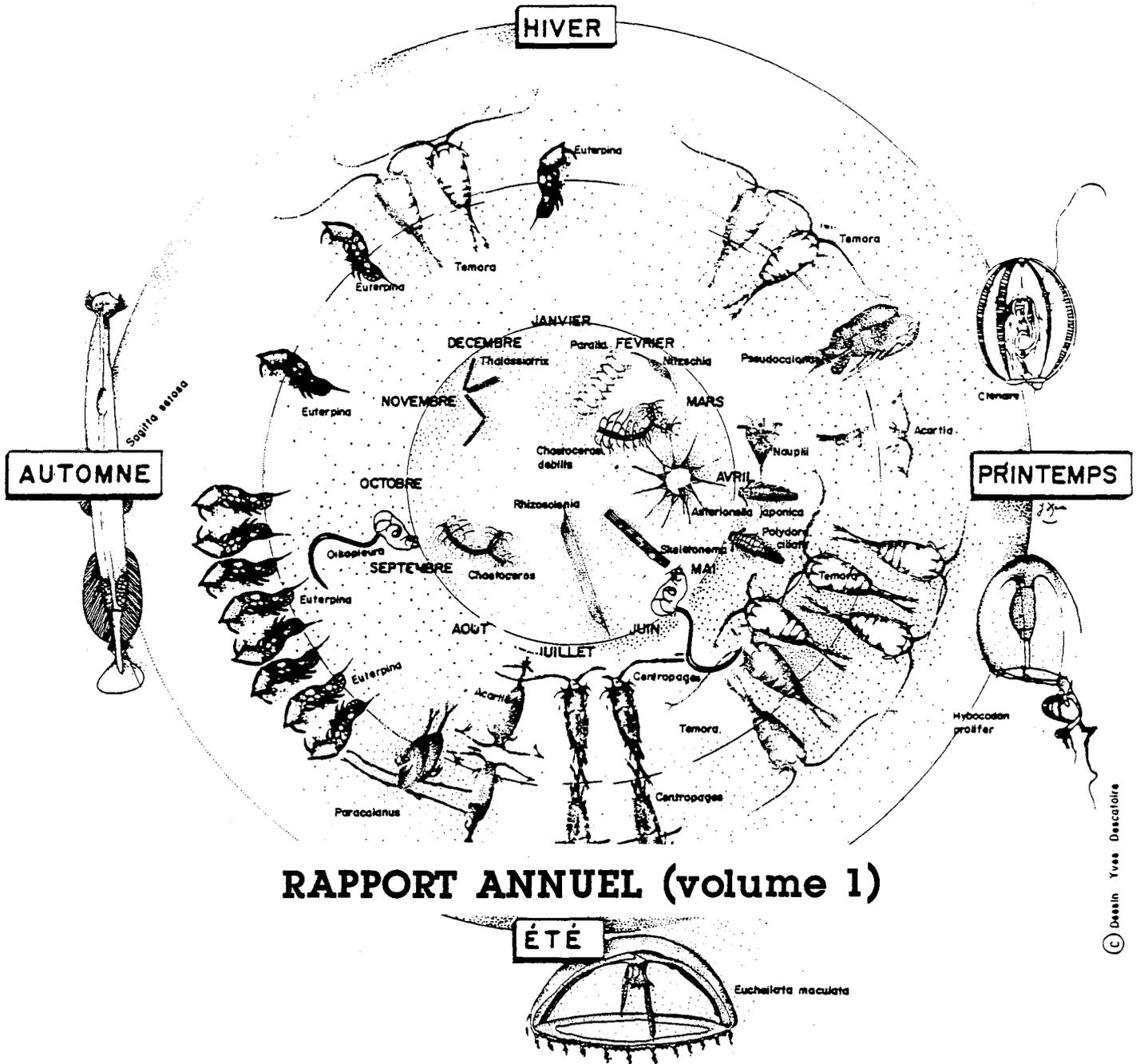


Surveillance écologique et halieutique

SITE DE GRAVELINES

Novembre 1984 Octobre 1985



IFREMER-BREST-NANTES-OUISTREHAM

Station marine de Wimereux

Institut Pasteur de Lille

LISTE DES AUTEURS-REDACTEURS

Météorologie - Généralités sur le site - Hydrologie
Nicole DEGROS □ et Marie-Andrée JANQUIN □

Microbiologie
Regis DELESMONT ●

Phytoplancton et production primaire
Hubert GROSSEL ▽

Noctiluques et zooplancton
Geneviève LE FEVRE-LEHOÉRFFF *

Halieutique
Jocelyne MARTIN ○ Isabelle PERONNET ▲ Alain TETARD ▲ et Daniel WOEHLING ○

Benthos intertidal
Jean-Marie DEWARUMEZ □ Dominique MENU □ et Daniel HILDE □

Benthos subtidal
Jean-Marie DEWARUMEZ

-
- Station Marine de Wimereux
 - Institut Pasteur de Gravelines
 - ▽ IFREMER Wimereux
 - * IFREMER Brest
 - IFREMER Nantes
 - ▲ IFREMER Ouistreham

S O M M A I R E

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : CARACTERES GENERAUX DU SITE.	
I. Bilan climatologique du cycle d'étude.....	2
II. Apports d'eau.....	5
III. Fonctionnement de la centrale.....	5
CHAPITRE II : HYDROBIOLOGIE.	
I. Présentation des campagnes.....	8
I.1. Stratégie d'échantillonnage.....	8
I.2. Calendrier des campagnes.....	11
I.3. Conditions météorologiques.....	11
I.4. Fonctionnement de la centrale lors des mesures.....	11
I.5. Paramètres mesurés.....	13
II. Matériel et méthodes.....	13
III. Variations des paramètres physico-chimiques.....	16
III.1. Température.....	16
1.1. Evolution naturelle de la masse d'eau.....	16
1.2. Impact thermique du rejet de la centrale.....	16
III.2. Salinité.....	20
III.3. Densité.....	22
3.1. Evolution naturelle de la masse d'eau.....	22
3.2. Impact du rejet de la centrale.....	24
III.4. Oxygène dissous.....	24
III.5. pH.....	27
III.6. Matières en suspension. Transparence de l'eau.....	27
III.7. Sels nutritifs.....	31
IV. Conclusion.....	34
CHAPITRE III : MICROBIOLOGIE.	
I. Introduction.....	36
II. Matériels et méthodes.....	36
III. Point d'igue.....	36
III.1. Température.....	38
III.2. Chloration.....	39
III.3. Germes totaux.....	40
III.4. Germes aérobies viables.....	41
III.5. Vibrions halophiles à 37°C.....	42
III.6. Pollution fécale.....	43
III.7. Activité bactérienne.....	44
III.8. Relations entre paramètres.....	45
IV. Prise d'eau et rejet.....	46
V. Conclusion.....	46
VI. Annexes et tableaux.....	47

CHAPITRE IV : PHYTOPLANCTON - PRODUCTION PRIMAIRE.

I. Pigments photosynthétiques.....	55
I.1. Cycle annuel.....	55
I.2. Gradient côte-large et impact de la centrale.....	55
I.3. Pourcentage de chlorophylle active.....	63
II. Production primaire.....	63
III. Etude systématique du phytoplancton.....	65
III.1. Variations quantitatives du microplancton et de <u>Phaeocystis</u>	65
III.2. Succession des populations microplanctoniques.....	67
III.3. Indice de diversité de Shannon et richesse spécifique.....	68
IV. Conclusion.....	73

CHAPITRE V : NOCTILUQUES ET ZOOPLANCTON.

I. Introduction et méthodes.....	74
II. Résultats.....	74
II.1. Les noctiluques.....	74
II.2. Le zooplancton.....	80
2.1. Le plancton total et la biomasse.....	80
2.2. Les espèces zooplanctoniques.....	84
2.2.1. Pourcentage de dominance.....	84
2.2.2. Abondances des espèces.....	84
* Tous points confondus.....	84
* Comparaison entre les points.....	91
Conclusion.....	97
Bibliographie.....	98
Annexes.....	99

CHAPITRE VI : HALIEUTIQUE.

Introduction.....	106
I. Méthodologie.....	107
I.1. Etude planctonique.....	107
1.1. Localisation des points de mesure.....	107
1.2. Mesure des paramètres hydrologiques.....	108
1.3. Localisation des points de mesure par rapport à la dilution de l'effluent.....	108
1.4. Chronologie des campagnes.....	109
1.5. Echantillonnage du zooplancton.....	110
1.5.1. Méthode d'échantillonnage.....	110
1.5.2. Conservation des échantillons.....	111
1.5.3. Dépouillement des échantillons.....	111
1.6. Saisie, stockage et traitement des données.....	111
I.2. Etude de la macrofaune halieutique.....	111
2.1. Echantillonnage.....	111
2.1.1. Prélèvements à bord d'un chalutier.....	112
2.1.2. Prélèvements à pied.....	112
2.2. Chronologie des campagnes.....	112
2.3. Expression des résultats.....	113
2.3.1. Calcul des densités par trait.....	114
2.3.2. Calcul de la densité moyenne par zone.....	114
2.3.3. Calcul des densités moyennes et production sur l'ensemble du secteur d'étude.....	115

II. Résultats.....	116
II.1. Poissons plats.....	116
1.1. La sole.....	116
1.1.1. Oeufs et larves.....	117
1.1.2. Juvéniles.....	119
1.2. La plie.....	121
1.3. La limande.....	125
1.3.1. Oeufs et larves.....	125
1.3.2. Juvéniles.....	126
II.2. Autres espèces de poissons.....	127
2.1. Le merlan.....	127
2.1.1. Oeufs et larves.....	127
2.1.2. Juvéniles.....	128
2.2. Le tacaud.....	128
2.2.1. Oeufs et larves.....	128
2.2.2. Juvéniles.....	128
2.3. Le sprat.....	128
2.3.1. Oeufs et larves.....	128
2.3.2. Juvéniles.....	129
2.4. Le hareng.....	129
2.5. Le bar.....	129
II.3. Crustacés : la crevette grise.....	129
Conclusion.....	130
Bibliographie.....	131

CHAPITRE VII - BENTHOS INTERTIDAL.

I. Introduction.....	132
II. Méthodologie.....	132
III. Résultats.....	133
III.1. Composition bionomique.....	133
III.2. Résultats globaux.....	133
2.1. Radiale 1.....	133
2.1.1. Station E.....	133
2.1.2. Station F.....	140
2.2. Radiale II.....	142
2.2.1. Station I.....	142
2.2.2. Station J.....	143
2.2.3. Stations K et L.....	143
IV. Conclusions sur l'évolution de l'estran.....	145
IV.1. Diagrammes rang-fréquence.....	145
1.1. Station E.....	145
1.2. Station F.....	145
1.3. Station I.....	145
1.4. Station J.....	145
IV.2. Evolution des peuplements des niveaux supérieurs de l'estran....	145
2.1. Cas de la granulométrie.....	145
2.2. Cas de la partie ouest.....	145
2.3. Cas de la partie est.....	151
2.4. Cas de <u>Spio filiformis</u> et de <u>Pygospio elegans</u>	151
2.5. Evolution de la biomasse.....	152
V. Conclusion.....	154
Bibliographie.....	154

CHAPITRE VIII : BENTHOS SUBTIDAL.

Introduction.....	161
I. Méthodologie.....	162
II. Résultats de l'analyse bionomique.....	162
II.1. Composition bionomique.....	162
II.2. Station A.....	162
II.3. Station B.....	169
II.4. Station C.....	174
II.5. Station D.....	178
III. Etude des populations d' <u>Abra alba</u> et de <u>Tellina fabula</u>	180
III.1. <u>Abra alba</u>	180
III.2. <u>Tellina fabula</u>	180
Conclusion.....	183
Bibliographie.....	183
LISTE DES RAPPORTS CNEXO ET ISTPM.....	186
RESUME DES OBSERVATIONS.....	188

INTRODUCTION

Le présent rapport de travail présente les résultats obtenus pour la période de novembre 1984 à octobre 1985 devant la centrale de Gravelines et correspond au 7ème rapport de surveillance *.

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

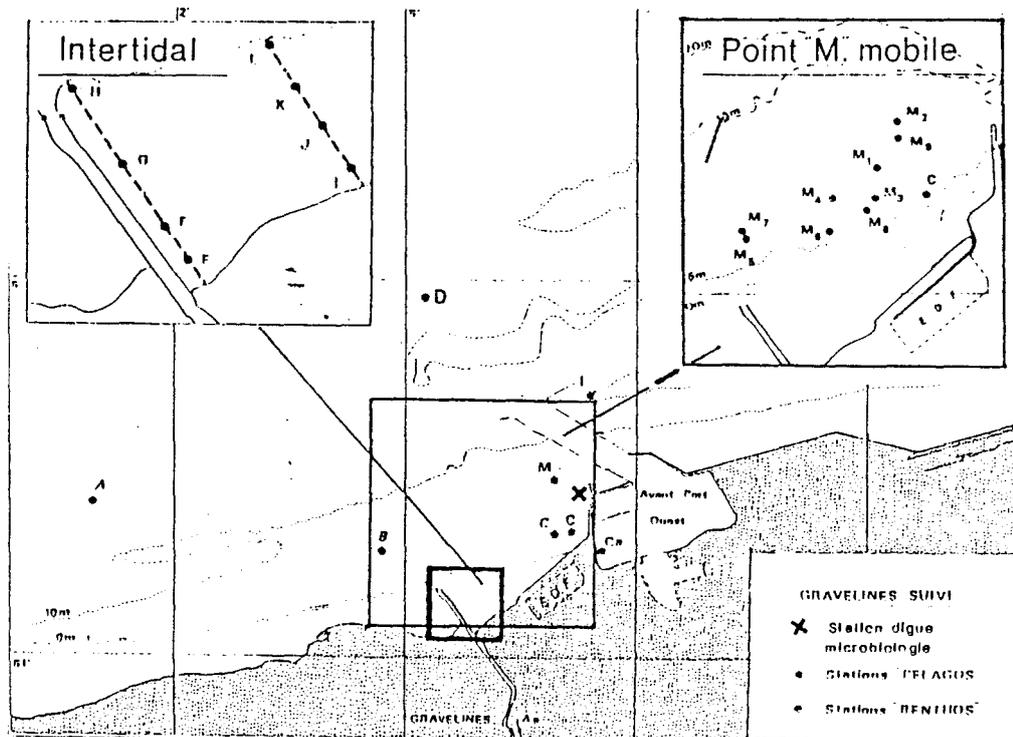
Nous avons réuni, pour la première fois, les résultats concernant les différentes études biologiques : planctonique, halieutique et benthique. L'ensemble des travaux traite des domaines suivants :

- Météorologie et caractéristiques de l'année d'étude.
- Hydrologie.
- Microbiologie.
- Phytoplancton.
- Zooplancton.
- Halieutique.
- Benthos intertidal et subtidal.

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

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

La responsabilité de mise en forme du rapport et la coordination a été assurée à Brest et confiée à Geneviève LE FEVRE-LEHOËRFF.



* La liste des rapports précédents est fournie en fin de rapport, page 186.

C H A P I T R E I

C A R A C T E R E S G E N E R A U X D U S I T E

Nicole DEGROS
et
Marie-Andrée JANQUIN

I. BILAN CLIMATOLOGIQUE DU CYCLE D'ETUDE * (fig. I.1 et 2).

La fin de l'automne est exceptionnellement douce (record absolu des températures en novembre depuis 1945). L'insolation généralement excédentaire accompagne un régime de précipitations tantôt excédentaire (novembre), tantôt déficitaire (décembre).

Cette douceur automnale contraste avec l'arrivée d'un hiver à épisodes très froids, humide et peu ensoleillé.

En janvier 85, des précipitations excédentaires, des chutes de neige fréquentes et de nombreux jours de brouillard contribuent à une insolation déficitaire. Ce mois très froid accuse un déficit en température à Lesquin de 5.4°C par rapport à la température moyenne (on observe à Dunkerque un minimum de -13.4°C le 17 janvier). Par contre, la troisième décade se montre exceptionnellement douce. Il y succède un mois de février très froid lui aussi, plutôt sec et bien ensoleillé. Lors de la deuxième décade particulièrement froide, on relève à Dunkerque le 12 février une température minimale absolue de -9°C . L'ensemble de la Flandre présente alors un déficit sérieux de pluviosité de l'ordre de 50 à 60 %, corrélativement l'insolation y est excédentaire de 50 %.

La hauteur totale des précipitations conduit en mars à une valeur qui atteint parfois plus du double de la valeur habituelle. Une insolation et des températures déficitaires caractérisant un mois froid, peu ensoleillé.

Les températures inférieures aux normales de la troisième décade d'avril sont compensées par celles de la première, très douces et donnent un mois plus doux qu'habituellement. Alors que les précipitations sont excédentaires sur l'ensemble du département Nord de 30 à 50 % (orages fréquents), elles apparaissent déficitaires sur Gravelines (31 mm contre 70 mm à Lesquin). Cependant l'insolation demeure généralement inférieure à la normale. Ce printemps se poursuit en présentant en mai, les mêmes caractéristiques pluviométriques (orages très fréquents avec de fortes précipitations) laissant Gravelines dans une situation déficitaire. Une insolation quasi-normale (déficit de 4 %) accompagne une augmentation régulière des températures en mai. La saison printanière se termine par un mois de juin légèrement plus frais que d'ordinaire. Parallèlement à une insolation déficitaire, un record absolu pour les jours de précipitations témoigne de l'excédent observé ce mois là.

L'été se manifeste par un retour à une insolation excédentaire qui se maintiendra jusqu'en octobre.

Le mois de juillet apparaît plus chaud que la valeur moyenne. Une absence totale de précipitations du 1er au 13 contraste avec la troisième décade pluvieuse. A cette période, le littoral se démarque d'une pluviosité généralement déficitaire par des excédents (quantité maximale recueillie en 24 h au sémaphore de Dunkerque : 28 mm le 18 juillet). A partir de la deuxième décade d'août, s'installe un régime de précipitations déficitaires important, sur l'ensemble de la région. Des températures supérieures à la normale se maintiennent jusqu'à la troisième décade d'octobre où des gelées font leur apparition.

* Les données climatiques, courant la période étudiée ont été empruntées au "Bulletin Climatologique Départemental" du Nord.

FIG. I.1 : CONDITIONS CLIMATIQUES DURANT LE CYCLE D'ETUDE

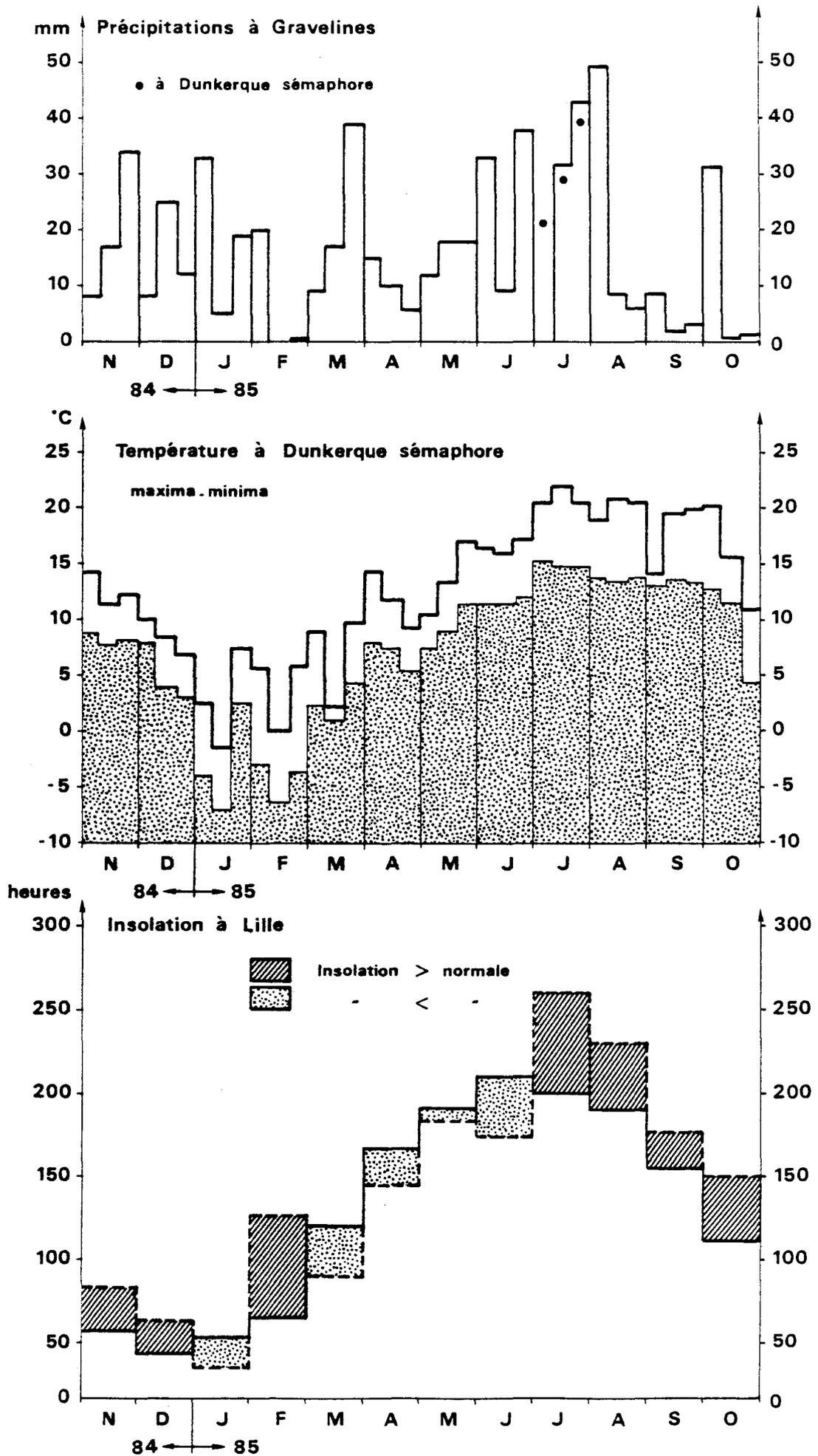
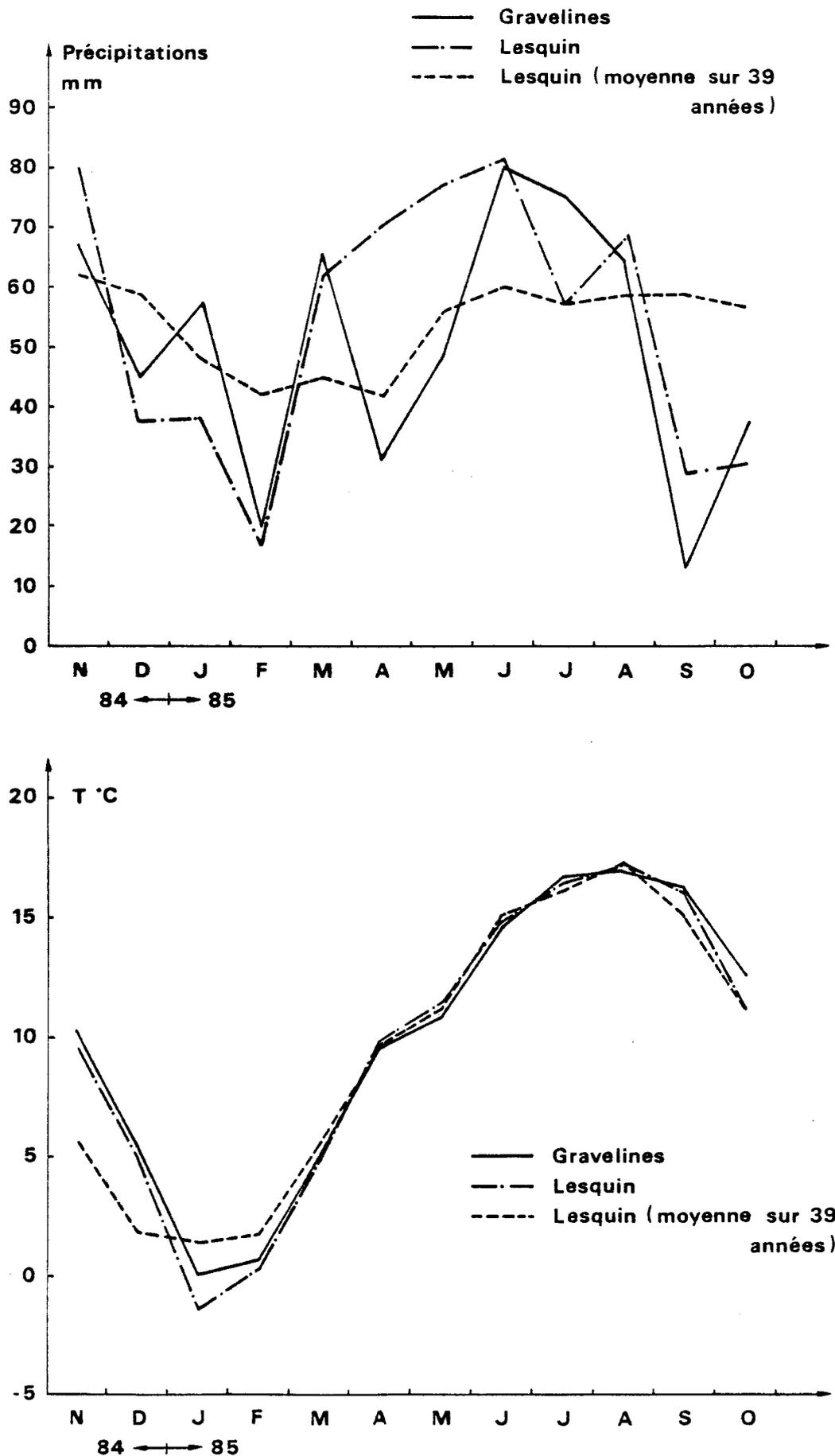


FIG. I.2 : PRECIPITATIONS ET TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES



En résumé, ce cycle d'étude est caractérisé par :

- des températures exceptionnellement douces jusqu'à la fin de l'automne, un hiver froid marqué par des épisodes très froids (chaque deuxième décennie du mois), un retour estival avec des températures proches de la normale jusqu'en août suivies de deux mois "chauds".
- des précipitations en dents de scie : tantôt déficitaires (décembre - avril - mai - octobre - déficit important en février et septembre) tantôt excédentaires (novembre - janvier - mars - juin - juillet - août).
- une insolation généralement excédentaire durant la fin de l'automne et l'été, déficitaire pendant tout le printemps et tout l'hiver à la seule exception du mois de février marqué par un excédent de 50 %.

II. 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 pollution représente sur le site de la centrale de Gravelines un apport continental important en drainant les eaux d'une grande partie de l'arrière pays.

La figure I.3 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).

Les valeurs de débit de l'Aa tracent l'évolution climatologique décrite. Les valeurs faibles pendant les premiers mois de l'étude sont le reflet du déficit en précipitations enregistré en décembre, janvier, février. D'autre part le rejet de cet effluent oscille entre 500 et $2000 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$ retraçant les différents épisodes hivernaux. Le printemps particulièrement pluvieux sur l'arrière-pays provoque des arrivées d'eau douce en avril-mai, créant un flux presque hivernal ($1400 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$). Puis une décroissance de la valeur du rejet s'amorce fin mai pour aboutir en octobre à un débit moyen de $175 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$.

III. FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE (fig. I.4).

En activité toujours croissante la centrale délivre durant l'hiver une puissance hebdomadaire moyenne de 4000 MW/h environ (avec globalement des minima de 3500 MW/h et des maxima de 4500 MW/h).

Après une chute à la mi-avril à 3250 MW/h la production d'énergie atteint à nouveau une puissance de 4000 MW/h mi-mai pour entamer ensuite une baisse régulière jusqu'à l'obtention d'une puissance de 2800 MW/h fin-mai. Dès lors le fonctionnement de la centrale ira s'accroissant tout l'été pour atteindre une puissance hebdomadaire moyenne record de 5150 MW/h la troisième décennie d'octobre.

	<u>Puissance hebdomadaire maximale délivrée</u>	<u>Puissance hebdomadaire minimale délivrée</u>
1984	3600 MW/h	1300 MW/h
1985	5150 MW/h	2800 MW/h

FIG. I.3 : DEBIT APPROXIMATIF DE L'AA
(MOYENNE HEBDOMADAIRE)

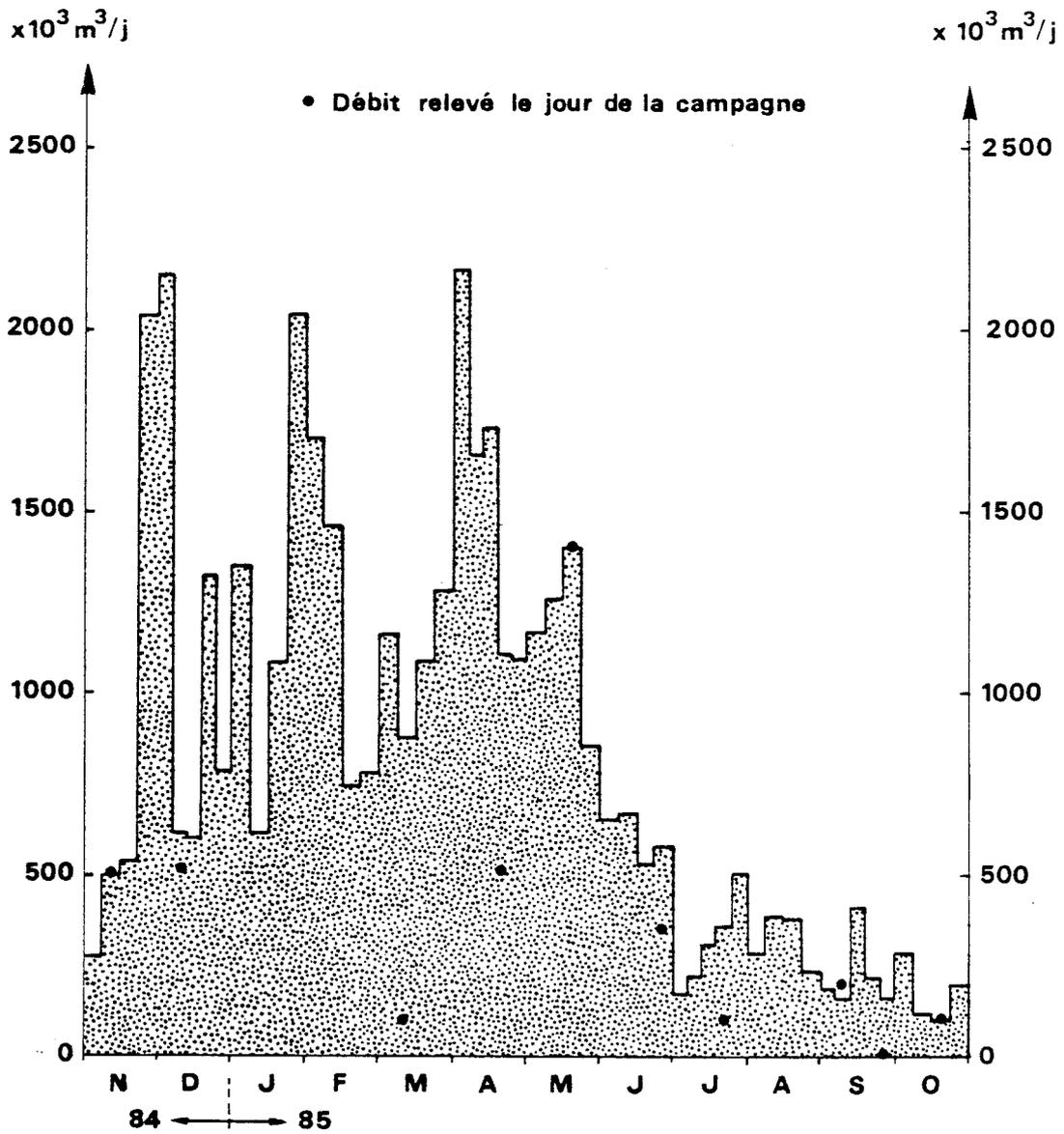
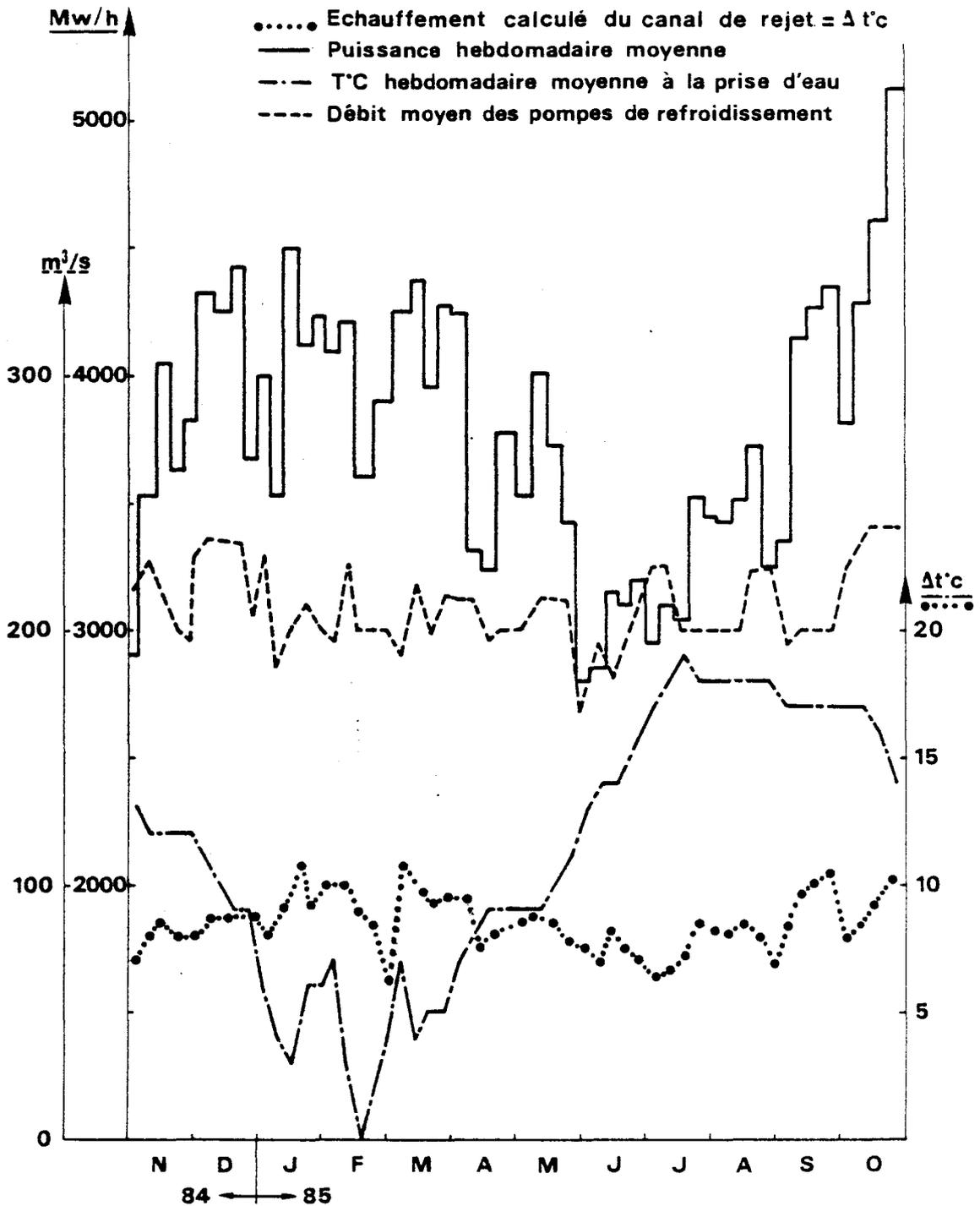


Fig. I.4 : **MARCHE DE LA CENTRALE EN 1985**

C H A P I T R E I I

HYDROBIOLOGIE

Nicole DEGROS
et
Marie-Andrée JANQUIN

I. PRESENTATION DES CAMPAGNES.

Ce cycle d'étude porte sur une période d'un an : novembre 1984 à octobre 1985.

I.1. Stratégie d'échantillonnage.

Pour essayer de mieux apprécier l'effet du rejet de la centrale sur le milieu récepteur, la méthodologie est légèrement modifiée par rapport aux années précédentes en attendant la mise en place de la nouvelle stratégie de surveillance définie au cours de la réunion "Impact des centrales nucléaires sur le milieu pélagique" (COB le 29 juin 1984).

Quatre stations sont toujours échantillonnées conformément aux instructions de l'autorisation préfectorale (février 1983) de rejet sur le domaine public maritime sous les dénominations suivantes : canal d'aménée, large, côte et médian (fig. II.1).

Bien que défini comme station d'appréciation d'impact sur le milieu, le point médian, par sa situation géographique lors des cycles d'étude précédents (pt M2, fig. II.1), s'était presque toujours trouvé hors tache thermique dans nos conditions de prélèvement.

On s'est efforcé cette année, d'échantillonner un point médian situé dans la tache thermique et caractérisé par un Δt (par rapport au large) compris entre 2 et 4°C. Ceci a été réalisé 8 fois sur 10 (fig. II.2 : missions 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9 et 10).

Géographiquement (fig. II.1), nous pouvons alors dissocier 3 groupes de campagnes :

- un premier groupe (missions 1 et 9) dont le point médian se trouve être dans une position voisine de l'ancienne situation, au droit du rejet (position M2 de la campagne de décembre, réalisée selon l'ancienne stratégie).
- un deuxième groupe (missions 5 et 7) dont la situation du point médian est proche de l'embouchure de l'Aa. Il est à remarquer que ces deux campagnes se sont déroulées dans des conditions de marées presque identiques à cette station [respectivement 4 h 03 et 4 h 07 avant la pleine mer (fig. II.4) par coefficient respectif de 71 et 72 (fig. II.5)] ainsi qu'avec des conditions météorologiques assez semblables (mer belle par courant d'ouest à sud ouest assez faible).
- un troisième groupe [missions 3, 4, 6 et 8 (Δt 4.5°C) dans lequel le point médian est situé dans une zone intermédiaire plus côtière (par rapport au groupe I)] à l'ouest du rejet.

Neuf campagnes sur dix (fig. II.3) ont pu être effectuées dans des conditions de fin (8 fois) ou début (1 fois) de jusant à la station côte qui se trouve alors, en principe, fortement affectée par le rejet de la centrale ; 7 fois sur 9 (fig. II.4 : campagnes 1, 2, 3, 6, 7, 8 et 10) les prélèvements y ont eu lieu dans un laps de temps court : de - 5 mn à + 30 mn par rapport aux moments des prélèvements au canal d'aménée, respectant ainsi les conditions qui permettent d'évaluer au mieux l'effet de transit.

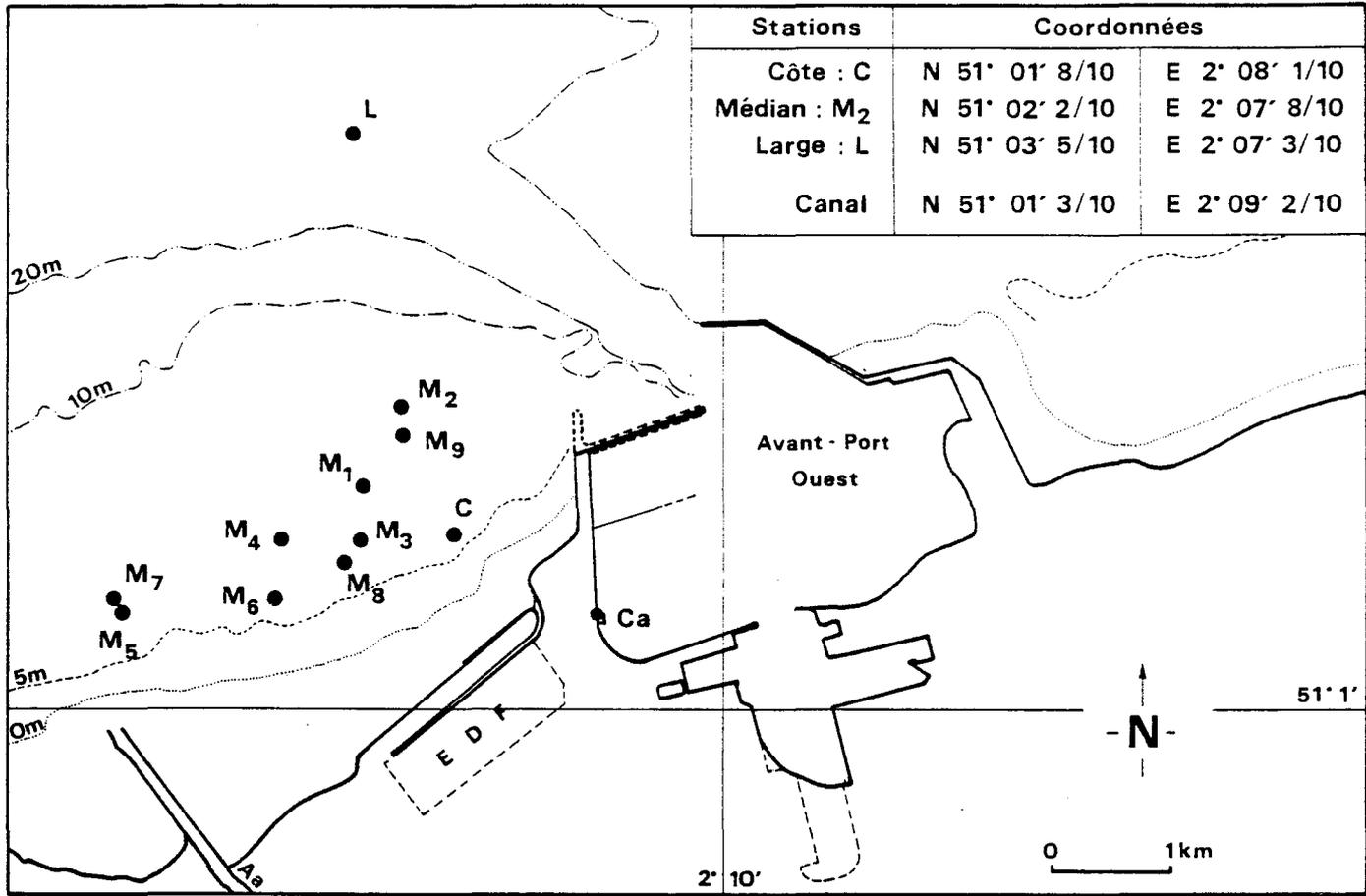


FIG. II. 1 : GRAVELINES SUIVI 84-85 : ● EMBLACEMENT DES STATIONS

“ PELAGOS ”

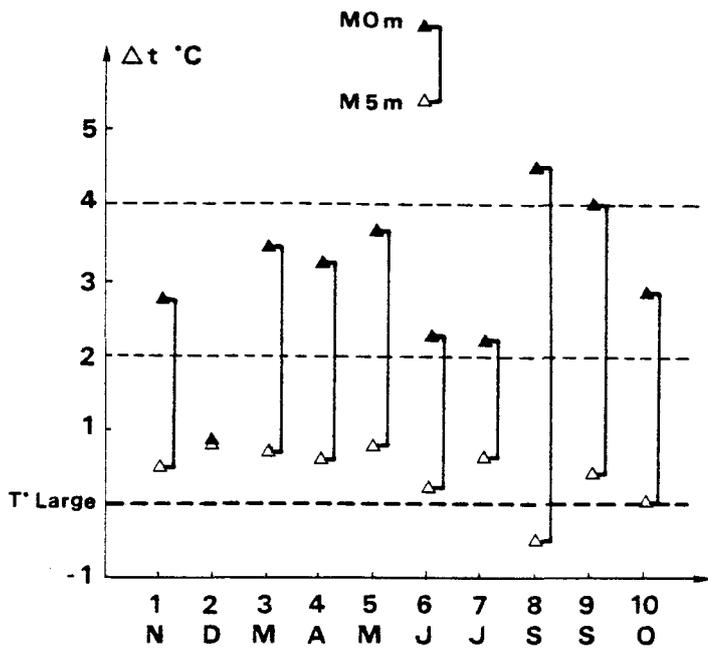


FIG. II. 2 : ECART DES TEMPERATURES AU POINT MEDIAN PAR RAPPORT A CELLES DU LARGE TOUS NIVEAUX CONFONDUS

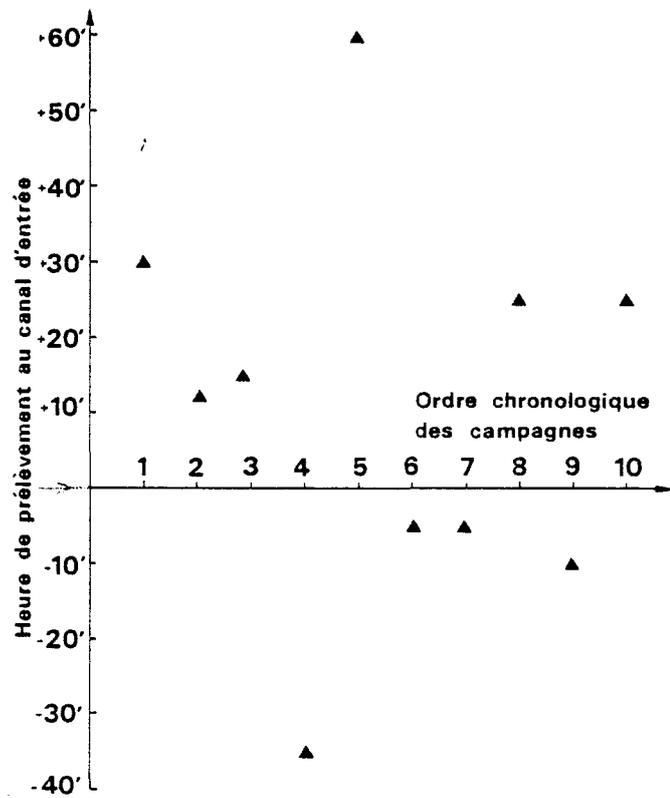


FIG. II. 3 : SITUATION HORAIRE DES PRELEVEMENTS A LA STATION COTE PAR RAPPORT A CELLE DU CANAL D'ENTREE

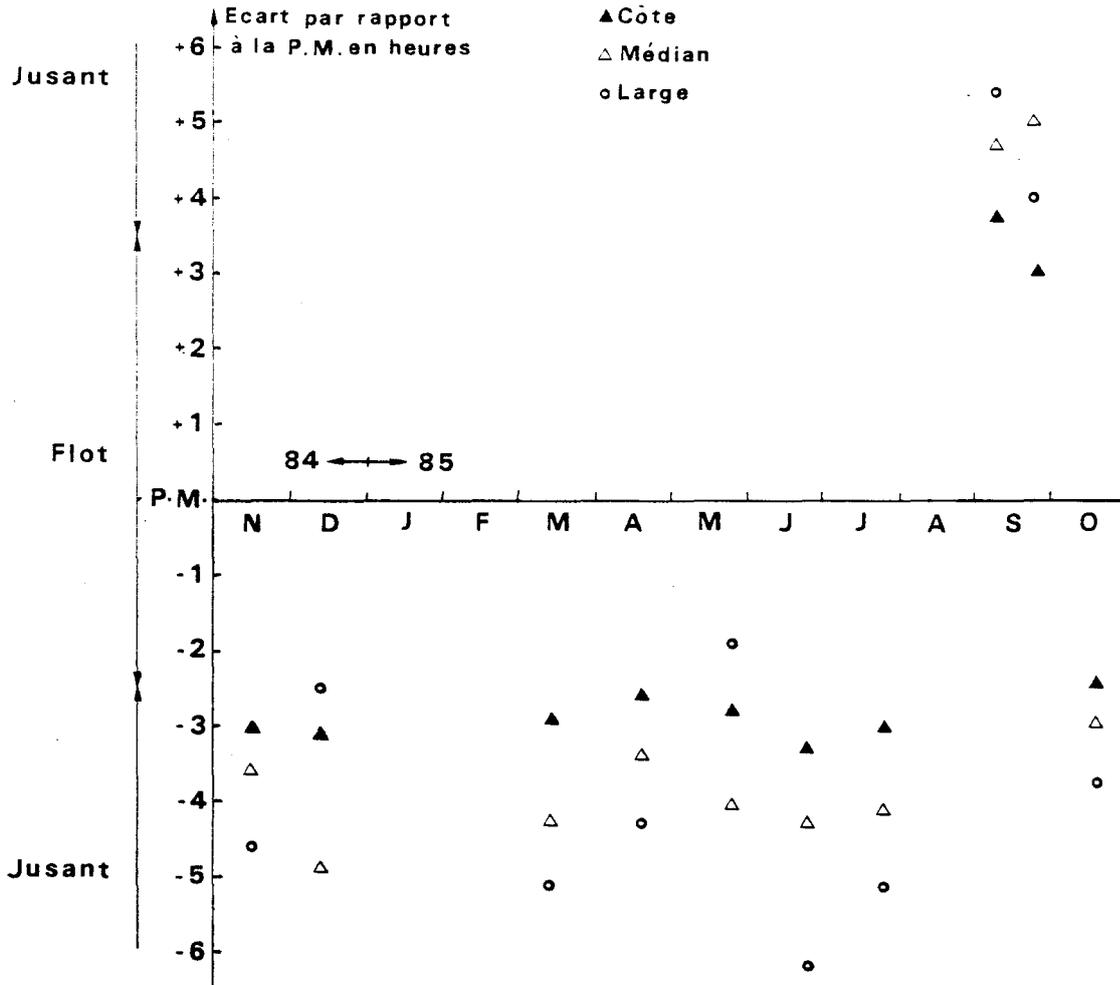


FIG. II-4 : SITUATION HORAIRE DES PRELEVEMENTS PAR RAPPORT A LA PLEINE MER LA PLUS PROCHE

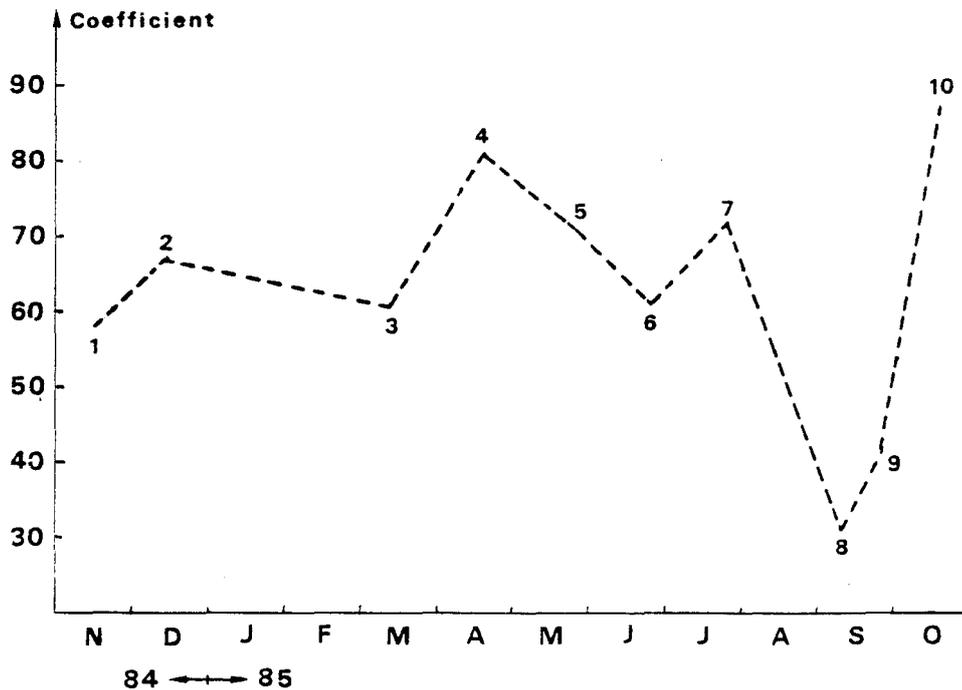


FIG. II-5 : COEFFICIENT DE MAREE

I.2. Calendrier des campagnes (tableau II.1).

De mauvaises conditions climatologiques ont interrompu cette surveillance durant les trois mois d'hiver. Le mauvais temps printanier n'a pas permis de respecter la maille temporelle plus serrée prévue en période de forte productivité.

Sur 15 campagnes programmées, seules huit d'entre elles ont pu avoir lieu aux dates prévues, 2 ont été décalées et 5 ont dû être annulées.

Une meilleure homogénéité des conditions de marée a cependant pu être conservée (fig. II.5) : huit missions ont été réalisées par coefficient moyen et les deux autres en marée de morte eau (10 et 24 septembre).

I.3. Conditions météorologiques (fig. II.6).

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

Les relevés météorologiques sont réalisés quotidiennement sur le Dyck Occidental à 10 milles au Nord-Ouest de Gravelines.

La connaissance de la direction et de la force des vents (fig. II.6) 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 fait sentir jusqu'au fond.

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

I.4. Fonctionnement de la centrale lors des mesures (tableau II.2).

Seule la campagne du mois de mars échappe à l'électrochloration qui débute en avril où deux tranches seulement sur six en activité y sont soumises.

Le débit des pompes de refroidissement étant en principe identique et constant, le rapport $\frac{PE}{N}$ (puissance moyenne de la centrale au jour de campagne sur le nombre de pompes en fonctionnement) devrait donner une idée de l'échauffement subi par l'eau circulant dans le circuit de refroidissement.

En effet, la puissance électrique nette d'une tranche (PE_i) est reliée par le rendement (R_i) de l'installation à la puissance thermique de cette même tranche (PT_i).

$$PE_i = R_i PT_i$$

$$d'où PE = \sum_{i=1}^n R_i PT_i$$

PE = puissance électrique nette de la centrale ; n = nombre de tranches en fonctionnement.

TABLEAU II.1 : CALENDRIER DES CAMPAGNES

N°	Dates	Stations échantillonnées				Coefficient de marée
		Côte	Médian	Large	Aa	
1	14.11.84	0 - 1 m - 3 m	0 - 1 m	0 - 1 m	0 m	58
2	13.12.84	0 - 1 m - 2 m	0 - 1 m - 5 m	0 - 1 m - 5 m	0 m	67
	28.01.85	Campagnes annulées pour				52
	14.02.85	raisons météorologiques				44
3	13.03.85	0 - 1 m - 2,5 m	0 - 1 m - 5 m	0 - 1 m - 5 m	0 m	61
	28.03.85	Campagnes annulées ou reportées pour				51
	16.04.85	raisons météorologiques				56
4	19.04.85	0 - 1 m - 6 m	0 - 1 m - 5 m	0 - 1 m - 5 m	0 m	81
	02.05.85	Campagne annulée pour				77
		raisons météorologiques				
5	23.05.85	0 - 1 m - 2 m	0 - 1 m - 5 m	0 - 1 m - 5 m	0 m	71
	13.06.85	Campagne annulée pour				48
		raisons météorologiques				
6	25.06.85	0 - 1 m - 2 m	0 - 1 m - 3 m	0 - 1 m - 5 m	0 m	61
7	24.07.85	0 - 1 m - 5 m	0 - 1 m - 5 m	0 - 1 m - 5 m	0 m	72
	03.09.85	Campagne reportée pour				82
		raisons météorologiques				
8	10.09.85	0 - 1 m - 4 m	0 - 1 m - 4 m	0 - 1 m - 5 m	0 m	31
9	24.09.85	0 - 1 m - 5 m	0 - 1 m - 5 m	0 - 1 m - 5 m	0 m	41
	08.10.85	Campagne reportée pour				28
		raisons météorologiques				
10	18.10.85	0 - 1 m - 5 m	0 - 1 m - 5 m	0 - 1 m - 5 m	0 m	87

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

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
13.11.84	4 062	11	3
14.11.84	4 300	11	3
12.12.84	4 496	11 (+ 5 h)	3
13.12.84	4 077	11	3
12.03.85	4 394	11	0
13.03.85	4 520	11	0
18.04.85	3 383	9	2
19.04.85	3 335	11	2
22.05.85	3 973	10 (+ 1/2 j)	4
23.05.85	3 810	11	5
24.06.85	2 627	10	4
25.06.85	2 794	10	4
23.07.85	3 600	10	4 1/2
24.07.85	3 475	10	5
9.09.85	4 046	10	4
10.09.85	4 296	10	4
23.09.85	4 415	10	5
24.09.85	4 350	10	4
17.10.85	4 396	12	5 1/2
18.10.85	5 080	12	6

Si l'on admet que les six tranches possèdent un rendement identique, cette relation devient :

$$PE = R. \sum PT_i = R. PT$$

avec PT : puissance thermique totale de la centrale on en tire :

$$PT - PE = PE \left(\frac{1}{R} - 1 \right) = k PE \quad k = \text{constante.}$$

(PT - PE) représente la puissance thermique dissipée dans le circuit de refroidissement et se trouve par conséquent directement liée à l'échauffement de ce circuit, soit à son élévation de température t , ainsi qu'au débit (D) du canal de rejet.

On peut écrire :

$$PT - PE = k'. D. t = k PE \quad k' = \text{cste}$$

soit

$$t = \frac{k}{k'} \frac{PE}{D} \quad (1)$$

$$D = \sum_{i=1}^{i=N} d_i$$

avec d_i = débit de chacune des pompes en circulation.

Si on admet ces débits identiques et constants, on obtient $D = N d$ (N = nombre de pompes en circulation) et la relation (1) devient :

$$\Delta t = \frac{k}{k'} \frac{PE}{Nd} = K \frac{PE}{N} \quad K = \text{cste.}$$

I.5. PARAMETRES MESURES.

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

II. MATERIEL ET METHODES.

Prélèvements, mesures et analyses sont effectués selon les techniques océanographiques exposées dans l'annexe technique (DEGROS, N., 1985) en respectant les spécificités techniques relatives à chaque paramètre hydrobiologique étudié.

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" ; celui, des échantillons prélevés au canal d'amenée, est réalisé à bord d'une camionnette.

En raison d'une défaillance de notre salinomètre, les salinités ont été dosées par méthode volumétrique au nitrate d'argent, à partir du mois d'avril. La précision obtenue alors est inférieure à la précédente et se situe aux environs de 0.01 %.

FIG. II.6 CONDITIONS METEOROLOGIQUES PENDANT UNE PERIODE DE CINQ JOURS PRECEDANT CHAQUE CAMPAGNE (LA CORVETTE, DUNKERQUE)

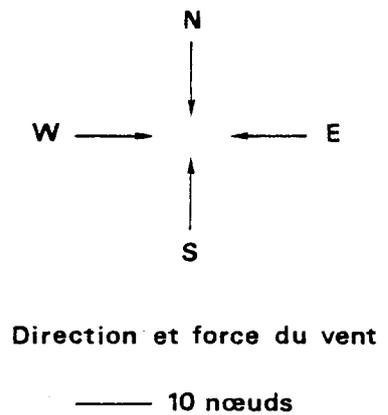
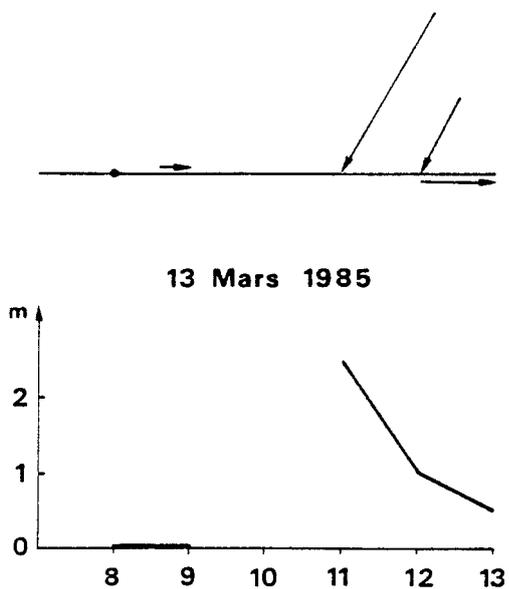
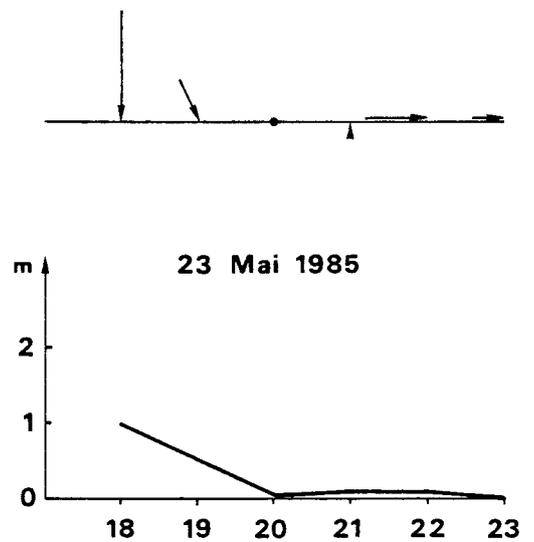
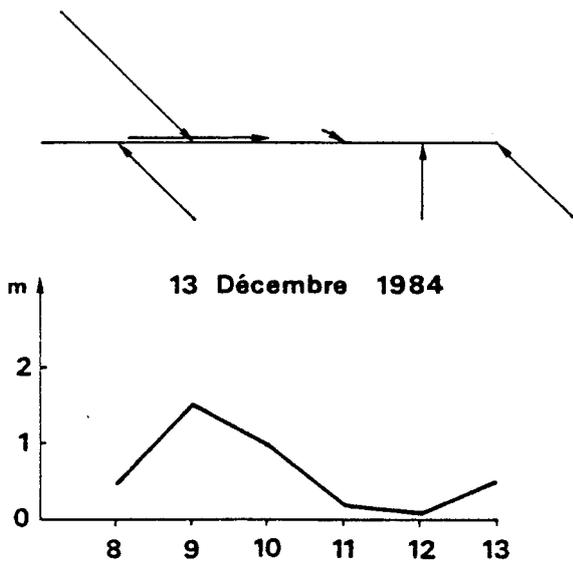
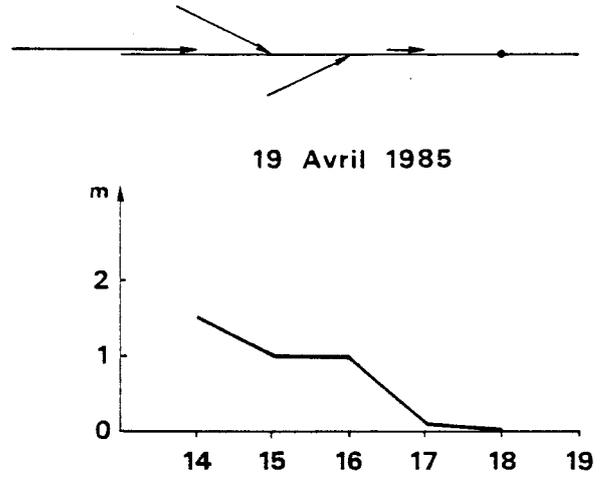
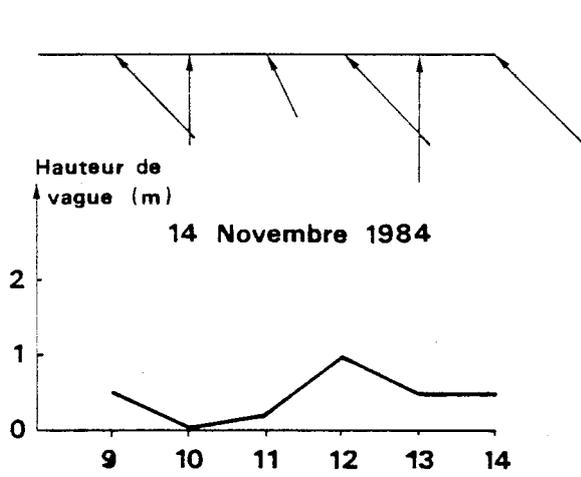
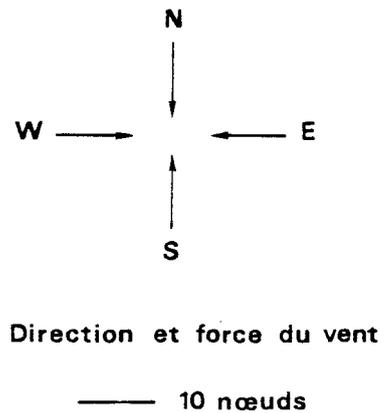
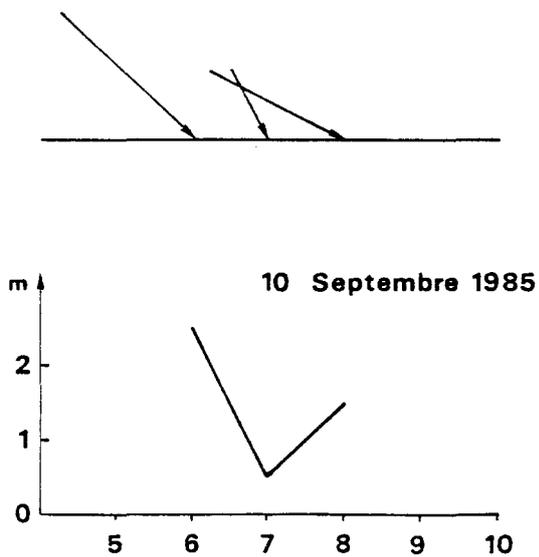
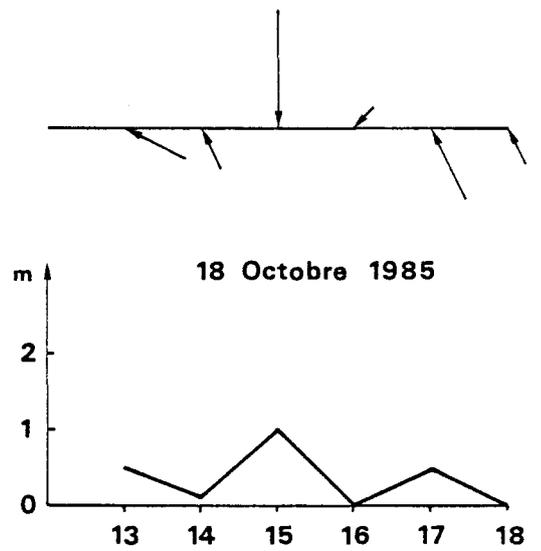
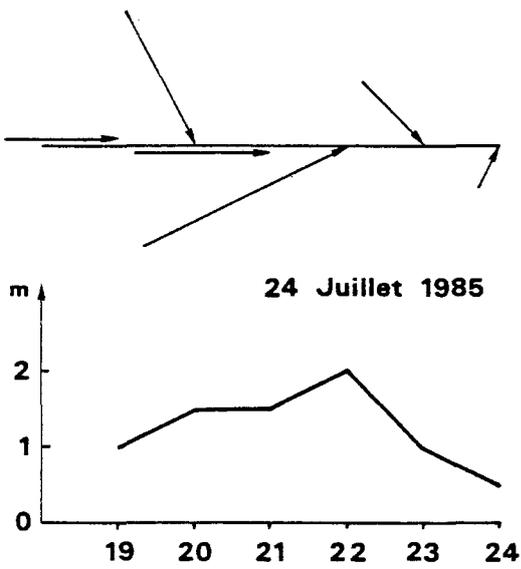
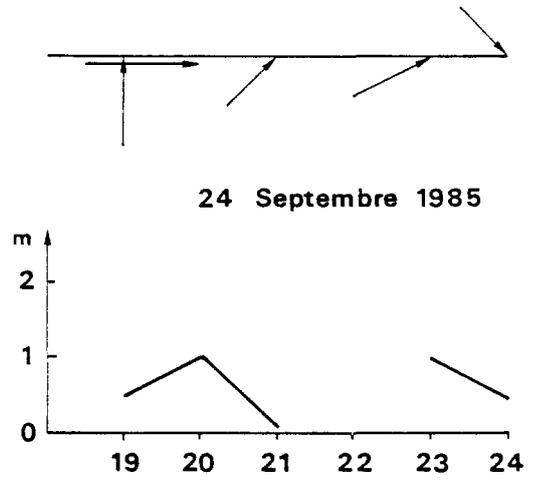
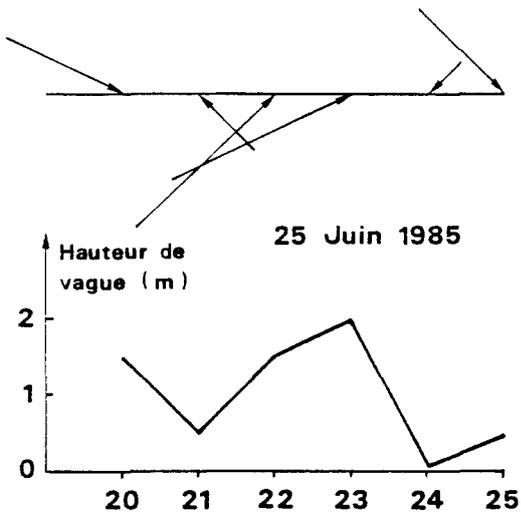


FIG. II.6: Suite



III. VARIATIONS DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES.

III.1. Température.

1.1. Evolution naturelle de la masse d'eau.

Les données du cahier des charges de la centrale ont permis de tracer les variations temporelles des températures de l'eau du canal d'aménée pour cette année d'étude et de les comparer aux trois années précédentes (fig. II.7).

Après un refroidissement tardif, conséquence d'une douceur automnale exceptionnelle, le profil sinusoïdal classique observé cette année présente des variations hivernales, en dents de scie, très marquées. Elles traduisent elles aussi, des épisodes climatologiques particulièrement contrastés en janvier, février et mars.

Des différences de 7°C sont atteintes en l'espace de 15 jours et on note un minimum thermique exceptionnellement voisin de 0°C pendant la troisième semaine de février. Après une brève remontée à 7°C en début mars, les températures de l'eau se maintiennent entre 4 et 5°C seulement jusqu'à la fin de ce mois.

L'évolution est ensuite semblable à celle des années précédentes jusqu'à la deuxième quinzaine de juillet durant laquelle on atteint un maximum de 19°C. Les températures redeviennent alors inférieures à la normale mais se maintiennent par contre voisines de 17°C jusqu'à la mi-octobre, traduisant une fin d'été et un début d'automne particulièrement doux.

Les températures relevées au canal lors des campagnes se recalent de façon satisfaisante par rapport aux données EDF qui sont des valeurs moyennées par semaine (fig. II.7).

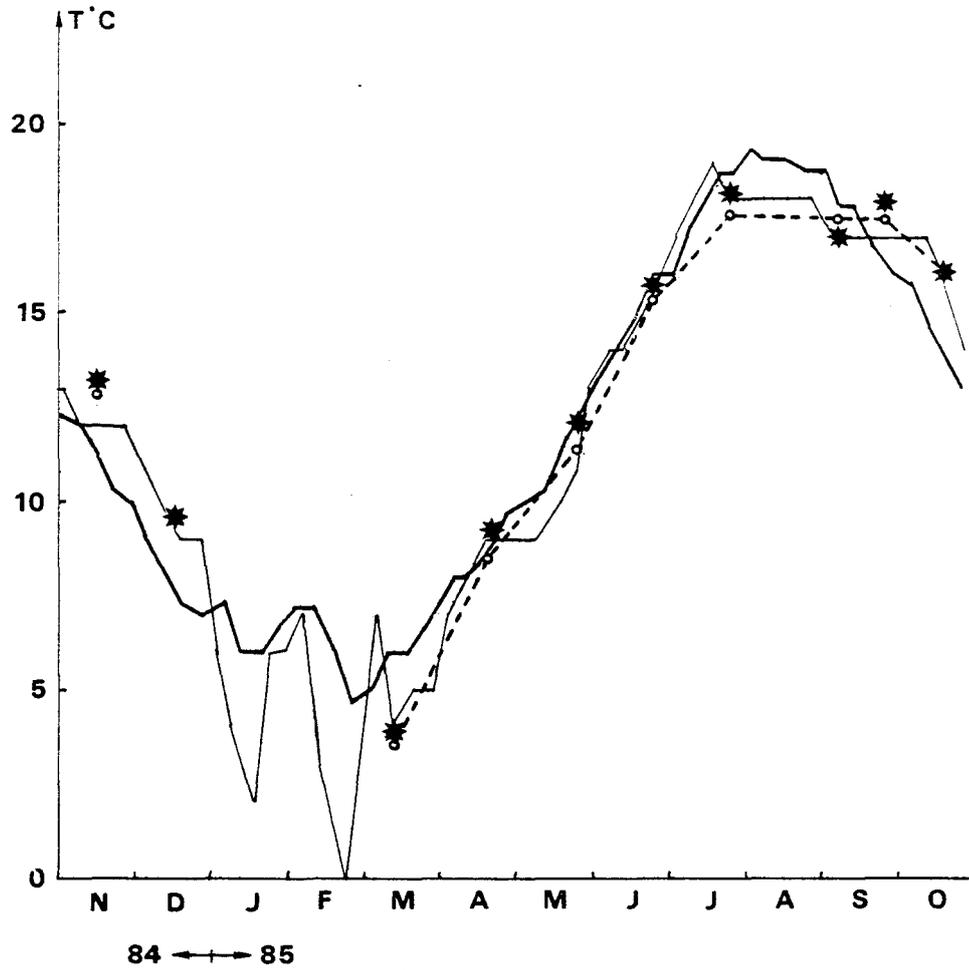
L'allure du profil des variations de la température à la station large est identique à celle obtenue au canal de mars à octobre. Le t (large - canal) négatif pendant toute la phase ascendante de la courbe témoigne de la plus grande inertie thermique de la masse d'eau du large.

Il nous semble important de signaler que nous avons constaté le 13 novembre lors d'une campagne hors programme EDF, une température de 20°C des eaux de l'avant-port ouest de Dunkerque. L'origine de ce réchauffement n'est pas connue.

1.2. Impact thermique du rejet de la centrale.

L'impact du rejet au point côtier s'est fait sentir de façon importante lors de toutes les campagnes. Le t °C observé entre les eaux de surface de cette station et celles du canal d'aménée a toujours été supérieur à + 5°C et même à + 8.5°C pour sept d'entre elles (campagnes 1, 3, 4, 7, 8, 9, 10 : fig. II.8). Un maximum de 9.7°C a été relevé le 10 septembre (campagne 8).

Les profils verticaux de températures ont été obtenus par des mesures à la sonde. Les profils verticaux des fluctuations des températures (fig. II.9) semblent avant tout varier en fonction de la hauteur d'eau présente au moment du prélèvement.



**FIG. II.7 : VARIATIONS TEMPORELLES DES TEMPERATURES
DE LA MASSE D'EAU DANS LE CANAL D'AMENEE ET AU LARGE**

- Canal d'amenée: données E.D.F. moyennées sur trois années (82.83.84)
- Canal d'amenée: données E.D.F. 1985
- * Canal d'amenée: mesures effectuées lors des campagnes
- o----o Large moyenné

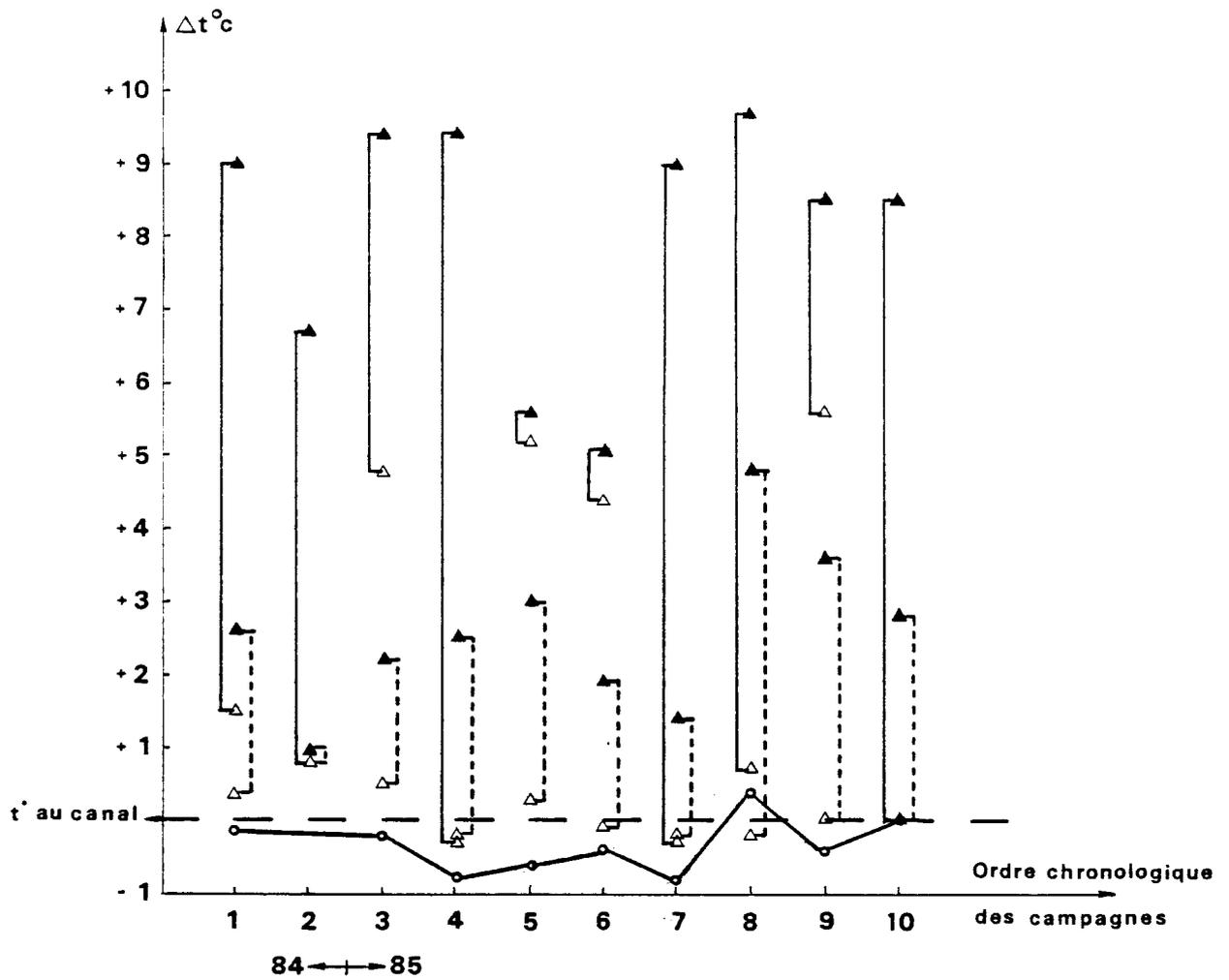


FIG.II.8: ECARTS DE TEMPERATURE RELEVES AUX STATIONS COTE ET
 MEDIAN PAR RAPPORT A LA TEMPERATURE DU CANAL
 D'AMENEE LORS DE CHAQUE CAMPAGNE

- ▲ Côte surf.
- △ Côte fond
- ▲ Médian surf.
- △ Médian -5m
- Large moyenné

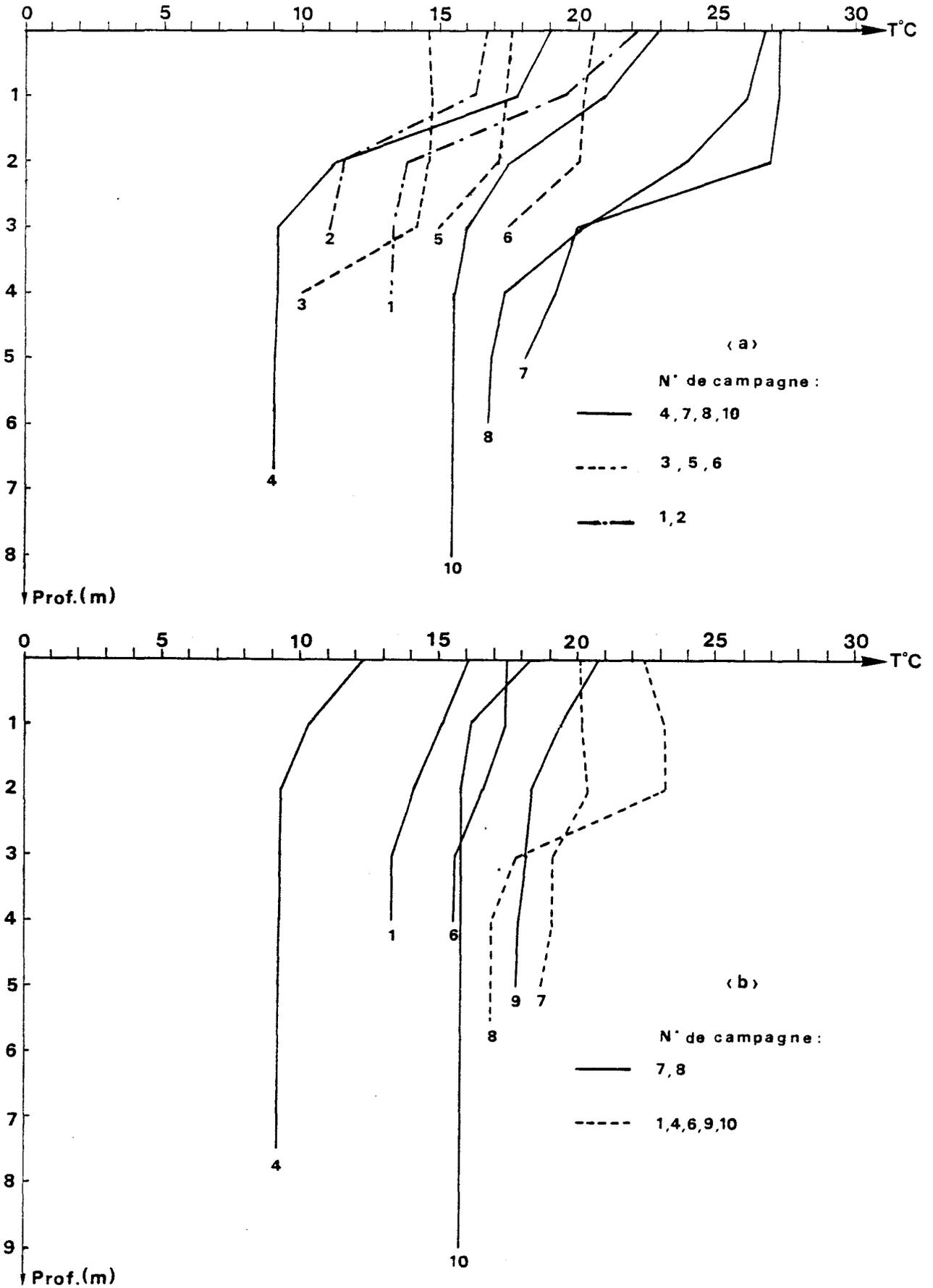


Fig. II.9 : Profils verticaux des températures aux stations côte <a> et médian

A la station côte, les profils n° 3, n° 5 et n° 6 (correspondant respectivement aux numéros des campagnes) réalisés lors de faibles hauteurs d'eau, montrent une homogénéité thermique de toute la masse d'eau.

