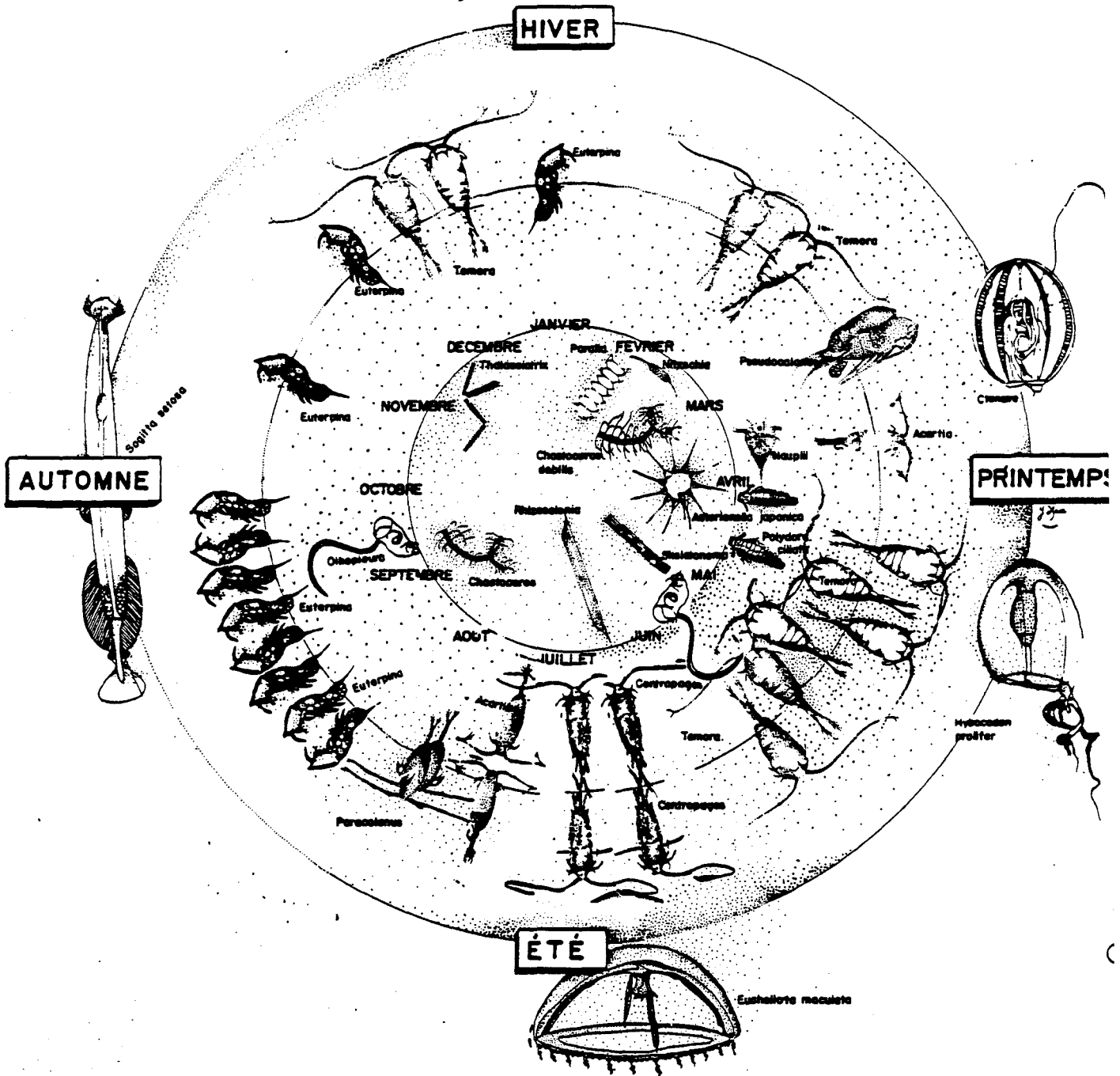


SURVEILLANCE ECOLOGIQUE

SITE DE GRAVELINES

novembre 1981

octobre 1982



CENTRE NATIONAL
POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS

STATION MARINE
de WIMEREUX

DEPARTEMENT ENVIRONNEMENT LITTORAL

INSTITUT PASTEUR de LILLE

pour

ELECTRICITE DE FRANCE

AVRIL 1983

INTRODUCTION

Le présent rapport de travail présente les résultats obtenus pour la période novembre 1981 - octobre 1982 devant la centrale de Gravelines. La surveillance écologique du site consiste à observer le pélagos et le benthos, en liaison avec les variations naturelles et celles dues au fonctionnement de la centrale du milieu physique et chimique, et à déceler d'éventuels changements dans la qualité et la biomasse des écosystèmes.

Les résultats concernent les domaines d'études suivants :

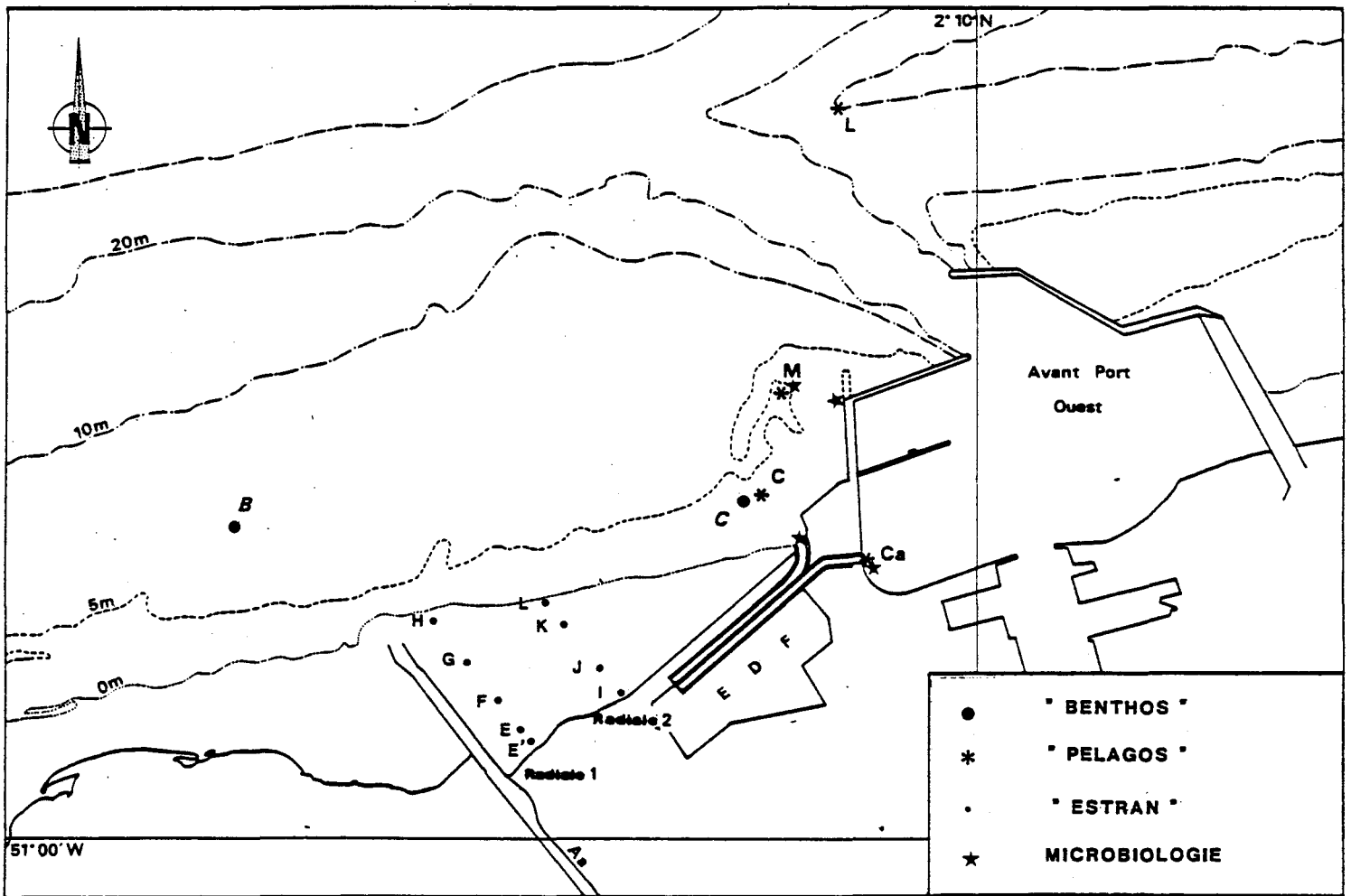
- météorologie,
- hydrologie,
- microbiologie,
- phytoplancton,
- zooplancton,
- benthos intertidal et subtidal.

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

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

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

Carte de situation des points d'étude



Liste des auteurs

CHAPITRE I : CARACTERES GENERAUX DU SITE

par H. GROSSEL

CNEXO/Station Marine de Wimereux

CHAPITRE II : HYDROBIOLOGIE

par H. GROSSEL et N. DEGROS-DEWARUMEZ

Station Marine de Wimereux

CHAPITRE III : MICROBIOLOGIE .

par R. DELESMONT

Institut Pasteur de Lille

CHAPITRE IV : PHYTOPLANCTON ET PRODUCTION PRIMAIRE

par H. GROSSEL

CNEXO/Station Marine de Wimereux

CHAPITRE V : ZOOPLANCTON ET NOCTILUQUES

par G. LE FEVRE-LEHOERFF

CNEXO/COB

CHAPITRE VI : BENTHOS SUBTIDAL

par J.M. DEWARUMEZ

Station Marine de Wimereux

CHAPITRE VII : BENTHOS INTERTIDAL

par J.M. DEWARUMEZ

Station Marine de Wimereux

SOMMAIRE

CHAPITRE I - CARACTERES GENERAUX DU SITE

	<u>Page</u>
INTRODUCTION GENERALE	I.1
I - A Généralités	I.1
I - B Présentation du site	I.1
1. Géographie	I.1
2. Bilan climatologique du cycle d'étude	I.3
3. Hydrographie	I.3
3.1. Marées	I.6
3.2. Courants	I.6
3.3. Les apports d'eaux	I.7

CHAPITRE II - HYDROLOGIE

II - A. INTRODUCTION	II.1
1. Position des stations	II.1
2. Périodicité des mesures	II.3
3. Conditions climatologiques lors des mesures	II.3
4. Paramètres mesurés	II.8
5. Calendrier du fonctionnement de la centrale	II.8
II - B. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	II.8
1. Matériel et méthodes	II.8
2. Variations des paramètres physico-chimiques	II.11
2.1. Température	II.11
2.2. Salinité	II.14
2.3. Densité	II.17
2.4. Matières en suspension - Transparence de l'eau	II.17
2.5. Oxygène dissous	II.19
2.6. pH	II.21
2.7. Sels nutritifs	II.21
3. Conclusion	II.26

CHAPITRE III - MICROBIOLOGIE

INTRODUCTION	III.1
I - Matériel et mesures	III.1
II - Paramètres mesurés	III.1
III - Points mesurés	III.2
III.1. Point Digue	III.2
1.1. Température	III.2
1.2. Dénombrement des germes totaux	III.2
1.3. Germes aérobies viables	III.7
1.4. Pollution fécale	III.7
1.5. Vibrions halophiles	III.12
1.6. Activité hétérotrophe	III.12
1.7. Chlore et haloformes volatils	III.17
III.2. Point Médian et Prise d'eau	III.21
2.1. Point Médian	III.21
2.2. Prise d'eau	III.21
IV - Relations entre paramètres	III.22
Conclusion	III.22

CHAPITRE IV - PHYTOPLANCTON - PRODUCTION PRIMAIRE

I - Matériel et méthodes	IV.1
1. Mesure des pigments photosynthétiques	IV.1
a. Chlorophylle a	IV.1
b. Phéopigments	IV.1
2. Production primaire	IV.2
a. Méthode	IV.2
b. Indice Production-Biomasse	IV.3
3. Etude systématique du phytoplancton	IV.3
4. Indices de diversité	IV.4

II - Pigments photosynthétiques	IV.5
1. Chlorophylle a	IV.5
2. Phéopigments	IV.8
III - Production primaire	IV.9
IV - Etude systématique du microplancton	IV.10
1. Variations quantitatives du microplancton	IV.10
2. Succession des populations microplanctoniques	IV.13
3. Nanoplancton	IV.16
4. Indice de diversité	IV.19
Conclusion	IV.20

CHAPITRE V - ZOOPLANCTON ET NOCTILUQUES

I - Introduction et méthodes	V.1
II - Résultats	V.1
1. Biomasses	V.1
2. Dominance des espèces	V.4
3. Variations saisonnières	V.5
3.1. Espèces non comptées	V.5
3.2. Espèces comptées	V.5
4. Les noctiluques	V.39
Conclusion	V.48

CHAPITRE VI - LE BENTHOS SUBTIDAL

I - Introduction	VI.1
II - Méthodologie	VI.5

III - Résultats de l'analyse bionomique	VI.5
1. Station A	VI.5
2. Station B	VI.6
3. Station C	VI.7
4. Station D	VI.8
5. Evolution des peuplements	VI.13
IV - Etude des populations d' <i>Abra alba</i> et <i>Tellina fabula</i>	VI.19
1. <i>Tellina fabula</i>	VI.19
2. <i>Abra alba</i>	VI.19
Conclusion	VI.20

CHAPITRE VII - LE BENTHOS INTERTIDAL

I - Introduction	VII.1
II - Méthodologie - techniques	VII.3
III - Résultats	VII.3
1. Composition bionomique	VII.3
2. Résultats globaux	VII.3
2.1. Radiale I	VII.3
2.2. Radiale II	VII.13
3. Discussion sur l'évolution de l'estran	VII.13
1. Evolution des peuplements des niveaux supérieurs de l'estran	VII.13
2. Evolution des peuplements	VII.21
3. Etude de la population de <i>Cerastoderma edule</i>	VII.23
IV - Conclusion	VII.25

RESUME DES OBSERVATIONS

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I - CARACTERES GENERAUX DU SITE

Fig. I.B1	-	Localisation de la zone	I.2
fig. I.B2	-	Conditions climatiques durant le cycle d'étude	I.4
Fig. I.B3	-	Rose des courants dans la passe de Dunkerque ..	I.5
Fig. I.B4	-	Débit approximatif de l'Aa	I.7

CHAPITRE II - HYDROLOGIE

Fig. II.A1	-	Emplacement des stations	II.2
Fig. II.A2	-	Conditions météorologiques pendant la période précédant chaque campagne (à Sandettie)	II.4
Fig. II.A3	-	Coefficient de marée	II.6
Fig. II.A4	-	Marche de la centrale	II.7
Fig. II.B1	-	Température par station ; niveaux mélangés	II.12
Fig. II.B2	-	Température au point côtier	II.12
Fig. II.B3	-	Température au point Digue (données Institut Pasteur)	II.13
Fig. II.B4	-	Salinité	II.15
Fig. II.B5	-	Densité par stations, niveaux mélangés	II.15
Fig. II.B6	-	Matières en suspension	II.18
Fig. II.B7	-	Profondeur de disparition du disque de Secchi .	II.18
Fig. II.B8	-	Teneurs en oxygène	II.18
Fig. II.B9	-	Saturation en oxygène	II.18
Fig. II.B10	-	Impact du transit sur la teneur en oxygène dissous	II.20
Fig. II.B11	-	Ph	II.20
Fig. II.B12	-	Ammonium	II.22
Fig. II.B13	-	Nitrites	II.22
Fig. II.B14	-	Nitrates	II.24
Fig. II.B15	-	Phosphates	II.24
Fig. II.B16	-	Silicates	II.25

CHAPITRE III - MICROBIOLOGIE

Fig. III.1	-	Température de l'eau de mer	III.3
Fig. III.2	-	Température de l'eau de mer	III.4
Fig. III.3	-	Dénombrement des germes totaux en épi- fluorescence	III.5
Fig. III.4	-	Dénombrement des germes totaux en épi- fluorescence	III.6
Fig. III.5	-	Dénombrement des germes aérobies viables sur gélose 2216E de Zobell	III.8
Fig. III.6	-	Dénombrement des germes aérobies viables sur gélose 2216E de Zobell	III.9
Fig. III.7	-	Dénombrement des Escherichia coli	III.10
Fig. III.8	-	Dénombrement des coliformes totaux, des Escherichia coli et des streptocoques fécaux	III.11
Fig. III.9	-	Dénombrement des vibrions halophiles	III.13
Fig. III.10	-	Dénombrement des vibrions halophiles	III.14
Fig. III.11	-	Activité hétérotrophe (Vm)	III.15
Fig. III.12	-	Activité hétérotrophe (Vm)	III.16
Fig. III.13	-	Dosage du bromo	III.18
Fig. III.14	-	Temps de Turn Over (Bo)	III.19
Fig. III.15	-	Temps de Turn Over (Bo)	III.20

CHAPITRE IV - PHYTOPLANCTON

Fig. IV.1	-	Chlorophylle	IV.6
Fig. IV.2	-	Phaeopigments	IV.6
Fig. IV.3	-	Chlorophylle a	IV.6
Fig. IV.4	-	Site RNO de Dunkerque (station 1)	IV.7
Fig. IV.5	-	Nombre de cellules microplanctoniques (moyenne des points C, M, L)	IV.11
Fig. IV.6	-	Dominance des principales espèces micro- planctoniques (moyenne des points C, M, L).	IV.14
Fig. IV.7	-	Suite fig. IV.6	IV.15
Fig. IV.8	-	Nanoplancton au point du large	IV.17
Fig. IV.9	-	Diversité de Shannon (moyenne des points C, M, L).....	IV.18

CHAPITRE V - ZOOPLANCTON ET NOCTILUQUES

Fig. V.1	-	Biomasses	V.2
Fig. V.2	-	Variations saisonnières d'abondance (moyenne tous points confondus)	V.8
Fig. V.3	-	Comparaison des variations saisonnières de différentes espèces aux points 2-5-63	V.17
Fig. V.4	-	Comparaison des variations saisonnières de différentes espèces aux points 62 et 64	V.21
Fig. V.5	-	Comparaison des variations saisonnières de différentes espèces aux points 62 et 63	V.25
Fig. V.6a	-	Variations d'abondance des stades juvéniles et des adultes de <i>Temora longicornis</i> (pt.62) ..	V.31
V.6b	-	Variations d'abondance des stades juvéniles et des adultes de <i>Temora longicornis</i> (pt.5-2) .	V.32
Fig. V.7a	-	Variations d'abondance des stades juvéniles et des adultes d' <i>Acartia clausi</i>	V.33
Fig. V.7b	-	Variations d'abondance des stades juvéniles et des adultes d' <i>Acartia clausi</i>	V.34
Fig. V.8a	-	Variations d'abondance des stades juvéniles de <i>Centropages hamatus</i>	V.35
V.8b	-	Variations d'abondance des stades juvéniles et des adultes de <i>Centropages hamatus</i>	V.36
Fig. V.9	-	Variations saisonnières des copépodites 1 de la population totale de <i>Temora longicornis</i>	V.37
Fig. V.10	-	Variations des copépodites 1 et des adultes femelles de <i>Temora longicornis</i> au point côtier	V.38
Fig. V.11	-	Biométrie de <i>Temora longicornis</i>	V.40
Fig. V.12	-	Biométrie d' <i>Acartia clausi</i>	V.41
Fig. V.13	-	Biométrie de <i>Centropages hamatus</i>	V.42
Fig. V.14	-	Relation entre la longueur du Céphalothorax et la température (<i>Temora longicornis</i>)	V.43
Fig. V.15	-	Relation entre la longueur du céphalothorax et la température (<i>Acartia clausi</i>)	V.44
Fig. V.16	-	Relation entre la longueur du céphalothorax et la température (<i>Centropages hamatus</i>)	V.45
Fig. V.17	-	Relation entre la longueur du céphalothorax et la chlorophylle (mg/m ³) (<i>Acartia clausi</i>) ...	V.46
Fig. V.18	-	Variations saisonnières des noctiluques aux points côte et médian	V.48

CHAPITRE VI - BENTHOS INTERTIDAL

Fig. VI.1	-	Position des stations	VI.2
Fig. VI.2	-	Importance relative des différents groupes zoologiques (nombre d'individus)	VI.3
Fig. VI.3	-	Importance relative des différents groupes zoologiques (biomasse)	VI.4
Fig. VI.4	-	Evolution des diagrammes rang - fréquence à la station A depuis 1979	VI.9
Fig. VI.5	-	Evolution des diagrammes rang - fréquence à la station B depuis 1979	VI.10
Fig. VI.6	-	Evolution des diagrammes rang - fréquence à la station C depuis 1979	VI.11
Fig. VI.7	-	Evolution des diagrammes rang - fréquence à la station D depuis 1979	VI.12
Fig. VI.8	-	Caractéristiques granulométriques des sédiments aux quatre stations	VI.14
Fig. VI.9	-	Variations des densités de : A. <i>Tellina fabula</i>	VI.15
	-	B. <i>Abra alba</i>	
Fig. VI.10	-	<i>Tellina fabula</i> : histogrammes des fréquences de tailles	VI.16
Fig. VI.11	-	Variation à long terme des populations d' <i>Abra alba</i> sur les côtes européennes	VI.17
Fig. VI.12	-	<i>Abra alba</i> : histogrammes des fréquences de tailles.....	VI.18

CHAPITRE VII - BENTHOS INTERTIDAL

Fig. VII.1	-	Position des stations	VII.2
Fig. VII.2	-	Radiale I : Importance relative des différents groupes zoologiques (nbre d'indiv.) ..	VII.5
Fig. VII.3	-	Radiale I : Importance relative des différents groupes zoologiques (biomasse)	VII.6
Fig. VII.4	-	Radiale II - Importance relative des différents groupes zoologiques	VII.7
Fig. VII.5	-	Radiale II - Importance relative des différents groupes zoologiques (biomasse)	VII.8
Fig. VII.6	-	Evolution des caractéristiques granulométriques des sédiments sur la radiale I	VII.10
Fig. VII.7	-	Evolution des caractéristiques granulométriques des sédiments sur la radiale II	VII.11
Fig. VII.8	-	Evolutions respectives des densités d'espèces vasicoles et non vasicoles	VII.14

Fig. VII.9	- Evolution des diagrammes rang-fréquence .	VII.17
Fig. VII.10	- Evolution des diagrammes rang-fréquence à la station F depuis 1978	VII.18
Fig. VII.11	- Evolution des diagrammes rang-fréquence à la station I depuis 1978	VII.19
Fig. VII.12	- Evolution des diagrammes rang-fréquence à la station J depuis 1978	VII.20
Fig. VII.13	- <i>Cerastoderma edule</i> : histogrammes des fréquences de taille	VII.22
Fig. VII.14	- Evolution de la population de <i>Cerasto- derma edule</i>	VII.24

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE II - HYDROLOGIE

Tableau II.A.	- Calendrier des campagnes	II.3
---------------	----------------------------------	------

CHAPITRE III - MICROBIOLOGIE

Tableau III.1	- Résultats des mesures hebdomadaires au point Digue	III.24
Tableau III.2	- Résultats des mesures au point médian et à la prise d'eau	III.27
Tableau III.3	- Dosage des haloformes volatils au point Digue	III.28
Tableau III.4	- Dosage des haloformes volatils au point Médian et à la prise d'eau	III.29
Tableau III.5	- Coefficients de corrélation entre paramètres	III.30
Tableau III.6	- Pourcentage des variations liées	III.31

CHAPITRE IV - PHYTOPLANCTON

Tableau IV.1	- Productivité primaire	IV.9
--------------	-------------------------------	------

CHAPITRE V - ZOOPLANCTON ET NOCTILUQUES

Tableau V.1	- Calendrier et lieux de prélèvements	V.1
Tableau V.2	- Biomasse zooplanctonique	V.3
Tableau V.3	- Maxima des pourcentages de dominance de certaines espèces	V.4
Tableau V.4	- Espèces rencontrées mais non comptées	V.6
Tableau V.5	- Noctiluques : nombre d'individus/m ³ , par échantillon	V.47
Tableau V.6	- Noctiluques : valeurs moyennes en nombre/m ³ pour 1980, 1981, 1982	V.47

CHAPITRE VI - BENTHOS SUBTIDAL

Bibliographie	VI.22
Tableau VI.1 - Benthos - résultats bruts (biomasse mg/m ²)..	VI.23
Tableau VI.2 - Benthos - résultats bruts (nombre d'ind./m ²)	VI.24

CHAPITRE VII - BENTHOS INTERTIDAL

Tableau VII.1 - Radiale I - résultats bruts (nombre d'individus et biomasse/1/4m ²)	VII.27
Tableau VII.2 - Radiale II - résultats bruts (nombre d'individus et biomasse/1/4 m ²)	VII.28
Tableau VII.3 - Radiale I - Station E - Evolution des cortèges spécifiques depuis 1978 (résultats /m ²)	VII.29
Tableau VII.4 - Station F - Radiale I - Evolution des cortèges spécifiques depuis 1978 (résultats /m ²)	VII.30
Tableau VII.5 - Station I - Radiale II - Evolution des cortèges spécifiques depuis 1978 (résultats/m ²)	VII.31
Tableau VII.6 - Station J - Radiale II - Evolution des cortèges spécifiques depuis 1978	VII.32
Tableau VII.7 - Caractéristiques granulométriques des sédiments de l'estran de Petit-Fort-Philippe..	VII.33

CHAPITRE I
CARACTERES GENERAUX DU SITE

Hubert GROSSEL
CNEXO /Environnement Littoral
(Wimereux)

CHAPITRE I : CARACTERES GENERAUX DU SITE

INTRODUCTION GENERALE

I - A. Généralités

Les études écologiques sur le site d'une future centrale nucléaire sont conçues en plusieurs temps :

- . Une étude "d'avant-projet", de courte durée, qui a pour but d'évaluer les principales caractéristiques du milieu et la richesse d'un site parmi d'autres.

- . Une étude de "projet" sur un site retenu qui permet d'établir un bilan écologique avant la mise en service de la centrale.

- . Une étude de "complément de projet" visant à apprécier les variations pluriannuelles.

- . Une étude de "suivi" : elle s'attache aux paramètres jugés les plus significatifs et sensibles sur un site, et permet de déceler l'importance des effets du fonctionnement de la centrale.

En ce qui concerne le site de Gravelines, l'étude de "projet" a débuté en septembre 1974. Un rapport a clos la première partie de cette étude en décembre 1975. La deuxième partie de l'étude de "projet" a commencé en août 1976, et s'est achevée en juillet 1977 (rapport 1976-1977). Lui a succédé l'étude de "suivi" de février 1978 à juin 1979 jusqu'à la mise en route des pompes puis celle du suivi de juillet 1979 à octobre 1980, avec début d'échauffement en mars 1980, puis celle du suivi de octobre 1980 à octobre 1981.

Comme lors des cycles précédents, la présente étude, qui va d'octobre 1981 à octobre 1982, porte sur les paramètres physicochimiques de l'eau, sur la qualité microbiologique, sur les productions primaires et secondaires pélagiques avec estimations qualitatives et quantitatives des espèces du phytoplancton et du zooplancton, et sur les faunes benthiques intertidales et subtidales.

I - B. Présentation du site

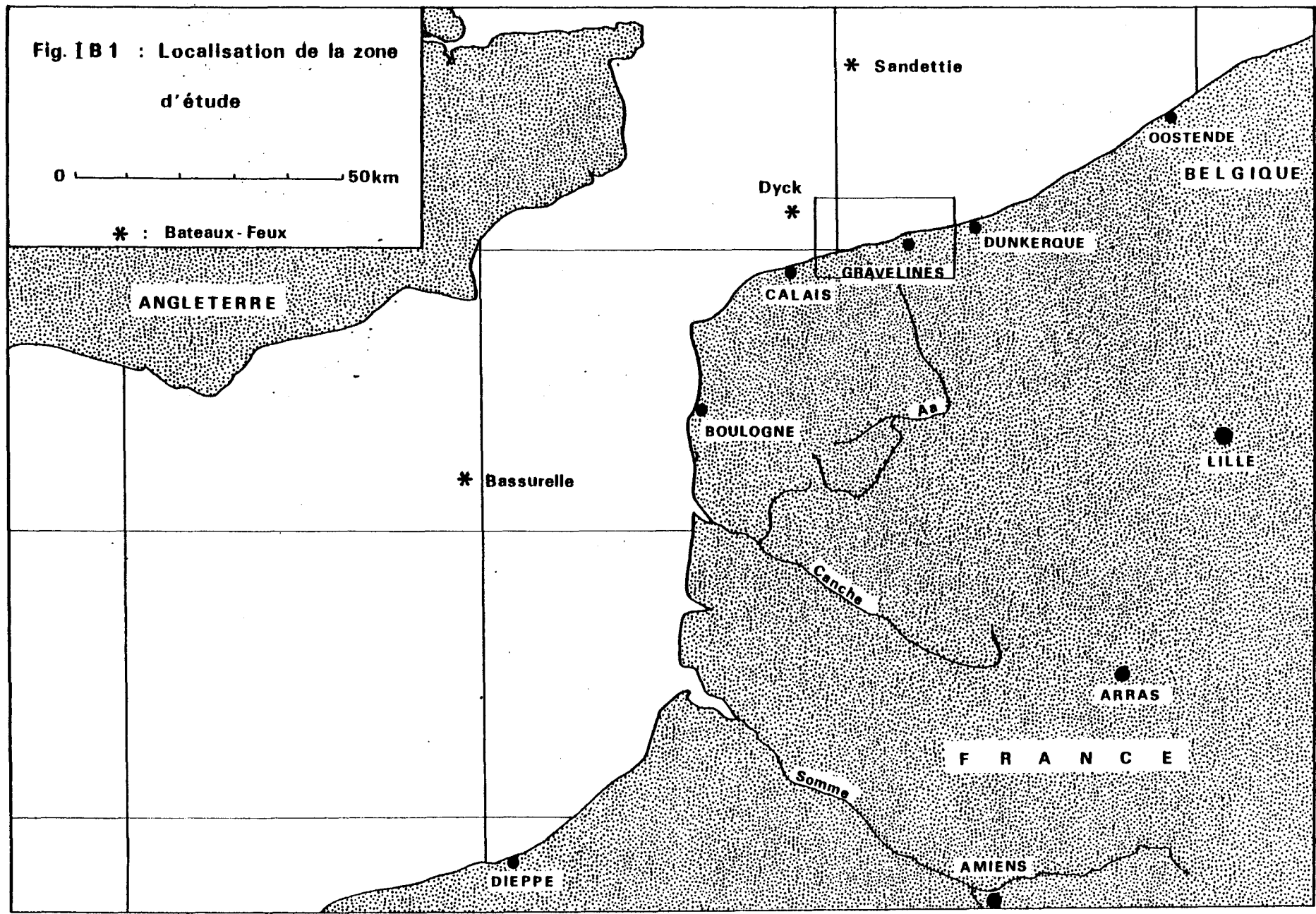
1. Géographie

La centrale se trouve située sur le littoral entre Calais et Dunkerque, sur le territoire de la commune de Gravelines (Fig. 1B.1). La Centrale est installée à l'ouest du nouvel Avant-Port de Dunkerque

Fig. I B 1 : Localisation de la zone d'étude

0 50km

* : Bateaux-Feux



Ouest, où sont puisées les eaux (canal d'amenée) destinées au refroidissement des condenseurs.

2. Bilan climatologique du cycle d'étude (Fig. I-B-2)

L'hiver (décembre, janvier, février) commence par une période relativement fraîche et humide (décembre) suivie en janvier par un temps instable à dominante fraîche, humide, mais un peu plus ensoleillé qu'en décembre. Février est doux, sec et bien ensoleillé. Le printemps (mars, avril, mai) se caractérise par deux périodes (mars et mai) sèches et bien ensoleillées alors que la pluviosité est en général excédentaire sur l'ensemble de la région climatologique nord. Le mois d'avril, qui les sépare, est lui aussi sec et bien ensoleillé, mais présente des températures inférieures à la normale. L'été (juin - juillet août) débute en juin par une période chaude et bien éclairée, entrecoupée d'orages qui rendent excédentaire le bilan des précipitations. Juillet est sec, chaud et bien ensoleillé. Août présente des températures proches de la normale mais son ensoleillement reste déficitaire (la moyenne thermique des maxima de la première décade est cependant le maximum de l'année). Ce mois est caractérisé par des précipitations faibles mais répétées durant tout le mois. Septembre forme une arrière saison douce, sèche et bien ensoleillée. L'automne (octobre et novembre) se divise en deux mois à tendance nettement différente : très humide et peu ensoleillé en octobre, doux mois variable en précipitations et en ensoleillement en novembre.

En résumé, la caractéristique climatique principale de ce cycle d'étude est la longue période d'ensoleillement excédentaire qui va de février à début août à laquelle est liée de février à mai une période déficitaire en précipitations. L'été, qui est beau en son début, a sans doute favorisé la venue précoce du maximum thermique de la masse d'eau sur le site (cf. II-B-2-1). Le mois d'octobre conserve sa caractéristique maussade par l'abondance des précipitations.

3. Hydrographie

Les données hydrographiques proviennent des annuaires des marées de 1981 à 1982 et de l'ouvrage "Courants de marées dans la Manche et sur les côtes françaises de l'Atlantique".

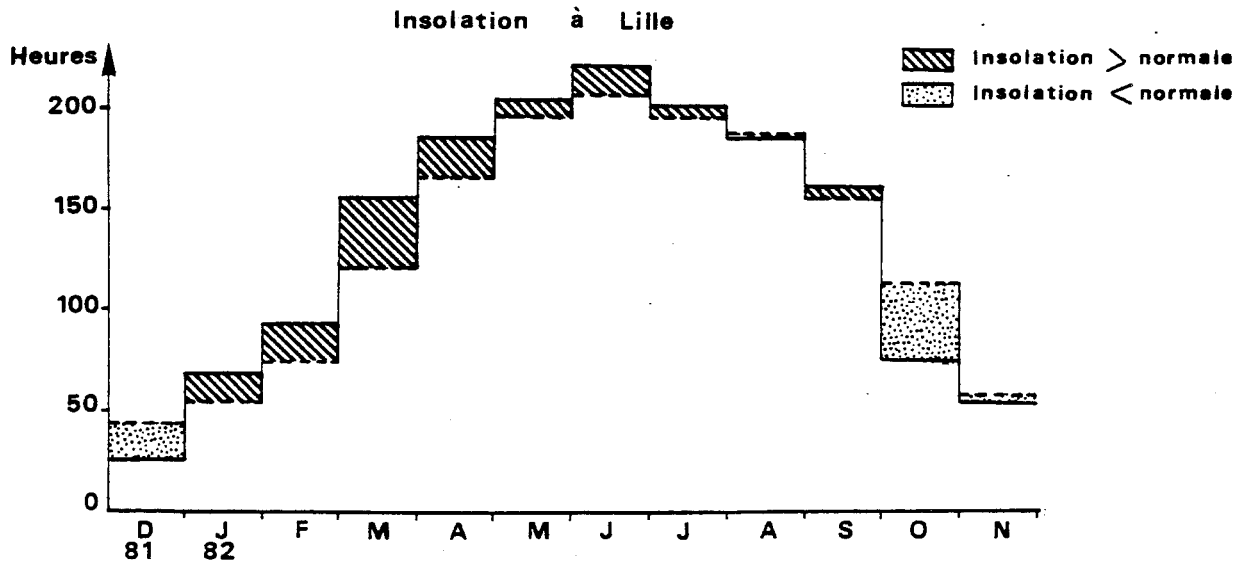
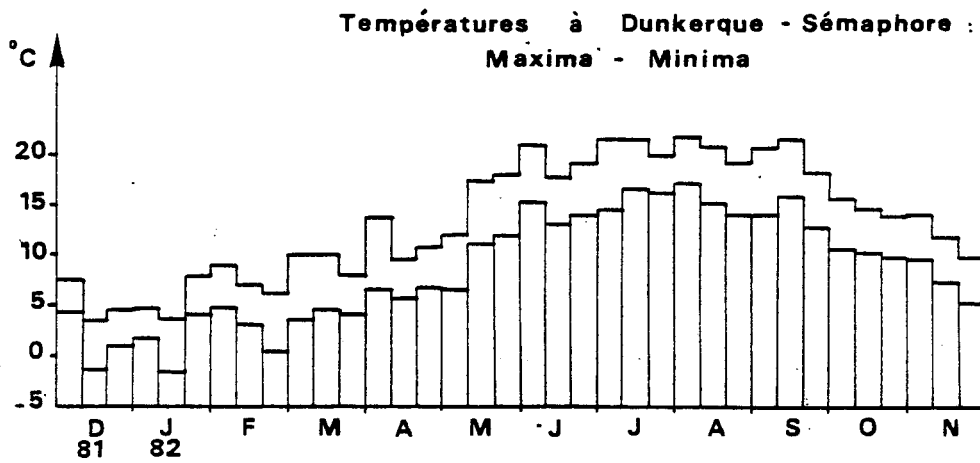
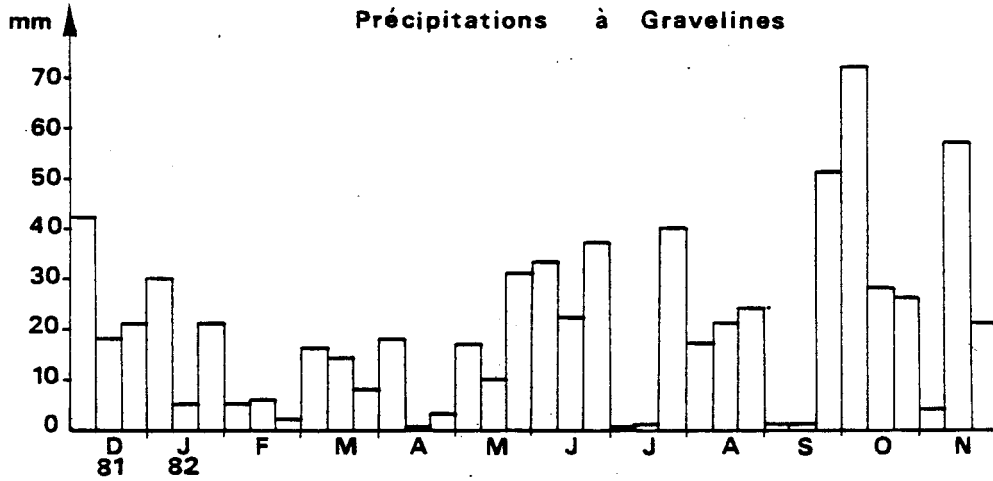


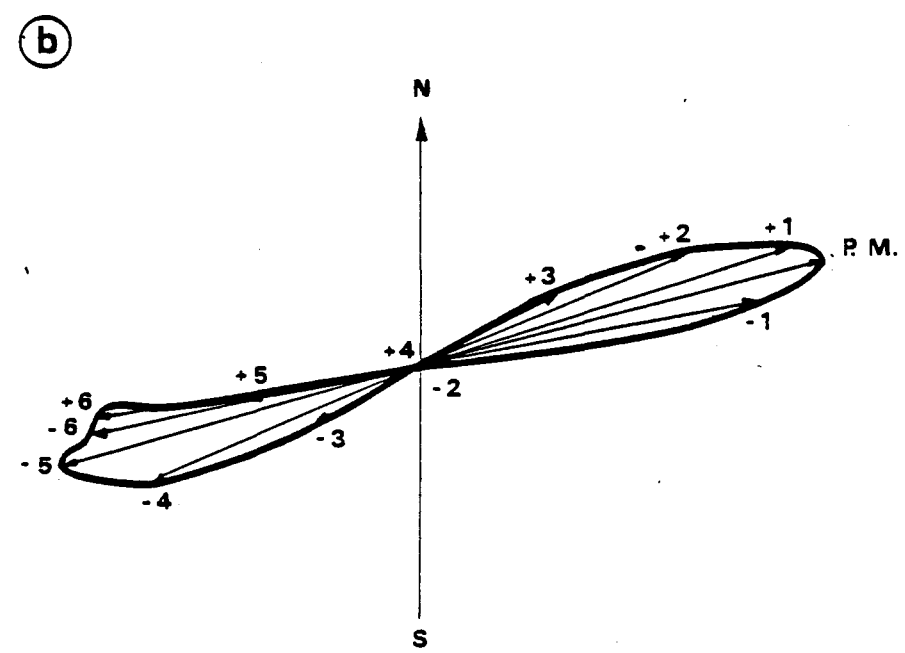
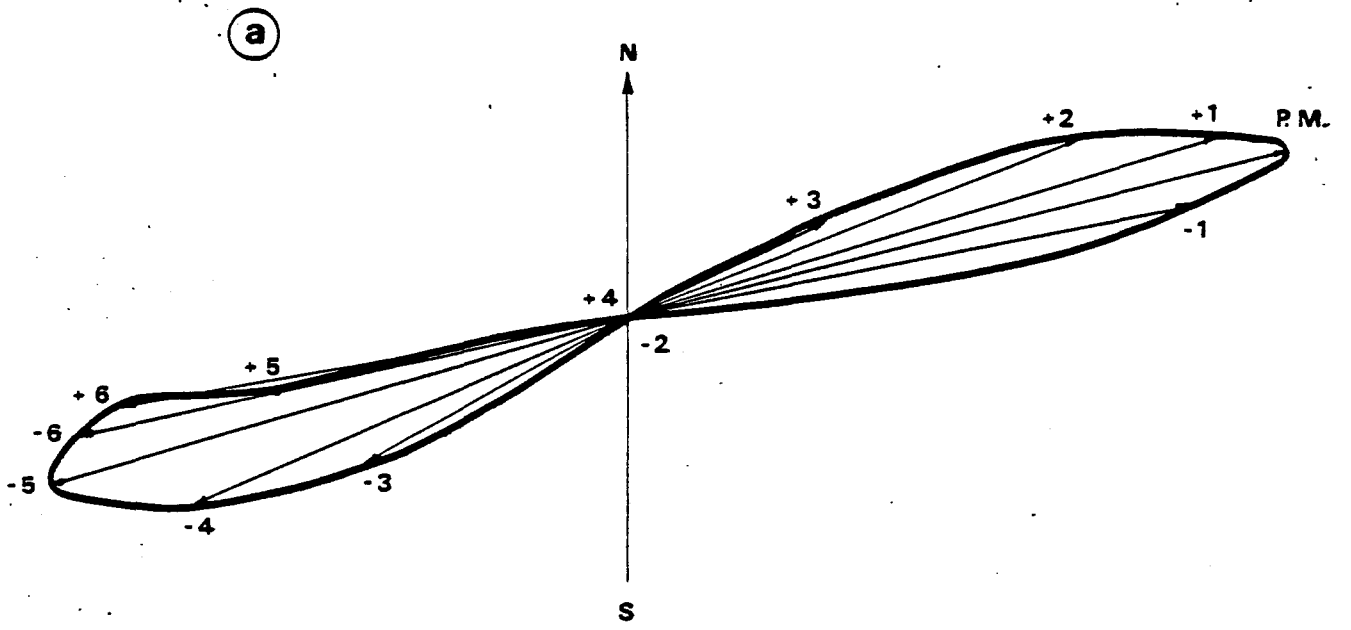
Fig I.B.2 : Conditions climatiques durant le cycle d'étude

Fig.I.B3.. ROSE DES COURANTS DANS LA PASSE DE DUNKERQUE

(a) VIVE EAU

(b) MORTE EAU

1 Nœud



3.1. Marées

Devant le site de la centrale, la marée est de type semi-diurne. Ses caractéristiques sont les suivantes :

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

Quel que soit le coefficient de la marée, le montant est plus court que le baissant de près de deux heures. D'après l'annuaire des marées, à Gravelines, le marnage est supérieur à celui de Dunkerque de 0,20 m à 0,30 m, respectivement en morte-eau et en vive-eau, et la pleine mer est en avance de 10 minutes environ par rapport à Dunkerque.

3.2. Courants

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

Courant de marée : dans la zone étudiée, les courants de marée sont alternatifs, de direction sensiblement parallèle à la côte. Pendant le flot, ils sont dirigés vers l'E-N-E (65-70°) alors qu'au jusant ils portent à l'W-SW (255-260°) (fig. I.B.3).

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

3.3. Les apports d'eaux

En plus des eaux de ruissellement et de celles de la nappe phréatique, l'Aa représente sur le site de la centrale de Gravelines un apport tellurique au débit très variable, non exempt de pollutions. Bien que le protocole d'échantillonnage pratiqué ne permette pas d'appréhender l'effet réel de ce rejet estuarien sur le site pélagique étudié, une station de prélèvement a été établie au niveau de l'Aa en amont de l'écluse, hors de l'influence des eaux marines. La figure I.B.4 montre l'évolution du débit approximatif de l'Aa (mesuré par le nombre de vannes ouvertes à Gravelines). Les valeurs obtenues en 1982 indiquent nettement les fortes valeurs hivernales de décembre et de janvier, suivies d'une chute constante jusqu'en juillet, avant une légère reprise en août, et une nette remontée en octobre, respectant en cela globalement l'évolution climatologique déjà décrite.

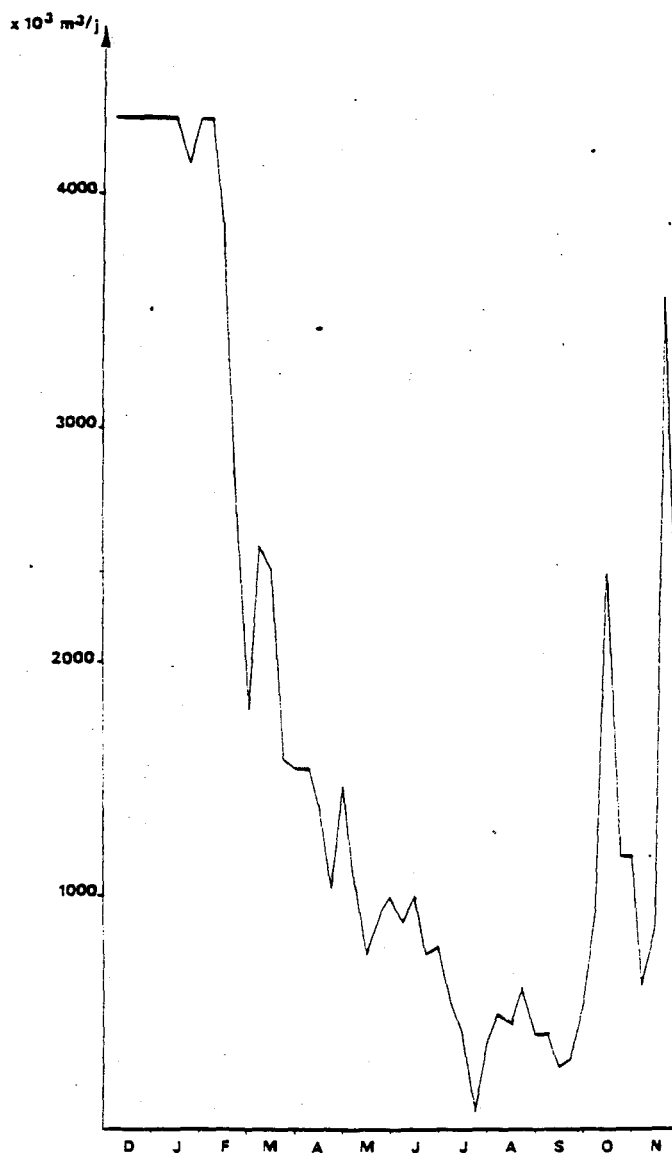
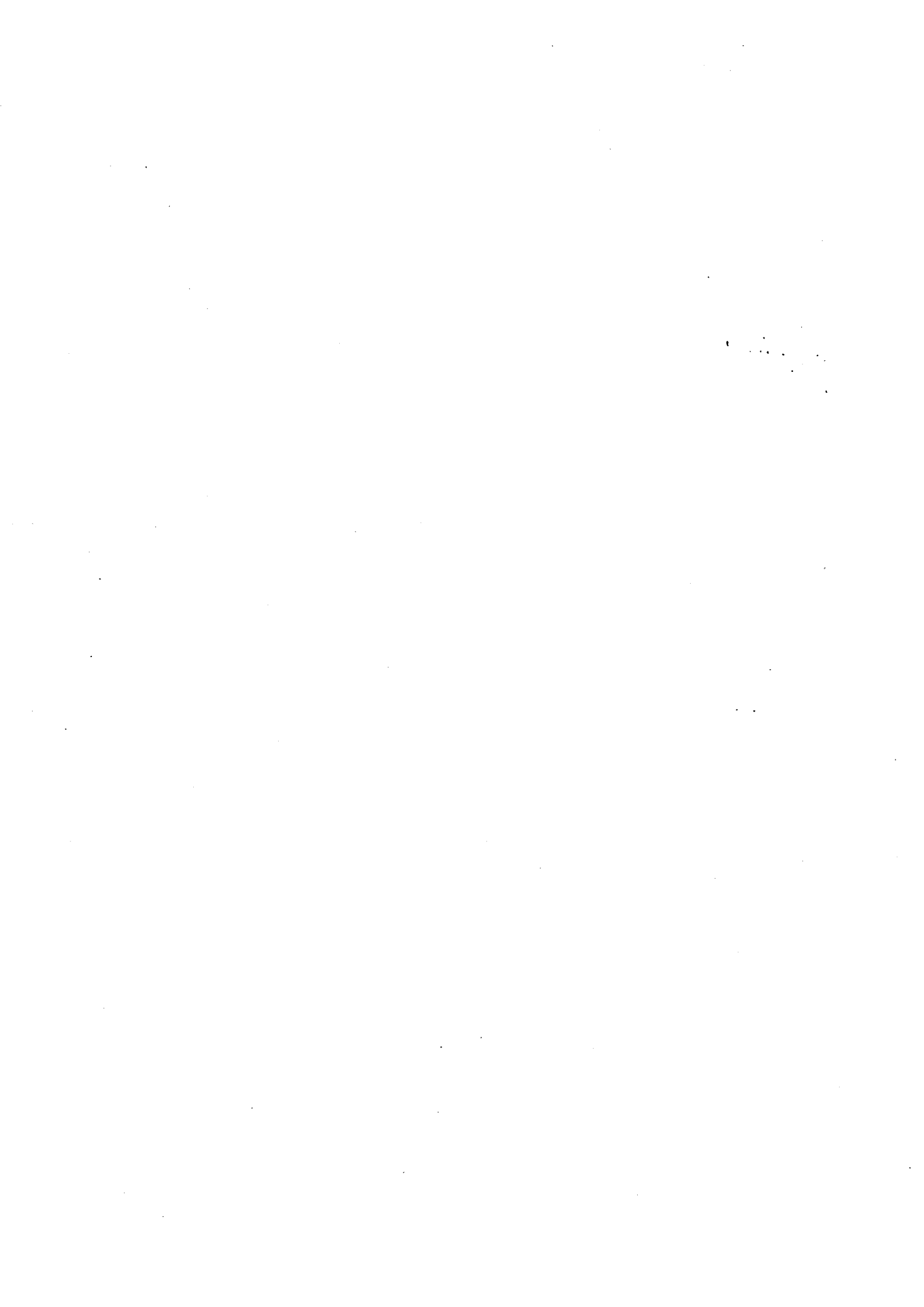


Fig I.B.4 : Débit approximatif de l'Aa



C H A P I T R E I I

HYDROLOGIE

II - A. INTRODUCTION

II - B. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Hubert GROSSEL
CNEXO-ENVIRONNEMENT LITTORAL

Nicole DEWARUMÉZ-DEGROS
Marie-Andrée JANQUIN
Station Marine de Wimereux

CHAPITRE II : HYDROLOGIE

II-A. INTRODUCTIONPrésentation des campagnes

Ce cycle d'étude a porté sur une période d'un an. Les sorties ont eu lieu à bord du N/O SEPIA, de la Station Marine de Wimereux.

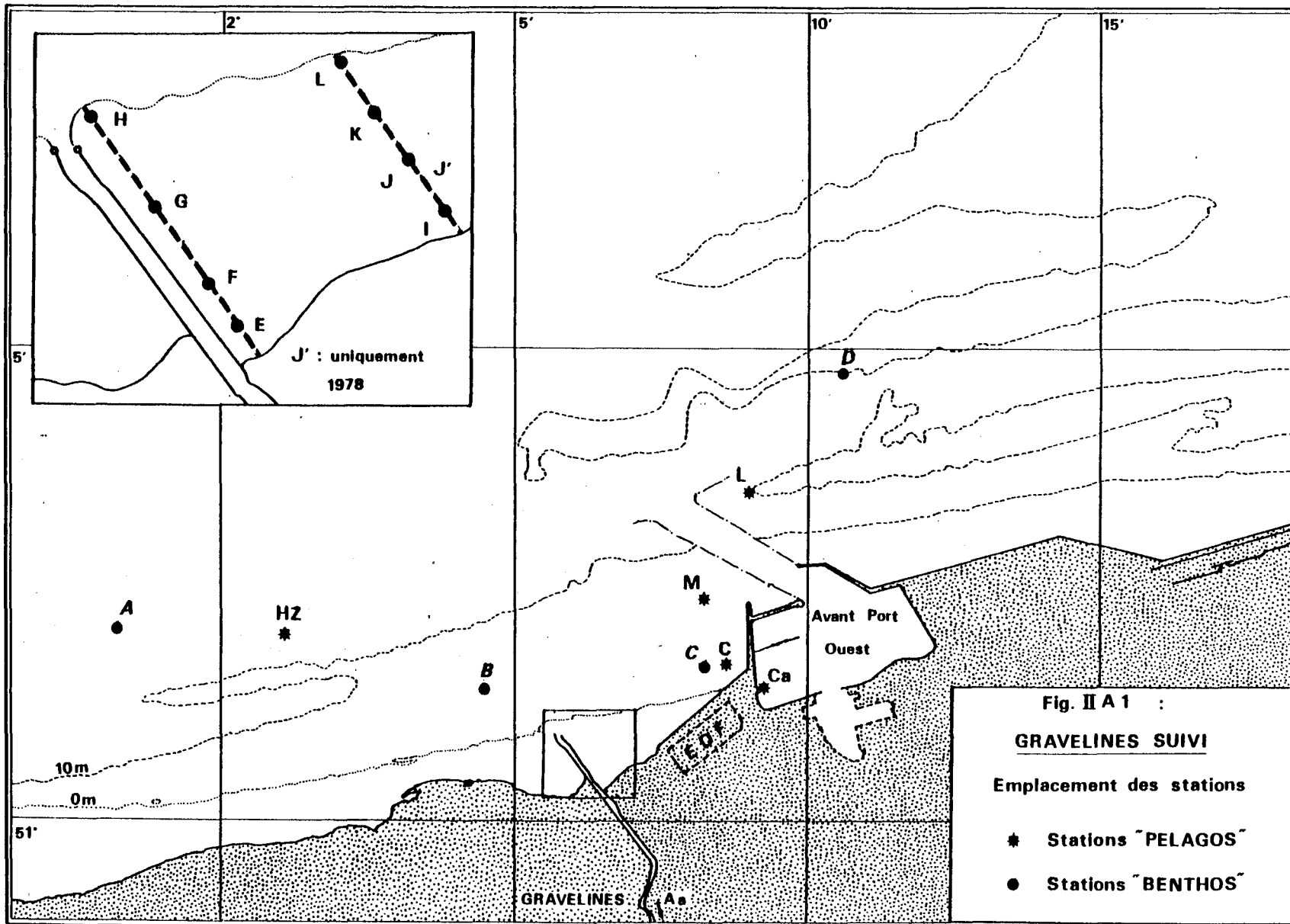
1. Position des stations
.....

La méthodologie de cette surveillance 1982 est la même que celle du cycle précédent, à deux différences près :

- 1 - Deux niveaux (surface et fond) sont échantillonnés au point côtier, afin de mieux appréhender une possible stratification au rejet de la centrale.
- 2 - Le point Hors-Zone est supprimé à partir du milieu de l'année, le point large le remplaçant dans sa définition de station hors-impact de la centrale, suite à une réunion de concertation entre les différentes parties concernées en mars 1982.

La position des stations est la suivante : (fig. II.A.1)

Stations	Coordonnées	
Côte	N 51° 01' 50	E 02° 08' 50
Médian	N 51° 02' 20	E 02° 07' 80
Large	N 51° 03' 50	E 02° 07' 30
Hors-Zone	N 51° 02' 30	E 02° 01' 00
Canal	N 51° 01' 30	E 02° 09' 20
Aa	N 50° 59' 00	E 02° 07' 30



2. Calendrier des campagnes

Tableau II.A.

Dates	Stations échantillonnées					
	Côte	Médian	Large	Hors-Zone	Canal	Aa
Novembre 1981	Campagne annulée pour raisons climatiques					
11 décembre 1981	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
	5 m	5 m	5 m	5 m	5 m	
18 janvier 1982	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
	5 m	5 m	5 m	5 m	5 m	
27 février 1982	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
	5 m	5 m	5 m	5 m	5 m	
Mars 1982	Campagne annulée pour raisons climatiques					
2 avril 1982	0 m	0 m	0 m		0 m	0 m
	5 m	5 m	5 m			
20 avril 1982	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
	5 m	5 m	5 m	5 m	5 m	
17 mai 1982	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
	5 m	5 m	5 m	5 m	5 m	
17 juin 1982	0 m	0 m	0 m		0 m	
		5 m	5 m			
Juillet 1982	Campagne annulée pour raisons climatiques					
17 septembre 1982	0 m	0 m	0 m		0 m	0 m
	5 m	5 m	5 m			
19 octobre 1982	0 m	0 m	0 m		0 m	0 m
	5 m	5 m	5 m			

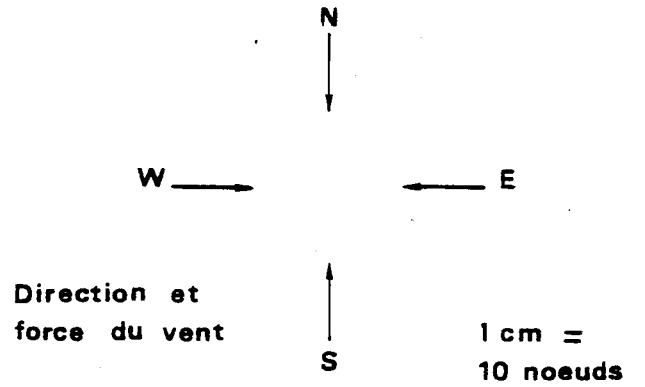
3. Conditions climatologiques lors des mesures

Les figures II.A.2. indiquent, pour les cinq jours précédant chaque campagne, la direction et la force du vent, ainsi que la hauteur des vagues à Sandettie (Bateau-feu).

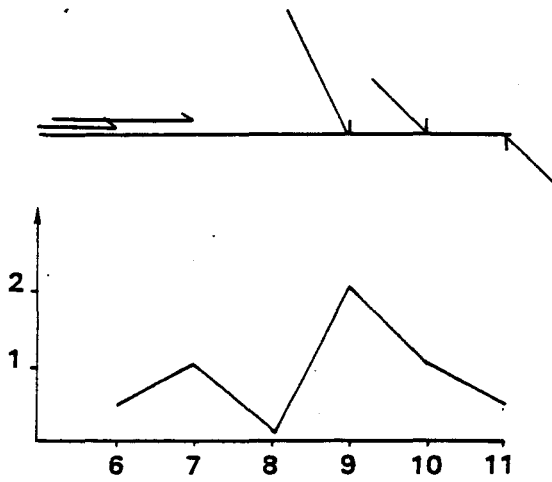
Il va de soi que, pour des vents de Sud et de Sud-Est, la hauteur des vagues à Sandettie est plus élevée que devant le site de Gravelines, protégé par la côte.

Ces paramètres sont importants. En effet, à cause de la faible profondeur de la zone étudiée, l'agitation des eaux de surface se fera sentir jusqu'au fond. Ceci peut augmenter la charge de l'eau en matière en suspension, voire en diatomées d'affinité benthique. La dissolution de l'oxygène dans l'eau peut aussi subir l'influence de ce phénomène qui entraîne des variations du pourcentage de saturation.

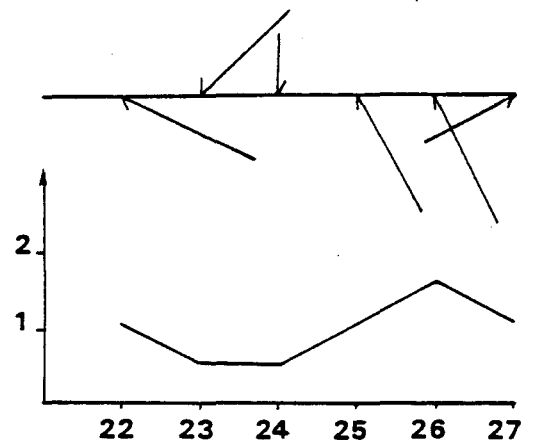
Fig II A 2 : Conditions météorologiques pendant la période précédant chaque campagne (à Sandettie)



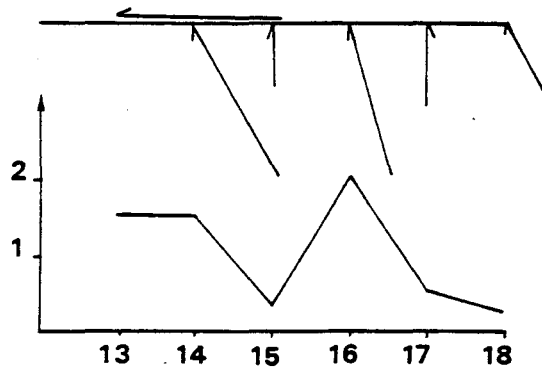
11 décembre 1981



27 février 1982



18 janvier 1982



2 avril 1982

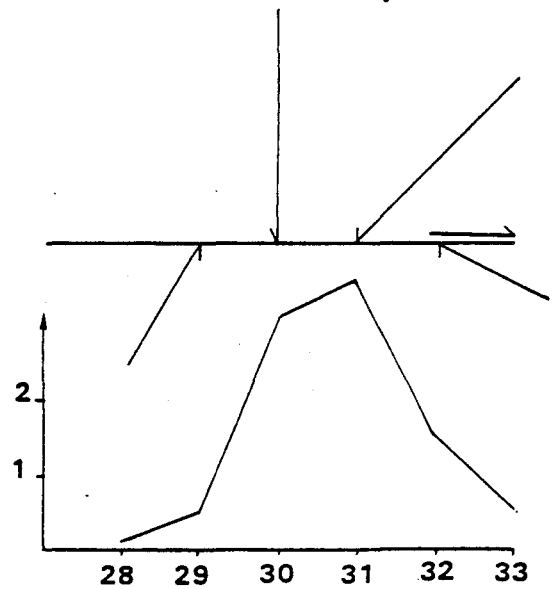
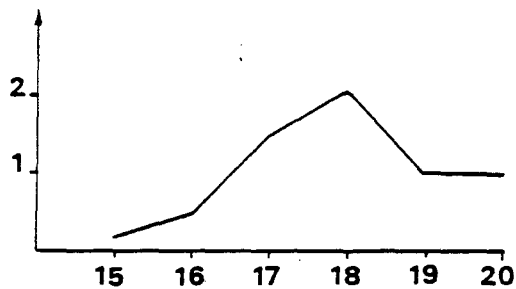
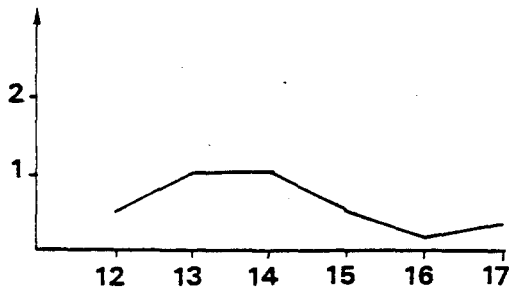
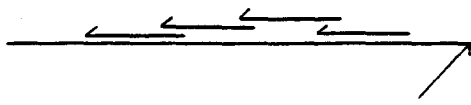


Fig II.A.2 (suite)

20 avril 1982

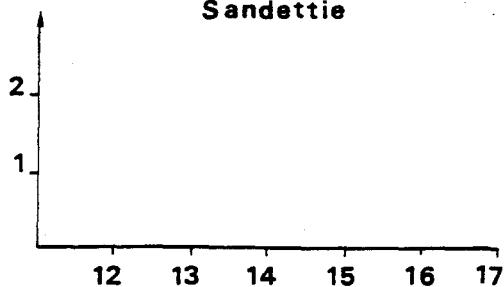


17 mai 1982



17 juin 1982

Pas de données à Sandettie



N



W



E

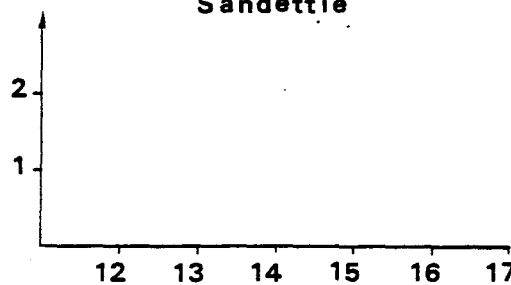


S



17 septembre 1982

Pas de données à Sandettie



19 octobre 1982

Pas de données à Sandettie

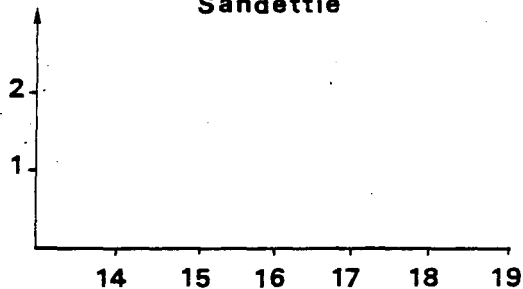


Fig. II .A. 3 : Coefficient de marée

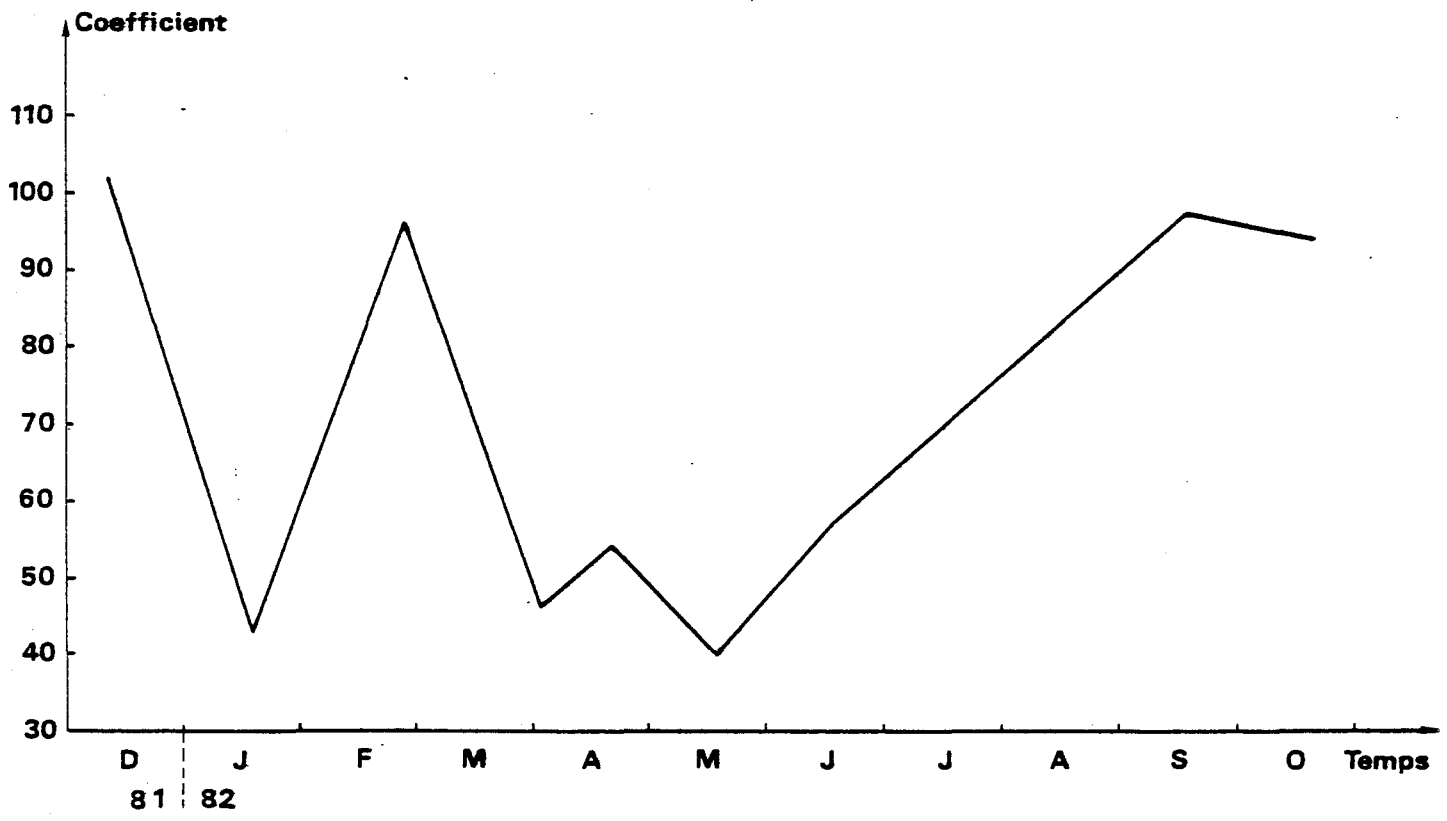
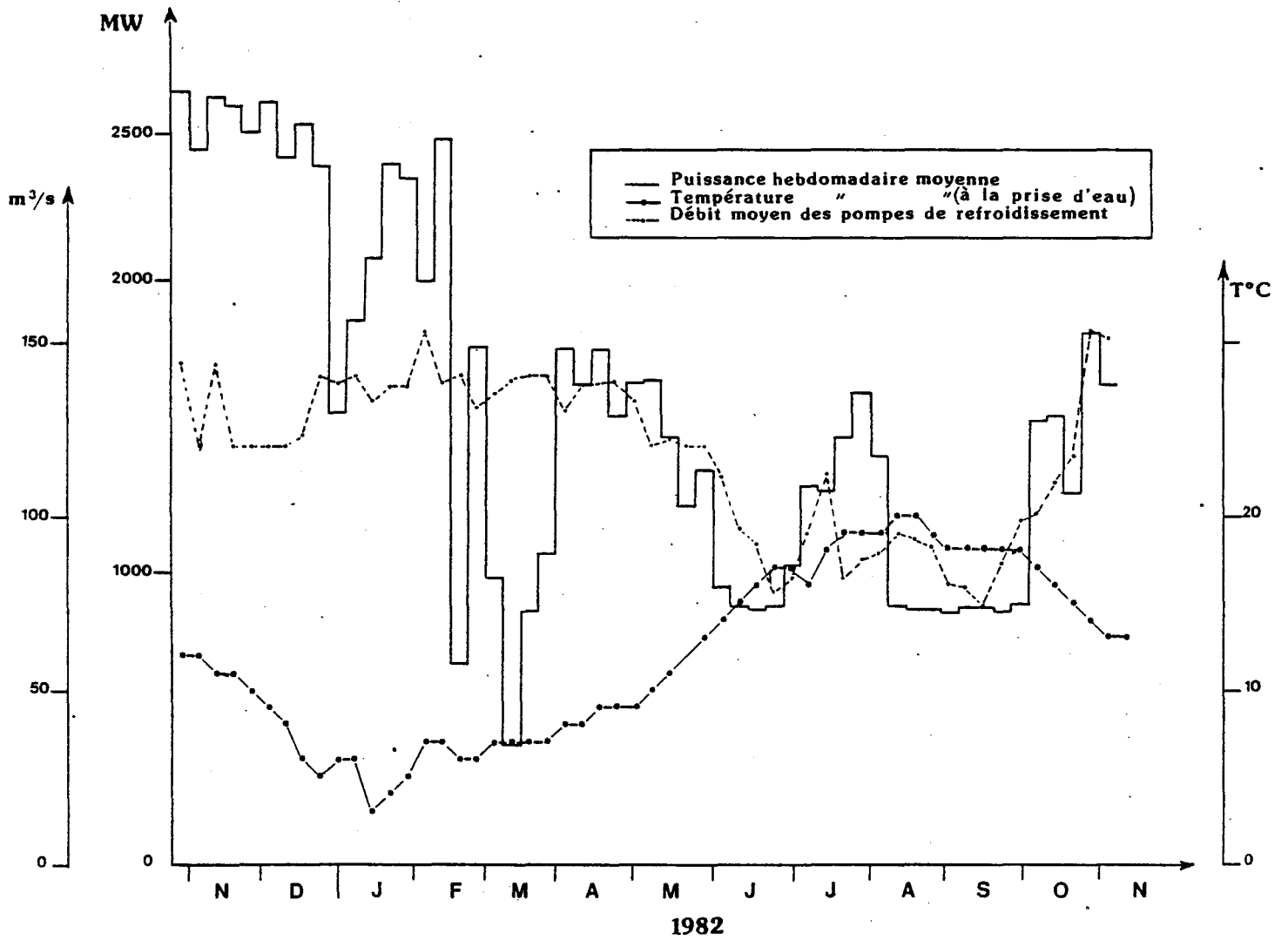


Fig.II.A4

Calendrier de la marche de la centrale en 1982



La figure II.A.3. indique le coefficient de la marée correspondant à chaque campagne de prélèvements.

4. Paramètres mesurés
.....

Les masses d'eau sont caractérisées par divers paramètres que l'on peut séparer en deux groupes :
paramètres physiques (transparence de l'eau, température, salinité) et chimiques (pH, oxygène dissous, matières en suspension, sels nutritifs), paramètres biologiques : microbiologie, étude des pigments, des populations planctoniques, productions primaire et secondaire.(Chapitres III, IV et V)

5. Calendrier du fonctionnement de la Centrale :
.....

Il se trouve exprimé en puissance (MW) dans la figure II.A.4.
L'échauffement des eaux lui est proportionnel.

II-B. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

1. Matériel et méthodes
.....

Stations	Niveaux prospectés	
	Sub-surface	5 m
Côtier	+	+
Médian	+	+
Large	+	+
Hors zone	+	+
Canal	+	-
Aa	+	-

Pour prélever l'eau à analyser nous avons utilisé des bouteilles à clapets NISKIN (de contenance 5 litres) placées en série sur le câble. Leur fermeture est déclenchée par un messageur. L'échantillonnage de la colonne d'eau aux niveaux subsurface et 5 m se fait donc pratiquement au même instant.

Le système de filtration sous pression placé à bord a été conçu par A. RICHARD et réalisé à la Station de WIMEREUX.

La transparence de l'eau a été estimée à l'aide du disque de Secchi, avec une précision de ± 25 cm.

Nous avons mesuré la température grâce aux thermomètres à renversement RICHTER et WIESE adaptés sur les bouteilles. La précision est d'environ $1/100^{\circ}\text{C}$.

Les échantillons destinés au dosage de la salinité ont été conservés dans des canettes en verre de 250 ml, bien hermétiquement bouchées, préalablement rincées avec l'eau du prélèvement. La salinité est déterminée à Wimereux au moyen de salinomètres BECKMAN (précision $0,005 \text{ } \text{‰}$).

Pour le dosage de l'oxygène dissous, l'échantillon est transféré de la bouteille de prélèvement dans un flacon en verre à col rodé. Tout barbotage avec l'air atmosphérique est évité au moyen d'un tuyau souple plongeant jusqu'au fond du flacon. Le dosage est ensuite réalisé selon la classique méthode de WINKLER. Les deux premiers réactifs (solution de Manganèse II et base forte) sont additionnés à l'eau de mer immédiatement après le prélèvement, à l'aide de pipettes automatiques GILSON, juste sous la surface de l'échantillon. On bouche rapidement, sans emprisonner de bulle d'air, et on agite vigoureusement pour disperser le précipité formé. Les échantillons ainsi traités sont immergés complètement dans l'eau de mer et conservés à l'abri de la lumière. L'acidification et le dosage proprement dit ont lieu au laboratoire dans la semaine suivant le prélèvement. Le titrage est effectué sur des prises d'essai de 50 ml au moyen d'un Dosimat E 535 relié à un Titrator E 526. La précision ainsi obtenue est de l'ordre de 5.10^{-2} ml/l.

Pour obtenir le pourcentage de saturation il faut tenir compte de la température et de la salinité (Tables du N.I.O.G.B. et UNESCO 1978). La précision est alors de 10^{-1} % de saturation.

Les échantillons destinés à la mesure du pH sont placés dans une glacière à l'obscurité immédiatement après le prélèvement. La mesure se fait au laboratoire, dès le retour, sur un pH meter E 603 (Metrohm Herison). La précision de la mesure est de 0,01 unités pH.

Pour évaluer la turbidité de l'eau, nous avons filtré des échantillons d'eau d'un litre ou d'une fraction connue de litre * sur des membranes GELMAN GA-6 prépesées (diamètre de pore 0,45 μ). Après filtration, la colonne est rincée avec une solution isotonique de formiate d'ammonium pour éliminer les sels. L'usage de formiate est préférable à celui de l'eau distillée afin d'éviter la destruction du plancton (BANSE, FALLS et HOBSON, 1963). Après passage à l'étuve, les filtres sont à nouveau pesés (précision de la balance : 1/100 mg). La différence de poids du filtre avant et après la filtration (corrigée à l'aide de filtres témoins) représente la quantité de matières en suspension dans l'eau (turbidité minérale + turbidité organique).

Sauf pour les prélèvements destinés au dosage des ions ammonium, les échantillons qui serviront à doser les sels nutritifs dissous sont immédiatement filtrés sur 0,45 μ (filtres GELMAN GA-6). Ils sont conservés dans des flacons de polyéthylène de 60 ml à bouchage double. Ces flacons sont immédiatement placés dans un congélateur portatif. L'analyse a lieu aussitôt après décongélation, sur l'AUTOANALYZER II TECHNICON (mis en place à la Station de Wimereux) selon la méthodologie indiquée par TREGUER et LE CORRE (1974).

La précision obtenue est la suivante :

Nitrites	±	0,02	μ atg	N-NO ₂ ⁻ /l
Nitrates	±	0,08	μ atg	N-NO ₃ ⁻ /l
Phosphates	±	0,01	μ atg	P-PO ₄ ³⁻ /l
Silicates	±	0,1	μ atg	Si-SiO ₃ ⁻ /l

Pour l'estimation de l'ammoniac dissous, l'eau est versée immédiatement après le prélèvement dans des flacons en verre de 125 ml, remplis à 105 ml (après filtration sur soie de 40 μ). L'addition des réactifs, à l'aide de dispensettes BRAND, est faite aussitôt. Après

chaque addition de réactif, le flacon est bouché et agité. Les échantillons sont ensuite conservés à l'obscurité à température ambiante. Le dosage (selon la méthode manuelle de KOROLEFF, 1969) a lieu le lendemain de la sortie (ou à défaut le plus tôt possible) par mesure des densités optiques par rapport à l'eau distillée dans la cuve à flux continu du colorimètre de l'AUTOANALYZER II TECHNICON. Les résultats des différents dosages et mesures sont regroupés par campagne pour toutes les stations et pour chaque niveau dans les tableaux en annexe.

2. Variations des paramètres physicochimiques

2.1. Température (Fig. II.B.1 , 2 et 3)

Les observations de ce cycle d'étude nous amènent à dissocier l'évolution naturelle non affectée par l'impact de la centrale de celle soumise à cet impact.

On retrouve en 1982 l'évolution naturelle observée classiquement chaque année, avec un minimum thermique enregistré proche de $3,5^{\circ}\text{C}$ en janvier, et un maximum enregistré sur la radiale de référence proche de $18,2^{\circ}\text{C}$ à la mi-septembre (Fig. II.B.1). L'échantillonnage ne met cependant pas en évidence le vrai pic de température qui a lieu cette année fin juillet-début août, comme le montrent dans la figure II.B.3. les données de l'Institut Pasteur. Ce pic est proche de 20°C , valeur relativement élevée. La figure II.B.3 montre aussi l'élévation précoce de la température en 1982, liée aux conditions climatiques clémentes du printemps et surtout du début de l'été.

La structure du gradient thermique côte-large est modifiée de manière très sensible (Figure II.B.1) en raison de l'impact thermique du rejet au point côtier. Cet impact reste apparemment limité dans les conditions de prélèvement, au seul point côtier. La structure thermique verticale, jusqu'à présent homogène sur toute la colonne d'eau en tous points (sauf certains cas particuliers en été ou en hiver par mer calme), présente un gradient nettement établi au point côtier (Fig. II.B.2), surtout dans des conditions de mer calme. Ce gradient, qui ne dépasse pas $5,6^{\circ}\text{C}$ dans nos prélèvements entre la surface et le fond, avait atteint $4,6^{\circ}\text{C}$ en septembre 1981, et a atteint dans des campagnes plus récentes des valeurs voisines de 10°C . L'expérimentation mise en oeuvre lors de ce suivi ne permet pas de connaître la structure fine de ce gradient, mais tout laisse penser que par mer calme une ther-

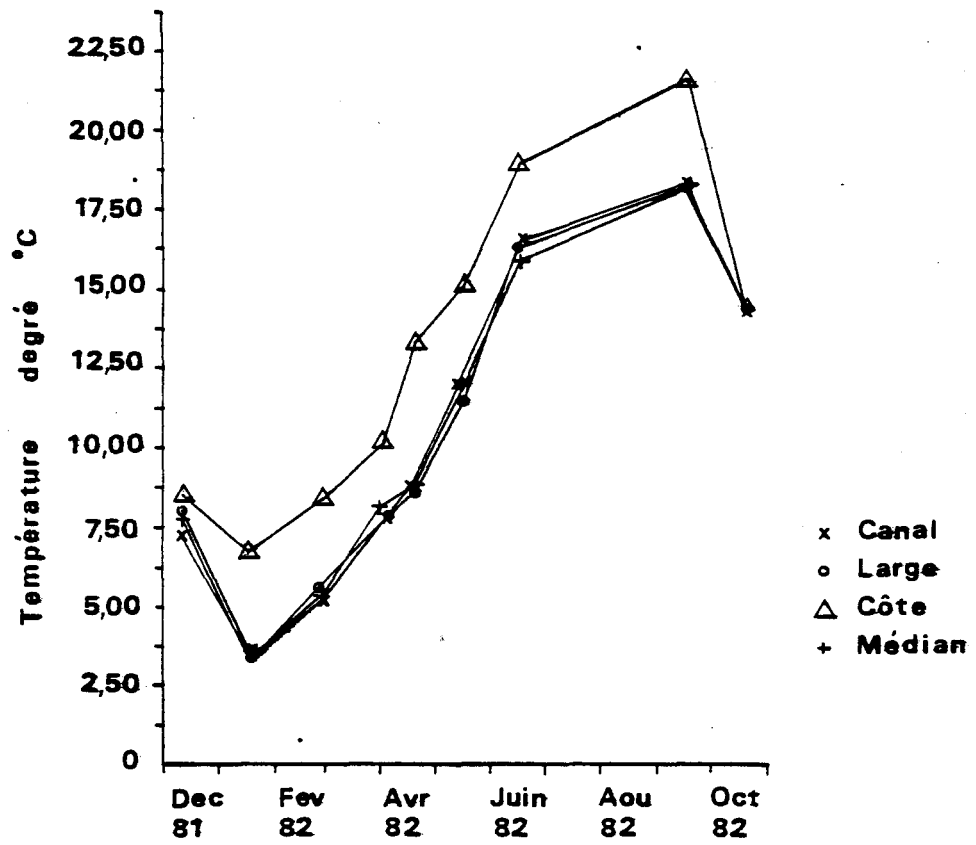


Fig II.B.1 : Températures par station ; niveaux mélangés

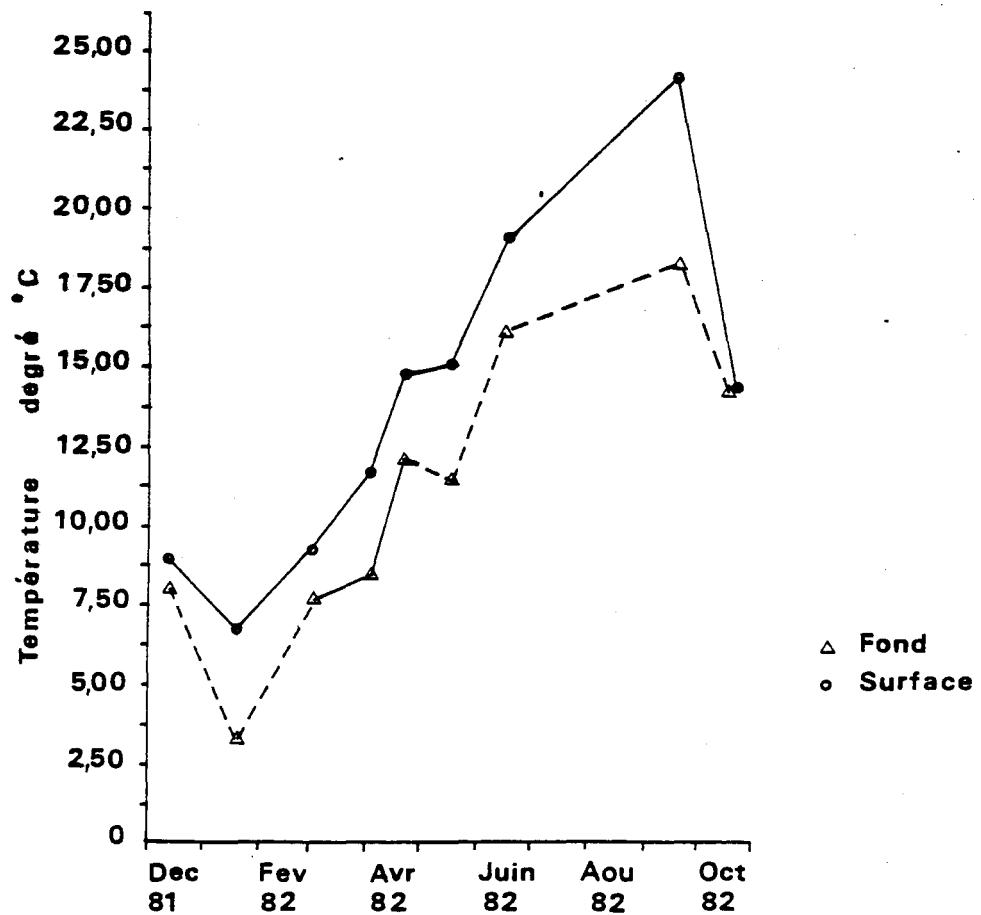


Fig II.B.2 : Températures au point côtier

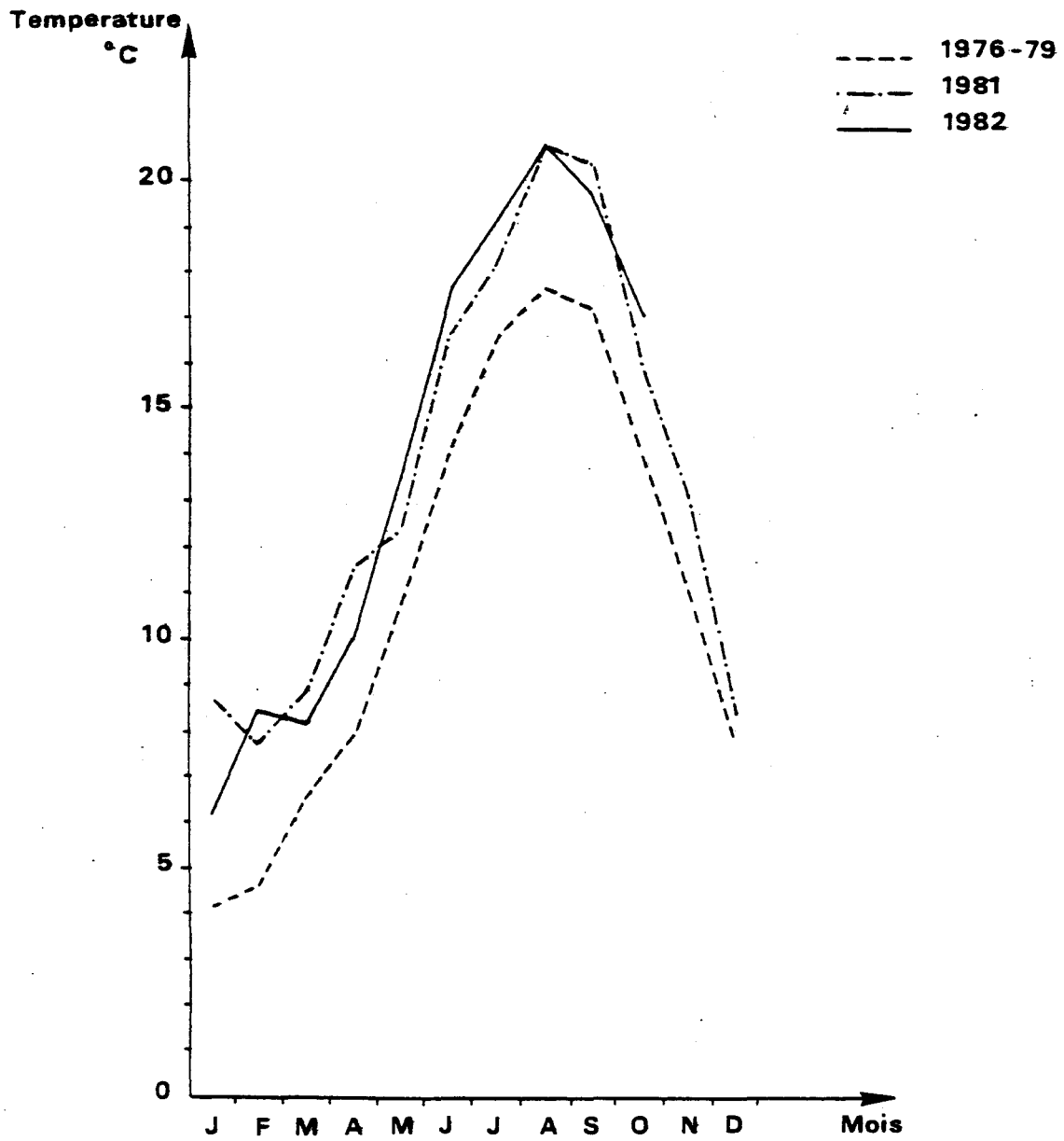


Fig II.B.3 : Température au point digue
(Données Institut Pasteur)

mocline très marquée sépare la couche d'eau échauffée issue du rejet de la masse d'eau sous-jacente, présente sur le site.

