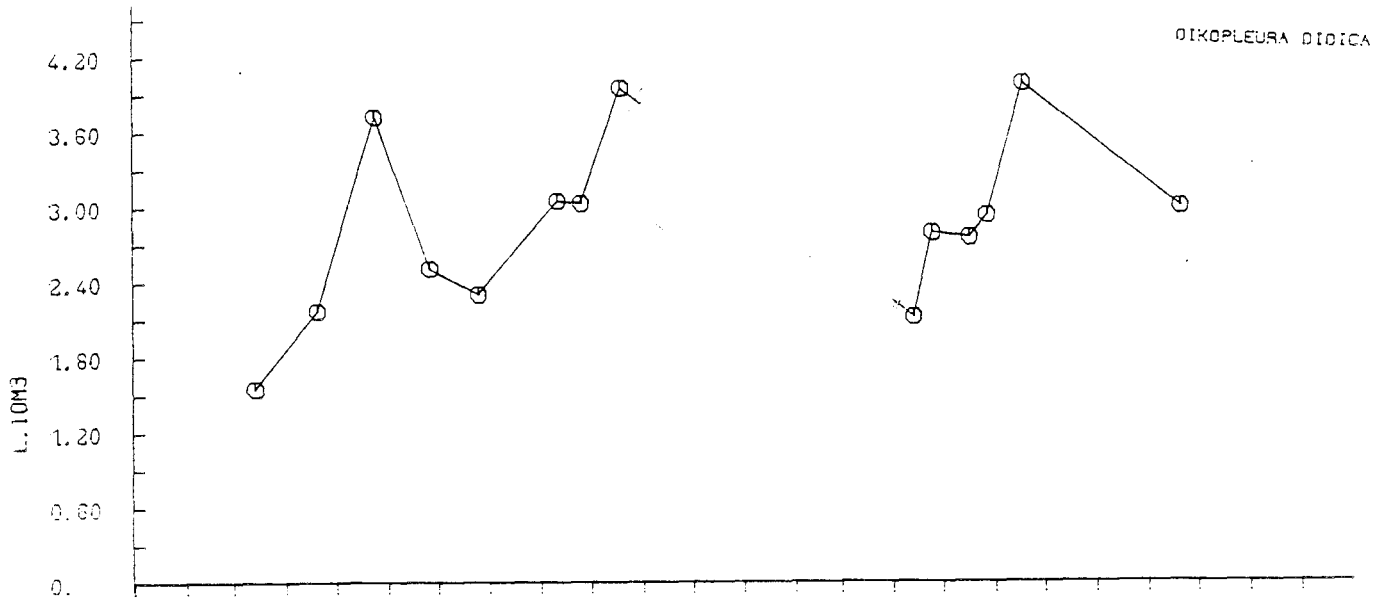


FIG.V-7-

COMPARAISON DES POINTS  
ENTREE DE CENTRALE (64) ET SORTIE DE CENTRALE (62)

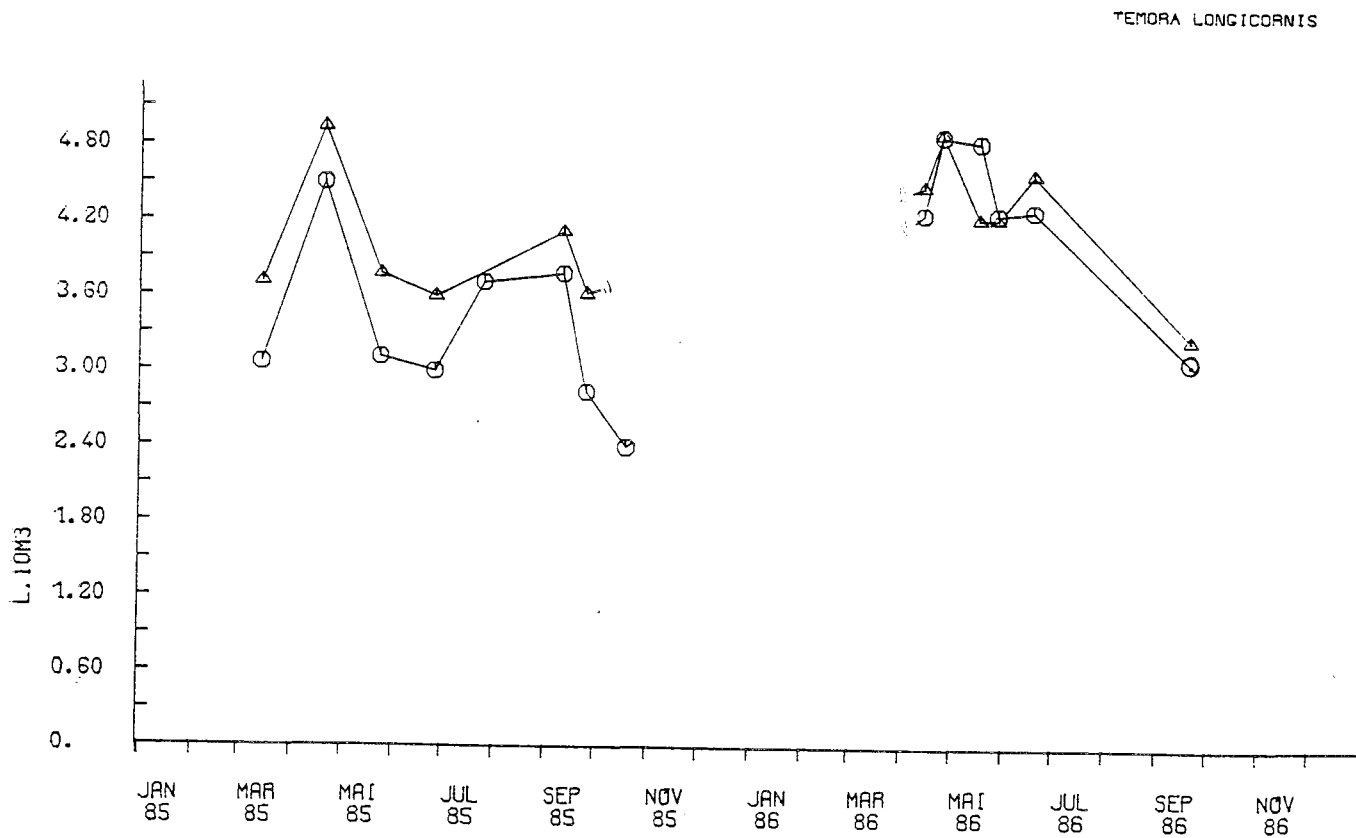
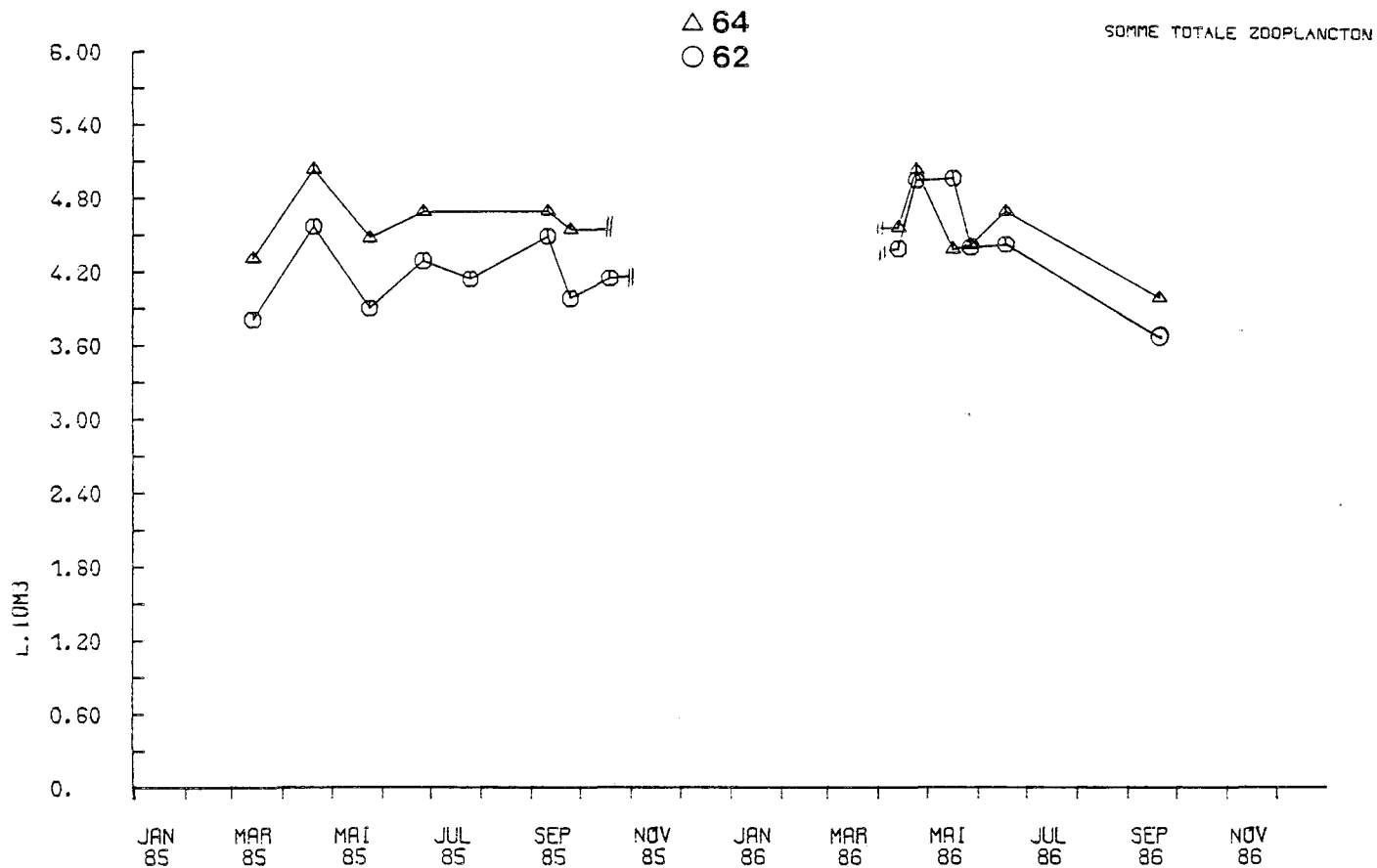
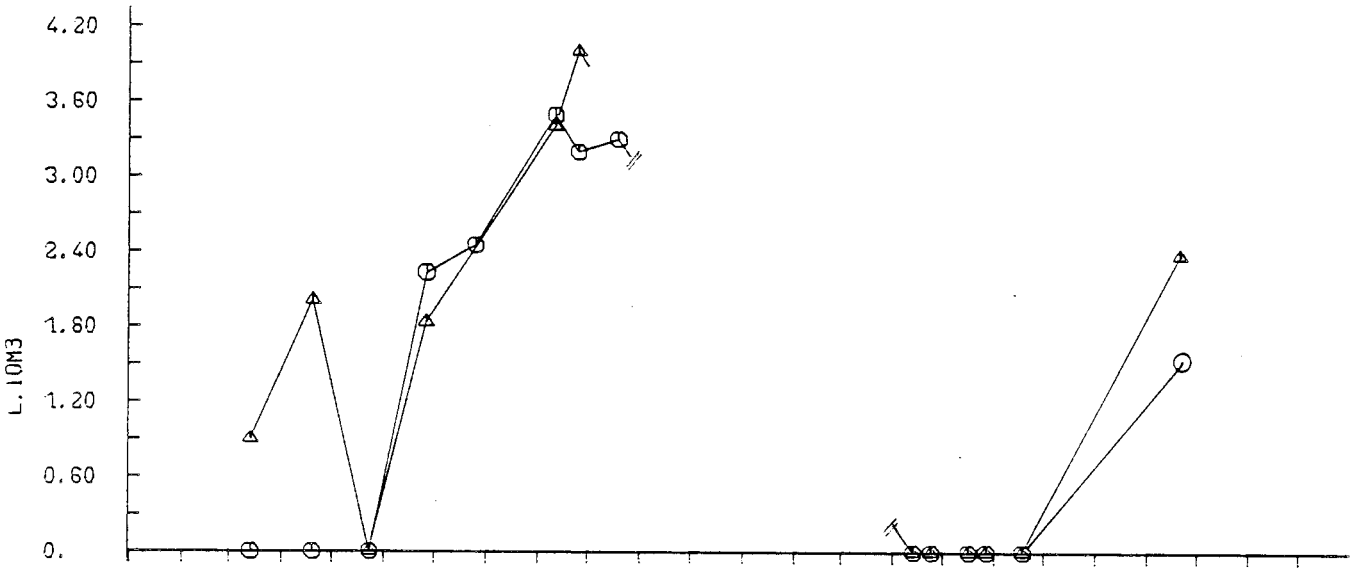
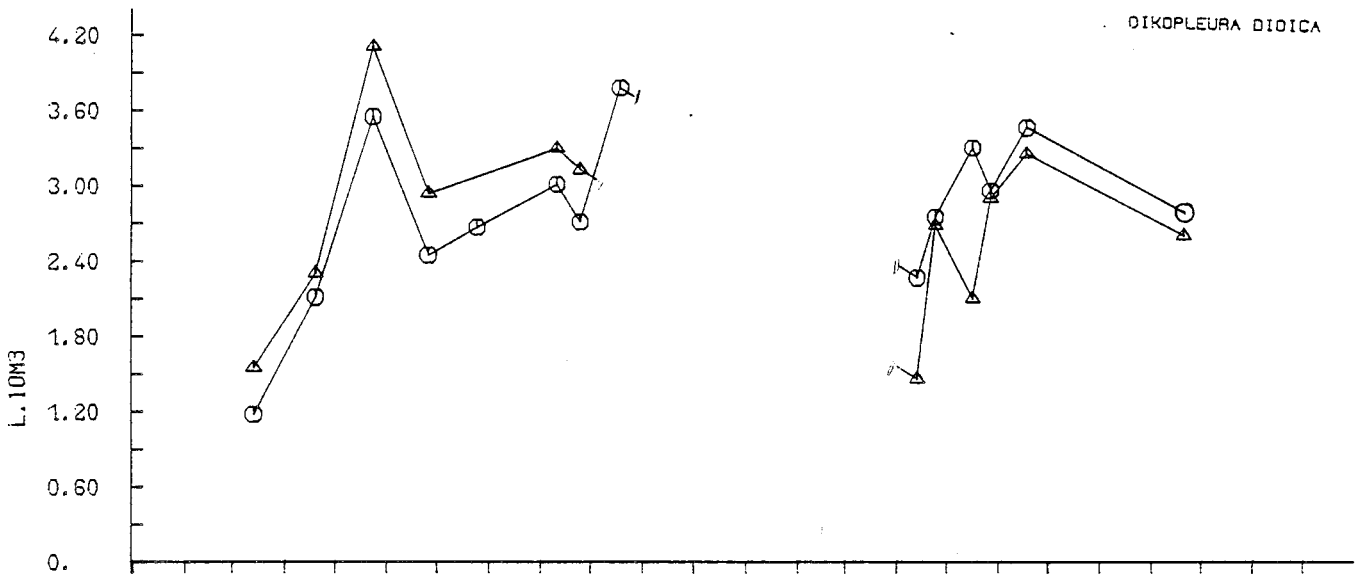


FIG.V-7-(suite)

EUTERPINA ACUTIFRONS



OIKOPLEURA DIDICA



PLEUROBRACHIA PILEUS

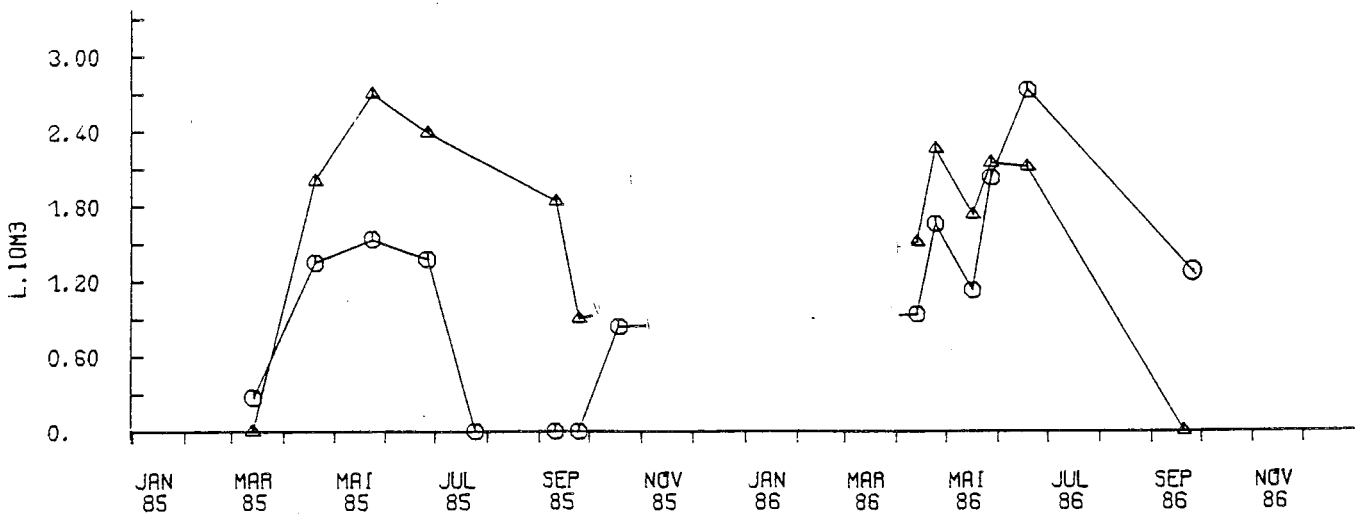
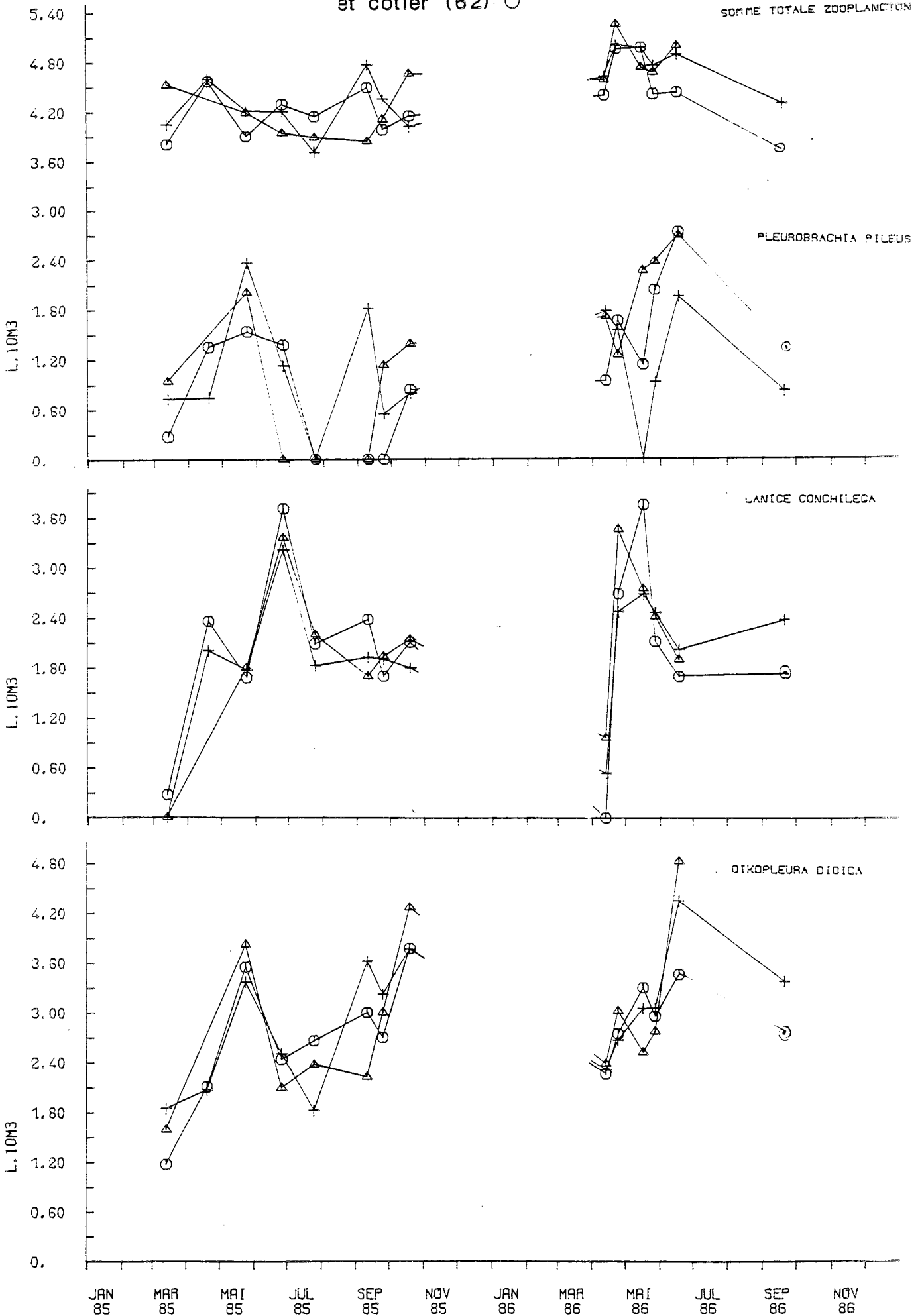


FIG.V-8-

COMPARAISON DES POINTS

large (02) +  
 median (63) △  
 et cotier (62) ○





Remarquons que si dans la plupart des cas l'abondance des espèces n'a pas montré de modification, les individus examinés sont souvent en mauvais état. Au point côtier, pour plusieurs missions, les individus du zooplancton présentaient des parasites et pour beaucoup de Copépodes on observait des brisures aux antennes et aux pattes reflétant l'impact néfaste de la centrale, sans pouvoir préciser le rôle joué par chaque facteur thermique, mécanique, etc...

\* Comparaison des points côtier, médian et large (fig. V.8).

En fait ces points sont caractérisés par leur  $\Delta T$ . Le  $\Delta T$  est par définition nul au point large, point de référence hors impact thermique. Le point médian est un point mobile à  $\Delta T = + 3^\circ$  dans la tache thermique, le point le plus côtier est un point près du rejet qui subit un échauffement de surface variant entre  $\Delta T = + 6^\circ$  et  $\Delta T = + 10^\circ$ . Pour le plancton total le point côtier est moins riche que les deux points plus au large de même pour Oikopleura dioica, par contre Pleurobrachia est, en 1986, plus abondant au point côtier qu'au point médian, résultat opposé à celui de l'année précédente.

### CONCLUSION.

L'année 1986 n'a pas été marquée par de phénomènes nouveaux ni exceptionnels sur le site de Gravelines. Les conditions météorologiques médiocres aussi bien au printemps qu'en été ont sans doute joué un grand rôle pour diminuer les effets d'échauffement et de stratification des eaux provoqués par le fonctionnement de la centrale. Les seules campagnes où l'effet du rejet a été important ont été les 24 avril et 20 septembre où la stratification a été importante.

Les quantités de noctiluques les plus fortes ont été observées en septembre.

Le zooplancton a présenté deux périodes de production, l'une en avril dominée par Temora longicornis (avec  $10^5$  individus /  $10\text{ m}^3$  et 86 % du zooplancton), l'autre en juin caractérisée par un bon développement des Oikopleura dioica avec 60 000 individus /  $10\text{ m}^3$  au point médian par exemple.

Nous avons observé à plusieurs reprises et surtout au mois de septembre, devant le rejet de la centrale au point côtier, des organismes en mauvais état avec un fort degré de parasitisme et un pourcentage élevé de crustacés aux antennes et pattes brisées.

### BIBLIOGRAPHIE CITEE.

G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1985.

Techniques utilisées pour l'étude du zooplancton sur les sites des centrales nucléaires des côtes françaises de Manche et Atlantique. IFREMER Centre de Brest, ed Brest, 24 p., une version en Français, une version en Anglais.

G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1986.

Noctiluques et zooplancton. Etude de surveillance n° 7 du site de Gravelines (novembre 1984 - octobre 1985). pp. 74-105. Rapport DERO/EL IFREMER pour EDF.

Biomasse zooplanctonique, azote organique et carbone total (mg/m<sup>3</sup>)

Date	Point	Biomasse mg/m <sup>3</sup>	% N	Poids N mg/m <sup>3</sup>	% C	Poids C mg/m <sup>3</sup>	C/N	
13.04.86	Large	107.8	4.5	4.9	19.5	21.0	4.3	
	Large	103.6	4.8	5.0	21.2	22.0	4.4	
	Large	145.2	3.8	5.5	17.8	25.8	4.7	
	Large	57.0	5.2	3.0	22.5	12.8	4.3	
	M   S	103.4   36.1		4.6   1.1		20.4   5.5	4.4   0.2	
	Median	84.0	4.8	4.0	23.8	20.0	5.0	
	Median	45.8	6.4	2.9	29.1	13.3	4.6	
	Median	41.0	6.5	2.7	28.9	11.8	4.4	
	M   S	58.9   23.6		3.2   0.7		15.0   4.4	4.7   0.3	
	Côtier	24.8	5.7	1.4	26.6	6.6	4.7	
	Côtier	20.5	5.4	1.1	25.3	5.2	4.7	
	Côtier	36.7	5.8	2.1	26.4	9.7	4.6	
	Côtier	29.6	5.9	1.7	26.2	7.7	4.5	
	M   S	27.9   6.9		1.6   0.4		7.3   1.9	4.6   0.1	
	Canal	134.5	3.1	4.2	13.7	18.4	4.4	
	Canal	189.4	1.8	3.5	8.0	15.1	4.3	
M   S	162.0   38.2		3.9   0.5		16.8   2.3	4.4   0.1		
24.04.86	Large	136.1	6.3	8.6	27.7	37.8	4.4	
	Large	110.3	6.9	7.5	30.5	33.6	4.5	
	Large	90.5	5.2	4.7	24.5	22.2	4.7	
	Large	73.7	6.2	4.6	27.6	20.4	4.4	
	M   S	102.7   26.9		6.4   2.0		28.5   8.5	4.5   0.1	
	Median	277.0	6.5	18.1	28.7	77.6	4.3	
	Median	396.5	6.1	24.3	25.7	101.8	4.2	
	Median	597.0	5.9	34.7	24.8	148.0	4.3	
	M   S	423.5   161.7		25.7   8.4		109.0   35.8	4.3   0.1	
	Côtier	88.2	7.1	6.3	30.8	27.2	4.3	
	Côtier	161.9	5.4	8.7	23.3	37.8	4.3	
	Côtier	133.3	7.3	9.7	31.0	41.3	4.3	
	Côtier	94.0	7.5	7.1	32.4	30.5	4.3	
	M   S	119.4   34.7		8.0   1.5		34.2   6.5	4.3   0	
	16.05.86	Large	67.6	5.4	3.6	24.8	16.7	4.6
		Large	93.4	3.4	3.2	15.2	14.2	4.4
Large		105.8	6.8	7.2	30.1	31.9	4.4	
Large		119.8	4.6	5.5	20.4	24.4	4.4	
M   S		96.7   22.2		4.9   1.8		21.8   8.0	4.5   0.1	
Median		134.5	1.7	2.3	7.6	10.2	4.4	
Median		398.8	1.9	7.7	10.0	39.8	5.2	
Median		203.6	3.2	6.6	16.7	33.9	5.1	
M   S		245.6   137.1		5.5   2.9		28.0   15.7	4.9   0.4	
Côtier		146.3	1.8	2.7	8.7	12.7	4.7	
18.06.86		Large	249.9	7.2	17.9	30.1	75.1	4.2
		Large	453.6	3.8	17.4	16.4	74.4	4.3
		Large	229.7	5.8	13.4	24.3	55.8	4.2
		Large	204.8	6.1	12.6	27.6	56.5	4.5
		M   S	284.5   114.2		15.3   2.7		65.5   10.7	4.3   0.1
		Median	1533.5	1.1	16.9	5.3	82.1	4.9
	Median	995.8	1.4	14.4	6.4	64.2	4.5	
	Median	733.5	1.5	10.8	6.5	47.7	4.4	
	M   S	1087.6   407.8		14.0   3.1		64.7   17.2	4.6   0.3	
	Côtier	1132.4	1.4	16.0	6.7	75.7	4.7	
	Côtier	145.9	2.3	3.4	11.2	16.3	4.8	
	Côtier	616.4	1.5	9.2	7.0	42.9	4.7	
	Côtier	123.4	3.4	4.2	15.1	18.6	4.4	
	M   S	504.5   476.3		8.2   5.8		38.4   27.6	4.7   0.2	
	20.09.86	Large	101.2	2.0	2.0	11.9	12.1	5.1
		Large	120.1	2.6	2.9	14.6	17.5	5.1
Large		155.0	1.6	2.9	10.6	19.6	6.6	
Large		224.2	2.1	4.7	13.3	29.9	6.4	
Large		174.4	2.6	4.6	16.3	28.5	6.2	
Large		113.0	2.7	3.0	16.2	19.0	5.3	
M   S		153.0   49.8		3.4   1.1		21.1   6.8	6.3   0.2	
Côtier		40.7	2.8	1.1	16.5	6.7	6.1	
Côtier		56.1	2.6	1.5	14.5	8.2	5.5	
Côtier		54.7	-	-	-	-	-	
M   S		50.5   8.5		1.3   0.3		7.5   1.1	5.8   0.4	
Canal		70.0	2.0	1.4	10.1	7.1	5.1	
Canal		88.2	1.5	1.3	7.5	6.7	5.2	
Canal		115.5	0.8	0.9	4.3	5.0	5.6	
Canal		95.3	1.1	1.0	5.2	5.0	5.0	
Canal		88.9	1.7	1.3	9.0	7.1	5.5	
Canal	100.5	1.1	1.1	6.0	5.5	5.5		
M   S	93.5   13.4		1.2   0.2		6.2   1.0	5.3   0.2		

Tableau V.1.

CHAPITRE VI

HALIEUTIQUE

D. WOEHLING et J. MARTIN  
(Centre de Nantes)  
A. TETARD  
(Centre de Ouistreham)



## INTRODUCTION.

Le site de Gravelines, par ses caractères physiques, hydrobiologiques et halieutiques, se rattache principalement à une famille de secteurs côtiers relevant du contexte biogéographique plus général du bassin du sud de la Mer du Nord et dans une moindre mesure, du couloir de la Manche. Le biotope est en continuité avec le littoral belge avec lequel il partage ses traits essentiels : dominance des substrats sablo-vaseux, faible pente des fonds, abondance des hauts-fonds proches de la côte, faible profondeur générale, hydrodynamisme important.

Les principales caractéristiques physico-chimiques des masses d'eau au droit du site, du fait de l'importance des courants, découlent en grande partie d'événements hydrobiologiques affectant un secteur plus vaste, notamment une large frange côtière rassemblant des biotopes voisins qui présentent une faible inertie devant les facteurs climatiques et les apports d'origine tellurique importants et irréguliers en provenance notamment et surtout au printemps, des grands estuaires des côtes belges et hollandaises.

Par l'ensemble de ses caractéristiques écologiques le site s'inscrit dans une famille d'aires de nutrition, frayères et nurseries côtières.

Les études précédentes ont permis de mettre en évidence puis de confirmer la part importante que représentent poissons plats, gadidés et crevette grise, à la fois dans les peuplements planctoniques (oeufs et/ou larves) et dans l'inventaire des ressources halieutiques.

Ainsi, progressivement, l'accent a été mis sur quelques espèces principales ; s'agissant de la macrofaune halieutique, une estimation quantitative des juvéniles de poissons est réalisée, et ceci pour deux raisons :

- biologique : les juvéniles de poissons, en particulier ceux de poissons plats, devant passer les deux ou trois premières années de leur vie dans les eaux côtières, seront probablement plus sensibles à l'influence de la tache thermique que les adultes doués d'une plus grande mobilité.
- halieutique : cette nourricerie est à la base du recrutement sur des zones de pêche situées plus au large ; l'influence positive, nulle ou négative que pourra avoir l'échauffement des eaux sur les juvéniles se répercutera donc au niveau de la pêche.

Associée à ces observations sur les poissons, une étude quantitative de la crevette grise est également assurée.

Au niveau des peuplements planctoniques, une "espèce cible" a été retenue : la sole, en raison à la fois de son importance halieutique et de l'abondance relative de ses oeufs et larves au sein du plancton.

Parallèlement, on réalise un suivi des larves de gadidés et des autres poissons plats, ainsi que des larves des principaux crustacés décapodes comme la crevette grise, le tourteau ou l'étrille.

## **METHODOLOGIE.**

### **1. Etude planctonique.**

Le matériel et les méthodes utilisés sur le terrain et au laboratoire sont identiques à ceux employés au cours des phases précédentes de l'étude du site de Gravelines ainsi que sur les autres sites d'implantation de centrales nucléaires. On en trouvera une description détaillée dans les rapports d'étude afférents, notamment dans le rapport du projet du site de Gravelines (ISTPM, 1981). Nous n'en rappelons ici que les points essentiels ou particuliers concernant l'année 1986.

L'échantillonnage des stades planctoniques dans le canal d'amenée, introduit en 1985, a été reconduit cette année. Bien que biaisé par une mauvaise estimation des volumes filtrés (instabilité du filet dans la veine d'eau, variabilité des courants), il permet de disposer d'une meilleure couverture temporelle et de confirmer les gradients côte-large.