Une chute de 2 à 4°C se produit cependant dans le dernier mètre.

En raison de la faible hauteur de la colonne d'eau, l'état de la mer peut favoriser soit le mélange des masses d'eau, soit la stratification verticale. C'est ainsi que les profils n° 1 et n° 2 également réalisés par faible hauteur d'eau présentent néanmoins une stratification verticale avec une chute de la température respectivement égale à 6° et 8.5°C. Les campagnes correspondantes ont été réalisées par vent de Sud-Est faible laissant la station côte particulièrement abritée.

Lors des campagnes n° 4, n° 7, n° 8 et n° 10, une stratification est observée. Dans le cas des campagnes n° 4 et n° 10 réalisées par vent de Sud-Est ou Sud - Sud-Est faible, on a mis en évidence la présence d'une couche inférieure d'eaux du site non mélangées atteignant trois à quatre mètres de hauteur*.

Au point médian (c'est-à-dire dans une zone de t compris entre + 2°C et + 4°C) la stratification thermique verticale est réalisée dès les deux à trois premiers mètres. On retrouve, au-delà de cette profondeur, les eaux du site non affectées thermiquement par le rejet de la centrale.

Seuls les profils n° 7 et n° 8 (correspondant respectivement aux campagnes du 24 juillet et du 10 septembre) présentent une homogénéité thermique des deux premiers mètres. La stratification s'effectue brutalement dans le troisième mètre avec une chute de 5°C lors de la campagne de septembre ; celle-ci a été effectuée en début de jusant par marée à coefficient exceptionnellement faible (31) et probablement en présence de vent faible favorisant la formation d'une couche d'eau superficielle homogène.

III.2. Salinité (fig. II.10).

Le site affiche des caractéristiques côtières, en demeurant sensible aux conditions météorologiques (précipitations importantes, sécheresse relative...). Cependant cette année, l'amplitude des variations de valeurs de salinité reste modérée et l'on n'a pas enregistré de dessalure exceptionnelle.

La douceur automnale se répercute globalement sur les valeurs de salinité de la même façon qu'en 1983 (salinité moyenne de 34.02 ‰ au point côte en décembre 83 et 84 - salinité légèrement plus élevée au large en décembre 84 : 34.25 ‰ qu'en 83 : 34.15 ‰).

* Signalons ici qu'une montée surprenante de la température à 38°C s'est produite lors de la dernière campagne. Constaté au moment de la descente de la sonde, ce super échauffement ne s'est pas trouvé confirmé à la remontée. Une différence négative de 4°C constatée dans les eaux de surface entre la descente et la remontée de la sonde montre bien d'autre part que le mouvement des masses d'eau est très important et difficile à cerner.

Cette température est contestée par EDF : voir réponse (référéncée ER 171) du 24.12.85 au courrier du Ministère de l'Environnement du 04.12.85)

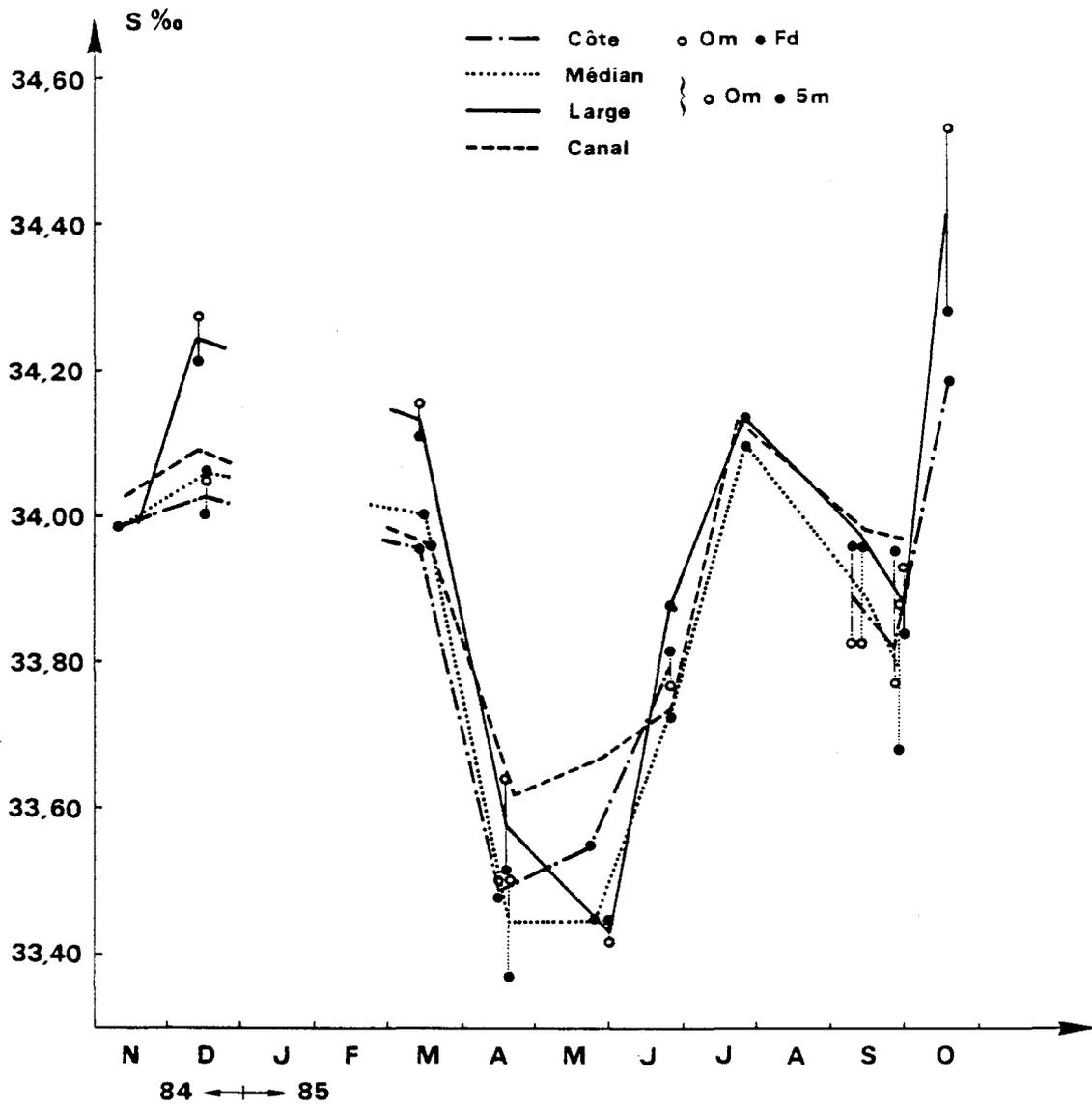


FIG. II.10 : VARIATIONS DE LA SALINITE AUX DIFFERENTES STATIONS

L'impact de l'hiver froid et sec n'a pu être mis en évidence faute de prélèvements. Toutefois mars révèle toujours un même gradient de salinité côte - large : 33.95 ‰ au point côte, 34.14 ‰ au point du large.

Les précipitations de printemps sur l'arrière-pays provoquent une baisse de salinité sur l'ensemble du site, grâce aux apports de l'Aa qui maintient un débit moyen de $1500 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ J}^{-1}$ durant les deux premières décades d'avril (S ‰ de - 0.56 au large et de - 0.34 ‰ au canal). L'incidence des apports d'eaux douces est visualisée moins rapidement dans l'avant-port, protégé par sa position "milieu semi-fermé".

Le site est affecté par les rejets de l'Aa de la même façon en mai. Le courant de flot amène au point du large les eaux dessalées de l'Aa. Celles-ci confèrent alors à cette station une même valeur de salinité 33.44 ‰ qu'au point médian dont le prélèvement a été effectué à proximité de cet effluent.

Une baisse dans les apports fluviatiles se matérialise en juin par une légère augmentation des valeurs de salinité, valeur plus élevée au large grâce aux courants de marée (large : 33.88 ‰ , canal : 33.74 ‰). L'augmentation généralisée se confirme jusqu'en juillet.

Une nouvelle baisse à toutes les stations est observée en septembre, que des éléments tels : été sec, débit de l'Aa négligeable voire même nul le 24.09.85, n'expliquent pas. On doit noter que les prélèvements ont été effectués en début de jusant (PM + 5 1/2 h et PM + 5 h) au plus tard, et par faible coefficient 31 et 41.

Un déficit en précipitations l'été, accompagné d'une température excédentaire font qu'octobre se manifeste avec une valeur de salinité au large, de 34.40 ‰ égalant le maximum estival d'août 1984.

Salinité		Juillet	Août	Septembre	Octobre
moyennée	1984	34.09 ‰	34.40 ‰	-	34.09 ‰
au large	1985	34.13 ‰	-	33.98 - 33.88 ‰	34.40 ‰

L'eau salée se situe généralement près du fond mais des inversions ont été observées à plusieurs reprises :

- en juin, le point côtier est caractérisé par une salinité intermédiaire entre celles du large et du canal. L'eau de surface plus salée révèle un mélange non homogène entre les eaux de rejet de la centrale et les eaux du large.
- le 10 septembre : la salinité apparaît plus élevée en surface aux points médian et côtier qu'au fond. Les eaux du large et du canal sont caractérisées par une salinité de valeur supérieure. Un faible débit de l'Aa associé à un faible courant de marée sont probablement responsables de cette situation.
- le 24 septembre le rejet de la centrale rehausse la valeur de salinité au point côtier alors que l'ensemble du site est affecté par une eau dessalée.

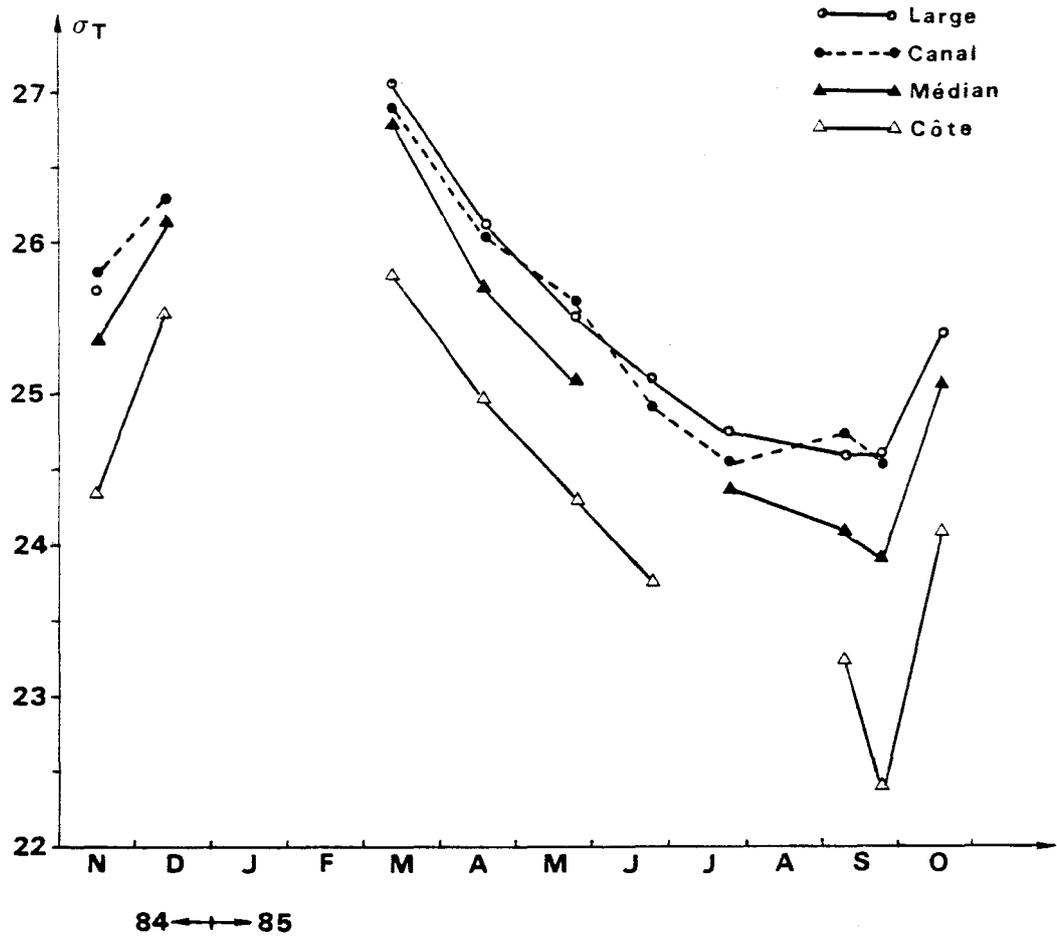


FIG. II.11: VARIATIONS DU SIGMA T AUX DIFFERENTES STATIONS TOUS NIVEAUX CONFONDUS

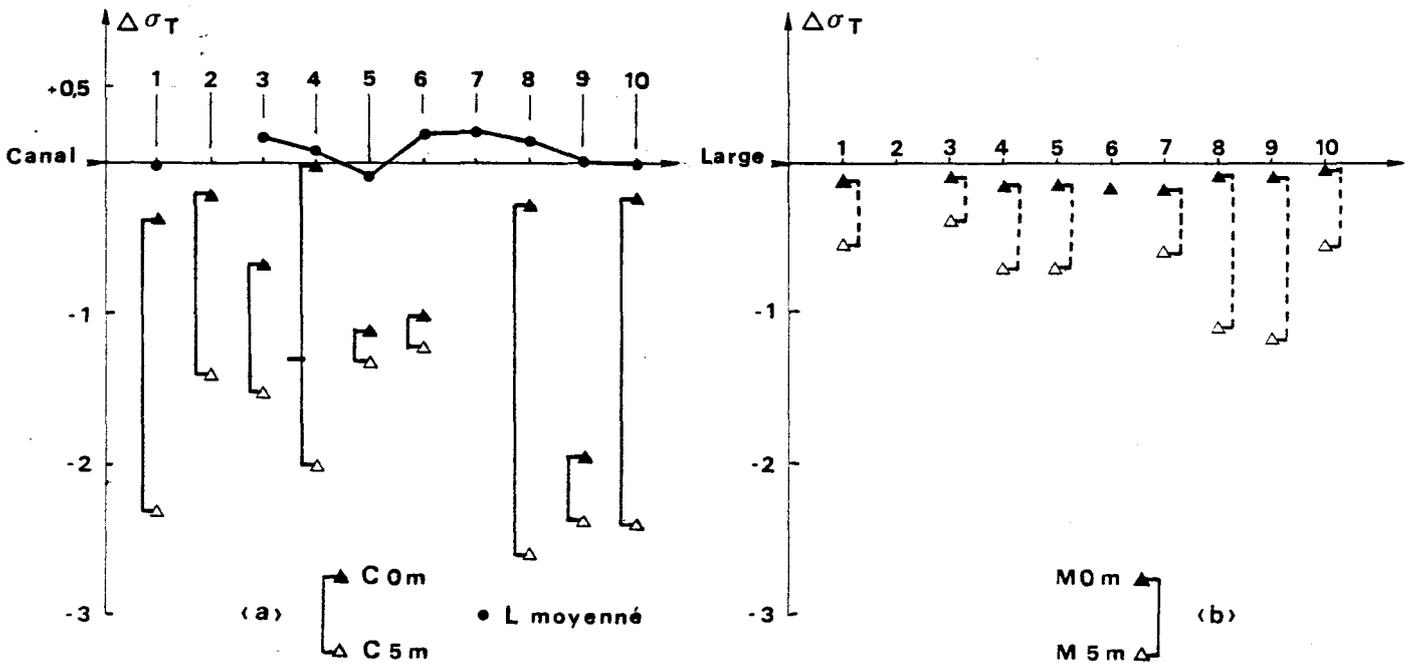


FIG. II.12: ECARTS DE DENSITE AUX STATIONS COTE (a) ET MEDIAN (b) RESPECTIVEMENT PAR RAPPORT AU CANAL ET AU LARGE

III.3. Densité.

3.1. Evolution naturelle de la masse d'eau (fig. II.11).

L'effet conjugué des variations de la température et de la salinité détermine l'évolution saisonnière de la densité.

Celle-ci présente cette année une allure régulière particulièrement remarquable et classiquement inverse de celle de l'évolution de la température qui demeure le paramètre le plus fluctuant du site.

Le minimum estival observé cette année (1.02456 g/cm^3) est voisin de celui observé en 84 (1.02447 g/cm^3).

L'influence de la salinité qui présente peu de variations cette année, ne se révèle que par comparaison de l'évolution de la densité du canal à celle du large (fig. II.11).

Le comportement du canal reste semblable à celui du large et ne s'en démarque que par un réchauffement plus rapide au printemps maintenant des densités légèrement plus faibles, ainsi que par 2 petits accidents se produisant le 23 mai et le 10 septembre. La légère dessalure constatée sur le site le 23 mai n'affecte pas les eaux de l'avant port ouest de Dunkerque inversant ainsi le gradient de densité observé pendant cette période. La deuxième inversion du gradient de densité observée le 10 septembre est par contre uniquement imputable à la température plus basse relevée au canal ce jour là.

3.2. Impact du rejet de la centrale.

L'échauffement thermique, dû à l'action de la centrale, est à l'origine de l'établissement, sur le site, d'une couche d'eau superficielle de plus faible densité ; celle-ci atteint toute une zone côtière pouvant s'étendre, en période de jusant, jusqu'au droit de Petit-Fort-Philippe (fig. II.1, stations M5 et M7) avec un σ_T de 24.80 le 23 mai (M5).

Si la stratification verticale de la masse d'eau ne semble pas toujours bien établie au point côtier (fig. II.12.a, campagnes n° 5, n° 6 et n° 9), elle le devient lorsque l'on s'en éloigne (fig. II.12.b) et que l'on atteint des hauteurs d'eau un peu plus importantes.

Les valeurs les plus basses pour l'ensemble de la masse d'eau sont atteintes le 24 septembre ($\sigma_T = 22.4$) par marée de morte-eau avec l'installation au moment de l'étale des courants d'une masse d'eau plus ou moins immobile qui, en présence d'un vent (NW faible) drossant les eaux de surface à la côte, assure un meilleur mélange à la sortie du canal.

III.4. Oxygène dissous (fig. II.13 et 14).

L'oxygène dissous est un paramètre important du milieu qui est relié aux processus biologiques de l'écosystème. Les variations temporelles de la concentration en oxygène dissous observées au cours de cette étude (fig. II.13) présentent l'allure sinusoidale classique. Cette concentration montre en avril une valeur maximale de 7.75 ml/l commune à toutes les stations. La concentration minimale se situe en juillet : elle diffère suivant les points de prélèvement.

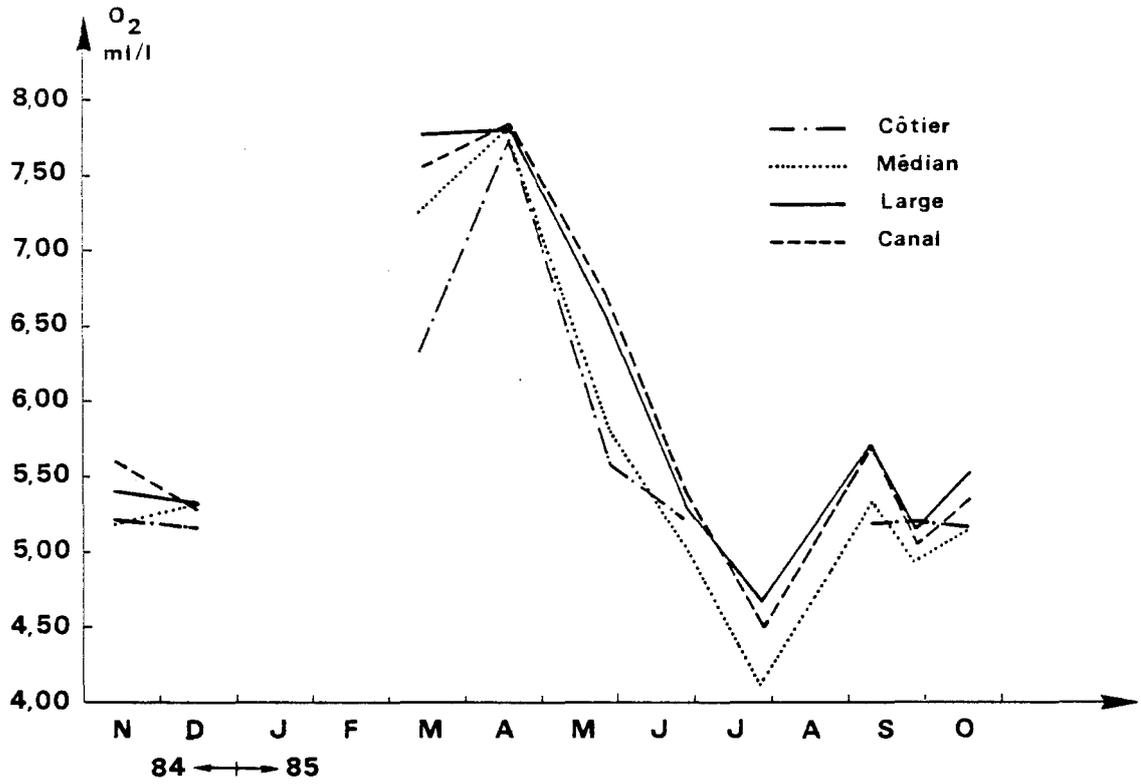


FIG. II. 13 : VARIATIONS DU TAUX D'OXYGENE DISSOUS AUX DIFFERENTES

STATIONS TOUS NIVEAUX CONFONDUS

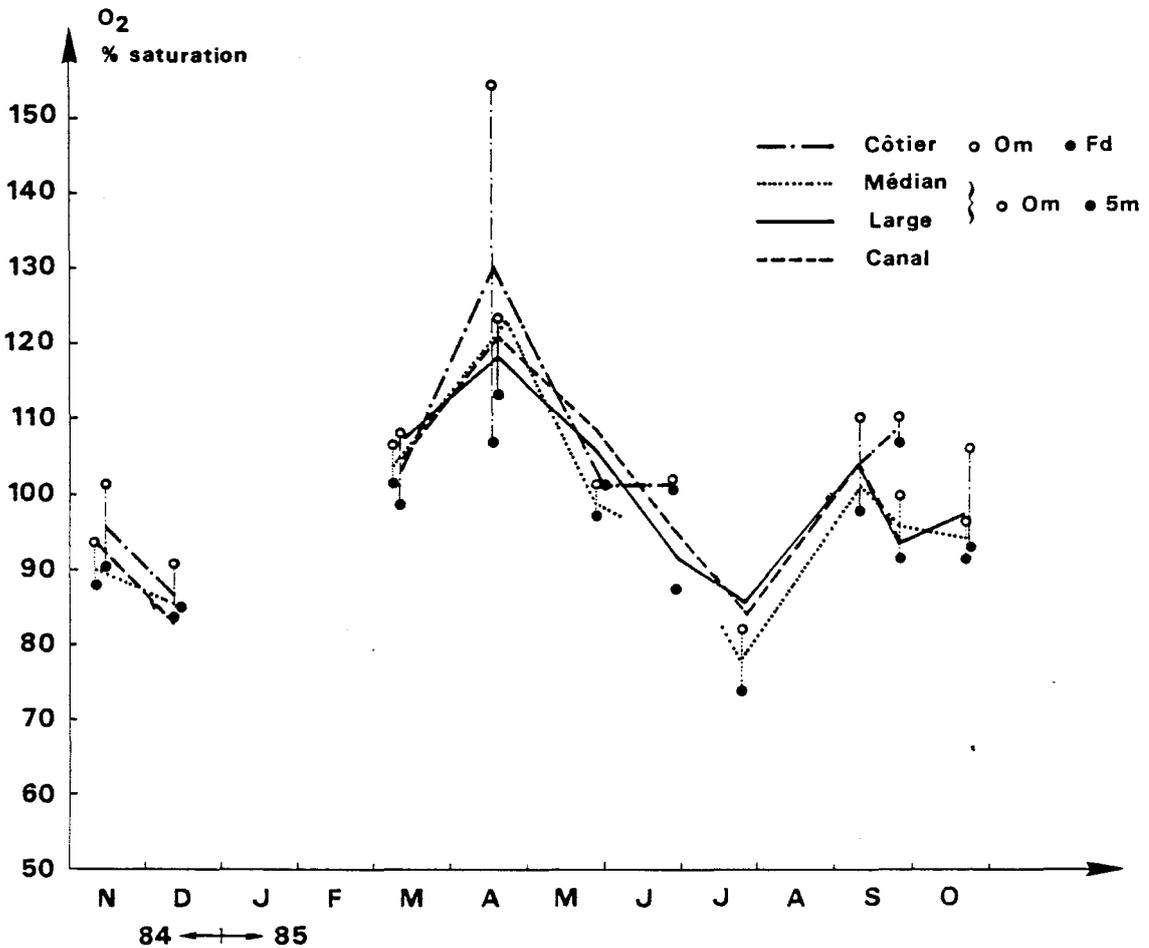


FIG. II. 14 : VARIATIONS DU POURCENTAGE DE SATURATION EN OXYGENE

AUX DIFFERENTES STATIONS

Le calcul du pourcentage de saturation (fig. II.14) qui tient compte de l'influence simultanée de la température et de la salinité, permet une meilleure comparaison entre les prélèvements.

Les teneurs moyennées des valeurs observées au canal et au large oscillent entre 82 % et 120 %. Le décours des teneurs de saturation en oxygène au canal et au large évolue de façon similaire de mars à octobre mais avec des valeurs légèrement inférieures au canal (hormis mars et juillet). On note cependant des teneurs en chlorophylle supérieures au canal (à l'exception de juin 85).

La forte activité photosynthétique occasionne probablement la sursaturation printanière d'avril. Par contre, bien que les valeurs de chlorophylle soient les plus élevées en mars 1985, on ne note pas de sursaturation consécutive à cette date. Une charge en apports continentaux ($\text{NH}_4 - \text{NO}_2 - \text{NO}_3$), les valeurs élevées en phéopigments (11 $\mu\text{g}/\text{l}$ au canal, 8 $\mu\text{g}/\text{l}$ au large en 1985) démontrent une forte demande en oxygène du milieu non compensée par une productivité assez faible. On doit signaler que cette année la sursaturation moyenne est de 107 % en mars alors qu'à cette date en 1983 et 1984 on notait une sous-saturation.

En mai, des valeurs élevées en chlorophylle active au large, comme en juin des valeurs de biomasses chlorophylliennes importantes, ne donnent pas lieu à des concentrations exceptionnelles en oxygène.

En juin-juillet, l'accumulation de matières organiques et minérales (NH_4 , phosphates, silicates) induit une forte demande en oxygène qui est visualisée par une teneur de saturation de 95 % en juin et 85 % en juillet. Une activité photosynthétique encore importante en juin empêche d'atteindre la valeur minimale de saturation en oxygène habituellement rencontrée à cette date, les années précédentes.

L'augmentation de la chlorophylle a, début septembre, doit contribuer à enrichir le milieu en oxygène dissous. Cet état de sursaturation n'est que temporaire puisque fin septembre une nouvelle dégradation de cellules planctoniques induit une sous-saturation (94 %) qui demeurera jusqu'en octobre.

L'impact mécanique de la centrale n'étant pas quantifiable on ne peut comparer les processus biologiques et chimiques du point côtier, liés à l'oxygénation, à ceux des stations large et canal. Les effets de pompage et de pressurisation par échauffement perturbent notablement la teneur de saturation de l'eau aspirée au canal d'amenée.

La règle affirmant que n'importe quel procédé exclusivement mécanique d'échange eau-atmosphère tend à porter l'eau à un niveau de 100 % de saturation en oxygène qu'elle soit initialement en sous-saturation ou en sursaturation se trouve globalement vérifiée au point côtier (mars 103 % . mai et juin 101 %, septembre 104 et 109 %, octobre 99 %). Novembre et décembre révèlent à cette station un stade de sous-saturation moins élevé qu'ailleurs.

Avril montre sur tout le site une même concentration en oxygène. La teneur moyenne de saturation particulièrement élevée (130 %) au point côtier tient aux valeurs du taux de saturation de surface (154 %).

Le profil des teneurs de saturation au point médian impacté ($\Delta t^{\circ} C = 4^{\circ} C$) présente des valeurs inférieures à celles du large et du canal. En avril et septembre les teneurs de saturation supérieures au point médian par rapport à celles du large et du canal font exception : elles sont dues à la présence d'une biomasse planctonique importante. En mai et juillet le léger écart de valeur de saturation inférieure de 8 % du médian par rapport au large et canal résulte probablement d'une dilution des eaux du site médian avec celles de l'Aa pauvres en oxygène (prélèvements réalisés à proximité de l'Aa).

III.5. pH (fig. II.15).

Les valeurs de pH fluctuent en fonction de l'activité photosynthétique des populations phytoplanctoniques, et du stock de matières organiques.

Des valeurs de pH de 7.95 en novembre et 8.00 en décembre révèlent une influence du phytoplancton superposée aux apports continentaux en matières détritiques. En mars la valeur moyennée de pH (8.23) est assez forte malgré l'abondance de phéopigments observée. Le pH au canal atteint en avril une valeur maximale de 8.41 égalant celle de surface au point côtier alors que cette station conserve au fond une valeur de 8.22 voisine de celle du large : 8.25 à 5 mètres. On relève, à ce même mois d'avril, des valeurs de pH moyennées de : 8.20 au point médian et 8.10 au point du large.

Aux points large et médian on retrouve en mai une valeur de pH de 8.31. Une situation identique se retrouve au point côtier en surface (8.28) à la même période. La valeur inférieure relevée au fond (8.14) ne s'explique pas par les apports en matières azotées.

Une diminution des valeurs de pH se généralise en juin et conduit en juillet à des pH de : 8.15 au large ; 8.10 aux points côtier et médian et de 8.07 au canal.

Une nouvelle oxygénation du milieu, début septembre (pic de chlorophylle) atténue les chutes de pH (oscillant entre 8.08 et 8.14 sur tout le site) corrélative des arrivées d'eau douce. Mais les apports détritiques provoquent une diminution générale des valeurs de pH à la fin de ce même mois. C'est le phénomène observé en septembre qui se retrouve en octobre où une reprise de l'activité photosynthétique (chlorophylle a) augmente le pH (valeur moyennée : 8.14 au large - 8.07 aux points côtier et médian).

III.6. Matières en suspension. Transparence de l'eau.

Les teneurs des MES observées cette année (fig. II.16) dépendent, semble-t-il essentiellement du coefficient de marée ainsi que de l'état de la mer le jour ou la veille des campagnes.

Les valeurs minimales observées en MES se situent en septembre lors des marées de morte-eau ainsi que le 25 juin, bien que le coefficient de marée soit alors un peu plus élevé (61). En juin, l'état de la mer particulièrement calme la veille de la sortie, par coefficient voisin, a permis la décantation des particules les plus lourdes.

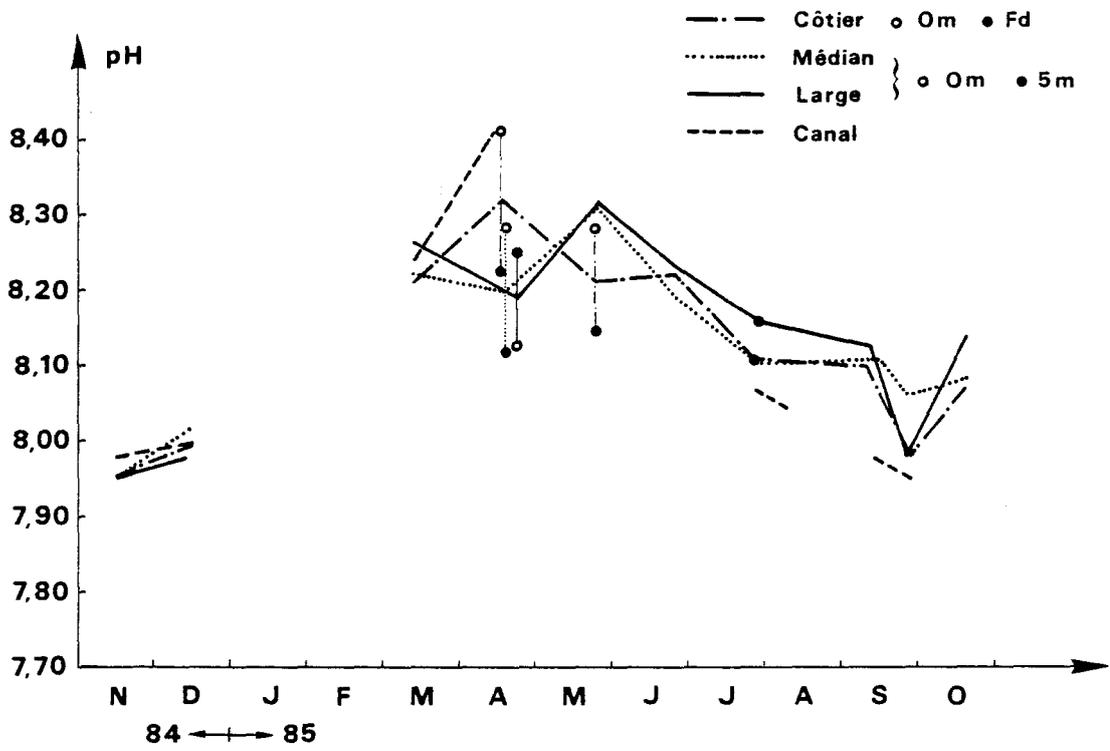


FIG. II . 15 : VARIATIONS DU pH AUX DIFFERENTES STATIONS

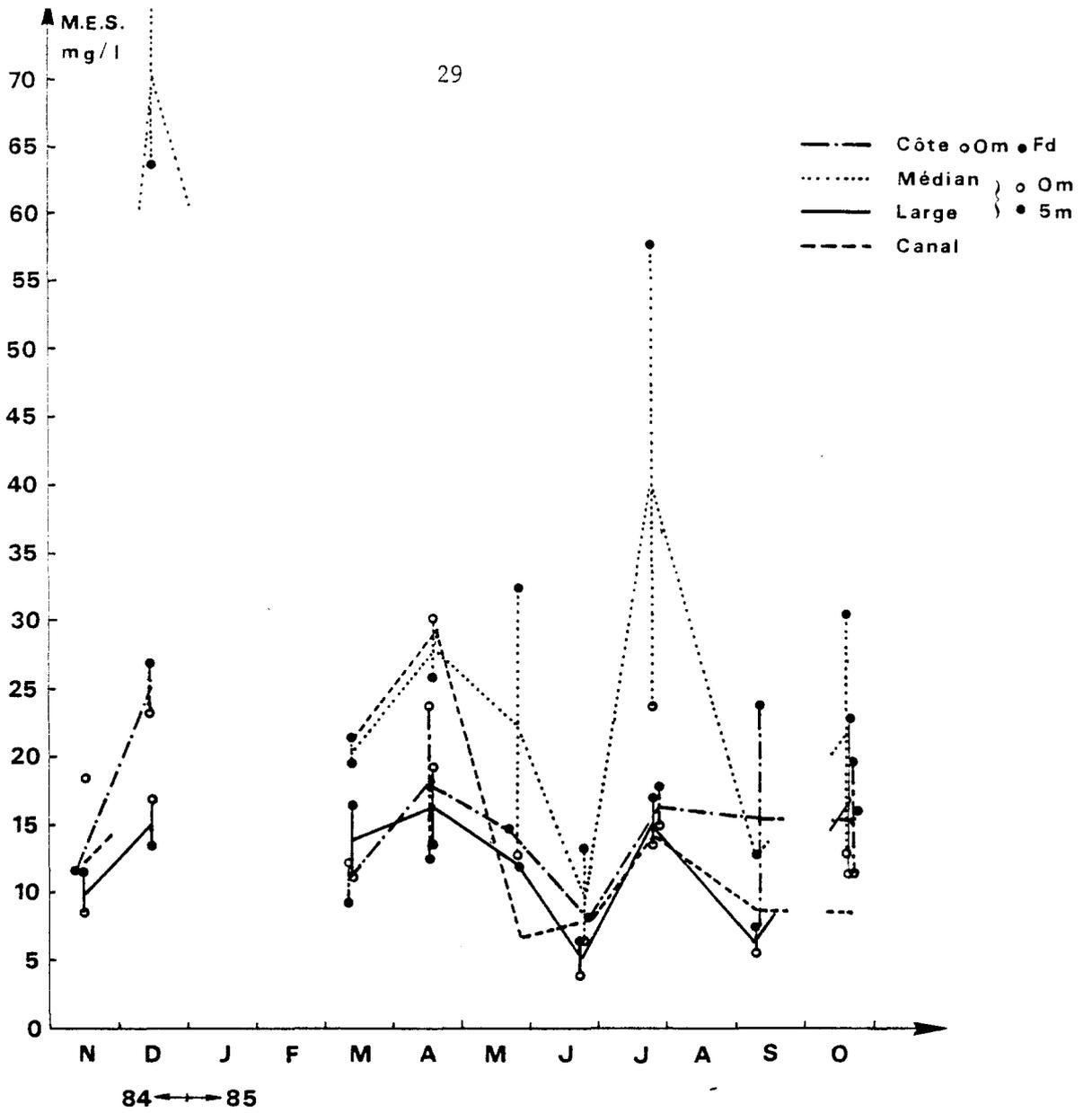


FIG. II .16 : VARIATIONS DES TENEURS EN M.E.S. AUX DIFFERENTES STATIONS

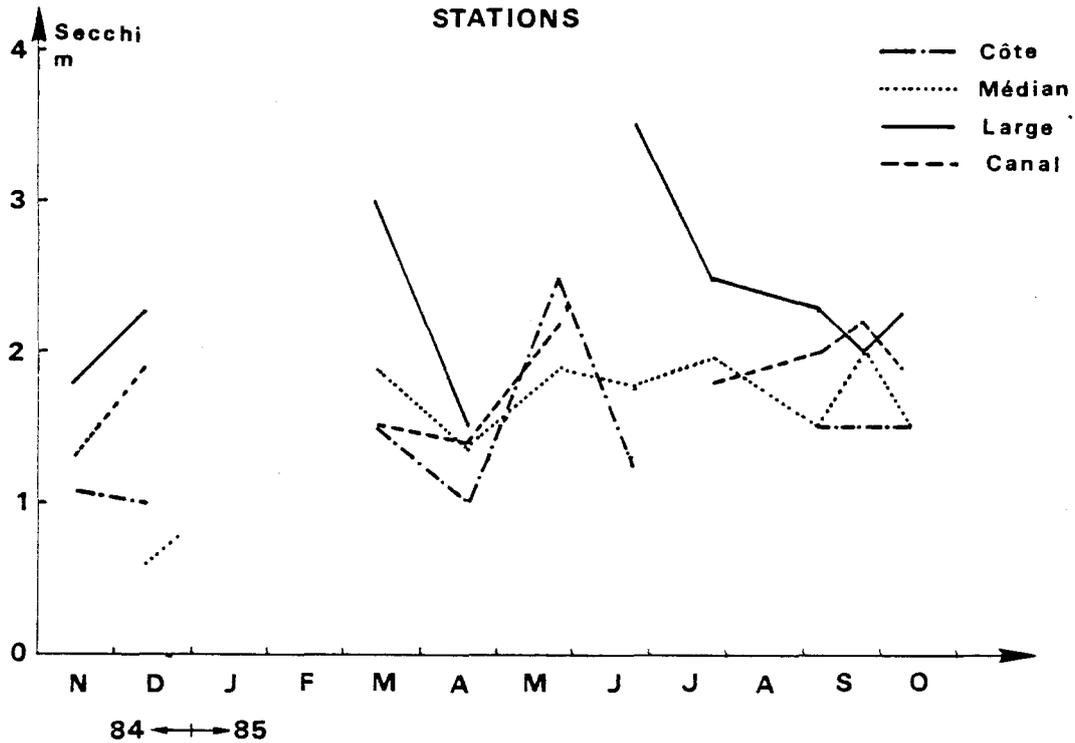


FIG. II .17 : PROFONDEUR DE DISPARITION DU DISQUE DE SECCHI AUX DIFFERENTES STATIONS

Inversement des valeurs plus élevées ont été relevées en juillet et octobre et coïncident avec des coefficients plus élevés (cf. ci-dessous)

Dates	21.07	22.07	23.07	24.07	15.10	16.10	17.10	18.10
Coefficient de marée	84-84	82-83	78-75	72	115-115	113-109	103-96	87

Les fortes valeurs en MES du mois d'avril, observées par marée de coefficient égal à 81 coïncident avec la présence relativement importante de phytoplancton (présence de phaeocystis, (fig. II.21)) ainsi qu'avec une baisse de salinité, sur l'ensemble du site, imputable aux apports de l'Aa. Une inversion du gradient surface-fond (ou - 5 m) des MES à toutes les stations et en particulier à la station médian (alors que la biomasse phytoplanctonique y est nettement plus élevée à - 5 m) vient renforcer cette idée d'apport d'eau dessalée en surface.

Au canal d'amenée, les teneurs en MES sont sensiblement les mêmes que celles du large ; les écarts observés en mars et avril peuvent être expliqués par l'existence pendant ces périodes de dragages dans l'avant-port-ouest de Dunkerque ; ceux-ci provoquent la remise en suspension de particules plus ou moins fines. *

Le gradient côte-large se retrouve cette année encore au niveau des stations M et L. On note, un léger affaiblissement des teneurs au point "Médian" souvent plus "côtier" que lors des suivis antérieurs et affectés par le rejet de la centrale dans des proportions difficiles à définir.

La seule valeur très importante observée cette année (70 mg/l) se situe le 13 décembre, seule campagne pendant laquelle le point médian a été échantillonné, hors rejet de la centrale, selon l'ancienne position.

Alors qu'en général la station côte présente des valeurs de MES légèrement plus élevées qu'au canal (témoignant ainsi du mélange du rejet avec les eaux côtières plus turbides) les teneurs relevées en mars et avril sont au contraire, nettement plus faibles à la côte qu'au canal. Seule une décantation immédiate, à la sortie du rejet, des particules les plus grossières en provenance de l'avant-port (dragages) pourrait expliquer ce phénomène rendu possible par des conditions météorologiques particulièrement favorables à cette station.

Les variations de la profondeur de disparition du disque de Secchi (fig. II.17) ne présentent pas toujours les allures inverses attendues de celles de la quantité de matières en suspension. Le maximum (3.5 m) observé à la station du large, fin juin, coïncide bien avec un minimum du taux de MES. Ceci ne se vérifie pas aux autres stations bien que les valeurs de MES soient comparables.

* D'après les indications du Service Dragages du Port Autonome de Dunkerque, des dragages ont bien été effectués dans l'avant-port-ouest du 07 mars au 14 avril. Deux dragues étaient en fonctionnement du 12 au 14 avril et le mauvais temps des jours suivants n'a pas dû permettre le dépôt immédiat des particules ainsi remises en suspension.

En avril les valeurs de "Secchi" sont minimales : cela correspond bien au pic de fortes charges en MES. La valeur plus faible observée à la côte trouve son explication dans le gradient extrêmement important observé à cette station entre la surface et le fond (les teneurs en MES en surface sont supérieures de près de 12 mg/l à celles du fond).

L'augmentation de la transparence observée fin mai est bien corrélée à la baisse des taux de MES. Le "Secchi" de 2.5 m relevé à la côte s'explique difficilement même après observation de la biomasse phytoplanctonique.

III.7. Sels nutritifs.

L'absence quasi totale de prélèvements hivernaux ainsi qu'un trop grand espacement des sorties au printemps gênent considérablement l'interprétation des variations temporelles des sels nutritifs au cours de ce cycle d'étude.

En effet, le manque de données ne permet pas d'évaluer les stocks de reconstitution hivernale des sels minéraux, en particulier celui des sels azotés. Les teneurs maximales observées en nitrates cette année (fig. II.18c) restent comprises entre 10 et 15 $\mu\text{atg} - \text{N} - \text{NO}_3^- / \text{l}$ alors que des teneurs de 30 à 35 $\mu\text{atg}/\text{l}$ étaient relevées en janvier 1983.

L'épuisement des nitrates se produit dès la mi-avril malgré des teneurs en chlorophylle constamment inférieures à 17 $\mu\text{g}/\text{l}$ (fig. II.21). Ceci peut laisser penser que le véritable bloom phytoplanctonique s'est produit entre les prélèvements de mars et d'avril espacés de plus d'un mois, pour autant que le stock hivernal en sels nutritifs ait été suffisant.

Il n'existe pas cette année de dessalure notable imputable à l'Aa et pouvant entraîner un enrichissement conséquent en sels nutritifs. La légère dessalure observée en avril et en mai se produit en pleine activité photosynthétique.

L'augmentation des concentrations en ammonium (fig. II.18a) observée au large et au point médian le 19 avril est difficilement explicable. La valeur élevée au large est sans doute aberrante car ce n'est pas une époque de dégradation des organismes mais au contraire d'activité physiologique importante du plancton.

L'épuisement des nitrates se poursuit apparemment jusqu'en mai ; les taux des autres sels azotés sont alors plus bas à toutes les stations (exception faite des valeurs d'ammoniac dissous au canal qui sont en légère hausse). La légère dessalure observée sur le site en avril semble s'être maintenue en mai. Mais l'enrichissement en sels nutritifs imputables aux apports de l'Aa se révèle alors assez faible. Les teneurs d'ammonium relevées en amont des écluses sont en effet inférieures de plus de la moitié de ce qu'elles étaient en mars et de ce qu'elles seront le mois suivant (78 $\mu\text{atg} - \text{N} - / \text{l}$ contre 180 $\mu\text{atg}/\text{l}$ en mars et juin).

En mai la biomasse phytoplanctonique continue de chuter mais le pourcentage de chlorophylle active semble se maintenir à des taux élevés (fig. IV.3).

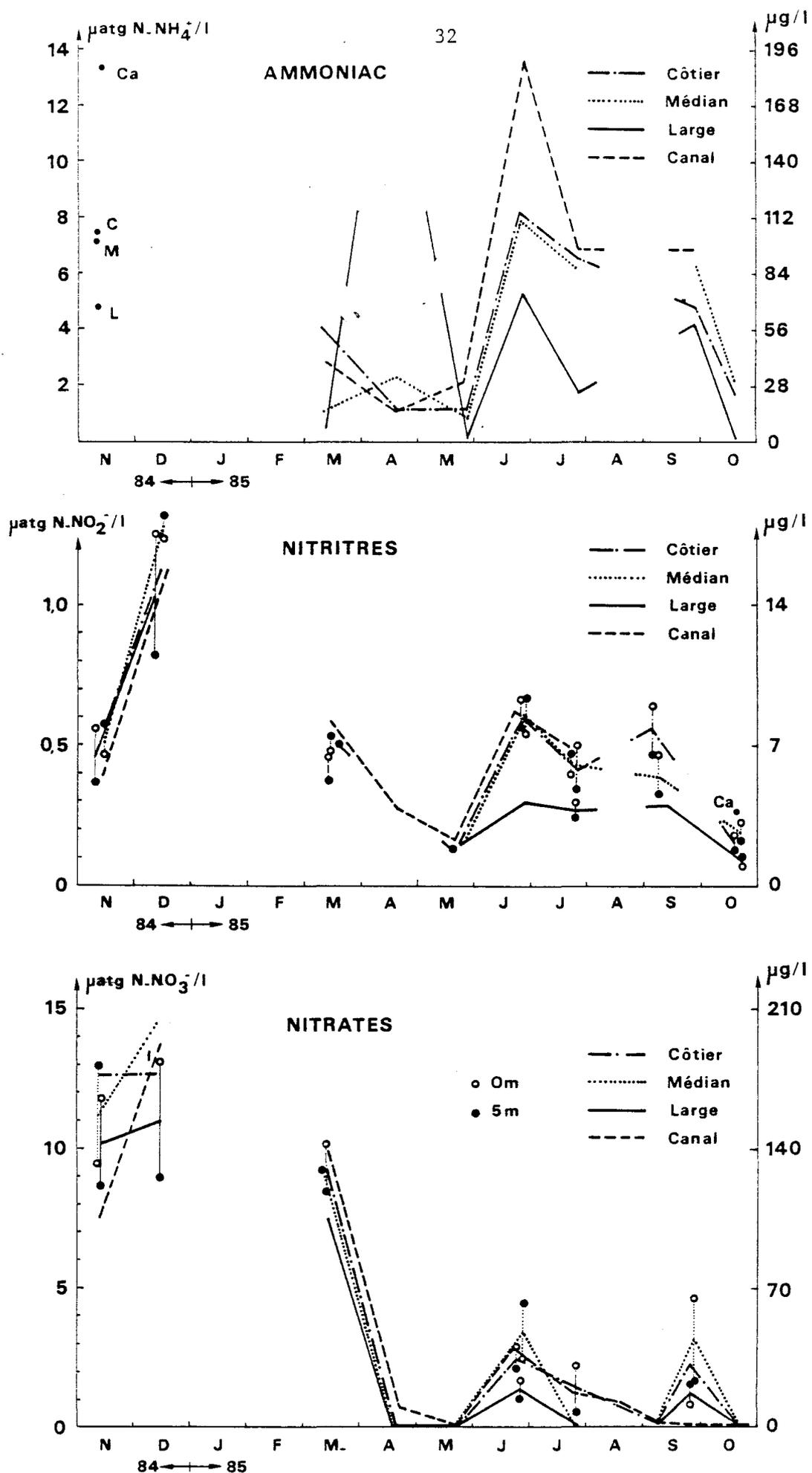


FIG II. 18 : VARIATIONS DES TENEURS EN SELS AZOTES AUX DIFFERENTES STATIONS, TOUS NIVEAUX CONFONDUS

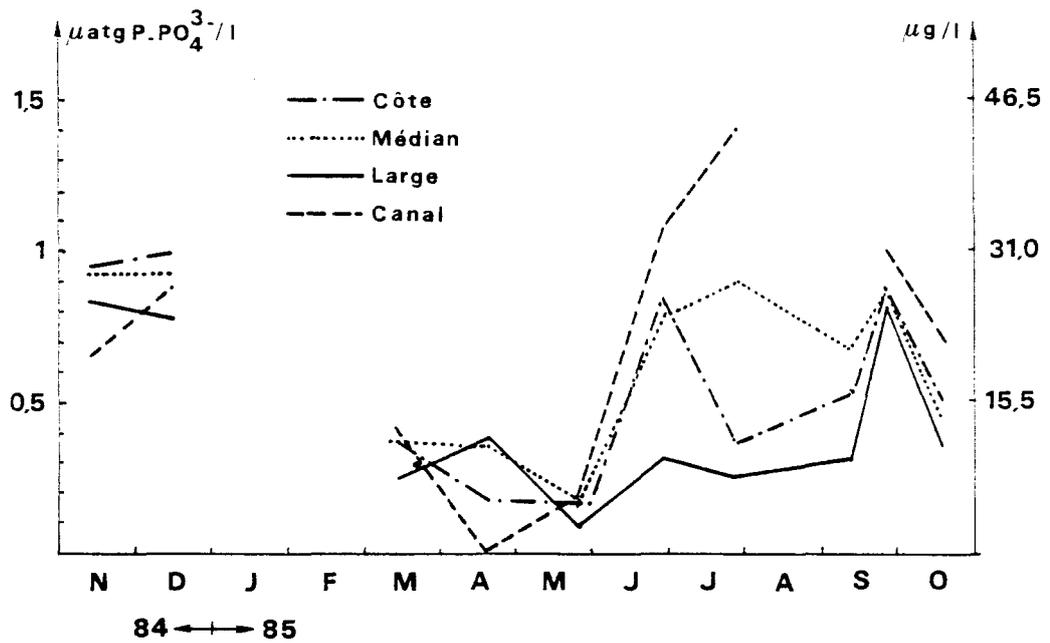


FIG.II.19: VARIATIONS DES TENEURS EN PHOSPHATES AUX

DIFFERENTES STATIONS TOUS NIVEAUX CONFONDUS

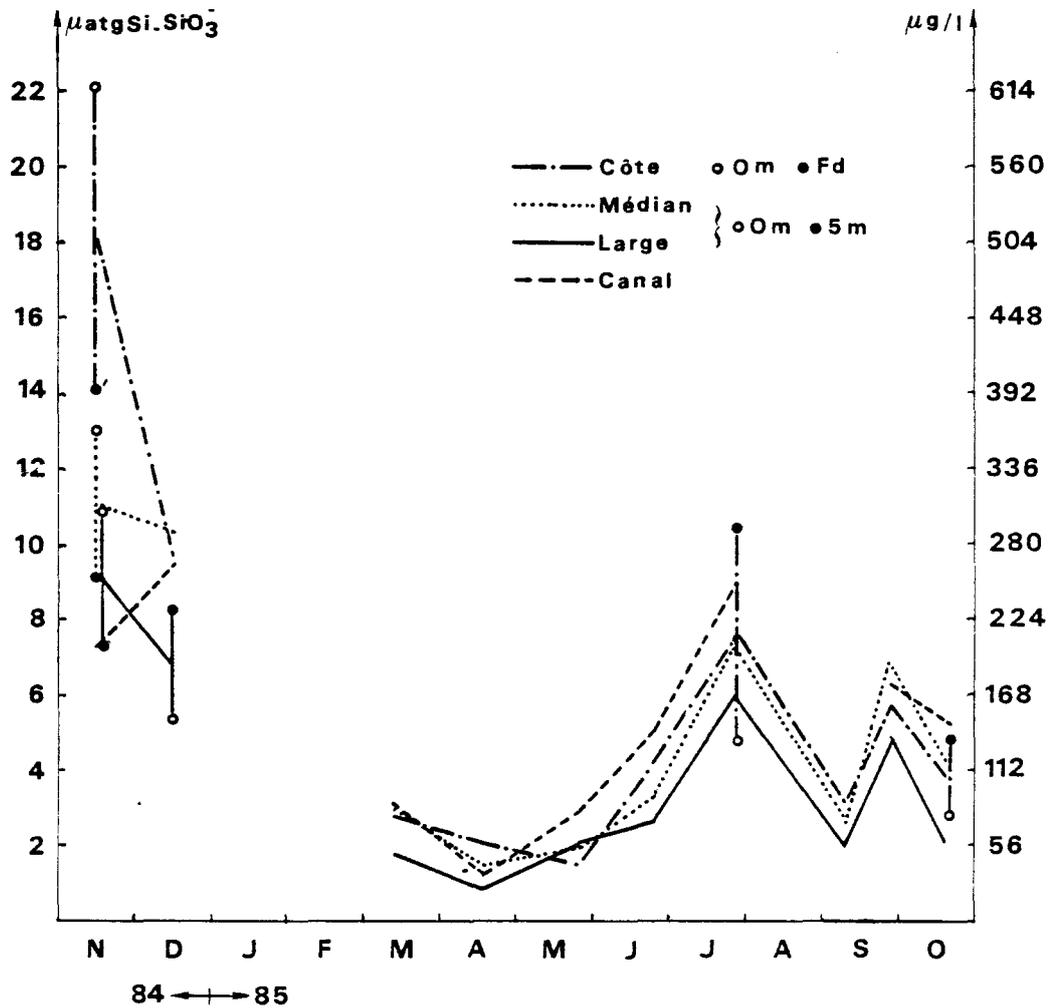


FIG.II.20: VARIATIONS DES TENEURS EN SILICATES AUX

DIFFERENTES STATIONS TOUS NIVEAUX CONFONDUS

La quantité de chlorophylle est en juin encore importante. La fin d'été et le début d'automne exceptionnellement doux et ensoleillés semblent favoriser une succession de poussées planctoniques.

Fin octobre, aucune reconstitution hivernale des stocks de sels nutritifs n'est ébauchée. L'épuisement est total en nitrates, les concentrations de nitrites varient de 0.1 à 0.3 $\mu\text{atg N/l}$ selon les stations et l'ammoniac, qui atteint habituellement des teneurs de 10 à 8 $\mu\text{atg N/l}$ de la côte vers le large, est proche de l'épuisement complet au large et avoisine 2 $\mu\text{atg/l}$ aux autres stations.

Les variations temporelles des phosphates (fig. II.19) suivent le même cycle saisonnier, fonction de l'activité biologique, que celui des sels azotés. Ils traduisent cependant plus fidèlement les rejets estivaux par les émissaires. Ceci est particulièrement net en juillet où l'on a noté des valeurs anormalement élevées au canal ainsi qu'à la station médian située ce jour là près de l'embouchure de l'Aa.

Le cycle des silicates (fig. II.20) : la chute des teneurs de ces sels au mois de décembre 84, en pleine reconstitution hivernale, reste inexplicquée (il n'existe pas d'activité biologique apparente à cette époque). Leur épuisement n'est jamais atteint. Les diverses reconstitutions estivales des stocks sont plus importantes que lors des années précédentes avec des valeurs de 6 à 9 $\mu\text{atg - SiO}_3^- /\text{l}$, en juillet.

Le retard de cette reconstitution par rapport à celle des autres sels nutritifs (qui se produit en juin) ne saurait être expliqué sans la connaissance de la succession des diverses populations planctoniques.

Comme pour l'ammoniac dissous, les teneurs d'octobre sont exceptionnellement faibles. Elles varient de 2 à 5 $\mu\text{atg/l}$ du large vers la côte alors qu'au cours des années suivantes nous avons relevé des valeurs de 8 à 10 $\mu\text{atg/l}$.

II.8. Conclusion.

Une fois de plus nous ne pouvons que constater la similitude des variations saisonnières aux différentes stations pour chacun des paramètres étudiés, exception faite évidemment de la température ainsi que des paramètres physico-chimiques qui en dépendent plus ou moins (densité et oxygène dissous).

Le canal, qui se révèle souvent plus riche que les autres stations en sels nutritifs, présente paradoxalement une productivité plus faible, qui se traduit bien souvent par une biomasse phytoplanctonique également plus faible.

Dans la perspective future d'un allègement du nombre des campagnes, il nous apparaît indispensable :

- d'effectuer ces campagnes pendant tout un cycle de marée avec un nombre de replicats suffisants permettant ainsi d'estimer la fourchette d'incertitude sur les mesures.
- d'effectuer des prélèvements dans le canal de rejet lui-même afin d'aboutir au moins à un véritable bilan "entrée-sortie" de la centrale qui permettrait d'apprécier le déficit réel occasionné par le transit à l'intérieur de la centrale.

C H A P I T R E I I I

MICROBIOLOGIE

Regis DELESMONT
Jean-Marie DELATTRE
et
Edith LEPERCQ

I. INTRODUCTION.

L'étude de surveillance écologique du site de Gravelines s'est déroulée sans incident du 01 novembre 1984 au 31 octobre 1985 selon les indications du contrat IFREMER/IPL n° 85.434011 DERO/EL : prélèvements hebdomadaires au point "digue", prélèvements bimensuels aux points "prise d'eau" et "rejet" de la centrale EDF.

II. MATERIELS ET METHODES.

Aucune modification n'est intervenue dans le matériel de prélèvement et les méthodes d'analyses par rapport aux contrats précédents. Les paramètres mesurés sont les suivants :

- température.
- dénombrement des germes totaux en épifluorescence.
- dénombrement des germes aérobies viables sur gélose 2216E de ZoBell.
- dénombrement à 37°C des vibrions halophiles et identifications.
- dénombrement des Escherichia coli et des Streptocoques fécaux en milieux liquides.
- estimation de la production bactérienne par mesure du potentiel hétérotrophe (substrat : glucose).
- dosage du "chlore" résiduel total (méthode à la DPD).
- dosage des haloformes volatils.

III. POINT DIGUE.

Le point digue situé à environ 1200 m du rejet a été prélevé 1 heure avant la pleine mer au moment où l'influence du rejet est la plus grande. 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. Les résultats des mesures réalisées avant la mise en service de la centrale (période de référence 1976-79) ont été portés sur ces courbes afin de visualiser les modifications du milieu.

Le fonctionnement de la centrale a été important pour l'ensemble de la période : on note une activité moyenne de 3800 MW et une pointe en octobre de 5134 MW correspondant pour la première fois à six tranches en service. Le débit du canal de rejet est en moyenne de 210 m³/s ce qui correspond au débit de cinq tranches. Dans ces conditions l'échauffement de l'eau de mer de refroidissement est important ; il est en moyenne de 8.6°C pour la période étudiée 1984-85.

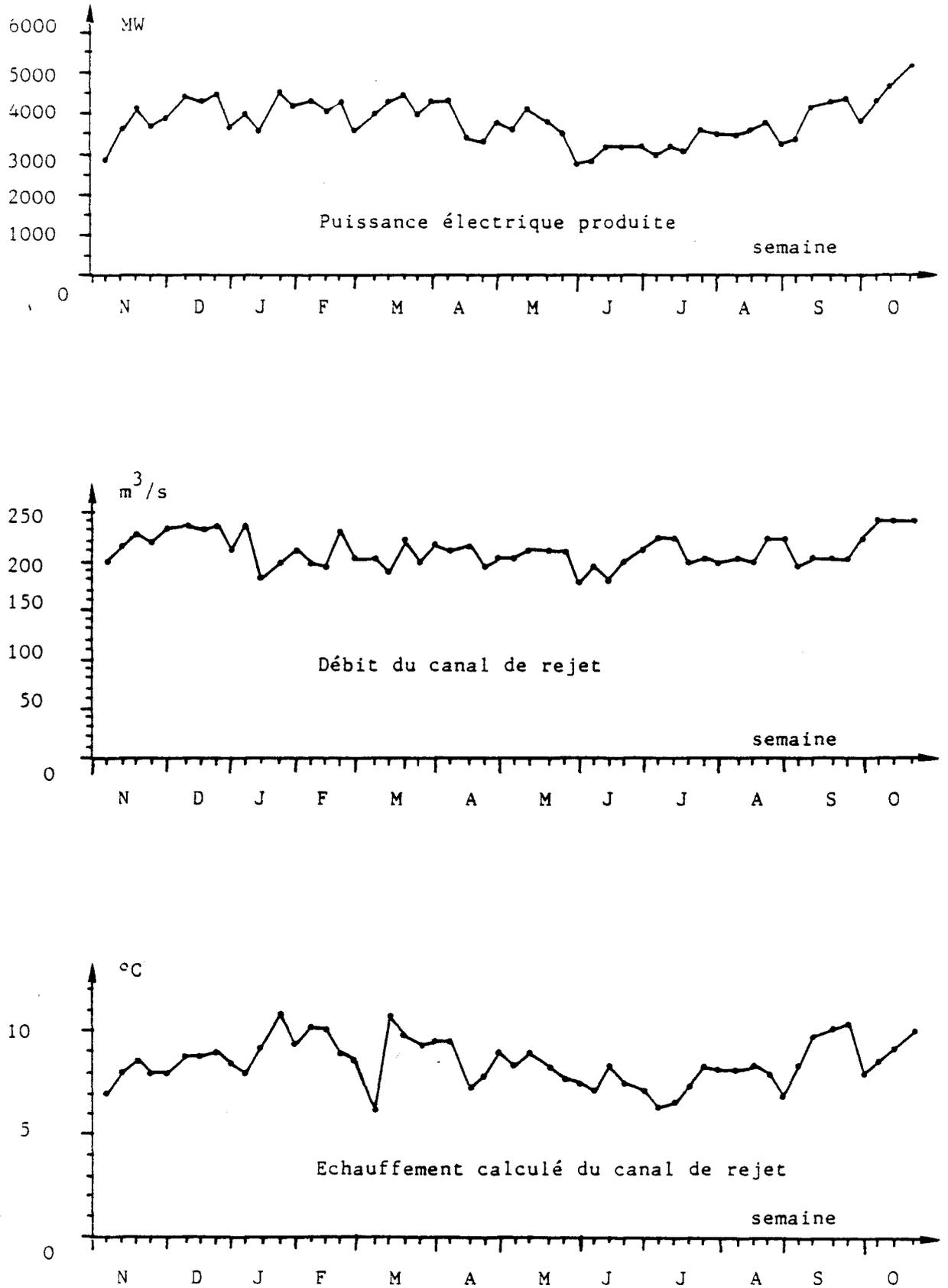
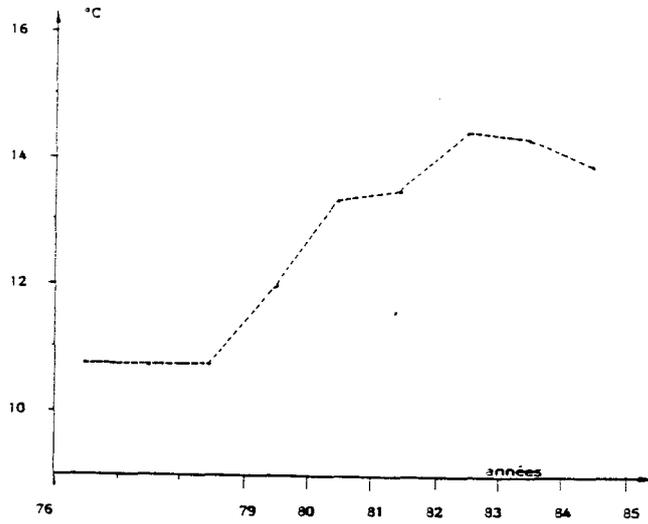


Fig.III.1 : Fonctionnement de la Centrale pour la période 1984-85

III.1. Température.

Fig. III.2



Pour la période d'étude 1984-85, l'élévation de température moyenne au point digue est de 3.2°C par rapport à la période de référence. Cette valeur est plus faible que lors des deux périodes précédentes malgré le fonctionnement important de la centrale : les raisons sont d'ordre météorologique (année froide et pluvieuse).

Températures extrêmes mesurées au point digue :

- minimum $1^{\circ}2$ le 15.02.85.
- maximum $20^{\circ}6$ le 19.08.85.

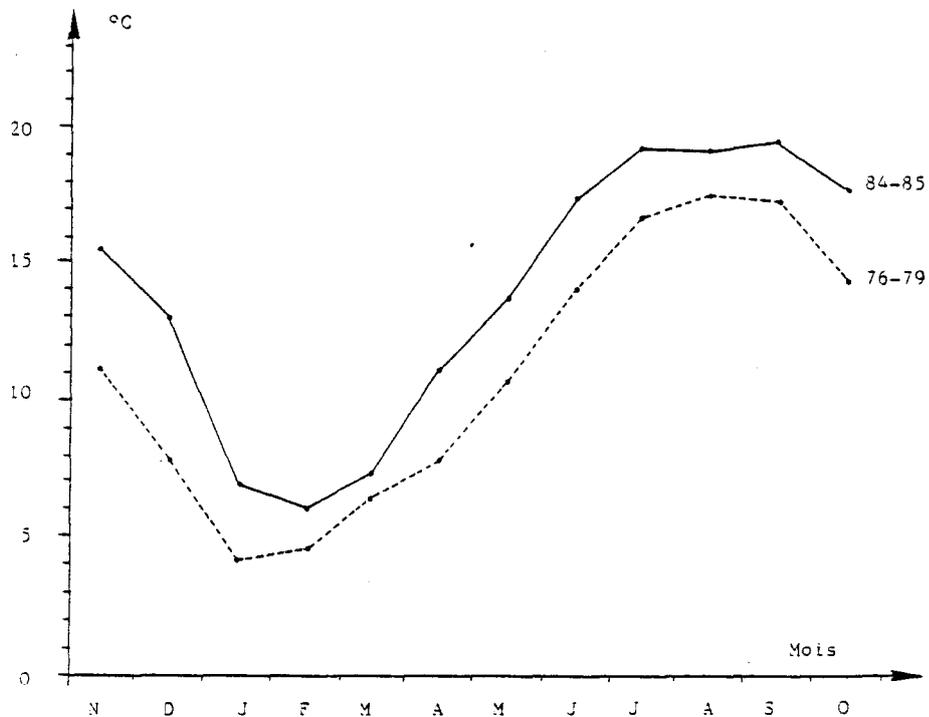


Fig. III.3 : Température de l'eau de mer

III.2. Chloration.

Comme les années précédentes, les dosages de "chlore résiduel total" au point digue se sont tous avérés négatifs au seuil de 0.05 mg/l.

La chloration est mise en évidence principalement par le bromoforme, dérivé le plus abondant de la chloration en eau de mer. Le bromoforme est détecté du début de la période (octobre) à la fin décembre 1984, puis à partir de début avril 1985. On observe donc un arrêt de la chloration de trois mois seulement.

Les doses mesurées varient de 0.4 à 11.7 $\mu\text{g}/\text{l}$, ce qui est en retrait par rapport à la période précédente :

- doses moyennes : 1983-84 : 7.9 $\mu\text{g}/\text{l}$
- 1984-85 : 4.8 $\mu\text{g}/\text{l}$.

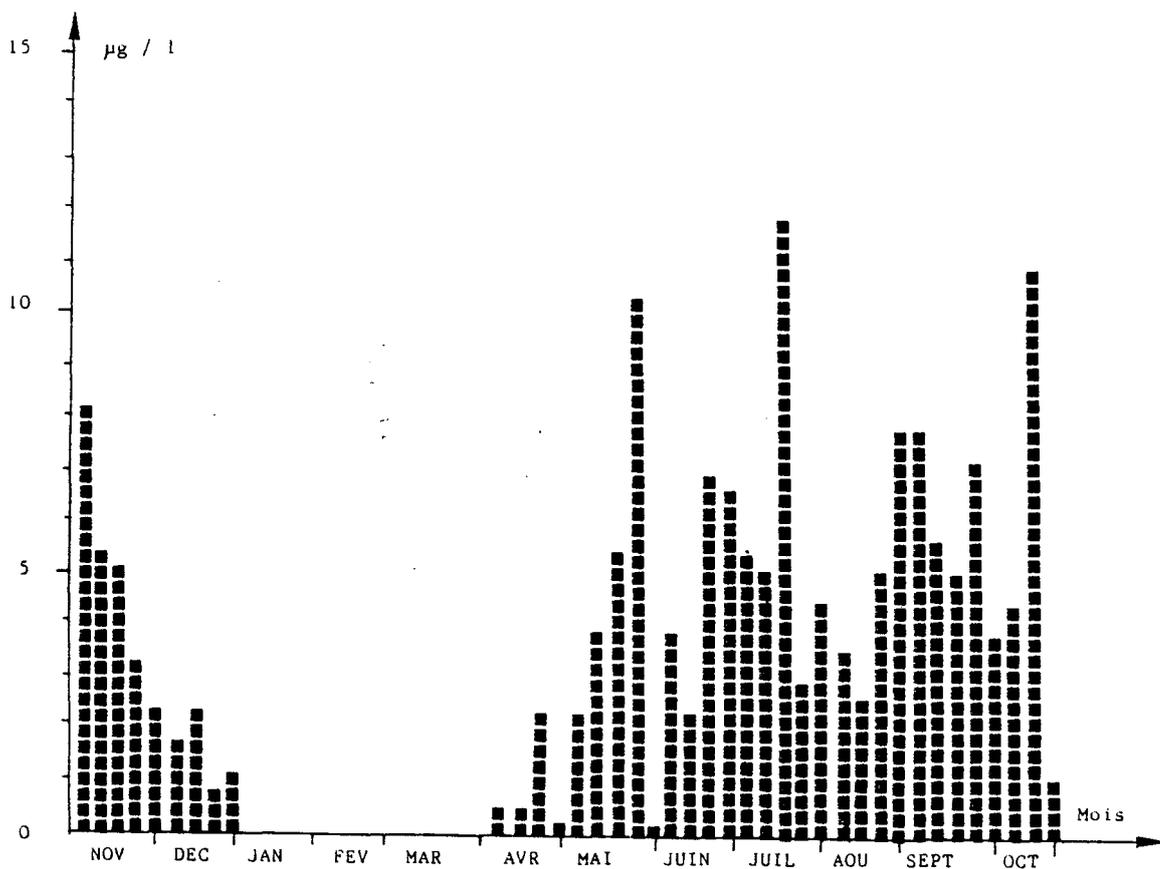


Fig. III.4 : DOSAGE DU BROMOFORME

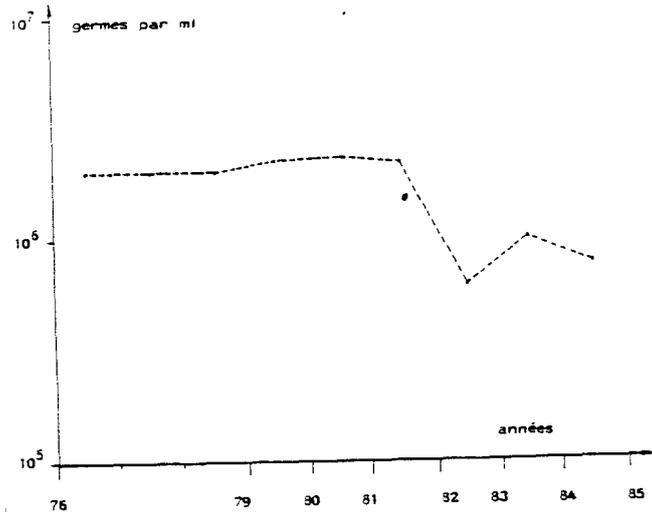
III.3. Germes totaux.

Fig. III.5

La microflore totale montre cette année des variations très comparables à celles de la période précédente avec un maximum marqué au printemps suivi d'un pic plus faible à l'automne. Le nombre moyen de germes totaux sur l'ensemble de l'année est voisin de celui de 1984-85, il reste légèrement inférieur à celui de la période de référence (1976-79).

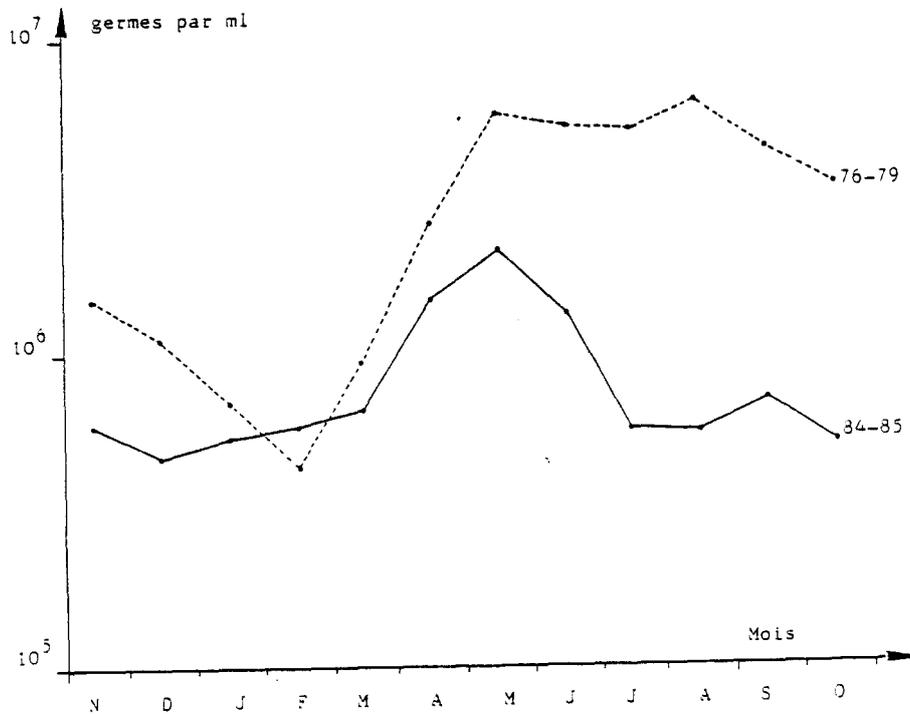
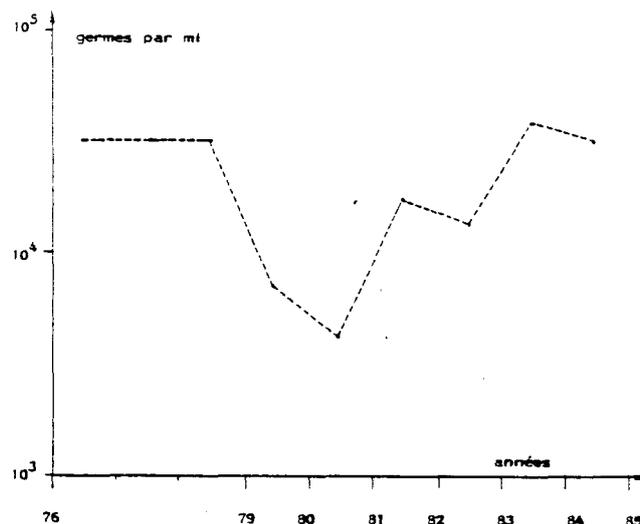


Fig. III.6 : Dénombrement des germes totaux en épifluorescence

II.4. Germes aérobies viables.

Fig. III.7



Les germes viables dénombrés sur milieu de 2216E de ZoBell présentent peu de variations saisonnières et leurs nombres sont très proches de ceux observés avant la mise en service de la centrale. Les valeurs les plus élevées sont observées en avril au début du pic de germes totaux.

