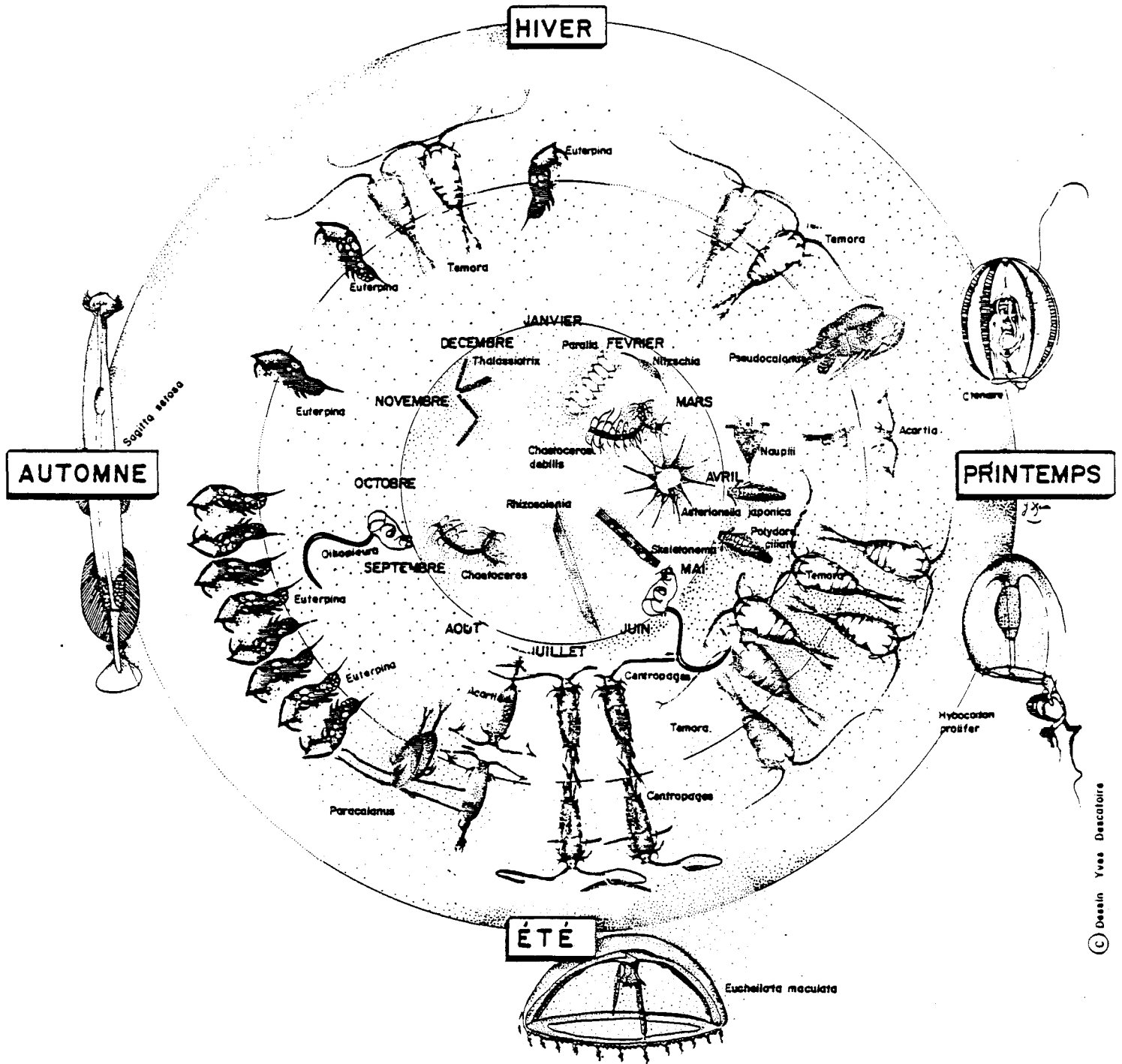


# SURVEILLANCE ECOLOGIQUE

## SITE DE GRAVELINES

Novembre 1983 - Octobre 1984



© Destin Yves Destatoire

IFREMER  
Centre de Brest  
Dero/EL

Station Marine de Wimereux  
Institut Pasteur de Lille

pour

ELECTRICITE DE FRANCE

N° CONTRAT IFREMER : 84 7597 F  
EDF : 0C 30132

Avril 1985



## INTRODUCTION

Le présent rapport de travail présente les résultats obtenus pour la période novembre 1983 - octobre 1984 devant la centrale de Gravelines. La surveillance écologique du site consiste à observer le pélagos et le benthos, en liaison avec les variations naturelles et celles dues au fonctionnement de la centrale du milieu physique et chimique, et à déceler d'éventuels changements dans la qualité et la biomasse des écosystèmes.

Les résultats concernent les domaines d'études suivants :

- météorologie,
- hydrologie,
- microbiologie,
- phytoplancton,
- zooplancton,
- benthos intertidal et subtidal.

Les études ont été menées par la Station Marine de Wimereux, sous la direction de Monsieur Alain RICHARD, l'Institut Pasteur de Lille et l'équipe écologie du Département Environnement Littoral et Gestion du Milieu Marin du CNEOX, à BREST, sous la responsabilité scientifique de Monsieur Pierre CHARDY.

Les données concernant le fonctionnement de la centrale ont été communiquées par Monsieur CAVELIER (Sous-Unité Technique de Gravelines).

La coordination et la mise en forme du rapport ont été confiées à Madame G. LE FEVRE-LEHOËRFF.



ETUDE DE SURVEILLANCE ECOLOGIQUE DU SITE DE  
GRAVELINES NOVEMBRE 1983 - OCTOBRE 1984

Liste des chapitres, auteurs et collaborateurs

<u>CHAPITRE I</u>	Caractères généraux du site
	par M.A. JANQUIN ● et N. DEGROS ●
<u>CHAPITRE II</u>	Hydrobiologie
	par M.A. JANQUIN et N. DEGROS
<u>CHAPITRE III</u>	Microbiologie
	par R. DELESMONT ★ et J.M. DELATTRE, E. LEPERCQ ★
<u>CHAPITRE IV</u>	Phytoplancton et production primaire
	par H. GROSSEL □
<u>CHAPITRE V</u>	Noctiluques et zooplancton
	par G. LE FEVRE-LEHOERFF, ▼ et A. DERRIEN ▼
<u>CHAPITRE VI</u>	Benthos subtidal
	par J.M. DEWARUMEZ ● et M. PRYGIEL ●
<u>CHAPITRE VII</u>	Benthos intertidal
	par J.M. DEWARUMEZ et D. MENU ●

● Station Marine de Wimereux

□ IFREMER à la station Marine de Wimereux

▼ IFREMER Centre de BREST

★ Institut Pasteur de Gravelines et Lille



## S O M M A I R E

### CHAPITRE I - CARACTERES GENERAUX DU SITE

1. Situation géographique .....	I.1
2. Bilan climatologique du cycle d'étude .....	I.4
3. Hydrographie .....	I.5
3.1. Marées .....	I.5
3.2. Courants .....	I.6
3.3. Apports d'eau .....	I.7
4. Fonctionnement de la centrale .....	I.7

### CHAPITRE II - HYDROBIOLOGIE

1. Présentation des campagnes .....	II.1
1.1. Stratégie d'échantillonnage .....	II.1
1.2. Calendrier des campagnes .....	II.4
1.3. Conditions météorologiques .....	II.8
1.4. Fonctionnement de la centrale lors des mesures .....	II.8
1.5. Paramètres mesurés .....	II.8
2. Matériel et méthodes .....	II.11
3. Variations des paramètres physico-chimiques .....	II.11
3.1. Température .....	II.11
3.1.1. Evolution naturelle de la masse d'eau .	II.11
3.1.2. Impact du rejet de la centrale .....	II.13
3.2. Salinité .....	II.17
3.3. Densité .....	II.19
3.4. Matières en suspension (M.E.S.) ; turbidité (NTU) ; Transparence de l'eau .....	II.21
3.5. Oxygène dissous .....	II.25
3.6. pH .....	II.26

3.7. Sels nutritifs .....	II.29
3.7.1. Variations temporelles .....	II.29
3.7.2. Variations spatiales .....	II.33
4. Conclusion .....	II.38

## CHAPITRE III - MICROBIOLOGIE

1. Introduction .....	III.1
2. Matériel et mesures .....	III.1
3. Paramètres mesurés .....	III.1
4. Point d'igue .....	III.2
4.1. Température .....	III.3
4.2. Dénombrement des germes totaux .....	III.4
4.3. Germes aérobies viables .....	III.5
4.4. Vibrions halophiles .....	III.6
4.5. Pollution fécale .....	III.7
4.6. Activité bactérienne .....	III.8
4.7. Chlore et haloformes volatils .....	III.9
4.8. Relations entre paramètres .....	III.10
5. Prise d'eau et rejet .....	III.11
5.1. Prise d'eau .....	III.11
5.2. Rejet .....	III.11
6. Conclusion .....	III.11
7. Annexes et tableaux .....	III.13

## CHAPITRE IV - Phytoplancton - Production primaire

1. Pigments photosynthétiques .....	IV.1
1.1. Cycle annuel .....	IV.1
1.2. Gradient côte-large .....	IV.1
1.3. Pourcentage de chlorophylle active .....	IV.4
2. Production primaire .....	IV.4
3. Etude systématique du phytoplancton .....	IV.4



3.1. Variations quantitatives du microplancton .....	IV.7
3.2. Succession des populations microplanctoniques ....	IV.10
3.3. Phaeocystis .....	IV.13
3.4. Indice de diversité de Shannon .....	IV.16
4. Conclusion .....	IV.16

## CHAPITRE V - Zooplancton

I. Introduction et méthodes .....	V.1
II. Résultats .....	V.1
1. Biomasses .....	V.3
2. Noctiluques .....	V.4
3. Faunistique .....	V.5
3.1. Les espèces non comptées - Traceurs .....	V.5
3.2. Abondance des espèces comptées .....	V.8
tous points confondus	
3.3. Comparaison des points .....	V.12
a) Point côtier - Point médian .....	V.12
b) Point médian - Point large .....	V.12
c) Point côtier - Point canal .....	V.12
4. Essai de comparaison des résultats de l'étude de surveillance et de l'étude complémentaire .....	V.12
Conclusion .....	V.19
Bibliographie .....	V.20

## CHAPITRE VI - Benthos subtidal

1. Introduction .....	VI.1
2. Méthodologie .....	VI.5
3. Résultats de l'analyse bionomique .....	VI.5
3.1. Composition bionomique .....	VI.5
3.2. Station A .....	VI.5
3.3. Station B .....	VI.10
3.4. Station C .....	VI.12
3.5. Station D .....	VI.17

4. Etude des populations d' <i>Abra alba</i> et de <i>Tellina fabula</i>	VI.19
4.1. <i>Abra alba</i> .....	VI.19
4.2. <i>Tellina fabula</i> .....	VI.22
5. Conclusion .....	VI.24
Bibliographie .....	VI.25

## CHAPITRE VII - Benthos intertidal

1. Introduction .....	VII.1
2. Méthodologie .....	VII.6
3. Résultats .....	VII.6
3.1. Composition bionomique .....	VII.6
3.2. Résultats globaux .....	VII.6
3.2.1. Radiale I .....	VII.6
3.2.1.1. Station E' .....	VII.6
3.2.1.2. Station E .....	VII.7
3.2.1.3. Comparaison des stations E et E' ..	VII.8
3.2.1.4. Station F .....	VII.9
3.2.1.5. Station G et H .....	VII.14
3.2.2. Radiale II .....	VII.14
3.2.2.1. Station I .....	VII.14
3.2.2.2. Station J .....	VII.17
3.2.2.3. Stations K et L .....	VII.17
4. Conclusion sur l'évolution de l'estran .....	VII.17
4.1. Diagrammes rang fréquence .....	VII.17
4.1.1. Stations E et E' .....	VII.17
4.1.2. Station F .....	VII.21
4.1.3. Station I .....	VII.21
4.1.4. Station J .....	VII.21
4.2. Evolution des peuplements des niveaux supérieurs de la partie ouest .....	VII.21
4.3. Evolution des peuplements des niveaux supérieurs de la partie est de l'estran .....	VII.23

4.4. Evolution de la biomasse .....	VII.23
4.5. Conclusion .....	VII.24
Bibliographie .....	VII.26



CHAPITRE I  
CARACTERES GENERAUX DU SITE

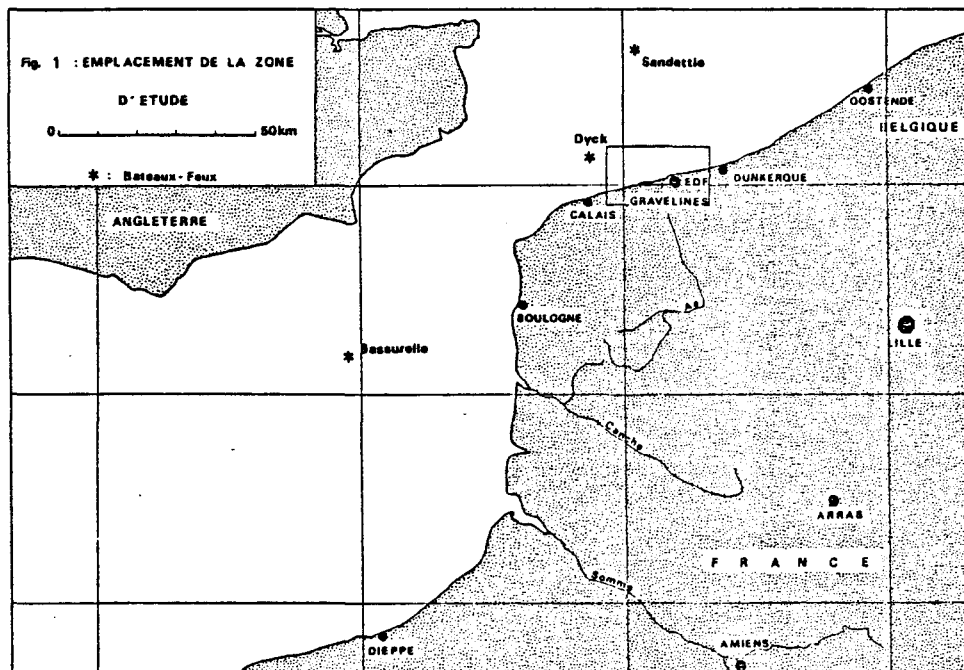
M.A. JANQUIN

et N. DEGROS



## CHAPITRE I

## CARACTERES GENERAUX DU SITE

1. SITUATION GEOGRAPHIQUE (Fig. I.1)

Située sur le territoire de la commune de Gravelines, la centrale est installée à l'ouest du nouvel Avant-Port Ouest de Dunkerque Ouest, où sont puisées les eaux (canal d'aménée) destinées au refroidissement des condenseurs.

## 2. BILAN CLIMATOLOGIQUE DU CYCLE D'ETUDE \* (Fig. I. 2 et I.3)

La fin de l'automne est exceptionnellement doux, bien ensoleillé avec un régime de précipitations déficitaires. Ce déficit bien marqué en décembre en Flandre Maritime s'accompagne d'une insolation supérieure à la normale (jusqu'à 40 %).

L'hiver débute avec une période particulièrement douce. En janvier les températures atteignent des valeurs supérieures à la normale de 50 à 60 %, accompagnées d'une insolation excédentaire de 5 à 10 %. A l'opposé, ce mois est caractérisé par un nombre record de jours de pluie (24 j. à Gravelines) et les précipitations sont largement excédentaires (80 mm à Gravelines, 110 à Lesquin alors que la moyenne est de 46 mm). L'hiver se poursuit avec un refroidissement anormal et plus prononcé en mars.

Marqué par de nombreux orages, le mois de février apparaît avec des précipitations très variables sur l'ensemble du département, tantôt déficitaires comme en Flandre Maritime, avec une insolation supérieure à la normale.

Le phénomène inverse se produit en mars pour tout le Nord, Pas de Calais. A des précipitations excédentaires s'associe une insolation inférieure à la normale.

Le printemps s'installe avec des températures toujours inférieures à la normale. Elles sont relativement basses pour le mois.

A l'excellente insolation et aux précipitations déficitaires pouvant atteindre 60 % sur l'ensemble du département en avril (absence totale de pluie du 17 avril au 30) s'oppose le record de durée des pluies en mai avec un excédent important auquel s'ajoute très peu de soleil.

L'été revient avec des températures normales et des précipitations déficitaires. Le mois d'août est plutôt chaud et sec mais peu ensoleillé.

Septembre se démarque de la saison par un retour à une pluviosité importante et une insolation en baisse de 44 %, tendance qui persiste en octobre.

---

\* Les données climatiques, couvrant la période étudiée ont été empruntées au " Bulletin climatologique départemental " du Nord.



FIG. I. 2 : CONDITIONS CLIMATIQUES DURANT LE CYCLE D'ETUDE

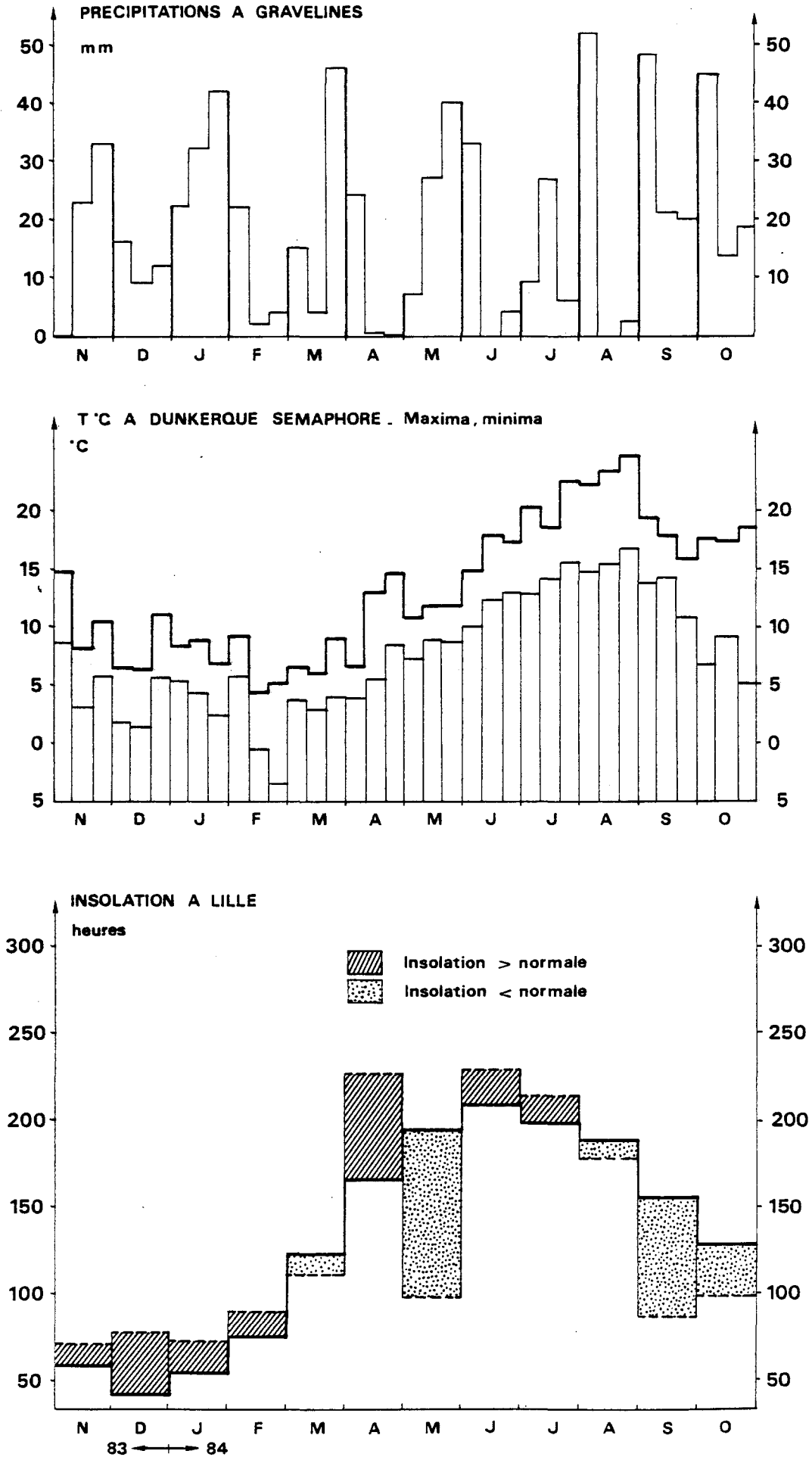
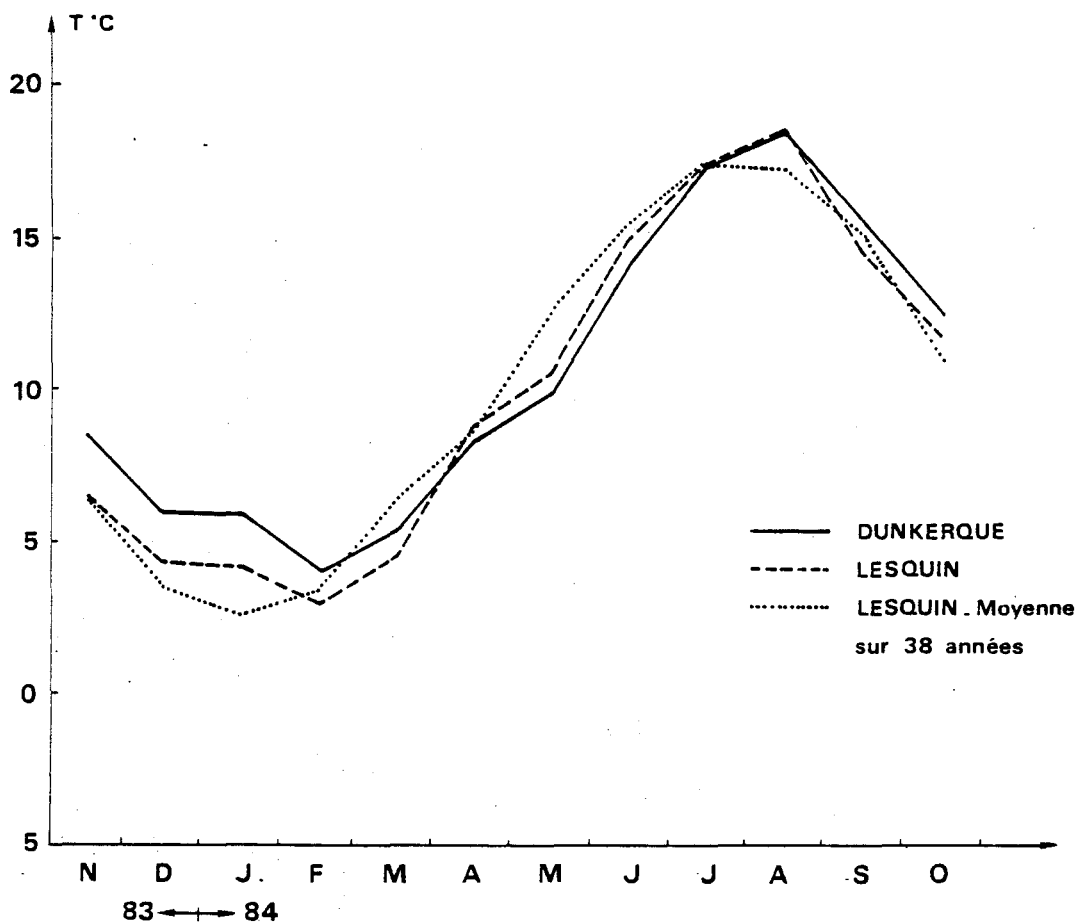
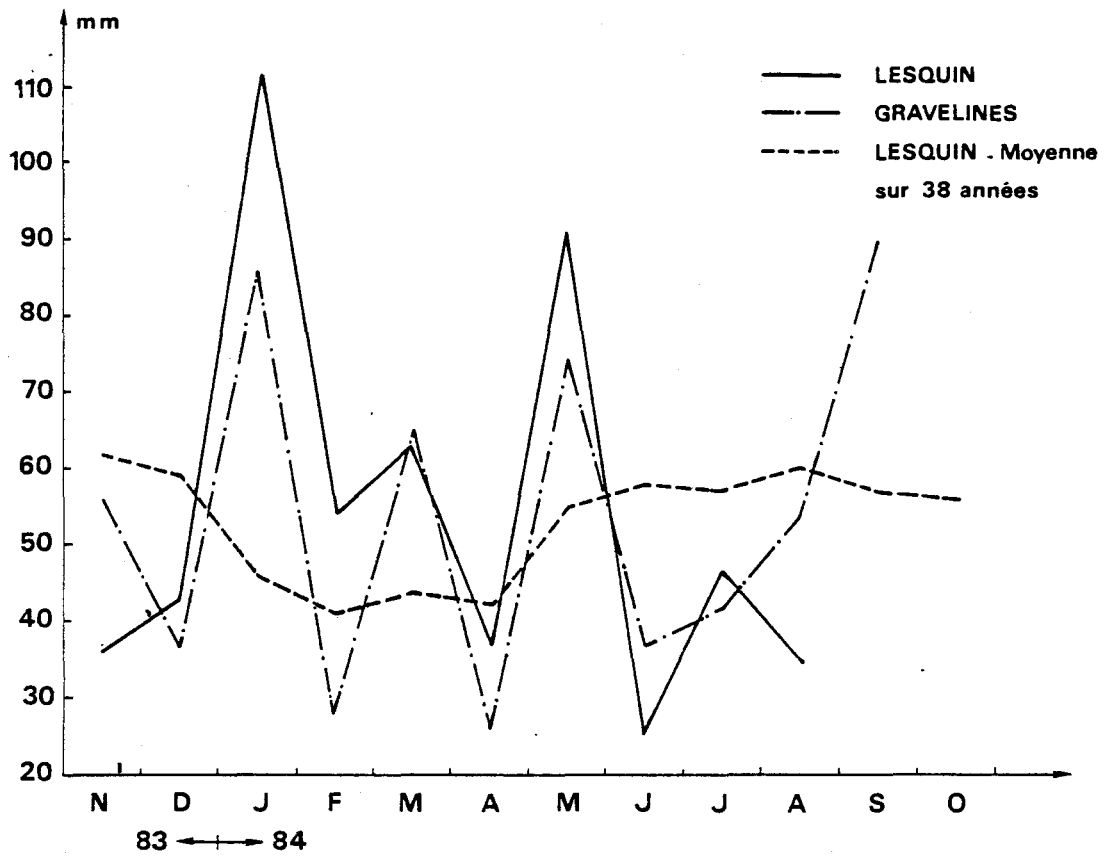


FIG. I.3 : PRECIPITATIONS ET TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES



En résumé ce cycle d'étude se caractérise:

- par des températures douces jusqu'en janvier suivies d'un maintien de température anormalement faible jusqu'à la fin juin qui fait place ensuite à un été chaud.

- un régime de précipitations en dents de scie, tantôt déficitaires (novembre, décembre - février - avril - juin, juillet, août), tantôt excédentaires (janvier - mars - mai - septembre, octobre).

- une insolation généralement supérieure à la normale contrariée par des épisodes très faiblement ensoleillés (mai - septembre - octobre) ou légèrement inférieurs à la normale (mars - août).

### 3. HYDROGRAPHIE

#### 3.1. Marées

L'onde de marée de type semi-diurne montre une dissymétrie. Le montant est plus court que le perdant d'environ deux heures quel que soit le coefficient de marée. Ses caractéristiques sont les suivantes:

Type de marée	Coefficient	Cote de	
		Pleine mer	Basse mer
Vive-eau moyenne	95	5,80 m	0,50 m
Moyenne	70	5,30 m	0,95 m
Morte-eau moyenne	45	4,80 m	1,40 m

D'après l'annuaire des marées, à Gravelines, le marnage est supérieur à celui de Dunkerque de 0,20 m à 0,30 m, respectivement en morte-eau et en vive-eau, et la pleine mer est en avance de 10 minutes environ par rapport à Dunkerque.

3.2. CourantsCourant général  
.....

Dans le Pas de Calais, on rencontre un courant général résiduel faible, portant au N-E et atteignant la vitesse de 2,7 miles par jour environ (soit près de 5 Km/jour). Mais les vents créent un courant qui porte dans la direction dans laquelle ils soufflent. Ainsi arrive-t-il fréquemment, notamment en morte-eau, que le courant global soit dans la direction du vent, au moins en surface, en flot comme en jusant.

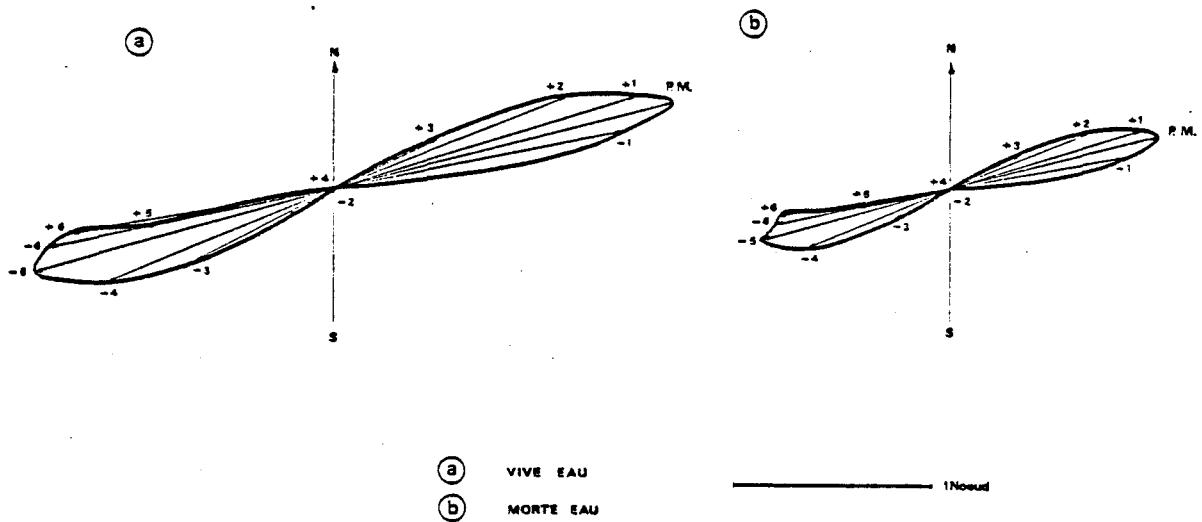
Courant de marée  
.....

Figure I. 4 - Rose des courants dans la passe de Dunkerque

Dans la zone étudiée, les courants de marée sont alternatifs, de direction sensiblement parallèle à la côte. Pendant le flot, ils sont dirigés vers l'E-N-E (65-70°) alors qu'en jusant ils portent à l'W-SW (255-260°) (Fig. I. 4).

La construction de l'avant-port de Dunkerque Ouest a créé des turbulences à l'entrée et le long de la jetée Ouest. Ces phénomènes, sensibles aux marées de forts coefficients, sont atténués lors des marées de plus faibles coefficients.

### 3.3. Apports d'eau

Outre les eaux de ruissellement et les résurgences de la nappe phréatique, l'Aa, au débit très variable et non exempt de pollutions, représente sur le site de la centrale de Gravelines un apport continental important, en drainant une grande partie de l'arrière-pays. Bien que le protocole d'échantillonnage ne permette pas d'apprécier l'effet réel de ce rejet estuarien sur le site étudié, une station de prélèvement a été établie au niveau de l'Aa, en amont de l'écluse, hors de l'influence des eaux marines.

La figure I. 5 montre l'évolution du débit approximatif de l'Aa (calculé d'après le nombre de vannes ouvertes à Gravelines, données fournies par le Service Maritime du Nord du port de Gravelines).

En 1984 le débit de l'Aa évolue selon la tendance climatologique globale. Un affaiblissement progressif s'instaure début février jusqu'en août. On observe un débit élevé fin mars début avril ( $2029 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$ ) qui chute brutalement ( $393 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$ ) à la fin de ce même mois.

La pluviosité abondante de mai laisse présager une remontée conséquente du débit, elle existe certes mais sans l'amplitude attendue. Elle pallie probablement au déficit des mois précédents.

## 4. FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE (Fig. I.6)

Durant ce cycle, l'activité de la centrale va s'accroissant par rapport aux années précédentes. La puissance hebdomadaire moyenne stationne entre 3200 MW et 3600 MW de décembre à mars. Son fonctionnement irrégulier par la suite la maintiendra entre 2000 MW et 3000 MW exception faite d'une partie du mois d'août.

FIG. I.5: DEBIT APPROXIMATIF DE L'AA (MOYENNE HEBDOMADAIRE)

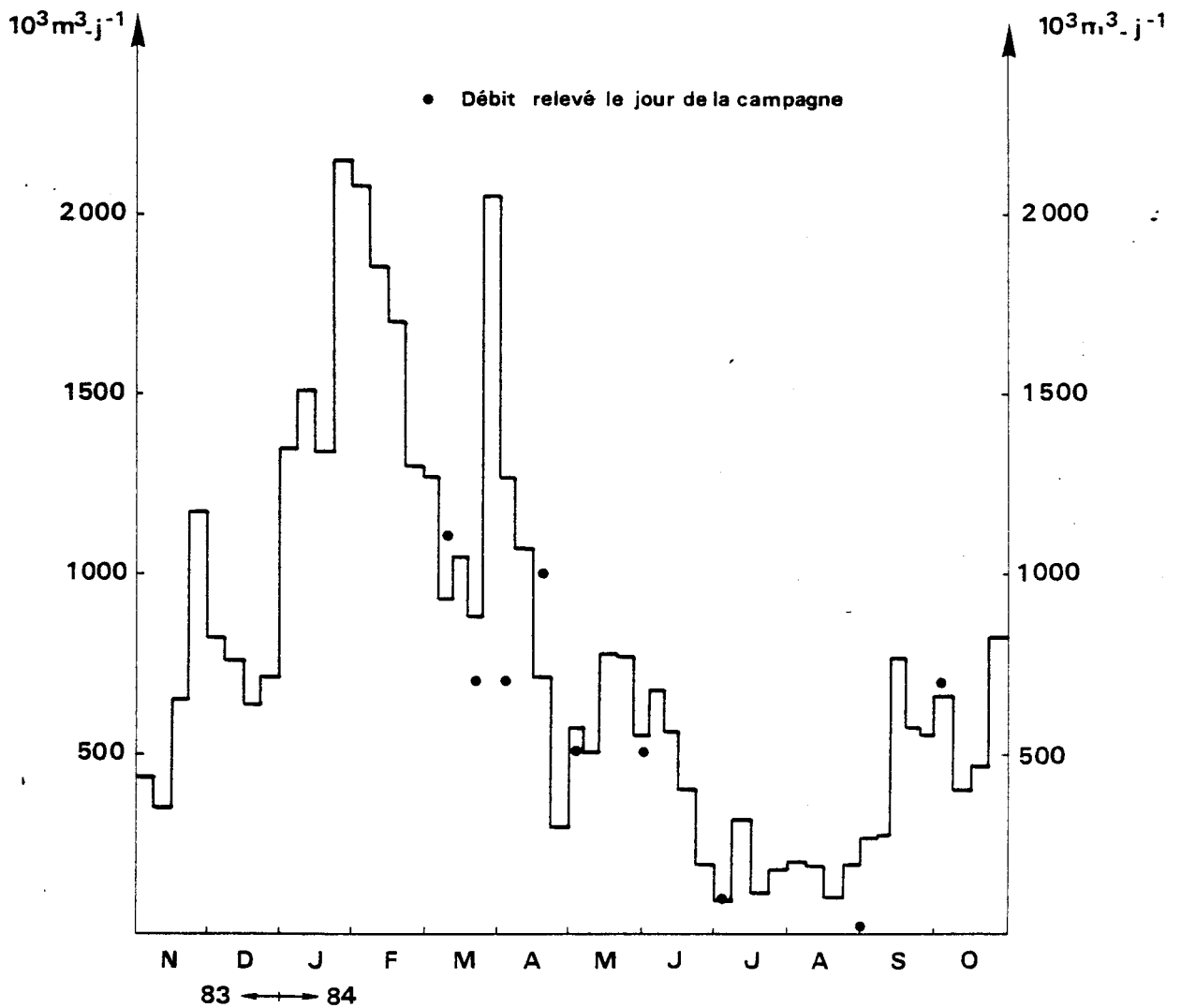
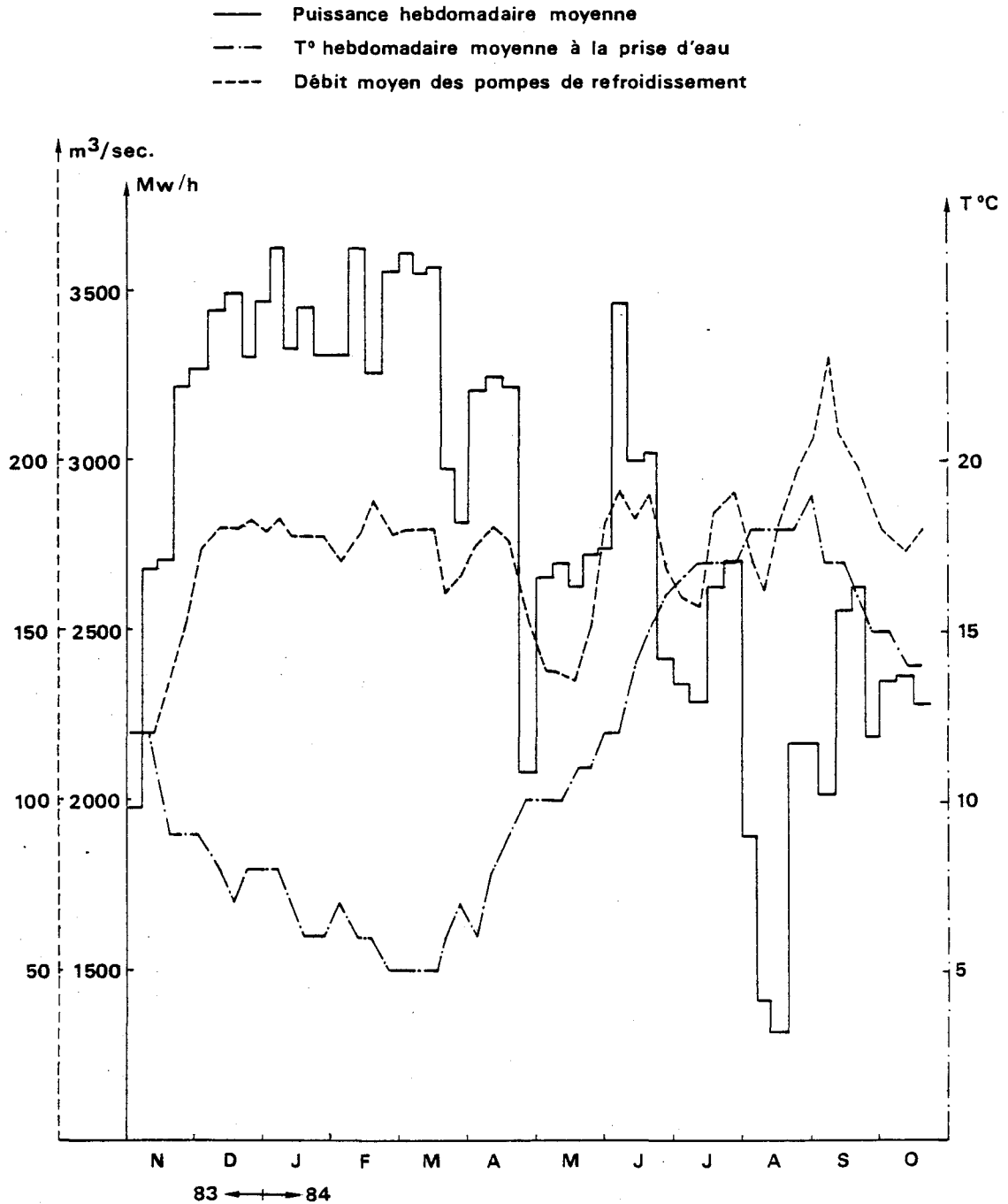


FIG. I. 6: MARCHE DE LA CENTRALE EN 1984







CHAPITRE II  
HYDROBIOLOGIE

M.A. JANQUIN  
et N. DEGROS



## CHAPITRE II

## HYDROBIOLOGIE

I - PRESENTATION DES CAMPAGNES

Ce cycle porte sur une période d'un an (novembre 1983 - octobre 1984). Toutes les sorties ont eu lieu à bord du N/O SEPIA II, navire de la Station Marine de Wimereux, hormis la campagne du 7 mars qui s'est déroulée à bord du "Saint Eloi" chalutier basé à Grand Fort Philippe.

1.1. Stratégie d'échantillonnage

Trois stations sont échantillonnées en mer suivant le positionnement défini au dossier de l'environnement (Fig. II.1).

N.B. : le point du Large est maintenant considéré comme station du Large hors impact de la centrale.

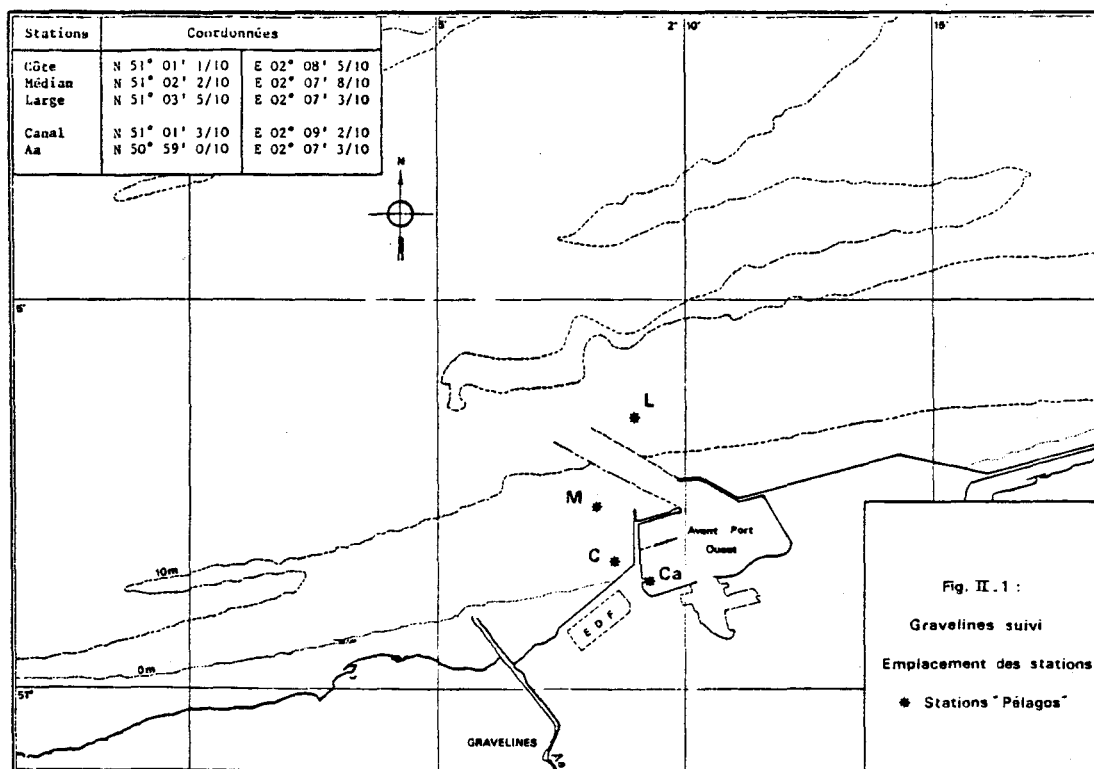


FIG. II . 2 : SITUATION DES PRELEVEMENTS PAR RAPPORT  
A LA PLEINE MER LA PLUS PROCHE

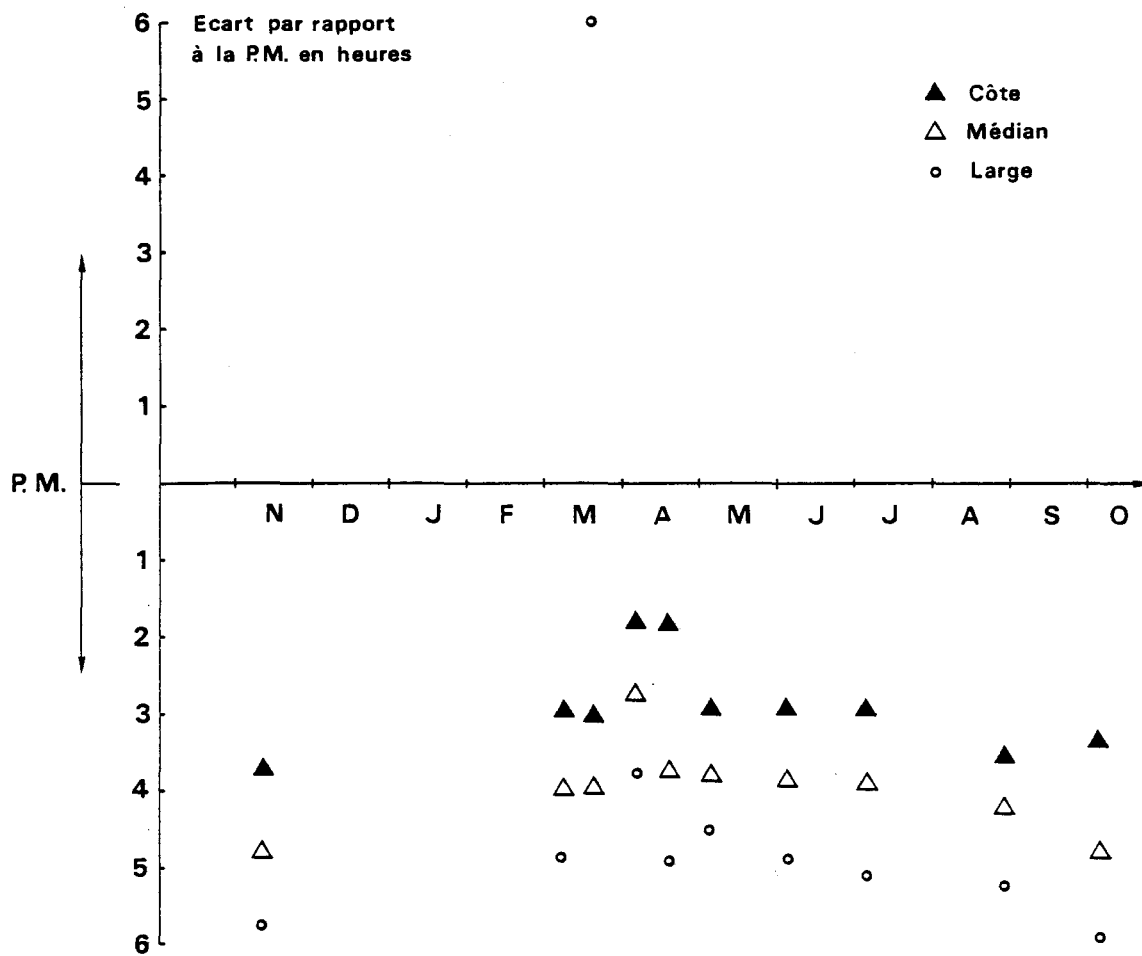


FIG. II . 3 : COEFFICIENT DE MAREE

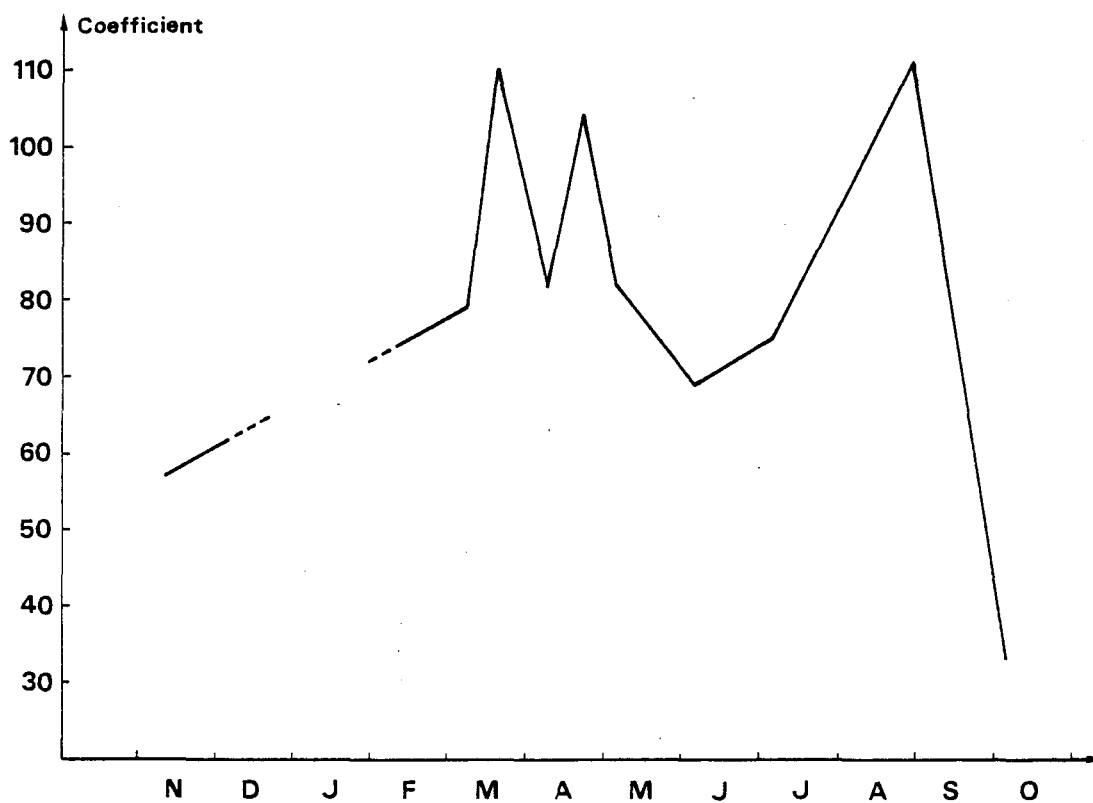


TABLEAU II.1. : CALENDRIER DES CAMPAGNES

Dates	Stations échantillonnées					Coefficient de marée
	Côte	Médian	Large	Canal	Aa	
10 novembre 83	0-1 m 2 m	0-1 m 5 m	0-1 m 5 m	0 m	0 m	57
12 décembre 83	campagnes annulées pour					39
23 janvier 84	raisons météorologiques					87
21 février 84	annulée suite à l'immobilisation matérielle du N/O SEPIA II, suivie de celle du Saint Eloi temporairement					97
07 mars 84 à bord du St Eloi	0-1 m 3 m	0-1 m 5 m	0-1 m 5 m	0 m	0 m	79
20 mars 84	0-1 m 3 m	0-1 m 5 m	0-1 m 5 m	0 m	0 m	110
05 avril 84	0-1 m 3 m	0-1 m 5 m	0-1 m 5 m	0 m	0 m	82
18 avril 84	0-1 m 5 m	0-1 m 5 m	0-1 m 5 m	0 m	0 m	104
04 mai 84	0-1 m 3 m	0-1 m 5 m	0-1 m 5 m	0 m	0 m	82
04 juin 84	0-1 m 3 m	0-1 m 5 m	0-1 m 5 m	0 m	0 m	69
04 juillet 84	0-1 m 3 m	0-1 m 5 m	0-1 m 5 m	0 m	0 m	75
29 août 84	1-2 m -	0-1 m 5 m	0-1 m 5 m	0 m	0 m	111
17 septembre 84	campagne annulée pour raison météorologique					53
03 octobre 84	0-1 m -	0-1 m 5 m	0-1 m 5 m	0 m	0 m	33

La méthodologie de cette surveillance tient compte des acquis du programme complémentaire de suivi de la tache thermique. Elle vise à une meilleure appréciation de l'impact de la centrale.

Le rejet s'effectue dans un champ de courants de marée alternatifs qui induisent un balancement du panache. Pour saisir au mieux l'effet thermique sur le site, les meilleures conditions sont réunies en jusant et en particulier aux étales de courant.

Aussi, s'est-on efforcé cette année de sortir en fin de jusant pour échantillonner le point côtier au moment où la tache thermique s'étale au droit du rejet (Fig. II.2).

Deux autres stations sont échantillonnées de terre, à partir de ponts : l'une dite station "canal" est située au canal d'amenée, l'autre : dite station "Aa" située en amont de l'écluse.

La station "canal" doit permettre par comparaison avec le point "côtier" d'apprécier les effets directs de la centrale (chocs thermique et mécanique, chloration) sur la masse d'eau qui a transité.

### 1.2. Calendrier des campagnes

De mauvaises conditions climatiques suivies d'une immobilisation matérielle du navire ont interrompu cette surveillance pendant quatre mois. Sur 14 campagnes programmées (tableau II.1) 10 ont pu être réalisées selon la stratégie souhaitée et sont réparties de la façon suivante (Fig. II.3) :

- trois en marée de vive-eau
- six en marée moyenne
- une par coefficient particulièrement faible : 33

Les campagnes qui font défaut ( de décembre à février) n'entachent pas le principe de la surveillance. Celles qui ont pu être réalisées, l'ont été aux moments biologiques les plus importants du cycle, en particulier lors des poussées phytoplanctonique (mars-avril) et zooplanctonique (mai-juin).

FIG. II 4 : CONDITIONS METEOROLOGIQUES PENDANT UNE PERIODE DE 5 JOURS  
 PRECEDANT CHAQUE CAMPAGNE  
 ( LA CORVETTE, DUNKERQUE )

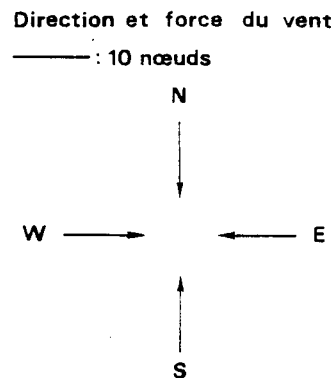
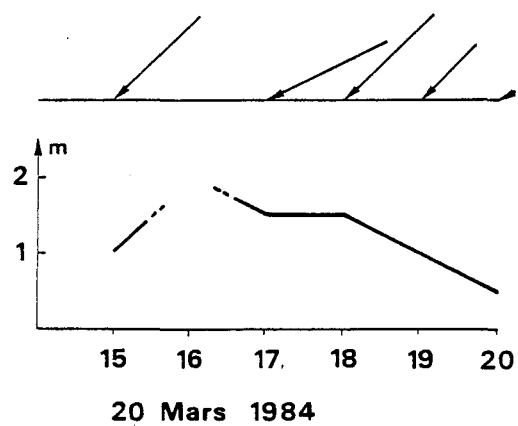
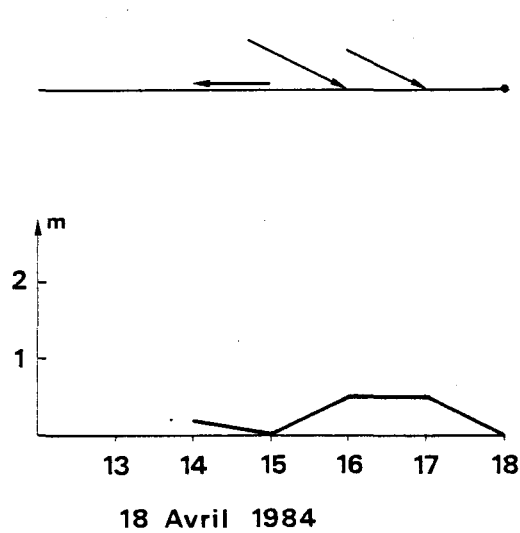
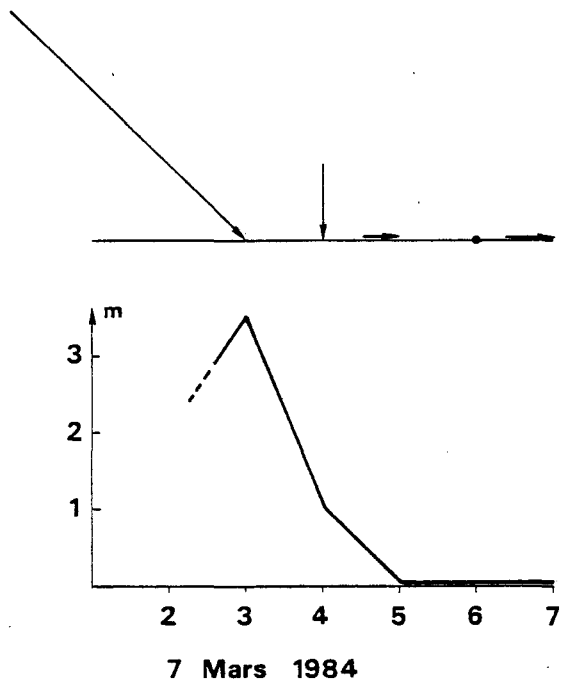
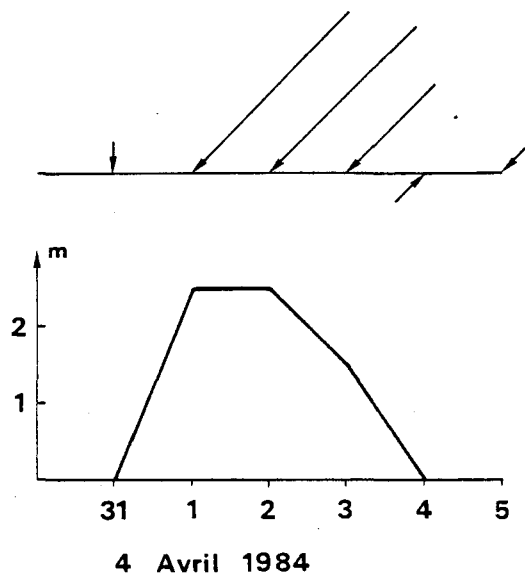
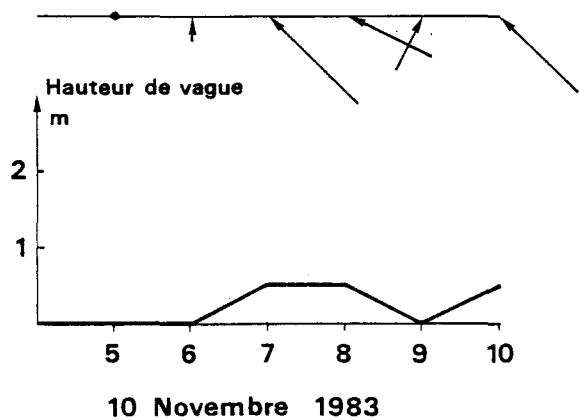
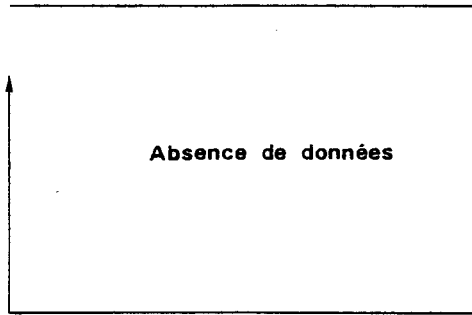
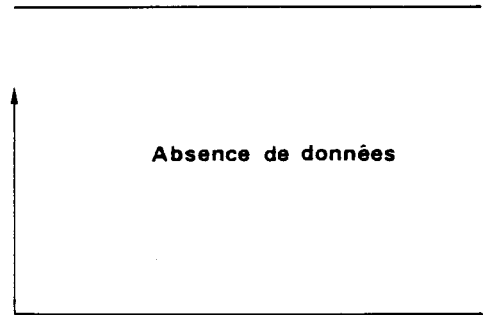


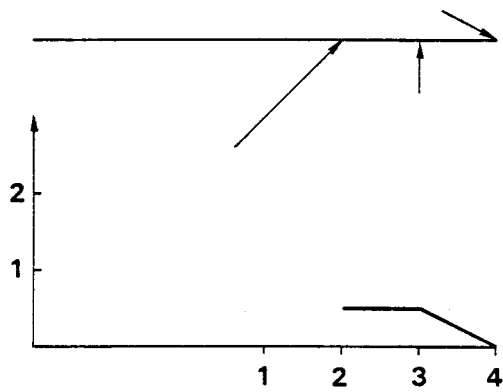
FIG. II.4 : SUITE



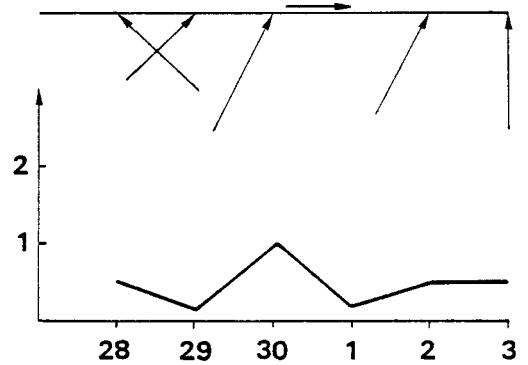
4 Mai 1984



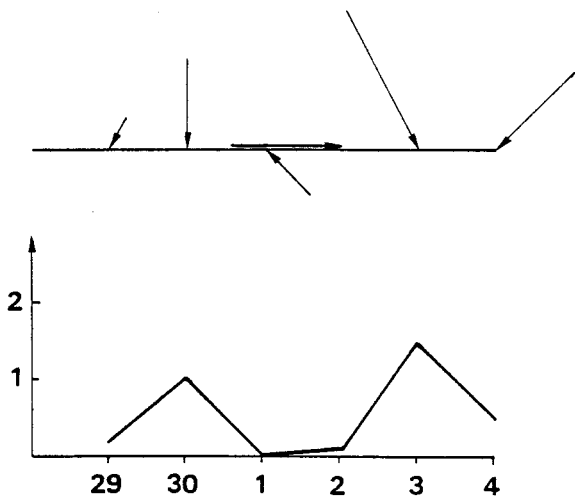
29 Août 1984



4 Juin 1984



3 Octobre 1984



4 Juillet 1984

Direction et force du vent

— : 10 nœuds

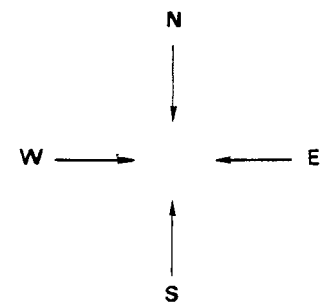




TABLEAU II.2 : REGIME DE FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE LES VEILLES  
ET JOURS DE CAMPAGNES

Dates	Puissance moyenne (MW/h) ou énergie électrique nette	Nombre de pompes du circuit de refroidissement en circulation	Nombre de tranches soumises à l'électrochloration
09.11.83 10.11.83	2 620 2 700	6 6	4 4
06.03.84 07.03.84	3 580 3 600	9 9	0 0
19.03.84 20.03.84	3 550 3 530	9 8 1/2	0 0
04.04.84 05.04.84	3 280 3 530	9 9	0 0
17.04.84 18.04.84	3 400 3 400	8 1/2 9	0 0
03.05.84 04.05.84	2 650 2 650	7 6	3 2 + 1 (1/2 journée)
03.06.84 04.06.84	2 970 3 120	10 10	5 5
03.07.84 04.07.84	2 330 2 700	8 7 1/2	4 4
28.08.84 29.08.84	2 430 2 450	10 10 1/2	4 4 + 1 (1/2 journée)
02.10.84 03.10.84	2 600 2 660	9 9	5 5

### 1.3. Conditions météorologiques

Les informations permettant d'établir l'état de la mer les cinq jours précédant chaque campagne sont fournies par le bateau feu " La Corvette " du pilotage de Dunkerque.

Ancré à 10 miles environ au nord ouest de Gravelines, sur le Dyck Occidental, il est plus côtier que le Sandettie (supprimé en mai 1984).

La connaissance de la direction et de la force des vents (Fig. II.4), ainsi que la hauteur des vagues est importante pour interpréter certains paramètres tels que le pourcentage de saturation de l'eau en oxygène dissous ou le taux de matières en suspension. En effet la zone étudiée étant peu profonde, l'agitation des eaux de surface due au mauvais temps se fera sentir jusqu'au fond.

Néanmoins les perturbations créées par vent de secteur S-S.E. au niveau du bateau feu " La Corvette " n'auront pas la même incidence sur le site de Gravelines qui est dans une situation privilégiée, abrité des côtes.

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

Le débit des pompes de refroidissement étant en principe identique et constant, lié à la puissance moyenne de la centrale (Tableau II.2) devrait donner une idée de l'échauffement subi par l'eau du canal circulant dans le circuit de refroidissement.

### 1.5. Paramètres mesurés

Tous les paramètres physico-chimiques et biologiques classiques caractérisant une masse d'eau sont étudiés : transparence de l'eau, température, salinité, pH, oxygène dissous, matières en suspension, sels nutritifs, pigments photosynthétiques, abondance bactérienne, populations planctoniques ainsi que productions primaire et secondaire.

FIG. II .5 : VARIATIONS DE LA TEMPERATURE AU POINT DIGUE  
D'APRES LES DONNEES DE L'INSTITUT PASTEUR

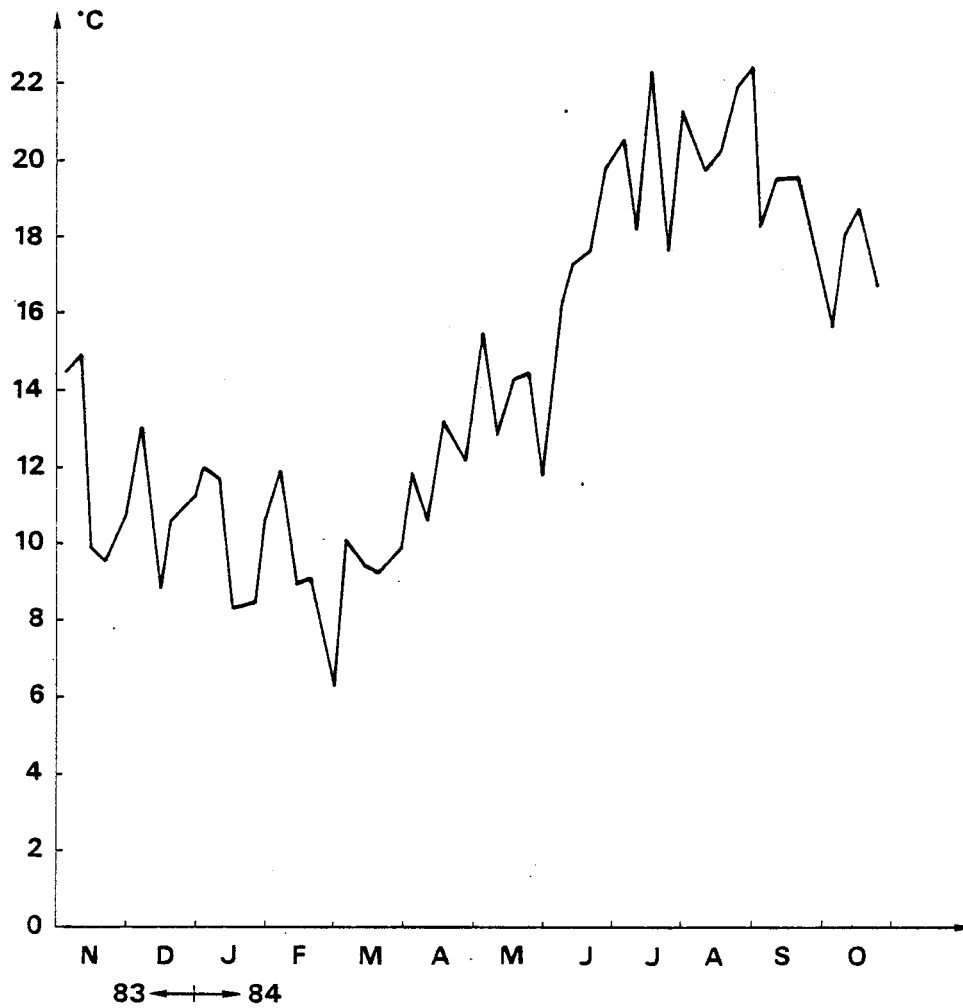
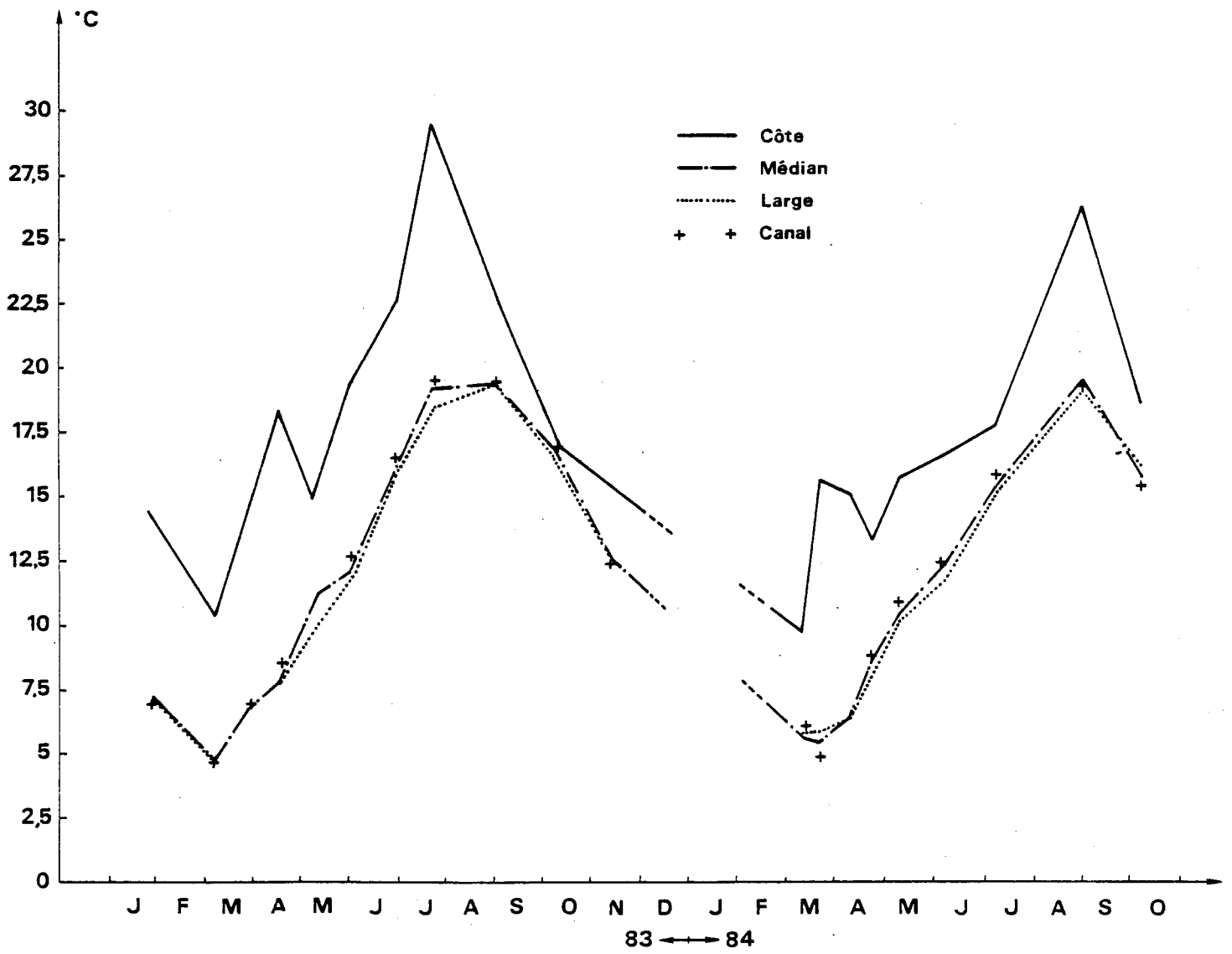


FIG. II.6 : VARIATIONS DE LA TEMPERATURE AUX DIFFERENTES STATIONS

TOUS NIVEAUX CONFONDUS



## II - MATERIEL ET METHODES

Le traitement immédiat dans de bonnes conditions, des échantillons prélevés en mer est rendu possible grâce au petit laboratoire installé à bord du N/O SEPIA II.

Les stations échantillonnées à terre le sont à partir de ponts permettant d'effectuer des prélèvements représentatifs de la masse d'eau étudiée en évitant les perturbations dues aux berges. Les échantillons sont traités immédiatement à bord d'une camionnette.

Les prélèvements, mesures et analyses sont effectués selon les techniques océanographiques exposées dans l'annexe technique établie en 1983 en respectant les mêmes exigences (DEGROS, N., 1985).

Au point côtier, un contrôle systématique à l'aide du thermomètre digital LAUDA (cf. p. 8 à 10 annexe technique) a été effectué pour mieux apprécier le  $\Delta t$ . La fermeture des bouteilles à renversement a été provoquée au moment opportun après stabilisation. Lors d'une trop forte dérive, la donnée température a été fournie par ce même thermomètre (cas de la campagne d'octobre 1984).

## III - VARIATIONS DES PARAMETRES PHYSICOCHEMISTIQUES

### 3.1. Température

#### 3.1.1. Evolution naturelle de la masse d'eau .....

On retrouve les caractéristiques thermiques essentielles (Fig. II.5). Les variations temporelles des températures de l'eau de mer montrent, en moins accentué, un profil sinusoïdal comparable à celui des températures atmosphériques.

Le minimum hivernal établi fin février (Fig. II.5 : données Pasteur, confirmées par celles du R.N.O. :  $4^{\circ}8$  C à la station 1), se traduit début mars (Fig. II.6) par des valeurs supérieures à celles de 1983, témoignant d'un hiver moins rigoureux. Le maximum estival se situe en août.

La faible inertie thermique de la masse d'eau établit un gradient Médian - Large passant par un  $\Delta t$  hivernal de  $- 0^{\circ}31$  C et un  $\Delta t$  estival de  $+ 0^{\circ}53$  C (Fig. II.7).

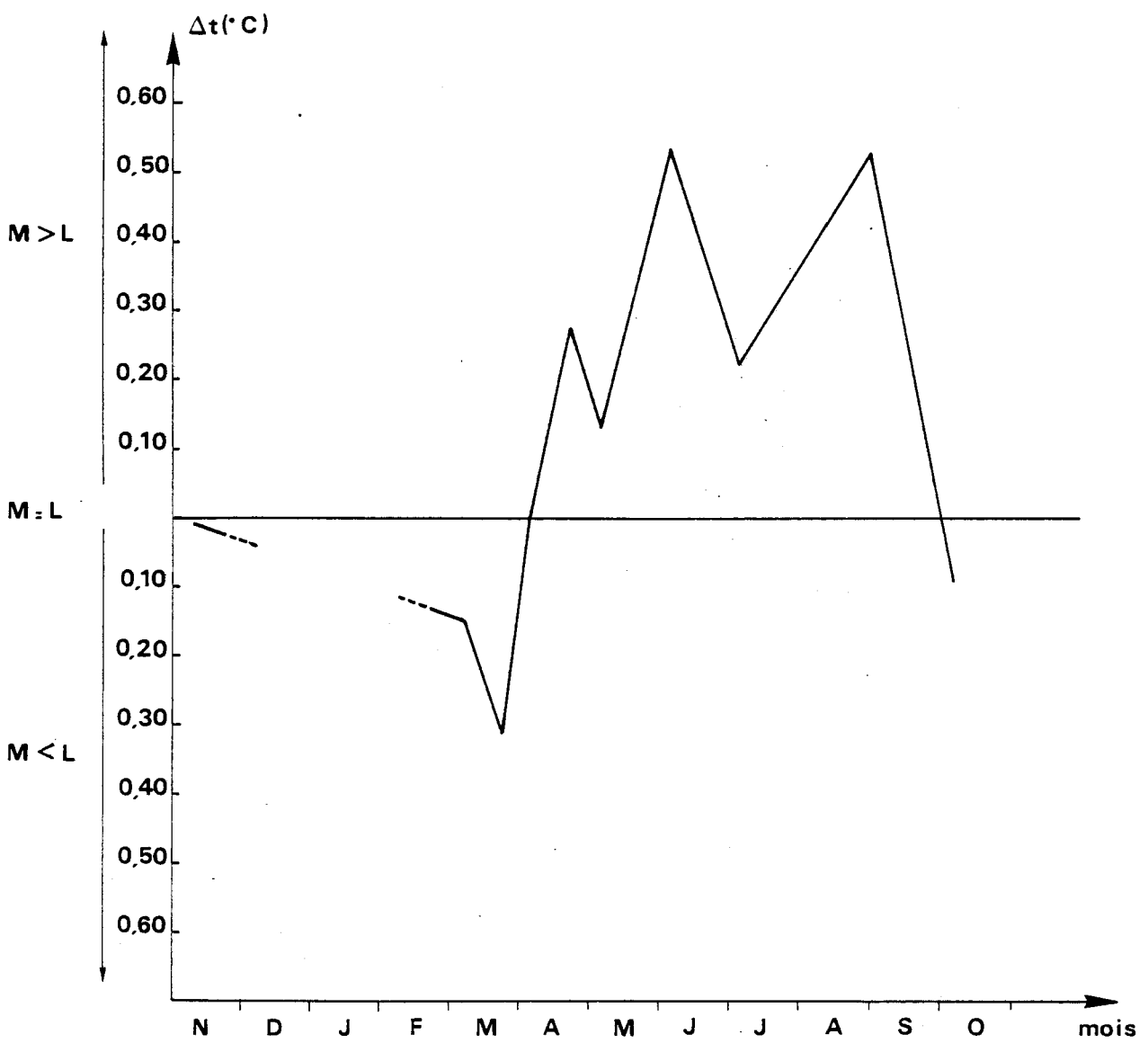


FIG. II. 7 : COMPORTEMENT THERMIQUE DES STATIONS MEDIAN ET LARGE

$$\Delta t^{\circ} C = ( M - L )$$

10 . 11 . 83	$\Delta t^{\circ} = - 0^{\circ}01 C$	}	eaux continentales froides
07 . 03 . 84	$\Delta t^{\circ} = - 0^{\circ}15 C$		
20 . 03 . 84	$\Delta t^{\circ} = - 0^{\circ}31 C$		
05 . 04 . 84	$\Delta t^{\circ} = 0^{\circ}00 C$	}	réchauffement des eaux côtières
18 . 04 . 84	$\Delta t^{\circ} = + 0^{\circ}27 C$		
04 . 05 . 84	$\Delta t^{\circ} = + 0^{\circ}13 C$		
04 . 06 . 84	$\Delta t^{\circ} = + 0^{\circ}53 C$		
04 . 07 . 84	$\Delta t^{\circ} = + 0^{\circ}22 C$		
29 . 08 . 84	$\Delta t^{\circ} = + 0^{\circ}53 C$		
03 . 10 . 84	$\Delta t^{\circ} = - 0^{\circ}09 C$		

Les inversions de gradient ont lieu respectivement en novembre 83 ( $\Delta t^{\circ} = 0^{\circ}01 C$ ), le 04 avril 84 ( $\Delta t^{\circ} = 0^{\circ}00 C$ ) et début septembre 84.

Le réchauffement printanier se trouve freiné brutalement en mai, maintenant des températures faibles comme en 1983. Le gradient d'avril  $\Delta t^{\circ} C = + 0^{\circ}27$  redescend alors à  $\Delta t^{\circ} C = + 0^{\circ}13$ .

Parallèlement on note le 04 .06 .84 un  $\Delta t^{\circ} C = M - L$  de  $+ 0^{\circ}53 C$  égalant le maximum estival sans qu'il n'y ait eu de réchauffement atmosphérique spectaculaire, de même un gradient vertical au point M : surface - fond de  $+0^{\circ}45 C$  (Fig. II.8).