Des études antérieures ont montré que la chronologie des phénomènes biologiques dans le canal était identique à celle du milieu extérieur, les particularités dans les paramètres physiques dans l'avant-port et le canal (par exemple légère surélévation thermique d'environ 1° au printemps) et le taux relativement rapide du renouvellement des eaux de l'avant-port n'étant pas de nature à induire des perturbations notables dans les cycles biologiques des espèces zooplanctoniques (notamment, on n'observe pas d'avance dans le cycle de reproduction de la sole). Par ailleurs, les densités reflètent celles du milieu extérieur, cela a été observé pour les oeufs de sole et c'est également le cas pour les espèces dont les stades planctoniques sont produits dans l'ensemble du secteur.

Il demeure cependant que l'estimation des densités d'organismes dans le canal de prise est entachée d'erreurs (voir plus haut) ; ainsi les données du canal, utilisables du point de vue chronologique, demeurent délicates pour les densités.

L'échantillonnage des points sur le site, par la méthode des repliquats, introduit en 1984, a été reconduit en 1986 étant donné qu'il était intéressant de corroborer les résultats précédents et que la diminution des volumes filtrés corrélative de l'abandon des paliers ne semble pas avoir une grande incidence sur l'estimation des effectifs.

#### **1.1. Localisation des points de mesure.**

L'échantillonnage du zooplancton a été réalisé aux deux points retenus pour l'étude de surveillance, un point côtier situé dans le panache de rejet et un point au large hors influence, ainsi qu'à l'entrée du canal d'amenée, au niveau du pont enjambant le canal : point 6 auprès de la rive gauche, point 7 au centre du canal.

Afin de disposer d'une meilleure estimation des densités en dehors du panache ainsi que pour affiner les gradients horizontaux, les prélèvements au point médian ont été réintroduits cette année.

La codification des points de mesure depuis le début des études nous amène à adopter la numérotation en vigueur au cours de l'étude de projet : points 1, 2 et 3 pour côte, médian et large. Le tableau suivant résume le recalage ainsi opéré :

	1975 à 1977 (étude de projet)	1978 à 1985 (surveillance)	1986
Point côtier	1	0	1
Point médian	2	1	2
Point large	3	2	3

Tableau VI.1.

### 1.2. Mesure des paramètres hydrologiques.

Les points situés sur le site font l'objet, de surcroît, d'un relevé hydrologique succinct (température et salinité).

A chaque station (correspondant à un trait de zooplancton), deux paramètres sont mesurés : température de l'eau et salinité. Les relevés sont faits à deux niveaux : sub-surface et voisinage du fond.

Le relevé est fait à l'aide d'une sonde EIL modèle 5004 (fabriquée par Kent Industrial Measurements).

### 1.3. Chronologie des campagnes.

Sept campagnes avaient été programmées et ont eu lieu effectivement entre avril et juillet, afin de recouvrir entièrement la période de reproduction de la sole.

Les dates des sorties ainsi que les points échantillonnés figurent dans le tableau suivant :

Dates	Points échantillonnés	Dates	Points échantillonnés
15 avril	1 - 2 - 3 - 6 - 7	02 juin	6 - 7
06 mai	6 - 7	10 juin	1 - 2 - 6 - 7
13 mai	1 - 2 - 3 - 6 - 7	24 juin	6 - 7
		03 juillet	1 - 2 - 3 - 6 - 7

Tableau VI.2.

#### 1.4. Echantillonnage du plancton.

##### 1.4.1. Méthode d'échantillonnage.

Les pêches de zooplancton sont effectuées à l'échantillonneur Bongo grand modèle. Pour les points 1, 2 et 3, il est composé de deux filets cylindro-coniques de 3 m de long, 61 cm de diamètre d'ouverture et 500  $\mu\text{m}$  de maille. Chaque point fait l'objet de deux repliquats successifs.

La pêche se fait en trait oblique sans palier depuis le fond jusqu'en surface à la vitesse de 2 noeuds environ ( $1 \text{ m.s}^{-1}$ ). La durée est ainsi fonction de la sonde.

Les volumes filtrés varient ainsi entre 28 et 177  $\text{m}^3$  pour les points 6 et 7, 15 et 247  $\text{m}^3$  pour les points 1, 2 et 3.

Pour les points 6 et 7, on utilise l'échantillonneur Bongo simplifié ne comportant qu'une seule ouverture, qui a été utilisé lors des études expérimentales in situ (WOEHLING, 1983).

L'absence de dépresseur pour l'échantillonneur simplifié occasionne une fréquente remontée du filet qui filtre ainsi, par moment, sur les 2/3 ou la moitié de son diamètre d'ouverture. Cela, joint aux irrégularités dans l'intensité des courants (selon la position du filet dans le canal) et au taux de colmatage différent, surtout lors de la période de présence de noctiluques, rend délicate l'estimation des volumes filtrés et, par voie de conséquence, celle des densités d'organismes dans le canal.

Après chaque trait, les filets sont rincés à l'eau de mer afin de rassembler les planctontes dans les collecteurs ; le contenu de chaque collecteur est recueilli dans des bocaux de 2 litres.

##### 1.4.2. Conservation des échantillons.

Les échantillons sont fixés à bord à l'aide de la solution décrite par MASTAIL et BATTAGLIA (1978) légèrement modifiée (ces modifications sont indiquées par BIGOT (1979)). Ce liquide conservateur est réalisé à base de formol (solution saturée de formaldéhyde à 36 % environ en masse) neutralisé et dilué à 3 % en volume dans de l'eau de mer additionnée d'agents anti-oxydants et complexants.

##### 1.4.3. Dépouillement des échantillons.

L'échantillon est fractionné à la cuve Motoda (MOTODA, 1959) qui permet d'en réaliser des bipartitions successives. Pour un taxon donné, le dénombrement réalisé sur cuve de Dollfuss est jugé satisfaisant si la fraction examinée contient environ une centaine d'individus (FRONTIER, 1972). Les oeufs et larves de poissons sont comptés sur la moitié ou la totalité du prélèvement.

Pour les oeufs de poissons, nous avons distingué deux stades principaux dans l'embryogénèse en regroupant les stades décrits par MANSUETTY et HARDY et cités dans JOSSI et al., 1975 : axe embryonnaire non visible (stade 1) et embryon visible (stade 2).



### 1.5. Saisie, stockage et traitement des données.

Les données brutes sont saisies sur micro-ordinateur ; les effectifs de zooplancton sont ramenés à l'unité de volume filtré ( $10\text{ m}^3$ ). Les résultats sont ensuite archivés au Bureau National des Données Océanologiques (BNDO) du centre IFREMER de Brest.

## 2. Etude de la macrofaune halieutique.

### 2.1. Echantillonnage.

En 1986, l'échantillonnage de la macrofaune halieutique a été considérablement allégé par rapport aux années précédentes. Une seule campagne a été réalisée au mois de septembre et seule la zone subtidale a été prospectée selon la méthodologie antérieure.

L'abandon provisoire de la campagne de printemps se justifie par le fait qu'à cette période de l'année les juvéniles de poissons plats (groupe 0), qui nous intéressent tout particulièrement dans cette étude, n'apparaissent encore que très peu dans les captures au chalut à perche, le pré-recrutement n'étant pas encore achevé.

Pour ce qui est des pêches à pied, elles n'ont pas été maintenues en raison de la très grosse variabilité des résultats.

Les chalutages d'une durée de 15 minutes (vitesse de traîne : 3 à 4 noeuds) sont parallèles à la côte et répartis sur un secteur limité à l'est par le nouvel avant-port de Dunkerque, à l'ouest par Calais et vers le large par le chenal d'accès au port de Dunkerque. L'engin de pêche utilisé est un chalut à perche de 3 m dont le maillage est de 20 mm de maille étirée (CP3).

### 2.2. Chronologie.

Le 24 septembre, 16 traits de chalut à perche 3 m ont été réalisés sur le secteur.

Les positions de ces différents prélèvements sont présentées sur la figure VI.1.

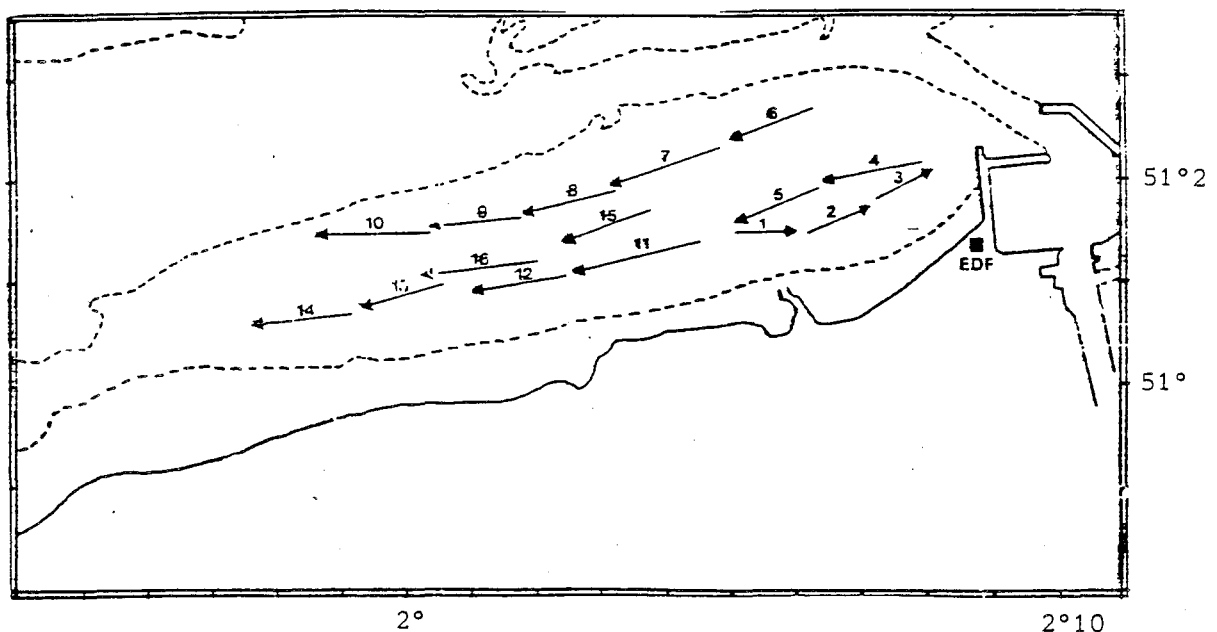


Fig. VI.1 - Position des chalutages expérimentaux en 1986 (CP3).

### 2.3. Expression des résultats.

Pour chaque trait de chalut, toutes les espèces de poissons, céphalopodes et crustacés ont été déterminées et ont donné lieu aux opérations suivantes :

- dénombrement des individus, soit sur l'ensemble des captures (poissons), soit à partir d'un échantillon (crevette grise).
- mensurations pour les espèces principales, soit sur l'ensemble des captures, soit sur un échantillon.
- pesées globales pour chaque espèce. Dans le cas des poissons plats les poids sont déterminés à l'aide de clés taille-poids, établies à partir des résultats des années précédentes.
- des prélèvements d'otolithes ont été effectués pour la détermination de l'âge des poissons plats (plie, sole, limande).

Un bref rappel de la structure de ces pièces et de la terminologie que nous utiliserons dans les résultats pour la notion d'âge paraît souhaitable.

Les otolithes sont des pièces calcaires faisant partie de l'oreille interne des téléostéens. Elles participent au maintien du tonus musculaire et à la réception des stimuli externes.

Le centre de l'otolithe est opaque, des dépôts se forment autour de ce noyau dès les premiers mois de la vie du poisson et jusqu'à la fin de l'automne ou le début de l'hiver. Des matériaux hyalins se déposent alors pendant toute la période hivernale et jusqu'au début du printemps.

Les dépôts alternent suivant le rythme des saisons et la croissance du poisson. Les zones opaques correspondent aux périodes estivales à croissance rapide et les zones hyalines aux ralentissements hivernaux.

Entre la naissance et le premier ralentissement de croissance, le poisson appartient au groupe 0. A partir de la reprise de croissance, le poisson entre dans le groupe 1. A l'occasion de chaque nouvelle saison hivernale, il passe dans le groupe supérieur.

Pour l'exploitation des données, les deux types suivants d'analyses ont été retenus.

#### 2.3.1. Calcul des densités par trait.

Ce type de traitement des données permet une visualisation de la répartition et de l'abondance des différentes espèces sur le secteur d'étude.

Pour chaque espèce rencontrée dans un chalutage et pour chacun des groupes d'âge, lorsque ceux-ci ont pu être déterminés, une densité en nombre d'individus pour 1000 m<sup>2</sup> est calculée.

### 2.3.2. Calcul des densités moyennes par zone.

Les densités par trait, en raison de la variabilité des valeurs, ne fournissent pas des indices d'abondance permettant de comparer sur le plan quantitatif les différentes campagnes ou les différentes années entre elles.

Pour résoudre ce problème de comparaison, mais également pour différencier les secteurs soumis à l'influence de la tache thermique due au rejet de la centrale, nous avons eu recours au découpage de l'aire de prospection en plusieurs zones. Trois zones ont été retenues en tenant compte à la fois de la tache thermique et de l'écologie des juvéniles de poissons plats dont les répartitions spatiales sont en relation avec la bathymétrie (fig. VI.2).

La surface de chaque zone a été estimée par planimétrie.

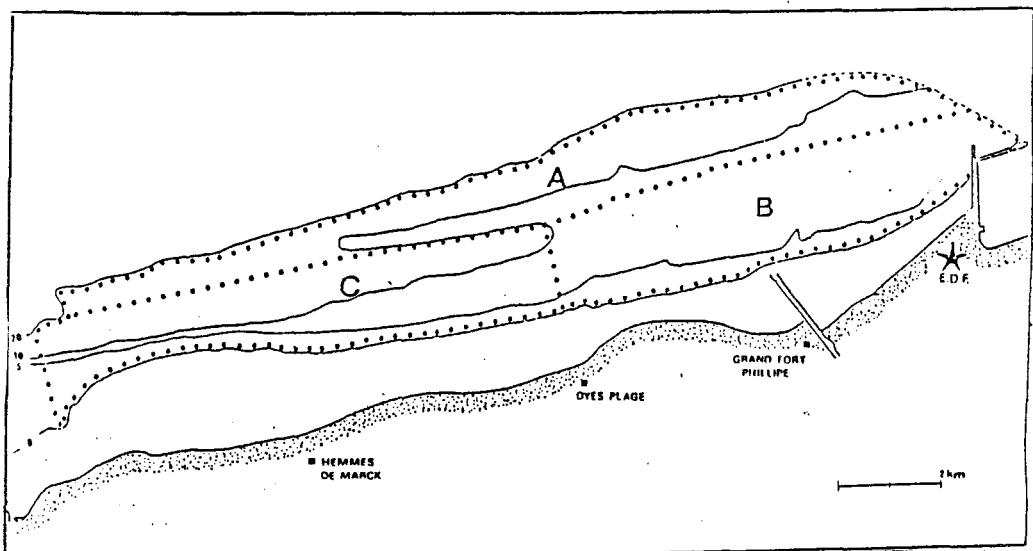


Fig.VI.2. - Zones définies pour les estimations d'abondance (secteur subtidal).

La méthode de calcul à laquelle nous avons recourue est employée en échantillonnage stratifié et consiste en particulier à estimer les paramètres suivants pour chaque zone :

- densité moyenne par 1000 m<sup>2</sup> :

$$d = \frac{\sum P_i \cdot 1000}{\sum S_i}$$

P<sub>i</sub> = nombre d'individus observés dans chaque trait.

S<sub>i</sub> = surface balayée par chaque trait (m<sup>2</sup>).

- nombre d'individus présents sur la zone :

$$n = \frac{S \cdot \sum P_i}{\sum S_i}$$

S = surface de la zone (m<sup>2</sup>).

- variance de l'estimation du nombre d'individus :

$$V(n) = \frac{S^2 \cdot x \cdot V(p)}{(\sum Si)^2}$$

x = nombre de traits effectués sur la zone.

V(p) = variance de la prise par trait.

- indice de précision :

$$i = \frac{\sqrt{V(n)}}{n} \text{ exprimé en \%}$$

### 2.3.3. Calcul des densités moyennes et production sur l'ensemble du secteur d'étude.

Comme indice de la production d'ensemble des différentes zones nous avons utilisé les formules suivantes :

- densité moyenne par 1000 m<sup>2</sup> :

$$d = \frac{\sum nj \times 1000}{\sum Sj}$$

nj = nombre d'individus estimés pour la zone j.

Sj = surface de la zone (m<sup>2</sup>).

- nombre d'individus présents sur l'ensemble du secteur d'étude :

$$N = \sum nj$$

- variance sur l'estimation du nombre d'individus :

$$V(N) = \sum V(n) j$$

V(n) j = variance sur l'estimation du nombre d'individus présents sur la zone j.

- indice de précision :

$$I = \frac{\sqrt{V(N)}}{N} \text{ exprimé en \%}$$

Les densités et les estimations de production obtenues par ces méthodes de calcul ne doivent pas être considérées comme des valeurs absolues mais plutôt comme des indices d'abondance (annexe 2).

## RESULTATS.

### 1. Poissons plats.

L'étude de surveillance est principalement orientée vers les espèces de poissons plats les mieux représentées sur le site en particulier sous leurs formes juvéniles. Ce sont la plie (Pleuronectes platessa), la sole (Solea vulgaris) et la limande (Limanda limanda).

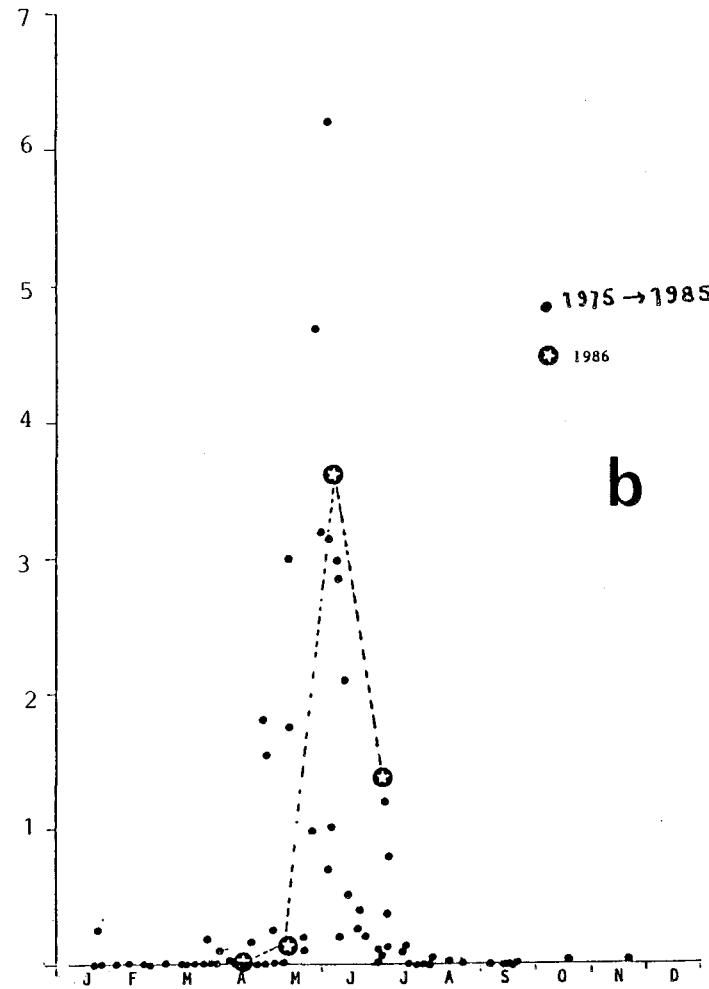
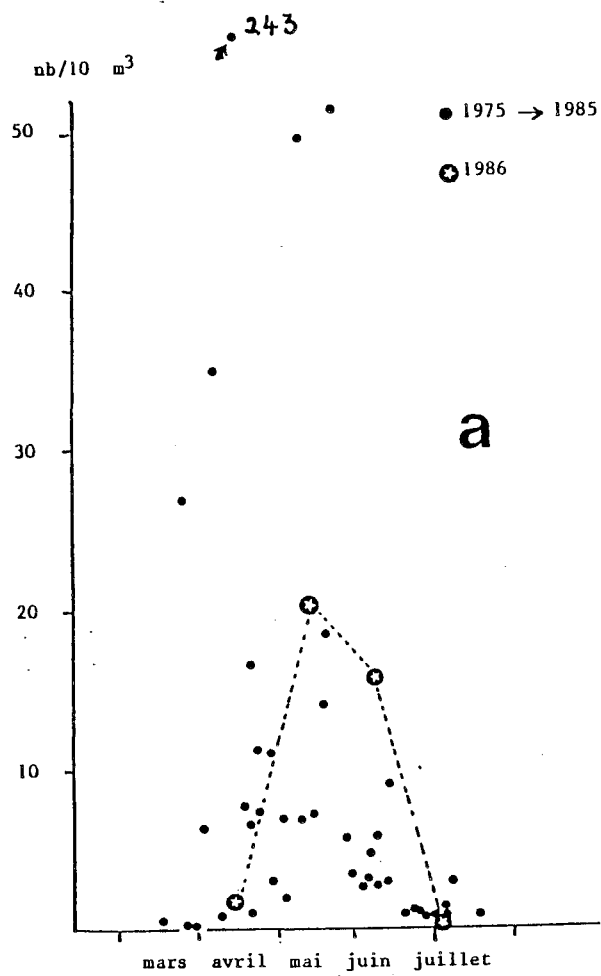


Fig. VI.3 - Densités d'œufs (a) et de larves (b) de sole de 1975 à 1986 (moyennes points médians et large).

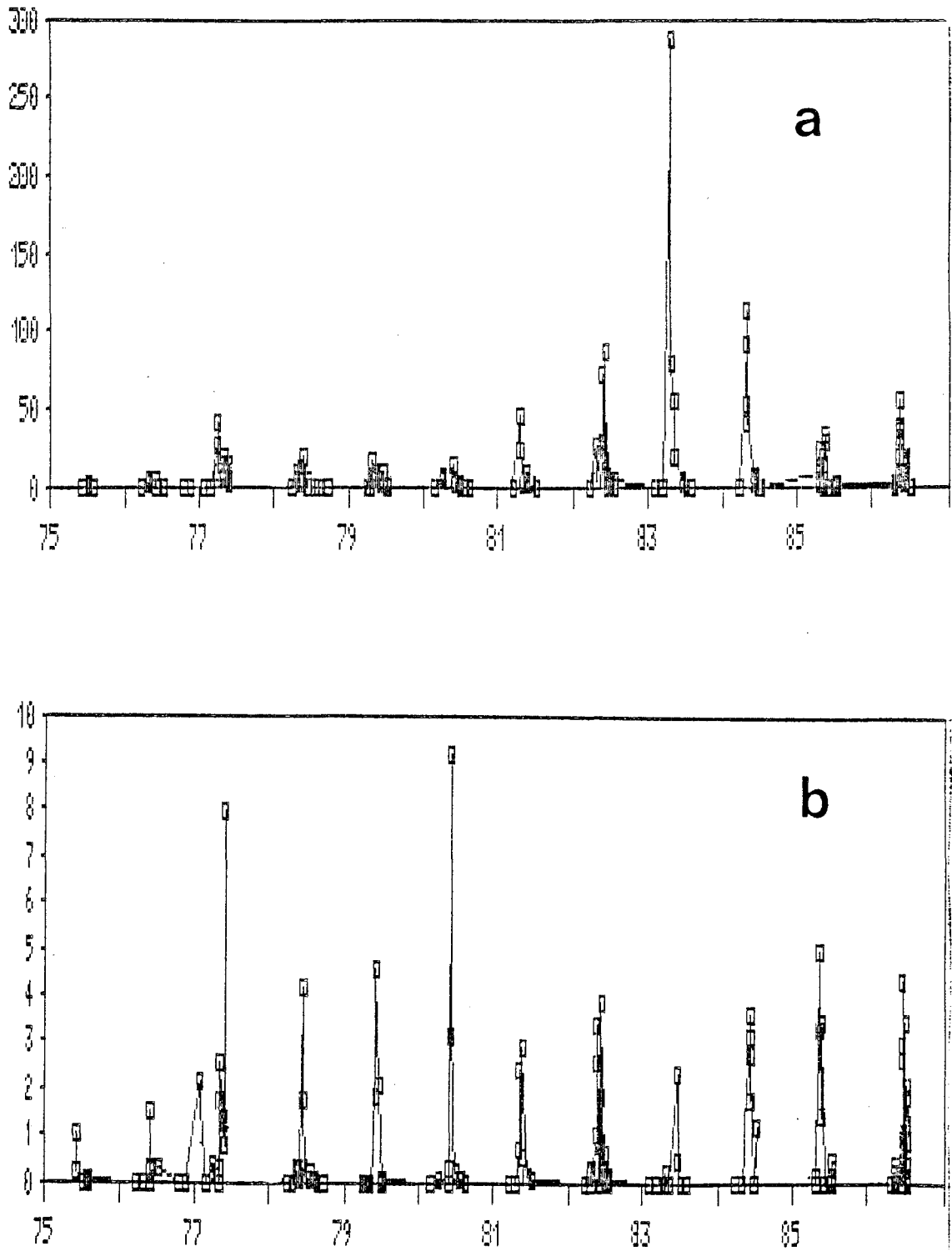


Fig.VI.4 - Fluctuations pluriannuelles des oeufs (a) et larves (b) de sole.

Hormis celles-ci, trois autres espèces de plats sont présentes sur le site, mais leurs effectifs demeurent très réduits. Il s'agit de la barbue (Scophthalmus rhombus), du turbot (Psetta maxima) et du flet (Platichthys flesus).

### 1.1. La sole (Solea vulgaris (QUENSEL)).

La sole constitue la principale espèce-cible à Gravelines et fait l'objet d'une attention particulière ; notamment les observations sont centrées sur la période de reproduction de l'espèce.

Le secteur est inclus dans la fraction méridionale de la vaste frayère-nurserie de Mer du Nord qui en occupe le tiers inférieur avec un gradient d'abondance en direction du Pas-de-Calais et vers la côte. Le site ne se trouve qu'à quelques dizaines de km en moyenne de l'épicentre de la frayère tel qu'il a été mis en évidence au cours de campagnes internationales à grande échelle. Selon la nature et l'intensité des courants une partie variable des oeufs transite au droit de la centrale ; à ces effectifs s'ajoute le produit de pontes s'effectuant au droit, principalement sur les hauts-fonds du voisinage.

Dans ce secteur, la ponte a lieu d'avril à juillet avec un pic oscillant entre mi-avril et mi-mai. Les pics de larves, plus tardifs, ont lieu surtout en juin, le début de ce mois constituant la période principale d'éclosion. Il s'en suit que la majorité des larves arrive en métamorphose au début de l'été. Les juvéniles benthiques sont rencontrés tout au long de l'été sur des fonds très côtiers. Au cours de l'automne, ils migrent vers des fonds plus importants corrélativement à la diminution de la température de l'eau.

#### 1.1.1. Oeufs et larves.

Les densités d'oeufs sont d'un ordre de grandeur normal pour le site et correspondent plus particulièrement à celles, relativement élevées, connues depuis 1981 (fig. VI.3).

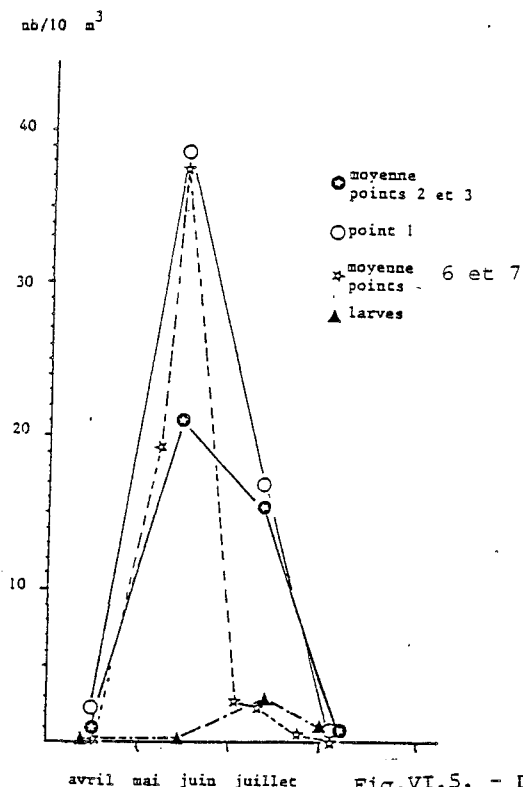


Fig. VI.5. - Densités d'oeufs et de larves de sole en 1986

L'évolution des densités en 1986 (fig. VI.5), très faibles en avril et présentant un maximum en mai, est caractéristique des années à ponte tardive induite par un hiver froid.

Les gradients horizontaux sont bien reproductibles : dirigés vers la côte en début de saison et plutôt vers le large vers la fin. Les densités observées dans le canal confirment cette tendance en l'exagérant début juillet où elles chutent brutalement.

	Nbre de traits	Sole		Plie		Limande		Crevette grise (mm)		
		Gr0	Gr1	Gr0	Gr1	Gr0	Gr1	<44	45-56	>56
-----										
Juin 1977	18	0.01	2.63	1.17	2.57	0.08	0.35	19	9	5
		100%	34%	53%	37%	57%	22%	19%	22%	37%
Juin 1978	13	0.01	0.14	0.53	0.92	-	0.32	84	14	3
		100%	35%	41%	49%	-	64%	33%	19%	16%
Juin 1979	19	-	0.05	0.24	1.25	0.07	1.83	31	16	3
		-	100%	45%	47%	61%	37%	23%	21%	33%
Juil 1980	18	2.34	3.89	0.34	4.16	1.09	2.45	103	23	14
		46%	38%	59%	45%	47%	37%	31%	34%	38%
Juil 1981	18	0.25	0.44	2.92	0.36	0.33	1.68	245	24	6
		46%	47%	54%	31%	35%	41%	57%	30%	23%
juin 1982	18	1.07	0.27	0.39	1.46	1.86	6.70	38	4	2
		92%	54%	86%	36%	65%	26%	72%	24%	32%
Juin 1983	18	0.29	1.56	4.21	1.24	2.03	2.49	120	33	12
		59%	24%	45%	20%	40%	31%	23%	27%	26%
Juil 1984	16	0.01	2.24	1.01	2.35	0.14	1.95	60	13	4
		100%	32%	62%	45%	68%	63%	28%	29%	22%
Juil 1985	18	0.02	0.09	1.86	0.35	0.42	0.68	28	21	3
		100%	39%	40%	25%	42%	38%	35%	37%	42%
-----										
Sep 1977	18	1.71	0.48	0.74	0.88	2.04	0.37	25	23	1
		22%	33%	47%	14%	16%	24%	15%	16%	21%
Sep 1978	18	3.72	0.01	1.84	0.68	3.14	0.10	67	56	2
		30%	100%	37%	34%	25%	34%	16%	11%	23%
Sep 1979	18	19.97	-	3.01	0.41	2.19	0.51	135	115	5
		60%	-	68%	39%	44%	29%	25%	19%	31%
Sep 1980	18	24.40	3.24	0.43	1.02	2.90	1.01	103	58	8
		19%	21%	53%	26%	33%	33%	13%	17%	26%
Sep 1981	18	0.23	0.54	4.74	0.25	11.16	3.98	70	36	2
		31%	41%	31%	62%	30%	81%	22%	24%	34%
Sep 1982	18	1.27	0.05	1.43	0.40	18.01	5.08	75	36	1
		29%	60%	36%	29%	43%	28%	33%	26%	26%
Sep 1983	18	16.73	2.55	10.81	0.46	24.72	2.02	249	157	7
		27%	12%	29%	27%	16%	24%	22%	16%	20%
Sep 1984	20	1.62	0.32	1.94	1.67	5.49	0.92	141	87	4
		22%	35%	32%	65%	23%	18%	30%	21%	31%
Oct 1985	18	12.84	0.04	4.09	0.18	5.27	0.40	266	86	20
		27%	100%	22%	69%	35%	38%	34%	22%	19%
Sep 1986	16	1.46	0.72	4.76	0.78	4.00	0.86	43	33	1
		22%	34%	33%	29%	36%	21%	23%	21%	29%
-----										

Tabl. VI.3 - -Gravelines zone subtidale :  
densités moyennes ( nbre / 1000 m2 ) calculées  
sur l'ensemble du secteur de 1977 à 1986 .  
( l'indice de précision est indiqué )



Il est délicat de vouloir dégager une tendance générale dans ce secteur situé en limite de frayère, où les fluctuations observées ne reflètent pas obligatoirement l'évolution générale. Cependant, les effectifs de 1985 et 1986 semblent annoncer un retour au niveau de base enregistré avant 1982.

Les densités de larves présentent des fluctuations nettement amorties par rapport à celles des oeufs, en liaison avec les mécanismes du recrutement et par l'intermédiaire d'un taux de survie variable.

#### 1.1.2. Juvéniles.

##### \* Groupe 0 :

La densité moyenne sur le site est de 1.46 ind./1000 m<sup>2</sup>. Cette valeur est très faible par rapport à celles observées les années précédentes. La répartition spatiale, avec dominance des strates côtières, ne montre pas de particularités (annexe 2).

##### \* Groupe 1 :

Contrairement au précédent, ce groupe d'âge est bien représenté, avec 0.72 ind./1000 m<sup>2</sup>. Cette donnée confirme la forte abondance déjà notée pour la classe 1985 (tableau VI.3).

##### \* Groupes 2 et supérieurs :

Seul le groupe 2 est représenté (0.03 ind./1000 m<sup>2</sup>).

### 1.2. La plie (Pleuronectes platessa).

Cette espèce se reproduit en période hivernale, de décembre à mars, sur des frayères situées au milieu de la Manche et de la Mer du Nord. Ce comportement explique l'absence d'oeufs et de larves dans les pêches planctoniques. A la suite d'une migration vers la côte, les juvéniles se concentrent dans les eaux peu profondes. Ces zones turbides correspondent à des zones de nourriceries.