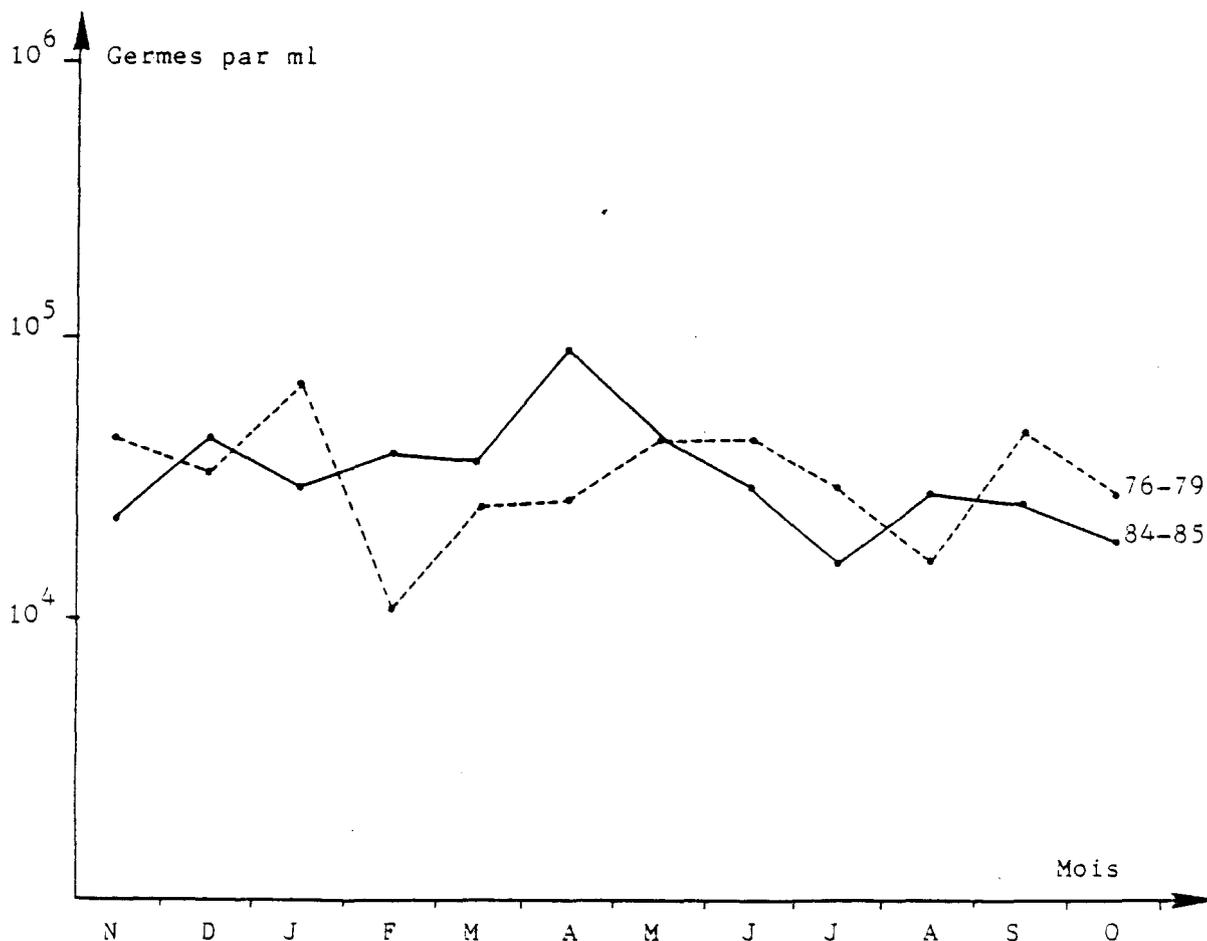
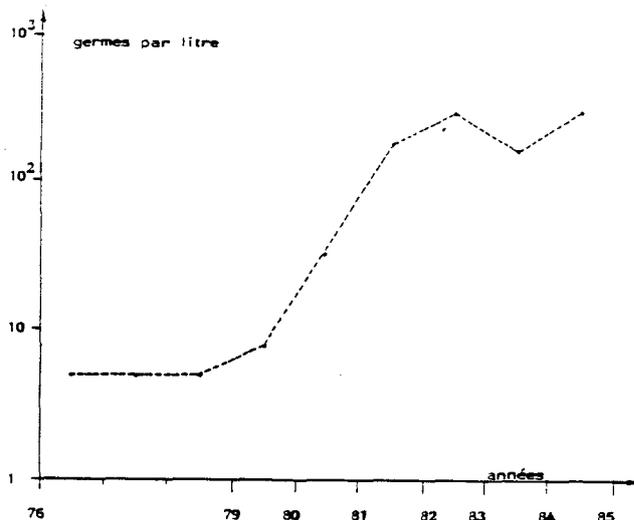


Fig. III.8 : Dénombrement des germes aérobies viables sur gélose 2216E de ZoBell

III.5. Vibrions halophiles à 37°C.

Fig. III.9



Les dénombrements réalisés confirment les observations des périodes précédentes : les concentrations de vibrions sont environ 100 fois supérieures à celles de la période de référence et elles sont très liées à la température (t) de l'eau :

$$\log (\text{vibrions/litre}) = 0.129 t + 0.705 \quad (r = 0.605 ; 52 \text{ valeurs})$$

Pour la période 1984-85, l'abondance moyenne (300/l) rejoint la valeur la plus élevée relevée auparavant (en 1982-83). On note des concentrations relativement élevées en saison froide.

Le point le plus remarquable réside dans l'isolement à plusieurs reprises de Vibrio parahaemolyticus (voir fig. 19) contrairement aux périodes précédentes où seul Vibrio alginolyticus était présent.

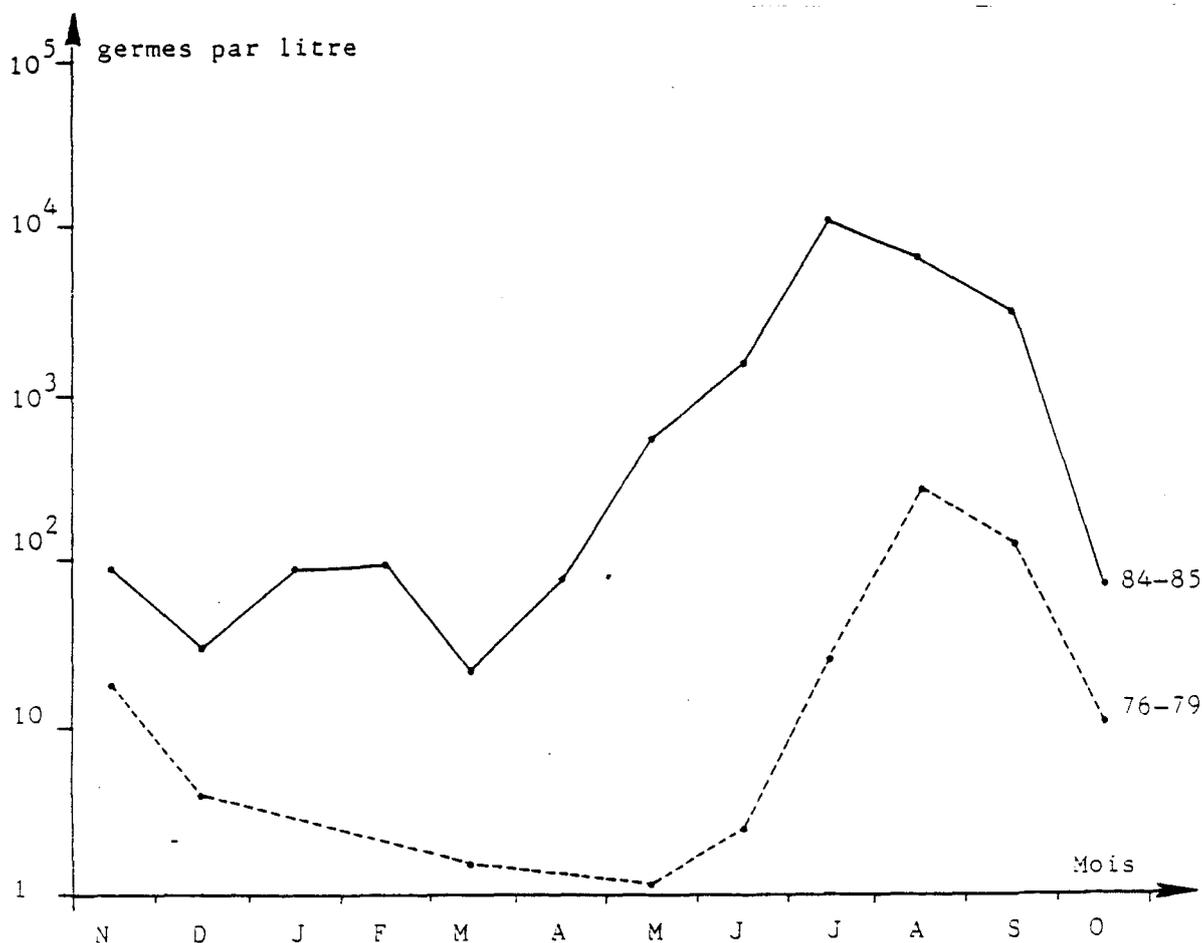


Fig. III.10 : Dénombrement des vibrions halophiles

III.6. Pollution fécale.

Les mesures réalisées sur le site confirment le faible niveau de contamination fécale.

Valeurs moyennes 1984-85 :

- Escherichia coli : 15/100 ml
- streptocoques fécaux : 15/100 ml.

Ces valeurs sont plus faibles que celles enregistrées avant la mise en service de la centrale (E. coli : 22/100 ml). De même que lors des périodes précédentes la pollution en E. coli est corrélée négativement avec la température ($r = 0.516$ pour 52 valeurs).

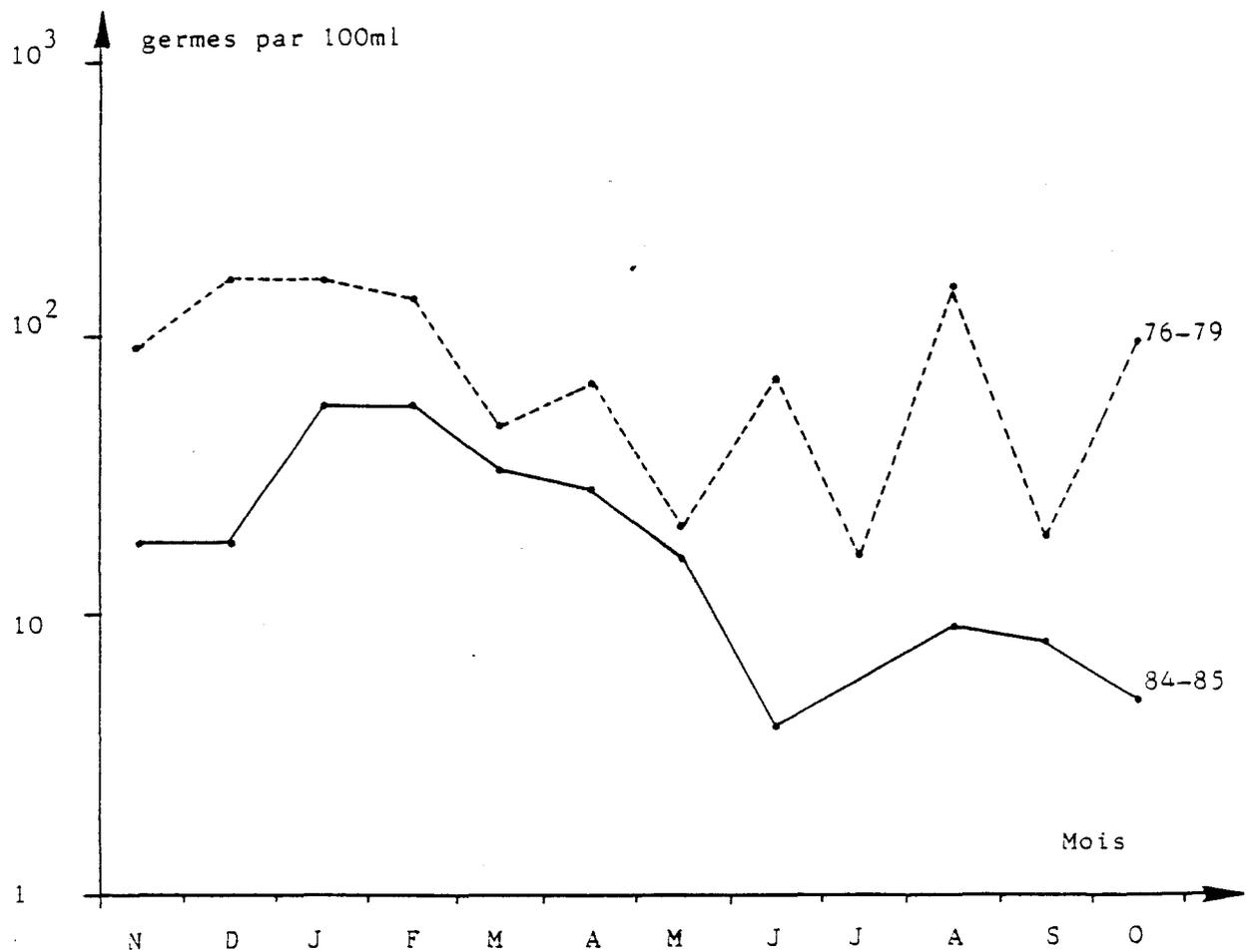


Fig. III.11 : Dénombrement des Escherichia coli

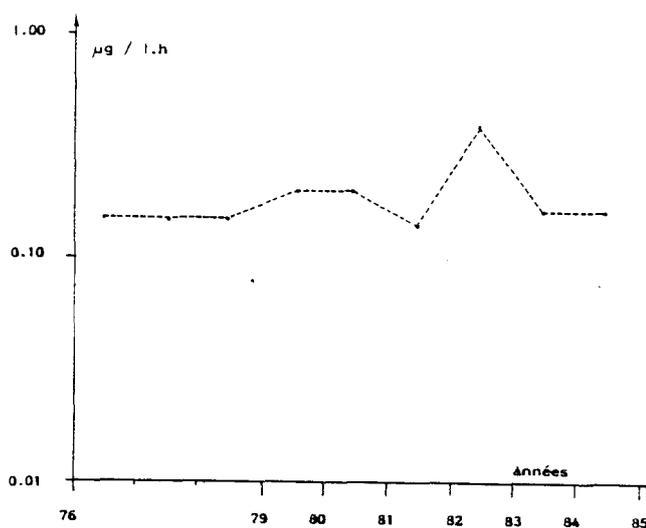
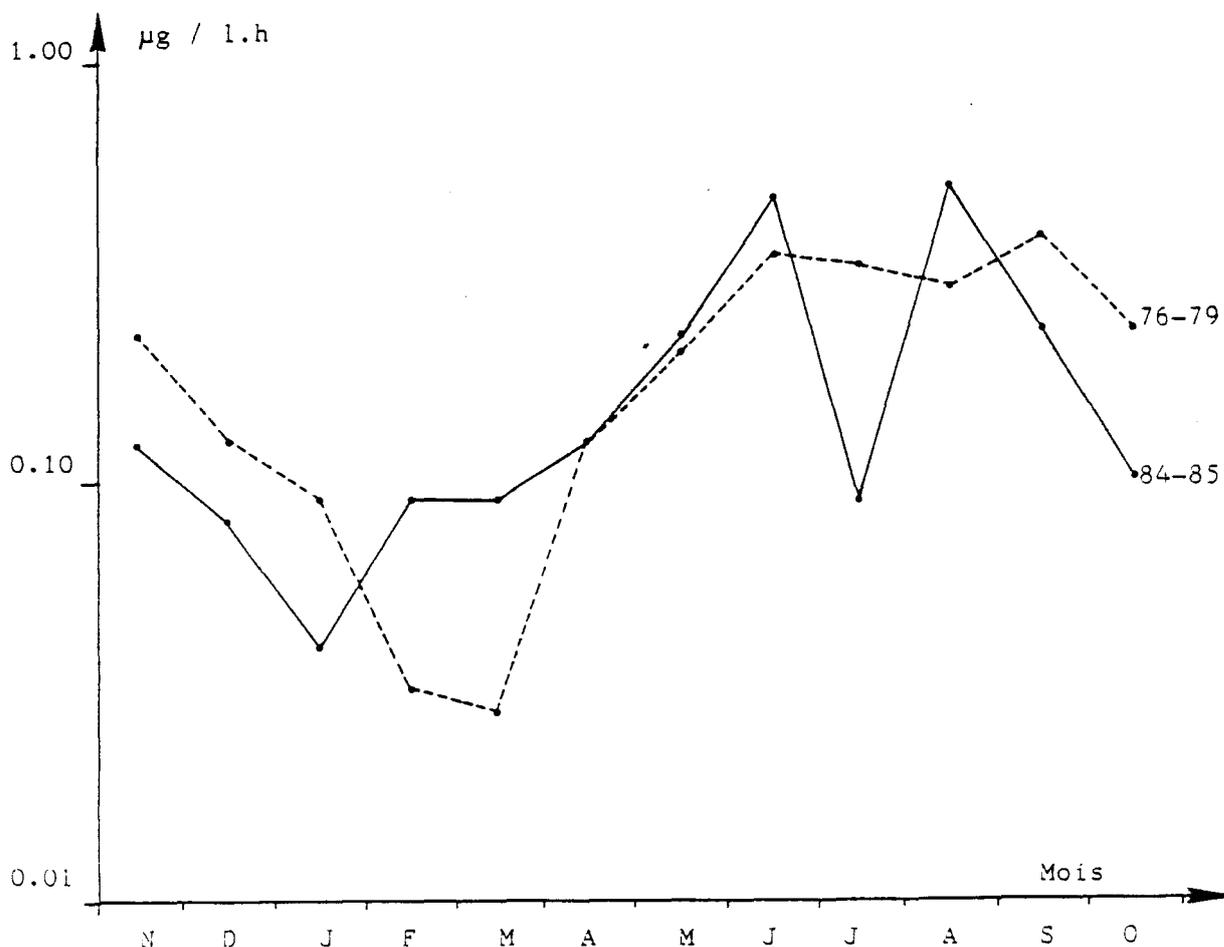
III.7. Activité bactérienne.

Fig. III.12

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

La vitesse maximale d'absorption du glucose (V_m) est sur l'année la même que celle de la période de référence. Les mois de février et mars sont marqués par des activités relativement élevées malgré les faibles températures observées.

Fig. III.13 : Activité hétérotrophe (V_m)

III.8. Relations entre paramètres.

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

Les relations les plus fortes relient la température aux nombres de vibrions halophiles et à la pollution fécale.

La température est liée à un degré moindre aux nombres de germes viables ; elle ne l'est pas avec la microflore totale.

Les variations du potentiel hétérotrophe sont en forte relation avec la microflore totale et, également à un degré moindre, avec les nombres de vibrions halophiles.

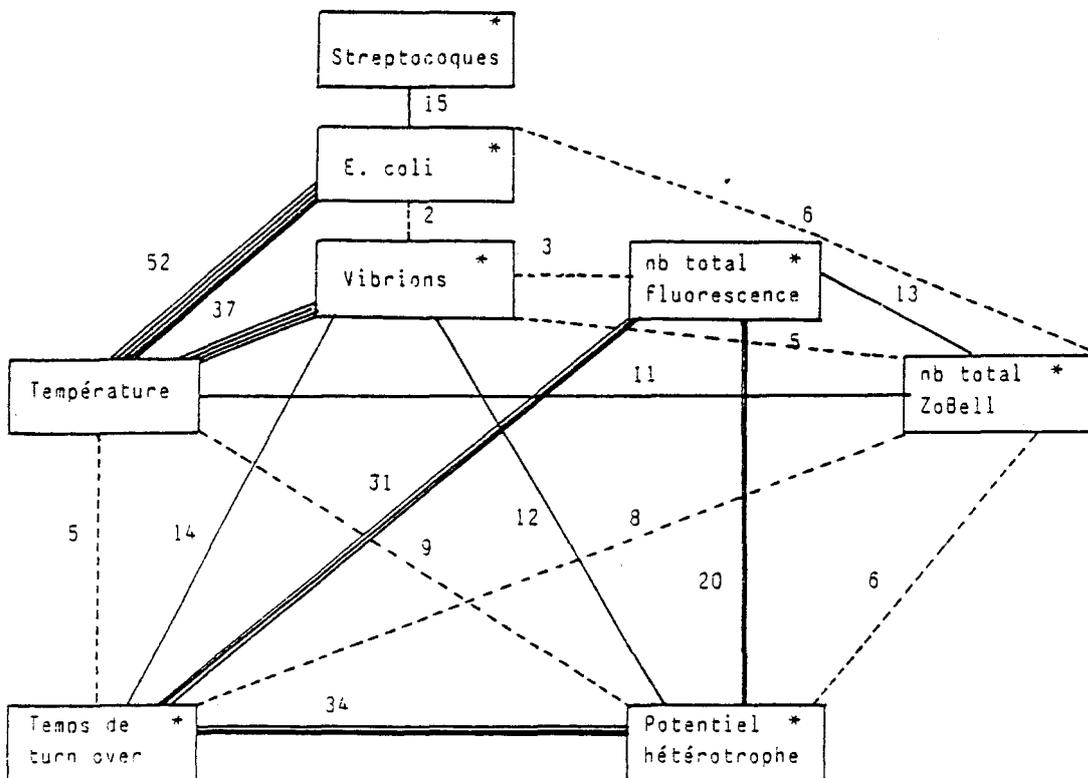


Fig. III.14

IV. PRISE D'EAU ET REJET.

Ces deux points sont suivis avec une fréquence beaucoup plus faible (bimestrielle) que celle du point digue ce qui, compte tenu de la variabilité des mesures, limite la validité des observations.

La température et le bromoforme permettent d'estimer à 1/4 la dilution de l'eau prélevée au point digue. Le bromoforme permet en outre d'estimer le taux de recyclage de l'eau de la centrale : il est d'environ 5 % pour les trois séries de mesures réalisées en période de chloration.

La microflore totale est deux fois plus élevée au rejet et au point digue qu'à la station "prise d'eau".

Les vibrions halophiles présentent une forte augmentation dès le point rejet (x 160 pour les cinq mesures réalisées). Les concentrations observées au point digue sont plus faibles qu'au rejet (4 fois sur 5). Il semble donc que le phénomène de multiplication ne se poursuive pas jusqu'au point digue, du moins pas suffisamment pour compenser la dilution.

V. CONCLUSION.

Les résultats acquis lors des études antérieures sont confirmés cette année au point digue :

- absence de chlore résiduel.
- présence de bromoforme en période de chloration. On note cette année un arrêt particulièrement court de la chloration (3 mois).
- absence de modifications importantes dans la microflore totale et dans son activité.
- les vibrions halophiles profitent de l'échauffement de l'eau en toutes saisons. Des valeurs 1000 fois plus élevées qu'en période de référence sont mesurées en mai, juin et juillet.

Dans les études précédentes, seul Vibrio alginolyticus était isolé. Par contre cette année Vibrio parahaemolyticus, vibrion potentiellement pathogène pour l'homme et les organismes aquatiques, a été mis en évidence à plusieurs reprises. L'apparition de ce germe constitue le fait le plus marquant de la période 1984-85 ; il devra être suivi tout particulièrement dans les études futures.

6) ANNEXES ET TABLEAUX

- a) Tableaux
- b) Figures correspondant aux données hebdomadaires
au point Digue

Date	Temp. (°C)	Nb total Fluo. (/ml)	Nb total ZoBell (/ml)	E. coli (/100ml)	Strepto. f. (/100ml)	Vibrions (/litre)	Potentiel hétérotrophe				CHBr ₃ (ug / l)
							Coeff. corr.	% Resp.	V _m (ug / l.h)	S ₀ (heure)	
1984											
29.10	16°2	8.9 10 ⁵	1.1 10 ⁴	23	< 3	150	0.91	12	0.15	149	8.0
07.11	14°9	5.1 10 ⁵	1.8 10 ⁴	9	15	93	0.93	15	0.15	130	5.3
14.11	16°7	4.7 10 ⁵	1.8 10 ⁴	4	4	93	0.89	20	0.16	301	4.8
22.11	15°0	6.1 10 ⁵	2.3 10 ⁴	93	460	150	1.00	3	0.04	371	3.2
27.11	14°5	5.1 10 ⁵	8.0 10 ⁴	23	93	28	0.89	23	0.21	511	2.3
04.12	12°9	4.6 10 ⁵	7.1 10 ⁴	9	23	71	0.89	24	0.03	98	1.5
12.12	13°7	3.5 10 ⁵	9.5 10 ⁴	15	< 3	43	0.98	19	0.12	117	2.3
19.12	12°7	5.7 10 ⁵	1.7 10 ⁴	93	43	43	0.98	17	0.06	373	0.8
27.12	13°3	4.9 10 ⁵	3.0 10 ⁴	9	4	20	0.89	19	0.15	256	1.1
1985											
08.01	06°0	6.0 10 ⁵	3.4 10 ⁴	43	43	43	0.88	23	0.01	316	< 0.2
10.01	10°0	6.5 10 ⁵	2.6 10 ⁴	240	75	210	0.92	32	0.13	86	< 0.2
17.01	05°4	4.4 10 ⁵	3.2 10 ⁴	23	15	39	0.88	21	0.01	450	< 0.2
21.01	06°0	4.7 10 ⁵	2.5 10 ⁴	43	240	160	0.87	26	0.12	218	< 0.2
01.02	10°0	4.5 10 ⁵	1.2 10 ⁴	460	460	93	0.88	20	0.04	398	< 0.2
08.02	08°8	5.4 10 ⁵	3.1 10 ⁴	23	4	93	0.86	25	0.20	133	< 0.2
15.02	01°2	7.4 10 ⁵	8.2 10 ⁴	23	240	43	1.00	23	0.14	480	< 0.2
19.02	04°0	6.7 10 ⁵	2.5 10 ⁴	43	23	240	0.97	18	0.08	50	< 0.2
01.03	03°8	4.1 10 ⁵	2.8 10 ⁴	23	7	9	0.94	17	0.01	304	< 0.2
04.03	06°4	4.4 10 ⁵	1.2 10 ⁴	93	4	21	0.99	16	0.09	96	< 0.2
12.03	09°7	6.2 10 ⁵	3.2 10 ⁴	43	9	15	0.88	43	0.09	11	< 0.2
19.03	08°2	9.1 10 ⁵	4.2 10 ⁴	23	23	7	0.89	29	0.15	22	< 0.2
25.03	09°0	1.2 10 ⁶	1.5 10 ⁵	23	4	240	0.95	27	0.53	42	< 0.2
03.04	09°9	1.3 10 ⁶	1.6 10 ⁵	15	4	7	0.90	22	1.04	20	0.4
09.04	13°1	1.2 10 ⁶	6.5 10 ⁴	4	4	43	0.95	7	0.55	9	< 0.2
16.04	12°3	1.3 10 ⁶	5.8 10 ⁴	43	23	1100	0.99	15	0.40	29	2.3
23.04	09°1	2.6 10 ⁶	1.1 10 ⁵	240	< 3	110	0.86	24	1.28	17	< 0.2
02.05	14°1	3.1 10 ⁶	3.2 10 ⁴	93	43	24 000	0.97	29	0.85	8	2.3
06.05	13°2	3.2 10 ⁶	3.5 10 ⁴	23	23	2400	0.93	26	0.38	10	3.8
14.05	14°2	1.6 10 ⁶	4.1 10 ⁴	3	93	9	0.86	-	0.06	15	5.3
21.05	14°6	1.6 10 ⁶	4.5 10 ⁴	7	9	43	0.78	-	0.04	238	10.1
30.05	13°0	1.5 10 ⁶	9.3 10 ³	23	9	2400	0.93	-	0.68	28	< 0.2
04.06	17°4	1.5 10 ⁶	2.2 10 ⁴	< 3	23	1100	0.92	-	0.89	60	3.8
12.06	15°6	1.5 10 ⁶	1.7 10 ⁴	9	4	2400	0.50	-	0.50	22	2.3
19.06	18°6	1.3 10 ⁶	3.4 10 ⁴	< 3	43	460	0.99	-	0.14	77	6.8
28.06	17°8	1.1 10 ⁶	5.4 10 ⁴	< 3	4	4600	0.91	-	0.85	30	6.4
03.07	18°8	4.6 10 ⁵	1.1 10 ⁴	< 3	< 3	4600	1.00	-	0.12	209	5.3
11.07	18°9	3.4 10 ⁵	1.5 10 ⁴	4	4	4600	0.66	-	0.95	45	5.0
16.07	19°4	1.0 10 ⁶	2.3 10 ⁴	< 3	3	24 000	0.53	-	0.11	174	11.7
25.07	19°2	6.3 10 ⁵	3.1 10 ⁴	43	< 3	24 000	0.97	-	0.01	13	2.8
29.07	20°0	5.5 10 ⁵	8.8 10 ³	4	4	12 000	0.87	-	0.04	355	4.4
05.08	19°9	6.4 10 ⁵	6.4 10 ⁴	75	15	46 000	0.84	-	0.52	16	-
12.08	17°6	4.7 10 ⁵	2.0 10 ⁴	< 3	< 3	24 000	0.94	-	0.63	11	2.5
19.08	20°6	5.3 10 ⁵	2.8 10 ⁴	4	< 3	1500	0.95	-	0.70	24	-
25.08	18°8	5.9 10 ⁵	1.6 10 ⁴	9	4	1100	0.99	-	0.30	51	7.9
02.09	19°8	7.1 10 ⁵	2.8 10 ⁴	< 3	< 3	4600	0.92	-	0.14	49	7.8
09.09	18°5	6.1 10 ⁵	4.1 10 ⁴	< 3	4	1100	0.88	-	0.18	127	5.6
16.09	19°3	7.8 10 ⁵	4.8 10 ⁴	240	< 3	24 000	0.88	18	0.29	14	5.0
23.09	20°1	6.7 10 ⁵	1.3 10 ⁴	< 3	43	460	1.00	6	0.14	117	7.2
30.09	19°8	7.0 10 ⁵	1.6 10 ⁴	4	< 3	4600	0.37	19	0.58	85	3.9
10.10	19°8	5.7 10 ⁵	2.4 10 ⁴	9	43	21	0.86	15	0.14	109	4.4
14.10	19°8	5.0 10 ⁵	1.1 10 ⁴	4	4	75	0.97	10	0.15	160	10.6
23.10	13°5	4.4 10 ⁵	2.7 10 ⁴	< 3	15	210	0.53	12	0.08	283	1.1

Tabl. III-1

Résultats des mesures hebdomadaires au point Digue

Date	Temp. (°C)	Nb total Fluo. (/ml)	Nb total ZoBell (/ml)	E. coli (/100ml)	Strepto. f. (/100ml)	Vibrions (/litre)	Potentiel hétérotrophe				CIBr ₃ (ug / l)
							Coeff. corr.	% Resp.	Vm (ug / l.h)	Bo (heure)	
1985											
Canal d'amenée											
21.01	03°0	3.5 10 ⁵	1.9 10 ⁴	43	23	23	0.98	18	0.03	203	0.2
04.03	03°8	1.2 10 ⁵	8.3 10 ³	7	< 3	4	0.79	15	0.01	698	0.2
03.07	16°8	4.0 10 ⁵	1.7 10 ⁴	< 3	4	20	0.99	-	0.22	10	0.8
12.08	17°5	1.6 10 ⁵	1.1.10 ⁴	< 3	< 3	75	0.90	-	0.08	49	0.8
16.09	16°9	4.7 10 ⁵	2.7 10 ⁴	21	23	460	0.55	25	1.19	24	1.1
Canal de rejet											
21.01	13°5	6.6 10 ⁵	2.1 10 ⁴	43	43	1100	0.97	18	0.05	89	0.2
04.03	14°2	4.1 10 ⁵	8.5 10 ³	93	9	21	0.97	19	0.02	- 276	0.2
03.07	23°8	6.2 10 ⁵	1.1 10 ⁵	4	4	460 000	0.74	-	0.48	110	16.1
12.08	24°7	2.9 10 ⁵	1.1 10 ⁴	< 3	< 3	240 000	0.61	-	- 0.02	1904	18.9
16.09	26°4	6.8 10 ⁵	3.1 10 ⁴	< 3	93	2800	0.97	27	0.15	225	22.8

Tabl. III-2

Résultats des mesures au Canal d'amenée et au canal de rejet

	Temp. (°C)	E.coli (/100ml)	Bo (heure)	V _m (µg/l.h)	Vibrions (/litre)	ZoBell (/ml)	Fluo. (/ml)
Température	1.000	0.516	0.221	0.301	0.605	0.344	0.003
E.coli		1.000	0.377	0.152	0.135	0.252	0.075
Temps de turn over (Bo)			1.000	0.582	0.376	0.282	0.560
V _m				1.000	0.350	0.237	0.448
Vibrions					1.000	0.215	0.176
ZoBell						1.000	0.362
Fluorescence							1.000

(valeurs log sauf température)

Tabl. III-3 Coefficients de corrélation entre paramètres

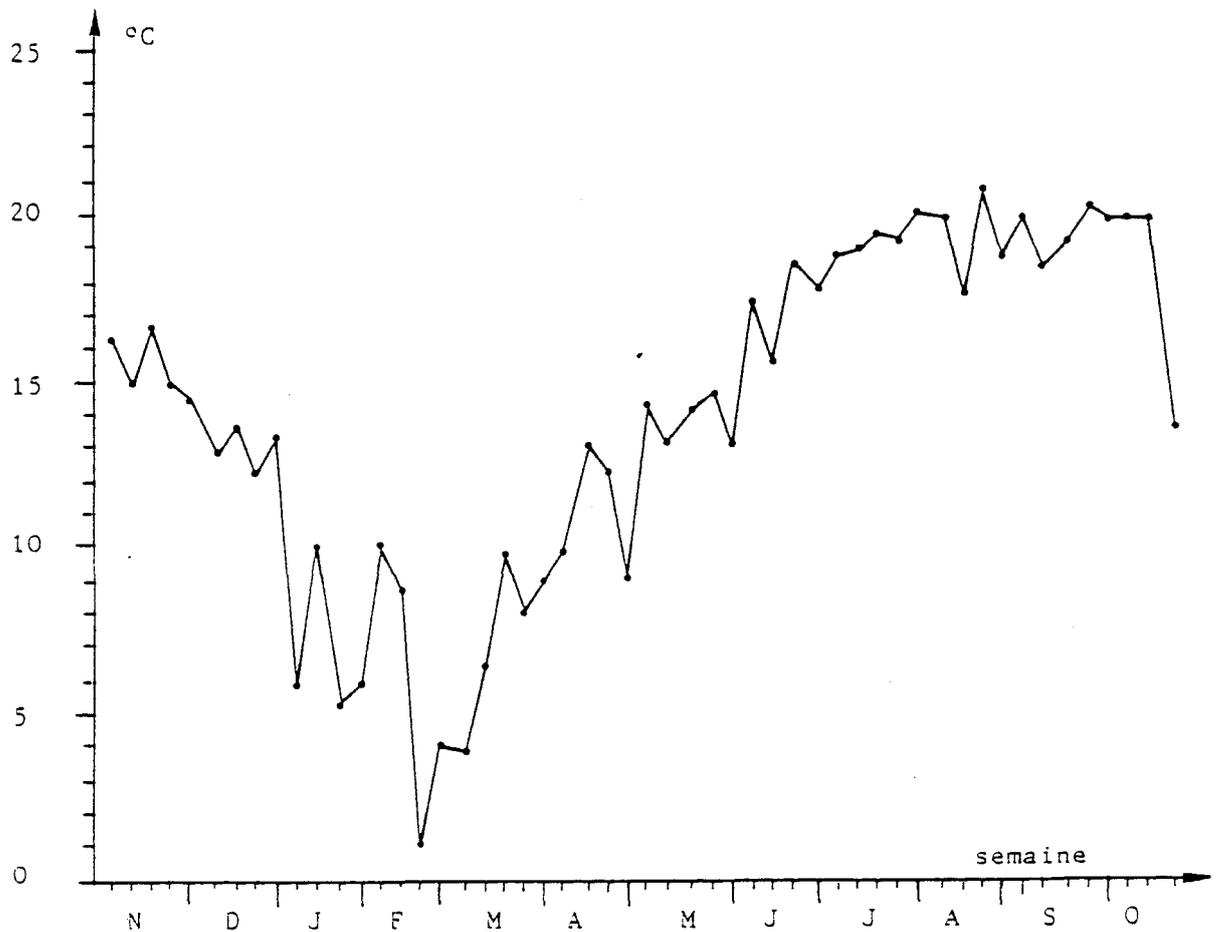


Fig. III.15 : Température de l'eau de mer

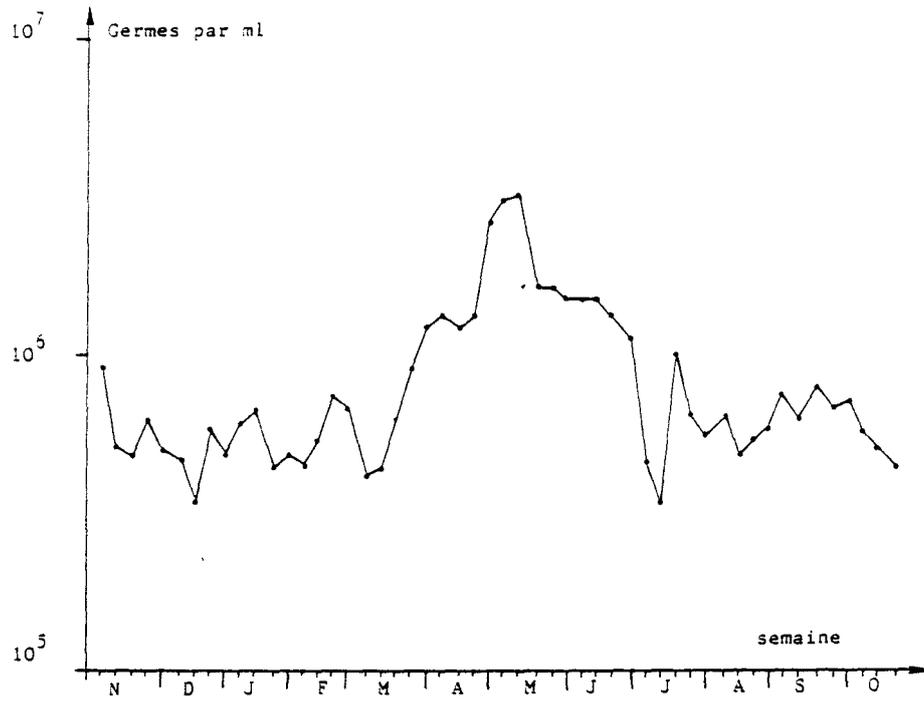


Fig. III.16 : Dénombrement des germes totaux en épifluorescence

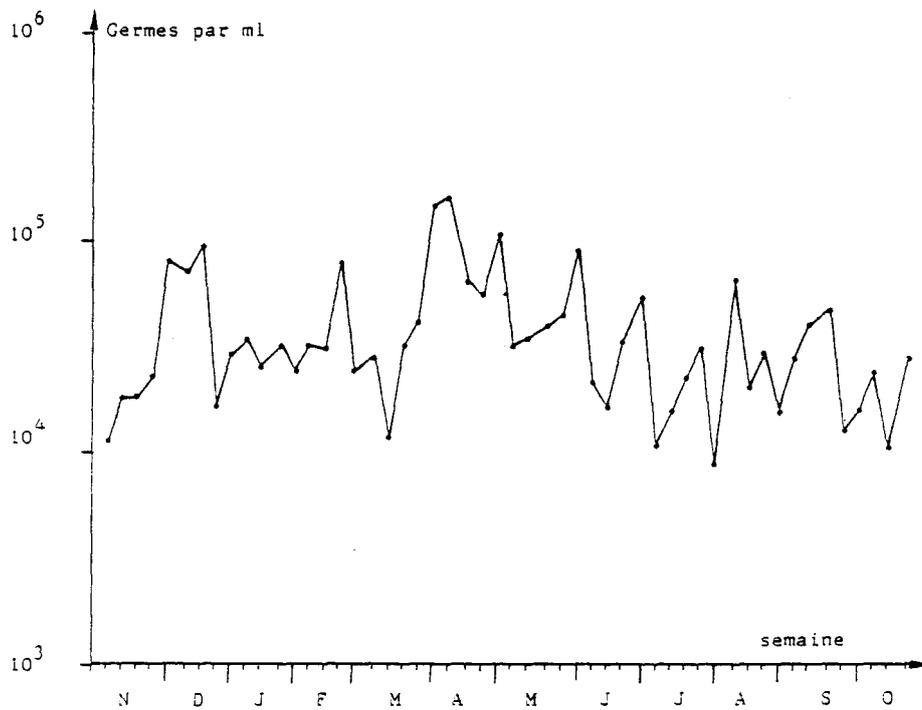
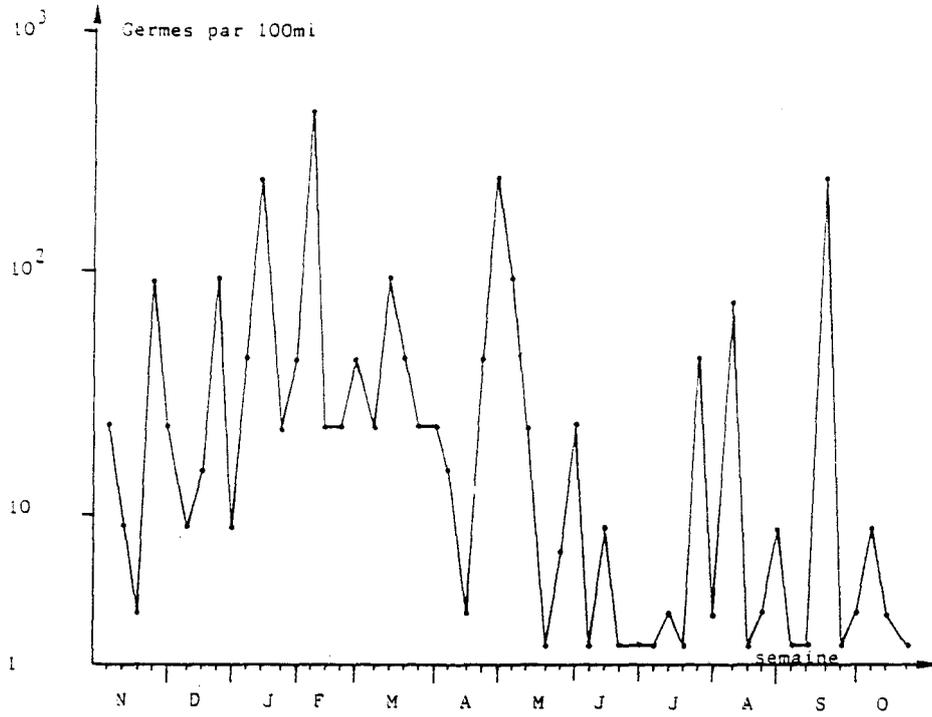


Fig. III.17 : Dénombrement des germes aérobies viables sur gélose 2216E de ZoBell



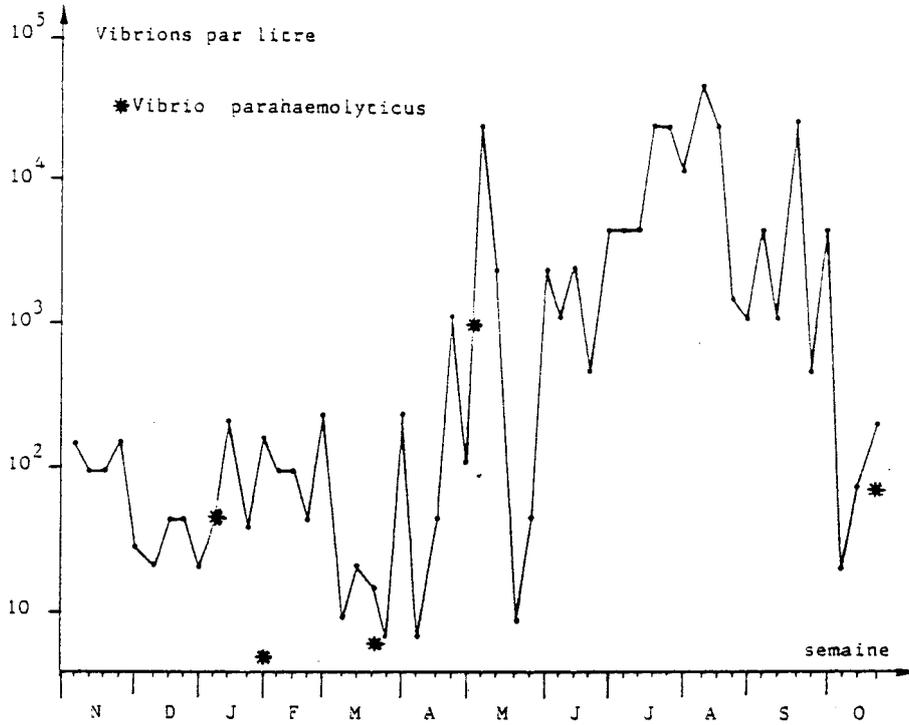


Fig. III.20 : Dénombrement des Vibrions halophiles

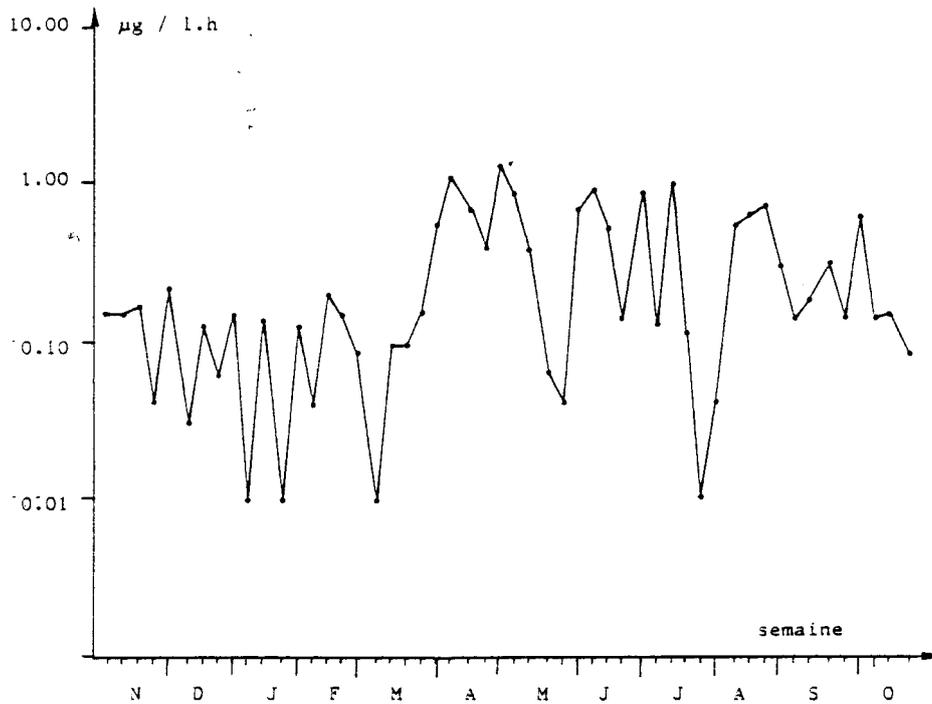


Fig. III.21 : Activité hétérotrophe

Fig. III-22

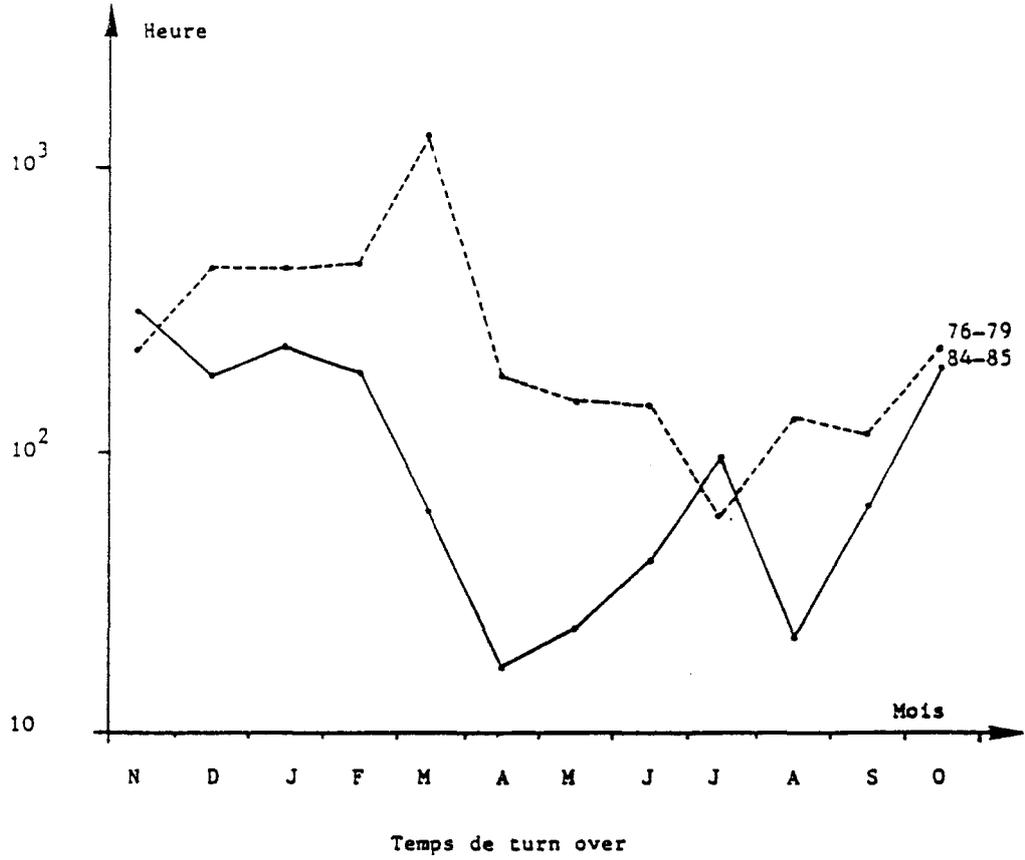
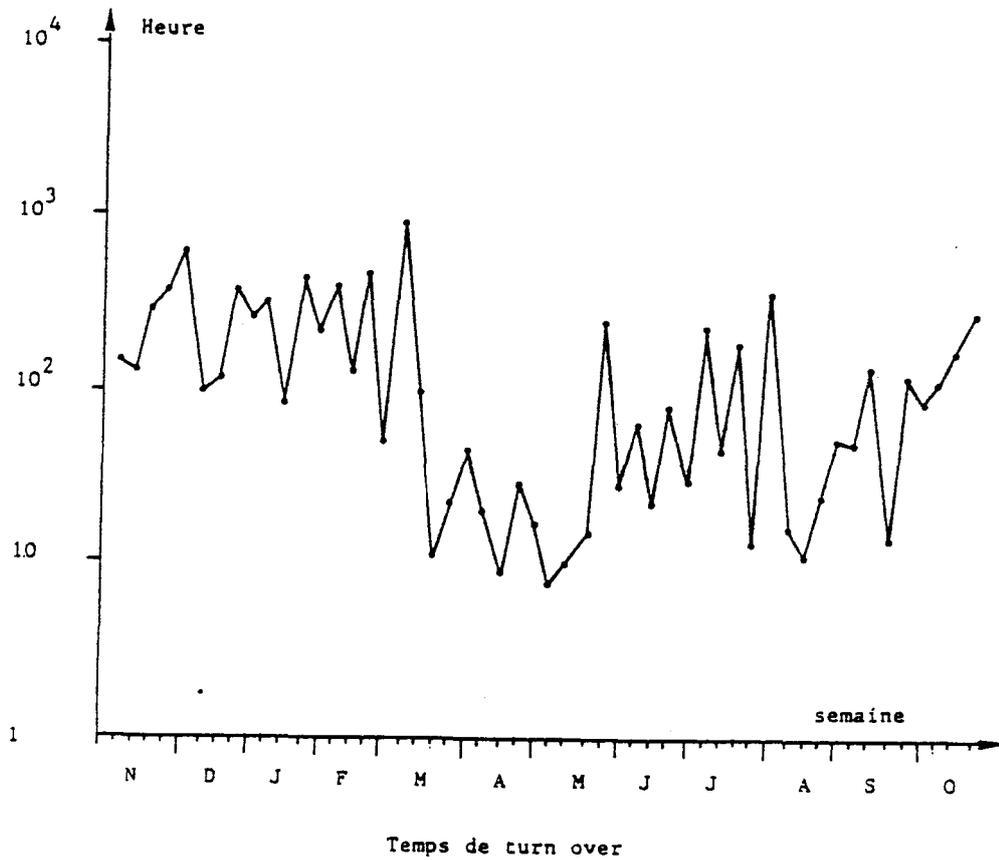


Fig. III-23



CHAPITRE IV

PHYTOPLANCTON

Hubert GROSSEL

I. PIGMENTS PHOTOSYNTHETIQUES.

I.1. Cycle annuel (fig. IV.1, IV.2).

La fin de l'année 1984 montre dès novembre des caractéristiques phytoplanctoniques hivernales bien établies, malgré la douceur des températures de l'eau. Des faibles teneurs en chlorophylle y correspondent (1.54 mg/m³ en novembre ; 1.94 mg/m³ en décembre). La reprise de l'échantillonnage s'effectue le 13 mars, en plein bloom phytoplanctonique, avec des teneurs moyennes de 13 mg/m³ (pic à 18 mg/m³ au point médian - 5 m). Des observations effectuées en février devant Boulogne-sur-Mer nous permettent de penser que le microplancton s'est multiplié dès ce mois pourtant froid mais grâce à de longues périodes ensoleillées bénéfiques au plancton végétal.

Après le pic printanier enregistré en mars, les observations successives montrent des teneurs en pigments régulièrement décroissantes (en avril, mai, juin et juillet les teneurs moyennes sont respectivement de 12.1 ; 7.6 ; 6.8 et 3.1 mg/m³). La période de pauvreté phytoplanctonique classiquement observée en juin l'a donc été, en 1985, en juillet. Cette remarque concerne la seule biomasse phytoplanctonique car les espèces ne semblent pas avoir présenté un tel décalage (cf. page 65). Les campagnes de fin d'été et de début d'automne correspondent à un regain de production médiocre en biomasse chlorophyllienne, mais très ressenti quant aux nombres d'espèces et d'individus présents. Si l'on compare l'année 1985 aux deux années précédentes, la caractéristique de ce cycle d'étude réside dans la durée du pic printanier (lente décroissance de mars à juillet).

I.2. Gradient côte-large et impact de la centrale.

Comme lors des années précédentes, on constate 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 des eaux de moindre teneur de l'avant-port vers le site, mais à cet effet de transfert s'ajoute, particulièrement lorsqu'il y a chloration, un effet destructeur provenant du transit dans les circuits de refroidissement de la centrale. En 1984, la stratégie d'échantillonnage nous permettait de considérer le point médian, généralement non impacté, comme une référence satisfaisante de ce qu'aurait pu être le point côtier s'il n'avait pas été impacté. Un calcul pouvait être fait avec cette référence pour estimer le déficit en biomasse apporté par le rejet sur le site. Cette année, avec la modification méthodologique présentée page II.1, le point médian se trouve en général impacté. Nous avons donc choisi nos références en biomasse chlorophyllienne présente sur le site côtier par la sélection des niveaux lorsqu'ils ne sont pas impactés thermiquement aux points côtier et médian (cf. tableau IV.1). Leur moyenne fournit la référence "site" en teneur en chlorophylle.

Les données de chlorophylle et de phaeopigments ont été recueillies, mesurées et calculées par N. DEGROS et M.A. JANQUIN. Elles figurent au chapitre phytoplancton par souci de cohérence scientifique.

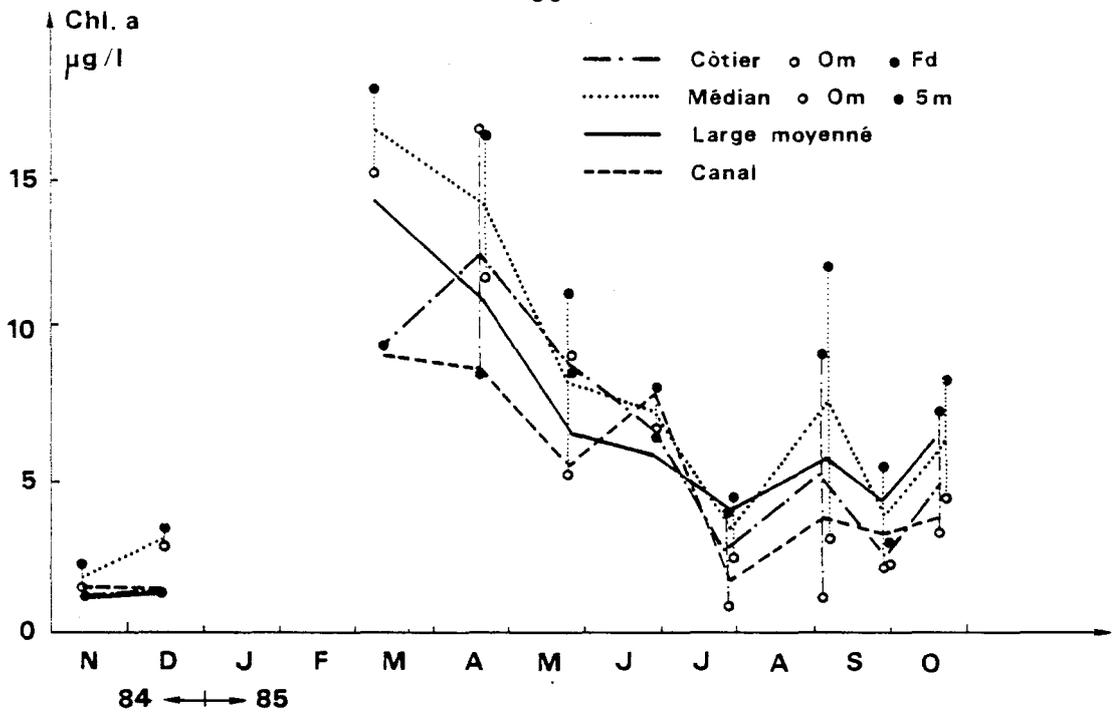


Fig. IV.1 : VARIATIONS DES TENEURS EN CHLOROPHYLLE a
AUX DIFFERENTES STATIONS

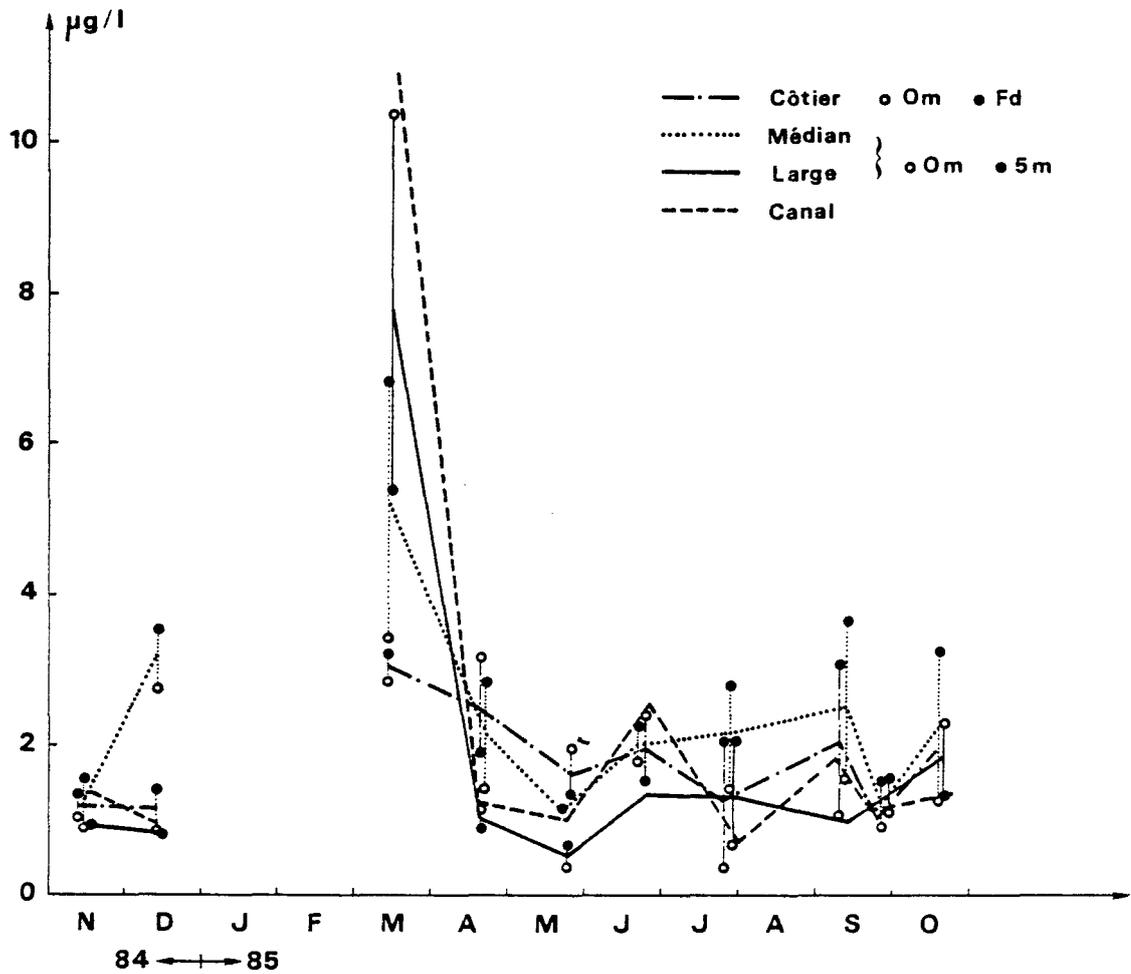


Fig. IV.2 : VARIATIONS DES TENEURS EN PHEOPIGMENTS
AUX DIFFERENTES STATIONS

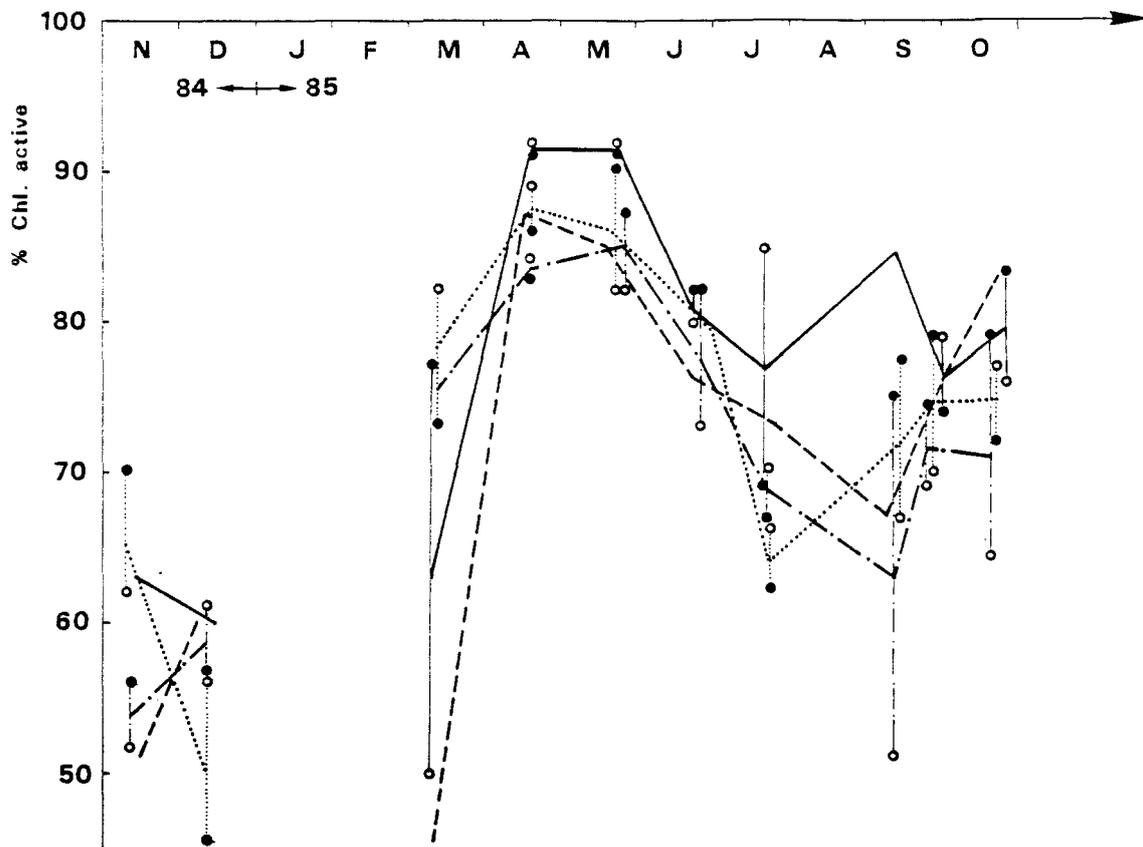


Fig. IV.3 : VARIATIONS DU POURCENTAGE EN CHLOROPHYLLE ACTIVE
AUX DIFFERENTES STATIONS

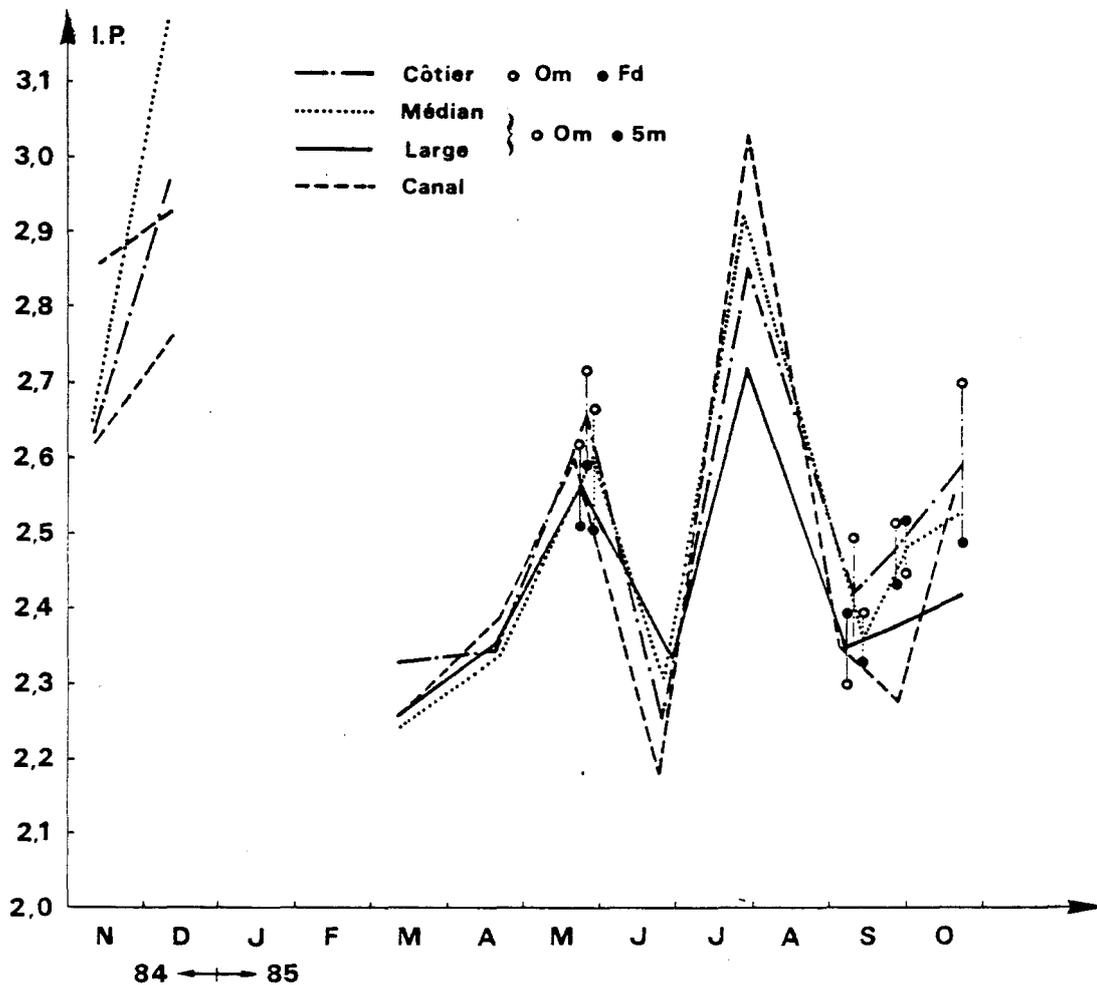


Fig. IV.4 : VARIATIONS DE L'INDICE DE DIVERSITE PIGMENTAIRE
AUX DIFFERENTES STATIONS

date	station et niveaux
14.11.84	médian - 5 m
13.12.84	côte fond médian 0 m médian - 5 m
13.03.85	médian - 5 m
19.04.85	médian - 5 m
23.05.85	médian - 5 m
25.06.85	médian - 5 m
24.07.85	côte fond médian - 5 m
10.09.85	médian - 5 m
24.09.85	médian - 5 m
18.10.85	côte fond médian - 5 m

Tableau IV.1 : Référence en teneurs en chlorophylle au "site".

Le tableau IV.2 rassemble les données permettant l'estimation de l'impact.

Présentation du tableau IV.2.

Les colonnes (1), (2) et (3) concernent le fonctionnement de la centrale lors des prélèvements. Le Δt théorique résultant (colonne 3) est calculé par l'équation présentée dans le rapport de surveillance du cycle 1984 :

$$\Delta t \text{ } ^\circ\text{C} = 0.48 \times \frac{P}{D}$$

P = puissance électrique nette.
D = débit total = somme des débits des pompes en fonctionnement.

$$\Delta t \text{ } ^\circ\text{C} = K \times \frac{P}{D}$$

K = 0.48 est supposé constant.

Comparée au Δt observé au point côtier (colonne 4), cette donnée théorique permet de connaître la dilution des eaux du rejet par les eaux du site lors du prélèvement (colonne 5), en négligeant les échanges avec l'atmosphère.

Les colonnes suivantes (6 à 13) concernent les teneurs en chlorophylle et les calculs de déficit.

		Nbre de tranches sou- mises à l'électro- chloration	Débit total (m ³ /sec)	Δt théorique °C	Δt observé côte 0 m - canal	Dilution * théorique	Canal observé (mg/m ³)	Côte 0m observé (mg/m ³)	Site observé ** (mg/m ³)	Déficit côte / site (mg/m ³)	% de déficit / site	Côte théorique avec effet de transfert seul (mg/m ³)	Déficit théorique dû au transfert (%)	Déficit théorique dû au transit (%)	
Colonnes		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	
Campagnes	Date	N°													
	14.11.84	1	3	220	9.4	9.3	1%	1.40	1.09	2.2	- 1.08	-50%	1.41	-36%	-14%
	18.12.84	2	3	220	8.9	6.7	25%	1.44	1.41	2.7	- 1.30	-48%	1.76	-35%	-13%
	13.03.85	3	0	220	9.9	9.4	5%	9.07	9.12	18	- 8.88	-49%	9.52	-47%	- 2%
	19.04.85	4	2	220	7.3	9.4	* 0%	8.75	16.59	16.7	- 0.10	0%	-	-	-
	23.05.85	5	5	220	8.3	5.6	33%	5.65	9.18	11	- 1.82	-17%	-	-	-
	25.06.85	6	4	200	6.7	5.1	24%	7.87	6.44	8.2	- 1.72	-21%	7.94	- 3%	-18%
	24.07.85	7	5	200	8.3	8.9	* 0%	1.82	0.90	4.3	- 3.36	-79%	1.82	-58%	-21%
	10.09.85	8	4	200	10.3	9.7	6%	3.75	1.19	12.2	-10.96	-90%	4.26	-65%	-25%
	24.09.85	9	4	200	10.4	8.5	19%	3.31	2.44	5.5	- 3.03	-55%	3.72	-32%	-23%
	18.10.85	10	6	240	10.2	8.5	16%	3.72	3.24	7.9	- 4.66	-59%	4.38	-45%	-14%

* 0 % = les résultats théoriques inférieurs à 0 % (dilutions négatives) sont ramenés à 0 %

** Site observé = moyenne des échantillons détaillés en tableau IV.1.

Tableau IV.2 : Gravelines 1985. Impact sur les teneurs en chlorophylle.

Résultats et commentaires

On remarque en premier lieu que seule la campagne n° 3 échappe à la chloration. La campagne n° 4 présente un fonctionnement de l'électrochloration alors que l'eau n'atteint pas encore 10°C. D'autre part, le débit est sensiblement constant tout au long de l'année (de 200 à 240 m³/sec). Le Δt théorique est compris entre 6.7 et 10.4°C. Le Δt observé ne montre que deux valeurs supérieures au Δt théorique (campagne 4 surtout, et campagne 7) signifiant que le prélèvement a sans doute été effectué dans une hétérogénéité thermique de l'eau du rejet.

La dilution calculée de l'eau du rejet par l'eau du site nous permet de distinguer trois catégories de prélèvement au point côtier en surface :

	% dilution	
- dilution nulle ou faible :	campagne 1 :	1 %
	3 :	5 %
	4 :	0 %
	7 :	0 %
	8 :	6 %
- dilution proche de 20 % :	campagne 2 :	25 %
	6 :	24 %
	9 :	19 %
	10 :	16 %
- dilution > 30 % :	campagne 5 :	33 %

Parmi ces 10 campagnes, deux sont exclues des interprétations suivantes :

- la campagne 5 montre que la dilution importante au rejet empêche l'estimation d'un possible impact de manière significative. Elle semble témoigner cependant d'une chose : la dilution du rejet par les eaux du site supprime rapidement la possibilité d'estimer l'impact.
- la campagne 4, dont le rejet n'est pas dilué, présente au point côtier une forte teneur en chlorophylle soit douteuse, soit inexplicable qui exclut toute interprétation sérieuse.

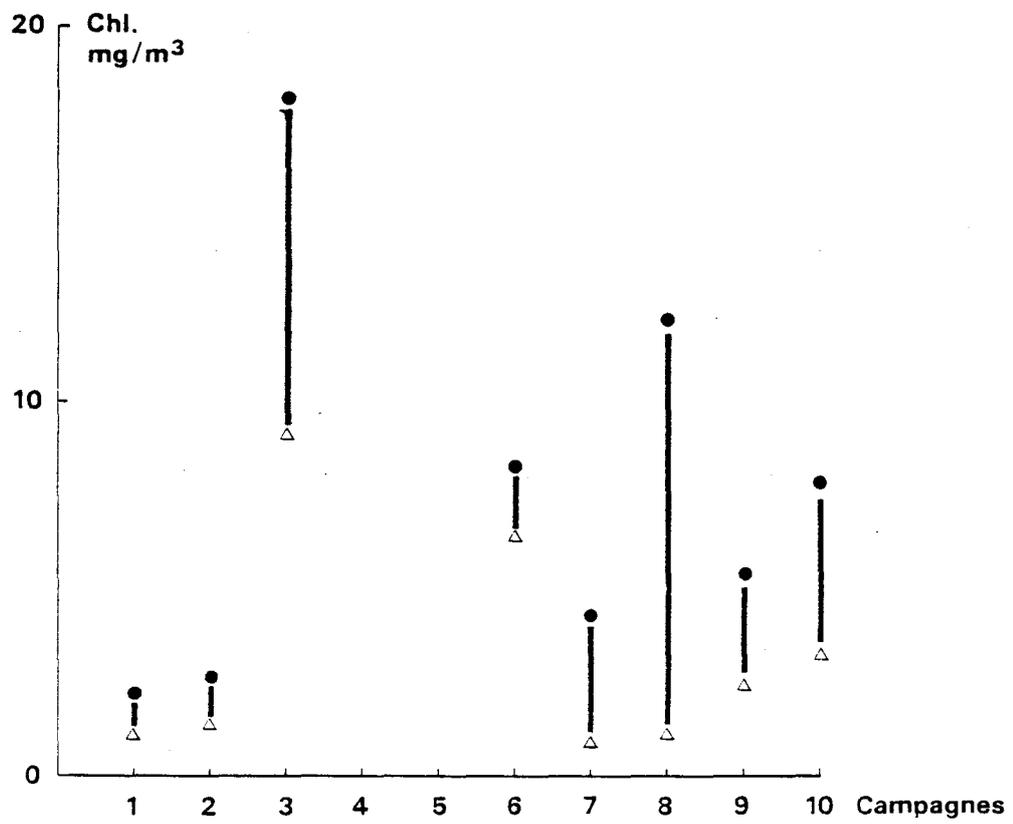
a) Déficit en biomasse par rapport au site (colonne 9, fig. IV.5).

Le déficit moyen en chlorophylle pour toutes les campagnes est de 4.4 mg/m³. Ce déficit est permanent au rejet, avec un minimum de 1.08 mg/m³ en novembre lors du minimum observé en teneur en chlorophylle sur le site, et avec un maximum de 10.96 mg/m³ lors du pic automnal (10 septembre).

b) Pourcentage de déficit par rapport au site (colonne 10).

La moyenne de ce déficit est de 56 %, avec un maximum remarquable enregistré le 10 septembre, qui est de 90 %. Ces 56 % de déficit en chlorophylle au rejet par rapport au site côtier résument l'impact de la centrale sur la biomasse phytoplanctonique.

Fig. IV.5 : DEFICIT EN BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE

COTE 0m (Δ) - SITE (\bullet)

c) Estimation du déficit dû à la chloration.

Le calcul des dilutions au rejet et la connaissance des teneurs en chlorophylle à l'entrée de la centrale (colonne 6) et sur le site (colonne 8) permettent d'estimer ce que serait théoriquement (colonne 11) la teneur en chlorophylle des eaux du point côtier s'il n'y avait pas destruction lors du transit dans la centrale. Ce calcul fait donc intervenir le seul effet de transfert. A partir de cette teneur théorique, la comparaison avec la teneur observée sur le site fournit un pourcentage de déficit théorique dû au transfert sans destruction dans la centrale (colonne 12).

La différence entre ce déficit théorique, calculé par les dilutions, et le déficit réel observé donne le déficit théorique dû au transit dans la centrale (colonne 13).

En ce qui concerne la campagne 3, seule hors-chloration, ce déficit résultant du transit apparaît quasiment nul (- 2 %) : le déficit observé sur le site n'est donc dû qu'à l'effet de transfert en cette occasion.

Pour les campagnes avec chloration, le déficit dû à l'effet de transit (= effet dû à la chloration) varie de 13 % à 25 %, avec une moyenne de 18 %.

Toutes ces remarques prennent en compte des pourcentages de déficit calculés à partir de données considérées comme références. Ainsi, on ne tient pas compte dans ces calculs de l'hétérogénéité de la masse d'eau qui entraîne une incertitude constante sur l'identité réelle de la masse d'eau échantillonnée au rejet et par rapport à celle échantillonnée au canal d'amenée, un moment auparavant. De même, la référence du "site", qui permet d'établir un déficit par rapport au site côtier, est issue de trois mesures au maximum, et souvent d'une seule mesure à partir d'un milieu bien connu pour son hétérogénéité spatio-temporelle importante.

Ces réflexions nous obligent à nuancer l'estimation quantitative des déficits calculés pour chaque campagne. Il semble bien néanmoins que la succession des campagnes, voire même des cycles d'études, permet d'avoir avec l'apport des données une estimation plus fine (et statistiquement plus fiable) de l'impact réel.

Si, pour les deux années 1984 et 1985, on ne prend en compte que les prélèvements ayant montré une faible dilution au rejet (sélectionnée à 20 % au maximum), on s'appuie alors sur 12 campagnes dont 4 hors-chloration qui fournissent les données suivantes :

	Hors-chloration	Chloration
% de déficit en chlorophylle/site	- 56 %	- 62 %
% de déficit théorique dû au transit	- 8 %	- 23 %

I.3. Pourcentage de chlorophylle active (figure IV.3).

Le pic de ses variations naturelles est enregistré en avril et en mai 1985. Bien que les trois dernières campagnes semblent indiquer un possible impact du transit par une baisse de ce pourcentage au point côtier, la comparaison avec d'autres campagnes où l'impact thermique était fort (n° 7 en particulier) nous oblige à considérer avec précaution l'interprétation de ce paramètre et sa fiabilité.

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 biologique de l'eau et donc, le cas échéant, un indicateur d'impact sur le milieu marin. Quatre séries de prélèvements ont été analysées par incubation en lumière artificielle en présence de carbone marqué : 23 mai, 25 juin, 24 juillet et 24 septembre 1985.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau IV.3.