D'autre part, l'extension de la tache thermique, qui semble par la relation des résultats du suivi être limitée à une zone très côtière (le point côtier seul étant affecté par l'impact), présente une structure et une répartition géographique très variable en fonction des courants et de l'état de la mer. Il s'avère qu'une radiale unique n'est pas suffisante pour l'étudier. Une expérimentation complémentaire effectuée tant par le département ELGMM du Centre Océanologique de Bretagne, que par la Station Marine de Wimereux, permet actuellement d'affiner nos connaissances sur ce sujet. On peut signaler en outre l'intérêt qu'il y aurait, pour les scientifiques chargés de ce suivi écologique, de disposer des photographies aériennes en visible et en infrarouge actuellement effectuées sur ce site. Bien que ne fournissant que des données de surface, l'expérience par les sorties sur le terrain prouve qu'elles seraient un outil incomparable pour une meilleure insertion des résultats ponctuels dans l'ensemble du phénomène observé. Il n'est pas possible actuellement de relier l'intensité du fonctionnement de la centrale, exprimé par le calendrier de la figure II.A.4, à l'échauffement observé sur le site au point côtier.

2.2. Salinité (Fig. II.B.4)

Les variations de ce paramètre présentent deux accidents liés à des dessalures d'origines différentes. La première apparaît de manière très accusée en avril, à une période climatologique sèche durable : on a vu (Chap. I.B.2) que le printemps (mars-avril-mai) fut particulièrement sec, doux en mars et en mai, frais en avril. Cette fraîcheur s'explique par le retour des vents à dominante Nord-Nord-Est qui ont pu, comme cela s'est déjà produit en 1980 en particulier, provoquer des courants de dérive amenant sur le site de Gravelines des masses d'eau dessalée de la région du Gyre d'Ostende. Cette hypothèse, non vérifiée formellement, semble se confirmer petit à petit dans le temps. Les salinités respectent en cette occasion un gradient allant de 32,48 ‰ au point côtier, 32,84 ‰ au point médian et 32,94 ‰ au point du large, celle du point Hors-Zone étant de 33,25 ‰. On

- △ Côte
- + Median
- x Canal
- o Large

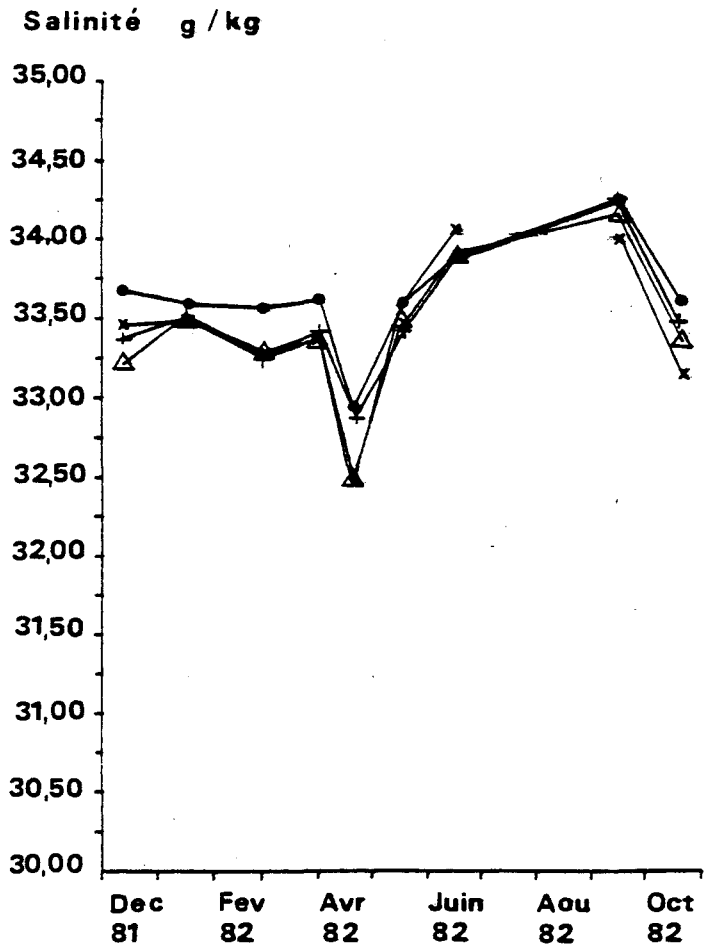


Fig II.B.4 : Salinité

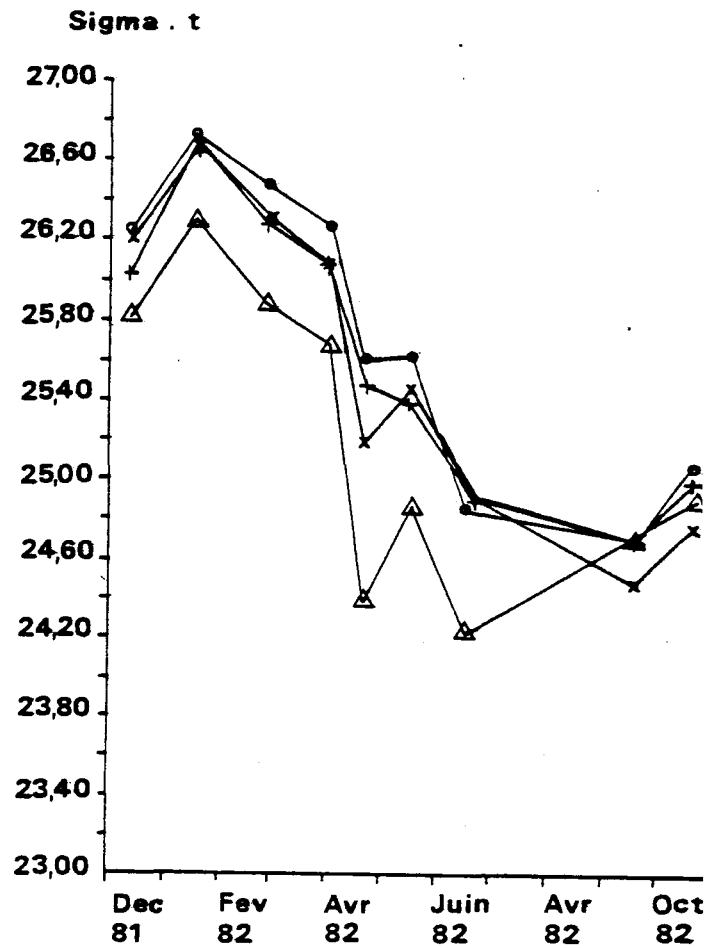


Fig II.B.5 : Densité par station , niveaux mélangés

constate en même temps un gradient 0-5 m de 0,024 ‰ au point côte, de 0,021 ‰ au point médian et de 0,048 ‰ au point large, les salinités les plus fortes se trouvant à 5 mètres. Le cours de l'Aa est alors relativement faible (Fig. I.B.4) et en décroissance quasi-constante. Cette hypothèse de dérive en provenance du Nord-Est se trouve à nouveau confirmée par les observations du R.N.O. dont la date de prélèvement sur le site de Dunkerque coïncide avec celle de la sortie durant laquelle nous avons observé la dessalure (20 avril 1982). Le tableau suivant* qui retrace l'évolution des salinités aux stations 1 et 3 du site R.N.O. de Dunkerque en 1982, montre bien la superposition avec nos observations.

Salinité ‰		
Date	Station 1	Station 3
14.1	33,15	33,15
3.2	33,56	33,70
9.2	31,43	33,58
23.2	33,39	33,60
15.3	33,29	33,46
29.3	33,67	33,81
20.4	30,77	31,91
3.5	32,50	32,74
10.5	33,39	33,58
1.6	33,84	34,08

Cette dessalure, à laquelle on peut attribuer une durée minimale de 15 jours, a affecté la région le 20 avril selon un gradient NE-SW le long de la côte allant de 30,77 ‰ à Dunkerque, 32,84 ‰ au point médian de la radiale de Gravelines, et 33,25 ‰ au point Hors-Zone.

La seconde dessalure caractéristique de ce cycle d'étude, qui se produit en pleine période pluvieuse du mois d'octobre, correspond plutôt à un retour brutal à des salinités saisonnières normales, en même temps que le débit de l'Aa se renforce.

* Je remercie Monsieur Michel Joanny, du Réseau National d'Observation, pour la communication des données 1982 du site de Dunkerque.

En dehors de ces deux périodes remarquables, le comportement de ce paramètre est plutôt stable au vu de notre échantillonnage, surtout durant la période précédant la dessalure d'avril.

La station large se distingue alors nettement des autres stations par ses salinités supérieures.

2.3. Densité (Fig. II.B.5)

La conjugaison des variations de la température et de la salinité détermine celles de la densité. C'est ainsi que la dessalure d'avril provoque une chute de la densité de l'eau, amplifiée par l'augmentation rapide de la température en cette période. Inversement, la dessalure d'octobre a tendance à restreindre l'augmentation de la densité due à la diminution de température.

Plus encore pour la densité que pour la température, le gradient côte-large est renforcé en raison du rejet échauffé de la centrale : en effet, alors que le gradient thermique naturel côte-large est renforcé en été, mais inversé en hiver par l'effluent échauffé, le gradient de densité est renforcé été comme hiver, en été par l'élévation de la température, et en hiver par l'élévation de la température et par le gradient naturel de salinité conjugués.

Pour ce paramètre (comme pour la température dont il dépend directement) les campagnes in situ montrent l'importance des conditions climatiques et de l'état de la mer. Par temps très calme la tache thermique s'étale en fonction des courants mais, semble-t-il, de façon nettement stratifiée. La question qui reste essentiellement à résoudre est de savoir si cette structure stratifiée est détruite à chaque renverse de courant ou s'il ne pourrait pas se trouver un jour des conditions assurant la stabilité de cette structure suffisamment longtemps pour permettre le développement d'un phénomène d'eaux colorées.

2.4. Matières en suspension - Transparence de l'eau

L'année 1981 avait été une année de changement dans le comportement du gradient côte-large de teneurs en matières en suspension (M.E.S.). En effet, le point côtier avait montré une modification vers

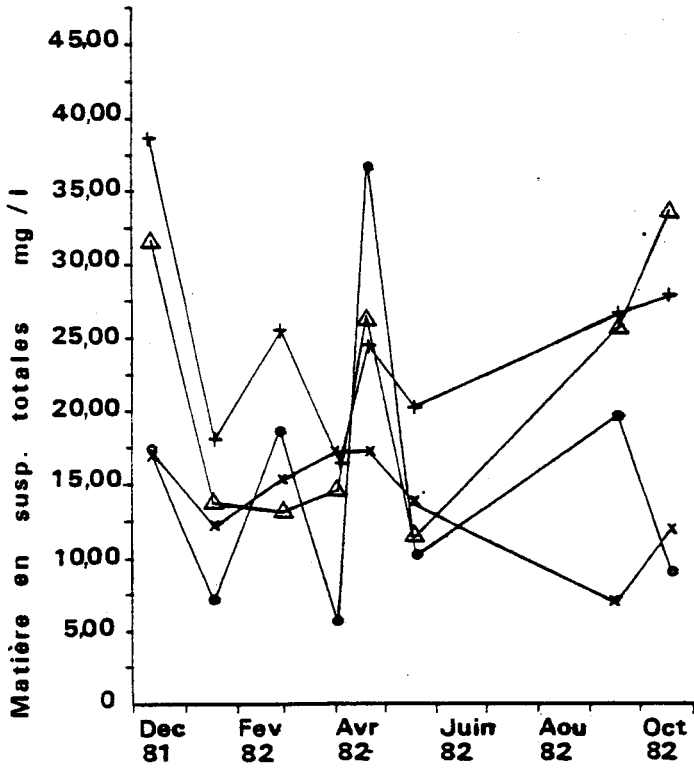


Fig II.B.6 : Matières en suspension

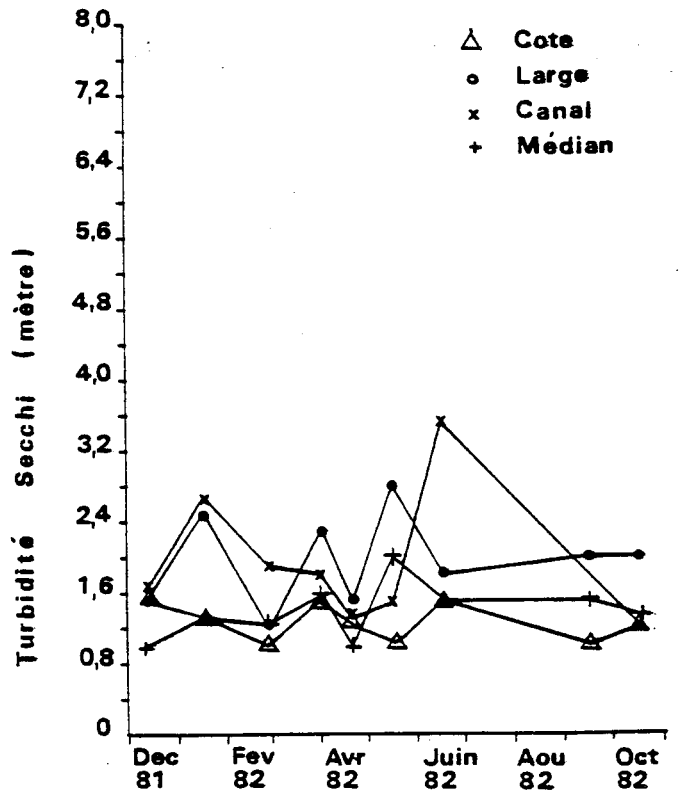


Fig II.B.7 : Profondeur de disparition du disque de Secchi

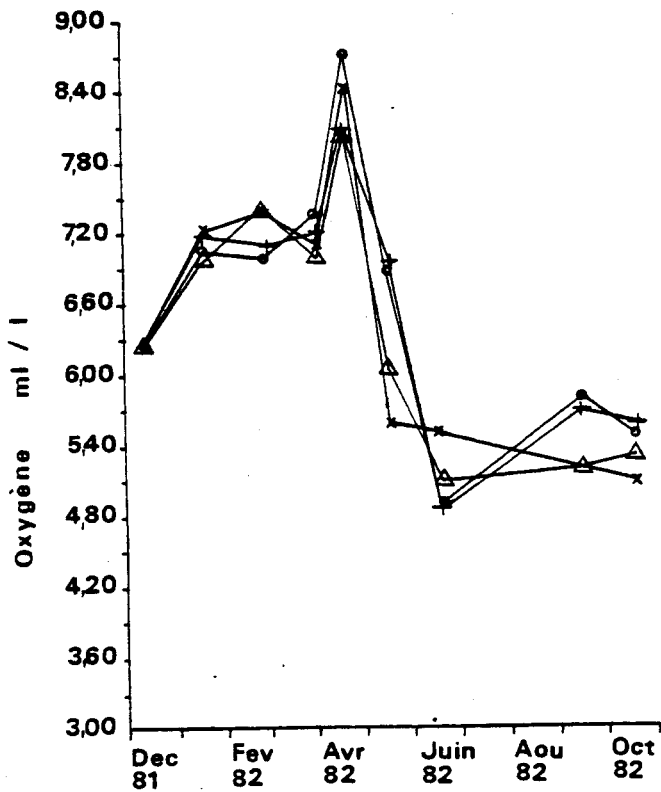


Fig II.B.8 : Teneurs en oxygène

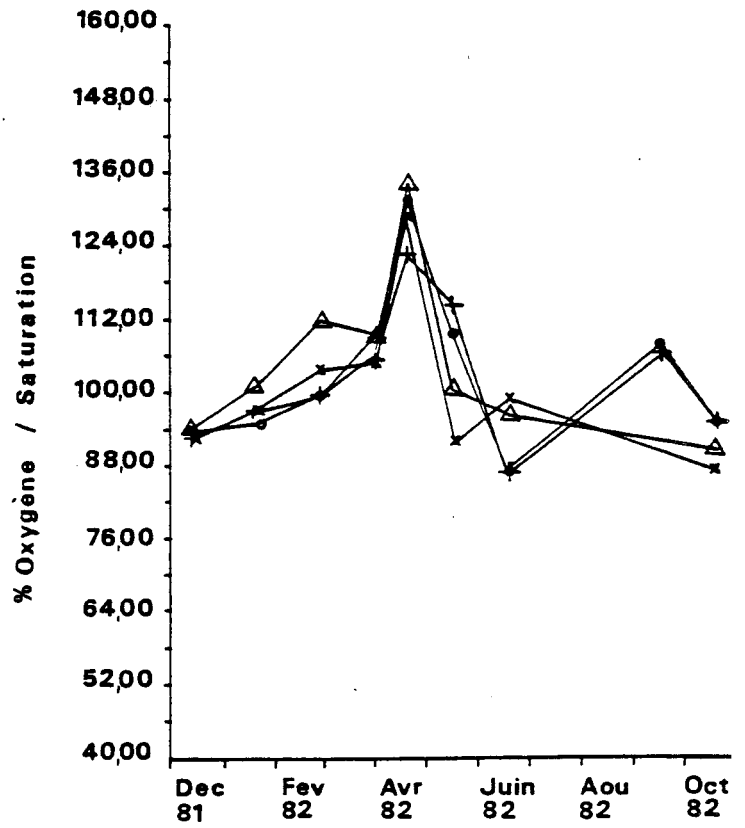


Fig II.B.9 : Saturation en oxygène

des moindres teneurs, en raison du fonctionnement de la centrale provoquant sur le site un apport d'eaux moins turbides issues de l'Avant-Port Ouest de Dunkerque. La figure II.B.6 confirme cette évolution excepté pour les deux dernières campagnes, lesquelles se sont déroulées à la limite du front thermique constaté au point côtier (cf. Fig. II.B.2) mais dont les prélèvements ont été effectués hors de la zone d'impact en raison de la dérive du navire. Les eaux du canal d'aménée ont un comportement beaucoup plus stable que celles des autres stations, ce qui confirme ce que nous venons de dire, et montre bien que la turbidité de l'eau peut souvent servir de traceur visible à l'extension de la tache.

La dessalure d'avril 1982 coïncide avec une augmentation sensible des teneurs en M.E.S., tout particulièrement au point du large.

La profondeur de disparition du disque de Secchi (Fig. II.B.7) se tient dans la fourchette des valeurs déjà observées. On remarque que les eaux de la station du large et du canal d'aménée offrent une transparence souvent proche l'une de l'autre. Les valeurs globales de ce paramètre (Fig. II.B.7) varient sensiblement de façon inverse à celles des teneurs en M.E.S., mais ne respectent pas toujours les mêmes rapports entre les stations d'une même campagne.

Au point côtier, les teneurs en M.E.S. à la surface sont en général inférieures à celles du fond. Cela est très sensible lors de la campagne d'octobre 1982, où l'on mesure 16,8 mg/l en surface et 51,3 mg/l au fond. Lors de la campagne d'avril, où l'eau était plus turbide en surface qu'au fond (17,5 mg/l contre 11,8), la teneur enregistrée au canal d'aménée était de 17,2 mg/l.

2.5. Teneur en Oxygène dissous

Les variations des teneurs en oxygène dissous (Fig. II.B.8), qui dépendent surtout de l'influence de la température et de la salinité (pour les paramètres physiques) et de l'activité photosynthétique (pour les paramètres biologiques), présentent des valeurs comprises entre 4,8 ml/l en été et 8,70 ml/l lors de la dessalure d'avril 1982, alors que les valeurs hivernales avoisinent 7,2 ml/l. Le pic d'avril, qui peut être favorisé par la baisse de salinité, est surtout dû à la

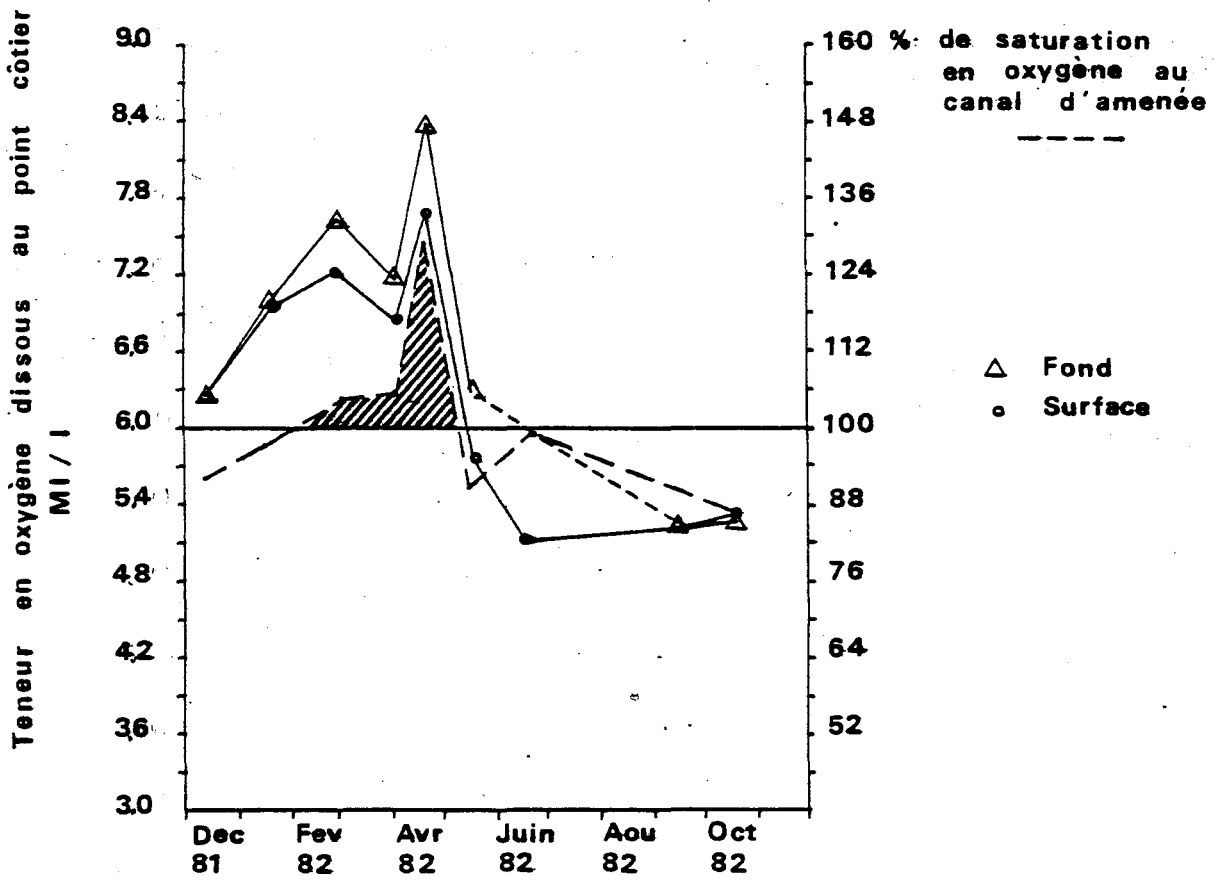


Fig II.B.10: Impact du transit sur la teneur en oxygène dissous

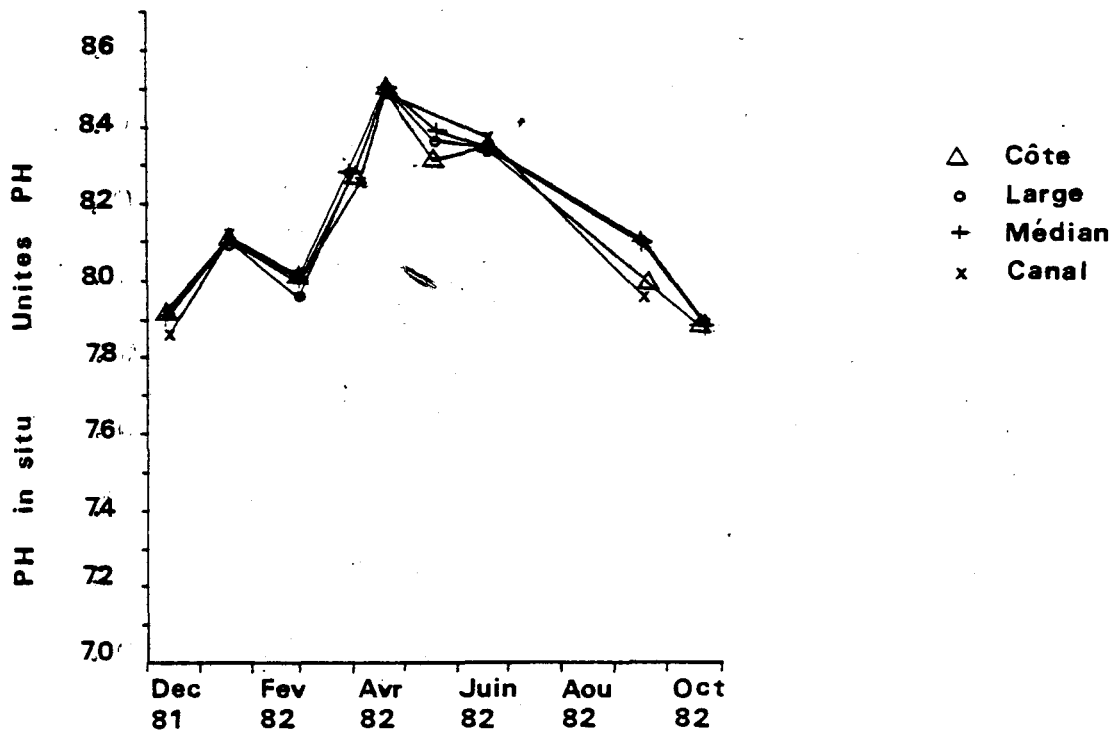


Fig II.B.11 : PH

forte activité photosynthétique de cette période.

La station canal d'amenée montre des teneurs très proches de celles observées sur la radiale, légèrement inférieures en mai, et supérieures en juin. Compris en moyenne entre 90 et 110 %, le pourcentage de saturation passe par un pic élevé (130 %) lors de la dessalure d'avril (Fig. II.B.9).

Le gradient surface-fond au point côtier (Fig. II.B.10) indique clairement la tendance à l'appauvrissement en oxygène de l'eau en surface. Ceci est dû à deux raisons :

1) l'échauffement lors du transit diminue le pouvoir de solubilité de l'oxygène de l'eau.

2) l'agitation mécanique lors du transit, qui se fait sur une eau (celle du canal d'amenée) sursaturée en oxygène, provoque un dégazage.

C'est ce que l'on observe nettement sur la figure II.B.10, laquelle montre que, lorsque le pourcentage de saturation en oxygène de l'eau à l'entrée de la centrale dépasse la barre de 100 %, l'impact mécanique provoque un dégazage. Seule exception, la campagne de mai 1982, pour laquelle l'échauffement, assez important semble-t-il, (cf. Fig. II.B.2) a appauvri une eau sous-saturée en oxygène (≈ 90 % de saturation), en allant à l'encontre de l'oxygénation que l'on aurait pu attendre de l'effet mécanique.

2.6. pH (Fig. II.B.11)

Ses variations sont comprises entre 7,9 et 8,5 environ, avec son maximum très marqué en avril, période de dessalure et surtout d'intense production primaire. Les variations observées entre les points lors d'une même campagne ne sont significatives d'aucun gradient caractérisé. On n'observe par ailleurs aucune différence sensible entre les pH enregistrés au point côtier en surface (soumis à l'impact) et au fond.

2.7. Sels nutritifs

On retrouve globalement l'évolution saisonnière habituelle des stocks de sels nutritifs avec reconstitution du stock en hiver et consommation par les populations phytoplanctoniques au printemps et en été.

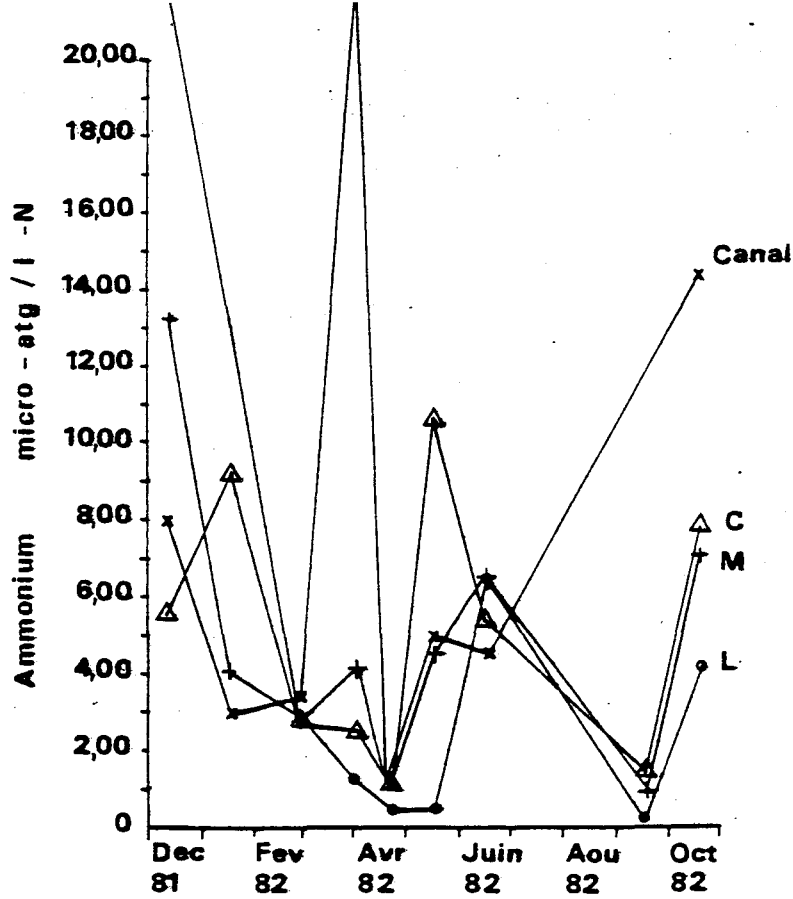


Fig II.B. 12 : Ammonium

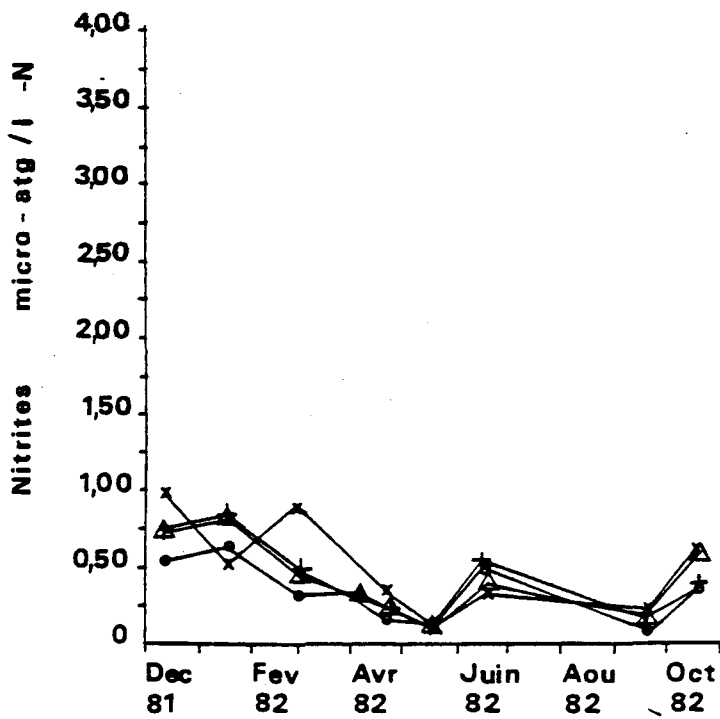


Fig II.B. 13: Nitrites

Néanmoins, la caractéristique de ce cycle d'étude semble résider dans une anarchie apparente par des enrichissements de certains sels à certaines périodes, ne concernant pas les autres sels, et aussi par une déstabilisation du gradient côte-large couramment observé les années antérieures.

a) ~~Sels azotés~~

C'est ainsi que l'ion ammonium présente de fortes teneurs en décembre 1981 et en janvier 1982 au point du large, selon un important gradient côte-large croissant (Fig. II.B.12).

La dessalure de la fin avril ne coïncide pas pour ce sel avec une augmentation des concentrations, mais au contraire à une chute commune à toutes les stations, liée très vraisemblablement à la consommation du stock par *Phaeocystis* (cf. IV.D.4).

La fin du cycle d'étude pour l'ion ammonium retrace un comportement inverse de celui des teneurs en chlorophylle (cf. IV.B.1), exprimant bien ainsi le faible temps de réponse de cet ion aux variations de l'état des populations planctoniques. Excepté pour la campagne de juin 1982, le gradient côte-large décroissant, classiquement observé, est établi d'avril à octobre, en particulier pour le point du large.

On n'observe pas au point côtier de différence sensible entre la surface et le fond, qui serait significative d'une influence de la centrale dans la couche de surface.

Les nitrites (Fig. II.B.13) ont un comportement bien homogène aux différents points d'échantillonnage, sauf au canal d'amenée, point qui révèle des variations inverses de celles des autres points en début de cycle. La dessalure d'avril se produit en pleinedécroissance de ce sel, sans influence apparente. L'augmentation sensible du stock en juin 1982, qui se produit en même temps qu'un regain de l'activité phytoplanctonique, est dû sans doute à la nitrification de l'ion ammonium qui présente un pic à la campagne précédente, pic qui se prolonge à cette période.

Comme pour l'ion ammonium, on n'observe pas de différence sensible entre la surface et le fond au point côtier.

Les nitrates (Fig. II.B.14) terminent la reconstitution de leur stock en janvier 1982, mais montrent curieusement en février,

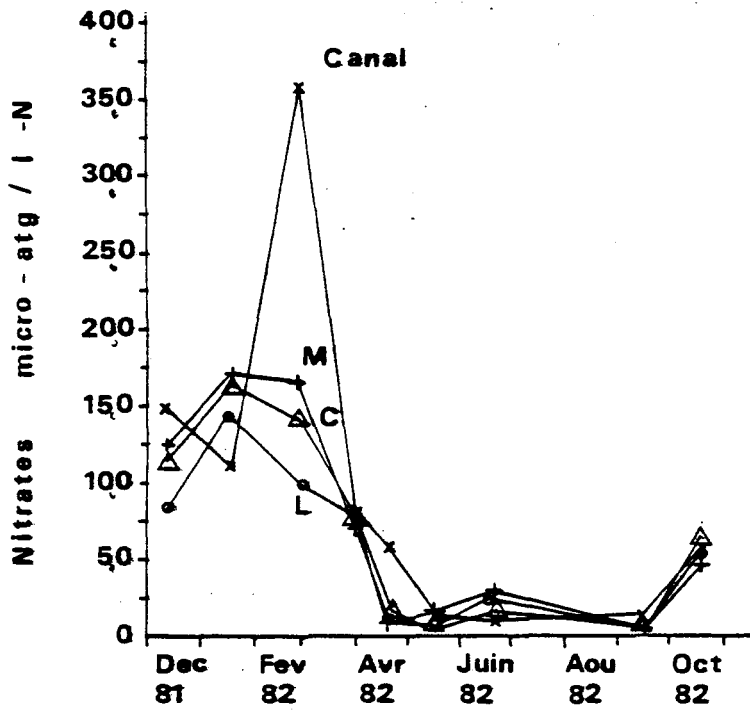


Fig II. B. 14 : Nitrates

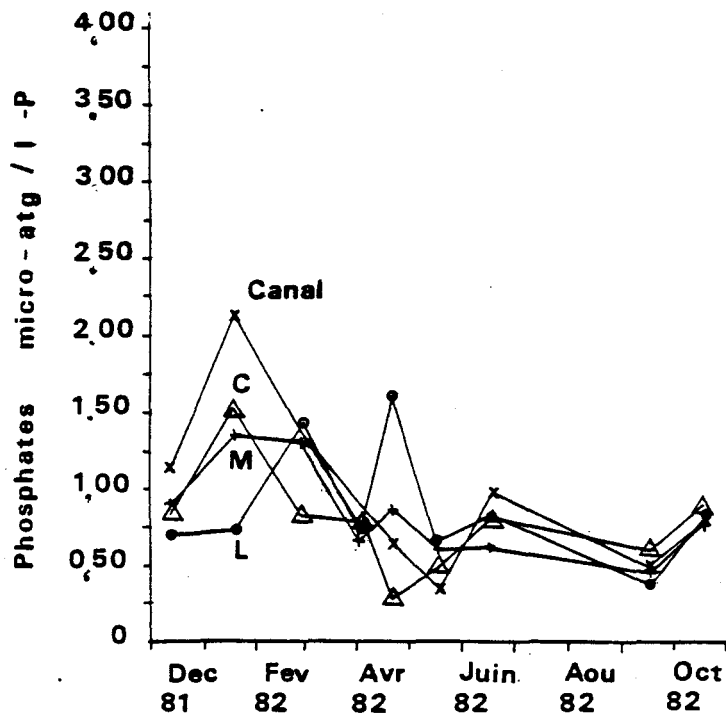


Fig II. B. 15 : Phosphates

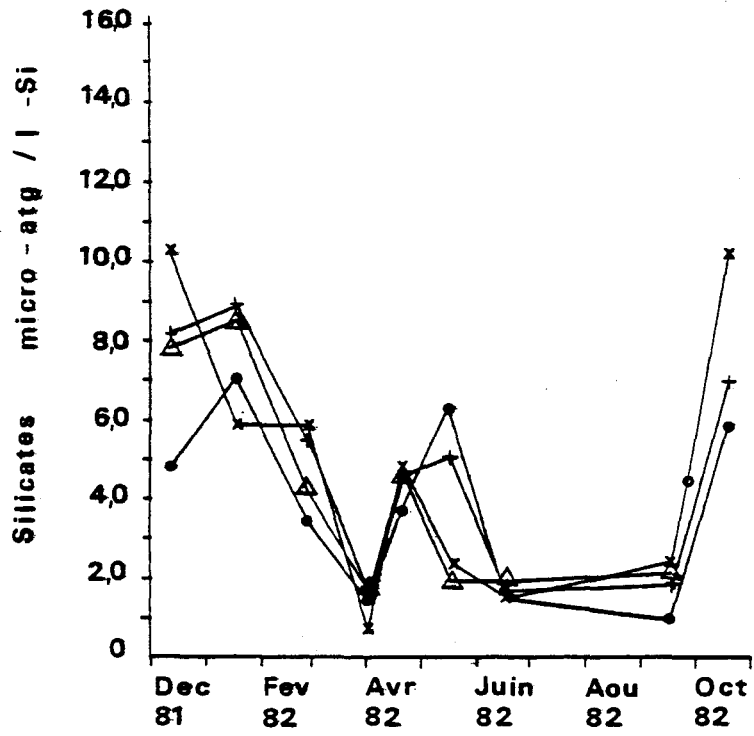


Fig II.B.16 : Silicates

alors que le bloom phytoplanctonique est commencé, des valeurs importantes, surtout au canal d'amenée. Nous n'avons pas vu d'explication satisfaisante à la conservation tardive du stock des nitrates. Comme pour les nitrites, et après l'ammonium, on enregistre une légère remontée de ses concentrations en juin. Pas de gradient surface-fond ici non plus au point côtier.

b) ~~Phosphates~~ (Fig. II.B.15)
 ++++++

On notera surtout le gradient côte-large décroissant de ce sel en janvier 1982, ce qui ne surprend pas mais contraste particulièrement avec un gradient inverse nettement établi en avril 1982, durant la dessalure.

Des différences parfois importantes apparaissent au point côtier entre la surface et le fond, mais l'instabilité de ces observations ne permet pas d'interprétation.

c) ~~Silicates~~ (Fig. II.B.16)
 ++++++

Excepté la campagne de fin-avril, les teneurs en silicates respectent une évolution systématiquement inverse de celle de la chlorophylle. L'enrichissement, qui coïncide avec la dessalure, est peut-être dû au fait que l'abondance de *Phaeocystis* n'a pas nui à ce stock, cette espèce nanoplantonique ne possédant pas de frustule siliceux. A la chute des populations phytoplanctoniques en octobre correspond une restauration très rapide du stock des silicates, vraisemblablement renforcé par des apports telluriques importants.

3. Conclusion

Les variations naturelles observées en 1982 sont marquées par une dessalure sans doute originaire du Nord-Est sous l'influence de courants de dérive. Cette dessalure ne semble pas affecter les teneurs en sels nutritifs, à l'exception des silicates, ce que confirment les données R.N.O. de Dunkerque. Le pH, la teneur en oxygène, ainsi que la teneur en matières en suspension présentent un pic à cette période.

Le fonctionnement de la centrale, s'il n'affecte pas les points médian et du large dans nos conditions de prélèvement, influe sur les paramètres physico-chimiques de l'eau au point côtier. Lacaractéristique essentielle de cet impact est le gradient surface-fond observé

(sans doute avec stratification par mer calme) pour la température, les teneurs en oxygène dissous et en matières en suspension. L'eau étant généralement sursaturée en oxygène dissous, on observe dans ces conditions un dégazage par effet mécanique lors du transit. Cet effet est encore amplifié par l'échauffement. Le gradient thermique surface-fond observé détermine celui de la densité.

Cet impact au point côtier perturbe le gradient côte-large naturellement observé au cours des années antérieures. Ceci concerne surtout la température, la densité et la teneur en matières en suspension. Ces dernières apparaissent de plus en plus, en complément des études entreprises, comme un traceur possible de l'extension de l'influence du rejet par le moyen de la photographie aérienne.

BIBLIOGRAPHIE

Chapitre II. Hydrologie.

BANSE K., FALLS C.P. et HOBSON L.A.T., 1963 - A gravimetric method for determining suspended-matter in sea water using Millipore filters. Deep-sea research, 1963, Vol. 10, PP. 639 - 642.

KOROLEFF F., 1969 - Direct determination of ammoniac in natural waters as indophenol blue. Int. Cons. Explor. Sea C.M. 1969/C : 9 : pp. 19-22.

TREGUER P. et LE CORRE P., 1974 - Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer (utilisation de l'autoanalyseur II, Technicon R). Labor. Océan. Chim. Uni.Bret.Occ.Brest, PP. 59.

CHAPITRE III

MICROBIÓLOGIE

par R. DELESMONT
et J.M. DELATTRE

INSTITUT PASTEUR DE LILLE

INTRODUCTION

L'étude de surveillance écologique du site de Gravelines s'est déroulée pour la 3^e année, sans incident, du 01.11.81 au 31.10.82, selon les indications du contrat CNEXO / IPL N° 81 / 6643: prélèvements hebdomadaires au point "Digue", prélèvements bimensuels aux points "Médian" et "Prise d'eau".

I - MATERIEL ET METHODES

Le matériel de prélèvement et les méthodes d'analyses demeurent inchangés par rapport au contrat précédent. On peut cependant noter une modification dans le dénombrement des vibrions halophiles pour en améliorer la précision (3 tubes par dilution décimale au lieu d'un seul).

II - PARAMETRES MESURES

- Température
- Dénombrement des germes totaux par épifluorescence
- Dénombrement des germes aérobies viables sur gélose 2216 E de ZoBell
- Dénombrement des vibrions halophiles et identification
- Dénombrement des *Escherichia coli* en milieu liquide
- Dénombrement des streptocoques fécaux en milieu liquide
- Mesure du potentiel hétérotrophe (fractions assimilée et respirée)
- Dosage du chlore libre (méthode à la D.P.D.)
- Dosage des haloformes volatils (8 molécules)

III Points Mesurés

III - 1. Point Digue

Les résultats des mesures hebdomadaires sont portés dans le tableau n°1 et discutés ci-dessous. Pour permettre la comparaison avec les années précédentes deux représentations ont été retenues;

- l'une figure les valeurs hebdomadaires,
- l'autre les moyennes mensuelles.

Pour chaque paramètre, l'état de référence est assimilé à la moyenne de 1976.79, période ayant précédé la mise en service progressive de la centrale.

Le fonctionnement maximal de la centrale est, pour l'instant, représenté par la période 1980.81. En effet 1982, étudiée ici, marque un net retrait en puissance électrique produite par rapport à l'année précédente.

III - 1.1. Température

Valeurs moyennes annuelles:	1976.79:	10,71°C
	1979.80:	11,89°C
	1980.81:	13,30°C
	1981.82:	13,50°C

L'élévation de température moyenne par rapport à la période de référence s'établit à + 2,8°C.

On peut remarquer que la période étudiée a été marquée par un échauffement naturel, rapide et important, en Mai et en Juin. Mais les températures maximales sont restées égales à celles atteintes en 1981, du fait d'une très faible activité de la centrale en Août et Septembre (fig. III.1 et III.2).

III - 1.2. Dénombrement des germes totaux

Moyennes:	1976.79:	2,04 10 ⁶	/ml (Millipore corrigé)
	1979.80:	2,20 10 ⁶	/ml (Nucléopore)
	1980.81:	2.25 10 ⁶	/ml (Nucléopore)
	1981.82:	2.06 10 ⁶	/ml (Nucléopore)

Ces nombres de germes sont donc toujours particulièrement constants: aucune prolifération globale de la microflore redevable à l'échauffement n'est observée. Le niveau hivernal se situe assez près du niveau de référence; l'anomalie relevée durant

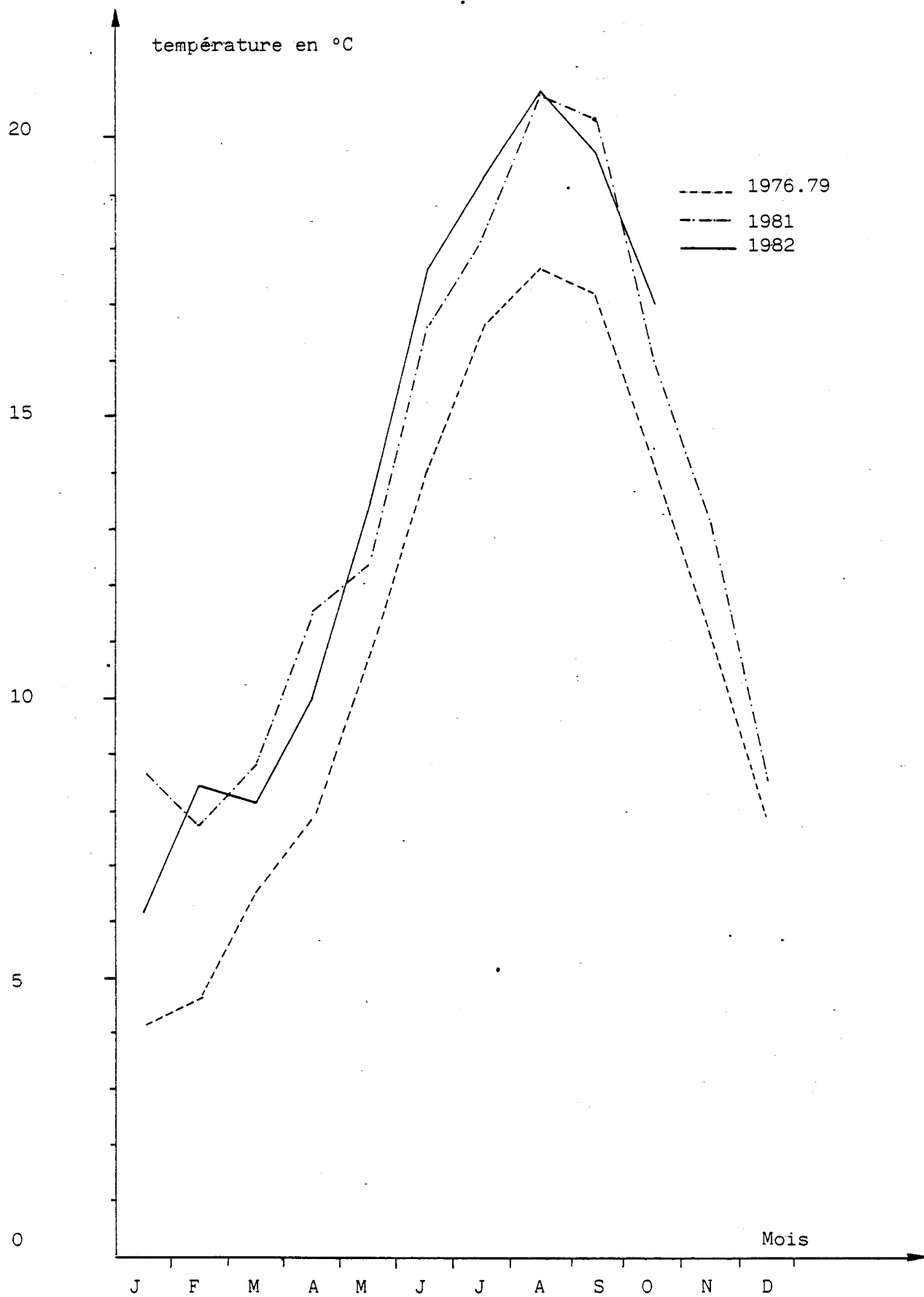


Fig. III.1 - TEMPERATURE DE L'EAU DE MER

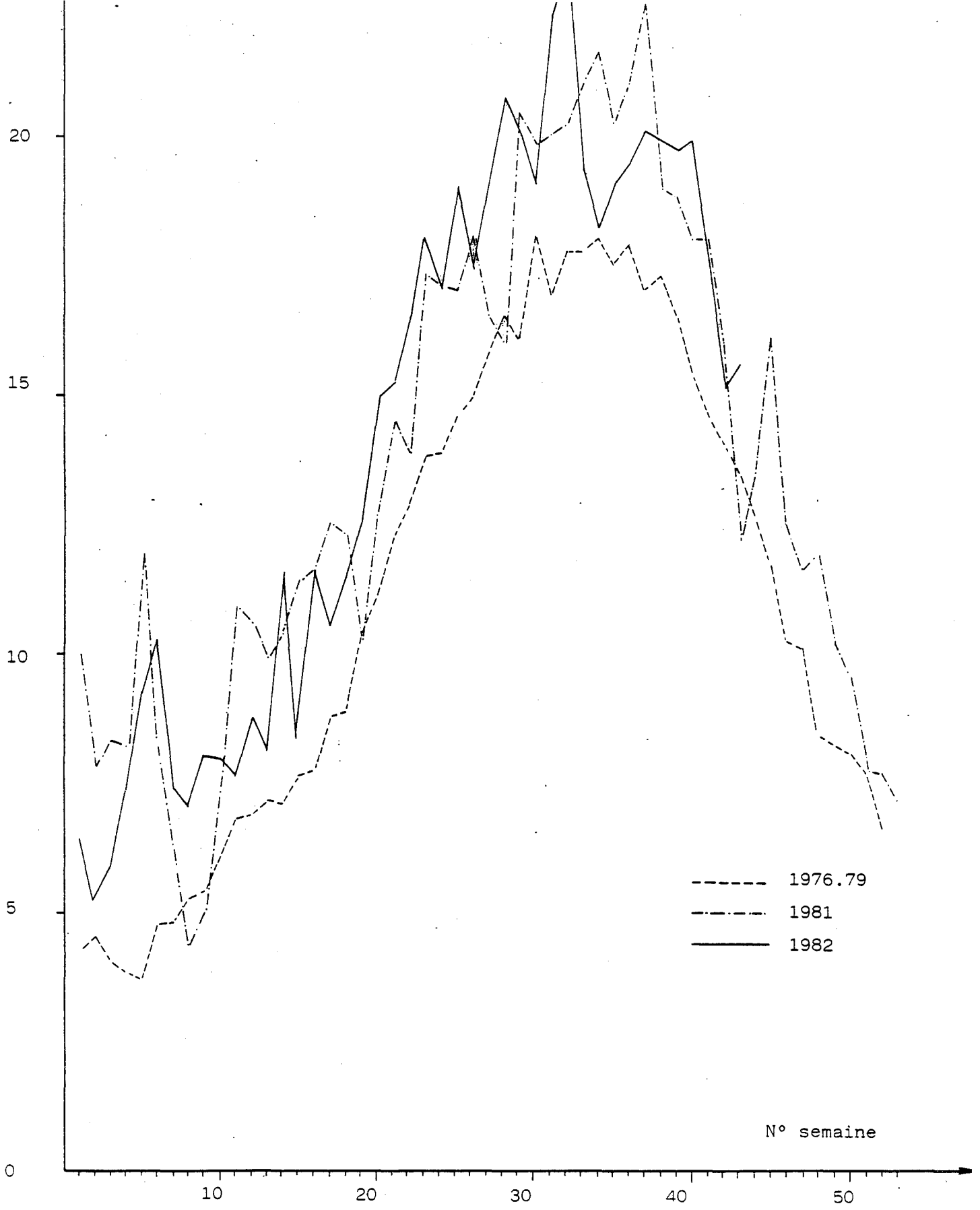


Fig. III.2 - TEMPERATURE DE L'EAU DE MER.

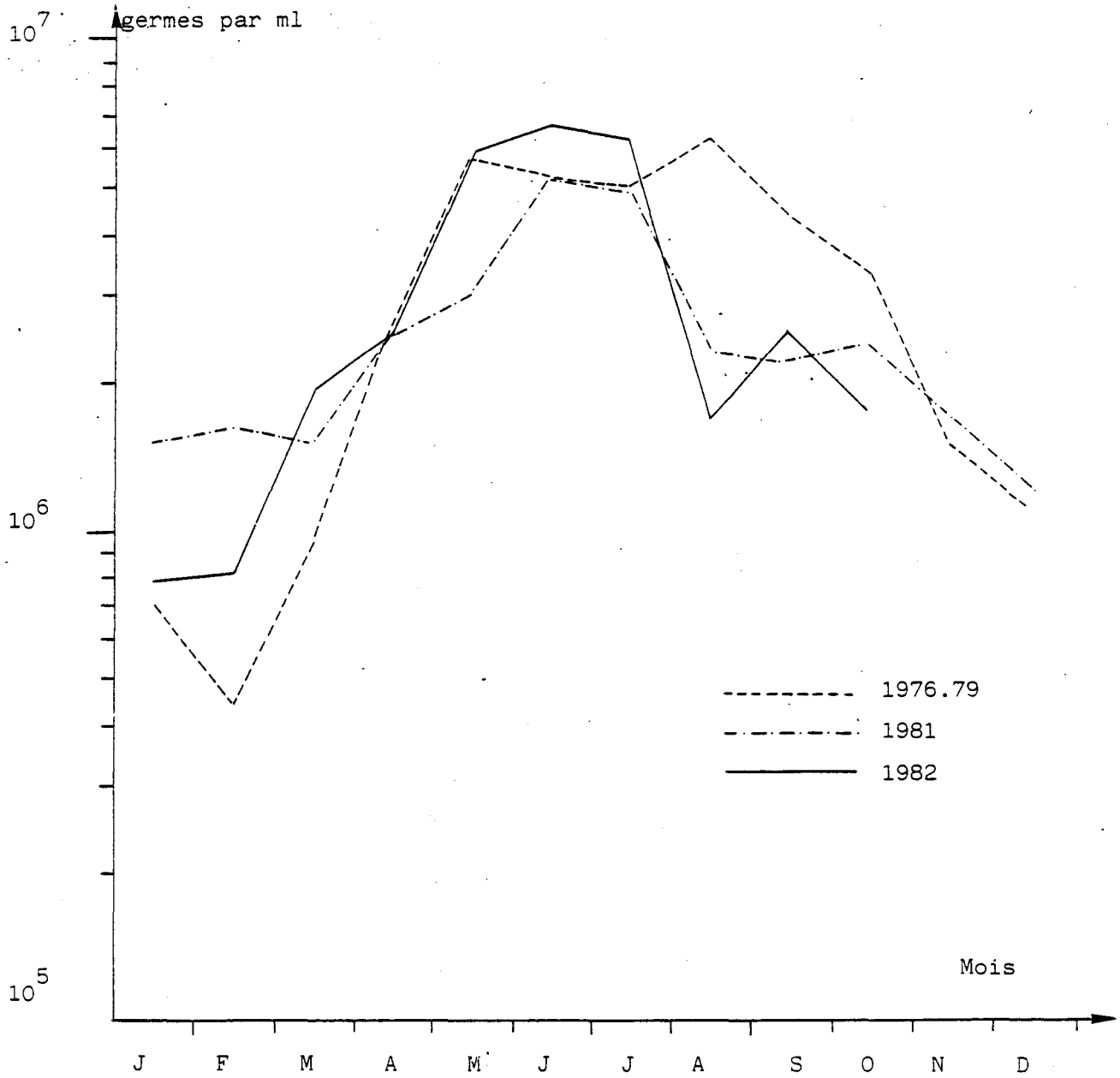


Fig. III.3 - DENOMBREMENT DES GERMES TOTAUX EN EPIFLUORESCENCE

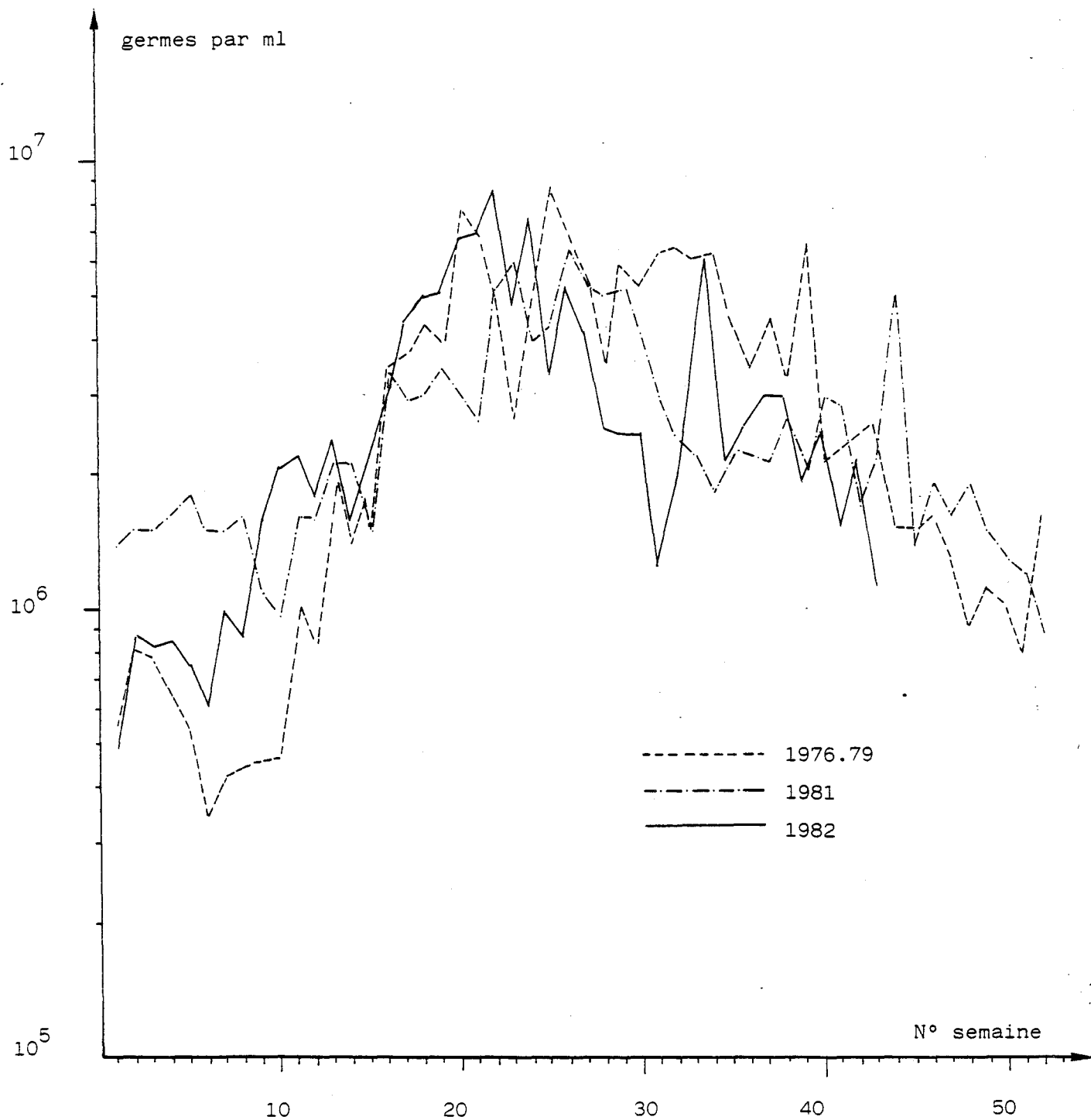


Fig. III.4 - DENOMBREMENT DES GERMES TOTAUX EN EPIFLUORESCENCE.

l'hiver 1980.81 ne s'est donc pas reproduite.

Par contre, la diminution du nombre de germes totaux observée les étés précédents s'est reproduite cette année en Aout (fig. III.3 et III.

III - 1.3 Germes aérobies viables (fig.III.5 et III.6)

Moyenne 1981.82: $1,7 \cdot 10^4$ /ml

Le retour à la normale des nombres de germes viables, qui se dessinait à l'automne 1981, a été confirmé sur toute la période étudiée et les moyennes retrouvent des valeurs comparables à celles de la période de référence. Comme les nombres de germes totaux restent constants, le pourcentage de germes viables par rapport à la microflore totale retrouve également les valeurs de la référence (3% environ).

III - 1.4. Pollution fécale (fig.III.7 et III.8)

En plus des *Escherichia coli* étudiés habituellement dans le cadre de la surveillance, cette année ont été réalisés des dénombrements de streptocoques fécaux (ainsi que des mesures de coliformes totaux). On peut ainsi apprécier la qualité de l'eau selon les critères des normes européennes de qualité des eaux de baignades:

classement obtenu: Qualité A- ~~B~~- C- D

% de qualité I (impérative) dépassée: 2,17%

% de qualité g (guide) dépassée: 97,83%

Valeurs moyennes: *Escherichia coli*: 23/100ml
streptocoques fécaux: 30/100ml

Les streptocoques fécaux sont assez bien corrélés avec les *Escherichia coli* ($r= 0.337$; 52 valeurs). La corrélation est inverse avec la température ce qui peut être mis en relation avec une survie des germes plus longue en hiver et des apports hydrauliques par l'Aa alors plus important.

germes par ml

10^5

10^4

10^3

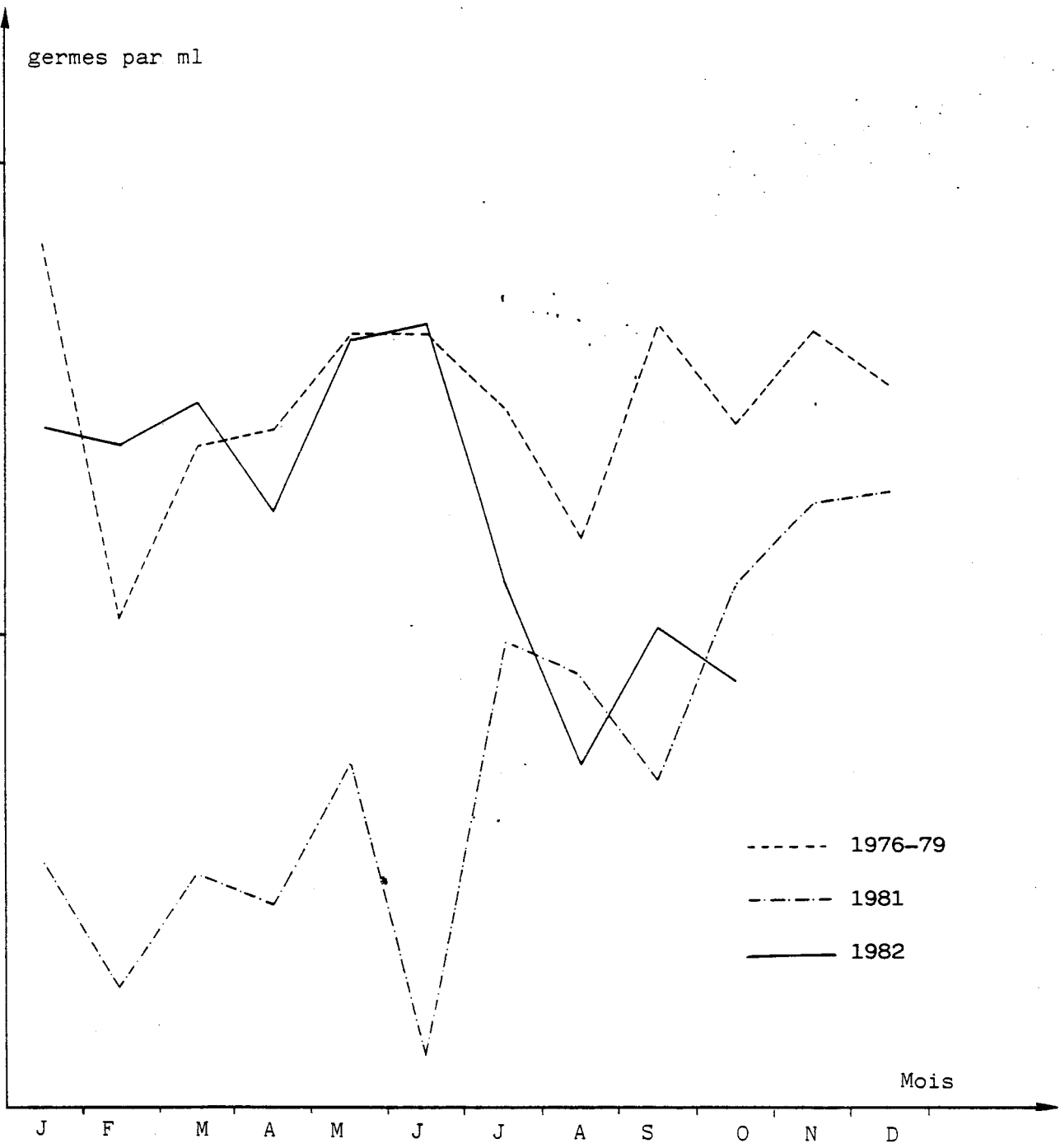


Fig. III.5 - DENOMBREMENT DES CERMES AEROBIES VIABLES SUR GELOSE 2216E DE ZOBELL.

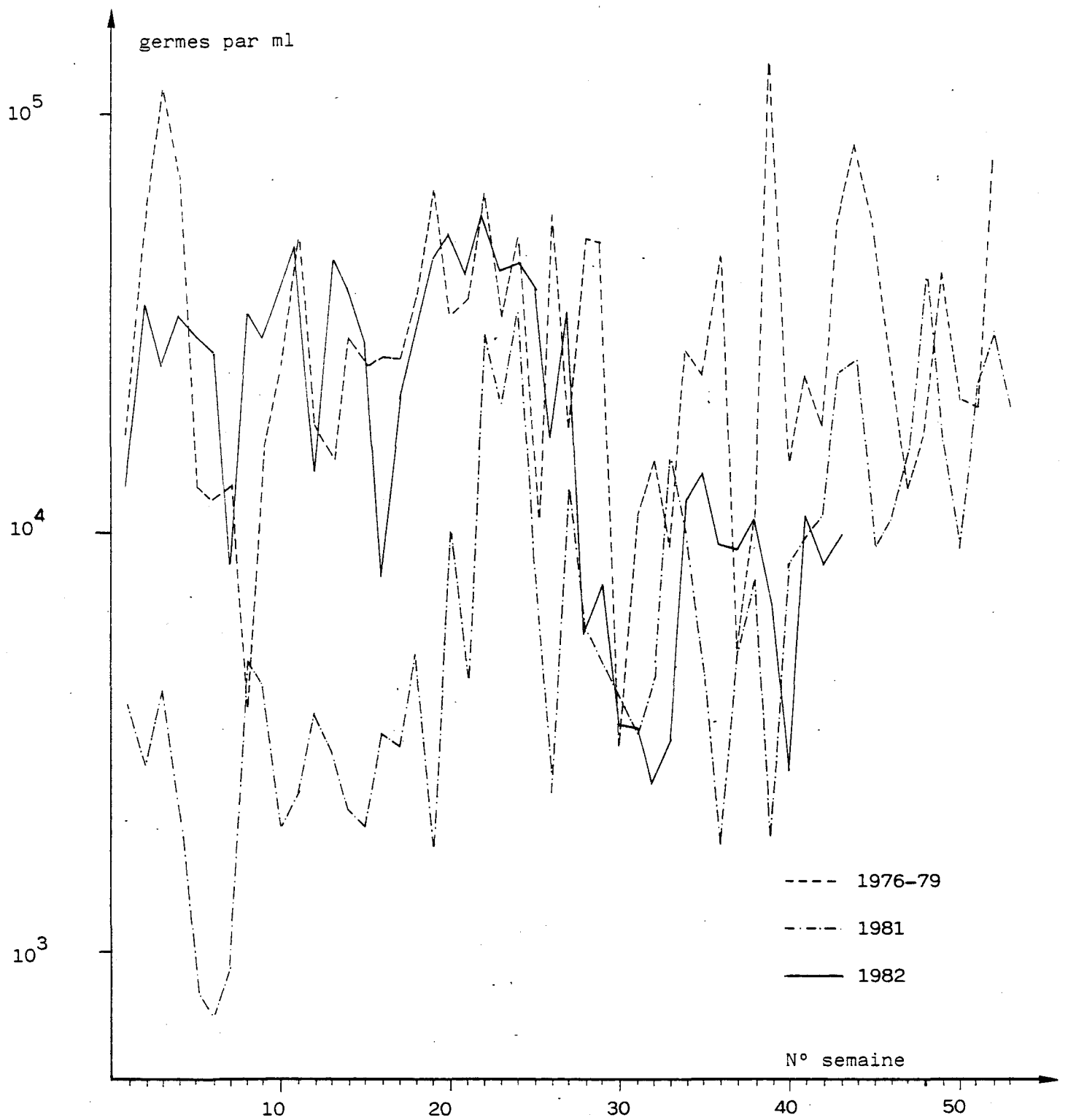


Fig. III.6 - DENOMBREMENT DES GERMES AEROBIES VIABLES SUR GELOSE 2216E DE ZOBELL.



Fig. III.7 - DENOMBREMENT DES ESCHERICHIA COLI.

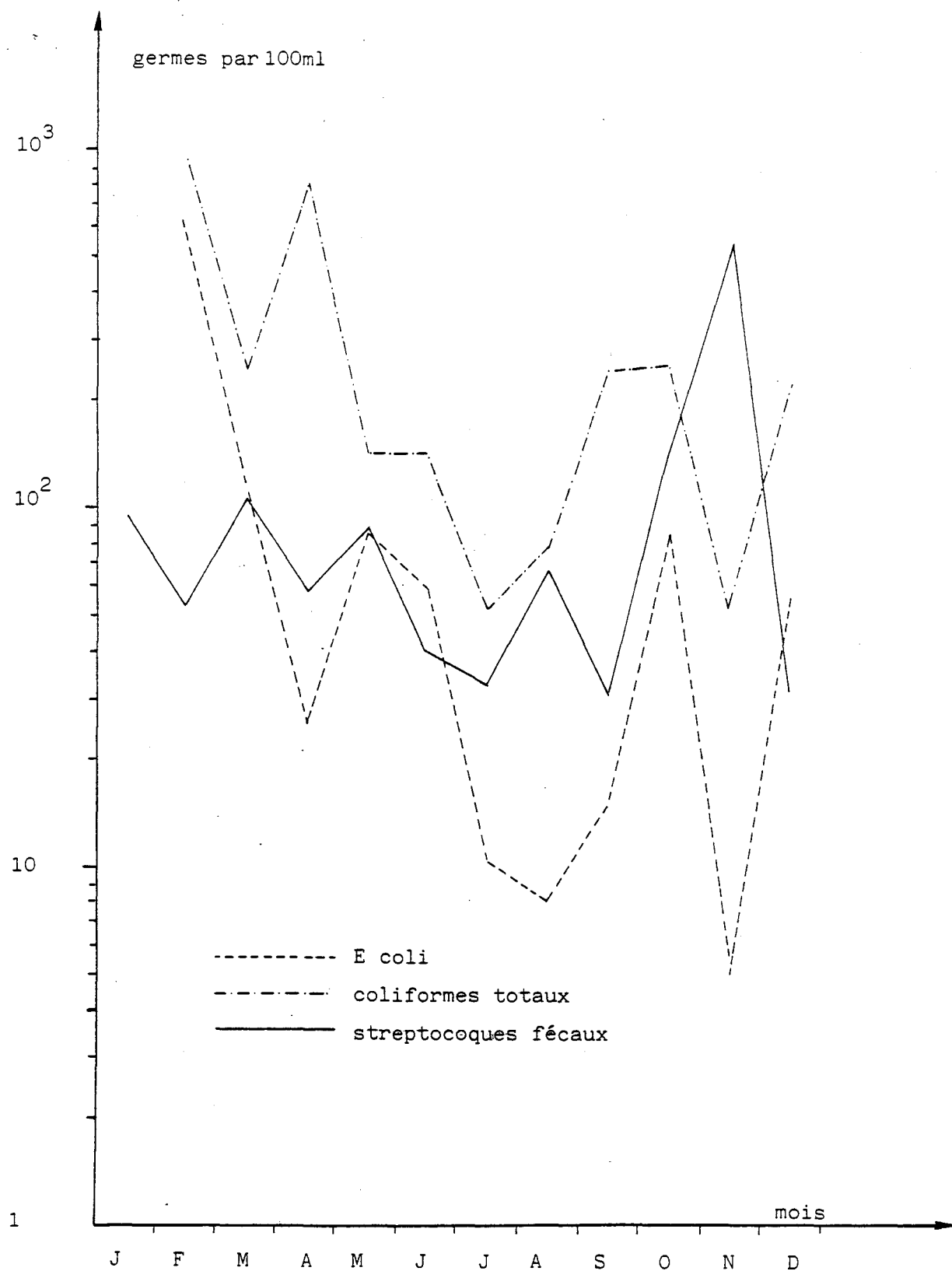


Fig. III.8 - DENOMBREMENT DES COLIFORMES TOTAUX, DES ESCHERICHIA COLI ET DES STREPTOCOQUES FECAUX.

III - 1.5. Vibrions halophiles (fig. III.9 et III.10)

Comme lors de la période précédente les concentrations maximales atteintes sont de l'ordre de 10^5 vibrions par litre, soit 100 fois les valeurs notées lors de la période de référence. La courbe annuelle présente les mêmes variations saisonnières que l'année 1980.81, à l'exception du maximum d'abondance qui se situe cette année en Juillet alors qu'il avait toujours été rencontré en Août-Septembre. Ceci est à rapprocher de la baisse d'activité de la centrale observée durant l'été après la rapide montée en température de l'eau de mer au printemps. Les concentrations en vibrions restent fortement corrélées avec la température de l'eau de mer.

$$\text{Log (vibrions/litre)} = 0,214 \theta^\circ - 0,594$$

($r = 0,801$; 52 valeurs)

On peut remarquer que l'amélioration de la précision du dénombrement (NPP, 3 tubes par dilution) permet l'obtention de coefficients de corrélation plus significatifs encore qu'en 76.80. L'équation de la droite ainsi mise en évidence permet de prévoir une disparition des vibrions halophiles au seuil de 1/ litre en dessous de 3°C ce qui était le cas en 1976.79. Cette disparition n'est plus observée au point Digue depuis deux ans, les températures étant toujours supérieures à 3°C .

III - 1.6. Activité hétérotrophe (fig. III.11 et III.12)

Durant toute la période étudiée aucun blocage de la production bactérienne n'a été observé ce qui confirme les dosages de chlore toujours négatifs au point Digue. Les vitesses d'absorption du glucose sont globalement comparables à celles des cycles antérieurs.

vitesses maximales d'absorption:

1979.80: $0,20 \pm 0,22 \mu\text{g/lh}$

1980.81: $0,19 \pm 0,19 \mu\text{g/lh}$

1981.82: $0,14 \pm 0,20 \mu\text{g/lh}$



III.9 - DENOMBREMENT DES VIBRIONS HALOPHILES (moyenne mensuelle).

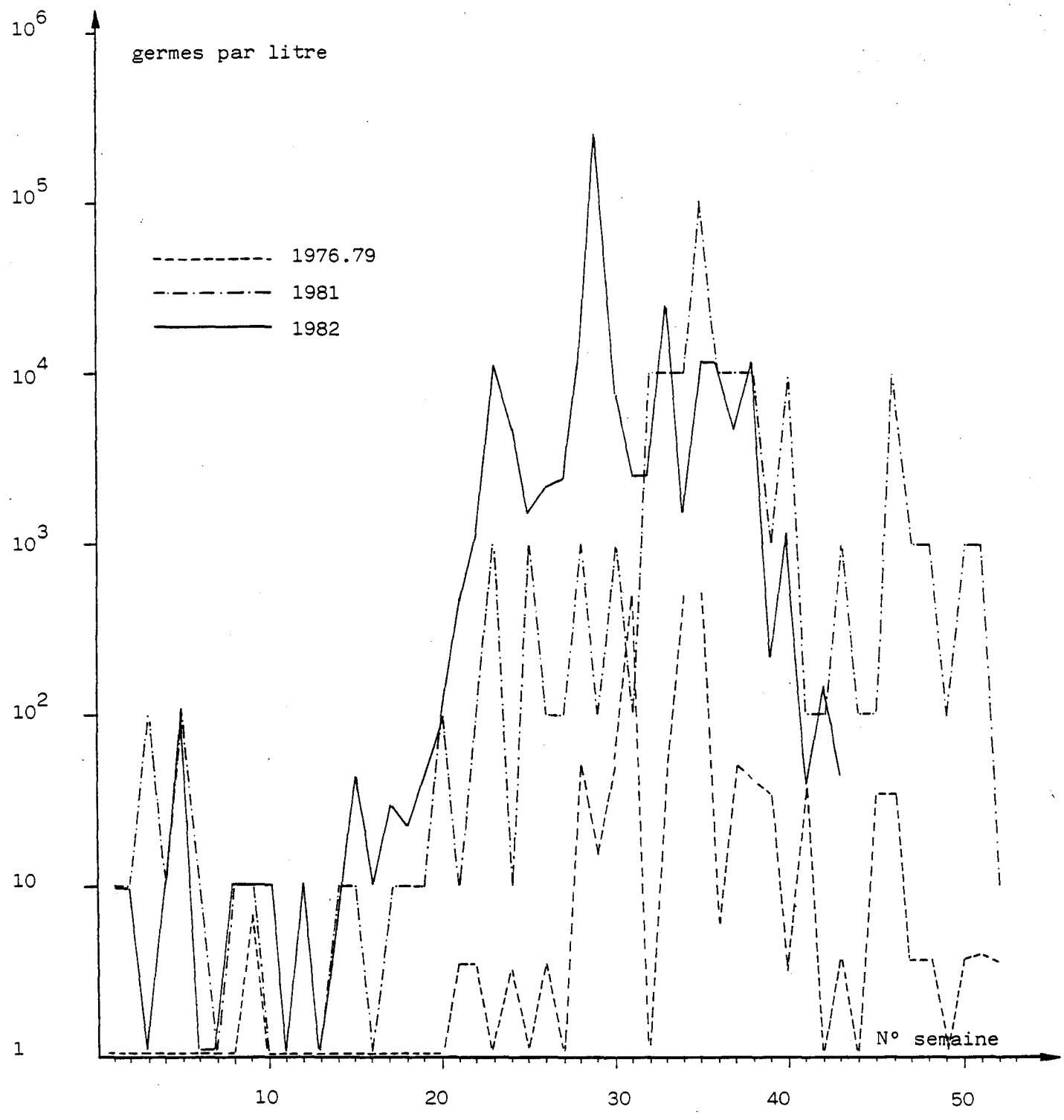


Fig. III.10 - DENOMBREMENT DES VIBRIONS HALOPHILES
(valeurs hebdomadaires).

