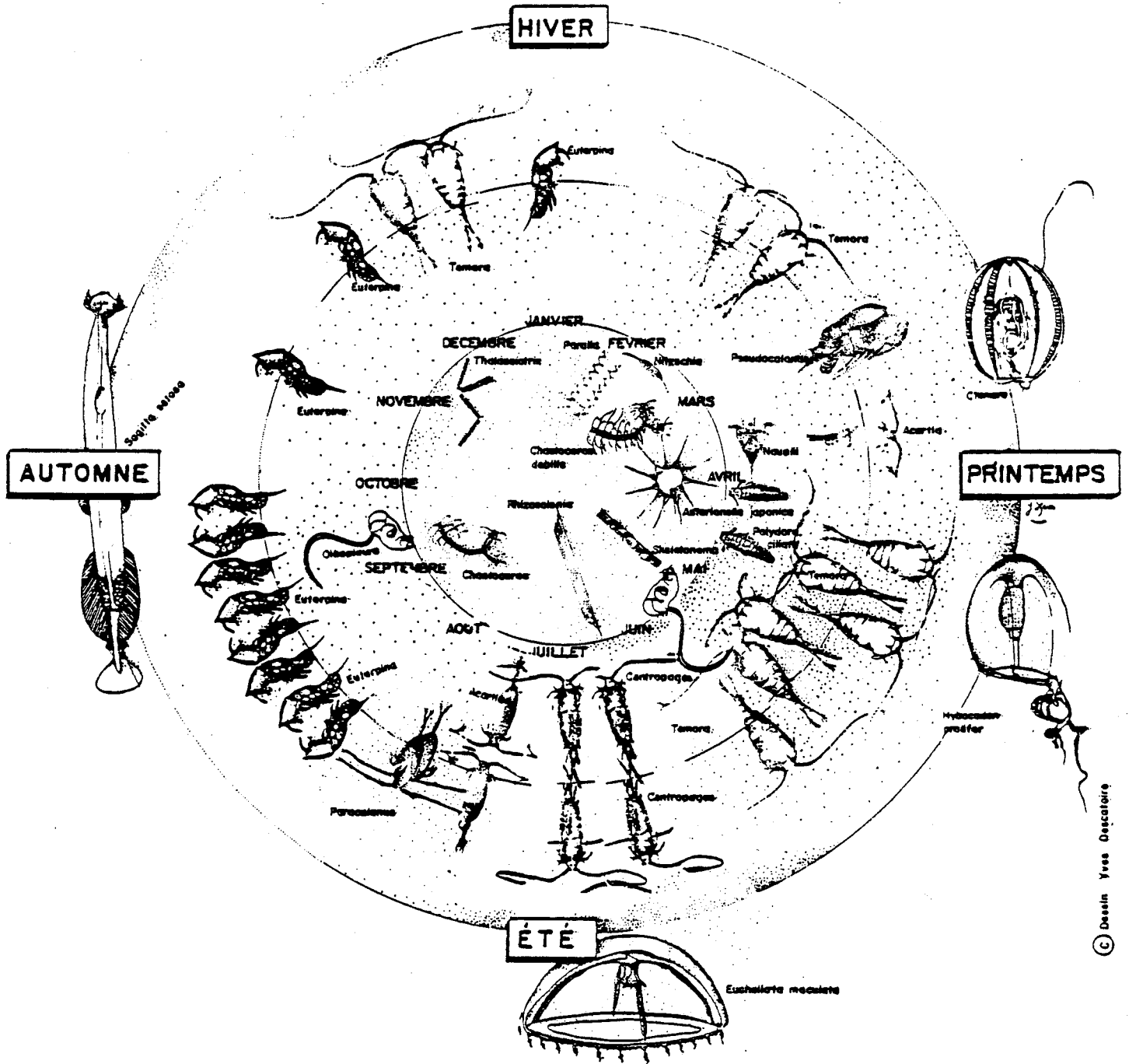


SURVEILLANCE ECOLOGIQUE

SITE DE GRAVELINES

NOVEMBRE 1982 - OCTOBRE 1983



© Dessin Yves Descatoire

CENTRE NATIONAL
POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS

STATION MARINE
de WIMEREUX

DEPARTEMENT ENVIRONNEMENT LITTORAL

INSTITUT PASTEUR de LILLE

pour

ELECTRICITE DE FRANCE

AVRIL 1984

ELECTRICITE DE FRANCE

ETUDE DE SURVEILLANCE ECOLOGIQUE

SITE DE GRAVELINES

NOVEMBRE 1982 - OCTOBRE 1983

Centre National pour l'Exploitation des Océans -
Département Environnement Littoral et Gestion
du Milieu Marin

Station Marine de Wimereux

Institut Pasteur de Lille

Mai 1984

INTRODUCTION

Le présent rapport de travail présente les résultats obtenus pour la période novembre 1982 - octobre 1983 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 CNEXO, 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.

SOMMAIRE

CHAPITRE I - CARACTÈRES GÉNÉRAUX DU SITE

	<u>Page</u>
1. Situation géographique	I.1
2. Bilan climatologique du cycle d'étude	I.1
3. Hydrographie	I.3
I-3-1. Marées	1.3
I-3-2. Courants	I.4
I-3-3. Apports d'eau	I.5
4. Fonctionnement de la centrale	I.6

CHAPITRE II - HYDROBIOLOGIE

	<u>Page</u>
1. Présentation des campagnes	II.1
1.1. Stratégie d'échantillonnage	II.1
1.2. Calendrier des campagnes	II.4
1.3. Conditions météorologiques	II.4
1.4. Fonctionnement de la centrale	II.7
1.5. Paramètres mesurés	II.9
2. Matériel et méthodes	II.9
3. Paramètres physico-chimiques	II.9
3.1. Température	II.9
3.1.1. Evolution naturelle de la masse d'eau ...	II.9
3.1.2. Impact thermique du rejet de la centrale.	II.11
3.2. Salinité	II.13
3.3. Densité	II.15
3.4. Matières en suspension (M.E.S.) ; Turbidité ; Transparence de l'eau	II.15
3.5. Oxygène dissous	II.19
3.6. pH	II.22
3.7. Sels nutritifs	II.25
3.7.1. Variations temporelles	II.25
3.7.2. Variations spatiales	II.29
3.7.3. Effet du transit à l'intérieur de la centrale	II.29
4. Conclusion	II.32

CHAPITRE III - MICROBIOLOGIE

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

CHAPITRE IV - PHYTOPLANCTON

PRODUCTION PRIMAIRE

1. Pigments photosynthétiques	IV.1
a. Chlorophylle a	IV.1
a.1. Cycle annuel	IV.1
a.2. Gradient côte-large	IV.3
b. Phéopigments	IV.8
c. Pourcentage de chlorophylle active	IV.8

2. Production primaire	IV.9
3. Etude systématique du microplancton	IV.13
a. Variations quantitatives du microplancton	IV.13
a.1. Cycle annuel	IV.13
a.2. Impact du transit sur la densité cellulaire	IV.14
b. Succession des espèces microplanctoniques	IV.15
b.1. Evolution du rapport Centriques/Pennées ...	IV.15
b.2. Succession des espèces	IV.20
b.3. Impact du transit	IV.23
c. <i>Phaeocystis</i>	IV.23
d. Diversité de Shannon	IV.25
4. Conclusion	IV.25

CHAPITRE V - NOCTILUQUES ET ZOOPLANCTON

Introduction	V.1
1. Calendrier et lieux de prélèvements du zooplancton	V.1
2. Résultats	V.1
2.1. Les noctiluques	V.1
2.2. Biomasses zooplanctoniques	V.3
2.3. Pourcentage de dominance	V.6
2.4. Variations d'abondance des espèces zooplanctoniques	V.10
2.4.1. Espèces non comptées	V.10
2.4.2. Espèces comptées	V.10
2.5. Biométrie	V.20
Conclusion	V.23
Bibliographie	V.23

CHAPITRE VI - LE BENTHOS SUBTIDAL

I - INTRODUCTION	VI.1
II - METHODOLOGIE	VI.3
III - RESULTATS DE L'ANALYSE BIONOMIQUE	VI.3
III.1. Station A	VI.3
III.2. Station B	VI.9
III.3. Station C	VI.12
III.4. Station D	VI.16
III.5. Conclusions	VI.16
IV - ETUDE DES POPULATIONS D' <i>ABRA ALBA</i> ET <i>TELLINA FABULA</i>	VI.20
IV.1. <i>Abra alba</i>	VI.20
IV.2. <i>Tellina fabula</i>	VI.23
IV.3. Conclusion	VI.23

CHAPITRE VII - LE BENTHOS INTERTIDAL

I - INTRODUCTION	VII.1
II - METHODOLOGIE	VII.8
III - RESULTATS	VII.8
III.1. Composition bionomique	VII.8
III.2. Résultats globaux	VII.8
2.1. Radiale I	VII.8
2.1.1. Stations E' et E	VII.8
2.1.2. Station F	VII.10
2.1.3. Stations G et H	VII.12
2.2. Radiale II	VII.12
2.2.1. Station I	VII.12
2.2.2. Stations J,K et L	VII.14
III.3. Discussion sur l'évolution de l'estran	VII.14
3.1. Evolution des peuplements des niveaux supérieurs de la partie ouest de l'estran	VII.14
3.2. Diagramme rang-fréquence	VII.20
3.3. Evolution de la population de <i>Cerastoderma edule</i>	VII.20
IV - CONCLUSION	VII.21
BIBLIOGRAPHIE	VII.27

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I - CARACTÈRES GÉNÉRAUX DU SITE

	<u>Page</u>
Figure I.1 - Localisation de la zone d'étude.....	I.1
Figure I.2 - Conditions climatiques durant le cycle d'étude.....	I.2
Figure I.3 - Rose des courants dans la passe de Dunkerque.....	I.4
(a) vive-eau	
(b) morte-eau	
Figure I.4 - Débit approximatif de l'Aa.....	I.5
Figure I.5 - Marche de la centrale.....	I.6

CHAPITRE II - HYDROBIOLOGIE

	<u>Page</u>
Figure II.1 - Emplacement des stations "Pelagos".....	II.1
Figure II.2 - Situation des prélèvements par rapport à la pleine mer la plus proche	II.2
Figure II.3 - Coefficient de marée.....	II.2
Figure II.4 - Conditions météorologiques (à Sandettie) pendant une période de cinq jours précédant chaque campagne.....	II.5
Figure II.5 - Variations de la température au canal d'amenée d'après les données de l'Institut Pasteur	II.8
Figure II.6 - Variations de la température aux différentes stations, tous niveaux confondus	II.8
Figure II.7 - Variations de la température au point côte et au canal d'amenée...	II.10
Figure II.8 - Variations de la température au point médian et au canal d'amenée.	II.10
Figure II.9 - Corrélacion entre l'échauffement de l'eau (Δt en °C) observé sur le site et le fonctionnement de la centrale (P/nombre de pompes du circuit de refroidissement en circulation).....	II.12
Figure II.10 - Variations de la salinité aux différentes stations tous niveaux confondus.....	II.13
Figure II.11 - Variations de la densité aux différentes stations tous niveaux confondus.....	II.14
Figure II.12 - Variations de la densité au point côte et au canal.....	II.24
Figure II.13 - Variations des teneurs en M.E.S. aux différentes stations, tous niveaux confondus.....	II.16
Figure II.14 - Profondeur de disparition du disque de Secchi aux différentes stations.....	II.16
Figure II.15 - Corrélacion entre la turbidité et les matières en suspension totales.....	II.17
Figure II.16 - Variations de la turbidité aux différentes stations, tous niveaux confondus.....	II.18
Figure II.17 - Profondeur de disparition du disque de Secchi au canal et à la côte.....	II.18
Figure II.18 - Variations des taux d'oxygène dissous aux différentes stations, niveaux confondus.....	II.20
Figure II.19 - Variations du pourcentage de saturation en oxygène aux différentes stations, tous niveaux confondus	II.20
Figure II.20 - Impact du transit sur la teneur en oxygène.....	II.21
Figure II.21 - Variations des taux d'oxygène dissous au point côte.....	II.21
Figure II.22 - Variations du pH aux différentes stations, tous niveaux confondus	II.22
Figure II.23 - Variations du pH au point côte.....	II.23
Figure II.24 - Variations du pH au point médian.....	II.23

II.25	- Variations des teneurs en sels azotés aux différentes stations de la radiale, tous niveaux confondus	II.24
	a) Ammoniac	
	b) Nitrites	
	c) Nitrates.	
II.26	- Variations des teneurs en silicates aux différentes stations de la radiale, tous niveaux confondus	II.24
II.27	- Variations des teneurs en phosphates aux différentes stations de la radiale, tous niveaux confondus	II.26
II.28	- Variations des phosphates en surface des différentes stations de la radiale	II.28
II.29	- Variations des phosphates au niveau 5 m des différentes stations de la radiale	II.28
II.30	- Effet du transit sur les teneurs en sels azotés	II.30
	a) Ammoniac	
	b) Nitrites	
	c) Nitrates.	
II.31	- Effet du transit sur les teneurs en phosphates.....	II.31
II.32	- Effet du transit sur les teneurs en silicates.....	II.31
II.33a-	Variations des teneurs en chlorophylle aux différentes stations, tous niveaux confondus	II.32
II.33b-	Teneurs en phéopigments aux stations C, M et L (niveaux confondus).	II.32
II.34	- Variation du pourcentage en chlorophylle active aux différentes stations, tous niveaux confondus	II.33

CHAPITRE III - MICROBIOLOGIE

		<u>Page</u>
Figure III.1	- Site de Gravelines	III.2
III.2	- Température de l'eau de mer	III.3
III.3	- Dénombrement des germes totaux en épifluorescence	III.4
III.4	- Dénombrement des germes aérobies viables sur gélose 2216E de Zobell	III.5
III.5	- Dénombrement des vibrions halophiles	III.6
III.6	- Dénombrement des <i>Escherichia coli</i>	III.7
III.7	- Activité hétérotrophe (Vm)	III.8
III.8	- Dosage du bromoforme	III.9
III.9	- Pourcentage de variations liées 1982-1983	III.10

CHAPITRE IV - PHYTOPLANCTON PRODUCTION PRIMAIRE

Figure IV.1	- Comparaison des résultats de teneurs en chlorophylle fournis par :	
	1. un échantillonnage journalier (Institut Pasteur)	
	2. un échantillonnage bi-mensuel (R.N.O. Dunkerque)	
	3. un échantillonnage mensuel (Station Marine Wimereux)	IV.2
IV.2	- Pourcentage de déficit en chlorophylle	IV.6
IV.3	- Teneurs en pigments au point côtier	IV.7
IV.4	- Nombre de cellules microplanctoniques (toutes stations, tous niveaux confondus)	IV.12

IV.5	- Rapport Diatomées Centriques/Diatomées Pennées	IV.16
IV.6	- Succession des espèces (pourcentage de dominance)	IV.17
IV.7	- Succession des espèces (pourcentage de dominance)	IV.18
IV.8	- Succession des espèces (pourcentage de dominance)	IV.19
IV.9	- <i>Phaeocystis</i> (toutes stations, tous niveaux confondus)	IV.22
IV.10	- Indice de diversité de Shannon (toutes stations, tous niveaux confondus)	IV.24

CHAPITRE V - NOCTILUQUES ET ZOOPLANCTON

	<u>Page</u>
Figure V.1 - Variations saisonnières des noctiluques - moyenne tous points confondus	V.2
V.2 - Variations saisonnières des noctiluques - points séparés	V.2
V.3 - Variations saisonnières de la biomasse zooplanctonique	V.4
V.4 - Variations saisonnières du pourcentage de dominance de certaines espèces du zooplancton (moyenne tous points confondus)	V.7
V.5 - Reproduction de quelques copépodes (moyenne tous points confondus)	V.11
V.6 - Variations saisonnières d'abondance - moyenne tous points confondus	V.13
V.7 - Comparaison des variations saisonnières de différentes espèces aux points 2 et 63	V.15
V.8 - Comparaison des variations saisonnières de différentes espèces aux points 62 et 63	V.17
V.9 - Evolution relative des abondances aux points 63 et 62 - <i>Oikopleura dioica</i>	V.19
V.10 - Evolution relative des abondances aux points 63 et 62 - <i>Euterpina acutifrons</i>	V.19
V.11 - Comparaison des variations saisonnières de différentes espèces aux points 62 et 64	V.21

CHAPITRE VI - LE BENTHOS SUBTIDAL

Figure VI.1 - Position des stations	VI.2
VI.2 - Caractéristiques granulométriques du sédiment des quatre stations subtidales (pourcentage pondéral)	VI.4
VI.3 - Importance relative des différents groupes zoologiques (Nombre d'individus)	VI.5
VI.4 - Importance relative des différents groupes zoologiques (biomasse)	VI.6
VI.5 - Evolution des diagrammes rang-fréquence à la station A, depuis 79	VI.8
VI.6 - Evolution des diagrammes rang-fréquence à la station B, depuis 79	VI.10
VI.7 - Evolution des diagrammes rang-fréquence à la station C, depuis 79	VI.13
VI.8 - Evolution des diagrammes rang-fréquence à la station D, depuis 79	VI.15
VI.9 - Variation de densité de la population d' <i>Abra alba</i> depuis 1977	VI.17
VI.10 - Variation de densité de la population de <i>Tellina fabula</i> depuis 77	VI.17
VI.11 - <i>Abra alba</i> - histogrammes des fréquences de taille	VI.18
VI.12 - <i>Tellina fabula</i> - histogrammes de fréquence de taille	VI.22

CHAPITRE VII - LE BENTHOS INTERTIDAL

Figure VII.1	-	Position des stations	VII.2
VII.2	-	Importance relative des différents groupes zoologiques (nombre d'individus)	VII.4
VII.3	-	Importance relative des différents groupes zoologiques (biomasse)	VII.5
VII.4	-	Importance relative des différents groupes zoologiques (nombre d'individus)	VII.6
VII.5	-	Importance relative des différents groupes zoologiques (biomasse)	VII.7
VII.6	-	Radiale I - caractéristiques granulométriques du sédiment	VII.9
VII.7	-	Radiale II - caractéristiques granulométriques du sédiment	VII.13
VII.8	-	Evolutions respectives des densités d'espèces vasicoles et non vasicoles	VII.15

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE II - HYDROBIOLOGIE

		<u>Page</u>
Tableau	II.1 - Calendrier des campagnes	II.3
	II.2 - Régime de fonctionnement de la centrale les veilles et jours de campagnes	II.7

CHAPITRE III - MICROBIOLOGIE

Tableau	III.1 - Résultats des mesures hebdomadaires au point digue	III.14
	III.2 - Résultats des mesures au point médian et à la prise d'eau	III.17
	III.3 - Dosage des haloformes volatils au point digue	III.18
	III.4 - Dosage des haloformes volatils à la prise d'eau et au point médian	III.19
	III.5 - Coefficients de corrélation entre paramètres	III.19

CHAPITRE IV - PHYTOPLANCTON PRODUCTION PRIMAIRE

Tableau	IV.1 - Impact thermique et impact sur la teneur en chlorophylle	IV.5
	IV.2 - Productivité primaire	IV.9
	IV.3 - Densités microplanctoniques : comparaison des points côtiers, médian et canal d'amenée	IV.14

CHAPITRE V - NOCTILUQUES ET ZOOPLANCTON

		<u>Page</u>
Tableau	V.1 - Noctiluques (n/m ³)	V.3
	V.2 - Poids sec, poids de matière organique, carbone et azote	V.5
	V.3 - Maxima des pourcentages de dominance de certaines espèces	V.6
	V.4 - Espèces recensées mais non comptées	V.8

CHAPITRE VI - LE BENTHOS SUBTIDAL

Tableau

Tableau VI.1	- Caractéristiques granulométriques du sédiment aux quatre stations subtidales	VI.24
VI.2	- Résultats bruts (nombre d'individus/m ²)	VI.25
VI.3	- Résultats bruts (biomasse en mg/m ²)	VI.26
VI.4	- Peuplement de l'hétérogène envasé - abondance des espèces principales	VI.7
VI.5	- Peuplement à <i>Abra alba</i> - faciès à <i>Nephtys hombergii</i> - abondance des espèces principales	VI.9
VI.6	- Peuplement à <i>Abra alba</i> - faciès à <i>Nephtys cirrosa</i> - Abondance des espèces principales	VI.12
VI.7	- Peuplement à <i>Ophelia borealis</i> - abondance des principales espèces	VI.16
VI.8	- Structure des populations de mollusques	VI.27

CHAPITRE VII - LE BENTHOS SUBTIDAL

VII.1	- Radiale I : résultats bruts - nombre d'individus/1/4 m ²	VII.22
VII.2	- Radiale I : résultats bruts - biomasse en mg/1/4 m ²	VII.23
VII.3	- Radiale II : résultats bruts - nombre d'individus/1/4 m ²	VII.24
VII.4	- Radiale II : résultats bruts - biomasse en mg/1/4 m ²	VII.25
VII.5	- Caractéristiques granulométriques du sédiment de l'estran	VII.26

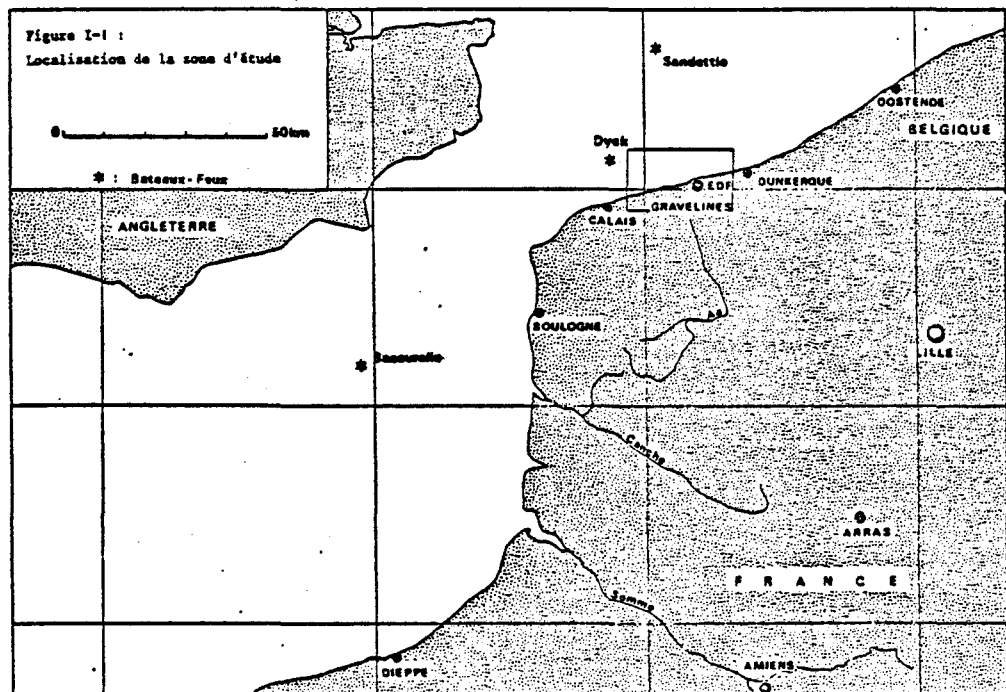
CHAPITRE I
CARACTERES GENERAUX DU SITE

N. DEGROS
M.A. JANQUIN

STATION MARINE DE WIMEREUX

CHAPITRE I

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DU SITE

1. SITUATION GEOGRAPHIQUE (Fig. I-1)

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

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

L'automne doux et pluvieux se poursuit par un hiver moins humide et exceptionnellement doux en janvier. Le mois de février est froid, plus sec et nettement ensoleillé : c'est le seul mois de l'hiver où l'insolation est largement excédentaire !

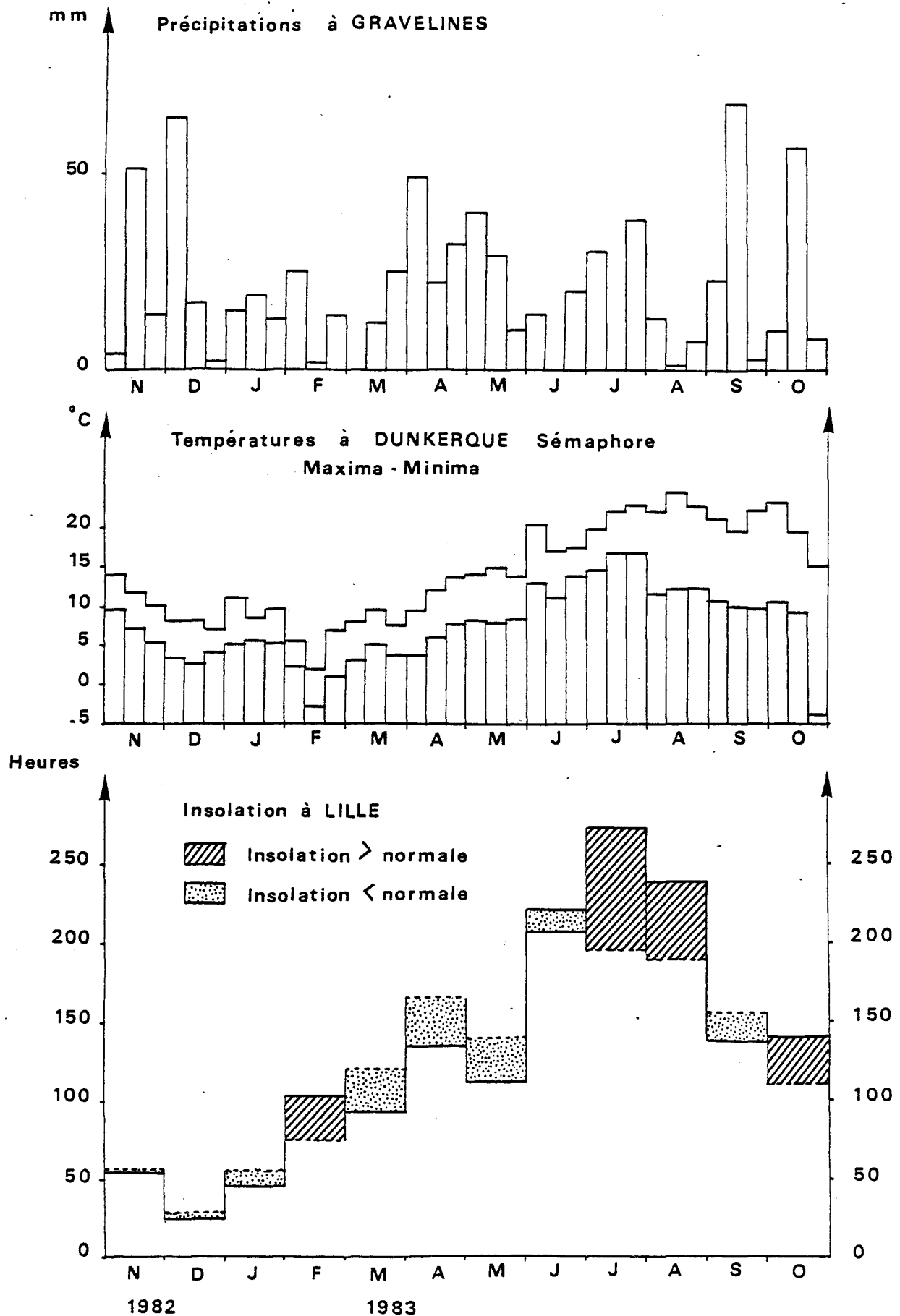


Figure I-2 - Conditions climatiques durant le cycle d'étude.

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

Dans l'ensemble, le printemps est froid et pluvieux jusqu'en juin où la tendance s'inverse : les précipitations deviennent déficitaires (elles sont pratiquement nulles pendant la deuxième décade de juin) et les températures excédentaires. C'est un mois nuageux, orageux en début et fin de mois et dont l'insolation reste inférieure à la normale.

Les deux mois d'été (juillet et août) sont très chauds et orageux (surtout juillet). Les précipitations sont très irrégulières. Elles sont signalées déficitaires dans la région mais demeurent excédentaires en Flandre maritime durant le mois de juillet. Durant ces deux mois d'été, l'insolation est nettement excédentaire (de 20 à 30 % supérieure à la normale).

L'été se termine par un mois de septembre maussade, très pluvieux la deuxième décade, avec une insolation redevenue inférieure à la normale.

D'une façon générale, cette année se révèle très différente de l'année précédente et se caractérise par une insolation déficitaire de novembre à juin avec une seule exception en février ; des précipitations rarement déficitaires (juin et août) mais beaucoup plus souvent excédentaires (octobre, décembre, mars, avril, mai) ; un mois de janvier exceptionnellement doux ; un printemps frais, pluvieux, très peu ensoleillé, et un été assez tardif, chaud, plutôt sec et très ensoleillé.

3. HYDROGRAPHIE

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

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 qui porte 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 en surface, en flot comme en jusant.

Courant de marée

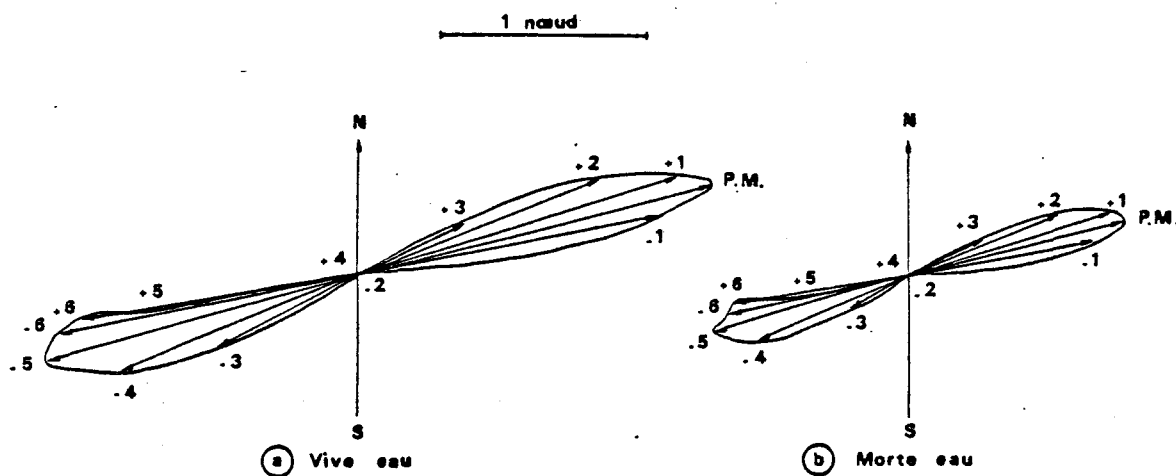


Figure I-3 - Rose des courants dans la passe de Dunkerque

Dans la zone étudiée, les courants de marée sont alternatifs, de direction sensiblement parallèle à la côte. Pendant le flot, ils sont dirigés vers l'E-N-E (65-70°) alors qu'au jusant ils portent à l'W-SW (255-260°) (fig. 1.3).

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

3.3. Apports d'eau

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 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-3. montre l'évolution du débit approximatif de l'Aa (calculé d'après l'nombre de vanes ouvertes à Gravelines, données fournies par le Service Maritime du Nord du Port de Gravelines).

En 1983, le débit de l'Aa demeure important jusque fin avril avec une chute assez marquée de mi-février à mi-mars liée à une pluviosité relativement moindre ; durant tout le mois de mai, il demeure encore voisin de $1\ 000\ 000\ \text{m}^3\text{-J}^{-1}$.

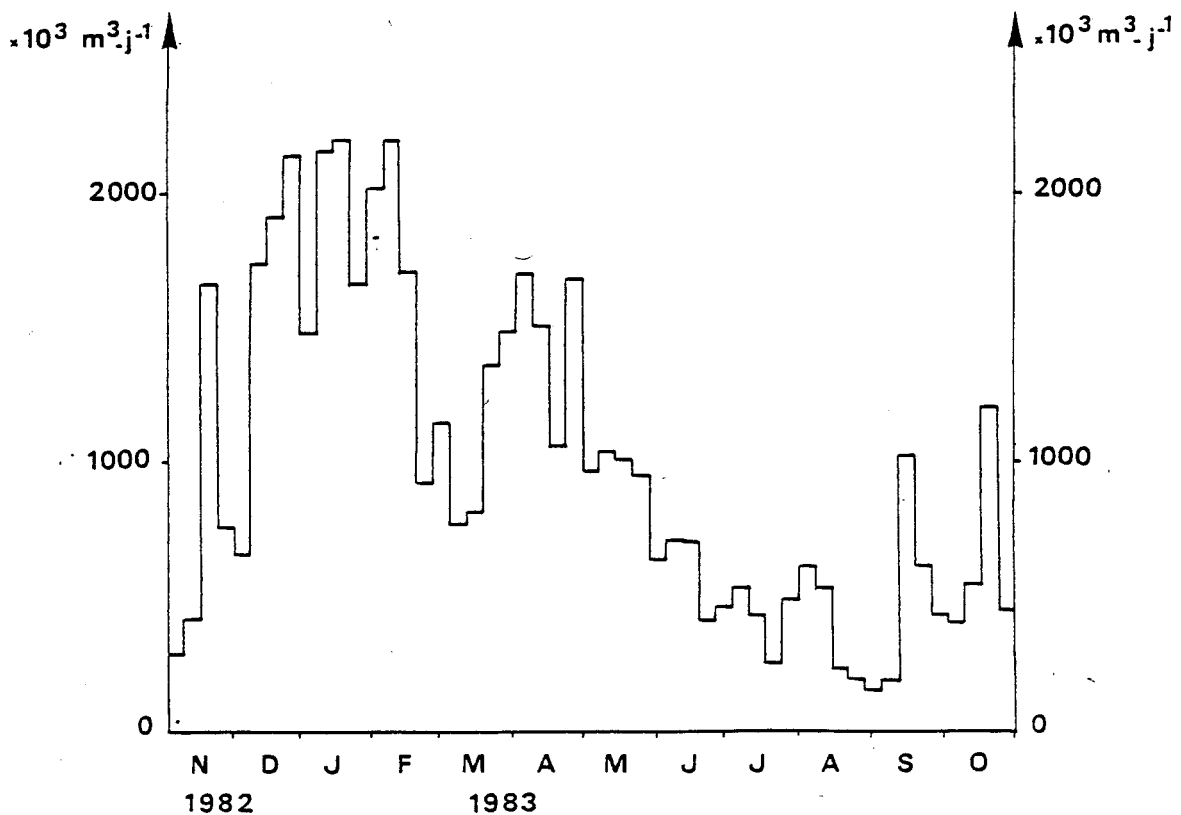
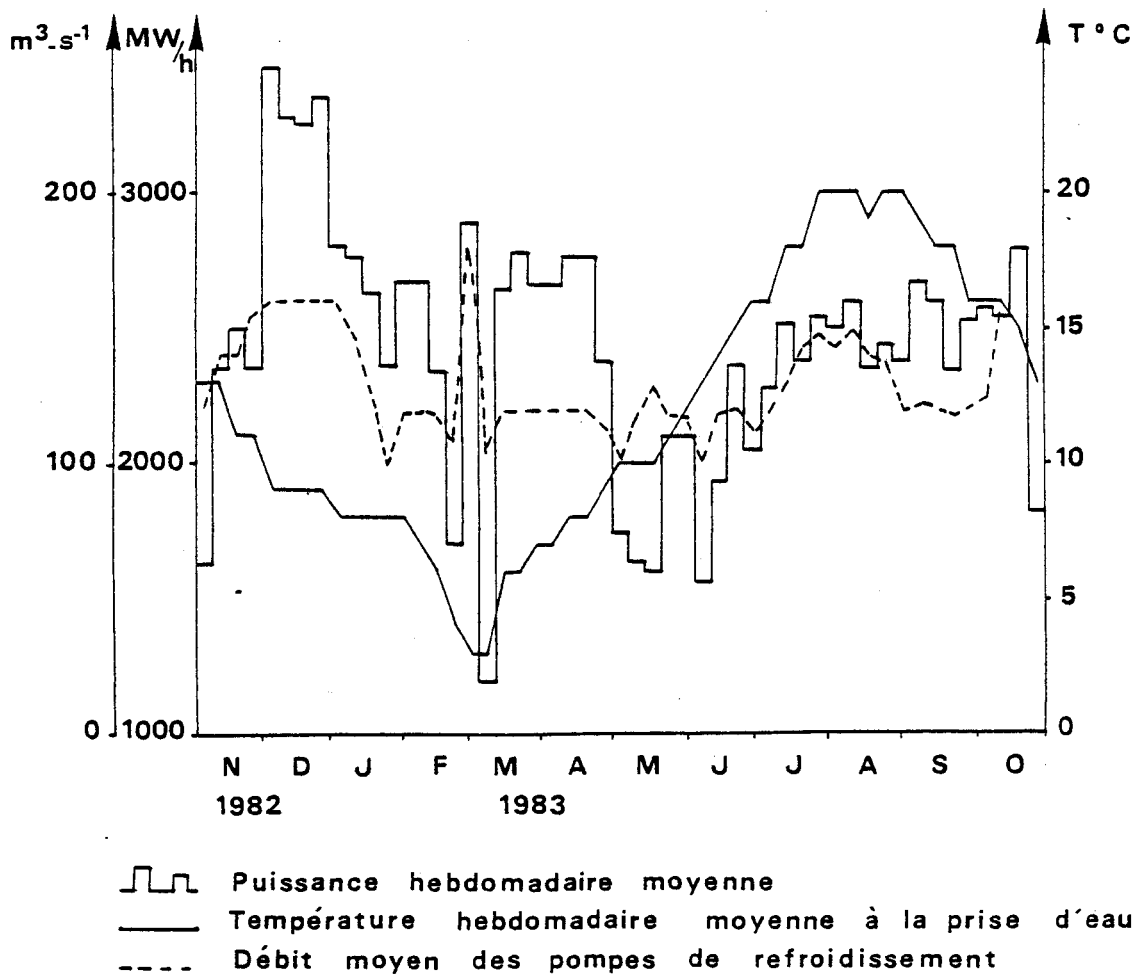


Fig I.4. : Débit approximatif de l' Aa (moyenne hebdomadaire)

4. FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE (fig. I.5)

Après avoir marqué un net retrait en 1982 par rapport à l'année précédente, le fonctionnement de la centrale est beaucoup plus régulier cette année avec une puissance hebdomadaire très souvent voisine de 2 500 MW, dépassant même parfois 3 000 MW (en décembre 1982) et rarement inférieure à 2 000 MW.

Fig I.5. : Marche de la centrale



CHAPITRE II
HYDROBIOLOGIE

STATION MARINE DE WIMEREUX
N. DEGROS
M.-A. JANQUIN

CHAPITRE II

HYDROBIOLOGIE

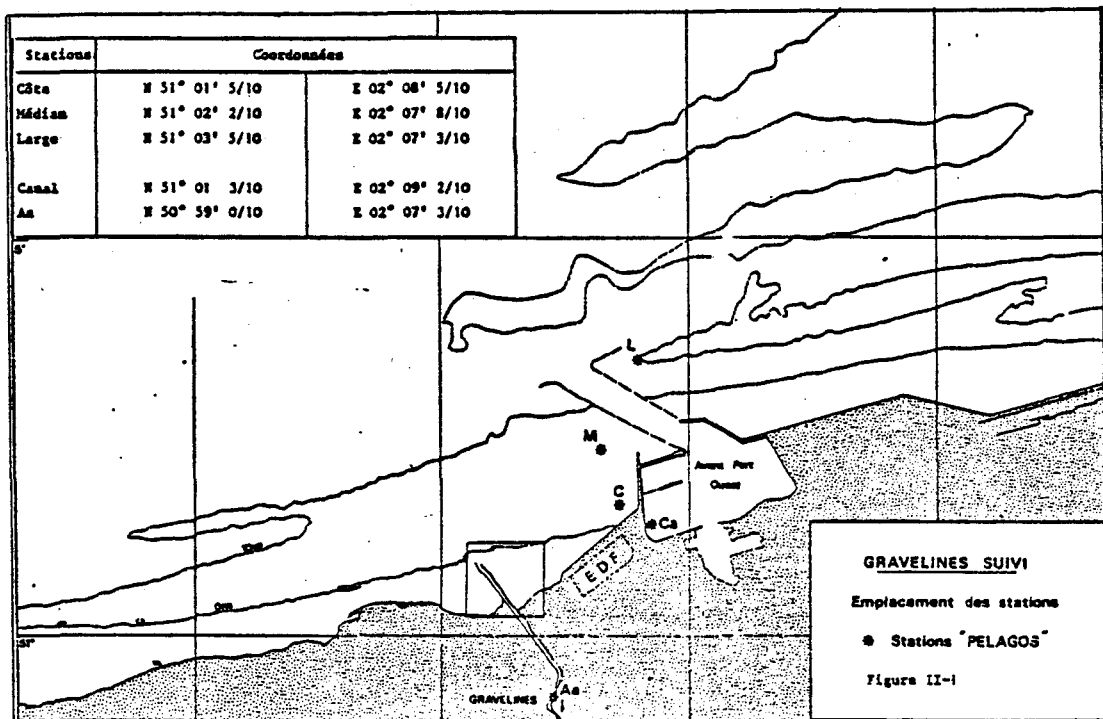
- 1. Présentation des campagnes

Ce cycle d'étude porte sur une période d'un an, de novembre 1982 à octobre 1983. La méthodologie est semblable à celle de l'année précédente.

- 1.1. Stratégie d'échantillonnage

Trois stations sont échantillonnées en mer suivant le positionnement défini au dossier d'environnement.

NB : Le point du large est maintenant considéré comme station du large, hors impact de la centrale.