##### \* Groupe 0 :

Les juvéniles de ce groupe se cantonnent dans des eaux dépassant très rarement quelques mètres. Les poissons suivent de façon synchrone le flot et le jusant en utilisant les courants de marée comme moyen de transport. Ils peuvent ainsi effectuer des déplacements pouvant atteindre plusieurs kilomètres (KUIPERS, 1973 ; HARDEN-JONES, 1980). Pendant ces migrations, les jeunes plies se nourrissent d'invertébrés benthiques vivant dans le sable (GIBSON, 1980).

En raison d'une part de la répartition bathymétrique très marquée de cette espèce, la taille des individus augmentant avec la sonde ; et d'autre part de la période de reproduction, les plus fortes densités du groupe 0 étaient classiquement observées dans les prélèvements à pied du début de l'été.

En automne, les juvéniles se répartissent de façon plus homogène sur l'ensemble du secteur d'étude et l'on observe une légère diminution des densités de la zone intertidale au profit de la zone subtidale. Les individus de plus grande taille, arrivés précocement au cours de l'été, colonisent peu à peu les secteurs profonds situés plus au large.

L'indice d'abondance de ce groupe est de 4.76 ind./1000 m<sup>2</sup> (tableau VI.2).

\* Groupe 1 :

Il représente globalement 0.78 ind./1000m<sup>2</sup> pour l'ensemble du secteur d'étude.

\* Groupes 2 et supérieurs :

Les captures ont été très faibles avec seulement deux individus du groupe 2 (0.03 ind./1000 m<sup>2</sup>).

### 1.3. La limande (Limanda limanda, L.).

Très commune en Mer du Nord, elle fréquente les fonds sableux et coquilliers où elle côtoie la plie. Le frai a lieu dans l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce, un peu vers le large cependant. La limande se reproduit surtout de février à avril, sensiblement à la même époque que la sole.

#### 1.3.1. Oeufs et larves (annexe 1).

Concernant le domaine planctonique (tableau VI. ), les observations portent uniquement sur les larves, les oeufs pouvant être confondus aux premiers stades avec ceux d'autres espèces, notamment le flet dont la période de reproduction chevauche en partie celle de la limande.

Les densités (0.2 à 0.4 par 10 m<sup>3</sup>) retombent en 1986 à leur niveau habituel (0.06 à 0.3 par 10 m<sup>3</sup>) mais se situent encore à droite de cet intervalle, du côté des effectifs les plus élevés.

#### 1.3.2. Juvéniles.

\* Groupe 0 :

Les jeunes limandes, ayant un comportement d'évitement vis-à-vis de la zone de balancement des marées, ne fréquentent que les eaux plus profondes.

Cette année, l'abondance a été de 4.00 ind./1000 m<sup>2</sup> ce qui, là encore, ne traduit pas une bonne classe d'âge (tableau VI.2).

\* Groupe 1 :

Avec 0.86 ind./1000 m<sup>2</sup>, ce groupe n'est guère abondant comme le laissait prévoir le faible indice du groupe 0 en 1985.

\* Groupes 2 et supérieurs :

Seule la capture d'un individu d'un groupe supérieur ou égal à 3 est à signaler.

## 2. Autres espèces de poissons.

### 2.1. Le merlan (Merlangus merlangus).

Cette espèce démersale côtière marquant une préférence pour les fonds meubles à faible profondeur (25 - 100 m) est très commune dans le secteur de Gravelines et fait l'objet d'une exploitation commerciale importante.

Les adultes se rapprochent des côtes en hiver pour le frai qui a lieu dans toute l'aire de répartition de l'espèce, principalement les secteurs à fond plat à l'exclusion des zones de salinité inférieure à 32 ‰. La période de ponte s'étend de mi-janvier à juillet selon la latitude.

#### 2.1.1. Oeufs et larves (annexe 1).

A Gravelines, les larves de merlan, bien que sporadiques, sont présentes chaque année, de février à juillet avec une légère dominance d'avril à juin. Les densités, en général inférieures à 1, atteignent exceptionnellement 2 à 4 par 10 m<sup>3</sup>.

L'identification des oeufs, toujours délicate, en raison de leur ressemblance avec ceux des autres gadidés, voire quasi impossible au stade non embryonné, a été délaissée au cours de cette année, compte tenu également de leur présence sporadique lors des années précédentes.

L'identification des larves, en revanche, est fiable et constitue un indice reproductible de la présence de l'espèce.

#### 2.1.2. Juvéniles.

Le groupe 0 constitue la totalité des captures avec 0.55 ind./1000 m<sup>2</sup>.

### 2.2. Le tacaud.

La ponte du tacaud s'échelonne en Manche de janvier à juillet, avec une intensité maximale au début du printemps dans la zone côtière.

#### 2.2.1. Oeufs et larves.

Les oeufs et larves de tacaud sont présents régulièrement sur le site, l'espèce frayant dans l'ensemble de son aire de répartition.

Cependant, du fait de leur caractère sporadique (densités souvent inférieures à 1 par 10 m<sup>3</sup> et irrégulières), de la difficulté d'identification des oeufs de l'espèce, surtout aux premiers stades joints à l'intérêt halieutique réduit de cette espèce, nous ne la suivons plus au niveau planctonique depuis 1985.

### 2.2.2. Juvéniles.

Comme pour le merlan, c'est classiquement le groupe 0 qui représente la majorité des captures avec 8.59 ind./1000 m<sup>2</sup>. La répartition des individus est homogène sur l'ensemble du secteur étudié.

### 2.3. Le sprat.

Le sprat ne fait pas l'objet d'une exploitation commerciale dans le secteur de Gravelines, bien que l'abondance de cette espèce, au voisinage du site, au moment de la reproduction soit loin d'être négligeable, compte tenu de l'importance du frai.

#### 2.3.1. Oeufs et larves.

La période de ponte est assez étendue, mais atteint son apogée toujours aux environs de la même époque, entre mi-mai et mi-juin, avec des décalages liés aux températures hivernales. Les densités maximales oscillent entre 40 et 200 oeufs par 10 m<sup>3</sup>. Les densités de larves, plus faibles, sont de l'ordre de la dizaine par 10 m<sup>3</sup>.

En 1986, cette espèce n'a pas été suivie.

#### 2.3.2. Juvéniles.

A la suite de l'arrêt des pêches à pied, où s'effectuait la majorité des captures, cette espèce n'a pas été pêchée en 1986.

### 2.4. Le hareng (Clupea harengus, L.).

La ponte du hareng, en Manche, a lieu en décembre et les juvéniles portent donc le nom de groupe 1 dès le mois de janvier. Leur présence sur le site est observée depuis juillet 1981.

Les captures ne concernent que le groupe 1 avec 2.61 ind./1000 m<sup>2</sup>.

### 2.5. Le bar (Dicentrarchus labrax, L.).

Comme pour le sprat, l'abandon des pêches à pied se traduit par une absence de captures pour cette espèce.

Des juvéniles d'espèces autres que celles citées précédemment et retenues pour l'étude de surveillance sont présentes dans nos prélèvements (annexe 2). Elles sont pêchées en faibles quantités et les résultats obtenus ne permettent pas de faire une quelconque interprétation.

## 3. Les crustacés : la crevette grise (Crangon crangon, L.).

Cette espèce présente une croissance très rapide et un turn-over important.

### 3.1. Larves et post-larves.

Depuis 1984 les densités larvaires maximales (de 18 à 27 par 10 m<sup>3</sup>) sont faibles par rapport aux années antérieures (de 63 à 284 par 10 m<sup>3</sup> entre 1979 et 1983). Il n'en est pas de même pour les post-larves

qui, excepté en 1985, montrent une densité maximale relativement élevée et identique depuis 1982 (14 à 16 par  $10\text{ m}^3$ ) ; une densité supérieure a été notée une seule fois auparavant (49 par  $10\text{ m}^3$  en 1980).

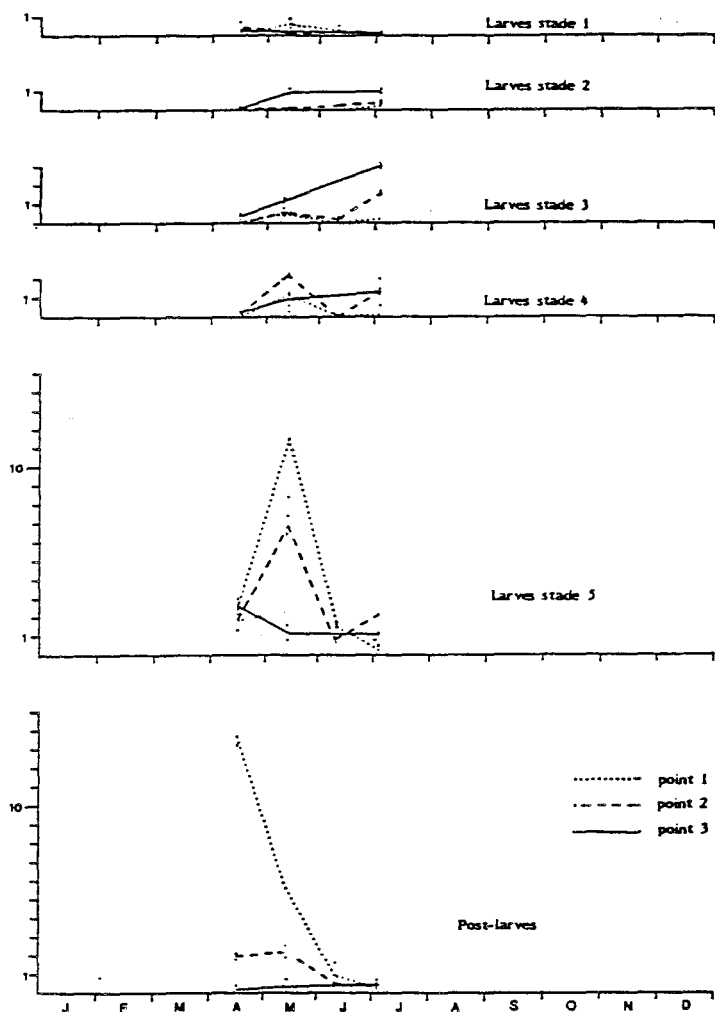


Fig. VI.6. - Densités des larves et post-larves de crevette grise Crangon crangon en 1986.

La figure VI.6 montre que la plupart des larves récoltées cette année sont des stades 5. Cette constatation a été faite à plusieurs reprises sur le site, notamment les années à très forte densité larvaire ; il semble donc que généralement peu de crevettes grises éclosent sur le site même et les densités maximales de stades relevées en 1981 et 1983 (40 et 68 par  $10\text{ m}^3$ ) apparaissent comme exceptionnelles.

Le pic de larves au stade 5 observé mi-mai nous suggérerait un pic d'éclosion situé vers le début du mois d'avril, celui des post-larves noté mi-avril nous en suggérerait un autre plus précoce. En fait, on peut récolter des larves stade 1 pratiquement toute l'année et les dates des pics observés sont variables d'une année sur l'autre (mars à octobre) ; toutefois les plus importants se sont produits en avril.

### 3.2. Juvéniles et adultes.

Les densités observées au cours des chalutages à l'automne 1986 sont parmi les plus faibles de la série historique automnale avec pour le total des individus  $77.40\text{ ind./}1000\text{ m}^2$  (tableau VI.2).

### CONCLUSION.

Qualitativement, en 1986 aucune modification sensible n'a été constatée quant à la répartition spatiale des juvéniles de poissons et de la crevette grise au niveau subtidal. Les populations se répartissent toujours sur la frange la plus littorale avec une préférence plus ou moins marquée soit pour l'est, soit pour l'ouest du secteur d'étude selon les espèces.

Les inversions de gradients de répartitions, lorsqu'elles sont observées, doivent être considérées comme des phénomènes aléatoires.

Quantitativement, ainsi que nous avons pu le constater depuis 1977, les variations annuelles du niveau du pré-recrutement sont très importantes sur cette zone. Bien que rien ne permette, pour le moment, d'exclure une influence du rejet, il est probable que les fluctuations enregistrées en 1986 soient dues à des causes naturelles, biologiques et hydroclimatiques.

Globalement, l'année 1986 se caractérise par un retour à la normale pour les densités d'oeufs de sole et par un faible niveau de pré-recrutement pour les espèces de poissons plats et la crevette grise.

#### BIBLIOGRAPHIE.

- BIGOT, J.L., 1979.  
Identification des zoés de tourteau (Cancer pagurus L.) et d'étrille (Macropipus puber L.). Comparaison avec d'autres zoés de morphologie très voisine. Cons. Int. Explor. Mer, Comité de l'Océanographie biologique, L : 17.
- FRONTIER, S., 1972.  
Calcul de l'erreur sur un comptage du zooplancton. J. exp. mar. Biol. Ecol., 8 : 121-132.
- GIBSON, R.N., 1980.  
The intertidal movements and distribution of young fish on a sandy beach with special reference to the plaice (Pleuronectes platessa L.). J. exp. mar. Biol. Ecol., 12 : 79-102.
- HARDEN JONES, F.R., 1980.  
The migrations of plaice in relation to the environment. Iclarm confé. Procced, Manila (Philippines), 1980, 5 : 383-396.
- JOSSI, J.W., R.R. MARAK et H. PETERSEN, 1975.  
At sea data collection and laboratory procedures. Marmap survey I manual, Marmap Programm Office National Marine Fisheries Service édit., Washington.
- KUIPERS, B., 1973.  
On the tidal migration of young plaice (Pleuronectes platessa). Neth. J. of Sea Research, 6 (3) : 376-388.
- KUIPERS, B., 1975.  
On the efficiency of a two-metre beam trawl for juvenile plaice (Pleuronectes platessa). Neth. J. of Sea Research, 9 (1) : 69-85.
- MASTAIL, M. et A. BATTAGLIA, 1978.  
Amélioration de la conservation des pigments du zooplancton. Cons. int. Explor. Mer, Comité de l'Océanographie biologique, L : 20.

MOTODA, S., 1959.

Devices of simple plankton apparatus. Mem. Fac. Fish. Hokkido Univ., 7 : 73-94.

WOEHLING, D., 1983.

Etude expérimentale de l'impact de la centrale de Gravelines (Nord) sur les oeufs et larves de la sole (1982-1983). Rapport ISTPM.





A N N E X E     1

OEUFS ET LARVES

Densités par 10 m<sup>3</sup> pour quelques espèces



Limanda limanda, la limande

Jour Mois				Larves
15	4	PT 1	REP 1	0.36
		PT 1	REP 2	0.41
		PT 2	REP 2	0.17
13	5	PT 1	REP 1	0.15
		PT 2	REP 1	0.21

Platichthys flesus, le flet

Jour Mois				Larves
15	4	PT 1	REP 1	0.72
		PT 1	REP 2	0.41
		PT 2	REP 1	0.38
		PT 2	REP 2	0.83
		PT 3	REP 1	1.19
		PT 6	REP 1	0.30
		PT 7	REP 1	0.11
6	5	PT 6	REP 1	0.40
		PT 7	REP 1	0.32
13		PT 1	REP 1	0.87
		PT 1	REP 2	1.93
		PT 2	REP 2	0.38
		PT 3	REP 1	0.27
		PT 3	REP 2	0.94
		PT 6	REP 1	1.58
		PT 7	REP 1	0.23

Scophthalmus rhombus, la barbue

Jour Mois				Larves	St.1	Oeufs St.2	Total
13	5	PT 1	REP 1	0.00	0.53	0.29	0.87
		PT 3	REP 1	0.00	0.09	0.09	0.18
10	6	PT 1	REP 1	0.00	0.53	0.53	1.05
		PT 1	REP 2	0.00	0.26	0.00	0.26
		PT 2	REP 2	0.00	0.12	0.00	0.12
3	7	PT 3	REP 1	0.00	0.04	0.04	0.08
		PT 3	REP 2	0.00	0.08	0.00	0.08

Merlangius merlangus, le merlan

Jour Mois				Larves
15	4	PT 3	REP 2	0.07
6	5	PT 6	REP 1	0.13
		PT 7	REP 1	0.32
13		PT 2	REP 1	0.82
		PT 2	REP 2	0.19
		PT 3	REP 1	0.09
		PT 3	REP 2	0.28
		PT 6	REP 1	0.39
10	6	PT 2	REP 1	0.12
		PT 2	REP 2	0.49

Trachurus vipera, la petite vive

Jour Mois				St.1	Oeufs St.2	Total
24	6	PT 6	REP 1	0.36	0.00	0.36
		PT 7	REP 1	0.23	0.23	0.46
3	7	PT 1	REP 1	0.00	0.13	0.13
		PT 1	REP 2	0.00	0.30	0.30
		PT 2	REP 1	0.00	0.07	0.07
		PT 2	REP 2	0.00	0.70	0.70
		PT 3	REP 1	0.00	0.57	0.57
		PT 3	REP 2	0.13	0.34	0.46

A N N E X E    2

JUVENILES

Abondances par zones



CODES DES ESPECES

AMMO TOB	.....	Equille	.....	<i>Ammodytes tobianus</i>
CALM LYR	.....	Dragonnnet	.....	<i>Callionymus lyra</i>
CLUP HAR	.....	Hareng	.....	<i>Clupea harengus</i>
CRAG CRA	.....	Crevette grise	.....	<i>Crangon crangon</i>
DICE LAB	.....	Bar	.....	<i>Dicentrarchus labrax</i>
GOBD	.....	Gobies	.....	<i>Gobiidae</i>
GYMA SEM	.....	Equille	.....	<i>Gymmamodytes semisquamatus</i>
LIMD LIM	.....	Limande	.....	<i>Limanda limanda</i>
MERN MER	.....	Merlan	.....	<i>Merlangius merlangus</i>
PLAT FLE	.....	Flet	.....	<i>Platichthys flesus</i>
PLEC PLA	.....	Plie	.....	<i>Pleuronectes platessa</i>
PSET MAX	.....	Turbot	.....	<i>Psetta maxima</i>
SCOH RHO	.....	Barbue	.....	<i>Scophthalmus rhombus</i>
SOLE VUL	.....	Sole	.....	<i>Solea vulgaris</i>
SPRA SPR	.....	Sprat	.....	<i>Sprattus sprattus</i>
TRIG LUC	.....	Grondin perlon	.....	<i>Trigla lucerna</i>
TRIS LUS	.....	Tacaud	.....	<i>Trisopterus luscus</i>

SIGNIFICATION DES CODES UTILISES DANS LES TABLEAUX

GENRE ESP ..... se reporter à la liste des codes espèces.

CAT .....	{	TOT : capture totale
	{	COM : fraction commerciale des captures
	{	G0 : groupe d'âge 0
	{	G1 : groupe d'âge 1
	{	G2 : groupe d'âge 2
	{	G1PLUS : groupes d'âge >1
	{	G2PLUS : groupes d'âge >2
	{	G3PLUS : groupes d'âge >3

NB ..... estimation de la production de la zone.  
(nombre d'individus)

ECTYPE ..... écart type sur cette estimation.

IPREC ..... indice de précision.

DENSITE ..... nombre d'individus par 1000 m<sup>2</sup>.

PCENT .....	{	STRATES A , B et C <	{	participation de chacune de ces strates (%) à la production globale estimée; par espèce et par catégorie.		
	{	STRATE TOT <	{	TOT <	{	participation (%) des différentes espèces à la production totale estimée.
	{		{	G <	{	participation (%) des différents groupes d'âge à la production totale estimée de l'espèce.
	{		{	COM <	{	participation (%) de la fraction commer- ciale à la production totale estimée de l'espèce.



STRATE A

STRATE B

GENRE	ESPECE	CAT	NB	ECTYPE	IPREC	DENSITE	PCENT	GENRE	ESPECE	CAT	NB	ECTYPE	IPREC	DENSITE	PCENT
CLUP	HAR	TOT	52129	34479	66.14	2.96	41.3	CLUP	HAR	TOT	61729	30673	49.69	3.78	48.9
CLUP	HAR	G1	52129	34479	66.14	2.96	41.3	CLUP	HAR	G1	61729	30673	49.69	3.78	48.9
MERN	MER	TOT	20718	5429	26.20	1.18	78.4	GADU	MOR	TOT	5019	2407	47.96	0.31	33.0
MERN	MER	COM	668	668	100.00	0.04	100.0	GADU	MOR	COM	1506	710	47.14	0.09	20.6
MERN	MER	GO	20718	5429	26.20	1.18	78.4	GADU	MOR	G1	502	502	100.00	0.03	18.7
TRIS	LUS	TOT	118962	35657	29.97	6.75	28.6	GADU	MOR	G2PLUS	4517	2129	47.13	0.28	36.1
TRIS	LUS	GO	118962	35657	29.97	6.75	28.6	MERN	MER	TOT	3513	2969	84.51	0.22	13.3
TRIG	LUC	TOT	668	668	100.00	0.04	30.7	MERN	MER	GO	3513	2969	84.51	0.22	13.3
TRIG	LUC	COM	668	668	100.00	0.04	100.0	TRIS	LUS	TOT	166117	31559	19.00	10.18	39.9
TRIG	LUC	G1PLUS	668	668	100.00	0.04	100.0	TRIS	LUS	GO	166117	31559	19.00	10.18	39.9
CALM	LYR	TOT	27401	7427	27.10	1.56	37.4	TRIG	LUC	TOT	1506	1045	69.39	0.09	69.3
GOBD		TOT	3342	1830	54.76	0.19	2.3	TRIG	LUC	GO	1506	1045	69.29	0.09	100.0
PLEC	PLA	TOT	42773	20282	47.42	2.43	15.9	CALM	LYR	TOT	24089	6746	28.00	1.48	32.9
PLEC	PLA	GO	32748	13088	39.97	1.86	14.2	GOBD		TOT	84815	29286	34.53	5.20	58.2
PLEC	PLA	G1	10025	7620	76.01	0.57	26.4	PSET	MAX	TOT	502	502	100.00	0.03	100.0
LIMD	LIM	TOT	40768	24036	58.96	2.31	17.3	PSET	MAX	G1	502	502	100.00	0.03	100.0
LIMD	LIM	GO	38763	23548	60.75	2.20	20.0	PLEC	PLA	TOT	179667	74406	41.41	11.01	66.6
LIMD	LIM	G1	2005	819	40.85	0.11	4.8	PLEC	PLA	COM	1004	648	64.54	0.06	18.7
SOLE	VUL	TOT	2673	1250	46.76	0.15	2.5	PLEC	PLA	GO	172139	74239	43.13	10.55	74.7
SOLE	VUL	GO	2005	819	40.85	0.11	2.8	PLEC	PLA	G1	7528	4498	59.75	0.46	19.9
SOLE	VUL	G1	668	668	100.00	0.04	1.9	LIMD	LIM	TOT	170132	66717	39.21	10.43	72.0
CRAG	CRA	TOT	255300	102972	40.33	14.49	6.8	LIMD	LIM	COM	12547	3148	25.09	0.77	50.4
CRAG	CRA	COM	253963	102762	40.46	14.41	6.8	LIMD	LIM	GO	144035	64455	44.75	8.83	74.4
CRAG	CRA	GO	1337	819	61.26	0.08	8.7	LIMD	LIM	G1	25595	7382	28.84	1.57	61.8
CRAG	CRA	G1	185794	81089	43.64	10.54	8.9	LIMD	LIM	G3PLUS	502	502	100.00	0.03	40.8
CRAG	CRA	GO+G1	187131	81435	43.52	10.62	8.9	SOLE	VUL	TOT	42658	15775	36.98	2.62	39.8
CRAG	CRA	G2	65496	30418	46.44	3.72	4.1	SOLE	VUL	COM	502	502	100.00	0.03	40.8
CRAG	CRA	G3PLUS	2673	668	24.99	0.15	4.5	SOLE	VUL	GO	28104	9038	38.16	1.72	39.7
								SOLE	VUL	G1	14052	8221	58.50	0.86	40.0
								SOLE	VUL	G2	502	502	100.00	0.03	40.8
								CRAG	CRA	TOT	2358763	654662	27.75	144.60	62.9
								CRAG	CRA	COM	2349729	651324	27.72	144.04	62.9
								CRAG	CRA	GO	9034	4327	47.90	0.55	58.4
								CRAG	CRA	G1	1257672	390806	31.07	77.10	60.3
								CRAG	CRA	GO+G1	1266706	394520	31.15	77.65	60.3
								CRAG	CRA	G2	1057930	283119	26.76	64.85	66.6
								CRAG	CRA	G3PLUS	33625	10366	30.83	2.06	57.1

STRATE C

STRATE TOT

GENRE	ESPECE	CAT	NB	ECTYPE	IPREC	DENSITE	PCENT	GENRE	ESPECE	CAT	NB	ECTYPE	IPREC	DENSITE	PCENT
CLUP	HAR	TOT	12370	6656	53.81	0.85	9.8	CLUP	HAR	TOT	126228	46625	36.94	2.61	
CLUP	HAR	G1	12370	6656	53.81	0.85	9.8	CLUP	HAR	G1	126228	46625	36.94	2.61	100.0
GADU	MOR	TOT	10187	4525	44.42	0.70	70.0	GADU	MOR	TOT	15205	5125	33.70	0.31	
GADU	MOR	COM	5821	3361	57.74	0.40	79.5	GADU	MOR	COM	7327	3435	46.88	0.15	48.2
GADU	MOR	G1	2183	1393	63.81	0.15	81.3	GADU	MOR	G1	2685	1481	55.16	0.06	17.7
GADU	MOR	G2PLUS	8004	4953	61.88	0.55	63.9	GADU	MOR	G2PLUS	12521	5391	43.06	0.26	82.3
MERN	MER	TOT	2183	1393	63.81	0.15	8.3	MERN	MER	TOT	26414	6343	24.01	0.55	
MERN	MER	GO	2183	1393	63.81	0.15	8.3	MERN	MER	COM	668	668	100.00	0.01	2.5
TRIS	LUS	TOT	130972	17012	12.99	9.03	31.5	MERN	MER	GO	26414	6343	24.01	0.55	100.0
TRIS	LUS	GO	130972	17012	12.99	9.03	31.5	TRIS	LUS	TOT	416051	50565	12.15	8.59	
CALM	LYR	TOT	21829	10987	50.33	1.50	29.8	TRIS	LUS	GO	416051	50565	12.15	8.59	100.0
GOBD		TOT	57482	9459	16.46	3.96	39.5	TRIG	LUC	TOT	2174	1240	57.05	0.04	
PLAT	FLE	TOT	2910	2058	70.72	0.20	100.0	TRIG	LUC	COM	668	668	100.00	0.01	30.7
PLAT	FLE	G1PLUS	2910	2058	70.72	0.20	100.0	TRIG	LUC	GO	1506	1045	69.39	0.03	69.3
PLEC	PLA	TOT	47295	17397	36.78	3.26	17.5	TRIG	LUC	G1PLUS	668	668	100.00	0.01	30.7
PLEC	PLA	COM	4366	1879	43.04	0.30	81.3	CALM	LYR	TOT	73319	14879	20.29	1.51	
PLEC	PLA	GO	25467	12707	49.90	1.76	11.1	GOBD		TOT	145639	30830	21.17	3.01	
PLEC	PLA	G1	20373	6826	33.51	1.40	53.7	PSET	MAX	TOT	502	502	100.00	0.01	
PLEC	PLA	G2	1455	1455	100.00	0.10	100.0	PSET	MAX	G1	502	502	100.00	0.01	100.0
LIMD	LIM	TOT	25467	9897	38.86	1.76	10.8	PLAT	FLE	TOT	2910	2058	70.71	0.06	
LIMD	LIM	COM	12370	4808	38.87	0.85	49.6	PLAT	FLE	G1PLUS	2910	2058	70.71	0.06	100.0
LIMD	LIM	GO	10914	5620	51.49	0.75	5.6	PLEC	PLA	TOT	269736	79059	29.31	5.57	
LIMD	LIM	G1	13825	4505	32.59	0.95	33.4	PLEC	PLA	COM	5369	1987	37.01	0.11	2.0
LIMD	LIM	G3PLUS	728	728	100.00	0.05	59.2	PLEC	PLA	GO	230354	76447	33.19	4.76	85.4
SOLE	VUL	TOT	61848	21792	35.23	4.26	57.7	PLEC	PLA	G1	37926	11175	29.47	0.78	14.1
SOLE	VUL	COM	728	728	100.00	0.05	59.2	PLEC	PLA	G2	1455	1455	100.00	0.03	0.5
SOLE	VUL	GO	40747	12852	31.54	2.81	57.5	LIMD	LIM	TOT	236367	71602	30.29	4.88	
SOLE	VUL	G1	20373	8731	42.86	1.40	58.1	LIMD	LIM	COM	24916	5747	23.06	0.51	10.5
SOLE	VUL	G2	728	728	100.00	0.05	59.2	LIMD	LIM	GO	193712	68851	35.54	4.00	82.0
CRAG	CRA	TOT	1135092	458503	40.39	78.23	30.3	LIMD	LIM	G1	41425	8686	20.97	0.86	17.5
CRAG	CRA	COM	1129998	454342	40.21	77.88	30.3	LIMD	LIM	G3PLUS	1229	884	71.89	0.03	0.5
CRAG	CRA	GO	5093	5093	100.00	0.35	32.9	SOLE	VUL	TOT	107180	26932	25.13	2.21	
CRAG	CRA	G1	641763	263772	41.10	44.23	30.8	SOLE	VUL	COM	1229	884	71.89	0.03	1.1
CRAG	CRA	GO+G1	646857	267605	41.37	44.58	30.8	SOLE	VUL	GO	70856	15733	22.20	1.46	66.1
CRAG	CRA	G2	465679	181181	38.91	32.10	29.3	SOLE	VUL	G1	35094	12011	34.23	0.72	32.7
CRAG	CRA	G3PLUS	22556	13515	59.92	1.55	38.3	SOLE	VUL	G2	1229	884	71.89	0.03	1.1
								CRAG	CRA	TOT	3749154	805860	21.49	77.40	
								CRAG	CRA	COM	3733691	800756	21.45	77.08	99.6
								CRAG	CRA	GO	15464	6733	43.45	0.32	0.4
								CRAG	CRA	G1	2085230	478414	22.94	43.05	55.6
								CRAG	CRA	GO+G1	2100693	483622	23.02	43.37	56.0
								CRAG	CRA	G2	1589105	337502	21.24	32.80	42.4
								CRAG	CRA	G3PLUS	58854	17046	28.96	1.21	1.6

CHAPITRE VII

BENTHOS INTERTIDAL

J.M. DEWARUMEZ et D. MENU



## INTRODUCTION.

A la faveur des études menées régulièrement depuis 1973 sur l'estran de Petit-Fort-Philippe (DEWARUMEZ et GREGOIRE, 1973 ; GREGOIRE, 1976 a et b ; SOUPLLET, 1978 ; DEWARUMEZ, 1980, 82 a et b, 83 a et b, 84, 85, 86 ; CANUT, 1982), il a pu être démontré que cet estran était particulièrement sensible à certains facteurs physiques ou physico-chimiques.

Ainsi l'organisation bionomique de la plage de Petit-Fort-Philippe dépend essentiellement de deux types de facteurs :

- le facteur "courantologie locale", par son action sur la granulométrie du sédiment et notamment sur sa teneur en pélites, induit l'implantation ou la disparition du peuplement des sédiments envasés.
- la dessalure, provoquée par l'Aa et les eaux de ruissellement, en favorisant l'implantation d'espèces euryhalines, permet l'installation de peuplements de type estuarien.

Cependant depuis 1985, il semble qu'un autre facteur puisse jouer un rôle non négligeable : il s'agit de l'impact thermique de la centrale sur des espèces à écologie semblable mais à préférendum thermique différent. Les Spionidiens Spio filicornis et Pygospio elegans sont un bon exemple de ce genre de phénomène.

Ainsi depuis 1973 des aménagements importants opérés à proximité immédiate de la plage de Petit-Fort-Philippe (digue ouest de l'avant-port de Dunkerque, centrale nucléaire de Gravelines) ont eu une influence directe sur la circulation des masses d'eau et par conséquent sur la sédimentologie et la bionomie de l'estran. Ces perturbations ont été longuement évoquées lors de précédents rapports. Elles concernent avant tout l'extension du peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres. Depuis 1979, cette évolution est sans conteste imputable à la centrale, la progression des modifications coïncidant parfaitement avec des phases du fonctionnement de la centrale. Il en résultait en 1985 la présence de petits placages de vase (représentant 1/10 de la superficie des hauts niveaux) complètement azoïques.

Outre ces modifications bionomiques directement imputables à la granulométrie, une évolution des cortèges spécifiques des peuplements des moyens niveaux de la partie ouest de l'estran vers des aspects estuariens a pu être mis en évidence. De plus en 1985, une dessalure semblait s'amorcer dans les hauts niveaux dans la partie est de l'estran.

La population de coques après une période de forte densité entre 1981 et 1983 a considérablement régressé. Elle se maintient néanmoins à un niveau de 20 individus/m<sup>2</sup>.

Dans la partie est de l'estran les phénomènes d'engraissement et d'érosion se sont accompagnés de modifications morphologiques. La dune hydraulique située à mi-estran a éclaté, en 1981, en un système de bâches et de dunes de 400 à 500 m de large. Ce système s'est maintenu jusqu'en 1984 et a progressé de 200 à 300 mètres l'an dernier.

**METHODOLOGIE.**

La méthodologie utilisée reste la même (cf. annexe technique). Huit stations ont été prospectées sur deux radiales à quatre niveaux le 25 juin 1986.