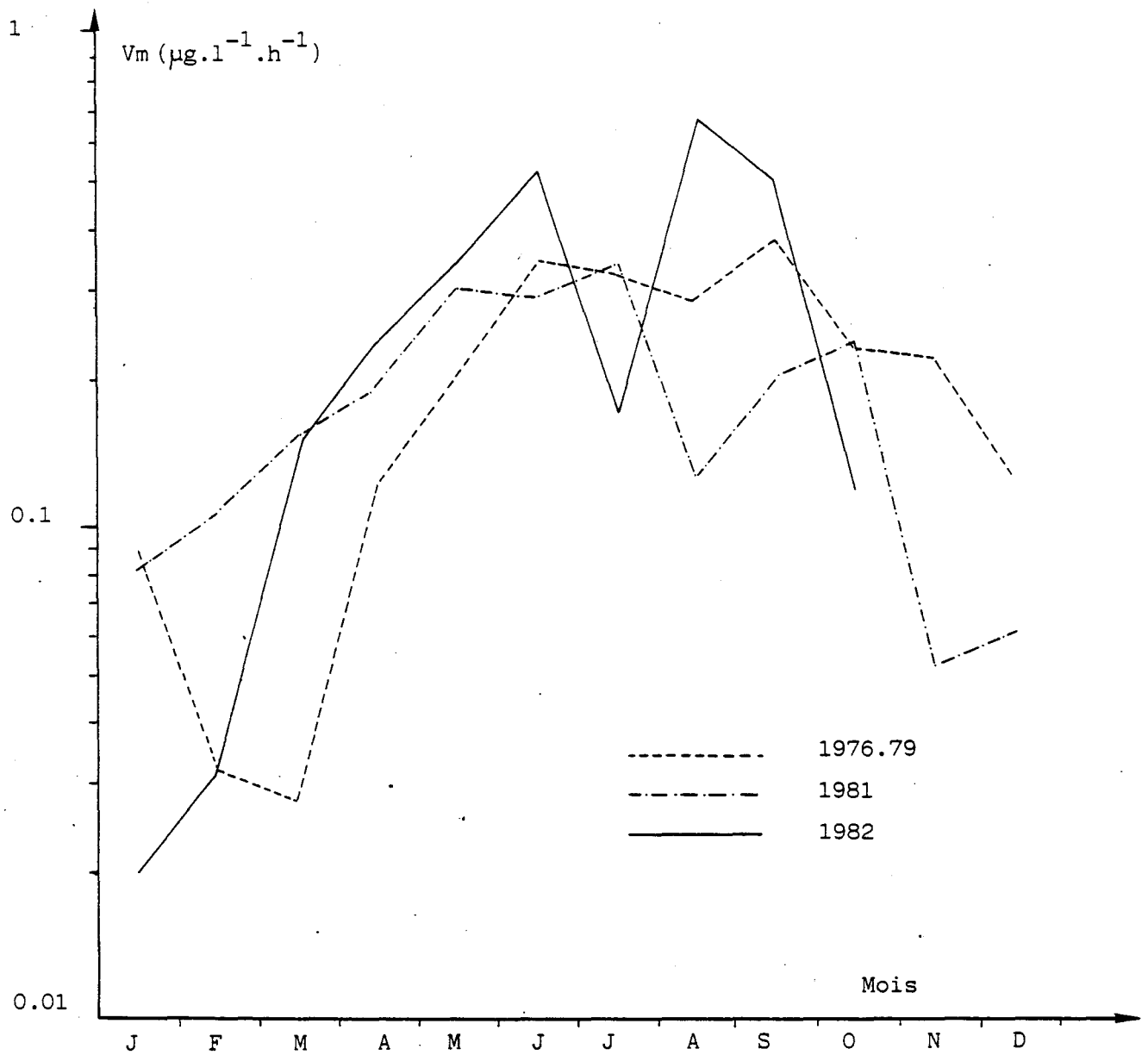


Fig. III.11 - ACTIVITE HETEROTROPHE (V_m). (valeur mensuelle).

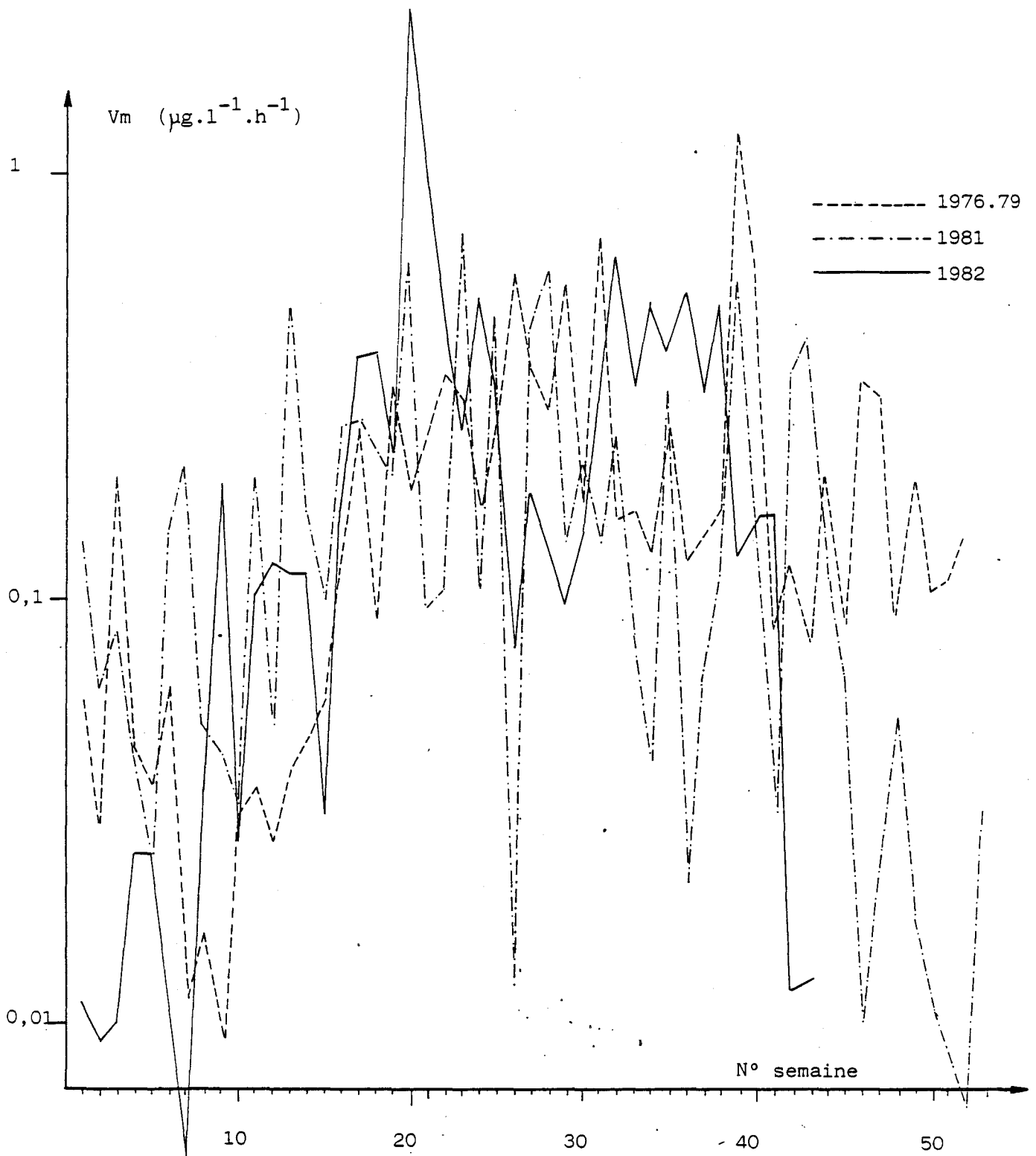


Fig. III.12 - ACTIVITE HETEROTROPHE (V_m) (Valeurs hebdomadaires).

On note cette année une activité très faible en hiver qui rejoint les niveaux obtenus durant la période de référence, contrairement au cycle précédent marqué par une activité hivernale plus forte.

De grandes variations existent toujours pour la fraction minéralisée en relation inverse avec la température.

Le niveau moyen du pourcentage minéralisé est conservé:

% respiré	1979.80:	(27,9 ± 8,8)%
	1980.81:	(26,4 ± 8,9)%
	1981.82:	(31,1 ± 8,6)%

III -1.7. Chlore et haloformes volatils (fig. III.13)

Les dosages de chlore se sont tous avérés négatifs au seuil de 0,05 mg/l.

Cependant la chloration de l'eau est parfaitement mise en évidence par les haloformes volatils, le bromoforme en particulier. Le point étudié est exempt des molécules recherchées en période hivernale.

Le bromoforme est détecté toutes les semaines à l'exception de la période s'étendant de la première semaine de Décembre à la dernière semaine d'Avril. Les doses de bromoforme rencontrées varient de 1 à 7 µg/l comme lors du cycle précédent. Le seuil de détection est de 0.2 µg/l.

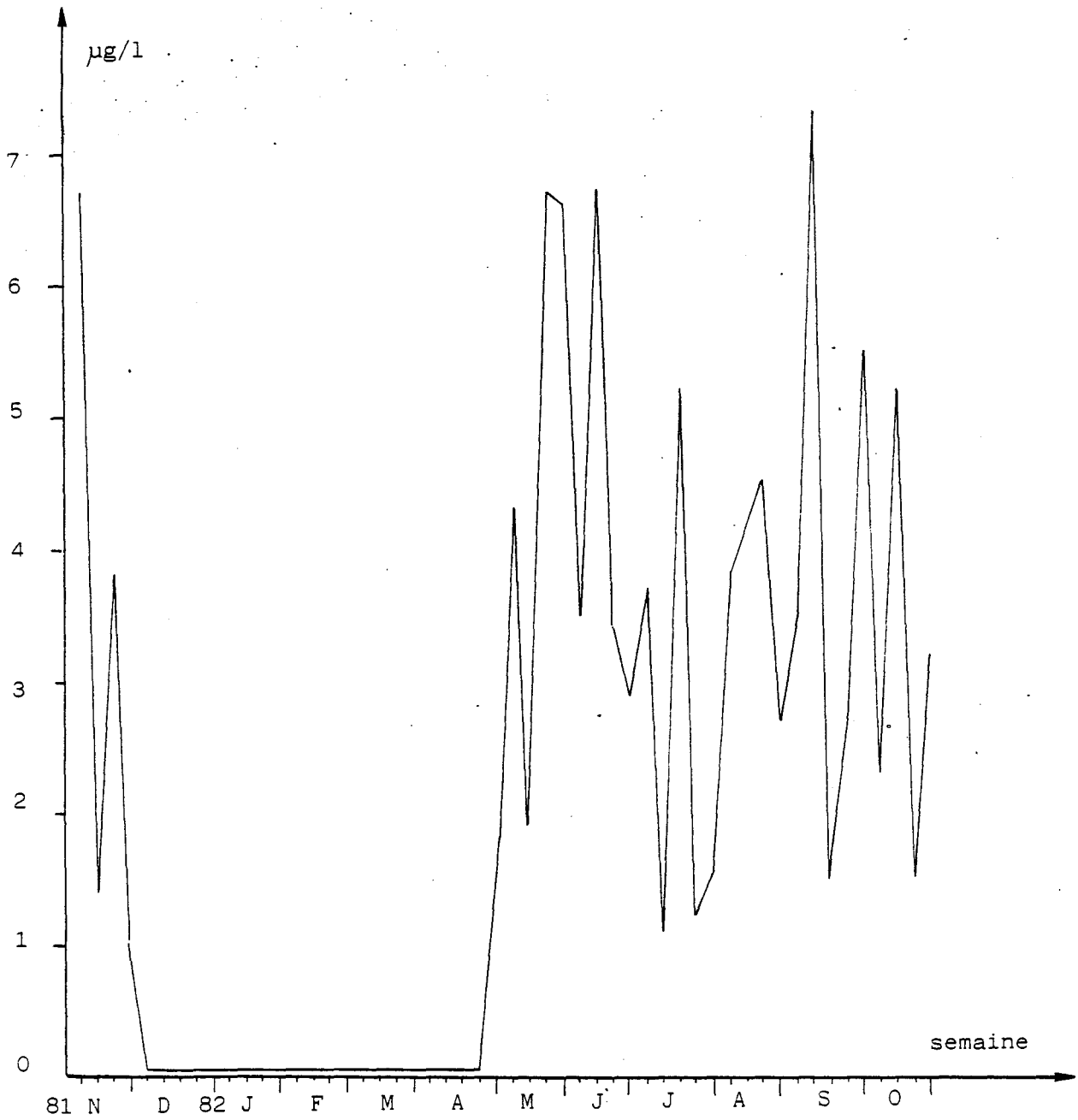


Fig. III.13 - DOSAGE DU BROMOFORME.

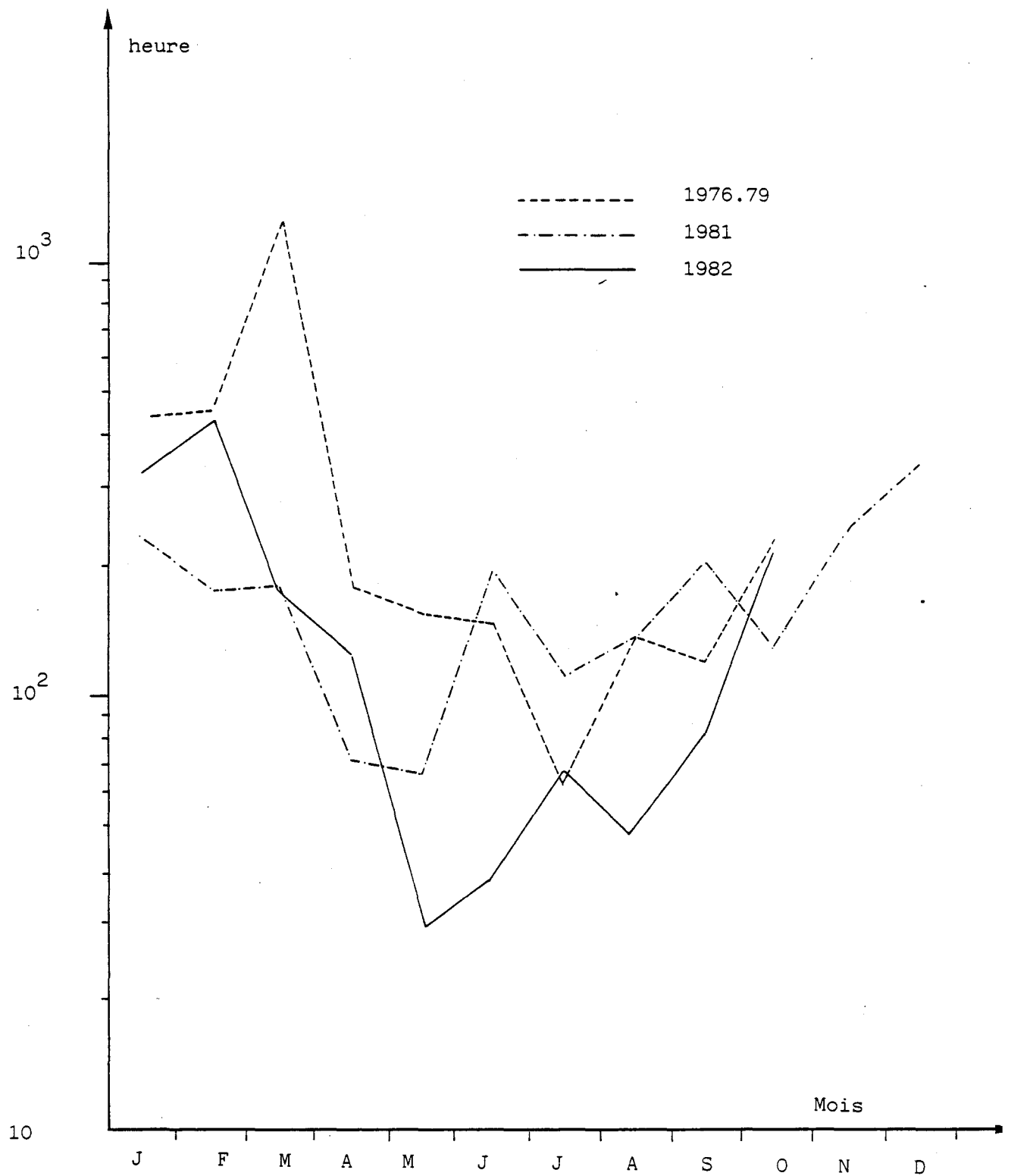


Fig. III.14 - TEMPS DE TURN OVER (Bo) (moyenne mensuelle).

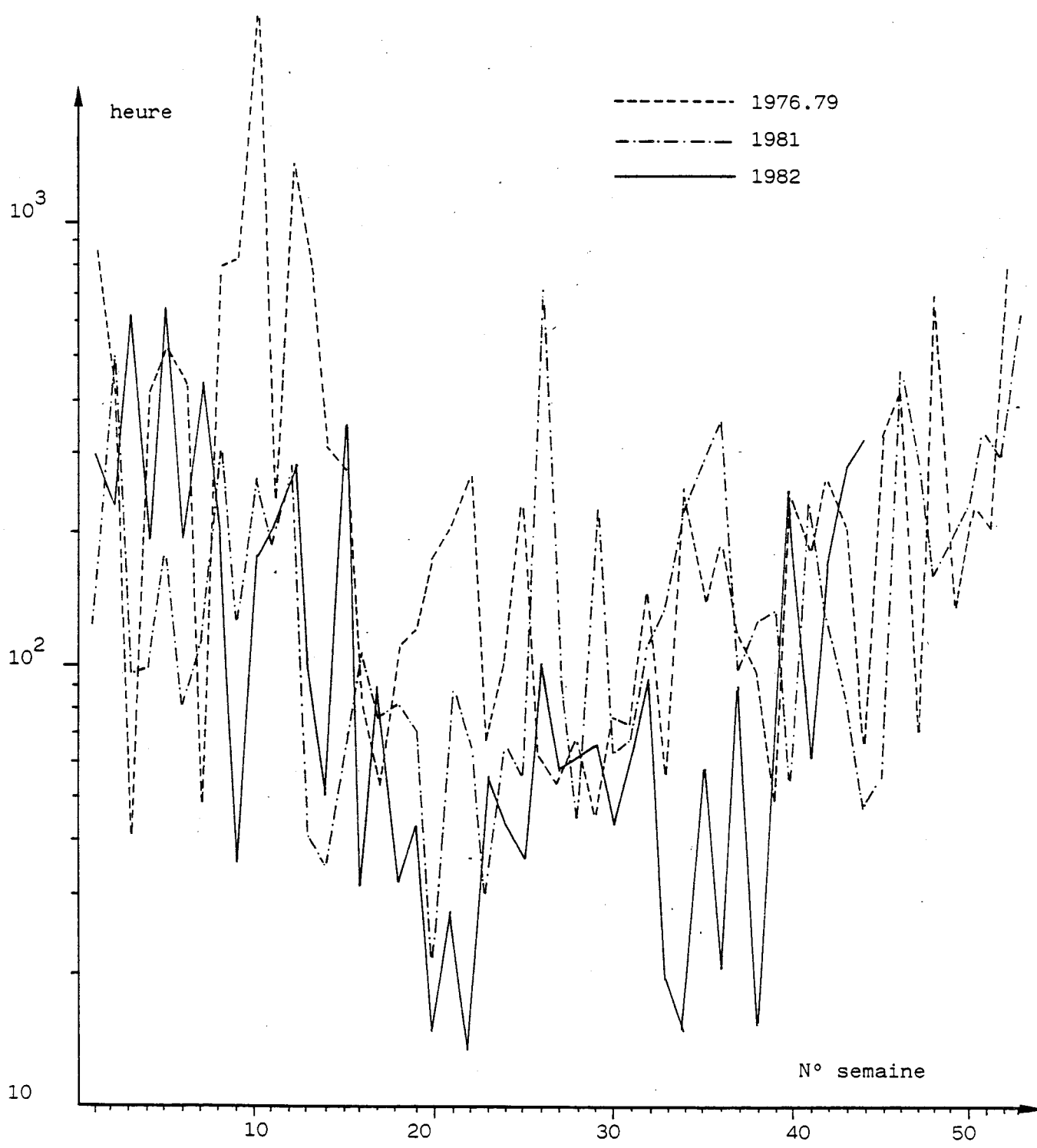


Fig. III.15 - TEMPS DE TURN OVER (Bo)
(valeurs hebdomadaires).

III- 2. Point médian et prise d'eau

Ces points sont suivis avec une périodicité beaucoup plus faible (bimestrielle) ce qui rend difficiles les comparaisons avec le point Digue et exclut tout traitement numérique.

III- 2.1. Point médian

Remarques par rapport au point "Digue":

- Nombre de germes totaux et viables comparables
- Vibrions halophiles moins abondant
- Pollution fécale plus faible
- Bromoforme présent en période de chloration.

III- 2.2. Prise d'eau

Remarques par rapport au point "Digue":

- Nombre de germes totaux et viables comparables
- Nombre de vibrions halophiles moins important (mais cependant plus élevé qu'au point médian)
- Pollution fécale comparable
- Présence de bromoforme en période de chloration mettant en évidence un recyclage partiel de l'eau du rejet de la centrale

IV - Relations entre paramètres

Sur la figure schématisant les relations entre paramètres pour l'année 1981.82 on peut noter un très grand nombre de fortes corrélations. Le schéma de la période étudiée est proche de celui noté en 1979.80. Il est proche également de celui de la période de référence si l'on considère les améliorations apportées depuis lors au dénombrement des germes viables. Les pertes nombreuses de relations notées lors du cycle précédent ne sont pas confirmées mais elles avaient été observées pour un fonctionnement plus important de la centrale.

Conclusion

La période 1981.82 a été marquée par un fonctionnement de la centrale de Gravelines en net retrait par rapport à la période précédente.

Les résultats obtenus lors de la surveillance microbiologique et chimique sont intermédiaires entre ceux de la période de référence et ceux du cycle 1980.81 qui est celui correspondant au fonctionnement le plus important enregistré.

En conclusion, il est possible de retenir pour ce cycle d'étude, les points suivants:

- les nombres de bactéries viables et totales restent inchangés. Il en est de même pour l'activité bactérienne hétérotrophe.
- les vibrions halophiles sont favorisés par l'échauffement malgré la chloration.
- le chlore injecté est consommé de façon rapide
- le bromoforme est un excellent traceur de chloration.

ANNEXES ET TABLEAUX

Date	T°	Coeff. marée	Nb total fluo. /ml	Nb total ZoBell/ml	E.coli /100ml	Streptocoques /100ml	Vibrions /litre	Coefficient corrélation	% Resp.	Vm µg/l.h	Bo (heure)	Chlore mg/l
1981												
04.11	16°2	41	1.4 10 ⁶	9.3 10 ³	9	-	100	0.98	-	0.090	55	0
10.11	12°5	89	1.9 10 ⁶	1.1 10 ⁴	24	-	10 000	0.99	28	0.014	462	0
17.11	11°7	65	1.6 10 ⁶	1.6 10 ⁴	240	-	1000	0.62	66	0.032	282	0
25.11	11°9	77	1.9 10 ⁶	4.1 10 ⁴	43	93	1000	0.92	40	0.074	159	0
01.12	10°2	65	1.5 10 ⁶	1.7 10 ⁴	460	93	100	0.97	37	0.025	193	0
10.12	09°6	94	1.3 10 ⁶	9.1 10 ⁴	43	93	1000	0.89	28	0.015	223	0
15.12	07°8	84	1.2 10 ⁶	2.2 10 ⁴	2400	15	1000	1.00	46	0.222	334	0
22.12	07°7	54	8.6 10 ⁵	3.0 10 ⁴	240	43	10	0.87	38	0.009	294	0
29.12	07°1	76	8.4 10 ⁵	2.0 10 ⁴	43	15	10	0.94	17	0.044	621	0
1982												
08.01	06°4	83	6.0 10 ⁵	1.3 10 ⁴	93	120	10	0.86	33	0.016	293	0
12.01	05°2	97	8.9 10 ⁵	3.5 10 ⁴	43	4	10	0.93	51	0.013	227	0
21.01	05°8	47	8.2 10 ⁵	2.5 10 ⁴	43	43	1	0.85	40	0.014	604	0
27.01	07°3	85	8.7 10 ⁵	3.3 10 ⁴	240	240	10	0.97	27	0.035	188	0
05.02	09°2	62	7.6 10 ⁵	2.9 10 ⁴	23	93	100	0.90	33	0.035	636	0
10.02	10°2	100	6.2 10 ⁵	2.7 10 ⁴	23	93	1	-	-	-	-	0
19.02	07°3	37	9.5 10 ⁵	8.4 10 ³	43	43	1	0.95	25	0.007	443	0
25.02	07°0	94	8.7 10 ⁵	3.4 10 ⁴	9	<3	10	0.92	31	0.050	196	0

Tableau III.I - Résultats des mesures hebdomadaires au point Digue.

Date	T°	Coeff. marée	Nb total fluo./ml	Nb total ZoBell/ml	E.coli /100ml	Streptocoques /100ml	Vibrions /litre	Coefficient corrélation	% Resp.	Vm µg/l.h	Bo (heure)	Chlore mg/l
1982												
04.03	08°0	51	1.6 10 ⁶	2.9 10 ⁴	43	9	10	0.97	37	0.263	35	0
12.03	07°9	98	2.1 10 ⁶		240	240	10	0.94	48	0.039	173	0
19.03	07°6	30	2.2 10 ⁶	4.9 10 ⁴	43	93	1	0.95	20	0.142	201	0
24.03	08°7	83	1.8 10 ⁶	1.4 10 ⁴	<3	<3	10	0.88	37	0.169	284	0
01.04	08°1	60	2.4 10 ⁶	4.5 10 ⁴	23	150	1	0.83	32	0.157	100	0
09.04	11°5	96	1.6 10 ⁶	3.8 10 ⁴	9	<3	9	0.98	28	0.160	51	0
13.04	08°3	69	2.2 10 ⁶	2.8 10 ⁴	240	15	43	0.96	36	0.043	342	0
20.04	11°6	54	2.8 10 ⁶	7.9 10 ³	9	7	10	0.99	27	0.282	31	0
27.04	10°5	96	3.2 10 ⁶	2.1 10 ⁴	9	21	29	0.73	30	0.508	88	0
05.05	11°6	74	4.5 10 ⁶	3.0 10 ⁴	9	9	23	0.98	33	0.525	32	0
10.05	12°5	82	5.1 10 ⁶	4.5 10 ⁴	<3	<3	43	0.88	22	0.300	42	0
21.05	14°9	83	6.7 10 ⁶	5.2 10 ⁴	23	93	93	0.55	27	3.270	15	0
25.05	15°2	102	6.8 10 ⁶	4.1 10 ⁴	9	23	460	0.85	31	1.240	28	0
04.06	16°5	71	8.5 10 ⁶	5.7 10 ⁴	9	150	1100	0.98	25	0.616	13	0
08.06	18°0	76	6.4 10 ⁶	4.2 10 ⁴	9	23	11 000	0.99	22	0.340	56	0
18.06	17°0	57	7.6 10 ⁶	4.4 10 ⁴	4	4	4600	0.90	25	0.686	44	0
23.06	19°0	99	3.4 10 ⁶	3.8 10 ⁴	9	93	1500	0.93	36	0.443	36	0

Tableau III.1 (suite) - Résultats des mesures hebdomadaires au point Digue.

Date	T°	Coeff. marée	Nb total fluo./ml	Nb total ZoBell/ml	E.coli /100ml	Streptocoques /100ml	Vibrions /litre	Coefficient correlation	% Resp.	V _m µg/l.h	Bo (heure)	Chlore mg/l
1982												
01.07	17°4	53	5.2 10 ⁶	1.7 10 ⁴	23	43	2100	0.87	33	0.107	99	0
08.07	19°0	74	4.1 10 ⁶	3.3 10 ³	< 3	43	2400	0.95	28	0.247	57	0
16.07	20°6	56	2.5 10 ⁶	5.8 10 ³	23	23	11 000	-	-	-	-	0
20.07	20°0	89	2.4 10 ⁶	7.6 10 ³	23	< 3	240 000	0.98	37	0.134	66	0
30.07	19°0	43	2.4 10 ⁶	3.5 10 ³	7	43	7500	0.99	28	0.196	42	0
03.08	22°3	63	1.2 10 ⁶	3.4 10 ³	23	9	2400	-	36	-	66	0
10.08	23°4	75	1.9 10 ⁶	2.5 10 ³	4	240	2400	0.85	21	0.852	90	0
20.08	19°3	102	-	3.2 10 ³	75	240	24 000	0.98	27	0.440	19	0
27.08	18°0	44	3.3 10 ⁶	1.2 10 ⁴	240	93	1500	0.87	25	0.702	15	0
01.09	19°1	61	2.1 10 ⁶	1.4 10 ⁴	<3	9	11 000	0.89	28	0.523	57	0
07.09	19°6	90	2.5 10 ⁶	9.4 10 ³	7	240	11 000	0.94	23	0.708	20	0
17.09	20°0	97	2.9 10 ⁶	9.1 10 ³	4	9	4600	0.94	29	0.421	87	0
20.09	19°9	98	2.9 10 ⁶	1.1 10 ⁴	4	43	11 000	0.98	23	0.662	15	0
30.09	16°2	61	1.9 10 ⁶	6.7 10 ³	9	2400	210	0.88	21	0.175	228	0
06.10	19°9	97	2.4 10 ⁶	2.7 10 ³	43	9	1100	0.93	20	0.214	59	0
15.10	17°5	86	1.5 10 ⁶	1.1 10 ⁴	43	43	36	0.93	33	0.218	169	0
20.10	15°1	86	2.1 10 ⁶	8.3 10 ³	93	43	150	0.97	33	0.017	279	0
28.10	15°6	46	1.1 10 ⁶	9.8 10 ³	43	23	43	0.98	27	0.018	325	0

Tableau III.1 (suite) - Résultats des mesures hebdomadaires au point Digue.

Date	T°	Coeff. marée	Nb total fluo./ml	Nb total ZoBell/ml	E.coli /100ml	Streptocoques /100ml	Vibrions /litre	Coefficient corrélation	% Resp.	Ym µg/l.h	Bo heure	Chlore mg/l
Pt médian												
18.01.82	-	43	7.6 10 ⁵	2.9 10 ⁴	15	-	1	0.97	30	0.056	99	-
25.02.82	-	94	1.1 10 ⁶	2.3 10 ⁴	9	-	1	0.84	35	0.035	510	-
17.05.82	-	38	5.2 10 ⁶	4.5 10 ⁴	9	< 3	93	0.86	21	0.242	54	-
17.06.82	16°	67	5.4 10 ⁶	6.3 10 ⁴	9	43	150	0.91	21	0.151	70	-
19.10.82	-	94	1.7 10 ⁶	8.3 10 ³	21	4	36	0.98	25	0.210	24	-
Prise												
21.05.82	13°2	83	6.9 10 ⁶	7.0 10 ⁴	4	93	240	0.50	12	6.260	6	0
18.06.82	16°1	57	7.8 10 ⁶	1.0 10 ⁵	23	43	9	0.99	28	0.180	67	0
20.07.82	19°0	89	2.2 10 ⁶	7.6 10 ³	9	< 3	2400	0	56	1.300	339	0
17.09.82	18°3	97	2.7 10 ⁶	8.3 10 ³	7	9	2400	0.99	28	0.338	12	0
20.10.82	14°2	86	2.0 10 ⁶	3.2 10 ⁴	93	230	150	0.90	22	0.177	95	0

Tableau III.2 - Résultats des mesures au point Médian et à la prise d'eau.

Tableau III.3 : Dosage des haloformes volatils au point Digue.

Date	CHCl ₂ Br* µg/l	CHClBr ₂ µg/l	CHBr ₃ µg/l	Date	CHCl ₂ Br* µg/l	CHClBr ₂ µg/l	CHBr ₃ µg/l
04.11.81	0.03	0.20	6.7	05.05.82	0.05	0.15	4.3
10.11.81	<0.03	0.03	1.4	10.05.82	0.06	0.02	1.9
17.11.81	<0.03	0.06	3.8	21.05.82	0.05	0.15	6.7
25.11.81	<0.03	<0.03	1.0	25.05.82	<0.03	0.12	6.6
01.12.81	<0.03	<0.03	<0.2	04.06.82	0.03	0.10	3.5
10.12.81	<0.03	<0.03	<0.2	08.06.82	<0.03	0.14	6.7
15.12.81	<0.03	<0.03	<0.2	18.06.82	<0.03	0.05	3.4
22.12.81	<0.03	<0.03	<0.2	23.06.82	<0.03	0.03	2.9
29.12.81	<0.03	<0.03	<0.2	01.07.82	<0.03	0.05	3.7
08.01.82	<0.03	<0.03	<0.2	08.07.82	<0.03	0.03	1.1
12.01.82	<0.03	<0.03	<0.2	16.07.82	<0.03	0.05	5.2
21.01.82	<0.03	<0.03	<0.2	20.07.82	<0.03	0.03	1.2
27.01.82	<0.03	<0.03	<0.2	30.07.82	<0.03	0.03	1.3
05.02.82	<0.03	<0.03	<0.2	03.08.82	<0.03	0.12	3.8
10.02.82	<0.03	<0.03	<0.2	10.08.82	-	-	-
19.02.82	<0.03	<0.03	<0.2	20.08.82	<0.03	0.10	4.3
25.02.82	<0.03	<0.03	<0.2	27.08.82	<0.03	0.05	2.7
04.03.82	<0.03	<0.03	<0.2	01.09.82	<0.03	0.07	3.5
12.03.82	<0.03	<0.03	<0.2	07.09.82	<0.03	0.17	7.3
19.03.82	<0.03	<0.03	<0.2	17.09.82	<0.03	0.03	1.5
24.03.82	<0.03	<0.03	<0.2	20.09.82	<0.03	0.07	2.8
01.04.82	<0.03	<0.03	<0.2	30.09.82	<0.03	0.15	5.5
09.04.82	<0.03	<0.03	<0.2	06.10.82	<0.03	0.07	2.3
13.04.82	<0.03	<0.03	<0.2	15.10.82	<0.03	0.15	5.2
20.04.82	<0.03	<0.03	<0.2	20.10.82	<0.03	0.03	1.5
27.04.82	<0.03	0.05	1.8	28.10.82	<0.03	0.10	3.2

* non séparé du trichloréthylène

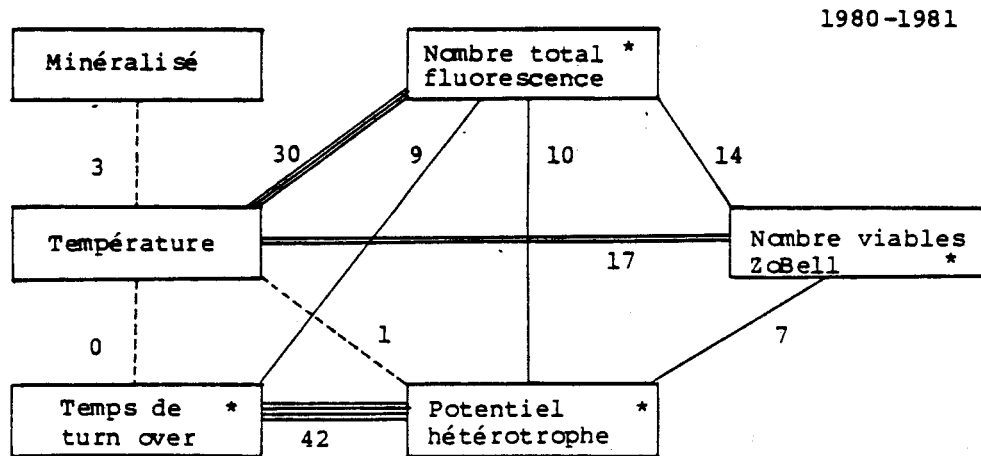
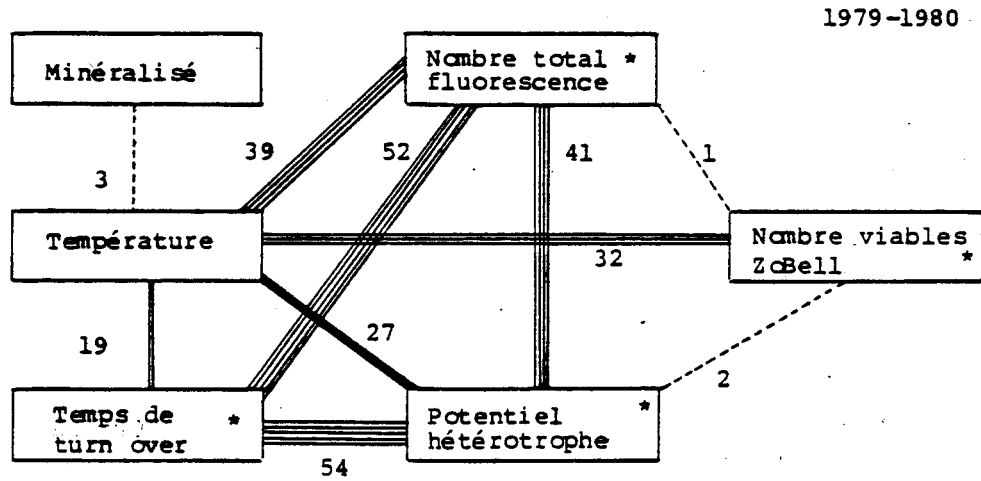
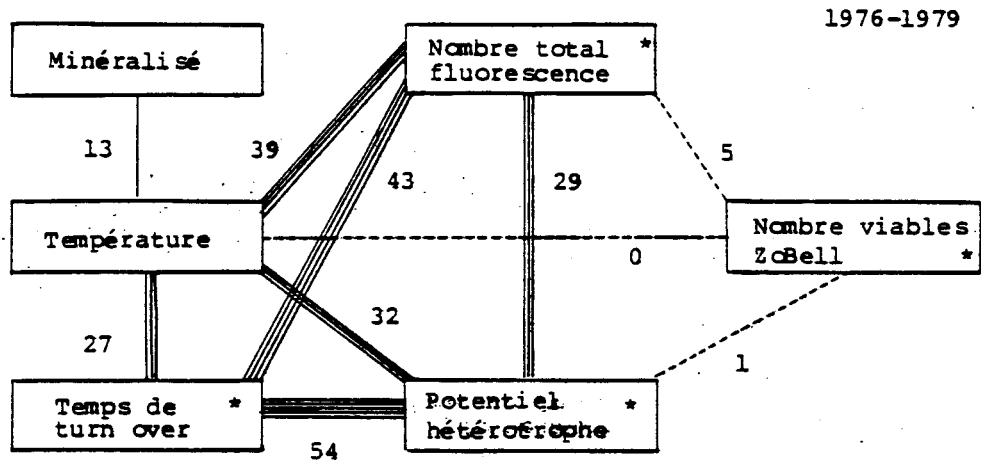
Date	$\text{CCl}_2=\text{CH}_2$ µg/l	CHCl_3 µg/l	CCl_4 µg/l	CHCl_2Br^* µg/l	CHClBr_2 µg/l	C_2Cl_4 µg/l	CHBr_3 µg/l
Point médian							
18.01.82	<0.5	<0.2	<0.01	<0.03	<0.03	<0.5	<0.2
25.02.82	<0.5	<0.2	<0.01	<0.03	<0.03	<0.5	<0.2
17.05.82	<0.5	<0.2	<0.01	0.17	<0.03	<0.5	1.0
17.06.82	<0.5	<0.2	<0.01	0.11	<0.03	<0.5	0.6
19.10.82	<0.5	<0.2	<0.01	<0.03	<0.03	<0.5	0.2
Prise d'eau							
21.05.82	<0.5	<0.2	<0.01	0.07	<0.03	<0.5	1.0
18.06.82	<0.5	<0.2	<0.01	<0.03	<0.03	<0.5	0.3
20.07.82	<0.5	<0.2	<0.01	<0.03	<0.03	<0.5	1.3
17.09.82	<0.5	<0.2	<0.01	<0.03	<0.03	<0.5	0.2
20.10.82	<0.5	<0.2	<0.01	<0.03	<0.03	<0.5	0.5

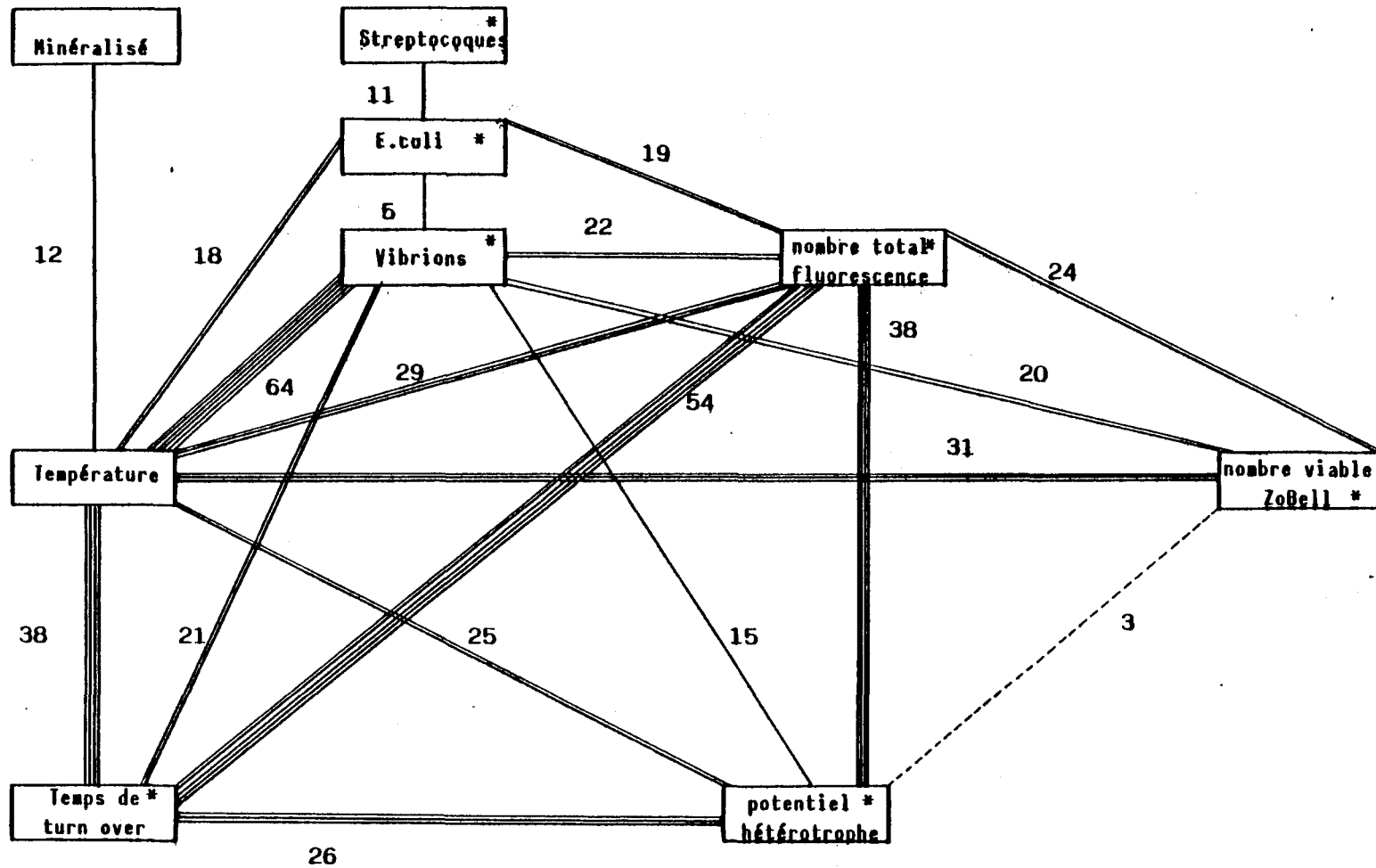
* non séparé du trichloréthylène

Tableau III.4 - Dosage des halophormes volatils au point Médian et à la prise d'eau.

Tableau III.6 - POURCENTAGE DE VARIATIONS LIEES

(* : log)





(* : log)

1981.82

Tableau III,6 (suite) -- Pourcentage de variations liées. 1981-82

CHAPITRE IV
PHYTOPLANCTON

par Hubert GROSSEL
C.N.E.X.O. - E.L.G.M.M.

CHAPITRE IV : PHYTOPLANCTON - PRODUCTION PRIMAIRE

I - MATERIEL ET METHODES

Les prélèvements d'eau destinés à l'étude du phytoplancton et de la production primaire ont été effectués en même temps que ceux qui concernent l'hydrologie (§ II - B.1.).

1.1. Mesure de pigments photosynthétiques

Les échantillons destinés à la mesure de la quantité de chlorophylle et de phéopigments sont filtrés immédiatement après le prélèvement sur membrane WHATMAN GFC (fibre de verre) de porosité théorique 0,45 μ . Avant filtration, le filtre est recouvert d'une suspension de $MgCO_3$ qui permet de retarder la dégradation de la chlorophylle. Les filtres, stockés dans des tubes en verre bouchés, sont congelés dès que possible jusqu'au dosage.

a - Chlorophylle a
.....

L'extraction se fait par addition de 5 ml d'acétone à 90 % sur les filtres broyés à la main. Après centrifugation, l'absorption de l'extrait est lue au spectrophotomètre aux longueurs d'onde suivantes : 750 nm (représente la turbidité), 663 nm, 645 nm et 630 nm.

L'équation établie par RICHARDS et THOMPSON (1952) (méthode de dosage normalisé par l'U.N.E.S.C.O. en 1966) permet de calculer le taux de chlorophylle a :

$$\text{Chl a } (\mu\text{g/l}) = \frac{(11,64_{e663} - 2,16_{e645} + 0,10_{e630}) v}{V}$$

v = volume de l'extrait

V = volume de l'échantillon d'eau de mer filtrée.

b - Phéopigments
.....

La méthode de LORENZEN (1967) conduit à l'estimation du taux de phéopigments. Après avoir dosé la chlorophylle, nous la transformons en phéopigments par acidification par 2 gouttes d'HCl 1 N et appliquons la formule suivante :

$$\text{Phéophytine} + \text{Phéophorbide } (\mu\text{g/l}) = \frac{A \times K [R (665_a) - (665_o)] \times V}{V \times l}$$

A = coefficient d'extinction de la chlorophylle a : 11,0

K = permet de ramener la réduction d'absorption à la concentration initiale en chlorophylle : 2,43

665_o = extinction avant acidification

665_a = extinction après acidification

v = volume d'acétone

V = volume d'eau de mer filtrée

l = trajet optique de la cuve

$$R = \text{rapport maximum } \frac{665_a}{665_o} = 1,7$$

La chlorophylle a est aussi exprimée en pourcentage de chlorophylle a active par la formule :

$$\frac{\text{Chlorophylle a (Lorenzen)} \times 100}{\text{Chlorophylle a (Lorenzen)} + \text{Phéopigments (Lorenzen)}}$$

Si la teneur en chlorophylle a été mesurée par la méthode du SCOR-UNESCO, le COB/DS Chimie applique la relation :

$$\% \text{ de phéopigments} : \frac{\text{Phéopigments (Lorenzen)} \times 100}{\text{Chlorophylle a (SCOR-UNESCO)} + [0,44 \times \text{Phéopigments (Lorenzen)}]}$$

1.2. Production primaire

a - Méthode

En continuité avec le cycle d'étude précédent, nous avons utilisé, pour mesurer l'intensité de la production de matière organique des populations phytoplanctoniques, la méthode mise au point par STEEMAN-NIELSEN en 1952 et reprise par BROUARDEL et RINCK (1963). Cette méthode, présentée en détail dans un rapport précédent (Etude Ecologique de Projet, 2ème Cycle - Rapport Général, 1977), est basée sur l'addition d'un traceur radioactif, le C¹⁴, à l'eau de mer dont on veut étudier la production organique.

La production primaire a été mesurée à toutes les stations de prélèvements hydrobiologiques et aux niveaux concernés, sauf pour la Station Aa.

Aussitôt prélevés, les échantillons d'eau de mer sont mis à l'obscurité dans une glacière portative. Le volume d'eau est suffisamment important pour assurer une quasi inertie thermique dans cette enceinte.

Dès le retour à la Station de Wimereux, les échantillons d'eau sont répartis de façon homogène dans quatre flacons : 3 flacons transparents et un flacon opaque à la lumière. Deux flacons transparents et le flacon opaque sont inoculés avec 1 ml d'une solution de $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ d'activité 4 μCi . Le flacon transparent témoin est destiné à apprécier l'importance de la turbidité lors du comptage ultérieur par scintillation.

L'incubation se fait pendant une durée précise (4 heures) dans l'incubateur artificiel déjà décrit (Rapport Général - 2ème cycle). Une fois la filtration réalisée, on stocke les filtres à sec : ceux-ci sont emballés individuellement et envoyés à Lille (U.S.T.L.) pour y être comptés en scintillation liquide sur un compteur INTERTECHNIQUE.

Le résultat des comptages, exprimé en coups par minute, est ramené en mgC/m^3 au moyen de la formule suivante :

$$\frac{b \times c}{a} \times \frac{12}{44} \times 10^3$$

dans laquelle :

a = activité totale introduite sous forme de $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3 = 8,888\ 888\ 10^6$ dpm.

b = activité du phytoplancton retenu sur le filtre en désintégration par minutes.

cpm = cpm : Rd ; Rd dépendant particulièrement des matières en suspension

C = teneur en CO_2 de l'eau, estimée à 100 ml/l.

12 = poids moléculaire du carbone

44 = poids moléculaire du CO_2

10^3 = permet de ramener au m^3

b - Indice Production-Biomasse

A partir de données de production primaire et de chlorophylle a, nous avons calculé l'indice production/biomasse (STRICKLAND, 1965).

$$\frac{\text{Production primaire (mgC}/\text{m}^3/\text{heure})}{\text{Chlorophylle a (mg}/\text{m}^3)}$$

Considérant que la chlorophylle a est un bon indicateur de la biomasse autotrophe (micro- et nanoplancton), ce rapport permet d'apprécier l'état physiologique des populations phytoplanctoniques.

1.3. Etude systématique du phytoplancton

Méthode d'étude au microscope

Les échantillons (100 à 125 ml) ont été fixés au formol. La mé-

thode d'étude au microscope est celle d'UTERMÖHL, adaptée au phytoplancton marin par STEEMAN-NIELSEN en 1933. Comptages et détermination ont été réalisés au moyen d'un microscope à inversion LEITZ à partir de cuves à sédimentation de 5 ou 10 cm³ (grossissement 312 X pour le microplancton, 500 X pour le nanoplancton). Le nombre de cellules observées, estimé à partir de 2 ou 3 sous-échantillons (au minimum 100 cellules par sous-échantillon), a été ramené au nombre correspondant par cm³.

La structure des populations a été exprimée en pourcentages de dominance des espèces par rapport au nombre total d'individus observés.

Les résultats de l'étude systématique du phytoplancton sont présentés en annexe.

1.4. Indices de diversité

La structure d'une population peut s'exprimer en pourcentage d'abondance (ou de dominance) d'une espèce par rapport au nombre total d'individus, ceci étant calculé par espèce.

a - L'indice de diversité de SHANNON-WEAVER, exprimé en bits/cellule ou en bits/individu (MARGALEFF, 1974), permet en une seule donnée d'apprécier la diversité spécifique d'une population :

$$H \text{ (bits/}\mathcal{C}\text{)} = \sum p_i \log_2 p_i$$

$$\text{où } p_i = \frac{n_i}{N} \quad n_i = \text{nombre d'individus de chaque espèce}$$

$$N = \text{nombre total d'individus}$$

b - Afin de pouvoir comparer entre elles les différentes populations dont le nombre d'espèces varie de l'une à l'autre, nous avons calculé l'équitabilité qui est le rapport de la diversité réelle à la diversité maximale (DAGET, 1976) :

$$E = \frac{N}{\log_2 N}$$

II - PIGMENTS PHOTOSYNTHETIQUESa) Chlorophylle a (fig. IV.1)

Les variations annuelles de la teneur en chlorophylle se situent dans la fourchette de celles observées lors des cycles d'études antérieurs : minimum voisin de 1 mg/m^3 en janvier 1982, maximum voisin de 22 mg/m^3 en avril (valeurs moyennes des points C, M, L). Le début du printemps phytoplanctonique se présente en 1982 comme une réponse directe aux influences climatiques. On a vu (page I.3) que l'hiver est surtout marqué en janvier, et se termine en février de manière douce, sèche et bien ensoleillée. Ceci se retrouve dans l'évolution de la chlorophylle (Fig. IV.1) où, dès fin février, le bloom phytoplanctonique est déjà bien engagé avec des teneurs en chlorophylle supérieures à 9 mg/m^3 . Avril représente le point culminant de cette évolution, avec des teneurs proches de 14 mg/m^3 (moyenne C,M,L) en début de mois, et proches de 22 mg/m^3 (moyenne C,M,L) le 20, jour où est observée la dessalure (cf. page II.14). Suit en mai une période de déflation du compartiment phytoplanctonique (cf. page IV.12). A cette période, classiquement observée, correspondent des teneurs en chlorophylle voisines de 5 mg/m^3 . Une légère augmentation en juin doit marquer la reprise estivale, mais ce n'est qu'en septembre que nous l'enregistrons sur le site, en raison de l'annulation de la campagne de juillet. Les teneurs en chlorophylle sont alors voisines de 9 mg/m^3 . Octobre montre, avec de faibles teneurs proches de 3 mg/m^3 , le retour à des valeurs hivernales.

Le gradient côte-large classiquement observé se retrouve encore cette année, mais de manière moins constante et moins intense. Certes le point large ne se situe pratiquement jamais au maxima des teneurs en chlorophylle (excepté le 17 juin) mais on n'enregistre pas en 1982 de gradient comparable en ampleur à ceux observés en 1980 ou surtout en 1981 par exemple, lors des blooms phytoplanctoniques. Les maxima enregistrés cette année l'ont été au point médian.

L'absence de gradient surface - 5 m, qui est une conséquence de l'hydrodynamisme local, se confirme encore durant ce cycle, excepté le 2 avril (les teneurs à 5 m dépassent alors en moyenne de 3 mg/m^3 celles de surface) ou le 17 mai où les eaux de surface sont plus pauvres de $3,3 \text{ mg/m}^3$ en moyenne que les eaux du fond.

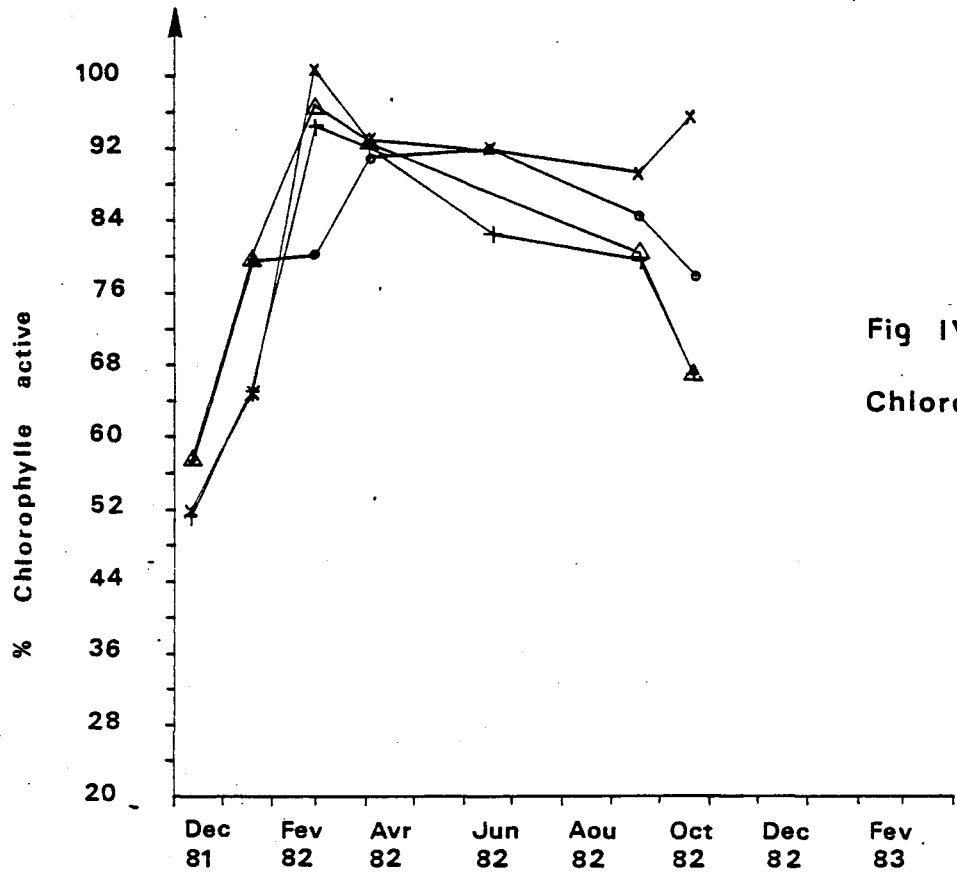
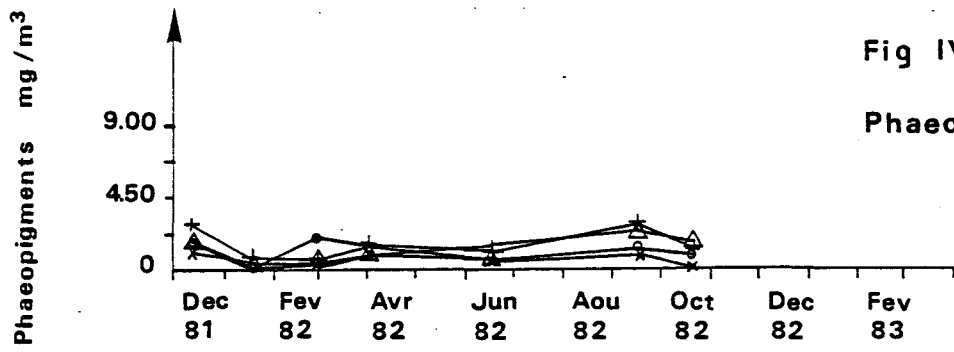
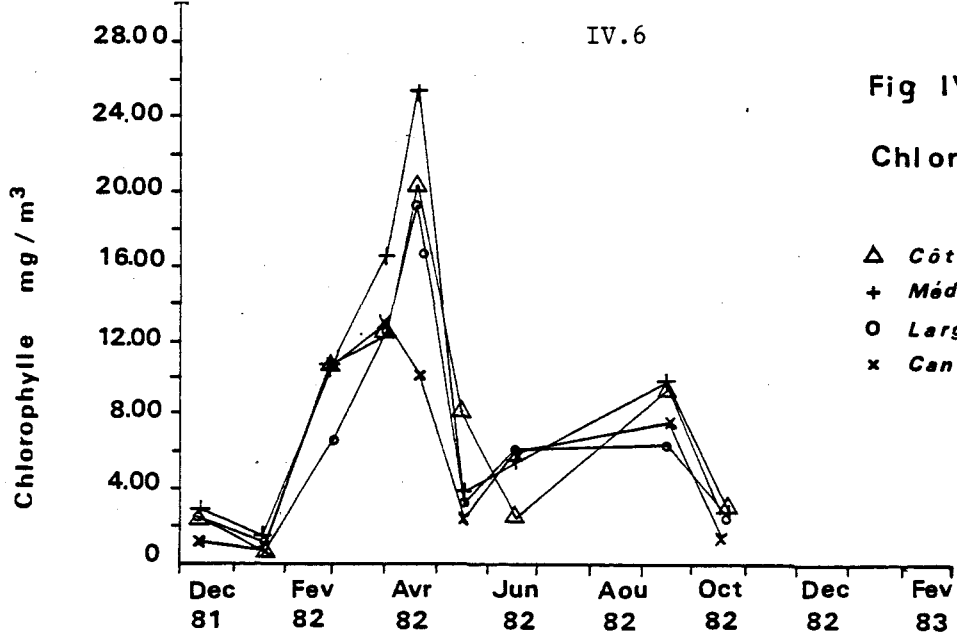
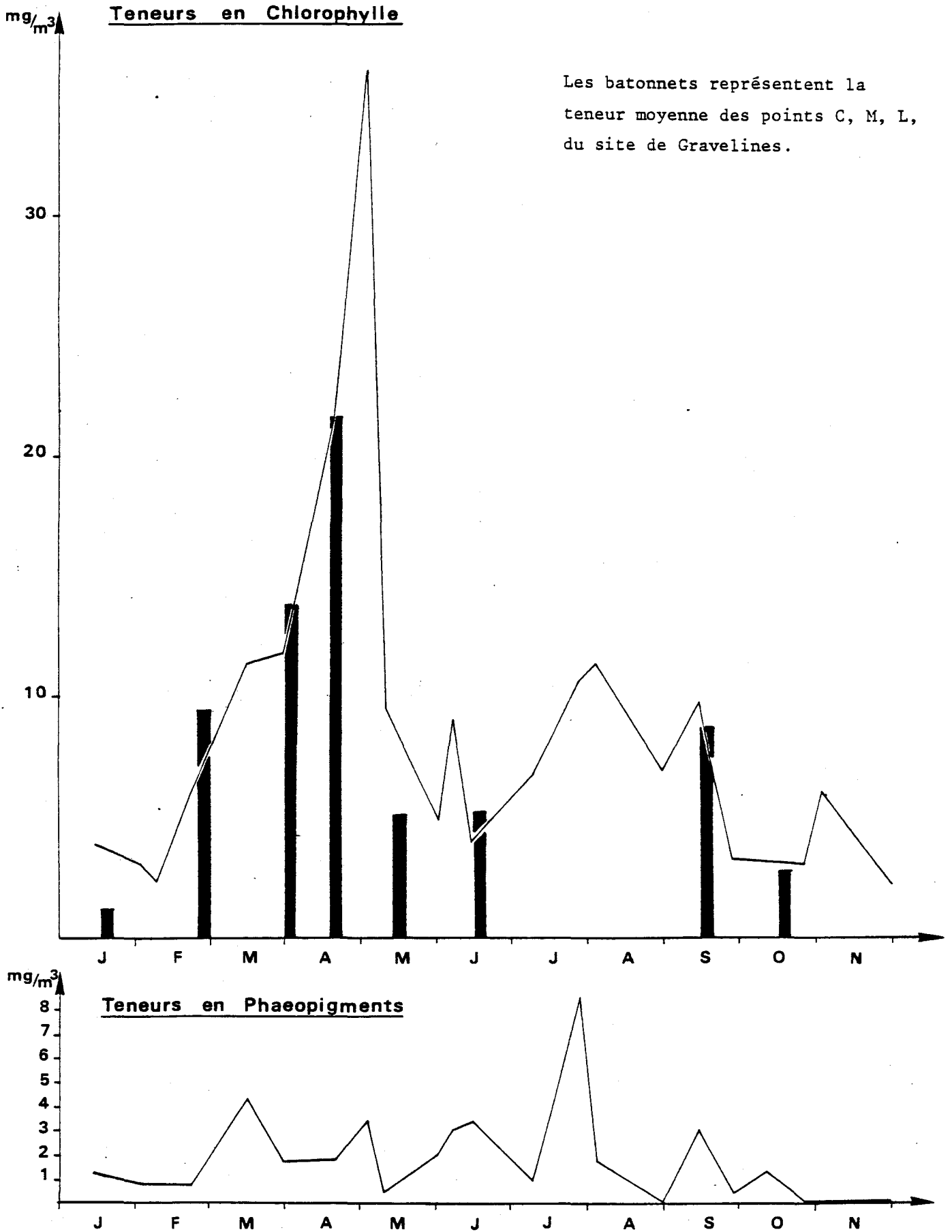


Fig IV. 4 : Site *R.N.O.* de Dunkerque (Station n°1)

Alors que certains paramètres physico-chimiques (cf. chap. II) indiquent au point côtier une stratification verticale signe de l'activité de la centrale, on ne se trouve pas en 1982 dans des conditions de prélèvements qui mettent en évidence un effet sur la teneur en chlorophylle. En effet (cf. annexe du chapitre II) on n'observe pas de manière significative de gradient surface-fond et, si l'on en observe, cela correspond par ailleurs à l'existence de gradients verticaux aux autres stations, ce qui peut laisser supposer un phénomène naturel généralisé à l'ensemble du site.

b) Phéopigments (Fig. IV.2)

Les teneurs en phéopigments, délicates dans leur interprétation, présentent en 1982 la particularité de rester discrètes, et montrent de faibles variations comparées à celles des autres années, même lors des blooms phytoplanctoniques.

Le pourcentage de chlorophylle active (Fig. IV.3) montre un maximum marqué fin février, date à partir de laquelle la station canal d'amenée présente les valeurs maximales jusqu'à la fin du cycle d'étude. L'ensemble des valeurs, liées aux faibles teneurs observées en phéopigments, se résume en un long palier supérieur à 80 % précédé de valeurs inférieures en décembre 1981 ($\approx 55\%$) et en janvier 1982 ($\approx 70\%$).

La figure IV.4 situe l'évolution des teneurs en chlorophylle et en phéopigments sur le site R.N.O. de Dunkerque par rapport à celle observée à Gravelines. On note la très bonne correspondance entre les deux séries de données. Les valeurs R.N.O. de Dunkerque indiquent que le pic de production chlorophyllienne a suivi d'environ 15 jours nos observations, avec des teneurs allant jusqu'à 36 mg/m^3 tandis que la dessalure culminant le 20 avril était en régression (cf. page II.16). Les données R.N.O. indiquent aussi que nous sommes passés à côté d'un bloom estival phytoplanctonique, de moindre intensité que le bloom printanier, mais qui a pu en août, dépasser les valeurs enregistrées par le R.N.O. lui-même. La bonne correspondance entre les valeurs obtenues à Gravelines et à Dunkerque en septembre indique bien que cette période fut la dernière du cycle estival, ce que confirment d'ailleurs les données taxonomiques.

On observe, en outre, que les teneurs en phéopigments enregistrées à Dunkerque restent dans une gamme proche de celle obtenue à Gravelines, excepté une valeur en juillet culminant à 8 mg/m^3 .

III - PRODUCTION PRIMAIRE

Les résultats des expérimentations d'incubation artificielle en présence de carbone marqué, au nombre de trois pour ce cycle d'étude, sont retracés dans le tableau IV.1, ci dessous :

Tableau IV.1 : Productivité Primaire

Stations	11 décembre 1981		17 septembre 1982		19 octobre 1982	
	mgC/m ³ /heure	P/B	mgC/m ³ /heure	P/B	mgC/m ³ /heure	P/B
Canal	4,237 4,162	3,5	85,606 59,823	10	5,335 5,855	3,5
Côte 0 m	5,870 5,223	2,3	12,464 13,719	1,5	9,859 10,404	3,4
Côte fond	5,311 5,125	2,2	42,640 41,374	4	7,208 8,365	2
Médian 0 m	5,103 5,383	1,6	17,684 16,938	1,7	8,068 7,299	3
Médian 5 m	4,635 5,488	2	28,929 25,636	3	9,919 8,737	3,8
Large 0 m	6,056 5,550	2,3	-		8,794 7,068	3,5
Large 5 m	-		13,452 16,157	2	-	

Ces résultats, bien qu'incomplets, confirment ce qui a déjà été observé sur ce site en présence de l'impact de la centrale. Il faut cependant, pour les interpréter, se resituer dans les conditions de prélèvements et d'activité de la centrale, ce que nous faisons ci-dessous campagne par campagne. :

11 décembre 1981 : La centrale produit 2 300 MW en absence de chloration. Les prélèvements se font néanmoins à la côte en limite du panache thermique, ce qui donne un gradient thermique vertical d'environ 0,7° C seulement en ce point. Les résultats en productivité primaire ne fournissent pas la possibilité d'interprétation d'un effet favorable ou défavorable du transit sur la masse d'eau. Le rapport P/B (production sur biomasse chlorophyllienne), indice de l'état physiologique des cellules, confirme cette analyse.

17 septembre 1982 : La centrale produit seulement 950 MW environ, mais deux tranches sont en chloration. L'eau du canal d'amenée est très productive (P/B \approx 10). Le prélèvement au point côtier, fait lui aussi en limite de panache thermique, révèle des eaux dont le rapport P/B est de 1,5 en surface et de 4 au fond (pour des teneurs en chlorophylle très comparables) ; cette diminution de productivité peut vraisemblablement être expliquée par la présence de chlore dans l'eau.

19 octobre 1982 : La centrale produit 1 000 MW avec trois tranches en chloration, mais le prélèvement au point côtier se fait en dehors du panache thermique, et on n'observe pas d'effet d'impact. Les eaux de surface en ce point semblent même plus productives (P/B = 3,4) que celles du fond (P/B = 2).

Seule l'expérimentation menée en septembre semble significative de l'impact dû au transit en période de chloration, mais là encore, il faudra attendre les résultats des expérimentations complémentaires entreprises sur le site pour approfondir notre connaissance de l'impact dans le champ proche du rejet.

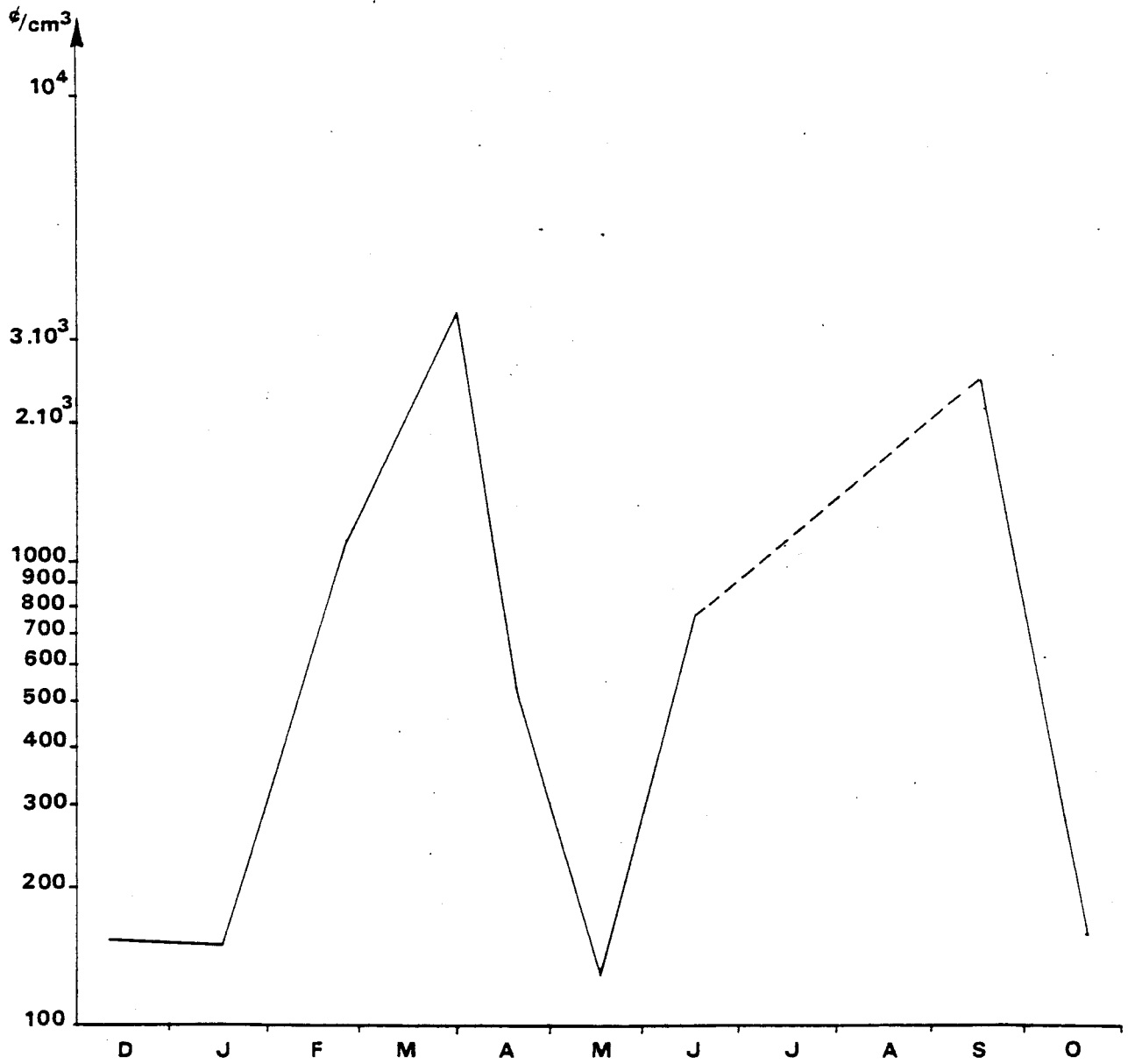
IV - ETUDE SYSTEMATIQUE DU MICROPLANCTON

Le dénombrement après identification des différents genres et espèces du plancton végétal permet d'établir la richesse spécifique des masses d'eau et leur évolution temporelle.

4.1. Variations quantitatives du microplancton (Fig. IV.5)

On a vu, lors des études antérieures, la relation étroite qui unit le nombre de cellules microplanctoniques et la teneur des eaux

Fig IV . 5 : Nombre de cellules microplanctoniques
(moyenne des points C , M , L)



en chlorophylle. Cette relation reste bonne tant que l'abondance du nano-plancton ne vient pas l'altérer.

Cela se retrouve en 1982, où l'année débute avec 150 \varnothing/cm^3 jusqu'en février, mois à la fin duquel on observe le bloom printanier en pleine expansion, avec 1 100 \varnothing/cm^3 (les valeurs indiquées sont ici la moyenne des valeurs des points C, M, L). Cet enrichissement se poursuit, parallèlement à celui en chlorophylle, jusqu'en début avril, maximum enregistré en nombre de cellules microplanctoniques (3 350 \varnothing/cm^3) pour ce cycle d'étude. Fin avril, alors que les teneurs en chlorophylle augmentent encore, les populations microplanctoniques chutent brutalement en abondance, supplantées par *Phaeocystis* (cf page IV.16) déjà présent en début de mois. Le mois de mai est une période de grande pauvreté, tant en nombre de microplanctontes (130 \varnothing/cm^3) qu'en teneur en pigments. Juin marque un regain, avec l'apparition des espèces estivales (760 \varnothing/m^3), que l'on retrouve en septembre lors du second pic d'abondance de microplanctontes avec 2 500 \varnothing/cm^3 . Octobre accuse le retour aux maigres populations hivernales (160 \varnothing/cm^3).

Pour le nombre de cellules microplanctoniques comme pour la teneur en chlorophylle (et plus encore, en raison de la variabilité due aux échantillonnages) il est difficile de mesurer l'impact dû au transit. Le nombre de cellules au rejet (station côte) en surface et au fond permet difficilement de se faire une idée significative :

Dates	Nb de \varnothing/cm^3		$C_{\text{fond}} - C_{0\text{m}}$ Δ (chlorophylle) mg/m ³
	Côte 0 m	Côte fond	
11.12.81	224	155	- 0,01
18.01.82	105	212	- 0,19
27.02.82	629	1 460	+ 0,74
2.04.82	1 600	1 587	+ 2,75
20.04.82	687	280	- 3,44
17.05.82	172	366	+ 1,28
17.06.82	214	604	-
19.10.82	127	218	+ 0,71

Seules trois campagnes réunissent à la fois une moindre teneur en chlorophylle et un moindre nombre de microplanctontes en surface par rapport au fond. Sur ces trois campagnes, (février, mai et octobre) seules les deux dernières se sont faites en périodes de chloration. Mais, comme on l'a vu, le prélèvement effectué en octobre 1982 l'a été en limite de tache thermique, et il est peu probable que la différence analysée ici soit due à l'impact. En conclusion, il s'avère que seules des expérimentations plus fines que celles effectuées dans le cadre de cette surveillance, et dans les conditions des prélèvements, permettront de se faire une idée précise sur l'impact au niveau du compartiment phytoplanctonique.

4.2. Succession des populations microplanctoniques (Fig. IV.6 et IV.7)

On retrouve en 1982 les traits classiques de l'évolution de la composition en espèces du phytoplancton déjà observés les années antérieures (voir tableaux en annexe). Décembre 1981 et janvier 1982 présentent des populations maigres en abondance, composée surtout de *Paralia sulcata* (33 % d'abondance) mais aussi de *Thalassionema nitzschioides* (9 %), *Asterionella japonica* (7 %), des cellules du genre *Nitzschia*, des *Biddulphia* etc. Ces *Biddulphia*, de même que *Skeletonema costatum*, prennent de l'importance en janvier. Dès février, le bloom printanier s'exprime par la présence de *Skeletonema costatum* (29 %), mais aussi de nombreuses espèces du genre *Thalassiosira* (20 %), ainsi qu'*Asterionella japonica* et *Thalassionema nitzschioides*. Il y a de grandes chances pour qu'en mars, période où la campagne à la mer ne fut pas possible, les *Thalassiosira* aient dominé la population printanière. Le 2 avril, elles ne forment plus que 4 % d'une population très nettement dominée par les *Chaetoceros* (*Ch. sociale* surtout). 24 % d'*Asterionella japonica* forment alors, avec les 61 % de *Chaetoceros*, l'essentiel de la population. Le 20 avril, nouveau changement marqué : quasi disparition des *Chaetoceros* ; la population est dominée par *Cerataulina pelagica* (20 %) et surtout par des espèces du genre *Nitzschia* (29 % = *N. closterium* et *N. delicatissima*). *Phaeocystis* culmine alors dans nos prélèvements (cf. page IV.16), tandis qu'apparaissent déjà les *Rhizosolenia* (11 %) annonciatrices de l'été. L'effondrement caractérise le mois de mai, tant en nombre de cellules que d'espèces. Sur les vestiges de gangues coloniales de *Phaeocystis* abondent les *Nitzschia delicatissima* qui dominent facilement avec 78 % d'une maigre population. Le prélèvement de juin révèle que 17 % de *Rhizosolenia* (*Rh. setigera*, *Rh. delicatula*) préparent la population estivale.

Fig IV. 6 : Dominance des principales espèces microplanctoniques
(moyenne des points C, M, L)

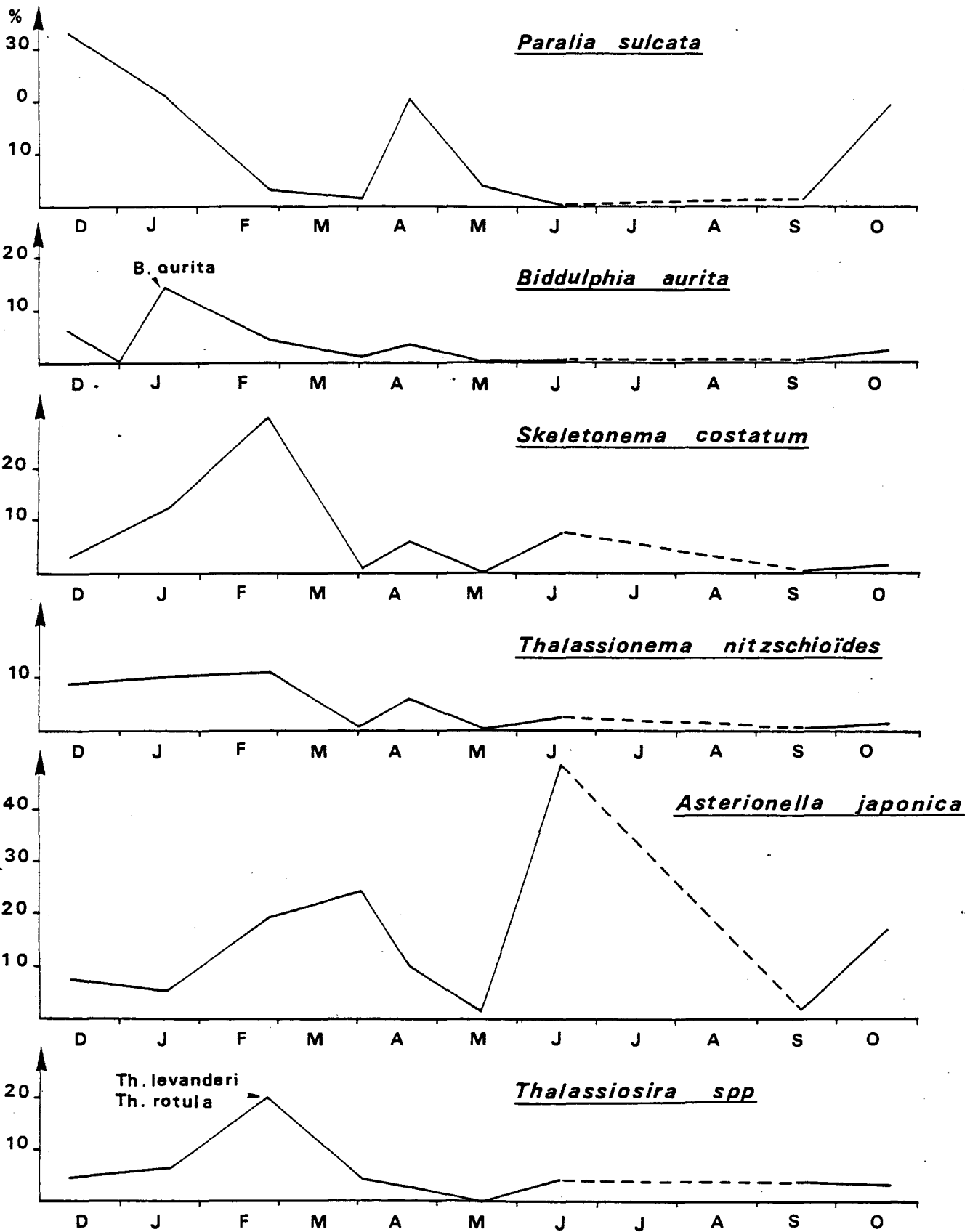
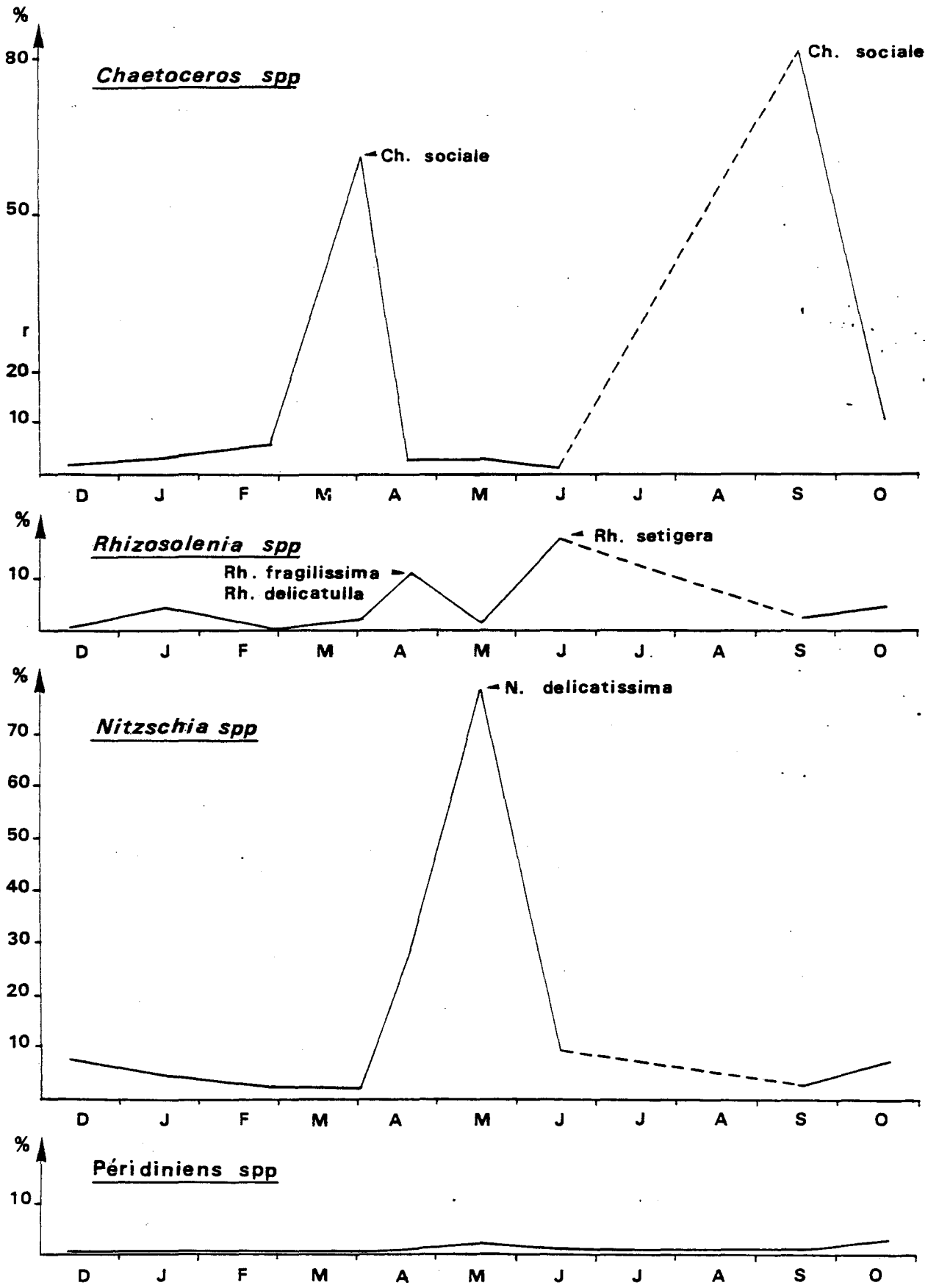


Fig IV.7 : (suite)



Les *Nitzschia* forment alors 9 % de la population. Le pic automnal, enregistré le 17 septembre, est constitué quasi exclusivement de *Chaetoceros* (81 %) dont les nombreuses espèces sont dominées par *Ch. sociale*. Les *Rhizosolenia*, qui ont sans doute abondé durant l'été, ne forment plus que 2 % du microplancton. On retrouve en octobre des éléments annonciateurs de la fin d'année (*Paralia sulcata*, 19 % ; cellules en chaînes 11 %) auxquels se mêlent encore des représentants de l'été (*Rhizosolenia* 4 %) et *Asterionella japonica* (17 %).

A aucun moment de ce cycle annuel n'ont été observés en abondance des représentants du groupe des Péridiniens, qui n'ont formé que 2 % en mai et en octobre de la population totale.

Ces observations ressortent donc beaucoup plus d'observations de variations naturelles que d'effets anthropiques. L'hétérogénéité et l'incertitude liée à l'échantillonnage sont pour une part importante dans ce constat.