3.1.2. Impact du rejet de la centrale (Fig. II.9)

Deux caractéristiques techniques fournies par Electricité de France permettent d'accéder au  $\Delta t^{\circ} C$  fourni à l'eau. La puissance électrique nette d'une tranche (925 MW) est liée, par le rendement de l'installation, à la puissance thermique (2 785 MW). La différence est dissipée en quasi-totalité par le système de refroidissement (soit 1 860 MW)

$$1\ 860\ MW = 444 \times 10^6\ cal/sec.$$

Après transformations on obtient la formule, généralisable pour toutes les conditions de fonctionnement :

$$\Delta t^{\circ} C = 0,48 \frac{P}{D} \text{ (GROSSEL H., 1985)}$$

dans laquelle :

FIG. II. 8 : VARIATIONS DE LA TEMPERATURE AU POINT MEDIAN

ET AU CANAL D'AMENEE

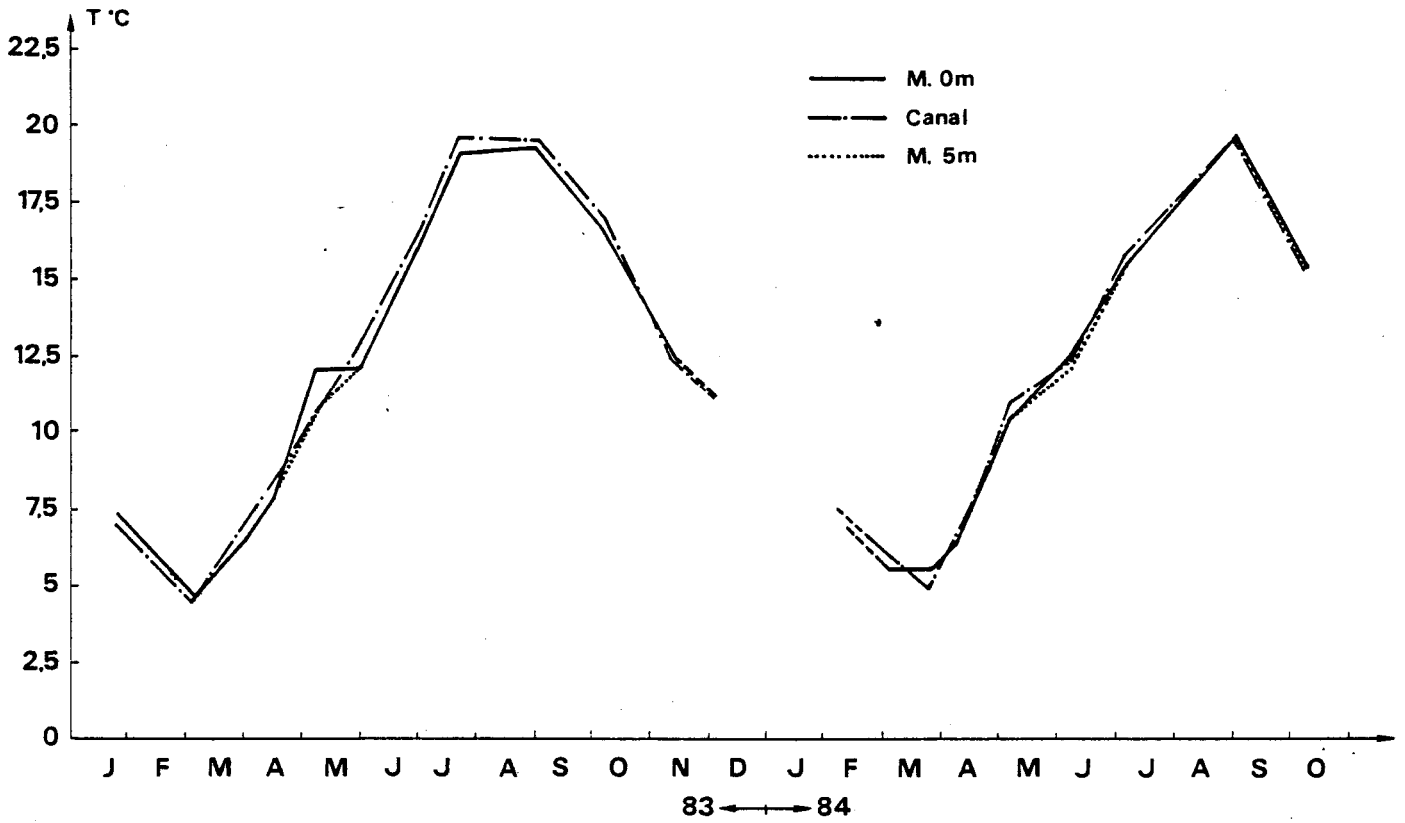
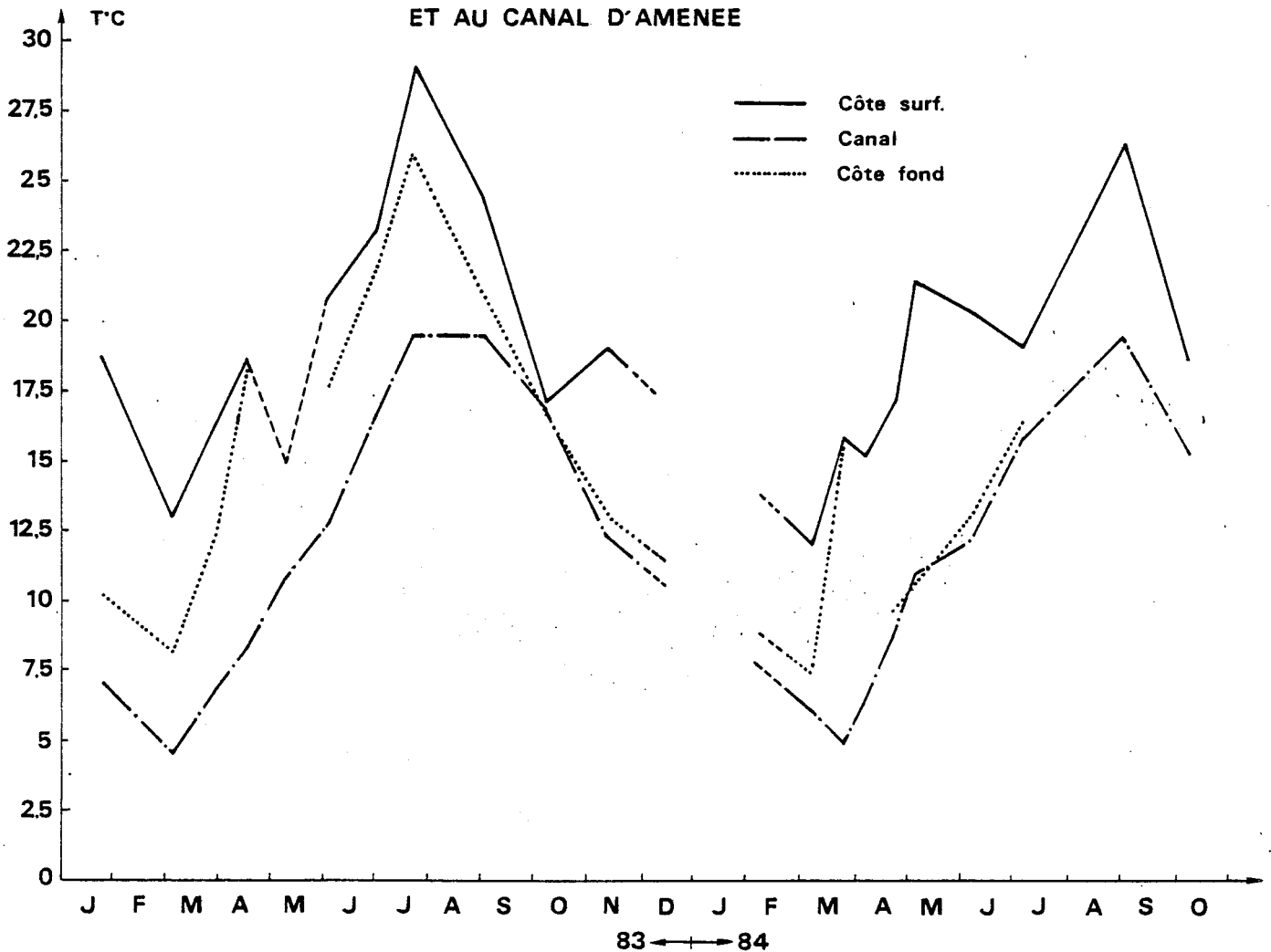


FIG. II. 9 : VARIATIONS DE LA TEMPERATURE AU POINT COTE

ET AU CANAL D'AMENEE





$\Delta t^{\circ} C = \Delta t^{\circ} C$  de l'eau du rejet (toutes tranches mélangées)  
 P (MW) = puissance électrique nette (connue par le cahier des charges)  
 D ( $m^3/sec.$ ) = nombre de pompes en activité x  $20 m^3/sec.$  (connu par le cahier des charges = débit total)

En théorie dans les conditions normales de fonctionnement de la centrale, une tranche élèverait son système de refroidissement de :

$$\Delta t^{\circ} C = \frac{0,48 \times 925}{2 \times 20} = 11^{\circ} C$$

que l'on devrait retrouver constamment au rejet vrai de la centrale.

Le débit et le fonctionnement de la centrale étant variables au cours du temps (cf. cahier des charges), on peut dresser un tableau des  $\Delta t^{\circ} C$  théoriques correspondant à chaque campagne:

TABLEAU II.3 : DIFFERENTS  $\Delta t^{\circ} C$  CONSTATES LORS DES SORTIES.

Campagnes	$\Delta t^{\circ} C$ théorique au rejet vrai	$\Delta t^{\circ} C$ observé au point côtier ( $\Delta t^{\circ} C = \text{côtier} - \text{canal}$ )
10 novembre 1983	10°8 C	5°59 C
07 mars 1984	9°6 C	6°09 C
20 mars 1984 *	9°96 C	10°90 C
05 avril 1984 *	9°41 C	8°67 C
18 avril 1984 *	9°06 C	8°32 C
04 mai 1984 *	10°60 C	10°61 C
04 juin 1984 *	7°49 C	7°95 C
04 juillet 1984	8°64 C	3°30 C
29 août 1984 *	5°60 C	6°77 C
03 octobre 1984	7°09 C	3°30 C

L'impact du rejet s'est fait sentir au point côtier à toutes les campagnes avec  $\Delta t^{\circ} C$  allant de 3°30 C à 10°90 C provoquant un gradient côte-large de même ordre.

FIG. II.10 : SALINITES AUX DIFFERENTES STATIONS

TOUS NIVEAUX CONFONDUS

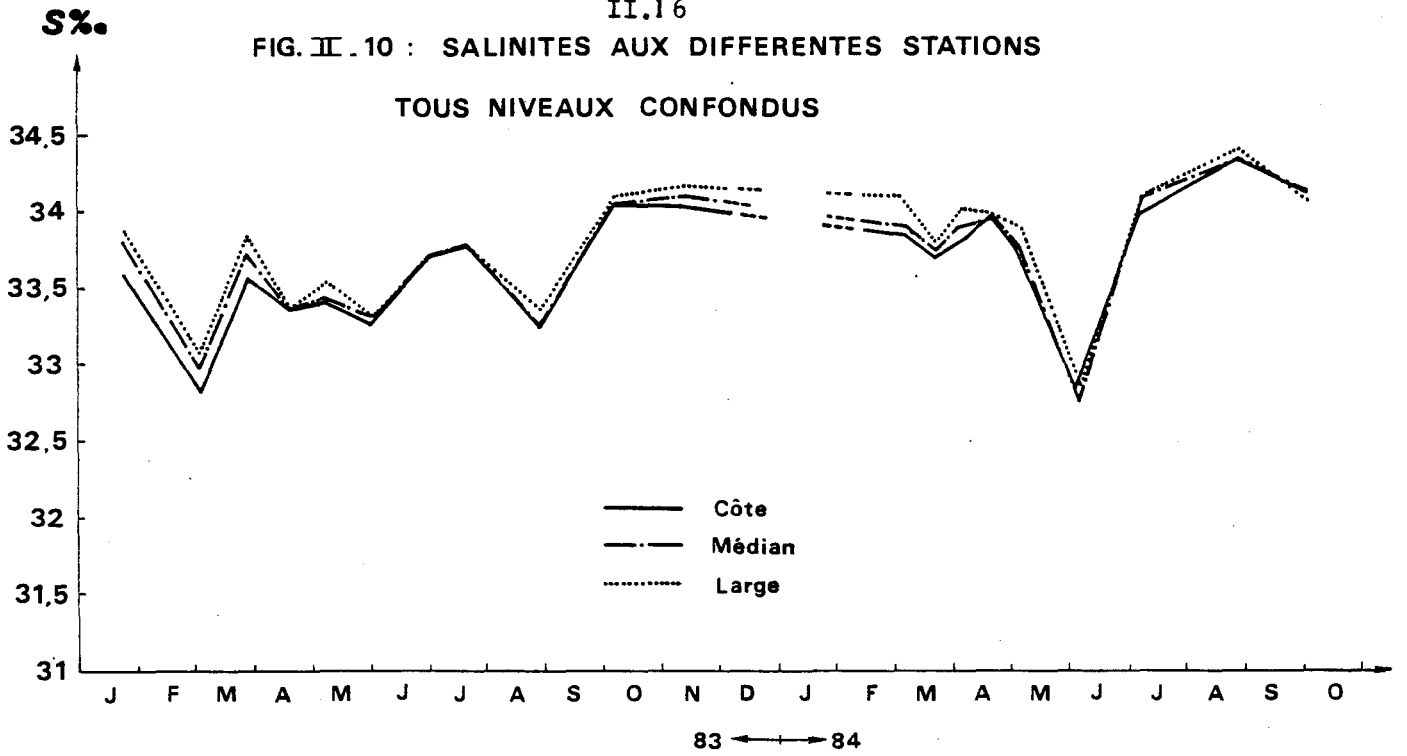


FIG. II.11 : SALINITES AU CANAL D'AMENEE ET AU POINT

COTE SURFACE

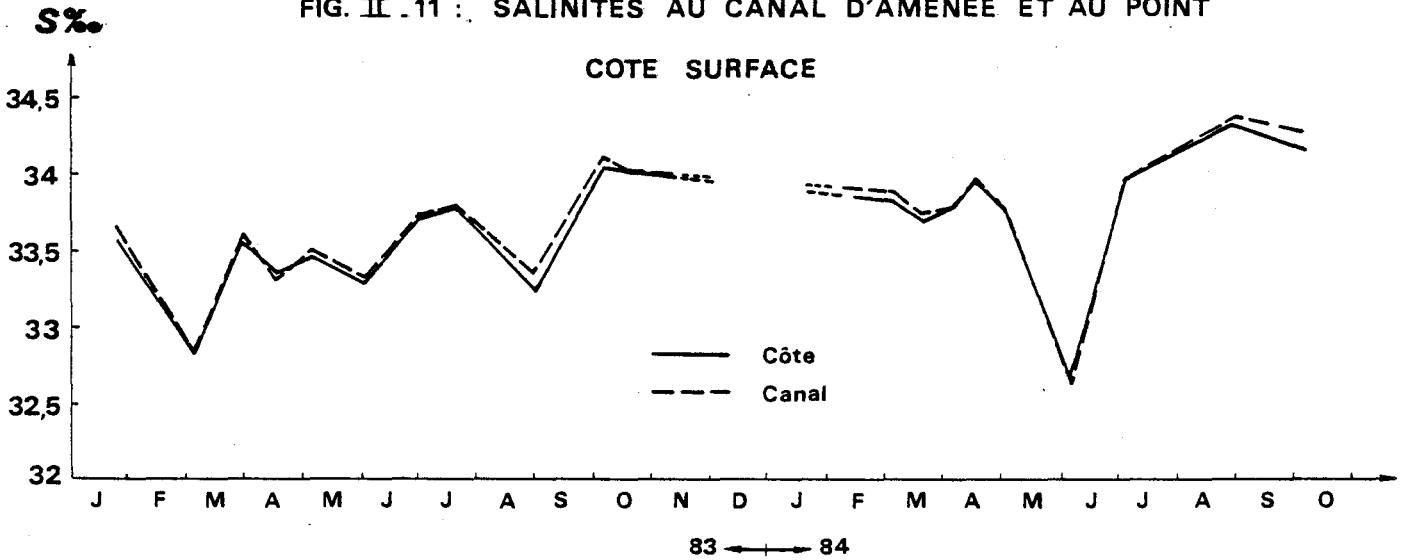
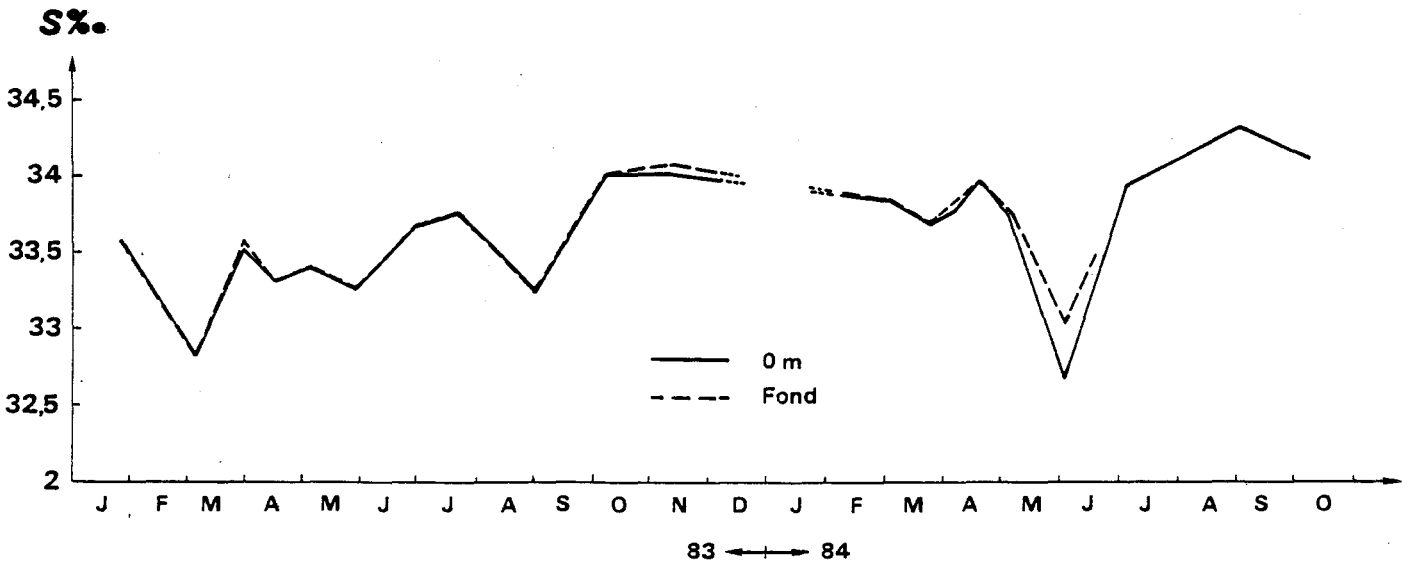


FIG. II.12 : SALINITES AU POINT COTE : SURFACE .FOND



Six fois sur dix (\*), l'eau échantillonnée est celle du rejet. Les conditions météorologiques font que, par vent assez fort, les prélèvements côtiers correspondent à l'eau du rejet diluée sur le site.

L'écart observé lors de la mission faite à bord du Saint Eloi le 7 mars, peut être imputé à une approche insuffisante du point de rejet. De même le maximum thermique n'a pas été échantillonné les 10 novembre 1983, 4 juillet et 3 octobre 1984; le vent, soufflant S.E - S et N.E, a occasionné une dérive très rapide du navire lors de l'échantillonnage.

La structure thermique verticale est nettement marquée au point côtier par une stratification. Si l'on excepte la mission du 20 mars on s'aperçoit que la masse d'eau du fond est faiblement affectée par le rejet quelle que soit l'orientation du vent par mer relativement calme (creux de 0,50 m à la Corvette). Les températures observées au fond avoisinent les valeurs du canal.

### 3.2. Salinité

L'évolution saisonnière classique, pour la salinité des eaux est perturbée (Fig. II.10) :

- le minimum hivernal se trouve masqué par les fluctuations dues aux rejets d'eau douce.

- toutefois le maximum estival semble percer au mois d'août avec une valeur de 34,36 ‰ environ.

Une dessalure accidentelle bien marquée le 4 juin fait chuter les valeurs de 1 ‰ environ sur tout le site. On ne peut incriminer uniquement l'Aa qui maintient un débit raisonnable habituel ( $600 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{j.}$ ) malgré un régime de précipitations élevé.

Le courant de jusant fait probablement migrer une masse d'eau dessalée (Fig. II. 11 et 12), provenant de régions plus au Nord. Les conditions hydrodynamiques peu favorables à la dilution par mer calme font que le gradient surface-fond au point côtier se renforce avec un écart atteignant  $S^\circ/\text{‰} = - 0,365$  alors qu'il n'avait jamais excédé  $S^\circ/\text{‰} = - 0,035$  durant toute l'année.

Les autres stations sont affectées par cet apport

FIG. II . 13 : VARIATIONS DU SIGMA T AUX DIFFERENTES STATIONS

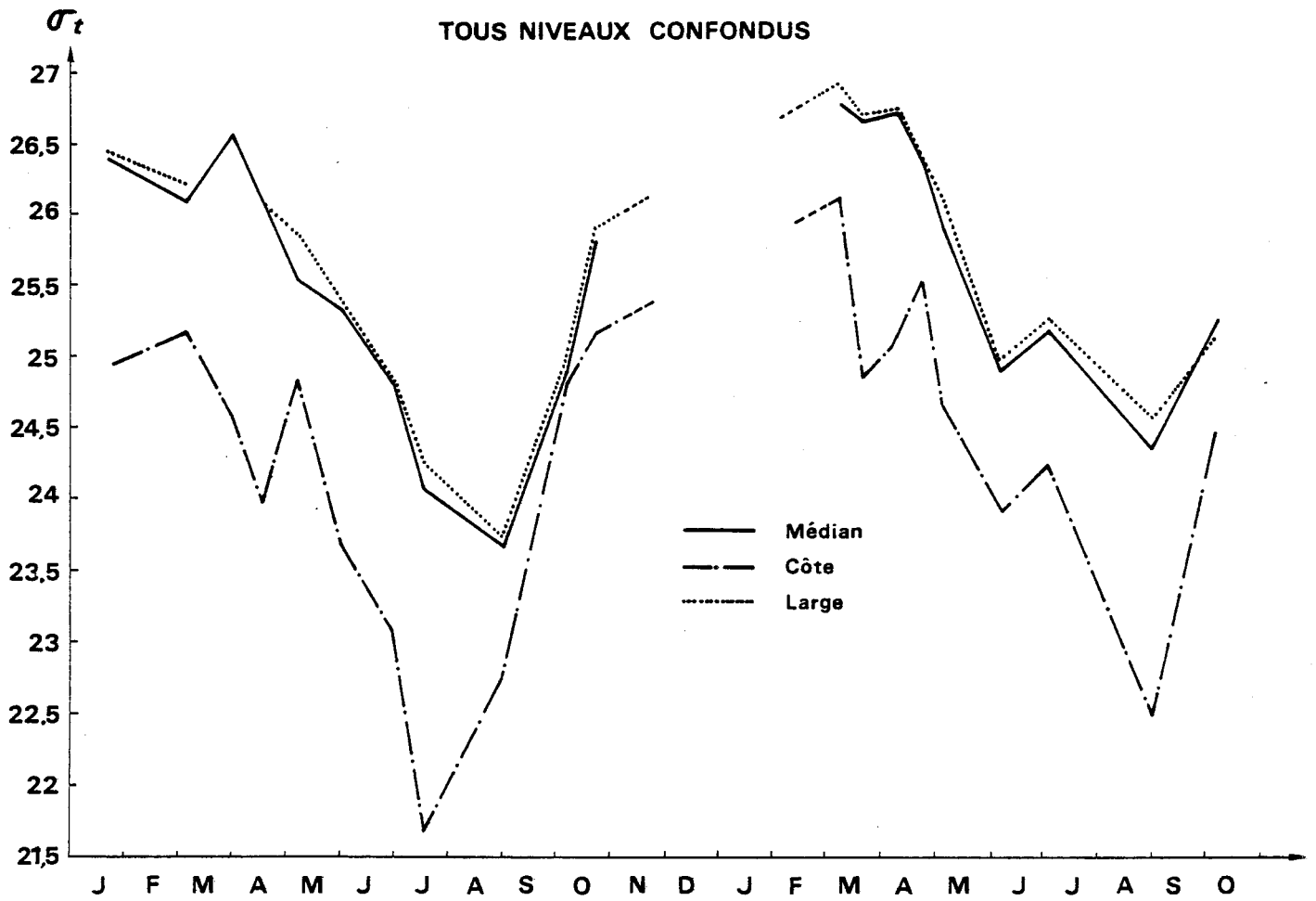
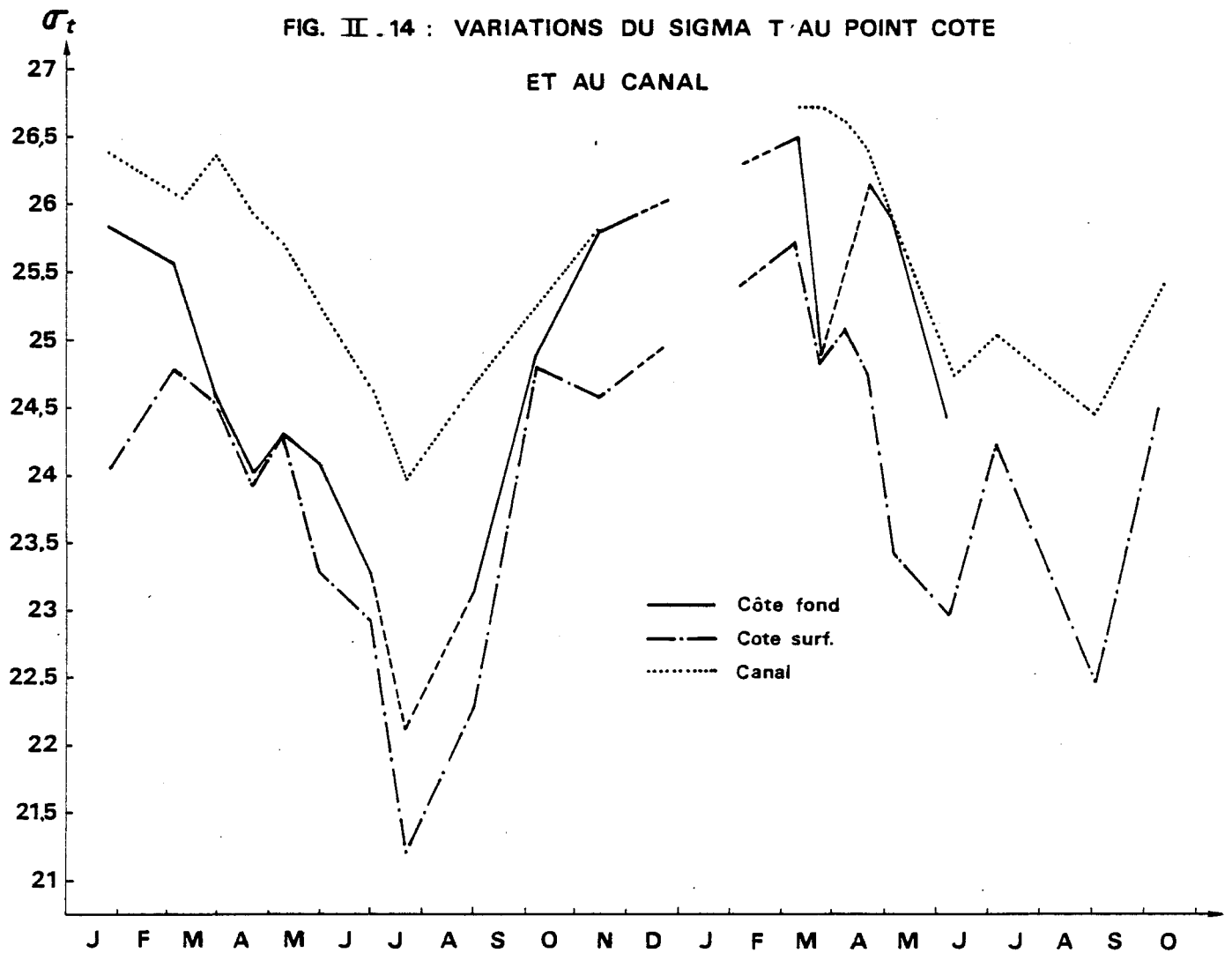


FIG. II . 14 : VARIATIONS DU SIGMA T AU POINT COTE ET AU CANAL



avec des valeurs avoisinant 32,7 ‰ sans gradient salé particulier.

Les fluctuations du régime de précipitations sont retranscrites dans la salinité avec une amplitude variable, liée aux conditions de marée et aux débits des effluents.

La petite dessalure de mars ne perturbe pas le gradient existant côte-large, qui se maintient jusqu'à la mi-avril.

### 3.3. Densité (Fig. II.13 et 14)

L'effet conjugué des variations de température et de la salinité détermine l'évolution de la densité qui reste tributaire du paramètre le plus fluctuant.

C'est ainsi que les variations saisonnières montrent une allure inverse à celle des températures avec un minimum estival de  $1,02447 \text{ g/cm}^3$  rehaussant le seuil de l'année précédente.

Les épisodes dessalés apparaissent nettement en se démarquant de la relative homogénéité des masses d'eau caractérisant les stations M - L - Canal. La chute régulière de la densité est interrompue par la cassure du 20 mars, et celle du 4 juin plus importante combinant les deux effets plus marqués : augmentation de la température et baisse de la salinité.

A cet ensemble s'oppose le comportement du point côtier assez hétérogène sérieusement affecté par le rejet " chaud " de la centrale. L'élévation de la température du canal d'amenée au passage dans la centrale provoque l'établissement au point côtier de masses d'eau à faible densité.

La stratification de densité observée par temps calme au point côtier peut montrer une grande sensibilité à la diffusion turbulente associée aux courants de marée et à l'agitation superficielle due aux vagues. La structure stratifiée peut alors osciller transitoirement vers une structure verticale homogène: cas du 20 mars (creux 0,50 m). Cette variabilité dans la stratification se retrouve lors des sorties concernant l'étude complémentaire où les " microclines " observées ne se maintiennent pas à un niveau précis (entre 0,50 m et 3 m).

FIG. II . 15 : VARIATIONS DES TENEURS EN M.E.S. AUX DIFFERENTES STATIONS , TOUS NIVEAUX CONFONDUS

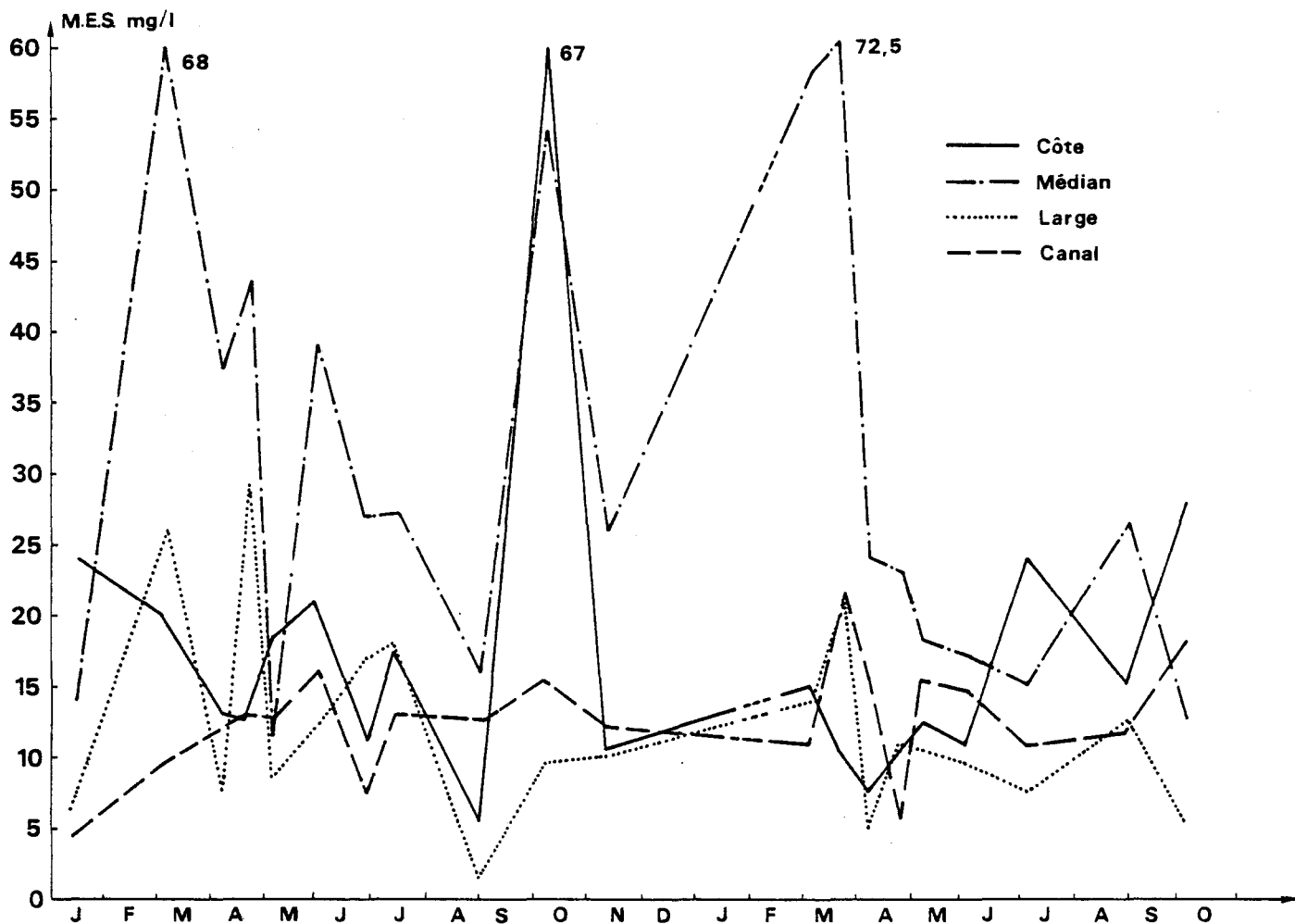
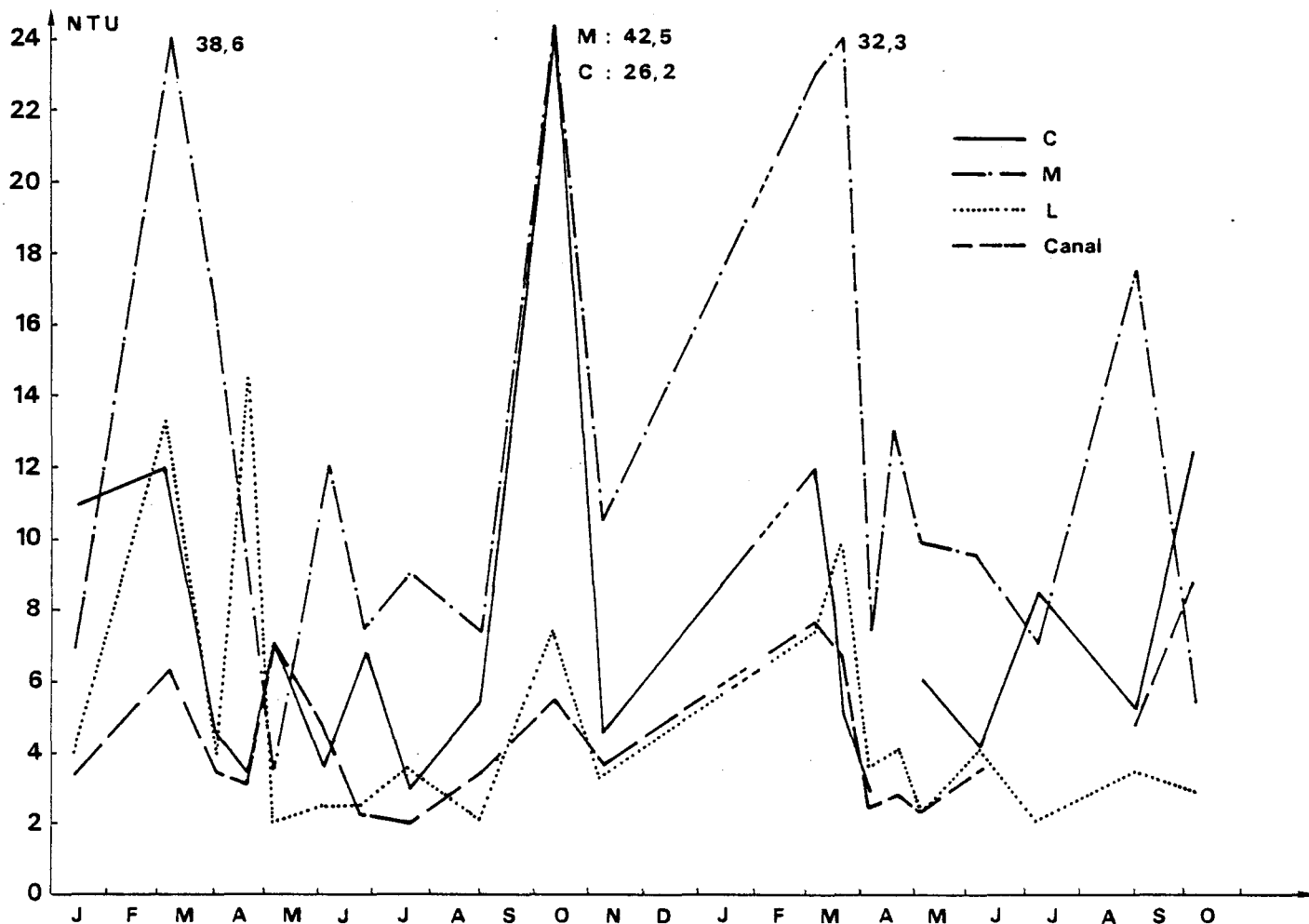


FIG. II . 16 VARIATIONS DE LA TURBIDITE AUX DIFFERENTES STATIONS , TOUS NIVEAUX CONFONDUS



3.4. Matières en suspension (M.E.S.) (Fig. II.15);  
Turbidité (Fig. II.16); Transparence de l'eau  
 (Fig. II.17)

Pendant les cycles de mortes-eaux l'hydrodynamisme modéré permet la décantation des suspensions par opposition aux marées de vives-eaux où l'on devrait observer les teneurs maximales en matières en suspension. On retrouve l'action de ces courants les : 20 mars - 18 avril et 29 août mais pas selon la rigueur attendue. Des causes météorologiques et des phénomènes biologiques interfèrent sur ces paramètres quel que soit le coefficient de marée. Les diverses interférences empêchent l'établissement d'un gradient décroissant stable Médian Large. On visualise plus facilement ces variations par l'examen de la turbidité (NTU) que par la mesure pondérale (MES).

On retrouve l'incidence des apports continentaux à la fin de l'hiver sur les M.E.S. et turbidité à toutes les stations. Le 20 mars une remise en suspension due à une marée de vive eau associée à un apport d'eau douce se traduit par de fortes teneurs en M.E.S. aux stations Médian, Large et Canal.

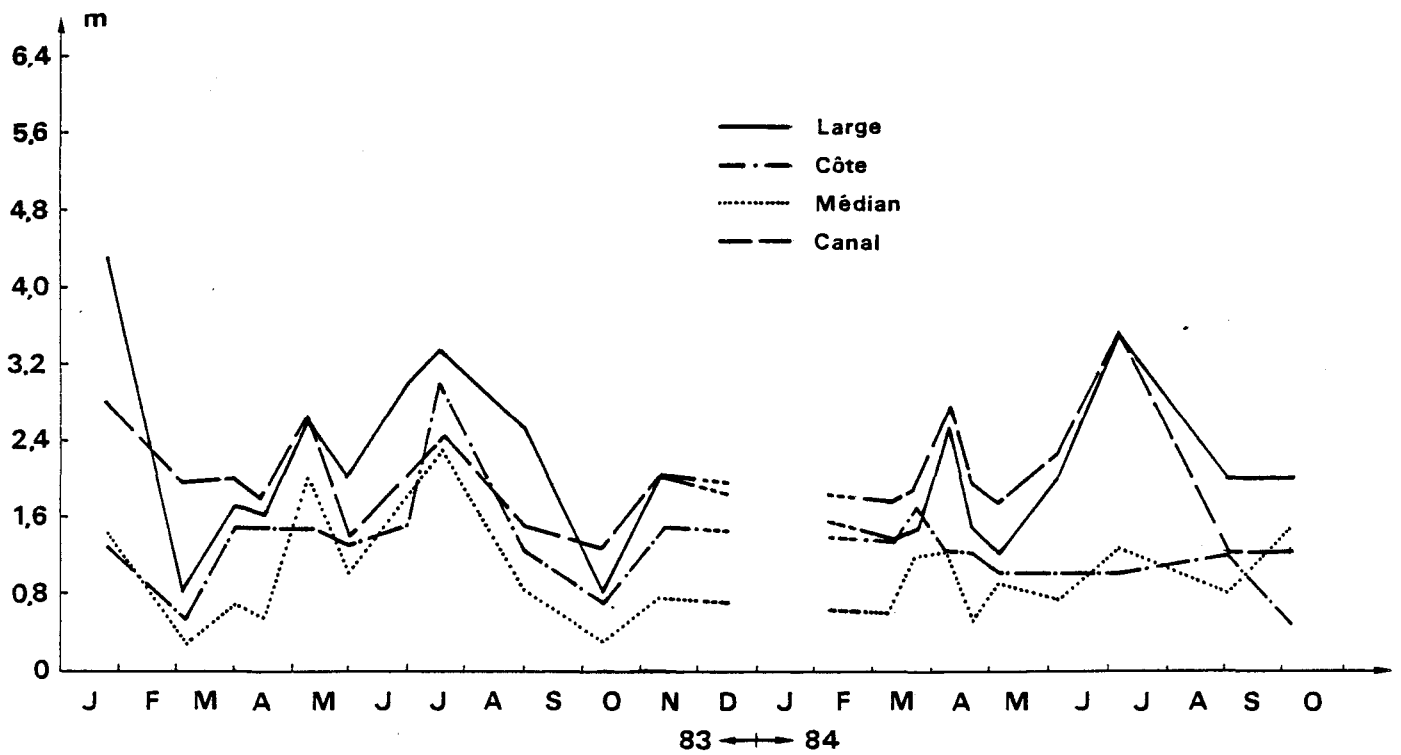
Jusqu'en juin la variation de la turbidité du Canal évolue sensiblement comme celle du large mais avec des valeurs inférieures. Par contre la similitude n'est pas conservée au niveau des M.E.S.. Les teneurs élevées au Canal des : 20 mars - 5 avril - 4 mai et 4 juin peuvent être expliquées par l'existence de dragages dans l'Avant Port Ouest de Dunkerque pendant ces périodes. Ceux-ci remettent en effet en suspension les particules fines.

En août une turbidité plus élevée au Canal qu'au Large est la conséquence d'une biomasse phytoplanctonique plus importante.

On observe une faible turbidité au canal d'aménée et des valeurs plus élevées au point côtier. Les eaux de rejet associées au montant occasionnent probablement une remise en suspension des particules.

La dessalure observée le 4 juin se traduit par une chute relativement faible des teneurs en M.E.S. sur l'ensemble du site. On constate cependant à cette date une augmentation de la turbidité au Large et au Canal. Correspondrait-elle à un apport d'eau douce relati-

FIG. II.17 : PROFONDEUR DE DISPARITION DU DISQUE DE SECCHI AUX  
DIFFERENTES STATIONS





vement "propre" riche en sels nutritifs provoquant un " redémarrage " phytoplanctonique?

Caractérisé par des valeurs en M.E.S. et turbidité inférieures à celles du point Médian, le point côtier détruit le gradient classique côte large décroissant. D'autre part les teneurs élevées observées en juillet à ce point peuvent être expliquées par une remise en suspension accidentelle du sédiment lors du prélèvement.

Par faible coefficient on observe un même gradient en M.E.S. et turbidité en valeurs décroissantes du point Côtier vers le Canal, Médian et Large : les turbulences liées à la profondeur l'emportent probablement sur les courants de marée.

La transparence de l'eau ou profondeur de disparition du disque de secchi ne possède pas durant ce cycle la régularité constatée en 1983 aboutissant à des minima et maxima simultanément à toutes les stations et montre certaines particularités.

L'observation comparée des M.E.S. - turbidité et de la transparence de l'eau ne permet pas d'expliquer que cette dernière soit plus élevée fin mars qu'en début de mois alors que la charge en matières est maximale.

Le 4 mai l'augmentation de la profondeur de disparition du disque de secchi au point Médian est bien corrélée avec les valeurs de M.E.S. et turbidité. Par contre aux stations Côte et Canal seules les teneurs en M.E.S. élevées peuvent expliquer la diminution de transparence, la turbidité affichant une baisse. Le 4 juin c'est le contraire qui se produit.

Hormis ces phénomènes les valeurs de la transparence de l'eau évoluent de façon inverse à celles des M.E.S. et turbidité.

Une transparence exceptionnelle corrélée à une photosynthèse active apparaît nettement les 5 avril et 4 juillet aux stations Médian Large et Canal.

Une différence Médian Large avec des valeurs plus élevées au Large persiste toute l'année. Le point côtier caractérisé par des valeurs inférieures à celles du Canal se maintient, en général, dans sa position intermédiaire entre le Médian et le Large comme en 1983.

FIG. II.18 : VARIATIONS DU TAUX D'OXYGENE DISSOUS AUX DIFFERENTES STATIONS

TOUS NIVEAUX CONFONDUS

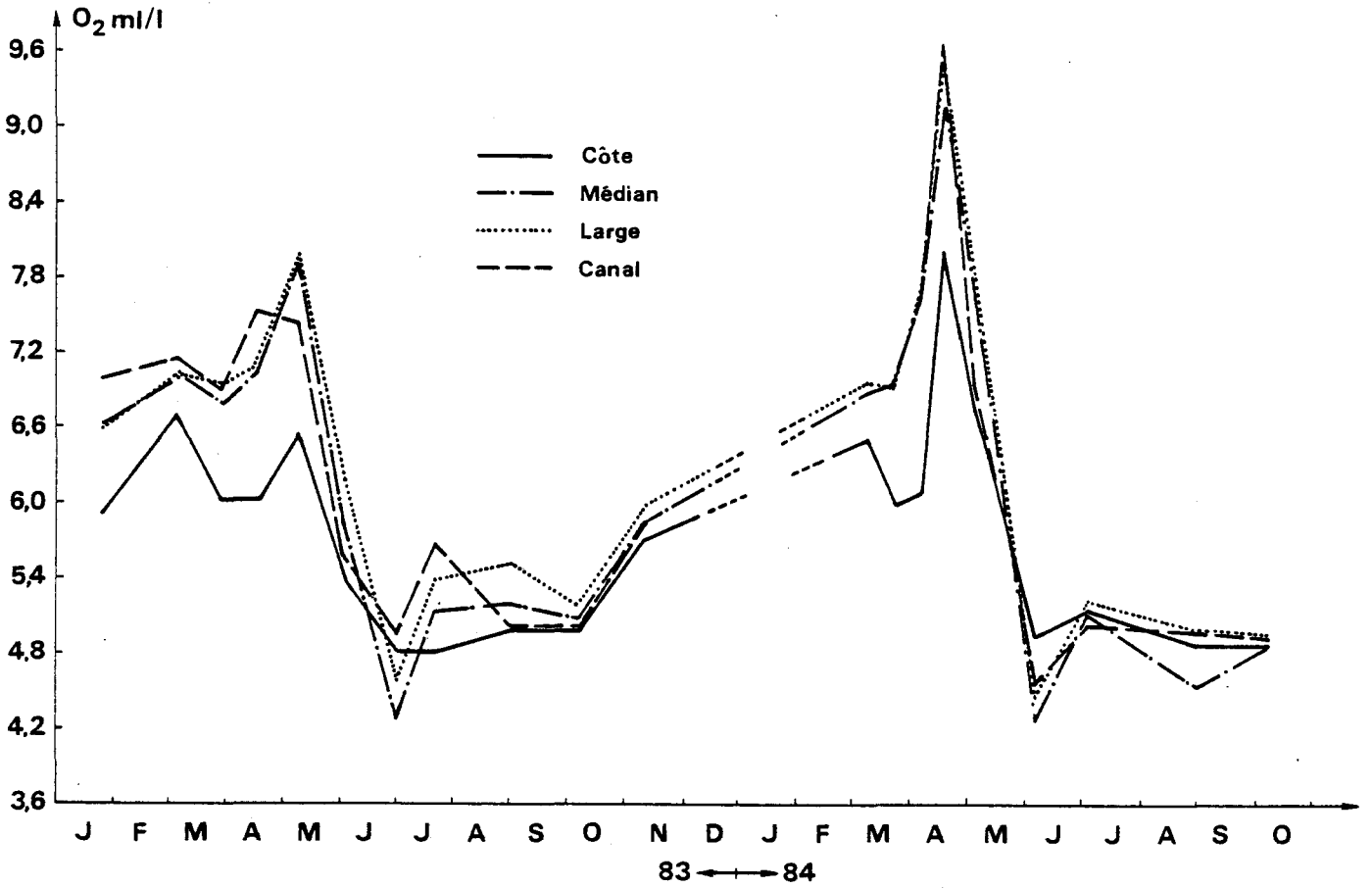
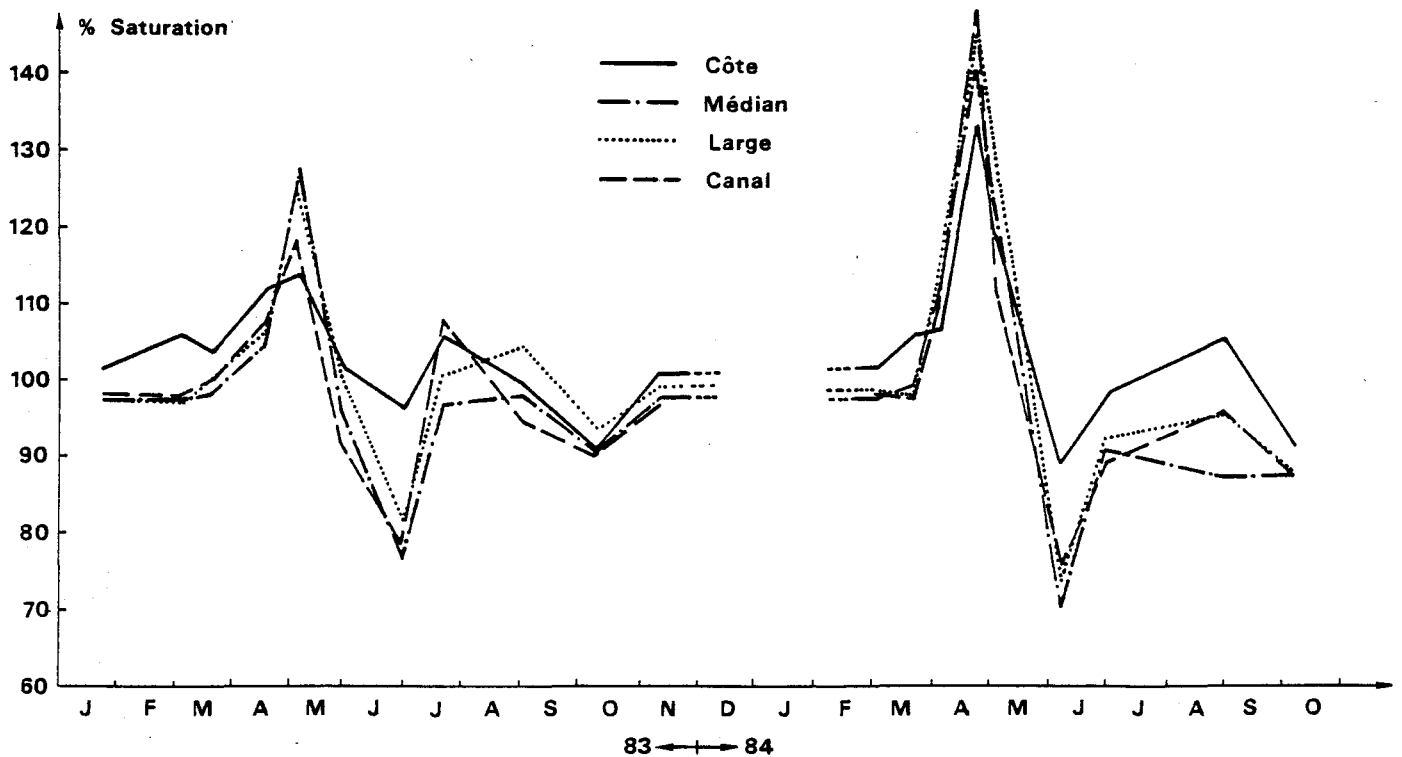


FIG. II.19 : VARIATIONS DU POURCENTAGE DE SATURATION EN OXYGENE

AUX DIFFERENTES STATIONS, TOUS NIVEAUX CONFONDUS



### 3.5. Oxygène dissous

Soumise aux fluctuations de la température et de la salinité la solubilité de l'oxygène (Fig. II.18) devrait présenter une variation de type sinusoïdal inverse de celles-ci avec un minimum estival et un maximum hivernal. En supprimant l'influence simultanée de ces paramètres physiques, le calcul des pourcentages de saturation permet une meilleure comparaison entre les prélèvements.

N'importe quel procédé exclusivement mécanique d'échange eau-atmosphère tend à porter l'eau à son niveau de saturation en oxygène qu'elle soit initialement en sous-saturation ou sursaturation. Les effets de la houle et du vent contribuent au maintien de cet équilibre. La figure II.19 révèle les diverses interférences contrariant ce niveau de saturation. 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 Médian 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 et l'on constate au point Côtier soit un dégazage, soit un enrichissement selon la teneur de saturation initiale.

Jusqu'en juillet les stations Médian, Large et Canal montrent des teneurs de saturation pratiquement identiques avec des valeurs moyennes oscillant autour de 98 %, 144 %, 73 % et 92 %. Ces états de sous-saturation et de sursaturation sont induits par des phénomènes physicochimiques, chimiques et biologiques.

En novembre 1983 une forte productivité enrichit le milieu en oxygène et conduit à des teneurs de saturation pratiquement identiques aux stations Médian Large et Canal. Elle occasionne ainsi un retour rapide aux teneurs hivernales dont on ne peut apprécier la stabilité faute de données.

Le mois de mars révèle les mêmes teneurs de saturation conservatives en dépit d'une reprise de la productivité fin mars.

La forte activité photosynthétique se trouve à l'origine de la sursaturation printanière d'avril et début mai avec

des incidences différentes suivant les stations. Le 18 avril le Canal d'aménée répond au faible pic de chlorophylle par la meilleure sursaturation sur le site. Le gradient croissant des valeurs de chlorophylle entre Canal, Large et Médian ne cadre pas avec le gradient de sursaturation en oxygène qui augmente de la station Médian vers Large et Canal. Ceci témoigne de la productivité différente des masses d'eau.

La disparition des populations planctoniques induit une sédimentation active de particules. Il s'ensuit une forte consommation d'oxygène, visualisée le 4 juin, concomitante d'une accumulation de matières organiques et minérales. Il paraît difficile d'attribuer cette désaturation uniquement à la dégradation des cellules planctoniques alors qu'il existe dans le même temps une dessalure et une consommation par le zooplancton.

En juillet une reprise de l'activité photosynthétique supérieure à celle de mars contribue à l'enrichissement du milieu en oxygène dissous. Le pourcentage de saturation qui en découle demeure cependant inférieur à celui de mars et révèle une demande en oxygène encore forte.

Jusqu'en octobre on assiste à un appauvrissement général des taux d'oxygène dissous. Le point Médian manifeste une chute particulière de la concentration en oxygène en août. Celles du Canal et du Large sont voisines et se traduisent à l'inverse du point Médian par une augmentation des teneurs de saturation. La biomasse phytoplanctonique importante à cette dernière station, caractérisée par une faible chlorophylle active induit une dégradation consécutive qui utilise l'oxygène du milieu. Ce phénomène associé au "grazing" du zooplancton révèle une forte demande en oxygène (augmentation des teneurs en ammonium et nitrates). Une chlorophylle active importante au Large en août provoque une augmentation de la teneur de saturation. De même au Canal on note un enrichissement en oxygène malgré l'existence inexplicquée d'une faible chlorophylle active.

### 3.6. PH

Les fluctuations saisonnières apparaissent au niveau du pH pour l'ensemble du site (Fig. II.20).

FIG. II.20 : VARIATION DU PH AUX DIFFERENTES STATIONS

TOUS NIVEAUX CONFONDUS

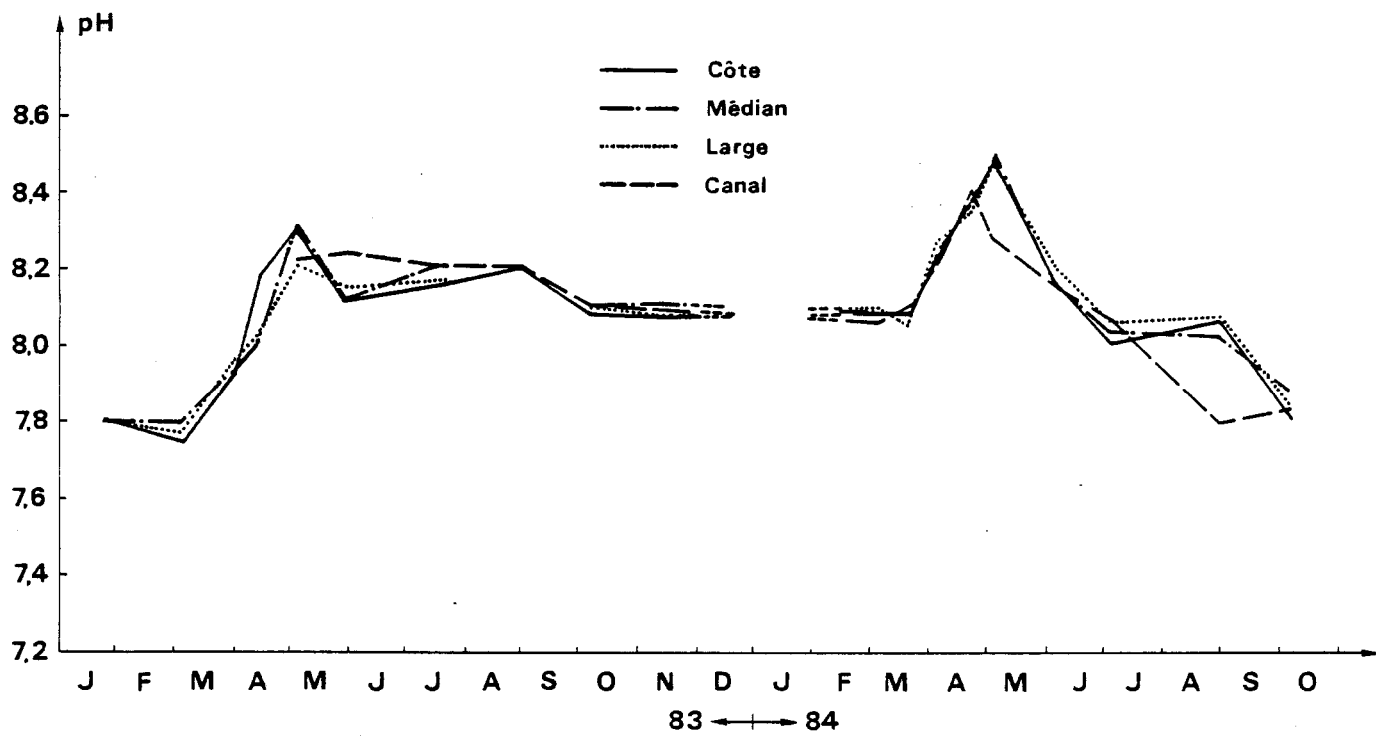


FIG. II.21 : VARIATIONS DU PH AU POINT COTE

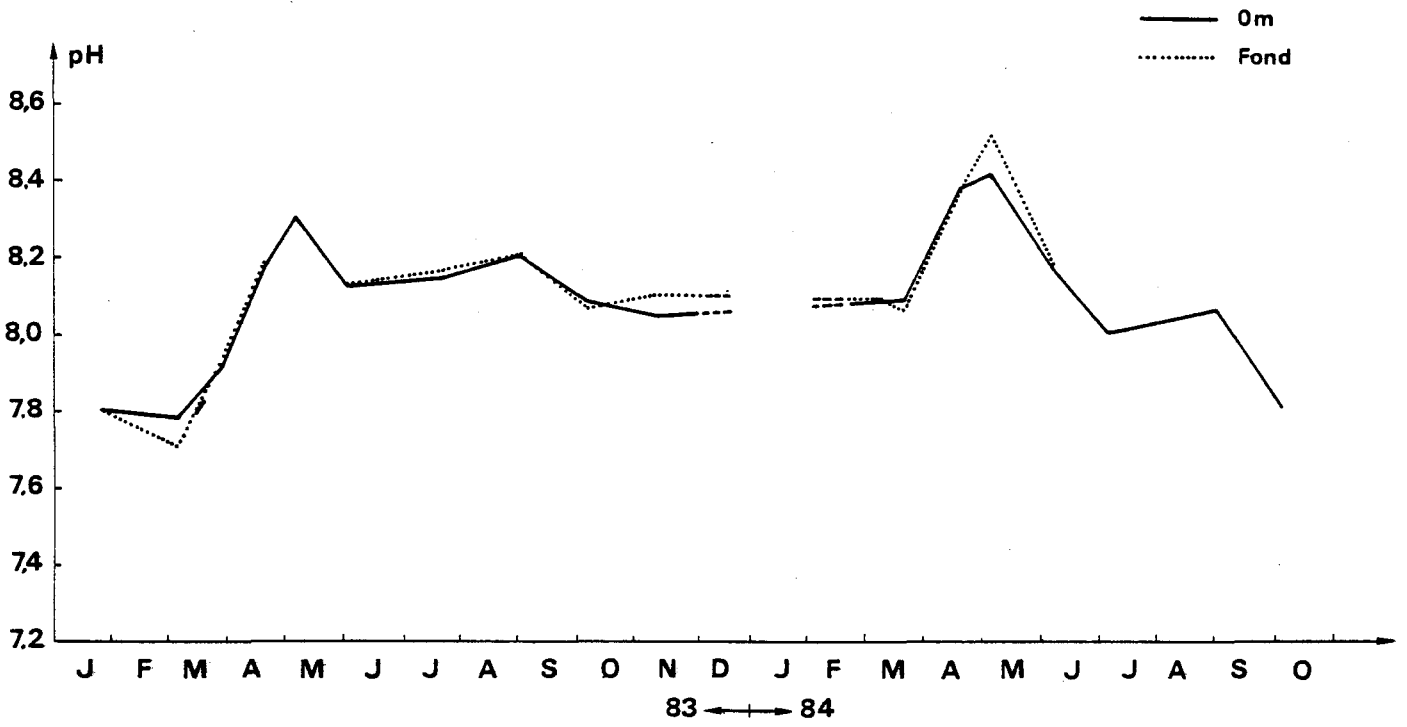
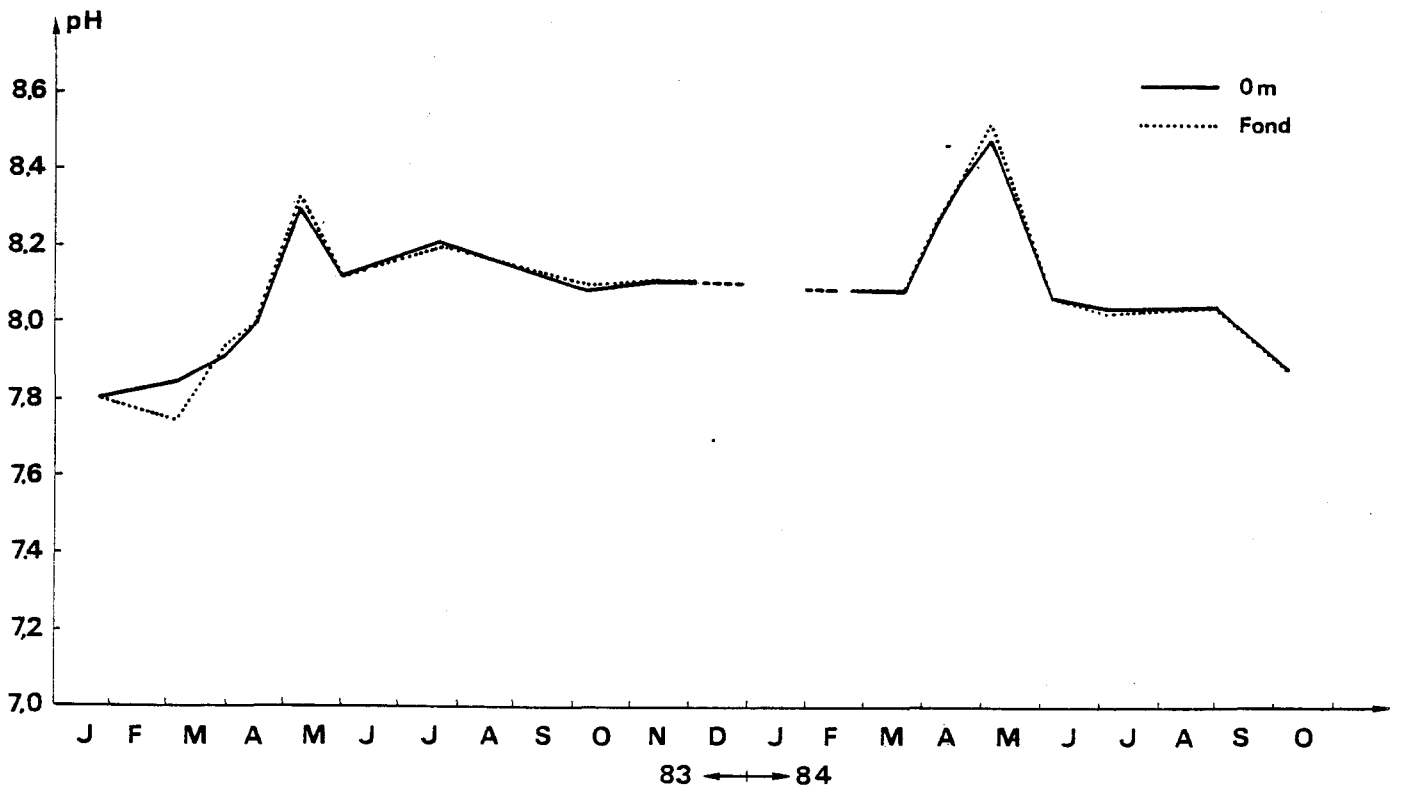


FIG. II.22 : VARIATIONS DU PH AU POINT MEDIAN



On mesure en mars un pH identique (8,10) à celui de novembre. L'activité photosynthétique des populations planctoniques aux stations Côte, Médian, Large se traduit par une augmentation de pH (8,37) en avril.

Le mois de mai se distingue avec des valeurs exceptionnellement élevées (8,50), résultat de l'effet conjugué de la production phytoplanctonique et surtout d'un faible apport en matières organiques. A cette même campagne, un gradient particulier surface-fond (Fig. II. 21 et 22) au point Côtier et Médian, avec des valeurs supérieures au fond montre la pauvreté organique des matières en suspension.

Plusieurs phénomènes : le réapprovisionnement du milieu en sels nutritifs issu de la dessalure, la décomposition du phytoplancton, l'excrétion du zooplancton entraînent une chute des valeurs de 8,18 en juin à 8,05 en juillet. Ce pH se maintient jusqu'en août.

La faible valeur de pH (7,85) observée en octobre à toutes les stations correspond à l'influence minimisée du phytoplancton, superposée aux apports continentaux (fortes précipitations) de matières détritiques concomitant d'un enrichissement en sels nutritifs.

Le Canal d'aménée se manifeste par un comportement particulier et contrairement aux autres stations, il établit son maximum en pH le 18 avril grâce à une activité phytoplanctonique prédominante. Un retour régulier vers des valeurs de pH inférieures s'amorce dès le mois de mai, dû à la disparition des phytoplanctontes associée à une décomposition. Une reprise plus précoce de la productivité au Canal d'aménée conduit à un pH supérieur en juillet à celui des autres stations. Par contre la valeur particulièrement faible au mois d'août demeure inexpliquée.

### 3.7. Sels nutritifs

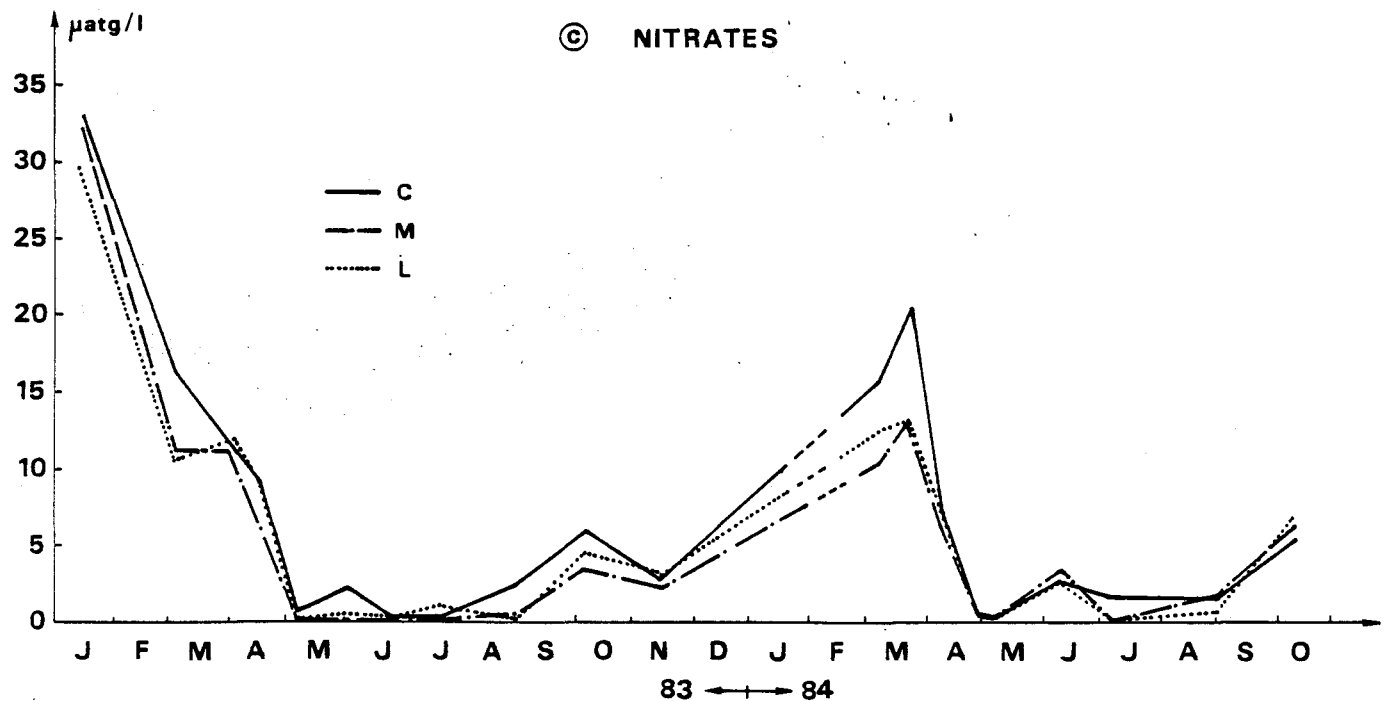
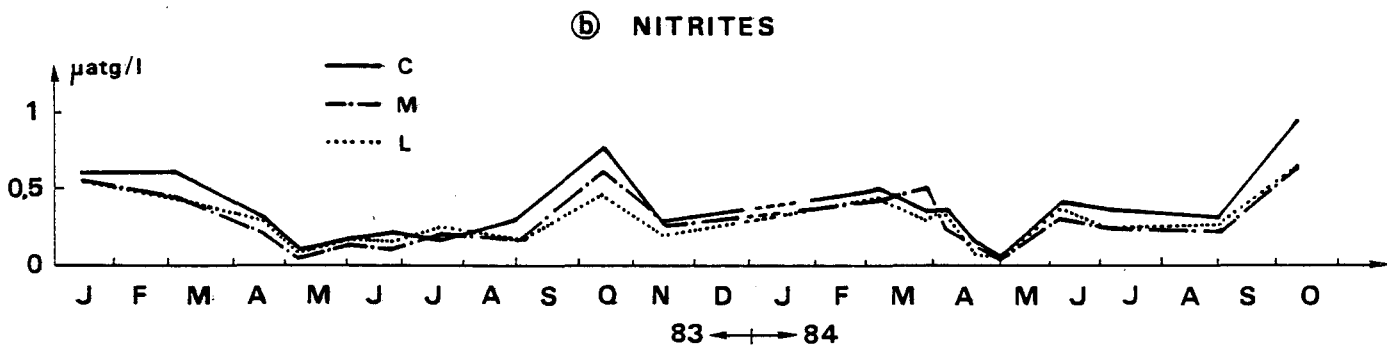
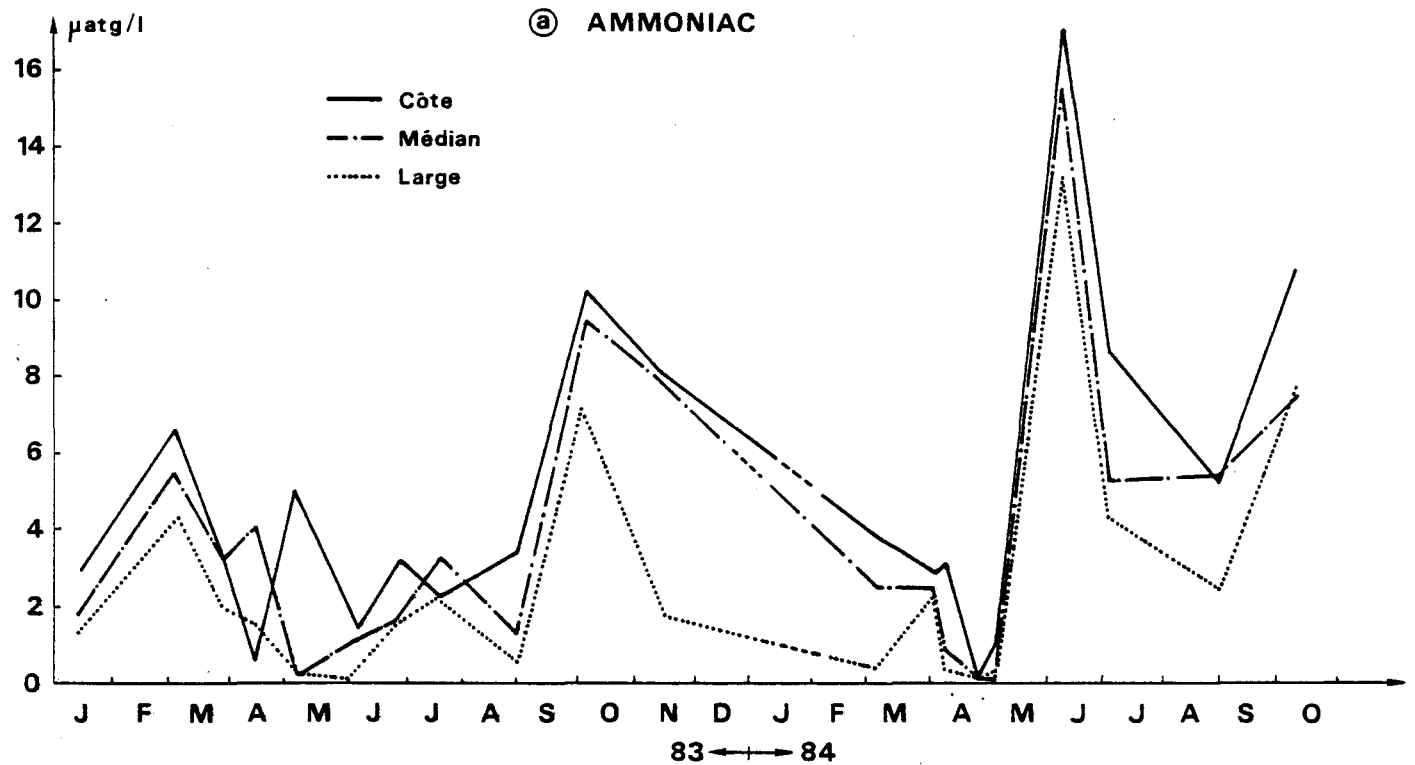
#### 3.7.1. Variations temporelles

L'essentiel de la reconstitution des stocks hivernaux est dû aux apports par lessivage des sols, stocks non évaluables faute de prélèvement.

L'importante productivité de novembre 83 entame les réserves nutritives azotées (Fig. II 23 a,b,c) en voie de reconstitution dès octobre, et l'on assiste à une consommation

FIG. II . 23 : VARIATIONS DES TENEURS EN SELS AZOTES AUX DIFFERENTES STATIONS

DE LA RADIALE , TOUS NIVEAUX CONFONDUS





simultanée de tous les sels à toutes les stations. Le prélèvement en ammonium et sa nitrosation apparaît au Large plus marqué qu'ailleurs.

Fin mars, la stabilité des teneurs en ammonium au point Médian associée à une augmentation de nitrites et nitrates alors que la productivité est croissante, témoignent d'une régénération interne (M.E.S. abondantes). A cet enrichissement interne se superpose probablement un apport externe (dessalure, l'Aa montre son maximum en ammonium). A cette même date le Large manifeste une assimilation préférentielle de nitrites et nitrates vraisemblablement due à la carence en ammonium en début de mois. Le point côtier puise à la fois sur ses réserves en ammonium et nitrites. Il s'enrichit en nitrates, résultat probable d'une minéralisation superposée à un apport externe.

Le processus de régénération en avril est insuffisant. La décroissance des teneurs en sels azotés apparaît : ceux-ci s'avèrent limitants le 18 avril sur l'ensemble du site et l'on constate début mai un épuisement total. Cette faible fertilité potentielle se traduit par un arrêt de production retranscrit au niveau des biomasses planctoniques (cassure des pics de chlorophylle : figure II.32).

La disparition des populations planctoniques induit en juin une accumulation de matières minérales et organiques. Elle permet une reconstitution des stocks en éléments nutritifs. Une teneur moyenne globale de  $14,8 \mu\text{atg/l}$  d'ammonium simule un stock hivernal. Elle ne peut être imputée uniquement au processus de dégradation des phytoplanctons morts mais aussi aux apports organiques matérialisés par l'importante dessalure. Il est difficile de définir la part de cet apport externe, et celle de la régénération interne.

Une reprise de la production en juillet entame les réserves établies précédemment. Les nitrates s'épuisent et peuvent alors être facteurs limitants pour le Large et le Médian. Une augmentation de l'activité photosynthétique en août au Large amenuise les réserves en ammonium. Une reconstitution des stocks hivernaux s'amorce dès octobre.