**RESULTATS.****1. Composition bionomique.**

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

- 1 Nématode
- 1 Oligochète
- 10 Annélides : 3 Errantes  
7 Sédentaires
- 4 Mollusques : 1 Gastéropode  
3 Bivalves
- 12 Crustacés : 1 Cumacé  
2 Isopodes  
7 Amphipodes  
2 Décapodes
- 1 Insecte

Ces résultats sont très proches de ce que l'on a trouvé en 1985. Corophium volutator, dont les densités régresaient régulièrement depuis 1981 a maintenant totalement disparu.

**2. Résultats globaux** (Tableaux VII.1 et 2 - Fig. VII.1 à 4).**2.1. Radiale I.****2.1.1. Station E.**

Lors de l'étude de 1985 on avait pu assister à une homogénéisation du peuplement des hauts niveaux, il avait été impossible de discerner les aspects caractéristiques de la station E' (très haut niveau). La situation est analogue en 1986. Les peuplements des hauts niveaux sont maintenant parfaitement homogènes. Les plaques de vase, hormis quelques Hydrobia ulvae déposés par la marée, sont totalement azoïques. La teneur en fines du sédiment de la station E semble avoir augmenté ; ce phénomène se produit également à la station F (tableau VII.3). La fraction sableuse est constituée en majorité de sable grossier.

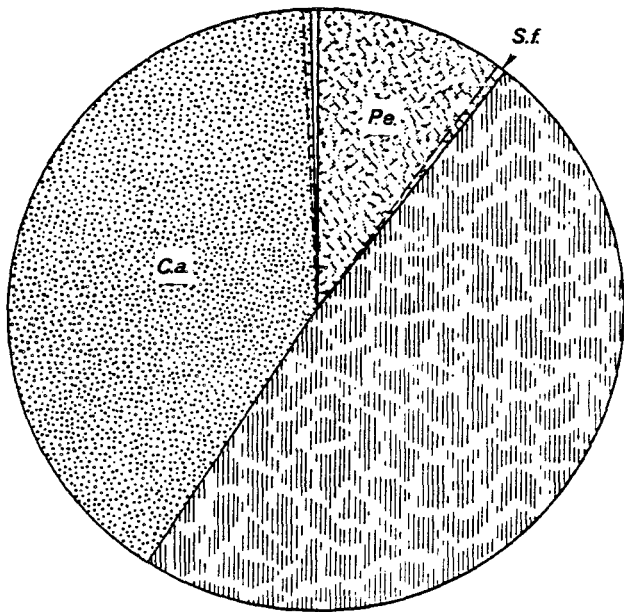
Station	1983		1984			1985		1986
	E'	E	E' ensavé	E'	E	E plaques de vase	E typique	E
Pelites (%)	9.39	2.03	9.91	2.73	1.57	9.20	0.57	3.92
Sable fin (%)	43.26	28.52	47.40	15.04	18.90	51.15	40.66	34.39
Sable moyen (%)	45.45	49.04	41.35	77.12	69.57	36.23	54.97	57.35

## LEGENDE DES FIGURES VII. 1 A 4

	Oligochètes
	Annélides
	Hydrobia
	Bivalves
	Crustacés
	Divers

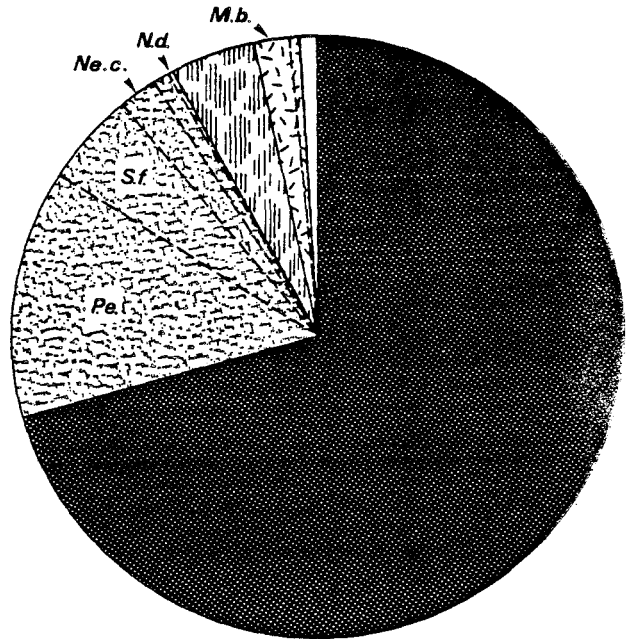
B.p.	: Bathyporeia pilosa
B.s.	: Bathyporeia sarsi
C.a.	: Corophium arenarium
C.e.	: Cardium edule
E.a.	: Eurydice affinis
E.p.	: Eurydice pulchra
H.a.	: Haustorius arenarius
M.b.	: Macoma balthica
N.ci.	: Nephtys cirrosa
N.d.	: Nereis diversicolor
Ne.c.	: Nerine cirratulus
O.r.	: Ophelia rathkei
P.e.	: Pygospio elegans
P.l.	: Portumnus latipes
S.f.	: Spio filicornis
T.f.	: Tellina fabula

STATION E



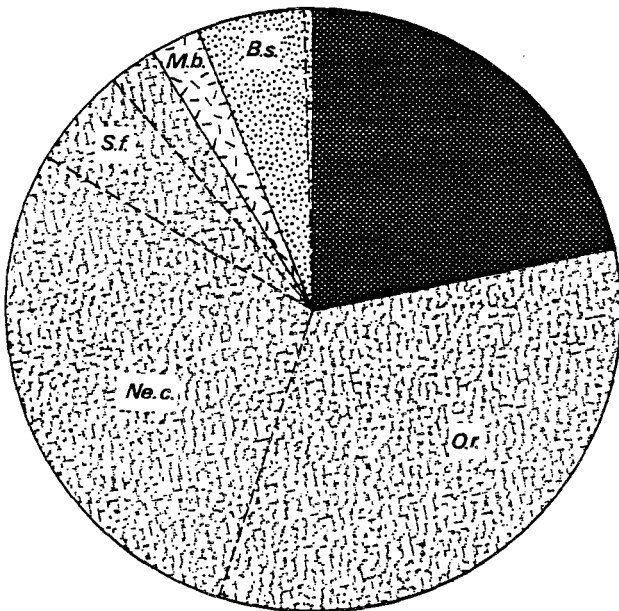
$N = 14\ 540\ \text{ind./m}^2$

STATION F



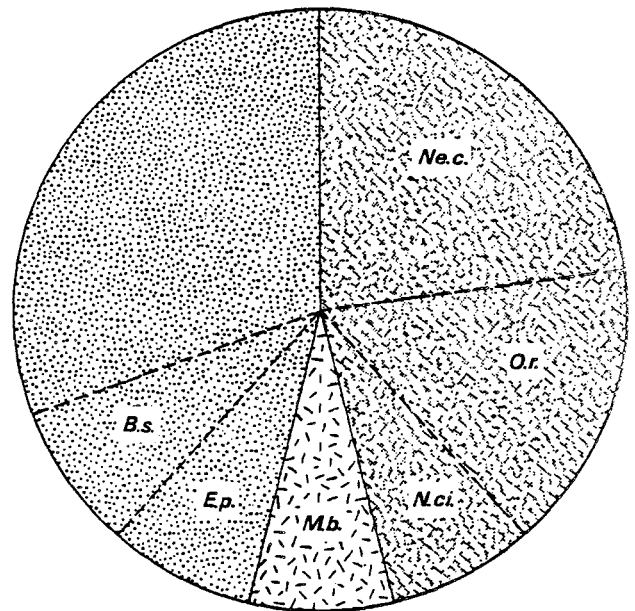
$N = 4\ 756\ \text{ind./m}^2$

STATION G



$N = 964\ \text{ind./m}^2$

STATION H

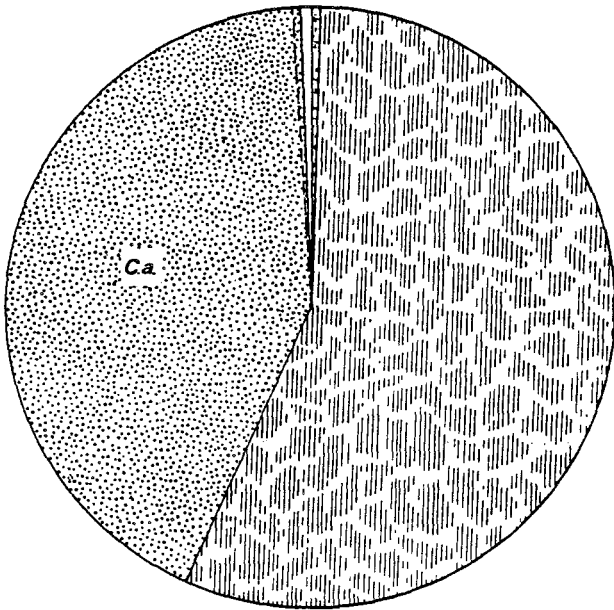


$N = 52\ \text{ind./m}^2$

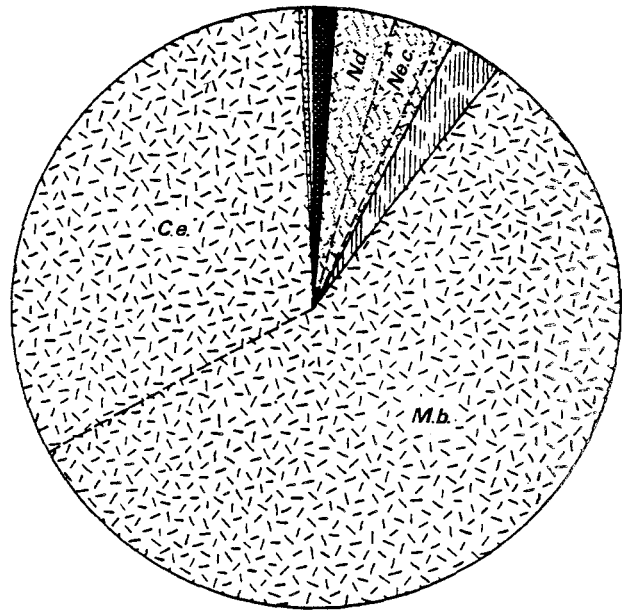
FIG. VII.1 : RADIALE I . IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES ZOOLOGIQUES ( Nombre d'individus )



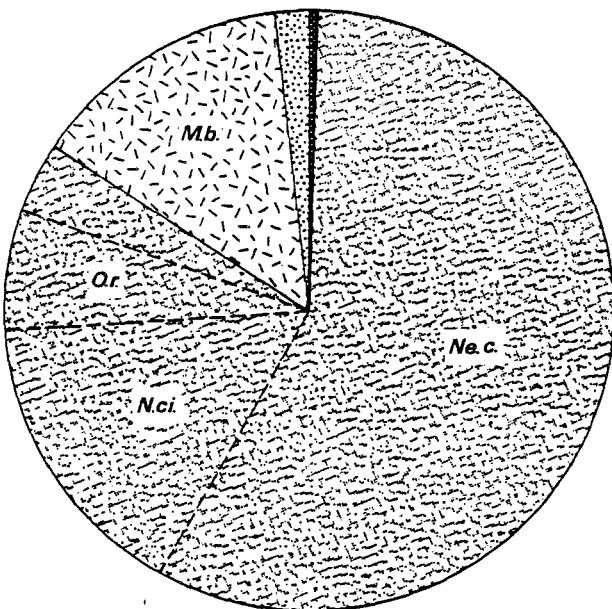
STATION E


 $B = 13,402 \text{ g/m}^2$ 

STATION F


 $B = 6,670 \text{ g/m}^2$ 

STATION G


 $B = 1,256 \text{ g/m}^2$ 

STATION H

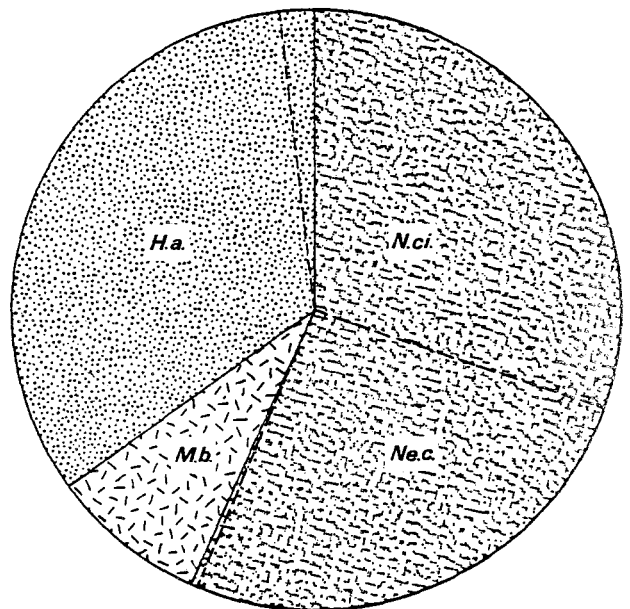

 $B = 0,237 \text{ g/m}^2$ 

FIG. VII . 2 : RADIALE I . IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES

ZOOLOGIQUES ( Biomasse )

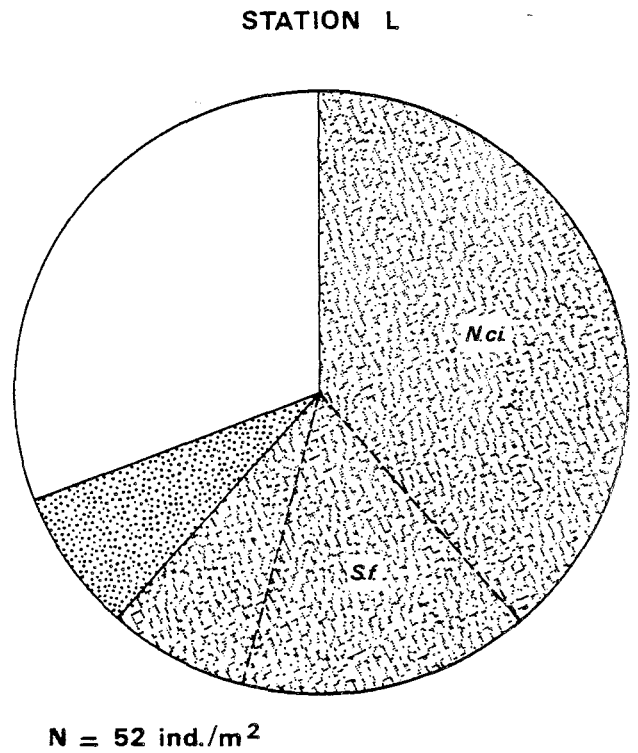
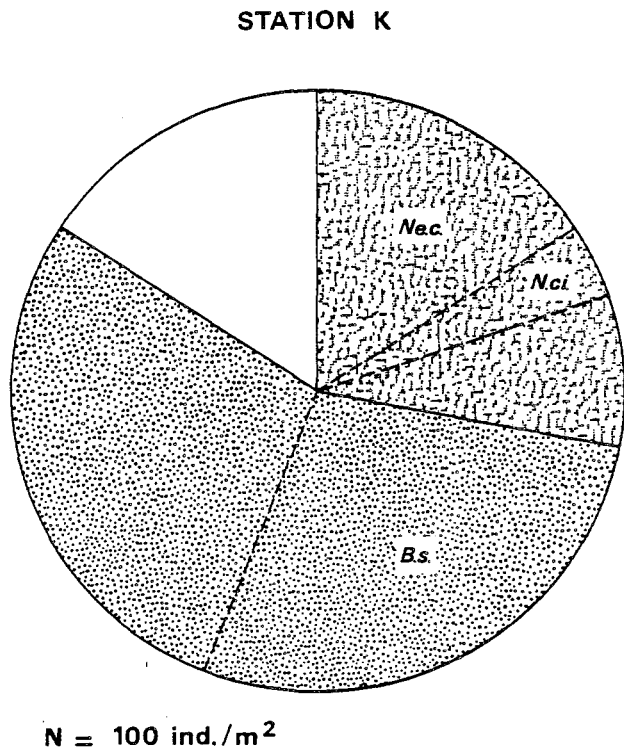
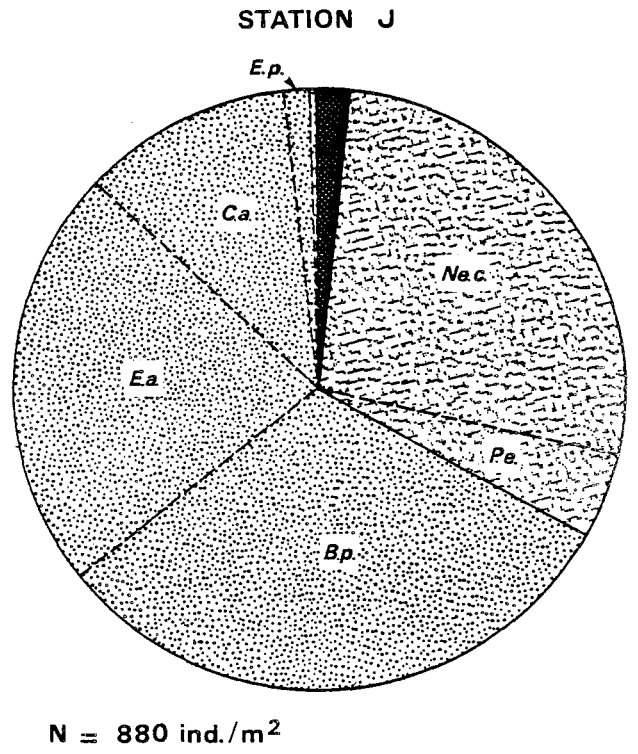
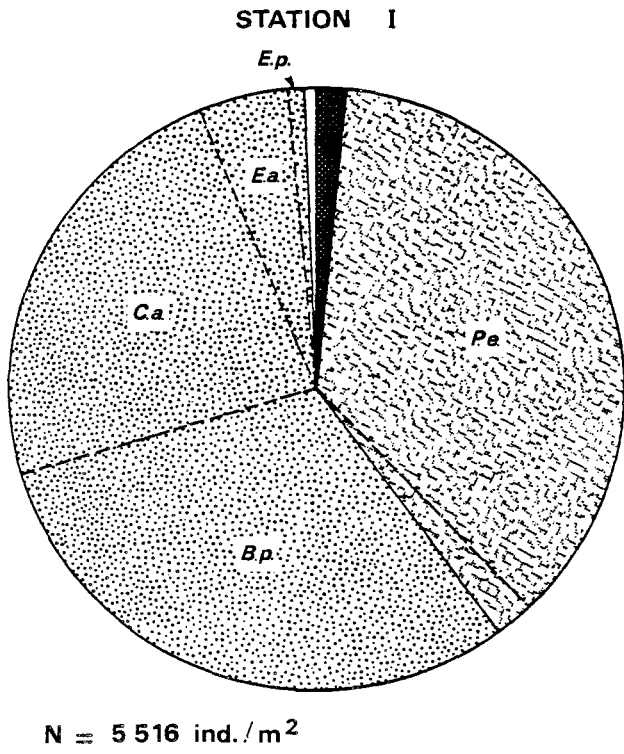
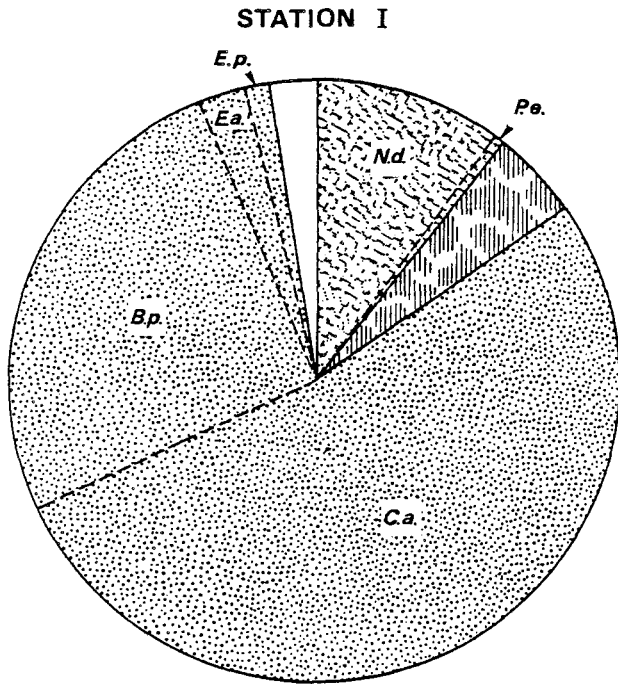
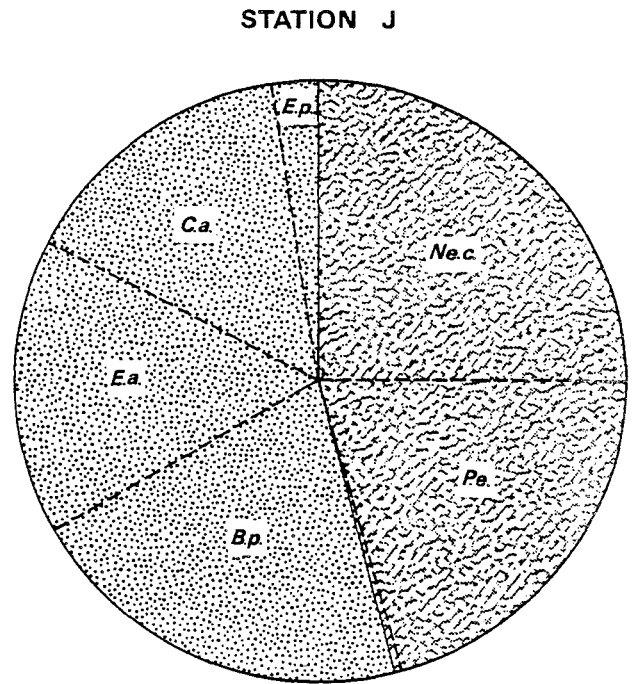


FIG. VII. 3 : RADIALE II . IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES

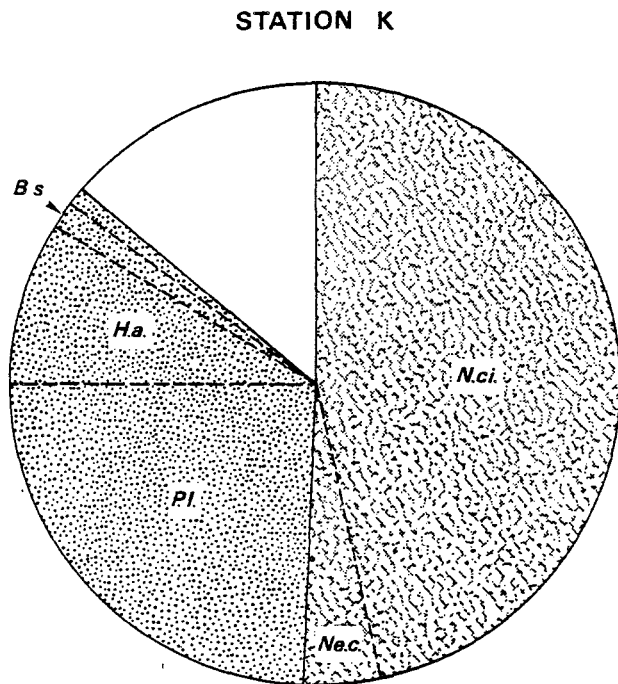
ZOOLOGIQUES ( Nombre d'individus )



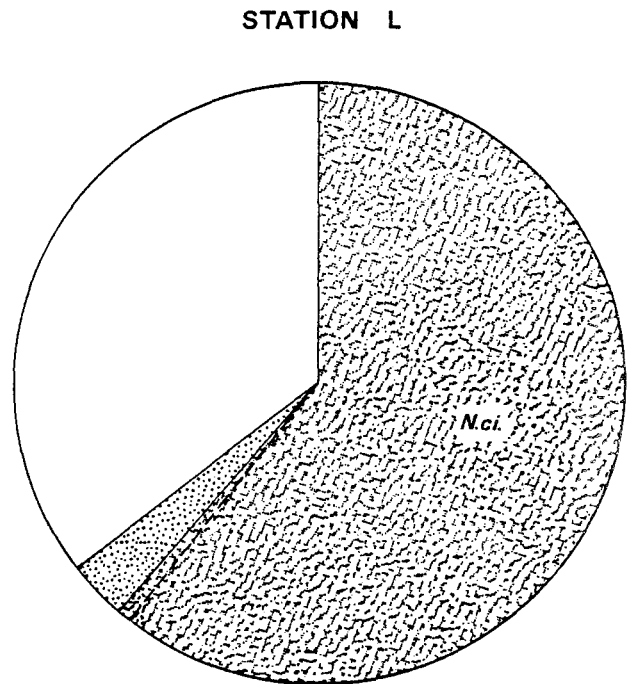
$B = 2,068 \text{ g/m}^2$



$B = 0,403 \text{ g/m}^2$



$B = 0,734 \text{ g/m}^2$



$B = 0,426 \text{ g/m}^2$

FIG. VII . 4 : RADIALE II . IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES  
ZOOLOGIQUES ( Biomasse )

Ces modifications granulométriques influent fortement sur la composition faunistique. Les espèces constituant le peuplement des hauts niveaux sont des espèces à cycle de vie court et ainsi réagissent rapidement à toute perturbation. Ainsi, Corophium arenarium, espèce vasicole, profite de cet envasement : 5716 individus/m<sup>2</sup> et 5.7 g/m<sup>2</sup> soit respectivement 39.3 % des individus et 42.4 % de la biomasse (fig. VII.1 et 2).

	1978	1979	1980	1981		1982		1983		1984			1985	1986
	E	E	E	E	E'	E	E'	E	E'	E	E'1	E'2	E	E
<u>Hydrobia ulvae</u>	2892	8740	8	216	9768	0	7588	300	14632	11412	5560	560	11956	7124
<u>Spio filicornis</u>	0	0	0	0	0	0	36	8	32	48	40	240	12	60
<u>Pygospio elegans</u>	0	144	0	624	32	0	0	0	0	0	0	0	0	1460
<u>Eurydice affinis</u>	0	100	64	4	4	0	44	68	40	144	16	0	564	84
<u>Corophium volutator</u>	16	208	108	0	92	8	0	8	32	0	0	40	0	0
<u>Corophium arenarium</u>	172	852	1888	0	948	68	2316	220	2624	52	560	166	1336	5716

E'1 = aspects propres ; E'2 = aspects envasés

L'envasement provoque également une chute de densité d'espèces affectant moins les sédiments envasés comme Hydrobia ulvae et Eurydice affinis. L'étude qui sera réalisée en 1987 devrait permettre de vérifier si l'envasement signalé est un phénomène fugace ou s'il s'agit d'un changement durable. Signalons toutefois que la vase est intimement mêlée au sédiment et non déposée en placages.

Mais le trait le plus important que l'on a pu mettre en évidence lors de cette étude c'est l'apparition d'une très forte population de Pygospio elegans. Cette population implantée dans la partie est de l'estran a gagné la partie ouest. Nous reviendrons sur l'évolution respective des populations de Pygospio elegans et Spio filicornis dans un autre chapitre.

#### 2.1.2. Station F.

La dérive du peuplement des moyens niveaux supérieurs vers des aspects estuariens de plus en plus tranchés se confirme. Les espèces euryhalines dominent : Nereis diversicolor (44 individus par mètre carré)

et surtout les Oligochètes Enchytraeidae (3360 individus/m<sup>2</sup> soit 70.6 % du nombre total des individus). Hydrobia ulvae réapparaît à cette station.

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
<u>Nereis diversicolor</u>	32	80	0	0	32	432	88	116	44
<u>Spio filicornis</u>	0	0	0	0	0	112	80	1324	236
<u>Pygospio elegans</u>	0	52	0	236	0	0	0	0	1460
<u>Ophelia rathkei</u>	0	132	12	248	124	152	1100	68	8
<u>Hydrobia ulvae</u>	4324	0	8	0	0	4	0	0	216
<u>Cerastoderma edule</u>	0	92	48	320	144	152	36	4	16
<u>Macoma balthica</u>	0	40	0	32	44	472	32	200	92
<u>Corophium arenarium</u>	36	0	56	0	4	12	0	12	36
Oligochètes	0	0	0	0	0	324	336	820	3360

L'évolution des populations de Pygospio elegans et Spio filicornis signalée dans les niveaux supérieurs se confirment à la station F. Les deux espèces sont connues pour leur tolérance vis-à-vis des eaux dessalées (HARTMAN-SCHRÖDER, 1971).

La population de coques se maintient à un niveau très faible. Ceci est un phénomène général dans les eaux européennes. Cerastoderma edule régresse dans la quasi totalité des sites et notamment en baie de Somme (DESPREZ et coll., 1986).

Le vide écologique laissé par Cerastoderma edule est occupé par Macoma balthica bien que la population de cette espèce soit sujette à des altérations de sa structure. La population régresse du fait d'un mauvais recrutement pendant les années 1984 et 1985, il en résulte une faible proportion d'individus du groupe 1 an (30.4 % contre 55 % en 1985).

### 2.1.3. Station G.

Depuis 1984 on note à cette station une évolution importante du peuplement. Cette tendance n'est pas liée à la granulométrie mais à la salinité de l'eau. En effet, si les espèces classiques du niveau marégraphique se retrouvent (Nerine cirratulus, Bathyporeia sarsi, Eteone longa, etc... soit 37 % des individus). Les espèces euryhalines dominent :

- Enchytraeidae : 21.6 % des individus
- Ophelia rathkei : 33.2 % des individus
- Spio filicornis : 5.4 % des individus

Cette domination n'apparaît pas au niveau de la biomasse. Les espèces euryhalines ne représentent que 21.3 % de la biomasse.

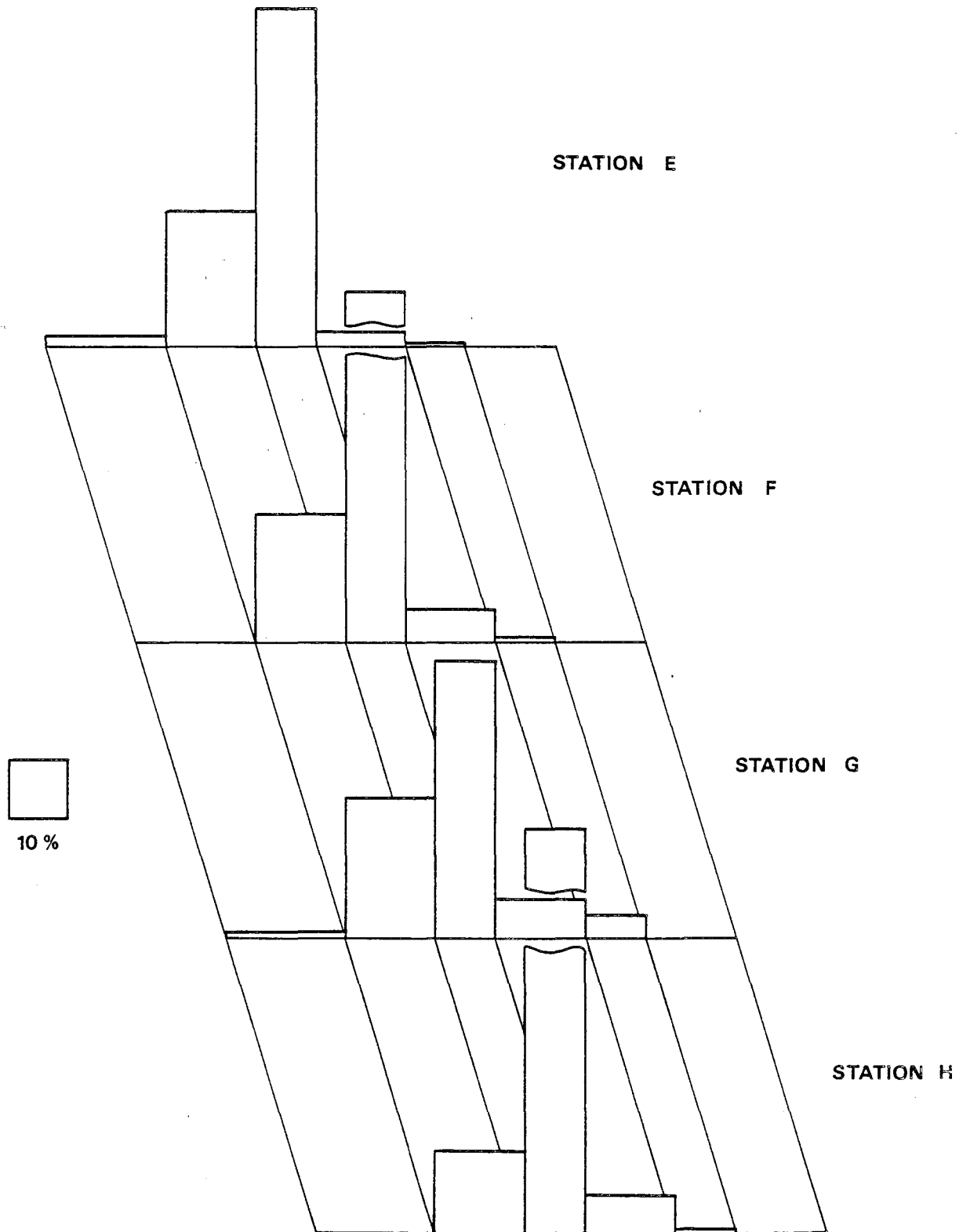


FIG. VII . 5 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT

RADIALE I

L'influence de la dessalure provoquée par l'Aa se confirme donc.

#### 2.1.4. Station H.

Cette station est caractérisée par une grande pauvreté en individus ( $52/m^2$ ) et une biomasse très faible :  $0.24 g/m^2$ . On ne peut déceler aucune évolution marquante à cette station depuis 1976.