On s'est efforcé, tout au long de cette année, de sortir dans des conditions de courant de marée semblables (fig. II-2) qui permettaient d'échantillonner le point côtier lorsqu'il se trouve fortement affecté par le rejet de la centrale. Ceci n'est possible qu'en fin

Ecart par rapport à la pleine mer en heures

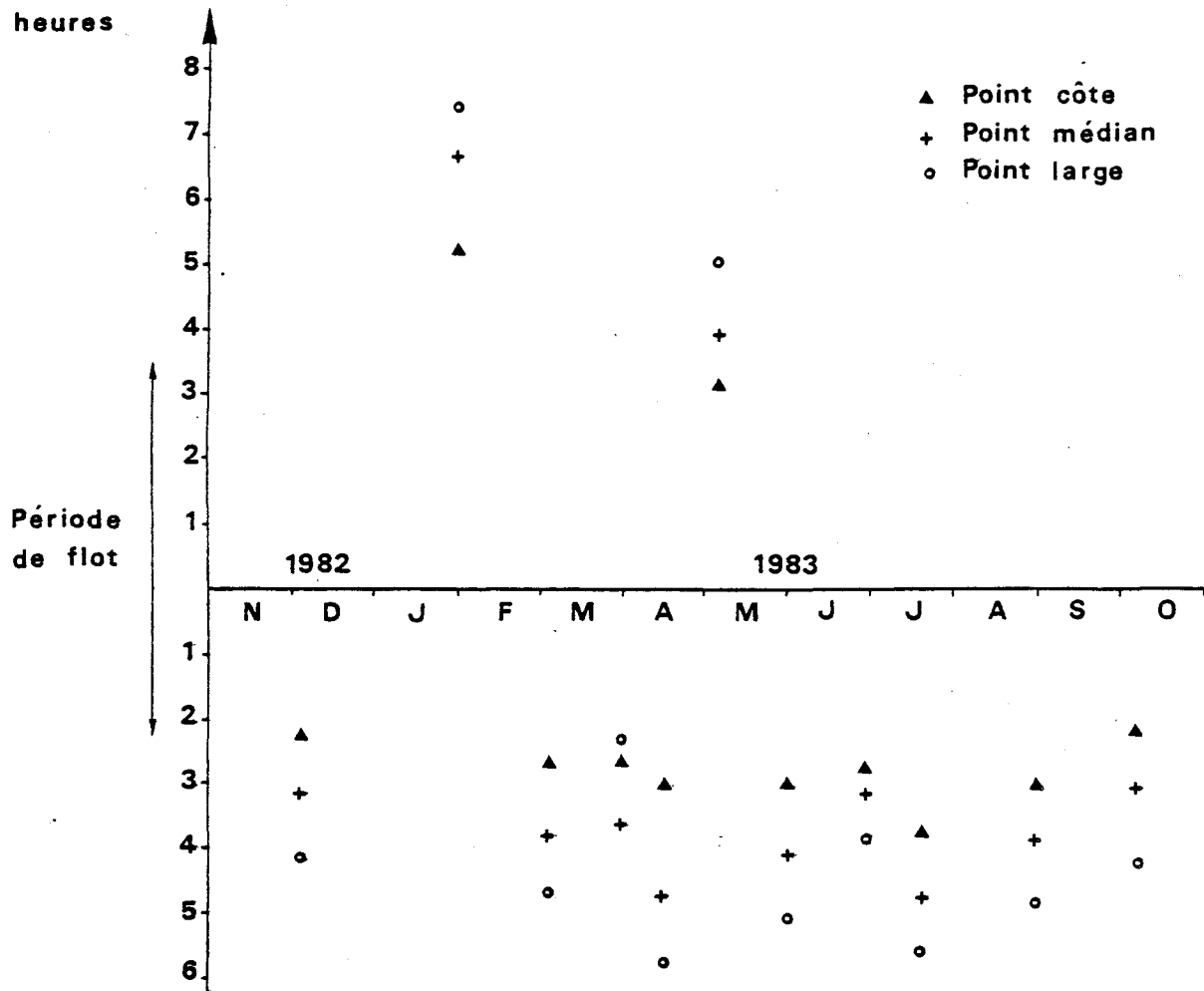


Fig II.2. : Situation des prélèvements par rapport à la pleine mer la plus proche

Coefficient

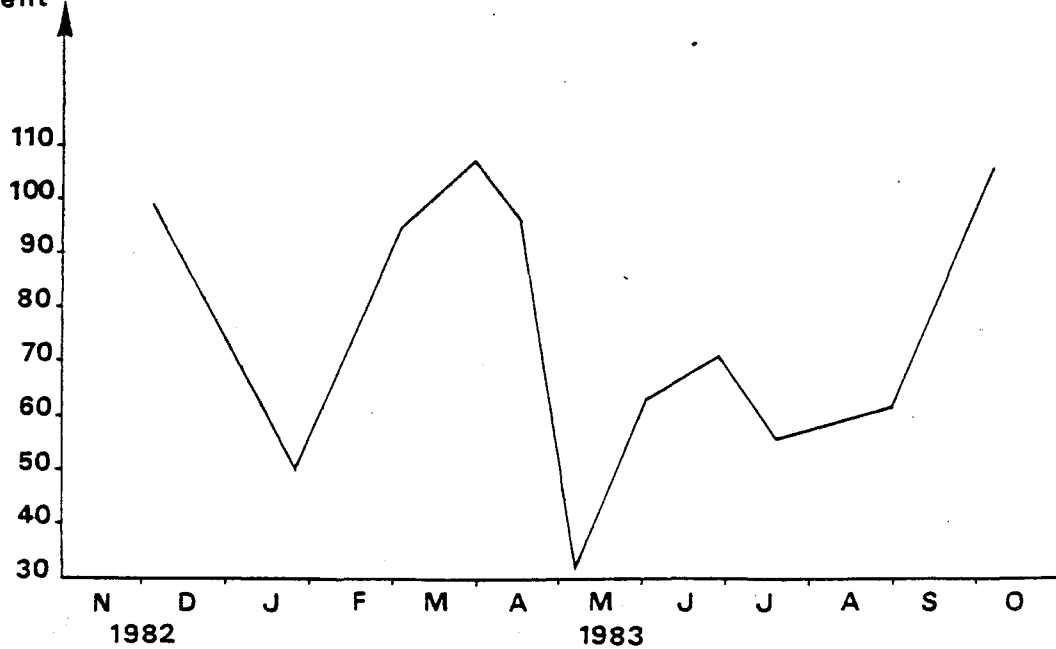


Fig II.3. : Coefficient de marée

TABLEAU II-1. - CALENDRIER DES CAMPAGNES.

Dates	Stations échantillonnées					Coefficient de marée
	Côte	Médian	Large	Canal	Aa	
15 novembre 82	Campagne annulée pour raisons météorologiques					
03 décembre 82	0 - 1 m 4 m	0 - 1 m 5 m	0 - 1 m 5 m	0 m	0 m	99
24 janvier 83	0 - 1 m 5 m	0 - 1 m 5 m	0 - 1 m 5 m	0 m	0 m	50
03 mars 83	0 - 1 m 5 m	0 - 1 m 5 m	0 - 1 m 5 m	0 m	0 m	95
29 mars 83	0 - 1 m 2 m	0 - 1 m 5 m	0 - 1 m 5 m	0 m	0 m	107
15 avril 83	0 - 1 m 2 m	0 - 1 m 5 m	0 - 1 m 5 m	0 m	0 m	96
06 mai 83	0 - 1 m	0 - 1 m 5 m	0 - 1 m 5 m	0 m	0 m	32
31 mai 83	0 - 1 m 2 m	0 - 1 m 5 m	0 - 1 m 5 m	0 m	0 m	63
28 juin 83	0 - 1 m 3 m	0 - 1 m 5 m	0 - 1 m 5 m	0 m	0 m	71
18 juillet 83	0 - 1 m 3 m	0 - 1 m 5 m	0 - 1 m 5 m	0 m	0 m	56
30 août 83	0 - 1 m 5 m	0 - 1 m 5 m	0 - 1 m 5 m	0 m	0 m	62
06 octobre 83	0 - 1 m 2 m	0 - 1 m 5 m	0 - 1 m 5 m	0 m	0 m	106

ou en début de jusant, lorsque la hauteur d'eau est suffisante pour permettre une approche de ce point en bateau. Par contre, en période de flot, le rejet de la centrale se trouve fréquemment "plaqué" contre la digue, laissant le point côtier hors tache thermique.

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

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

1.2. Calendrier des campagnes (tableau II-1.)

Onze campagnes ont pu être effectuées suivant une maille temporelle plus serrée en période de forte productivité primaire. Une seule campagne a dû être annulée pour raisons météorologiques.

Si on considère les coefficients de marée relatifs aux différentes campagnes, celles-ci peuvent être séparées en deux groupes (fig. II-3) : cinq d'entre elles ont été effectuées par coefficient assez fort voisin de 100, cinq autres par coefficient moyen (50 à 70). La campagne du 6 mai se caractérise par un coefficient particulièrement faible : 32.

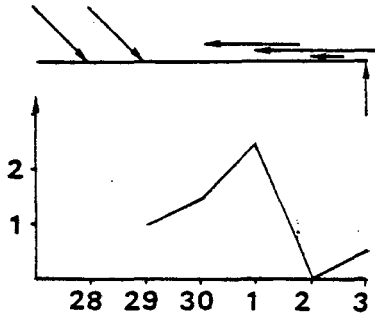
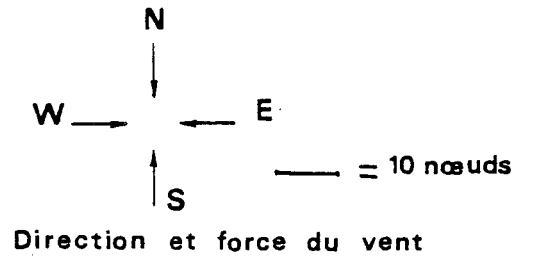
1.3. Conditions météorologiques

Les figures II-4 indiquent pour les cinq jours qui précèdent chaque campagne, la direction et la force du vent, ainsi que la hauteur des vagues à Sandettie (bateau-feu).

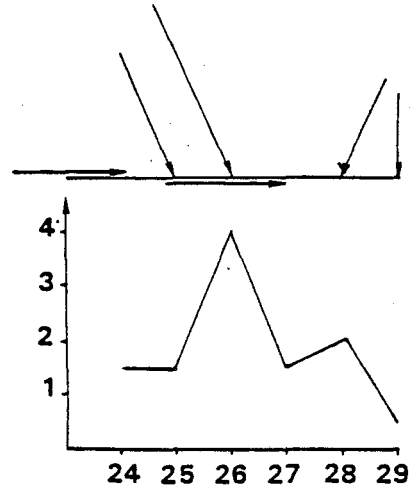
Ces conditions sont importantes pour interpréter certains paramètres tels que le pourcentage de saturation de l'eau en oxygène ou le taux de matières en suspension. En effet, la zone étudiée étant peu profonde, l'agitation des eaux de surface due au mauvais temps se fera sentir jusqu'au fond.

Il faut cependant signaler que l'état de la mer à Sandettie n'est pas le reflet exact de ce qui se passe sur le site, celui-ci étant beaucoup plus côtier se trouve plus abrité par vent de sud, sud-est en particulier.

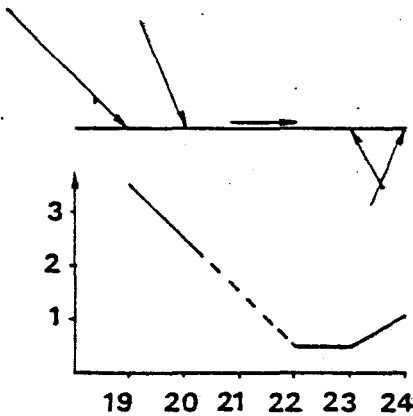
Fig II.4. : Conditions météorologiques pendant une période de cinq jours précédant chaque campagne (à Sandettie)



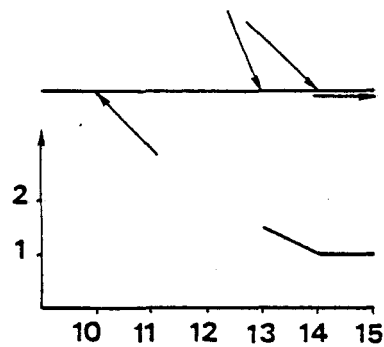
03 décembre 1982



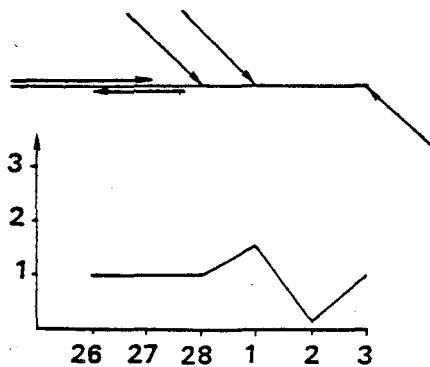
29 mars 1983



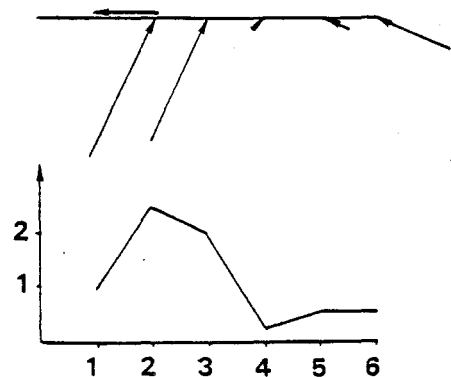
24 janvier 1983



15 avril 1983

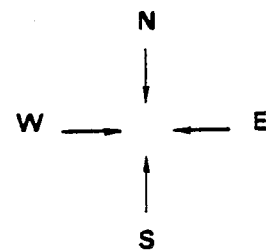
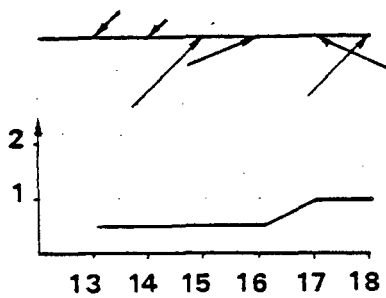
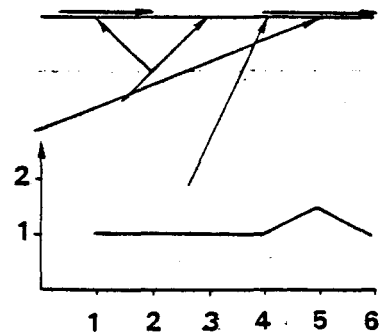
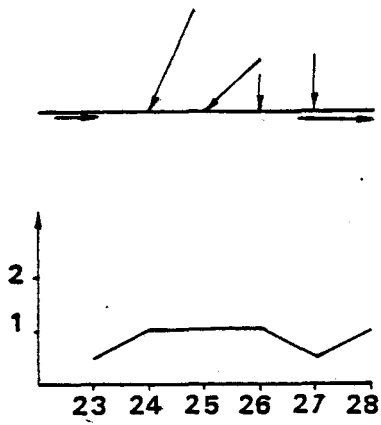
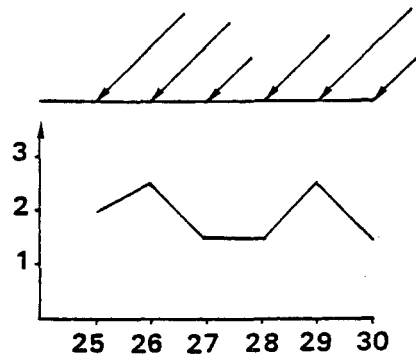
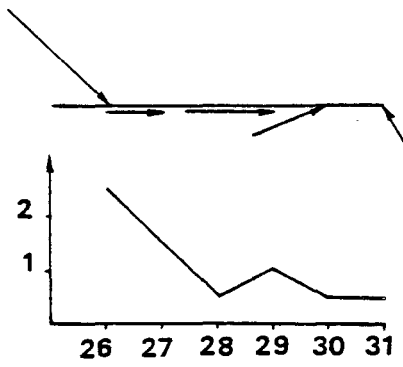


03 mars 1983



06 mai 1983

Fig II.4 . (suite)



Direction et force du vent
 — = 10 nœuds

1.4. Fonctionnement de la centrale lors des mesures

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

Dates	Puissance moyenne (MW/h) ou énergie électrique nette	Nombre de pompes du circuit de refroidissement en circulation	Nombre de tranches soumises à l'électrochloration
02.12.82	3 450	8	2
03.12.82	3 100 ± 350	8	2
23.01.83	2 600	3 1/2	1
24.01.83	2 650	4 1/2	0
02.02.83	1 900	5	0
03.02.83	1 900	5	0
28.03.83	3 600	6	0
29.03.83	3 600	6	0
14.04.83	2 680	6	0
15.04.83	2 680	6	0
05.05.83	1 700	6	2
05.05.83	1 700	6	2
30.05.83	1 800	5	1
31.05.83	1 600 ± 200	5	1
27.06.83	1 800	6	3
28.06.83	2 100 ± 300	6	3
17.07.83	2 350 ± 530	7	4
17.07.83	2 700	7	4
29.08.83	2 680	6	3
30.08.83	2 680	6	3
05.10.83	2 600	8	3
06.10.83	1 600 (1 ^o moitié) 1 900 ± 200 (2 ^o moitié)	8	2

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

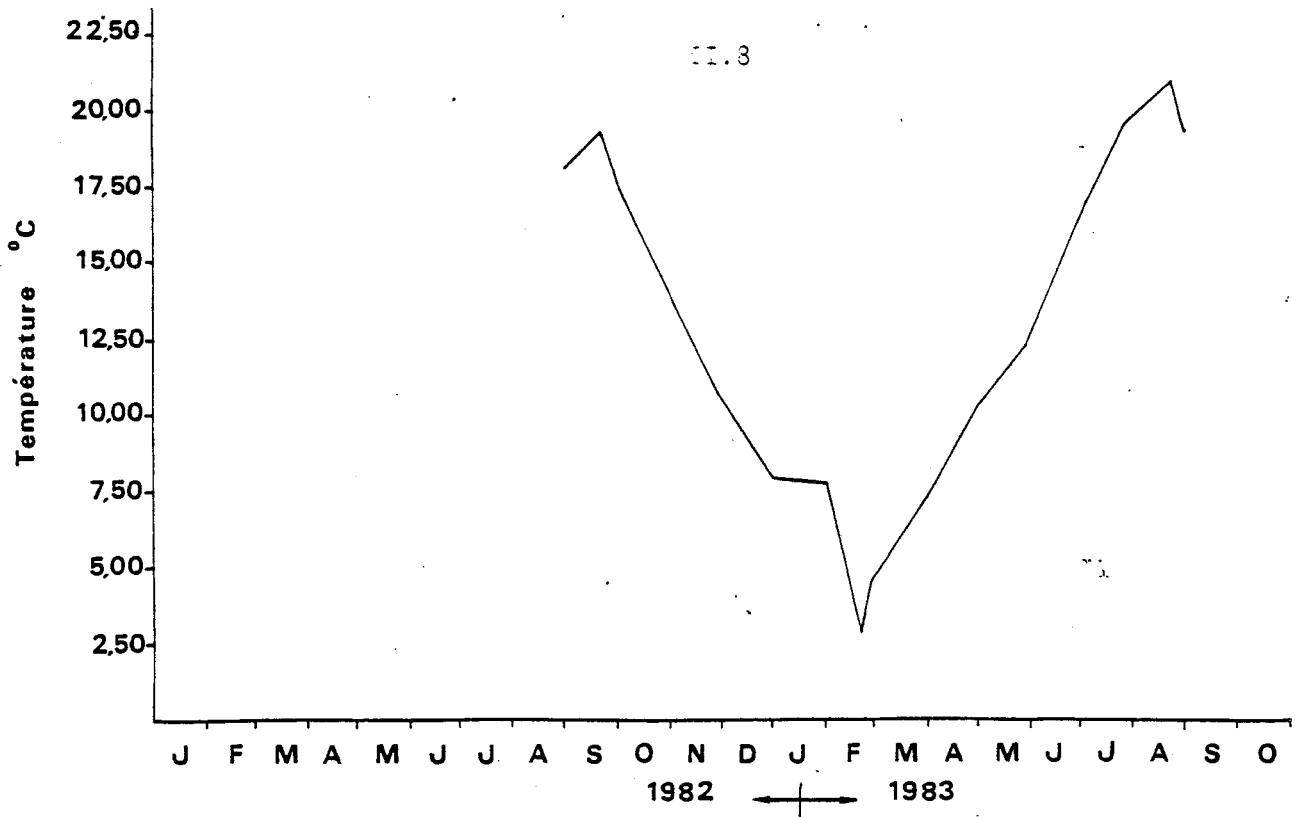


Fig. II.5 : Variations de la température au canal d'amenée d'après les données de l'institut Pasteur.

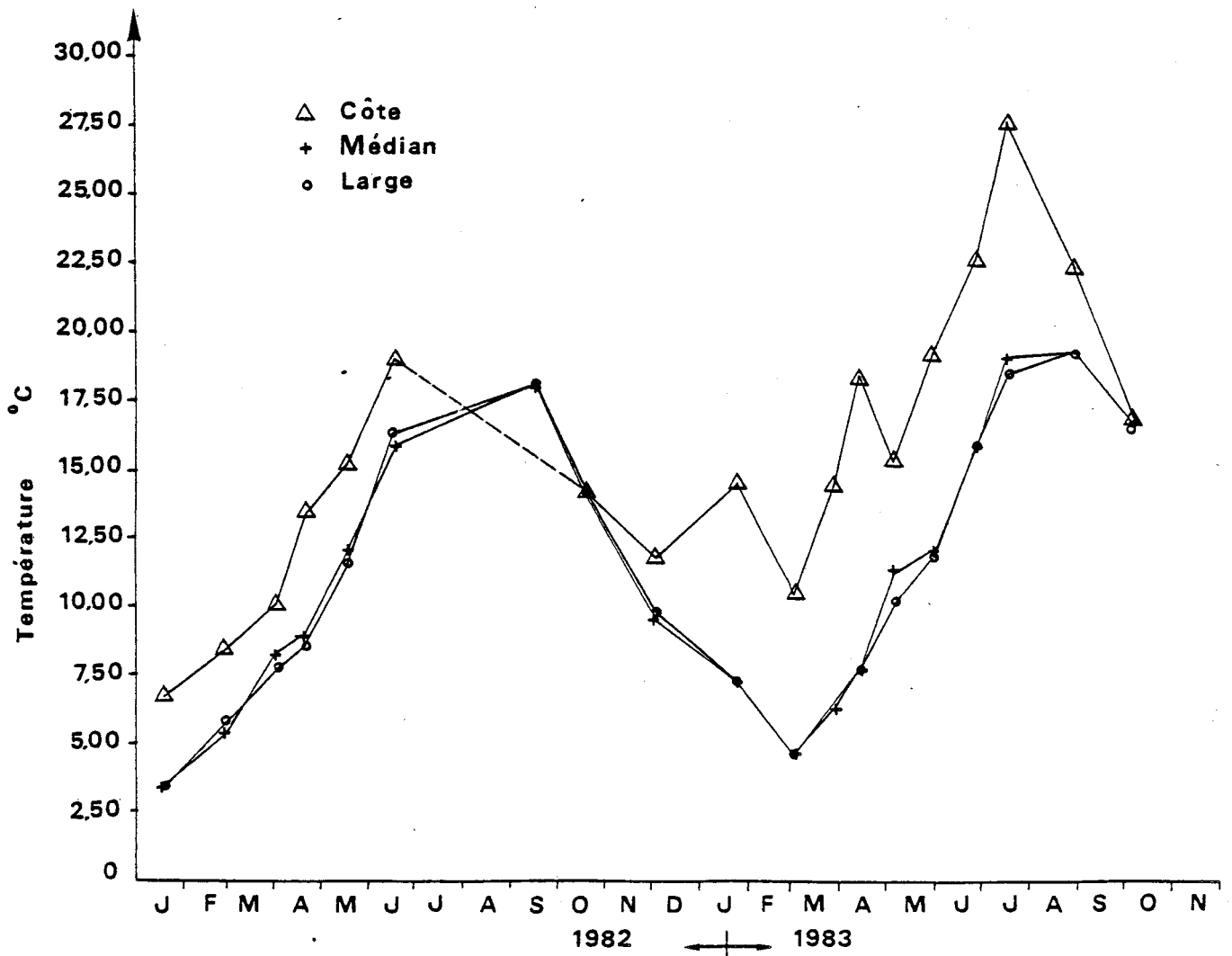


Fig. II.6 : Variations de la température aux différentes stations, tous niveaux confondus.

1.5. Paramètres mesurés

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

2. Matériel et méthodes

Les sorties en mer ont eu lieu à bord du N/O SEPIA II, navire océanographique de la Station Marine de Wimereux. Un petit laboratoire y permet le traitement immédiat des échantillons dans de bonnes conditions.

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

Les échantillons sont ensuite acheminés vers les laboratoires concernés : Institut Pasteur (microbiologie), C.O.B. (zooplancton) et S.M.W.

Prélèvements, mesures et analyses sont effectués selon les techniques océanographiques exposées en annexe en respectant les spécificités techniques relatives à chaque paramètre hydrobiologique étudié.

3. Variations des paramètres physicochimiques

3.1. Température

3.1.1. Evolution naturelle de la masse d'eau

Les variations de température de la masse d'eau suivent celles de l'air. Les mesures effectuées journalièrement par l'Institut Pasteur au canal d'amenée jusqu'en septembre 83 reflètent bien l'influence climatique (fig. II-5.). On note une stabilisation de la température de l'eau aux environs de 8°C durant le mois de janvier (exceptionnellement doux) suivie d'un

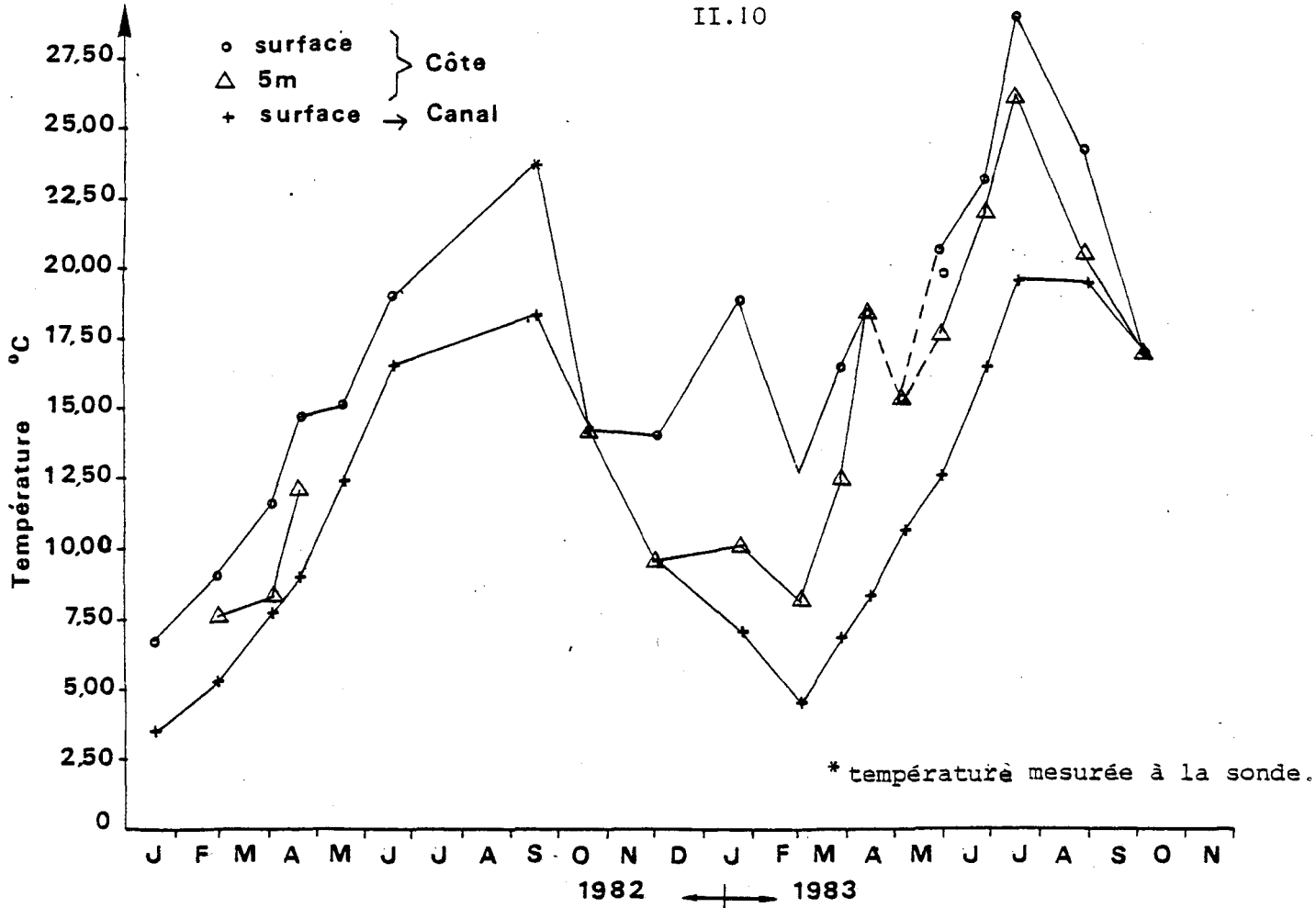


Fig. II.7 : Variations de la température au point côte et au canal d'amenée .

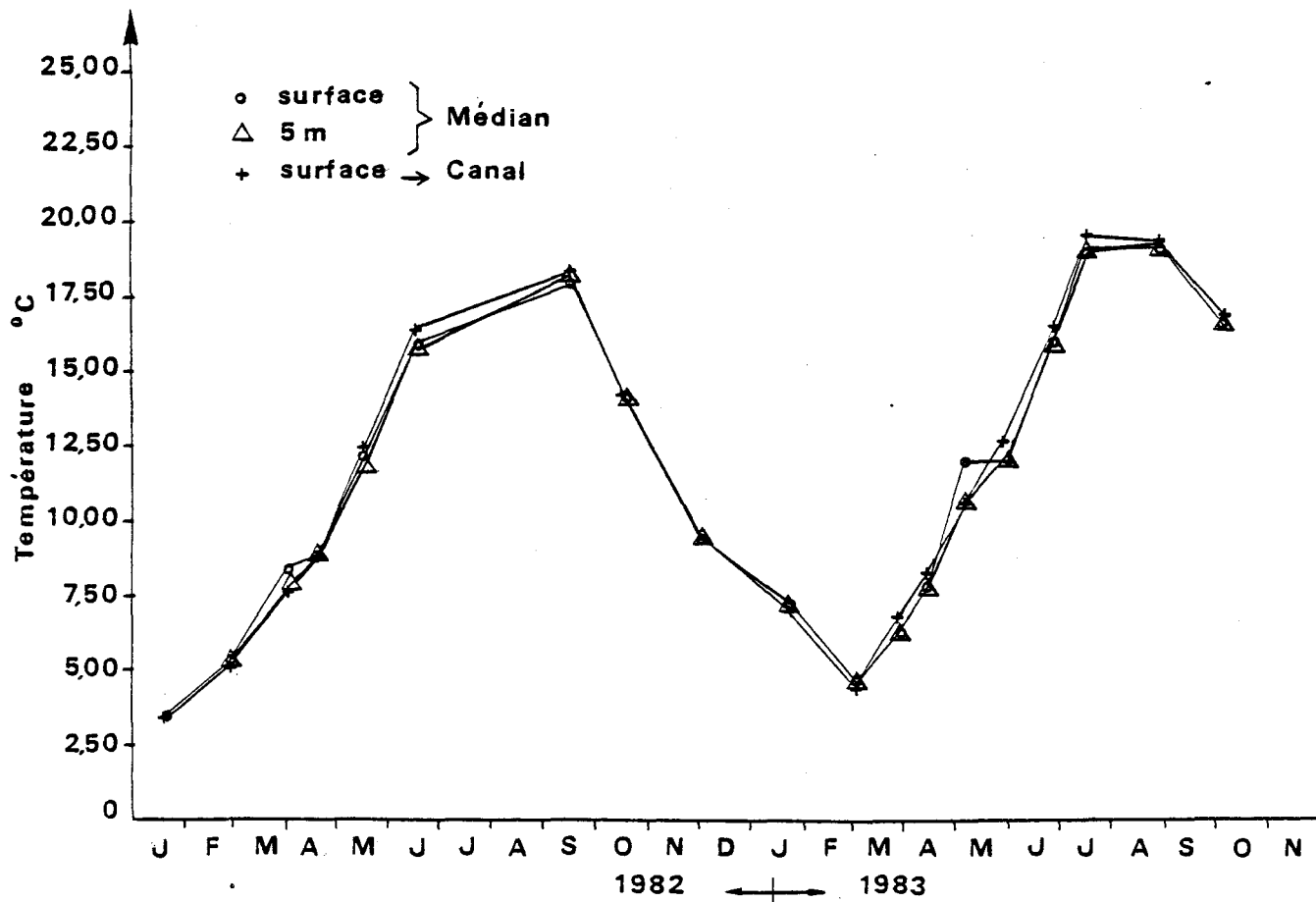


Fig. II.8 : Variations de la température au point médian et au canal d'amenée .

refroidissement brutal en février (minimum de 3°C enregistré le 23 février). Le réchauffement déjà relativement lent du printemps accuse, durant le mois de mai, un coup de frein assez marqué (12°C seulement fin mai) qui a pu avoir des conséquences sur le développement des populations planctoniques. Les valeurs proches de 20°C relevées fin juillet attestent du réchauffement tardif mais important des mois de juin et juillet.

3.1.2. Impact thermique du rejet de la centrale

L'impact thermique du rejet

de la centrale s'est fait sentir au point côtier lors de chaque campagne, exception faite de la dernière sortie d'octobre. Celle-ci a eu lieu dans des conditions particulièrement défavorables de fort vent d'ouest (fig. II-6.), le rejet se trouvant alors plaqué à la côte par les courants.

Le Δt constaté entre les eaux du canal d'amenée et celles du point côtier (fig. II-7.), ainsi que le gradient thermique côte-large (fig. II-6.) est toujours supérieur à 4°C, dépasse souvent 8°C (6 fois sur 10) et atteint 11°C le 24 janvier.

Lorsque l'on essaie d'établir une relation entre le fonctionnement de la centrale et l'échauffement observé sur le site, on s'aperçoit (Fig. II-9.) que ce dernier est assez bien corrélé linéairement au rapport P/N :

$$\frac{\text{Energie électrique nette}}{\text{nombre de pompes du circuit de refroidissement en circulation}}$$

si l'on tient compte de l'origine correspondant à un fonctionnement nul et si on excepte les campagnes de décembre 82 (les prélèvements au point côte ayant eu lieu au moment de la renverse de flot) ainsi que celles des mois d'août et septembre réalisées dans des conditions météorologiques particulièrement défavorables (très fort vent de Nord-Est avec des creux de 1,50 à Sandettie dans le premier cas et fort vent d'Ouest avec des creux de 1 m dans le second cas).

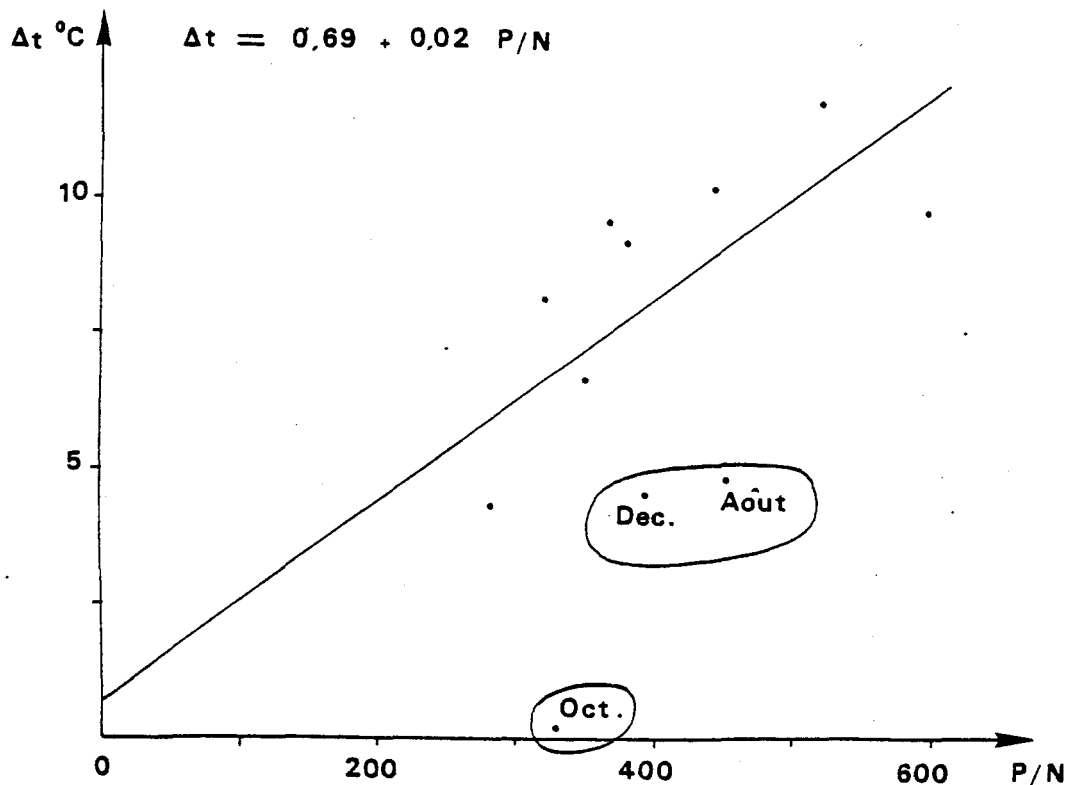


Figure II-9 : Corrélation entre l'échauffement de l'eau (Δt en °C) observé sur le site et le fonctionnement de la centrale (P/nombre de pompes du circuit de refroidissement en circulation).

Le coefficient de corrélation obtenu $r = 0,93$ est significatif à 0,1 %, ce qui tendrait à prouver que l'eau échantillonnée en surface du point côtier dans ces conditions est presque exclusivement constituée de l'eau de rejet de la centrale. A ce point côtier, l'ensemble de la masse d'eau est affecté tout en gardant une stratification verticale qui s'atténue fortement par vent d'ouest (mission de juin) et peut même alors disparaître complètement (mission d'avril)(fig. II-7.).

Il est important de remarquer que le point médian semble n'être affecté qu'exceptionnellement par la tache thermique. Ce cas semble s'être produit au moment de la renverse de jusant d'une marée de coefficient particulièrement faible (32) et par vent E-SE assez faible (campagne du 6 mai 83). Le gradient thermique entre la surface et le niveau -5m atteint alors $+ 1,37^\circ\text{C}$ (fig. II-8.) et ne peut s'expliquer uniquement par un réchauffement saisonnier puisque le Δt du point médian par rapport au canal d'amenée atteint également $+ 1,36^\circ\text{C}$ à une période où la température au canal est habituellement excédentaire par rapport aux eaux du site.

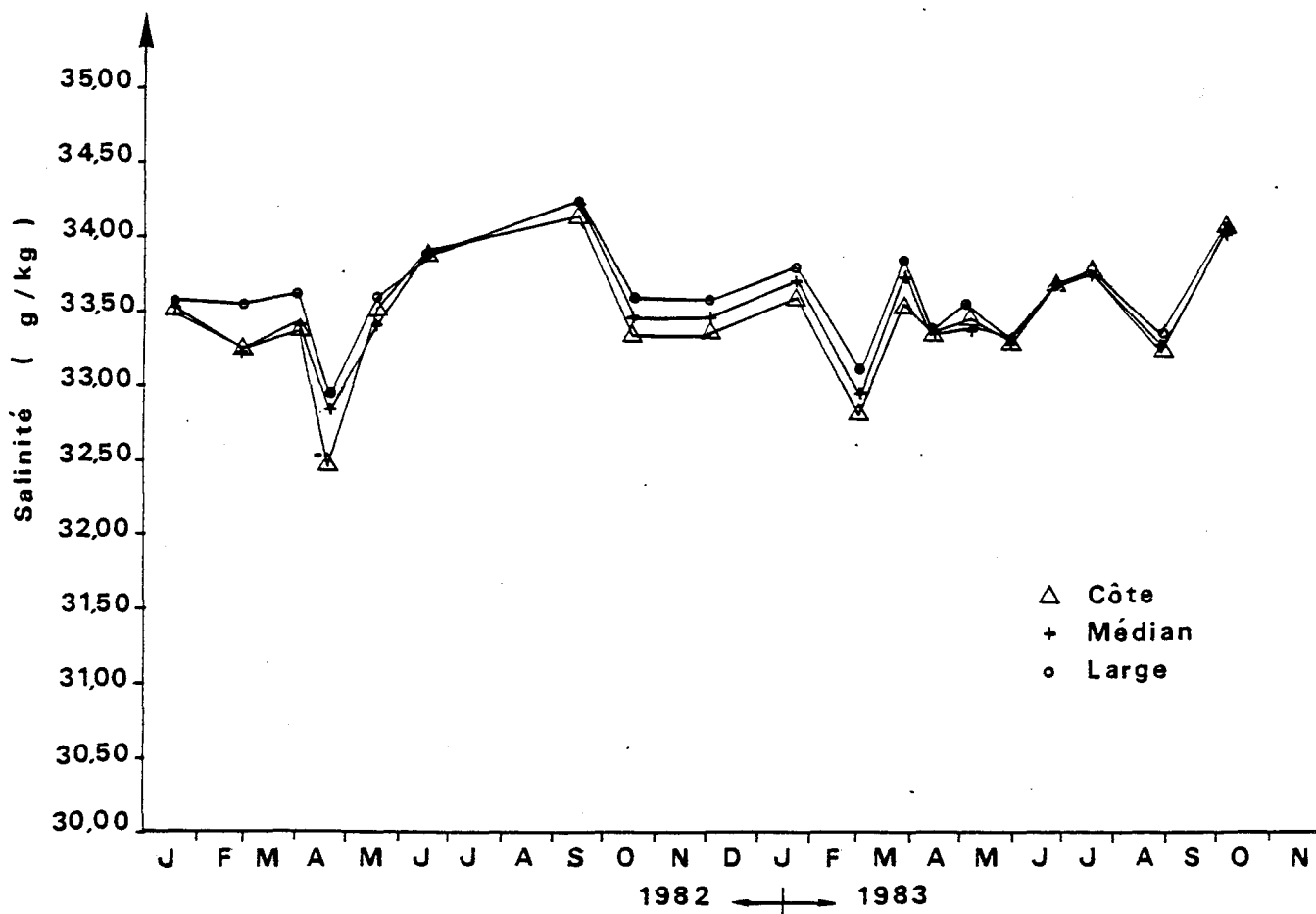
II - 3.2. Salinité (fig. II-10.)

Fig. II.10 : Variations de la salinité aux différentes stations, tous niveaux confondus.

La salinité présente des variations irrégulières peu marquées autour d'une valeur moyenne de 33,526 ‰ au niveau de la radiale.

On observe difficilement durant ce cycle le comportement caractéristique des eaux côtières : maximum en été et minimum en hiver et au printemps lié aux précipitations et aux apports telluriques. L'influence de l'Aa se fait cependant sentir par l'établissement d'un gradient côte-large (variant de 0,17 à 0,30 ‰) bien établi d'octobre 82 à fin mars 83, pendant la période de plus fort débit de cet apport tellurique.

Le minimum constaté (32,82 ‰ au point côte) est enregistré le 3 mars et marque une légère dessalure accidentelle contrariant l'effet dû à l'affaiblissement du régime des précipitations mais correspondant cependant à une reprise du débit de l'Aa après un affaiblissement momentané.

Fig. II.11 : Variations du sigma.T aux différentes stations, tous niveaux confondus.