P = mg C/m ³ .h.	23 mai 1985		25 juin 1985		24 juillet 1985		24 septembre 1985	
	P	P/B	P	P/B	P	P/B	P	P/B
P/B = P/Chl (mg/m ³)								
Canal	28.4	5.03	26.3	3.34	6.0	3.30	17.1	5.17
Côte 0 m	37.4	4.07	20.0	3.11	0.8	0.89	3.4	1.39
Côte fond	21.7	2.51	26.6	3.84	15.0	3.68	12.2	3.91
Médian 0 m	27.5	5.27	19.7	2.97	14.6	5.51	14.8	6.70
Large 0 m	18.1	3.89	1	3.15	13.4	3.91	30.1	6.70
Dilution au rejet (côte 0 m)	33 %		24 %		0 %		19 %	

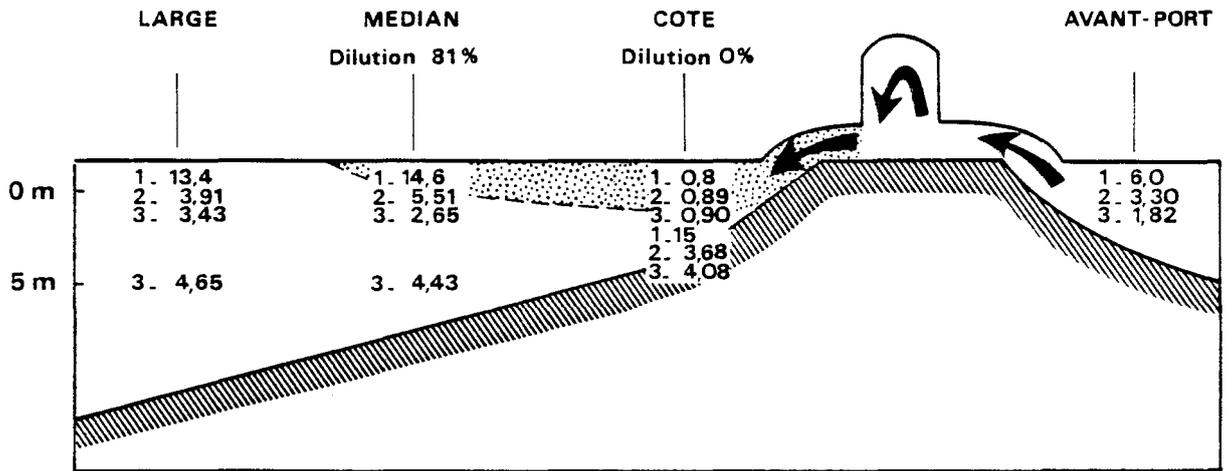
Tableau IV.3 : Gravelines 1985. Production primaire.

On se rend compte que les deux premières séries d'incubations se sont faites avec un point côtier dilué à 33 % et à 24 %, ce qui se traduit au niveau des résultats par une diminution sensible de l'impact au niveau du rejet. Le 23 mai, le point côtier au fond révèle cependant une baisse de 50 % de la productivité (rapport Production/Biomasse chlorophyllienne) au rejet par rapport à l'eau entrante.

Les campagnes du 24 juillet (fig. IV.6) et du 24 septembre (fig. IV.7) permettent de se faire une meilleure idée de l'impact en période de chloration.

PRODUCTIVITE PRIMAIRE

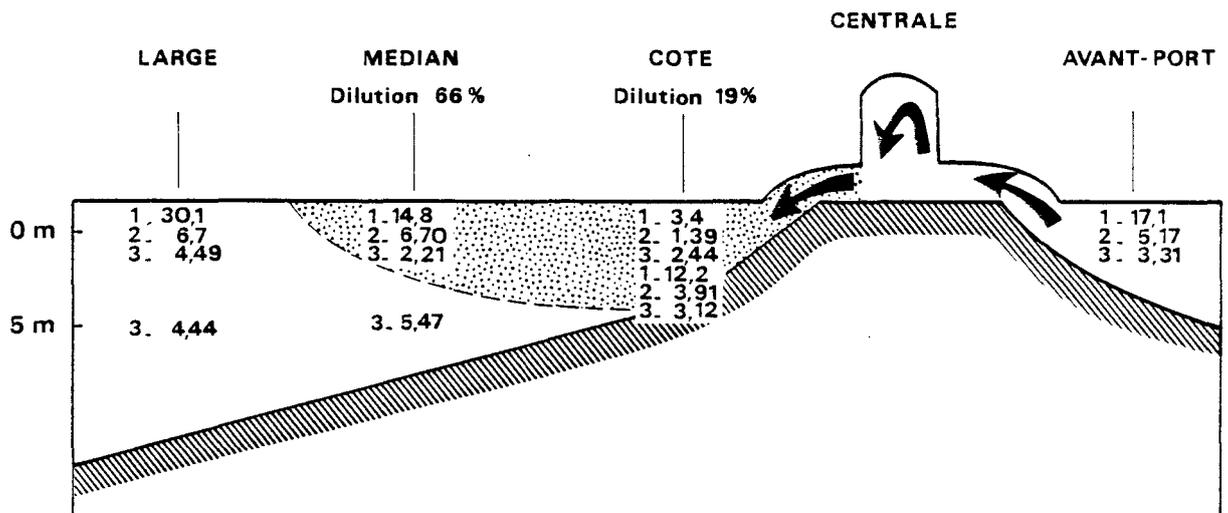
FIG. IV.6 : 24.07.85



CHLORATION : IMPACT THERMIQUE, AVEC DEFICIT EN CHLOROPHYLLE ET EN PRODUCTION

- 1. Production mg C/m³/h
- 2. Production / Biomasse
- 3. (Chlorophylle) mg/m³

FIG. IV.7 : 24.09.85



CHLORATION : IMPACT THERMIQUE, AVEC DEFICIT EN CHLOROPHYLLE ET EN PRODUCTION

a) 24 juillet 1985 :

La dilution constatée au rejet est pratiquement nulle. La stratification thermique est nettement ressentie au point côtier, où les eaux de surface présentent un déficit en production de 87 % par rapport à l'eau du canal d'amenée, et de 95 % par rapport à l'eau du site. La productivité de l'eau (rapport P/B) significative de l'état physiologique des cellules présentes, subit un déficit de 73 % par rapport à l'eau entrante, et de 81 % par rapport au site. Les observations au point médian (impact thermique de 1.7°C) montrent que les teneurs observées de la chlorophylle en surface sont inférieures à celles que le calcul de dilution ne le laisse prévoir, mais par contre que la productivité est excellente (P/B = 5.51, plus forte valeur enregistrée sur le site).

b) 24 septembre 1985 :

La dilution au rejet avoisine 20 %. L'impact thermique est ressenti, au point côtier, sur toute la colonne d'eau. La production montre un déficit au rejet voisin de 80 % par rapport à l'entrée de la centrale et au site. La productivité (P/B) y est inférieure d'environ 75 %. Là encore, le point médian, impacté de 3.6°C, présente des teneurs en chlorophylle inférieures à celles prévues par le calcul de dilution. Cette chlorophylle est très productive (P/B = 6.7).

III. ETUDE SYSTEMATIQUE DU PHYTOPLANCTON.

III.1. Variations quantitatives du microplancton et de Phaeocystis.

La figure IV.8 permet d'établir le lien entre l'évolution des teneurs en chlorophylle et les densités cellulaires. En particulier, la lente diminution du pic chlorophyllien printanier, notée page 55, se comprend par le décalage du pic microplanctonique en mars (le microplancton forme alors l'essentiel de la biomasse pigmentaire avec 1244 cellules/cm³), et du pic de Phaeocystis enregistré en avril, puis en mai de façon moins intense (Phaeocystis forme alors l'essentiel de la biomasse pigmentaire). Au mois de juillet correspondent des densités microplanctoniques de type hivernal (139 cell/cm³). Septembre et octobre donnent le pic annuel en densité de microplanctontes. Cette forte densité (4000 cellules/cm³), largement dominée par une espèce de cellules de petite taille (Chaetoceros sociale), ne fournit pas de pic chlorophyllien d'ampleur comparable au pic printanier.

La comparaison des valeurs observées au point côtier situé dans le rejet, avec celles observées sur le site (selon sa définition du tableau IV.1) permet de constater un déficit constant au rejet de la centrale sans qu'il soit possible, au vue de l'échantillonnage, de faire la part des effets du transfert des eaux appauvries de l'avant-port de l'effet de transit dans les circuits de la centrale. Le tableau IV.4 retrace l'évolution des masses d'eau dans le sens canal d'amenée - rejet - site, en ce qui concerne les dénombrements microplanctoniques et de Phaeocystis.

FIG IV.8 : DENSITES MICROPLANCTONIQUE ET EN *Phaeocystis*Noter la différence d'échelle : [*Phaeocystis*] = [microplancton] × 10

Moyenne des stations

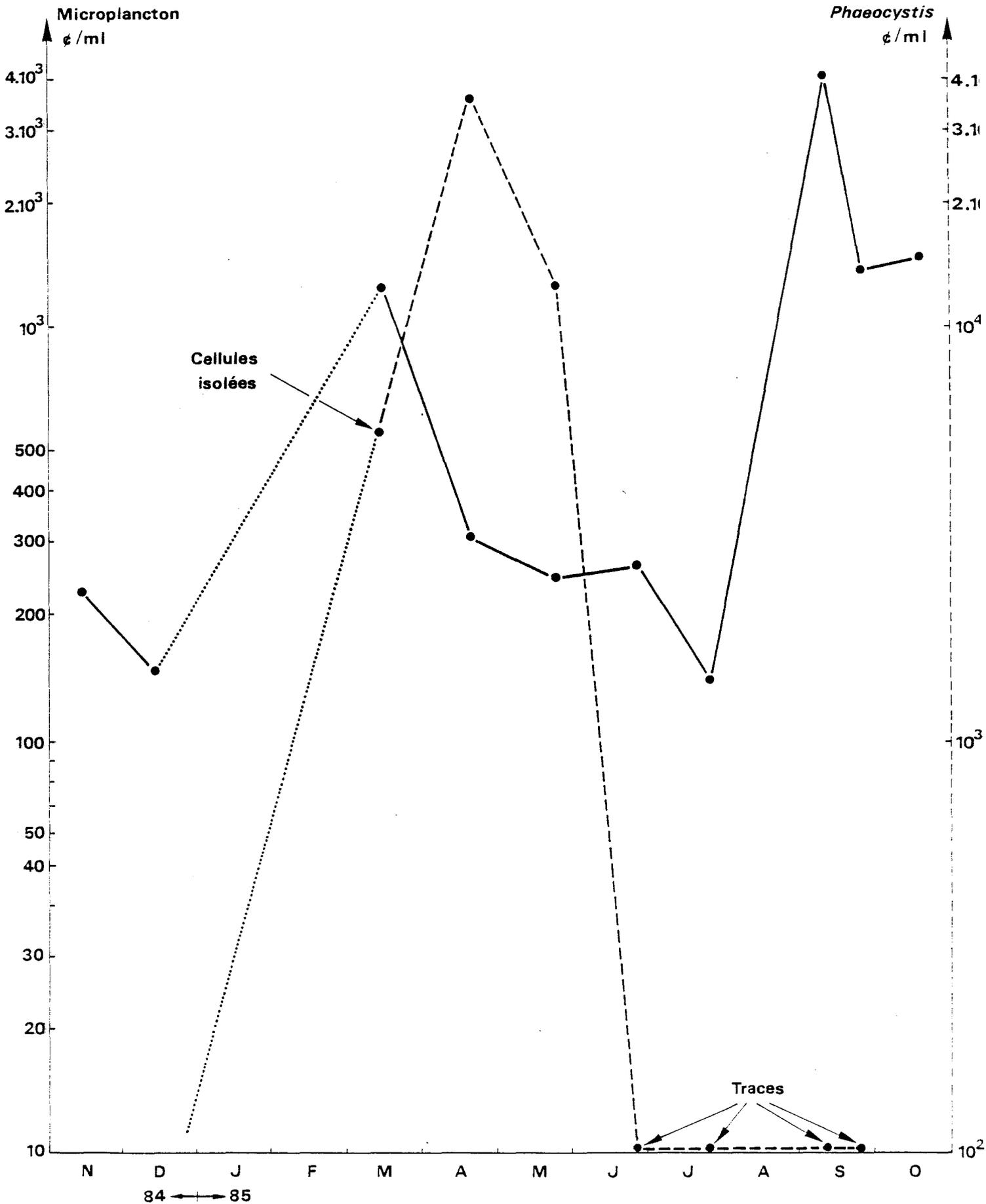


Tableau IV.4 : Densités cellulaires microplanctoniques (cell/cm³).

Date	Canal d'aménée	Rejet surface	Site
14.11.84	231	120	306
13.12.84	89	109	213
13.03.85	1125	1346	1476
Phaeocystis	4100	3800	5100
19.04.85	287	340	532
Phaeocystis	28400	32000	54000
23.05.85	247	18	508
Phaeocystis	9600	0	38000
25.06.85	166	372	475
24.07.85	98	57	172
10.09.85	1224	671	7855
24.09.85	823	932	2543
18.10.85	412	589	2061

Concernant Phaeocystis, le transit ne semble pas avoir produit d'effet significatif, excepté la campagne du 23 mai, pour laquelle la destruction totale observée apparaît devoir ne pas être prise en compte (la dilution de 33 % est contraire au déficit phytoplanctonique observé).

III.2. Succession des populations microplanctoniques (fig. IV.9, IV.10, IV.11).

Les populations observées en novembre et en décembre, pauvres en densité, correspondent pour les espèces présentes à ce qui est classiquement noté pour la saison. Paralia sulcata, Thalassionema nitzschioides, Asterionella japonica, Chaetoceros sociale, assurent en novembre la transition entre la dernière observation du cycle précédent (octobre 84) et celle de décembre, qui indique une population pauvre mais bien diversifiée. Malgré l'hiver très rigoureux, le prélèvement du 13 mars confirme le bloom printanier bien établi. Dès février, des observations au large de Boulogne-sur-Mer mirent en évidence un développement précoce où l'on remarquait de nombreux Coscinodiscus spp. et des colonies de Phaeocystis pouchetti. Le prélèvement de mars, qui coïncide avec le pic annuel de teneur en chlorophylle, est riche en espèces, bien diversifié, avec une nette dominance des Rhizosolenia delicatula (30 % d'abondance), cellule en général observée en fin de printemps dans la région. Comparée aux autres cycles d'étude, on peut aussi noter la présence précoce et non négligeable d'individus de genre Peridinium et Gyrodinium. Phaeocystis,

déjà abondant en mars, partage la masse d'eau lors de son pic d'abondance en avril (cf. fig. IV.8) avec une population composée essentiellement de Rhizosolenia (Rh. delicatula, Rh. fragilissima, Rh. shrubsolei), de Cerataulina pelagica et de Nitzschia delicatissima, espèce épiphyte associée à la gangue gélatineuse des colonies de Phaeocystis en dégradation. Le déclin de Phaeocystis en mai ne favorise pas pour autant les populations microplanctoniques. Leur densité continue de baisser, et seule Rhizosolenia shrubsolei semble profiter des conditions du milieu, ainsi que Nitzschia delicatissima, toujours liée aux gangues de Phaeocystis.

La population peu abondante et peu diversifiée de juin correspond à une nette dominance de Lauderia borealis sur le site. Celle de juillet, encore plus pauvre, est plus diversifiée, dominée par Leptocylindrus danicus et minimus, ainsi que par les Rhizosolenia (dont Rh. stolterfothii, typiquement estivale) succède à la période de très beau temps du début de ce mois.

L'absence de prélèvement en août nous a sans doute fait manquer une période plus productive d'espèces estivales. La première campagne de septembre introduit une période de deux mois, marquée par l'abondance des Chaetoceros sociale. Ceux-ci monopolisent la masse d'eau le 10 septembre, puis la partagent plus volontiers le 24 septembre et le 18 octobre avec des espèces classiques en automne, comme les Navicules, Asterionella japonica, Nitzschia seriata, en septembre et Paralia sulcata, Nitzschia (N. closterium, N. seriata, N. delicatissima) en octobre.

En conclusion, ce cycle se caractérise par une succession d'abondances remarquables du printemps à l'automne : Rhizosolenia delicatula et Chaetoceros sociale en mars, Phaeocystis en avril, Rhizosolenia shrubsolei en mai, Lauderia borealis en juin, les genres Rhizosolenia et Leptocylindrus en juillet et le bloom de Chaetoceros sociale à l'automne.

Une autre caractéristique est l'étalement de la présence sur le site du groupe des Péridiniens ainsi que la quasi permanence de Skeletonema costatum, fait qui avait déjà été noté en 1984.

III.3. Indice de diversité de Shannon et richesse spécifique.

Les résultats présentés sur la figure IV.12 confirment les observations décrites précédemment. On note deux phases essentielles de ce cycle annuel.

Les deux pics d'abondance microplanctonique (mars et septembre) se distinguent par leur diversité spécifique. Alors que nombreuses sont les espèces qui, en mars, participent au bloom printanier ($Sh > 3$), celles qui sont présentes en septembre, pourtant relativement nombreuses, sont nettement dominées par une seule d'entre elles, Chaetoceros sociale ($1 < Sh < 2$).

FIG. IV.9 : % DE DOMINANCE DES ESPECES MICROPLANCTONIQUES

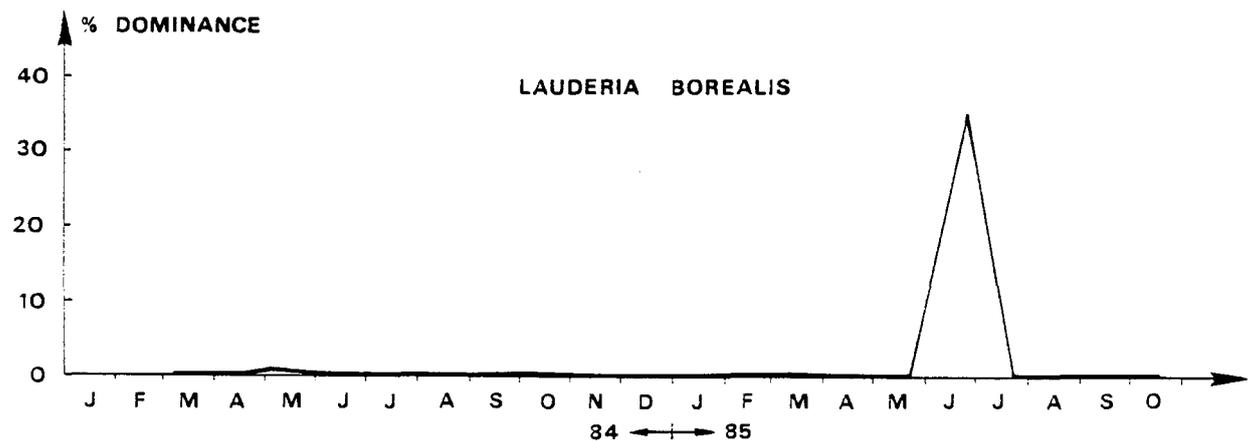
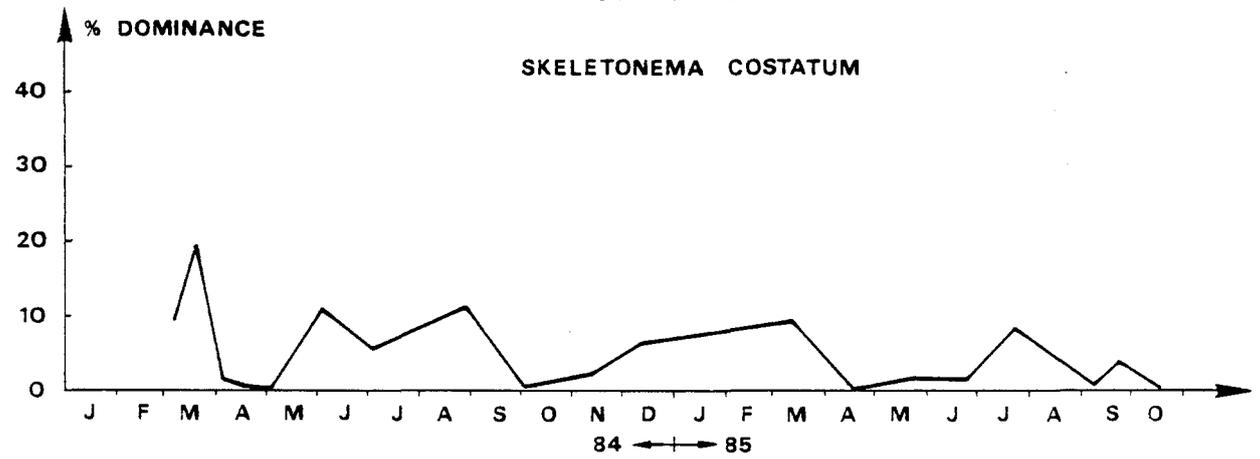
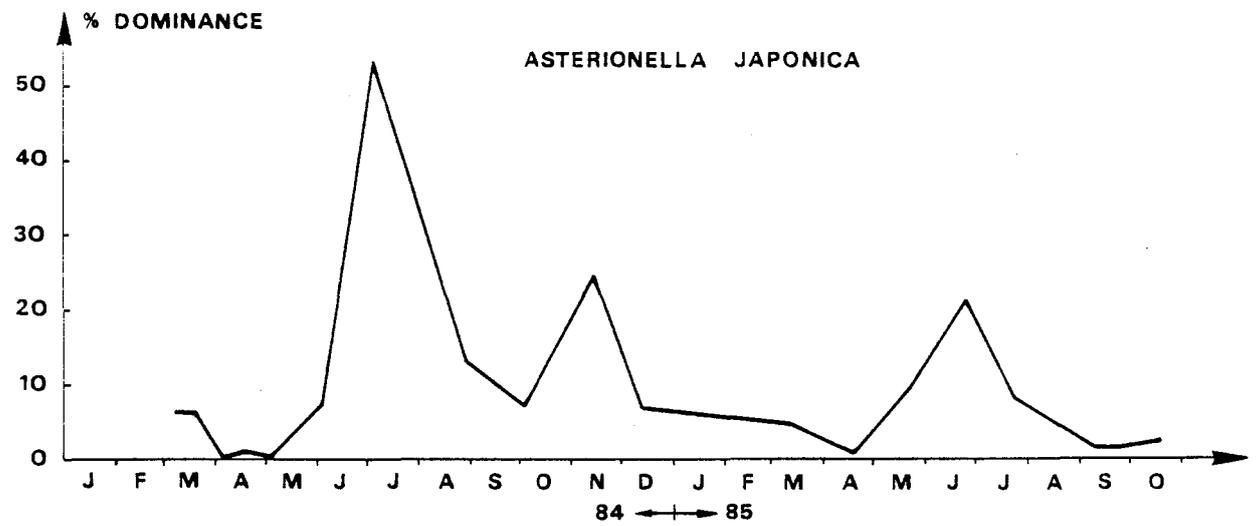
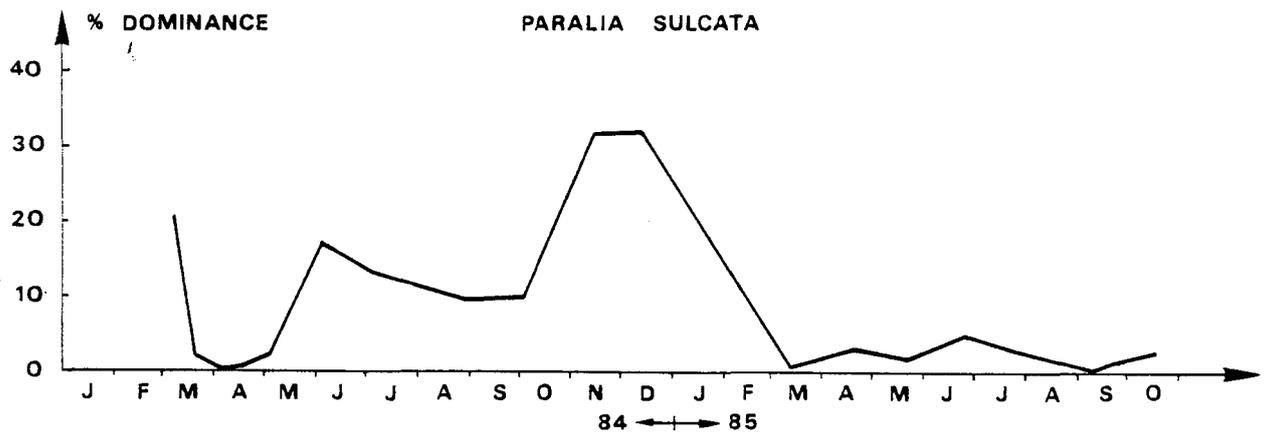


FIG. IV.10 : % DE DOMINANCE DES ESPECES MICROPLANCTONIQUES

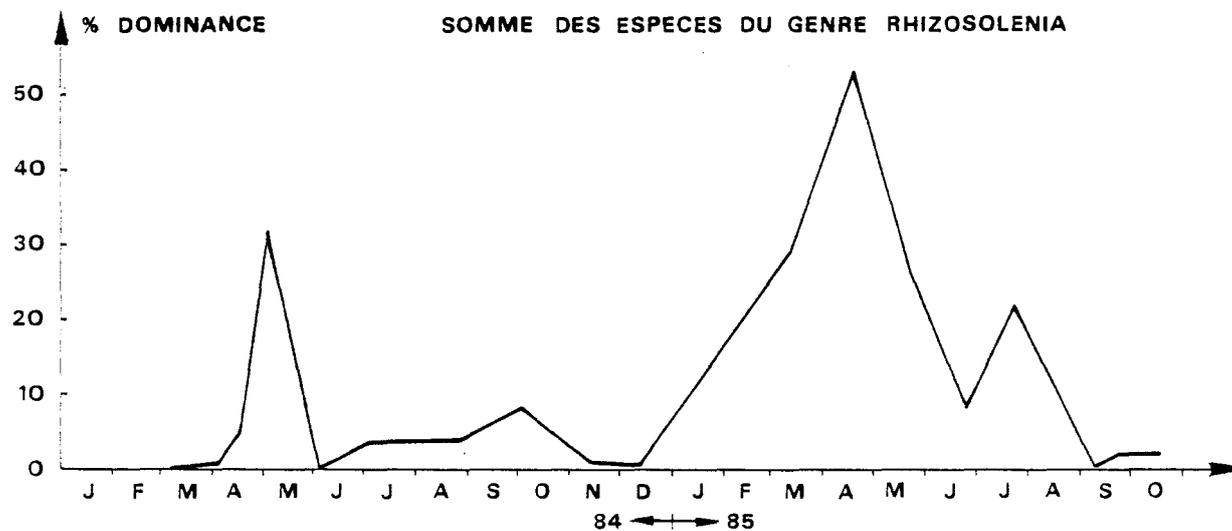
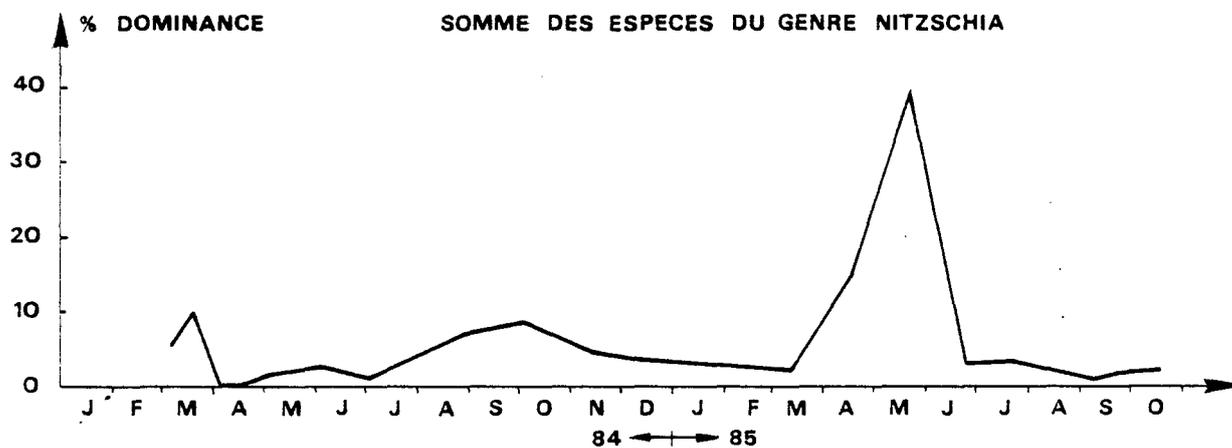
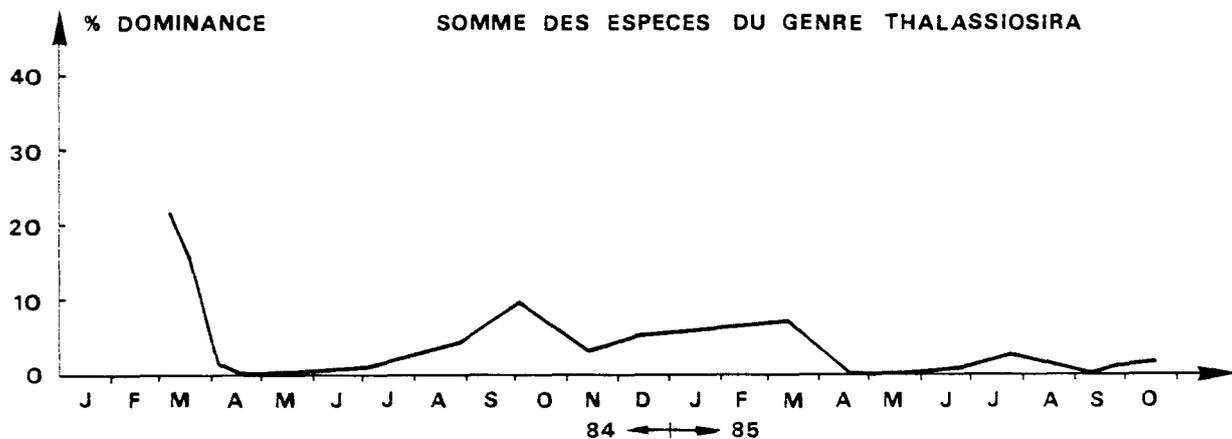


FIG. IV.11 : % DE DOMINANCE DES ESPECES MICROPLANCTONIQUES

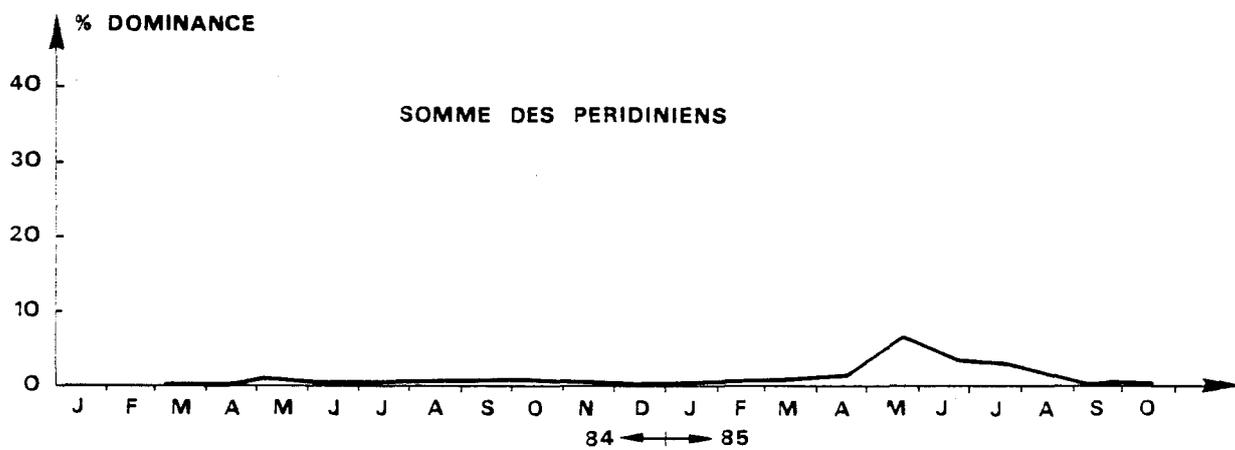
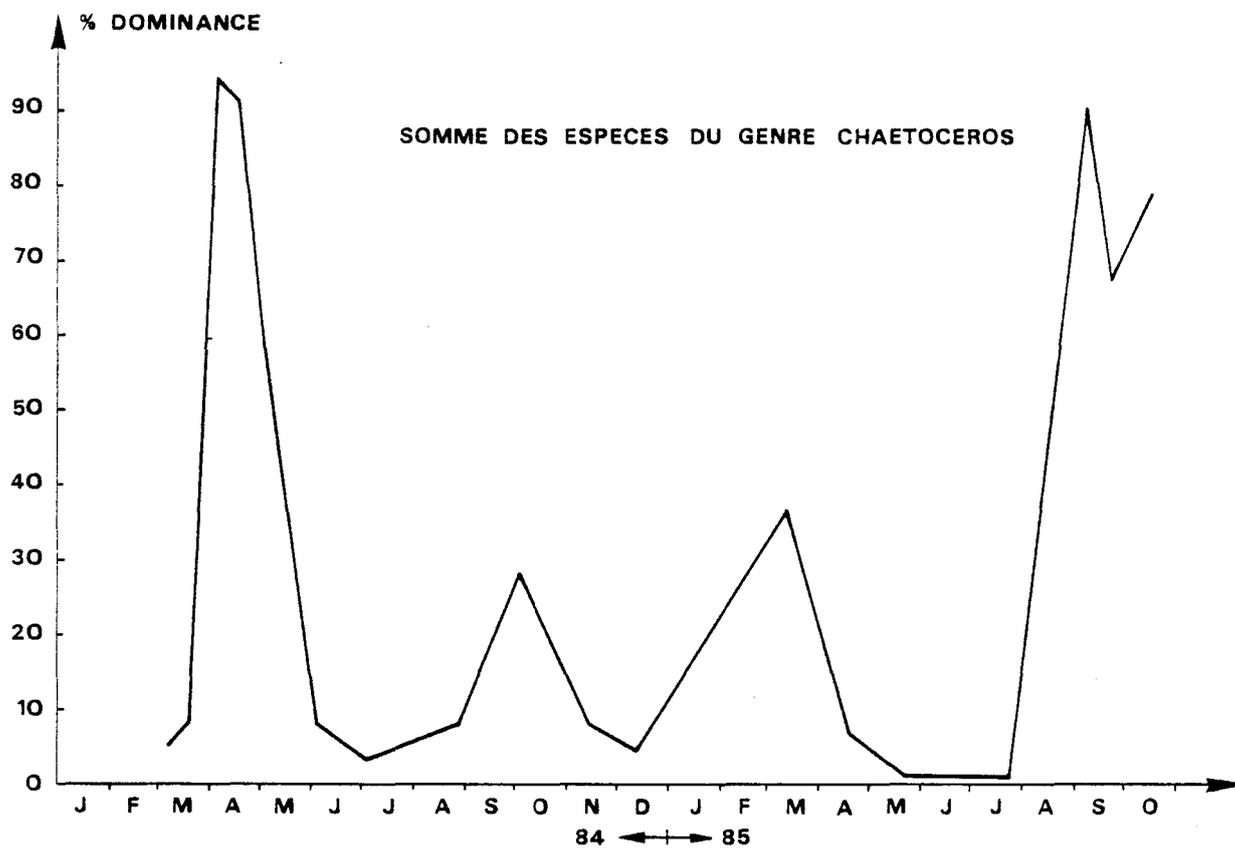
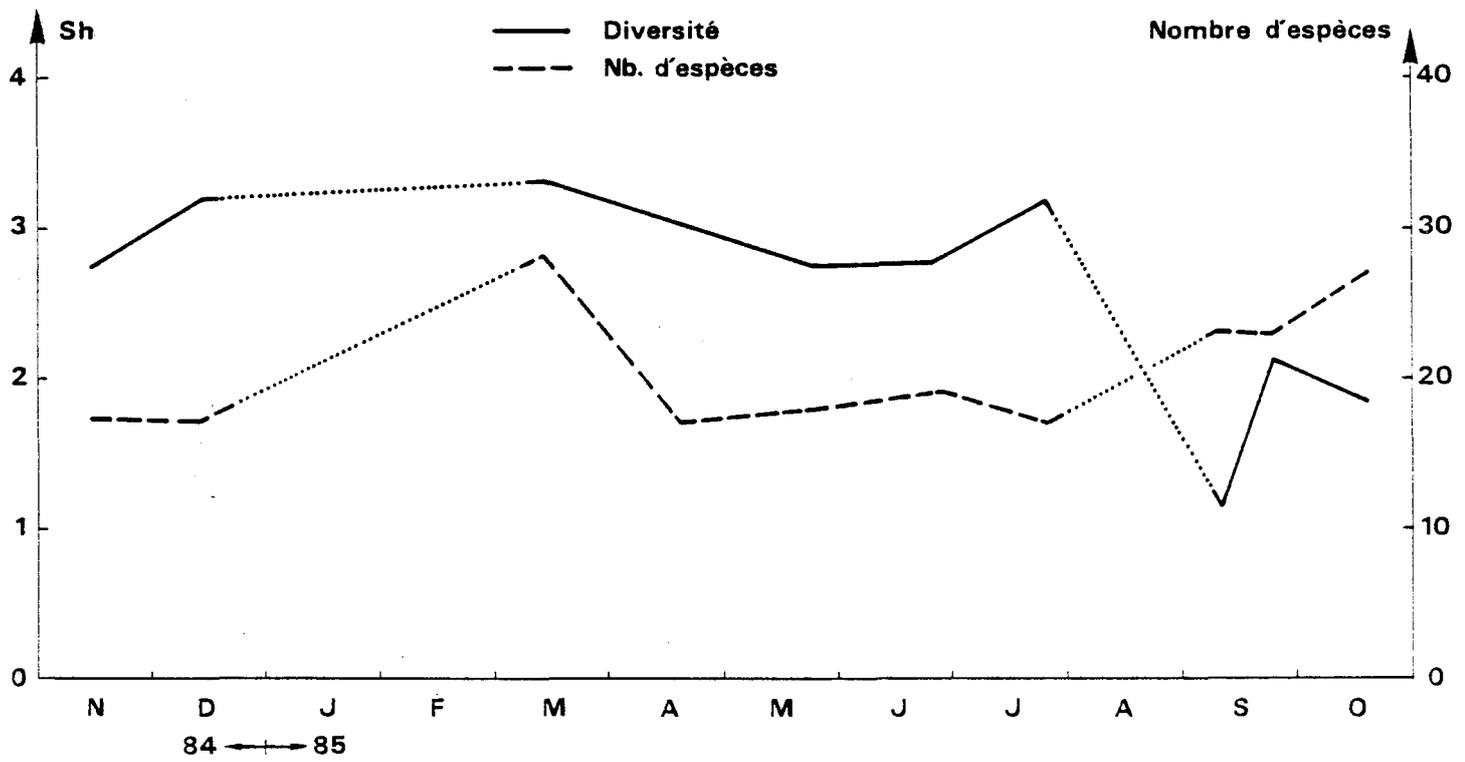


FIG. IV.12 : INDICE DE DIVERSITE DE SHANNON ET RICHESSE EN ESPECES

Moyenne des stations



IV. CONCLUSION.

Les variations naturelles étudiées au cours de ce cycle 1985 se caractérisent par un pic chlorophyllien printanier observé dès mars, malgré les rigueurs de l'hiver. Une lente décroissance de la biomasse aboutit à un minimum enregistré en juillet. Septembre et octobre se montrent productifs en nombre d'individus et d'espèces, mais peu en biomasse globale. La succession des espèces du printemps à l'automne peut être tracée à grands traits comme suit, selon les pourcentages de dominance observés : Rhizosolenia delicatula et Chaetoceros sociale en mars, Phaeocystis en avril, Rhizosolenia shrubsolei en mai, Lauderia borealis en juin, les genres Rhizosolenia et Leptocylindrus en juillet, et le bloom de Chaetoceros sociale à l'automne. De plus, les Péridiniens sont constamment présents.

L'impact de la centrale est difficile à analyser au niveau spécifique. La teneur en chlorophylle, indice significatif de la biomasse végétale, est le paramètre qui a été retenu pour évaluer l'impact du transit dans la centrale sur le compartiment planctonique végétal. Les teneurs observées à l'entrée de la centrale, au rejet impacté, et sur le site côtier permettent, avec les nuances apportées en page 62, d'estimer pour les années 1984 et 1985 réunies un déficit en chlorophylle d'environ 60 % par rapport aux teneurs existant sur le site côtier.

La part de ce déficit attribuable à la chloration serait de 23 %, ce qui met bien en évidence le rôle majeur joué par le transfert des eaux appauvries de l'avant-port vers le site dans le déficit observé. Ces résultats ne correspondent pas à ceux formulés dans le cas de nombreuses autres études, qui insistent sur l'importance de l'effet destructeur lié à la chloration. L'étude des teneurs en chlorophylle se doit donc d'être poursuivie, et même approfondie, afin de fiabiliser les résultats concernant cet impact.

La production primaire, indice physiologique de l'activité cellulaire, indique une baisse de la production lors de la chloration, ainsi que de la productivité (potentialité de production) comprise entre 70 et 90 % au rejet. Ces déficits sont importants. Néanmoins, quelques indices de production au point médian impacté (avec impact dilué), laissent à penser soit à une possible récupération des cellules impactées, soit à la possibilité de conditions favorables pour les cellules nouvelles, issues du site, entrant dans la dilution.

C H A P I T R E V

NOCTILUQUES ET ZOOPLANCTON

Geneviève LE FEVRE-LEHOËRFF

avec la collaboration
d'Annick DERRIEN

I. INTRODUCTION ET METHODES.

La période novembre 1984 - octobre 1985 correspond à la 7ème étude de surveillance du site de Gravelines. L'échantillonnage du zooplancton et des noctiluques, la méthode de prélèvements en mer et le dépouillement des échantillons en laboratoire sont décrits dans un rapport méthodologique publié séparément (G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1985).

Les points de prélèvements sont identiques à ceux des années précédentes exception faite du point médian défini au chapitre hydrologie (N. DEGROS et M.A. JANQUIN) non par sa position géographique mais par sa caractéristique de température de surface $\Delta T = 3^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ par rapport au point du large (carte page 9).

La méthode de mesure de la biomasse zooplanctonique est identique mais plus précise car quatre échantillons sont récoltés à chaque point.

Les études de dynamique de population sont abandonnées pour l'instant. Ce sont des études très lourdes qui se justifient quand la périodicité des mesures en mer permet de délimiter les périodes de reproduction des organismes mais ne se justifient pas si la périodicité des missions de prélèvements est trop lâche.

II. RESULTATS.

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

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

II.1. Les noctiluques.

Les noctiluques sont récoltées au filet WP2 en même temps que le zooplancton et font l'objet de comptage depuis 1979. Ces organismes susceptibles de produire des eaux rouges en cas de prolifération intense avaient été observés et déterminés à Gravelines durant les années de projet de 1975 à 1977 et avaient été particulièrement abondants pendant l'été 1976. Compte tenu de l'importance de ces organismes et de leur sensibilité aux variations thermiques les noctiluques ont fait l'objet de comptages réguliers depuis l'étude de surveillance n° 2, période de juin 1979 à octobre 1980, période de mise en fonctionnement de la centrale avec échauffement pour la première tranche en mars 1980. J'ai présenté dans le tableau V.1 les principaux résultats de comptages de noctiluques de 1979 à 1985. En fin de chapitre page 99, l'annexe reproduit le texte de la surveillance n° 2 concernant les noctiluques, qui rappelle les arguments qui ont conduit à suivre en routine les abondances de ces organismes. Cette préoccupation était légitime car l'année 1985 a été marquée par la formation d'une eau rouge à noctiluques qui s'est développée sur la côte du Pas-de-Calais en juillet. Entre le 12 et le 16 juillet des observations de Régis DELESMONT permettaient de compléter notre information. Les deux missions sur le site de Gravelines où nous avons observé une grande abondance des noctiluques ont été effectuées les 25 juin et 24 juillet (fig. V.1).

Dates	Point cote (62)	Point median (63)	Point canal (64)	Point hors tache (05)	Large (02)
09 mai 1979	247	-	-	-	
07 juin 1979	-	22	-	+	
04 juillet 1979	-	+	-	-	
02 août 1979	-	-	-	-	
05 septembre 1979	-	-	-	-	
10 Octobre 1979	+	-	6 857	-	
22 novembre 1979	-	-	-	-	
17 janvier 1980	-	-	-	-	
22 février 1980	-	-	-	-	
27 mars 1980	-	-	-	-	
25 avril 1980	2 207	-	-	-	
28 mai 1980	16 707	13 070	52 622	88	
25 juin 1980	1 164	6	15 424	-	
24 juillet 1980	3 950	très abimées	+	408	
11 août 1980	133 705	241 136	17 651	2 178	
22 septembre 1980	-	-	-	-	
21 octobre 1980	-	3	-	-	
08 janvier 1981	-	-	-	-	
05 mars 1981	-	-	-	-	
18 mars 1981	-	-	-	-	
15 mai 1981	61 528	33 543	256 034	12 300	
07 juillet 1981	533 075	218 786	232 682	160 881	
11 septembre 1981	-	-	-	-	
15 octobre 1981	-	-	-	-	
11 décembre 1981	-	-	-	-	
18 janvier 1982	-	-	-	-	
27 février 1982	+	+	-	-	
02 avril 1982	28	29	+		+
20 avril 1982	7 925	11 698	7 834		2 030
17 mai 1982	742	3 698	5 726		7 103
17 juin 1982	373	15 895	3 565		5 109
17 septembre 1982	15	+	80		+
19 octobre 1982	-	-	-		-
03 décembre 1982	-	-	-		-
24 janvier 1983	-	-	-		-
03 mars 1983	-	-	-		-
29 mars 1983	-	-	-		+
15 avril 1983	-	-	-		-
06 mai 1983	-	+	-		-
31 mai 1983	+	+	+		+
28 juin 1983	3 764	6 895	20 322		1 887
19 juillet 1983	39 118	337 647	212 679		11 526
30 août 1983	-	-	-		-
06 octobre 1983	-	-	-		-
08 novembre 1983	-	-	-		-

Tableau V.1.

Dates	Point cote (62)	Point median (63)	Point canal (64)	Point hors tache (05)	Large (02)
07 mars 1984	-	-	-		-
20 mars 1984	-	-	-		-
05 avril 1984	-	-	-		-
18 avril 1984	-	-	-		-
04 mai 1984	500	140	11		26
04 juin 1984	-	-	-		-
04 juillet 1984	1 609	2 983	8 306		329
29 août 1984	+	-	+		-
03 octobre 1984		169	779		+
14 novembre 1984	1 484	+	759		+
13 décembre 1984	+	-	-		-
13 mars 1985	-	+	+		-
19 avril 1985	-	-	-		-
23 mai 1985	217	2 033	1 696		327
25 juin 1985	102 105	84 375	403 333		7 333
24 juillet 1985	230 769	412 400	colmatage filet		88 500
10 septembre 1985	7	-	-		-
24 septembre 1985	3	183	-		10
18 octobre 1985	-	-	-		+

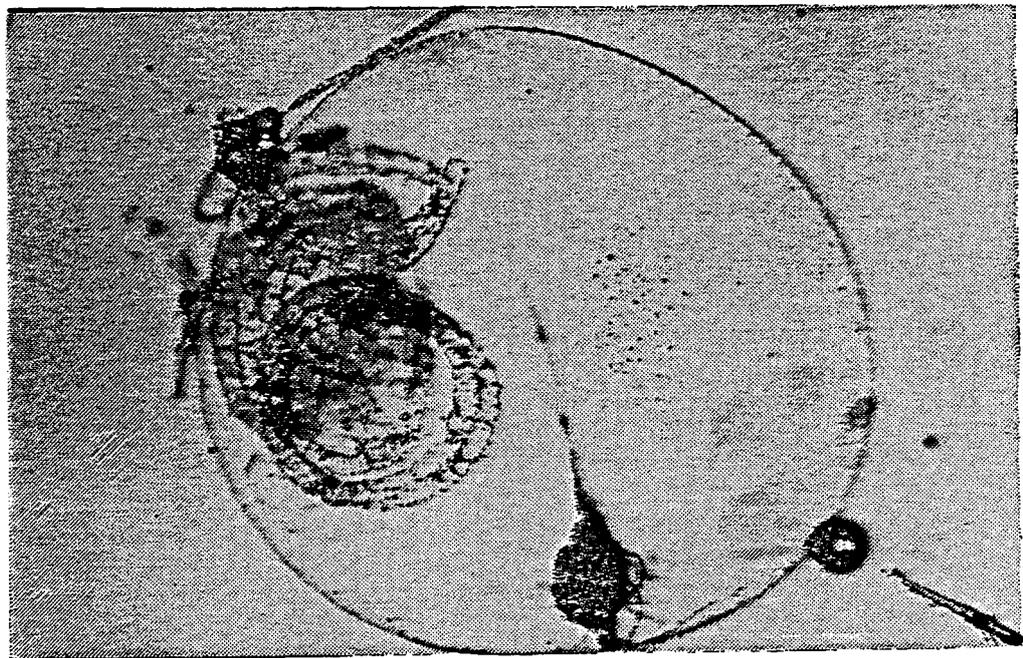
Tableau V.1 : Abondance des Noctiluques (N/m^3).

Photo de noctiluque (document M. Bougard).
 Etude écologique de projet 2e année 1976-1977, du site de Gravelines.
 CNEOX/IBMR Wimereux/Institut Pasteur de Lille pour EDF.
 Planche 9. 1976.

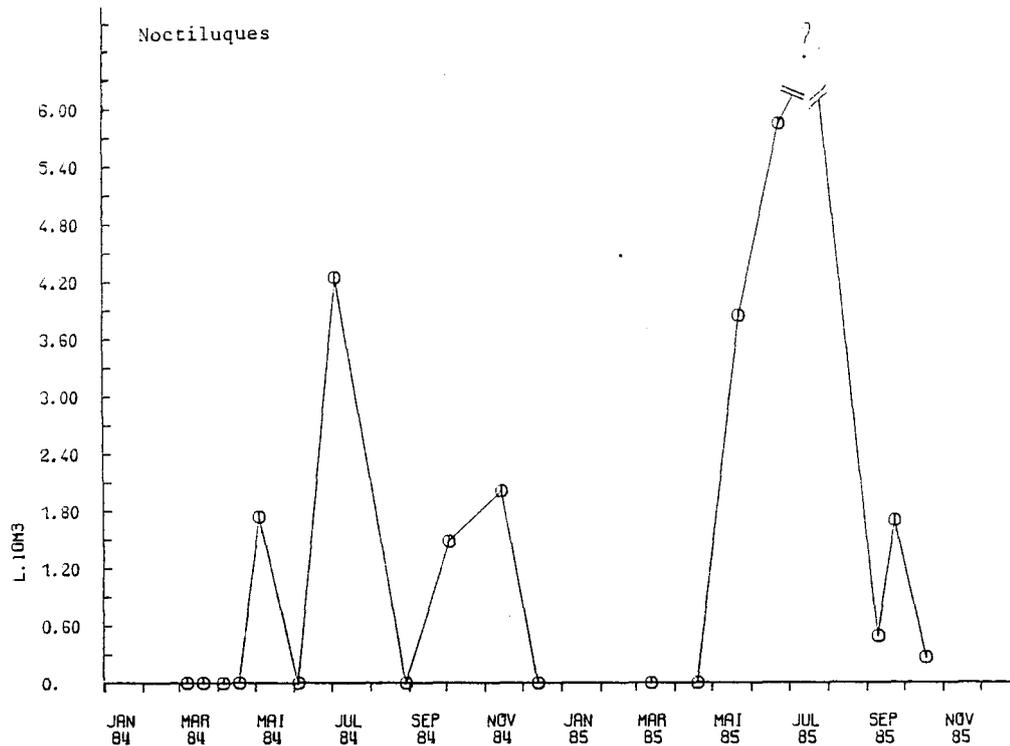


Fig. V.1 : Variations saisonnières des noctiluques. Moyenne tous points confondus.

L'eau rouge à noctiluques a montré un maximum d'abondance entre ces deux dates, plus précisément vers le 13 juillet. Le tableau V.2 donne les mesures recueillies par DELESMONT pour la période 12-16 juillet.

Noctiluques N/m ³	Calais	Mark La Huchette	Oye Plage			Gravelines		Loon Plage
			Les Hemmes	Le Casino	Les Dunes	Grand Fort Philippe	Petit Fort Philippe	
12.07.1986	3.10 ⁶	1.5 10 ⁷	1.5 10 ⁷	1.0 10 ⁷	1.2 10 ⁷			
13.07.1986			5. 10 ⁹					
15.07.1986						5. 10 ⁶	< 1. 10 ⁶	< 1. 10 ⁶
16.07.1986	< 1.10 ⁶	9. 10 ⁵	1.0 10 ⁷	3. 10 ⁵	2. 10 ⁷			
θ° de l'eau le 15.07						18°7	18°9	18°4
θ° de l'eau le 16.07	16°	17°	17°	17°	17°			

Tableau V.2.

Le samedi 13 juillet un dépôt était observé aux Hemmes où la densité des organismes atteignait 5.10^9 cell/m³. Le dépôt sur la plage s'étendait avec plusieurs centimètres d'épaisseur sur une étendue de 300 à 400 mètres de long et 40 mètres de large. De nombreuses mesures dans l'eau côtière proche de l'eau rouge proprement dite complètent cette information. L'extension du panache d'eau rouge se produisait avec le maximum d'intensité de pleine mer - 1 h 30 à pleine mer - 1 h. Les conditions météorologiques ayant régné sur la région (et sur la Manche d'ailleurs) dans la première quinzaine de juillet ont été caractérisées par une période de très grand ensoleillement, des vents faibles, une élévation considérable de la température de l'air et des précipitations nulles du 1er au 13. Ces conditions ont été favorables au maintien d'une certaine stabilité des masses d'eau jusqu'au coup de vent du 14 juillet (un maximum de vitesse $V = 20$ m/s à 16h00 tu). Ceci confirmerait les observations antérieures montrant la très forte influence de la force des vents dans le maintien ou la destruction du phénomène.

Données météorologiques recueillies par R. DELESMONT.

Jour de juillet	10	11	12	13	14	15	16
t° moyenne journalière de l'air °C	16°8	18°1	18°7	23°0	23°5	17°4	16°9
vitesse moyenne journalière du vent m/sec.	3.0	5.3	6.0	4.0	7.4	5.6	6.8

Une température élevée, un vent relativement faible s'observent le 13 juillet qui correspond au maximum de l'eau rouge. La comparaison des abondances des données précédentes, des données recueillies à Gravelines les 25 juin et 24 juillet et les données de la littérature montrent que les eaux favorables au développement de l'eau rouge présentent des abondances de noctiluques de 10^5 à 10^6 cell/m³, l'eau rouge elle-même phase de crème orangée, correspond à des densités de 10^9 cell/m³.

Exemples :

- a) eau rouge à noctiluques Ouest-Bretagne, 1967 : $2.4 \cdot 10^9$ cell/m³
 eau rouge aux Hemmes, 1985 : $5. \cdot 10^9$ cell/m³
- b) eau à proximité du phénomène Ouest-Bretagne 1967 : 1.6 à $1.0 \cdot 10^5$ cell/m³
 eau de Gravelines, 11 août 1980, point médian : $2.5 \cdot 10^5$ cell/m³
 " 05 juillet 1981, point côtier : $5.3 \cdot 10^5$ cell/m³
 " point canal et point médian : 2.2 à 2.3 cell/m³
 " 19 juillet 1983 point médian et canal : $3.4 \cdot 10^5$ cell/m³
 " 25 juin 1985, point canal : $4. \cdot 10^5$ cell/m³
 " 24 juillet 1985, point médian : $4. \cdot 10^5$ cell/m³

L'eau du canal très riche, non chiffrée, à cause du colmatage.

Si on compare les densités aux différents points c'est le point du large qui est le plus pauvre, les points médian et canal en général les plus riches (fig. V.2).

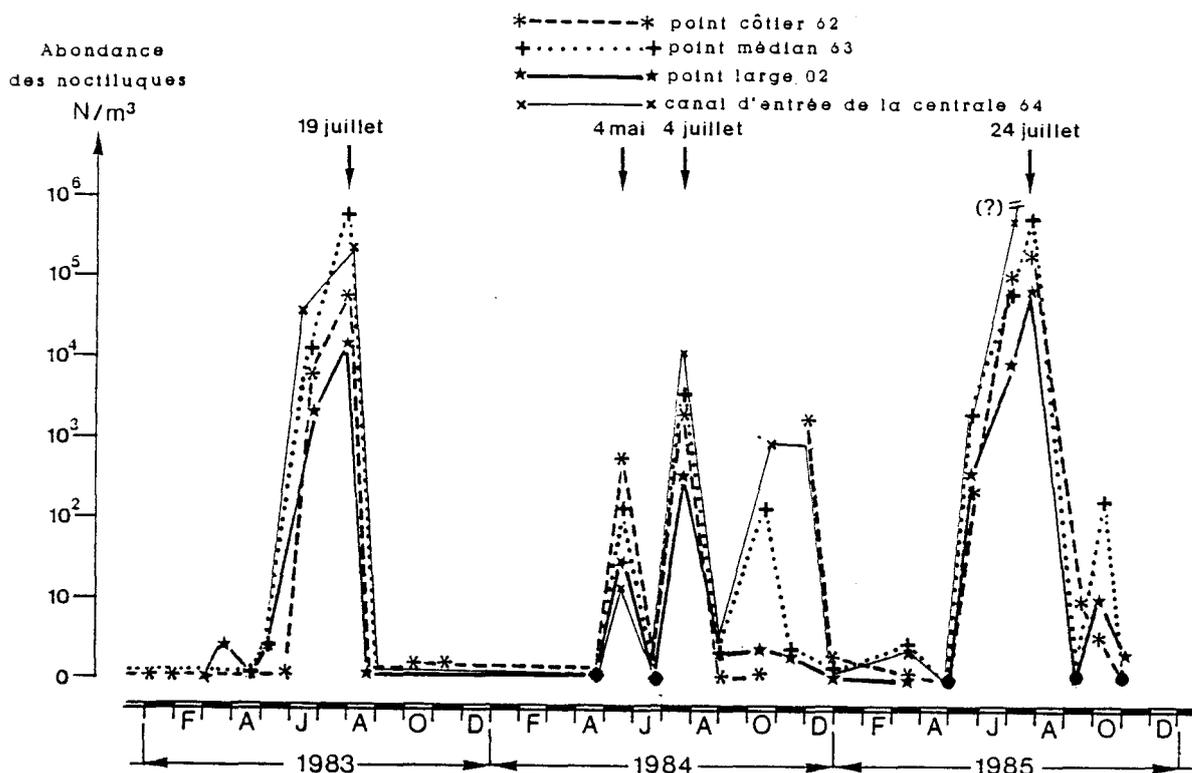


Fig. V.2 : Variations saisonnières des noctiluques. Points large, médian, côtier et canal.

Aucune toxicité directe n'est mise en relation avec ce phénomène de concentration excessive des noctiluques. Cependant leur extrême abondance pendant la phase maximale du phénomène est concomitante d'une désoxygénation importante (fig. II.13 et II.14) et d'augmentation de NH_4 (pic du 25 juin, fig. II.18) montrant l'activité de ces organismes hétérotrophes. Il se produit une demande importante en oxygène dissous. On note des valeurs de 80 % de saturation en O_2 au point canal, 70 % au point médian. Des valeurs élevées de NH_4 ont été observées entre Calais et les Dunes : à Calais 15.6 $\mu\text{atg/l}$, aux Dunes 25.2 $\mu\text{atg/l}$ le 12 juillet (8 à 12 $\mu\text{atg/l}$ à Gravelines le 25 juin aux points côtier, médian et canal), valeurs très élevées anormales pour la saison, indice d'une forte activité d'excrétion et de dégradation.

En conclusion les années de surveillance devant la centrale doivent comporter un suivi de l'évolution des noctiluques dans toute la zone proche de la centrale. On suivra de façon particulière cette évolution dans les périodes de beau temps calme et ensoleillé et tout particulièrement en fin juin et en juillet si le temps est sec et le vent faible car c'est à cette époque que le développement des noctiluques montre un maximum d'abondance et peuvent dans ces circonstances favorables provoquer une eau rouge. Il faudra suivre parallèlement l'évolution de la quantité d'oxygène de l'eau, paramètre très sensible à toute élévation anormale de la température au nombre d'organismes en cours de dégradation et également aux variations de la biomasse et de la productivité du phytoplancton.

II.2. Le zooplancton (mesoplancton).

2.1. Le plancton total et la biomasse.

La biomasse a été mesurée avec plus de précision que les années précédentes, quatre échantillons ayant été analysés à chaque point. Les résultats concernant le poids sec, la matière organique, le carbone et l'azote sont résumés et reportés dans les tableaux V.3, V.4, V.5 (annexe 2) et les figures V.3, V.4 et V.5. Si la précision de la mesure de la biomasse a été améliorée, le problème le plus grave qui reste non résolu est l'absence complète de mesures quand le colmatage des filets empêche toute filtration. C'est le cas pour l'année 1985 les 19 avril et 23 mai quand le colmatage est dû aux Phaeocystis et le 24 juillet à cause des noctiluques (exception faite du point du large). Quand les mesures existent la dispersion n'est pas trop forte autour de la moyenne surtout pour le carbone total et l'azote (fig. V.4, V.5 et tableau V.5). Les mesures restent souvent aberrantes au canal d'entrée ceci est dû à la difficulté d'échantillonner dans de bonnes conditions à cette station.

Le poids sec montre un maximum début septembre mais comme nous n'avons pas de mesure les 19 avril et 23 mai, nous verrons que l'on a dû perdre une information importante à cette époque printanière car la courbe de variations saisonnières du zooplancton total (fig. V.6) présente un maximum annuel d'individus le 19 avril. La valeur du 24 juillet correspond à la mesure du seul point du large et non une moyenne des points puisque les mesures n'ont pu être faites ailleurs. Les fortes valeurs observées à cette date pour le % de matière organique, le carbone et l'azote peuvent être dues en grande partie aux noctiluques et non au zooplancton.

En résumé :

1. La mesure des biomasses a été améliorée cette année et les valeurs de carbone et surtout d'azote sont assez bien groupées pour faire confiance à la moyenne des quatre mesures.

2. Il est impossible actuellement encore d'utiliser uniquement des mesures de biomasses pour déterminer les périodes de maximum de production annuelle car les mesures ne sont pas toujours possibles à cause du colmatage des échantillonneurs par divers organismes mous. Il reste encore des problèmes techniques à résoudre.

Le plancton total ou nombre total d'individus du zooplancton montre un maximum annuel le 19 avril, ce qui correspond à un décalage temporel normal par rapport au maximum de chlorophylle observé selon les points entre le 13 mars et le 19 avril. La grande majorité des espèces responsables de ce maximum printanier est constituée d'herbivores, copépodes en particulier (fig. V.8). En septembre on note un deuxième maximum plus faible de même qu'une deuxième poussée phytoplanctonique.

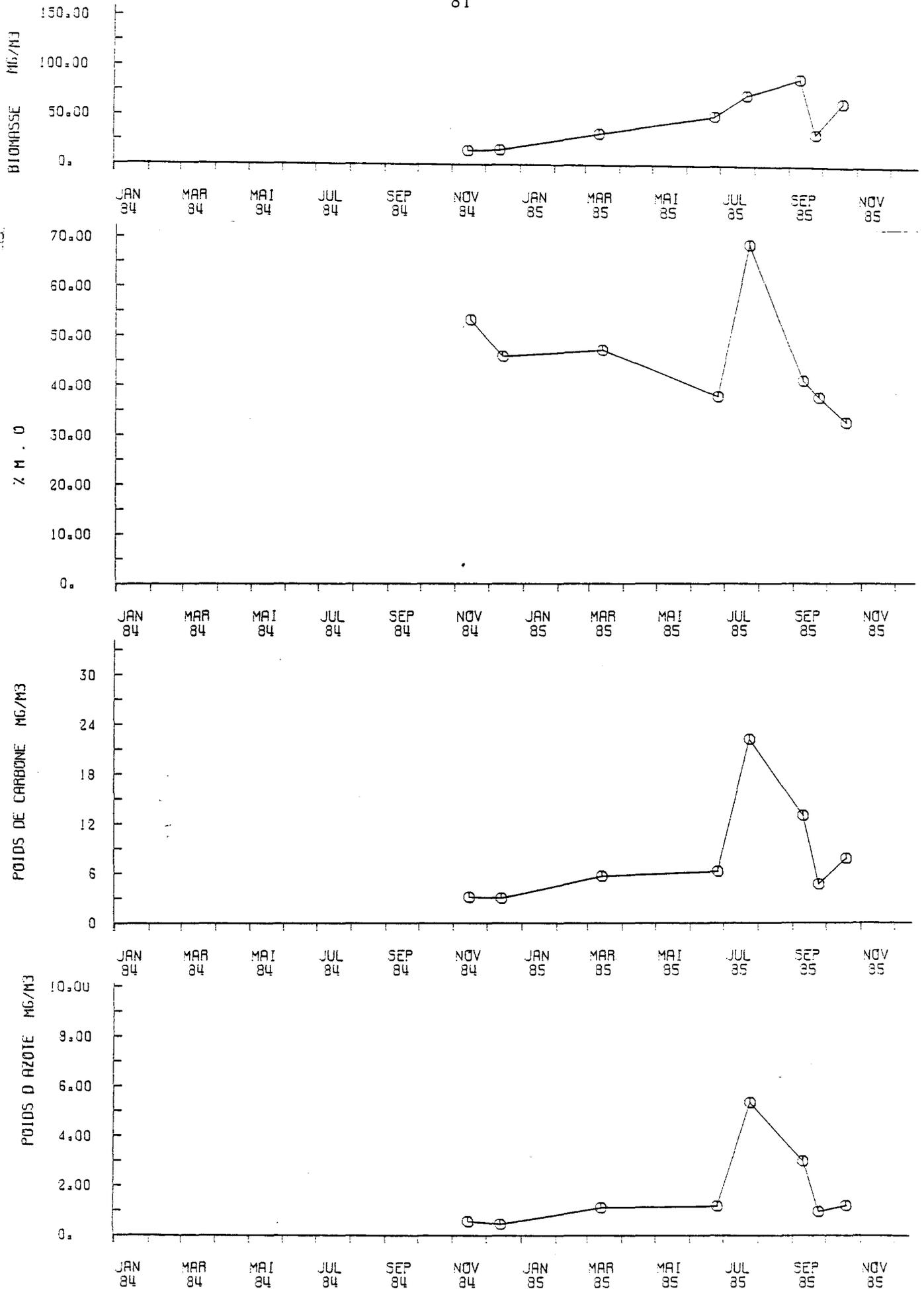
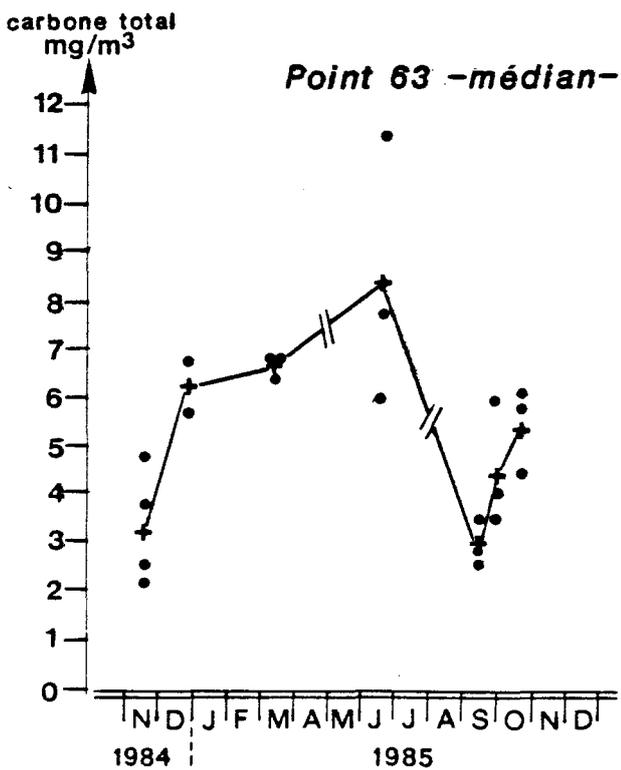
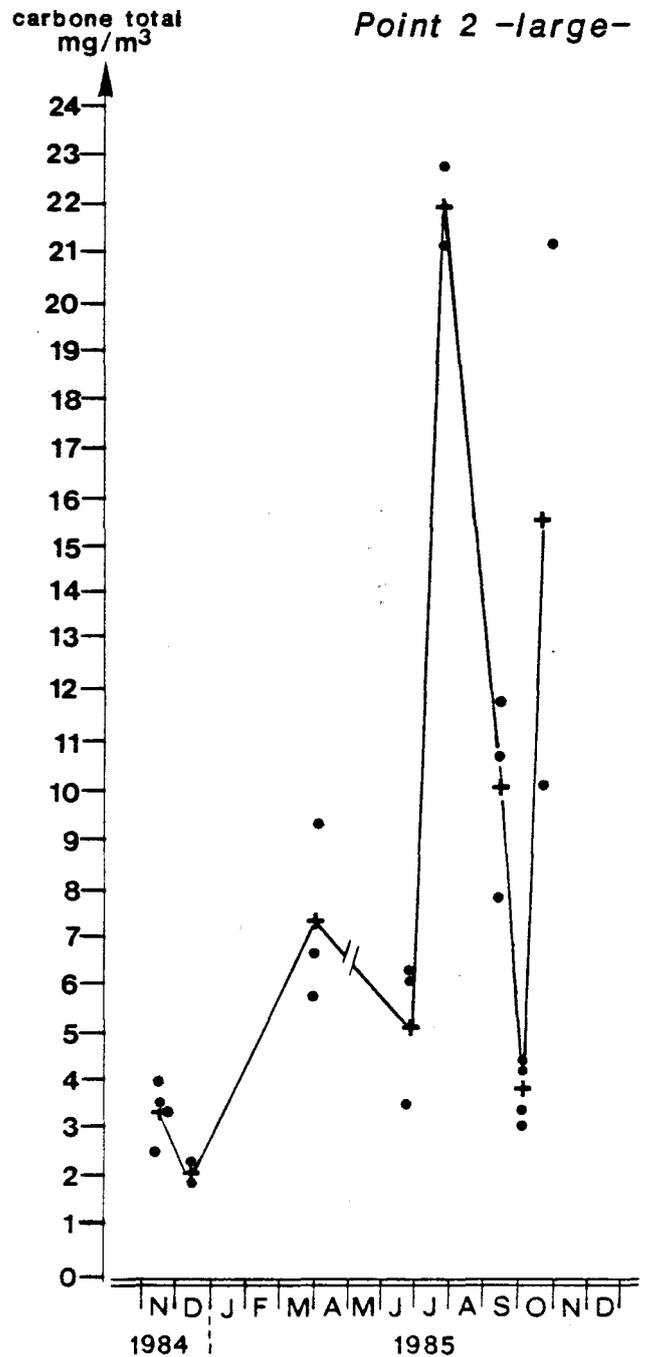
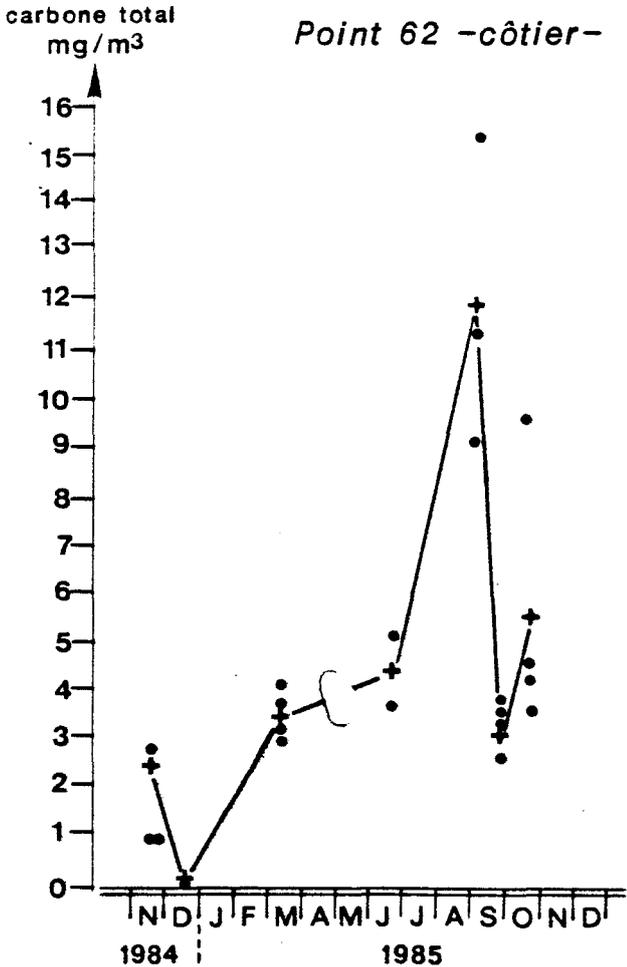


Fig. V.3 : Variations saisonnières de la biomasse, du % de matière organique, du carbone total et de l'azote. Moyenne tous points confondus.

Variations saisonnières
du POIDS de CARBONE TOTAL
aux points 62 côtier, 63 médian, 2 large.

Fig. V.4



**Variations saisonnières du POIDS d'AZOTE
aux points 62 côtier, 63 médian, 2 large.**

Fig. V.5

+ Moyenne des mesures
• Valeurs individuelles des mesures

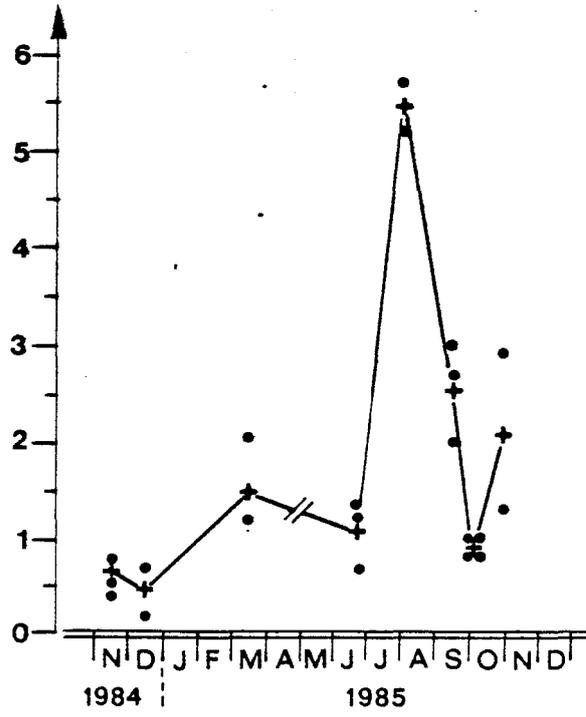
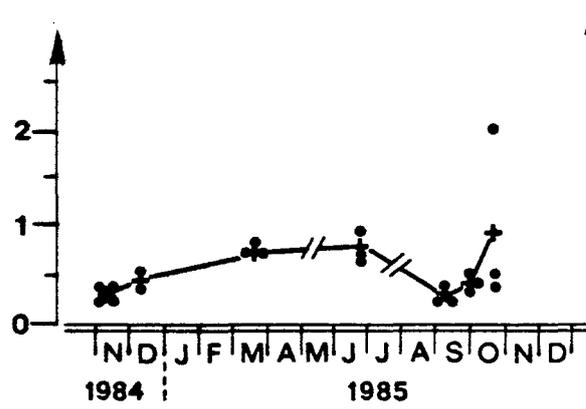
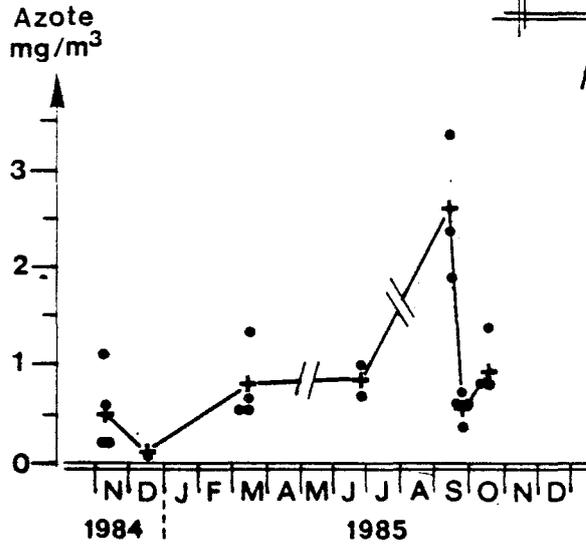
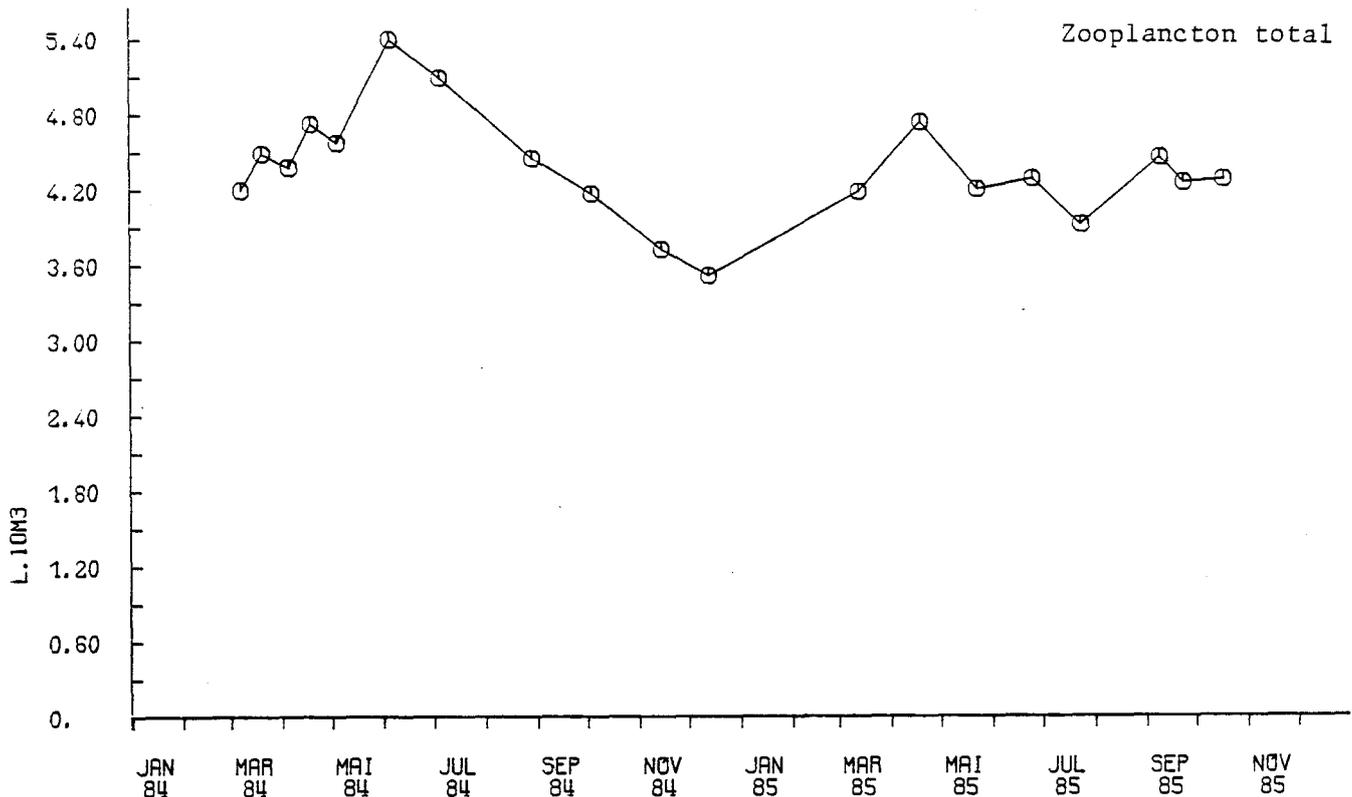


Fig. V.6 : Variations saisonnières du zooplancton total tous points confondus.