On peut interpréter les variations des teneurs en silicates (Fig. II. 24) par la succession des mêmes

FIG. II.24: VARIATIONS DES TENEURS EN SILICATES AUX DIFFERENTES

STATIONS TOUS NIVEAUX CONFONDUS

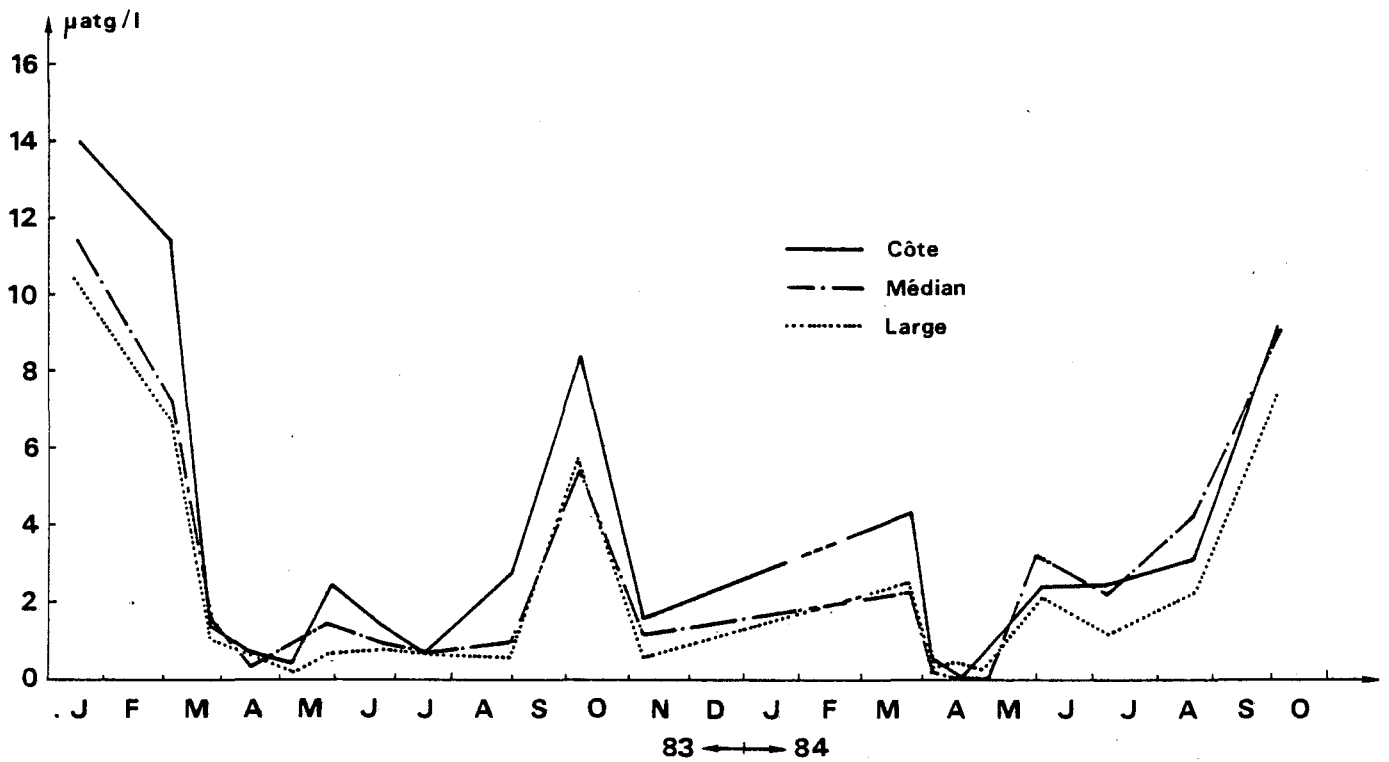
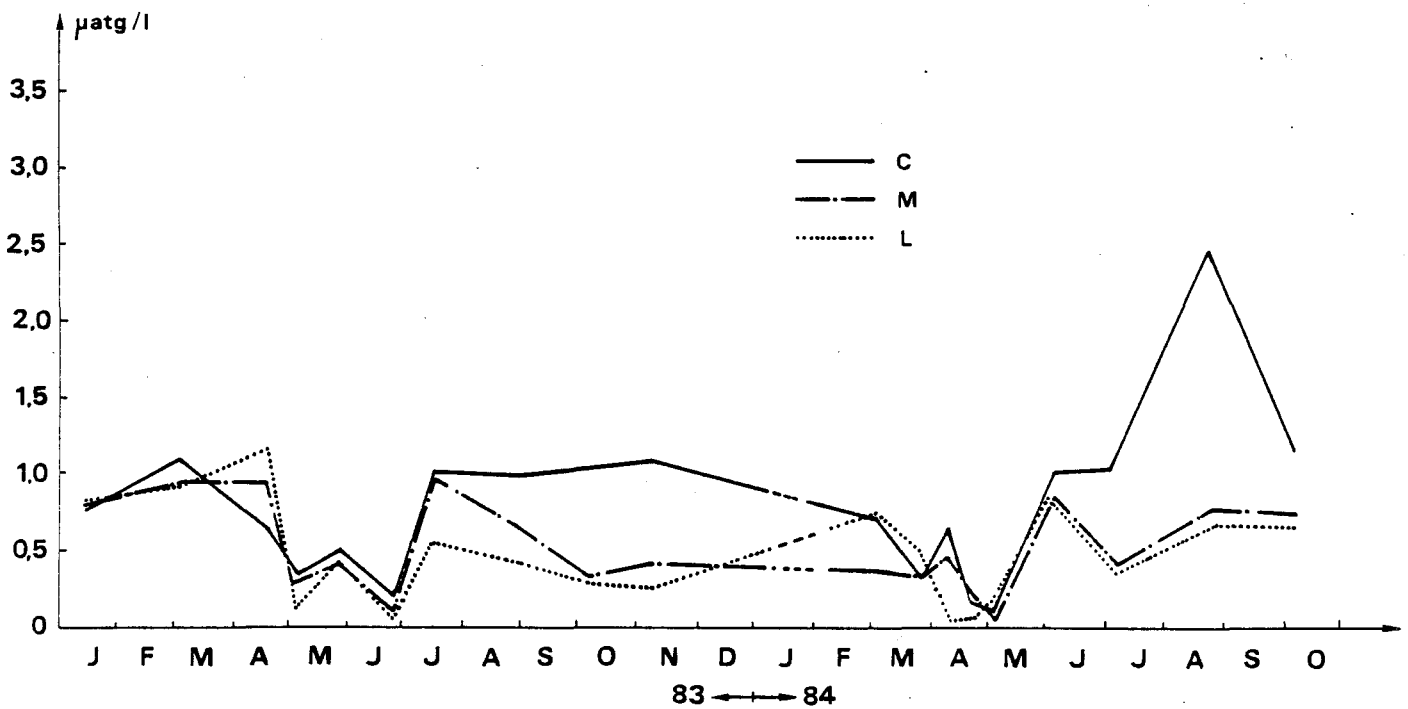


FIG. II.25: VARIATIONS DES TENEURS EN PHOSPHATES AUX DIFFERENTES

STATIONS TOUS NIVEAUX CONFONDUS



évènements biologiques et physiques que les sels azotés à quelques nuances près. En août le stock de silicates se reconstitue lié probablement à l'absence de diatomées.

L'hétérogénéité des valeurs en phosphates (Fig. II. 25) laisse néanmoins apparaître un cycle, marqué par l'activité biologique printanière suivie d'une reconstitution des stocks en juin, perturbé en juillet par une nouvelle production.

### 3.7.2. Variations spatiales

Un gradient Médian Large décroissant en ammonium apparaît durant toute l'étude ce qui n'est pas le cas pour les nitrates et les nitrites.

Les teneurs en phosphates montrent comme en 1983 la grande sensibilité du point Côtier aux rejets urbains pendant la période estivale.

Un enrichissement simultané en sels nutritifs se produit le 5 avril au point Côtier (sauf nitrates et silicates) dû à l'influence de l'Aa. Cet effluent montre un débit particulièrement élevé à cette période.

Globalement le point Côtier fait apparaître des teneurs en sels nutritifs (Fig. II. 26-27-28) voisines de celles du Canal : légèrement supérieures en phosphates mais inférieures en nitrates et silicates, et montre une alternance pour l'ammonium et les nitrites.

La dessalure de juin se traduit par des valeurs élevées en phosphates. C'est particulièrement net pour le Large en surface (Fig. II. 29-30).

FIG. II.26: EFFET DU TRANSIT SUR LES TENEURS EN SELS AZOTES

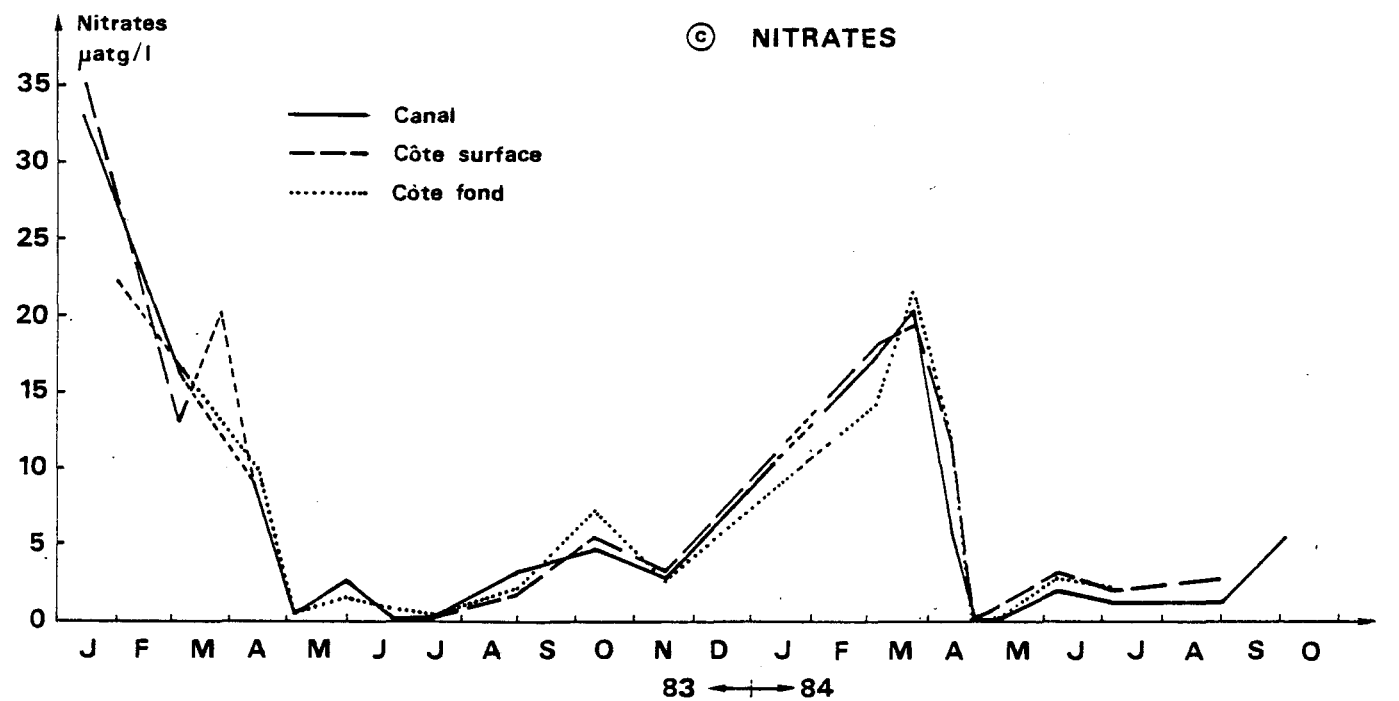
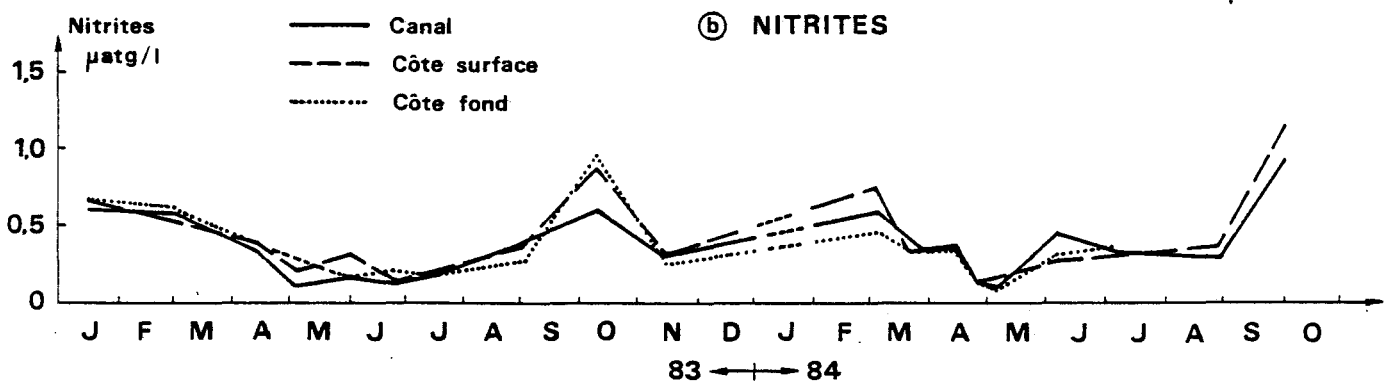
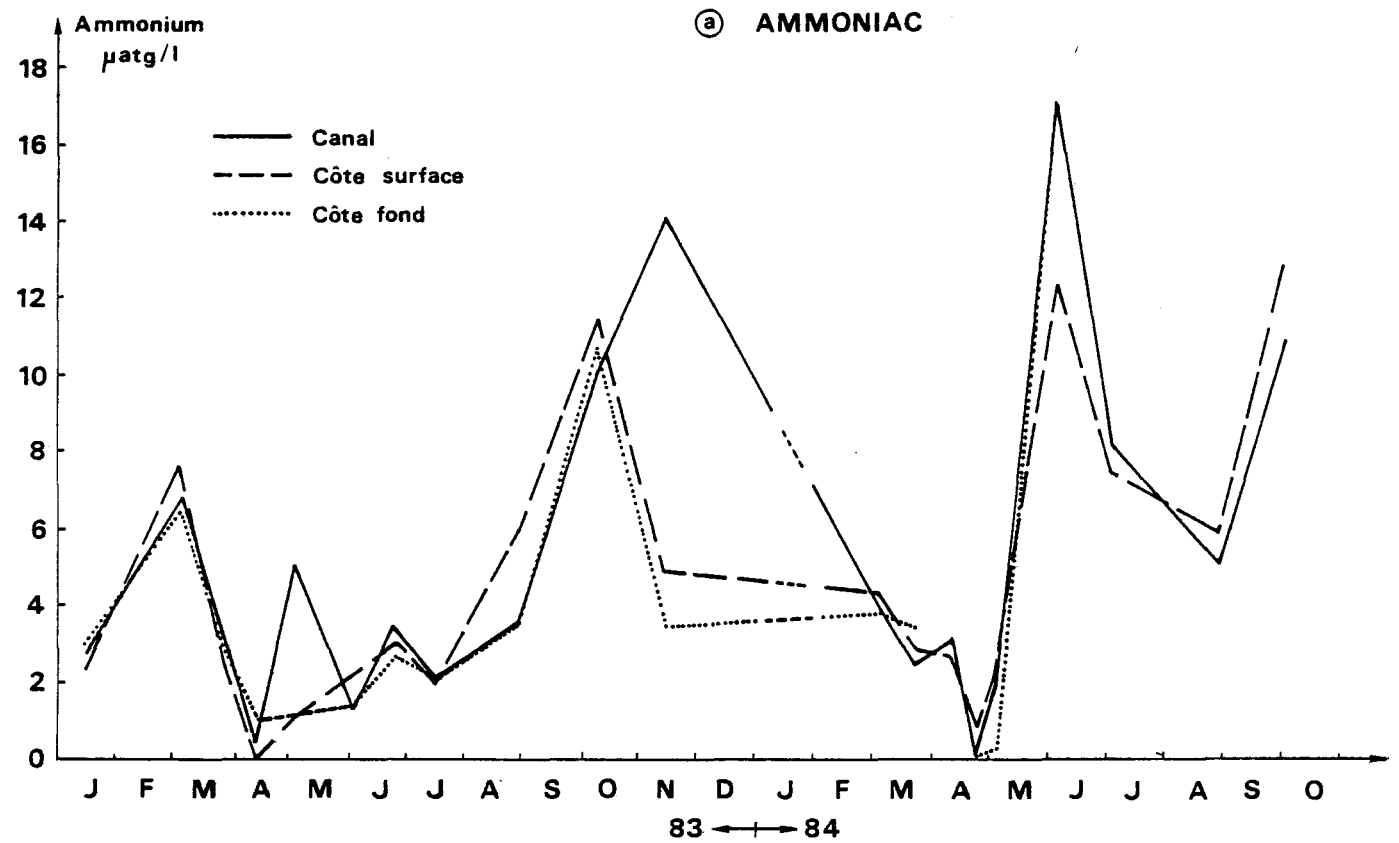


FIG. II.27: EFFET DU TRANSIT SUR LES TENEURS EN SILICATES

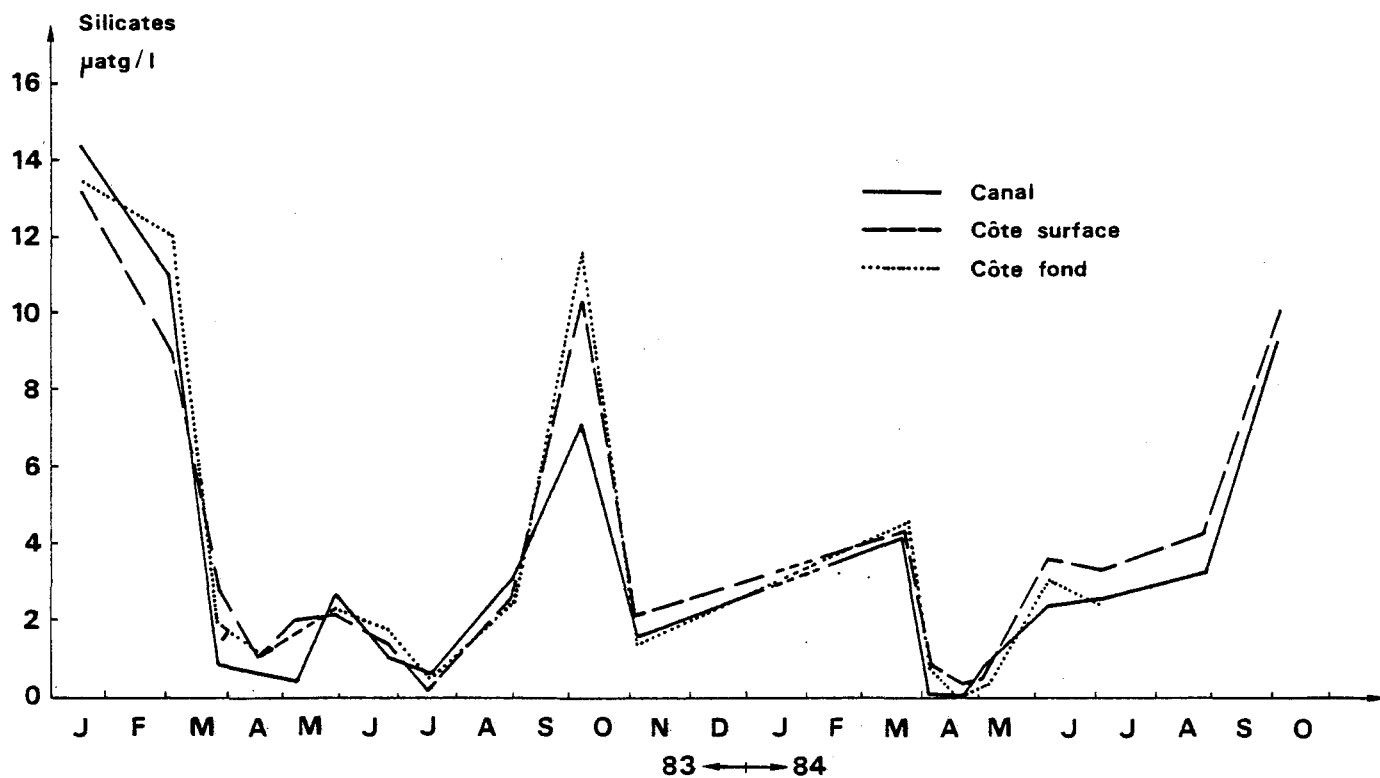


FIG. II.28: EFFET DU TRANSIT SUR LES TENEURS EN PHOSPHATES

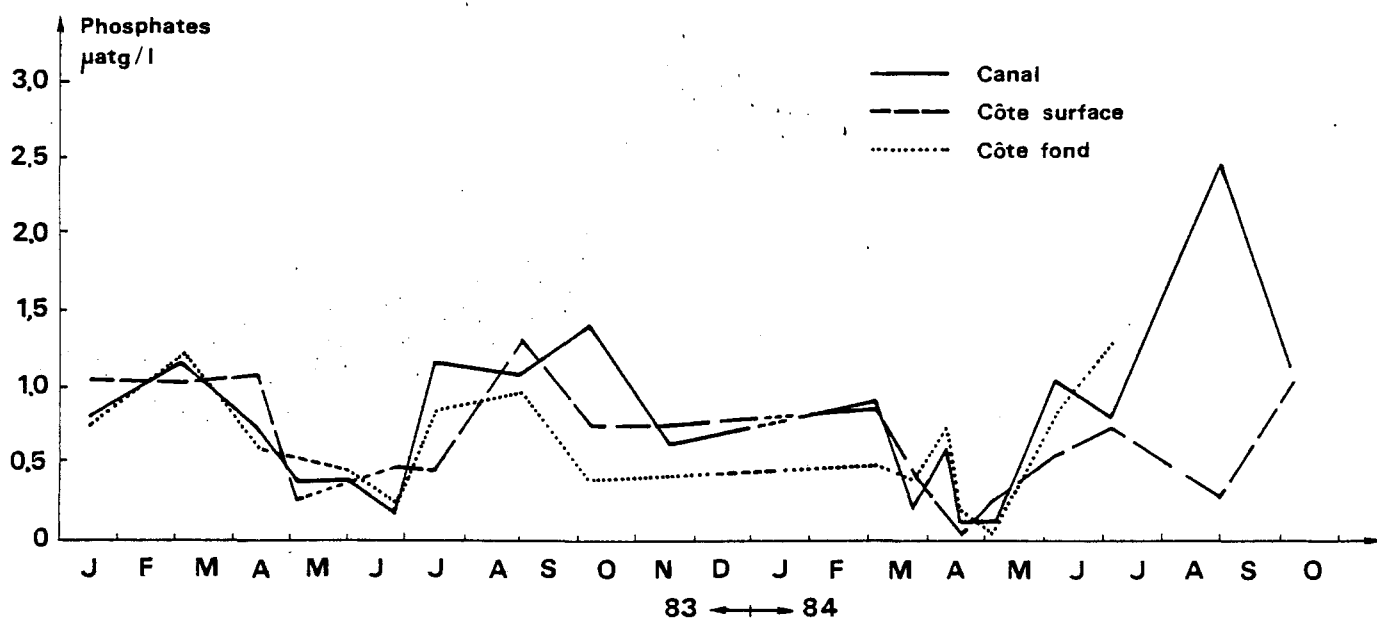


FIG. II. 29 : VARIATIONS DES PHOSPHATES EN SURFACE DES DIFFERENTES

STATIONS DE LA RADIALE

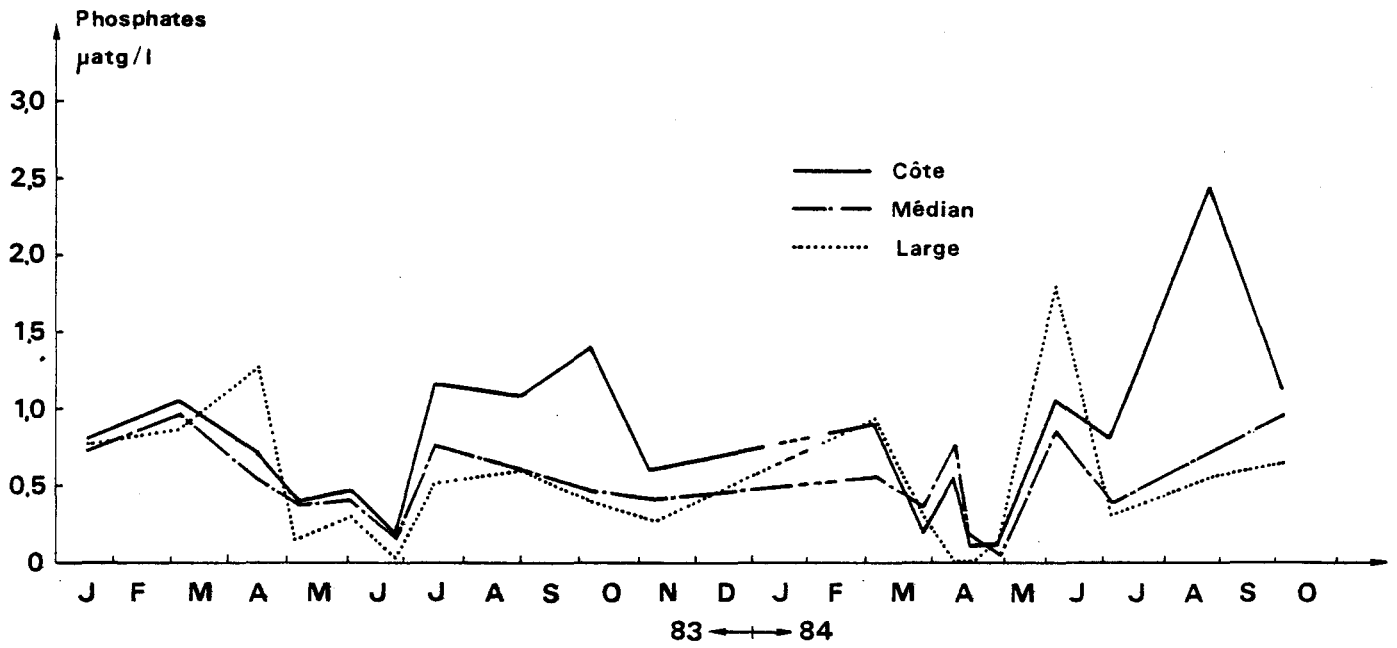


FIG. II. 30 : VARIATIONS DES PHOSPHATES AU NIVEAU 5 M DES DIFFERENTES

STATIONS DE LA RADIALE

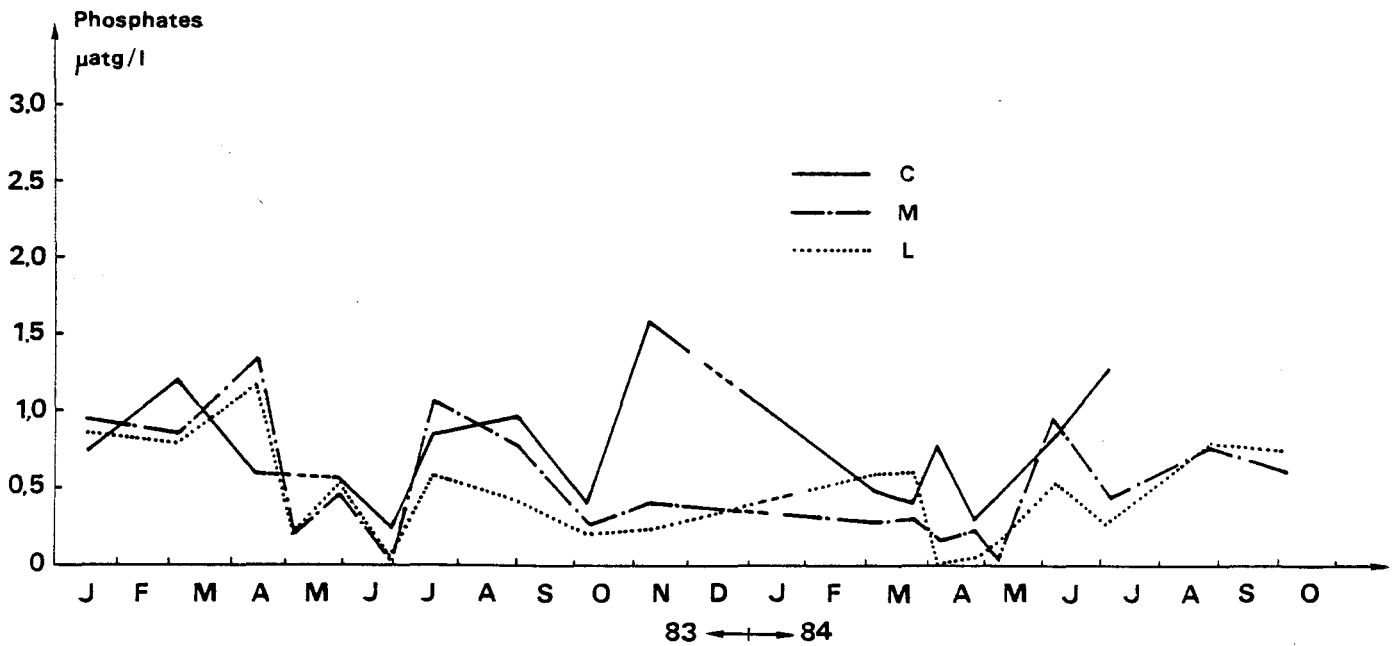


FIG. II.31 : VARIATIONS DES TENEURS EN PHEOPIGMENTS AUX DIFFERENTES

STATIONS, TOUS NIVEAUX CONFONDUS

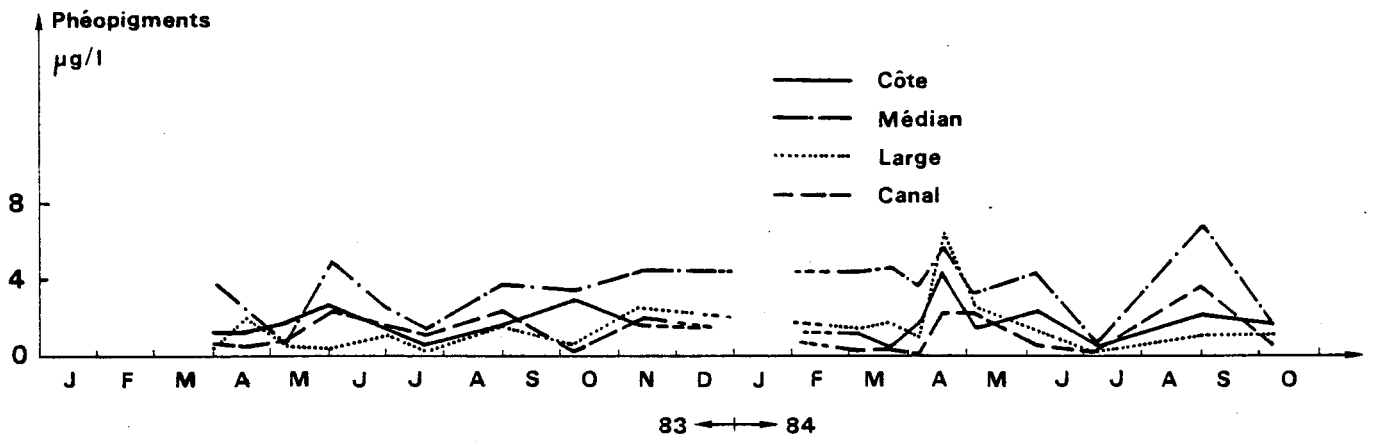


FIG. II.32: VARIATIONS DES TENEURS EN CHLOROPHYLLE AUX DIFFERENTES

STATIONS, TOUS NIVEAUX CONFONDUS

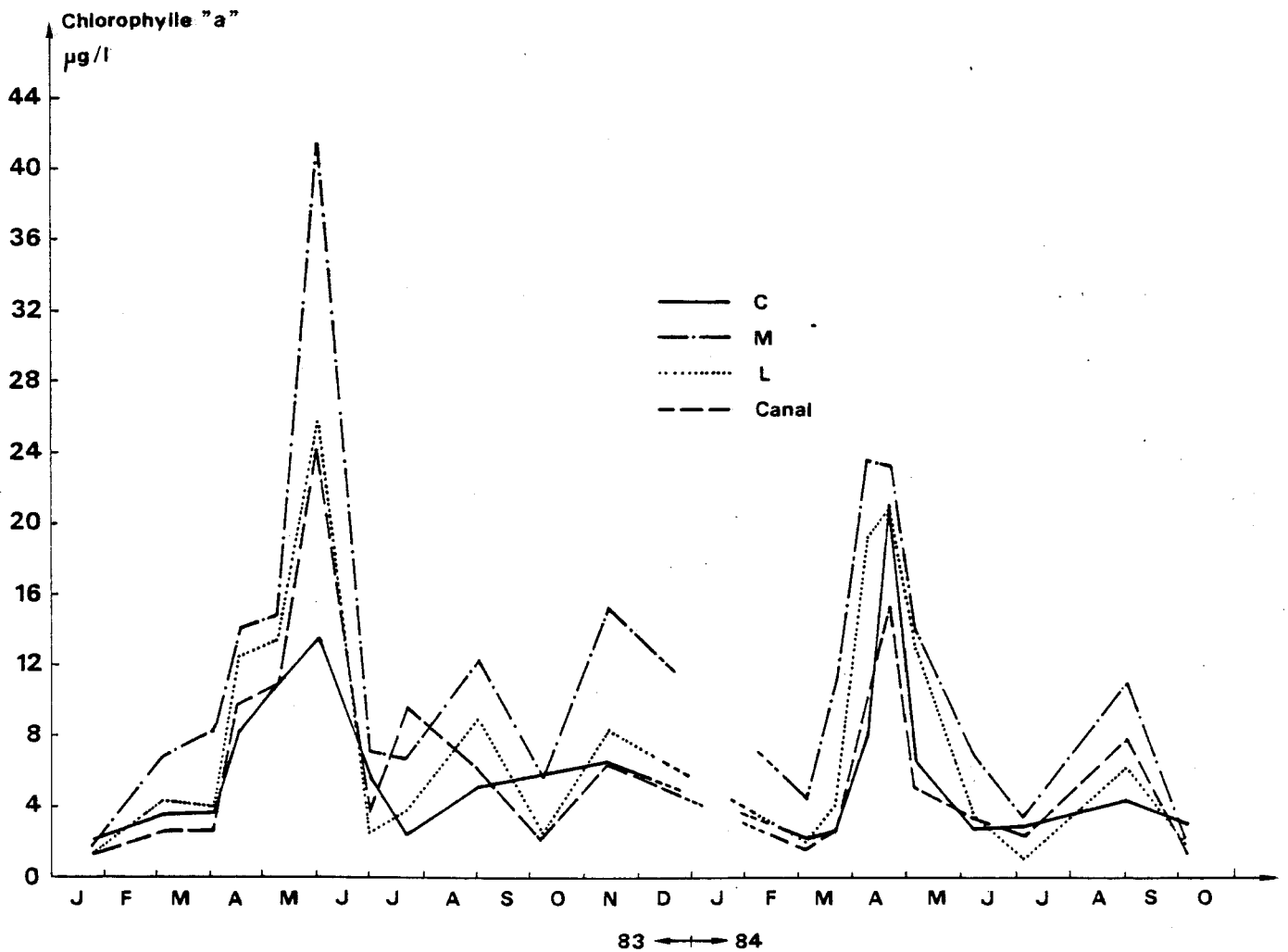
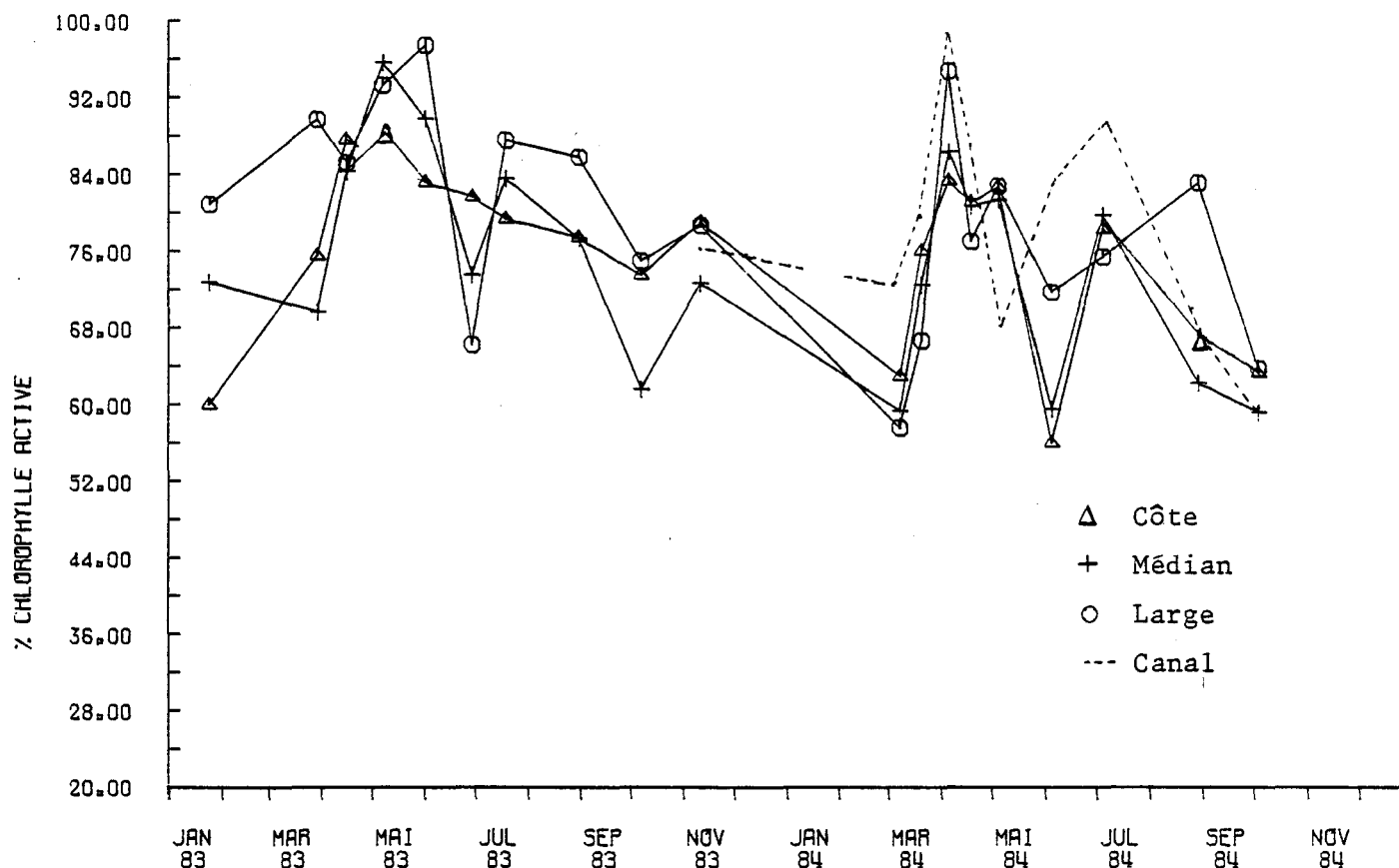


Fig. II.33 : Variations du pourcentage en chlorophylle active aux différents points tous niveaux confondus



#### IV - CONCLUSION

Tous les paramètres étudiés durant ce cycle reflètent les variations saisonnières classiques.

La centrale montre une importante activité l'hiver, suivie d'un léger affaiblissement l'été. Elle crée par injection d'eau décantée de l'avant-port un point côtier moins turbide. Un effort de prélèvement au moment de l'étalement maximal du panache a permis d'échantillonner au point côtier exclusivement l'eau du rejet (6 fois 10) ou faiblement diluée (météorologie défavorable). Les paramètres hydrologiques les plus affectés à cette station sont la température et l'oxygène :

- l'élévation de température maximale enregistrée est 10° 9 et on observe une stratification thermique par temps calme.

- l'effet mécanique important de la centrale provoque soit un dégazage ou un enrichissement en oxygène selon la teneur de saturation avant le transit dans la centrale.



On retrouve aux autres stations l'action des eaux continentales froides l'hiver, et le réchauffement des eaux côtières en été.

Un épuisement précoce (avril) des réserves nutritives provoque un frein de la production primaire. Une dessalure importante en juin se traduit par un apport riche en sels nutritifs. Il se superpose à ceux résultant d'une dégradation organique. Cet enrichissement vient pallier le déficit enregistré en début de printemps et permet un retour à la production estivale classique.

#### BIBLIOGRAPHIE

- DEGROS N., 1985, Techniques océanographiques - Paramètres hydrobiologiques. 41 p.  
Rapport de la Station Marine de Wimereux. In : Techniques océanographiques utilisées sur les sites des centrales nucléaires du littoral de la Manche, IFREMER/SMW/IPL (sous-presse).
- GROSSEL H., 1985, Centrale nucléaire de Gravelines : impact sur la teneur des eaux en chlorophylle (sous-presse).



CHAPITRE III

MICROBIOLOGIE

Etudes et rapport réalisés par  
R. DELESMONT, J.M. DELATTRE et E. LEPERCQ



## 1) INTRODUCTION

L'étude de surveillance écologique du site de Gravelines s'est déroulée pour la cinquième année, sans incidents, du 01/11/83 au 31/10/84, selon les indications du contrat CNEXO/IPL n° 84 /7415: prélèvements hebdomadaires au point "Digue", prélèvements bimensuels aux points "Prise d'eau" et "Rejet".

## 2) MATERIEL ET METHODES

Aucune modification n'est intervenue dans le matériel de prélèvement et les méthodes d'analyses par rapport au contrat précédent. La câble de prélèvement du point "Digue", rompu en mai 1983, a été remis en service au printemps 1984.

## 3) PARAMETRES MESURES

- Température
- Dénombrement des germes totaux en épifluorescence.
- Dénombrement des germes aérobies viables sur gélose 2216E de ZoBell.
- Dénombrement à 37° des vibrions halophiles (N.P.P. à trois tubes par dilution) et identification.
- Dénombrement des *Escherichia coli* et des Streptocoques fécaux en milieu liquide.
- Mesure du potentiel hétérotrophe
- Dosage du chlore total ( méthode à la D.P.D.)
- Dosage des haloformes volatils ( 8 molécules)

## 4) POINT DIGUE

Les résultats hebdomadaires sont portés en annexe sous forme de tableaux et de courbes. Les courbes figurant les résultats en moyennes mensuelles ont été incluses dans le texte, paramètre par paramètre.

Le point digue, situé à 1200m du rejet, a été prélevé 1 heure avant la pleine mer au moment où l'influence de la centrale est la plus grande sur ce point.

Le fonctionnement de la centrale est figuré ci-dessous. On note une activité importante tout au long de l'année. La puissance maximale produite correspond à quatre tranches en fonctionnement. Le débit du canal de rejet atteint l'équivalent de six tranches en aout et septembre. L'échauffement du canal de rejet est alors faible ( 4 à 5°C ).

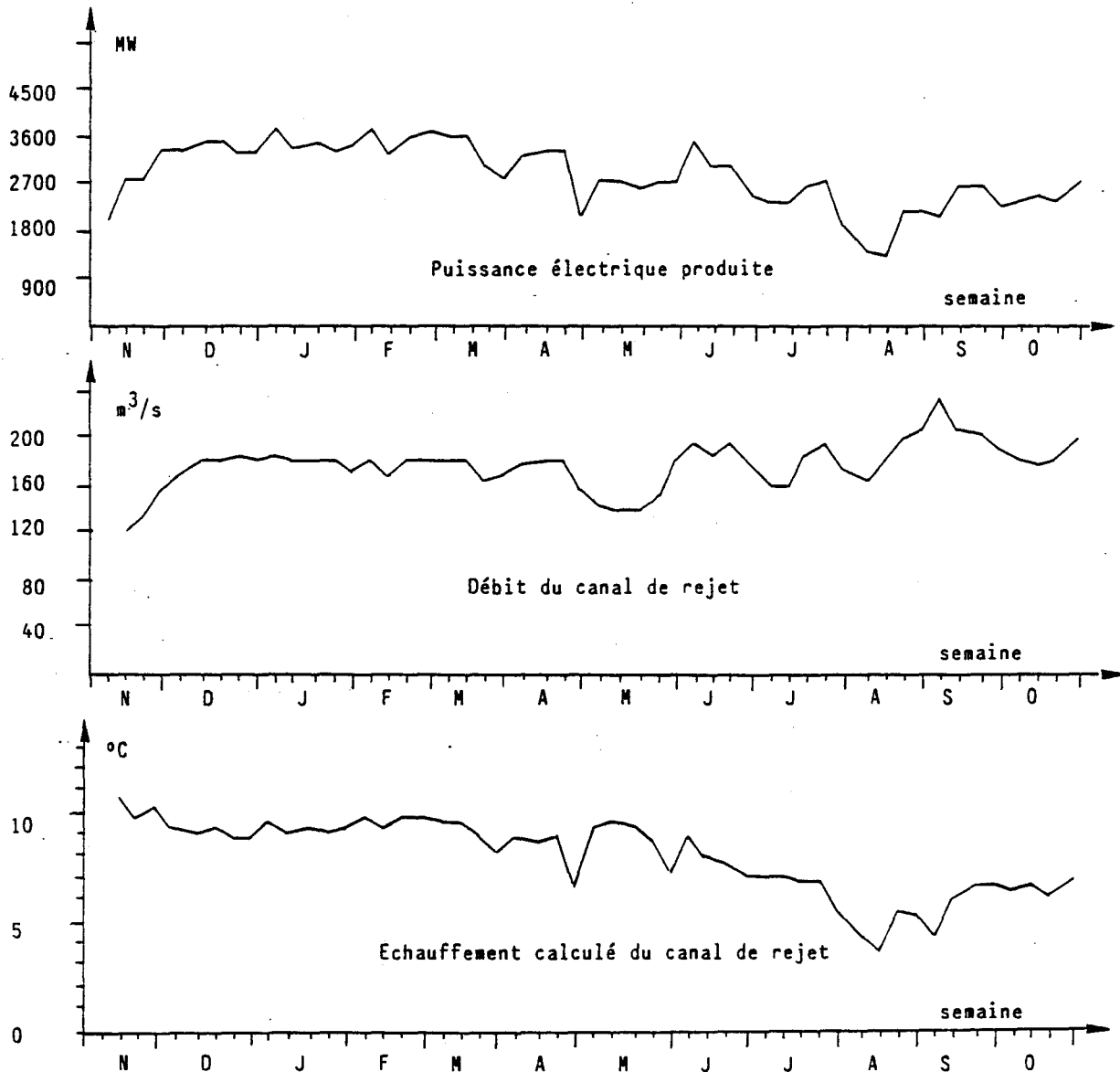


Fig. III. 1 - FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE POUR LA PERIODE 83.84

4 - 1) Température

Moyennes:	1976-79:	10,71 °C
	1979-80:	11,89 °C
	1980-81:	13,30 °C
	1981-82:	13,50 °C
	1982-83:	14,40 °C
	1983-84:	14,32 °C

Pour cette période d'étude, l'élévation de la température moyenne annuelle au point "Digue" est de 3,6 °C par rapport à la période de référence. Cette valeur est pour la première fois légèrement en retrait par rapport à la période précédente (+ 3,7°C) malgré un échauffement important en hiver. Ceci est dû en partie aux faibles échauffements observés en aout et septembre.

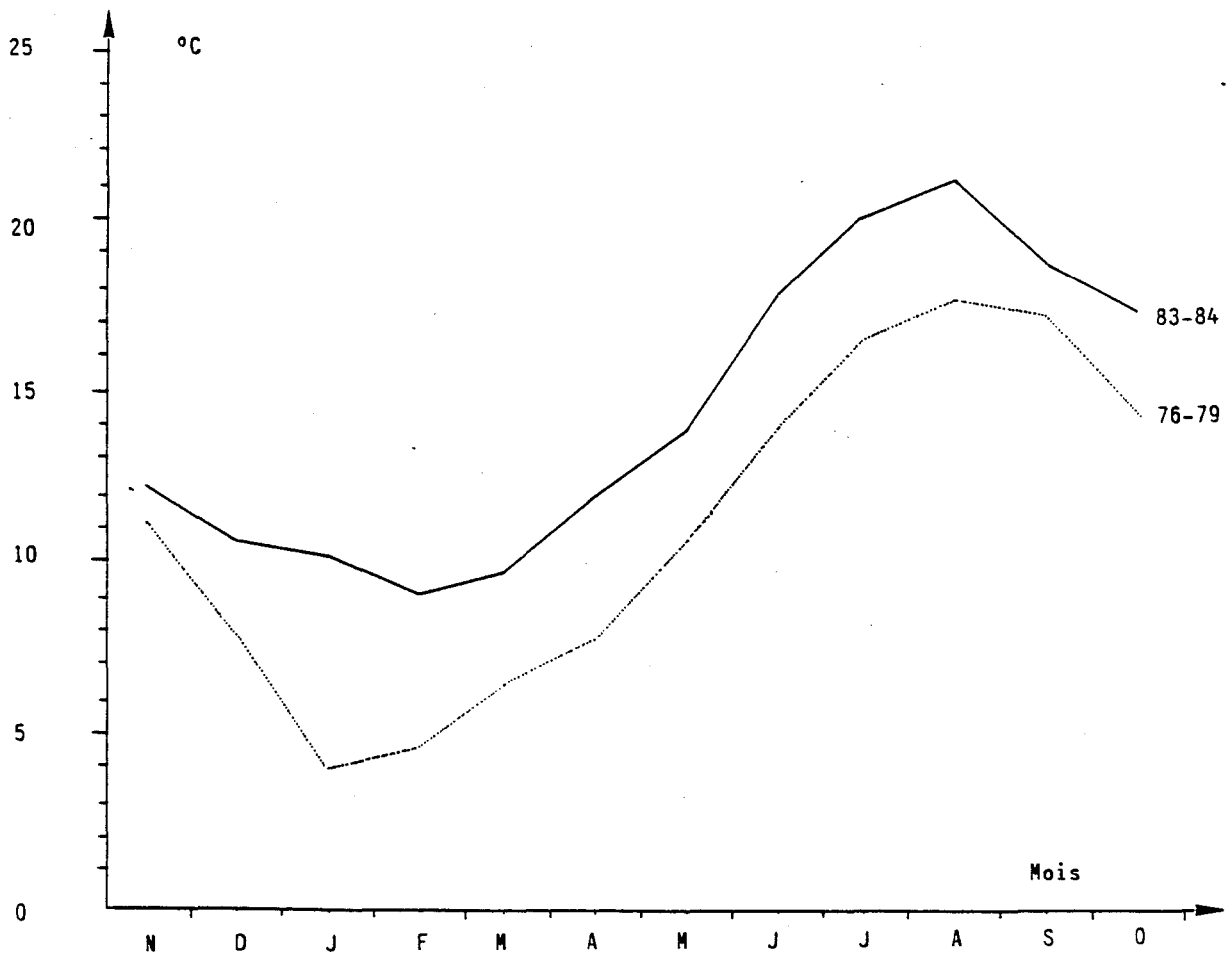


Fig. III. 2 - TEMPERATURE DE L'EAU DE MER

4 - 2) Germes totaux

Moyennes: 1976-79:	$2,0 \cdot 10^6$ /ml
1979-80:	$2,2 \cdot 10^6$ /ml
1980-81:	$2,3 \cdot 10^6$ /ml
1981-82:	$2,1 \cdot 10^6$ /ml
1982-83:	$6,0 \cdot 10^5$ /ml
1983-84:	$9,8 \cdot 10^5$ /ml

Le nombre de germes totaux, qui avait montré une nette diminution lors de la période précédente, s'est rapproché cette année des valeurs habituelles. On note l'absence de creux hivernal marqué, et deux pics d'abondance: le premier, important, en mai-juin et le second, moins net, en aout.

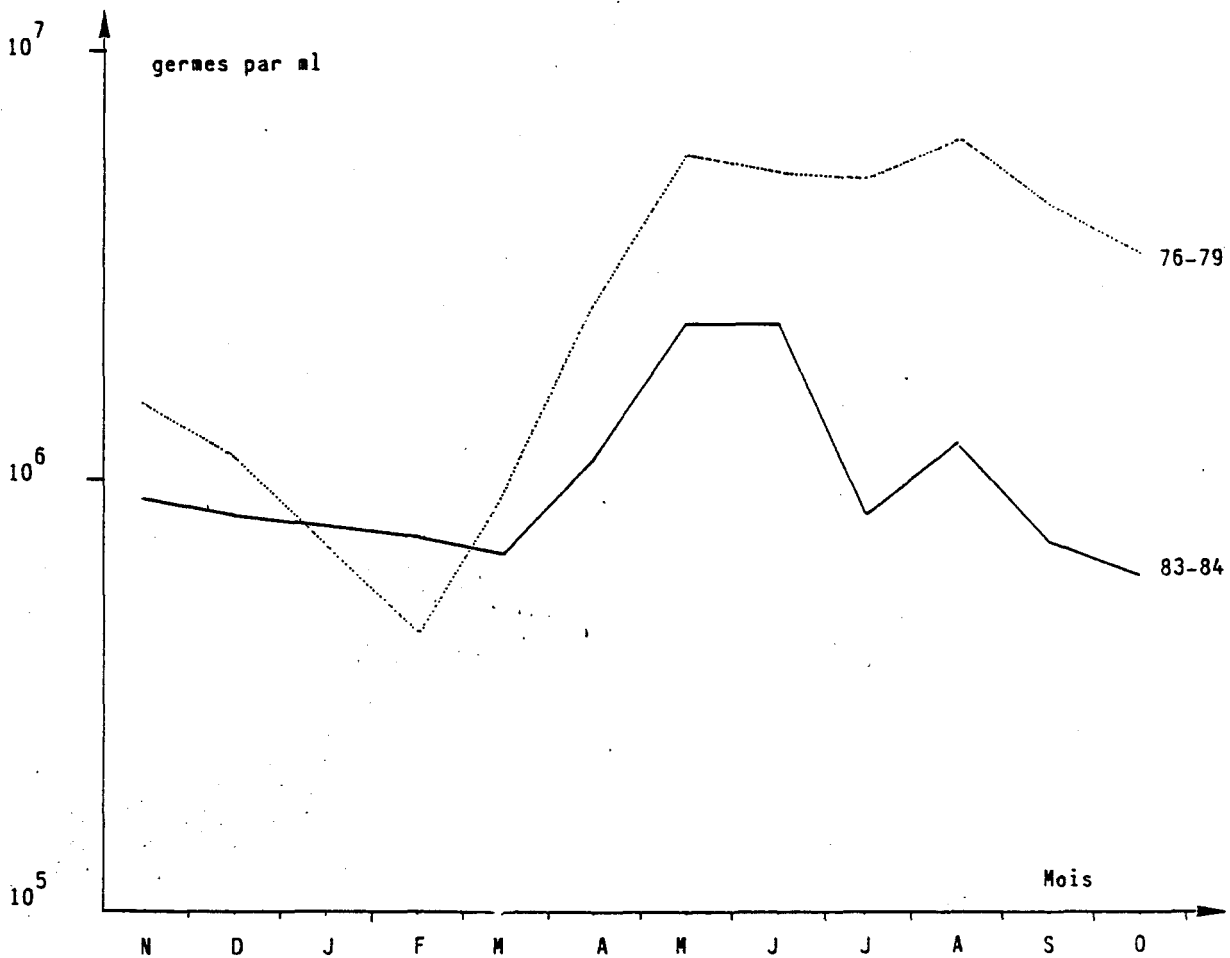


Fig. III. 3 - DENOMBREMENT DES GERMES TOTAUX EN EPIFLUORESCENCE



4 - 3) Germes aérobies viables

Moyennes: 1976-79:  $3,2 \cdot 10^4$  /ml  
 1979-80:  $6,7 \cdot 10^3$  /ml  
 1980-81:  $4,1 \cdot 10^3$  /ml  
 1981-82:  $1,7 \cdot 10^4$  /ml  
 1982-83:  $1,3 \cdot 10^4$  /ml  
 1983-84:  $3,9 \cdot 10^4$  /ml

La période 1983-84 confirme le retour à des nombres de germes aérobies viables voisins de ceux notés lors de la période de référence (76-79). Ceci confirme la tendance observée durant le second semestre 1983. Le nombre moyen obtenu est même légèrement supérieur à la référence grâce à un pic printanier correspondant à celui du nombre total de germes en épifluorescence. L'influence de la chloration n'est pas mise en évidence.

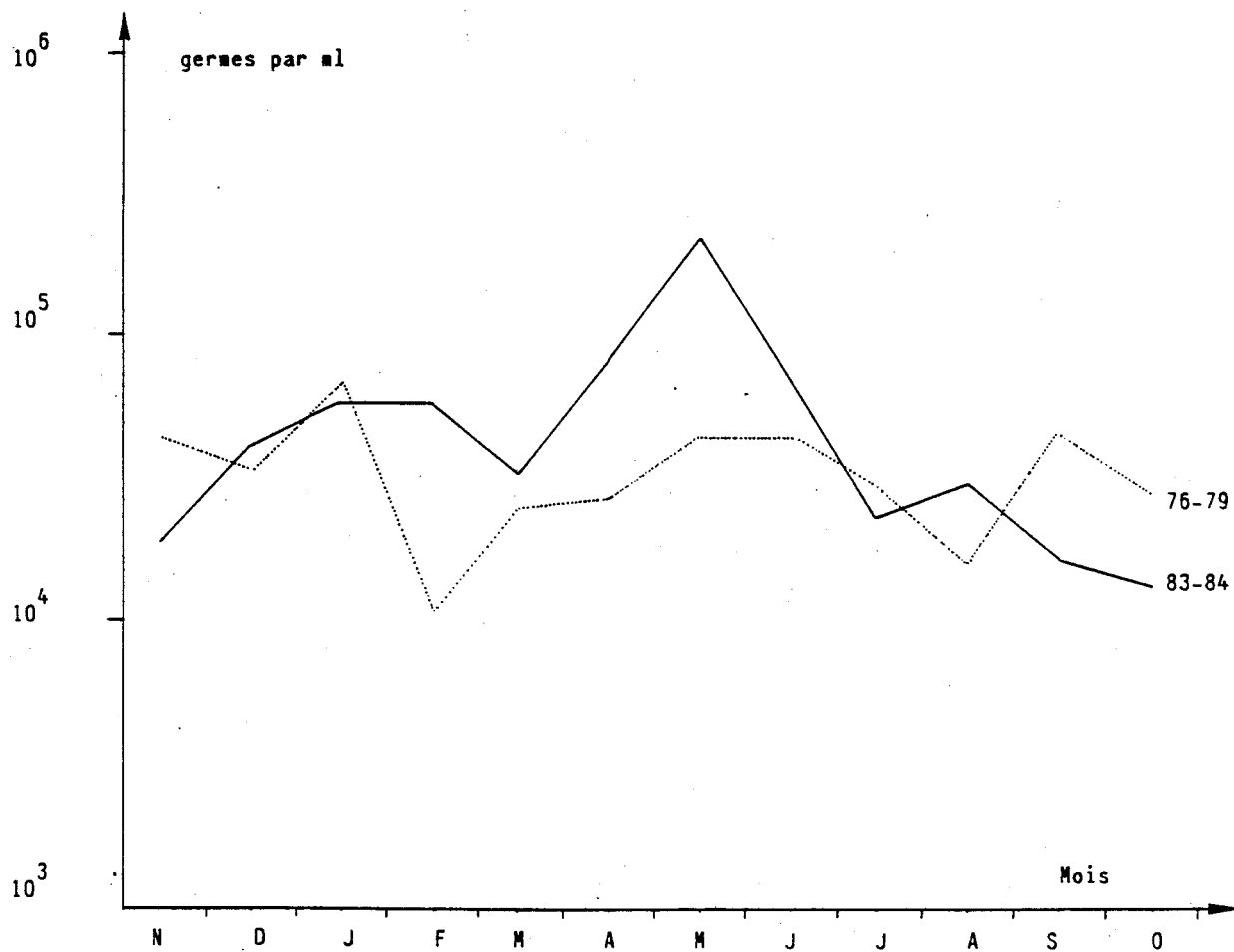


Fig. III. 4 - DENOMBREMENT DES GERMES AEROBIES VIBLES SUR GELOSE 2216E DE ZOBELL

4 - 4) Vibrions halophiles à 37°C

Comme lors des périodes précédentes, les concentrations maximales atteintes sont de l'ordre de  $10^5$  /litre soit 100 fois environ les maxima de la période de référence. On note cette année une baisse importante du nombre de vibrions en septembre.

Moyenne	1976-79:	5 /litre
annuelle:	1979-80:	8 / litre
	1980-81:	36 / litre
	1981-82:	175 / litre
	1982-83:	303 / litre
	1983-84:	164 / litre

La valeur moyenne est plus faible que lors de la période précédente il faut y voir l'influence du faible échauffement de l'eau en aout et septembre associé à un débit important. Les concentrations en vibrions halophiles sont, cette année encore, fortement corrélées avec la température de l'eau.

$$\log (\text{vibrions} / \text{litre}) = 0,266 \theta - 1,591$$

( r = 0,834 ; 52 valeurs)

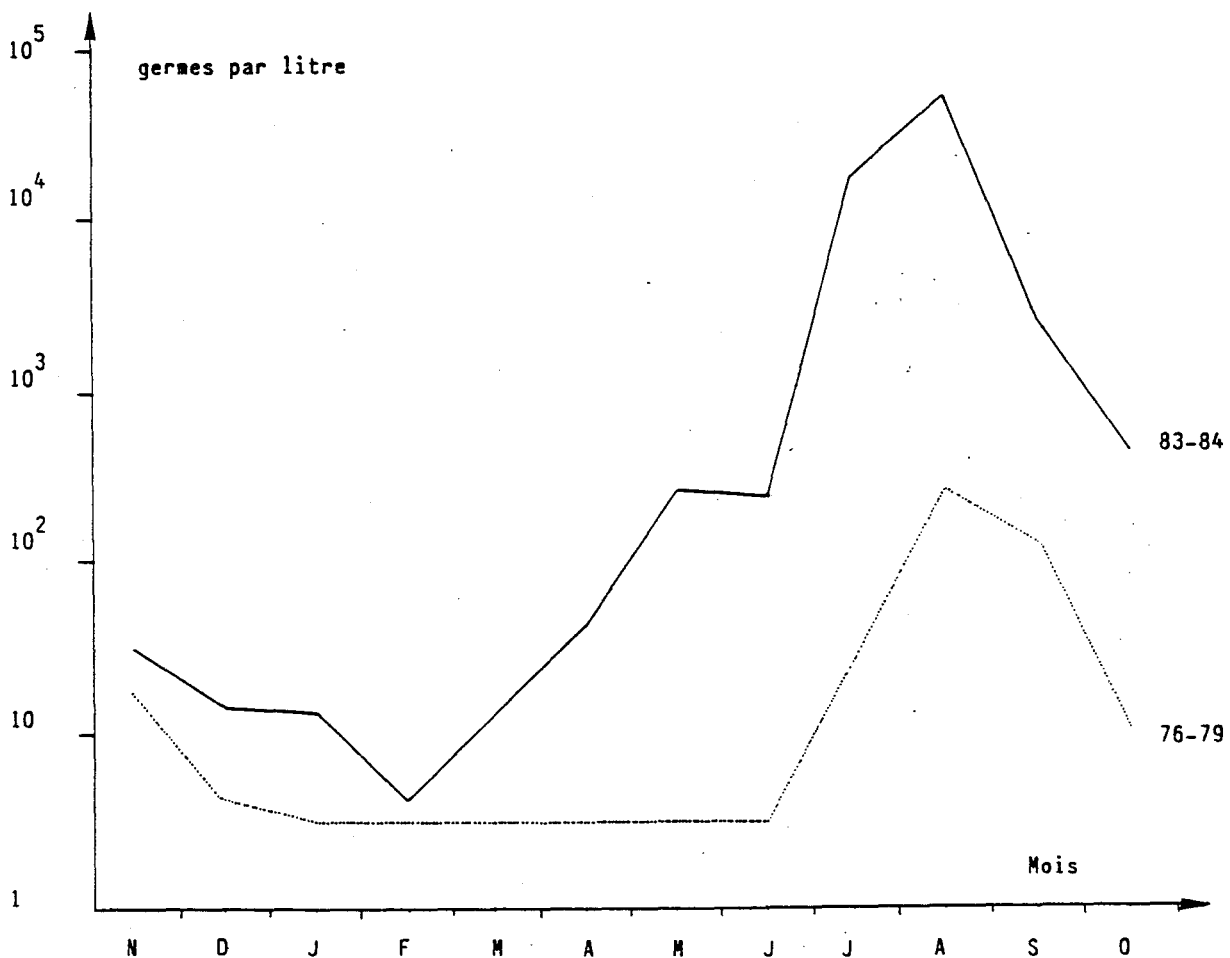


Fig. III. 5 - DENOMBREMENT DES VIBRIONS HALOPHILES

4 - 5) Pollution fécale

Les mesures réalisées montrent à nouveau une faible pollution fécale du site.

Valeurs moyennes: *Escherichia coli*: 15 / 100ml

Streptocoques fécaux: 10 / 100ml

Comme il avait été noté lors des périodes d'étude précédentes, la pollution en *E.coli* est corrélée négativement avec la température ( $r = 0,437$  ; 52 valeurs). Des valeurs très faibles, proches du seuil de détection sont relevées de mars à aout 1984.

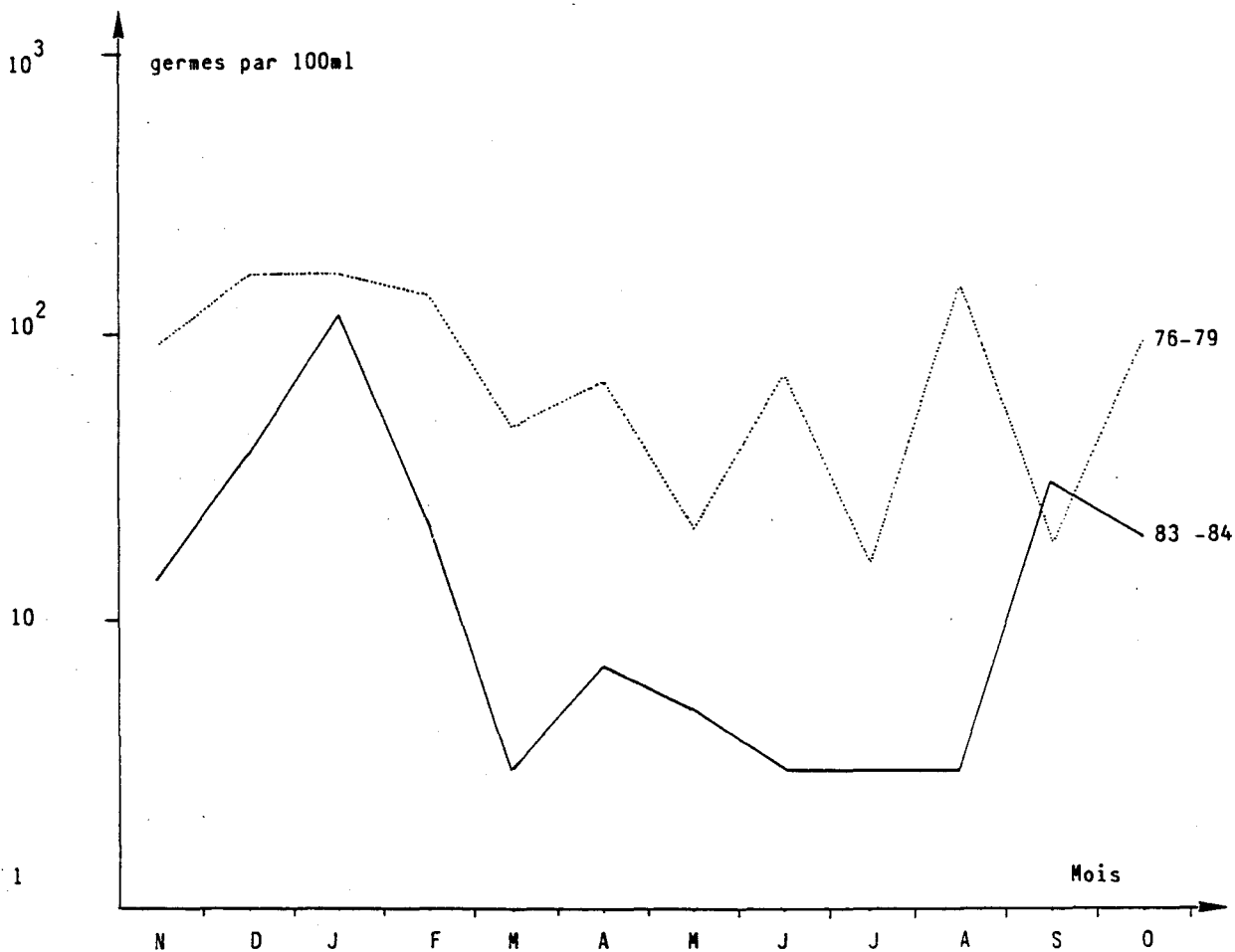


Fig. III. 6 - DENOMBREMENT DES ESCHERICHIA COLI

#### 4 - 6) Activité bactérienne

Durant toute la période étudiée, aucun blocage de la production hétérotrophe n'est observé, ce qui traduit l'absence de chlore résiduel au point "Digue".

Moyennes: 1976-79: 0,15  $\mu\text{g} / \text{l.h}$

1979-80: 0,20  $\mu\text{g} / \text{l.h}$

1980-81: 0,19  $\mu\text{g} / \text{l.h}$

1981-82: 0,14  $\mu\text{g} / \text{l.h}$

1982-83: 0,39  $\mu\text{g} / \text{l.h}$

1983-84: 0,16  $\mu\text{g} / \text{l.h}$

On note cette année une activité très voisine de celle observée pendant la période de référence avec une faible activité hivernale.

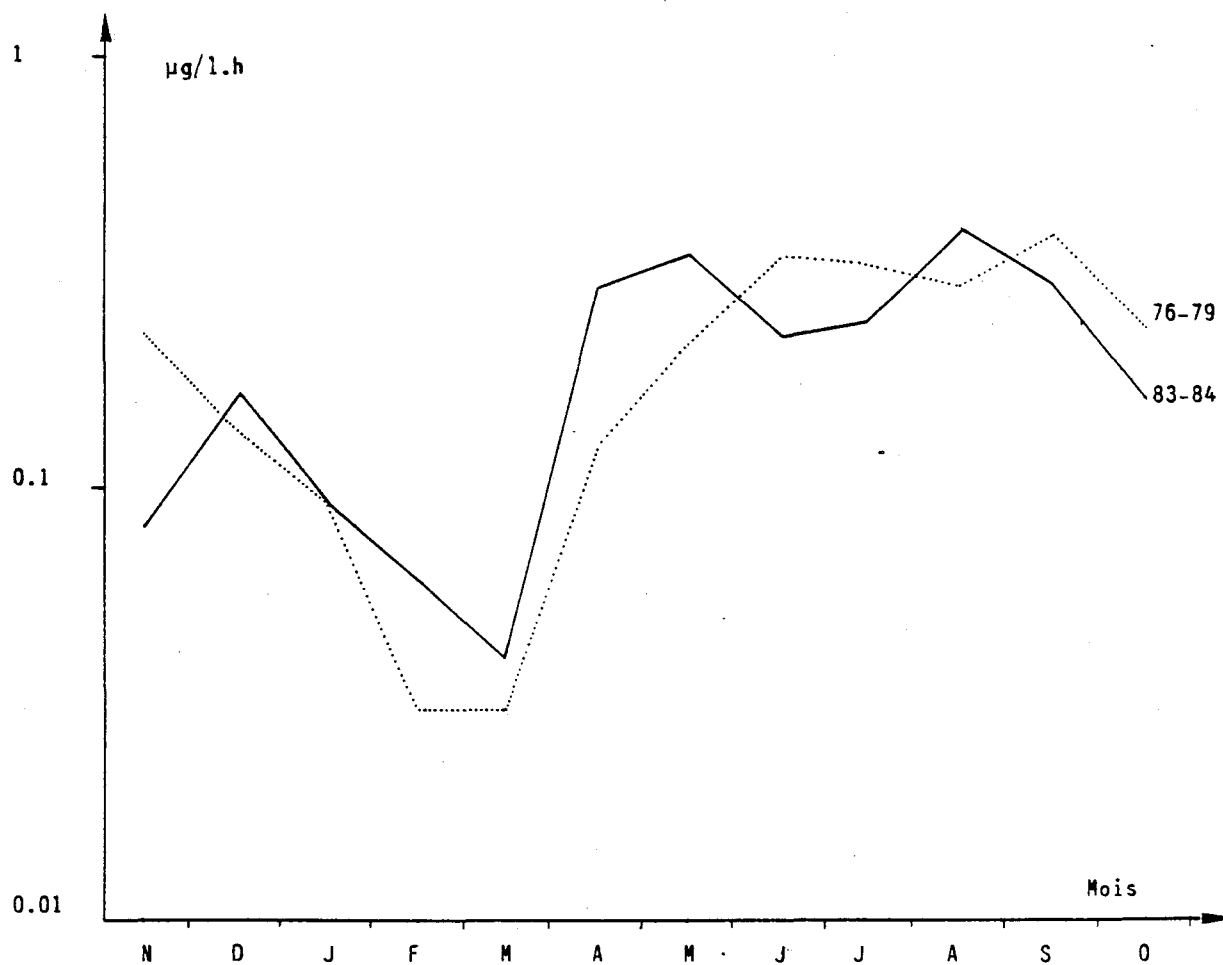


Fig. III. 7 - ACTIVITE HETEROTROPHE ( $V_m$ )

4 - 7) Chlore et haloformes volatils

Comme les années précédentes, les dosages de chlore résiduel au point "Digue" se sont tous avérés négatifs au seuil de 0,05 mg / litre.

La chloration est cependant mise en évidence par la présence des haloformes volatils, composés issus de la réaction de l'oxydant sur les matières organiques de l'eau de mer. Le bromoforme est le plus abondant de ces composés. Il est détecté en novembre et, de fin avril à octobre. Les doses mesurées varient de 1,1 à 19,2  $\mu\text{g}$  / litre, soit des valeurs plus importantes que lors des cycles précédents.

Les molécules suivantes n'ont pas été mises en évidence aux seuils indiqués (elles ne sont d'ailleurs pas des sous-produits de la chloration en eau de mer).

$\text{CCl}_2 = \text{CH}_2$	:	0,5 $\mu\text{g}$ / litre
$\text{CCl}_4$	:	0,01 $\mu\text{g}$ / litre
$\text{C}_2\text{Cl}_4$	:	0,5 $\mu\text{g}$ / litre
$\text{CHCl}_3$	:	0,5 $\mu\text{g}$ / litre
$\text{C}_2\text{HCl}_3$	:	0,03 $\mu\text{g}$ / litre

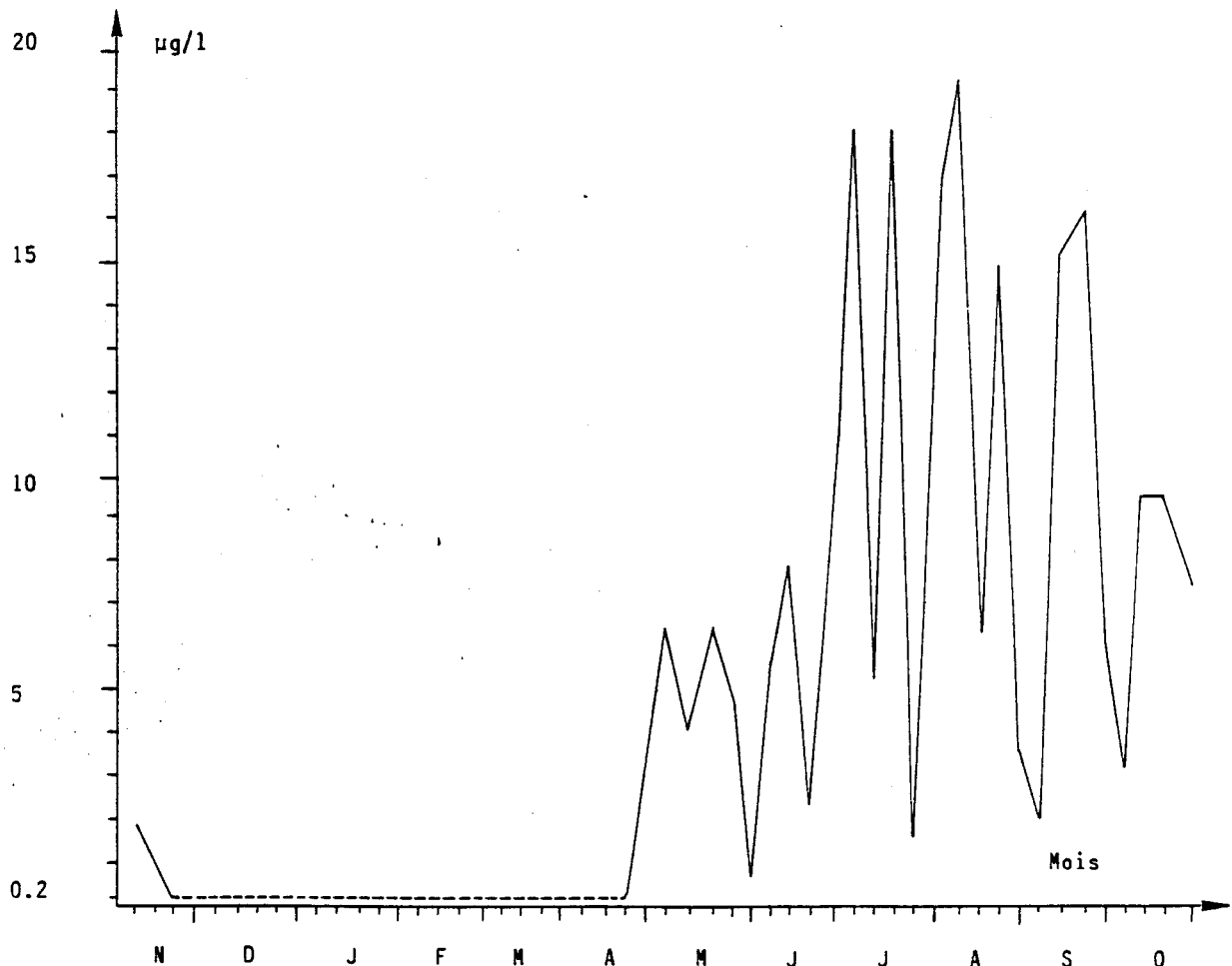


Fig. III. 8 - DOSAGE DU BROMOFORME

4 - 8) Relations entre paramètres

Les relations entre les divers paramètres de cette étude sont schématisées par la figure ci-dessous.

La relation la plus forte est, comme lors des études antérieures, celle qui lie la température de l'eau au nombre de vibrions halophiles.

Les variations des nombres de germes totaux et viables sont peu liées aux autres paramètres. Une seule relation est significative: celle reliant les germes totaux à l'activité bactérienne hétérotrophe.

En ce qui concerne la pollution fécale; les coliformes totaux sont très liés aux *Escherichia coli* alors que les Streptocoques fécaux se comportent différemment.

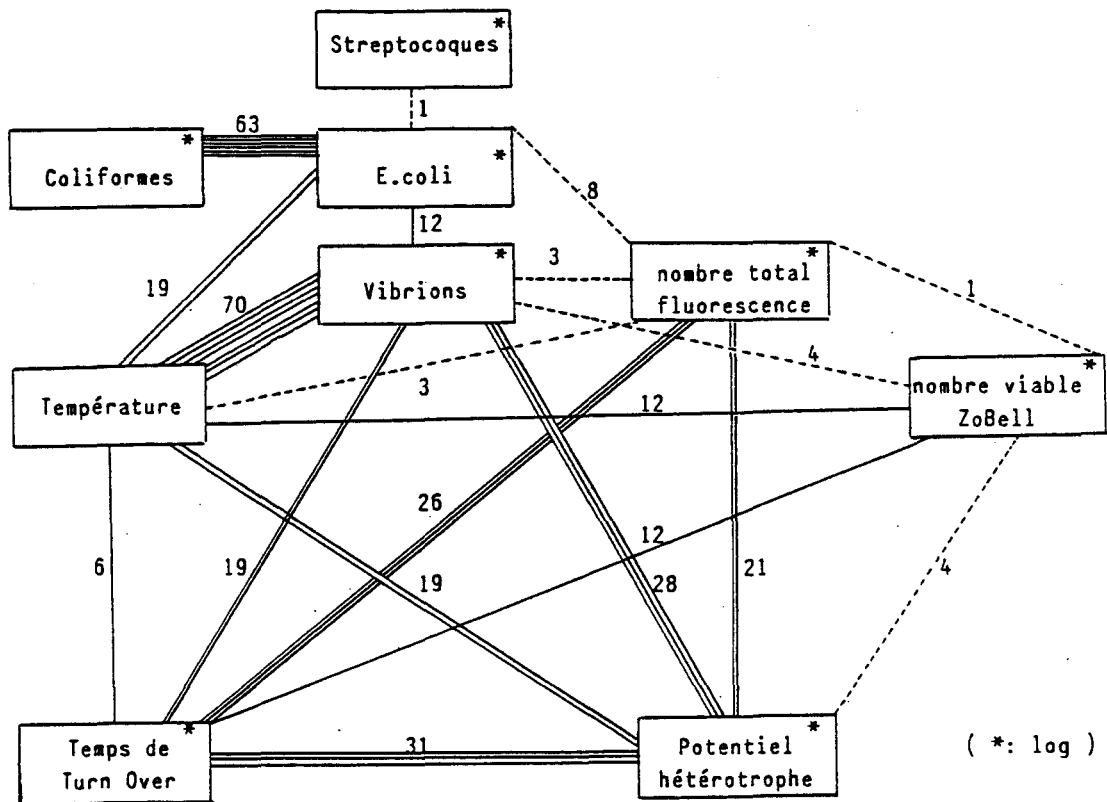


Fig. III. 9 - POURCENTAGE DE VARIATIONS LIEES 1983-84

## 5) PRISE D'EAU ET REJET

Ces deux points sont suivis avec une périodicité bimestrielle, beaucoup plus faible que celle du point "Digue", ce qui, compte tenu de la variabilité des mesures, rend difficiles les comparaisons.

### 5 - 1) Prise d'eau

Par rapport au point "Digue" on peut avancer les remarques suivantes:

- Température plus faible
- Nombres de germes totaux et viables légèrement moins importants
- Vibrions halophiles moins abondants
- Pollution fécale plus faible
- Bromoforme présent en période de chloration mettant en évidence un léger recyclage de l'eau de refroidissement

### 5 - 2) Rejet

Egalement par rapport au point "Digue", on peut formuler les remarques suivantes:

- Absence de chlore résiduel total au seuil de 0,05mg/l
- Température plus élevée
- Nombres de germes totaux et viables plus élevés
- Vibrions halophiles plus abondants
- Pollution fécale plus faible (légèrement plus faible également que pour la "Prise d'eau")
- Bromoforme présent en quantité plus élevée .