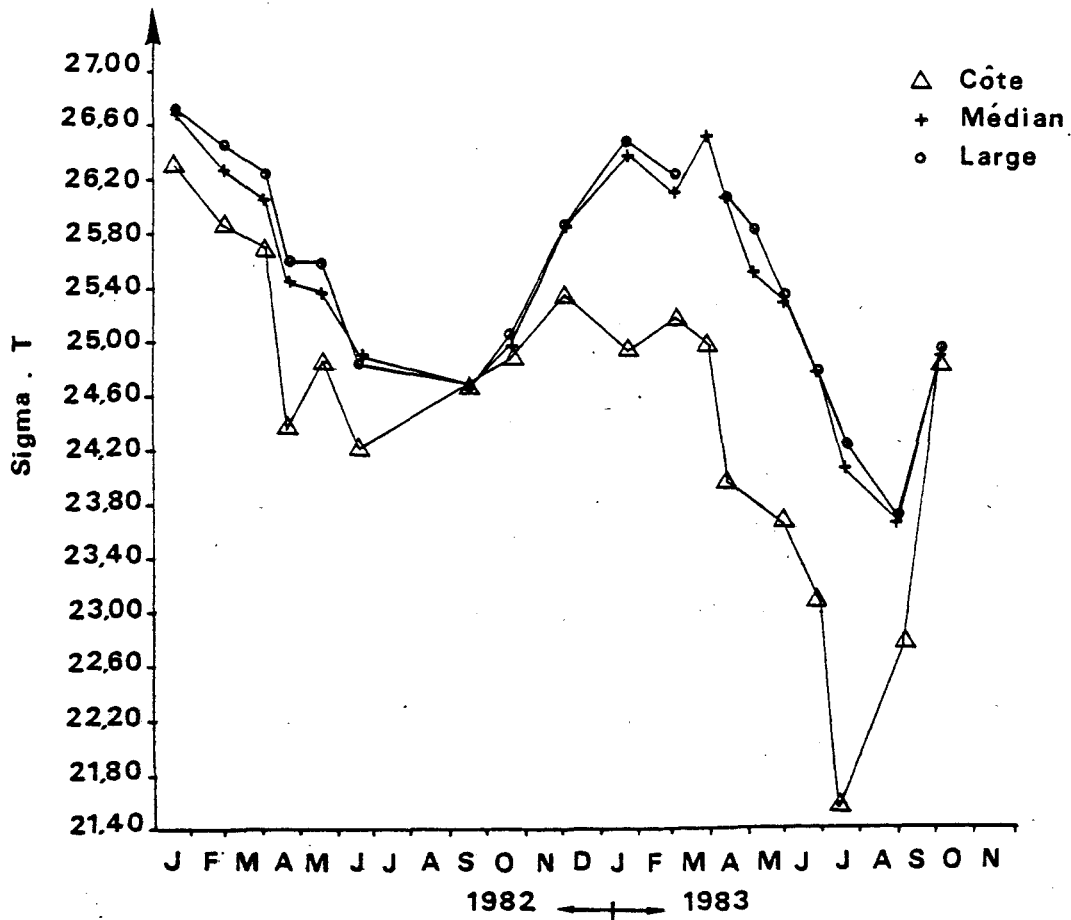
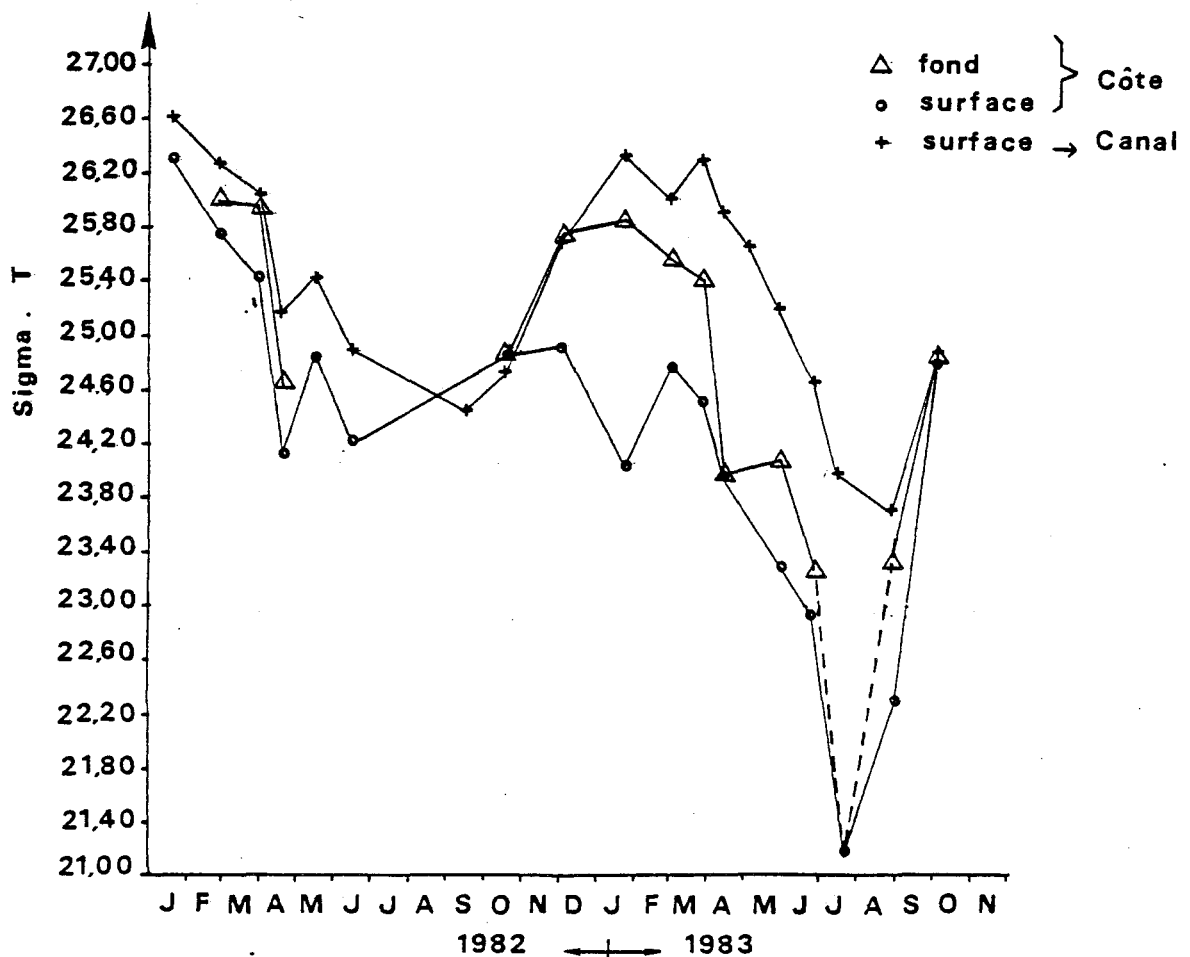


Fig. II.12 : Variations de la densité au point côte et au canal.



3.3. Densité (fig. II - 11 et 12)

L'effet conjugué des variations de la température et de la salinité détermine l'évolution saisonnière de la densité. Celle-ci présente donc une allure inverse de celle du paramètre le plus fluctuant, ici la température, contrariée ou accentuée par les variations de salinité. C'est ainsi que la petite dessalure du 3 mars provoque une chute de densité.

Si le minimum estival (≈ 1.0235) paraît cette année plus faible que les années antérieures (effet combiné des faibles salinités et des températures élevées cet été), l'absence de prélèvements du 17 juin au 17 septembre l'année précédente interdit la comparaison.

L'échauffement de l'eau prélevée dans l'avant-port ouest de Dunkerque (canal d'amenée) provoque une baisse de densité de cette eau pouvant atteindre 0.03 (fig. II-12.). Cet échauffement thermique, dû à l'action de la centrale, est à l'origine de la présence d'une masse d'eau de densité exceptionnellement faible au niveau du point côtier. Si la stratification verticale de cette masse d'eau paraît parfois évidente (fig. II-12.), elle fluctue continuellement en fonction de l'évolution de la marée (hauteur d'eau et courants), ainsi que de la direction et de la force des vents, influences accentuées par la faible profondeur à cet endroit (< 1 m à basse mer en période de vive eau).

3.4. Matières en suspension (M.E.S.) (fig. II-13); turbidité (fig. II-16) ; transparence de l'eau (fig. II-14 et 17)

Le gradient côte-large classiquement observé pour les M.E.S. (avec des valeurs supérieures à la côte) se perpétue cette année encore au niveau des stations M et L ; il se trouve même accentué par des teneurs au point médian, supérieures à celles enregistrées les années antérieures (leur moyenne au cours de ce cycle d'étude y est proche de 35 mg/l alors qu'elle n'atteignait que 25 mg/l en 1982).

A la côte, les teneurs en M.E.S. marquent un affaiblissement encore plus net que l'année précédente, et deviennent même parfois inférieures à celles du large. Les valeurs y sont proches de celles enregistrées au canal d'amenée et leurs fluctuations

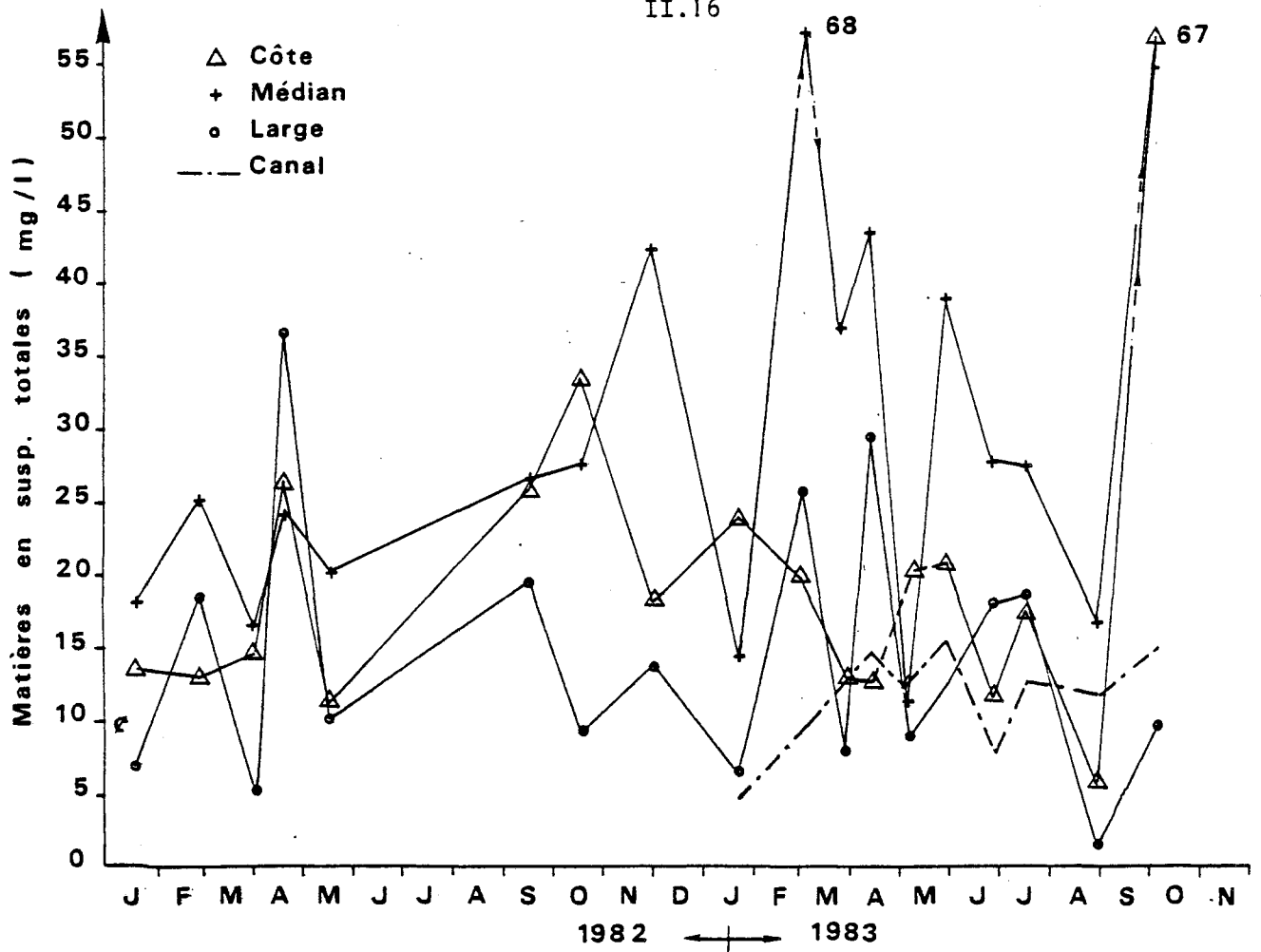


Fig. II.13 : Variations des teneurs en MES aux différentes stations, tous niveaux confondus.

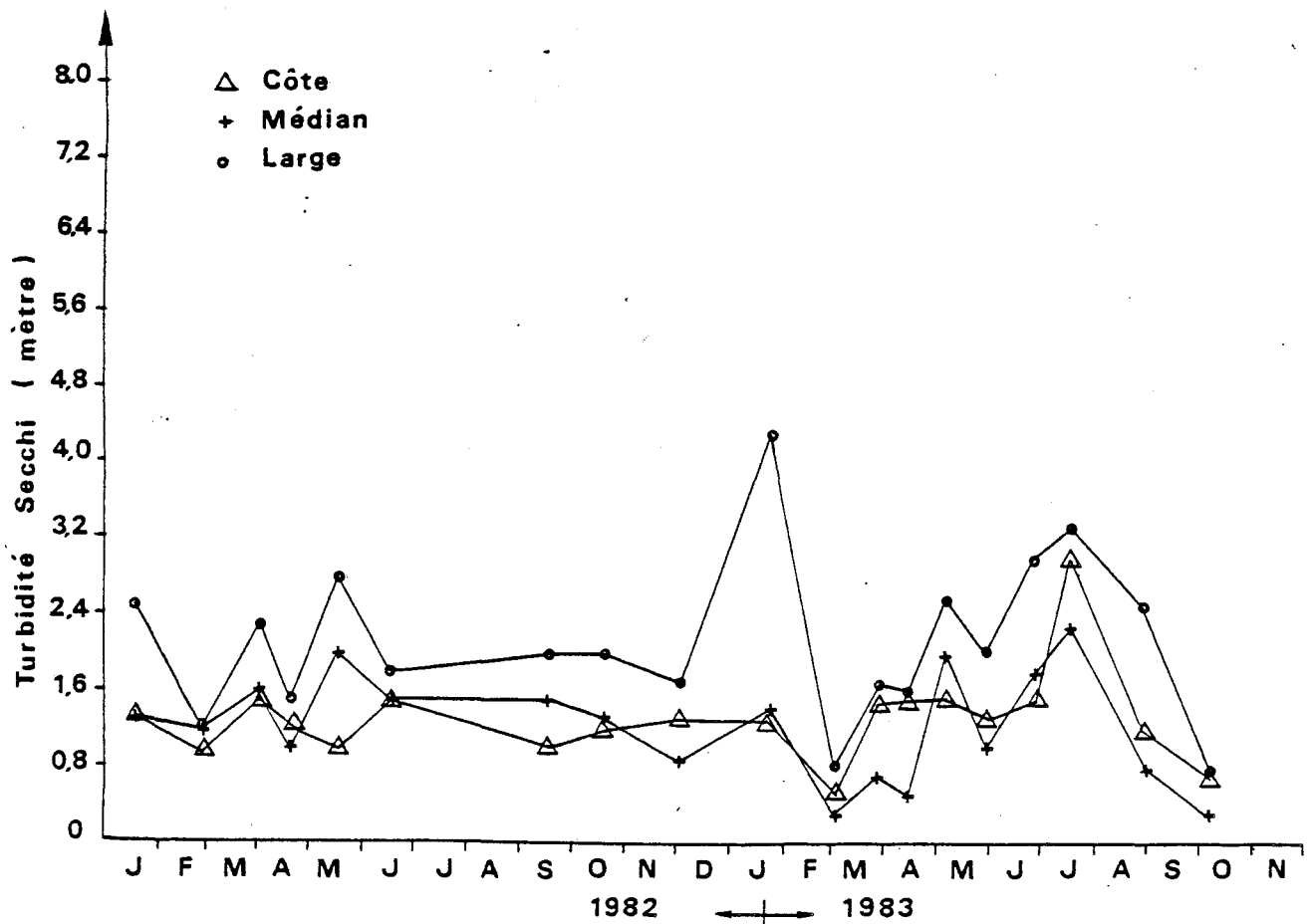


Fig. II.14 : Profondeur de disparition du disque de Secchi aux différentes stations

y sont également moins marquées. Trois campagnes seulement se distinguent par des teneurs plus élevées à la côte qu'au point médian : en octobre 83, le prélèvement a eu lieu hors du rejet dans des conditions météorologiques défavorables ; le 6 mai, la faible hauteur d'eau au point C a pu être à l'origine d'une remise en suspension des sédiments par l'hélice du bateau (un seul niveau a été prospecté à mi-hauteur de la colonne d'eau) ; le 24 janvier le gradient côte-large demeure inexplicé.

Les variations de turbidité (fig. II-16) semblent similaires à celles des M.E.S. et nous avons pu mettre en évidence une relation linéaire de la forme $y = ax + b$ entre ces deux facteurs, pour l'ensemble des résultats obtenus sur le site durant ces deux dernières années (fig. II-15).

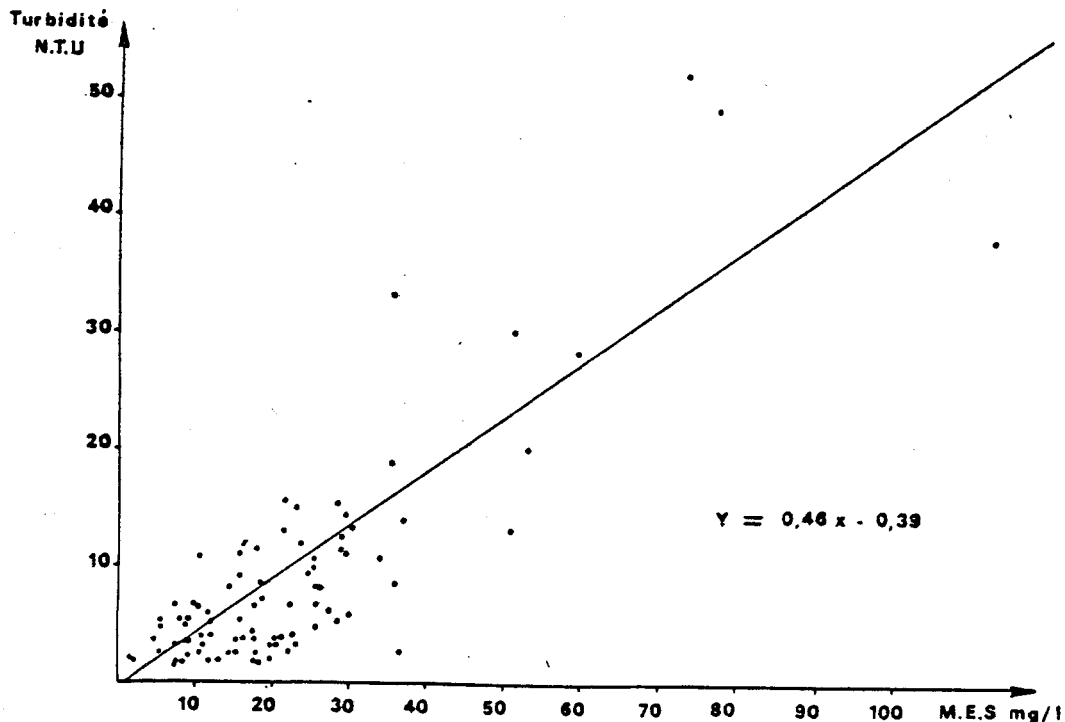


Figure II.15 : Corrélation entre la turbidité et les matières en suspension totales

La corrélation obtenue, de coefficient $|r| = 0,74$ (86 DL) est significative à 0,1 % mais ne doit pas être généralisée à tous les cas possibles.

Les variations de la profondeur de disparition du disque de Secchi (fig. II-14) (transparence de l'eau) présentent bien les allures inverses attendues de celles de la quantité

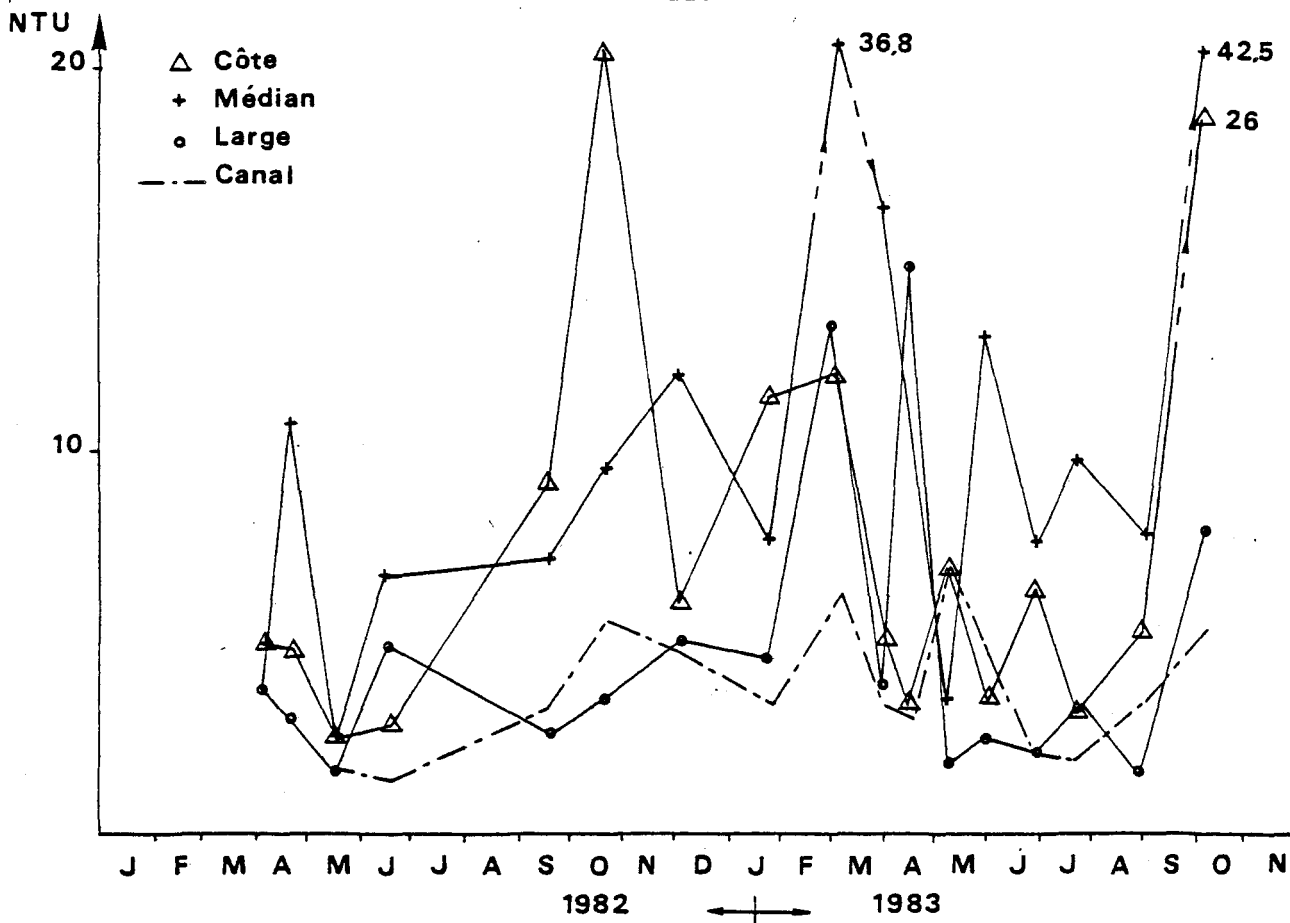


Fig. II.16 : Variations de la turbidité aux différentes stations, tous niveaux confondus.

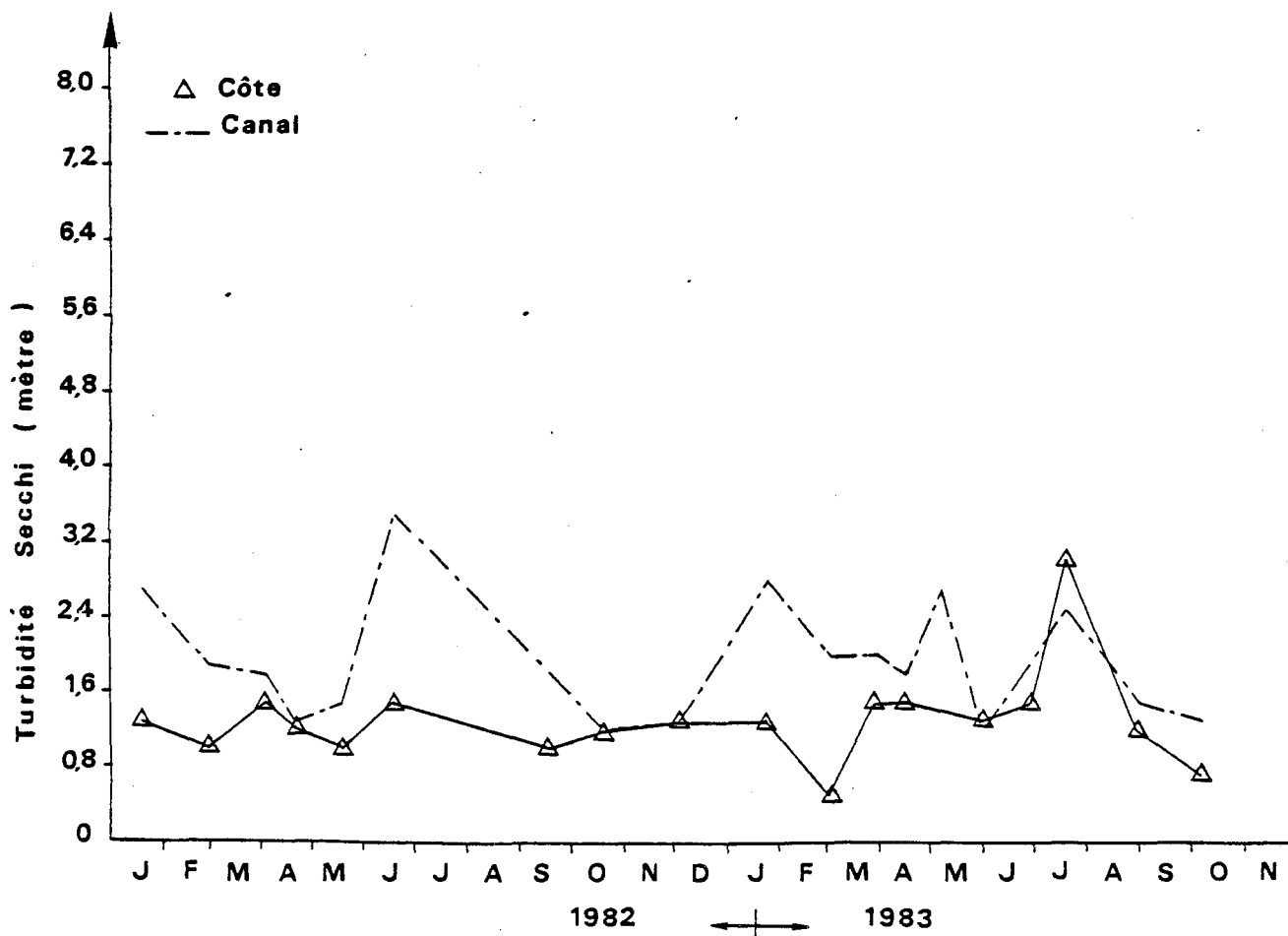


Fig. II.17 : Profondeur de disparition du disque de Secchi au canal et à la côte

de matières en suspension et de la turbidité, avec un minimum le trois mars probablement lié à la dessalure enregistrée à ce moment, et des valeurs maximales en été (fig. II-17). Le gradient côte-large, avec des valeurs plus élevées au large, n'existe plus qu'en dehors de la zone de rejet de la centrale. Les valeurs au point côtier occupent maintenant une position intermédiaire entre le point médian et le large et sont presque constamment comprises entre 1.2 m et 1.6 m avec des variations exceptionnelles en mars (dessalure), juillet (transparence exceptionnelle) et octobre (prélèvement hors rejet).

3.5. Oxygène dissous (fig II-18 et 19)

L'oscillation saisonnière fondamentale du taux d'oxygène dissous est due à l'influence de la température et de la salinité sur la solubilité de l'oxygène dans l'eau (celle-ci diminue avec l'augmentation estivale de la température et de la salinité).

La dessalure observée début mars est à l'origine d'un petit pic d'oxygène dissous particulièrement net au niveau des eaux plus chaudes du point côtier. D'autres facteurs, tels que les conditions d'échange avec l'atmosphère (turbulence due aux vents et aux courants) et de l'activité photosynthétique végétale, peuvent venir perturber cette oscillation régulière. L'influence de ce dernier facteur est particulièrement nette cette année : le pic enregistré début mai trouve son explication dans l'oxygénation résultant de la photosynthèse des populations phytoplanctoniques (leur croissance est alors maximale, épuisant toutes les ressources du milieu en sels nutritifs) ; la baisse enregistrée fin mai, alors que le pourcentage de chlorophylle active est pratiquement identique à celui de début de mois pour une population phytoplanctonique beaucoup plus importante (pic de chlorophylle), trouve peut-être son explication dans une consommation accrue (zooplancton). On atteint la sous-saturation en oxygène fin juin (76 % au moins M) avec la disparition du phytoplancton. La station canal d'amenée montre des taux d'oxygène dissous proches de ceux observés sur la radiale, avec des extrêmes moins marqués, ainsi que quelques particularités retrouvées au niveau de la chlorophylle (valeurs supérieures en avril et juillet, nettement inférieures en août) et donc improbables aux productivités différentes des masses d'eau (fig. II.33 et II.34).

Fig. II. 18 : Variations du taux d'oxygène dissous aux différentes stations, tous niveaux confondus.

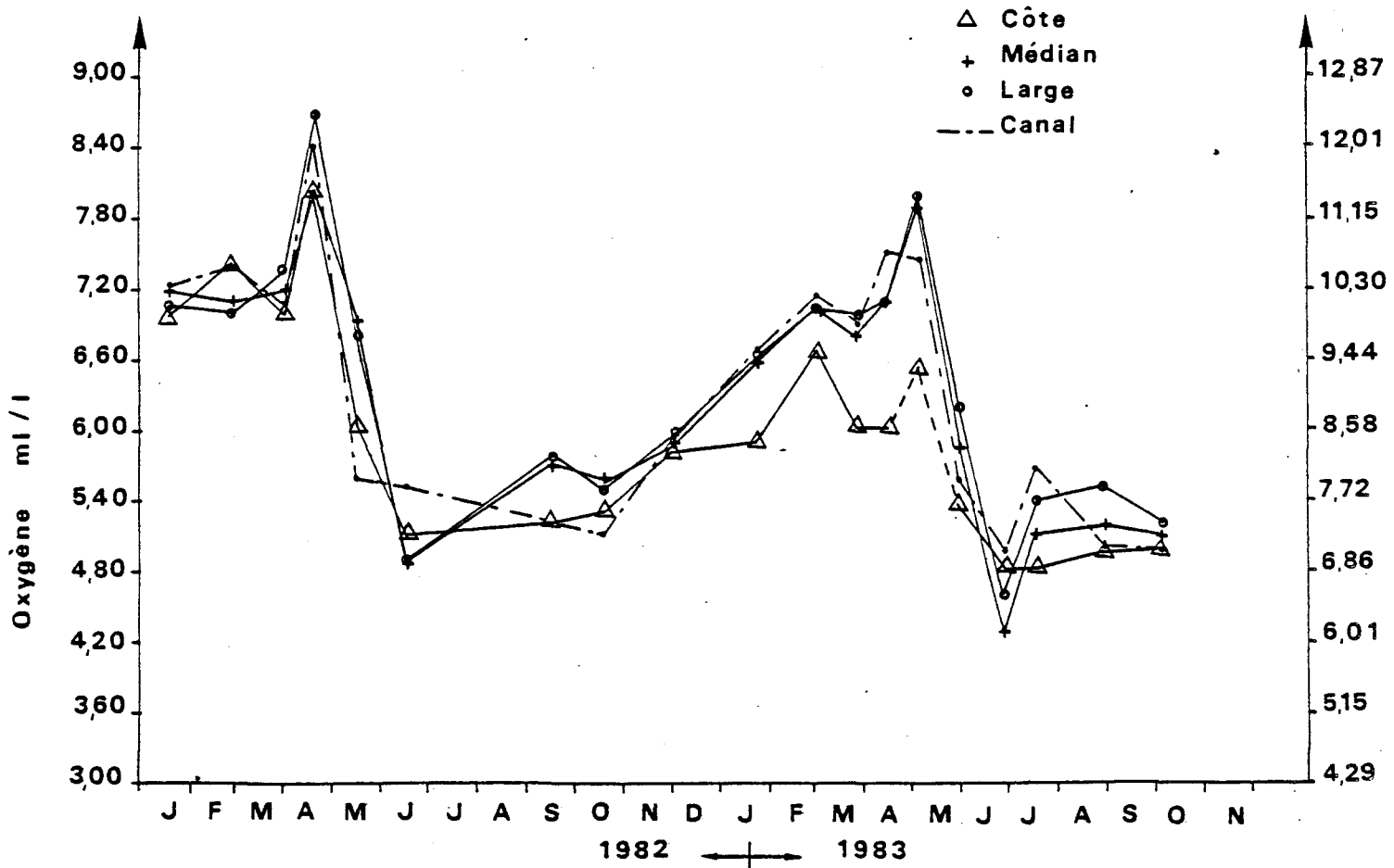


Fig. II. 19 : Variations du pourcentage de saturation en oxygène aux différentes stations, tous niveaux confondus.

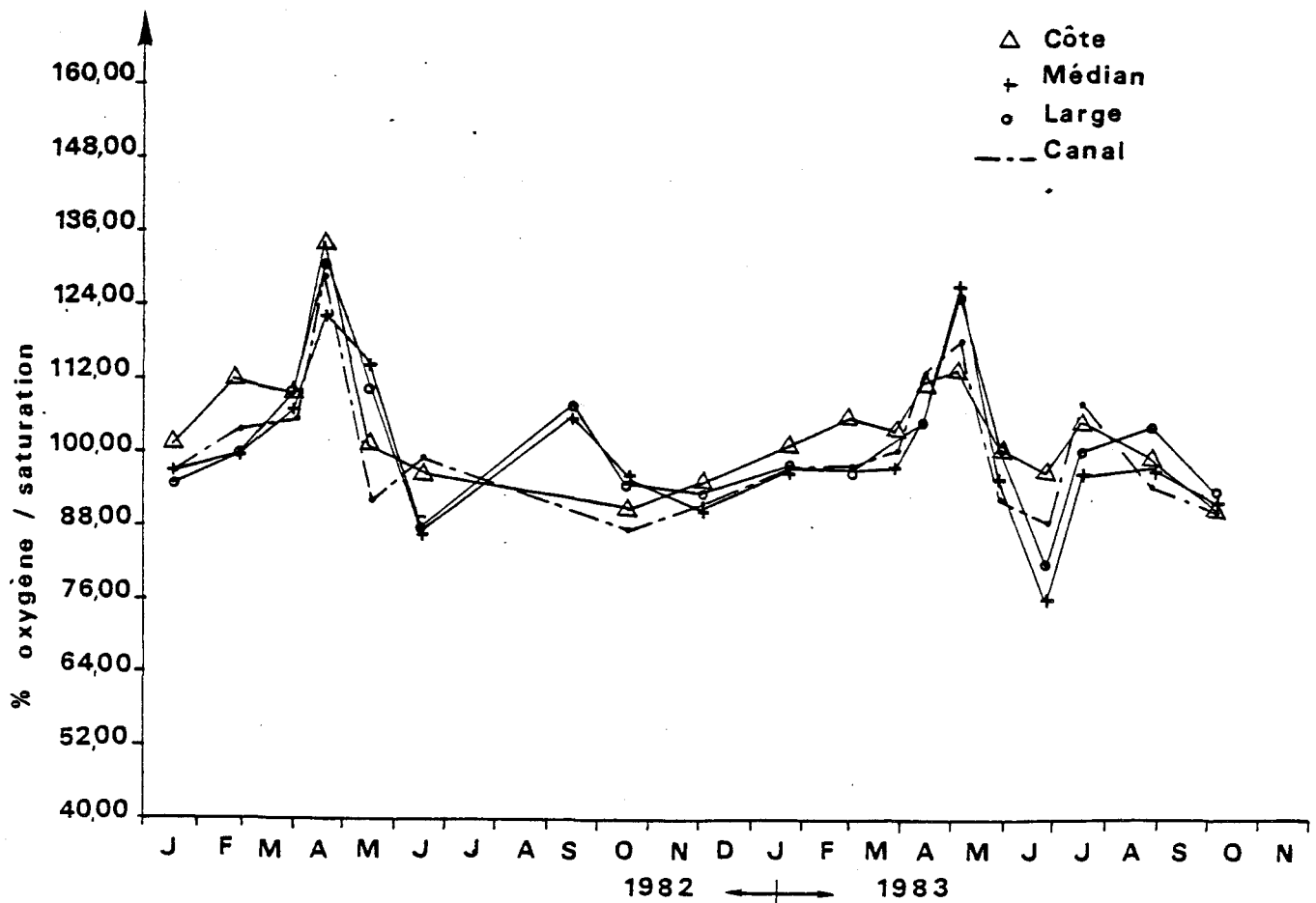


Fig. II. 20 : Impact du transit sur la teneur en oxygène.

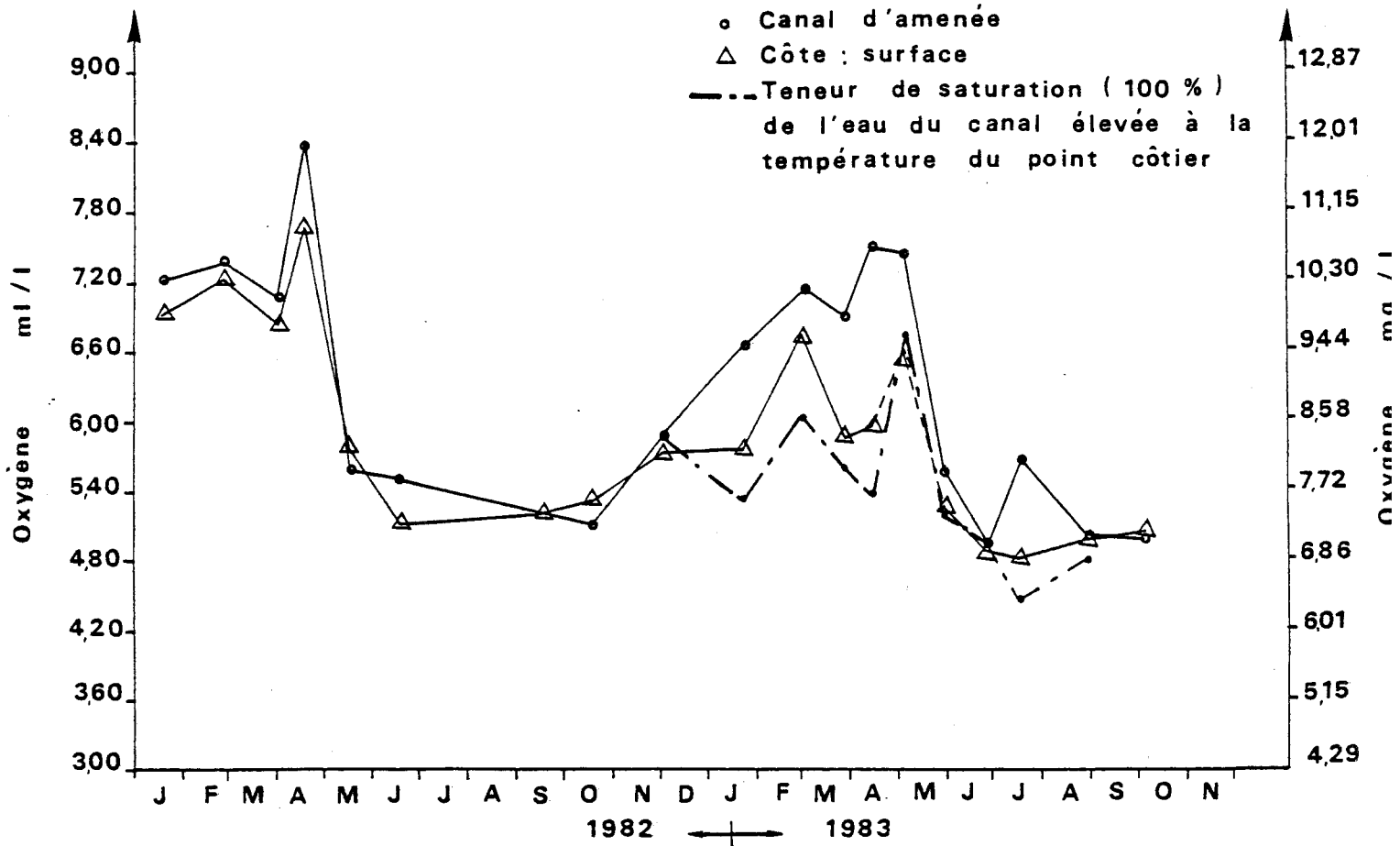
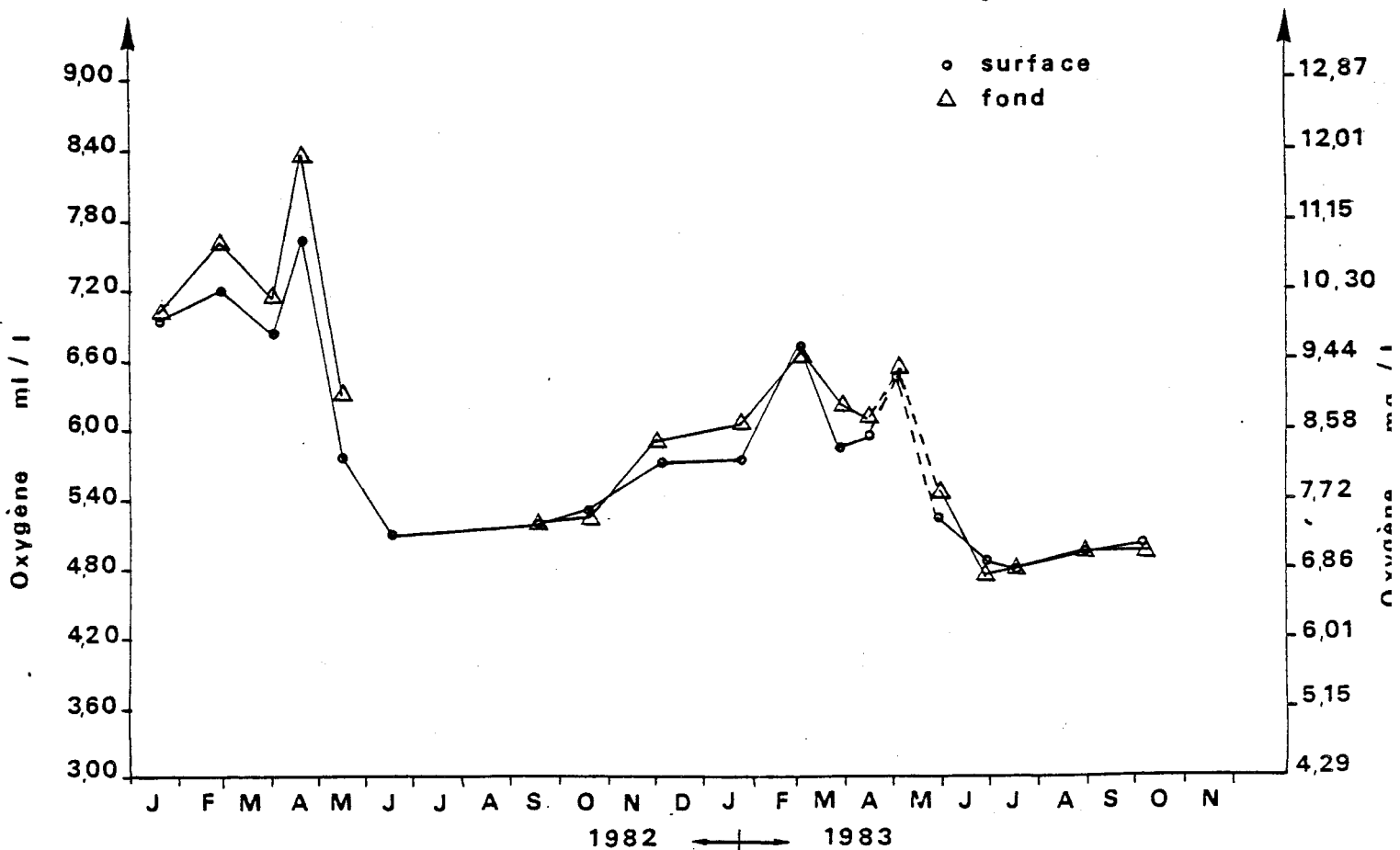


Fig. II. 21 : Variations du taux d'oxygène dissous au point côte.