Il est néanmoins des exemples où l'observateur pense pouvoir déceler un effet visible du transit sur les populations phytoplanctoniques. Cela s'est produit d'abord le 20 avril, lors de la pullulation de *Phaeocystis* (cf. ci-dessous) et ensuite le 17 juin. A cette date, *Rhizosolenia setigera*, longue cellule qui forme 26 % de la population au point Côte en surface, et quelques 10 % en moyenne sur le site, présente environ la moitié de ses individus brisés en deux au niveau de la jonction des deux valves du frustule. Il semble bien que le transit soit à l'origine de ce phénomène.

4.3. Nanoplancton (Fig. IV.8)

Au fur et à mesure que s'avancent dans le temps les études de surveillance sur le site de Gravelines, il s'avère que le dénombrement du nanoplancton, déjà rendu très délicat et incertain en raison de la turbidité du milieu, se réduit de plus en plus à l'analyse des apparitions du nanoflagellé *Phaeocystis pouchetii*. *Phaeocystis* apparaît en effet, par ses pullulations quasi-annuelles souvent très importantes, comme un des faits majeurs de l'évolution globale de l'écosystème étudié.

En 1982, quelques cellules libres de *Phaeocystis* sont décelées dès la fin février, alors que près de 5 800 cell/cm^3 nanoplanctoniques sont dénombrées. En début avril, 4 500 nanoplanctontes sont constitués pour 70 % de *Phaeocystis* en colonies. La dessalure du 20 avril marque l'épanouissement de cette pullulation qui a dû culminer jusqu'en début mai (cf. figure IV.4 : R.N.O. Dunkerque). A la mi-mai il ne reste plus que des vestiges de colonies,

Fig IV. 8 : Nanoplancton au point du Large

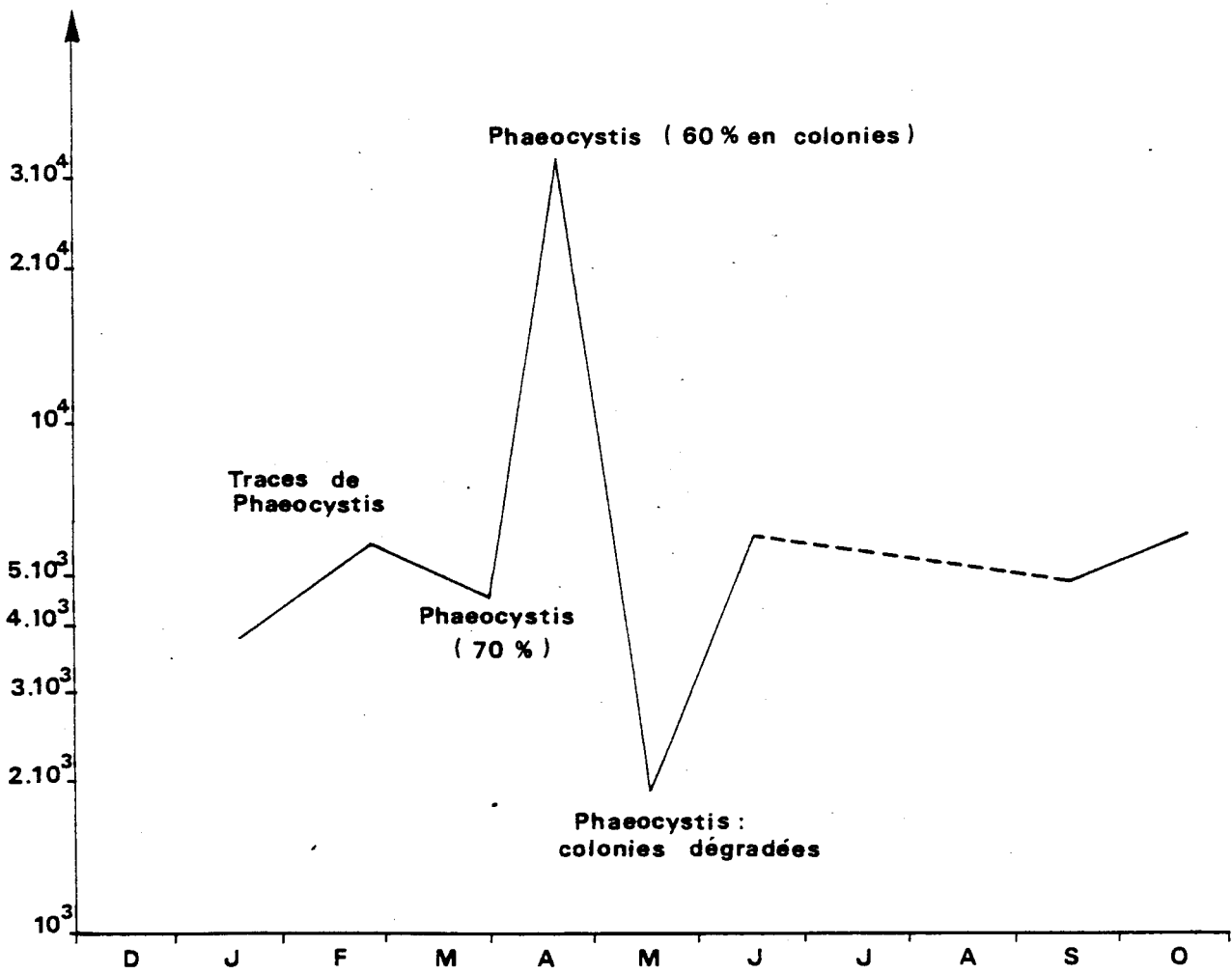
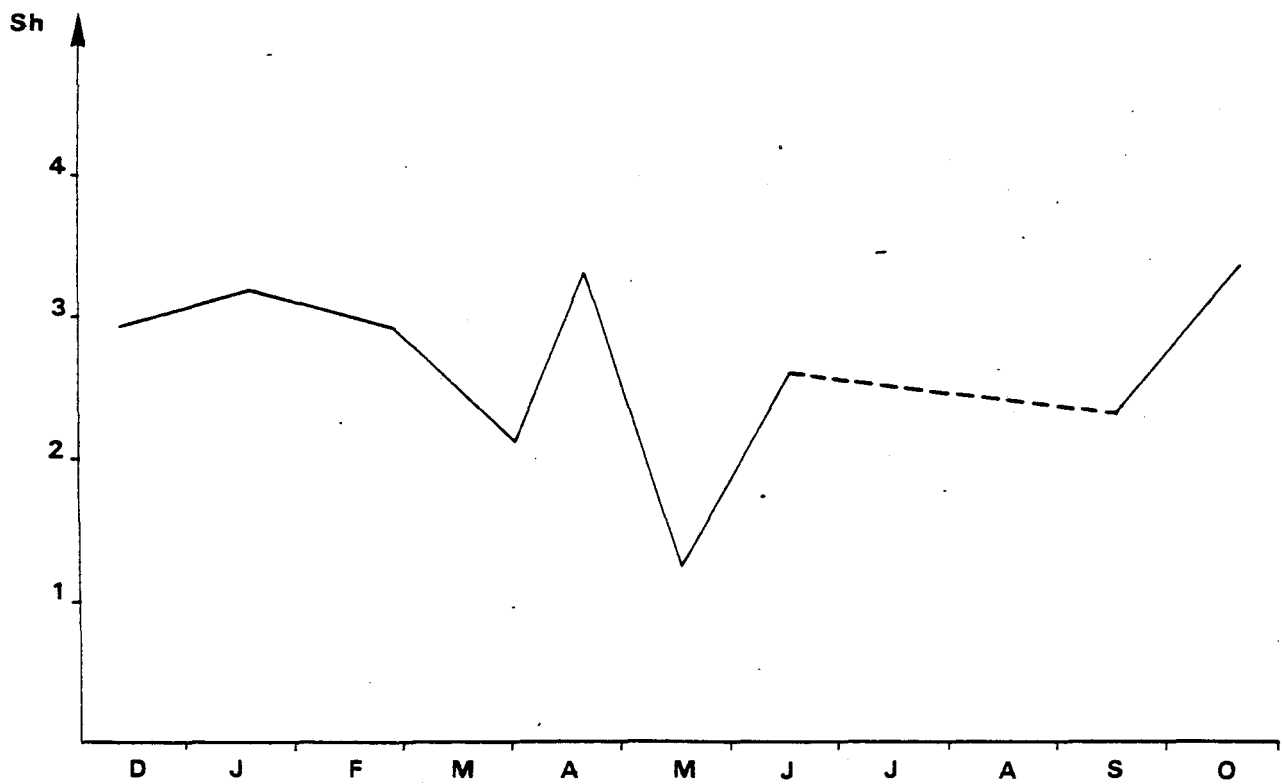


Fig IV. 9 : Diversité de Shannon

(moyenne des points C, M, L)



les microzoospores ayant presque totalement disparu. *Phaeocystis* semble donc avoir profité de la dessalure mais il est acquis maintenant, au vu des observations antérieures, que le phénomène de dessalure n'est pas une condition *sine qua non* de son initiation.

Un indice d'impact du transit sur ces populations de *Phaeocystis* a été observé le 20 avril, résumé dans le tableau suivant :

Station	<i>Phaeocystis</i> \varnothing/cm^3
Canal	20 000 dont 20 % en colonies
Côte 0 m	35 000 toutes libres (microzoospores)
Côte fond	11 000 dont 30 % en colonies
Médian 0 m	50 000 dont 20 % en colonies
Médian 5 m	47 000 dont 30 % en colonies
Large 0 m	35 000 dont 60 % en colonies

Ce phénomène apparent de bris des colonies et de libération des cellules flagellées, vraisemblablement à la suite du transit, doit être approfondi à l'avenir.

4.4. Indice de diversité (Fig. IV.9)

Proche de 3 en décembre et janvier, la diversité (indice de Shannon) commence à diminuer fin février pour accuser une chute en début avril, témoin de la dominance des *Chaetoceros sociale*. Avec *Phaeocystis*, qui culmine en fin avril, cohabite une population relativement riche en espèces (indice 3,30). Ce n'est qu'après que la pullulation de *Phaeocystis* fait vraiment ressentir sa domination sur le microplancton. Le 17 mai, ce sont des eaux presque vides en phytoplancton où seules quelques espèces demeurent (*Nitzschia delicatissima*) au milieu des gangues gélatineuses de *Phaeocystis* en dégradation. Juin et septembre montrent une reprise de la diversité, qui parvient à son maximum en octobre (3,35), annonçant les fortes diversités hivernales.

Conclusion

La surveillance du compartiment phytoplanctonique du site de Gravelines en 1982 fait apparaître des variations naturelles que l'on peut qualifier de répétitives dans leurs grands traits. Outre la succession de quelques espèces importantes, le fait marquant de ce cycle d'étude est le bloom de *Phaeocystis* en avril, en même temps que la dessalure.

La variabilité statistique des dénombrements spécifiques au microscope inversé ne permet toutefois pas de comparer de manière significative les échantillons les uns aux autres. Aussi est-il très délicat de conclure à partir de ces données sur un impact possible au niveau des espèces. Deux espèces, *Phaeocystis pouchetii* et *Rhizosolenia setigera* ont cependant montré un possible effet mécanique du transit soit par l'état de leur colonie (*Phaeocystis*) soit par l'intégrité de leur frustule (*Rhizosolenia*).

Ce suivi 1982 n'apporte pas de conclusion parlante quant à l'impact du transit sur la teneur en chlorophylle. Seule une expérimentation de production primaire par la mesure au ^{14}C en septembre 82, en période de chloration, fait apparaître une sensible diminution de la productivité au rejet en surface, indice d'une stratification verticale dans le champ proche.

Bibliographie

- BROUARDEL J., RINCK E., 1963, Mesure de la production de matière organique en Méditerranée, dans les parages de Monaco à l'aide du C^{14} . *Ann. Inst. Ocean.* Tome XL, fasc. 2 : pp. 109-164.
- DAGET J., 1976, Les modèles mathématiques en écologie. *Masson et Cie Ed. Paris*, 1974 : 301 p.
- LORENZEN C.I., 1967, Determination of chlorophyll and phaeopigments : spectrophotometric equation. *Limnology and Oceanography*, vol. 12 (n° 2) : pp. 343-346, 1967.
- MARGALEF R., 1974, *Ecologia*, Ed. Omega Barcelona : pp. 951.
- RICHARDS F.A., THOMPSON T.G., 1952, The estimation and characterization of plankton populations by pigment analyses. II. A spectrophotometric method for the estimation of plankton pigments.
- STRICKLANDS J.D.H., 1965, Production of organic matter in the primary stages of marine food. : pp. 477-610 in : RILEY J.P. and SKIROW G. Eds, *Chemical Oceanography*, vol. 1, Academic Press, New-York : pp. 7-12.
- STEEMAN-NIELSEN, 1933, Uber quantitative Untersuchungen von marinen plankton mit Utermöhls umgekehrtem mikroskop. *J. Cons. Int. per. Explor. mer.*, 8 : pp. 201-210.

C H A P I T R E V
ZOOPLANCTON ET NOCTILUQUES

Geneviève LE FEVRE-LEHOERFF^{**}
et Gilles YOUENOU
CNEXO/Environnement Littoral

CHAPITRE V : ZOOPLANCTON ET NOCTILUQUES

I - INTRODUCTION ET METHODES

Comme pour les années précédentes les populations planctoniques ont été étudiées en relation avec les autres paramètres, hydrologiques et biologiques.

L'échantillonnage du zooplancton, la méthode de prélèvement en mer et le dépouillement des échantillons au laboratoire sont identiques à ceux décrits dans les travaux précédents. Notons une seule modification au cours de l'année 1982 : l'abandon des prélèvements de zooplancton au point 05 (hors-zone des surveillances précédentes) pour les remplacer par des récoltes au point 02 (large) depuis février, ce point large étant désormais considéré comme point de référence en-dehors de la tache thermique.

période point	11/12/81	18/01/82	27/02/82	2/04/82	20/04/82	17/05/82	17/06/82	17/09/82	19/10/82
Canal (64)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Côte (62)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Médian (63)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hors-zone (05)	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Large (02)	-	-	+	+	+	+	+	+	+

Tableau V.1 : Calendrier et lieux de prélèvements du zooplancton.

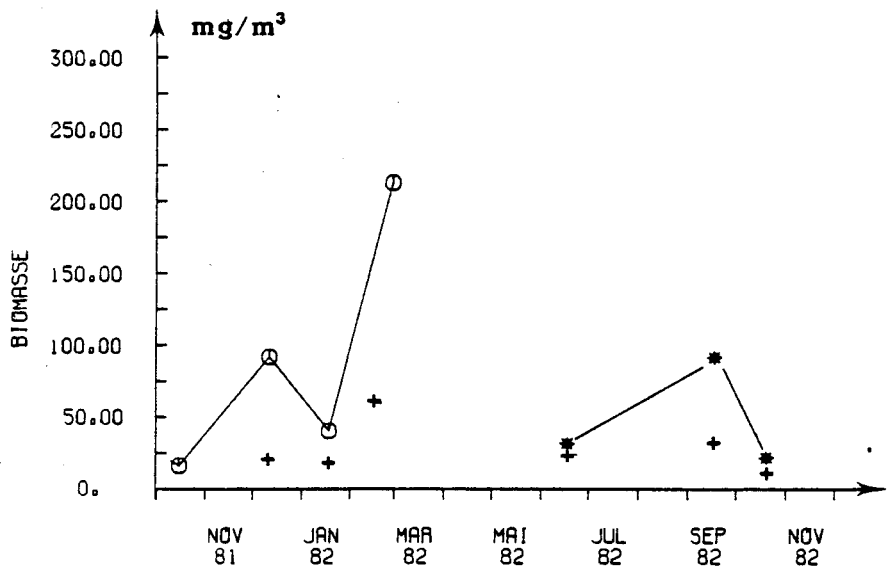
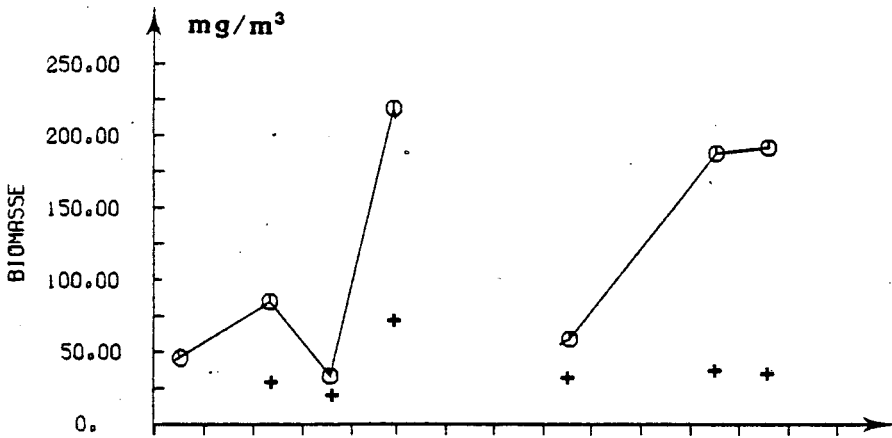
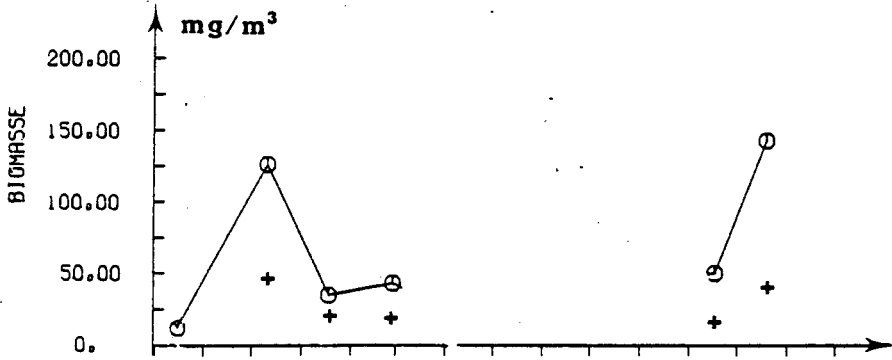
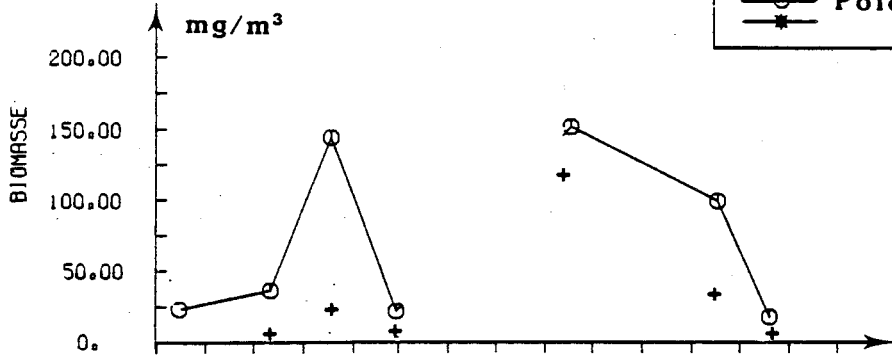
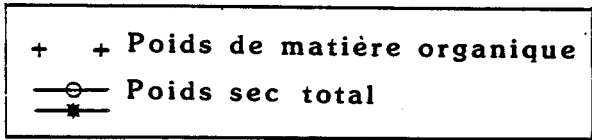
II - RESULTATS

II - 1. Biomasses (fig. V.1 et tableau V.2)

Les résultats concernant les poids secs sont souvent difficilement interprétables. Le poids total de l'échantillon recueilli et filtré est constitué du poids de zooplancton auquel s'ajoute une forte charge en matière minérale (sable plus ou moins fin), mais aussi une matière organique végétale. Afin d'estimer la part minérale, un double échantillonnage est réalisé au même point : les deux poids secs sont mesurés et comparés. Sur

-GRAVELINES-

Fig.V.1



Sur chaque échantillon, nous mesurons :

- le pourcentage de carbone et d'azote total (sur 1 à 2 mg de poids sec),
- la part minérale et la part organique (après brûlage d'une autre partie du poids sec).

Le tableau V.2 nous montre que la part organique du poids sec total peut varier de 15 à 77 %. Le carbone représente la carbone total.

Période	Point	Poids sec mg/m ³	Matière orga- nique %	Carbone %	Azote %
11.12.1981	64	36,8	15,7	6,8	0,8
	62	126,1	36,2	23,6	1,3
	63	85,1	33,6	18,4	4,3
	05	92,4	22,2	10,9	1,7
18.01.1982	64	144,4	15,5	9,0	2,6
	62	35,4	58,4	23,9	5,6
	63	33,6	54,4	22,8	4,5
	05	40,7	45,0	19,4	3,9
27.02.1982	64	22,2	40,8	19,8	5,0
	62	43,1	44,7	21,6	3,2
	63	218,3	33,1	14,7	2,2
	05	213,3	28,2	15,3	3,5
2.04.1982	filtration impossible (colmatage des soies)				
20.04.1982	filtration impossible (colmatage des soies)				
17.05.1982	filtration impossible (colmatage des soies)				
17.06.1982	64	151,5	76,2	38,4	10,7
	62	-	-	-	-
	63	59,4	54,9	25,4	8,5
	02	31,3	77,2	37,7	11,5
17.09.1982	64	99,1	33,9	15,7	4,6
	62	50,2	34,1	15,5	5,4
	63	186,9	21,0	11,5	1,5
	02	91,3	35,4	12,9	1,9
19.10.1982	64	18,0	30,4	14,3	3,3
	62	142,3	24,5	15,5	2,6
	63	190,7	18,2	11,2	2,6
	02	21,6	47,5	23,6	7,80

Tableau V.2 : Biomasses zooplanctoniques : poids secs et résultats des analyses.

II - 2. Dominance des espèces

Le pourcentage maximal de dominance de chaque espèce se produit sensiblement à la même époque chaque année, la valeur et la date exacte dépendent des conditions climatiques et d'environnement général caractéristiques de l'année. L'absence de mission entre juin et septembre ne nous permet pas d'avoir de données sur la situation estivale pour les dominances ni pour les abondances (voir plus loin), ce qui ne nous fournit aucun renseignement en 1982 à la période du maximum thermique.

On peut remarquer que la plupart des espèces ont un comportement proche de celui des années précédentes. Une remarque peut être faite à propos de *Centropages hamatus* qui présente, en juin, des pourcentages très forts (57%) par rapport aux années précédentes. En juin 1978 le pourcentage avait atteint 42% et, précédemment, la plus forte valeur observée était, en 1975, près de 60%. La forte valeur de 1982, bien qu'exceptionnelle, rentre donc dans la gamme des observations qui ont pu être faites avant le fonctionnement de la centrale.

Espèce \ Année	1978	1979	1980	1981	1982
<i>Temora longicornis</i>	83,5	74,3	59,5	67,0	74,9
<i>Centropages hamatus</i>	42,2	8,7	22,6	9,3	57,0
<i>Pseudocalanus minutus</i>	22,2	15,4	12,1	22,1	18,8
<i>Acartia clausi</i>	41,9	34,9	23,1	34,4	9,7
<i>Paracalanus parvus</i>	11,1	8,6	13,1	29,2	8,3
<i>Euterpina acutifrons</i>	27,2	26,6	28,9	17,6	9,4
LV nauplii de Cirripèdes	8,5	83,1	20,4	27,3	25,0

Espèce \ Année	1978	1979	1980	1981	1982
<i>Temora longicornis</i>	mai	mai	mars	mai	mai
<i>Centropages hamatus</i>	juin	juillet	juin	juillet	juin
<i>Pseudocalanus minutus</i>	mars	janvier	janvier	janvier	janvier
<i>Acartia clausi</i>	novembre	juillet	août	juillet	octobre
<i>Paracalanus parvus</i>	octobre	novembre	octobre	octobre	octobre
<i>Euterpina acutifrons</i>	novembre	novembre	octobre	septembre	octobre
LV nauplii de Cirripèdes	mars	février	février	mars	février

Tableau V.3 : Maxima des pourcentages de dominance de certaines espèces.

II - 3. Variations saisonnières

1. Espèces non comptées (tableau V.4)

Les espèces présentent une succession normale au cours des saisons. Les larves d'annélides sont récoltées surtout au printemps (jusqu'en avril). On trouve, à la même époque, les méduses *Rathkea octopunctata* de janvier à avril, tandis que *Ectopleura dumortieri* apparaît en juin et *Eucheilota maculata* surtout en septembre.

2. Les espèces comptées (fig. V.2.1 à V.2.25)

a. Le cycle biologique annuel

Si nous considérons l'ensemble du site tous points confondus, les fluctuations globales du zooplancton sont proches de celles des années précédentes. Les larves *nauplii* de Cirripèdes d'eaux froides sont les plus précoces et abondantes le 27 février. Le 2 avril nous remarquons les stades plus âgés des cirripèdes, les larves *cypris* ainsi que le maximum de larves de *Polydora ciliata* et celui des appendiculaires *Oikopleura dioica*. Du 2 au 20 avril, beaucoup d'espèces deviennent abondantes : *Hybocodon prolifer* et les oeufs de poissons. On observe le 20 avril le maximum des larves de *Lanice*, des *Pleurobrachia* et des copépodes *Temora longicornis*.

Le mois de mai se caractérise par une dépression générale dans les populations planctoniques et une chute des abondances de très nombreuses espèces.

Les espèces à maximum estival présentent une abondance plus forte en juin, mais on ne peut savoir quelles valeurs elles ont atteint par la suite. C'est en juin que l'on observe donc les plus fortes valeurs de *Centropages hamatus*, *Euterpina acutifrons*. Cette dernière espèce, ainsi que *Acartia clausi* pourrait paraître moins abondante en 1982 ; la raison est sans doute l'absence de récoltes en juillet et août. En septembre *Sagitta setosa* et les larves cyphonautes présentent leur maximum, et plusieurs espèces sont à nouveau abondantes : en septembre pour *Oikopleura dioica* et seulement en octobre pour *Acartia clausi* et d'autres copépodes. Les *Pleurobrachia* présentent en 1982 des abondances équivalentes à celles de l'année 1980. Les mysidacés sont en nette décroissance sur le site de 1975 à 1982. *Mesopodopsis slabberi* diminue fortement et *Schistomysis spiritus*

Tableau V.4 : espèces rencontrées mais non comptées

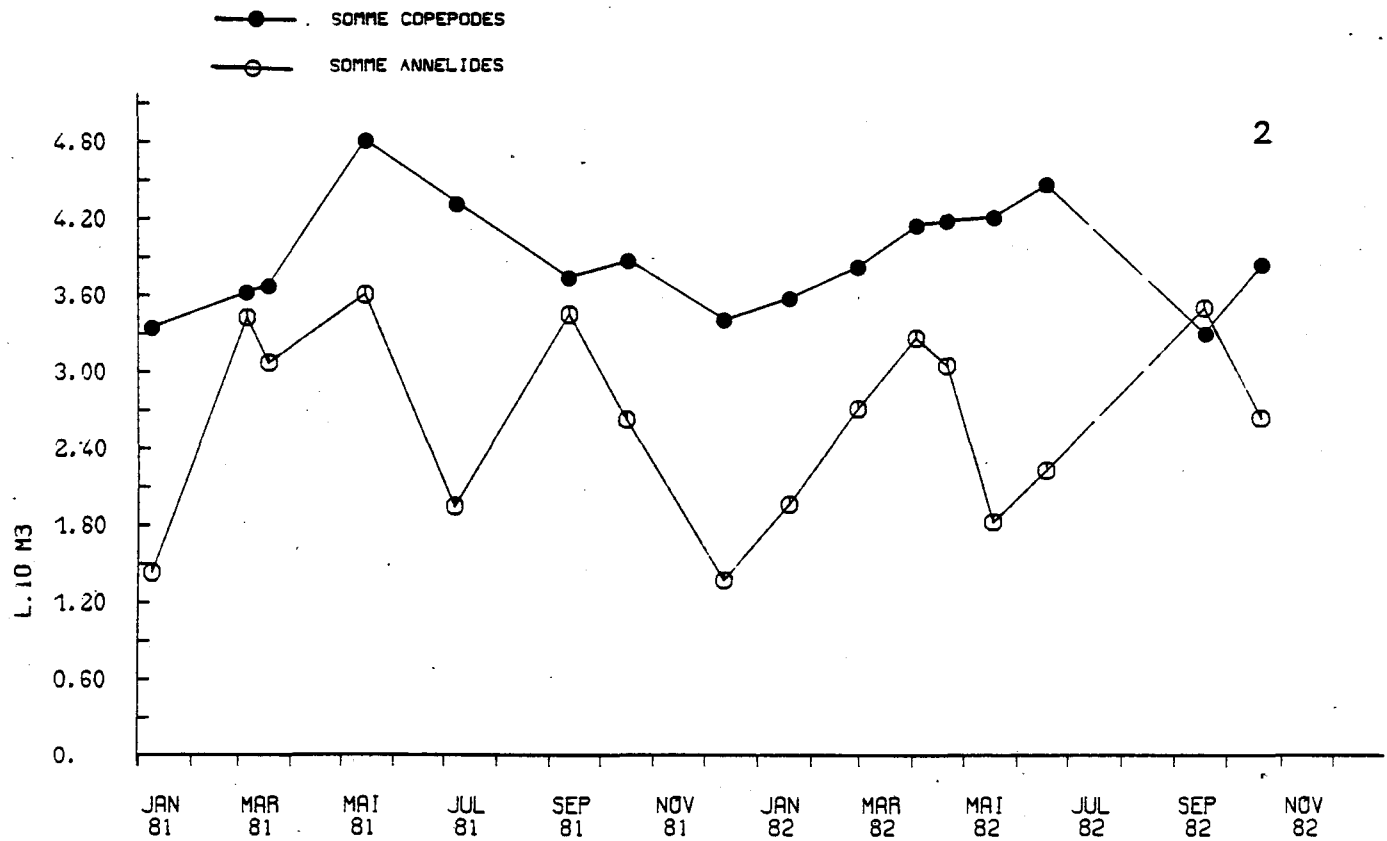
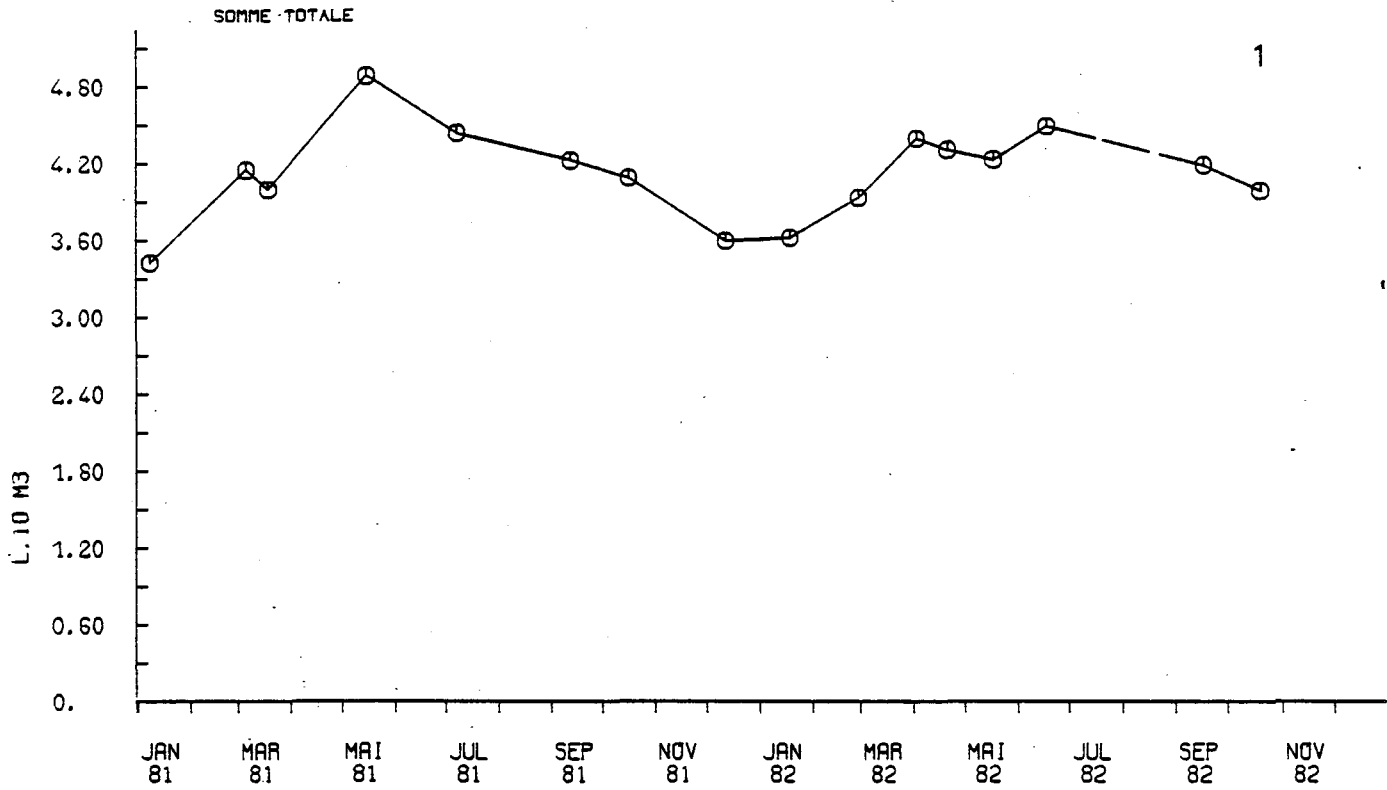
DATES	Point côtier (62)	Point médian (63)	Point hors-zone (05)	Point large (02)	Point canal (64)
11 décembre 1981	<i>Calanus helgolandicus</i> Zoe de Brachyours Cyclopoïdes n.d. Harpacticoides n.d. Actinules n.d. <i>Obelia</i> sp.	<i>Corycaeus</i> sp. Leptoméduses n.d. Cyclopoïdes n.d. Amphipodes gammariens Amphipodes caprelliens Cumacés	<i>Phialidium hemisphaericum</i> <i>Obelia</i> sp. - <i>Spio</i> sp. Spionidés - Nephtydés Aphroditidés - Cyclopoïdes n.d. <i>Calanus helgolandicus</i> <i>Corycaeus</i> sp. Peltidiidés Harpacticoides n.d. Amphipodes gammariens Epicarides Lv. Caridés Amphipodes caprelliens Gastéropodes Lv. Zoe de Brachyours		Nephtydés Aphroditidés Phyllocidés Spionidés <i>Calanus helgolandicus</i> <i>Corycaeus</i> sp. Cyclopoïdes n.d. Amphipodes gammariens Epicarides Lv. Cumacés - Bivalves Lv. Gastéropodes Lv.
18 janvier 1982	Leptoméduses juvéniles <i>Cerinula</i> Lv. Nephtydés - Spionidés Peltidiidés Ostracodes - Cumacés Amphipodes gammariens Gastéropodes Lv.	<i>Calanus helgolandicus</i> Peltidiidés - Cumacés Amphipodes gammariens Amphipodes caprelliens Epicarides Lv.	<i>Ephyrula</i> Lv. <i>Rathkea octopunctata</i> Nephtydés <i>Calanus helgolandicus</i> <i>Corycaeus</i> sp. Ostracodes - Cumacés Epicarides Lv. Amphipodes gammariens Amphipodes caprelliens Paguridés Zoe de Brachyours Gastéropodes Lv.		<i>Cerinula</i> Lv. <i>Rathkea octopunctata</i> Spionidés - Nephtydés <i>Corycaeus</i> sp. Cyclopoïdes n.d. Amphipodes gammariens Cumacés - Caridés Epicarides Lv. Bivalves Lv. Gastéropodes Lv.
27 février 1982	<i>Cerinula</i> Lv. <i>Rathkea octopunctata</i> <i>Phialidium hemisphaericum</i> - Nephtydés <i>Evaëne</i> sp. Bivalves Lv. Gastéropodes Lv. Stellerides Lv.	<i>Cerinula</i> Lv. <i>Rathkea octopunctata</i> Spionidés - Nephtydés <i>Evaëne</i> sp. Aphroditidés Peltidiidés - Cumacés Bivalves Lv. Zoe de Brachyours Amphipodes gammariens Ostracodes Monstrillidés Acariens Stellerides Lv.	<i>Cerinula</i> Lv. <i>Obelia</i> sp. <i>Rathkea octopunctata</i> Nephtydés Aphroditidés <i>Podon</i> sp. - <i>Evaëne</i> sp. <i>Calanus helgolandicus</i> Harpacticoides n.d. Peltidiidés Cyclopoïdes n.d. Ostracodes - Cumacés Bivalves Lv. Gastéropodes Lv.	<i>Rathkea octopunctata</i> <i>Autolytus prolifer</i> Aphroditidés <i>Evaëne</i> sp. <i>Calanus helgolandicus</i> Cumacés - Bivalves Lv.	<i>Cerinula</i> Lv. <i>Obelia</i> sp. <i>Rathkea octopunctata</i> <i>Phialella quadrata</i> Nephtydés Aphroditidés <i>Autolytus prolifer</i> <i>Podon</i> sp. - <i>Evaëne</i> sp. Harpacticoides n.d. Cyclopoïdes n.d. Cumacés - Epicarides Lv. Gastéropodes Lv. Stellerides Lv.
2 avril 1982	<i>Rathkea octopunctata</i> Spionidés - Aphroditidés - <i>Oithona</i> sp. <i>Calanus helgolandicus</i> Zoe de Brachyours Stellerides Lv. Gastéropodes Lv. Ostracodes	<i>Rathkea octopunctata</i> <i>Obelia</i> sp. - Aphroditidés - Magelonidés - Cumacés - Zoe de Brachyours - Gastéropodes Lv. - <i>Ophioplutei</i> - Stellerides Lv.		<i>Cerinula</i> Lv. <i>Obelia</i> sp. - <i>Rathkea octopunctata</i> - Leptoméduses n.d. - <i>Polydora pulchra</i> Aphroditidés - Nephtydés - <i>Evaëne</i> sp. <i>Ophioplutei</i> - Harpacticoides n.d. - <i>Calanus helgolandicus</i> Zoe de Brachyours Caridés - Bivalves Lv. Amphipodes gammariens Gastéropodes Lv. Stellerides Lv.	<i>Rathkea octopunctata</i> <i>Sarsia erimia</i> - <i>Obelia</i> sp. - - Leptoméduses juvéniles - Nephtydés - Spionidés Aphroditidés - Phyllocidés - Annélides n.d. - Zoe de Brachyours - <i>Calanus helgolandicus</i> Cyclopoïdes n.d. Harpacticoides n.d. Peltidiidés - Caridés Amphipodes gammariens Bivalves Lv. - Gastéropodes Lv. - Stellerides Lv. - têtards d'Ascidie - <i>Ophioplutei</i>
20 avril 1982	<i>Rathkea octopunctata</i> <i>Obelia</i> sp. - Actinules n.d. - Aphroditidés - <i>Autolytus prolifer</i> - Amphipodes gammariens - Ostracodes - Zoe de Brachyours - <i>Ophioplutei</i> Bivalves Lv. Stellerides Lv.	<i>Rathkea octopunctata</i> <i>Obelia</i> sp. - Leptoméduses n.d. Spionidés - Aphroditidés - Nephtydés Magelonidés - Cumacés Caridés - Zoe de Brachyours Bivalves Lv. - <i>Ophioplutei</i> Gastéropodes Lv.		<i>Rathkea octopunctata</i> <i>Obelia</i> sp. - <i>Cerinula</i> Spionidés - <i>Spio</i> sp. <i>Polydora pulchra</i> Nephtydés - Phyllocidés - Magelonidés Aphroditidés - Cyclopoïdes n.d. - Harpacticoides n.d. - Zoe de Brachyours - Amphipodes gammariens Bivalves Lv. <i>Ophioplutei</i> Gastéropodes Lv. Stellerides Lv.	<i>Cerinula</i> Lv. <i>Obelia</i> sp. - <i>Euchelota maculata</i> - <i>Rathkea octopunctata</i> Spionidés - Magelonidés - Zoe de Brachyours - Caridés Amphipodes gammariens Bivalves Lv. - Gastéropodes Lv. Stellerides Lv.

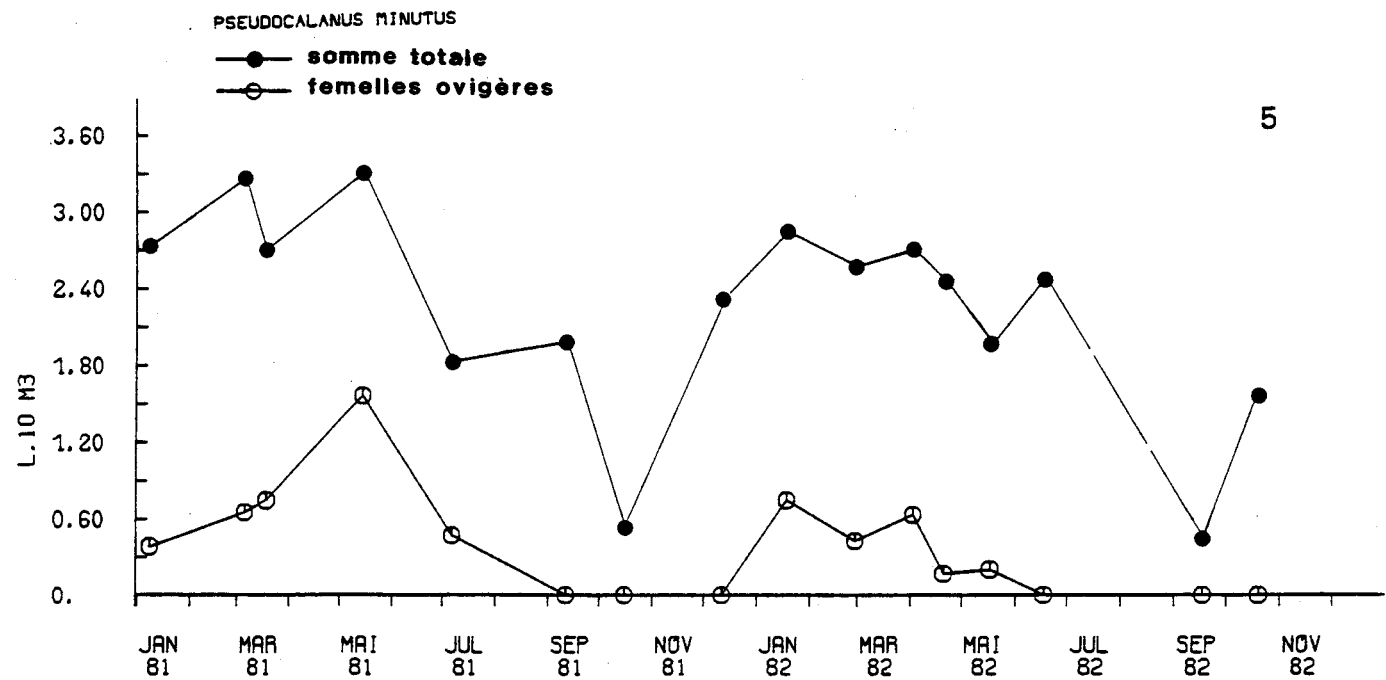
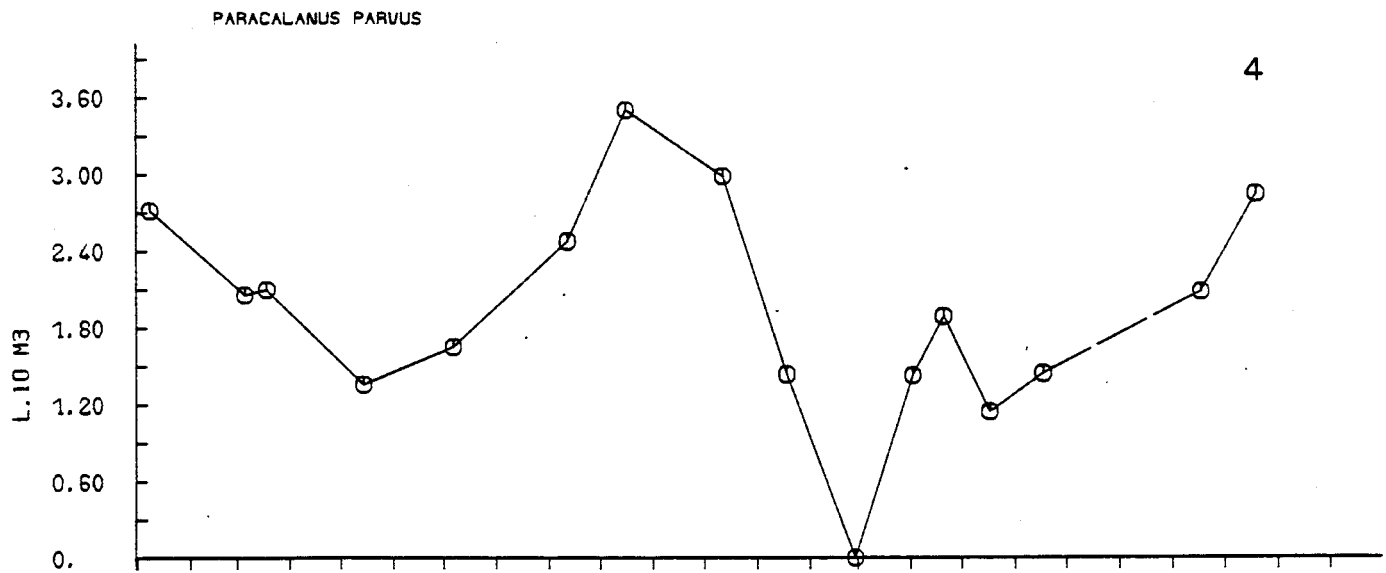
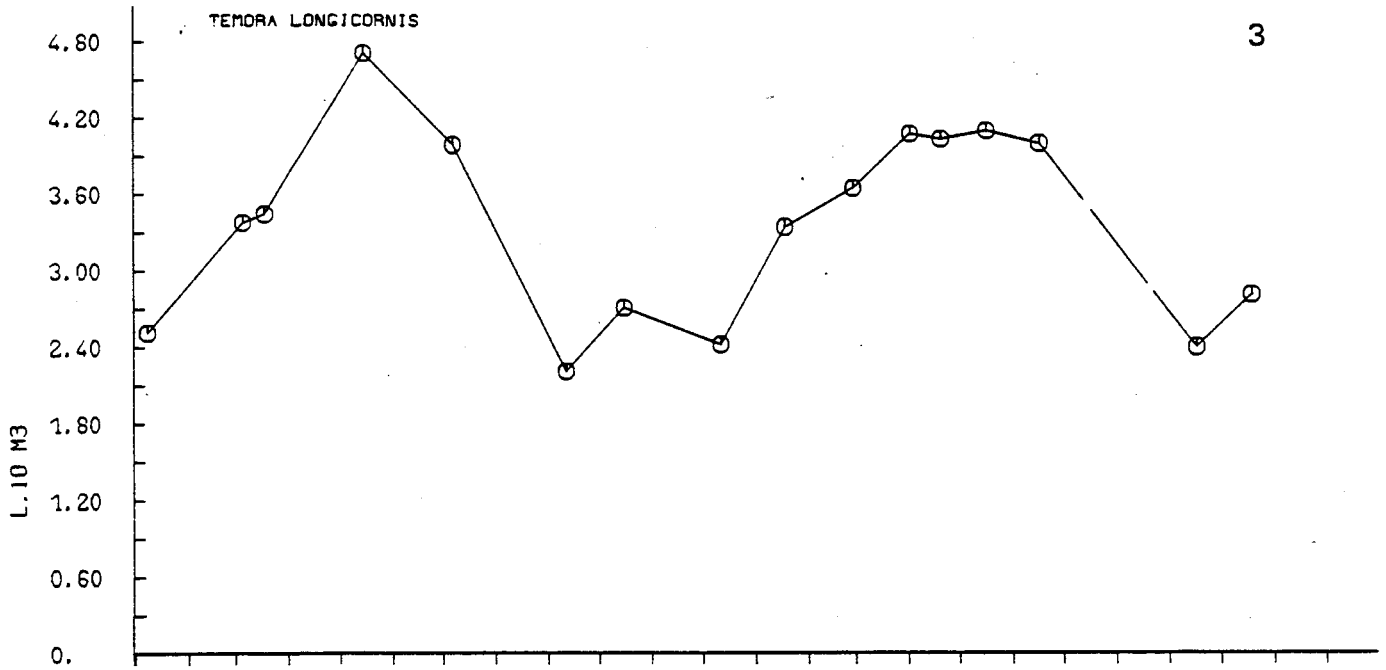
DATES	Point côtier (62)	Point médian (63)	Point hors-zone (05)	Point large (02)	Point canal (64)
17 mai 1982	Aphroditidés <i>Autolytus prolifera</i> Peltidiidés - Cyclopoïdes n.d. Bivalves Lv. <i>Bosmina</i> sp. Zoe de Brachyours Cumacés - Caridés Gastéropodes Lv.	Ostracodes - Spionidés - Caridés Zoe de Brachyours Amphipodes gammariens Bivalves Lv - Stellerides Lv <i>Ophioplutei</i>		Spionidés - Nephtydés Magelonidés Harpacticoides n.d. Zoe de Brachyours Paguridés - Caridés Amphipodes gammariens Bivalves Lv. Gastéropodes Lv.	Leptoméduses n.d. Magelonidés Harpacticoides n.d. Zoe de Brachyours Bivalves Lv. - Stellerides Lv. Epicarides Lv. Gastéropodes Lv. <i>Ophioplutei</i>
17 juin 1982	<i>Ectopleura dumortieri</i> <i>Autolytus prolifera</i> Annélidés n.d. - Spionidés - Zoe de Brachyours - <i>Calanus</i> <i>helgolandicus</i> Caridés - Cumacés Monstrillidés Porcellanes Tétards d'ascidie	<i>Sarsia eximia</i> <i>Phialidium hemisphaericum</i> - Actinules n.d. - <i>Spio</i> sp. <i>Calanus helgolandicus</i> Caridés - Cumacés Zoe de Brachyours Gastéropodes Lv. <i>Ophioplutei</i>		<i>Phialella quadrata</i> <i>Phialidium hemisphaericum</i> - Leptoméduses juvéniles - <i>Sarsia</i> <i>eximia</i> - Spionidés Aphroditidés - Nephtydés - Phyllo- docidés - Ostracodes <i>Bosmina</i> sp. - Harpac- ticoides n.d. - Zoe de Brachyours - Por- cellanes - Amphipodes gammariens - Bivalves Lv. - <i>Ophioplutei</i> Gastéropodes Lv.	Leptoméduses n.d. <i>Obelia</i> sp. <i>Ectopleura dumortieri</i> Spionidés - <i>Calanus</i> <i>helgolandicus</i> - Caridés - Zoe de Brachyours - Bivalves Lv. Gastéropodes Lv. <i>Ophioplutei</i> Tétards d'ascidie
17 septembre 1982	<i>Phialidium hemisphaericum</i> - <i>Spio</i> sp. <i>Polydora pulchra</i> Aphroditidés - Cumacés Caridés - Amphipodes gammariens - Amphipodes caprelliens Zoe de Brachyours Epicarides Lv. Bivalves Lv. Gastéropodes Lv.	<i>Phialidium hemisphaericum</i> - <i>Eucheilota</i> <i>maculata</i> - <i>Obelia</i> sp. Leptoméduses n.d. <i>Spio</i> sp. - <i>Polydora</i> <i>pulchra</i> - Spionidés - Nephtydés - Aphrodi- tidés - Phyllocidés Annélidés n.d. - Acariens - <i>Podon</i> sp. Peltidiidés - Harpac- ticoides n.d. - Cyclopoïdes n.d. Caridés - Amphipodes caprelliens - Porcel- lanes - Bivalves Lv. Gastéropodes Lv. <i>Ophioplutei</i>		<i>Obelia</i> sp. - Lepto- méduses n.d. - <i>Phia-</i> <i>lidium hemisphaericum</i> <i>Eucheilota maculata</i> Spionidés - Aphrodi- tidés - Magelonidés Annélidés n.d. - Ostracodes - <i>Podon</i> sp. Cyclopoïdes n.d. Harpacticoides n.d. <i>Corycaeus</i> sp. - Pel- tidiidés - Amphipodes gammariens - Amphipodes caprelliens - Zoe de Brachyours - Caridés - Cumacés - Epicarides Lv. - Porcellanes - Bi- valves Lv. - Gasté- ropodes Lv. - Stel- lerides Lv - <i>Ophiop-</i> <i>lutei</i>	<i>Obelia</i> sp. - Lepto- méduses n.d. - <i>Phia-</i> <i>lidium hemisphaericum</i> <i>Sarsia prolifera</i> - Spionidés - <i>Polydora</i> <i>pulchra</i> - Magelonidés <i>Autolytus prolifera</i> - Aphroditidés - <i>Podon</i> sp. - Ostracodes - Cyclopoïdes n.d. - Harpacticoides n.d. - Caridés - Cumacés - Porcellanes - Zoe de Brachyours - Tétards d'ascidie - Bivalves Lv. - Gasté- ropodes Lv. - <i>Ophiop-</i> <i>lutei</i>
19 octobre 1982	<i>Spio</i> sp. - Aphrodi- tidés Lv. - Actinotro- que de Phoronidien Lv. Peltidiidés - Epicar- ides Lv. - Cumacés - Ostracodes - Amphipodes caprelliens - Bivalves Lv - Gasté- ropodes Lv. - <i>Ophioplu-</i> <i>tei</i> -	Spionidés - Nephtydés Actinotroque Lv. - Peltidiidés - <i>Acartia discandata</i> Amphipodes gammariens Amphipodes caprelliens Ostracodes - Cumacés <i>Corycaeus</i> sp. - Gas- téropodes Lv. - <i>Ophioplutei</i>		<i>Obelia</i> sp. - Lepto- méduses n.d. - <i>Phia-</i> <i>lidium hemisphaericum</i> Aphroditidés - Spio- nidés - <i>Spio</i> sp. - <i>Autolytus prolifera</i> - Ostracodes - Cyclo- poïdes n.d. - Pel- tidiidés - <i>Corycaeus</i> sp. Harpacticoides n.d. - Cumacés - Caridés - Thalassinidés n.d. - Amphipodes gammariens Amphipodes caprelliens Zoe de Brachyours - <i>Calanus helgolandicus</i> <i>Gastrosaccus sanctus</i> Bivalves Lv. - Gasté- ropodes Lv. - <i>Ophiop-</i> <i>lutei</i> - Actinotroque Lv.	<i>Obelia</i> sp. - <i>Phiali-</i> <i>dium hemisphaericum</i> - <i>Spio</i> sp. - <i>Autolytus</i> <i>prolifera</i> - Nephtydés - Aphroditidés - <i>Podon</i> sp. - Ostra- codes - Epicarides Lv. - <i>Corycaeus</i> sp. - Cyclopoïdes n.d. - Cumacés - Amphipodes gammariens - Zoe de Brachyours - Caridés - Mégalopes de Brachyours - Porcellanes - Tétards d'ascidie - Bivalves Lv. - <i>Ophioplutei</i> - Gastéropodes Lv.

GRAVELINES

VARIATIONS SAISONNIERES D'ABONDANCE

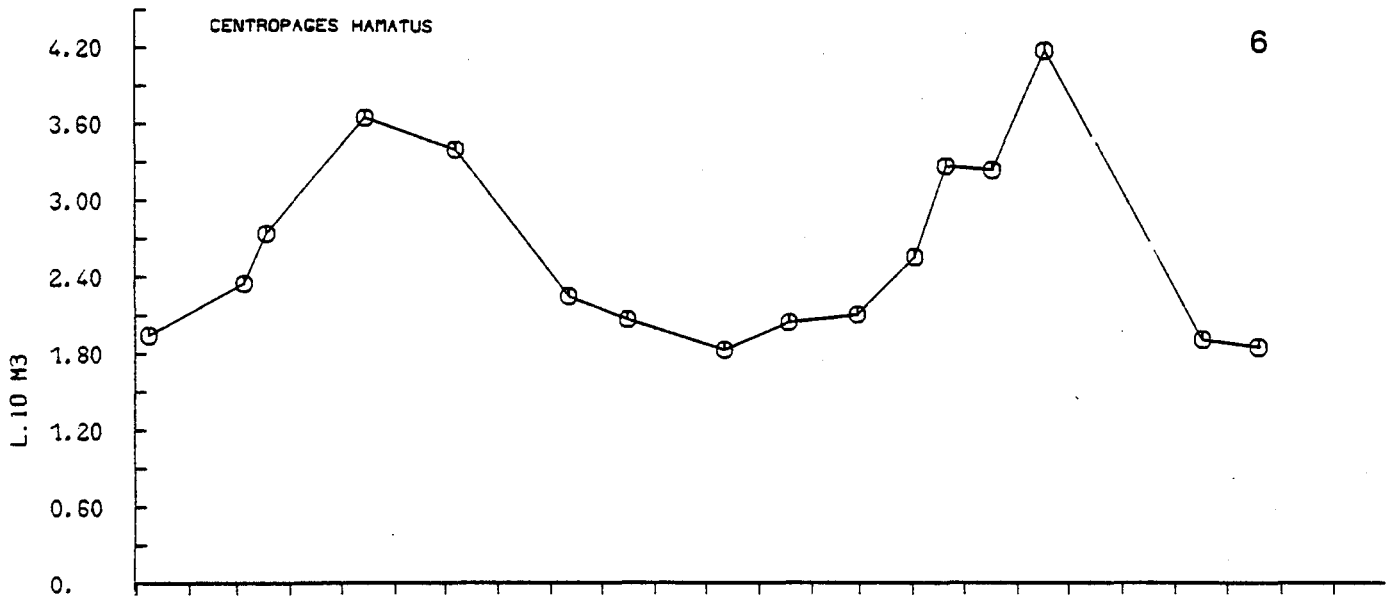
(MOYENNE TOUS POINTS CONFONDUS)





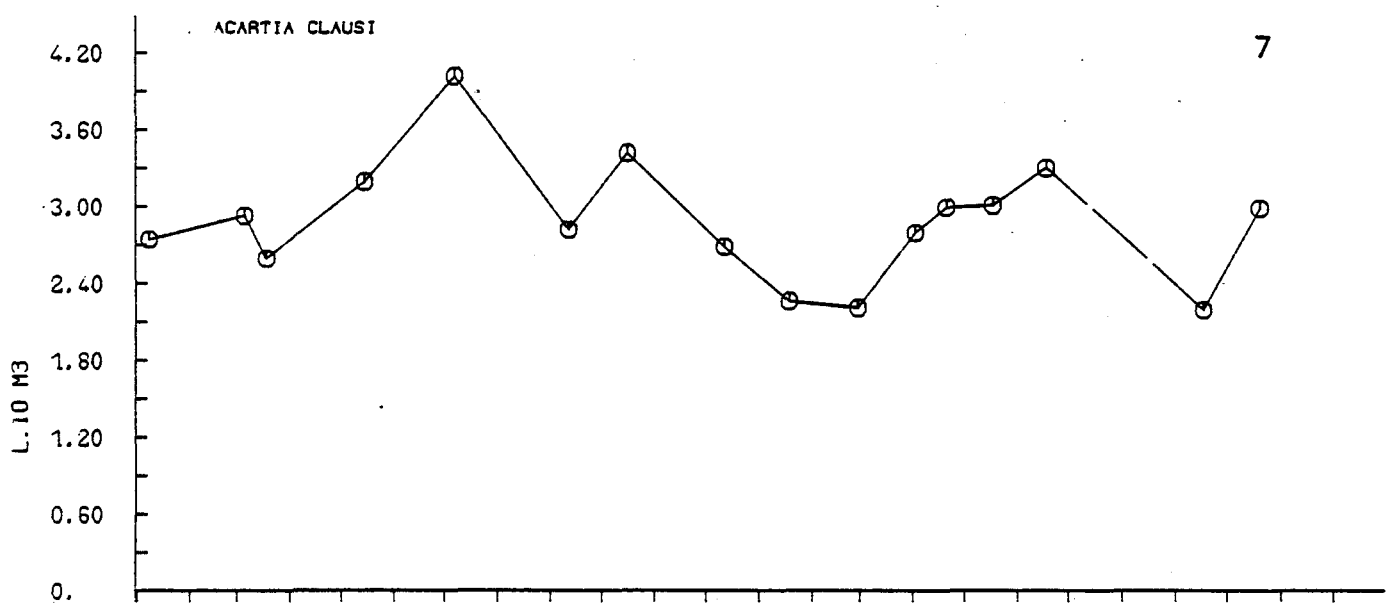
CENTROPAGES HAMATUS

6



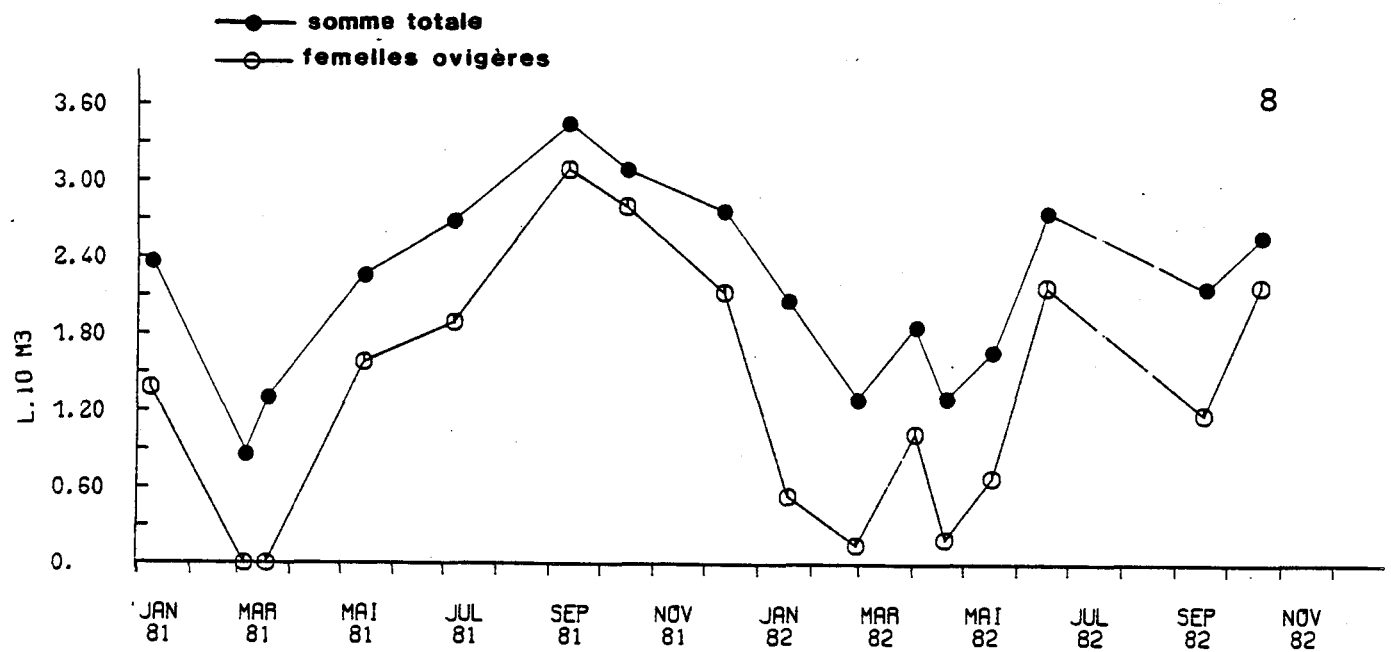
ACARTIA CLAUSI

7

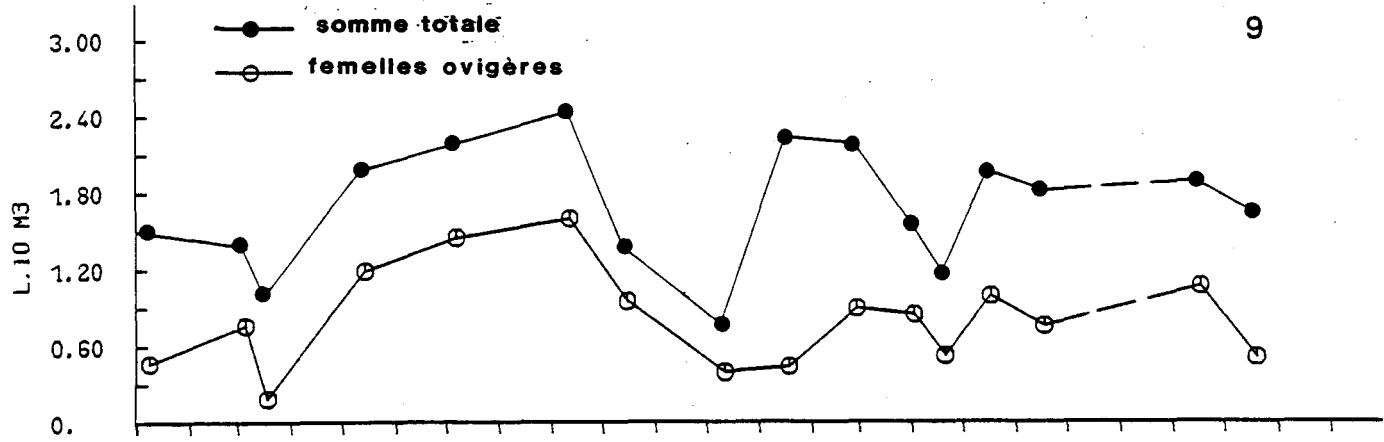


EUTERPINA ACUTIFRONS

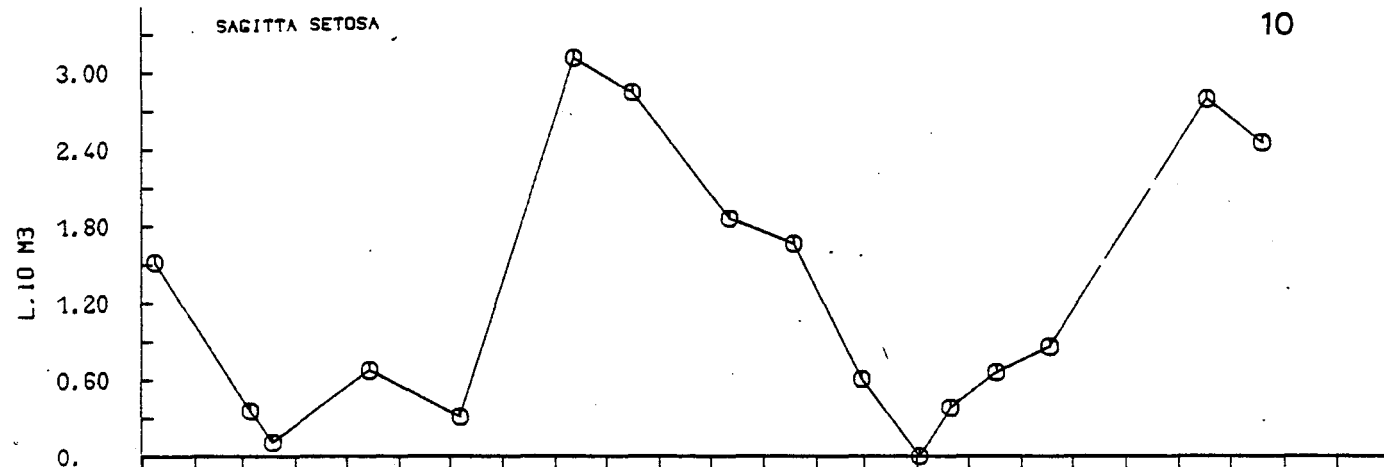
8



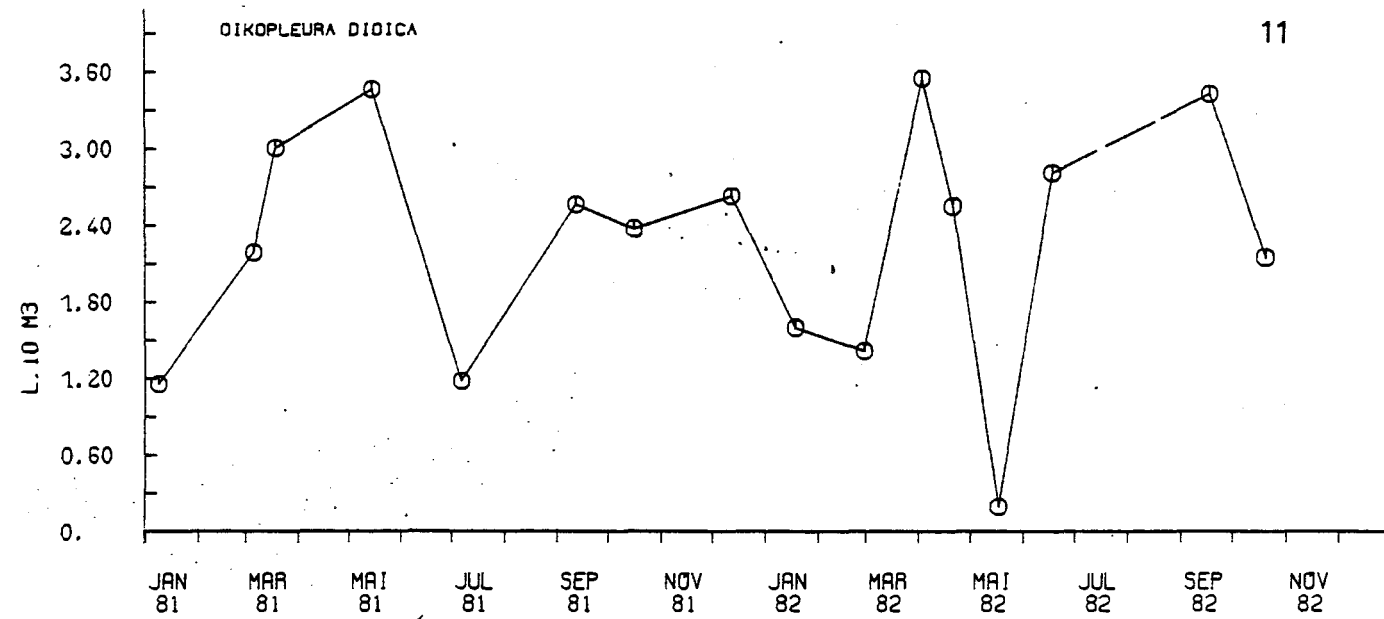
ONCAEA

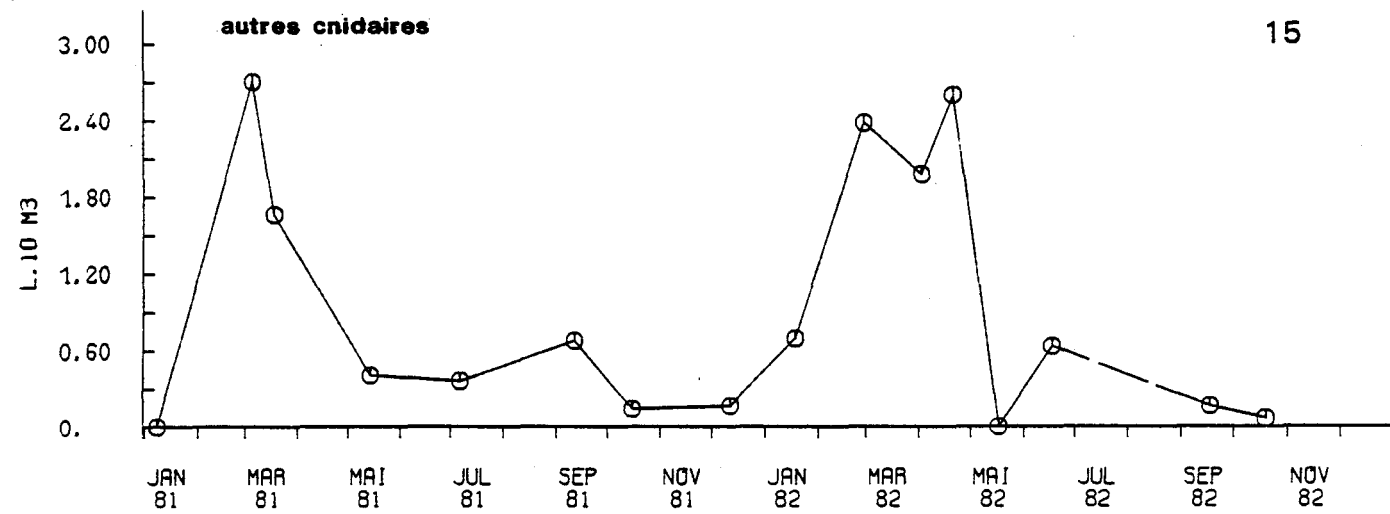
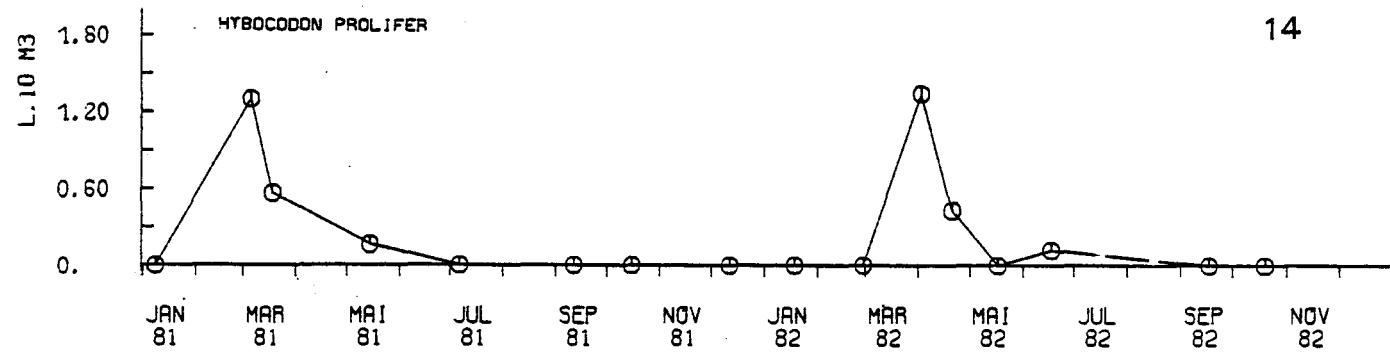
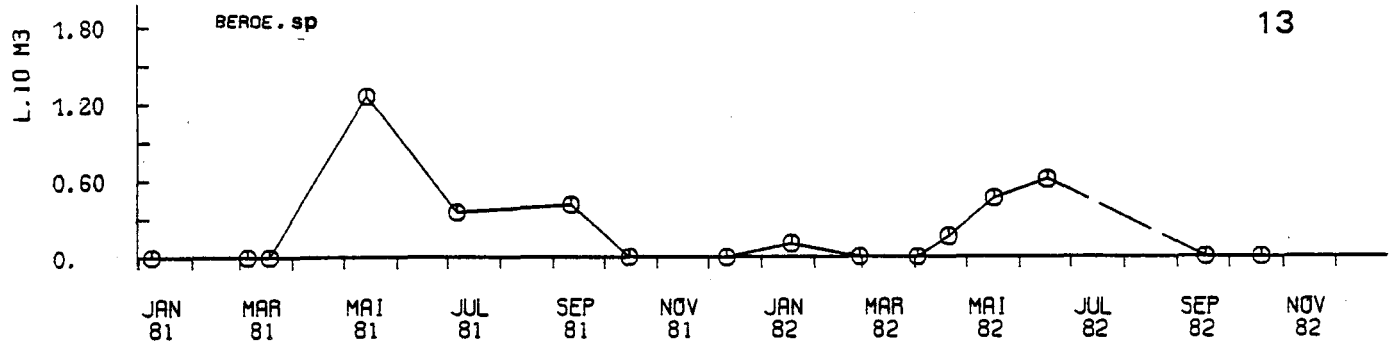
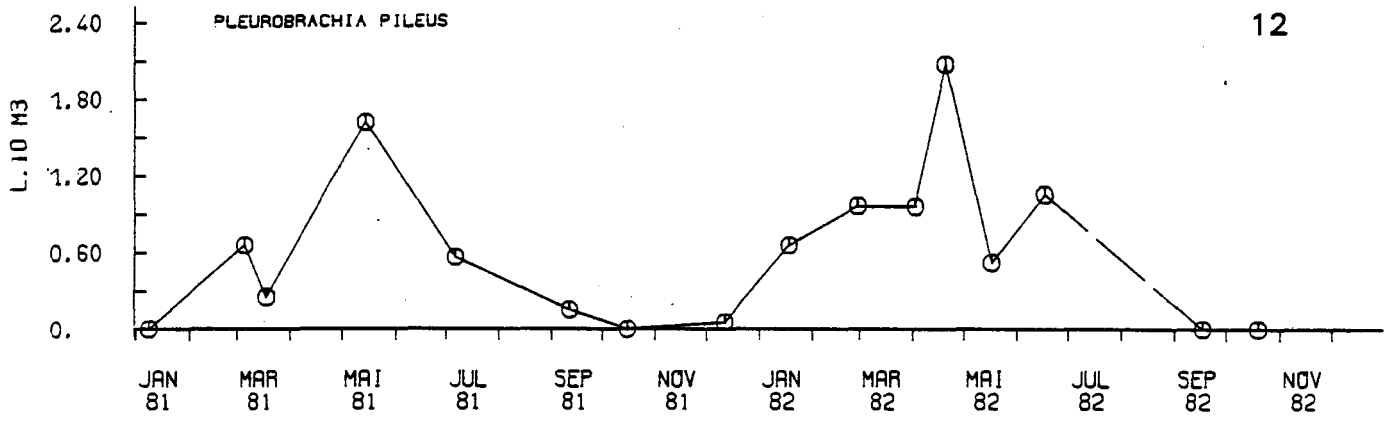


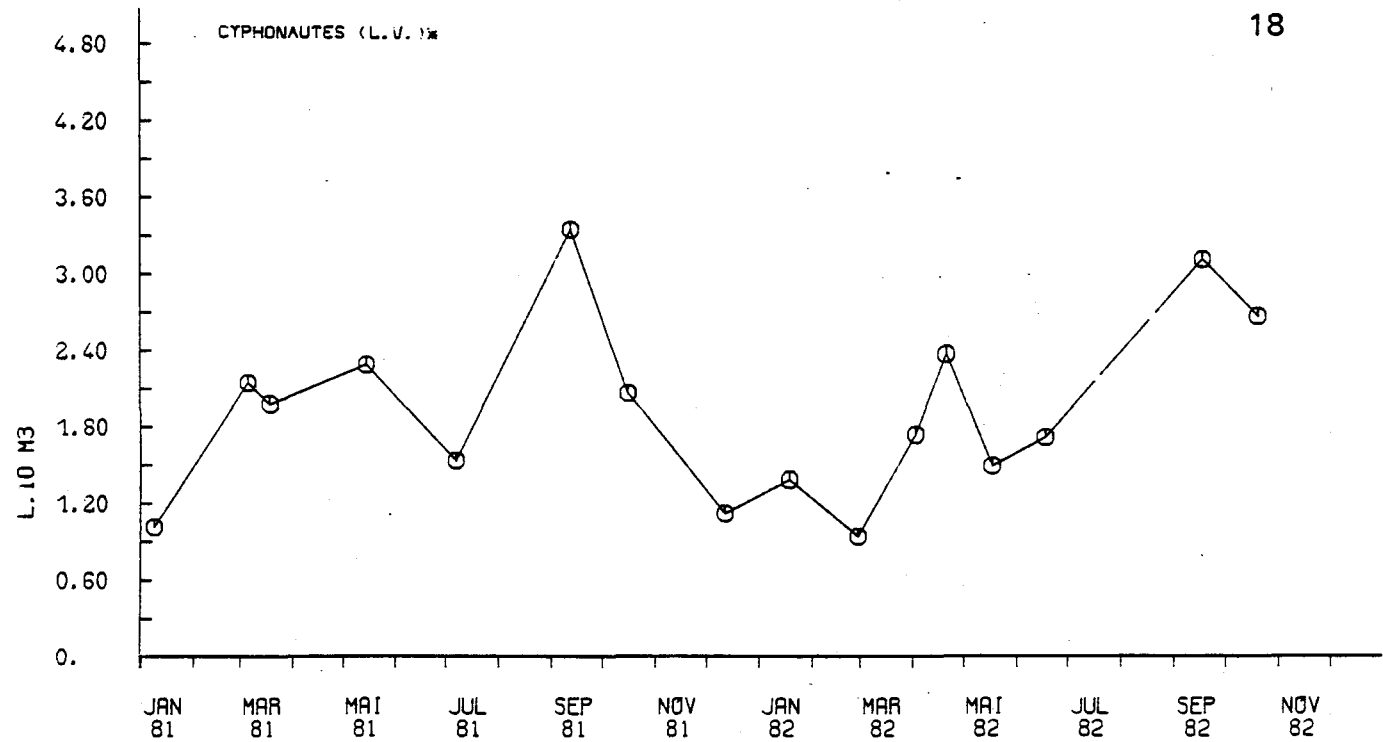
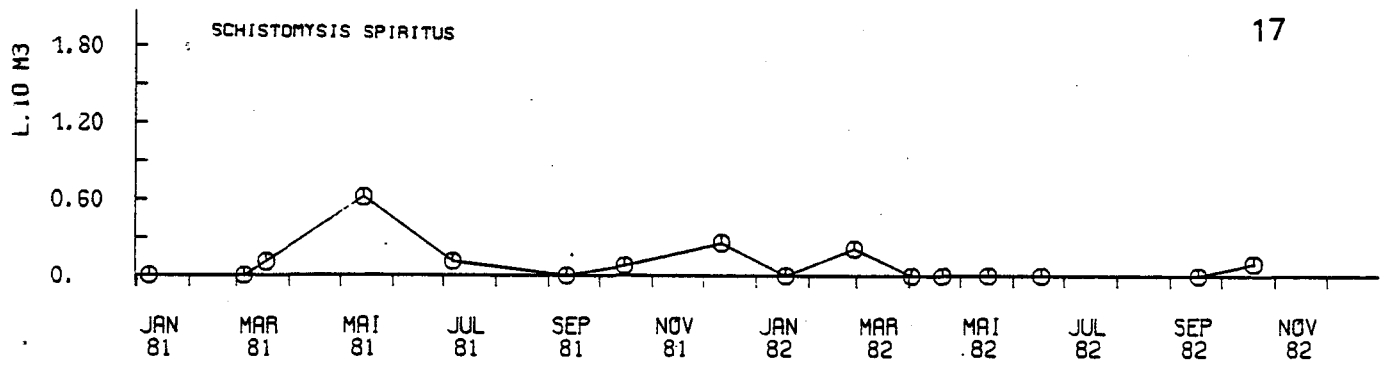
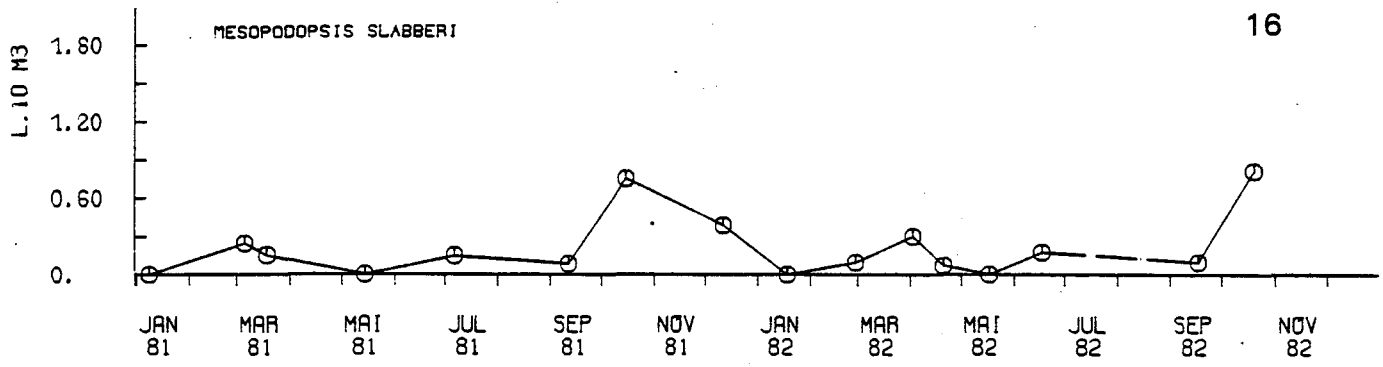
SAGITTA SETOSA