## 6) CONCLUSION

Cette étude confirme les résultats acquis lors des études antérieures pour le point "Digue":

- Absence de chlore résiduel
- Aucune modification importante, dans la microflore totale et son activité vis à vis du glucose, n'est enregistrée.

- Les vibrions halophiles cultivables à 37°C ( ici *Vibrio alginolyticus* ) profitent de l'échauffement de l'eau en toutes saisons. Des valeurs 100 fois plus élevées qu'en période de référence sont notées en été.
- Le bromoforme est détecté en période de chloration, il en est un excellent traceur.

Le cycle étudié ( 1983-84 ) est marqué par un fonctionnement important de la centrale: la production thermique est rarement descendue en dessous de 2000 MW ( 3 semaines ).

On note cette année, pour la première fois, un léger recul dans les concentrations en vibrions halophiles.

Une explication possible réside dans le fait que, cette année, les mois d'aout et septembre ont été marqués par un échauffement faible du canal de rejet ( 4 à 5°C ) associé à un temps de transit plus court ( pompage sur 5 à 6 tranches ).



7) ANNEXES ET TABLEAUX

a) Tableaux

b) Figures correspondant aux données  
hebdomadaires au point "Digue"

Date	Temp. (°C)	Coeff. marée	Nb total fluo. (/ml)	Nb total ZoBell (/ml)	E.coli (/100ml)	Strepto.f. (/100ml)	Vibrions (/litre)	Potentiel hétérotrophe				Chlore (mg/l)
								Coeff. corr.	% resp.	Vm (µg/l.h)	Bo (heure)	
1983												
02.11	14°5	78	9.5 10 <sup>5</sup>	9.5 10 <sup>3</sup>	9	23	15	0.88	42	0.09	435	0
08.11	14°9	83	8.1 10 <sup>5</sup>	1.8 10 <sup>4</sup>	9	< 3	230	0.98	38	0.03	240	0
16.11	09°9	51	9.5 10 <sup>5</sup>	2.2 10 <sup>4</sup>	23	9	23	0.84	22	0.37	159	0
21.11	09°5	92	8.6 10 <sup>5</sup>	3.0 10 <sup>4</sup>	23	43	15	0.83	23	0.05	94	0
01.12	10°7	73	9.0 10 <sup>5</sup>	3.5 10 <sup>4</sup>	23	240	43	0.96	33	0.08	194	0
07.12	13°1	78	7.7 10 <sup>5</sup>	3.6 10 <sup>4</sup>	43	9	15	-	18	-	270	0
15.12	07°8	46	8.2 10 <sup>5</sup>	7.8 10 <sup>4</sup>	93	460	7	0.79	29	0.08	1363	0
20.12	10°6	88	9.8 10 <sup>5</sup>	3.8 10 <sup>4</sup>	43	93	7	0.94	23	0.61	332	0
29.12	11°2	59	6.9 10 <sup>5</sup>	2.8 10 <sup>4</sup>	23	21	15	-	-	-	-	0
1984												
02.01	12°0	75	7.1 10 <sup>5</sup>	5.0 10 <sup>4</sup>	15	43	7	0.97	30	0.11	214	0
09.01	11°7	57	7.2 10 <sup>5</sup>	6.0 10 <sup>4</sup>	93	43	4	0.96	22	0.07	151	0
16.01	08°3	63	8.7 10 <sup>5</sup>	7.3 10 <sup>4</sup>	460	460	43	0.94	30	0.18	107	0
23.01	08°5	87	8.1 10 <sup>5</sup>	4.7 10 <sup>4</sup>	93	93	7	0.98	18	0.11	103	0
30.01	10°6	57	7.8 10 <sup>5</sup>	6.4 10 <sup>4</sup>	460	43	43	0.98	28	0.04	75	0
06.02	11°9	75	8.4 10 <sup>5</sup>	1.2 10 <sup>5</sup>	150	240	28	0.93	24	0.19	297	0
14.02	09°0	55	4.3 10 <sup>5</sup>	3.3 10 <sup>4</sup>	3	9	4	0.90	27	0.02	553	0
20.02	09°2	107	8.5 10 <sup>5</sup>	4.0 10 <sup>4</sup>	23	4	< 3	0.94	22	0.06	115	0
28.02	06°3	50	9.8 10 <sup>5</sup>	7.2 10 <sup>4</sup>	23	93	< 3	0.95	20	0.05	177	0

Tableau III . 1 : RESULTATS DES MESURES HEBDOMADAIRES AU POINT DIGUE

Date	Temp. (°C)	Coeff. marée	Nb total fluo. (/ml)	Nb total ZoBell (/ml)	E.coli (/100ml)	Strepto.f. (/100ml)	Vibrions (/litre)	Potentiel hétérotrophe				Chlore (mg/l)
								Coeff. corr.	% resp.	Vm (µg/l.h)	Bo (heure)	
05.03	10°1	88	7.9 10 <sup>5</sup>	1.7 10 <sup>4</sup>	7	23	< 3	0.95	13	0.04	113	0
14.03	09°4	53	6.2 10 <sup>5</sup>	2.1 10 <sup>4</sup>	9	23	< 3	0.99	20	0.03	148	0
19.03	09°3	117	6.2 10 <sup>5</sup>	4.7 10 <sup>4</sup>	9	15	4	0.94	25	0.05	182	0
28.03	09°9	46	7.0 10 <sup>5</sup>	6.5 10 <sup>4</sup>	43	4	< 3	-	-	-	-	0
03.04	11°8	89	1.0 10 <sup>6</sup>	2.9 10 <sup>4</sup>	93	< 3	150	0.99	28	0.16	15	0
11.04	10°6	43	1.1 10 <sup>6</sup>	6.0 10 <sup>4</sup>	23	23	93	0.78	34	0.31	11	0
18.04	13°2	104	1.2 10 <sup>6</sup>	2.1 10 <sup>5</sup>	< 3	< 3	< 3	0.90	39	0.46	17	0
25.04	12°2	35	1.3 10 <sup>6</sup>	1.2 10 <sup>5</sup>	< 3	3	240	0.91	35	0.29	31	0
03.05	15°5	85	1.7 10 <sup>6</sup>	1.2 10 <sup>5</sup>	4	29	240	0.96	42	0.47	40	0
10.05	12°8	51	2.3 10 <sup>6</sup>	2.3 10 <sup>5</sup>	< 3	< 3	240	1.00	28	0.50	19	0
17.05	14°3	92	2.6 10 <sup>6</sup>	1.7 10 <sup>5</sup>	4	4	240	0.98	27	0.53	26	0
24.05	14°5	38	2.4 10 <sup>6</sup>	2.2 10 <sup>5</sup>	15	200	240	0.77	39	0.26	11	0
29.05	11°8	75	2.4 10 <sup>6</sup>	3.6 10 <sup>5</sup>	15	1100	460	0.80	12	0.17	11	0
08.06	16°3	59	2.5 10 <sup>6</sup>	1.4 10 <sup>5</sup>	7	11	23	0.99	25	0.28	33	0
12.06	17°3	84	2.1 10 <sup>6</sup>	4.0 10 <sup>4</sup>	< 3	23	150	0.90	25	0.16	45	0
21.06	17°6	46	2.3 10 <sup>6</sup>	5.5 10 <sup>4</sup>	9	< 3	1100	0.94	32	0.17	67	0
26.06	19°9	60	2.5 10 <sup>6</sup>	7.3 10 <sup>4</sup>	< 3	< 3	1100	0.97	22	0.29	50	0

Tableau III .1 (suite): RESULTATS DES MESURES HEBDOMADAIRES AU POINT DIGUE

Date	Temp. (°C)	Coeff. marée	Nb total fluo. (/ml)	Nb total ZoBell (/ml)	E.coli (/100ml)	Strepto.f. (/100ml)	Vibrions (/litre)	Potentiel hétérotrophe				Chlore (mg/l)
								Coeff. corr.	% resp.	Vm (µg/l.h)	Bo (heure)	
02.07	20°5	84	1.2 10 <sup>6</sup>	2.0 10 <sup>4</sup>	9	< 3	2400	0.80	27	0.35	81	0
11.07	18°2	69	6.9 10 <sup>5</sup>	3.9 10 <sup>4</sup>	4	23	240 000	0.99	24	0.29	37	0
16.07	22°3	74	7.9 10 <sup>5</sup>	1.6 10 <sup>4</sup>	< 3	< 3	2400	0.90	28	0.08	140	0
24.07	17°6	45	6.8 10 <sup>5</sup>	2.8 10 <sup>4</sup>	< 3	4	46 000	0.99	30	0.26	14	0
31.07	21°3	98	8.5 10 <sup>5</sup>	1.8 10 <sup>4</sup>	4	93	20 000	0.86	21	0.41	42	0
08.08	19°7	52	8.8 10 <sup>5</sup>	1.5 10 <sup>4</sup>	20	3	4600	0.89	21	0.10	348	0
13.08	20°2	80	1.3 10 <sup>6</sup>	1.3 10 <sup>5</sup>	< 3	93	24 000	0.92	26	1.23	53	0
23.08	21°9	44	1.1 10 <sup>6</sup>	3.9 10 <sup>4</sup>	< 3	93	460 000	0.99	22	0.55	44	0
28.08	22°4	108	1.4 10 <sup>6</sup>	1.1 10 <sup>4</sup>	< 3	4	110 000	0.97	18	0.37	76	0
05.09	18°3	39	6.8 10 <sup>5</sup>	2.1 10 <sup>4</sup>	11	9	24 000	1.00	01	0.69	12	0
11.09	19°5	85	8.2 10 <sup>5</sup>	3.0 10 <sup>4</sup>	43	< 3	11 000	0.96	18	0.33	48	0
20.09	19°6	34	6.9 10 <sup>5</sup>	1.2 10 <sup>3</sup>	43	< 3	200	0.98	15	0.33	342	0
27.09	17°6	116	7.0 10 <sup>5</sup>	8.5 10 <sup>3</sup>	43	< 3	750	1.00	10	0.11	67	0
04.10	15°7	34	6.4 10 <sup>5</sup>	8.5 10 <sup>3</sup>	4	4	350	0.83	11	0.16	87	0
10.10	18°1	86	4.7 10 <sup>5</sup>	8.5 10 <sup>3</sup>	4	3	210	0.91	14	0.17	67	0
15.10	18°8	66	5.1 10 <sup>5</sup>	7.7 10 <sup>4</sup>	23	4	210	0.99	18	0.02	492	0
23.10	16°7	97	8.7 10 <sup>5</sup>	5.2 10 <sup>4</sup>	460	93	2400	0.98	28	1.17	21	0

Tableau III .1 (suite) : RESULTATS DES MESURES HEBDOMADAIRES AU POINT DIGUE

Date	Temp. (°C)	Coeff. marée	Nb total fluo. (/ml)	Nb total ZoBell (/ml)	E.coli (/100ml)	Strepto.f. (/100ml)	Vibrions (/litre)	Potentiel hétérotrophe				Chlore (mg/l)
								Coeff. corr.	% resp.	Vm (µg/l.h)	Bo (heure)	
Canal d'amenée												
1983												
02.11	13°1	78	8.2 10 <sup>5</sup>	5.2 10 <sup>3</sup>	9	4	4	0.83	-886	0.07	279	0
1984												
30.01	07°8	57	4.2 10 <sup>5</sup>	2.2 10 <sup>4</sup>	43	23	7	0.99	23	0.02	488	0
14.03	06°0	53	4.3 10 <sup>5</sup>	2.3 10 <sup>4</sup>	9	9	< 1	1.00	13	0.01	1258	0
12.06	13°0	84	1.5 10 <sup>6</sup>	1.1 10 <sup>5</sup>	3	3	23	0.74	19	0.62	259	0
08.08	18°4	52	9.6 10 <sup>5</sup>	1.8 10 <sup>4</sup>	9	4	240	0.98	22	0.29	40	0
23.10	14°0	97	9.2 10 <sup>5</sup>	1.6 10 <sup>4</sup>	43	15	150	0.98	24	0.11	22	0
Canal de rejet												
1984												
30.01	13°4	57	1.0 10 <sup>6</sup>	4.4 10 <sup>4</sup>	93	210	23	0.99	27	0.07	352	0
14.03	15°2	53	7.1 10 <sup>5</sup>	1.7 10 <sup>4</sup>	4	93	1	0.85	29	0.04	73	0
12.06	21°2	84	2.6 10 <sup>6</sup>	9.8 10 <sup>4</sup>	23	93	1100	0.97	26	0.14	20	0
08.08	20°3	52	1.1 10 <sup>6</sup>	8.3 10 <sup>4</sup>	3	4	110 000	0.90	30	0.46	488	0
23.10	20°2	97	1.2 10 <sup>6</sup>	4.4 10 <sup>4</sup>	9	43	2800	0.98	15	0.99	358	0

Tableau III . 2 : RESULTATS DES MESURES AU CANAL D'AMENEE ET AU CANAL DE REJET

Tableau III. 3 - DOSAGE DES HALOFORMES VOLATILS AU POINT DIGUE

DATE	CHCl <sub>2</sub> Br* µg/l	CHClBr <sub>2</sub> µg/l	CHBr <sub>3</sub> µg/l	DATE	CHCl <sub>2</sub> Br* µg/l	CHClBr <sub>2</sub> µg/l	CHBr <sub>3</sub> µg/l
02.11.83	< 0.03	< 0.03	1.8	03.05.84	< 0.03	0.15	6.4
08.11.83	"	"	1.1	10.05.84	"	0.10	4.1
16.11.83	"	"	< 0.2	17.05.84	"	0.26	6.4
21.11.83	"	"	"	24.05.84	"	0.15	4.6
01.12.83	"	"	"	29.05.84	"	< 0.03	0.7
07.12.83	"	"	"	08.06.84	"	0.15	4.6
15.12.83	"	"	"	12.06.84	"	0.26	7.8
20.12.83	"	"	"	21.06.84	"	0.05	2.3
29.12.83	"	"	"	26.06.84	"	0.09	7.5
02.01.84	"	"	"	02.07.84	"	0.26	18.1
09.01.84	"	"	"	11.07.84	"	0.09	5.3
16.01.84	"	"	"	16.07.84	"	0.35	18.1
23.01.84	"	"	"	24.07.84	"	< 0.03	1.6
30.01.84	"	"	"	31.07.84	"	0.26	14.9
06.02.84	"	"	"	08.08.84	"	0.35	19.2
14.02.84	"	"	"	13.08.84	"	0.17	6.4
20.02.84	"	"	"	23.08.84	"	0.22	14.9
28.02.84	"	"	"	28.08.84	"	< 0.03	4.3
05.03.84	"	"	"	05.09.84	"	"	2.1
14.03.84	"	"	"	11.09.84	"	0.17	14.9
19.03.84	"	"	"	20.09.84	"	0.17	16.0
28.03.84	"	"	"	27.09.84	"	0.17	7.5
03.04.84	"	"	"	04.10.84	"	< 0.03	3.2
11.04.84	"	"	"	10.10.84	"	0.17	9.6
18.04.84	"	"	"	15.10.84	"	0.22	9.6
25.04.84	"	"	"	23.10.84	"	0.09	7.5

\* non séparé du trichloréthylène

	CHCl <sub>2</sub> Br <sup>*</sup> µg/l	CHBr <sub>2</sub> Cl µg/l	CHBr <sub>3</sub> µg/l
PRISE D'EAU			
02.11.83	< 0.03	< 0.03	0.4
30.01.84	"	"	< 0.2
14.03.84	"	"	"
12.06.84	"	"	0.3
08.08.84	"	"	3.2
23.10.84	"	"	1.1
REJET			
30.01.84	< 0.03	< 0.03	< 0.2
14.03.84	"	"	"
12.06.84	"	0.41	12.8
08.08.84	"	0.52	21.3
23.10.84	"	0.17	12.8

\* non séparé du trichloréthylène

Tableau III. 4 - DOSAGE DES HALOFORMES VOLATILS AUX POINTS "PRISE D'EAU" ET "REJET"

	Temp. (°C)	E.coli (./100ml)	Bo (h)	Vm (µg/l.h)	Vibrions (./l)	ZoBell (./ml)	Fluo. (./ml)
Température	1.000	0.437	0.249	0.438	0.834	0.344	0.166
E.coli		1.000	0.246	0.373	0.343	0.076	0.279
Temps de turn over (Bo)			1.000	0.561	0.439	0.346	0.508
Vm				1.000	0.533	0.204	0.454
Vibrions					1.000	0.202	0.171
ZoBell						1.000	0.110
Fluorescence							1.000

( valeur log sauf température)

Tableau III. 5 - COEFFICIENTS DE CORRELATION ENTRE PARAMETRES

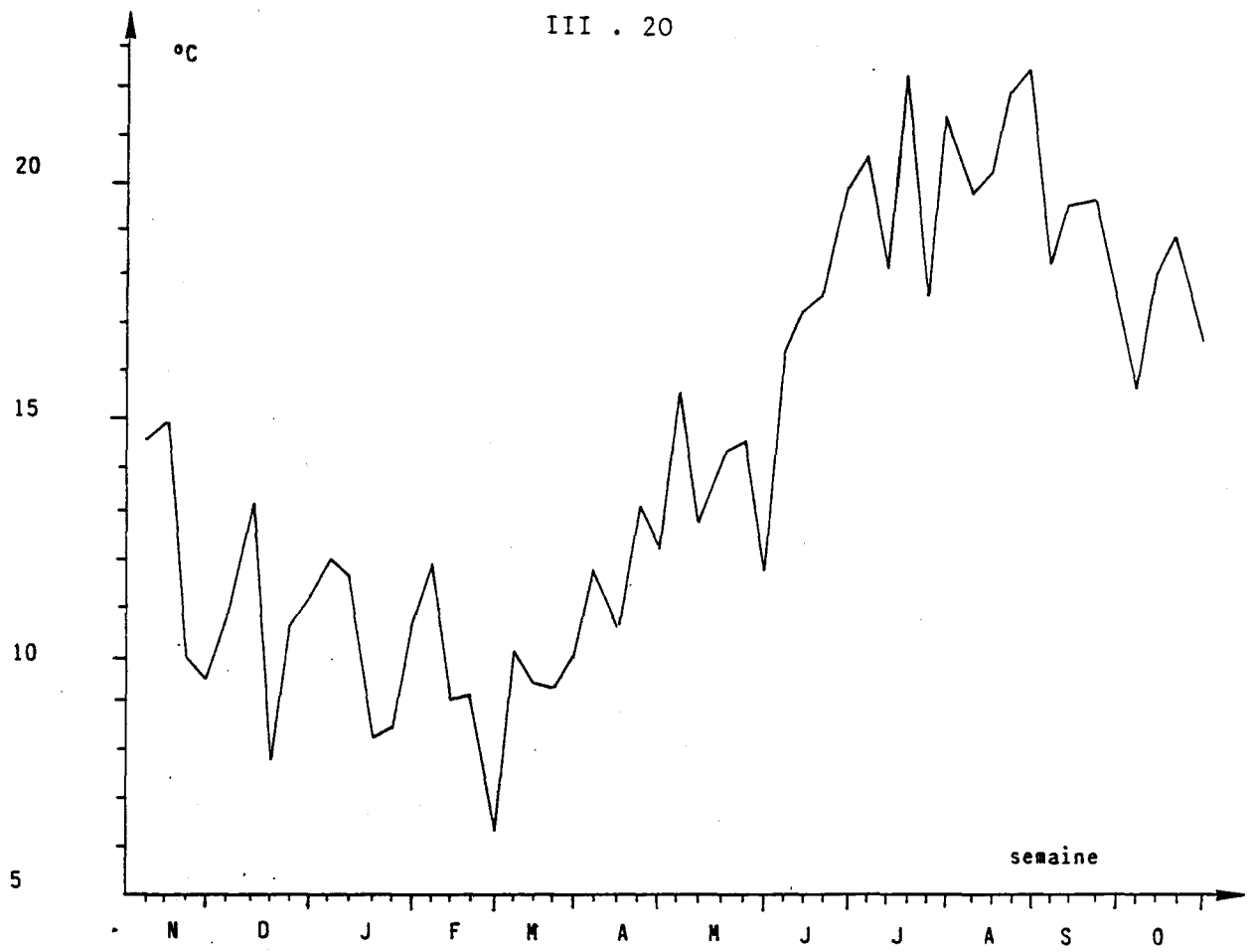


Fig. III. 10 - TEMPERATURE DE L'EAU DE MER

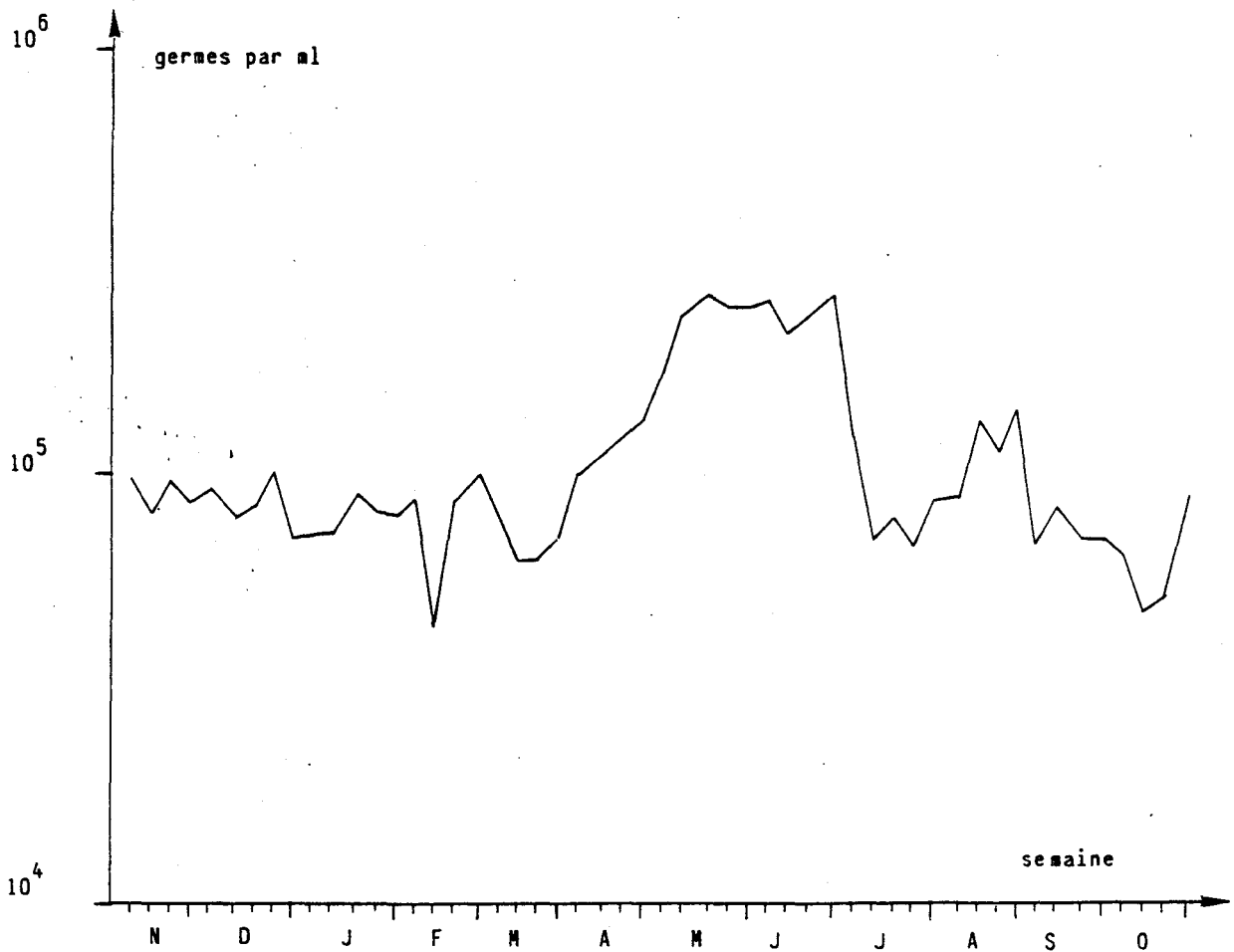


Fig. III. 11 - DENOMBREMENT DES GERMES TOTAUX EN EPIFLUORESCENCE



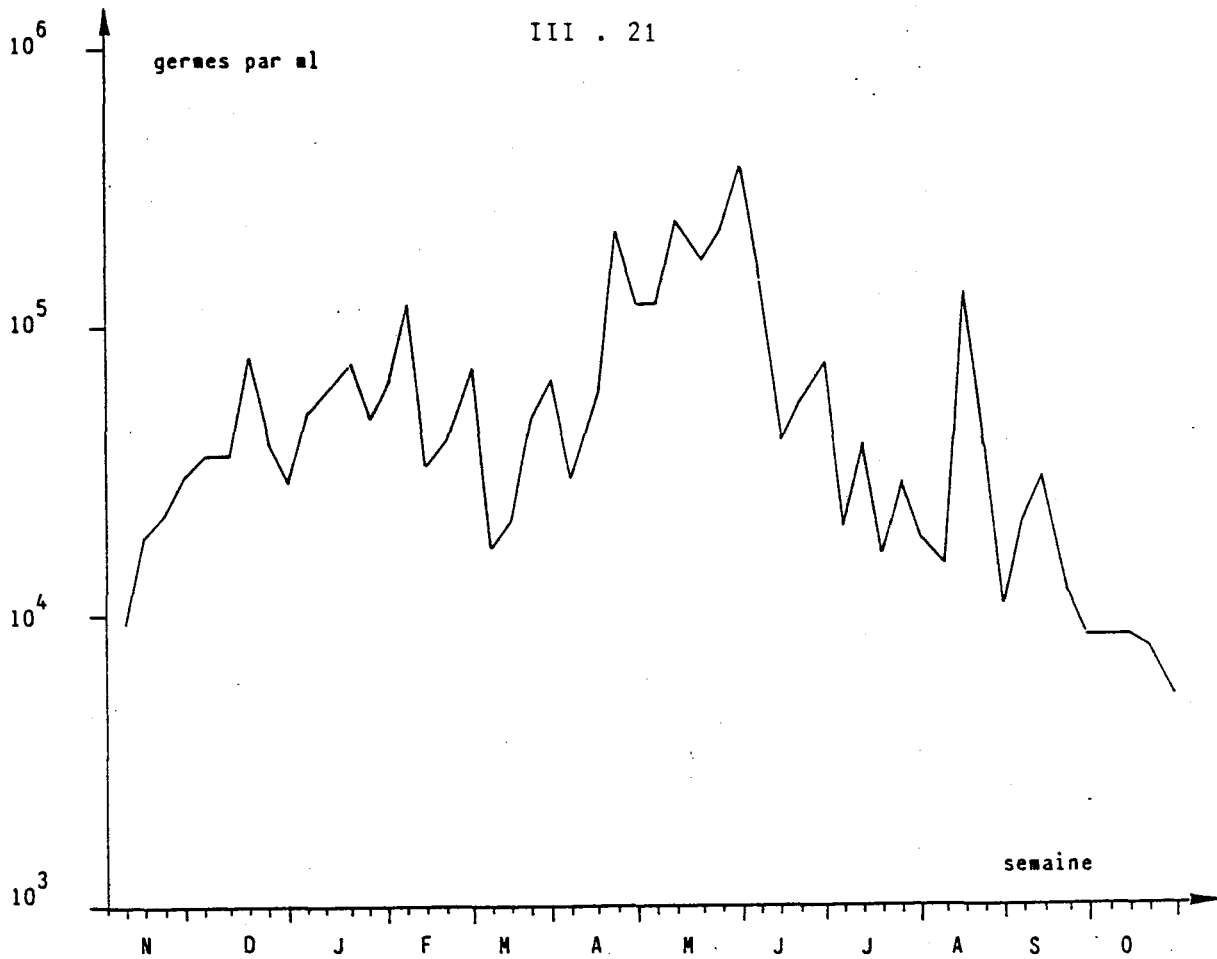


Fig. III. 12 - DENOMBREMENT DES GERMES AEROBIES VIABLES SUR GELOSE 2216E DE ZOBELL

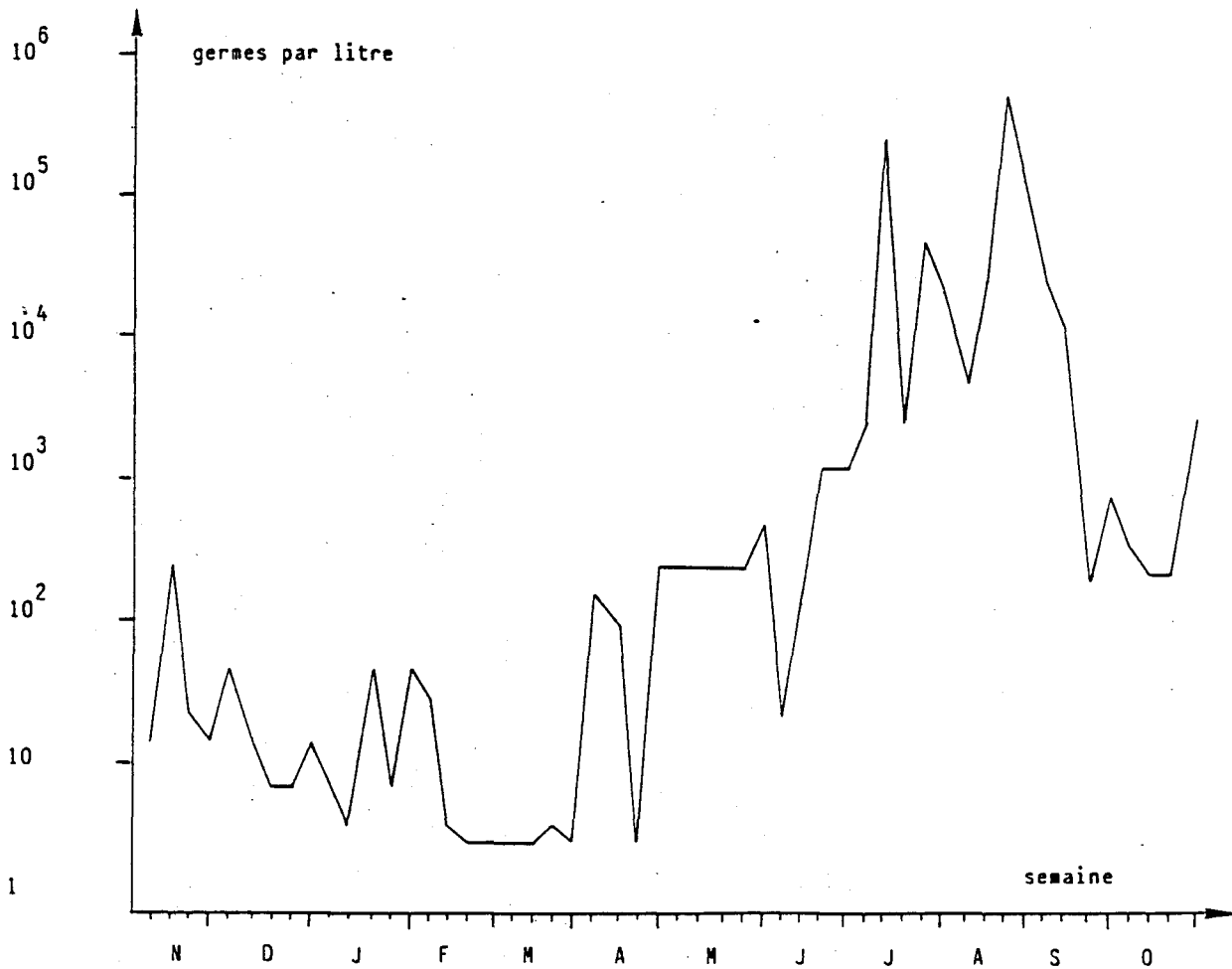


Fig. III. 13 - DENOMBREMENT DES VIBRIONS HALOPHILES

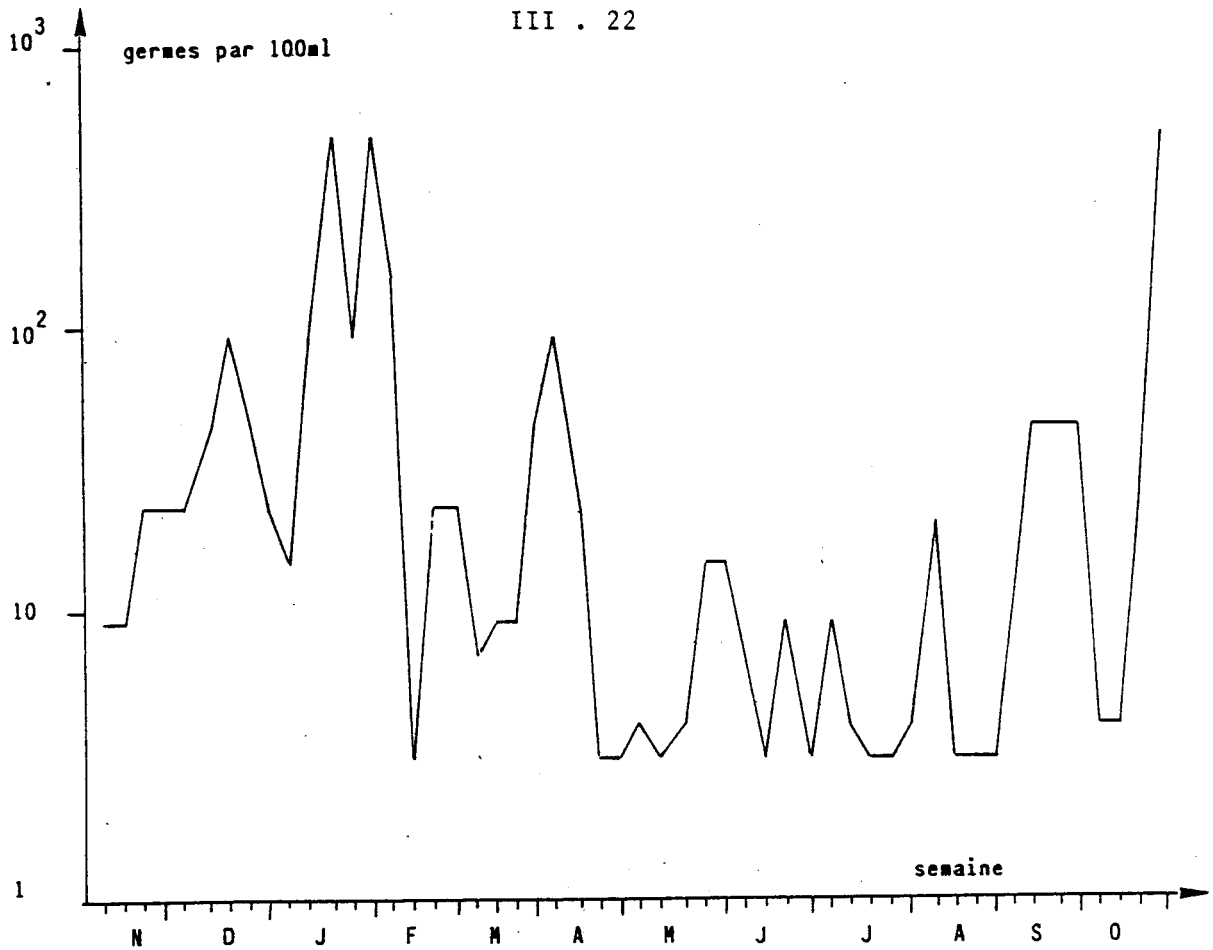


Fig. III. 14 - DENOMBREMENT DES ESCHERICHIA COLI

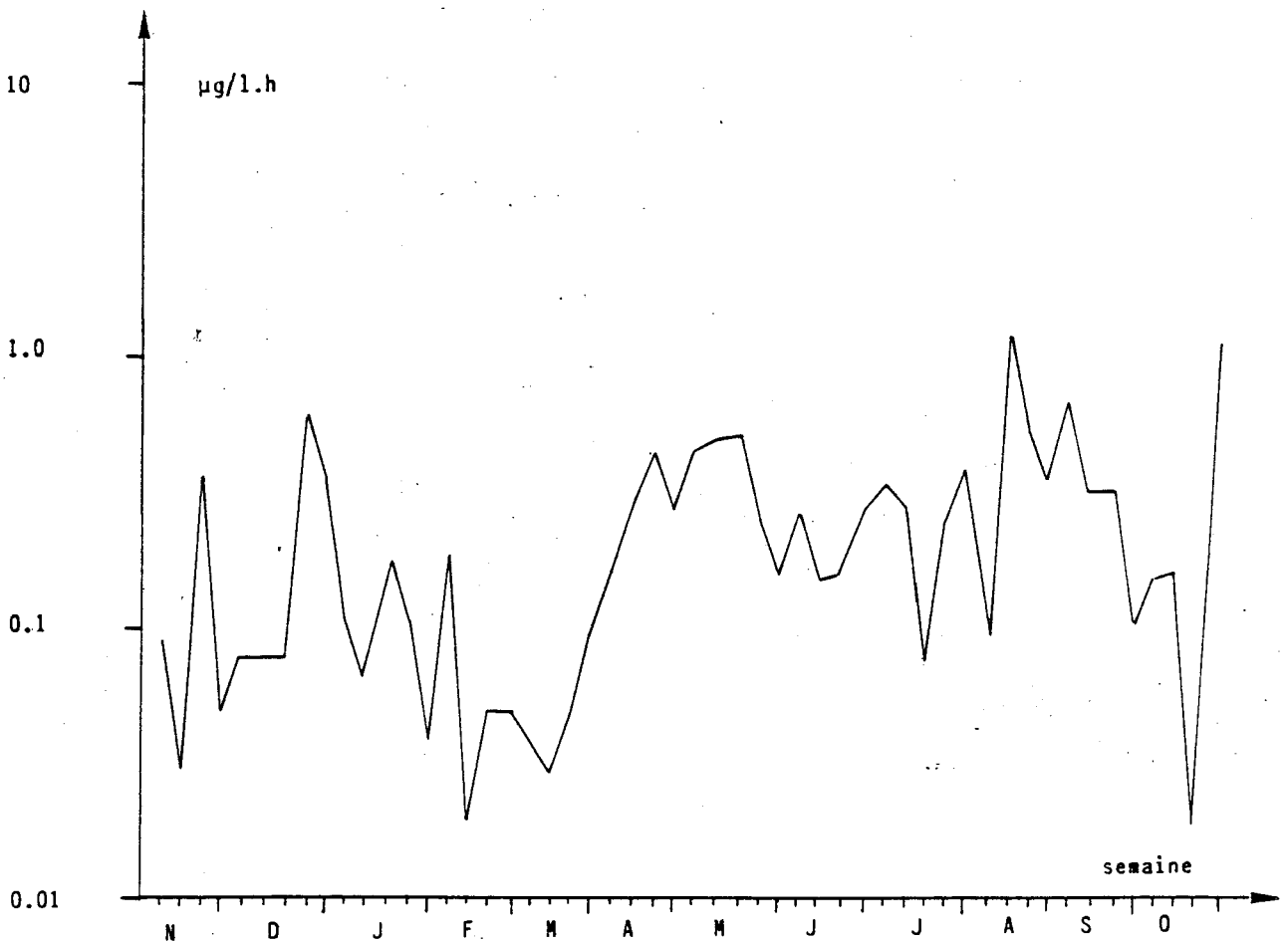


Fig. III. 15 - ACTIVITE HETEROTROPHE (V<sub>m</sub>)



Fig. III. 16 - TEMPS DE TURN OVER

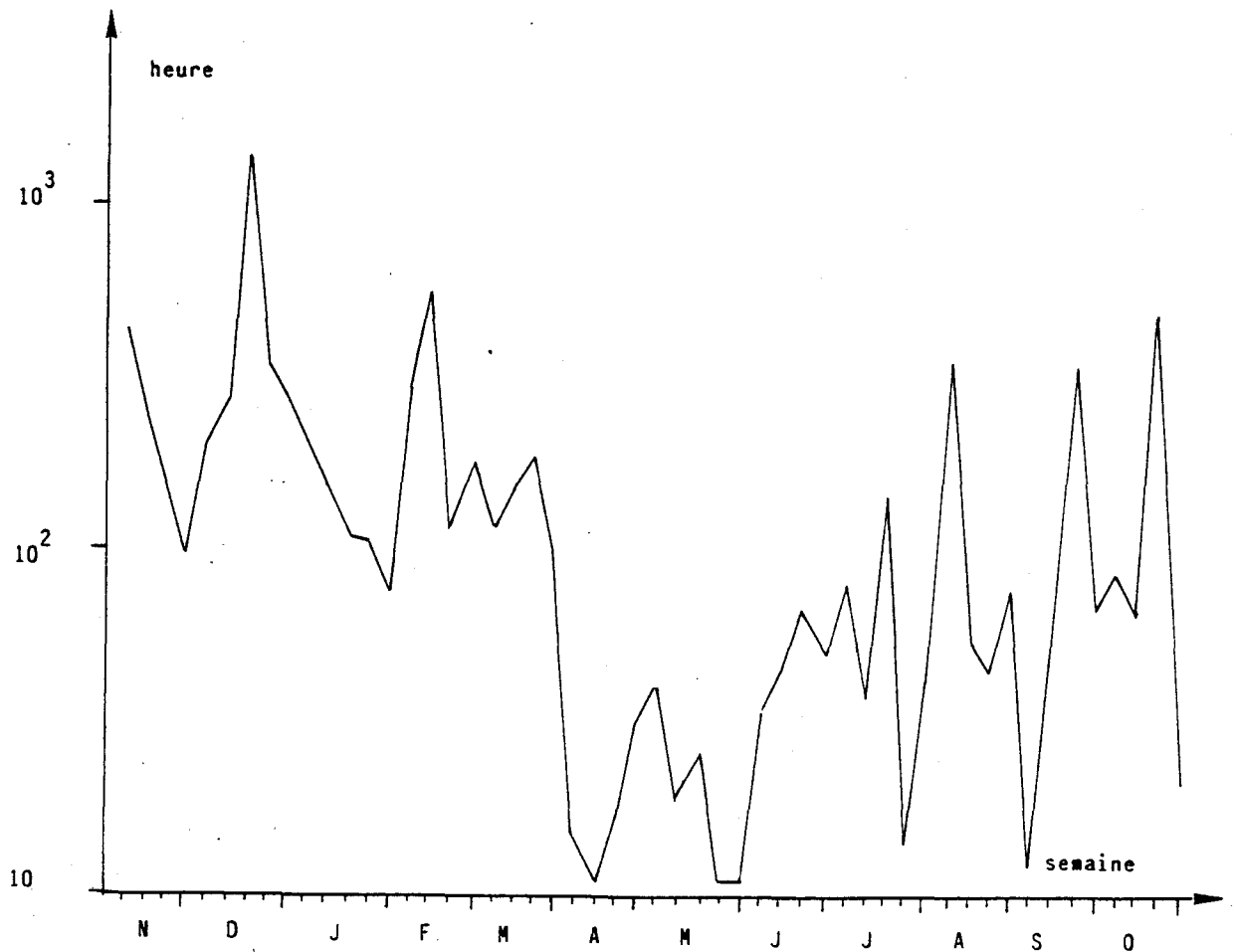


Fig. III. 17 - TEMPS DE TURN OVER



CHAPITRE IV  
PHYTOPLANCTON - PRODUCTION PRIMAIRE

Par Hubert GROSSEL



## I - PIGMENTS PHOTOSYNTHETIQUES (Fig. II.32 à II.33)

### a - Cycle annuel

Le cycle d'étude débute, en novembre 1983, par un bloom automnal assez tardif (Fig II.32), résultant des très bonnes conditions climatiques des mois d'octobre et de novembre. Son ampleur est suffisante (4 à 13 mg de chlorophylle/m<sup>3</sup>) pour justifier l'interruption de la restructuration des stocks de sels nutritifs (cf. pages II.30 et II.32) observée dès octobre, et même une diminution sensible des nitrites, des nitrates et surtout des silicates.

Les teneurs hivernales n'ont pu être observées, faute de campagne, mais les faibles valeurs enregistrées début mars 1984 témoignent, sinon d'un début d'année improductif (la bonne insolation a pu stimuler la croissance phytoplanctonique en janvier et en février), du moins d'un printemps assez lent à démarrer. Il faut en effet attendre fin mars pour que les teneurs en chlorophylle marquent la reprise printanière.

L'ensemble du mois d'avril correspond à un pic printanier bien établi, allant de 16 à 24 mg Chl/m<sup>3</sup>, enregistré de manière assez homogène pour toutes les stations. Mai est dominé par la chute de la biomasse chlorophyllienne, qui aboutit en juin, puis en juillet à des niveaux très faibles (les plus faibles depuis le début de ce cycle 1983-84). Un regain estival, vraisemblablement développé en août - début septembre, fait remonter les teneurs en chlorophylle à des valeurs comprises entre 5 et 10 mg/m<sup>3</sup>. Au début du mois d'octobre, la chute automnale est largement amorcée.

### b - Gradient côte-large

Comme cela a été le cas lors de ces dernières années, on observe une destruction du gradient côte-large naturellement établi pour les teneurs en chlorophylle (fortes teneurs à la côte, plus faibles au large), en raison du fonctionnement de la centrale. Ce déficit observé résulte du transfert de l'avant-port vers le site des eaux de moindre teneur, mais à cet effet de transfert, s'ajoute, particulièrement lorsqu'il y a chloration,

TABLEAU IV.1 : IMPACT DU TRANSIT SUR LA TENEUR EN CHLOROPHYLLE ET DEFICITS ENREGISTRES AU POINT COTIER

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Date	Nombre de tranches chlorées	Dilution théorique du rejet au point côtier %	Canal observé mg/m <sup>3</sup>	Côte 0 m observé mg/m <sup>3</sup>	Médian 0 m observé mg/m <sup>3</sup>	Déficit global mg/m <sup>3</sup> Côte-Médian	% de déficit /point Médian	Côte théorique sans impact mg/m <sup>3</sup>	Déficit théorique dû au transit %
10.11.83	4	48	6,25	4,71	9,66	- 4,95	- 51 %	7,89	- 40 %
7.03.84	-	37	1,42	1,74	4,29	- 2,55	- 59 %	2,48	- 30 %
20.03.84	-	0	2,67	2,93	8,83	- 5,90	- 67 %	2,67	+ 10 %
5.04.84	-	8	9,84	7,52	25,60	-18,08	- 71 %	11,10	- 32 %
18.04.84	-	8	15,42	14,89	23,41	- 8,52	- 36 %	16,06	- 7 %
4.05.84	3	0	5,05	3,49	13,69	-10,20	- 75 %	5,05	- 31 %
4.06.84	5	0	3,30	2,76	6,18	- 2,10	- 34 %	3,30	- 16 %
4.07.84	4	62	2,06	2,54	3,05	- 0,51	- 17 %	2,67	- 5 %
29.08.84	4	0	7,85	4,54	11,07	- 5,53	- 50 %	7,85	- 42 %
3.10.84	5	53	1,36	2,96	1,84	+ 1,12	+ 61 %	1,62	+ 83 %



un effet destructif des cellules phytoplanctoniques provenant du transit dans les circuits de refroidissement de la centrale. Si l'on considère le point Médian comme référence du point côtier tel qu'il serait s'il n'y avait pas impact, le déficit en chlorophylle au point côtier apparaît comme une quasi-constante annuelle (cf. Tableau IV.1, colonne 7). Lors du bloom printanier (5 avril), il atteint 18 mg de chlorophylle/m<sup>3</sup>, déficit important issu surtout du transfert de la masse d'eau de l'Avant-Port, mais aussi de la destruction lors du transit (bien que l'on soit en période hors-chloration). Les valeurs fournies par le calcul de l'impact thermique théorique (Page II.15) permettent d'évaluer le pourcentage théorique de dilution par les eaux du site du rejet échantillonné au point côtier (colonne 3 du tableau). Quatre campagnes se distinguent par une dilution importante qui biaise les interprétations (10 novembre 83, 7 mars 84, 4 juillet 84 et 3 octobre 84). Elles seront exclues des discussions suivantes. Les six autres campagnes (20 mars, 5 et 18 avril, 4 mai, 4 juin et 29 août) présentent un prélèvement au rejet, soit sans dilution, soit avec une dilution inférieure à 10 %. Ces campagnes (3 hors-chloration, 3 avec chloration) nous serviront de référence.

On constate d'abord, qu'il y ait chloration ou non, un déficit au rejet (par rapport au point médian) compris entre 30 et 70 % de la biomasse chlorophyllienne (colonne 8). Ce déficit est important puisqu'il représente 8 mg/m<sup>3</sup> en moyenne pour les six campagnes. Il ne fait néanmoins pas apparaître de différence significative entre les périodes avec et sans chloration. Un calcul simple permet d'évaluer, par le calcul des dilutions thermiques (colonne 3) et à partir des teneurs en chlorophylle au point médian (col. 6) et au canal d'amenée (col. 4), la teneur théorique en chlorophylle au point côtier (colonne 9), s'il n'y avait pas destruction lors du transit. Cette teneur théorique, rapportée à la teneur réelle observée (col. 5), permet d'obtenir le déficit théorique dû au transit (col. 10), considéré de cette façon indépendamment du déficit dû au simple transfert des masses d'eau sans destruction pigmentaire. Ces résultats, moyennés par période avec et sans chloration, mettent en évidence un déficit dû au transit de 10 % hors-chloration, et de 30 % en période de chloration.

### c - Pourcentage de chlorophylle active

Le pourcentage de chlorophylle active (Fig. II.33), issu du rapport des teneurs en chlorophylle et de la somme des teneurs en chlorophylle et en phéopigments (Fig. II.31), est théoriquement un indice de l'état physiologique des cellules. En 1983, il s'était distingué au rejet par une plus grande inertie de comportement par rapport aux autres stations (Fig. II.33). Ce n'est plus le cas en 1984. Bien que le pic observé soit situé en période printanière hors-chloration (5 avril), on ne peut conclure à un effet de la chloration sur cet indice au point côtier soumis à l'impact en 1984.

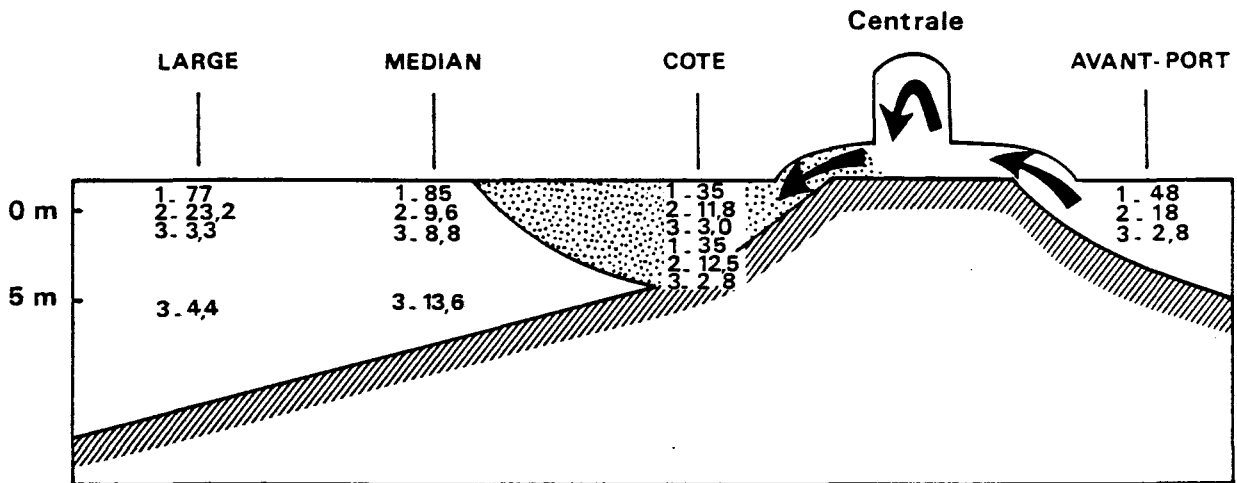
## II - PRODUCTION PRIMAIRE

La productivité primaire de la masse d'eau intègre à la fois la biomasse chlorophyllienne et son activité photosynthétique. C'est un paramètre essentiel pour l'information sur la productivité de l'eau et donc, le cas échéant, un indicateur d'impact biologique. Quatre séries de prélèvements ont été analysées par incubation en lumière artificielle en présence de carbone marqué : 20 mars, 18 avril, 4 mai et 4 juillet 1984. Les résultats sont rassemblés dans le tableau IV.2.

L'impact sur la production primaire nous amène à distinguer deux cas bien distincts, caractérisés par leur absence de dilution du rejet au point côtier échantillonné : le 20 mars, hors-chloration et le 4 mai en période de chloration (Fig. IV.1). On observe le 20 mars, en comparaison avec le point médian (référence du point côtier, s'il n'était pas impacté) un déficit en chlorophylle de 67 % au rejet en surface, et de 69 % au fond (la profondeur étant d'environ 2,30 m au point côtier, on peut donc estimer le déficit en chlorophylle à 70 %, homogène sur toute la colonne d'eau). Ce déficit est dû en fait uniquement au transfert de l'eau appauvrie de l'Avant-Port vers le Site, sans destruction des pigments lors du transit, puisque le "déficit théorique dû au transit", présenté colonne 10 du tableau IV.1, n'est pas dans le cas présent un déficit, mais plutôt un indicateur de conservation de la biomasse (+ 10 %). Le déficit en production atteint le 20 mars 60 % aux deux niveaux du point côtier, par rapport à la production du point médian. Le rapport Production/Biomasse, voisin de 12 au rejet, est inférieur à celui du canal d'amenée (18), mais

FIG. IV. 1 : PRODUCTIVITE PRIMAIRE

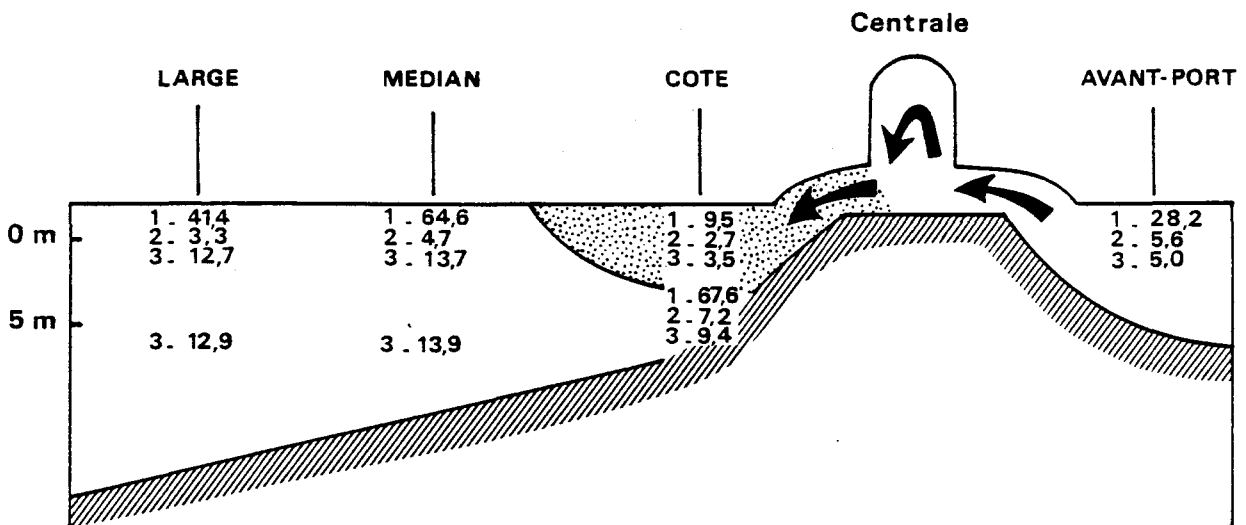
20.03.1984



Avant chloration : Impact thermique, sans déficit en chlorophylle ni en production

- 1. Production mgC/m<sup>3</sup>/h
- 2. Production / Biomasse
- 3. ( Chlorophylle) mg/m<sup>3</sup>

04.05.1984



Chloration : Impact thermique, avec déficit en chlorophylle et en production

TABLEAU IV.2 : PRODUCTION PRIMAIRE ET RAPPORTS DE PRODUCTIVITE

	20.03.84		18.04.84		4.05.84		4.07.84	
	P	P/B	P	P/B	P	P/B	P	P/B
Canal d'amenée	48	18	113,2	7,3	28,2	5,6	14,9	7,2
C O m	34,5	11,8	100,2	6,1	9,5	2,7	9,5	3,7
C fond	34,7	12,5	108,2	5	67,6	7,2	8,6	2,9
M O m	85,2	9,6	132,3	5,7	64,6	4,7	18,0	5,9
L O m	76,9	23,2	102,9	4,7	41,4	3,3	5,7	6,1

P = Production (mg C/m<sup>3</sup>/heure)

P/B = Production/Biomasse chlorophyllienne

supérieur à celui du point Médian ( $\approx 10$ ), ce qui indique peut-être une légère diminution de la productivité cellulaire due au transit.

Le 4 mai, en présence de chloration, les observations diffèrent complètement, avec des déficits en teneurs en chlorophylle au rejet qui sont de 75 % en surface, et de 32 % au fond. Le tableau IV.1 montre que le calcul théorique attribue dans ces 75 % de déficit en surface une part de 31 % au déficit dû au transit (chloration) les 44 % restant étant donc attribuables au transfert de l'eau appauvrie de l'Avant-Port. Le déficit en production atteint 85 % en surface, et n'est pas observable au fond. La productivité (rapport P/B) montre une baisse de 43 % en surface alors que l'eau du fond est, elle, plus productive (+ 53 %). Cet exemple illustre clairement l'impact de la chloration sur la biomasse chlorophyllienne, ainsi que sur la productivité de la biomasse restante. Il illustre aussi la stratification souvent observée au rejet, avec les eaux de surface échauffées et peu productives quand il y a chloration, et les eaux déjà présentes sur le site, plus froides et plus productives sur le fond.

### III - ETUDE SYSTEMATIQUE DU PHYTOPLANCTON

#### a - Variations quantitatives du microplancton

On observe, en 1984, une bonne relation entre la teneur en chlorophylle et la densité cellulaire microplanctonique (Fig. IV.2). Même lors du pic printanier enregistré durant tout le mois d'avril, ce sont les microplanctontes, beaucoup plus que *Phaeocystis* (cf. IV.6), qui ont participé au bloom. On dénombre alors entre 1 000 et 8 000 cellules/cm<sup>3</sup> selon les stations. Le mois de mai montre, avec les teneurs en chlorophylle, une chute des populations microplanctoniques ( $\approx 960 \text{ } \varnothing/\text{cm}^3$ ) qui aboutit, en juin, à une population très pauvre ( $\approx 125 \text{ } \varnothing/\text{cm}^3$  en moyenne). Cette période transitoire annonce le regain estival, que notre échantillonnage indique faible en juillet (165  $\varnothing/\text{cm}^3$  le 4 juillet) mais bien marqué à la fin août (745  $\varnothing/\text{cm}^3$  le 29 août). La diminution automnale apparaît nettement le 3 octobre, avec 244  $\varnothing/\text{cm}^3$ .

La comparaison des valeurs observées au point côtier situé dans le rejet, avec celles observées au point médian (moyenne des niveaux) permet de constater (Fig. IV.3) un déficit quasi constant au rejet de la centrale sans qu'il soit possible, au vu de l'échantillonnage, de faire la part de l'effet de transfert des eaux appauvries de l'Avant-Port, de

FIG. IV. 2 : NOMBRE DE CELLULES MICROPLANCTONIQUES

(moyennes de toutes les stations)

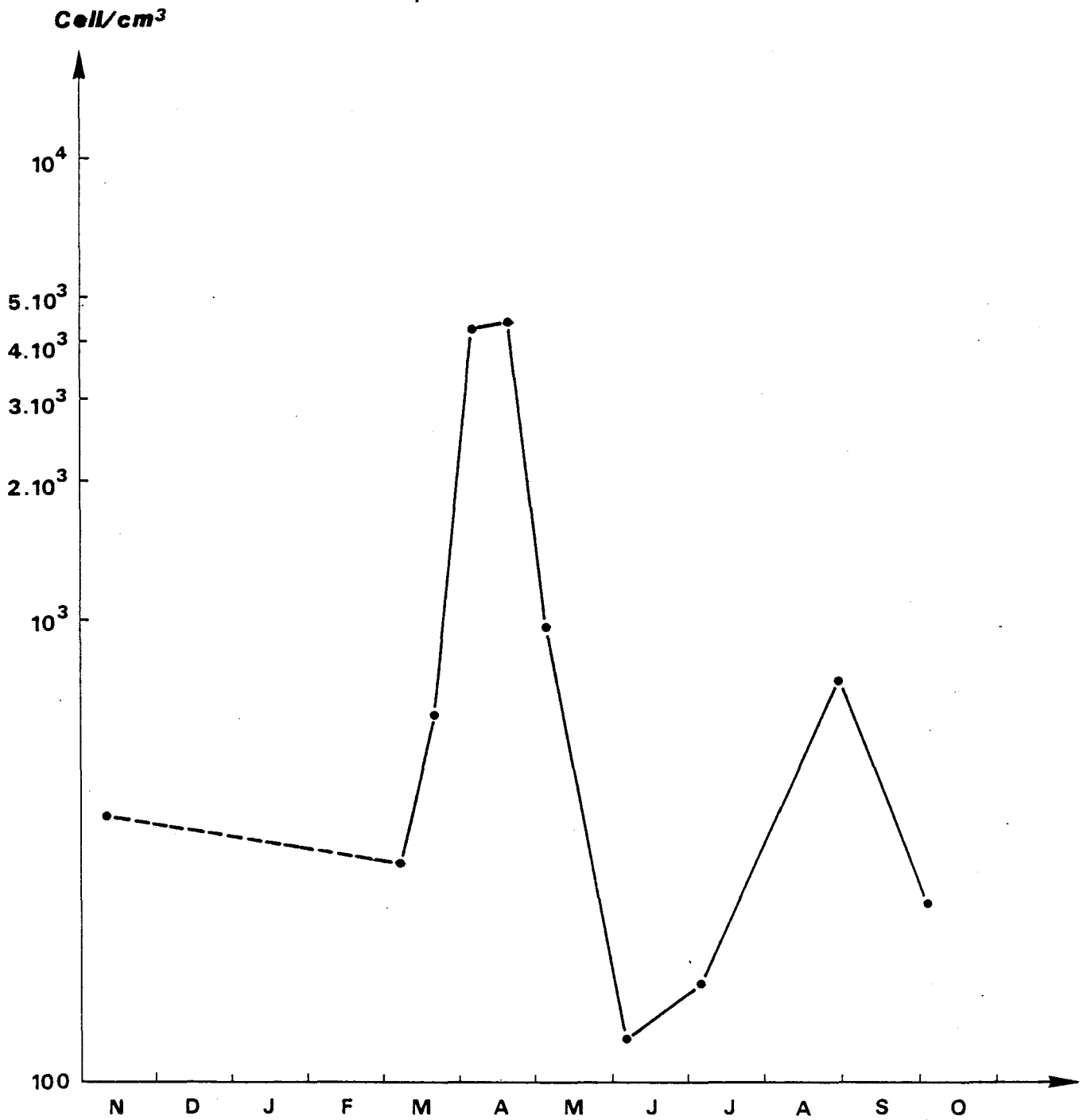
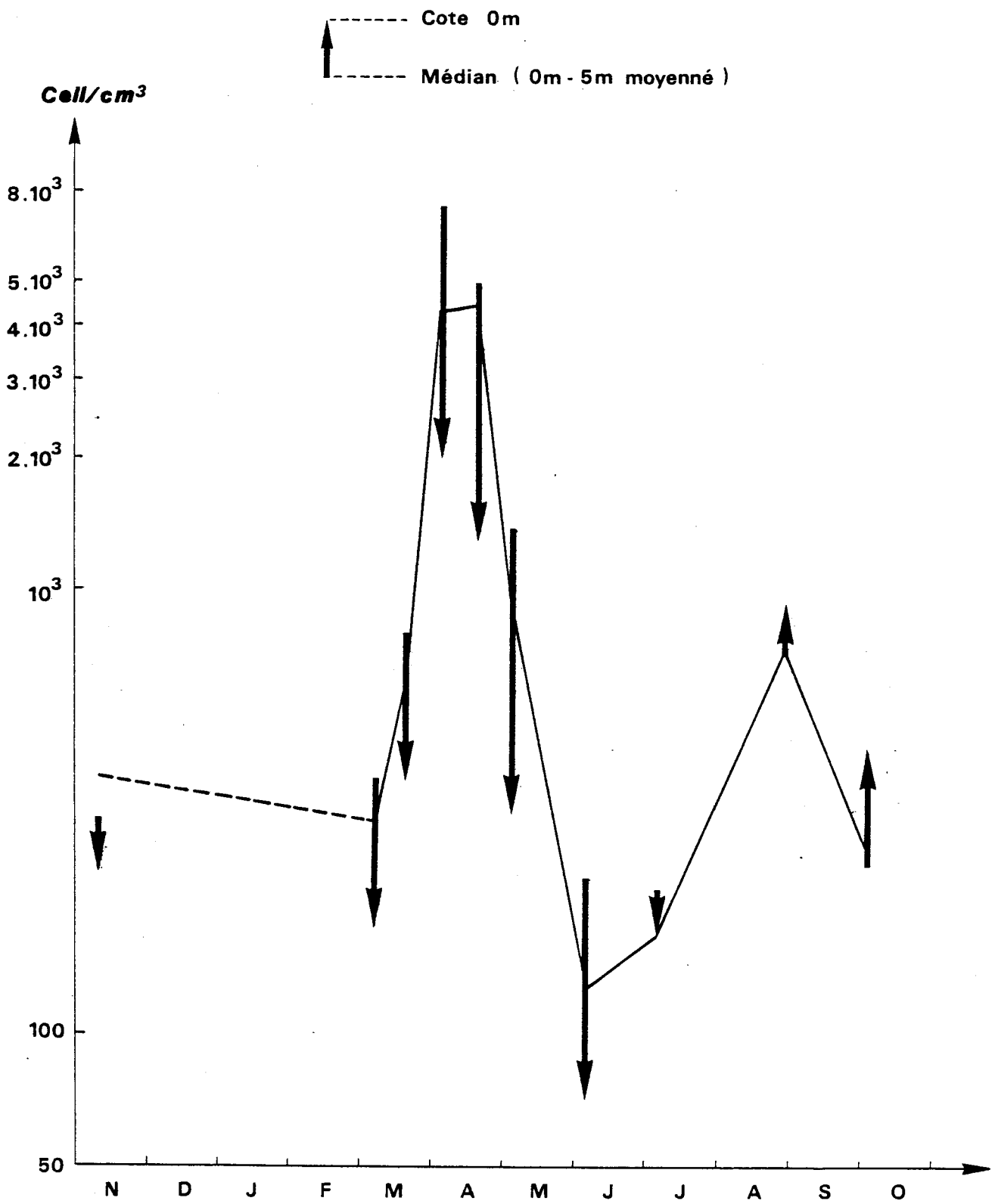


FIG. IV. 3 : DEFICITS OBSERVES EN DENSITE MICROPLANCTONIQUE

( La courbe illustre la moyenne de toutes les stations )



l'effet de transit dans les circuits de la Centrale. Le résultat observé le 29 août, dans des conditions de rejet supposé sans dilution, montre la difficulté d'interprétation de telles données : l'enrichissement observé figure IV.3 au rejet apparaît comme tel si l'on prend en compte la moyenne des deux niveaux au point médian. Si seul le niveau sub-surface était pris en compte, ce serait alors un déficit que l'on observerait au rejet. Le tableau suivant retrace l'évolution des masses d'eau dans le sens canal d'amenée - rejet - point médian, en ce qui concerne les dénombrements microplanctoniques :

Densité cellulaire/cm <sup>3</sup> Date	Canal	→ Rejet(0 m)	→ Point Médian (0m)
10.11.83	232	235	268
7.03.84	207	174	334
20.03.84	573	374	824
5.04.84	2033	1500	8048
18.04.84	868	1299	4660
4.05.84	222	311	1213
4.06.84	38	72	261
4.07.84	51	171	255
29.08.84	1027	906	1052
3.10.84	52	426	291

Le déficit quasi-constant observé au rejet, par rapport au point médian, est le résultat essentiel à souligner.

b - Succession de populations microplanctoniques (Figures IV.4 et 5)

La population observée en novembre révèle à la fois des vestiges de populations estivales (12 % de *Rhizosolenia*, surtout *Rh. shrubsolei*) et des espèces typiquement automnales et printanières (58 % de *Chaetoceros*, surtout *Ch. curvisetum* et *sociale*). Le prélèvement suivant, effectué en début mars, montre que malgré les faibles teneurs en chlorophylles observées le printemps est bien là, avec la domination des *Thalassiosira* (*Th. levanderi* et *Th. rotula*) qui forment 22 % de la population, avec *Paralia sulcata* (20 %) et *Skeletonema costatum*, espèce du début de printemps, représentant 9 % de la population. Bien que toujours discret, le printemps se confirme le 20 mars, avec *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira* spp., *Thalassionema nitzschioides* (14 %) et *Nitzschia closterium* (10 %), ces deux



FIG. IV. 4 : POURCENTAGE D'ABONDANCE DES PRINCIPALES

ESPECES MICROPLANCTONIQUES

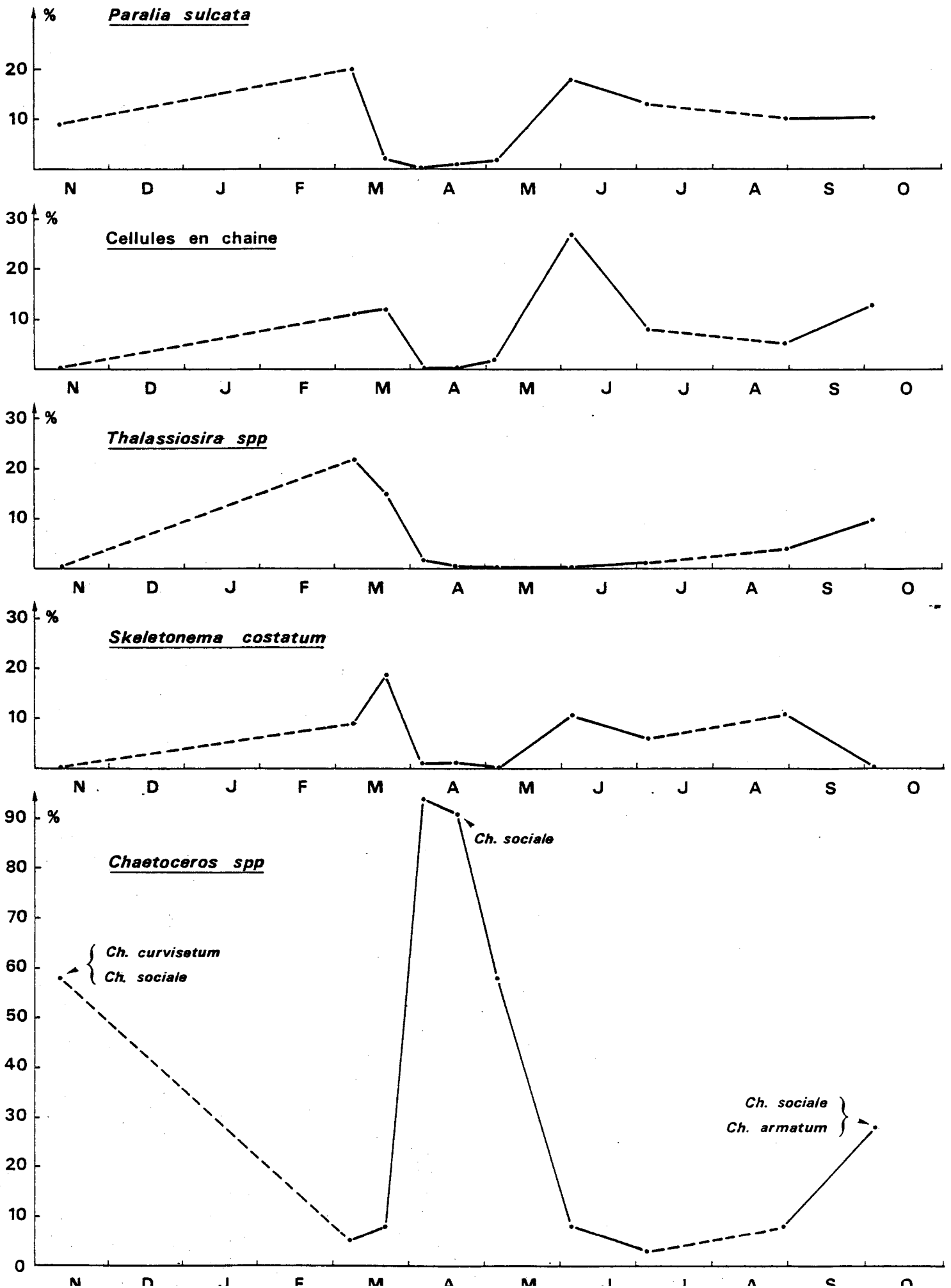
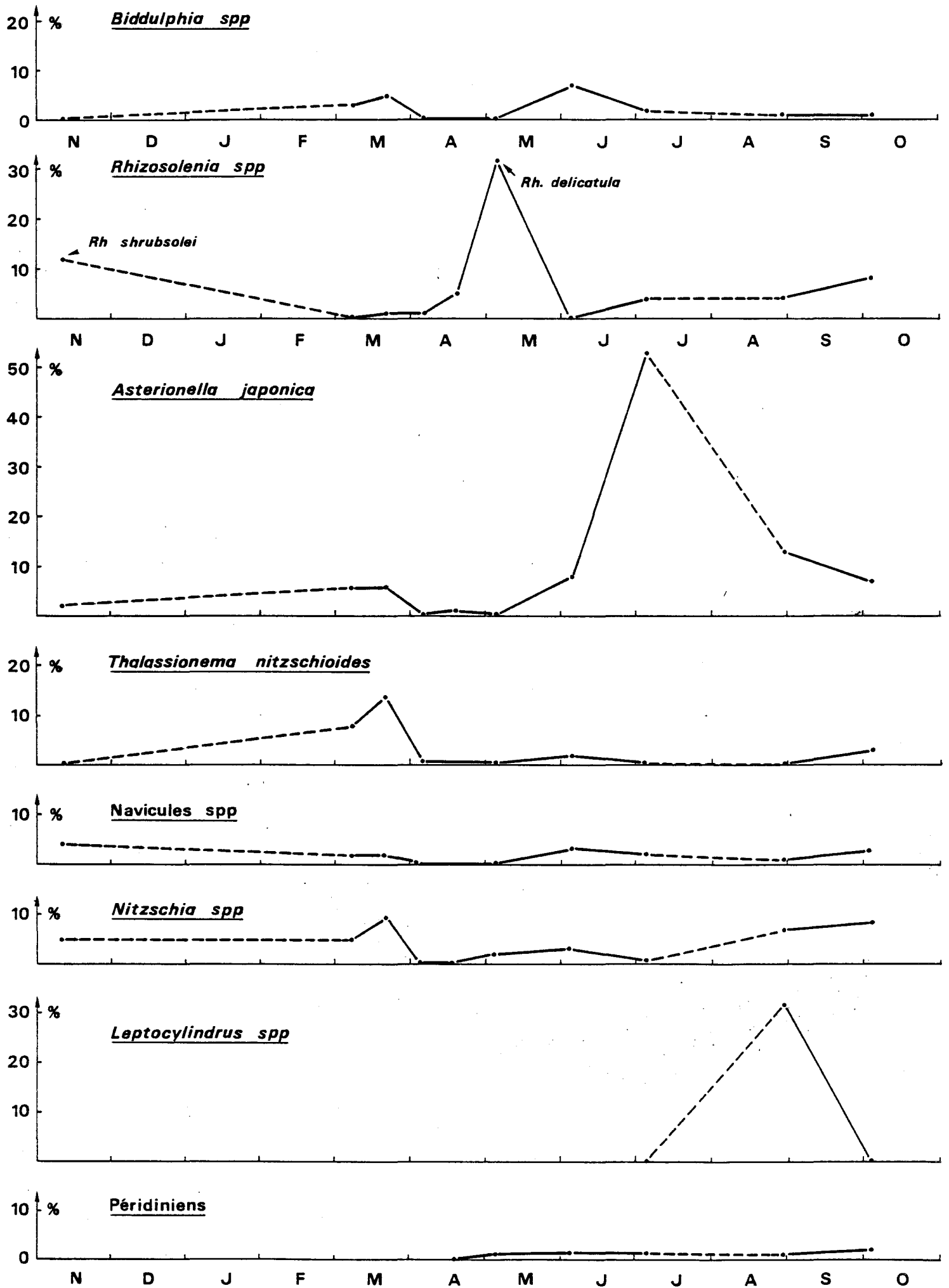


FIG. IV. 5 : POURCENTAGE D'ABONDANCE DES PRINCIPALES

ESPECES MICROPLANCTONIQUES



dernières espèces marquent à cette période leur pic annuel. Très vite, ce cortège phytoplanctonique évolue, pour laisser place, 15 jours plus tard, à un pic printanier important, dominé à plus de 90 % par les *Chaetoceros sociale*. *Skeletonema* et *Thalassiosira* sont encore présents, surtout aux stations du large. *Rhizosolenia delicatula* apparaît, en partie masquée par l'abondance des *Chaetoceros*. Le 18 avril confirme la suprématie de *Chaetoceros sociale* (toujours supérieur à 90 % de la population globale), avec un renforcement de la présence des *Rhizosolenia delicatula*. Début mai voit la fin du pic printanier. Alors que *Phaeocystis* colonise à son tour la masse d'eau (cf. paragraphe 3.C : il était apparu en avril) la colonie microplanctonique, se répartit surtout entre les *Chaetoceros* (58 %) et les *Rhizosolenia* (32 % = *Rh. delicatula* et *fragilissima*). C'est la fin du pic printanier, que marque le bloom de *Phaeocystis*, et qui aboutit en juin à une population extrêmement pauvre, dominée par des "cellules en chaîne" non identifiées (27 %), par *Paralia sulcata* (18 %) et, fait assez surprenant, par *Skeletonema costatum* (11 %). La reprise estivale est à peine ébauchée début juillet, dominée nettement par *Asterionella japonica* (53 %), espèce plutôt printanière. *Skeletonema costatum* est encore présent (6 %). On enregistre à la fin août une population relativement abondante et bien diversifiée. Les *Rhizosolenia* (*Rh. shrubsolei* et *stolterfothii*) restent très discrètes cette année, et c'est *Leptocylindrus danicus* qui domine fin août (32 %) avec *Asterionella japonica* (13 %), *Skeletonema costatum*, encore lui (11 %) et *Paralia sulcata* (10 %). Le début d'octobre montre une population pauvre en abondance et en espèces. C'est le retour des *Chaetoceros* (*Ch. sociale* et *armatum*) avec 28 %, et des *Thalassiosira* (10 %), ainsi que la permanence de *Paralia sulcata*.