L'effet de la centrale est particulièrement sensible au niveau de ce paramètre. On enregistre une nette diminution de la concentration de l'oxygène dissous au point côtier par rapport au canal d'amenée (fig. II-20) ; cette diminution est particulièrement nette en période de forte oxygénation (hiver-printemps). La désoxygénation de l'eau lors du transit à l'intérieur de la centrale est une conséquence directe de l'élévation de la température qui diminue le pouvoir de solubilité de l'oxygène dans l'eau. Si l'on compare la teneur en oxygène dissous de l'eau au canal d'amenée, à la valeur théorique calculée de saturation de cette même eau élevée à la température du point côtier, on constate qu'à deux ou trois exceptions près (décembre, juin et août), la teneur en oxygène dissous est toujours nettement supérieure à la valeur de saturation calculée. On a donc, après passage dans la centrale, un dégazage en surface permettant un retour progressif vers la teneur de saturation et conduisant à la production d'une eau appauvrie en oxygène, bien que saturée (fig. II-21).

3.6. pH

Lorsque l'on considère les variations de pH tout au long de ce cycle d'étude, celui-ci laisse apparaître trois périodes bien distinctes (fig. II-23) :

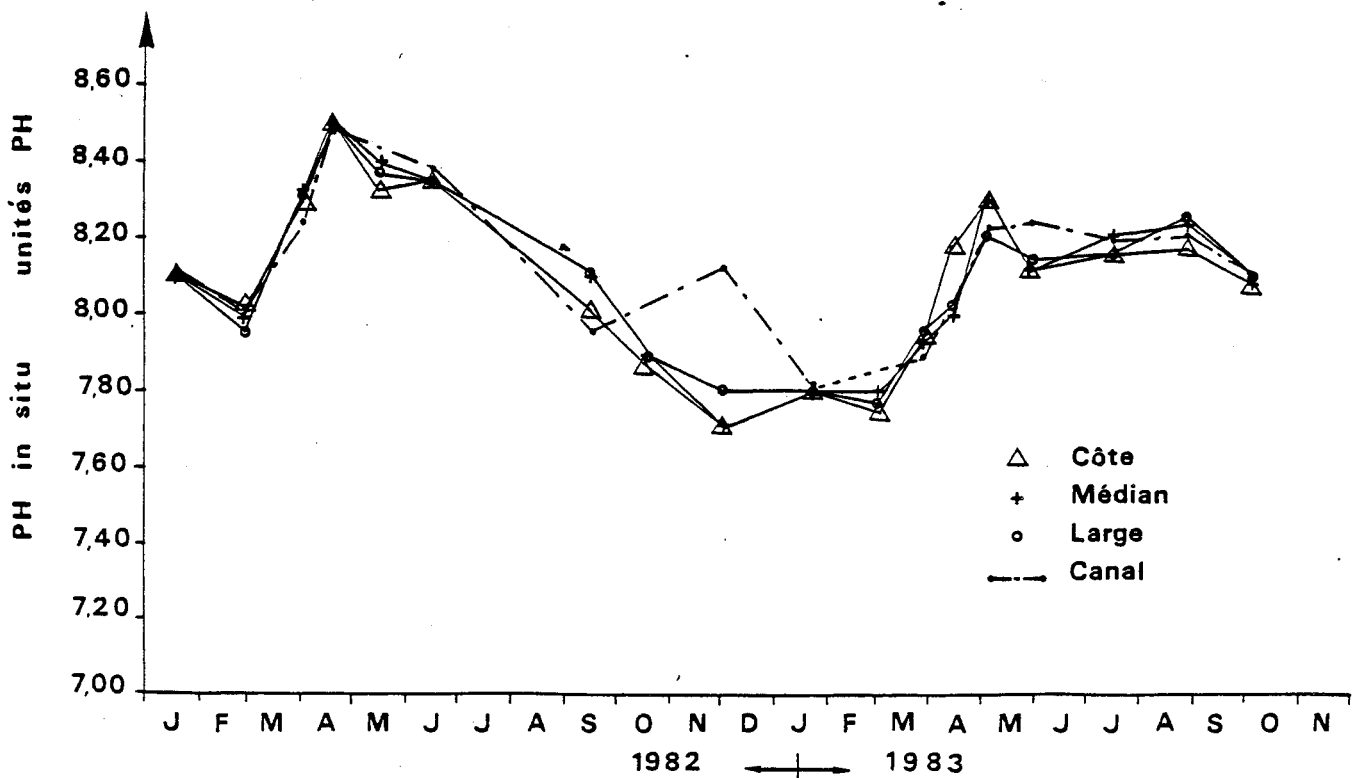


Figure II-22 : Variations du pH aux différentes stations, tous niveaux confondus.

Fig. II. 23 : Variations du PH au point côte

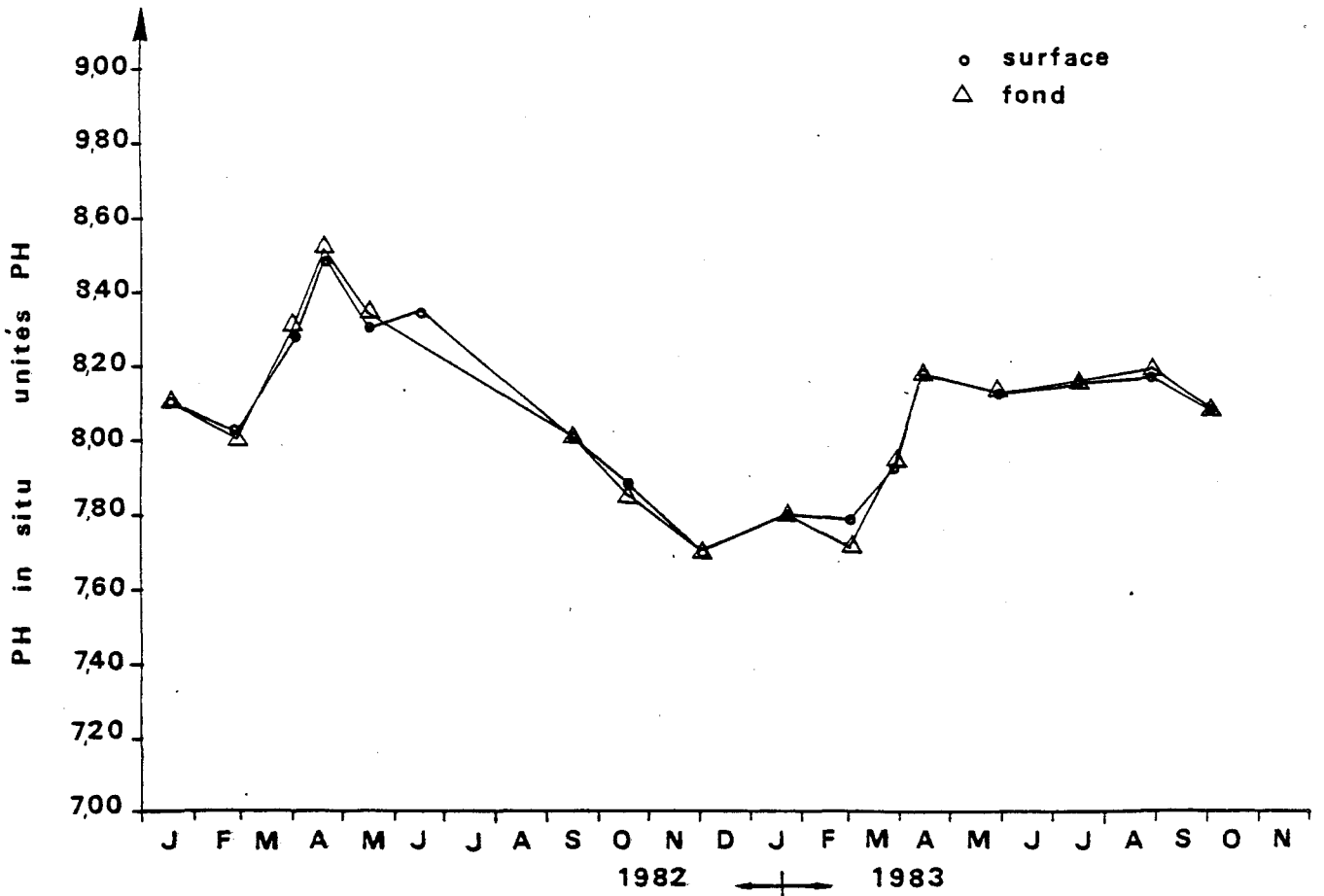


Fig. II. 24 : Variations du PH au point médian

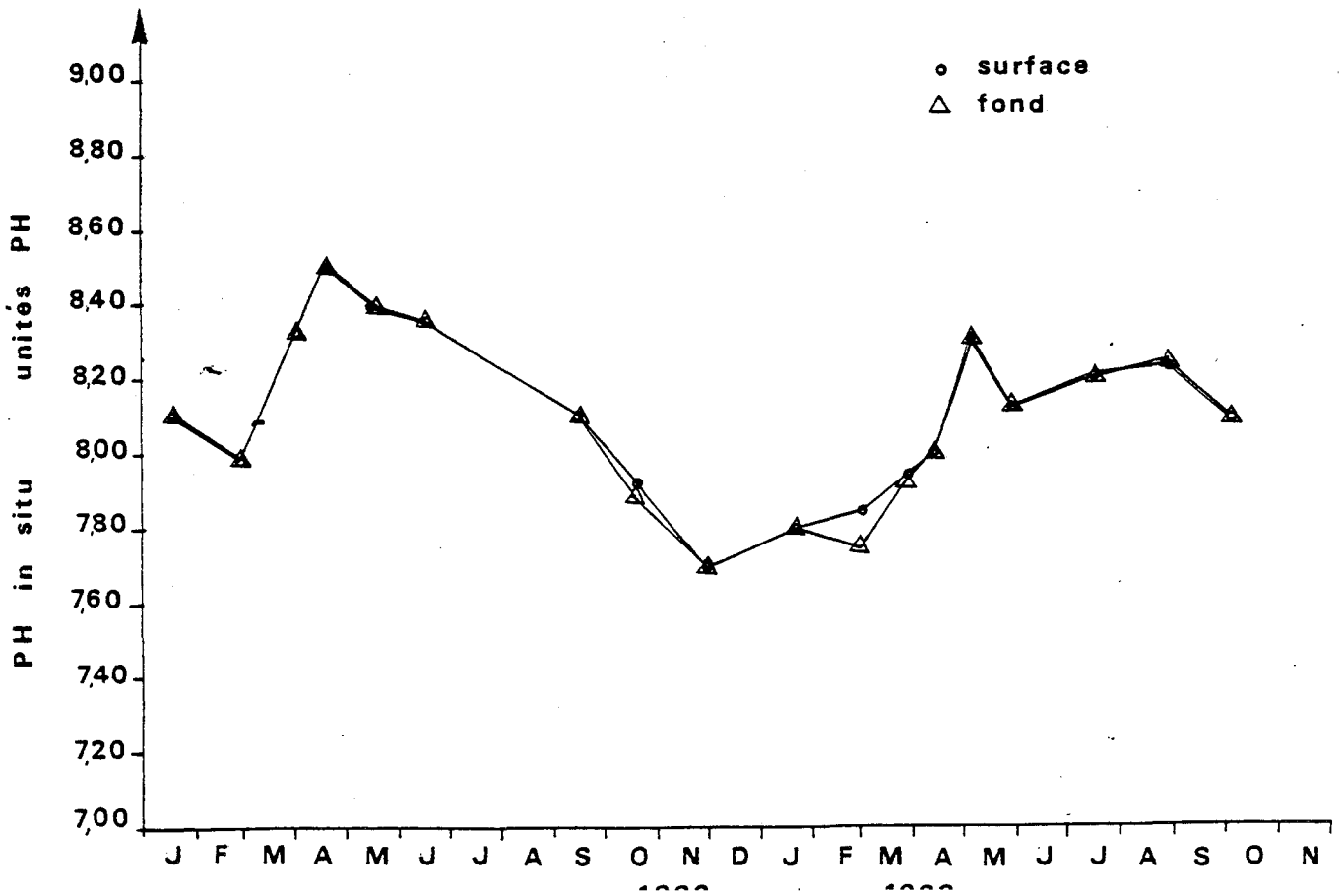
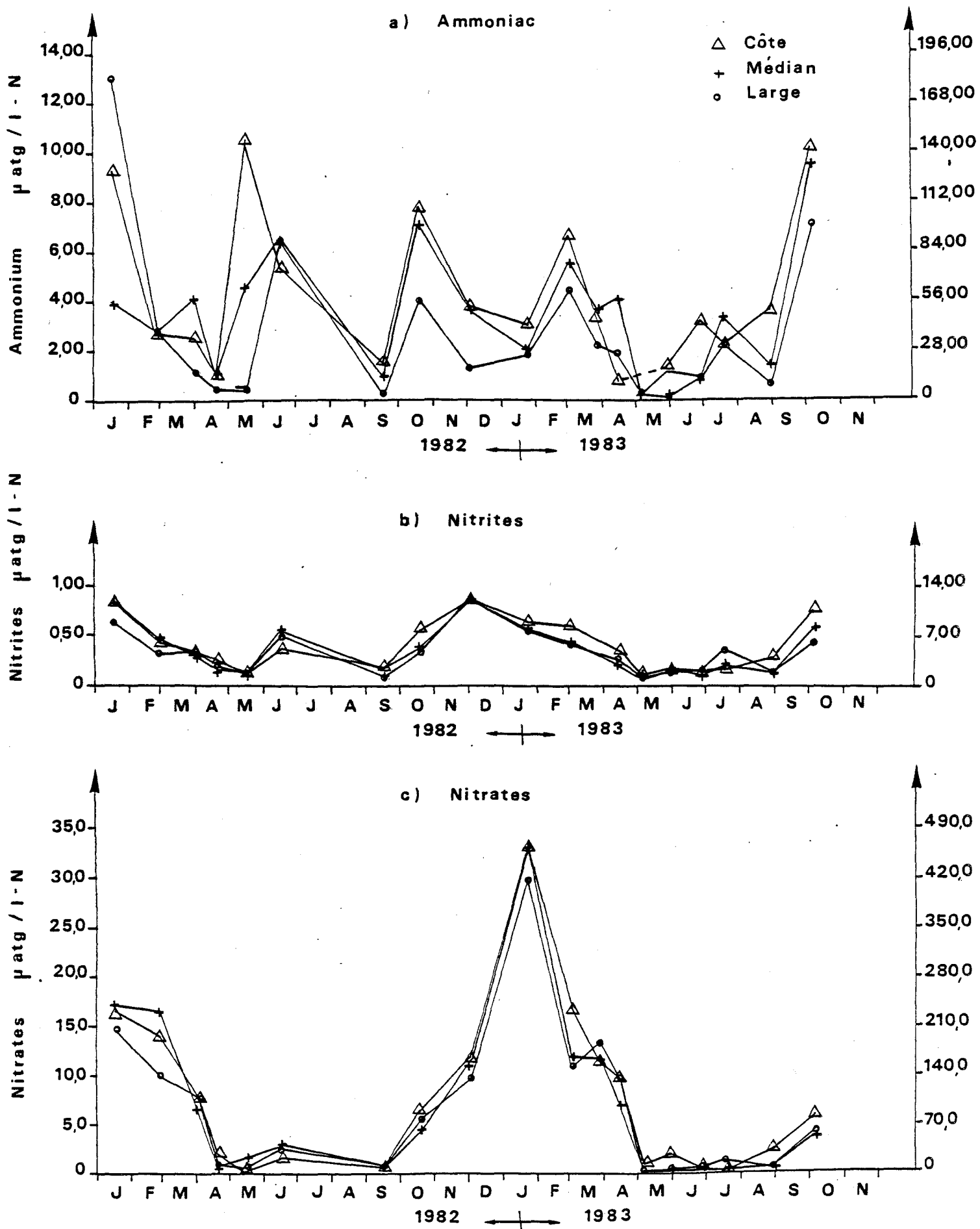


Fig. II. 25 : Variations des teneurs en sels azotés aux différentes stations de la radiale , tous niveaux confondus .



une période hivernale s'étendant de novembre à mars, pendant laquelle le pH se stabilise aux environs de $7,8 \pm 0,1$ (valeur exceptionnellement faible sur le site, l'absence de mesures de pH régulières ne nous permet pas de confirmer ces valeurs) ; une période printanière pendant laquelle le pH s'élève régulièrement jusqu'à atteindre un maximum de 8,30 début mai au point médian ; et une période estivale stabilisée aux environs de 8,20 et s'étendant de juin à septembre.

L'évolution du pH semble ainsi suivre grossièrement l'activité photosynthétique des populations phytoplanctoniques en relation directe avec l'évolution des stocks de sels nutritifs.

Un gradient surface-fond apparaît le 3 mars lors de la dessalure, au niveau des points côte et médian (fig. II-23 et 24). Ce gradient, inverse à celui de la salinité pourrait s'expliquer par une reprise de l'activité phytoplanctonique plus importante en surface, mais ceci n'est pas confirmé par les valeurs de chlorophylle qui restent faibles à cette époque. L'acidification en profondeur trouve plutôt une explication dans une demande d'oxygène accrue en rapport avec un taux de matières en suspension supérieur en profondeur : la teneur en oxygène dissous du point côte est exceptionnellement plus élevée en surface, malgré un gradient thermique surface-fond positif de 4°C (fig. II-23).

Le point côte semble se distinguer le 15 avril par des valeurs plus élevées qu'aux autres stations, mais l'absence de valeurs ce jour-là au niveau de la station canal d'amenée interdit toute interprétation.

3.7. Sels nutritifs

Contrairement à l'année précédente, les variations des sels nutritifs présentent, durant ce cycle d'étude, une évolution saisonnière bien nette sans trop d'irrégularités, avec établissement d'un gradient côte-large souvent bien marqué.

3.7.1. Variations temporelles

La reconstitution hivernale des stocks de sels azotés (fig. II-25 a,b,c) se fait suivant l'ordre attendu, correspondant aux différentes formes successives de reminéralisation de l'azote : ammonium (maximum en novembre) suivi des nitrites (maximum début décembre) puis des nitrates (maximum en janvier).

Fig. II.26 : Variations des teneurs en silicates aux différentes stations , tous niveaux confondus .

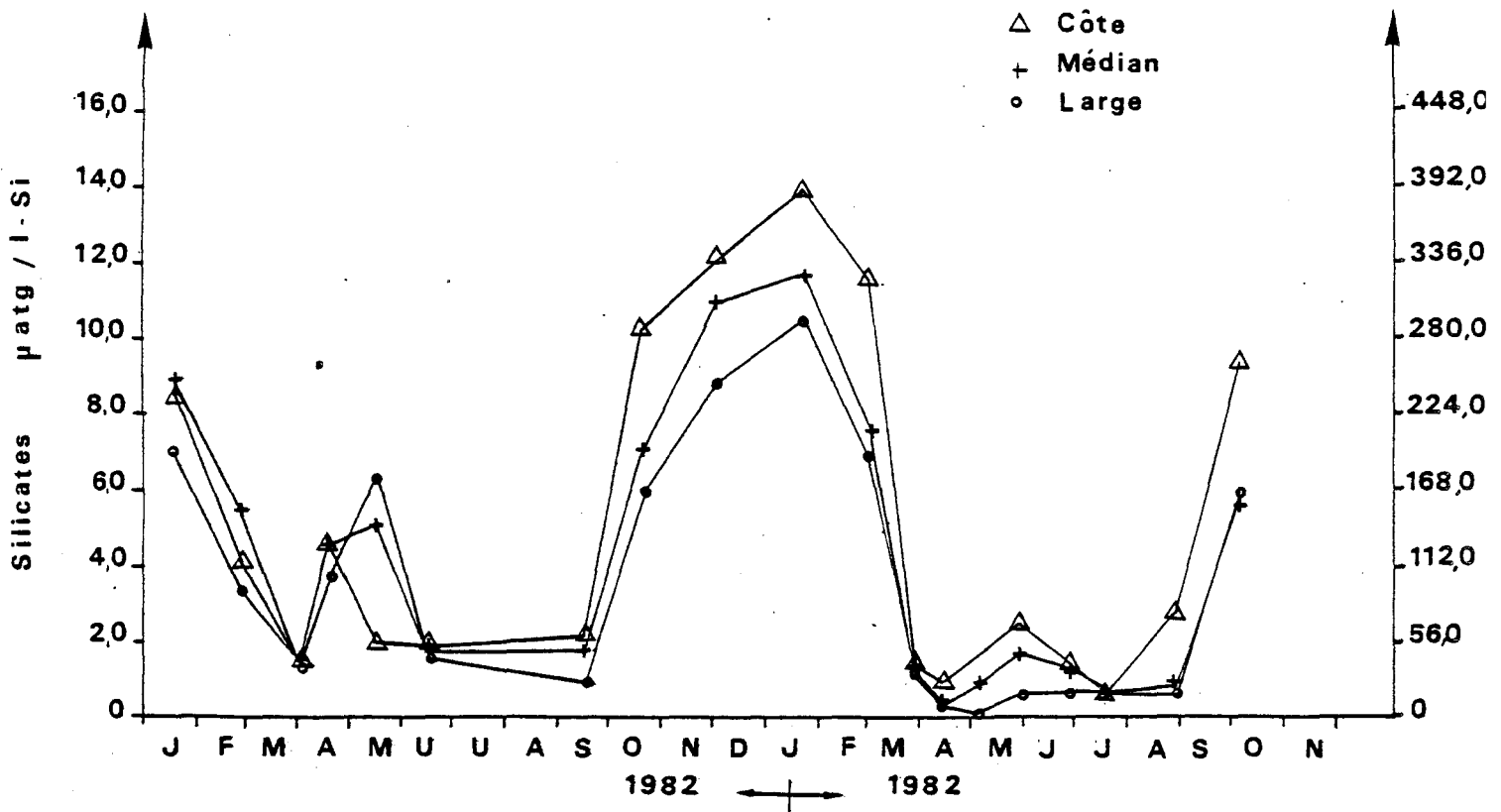
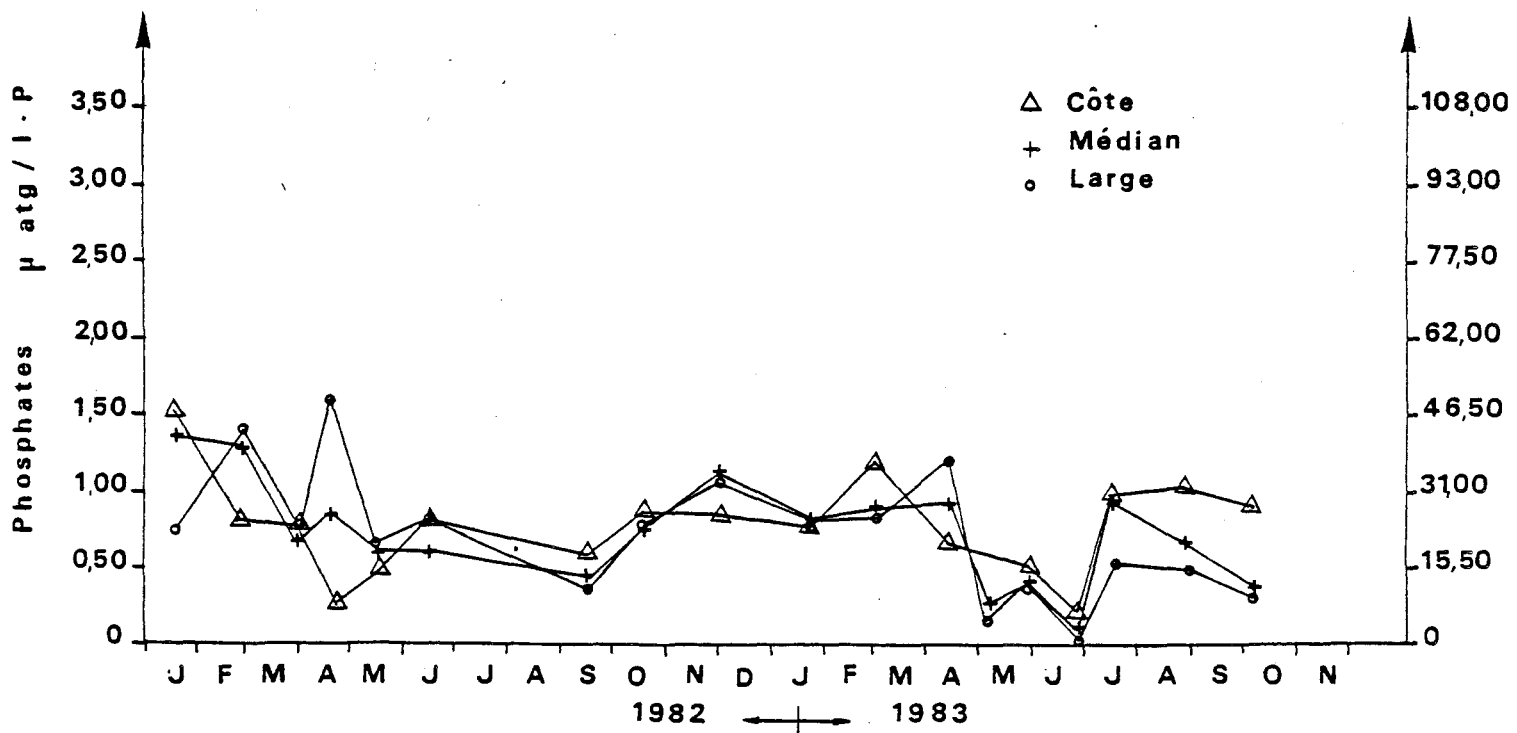


Fig. II.27 : Variations des teneurs en phosphates aux différentes stations , tous niveaux confondus .



Le stock hivernal des nitrates est particulièrement important cette année avec des valeurs voisines de 30 $\mu\text{atg/l}$ en janvier, alors que les ions ammonium conservent des valeurs relativement basses de décembre à janvier ($< 4 \mu\text{atg/l}$ sur toute la radiale), après avoir atteint un maximum de 8 $\mu\text{atg/l}$ en octobre. On peut penser qu'en raison des faibles taux hivernaux en ammoniac dissous il y a une utilisation précoce des nitrites (dès janvier), puis des nitrates (dès février) par le phytoplancton.

Pour l'ensemble de ces trois sels, le minimum est atteint début mai et des valeurs très faibles de nitrates, proches de l'épuisement, se maintiennent jusque fin août. La chute de la biomasse phytoplanctonique, constatée fin juin et en juillet, n'a pas permis de reconstitution notable des stocks, ce qui tendrait à prouver que les nitrates aient pu être limitants pour le développement du phytoplancton durant cette période (fig. II.33).

De même que pour les nitrates, le stock de silicates se restaure de façon plus importante que ces dernières années et atteint des valeurs de 10 à 14 $\mu\text{atg/l}$ du large vers la côte, fin janvier 83 (fig. II-26). Fin mars, les taux sont déjà inférieurs à 1,5 $\mu\text{atg/l}$ et on atteint l'épuisement début mai au point du large. Les concentrations constatées demeurent faibles jusque fin août avant d'amorcer la reconstitution hivernale.

La dessalure constatée début mars provoque un apport d'ions NH_4^+ suffisamment important pour se traduire par un pic alors que les stocks de nitrites et de nitrates sont déjà entamés. Ces derniers, de même que les silicates, sont en pleine décroissance et il est alors difficile de dissocier la part des apports possibles résultant des arrivées d'eau douce, des différents ralentissements de la consommation de ces sels par les populations phytoplanctoniques.

Le cycle saisonnier des phosphates (fig. II-27) apparaît beaucoup plus nettement que l'année précédente. Le taux hivernal oscille entre 0,8 et 1,2 $\mu\text{atg/l}$ de décembre à avril, chute une première fois début mai, puis fin juin (jusqu'à épuisement au large) après une légère reconstitution passagère avant de retrouver des valeurs voisines de 1 $\mu\text{atg/l}$ aux points côte et médian.

Fig. II. 28: Variations des phosphates en surface des différentes stations de la radiale .

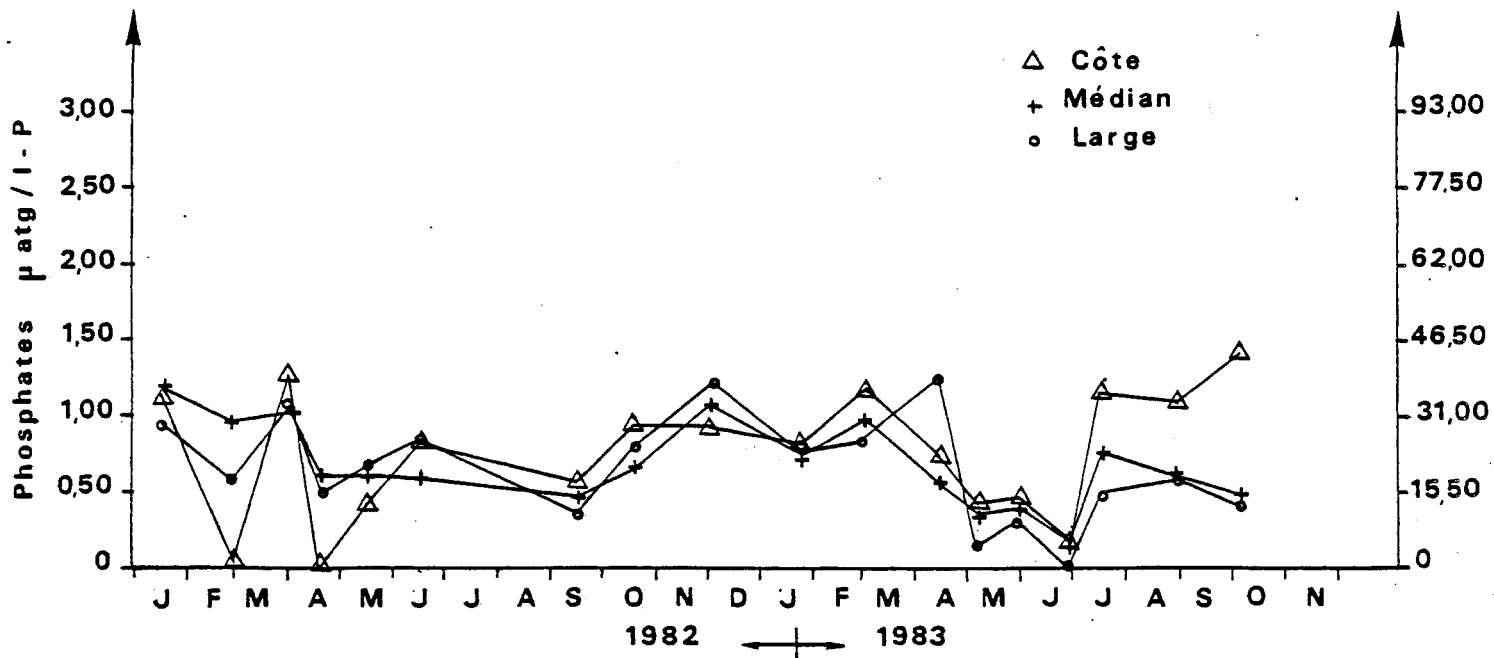
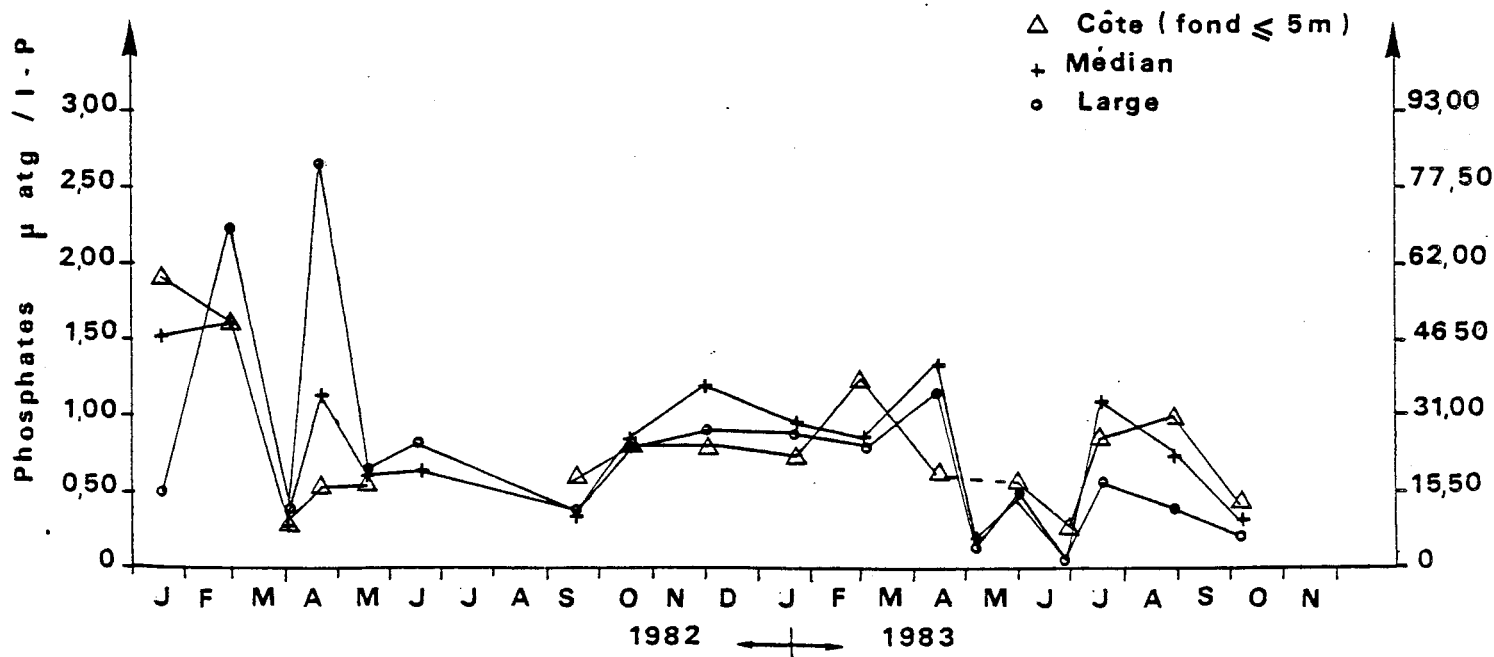


Fig. II. 29: Variations des phosphates au niveau 5m des différentes stations de la radiale .



3.7.2. Variations spatiales

a) Gradient côte-large

Un gradient côte-large décroissant (dû aux apports telluriques plus sensibles à la côte) est parfaitement établi au niveau des silicates.

Cette distribution est cependant moins évidente au niveau des autres sels. C'est ainsi que pour les nitrates et les nitrites, se produit en juillet une inversion du gradient : le début de restauration des stocks de sels azotés au large est lié à une chute de la biomasse phytoplanctonique en juin, plus importante qu'à la côte.

b) Gradient surface-fond

Le gradient surface-fond classiquement observé pour les eaux côtières, se retrouve bien au niveau du point côtier. Il se trouve inversé au niveau du point médian. Cette inversion s'explique par une remise en solution constante des nutriments à partir des matériaux en décomposition au niveau du substrat ; ceci est confirmé par les très fortes turbidités constatées à cette station.

c) Cas particulier des phosphates (fig. II.28 et II.29).

Le 3 mars un apport de phosphates à la côte est sensible jusqu'au point du large au niveau des eaux plus dessalées de surface.

Le 15 avril, un phénomène inverse semble se produire : un apport de phosphates au large est également sensible au point médian au niveau des eaux plus salées du fond.

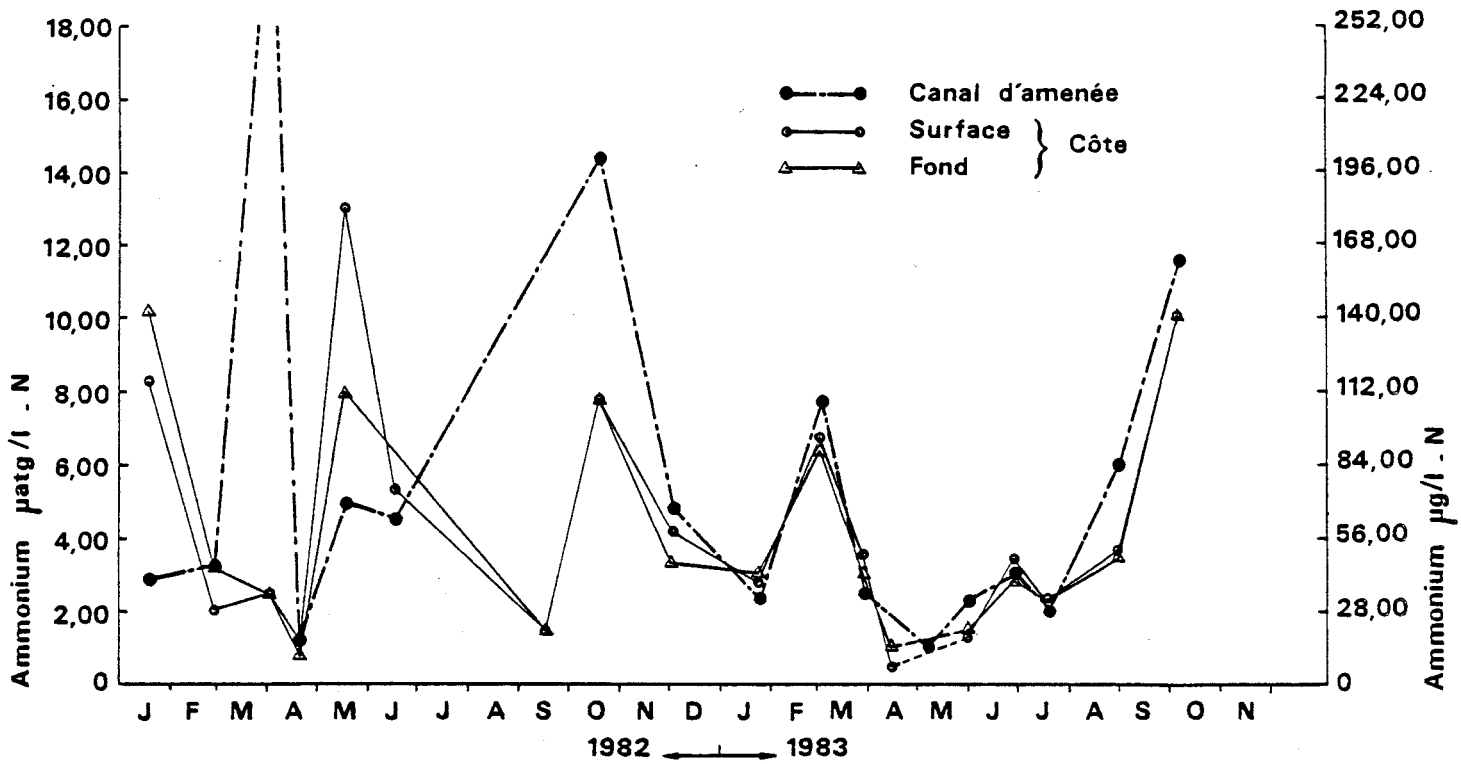
3.7.3. Effet du transit à l'intérieur de la centrale

Les teneurs en sels azotés au point côtier sont semblables à celles observées au niveau du canal d'amenée. En ce qui concerne les phosphates, on remarque cette année, un appauvrissement du point côtier par rapport au canal d'amenée, à quelques exceptions près : 3 mars, 30 mai, juillet).