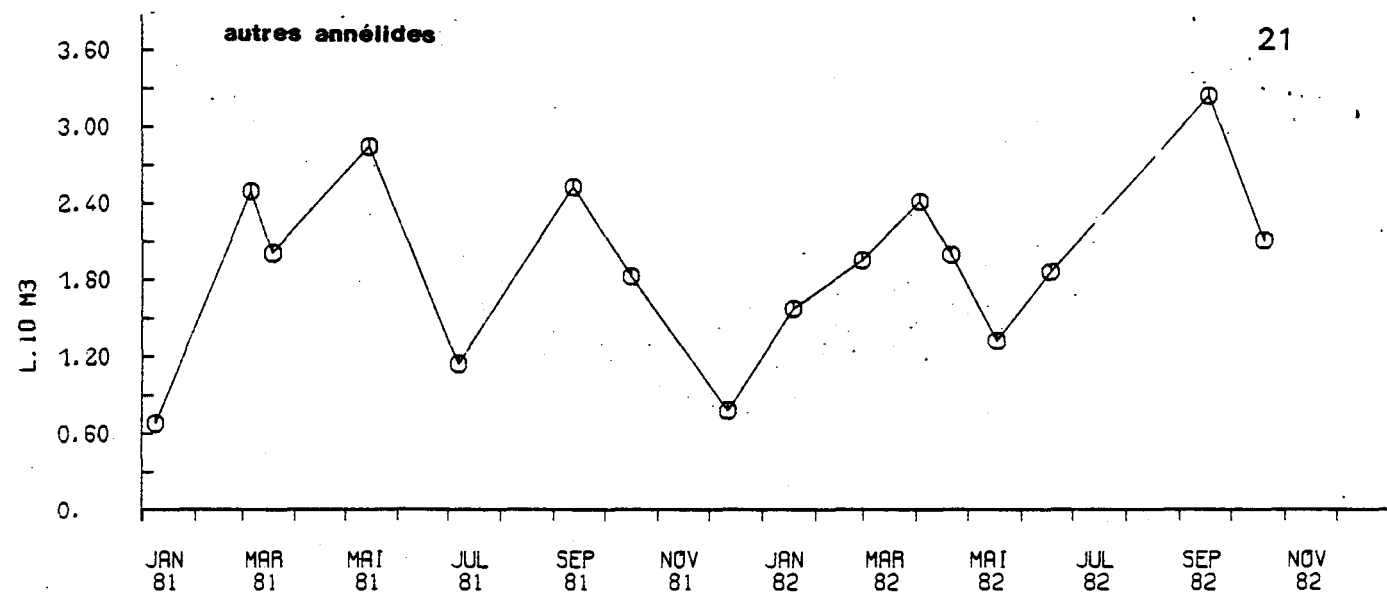
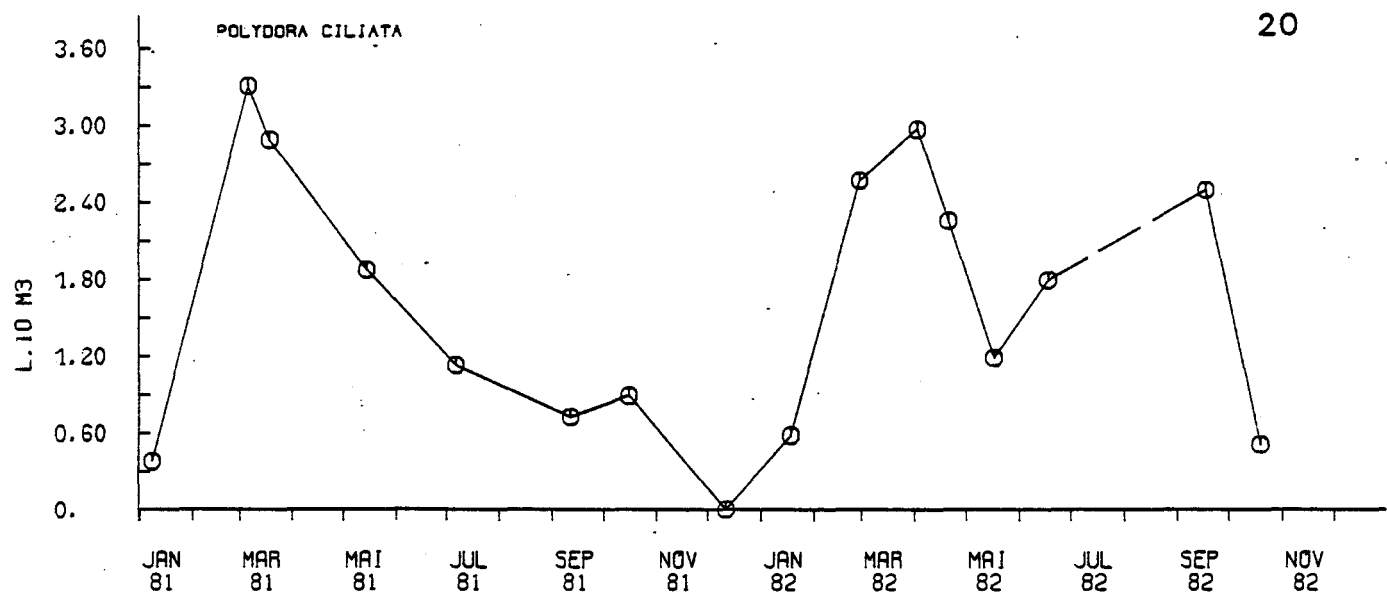
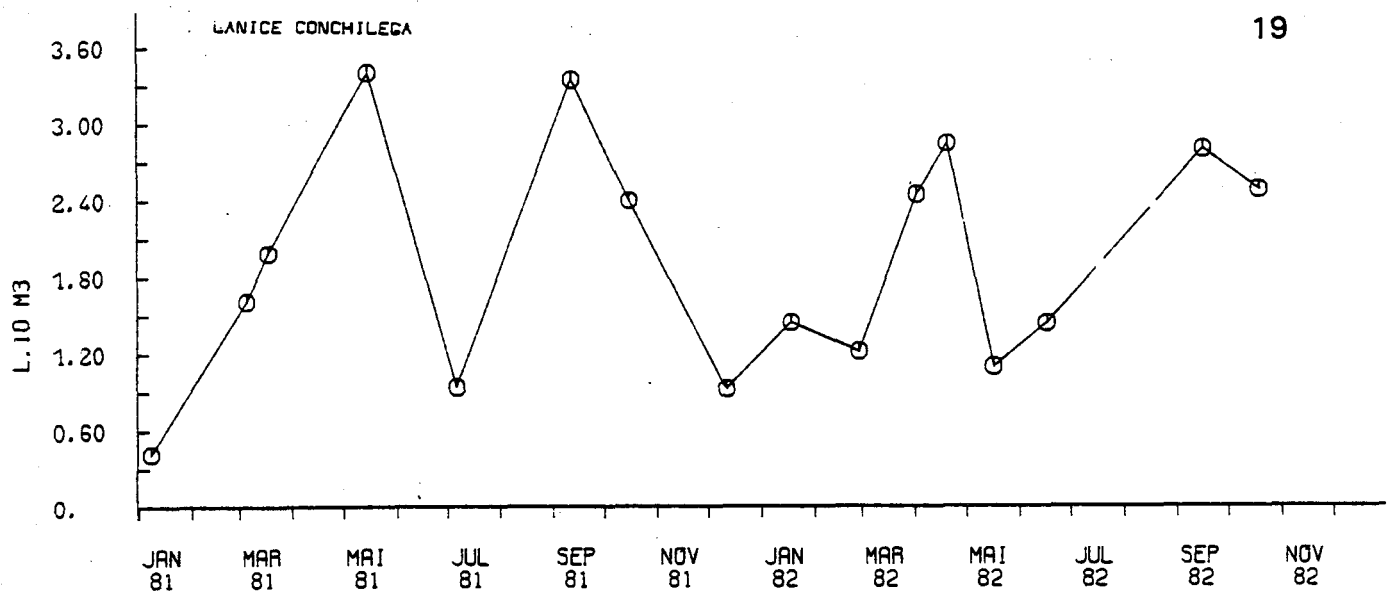


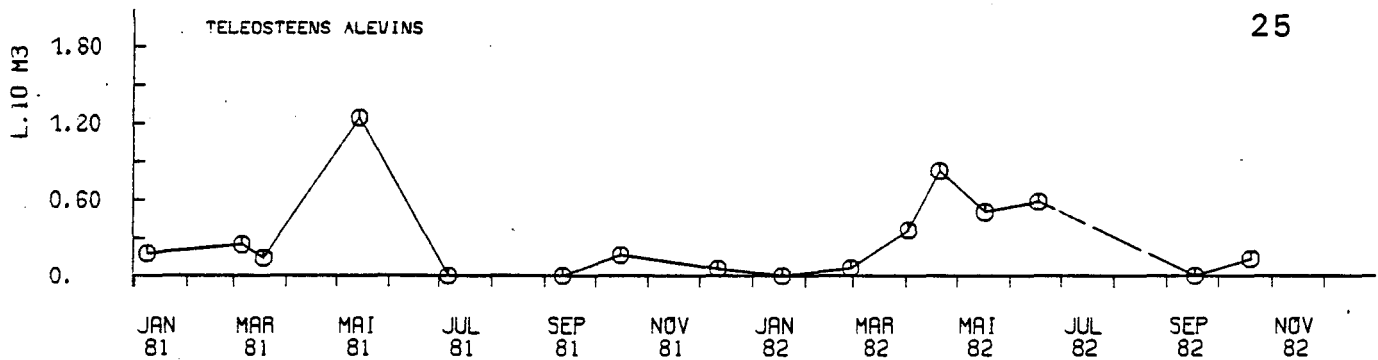
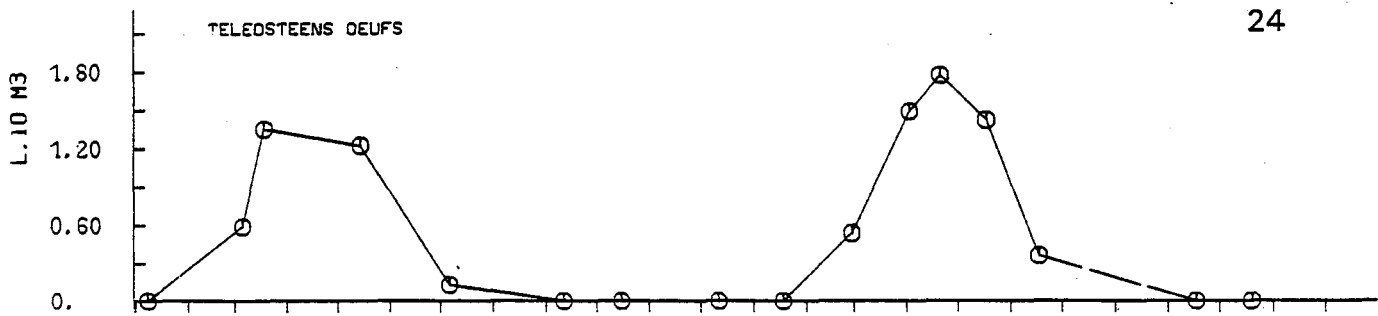
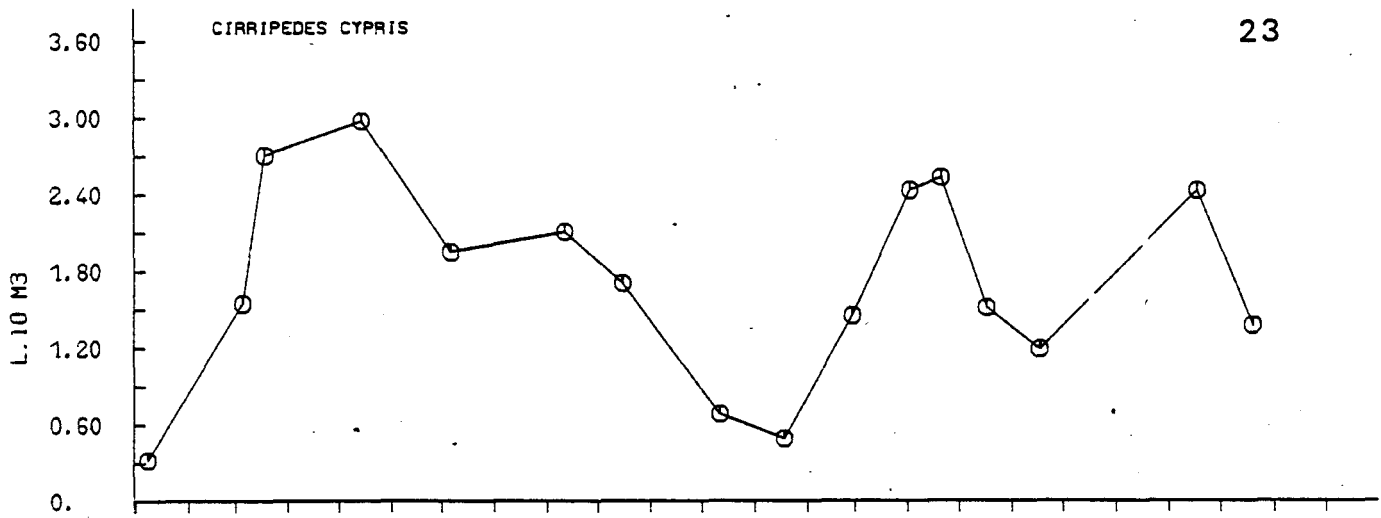
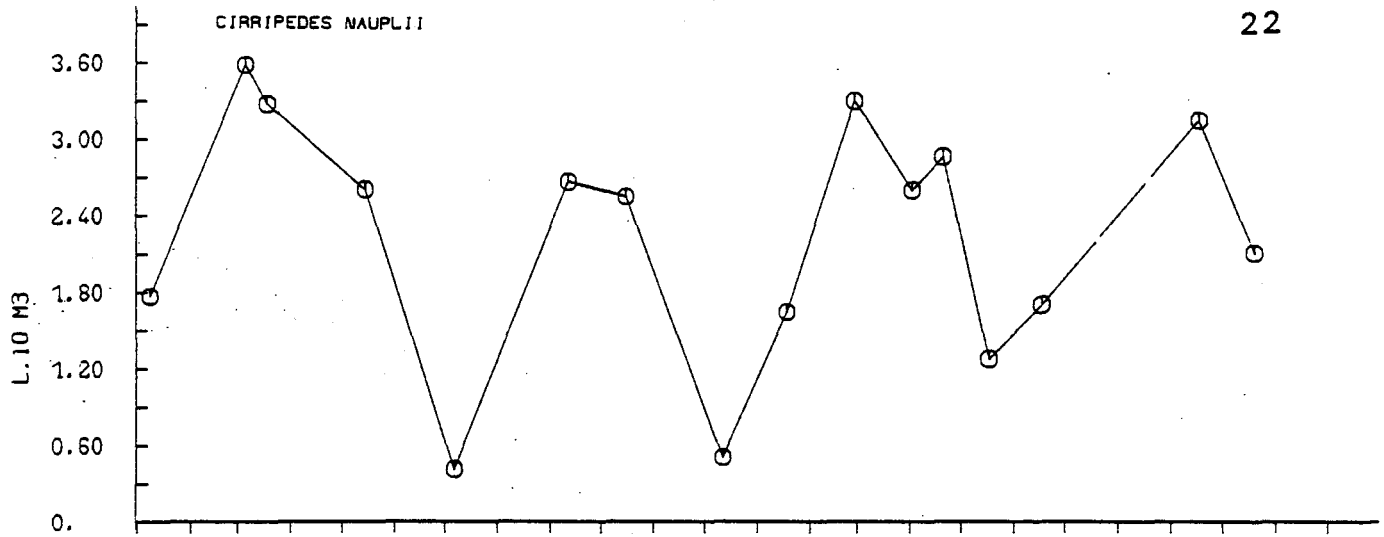
OIKOPLEURA DIDICA











disparaît presque totalement. On peut se demander si une mortalité massive sur les tambours et grilles d'entrée de la centrale n'en est pas la cause principale. Sur l'ensemble du cycle on remarque l'influence de la forte dessalure du 20 avril, date à laquelle se produit une forte poussée phytoplanctonique, ce qui a favorisé une nutrition des herbivores. Mais la première poussée phytoplanctonique a dû se produire en mars, vraisemblablement, car de nombreuses espèces, et les copépodes en particulier, ont montré une production de juvéniles avant le 2 avril (récolte à cette date de jeunes copépodites et des copépodes). Enfin on voit aussi plus tard dans la saison l'influence de la poussée phytoplanctonique observée le 17 septembre qui favorise la reproduction et la nutrition.

b. Comparaison des points (fig. V.3, V.4, V.5)

Nous examinerons successivement les comparaisons suivantes :

- point médian (63) et hors-tache thermique (05) puis large (02),
- le point entrée de la centrale (64) et sortie de centrale à la côte (62),
- le point sortie de centrale (62) et le médian (63).

b.1. Points médian (63), hors-tache (05) et large (02)
(fig. V.3.1 à V.3.8.)

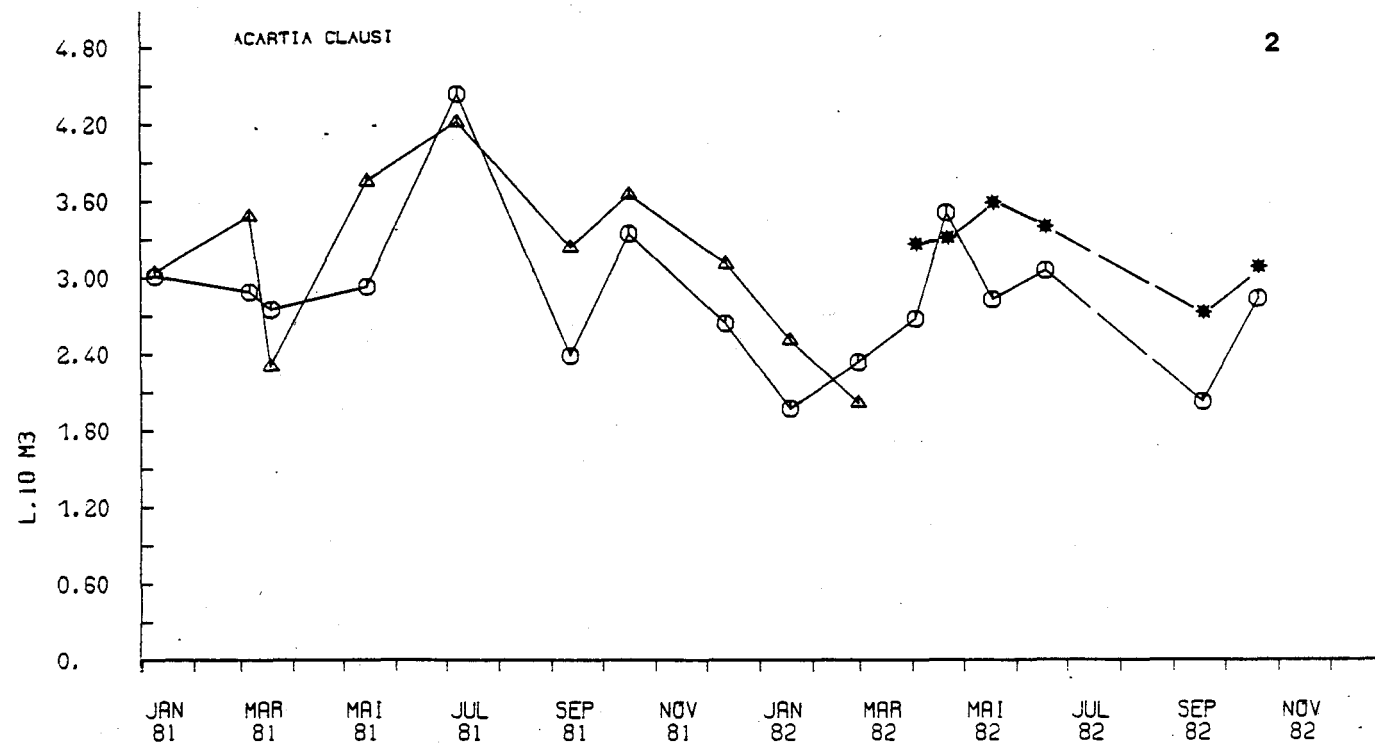
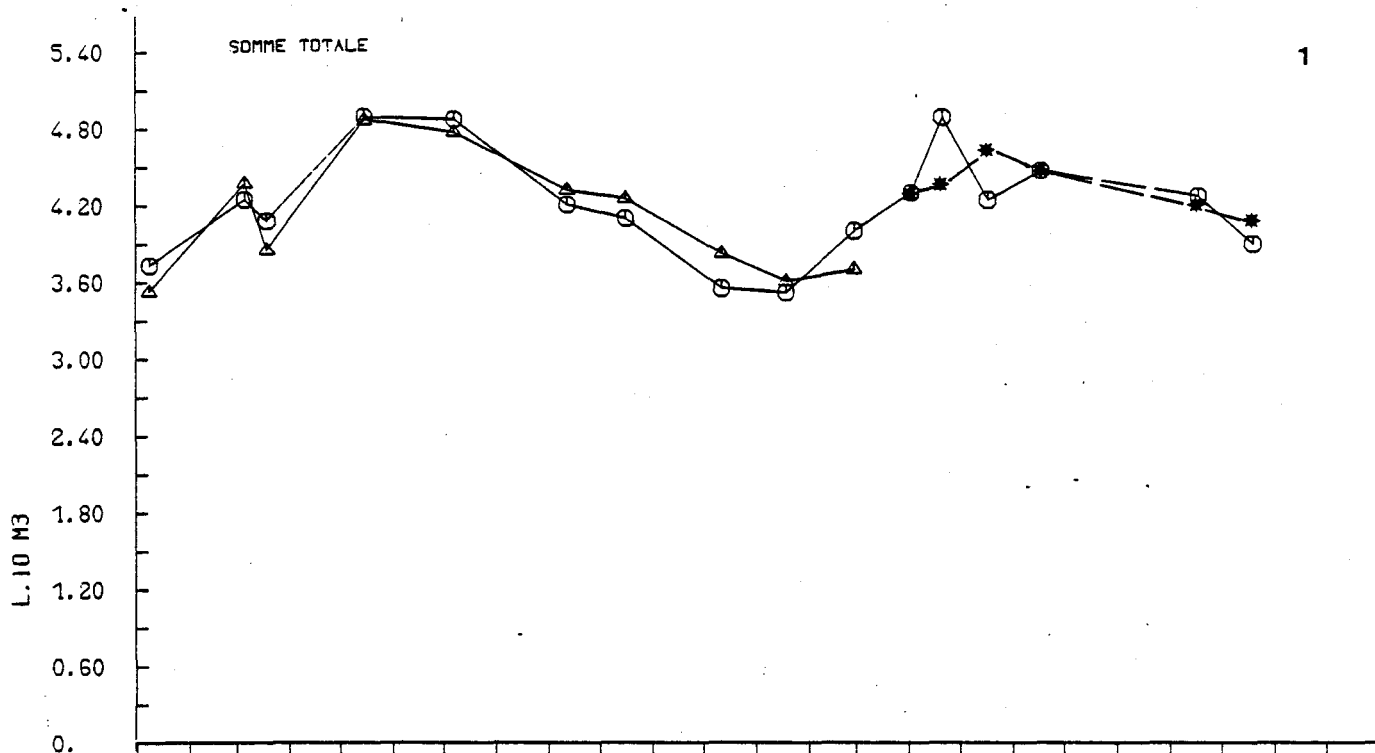
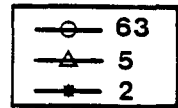
Le point médian (63) présente des caractéristiques plus côtières que le hors-tache (05), et une moins grande stabilité des eaux. Le total des individus du zooplancton est très sensiblement le même aux deux points, l'amplitude annuelle des variations étant toutefois légèrement plus grande au point médian.

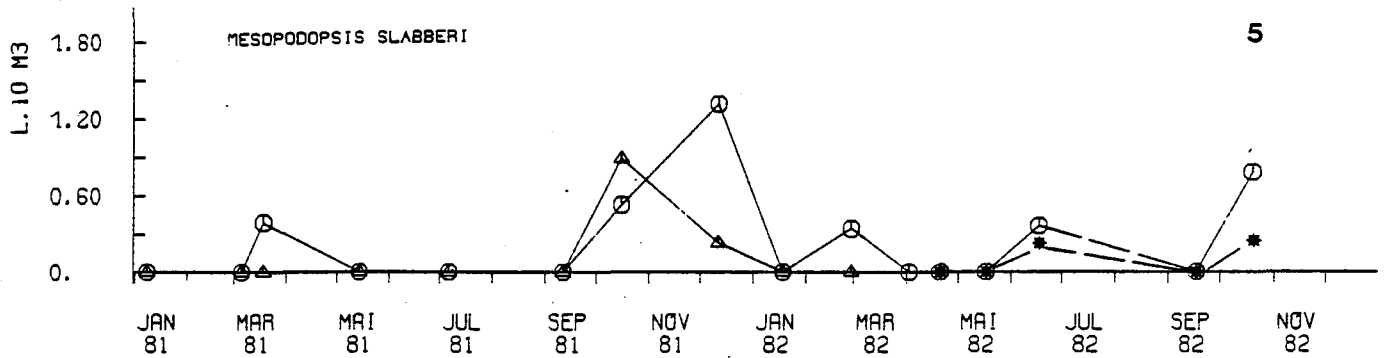
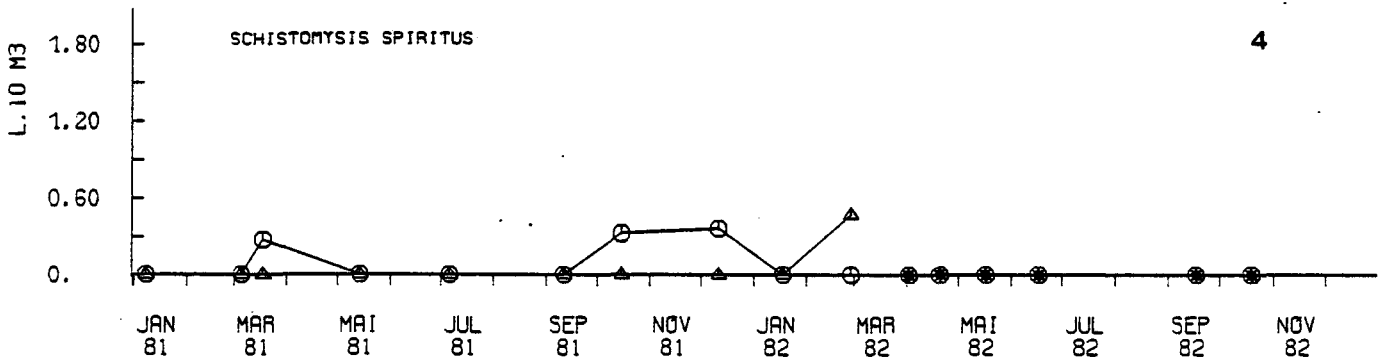
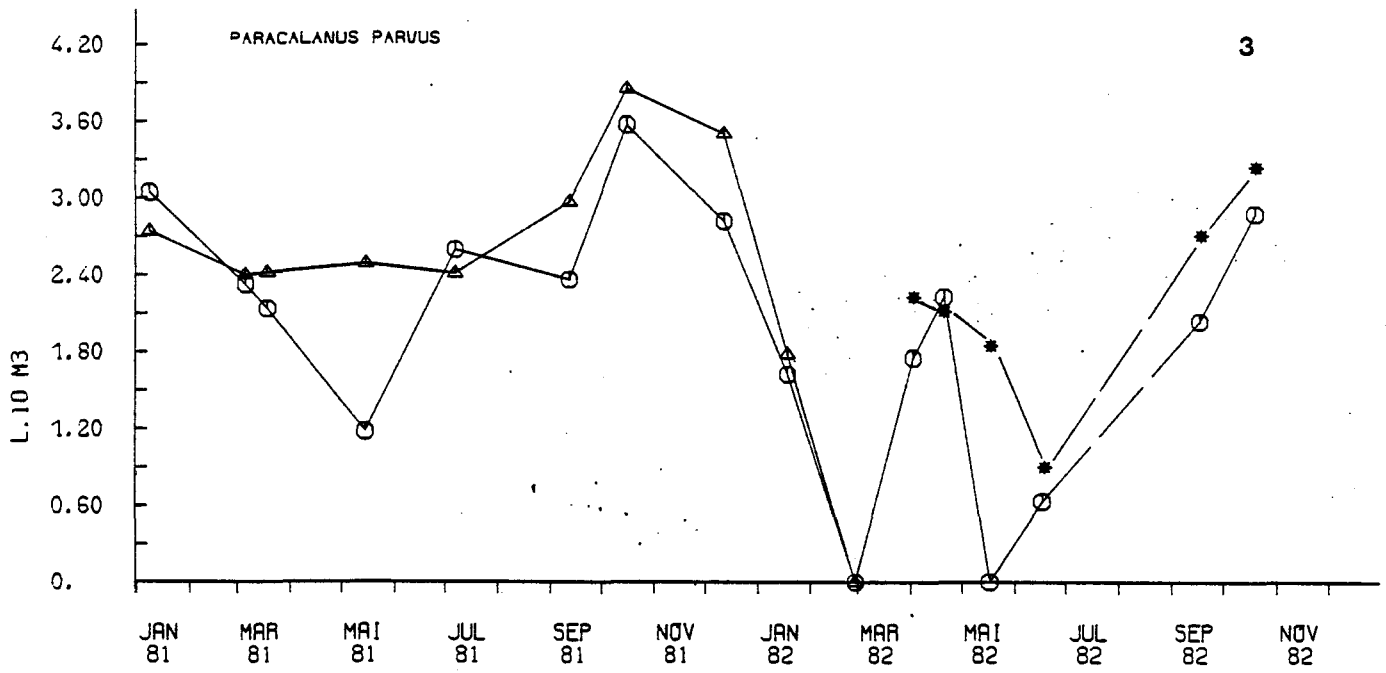
Toutes les espèces ne présentent pas les mêmes répartitions. Certains copépodes, quoique néritiques et abondants sur le site comme *Acartia clausi* et *Paracalanus parvus*, montrent des abondances sensiblement plus fortes au point hors-tache (05) et également au point large (02), qu'au point médian (63). Par contre, nous retrouvons, comme pour l'année précédente, une raréfaction générale de l'espèce *Schistomysis spiritus* qui reste présente en faible quantité au point médian, et devient absente aux points 05 et 02, ce qui confirme les gradients précédemment décrits et,

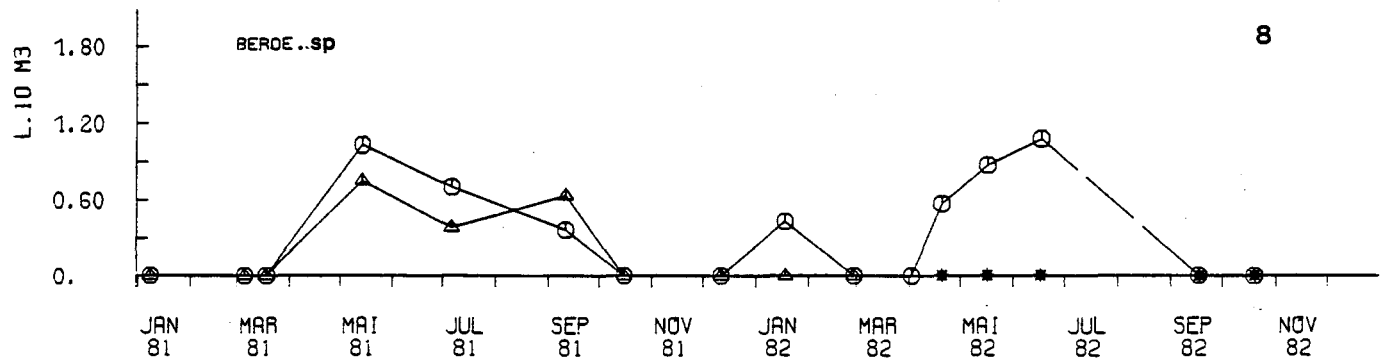
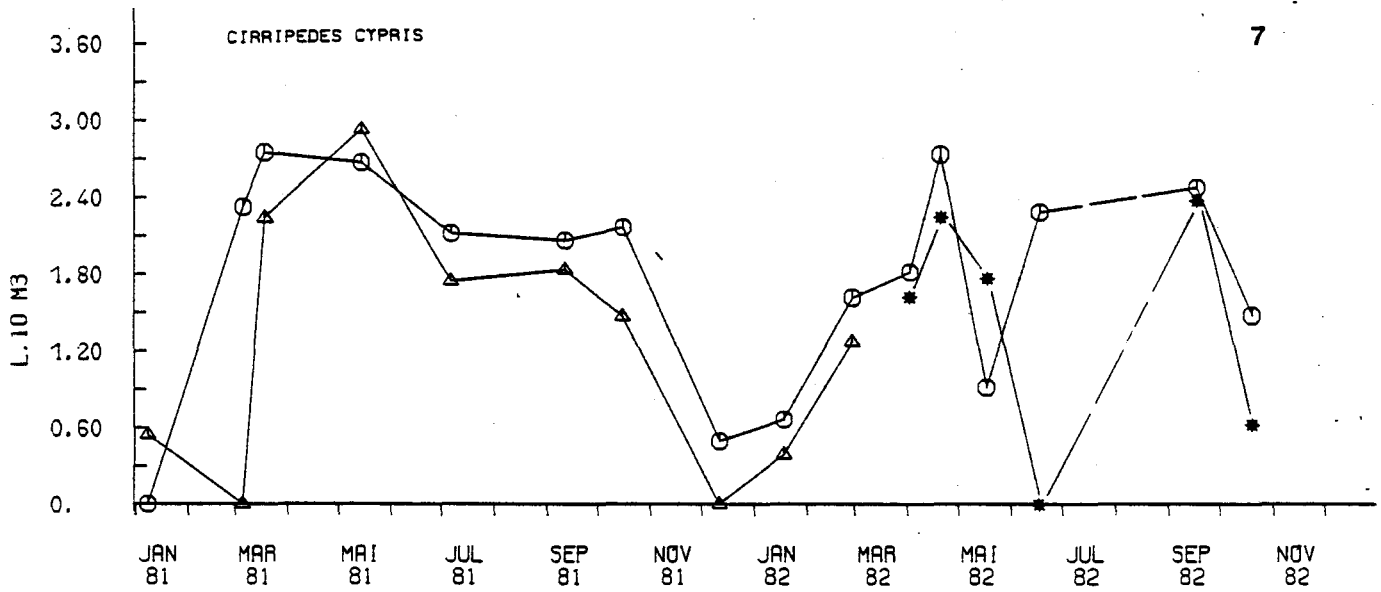
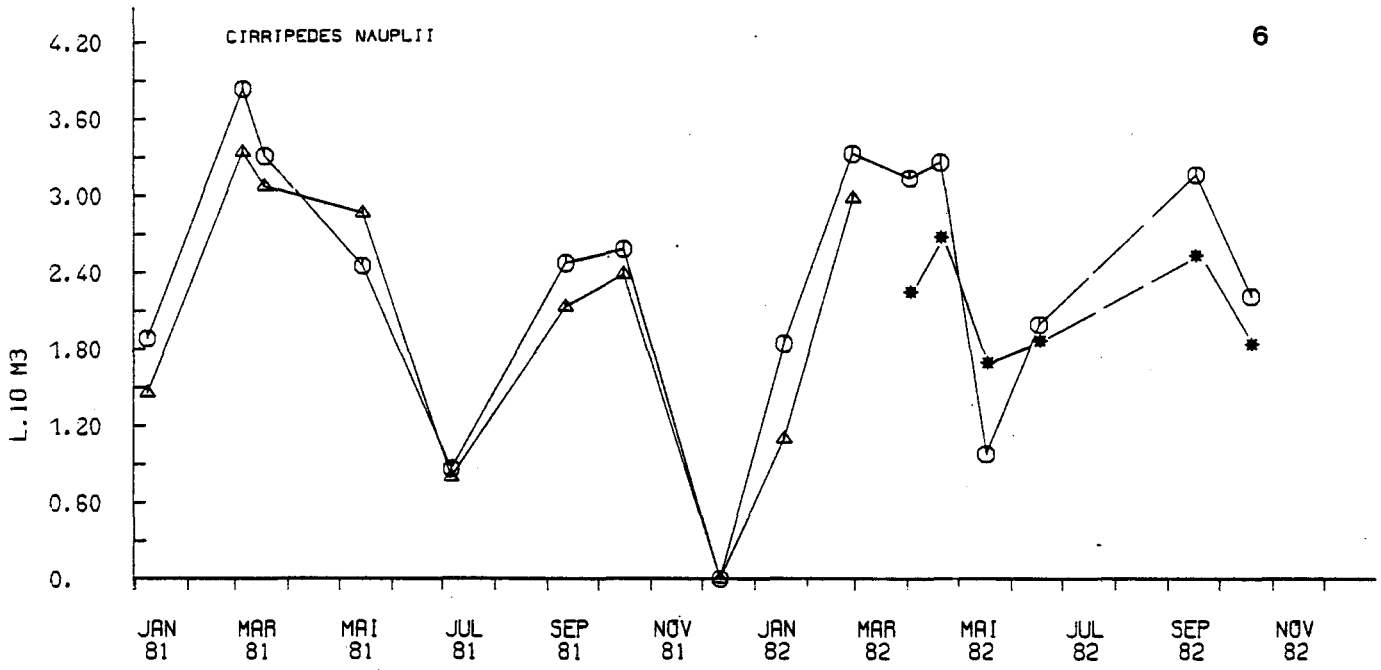
GRAVELINES

Fig.V.3

COMPARAISON DES VARIATIONS SAISONNIERES
DE DIFFERENTES ESPECES AUX POINTS 5 ET 63







également la diminution globale de la population du site. *Mesopodopsis slabberi*, en faible quantité, reste légèrement plus abondante au point 63 qu'au point 02 en 1982.

Les organismes plus abondants au médian qu'en zone hors-tache thermique restent essentiellement les *nauplii*, les *cypris* de cirripèdes et les *Beroe*.

b.2. Point canal d'entrée de la centrale (64) et sortie de la centrale (62) (fig. V.4)

Avant juin 1979, la centrale ne fonctionnant pas, les stations sont considérées comme indépendantes l'une de l'autre et le milieu amont (64) n'alimentait pas le milieu aval (62). Le canal d'entrée, avant fonctionnement de la centrale (mars 80), était plus pauvre pour presque toutes les espèces et en particulier pour *Paracalanus parvus*, *Acartia clausi*, les oeufs de Téléostéens, les mysidacés, *Oikopleura dioica*..

Au cours de l'année 1981, où la centrale a fonctionné, le milieu aval a été échauffé par rapport au milieu amont. Nous avons constaté que quelques espèces, qui étaient avant fonctionnement plus abondantes à la côte que dans le canal d'entrée, présentaient un gradient inverse en 1981. Les observations en 1982 (fig. V.4) montrent que la somme totale des individus du zooplancton à la côte est, en moyenne, inférieure à la somme totale au canal d'entrée. Il faudra vérifier, pour les années ultérieures, si cette observation est confirmée et, également, savoir si c'est la quantité de zooplancton à la côte qui diminue globalement, ou si celle du canal augmente pour un même rapport entre les deux stations.

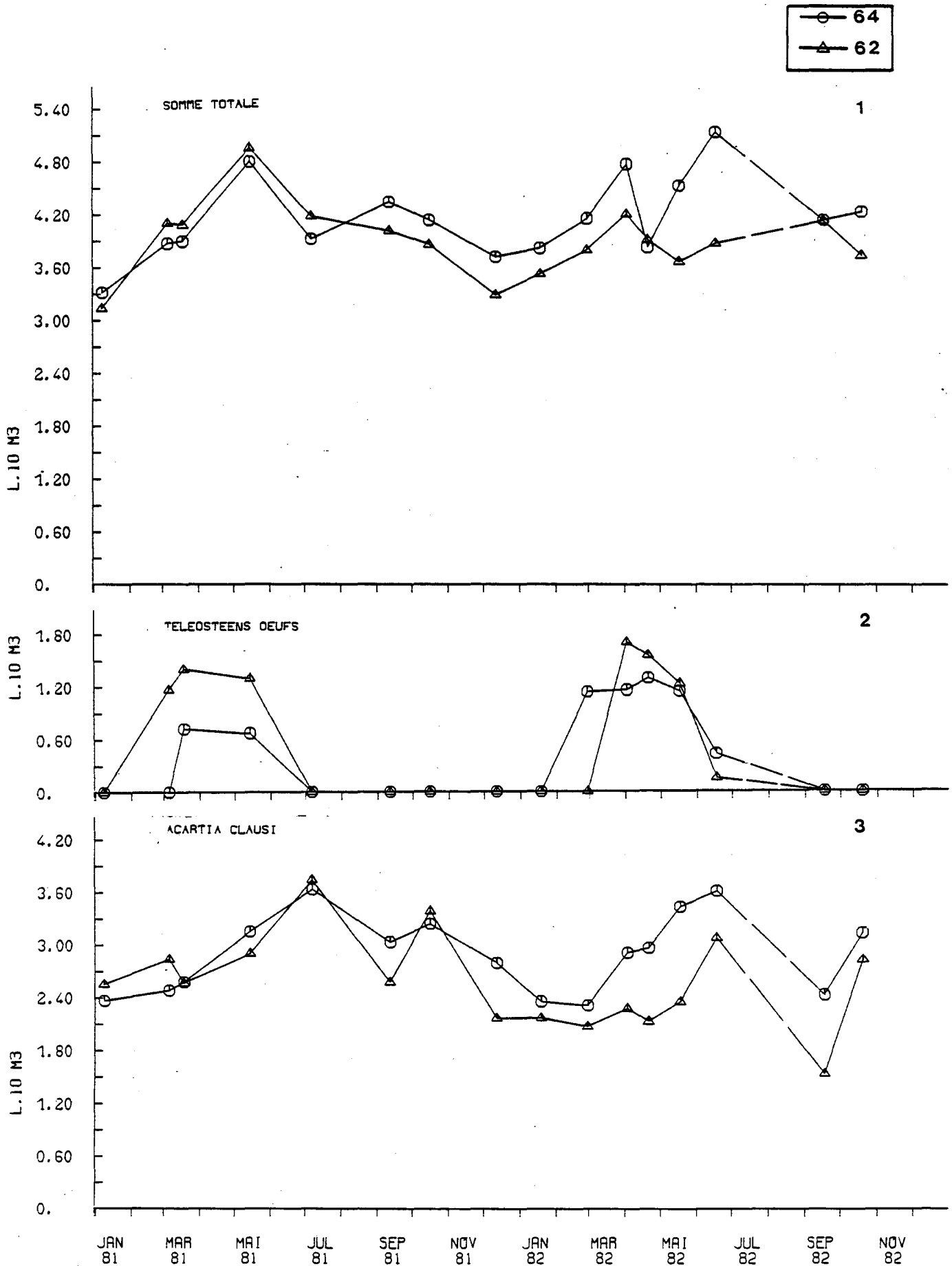
La figure V.4.2. représente les abondances des oeufs de téléostéens qui sont toujours plus abondants à la côte que dans le canal, comme pour les années antérieures.

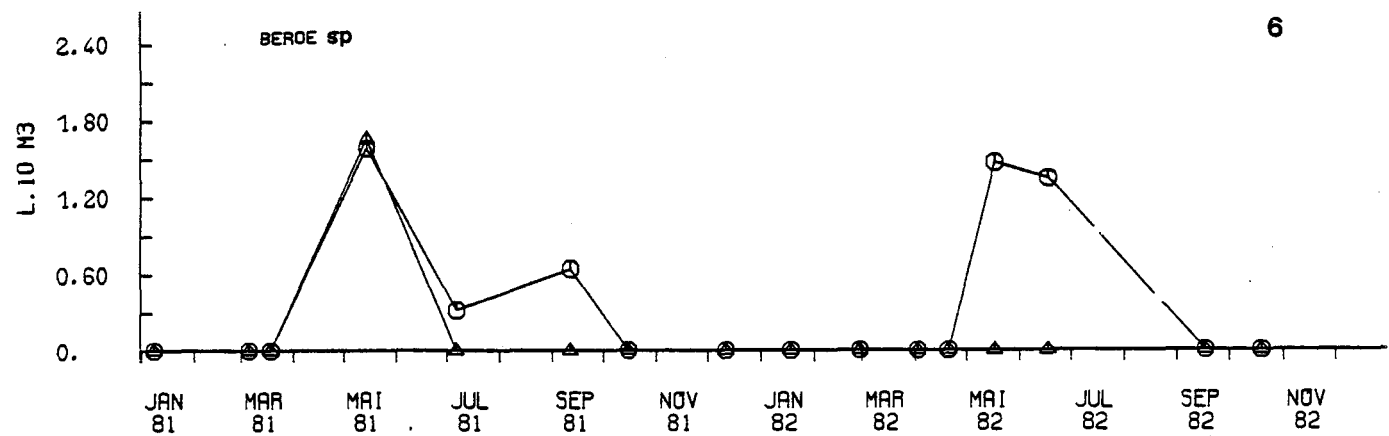
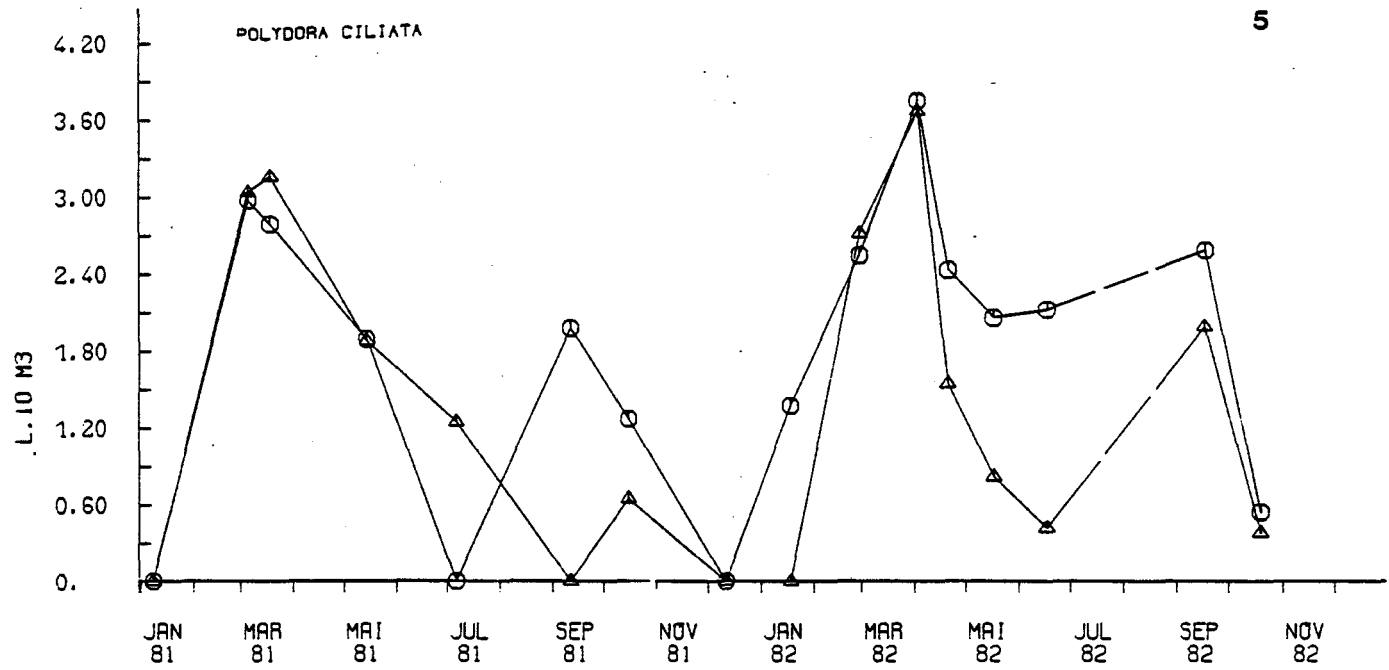
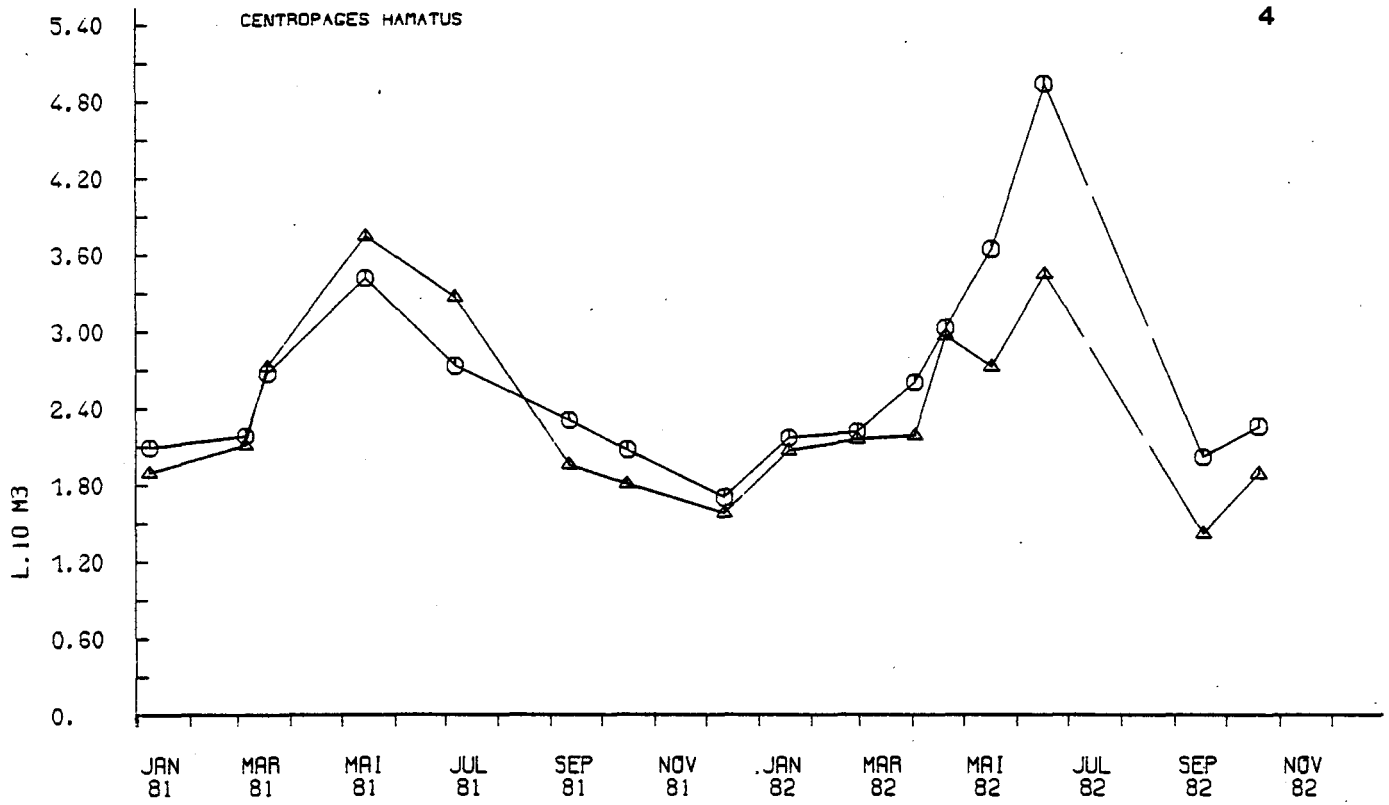
Par contre, les figures V.4.3. à V.4.6. montrent bien une plus grande richesse de *Acartia clausi*, *Centropages hamatus*, *Polydora ciliata*, *Beroe sp.* dans le canal par rapport à la côte.

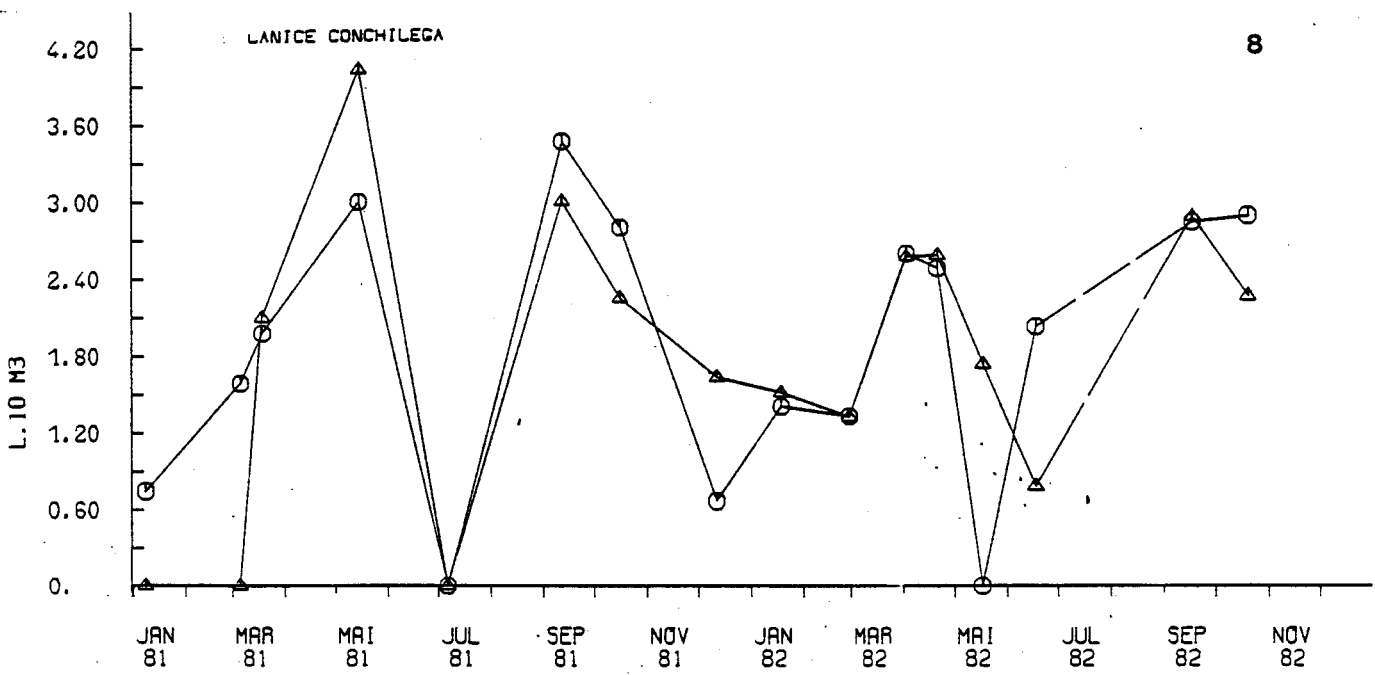
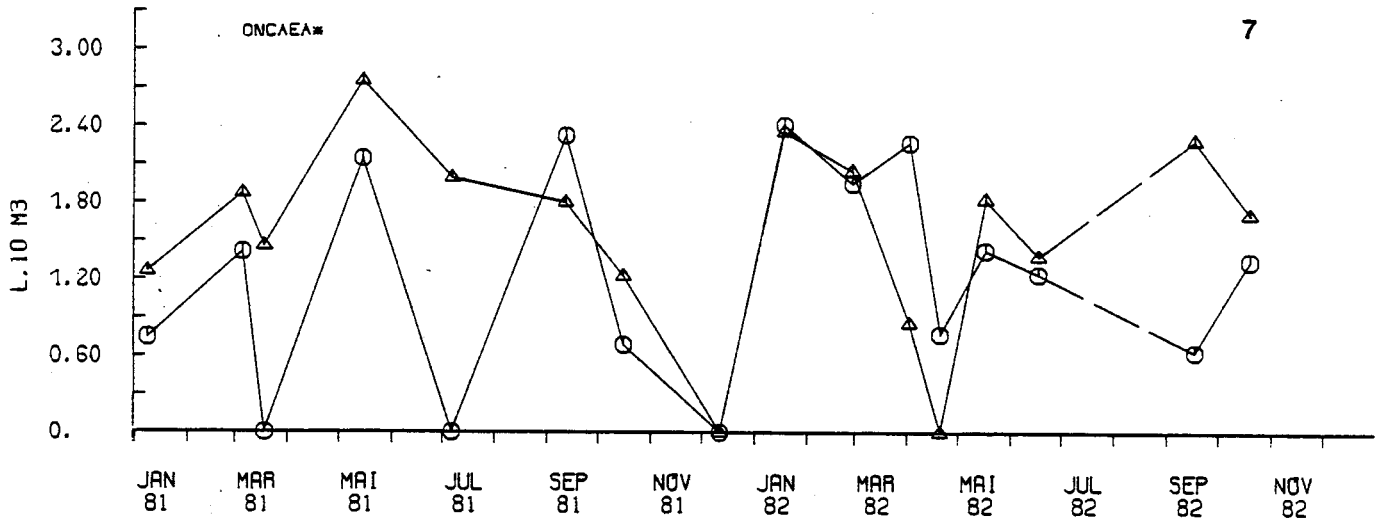
GRAVELINES

Fig.V.4

COMPARAISON DES VARIATIONS SAISONNIERES
DE DIFFERENTES ESPECES AUX POINTS 62 ET 64







Les figures V.4.7. et V.4.8. montrent que, pour les deux espèces *Oncaea sp.* et *Lanice conchilega*, le problème est plus complexe, et ne peut être clarifié que par une observation d'une plus longue durée, car les gradients ne sont pas cohérents. *Oncaea sp.*, par exemple, montre des gradients qui s'inversent souvent d'une année à l'autre. C'est aussi le cas pour d'autres espèces où aucune stabilité n'apparaît actuellement dans la répartition.

b.3. Comparaison point côtier (62) et point médian (63)
(fig. V.5.1. à V.5.12)

Les *nauplii* et *cypriis* de cirripèdes, plus abondants à la côte qu'au point médian jusqu'en 1979, ne maintiennent plus de gradient stable; les *cypriis*, par exemple, ont été plus abondants au point médian en 1980 et en 1982, mais plus abondants à la côte en 1981. Comme pour la comparaison des points 64/62, certaines espèces n'ont pas de stabilité de répartition. C'est le cas aussi pour les larves d'annélides (fig. V.5.3. et V.5.4.) pour lesquelles la station médiane apparaît souvent plus riche, mais pas de façon continue.

Le plancton total (fig.V.5.1) semble globalement devenir plus pauvre au point côtier qu'au point 63. La station médiane s'est différenciée de plus en plus de la station côte au cours de l'année 1981 pour les espèces *Euterpina acutifrons*, *Paracalanus parvus*, *Sagitta setosa*, *Oikopleura dioica*. On peut remarquer que la tendance à l'appauvrissement pour la station côtière, mise en évidence en 1981, se maintient pour certaines espèces, quoique de façon parfois moins nette. Ceci peut être en rapport avec une structure hydrologique moins contrastée (diminution dans le fonctionnement de la centrale). On remarque cependant (figures V.5.5. et suivantes) le maintien des différences médian - côte pour *Oikopleura dioica*, les oeufs de téléostéens et *Beroe sp.* Le phénomène apparaît en 1982 pour *Temora longicornis* et surtout pour *Centropages hamatus* (fig. V.5.10). L'évolution relative des points médian et côtier peut être représentée par le rapport :

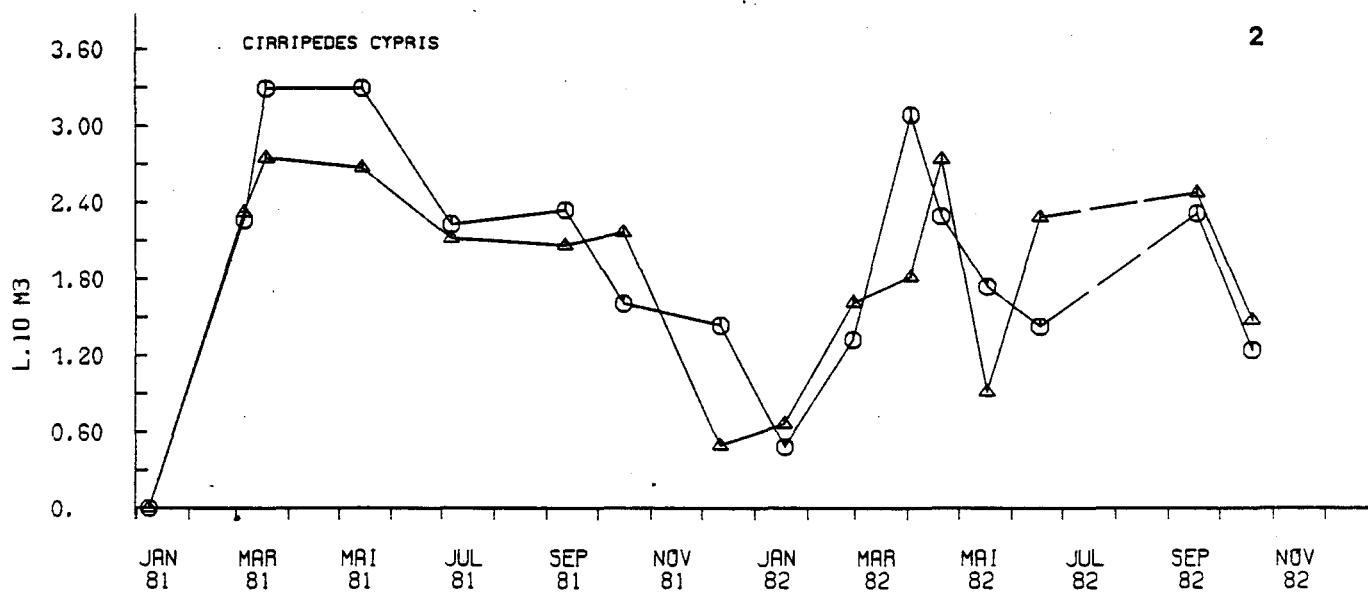
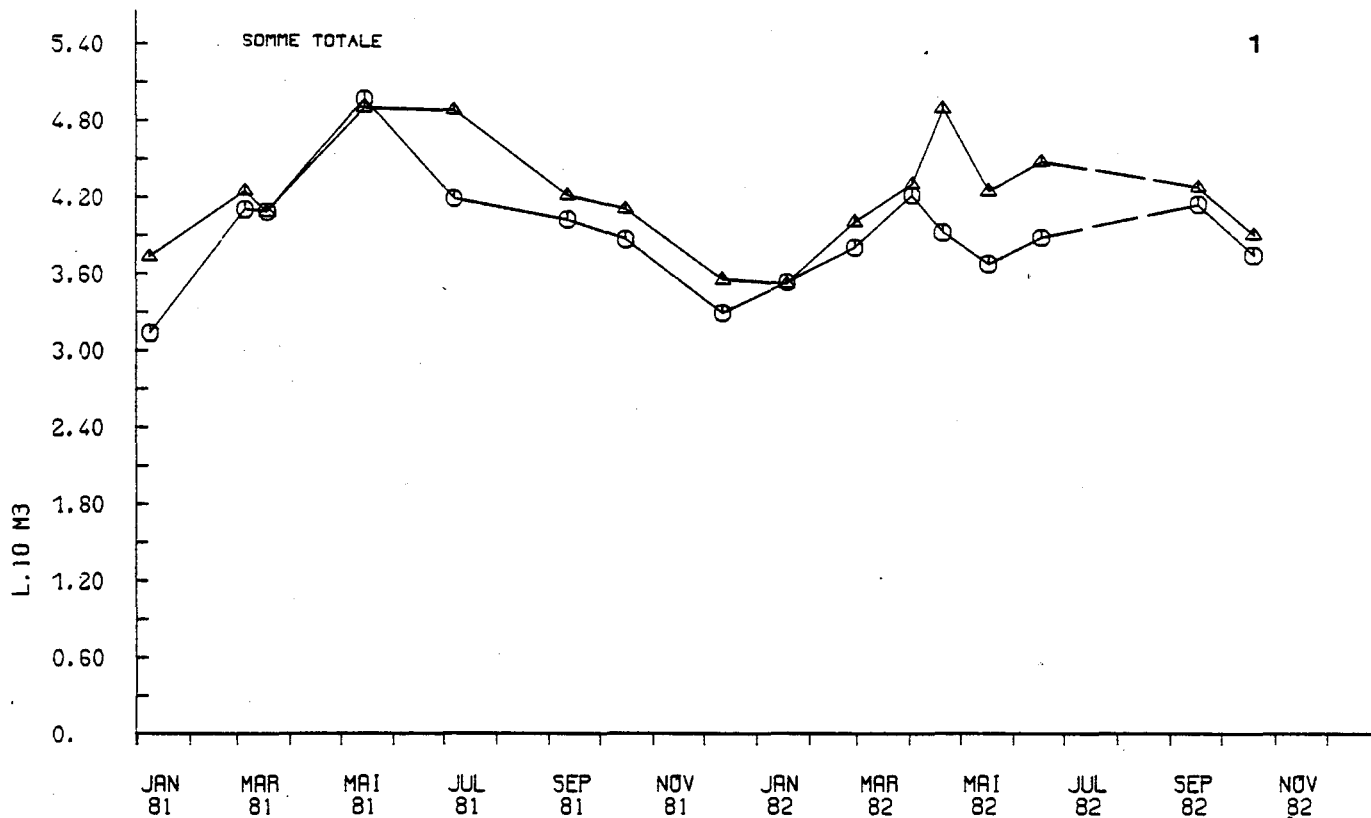
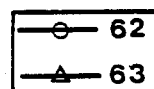
$$R = \frac{N/10m^3 \text{ médian}}{N/10m^3 \text{ côte}} \quad \text{pour chaque espèce}$$

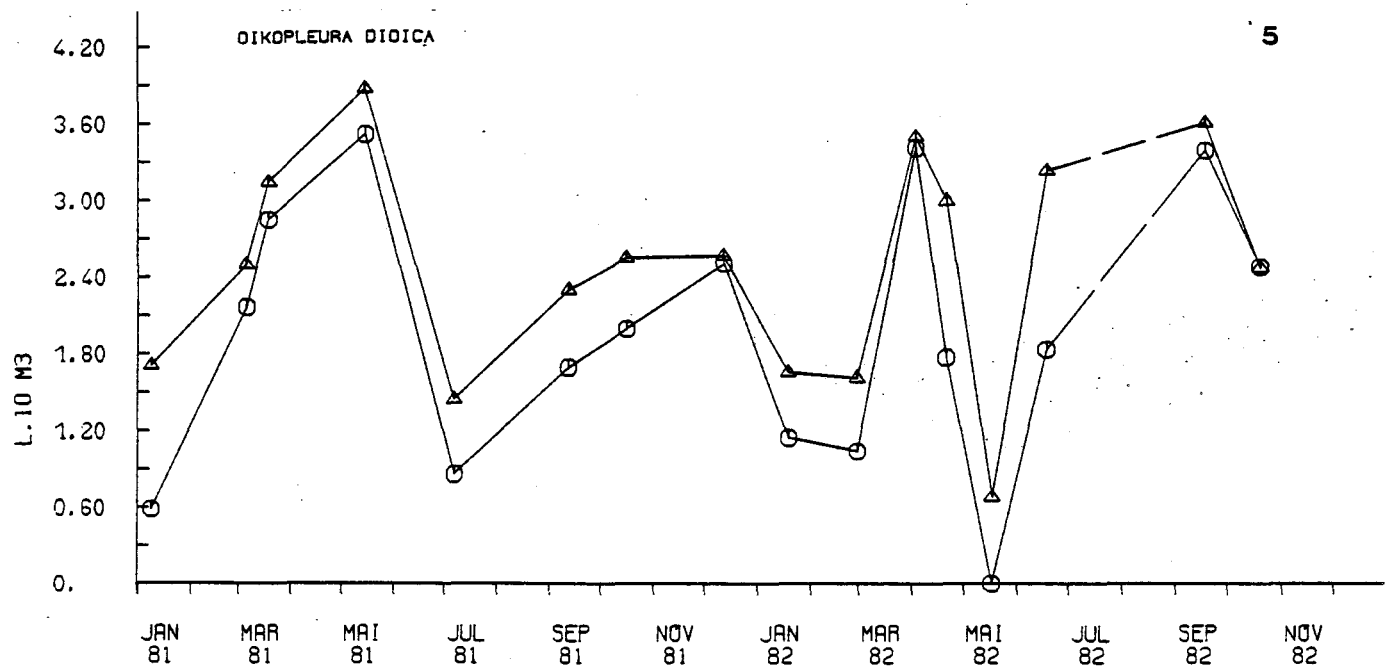
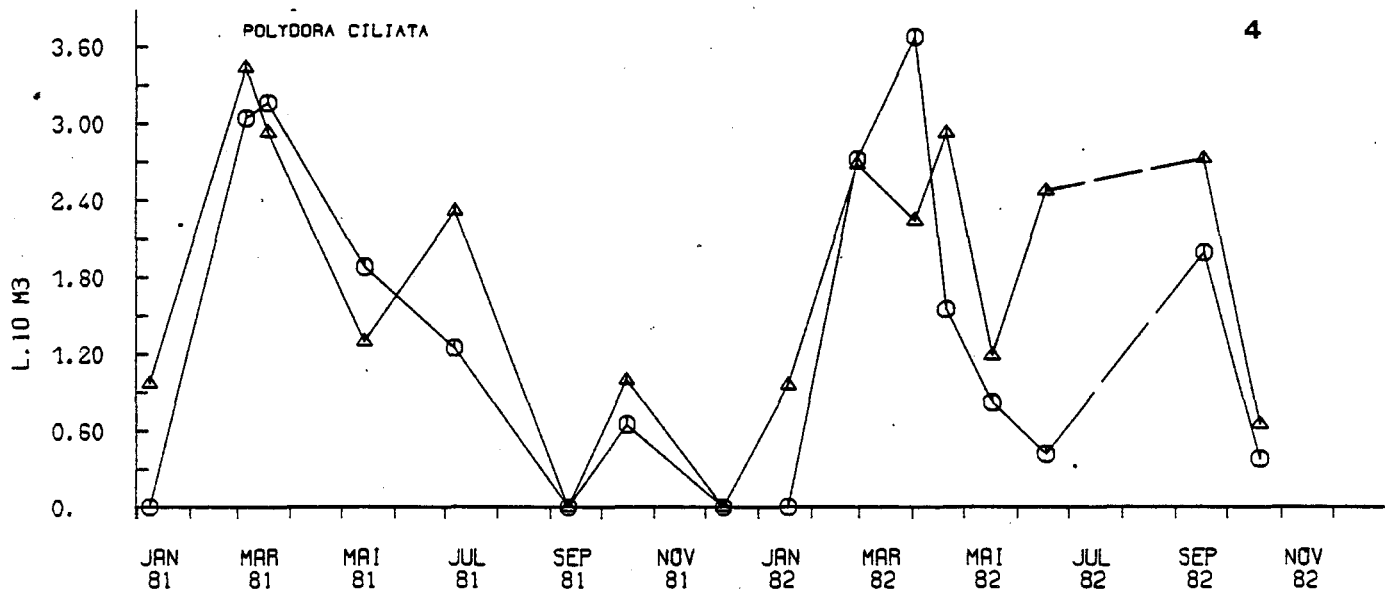
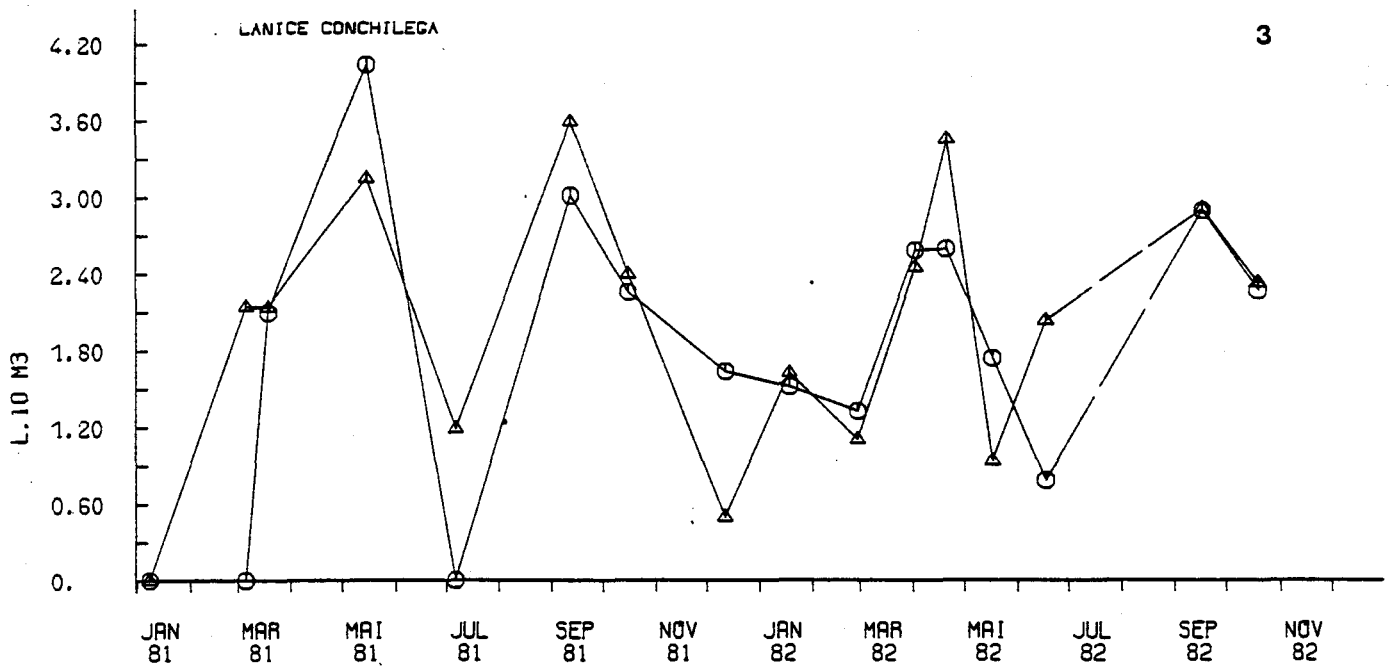
	1980	1981	1982
R <i>Euterpina acutifrons</i>	1,13	1,40	8,33
R <i>Centropages hamatus</i>	1,96	1,01	4,97

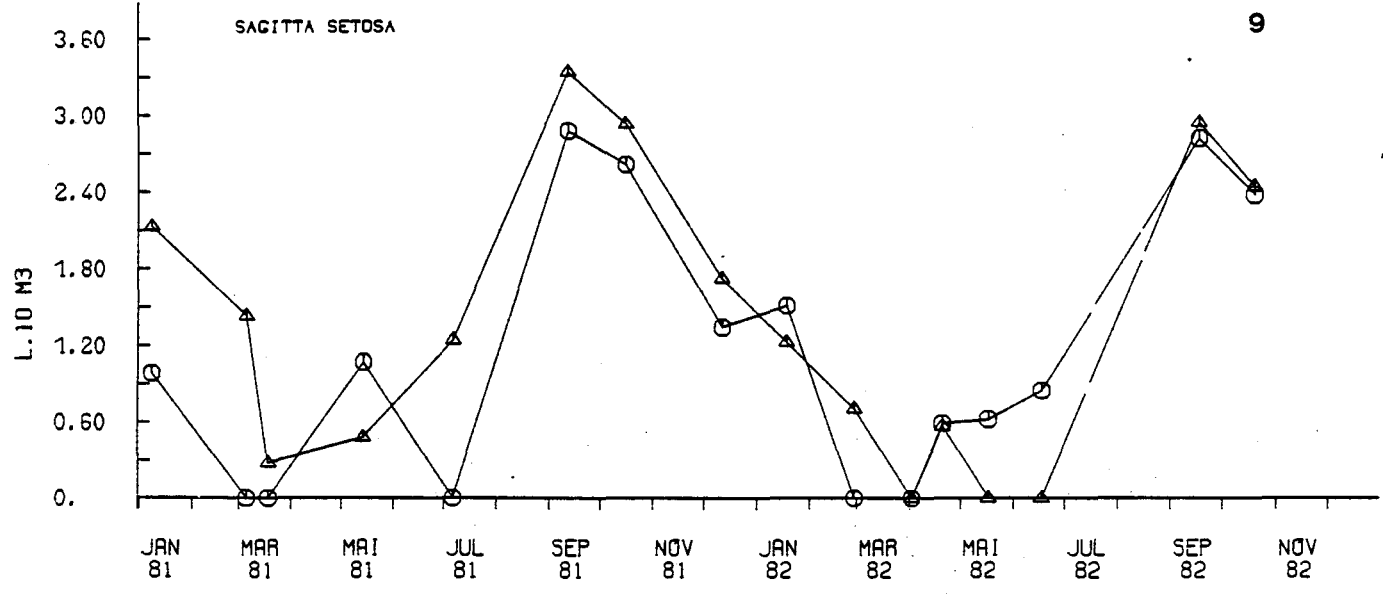
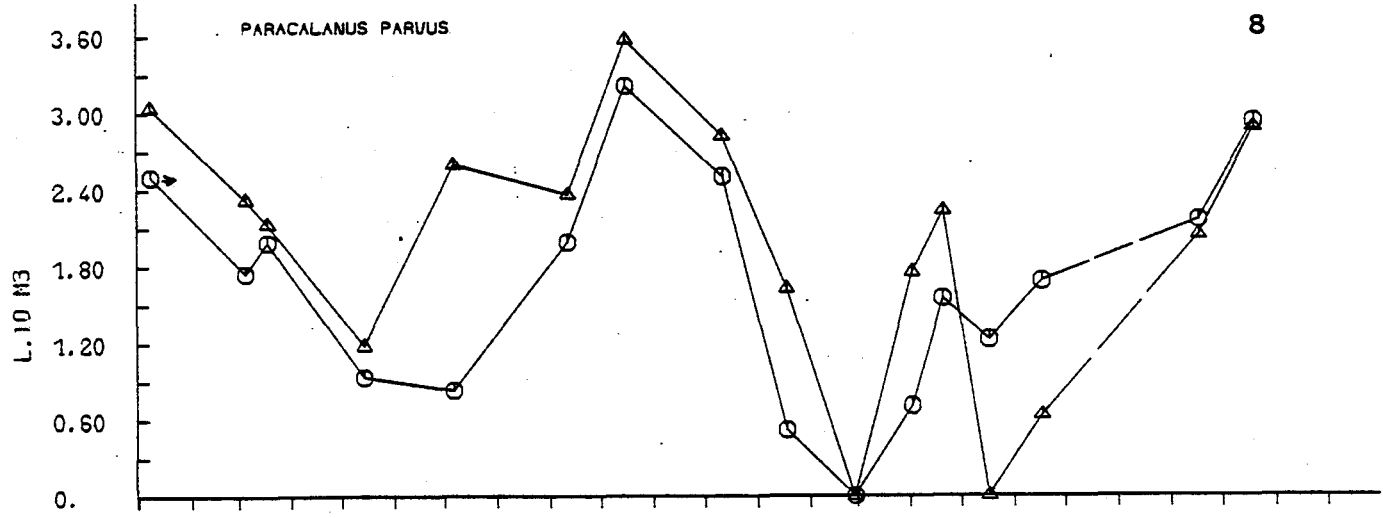
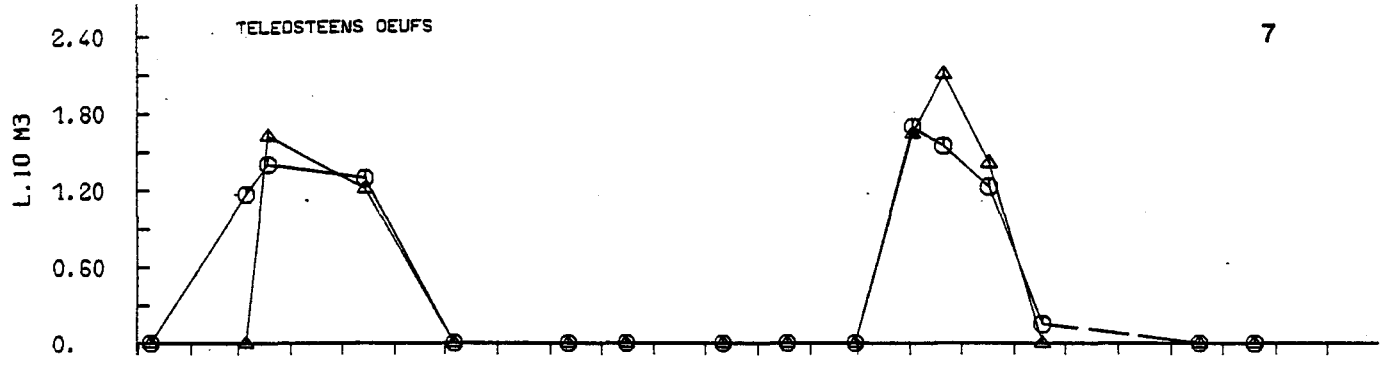
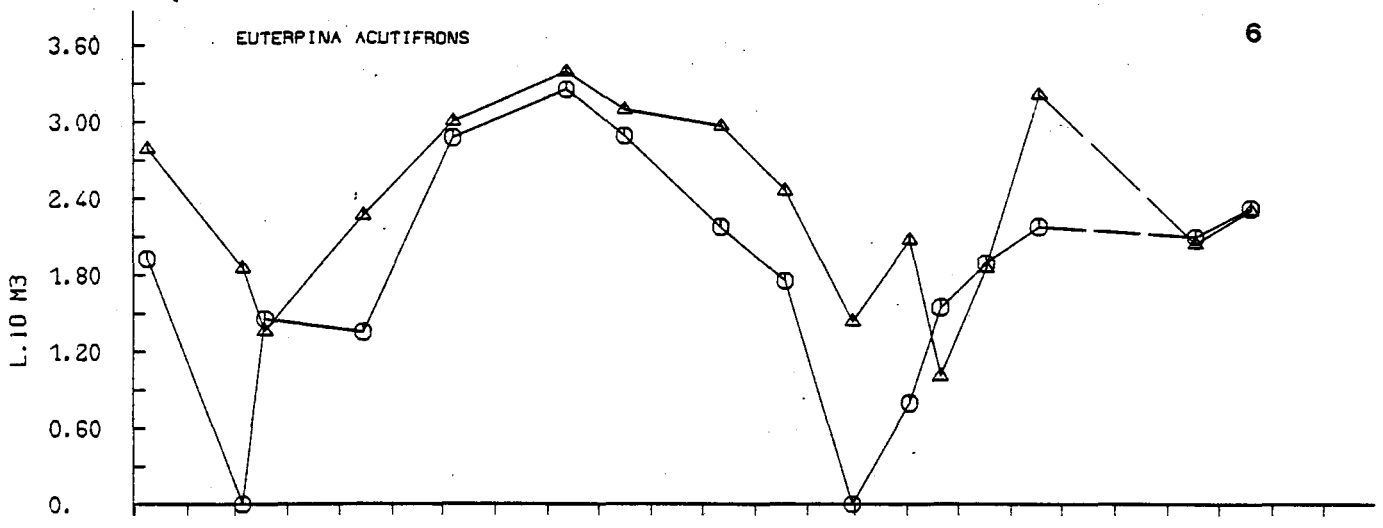
GRAVELINES

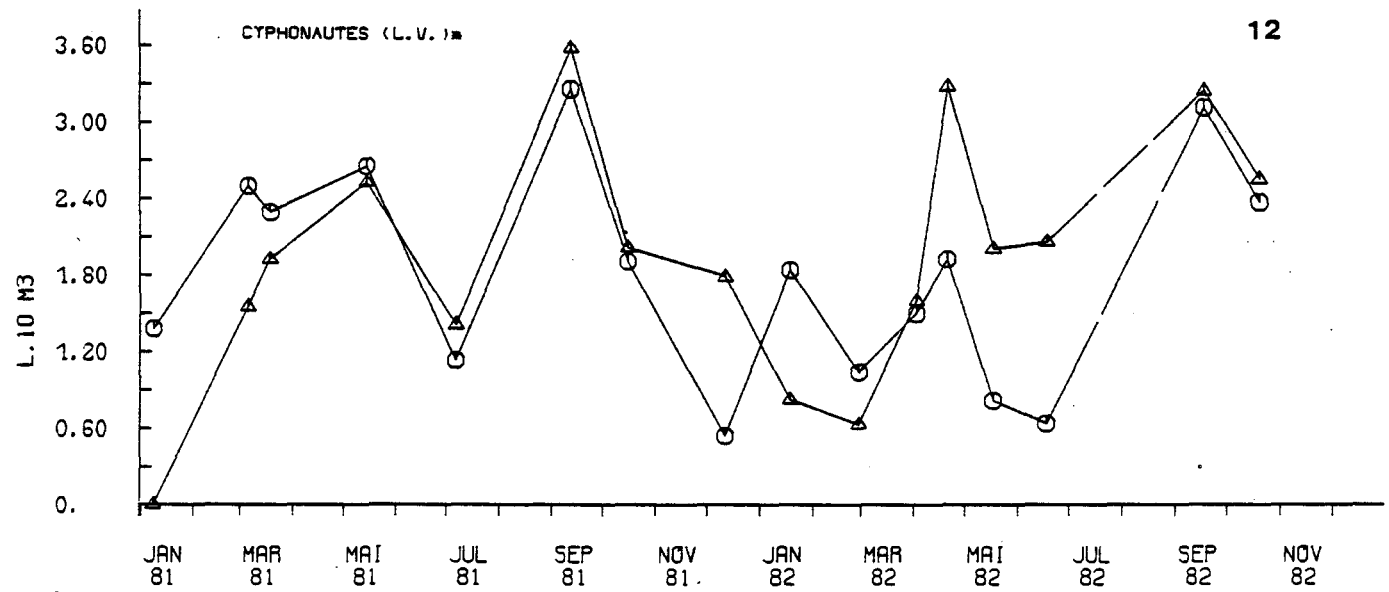
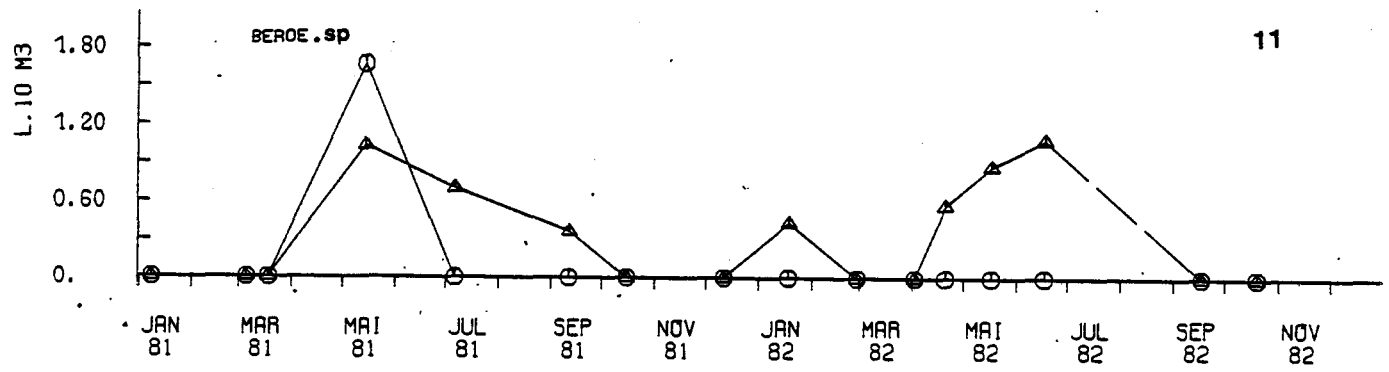
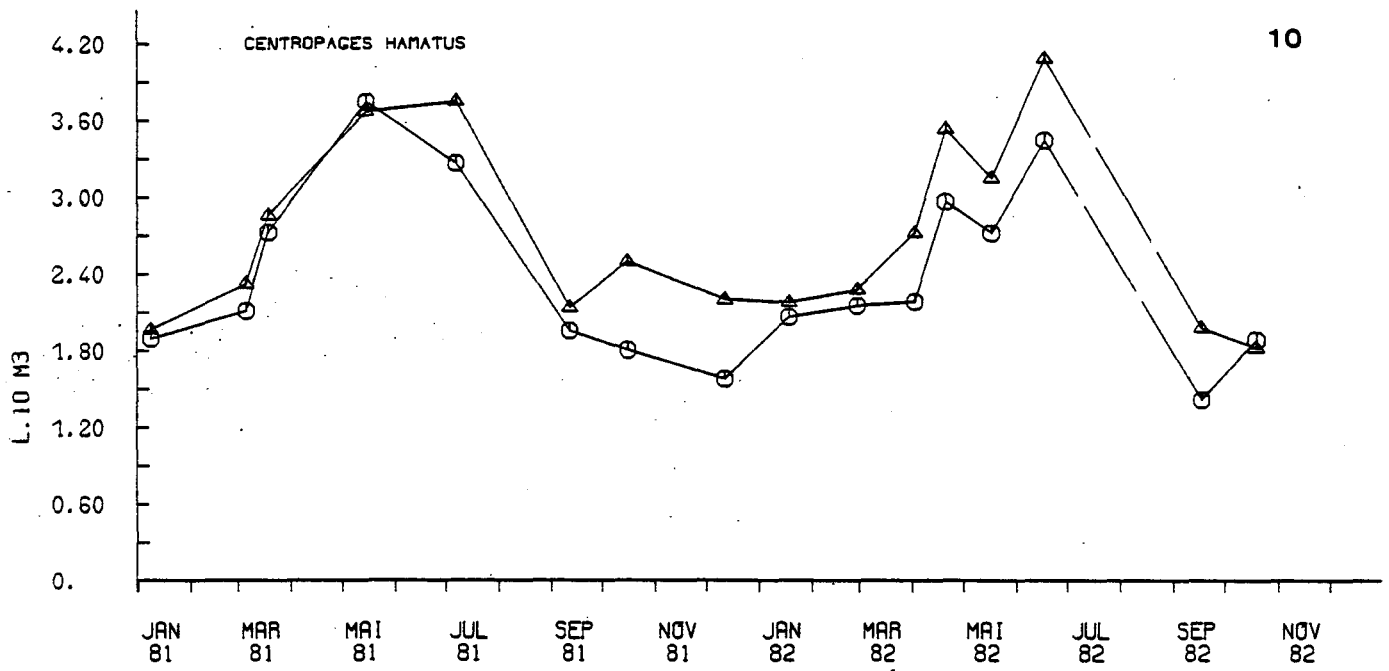
Fig.V.5

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









L'évolution des valeurs absolues doit être interprétée parallèlement.

c. Etude particulière des trois copépodes *Temora longicornis*, *Acartia clausi* et *Centropages hamatus*

C₁ Reproduction - fig. V.6 à V.10

C₂ Biométrie - fig. V.11 à V.17

C.1. Reproduction

Pour l'année 1982 les trois périodes où les productions des juvéniles ont été maximales sont le 2 avril, le 17 mai et le 6 octobre. Nous avons noté dans le rapport précédent (Surveillance 3, page V.27) que :

- les trois espèces produisent des juvéniles quand les poussées phytoplanctoniques favorisent la nutrition des adultes, et qu'il y a simultanément de production de C₁ pour les 3 espèces,

- le maximum annuel des C₁ produits n'est pas à la même époque pour toutes les espèces. *Temora longicornis* est, en général, plus précoce que *Centropages hamatus*, lui-même plus précoce qu' *Acartia clausi*. Le manque de missions estivales et l'espacement des missions printanières n'a pas permis d'observer correctement l'enchaînement des phénomènes caractérisant le cycle pélagique. Les connaissances accumulées les années antérieures sur le site de Gravelines permettent cependant de proposer le schéma 1982 (voir page suivante).