Le pourcentage d'abondance des Péridiniens montre la discrétion relative de leurs dénombrement. Remarquons toutefois qu'à la fin août *Ceratium fusus* a été dénombré en quantité importante pour une espèce de ce genre. Ces chiffres obtenus, qui font état de 12 individus pour 5 cm<sup>3</sup>, valent d'être signalés et retenus.

c - *Phaeocystis pouchetti* (Figure IV.6)

Ce nanoplanctonte flagellé est désormais l'objet d'une surveillance particulière. En 1984, il est apparu en avril, durant le pic des *Chaetoceros sociale*. Ce n'est donc pas lui, bien qu'atteignant des densités de 11 000 cellules par cm<sup>3</sup> en moyenne qui constitua l'essentiel du pic

FIG. IV. 6 : *Phaeocystis*

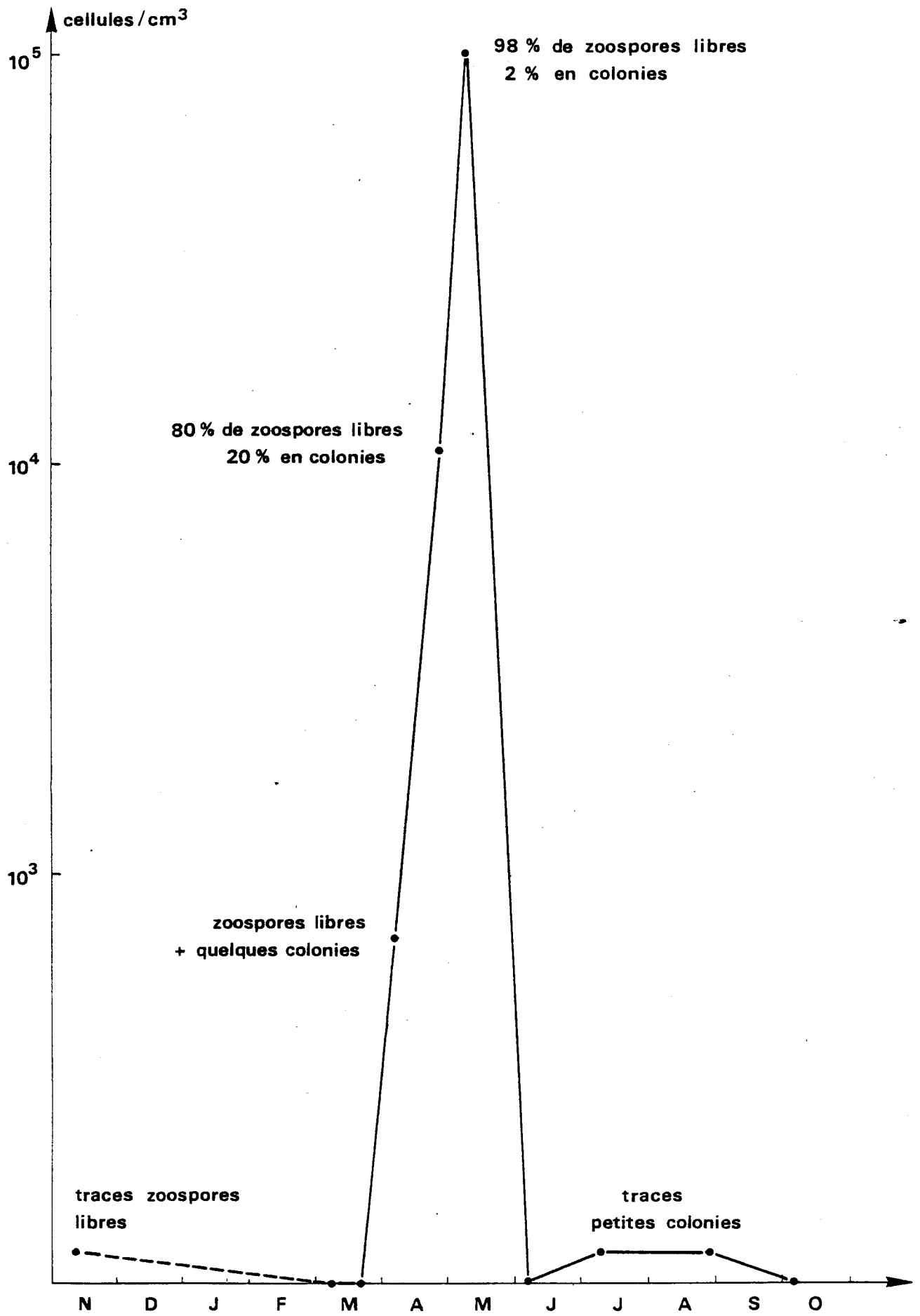
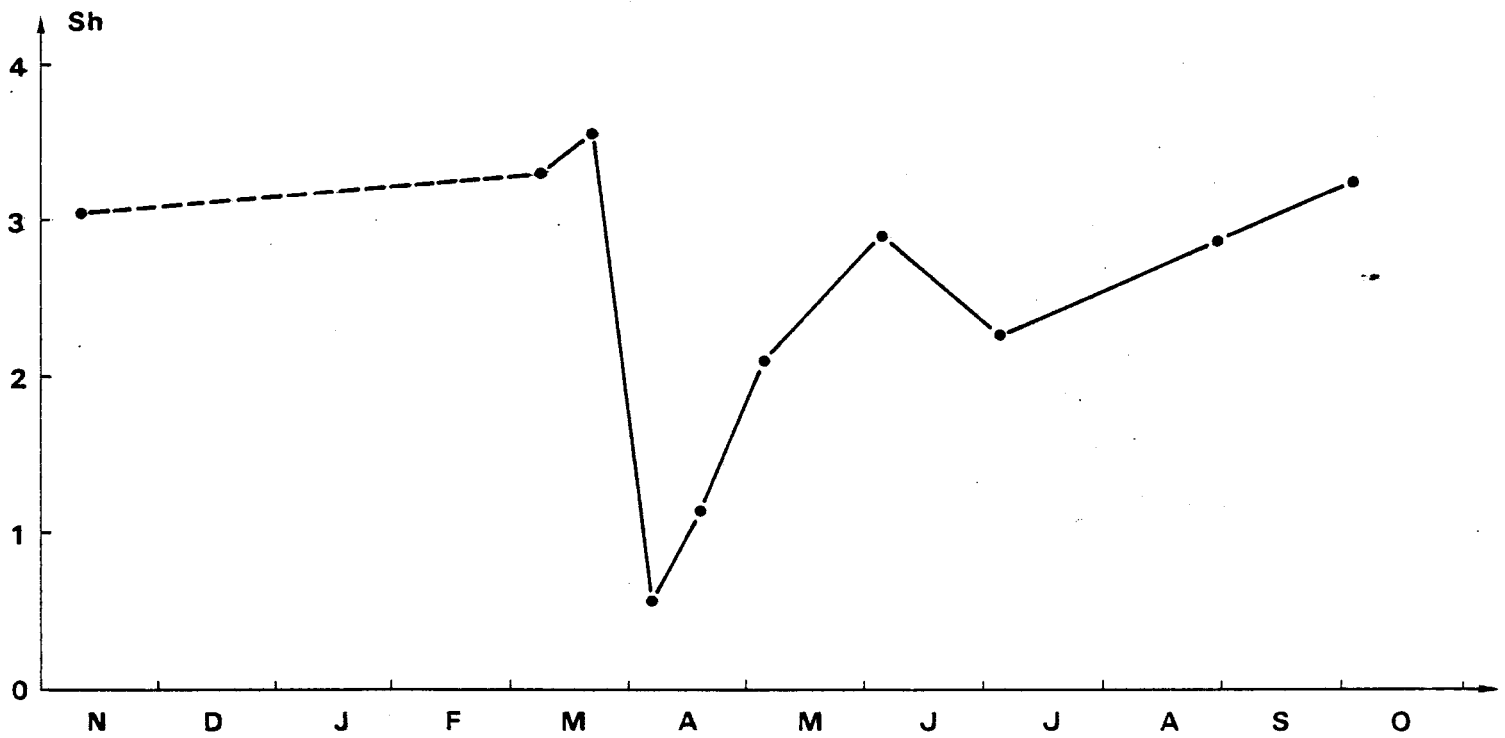


FIG. IV. 7 : INDICE DE DIVERSITE DE SHANNON DES ESPECES  
MICROPLANCTONIQUES (moyennes de toutes les stations)



chlorophyllien. En début mai, alors que les teneurs en chlorophylle chutent, *Phaeocystis* colonise la masse avec plus de  $10^5$  cellules/cm<sup>3</sup>. Rien ne subsiste en juin, mais la présence estivale de cette espèce est remarquable, avec des traces de cellules libres, et quelques petites colonies en juillet et en août.

On n'observe pas cette année d'effet sensible du transit dans la centrale sur cette espèce.

#### d - Indice de diversité de Shannon

Cet indice conforte les observations décrites précédemment. La domination de certaines espèces à des périodes privilégiées s'y retrouve résumée. L'indice montre l'absence de domination caractéristique en mars, au début du printemps (Sh. voisin de 3). Par contre, début avril montre une valeur remarquablement faible (0,56), résultat de la pullulation de *Chaetoceros sociale*, qui se continue fin avril (Sh = 1,2). Bien que faible (≈ 2,1) l'indice de mai reflète la bipartition entre les populations de *Chaetoceros* et de *Rhizosolenia*. La pauvreté de la population de juin ne met aucune espèce en évidence. On y observe donc un indice proche de trois, valeur élevée qui précède une diminution marquée en juillet (Sh ≈ 2,3), expression de la domination des *Asterionella japonica*. Août et octobre indiquent un retour de populations assez diversifiées et équilibrées.

#### IV - CONCLUSION

Ce cycle d'étude 1984 met en évidence une succession des espèces microplanctoniques marquée de pics dont celui des *Chaetoceros sociale* en avril constitue la caractéristique. Il coïncide avec le pic annuel de teneurs en chlorophylle, voisin de 20 mg/m<sup>3</sup>. *Phaeocystis*, présent en avril, culmine en début mai avec plus de  $100 \cdot 10^6$  cellules par litre d'eau de mer. Deux autres caractéristiques signent l'année 1984 : la quasi-permanence de *Skeletonema costatum*, espèce en général exclusivement printanière, et l'abondance relative des *Ceratium fusus* en août, qui atteint 2 individus par cm<sup>3</sup>.

L'impact du transit dans la centrale n'est pas sensible sur les espèces phytoplanctoniques considérées isolément. Il l'est par contre sur le nombre total de cellules, en provoquant en permanence un déficit

en densité cellulaire au rejet par rapport au point Médian, supposé le plus proche du rejet, hors impact. Ce déficit se concrétise au niveau de la teneur en chlorophylle, paramètre significatif de la biomasse phytoplanctonique. Au déficit en densité cellulaire au rejet correspond un déficit en chlorophylle qui se révèle être une constante annuelle. Il atteint  $18 \text{ mg/m}^3$  lors du bloom printanier, ce qui est très important. Moyenné à l'ensemble des échantillonnages exempts de dilution au rejet, il correspond à un déficit annuel voisin de  $8 \text{ mg de chlorophylle/m}^3$ . Ce déficit fait intervenir deux facteurs : un effet de transfert des eaux appauvries de l'Avant-Port sur le Site, et un effet de destruction lors du transit, qui n'intervient en 1984 que pour 10 % du déficit hors-chloration, et pour 30 % avec chloration.

Les mesures de production primaire s'accordent à ces observations sur les pigments. Les déficits productifs observés au rejet résultent de l'effet de transfert en période hors-chloration. Il atteint ainsi 60 % par rapport au point médian le 20 mars. Le 4 mai, en période de chloration, le déficit en production atteint 85 % au rejet, dans des conditions qui indiquent une très nette stratification verticale de la nappe d'eau échauffée issue de la centrale.





CHAPITRE V - NOCTILUQUES ET ZOOPLANCTON

Par Geneviève LE FEVRE-LEHOËRFF

avec la collaboration de Annick DERRIEN



## I. INTRODUCTION ET METHODES

Les populations planctoniques ont été étudiées en relation avec les autres paramètres hydrologiques et biologiques. L'échantillonnage du zooplancton, la méthode de prélèvement en mer et le dépouillement des échantillons en laboratoire sont décrits dans un rapport méthodologique publié séparément (G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1985).

Pour la période d'étude novembre 1983-octobre 1984, les prélèvements de zooplancton ont été réalisés aux mêmes moments que les prélèvements hydrologiques. Signalons cependant que nous ne possédons aucune mesure de biomasse au point côtier et pour quatre missions seulement au point canal. Les échantillons destinés au comptage manquent au point côtier les 29 août et 30 octobre 1984, et au point canal les 5 avril, 18 avril et 4 juin. Les comparaisons entre points ont été, par conséquent, très difficiles, en particulier entre le canal d'entrée et le point côtier de sortie (cinq couples de valeurs disponibles sur 10 missions).

## II. RESULTATS

### 1. Biomasses (figures V.1, V.2, V.3, tableau V.1)

Le pourcentage de matière organique représente 25% à 85% du poids sec selon les points et les missions (tableau V.1). Le pourcentage de matière organique est souvent plus faible au point canal. Aux points médian et large le pourcentage de matière organique varie entre 50% et 85% du poids sec. L'année 1984 est marquée par des valeurs exceptionnellement élevées de poids sec et de

Point	Poids sec (mg/m <sup>3</sup> )	Moyenne (mg/m <sup>3</sup> )	Matière organique (%)	Poids de M.O. (mg/m <sup>3</sup> )	Moyenne (mg/m <sup>3</sup> )	Carbone (%)	Poids de carbone (mg/m <sup>3</sup> )	Moyenne (mg/m <sup>3</sup> )	Azote (%)	Poids d'azote (mg/m <sup>3</sup> )	Moyenne (mg/m <sup>3</sup> )
10/11/17 1983	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	63	76.7	58.2	54.9	42.2	31.9	22.4	17.3	12.9	3.5	2.7
	02	39.7		54.5	21.5		21.4	8.4		3.3	1.3
7/03/ 1984	64	49.1		24.4	8.5		10.7	5.0			0.8
	63	153.0	98.4	50.5	76.3	50.2	21.4	32.0	18.9	3.1	4.8
	02	93.2		48.0	44.8		21.0	19.6		3.4	3.2
20/03/ 1984	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	63	428.3	235.1	44.5	189.7	134.4	21.9	95.1	52.5	2.4	10.0
	02	42.0		58.2	23.9		23.8	10.0		5.2	2.2
5/04 1984	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	63	167.9	205.4	59.8	99.7	115.5	27.2	45.4	47.5	4.3	7.2
	02	243.0		54.3	131.3		20.2	49.6		3.1	7.5
18/04 1984	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	63	139.5	118.2	62.2	86.2	74.7	27.4	37.9	33.1	5.4	7.5
	02	97.0		65.4	63.2		29.2	28.3		5.6	5.4
4/06/ 1984	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	63	820.1	836.4	85.0	696.5	707.8	39.2	322.0	322.5	9.8	79.9
	02	852.6		84.3	719.2		37.8	323.0		9.5	81.2
4/07/ 1984	64	206.0		49.7	102.5		28.2	58.1		6.7	13.8
	63	300.0	211.5	53.8	164.7	121.3	24.0	73.9	57.3	5.1	15.8
	02	125.4		69.8	87.2		32.2	40.3		7.7	9.6
29/08/ 1984	64	53.9		51.8	27.3		24.0	12.8		5.2	2.8
	63	33.3	46.2	50.2	16.8	21.7	18.5	6.2	9.5	3.3	1.1
	02	51.3		44.0	20.9		19.8	9.5		4.2	2.0
31/10/ 1984	64	55.1		21.7	12.0		6.2	6.6		1.1	1.1
	63	14.9	25.6	70.7	7.8	11.0	19.3	3.6	5.8	4.4	0.8
	02	21.5		49.3	13.3		29.2	6.1		6.2	1.3

TABLEAU V.1 : BIOMASSES

# Variations saisonnières de la Biomasse Zooplanctonique

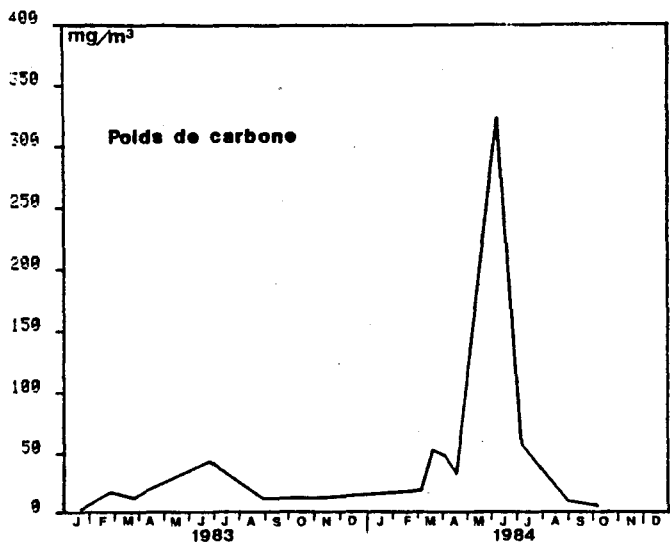
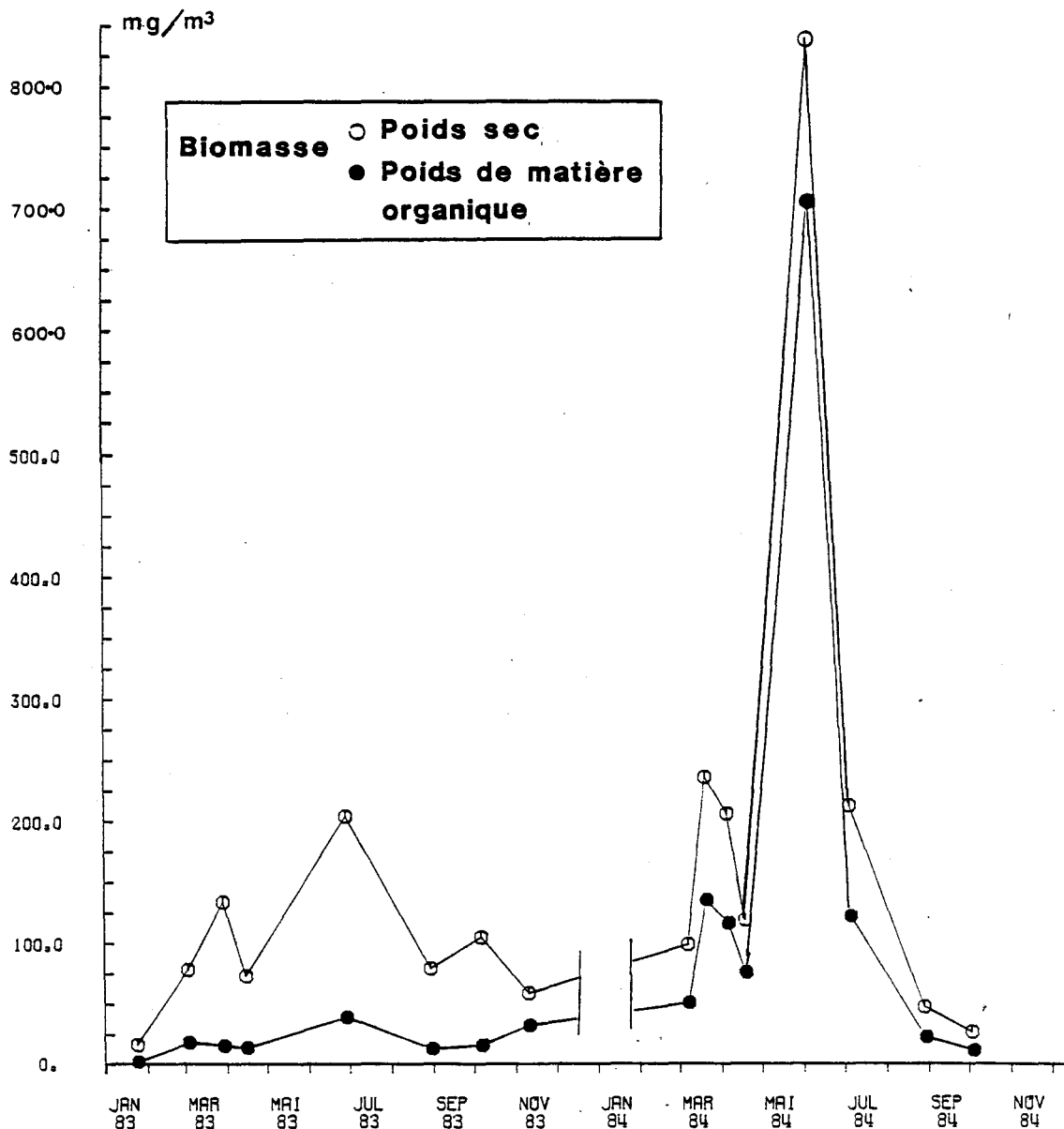


Fig V-2

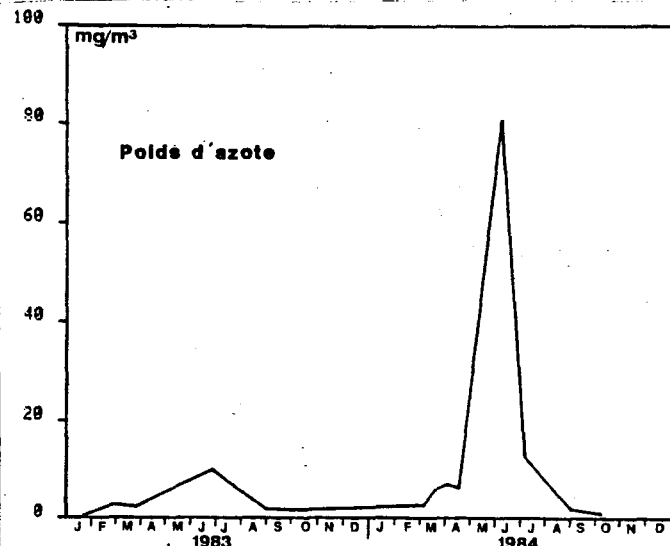


Fig V-3

matière organique animale, la couleur orangée correspondant à celle de crustacés, copépodes en grande majorité. De plus, il ne s'agit pas d'une valeur aberrante isolée. En effet, deux échantillons ont été prélevés au point médian et deux au point large et les quatre mesures montrent des valeurs très fortes et peu dispersées.

Point médian (4.06.84)	Point large (4.06.84)
$\bar{M} = 820 \text{ mg/m}^3$	$\bar{M} = 853 \text{ mg/m}^3$
$s = 25$	$s = 58$
$n = 2$	$n = 2$
$\overline{MO} = 696 \text{ mg/m}^3$	$\overline{MO} = 719 \text{ mg/m}^3$
$s = 5$	$s = 56$
$n = 2$	$n = 2$

Légende :  $\bar{M}$  = moyenne de poids sec

$\overline{MO}$  = moyenne du poids organique

$s$  = écart-type

$n$  = nombre de mesures

Notons que la mission du 4 juin avait été caractérisée par une chute de salinité sur le site (chapitre Hydrologie) et une forte augmentation de  $\text{NH}_4$ . Nous verrons plus loin les observations particulières observées sur les espèces zooplanctoniques. Notons déjà la simultanéité des observations qui pourraient être reliées, pour la mission du 4 juin :

- dessalure importante,
- diminution de chlorophylle avec forte augmentation du zooplancton herbivore,
- une dégradation possible d'organismes avec une augmentation de  $\text{NH}_4$  et une diminution d'oxygène dissous (voir chapitre Hydrologie), peut être en relation avec une "trop forte" concentration d'organismes planctoniques dans le milieu.

L'observation des espèces permettra d'approfondir cette question.

Fin mars on observe également des valeurs assez élevées de biomasse et matière organique (100 à 200  $\text{mg/m}^3$ ), mais ces valeurs sont très comparables à celles de 1983.

## 2. Les noctiluques (figure V.4)

Ce sont des Dinoflagellés surveillés car ils peuvent produire des eaux rouges dans le cas de prolifération excessive.

Le maximum annuel se situe, comme les années précédentes, au mois de juillet. Les valeurs obtenues en été 1984 (moyenne 3500/ $\text{m}^3$ ) sont plus faibles que celles de 1983 (moyenne 170.000/ $\text{m}^3$ ) et se rapprochent de celles de 1982.

La comparaison des points confirme les résultats exposés l'année précédente, montrant la richesse des points canal et médian par rapport aux autres points (tableau V.2).

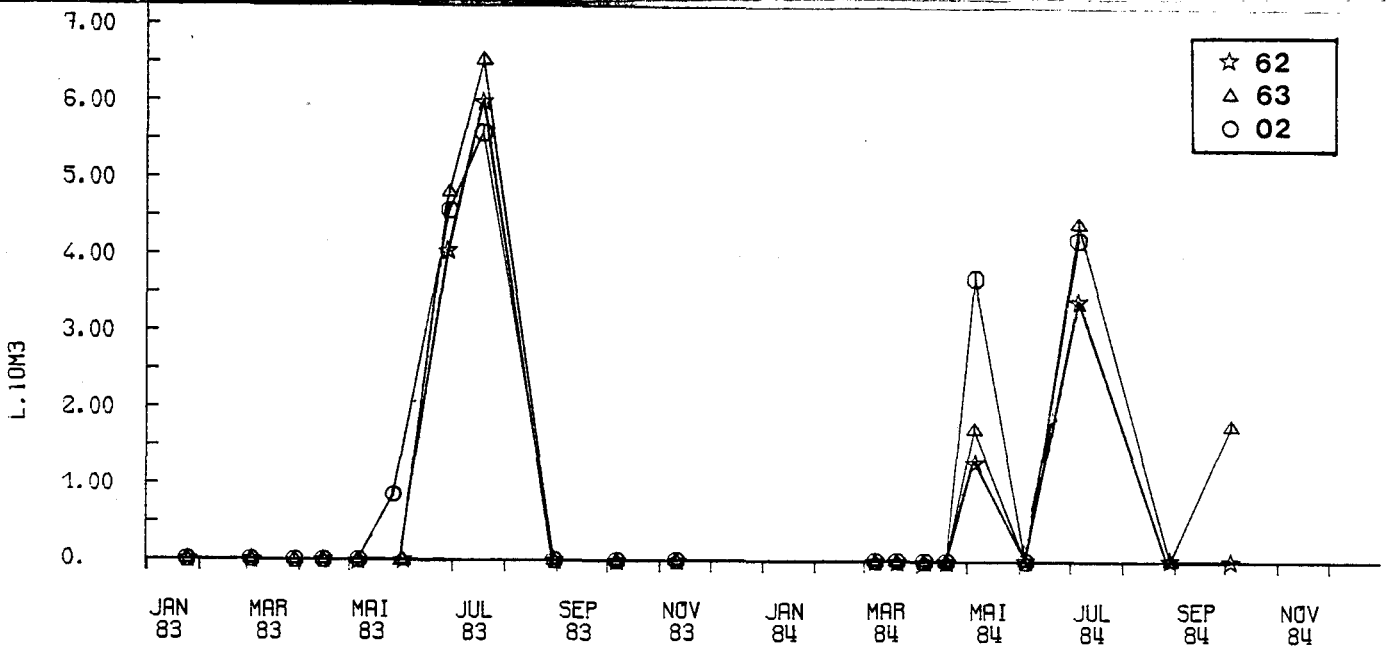
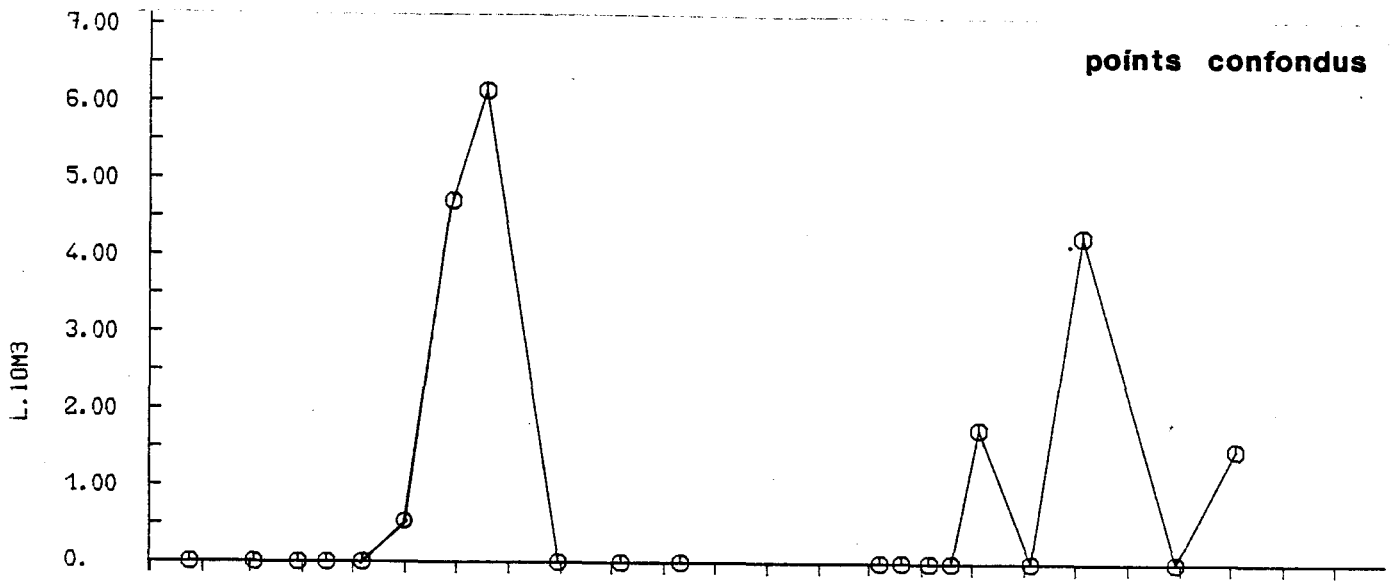
TABLEAU V.2 : NOCTILUQUES (N/m<sup>3</sup>)

Point/Date	24.1.83	3.3.83	29.3.83	15.4.83	6.5.83	31.5.83	28.6.83	19.7.83	30.8.83	6.10.83	8.11.83	7.03.84	20.3.84	5.4.84	18.4.84	4.5.84	4.6.84	4.07.84	29.8.84	3.10.84
64	-	-	-	-	-	+	20.322	212.679	-	-	-	-	-	-	-	11	-	8.306	+	779
62	-	-	-	-	-	+	3.764	39.118	-	-	-	-	-	-	-	500	-	1.609	-	-
63	-	-	-	-	+	+	6.895	337.647	-	-	-	-	-	-	-	140	-	2.983	+	169
02	-	-	+	-	-	+	1.687	11.526	-	-	-	-	-	-	-	140	-	2.983	+	169
Moyenne	-	-	-	-	-	-	8.793	171.362	-	-	-	-	-	-	-	122	-	3.659	-	223

Légende : + : présence - : absence

### Variations saisonnières des noctiluques

Fig V-4



### 3. Faunistique

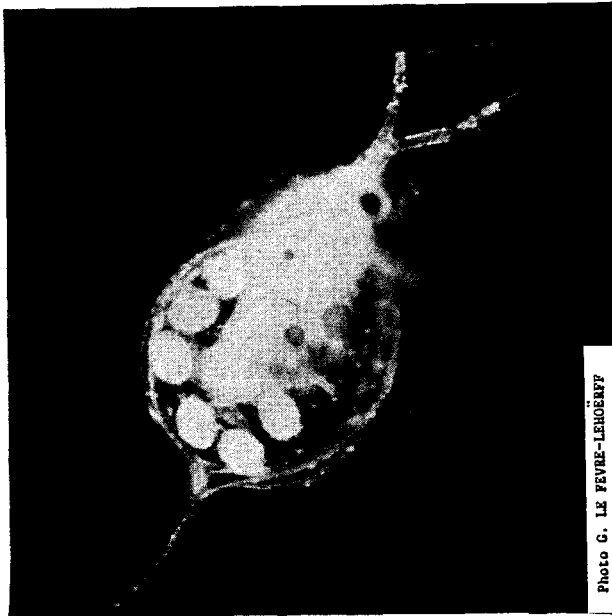
Deux séries d'espèces sont étudiées régulièrement au cours des surveillances comme les années précédentes.

Les espèces comptées (une vingtaine) : les résultats quantitatifs sont destinés à la comparaison des années et des points, et à une estimation quantitative de l'évolution du milieu.

Les espèces non comptées (tableau V.3) : elles peuvent être qualifiées de "traceurs" de masses d'eau (expression sans doute préférable à celle d'indicateurs biologiques fréquemment employée).

#### 3.1. Les espèces non comptées

A Gravelines, l'épaisseur de la masse d'eau est très faible et les fluctuations des paramètres physiques sont rapides et de grande amplitude. Aussi les espèces côtières de "type estuarien" sont-elles très fréquentes et de bons traceurs de phénomène particulier. On note toujours avec intérêt les espèces de



*Daphnia* sp. ♀ embryonnée

dessalures : les cladocères en particulier (*Bosmina* sp. noté dès 1975). Le 18 avril nous avons noté la présence d'un cladocère d'eau douce, *Daphnia* sp., alors qu'aucune dessalure particulière n'était signalée au même moment, mais la présence de cette espèce a témoigné d'une dessalure passagère passée. Les 7 mars et 18 avril on note également la présence du copépode euryhalin *Eurytemora hirundoides*.

Comme pour le 18 avril, la salinité notée le 7 mars n'était pas spécialement faible au moment du prélèvement, mais la présence d'*Eurytemora hirundoides* sur le site peut sans doute être le signe d'une arrivée d'eau de faible salinité apportée précédemment.

Les conditions décrites précédemment (chapitre I) montrent qu'avant les missions des 7 mars et 18 avril le débit de l'Aa était important (février et début avril), la pluviosité normale et les vents de Nord-ouest à Ouest favorisaient l'arrivée de ces eaux sur le site. C'est une observation fréquente que le temps de réponse des espèces n'est pas identique à celui des paramètres physiques (variations des T° et S°/ ‰ ).

**De mars à juin 1984** : le cycle ne présente rien d'original, et l'on y observe la présence simultanée d'espèces hivernales (*Sarsia tubulosa*) et estivales (*Isias clavipes*, *Ectopleura dumortieri*, et même *Anomalocera patersoni*, espèce épiplanctonique notée au large le 18 avril).

**De juillet à octobre 1984, de même qu'en novembre 1983** : c'est le maximum des espèces estivales *Ectopleura dumortieri*, *Eucheilota maculata*, *Isias clavipes*.

Notons en août 1984 la présence dans les eaux de Gravelines d'une larve "Phyllosome" de scyllaridae, famille des langoustes et cigales de mer.

TABLEAU V.3 : ESPECES RECENSEES NON COMPTEES.

Date	Point côtier (62)	Point médian (63)	Point large (02)	Point canal (64)
10/11/1983	Siphonophore n.d., Spionides n.d., Magelonidés, Calanus helgolandicus, Labidocera wollastoni, Corycaeus sp, Cyclopoides n.d., Zoe de Brachyourses Cumacés, Epicarides LV, Gastéropodes LV, Ophioplutei.	Ectopleura dumortieri, Siphonore n.d., Obelia sp., Phialidium hemisphaericum, Leptomeduses juveniles, Spionides, Nephtydés, Aphroditidés, Magelonidés, Calanus helgolandicus, Peltidiidés, Cyclopoides, n.d., Epicarides LV, Cumacés, Amphipodes gammariens, Amphipodes caprelliens, Caridés, Bivalves LV, Gastéropodes LV, Ophioplutei.	Obelia sp., Phialidium hemisphaericum, Leptomeduses juveniles, Spionides, Nephtydés, Aphroditidés Magelonidés, Ostracodes, Calanus helgolandicus, Corycaeus sp., Peltidiidés, Cyclopoides n.d., Epicarides LV, Cumacés, Amphipodes gammariens, Zoe de Brachyourses, Bivalves LV, Gastéropodes LV, Stellérides LV, Ophioplutei.	Obelia sp., Leptomeduses juveniles, Spionides, Nephtydés, Aphroditidés, Calanus helgolandicus, Oithona sp., Corycaeus sp., Cyclopoides n.d., Epicarides LV, Cumacés, Amphipodes gammariens, Caridés, Paguridés, Porcellanidés, Bivalves LV, Gastéropodes LV, Ophioplutei, têtards d'Ascidies, Centropages typicus.
07/03/1984	Actinules n.d., Spionides n.d., Aphroditidés, Nephtydés, Phyllodoce sp., Autolytus prolifér, Calanus helgolandicus, Eurytemora hironoides, Parapontella brevicornis, Acartia discaudata, Amphipodes gammariens, Zoe de Brachyourses, Caridés, Upogebia deltaura, Bivalves LV, Gasteropodes LV.	Cerinula LV, Sarsia eximia, Leptomeduses juveniles, Spionides, Nephtydés, Calanus helgolandicus, Epicarides LV, Zoe de Brachyourses, Caridés, Bivalves LV, Gastéropodes LV.	Cerinula LV, Sarsia eximia, Sarsia tubulosa, Spionides, Nephtydés, Aphroditidés Calanus helgolandicus, Cyclopoides n.d., Cumacés, Amphipodes gammariens, Zoe de Brachyourses Paguridés, Caridés, Mysidopsis gibbosa, Bivalves LV, Gasteropodes LV, Holothuridés LV.	Cerinula LV, Spionides, Nephtydés, Aphroditidés, Autolytus prolifér, Podon sp., Calanus helgolandicus, Eurytemora hironoides, Acartia discaudata, Cumacés, Epicarides LV, Amphipodes gammariens, Zoe de Brachyourses, Gastéropodes LV.
20/03/1984	Cerinula LV, Actinules n.d., Sarsia sp., Sarsia tubulosa, Obelia sp., Leptomeduses juveniles, Nephtydés, Aphroditidés, Autolytus prolifér, Calanus helgolandicus, Cyclopoides n.d., Harpacticoides n.d., Epicarides LV, Amphipodes gammariens, Zoe de Brachyourses, Caridés, Gastéropodes LV, Holothuridés LV.	Cerinula LV, Phialidium hemisphaericum, Spionides, Nephtydés, Aphroditidés, Ostracodes, Calanus helgolandicus, Acartia discaudata, Peltidiidés, Cyclopoides n.d., Harpacticoides n.d., Cumacés, Epicarides LV, Amphipodes gammariens, Schistomysis ornata, Bivalves LV, Gastéropodes LV.	Cerinula LV, Rathkea octopunctata, Spionides, Nephtydés, Aphroditidés, Cyclopoides n.d., Harpacticoides n.d Amphipodes gammariens, Epicarides LV, Gastéropodes LV.	Cerinula LV, Leptomeduses juveniles, Spionides, Nephtydés, Aphroditidés, Evadne sp., Calanus helgolandicus, Acartia discaudata, Peltidiidés, Cumacés, Epicarides LV, Amphipodes gammariens, Zoe de Brachyourses, Caridés, Gasteropodes LV.
05/04/1984	Actinules n.d., Obelia sp., Spionidés, Aphroditidés, Cladocères n.d., Peltidiidés, Cumacés, Amphipodes gammariens, Zoe de Brachyourses, Bivalves LV, Gastéropodes LV.	Obelia sp., Aphroditidés, Ostracodes n.d., Corycaeus sp., Epicarides LV, Cumacés, Zoe de Brachyourses, Caridés, Bivalves LV, Gastéropodes LV.	Actinules n.d., Aphroditidés, Annélides n.d., Cladocères n.d., Cumacés, Amphipodes gammariens, Zoe de Brachyourses, Caridés, Bivalves LV, Gasteropodes LV.	
18/04/1984	Actinules n.d., Leptomeduses juveniles, Rathkea octopunctata, Aphroditidés, Calanus helgolandicus Daphnia sp., Eurytemora hironoides Acartia discaudata, Peltidiidés, Amphipodes gammariens, Zoe de Brachyourses, Caridés, Bivalves LV, Stellérides LV.	Rathkea octopunctata, Sarsia tubulosa, Obelia sp., Phialella quadrata, Leptomeduses n.d., Spionides, Aphroditidés, Autolytus prolifér, Peltidiidés, Amphipodes gammariens Zoe de Brachyourses, Bivalves LV, Gasteropodes LV, Ophioplutei.	Rathkea octopunctata, Obelia sp., Phialella quadrata, Spionides, Anomalocera patersoni, Cyclopoides n.d., Cumacés, Zoe de Brachyourses, Bivalves LV, Ophioplutei, Stellérides LV.	
04/05/1984	Actinules n.d., Rathkea octopunctata, Sarsia tubulosa, Aphroditidés Phyllodoce sp., Magelonidés, Calanus helgolandicus, Cumacés, Zoe de Brachyourses, Bivalves LV, Ophioplutei, Stellérides LV.	Actinules n.d., Cerinula LV, Rathkea octopunctata, Eirene viridula, Obelia sp., Phialidium hemisphaericum, Spionides, Phyllocode sp., Magelonidés, Calanus helgolandicus, Centropages typicus, Peltidiidés, Cumacés, Amphipodes gammariens, et caprelliens, Zoe de Brachyourses, Bivalves LV, Ophioplutei, Stellérides LV.	Actinules n.d., Rathkea octopunctata, Phialidium hemisphaericum, Leptomeduses n.d., Polydora pulchra Spionides, Aphroditidés, Phyllodoce sp., Magelonidés, Cyclopoides, Epicarides LV, Cumacés, Amphipodes gammariens, Zoe de Brachyourses, Bivalves LV, Stellérides LV, Ophioplutei, Mollusques LV.	Cerinula LV, Rathkea octopunctata, Eirene viridula, Obelia sp., Polydora pulchra, Spionides, Aphroditidés, Phyllodoce sp., Magelonidés, Calanus helgolandicus, Cyclopoides n.d., Zoe de Brachyourses, Caridés, Bivalves LV, Stellérides LV, Mollusques LV.



TABLEAU V.3 (suite).

Date	Point côtier (62)	Point médian (63)	Point large (02)	Point canal (64)
04/06/1984	<u>Margelopsis sp.</u> , <u>Spionides</u> , <u>Zoe de Brachyours</u> , <u>Carides</u> , <u>Gastéropodes LV</u> , <u>Stellérides LV</u> .	<u>Margelopsis sp.</u> , <u>Rathkea octopunctata</u> , <u>Calanus helgolandicus</u> , <u>Isias clavipes</u> , <u>Peltidiides</u> , <u>Cumacés</u> , <u>Amphipodes gammariens</u> , <u>Carides</u> , <u>Gastrossacus sanctus</u> , <u>Bivalves LV</u> .	<u>Ectopleura dumortieri</u> , <u>Ephyrales LV</u> , <u>Spionides</u> , <u>Calanus helgolandicus</u> , <u>Cumacés</u> , <u>Carides</u> , <u>Zoe de Brachyours</u> , <u>Bivalves LV</u> , <u>Stellérides LV</u> .	
04/07/1984	<u>Obelia sp.</u> , <u>Phialidium hemisphaericum</u> , <u>Aphroditides</u> , <u>Magelonides</u> , <u>Calanus helgolandicus</u> , <u>Zoe de Brachyours</u> , <u>Megalope de Brachyours</u> , <u>Bivalves LV</u> , <u>Ophioplutei</u> , <u>Stellérides LV</u> .	<u>Ectopleura dumortieri</u> , <u>Obelia sp.</u> , <u>Phialidium hemisphaericum</u> , <u>Spionides</u> , <u>Nephtydes</u> , <u>Magelonides</u> , <u>Pectinaria koreni</u> , <u>Calanus helgolandicus</u> , <u>Isias clavipes</u> , <u>Peltidiides</u> , <u>Cumacés</u> , <u>Amphipodes gammariens</u> , <u>Zoe de Brachyours</u> , <u>Bivalves LV</u> , <u>Ophioplutei</u> , <u>Echinides LV</u> .	<u>Obelia sp.</u> , <u>Spionides</u> , <u>Magelonides</u> , <u>Pectinaria koreni</u> , <u>Calanus helgolandicus</u> , <u>Isias clavipes</u> , <u>Ostracodes</u> , <u>Cumacés</u> , <u>Carides</u> , <u>Zoe de Brachyours</u> , <u>Bivalves LV</u> , <u>Ophioplutei</u> , <u>Echinides LV</u> .	<u>Obelia sp.</u> , <u>Leptomeduses juveniles</u> , <u>Spionides</u> , <u>Nephtydes</u> , <u>Magelonides</u> , <u>Calanus helgolandicus</u> , <u>Isias clavipes</u> , <u>Labidocera wollastoni</u> , <u>Amphipodes gammariens</u> , <u>Zoe de Brachyours</u> , <u>Megalope de Brachyours</u> , <u>Porcellanides</u> , <u>Bivalves LV</u> , <u>Ophioplutei</u> , <u>Echinides LV</u> , <u>Gastéropodes LV</u> .
29/08/1984		<u>Eucheilota maculata</u> , <u>Obelia sp.</u> , <u>Phialidium hemisphaericum</u> , <u>Spionides</u> , <u>Polydora pulchra</u> , <u>Phyllococe sp.</u> , <u>Autolytus prolifer</u> , <u>Calanus helgolandicus</u> , <u>Isias clavipes</u> , <u>Labidocera wollastoni</u> , <u>Cyclopoïdes n.d.</u> , <u>Peltidiides</u> , <u>Harpacticoides n.d.</u> , <u>Cumacés</u> , <u>Amphipodes gammariens</u> , <u>Amphipodes caprelliens</u> , <u>Carides</u> , <u>Zoe de Brachyours</u> , <u>Bivalves LV</u> , <u>Gastéropodes LV</u> , <u>Ophioplutei</u> , <u>Echinides LV</u> , <u>Mollusques LV</u> .	<u>Actinule n.d.</u> , <u>Sarsia eximia</u> , <u>Sarsia prolifera</u> , <u>Sarsia sp.</u> , <u>Ectopleura dumortieri</u> , <u>Eucheilota maculata</u> , <u>Obelia sp.</u> , <u>Phialidium hemisphaericum</u> , <u>Leptomeduses juveniles</u> , <u>Spionides</u> , <u>Polydora pulchra</u> , <u>Aphroditides</u> , <u>Podon sp.</u> , <u>Calanus helgolandicus</u> , <u>Isias clavipes</u> , <u>Parapontella brevicornis</u> , <u>Cumacés</u> , <u>Amphipodes gammariens</u> , <u>Amphipodes caprelliens</u> , <u>Zoe de Brachyours</u> , <u>Megalopes de Brachyours</u> , <u>Carides</u> , <u>Phyllosome LV</u> , <u>Bivalves LV</u> , <u>Gastéropodes LV</u> , <u>Ophioplutei</u> , <u>Mollusques LV</u> .	<u>Sarsia eximia</u> , <u>Ectopleura dumortieri</u> , <u>Obelia sp.</u> , <u>Phialidium hemisphaericum</u> , <u>Leptomeduses juveniles</u> , <u>Phyllococe sp.</u> , <u>Autolytus prolifer</u> , <u>Eucheilota maculata</u> , <u>Polydora pulchra</u> , <u>Spionides</u> , <u>Aphroditides</u> , <u>Calanus helgolandicus</u> , <u>Cyclopoïdes n.d.</u> , <u>Cumacés</u> , <u>Amphipodes gammariens</u> , <u>Zoe de Brachyours</u> , <u>Megalopes de Brachyours</u> , <u>Zoe de Pinnothères</u> , <u>Carides</u> , <u>Porcellanides</u> , <u>Bivalves LV</u> , <u>Gastéropodes LV</u> , <u>Ophioplutei</u> .
03/10/1984		<u>Obelia sp.</u> , <u>Phialidium hemisphaericum</u> , <u>Eucheilota maculata</u> , <u>Spionides</u> , <u>Acartia discaudata</u> , <u>Cyclopoïdes n.d.</u> , <u>Epicarides LV</u> , <u>Zoe de Brachyours</u> , <u>Bivalves LV</u> , <u>Gastéropodes LV</u> , <u>Ophioplutei</u> .	<u>Ectopleura dumortieri</u> , <u>Obelia sp.</u> , <u>Phialidium hemisphaericum</u> , <u>Leptomeduses juveniles</u> , <u>Labidocera wollastoni</u> , <u>Corycaeus sp.</u> , <u>Cyclopoïdes n.d.</u> , <u>Megalopes de Brachyours</u> , <u>Carides</u> , <u>Porcellanides</u> , <u>Gastéropodes LV</u> , <u>Ophioplutei</u> .	<u>Obelia sp.</u> , <u>Phialidium hemisphaericum</u> , <u>Leptomeduses juveniles</u> , <u>Eucheilota maculata</u> , <u>Spionides</u> , <u>Autolytus prolifer</u> , <u>Calanus helgolandicus</u> , <u>Cyclopoïdes n.d.</u> , <u>Harpacticoides n.d.</u> , <u>Amphipodes gammariens</u> , <u>Epicarides LV</u> , <u>Cumacés</u> , <u>Zoe de Brachyours</u> , <u>Porcellanides</u> , <u>Bivalves LV</u> , <u>Gastéropodes LV</u> , <u>Ophioplutei</u> , <u>Tétards d'Ascidies</u> .

### 3.2. Abondance des espèces comptées (moyenne tous points confondus)

Le maximum annuel de la somme totale de tous les individus du zooplancton est noté le 4 juin (fig. V.5.a), ce qui correspond bien au maximum de biomasse. L'abondance (280.000 ind./10m<sup>3</sup>) est trois fois plus forte qu'en 1983 (100.000 ind./10m<sup>3</sup>), tandis que la matière organique correspondante l'est 7 à 8 fois plus. Il semble que les espèces soient cependant les mêmes avec une forte proportion de copépodes (tableau V.4).

Espèces	1983		1984	
	%	Période	%	Période
<b>Holoplancton</b>				
<u>Sagitta setosa</u>	2,3	octobre	2,4	août
<u>Oikopleura dioica</u>	19,5	mars	23,0	mai
<u>Euterpina acutifrons</u>	32,3	novembre	8,2	octobre
<u>Paracalanus parvus</u>	4,6	octobre	16,6	octobre
<u>Pseudocalanus minutus</u>	19,3	avril	22,2	mars
<u>Temora longicornis</u>	60,9	mai	79,2	juin
<u>Centropages hamatus</u>	18,9	juillet	12,0	juin
<u>Acartia clausi</u>	15,8	juillet	30,9	août
<b>Méropplancton</b>				
<u>Polydora ciliata</u>	10,3	avril	1,8	mars
<u>Lanice conchilega</u>	19,7	novembre	3,6	août
<u>LV. Nauplii</u> de Cirripèdes	22,9	mars	22,3	mars

**Tableau V.4 : Maxima des pourcentages de dominance de certaines espèces.**

Ce maximum du plancton total correspond au maximum des espèces : Temora longicornis, Centropages hamatus ...

On remarque cependant que pour certaines espèces (Oikopleura dioica (fig. V.5.c), Paracalanus parvus, larves de Polydora ...) l'effectif chute brutalement le 4 juin. On ne peut savoir si la dessalure brutale en est la cause directe ou indirecte. On sait que le maximum phytoplanctonique s'est produit entre le 18 avril (diatomées) et le 4 mai (Phaeocystis). La diminution de phytoplancton et d'oxygène dissous le 4 juin correspond donc à une croissance et reproduction du zooplancton herbivore. Mais il n'est pas impossible qu'une certaine compétition existe entre espèces quand les conditions de vie deviennent difficiles : dessalures, limites en chlorophylle, déficit en oxygène dissous ...

#### Reproduction de quelques copépodes (fig. V.6.a,b,c,d,e,f)

Les périodes de reproduction de six copépodes sont marquées soit par la présence de juvéniles dans les échantillons recueillis au filet fin (les copépodites 1 des espèces), soit par la présence de femelles ovigères.

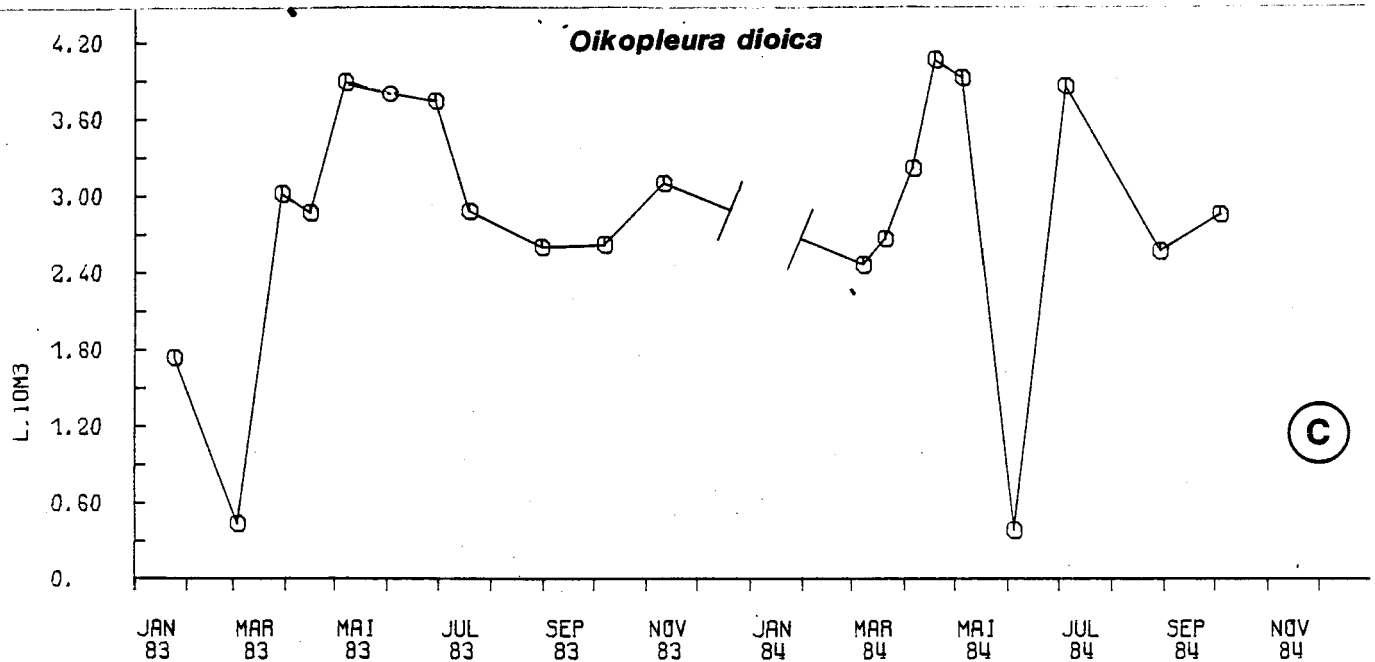
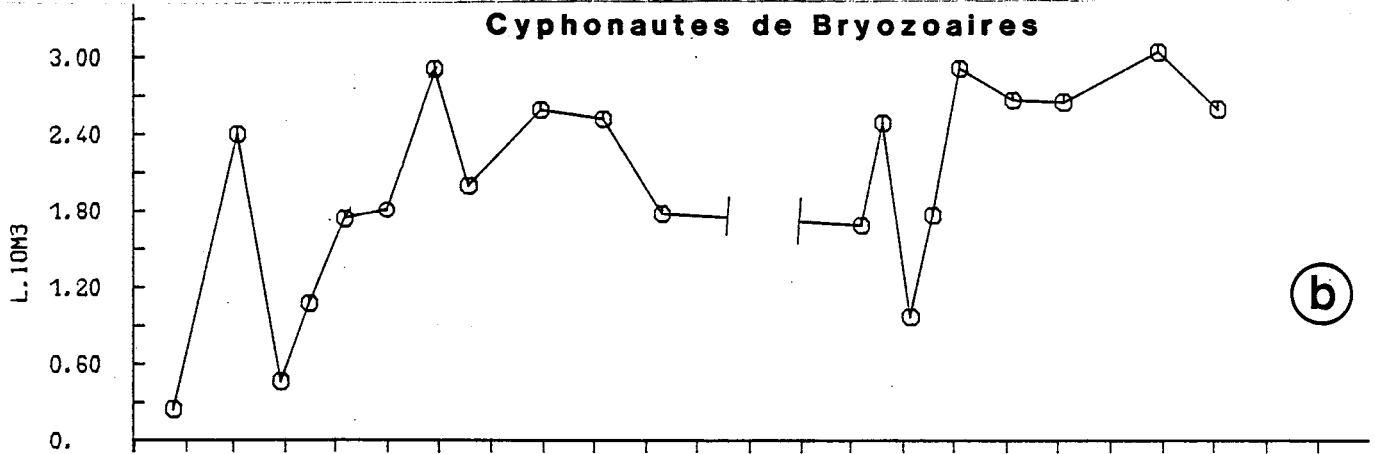
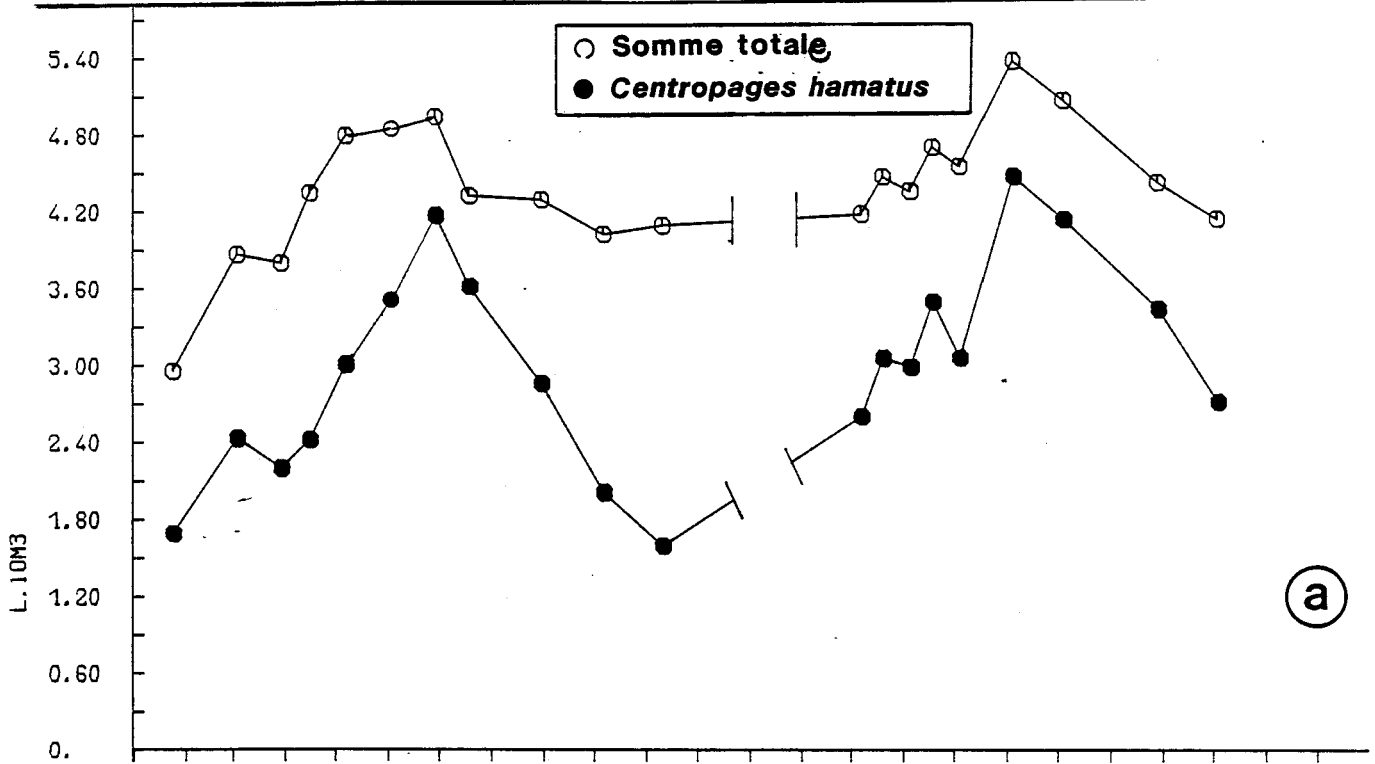
Les premières reproductions importantes se situent en mars, puis en avril-mai (maximum phytoplanctonique), enfin en juillet. Ces trois périodes de reproductions sont les plus importantes pour Temora longicornis, Centropages hamatus, Acartia clausi et Pseudocalanus minutus, tandis que septembre et novembre sont très importantes pour Oncaea sp. et Euterpina acutifrons sur l'ensemble du site.

# GRAVELINES

## VARIATIONS SAISONNIERES D'ABONDANCE

(MOYENNE TOUS POINTS CONFONDUS)

Fig V-5



# GRAVELINES

Fig V-6

## Reproduction de quelques copépodes

○ Population totale  
● ♀ ovigères

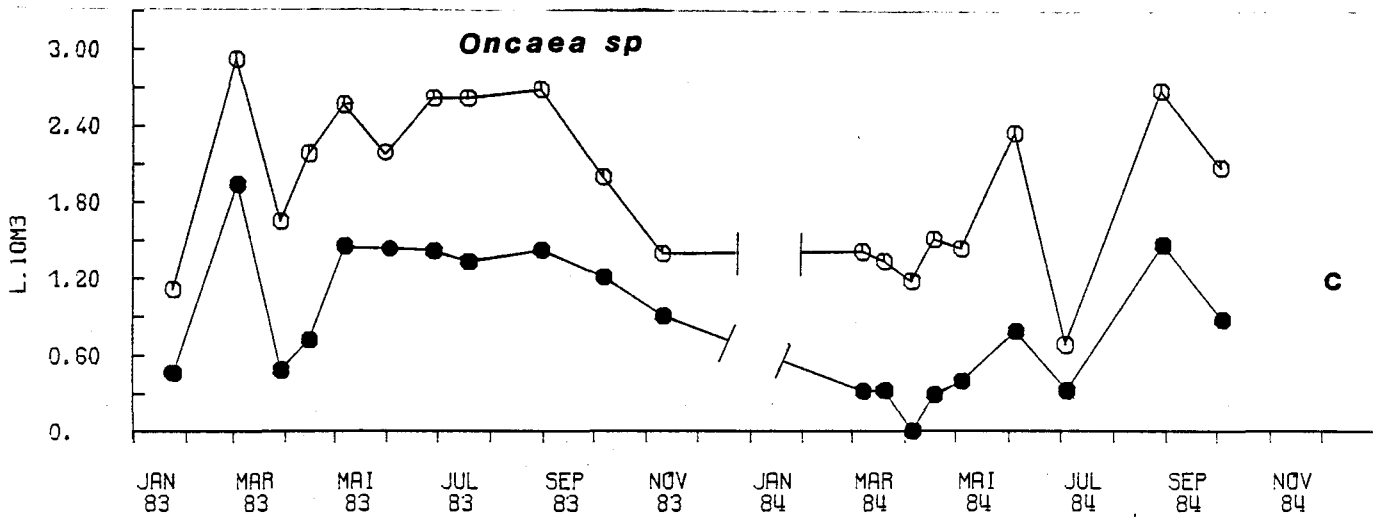
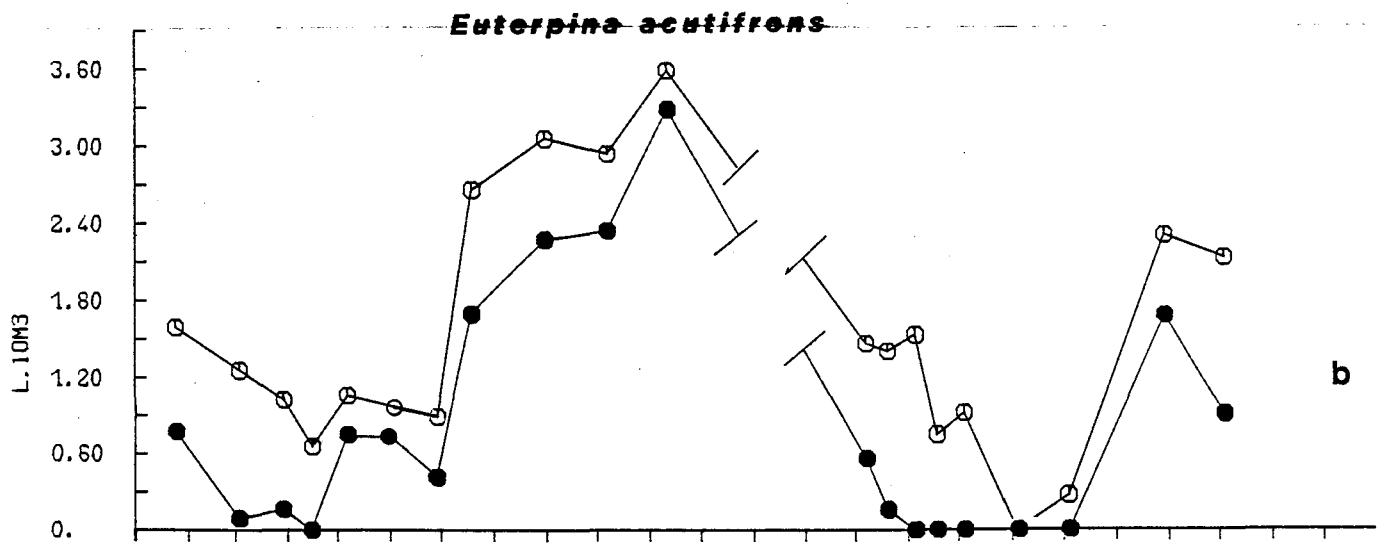
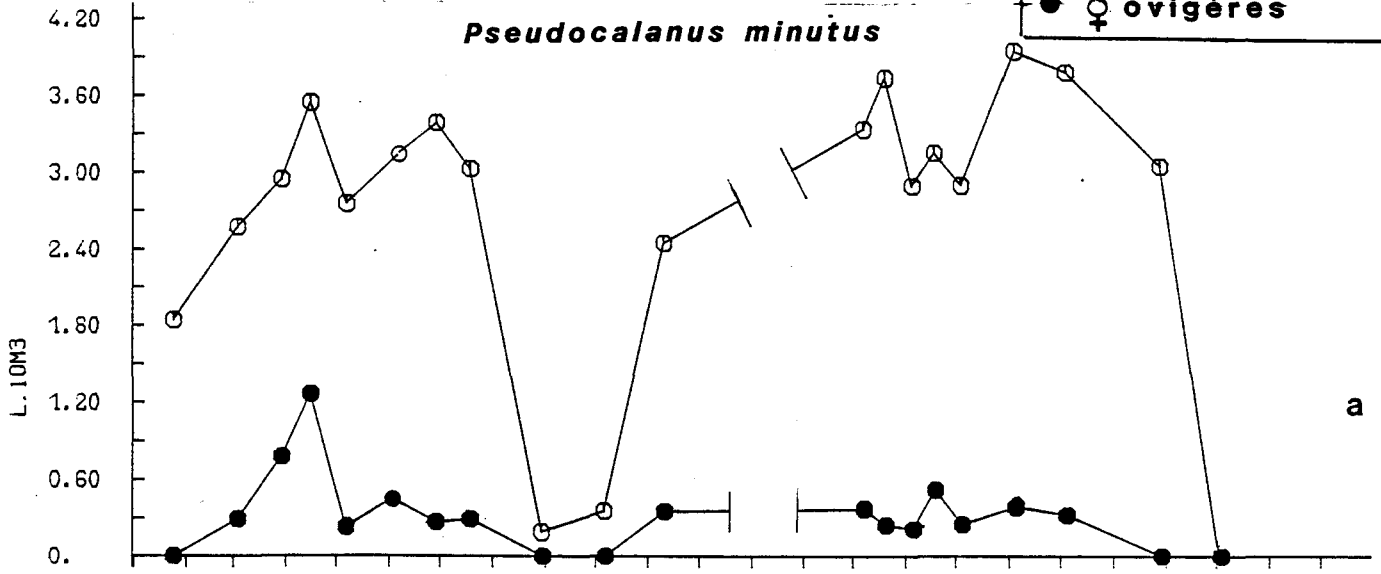
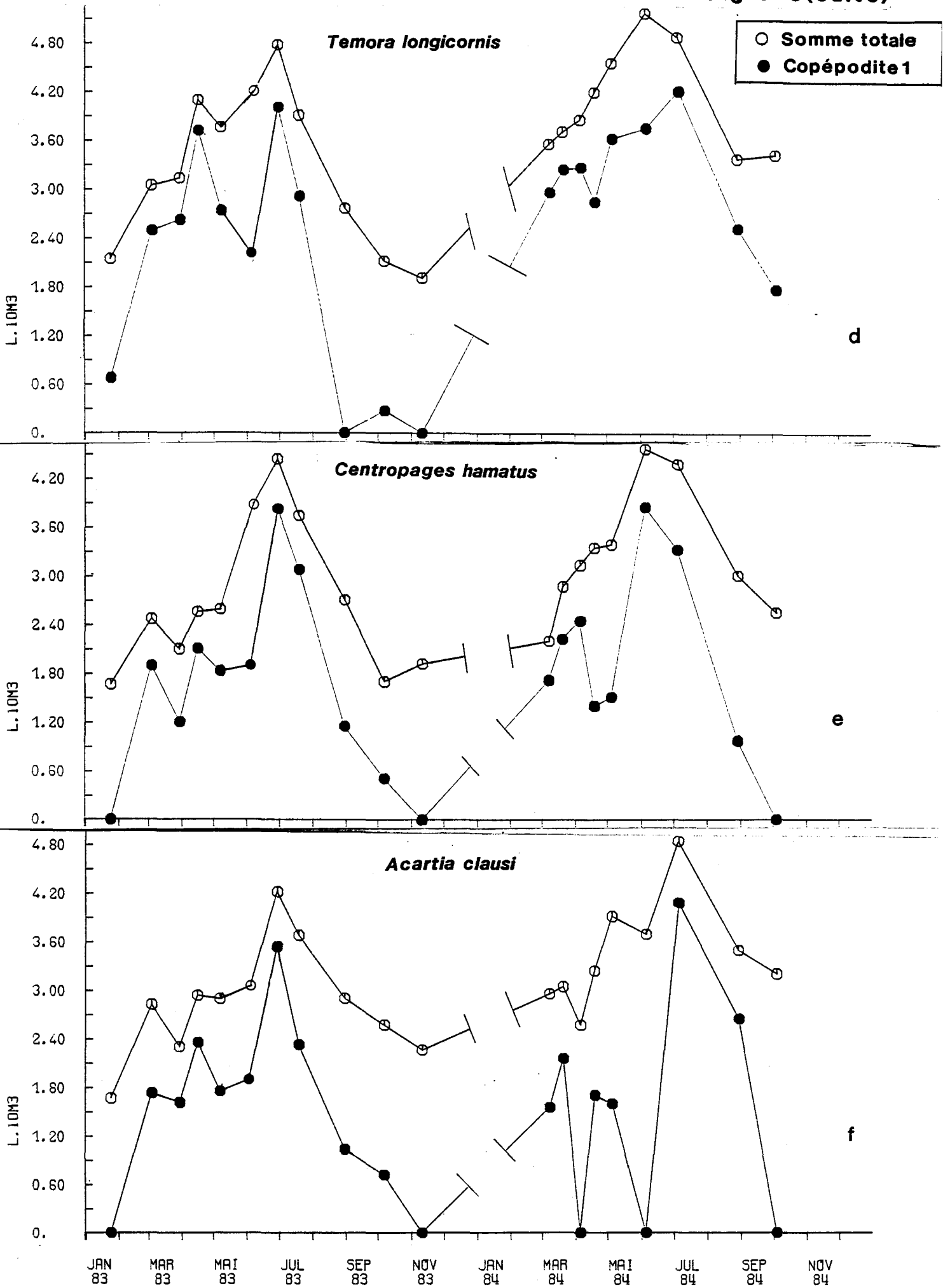


Fig V-6(suite)



### 3.3. Comparaison des points

#### a. Points côtier (62) et médian (63) (fig. V.7)

Une comparaison entre les points a été poursuivie. Le point côtier n'a pas été échantillonné les 21 août et 3 octobre, mais on peut comparer les points côtier et médian pour les autres missions. La plus grande pauvreté du point côtier est en moyenne confirmée en 1984, mais les résultats sont moins nets qu'en 1983, en particulier pour Oikopleura dioica. Ceci est peut être dû à un échauffement au canal de rejet moins fort qu'en 1983 et à un débit plus intense. La différence entre les deux points se maintient pour la somme totale du plancton et de nombreux groupes : copépodes, oeufs de poissons ...

Remarquons que Euterpina acutifrons n'est plus recueilli au point côtier à partir du mois d'avril.

#### b. Point médian (63) et point large (02) (fig. V.8)

Le point large est toujours hors tache, et le point médian l'est pendant une bonne partie du cycle de marée (voir complément de Gravelines) ; cependant, la comparaison des points large et médian montre que les abondances de plancton sont différentes, bien que les températures aux deux points soient équivalentes. L'abondance ne dépend vraisemblablement pas de la distribution des températures, mais serait peut-être liée à l'hydrodynamisme. Il semble bien que la zone située à la limite externe du panache thermique (correspondant au point médian) soit une zone de plus grande abondance planctonique. Le point médian est à la limite de deux zones, zone du large et zone côtière du panache et serait plus riche que les zones situées de part et d'autre, et fonctionnerait comme une limite frontale avec une plus forte densité des organismes à la limite entre deux masses d'eaux aux caractéristiques différentes : la masse d'eau du large hors-tâche (02) homogène et la masse d'eau côtière (62) échauffée, stratifiée, mais appauvrie (le mécanisme responsable reste à étudier).

Il serait intéressant de pouvoir comparer les profils horizontaux thermiques entre la centrale et le large avec des profils d'abondances de plancton par mesures en continu, et non ponctuelles, comme il a été fait dans l'étude de complément de Gravelines où quatre mesures seulement sont connues dans la zone  $\Delta T > 5^\circ$  jusqu'à  $\Delta T > 1^\circ$  (zone couverte en plusieurs heures d'ailleurs).

#### c. Point côtier (62) - point canal (64)

Aucune comparaison sérieuse n'est possible pour l'année 1984, car nous l'avons signalé précédemment, il n'existe que 5 couples de valeurs point canal/point côtier sur 10 missions. Ceci est d'autant plus désolant que sur plusieurs années un début de calcul du déficit [Entrée - Sortie] aurait pu être entrepris.

### 4. Essai de comparaison des résultats de l'étude de surveillance et de l'étude complémentaire de Gravelines

La période d'étude du complément de Gravelines se situe du 4 mai 1982 au 7 juin 1984 et peut être comparée à trois périodes de surveillances :

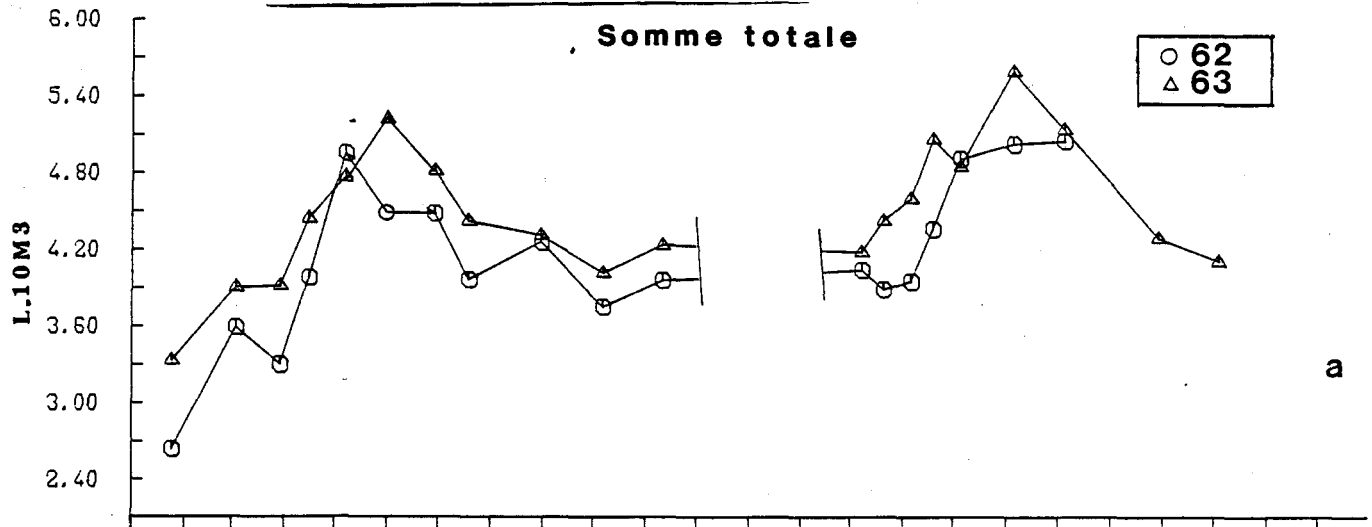
- novembre 1981 - octobre 1982
- novembre 1982 - octobre 1983
- novembre 1983 - octobre 1984

Le positionnement des prélèvements par rapport à la température de l'eau a été représenté sur la figure V.9 ; ne figurent pas sur le graphique les gammes de température couvertes pendant les cycles de marées aux points côtier et médian ( $9^\circ - 12^\circ$ ) les 4 et 5 mai 1982. Les résultats du complément de Gravelines sont résumés dans un autre rapport à paraître en 1985. Cependant, le rappel des résultats, comparés à celui de surveillance peut être intéressant à noter, car il soulève le problème de l'influence de l'échantillonnage.