2.2. Les espèces zooplanctoniques.

2.2.1. Pourcentage de dominance.

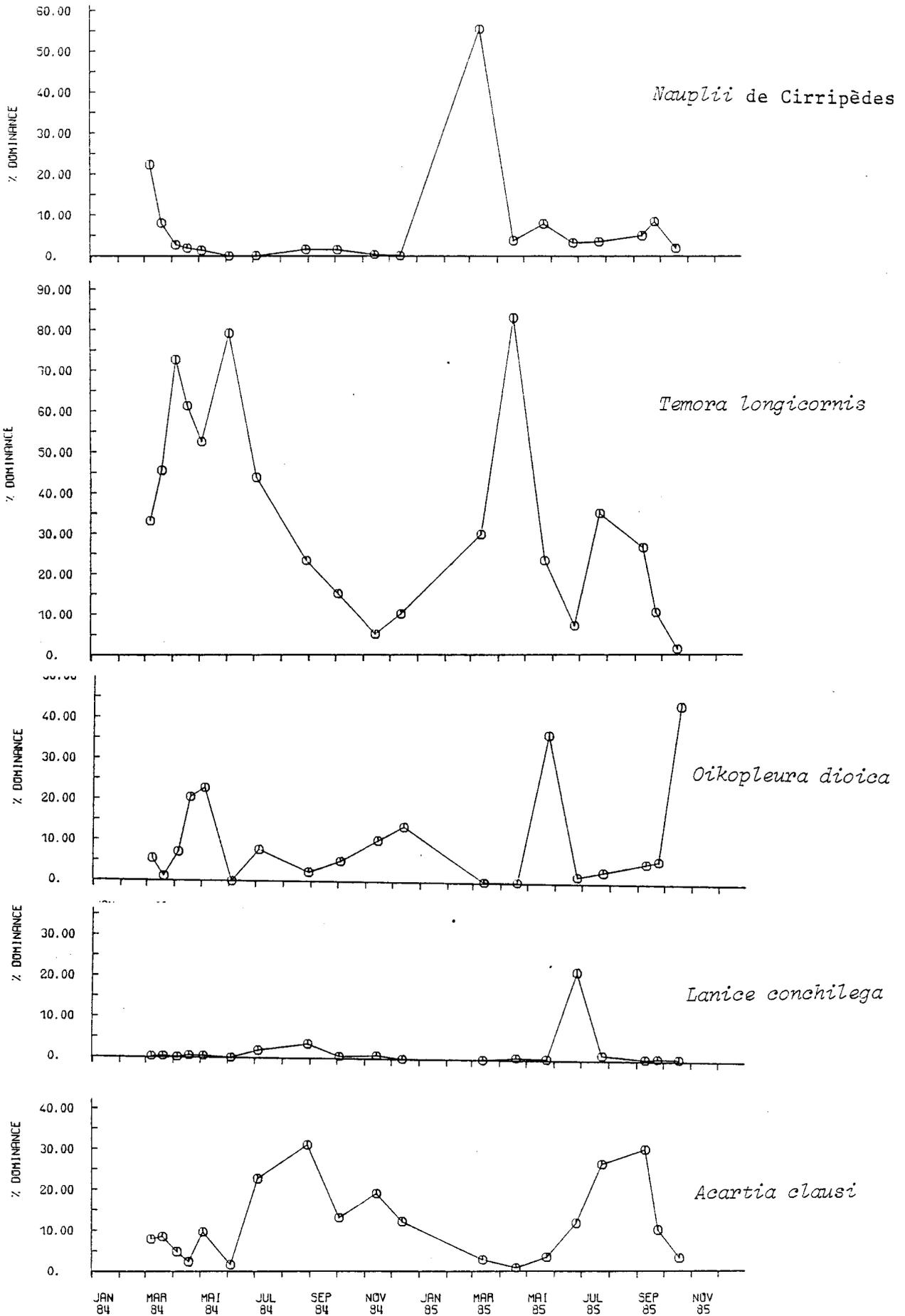
La dominance d'une espèce dans un échantillon est le rapport entre le nombre d'individus de cette espèce et le nombre total d'individus de toutes les espèces réunies. Le pourcentage de dominance est sa valeur pour un total de 100 individus. Les valeurs atteintes sont normales pour l'année 1985 ainsi que les périodes du maximum pour l'ensemble des espèces. On peut faire quelques remarques cependant: deux groupes de larves présentent cette année une forte dominance, les nauplii de cirripèdes en mars (fig. V.7) atteignent 60 %, un peu moins fort qu'en 1979 année exceptionnelle et les larves de Lanice conchilega montrent une dominance particulièrement forte en juin avec 20 % des individus alors que pour les années précédentes, la dominance forte apparaissait en automne avec 14 % en 1981 et 20 % en 1983.

2.2.2. Abondance des espèces.

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

Ainsi que nous l'avons signalé plus haut, la courbe d'abondance du plancton total est dépendante des variations d'assez peu d'espèces, elle est très dépendante du groupe des copépodes (fig. V.8).

Pour l'année 1985 les variations d'abondance moyenne sur le site montrent pour la plupart des espèces et groupes communs une assez bonne reproductibilité et similitude avec ce que nous avons déjà les années précédentes.



Fif. V.7 : % de dominance des nauplii de Cirripèdes, de Temora longicornis, d'Oikopleura dioica, de Lanice conchilega, de Acartia clausi.

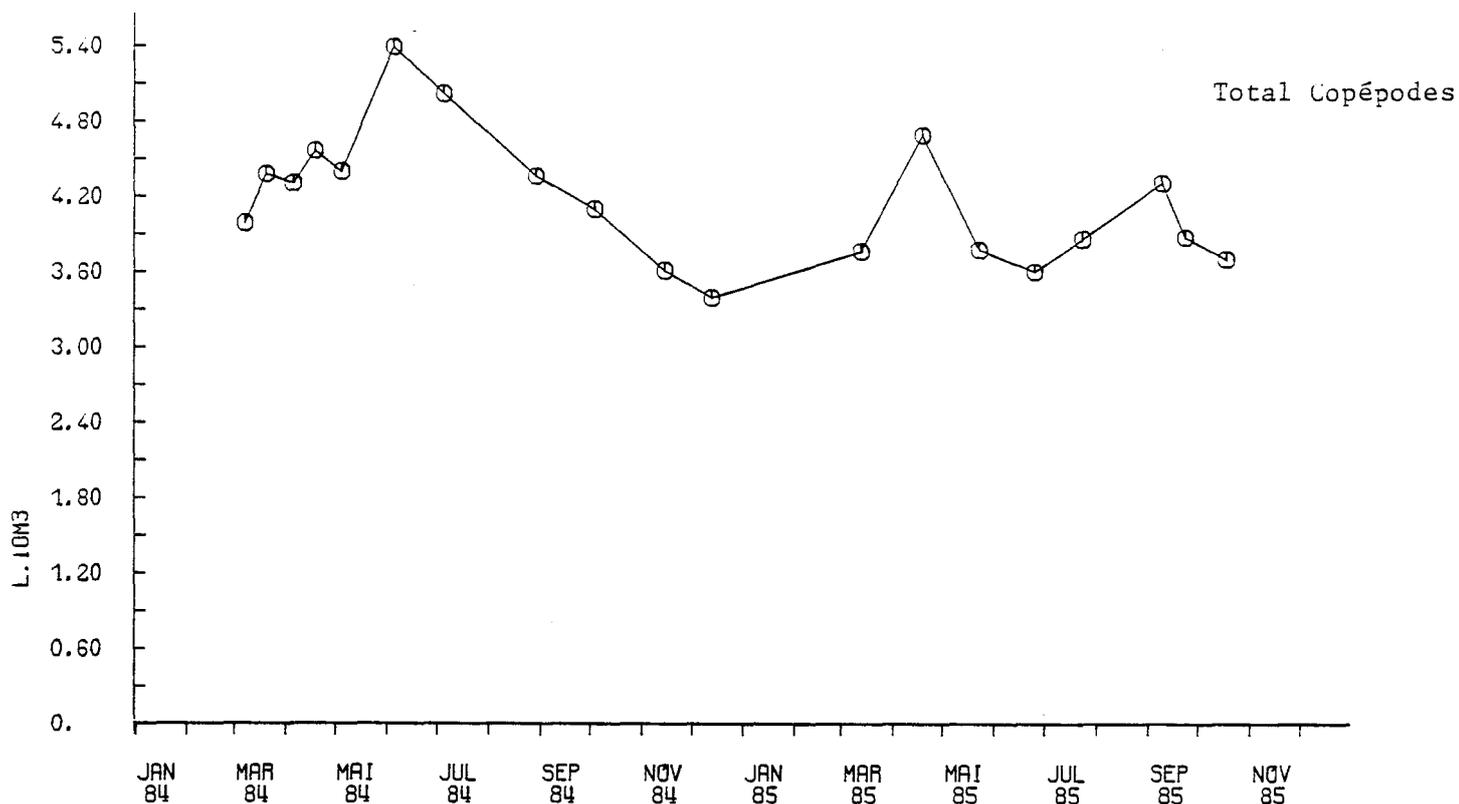


Fig. V.8 : Variations saisonnières du total copépodes tous points confondus.

Quelques groupes et espèces font l'objet d'une attention plus particulière pour des raisons différentes :

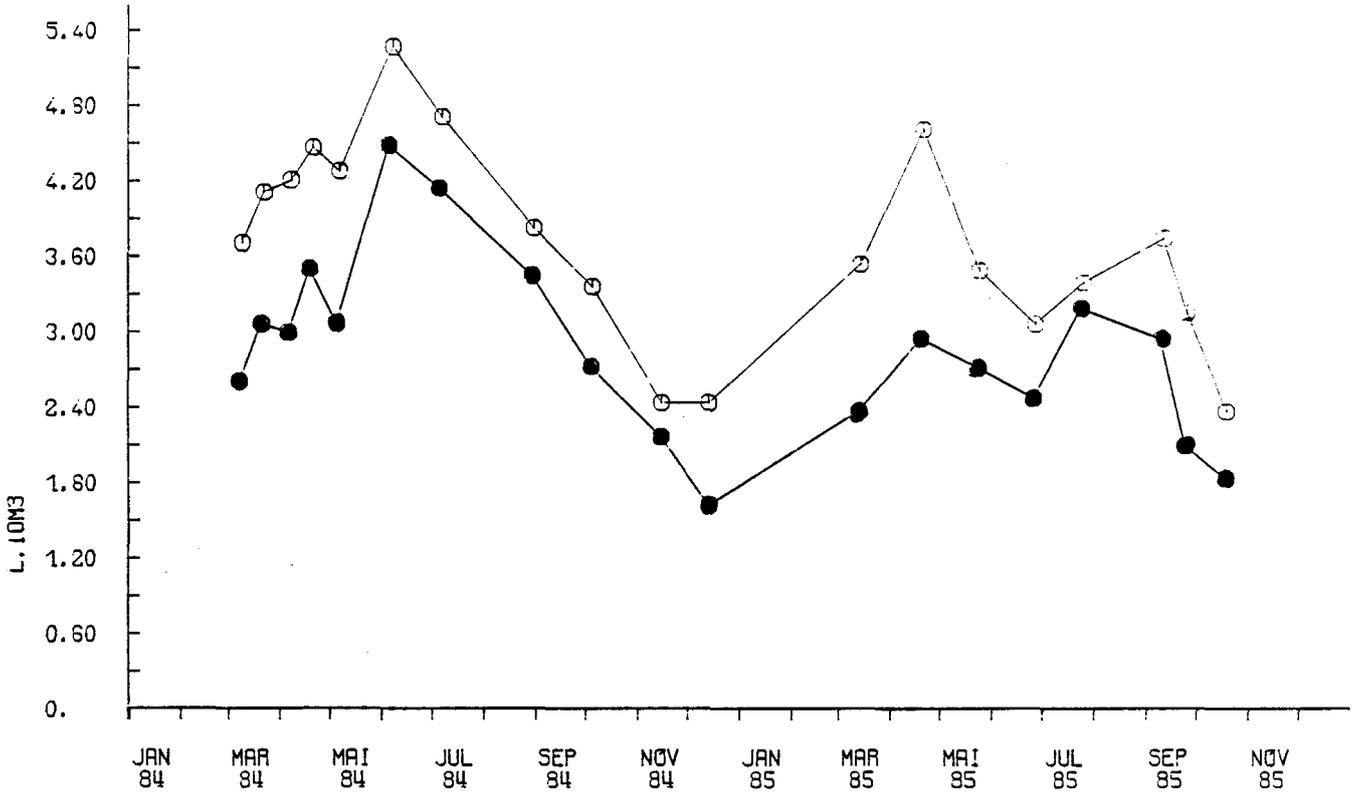
1. Ils sont abondants et représentent une forte proportion de la biomasse zooplanctonique. Exemple Temora longicornis au printemps (fig. V.9-1). Pour l'année 1985, on remarque que certaines espèces comme Centropages hamatus (V.9-2) ont montré une nette diminution générale, d'autres au contraire, les Annélides Lanice (V.9-4), les Chaetognathes Sagitta setosa (V.9-6) et les Copépodes Euterpina acutifrons (V.9-5) ont montré un très bon développement.

2. Ils sont susceptibles de former un fouling important ou un benthos trop prolifique dans les installations et ouvrages. Exemples : les Cirripèdes, les Bryozoaires, les moules, etc. Nous suivons avec attention les différentes quantités de larves émises. C'est le cas des nauplii et cypris de Cirripèdes, des larves Cyphonautes de Bryozoaires (fig. V.10). Les espèces ne sont pas distinguées mais on sait qu'actuellement certaines espèces sont en voie d'extension sur les côtes de la Manche par exemple Elminius modestus qui se développe bien dans les eaux chaudes. Balanus balanoides qui est une espèce d'eau froide et émet ses larves en février-mars pourrait rentrer en compétition avec d'autres espèces, l'équilibre pourrait être déplacé à son détriment.

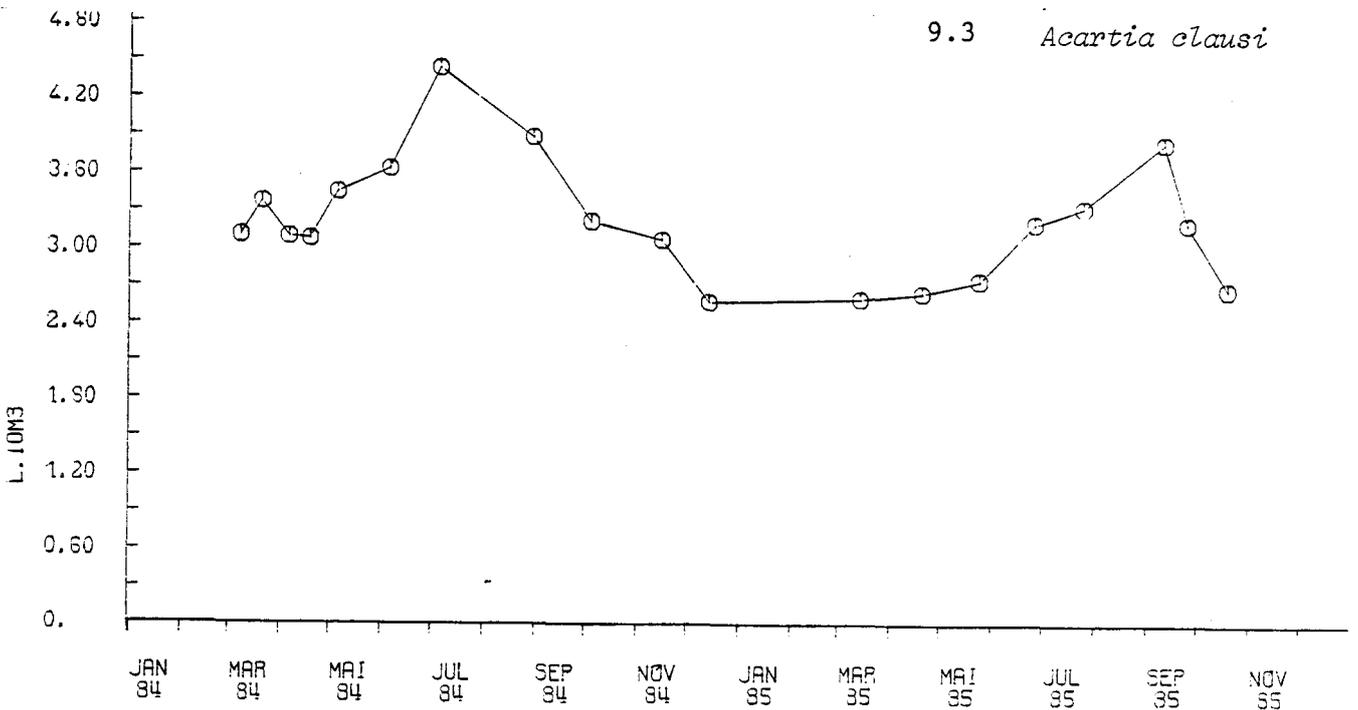
3. Ils sont susceptibles de colmater les grilles à l'entrée de la centrale si leur prolifération devient une gêne. Il faut donc bien comprendre pour ces groupes quels sont les facteurs physiques, chimiques, biologiques qui "favorisent" leur reproduction, leur nutrition et les conditions météorologiques ou courantologiques les plus favorables à leur transport vers l'entrée de la centrale. Ces questions demandent d'être approfondies pour deux groupes en particulier, les ctenaires et cnidaires.

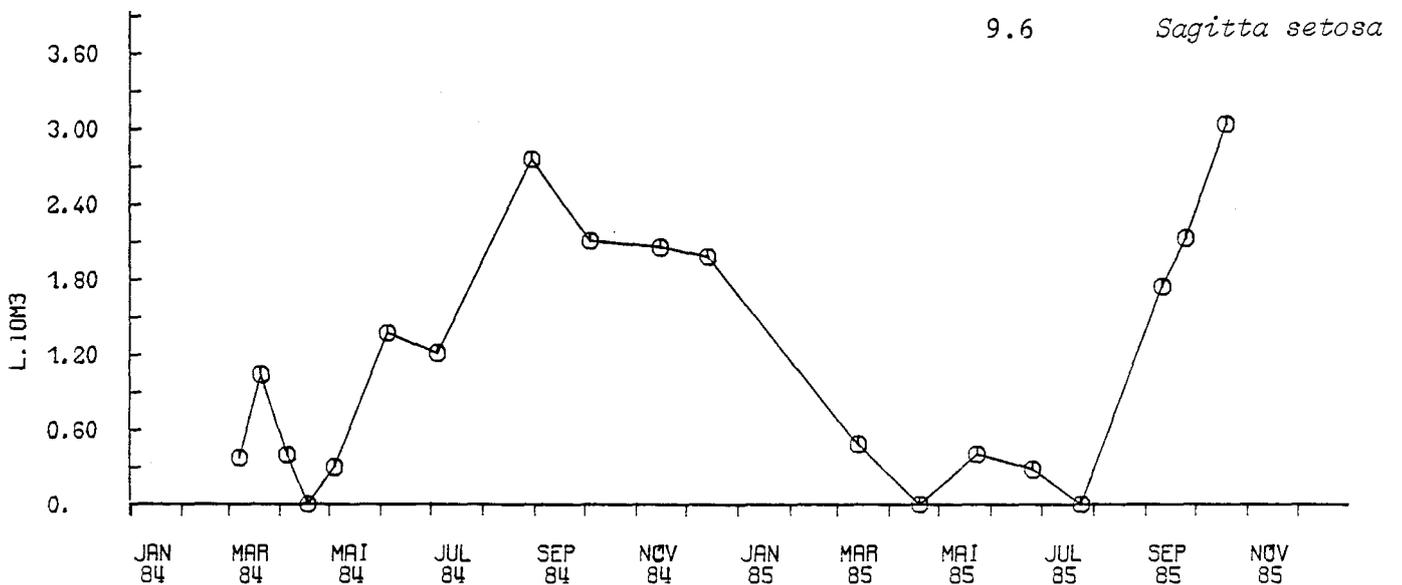
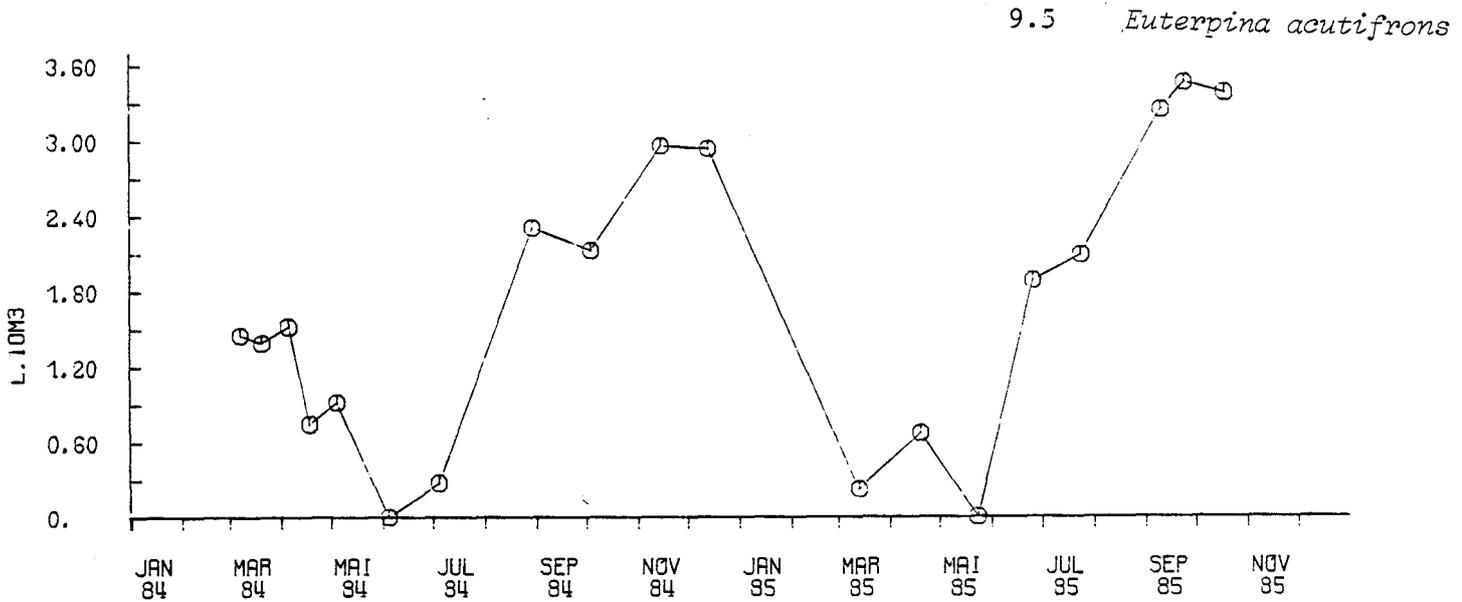
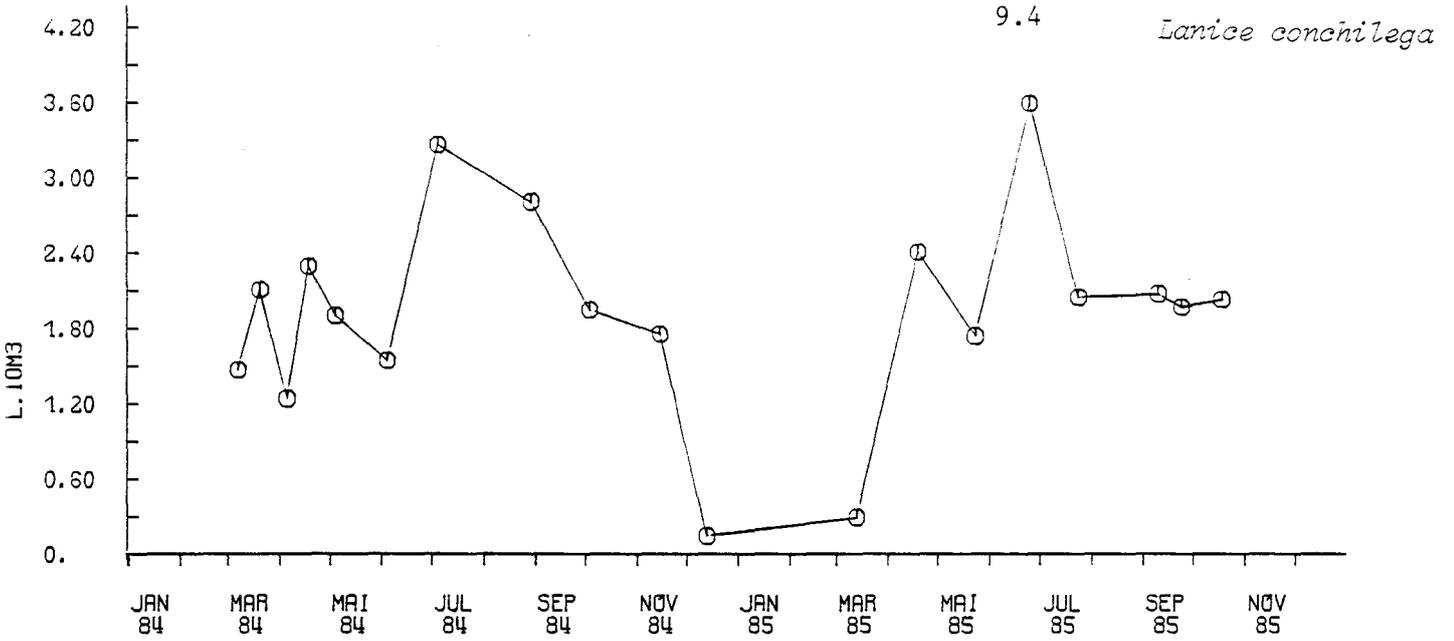
Fig. V.9.1 à V.9.6 : Variations saisonnières de Temora longicornis, Centropages hamatus, Acartia clausi, Lanice conchilega, Euterpina acutifrons, Sagitta setosa.

9.1 ○ *Temora longicornis*
 9.2 ● *Centropages hamatus*



9.3 ○ *Acartia clausi*





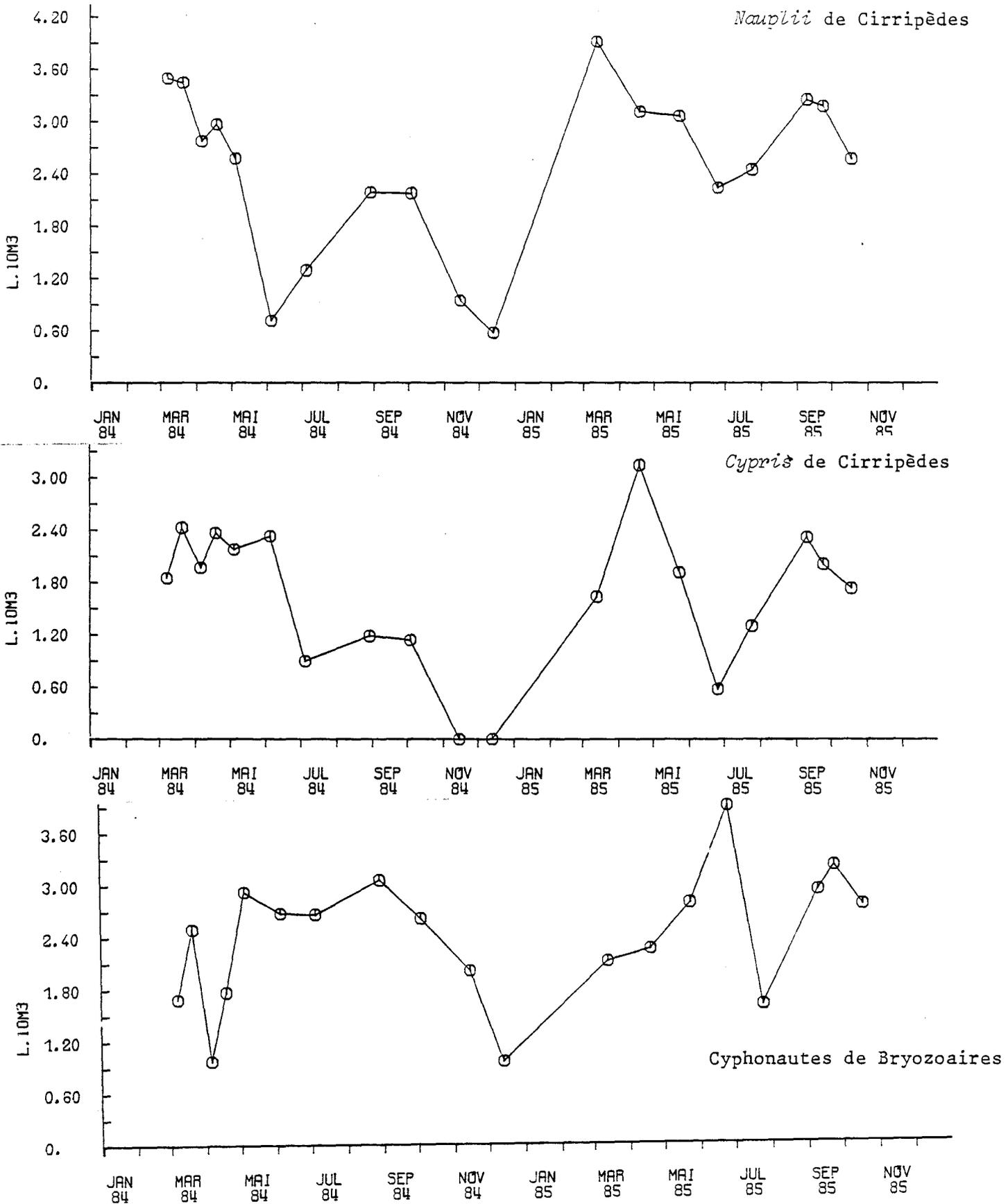


Fig. V.10 : Variations saisonnières des nauplii et cypris de Cirripèdes et des Cyphonautes de Bryozoaires, tous points confondus.

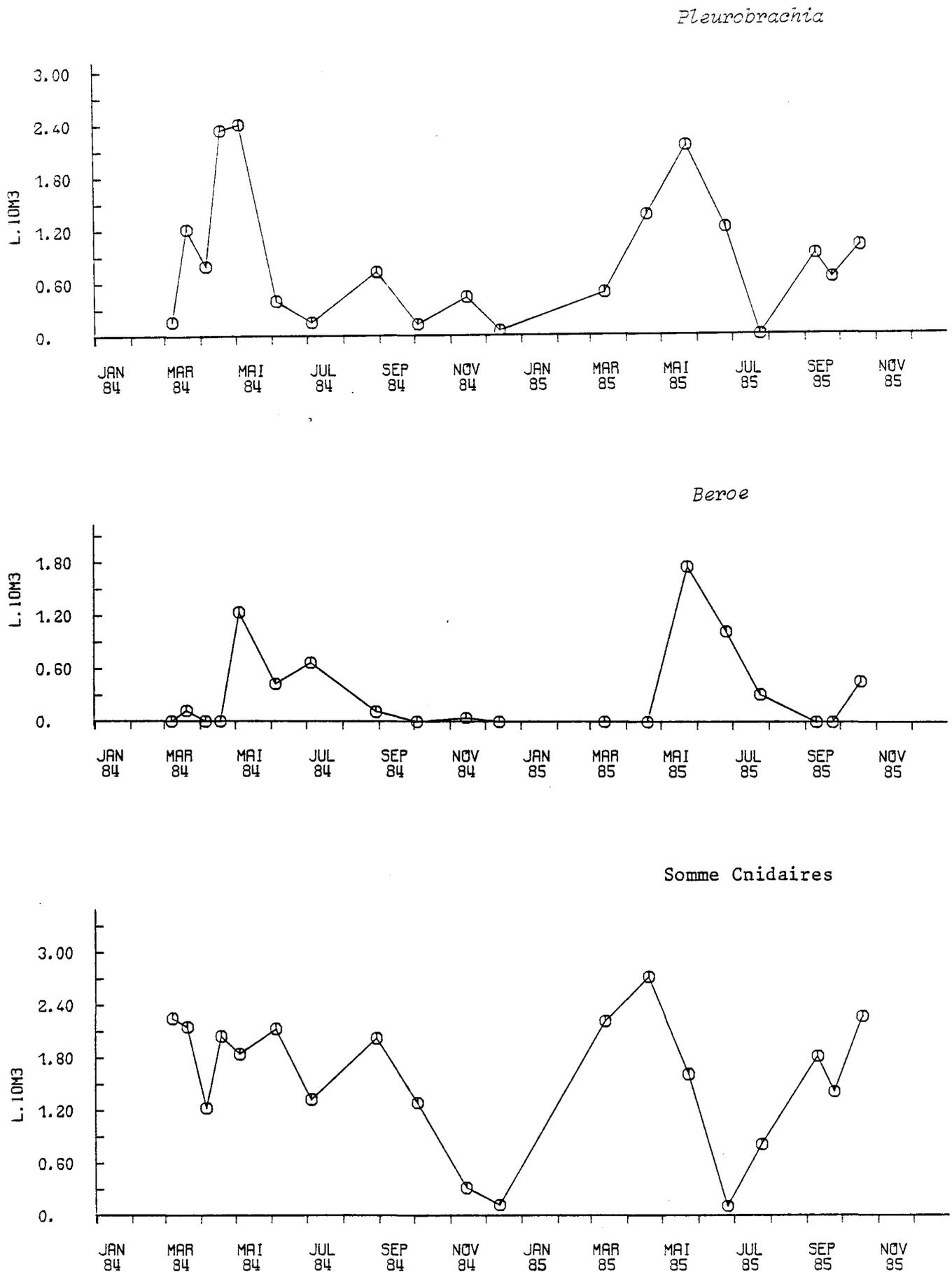


Fig. V.11 : Variations saisonnières de *Pleurobrachia*, *Beroe*, de la somme cnidaires, tous points confondus.

Parmi les ctenaires Pleurobrachia sp. (Groseille de mer) et Beroe sp. (fig. V.11) sont suivies depuis plusieurs années. Leur prolifération excessive a provoqué en 1985 des ennuis sérieux de colmatage des grilles. Il est intéressant également d'étudier les variations d'abondance des méduses (cnidaires) carnivores qui exercent une forte prédation sur le petit zooplancton. L'intérêt est multiple il peut être d'ordre écologique afin de suivre l'équilibre du milieu entre herbivores et carnivores qui peut être un indice de bon état de l'écosystème, il peut être d'ordre plus pratique si des méduses type méduses acalèphes (Rhizostoma octopus) prolifèrent en trop grande quantité (pouvoir urticant, risque de colmatage, etc.).

* Abondance des espèces. Comparaison des points de mesures.

La nouvelle stratégie adoptée pour les prélèvements au point médian permet de comparer le point large non impacté à un point médian qui est défini par un $\Delta T = + 3^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ d'échauffement, la différence entre le point large et le point médian est alors difficilement comparable à celle qui existait entre ces deux points les années précédentes puisque le point du large et le point médian étaient tous deux hors tache thermique. Les différences observées entre ces deux points pouvaient s'interpréter comme des différences naturelles de gradient côte-large et au contraire les différences entre le côtier échauffé et le médian proche non échauffé étaient interprétées comme étant dépendantes du fonctionnement de la centrale et dues à l'impact de celle-ci.

Pour cette nouvelle étude, l'interprétation doit tenir compte de la nouvelle stratégie afin d'éviter toute conclusion erronée.

1. Comparaison point du large - point médian.

On peut attribuer aux variations climatiques et météorologiques, donc à des causes naturelles l'évolution des abondances au point large, point de référence. La différence relative des abondances aux deux points montre une évolution entre 1984 et 1985.

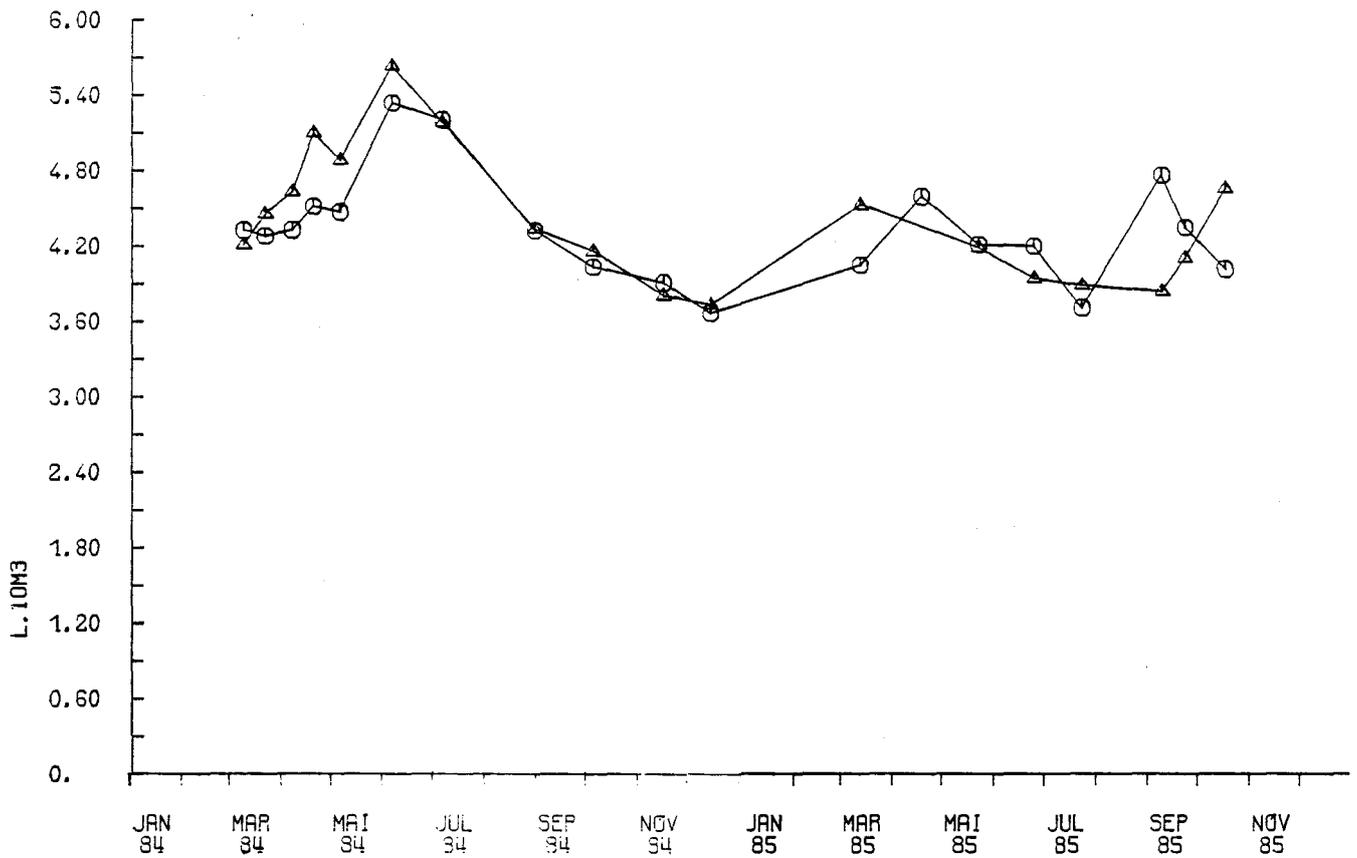
Le plancton total était souvent plus abondant au point médian "non impacté" qu'au point du large mais on voit qu'en 1985 le point médian est plus pauvre particulièrement pour certains groupes et certaines espèces : les annélides, le copépode Pseudocalanus minutus ou les oeufs de poissons (fig. V.12). Ce premier résultat demande à être confirmé sur plusieurs années de comparaison.

2. Comparaison entrée de centrale (point 64) et sortie de centrale (point côtier 62).

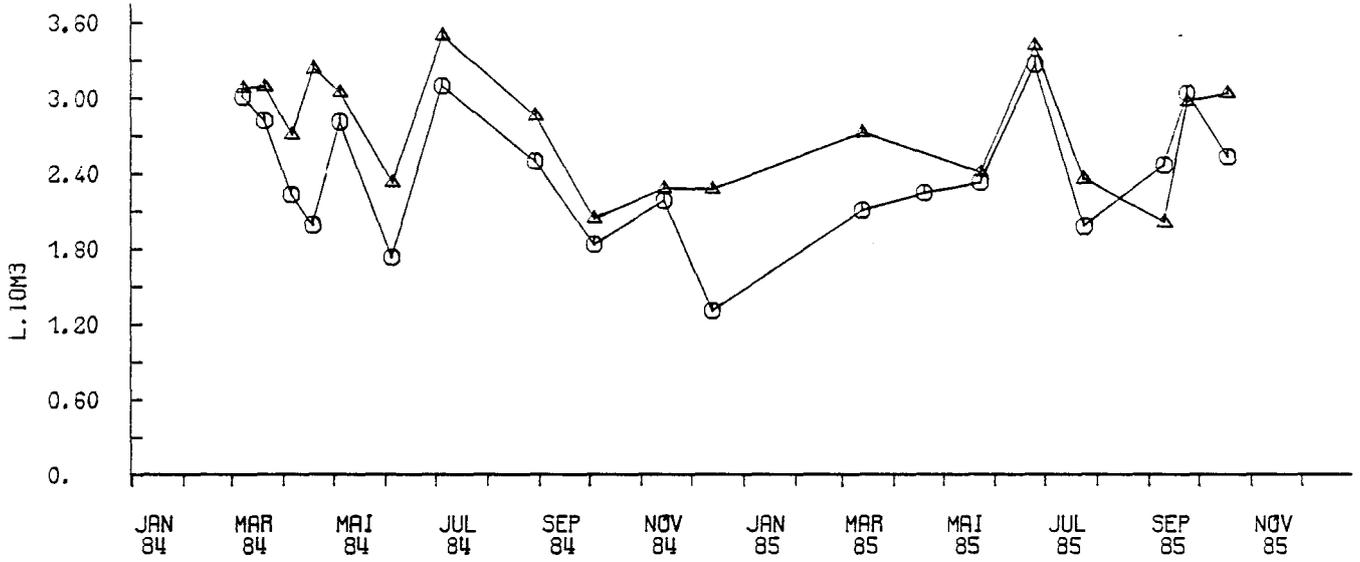
Pour de très nombreux groupes et espèces le rejet est plus pauvre que l'entrée (fig. V.13), ce qui confirme les observations des années précédentes (G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1982 a, b, 1983, 1984). Remarquons la forte quantité de Pleurobrachia (groseilles de mer) au canal d'entrée par rapport au rejet au moment du maximum annuel d'abondance en mai-juin. L'aspiration des eaux est telle devant l'entrée de la centrale que le flux de Pleurobrachia est entraîné et aspiré vers le canal. Les mois de mai et juin sont ceux où les risques de colmatage des grilles sont les plus forts et il convient de surveiller non seulement la phase de reproduction de ces organismes mais le mécanisme de transfert des eaux en

Fig. V.12 : Comparaison des points large (02) et médian (63). ○ 02
△ 63

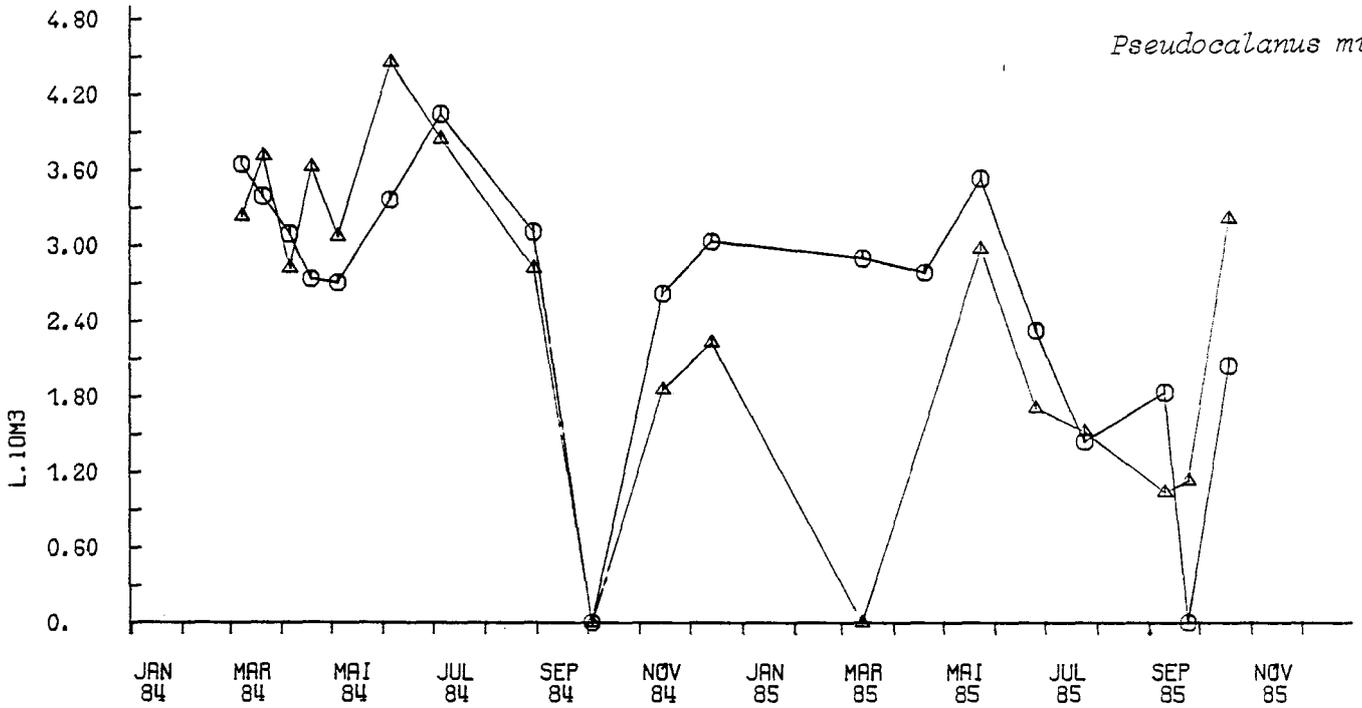
Total zooplancton



Somme des Annélides



Pseudocalanus minutus



Oeufs de Teleosteens

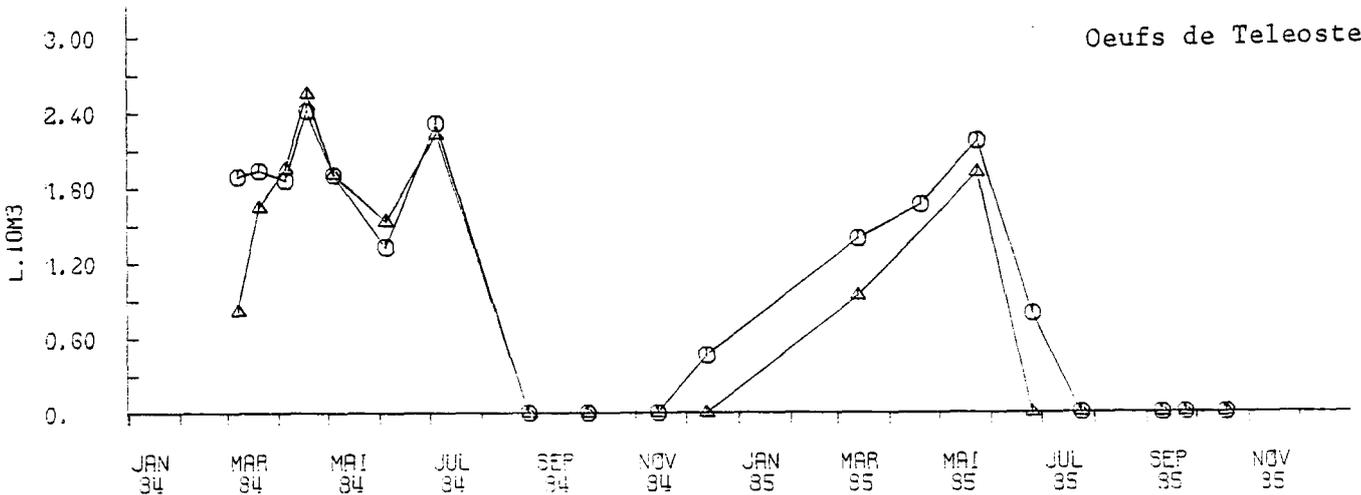
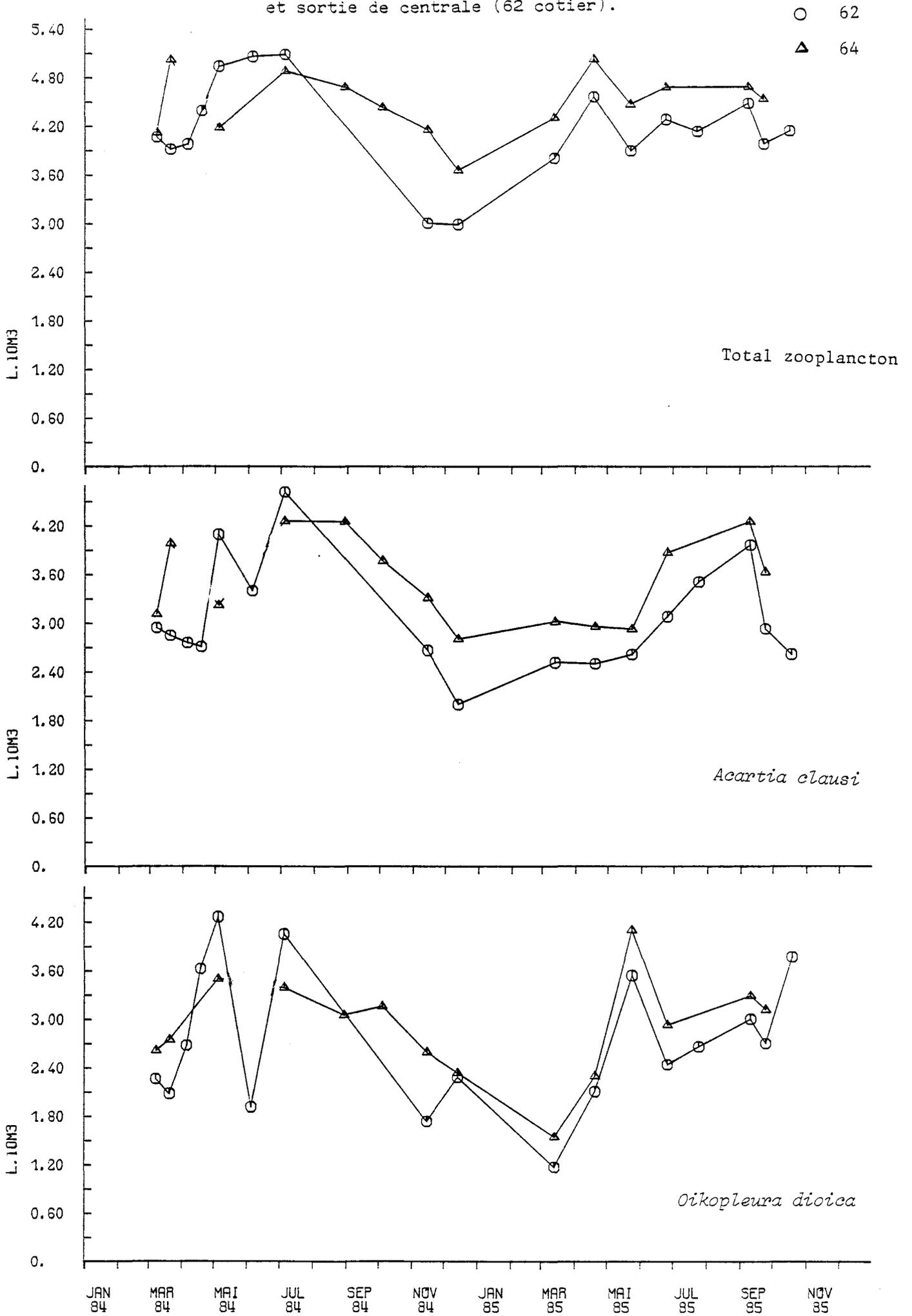
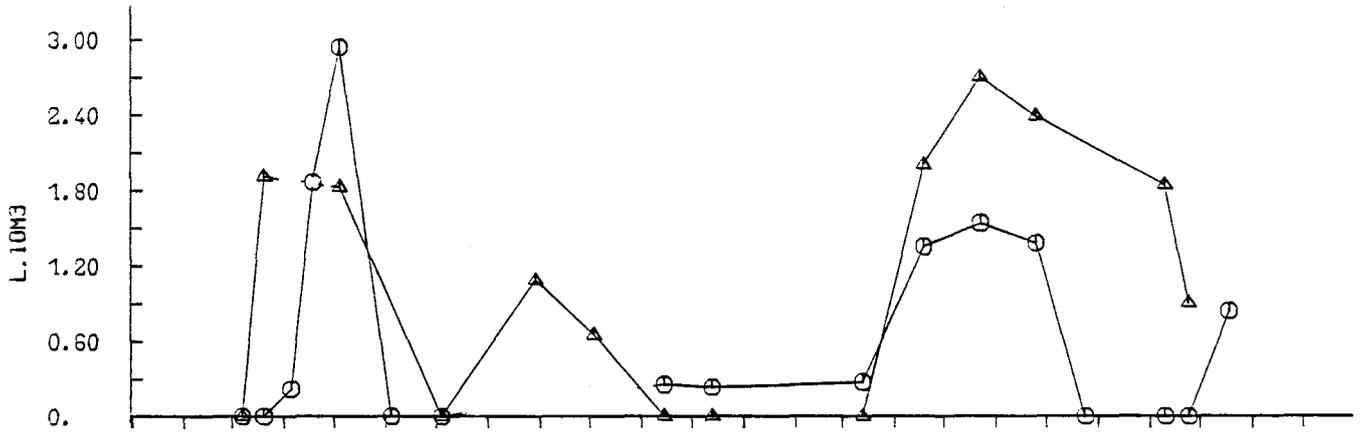


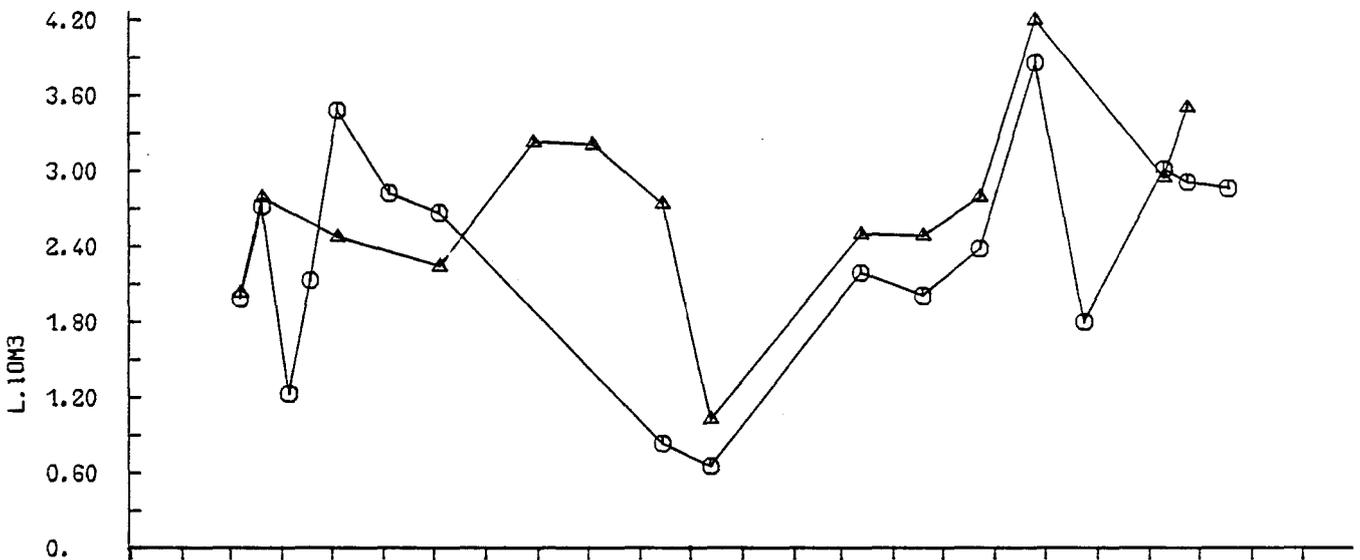
Fig. V.13 : Comparaison des points entrée de centrale (64 canal) ,
et sortie de centrale (62 côtier).



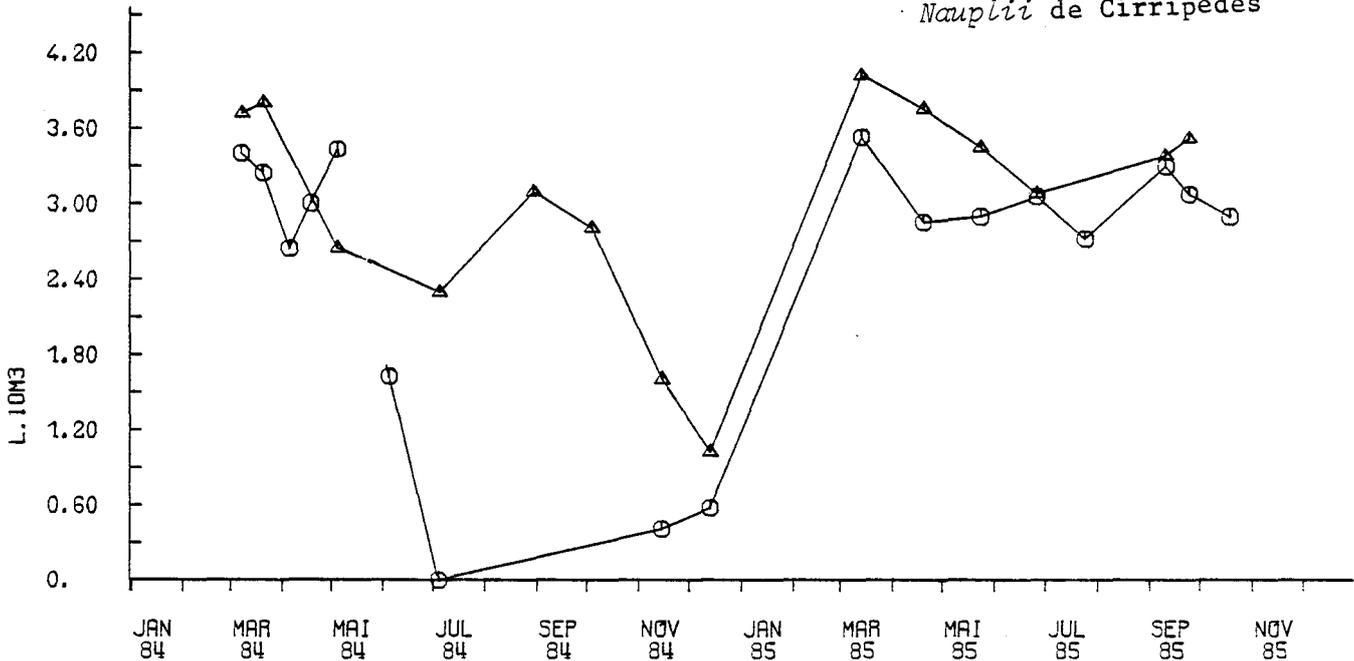
Pleurobrachia pileus



Cyphonautes de Bryozoaires



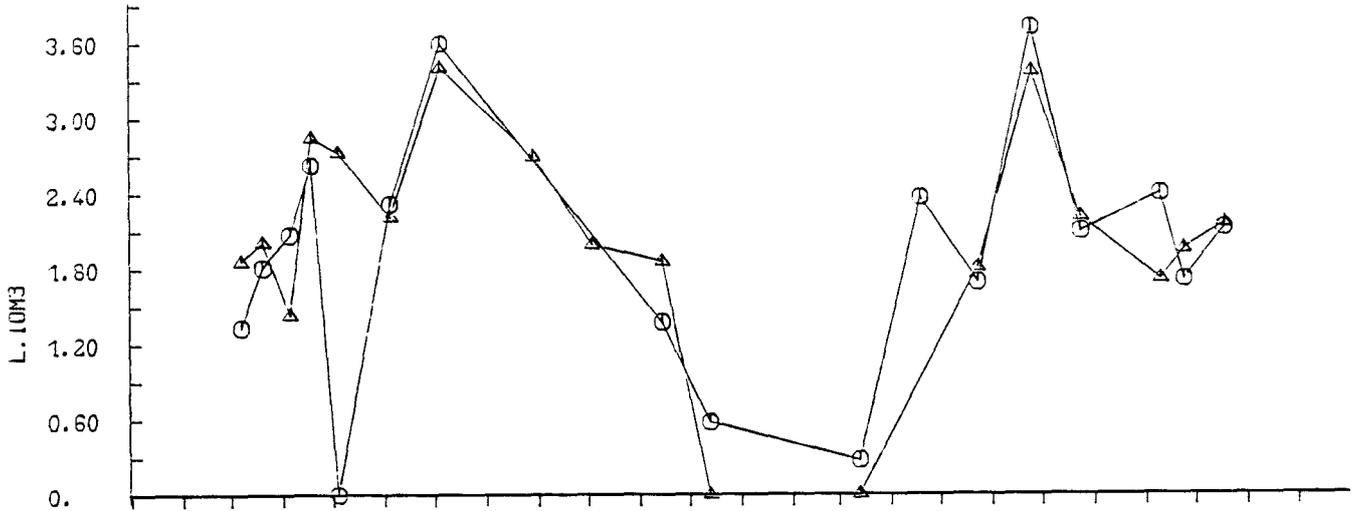
Nauplii de Cirripèdes



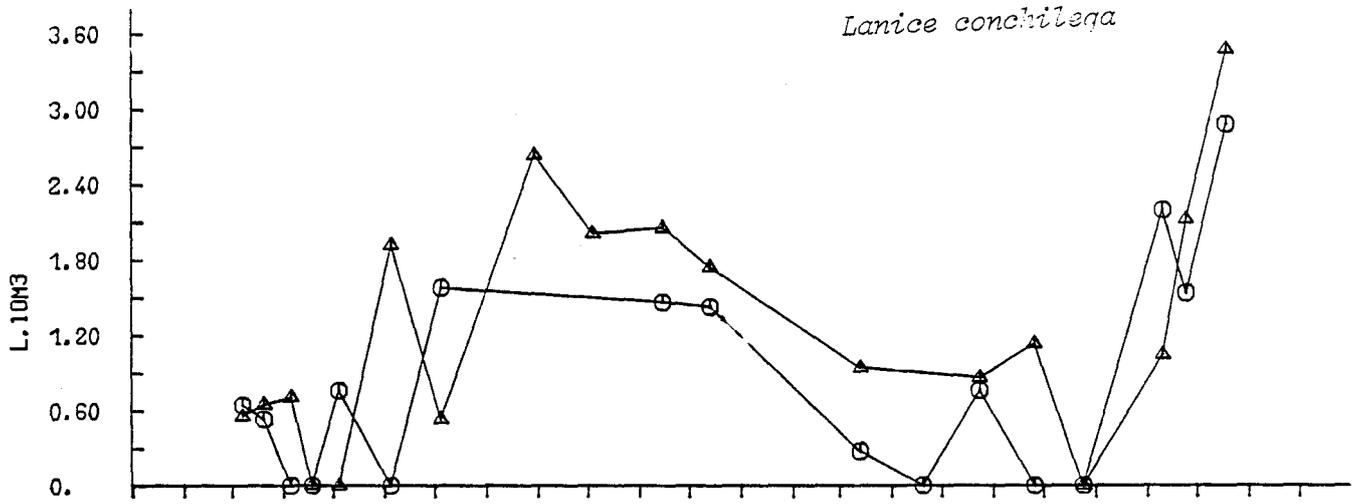
Sagitta setosa

○ 62

△ 63



Lanice conchilega



Temora longicornis

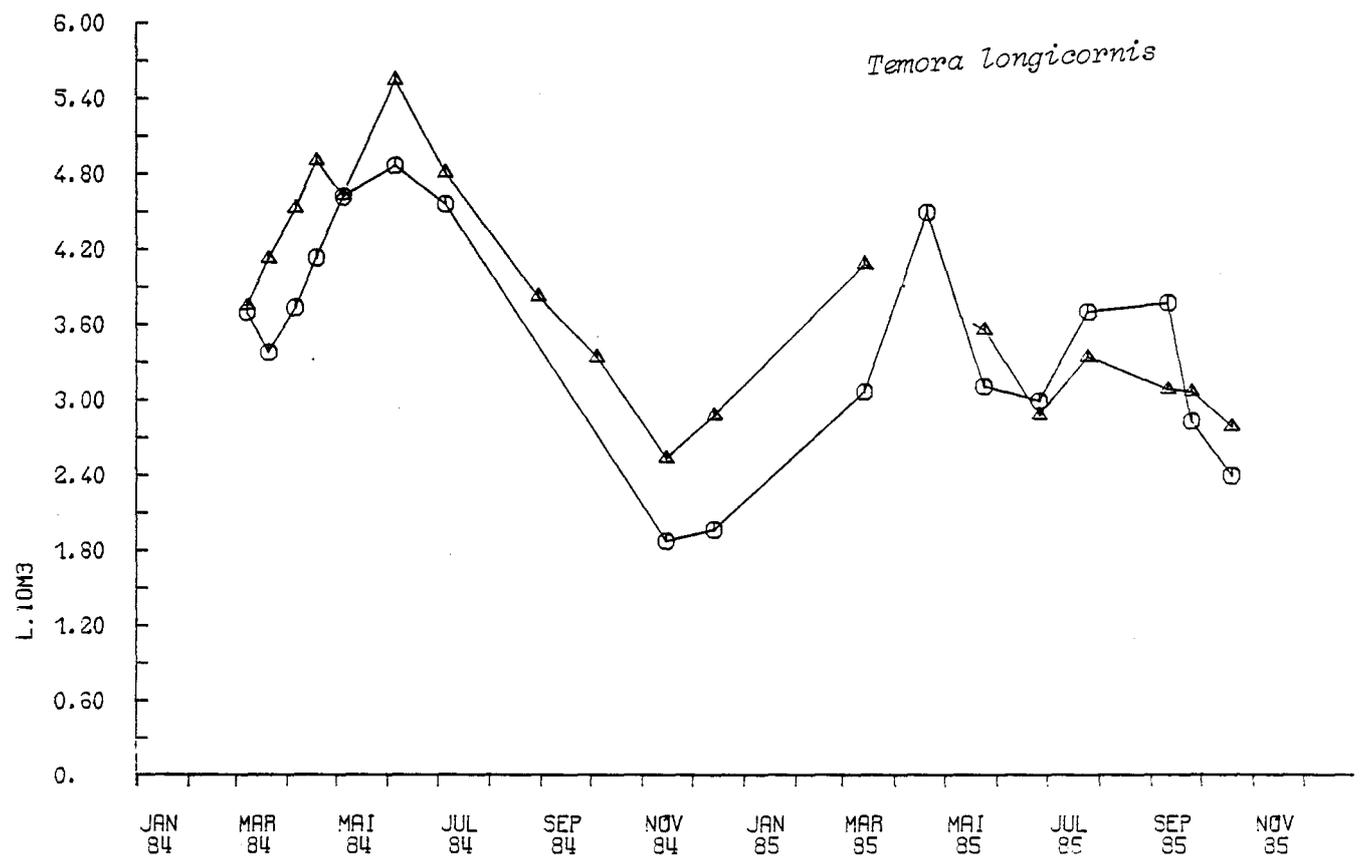


Fig. V.14 : Comparaison des points médian (63) et côtier (62).

direction de l'entrée de la centrale. Les organismes qui peuvent produire un fouling très important, cirripèdes, bryozoaires, sont également très abondants à l'entrée de la centrale (fig. V.13).

3. Comparaison des points côtier (62) et médian (63).

Une information nouvelle apparaît par cette comparaison. Alors que pour les années précédentes les différences entre le rejet et le médian non impacté mettaient en évidence un effet dépressif de la centrale sur quelques espèces on remarque que, au nouveau point médian les abondances peuvent être moins fortes à la fois qu'au large et au côtier-rejet. Entre le point côtier et le médian impacté le gradient peut être normal c'est le cas pour les larves d'annélides qui diminuent naturellement en s'éloignant de la côte, et inversement pour les Chaetognathes (fig. V.14). Par contre des espèces présentent des gradients inverses de la normale c'est par exemple Temora longicornis, on remarque que son abondance au médian est encore plus faible qu'au rejet. Cela voudrait-il dire que l'effet dépressif dû à la centrale n'est pas maximal immédiatement au rejet mais un peu plus loin ? Y aurait-il une mortalité qui serait une mortalité différée ? Rien actuellement ne permet de conclure. Il semble toutefois intéressant de se poser une telle question.

CONCLUSION.

Au cours de cette étude plusieurs événements ont marqué l'année 1985 et montré la nécessité de poursuivre la surveillance écologique du compartiment pélagique animal et végétal.

L'année 1985 a tout d'abord été marquée par l'apparition d'une eau rouge à noctiluques qui s'est développée dans la zone côtière entre Calais et Gravelines, le phénomène a atteint son maximum d'ampleur entre le 12 et le 15 juillet où les dépôts de noctiluques aux Hemmes ont montré des densités de 5.10^6 cellules/m³ dans les taches d'eau rouge et 2.10^6 cell/m³ dans les eaux côtières environnantes. Les conditions météorologiques qui régnaient pendant le développement de ce phénomène ont été un grand ensoleillement dans la première quinzaine de juillet, une absence complète de précipitations et un vent très faible. Pendant cette période une diminution de l'oxygène dissous dans l'eau et une augmentation anormale de l'ammoniac ont été observées.

Un deuxième phénomène qui s'est développé de manière assez gênante pour le pompage des eaux de refroidissement de la centrale est la forte accumulation de Pleurobrachia sur les grilles d'entrée.

Les variations des espèces zooplanctoniques montrent en 1985 un cycle normal pour l'ensemble du site étudié. La comparaison entre les points de prélèvements confirme un effet dépressif du fonctionnement de la centrale sur l'abondance du zooplancton dans le rejet. Les observations qui ont été obtenues avec la nouvelle stratégie de comparaison de points laissent supposer que l'effet dépressif est soit immédiat, soit différé, ou la combinaison des deux dans la tache thermique.

RAPPORTS PRECEDENTS CITES EN REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1982 a. Zooplancton et noctiluques (Dinoflagellés).
Etude de surveillance n° 2 du site de Gravelines (juillet 1979 -
octobre 1980). pp. 119-167.
- G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1982 b. Zooplancton et noctiluques (Dinoflagellés).
Etude de surveillance n° 3 du site de Gravelines (novembre 1980 -
octobre 1981). pp. V.1-V.43.
- G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1983. Zooplancton et noctiluques.
Etude de surveillance n° 4 du site de Gravelines (novembre 1981 -
octobre 1982). pp. V.1-V.48.
- G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1984. Noctiluques et zooplancton.
Etude de surveillance n° 5 du site de Gravelines (novembre 1982 -
octobre 1983). pp. V.1-V.24.
- G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1985 a. Noctiluques et zooplancton.
Etude de surveillance n° 6 du site de Gravelines (novembre 1983 -
octobre 1984). pp. V.1-V.20.
- G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1985 b. Techniques utilisées pour l'étude du zooplanc
ton sur les sites des centrales nucléaires des côtes françaises
de Manche et Atlantique. IFREMER Centre de Brest, ed. Brest,
24 p., une version en Français, une version en Anglais.

A N N E X E N ° 1

Extrait de :

G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1982. Zooplancton et noctiluques (dinoflagellés).
In : Etude de surveillance écologique n° 2
juin 1979 - octobre 1980 du site de Gravelines.
CNEOX/COB/ELGMM pour EDF, pp. 119-167.

Les Noctiluques

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, les Noctiluques ne sont pas des organismes zooplanctoniques, mais ils sont bien recueillis au filet WP₂. Ce sont des organismes dinoflagellés hétérotrophes. Les Noctiluques peuvent atteindre, dans certaines régions, des concentrations telles qu'elles forment des "eaux rouges". Le mécanisme de formation des eaux rouges est très discuté, et les auteurs ne sont pas tous, actuellement, d'accord à ce sujet. Une eau rouge à Noctiluques a été observée en 1967 près de l'île de Sein, au niveau de la pointe Ouest Bretagne, par J.R. GRALL, J. LE FEVRE et moi-même. La relation entre la présence de cette eau rouge à Noctiluques et la localisation d'un front hydrologique ou convergence à la pointe de Bretagne a été établie à cette époque (LE FEVRE J. et J.R. GRALL, 1970). D'autres travaux, menés depuis sur la côte Sud de Bretagne par les mêmes auteurs, semblent confirmer cette hypothèse. La concentration des Noctiluques proviendrait d'une accumulation des organismes en surface, au niveau du front, zone de contact de deux masses d'eaux de caractéristiques hydrologiques très différentes. Dans ces travaux, la corrélation entre la quantité de Noctiluques et la température de surface des eaux est forte, mais il semble que le facteur essentiel soit la stabilité verticale. Un coefficient de stabilité verticale $\frac{\Delta \sigma_t}{\Delta Z} \times 10^3$ a été défini (Z profondeur en mètres), et une ébauche de modèle prédictif des eaux a été entreprise (LE FEVRE J., Erdeven, avril 1977). Si ce modèle ne semble pas parfait pour tous les sites, il semble que la relation entre $\frac{\Delta \sigma_t}{\Delta Z} \times 10^3$ et le nombre de Noctiluques soit très intéressante. Dans l'étude d'avant-projet de Ploumoguier et Plogoff, la différence entre les eaux stratifiées et les eaux brassées est définie ainsi : "les zones stratifiées se caractérisent par un coefficient de stabilité généralement supérieur à 20 et pouvant dépasser 30 à 40. Les zones brassées se caractérisent par un coefficient de stabilité très faible, en général voisin de 2" (LE FEVRE, J., 1979). Les sites sont bien évidemment très différents, mais j'ai calculé le coefficient de stabilité pour quelques stations de Gravelines.

Année 1980 : les Noctiluques apparaissent en avril, au point côtier. Le maximum annuel se produit au mois d'août avec de fortes valeurs au point côtier (133.705/m³) et au point médian 63 (241.136/m³), tandis que les valeurs sont inférieures dans le canal (17.651/m³) et surtout au point 05, hors tache thermique (2.178/m³).

Nous n'avons pas pu calculer le coefficient de stabilité $\frac{\Delta\sigma_t}{\Delta Z} \times 10^3$ pour toute les stations, ne connaissant malheureusement le σ_t qu'en surface aux points 62 et 64. Cependant, la comparaison entre 63 et 05 est possible :

$$\text{en 05} \quad \frac{\Delta\sigma_t}{\Delta Z} \times 10^3 = 6 \quad \text{avec } 2.178 \text{ Noctiluques/m}^3$$

$$\text{en 63} \quad \frac{\Delta\sigma_t}{\Delta Z} \times 10^3 = 70 \quad \text{avec } 241.136 \text{ Noctiluques/m}^3$$

La relation entre $\frac{\Delta\sigma_t}{\Delta Z} \times 10^3$ serait intéressante à calculer à toutes les stations et pour toutes les missions où les Noctiluques sont présentes. On peut faire une remarque concernant la stabilité à Gravelines. Elle peut avoir deux origines : la faible salinité ou la forte température. On note,

en effet, que les dessalures de printemps provoquent une stratification d'origine haline, tandis qu'en été "la stratification est thermique". Deux caractéristiques semblent être en conformité avec les études précédemment citées :

- l'apparition des Noctiluques et leur abondance sont liées à la stabilité verticale des eaux (stratification),
- une température minimum est nécessaire.

Si on compare les quantités de Noctiluques à Gravelines et dans la zone où une eau rouge avait été observée à l'Ouest de la Bretagne, on remarque que :

- 1/ l'eau de surface de la "station eau rouge Ouest Bretagne" contenait $2,4 \cdot 10^6$ cellules/litre (ou $2,4 \cdot 10^9$ cell./m³), la surface étant une zone de concentration,
- 2/ l'eau en moyenne sur la colonne d'eau dans les environs contenait de $1,6 \cdot 10^2$ à $1,0 \cdot 10^3$ cellules/litre (ou $1,6 \cdot 10^5$ à $1,0 \cdot 10^6$ cellules/m³),
- 3/ l'eau récoltée à Gravelines, au point médian, contenait en moyenne sur la colonne d'eau $0,2 \cdot 10^6$ cellules/m³.

Donc, on obtient à Gravelines des concentrations seulement 5 fois inférieures à celles observées aux stations Ouest-Bretagne. Quand on sait que la multiplication de ces cellules est une fonction exponentielle, on peut dire que la différence n'est pas très forte. Aussi est-il permis d'être vigilant dans

l'observation du phénomène au cours des années ultérieures. On déterminera les relations qui pourront exister entre le développement des Noctiluques et l'établissement d'une eau stratifiée. La zone la plus intéressante à prospecter semble-t-il, est la zone limite : eau brassée - eau stratifiée (microfront ?). Deux époques aussi sont particulièrement favorables à la stratification, le printemps où une stratification haline peut se développer certaines années (origine nordique des eaux de faibles salinités ?) et l'été où se développe une stratification thermique.

Noctiluques (N/m ³)	Dates	Point côte (62)	Point médian (63)	Point canal (64)	Point hors tache (05)
	9 mai 1979	247	-	-	-
	7 juin 1979	-	22	-	+
	4 juillet 1979	-	+	-	-
	2 août 1979	-	-	-	-
	5 septembre 1979	-	-	-	-
	10 octobre 1979	+	-	6.857	-
	22 novembre 1979	-	-	-	-
	17 janvier 1980	-	-	-	-
	22 février 1980	-	-	-	-
	27 mars 1980	-	-	-	-
	25 avril 1980	2.207	-	-	-
	28 mai 1980	16.707	13.070	52.622	88
	25 juin 1980	1.164	6	15.424	-
	24 juillet 1980	3.950	-	-	408
	11 août 1980	133.705	241.136	17.651	2.178
	22 septembre 1980	-	-	-	-
	21 octobre 1980	-	3	-	-

BIBLIOGRAPHIE

- LE FEVRE J., GRALL J.R., 1970, On the relationship of *Noctiluca* swarming off the western coast of Brittany with hydrological features and plankton characteristics of the environment. Processal of experimental marine Biology and Ecology, vol. 4 : pp. 287-306.
- LE FEVRE J., COCHARD J.C., GRALL J.R., 1977, Hydrologie et plancton in : Etude écologique d'avant-projet sur le site d'Erdeven (Morbihan), rapport préparé pour EDF par le CNEOX et l'UBO : pp. 149-323.
- LE FEVRE J., 1979, in : complément d'étude écologique d'avant-projet sur les sites de Ploumoguer et Plogoff (Finistère) : pp. 13-14 du rapport : Le milieu pélagique - rapport de l'Université de Bretagne Occidentale et Centre National pour l'Exploitation des Océans par QUINIOU F., LE FEVRE J. et RYCKAERT M., 1979 : 96 p.

A N N E X E N ° 2

Tableau V.3 : Biomasse - Poids sec.

Tableau V.4 : Matière organique.

Tableau V.5 : Carbone et Azote.