### 2.2. Radiale II.

Le complexe de dunes et de bâches qui est apparu en 1981 est toujours en place. Il est constitué de 4 dunes, dont une affleurant à marée basse, séparées par 3 bâches qui piègent des sédiments fins.

#### 2.2.1. Station I.

On avait pu assister au cours des études précédentes à un remodelage des sédiments identiques à celui qui se passait dans les hauts niveaux de l'autre radiale étudiée, avec une tendance à la reconstitution de la population d'Hydrobia ulvae et une régression de la population de Corophium arenarium.

Si l'on considère l'évolution des densités des espèces principales (hormis Pygospio elegans) on s'aperçoit que les tendances qui semblaient se dessiner depuis deux ans s'inversent totalement.

Il faut toutefois signaler que la progression de la population de Corophium arenarium pour significative qu'elle soit ne permet pas d'atteindre les densités que l'on peut considérer comme maximales sur la plage de Petit-Fort-Philippe : près de  $6500 \text{ individus}/m^2$  (station I, 1980).

Densités/ $m^2$	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Oligochètes	0	0	0	0	12	4	8	84	88
Pygospio elegans	0	72	132	108	0	0	664	1448	2004
Hydrobia ulvae	196	0	12	9168	8596	452	1464	1684	100
Corophium arenarium	220	5280	6476	60	704	2068	400	380	1304
Corophium volutator	16	596	108	4	20	0	0	0	0
Bathyporeia pilosa	524	124	196	48	192	108	4448	40	1680
Eurydice affinis	204	16	4	4	24	0	284	4	272

Il en va de même pour les autres espèces principales en progression : Bathyporeia pilosa ( $4448 \text{ individus}/m^2$ , station I, 1984), Eurydice pulchra ( $168 \text{ individus}/m^2$ , station I, 1981), E. affinis ( $564 \text{ individus}/m^2$ , station E, 1985).

Pour ce qui est de Pygospio elegans, on note une légère progression de la population de cette espèce.

La prise en compte de toutes les évolutions des espèces caractéristiques des peuplements des hauts niveaux de la partie est de la plage ne permet pas de trancher dans le sens d'une accentuation ou de l'atténuation de la dessalure. On peut simplement signaler que l'influence des eaux de ruissellement reste très nette quoique l'impact de la dessalure soit moins important qu'à l'ouest : les densités des espèces euryhalines sont très supérieures à la station E (5184 individus par mètre carré à la station I contre 14408 à la station E).

La structure granulométrique ne permet pas non plus d'expliquer ces évolutions bionomiques dans la mesure où l'on ne note que très peu d'évolution entre 1985 et 1986.

Résultats en %	1982	1983	1984	1985	1986
Pélites	2.20	7.39	0.13	1.10	0.88
Sables fins	30.97	36.99	17.63	40.22	36.19
Sables moyens	53.25	51.78	77.34	54.18	58.14

#### 2.2.2. Station J.

L'homogénéisation bionomique mise en évidence lors des études précédentes se confirme : sur les 9 espèces récoltées à cette station, 6 sont communes à la station I, seul le nombre d'individus diffère. Les Crustacés Péracarides restent dominants.

Densité/m <sup>2</sup>	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Eurydice affinis	84	44	152	4	16	20	796	60	200
Eurydice pulchra	8	0	32	24	36	28	60	4	8
Bathyporeia pilosa	180	368	84	0	12	72	296	28	272

Les espèces euryhalines représentent 40.5 % des individus récoltés.

#### 2.2.3. Stations K et L.

On note pas d'évolution des peuplements en ces stations. Ils sont caractérisés par des effectifs faibles et une faible biomasse.



## CONCLUSION SUR L'EVOLUTION DE L'ESTRAN.

### 1. Diagrammes rang-fréquence (d'après FRONTIER, 1976).

#### 1.1. Station E (fig. VII.7).

Le diagramme rang-fréquence fait apparaître l'action de la dessalure. Trois espèces jouent un rôle capital : par ordre de rang décroissant : Hydrobia ulvae, Corophium arenarium, Pygospio elegans. La diversité est faible ( $H = 1.503$  ;  $E = 0.47$ ) mais le peuplement se diversifie par rapport aux années précédentes.

#### 1.2. Station F (fig. VII.8).

On ne note que peu d'évolution au niveau du diagramme par rapport aux études antérieures. Le peuplement reste stable. La diversité est faible ( $H = 1.570$  ;  $E = 0.44$ ).

#### 1.3. Station I (fig. VII.9).

Le diagramme confirme l'analyse bionomique : grande stabilité bionomique entre les deux dernières années d'étude. La diversité est moyenne ( $H = 2.058$  ;  $E = 0.62$ ).

#### 1.4. Station J (fig. VII.10).

L'équilibre bionomique est atteint à cette station. La diversité est moyenne ( $H = 2.315$  ;  $E = 0.73$ ).

### 2. Evolution des peuplements des hauts niveaux de l'estran.

#### 2.1. Cas de la granulométrie (fig. VII.11).

Une analyse factorielle des correspondances a été pratiquée sur les données granulométriques des quatre stations supérieures de l'estran de 1979 à 1986. Cette analyse montre par le groupement des points-stations que les stations de moyen niveau évoluent peu. Ces points-stations sont centrés sur les sables moyens pour la station J et sur les sables moyens à grossiers pour la station F (\*).

La faible dispersion de ces points montre qu'à partir de 1979, c'est-à-dire dès que l'impact lié à la circulation d'eau a pu être mis en évidence, le sédiment des niveaux moyens n'a plus évolué de manière importante.

En ce qui concerne les hauts niveaux, l'impact de la circulation d'eau n'est pas aussi important, ou, tout au moins aussi constant qu'en moyen niveau.

Cependant la proximité des quatre points-stations E 85 et 86, I 85 et 86 montre que les facteurs régissant la sédimentation sont devenus, comme en moyen niveau, constants au cours des deux dernières années.

---

(\*) Si l'on excepte la station F 79 dont la position très excentrée est due, en fait, à un biais introduit par Cerastoderma edule, très abondant à l'époque.

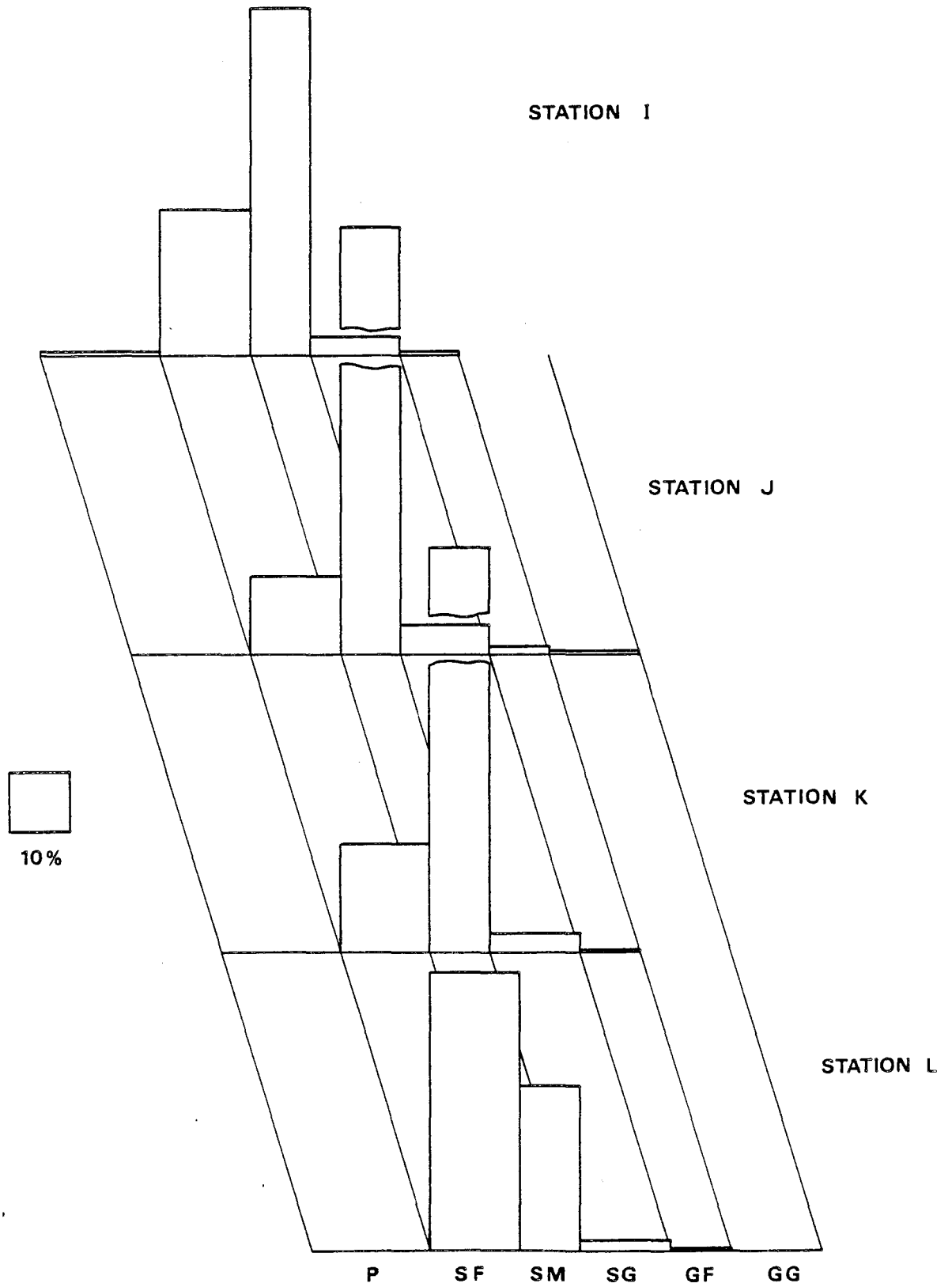


FIG. VII.6 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT

RADIALE II

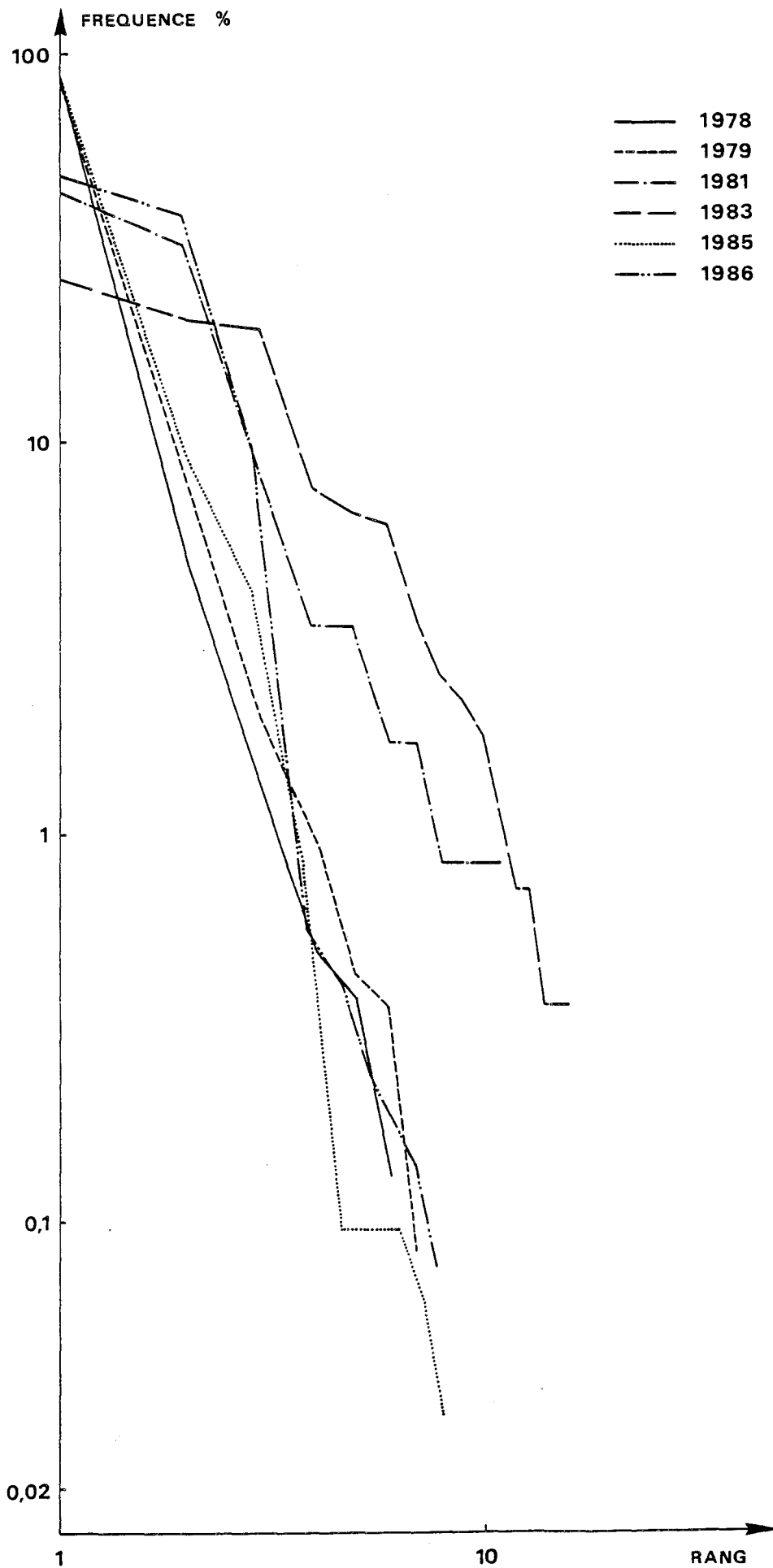


FIG. VII .7 : EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE  
A LA STATION E DEPUIS 1978

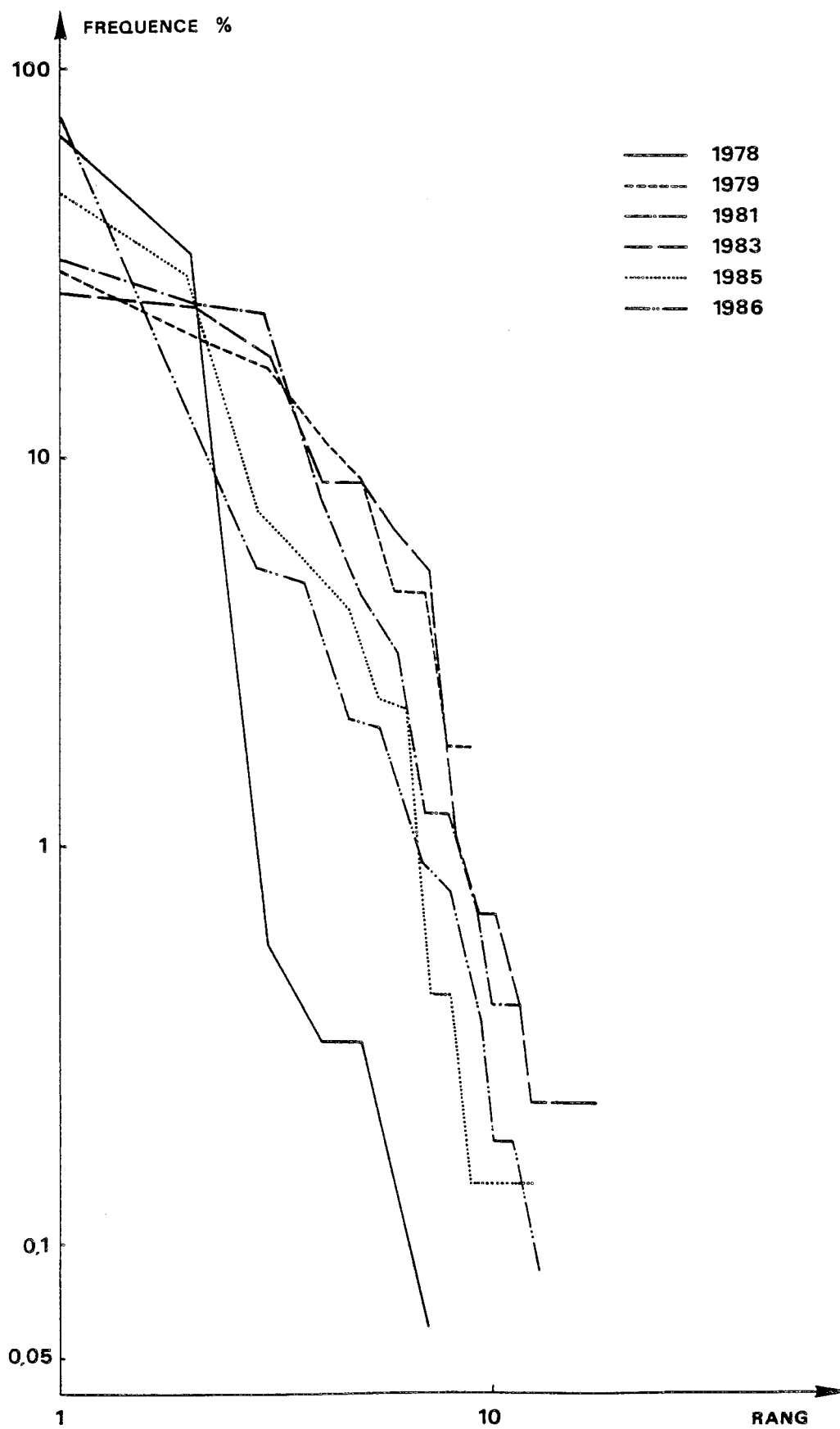


FIG. VII . 8 : EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG - FREQUENCE

A LA STATION F DEPUIS 1978

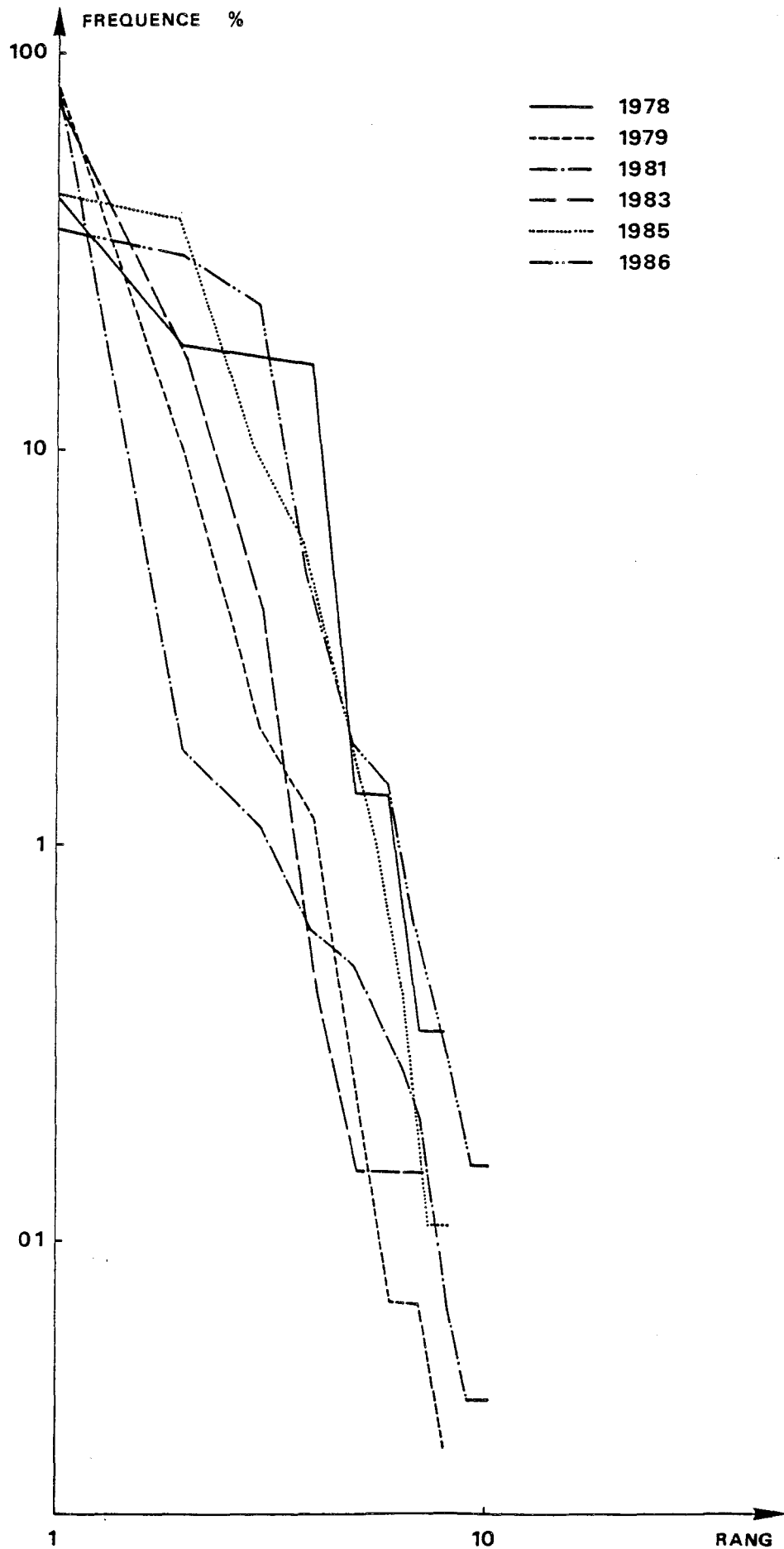


FIG. VII . 9 : EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE

A LA STATION I DEPUIS 1978

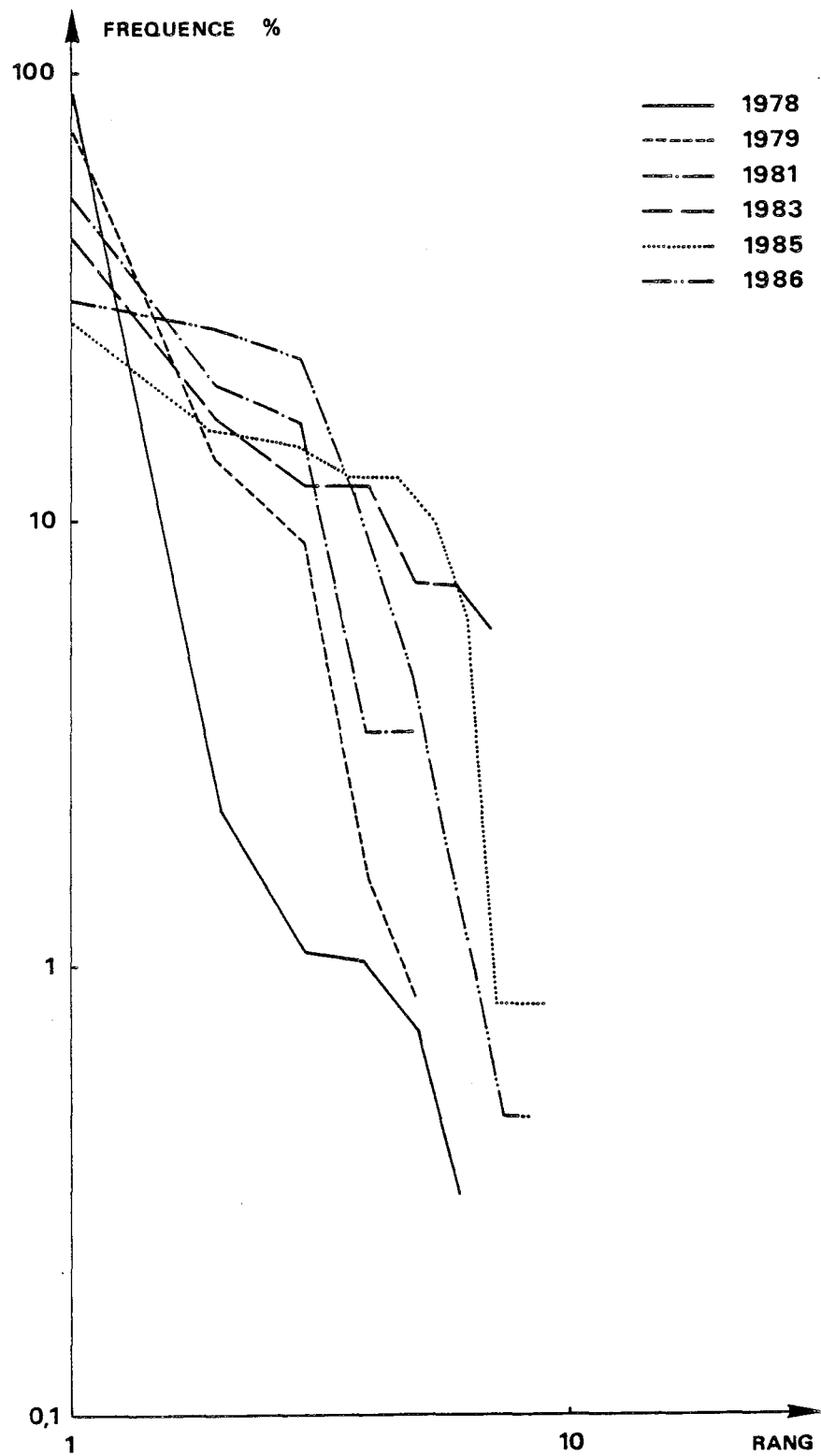


FIG. VII.10 : EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE

A LA STATION J DEPUIS 1978

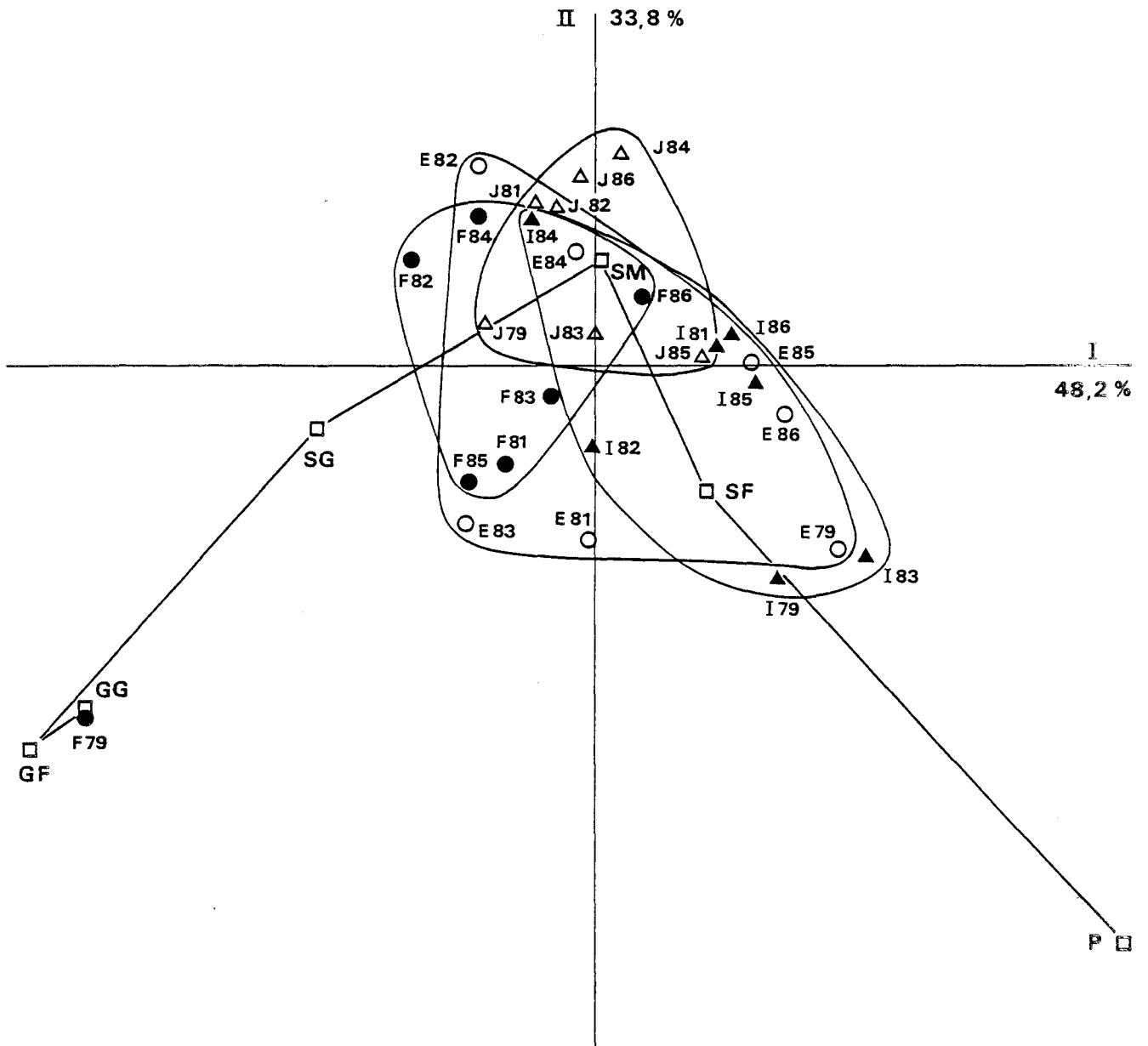


FIG. VII. 11 : ANALYSE FACTORIELLE DE L'EVOLUTION DU SEDIMENT DES STATIONS SUPERIEURES DE L'ESTRAN

D'autre part l'homogénéisation des caractéristiques granulométriques est bien réelle et la proximité des quatre points-stations confirme, en définitive, que la différence qui existe entre les cortèges spécifiques des deux stations est due à des qualités d'eau différentes.

## 2.2. Cas de la partie ouest (fig. VII.12).

Cette partie de l'estran est celle qui a le plus évolué depuis le début des études.

Le suivi des quatre espèces principales des niveaux supérieurs de l'estran rend parfaitement compte de ces modifications.

Si l'on excepte le cas de Corophium volutator qui a complètement disparu des hauts niveaux on est revenu à une situation analogue à celle qui existait avant la mise en fonctionnement de la centrale ; à ceci près que la structure du sédiment a changé. La teneur en pélites a diminué et les particules fines sont intimement mêlées au sédiment en place et non déposées en surface. Il est à noter que la disparition de C. volutator coïncide avec ce changement de la morphologie du substrat. En moyen niveau, la dessalure provoquée par l'Aa permet l'implantation d'un peuplement d'espèces euryhalines dont Hydrobia ulvae et Corophium arenarium.

## 2.3. Cas des Spionidae : Spio filicornis et Pygospio elegans.

Le preferendum thermique des deux espèces est différent. S. filicornis est une espèce plus nordique et à période de reproduction plus précoce que P. elegans.

Entre 1983 et 1985 on a assisté à une séparation complète des populations de ces deux espèces, populations exceptionnellement denses par rapport à ce que l'on connaît de cette plage.

Densité/m <sup>2</sup>	Station	1983	1984	1985	1986	
<u>Spio filicornis</u>	E	8	48	12	60	Ouest
	F	112	80	1324	236	
	I	12	12	0	0	Est
	J	20	0	0	0	
<u>Pygospio elegans</u>	E	0	0	0	1460	Ouest
	F	0	0	0	636	
	I	0	664	1448	2004	Est
	J	0	0	136	236	

Cette évolution permettait d'envisager la possibilité d'un impact thermique. Les résultats enregistrés cette année confirment cette possibilité. L'impact thermique s'accroissant même dans la partie ouest dans la mesure où la population de Pygospio s'implante tandis que celle de



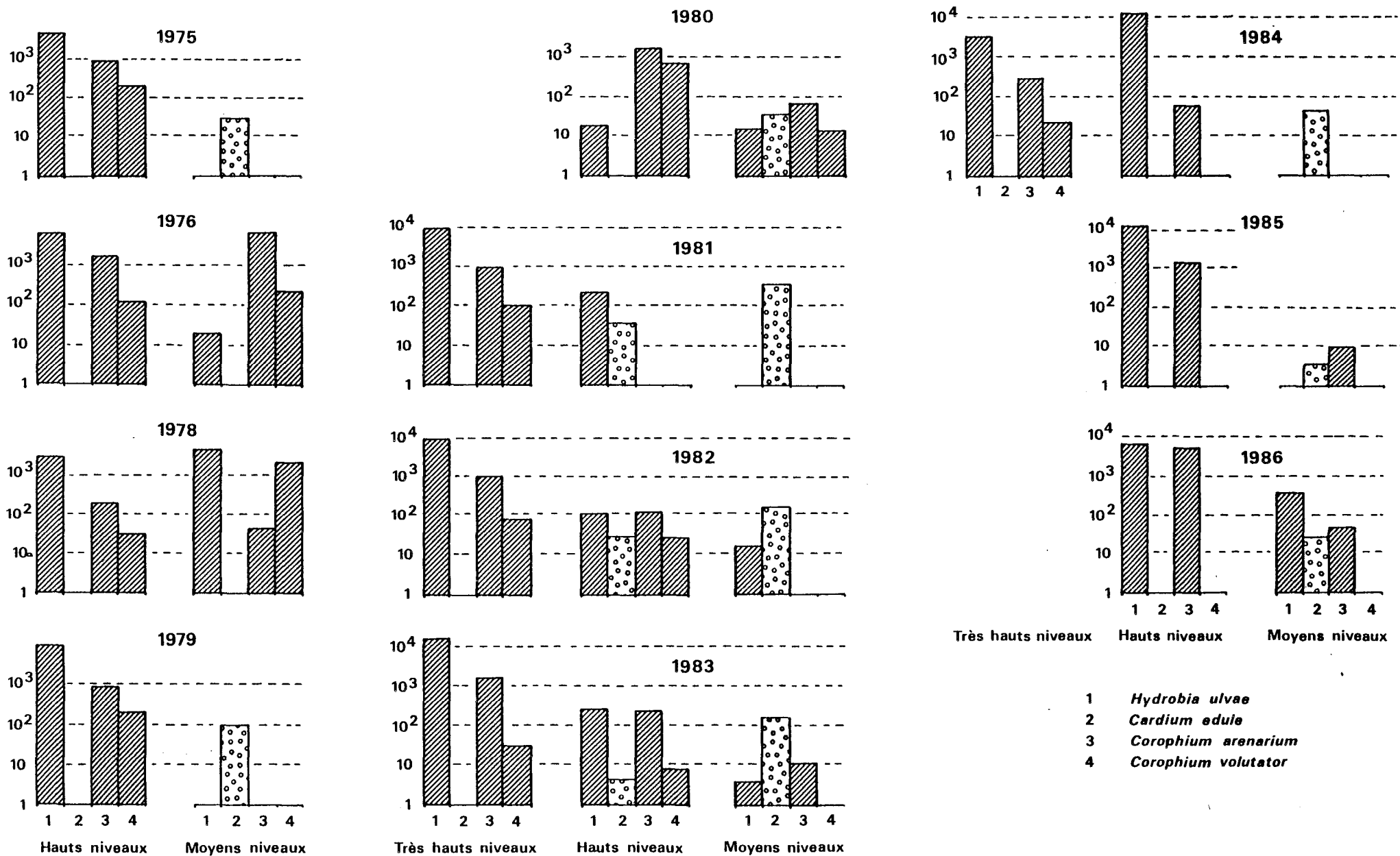


FIG. VII .12: EVOLUTION RESPECTIVE DES DENSITES DES ESPECES VASICOLES ET NON VASICOLES

Spio régresse. La compétition spatiale ne peut être prise en compte par le fait que Pygospio est connu pour ses tendances aggrégatives ce qui forme des populations atteignant 100 000 individus/m<sup>2</sup> (G.E.M.E.L., 1986 ; DESPREZ et al., 1986). Spio filicornis peut également être récolté à de très fortes densités.