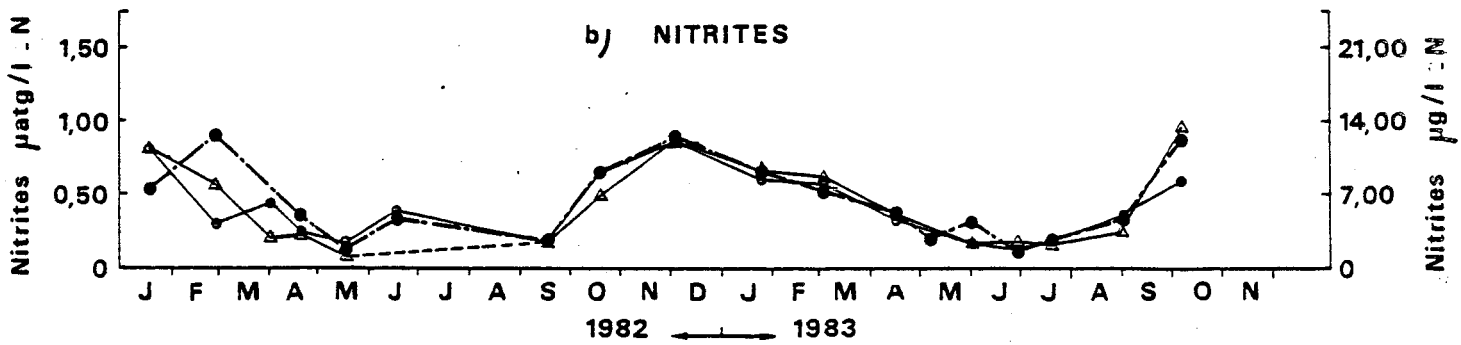
Contrairement aux phosphates, les teneurs en silicates de l'eau de surface au point côtier sont souvent supérieures à celles constatées au canal d'amenée. Ce phénomène,

Fig. II. 30 : Effet du transit sur les teneurs en sels azotés

a) AMMONIAC



b) NITRITES



c) NITRATES

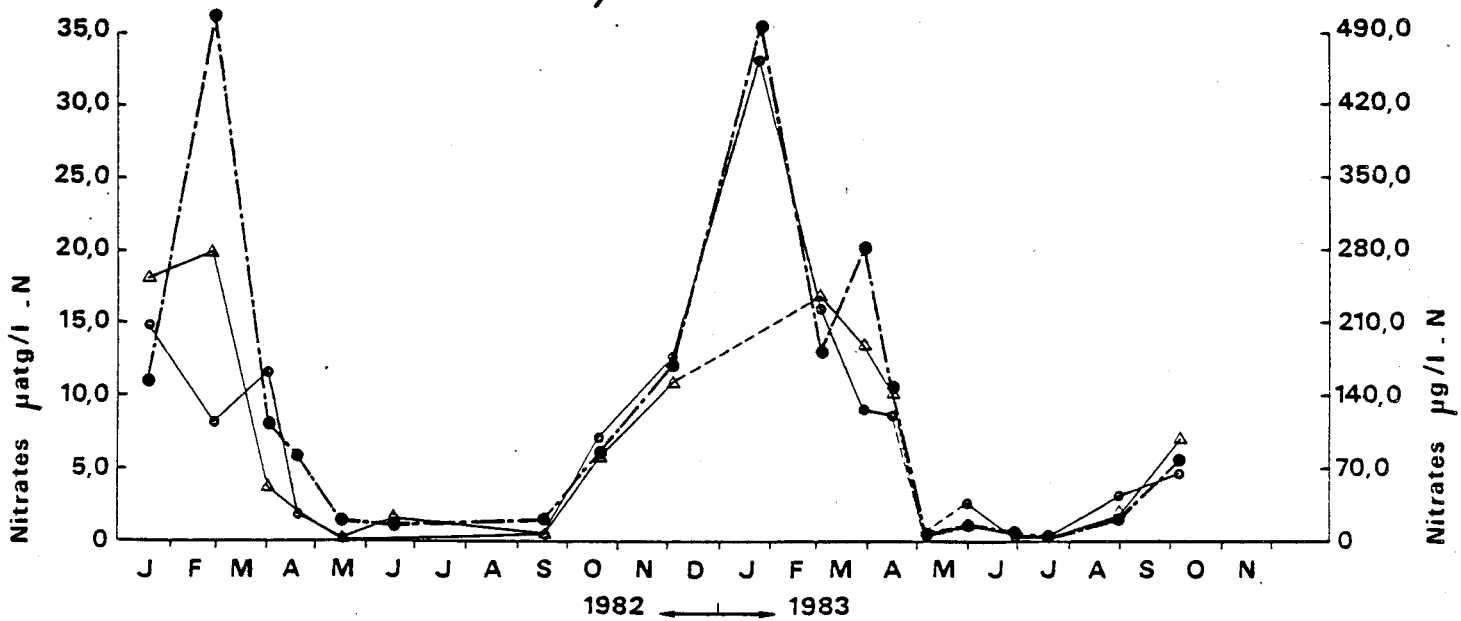


Fig. II.31 : Effet du transit sur les teneurs en phosphates .

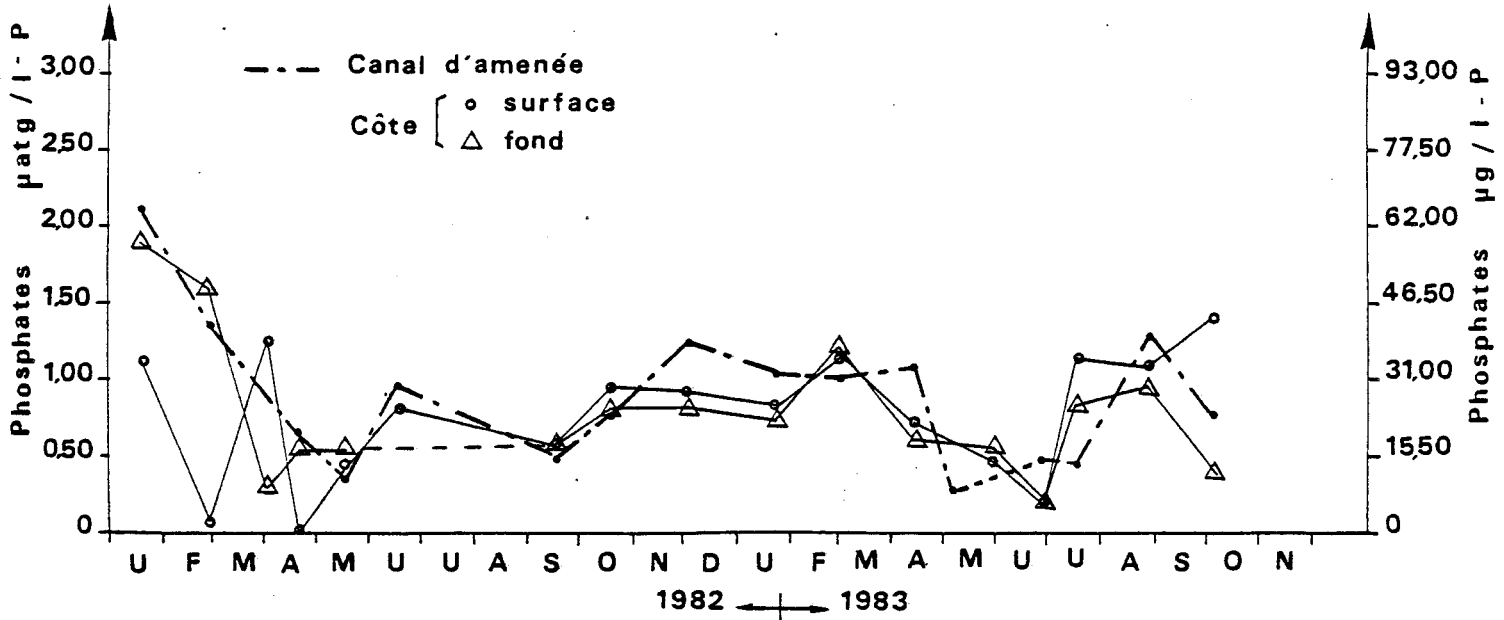


Fig. II.32 : Effet du transit sur les teneurs en silicates .

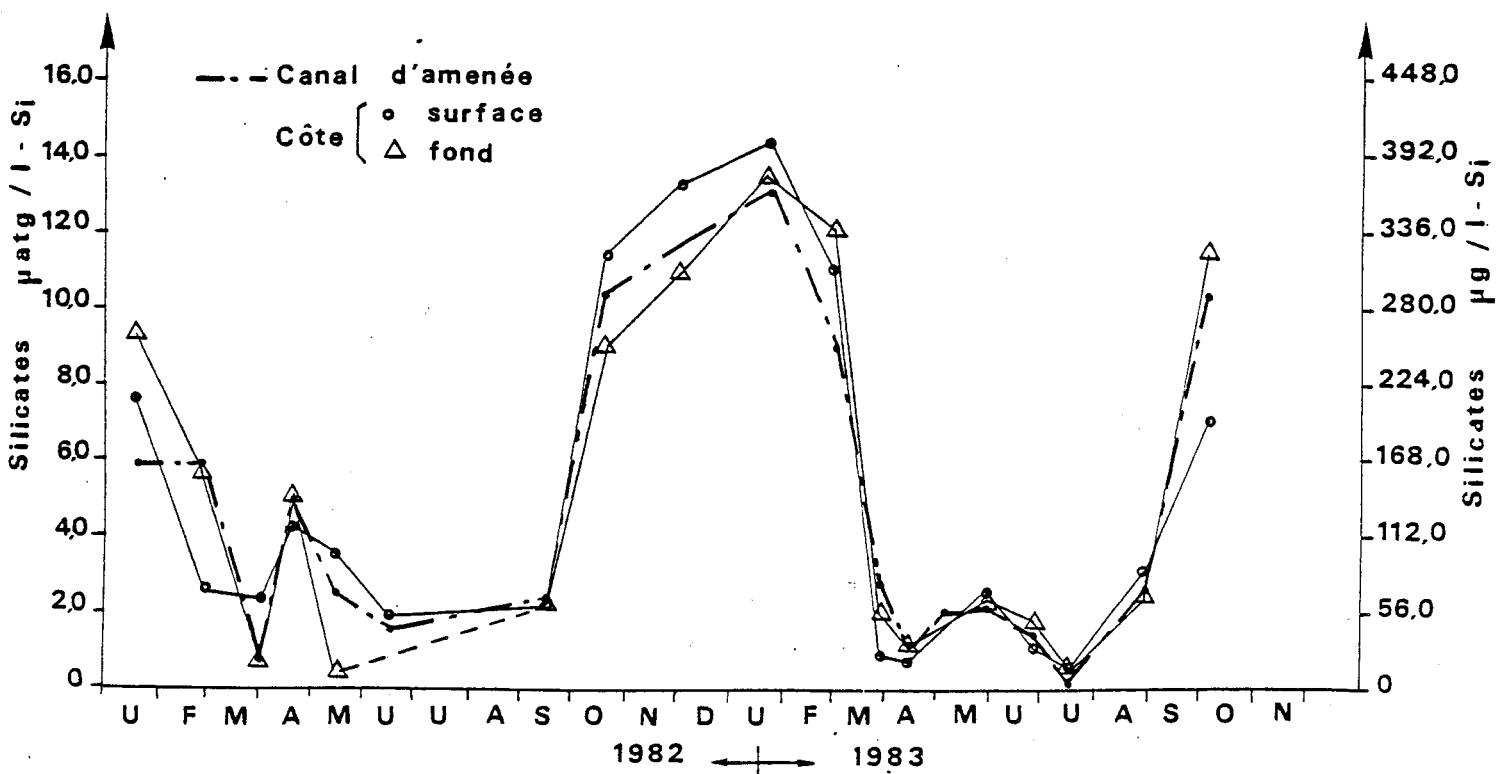


Fig. II.33a : Variations des teneurs en chlorophylle aux différentes stations, tous niveaux confondus.

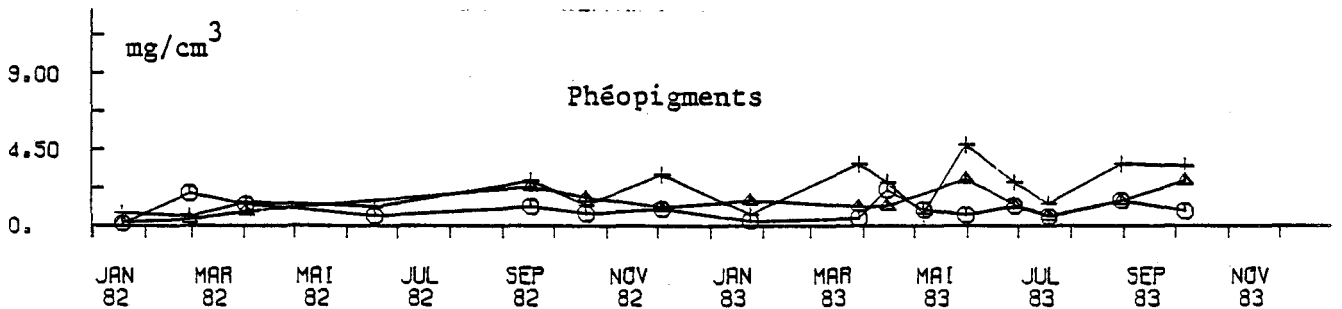
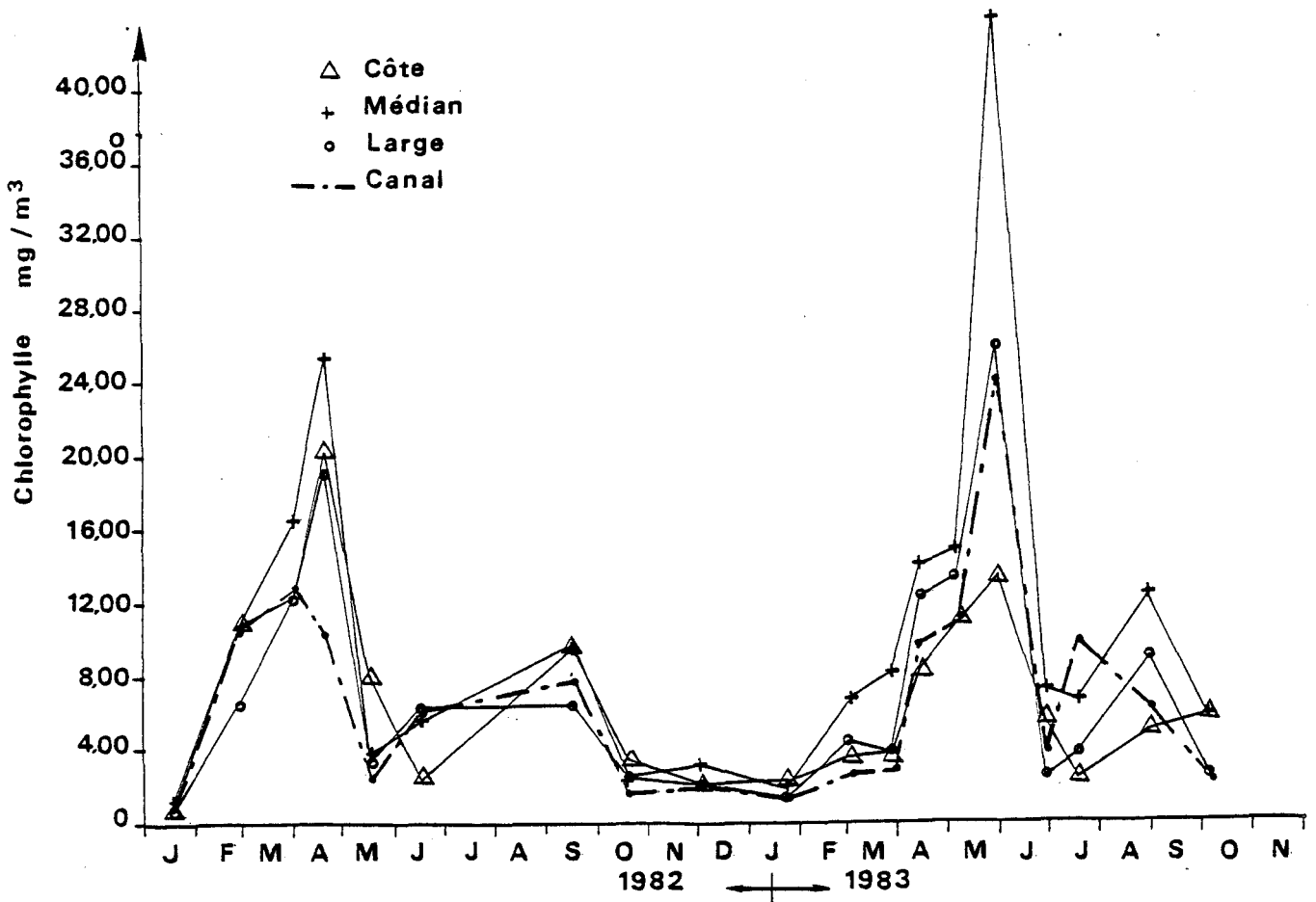
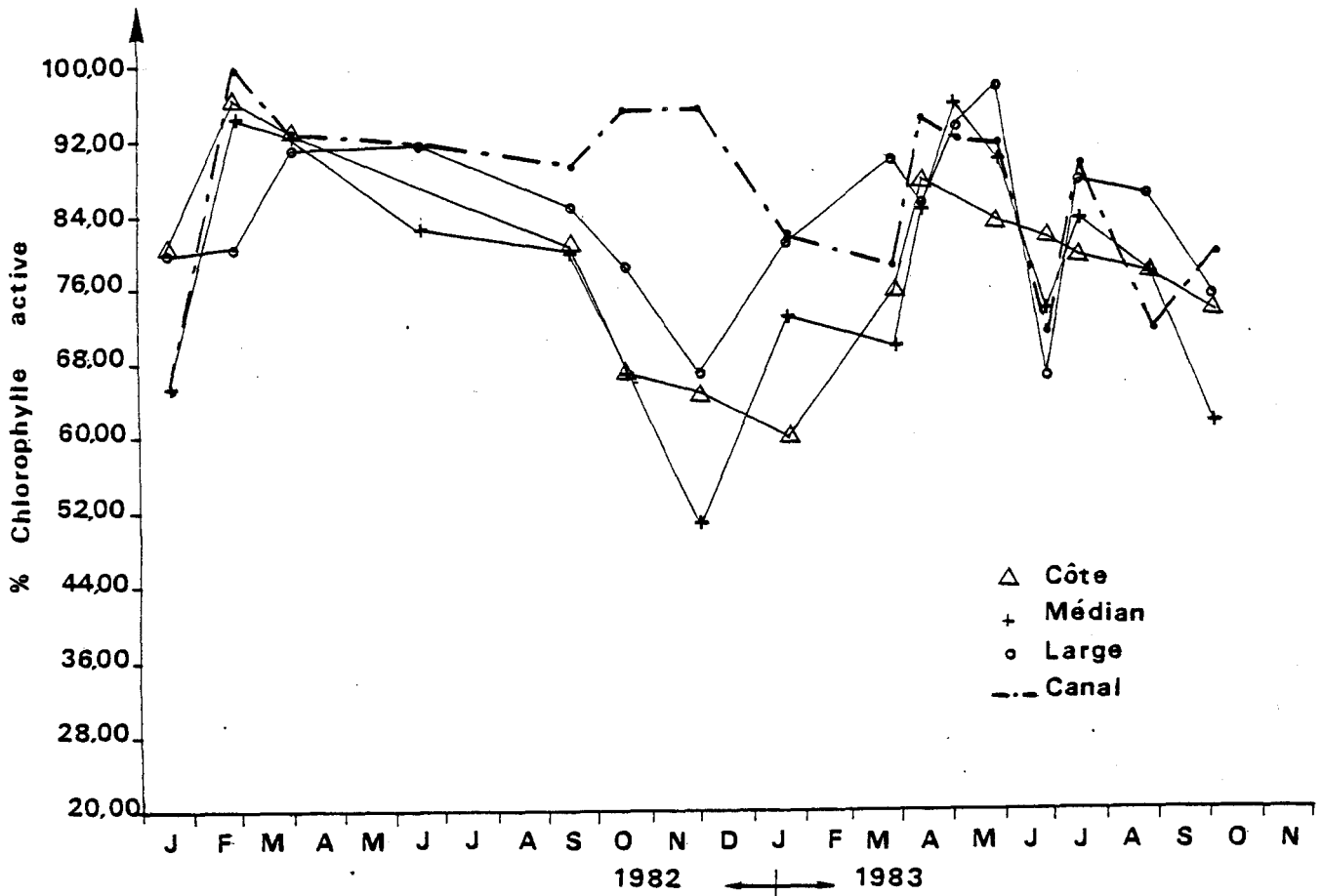


Fig. II.33b : Teneurs en phéopigments aux stations C, M et L (niveaux confondus).

Fig II. 34 : Variations du pourcentage en chlorophylle active aux différentes stations, tous niveaux confondus .



sensible en période de faible consommation, disparaît bien le 3 octobre lorsque le prélèvement est effectué hors du rejet de la centrale.

Il reste donc à préciser l'origine de l'enrichissement possible de l'eau en silicates pendant son transit à l'intérieur de la centrale.

4. Conclusion

Les variations naturelles des paramètres hydrologiques, observées pendant cette année d'étude, montrent en général des cycles bien marqués. On n'y observe pratiquement qu'une seule perturbation liée à la petite dessalure observée début mars.

Probablement ralenti par une insolation nettement déficitaire au printemps, le développement phytoplanctonique se traduit par un

pic très important de chlorophylle à la fin du mois de mai. Il est suffisant pour provoquer un épuisement presque total et durable en sels nutritifs. La reconstitution des stocks, habituellement observée au début de l'été, est pratiquement inexistante cette année.

Dans l'ensemble, les variations des différents paramètres physicochimiques au canal d'amenée sont semblables à celles observées au niveau de la radiale et montrent le caractère côtier de cette station. La turbidité y est cependant plus proche des valeurs constatées au large et ce faible taux de M.E.S. permet une visualisation (particulièrement par temps calme) du rejet de la centrale au niveau des eaux plus turbides du site.

Le fonctionnement beaucoup plus régulier de la centrale et une stratégie d'échantillonnage peut-être plus adaptée ont permis, cette année d'échantillonner, au point côtier, une eau essentiellement constituée du rejet de la centrale (10 fois sur 11).

Le paramètre hydrologique qui est le plus directement affecté par le transit de l'eau à l'intérieur de la centrale est bien évidemment la température, avec une hausse dépassant 11°C le 24 janvier. On doit également signaler les silicates dont la concentration au rejet de la centrale se trouve en augmentation légère par rapport au canal d'amenée. Cette augmentation détectable en période hivernale, est de l'ordre de 2 $\mu\text{atg/l}$.

Consécutif à l'échauffement, on note un affaiblissement notable de la teneur en oxygène dissous qui pourrait devenir inquiétant dans le cas d'une augmentation de la charge en matières organiques.

Le point médian qui devrait permettre d'apprécier l'impact du rejet dans le milieu ambiant (le point côtier ne permettant qu'un bilan entrée-sortie !) n'est atteint qu'une seule fois par le rejet, dans nos conditions de prélèvements. Cette exception se produit début mai, en pleine période d'explosion planctonique, ce qui ne permet pas au niveau des paramètres physicochimiques (hormis la température) de détecter un effet possible sur le milieu.

L'étude effectuée par le C.N.E.X.O. dans le cadre de l'extension, devrait permettre de déterminer s'il existe des conditions de marée (peut-être la renverse de jusant !) dans lesquelles le point médian pourrait être échantillonné systématiquement dans une masse d'eau mixte : eaux du site et rejet.

Il conviendrait peut-être alors de dissocier dans le temps l'échantillonnage du point côtier et celui du point médian. Une autre solution consisterait à considérer le point médian comme un point mobile permettant d'effectuer systématiquement les prélèvements dans une zone de mélange (eaux du site - rejet) caractérisée par son Δt .

CHAPITRE III
MICROBIOLOGIE

R. DELESMONT, J.M. DELATTRE et E. LEPERCQ

INSTITUT PASTEUR DE LILLE
Laboratoire Littoral

59820 GRAVELINES

1. INTRODUCTION

L'étude de surveillance écologique du site de Gravelines s'est déroulée pour la quatrième année, sans incidents du 01/11/82 au 31/10/83, selon les indications du contrat CNEXO / IPL n° 83/7046: prélèvements hebdomadaires au point "Digue", prélèvements bimensuels aux points "Médian" et "Prise d'eau" (canal d'amenée).

2. MATERIEL ET MESURES

Aucune modification n'est intervenue dans les méthodes d'analyses. Le matériel de prélèvement est inchangé. A partir du mois de mai 1983, le câble de prélèvement s'étant rompu, le point Digue a été déplacé de quelques mètres pour prélever à partir d'une potence de signalisation nouvellement installée par le Port Autonome de Dunkerque.

3. PARAMETRES MESURES

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

4. POINT DIGUE

Le fonctionnement de la centrale de Gravelines, qui avait marqué un retrait en 1982, a retrouvé cette année les niveaux atteints en 1981. En particulier, on note une production thermique plus soutenue en été.

Les résultats des mesures hebdomadaires sont portés en annexe sous formes de tableaux. Il en est de même pour les courbes figurant les résultats hebdomadaires pour chaque paramètre mesuré. Les figures représentant les moyennes mensuelles des résultats sont incluses dans le texte afin de pouvoir analyser les différents résultats, paramètre par paramètre.

Pour permettre la comparaison avec l'état de référence du milieu établi en 1976-79, les courbes des valeurs mensuelles moyennes de cette période ont été figurées.

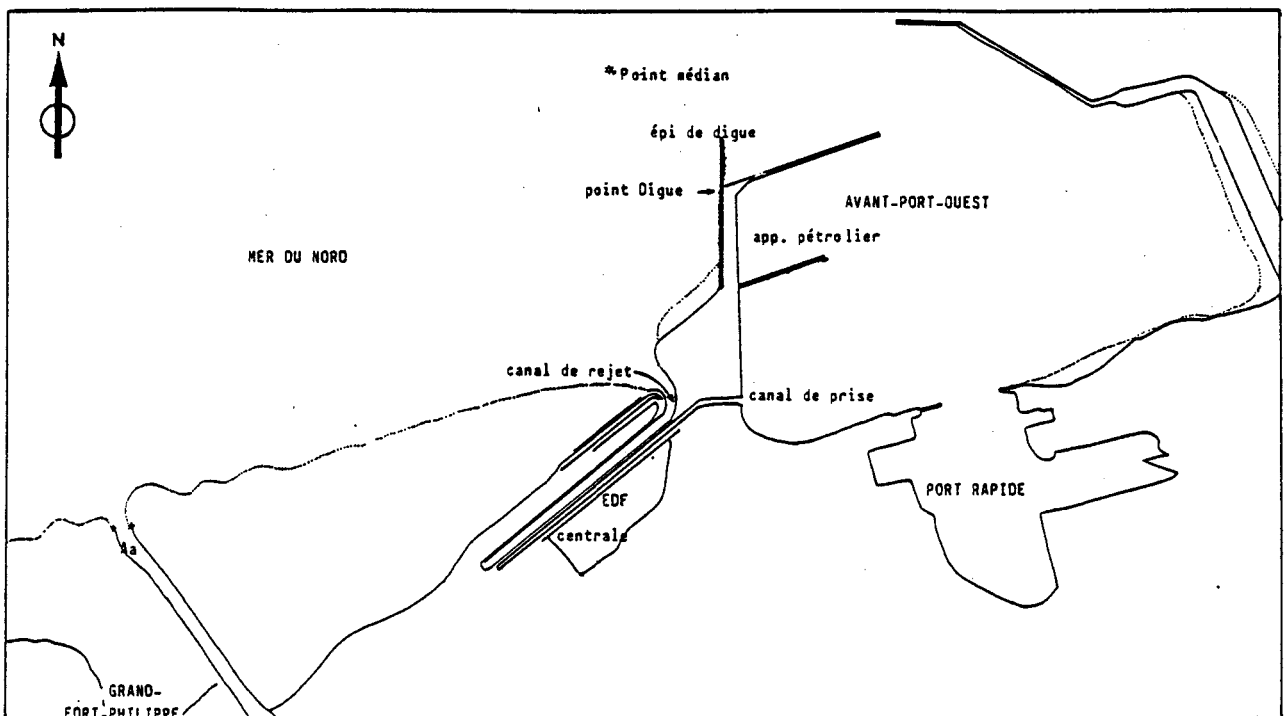


Fig . III . 1 - SITE DE GRAVELINES

4.1. Température

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

Pour cette période l'élévation de la température moyenne au point "Digue" par rapport à la période de référence est de + 3,7°C . Les températures relevées sont comparables à celles de la période précédente, avec cependant des valeurs plus élevées durant le premier trimestre d'étude.

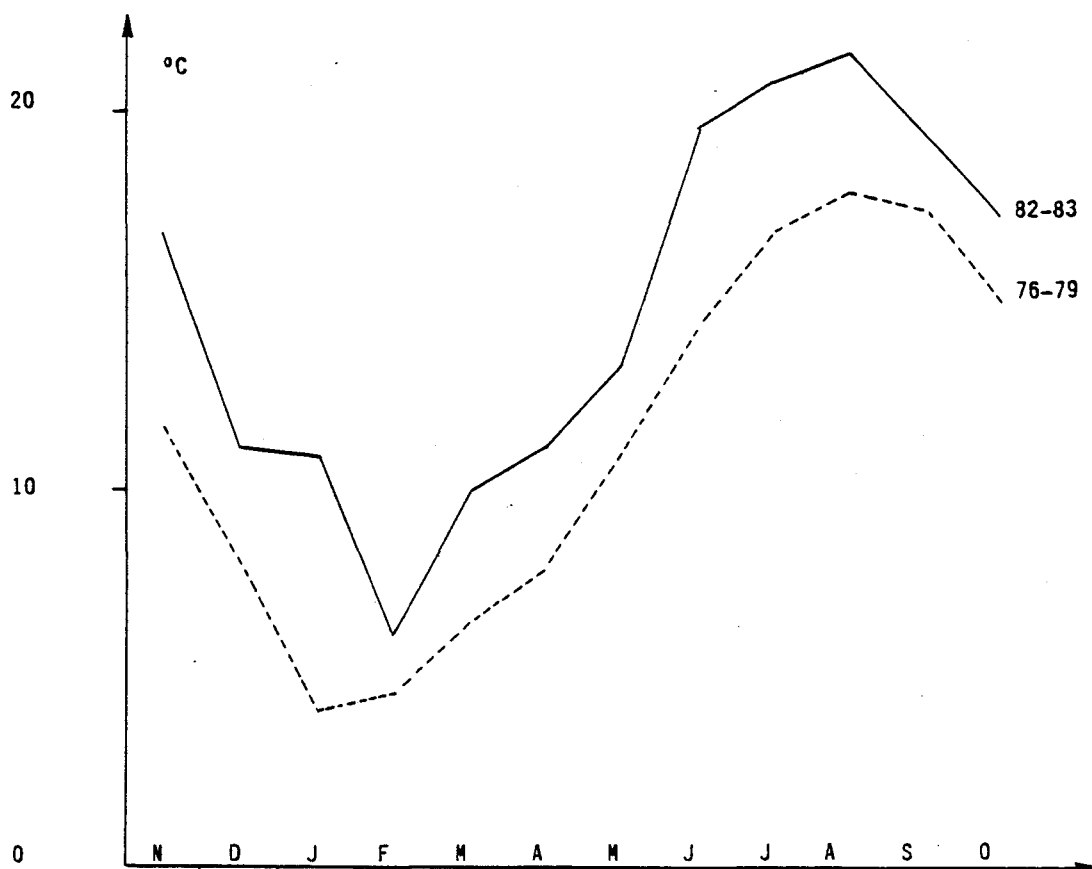


Fig . III . 2 - TEMPERATURE DE L'EAU DE MER

4.2. Dénombrement des germes totaux

Moyennes:	1976-79:	2,0 10 ⁶ /ml
	1979-80:	2,2 10 ⁶ /ml
	1980-81:	2,3 10 ⁶ /ml
	1981-82:	2,1 10 ⁶ /ml
	1982-83:	6,0 10 ⁵ /ml

Le nombre de germes totaux, particulièrement constant jusqu'à présent, montre cette année une nette diminution. Alors que durant la période hivernale les nombres sont comparables à ceux de la période de référence, on observe au printemps une augmentation beaucoup moins marquée. En été on atteint ainsi des nombres 5 fois moins élevés, ceci ne semble pas devoir être relié au fonctionnement de la centrale.

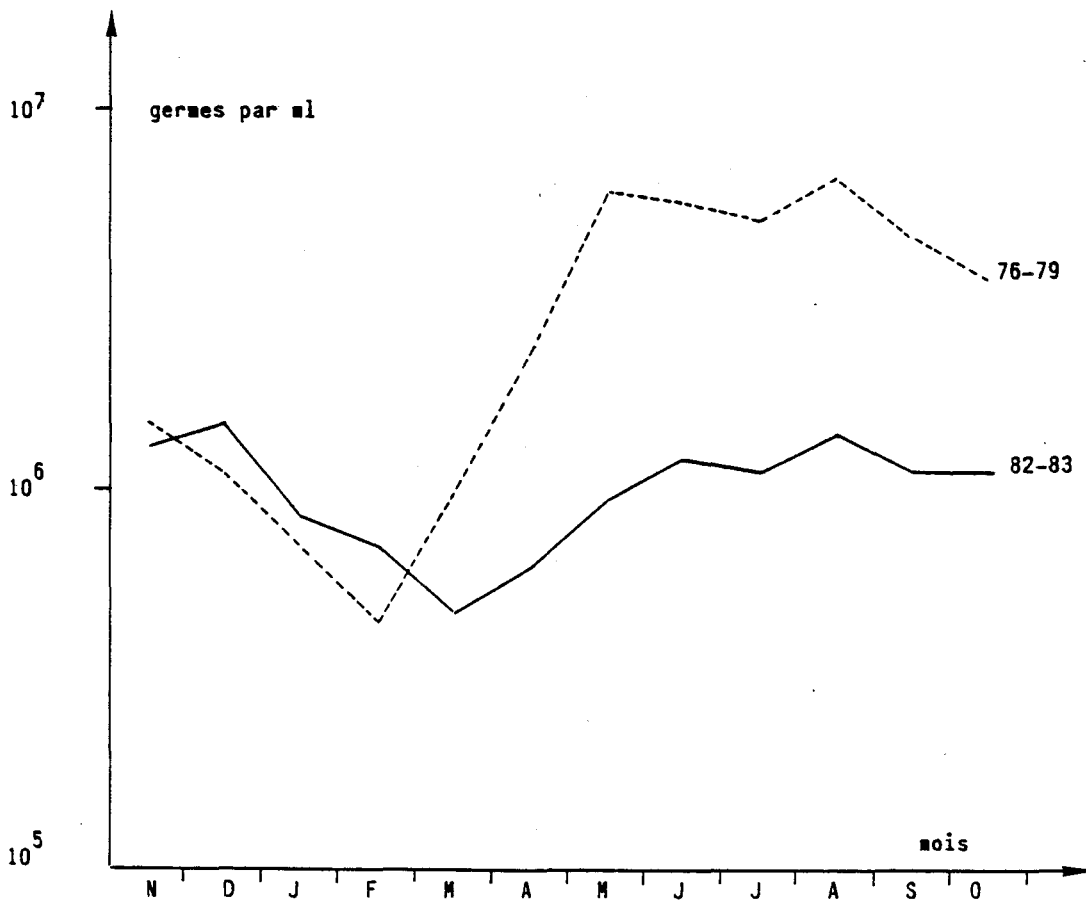


Fig . III . 3 - DENOMBREMENT DES GERMES TOTAUX EN EPIFLUORESCENCE

4.3. Germes aérobies viables

Moyennes: 1976-79: $3,2 \cdot 10^4$ /ml
 1981-82: $1,7 \cdot 10^4$ /ml
 1982-83: $1,3 \cdot 10^4$ /ml

Cette année l'évolution des nombres de germes aérobies viables correspond à celle de l'année 1981.

En effet le premier semestre est marqué par des niveaux relativement faibles, alors que le second semestre est conforme à la période de référence.

Aucune influence de la chloration de l'eau n'est mise en évidence. Les fluctuations enregistrées semblent naturelles et ne paraissent pas devoir être mises en relation avec le fonctionnement de la centrale.

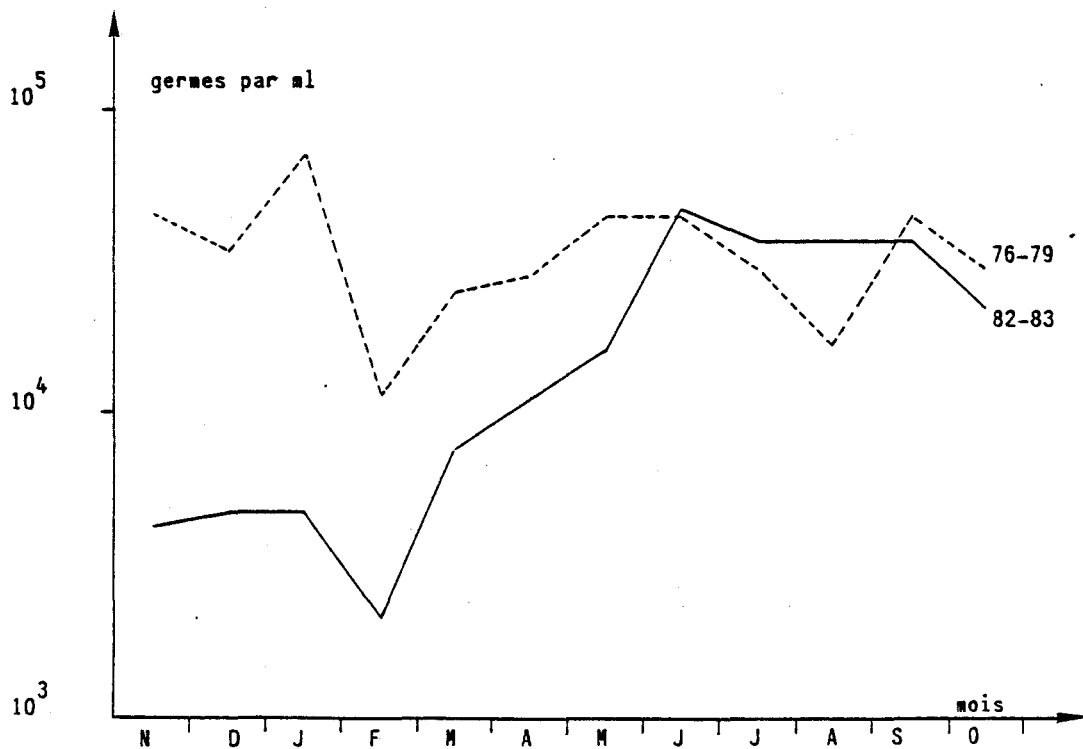


Fig . III . 4 - DENOMBREMENT DES GERMES AEROBIES VIBABLES SUR GELOSE 2216E DE ZOBELL

4.4. Vibrions halophiles

Comme lors des deux périodes précédentes, les concentrations maximales atteintes sont de l'ordre de 10^5 vibrions par litre soit 100 fois environ les maxima de la période de référence. Ces maxima sont atteints pendant une période de trois mois (juillet, août et septembre) en relation avec les températures élevées de l'eau durant toute cette période au point Digue. Les concentrations en Vibrions halophiles sont fortement corrélées avec la température de l'eau:

$$\log (\text{vibrions/litre}) = 0,239 \theta - 0,958$$

($r = 0,822$; 52 valeurs)

Cette relation est comparable à celle obtenue lors de la période précédente 1981-82.

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

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

Cette année encore, seul *Vibrio alginolyticus* a été mis en évidence sur le site de Gravelines.

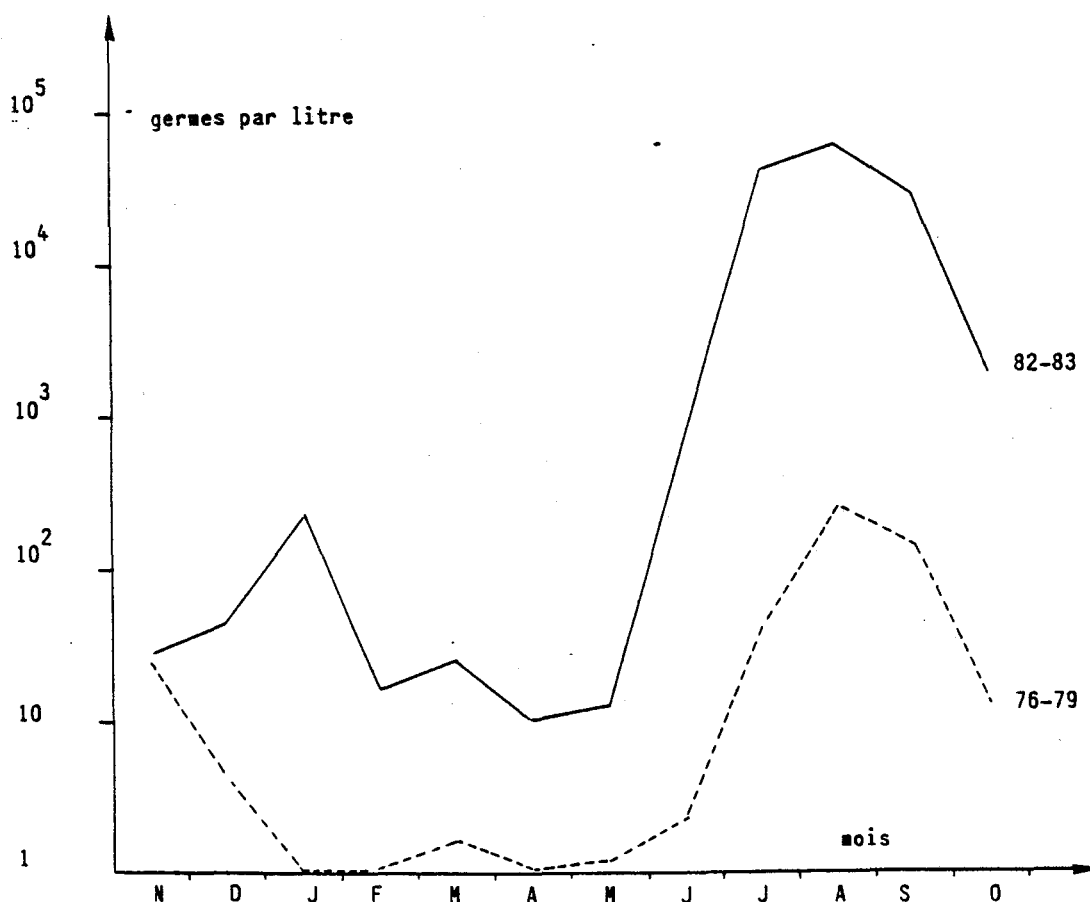


Fig . III . 5 - DENOMBREMENT DES VIBRIONS HALOPHILES

4.5. Pollution fécale

Les mesures sont réalisées par dénombrement des E.coli et des Streptocoques fécaux. Les résultats des premiers dénombrements de Streptocoques fécaux manquent, car non prévus, ils n'ont débuté qu'à la réception du contrat d'étude. On note, cette année encore, une faible contamination fécale du site.

Valeurs moyennes : Escherichia coli : 34 / 100ml
 Streptocoques fécaux : 13 / 100ml

La pollution en E.coli est, comme en 1981-82, corrélée négativement avec la température ($r = 0,440$; 52 valeurs). Ces germes sont plus abondants en hiver qu'en été; il en était de même lors de la période de référence.