Tableau V.3

Points		62	63	02	64
Dates		côtier	médian	large	canal
14.11.84	m	10.3	20.6	24.3	Mesures aberrantes
		20.3	9.6	16.2	
		4.0	16.2	13.6	
		3.3	17.6	16.3	

	\bar{M}	9.5	16.0	17.8	
	S	7.9	4.6	4.9	
13.12.84	m	1.0	31.7	9.6	Mesures aberrantes
			34.3	11.1	
				9.7	
				10.2	

	\bar{M}	1.0	33.0	10.2	
	S		1.8	0.7	
13.03.85	m	16.3	26.4	37.2	Mesures aberrantes
		17.3	32.3	44.4	
		14.4	28.3	87.6	
		15.4			

	\bar{M}	15.9	29.0	56.2	
	S	1.2	3.0	26.9	
19.04.85	Pas de biomasse. Colmatage des filets par les Phaeocystis.				
23.05.85	Pas de biomasse. Colmatage des filets.				
25.06.85	m	35.3	57.3	34.6	Mesures aberrantes
		43.5	78.3	40.9	
			79.3	31.0	

	\bar{M}	39.4	71.6	35.5	
	S	5.8	12.4	5.0	
24.07.85	m	Pas de biomasse. Colmatage par les Noctiluques.		71.2	Mesures aberrantes
				72.6	

	\bar{M}			71.9	
	S			1.0	
10.09.85	m	53.2	24.0	39.1	217.7
		72.6	21.7	44.8	333.3
		60.6	34.0	35.0	113.6
					102.5

	\bar{M}	62.1	26.6	39.6	191.8
	S	10.0	6.5	4.9	107.7
24.09.85	m	43.5	48.5	15.1	41.9
		28.5	27.9	14.9	39.7
		30.3	29.3	17.7	51.3
		42.3		19.2	44.5

	\bar{M}	36.2	35.2	16.7	44.4
	S	7.8	11.5	2.1	5.0
18.10.85	m	64.6	85.9	186.6	Mesures aberrantes
		28.3	28.5	102.3	
		19.3	33.5		
		34.9			

	\bar{M}	36.9	49.3	144.5	
	S	19.5	31.8	59.6	

Gravelines - Poids sec de biomasses mg/m³

Tableau V.4

Dates	Points	62 côtier	63 médian	02 large	64 canal
14.11.84	m	6.7 13.1	10.9 8.0	8.3 22.5	
	\bar{M}	9.9	9.5	15.6	
	S	4.5	2.1	9.7	
13.12.84	m	0.5	12.8 16.0	5.2 4.4	
	\bar{M}		14.4	4.8	
	S		2.2	0.6	
13.03.85	m	8.3 10.0 7.4	14.3	13.0 16.2	
	\bar{M}	8.6		14.6	
	S	1.3		2.2	
19.04.85	Pas de biomasse. Colmatage des filets.				
23.04.85	Pas de biomasse. Colmatage des filets.				
25.06.85	m	11.9 15.3	22.9 24.4	15.7 16.3	
	\bar{M}	14.0	23.7	16.0	
	S	2.9	1.1	0.4	
24.07.85	m	Pas de biomasse. Colmatage des filets par les Nocti- luques.		46.6 51.0	
	\bar{M}			48.8	
	S			3.1	
10.09.85	m	36.0 26.7	7.6 6.7	24.0 26.9	51.5 81.0
	\bar{M}	31.4	7.2	25.4	66.2
	S	6.6	0.6	2.1	20.8
24.09.85	m	11.7 9.0	11.6 8.0	7.9 9.0	14.9 15.4
	\bar{M}	10.4	9.8	8.5	15.1
	S	1.9	2.5	0.8	0.3
18.10.85	m	25.6 11.3	12.9 10.6	37.1 26.0	
	\bar{M}	18.4	11.8	31.6	
	S	10.2	1.6	7.8	

Gravelines - Poids de matière organique (mg/m³)(m : mesures individuelles ; \bar{M} : moyenne ; S : écart type)

Tableau V.5

Points Dates		62 côtier		63 médian		02 large		64 canal	
		Carbone	Azote	Carbone	Azote	Carbone	Azote	Carbone	Azote
14.11.84	m	2.9	0.6	4.7	0.7	3.4	0.5		
		3.6	1.1	2.4	0.4	2.5	0.4		
		1.0	0.2	2.0	0.4	3.3	0.6		
		1.0	0.2	3.7	0.7	4.0	0.7		
M	2.6	0.5	3.2	0.6	3.4	0.6			
	S	2.2	0.4	1.2	0.2	0.6	0.1		
13.12.84	m	0.2	0.04	5.6	0.7	2.0	0.4		
				6.7	0.9	2.3	0.5		
				6.1	0.8	2.1	0.4		
				0.8	0.2	0.2	0.07		
M									
	S								
13.03.85	m	3.7	0.7	6.3	1.4	5.9	1.1		
		4.2	1.4	6.7	1.4	6.7	1.3		
		3.4	0.6	6.7	1.5	9.4	2.0		
		3.2	0.6						
M	3.6	0.8	6.6	1.4	7.3	1.4			
	S	0.5	0.4	0.2	0.07	1.9	0.5		
19.04.85	Pas de biomasse. Colmatage des filets.								
23.05.85	Pas de biomasse. Colmatage des filets.								
25.06.85	m	3.7	0.7	7.7	1.5	6.3	1.2		
		5.1	1.0	5.9	1.3	6.1	1.3		
				11.3	1.9	3.6	0.7		
M	4.4	0.8	8.3	1.6	5.3	1.1			
	S	0.9	0.2	2.7	0.3	1.5	0.3		
24.07.85	m	Pas de biomasse. Colmatage par les Noctiluques.				21.3	5.2		
						23.0	5.6		
						22.1	5.4		
						1.2	0.3		
M									
	S								
10.09.85	m	9.1	1.9	3.4	0.7	10.7	2.7	29.2	5.3
		15.4	3.4	2.5	0.5	12.0	3.0	29.4	8.7
		11.4	2.4	2.7	0.5	8.1	2.0	18.0	4.1
								16.3	4.3
M	12.0	2.6	2.9	0.6	10.2	2.5	23.2	5.6	
	S	3.1	0.7	0.5	0.1	2.0	0.5	7.1	2.2
24.09.85	m	3.8	0.6	5.7	0.9	3.4	0.8	6.5	1.5
		3.4	0.6	3.5	0.6	4.5	1.0	6.5	1.4
		3.6	0.7	4.0	0.8	4.4	1.0	8.1	1.9
		2.6	0.4			3.1	0.8	6.9	1.8
M	3.3	0.6	4.4	0.8	3.8	0.9	7.0	1.6	
	S	0.5	0.09	1.2	0.1	0.7	0.1	0.7	0.2
18.10.85	m	9.6	1.4	6.1	1.0	21.2	2.9		
		4.4	0.8	5.7	3.9	10.1	1.3		
		3.7	0.8	4.4	0.8				
		4.6	0.8						
M	5.6	0.9	5.4	1.9	15.7	2.1			
	S	2.7	0.3	0.9	1.7	7.8	1.1		

Gravelines - Poids de carbone et d'azote (mg/m³)

(m : mesures individuelles ; M : moyenne ; S : écart type)

A N N E X E N ° 3

Tableau V.6

Gravelines. Novembre 84 à octobre 85. Espèces recensées non comptées.

Dates	Point côtier (62)	Point médian (63)	Point large (02)	Point canal (64)
14.11.1984	Aphroditidés. <i>Bosmina</i> sp. Cyclopoïdes nd. <i>Coccycaeus</i> sp. Epicarides LV. Cumacés. Amphipodes gammariens. Zoe de Brachyours. Gastéropodes LV.	Cyclopoïdes nd. Epicarides LV. Cumacés. Gastéropodes LV.	<i>Phialidium hemisphaericum</i> . Leptoméduses juvéniles. Aphroditidés. Peltidiidés. Cyclopoïdes nd. <i>Coccycaeus</i> sp. Epicarides LV. Cumacés. Amphipodes gammariens. Gastéropodes LV.	Spionidae nd. Nephtydés. Aphroditidés. Cyclopoïdes nd. <i>Coccycaeus</i> sp. Epicarides LV. Cumacés. Amphipodes gammariens. Gastéropodes LV.
13.12.1984	<i>Obelia</i> sp. Leptoméduses juvéniles. <i>Pigospio</i> sp. Spionidae nd. <i>Calanus helgolandicus</i> . <i>Acartia discoidata</i> . <i>Coccycaeus</i> sp. Cyclopoïdes nd. Ostracodes. Epicarides LV. Zoe de Brachyours. Bivalves LV. Gastéropodes LV.	<i>Pigospio</i> sp. Spionidae nd. Cyclopoïdes nd. Peltidiidés. Epicarides LV. Cumacés. Bivalves LV.	<i>Oithona</i> sp. Cyclopoïdes nd. Peltidiidés. Cumacés. Epicarides LV. Bivalves LV. Gastéropodes LV.	Spionidae nd. <i>Oithona</i> sp. Cyclopoïdes nd. Epicarides LV. Amphipodes gammariens. Gastéropodes LV.
13.03.1985	Leptoméduses juvéniles. <i>Rathkea octopunctata</i> . <i>Sarsia eximia</i> . <i>Sarsia</i> sp. <i>Cerinula</i> LV. Actinules nd. <i>Calanus helgolandicus</i> . <i>Parapontella brevicornis</i> . Cumacés. Epicarides LV. Zoe de Brachyours.	<i>Amphinema dinema</i> . <i>Rathkea octopunctata</i> . <i>Cerinula</i> LV. Nephtydés. Spionidae nd. Epicarides LV. Cumacés. <i>Paramysis arenosa</i> .	<i>Cerinula</i> LV. Nephtydés. Aphroditidés. <i>Calanus helgolandicus</i> . Cumacés. Zoe de Brachyours. Gastéropodes LV.	<i>Obelia</i> sp. <i>Sarsia eximia</i> . <i>Rathkea octopunctata</i> . <i>Cerinula</i> LV. <i>Calanus helgolandicus</i> . Harpacticoides nd. Peltidiidés. Epicarides LV. Cumacés. Amphipodes gammariens. Pagurides. Bivalves LV.
19.04.1985	<i>Obelia</i> sp. <i>Rathkea octopunctata</i> . Actinules nd. <i>Phyllodoce</i> sp. Harpacticoides nd. Zoe de Brachyours. Amphipodes gammariens. Bivalves LV. Gastéropodes LV.		<i>Obelia</i> sp. <i>Sarsia eximia</i> . <i>Rathkea octopunctata</i> . Aphroditidés. <i>Parapontella brevicornis</i> . Caridés. Zoe de Brachyours. Amphipodes gammariens. Bivalves LV. Gastéropodes LV.	<i>Obelia</i> sp. <i>Sarsia tubulosa</i> . Cumacés. Zoe de Brachyours. Bivalves LV.
23.05.1985	<i>Obelia</i> sp. <i>Margelopsis</i> sp. <i>Rathkea octopunctata</i> . Spionidae nd. Aphroditidés. <i>Bosmina</i> sp. Cyclopoïdes nd. Peltidiidés. Amphipodes gammariens. Zoe de Brachyours. Bivalves LV. Gastéropodes LV. Brachiolaria LV.	<i>Sarsia tubulosa</i> . <i>Rathkea octopunctata</i> . Spionidae nd. <i>Phyllodoce</i> sp. Peltidiidés. Cumacés. Caridés. Bivalves. <i>Ophioplutei</i> . Bipinnaria LV.	Leptoméduses nd. <i>Sarsia tubulosa</i> . <i>Rathkea octopunctata</i> . Actinules nd. Spionidae nd. Aphroditidés. Ostracodes. Harpacticoides nd. Caridés. Zoe de Brachyours. Bivalves LV. Gastéropodes LV. Echinides LV.	<i>Rathkea octopunctata</i> . Aphroditidés. Peltidiidés. Cumacés. Amphipodes gammariens. Caridés. Zoe de Brachyours. Bivalves LV. Brachiolaria LV. Echinides LV.
Dates	Point côtier (62)	Point médian (63)	Point large (02)	Point canal (64)
25.06.1985	Spionidae nd. <i>Magelona papillicornis</i> . <i>Bosmina</i> sp. <i>Isias clavipes</i> . <i>Labidocera wollastoni</i> . Cumacés. Zoe de Brachyours. Bivalves LV. Gastéropodes LV. <i>Ophioplutei</i> .	<i>Isias clavipes</i> . Cyclopoïdes nd. Cumacés. Zoe de Brachyours. Bivalves LV. Gastéropodes LV. <i>Ophioplutei</i> .	<i>Phialidium hemisphaericum</i> . <i>Magelona papillicornis</i> . Aphroditidés. <i>Pectinaria koreni</i> . <i>Bosmina</i> sp. Ostracodes. Cyclopoïdes nd. <i>Isias clavipes</i> . Cumacés. Zoe de Brachyours. Amphipodes gammariens. Caridés. Bivalves LV. Gastéropodes LV. <i>Ophioplutei</i> .	Magelonides. <i>Calanus helgolandicus</i> . <i>Isias clavipes</i> . Peltidiidés. Bivalves LV. <i>Ophioplutei</i> . Gastéropodes LV.
24.07.1985	<i>Bosmina</i> sp. Cyclopoïdes nd. Cumacés. Bivalves LV. Gastéropodes LV. <i>Ophioplutei</i> .	<i>Phialidium hemisphaericum</i> . <i>Isias clavipes</i> . Cyclopoïdes nd. Cumacés. Bivalves LV. Gastéropodes LV. <i>Ophioplutei</i> .	<i>Calanus helgolandicus</i> . <i>Isias clavipes</i> . Cyclopoïdes nd. Cumacés. Amphipodes gammariens. Bivalves LV.	<i>Calanus helgolandicus</i> . Epicarides LV. Cumacés. Gastéropodes LV. <i>Ophioplutei</i> .
10.09.1985	<i>Phialidium hemisphaericum</i> . <i>Bosmina</i> sp. <i>Calanus helgolandicus</i> . <i>Isias clavipes</i> . <i>Labidocera wollastoni</i> . Cyclopoïdes nd. Epicarides LV. Caridés. Bivalves LV. Gastéropodes LV. <i>Ophioplutei</i> .	<i>Phialidium hemisphaericum</i> . <i>Sarsia eximia</i> . <i>Calanus helgolandicus</i> . <i>Isias clavipes</i> . <i>Labidocera wollastoni</i> . Cyclopoïdes nd. Gastéropodes LV. <i>Ophioplutei</i> .	<i>Phialidium hemisphaericum</i> . <i>Obelia</i> sp. Leptoméduses nd. <i>Sarsia eximia</i> . <i>Sarsia prolifera</i> . <i>Sarsia gemmifera</i> . <i>Sarsia</i> sp. Spionidae nd. <i>Calanus helgolandicus</i> . <i>Isias clavipes</i> . <i>Labidocera wollastoni</i> . Cyclopoïdes nd. Caridés. <i>Ophioplutei</i> . Gastéropodes LV.	<i>Phialidium hemisphaericum</i> . <i>Obelia</i> sp. Leptoméduses nd. <i>Sarsia prolifera</i> . <i>Sarsia gemmifera</i> . <i>Sarsia</i> sp. Spionidae nd. <i>Autolytus prolifer</i> . <i>Calanus helgolandicus</i> . <i>Labidocera wollastoni</i> . Cyclopoïdes nd. Ostracodes. Amphipodes gammariens. Caridés. Zoe de Brachyours. Bivalves LV. <i>Ophioplutei</i> . Gastéropodes LV.
24.09.1985	Spionidae nd. <i>Labidocera wollastoni</i> . Cyclopoïdes nd. Caridés. Amphipodes gammariens. Bivalves LV. <i>Ophioplutei</i> . Gastéropodes LV.	<i>Obelia</i> sp. <i>Phialidium hemisphaericum</i> . Leptoméduses juvéniles. <i>Spio</i> sp. <i>Pigospio</i> sp. Spionidae nd. <i>Labidocera wollastoni</i> . Têtards d'Ascidiés. <i>Zoe</i> de Brachyours. Porcellanidés. Caridés. Cumacés. Bivalves LV. Gastéropodes LV. <i>Ophioplutei</i> .	<i>Phialidium hemisphaericum</i> . Leptoméduses juvéniles. <i>Spio</i> sp. <i>Pigospio</i> sp. Spionidae nd. Cyclopoïdes nd. Mégaloïdes de Brachyours. Caridés. Bivalves LV. Gastéropodes LV. <i>Ophioplutei</i> .	Leptoméduses juvéniles. Spionidae nd. <i>Autolytus prolifer</i> . Ostracodes. <i>Calanus helgolandicus</i> . Pontellidae nd. Cyclopoïdes nd. Têtards d'Ascidiés. Zoe de Brachyours. Caridés. Cumacés. Amphipodes gammariens. Porcellanidés. Bivalve LV. Gastéropodes LV. <i>Ophioplutei</i> .
18.10.1985	<i>Obelia</i> sp. <i>Phialidium hemisphaericum</i> . Leptoméduses nd. Siphonophores nd. <i>Phyllodoce</i> sp. Aphroditidés nd. <i>Podon</i> sp. <i>Calanus helgolandicus</i> . Cyclopoïdes nd. Caridés. Zoe de Brachyours. Amphipodes gammariens. Cumacés. Epicarides LV. Bivalves LV. Gastéropodes LV. <i>Ophioplutei</i> .	<i>Obelia</i> sp. <i>Phialidium hemisphaericum</i> . Leptoméduses nd. Siphonophores nd. Nephtydés. Aphroditidés. <i>Calanus helgolandicus</i> . Cyclopoïdes nd. Harpacticoides nd. Peltidiidés. Caridés. Porcellanidés. Cumacés. Amphipodes gammariens. Bivalves LV. <i>Ophioplutei</i> .	<i>Obelia</i> sp. <i>Phialidium hemisphaericum</i> . Leptoméduses nd. <i>Ectopleura dumortieri</i> . Endoxis de Siphonophores. Spionidae nd. Nephtydés. Aphroditidés. Magelonidés. <i>Podon</i> sp. <i>Calanus helgolandicus</i> . Cyclopoïdes nd. Peltidiidés. Amphipodes gammariens. Epicarides LV. Bivalves LV. Gastéropodes LV. <i>Ophioplutei</i> .	

Tableau V.6.

CHAPITRE VI

HALIEUTIQUE

par

Isabelle PERONNET et Alain TETARD
au laboratoire d'Ouistreham
avec la collaboration de Eric LEGAGNEUR

et par

Jocelyne MARTIN et Daniel WOEHLING
au laboratoire de Nantes
avec la collaboration de Paul BOURIAUD et Patrick GRELLIER

INTRODUCTION.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I. METHODOLOGIE.

I.1. Etude planctonique.

Le matériel et les méthodes utilisés sur le terrain et au laboratoire sont identiques à ceux employés au cours des phases précédentes de l'étude du site de Gravelines ainsi que sur les autres sites d'implantation de centrales nucléaires. On en trouvera une description détaillée dans les rapports d'étude afférents, notamment dans le rapport du projet du site de Gravelines (ISTPM, 1981). Nous n'en rappelons ici que les points essentiels ou particuliers concernant l'année 1985 ; au cours de cette année, notamment, un échantillonnage périodique à l'entrée du canal d'amenée a été réalisé. Par ailleurs, l'échantillonnage des points extérieurs par la méthode des repliquats, introduit en 1984, a été reconduit en 1985 étant donné qu'il était intéressant de corroborer les résultats précédents et que la diminution des volumes filtrés corrélative de l'abandon des paliers ne semble pas avoir une grande incidence sur l'estimation des effectifs.

1.1. Localisation des points de mesure.

L'échantillonnage du zooplancton a été réalisé aux deux points retenus pour l'étude de surveillance : un point côtier (point 0) situé dans le panache de rejet et un point au large (point 2) hors influence (fig.VI.1), ainsi qu'à l'entrée du canal d'amenée, au niveau du pont enjambant le canal : point 6 auprès de la rive gauche, point 7 au centre du canal.

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

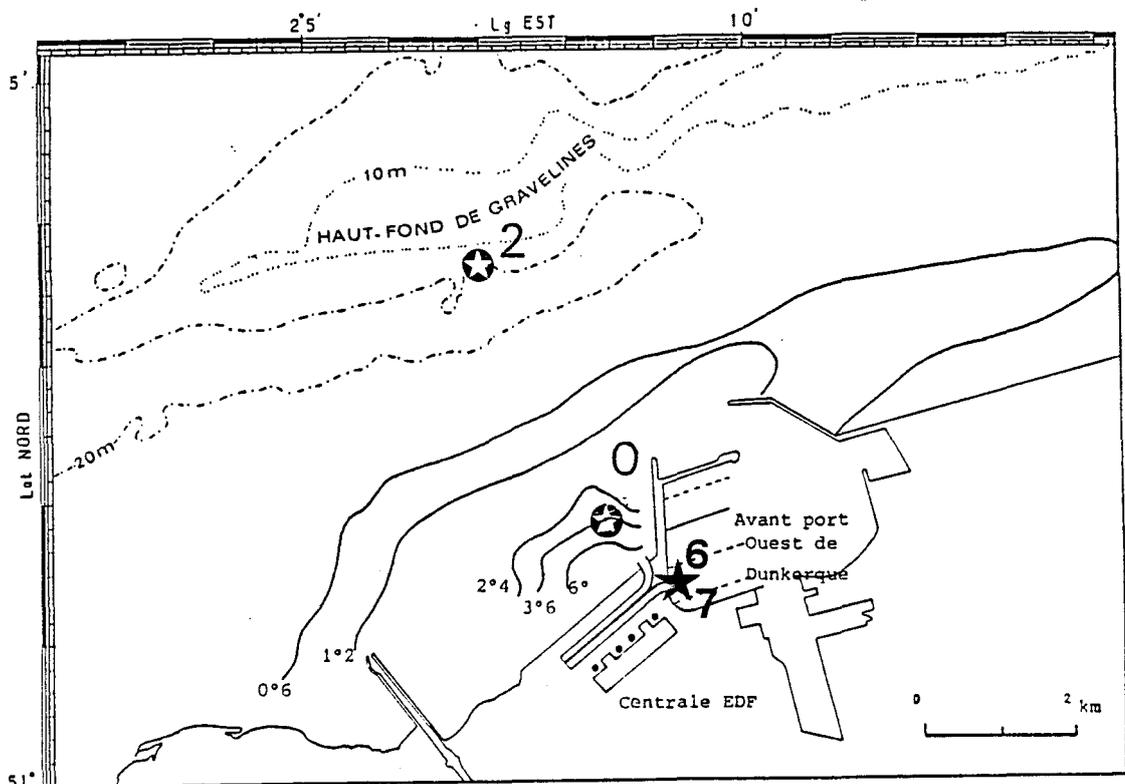


Fig. VI.1 - Emplacement théorique des points de prélèvement de zooplancton et des relevés hydrologiques au cours de l'année 1985 comparé à la tache thermique potentielle calculée pour 4 GW installés (d'après un document EDF-LNH) au moment du flot où globalement elle porte le plus au large.

La position exacte des points de mesures hydrologiques et des traits de pêche de zooplancton au cours de chaque campagne est indiquée dans le tableau ci-après.

Numéro du point	Decca Chaîne n° 5	Coordonnées géographiques	
		Latitude	Longitude
Point 0	F 11.45 H 30.80	51°01.8 N	2°08.4 E
Point 2	F 11.50 G 47.20	51°03.6 N	2°06.8 E

Les mesures sont faites en flot autour de l'heure de la pleine mer.

1.2. Mesure des paramètres hydrologiques.

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

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

1.3. Localisation des points de mesure par rapport à la dilution de l'effluent.

L'emplacement du point 0, fixe et théoriquement dans le panache, peut varier notablement selon la nature des courants si l'on considère la dilution de l'effluent.

On utilise pour ce faire l'écart thermique entre ce point (température de surface) et le point 2 hors influence ; cet écart est nettement supérieur aux gradients classiques côte-large, de l'ordre de 1 à 1.5°C en général.

Un calcul approché permet de connaître le taux de dilution de l'effluent total en considérant le débit du canal de rejet et un rendement moyen de 1/3 pour la centrale. Les données de base figurent dans le document "314 Usine" fourni périodiquement par EDF (Centrale de Gravelines).

Soient :

P la puissance électrique nette moyenne de la centrale au jour du prélèvement.

D le débit du canal de rejet.

T_i l'échauffement global dans le rejet.

On a :

$$\Delta T_i = \frac{(P \times 2) \times 861.24}{D \times 3600} \quad \left(\text{puisque } 1 \text{ MWH} = \frac{3600 \cdot 10^6}{4.18} \text{ cal} = 861.24 \text{ Mcal} \right)$$

avec P en MW et D en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Le taux de dilution t_D en pourcentage est obtenu par la formule :

$$t_D = \frac{(\Delta t_i - \Delta t_{0 \rightarrow 2})}{\Delta t_i} \times 100$$

le T_{0-2} est l'écart thermique en surface entre les points 0 et 2. Les résultats figurent dans le tableau ci-après.

Date	17 avril	03 juillet
Puissance électrique P nette MW	3200	3400
Débit moyen canal de rejet D ($m^3 \cdot s^{-1}$)	194	225
ΔT_i °C	7.89	7.23
$\Delta T_{0 \rightarrow 2}$ en surface	3.50	2.80
% de dilution	55.6	61.3

On voit que l'emplacement du point 0, bien que géographiquement stable, se trouve dans des taux de dilution variables. Cela provient d'une part d'une variation dans l'heure du prélèvement par rapport au courant de flot et d'autre part d'une variation dans le débit du canal et la puissance de la centrale.

1.4. Chronologie des campagnes.

Sept campagnes avaient été programmées entre avril et juillet, afin de recouvrir la période de reproduction de la sole. Certaines sorties au droit de la centrale ont dû être annulées en raison des conditions météorologiques défavorables, mais les prélèvements dans le canal d'aménée permettent de disposer d'une bonne continuité dans le temps, apportant ainsi une certaine compensation ; des études antérieures ont montré que la chronologie des phénomènes biologiques dans le canal était identique à celle du milieu extérieur, les particularités dans les paramètres physiques dans l'avant-port et le canal (par exemple légère surélévation thermique d'environ 1° au printemps) et le taux relativement rapide du renouvellement des eaux de l'avant-port n'étant pas de nature à induire des perturbations notables dans les cycles biologiques des espèces zooplanctoniques (notamment, on n'observe pas d'avance dans le cycle de reproduction de la sole). Par ailleurs, les densités reflètent celles du milieu extérieur, cela a été observé pour les oeufs de sole et c'est également le cas pour les espèces dont les études planctoniques sont produites dans l'ensemble du secteur.

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

La chronologie des campagnes est donnée dans le tableau ci-dessous.

Date	Mission N°	Points échantillonnés	Date	Mission N°	Points échantillonnés
17 avril	116	0 - 2 6 - 7	12 juin	120	6 - 7
02 mai	117	6 - 7	25 juin	121	6 - 7
07 mai	118	6 - 7	03 juillet	122	0 - 2 6 - 7
28 mai	119	6 - 7			

Les prélèvements du 25 juin ont été détruits lors du transport par la poste.

1.5. Echantillonnage du zooplancton.

1.5.1. Méthode d'échantillonnage.

Les pêches de zooplancton sont effectuées à l'échantillonneur Bongo grand modèle. Pour les points 0 et 2, il est composé de deux filets cylindro-coniques de 3 m de long, 61 cm de diamètre d'embouchure et 500 μ m de maille. Chaque point fait l'objet de deux repliquats successifs.

La pêche se fait en trait oblique sans palier depuis le fond jusqu'en surface à la vitesse de 2 noeuds environ (1 m.s^{-1}). La durée est ainsi fonction de la sonde et le volume d'eau filtrée varie entre 42 et 297 m^3 pour l'ensemble des deux filets (tableau ci-dessous).

Un volucompteur placé à chaque embouchure permet le calcul a posteriori de ce volume.

Volume filtré (m^3).

Date	17.04	02.05	07.05	28.05	12.06	03.07
Point/Replikat						
6	188	24	48	39	51	64
7	60	12	49	34	44	54
0 1	42	--	--	--	--	103
2	40	--	--	--	--	111
2 1	142	--	--	--	--	281
2	156	--	--	--	--	297

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

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

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

1.5.2. Conservation des échantillons.

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

1.5.3. Dépouillement des échantillons.

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

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

1.6. Saisie, stockage et traitement des données.

Les données brutes sont saisies sur micro-ordinateur ALCYANE₃ ; les effectifs de zooplancton sont ramenés à l'unité de volume filtré (10 m³). Les données sont ensuite archivées au Bureau National des Données Océanologiques (BNDO) du centre IFREMER de Brest.

I.2. Etude de la macrofaune halieutique.

2.1. Echantillonnage.

En 1985, les prélèvements ont été effectués au début de l'été et à l'automne. La périodicité des campagnes d'échantillonnage est conservée depuis 1979, les conditions hydrobiologiques actuelles ne présentant pas de modifications importantes, l'exécution des cinq campagnes annuelles telles qu'elles avaient été établies lors des études de projet de site de 1977 n'est pas nécessaire.

La stratégie d'échantillonnage adoptée lors de l'étude de projet n'a pas été modifiée. Les prélèvements se font sous deux formes complémentaires : prélèvements à bord du chalutier "Saint-Eloi" et prélèvements à pied le long du littoral. Les engins utilisés ont déjà été décrits dans les précédents rapports.

2.1.1. Prélèvements à bord d'un chalutier.

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

2.1.2. Prélèvements à pied.

La trame de chalutage est complétée à la côte par des prélèvements à pied au push-net de Riley (MC). Les prélèvements sont effectués au cours du cycle de marée, parallèlement à la côte, sur une distance de 100 m et à une vitesse de 1 à 1.5 noeuds.

Les observations concernent trois radiales :

- une radiale au droit de la centrale, subdivisée en deux zones situées de part et d'autre du canal de rejet.
- une radiale située au droit de Oyes-Plage.
- une radiale située au droit des Hemmes de Marck.

2.2. Chronologie des campagnes.

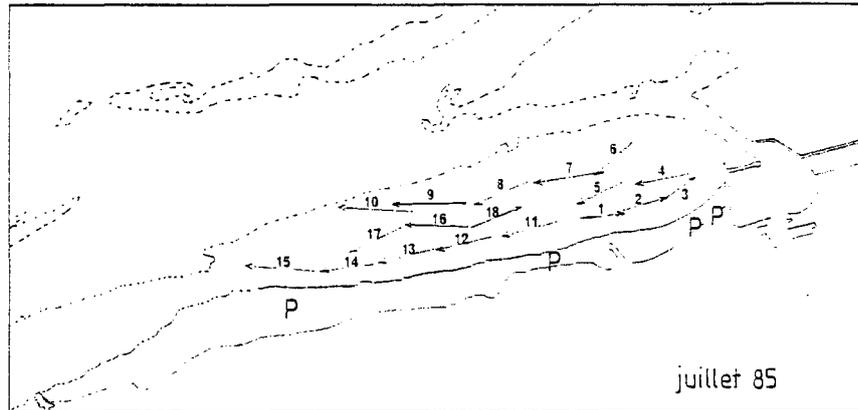
Campagne de printemps/été : 01-05 juillet 1985.

- 01 juillet : prélèvements à pied à l'est du canal de rejet (5 traits).
- 02 juillet : prélèvements à pied à l'ouest du canal de rejet (10 traits).
- 03 juillet : prélèvements à pied à Oyes-plage (8 traits).
- 04 juillet : échantillonnage de la zone subtidale au chalut à perche 3 m (18 traits).
- 05 juillet : prélèvements à pied aux Hemmes de Marck (7 traits).

Campagne d'automne : 16-20 octobre 1985.

- 16 octobre : prélèvements à pied à l'ouest du canal de rejet (10 traits).
- 17 octobre : prélèvements à pied à Oyes-plage (10 traits).
- 18 octobre : prélèvements à pied aux Hemmes de Marck (9 traits).
- 19 octobre : échantillonnage de la zone subtidale au chalut à perche 3 m (18 traits).
- 20 octobre : prélèvements à pied à l'est du canal de rejet (5 traits).

Les positions de ces différents prélèvements sont présentées sur la figure VI.2.



Carte des chalutages expérimentaux et
des prélèvements à pied (P).

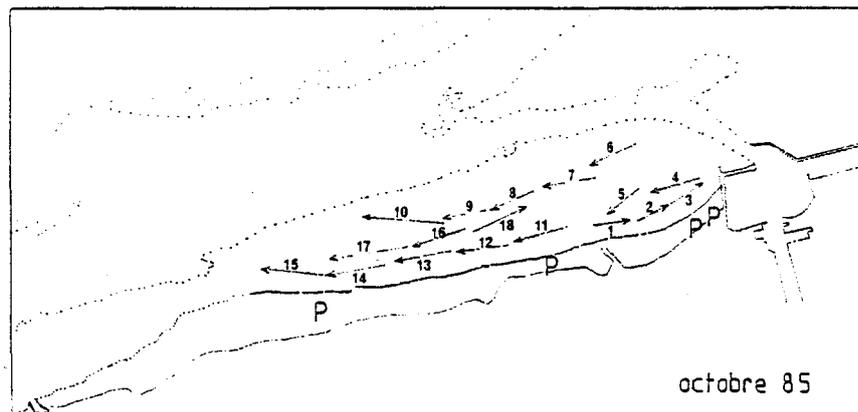


Figure VI.2.

2.3. Expression des résultats.

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

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

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

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

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

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

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

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

2.3.1. Calcul des densités par trait.

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

Pour chaque espèce rencontrée dans un chalutage et pour chacun des groupes d'âge, lorsque ceux-ci ont pu être déterminés, une densité en nombre d'individus pour 1000 m² est calculée.

Les densités par trait obtenues, pour chaque espèce, au cours des campagnes sont répertoriées dans les annexes 1 et 2.

2.3.2. Calcul de densités moyennes par zone.

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

Pour résoudre ce problème de comparaison, mais également pour différencier les secteurs soumis à l'influence de la tache thermique due au rejet de la centrale, nous avons eu recours au découpage de l'aire de prospection en plusieurs zones. Trois zones ont été retenues en tenant compte à la fois de la tache thermique et de l'écologie des juvéniles de poissons plats dont les répartitions spatiales sont en relation avec la bathymétrie (annexe 3).

La surface de chaque zone a été estimée par planimétrie.

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

- densité moyenne par 1000 m² :

P_i = nombre d'individus observés dans chaque trait.
 S_i = surface balayée par chaque trait (m²).

- nombre d'individus présents sur la zone :

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

S = surface de la zone (m²).

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

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

x = nombre de traits effectués sur la zone.

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

- indice de précision :

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

Pour les prélèvements à pied, les mêmes types de calcul sont effectués en assimilant chaque radiale à une zone de prospection, ce qui permet d'avoir une densité moyenne par radiale (nombre d'individus par 1000 m²). Pour les poissons, cette densité moyenne est calculée sur l'ensemble des prélèvements et pour la crevette grise, uniquement sur les prélèvements faits entre la mi-marée et la basse-mer.

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

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

- densité moyenne par 1000 m² :

$$d = \frac{\sum n_j \cdot x \cdot 1000}{\sum S_j}$$

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

S_j = surface de la zone (m²).

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

$$N = \sum n_j$$

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

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

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

- indice de précision :

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

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

II. RESULTATS.

II.1. Poissons plats.

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

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

Les juvéniles du groupe 0 de flet ne se rencontrent que très occasionnellement sur le site ; ces individus sont mêmes absents des prélèvements réalisés en 1985. Les rares prises effectuées au cours des 2 campagnes sont composées de juvéniles du groupe 1 et d'adultes. Les densités les plus élevées sont observées au printemps à l'Est du secteur d'étude (strate B = 0.29 ind./1000 m²). A l'automne, les quelques flets présents se répartissent de façon plus homogène (annexe 2).

Les juvéniles de turbot et de barbue sont absents des captures réalisées en 1985 à l'exception d'une petite barbue du groupe 0 capturée en octobre dans les prélèvements à pied de la radiale de Oyes-Plage.

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

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

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

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

1.1.1. Oeufs et larves.

Oeufs : la régression qui semblait s'amorcer en 1984 par rapport aux densités exceptionnelles de 1983 se confirme. On retrouve en 1985, lors des maxima, des effectifs d'oeufs comparables à ceux observés généralement de l'ordre de 30 par 10 m³ (fig. VI.3 et tableau VI.1).

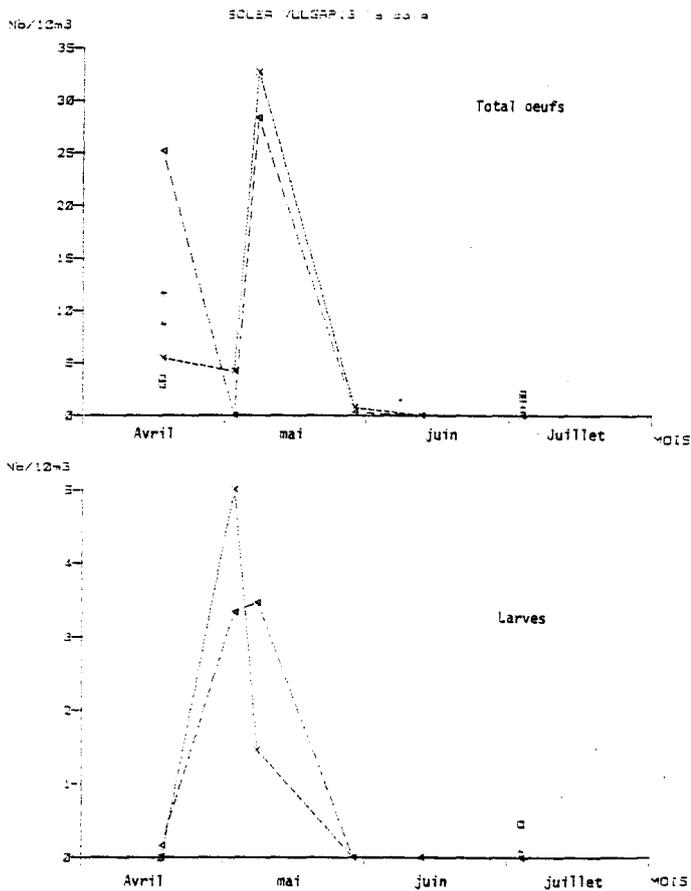


Figure VI.3 a.

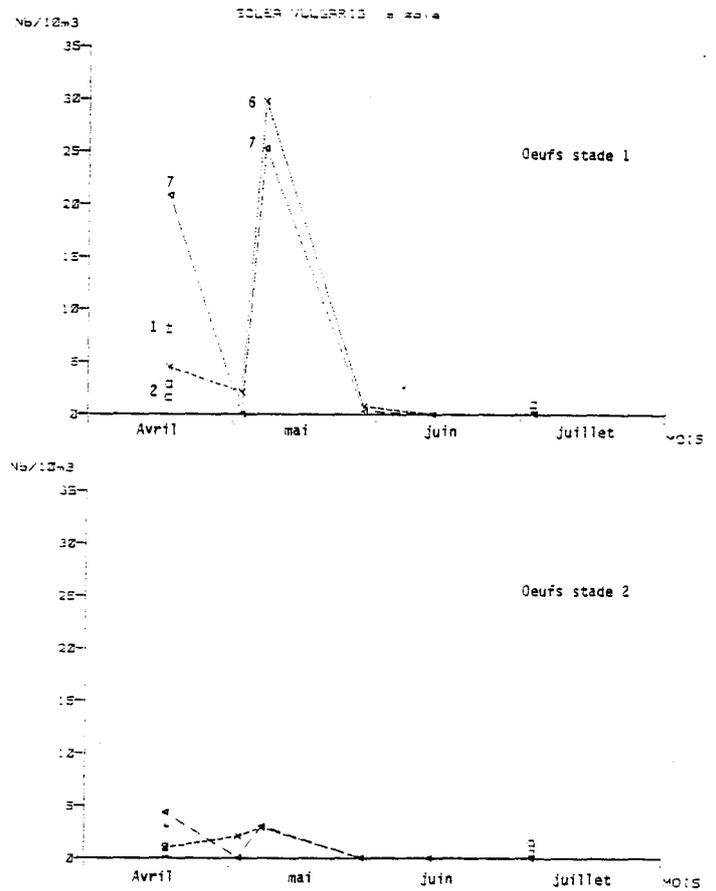


Figure VI.3 b.

Oeufs stade 1

DATE	17/04	02/05	07/05	28/05	12/06	03/07
POINT-REP						
5	4.47	2.00	30.29	0.77		
7	21.33		25.80	0.29		
0 1	7.83	*****	*****	*****	*****	0.29
2	0.50	*****	*****	*****	*****	0.45
2 1	1.69	*****	*****	*****	*****	0.53
2	2.95	*****	*****	*****	*****	1.11

Total oeufs

DATE	17/04	02/05	07/05	28/05	12/06	03/07
POINT-REP						
5	5.43	4.17	33.20	0.77		
7	25.66		28.84	0.29		
0 1	8.57	*****	*****	*****	*****	0.29
2	12.00	*****	*****	*****	*****	0.72
2 1	2.02	*****	*****	*****	*****	2.03
2	3.40	*****	*****	*****	*****	1.65

Oeufs stade 2

DATE	17/04	02/05	07/05	28/05	12/06	03/07
POINT-REP						
5	0.96	2.00	2.92			
7	4.33		3.06			
0 1	0.71	*****	*****	*****	*****	0.27
2	3.00	*****	*****	*****	*****	
2 1	1.13	*****	*****	*****	*****	1.49
2	0.45	*****	*****	*****	*****	0.54

Larves

DATE	17/04	02/05	07/05	28/05	12/06	03/07
POINT-REP						
5		5.00	1.46			
7	0.17	3.33	3.47			
0 1		*****	*****	*****	*****	
2		*****	*****	*****	*****	0.09
2 1		*****	*****	*****	*****	0.46
2		*****	*****	*****	*****	0.47

Tableau VI.1.

Les gradients horizontaux sont également reproductibles, avec des effectifs plus importants au point côtier ainsi que dans le canal, au moins au début de la saison de ponte.

Début juillet, en revanche, les densités sont légèrement plus importantes au point du large, vraisemblablement en raison de l'inversion du gradient thermique. L'essentiel des effectifs est représenté par des oeufs non embryonnés (fig.VI.3b), ce qui est confirmé à la situation du site au sein d'une frayère.

Les densités de larves sont de l'ordre de grandeur habituel (quelques unités par 10 m^3). Cependant, on n'en observe pas dans le canal après début mai, alors qu'on en pêche encore sur le site début juillet.

1.1.2. Juvéniles.

* Groupe 0 :

Au début de l'été 1985, les juvéniles de sole sont presque totalement absents de nos prélèvements ; aussi bien sur la zone intertidale que sur la zone subtidale où l'on ne décèle leur présence qu'à l'Est du secteur ($0.06\text{ ind./1000 m}^2$ pour la strate B).

En revanche, les individus du groupe 0 sont très abondants à l'automne, période à laquelle le pré-recrutement est terminé. Avant que ces juvéniles n'aient amorcé leur migration vers des eaux plus profondes, la densité moyenne sur le site est de $12.84\text{ ind./1000 m}^2$.

Cette valeur correspond à un indice de pré-recrutement élevé venant se situer dans la série historique juste après les années 1979, 1980 et 1983 où les fortes abondances du groupe 0 avaient été observées et confirmées les années suivantes (tableau VI.2). Cette forte abondance serait peut être la conséquence d'un hiver particulièrement rigoureux induisant un retard de la ponte de la sole lequel abouti, comme cela avait été observé en 1979, à une forte cohorte de juvéniles.

La répartition spatiale de ce groupe d'âge est très hétérogène, les juvéniles ont tendance à se concentrer à l'Ouest du secteur d'étude où ont pu être capturés jusqu'à 386 individus du groupe 0 pour un trait de 15 minutes. La densité moyenne observée dans cette strate (C) est de $34.90\text{ ind./1000 m}^2$ alors qu'à l'Est (strate B) elle n'est que de $6.37\text{ ind./1000 m}^2$.

Quelques juvéniles sont présents dans la strate la moins côtière et pourraient être le reflet de l'amorce de la migration vers les fonds plus importants, migration qu'effectuent chaque automne les juvéniles des groupes 0 et 1, ceci dès que la température de l'eau diminue sur la frange côtière (annexe 2).

* Groupe 1 :

Ces juvéniles nés en 1984 sont très peu abondants sur le site aussi bien à l'automne qu'au printemps, période à laquelle ils représentent classiquement l'essentiel des captures de sole. La densité moyenne sur l'ensemble du site à cette époque n'est que de $0.09\text{ ind./1000 m}^2$.

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

Tabl.VI.2.-Gravelines zone subtidale :
densités moyennes (nbre / 1000 m2) calculées
sur l'ensemble du secteur de 1977 à 1985 .
(l'indice de précision est indiqué)

La faiblesse de la cohorte 84 avait déjà été observée lors de nos campagnes de 1984, où elle appartenait au groupe 0 (tableau VI.2) et les observations faites sur le groupe 1 en sont la confirmation. De plus cette classe d'âge a pu être décimée par la rigueur de l'hiver 84-85.

* Groupe 2 :

Les captures de poissons adultes sont faibles (0.05 ind./1000 m²), elles sont réalisées de façon équivalente, cette année, aussi bien au début de l'été qu'à l'automne. La répartition de ces individus semblent aléatoire, les prises pouvant avoir lieu aussi bien dans les strates les plus côtières que dans celles du large (annexe 2).

1.2. La plie (Pleuronectes platessa).

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

* Groupe 0 :

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

En raison d'une part de la répartition bathymétrique très marquée de cette espèce, la taille des individus augmentant avec la sonde ; et d'autre part de la période de reproduction, les plus fortes densités du groupe 0 sont habituellement observées dans les prélèvements à pied du début de l'été. Ce phénomène est à nouveau mis en évidence en 1985, les juvéniles se répartissent selon un fort gradient croissant d'Est en Ouest au niveau de la zone intertidale (tableau VI.3). En revanche, le gradient de concentrations sur la zone subtidale est inversé et la plus forte densité moyenne par strate correspond à l'est du secteur d'étude (4 ind./1000 m²).

En automne, les juvéniles se répartissent de façon plus homogène sur l'ensemble du secteur d'étude et l'on observe une légère diminution des densités de la zone intertidale au profit de la zone subtidale. Les individus de plus grande taille, arrivés précocement au cours de l'été, colonisent peu à peu les secteurs profonds situés plus au large. Les prélèvements ayant été faits la deuxième quinzaine d'octobre, il n'y a plus d'arrivée de juvéniles sur la zone intertidale alors qu'en 1984, les prélèvements avaient eu lieu en septembre et la migration vers le large des individus les plus grands était encore compensée par l'arrivée de juvéniles sur cette zone (tableaux VI.2 et VI.3 et annexe 2).

		Sole		Plie		Crevette grise(*)
		Gr0	Gr1	Gr0	Gr1	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Juin 1977	E-REJET					
	W-REJET	0.51	-	0.51	0.51	546
	OYES	-	-	7.78	0.56	737
	HEMMES	3.33	-	40.00	-	7637
Juin 1978	E-REJET					77
	W-REJET	-	-	-	-	312
	OYES	0.61	-	6.67	0.61	1465
	HEMMES	0.67	-	6.00	2.00	4727
Juin 1979	E-REJET	1.67	-	5.00	-	47
	W-REJET	4.91	-	3.51	-	190
	OYES	40.00	-	32.38	-	579
	HEMMES	86.67	-	60.83	-	1655
juil 1980	E-REJET	-	1.33	2.67	-	296
	W-REJET	-	-	9.33	-	2981
	OYES	-	0.95	27.62	1.90	1739
	HEMMES	0.44	0.69	65.33	0.67	6181
Juil 1981	E-REJET	-	-	9.33	-	7095
	W-REJET	8.00	8.33	50.67	-	26104
	OYES	0.67	-	184.67	-	47186
	HEMMES	5.19	-	160.74	-	83521
Juin 1982	E-REJET	2.67	1.33	53.33	-	6527
	W-REJET	1.33	1.33	10.00	-	12003
	OYES	3.33	-	45.33	-	9907
	HEMMES	0.75	-	21.84	-	5477
Juin 1983	E-REJET	-	-	2.67	-	656
	W-REJET	5.33	-	2.67	-	719
	OYES	10.67	-	18.00	-	1144
	HEMMES	189.63	-	347.41	-	19682
Juil 1984	E-REJET	-	-	1.33	1.33	141
	W-REJET	-	-	2.00	-	361
	OYES	-	-	46.00	-	13498
	HEMMES	-	-	107.00	0.74	14966
Juil 1985	E-REJET	-	-	-	-	52
	W-REJET	2.00	-	19.3	-	2000
	OYES	1.67	-	11.7	-	647
	HEMMES	1.90	-	78.1	-	3726
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tabl. VI.3a-Gravelines zone intertidale :
campagne de début d'été,
densités moyennes (nbre / 1000 m2) sur les
radiales de la zone intertidale de 1977 à 1985.

((*) pour la crevette grise les calculs ne sont effectués que sur les prélèvements entre BM et mi-marée)

		Sole		Plie		Crevette grise(*)
		Gr0	Gr1	Gr0	Gr1	
Sep 1977	E-REJET					
	W-REJET	-	-	3.33	-	147
	OYES	0.95	-	15.24	-	644
	HEMMES	2.38	-	11.90	-	3362
Sep 1978	E-REJET					20
	W-REJET	-	-	2.05	-	113
	OYES	-	-	-	-	
	HEMMES	-	-	-	-	
Sep 1979	E-REJET	-	-	6.67	-	917
	W-REJET	8.89	-	14.81	-	6560
	OYES	5.18	-	1.48	-	12418
	HEMMES	445.33	-	6.67	-	14016
Sep 1980	E-REJET	-	-	2.67	-	247
	W-REJET	1.33	-	24.00	-	4075
	OYES	-	-	45.33	-	2396
	HEMMES	2.73	-	65.64	-	4166
Sep 1981	E-REJET	-	-	1.63	-	3016
	W-REJET	0.67	-	20.67	-	1121
	OYES	-	-	26.67	-	1792
	HEMMES	-	-	73.83	-	16663
Sep 1982	E-REJET	-	-	1.33	-	413
	W-REJET	0.67	-	16.67	-	8277
	OYES	-	-	22.00	-	2300
	HEMMES	-	-	14.07	-	2292
Sep 1983	E-REJET	-	-	-	-	-
	W-REJET	0.67	-	15.33	-	734
	OYES	-	-	69.33	-	3432
	HEMMES	-	-	120.00	-	13348
Sep 1984	E-REJET	-	-	-	-	136
	W-REJET	-	-	23.30	-	2989
	OYES	0.67	-	41.30	-	4058
	HEMMES	6.67	-	92.60	-	6074
Oct 1985	E-REJET	5.33	-	-	-	1935
	W-REJET	1.33	-	9.33	-	1672
	OYES	-	-	18.7	-	4591
	HEMMES	-	-	8.89	-	8773

Tabl.VI.3b.-Gravelines zone intertidale :
campagne d'automne,
densités moyennes (nbre / 1000 m2) sur les
radiales de la zone intertidale de 1977 à 1985.

((*) pour la crevette grise les calculs ne sont effectués que sur les prélèvements entre BM et mi-marée)

Les densités moyennes sur la zone subtidale sont respectivement au début de l'été et à l'automne de 1.86 ind./1000 m² et de 4.09 ind./1000 m², ce qui correspond, compte-tenu des observations faites pour la zone intertidale, à une bonne classe d'âge, bien que plus faible que celle de 1983, mais équivalente à celle de 1981.

Son abondance la situerait au 3ème rang dans notre série d'observations depuis 1977.

* Groupe 1 :

Ces individus, de taille modale déjà assez élevée (15 cm) se répartissent de façon homogène sur la zone subtidale, entre les sondes 0 et 10 mètres.

Les faibles densités observées au début de l'été (0.35 ind./1000 m²), les plus faibles dans nos séries d'observations, peuvent être le résultat :

- d'une part de l'abondance tout à fait moyenne de la classe d'âge 1984 observée sur le groupe 0.
- d'autre part, des fortes mortalités qui ont pu être appliquées à cette cohorte par la rigueur des températures hivernales.

* Groupe 2 :

Les plies adultes sont absentes des pêches réalisées dans la zone de balancement des marées. Les captures de ce groupe d'âge sont très faibles cette année. La densité moyenne sur l'ensemble du secteur au début de l'été n'est que de 0.04 ind./1000 m². Cette valeur, est étonnamment basse puisqu'il s'agit des captures de la classe d'âge 1983 qui avaient été considérées jusqu'alors comme exceptionnellement abondantes (le plus fort groupe 0 observé depuis 1977 et le plus fort groupe 1 l'année suivante) :

- groupe 0 - automne 1983 : 10.81 ind./1000 m²
- groupe 1 - printemps 1984 : 2.35 ind./1000 m²
- groupe 2 - printemps 1985 : 0.04 ind./1000 m².

Nous ne pouvons que formuler les 3 hypothèses suivantes :

- surestimation de la classe d'âge 1983.
- sous-estimation dans nos prélèvements de 1985.
- ou bien cette cohorte a subi de fortes mortalités au cours de l'hiver 84-85.

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

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

1.3.1. Oeufs et larves.

A Gravelines, les oeufs de limande sont rencontrés régulièrement, chaque année ; cependant, du fait des possibilités de confusion aux premiers stades avec ceux du flet, nous avons préféré nous baser que sur les larves (fig. VI.4 et tableau VI.4). Absentes en 1984, celles-ci réapparaissent en 1985₃ avec des densités relativement élevées pour l'espèce (environ 1.5 par 10 m³) comparées aux effectifs précédents (0.06 à 0.3) sans atteindre celles de 1982 (2.5 par 10 m³).

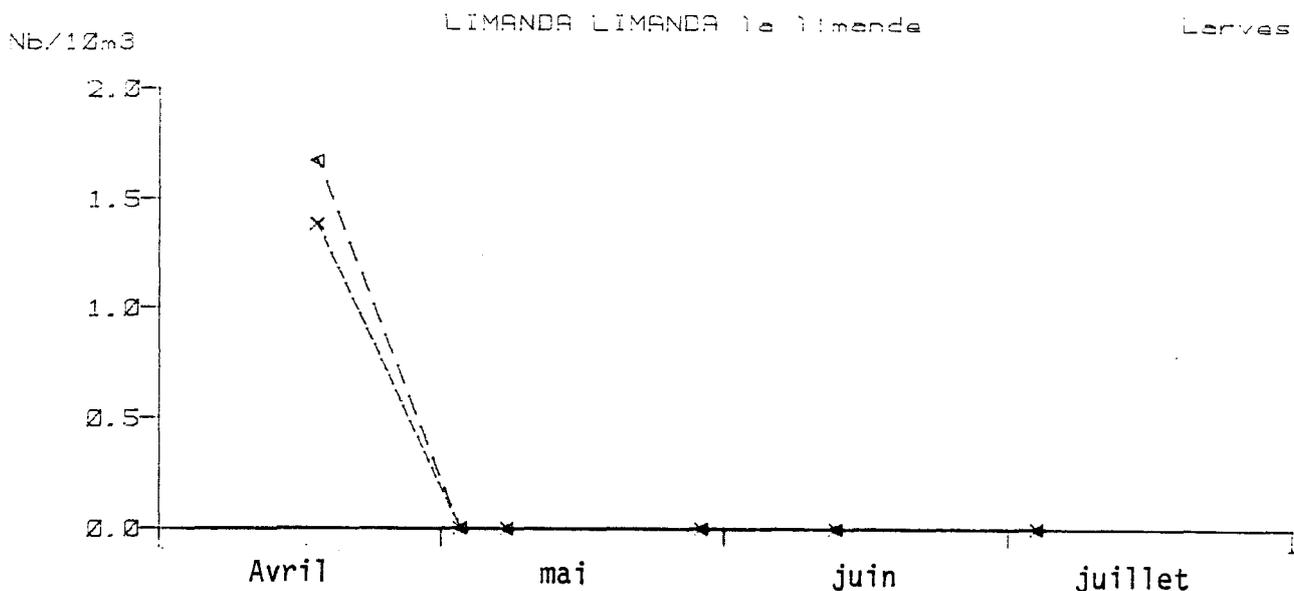


Figure VI.4.

LIMANDA LIMANDA la limande		Larves					
DATE		17/04	02/05	07/05	28/05	12/06	03/07
POINT-REP							
6		1.38					
7		1.67					
0	1		*****	*****	*****	*****	
	2		*****	*****	*****	*****	
2	1		*****	*****	*****	*****	
	2		*****	*****	*****	*****	

Tableau VI.4.

1.3.2. Juvéniles.

* Groupe 0 :

Les jeunes limandes, ayant un comportement d'évitement vis-à-vis de la zone de balancement des marées, ne sont jamais observées dans les prélèvements réalisés sur cette zone (annexe 2).

Les juvéniles du groupe 0 sont peu observés dans les captures du début de l'été, seuls quelques individus sont présents à l'est du secteur d'étude (strate B = 1.22 ind./1000 m²) (annexe 3).

En automne, ces juvéniles se rencontrent sur tout le secteur d'étude, leur répartition spatiale est assez homogène mais les densités sont faibles, comme en 1984. La densité moyenne sur la zone subtidale (5.27 ind./1000 m²) correspond comme pour 1984 aux valeurs enregistrées au cours de la période 1977-1980, période pendant laquelle les cohortes ont été d'abondance très moyenne.

* Groupe 1 :

La répartition spatiale de ce groupe d'âge est assez similaire à celle du groupe 0. Les individus occupent tout le secteur d'étude (annexe 2), les différentes strates restant d'égale importance (annexe 3).

Les densités moyennes varient peu entre le début de l'été et l'automne, respectivement 0.68 et 0.40 ind./1000 m². Le faible indice de pré-recrutement du groupe 0 enregistré à l'automne 1984, trouve confirmation dans ces résultats.

* Groupe 2 :

La répartition spatiale de ces animaux assez proche de celle des individus plus jeunes laisse transparaître l'absence de répartition bathymétrique en fonction de la taille des poissons.

Les limandes d'âge supérieur ou égal à 2 ans sont un peu plus abondantes à l'automne qu'au début de l'été, phénomène inverse de ce qui est habituellement observé pour cette espèce. La densité moyenne sur l'ensemble de l'aire géographique étudiée passe au cours de cette période de 0.06 ind. à 0.13 ind./1000 m².

II.2. Autres espèces de poissons.

2.1. Le merlan (Merlangus merlangus).

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

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

2.1.1. Oeufs et larves.

A Gravelines, les larves de merlan, bien que sporadiques, sont présentes chaque année, de février à juillet avec une légère dominance d'avril à juin. Les densités, en général inférieures à 1, atteignent exceptionnellement 2 à 4 par 10 m³.

En 1985, les densités sont de l'ordre de grandeur habituel (fig. VI.5). Elles ont été observées dans le canal de prise (tableau VI.5).

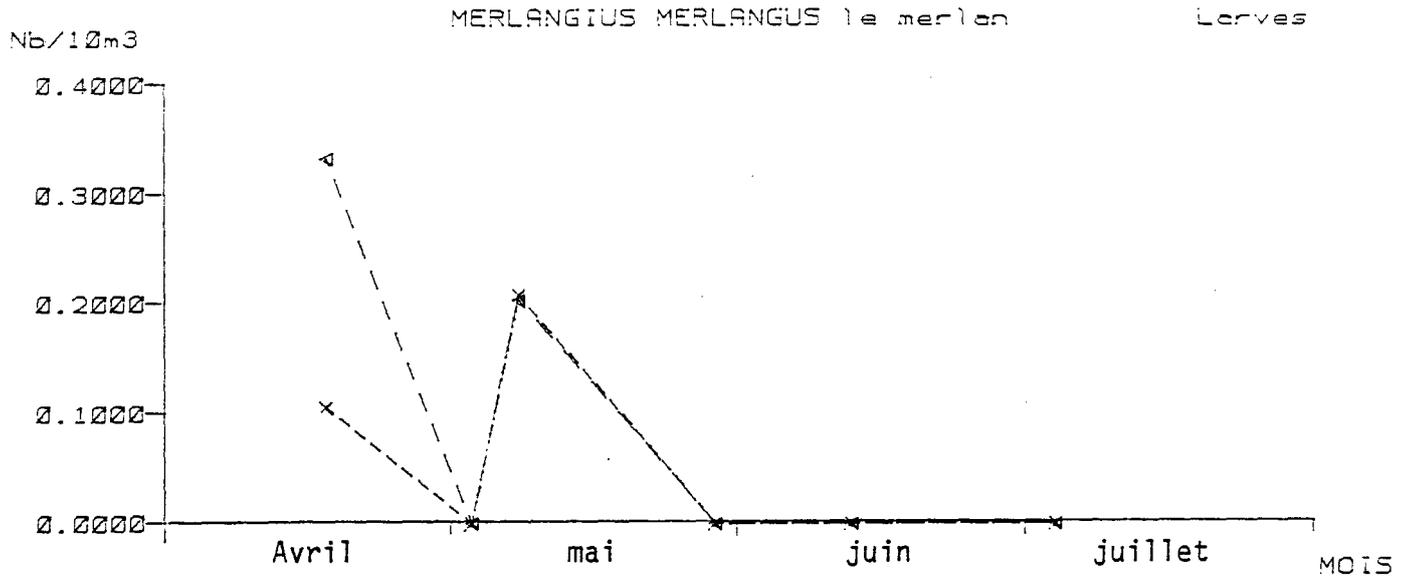


Figure VI.5.

MERLANGIUS MERLANGUS le merlan		Larves					
DATE		17/04	02/05	07/05	28/05	12/06	03/07
POINT-REP							
6		0.11		0.21			
7		0.33		0.20			
0	1		*****	*****	*****	*****	
	2		*****	*****	*****	*****	
2	1		*****	*****	*****	*****	
	2		*****	*****	*****	*****	

Tableau VI.5.

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

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

2.1.2. Juvéniles.

Le groupe 0 constitue la quasi-totalité des captures pour cette espèce. La répartition des individus est très homogène sur l'ensemble de la zone et les densités moyennes sont respectivement de 3.97 et de 1.22 ind./1000 m² pour chaque campagne (annexes 2, 3 et 4).

2.2. Le tacaud.

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

2.2.1. Oeufs et larves.

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

Cependant, du fait de leur caractère sporadique (densités souvent inférieures à 1 par 10 m³ et irrégulières), de la difficulté d'identification des oeufs de l'espèce, surtout aux premiers stades joints à l'intérêt halieutique réduit de cette espèce, nous ne la suivons plus au niveau planctonique depuis 1985.

2.2.2. Juvéniles.

Comme pour le merlan, c'est classiquement le groupe 0 qui représente la majorité des captures. La répartition des individus est également assez homogène (annexe 2). L'abondance est faible avec 2.78 ind./1000 m² en juillet et 1.29 ind./1000 m² en octobre.

2.3. Le sprat.

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

2.3.1. Oeufs et larves.

La période de ponte est assez étendue, mais atteint son apogée toujours aux environs de la même époque, entre mi-mai et mi-juin, avec des décalages liés aux températures hivernales. Les densités maximales oscillent entre 40 et 200 oeufs par 10 m³. Les densités de larves, plus faibles, sont de l'ordre de la dizaine par 10 m³.

En 1985, cette espèce n'a pas été suivie.

2.3.2. Juvéniles.

Il est à noter une absence de cette espèce à l'automne. En juillet, des captures qui concernent principalement le groupe 0, ont été réalisées lors des pêches à pied.

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

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

En juillet 1985, ils se concentrent préférentiellement sur la zone intertidale avec un maximum de 11.7 ind./1000 m² pour la radiale de Oyes-Plage.

A l'automne, il n'y a pas eu de captures pour cette espèce lors des pêches à pied.

Pour la zone subtidale les densités moyennes sont respectivement de 0.14 et de 0.26 ind./1000 m² et concernent surtout le groupe 1 (annexes 2 et 3).

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

Des juvéniles de bar appartenant au groupe 0 ont été capturés uniquement en automne sur la zone intertidale avec des densités faibles (maximum aux Hemmes de Marck avec 9.63 ind./1000 m²).

Des juvéniles d'espèces autres que celles citées précédemment et retenues pour l'étude de surveillance sont présentes dans nos prélèvements (annexes 2 et 3). Elles sont pêchées en faibles quantités et les résultats obtenus ne permettent pas de faire une quelconque interprétation.

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

Cette espèce présente une croissance très rapide et un turn-over important. On peut distinguer grossièrement deux périodes d'éclosions dans l'année, l'une printanière et l'autre estivale.

En raison d'aléas météorologiques le pic larvaire n'a pas pu être observé dans les prélèvements en mer ; par contre, les observations régulièrement menées dans le canal montrent un maximum de larves et de post-larves entre la mi-avril et le début mai (fig. VI.6).

Ces effectifs larvaires sont essentiellement constitués de stades âgés (50 % de stade 5 au moment du maximum) et semblent indiquer que la plupart des éclosions n'a pas eu lieu sur le site.

Dans les chalutages, au mois de juillet le groupe 0-44 mm n'est que très faiblement représenté avec 28 ind./1000 m². L'hiver rigoureux a certainement retardé le développement de la cohorte printanière, comme cela avait déjà été le cas en 1979 (tableau VI.2).

A l'automne, les abondances observées sont très fortes et la valeur globale de 372 ind./1000 m² est l'une des meilleures jamais enregistrée.

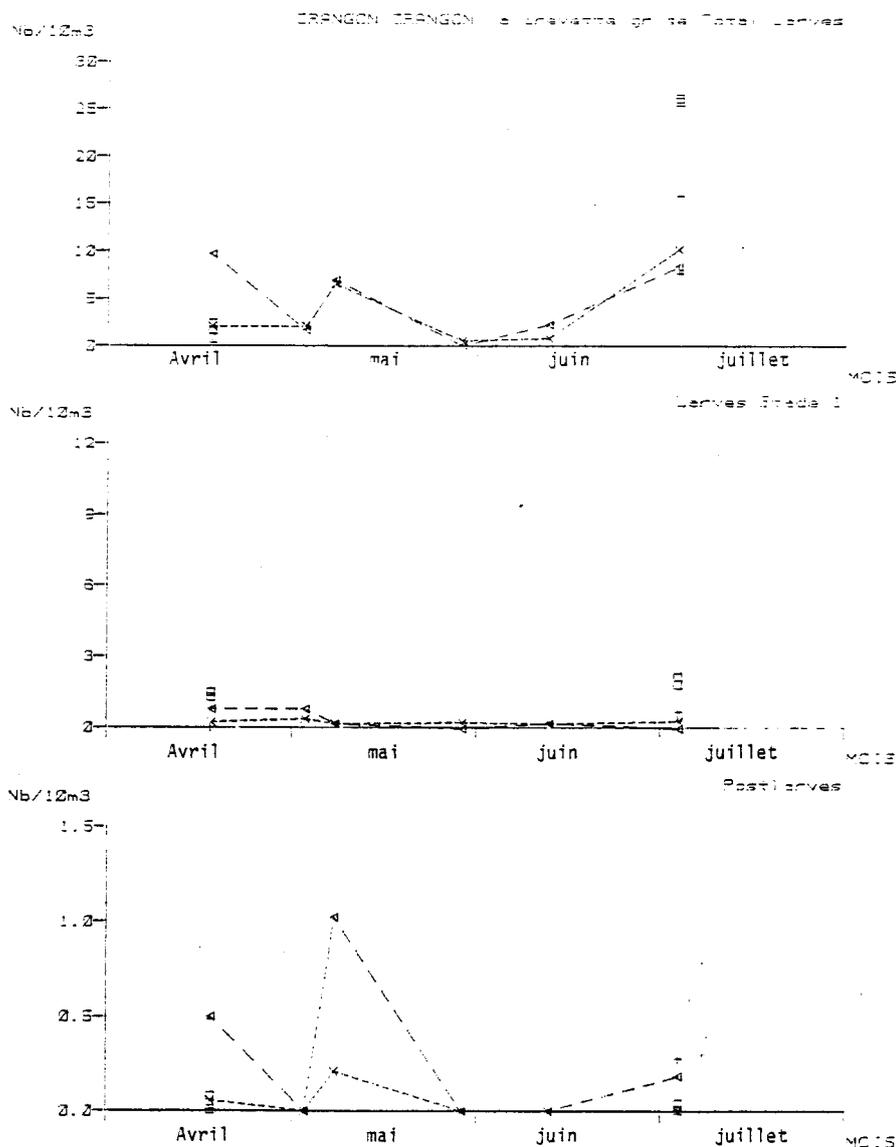


Figure VI.6.

CONCLUSION.

Qualitativement, en 1985, aucune modification sensible n'a été constatée quant à la répartition spatiale des juvéniles de poissons et de la crevette grise. Les populations se répartissent toujours sur la frange la plus littorale avec une préférence plus ou moins marquée soit pour l'Est soit pour l'Ouest du secteur d'étude selon les espèces.

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

Quantitativement, ainsi que nous avons pu le constater depuis 1977, les variations annuelles du niveau de pré-recrutement sont très importantes sur cette zone.

Bien que rien ne permette, pour le moment, d'exclure une influence du rejet, il est probable que les fluctuations enregistrées en 1985 soient dues à des causes naturelles, biologiques et hydroclimatiques.

Globalement, l'année 1985 apparaît comme une très bonne année pour le pré-recrutement de la sole, alors que les densités d'oeufs et de larves présentent un niveau moyen. Les captures de crevettes grises ont été importantes à l'automne.

BIBLIOGRAPHIE.

- BIGOT, J.L., 1979. Identification des zoés de tourteau (Cancer pagurus L.) et d'étrille (Macropipus puber L.). Comparaison avec d'autres zoés de morphologie très voisine. Cons. int. Explor. Mer, Comité de l'Océanographie biologique, L : 17.
- FRONTIER, S., 1972. Calcul de l'erreur sur un comptage du zooplancton. J. exp. mar. Biol. Ecol., 8 : 121-132.
- GIBSON, R.N., 1980. The intertidal movements and distribution of young fish on a sandy beach with special reference to the plaice (Pleuronectes platessa L.). J. exp. mar. Biol. Ecol., 12 : 79-102
- HARDEN JONES, F.R., 1980. The migrations of plaice in relation to the environment. Iclarm confé. Procéd, Manila (Philippines), 1980, 5 : 383-396.
- JOSSI, J.W., R.R. MARAK et H. PETERSEN, 1975. At sea data collection and laboratory procedures. Marmap survey I manual, Marmap Programm Office National Marine Fisheries Service édit., Washington.
- KUIPERS, B., 1973. On the tidal migration of young plaice (Pleuronectes platessa). Neth. J. of Sea Research, 6 (3) : 376-388.
- KUIPERS, B., 1975. On the efficiency of a two-metre beam trawl for juvenile plaice (Pleuronectes platessa). Neth. J. of Sea Research, 9 (1) : 69-85.
- MASTAIL, M. et A. BATTAGLIA, 1978. Amélioration de la conservation des pigments du zooplancton. Cons. int. Explor. Mer, Comité de l'Océanographie biologique, L : 20.
- MOTODA, S., 1959. Devices of simple plankton apparatus. Mem. Fac. Fish. Hokkido Univ., 7 : 73-94.
- WOEHLING, D., 1983. Etude expérimentale de l'impact de la centrale de Gravelines (Nord) sur les oeufs et larves de la sole (1982-1983). Rapport ISTPM.

CHAPITRE VII

BENTHOS INTERTIDAL

Jean-Marie DEWARUMÉZ
Dominique MENU
et
Daniel HILDE

I. INTRODUCTION.

Depuis 1973, l'estran de Petit-Fort-Philippe est étudié tant au niveau du suivi des peuplements animaux qu'au niveau de la dynamique de la population de certaines espèces (DEWARUMÉZ et GREGOIRE, 1973 ; GREGOIRE, 1976 ; SOUPLÉZ, 1978 ; DEWARUMÉZ, 1980, 82 a et b, 83 a et b, 84, 85 ; CANUT, 1982).

A la faveur de ces études il a pu être démontré que cet estran était particulièrement sensible à certains facteurs physiques ou physico-chimiques. Ainsi l'organisation bionomique dépend essentiellement de deux facteurs :

- la courantologie locale qui, par l'action qu'elle a sur la granulométrie du substrat et notamment sur la teneur en pelites, induit la présence ou non de peuplements de sédiments envasés.
- la dessalure provoquée par l'Aa qui, favorisant l'implantation d'espèces euryhalines permet l'installation de peuplements de type estuarien.

Depuis 1973, des aménagements importants ont eu lieu à proximité immédiate de l'estran de Petit-Fort-Philippe. Ainsi la construction des digues de l'avant-port Ouest de Dunkerque et la mise en fonctionnement de la centrale ont eu une influence directe sur la courantologie et par conséquent sur la bionomie de l'estran. Ces perturbations ont été longuement évoquées dans les rapports précédents, elles concernent surtout l'extension du peuplement des espèces vasicoles ou d'eau saumâtre (EVES). Après un phénomène d'engraissement dû à la construction des digues de l'avant-port de Dunkerque nous avons assisté depuis 1979 à un phénomène d'érosion qui a pu être mis en relation avec la circulation d'eau de la centrale. En 1982 et 1983 le peuplement EVES n'était plus localisé qu'au niveau de plaques de sédiment envasé n'occupant que 10 % de la superficie des hauts niveaux. En 1984 les placages de vase ont commencé à être désertés par les animaux qui y vivent ou qui les échaffaudent.

Outre ces modifications bionomiques imputables à la granulométrie, une évolution des cortèges spécifiques des peuplements des moyens niveaux de la partie ouest de l'estran vers des aspects estuariens ont pu être mis en évidence.

La population de coques qui s'était installée en 1977, après une période de fortes densités entre 1981 et 1983, semble régresser. Ceci peut être relié à la pêche à pied et aux infestations répétées tous les deux ans de Bucephalus sp. provoquant la castration parasitaire des individus mâles.

Dans la partie est de l'estran les phénomènes d'engraissement et d'érosion ont été accompagnés de modifications morphologiques. La dune hydraulique située à mi-estran a éclaté en 1981 en un système de bâches et de dunes de 400 à 500 mètres de large. Ce système se maintient depuis.

II. METHODOLOGIE. (cf. annexe technique).

Il n'a pas été possible d'individualiser cette année la station E' sur l'estran. La tendance d'homogénéisation des hauts niveaux mise en évidence en 1984 se confirme en 1985.

C'est donc finalement 8 stations qui ont été échantillonnées : deux radiales à 4 niveaux (fig. p. 2).

III. RESULTATS.

III.1. Composition bionomique.

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

- 1 Nématode
- 1 Némerte
- 1 Oligochète
- 9 Annelides : 3 Errantes, 6 Sédentaires
- 4 Mollusques : 1 Gastéropode, 3 Bivalves
- 9 Crustacés: 2 Isopodes, 5 Amphipodes, 2 Décapodes
- 1 Insecte
- 1 Poisson.

Il apparaît un déficit de 7 espèces par rapport à 1984 parmi lesquelles on trouve Corophium volutator dont les densités régressaient constamment depuis 1981.

III.2. Résultats globaux (tableaux VII.1 à 4, fig. VII.1 à 4).

2.1. Radiale 1.

2.1.1. Station E.

Lors des études précédentes cette station était régulièrement doublée par une station E' située plus haut sur l'estran qui représentait les aspects typiques du peuplement EVES. Il a été impossible cette année de faire la distinction entre ces deux niveaux : le lessivage des hauts niveaux se poursuit donc.

Déjà en 1984, la station E' avait été scindée en deux sous-stations qui différaient notablement au niveau du cortège spécifique et des densités des espèces communes. Les aspects envasés, constitués de placages de vase, étaient pauvres en individus et les aspects propres de cette station ressemblaient beaucoup à ce que l'on pouvait trouver à la station E.

Les résultats enregistrés en 1985 confirment largement ce résultat. On assiste à une homogénéisation du peuplement des hauts niveaux. Les placages de vase n'occupent plus au maximum qu'1 % de la superficie des niveaux supérieurs. Ils ont une taille de 2 à 3 mètres de long sur 1 m de large pour une épaisseur de 4 cm. Ces plaques, hormis quelques Hydrobia déposées par la marée, sont totalement azoïques.