#### 2.4. Evolution de la biomasse.

Les modifications bionomiques, et cela a été montré à de nombreuses reprises lors des études antérieures, peuvent provoquer des évolutions très importantes de la biomasse au sein des peuplements soumis à de telles modifications. Ainsi, depuis 1974, il a pu être démontré que la biomasse intertidale pouvait être aussi un bon témoin des évolutions bionomiques.

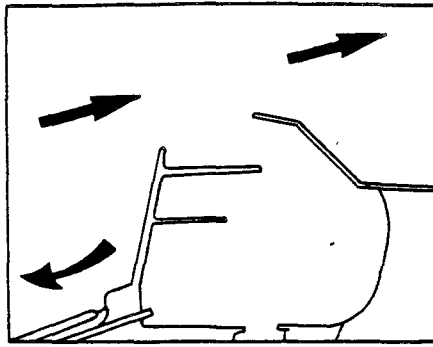
Année	1974- 1975	1976- 1977	1978- 1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Station										
E'	-	-	-	-	8.444	6.176	12.008	4.463	-	-
E	2.988	6.361	4.386	2.278	0.814	2.215	1.812	7.164	9.010	13.402
F	1.650	3.367	11.161	6.994	10.294	9.370	52.984	6.281	5.790	6.670
G	1.040	0.876	1.142	0.688	1.781	0.754	0.971	0.508	1.506	1.256
H	0.370	0.285	0.160	0.283	0.374	3.221	0.859	0.274	0.180	0.237
I	0.934	-	2.080	2.420	6.286	5.916	2.534	2.953	2.076	2.068
J	0.662	-	1.804	0.216	0.421	0.548	0.120	0.577	0.240	0.403
K	0.662	-	1.510	2.803	0.398	0.529	1.596	0.919	0.463	0.734
L	0.291	-	0.117	0.206	0.580	1.030	11.888	0.260	0.446	0.426
Moyenne estran	1.134	-	2.795	1.986	3.266	3.307	9.419	2.367	2.464	3.150

Les résultats enregistrés au niveau de la biomasse montrent que, conformément aux études précédentes, la partie ouest demeure la plus productive. Si l'on compare les résultats station par station on ne note de différence nette entre 1985 et 1986 qu'au niveau de la station E. La biomasse augmente de près de 50 % à cette station. Cette augmentation est essentiellement due à Corophium arenarium dont la biomasse progresse de plus de 4 g/m<sup>2</sup>. Il en résulte une légère augmentation de la biomasse moyenne de l'estran.

#### CONCLUSION.

L'étude réalisée en 1986 confirme dans une large mesure les tendances observées en 1985.

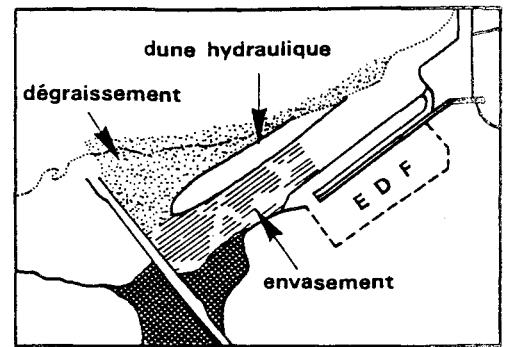
COURANTS A P.M. + 1h30 . COEFF. 95 .



1973

1976

INFLUENCE DE LA DIGUE OUEST

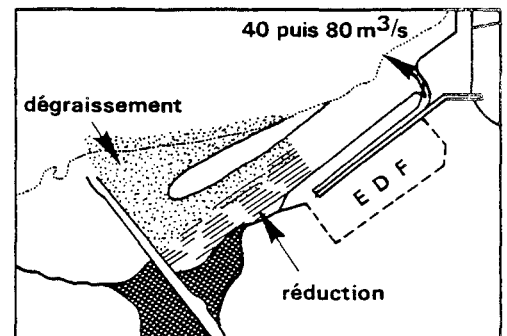


Le contre courant généré par la digue à marée haute provoque un dégraissage des bas niveaux et un engraissement des hauts niveaux. En 1977 une population de coques s'implante dans les moyens niveaux. La situation reste stable jusqu'en 1979.

Circulation d'eau de refroidissement de la centrale à un débit de 40 puis de 80 m<sup>3</sup>/s. On assiste à un dégraissage des moyens niveaux supérieurs et à la réduction de l'aire de répartition des espèces de type "estuarien"

1979

1980



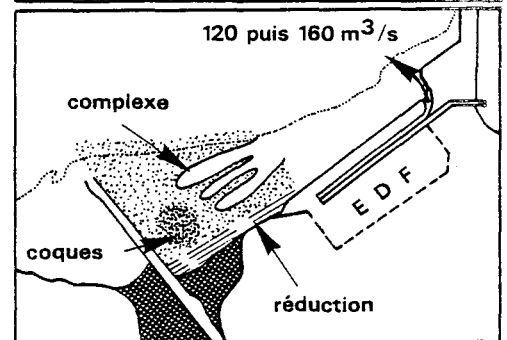
La dune hydraulique éclate en un complexe de dunes et de bâches.

Les espèces estuariennes n'occupent plus qu'une bande de 200 m en haut de la plage.

La population de coques s'étend aux hauts niveaux.

1981

1982

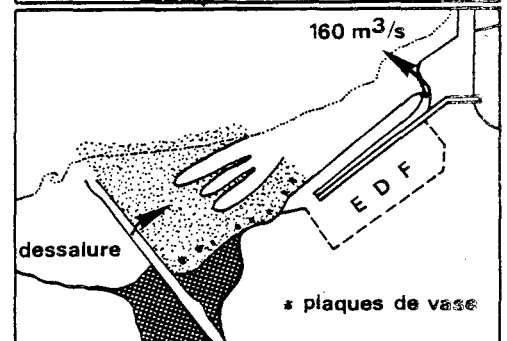


Les phénomènes d'érosion se poursuivent. Les espèces vasicoles sont localisées à des plaques de vase de 10 m de long sur 1 m de large, perpendiculaires à la côte. Ces plaques occupent 10% de la superficie des hauts niveaux.

La population de coques régresse. Des espèces euryhalines s'installent en moyen niveau à l'ouest.

1983

1984



Les plaques de vase azoïques, n'occupent plus que 1% des hauts niveaux. L'Aa et le ruissellement d'eau douce en haut niveau provoquent des dessalures, les populations d'espèces euryhalines progressent.

Le complexe de dunes et de bâches se déplace de 2 à 300 m vers l'ouest. La population de coques a presque disparu. La répartition de deux Spionidae à affinités thermiques différentes montrent qu'un impact thermique de la centrale se fait sentir sur l'estran.

1984

1986

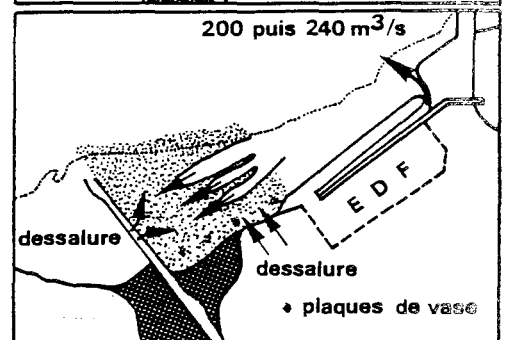


FIG. VII.13 : EVOLUTION BIONOMIQUE DE LA PLAGE DE PETIT FORT PHILIPPE DEPUIS 1973

L'influence de la dessalure (Aa et eaux de ruissellement) reste très importante. Sur la radiale I, Hydrobia ulvae réapparaît à la station F. A cette même station les effectifs de la population d'Oligochètes Enchytraeidae progressent d'une manière considérable : 3360 individus/m<sup>2</sup> en 1986 contre 820 en 1985. Cette augmentation ne peut en aucun cas être attribuée à un biais occasionné par l'échantillonnage, les techniques utilisées ont été les mêmes lors des deux études. Sur la radiale II on ne note pas d'évolution que l'on puisse relier directement à la salinité ; l'influence des eaux de ruissellement reste toutefois très nette.

La séparation de deux populations de Spionidae (Spio filicornis et Pygospio elegans) permettait lors de l'étude précédente, d'envisager un impact thermique de la centrale de Gravelines sur la partie supérieure de l'estran de Petit-Fort-Philippe. Chacune des deux espèces à écologie semblable montre un préférendum thermique spécifique : S. filicornis affectionne les eaux froides tandis que P. elegans supporte des eaux plus chaudes. Cette année, l'impact thermique se confirme et s'accroît, dans la mesure où P. elegans s'installe dans la partie ouest de l'estran tandis que la population installée dans la partie est, s'accroît. Parallèlement la population de S. filicornis régresse dans la partie ouest de l'estran. Il faut signaler que l'impact thermique n'intéresse que la partie supérieure de l'estran, le complexe de dunes et de bâches semblant constituer, pour l'instant, un obstacle à la progression vers les bas niveaux de l'impact thermique. Les autres espèces récoltées habituellement sur l'estran ne semblent pas souffrir de cet échauffement des eaux. Un historique des modifications bionomiques qu'a subies l'estran de Petit-Fort-Philippe depuis 1973 a été réalisé (fig. VII.13). Il fait la part des différents éléments perturbateurs :

- les digues de l'avant-port ouest
- la circulation d'eau de la centrale
- l'Aa
- le ruissellement d'eau douce dans les hauts niveaux
- l'impact thermique de la centrale.

#### BIBLIOGRAPHIE.

CANUT, 1982.

Essai d'aquaculture de coques. Rapport de fin d'études, IUT Tours, Hygiène de l'Environnement, 52 p.

DESPREZ, M., J.P. DUCROTOY et M. LEMOINE, 1986.

L'exploitation des ressources naturelles de l'estuaire de la Somme. Bilan du recrutement estival 1985 de coques Cerastoderma edule et impact sur le stock. Rapport IFREMER - Conseil Régional de Picardie, 50 p.

DEWARUMEZ, J.M. et A. GREGOIRE, 1973.

Etude des peuplements intertidaux. In : "Etude écologique du site de Gravelines". Rapport préliminaire. Inst. Biol. Mar. et Région. de Wimereux, 30-52.

DEWARUMEZ, J.M., 1980 à 1986.

Le domaine benthique intertidal. In : "Etude écologique du site de Gravelines". Surveillance 1 à 7. IFREMER/SMW pour EDF.

- DEWARUMEZ, J.M., 1982 b.  
Exemple d'impact sur le milieu intertidal de la Mer du Nord : le complexe "Avant-port ouest de Dunkerque - Centrale nucléaire de Gravelines". Poster présenté au 17e EMBS, Brest.
- DEWARUMEZ, J.M., 1983 b.  
Evolution de populations de mollusques intertidaux en relation avec des modifications sédimentologiques sur le littoral de la Mer du Nord. Haliotis, 13, 3-12.
- FRONTIER, D., 1976.  
L'utilisation des diagrammes rang-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. J. rech. Oceanogr., 1 (3), 35-48.
- G.E.M.E.L., 1986.  
Etude comparative de trois estuaires de la Manche : baie de Veys, estuaire de la Seine, baie de Somme. In : "La baie de Seine (GRECO-MANCHE)". IFREMER, Actes de Colloques, n° 4 : 521-522.
- GREGOIRE, A., 1976.  
Etude de la macrofaune intertidale de la région de Gravelines (Nord). DEA Univ. Sci. et Techn. de Lille, 111 p.
- HARTMAN-SCHRODER, G., 1971.  
Die Tierwelt Deutschlands. Vol. 58. Annelida, Borstenwürmer, Polychaeta. VRB Gustav Fischer Verlag Jena., 594 p.
- SOUPLET, A., 1978.  
Le domaine benthique. In : "Etude écologique du site de Gravelines". Projet II (1976-1977), CNEXO/IBMRW pour EDF.



ANNEXES





TABLEAU VI.1 : GRAVELINES ESTRAN - RESULTATS BRUTS (NOMBRE D'INDIVIDUS/M<sup>2</sup>)

	RADIALE I				RADIALE II			
	E	F	G	H	I	J	K	L
Nematodes spp.		2			2		4	4
Oligochètes	3	840	52		22	4		
Eteone longa			3					
Nereis diversicolor		11			2			
Nephtys cirrosa			2	1			1	5
Nerine cirratulus		25	69	3		10	4	
Pygospio elegans	365	159			501	59		
Spio filicornis	15	59	13					2
Magelona papillicornis								1
Paraonis fulgens							2	
Capitella capitata			1					
Ophelia rathkei		2	80	2		1		
Hydrobia ulvae	1781	54			25			
Cerastoderma edule		4						
Macoma balthica		23	6	1				
Diastylis bradyi			1					
Eurydice pulchra	7			1	9	2		
Eurydice affinis	21	1			68	50		
Corophium arenarium	1429	9			326	25		
Bathyporeia sarsi			14	1			7	
Bathyporeia pilosa	9				420	68		
Urothoe brevicornis				1			2	
Urothoe poseïdonis							1	
Hautorius arenarius				2			1	
Pontocrates altamarinus				1				
Crangon crangon						1	3	1
Portumnus latipes							1	
Larves de diptères	5				4			
Total	3635	1189	241	13	1379	220	25	13
Diversité	1,503	1,570	2,322	3,027	2,058	2,315	2,868	2,038
Régularité	0,47	0,44	0,70	0,95	0,62	0,73	0,90	0,88

TABLEAU VII.2 : GRAVELINES ESTRAN - RESULTATS BRUTS (BIOMASSE EN MG/M<sup>2</sup>)

	RADIALE I				RADIALE II			
	E	F	G	H	I	J	K	L
Nematodes spp.		1,9			1,9		25,5	37,6
Oligochètes	0,1	17,1	1,2		0,1	0,1		
Eteone longa			9,9					
Nereis diversicolor		52,3			2,9			
Nephtys cirrosa			49,9	17,9			85,3	64,6
Nerine cirratulus		42,8	181,5	15,5		25,1	7,2	
Pygospio elegans	14,9	6,5			51,0	21,1		
Spio filicornis	0,5	5,4	1,9					0,1
Magelona papillicornis								0,9
Paraonis fulgens							0,2	
Capitella capitata			0,1					
Ophelia rathkei		0,3	19,3	0,2		0,2		
Hydrobia ulvae	1887,9	44,1			24,0			
Cerastoderma edule		540,2						
Macoma balthica		946,2	44,5	5,0				
Diastylis bradyi			1,1					
Eurydice pulchra	3,6			0,4	5,5	2,0		
Eurydice affinis	6,7	0,7			13,0	13,9		
Corophium arenarium	1421,9	9,9			273,0	15,1		
Bathyporeia sarsi			4,6	0,3			2,6	
Bathyporeia pilosa	3,1				133,8	20,9		
Urothoe brevicornis				0,2				
Urothoe poseidonis							0,9	
Hautorius arenarius				19,5			16,3	
Pontocrates altamarinus				0,2				
Crangon crangon						0,4	0,7	3,1
Portunus latipes							44,9	
Larves de diptères	11,8				11,9			
Total	3350,5	1667,4	314,0	59,2	517,1	100,8	183,6	106,6
Diversité	1,095	1,609	1,880	2,207	1,929	2,445	2,066	1,194
Régularité	0,35	0,45	0,57	0,64	0,58	0,77	0,65	0,51

TABLEAU VII.3 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT  
 DES HUIT STATIONS INTERTIDALES  
 (EN % PONDERAUX DE L'ECHANTILLON TOTAL)

	E	F	G	H	I	J	K	L
Gravier grossier	0,30	1,57	0,12	0,13	0,00	0,41	0,00	0,02
Gravier fin	0,49	3,62	0,78	0,73	0,23	1,18	0,25	0,11
Sable grossier	3,55	10,12	7,86	9,63	4,56	7,55	4,68	2,54
Sable moyen	57,35	46,89	59,33	68,48	58,14	71,29	67,82	27,30
Sable fin	34,39	35,83	31,89	21,00	36,19	19,52	27,21	69,94
Pélites	3,92	1,97	0,02	0,03	0,88	0,05	0,04	0,09
Poids total échantillon (g)	349,57	267,35	328,90	469,19	400,51	579,25	375,09	341,91



CHAPITRE VIII

BENTHOS SUBTIDAL

Jean-Luc BOURGAIN



## INTRODUCTION.

Depuis 1973, un suivi écologique du milieu benthique subtidal du site de Gravelines est assuré. Après une première phase qui a permis de définir les unités bionomiques locales (DEWARUMEZ et GREGOIRE, 1973 ; DEWARUMEZ, 1976 a et b), les caractéristiques quantitatives des peuplements décrits sont régulièrement suivies depuis 1976 (SOUPLET, 1978 ; DEWARUMEZ, 1979 à 1986) en quatre stations des trois peuplements littoraux de Manche orientale et de Mer du Nord.

Ces trois peuplements actuellement bien connus (CABIOCH et GLACON, 1975 ; SOUPLET et al., 1980 ; SOUPLET et DEWARUMEZ, 1980) sont :

- Le peuplement de l'hétérogène envasé dont la station A est échantillonnée. Situé au large sur des fonds importants (25 m), ce peuplement est d'une grande stabilité bionomique. La biomasse est de 28 g en moyenne par m<sup>2</sup>.
- Le peuplement à Abra alba échantillonné en deux stations, les stations B et C. Etabli sur des fonds de l'ordre de 8 m, ce peuplement est instable mais très productif. Il est en effet sujet à des recrutements importants certaines années d'espèces telles que Lagis koreni, Abra alba, Tellina fabula qui provoquent des variations de biomasse de 10 à 50 g/m<sup>2</sup>. Le cortège spécifique reste cependant d'une grande stabilité. La station B est caractéristique du peuplement alors que la station C, située à proximité immédiate du canal de rejet de la centrale subit l'impact de la circulation d'eau de la centrale qui provoque la disparition d'espèces à tendances vasicoles au profit d'espèces sabulicoles (DEWARUMEZ, 1979 à 1986).
- Le peuplement à Ophelia borealis. Situé au large, ce peuplement est d'une grande stabilité bionomique. Echantillonné à la station D, ce peuplement présente une biomasse totale de l'ordre de 2 g/m<sup>2</sup>.

## METHODOLOGIE.

La campagne a été effectuée le 16 mai 1986 à bord du N/O SEPIA II, navire de la Station Marine de Wimereux. Les stations échantillonnées et la méthodologie sont inchangées (voir annexe technique, DEWARUMEZ, 1985).

## RESULTATS DE L'ANALYSE BIONOMIQUE. (Tableaux VIII.1, VIII.2, figures VIII.2, VIII.3)

68 taxons ont été recensés. Ils se répartissent en :

- 3 Cnidaires
- 1 Nématode (sp.)
- 29 Annélides polychètes
- 10 Mollusques
- 20 Crustacés
- 5 Echinodermes.

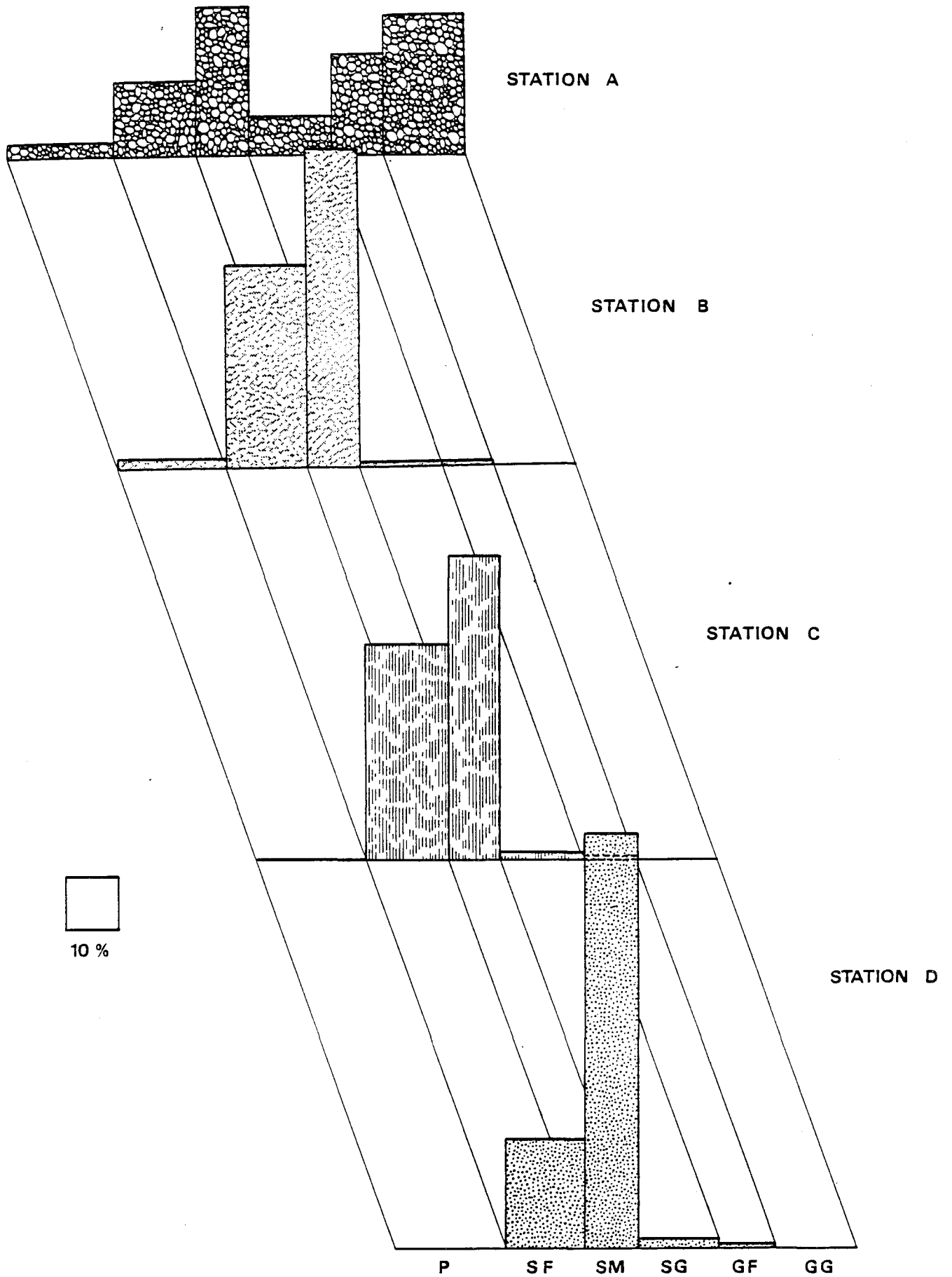








FIG.VIII-1- CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT  
AUX QUATRE STATIONS

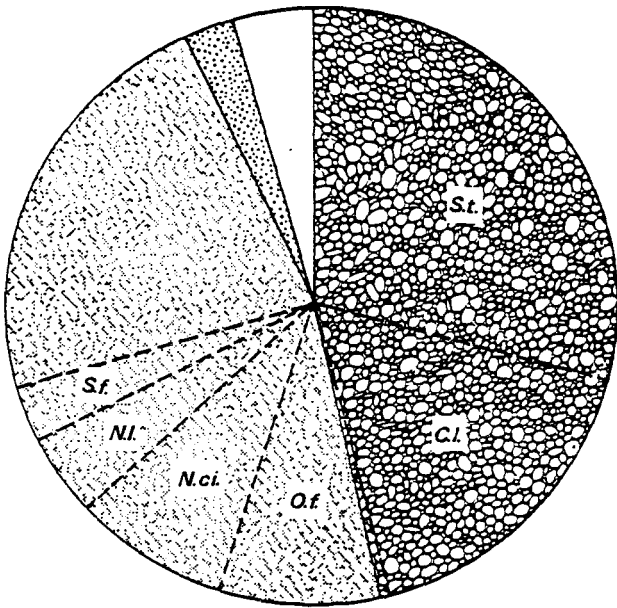


## LEGENDES DES FIGURES VIII-2- et VIII-3-

Cnidaires	
Annélides	
Mollusques	
Crustacés	
Echinodermes	
Divers	

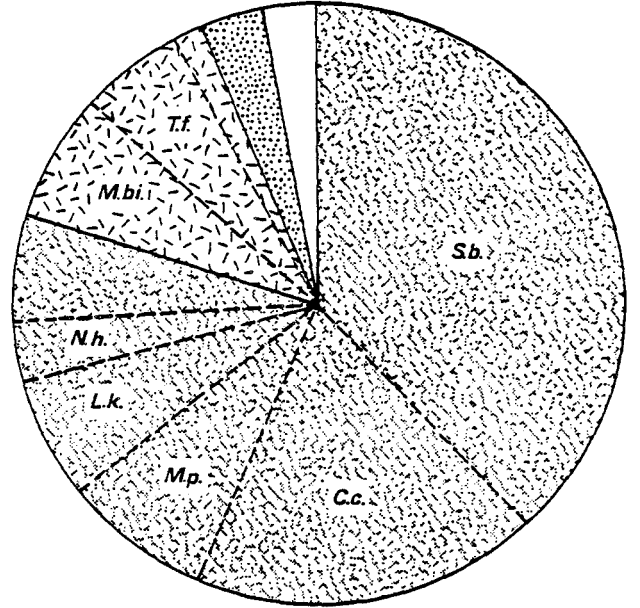
A.a.	: Abra alba	N. ca	: Nephtys caeca
B.e.	: Bathyporeia elegans	N. ci	: Nephtys cirrosa
C.c.	: Capitella capitata	N. h.	: Nephtys hombergii.
C. cr.	: Crangon crangon	N. l.	: Notomastus latericeus
C. l.	: Cerianthus lloydii	O. f.	: Owenia fusiformis
E.c.	: Echinocardium cordatum	P. l.	: Portumnus latipes
G.s.	: Gastrosaccus spinifer	S. b.	: Spiophanes bombyx
L.k.	: Lagis koreni	S. f.	: Spisula subtruncata
M.b.	: Macoma balthica	S. t.	: Sagartia troglodytes
M. bi	: Mysella bidentata	T. f.	: Tellina fabula
M.p.	: Magelona papillicornis		

STATION A



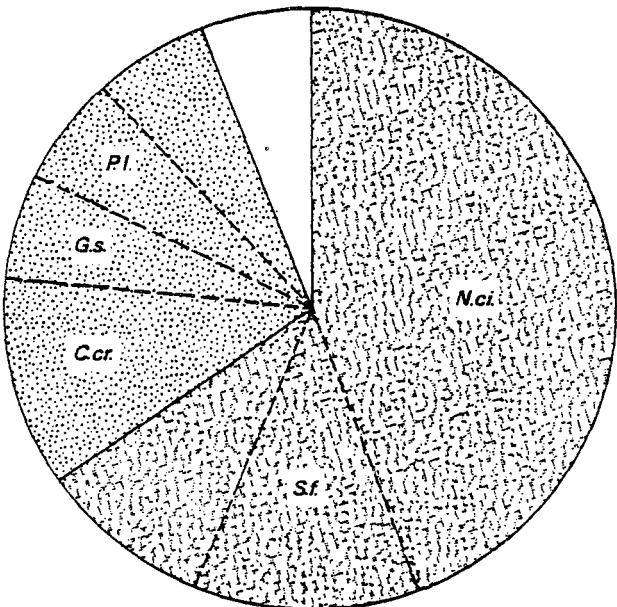
N = 590

STATION B



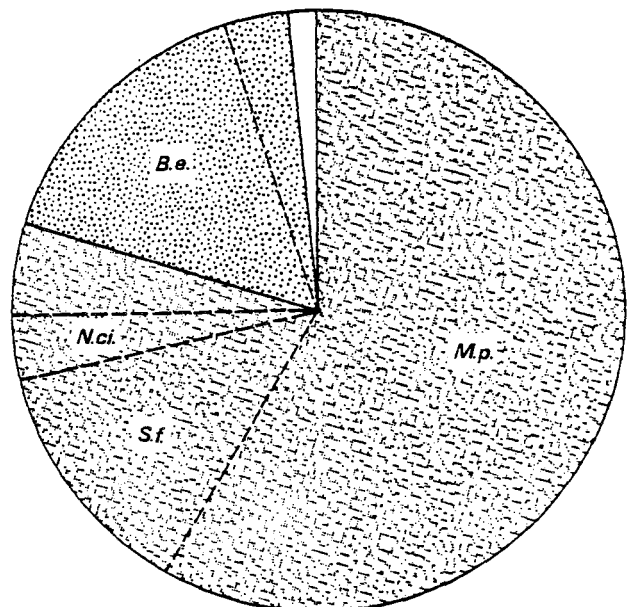
N = 1674

STATION C



N = 52

STATION D

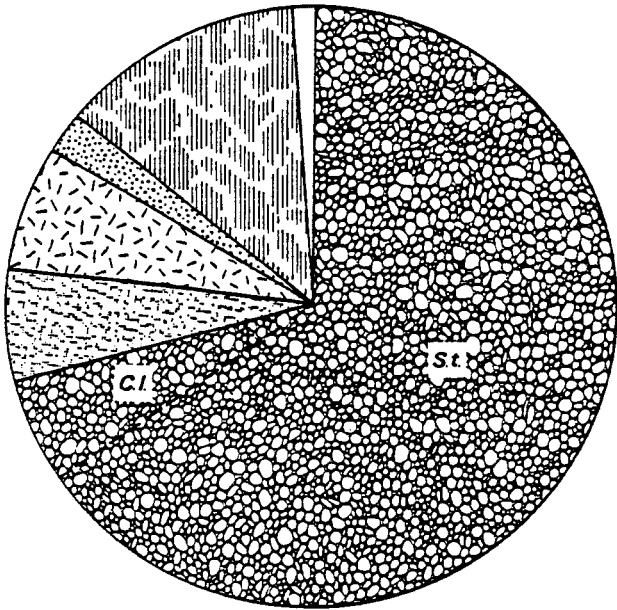


N = 805

FIG.VIII-2- ABONDANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES

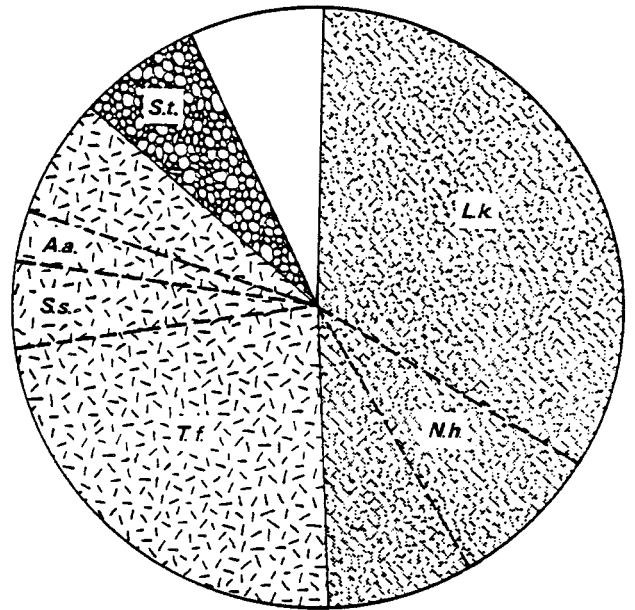
ZOOLOGIQUES ( Nombre d'individus )

STATION A



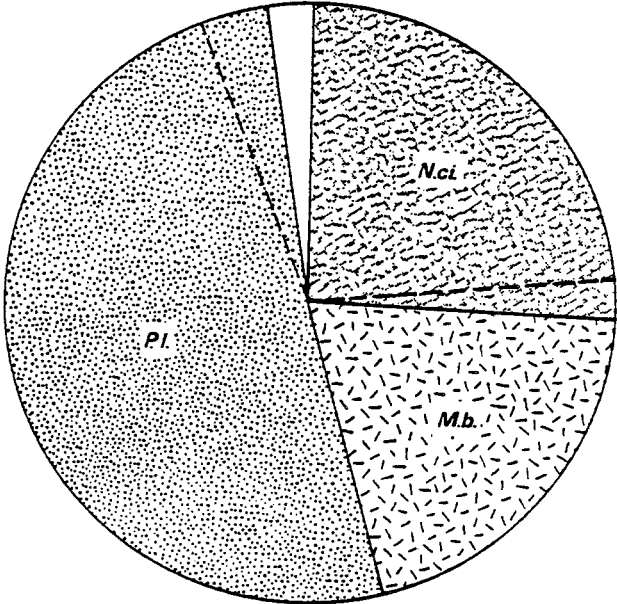
B = 23,7 g/m<sup>2</sup>

STATION B



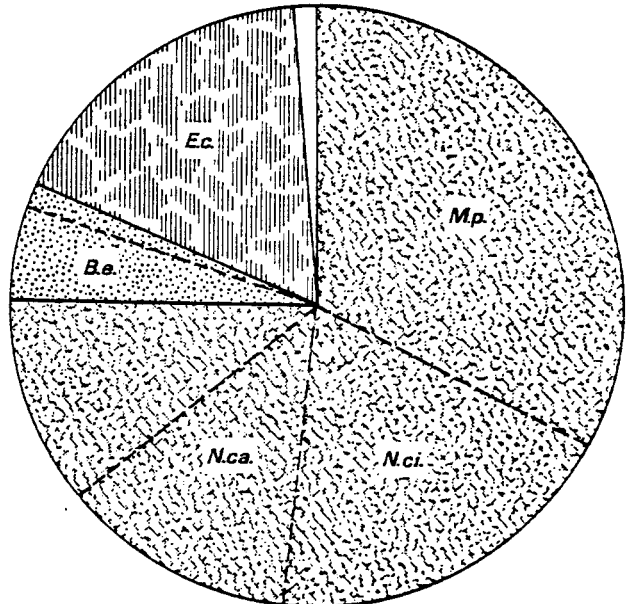
B = 19,4 g/m<sup>2</sup>

STATION C



B = 0,8 g/m<sup>2</sup>

STATION D



B = 2,1 g/m<sup>2</sup>

FIG.VIII-3- ABONDANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES

ZOOLOGIQUES ( Biomasse )

## 1. Station A.

Cette station est d'une grande stabilité bionomique comme le montre le diagramme rang-fréquence dont l'allure est semblable à celles observées les années précédentes (fig. VIII.4).