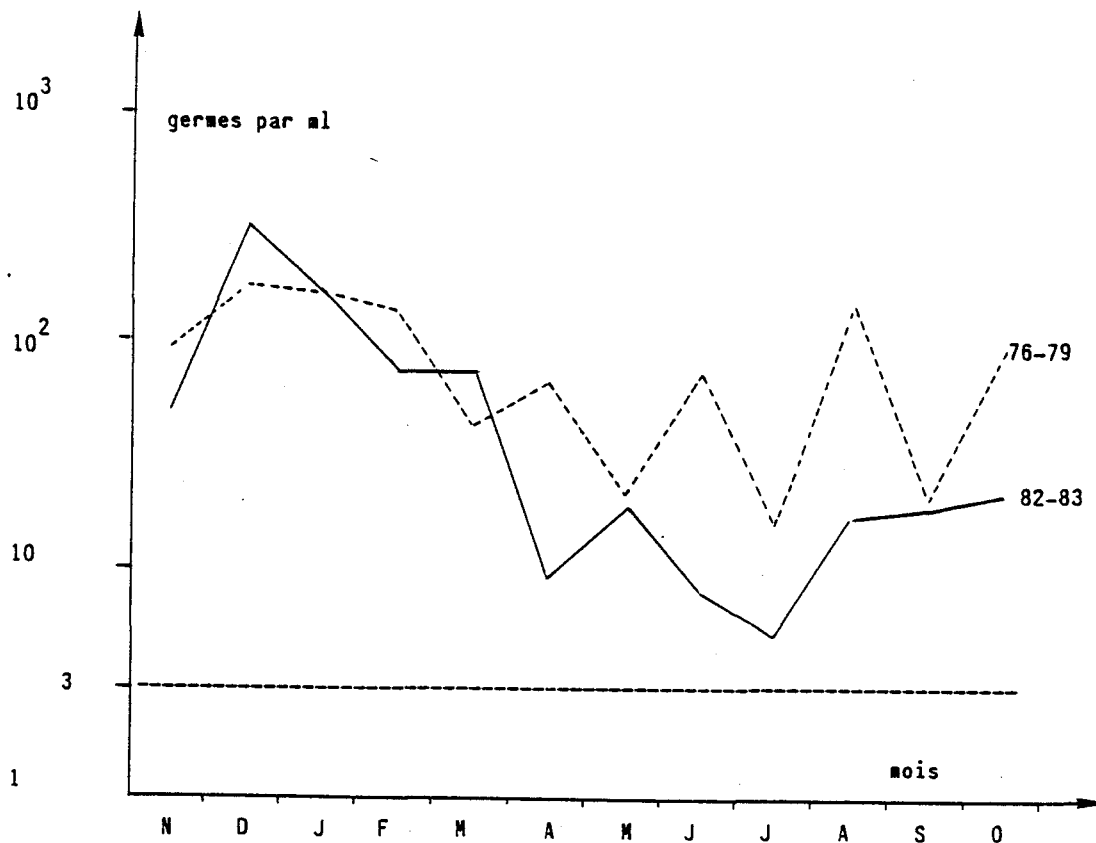


Fig . III . 6 - DENOMBREMENT DES ESCHERICHIA COLI

4.6. Activité bactérienne

Durant toute la période étudiée, aucun blocage de la production bactérienne n'a été observé, ce qui confirme l'absence de chlore résiduel au point "Digue".

Les vitesses d'absorption (V_m) de glucose sont globalement comparables à celles des cycles antérieurs avec une variabilité élevée:

1979-80: $0,20 \pm 0,22 \mu\text{g/l.h}$

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

1981-82: $0,14 \pm 0,20 \mu\text{g/l.h}$

1982-83: $0,23 \pm 0,39 \mu\text{g/l.h}$

On note, cette année, une activité hivernale assez forte, comparable à celle notée en 1981.

En été, l'activité bactérienne est comparable à celle notée lors de la période de référence et des cycles précédents. De grandes variations existent toujours pour la fraction minéralisée sans grande relation avec la température.

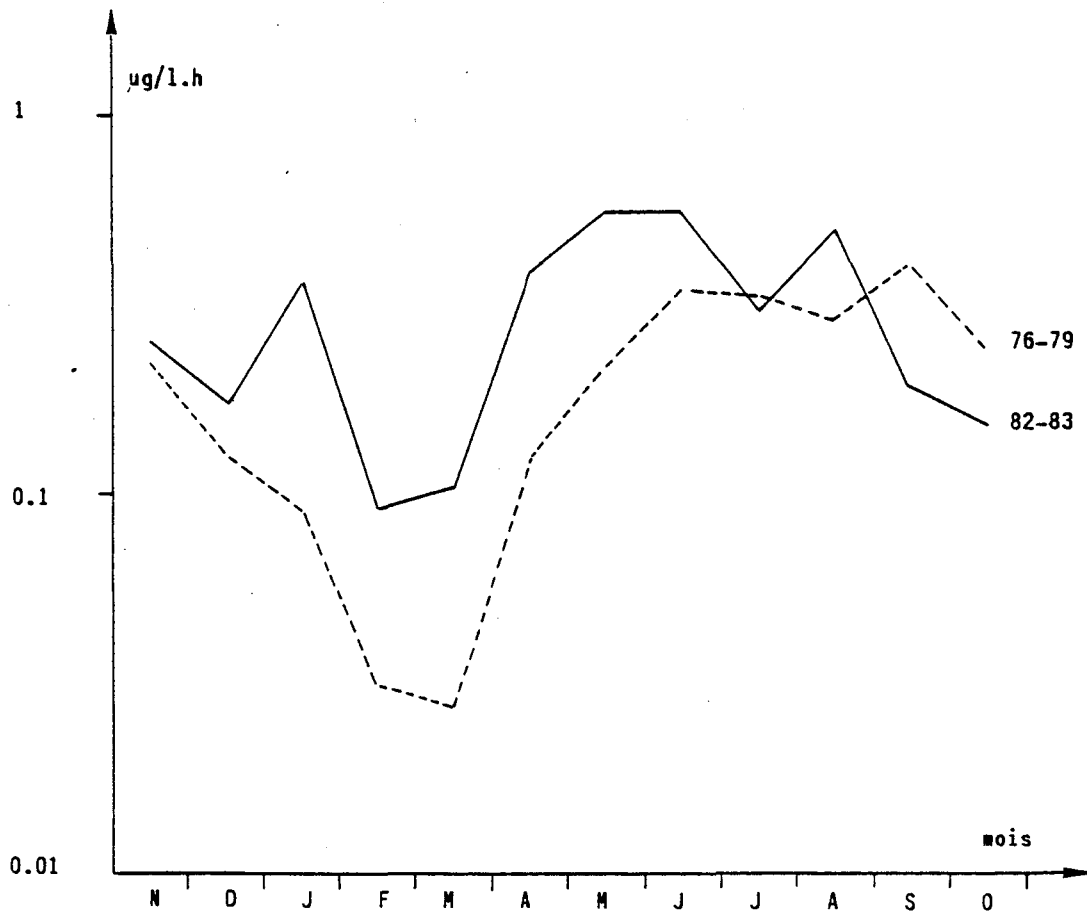


Fig . III . 7 - ACTIVITE HETEROTROPHE (V_m)

4.7. Chlore et haloformes volatils

La chloration entre en service lorsque la température de l'eau du canal de prise atteint 10°C. Lors des études antérieures il est apparu que malgré la disparition rapide du chlore, on pouvait mettre en évidence la chloration de l'eau par la présence des haloformes volatils (bromoforme principalement).

Comme les années antérieures les dosages de chlore résiduel au point "Digue" se sont tous avérés négatifs au seuil de 0,05mg/l. En saison froide, du 31/11/82 au 25/04/83, les haloformes recherchés ne sont pas mis en évidence aux seuils indiqués en annexe. En été par contre, on peut mettre en évidence de façon constante les molécules caractéristiques de la chloration en milieu marin: le bromoforme mais aussi le chloro-dibromo-méthane et parfois le dichloro-bromo-méthane. Les doses de bromoforme mesurées varient de 0,2 à 12 µg/l, soit des valeurs comparables à celles des cycles précédents.

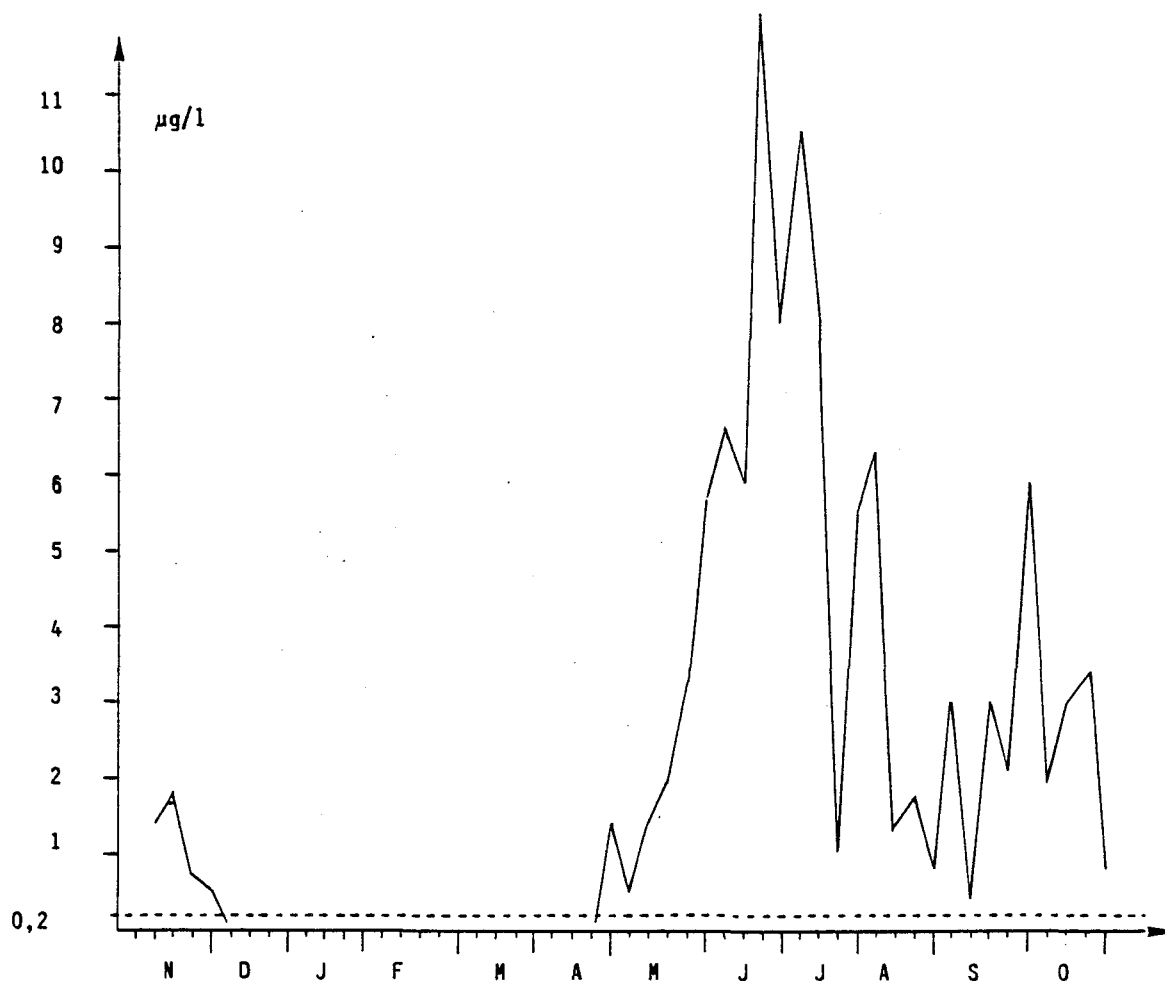


Fig. III. 8 - DOSAGE DU BROMOFORME

4.8. Relations entre paramètres

Les relations entre les différents paramètres de cette étude sont schématisées dans la figure ci-dessous; cette représentation est proche de celle qui avait été obtenue pour le cycle 1980-81.

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

L'activité bactérienne, estimée par la mesure du potentiel hétérotrophe, s'avère peu liée aux nombres de germes (viables et totaux) et à la température. Il en était de même pour la période 1980-81.

On note cette année une relation plus forte que lors des cycles précédents entre la température et les nombres de germes viables sur milieu de ZoBell.

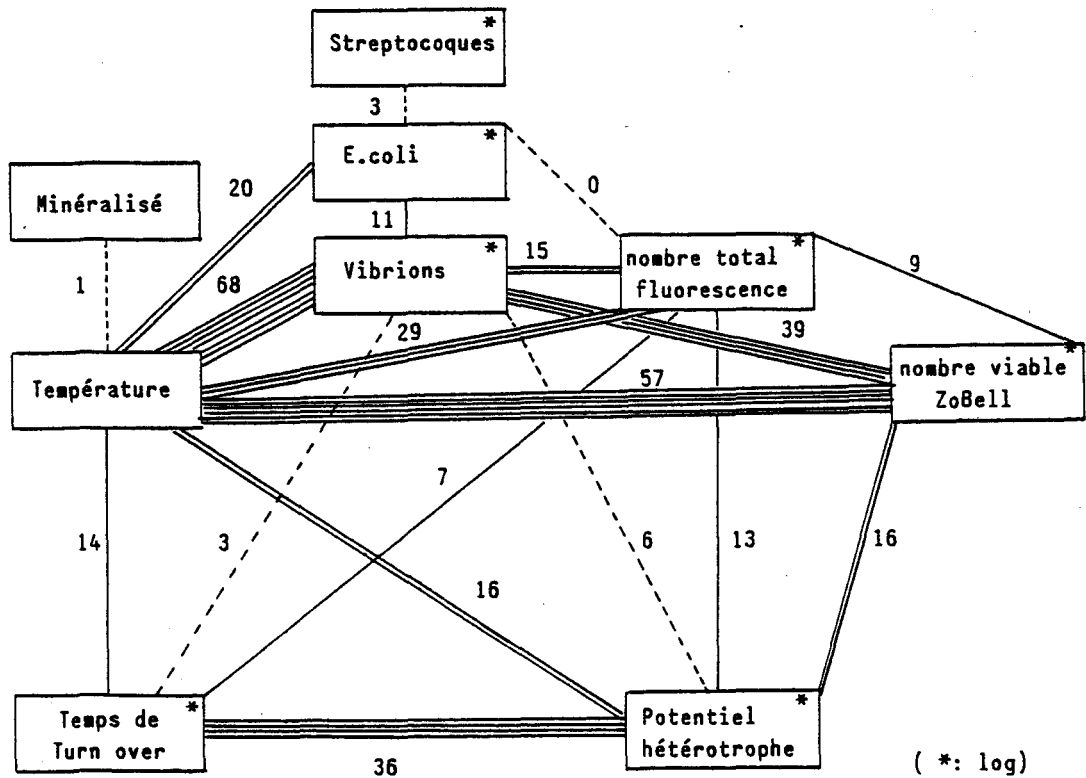


Fig . III . 9 - POURCENTAGE DE VARIATIONS LIEES 1982-83

5. POINT MEDIAN ET PRISE D'EAU

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

5.1. Point médian

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

- nombre total de germes comparable
- nombre de germes viables plus faible
- Vibrions halophiles beaucoup moins abondants
- pollution fécale plus faible
- bromoforme présent en période de chloration

5.2. Prise d'eau

On peut formuler pour ce point les mêmes remarques que pour le point "Médian".

La présence de bromoforme en période de chloration met en évidence un léger recyclage de l'eau de refroidissement.

6. CONCLUSION

Le cycle étudié (1982-83) ressemble par de nombreux aspects à la période de 1980-81; cette période correspondait au fonctionnement de la centrale le plus important précédemment enregistré.

La période 1982-83 est marquée plus particulièrement par des nombres peu élevés de germes totaux durant le second semestre, mais sans relations établie avec le fonctionnement de la centrale.

Cette étude permet de confirmer les résultats acquis lors des cycles d'études antérieurs:

- absence de chlore résiduel aux points Digue, Médian et Canal d'Amenée.
- aucune modification importante dans la microflore totale et son activité (vis à vis du glucose) n'est enregistrée.
- les vibrions halophiles (*Vibrio alginolyticus*) profitent de l'échauffement en toutes saisons. Des valeurs 100 fois plus importantes qu'en période de référence sont notées en été.
- le bromoforme permet de tracer la chloration.

ANNEXES ET TABLEAUX

A. Tableaux

B. Figures correspondant aux données hebdomadaires
au point Digue

Date	Temp. (°C)	Coeff. marée	Nb total fluo. (par ml)	Nb total ZoBell (par ml)	E.coli (/100ml)	Strepto.f. (/100ml)	Vibrions (/litre)	Potentiel hétérotrophe				
								Coeff. corr.	% resp.	Vm (µg/l.h)	Bo (heure)	Chlore (mg/l)
1982												
02.11	16°7	103	1.3 10 ⁶	3.2 10 ³	93	-	43	0.93	17	0.092	242	< 0.05
10.11	13°4	51	1.8 10 ⁶	3.4 10 ³	43	-	43	0.98	20	0.280	32	< 0.05
19.11	12°6	73	1.1 10 ⁶	6.9 10 ³	43	-	43	0.96	44	0.545	61	< 0.05
26.11	13°0	45	1.1 10 ⁶	3.9 10 ³	43	-	23	0.88	25	0.196	176	< 0.05
30.11	12°0	93	1.2 10 ⁶	4.7 10 ³	43	-	15	0.98	24	0.075	95	< 0.05
10.12	10°6	56	2.2 10 ⁶	6.7 10 ³	460	-	9	0.82	27	0.246	79	< 0.05
15.12	11°7	78	1.6 10 ⁶	3.2 10 ³	460	-	75	0.96	34	0.472	46	< 0.05
20.12	10°3	62	1.5 10 ⁶	6.7 10 ³	1100	-	150	0.91	20	0.168	38	< 0.05
28.12	11°4	74	1.0 10 ⁶	3.1 10 ³	43	-	43	0.98	29	0.050	685	< 0.05
1983												
03.01	11°9	89	8.4 10 ⁵	1.3 10 ³	93	-	460	0.95	41	0.286	65	< 0.05
11.01	10°4	58	8.2 10 ⁵	6.1 10 ³	23	-	43	-	-	-	-	< 0.05
17.01	10°5	75	8.2 10 ⁵	6.6 10 ³	240	-	460	0.94	36	0.276	34	< 0.05
27.01	10°5	63	9.3 10 ⁵	7.6 10 ³	1100	-	240	0.97	52	0.607	18	< 0.05
02.02	8°9	95	7.5 10 ⁵	8.8 10 ³	93	-	9	0.98	38	0.886	83	< 0.05
08.02	6°2	40	4.1 10 ⁵	1.1 10 ³	240	-	23	0.83	41	0.033	393	< 0.05
16.02	3°5	84	6.1 10 ⁵	1.9 10 ³	93	-	23	0.96	19	0.048	223	< 0.05
24.02	4°5	56	6.1 10 ⁵	6.4 10 ²	23	-	23	0.94	13	0.037	385	< 0.05
28.02	7°5	108	1.5 10 ⁶	3.1 10 ³	43	-	9	0.94	23	0.130	212	< 0.05

Tableau III . 1 -

RESULTATS DES MESURES HEBDOMADAIRES AU POINT DIGUE

Date	Temp. (°C)	Coeff. marée	Nb total fluo. (par ml)	Nb total ZoBell (par ml)	E.coli (/100ml)	Strepto. f. (/100ml)	Vibrions (/litre)	Potentiel hétérotrophe				
								Coeff. corr.	% resp.	Vm (µg/l.h)	Bo (heure)	Chlore (mg/l)
10.03	10°1	39	4.4 10 ⁵	3.6 10 ³	43	-	43	0.82	17	0.030	153	< 0.05
17.03	10°1	93	3.9 10 ⁵	6.0 10 ⁴	43	-	23	0.98	25	0.175	76	< 0.05
25.03	9°6	55	4.7 10 ⁵	1.1 10 ⁴	93	9	23	0.91	25	0.103	94	< 0.05
30.03	10°2	108	6.0 10 ⁵	1.4 10 ⁴	150	43	15	0.97	27	0.212	116	< 0.05
08.04	10°2	36	5.3 10 ⁵	1.2 10 ⁴	43	93	3	-	-	-	-	< 0.05
15.04	12°4	97	6.8 10 ⁵	7.9 10 ³	< 3	< 3	9	0.83	27	0.233	96	< 0.05
22.04	10°6	48	6.6 10 ⁵	1.1 10 ⁴	15	11	15	0.86	30	0.084	19	< 0.05
25.04	11°0	86	6.7 10 ⁵	1.4 10 ⁴	9	9	23	(0.40)	54	0.429	192	< 0.05
06.05	11°0	32	6.7 10 ⁵	3.7 10 ⁴	< 3	460	9	0.98	32	0.284	41	< 0.05
10.05	12°4	70	1.3 10 ⁶	5.0 10 ⁴	1100	9	23	0.94	33	1.027	22	< 0.05
16.05	12°6	86	8.7 10 ⁵	3.5 10 ³	< 3	4	4	0.96	30	0.500	3	< 0.05
27.05	13°9	87	8.9 10 ⁵	1.3 10 ⁴	43	4	23	(0.38)	(13)	0.757	13	< 0.05
30.05	16°5	71	1.1 10 ⁶	1.1 10 ⁴	43	9	23	0.96	40	0.490	20	< 0.05
09.06	17°2	76	7.9 10 ⁵	1.3 10 ⁴	93	4	1100	0.99	28	0.914	8	< 0.05
14.06	20°2	88	1.2 10 ⁶	5.1 10 ⁴	43	< 3	1100	0.98	25	0.780	12	< 0.05
23.06	20°2	71	1.7 10 ⁶	1.2 10 ⁵	< 3	< 3	110	0.99	77	0.384	27	< 0.05
27.06	20°4	74	1.1 10 ⁶	5.8 10 ⁴	< 3	4	2400	0.90	53	0.334	28	< 0.05

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

Date	Temp. (°C)	Coeff. marée	Nb total fluo. (par ml)	Nb total ZoBell (par ml)	E.coli (/100ml)	Strepto. f. (/100ml)	Vibrions (/litre)	Potential hétérotrophe				
								Coeff. corr.	% resp.	Vm (µg/l.h)	Bo (heure)	Chlore (mg/l)
06.07	21°4	52	1.1 10 ⁶	3.8 10 ⁴	< 3	< 3	39 000	0.93	32	0.349	52	< 0.05
12.07	20°3	96	1.2 10 ⁶	2.6 10 ⁴	< 3	4	110 000	0.90	28	0.185	16	< 0.05
20.07	19°9	52	1.0 10 ⁶	4.6 10 ⁴	15	23	46 000	0.79	25	0.783	45	< 0.05
27.07	21°1	75	1.1 10 ⁶	4.6 10 ⁴	43	75	15 000	0.95	25	0.171	27	< 0.05
05.08	22°1	52	1.2 10 ⁶	5.9 10 ⁴	4	1100	110 000	0.97	27	0.105	36	< 0.05
10.08	20°8	104	1.5 10 ⁶	3.3 10 ⁴	240	23	24 000	0.86	28	0.494	28	< 0.05
18.08	21°1	40	1.5 10 ⁶	1.8 10 ⁴	4	4	110 000	0.74	54	1.281	51	< 0.05
23.08	22°1	74	1.6 10 ⁶	6.0 10 ⁴	< 3	9	46 000	0.82	25	0.918	16	< 0.05
02.09	21°8	41	1.7 10 ⁶	2.9 10 ⁴	23	23	24 000	0.99	26	0.237	35	< 0.05
08.09	18°7	108	1.1 10 ⁶	5.2 10 ⁴	< 3	23	110 000	-	-	-	-	< 0.05
19.09	18°1	58	9.5 10 ⁵	5.9 10 ⁴	240	23	24 000	0.99	28	0.308	145	< 0.05
21.09	17°8	72	8.7 10 ⁵	4.5 10 ⁴	21	< 3	29 000	0.85	5	0.103	59	< 0.05
26.09	20°8	87	1.1 10 ⁶	2.1 10 ⁴	15	9	11 000	0.80	21	0.190	622	< 0.05
06.10	19°2	106	8.6 10 ⁵	2.9 10 ⁴	4	43	24 000	0.97	23	0.540	73	< 0.05
12.10	17°7	57	1.6 10 ⁶	2.1 10 ⁴	15	< 3	460	0.94	20	0.120	72	< 0.05
18.10	16°5	55	9.5 10 ⁵	2.6 10 ⁴	460	240	440	0.95	36	0.090	33	< 0.05
25.10	15°4	87	9.3 10 ⁵	1.5 10 ⁴	9	4	2400	0.80	23	0.090	143	< 0.05

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

Date	Temp. (°C)	Coeff. marée	Nb total fluo. (par ml)	Nb total ZoBell (par ml)	E.coli (/100ml)	Strepto. f. (/100ml)	Vibrions (/litre)	Potentiel hétérotrophe				
								Coeff. corr.	% resp.	Vm (µg/l.h)	Bo (heure)	Chlore (mg/l)
Point médian												
03.03	4°7	110	2.9 10 ⁵	-	15	-	9	0.98	23	0.090	125	-
29.03	7°0	107	2.7 10 ⁵	6.1 10 ³	< 3	< 3	< 3	(0.10)	(59)	(0.729)	168	-
06.05	-	33	7.1 10 ⁵	1.8 10 ⁴	9	23	3	-	-	-	-	-
28.06	16°0	71	1.1 10 ⁶	7.2 10 ⁴	< 3	15	43	-	-	-	-	-
18.07	19°2	69	1.2 10 ⁶	1.0 10 ⁴	< 3	43	91	0.54	26	1.712	56	-
30.08	-	67	1.9 10 ⁵	-	< 3	4	240	0.95	35	0.180	132	-
07.10	-	110	5.3 10 ⁵	6.2 10 ⁴	< 3	93	460	0.25	37	1.800	260	-
Canal de prise												
25.03	7°4	55	3.8 10 ⁵	8.8 10 ³	9	11	9	0.80	38	0.031	461	< 0.05
10.05	11°0	70	5.2 10 ⁵	5.4 10 ⁴	9	< 3	9	0.87	37	0.309	74	< 0.05
24.08	20°2	74	1.6 10 ⁶	1.1 10 ⁴	< 3	23	2400	-	-	-	-	< 0.05
02.11	13°1	78	8.2 10 ⁵	5.2 10 ³	23	4	9	0.83	-	0.71	279	< 0.05

Tableau III . 2 - RESULTATS DES MESURES AU POINT MEDIAN ET A LA PRISE D'EAU

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
02.11.82	< 0.03	< 0.03	< 0.2	06.05.83	< 0.03	< 0.03	0.5
10.11.82	"	"	1.4	10.05.83	"	"	1.4
19.11.82	"	0.10	1.8	16.05.83	"	0.05	1.9
26.11.82	"	< 0.03	0.7	27.05.83	"	0.05	3.3
30.11.82	"	"	0.5	30.05.83	"	0.16	5.7
10.12.82	"	"	< 0.2	09.06.83	"	0.11	6.6
15.12.82	"	"	"	14.06.83	"	0.28	5.9
20.12.82	"	"	"	23.06.83	"	0.20	12.0
28.12.82	"	"	"	27.06.83	"	0.20	8.0
03.01.83	"	"	"	06.07.83	"	0.20	10.5
11.01.83	"	"	"	12.07.83	"	0.15	8.0
17.01.83	0.10	"	"	20.07.83	"	< 0.03	1.0
27.01.83	0.10	"	"	27.07.83	"	0.08	5.5
02.02.83	< 0.03	"	"	05.08.83	"	0.11	6.3
08.02.83	"	"	"	10.08.83	"	< 0.03	1.3
16.02.83	"	"	"	18.08.83	"	"	1.7
24.02.83	"	"	"	23.08.83	"	"	0.8
28.02.83	"	"	"	02.09.83	"	0.05	3.0
10.03.83	0.11	"	"	08.09.83	"	< 0.03	0.4
17.03.83	0.13	"	"	19.09.83	0.34	0.05	3.0
25.03.83	< 0.03	"	"	21.09.83	0.21	0.05	2.1
30.03.83	"	"	"	26.09.83	0.27	0.16	5.9
08.04.83	"	"	"	06.10.83	< 0.03	< 0.03	1.9
15.04.83	"	"	"	12.10.83	"	0.11	3.0
22.04.83	"	"	"	18.10.83	"	0.05	3.4
25.04.83	"	"	1.4	25.10.83	"	< 0.03	0.8

* non séparé du trichloréthylène

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

Date	CCl ₂ - CH ₂ µg/l	CHCl ₃ µg/l	CCl ₄ µg/l	CHCl ₂ Br* µg/l	CHClBr ₂ µg/l	C ₂ Cl ₄ µg/l	CHBr ₃ µg/l
Prise d'eau							
25.03.83	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.03	< 0.03	< 0.5	< 0.2
14.04.83	"	"	"	"	"	"	"
10.05.83	"	"	"	"	"	"	"
24.08.83	"	"	"	"	"	"	0.2
02.11.83	"	"	"	"	"	"	0.4
Point Médian							
03.03.83	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.03	< 0.03	< 0.5	< 0.2
30.03.83	"	"	"	"	"	"	"
31.05.83	"	"	"	6.25	"	"	0.5
28.06.83	"	"	"	< 0.03	"	"	0.2
18.07.83	"	"	"	"	"	"	2.0
30.08.83	"	"	"	"	"	"	< 0.2
07.10.83	"	"	"	"	"	"	0.2

* non séparé du trichloréthylène

Tableau III 4 - DOSAGE DES HALOFORMES VOLATILS A LA PRISE D'EAU ET AU POINT MEDIAN

	Temp. (°C)	E.coli (./100ml)	Bo (h)	Vm (µg/l.h)	Vibrions (./l)	ZoBell (./ml)	Fluo. (./ml)
Température	1.0000	-0.4440	-0.3735	0.4041	0.8222	0.7518	0.5342
E.coli		1.0000	0.0922	0.0733	0.3333	-0.3875	-0.0127
Temps de turn over (Bo)			1.000	-0.5995	-0.1793	-0.3675	-0.2730
Vm				1.0000	-0.2372	-0.4001	-0.3643
Vibrions					1.0000	0.6269	0.3827
ZoBell						1.0000	0.2951
Fluorescence							1.0000

Tableau . III . 5 - COEFFICIENTS DE CORRELATION ENTRE PARAMETRES

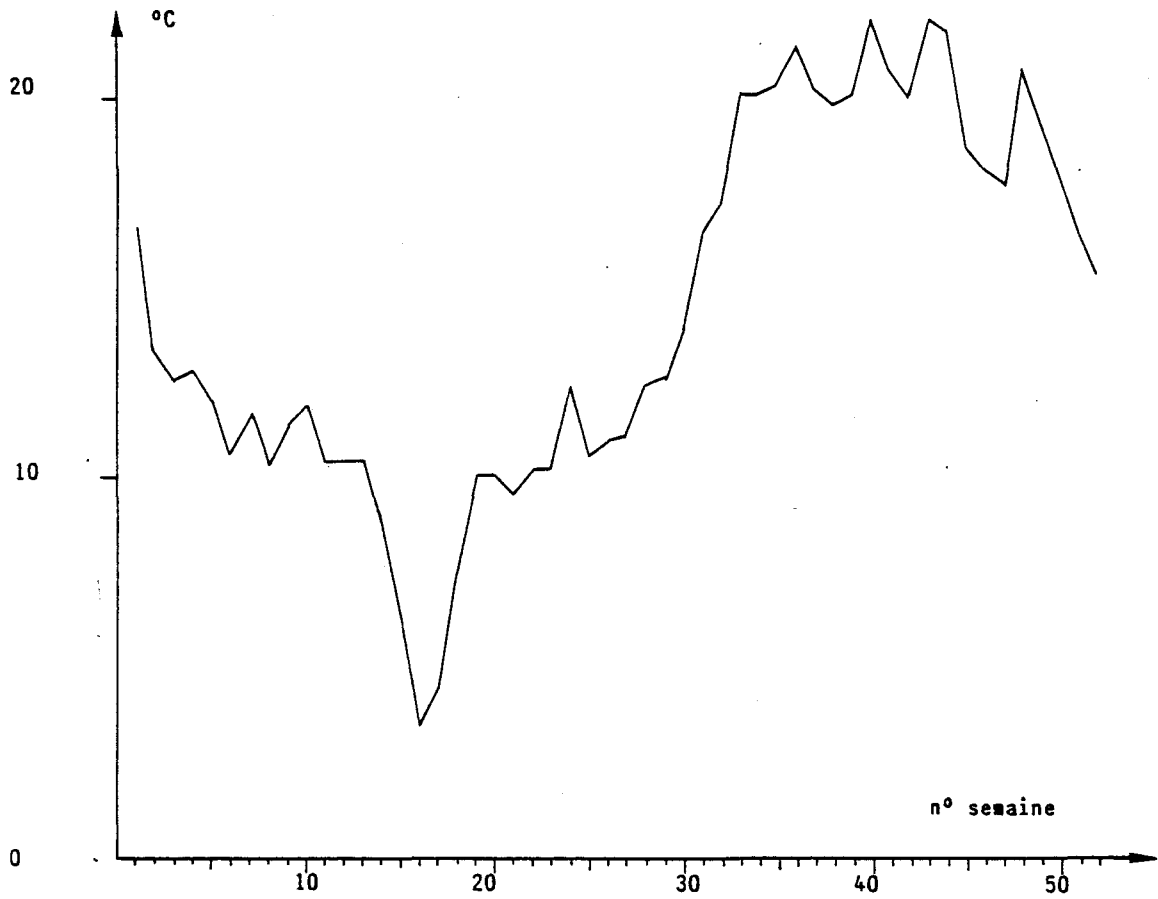


Fig . III . 10 - TEMPERATURE DE L'EAU DE MER

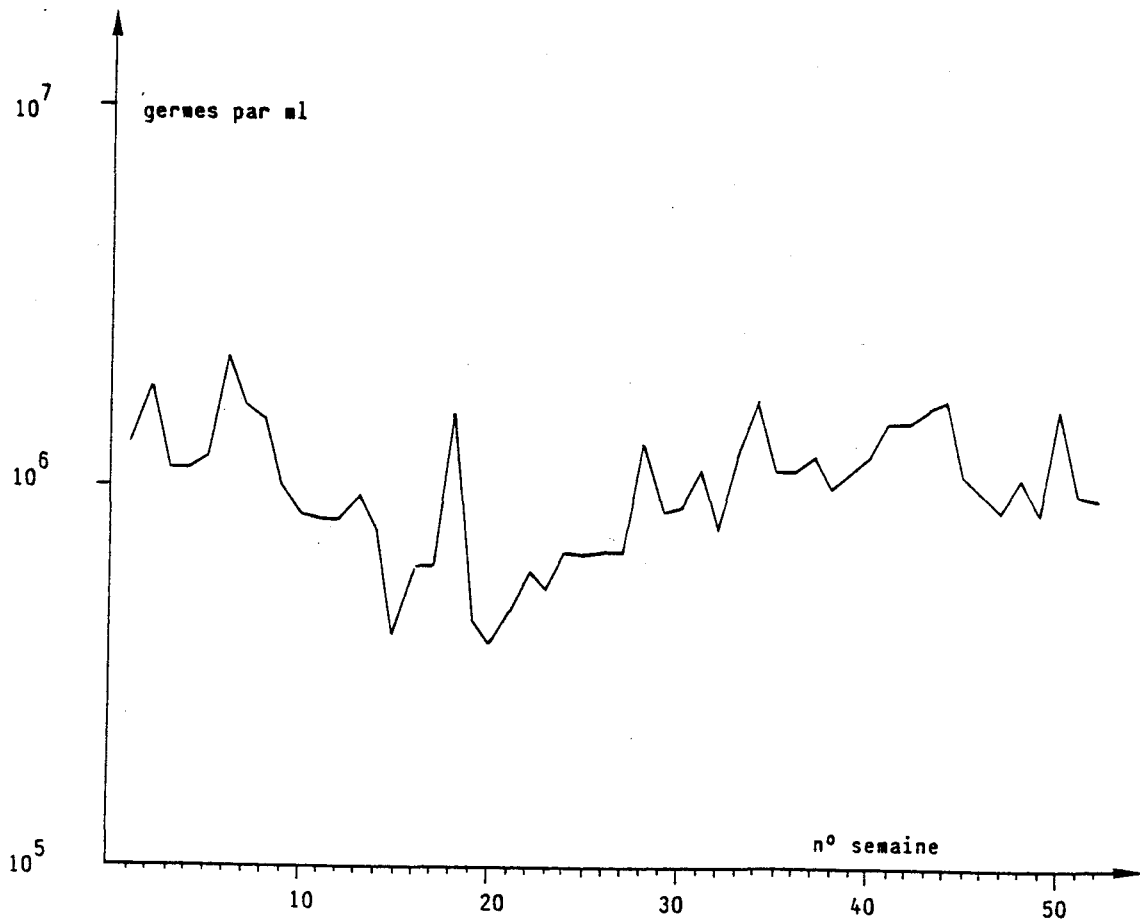


Fig . III . 11 - DENOMBREMENT DES GERMES TOTAUX EN EPIFLUORESCENCE

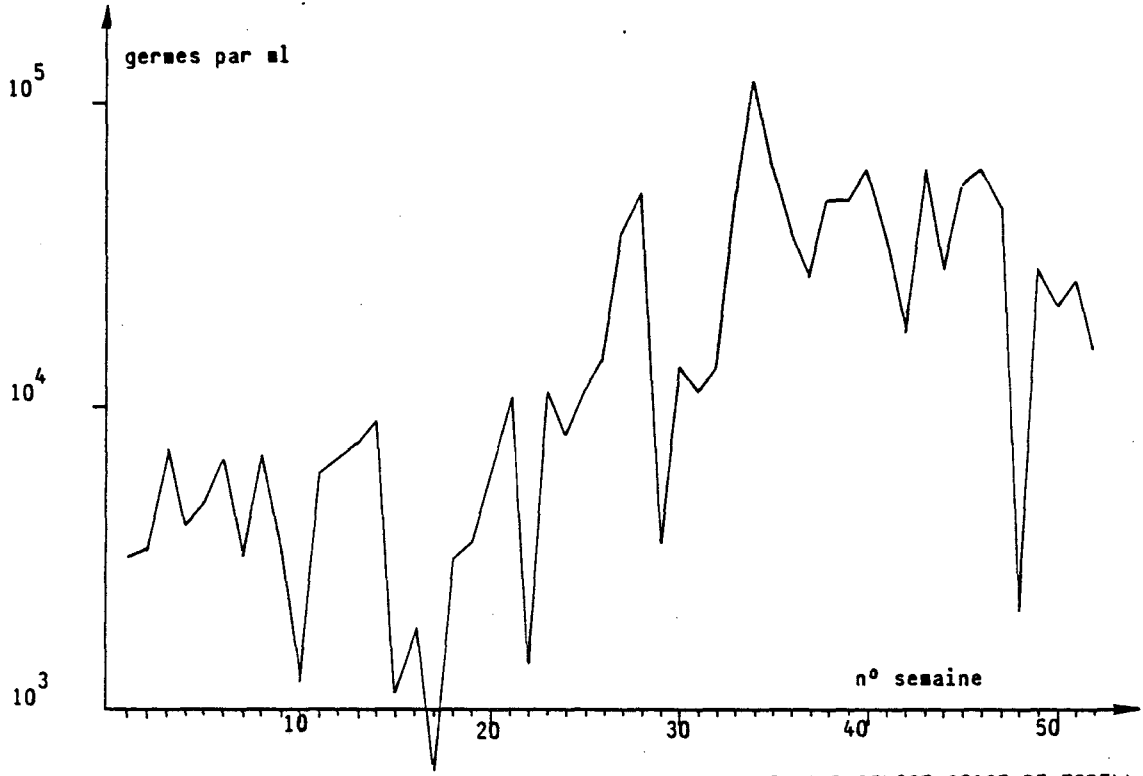


Fig . III . 12 - DENOMBREMENT DES GERMES AEROBIES VIABLES SUR GELOSE 2216E DE ZOBELL

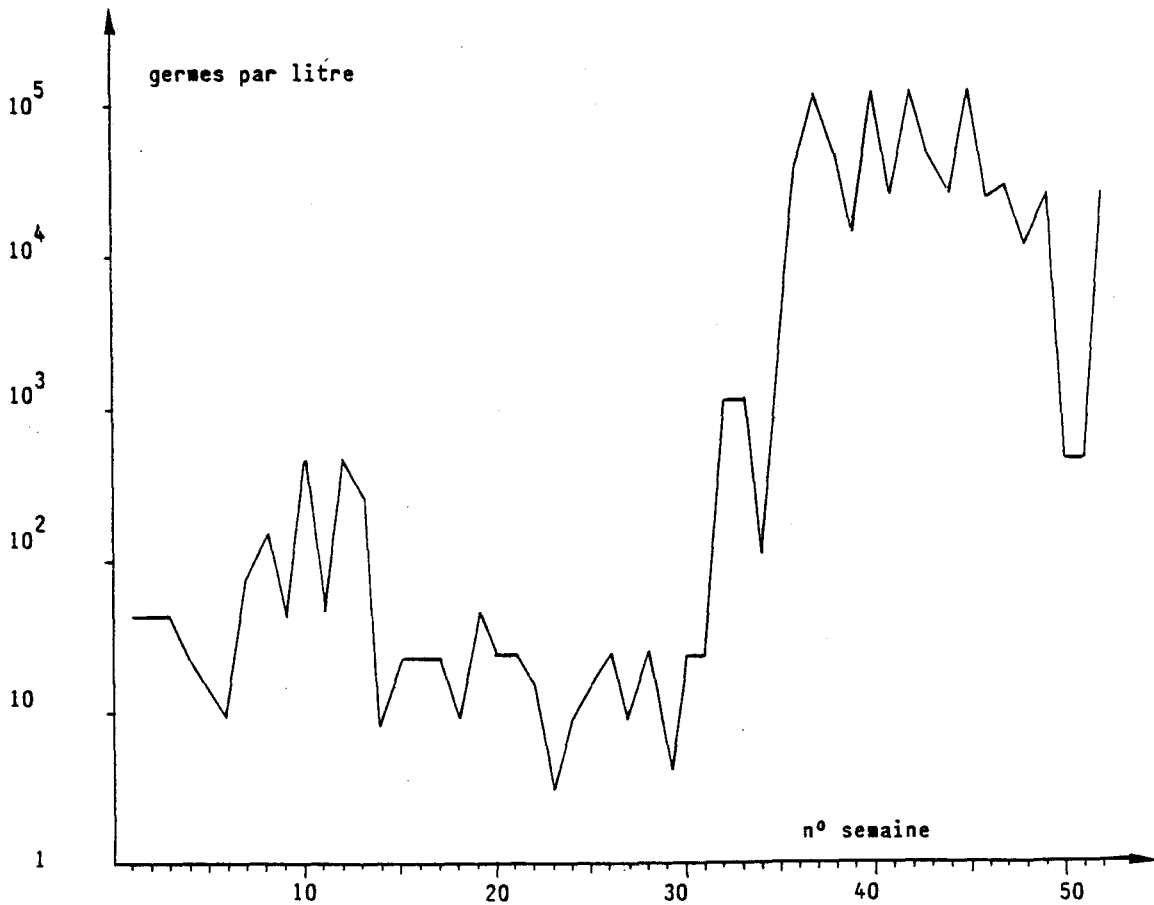


Fig . III . 13 - DENOMBREMENT DES VIBRIONS HALOPHILES

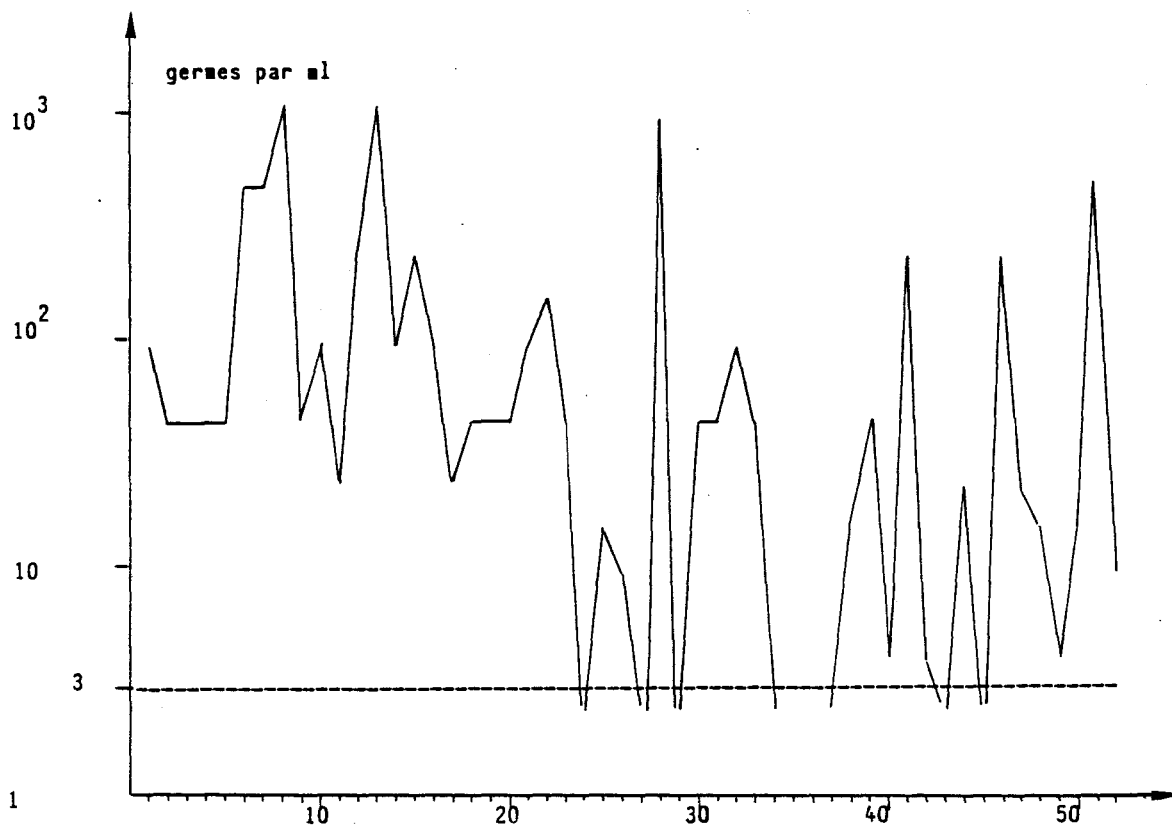


Fig . III . 14 - DENOMBREMENT DES ESCHERICHIA COLI

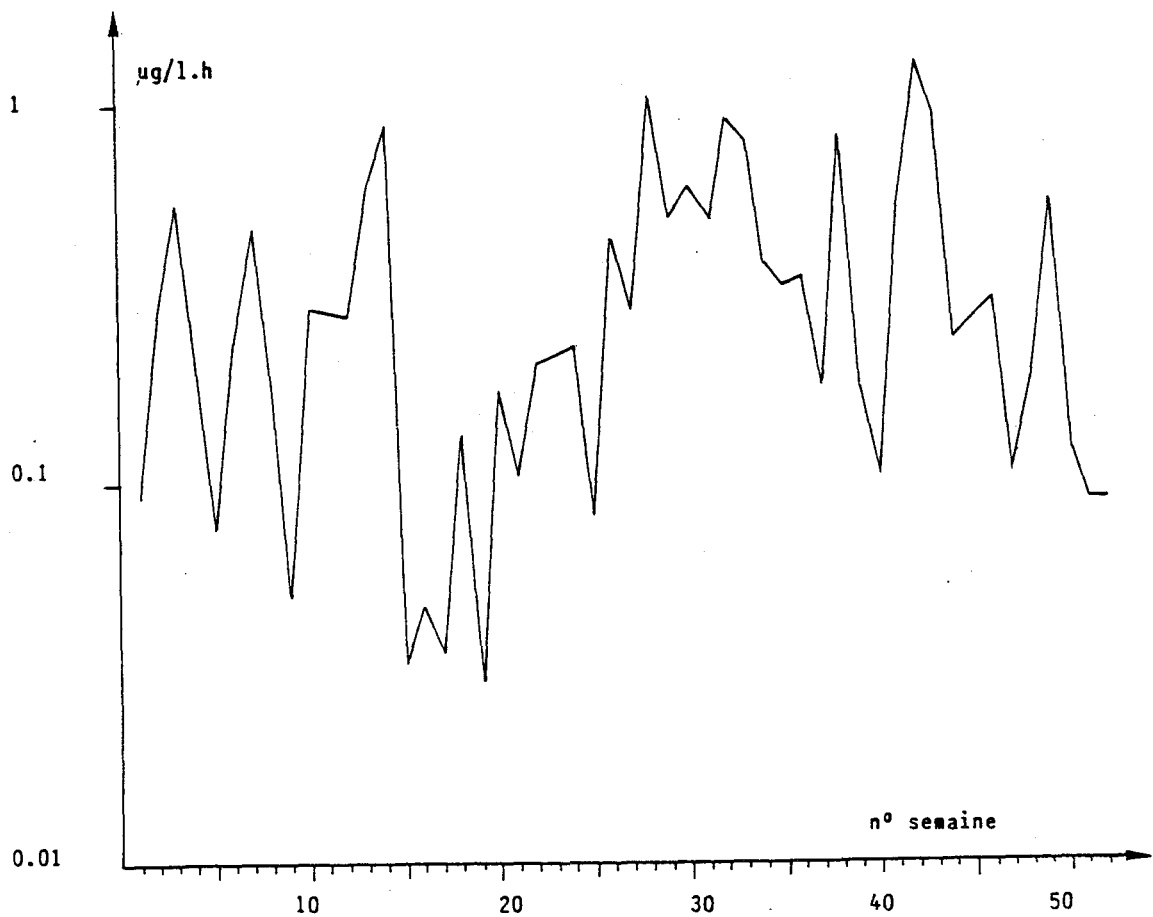


Fig . III . 15 - ACTIVITE HETEROTROPHE (V_m)