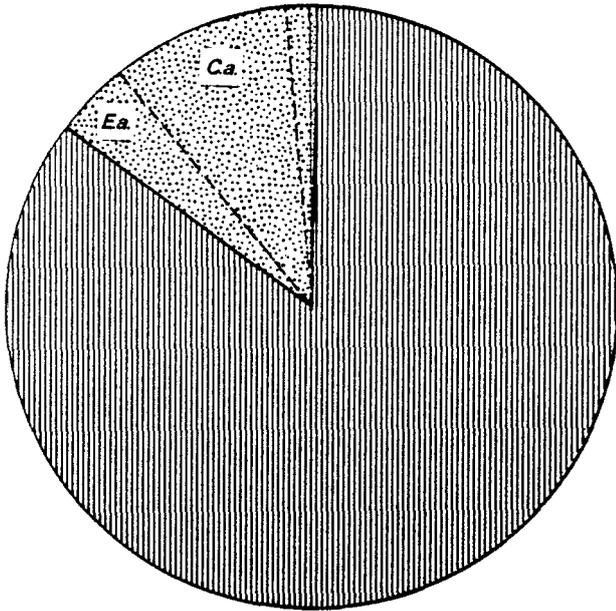
Le sédiment des plaques de vase diffère notablement du sédiment environnant, c'est bien le sédiment sur lequel était implanté le peuplement EVES à la station E' jusqu'en 1984 :

LEGENDE DES FIGURES VII 1 A 4

	Annélides
	Hydrobia
	Bivalves
	Crustacés
	Divers

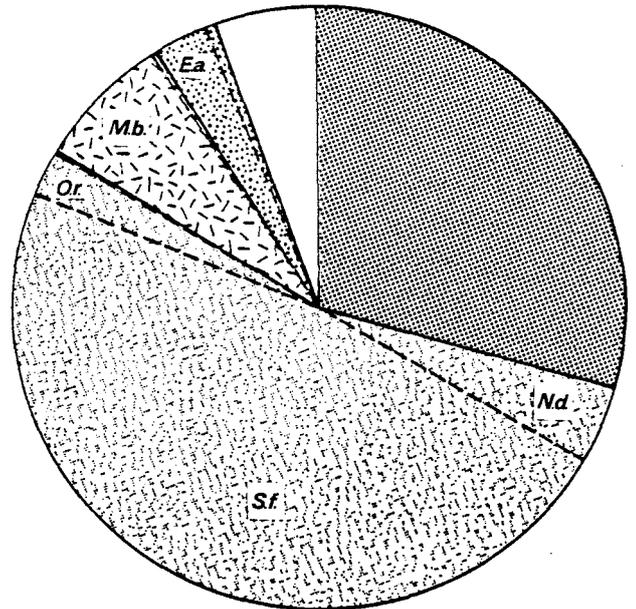
A.t.	: Ammodytes tobianus
B.s.	: Bathyporeia sarsi
C.a.	: Corophium arenarium
C.e.	: Cardium edule
E.a.	: Eurydice affinis
M.b.	: Macoma balthica
N. ci	: Nephtys cirrosa
N.d.	: Nereis diversicolor
Ne c.	: Nerine cirratulus
O. r.	: Ophelia rathkei
P.e.	: Pygospio elegans
S.f.	: Spio filicornis
T.f.	: Tellina fabula

STATION E



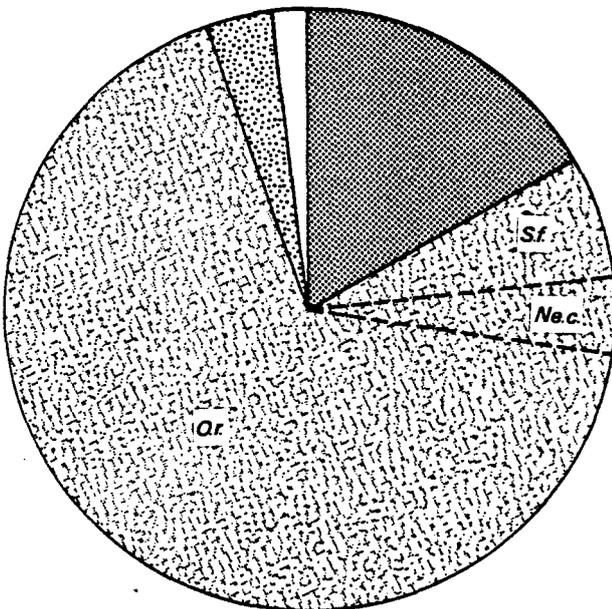
$N = 14\ 012 / m^2$

STATION F



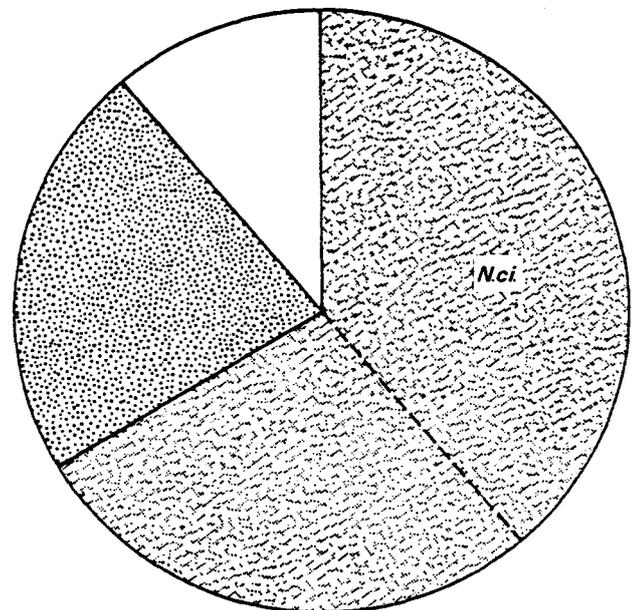
$N = 2\ 784 / m^2$

STATION G



$N = 2\ 688 / m^2$

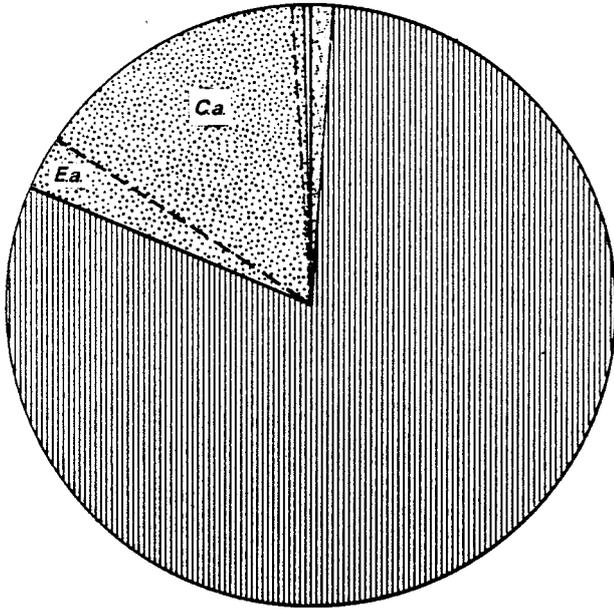
STATION H



$N = 72 / m^2$

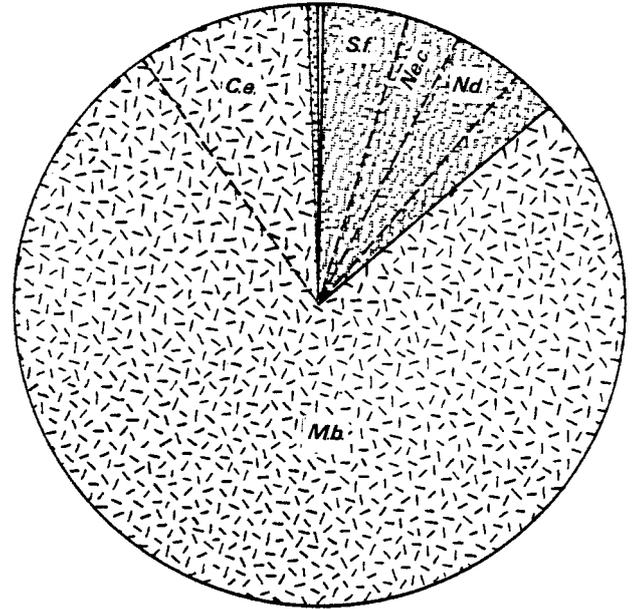
FIG. VII . 1 : RADIALE I : IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES ZOOLOGIQUES (Nombre d'individus)

STATION E



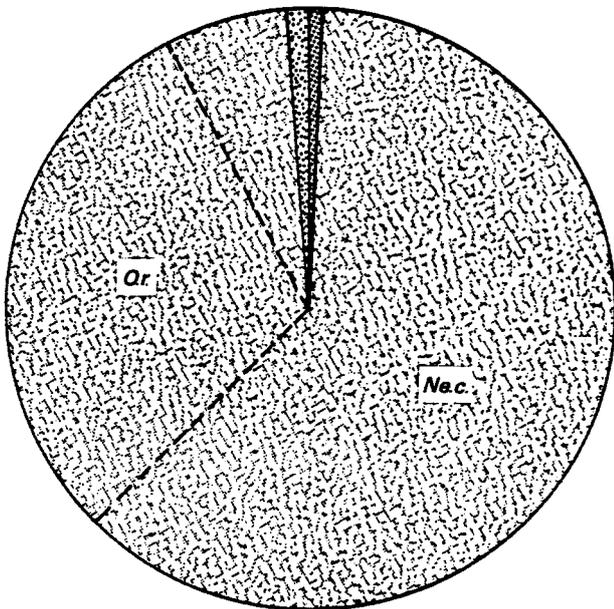
B = 9,0 g/m²

STATION F



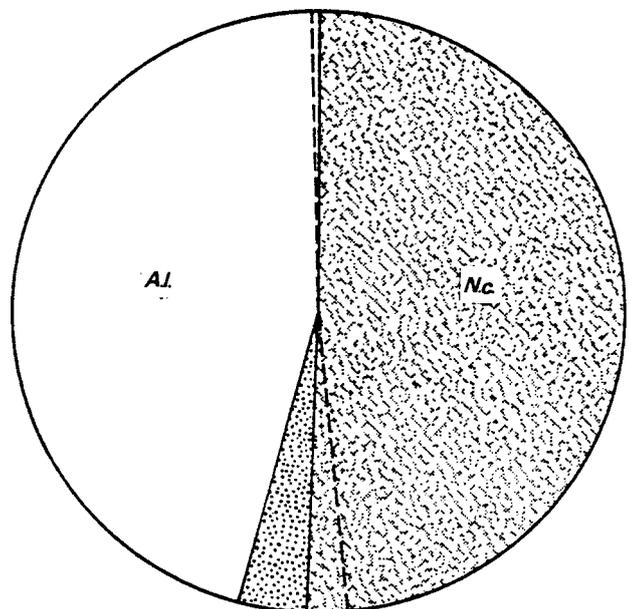
B = 1,4 g/m²

STATION G



B = 0,4 g/m²

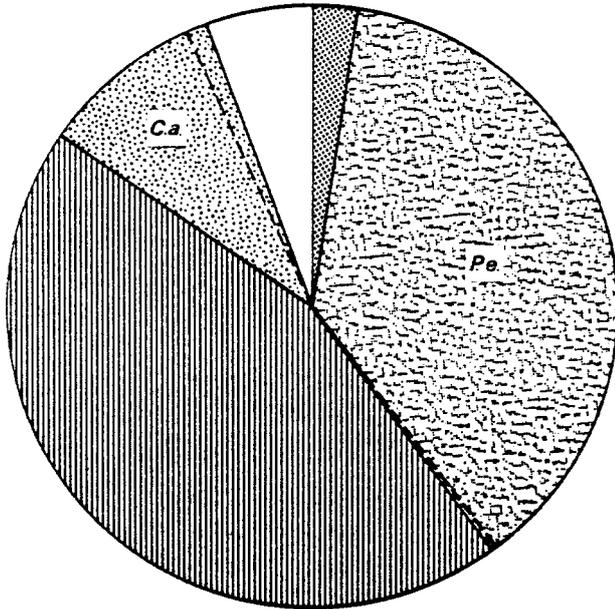
STATION H



B = 0,2 g/m²

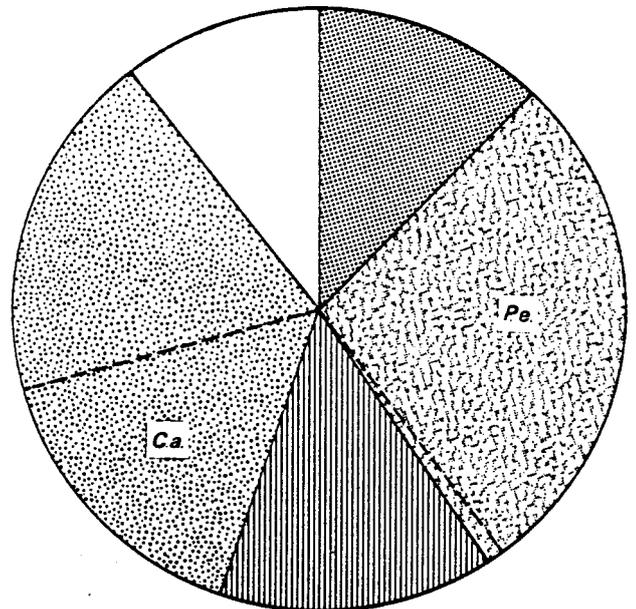
FIG. VII . 2 : RADIALE I : IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES ZOOLOGIQUES (Biomasse)

STATION I



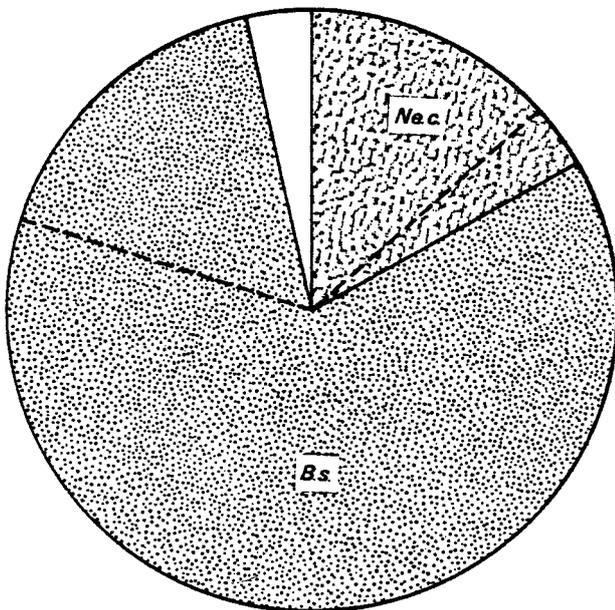
$N = 3872 / m^2$

STATION J



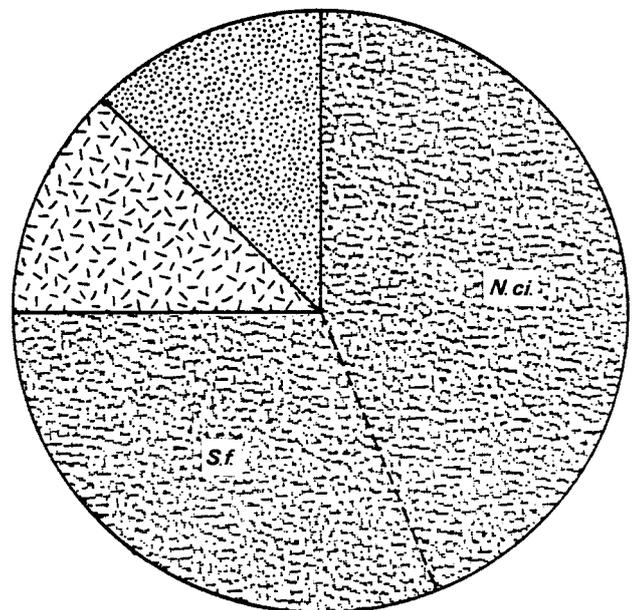
$N = 492 / m^2$

STATION K



$N = 120 / m^2$

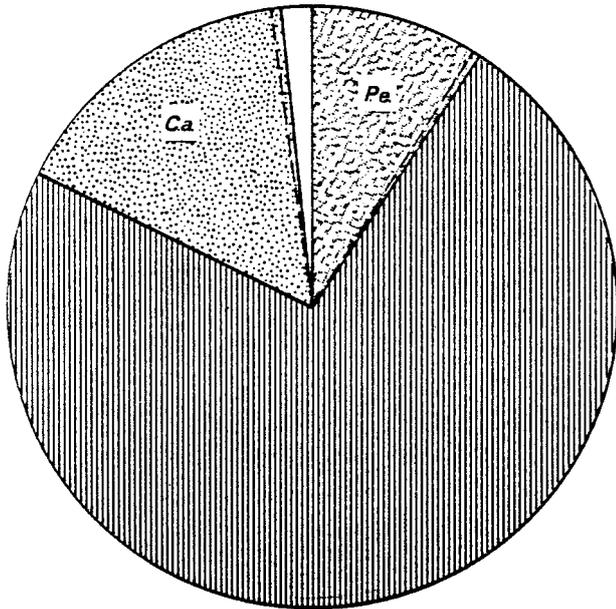
STATION L



$N = 64 / m^2$

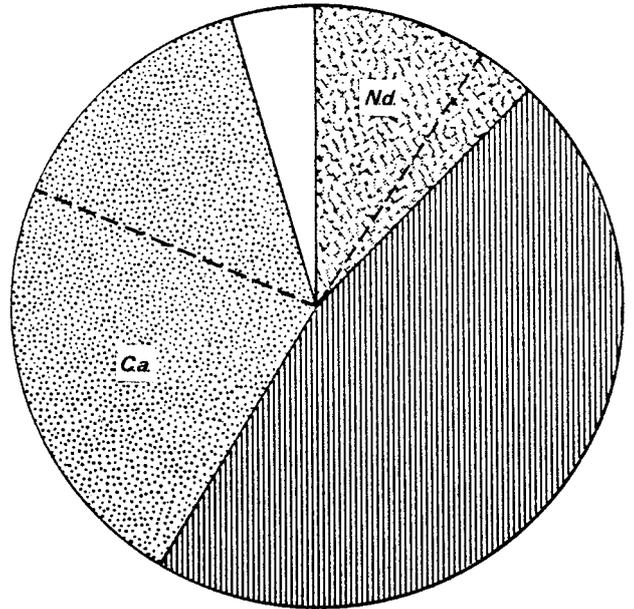
FIG. VII .3 : RADIALE II : IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES
ZOOLOGIQUES (Nombre d'individus)

STATION I



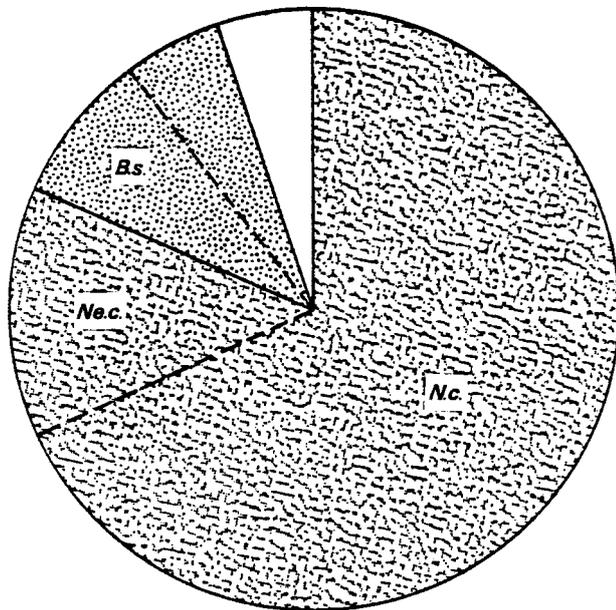
$B = 2,1g/m^2$

STATION J



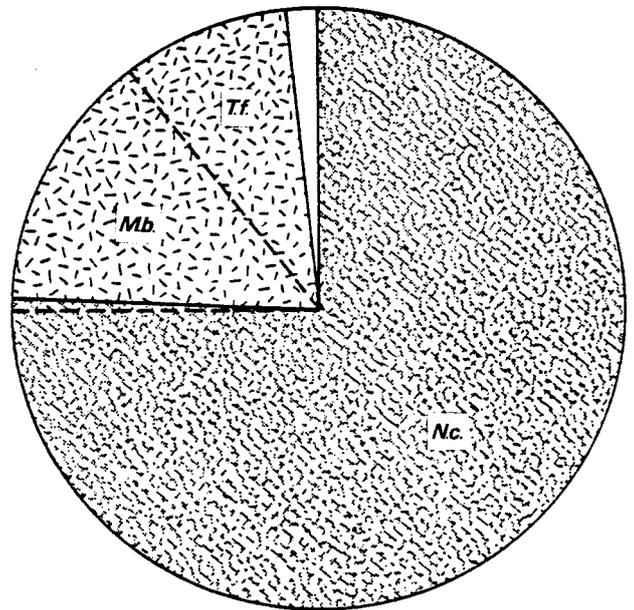
$B = 0,2g/m^2$

STATION K



$B = 0,5g/m^2$

STATION L



$B = 0,4g/m^2$

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

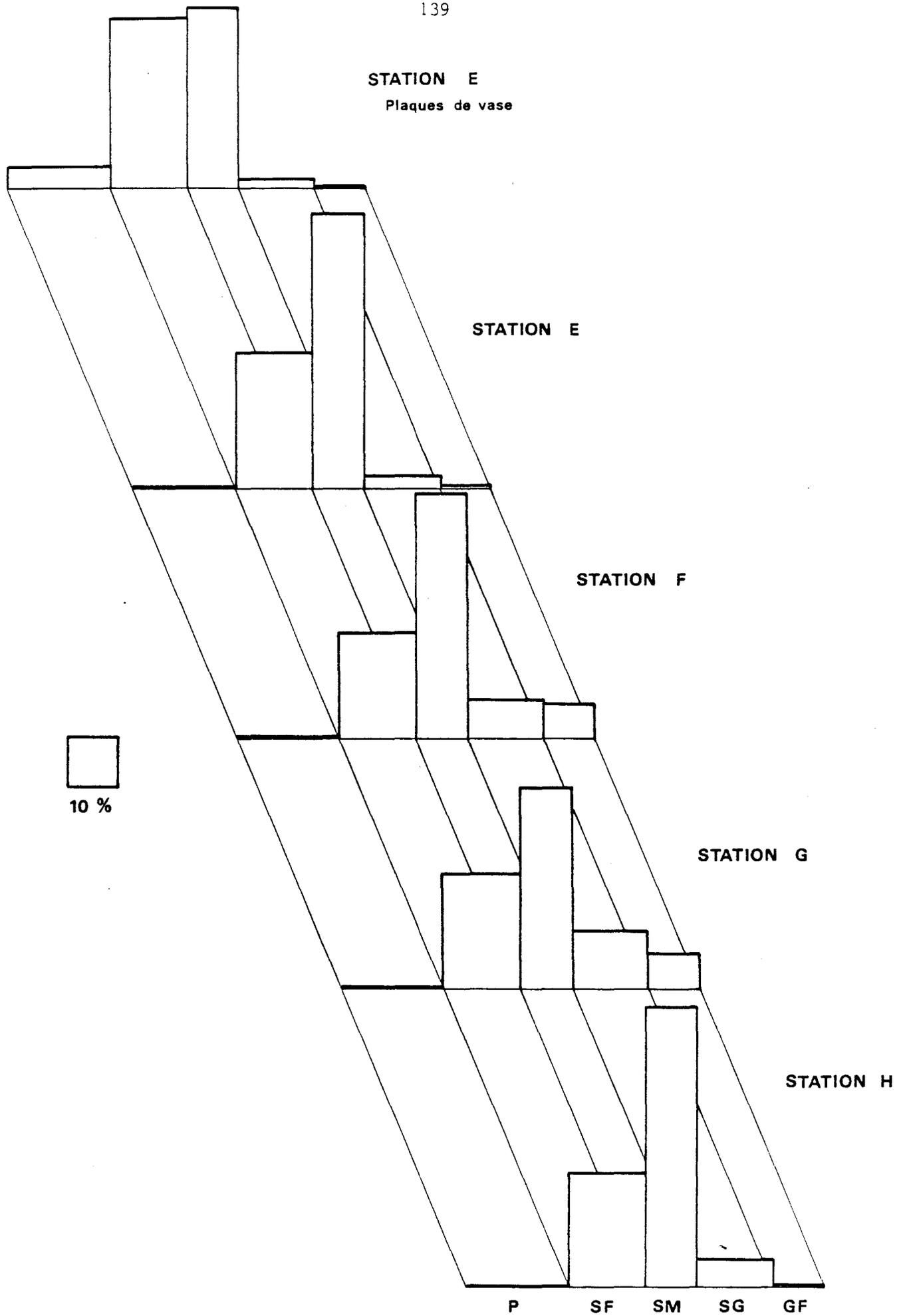


FIG. VII . 5 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT . RADIALE I

Station	1983		1984			1985	
	E'	E	E' envasé	E' propre	E	E plaques de vase	E typique
Pelites (%)	9.36	2.03	9.91	2.73	1.57	9.20	0.57
Sable fin (%)	43.26	28.52	47.40	15.04	18.90	51.15	40.66
Sable moyen (%)	45.45	49.04	41.35	77.12	69.57	36.23	54.97

La teneur en fines du sédiment de la station E continue à décroître ; le lessivage des fines se poursuit donc également à cette station. La fraction sableuse est composée en majorité de sable grossier (fig. VII.5, tableau VII.5).

Ces modifications granulométriques retentissent notablement sur la composition faunistique.

	1978	1979	1980	1981		1982		1983		1984		1985	
	E	E	E	E	E'	E	E'	E	E'	E	E' 1	E' 2	E
<i>Hydrobia ulvae</i>	2892	8740	8	216	9768	-	7588	300	14632	11412	5560	560	11956
<i>Cardium edule</i>	-	-	-	8	-	16	-	4	-	-	-	-	-
<i>Macoma balthica</i>	-	-	-	16	-	16	-	40	4	-	-	-	-
<i>Eurydice affinis</i>	-	100	64	4	4	-	44	68	40	144	16	-	564
<i>Corophium volutator</i>	16	208	108	-	92	8	-	8	32	-	-	40	-
<i>Corophium arenarium</i>	172	852	1888	-	948	68	2316	220	2624	52	560	166	1336

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

Eurydice affinis semble profiter de la forte diminution des fines. Le maintien de la population d'*Hydrobia ulvae* (85% des individus, fig. VII.1) et la progression de la population de *Corophium arenarium* (9.5% des individus, fig. VII.1) semblent indiquer que la dessalure provoquée par l'Aa se fait toujours sentir dans les hauts niveaux de la partie ouest de l'estran.

2.1.2. Station F.

Depuis 1983 on note à cette station une dérive du peuplement vers des aspects estuariens. Des espèces comme *Nereis diversicolor*, *Ophelia rathkei* et les Oligochètes *Enchytraeidae* prédominent. Ce phénomène se poursuit également en 1985.

Les Enchytraeidae prennent une importance considérable ainsi qu'une autre espèce bien connue pour sa tolérance vis-à-vis des eaux dessalées, elle peut vivre dans des eaux à 5 ‰. (HARTMAN-SCHRÖDER, 1971). Il s'agit de Spio filicornis. Cette espèce représente 47.6 % des individus récoltés à cette station (fig. VII.1).

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

Ophelia rathkei semble régresser mais on est ici en réalité en présence d'un déplacement de la population vers des moyens niveaux inférieurs. Quoiqu'il en soit, les espèces euryhalines représentent 91 % des individus et 95.5 % de la biomasse.

La population de coques a presque totalement disparu : 1 seul individu a été récolté. De nombreuses coquilles vides encore jointes par le ligament attestent que la population a été touchée par une mortalité récente. Le vide écologique laissé par la disparition de Cardium edule est occupé maintenant par Macoma balthica. La population de cette espèce est jeune : 55 % des individus sont dans leur première année et 45 % dans leur deuxième année (fig. VII.6).

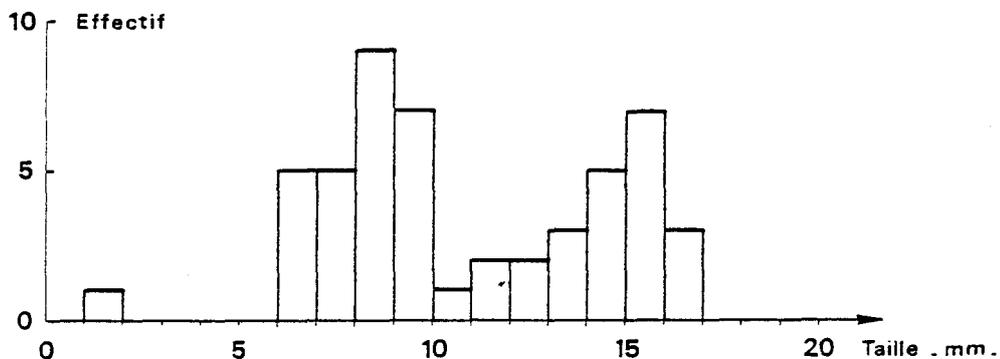


FIG. VII . 6 : Macoma balthica : HISTOGRAMME DES FREQUENCES DE TAILLE

La taille moyenne de la 1ère cohorte est 8.2 mm ($\sigma = 1.1$ mm), la taille moyenne de la 2ème cohorte est de 14.8 mm ($\sigma = 2.1$ mm).

2.1.3. Station G.

Cette station était d'une grande stabilité jusqu'en 1984. Les modifications granulométriques n'ont pas affecté les niveaux inférieurs de l'estran.

En 1985 par contre on note une évolution importante du cortège spécifique. Si les espèces caractéristiques du niveau marégraphique se retrouvent (Nerine cirratulus, Eurydice pulchra et Bathyporeia sarsi), il faut signaler que des espèces euryhalines dominent :

- Enchytraeidae : 16.7 % des individus
- Spio filicornis : 6.6 % "
- Ophelia rathkei : 67.3 % " (fig. VII.1).

Cette domination n'apparaît pas au niveau de la biomasse (fig. VII.2). Ces espèces ne représentent que 35 % de la biomasse totale.

L'influence de la dessalure se fait sentir à cette station qui était jusqu'à présent à l'abri de ce genre de perturbation. Le sédiment à cette station est semblable à celui de la station F (fig. VII.5).

2.1.4. Station H.

On ne décèle pas d'évolution à cette station. Elle est pauvre en individus (76 individus/m²) et la biomasse y est très faible (0.18 g/m²)

2.2. Radiale II.

Le complexe de dunes et de bâches qui est apparu en 1981 est toujours en place. Il semble s'être étendu de 200 à 300 vers l'ouest. Il se compose de 4 dunes et de 3 bâches.

2.2.1. Station I.

On a assisté à cette station entre 1983 et 1984 à un remodelage du sédiment analogue à ce qui se passait dans les hauts niveaux de l'autre radiale. La population d'Hydrobia ulvae semblait se reconstituer tandis que celle de Corophium arenarium régressait. En 1985 la situation s'est stabilisée pour ces deux espèces.

Par contre Bathyporeia pilosa, Eurydice pulchra et E. affinis voient la densité de leur population chuter considérablement.

Densité/m ²	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
<u>Pygospio elegans</u>	-	72	132	108	-	-	664	1448
<u>Hydrobia ulvae</u>	196	-	12	9168	8596	452	1464	1684
<u>Corophium arenarium</u>	220	5280	6476	60	704	2068	400	380
<u>Corophium volutator</u>	16	596	108	4	20	-	-	-
<u>Bathyporeia pilosa</u>	524	124	196	48	192	108	4448	40
<u>Eurydice affinis</u>	204	16	4	4	24	-	284	4
<u>Eurydice pulchra</u>	16	4	8	168	8	4	108	-

Depuis 1982, la structure granulométrique du sédiment évolue beaucoup. Les fluctuations intéressent surtout les éléments les plus fins :

Résultats en %	1982	1983	1984	1985
Pelites	2.20	7.39	0.13	1.10
Sables fins	30.97	36.99	17.63	40.22
Sables moyens	53.25	51.78	77.34	54.18

Ces fluctuations ne permettent pas d'expliquer les évolutions bionomiques d'autant que certaines espèces connues pour leur tolérance vis-à-vis des eaux dessalées semblent prospérer. Il s'agit des Oligochètes Enchytraeidae ($841/m^2$) et surtout de Pygospio elegans ($1448/m^2$, 37 % des individus récoltés, fig. VII.3) qui remplace dans la partie Est de l'estran Spio filicornis. (Nous reviendrons sur l'évolution des populations de ces deux spionidiens dans un autre paragraphe).

Cette tendance à la dessalure n'est pas aussi marquée que dans la partie ouest de l'estran, les densités des espèces euryhalines sont en effet beaucoup plus faibles que sur la radiale I. Il est permis de penser qu'il s'agit là d'un effet des eaux de ruissellement.

2.2.2. Station J.

Les résultats enregistrés à la station J sont proches de ce que l'on a vu à la station I. En effet, sur 10 espèces recensées 8 sont communes à la station I, seul le nombre d'individus diffère (tableau VII.3). Ceci confirme le phénomène d'homogénéisation mis en évidence sur la radiale I.

En 1984 les Péracarides et notamment 3 espèces (Eurydice pulchra, E. affinis et Bathyporeia pilosa) avaient connu une progression nette de leurs densités respectives. Il semble que cette année, ces densités soient redevenues normales voire inférieures à la moyenne (pour Bathyporeia pilosa).

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

Les sédiments des deux stations supérieures de la radiale II sont semblables si ce n'est, toutefois, une teneur supérieure en pelites à la station I (fig. VII.6, tableau VII.5).

2.2.3. Stations K et L.

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

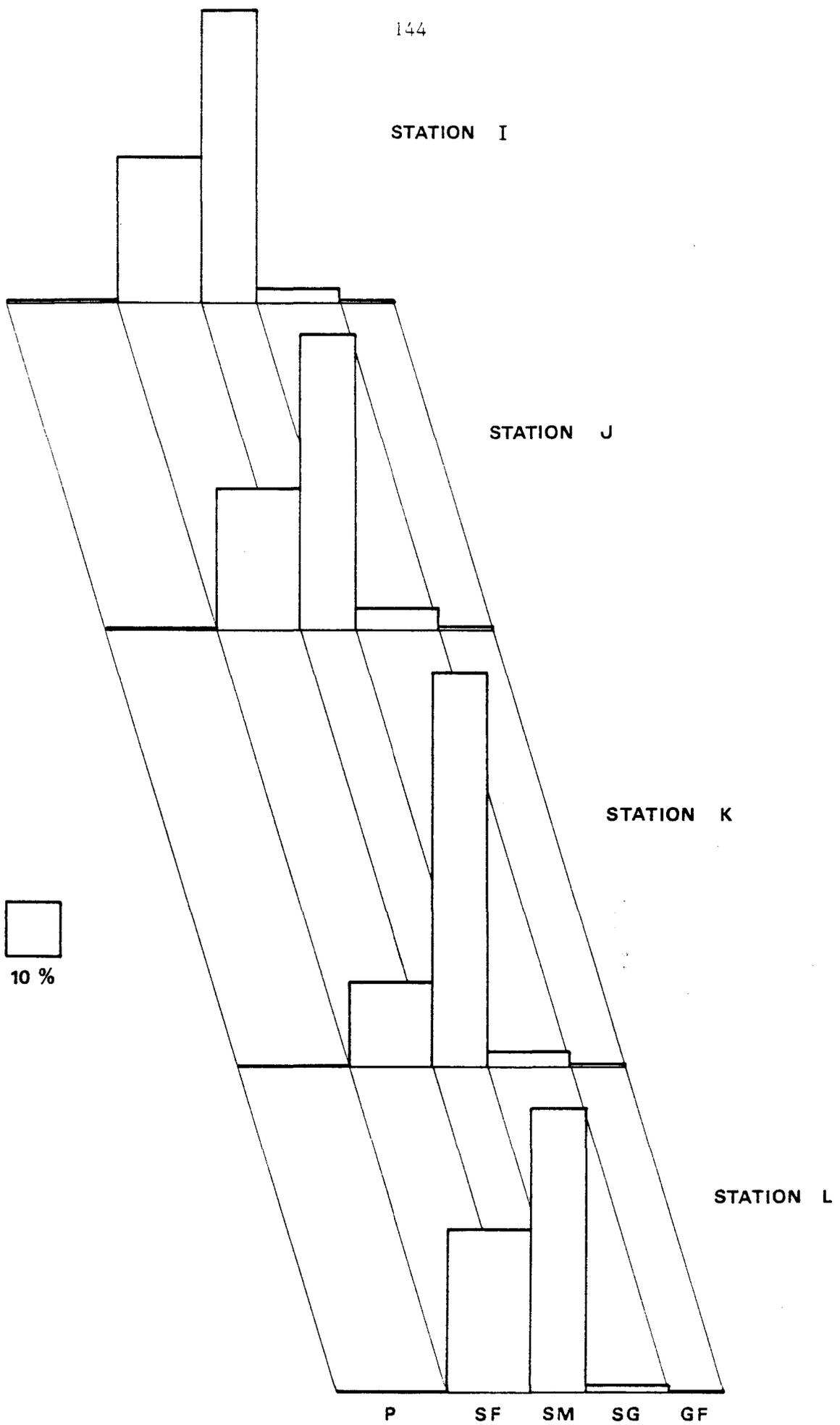


FIG. VII . 7 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT . RADIALE II

IV. CONCLUSIONS SUR L'EVOLUTION DE L'ESTRAN.

IV.1. Diagrammes rang-fréquence (selon FRONTIER, 1976).

1.1. Station E (fig. VII.8).

Le diagramme rang-fréquence confirme l'analyse faunistique. Le nouveau peuplement qui s'est installé en 1984 se maintient. Le diagramme a l'allure sigmoïde qui était la sienne jusqu'en 1980.

La diversité est faible ($H = 0.795$; $E = 0.26$).

1.2. Station F (fig. VII.9).

Le diagramme rang-fréquence montre que le peuplement se structure; il prend une allure plus concave qu'en 1984. Il demeure toutefois intermédiaire entre celui d'un peuplement juvénile et celui d'un peuplement mature.

La diversité est moyenne et très proche des résultats de 1984 : $H = 2.110$ (2.285 en 1984) ; $E = 0.55$ (0.57 en 1984).

1.3. Station I (fig. VII.10).

On ne note que peu d'évolution du diagramme entre 1984 et 1985 malgré les changements faunistiques décrits précédemment. L'allure du diagramme est linéaire, caractéristique d'un peuplement en fin de succession.

La diversité est moyenne et ne montre pas d'évolution par rapport à 1984 ($H = 1.852$ contre 1.848 en 1984; $E = 0.58$ contre 0.50 en 1984).

1.4. Station J (fig. VII.11).

Nous sommes cette année en présence à cette station d'un peuplement parfaitement charpenté. Le diagramme rang-fréquence a une allure concave. L'équilibre bionomique semble être atteint.

La diversité est forte ($H = 2.807$; $E = 0.85$).

IV.2. Evolution des peuplements des niveaux supérieurs de l'estran.

2.1. Cas de la granulométrie.

On assiste en 1985 à une homogénéisation des caractéristiques granulométriques des sédiments des 4 stations des hauts de plage (fig. VII.5 et 7).

Les différences que l'on peut mettre en évidence au niveau des peuplements animaux qui y sont installés sont dues en fait à autre chose que la granulométrie. Il s'agit donc sans doute davantage d'un problème de qualité d'eau.

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

Cette partie de l'estran est celle qui a le plus évoluée depuis le début des études. Par rapport aux résultats antérieurs au niveau des 4

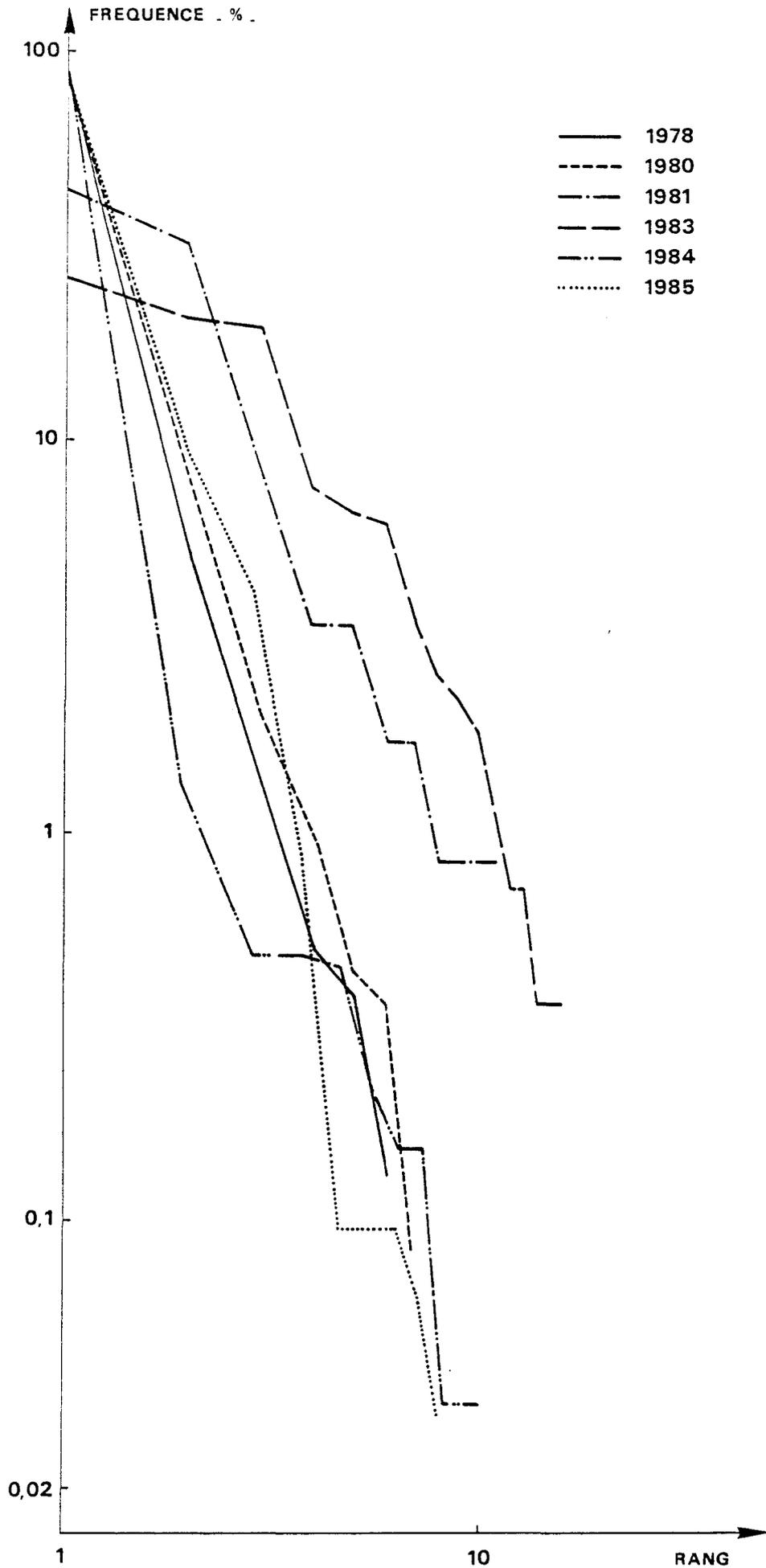


FIG. VII . 8 : EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE
A LA STATION E DEPUIS 1978

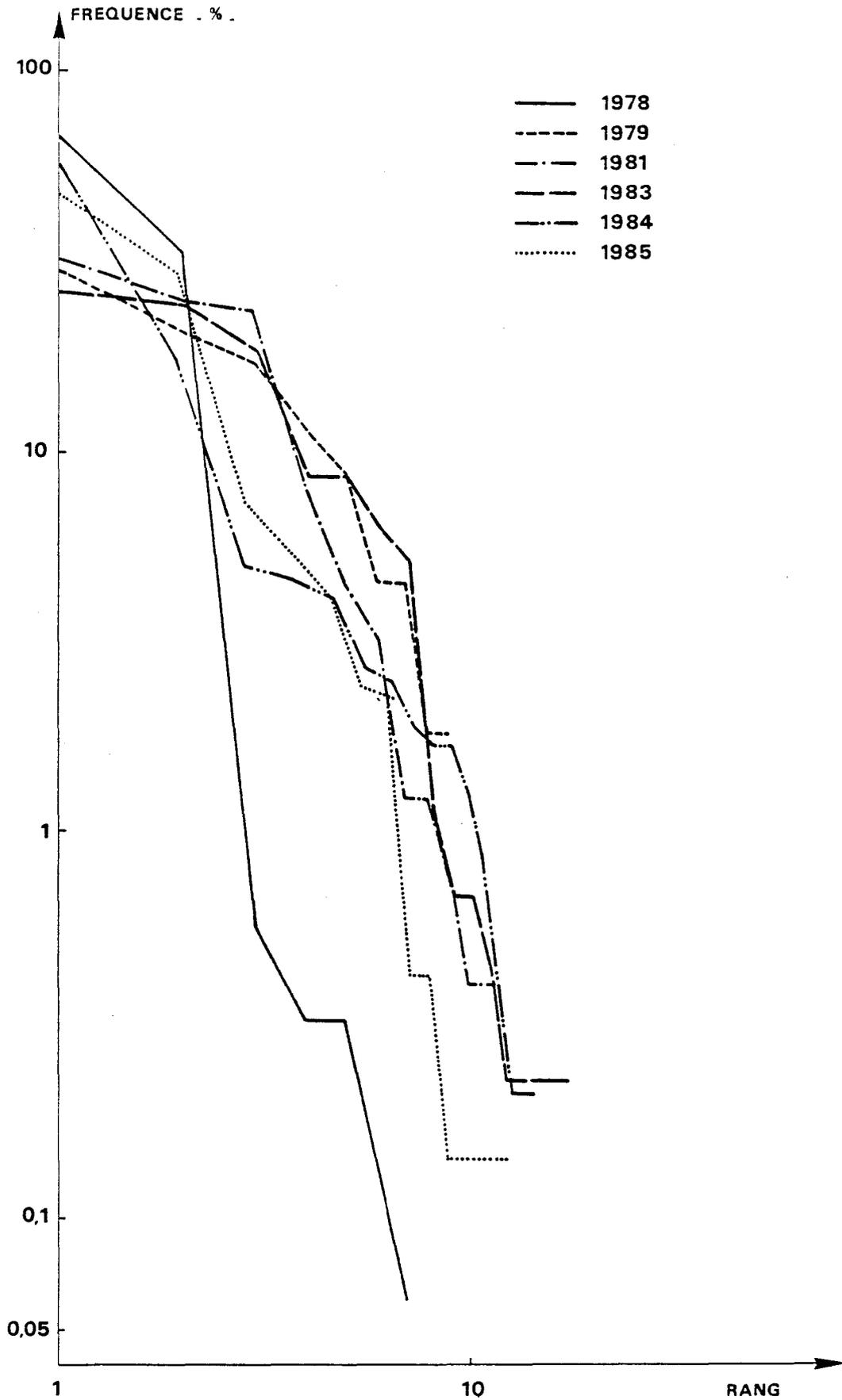


FIG. VII . 9 : EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG - FREQUENCE
A LA STATION F DEPUIS 1978

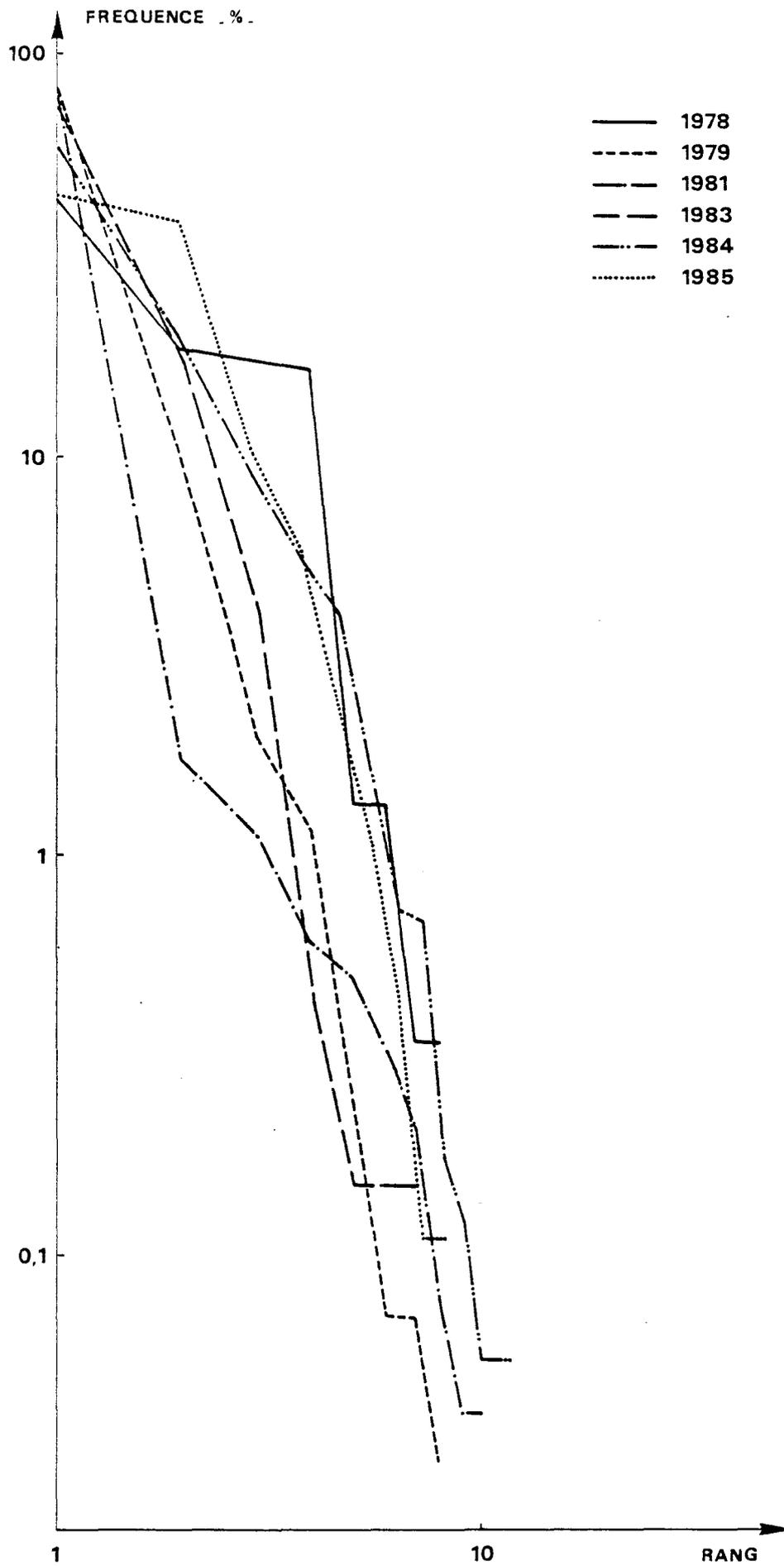


FIG. VII . 10 : EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE
A LA STATION I DEPUIS 1978

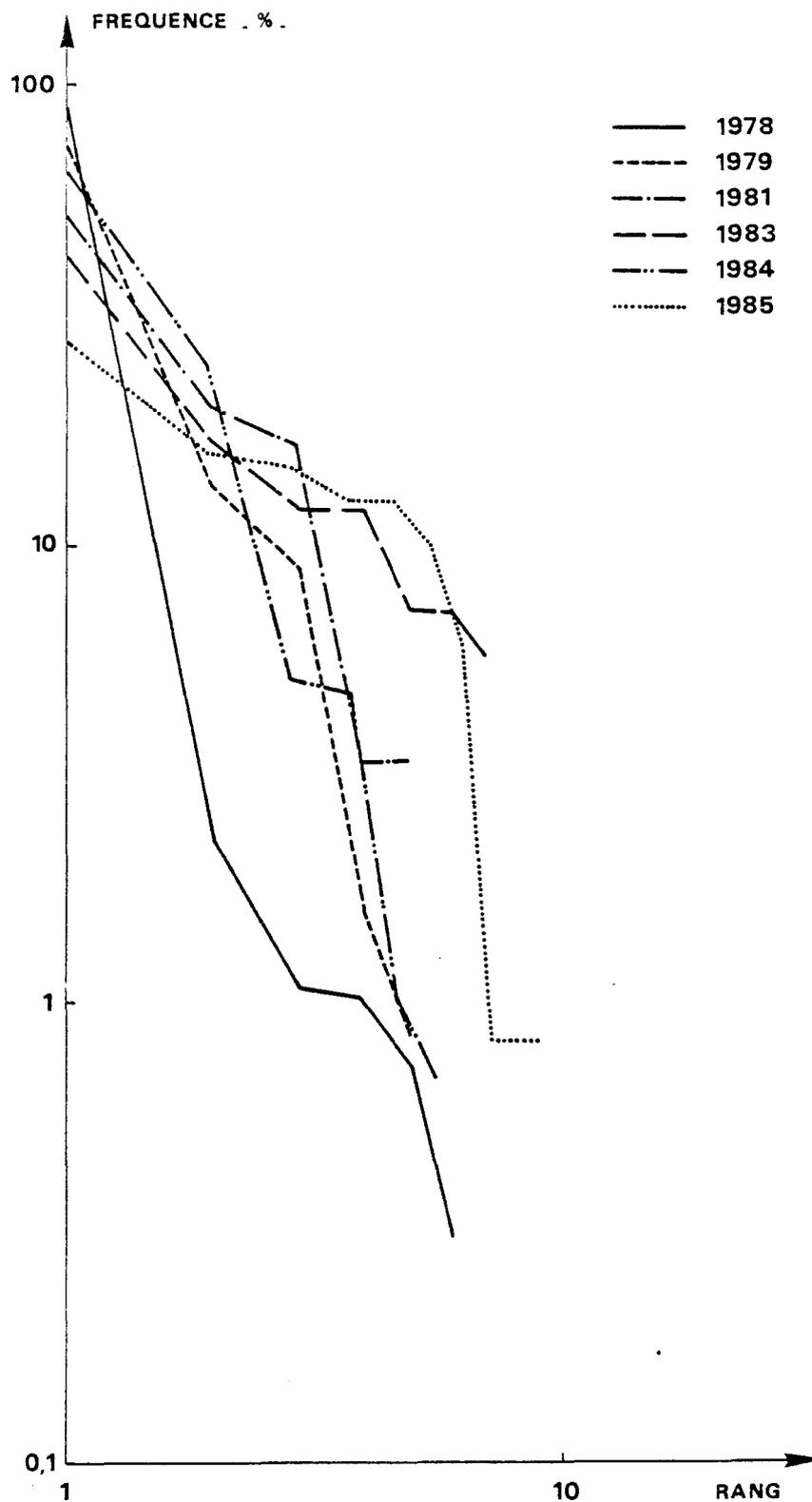


FIG. VII . 11 : EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE
A LA STATION J DEPUIS 1978

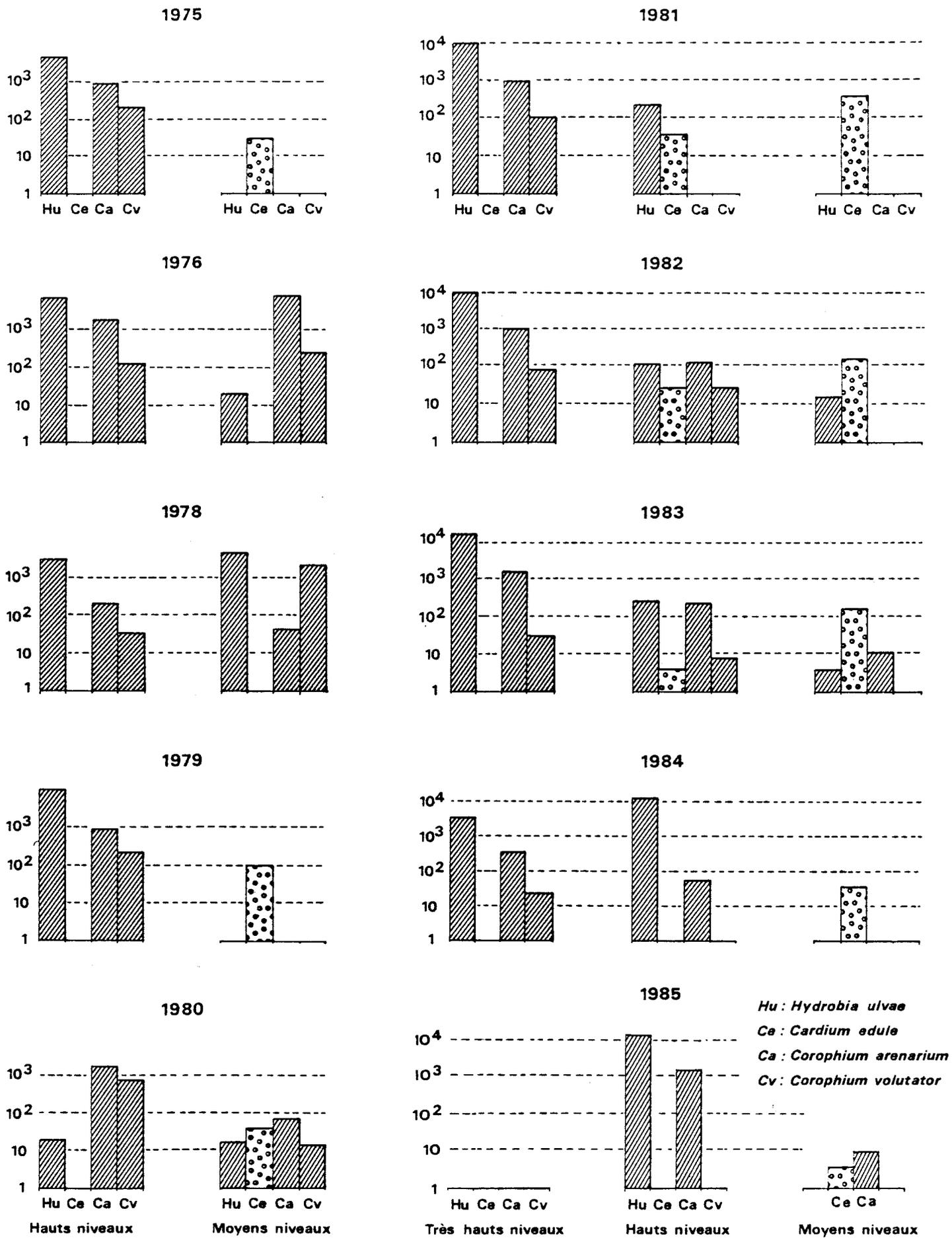


Fig. VII.12 : EVOLUTIONS RESPECTIVES DES DENSITES D'ESPECES

VASICOLES ET NON VASICOLES

espèces choisies comme test de l'évolution, on note la disparition de Corophium volutator et la chute de densité de la population de coques.

L'érosion des hauts niveaux s'est poursuivie ; les placages de vase n'occupent plus qu'1 % au maximum de la superficie des hauts niveaux. La tendance mise en évidence en 1984, rendant difficile la distinction entre les hauts niveaux (station E) et les très hauts niveaux (station E') s'est trouvée confirmée.

La discrimination entre les peuplements des hauts niveaux et des moyens niveaux supérieurs est due en grande partie à l'Aa par la dessalure qu'elle provoque. Signalons que la dessalure gagne cette année la station G

2.3. Cas de la partie est.

On assiste sur cette partie de l'estran à une homogénéisation des sédiments et des peuplements. Les peuplements installés aux stations I et J diffèrent essentiellement par les effectifs des espèces et non par le cortège spécifique. La perturbation, légère, provoquée par les eaux de ruissellement dans les hauts niveaux profite à quelques espèces (Hydrobia ulvae par exemple).

2.4. Cas de Spio filicornis et de Pygospio elegans.

Comme il a été déjà signalé, les populations de Pygospio elegans et de Spio filicornis sont complètement disjointes cette année. La répartition géographique et la distribution verticale de ces espèces sont différentes. Pygospio elegans a des tendances intertidales plus marquées que Spio filicornis. On rencontre en effet Spio filicornis jusqu'à des profondeurs très importantes (jusqu'à 400 m !), tandis que Pygospio elegans peut descendre dans le milieu subtidal mais reste très littoral.

Pygospio elegans est une espèce à répartition géographique moins étendue que Spio filicornis. Si leur limite Sud (dans l'hémisphère Nord) est semblable (Méditerranée - Mer Noire), Spio filicornis est une espèce plus nordique que Pygospio elegans. La période de reproduction de Spio filicornis est plus précoce que celle de Pygospio elegans (avril à juin contre juin à août). En fait, il semble donc que Pygospio elegans ait un préférendum thermique plus élevé que Spio filicornis. Or, depuis 1983 on assiste à une évolution tendant à séparer complètement les populations des deux espèces dans les niveaux supérieurs de l'estran de Petit-Fort-Philippe

Densité/m ²	Station	1983	1984	1985	
Spio filicornis	E	8	48	12	Ouest
	F	112	80	1324	
	I	12	12	0	Est
	J	20	0	0	
Pygospio elegans	E	0	0	0	Ouest
	F	0	0	0	
	I	0	664	1448	Est
	J	0	0	136	

On ne peut toutefois pas affirmer d'une manière certaine que l'on soit en présence d'un impact thermique sur l'estran. D'autant que ces deux espèces ont déjà été récoltées ensemble ou séparément sur la totalité de l'estran. Mais les densités observées n'ont jamais atteint les valeurs de 1985. L'impact thermique est possible, mais il importera de suivre ces deux populations lors des prochaines études, afin de savoir si l'exclusion d'une espèce par l'autre se confirme. De plus il serait également intéressant de vérifier si on peut mettre en évidence un gradient entre ces deux populations.

2.5. Evolution de la biomasse.

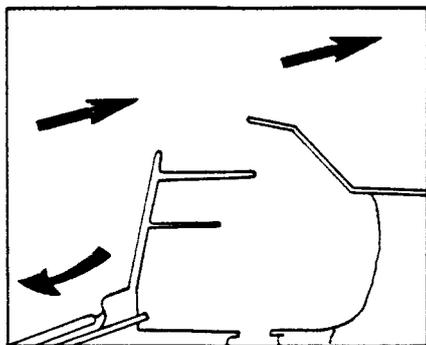
Les modifications bionomiques, et cela a été montré à de nombreuses reprises lors des études antérieures, peuvent provoquer des évolutions très importantes de la biomasse au sein des peuplements soumis à ces modifications.

Depuis 1974 il a ainsi pu être montré que la biomasse intertidale pouvait être aussi un bon témoin des évolutions bionomiques.

Station	Année	1974-75	1976-77	1978-79	1980	1981	1982	1983	1984	1985
E'		-	-	-	-	8.444	6.176	12.008	4.463	-
E		2.988	6.361	4.386	2.278	0.814	2.215	1.812	7.164	9.010
F		1.65	3.367	11.161	6.994	10.294	9.370	52.984	6.281	5.790
G		1.040	0.876	1.142	0.688	1.781	0.754	0.971	0.508	1.506
H		0.370	0.285	0.160	0.283	0.374	3.221	0.859	0.274	0.180
I		0.934	-	2.080	2.420	6.286	5.916	2.534	2.953	2.076
J		0.662	-	1.804	0.216	0.421	0.548	0.120	0.577	0.240
K			-	1.510	2.803	0.398	0.529	1.596	0.919	0.463
L		0.291	-	0.117	0.206	0.580	1.030	11.888	0.260	0.446

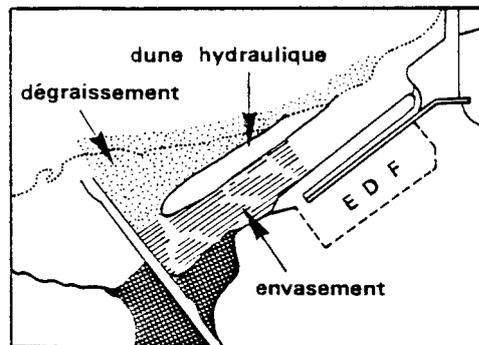
Conformément à ce que l'on a enregistré lors des études précédentes la partie ouest de l'estran est la plus productive. Si l'on s'intéresse aux résultats station par station on s'aperçoit que sauf pour ce qui est de la station G, les résultats concernant la biomasse sont d'une grande stabilité par rapport à 1984. La biomasse de la station G progresse du fait de l'apparition d'espèces euryhalines.

La biomasse moyenne (toutes stations confondues) est du même ordre qu'en 1984 : 2.464 g/m² contre 2.367 en 1984.



1973

1976



Le contre courant généré par la digue à marée haute provoque un dégraissage des bas niveaux et un engraissement des hauts niveaux.

En 1977 une population de coques s'implante dans les moyens niveaux.

La situation reste stable jusqu'en 1979.

Circulation d'eau de refroidissement de la centrale a un débit de 40 puis de 80 m³/s. On assiste à un dégraissage des moyens niveaux supérieurs et à la réduction de l'aire de répartition des espèces de type "estuarien".

Le débit de la circulation d'eau de refroidissement de la centrale passe à 120 puis 160 m³/s. La dune hydraulique éclate en un complexe de dunes et de bâches. Les espèces estuariennes n'occupent plus qu'une bande de 200 m en haut de la plage. La population de coques s'étend aux hauts niveaux.

Le débit de circulation d'eau ne change pas mais les phénomènes d'érosion se poursuivent. Les espèces vasicoles sont localisées à des plaques de vase de 10 m de long sur 1 m de large perpendiculaires à la côte. Ces plaques occupent 10 % de la superficie des hauts niveaux. La population de coques régresse. Des espèces euryhalines s'installent en moyen niveau à l'ouest.

Le débit passe à 200 puis 240 m³/s. Les plaques de vase (2 à 3 m x 1 m) n'occupent plus que 1 % des hauts niveaux et sont azoïques. Le sédiment des niveaux supérieurs s'homogénéise. La dessalure s'accroît à l'ouest, s'amorce à l'est (ruissellement). Les populations de deux *Spionidae* se séparent : la plus tolérante aux températures élevées à l'est, l'autre à l'ouest. Le complexe de dunes et de bâches progresse de 2 à 300 m vers l'ouest. La population de coques a presque totalement disparu.

1979

1980

1981

1982

1983

1984

1984

1985

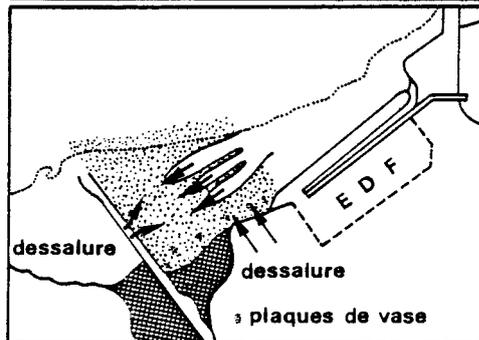
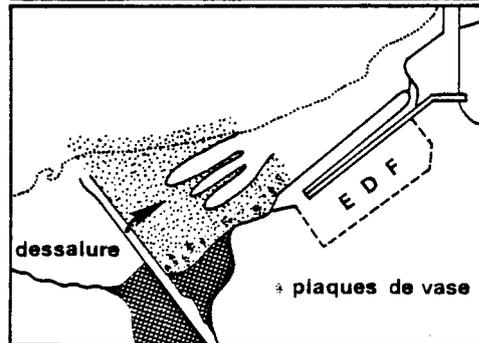
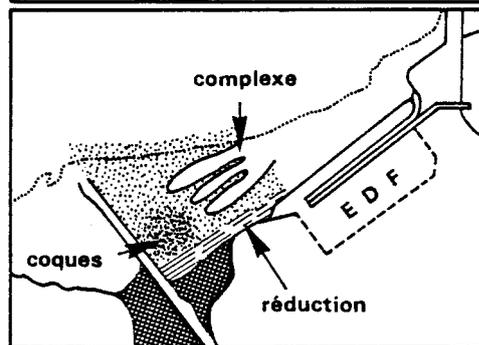
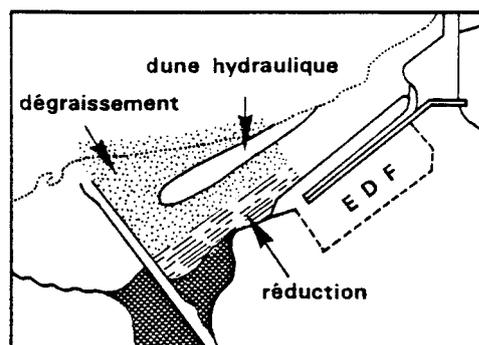


FIG. VII . 13 : EVOLUTION BIONOMIQUE DE LA PLAGE DE PETIT FORT PHILIPPE

DEPUIS 1973

V. CONCLUSION.

Pendant l'année 1985 on n'a pas pu mettre en évidence d'évolution de la morphologie de l'estran. Le complexe de dunes hydrauliques et de bâches qui s'est installé en 1981 reste en place et semble progresser un peu vers l'ouest de 200 à 300 m.

Le trait saillant de l'étude 1985 c'est l'homogénéisation du sédiment des stations des niveaux supérieurs de l'estran. Le sédiment des stations E, F, I et J est analogue, comportant 0.5 % de pélites et 90 % de sables moyen et fin.

En ce qui concerne la station E', la tendance mise en évidence en 1984 se confirme cette année : il avait, en effet, été signalé que les aspects propres de la station E' ressemblaient à ce que l'on trouvait à la station E. Il a été impossible de faire une distinction sur le terrain entre ces deux stations cette année. Les plaques de vase ont considérablement régressé en superficie. Elles n'occupent plus que 1 % au maximum de la superficie des hauts niveaux. Elles ont une taille de 2 à 3 m de long sur 1 m de large et sont épaisses de 4 cm. De plus elles sont totalement azoïques.

L'évolution des proportions des quatre espèces principales des niveaux supérieurs fait apparaître la disparition de Corophium volutator. La population de coques a presque totalement disparu, elle est remplacée par une jeune population de Macoma balthica. L'influence de la dessalure que l'on peut imputer à l'Aa se fait toujours sentir dans les niveaux moyens de la radiale I où prédominent Nereis diversicolor, Ophelia rathkei et les Oligochètes Enchytraeidae.

Enfin il semble que la séparation des populations, exceptionnellement denses cette année, de deux Spionidiens entre les parties est et ouest de l'estran peut laisser envisager un impact thermique. Ce fait serait à confirmer lors d'une étude visant en plus à essayer de vérifier s'il s'est instauré un gradient de répartition de ces deux espèces sur la totalité de l'estran.

Une synthèse des modifications bionomiques qu'a subies l'estran de Petit-Fort-Philippe depuis 1973 a été effectuée (fig. VII.13). Elle fait la part des actions des différents éléments perturbateurs :

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

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 A. GREGOIRE, 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), CNEXO/IBMRW pour EDF, 76-106.

- DEWARUMEZ, J.M., 1982 a. Le domaine benthique. In "Etude écologique du site de Gravelines". Surveillance 2 (1979-1980), CNEXO/IBMRW pour EDF, 187-254.
- DEWARUMEZ, J.M., 1982 b. Le domaine benthique. In "Etude écologique du site de Gravelines". Surveillance 3 (1980-1981), CNEXO/IBMRW pour EDF, VI.1-VI.23 et VII.1-VII.24.
- DEWARUMEZ, J.M., 1982 c. Exemple d'impact sur le milieu intertidal de la Mer du Nord : le complexe "Avant-port ouest de Dunkerque-Centrale Nucléaire de Gravelines". Poster présenté au 17e EMBS, Brest.
- DEWARUMEZ, J.M., 1983 a. 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., 1983 b. Le domaine benthique. In "Etude écologique du site de Gravelines". Surveillance 4 (1981-1982), CNEXO/IBMRW pour EDF, VI.1-VI.24 et VII.1-VII.33.
- DEWARUMEZ, J.M., 1984. Le domaine benthique. In "Etude écologique du site de Gravelines". Surveillance 5 (1982-1983), CNEXO/IBMRW pour EDF, VI.1-VI.27 et VII.1-VII.28.
- FRONTIER, S., 1976. L'utilisation des diagrammes rang-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. J. rech. Oceanogr., 1 (3), 35-48.
- GREGOIRE, A., 1976. Etude de la macrofaune intertidale de la région de Gravelines (Nord). DEA Univ. Sci. et Techn. de Lille, 111 p.
- HARTMAN-SCHRÖDER, G., 1971. Die Tierwelt Deutschlands. Vol. 58. Annelida, Borstenwürmer, Polychaeta. VEB Gustav Fischer Verlag Jena., 594 p.
- SOUPLET, A., 1978. Le domaine benthique. In "Etude écologique du site de Gravelines". Projet II (1976-1977), CNEXO/IBMRW pour EDF.

TABLEAU VII.1 : RADIALE I : RESULTATS BRUTS, NOMBRE D'INDIVIDUS
PAR 1/4 M²

	Station E	Station F	Station G	Station H
Nematodes		37	11	1
Nemertes		1		
<i>Enchytraeidae</i>	3	205	112	
<i>Eteone longa</i>		1	2	
<i>Nereis diversicolor</i>		29		
<i>Nephtys cirrosa</i>				7
<i>Aonides oxycephala</i>			1	
<i>Spio filicornis</i>	3	331	44	
<i>Pygospio elegans</i>				
<i>Nerine cirratulus</i>	3	3	29	2
<i>Ophelia rathkei</i>		17	452	3
<i>Arenicola marina</i>		1		
<i>Hydrobia ulvae</i>	2989			
<i>Cardium edule</i>		1		
<i>Macoma balthica</i>		50		
<i>Tellina fabula</i>				
<i>Eurydice affinis</i>	141	16		
<i>Eurydice pulchra</i>	1		7	1
<i>Pontocrates arenarius</i>				2
<i>Haustorius arenarius</i>				
<i>Bathyporeia pilosa</i>	29			
<i>Bathyporeia sarsi</i>			14	1
<i>Corophium arenarium</i>	334	3		
<i>Crangon crangon</i>				
<i>Carcinus maenas</i>		1		
Larves diptères	2			
<i>Ammodytes tobianus</i>				1
Total	3503	696	672	18
Diversité	0,795	2,110	1,590	2,592
Régularité	0,26	0,55	0,50	0,86

TABLEAU VII.2 : RADIALE I : RESULTATS BRUTS, BIOMASSE EN MG
PAR 1/4 M²

	Station E	Station F	Station G	Station H
Nematodes		0,9	0,1	0,1
Nemertes		0,7		
<i>Enchytraeidae</i>	0,1	4,5	2,7	
<i>Eteone longa</i>		0,9	1,1	
<i>Nereis diversicolor</i>		53,2		21,8
<i>Nephtys cirrosa</i>				
<i>Aonides oxycephala</i>			2,1	
<i>Spio filicornis</i>	0,1	68,5	7,0	
<i>Pygospio elegans</i>				
<i>Nerine cirratulus</i>	25,4	40,4	232,0	0,1
<i>Ophelia rathkei</i>		6,3	123,6	0,8
<i>Arenicola marina</i>		16,7		
<i>Hydrobia ulvae</i>	1805,2			
<i>Cardium edule</i>		139,5		
<i>Macoma balthica</i>		1109,8		
<i>Tellina fabula</i>				
<i>Eurydice affinis</i>	62,4	5,1		
<i>Eurydice pulchra</i>	0,8		4,0	0,4
<i>Pontocrates arenarius</i>				0,2
<i>Haustorius arenarius</i>				
<i>Bathyporeia pilosa</i>	13,0			
<i>Bathyporeia sarsi</i>			4,0	1,0
<i>Corophium arenarium</i>	337,2	1,0		
<i>Crangon crangon</i>				
<i>Carcinus maenas</i>		0,1		
Larves diptères	8,3			
<i>Ammodytes tobianus</i>				20,5
Total	2252,5	1447,6	376,6	44,9
Diversité	0,960	1,336	1,325	1,383
Régularité	0,30	0,35	0,42	0,46

TABLEAU VII.3 : RADIALE II : RESULTATS BRUTS, NOMBRE D'INDIVIDUS
PAR 1/4 M²

	Station I	Station J	Station K	Station L
Nematodes	53	12	1	
Nemertes				
<i>Enchytraeidae</i>	21	15		
<i>Eteone longa</i>		1		
<i>Nereis diversicolor</i>				7
<i>Nephtys cirrosa</i>	1		1	
<i>Aonides oxycephala</i>				5
<i>Spio filicornis</i>				
<i>Pygospio elegans</i>	362	34		
<i>Nerine cirratulus</i>			4	
<i>Ophelia rathkei</i>				
<i>Arenicola marina</i>				
<i>Hydrobia ulvae</i>	421	18		
<i>Cardium edule</i>				
<i>Macoma balthica</i>				1
<i>Tellina fabula</i>				1
<i>Eurydice affinis</i>	1	15		
<i>Eurydice pulchra</i>		1	1	
<i>Pontocrates arenarius</i>				
<i>Haustorius arenarius</i>			4	
<i>Bathyporeia pilosa</i>	10	7		
<i>Bathyporeia sarsi</i>			19	
<i>Corophium arenarium</i>	95	19		
<i>Crangon crangon</i>				2
<i>Carcinus maenas</i>				
Larves diptères	4	1		
<i>Ammodytes tobianus</i>				
Total	968	123	30	16
Diversité	1,852	2,807	1,683	1,921
Régularité	0,58	0,85	0,65	0,83

TABEAU VII.4 : RADIALE II : RESULTATS BRUTS, BIOMASSE EN MG
PAR 1/4 M²

	Station I	Station J	Station K	Station L
Nematodes	0,1	0,1	5,7	
Nemertes				
<i>Enchytraeidae</i>	0,1	0,1		
<i>Eteone longa</i>		5,6		
<i>Nereis diversicolor</i>			78,8	83,6
<i>Nephtys cirrosa</i>	1,9			
<i>Aonides oxycephala</i>				0,8
<i>Spio filicornis</i>				
<i>Pygospio elegans</i>	46,0	1,8		
<i>Nerine cirratulus</i>			15,7	
<i>Ophelia rathkei</i>				
<i>Arenicola marina</i>				
<i>Hydrobia ulvae</i>	379,8	27,8		
<i>Cardium edule</i>				
<i>Macoma balthica</i>				15,6
<i>Tellina fabula</i>				10,1
<i>Eurydice affinis</i>	0,6	6,8		
<i>Eurydice pulchra</i>		1,0	0,5	
<i>Pontocrates arenarius</i>				
<i>Haustorius arenarius</i>			5,5	
<i>Bathyporeia pilosa</i>	2,4	0,8		
<i>Bathyporeia sarsi</i>			9,5	
<i>Corophium arenarium</i>	81,0	13,6		
<i>Crangon crangon</i>				1,5
<i>Carcinus maenas</i>				
Larves diptères	7,1	2,4		
<i>Ammodytes tobianus</i>				
Total	519,0	60,0	115,7	111,6
Diversité	1,224	2,225	1,521	1,157
Régularité	0,39	0,67	0,59	0,50

TABLEAU VII.5: ANALYSE GRANULOMETRIQUE - RESULTATS GLOBAUX (% pondéral de l'échantillon total)

	E*	E	F	G	H	I	J	K	L
Pélites	9,20	0,57	0,51	0,05	0,01	1,10	0,03	0,01	0,01
Sables fins	51,15	40,66	31,67	34,57	34,45	40,22	38,99	23,03	45,34
Sables moyens	36,23	54,97	48,69	40,41	56,31	54,18	54,30	72,18	52,48
Sables grossiers	2,99	3,37	12,04	17,84	8,52	4,16	5,96	4,38	1,94
Graviers fins	0,42	0,43	7,09	7,13	0,71	0,34	0,72	0,40	0,23
Total Echantillon (g)	220,1	224,9	361,2	263,6	380,1	492,5	347,2	404,8	560,3

* Sédiment des plaques de vase.

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

BENTHOS SUBTIDAL

Jean-Marie DEWARUMEZ

INTRODUCTION.

Les études du milieu benthique subtidal que nous menons sur le site de Gravelines se sont déroulées en deux phases complémentaires. La première visait à connaître les unités bionomiques locales en utilisant des techniques classiques basées sur des prélèvements qualitatifs et sur des analyses de similitude (DEWARUMEZ et GREGOIRE, 1973 ; DEWARUMEZ, 1976 a et b).

La deuxième phase visait à préciser les caractéristiques quantitatives des peuplements décrits (SOUPLET, 1978 ; DEWARUMEZ, 1979 à 85).

Ainsi trois stations correspondent aux trois peuplements littoraux classiquement décrits en Manche orientale et en Mer du Nord (CABIOCH et GLACON, 1975 ; SOUPLET et al., 1980 ; SOUPLET et DEWARUMEZ, 1980) :

- la station A : peuplement de l'hétérogène envasé. Ce peuplement, très diversifié du fait de l'hétérogénéité du sédiment, est situé au large sur des fonds de l'ordre de 25 m. Il est d'une grande stabilité bionomique. La biomasse y est de 28 g en moyenne /m².
- la station B : peuplement à Abra alba. Ce peuplement côtier est établi sur des fonds de l'ordre de 8 m. Il est sujet depuis 1979 à des recrutements très importants de quelques espèces typiques. Il en résulte une biomasse très forte et très variable. Elle varie entre 10 et 50 g/m², valeurs normales pour ce peuplement dans les eaux européennes. Le cortège spécifique reste toutefois d'une grande stabilité.

Année	Espèces	Biomasse de l'espèce (g)	Effectif de l'espèce	Biomasse totale (g)
1980	Pectinaria koreni	13.8	228	49.2
	Tellina fabula	22.3	453	
1981	Abra alba	4.3	100	20.4
	Tellina fabula	8.7	167	
1982	Abra alba	14.1	1020	25.1
	Sagartia troglodytes	4.3	25	
1983	Abra alba	3.5	77	11.6
1984	Sagartia troglodytes	9.5	33	53.0
	Lanice conchilega	4.3	2486	
	Abra alba	29.4	811	

- la station D : peuplement à Ophelia borealis. Ce peuplement, situé au large, est lui aussi d'une grande stabilité bionomique. L'échantillonnage ou le non-échantillonnage de certaines espèces rares à forte biomasse individuelle peut faire varier énormément la biomasse totale qui est en moyenne de l'ordre de 2 g/m².

A ces trois stations, une quatrième a été ajoutée (la station C) appartenant elle aussi au peuplement à Abra alba. Cette station est située à proximité immédiate du canal de rejet de la centrale. La comparaison des stations B et C permet de visualiser l'impact du fonctionnement de la centrale sur le peuplement à Abra alba.

Les peuplements étudiés ont été replacés dans leur contexte géographique régional Manche orientale - Mer du Nord. Ceci est capital quand on connaît l'action des courants de marée sur la dispersion des larves planctoniques des benthontes ; tout "accident" dans le recrutement de telle ou telle espèce peut -être dû à l'action d'un facteur (biotique ou abiotique) survenu bien en amont de l'endroit où le phénomène est observé.

I. METHODOLOGIE.

La campagne a été effectuée le 1er juillet 1985 à bord du N/O "Sepia II", navire de la Station Marine de Wimereux. Les stations échantillonnées et la méthodologie ne changent pas (voir annexe technique, DEWARUMEZ, 1985).

II. RESULTATS DE L'ANALYSE BIONOMIQUE.

(tabl. VIII.1 et 2 , fig. VIII.1 et 2

II.1. Composition bionomique.

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

- 3 Cnidaires
- 2 Nemertes
- 1 Nématode
- 1 Sipunculide
- 30 Polychètes : 13 errantes, 17 sédentaires
- 15 Mollusques : 4 Gastéropodes, 11 Bivalves
- 1 Pycnogonide
- 19 Crustacés : 1 Cumacé, 2 Mysidacés, 1 Tanaïdacé, 10 Amphipodes, 5 Décapodes
- 6 Echinodermes : 3 Echinides, 3 Ophiurides
- 1 Poisson.

II.2. Station A.

Cette station a toujours été d'une grande stabilité bionomique, même si certains faits se produisant dans d'autres peuplements pouvaient s'y faire sentir comme le recrutement de Spiophanes bombyx en 1984, et celui de Lagis koreni en 1979.

45 espèces ont été récoltées pour un total de 1057 individus et une biomasse de 21.7 g/m².