43 espèces ont été récoltées pour un total de 590 individus et une biomasse de 23.7 g/m<sup>2</sup>.

Les espèces caractéristiques du peuplement sont Sagartia troglodytes, Stenelais boa et Abra alba. Si Sagartia troglodytes est bien représentée cette année, il en va tout autrement pour Stenelais boa et Abra alba dont les densités sont faibles (tableau VIII.4).

On note la présence en grand nombre de Cerianthus lloydii représenté par de petits individus comme en témoigne la biomasse. D'autre part, est apparu cette année Nephtys cirrosa. Sabella penicillus, abondamment récolté en 1985 voit en 1986 sa densité diminuer de façon très importante (7 individus/m<sup>2</sup>, tableau VIII.4).

La biomasse, du même ordre de grandeur qu'en 1985 est voisine de la biomasse moyenne. Le peuplement est très diversifié (H = 3.708 ; E = 0.68).

L'analyse granulométrique ne montre pas de variantes notables dans les différentes fractions du sédiment par rapport aux années précédentes. Le sédiment est composé de graviers grossiers et fins et de sables moyens avec une forte proportion de pélites (tableau VIII.3, fig. VIII.1).

## 2. Station B.

Le peuplement à Abra alba peut être le siège de recrutements très importants de certaines espèces comme Lanice conchilega dont les effectifs, jusqu'en 1985 étaient importants. Cette année, le recrutement semble avoir complètement échoué à moins qu'il n'ait été retardé et qu'il se soit produit après notre échantillonnage. On observe généralement en mai des densités de post-larves allant de 1 000 individus/m<sup>2</sup> en 1981 à 60 000 en 1980, fait non observé cette année, les quelques individus échantillonnés étant des adultes.

D'autres espèces régressent également cette année. Il s'agit d'Abra alba dont la densité chutait déjà en 1985 de façon très importante et qui cette année ne représente plus que 0.7 % des individus (tableau VIII.5). On note également la régression de Tellina fabula et celle de Nephtys hombergii qui après avoir vu sa densité doubler en 1984 retrouve une densité de 60 individus/m<sup>2</sup> comparable à celles observées jusqu'en 1983. Mysella bidentata régresse également (118 individus/m<sup>2</sup>).

Si la densité de Lagis koreni reste stable par rapport à l'année précédente, les densités d'Annélides polychètes sédentaires tels que Spiophanes bombyx (633 individus/m<sup>2</sup>), Capitella capitata (315 individus/m<sup>2</sup>), Magelona papillicornis (137 individus/m<sup>2</sup>), augmentent de façon importante. La biomasse diminue légèrement par rapport à l'année précédente (19.4 g/m<sup>2</sup>). Le diagramme rang-fréquence est toujours typique d'un peuplement mature (fig. VIII.5). La diversité est forte (H = 3.081 ; E = 0.59).

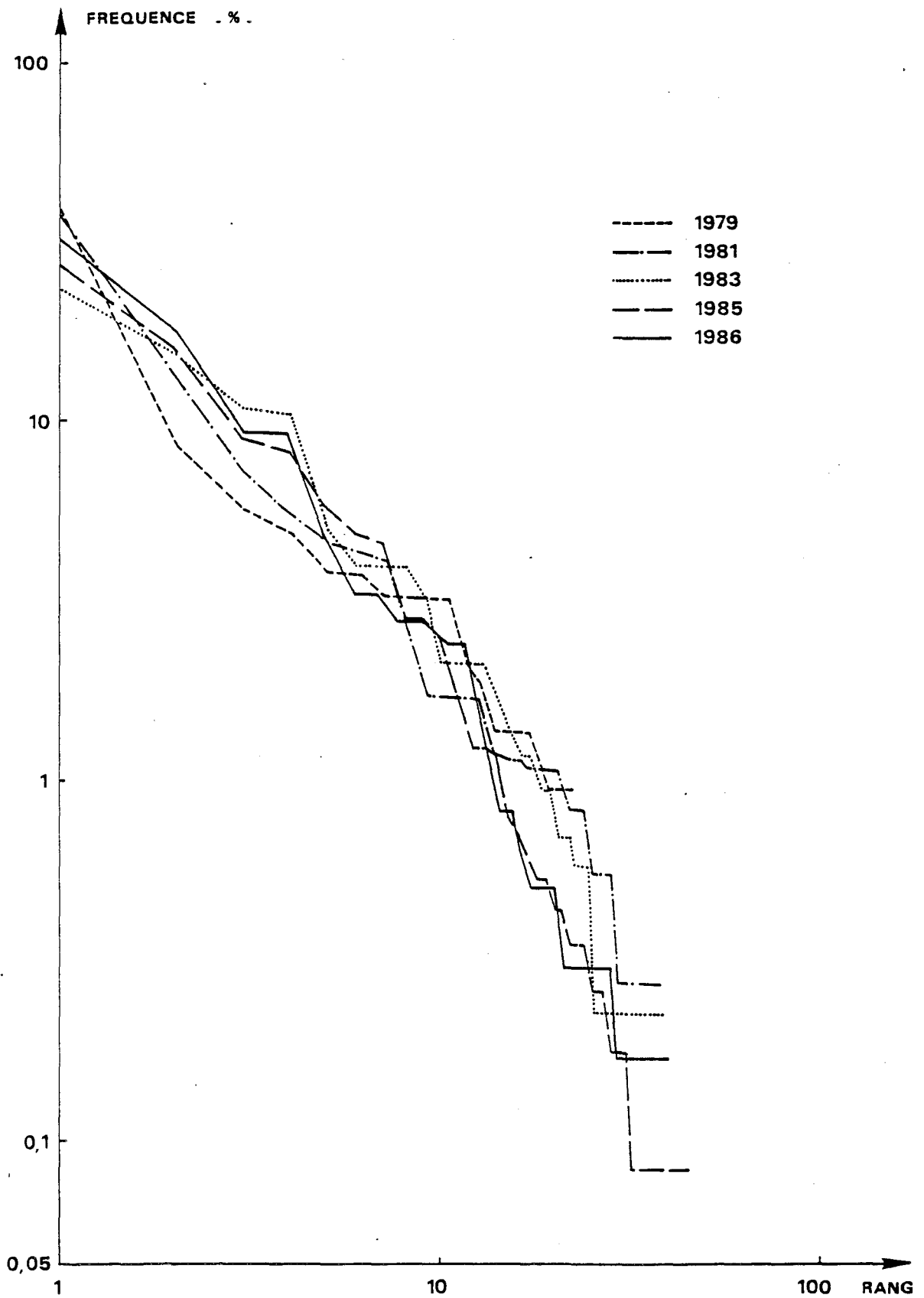


FIG.VIII-4- EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE

A LA STATION A DEPUIS 1979

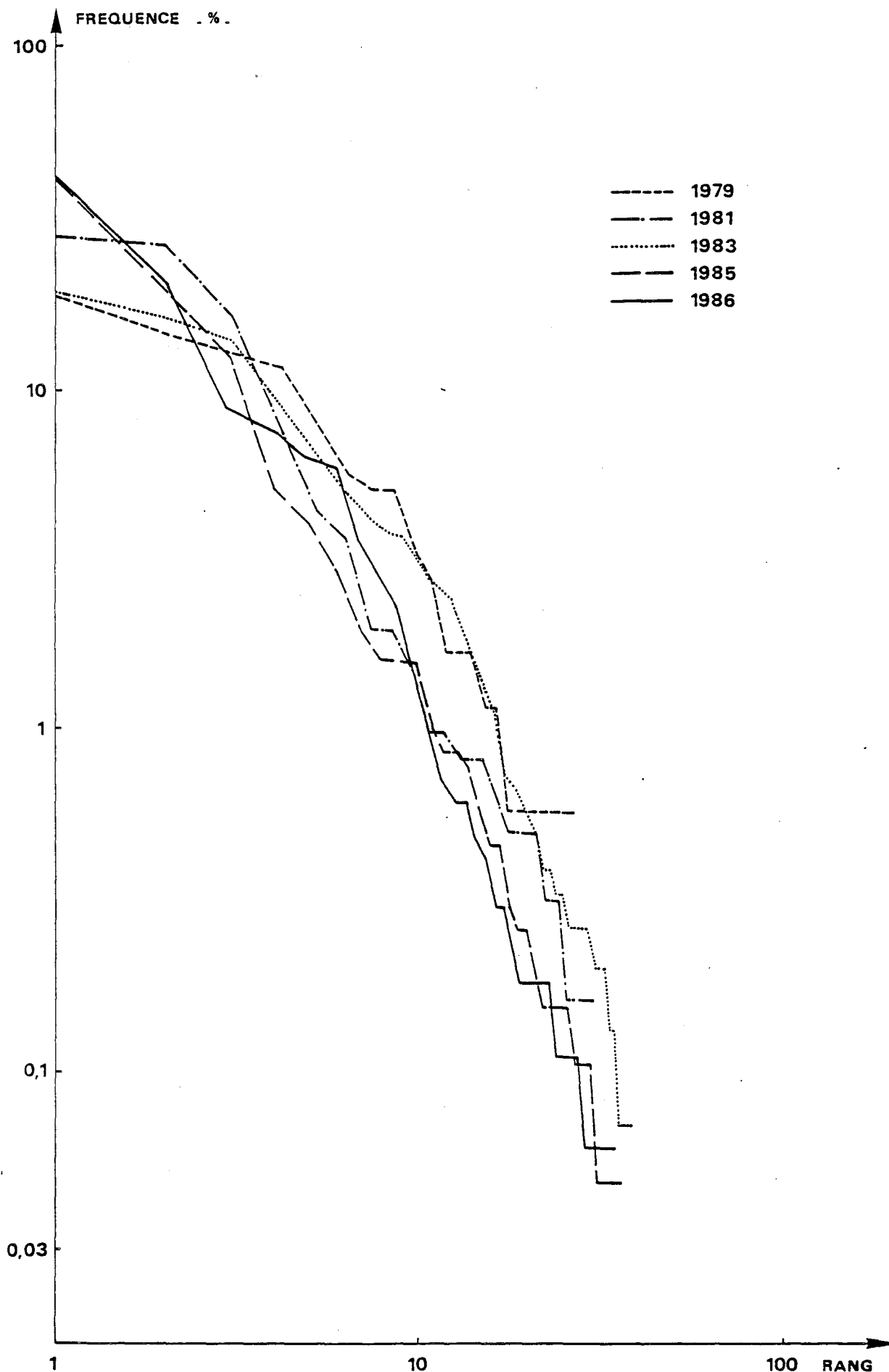


FIG.VIII-5- EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE

A LA STATION B DEPUIS 1979

L'analyse granulométrique montre un désenvasement, les pélites ne représentant plus que 1.74 % de l'échantillon. Le sédiment est composé de sables fins et moyens (tableau VIII.3, fig. VIII.1).

### 3. Station C.

L'altération du peuplement à Abra alba observée jusqu'alors en cet endroit se trouve à nouveau confirmée cette année (tableau VIII.7).

Nephtys hombergii, Tellina fabula sont absents comme en 1985. Par contre, Nephtys cirrosa, typique de la communauté à Ophelia borealis est présent avec une densité de 23 individus/m<sup>2</sup> (tableau VIII.6).

La densité totale est faible (52 individus/m<sup>2</sup>). La biomasse totale reste toujours faible (0.8 g/m<sup>2</sup>). La diversité est moyenne (H = 2.75 ; E = 0.76). Le diagramme rang-fréquence dont l'allure est de type juvénile comme les années précédentes rend compte de l'impact de la centrale (fig. VIII.6).

Le sédiment est composé presque exclusivement de sables fins et grossiers (98.17 % de l'échantillon total).

### 4. Station D.

Cette station reste typique d'un peuplement à Ophelia borealis. Si Ophelia borealis est absente, Nephtys cirrosa, Bathyporeia elegans font toujours partie des espèces principales du cortège.

Il faut noter la baisse de densité de Spiophanes bombyx (13 individus/m<sup>2</sup>) qui après avoir été très abondant en 1984 et 1985 retrouve une densité comparable à celles observées jusqu'en 1983 (tableau VIII.8).

En 1985, le recrutement de Magelona papillicornis fut très important (992 individus/m<sup>2</sup>). En 1986, cette espèce est encore très représentée (470 individus/m<sup>2</sup>, 58.4 % des individus, tableau 8). Si ce recrutement avait été attribué à l'augmentation de la teneur en pélites en 1985 (DEWARUMEZ, 1986), augmentation liée aux rejets de dragage de l'avant-port de Dunkerque, il est impossible cette année de relier ces deux facteurs, l'analyse granulométrique n'ayant pas décelé de pélites. Par contre, on sait (BOILLY, B. et A. RICHARD, 1978) que Magelona papillicornis est indicatrice de sédiments pollués par certains métaux tels que le fer. Les études d'impact de rejets de dragage du Port de Boulogne sur le peuplement à Ophelia borealis de la Bassure de Baas (BOURGAIN, J.L., et al., 1985) en font état.

Installée depuis 1985, Magelona papillicornis semble trouver en cet endroit des conditions favorables à son développement, le sédiment constitué de sables fins et moyens étant régulièrement alimenté en métaux par l'intermédiaire de vases portuaires de Dunkerque Ouest.

Il faut cependant noter que le recrutement de Magelona papillicornis s'est produit cette année à la station B alors qu'en 1985, il n'y avait pas eu recrutement de cette espèce.

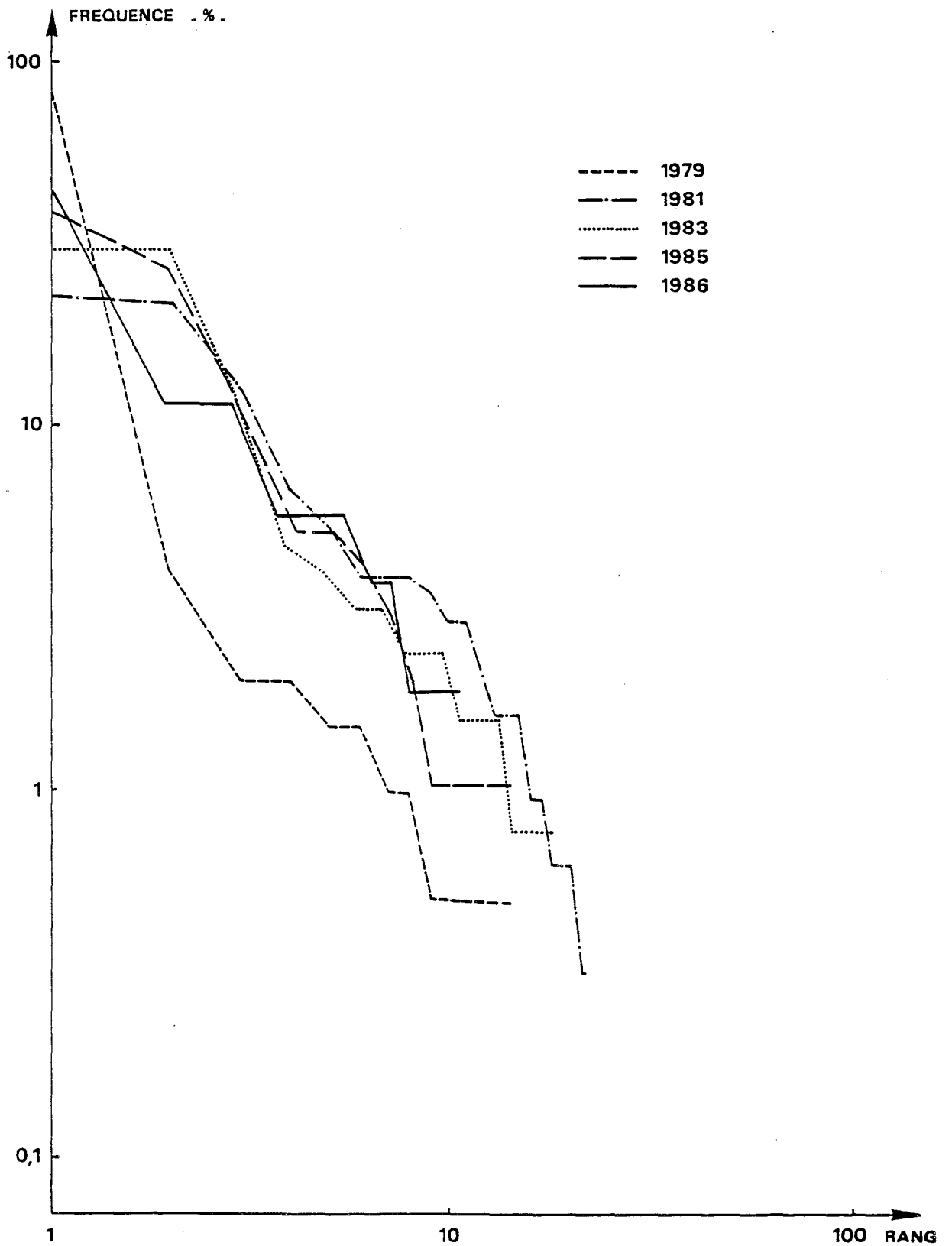


FIG.VIII-6- EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE

A LA STATION C DEPUIS 1979



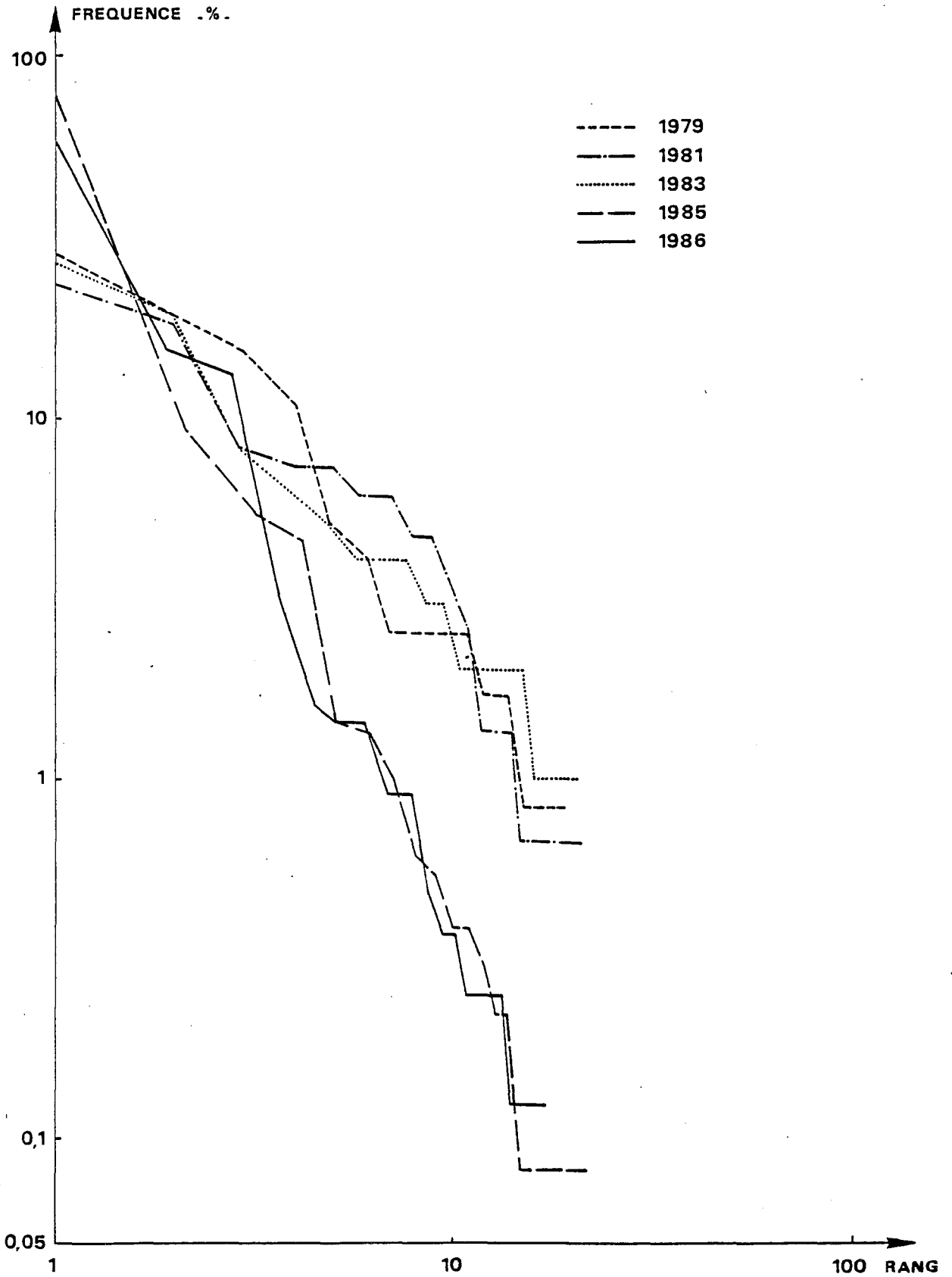


FIG.VIII-7- EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE

A LA STATION D DEPUIS 1979

Tout comme en 1985, le diagramme rang-fréquence est typique d'un peuplement juvénile, allure due à la présence de Magelona papillicornis (fig. VIII.7).

La diversité est faible ( $H = 2.074$  ;  $E = 0.47$ ) et la biomasse totale ( $21.29 \text{ g/m}^2$ ) reste semblable à celle observée en 1985.

#### ETUDE DES POPULATIONS D'*Abra alba* ET DE *Tellina fabula*.

##### 1. *Abra alba*.

En 1986, la régression d'*Abra alba* se fait encore plus importante qu'en 1985. A la fin de l'hiver, la densité était de 7 individus/m<sup>2</sup>. La densité maximale (18 individus/m<sup>2</sup>) fut observée en septembre.

Ces densités sont faibles, les plus faibles observées depuis 1977 (fig. VIII.8) ce qui ne permet pas un suivi aisé de la population. Celle-ci semble se maintenir par l'intermédiaire de quelques individus issus des cohortes des années précédentes.

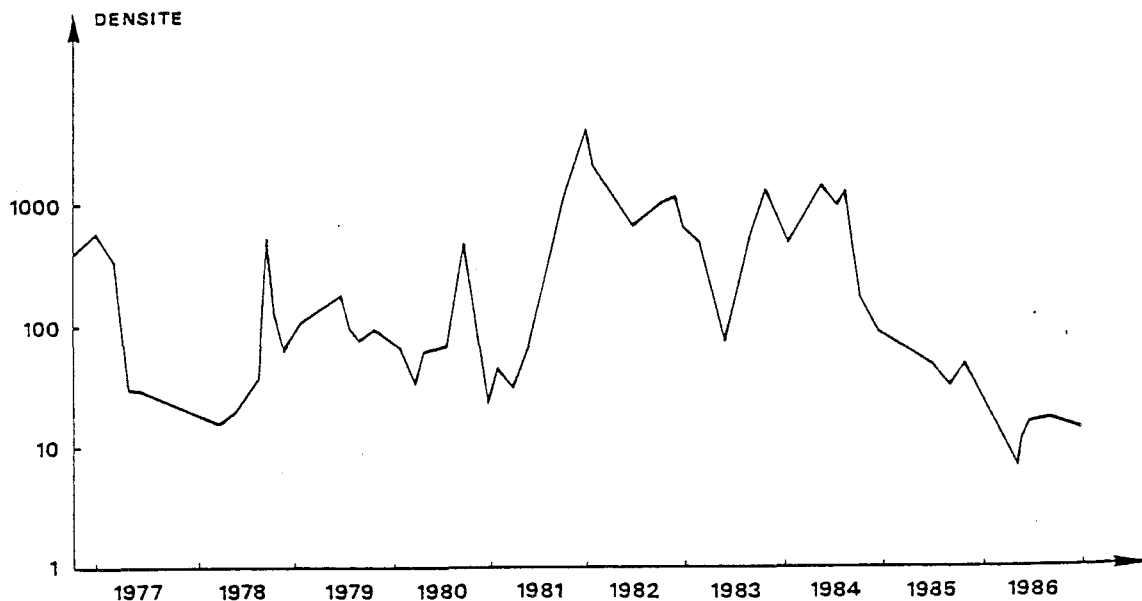


FIG.VIII-8- VARIATION DE DENSITE DE LA POPULATION D'*Abra alba* DEPUIS 1977

Si déjà en 1985, le recrutement fut de faible importance, en 1986, il apparaît furtivement (fig. VIII.9).

L'ensemble de ces observations est à mettre en relation avec l'opportunité de *Abra alba*. Les populations d'*Abra alba* sont sujettes à des variations de densité anarchiques et inexpliquées, comme le signalent de nombreux auteurs (EAGLE, 1975 ; RACHOR, 1980 ; HILY et LEBRIS, 1984 ; DEWARUMEZ et al., 1985). Ces variations peuvent aller jusqu'à la disparition totale de la population pendant l'hiver, puis à sa réapparition suite au recrutement, comme le montrent les fluctuations observées par RACHOR, sur les côtes européennes (fig. VIII.10).

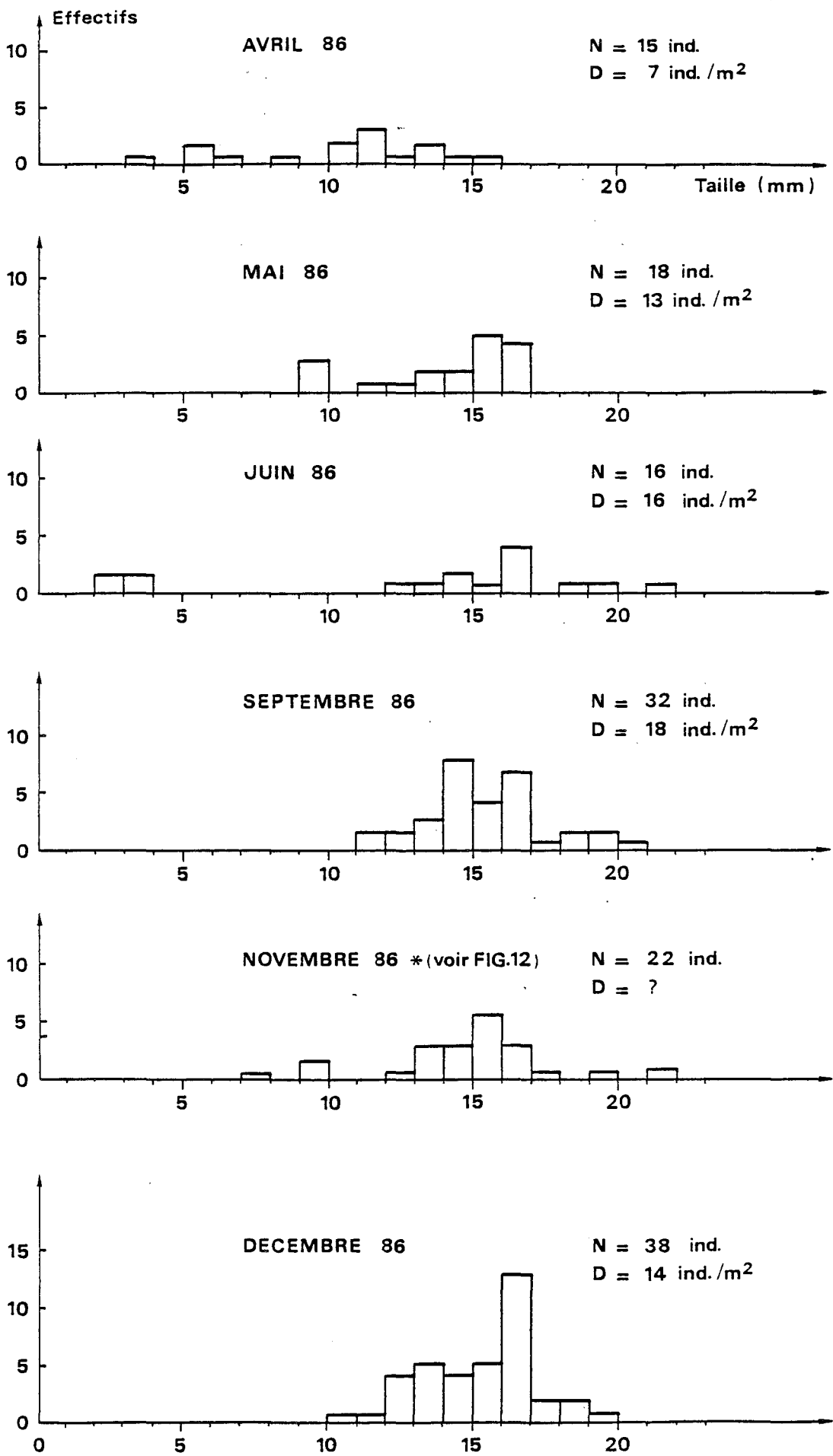


FIG.VIII-9- *Abra alba* : HISTOGRAMMES DES FREQUENCES DE TAILLE

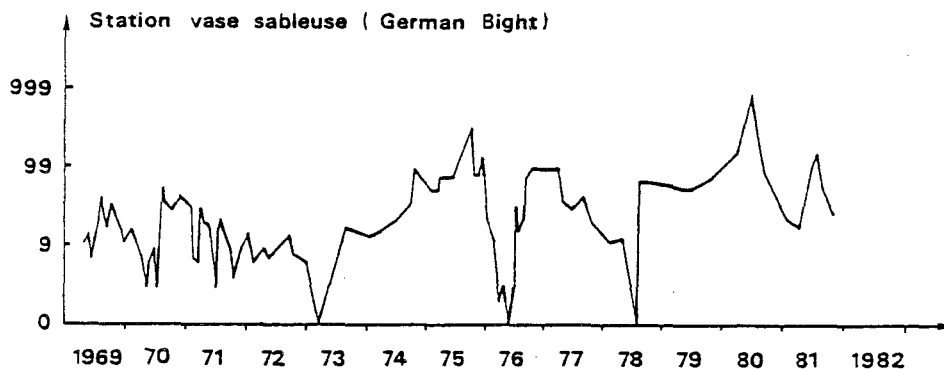
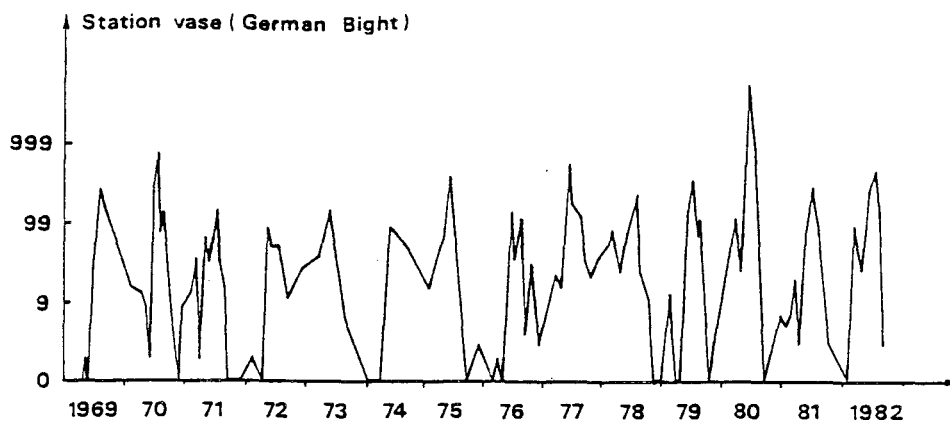


FIG.VIII-10- VARIATIONS DES POPULATIONS D' *Abra alba*

SUR LES COTES ALLEMANDES

(d'après RACHOR , 1983 )

Le recrutement du printemps 1986 ayant été un échec, la chute de densité de la population d'Abra alba devrait s'aggraver pendant les premiers mois de l'année 1987.