Un phénomène particulier à noter est l'extrême pauvreté, ou même l'absence des adultes, et surtout des femelles, dans quelques échantillons au point côtier, pendant la période 20 avril - 17 mai, pour *Temora longicornis* (fig. V.10) et le 20 avril pour *Centropages hamatus* et *Acartia clausi*. Aucune explication (mortalité ?) ne peut être donnée à ce phénomène inhabituel à cette époque.

Salinité	Production primaire	Juvéniles <i>Temora longicornis</i>	Juvéniles <i>Centropages hamatus</i>	Juvéniles <i>Acartia clausi</i>
mars 1982	Pas observée			
02 avril 1982		C ₁ /	C ₁ /	C ₁ /
20 avril 1982 S ‰	chlorophylle et production primaire	maximum annuel population totale	population totale /	population totale /
17 mai 1982		C ₁ /	C ₁ /	C ₁ /
17 juin 1982		population totale /	maximum annuel observé population totale	maximum annuel observé population totale
17 septembre 1982	chlorophylle et production primaire			
19 octobre 1982		C ₁ /	C ₁ /	C ₁ /

ETUDE PARTICULIERE DES 3 COPEPODES

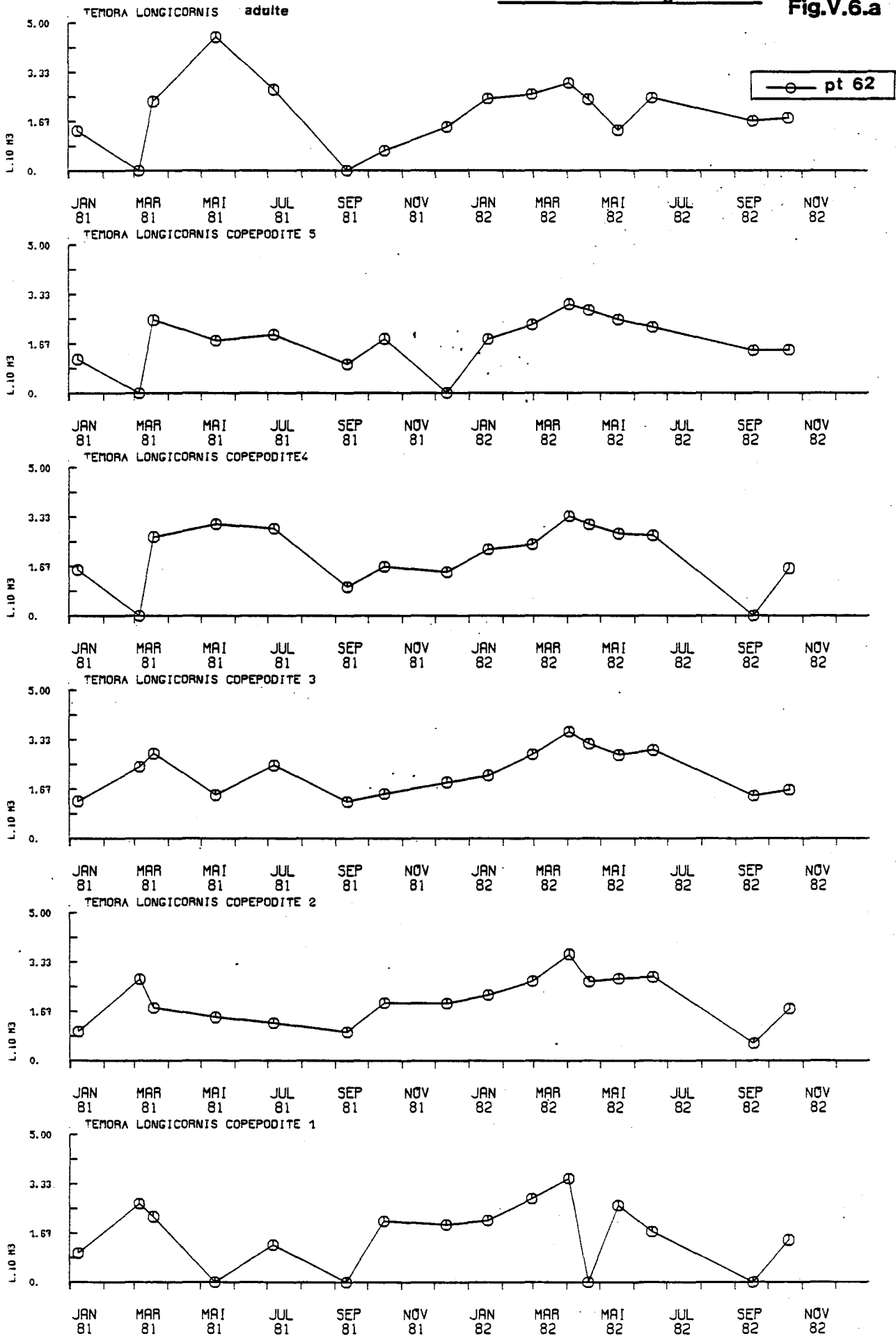
Temora longicornis - *Centropages hamatus* - *Acartia clausi*.

GRAVELINES

V.31

VARIATIONS D'ABONDANCE DES STADES JUVENILES ET DES ADULTES de *Temora longicornis*

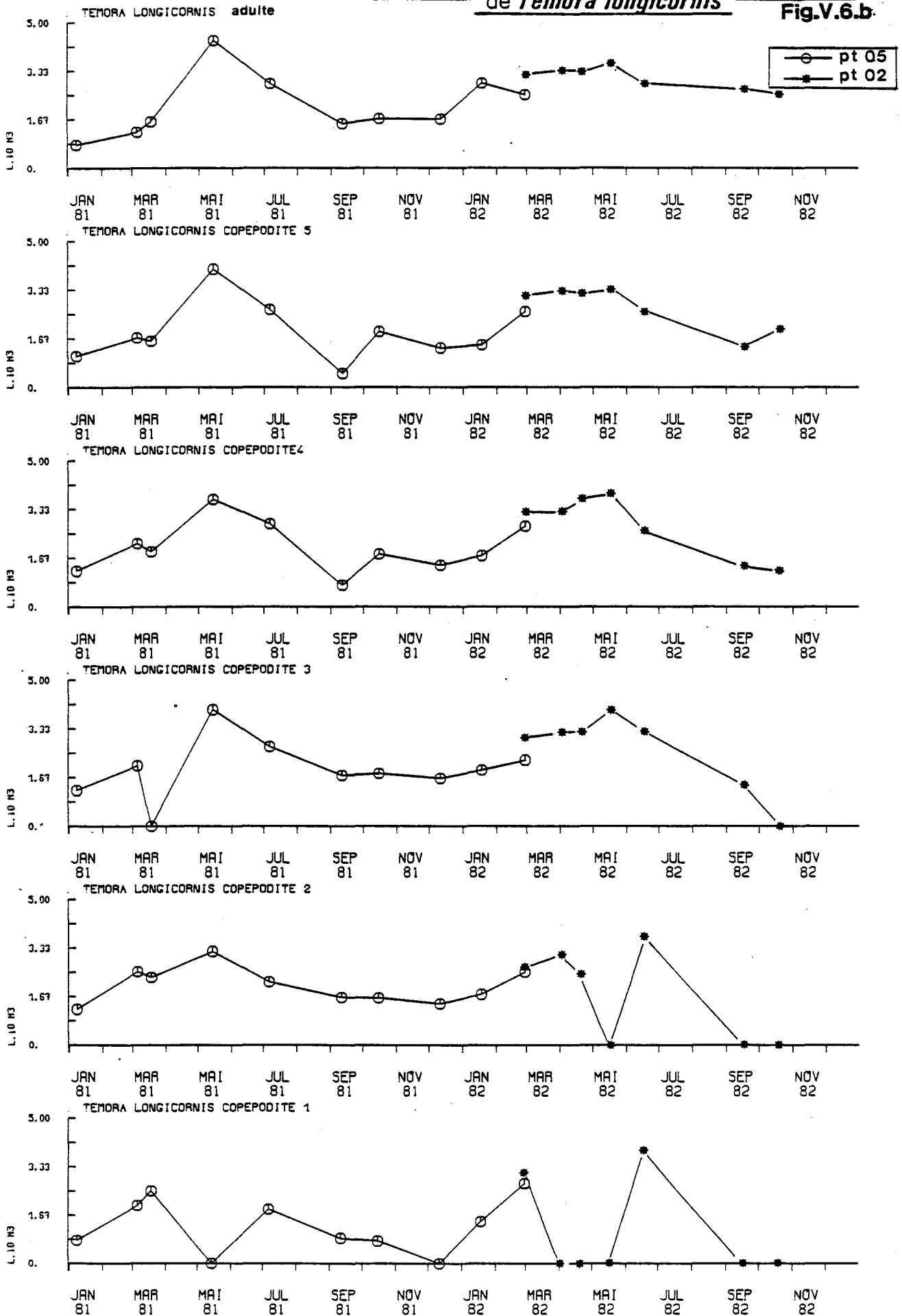
Fig.V.6.a



GRAVELINES

VARIATIONS D'ABONDANCE DES STADES JUVENILES ET DES ADULTES de *Temora longicornis*

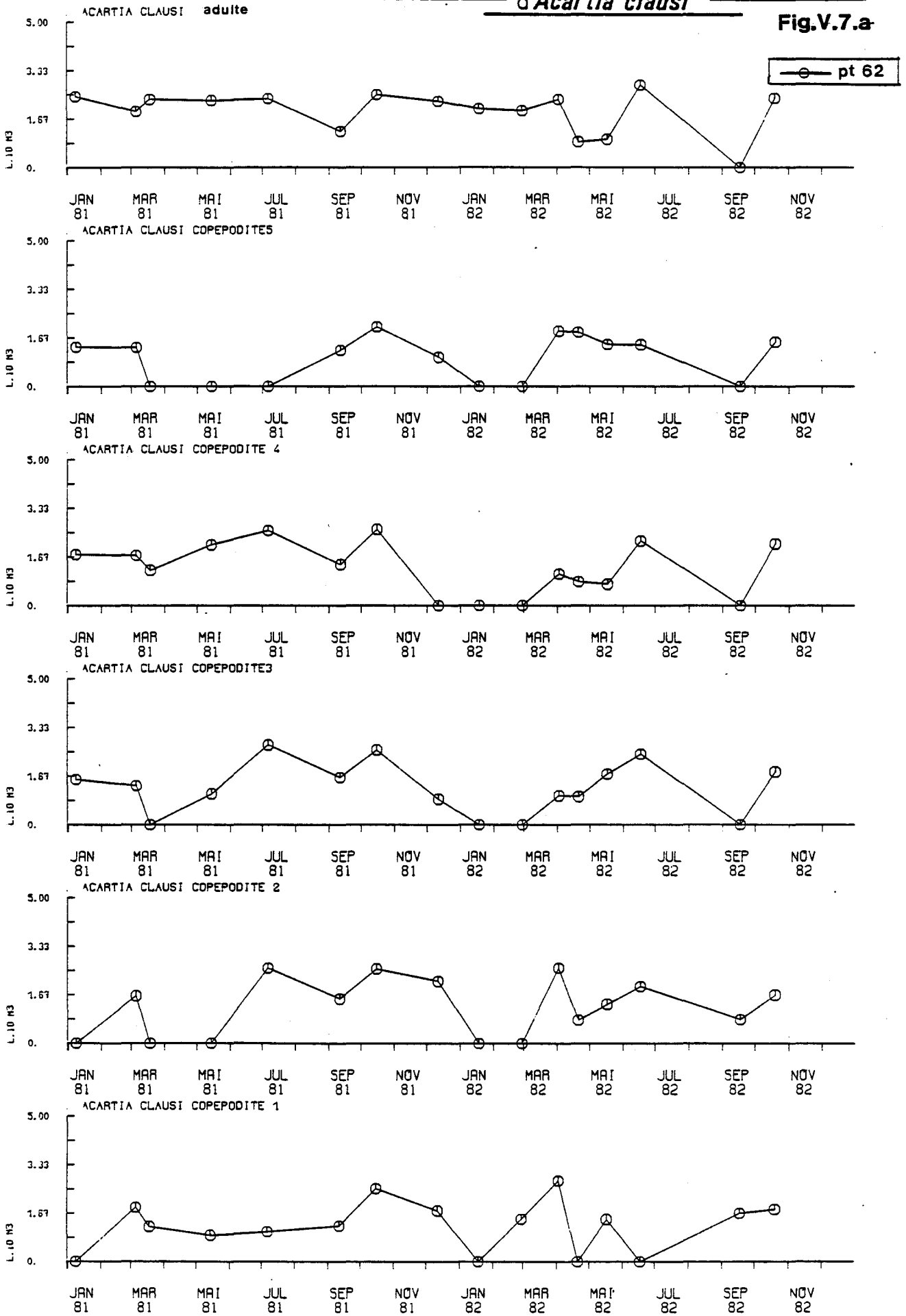
Fig.V.6.b



GRAVELINES

VARIATIONS D'ABONDANCE DES STADES JUVENILES ET DES ADULTES d'*Acartia clausi*

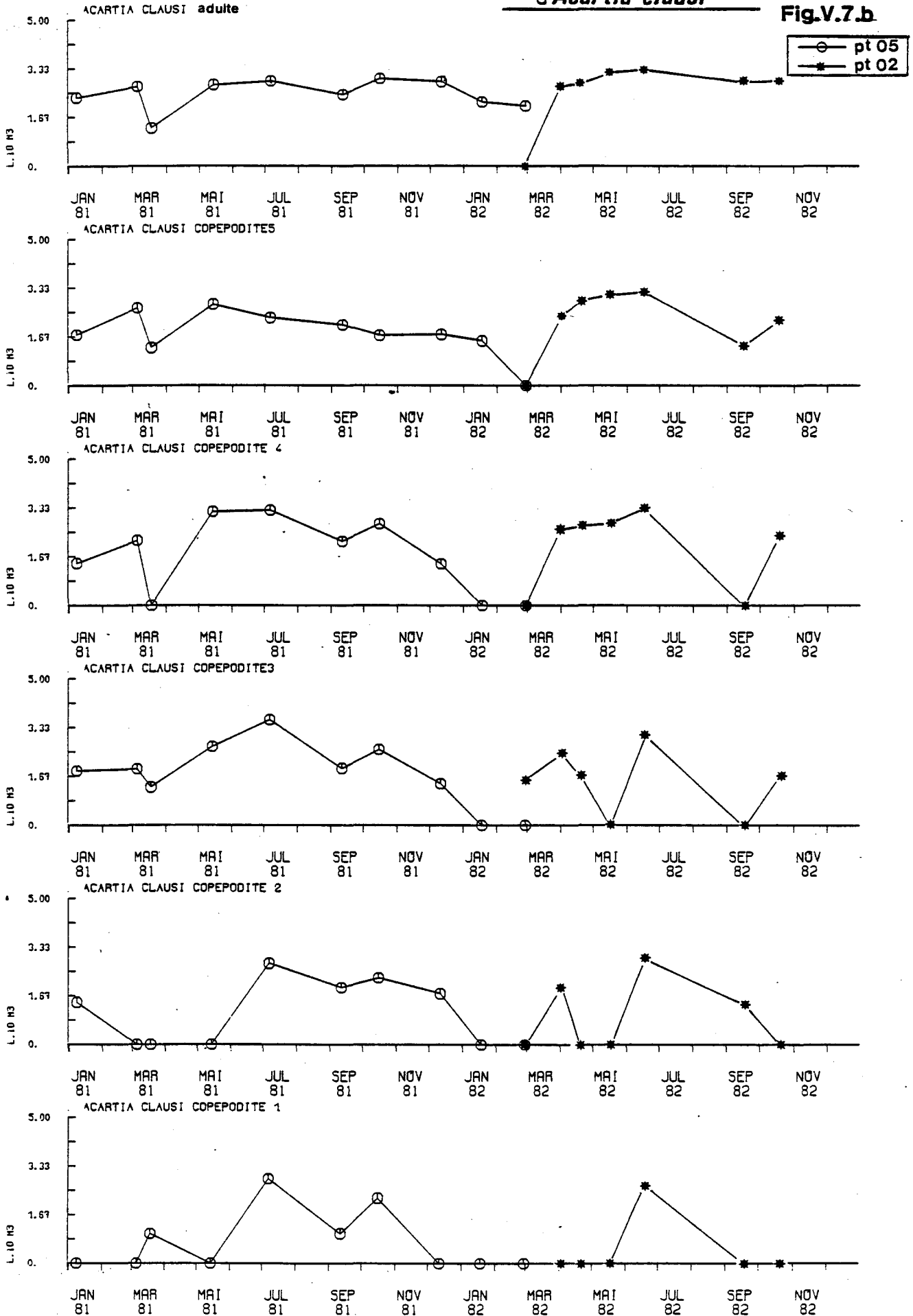
Fig.V.7.a



GRAVELINES

VARIATIONS D'ABONDANCE DES STADES JUVENILES ET DES ADULTES *d'Acartia clausi*

Fig.V.7.b

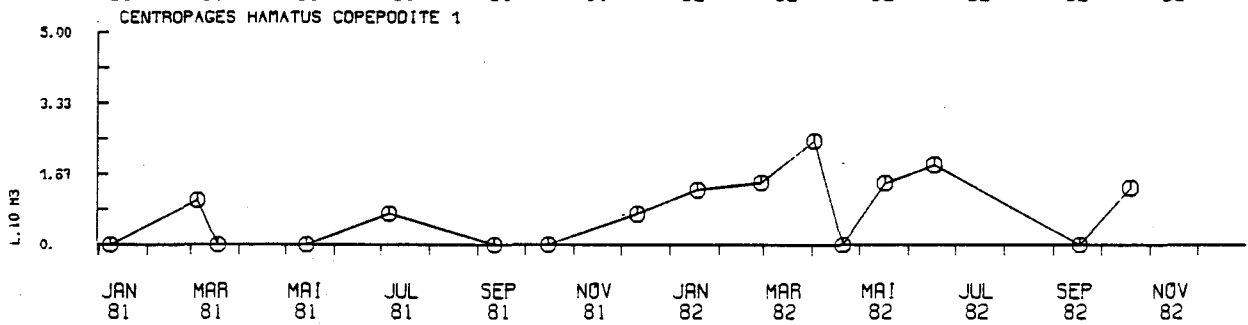
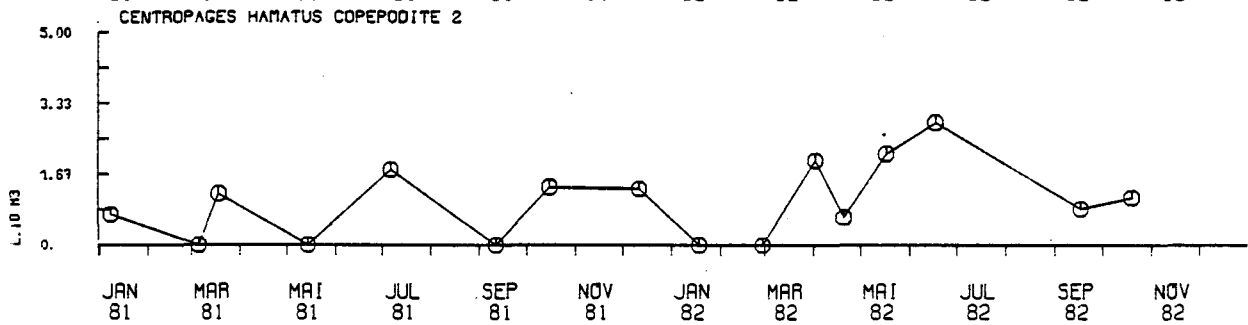
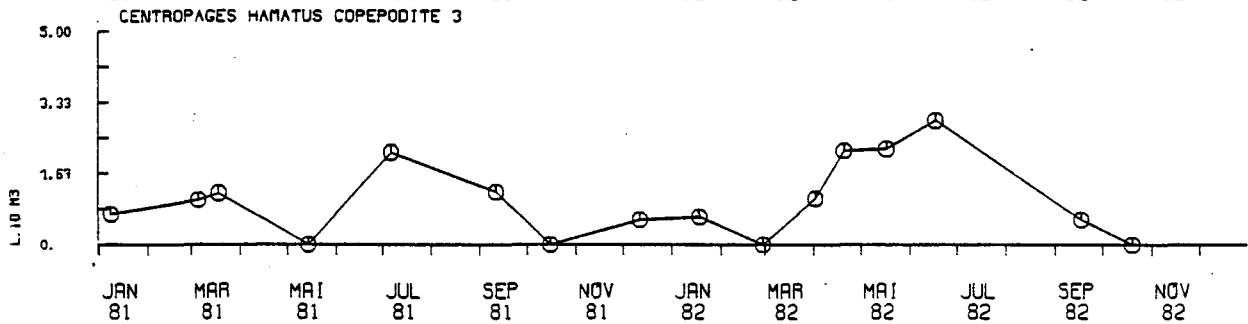
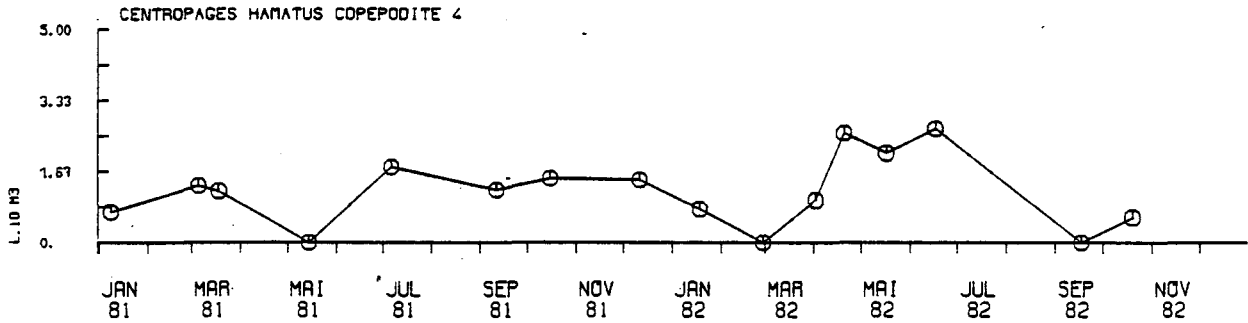
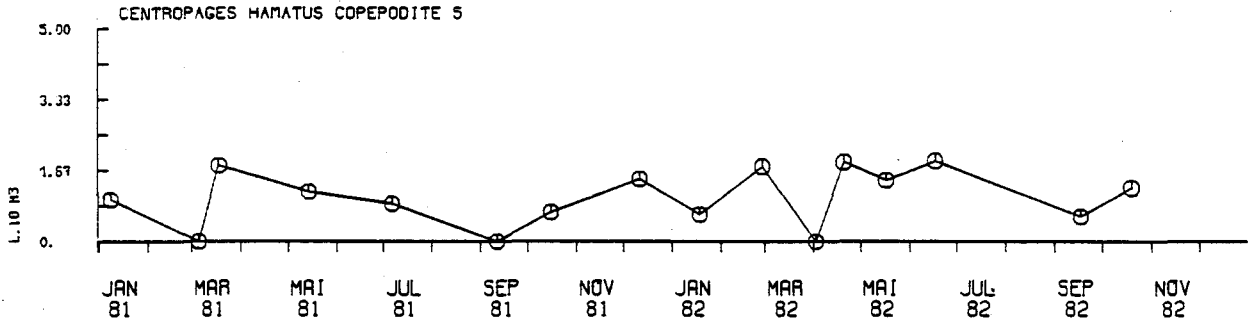
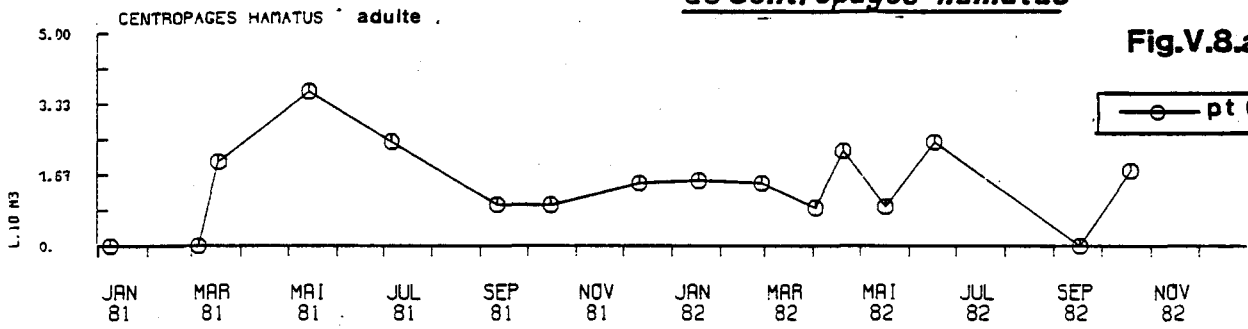


GRAVELINES

v.33

VARIATIONS D'ABONDANCE DES STADES JUVENILES ET DES ADULTES de *Centropages hamatus*

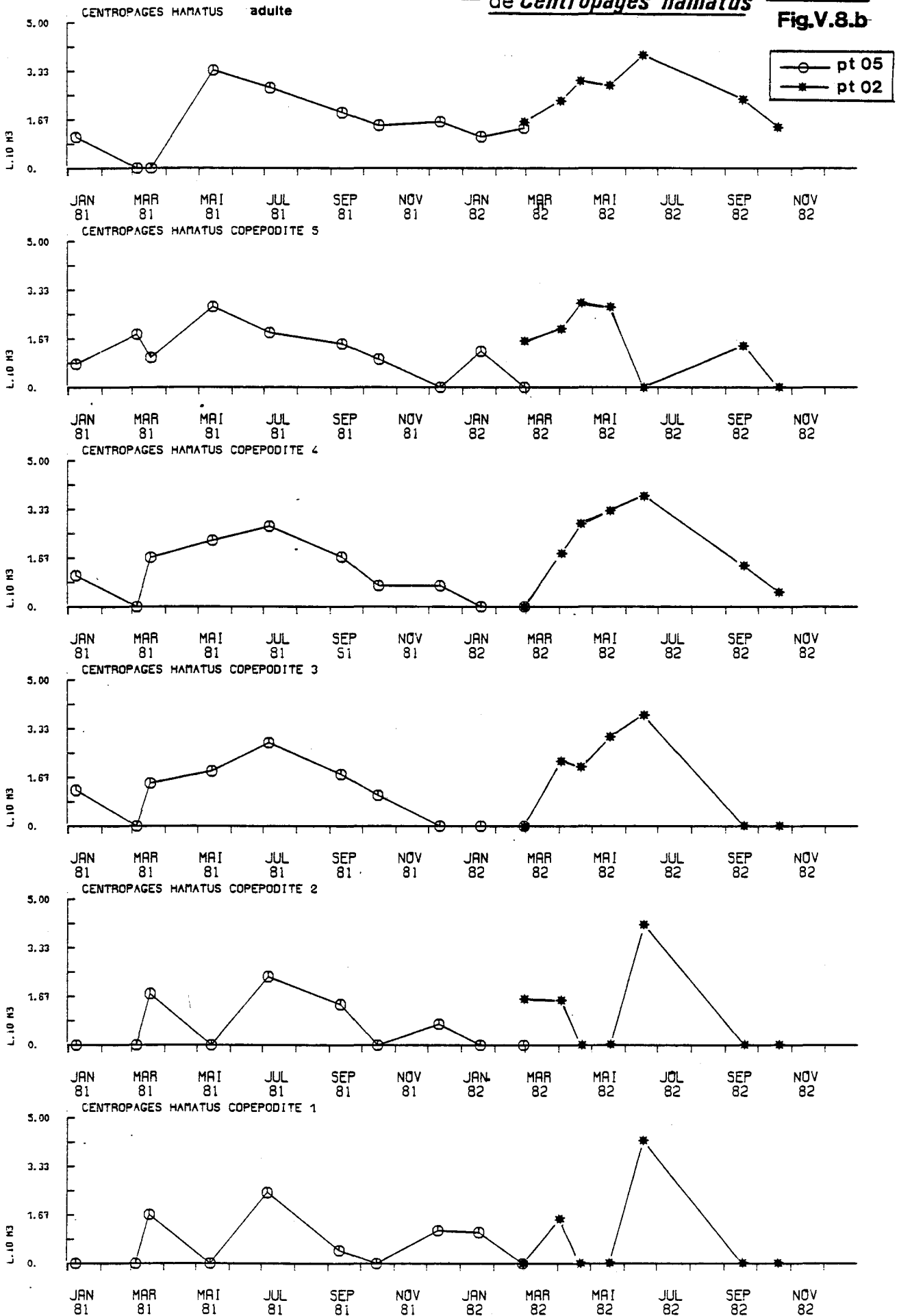
Fig.V.8.a



GRAVELINES

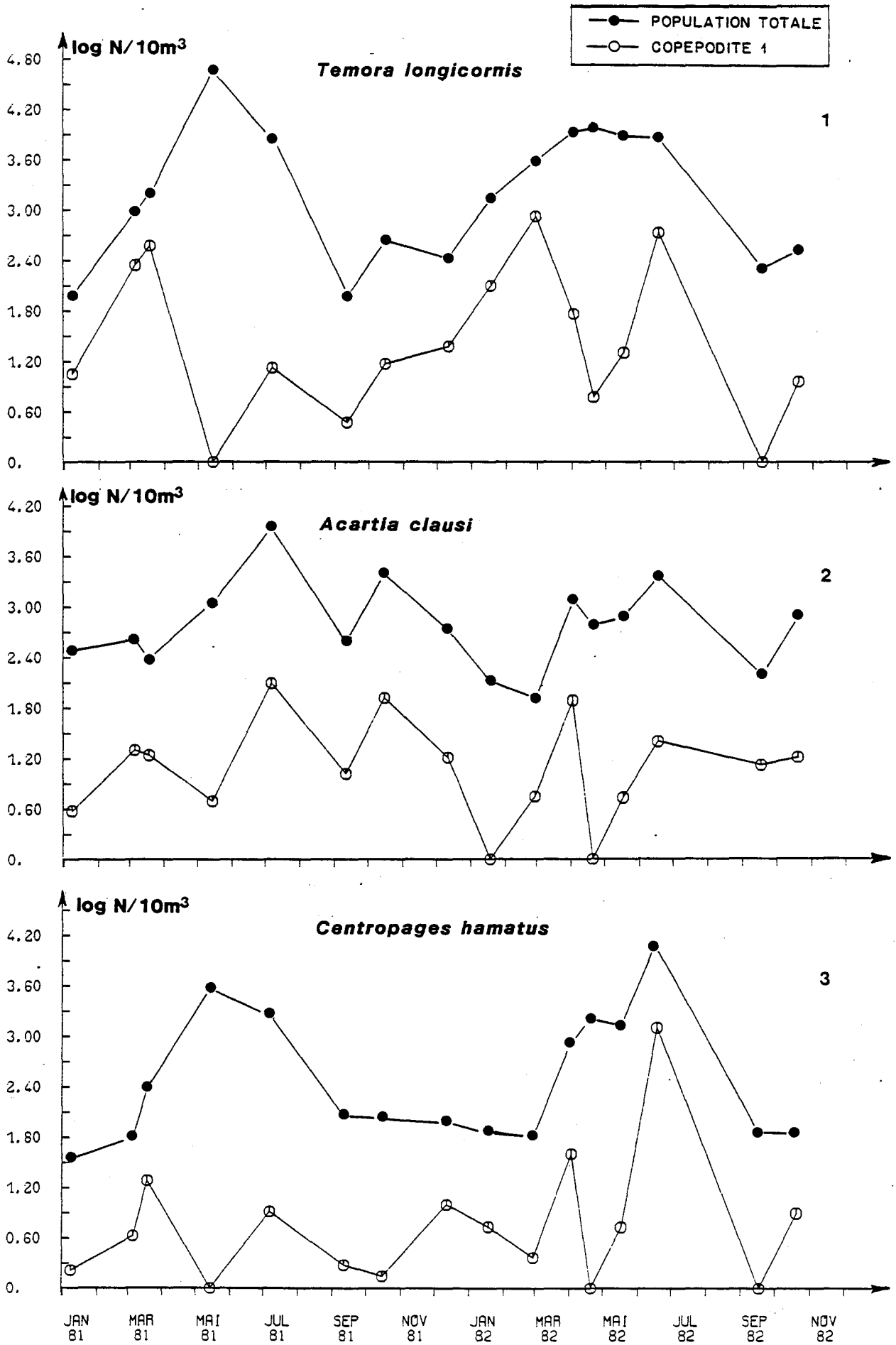
VARIATIONS D'ABONDANCE DES STADES JUVENILES ET DES ADULTES de *Centropages hamatus*

Fig.V.8.b



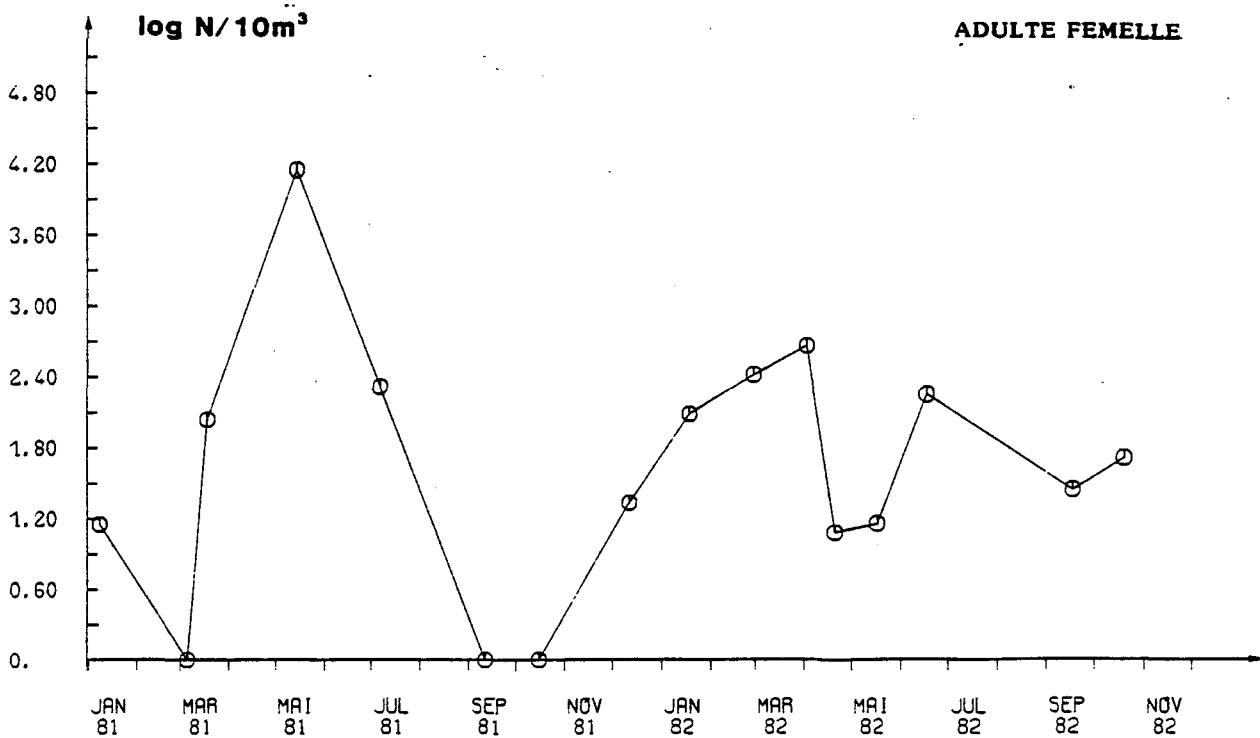
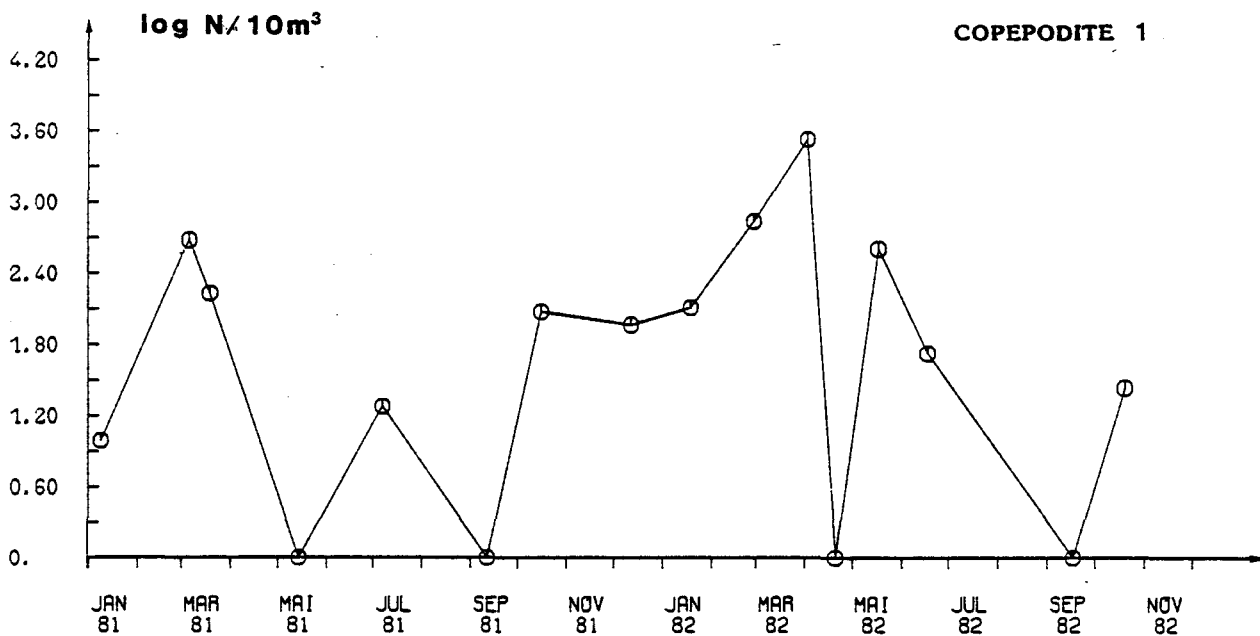
— GRAVELINES —

Fig.V.9



point côtier (62)

Temora longicornis



C.2. Biométrie (fig. V.11 à V.17)

Les résultats sont en accord avec ceux des années précédentes. Les plus grands individus sont recueillis au printemps, ce qui correspond à une croissance effectuée à basse température avec nourriture abondante. En moyenne, sur le site, *Temora longicornis* adulte a atteint une longueur maximale équivalente à celle de l'année 1980, et moins forte qu'en 1981. *Acartia clausi* au contraire a dépassé les longueurs mesurées en 1981 et 1980 et *Centropages hamatus* a montré, comme *Temora longicornis*, des valeurs équivalentes à celles de 1980, et inférieures à celles de 1981.

Les relations des longueurs et de la température (fig. V.14 et V.15 et V.16) montrent des variations inverses. Les coefficients de corrélation calculés entre longueurs et températures sont beaucoup moins forts que ceux des années antérieures. Il est à regretter que nous n'ayons aucune valeur de température estivale, ce qui limite la gamme de variations.

Comme précédemment, l'espèce *Acartia clausi* montre la meilleure relation entre la longueur et la quantité de chlorophylle.

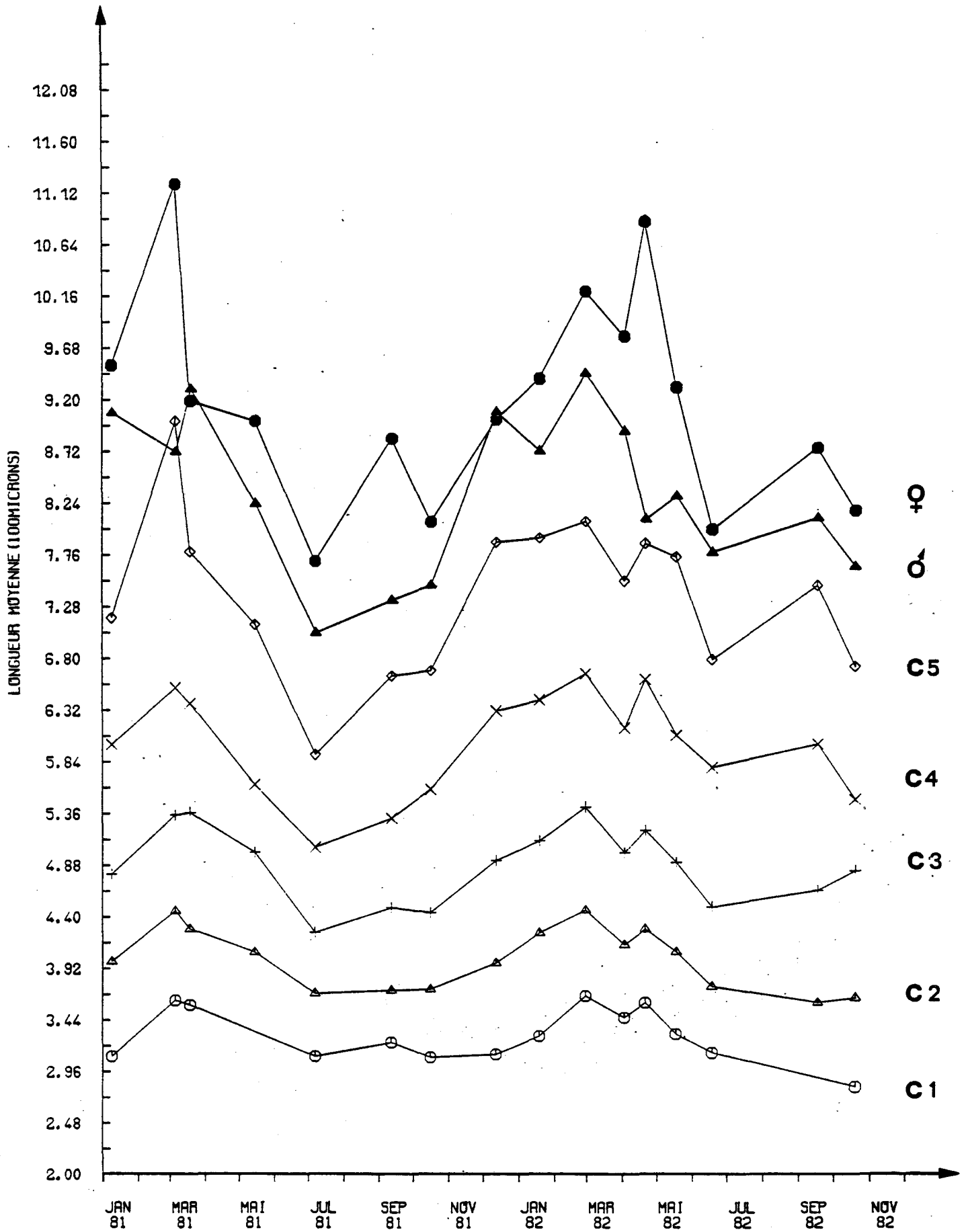
II - 4. Les noctiluques (fig. V.18 et tableau V.5 et V.6)

Les abondances des noctiluques présentes sur le site en 1982 sont conformes au schéma décrit pour les années précédentes. Les deux maxima observés en 1982 se situent au moment où s'établissent des différences de densité et une plus forte stratification : le 20 avril au moment de la dessalure importante et le 17 juin lorsque les structures établies sont d'origine thermique.

Les valeurs maximales des noctiluques sont le plus souvent observées au point médian, à la fois plus riche que le point large et que le point côtier. Le phénomène n'est pas facilement explicable. Il s'agit peut être d'un phénomène d'accumulation, au point médian, d'organismes de surface entre une eau du large homogène sans stratification (02) et la zone immédiatement à la sortie de la centrale (62), soumise à un fort courant de rejet. La zone intermédiaire d'oscillation des masses d'eau au cours du cycle de marée est peut-être plus favorable au maintien des organismes flottants, mais une meilleure compréhension devrait être déduite de l'hydrologie d'une telle zone.

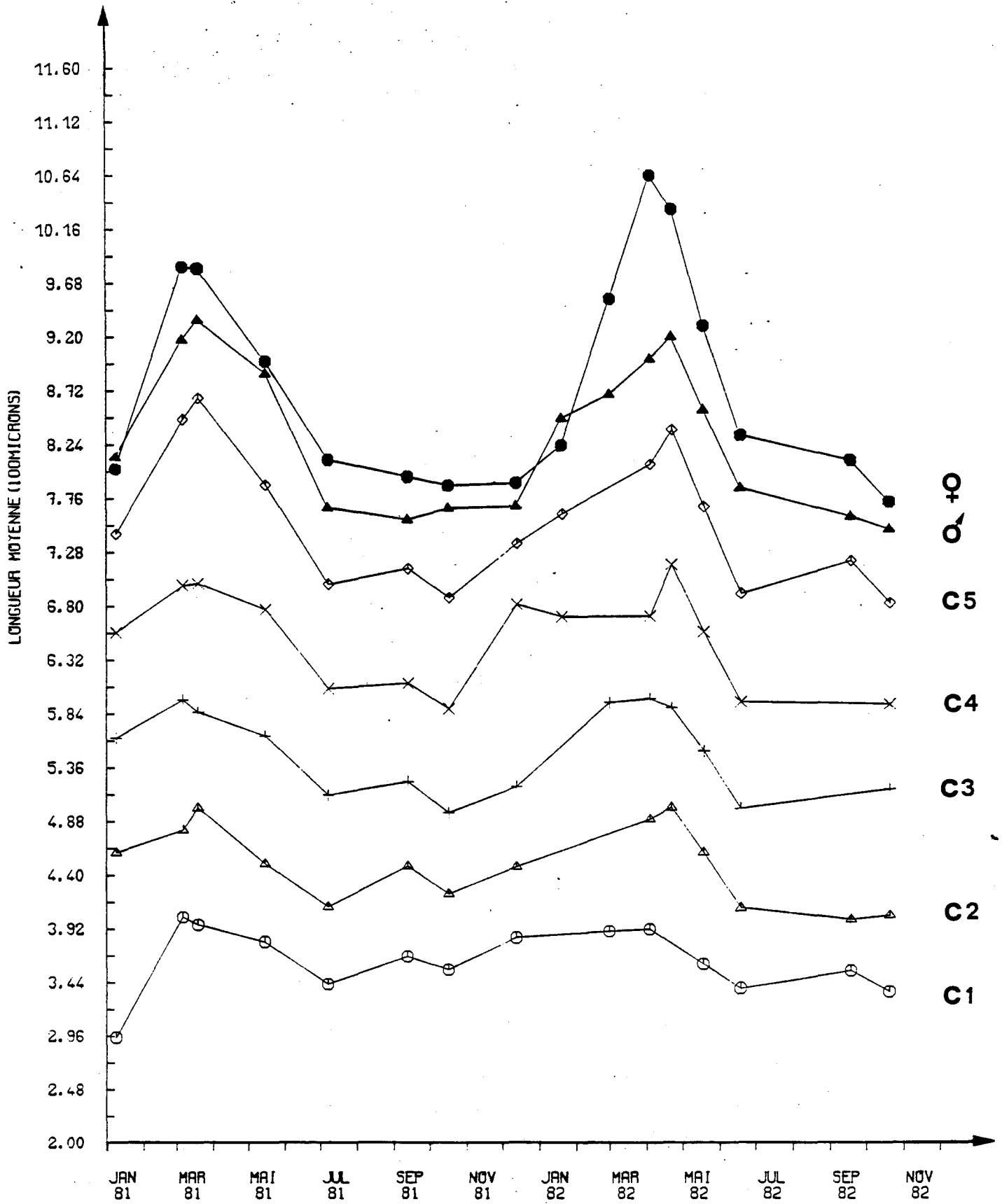
GRAVELINES
BIOMETRIE de *Temora longicornis*

(moyenne tous points confondus)



GRAVELINES
BIOMETRIE d'*Acartia clausi*

(MOYENNE TOUS POINTS CONFONDUS)

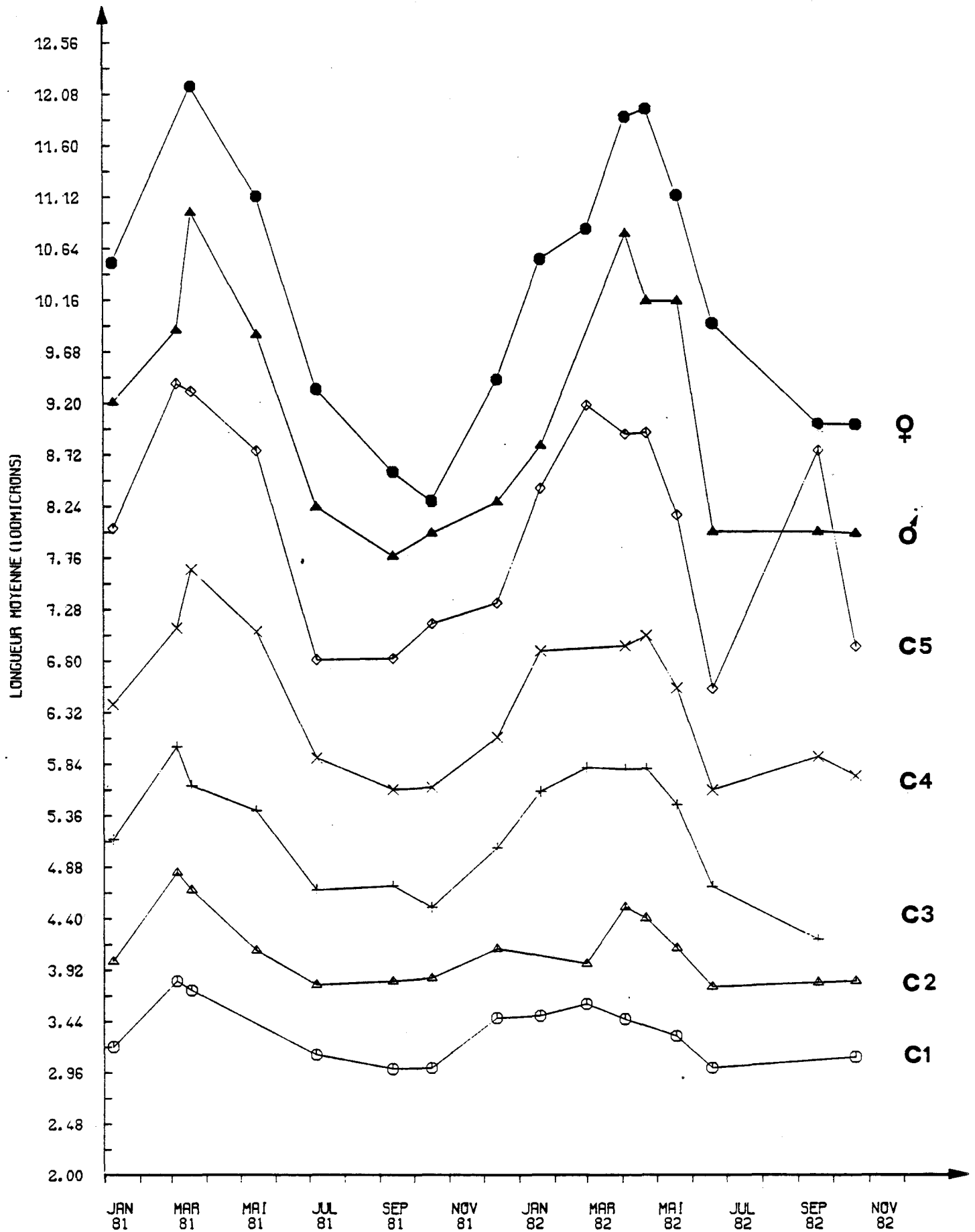


GRAVELINES

BIOMETRIE de *Centropages hamatus*

Fig.V.13

(MOYENNE TOUS POINTS CONFONDUS)



GRAVELINES

relation entre la longueur du céphalothorax (L μ)
et la température (T,°C)

Temora longicornis

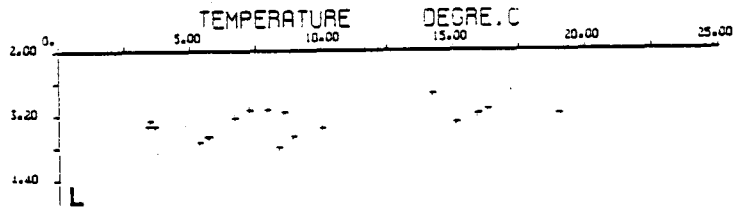
Fig.V.14

$Y = AX + B$

copépodite 1

$A = -0.024 \quad B = 3.558$

$r = -0.45$
 $n = 18$

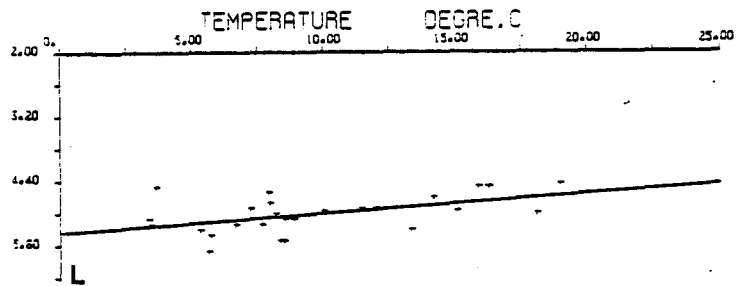


$Y = AX + B$

copépodite 3

$A = -0.036 \quad B = 5.357$

$r = -0.48^*$
 $n = 26$

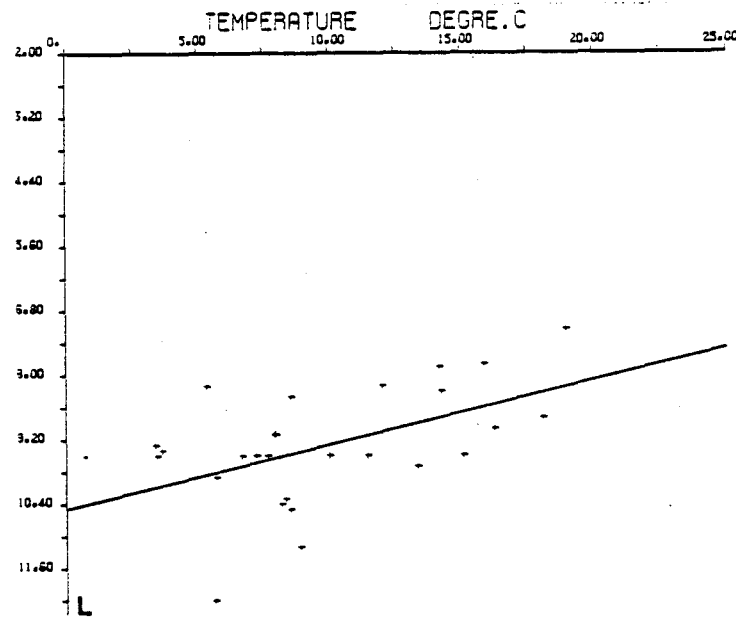


$Y = AX + B$

adulte ♀

$A = -0.119 \quad B = 10.487$

$r = -0.50^{**}$
 $n = 27$

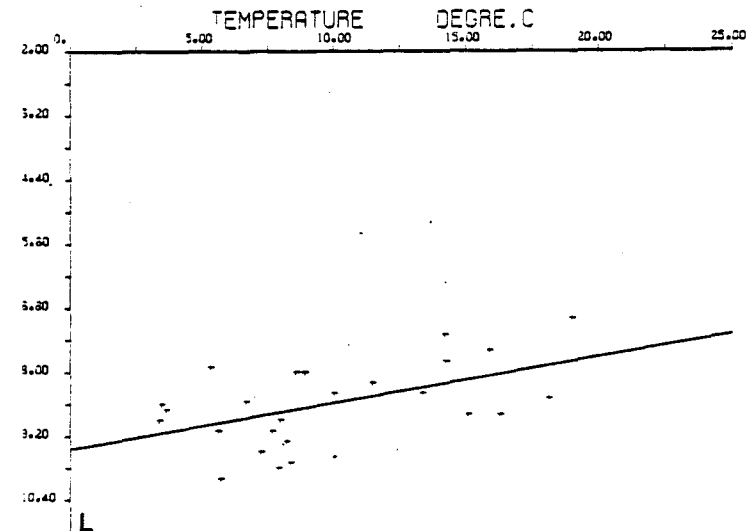


$Y = AX + B$

adulte ♂

$A = -0.085 \quad B = 9.436$

$r = -0.52^{**}$
 $n = 25$



*significatif à 95 %

**significatif à 99 %

GRAVELINES

relation entre la longueur du céphalothorax (L μ)
et la température (T,°C)

Acartia clausi

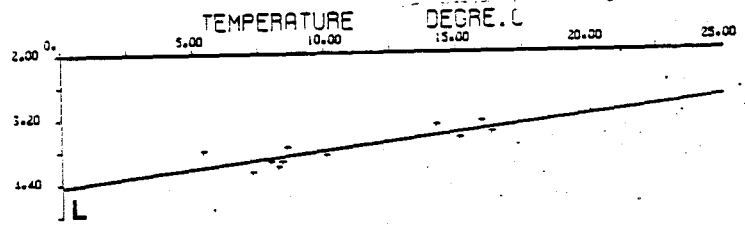
Fig.V.15

$Y = AX + B$

copépodite 1

$A = -0.064 \quad B = 4.452$

$r = -0.83^{**}$
 $n = 11$

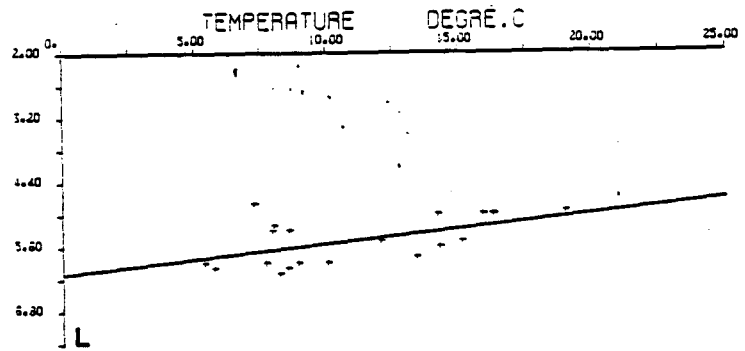


$Y = AX + B$

copépodite 3

$A = -0.055 \quad B = 6.102$

$r = -0.51^*$
 $n = 19$

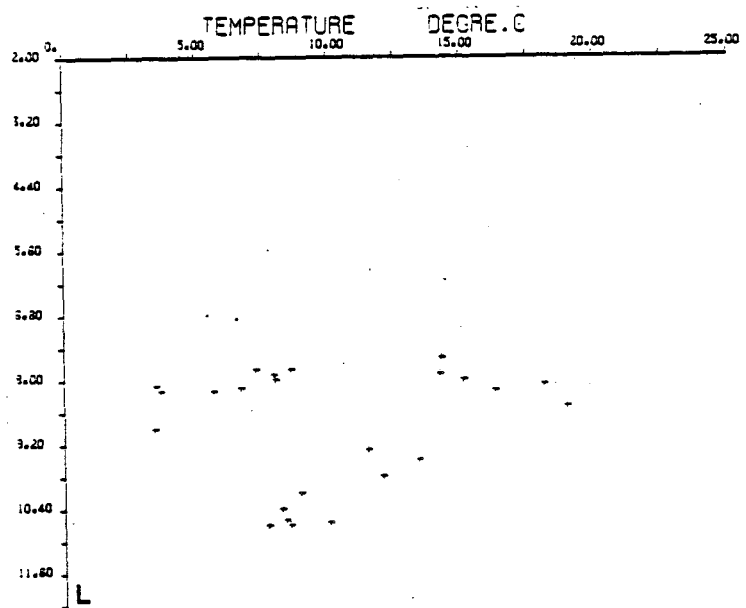


$Y = AX + B$

adulte ♀

$A = -0.031 \quad B = 9.192$

$r = -0.13$
 $n = 24$

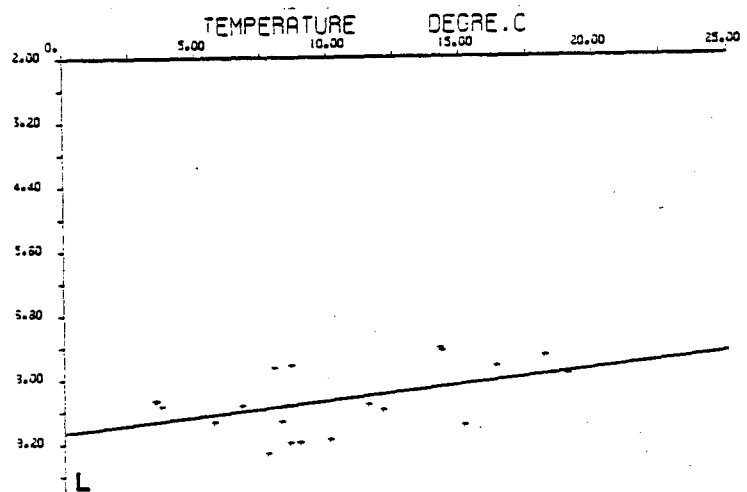


$Y = AX + B$

adulte ♂

$A = -0.057 \quad B = 8.994$

$r = -0.45^*$
 $n = 21$



GRAVELINES

relation entre la longueur du céphalothorax (L, μ)
et la température ($T, ^\circ\text{C}$)

Centropages hamatus

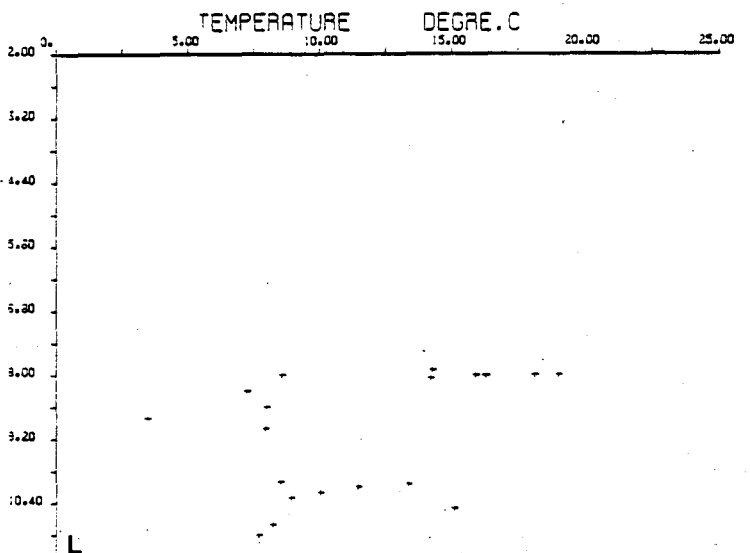
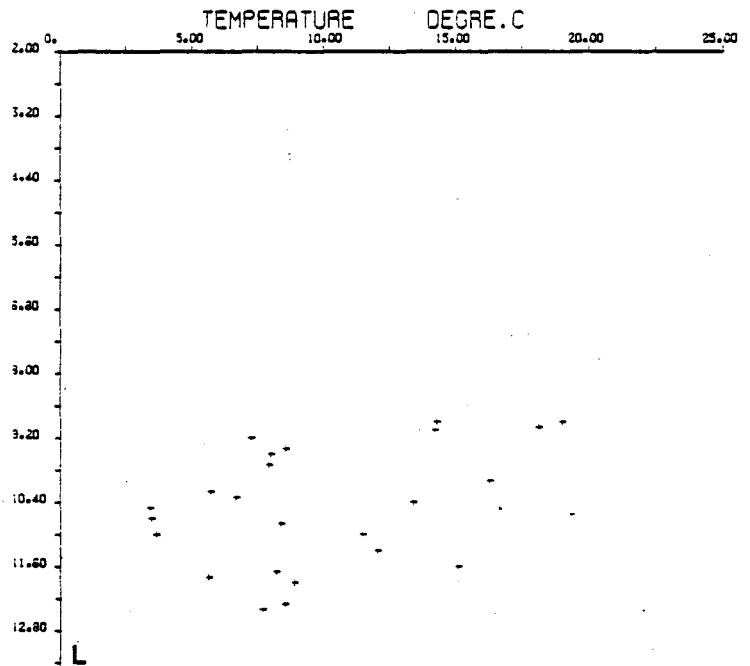
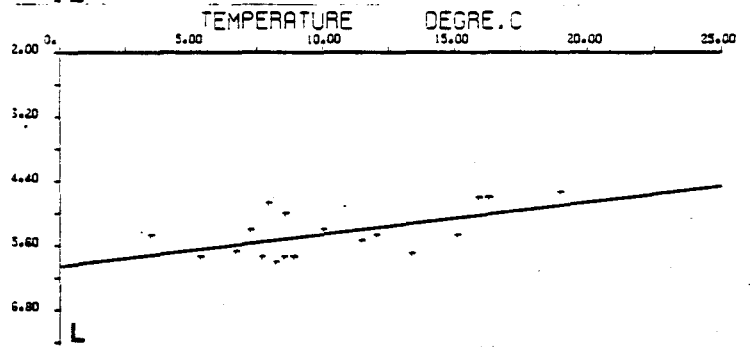
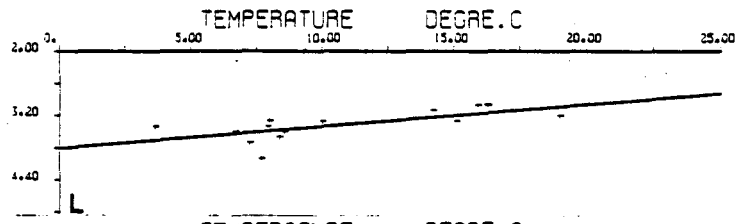
Fig.V.16

copépodite 1
 $Y = AX + B$
 $A = -0.041 \quad B = 3.813$
 $r = -0.68^*$
 $n = 14$

copépodite 3
 $Y = AX + B$
 $A = -0.060 \quad B = 5.987$
 $r = -0.57^{**}$
 $n = 18$

adulte ♀
 $Y = AX + B$
 $A = -0.097 \quad B = 11.432$
 $r = -0.39$
 $n = 19$

adulte ♂
 $Y = AX + B$
 $A = -0.102 \quad B = 10.300$
 $r = -0.39$
 $n = 24$



relation entre la longueur du cephalothorax ($L\mu$) et la chlorophylle (mg/m^3)

Fig.V.17

ACARTIA CLAUSI

$$Y = AX + B$$

copépodite 2

$$A = 0.034 \quad B = 4.144$$

$$r = 0.64^{**}$$

$$n = 15$$

$$Y = AX + B$$

copépodite 3

$$A = 0.043 \quad B = 5.136$$

$$r = 0.73^{**}$$

$$n = 19$$

$$Y = AX + B$$

adulte ♀

$$A = 0.116 \quad B = 8.052$$

$$r = 0.73^{**}$$

$$n = 24$$

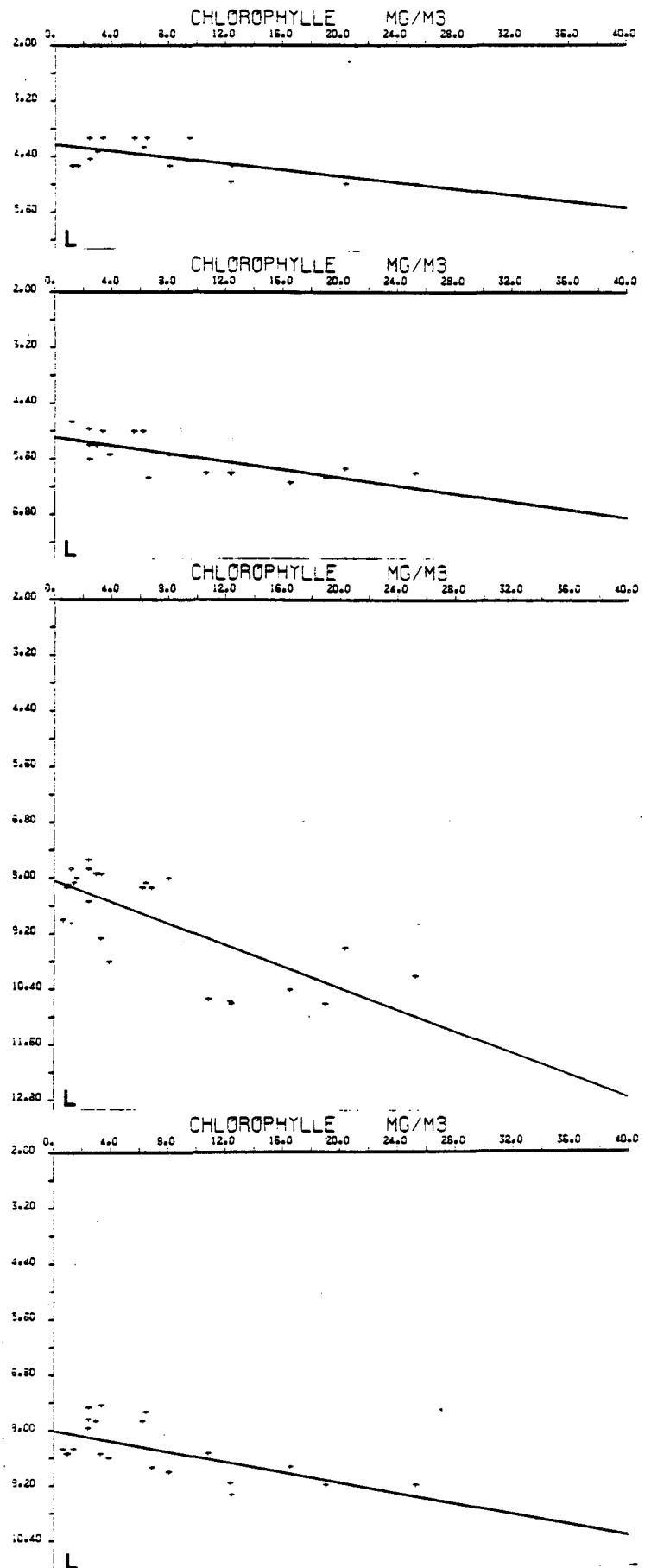
$$Y = AX + B$$

adulte ♂

$$A = 0.058 \quad B = 8.007$$

$$r = 0.65^{**}$$

$$n = 21$$



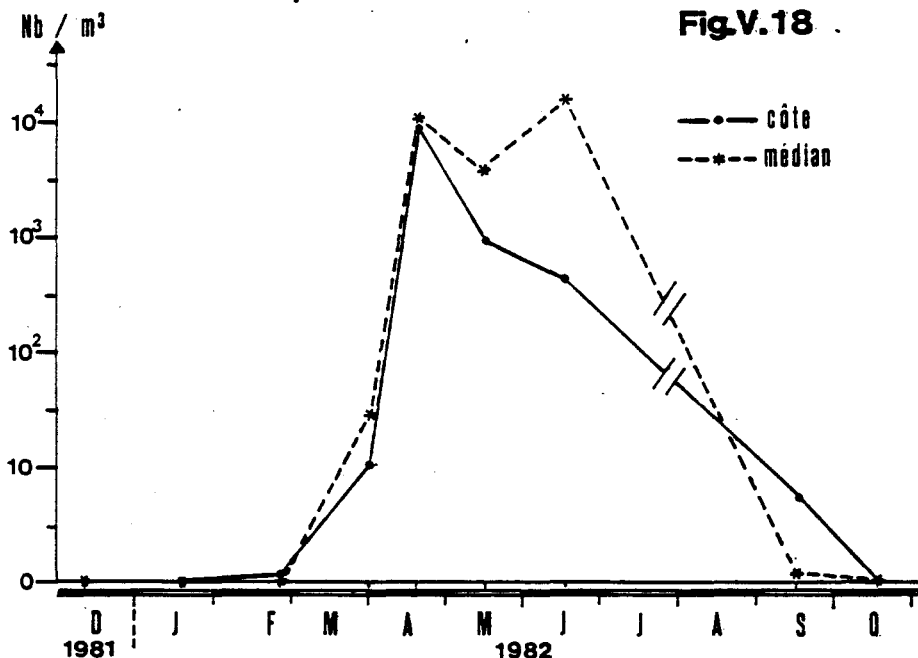
Période	Canal (64)	Côte (62)	Médian (63)	Hors-zone(05)	Large (02)
11/12/1981	-	-	-	-	
18/01/1982	-	-	-	-	
27/02/1982	-	+ -	-	-	
2/04/1982	+ -	55 - 2	33 - 26		+ -
20/04/1982	7834	7324 - 8525	10620-12736		3000 - 1060
17/05/1982	3726	787 - 697	3500 - 4436		3373 - 2833
17/06/1982	6480 - 651	28 - 7168	15092-16696		5560 - 4658
17/09/1982	160 - 0	0 - 31	+ +		0 +
19/10/1982	-	-	-		-

Tableau V.5 : Noctiluques : nombre d'individus/m³, par échantillon.

Mois	1980		1981		1982	
	Côte	Médian	Côte	Médian	Côte	Médian
Avril	2207	-	-	-	7925	11678
Mai	6707	13070	61527	33543	775	3968
Juin	1164	6	-	-	373	15895
Juillet	3950	-	533074	218785	Pas de mesures	
Août	133705	241136	-	-	Pas de mesures	

Tableau V.6 : Noctiluques : Valeurs moyennes en nombre/m³ pour 1980, 1981, 1982.

VARIATIONS SAISONNIÈRES DES NOCTILUQUES
aux points côte et médian



Conclusion

Au cours de l'année 1982, nous avons retrouvé les résultats généraux mis en évidence les années antérieures, à savoir la succession, au cours des saisons, d'espèces d'écologie différente. Sur l'ensemble du site les abondances et les dominances sont proches de celles des années antérieures, à part quelques espèces en voie de raréfaction, les mysidacés par exemple.

Les répartitions d'abondances et la comparaison entre les points montrent, par contre, un appauvrissement de la zone très côtière par rapport à la zone médiane. La zone côtière soumise au fort courant de rejet est, soit défavorable à la vie de certaines espèces (il y aurait alors mortalité), soit, ce qui est plus probable, la zone côtière du rejet se trouve diluée par le courant amont venant de l'avant-port. Ce phénomène de dilution modifierait l'abondance des organismes dans la zone du rejet, la zone médiane pouvant être modifiée par accumulation. La diminution d'activité de la centrale en 1982 n'a pas maintenu dans le milieu des structures hydrologiques mises en évidence en 1981 et, dans l'ensemble nous observons en 1982 une situation qui est en régression par rapport à l'année précédente et qui se rapprocherait plutôt de celle de la fin 1980 et début 1981.

L'observation en 1983 de la centrale fonctionnant avec une plus forte production permettra de suivre le sens de l'évolution du milieu - évolution lente actuellement où se dessinent quelques structures spatiales à proximité du rejet, et où les populations planctoniques présentent des différences instables d'abondances.

CHAPITRE VI

LE BENTHOS SUBTIDAL

par J.M. DEWARUMEZ

D. MENU

Station Marine de Wimereux

CHAPITRE VI - LE BENTHOS SUBTIDAL

I - INTRODUCTION

Les études du milieu benthique subtidal que nous menons depuis 1973 se sont déroulées en deux phases :

- une première période de 1973 à 1976, pendant laquelle nous nous sommes attachés à décrire les unités bionomiques à l'aide de prélèvements qualitatifs (DEWARUMEZ, 1973 et 1976).
- depuis 1976, nous avons cherché à préciser ces connaissances et à définir les caractéristiques quantitatives des unités précédemment décrites (SOUPLET, 1978 ; DEWARUMEZ, 1980, 1981 et 1982).

Ceci nous a permis d'identifier les peuplements benthiques locaux et de les replacer dans le contexte de la Manche Orientale : les peuplements décrits sur le site de Gravelines sont, en effet, couramment rencontrés en Manche (CABIOCH et GLAÇON, 1975, 1977 ; DEWARUMEZ, 1976, 1979 ; SOUPLET et coll., 1980 ; SOUPLET et DEWARUMEZ, 1980) :

- Le peuplement des sables fins plus ou moins envasés à *Abra alba*, qui revêt deux aspects : un faciès envasé à *Nephtys hombergii* et un faciès propre à *Nephtys cirrosa*.
- Le peuplement des sables moyens propres à *Ophelia borealis*.
- Le peuplement de l'hétérogène envasé.

Les études quantitatives réalisées à des stations typiques de ces unités permettent de caractériser les peuplements :

- Station A, peuplement de l'hétérogène envasé : la biomasse est d'environ 30 g/m² en poids sec décalcifié. Ce peuplement, établi sur des fonds importants (25 m) est à l'écart de toutes les perturbations d'origine tellurique.
- Station B, peuplement à *Abra alba* - faciès à *Nephtys hombergii*. Jusqu'en 1979 ce peuplement était caractérisé par une biomasse relativement importante (6 g/m²). Depuis 1979, on assiste à des recrutements pléthoriques de certaines espèces* qui ont occasionné des biomasses très importantes : *Pectinaria koreni* en 1980 : 50 g/m²

<i>Abra alba</i>	}	en 1981 : 20 g/m ²
<i>Tellina fabula</i>		

* Ces recrutements existaient déjà auparavant mais l'importance en était moindre.