	Station A	Station B	Station C	Station D
<i>Sagartia troglodytes</i>	291	21		
<i>Cerianthus lloydii</i>	4			
<i>Eucarasia</i> sp	6			
<i>Cerebratulus</i> sp		2		
<i>Lineus bilineatus</i>	1			
Nematodes spp	4	3	1	5
<i>Golfingia elongata</i>	6			
<i>Harmothoe lunulata</i>	7	6		
<i>Harmothoe longisetis</i>	1			
<i>Pholoe minuta</i>	14	31		
<i>Sigalion mathildae</i>	1			1
<i>Stenelais boa</i>	98	4		
<i>Phylodoce mucosa</i>	2	17		
<i>Phylodoce groenlandica</i>	1			
<i>Eumida sanguinea</i>		30		
<i>Eteone longa</i>	1	3		
<i>Nephtys caeca</i>		2		1
<i>Nephtys cirrosa</i>			38	70
<i>Nephtys hombergii</i>	19	97		
<i>Nephtys longosetosa</i>	1			
<i>Scoloplos armiger</i>	31			18
<i>Aonides oxycephala</i>	2			
<i>Spio filicornis</i>	3		27	
<i>Spiophanes bombyx</i>	54	31	1	117
<i>Nerine cirratulus</i>			10	
<i>Nerine bonnieri</i>				7
<i>Polydora ciliata</i>			4	
<i>Magelona papillicornis</i>		1	5	992
<i>Capitella capitata</i>	51		1	4
<i>Notomastus latericeus</i>	27	3		
<i>Chaetozone setosa</i>	9			5
<i>Heterocirrus alatus</i>	5			
<i>Ophelia borealis</i>				1
<i>Owenia fusiformis</i>	63			
<i>Lanice conchilega</i>		779		
<i>Lagis koreni</i>	8	77		
<i>Sabella pavonina</i>	172			
<i>Crepidula fornicata</i>	3			
<i>Nassarius reticulatus</i>	2	5		
<i>Natica alderi</i>	1			
<i>Natica catena</i>	1			
<i>Tapes rhomboïdes</i>	5			
<i>Venerupis pullastra</i>		9		
<i>Mactra corallina</i>		1		
<i>Spisula ovalis</i>				1
<i>Spisula subtruncata</i>		1		
<i>Mysella bidentata</i>	31	359		
<i>Abra alba</i>	90	37		
<i>Tellina fabula</i>		238		
<i>Mya truncata</i>	3			
<i>Cultellus pellucidus</i>		1		
<i>Ennia armadum</i>		2		
<i>Eucygonium littorale</i>	1			
<i>Diastylis bradyi</i>				1
<i>Castrosaccus spinifer</i>	1			3
<i>Schistomysis kervillei</i>		12		
<i>Apseudes talpa</i>				1
<i>Melita gladiosa</i>	14			
<i>Gammaropsis nitida</i>	4			
<i>Gammaropsis maculata</i>	1			
<i>Amphilocheus manudens</i>	1			
<i>Pontocrates altamarinus</i>			1	17
<i>Atylus swammerdami</i>		9	1	8
<i>Urothoe poseidonis</i>		55	2	3
<i>Bathyporeia pelagica</i>		1	3	
<i>Bathyporeia elegans</i>		3		58
<i>Pariambus typicus</i>		15		
<i>Crangon crangon</i>		5	1	1
<i>Pagurus bernhardus</i>	1			
<i>Portunus latipes</i>			5	
<i>Macropipus holsatus</i>		2		
<i>Macropipus depurator</i>		3		
<i>Echinocardium cordatum</i>				13
<i>Spatangus purpureus</i>	1			
<i>Psammechinus miliaris</i>	2			
<i>Acrocnida brachiata</i>		1		
<i>Ophiura albida</i>	13			
<i>Ophiura texturata</i>		17		
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>				1
Total	1057	1883	100	1328
Diversité	3,691	2,931	2,654	1,547
Régularité	0,67	0,57	0,70	0,35

Tableau VIII.1 : Résultats bruts - Nombre d'individus par m².

	Station A	Station B	Station C	Station D
<i>Sagartia troglodytes</i>	4033,9	9230,5		
<i>Cerianthus lloydii</i>	105,3			
<i>Edwardsia</i> sp	4,1			
<i>Cerocratus</i> sp		139,4		
<i>Lineus bilineatus</i>	70,8			
<i>Nematodes</i> spp	17,3	32,0	2,8	1,7
<i>Golfingia elongata</i>	585,4			
<i>Harmothoe lunulata</i>	14,9	3,4		
<i>Harmothoe longisetis</i>	5,1			
<i>Pholoe minuta</i>	11,8	43,7		
<i>Sigalion mathildae</i>	13,6			50,7
<i>Stenelais boa</i>	3084,4	210,0		
<i>Phyllodoce mucosa</i>	2,5	21,1		
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	37,9			
<i>Eumida sanguinea</i>		3,1		
<i>Eteone longa</i>	0,5	4,1		
<i>Nephtys caeca</i>		314,2		324,0
<i>Nephtys cirrosa</i>			280,8	650,5
<i>Nephtys hombergii</i>	188,9	1061,6		
<i>Nephtys longosetosa</i>	21,0			
<i>Scoloplos armiger</i>	164,3			115,7
<i>Aonides oxycephala</i>	3,1			
<i>Spio filicornis</i>	0,2		3,3	
<i>Spiophanes bombyx</i>	13,1	11,1	0,1	41,0
<i>Nerine cirratulus</i>			0,8	
<i>Nerine bonnierii</i>				160,3
<i>Polydora ciliata</i>			0,6	
<i>Magelona papillicornis</i>		2,4	0,4	133,2
<i>Capitella capitata</i>	27,1		0,1	0,4
<i>Notomastus latericeus</i>	307,4	14,9		
<i>Chaetozone setosa</i>	2,9			0,5
<i>Heterocirrus alatus</i>	2,4			
<i>Ophelia borealis</i>				38,5
<i>Owenia fusiformis</i>	823,7			
<i>Lanice conchilega</i>		2263,1		
<i>Lagis koreni</i>	442,7	207,4		
<i>Sabella pavonina</i>	3879,0			
<i>Crepidula fornicata</i>	108,8			
<i>Nassarius reticulatus</i>	597,2	475,3		
<i>Natica alderi</i>	22,0			
<i>Natica catena</i>	114,0			
<i>Tapes rhomboides</i>	2347,2			
<i>Venerupis pullastra</i>		12,0		
<i>Mactra corallina</i>		1004,6		
<i>Spisula ovalis</i>				54,7
<i>Spisula subtruncata</i>		71,9		
<i>Myrella bidentata</i>	6,2	53,1		
<i>Abra alba</i>	2406,3	1120,2		
<i>Tellina fabula</i>		5074,0		
<i>Mya truncata</i>	1205,3			
<i>Cultellus pellucidus</i>		39,4		
<i>Ennia armatus</i>		1114,2		
<i>Pycnogonum littorale</i>	7,8			
<i>Diastylis bradyi</i>				0,4
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	0,8			5,3
<i>Schiastomysis kervillei</i>		11,6		
<i>Apseudes talpa</i>				0,2
<i>Melita gladiosa</i>	3,4			
<i>Gammaropsis nitida</i>	0,4			
<i>Gammaropsis maculata</i>	0,3			
<i>Amphilocheus manudens</i>	0,4			
<i>Pontocrates altamarinus</i>			0,3	3,7
<i>Atylus swammerdami</i>		1,9	0,2	2,5
<i>Urothoe poseidonis</i>		16,4	0,5	0,7
<i>Bathyporeia pelagica</i>		0,2	0,6	
<i>Bathyporeia elegans</i>		0,6		12,3
<i>Parianthus typicus</i>		1,3		
<i>Crangon crangon</i>		121,2	0,5	0,4
<i>Pagurus bernhardus</i>	550,8			
<i>Portunus latipes</i>			465,3	
<i>Macropipus holsatus</i>		4,9		
<i>Macropipus depurator</i>		23,7		
<i>Echinocaraim cordatum</i>				525,5
<i>Spatangus purpureus</i>	389,4			
<i>Psammechinus miliaris</i>	148,9			
<i>Acrocnida brachiata</i>		134,2		
<i>Ophiura albida</i>	19,3			
<i>Ophiura texturata</i>		1208,0		
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>				6,2
Total	21791,8	24050,7	756,3	2128,4
Diversité	3,538	2,928	1,084	2,812
Régularité	0,64	0,57	0,28	0,63

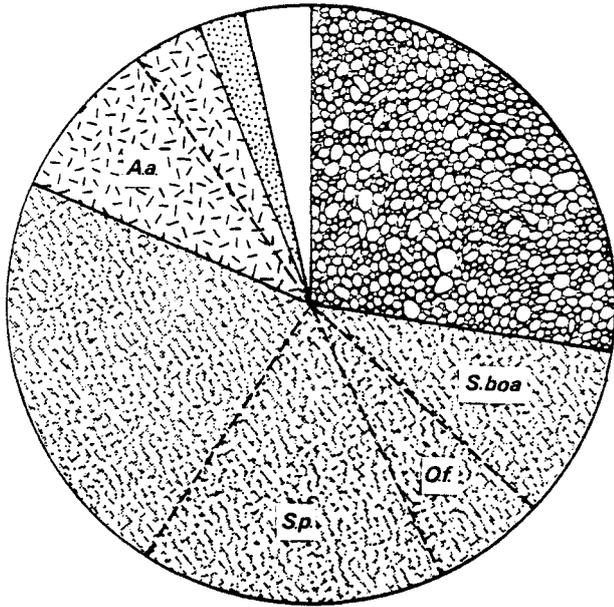
Tableau VIII.2 : Résultats bruts - Biomasse en mg par m².

LEGENDE DES FIGURES VIII 1 ET 2

	Sagartia troglogytes
	Annélides
	Bivalves
	Crustacés
	Divers

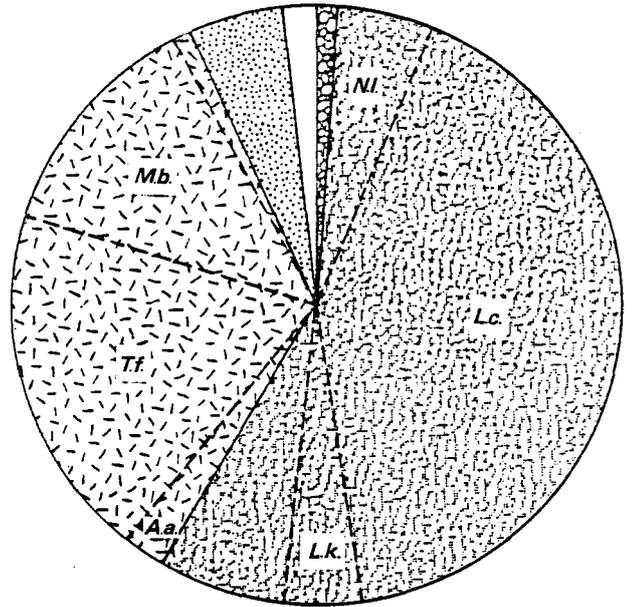
A.a.	: Abra alba
E.c.	: Echinocardium cordatum
L.c.	: Lanice conchilega
L.k.	: Lagis koreni
M.b.	: Macoma balthica
M.p.	: Magelona papillicornis
N.ca	: Nephtys caeca
N.ci	: Nephtys cirrosa
N.h.	: Nephtys hombergii
Nr c.	: Nerine cirratulus
O.f.	: Owenia fusiformis
P.l.	: Portumnus latipes
S.b.	: Spiophanes bombyx
S. boa	: Stenelais boa
S.p.	: Sabella pavonina
T.f.	: Tellina fabula

STATION A



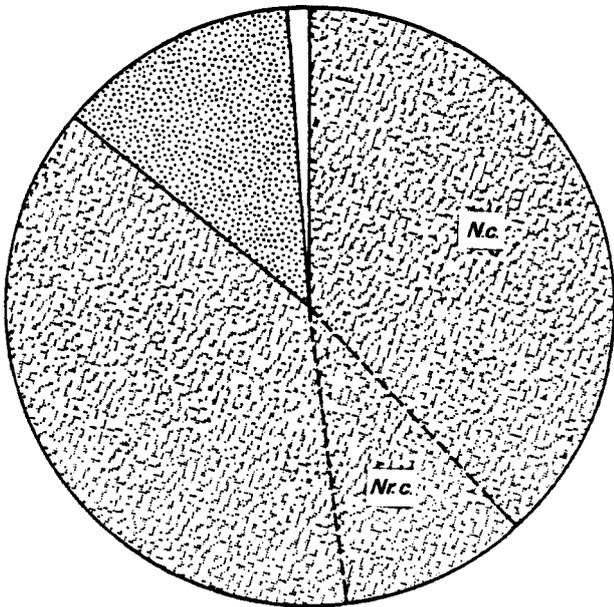
$N = 1057 / m^2$

STATION B



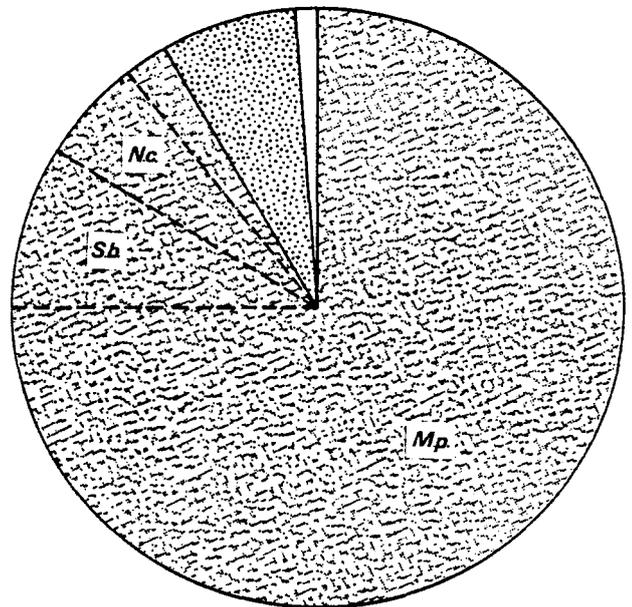
$N = 1883 / m^2$

STATION C



$N = 100 / m^2$

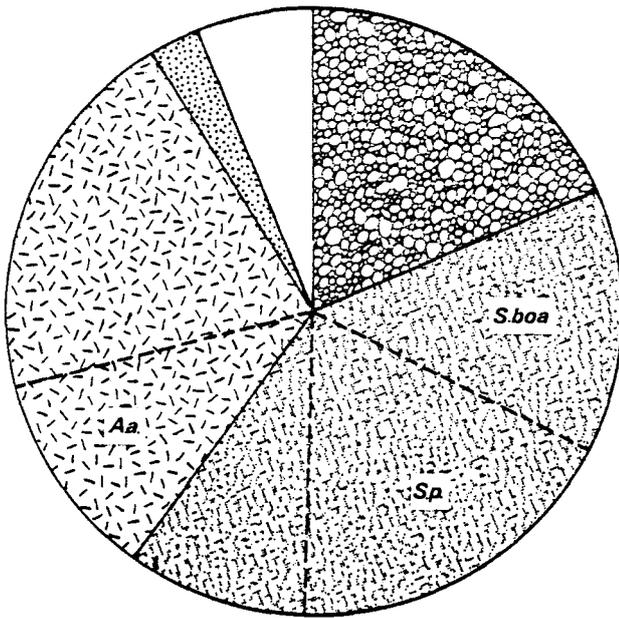
STATION D



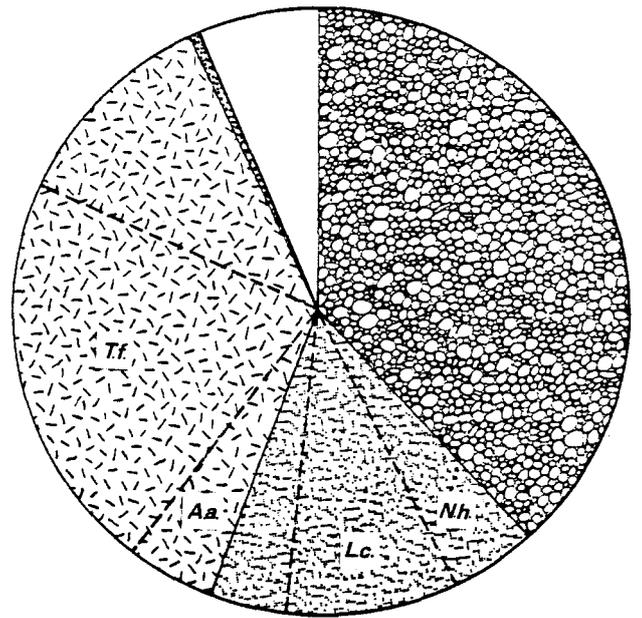
$N = 1328 / m^2$

FIG. VIII .1 : ABONDANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES ZOOLOGIQUES (Nombre d'individus)

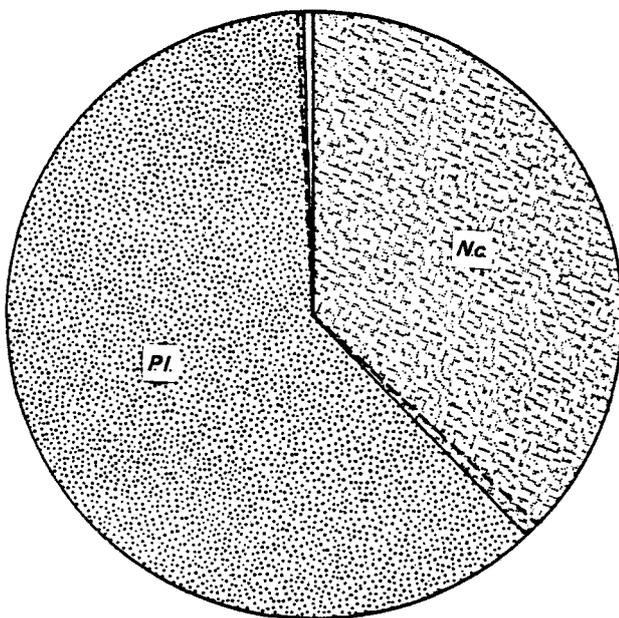
STATION A



STATION B



STATION C



STATION D

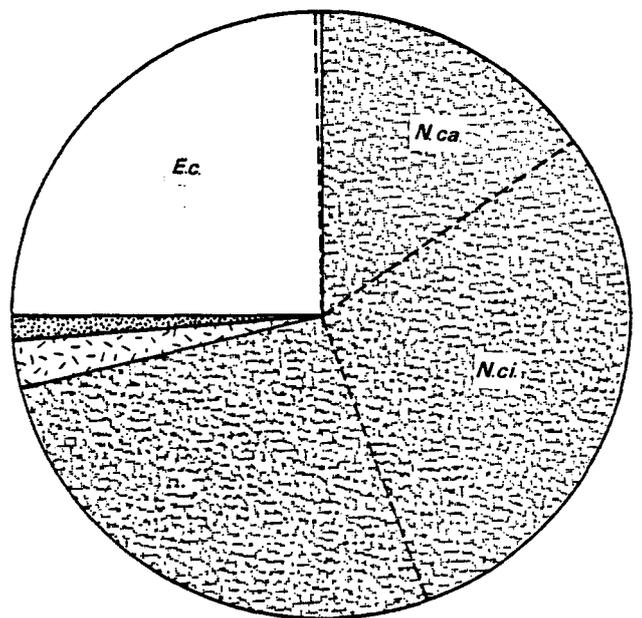


FIG. VIII . 2 : ABONDANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES

ZOOLOGIQUES (Biomasse)

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

	Station A	Station B	Station C	Station D
Pélites	3,09	4,55	0,07	0,77
Sables fins	9,66	38,16	27,77	10,23
Sables moyens	36,58	53,08	71,43	66,84
Sables grossiers	10,82	1,80	0,47	16,74
Graviers fins	8,27	1,71	0,20	5,28
Graviers grossiers	31,58	0,70	0,06	0,14
TOTAL ECHANTILLON	797,4	952,2	1224,0	1141,7

Les espèces caractéristiques du peuplement sont Sagartia troglodytes, Stenelais boa et Abra alba, elles sont bien représentées cette année.

Par rapport aux études antérieures une espèce a été abondamment récoltée, il s'agit de Sabella pavonina.

D = densité/m ²		1980		1981		1982		1983		1984		1985	
		Valeur	%										
Sagartia troglodytes	D	36	15.8	150	40.5	121	41.3	196	22.8	88	18.0	291	27.5
	B	3.4	26.9	19.1	60.5	8.4	48.4	18.1	47.1	6.3	70.5	4.0	18.5
Cerianthus lloydii	D	6	3.0	5	1.4	14	4.8	10	1.2	1	0.2	4	0.4
	B	0.4	0.3	0.3	0.8	0.5	0.6	0.6	1.7	0.03	0.4	0.1	0.5
Stenelais boa	D	26	10.8	8	2.2	20	6.8	44	5.1	7	1.4	98	9.3
	B	0.8	6.6	0.4	1.3	0.5	3.0	2.8	7.2	0.2	1.8	3.1	14.2
Spiophanes bombyx	D	1	0.5	0	0	27	9.2	6	1.4	96	19.7	54	5.1
	B	0.003	ε	0	0	0.06	ε	0.003	ε	0.03	0.4	0.01	0.1
Lagis koreni	D	6	3.0	3	0.8	2	0.7	18	2.1	1	0.2	8	0.8
	B	0.4	2.9	0.04	0.1	0.1	0.6	0.6	0.2	0.04	0.5	0.4	2.0
Sabella pavonina	D	1	0.5	14	3.8	0	0	0	0	0	0	172	16.3
	B	0.02	0.1	3.0	9.5	0	0	0	0	0	0	3.9	17.8
Abra alba	D	0	0	32	8.7	8	2.7	28	3.3	14	2.9	90	8.5
	B	0	0	0.7	2.3	0.1	0.7	0.9	0.2	0.3	3.0	2.4	11.0

Tableau VIII.4. Station A : abondance des espèces principales.

La biomasse est voisine de la biomasse moyenne. Le peuplement est fortement diversifié ($H = 3.691$; $E = 0.67$). Il est établi sur un sédiment constitué de sables moyens et de graviers grossiers, avec une forte proportion de pélites (tableau VIII.3 et fig. VIII.3), tout à fait conforme à ce qu'il était les années précédentes.

Le diagramme rang-fréquence (fig. VIII.4) fait apparaître la stabilité de ce peuplement.

II.3. Station B.

Le peuplement à Abra alba est, depuis 1979, le siège de recrutements très importants de certaines espèces *. En ce qui concerne Lanice conchilega le phénomène a lieu tous les ans, mais la fixation des post-larves peut être très fugace (1 ou 2 semaines) ou se maintenir pendant plusieurs mois.

* avant cette date le phénomène n'était pas systématique.

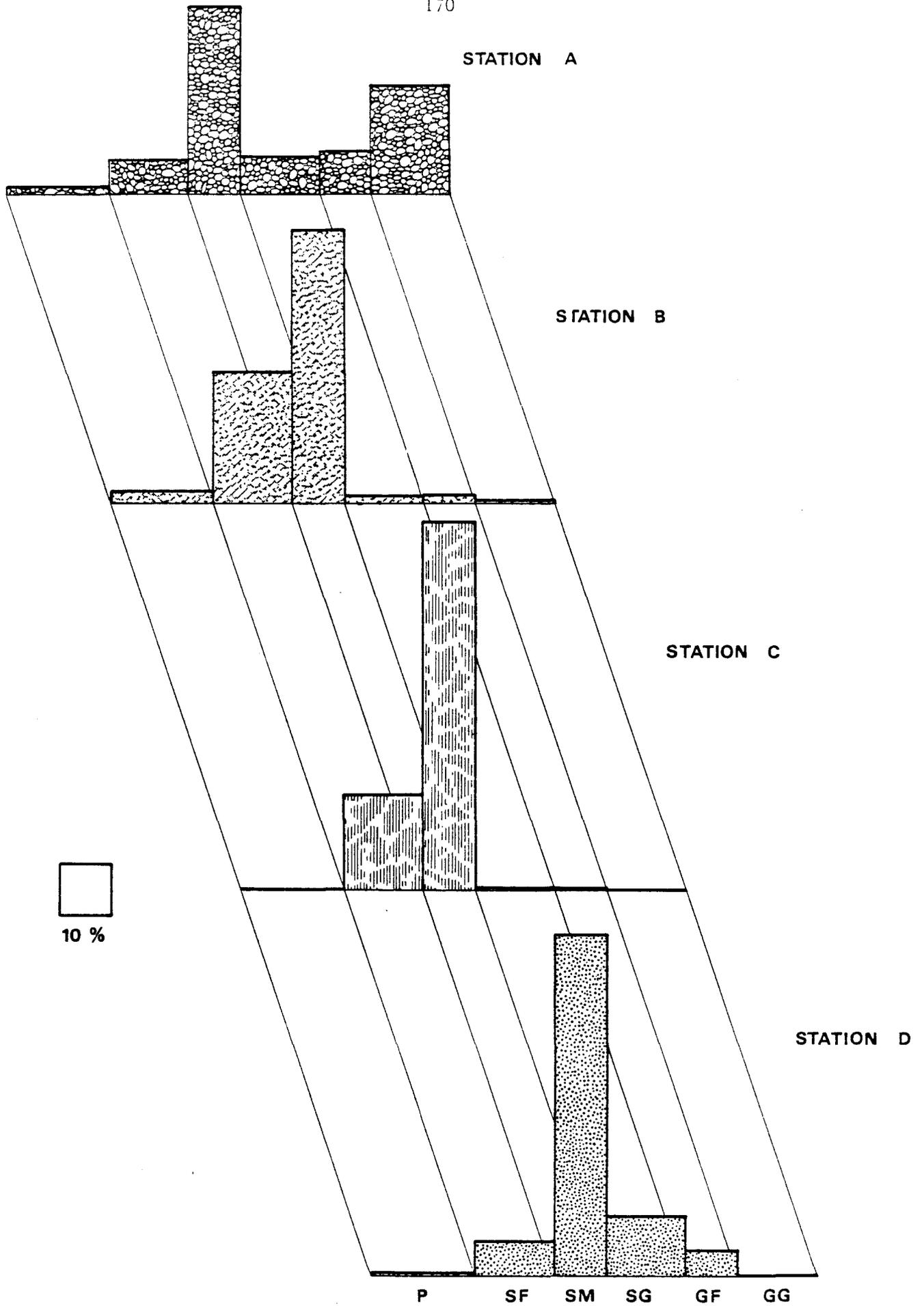


FIG. VIII . 3 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT
AUX QUATRE STATIONS SUBTIDALES

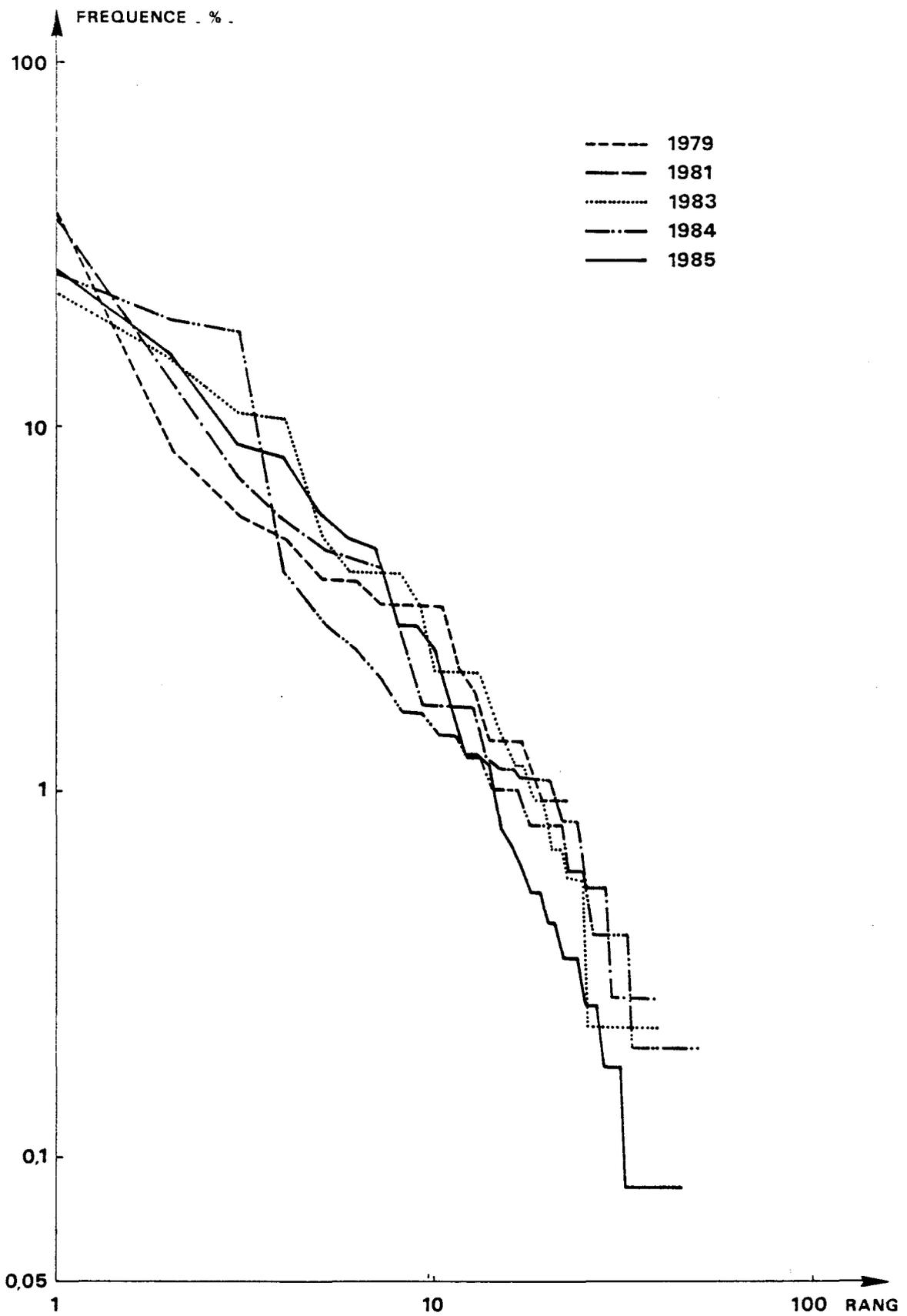


FIG. VIII . 4 : EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE

A LA STATION A DEPUIS 1979

Il semble que cette année ce soit Lagis koreni qui ait bénéficié du meilleur recrutement (tout comme en 1979). Les effectifs ne sont pas aussi élevés qu'en 1979 mais des prélèvements postérieurs ont révélé des densités beaucoup plus fortes.

D'autres espèces sont récoltées en abondance : Lanice conchilega (779/m²), Mysella bidentata (359/m²) et Tellina fabula (238/m²).

D = densité/m ²		1980		1981		1982		1983		1984		1985	
		Valeur	%										
Sagartia troglodytes	D	12	1.1	9	1.4	25	0.9	9	0.6	33	0.5	21	1.1
	B	0.31	0.6	0.21	1.0	4.32	17.2	2.80	24.1	9.48	17.9	9.23	38.4
Nephtys hombergii	D	62	5.6	47	7.5	61	2.3	64	4.2	131	2.0	97	5.2
	B	3.04	6.2	3.00	14.8	0.24	1.0	1.00	10.6	3.17	6.0	1.06	4.4
Spiophanes bombyx	D	2	0.2	5	0.8	97	3.7	138	9.1	2282	34.5	31	1.7
	B	ε	ε	ε	ε	0.03	0.1	0.05	0.4	0.66	1.2	0.01	
Lanice conchilega	D	214	19.3	175	28.0	274	10.3	28	1.8	2486	37.6	779	41.4
	B	0.08	0.2	0.17	0.9	0.23	0.9	0.56	4.8	4.34	8.2	2.26	9.4
Lagis koreni	D	228	20.5	27	4.3	10	0.4	2	0.1	4	0.1	77	4.1
	B	13.81	28.1	0.97	4.8	0.19	0.8	0.13	1.1	0.05	0.1	0.21	0.9
Tellina fabula	D	453	40.8	164	16.0	41	1.5	209	13.8	292	4.4	238	12.6
	B	22.33	45.4	8.71	21.0	0.38	1.5	0.66	5.6	1.64	3.1	5.07	21.1
Abra alba	D	64	5.8	100	26.7	1020	38.4	77	5.1	811	12.3	37	2.0
	B	3.64	7.4	4.27	42.8	14.09	56.1	3.46	29.7	29.37	55.4	1.12	4.7
Ophiura texturata	D	0	0	12	1.9	4	0.2	11	0.7	4	0.1	17	0.9
	B	0	0	0.17	0.8	0.07	0.3	0.74	6.4	0.08	0.2	1.21	5.0

Tableau VIII.5 : Station B - Abondance des espèces principales.

La biomasse reste élevée 24 g/m² et bien que très inférieure à celle enregistrée en 1984, elle est dans la norme de ce que l'on connaît de ce peuplement dans les eaux européennes.

Il avait été noté en 1984 que Nephtys hombergii dont la densité était remarquablement stable (50 à 60 ind./m²) devenait très abondant (131 ind./m²), ce résultat se confirme en 1985 (97 ind./m² - 5.2 % des individus et 4.4 % de la biomasse - fig. VIII.1 et 2). Le reste des résultats obtenus est dans la norme habituelle. Toutefois une espèce régresse très nettement, il s'agit d'Abra alba, nous y reviendrons dans un autre chapitre. Cette espèce ne représente plus que 2 % des individus et 4.7 % de la biomasse (fig. VIII.1 et 2).

Les diagrammes rang-fréquence ne montrent pas d'évolution nette (fig. VIII.5). La diversité est forte (H = 2.931 ; E = 0.57).

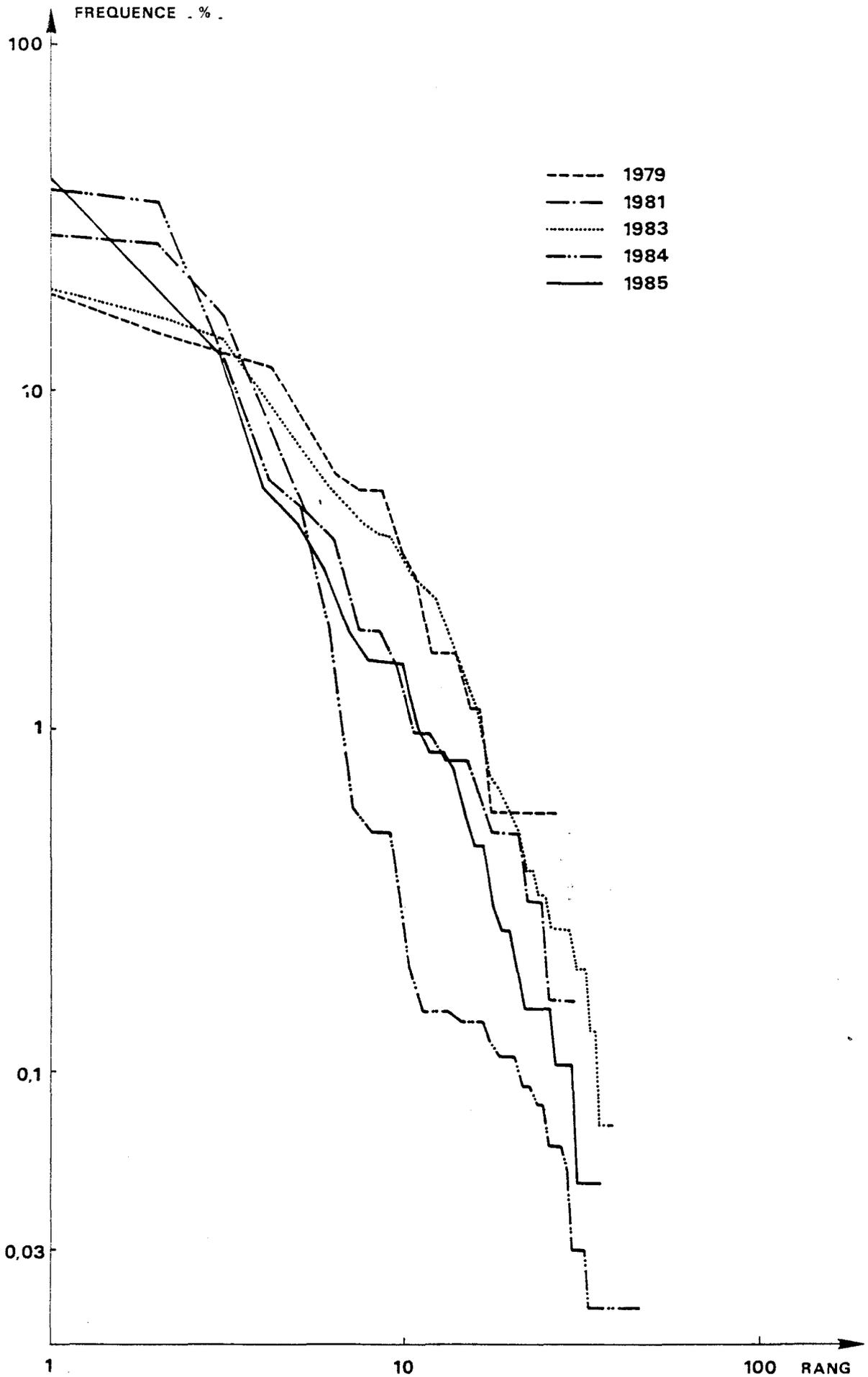


FIG. VIII.5 : EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG - FREQUENCE

A LA STATION B DEPUIS 1979

II.4. Station C.

Lors de précédentes études il a été montré que le peuplement à Abra alba était à cet endroit fortement altéré par le fonctionnement de la centrale. Ces altérations consistent en un lessivage des particules fines, ce qui provoque la disparition d'espèces à tendances vasicoles au profit d'espèces sabulicoles.

Depuis quelques années le peuplement installé à la station C s'éloigne de plus en plus du peuplement installé à la station B et se rapproche de celui installé à la station D (fig. VIII.6). On note donc une dérive depuis le peuplement à Abra alba vers le peuplement à Ophelia borealis sous l'action de la circulation d'eau de la centrale : mais il faut signaler que la station C a des tendances intertidales marquées (Nerine cirratulus, Bathyporeia pelagica, ...).

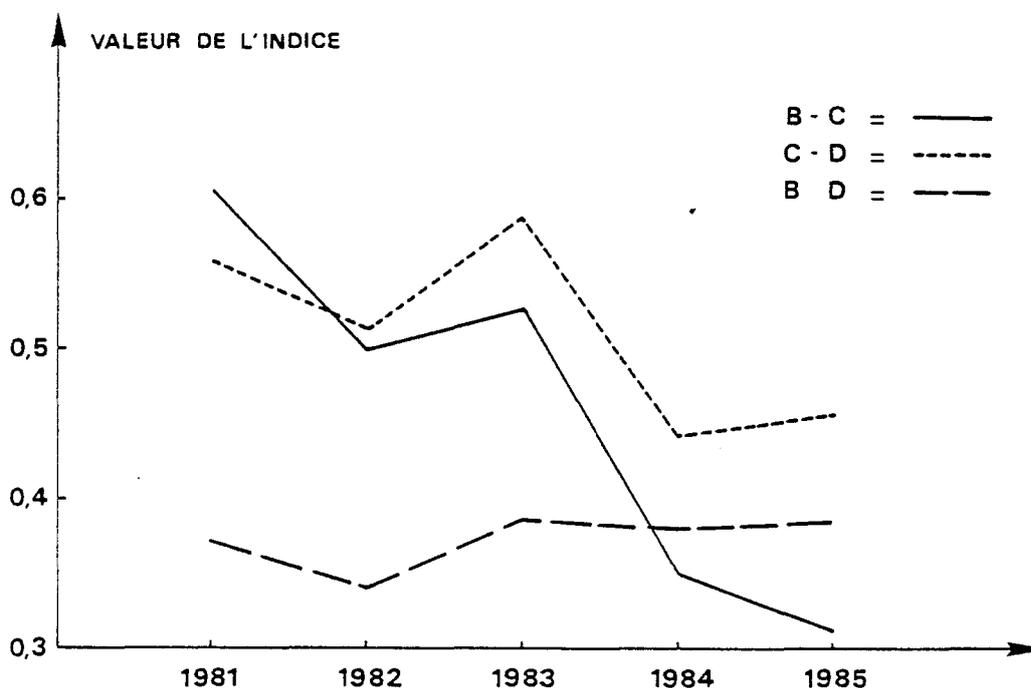


FIG. VIII . 6 : EVOLUTION DE L'INDICE D'OCHIAI DEPUIS 1981

D = densité/m ²	1980		1981		1982		1983		1984		1985		
	Valeur	%											
Nephtys cirrosa	D	1	0.4	41	12.8	28	2.6	35	29.9	69	16.1	38	38
	B	0.01	0.2	0.30	12.5	0.12	3.3	0.20	30.7	0.16	32.0	0.28	37.2
Nephtys hombergii	D	58	22.5	9	2.8	16	1.5	3	2.3	0	0	0	0
	B	0.45	11.9	0.15	6.3	0.42	11.5	0.05	7.9	0	0	0	0
Spiophanes bombyx	D	1	0.4	12	3.7	536	50.2	3	2.3	243	56.8	1	1
	B	ε	ε	0.01	0.1	0.21	5.7	0.01	0.3	0.06	11.1	ε	ε
Tellina fabula	D	22	8.5	69	21.5	16	1.5	2	1.5	5	1.2	0	0
	B	0.35	4.4	1.07	45.4	0.10	2.8	0.8	0.1	0.01	1.0	0	0
Bathyporeia elegans	D	0	0	21	3.7	0	0	0	0	35	8.2	0	0
	B	0	0	0.01	0.2	0	0	0	0	0.01	1.8	0	0

Tableau VIII.6 : Station C. Abondance des espèces principales.

Depuis 1979, les recrutements des espèces principales vasicoles n'ont pas eu la même efficacité aux stations B et C. En règle générale, le recrutement est bien meilleur à la station B (tableau VIII.7) ; il existe cependant deux exceptions : en 1981 pour Phyllodoce mucosa et en 1982 pour Spiophanes bombyx.

Il résulte donc de la circulation d'eau de la centrale et du lessivage des particules fines un déficit global du peuplement à Abra alba:

	B	C	Déficit C-B
Nombre d'espèces typiques du peuplement à Abra	30	7	- 23
Nombre total d'espèces	36	14	- 22
Nombre d'individus/m ²	1883	100	- 1783
Biomasse g/m ²	24.1	0.7	- 23.4

Le diagramme rang-fréquence rend compte de l'impact de la centrale, le peuplement est du type juvénile (fig. VIII.7). La diversité est moyenne ($H = 2.654$; $E = 0.70$).

Espèces	Date	Station B	Station C
Phyllodoce mucosa	Septembre 1979	41	0
	Mai 1980	4	0
	Mai 1981	3	72
	Mai 1982	697	25
	Juin 1983	54	0
	Juillet 1984	14	0
	Juillet 1985	17	0
Spiophanes bombyx	Septembre 1979	1	1
	Mai 1980	2	1
	Mai 1981	5	12
	Mai 1982	97	536
	Juin 1983	138	3
	Juillet 1984	2 282	243
	Juillet 1985	31	1
Lanice conchilega	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	243
	Juillet 1985	779	0
Lagis koreni	Septembre 1979	354	82
	Mai 1980	228	4
	Mai 1981	27	3
	Mai 1982	10	0
	Juin 1983	2	0
	Juillet 1984	4	0
	Juillet 1985	77	0
Abra alba	Septembre 1979	77	0
	Mai 1980	64	0
	Mai 1981	100	9
	Mai 1982	1 020	26
	Juin 1983	77	1
	Juillet 1984	811	0
	Juillet 1985	37	0
Tellina fabula	Septembre 1979	328	9
	Mai 1980	453	22
	Mai 1981	167	69
	Mai 1982	41	16
	Juin 1983	209	2
	Juillet 1984	292	5
	Juillet 1985	238	0

Tableau VIII.7 : Comparaison des effectifs des principales espèces vasicoles aux stations B et C.

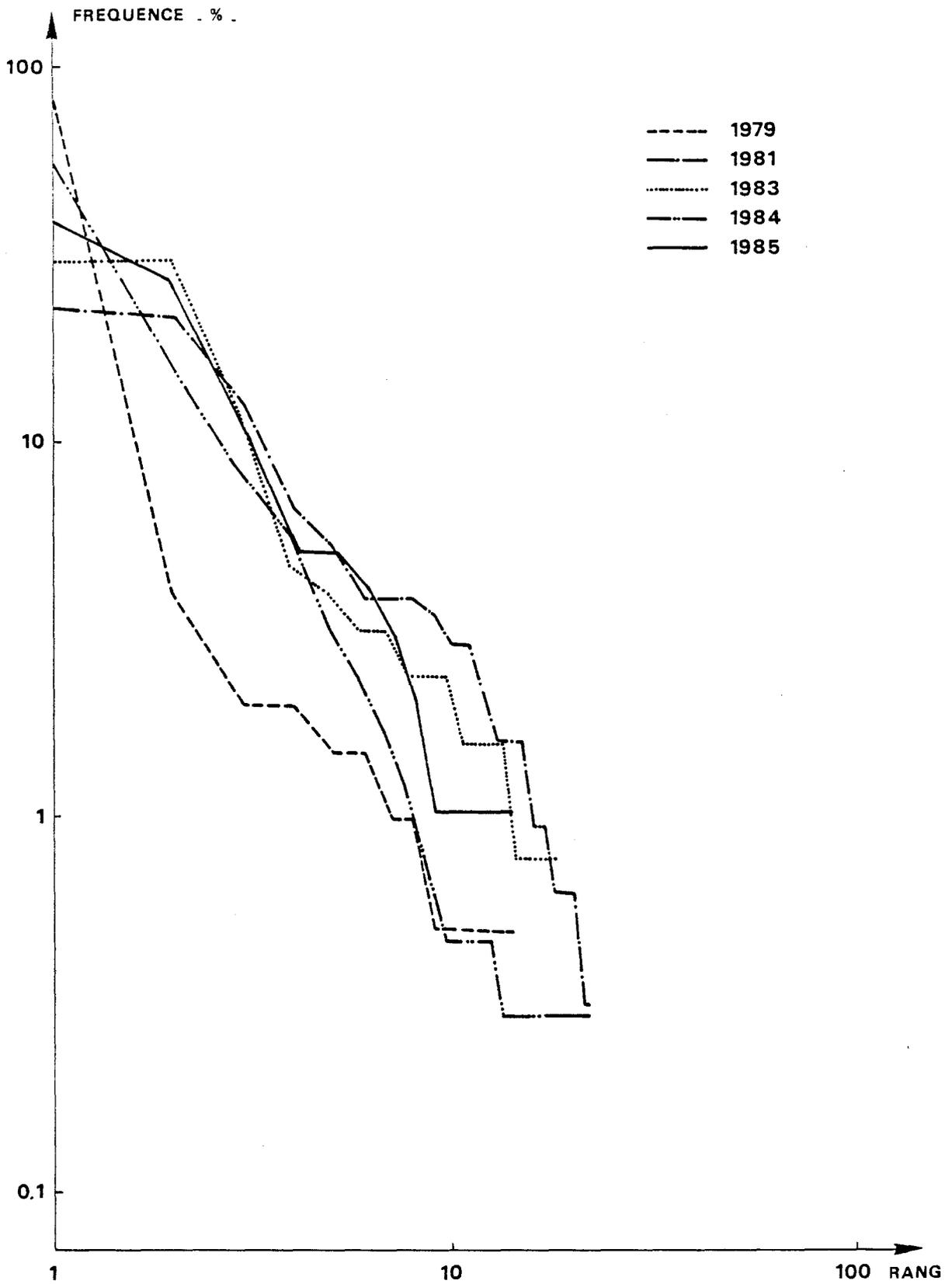


FIG. VIII.7 : EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG - FREQUENCE

A LA STATION C DEPUIS 1979

II.5. Station D.

A cette station les espèces sabulicoles dominent habituellement. Depuis plusieurs années on a pu noter une régression très nette de la population d'Ophelia borealis, le cortège spécifique restant toujours conforme à celui du peuplement type décrit en Mer du Nord. Ce phénomène est général en Manche orientale et en Mer du Nord (PRYGIEL, 1983).

Le sédiment de cette station est constitué en majeure partie de sables moyens (66.8 %). Il comporte néanmoins cette année une part de pélites plus importante que les années précédentes (0.77 % contre 0.05 % en moyenne).

Le recrutement très important de Magelona papillicornis (992/m², 74.7 % des individus, tableau VIII.1, fig. VIII.1) est à relier à l'augmentation de la teneur en pélites. Cette augmentation de la teneur en fines correspond sans doute à une influence des rejets de dragages de l'avant-port de Dunkerque. En effet, selon les données du Port autonome de Dunkerque, pendant la période du 03 au 16 juin c'est près de 400 000 m³ de vase portuaire qui ont été rejetés non loin de la station (393 000 m³ correspondant à 305 heures de dragage). Cet apport a été complété du 22 juin au 05 juillet par d'autres clapages de 257 000 m³.

Malgré cet envasement, on ne note pas d'évolution marquante au niveau des densités des espèces caractéristiques du peuplement par rapport aux années précédentes.

D = densité/m ²		1980		1981		1982		1983		1984		1985	
		Valeur	%										
Nephtys cirrosa	D	51	12.9	12	8.0	14	11.5	27	26.7	56	11.8	70	5.3
	B	0.52	8.4	0.05	6.7	0.09	23.4	0.14	13.3	0.23	22.5	0.65	
Ophelia borealis	D	60	15.1	35	23.3	0	0	1	1.0	0	0	1	0.1
	B	0.21	3.3	0.28	40.9	0	0	0.50	0.1	0	0	0.04	
Spiophanes bombyx	D	0	0	7	4.7	2	1.6	6	5.9	223	46.9	117	8.8
	B	0	0	0.001	0.2	0.001	0.1	0.004	0.4	0.04	4.4	0.12	
Magelona papillicornis	D	6	7.2	1.1	7.3	4	3.3	8	7.9	0	0	992	74.7
	B	0.01	2.1	0.01	1.6	0.01	3.0	0.01	0.9	0	0	0.13	0.01
Bathyporeia elegans	D	33	8.3	27	18.0	30	24.6	4	4.0	82	17.2	58	4.4
	B	0.02	0.3	0.01	1.4	0.01	3.0	0.003	0.3	0.02	2.2	0.13	

Tableau VIII.8 : Station D. Abondance des espèces principales.

Il faut noter que le recrutement de Magelona papillicornis ne se produit pas aux stations typiquement envasées ou on la recolle fréquemment. Du fait de ce recrutement important, le peuplement présente cette année un diagramme rang-fréquence typique d'un peuplement juvénile (fig. VIII.8). La diversité est faible (H = 1.547 ; E = 0.35).

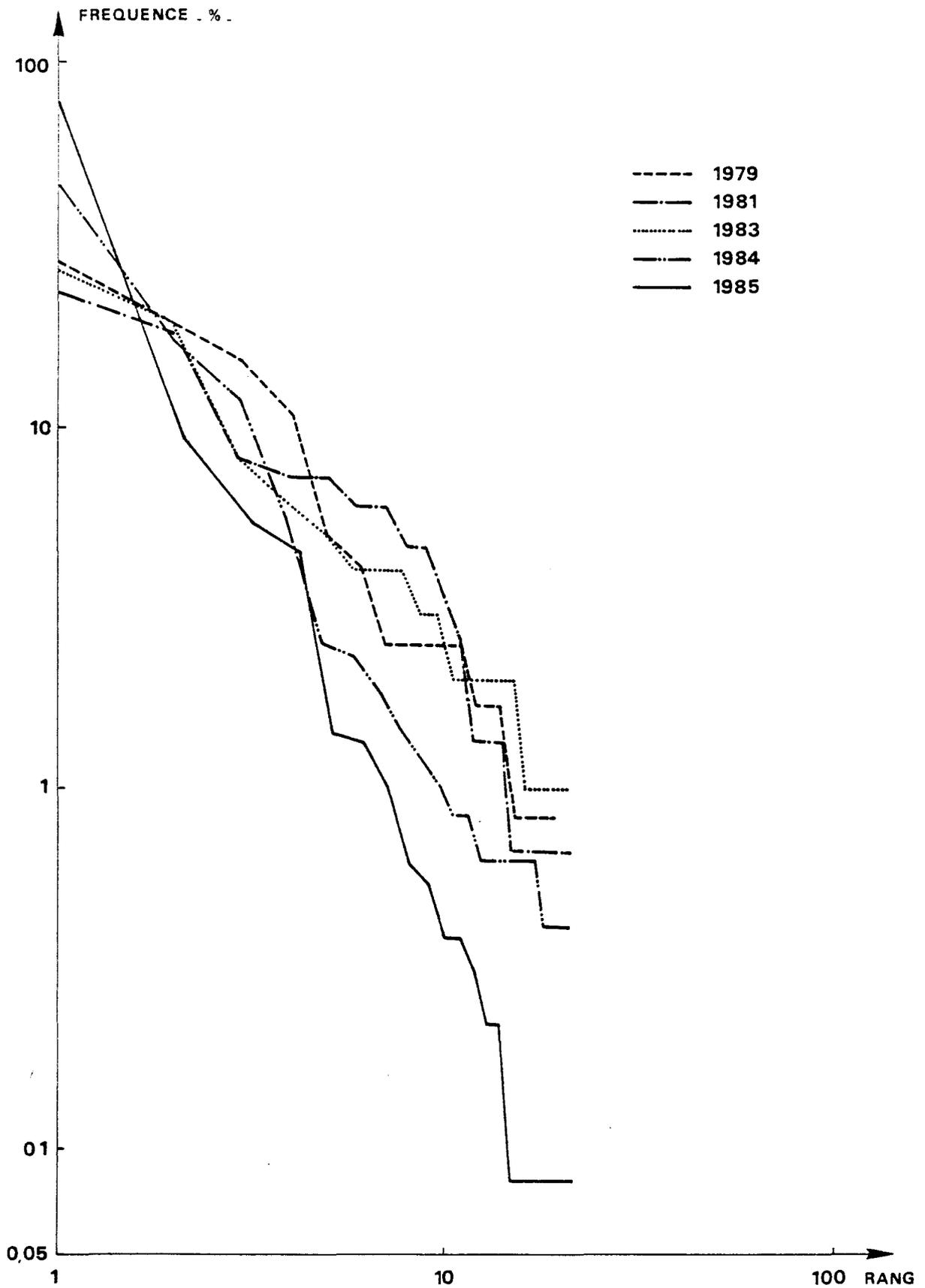


FIG. VIII.8 : EVOLUTION DES DIAGRAMMES RANG - FREQUENCE

A LA STATION D DEPUIS 1979

III. ETUDE DES POPULATIONS D'ABRA ALBA ET DE TELLINA FABULA.

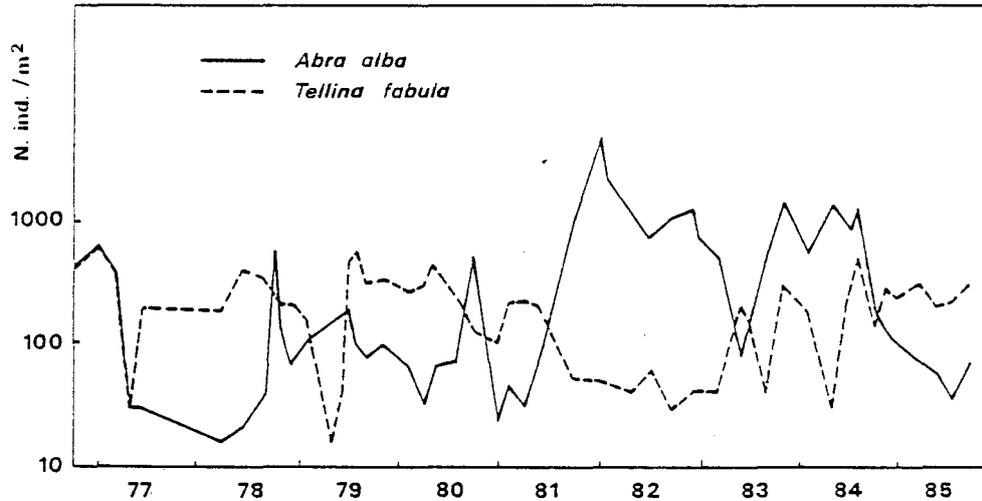


Fig. VIII.9 : Evolution de la densité des populations d'Abra alba et de Tellina fabula.

III.1. Abra alba.

Cette espèce est connue pour présenter des variations aussi brutales qu'imprévisibles de la densité de ses populations. Son opportunisme a été signalé par de nombreux auteurs (EAGLE, 1975 ; RACHOR, 1980 ; HILY et LEBRIS, 1984 ; DEWARUMEZ et al., sous presse).

Cette instabilité peut être causée par des facteurs édaphiques comme l'instabilité du sédiment (RUMOHR et al., 1982), par la pollution, par la prédation par des poissons plats (ARNTZ et BRUNSWIG, 1975 ; DEWARUMEZ et coll., 1976 ; DELVAL et DESMARCHELIER, 1982) ou par des facteurs de compétition spatiale (avec Lanice conchilega par exemple) ou trophiques (avec Tellina fabula).

La population d'Abra alba régresse considérablement en 1985 pour arriver à une densité de 37 individus/m², niveau le plus bas depuis 1980-81 (fig. VIII.9). Cette chute semblait s'amorcer en 1984, bien que l'on ait également envisagé un possible mauvais échantillonnage en octobre. Les histogrammes de fréquences de taille (fig. VIII.10) montrent les mêmes irrégularités de l'importance relative des différentes cohortes qu'habituellement.

Le recrutement semble avoir eu lieu en juillet et avoir été de faible importance mais le petit nombre d'individus récoltés (102) ne permet pas de conclure à coup sûr. Par contre le prélèvement effectué en septembre fait apparaître la faiblesse du recrutement en 1985.

III.2. Tellina fabula.

Depuis 1979 on a pu assister à une régression de la population de Tellina fabula, et ce, malgré un bon recrutement en juin 1983. En 1984 la population semblait progresser (493 ind./m² en août) malgré certaines irrégularités qui laissaient penser que Tellina fabula adoptait une stratégie démographique analogue à celle d'Abra alba.

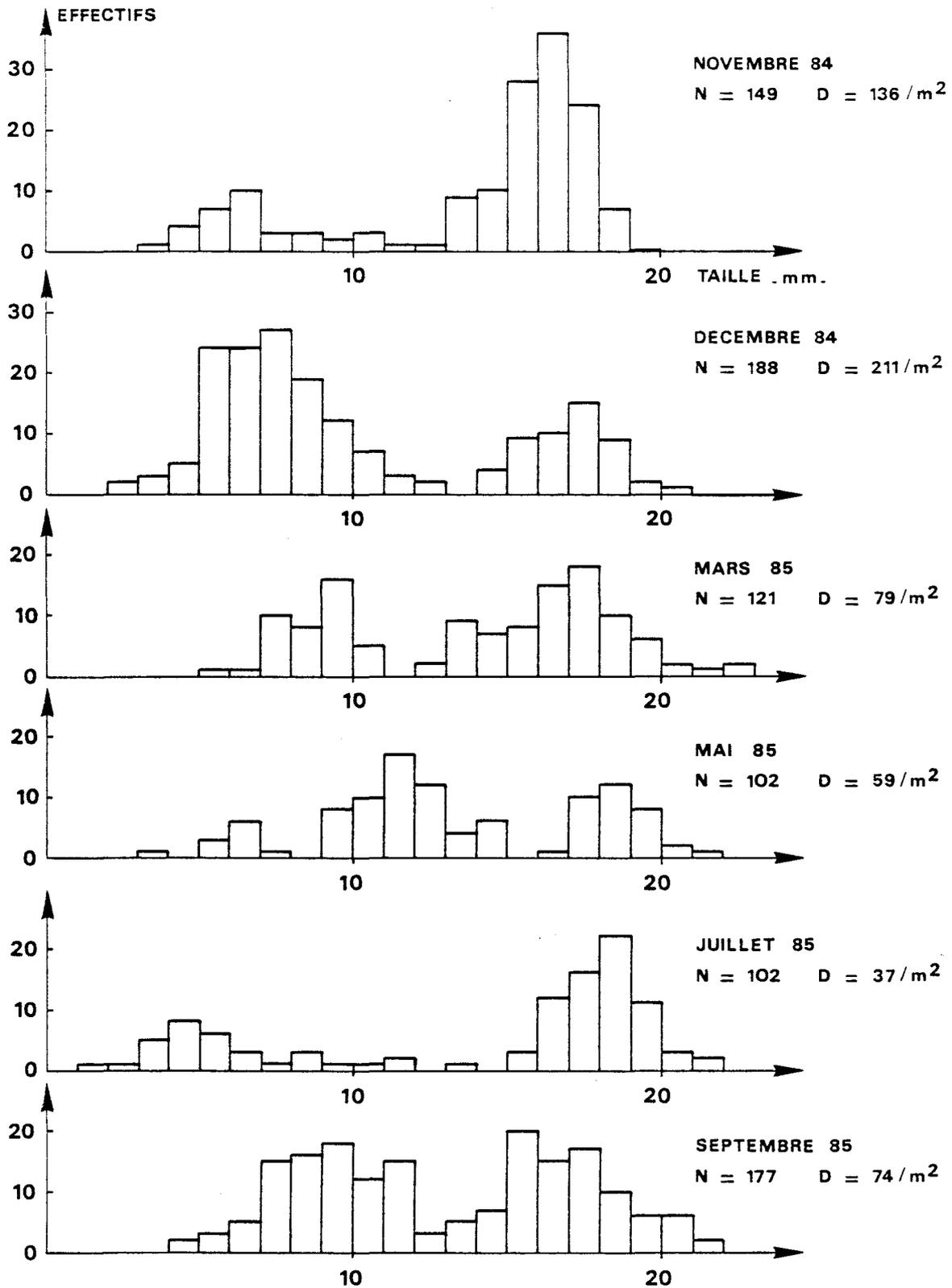


FIG. VIII - 10 : *Abra alba* : HISTOGRAMMES DES FREQUENCES DE TAILLE

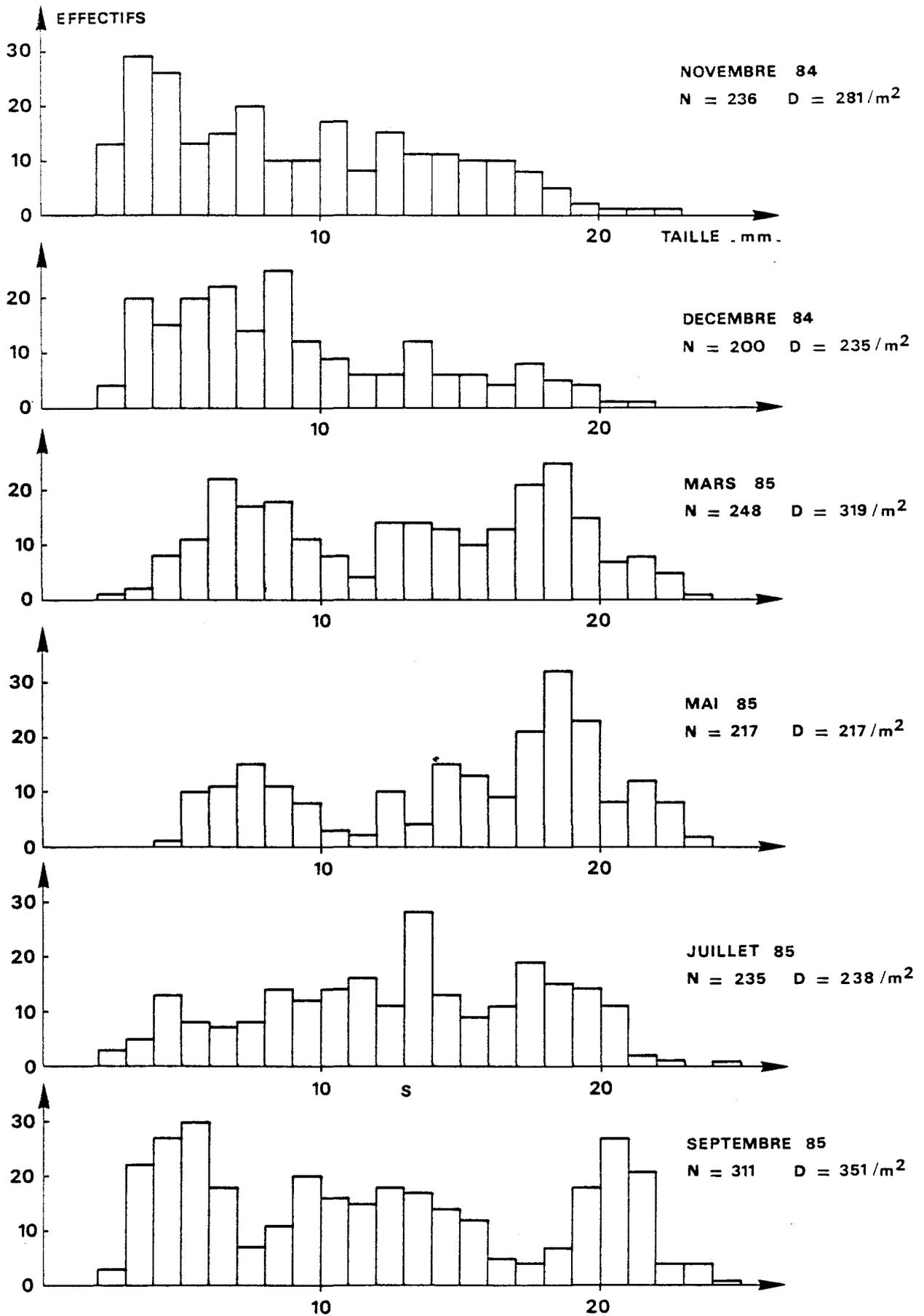


FIG. VIII . 11 : *Tellina fabula* : HISTOGRAMMES DES FREQUENCES DE TAILLE

En 1985 les densités restent à un niveau élevé et remarquablement stable (fig. VIII.9).

Les histogrammes des fréquences de taille (fig. VIII.11) font apparaître que le recrutement a été bon : les jeunes individus représentent en juillet 13.6 % de la population et 33 % en septembre 1985. La population de Tellina fabula semble donc reprendre de la vigueur.

CONCLUSION.

Le peuplement de l'hétérogène envasé est d'une grande stabilité. Une espèce semble néanmoins avoir bénéficié d'un recrutement important : Sabella pavonina. La biomasse est très importante : 22 g/m².

Le peuplement à Abra alba reste d'une grande stabilité au niveau du cortège spécifique. Le peuplement est mature même si au niveau des diagrammes rang-fréquence les espèces caractéristiques du peuplement occupent des rangs totalement différents d'une année à l'autre.

Cette année Lagis koreni a bénéficié d'un excellent recrutement. La biomasse reste dans la norme de ce que l'on connaît de ce peuplement dans les mers européennes (24 g/m²).

L'impact de la centrale se confirme à la station C avec un déficit de 23 espèces caractéristiques du peuplement à Abra alba, et de 23.4 g de biomasse. Le peuplement résultant de l'action de la centrale se rapproche du peuplement à Ophelia borealis mais il présente une tendance intertidale marquée.

On a pu noter à la station D un recrutement très important de Magelona papillicornis qui peut être relié à l'impact des rejets de dragages de l'avant-port ouest de Dunkerque.

La régression de la population d'Abra alba que nous avons montrée en 1984 s'est confirmée en 1985 ; elle a atteint son niveau de densité le plus bas depuis la période 1980-81 avec 37 individus/m² en juillet 1985. Parallèlement la progression de la population de Tellina fabula qui s'amorçait depuis 1983 se poursuit en 1985 avec des densités voisines de 250 individus/m². Ces variations opposées confirment la compétition entre ces deux espèces au sein du peuplement à Abra alba.

BIBLIOGRAPHIE.

- ARNTZ, W.E., et D. BRUNSWIG, 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., et R. GLACON, 1975. Etude des peuplements benthiques en Manche orientale de la baie de Somme au Pas-de-Calais. C.R. Acad. Sci., Paris, 280 (D) : 491-494.
- DELVAL, C., et M. DESMARCHELIER, 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. Etude des peuplements benthiques littoraux. In : Etude écologique du site de Gravelines. Rapport préliminaire Inst. Biol. Marit. et Région. de Wimereux : 53-77.
- DEWARUMEZ, J.M., 1976 a. Le domaine benthique. In : Etude écologique du site de Gravelines. Projet 1er cycle (1975). CNEXO/IBMRW pour EDF : 238-297.
- DEWARUMEZ, J.M., 1976 b. Etude du macrobenthos subtidal de la région de Gravelines (Nord). DEA Univ. Sci. et Techn., Université de Lille I, 164 p.
- DEWARUMEZ, J.M., 1979. Etude biologique d'Abra alba (WOOD) (Mollusque 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., 1982 a. Le domaine benthique. In : "Etude écologique du site de Gravelines". Surveillance 2 (1979-1980). CNEXO/SMW pour EDF : 187-254.
- DEWARUMEZ, J.M., 1982 b. Le domaine benthique. In : "Etude écologique du site de Gravelines". Surveillance 3 (1980-1981). CNEXO/SMW pour EDF : VI.1-VI.23 et VII.1-VII.24.
- DEWARUMEZ, J.M., 1983. Le domaine benthique. In : "Etude écologique du site de Gravelines". Surveillance 4 (1981-1982). CNEXO/SMW pour EDF : VI.1-VI.24 et VII.1-VII.33.
- DEWARUMEZ, J.M., 1984. Le domaine benthique. In : "Etude écologique du site de Gravelines". Surveillance 5 (1982-1983). CNEXO/SMW pour EDF : VI.1-VI.27 et VII.1-VII.28.
- DEWARUMEZ, J.M., 1985. Le domaine benthique. In : "Etude écologique du site de Gravelines". Surveillance 6 (1983-1984). CNEXO/SMW pour EDF : VI.1-VI.29 et VII.1-VII.31.
- DEWARUMEZ, J.M., C. QUISTHOUDT et A. RICHARD. Suivi pluriannuel du peuplement à Abra alba dans la partie méridionale de la Mer du Nord (Région de Dunkerque - France). Hydrobiologia (sous presse).
- DEWARUMEZ, J.M., F. SMIGIELSKI et A. RICHARD, 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., et H. LEBRIS, 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. DEA 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.
- RUMOHR, H., W.E. ARNTZ, E. RACHOR et H. SAZWEDEL, 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 Gravelines". Projet II (1976-1977). CNEXO/IBMRW pour EDF.
- SOUPLET, A., et J.M. DEWARUMEZ, 1980. Les peuplements benthiques du littoral de la région de Dunkerque. Cah. Biol. Mar., 21 : 23-29.
- SOUPLET, A., R. GLACON, J.M. DEWARUMEZ et F. SMIGIELSKI, 1980. Distribution des peuplements benthiques littoraux en Mer du Nord, du Cap Blanc Nez à la frontière de Belgique. C.R. Acad. Sci. Paris, Ser. D, 290 : 627-630.

LISTE DES RAPPORTS CNEXO ET ISTPM
REDIGES AVANT LE PRESENT RAPPORT ET CONCERNANT LE SITE DE GRAVELINES

Rapports CNEXO.

1975. Etude écologique du site de Gravelines. Rapport des travaux au 30 août 1975. ELGMM-CNEXO pour EDF. Août 1975 (2 volumes).
1976. Etude écologique de projet. Site de Gravelines. Rapport final 1er cycle. ELGMM-CNEXO/IBMR Wimereux/Université de Lille pour EDF. Juin 1976 (4 volumes).
1977. Etude écologique de projet. Site de Gravelines 2e cycle. ELGMM-CNEXO/IBMR Wimereux/Université de Lille pour EDF. Novembre 1977 (3 volumes)
1981. Etude de surveillance écologique 1er cycle (janvier 1978 à juin 1979) Site de Gravelines. CNEXO-COB-ELGMM/IBMR Wimereux/Université de Lille pour EDF. Janvier 1981.
1981. Première étude de surveillance du site de Gravelines. Description statistique des données et interprétation écologique CNEXO-COB-ELGMM pour EDF. Août 1981.
1982. Etude de surveillance écologique du site de Gravelines (juillet 1979 - octobre 1980). CNEXO-COB-ELGMM/IBMR Wimereux/Université de Lille pour EDF. Février 1982.
1982. Etude de surveillance écologique du site de Gravelines (n° 3 novembre 1980 - octobre 1981). CNEXO-COB-ELGMM/IBMR Wimereux/Université de Lille pour EDF. Novembre 1982.
1983. Surveillance écologique du site de Gravelines (n° 4 novembre 1981 - octobre 1982). CNEXO-COB-ELGMM/SBMW/Institut Pasteur de Lille pour EDF. Avril 1983.
1984. Surveillance écologique du site de Gravelines (n° 5 novembre 1982 - octobre 1983). CNEXO-COB-ELGMM/SBMW/Institut Pasteur de Lille pour EDF. Avril 1984.
1985. Surveillance écologique du site de Gravelines (n° 6 novembre 1983 - octobre 1984). IFREMER-Centre de Brest-DERO-EL/Station Marine de Wimereux/Institut Pasteur de Lille pour EDF. Avril 1985.

Rapports ISTPM.

1980. Etude halieutique de projet de site, Gravelines, rapport de fin d'études. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1980.
- 1981 a. Site de Gravelines, rapport de fin d'étude de projet, 1ère partie : zooplanctonologie halieutique. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1981.

- 1981 b. Site de Gravelines. Etude de surveillance écologique des ressources halieutiques année 1980. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1981.
1982. Site de Gravelines. Etude de surveillance écologique des ressources halieutiques, année 1981. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1982.
1983. Site de Gravelines. Etude de surveillance écologique des ressources halieutiques, année 1982. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1983.
1984. Site de Gravelines. Etude de surveillance écologique des ressources halieutiques, année 1983. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1984.
1985. Site de Gravelines. Etude de surveillance écologique des ressources halieutiques, année 1984. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1985.

GRAVELINES

Résumé des observations pour la période 01 novembre 1984 - 31 octobre 1985

GRAVELINES

Résumé des observations pour la période 01 novembre 1984 - 31 octobre 1985

La surveillance n° 7 sur le site de Gravelines couvre la période d'étude de novembre 1984 à novembre 1985.

En activité toujours croissante la centrale délivre durant l'hiver 1984-1985 une puissance de 4000 MW/h puis une baisse de 2800 MW/h à partir de mi-mai puis une remontée en puissance atteignant 5100 MW/h en octobre, les six tranches de la centrale étant en fonctionnement. Pendant la période d'étude on a noté un arrêt particulièrement court de la chloration.

Les conditions météorologiques ayant régné pendant cette période se résument par un automne 1984 très doux suivi d'un hiver relativement rigoureux, un printemps pluvieux, un été normal avec toutefois une période exceptionnelle, très chaude, très sèche et un grand ensoleillement dans la première quinzaine de juillet qui a eu des conséquences évidentes sur la dynamique du plancton.

L'impact du rejet au point côtier s'est fait sentir de façon importante lors de toutes les campagnes. Le ΔT° entre les eaux de surface au rejet et les eaux de canal d'entrée a toujours été supérieur à + 5°C a pu atteindre + 9,7°C le 10 septembre 85. De fortes stratifications verticales ont été mesurées au point côtier et en été au point médian. Les fortes variations de températures se produisent dans les premiers mètres 0 - 3 mètres. La stratification thermique verticale semble dépendre essentiellement de la hauteur d'eau et se trouve favorisée par mer calme.

Le maximum thermique observé dans l'eau de surface au point côtier a été 27°34' le 24 juillet. A cette même date on a pu mesurer sur le site de faibles taux de saturation en oxygène: 80 % au point canal, 70 % au point médian. Cette diminution de l'oxygène est à mettre en relation avec les espèces planctoniques présentes. Entre juin et juillet des valeurs de NH_4 anormalement élevées pour cette époque ont été dosées non seulement à Gravelines même, mais dans les régions côtières proches témoignant de l'existence de phénomènes de dégradation et d'excrétion importants. Il est vraisemblable que ces observations soient à mettre en relation avec le développement des noctiluques et l'évolution d'autres espèces planctoniques à cette date.

Au point digue, les études confirment les résultats antérieurs c'est-à-dire :

- l'absence de chlore résiduel.
- la présence de bromoforme en période de chloration.
- l'absence de modification importante dans la microflore totale et dans son activité.
- les vibrions halophiles profitent de l'échauffement de l'eau en toutes saisons. Des valeurs 1000 fois plus élevées qu'en période de référence sont mesurées en mai, juin et juillet.

Dans les études précédentes seul Vibrio alginolyticus était isolé. Par contre, cette année Vibrio parahaemolyticus vibrion potentiellement pathogène a été mis en évidence à plusieurs reprises. L'apparition de ce germe constitue le fait le plus marquant de la période 1984-1985, il devra être suivi tout particulièrement dans les études futures.

La production primaire montre un maximum printanier observé le 13 mars. La décroissance de la biomasse se poursuit constamment ensuite jusqu'au 24 juillet. Ce minimum de phytoplancton en juillet doit contribuer dans une certaine proportion à la diminution de l'oxygène dissous à cette époque.

La succession des espèces phytoplanctoniques montre la prédominance de Rhizosolenia delicatula et Chaetoceros sociale en mars, Phaeocystis en avril, Rhizosolenia shrubsolei en mai, Lauderia borealis en juin, les genres Rhizosolenia et Leptocylindrus en juillet et Chaetoceros sociale en automne.

Le déficit en chlorophylle au rejet dû à l'impact de la centrale est estimé à 60 %. Lors de la chloration la production primaire indique une baisse.

En 1985, le zooplancton et les dinoflagellés noctiluques ont montré pour l'ensemble des espèces étudiées, des dates d'apparition et de reproduction normales pour l'ensemble du site.

L'année a été marquée cependant par plusieurs événements qu'il convient de suivre avec attention. L'apparition d'une eau rouge à noctiluques a été notée en juillet. Cette eau rouge s'est développée dans la zone côtière entre Calais et Gravelines et le phénomène a atteint son maximum d'ampleur entre le 12 et le 15⁹ juillet où les dépôts de noctiluques aux Hemmes avaient des densités de $5 \cdot 10^3$ cellules/m³ dans les taches d'eau rouge et de $2 \cdot 10^6$ cellules/m³ dans les eaux côtières environnantes. Les conditions météorologiques qui régnaient pendant le développement du phénomène étaient caractérisées par un grand ensoleillement, une absence complète de précipitations et un vent très faible. Sur le site lui-même les valeurs de noctiluques fin juin et fin juillet, c'est-à-dire avant et après la phase maximale du phénomène, étaient de l'ordre de 10^6 cellules/m³. Les sous-saturations en oxygène et les fortes valeurs de NH₄, le minimum phytoplanctonique seraient à mettre en relation avec le développement excessif de ces organismes hétérotrophes.

En 1985 le développement des groseilles de mer ou Pleurobrachia a provoqué une gêne pour le pompage des eaux de refroidissement de la centrale. L'accumulation des Pleurobrachia sur les grilles d'entrée provoque un colmatage dangereux. Il est nécessaire à l'avenir de suivre avec attention le développement de ces organismes ainsi que celui de certaines méduses, dont beaucoup se développent dans les eaux chaudes et qui peuvent aussi provoquer des colmatages.

La comparaison entre les points de prélèvements confirme l'effet dépressif du fonctionnement de la centrale sur l'abondance du zooplancton dans le rejet. Les observations qui ont été obtenues avec la nouvelle stratégie de comparaison de points laissent supposer que l'effet est soit immédiat, soit différé, ou la combinaison des deux dans la tache thermique.

Aucune modification qualitative sensible n'a été constatée en 1985 quant à la répartition spatiale des juvéniles de poissons et de la crevette grise. Les populations se répartissent toujours sur la frange la plus littorale.

Quantitativement ainsi que nous avons pu le constater depuis 1977, les variations annuelles du niveau de pré-recrutement sont très importantes sur cette zone. Globalement l'année 1985 apparaît comme une très bonne année pour le pré-recrutement de la sole alors que les densités d'oeufs et de larves présentent un niveau moyen. Les captures de crevettes grises ont été importantes à l'automne.

Il n'y a pas eu d'évolution de la morphologie de l'estran. Le complexe de dunes hydrauliques et de bâches reste en place depuis 1981 et semble progresser vers l'ouest de 200 à 300 m. Le trait saillant de l'étude 1985 est l'homogénéisation du sédiment des stations des niveaux supérieurs de l'estran. A la station E' la tendance mise en évidence en 1984 se confirme, les plaques de vase sont en régression et deviennent azoïques.

L'évolution des proportions des quatre espèces principales des hauts niveaux fait apparaître la disparition de Corophium volutator, les coques sont remplacées par Macoma balthica.

Dans les hauts niveaux l'influence des dessalures se marque par la présence des populations de Nereis diversicolor, Ophelia rathkei et les oligochètes Enchytraeidae.

En benthos subtidal, le peuplement de l'hétérogène envasé montre une grande stabilité avec cependant cette année un développement important de Sabella pavonina.

Le peuplement à Abra alba reste d'une grande stabilité au niveau du cortège spécifique. Lagis koreni a bénéficié d'un excellent recrutement en 1985.

L'impact de la centrale se confirme à la station C avec un déficit de 23 espèces caractéristiques du peuplement à Abra alba et 23.4 g de biomasse. Ce peuplement résultant de l'action de la centrale se rapproche du peuplement à Ophelia borealis mais il présente une tendance intertidale marquée.

On a pu noter à la station D un recrutement très important de Magelona papillicornis qui peut être relié à l'impact des rejets de dragages de l'avant-port ouest de Dunkerque.

La régression de la population d'Abra alba se confirme pour atteindre son niveau le plus bas depuis 1981. Parallèlement la population de Tellina fabula poursuit sa progression depuis 1983 confirmant une compétition entre les deux espèces.