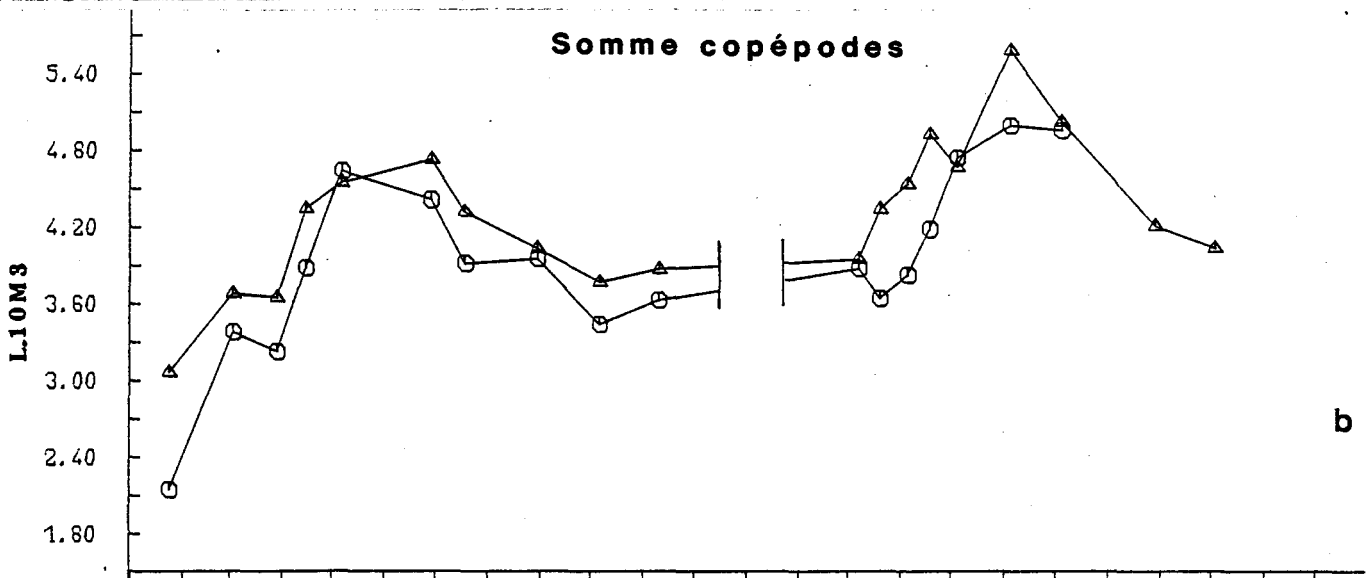
GRAVELINES

COMPARAISON DES VARIATIONS SAISONNIERES  
DE DIFFERENTES ESPECES AUX POINTS 62 ET 63

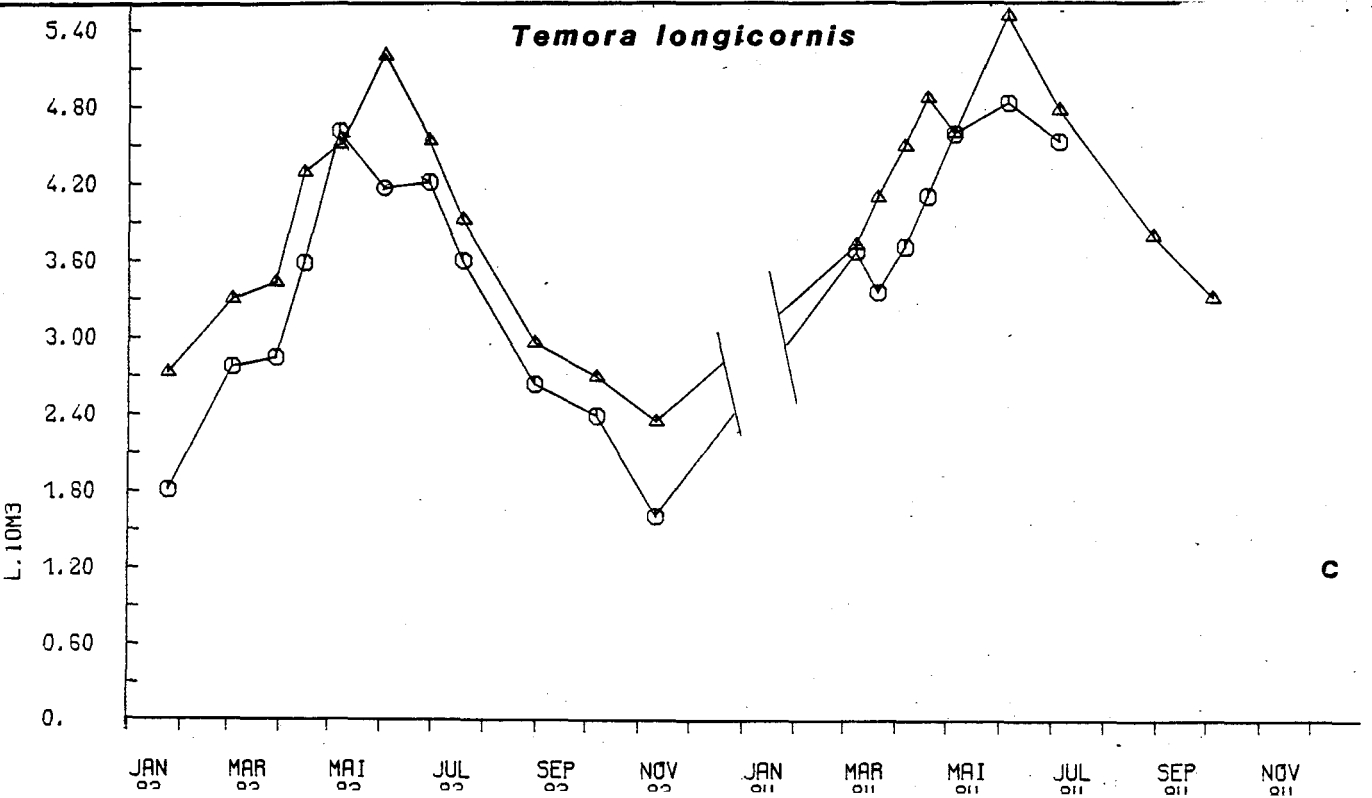
Fig V-7



a

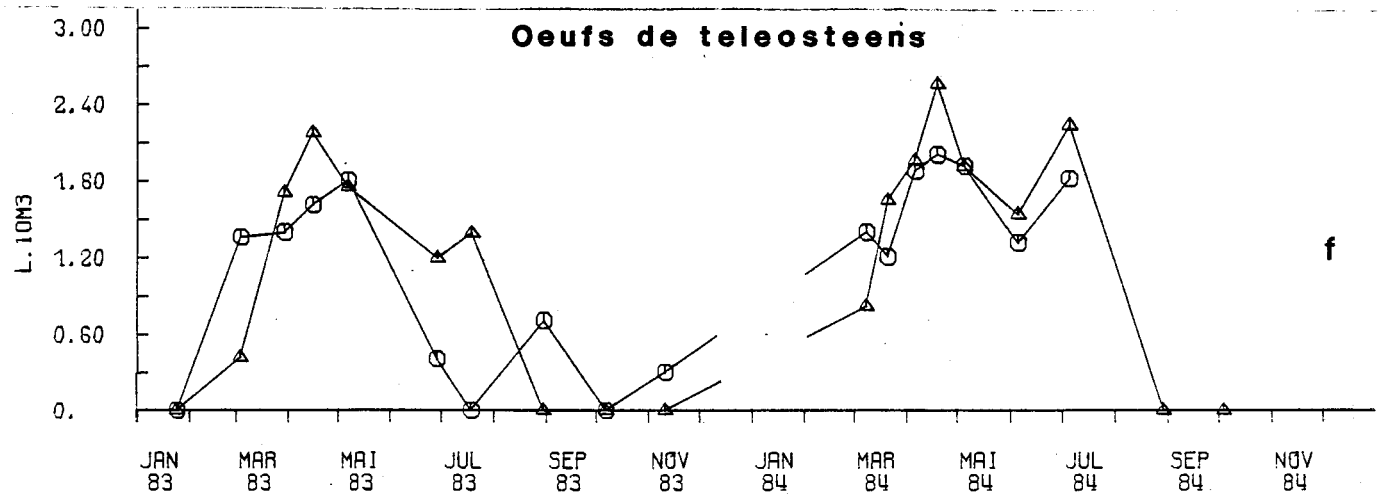
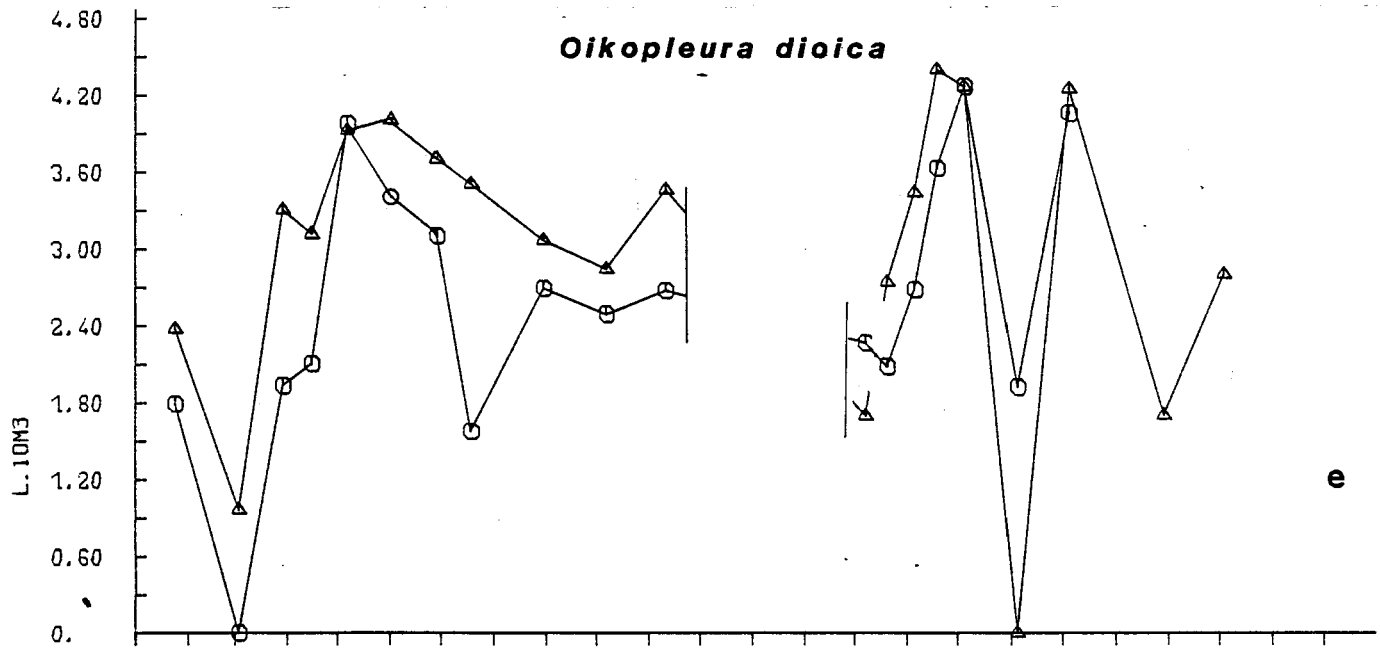
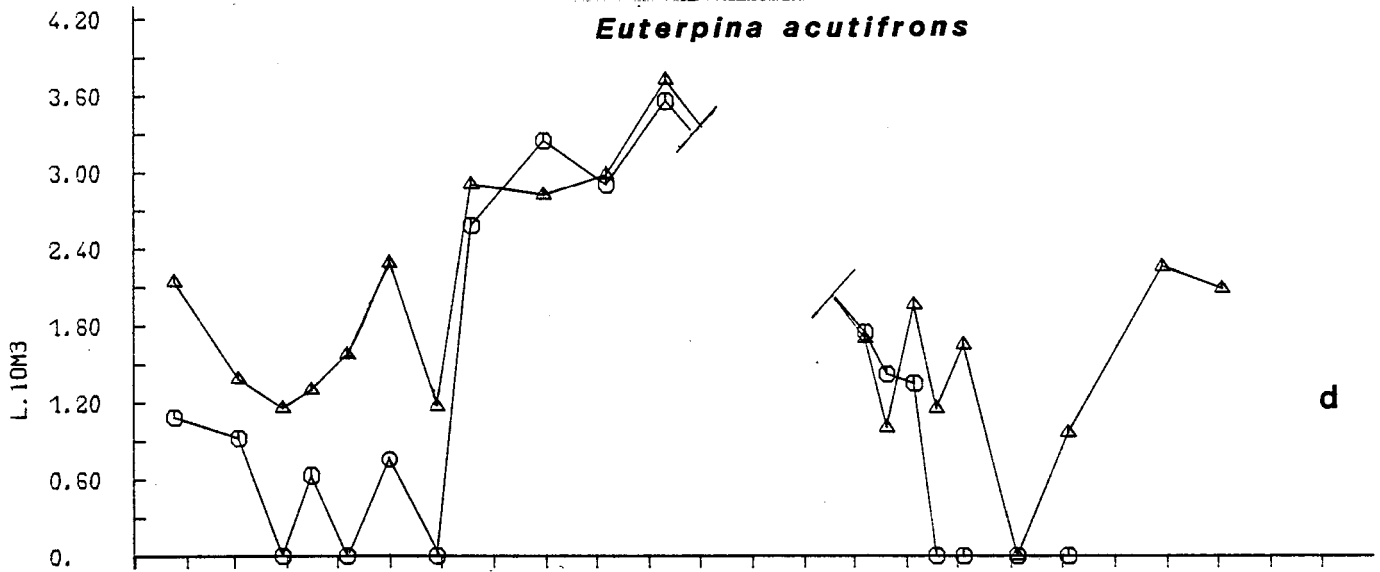


b



c

Fig V-7(suite)





**GRAVELINES**

**Fig V-8**

COMPARAISON DES VARIATIONS SAISONNIERES  
DE DIFFERENTES ESPECES AUX POINTS 02 ET 63

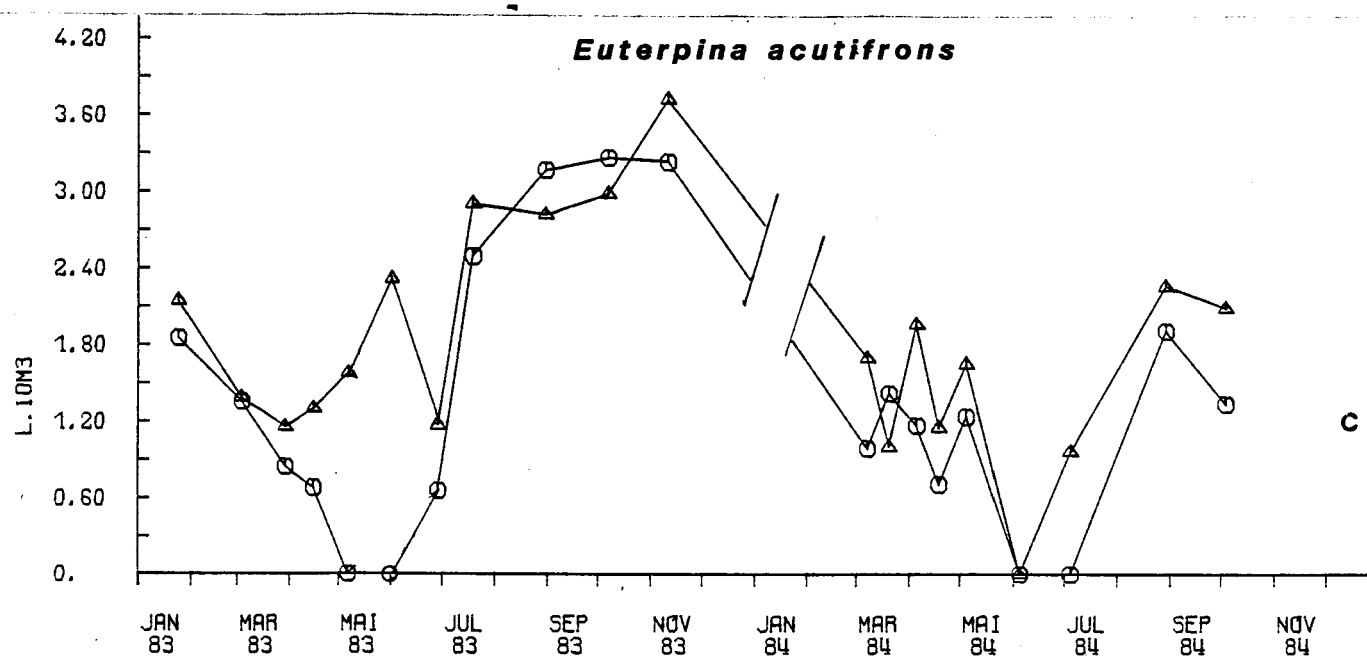
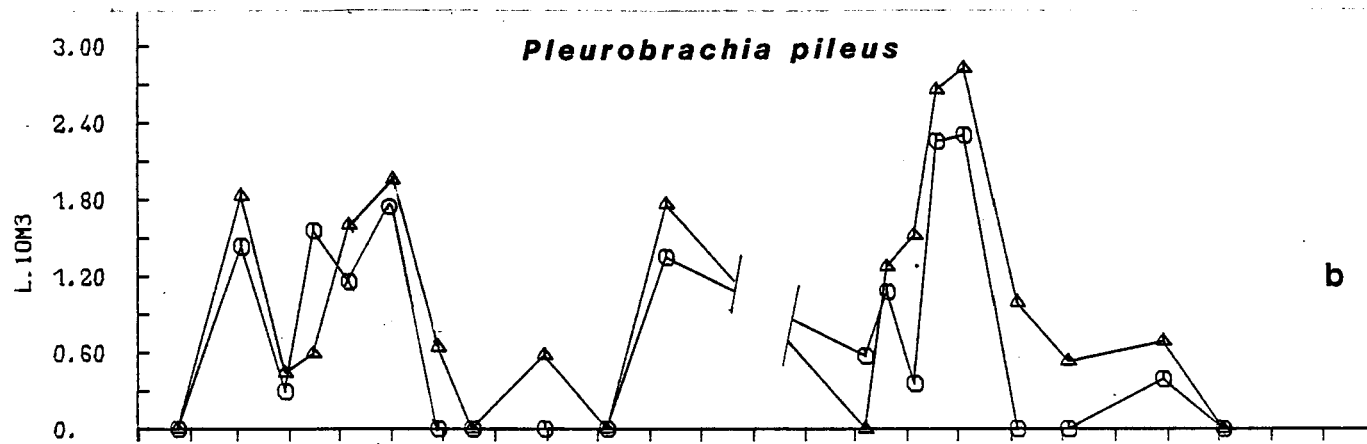
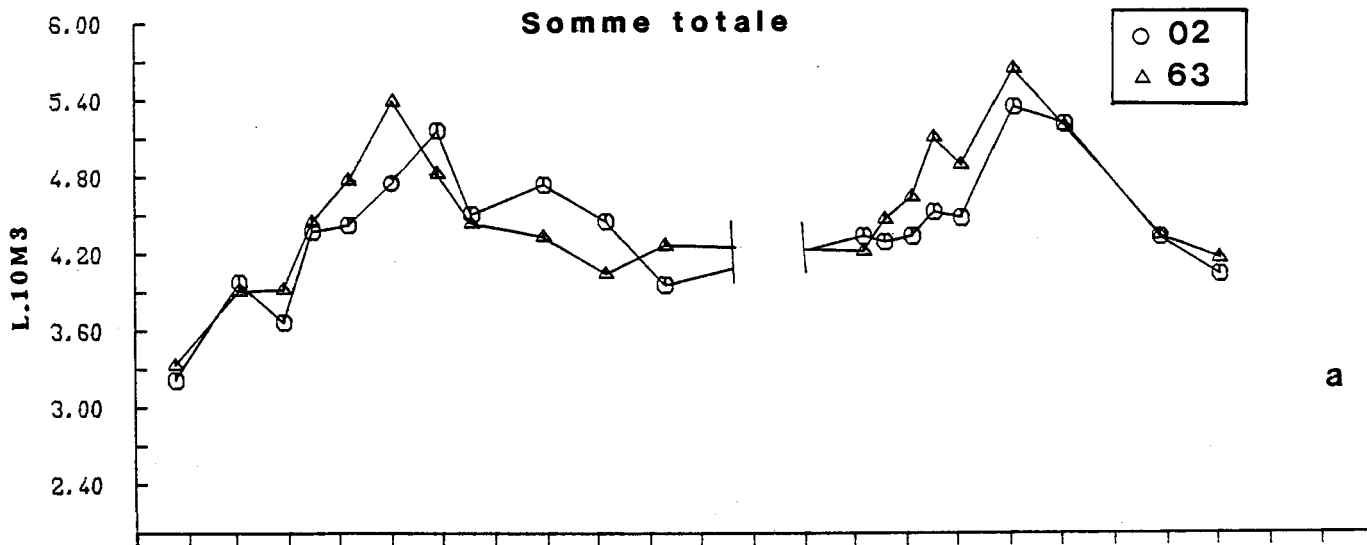
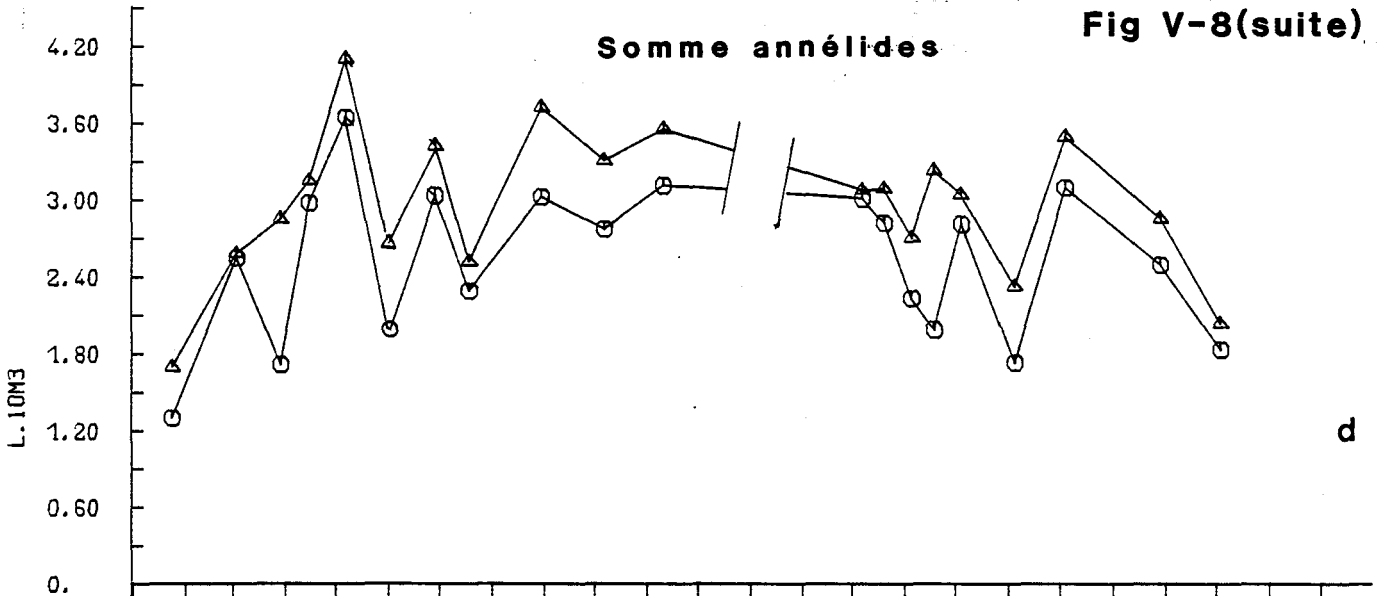


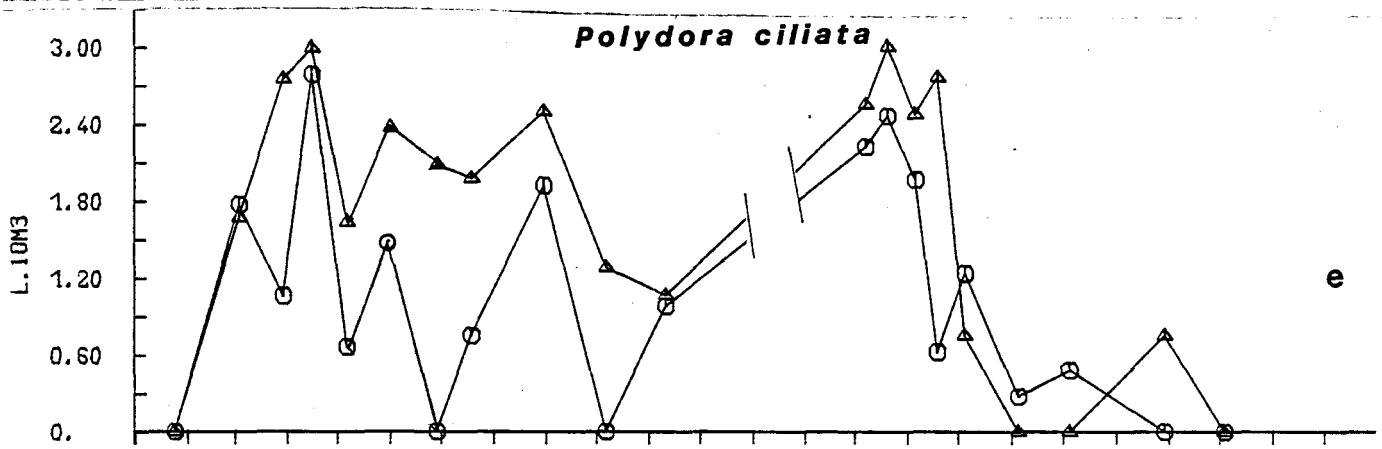
Fig V-8(suite)

**Somme annélides**



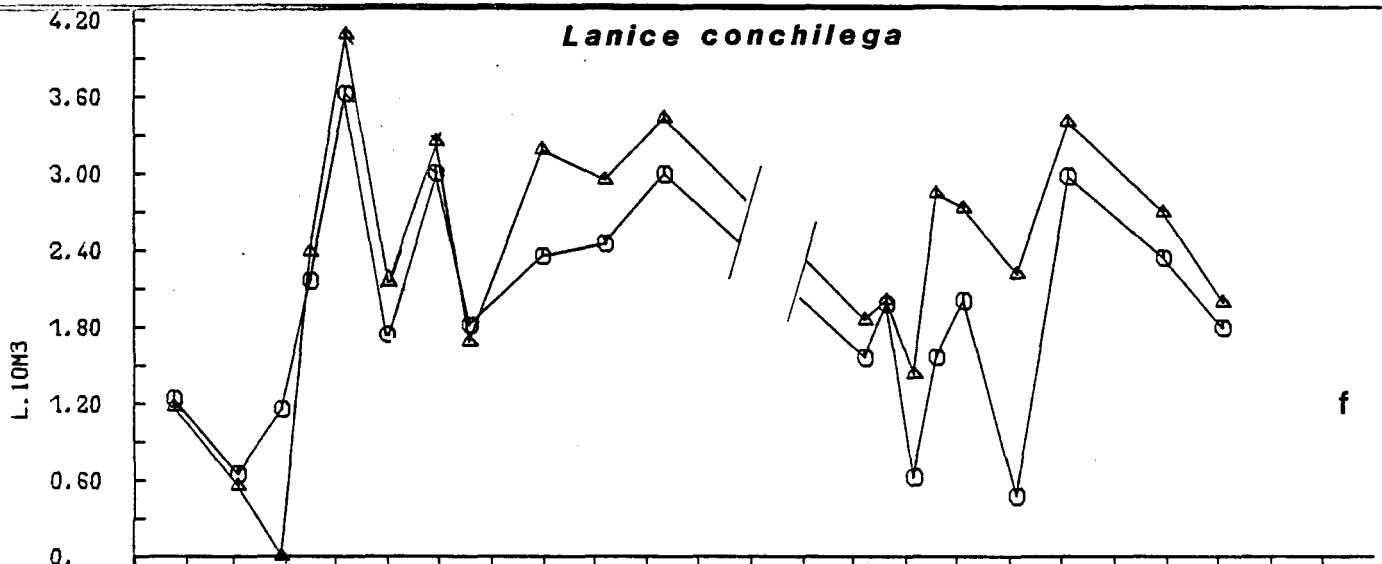
d

***Polydora ciliata***



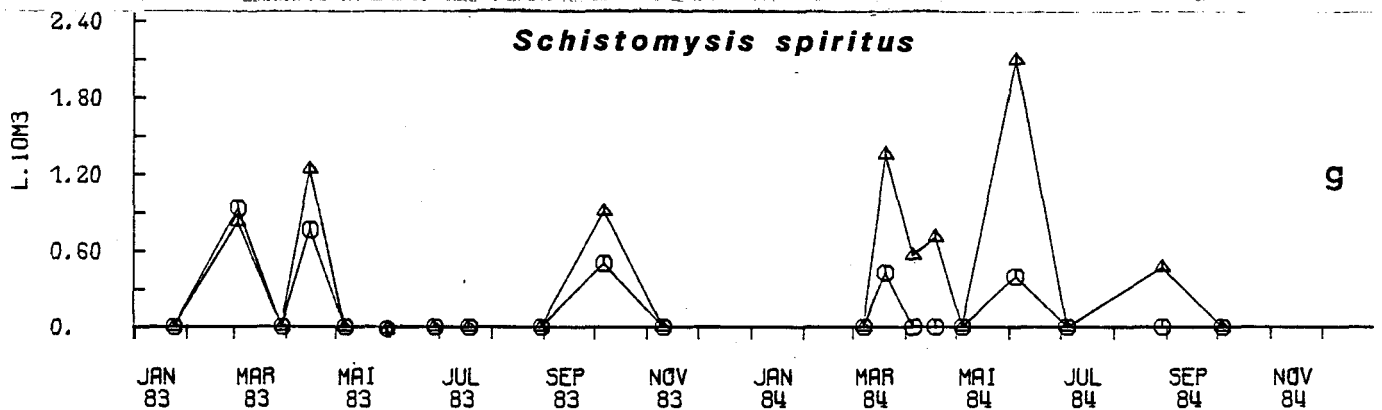
e

***Lanice conchilega***



f

***Schistomysis spiritus***



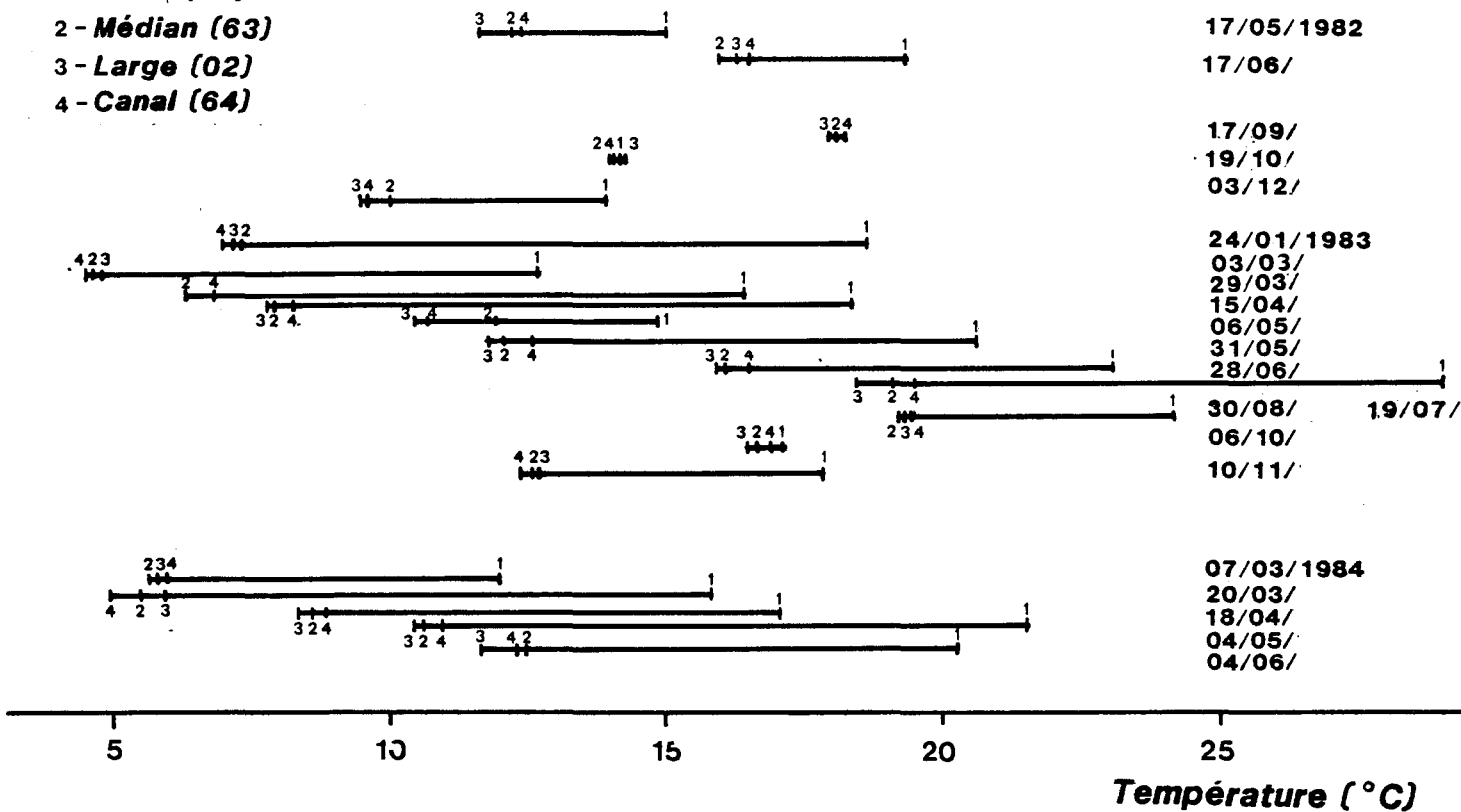
g

**Positionnement des prélèvements par rapport aux températures de l'eau :**  
**Comparaison de la surveillance et de l'étude complémentaire**

**Fig V-9**

**Surveillance**

- 1 - Côtier (62)
- 2 - Médian (63)
- 3 - Large (02)
- 4 - Canal (64)



**Etude complémentaire**

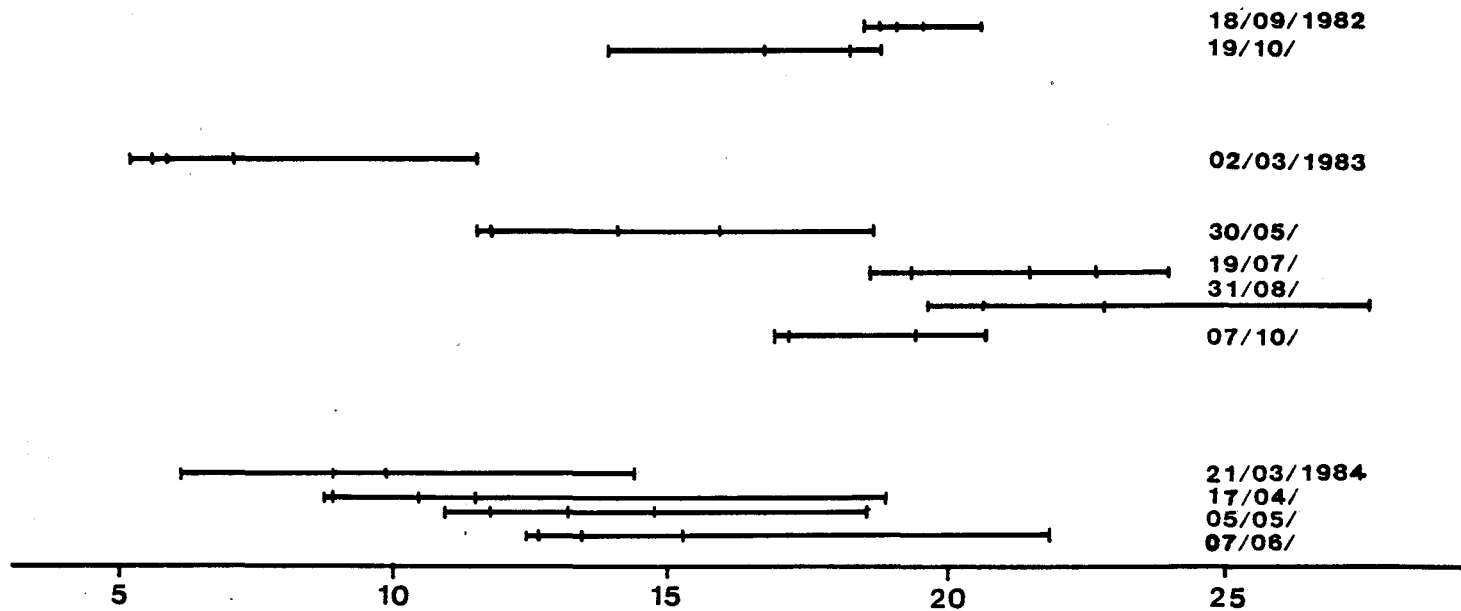
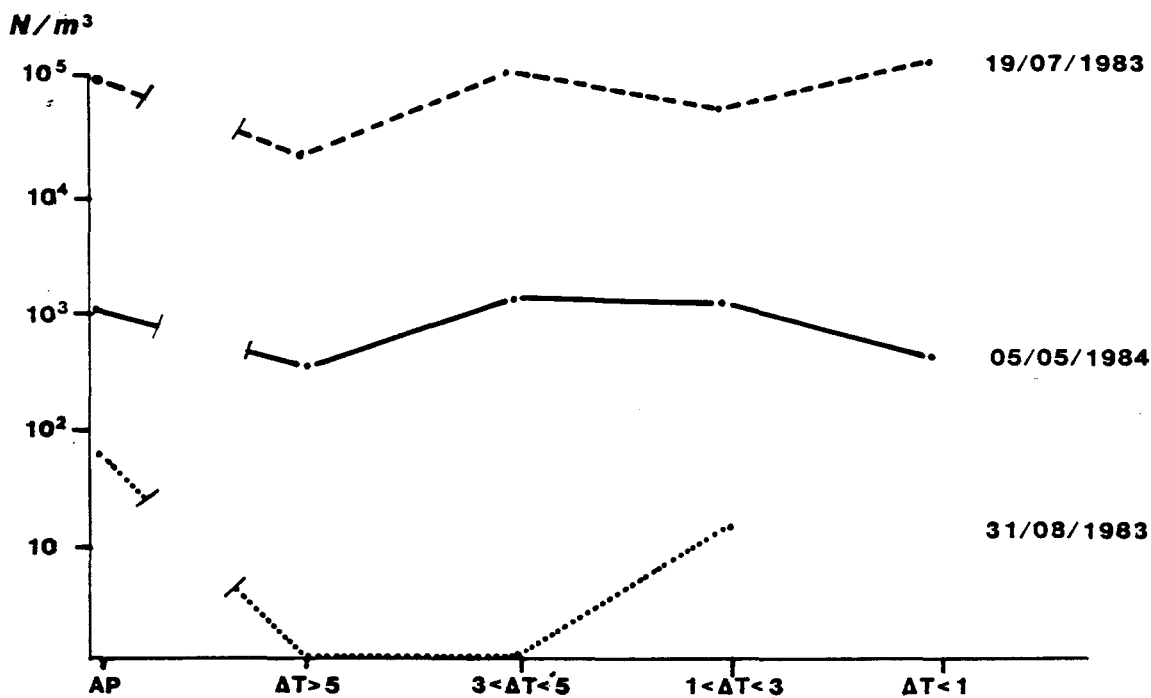


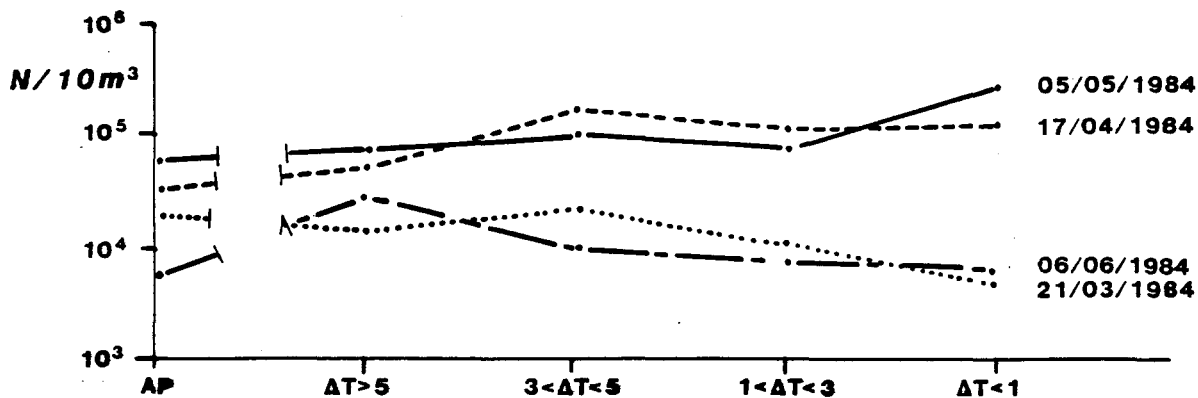
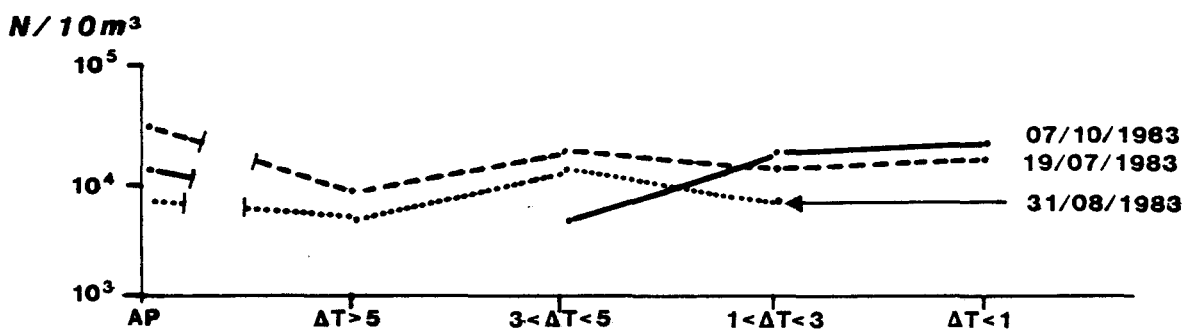
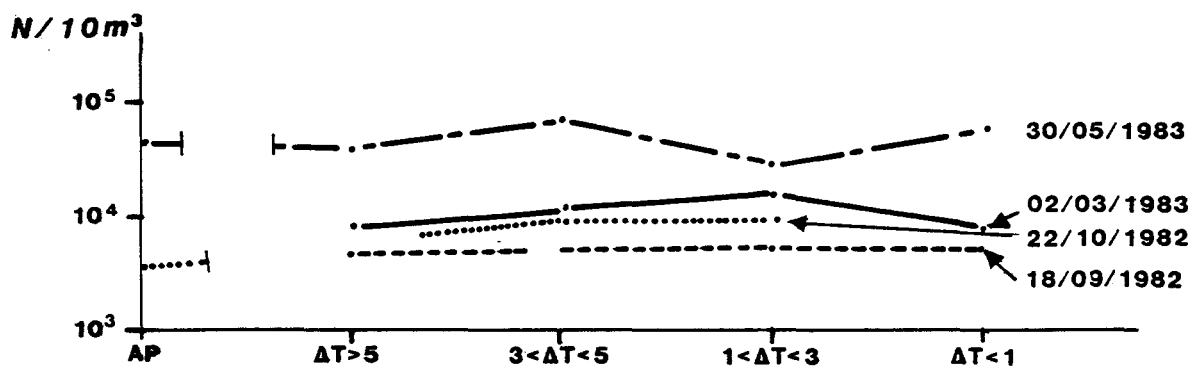
Fig V-10

Noctiluques

AP : Avant-Port



Total individus du zooplancton



Pendant l'étude de surveillance les points médian et côtier ont été comparés, dans les mêmes conditions de prélèvement, et le temps s'écoulant entre les deux échantillonnages a été le plus court possible (45 minutes). Il n'en n'était pas de même pour l'étude complémentaire légère (radiales côte - large de  $\Delta T > 5^\circ$  à  $\Delta T < 1^\circ$ ). Nous verrons l'influence de cette différence sur les résultats. Un examen attentif de la chronologie des missions nous montre que le temps qui sépare le début et la fin de l'échantillonnage de  $\Delta T > 5^\circ$  à  $\Delta T < 1^\circ$  peut approcher 2 h 30 à 3 h. Au contraire, la stratégie d'échantillonnage mise en oeuvre pendant l'étude de surveillance semble mieux adaptée pour détecter d'éventuelles différences de répartition d'abondance, grâce à la rapidité de déplacement du bateau entre points extrêmes, sans arrêt intermédiaire.

L'effet de la centrale sur la répartition des noctiluques a été mise en évidence dans les deux études (fig. V.4 et fig. V.10). Pendant l'étude complémentaire, la répartition des organismes zooplanctoniques, au contraire, n'a pas été mise en évidence de façon nette ( $\Delta T > 5^\circ$  et  $\Delta T < 1^\circ$ ), comme nous l'avons dit plus haut. Signalons une seule mission le 19/07/1983 où les deux études montrent un effet "dépressif" de la centrale pour de très nombreuses espèces. Remarquons que, pour cette mission, la structure hydrologique montrait une situation très contrastée entre le panache très stratifié ( $T^\circ$  surface  $29^\circ$ ) et la zone hors panache homogène.

Pour mieux comprendre la répartition du zooplancton, en fonction des structures, il serait souhaitable, comme nous l'avons dit plus haut, de prélever le plus rapidement possible, et en continu, une grande quantité d'échantillons dans la zone impactée et une autre série dans la zone non impactée, ceci afin de pouvoir mieux distinguer les différences entre les deux zones de celles dues à la simple microdistribution naturelle du plancton dans le milieu. C'est dans ce sens que nous devons affiner notre stratégie d'échantillonnage.

### III. CONCLUSION

Au cours de cette nouvelle année de surveillance du site de Gravelines aucun phénomène vraiment nouveau n'est apparu.

L'année 1984 est marquée par la forte dessalure de printemps. Les espèces euryhalines ont été très présentes. Pendant l'été, l'échauffement résultant du fonctionnement de la centrale a été moins important que pour l'été 1983.

L'année 1984 a été marquée par les traits suivants :

- la forte biomasse zooplanctonique en juin 1984, représentant 700 mg/m<sup>3</sup> de matière organique,

- la grande fréquence des espèces euryhalines au printemps en relation avec les dessalures successives sur le site,

- la comparaison des points côtier et médian n'a pas montré de différences aussi nettes entre les abondances au rejet et dans la zone non impactée. Ces résultats sont sans doute à relier à un échauffement estival moins important en 1984 qu'en 1983,

- le cycle naturel des espèces et leur succession au cours des saisons semblent conformes au schéma décrit les années précédentes.

Du 18 avril au 4 mai, nous avons observé le maximum de production primaire (Diatomées puis Phaeocystis) et un mois plus tard, le 4 juin, le maximum du zooplancton, ce qui représente le décalage le plus souvent observé pendant les études précédentes.

Une comparaison des études complémentaire et surveillance permet de mieux cerner les problèmes de l'échantillonnage du zooplancton afin de comparer le panache échauffé et la zone non impactée. Une réflexion plus poussée à ce propos est en cours.

#### BIBLIOGRAPHIE

LE FEVRE-LEHOËRFF G., 1985, Techniques d'étude du zooplancton sur les sites des centrales nucléaires des côtes de la Manche et de l'Atlantique. Rapport IFREMER/DERO-EL : 25 p., In : Techniques océanographiques utilisées sur les sites des centrales nucléaires du littoral de la Manche. IFREMER/SMW/IPL (sous-presse).

# CHAPITRE VI

---

BENTHOS SUBTIDAL

J.M. DEWARUMEZ

ET J. PRYGIEL





## I - INTRODUCTION

Les investigations que nous menons depuis 1973 sur le domaine benthique subtidal du site de Gravelines se sont déroulées en deux phases complémentaires.

Le but de la première étape était de décrire les peuplements locaux en utilisant les techniques classiques de la bionomie benthique et en se basant sur des résultats qualitatifs. Ceci nous a ainsi permis de connaître avec précision les différentes unités bionomiques que l'on rencontre à proximité du site de Gravelines (DEWARUMEZ, 1973 et 1976 a et b). Au cours de la seconde étape nous avons cherché à préciser nos connaissances sur ces peuplements et en particulier à appréhender leurs caractéristiques quantitatives. De plus la dynamique de la population de certaines espèces animales caractéristiques de ces peuplements a été étudiée (SOUPLET, 1978 ; DEWARUMEZ, 1979, 1980 à 1984).

Ces différentes analyses bionomiques ont permis de mettre en évidence quatre unités biosédimentaires que l'on peut rassembler en 3 peuplements qui sont suivis quantitativement depuis 1976.

- Le peuplement de l'hétérogène envasé (Station A, cf. annexe technique) est établi sur des fonds importants, de l'ordre de 25 m. La biomasse y est très forte :  $28 \text{ g/m}^2$  en moyenne. Ce peuplement, très diversifié du fait de l'hétérogénéité du sédiment, est d'une grande stabilité en raison de son éloignement de la côte qui le met à l'écart de toute perturbation d'origine tellurique.

- Le peuplement des sables fins 'envasés à *Abra alba* - faciès à *Nephtys hombergii* (Station B - voir annexe technique) est côtier, la profondeur moyenne des fonds est de 8 m. Jusqu'en 1979, ce peuplement était caractérisé par une biomasse relativement importante par rapport aux autres unités bionomiques locales. Depuis 1980 on a pu assister à des recrutements pléthoriques de certaines espèces qui ont bien sûr influé fortement sur la biomasse.

Année	Espèces	Biomasse de l'espèce (g)	Effectif de l'espèce	Biomasse Totale (g)
1980	<i>Pectinaria koreni</i>	13,8	228	49,2
	<i>Tellina fabula</i>	22,3	453	
1981	<i>Abra alba</i>	4,3	100	20,4
	<i>Tellina fabula</i>	8,7	167	
1982	<i>Abra alba</i>	14,1	1020	25,1
	<i>Sagartia troglodytes</i>	4,3	25	
1983	<i>Abra alba</i>	3,5	77	11,6

Le cortège spécifique de ce peuplement est très stable mais, tour à tour, n'importe quelle espèce peut bénéficier d'un recrutement important.






- Le peuplement à *Abra alba*, faciès à *Nephtys cirrosa* (Station C - profondeur 5 m) est directement soumis aux rejets d'eaux échauffées de la centrale nucléaire. La circulation d'eau, par les modifications granulométriques qu'elle a occasionnées fait évoluer le cortège spécifique. Les espèces sabulicoles (ou suspensivores) ont supplanté les espèces vasicoles (ou mangeurs de dépôt). Il résulte de cette évolution une chute importante de la biomasse qui peut être parfois compensée par les recrutements de certaines espèces qui, sans être aussi importants qu'à la station B, n'en sont pas moins significatifs. La comparaison de ces recrutements à la station C avec ce qu'il en est à la station B rend compte de l'influence de la centrale sur l'efficacité de ces recrutements.

- Le peuplement des sables moyens propres à *Ophelia borealis* (station D) est établi sur le complexe des bancs situé au large du site. La profondeur moyenne y est de 15 m. Ce peuplement est caractérisé par une grande stabilité bionomique. La biomasse est voisine de  $2 \text{ g/m}^2$ . Mais selon l'échantillonnage ou le non-échantillonnage de certaines espèces rares à forte biomasse individuelle (*Nephtys caeca*, *Spisula ovalis*, *Ensis* spp...) la biomasse totale peut varier énormément.

Ces peuplements ont pu être replacés dans un contexte géographique plus vaste (CABIOCH et GLAÇON, 1975 ; DEWARUMEZ, 1976, 1979 ; SOUPLET et coll., 1980 ; SOUPLET et DEWARUMEZ, 1980). C'était une étape indispensable dans la mesure où, du fait de l'existence de courants de marée importants dans les mers de nos régions, le recrutement de telle ou telle espèce peut être influencé par des phénomènes (biotiques et abiotiques) survenus bien en amont de

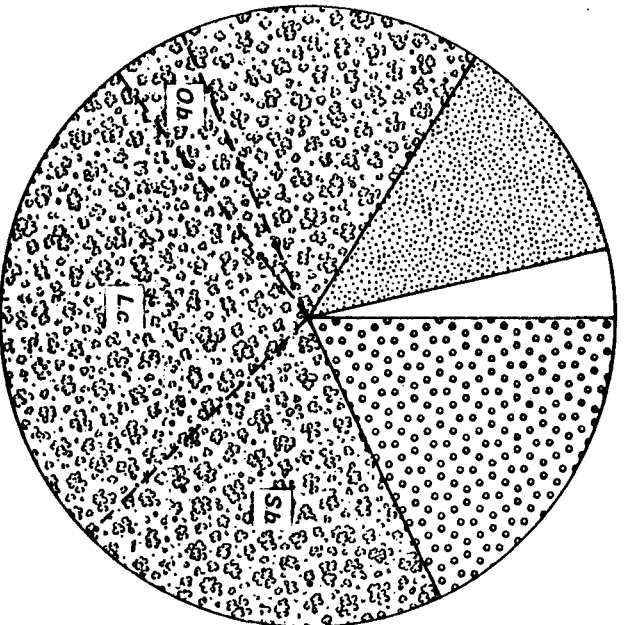
LEGENDE DES FIGURES VI.1 et 2

---

	Cnidaires
	Annélides
	Bivalves
	Crustacés
	Divers

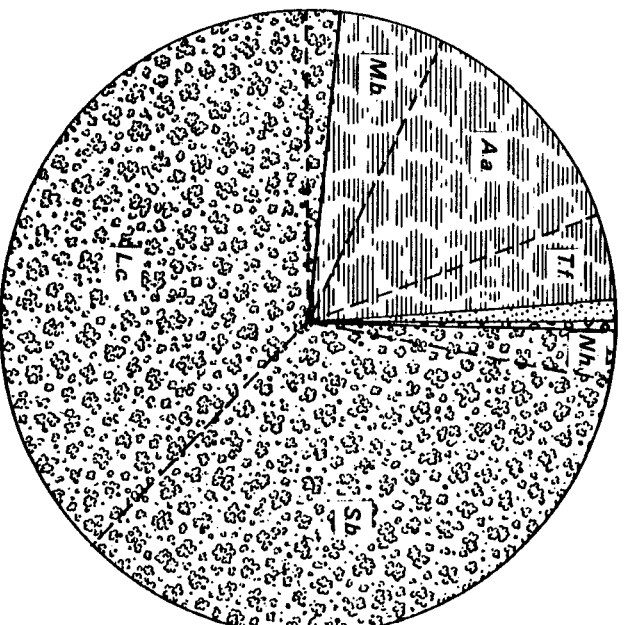
<i>A.a.</i>	: <i>Abra alba</i>
<i>B.e.</i>	: <i>Bathyporeia elegans</i>
<i>C.c.</i>	: <i>Crangon crangon</i>
<i>L.c.</i>	: <i>Lanice conchilega</i>
<i>M.b.</i>	: <i>Macoma balthica</i>
<i>N.c.</i>	: <i>Nephtys cirrosa</i>
<i>N. ca.</i>	: <i>Nephtys caeca</i>
<i>N. h.</i>	: <i>Nephtys hombergii</i>
<i>N.l.</i>	: <i>Nephtys longosetosa</i>
<i>O.b.</i>	: <i>Ophelia borealis</i>
<i>P.g.</i>	: <i>Phyllodoce groenlandica</i>
<i>S.b.</i>	: <i>Spiophanes bombyx</i>
<i>S.o.</i>	: <i>Spisula ovalis</i>
<i>T.f.</i>	: <i>Tellina fabula</i>
<i>T.r.</i>	: <i>Tapes rhomboïdes</i>

STATION A



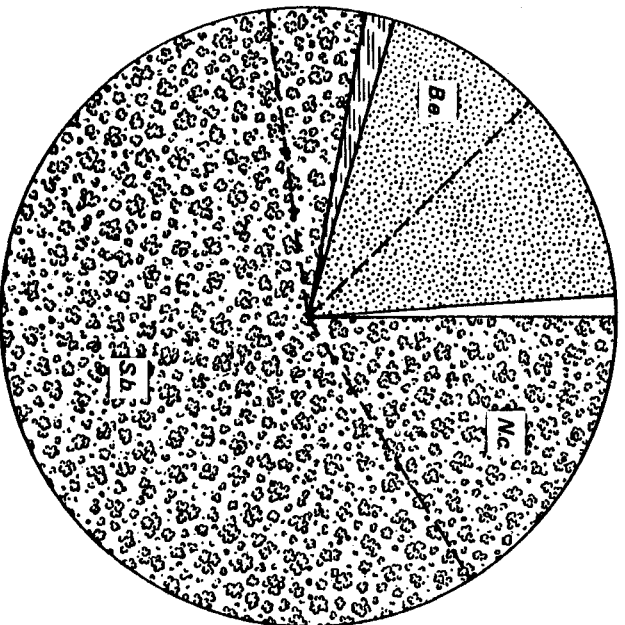
N = 488 ind./m<sup>2</sup>

STATION B



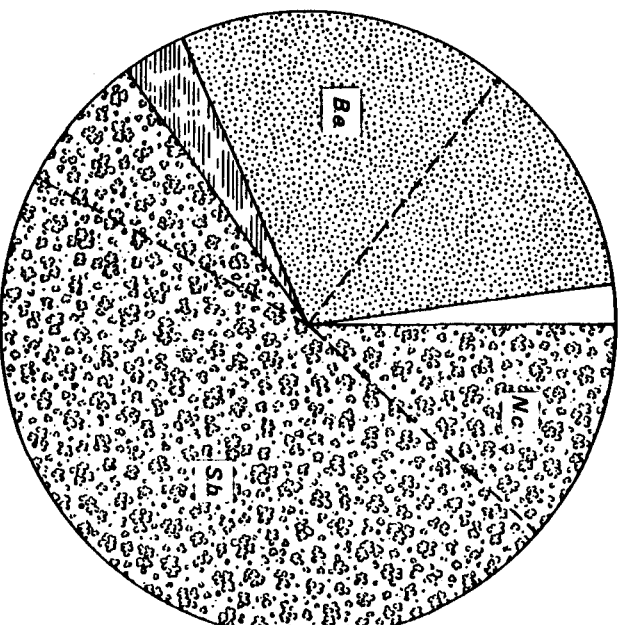
N = 6 617 ind./m<sup>2</sup>

STATION C



N = 428 ind./m<sup>2</sup>

STATION D



N = 476 ind./m<sup>2</sup>

FIG. VI. 1 : ABONDANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES ZOOLOGIQUES ( NOMBRE D'INDIVIDUS )

l'endroit où le phénomène est observé.

## II - METHODOLOGIE

La campagne a été effectuée le 5 juillet 1984 à bord du N/O SEPIA II, navire de la Station Marine de Wimereux. Les stations échantillonnées et la méthodologie restent inchangées (voir annexe). Le suivi des populations de mollusques porte sur des campagnes effectuées le 9.11.1983 et les 22.02., 9.04, 5.07, 28.08 et 2.10 1984.

## III - RESULTATS DE L'ANALYSE BIONOMIQUE

(Tableaux VI.1 et 2, Fig. VI.1 et 2)

### III.1. Composition bionomique

83 taxons ont été recensés :

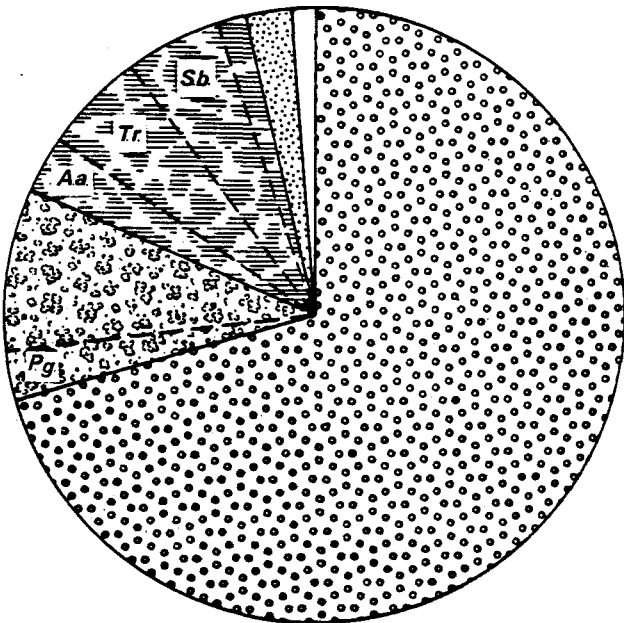
3 Cnidaires	
2 Nemertes	
1 Nematode	
1 Chaetognathe	
1 Sipunculide	
32 Polychètes	15 errantes
	17 sédentaires
13 Mollusques	1 Gastéropode
	12 Bivalves
1 Pycnogonide	
26 Crustacés	3 Mysidacés
	2 Cumacés
	1 Isopode
	16 Amphipodes
	4 Décapodes
3 Echinodermes	

### III.2 Station A.

On ne note pas d'évolution nette au sein du peuplement, tout au moins au niveau du cortège spécifique.

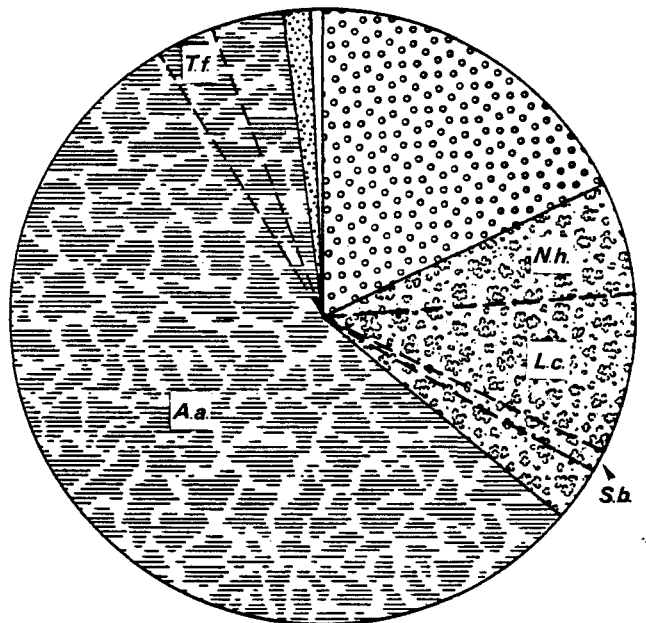
Une espèce semble bénéficier cette année d'un bon recrutement (et ce dans les 4 unités faunistiques, comme on le verra dans les autres paragraphes), il s'agit de *Spiophanes bombyx*. Cette espèce supplante d'ailleurs *Sagartia troglodytes* caractéristique de ce peuplement (19,7 % pour *Spiophanes bombyx*

STATION A



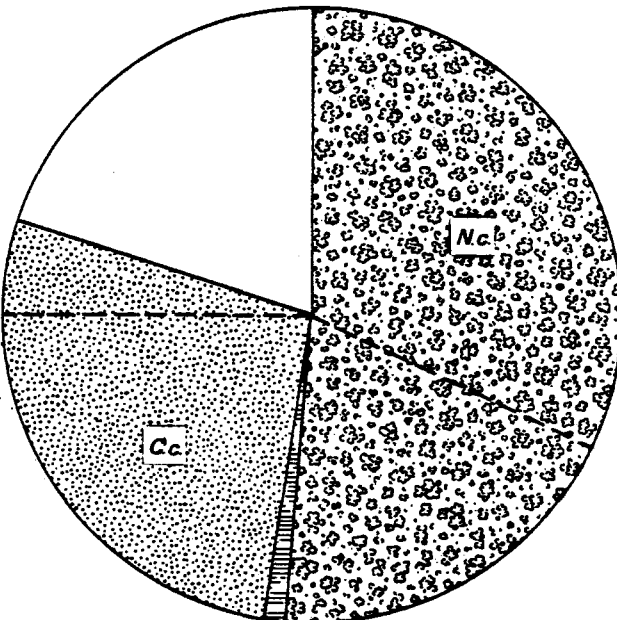
B = 8,931 g/m<sup>2</sup>

STATION B



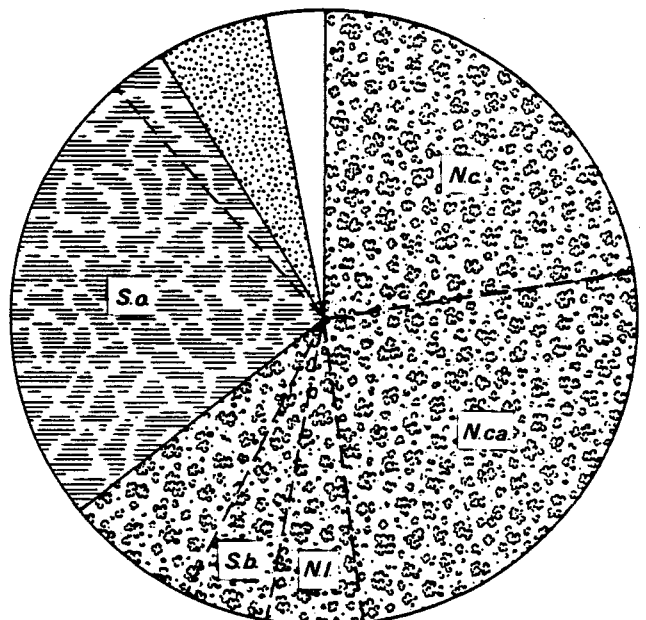
B = 52,990 g/m<sup>2</sup>

STATION C



B = 0,508 g/m<sup>2</sup>

STATION D



B = 1,011 g/m<sup>2</sup>

FIG. VI. 2 : ABONDANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES  
ZOOLOGIQUES ( BIOMASSE )

contre 18,0 % pour *Sagartia troglodytes*).

Tableau VI.4 : Peuplement de l'hétérogène envasé - Abondance des espèces principales

D : densité/m <sup>2</sup>	1980		1981		1982		1983		1984		
	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	
<i>Sagartia troglodytes</i>	D	36	15,8	150	40,5	121	41,3	196	22,8	88	18,0
	B	3,4	26,9	19,1	60,5	8,4	48,4	18,1	47,1	6,3	70,5
<i>Cerianthus lloydii</i>	D	6	3,0	5	1,4	14	4,8	10	1,2	1	0,2
	B	0,4	0,3	0,3	0,8	0,5	0,6	0,6	1,7	0,03	0,4
<i>Stenelais boa</i>	D	26	10,8	8	2,2	20	6,8	44	5,1	7	1,4
	B	0,8	6,6	0,4	1,3	0,5	3,0	2,8	7,2	0,2	1,8
<i>Spiophanes bombyx</i>	D	1	0,5	0	0	27	9,2	6	1,4	96	19,7
	B	0,003	-	0	0	0,06	-	0,003	-	0,03	0,4
<i>Pectinaria koreni</i>	D	6	3,0	3	0,8	2	0,7	18	2,1	1	0,2
	B	0,4	2,9	0,04	0,1	0,1	0,6	0,6	0,2	0,04	0,5
<i>Abra alba</i>	D	0	0	32	8,7	8	2,7	28	3,3	14	2,9
	B	0	0	0,7	2,3	0,1	0,7	0,9	0,2	0,3	3,0

Les résultats en ce qui concerne la biomasse sont faibles par rapport aux années précédentes (moins de 9 g/m<sup>2</sup>) malgré la forte densité de *Lanice conchilega* (130 individus/m<sup>2</sup> soit 26,6 % des individus, tableau VI.1 et fig. VI.1). Le recrutement de *Spiophanes bombyx* ne permet pas, du fait de la petite taille de cette espèce, un gain sensible de biomasse. Ce peuplement reste très diversifié (H = 3,715, E = 0,66). Le sédiment n'évolue pas : il est constitué d'une forte proportion de sables moyens et de graviers grossiers et d'une fraction péltique importante (Tableau VI.3, Fig. VI.3).

Le diagramme rang-fréquence (Fig. VI.4) fait apparaître la stabilité bionomique de cette station : le diagramme a toujours l'allure sigmoïde typique d'un peuplement juvénile. Ce diagramme fait apparaître également

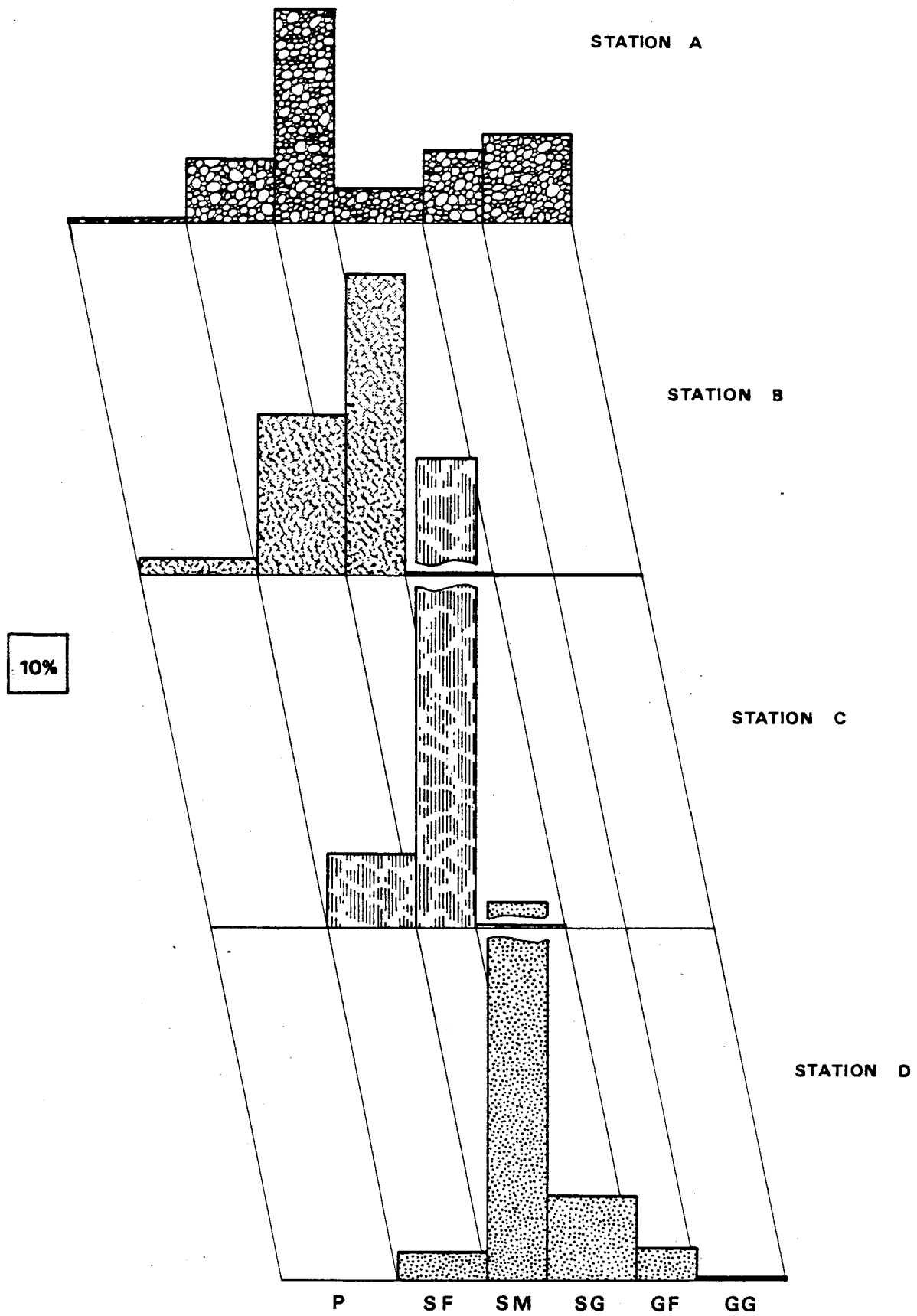


FIG. VI. 3 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT  
AUX QUATRE STATIONS SUBTIDALES



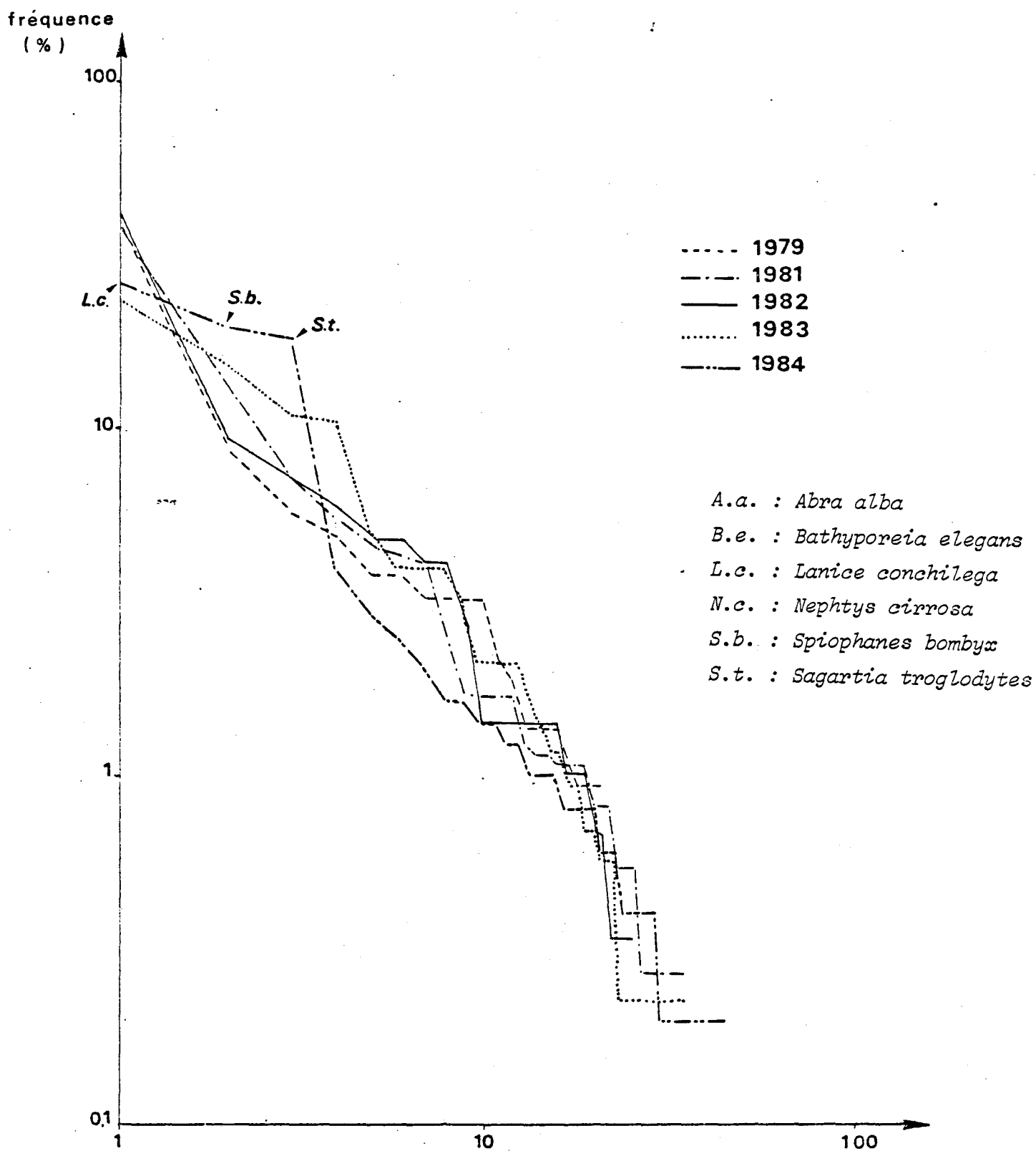


Fig. VI.4 : Evolution des diagrammes rang - fréquence à la station A depuis 1979

la prépondérance de *Spiophanes bombyx* qui s'insère en premier rang devant deux espèces caractéristiques du peuplement (*Sagartia troglodytes* et *Lanice conchilega*).

### III.3. Station B

Le peuplement à *Abra alba* est régulièrement le siège de recrutements très importants de certaines espèces. Tous les ans *Lanice conchilega* bénéficie de ce type de recrutement. La population ne se maintient que quelques semaines, voire un ou deux mois. En 1983 pourtant cette espèce s'est maintenue pour rester à un niveau de 1000 individus en novembre. La densité de cette espèce a ensuite décru pour être voisine de 50 individus/m<sup>2</sup> au printemps 84. Le recrutement de juin 1984 est voisin de 10 000 ind/m<sup>2</sup>. Cette population s'est maintenue à un haut niveau jusqu'en août 1984 (2000 ind/m<sup>2</sup>) et a décliné par la suite (250 individus en octobre).

*Spiophanes bombyx* a également bénéficié d'un excellent recrutement (près de 2300 individus/m<sup>2</sup>, tableau VI.1).

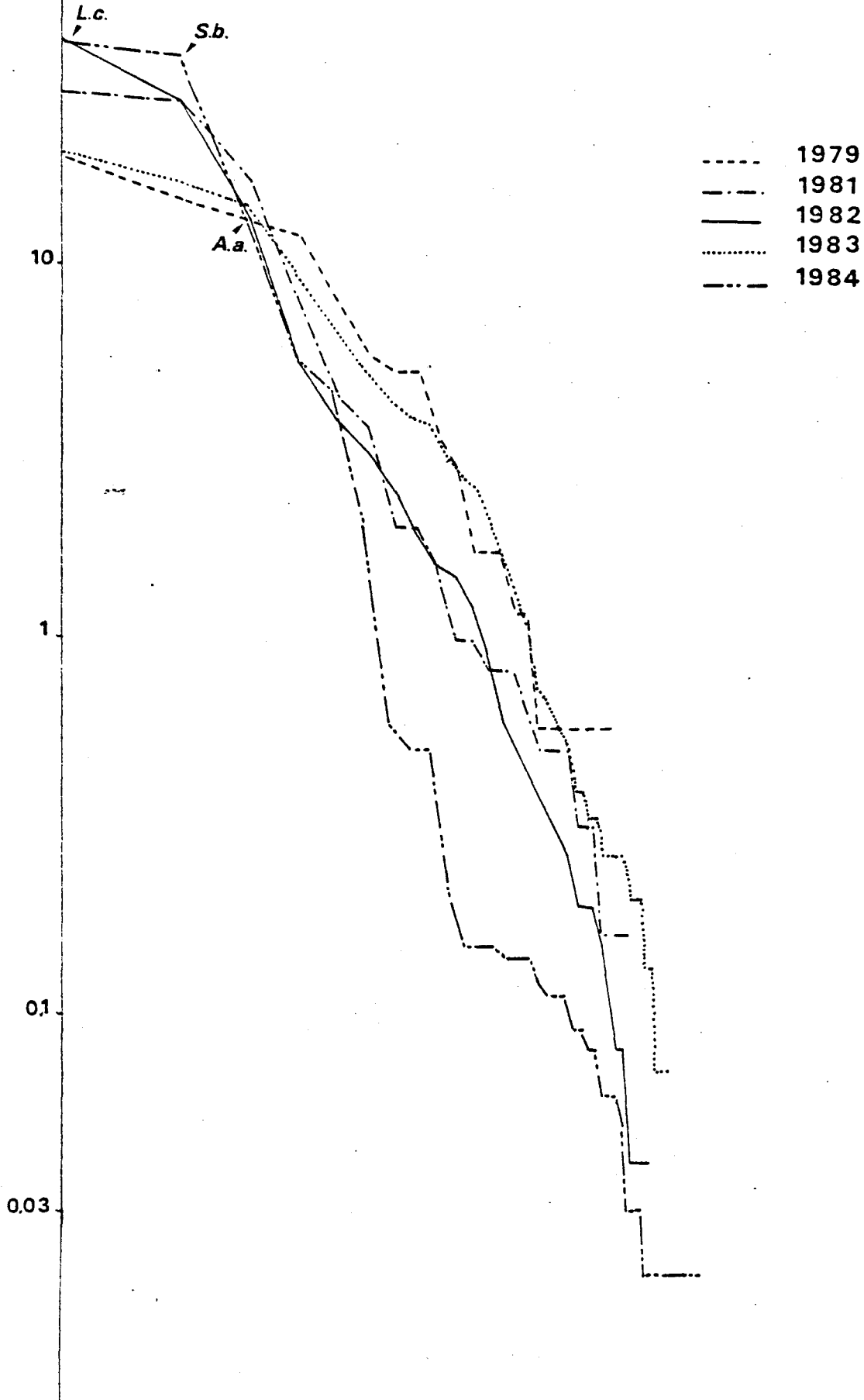
*Abra alba* et *Tellina fabula* progressent également. Nous reviendrons sur l'évolution des densités de ces espèces dans un autre chapitre.

Tableau VI.5 : Peuplement à *Abra alba* - faciès à *Nephtys hombergii*  
Abondance des espèces principales

D : densité/m <sup>2</sup> B : biomasse g/m <sup>2</sup>		1980		1981		1982		1983		1984	
		Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%
<i>Nephtys hombergii</i>	D	62	5,6	47	7,5	61	2,3	64	4,2	131	2,0
	B	3,04	6,2	3,00	14,8	0,24	1,0	1,00	10,6	3,17	6,0
<i>Spiophanes bombyx</i>	D	2	0,2	5	0,8	97	3,7	138	9,1	2282	34,5
	B	ε	ε	ε	ε	0,03	0,1	0,05	0,4	0,66	1,2
<i>Lanice conchilega</i>	D	214	19,3	175	28,0	274	10,3	28	1,8	2486	37,6
	B	0,08	0,2	0,17	0,9	0,23	0,9	0,56	4,8	4,34	8,2
<i>Pectinaria koreni</i>	D	228	20,5	27	4,3	10	0,4	2	0,1	4	0,1
	B	13,81	28,1	0,97	4,8	0,19	0,8	0,13	1,1	0,05	0,1
<i>Tellina fabula</i>	D	453	40,8	164	16,0	41	1,5	209	13,8	292	4,4
	B	22,33	45,4	8,71	21,0	0,38	1,5	0,66	5,6	1,64	3,1
<i>Abra alba</i>	D	64	5,8	100	26,7	1020	38,4	77	5,1	811	12,3
	B	3,64	7,4	4,27	42,8	14,09	56,1	3,46	29,7	29,37	55,4
<i>Ophiura texturata</i>	D	0	0	12	1,9	4	0,2	11	0,7	4	0,1
	B	0	0	0,17	0,8	0,07	0,3	0,74	6,4	0,08	0,2

fréquence  
(%) 100

Fig. VI.5 : Evolution des diagrammes rang fréquence  
à la station B depuis 1979



Les résultats enregistrés en 1984 et notamment ceux concernant *Spiophanes bombyx* sont dans la même ligne que ceux de 1983. Il avait été signalé que des petits annélides polychètes (errantes et sédentaires) voyaient leur densité augmenter d'une manière significative.

*Nephtys hombergii* dont la densité était d'une remarquable stabilité (50 à 60 individus/m<sup>2</sup>) devient très abondant (131 individus/m<sup>2</sup>). Il résulte de toutes ces évolutions une progression considérable de la biomasse. Celle-ci atteint 53 g/m<sup>2</sup>, valeur supérieure à celle enregistrée en 1980 au moment du bloom de *Pectinaria koreni* et de *Tellina fabula* (49,2 g). *Abra alba* (29,4 g), *Sagartia troglodytes* (9,5 g), *Lanice conchilega* (4,3 g), *Nephtys hombergii* (3,2 g) et *Tellina fabula* (1,6 g) sont les espèces les plus contributives à l'élaboration de la biomasse en cette station (Tableau VI.2).

Le diagramme rang-fréquence fait apparaître une évolution entre les années 79-83 et l'année 1984 (Fig. VI.5). Si, pour ce qui est de la partie concernant les 5 espèces principales, on ne note pas d'écart entre les courbes des différentes années d'étude, il en va différemment des espèces accompagnatrices. Ceci étant à relier sans aucun doute à la densité totale très forte : 6617 individus/m<sup>2</sup>. Il faut signaler aussi que comme à la station A, *Spiophanes bombyx* s'intercale entre des espèces typiques du peuplement, en l'occurrence : *Lanice conchilega*, *Abra alba*, *Tellina fabula*, *Nephtys hombergii* et *Mysella bidentata*.

Le peuplement est moyennement diversifié (H = 2,315, E = 0,43)

#### III.4 Station C

Lors des études précédentes, il a été démontré que le peuplement à *Abra alba* était nettement altéré du fait du fonctionnement de la centrale. Cette altération consiste en un remodelage du sédiment qui a pour conséquence la disparition d'espèces à tendances vasicoles au profit d'espèces sabulicoles.

A cette station, on assiste en 1984 à une progression très nette de la population de *Spiophanes bombyx*. Cette espèce supplante d'ailleurs *Nephtys cirrosa* en densité. Ce phénomène, qui confirme ce qui se passe aux autres stations, s'était déjà produit à cette station en 1982.