## 2. Tellina fabula.

Depuis 1979, on assistait à une chute continue de la densité de Tellina fabula. En 1983, 1984 et 1985, la population retrouvait des densités comparables à celles observées en 1979.

En 1986, il apparaît que Tellina fabula chute à nouveau (fig. VIII<sub>2</sub>,11). Jusqu'en mai, les densités sont relativement faibles (48 individus/m<sup>2</sup> en avril, 98 individus/m<sup>2</sup> en mai). En juin, suite au recrutement, les densités remontent (178 individus/m<sup>2</sup>), mais en décembre, on retrouve des densités comparables à celles observées juste avant le recrutement.

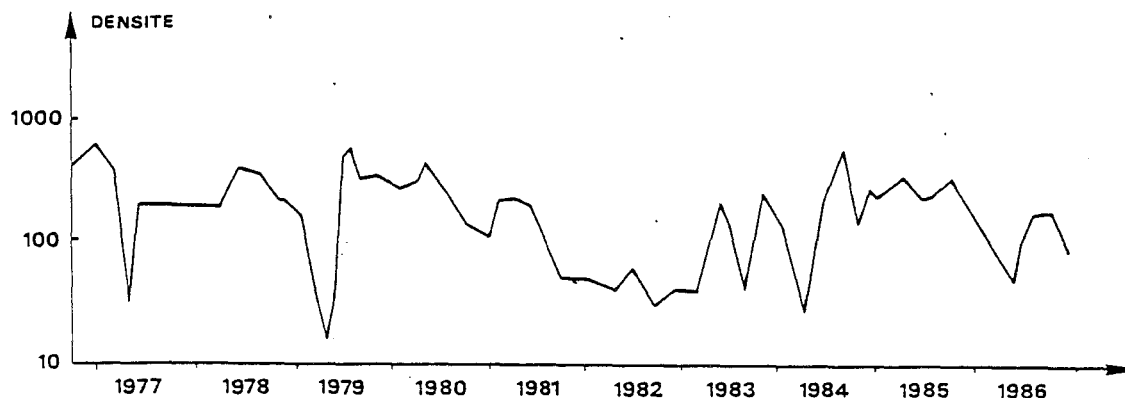


FIG.VIII-11- VARIATION DE DENSITE DE LA POPULATION DE *Tellina fabula*  
DEPUIS 1977

Les histogrammes des fréquences de taille (fig. VIII.12) montrent que le recrutement a été bon. En juin, les jeunes individus représentent 57 % de la population. En septembre, ils constituent 55 % de celle-ci. La chute générale de densité de la population de *Tellina fabula* semble correspondre à la disparition des individus issus des recrutements antérieurs à 1986.

#### CONCLUSION.

En 1986, le benthos subtidal est resté stable ainsi qu'en atteste les diagrammes rang-fréquence des différentes stations qui présentent les mêmes allures qu'en 1985.

On note un recrutement important de *Cerianthus lloydii* dans le peuplement de l'hétérogène envasé. Dans ce même peuplement, *Abra alba* présente une densité extrêmement faible (1 individu/m<sup>2</sup>), la plus faible depuis 1981.

Cette chute de densité d'*Abra alba* se retrouve dans le peuplement à *Abra alba* où il n'avait jamais été observé de telles valeurs depuis 1977. Cette régression amorcée en 1984 devrait se poursuivre en 1987 puisque le recrutement fut très faible. Dans ce même peuplement, d'autres espèces régressent telles que *Lanice conchilega*, *Nephtys hombergii*, *Mysella bidentata* ou *Tellina fabula*. Cette dernière qui avait réussi son recrutement en juin, voit sa densité baisser à nouveau en décembre (94 individus/m<sup>2</sup>). Il résulte de l'ensemble de ces régressions une légère baisse de la biomasse (19.4 g/m<sup>2</sup>).

A la station C, l'impact de la centrale nucléaire sur le peuplement à *Abra alba* se trouve confirmé cette année encore. Les espèces principales du peuplement à *Abra alba* ont disparu, laissant place à un peuplement beaucoup plus pauvre où *Nephtys cirrosa* est l'espèce la plus abondante (44 % du nombre total d'individus).

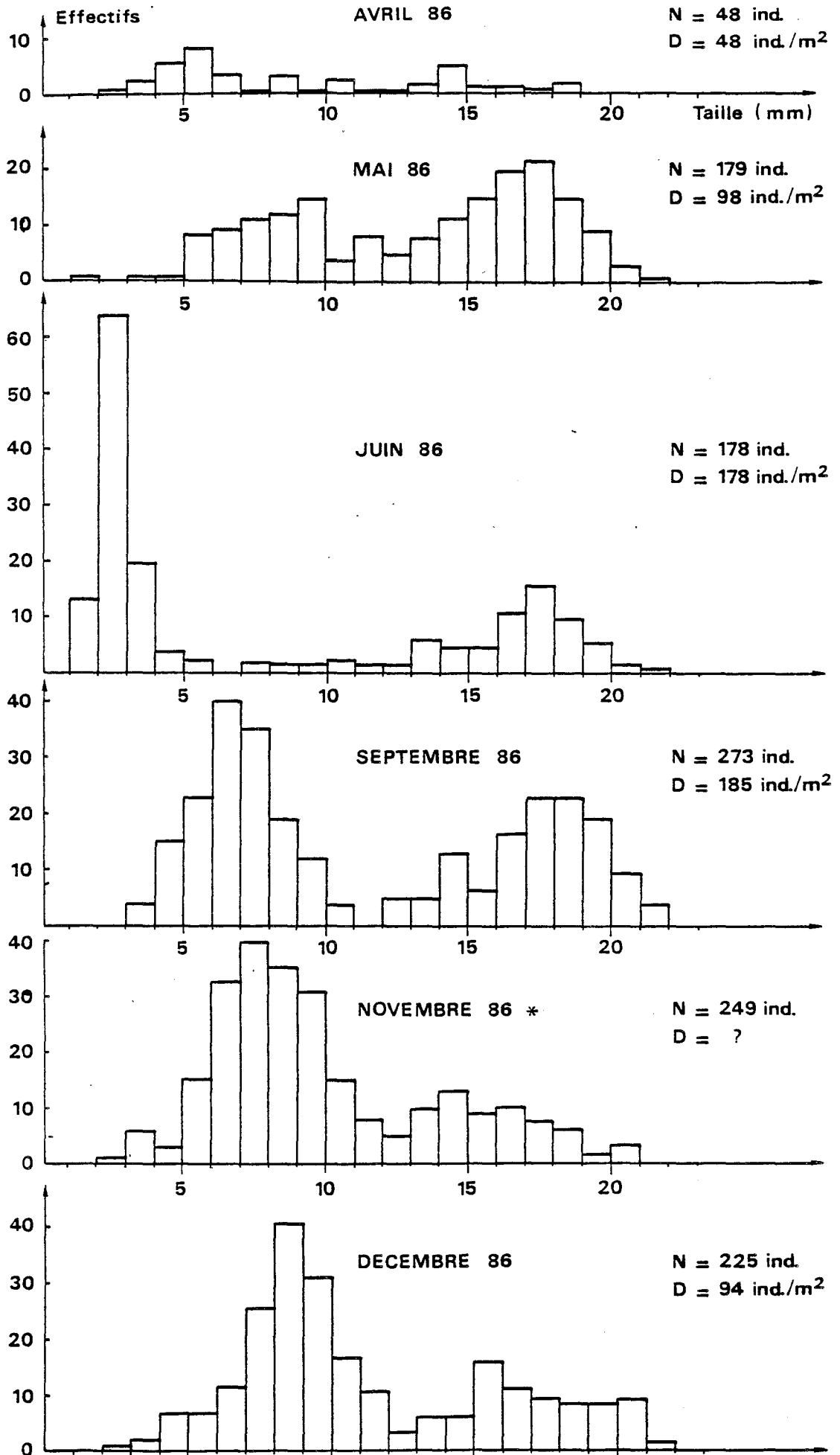


FIG.VIII-12- : *Tellina fabula* : HISTOGRAMMES DES FREQUENCES DE TAILLE

\* Les prélèvements de novembre 86 ont été réalisés par dragage, l'état de la mer ne permettant pas l'utilisation de la benne Smith Mac Intyre

Le peuplement à Ophelia borealis, s'il reste stable en biomasse, présente comme en 1985 une altération. Elle se traduit cette année encore par la présence en grand nombre de Magelona papillicornis (470 individus/m<sup>2</sup>), espèce connue comme indicatrice de l'apport de fer, probablement par l'intermédiaire des rejets de dragage du port de Dunkerque Ouest.

#### BIBLIOGRAPHIE.

- BOILLY, B. et A. RICHARD, 1978.  
Accumulation du fer chez une annélide polychète : Magelona papillicornis O.F. MULLER. C.R. Acad. Sc. Paris, T. 286, 4 p.
- BOURGAIN, J.L., S. DEWEZ, A. RICHARD et C. BECK, 1985.  
Effets de rejets de vases portuaires sur les sédiments et les peuplements benthiques au large de Boulogne-sur-Mer. S.M.W. Convention Nord-Pas-de-Calais/IFREMER. Service Maritime du Port de Boulogne-sur-Mer. 91 p.
- CABIOCH, L. et R. GLACON, 1975.  
Etude des peuplements benthiques en Manche orientale de la baie de Somme au Pas-de-Calais. C.R. Acad. Sci. Paris, 280 (D) : 491-494.
- DEWARUMEZ, J.M., 1973.  
Etude des peuplements benthiques littoraux. In : Etude écologique du site de Gravelines. Rapport préliminaire. Inst. Biol. Marit. et Région. de Wimereux : 53-77.
- DEWARUMEZ, J.M., 1976 a.  
Le domaine benthique. In : Etude écologique du site de Gravelines. Projet 1er cycle (1975). CNEXO/IBMRW pour EDF : 238-297.
- DEWARUMEZ, J.M., 1976 b.  
Etude du macrobenthos subtidal de la région de Gravelines (Nord). DEA Univ. Sci. et Techn., Université de Lille I, 164 p.
- DEWARUMEZ, J.M., 1979.  
Etude biologique d'Abra alba (WOOD) (mollusque lamelibranche) du littoral de la Mer du Nord. Thèse de Spécialité. Univ. Sci. et Techn. de Lille, 139 p., 23 annexes.
- DEWARUMEZ, J.M., 1980.  
Le domaine benthique. In : Etude écologique du site de Gravelines. Surveillance 1 (1978-1979). CNEXO/IBMRW pour EDF : 76-106.
- DEWARUMEZ, J.M., 1982 a.  
Le domaine benthique. In : Etude écologique du site de Gravelines. Surveillance 2 (1979-1980). CNEXO/SMW pour EDF : 187-254.
- DEWARUMEZ, J.M., 1982 b.  
Le domaine benthique. In : Etude écologique du site de Gravelines. Surveillance 3 (1980-1981). CNEXO/SMW pour EDF : VI.1-VI.23 et VII.1-VII.24.

- DEWARUMEZ, J.M., 1983.  
Le domaine benthique. In : Etude écologique du site de Gravelines. Surveillance 4 (1981-1982). CNEXO/SMW pour EDF : VI.1-VI.24 et VII.1-VII.33.
- DEWARUMEZ, J.M., 1984.  
Le domaine benthique. In : Etude écologique du site de Gravelines. Surveillance 5 (1982-1983). CNEXO/SMW pour EDF : VI.1-VI.27 et VII.1-VII.28.
- DEWARUMEZ, J.M., 1985.  
Le domaine benthique. In : Etude écologique du site de Gravelines. Surveillance 6 (1983-1984). CNEXO/SMW pour EDF : VI.1-VI.29 et VII.1-VII.31.
- DEWARUMEZ, J.M., 1986.  
Le domaine benthique. In : Etude écologique du site de Gravelines. Surveillance 7 (1984-1985). CNEXO/SMW pour EDF.
- DEWARUMEZ, J.M., C. QUISTHOUDT et A. RICHARD, 1986.  
Suivi pluriannuel du peuplement à Abra alba dans la partie méridionale de la Mer du Nord (région de Dunkerque, France). Hydrobiologia.
- DEWARUMEZ, J.M., F. SMIGIELSKI et A. RICHARD, 1976.  
Abra alba (mollusque lamelibranche), sa localisation en zone littorale de la Mer du Nord. Haliotis, 7 : 13-19.
- EAGLE, R.A., 1975.  
Natural fluctuation in a soft bottom benthic community. J. mar. biol. Ass. U.K., 55 : 867-878.
- HILY, C. et H. LEBRIS, 1984.  
Dynamics of on Abra alba population (bivalve scrobiculariidae) in the Bay of Brest. Estuar. Coast. Shelf Sci., 19 : 463-475.
- RACHOR, E., 1980.  
The Inner German Bight an ecological sensitive area as indictive area as indicated by the bottom fauna. Helgol. Meeresunters., 33 : 522-530.
- SOUPLET, A., 1978.  
Le domaine benthique. In : Etude écologique du site de Gravelines. Projet II (1976-1977). CNEXO/IBMRW pour EDF.
- SOUPLET, A. et J.M. DEWARUMEZ, 1980.  
Les peuplements benthiques du littoral de la région de Dunkerque. Cah. Biol. Mar., 21 : 23-29.
- SOUPLET, A., R. GLACON, J.M. DEWARUMEZ et F. SMIGIELSKI, 1980.  
Distribution des peuplements benthiques littoraux en Mer du Nord, du Cap Blanc Nez à la frontière de Belgique. C.R. Acad. Sci., Paris, Ser. D, 290 : 627-630.



ANNEXES



TABLEAU VIII.1 : RESULTATS BRUTS - NOMBRE D'INDIVIDUS PAR M<sup>2</sup>

ESPECES	STATION A	STATION B	STATION C	STATION D
Sagartia troglodytes	174	38		
Cerianthus lloydii	99			
Edwardsia sp.	2			
Nematodes spp.	2		2	4
Scoloplos armiger	19			8
Nerine bonnieri	2	3		12
Spio filicornis	19	3	6	105
Spiophanes bombyx	14	633	3	13
Magelona papillicornis		137	1	470
Chaetozone setosa		17		
Caulleriella alatus	2			
Notomastus latericeus	28	5		
Capitella capitata	5	315		
Arenicola marina	1			
Anaitides mucosa		3		
Eumida sanguinea	16	3		
Eteone longa				2
Harmothoe lunulata	14	11	1	2
Stenelais boa	15			
Pholoe minuta	16	11		
Kefersteinia cirrata	1			
Ennereis longissima	1	3		
Glycera alba				1
Nephtys longosetosa				1
Nephtys caeca				1
Nephtys cirrosa	51		23	27
Nephtys hombergii	3	60		
Lumbrineris impatiens	2			
Owenia fusiformis	52	26		
Lagis koreni		94		
Lanice conchilega	5	7		
Sabella penicillus	7			
Pomatoceros triqueter	3			
Nassarius reticulatus		1		
Mysella bidentata	1	118		
Spisula elliptica		1		
Spisula subtruncata		4		
Macoma balthica		2	1	1
Tellina fabula	1	100		
Angulus pigmaeus				1
Abra alba	1	13		
Donax vitatus		1		
Mya truncata	9			
Orchomene nana	1			
Perrierella audouiniana		2		
Stenothoe marina	2			
Melita obtusata	1			
Bathyporeia elegans			2	127
Urothoe elegans	2	1	1	12
Urothoe poseidonis		44		2
Pontocrates altamarinus		1		8
Microprotopus maculatus	1			
Photis longicaudata	3			
Pseudocuma longicornis		1		2
Diastylis bradyi		2		
Gastrosaccus spinifer		1	3	3
Crangon crangon		2	6	
Pagurus bernhardus	3			
Pagurus sp. (larves)	2	2		
Portumnus latipes			3	
Liocarcinus holsatus	1			
Nymphon rubrum	1			
Pycnogonum littorale		1		
Asterias rubens	2			
Amphipholis squamata	1			
Ophiura texturata	4	5		
Psammechinus miliaris	1			
Echinocardium cordatum		3		3
TOTAL	590	1674	52	805

TABLEAU VIII.2 : RESULTATS BRUTS - BIOMASSE EN MG PAR M<sup>2</sup>

ESPECES	STATION A	STATION B	STATION C	STATION D
<i>Sagartia troglodytes</i>	15423,1	1640,3		
<i>Cerianthus lloydii</i>	1336,7			
<i>Edwardsia</i> sp.	1,0			
<i>Nematodes</i> spp.	23,4		17,5	12,2
<i>Scoloplos armiger</i>	20,5			2,1
<i>Nerine bonnierii</i>	4,0	30,2		62,8
<i>Spio filicornis</i>	9,4	1,1	1,6	10,3
<i>Spiophanes bombyx</i>	26,2	486,2	16,0	15,9
<i>Magelona papillicornis</i>		187,1	1,0	695,0
<i>Chaetozone setosa</i>		6,1		
<i>Caulleriella alatus</i>	2,3			
<i>Notomastus latericeus</i>	238,8	25,3		
<i>Capitella capitata</i>	8,5	160		
<i>Arenicola marina</i>	7,8			
<i>Anaitides mucosa</i>		11,25		
<i>Eumida sanguinea</i>	7,9	1,74		
<i>Eteone longa</i>				10,8
<i>Harmothoe lunulata</i>	3,4	8,11	0,3	0,4
<i>Stenelais boa</i>	442,8			
<i>Pholoe minuta</i>	5,2	4,4		
<i>Kefersteinia cirrata</i>	3,0			
<i>Ennereis longissima</i>	1,3	92,3		
<i>Glycera alba</i>				0,3
<i>Nephtys longosetosa</i>				123,8
<i>Nephtys caeca</i>				270,0
<i>Nephtys cirrosa</i>	74,1		200,7	409,6
<i>Nephtys hombergii</i>	17,7	1608,6		
<i>Lumbrineris impatiens</i>	3,1			
<i>Owenia fusiformis</i>	436,9	302,8		
<i>Lagis koreni</i>		6504,1		
<i>Lanice conchilega</i>	121,1	132,2		
<i>Sabella penicillus</i>	70,3			
<i>Pomatoceros triqueter</i>	9,0			
<i>Nassarius reticulatus</i>		231,0		
<i>Mysella bidentata</i>	1,6	84,9		
<i>Spisula elliptica</i>		363,7		
<i>Spisula subtruncata</i>		964,6		
<i>Macoma balthica</i>		516,5	176,3	10,0
<i>Tellina fabula</i>	1,9	4558,1		
<i>Angulus pygmaeus</i>				1,9
<i>Abra alba</i>	3,1	542,3		
<i>Donax vitatus</i>		1,3		
<i>Mya truncata</i>	1646,0			
<i>Orchomene nana</i>	2,1			
<i>Perrierella audouiniana</i>		1,8		
<i>Stenothoe marina</i>	2,3			
<i>Melita obtusata</i>	1,0			
<i>Bathyporeia elegans</i>			4,3	110,5
<i>Urothoe elegans</i>	1,2	1,1	0,9	7,9
<i>Urothoe poseidonis</i>		33,2		0,9
<i>Pontocrates altamarinus</i>		1,9	4,2	2,5
<i>Microprotopus maculatus</i>	0,1			
<i>Photis longicaudata</i>	2,5			
<i>Pseudocuma longicornis</i>		1,1		0,1
<i>Diastylis bradyi</i>		4,0		
<i>Gastrosaccus spinifer</i>		4,3	16,4	9,4
<i>Crangon crangon</i>		3,1	5,8	
<i>Pagurus bernhardus</i>	61,5			
<i>Pagurus</i> sp. (larves)	0,8	0,9		
<i>Portumnus latipes</i>			411,7	
<i>Liocarcinus holsatus</i>	532,9			
<i>Nymphon rubrum</i>	0,2			
<i>Pycnogonum littorale</i>		2,1		
<i>Asterias rubens</i>	3123,6			
<i>Amphipholis squamata</i>	0,2			
<i>Ophiura texturata</i>	21,2	16,3		
<i>Psammechinus miliaris</i>	37,3			
<i>Echinocardium cordatum</i>		915,5		372,5
TOTAL	23737,0	19449,5	856,7	2128,9

TABLEAU VIII.3 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT  
AUX QUATRE STATIONS SUBTIDALES  
(% PONDERAL DE L'ECHANTILLON TOTAL)

	STATION A	STATION B	STATION C	STATION D
Pérites	2,59	1,74	0,003	0
Sables fins	14,4	37,58	40,63	20,32
Sables moyens	28,84	60,02	57,54	78,41
Sables grossiers	7,59	0,61	1,69	1,18
Graviers fins	19,62	0,05	0,14	0,09
Graviers grossiers	26,96	0	0	0

TABLEAU VIII.4 : ABONDANCE DES ESPECES PRINCIPALES DE LA STATION A

D = Densité/m <sup>2</sup> B = Biomasse g/m <sup>2</sup>	1981		1982		1983		1984		1985		1986		
	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	
Sagartia troglodytes	D	150	40,5	12,1	41,3	196	22,8	88	18,0	291	27,5	174	29,4
	B	19,1	60,5	8,4	48,4	18,1	47,1	6,3	70,5	4,0	18,5	15,4	64,9
Cerianthus lloydii	D	5	1,4	14	4,8	10	1,2	1	0,2	4	0,4	99	16,7
	B	0,3	0,8	0,5	0,6	0,6	1,7	0,03	0,4	0,1	0,5	1,3	5,6
Stenelais boa	D	8	2,2	20	6,8	44	5,1	7	1,4	98	9,3	15	2,5
	B	0,4	1,3	0,5	3,0	2,8	7,2	0,2	1,8	3,1	14,2	0,4	1,8
Spiophanes bombyx	D	0	0	27	9,2	6	1,4	96	19,7	54	5,1	14	2,3
	B	0	0	0,06	ε	0,003	ε	0,03	0,4	0,01	0,1	0,02	0,1
Lagis koreni	D	3	0,8	2	0,7	18	2,1	1	0,2	8	0,8	0	0
	B	0,04	0,1	0,1	0,6	0,6	0,2	0,04	0,5	0,4	2,0	0	0
Sabella pavonina	D	14	3,8	0	0	0	0	0	0	172	16,3	7	1,1
	B	3,0	9,5	0	0	0	0	0	0	3,9	17,8	0,07	0,3
Abra alba	D	32	8,7	8	2,7	28	3,3	14	2,9	90	8,5	1	0,1
	B	0,7	2,3	0,1	0,7	0,9	0,2	0,3	3,0	2,4	11,0	0,003	0,01

TABLEAU VIII.5 : ABONDANCE DES ESPECES PRINCIPALES A LA STATION B

D = Densité/m <sup>2</sup> B = Biomasse g/m <sup>2</sup>	1981		1982		1983		1984		1985		1986		
	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	
Sagartia troglodytes	D	9	1,4	25	0,9	9	0,6	33	0,5	21	1,1	38	2,2
	B	0,21	1,0	4,32	17,2	2,80	24,1	9,48	17,9	9,23	38,4	1,64	8,4
Nephtys hombergii	D	47	7,5	61	2,3	64	4,2	13,1	2,0	97	5,2	60	3,5
	B	3,00	14,8	0,24	1,0	1,00	10,6	3,17	6,0	1,06	4,4	1,61	8,3
Spiophanes bombyx	D	5	0,8	97	3,7	138	9,1	22,82	34,5	31	1,7	633	37,8
	B	ε	ε	0,03	0,1	0,05	0,4	0,66	1,2	0,01	ε	0,48	2,4
Lanice conchilega	D	175	28,0	274	10,3	28	1,8	2486	37,6	779	4,4	7	0,4
	B	0,17	0,9	0,23	0,9	0,56	4,8	4,34	8,2	2,26	9,4	0,13	0,6
Lagis koreni	D	27	4,3	10	0,4	2	0,1	4	0,1	77	4,1	94	5,6
	B	0,97	4,8	0,19	0,8	0,13	1,1	0,05	0,1	0,21	0,9	6,50	33,4
Tellina fabula	D	164	16,0	41	1,5	209	13,8	292	4,4	238	12,6	100	5,9
	B	8,71	21,0	0,38	1,5	0,66	5,6	1,64	3,1	5,07	21,1	4,46	22,9
Abra alba	D	100	26,7	1020	38,4	77	5,1	8,11	12,3	37	2,0	13	0,7
	B	4,27	42,8	14,09	56,1	3,46	29,7	29,37	55,4	1,12	4,7	0,54	2,7
Ophiura texturata	D	12	1,9	4	0,2	11	0,7	4	0,1	17	0,9	5	0,2
	B	0,17	0,8	0,07	0,3	0,74	6,4	0,08	0,2	1,21	5,0	0,01	0,05

TABLEAU VIII.6 : ABONDANCE DES ESPECES PRINCIPALES A LA STATION C

D = Densité/m <sup>2</sup> B = Biomasse g/m <sup>2</sup>	1981		1982		1983		1984		1985		1986		
	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	
Nephtys cirrosa	D	41	12,8	28	2,6	35	29,9	69	16,1	38	38	23	44
	B	0,30	12,5	0,12	33	0,20	30,7	0,16	32,0	0,28	37,2	0,20	23
Nephtys hombergii	D	9	2,8	6	1,5	3	2,3	0	0	0	0	0	0
	B	0,15	6,3	0,42	11,5	0,05	7,9	0	0	0	0	0	0
Spiophanes bombyx	D	12	3,7	536	50,2	3	2,3	243	56,8	1	1	3	5,7
	B	0,01	0,1	0,21	5,7	0,01	0,3	0,06	11,1	ε	ε	0,01	1,8
Tellina fabula	D	69	21,5	16	1,5	2	1,5	5	1,2	0	0	0	0
	B	1,07	45,4	0,10	2,8	0,8	0,1	0,01	1,0	0	0	0	0
Bathyporeia elegans	D	21	3,7	0	0	0	0	35	8,2	0	0	2	3,8
	B	0,01	0,2	0	0	0	0	0,01	1,2	0	0	0,004	0,5

TABLEAU VIII.7 : 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
Spiophanes bombyx	Septembre 1979	1	1
	Mai 1980	2	1
	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
Lanice conchilega	Mai 1980	60 000	300
	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
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	
Abra alba	Septembre 1979	77	0
	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	
Tellina fabula	Septembre 1979	328	9
	Mai 1980	453	22
	Mai 1981	167	69
	Mai 1982	41	16
	Juin 1983	209	2
	Juillet 1984	292	5
	Juillet 1985	238	0
Mai 1986	100	0	

TABLEAU VIII.8 : ABONDANCE DES ESPECES PRINCIPALES A LA STATION D

		1981		1982		1983		1984		1985		1986	
		Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%
Nephtys cirrosa	D	12	8,0	14	11,5	27	26,7	56	11,8	70	5,3	27	3,35
	B	0,05	6,7	0,09	23,4	0,14	13,3	0,23	22,5	0,65	30,5	0,41	19,2
Ophelia borealis	D	35	23,3	0	0	1	1,0	0	0	1	0,1	0	0
	B	0,28	40,9	0	0	0,50	0,1	0	0	0,04	1,9	0	0
Spiophanes bombyx	D	7	4,7	2	1,6	6	5,9	223	46,9	117	8,8	13	1,6
	B	0,001	0,2	0,001	0,1	0,004	0,4	0,04	4,4	0,12	5,6	0,01	0,5
Magelona papillicornis	D	1,1	7,3	4	3,3	8	7,9	0	0	992	74,7	470	58,4
	B	0,01	1,6	0,01	3,0	0,01	0,9	0	0	0,13	0,01	0,69	32,4
Bathyporeia elegans	D	27	18,0	30	24,6	4	4,0	17,2	58	58	4,4	127	15,7
	B	0,01	1,4	0,01	3,0	0,003	0,3	2,2	0,13	0,13	6,1	0,11	5,17





Gravelines  
Résumé des observations pour la période  
01 Novembre 1985 - 31 Octobre 1986

---

La surveillance n° 8 sur le site de Gravelines couvre la période d'étude novembre 1985 à novembre 1986. Les points de prélèvements sont identiques à ceux de l'année précédente pour la période janvier - juin 1986. Une nouvelle stratégie d'échantillonnage qui prévoit trois missions par an et de nouvelles répartitions des points a été mise en place au deuxième semestre de l'année 1986. A l'avenir la surveillance de Gravelines prévoit l'étude en quatre points :

- un point de référence  $\Delta T = 0^{\circ}\text{C}$  au large.
- un point contrôle à  $\Delta T = + 3^{\circ}\text{C}$ .
- un point dans le canal de rejet.
- un point dans le canal d'amenée.

L'activité de la centrale est en progression régulière, la puissance minimale était 1300 MW en 1984, 2800 MW en 1985 et 2934 MW en 1986. De même, la puissance maximale est passée de 3600 MW/h en 1984 à 5150 MW en 1985 et a atteint un maximum de 5576 MW en 1986.

Les conditions météorologiques ayant régné pendant cette période sont caractérisées par un hiver rigoureux, un réchauffement printanier tardif, un été médiocre et peu ensoleillé, conditions très différentes l'année 1985.

L'impact du rejet est particulièrement important en surface les 24 avril et 20 septembre. Les stratifications verticales sont liées aux conditions météorologiques ; en avril au rejet par exemple le  $\Delta T$  entre la surface et le fond a atteint  $12^{\circ}\text{C}$ . Le cycle des sels nutritifs semble normal au cours de l'année.

L'oxygène dissous montre un pourcentage de saturation proche de 100 % sauf au mois de mai au point médian où la valeur atteint 92.6 % en surface et 82 % seulement au fond.

La période d'étude 1985-1986 est une période de transition, elle permet de confirmer les résultats acquis lors des études antérieures au point digue :

- absence d'oxydant résiduel.
- présence de bromoforme en période de chloration.
- absence de modifications importantes dans la microflore totale et son activité vis-à-vis du glucose.
- les vibrions halophiles profitent de l'échauffement de l'eau en toutes saisons.
- présence épisodique de Vibrio parahaemolyticus.

La succession des espèces phytoplanctoniques montre la prédominance de Asterionella japonica, Rhizosolenia delicatula et Skeletonema costatum début avril. Fin avril dominant Rhizosolenia delicatula et le nanoflagellé Phaeocystis. Rhizosolenia delicatula domine tout le printemps 1986.

Juin est marqué par la présence de Rhizosolenia stolterforthii, et l'automne par Chaetoceros sociale, Leptocylindrus minimus et Nitzschia seriata.

En 1986 des teneurs très élevées de chlorophylle ont été enregistrées, supérieures à  $100 \text{ mg/m}^3$  en avril. Les résultats de 1986 confirment les observations antérieures, à savoir :

- une chute très importante de la biomasse chlorophyllienne au rejet de la centrale ainsi que de sa production globale (déficit de 45 % à 85 % en chlorophylle et 95 % en production).
- l'influence remarquable de la stratification thermique par beau temps sur l'appréciation de l'impact.
- la possibilité de "récupération cellulaire" pour les cellules végétales après transit.

Les quantités de noctiluques observées présentent des valeurs identiques à celles de 1984, avec des concentrations 100 fois plus faibles qu'en 1985 où une eau rouge à noctiluques très spectaculaire s'était développée en juillet.

Le zooplancton a présenté deux périodes de production, l'une au printemps dominée par Temora longicornis ( $10^4/\text{m}^3$ ), l'autre en juin caractérisée par le développement très important de Oikopleura dioica ( $6000/\text{m}^3$ ). Cette année est caractérisée par une diversité plus faible, seules ces deux espèces ont dominé le plancton.

Nous avons observé à plusieurs reprises et surtout au mois de septembre devant le rejet de la centrale au point côtier, des organismes en mauvais état avec un fort degré de parasitisme et un pourcentage élevé de crustacés aux antennes et pattes brisées.

Qualitativement, en 1986 aucune modification sensible n'a été constatée quant à la répartition spatiale des juvéniles de poissons et de la crevette au niveau subtidal. Quantitativement ainsi que nous avons pu le constater depuis 1977, les variations annuelles du niveau du pré-recrutement sont très importantes sur cette zone et il est probable que les fluctuations enregistrées en 1986 sont dues à des causes naturelles, biologiques et hydroclimatiques. L'année 1986 se caractérise par un retour à la normale pour les densités d'oeufs de sole et par un faible niveau de pré-recrutement pour les espèces de poissons plats et la crevette grise.

Dans la zone intertidale l'influence de la dessalure reste très importante. Hydrobia ulvae et les oligochètes Enchytraeidae sont en progression au niveau de la radiale I, tandis que l'on ne note pas d'évolution directement reliée à la salinité sur la radiale II.

On remarque une séparation des deux populations de Spionidae Spio filicornis et Pygospio elegans, S. filicornis supporte les eaux froides et P. elegans supporte les eaux plus chaudes et progresse dans la partie ouest de l'estran de Petit-Fort-Philippe.

Le benthos subtidal reste stable. Le peuplement de l'hétérogène envasé montre un recrutement important de Cerianthus lloydii et une densité faible d'Abra alba.

Dans le peuplement à Abra alba cette espèce régresse ainsi que Lanice conchilega, Nephtys hombergii, Mysella bidentata et Tellina fabula.

L'impact de la centrale se fait sentir sur la population à Abra alba à la station C où les principales espèces du peuplements ont disparu laissant place à Nephtys cirrosa.

Le peuplement à Ophelia borealis reste stable en biomasse mais est altéré, caractérisé par le grand nombre de Magelona papillicornis, espèce connue comme indicatrice de l'apport de fer, probablement par l'intermédiaire des rejets de dragage du port de Dunkerque Ouest.