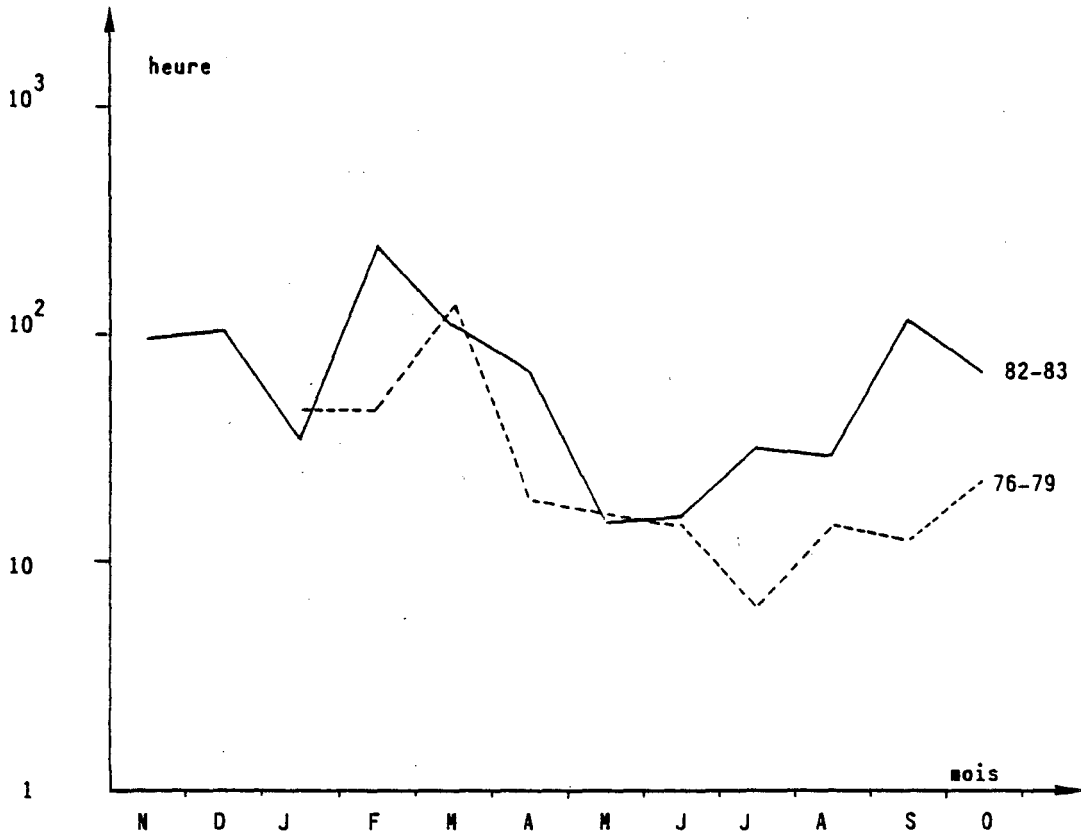


Fig . III. 16 - TEMPS DE TURN OVER (Bo)

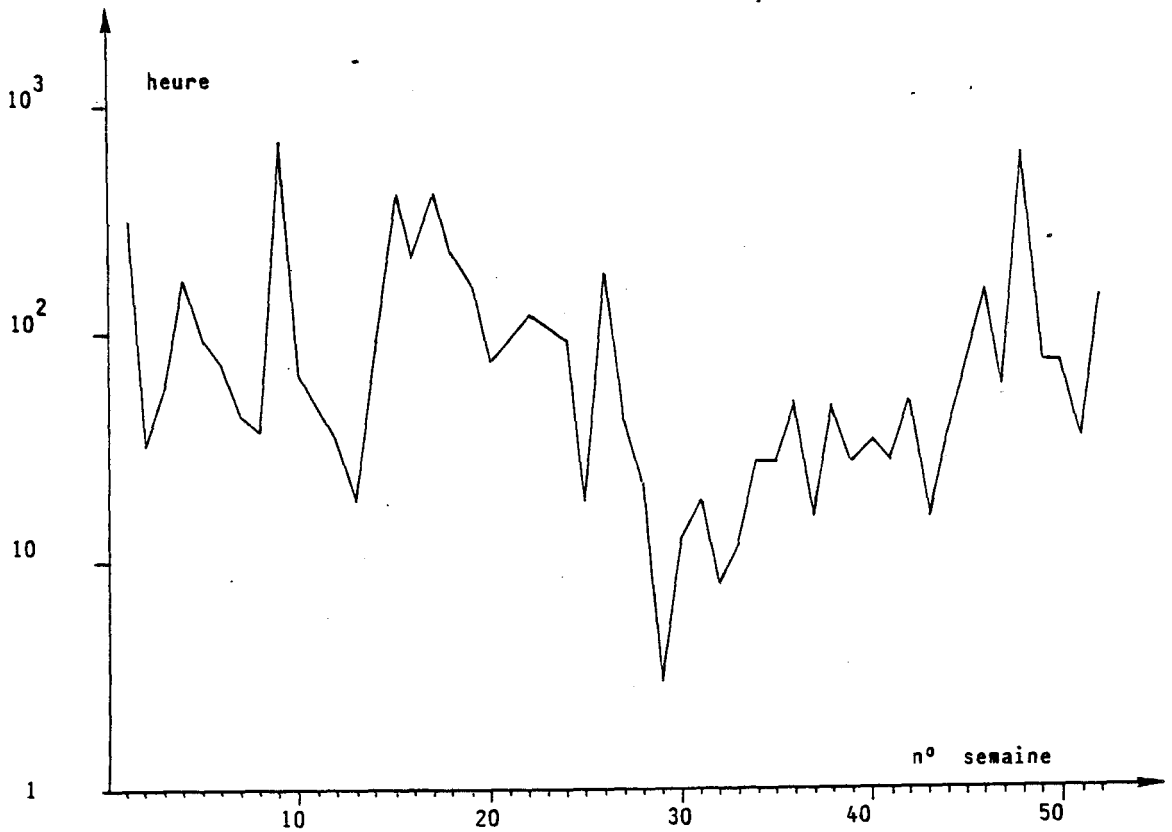


Fig . III . 17 - TEMPS DE TURN OVER (Bo)

CHAPITRE IV
PHYTOPLANCTON - PRODUCTION PRIMAIRE

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

CHAPITRE IV : PHYTOPLANCTON - PRODUCTION PRIMAIRE

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. La méthodologie d'étude reste inchangée. Elle est rappelée dans l'annexe technique jointe à ce rapport.

IV.1. PIGMENTS PHOTOSYNTHETIQUES

a. Chlorophylle (Fig. II.33a)

a.1. Cycle annuel

L'année 1983 apparaît marquée par deux pics de teneurs en chlorophylle d'importance très inégale : le premier, printanier, atteint jusqu'à 40 µg/l ; le second, estival, est voisin de 10 µg/l.

Aux teneurs hivernales bien homogènes (entre 2 et 3 µg/l) succède aux premiers jours de mars un développement printanier qui, bien que correspondant au minimum thermique enregistré, révèle la reprise phytoplanctonique tant au niveau de la teneur en chlorophylle qu'à celui des espèces observées (cf page IV.20). Cette tendance se confirme fin mars mais ne prend vraiment de l'ampleur qu'en avril. C'est du moins ce qui ressort de l'examen de nos données. Toutefois, bénéficiant cette année des résultats d'une autre étude (transmis par E.D.F.-S.E.I.) comportant des mesures quotidiennes effectuées par l'Institut Pasteur de Gravelines au canal d'amenée de la centrale, il apparaît clairement (figure IV.1) qu'entre le début et la fin du mois de mars un premier bloom phytoplanctonique a eu lieu.

L'examen simultané des figures II.33a et IV.3 montre que l'essor printanier se poursuit en avril et en mai, jusqu'à culminer à la fin mai avec le maximum annuel observé (plus de 40 µg/l au point médian). Juin montre une rupture brutale dans cette évolution croissante. Les teneurs en chlorophylle enregistrées, alors proches de celles observées en mars (Fig. II.33a), correspondent en fait (Fig. IV.1) à une période très fluctuante. La campagne de fin août fait apparaître un pic estival auquel les valeurs quotidiennes de la figure IV.1 donnent

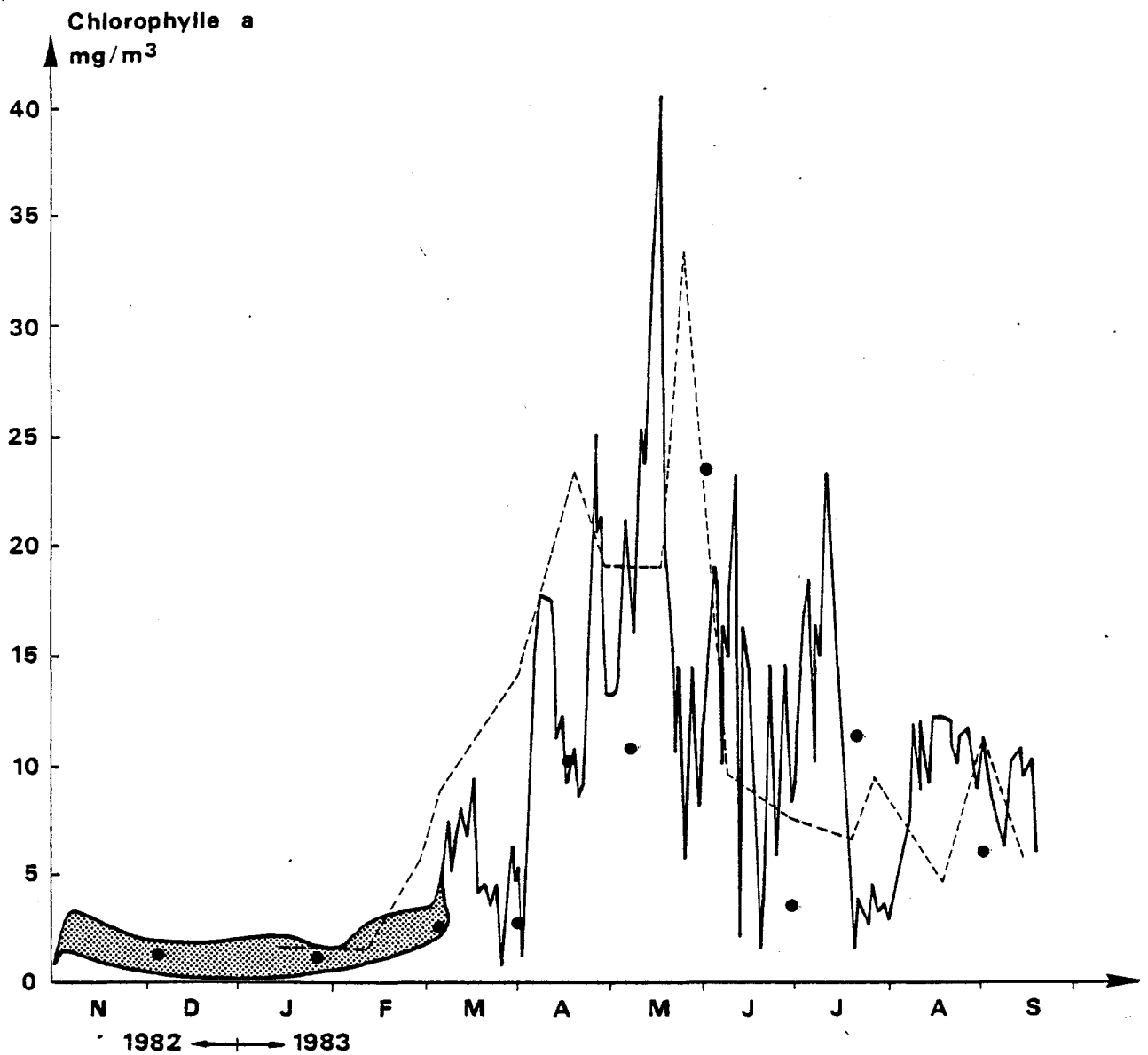


Figure IV.1 : Comparaison des résultats de teneurs en chlorophylle fournis par :

- 1) un échantillonnage journalier (Institut Pasteur)
- 2) un échantillonnage bi-mensuel (R.N.O. Dunkerque)
- 3) un échantillonnage mensuel (Station Marine de Wimereux)

Légende :

- Suivi au Canal d'amenée (Institut Pasteur de Lille)
- Suivi au Canal d'amenée (Campagnes mensuelles Station Marine de Wimereux)
- - - - Station 1 : R.N.O. Dunkerque

La tache hivernale représente le nuage bien homogène des teneurs observées quotidiennement.

plutôt l'aspect d'un plateau assez homogène couvrant tout le mois d'août, aux environs de 10 µg/l. La campagne du 6 octobre montre un retour des teneurs en chlorophylle vers des valeurs minimales hivernales.

La superposition des courbes présentées sur la figure IV.1 fait apparaître une bonne corrélation des résultats qui montre l'intérêt de disposer d'un suivi temporel serré. Il met d'abord en évidence la stabilité des teneurs hivernales, ici symbolisée par un nuage de valeurs. Cette stabilité s'interrompt dès l'apparition du printemps, pour laisser place à des fluctuations très marquées. Malgré cela, il apparaît que le maximum printanier recensé pendant le suivi écologique (campagnes mensuelles) est en fait constitué d'une série de pics assez bien individualisés, dont la connaissance éclaire singulièrement l'interprétation des analyses en espèces phytoplanctoniques (cf. page IV.21)

En comparaison avec les autres années, le pic de 40 mg/m³ de chlorophylle observé en 1983 se rapproche de celui observé en 1981, et dépasse nettement ceux enregistrés en 1980 et 1982. Il faut néanmoins noter que cette comparaison n'est valable que si l'on considère les valeurs les plus élevées, mais ne se vérifie pas si l'on prend en compte la moyenne des teneurs des différents points de la radiale, en raison du gradient très marqué lors des pics les plus accusés.

a.2. Gradient côte-large

L'examen de la figure II.33a met en évidence en 1983 ce qui commençait à apparaître en 1982 : l'inversion, ou plutôt la destruction du gradient côte-large décroissant auparavant observé. Ce fait est à souligner car il apparaît comme une composante marquante de l'impact du rejet de la Centrale sur le site pélagique de Gravelines. Il s'exprime clairement le 31 mai, lors du maximum de richesse en chlorophylle, où l'on note la chute de moitié des teneurs en chlorophylle au point côtier par rapport à celles du canal d'amenée. En général (sauf exception, comme le 6 octobre où il est par ailleurs hors impact) le point côtier présente en 1983 les valeurs minimales observées sur la radiale de référence.

Cette constatation ne signifie pas pour autant qu'il y a systématiquement destruction de la chlorophylle lors de son transit dans la Centrale. Deux raisons peuvent expliquer le phénomène observé :

- a) La Centrale appauvrit les eaux côtières du site par apport sur le site d'une eau naturellement moins riche en chlorophylle que celle qui s'y trouverait normalement : l'eau de l'Avant-Port Ouest remplace alors une eau côtière enrichie par l'Aa.
- b) La Centrale appauvrit les eaux côtières du site en amenant sur le site une eau appauvrie en chlorophylle lors de son transit, en particulier en période de chloration.

Le tableau IV.1 tente de cerner l'effet du transit par comparaison de deux effets : Impact thermique et Impact sur la teneur en chlorophylle. La première appréciation de l'impact thermique est basé sur l'examen du gradient thermique surface-fond au point côtier. L'augmentation de l'activité de la centrale montre que depuis 1983 cette approche n'est plus satisfaisante (cf. page II.12), car l'ensemble de la colonne d'eau est actuellement échauffée (la campagne du 15 avril est à cet égard significative). La seconde appréciation de l'impact, qui considère que les eaux du point côtier sont soit issues directement du rejet (donc du canal d'amenée) soit du mélange entre celles-ci et la masse d'eau la plus proche connue hors-impact (celle du point Médian), permet de se faire une idée de l'impact en fonction des deux données essentielles mises en évidence au cours des surveillances : impact du transit de la Centrale sur les eaux du canal d'amenée, et destruction du gradient côte-large préalablement établi. Ce raisonnement, que l'on doit nuancer (de même que pour l'hydrologie cf. Chap. II) dans ses conclusions en raison du décalage des masses d'eau, peut être considéré en moyenne comme minorant l'effet de l'impact puisque le point Médian sert de référence actuelle au point côtier tel qu'il était avant fonctionnement de la centrale, et que les teneurs en chlorophylle auparavant observées au point côtier étaient en général supérieures à celles du point Médian.

Cette approche, proposée au tableau IV.1 mesure le Δt par différence entre la température au point côtier 0 m et la moyenne des températures du canal d'amenée et du point médian 0 m (expression A du tableau).

IV.5

Le même raisonnement est appliqué à la chlorophylle (expression B). Ces résultats qui montrent des Δt parfois très importants et relativement bien répartis au long de l'année, indiquent par contre des diminutions de teneurs en chlorophylle dues au transit évoluant de manière significative avec la saison.

Dates	Chlore *:tranches chlorées	Δt surface-fond point C °C	A	B	C
			$\Delta t [C_{Om} - Ca + M_{Om}]$ 2 °C	$\Delta Chl [C_{Om} - Ca + M_{Om}]$ 2 mg/m ³	$B/Chl [Ca + M_{Om}] \cdot 100$ 2 %
3.12.82	**	4,44	4,49	- 0,33	- 17 %
24.01.83	-	8,57	11,56	+ 0,88	+ 58 %
3.03.83	-	4,54	8,12	- 1,13	- 26 %
29.03.83	-	4,01	9,91	- 1,55	- 32 %
15.04.83	-	0,21	10,40	- 4,19	- 33 %
6.05.83	**	-	3,68	- 2,65	- 19 %
31.05.83	*	3,06	8,35	- 15,13	- 53 %
28.06.83	***	1,19	6,90	+ 0,56	+ 11 %
18.07.83	****	≈ 3	9,72	- 5,83	- 70 %
30.08.83	**	4,20	≈ 5	- 4,25	- 48 %
6.10.83	**	0,27	0,34	- 0,12	- 03 %

Tableau IV.1 : Impact thermique et impact sur la teneur en chlorophylle.

Si l'on calcule (en colonne C du tableau) le "déficit en chlorophylle" exprimé en pourcentage de la chlorophylle présente estimée selon notre hypothèse, on s'aperçoit (Fig. IV.2) que ce déficit suit une évolution inverse fortement liée à celle de la température, et que les valeurs qui peuvent sembler aberrantes (valeurs positives) s'observent lors de périodes de grande pauvreté planctonique. On remarque aussi que le déficit maximum s'observe le 18 juillet, date à laquelle l'espèce dominante la population de microplanctontes (*Rhizosolenia shrubsolei*) subit avec des pertes sensibles et visibles au microscope le transit dans la Centrale (cf. page IV.23).

Ainsi, il apparaît clairement que les déficits maxima observés se produisent pour les températures naturelles de fin de printemps et d'été, ce qui correspond aux périodes de chloration. Nous ne disposons pas d'éléments précis pour l'appréciation de la teneur en chlore dans l'eau de mer (des dosages de bromoformes auraient été nécessaires, alors que nous ne connaissons que le nombre de tranches chlorées), mais il reste l'élément prépondérant dans l'explication des forts déficits estivaux (Fig. IV.2). De plus, si l'on prend en compte les

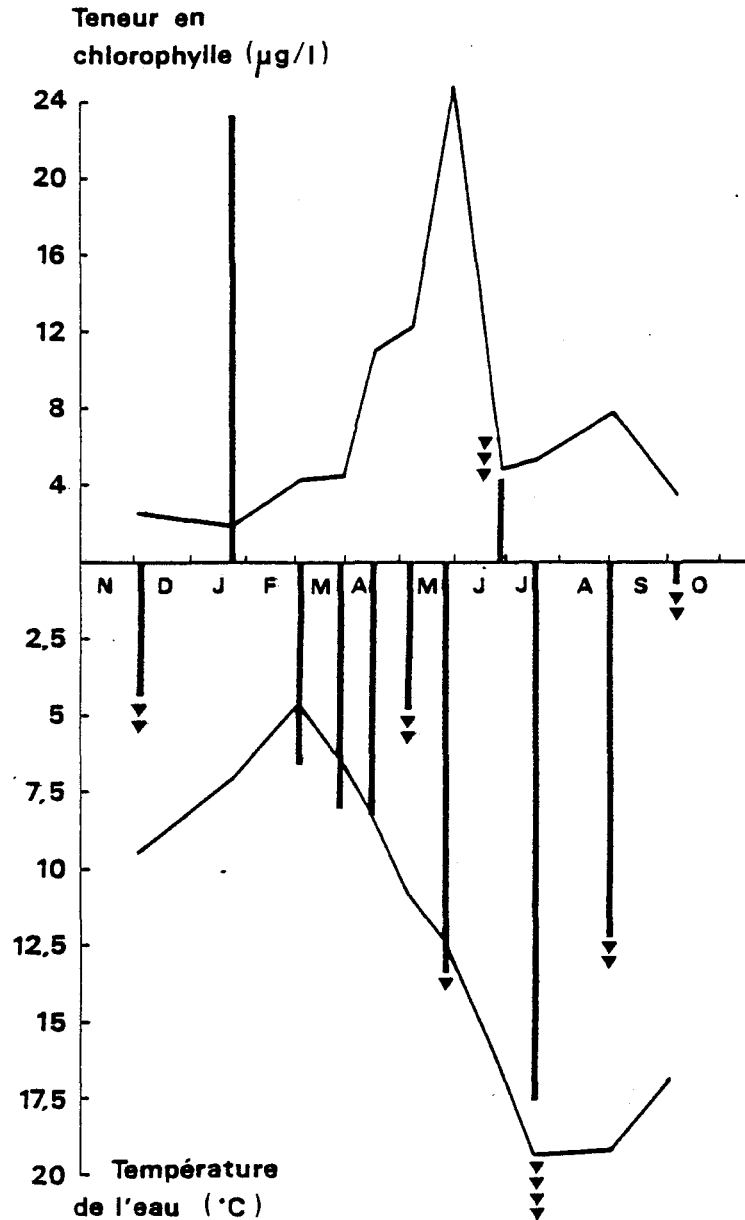


Figure IV.2 : Pourcentage de déficit en chlorophylle
 (Exprimé par les bâtonnets : 1 cm = 10 %)
 (Valeurs positives en haut
 Valeurs négatives en bas)

▼ 1 symbole représente 1 tranche en chloration

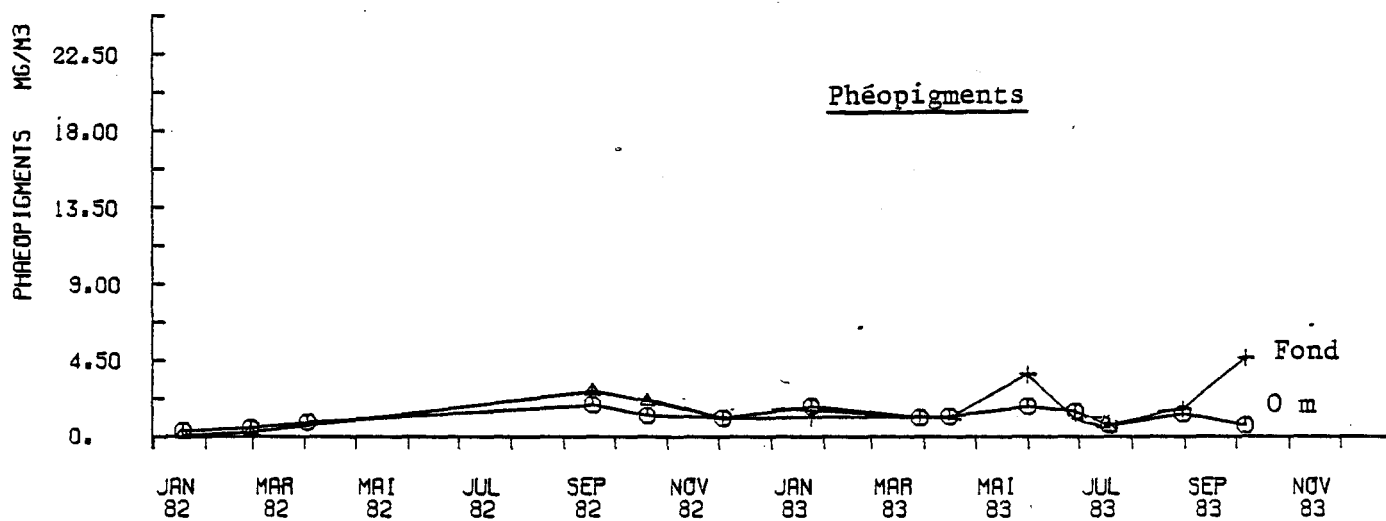
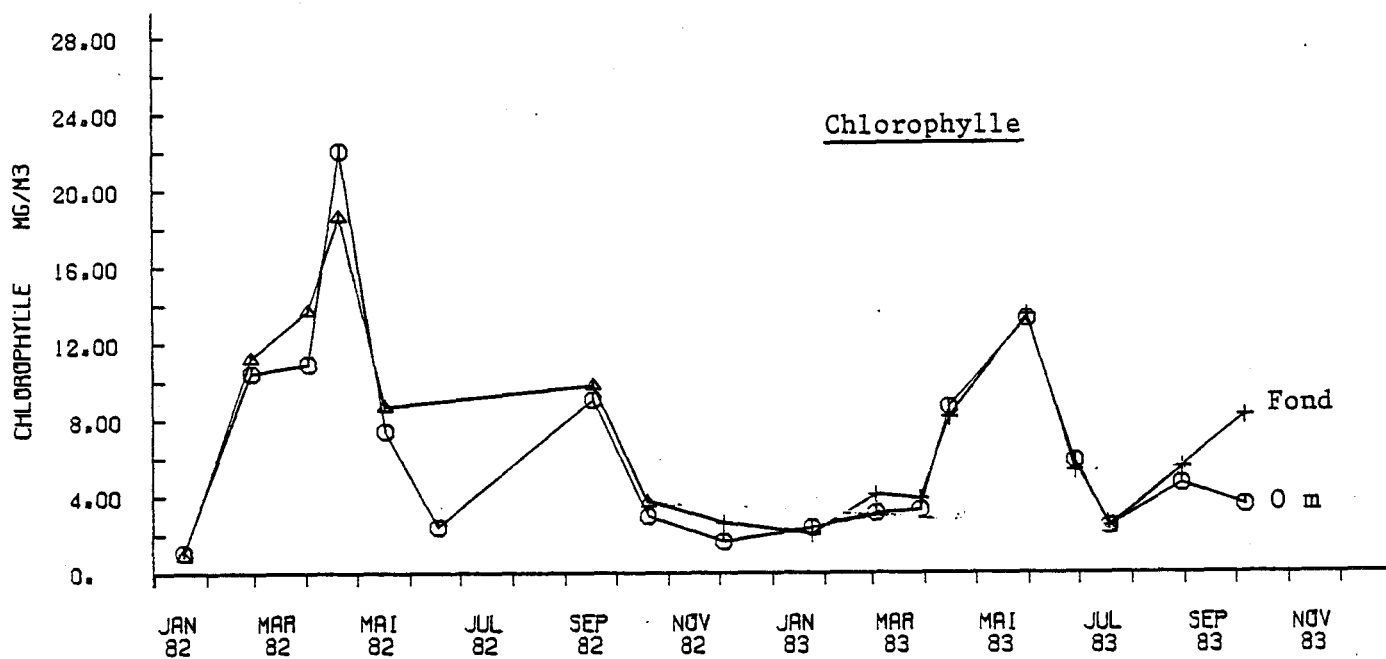


Fig. IV.3 : Point côtier : teneurs en pigments

résultats d'études antérieures (Rapport final Nov. 80-Oct. 81), qui montrent que le transit hors chloration n'a que peu d'effet sur la teneur en chlorophylle, il semble que cet indice de déficit en chlorophylle, dans la mesure où les masses d'eau analysées correspondent bien entre elles, soit révélateur des deux impacts possibles de la Centrale : le premier, observé hors chloration, résultant de la dilution dans les eaux côtières d'eaux appauvries décantées issues de l'Avant-Port, le second, s'ajoutant au premier qui persiste en toutes saisons, étant dû à la destruction de la chlorophylle par le chlore.

Comme pour la température, la figure IV.3 montre bien que le gradient surface-fond des teneurs en chlorophylle au point côtier ne permet pas de visualiser l'impact du rejet. Déjà en 1982 un tel constat avait été fait, à l'inverse alors de la température.

b. Phéopigments (Fig. II.33b)

Comme en 1982, l'évolution des teneurs en phéopigments reste relativement stable en tous points. La figure II.33b montre que le point côtier reste presque toujours en deçà du point médian pour ce paramètre. Ce comportement, comparable à celui de la Chlorophylle, semble bien indiquer la difficulté d'interprétation de ce paramètre comme possible marqueur de l'impact, car dans ce cas l'on aurait observé une augmentation des Phéopigments au rejet. Néanmoins le paragraphe suivant nuance ce commentaire.

c. Pourcentage de Chlorophylle active (Fig. II.34)

Outre les variations naturelles de ce paramètre (valeurs en hausse au printemps et en été, avec une chute très sensible en juin) le fait remarquable mis en évidence par les tracés est la grande régularité de celui du point côtier à partir de la mi-avril 1983. En décroissance permanente, il est presque toujours inférieur à celui des autres stations, excepté lors de la campagne du 28 juin. Cette observation n'est pas sans évoquer celle faite à propos de la figure IV.4, dans laquelle le "coefficient de déficit en chlorophylle" présentait une valeur positive précisément à cette date.

En conclusion, l'impact de la centrale sur le pourcentage en chlorophylle active est sensible au point côtier. La régularité observée en ce point pouvant être un artefact dû aux résultats du 28 juin, résultats surprenants quand on sait que trois tranches se trouvaient alors en électrochloration. Il est délicat actuellement de donner une interprétation à ce phénomène.

IV.2. PRODUCTION PRIMAIRE

Les résultats des expérimentations d'incubation artificielle en présence de carbone marqué, au nombre de quatre pour ce cycle d'étude sont retracés dans le tableau IV.2, ci-dessous :

Stations	24 janvier 83		3 mars 83		15 avril 83		6 octobre 83	
	mg C/m ³ /heure	P/B	mg C/m ³ /heure	P/B	mg C/m ³ /heure	P/B	mg C/m ³ /heure	P/B
Canal	3,19) 3,07)	2,50	9,11) 6,08)	2,97	88,95) 77,70)	8,68	6,55) 6,29)	2,99
Côte 0 m	2,89) 2,58)	1,14	11,21) 9,22)	3,23	93,23) -)	10,78	9,11) 8,76)	2,52
Côte fond	2,71) 3,54)	1,25	11,34) 9,96)	2,59	90,25) 89,67)	10,66	10,00) 10,76)	1,26
Médian 0 m	4,52) 4,39)	2,52	10,86) 10,55)	1,78	-		11,71) 9,58)	2,06
Médian 5 m	5,48) 4,84)	2,72	11,52) 11,14)	1,46	-		11,35) 10,78)	1,80
Large 0 m	3,51) 4,23)	2,80	7,05) 8,49)	2,17	290,37) 188,58)	18,64	8,88) 9,09)	3,71
Large 5 m	-	-	-	-	293,06	24,79	-	-

Tableau IV.2 : Productivité primaire

Productivité : exprimée en mg C/m³/heure

Rapport P/B : rapport Production/Biomasse

Les campagnes de janvier et d'octobre se sont déroulées dans des conditions soit hivernales, soit de fin de bloom estival, avec des faibles teneurs en chlorophylle.

Les deux campagnes printanières se sont déroulées en début de bloom, mais pas lors du pic maximum observé. La chloration, qui n'a été mise en action continue qu'aux environs du 22 avril, n'intervient donc pas pour les trois premières campagnes. Et la campagne du 6 octobre s'est faite hors impact pour le point côtier, ce qui rend impossible pour cette surveillance 1983 la moindre approche de l'effet de la chloration sur la productivité primaire.

Analysons les résultats obtenus (tableau IV.2) campagne par campagne :

24 janvier 1983

La centrale fournit 2 600 MW/h, avec un débit au rejet de $120 \text{ m}^3/\text{sec}$. Il n'y a pas d'électro-chloration. Le gradient thermique vertical au point côtier (cf. tableau IV.1) est le maximum observé au cours du cycle d'étude ($\approx 8,6 \text{ }^\circ\text{C}$), auquel correspond le maximum de l'expression A ($11,6 \text{ }^\circ\text{C}$). On est donc en présence, en surface au point côtier, d'une eau peu diluée ayant subi le transit. On a vu qu'il n'y a pas d'effet décelable sur la teneur en chlorophylle (au contraire, une augmentation non explicable, peut-être due au décalage des masses d'eau), mais cette chlorophylle semble moins productive (rapport P/B inférieur à tous les autres rencontrés sur le site). Néanmoins, tous les échantillons étant mis à incuber à la même température, l'interprétation reste délicate.

3 mars 1983

La centrale fournit 1 900 MW/h avec un rejet de $100 \text{ m}^3/\text{sec}$, sans électro-chloration. On observe au point côtier un gradient thermique surface-fond d'environ $4,5 \text{ }^\circ\text{C}$, mais le Δt dû au fonctionnement de la Centrale (expression A du tableau IV.1) est légèrement supérieur à $8 \text{ }^\circ\text{C}$.

On n'observe apparemment pas d'effets négatifs tant sur la teneur en chlorophylle des eaux issues de l'Avant-Port, que sur la production elle-même, puisque le rapport P/B est le maximum mesuré lors de cette expérience. La chlorophylle qui sort de la centrale serait donc plus

productive, ce qui n'empêche pas que, par rapport aux teneurs en chlorophylle naturellement observés durant les études avant fonctionnement (gradient côte-large décroissant), il est très vraisemblable que l'on soit devant un bilan négatif dans cette zone côtière (expression B du tableau IV.1 : - 1,13 µg/).

15 avril 1983

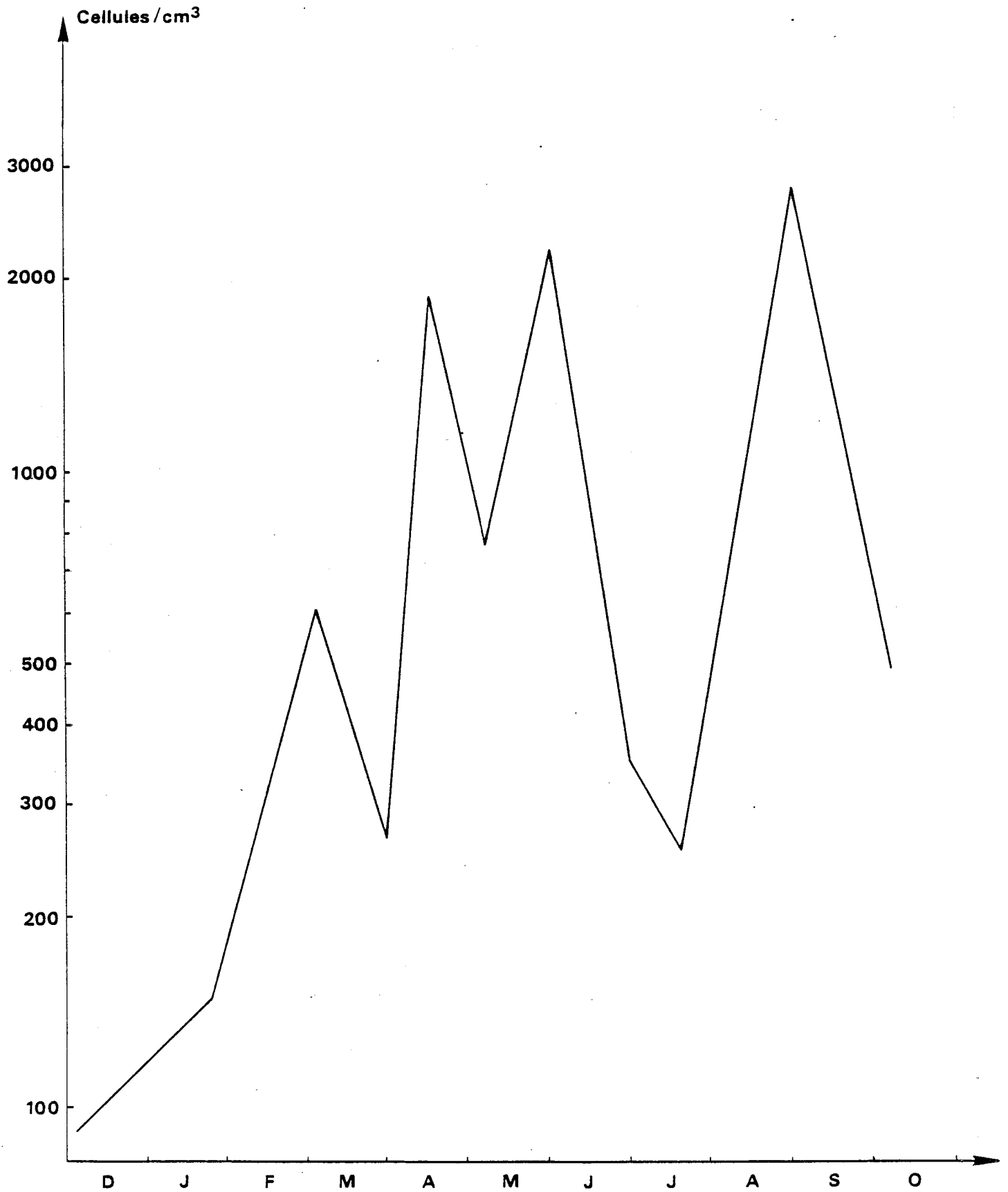
La Centrale produit 2 650 MW/h et débite 120 m³/sec. sans électrochloration. Le gradient thermique surface-fond au point côtier est très faible (0,21° C), ce qui indique que toute la masse d'eau est échauffée en ce point, l'expression A du tableau IV.1 étant égale à 10,4° C. L'appauvrissement en chlorophylle en ce point est significatif, puisqu'il correspond à 4,2 µg/l (expression B, tableau IV.1), mais on ne peut pas dire si la productivité (rapport P/B) est affectée, puisque l'on trouve ce rapport inférieur à celui observé au large (ce qui est par ailleurs normalement observé) et supérieur à celui observé au canal d'amenée.