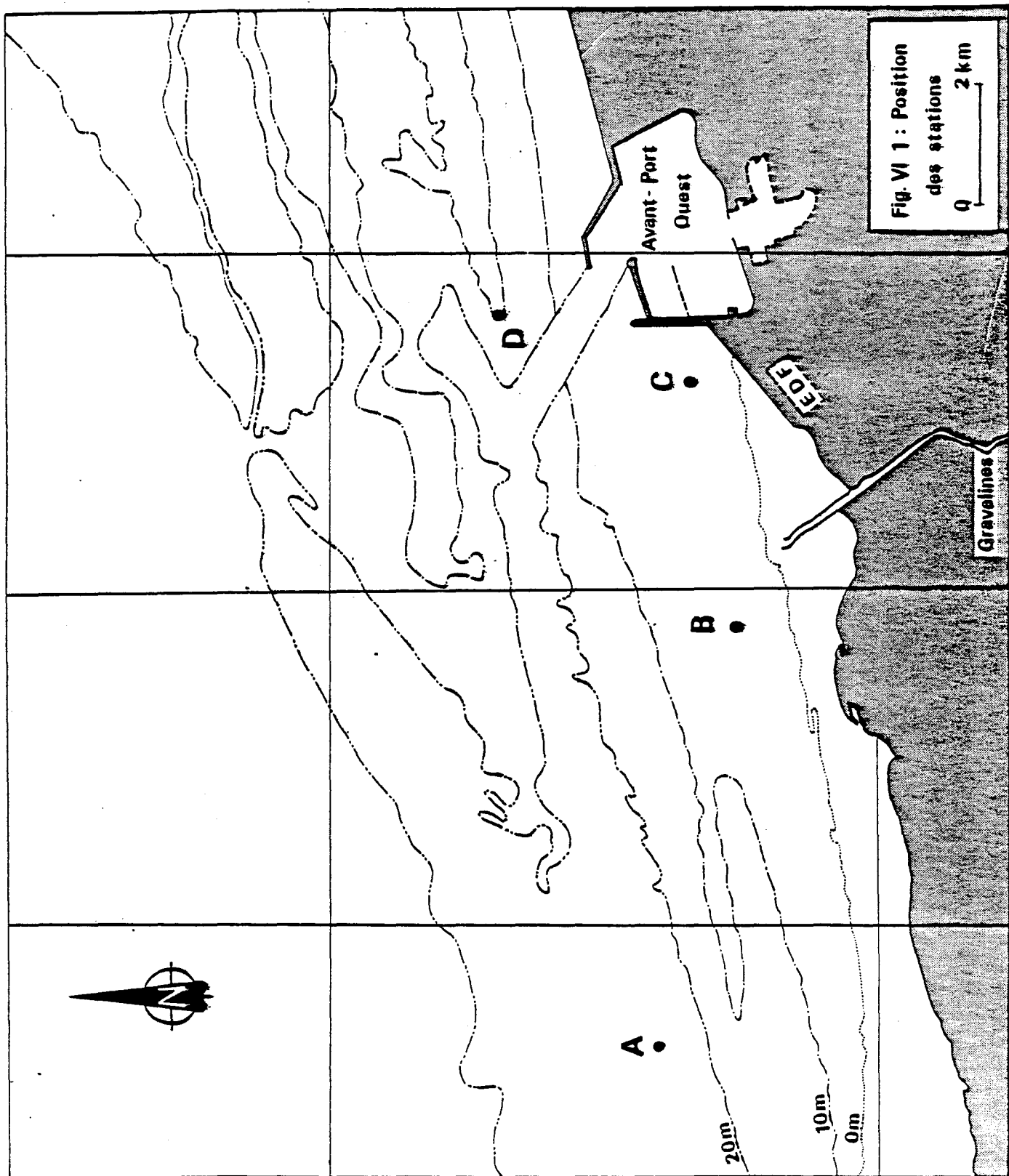
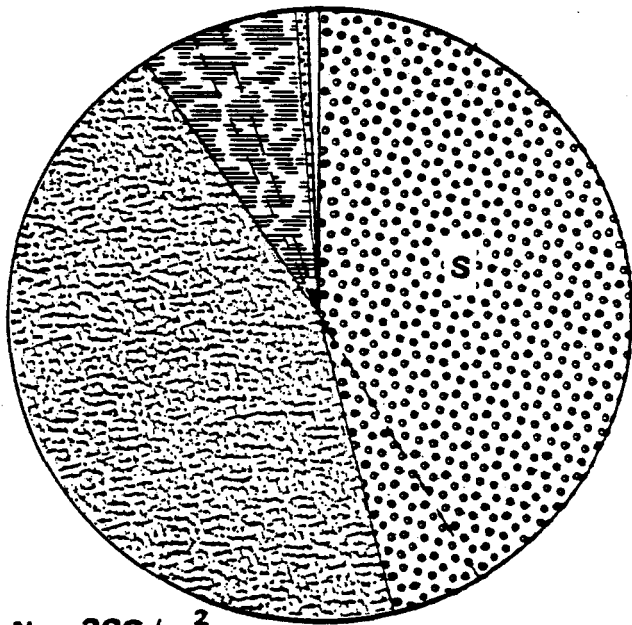


Fig. VI 1 : Position des stations

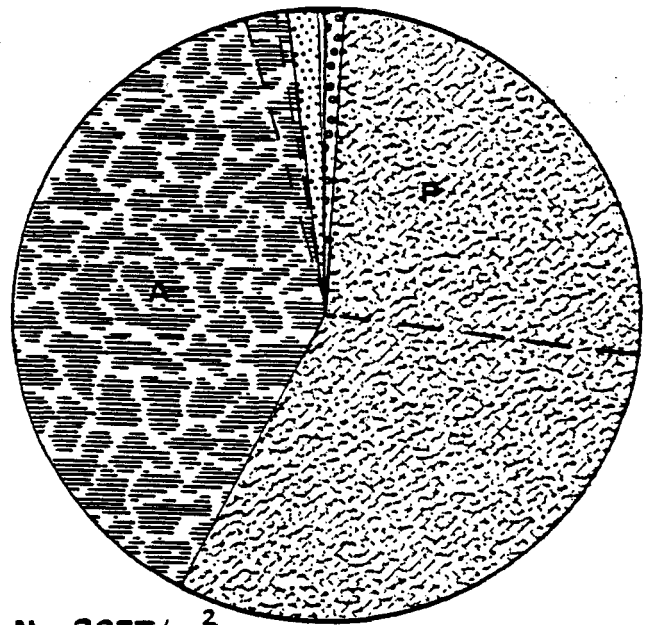
0 2 km

Station A



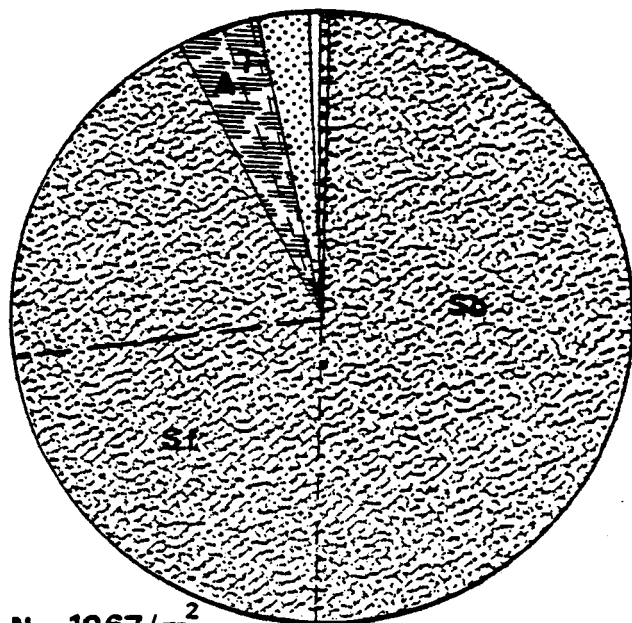
$N = 293/m^2$

Station B



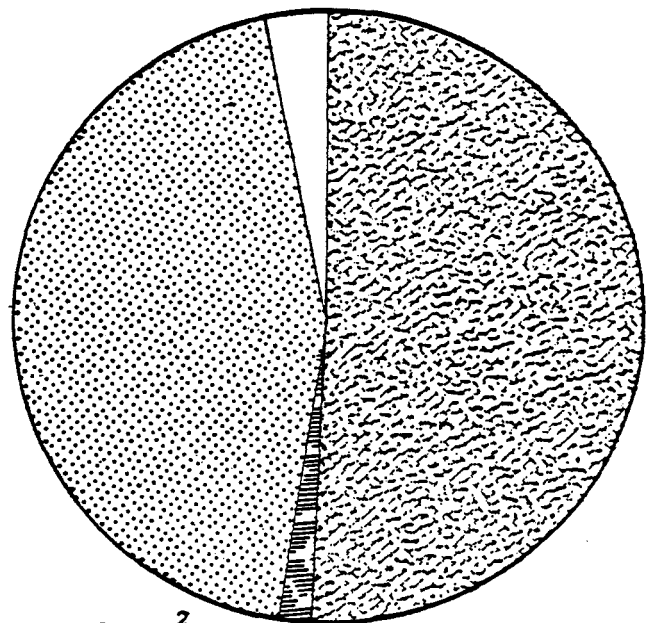
$N = 2657/m^2$

Station C



$N = 1067/m^2$

Station D



$N = 122/m^2$

Cnidaires



Annelides



Bivalves



Crustacés



Divers

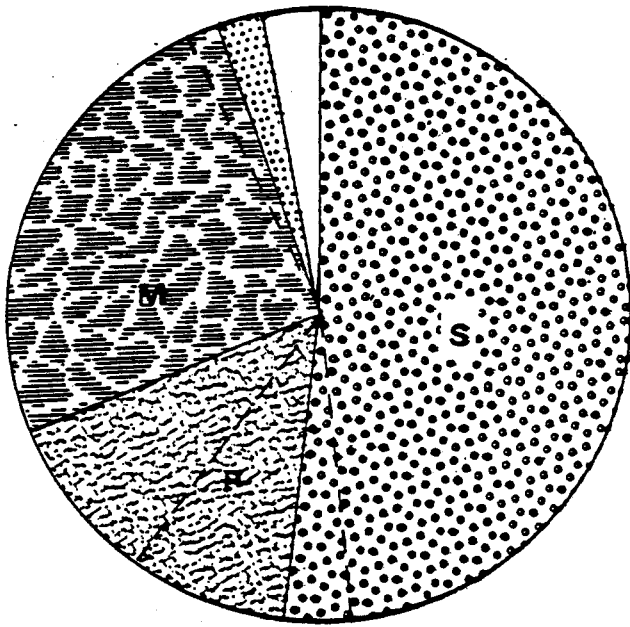


S: *Sagartia* . P: *Phyllodoce mucosa* . Sb: *Spiophanes bombyx* . Sf: *Spio filicornis*

A: *Abra alba* . T: *Tellina fabula*

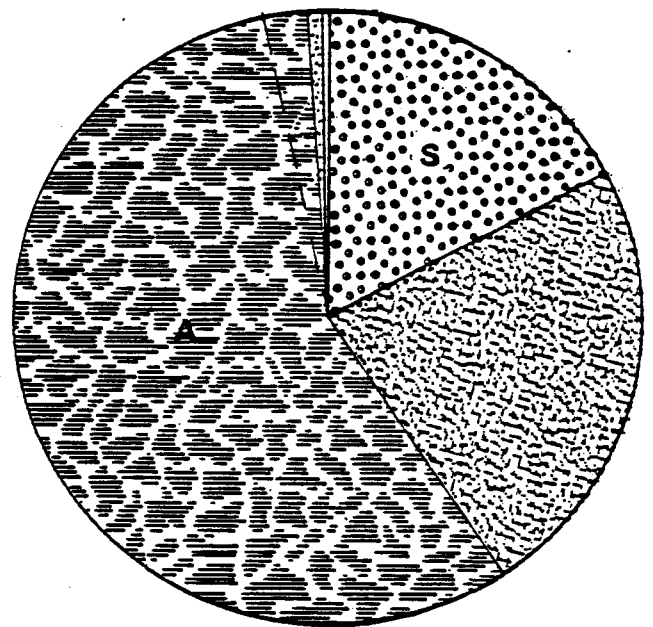
Fig VI-2 : Importance relative des différents groupes zoologiques
(nombre d'individus)

Station A



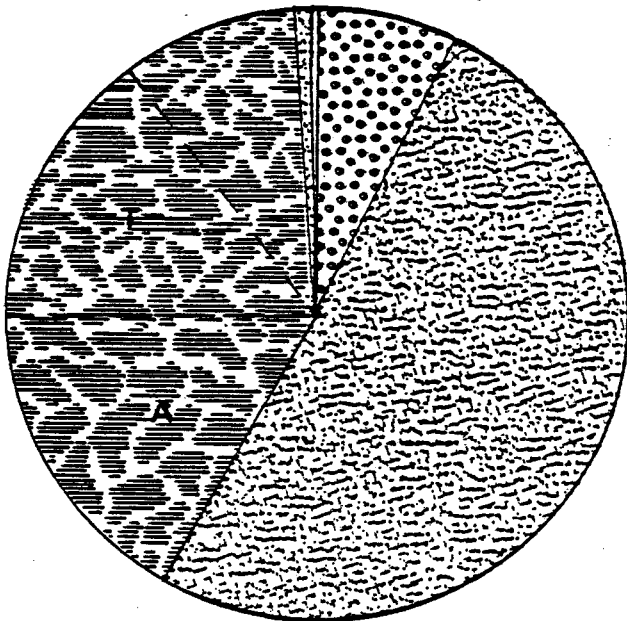
$B = 17248,3 \text{ mg/m}^2$

Station B



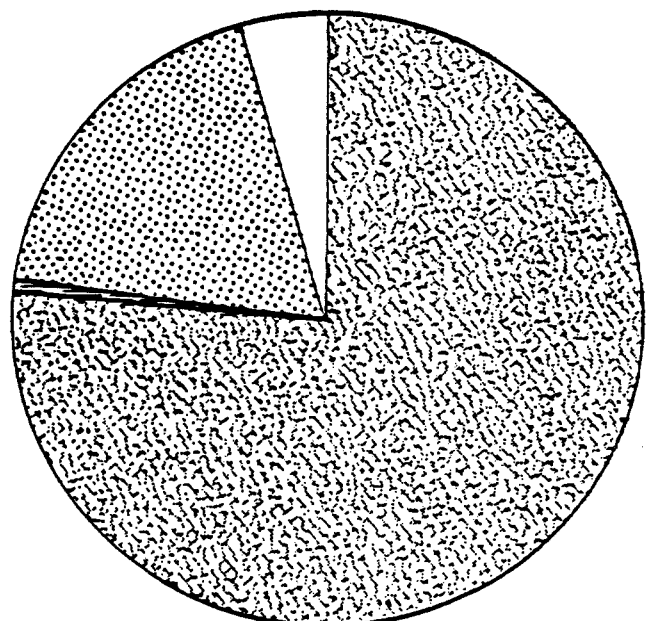
$B = 25109,9 \text{ mg/m}^2$

Station C



$B = 3628,7 \text{ mg/m}^2$

Station D



$B = 363,4 \text{ mg/m}^2$

Fig VI-3 : Importance relative des différents groupes zoologiques
(biomasse)

c'est un peuplement instable mais très productif.

- Station C, peuplement à *Abra alba* - faciès à *Nephtys cirrosa*.

Cette station, directement exposée aux rejets d'eaux de la centrale, a vu son cortège spécifique se modifier dès la mise en circulation de l'eau de refroidissement. On a assisté, en effet, à une dérive du peuplement vers une unité faunistique où les espèces de type vasicole et détritivore ne dominent plus. Ceci a occasionné une chute de biomasse de l'ordre de 2 g/m^2 dans un premier temps.

Mais les recrutements pléthoriques que l'on peut mettre en évidence à la station B se font également sentir depuis 1981 et, ainsi, les valeurs de biomasse sont revenues au niveau de 1978 (2 à 3 g/m^2).

Signalons toutefois que les recrutements sont très inférieurs à ceux mis en évidence à la station B.

- Station D, peuplement à *Ophelia borealis*. On a pu mettre en évidence en 1981 une chute de la biomasse de l'ordre de $1,5 \text{ g/m}^2$ ($2,2 \text{ g} \rightarrow 0,6 \text{ g}$) que l'on a pu relier au non-échantillonnage d'espèces de grande taille (*Nephtys caeca*, *Spisula ovalis*). Ce peuplement, situé au large, est néanmoins d'une grande stabilité bionomique.

II - METHODOLOGIE

La méthodologie est identique à celle employée les années précédentes. Les prélèvements sont effectués à bord du N/O SEPIA II, navire de la Station Marine de Wimereux. Les stations d'échantillonnage sont inchangées (Fig. VI.1).

III - RESULTATS DE L'ANALYSE BIONOMIQUE

III.1. Station A

Le peuplement de l'hétérogène envasé est très stable. Les résultats de 1982 le confirment, même si la biomasse semble faible ($17,2 \text{ g/m}^2$). Ceci est dû à deux espèces : *Abra alba* qui est presque absente, *Sagartia* sp qui, malgré une densité élevée, présente une biomasse relativement faible (Fig. VI 2 et 3). La plupart des individus sont de petite taille, *Sabella pavonina* est totalement absente (tableaux VI.1 et VI.2).

D = densité B = biomasse	1980				1981				1982			
	D ₂ m ²	%	B g/m ²	%	D ₂ m ²	%	B g/m ²	%	D ₂ m ²	%	B g/m ²	%
<i>Sagartia</i> sp.	36	15,8	3,36	26,9	150	40,5	19,10	60,5	121	41,3	8,35	48,4
<i>Cerianthus lloydii</i>	6	3,0	0,04	0,3	5	1,4	0,25	0,8	14	4,8	0,54	3,2
<i>Golfingia elongata</i>	14	6,8	1,67	13,2	2	0,5	0,24	0,8	-	-	-	-
<i>Stenelais boa</i>	26	10,8	0,84	6,6	8	2,2	0,41	1,3	20	6,8	0,51	3,0
<i>Pectinaria koreni</i>	6	3,0	0,37	2,9	3	0,8	0,04	0,1	2	0,7	0,10	0,6
<i>Sabella pavonina</i>	1	0,5	0,02	0,1	14	3,8	3,01	9,5	-	-	-	-
<i>Abra alba</i>	-	-	-	-	32	8,7	0,72	2,3	8	2,7	0,13	0,7

Ce peuplement est très diversifié ($H = 3,316$) et montre une grande stabilité dans le cortège spécifique, même si l'on observe des modifications de la densité de certaines espèces.

III.2 Station B

Cette année comme régulièrement depuis plusieurs années, *Lanice conchilega* a présenté un recrutement très important au mois de mai. La densité des post-larves atteignait 20 000 individus par mètre carré. Ces larves ne subsistent pas longtemps (2 ou 3 mois au plus). *Abra alba* voit sa densité multipliée par 10 : 1 020 individus/m². *Tellina fabula* par contre régresse : 41 ind/m². Nous évoquerons le problème de densité de ces espèces dans un autre paragraphe. Il résulte de ces modifications une biomasse très importante (25 g/m²) même si elle est inférieure à celle de 1980.

D = densité B = biomasse	1980				1981				1982			
	D ₂ m ²	%	B g/m ²	%	D ₂ m ²	%	B g/m ²	%	D ₂ m ²	%	B g/m ²	%
<i>Nephtys hombergii</i>	62	5,6	3,04	6,2	47	7,5	3,00	14,8	61	2,3	0,24	1,0
<i>Arenicola marina</i>	6	0,5	3,21	6,5	1	0,2	1,42	7,0	1	0,1	1,75	7,0
<i>Lanice conchilega</i>	214*	19,3	0,08	0,2	175*	28,0	0,17	0,9	274*	10,3	0,23	0,9
<i>Pectinaria koreni</i>	228	20,5	13,81	28,1	27	4,3	0,97	4,8	10	0,4	0,19	0,8
<i>Tellina fabula</i>	453	40,8	22,33	45,4	164	16,0	8,71	21,0	41	1,5	0,38	1,5
<i>Abra alba</i>	64	5,8	3,64	7,4	100	26,7	4,27	42,8	1020	38,4	14,09	56,1
<i>Ophiura texturata</i>	-	-	-	-	12	1,9	0,17	0,8	4	0,2	0,07	0,3

* Nombreuses post-larves.

On ne note pas de changement flagrant entre 1981 et 1982 si ce n'est une prédominance plus importante d'espèces vasicoles typiques de l'hétérogène envasé (Fig. VI.2 et 3) comme *Stenelais boa* (48 individus pour 1,03 g) et *Sagartia* sp. (25 individus pour 4,3 g). (Tableaux VI.1 et 2). L'année 1982 est remarquable par le recrutement très important qui a intéressé l'annélide *Phyllodoce mucosa*, pour laquelle la densité atteint près de 700 individus par mètre carré pour une biomasse de 2 g/m² (Tableaux VI.1 et 2).

Le peuplement est fortement diversifié : H = 2,803 pour 2 657 individus. L'équitabilité faible (E = 0,58) montre l'instabilité du peuplement.

III.3. Station C

La station C a, depuis 1979, un comportement particulier. des changements sont apparus dans la composition faunistique du peuplement. Les espèces de régime alimentaire du type "mangeur dé dépôt" ont régressé au profit d'espèces de type "suspensivore".

Les espèces à affinité sabulicole sont abondantes : *Nephtys caeca*, *Nephtys cirrosa*, *Ensis arcuatus*, *Urothoe poseidonis*, etc. (Tableaux VI.1 et 2, Fig. VI.2 et 3).

D = densité B = biomasse	1980				1981				1982			
	D ₂ m ²	%	B g/m ²	%	D ₂ m ²	%	B g/m ²	%	D ₂ m ²	%	B g/m ²	%
<i>Nephtys cirrosa</i>	1	0,4	0,01	0,2	41	12,8	0,30	12,5	28	2,6	0,12	3,3
<i>Nephtys hombergii</i>	58	22,5	0,95	11,9	9	2,8	0,15	6,3	16	1,5	0,42	11,6
<i>Pectinaria koreni</i>	4	1,6	0,15	1,9	3	0,4	0,07	0,2	-	-	-	-
<i>Tellina fabula</i>	22	8,5	0,35	4,4	69	21,5	1,07	45,4	16	1,5	0,10	2,8
<i>Cerastoderma edule</i>	12	4,7	2,37	28,4	5	1,6	0,59	24,7	-	-	-	-

La biomasse y est plus forte qu'en 1981 (3,6 g/m² contre 2,3 g/m²).

Le tableau suivant montre, par la comparaison des espèces sujettes à des recrutements importants, que, si la station B représente les potentialités du peuplement à *Abra alba*, la station C rend compte de l'action

de la circulation de l'eau de la centrale par les modifications granulométriques qu'elle occasionne. La station C constitue, en quelque sorte, un "modèle réduit" de la station B, sauf en ce qui concerne les espèces sabulicoles (Tableaux VI.1 et 2, Fig. VI.2 et 3).

Espèce	Date	Station B	Station C
<i>Pectinaria koreni</i>	Septembre 1979	354	82
	Mai 1980	228	4
	Mai 1981	27	3
	Mai 1982	10	0
<i>Tellina fabula</i>	Septembre 1979	328	9
	Mai 1980	453	22
	Mai 1981	167	69
	Mai 1982	41	16
<i>Abra alba</i>	Septembre 1979	77	0
	Mai 1980	64	0
	Mai 1981	100	9
	Mai 1982	1020	26
<i>Phyllodoce mucosa</i>	Septembre 1979	41	0
	Mai 1980	4	0
	Mai 1981	3	72
	Mai 1982	697	25

III.4. Station D

Cette station est caractéristique du peuplement à *Ophelia borealis*. Les espèces sabulicoles dominent largement. Il est à noter qu'aucun individu d'*Ophelia borealis* n'a été récolté, bien que l'ensemble du cortège spécifique soit conforme à celui du peuplement type.

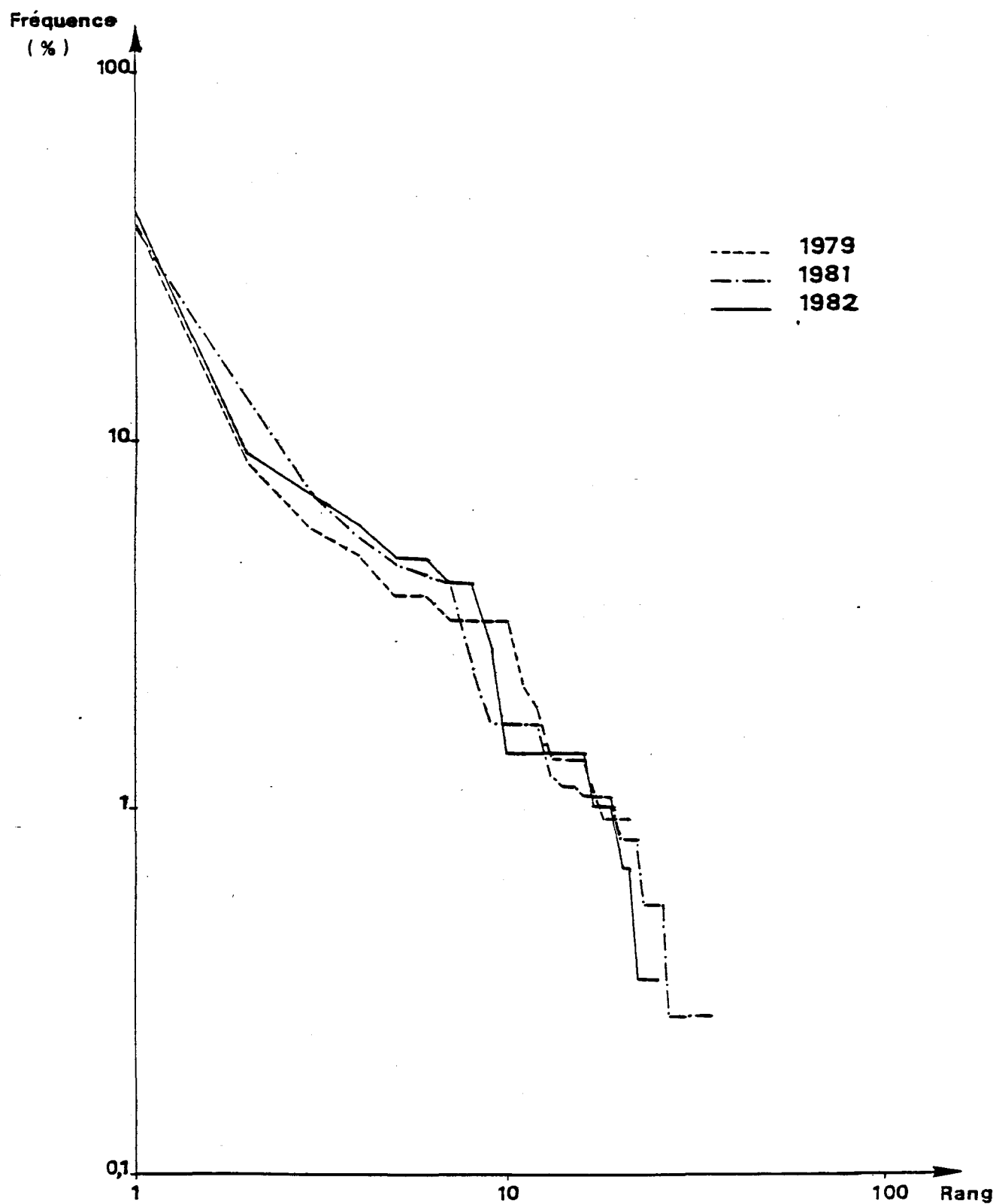


Fig VI-4 : Evolution des diagrammes rang - fréquence à la station A depuis 1979



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

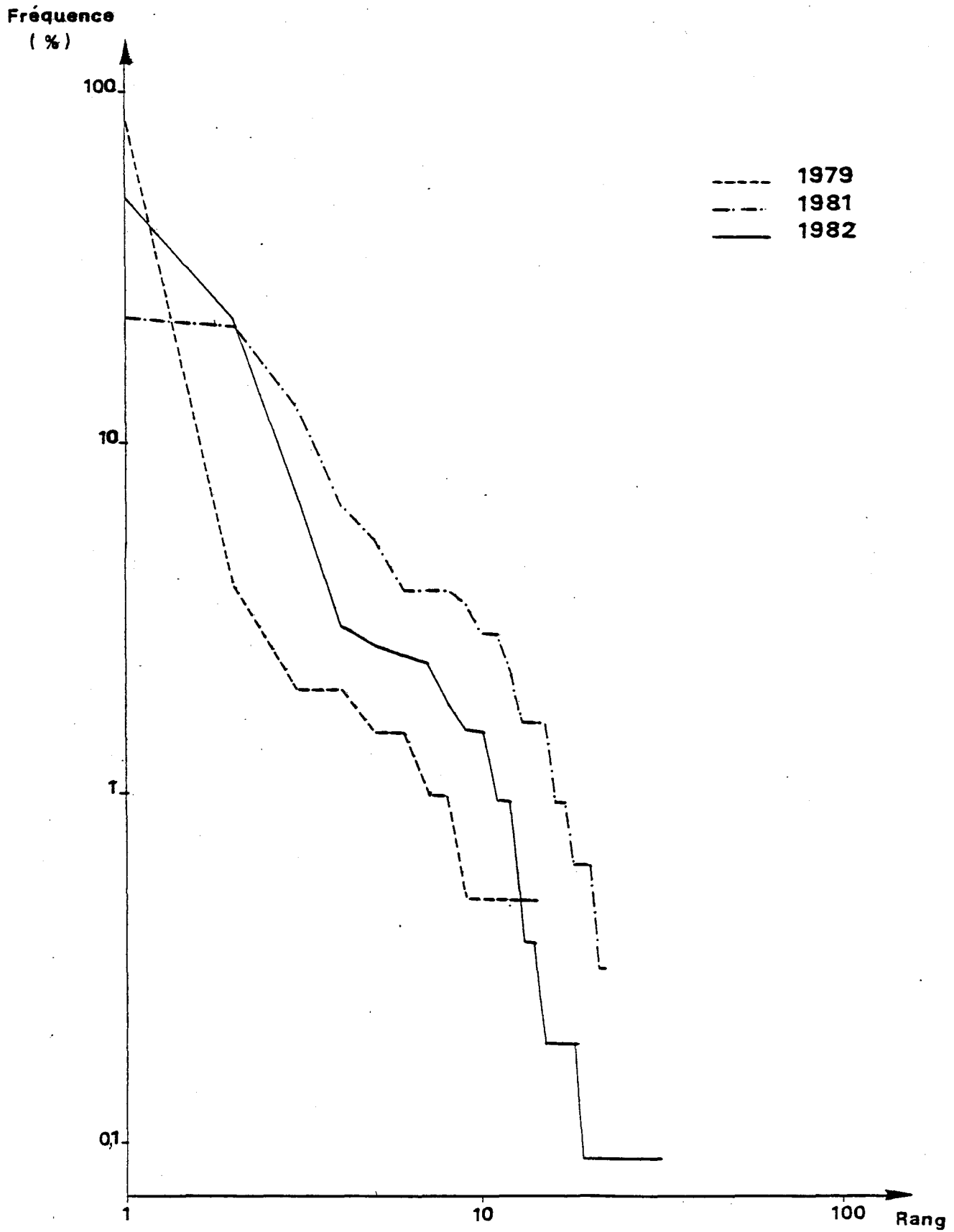


Fig VI-6 : Evolution des diagrammes rang - fréquence à la station C depuis 1979

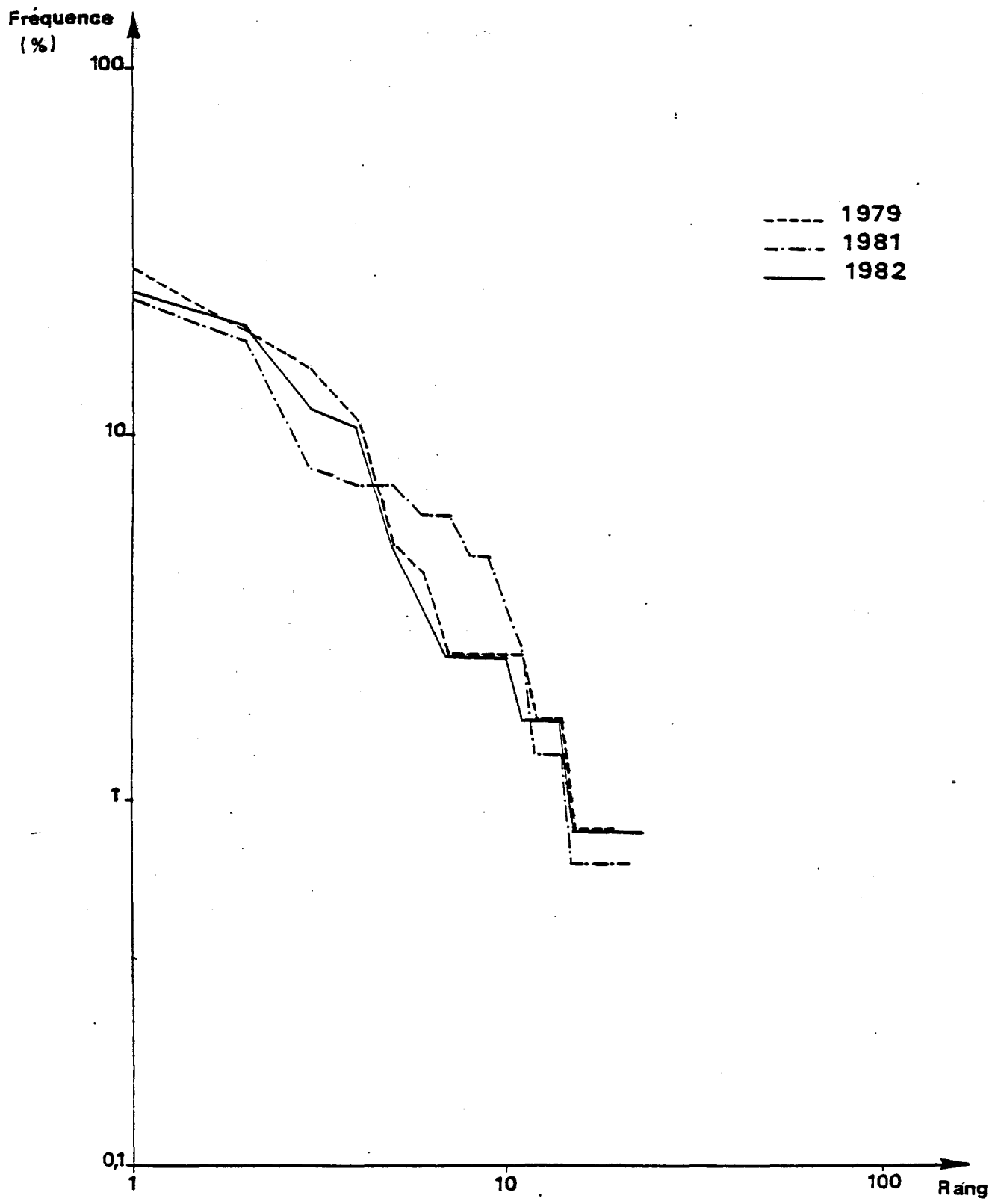


Fig VI-7 : Evolution des diagrammes rang - fréquence à la station D depuis 1979

	Septembre 1979				Mai 1981				Mai 1982			
	D ₂ m	%	B ₂ g/m ²	%	D ₂ m	%	B ₂ g/m ²	%	D ₂ m	%	B ₂ g/m ²	%
<i>Nephtys cirrosa</i>	51	12,9	0,52	8,4	12	8	0,05	6,7	14	11,5	0,09	23,0
<i>Ophelia borealis</i>	60	15,1	0,21	3,3	35	23,3	0,28	40,9	-	-	-	-
<i>Scoloplos armiger</i>	7	1,8	0,03	0,4	-	-	-	-	24	19,7	0,05	14,0
<i>Bathyporeia elegans</i>	33	8,3	0,02	0,3	27	18,0	0,01	1,4	30	24,6	0,01	3,0
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	17	4,3	0,02	0,3	9	6,0	0,02	2,7	13	10,7	0,02	6,0

La densité forte ($H = 3,560$) et l'équitabilité élevée ($E = 0,78$) montrent que le peuplement est stable, son éloignement de la côte le mettant à l'abri des perturbations d'origine tellurique. Il faut signaler néanmoins que la biomasse est faible : $0,34 \text{ g/m}^2$. Ceci est dû (comme en 1981) d'ailleurs au non échantillonnage d'espèces rares à forte biomasse (*Spisula ovalis* et *Ensis* spp. par exemple).

III.5 Evolution des peuplements

La comparaison des diagrammes rang/fréquence (FRONTIER, 1976) construits pour chaque station pour les années 1979, 81 et 82 nous permet de confirmer les traits saillants de l'évolution des peuplements benthiques du site de Gravelines.

Selon les stations, deux cas sont possibles.

Les stations A, B et D, même si elles ne présentent pas des diagrammes de même allure, ne montrent pas de signe d'évolution : les trois courbes sont très proches les unes des autres (Fig. VII.4, 5 et 7).

Par contre, la station C présente trois courbes parfaitement individualisées, signe que des changements interviennent dans la structure bionomique du peuplement. Si l'allure reste en général sigmoïde, le décalage observé entre les différentes courbes montre que le nombre d'espèces récoltées varie selon les années. Ceci confirme les résultats obtenus avec des méthodes bionomiques classiques. L'allure sigmoïde, que la courbe garde pendant quatre ans, est caractéristique d'un peuplement juvénile (FRONTIER, 1976). La permanence de la perturbation (circulation de l'eau) fait que le peuplement ne peut dépasser ce stade et arriver à maturité comme

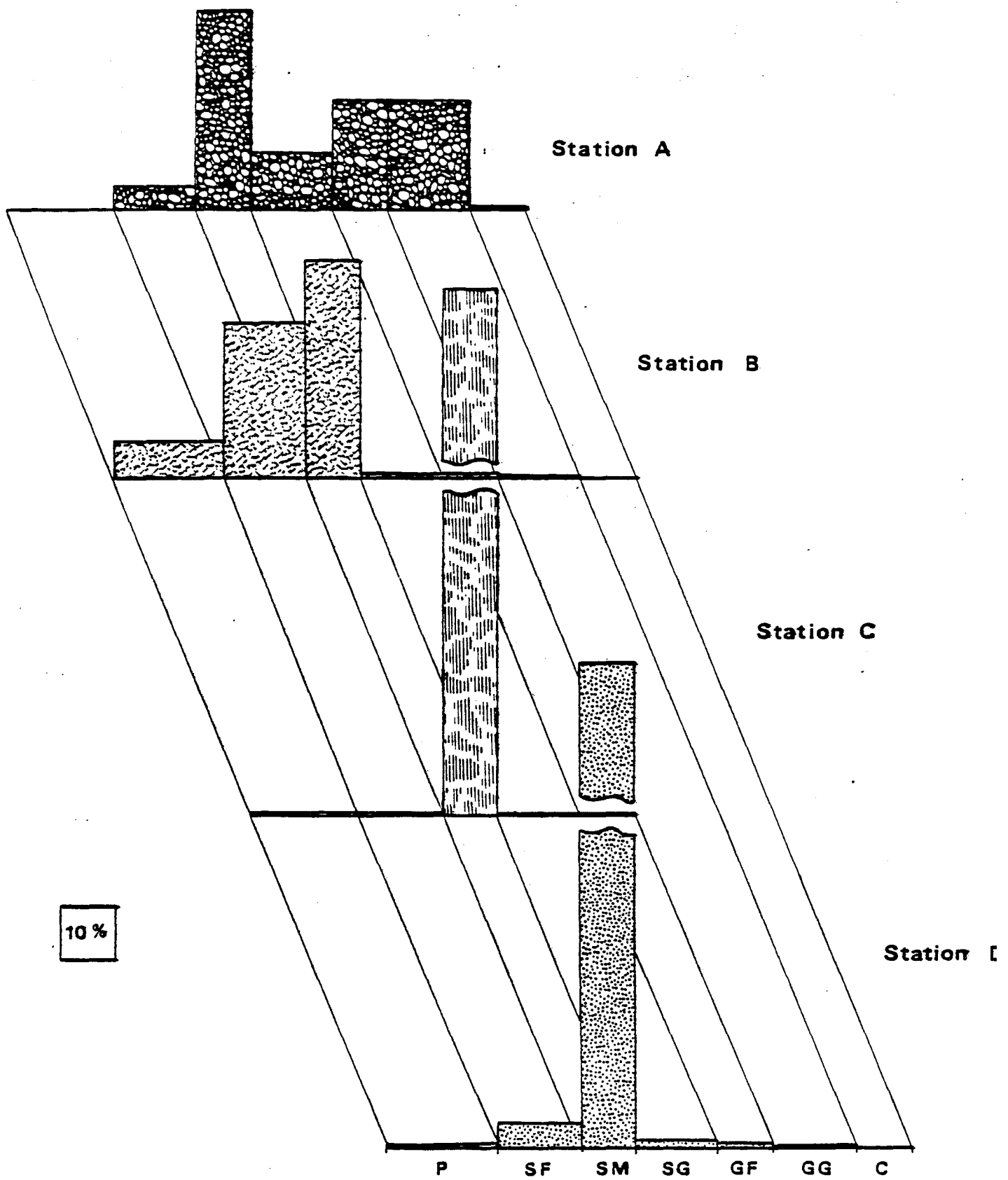


Fig VI-8 : Caractéristiques granulométriques des sédiments
aux quatre stations

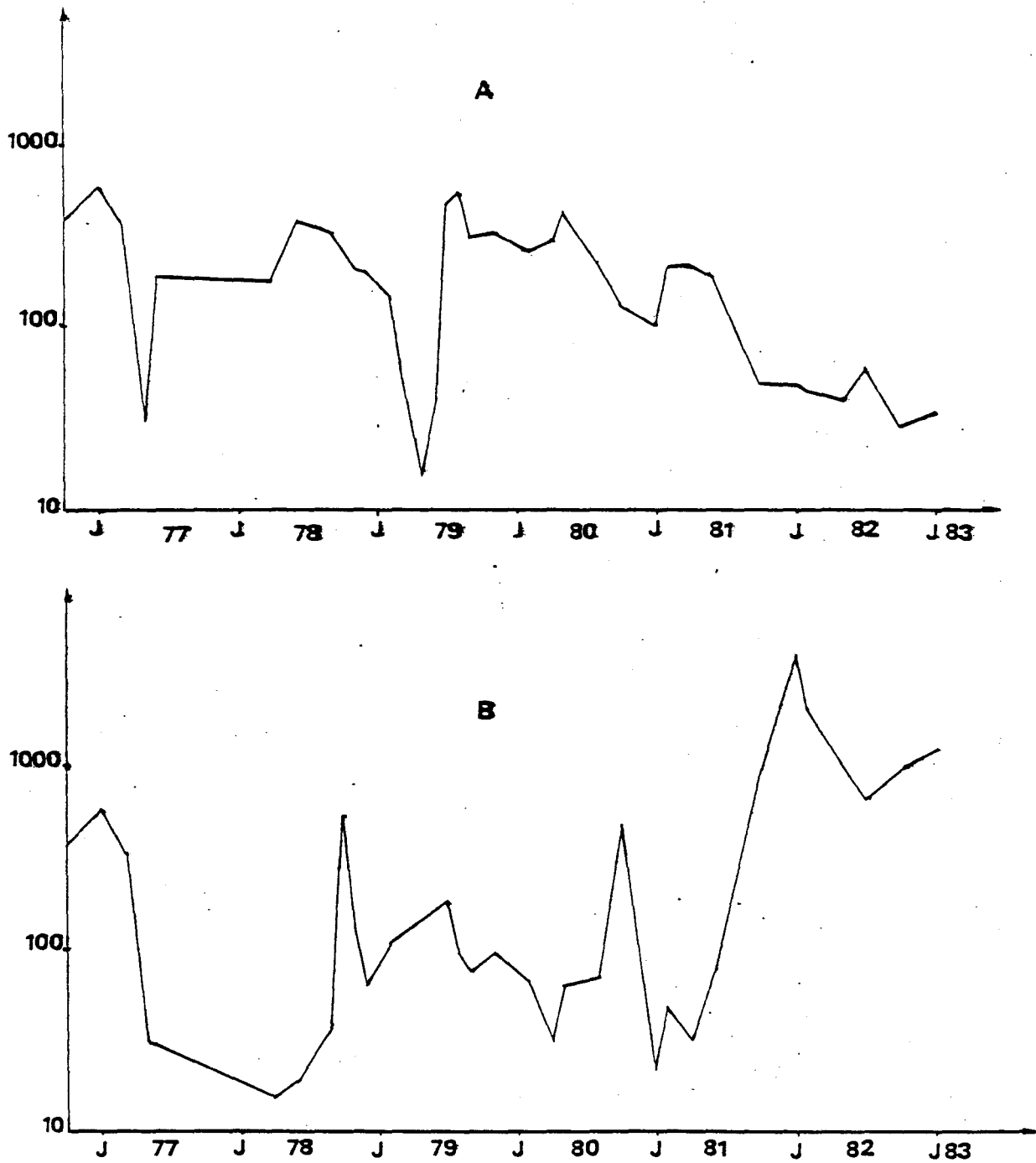


Fig VI-9 : Variation des densités de :

A: *Tellina fabula*

B: *Abra alba*

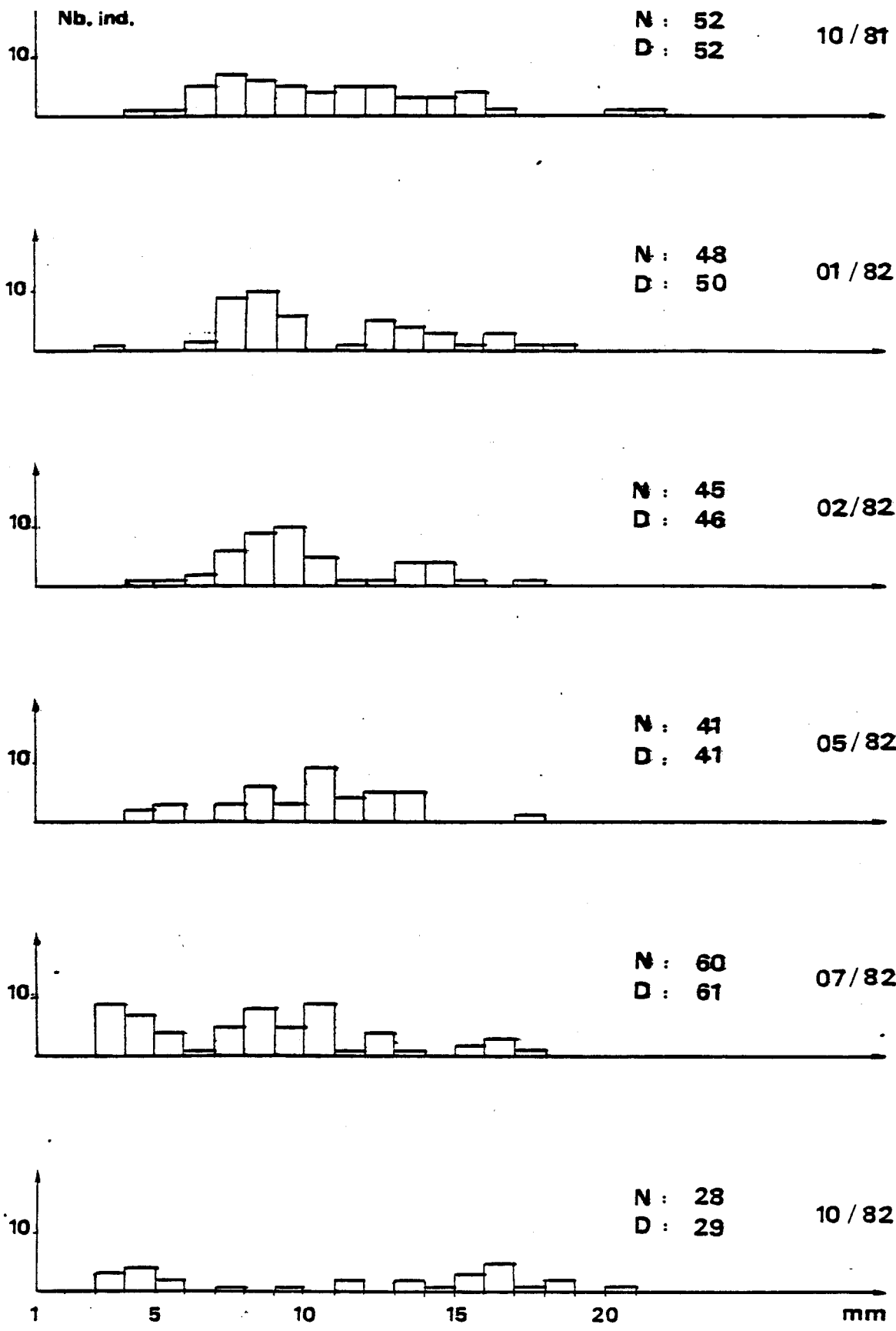
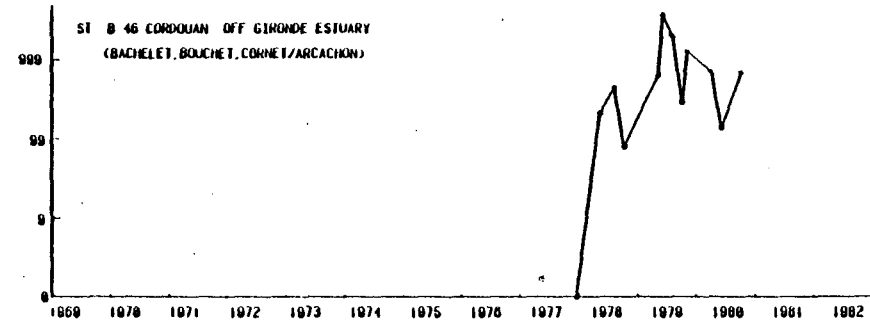
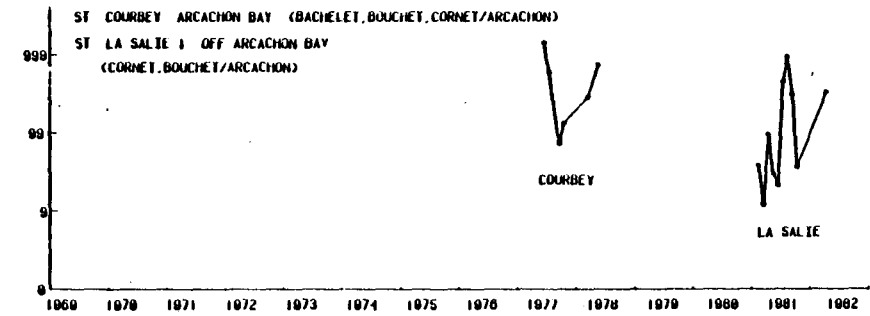
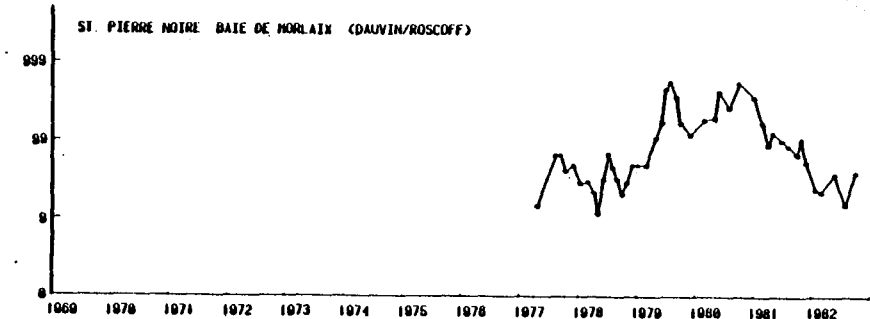
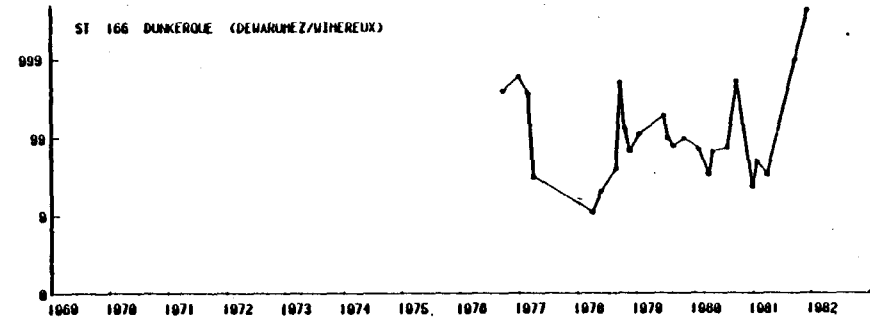
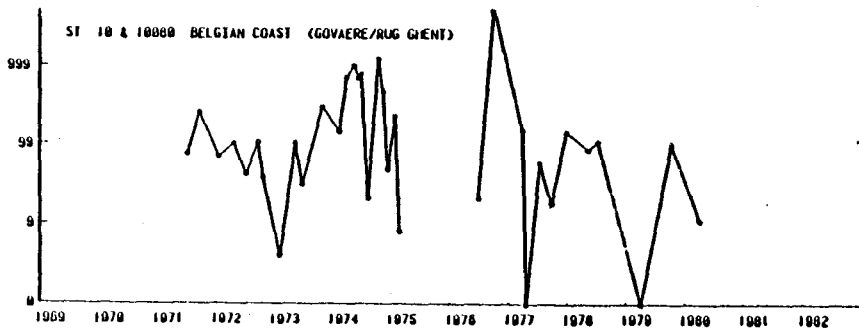
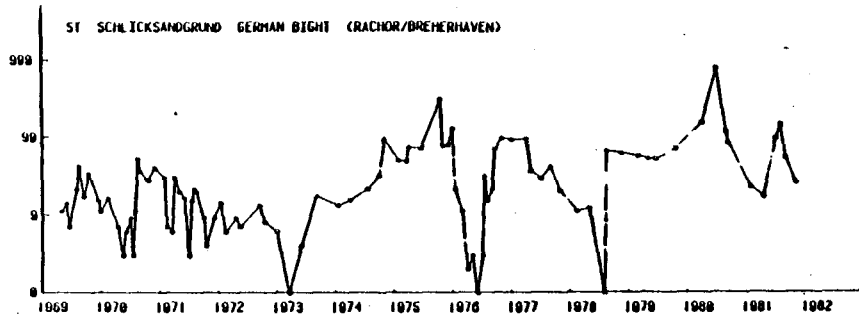
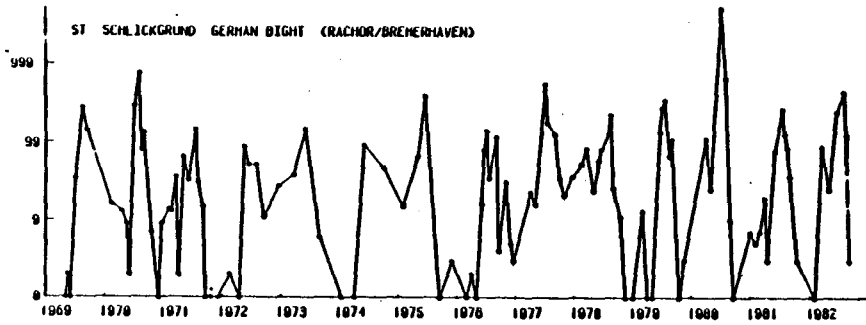


Fig VI-10: *Tellina fabula* : Histogrammes des fréquences de tailles

Fig VI-11 : Variation à long terme des populations d'Abra alba sur les côtes européennes. (d'après RACHOR 1983)



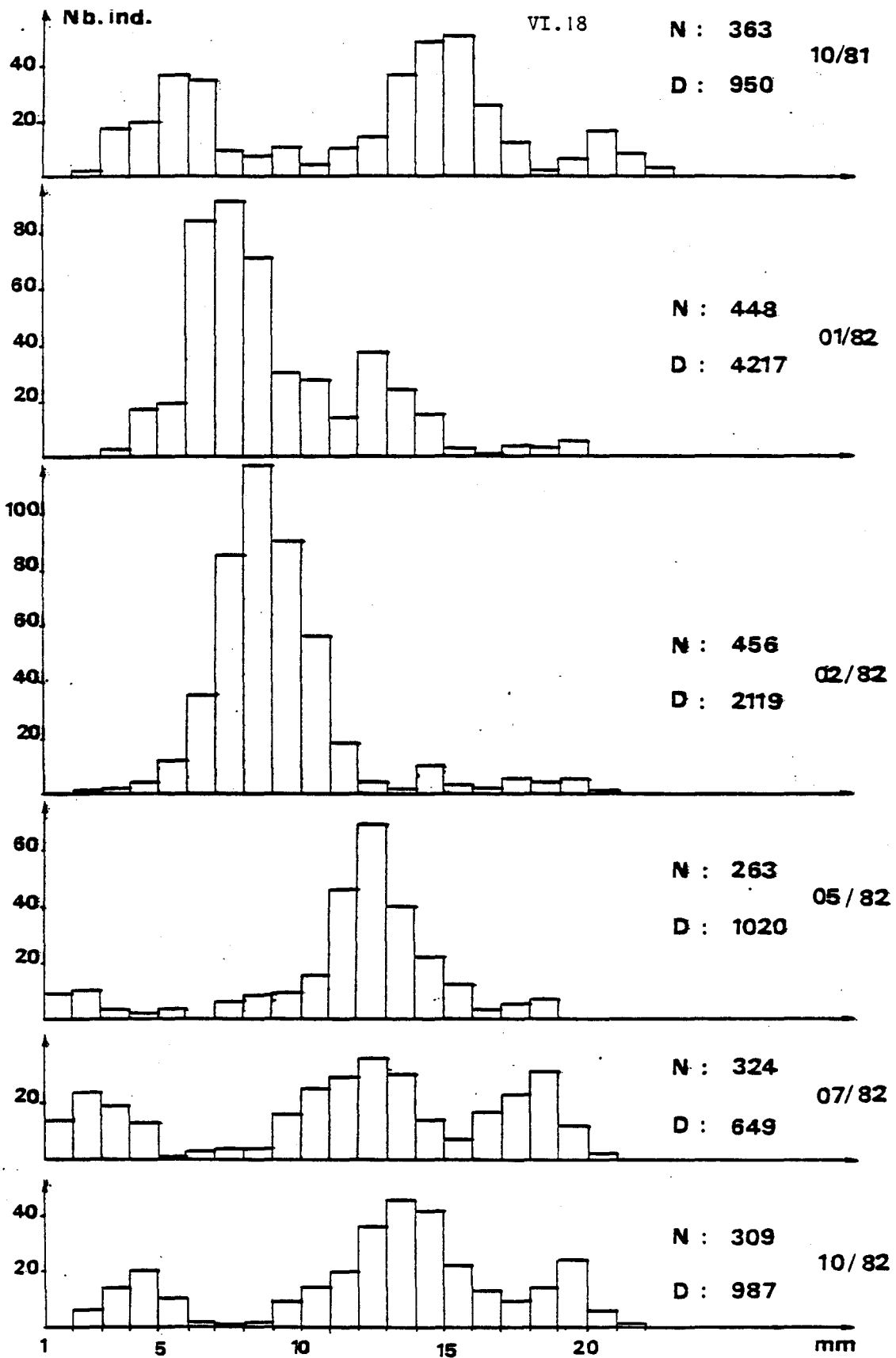


FIG VI- 12: *Abra alba* : Histogrammes des fréquences de tailles

les stations B et D. Le sédiment est d'ailleurs un sable moyen pur (Fig. VI.8).

Le diagramme rang/fréquence de la station A est du type 3 (fin de succession, FRONTIER, 1976). Il est fort possible que ce type de courbe fasse ressortir, en fait, l'hétérogénéité du sédiment (Fig. VI.8).

Le diagramme du type 3 peut être, en réalité, dû au cumul de plusieurs niveaux d'observation (deux dans le cas présent : les deux types de sédiment, gravier grossier et sable moyen).

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

IV.1. Tellina fabula

Il est possible de schématiser le cycle des variations de densité de *Tellina fabula* de la façon suivante : chute brutale de la densité au printemps, après la ponte, et augmentation immédiate avec le recrutement. Ce schéma se vérifie régulièrement, mais on est en présence d'une chute continue de la densité depuis 1979. Les phénomènes décrits ci-dessus ont bien lieu en 1982, mais sont de faible amplitude. Signalons que la densité est passée de 560 individus, en août 1979, à 35 individus en décembre 1982. (Fig. VI.9 A).

Les histogrammes de fréquence de taille (Fig. VI.10) ne mettent pas en évidence de recrutement important en 1982; on peut donc s'attendre à une diminution de la densité au cours de l'année 1983.

IV.2. Abra alba

Abra alba est une espèce opportuniste. Les variations très importantes de la densité sur le site le prouvent (Fig. VI.9 B). Ces variations très importantes ne sont pas uniquement localisées sur le site de Gravelines, RACHOR (1983), dans sa synthèse des variabilités à long terme des populations d'*Abra alba* sur les côtes européennes, d'Arcachon au German Bight, (Fig. VI.12) montre que les populations d'*Abra alba* sont sujettes à des variations de densité anarchiques et inexplicables.

Sur le site de Gravelines (Fig. VI.9 B) la population d'*Abra alba* a régressé au cours de l'année 1982 mais reste à un niveau très élevé : 4 200 individus/m² en janvier 1982 contre 1 156 individus en décembre 1982. Le recrutement, comme l'attestent les histogrammes

de fréquence de taille (Fig. VI.10), a été relativement faible : les individus de la cohorte 1982 ne représentent, en juillet 82, que 21,9 % de l'effectif total, alors que, parfois, la cohorte au moment de sa fixation représente plus de 90 % des individus !

La forte diminution de la densité, au cours des premiers mois de l'année 1982, peut être attribuée à la prédation par les poissons plats; *Abra alba* est une part non négligeable du régime alimentaire du flet (DELVAL-DESMARCHELIER, 1982), les estomacs de certains individus contenant jusqu'à 30 individus !! (DELVAL, communication personnelle).

V - CONCLUSION

En 1982 le benthos subtidal a été marqué par une relative stabilité par rapport à 1981. Les cortèges spécifiques évoluent peu. Les variations enregistrées dans le peuplement à *Abra alba* ne semblent pas anormales compte tenu de l'instabilité bien connue de ce peuplement. La population d'*Abra alba*, qui avait été marquée en 1981 par un recrutement pléthorique, a vu sa densité diminuer au cours de l'année 1982. Cette chute est toute relative, dans la mesure où la plus faible densité d'*Abra alba* en 1982 (649 individus par mètre carré) est supérieure à la plus forte densité jamais enregistrée sur le site (à peine 600 individus par mètre carré en janvier 1977). Le recrutement, moyen si l'on tient compte de la densité, a permis la remontée de la densité à 1 156 individus par mètre carré en décembre 1982. On peut attribuer la chute importante de la densité d'*Abra alba*, au début de l'année 1982, à une prédation très importante des poissons plats (les flets surtout). Les estomacs de ces animaux pouvaient contenir à l'époque jusqu'à 30 individus de toutes tailles.

Tellina fabula a considérablement régressé. Les densités sont voisines de 40 individus par mètre carré. Le recrutement médiocre n'a pas permis à la population de s'implanter mieux sur les fonds envasés du site. Enfin, il est intéressant de noter que, dans l'avant-port ouest de Dunkerque, les premiers individus de *Balanus amphitrite* ont été récoltés sur des installations immergées. Cette espèce tropicale est couramment rencontrée dans les ports du Sud de l'Angleterre où il existe un rejet d'eaux chaudes.

Les larves sont amenées grâce aux individus fixés sur les coques des navires (porte-conteneurs et pétroliers). La présence de cette espèce montre que la pénétration des eaux échauffées de la centrale dans l'avant-port est suffisante pour permettre la survie d'espèces tropicales !

TABLEAU VI.1 : GRAVELINES BENTHOS : RESULTATS BRUTS (NOMBRE D'INDIVIDUS/M²)

Espèces	Station A	Station B	Station C	Station D
<i>Sagartia</i> spp.	121	25		
<i>Cerianthus lloydii</i>	14			
<i>Tealia felina</i>			4	
Nematodes spp.			2	3
<i>Cerebratulus</i> sp.	1	2		
<i>Lepidonotus squamatus</i>	3			
<i>Stenelais boa</i>	20	48		
<i>Harmothoe lunulata</i>	3	8	10	
<i>Pholoe synopthalmica</i>	4	1		1
<i>Phyllodoce mucosa</i>		697	25	1
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	14	5		
<i>Eteone longa</i>	4			
<i>Eumida sanguinea</i>	4	140	19	
<i>Nereis longissima</i>		9		
<i>Nephtys caeca</i>			1	
<i>Nephtys cirrosa</i>			28	14
<i>Nephtys hombergii</i>	2	61	16	
<i>Nephtys longosetosa</i>		5		2
<i>Lumbrineris gracilis</i>	4			
<i>Scoloplos armiger</i>			1	24
<i>Aonides oxycephala</i>	4			
<i>Nerine bonnierii</i>				3
<i>Spio filicornis</i>	12	31	241	3
<i>Spiophanes bombyx</i>	27	97	536	2
<i>Magelona papillicornis</i>		81	79	4
<i>Capitella capitata</i>		37	2	
<i>Notomastus latericeus</i>		3	10	
<i>Chaetozone setosa</i>	3		4	6
<i>Pectinaria koreni</i>	2	10		
<i>Lanice conchilega</i>	4 + 2000 L	274 + 20000 L	1 + 7000 L	2
<i>Ophelia borealis</i>		2	1	
<i>Owenia fusiformis</i>	20			
<i>Arenicola marina</i>		1		
<i>Modiolus barbatus</i>			1	
<i>Mysella bidentata</i>		14		
<i>Abra alba</i>	8	1020	26	
<i>Tellina fabula</i>	4	41	16	2
<i>Macoma balthica</i>			2	
<i>Ensis arcuatus</i>			1	
<i>Mya truncata</i>	12			
<i>Gastrosaccus spinifer</i>				3
<i>Pseudocuma similis</i>			1	
<i>Diastylis bradyi</i>			1	1
<i>Idotea linearis</i>		1		
<i>Ampelisca spinipes</i>	1			
<i>Pontocrates altamarinus</i>				2
<i>Bathyporeia guilliamsomniana</i>			1	13
<i>Bathyporeia elegans</i>				30
<i>Urothoe brevicornis</i>				1
<i>Urothoe poseidonis</i>		12	32	1
<i>Atylus swammerdami</i>		5	1	
<i>Atylus falcatus</i>				1
<i>Jassa marmorata</i>			1	
<i>Corophium sextonae</i>			1	
<i>Crangon crangon</i>		7		
<i>Pagurus bernhardus</i>	1			1
<i>Diogenes pugilator</i>				1
<i>Carcinus maenas</i>			2	
<i>Macropipus depurator</i>		16 juv		
<i>Asterias rubens</i>	1			
<i>Ophiura texturata</i>		4		
<i>Ammodytes lanceolatus</i>			1	1
Total sans larves	293	2657	1067	122
Diversité	3,316	2,803	2,471	3,560
Equitabilité	0,71	0,58	0,50	0,78

TABLEAU VI.2 : GRAVELINES BENTHOS : RESULTATS BRUTS (BIOMASSE EN MG/M²)

Espèces	Station A	Station B	Station C	Station D
<i>Sagartia</i> spp	8348,1	4317,7		
<i>Cerianthus lloydii</i>	543,6			
<i>Tealia felina</i>			261,0	
Nematodes spp.			10,0	9,6
<i>Cerebratulus</i> sp.	9,4	14,9		
<i>Lepidonotus squamatus</i>	14,1			
<i>Stenelatis boa</i>	514,9	1028,3		
<i>Harmothoe lunulata</i>	0,9	5,4	4,7	
<i>Pholoe synophtalmica</i>	0,9	0,7		1,0
<i>Phyllodoce mucosa</i>		2014,1	38,1	2,1
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	1412,7	104,7		
<i>Eteona longa</i>	5,9			
<i>Eumida sanguinea</i>	4,1	49,7	31,5	
<i>Nereis longissima</i>		235,2		
<i>Nephtys caeca</i>			695,6	
<i>Nephtys cirrosa</i>			123,1	85,2
<i>Nephtys hombergii</i>	107,4	244,1	421,2	
<i>Nephtys longosetosa</i>		12,7		64,0
<i>Lumbrineris gracilis</i>	107,3			
<i>Scoloplos armiger</i>			0,8	52,7
<i>Aonides oxycephala</i>	4,1			
<i>Nerina bomiseri</i>				28,5
<i>Spio filicornis</i>	1,3	6,7	114,1	0,3
<i>Spiophanes bombyx</i>	5,7	27,4	208,0	0,2
<i>Magelona papillicornis</i>		14,9	132,5	10,9
<i>Capitella capitata</i>		10,1	1,3	
<i>Notomastus latericeus</i>		5,4	42,7	
<i>Chaetozona setosa</i>	5,1			5,0
<i>Pectinaria koreni</i>	100,3	191,3		
<i>Lanice conchilega</i>	351,9 (+ 100)*	234,7 (+ 1000)*	25,4 (+ 140)*	27,8
<i>Ophelia borealis</i>		1,9	0,3	
<i>Owenia fusiformis</i>	301,4			
<i>Arenicola marina</i>		1748,3		
<i>Modiolus barbatus</i>			3,7	
<i>Mysella bidentata</i>		28,3		
<i>Abra alba</i>	129,1	14092,2	603,9	
<i>Tellina fabula</i>	114,9	378,1	188,4	2,3
<i>Macoma balthica</i>			154,6	
<i>Ensis arcuatus</i>			537,6	
<i>Mya truncata</i>	4177,7			
<i>Gastrosaccus spinifer</i>				5,3
<i>Pseudocuma similis</i>			0,1	
<i>Diastylis bradyi</i>			1,8	0,9
<i>Idotea linearis</i>		6,2		
<i>Ampelisca spinipes</i>	0,7			
<i>Pontocrates altamarinus</i>				0,7
<i>Bathyporeia guilliamsomniana</i>			1,6	22,4
<i>Bathyporeia elegans</i>				10,9
<i>Urothoe brevicornis</i>				0,5
<i>Urothoe poseidonis</i>		34,8	10,2	0,3
<i>Atylus swammerdami</i>		1,5	0,3	
<i>Atylus falcatus</i>				0,7
<i>Jassa marmorata</i>			0,7	
<i>Corophium sectonae</i>			0,3	
<i>Crangon crangon</i>		8,1		25,5
<i>Pagurus bernhardus</i>	437,1			
<i>Diogenes pugilator</i>				0,4
<i>Carcinus maenas</i>			4,9	
<i>Macropipus depurator</i>		224,6		
<i>Asterias rubens</i>	549,7			
<i>Ophiura texturata</i>		67,9		
<i>Ammodytes lanceolatus</i>			6,5	6,2
Total	17248,3	25109,9	3628,7	363,4
(sans larves de L.C.)				
Diversité	2,385	2,199	3,465	3,356
(sans larves de L.C.)				
Equitabilité	0,51	0,45	0,70	0,73
(sans larves de L.C.)				

* Estimation de la biomasse des larves

BIBLIOGRAPHIE

- CABIOCH L., GLAÇON R., 1975 - Etude des peuplements benthiques en Manche orientale de la baie de Somme au Pas-de-Calais. *C.R. Acad. Sci.* Paris 280 (D) 491-494.
- DELVAL C., DESMARCHELIER M., 1982 - Régime alimentaire de *Platichthys flesus* L. Poster présenté à la Société Française Zoologique de France. 5 au 7/7/82.
- 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 - Etude du macrobenthos subtidal de la région de Gravelines (Nord). D.E.A. Université des Sciences et Techniques de Lille : 164 p.
- DEWARUMEZ J.M., 1979 - Etude biologique d'*Abra alba* (WOOD) (Mollusque lamelibranche) du littoral de la Mer du Nord. Thèse de 3ème cycle. Université des Sciences et Techniques de Lille : 139 p. 23 annexes.
- DEWARUMEZ J.M., 1980 - Le domaine benthique. *In* : "Etude écologique du site de Gravelines". EDF-CNEXO - IBMRW : 76-106.
- DEWARUMEZ J.M., 1982 - Le domaine benthique. *In* : Etude de surveillance écologique - 2ème cycle - Site de Gravelines. EDF-CNEXO - S.M.W.
- FRONTIER S., 1976 - Utilisation des diagrammes rang fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech. Oceanogr.* 1 (3), 35-48.
- GREGOIRE A., 1973 - Etude des peuplements intertidaux. *In* : Etude écologique du site de Gravelines. Rapport préliminaire Inst. Biol. et Région. de Wimereux : 30-52.
- GREGOIRE A., 1976 - Etude de la macrofaune intertidale de la région de Gravelines (Nord) D.E.A. Université des Sciences et Techniques de Lille : 111 p.
- RACHOR E., 1983 - Long term variability of *Abra alba* populations in several areas of the European coast. *COST 47 Newsletter*, 3, 6-7.
- SOUPLET A., 1978 - Le domaine benthique. *In* : "Etude écologique du site de Gravelines" EDF - CNEXO - IBMRW, 237 p.
- SOUPLET A. et DEWARUMEZ J.M., 1980 - Les peuplements du littoral de la région de Dunkerque. *Cah. biol. mar.* : 21, 23-29.
- SOUPLET A., DEWARUMEZ J.M., BOUGARD M., BRYLINSKI J.M., RICHARD A., 1978 - Utilisation de l'indice de SHANNON et de l'équitabilité pour dégager l'influence des facteurs du milieu dans les zones littorales de la Manche et de la Mer du Nord. *Bull. Soc. Zool. France*, suppl. au N° 102.
- SOUPLET A., GLAÇON R., DEWARUMEZ J.M., SMIGIELSKI F., 1980 - Distribution des peuplements benthiques littoraux en Mer du Nord, du Cap Blanc Nez à la Frontière de Belgique.

CHAPITRE VII
LE BENTHOS INTERTIDAL

par J.M. DEWARUMÉZ
D. MENU

Station Marine de Wimereux

CHAPITRE VII - LE BENTHOS INTERTIDAL

I - INTRODUCTION

Depuis maintenant dix ans, des études de bionomie et de suivi de populations animales sont menées sur la plage de Petit-Fort-Philippe (DEWARUMEZ et GREGOIRE, 1973 ; GREGOIRE, 1976 ; SOUPLET, 1978 ; DEWARUMEZ, 1980, 1981 et 1982).

Nous avons une connaissance très précise de cet estran, des peuplements benthiques que l'on y trouve et des facteurs qui régissent l'organisation bionomique. Ces facteurs sont de deux types :

- la dessalure que provoque l'Aa, et les peuplements de type estuarien qu'elle détermine ;
- la modification des axes de courants qui perturbe les conditions de la sédimentation locale.

C'est ainsi que, depuis 1973, en fonction des travaux de construction de la digue ouest de l'avant-port de Dunkerque et de la circulation d'eau de la centrale de Gravelines, les peuplements intertidaux ont été soumis à des perturbations d'ordre courantologique : entre 1973 et 1978 nous avons pu mettre en évidence un dégraissage des bas niveaux de l'estran et un envasement des hauts niveaux (SOUPLET et Coll., 1978 ; SOUPLET et DEWARUMEZ, 1980 ; DEWARUMEZ, 1982) que nous avons pu mettre en relation avec la construction de la digue ouest. L'envasement des hauts niveaux a permis l'extension vers les moyens niveaux du peuplement de type estuarien à *Hydrobia ulvae*, *Corophium arenarium* et *C. volutator* (auparavant strictement inféodé aux hauts niveaux), ceci au détriment d'une population de *Cerastoderma edule*. A partir de 1979 on a assisté à un dégraissage des moyens niveaux supérieurs de l'estran. Les espèces vasicoles ont disparu et la population de *Cerastoderma edule* a pu à nouveau s'établir sur l'estran. La zone occupée par les peuplements estuariens s'est progressivement réduite : elle est maintenant limitée à une zone étroite située en haut de plage.

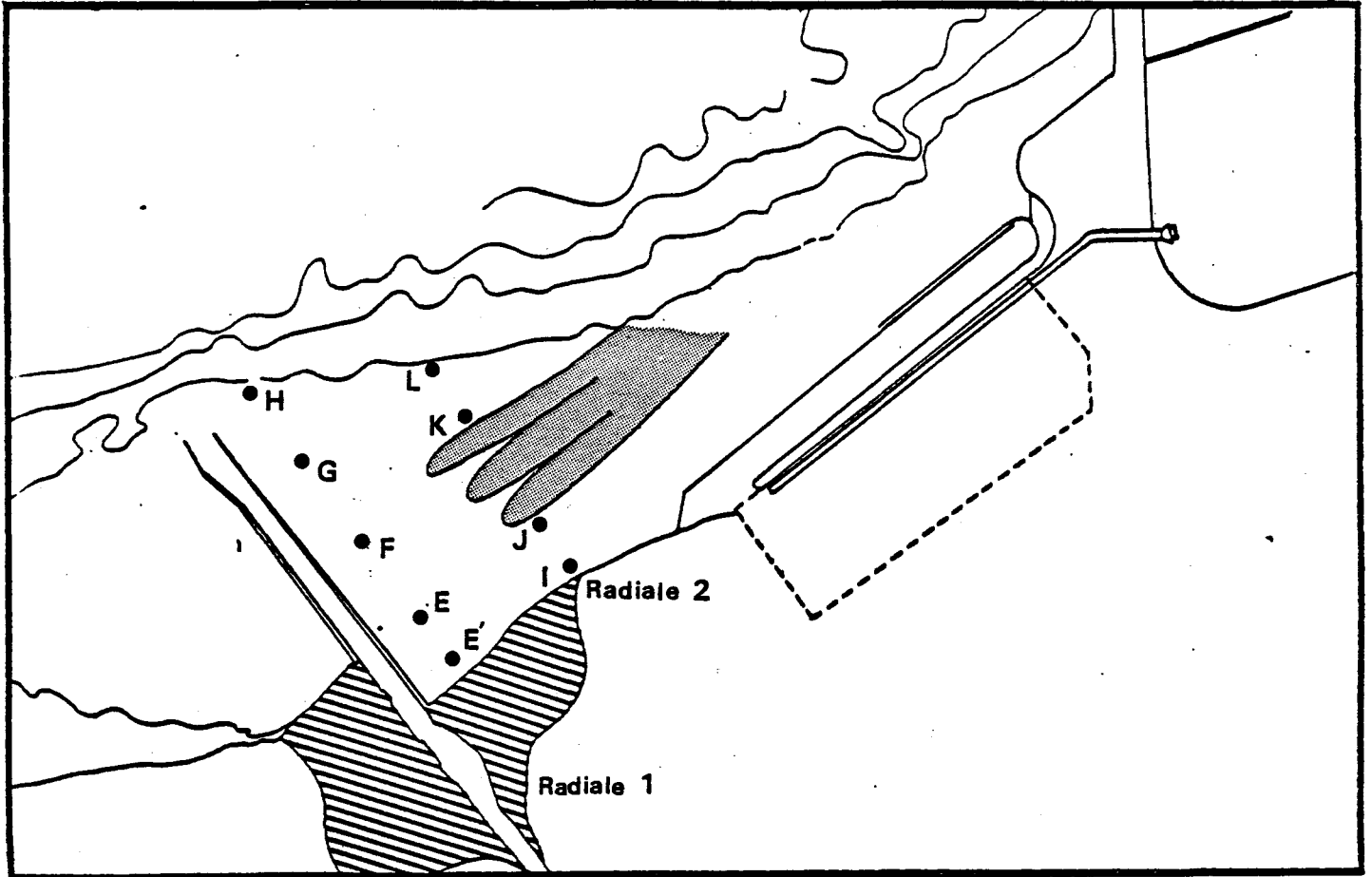


Fig. VII 1 : Position des stations

II - METHODOLOGIE TECHNIQUES

Aucune modification n'a été apportée dans la technique de prélèvement. Le prélèvement consiste en une prise de 10 carottiers de 1/40^{ème} de m² soit 1/4 m² sur les 15 premiers centimètres de sédiment.

Deux radiales sont prospectées, les prélèvements ont lieu à quatre niveaux, sauf pour la radiale 1 sur laquelle un prélèvement supplémentaire est effectué en très haut niveau, afin de suivre l'évolution du peuplement d'espèces vasicoles et d'eau saumâtre (Fig. VII-1).

III - RESULTATS

III.1. Composition bionomique

30 taxons ont pu être recensés au cours de la campagne 1982. Ils se répartissent au niveau systématique comme suit :

- 1 Nématode
- 1 Chaetognathe
- 1 Oligochète
- 9 Polychètes : 3 errantes
6 sédentaires
- 3 Mollusques : 1 Gastéropode
2 Bivalves
- 14 Crustacés : 1 Mysidacé
2 Isopodes
9 Amphipodes
2 Décapodes
- 1 Poisson

III.2. Résultats globaux

(Tableaux VII-1 à 4 ; Figs VII-2 à 5)






2.1. Radiale I

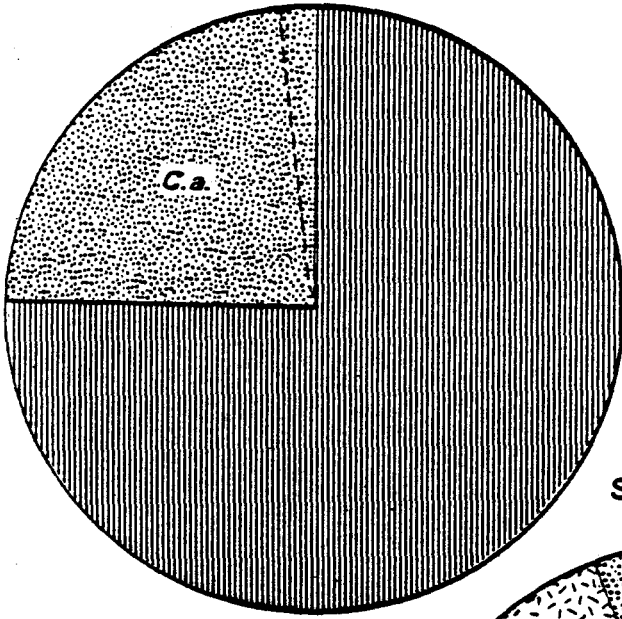
Les résultats obtenus en 1982 confirment en grande partie les observations réalisées en 1981. On n'assiste à aucune dérive des peuplements. Les différentes unités faunistiques se sont stabilisées, tant au niveau du cortège spécifique qu'au niveau de l'extension spatiale.