*Bathyporeia elegans* bénéficie également d'un bon recrutement en 1984. Ce résultat est confirmé à la station D par une forte densité de cette espèce.

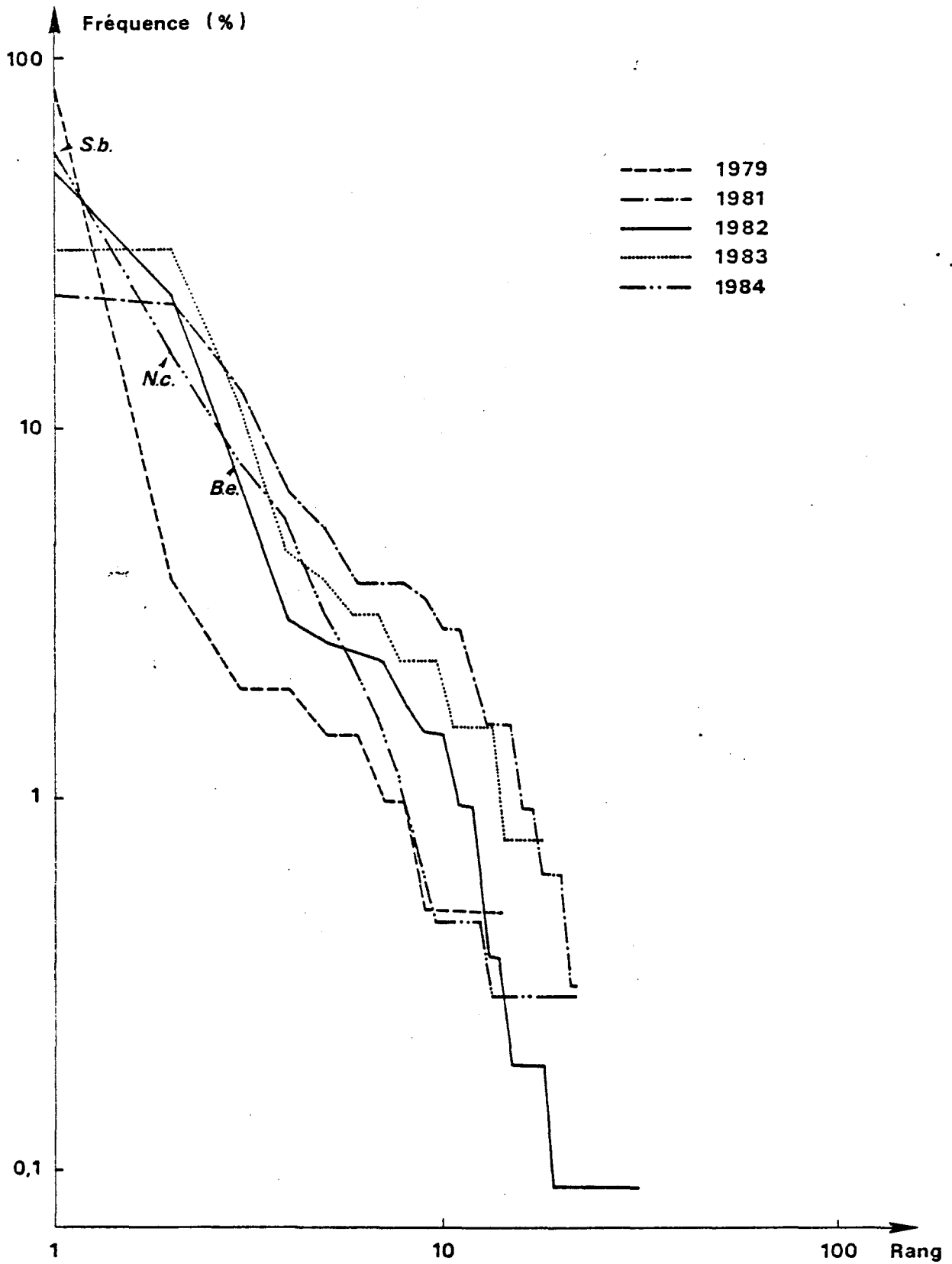


Fig. VI- 6 : Evolution des diagrammes rang - fréquence  
à la station C depuis 1979

Tableau VI.6 : Peuplement à *Abra alba* - faciès à *Nephtys cirrosa*  
Abondance des espèces principales

D : densité/m <sup>2</sup> B : biomasse g/m <sup>2</sup>		1980		1981		1982		1983		1984	
		Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%
<i>Nephtys cirrosa</i>	D	1	0,4	41	12,8	28	2,6	35	29,9	69	16,1
	B	0,01	0,2	0,30	12,5	0,12	3,3	0,20	30,7	0,16	32,0
<i>Nephtys hombergii</i>	D	58	22,5	9	2,8	16	1,5	3	2,3	0	0
	B	0,45	11,9	0,15	6,3	0,42	11,5	0,05	7,9	0	0
<i>Spiophanes bombyx</i>	D	1	0,4	12	3,7	536	50,2	3	2,3	243	56,8
	B	ε	ε	0,01	0,1	0,21	5,7	0,01	0,3	0,06	11,1
<i>Tellina fabula</i>	D	22	8,5	69	21,5	16	1,5	2	1,5	5	1,2
	B	0,35	4,4	1,07	45,4	0,10	2,8	0,8 mg	0,1	0,01	1,0
<i>Bathyporeia elegans</i>	D	0	0	21	3,7	0	0	0	0	35	8,2
	B	0	0	0,01	0,2	0	0	0	0	0,01	1,8

Malgré le grand nombre d'individus récoltés ( $N = 428$  individus/m<sup>2</sup> - Tableau VI.1) la biomasse est très faible, 0,5 g/m<sup>2</sup> (Tableau VI.2) dont 32 % pour *Nephtys cirrosa* (Fig. VI.2).

La diversité moyenne ( $H = 2,276$ ,  $E = 0,50$ ). Le diagramme rang-fréquence rend compte d'une évolution du peuplement en 1984 (Fig. VI.6). Il conserve une allure sigmoïde caractéristique d'un peuplement juvénile et montre bien l'importance que revêt cette année *Spiophanes bombyx*. Cette espèce occupe le 1er rang devant des espèces typiques comme *Nephtys cirrosa*, *Bathyporeia elegans*, *Pontocrates altamarinus*, *Crangon crangon* et *Eteone longa*.

Le cortège spécifique est intermédiaire entre celui du peuplement à *Abra alba* (faciès à *Nephtys hombergii*) et celui du peuplement à *Ophelia borealis*. Depuis 1979, on note une grande différence entre l'efficacité des recrutements des espèces principales vasicoles aux stations B et C. Ce phénomène ne s'est pas toujours vérifié comme en 1981 pour *Phyllodoce mucosa* ou, en 1982, pour *Spiophanes bombyx*.

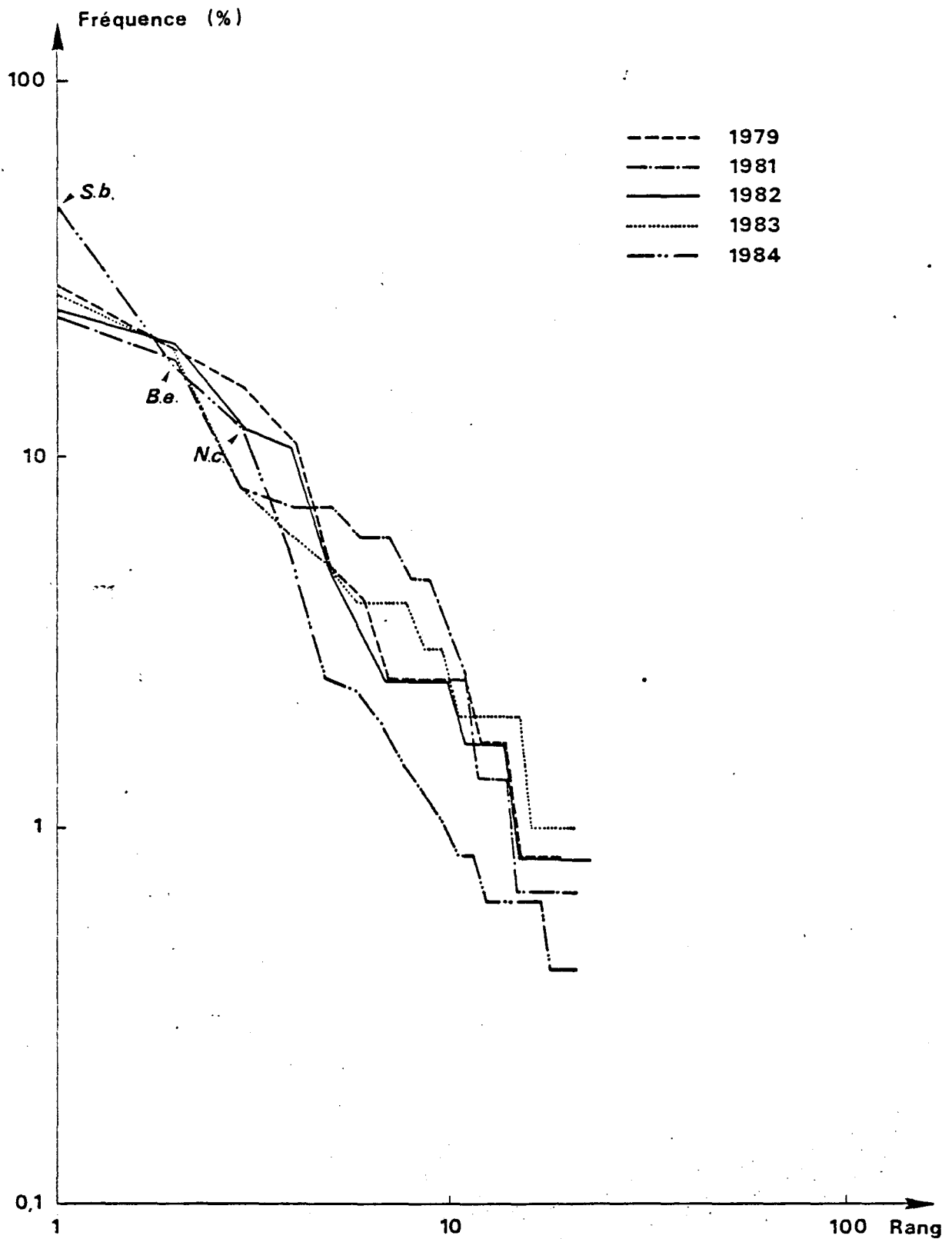


Fig. VI-7 : Evolution des diagrammes rang-fréquence  
à la station D depuis 1979

Cette différence d'efficacité rend compte de l'influence de la circulation d'eau sur les recrutements des espèces benthiques locales.

Espèces	Date	Station B	Station C
<i>Phyllodoce mucosa</i>	Septembre 1979	41	0
	Mai 1980	4	0
	Mai 1981	3	72
	Mai 1982	697	25
	Juin 1983	54	0
	Juillet 1984	14	0
<i>Spiophanes bombyx</i>	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
<i>Lanice conchilega</i>	Mai 1980	60 000	800
	Mai 1981	1 000	100
	Mai 1982	20 000	7 000
	Juin 1983	15 000	10
	Juillet 1984	2 486 (juin 1984 : 10 000)	243
<i>Pectinaria koreni</i>	Septembre 1979	354	82
	Mai 1980	228	4
	Mai 1981	27	3
	Mai 1982	10	0
	Juin 1983	2	0
	Juillet 1984	4	0
<i>Abra alba</i>	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
<i>Tellina fabula</i>	Septembre 1979	328	9
	Mai 1980	453	22
	Mai 1981	167	69
	Mai 1982	41	16
	Juin 1983	209	2
	Juillet 1984	292	5



### III.5 Station D

A cette station, typique du peuplement à *Ophelia borealis*, les espèces sabulicoles dominant largement.

Depuis plusieurs années on a pu noter une régression très nette d'*Ophelia borealis*, bien que le cortège spécifique soit toujours conforme à celui du peuplement-type décrit en Mer du Nord. Ceci est un phénomène général en Manche orientale et en Mer du Nord (PRYGIEL, 1983).

Le sédiment de la station est constitué en majeure partie de sable moyen (64,5 %, tableau VI.3, Fig. VI.3).

A cette station, on note, comme aux trois autres stations un recrutement très important de *Spiophanes bombyx*. Cette espèce représente 47 % des individus. Comme dans les trois autres stations échantillonnées, *Spiophanes bombyx* supplante les espèces caractéristiques du peuplement (Fig. VI.1 et 2).

Il faut noter le bon recrutement de *Bathyporeia elegans* qui est à mettre en parallèle avec le résultat à la station C.

Tableau VI.7 : Peuplement à *Ophelia borealis*. Abondance des principales espèces.

D : densité/m <sup>2</sup>	1980		1981		1982		1983		1984		
	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	
<i>Nephtys cirrosa</i>	D	51	12,9	12	8,0	14	11,5	27	26,7	56	11,8
	B	0,52	8,4	0,05	6,7	0,09	23,4	0,14	13,3	0,23	22,5
<i>Ophelia borealis</i>	D	60	15,1	35	23,3	0	0	1	1,0	0	0
	B	0,21	3,3	0,28	40,9	0	0	0,50	0,1	0	0
<i>Spiophanes bombyx</i>	D	0	0	7	4,7	2	1,6	6	5,9	223	46,9
	B	0	0	0,001	0,2	0,001	0,1	0,004	0,4	0,04	4,4
<i>Bathyporeia elegans</i>	D	33	8,3	27	18,0	30	24,6	4	4,0	82	17,2
	B	0,02	0,3	0,01	1,4	0,01	3,0	0,003	0,3	0,02	2,2

Le recrutement de *Spiophanes bombyx* peut également être mis en évidence au niveau du diagramme rang-fréquence qui prend l'allure sigmoïde, caractéristique des peuplements juvéniles, alors que dans les précédentes études il était concave, signe de maturité (Fig. VI.7). *Spiophanes bombyx* supplante des espèces comme *Bathyporeia elegans*, *Nephtys cirrosa* et *Gastrosaccus spinifer*.

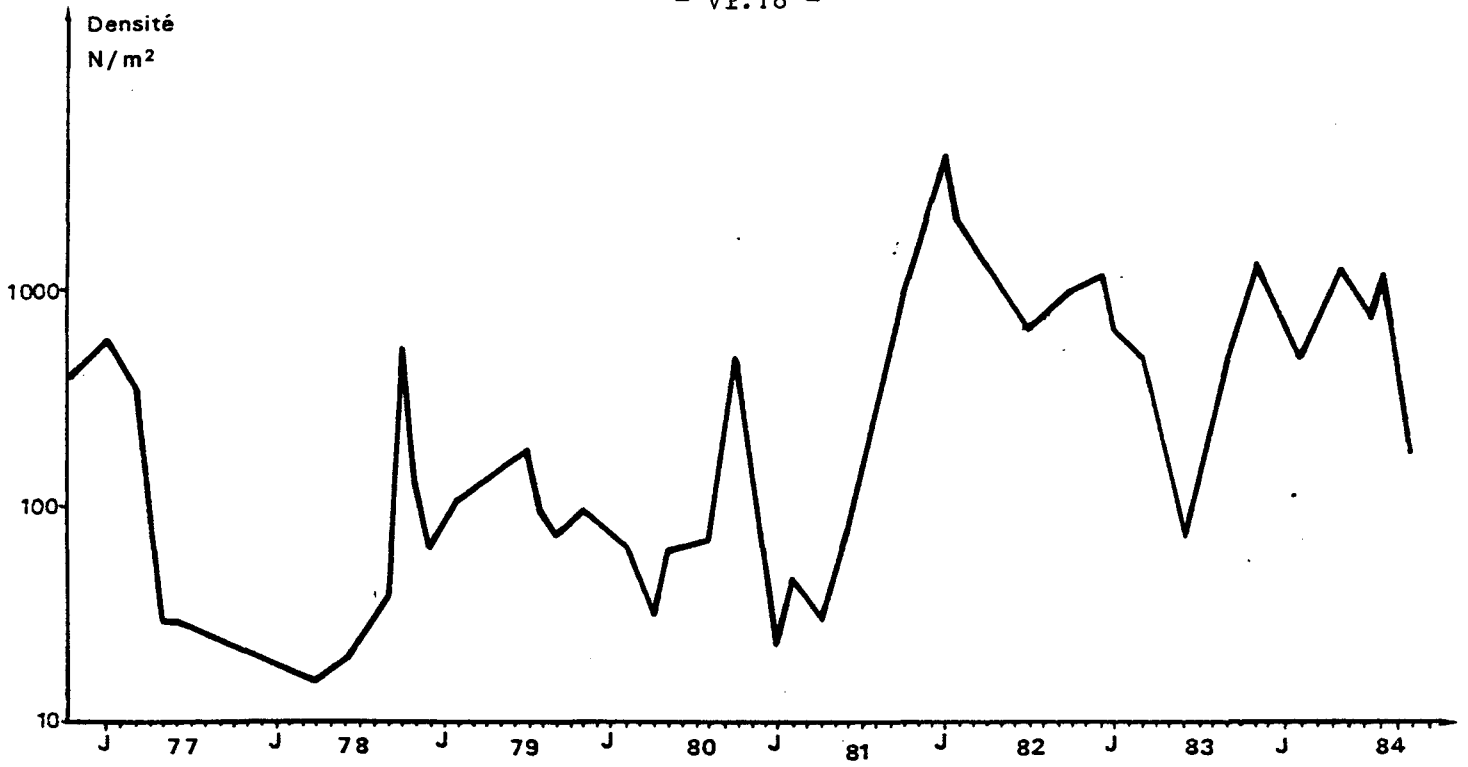


Fig.VI- 8 : Variation de densité de la population d' *Abra alba*  
depuis 1977

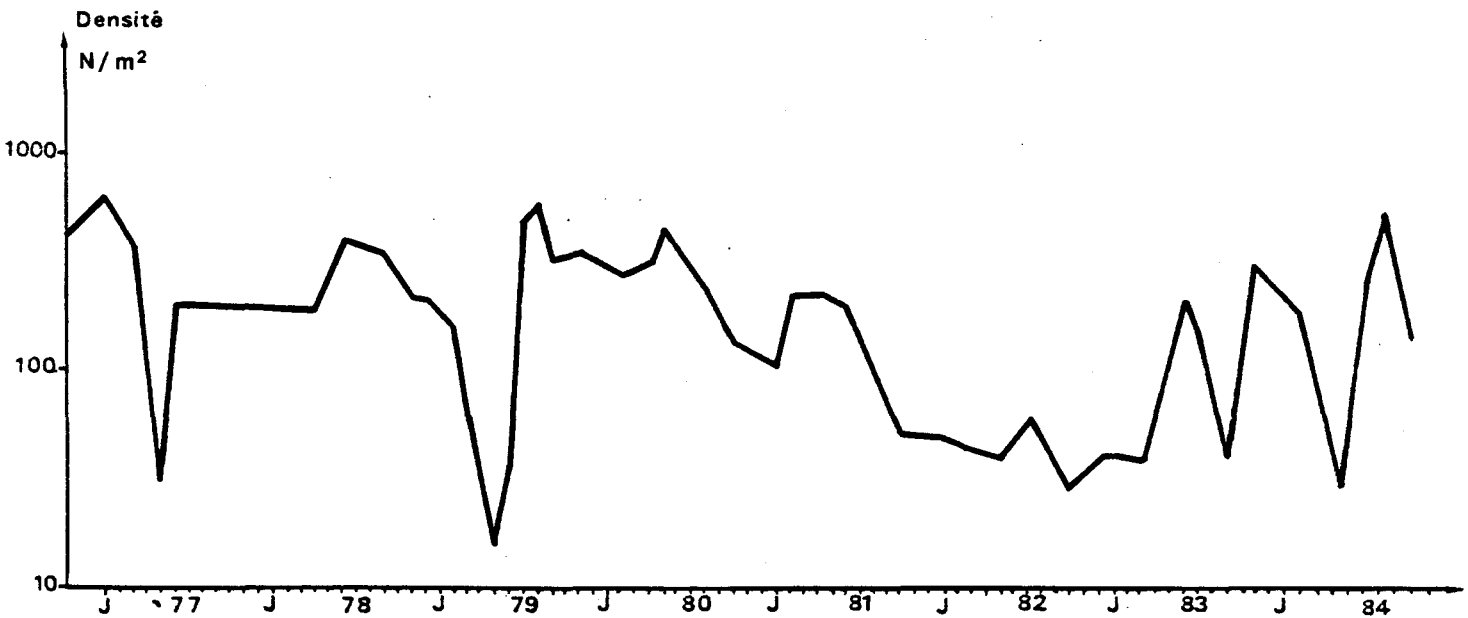


Fig.VI-9 : Variation de densité de la population de *Tellina fabula*  
depuis 1977

Ces phénomènes n'entraînent pas de modification de la biomasse par rapport à 1983 (1,01 g/m<sup>2</sup> en 1984 ; 1,05 g/m<sup>2</sup> en 1983, Tableau VI.2). Le peuplement est bien diversifié (H = 2,766 ; E = 0,58).

#### IV - ETUDE DES POPULATIONS D'ABRA ALBA ET DE TELLINA FABULA

##### IV.1 Abra alba

Cette espèce est connue pour être opportuniste et pour présenter des variations de densité très importantes (EAGLE, 1975 ; RACHOR, 1980) qui peuvent être causées par des facteurs édaphiques comme l'instabilité du sédiment (RUMCHR et al., 1982), par la pollution par la prédation par des poissons plats (ARNTZ et BRUNSWIG, 1975 ; DEWARUMEZ et coll., 1976 ; DELVAL et DESMACHELIER, 1982) ou par des facteurs de compétition spatiale ou trophique. Des facteurs éthologiques peuvent aussi être avancés : *Abra alba* étant capable de mouvements de reptation à la surface du sédiment (DEWARUMEZ, 1979), elle peut être sujette à des migrations passives du fait de l'intensité des courants.

La population reste à un haut niveau de densité : 900 individus/m<sup>2</sup> en moyenne (Fig. VI.8). On note toutefois en octobre 1984 une diminution très nette de la densité (- 800 individus/m<sup>2</sup>). Cette baisse n'est qu'apparente : elle semble être due en fait à un mauvais échantillonnage ou entrer dans le cadre "normal" des variations anarchiques comme celles signalées par RACHOR (1983),

Les prélèvements effectués en novembre ont montré que la population était encore bien établie sur les fonds au droit du site.

L'observation des histogrammes de fréquences de taille (Fig. VI.10) permet de confirmer le décalage du recrutement (cf. rapport précédent). Le pic principal du recrutement n'est mis en évidence qu'en août 1984, il est totalement absent en juillet. Signalons toutefois que quelques individus de petite taille ont été récoltés en mai 1984 (Fig. VI.10, tableau VI.8). L'évolution des pourcentages respectifs des différentes cohortes (tableau VI.8) confirme également l'instabilité structurelle de la population. La cohorte I d'octobre 1983 représente 81 % de la population. Elle ne représente plus que 9 % en novembre 1983. Il n'est pas possible d'imputer cette baisse à une prédation par les poissons plats (dont on sait qu'ils préfèrent les jeunes *Abra*) dans la mesure où, à cette période, les flets cessent de s'alimenter (DELVAL et DESMACHELIER, 1982).

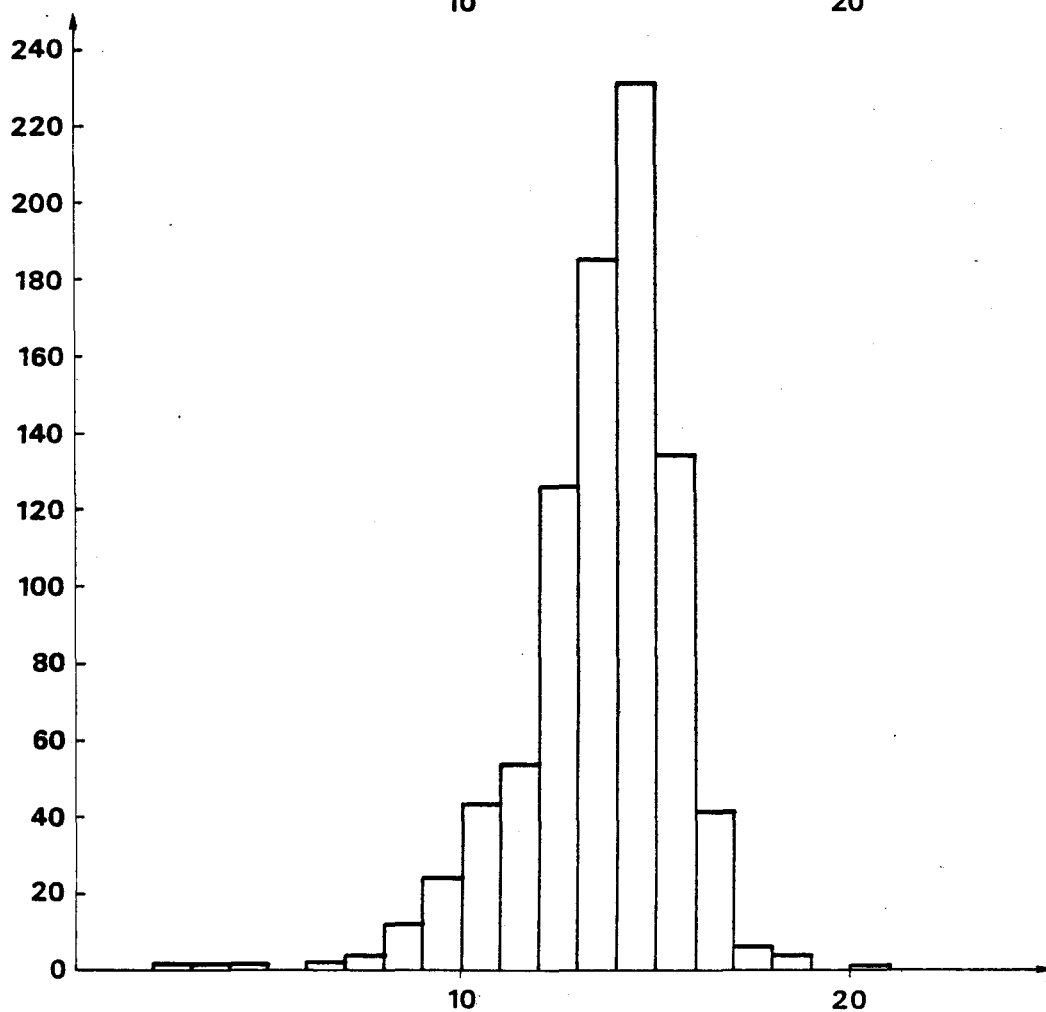
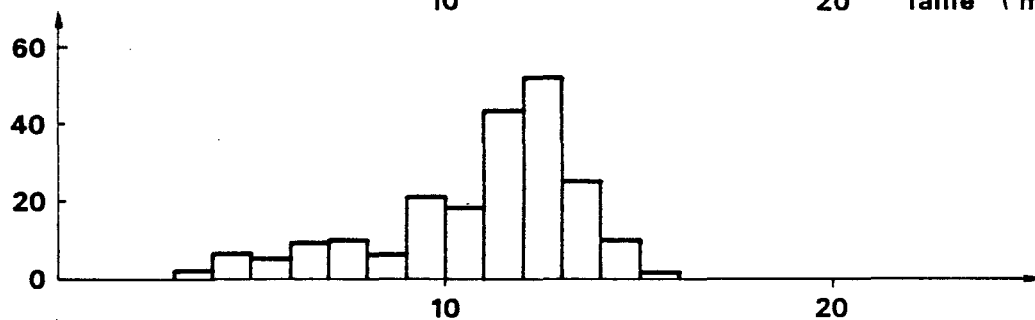
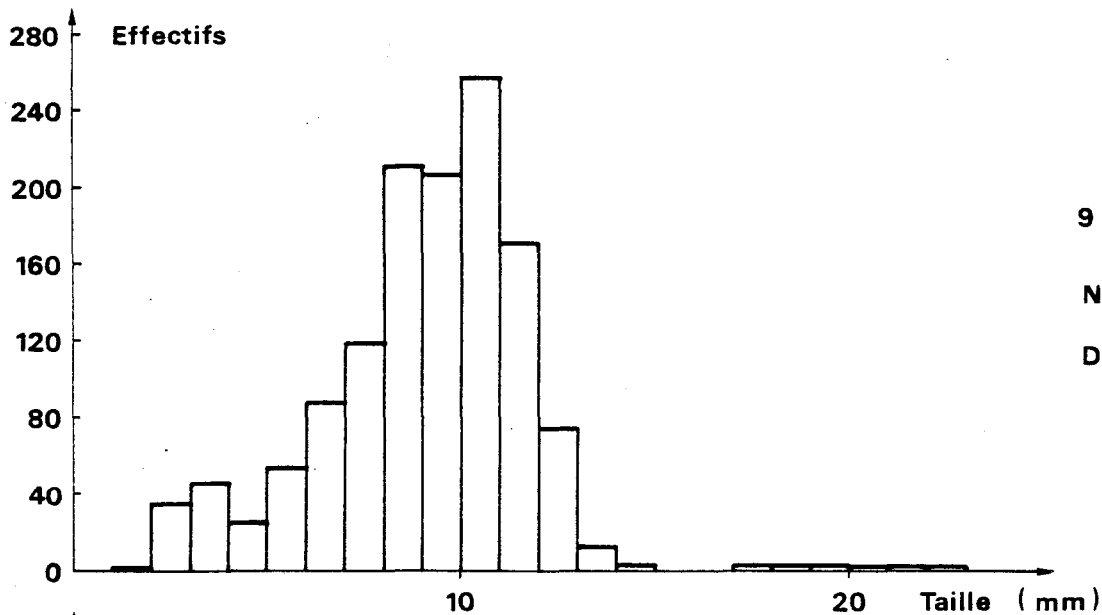


FIG. VI .10 : *Abra alba* . HISTOGRAMMES DES FREQUENCES DE TAILLE

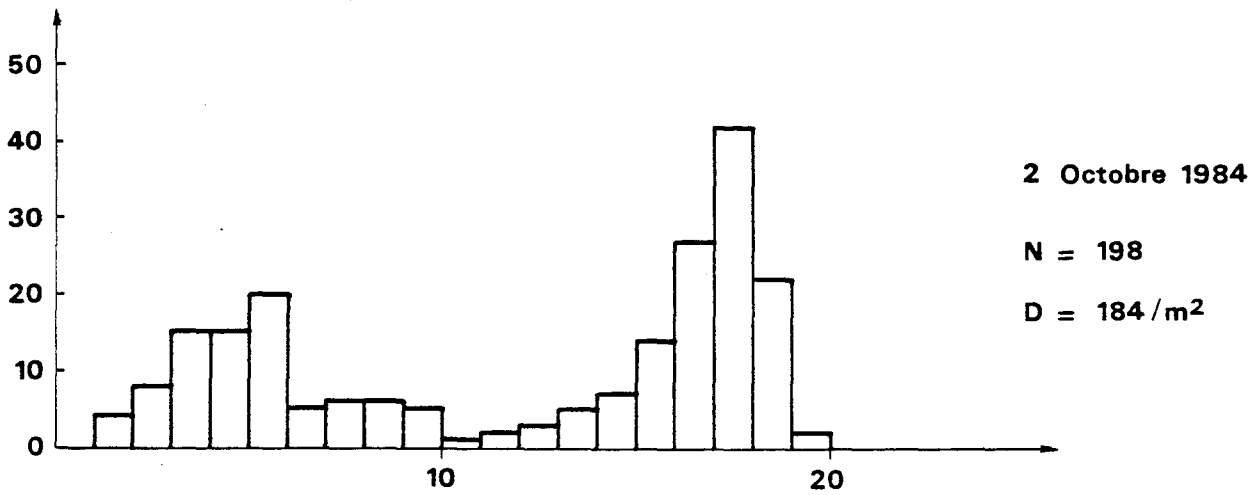
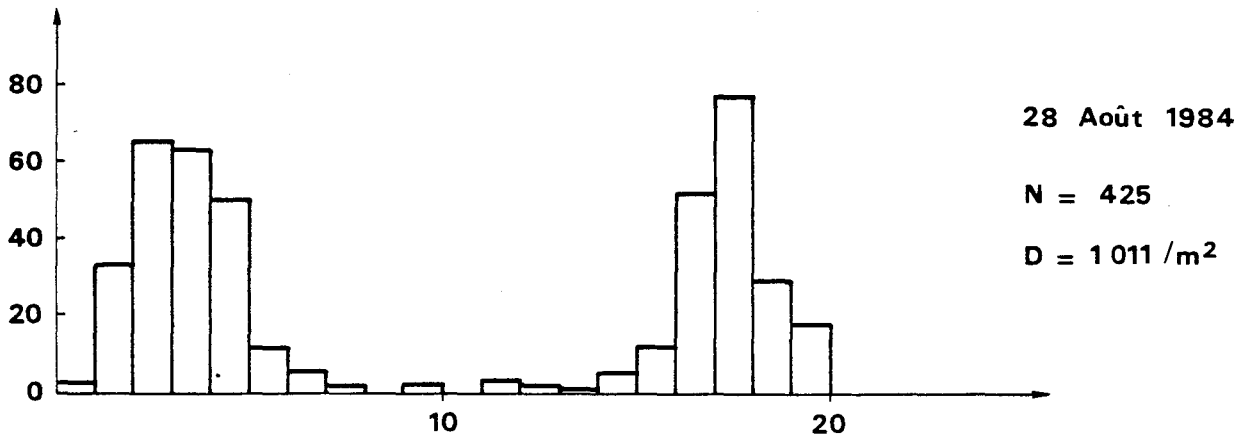
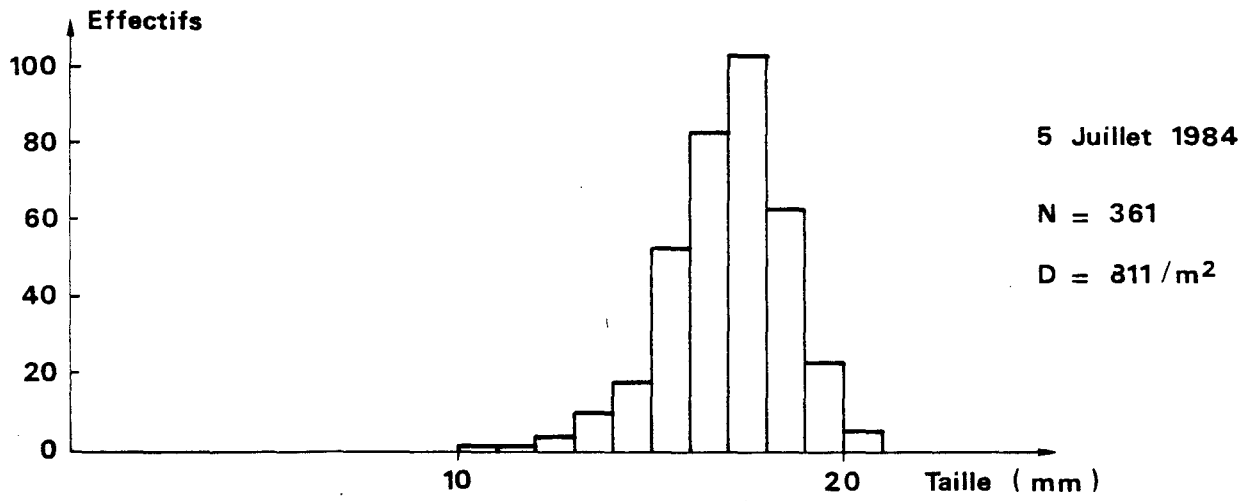


FIG. VI.10 : SUITE

Il faut noter que cette diminution n'intéresse pas la totalité de la cohorte (Fig. VI.10). Seuls les plus petits individus disparaissent et les histogrammes de cette cohorte présentent tout au long de l'année une forte asymétrie. Il est possible d'imputer cette disparition des plus jeunes *Abra* soit à une prédation par des macro-invertébrés (crabes) soit à une migration passive.

Les observations faites au sujet de la période de recrutement d'*Abra alba* ne rapprochent pas toutefois nos résultats de ceux enregistrés en rade de Brest par HILY et LE BRIS (1984) qui mettent en évidence deux périodes de recrutement : mai et septembre-octobre. En octobre, la population d'*Abra alba* est constituée de 3 cohortes, on note entre août et octobre une forte diminution de la 1ère cohorte par rapport à l'ensemble de la population (- 34 %, Tableau VI.8). Il est tout à fait possible que ce résultat ne se confirme pas par la suite dans la mesure où, comme cela a déjà été signalé, la population semble avoir été mal échantillonnée en octobre 1984

#### IV.2 *Tellina fabula*

On a pu assister à une régression continue de la population de *Tellina fabula* depuis l'hiver 1979 et, ce, malgré de bons recrutements comme par exemple en juin 1983 (Fig. VI.9).

En 1984, il semble que la population de *Tellina fabula* progresse. Malgré une faible densité en mai, la population se maintient à un niveau voisin de 200 individus par m<sup>2</sup> (Fig. VI.9).

Le recrutement de 1984 (visible dès juillet, donc bien décalé par rapport à *Abra alba* (Fig. VI.II) a été très bon, la cohorte des individus de 1ère année représente 70 % de la population totale. Par la suite cette proportion diminue un peu: 61 % en août et 53 % en octobre (beaucoup moins que pour *Abra alba*). Ceci pourrait être un signe de la reprise de vigueur de cette population.

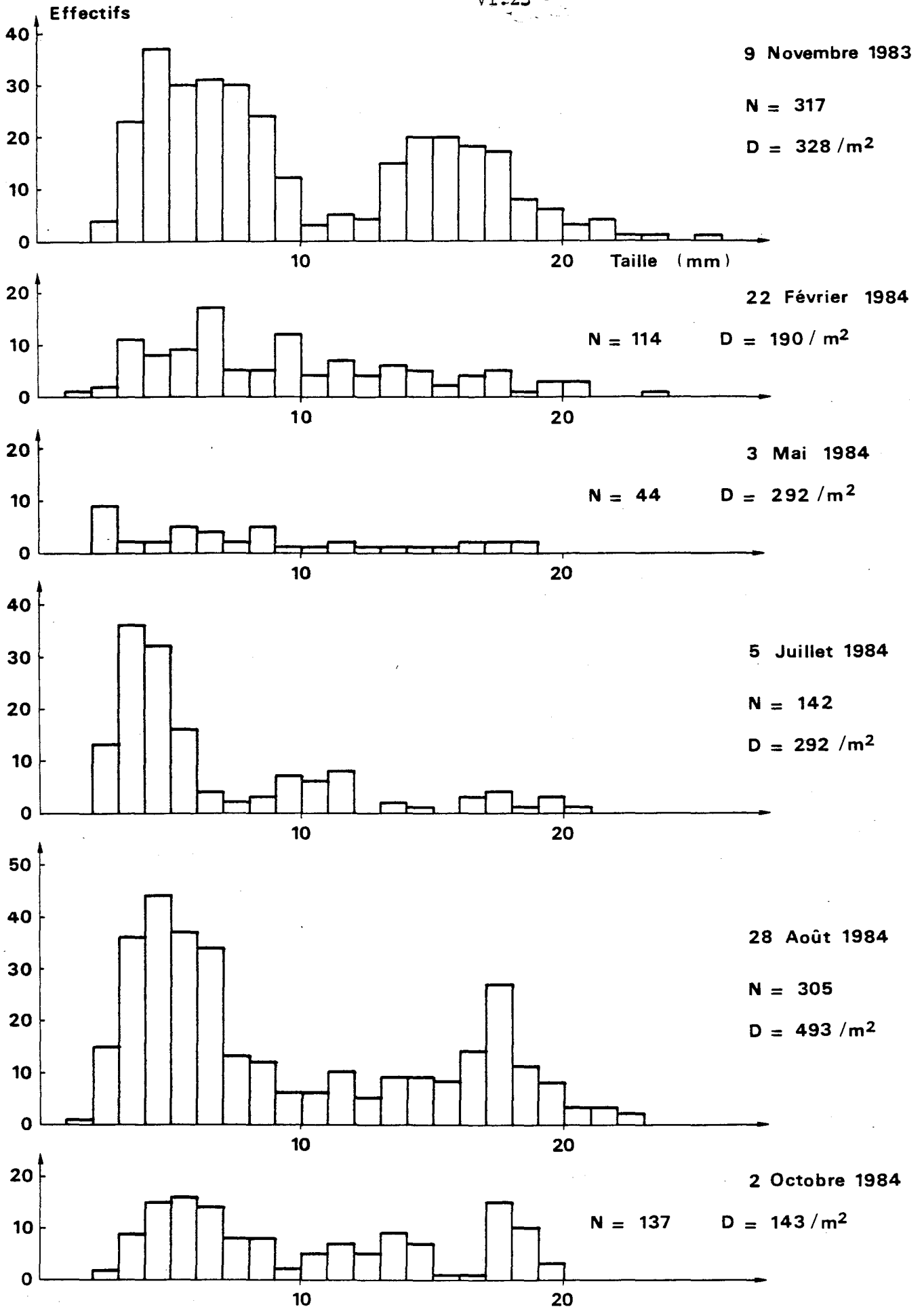


FIG. VI . 11 : *Tellina fabula* . HISTOGRAMMES DES FREQUENCES DE TAILLE

Tableau VI.9 : Structure de la population de *Tellina fabula*

Mois	Cohorte I			Cohorte II			Cohorte III		
	N	%	m	N	%	m	N	%	m
Août	187	61,3	5,21	46	15,1	12,67	72	23,6	18,00
Octobre	73	53,3	5,76	35	25,5	12,67	29	21,2	18,02

V - CONCLUSION

Il a été possible de mettre en évidence, en ce qui concerne l'étude bionomique du benthos subtidal un recrutement très important de *Spiophanes bombyx*. Ce recrutement a intéressé la totalité des peuplements locaux. Il a provoqué une altération (peut-être transitoire) de la structure des peuplements comme l'ont montré les diagrammes rang-fréquence. Cette espèce supplante, dans tous les peuplements, les espèces pilotes.

Le peuplement à *Abra alba* démontre une fois de plus la capacité de production des espèces qui le composent : la biomasse est de 53 g/m<sup>2</sup>. Le schéma proposé lors des années précédentes au sujet de la comparaison de l'efficacité du recrutement des espèces benthiques à la station B et à la station C se confirme. La station B représente les potentialités du peuplement à *Abra alba* et la station C représente l'impact de la centrale sur ces possibilités. L'impact se traduit par un déficit en nombre d'individus de 6 200 /m<sup>2</sup> et un déficit de biomasse de 52,5 g/m<sup>2</sup>, ce qui est très important même si la zone d'influence semble être de faible superficie.

En ce qui concerne les populations de mollusques on note un maintien de la population d'*Abra alba* et une progression de la population de *Tellina fabula*. Il faut néanmoins signaler une forte diminution de la cohorte 83 d'*Abra alba* que l'on peut imputer, soit à la prédation par des macro-invertébrés, soit à une migration passive.



BIBLIOGRAPHIE

- ARNTZ W.E. et BRUNSWIG D., 1976 - Studies on structure and dynamics of macrobenthos in the Western Baltic carried out by the joint research program "Interaction sea-sea bottom" (Proceedings 10ème European Marine Biology symposium - Population Dynamics Vol. 2 : 17-42).
- CABIOCH L., GLACON R., 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 (Persone G. and E. Jaspers Eds).
- DELVAL C. et DESMARCHELIER M., 1982 - Biologie du flet (Platichthys flesus L.). Etude des chalutages effectués sur le littoral Nord - Pas-de-Calais. DEA Univ. Sci. Techn., 121 p., Université de Lille.
- DEWARUMEZ J.M., 1973 - Etudes 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., 1976a - Le domaine benthique. In : Etude écologique du site de Gravelines - Projet 1er cycle (1975), CNEXO/IBMRW pour EDF, 238-297.
- DEWARUMEZ J.M., 1976b - Etude du macrobenthos subtidal de la région de Gravelines (Nord) - D.E.A. Univ. Sci. et Techn., Université de Lille I, 164.
- DEWARUMEZ J.M., 1979 - Etude biologique d'Abra alba (WOOD) (Mollusque lamellibranche) 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., 1982a - Le domaine benthique. In "Etude écologique du site de Gravelines" - Surveillance 2 (1979-1980) - CNEXO/SMW pour EDF, 187-254.
- DEWARUMEZ J.M., 1982b - Le domaine benthique. In "Etude écologique du site de Gravelines" - Surveillance 3 (1980-1981) - CNEXO/SMW pour EDF, VI<sub>1</sub>-VI<sub>23</sub> - VII<sub>1</sub>-VII<sub>24</sub>.
- DEWARUMEZ J.M., 1983 - Le domaine benthique. In "Etude écologique du site de Gravelines" - Surveillance 4 (1981-1982) - CNEXO/SMW pour EDF, VI<sub>1</sub>-VI<sub>24</sub> et VII<sub>1</sub>-VII<sub>33</sub>.
- DEWARUMEZ J.M., 1984 - Le domaine benthique. In "Etude écologique du site de Gravelines" - Surveillance 5 (1982-1983) - CNEXO/SMW pour EDF, V<sub>1</sub>-V<sub>27</sub> et VII<sub>1</sub>-VII<sub>28</sub>.
- DEWARUMEZ J.M., SMIGIELSKI F., RICHARD A., 1976 - Abra alba (Mollusque lamellibranche), 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., LEBRIS H., 1984 - Dynamics of on Abra alba population (bivalve scrobiculariidae) in the Bay of Brest. Estuar. Coast. Shelf Sci., 19, 463-475.

- PRYGIEL J., 1983 - Benthos de la Bassure de Baas. Etude comparative de la communauté à Ophelia borealis. D.E.A. Université de Lille - Univ. Sci. et Techn. Lille, 33 p.
- RACHOR E., 1980 - The Inner German Bight an ecological sensitive area as indicative area as indicated by the bottom fauna. Helgol. Meeresunters. 33, 522-530.
- RACHOR E., 1983 - Long term variability of Abra alba populations in several areas of the European coast. COST 47 Newsletter, 3, 6-7.
- RUMOHR H., ARNTZ W.E., RACHOR E. et SAZWEDEL H., 1982 - Long term fluctuations of Abra alba (WOOD) in the German Bay and Kiel Bay (In press).
- SOUPLET A., 1978 - Le domaine benthique. In "Etude écologique du site de Grave-lines" - Projet II (1976-1977) - CNEXO-IBMRW pour EDF.
- SOUPLET A. et DEWARUMEZ J.M., 1980 - Les peuplements benthiques du littoral de la région de Dunkerque. Cah. biol. mar., 21, 23-29.
- SOUPLET A., GLACON R., DEWARUMEZ J.M., SMIGIELSKI F., 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.

TABLEAU VI.1 : RESULTATS GLOBAUX - NOMBRE D'INDIVIDUS PAR METRE CARRE

ESPECES	Station A	Station B	Station C	Station D
<i>Sagartia troglodytes</i>	88	33		
<i>Cerianthus lloydii</i>	1			
<i>Edwardsia</i> sp.	8			
<i>Cerebratulus</i> sp.	1	6	3	
<i>Lineus bilineatus</i>	1			
<i>Nematodes</i> spp.	2	6	1	6
<i>Chaetognathe</i> sp.		1	1	
<i>Golfingia vulgaris</i>	4			
<i>Harmothoe lunulata</i>	5	1		1
<i>Pholoe minuta</i>	1	39		
<i>Sigalion mathildae</i>	1		1	
<i>Stenelata boa</i>	7	10		
<i>Phyllodoce mucosa</i>	1	14		1
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	5			
<i>Eumida sanguinea</i>	5	8		
<i>Eteone longa</i>			10	
<i>Nereis longissima</i>	1	10		
<i>Nephtys caeca</i>		7		2
<i>Nephtys cirrosa</i>	12		69	56
<i>Nephtys hombergii</i>	8	131		
<i>Nephtys longosetosa</i>				2
<i>Godiadelia bobretakii</i>	7			
<i>Kerfersteinia cirrata</i>	1			
<i>Scoloplos armiger</i>	4		1	5
<i>Aonides orycephala</i>	6			2
<i>Spio filicornis</i>		1		12
<i>Spiophanes bombyx</i>	96	2282	243	223
<i>Nerine bonnieri</i>	1			3
<i>Magelona papillicornis</i>		1	7	
<i>Capitella capitata</i>		2		
<i>Notomastus latericeus</i>		1		
<i>Chaetozone setosa</i>	4	9		
<i>Heterocirrus alatus</i>	1		1	
<i>Ophelia borealis</i>	19			
<i>Arenicola marina</i>		1		
<i>Owenia fusiformis</i>	1			
<i>Larice conchilega</i>	130	2486	2	3
<i>Ampharete grubei</i>	1			
<i>Pectinaria koreni</i>	1	4		
<i>Sabellaria spinulosa</i>	1			
<i>Nassarius reticulatus</i>		2		
<i>Mysella bidentata</i>	3	364		
<i>Tapes rhomboides</i>	1			
<i>Venerupis pullastra</i>		1		
<i>Mactra corallina</i>		1		
<i>Spisula subtruncata</i>	4	5		
<i>Spisula ovalis</i>				9
<i>Macoma balthica</i>		1		
<i>Abra alba</i>	14	811		4
<i>Tellina fabula</i>	10	292	5	3
<i>Sphenia benghami</i>	1			
<i>Cultellus pellucidus</i>		1		
<i>Ensis arcuatus</i>	1	1		
<i>Pycnogonum littorale</i>	1			
<i>Schistomysis kervillei</i>		33		11
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	2	4	2	26
<i>Mesopodopsis slabberi</i>			1	
<i>Cumopsis goodsiri</i>				3
<i>Diastylis bradyi</i>			1	3
<i>Idotea linearis</i>		1	1	
<i>Acidostoma obesum</i>	2			
<i>Ampelisca spinipes</i>	4			1
<i>Melita obtusata</i>		3		
<i>Atylus falcatus</i>		1		
<i>Atylus swammerdami</i>	3	5		2
<i>Pontocrates altamarinus</i>			24	
<i>Bathyporeia guillamsorniana</i>			2	7
<i>Bathyporeia pelagica</i>			2	
<i>Bathyporeia elegans</i>	2		35	82
<i>Urothoe brevicornis</i>				1
<i>Urothoe elegans</i>	6			
<i>Urothoe poseidonis</i>		2	1	
<i>Megaluropus agilis</i>				4
<i>Leptocheirus hirsutimanus</i>	2			
<i>Corophium crassicorne</i>	2			
<i>Pariambus typicus</i>		7		
<i>Crangon crangon</i>	2	9	14	1
<i>Pagurus bernhardus</i>	3			
<i>Pagurus</i> sp. (larves)			1	
<i>Macroptopus holsatus</i>	1	9		
<i>Aeroconida brachiata</i>		7		
<i>Ophiura texturata</i>		4		
<i>Ophiura albida</i>				3
TOTAL	488	6617	428	476
DIVERSITE	3,715	2,315	2,276	2,766

TABLEAU VI.2 : RESULTATS GLOBAUX - BIOMASSE (mg/m<sup>2</sup>)

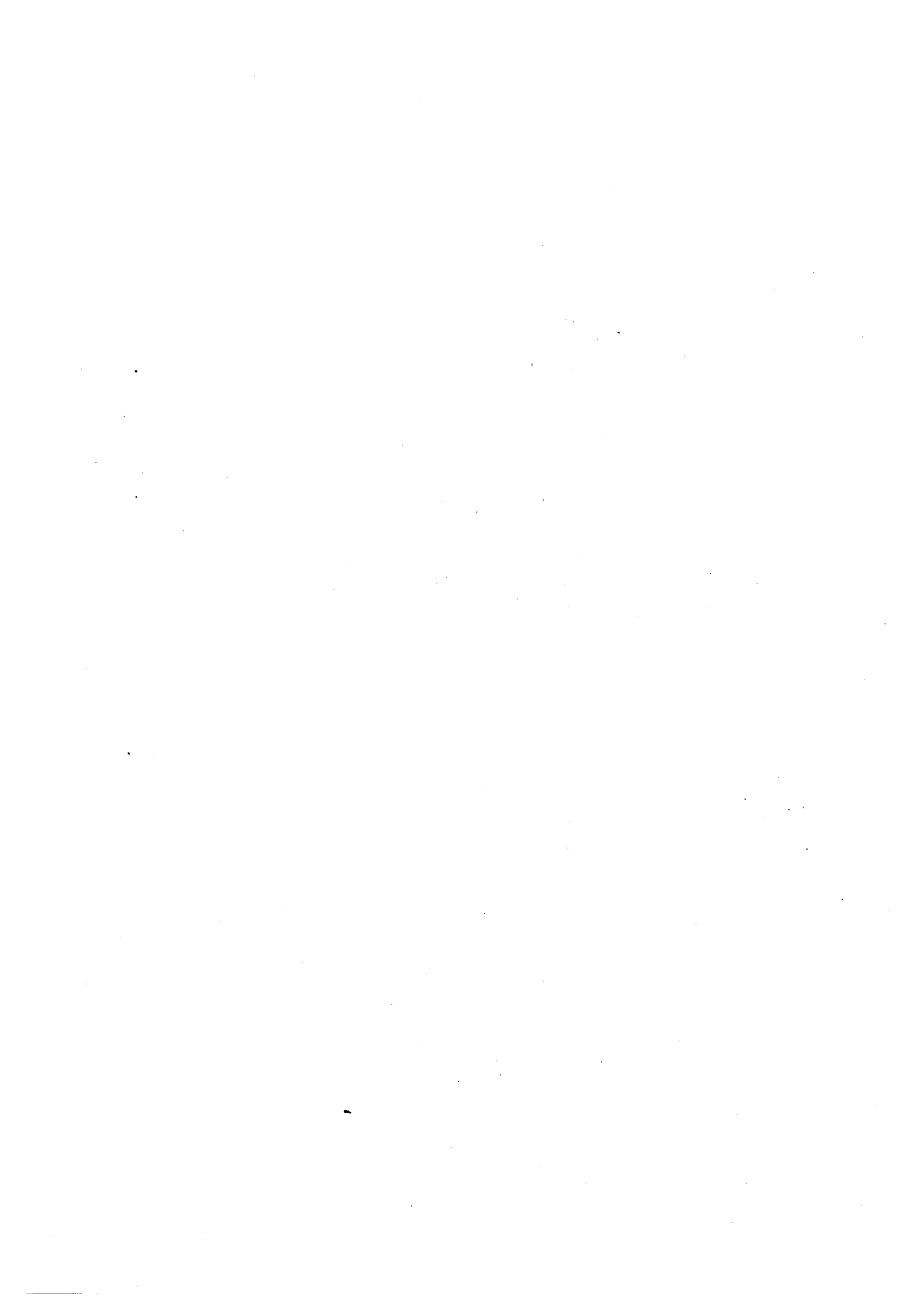
ESPECES	Station A	Station B	Station C	Station C
<i>Sagartia troglodytes</i>	6291,7	9475,6		
<i>Cerianthus lloydii</i>	33,0			
<i>Edwardsia</i> sp.	4,9			
<i>Cerebratulus</i> sp.	17,1	323,9	96,2	
<i>Lineus bilineatus</i>	12,4			
Nematodes spp.	10,0	48,3	5,0	31,1
<i>Chaetognathe</i> sp.		0,1	0,1	
<i>Golfingia vulgaris</i>	16,1			
<i>Harmothoe lunulata</i>	1,2	0,9		0,6
<i>Pholoe minuta</i>	0,4	42,3		
<i>Stgalton mathildae</i>	27,4		10,5	
<i>Stenelais boa</i>	158,8	670,2		
<i>Phyllodoce mucosa</i>	0,3	19,7		0,1
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	230,3			
<i>Eumida sanguinea</i>	0,7	4,7		
<i>Eteone longa</i>			2,7	
<i>Nereis longissima</i>	20,7	297,7		
<i>Nephtys caeca</i>		184,1		255,4
<i>Nephtys cirrosa</i>	115,8		162,4	227,2
<i>Nephtys hombergii</i>	125,9	3173,6		
<i>Nephtys longosetosa</i>				50,9
<i>Goniadella bobretzkii</i>	2,7			
<i>Kerfersteinia cirrata</i>	0,1			
<i>Scoloplos armiger</i>	14,2		5,3	38,0
<i>Aonides orycephala</i>	10,5			0,5
<i>Spio filicornis</i>		0,1		2,1
<i>Spicophanes bombyx</i>	31,9	655,1	56,3	44,6
<i>Nerine bonnieri</i>	10,1			28,5
<i>Magelona papillicornis</i>		1,7	16,5	
<i>Capitella capitata</i>		0,5		
<i>Notomastus latericeus</i>		1,9		
<i>Chaetozona setosa</i>	0,9	3,7		
<i>Heterocirrus alatus</i>	0,7		0,4	
<i>Ophelia borealis</i>	76,3			
<i>Arenicola marina</i>		3,1		
<i>Owenia fusiformis</i>	12,7			
<i>Lanice conchilega</i>	114,9	4343,0	6,6	0,3
<i>Ampharete grubei</i>	6,5			
<i>Pectinaria koreni</i>	41,7	52,1		
<i>Sabellaria spinulosa</i>	10,0			
<i>Nassarius reticulatus</i>		569,2		
<i>Mysella bidentata</i>	0,6	57,9		
<i>Tapes rhomboides</i>	457,7			
<i>Venerupis pullastra</i>		29,8		
<i>Mactra corallina</i>		502,1		
<i>Spisula subtruncata</i>	441,1	373,6		
<i>Spisula ovalis</i>				244,0
<i>Macoma balthica</i>		98,0		
<i>Abra alba</i>	271,0	29365,5		23,9
<i>Tellina fabula</i>	70,5	1641,4	5,0	3,3
<i>Sphenia benthami</i>	5,1			
<i>Cultellus pellucidus</i>		41,7		
<i>Ensis arcuatus</i>	50,0	87,5		
<i>Pycnogonum littorale</i>	12,0			
<i>Schistomysis kervillei</i>		33,9		1,4
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	2,7	5,6	1,7	20,6
<i>Mesopodopsis slabberi</i>			0,2	
<i>Cumopsis goodsiri</i>				0,5
<i>Diastylis bradyi</i>			1,9	0,1
<i>Idotea linearis</i>		12,4	0,1	
<i>Acidostoma obesum</i>	0,5			
<i>Ampelisca spinipes</i>	2,7			0,3
<i>Melita obtusata</i>		0,9		
<i>Atylus falcatus</i>		0,9		
<i>Atylus suammerdami</i>	0,9	1,2		0,4
<i>Pontocrates altamarinus</i>			7,8	
<i>Bathyporeia guillamsonniana</i>			3,0	12,6
<i>Bathyporeia pelagica</i>			0,7	
<i>Bathyporeia elegans</i>	0,6		9,0	21,9
<i>Urothoe brevicornis</i>				0,3
<i>Urothoe elegans</i>	1,7			
<i>Urothoe poseidonis</i>		0,5	0,3	
<i>Megaluropus agilis</i>				0,6
<i>Leptocheirus hirsutimanus</i>	0,4			
<i>Corophium crassicorne</i>	0,5			
<i>Pariambus typicus</i>		0,5		
<i>Crangon crangon</i>	5,1	441,9	115,8	0,3
<i>Pagurus bernhardus</i>	141,6			
<i>Pagurus</i> sp. (larves)			0,1	
<i>Macropipus holsatus</i>	50,7	294,6		
<i>Aceronida brachiata</i>		66,1		
<i>Ophiura texturata</i>		80,7		
<i>Ophiura albida</i>				0,3
TOTAL	8931,3	52990,2	507,6	1010,7

Tableau VI.3 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT AUX QUATRE STATIONS SUBTIDALES

	Station A	Station B	Station C	Station D
Pélites	2,13	5,98	0,02	0,02
Sables fins	16,55	41,21	19,02	7,61
Sables moyens	36,63	51,46	80,02	64,46
Sables grossiers	9,11	0,86	0,75	21,65
Graviers fins	12,61	0,10	0,15	5,51
Graviers grossiers	22,97	0,39	0,04	0,75
Poids Total échantillon (g)	1094,3	774,1	1243,1	913,5

Tableau VI.8 : STRUCTURE DE LA POPULATION D'*Abra alba*

Mois	Cohorte I			Cohorte II			Cohorte III		
	N	%	m	N	%	m	N	%	m
Octobre 83	527	81,4	5,01	19	2,9	12,09	102	15,7	17,96
Novembre 83	119	9,1	3,62	1167	89,3	9,50	8	0,6	19,75
Février 84	39	19,0	6,76	66	81,0	12,01	-	-	-
Mai 84	3	0,4	3,50	126	14,5	10,41	739	85,1	14,18
Juillet 84	-	-	-	-	-	-	361	100	16,97
Août 84	229	53,9	3,28	13	3,1	11,06	183	43,1	17,25
Octobre 84	59	29,8	4,40	19	9,6	9,18	120	60,6	16,94



# CHAPITRE VII

---

BENTHOS INTERTIDAL

J.M. DEWARUMEZ  
D. MENU





## I - INTRODUCTION

Depuis 1973 des études bionomiques et un suivi de certaines populations animales sont menés sur l'estran de Petit-Fort-Philippe (DEWARUMEZ et GREGOIRE, 1973 ; GREGOIRE, 1976 ; SOUPLET, 1978 ; DEWARUMEZ, 1980, 1981, 1982, 1983a et 1983b ; CANUT, 1982).

A la faveur de ces études, nous avons acquis une bonne connaissance des peuplements animaux et des facteurs qui régissent leur répartition et leurs extensions réciproques.

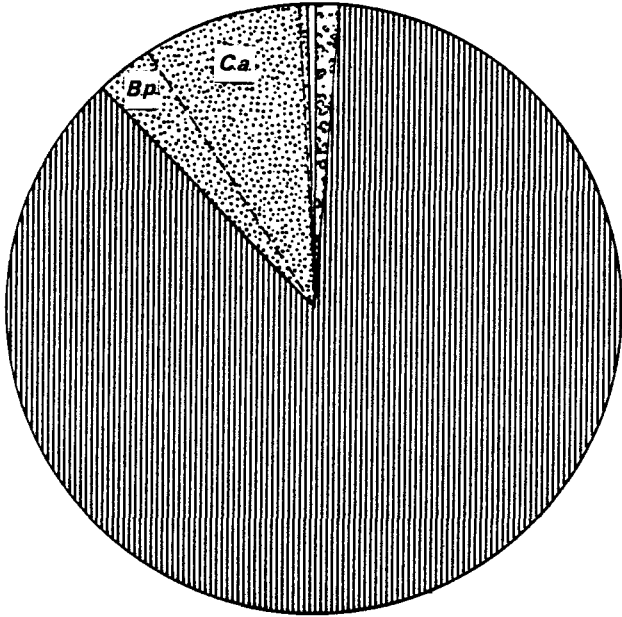
Deux types de facteurs jouent un rôle déterminant dans la bionomie de la plage de Petit-Fort-Philippe :

- des facteurs physico-chimiques, comme la dessalure que provoque l'Aa en induisant des peuplements de type estuarien de part et d'autre de son embouchure.
- des facteurs courantologiques qui, par l'action qu'ils ont sur la granulométrie du substrat et notamment sur les particules fines, permettent ou non l'extension du peuplement de sédiments envasés.

C'est ainsi que, depuis 1973, l'estran de Gravelines a subi de nombreuses perturbations du fait de la construction de l'avant-port de Dunkerque Ouest et de la mise en fonctionnement de la centrale. Ces perturbations ont été longuement décrites dans les rapports précédents. Ces modifications concernent l'extension du peuplement des espèces vasi-coles et d'eaux saumâtres. En 1983, ce peuplement n'occupe plus qu'une bande très réduite, de l'ordre de 200 m dans les hauts niveaux de l'estran. Et encore faut-il signaler que le peuplement typique n'était localisé qu'au niveau de plaques de vase n'occupant que le dixième de la superficie des hauts niveaux. Ces plaques d'une largeur de 1 mètre et d'une longueur de 10 mètres sont perpendiculaires à la ligne de côte.

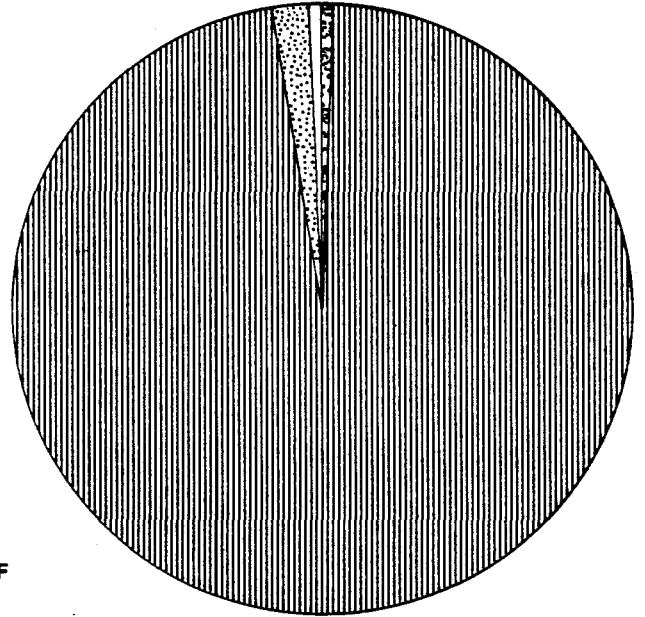
Il avait été mis en évidence en 1983, une influence très nette de la dessalure provoquée par une forte pluviosité printanière. Cette dessalure a permis l'installation dans les niveaux supérieurs de l'estran (Stations E, E' et F) d'espèces à tendance euryhaline affectionnant particulièrement les eaux dessalées comme *Nereis diversicolor* et les *Enchytraeidae* sp., tout au moins dans la partie ouest de l'estran. La partie Est reste d'une grande stabilité malgré une forte diminution d'*Hydrobia ulvae* dans les hauts niveaux.

STATION E'



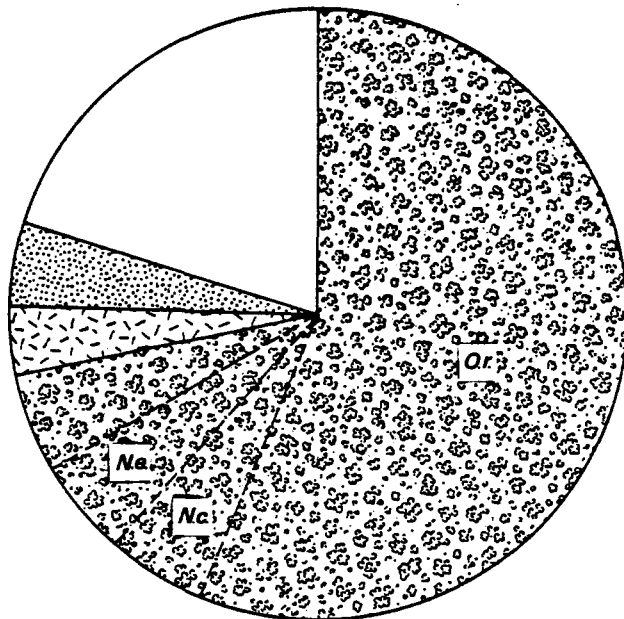
N = 5 838 ind./m<sup>2</sup>

STATION E



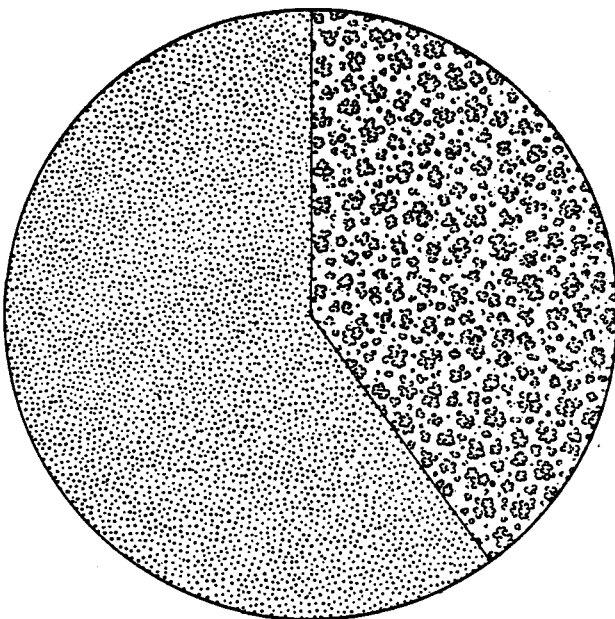
N = 11 776 ind./m<sup>2</sup>

STATION F



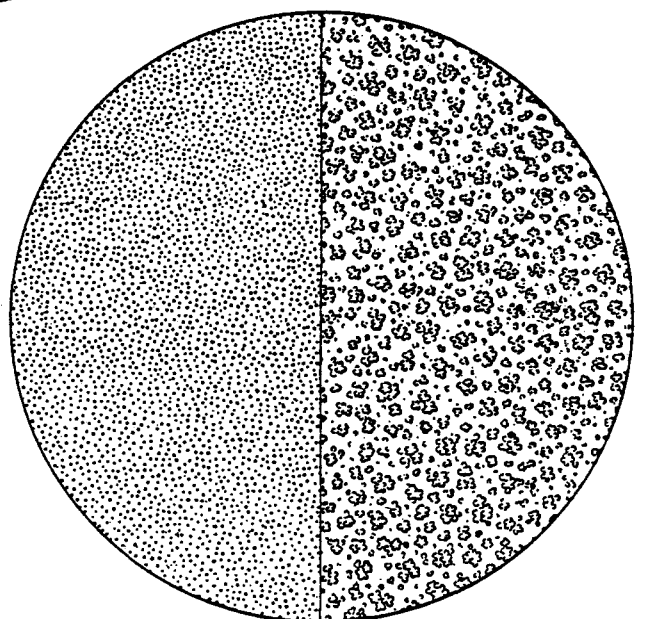
N = 1956 ind./m<sup>2</sup>

STATION G



N = 100 ind./m<sup>2</sup>

STATION H



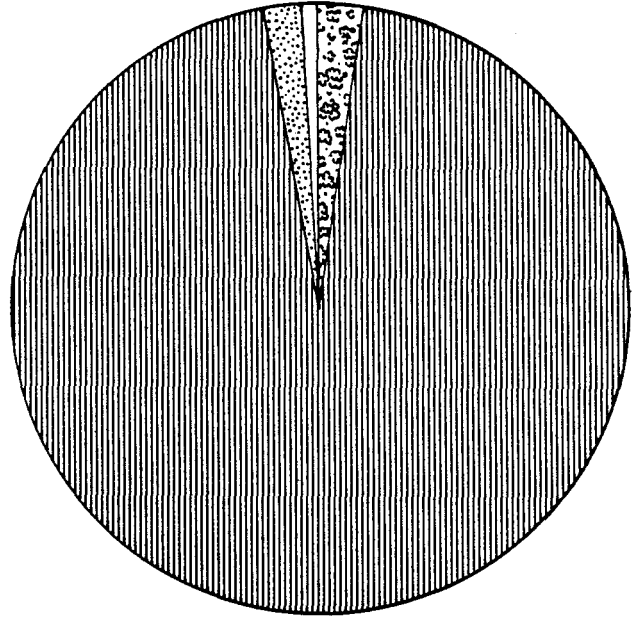
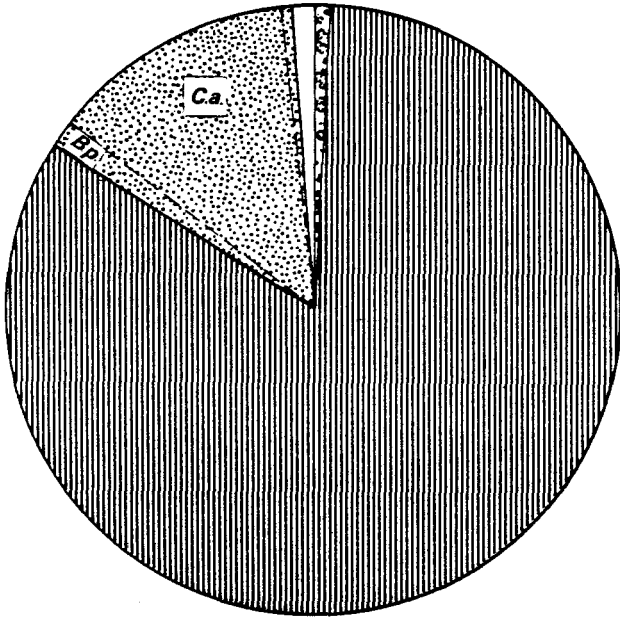
N = 80 ind./m<sup>2</sup>

FIG. VII. 1 : RADIALE I . IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS

GROUPES ZOOLOGIQUES (NOMBRE D'INDIVIDUS)

STATION E'

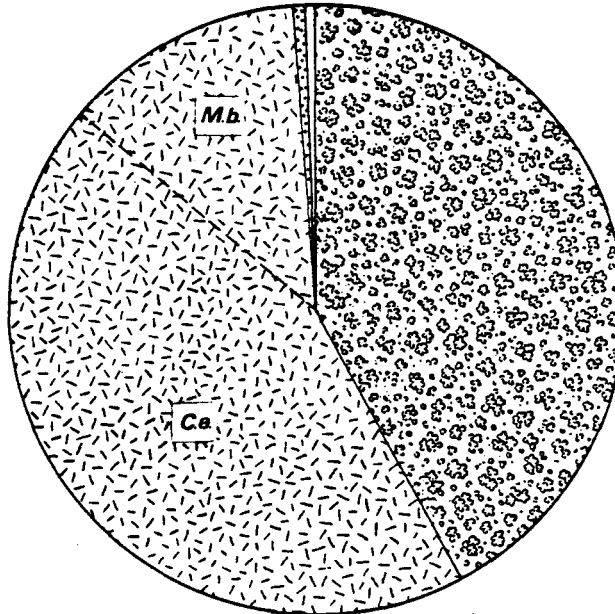
STATION E



B = 4,462 g/m<sup>2</sup>

B = 7,164 g/m<sup>2</sup>

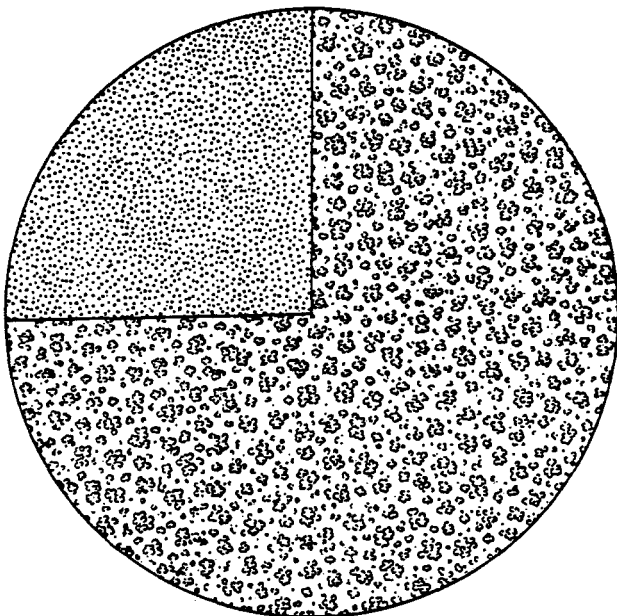
STATION F



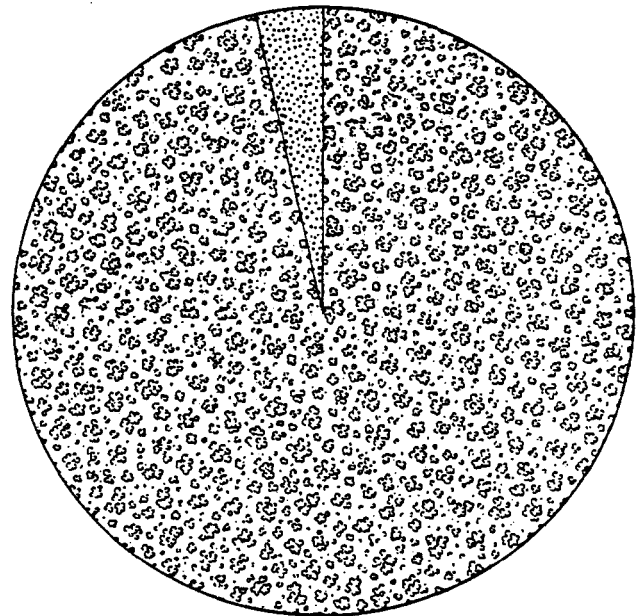
B = 6,281 g/m<sup>2</sup>

STATION G

STATION H



B = 0,508 g/m<sup>2</sup>

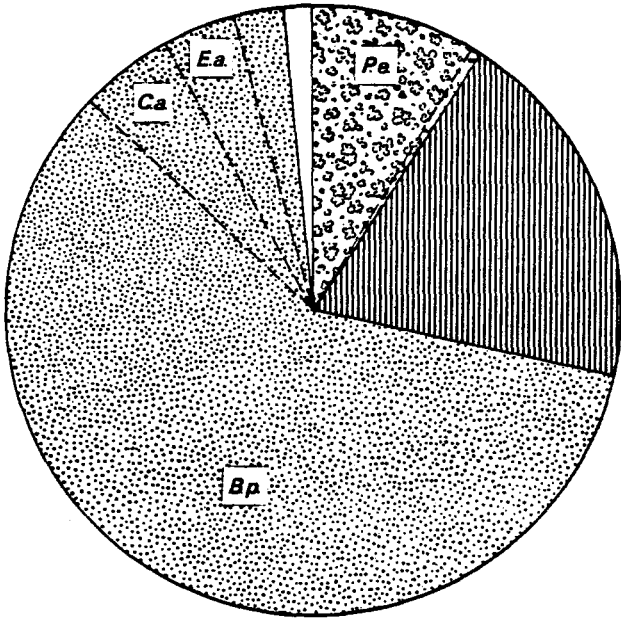


B = 0,274 g/m<sup>2</sup>

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

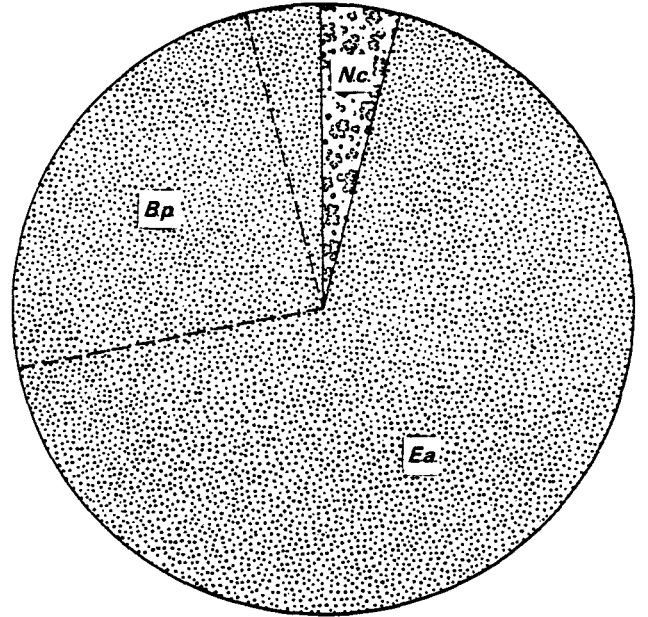
GROUPES ZOOLOGIQUES (BIOMASSE)

STATION I



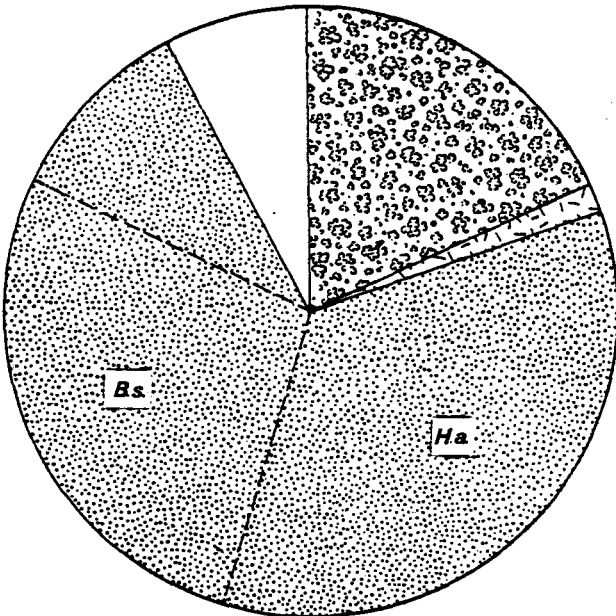
$N = 7500 \text{ ind / m}^2$

STATION J



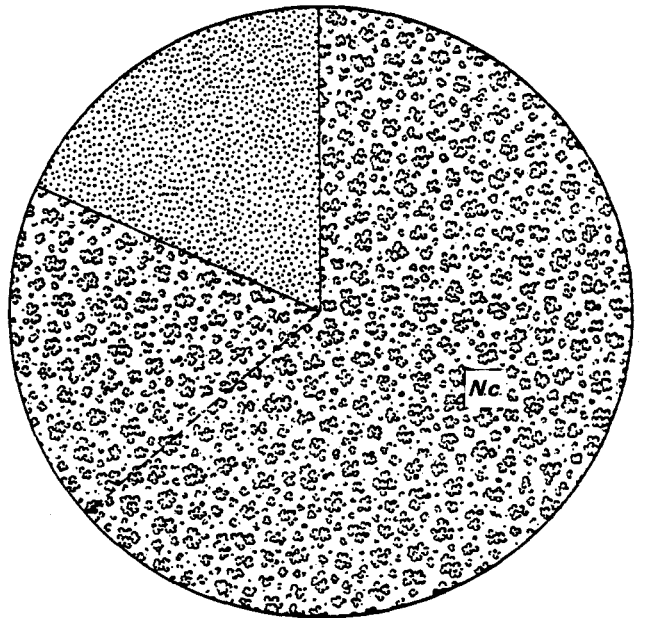
$N = 1\,224 \text{ ind / m}^2$

STATION K



$N = 264 \text{ ind / m}^2$

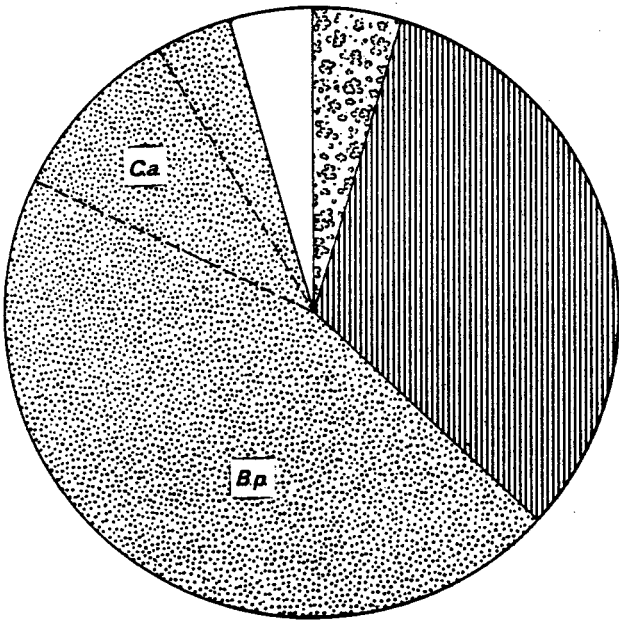
STATION L



$N = 44 \text{ ind / m}^2$

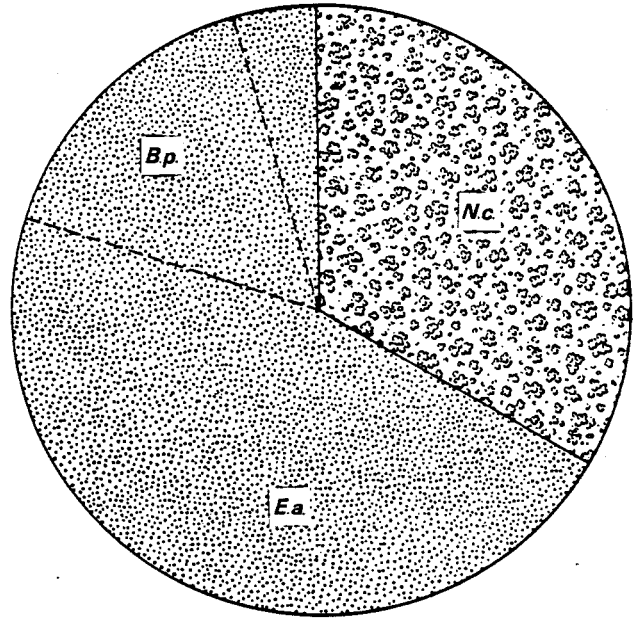
FIG. VII-3 : RADIALE II . IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES ZOOLOGIQUES ( NOMBRE D'INDIVIDUS )

STATION I



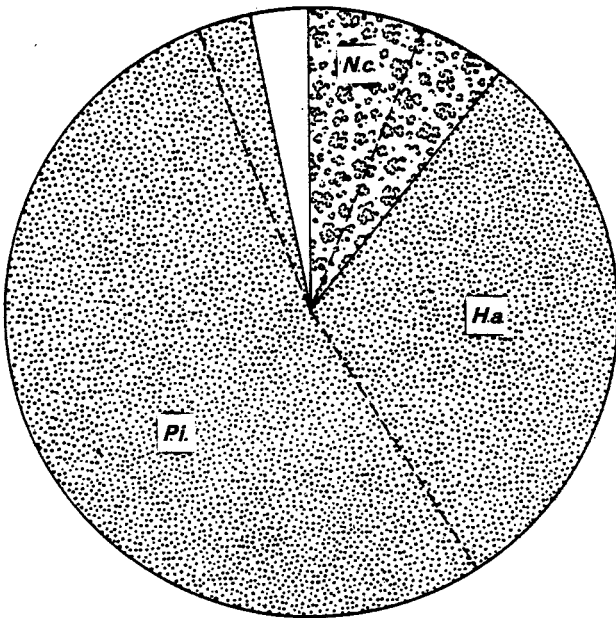
$B = 2,954 \text{ g/m}^2$

STATION J



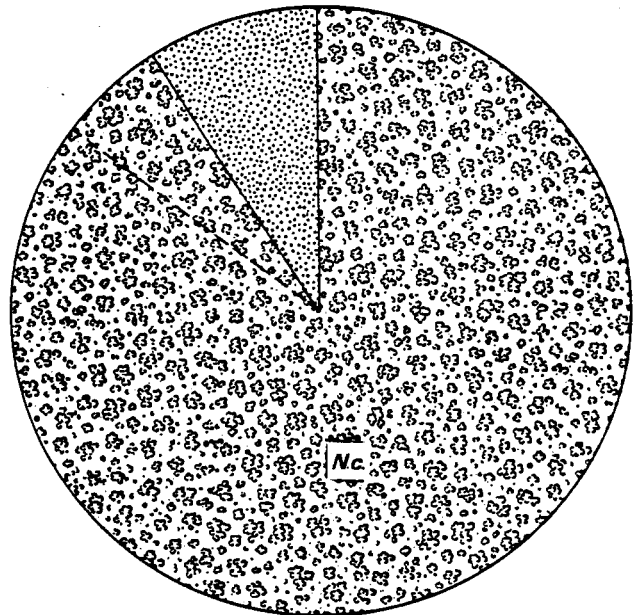
$B = 0,577 \text{ g/m}^2$

STATION K



$B = 0,919 \text{ g/m}^2$

STATION L



$B = 0,260 \text{ g/m}^2$

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

## II - METHODOLOGIE

Cf. annexe technique.