2.1.1. Station E (Figs VII-2 et VII-3)

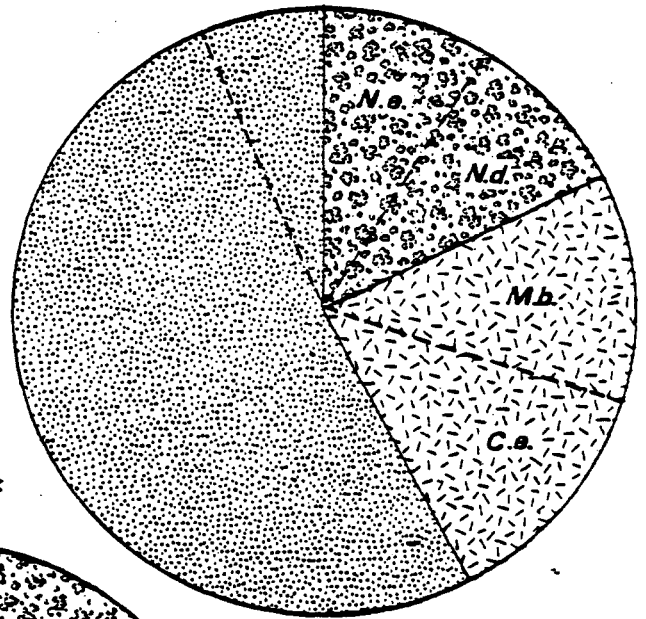
Cette station avait été marquée lors des études précédentes par une régression des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres qui

Légende des figures VII-3 à VII-6

	Divers
 ▽	Annélides
	<i>Hydrobia ulvae</i>
 ▽	Bivalves
 ▽	Crustacés
<i>B.s.</i>	<i>Bathyporeia sarsi</i>
<i>C.a.</i>	<i>Corophium arenarium</i>
<i>C.e.</i>	<i>Cerastoderma edule</i>
<i>M.b.</i>	<i>Macoma balthica</i>
<i>N.c.</i>	<i>Nephtys cirrosa</i>
<i>N.d.</i>	<i>Nereis diversicolor</i>
<i>N.e.</i>	<i>Nerine cirratulus</i>
<i>O.r.</i>	<i>Ophelia rathkei</i>

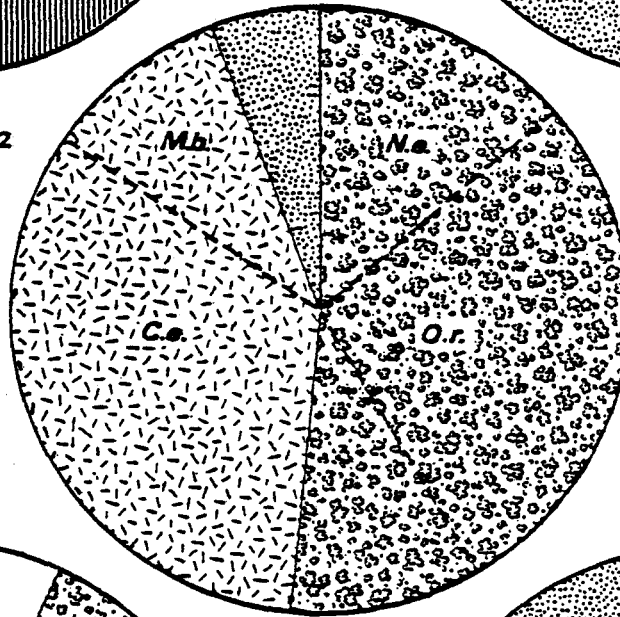


N : 10140 individus / m²



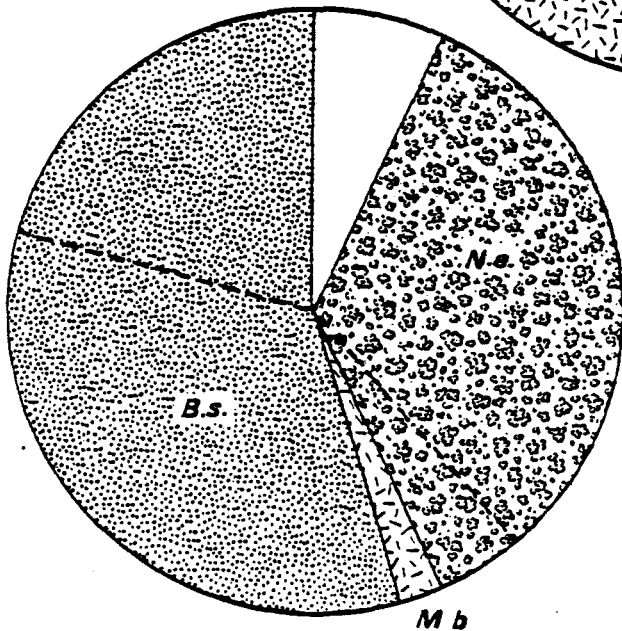
N : 132 individus / m²

Station F



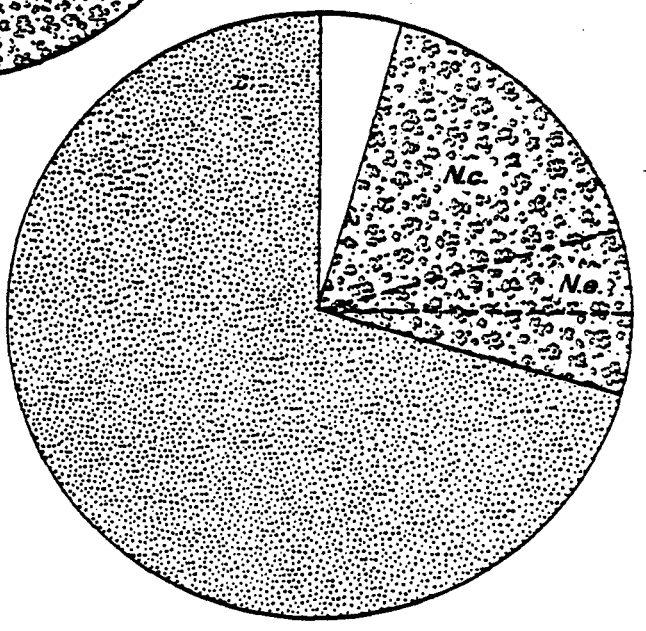
N : 436 individus / m²

Station G



N : 176 individus / m²

Station H

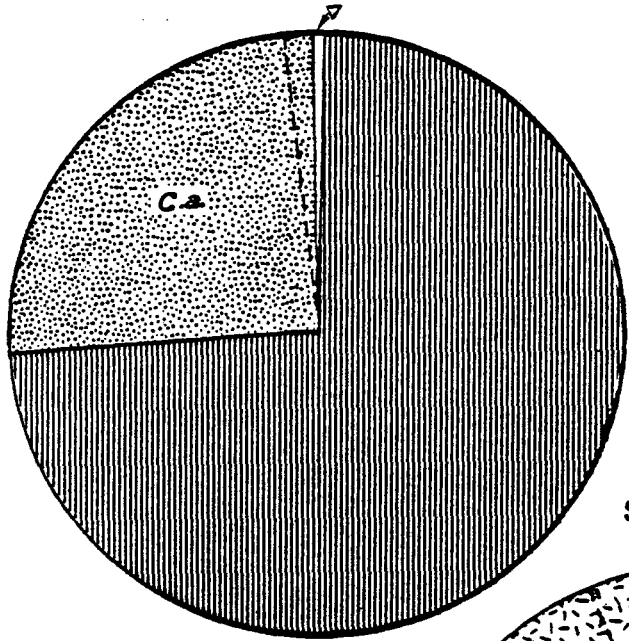


N : 96 individus / m²

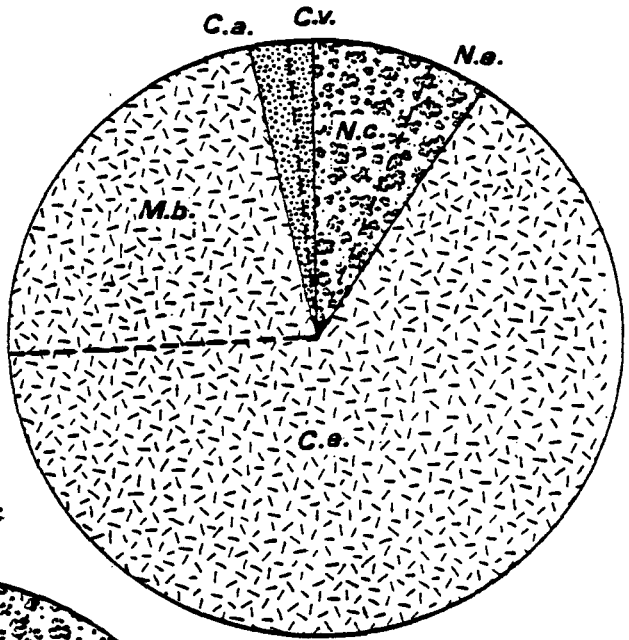
Fig VII-2 : Radiale I. Importance relative des différents groupes zoologiques (Nombre d'individus)

Station D

Station E

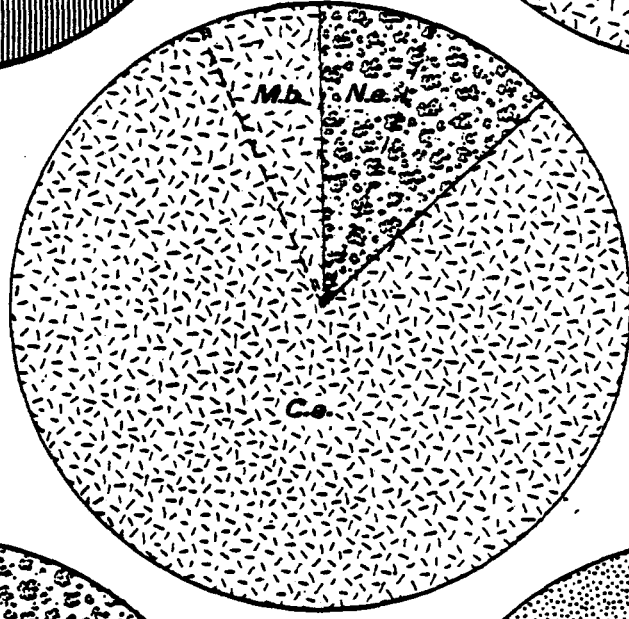


B : 6276 mg/m²



B : 2214,8 mg/m²

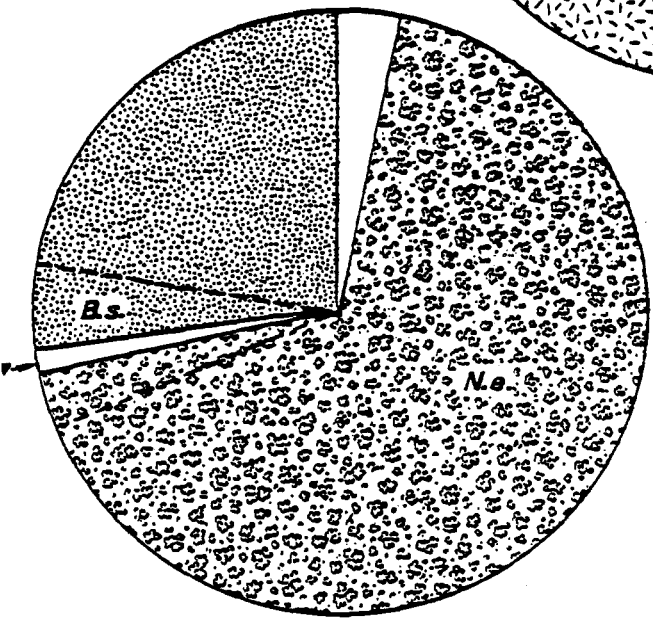
Station F



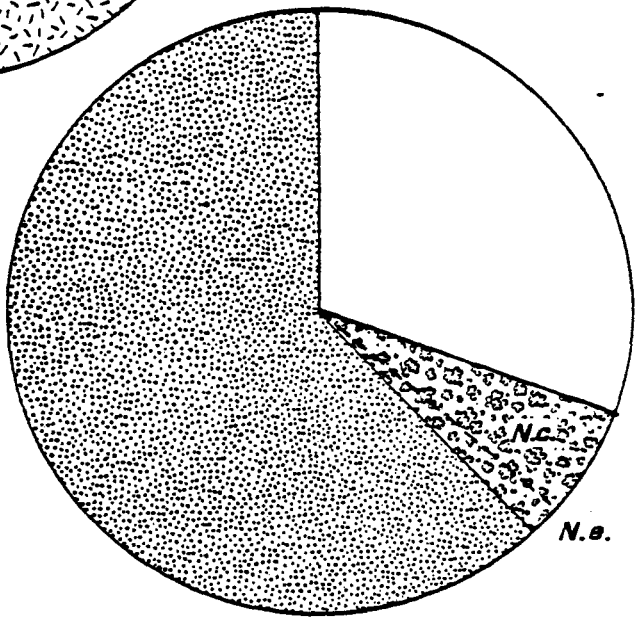
B : 9370 mg/m²

Station G

Station H



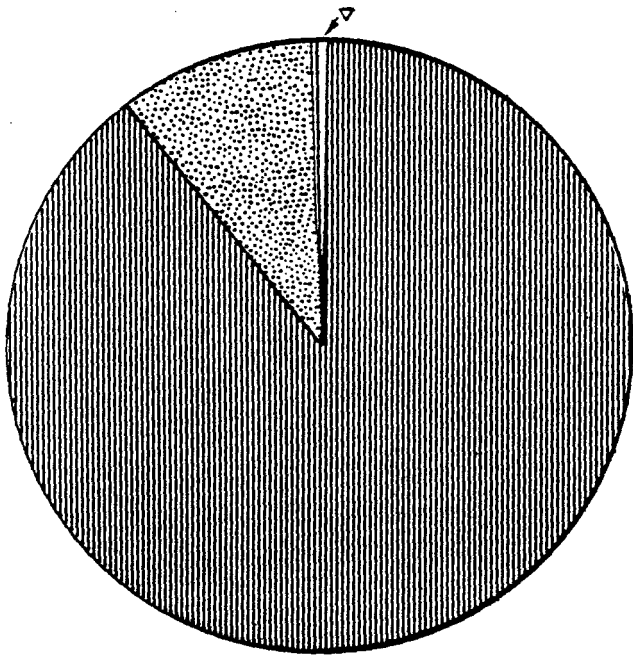
B : 754 mg/m²



B : 3221,2 mg/m²

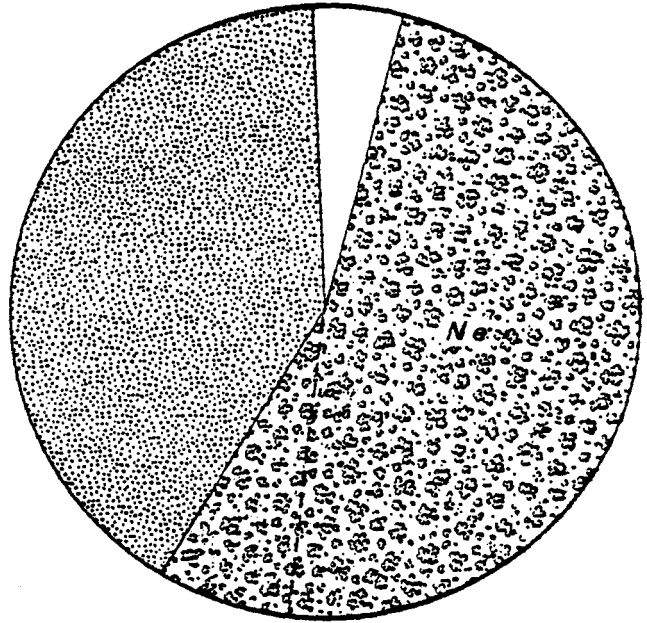
Fig VII-3 : Radiale I . Importance relative des différents groupes zoologiques (Biomasse)

Station I



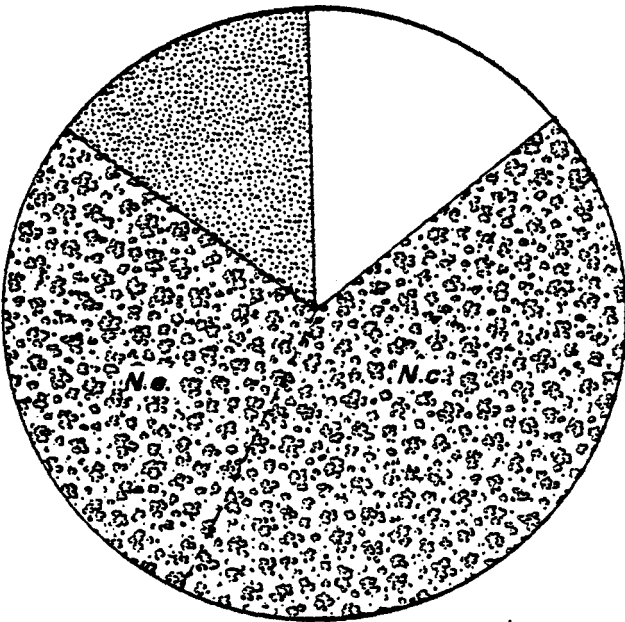
N : 9592 individus / m²

Station J



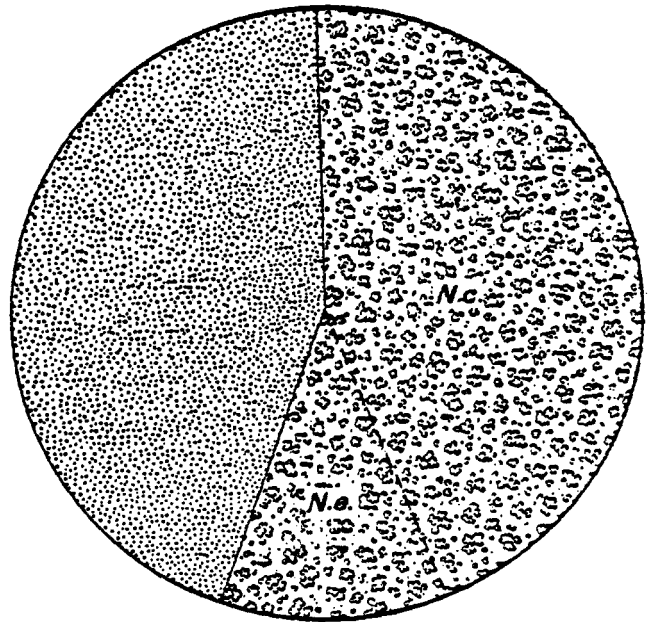
N : 176 individus / m²

Station K



N : 28 individus / m²

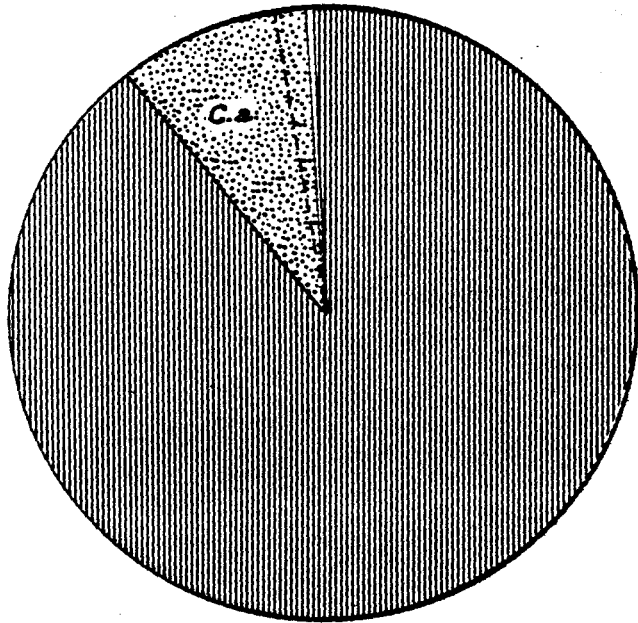
Station L



N : 36 individus / m²

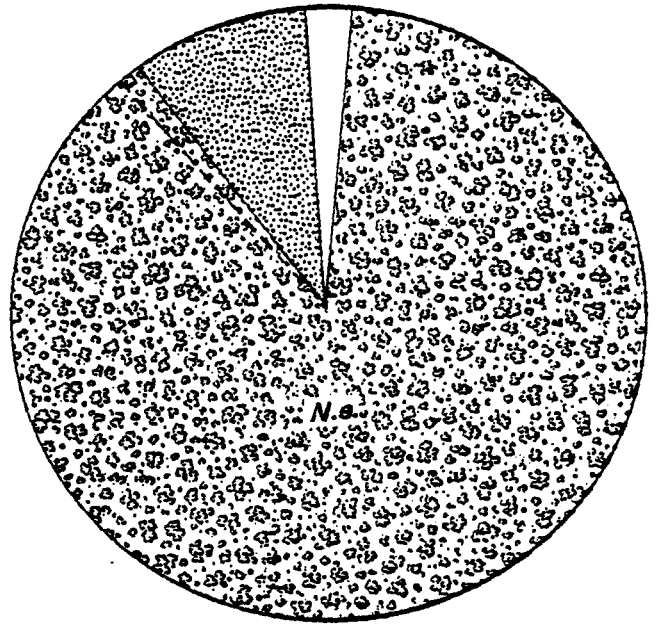
Fig VII-4 : Radiale II . Importance relative des différents groupes zoologiques

Station I



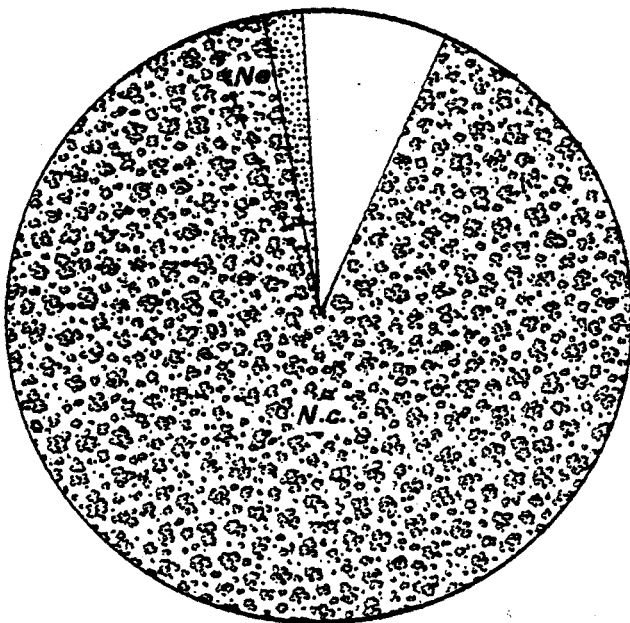
B : 5916 mg / m²

Station J



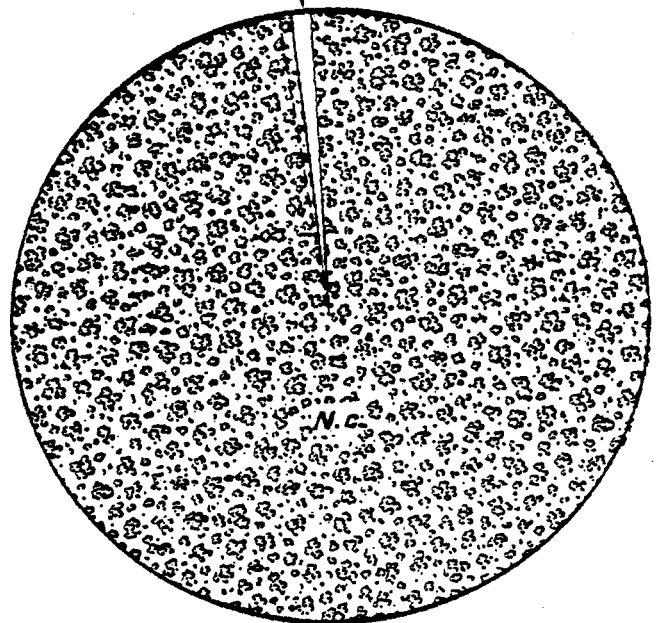
B : 547,6 mg / m²

Station K



B : 529,2 mg / m²

Station L



B : 1029,6 mg / m²

Fig VII- 5 : Radiale II - Importance relative des différents groupes zoologiques (Biomasse)

caractérisaient ce niveau. Les résultats obtenus en 1982, comparés à ceux des années antérieures, permettent de conclure : la nouvelle structure bionomique se stabilise. La station E constitue un intermédiaire (écotone) entre deux peuplements : le peuplement à *Corophium* spp. et *Hydrobia ulvae* et le peuplement à *Cerastoderma edule* et *Macoma balthica*.

Densité des espèces de l'estran (N/m²) (Stations E-E')

	1978 (E)	1979 (E)	1980 (E)	1981 (E)	1981 (E')	1982 (E)	1982 (E')
<i>Hydrobia ulvae</i>	2892	8740	8	216	9768	—	7588
<i>Cerastoderma edule</i>	—	—	—	8	—	16	—
<i>Macoma balthica</i>	—	—	—	16	—	16	—
<i>Corophium arenarium</i>	172	852	1888	—	948	68	2316
<i>Corophium volutator</i>	16	208	108	—	92	8	—

Corophium arenarium et *Hydrobia ulvae* sont toujours bien représentées à la station E'*, mais la diminution de leur densité à la station E depuis 1980 se confirme. Le vide laissé par ces espèces à préférence vasicole est comblé par des animaux à tendance sabulicole (*Nerine cirratulus*, *Cerastoderma edule*, *Macoma balthica*) (Fig. VII-2 et VII-3). La diminution de la teneur en pélites, que l'on pouvait suspecter eu égard à la modification des cortèges spécifiques, est confirmée par l'analyse granulométrique (Fig. VII-6) : 2,86 % de pélites en E' contre 0,10 % en E (Tableau VII-7). La stabilisation des peuplements pendant l'année 1982 correspond à une période pendant laquelle il n'y a eu aucune modification importante de la circulation de l'eau de refroidissement de la centrale (120 à 160 m³/sec).

Cependant, il résulte des modifications granulométriques, un déficit de biomasse de plus de 4 grammes par m² à la station E par rapport à la station E'. Ce qui signifie que la population de bivalves qui s'est installée ne peut contrecarrer la perte de biomasse occasionnée par la disparition d'*Hydrobia ulvae* et de *Corophium* spp. Notons, quand même, qu'en 1982 le recrutement de *Corophium arenarium* semble avoir été bien meilleur qu'en 1981.

* C'est une station surnuméraire échantillonnée pour la première fois en 1981 du fait de la "remontée" du peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres sur l'estran. Elle est l'image exacte de ce qu'était le peuplement avant 1979.

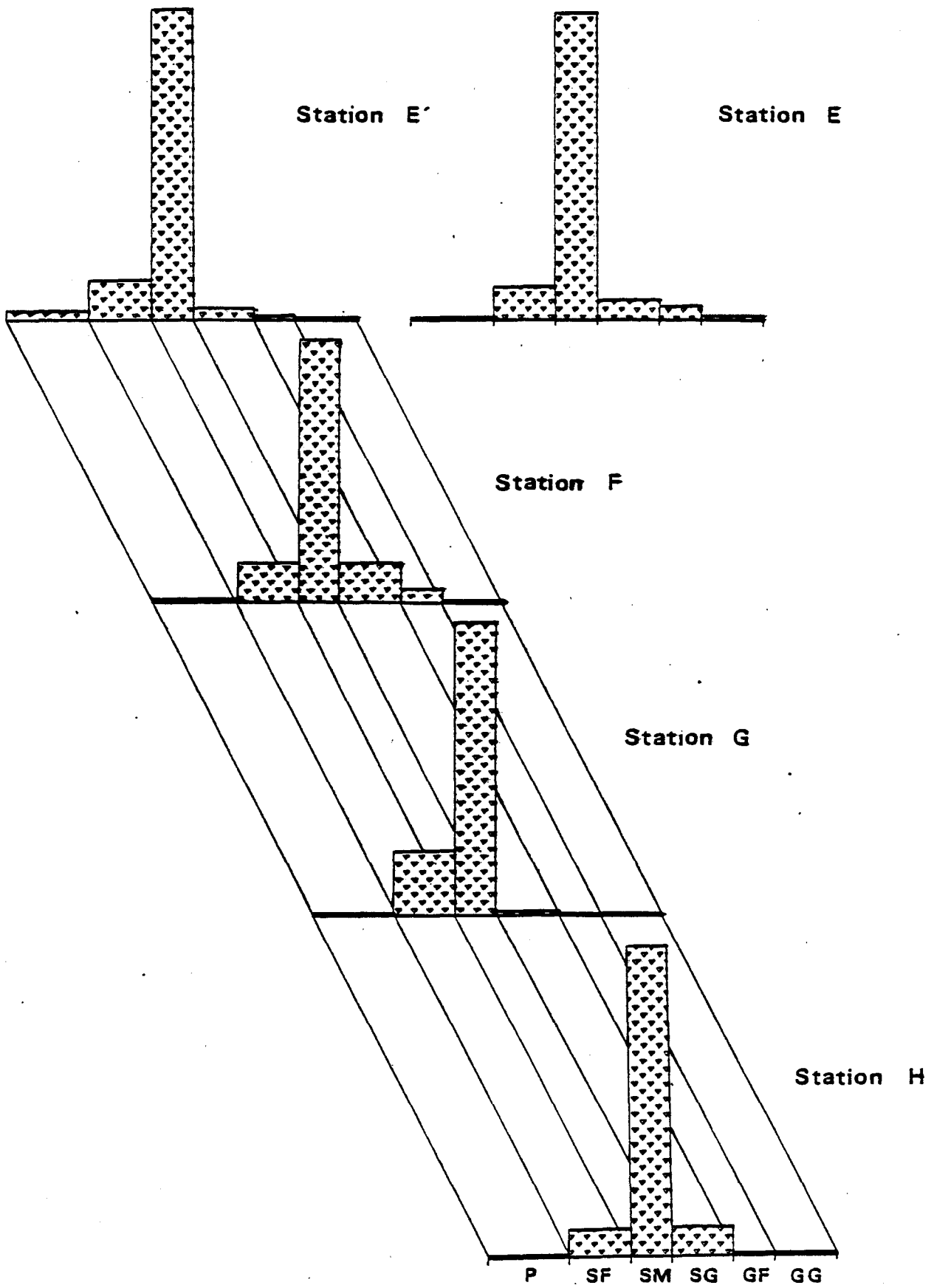


Fig VII-6: Evolution des caractéristiques granulométriques des sédiments sur la radiale I

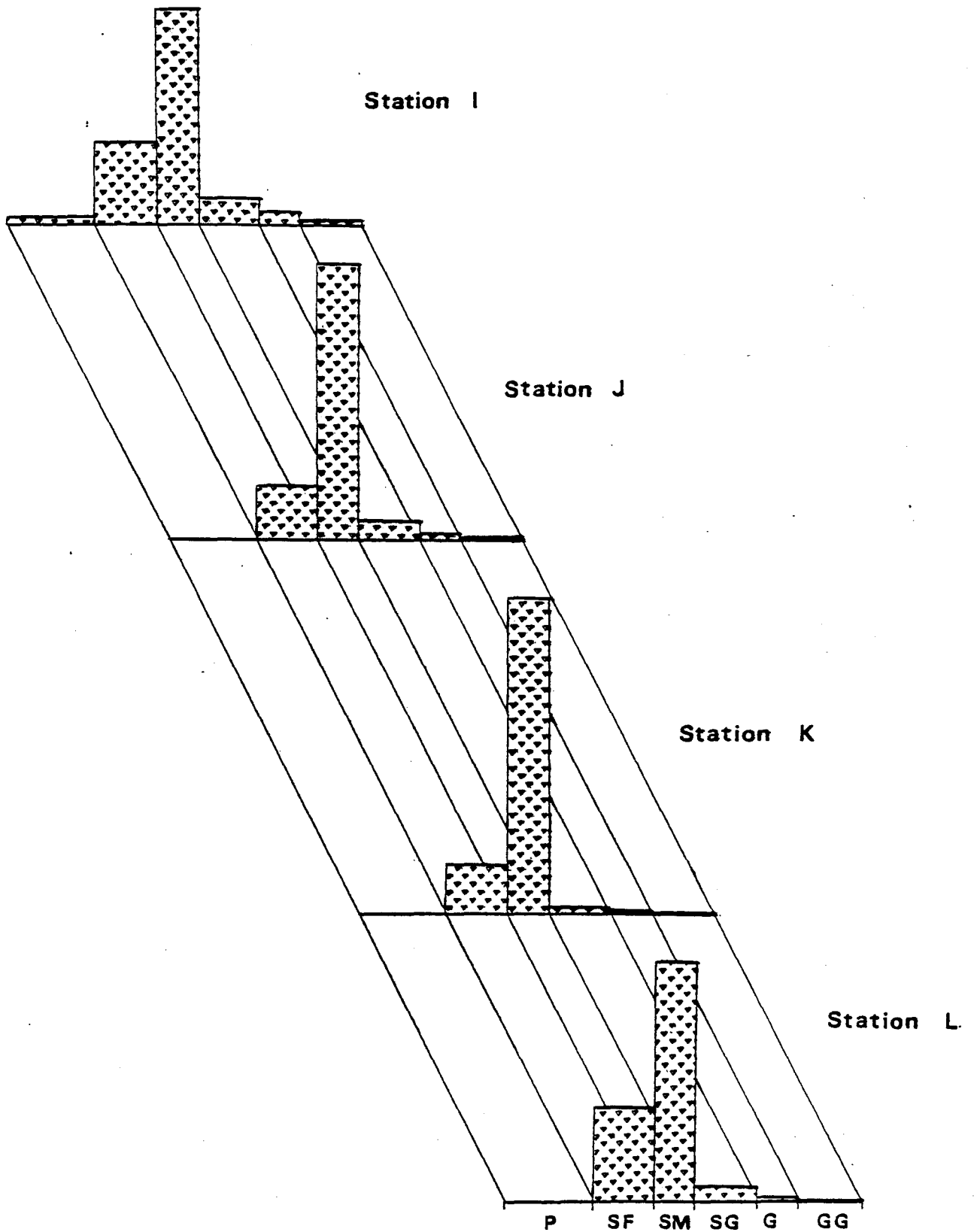


Fig VII-7 : Evolution des caractéristiques granulométriques des sédiments sur la radiale II.

2.1.2. Station F (Figs VII-2 et VII-3)

A cette station, également peu de variation au cours de l'année 1982. Le peuplement à *Cerastoderma edule*, *Macoma balthica* et *Ophelia ratkhei* est solidement implanté. Il détermine une biomasse très importante voisine de 10 g/m² en poids sec décalcifié (Tableaux VII-1 et 4). Ce résultat peut sembler faible par rapport à la biomasse enregistrée en 1979 (18,8 g/m²). Cette chute est due à des modifications dans la structure de la population de coques, point sur lequel nous reviendrons plus précisément dans un autre paragraphe.

Densité des espèces de l'estran (N/m²) (Station F)

	1978	1979	1980	1981	1982
<i>Ophelia ratkhei</i>	—	132	12	248	124
<i>Hydrobia ulvae</i>	4324	—	8	—	—
<i>Cerastoderma edule</i>	—	92	48	320	144
<i>Macoma balthica</i>	—	40	—	32	44
<i>Corophium arenarium</i>	36	—	56	—	4
<i>Corophium volutator</i>	1920	—	12	—	—

Le peuplement est établi sur un sable moyen (59,1 % pondéral) ne comportant que peu de pélites : 0,2 % (Tableau VII-7 et Fig. VII-6).

Cette station montre, depuis 1979, une très grande stabilité bionomique. Les effectifs relatifs des différentes espèces varient mais le peuplement reste le même. De plus, son extension vers des niveaux supérieurs se confirme (+4 m) étant donnés les résultats enregistrés à la station E.

2.1.3. Stations G et H (Fig. VII-3 et VII-4)

Ces stations sont marquées par une grande stabilité depuis plusieurs années. On n'observe de changement ni dans les peuplements animaux, ni dans les caractéristiques granulométriques : peu de pélites (moins de 0,1 %), et une classe modale située dans les sables moyens (plus de 70 %, Tableau VII-7). Les peuplements que l'on y trouve présentent de fortes dominances d'Annélides et de Crustacés.

2.2. Radiale II

Le complexe de dunes hydrauliques et de bâches, situé à mi-estran, qui est apparu au cours de l'année 1981 est toujours en place. Sa forme varie selon les conditions météorologiques. Il est composé de 3 dunes large de 50 à 100 m sur l'estran et d'une dune affleurant à marée basse. Ces dunes ont une hauteur de 1 m environ et sont séparées par des bâches de 50 m de large. Ces bâches peuvent piéger des sédiments envasés. Les stations J et K sont situées de part et d'autre du complexe de dunes et de bâches.

2.2.1. Station I

On n'observe pas de changement à la station I par rapport à 1981, si ce n'est, comme dans les hauts niveaux de la radiale I, un meilleur recrutement de *Corophium arenarium* au printemps 1982.

Densité d'espèces sur l'estran (N/m²) (Station I radiale II)

	1978	1979	1980	1981	1982
<i>Hydrobia ulvae</i>	196	0	12	9168	8596
<i>Corophium arenarium</i>	220	5280	6476	60	704
<i>Corophium volutator</i>	16	596	108	4	20

Le peuplement est solidement implanté sur un sable moyen à fin (53 et 31 % respectivement) comportant une portion non négligeable de pélites (2,20 %, Tableau VII-7, Fig. VII-7). La biomasse y est importante du fait de la présence des *Hydrobia* : 5,9 g/m² (Fig. VII-4 et 5).

2.2.2. Stations J, K et L

En ces stations, on ne note également aucun changement; la stabilité bionomique semble être une règle sur la totalité de l'estran.

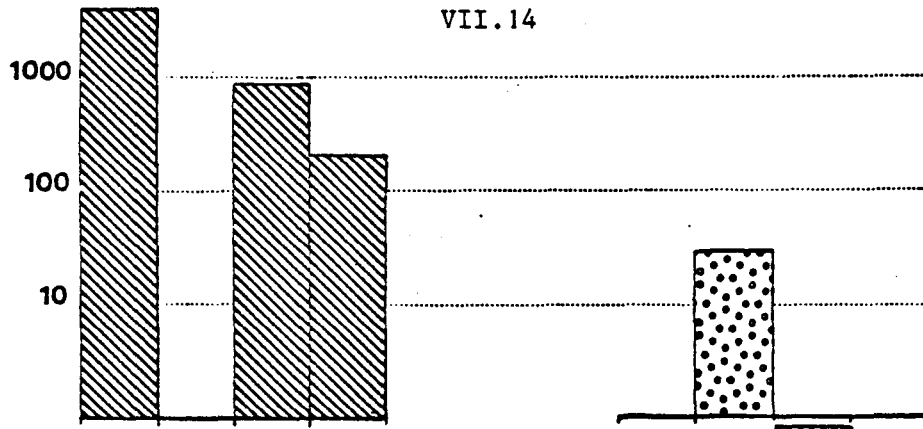
Le sédiment y est constitué de sable moyen à fin non envasé (0,04 %, Tableau VII-7, Fig. VII-7), la biomasse est faible (Fig. VII-4 et 5).

III.3. Discussion sur l'évolution de l'estran

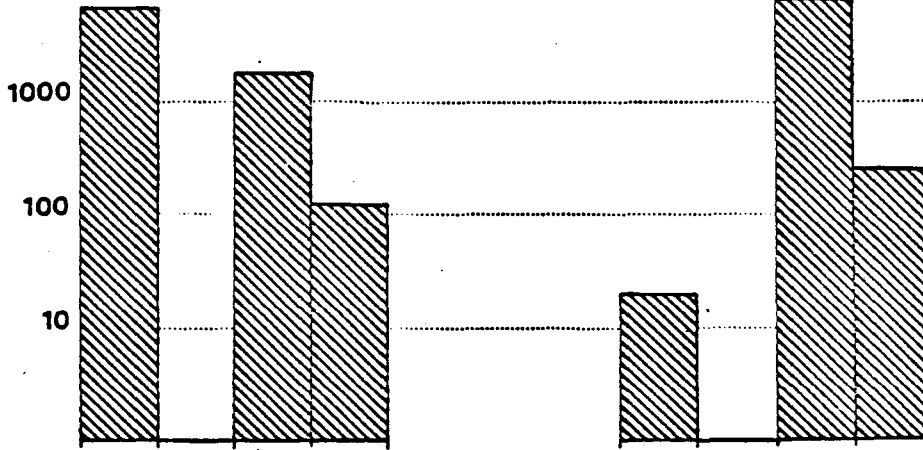
3.1. Evolution des peuplements des niveaux supérieurs de l'estran

Depuis le début des travaux de construction de l'avant-port ouest et de la centrale de Gravelines, l'estran de Petit-Fort-Philippe

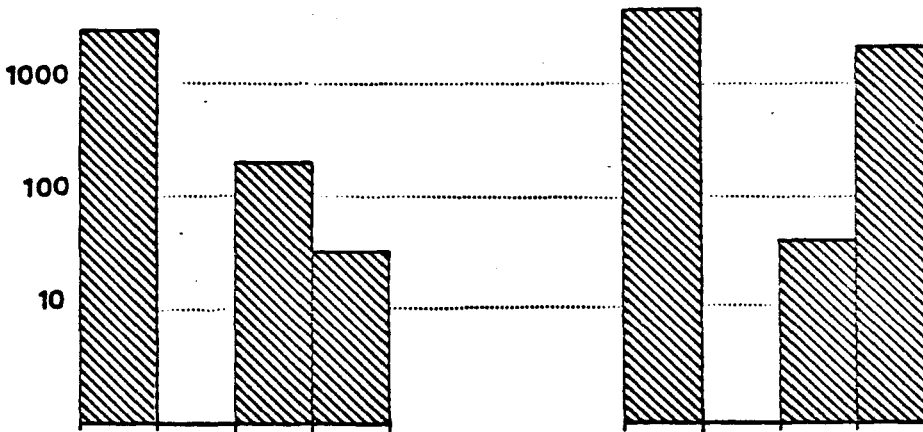
1975



1976



1978



1979

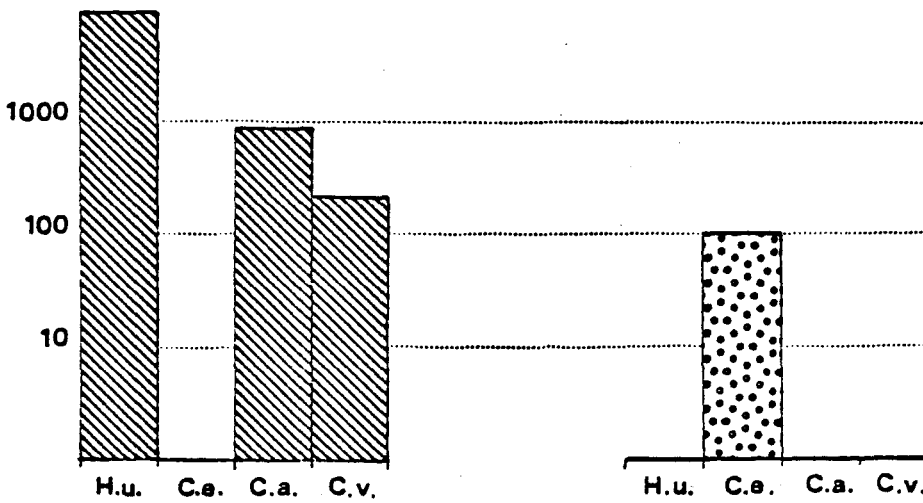


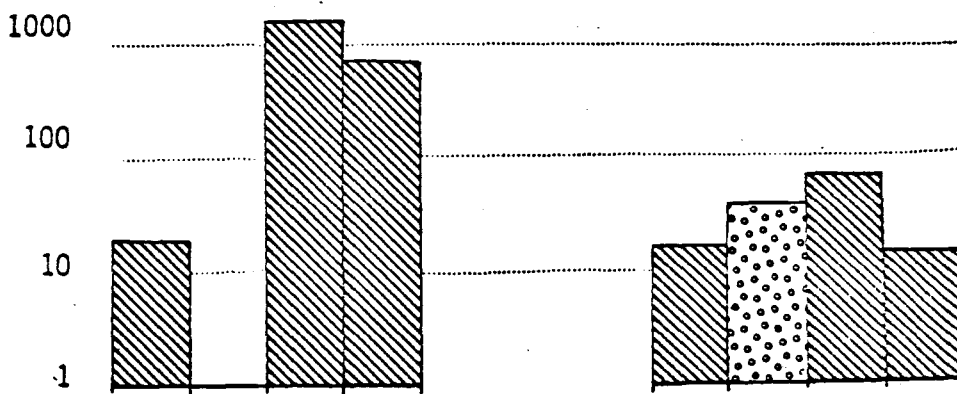
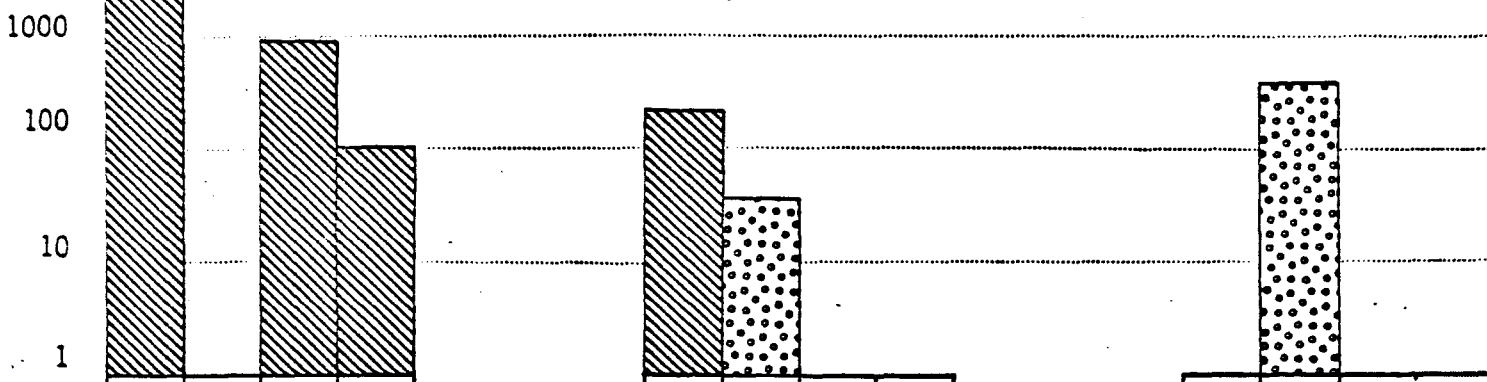


Fig VII-8 : Evolutions respectives des densités d'espèces vasicoles  et non vasicoles 

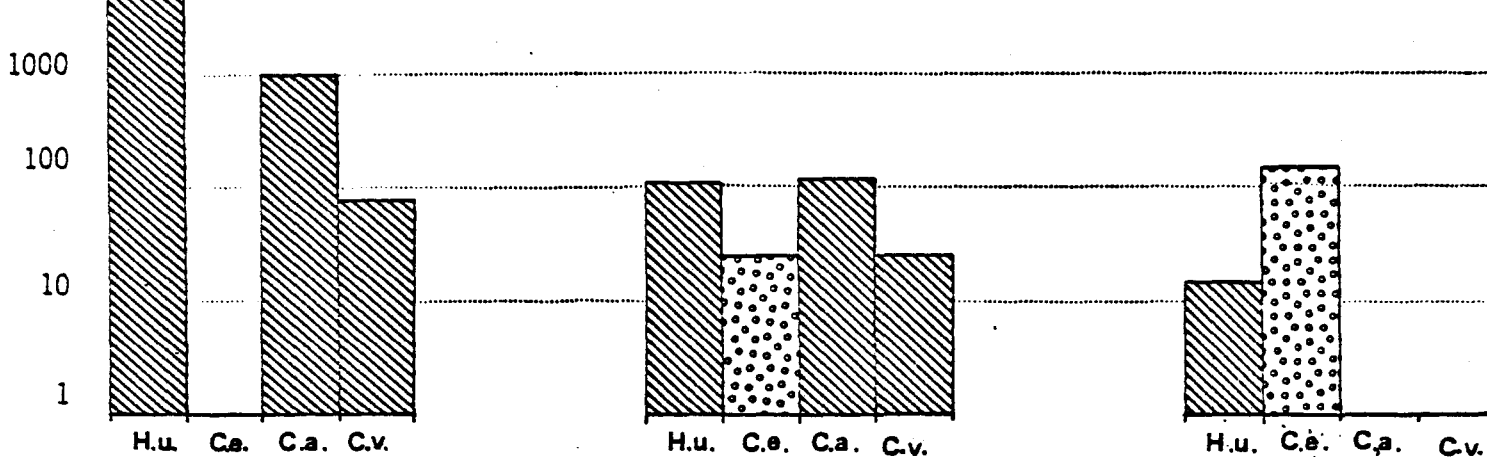
1980



1981



1982



Tres hauts niveaux

Hauts niveaux

Moyens niveaux



H.u. : Hydrobia ulvae
 C.a. : Corophium arenarium
 C.v. : Corophium volutator



C.e. : Cerastoderma edule

Fig VII-8 : Evolutions respectives des densités d'espèces vasicoles et non vasicoles (suite)

a été soumis à des bouleversements dans la structure des peuplements benthiques. Ces modifications ont été longuement décrites dans les précédents rapports.

Si l'on s'intéresse plus précisément à l'évolution de quatre espèces caractéristiques des niveaux supérieurs (Stations E et F), on peut retracer l'historique des perturbations (Fig. VII-8) :

- . une phase d'envasement durant la période 1975 à 1978, avec augmentation des densités d'*Hydrobia ulvae*, *Corophium arenarium* et *C. volutator*,
- . une phase de dégraissage en cours depuis 1979 avec régression de ces espèces et apparition de *Cerastoderma edule*.

La circulation d'eau de refroidissement de la centrale a annulé l'effet d'envasement qu'avait provoqué la digue ouest de l'avant-port. De ce fait, la situation en 1979 est identique à la situation de 1975. On retrouve un schéma identique en très haut niveau en 1981 et 1982 (Fig. VII-8).

Au cours de la période 1976-1978 un autre fait, qui pourrait avoir eu une influence sur la sédimentologie locale, s'est déroulé : la destruction de la digue à claire-voie du chenal de l'Aa.

Nous avons abandonné l'idée que la disparition de cette digue aurait pu influencer sur la sédimentologie de la plage de Petit-Fort-Philippe et être responsable des changements brutaux dans la bionomie benthique intertidale pour plusieurs raisons :

- . la digue était à claire-voie et constituait plus un brise-lame qu'un obstacle aux courants de marée ;
- . sa destruction a été progressive, les modifications bionomiques brutales et non synchrones à la destruction ;
- . le résultat, au niveau de la sédimentologie, aurait dû être une accumulation plutôt qu'un dégraissage de la plage car il est bien connu qu'un obstacle aux courants de marée provoque une accumulation en amont et une érosion en aval de cet obstacle. *A contrario*, la disparition de l'obstacle provoquera un effet inverse.

On peut en conclure que, si un effet en aval de la digue (donc sur l'estran de Petit-Fort) a eu lieu, et il est fort probable qu'il se soit fait sentir, il a été largement compensé par l'effet d'érosion dû à la circulation d'eau.

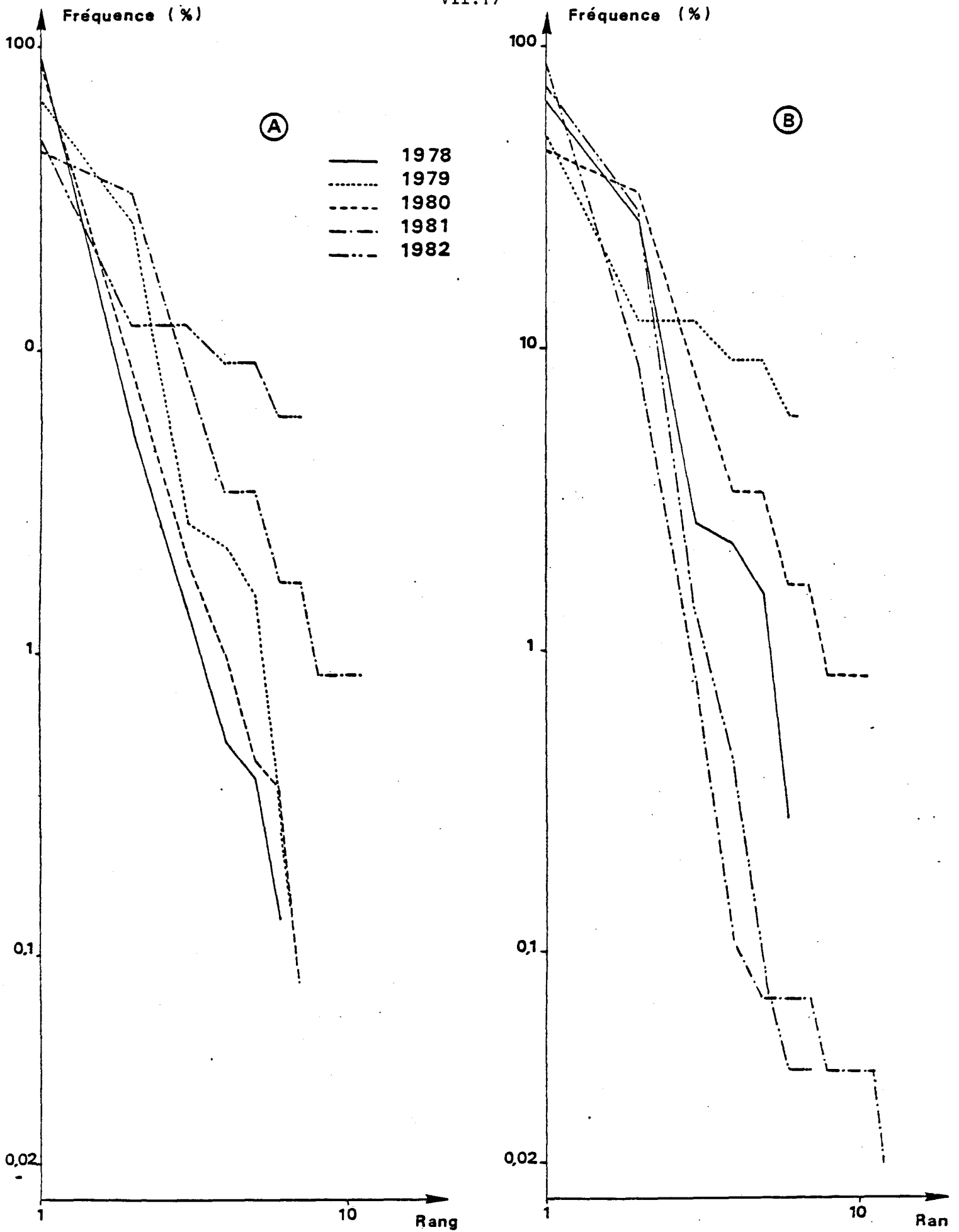


Fig VII 9 : Evolution des diagrammes rang - fréquence

(A) : Station E depuis 1978

(B) : Comparaison des stations E et E'

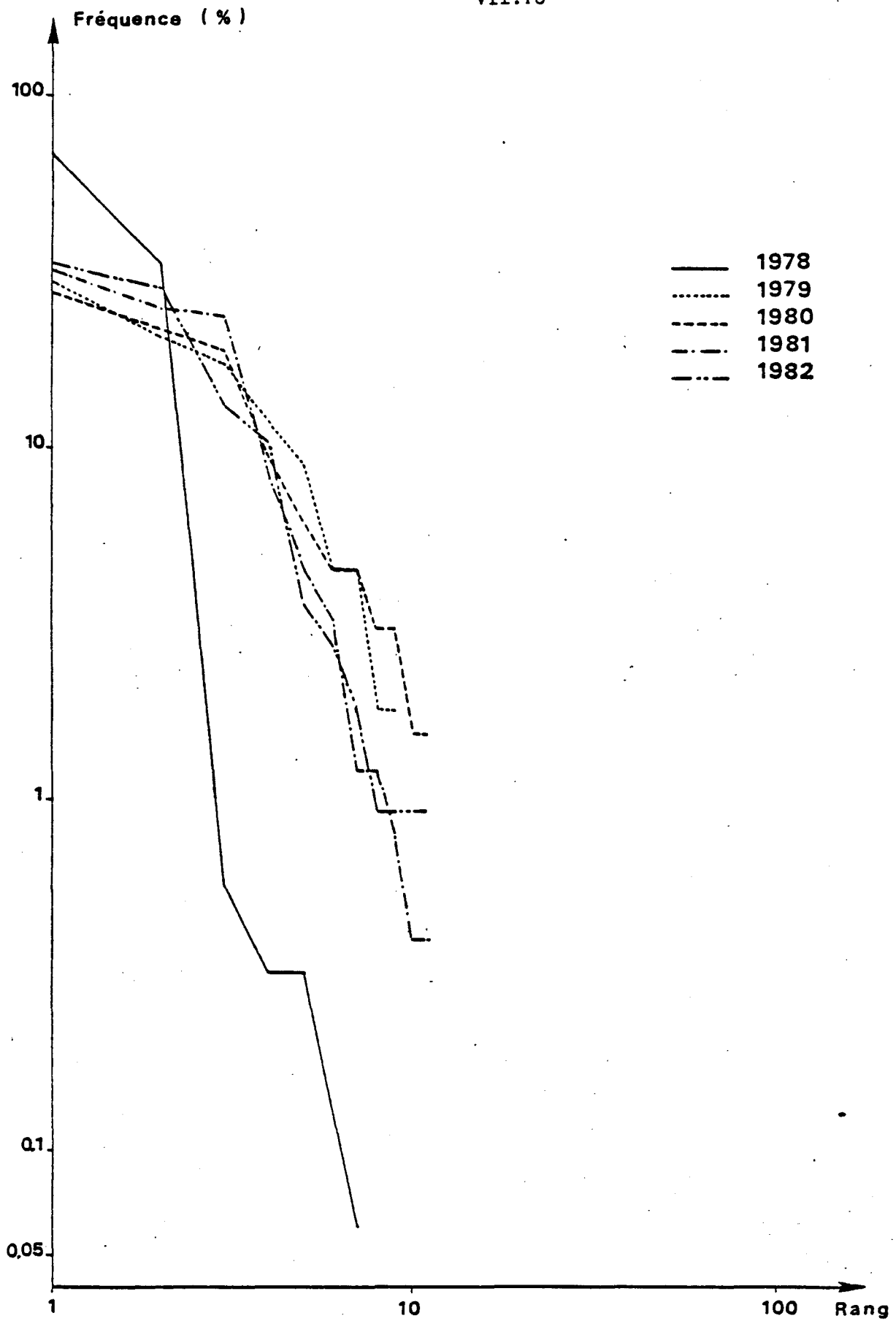


Fig VII-10 : Evolution des diagrammes rang - fréquence à la station F depuis 1978

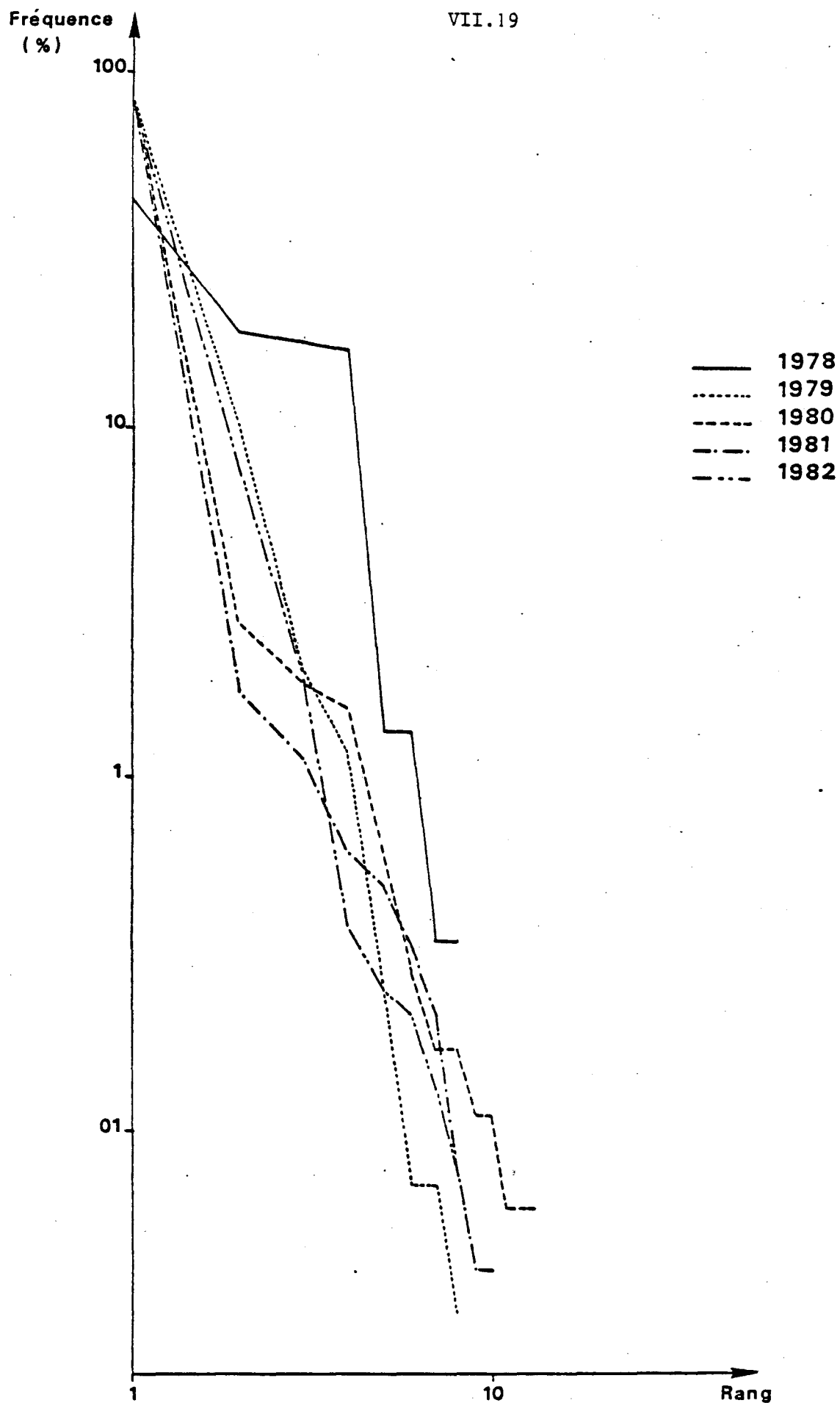


Fig VII-11 : Evolution des diagrammes rang - fréquence à la station I depuis 1978

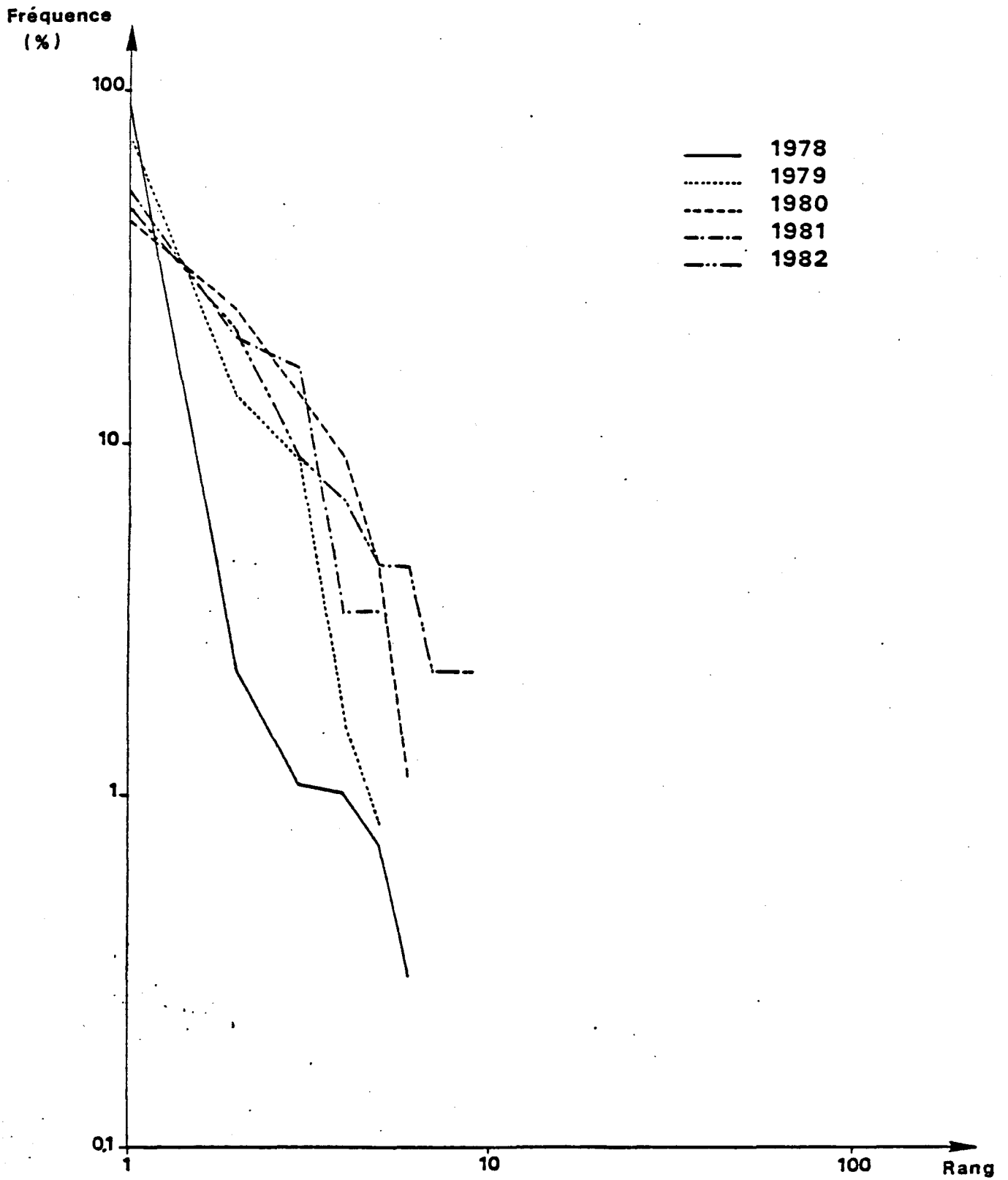


Fig VII-12 : Evolution des diagrammes rang - fréquence à la station J depuis 1978

3.2. Evolution des peuplements

Si l'on observe l'évolution des diagrammes rang-fréquence aux 5 stations des niveaux supérieurs (Figs VII-9 à 12), on remarque que les modifications granulométriques ont affecté l'ensemble des composants des peuplements aux stations considérées.

On peut estimer qu'un phénomène modifie la structure des peuplements dès que la diagramme rang-fréquence change de forme (FRONTIER, 1976). Trois des stations voient leur peuplement changer entre 1978 et 1979 : ce sont les stations de moyen niveau F et J et la station de haut niveau I (Fig VII-10 et 12).

En F et J, c'est le dégraissage du sédiment qui provoque une augmentation de la diversité et, donc, un rééquilibrage entre le poids des différentes espèces. Le diagramme prend une forme concave. Par contre, entre 1979 et 1982, la courbe évolue peu. La signification est, qu'en 1978, le peuplement était constitué de quelques espèces très abondantes, puis, les conditions devenant favorables à un plus grand nombre d'espèces, on ne note pas de domination numérique de certaines espèces.

A la station I on assiste, au contraire, à une linéarisation des courbes, ce qui correspond à une chute de la diversité (Fig. VII-11). Le peuplement à *Hydrobia ulvae* et à *Corophium spp.*, qui y est installé, profite de l'apport en particules fines et s'implante solidement dans les hauts niveaux dans la partie orientale de la plage.

Les diagrammes rang-fréquence de la station E changent entre 1979 et 1981 (Fig. VII-9 A), l'année 1980 étant une période transitoire pendant laquelle la courbe prend une allure intermédiaire. La modification consiste aussi en une augmentation de la diversité grâce à l'élimination des fines du sédiment. Notons que les diagrammes rang-fréquence du peuplement de la station E en 1981 et 1982 sont tout à fait semblables à ceux de la station E en 1978 et 1979 (Fig. VII-9 B).

Ceci confirme bien que, si les peuplements des hauts niveaux ont été affectés par des modifications granulométriques, ils n'ont pas, pour autant, disparu. Le peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres se trouve maintenant confiné à une étroite bande en haut de l'estran.

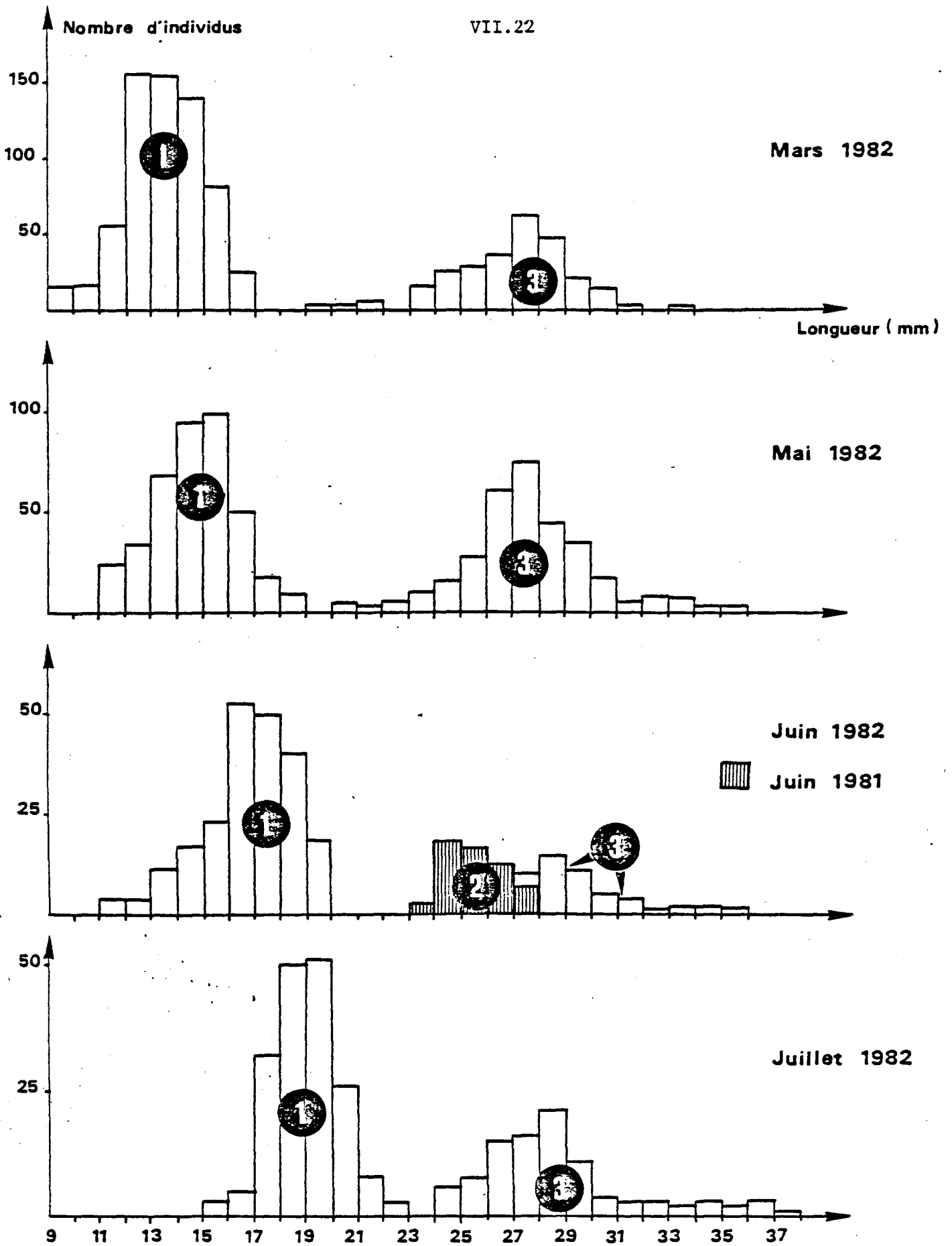


Fig VII-13: *Cerastoderma edule*

Histogrammes des fréquences de taille

3.3. Etude de la population de *Cerastoderma edule*

En 1977, un recrutement très important de *C. edule* a eu lieu sur les côtes méridionales de la mer du Nord. Depuis ce recrutement, une population de coques s'est à nouveau établie sur la plage de Petit-Fort-Philippe.

Depuis lors, il s'est avéré que cette population présentait, d'une manière chronique, des irrégularités au niveau du recrutement; certaines cohortes sont ainsi absentes. Un exemple plus précis est donné par la figure VII-13 : quatre prélèvements successifs montrent l'absence d'une cohorte, plus exactement celle des individus de 2^{ème} année, donc nés en 1980. Si l'on compare avec les résultats obtenus en 1981, on s'aperçoit que la seule cohorte échantillonnée cette année là s'insère parfaitement entre les deux cohortes de 1982 (Fig. VII-13), ce qui confirme l'absence de la cohorte de deuxième année en 1981.

Des études histologiques ont été réalisées sur des individus provenant de récolte de 1982, mais aussi des autres années. Il est apparu que les individus mâles récoltés en 1980 et 1982 présentent des phénomènes de castration parasitaire. La gonade est envahie par un Trématode*. Ce parasite provoque la stérilisation complète de la gonade mâle. Les essais de fécondation artificielle ont tous échoué lorsque les mâles étaient parasités. Ceci nous permet d'expliquer l'évolution de la population de *Cerastoderma edule* depuis 1977. On peut mettre en évidence trois recrutements en automne 1977, 1979 et 1981. Ceci enfin laisse prévoir l'absence de la cohorte 1^{ère} année en 1983 (Fig. VII-14).

Ces phénomènes de parasitisme n'empêchent toutefois pas la pérennité de l'espèce, dans la mesure où la durée du cycle du parasite est de 2 ans et que la durée de vie de *Cerastoderma edule* est, au minimum, de 3 ans avec au moins deux années de ponte. Signalons également que ce phénomène ne semble être localisé qu'à Petit-Fort-Philippe. Des prélèvements témoins ont été effectués dans d'autres zones où les populations de coques sont importantes (Baie de Somme, Baie de Canche, Baie d'Authie) et aucun individu ne présentait de trace de parasitisme.

Il semble donc que l'on soit en présence d'un phénomène tout à fait local. Bien qu'il soit difficile "d'imputer" ce parasitisme à la centrale nucléaire, il ne faut pas perdre de vue le fait que la présence d'effluents échauffés peut favoriser ce type de phénomène. Quoiqu'il en soit, le résultat du parasitisme est une forte chute de la biomasse (cf. résultats Station F) par rapport à ce qu'elle aurait pu être si toutes les cohortes étaient présentes.

* Ce Trématode *Bucephalidae* est rencontré dans les eaux saumâtres.

Individus de
1^{ère} année

Individus de
2^{ème} année

Individus de
3^{ème} année et +

1977

Population absente, recrutement très important en septembre - octobre 1977

1978

△ X

1979

X △ X

1980

△ X ▲

1981

X △ X ou △

1982

△ X ▲

Devenir en
1983

X △ X ou △

- △ Présence d'une cohorte
- ▲ Cohorte parasitée
- X Absence d'une cohorte

Fig VII-14: Evolution de la population de Cerastoderma edule

IV - CONCLUSION

La plage de Petit-Fort-Philippe est, depuis quelques années, le lieu de modifications très importantes des conditions locales (courantologiques, sédimentologiques et biologiques). Elles provoquent des variations importantes de la biomasse intertidale.

Evolution de la biomasse de l'estran de Petit-Fort-Philippe (g/m²)

Station	1974-75	1976-77	1978-79	1980	1981		1982	
E	2,988	6,361	4,836	2,278	E'	8,444	E'	6,176
					E	0,814	E	2,215
F	≈1,65	3,367	11,161	6,994	10,294		9,370	
G	1,040	0,876	1,142	0,688	1,781		0,754	
H	0,370	0,285	0,160	0,283	0,374		3,221	
I	0,934	—	2,080	2,420	6,286		5,916	
J	0,662	—	1,804	0,216	0,421		0,548	
K		—	1,510	2,803	0,398		0,529	
L	0,291	—	0,117	0,206	0,580		1,030	

Les résultats de biomasse confirment la grande variabilité des peuplements entre 1981 et 1982. Le seul résultat apparemment différent est l'évolution de la biomasse à la station H entre 1981 et 1982. Mais cette différence n'est en fait qu'artificielle, elle est due à l'échantillonnage de deux individus à densité en général très faible et à forte biomasse (*Portunus latipes* et *Hyperoplus lanceolatus*) qui représentent 85 % de la biomasse totale à cette station.

La stabilité des peuplements de l'estran, entre ces deux dernières années, coïncide avec la stabilité du débit des rejets d'eaux chaudes de la centrale. On ne note pas de variation bionomique (pas d'évolution des cortèges spécifiques, ou de fluctuations d'importances relatives des différentes espèces), ni de variations spatiales (pas de modification de l'extension relative des différents peuplements*).

* Il est très probable que la mise en circulation des deux autres tranches n'aura pas d'influence sur l'extension des peuplements de haut niveau; par contre on peut s'attendre à un lessivage plus important des moyens niveaux.

Enfin, si la biomasse est relativement constante sur l'estran, on peut signaler qu'elle est inférieure à ce qu'elle aurait pu être à la station F si les coques ne présentaient pas un phénomène de parasitisme. Ce problème est intéressant dans la mesure où il semble que, parmi les populations de coques de la région, seule celle de Petit-Fort-Philippe soit atteinte par le Trématode parasite.

TABLEAU VII-1 : RADIALE I - RESULTATS BRUTS

(Nombre d'individus et biomasse/1/4m²)

	E'		E		F		G		H	
	Nb Ind	Biom. (mg)	Nb Ind	Biom. (mg)	Nb Ind	Biom. (mg)	Nb Ind	Biom. (mg)	Nb Ind	Biom. (mg)
Nematodes spp.							3	6,1		
Chaetognathes sp.	2	0,3								
Oligochètes sp.	1	0,1								
<i>Eteone longa</i>					4	13,3	1	4,8		
<i>Nereis diversicolor</i>			3	35,4	2	10,3				
<i>Nephtys cirrosa</i>									4	47,6
<i>Nerine cirratulus</i>	1	6,2	3	16,3	15	143,9	14	123,5	1	9,8
<i>Nerine foliosa</i>					3	24,0				
<i>Spio filicornis</i>	9	1,7								
<i>Paraonis fulgens</i>							1	0,6	1	0,5
<i>Arenicola marina</i>					1	106,1				
<i>Ophelia rathkei</i>					31	8,7				
<i>Hydrobia ulvae</i>	1897	1157,2								
<i>Cerastoderma edule</i>			4	359,2	36	1881,7				
<i>Macoma balthica</i>			4	124,5	11	152,1	1	2,9		
<i>Gastrosaccus spinifer</i>									1	7,0
<i>Eurydice affinis</i>	11	5,8								
<i>Eurydice pulchra</i>							1	0,3		
<i>Haustorius arenarius</i>							7	41,6	10	49,7
<i>Urothoe brevicornis</i>									1	0,3
<i>Bathyporeia elegans</i>									1	0,3
<i>Bathyporeia pilosa</i>	36	17,5								
<i>Bathyporeia sarsi</i>					2	0,6	16	8,7	2	0,7
<i>Pontocrates altamarinus</i>									1	0,3
<i>Corophium arenarium</i>	579	380,2	17	11,4	2	0,6				
<i>Corophium volutator</i>			2	6,9						
<i>Crangon crangon</i>					2	1,2				
<i>Portunus latipes</i>									1	439,9
<i>Ammodytes lanceolatus</i>									1	249,2
TOTAL	2535	1569,0	33	553,7	109	2342,5	44	188,5	24	805,3
DIVERSITE	0,962	0,967	2,105	1,487	2,575	1,14	2,239	1,514	2,784	1,654
EQUITABILITE	0,34	0,32	0,81	0,58	0,74	0,33	0,75	0,50	0,80	0,48

TABLEAU VII-2 : RADIALE II - RESULTATS BRUTS

(Nombre d'individus et biomasse/1/4 m²)

	I		J		K		L	
	Nb Ind	Biom. (mg)	Nb Ind	Biom. (mg)	Nb Ind	Biom. (mg)	Nb Ind	Biom. (mg)
Nematodes			2	3,1	1	10,0		
Oligochètes	3	0,1						
<i>Eteone longa</i>			1	1,3				
<i>Nephtys cirrosa</i>					3	115,5	4	255,0
<i>Nerine cirratulus</i>			21	119,3	2	4,2		
<i>Spio filicornis</i>	9	0,9	1	0,2			1	0,3
<i>Paraonis fulgens</i>			1	0,3				
<i>Hydrobia ulvae</i>	2149	1331,2						
<i>Eurydice pulchra</i>	2	1,3	9	7,7				
<i>Eurydice affinis</i>	6	1,1	4	2,6				
<i>Haustorius arenarius</i>					1	2,6		
<i>Bathyporeia pilosa</i>	48	16,7	3	1,3				
<i>Bathyporeia sarsi</i>			2	1,1			1	0,4
<i>Urothoe grimaldii</i>							1	0,4
<i>Corophium arenarium</i>	176	123,0						
<i>Corophium volutator</i>	5	4,7						
<i>Crangon crangon</i>							2	1,3
TOTAL	2398	1479,0	44	136,9	7	132,3	9	257,4
DIVERSITE	0,622	0,559	2,334	0,856	1,842	0,722	2,059	0,092
EQUITABILITE	0,21	0,19	0,74	0,27	0,92	0,36	0,89	0,04

TABLEAU VII-3 : RADIALE I - STATION E - EVOLUTION DES CORTEGES SPECIFIQUES DEPUIS 1978
(RESULTATS /M²)

	1978		1979		1980		1981				1982			
	Nb Ind.	Biom.*	Nb Ind.	Biom.*	Nb Ind.	Biom.*	E' : Nb Ind.	E : Nb Ind.	E' : * Biom.	E : * Biom.	E' : Nb Ind.	E : Nb Ind.	E' : * Biom.	E : * Biom.
Nematodes							8		6,8					
Chaetognathes sp.											8		1,2	
Enchytraeidae sp.											4		0,4	
Eteone longa								8	14,0					
Nereis diversicolor							8	40	12,0	60,4		12		141,6
Nerine cirratulus	44	291,6									4	12	24,8	65,2
Pygospio elegans			36	5,6			8	156	0,8	24,4				
Spio filicornis														
Ophelia rathkei								4	0,4					
Hydrobia ulvae	2892	1456,0	8740	6512,4	8	4,0	9768	216	7589,6	149,6	7588		4628,8	
Macoma balthica								8	109,6			16		498,0
Cerastoderma edule					16			16		278,4		16		1436,8
Eurydice pulchra	4	2,8					4	4	4,0	6,8				
Eurydice affinis			100	89,6	64	18,0	4	4	5,6	4,0	44		23,2	
Bathyporeia pilosa	12	4,4	44	25,2	76	34,0					144		70	
Corophium arenarium	172	60,0	852	344,0	1888	1551,2	948		564,8		2316	68	1520,8	45,6
Corophium volutator	16	9,6	208	330,0	756	662,8	92		94,0			8		27,2
Crangon crangon							12	16	23,2	29,6				
Carcinus maenas							4		134,4					
Portunus latipes								4		136,4				
Larves de diptères			8	20,4	44	76,0	2		8,4					
TOTAL	3140	1824,4	9988	7327,2	2836	2346,0	10864	476	8443,6	831,6	10140	132	6276	22148

* Biomasse en mg de poids sec décalcifié.

TABLEAU VII-4 : STATION F - RADIALE I - EVOLUTION DES CORTEGES SPECIFIQUES
DEPUIS 1978 (RESULTATS/M²)

	1978		1979		1980		1981		1982	
	Nb Ind.	Biom.*	Nb Ind.	Biom.*	Nb Ind.	Biom.*	Nb Ind.	Biom.*	Nb Ind.	Biom.*
Nematodes spp.	20	1,2	8	8,0	16	8,8				
<i>Eteone longa</i>			20	10,8			80	32,4	16	53,2
<i>Nereis diversicolor</i>	8	5,2	20	18,0					8	41,2
<i>Aonides oxycephala</i>					8	3,6				
<i>Nerine cirratulus</i>			76	1025,6	24	95,2	44	288,8	60	575,6
<i>Nerine foliosa</i>									12	96,0
<i>Pygospio elegans</i>			52	5,6			236	51,6		
<i>Arenicola marina</i>							12	520,4	1	424,4
<i>Ophelia rathkei</i>			132	38,0	12	4,0	248	69,2	124	34,8
<i>Hydrobia ulvae</i>	4324	2025,2			8	6,8				
<i>Macoma balthica</i>			40	1983,6			32	307,2	44	608,4
<i>Cerastoderma edule</i>			92	5715,2	48	6574,8	320	8922,0	144	7526,8
<i>Eurydice pulchra</i>	20	4,8			72	59,2				
<i>Haustorius arenarius</i>							4	2,0		
<i>Bathyporeia pelagica</i>					4	1,2				
<i>Bathyporeia Sarsi</i>							4	1,6	4	2,4
<i>Corophium arenarium</i>	36	9,6			56	44,8			4	2,4
<i>Corophium volutator</i>	1920	1292,4			12	13,2				
<i>Crangon crangon</i>					4	4,0	12	61,6	4	4,8
<i>Carcinus maenas</i>							4	3,2		
Larves de diptères	4	8,4	8	8,0			8	9,2		

* Biomasse en mg de poids sec décalcifié

TABLEAU VII-5 : STATION I - RADIALE II - EVOLUTION DES CORTEGES SPECIFIQUES
DEPUIS 1978 (RESULTATS/M²)

	1978		1979		1980		1981		1982	
	Nb Ind.	Biom.*	Nb Ind.	Biom.*	Nb Ind.	Biom.*	Nb Ind.	Biom.*	Nb Ind.	Biom.*
Nematodes					44	24,4	20	32,0		
<i>Euchytraeidae</i> sp.									12	0,4
<i>Eteone longa</i>					4	2,8				
<i>Nereis diversicolor</i>					12	97,6	32	401,2		
<i>Nerine cirratulus</i>			4	14,4	8	67,2				
<i>Spio filicornis</i>	4	0,4			20	1,2			36	3,6
<i>Pygospio elegans</i>			72	2,8	132	29,6	108	12,0		
<i>Hydrobia ulvae</i>	196	133,6			12	9,2	9168	5745,6	8596	5324,8
<i>Eurydice pulchra</i>	16	9,2	4	5,6	8	3,2	168	34,4	8	5,2
<i>Eurydice affinis</i>	204	70,4	16	4,0	4	1,2	4	3,6	24	4,4
<i>Bathyporeia pilosa</i>	524	193,6	124	33,2	196	73,2	48	13,2	192	66,8
<i>Corophium arenarium</i>	220	90,0	5280	3057,6	6476	2001,2	60	20,0	704	492,0
<i>Corophium volutator</i>	16	10,8	596	499,6	108	96,0	4	3,2	20	18,8
<i>Chaetogammarus marinus</i>	4	2,0								
Larves de diptères			2	22,8	4	13,2	8	20,4		
TOTAL	1184	510,0	6098	3640,0	7028	2420,4	9620	62856	9592	5916,0

* Biomasse en mg de poids sec décalcifié

TABLEAU VII-6 : STATION J - RADIALE II - EVOLUTION DES CORTEGES SPECIFIQUES
DEPUIS 1978

	1978		1979		1980		1981		1982	
	Nb Ind.	Biom. *	Nb Ind.	Biom. *	Nb Ind.	Biom. *	Nb Ind.	Biom. *	Nb Ind.	Biom. *
Nematodes spp							20	10,0	8	12,4
<i>Eteone longa</i>	24	21,6							4	5,2
<i>Aonides oxycephala</i>					16	3,2				
<i>Nerine cirratulus</i>			8	62,8	32	101,2	68	382,0	84	477,2
<i>Spio filicornis</i>	80	8,8							4	0,8
<i>Pygospio elegans</i>			4	0,8						
<i>Paraones fulgens</i>					4	0,8			4	1,2
<i>Hydrobia ulvae</i>	56	28,0					1			
<i>Eurydice affinis</i>	84	24,0	44	14,4	152	63,6	4	2,0	16	30,8
<i>Eurydice pulchra</i>	8	6,8			32	13,2	24	23,2	36	10,4
<i>Bathyporeia pilosa</i>	180	45,6	368	128,8	84	34,0			12	5,2
<i>Bathyporeia sarsi</i>									8	4,4
<i>Corophium arenarium</i>	7384	3413,2	68	73,6						
Larves de diptères							4	4,0		

* Biomasse en mg de poids sec décalcifié

TABLEAU VII-7 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DES SEDIMENTS DE L'ESTRAN DE
PETIT-FORT-PHILIPPE.

(Résultats exprimés en p.cent de l'échantillon total).

Stations Catégories granulométriques									
	E'	E	F	G	H	I	J	K	L
Pérites	2,87	0,10	0,19	0,06	0,03	2,20	0,04	0,04	0,04
Sable fin	14,54	12,00	15,11	24,38	10,39	30,97	20,29	18,30	34,41
Sable moyen	77,35	75,44	65,10	72,05	77,21	53,25	69,18	78,80	59,80
Sable grossier	3,87	7,77	14,97	2,61	11,07	9,09	7,90	2,74	5,00
Gravier fin	1,16	3,03	3,49	0,38	0,50	2,97	1,34	0,11	0,68
Gravier grossier	0,20	1,66	1,14	0,51	0,81	1,52	1,25	—	0,08

"RESUME DES OBSERVATIONS"

Nov. 81 - Oct. 82

LE MILIEU PELAGIQUE ET BENTHIQUE LITTORAL DEVANT LA
CENTRALE DE GRAVELINES, de NOVEMBRE 1981 à OCTOBRE 1982

RESUME DES OBSERVATIONS

L'année 1982 est marquée par une diminution d'activité de la centrale et de la production électrique par rapport à l'année 1981.

La stratification verticale des eaux apparaît établie uniquement dans la zone côtière proche du rejet, où la caractéristique essentielle observée est le gradient surface - fond pour la température, les teneurs en oxygène dissous et les matières en suspension. On observe un dégazage par effet mécanique lors du transit, amplifié par échauffement. Le printemps 1982 est marqué par une forte dessalure qui rappelle celle de 1980 (cette dessalure s'accompagne d'une forte teneur en matières en suspension) et par l'abondance de groupes habituellement nombreux simultanément : les colonies de *Phaeocystis*, les dinoflagellés noctiluques, les cténaïres *Beroe* et *Pleurobrachia*, les oeufs de poissons ...

L'activité bactérienne hétérotrophe, ainsi que le nombre de bactéries viables restent inchangés. Les vibrions halophiles présentent en 1982 des variations saisonnières comparables à celles de l'année précédente, mais le maximum estival est plus précoce.

La succession des espèces phytoplanctoniques et zooplanctoniques au cours des saisons est comparable à celle des années précédentes. Le suivi de 1982 n'apporte pas de conclusion évidente de l'impact du transit sur la teneur en chlorophylle, mais une expérimentation en septembre 1982 semble faire apparaître une sensible diminution de la productivité primaire du rejet en surface en période de chloration.

Les répartitions d'abondances du zooplancton montrent, pour certaines espèces (*Centropages hamatus*, *Euterpina acutifrons* ...), un appauvrissement de la zone très côtière par rapport à la zone médiane.

Plusieurs hypothèses sont permises : soit l'effet du rejet échauffé et chloré produirait une certaine mortalité, soit la diminution d'abondance observée serait le résultat d'un phénomène de dilution de la zone côtière par l'eau de la zone amont. La zone médiane plus éloignée semble alors caractérisée par une certaine accumulation des organismes. Sur le site, les mysidacés semblent en voie de disparition.

Le benthos subtidal est marqué par une relative stabilité par rapport aux années précédentes. Les variations observées dans le peuplement d'*Abra alba* ne semblent pas anormales, compte-tenu de l'instabilité bien connue de ce peuplement. *Tellina fabula* a considérablement regressé en 1982. Une nouvelle espèce de cirripèdes : *Balanus amphitrite*, a été récoltée (les larves de cette espèce tropicale ont sans doute été apportées par les pétroliers).

Sur l'estran un dégraissage se produit dans les hauts niveaux. La vase disparaît. Les coques sont abondantes. Le phénomène de castration parasitaire des coques (par *Bucephalus* sp.) signalé en 1981 demeure une caractéristique locale.