La station E' a été échantillonnée pour moitié dans les aspects envasés (plaques de vase) et pour l'autre moitié dans les aspects propres des hauts niveaux.

Les résultats bruts (Tableaux VII.1 à 4) expriment les données de cette station ramenées au quart de mètre carré. Les résultats synthétiques (abondances et diagramme rang fréquence) se rapportent à une station E' moyenne dans laquelle les aspects envasés et propres sont affectés d'un coefficient proportionnel à leur extension respective en surface, soit 1/10 pour les aspects envasés et 9/10 pour les aspects propres.

## III - RESULTATS

### III.1 Composition bionomique

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

- 1 Nématode
- 1 Nemerte
- 1 Oligochète
- 12 Polychètes : 5 errantes  
7 sédentaires
- 3 Mollusques : 1 gastéropode  
2 bivalves
- 14 Crustacés : 2 isopodes  
9 amphipodes  
3 décapodes
- 2 Insectes

On ne note pas d'évolution importante au niveau du cortège spécifique si ce n'est la première récolte de *Microphthalmus similis*, espèce connue comme affectionnant les eaux dessalées.

### III.2 Résultats globaux

Tableaux VII.1 à 4, Fig. VII.1 à 4.

#### 2.1. Radiale I .....

##### 2.1.1. Station E' +++++

Cette station a été scindée en deux sous-stations de manière à pouvoir étudier les aspects envasés et propres du peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres.

Il apparaît que ces deux sous-stations diffèrent notablement, tant au point de vue du cortège spécifique qu'au point de vue de la densité des espèces communes.

Les plaques de vase qui, nous l'avons montré lors des études précédentes, étaient occupées par *Corophium arenarium*<sup>\*</sup>, en sont presque dépourvues (168 individus/m<sup>2</sup> contre 2600 en 1983). En dehors de ces placages de vase les *Corophium* sont plus abondants mais la population n'atteint pas la densité de 1983 (520 individus/m<sup>2</sup> contre 2600 en 1983).

Les autres espèces montrent également des préférences très marquées pour du faciès propre (*Hydrobia ulvae* et *Bathyporeia pilosa*).

Les deux sous-stations sont aussi caractérisées par leur sédiment (Tableau VII.5)

Le sédiment des aspects envasés de la station E' n'a pas évolué par rapport à 1983 (seul cet aspect avait été échantillonné).

Résultats en %	1983	1984 "envasé"	1984 "propre"
Pélites	9,36	9,91	2,73
Sables fins	43,26	47,40	15,04
Sables moyens	45,45	41,35	77,12

Le sédiment du faciès envasé est beaucoup moins bien trié que celui du faciès propre. Il y a donc une dérive très nette des sédiments vers les sables grossiers, le sédiment du faciès propre étant, d'ailleurs quelque peu similaire à celui de la station E (Tableau VII.5, Fig. VII.5)

#### 2.1.2. Station E +++++

Une importante évolution se produit à cette station entre 1983 et 1984. Les changements apparaissent au niveau des espèces (notamment *Hydrobia ulvae*) et au niveau de la granulométrie.

---

\* Signalons, d'ailleurs, que ce sont les *Corophium* eux-mêmes qui provoquent ces placages de vase en construisant les tubes dans lesquels ils vivent.

:Résultats en %	1983	1984
Pelites	2,03	1,57
Sables fins	28,52	18,90
Sables moyens	49,04	69,57
Sables grossiers	12,24	6,37

La teneur en pélites diminue et le sédiment est surtout constitué de sable grossier.

Au niveau spécifique ce qui apparaît c'est l'augmentation très nette de la densité de *Hydrobia ulvae* : plus de 11000 individus/m<sup>2</sup> contre 300 en 1983. Ceci semble montrer l'influence d'une dessalure. Cette dessalure fait suite à la tendance déjà mise en évidence en 1983. L'hiver a été très pluvieux (cf. chapitre 1) et les espèces d'eaux saumâtres en ont bénéficié. Il résulte de cette modification une augmentation très nette de la biomasse : 7,2 g/m<sup>2</sup> contre 1,8 g/m<sup>2</sup> et ce, malgré la disparition de *Macoma balthica* et *Cerastoderma edule* qui ont, semble-t-il, peu supporté la dessalure.

2.1.3. Comparaison des stations E et E'  
 ++++++  
 Densité/m<sup>2</sup>

	1978 (E)	1979 E	1980 E	1981 E	1981 E'	1982 E	1982 E'	1983 E	1983 E'	1984 E	1984 E'propre	1984 E'envasé
<i>Hydrobia ulvae</i>	2892	8740	8	216	9768	-	7588	300	14632	11412	5560	560
<i>Cerastoderma edule</i>	-	-	-	8	-	16	-	4	-	-	-	-
<i>Macoma balthica</i>	-	-	-	16	-	16	-	40	4	-	-	-
<i>Corophium arenarium</i>	172	852	1888	-	948	68	2316	220	2624	52	560	166
<i>Corophium volutator</i>	16	208	108	-	92	8	-	8	32	-	-	40

Depuis 1978 *Hydrobia ulvae* et *Corophium arenarium* sont de bons témoins des évolutions bionomiques de l'estran de Gravelines. Ces deux espèces ont des affinités écologiques semblables : elles sont vasicoles et affectionnent les eaux saumâtres. Cependant *Hydrobia ulvae* résistera mieux à une dessalure et moins bien à un envasement que *Corophium arenarium*. Ceci nous permet de relier les évolutions de densité de ces deux espèces à une diminution de la salinité ou une augmentation de la teneur en pélites. La diminution de la teneur en particules les plus fines semble montrer que le lessivage



des hauts niveaux continue. On le remarquera d'ailleurs également sur l'autre radiale.

2.1.4. Station F  
+++++++

Lors de l'étude 1983 on avait pu mettre en évidence à cette station une dérive du peuplement vers un aspect où les espèces d'eaux saumâtres devenaient prépondérantes, tout au moins au niveau de la densité. Ce phénomène avait été attribué à une dessalure provoquée par l'Aa en raison de la forte pluviosité printanière. Le peuplement était d'ailleurs constitué de jeunes individus (notamment de *Nereis diversicolor*).

En 1984, cette dérive du peuplement se confirme. L'importance pluviosité hivernale (cf chapitre I) a permis le maintien de ce peuplement.

Cette dérive confirme également l'évolution des hauts niveaux avec la prédominance d'*Hydrobia ulvae*

Certaines espèces caractéristiques montrent des évolutions nettes au niveau de leur densité :

Densité par m<sup>2</sup>

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
<i>Nereis diversicolor</i>	32	80	-	-	32	432	88
<i>Ophelia rathkei</i>	-	132	12	248	124	152	1100
<i>Hydrobia ulvae</i>	4324	-	8	-	-	4	0
<i>Cerastoderma edule</i>	-	92	48	320	144	152	36
<i>Macoma balthica</i>	-	40	-	32	44	472	32
<i>Corophium arenarium</i>	36	-	56	-	4	12	0
Oligochètes	-	-	-	-	-	324	336

*Nereis diversicolor* semble regresser tant au point de vue de la densité qu'au point de vue biomasse (Tableau VII.1 et 2). En fait la population est constituée d'individus plus grands qu'en 1983. En effet lors de l'étude précédente les individus faisaient moins de 4 cm pour une biomasse individuelle de 13 mg, en 1984 leur biomasse individuelle est de 21 mg. La population est donc semble-t-il constituée de la même cohorte qu'en 1983.

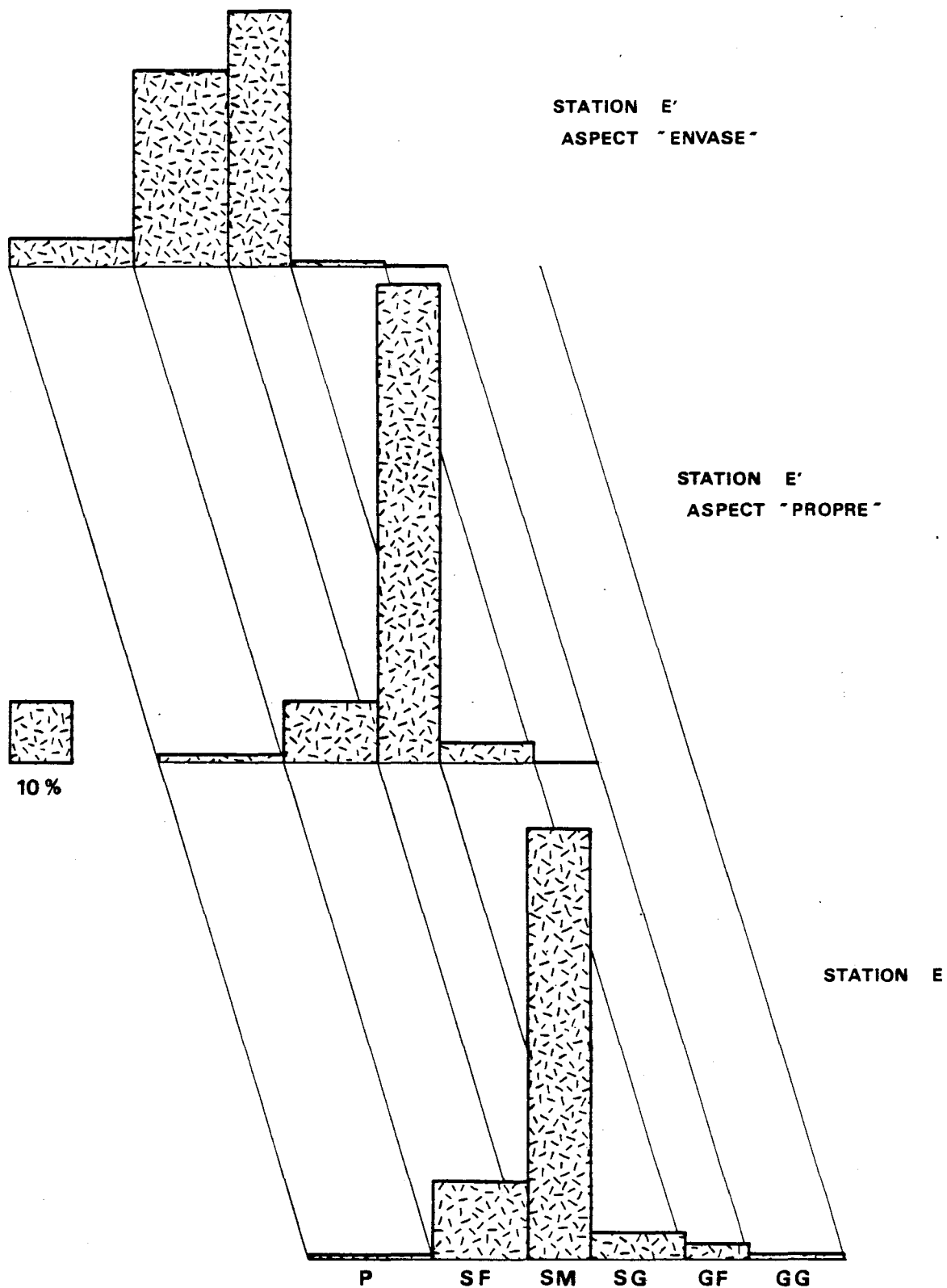


FIG. VII-5 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT

RADIALE I , NIVEAUX SUPERIEURS

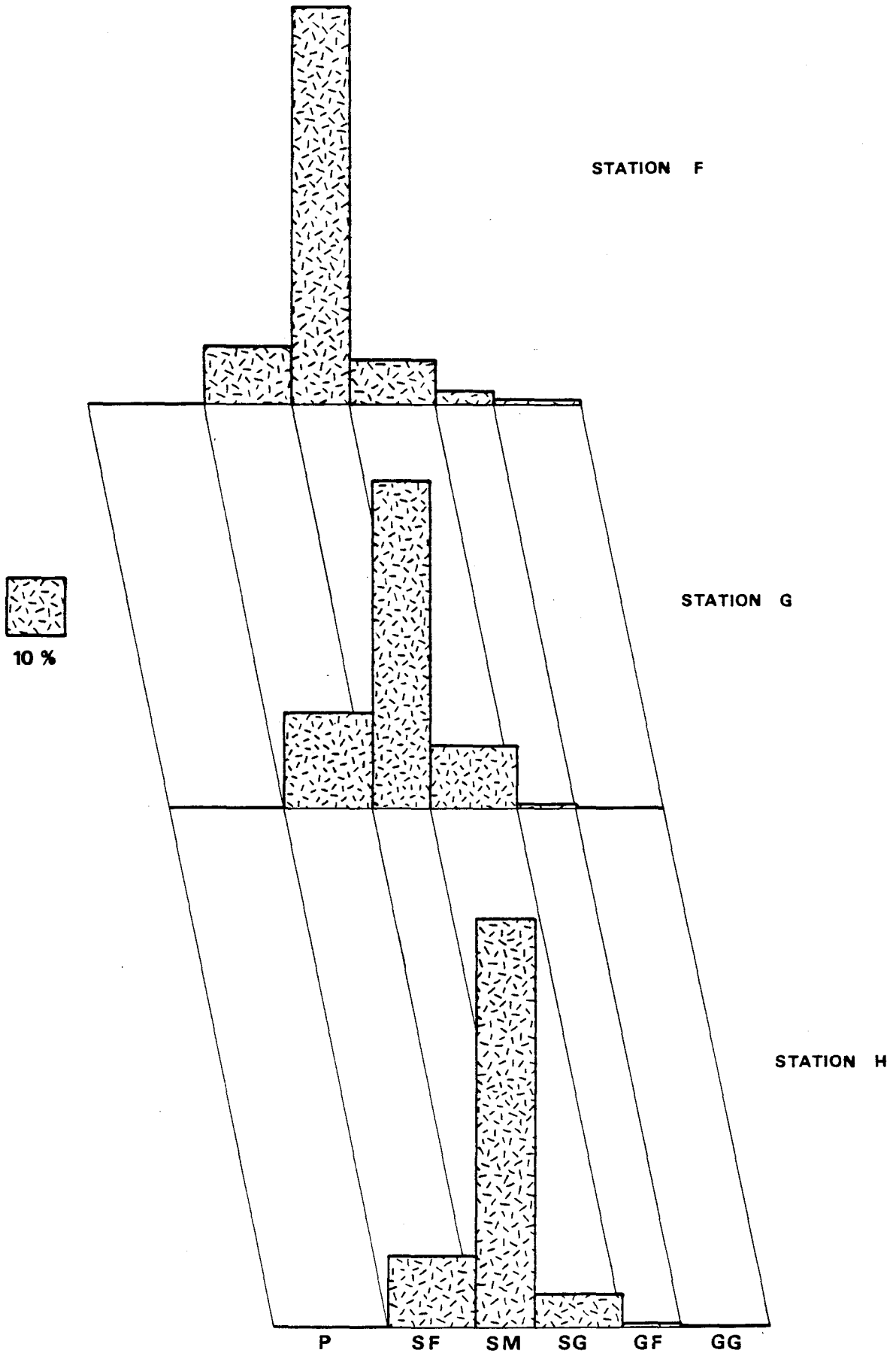


FIG. VII-6 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT

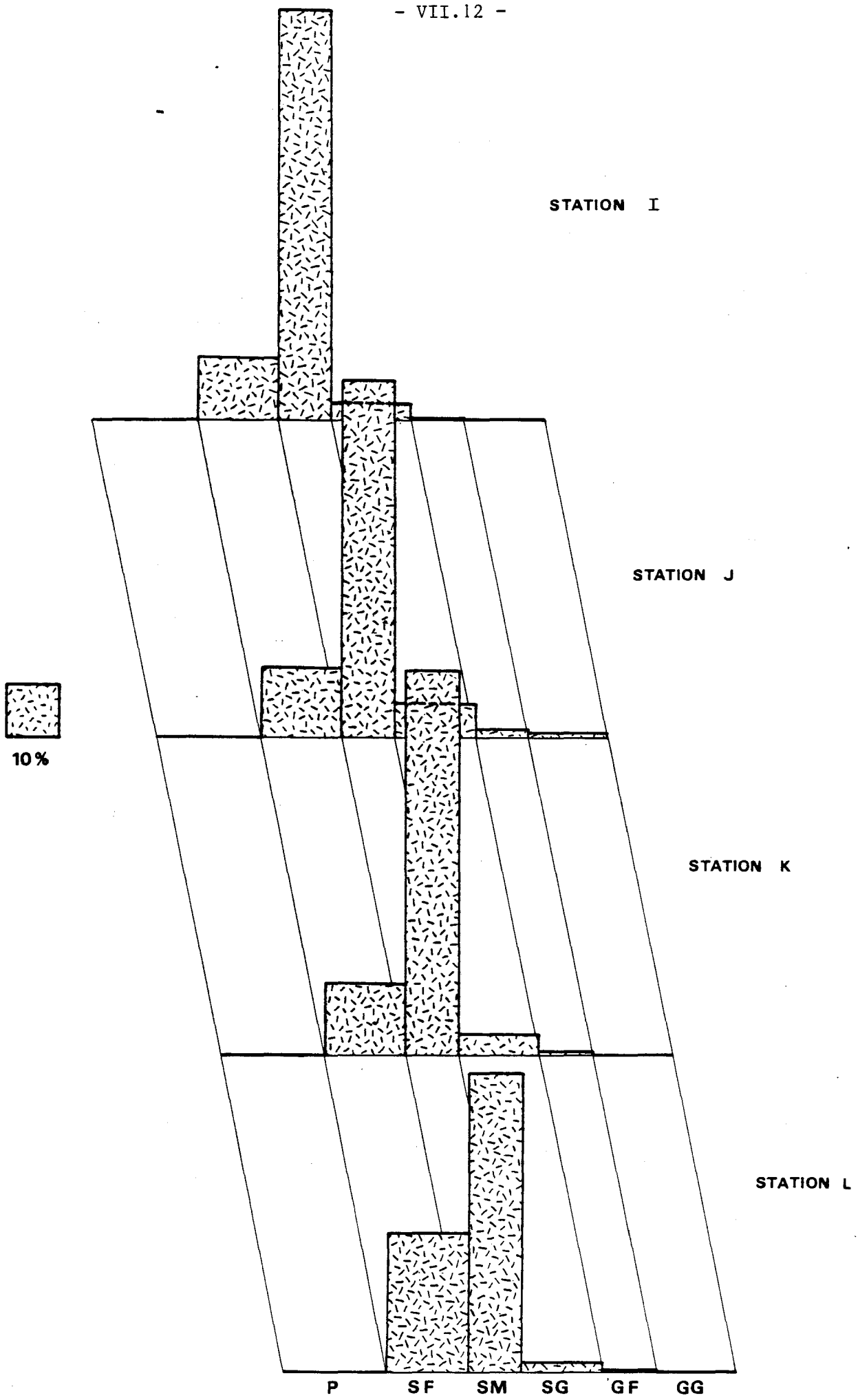


FIG. VII-7 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT . RADIALE II

*Ophelia rathkei* espèce qui supporte également les dessalures, voit sa densité augmenter considérablement (152 individus/m<sup>2</sup> en 1983 contre 1100 en 1984).

*Cerastoderma edule* et *Macoma balthica* régressent au point de vue de la densité.

La population de *Cerastoderma edule* présente toujours une altération très nette. Le schéma proposé les années précédentes se confirme en 1984.

2 cohortes sont présentes (Fig. VII.8).

- 1ère année : taille moyenne 17,0 mm ; écart type : 0,8 mm

- 3ème année : taille moyenne 30,0 mm ; écart-type : 2,6 mm

Il n'a pas été possible de mettre en évidence la présence du parasite Trematode *Bucephalidae* sp. Il est peut être prématuré néanmoins de conclure à sa disparition étant donné le faible nombre d'individus analysés (20 adultes). La présence ou l'absence d'une cohorte d'individus de 1ère année en 1985 attestera de ce qu'il en est exactement de ce phénomène. Signalons enfin qu'une collaboration avec une spécialiste danoise des Trematodes est en cours et devrait apporter des renseignements complémentaires.

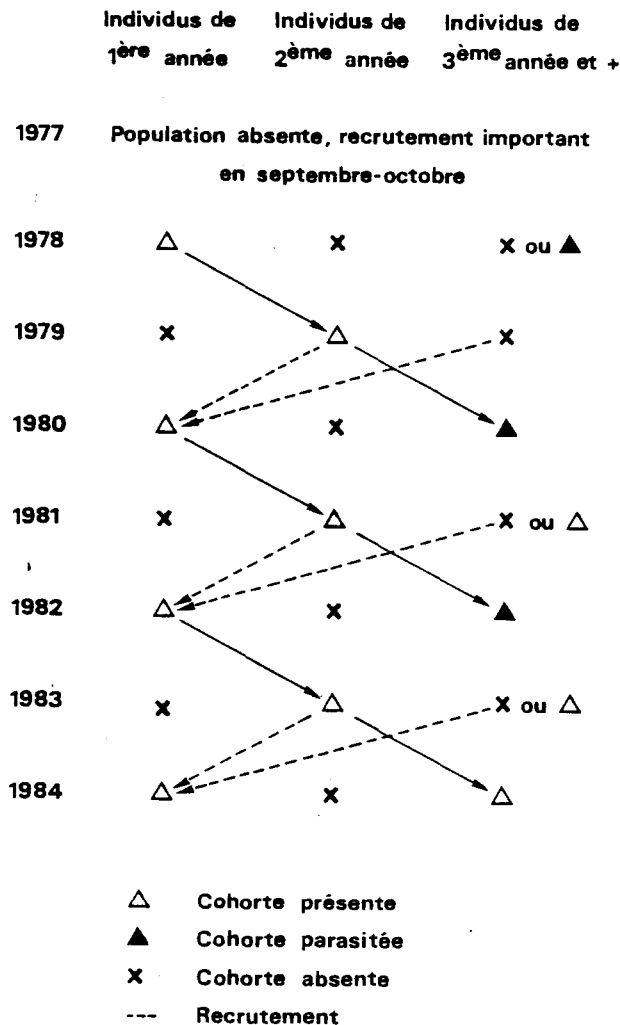


Fig.VII- 8 : Historique de la population de *Cerastoderma edule*

En ce qui concerne *Macoma balthica* une seule cohorte est présente : celle des individus de 2ème année (taille moyenne 13,3 mm, écart-type 2,2 mm). La population d'Oligochètes est stable. Les remarques faites dans le rapport précédent au sujet de son échantillonnage restent valables. La densité réelle de cette espèce doit être beaucoup plus forte. Enfin, on note la première récolte de *Microphthalmus similis*, espèce connue comme affectionnant les eaux dessalées.

Il résulte de ces observations que la dérive du peuplement à *Cerastoderma edule* vers des aspects plus saumâtres se confirme. Cette dérive des peuplements des moyens niveaux corroborent l'évolution des peuplements des niveaux supérieurs. Il résulte de cette évolution une chute très importante de la biomasse (53 g/m<sup>2</sup> en 1983 ; 6,3 g en 1984).

#### 2.1.5. Stations G et H

décèle aucune évolution nette dans ces stations. Les peuplements sont stables depuis plusieurs années. Les modifications que nous avons pu mettre en évidence dans les hauts niveaux ne se font pas sentir en bas de plage.

#### 2.2. Radiale II

Le complexe de dunes et de bâches apparu au cours de l'année 1981 est toujours en place.

Il se compose de 4 dunes et de 3 bâches. Ces bâches peuvent piéger la vase.

##### 2.2.1. Station I

En 1983 *Hydrobia ulvae* avait considérablement chuté en densité

En 1984 la population semble se reconstituer mais reste à un niveau faible.

Densité/m <sup>2</sup>	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
<i>Hydrobia ulvae</i>	196	-	12	9168	8596	452	1464
<i>Corophium arenarium</i>	220	5280	6476	60	704	2068	400
<i>Corophium volutator</i>	16	596	108	4	20	-	-
<i>Bathyporeia pilosa</i>	524	124	196	48	192	108	4448
<i>Eurydice affinis</i>	204	16	4	4	24	0	284
<i>Eurydice pulchra</i>	16	4	8	168	8	4	108

Pour ce qui est de *Corophium arenarium* : on assiste à une chute très importante de la densité de cette espèce (- 1600 individus/m<sup>2</sup>). Cette diminution de l'effectif confirme celle que l'on peut noter dans les niveaux supérieurs de la partie ouest de l'estran.

Depuis 1982, la structure granulométrique du sédiment évolue beaucoup

Résultats en %	1982	1983	1984
Pélites	2,20	7,39	0,13
Sables fins	30,97	36,99	17,63
Sables moyens	53,25	51,78	77,34

Entre 1982 et 1983 le pourcentage des fines semble avoir changé, l'augmentation de la teneur en pélites s'était accompagnée d'une prolifération de *Corophium arenarium*. Par contre, entre 1983 et 1984, on assiste à un remodelage complet du sédiment tout à fait comparable à ce qui se passe dans la partie ouest de l'estran. La très forte diminution des pélites peut être reliée à la régression de la population de *Corophium arenarium* comme dans les hauts niveaux de la radiale I.

*Eurydice pulchra* et *Eurydice affinis* progressent également en densité, nous reviendrons à ces deux espèces dans l'examen de la station J.

En ce qui concerne *Bathyporeia pilosa*, on note une densité 400 fois plus forte qu'en 1983. Cette espèce qui affectionne pourtant les sédiments envasés ne semble pas être affectée par l'évolution de la granulométrie. Il ne semble pas non plus qu'un facteur biotique comme la compétition interspécifique, et notamment avec *Corophium arenarium*, puisse être avancé. Si l'évolution de la densité de certaines espèces a pu être aisément reliée à certains facteurs écologiques, il n'est pas toujours possible d'expliquer d'une manière certaine toutes les variations.

L'examen du cortège spécifique que l'on rencontre à cette station ne permet pas de mettre en évidence l'influence d'une dessalure. Ceci prouve le rôle prépondérant de l'Aa pour les influences du type "qualité de l'eau" au sens physicochimique du terme.

Les modifications bionomiques relatées ci-dessus ne se font pas aux dépens de la biomasse qui reste à un niveau équivalent à celui de 1983 (2,9 g/m<sup>2</sup> en 1984 contre 2,5 en 1983).

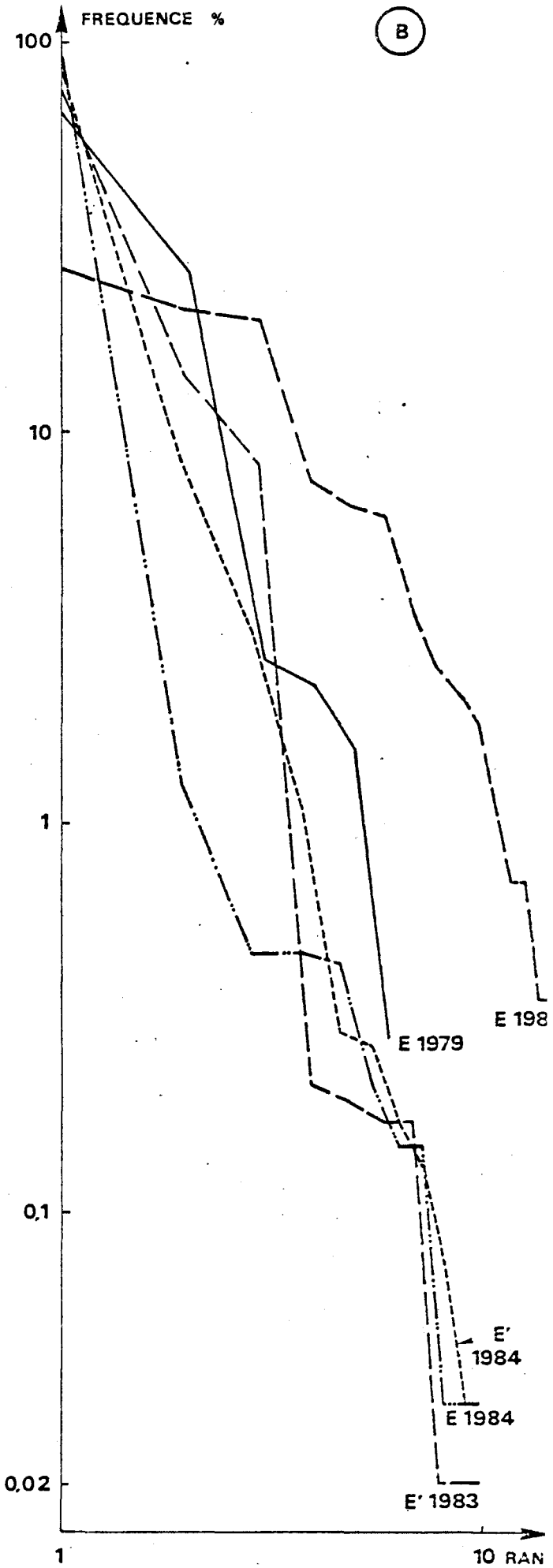
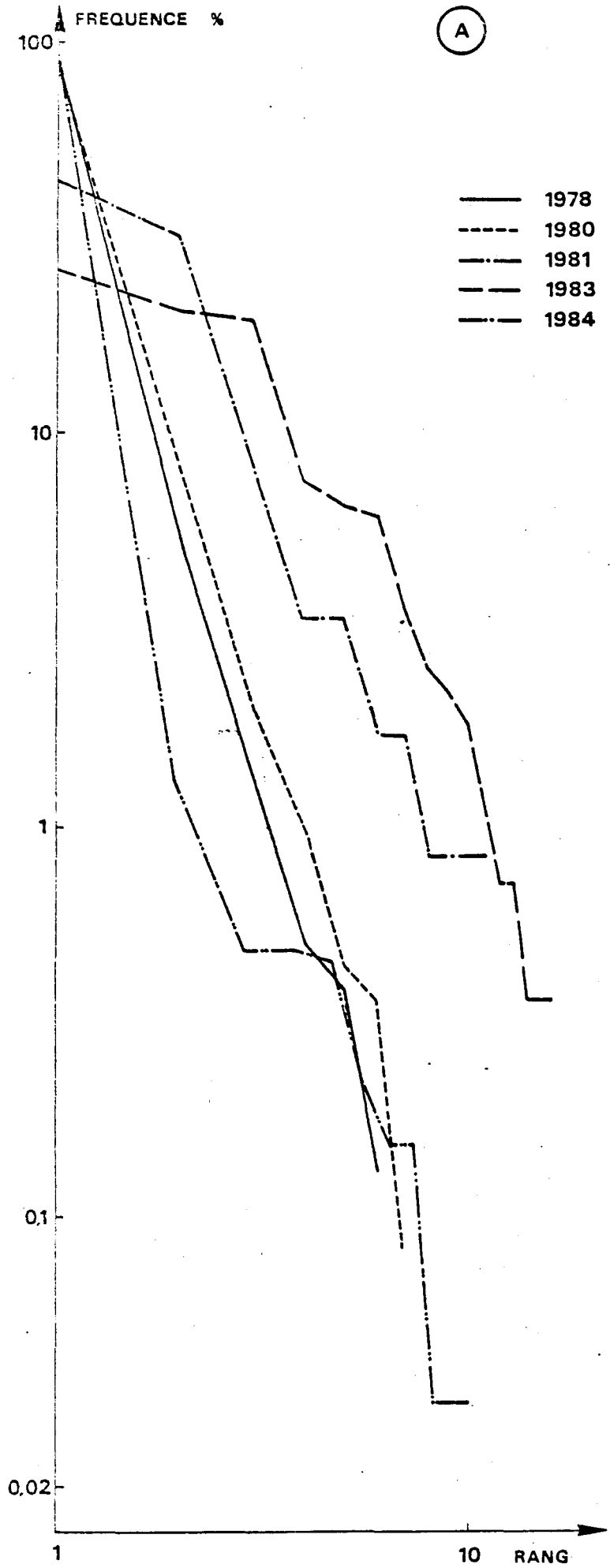


FIG. VII - 9 : EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE

(A) STATION E DEPUIS 1978

(B) COMPARAISON DES STATIONS E ET E'



2.2.2. Station J  
+++++

En 1984, on assiste à cette station à une progression très nette de la densité des espèces : 124 individus/m<sup>2</sup> en 1983 et 1224 individus/m<sup>2</sup> en 1984.

Trois espèces sont la cause de cette augmentation :

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
<i>Eurydice affinis</i>	84	44	152	4	16	20	796
<i>Eurydice pulchra</i>	8	-	32	24	36	28	60
<i>Bathyporeia pilosa</i>	180	368	84	-	12	72	296

Si la densité de *Bathyporeia pilosa* n'atteint pas en moyen niveau la valeur des hauts niveaux il n'en est pas de même pour *Eurydice affinis* (796 individus/m<sup>2</sup>). Cette densité très forte confirme le résultat enregistré dans les niveaux supérieurs. Il n'en résulte toutefois pas une progression très importante au niveau de la biomasse qui reste relativement faible (0,5 g/m<sup>2</sup>).

2.2.3. Stations K et L  
+++++

On ne note pas d'évolution aux niveaux inférieurs de la partie est de la plage. Les bas niveaux de l'estran sont donc caractérisés par une grande stabilité.

IV - CONCLUSION SUR L'EVOLUTION DE L'ESTRAN

IV.1 Diagrammes rang fréquence

(Fig. VII 9 à 12)

1.1. Stations E et E'  
.....

Ce qui a été montré par une étude bionomique classique est confirmé par l'étude des diagrammes rang fréquence. La station E a subi entre 1983 et 1984 une grave perturbation; un nouveau peuplement s'installe, le diagramme rang-fréquence a une allure sigmoïde caractéristique des peuplements juvéniles. La diversité est très faible H = 0,279 et E = 0,03.

Le diagramme de la station E' montre qu'on est en présence de deux échelles d'observation. Il a une allure linéaire, il fait apparaître

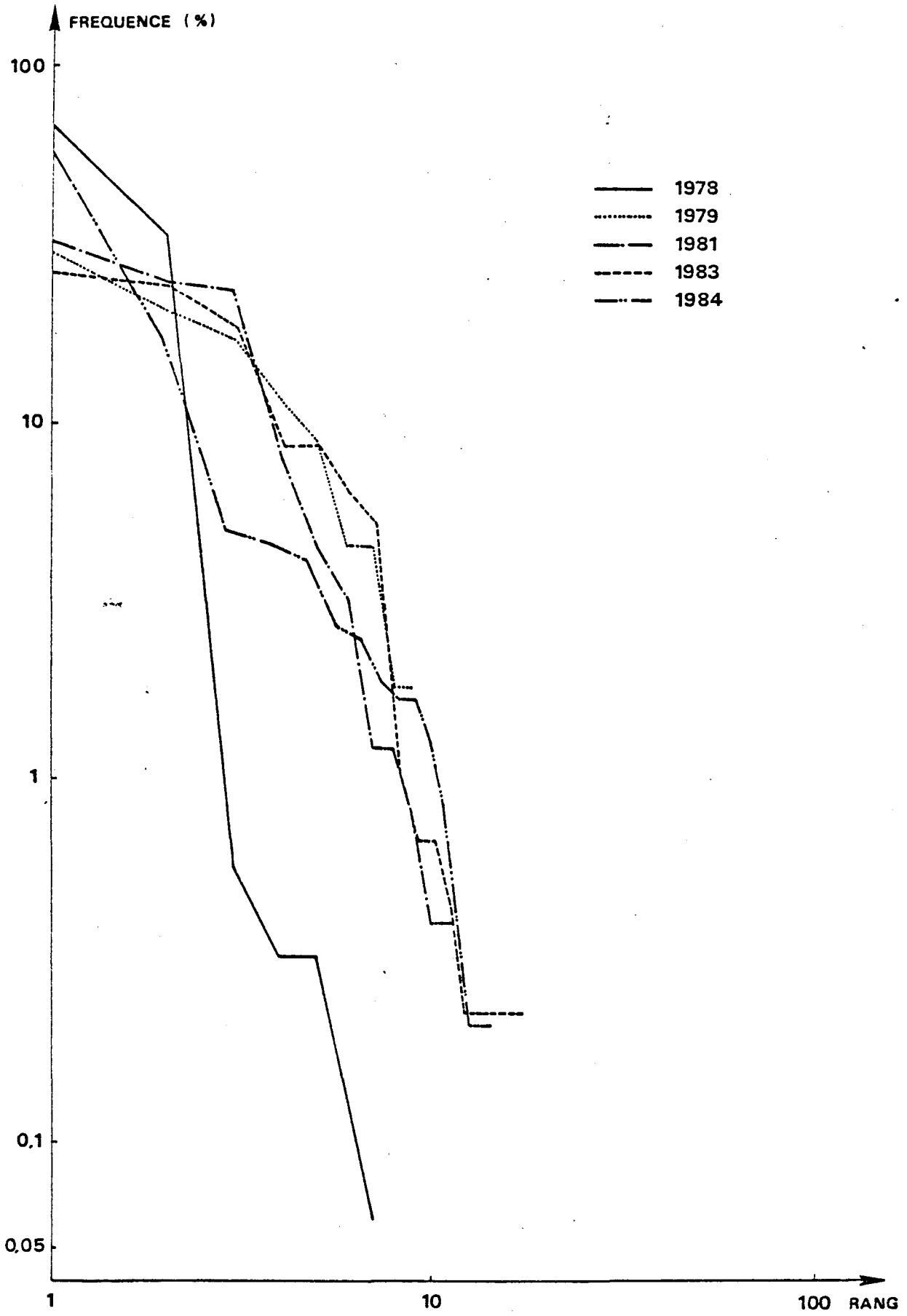


FIG. VII-10. EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG - FREQUENCE

A LA STATION F DEPUIS 1978

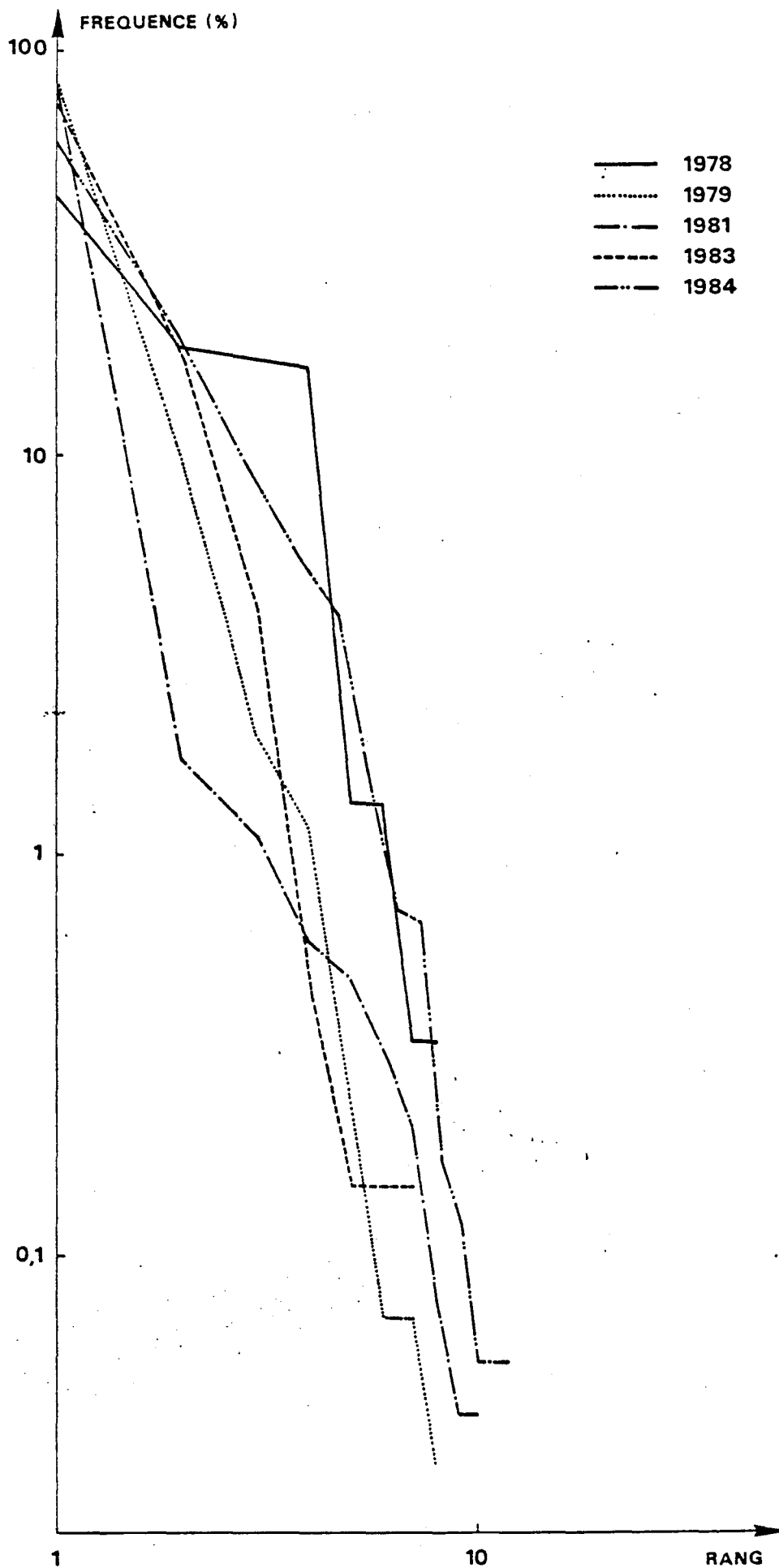


FIG. VII-11 : EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG - FREQUENCE

A LA STATION I DEPUIS 1978

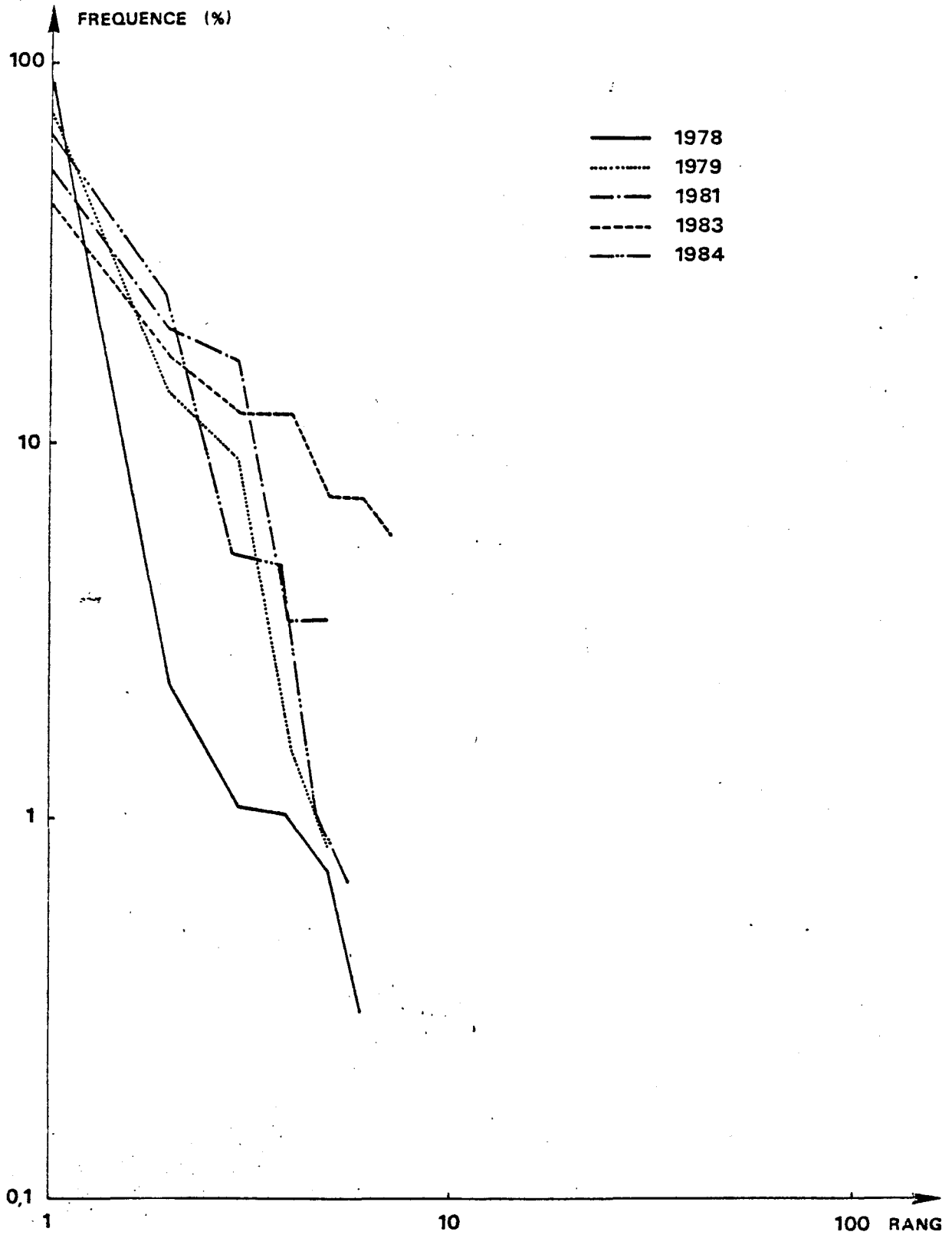


FIG. VII-12 : EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE

A LA STATION J DEPUIS 1978

la dualité de structure des hauts niveaux : les aspects envasés (H = 1,031, E = 0,31) et les aspects propres (H = 0,747 ; E = 0,25).

#### 1.2. Station F

.....

Le diagramme rang-fréquence a la même allure qu'à la station E : on est en présence d'un peuplement juvénile. Ceci est imputable à la dessalure dont il a déjà été question. Ce peuplement est moyennement diversifié (H = 2,285, E = 0,57).

#### 1.3. Station I

.....

Le diagramme est caractéristique des peuplements en fin de succession. Plus que la forme du diagramme, le rang des espèces est, dans le cas présent, tout à fait significatif : *Hydrobia ulvae* est supplanté par *Bathyporeia pilosa*, et des espèces comme *Eurydice pulchra* et *E. affinis* deviennent très importantes. La diversité reste, toutefois, moyenne (H = 1,848 ; E = 0,50).

#### 1.4. Station J

.....

Le diagramme rang-fréquence ne fait pas apparaître d'évolution nette. Les augmentations de densité des *Eurydice* et *Bathyporeia* entrent, semble-t-il, dans un cadre "normal". Ce peuplement présente une faible diversité (H = 1,419 ; E = 0,55)

### IV.2 Evolution des peuplements des niveaux supérieurs de la partie ouest (Fig. VII-13)

Depuis le début des travaux de construction de l'avant-port ouest de Dunkerque des changements importants ont pu être mis en évidence sur l'estran de Gravelines (voir rapports précédents).

En 1984, le schéma décrit en 1982 et 1983 évolue. On note la diminution à tous les niveaux supérieurs (stations E', E et F) de *Corophium arenarium*. *Hydrobia ulvae* semble s'installer à la station E.

L'explication de cette évolution réside dans une influence grandissante (elle avait déjà été mise en évidence en 1983 dans les niveaux moyens) d'une dessalure provoquée par l'Aa. La station F présente d'ailleurs la même évolution entre 1983 et 1984 : le peuplement se maintient.

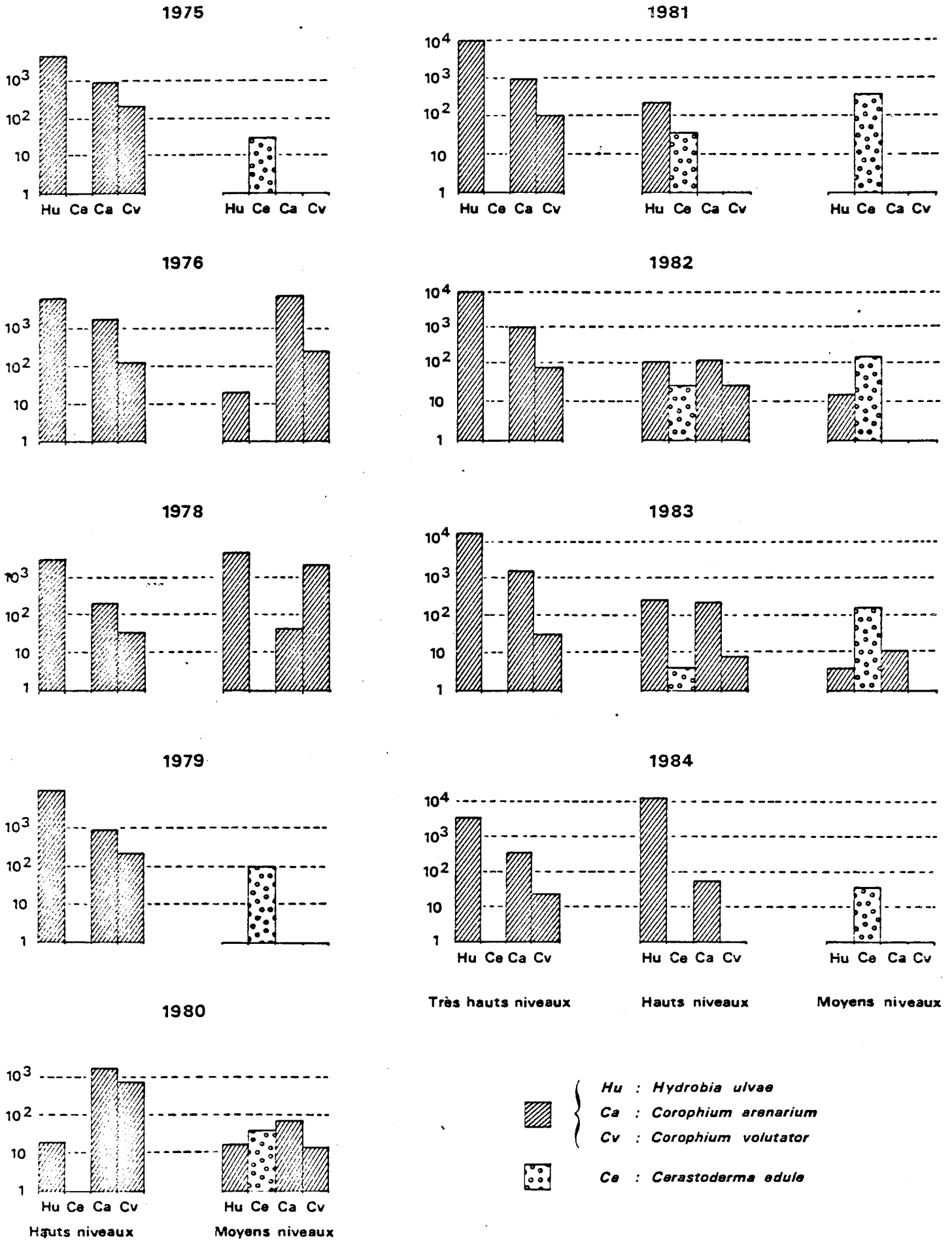


FIG. VII - 13: EVOLUTIONS RESPECTIVES DES DENSITES D'ESPECES

VASICOLES ET NON VASICOLES

Les placages de vase sont désertés par *Corophium arenarium*. Ces placages sont devenus très compacts et il est permis de penser que les animaux éprouvent des difficultés à les creuser. Il semble bien que la compacité de vase et la disparition des *Corophium* sont liées. Toutefois il est difficile d'affirmer que la compacité du sédiment a provoqué la disparition des *Corophium* ou qu'il s'agit du phénomène inverse. Enfin, signalons que ces placages ne se sont pas restreints en surface ils occupent toujours le dixième de la superficie des hauts niveaux.

#### IV.3 Evolution des peuplements des niveaux supérieurs de la partie est de l'estran

Sur cette partie de l'estran l'évolution entre 1983 et 1984 va vers une diminution de la densité des espèces vasicoles comme *Corophium arenarium*. Il est peut être prématuré d'affirmer que ce phénomène est irréversible dans la mesure où cette espèce a, par le passé, connu une évolution similaire et que la situation initiale s'est rétablie par la suite. Mais la convergence des évolutions bionomiques (en ce qui concerne les espèces vasicoles) sur la totalité des hauts niveaux de l'estran laisse présager une possible irréversibilité du phénomène. Ceci d'ailleurs irait dans le sens de l'évolution mise en évidence depuis le début de la circulation de l'eau de refroidissement de la centrale.

#### IV.4 Evolution de la biomasse

Les modifications bionomiques, et cela a bien été prouvé dans les études antérieures, peuvent provoquer des évolutions très importantes de la biomasse aux stations soumises à ces modifications. Depuis 1974, il a ainsi pu être montré que la biomasse intertidale pouvait aussi être un bon témoin des évolutions bionomiques.

Station	Année							
	1974-75	1976-77	1978-79	1980	1981	1982	1983	1984
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
F	1,65	3,367	11,161	6,994	10,294	9,370	52,984	6,281
G	1,040	0,876	1,142	0,688	1,781	0,754	0,971	0,508
H	0,370	0,285	0,160	0,283	0,374	3,221	0,859	0,274
I	0,934	-	2,080	2,420	6,286	5,916	2,534	2,953
J	0,662	-	1,804	0,216	0,421	0,548	0,120	0,577
K		-	1,510	2,803	0,398	0,529	1,596	0,919
L	0,291	-	0,117	0,206	0,580	1,030	11,888	0,260

envasé
0,811
propre
4,867

Les résultats les plus importants concernent avant tout la partie ouest de l'estran, où on note un déficit global de biomasse. Ce déficit est principalement causé par la régression des populations de bivalves. Il en résulte un déficit de 46,7 g/m<sup>2</sup> par rapport à 1983. La biomasse à la station E' diminue également (déficit de 7,4 g/m<sup>2</sup>). Notons que le déficit est en réalité de 11,2 g dans la mesure où, en 1983, seuls les aspects envasés de cette station avaient été échantillonnés. Par contre le peuplement installé à la station E voit sa biomasse croître, ceci est dû en grande partie à *Hydrobia ulvae* qui représente 83,9 % de la biomasse (Fig. VII.2). Enfin la chute très importante par rapport à 1983, de la biomasse à la station L est due au fait que lors de l'étude précédente 94 % de la biomasse était représentée par *Macoma balthica* et *Ensis arcuatus*.

#### IV.5 Conclusion

Les résultats enregistrés en 1984 au niveau des peuplements benthiques de l'estran de Petit-Fort Philippe semblent montrer la reprise de l'effet d'érosion sur les sédiments des hauts niveaux. Cette reprise



de l'érosion coïncide avec la mise en service de la circulation de la cinquième tranche de la centrale au cours de l'hiver 1983. La situation était restée stable pendant la période du plafonnement de la circulation à un débit maximum de  $160 \text{ m}^3/\text{s}$ .

L'effet d'érosion se fait sentir à la station I (chute de la teneur en pélites de 7,2 % alors qu'en 1983 elle avait progressé du fait de la stabilisation du débit de la circulation d'eau) et à la station E'. A cette station, si la teneur en pélites du faciès envasé localisé au niveau de placages de vase, n'évolue pas beaucoup entre 1983 et 1984 c'est la structure même de ces plaques qui évolue. On est en présence de plaques très compactes et moins épaisses (2 m au lieu de 4) qui sont presque totalement désertées par les espèces qui les échaffaudent ou qui y vivent (*Corophium arenarium*, *Bathyporeia pilosa* et *Hydrobia ulvae*).

De plus on note une dérive des peuplements de la partie ouest de l'estran vers des aspects estuariens du fait de l'influence de l'Aa à relier avec la forte pluviosité hivernale et printanière.

Les populations de bivalves regressent. Il n'a pas été possible de mettre en évidence le phénomène de parasitose sur *Cerastoderma edule* mais étant donné le faible nombre d'individus observés on ne peut pas conclure d'une manière certaine à la disparition du parasite.

Il résulte de ces modifications un déficit considérable de la biomasse. Ce déficit atteint 11,2 g à la station E', 46,7 g à la station E et 54 g sur l'ensemble des stations échantillonnées (si l'on excepte la station L étant donné qu'en 1983 la très forte biomasse était due à la présence exceptionnelle de deux bivalves de grande taille).

L'étude de 1985 devra permettre de surveiller l'évolution des peuplements d'eaux saumâtres qui semblent s'être installés sur la partie ouest de l'estran. Une attention particulière sera apportée au suivi des populations de crustacés peracarides qui cette année semblent avoir été sujettes à des évolutions importantes.

BIBLIOGRAPHIE

- CANUT, 1982 - Essai d'aquaculture de coques. Rapport de fin d'études - I.U.T. Tours - Hygiène de l'Environnement, 52 p.
- DEWARUMEZ J.M. et GREGOIRE A., 1973 - Etude des peuplements intertidaux. In "Etude écologique du site de Gravelines. Rapport préliminaire. Inst. Biol. et Région. de Wimereux, 30-52.
- DEWARUMEZ J.M., 1980 - Le domaine benthique. In "Etude écologique du site de Gravelines" - Surveillance 1 (1978-1979), CNEEXO/IBMRW pour EDF., 76-106.
- DEWARUMEZ J.M., 1982 - Le domaine benthique. In "Etude écologique du site de Gravelines" - Surveillance 2 (1979-1980), CNEEXO/IBMRW pour EDF.
- DEWARUMEZ J.M., 1983a - Le domaine benthique. In "Etude écologique du site de Gravelines" - Surveillance 3 (1980-1981), CNEEXO-IBMRW pour EDF.
- DEWARUMEZ J.M., 1983b - Evolution de populations de mollusques intertidaux en relation avec des modifications sédimentologiques sur le littoral de la Mer du Nord. Haliotis, 13, 3-12.
- DEWARUMEZ J.M., 1984 - Le domaine benthique. In "Etude écologique du site de Gravelines" - Surveillance 4 (1981-1982), CNEEXO/IBMRW pour EDF.
- GREGOIRE A., 1976 - Etude de la macrofaune intertidale de la région de Gravelines (Nord), D.E.A. Univ. Sci. et Techn. de Lille, 111.
- SOUPLET A., 1978 - Le domaine benthique. In "Etude écologique du site de Gravelines - Projet II (1976-1977), CNEEXO/IBMRW pour EDF.

TABLEAU VII-1 : RADIALE I - RESULTATS BRUTS (NOMBRE D'INDIVIDUS/1/4 M<sup>2</sup>)

	Station E "propre"	Station E "envasé"	Station E	Station F	Station G	Station M
Nematodes			6	13		
<i>Lineus bilineatus</i>				1		
Oligochetes sp.	2	6		84		
<i>Phyllodoce mucosa</i>						
<i>Eteone longa</i>				6	1	1
<i>Nereis diversicolor</i>			1	22		
<i>Nephtys cirrosa</i>					5	6
<i>Microphthalmus similis</i>				4		
<i>Nerine cirratulus</i>		4	1	24	1	1
<i>Spio filicornis</i>	10	60	12	20		
<i>Pygospio elegans</i>						
<i>Paraonis fulgens</i>					3	
<i>Arenicola marina</i>			1			
<i>Ophelia rathkei</i>				275		
<i>Lanice conchilega</i>						
<i>Hydrobia ulvae</i>	1390	140	2853			
<i>Cerastoderma edule</i>				9		
<i>Macoma balthica</i>				8		
<i>Eurydice affinis</i>	4		36	1		
<i>Eurydice pulchra</i>	2		4		2	
<i>Gammarus locusta</i>					2	
<i>Haustorius arenarius</i>					7	
<i>Bathyporeia pelagica</i>						3
<i>Bathyporeia pilosa</i>	50		13	8		2
<i>Bathyporeia sarsi</i>				1		
<i>Urothoe brevicornis</i>					1	
<i>Pontocrates altamarinus</i>					1	5
<i>Corophium arenarium</i>	130	42	13			
<i>Corophium volutator</i>		10				
<i>Crangon crangon</i>				12		
<i>Portumnus latipes</i>					2	
Décapodes (larves)			4			
Staphilinidae sp.						
Diptères spp.	4	4		1		
Total	1594	266	2944	489	25	20
Diversité	0,747	1,031	0,279	2,285	2,963	2,528
Régularité	0,25	0,31	0,08	0,57	0,89	0,90

TABLEAU VII-2 : RADIALE 1 - RESULTATS BRUTS (BIOMASSE MG/1/4 M<sup>2</sup>)

	Station E "propre"	Station E "envasé"	Station E	Station F	Station G	Station M
Nematodes			12,7	2,6		
<i>Lineus bilineatus</i>				3,1		
Oligochetes sp.	0,2	0,4		1,3		
<i>Phyllodoce mucosa</i>						
<i>Eteone longa</i>				2,6	1,2	0,4
<i>Nereis diversicolor</i>			32,0	477,8		
<i>Nephtys cirrosa</i>					91,1	63,9
<i>Microphthalmus similis</i>				0,1		
<i>Nerine cirratulus</i>		50,0	9,2	139,3	1,6	1,8
<i>Spio filicornis</i>	0,8	7,2	1,1	1,0		0,1
<i>Pygospio elegans</i>						
<i>Paraonis fulgens</i>					1,0	
<i>Arenicola marina</i>			0,5			
<i>Ophelia rathkei</i>				39,5		
<i>Lanice conchilega</i>						
<i>Hydrobia ulvae</i>	1032,0	91,8	1697,6			
<i>Cerastoderma edule</i>				689,1		
<i>Macoma balthica</i>				200,1		
<i>Eurydice affinis</i>	2,0		21,7	0,5		
<i>Eurydice pulchra</i>	1,2		3,0		1,1	
<i>Gammarus locusta</i>					2,5	
<i>Haustorius arenarius</i>					27,7	
<i>Bathyporeia pelagica</i>						0,3
<i>Bathyporeia pilosa</i>	16,4		3,8	2,3		0,7
<i>Bathyporeia sarsi</i>				0,3		
<i>Urothoe brevicornis</i>					0,3	
<i>Pontocrates altamarinus</i>					0,2	1,4
<i>Corophium arenarium</i>	154,8	36,2	8,7			
<i>Corophium volutator</i>		10,2				
<i>Crangon crangon</i>				9,9		
<i>Portunus latipes</i>					0,4	
Décapodes (larves)			0,6			
Staphilinidae sp.						
Diptères spp.	9,4	9,4		0,8		
Total	1216,8	205,2	1790,9	1570,3	127,1	68,6

TABLEAU VII-3 : RADIALE 2 - RESULTATS BRUTS (NOMBRE D'INDIVIDUS/1/4 M<sup>2</sup>)

	Station I	Station J	Station K	Station L
Nematodes	12		5	
<i>Lineus bilineatus</i>				
Oligochetes sp	2			
<i>Phyllodoce mucosa</i>				1
<i>Eteone longa</i>			3	
<i>Nereis diversicolor</i>	1			
<i>Nephtys cirrosa</i>			2	7
<i>Microphthalmus similis</i>				
<i>Nerine cirratulus</i>	1	13	4	
<i>Spio filicornis</i>	3			1
<i>Pygospio elegans</i>	166			
<i>Paraonis fulgens</i>				
<i>Arenicola marina</i>				
<i>Ophelia rathkei</i>				
<i>Lanice conchilega</i>			3	
<i>Hydrobia ulvae</i>	366			
<i>Cerastoderma edule</i>				
<i>Macoma balthica</i>			1	
<i>Eurydice affinis</i>	71	199	1	
<i>Eurydice pulchra</i>	27	15	1	
<i>Gammarus locusta</i>				
<i>Haustorius arenarius</i>			23	
<i>Bathyporeia pelagica</i>				
<i>Bathyporeia pilosa</i>	1112	74		
<i>Bathyporeia sarsi</i>			20	
<i>Urothoe brevicornis</i>				
<i>Pontocrates altamarinus</i>				
<i>Corophium arenarium</i>	100	3		
<i>Corophium volutator</i>				
<i>Crangon crangon</i>				2
<i>Portunus latipes</i>			3	
Décapodes (larves)		2		
Staphilinidae sp.	1			
Diptères spp.	13			
Total	1875	306	66	11
Diversité	1,848	1,419	2,615	1,491
Régularité	0,50	0,55	0,76	0,75

TABLEAU VII-4 : RADIALE 2 - RESULTATS BRUTS (BIOMASSE MG/1/4 M<sup>2</sup>)

	Station I	Station J	Station K	Station L
Nematodes	3,5		6,8	
<i>Lineus bilineatus</i>				
Oligochetes sp.	0,1			
<i>Phyllodoce mucosa</i>				3,6
<i>Eteone longa</i>			4,6	
<i>Nereis diversicolor</i>	19,5			
<i>Nephtys cirrosa</i>			14,2	55,5
<i>Microphthalmus similis</i>				
<i>Nerine cirratulus</i>	4,6	48,1	5,5	
<i>Spio filicornis</i>	0,3			0,1
<i>Pygospio elegans</i>	10,1			
<i>Paraonis fulgens</i>				
<i>Arenicola marina</i>				
<i>Ophelia rathkei</i>				
<i>Lanice conchilega</i>			0,4	
<i>Hydrobia ulvae</i>	238,8			
<i>Cerastoderma edule</i>				
<i>Macoma balthica</i>			0,3	
<i>Eurydice affinis</i>	22,3	67,3	0,3	
<i>Eurydice pulchra</i>	7,4	5,6	0,5	
<i>Gammarus locusta</i>				
<i>Haustorius arenarius</i>			69,5	
<i>Bathyporeia pelagica</i>				
<i>Bathyporeia pilosa</i>	331,7	22,4		
<i>Bathyporeia sarsi</i>			6,2	
<i>Urothoe brevicornis</i>				
<i>Pontocrates altamarinus</i>	72,0	0,8		
<i>Corophium arenarium</i>				
<i>Corophium volutator</i>				
<i>Crangon crangon</i>				5,9
<i>Portunus latipes</i>			121,5	
Décapodes (larves)		0,1		
Staphilinidae sp.	0,7			
Diptères spp.	27,4			
Total	738,4	144,3	229,8	65,1

TABLEAU VII-5: ANALYSE GRANULOMETRIQUE - RESULTATS GLOBAUX (% PONDERAL)

	E' ensasé	E' propre	E	F	G	H	I	J	K	L
Pelites	9,91	2,73	1,57	0,42	0,03	0,03	0,13	0,03	0,06	0,03
Sables fins	47,40	15,04	18,90	15,04	25,40	18,73	17,63	19,86	20,41	39,63
Sables moyens	41,35	77,12	69,57	69,18	56,69	71,13	77,34	67,49	72,84	56,49
Sables grossiers	1,31	5,06	6,37	11,83	16,80	8,99	4,71	9,91	6,02	3,08
Graviers fins	0,03	0,05	2,37	2,21	0,85	0,84	0,16	1,64	0,46	0,39
Graviers grossiers	-	-	1,22	1,32	0,23	0,28	0,03	1,07	0,21	0,38
Total échantillon (g)	698,8	632,8	904,0	1178,1	1231,7	1015,9	1279,8	1030,22	873,2	1032,8





---

RESUME ET DISCUSSION

Au cours de cette période de surveillance, l'activité de la centrale a été importante, la puissance moyenne en hiver s'est maintenue entre 3000 MW et 3500 MW. Par la suite elle n'est jamais descendue en-dessous de 2000 MW exception faite du mois d'août. Malgré cette forte activité l'échauffement global résultant au rejet a été moindre du fait de la mise au service des pompes de la cinquième tranche, sans échauffement correspondant. Le maximum thermique estival en 1984, observé au rejet en surface, 26°C inférieur à celui observé en 1983 (29°C) est donc la conséquence de l'augmentation du débit et une dilution plus efficace des eaux.

La stratification thermique de la masse d'eau au rejet est sensible aux conditions météorologiques et favorisée par temps calme. L'impact du rejet s'est fait sentir au point "côtier" à toutes les campagnes avec un  $\Delta T$  variant de 3,30°C (juillet) à 10,90°C (mars). Les modifications observées sur le milieu vivant sont cohérentes avec les conditions de fonctionnement de la centrale d'une part et l'ensemble des conditions météorologiques d'autre part.

La période novembre 1983 - octobre 1984 se caractérise par des températures relativement douces et un régime de précipitations en dents de scie avec une alternance de mois pluvieux (janvier, mars, mai : record de la durée des pluies) et secs (février, avril ...). La salinité présente une fluctuation saisonnière classique. La dessalure assez importante, du 4 juin, notée sur tout le site, est à mettre en relation avec les précipitations de mai, mais peut aussi avoir une origine plus lointaine.

Du point de vue microbiologique, le nombre de germes totaux et le nombre de germes viables qui avaient montré une diminution les années précédentes présentent des valeurs qui se rapprochent de celles de la période de référence 1976 - 1979. La pollution fécale est faible. Les vibrions halophiles Vibrio alginolyticus ont des valeurs légèrement inférieures à celles de 1983 (sans doute en relation avec la diminution de l'échauffement résultant), mais du même ordre de grandeur c'est-à-dire cent fois supérieures à la période de référence. Le vibrion toxique Vibrio parahaemolyticus n'est pas présent. Le bromoforme est détecté en période de chloration et en est un bon traceur.

La production primaire la plus forte a été notée les 18 avril et 4 mai. En avril, la chlorophylle (20 mg/m<sup>3</sup>) est essentiellement due au pic de Chaetoceros sociale (90 % des individus phytoplanctoniques) tandis que le 4 mai les Phaeocystis présentent leur maximum d'abondance (10<sup>7</sup> cellules/cm<sup>3</sup>). La très forte activité photosynthétique est à l'origine de la sursaturation printanière de cette époque où se marque aussi l'épuisement en sels nutritifs (schéma classique). L'impact du transit est sensible sur la densité cellulaire totale et sur la quantité en chlorophylle. Le déficit est évalué à 60 % en période sans chloration et à 85 % en période de chloration.

La biomasse zooplanctonique présente un maximum début juin, ce qui correspond à un décalage normal entre les maxima de production primaire et secondaire. L'année 1984 a été marquée :

- par la très forte biomasse zooplanctonique en juin où la quantité de matière organique atteint 700 mg/m<sup>3</sup> et 280.000 individus/10m<sup>3</sup>,
- par la fréquence des espèces euryhalines au printemps : Eurytemora hirundoides, Daphnia sp. ... en relation avec les dessalures successives sur le site.

La comparaison des points côtier et médian n'a pas montré de différences aussi nettes que les années précédentes entre les abondances au rejet et dans la zone non impactée. Ces résultats sont sans doute à relier à un échauffement estival moins important en 1984 qu'en 1983. Le cycle naturel des espèces zooplanctoniques et leur succession au cours des saisons semblent conformes au schéma décrit les années précédentes.

Les dinoflagellés noctiluques ont été moins abondants en 1984 qu'en 1983. Les noctiluques, comme beaucoup d'espèces zooplanctoniques montrent une plus grande abondance au point médian qu'au point côtier.

Le benthos subtidal est caractérisé cette année par un recrutement très important de Spiophanes bombyx. La comparaison des peuplements à Abra alba de deux stations, l'une soumise aux rejets chauds (C) et l'autre non (B) a permis d'évaluer un déficit dû à l'impact de la centrale : 53 g/m<sup>2</sup> (en biomasse) ou 6200 individus/m<sup>2</sup> (en nombre).

Les résultats enregistrés en 1984 au niveau des peuplements benthiques de l'estran de Petit-Fort Philippe semblent montrer la reprise de l'effet d'érosion sur les sédiments des hauts niveaux. Cette reprise coïncide avec l'augmentation des débits de circulation. Les placages de vase, compacts et moins épais sont désertés par les espèces Corophium arenarium, Bathyporeia pilosa et Hydrobia ulvae. La partie Ouest de l'estran présente des aspects estuariens accentués au printemps 1984 en liaison avec la forte pluviosité hivernale et printanière. En 1984 les populations de bivalves regressent. Le phénomène de parasitose sur Cerastoderma edule n'a pas été mis en évidence.

On peut dire qu'au cours de cette année de surveillance, l'étude a permis de confirmer l'intérêt de suivre l'ensemble des compartiments du milieu benthique et pélagique afin de mieux comprendre l'impact de la centrale. Depuis plusieurs années nous avons observé une évolution devant le rejet de la centrale qui est le résultat des effets cumulés d'impact thermique mécanique et chloré.

Il a été mis clairement en évidence la relation entre l'élévation des températures et l'augmentation du nombre de vibrions halophiles Vibrio alginolyticus. Les valeurs sont 10<sup>2</sup> fois supérieures actuellement à celles de la période de référence 1976 - 1979. La stratification dans la zone de rejet est bien établie depuis 1983, cette stratification peut être favorisée par temps calme et par des dessalures du printemps. Cette stratification est toujours favorable à l'augmentation des **noctiluques** dinoflagellés abondants en été et qui ont tendance à s'accumuler dans les zones frontales.

L'augmentation des débits de rejets a eu comme première conséquence l'évolution de l'estran qui subit une érosion. La granulométrie des sables augmente, les zones envasées subissent "un dégraissement" avec régression des espèces vasicoles. La zone (C) subtidale soumise aux rejets montre un déficit en biomasse de 53 g/m<sup>2</sup>. Le rejet des pompes provoque dans la masse d'eau une dilution variable selon le débit. Le milieu pélagique montre un appauvrissement en zooplancton par rapport au point médian. Cette évolution est visible sur le plancton total mais surtout sur les espèces Euterpina acutifrons, Centropages hamatus, Oikopleura dioica.

La zone de rejet subit également un impact chloré. La zone côtière montre un appauvrissement en phytoplancton et en chlorophylle plus important en période de chloration qu'en période non chlorée. On évalue le déficit dû à la centrale à 85 % dans le premier cas, 60 % dans le deuxième cas.

Ces résultats montrent que tous les compartiments de l'écosystème réagissent mais il est certain que les vitesses de réaction aux impacts ne sont pas synchrones pour tous les compartiments pélagiques et le benthos et que les facteurs déclenchant ne sont pas les mêmes : température, chlore, force des courants n'ont pas la même importance pour les différents écosystèmes.