6 octobre 1983

La Centrale produit 2 600 MW/h et débite 120 m³/sec avec deux tranches en électrochloration sur les trois qui fonctionnent. Le prélèvement a malheureusement été effectué hors impact, ce qui exclut toute appréciation d'impact.

En conclusion, il apparaît que ces expérimentations sur la production primaire ne permettent pas, telles qu'elles sont effectuées, de porter un jugement satisfaisant sur l'impact de la Centrale. Il apparaît que si l'on veut à la fois mener des expérimentations pour suivre le bloom printanier et l'effet de la chloration, le bloom printanier débutant longtemps avant la chloration, il est nettement préférable de procéder à six expérimentations, deux au début du printemps avant chloration, et quatre à la fin du printemps et pendant l'été, avec chloration, ce que nous entreprendrons en 1984.

Figure IV.4 : Nombre de cellules microplanctoniques
Toutes stations, tous niveaux confondus.



IV.3. SYSTEMATIQUE DU MICROPLANCTON

a. Variations quantitatives du microplancton (Figure IV.4)

a.1 Cycle annuel

Les populations rencontrées le 3 décembre 1982 sont en faible abondance (moins de 100 cellules/cm³ en moyenne). Les caractéristiques extrêmement clémentes du mois de janvier expliquent que l'essor printanier se ressent cette année dès le 24 janvier 1983, par une légère augmentation en nombre, mais aussi (cf. page IV.20) par l'apparition des premières espèces printanières. On peut noter que les teneurs en chlorophylle ne se font pas témoins de cette évolution, puisque cette période correspond encore au nuage bien homogène des faibles valeurs hivernales présentées en figure IV.1. Il faut attendre début mars pour que correspondent toutes les caractéristiques hydrobiologiques du bloom printanier : remontée des températures (cf. page II.8), chute des sels nutritifs, en particulier les nitrates et les silicates (cf. page II.24 et II.26) et augmentation significative du nombre de cellules microplanctoniques (600 μ /cm³ en moyenne) et des teneurs en chlorophylle. La fin du mois marque une pose dans cette croissance : la quasi-stabilisation des teneurs en chlorophylle correspond à une diminution du nombre de microplanctontes. Mais on a vu (Fig. IV.1) que durant le mois de mars s'est développé le premier bloom printanier, révélé par les prélèvements quotidiens de l'Institut Pasteur. La reprise se fait en avril, avec un nombre moyen supérieur à 1800 μ /cm³ le 15 de ce mois, mais ce résultat correspond en fait (Fig. IV.1) à la fin d'un nouveau pic développé durant la première quinzaine d'avril. En début mai, une chute du nombre de microplanctontes correspond néanmoins à une augmentation des teneurs en chlorophylle, en raison de la densité de la population de Phaeocystis. Le 31 mai montre un nouveau pic d'abondance et ce, malgré celui de Phaeocystis. Ces deux éléments conjugués donnent une valeur maximale de chlorophylle observée durant ce suivi qui, on le voit en figure IV.1, a sans doute été précédé d'un pic d'ampleur similaire, quelques quinze jours auparavant. Notre échantillonnage de fin juin montre une chute très importante, puisqu'on dénombre en moyenne 350 cellules/cm³. Cette tendance se confirme le 17 juillet, mais l'analyse en espèces montre que cela correspond en fait au départ d'un nouveau bloom, estival. Le 31 août révèle le pic annuel en nombre

de cellules microplanctoniques ($\approx 2800 \text{ } \mu\text{/cm}^3$) auquel correspond un pic de chlorophylle, mais de bien moindre ampleur que celui du printemps. La campagne du 6 octobre annonce la chute automnale ($\approx 500 \text{ } \mu\text{/cm}^3$).

a.2 Impact du transit sur la densité cellulaire

Bien qu'il soit très délicat d'interpréter de façon précise les dénombrements cellulaires, en raison de la variabilité de l'échantillonnage et du décalage des masses d'eaux, la comparaison entre les nombres de cellules microplanctoniques rencontrés au canal d'amenée au point côtier, et au point médian peut servir d'élément d'information sur l'impact du transit.

Le tableau IV.3 rassemble ces données, en indiquant les valeurs des deux niveaux pour les points côtier et médian.

Tableau IV.3 : Densités microplanctoniques (nombre de cellules/cm³)

Campagne	Canal d'amenée	Côtier	Médian
3.12.82	69	98	113
		92	102
24.01.83	110	146	183
		110	177
3.03.83	626	588	896
		578	553
29.03.83	305	183	-
		298	-
15.04.83	1583	1727	1125
		1784	1216
6.05.83	793	590	936
		-	796
31.05.83	1898	1337	2866
		1222	3447
28.06.83	86	123	649
		168	524
18.07.83	433	141	334
		262	298
30.08.83	2654	-	4836
		2105	3145
6.10.83	213	497	488
		441	554

On constate en tout premier lieu, des densités cellulaires inférieures à la côte par rapport au point médian, contrariant ainsi le gradient côte-large décroissant constaté avant fonctionnement de la centrale. Les données du 6 octobre ne sont pas significatives, le prélèvement ayant eu lieu hors-tache. Celles du 15 avril sont l'exception dans notre commentaire, montrant des densités supérieures à la côte par rapport au point médian mais aussi par rapport au canal d'aménée. L'hétérogénéité de la masse d'eau en est certainement la cause, de même qu'elle doit amener à nuancer toutes les conclusions fournies pour l'ensemble des résultats. Ce résultat particulier n'est néanmoins pas contradictoire avec le déficit observé en chlorophylle, *Phaeocystis* (cf. page IV.23) subissant le transit avec des pertes pouvant justifier celles de la chlorophylle.

La comparaison entre les densités cellulaires du canal d'aménée et du point côtier montre des différences fluctuantes difficilement interprétables, en raison de la variabilité de l'échantillonnage.

b. Succession des espèces microplanctoniques

Toujours en raison de la variabilité de l'échantillonnage citée précédemment, il n'est guère possible de se servir des résultats de dénombrements spécifiques pour aborder l'impact du transit sur les espèces phytoplanctoniques. Sauf à quelques exceptions près, (impact sur telle ou telle espèce remarquable), l'étude systématique a donc plus un caractère descriptif de variations naturelles qu'anthropiques étant donné que la durée du transit et la dilution rapide du rejet sur le site semble inférieure au laps de temps nécessaire à une réaction du type pullulation.

b.1 Evolution du rapport Centriques/Pennées (Fig. IV.5)

Le rapport Diatomées Centriques/ Diatomées Pennées indique une participation très importante des Centriques à toutes les périodes de l'année. On n'observe pas, comme en 1982, de participation des *Nitzschia delicatissima* au bloom de *Phaeocystis* de mai, faisant ainsi chûter le rapport vers de très faibles valeurs ; la diminution s'observe, mais de manière peu intense. Il apparaît que le pic printanier est plus dominé par les Centriques que le pic annuel observé fin août .

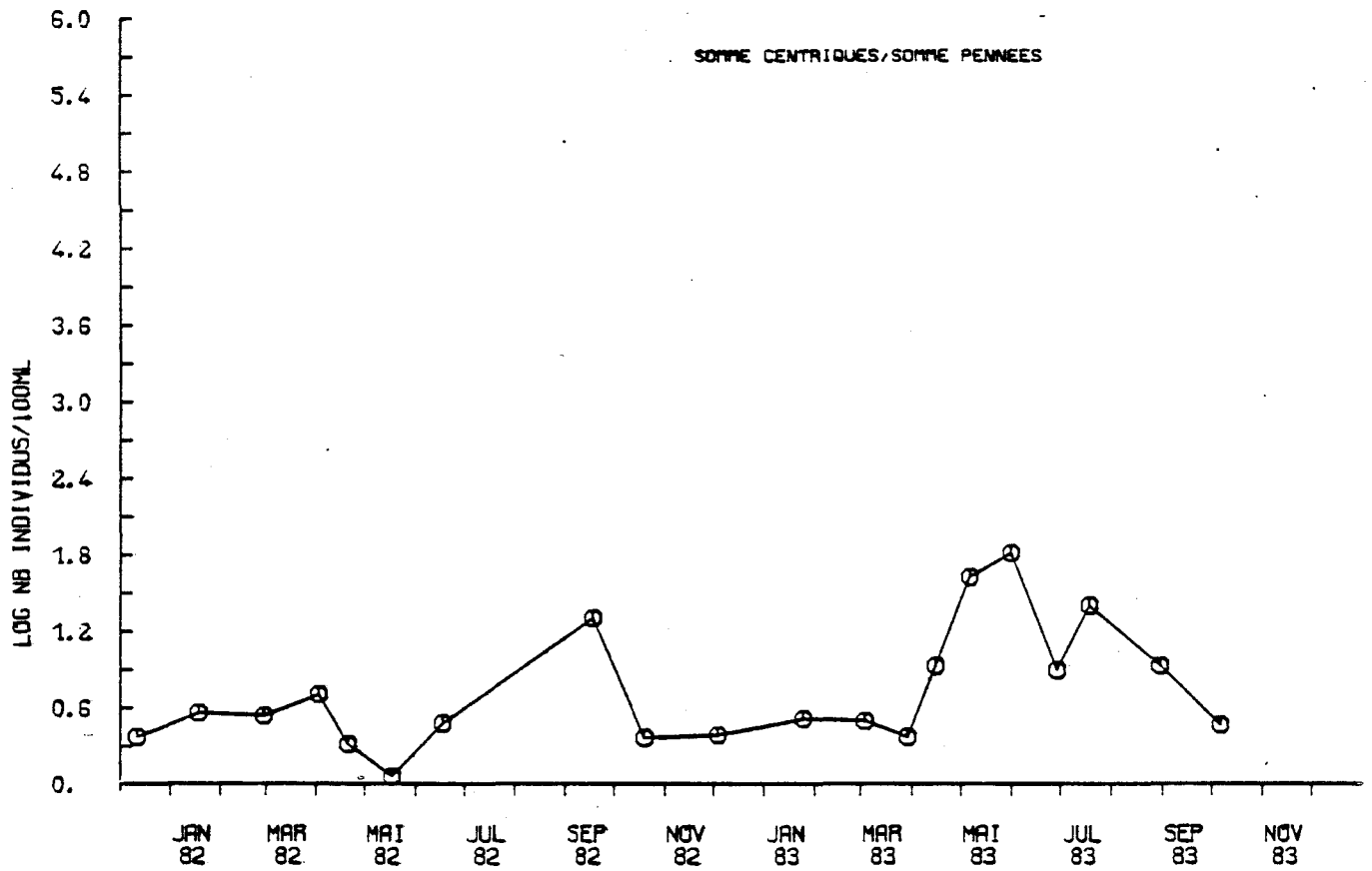


Fig. IV.5 : Rapport Centriques/Pennées
(tous échantillons confondus).

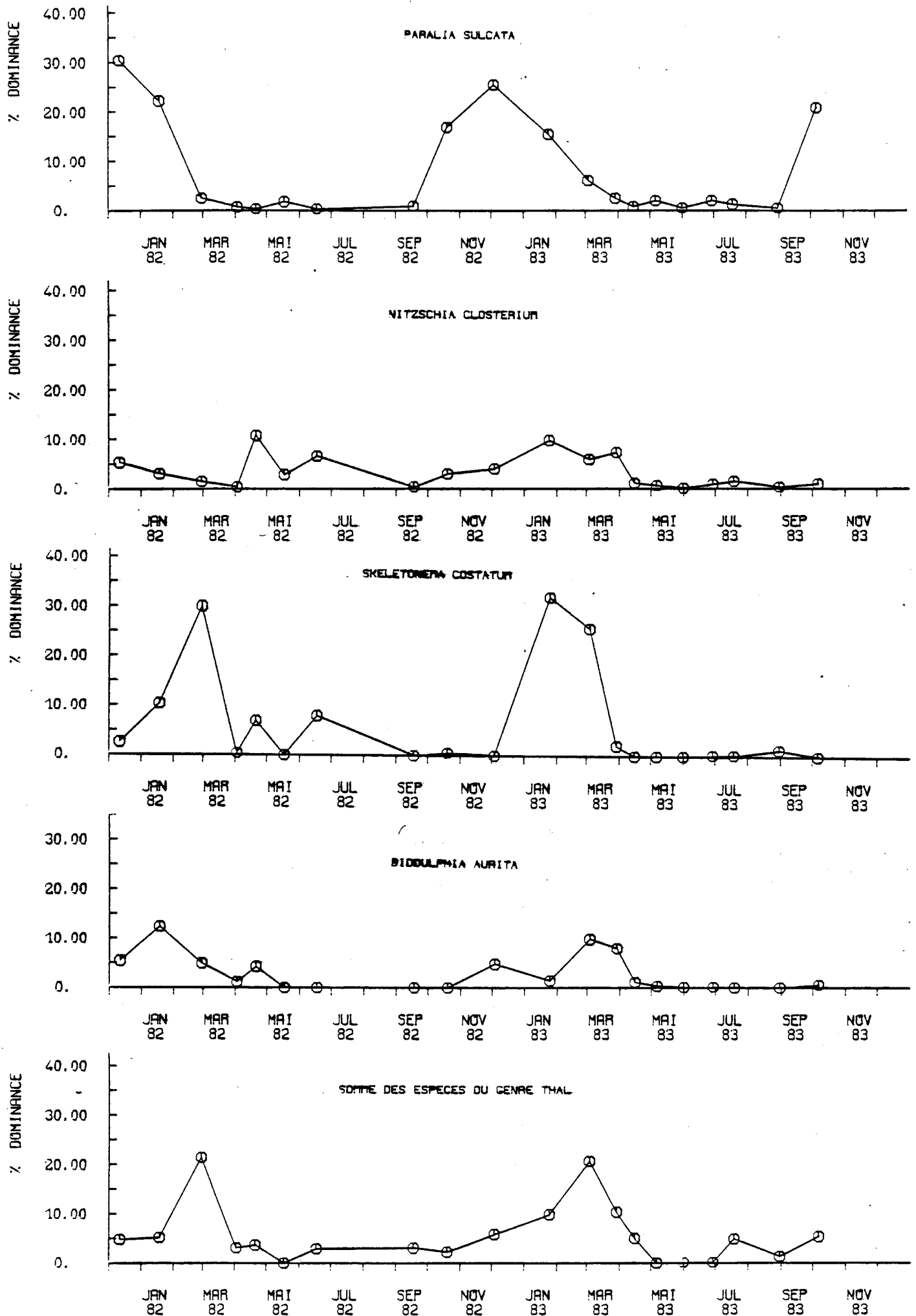


Fig. IV.6 : Succession des espèces (Pourcentage de dominance).

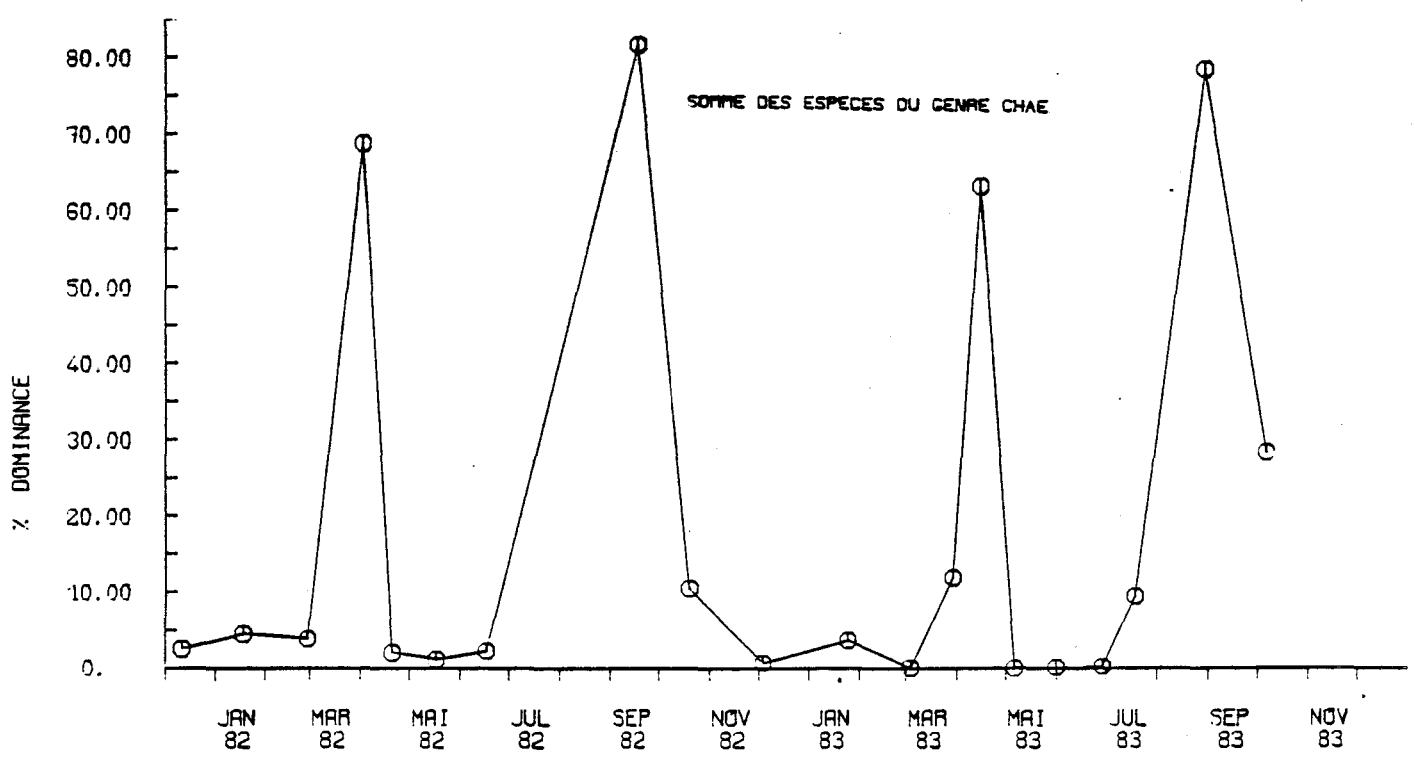
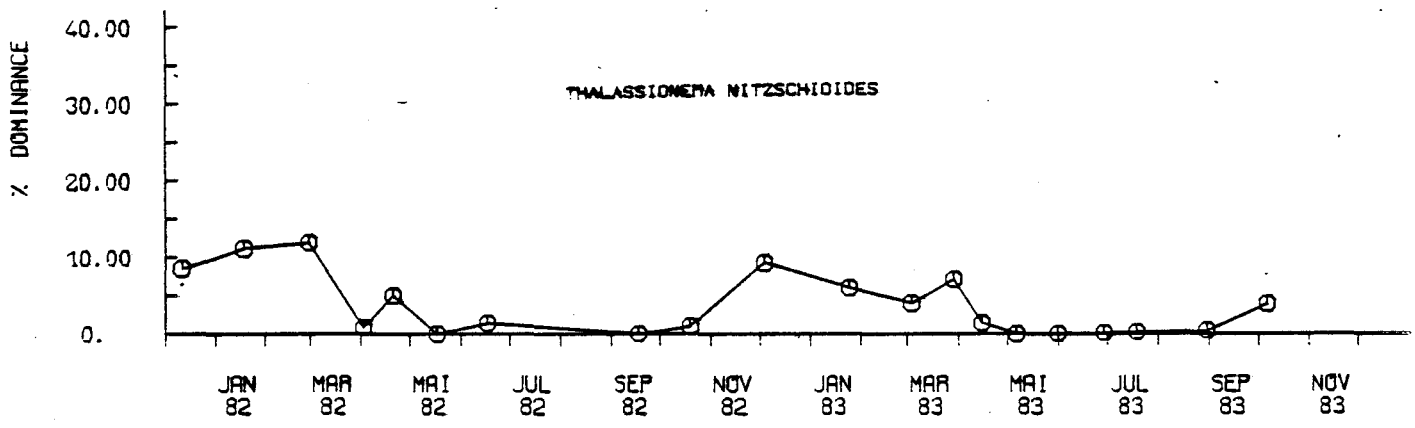
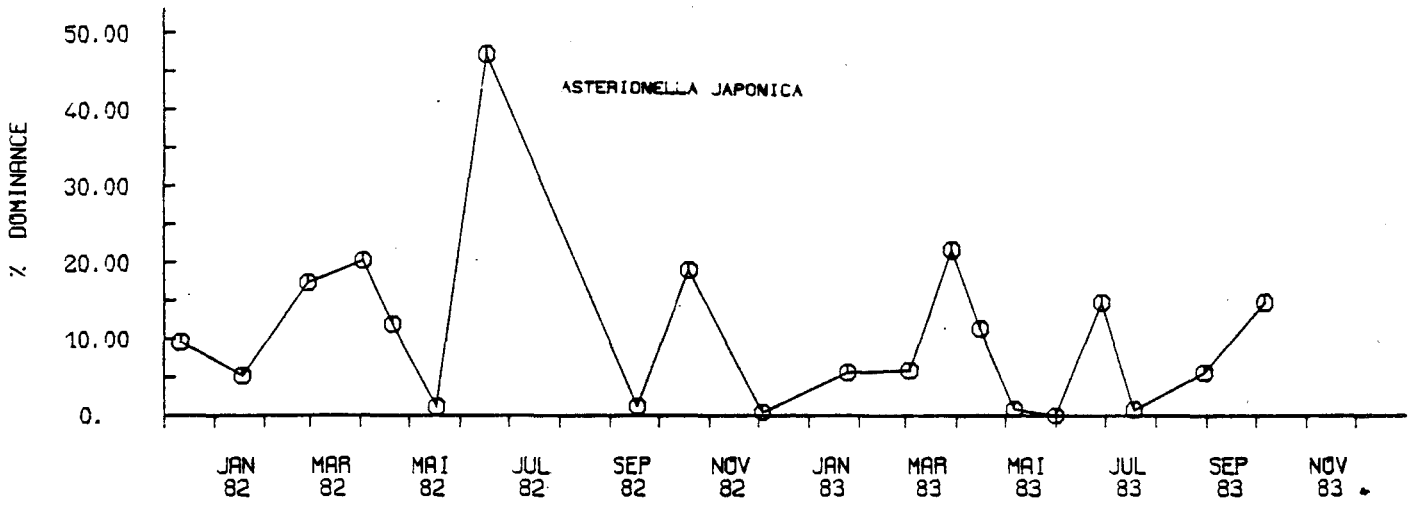


Fig. IV. 7 : Succession des espèces (Pourcentage de dominance).

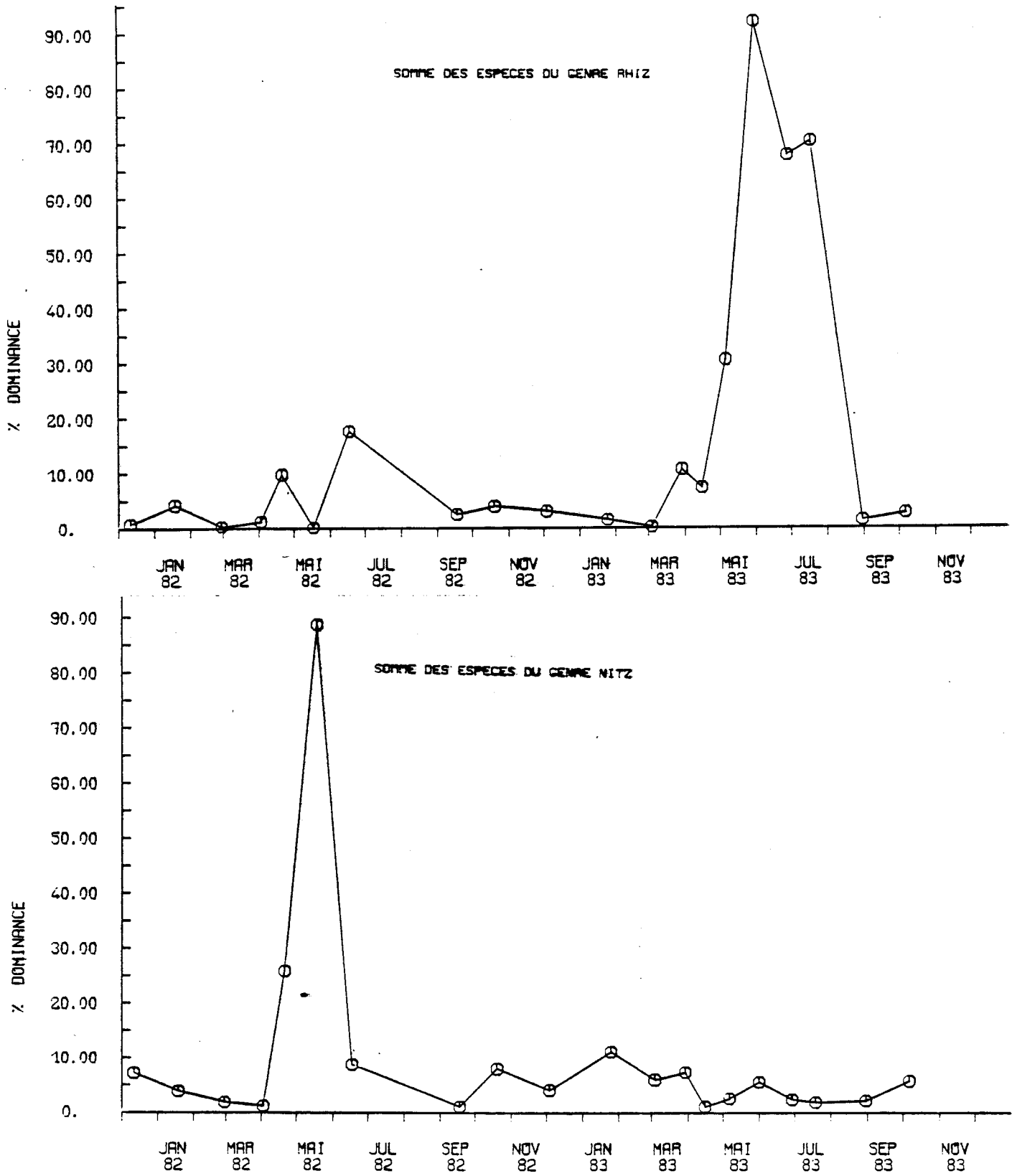


Fig. IV. 8 : Succession des espèces (Pourcentage de dominance).

b.2 Succession des espèces (Figs IV.6, 7 et 8)

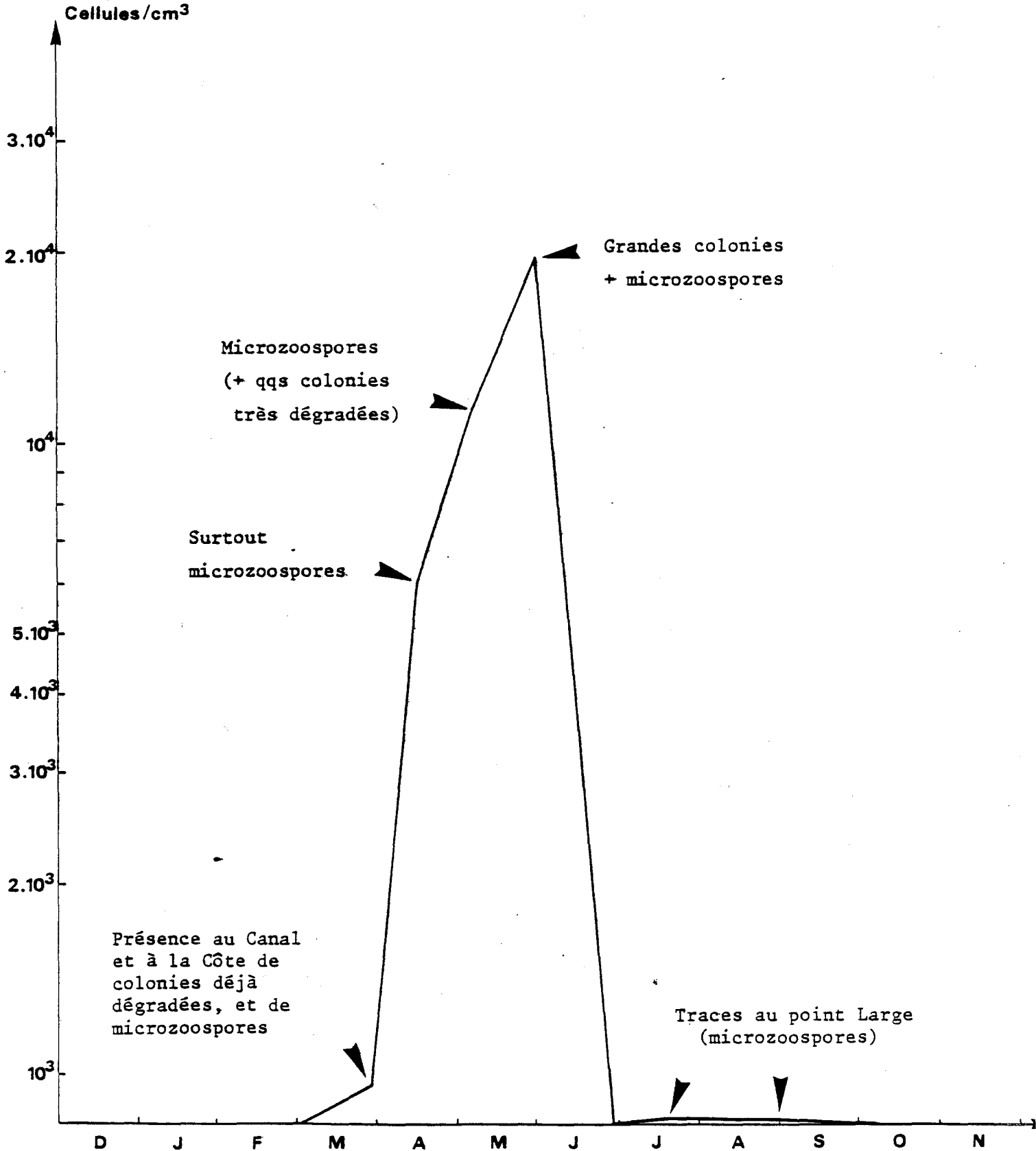
Le début du mois de décembre, bien que doux (la centrale chlore encore à cette époque, ce qui est assez exceptionnel) est pourtant formé de populations caractéristiques d'une période hivernale : *Paralia sulcata* (Fig. IV.6), *Rhaphoneis amphiceros*, *Thalassionema nitzschioides* (Fig. IV.7) et *Navicula* dominant le microplancton faiblement représenté. C'est sans doute la douceur de janvier qui, sans donner un essor significatif au taux de chlorophylle, permet un léger accroissement du nombre de cellules et surtout l'apparition de *Skeletonema costatum* (Fig. IV.6) espèce caractéristique des prémices du printemps, et qui atteint 30 % de dominance en moyenne. Les *Thalassiosira* (Fig. IV.6) font aussi leur apparition, mais plus discrètement ; *Paralia sulcata* décroît alors. On observe aussi de très belles *Nitzschia closterium* (Fig. IV.8 : ≈ 10 % d'abondance). Le mois de février, assez rigoureux, n'a pas empêché, début mars, d'observer le développement des *Thalassiosira* (≈ 22 % : *Th. levanderi* surtout), le déclin de *Skeletonema*, et la présence de *Biddulphia aurita* (Fig. V.6 : ≈ 10 %) ainsi que celle d'*Asterionella japonica* (Fig. IV.7 ≈ 6 %). On a vu (cf. page IV.1) qu'entre le début et la fin de ce mois s'est développé un bloom printanier dont nous n'avons observé que les périodes extrêmes. En fin mars, on enregistre en effet l'essor des *Asterionella japonica* (≈ 20 %) ainsi que l'apparition des *Chaetoceros* (dont *Ch. sociale* surtout) et même celle des *Rhizosolenia* (Fig. IV.7 ≈ 10 %). Il s'agit de *Rh. delicatula* qui, tout en restant présente le 15 avril, laisse alors la place à *Chaetoceros sociale* qui domine la population pour plus de 60 %. *Asterionella japonica* est alors en déclin. Il faut remarquer (cf. page IV.23) que le bloom de *Phaeocystis* est déjà engagé, son apparition s'étant produite vraisemblablement fin mars, et qu'il culminera jusqu'en juin. Le mois de mai est donc sous l'empreinte de *Phaeocystis*, avec une baisse de la richesse spécifique en microplancton le 6 mai. *Cerataulina pelagica* (≈ 60 % de la population) et *Rh. delicatula* (≈ 30 %) dominant en nombre, les premières surtout au point Médian et au large, les secondes au Canal d'amenée et à la Côte. *Phaeocystis* montre son maximum d'abondance fin mai, mais les espèces microplanctoniques sont nettement mieux représentées qu'en début de mois, bien qu'entièrement dominées par *Rh. delicatula* dont l'abondance moyenne

atteint 85 %. On note aussi la présence de *Rh. fragillissima* (≈ 10 %). Le 28 juin marque la dépression classiquement observée. Cette population faible est nettement dominée par les *Rhizosolenia*, réparties entre *Rh. shrubsolei*, *Rh. stolterfothii* et *Rh. fragillissima*, ces dernières apparaissant en mauvais état. On note aussi à cette date la présence assez uniforme de *Guinardia flaccidia*. Le 18 juillet le nombre moyen de cellules s'est encore légèrement infléchi, mais la teneur en chlorophylle s'est stabilisée, grâce au développement des *Rhizosolenia shrubsolei* qui forment 70 % du microplancton. On remarque en même temps le retour discret des *Thalassiosira* et des *Chaetoceros*. Ce sont les *Chaetoceros*, très abondants et très diversifiés, qui dominant en fin août une population microplanctonique elle-même abondante et riche en espèces. *Chaetoceros sociale* forme alors 56 % de cette population. La campagne du 6 octobre, faite dans des conditions de mer agitée, révèle de nombreuses espèces à affinité benthique, comme *Biddulphia alternans*, *Pleurosigma*, *Paralia sulcata*, *Actinopterychus senarius*, *Act. splendens*... et rassemble à la fois des espèces automnales comme les *Chaetoceros*, et des espèces hivernales qui reprennent d'autant plus d'importance que l'abondance globale de la population chute (*Paralia sulcata*).

En comparaison avec les cycles antérieurs, on ne peut que constater la normalité du déroulement des successions microplanctoniques, dans la mesure où aucun accident majeur ne vient le perturber, du moins de manière décelable dans nos analyses. Le décalage systématique des pics d'abondance des *Chaetoceros* et des *Rhizosolenia* se confirme (*Chaetoceros* au printemps et au début de l'automne et les *Rhizosolenia* en fin de printemps et en été) d'année en année. On peut noter cette année (Fig. IV.8) l'abondance remarquable des *Rhizosolenia* au début de l'été, et la discrétion des *Nitzschia* (en particulier *N. delicatissima* pendant le bloom de *Phaeocystis*) en regard de ce qui s'était observé en 1982. Les observations relatées dans le présent paragraphe, reliées à un examen attentif des résultats du suivi quotidien des teneurs en chlorophylle (Fig. IV.1), permettent de porter un regard plus dynamique dans l'évolution des espèces. Des pics nettement individualisés pourraient retracer la chronologie suivante :

- pic de mars : développement des *Thalassiosira*
- pic de début avril : développement d' *Asterionella japonica* remplacée ensuite par *Chaetoceros sociale*

Figure IV.9 : *Phaeocystis*, moyenne tous points et tous niveaux confondus.



- pic du 15 mai au 15 juin : développement de *Rhizosolenia delicatula*
- pic du 15 juin au 15 juillet : développement de *Rhizosolenia* diverses, supplantées petit à petit par *Rh. Shrubsolei*.
- pic d'août : vraisemblablement présence des *Rhizosolenia*, mais arrivée apparemment précoce des *Chaetoceros* très diversifiés, nettement dominés par *Ch. sociale*.

b.3 Impact du transit

On a vu au paragraphe a.2 la difficulté d'interprétation de l'impact en raison de la variabilité de l'échantillonnage. Néanmoins une espèce a présenté des indices visibles de dégradation due au transit. *Rhizosolenia shrubsolei*, espèce abondante le 18 juillet, fournit deux indices de dégradation :

1. Diminution sensible du nombre de cellules (accompagnée de chute de teneur en chlorophylle). Elles sont de plus, visiblement en mauvais état au point côtier.
2. Rupture des chaînes formant les colonies. Ces chaînes, longues de 4 à 12 cellules sur l'ensemble du site et au canal d'amenée, sont complètement absentes au point côtier.

c. Phaeocystis (Fig. IV.9)

Ce nanoplancton flagellé a fait son apparition de manière relativement précoce sur le site. Dès fin mars, on observe au canal et à la côte des colonies déjà dégradées et des microzoospores. Le bloom ira ensuite en s'amplifiant jusqu'en juin, puisque le maximum est enregistré le 31 mai, avec présence de grandes colonies et de microzoospores. Des microzoospores en traces ont ensuite été décelées au point du Large en juillet et à la fin du mois d'août. Sans être d'une ampleur excessive, on a dénombré jusqu'à $40 \cdot 10^6$ μ /litre au point Médian 5 m le 31 mai.

L'impact destructeur de la centrale sur ce nanoflagellé, déjà noté en 1982, se confirme en 1983. Alors que le 31 mai l'on observe au canal d'amenée des gangues de vieilles colonies et quelques $6 \cdot 10^6$ μ /litre, on n'en dénombre plus que $250 \cdot 10^3$ au point côtier en surface, quelques $4 \cdot 10^6$ à ce même point au fond, et 25 à $40 \cdot 10^6$ μ /litre au point Médian.

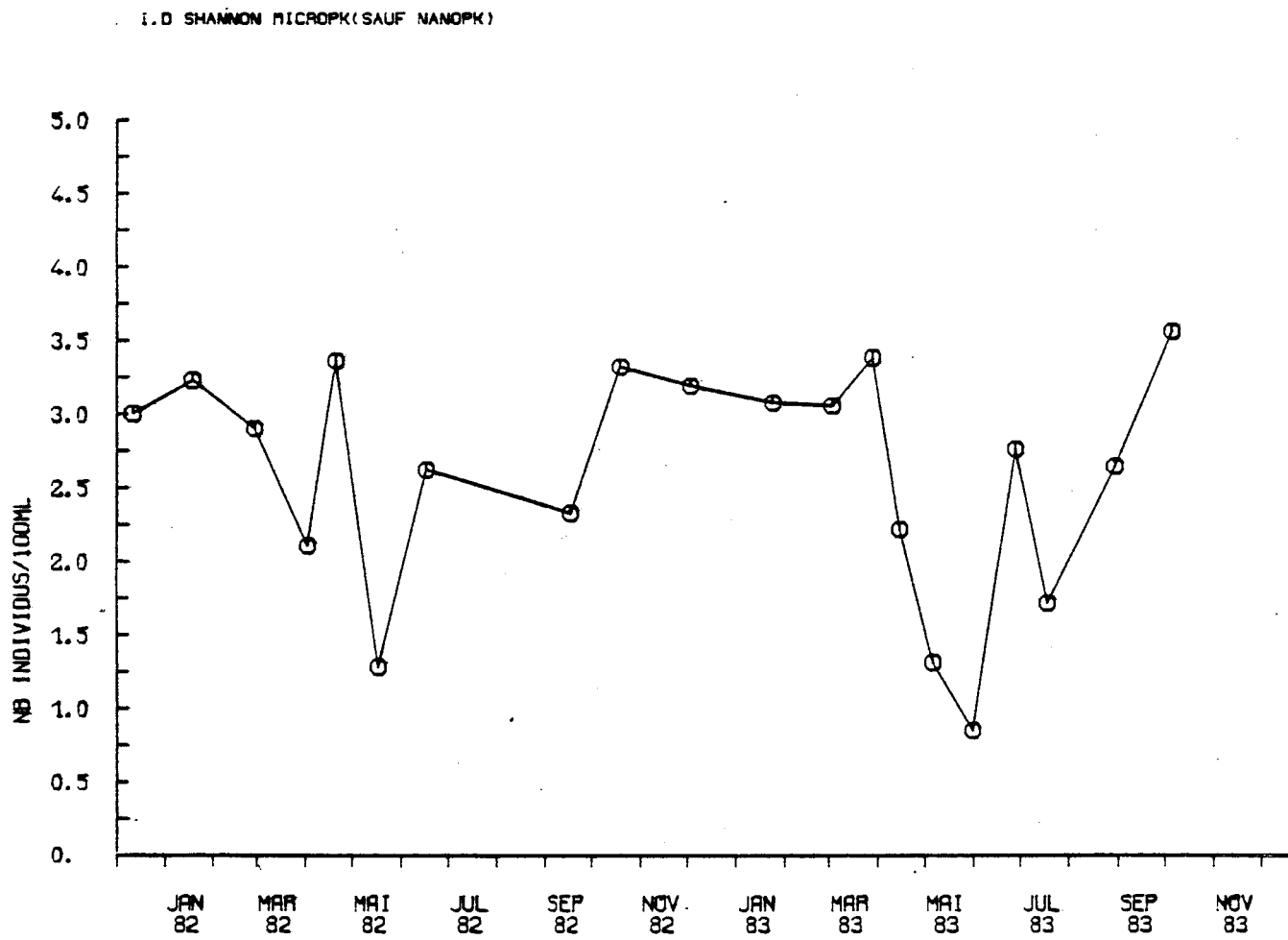


Fig. IV. 10 : Indice de diversité de Shannon (tous échantillons confondus).

On n'observe pas à proprement parler, comme en 1982, de bris de colonie avec libération de microzoospores, les colonies étant, en 1983, déjà très dégradées dans quasiment toutes nos observations.

Cette présence régulière de colonies dégradées durant toute la période d'apparition de *Phaeocystis* nous laisse supposer que celle-ci est en fait constituée d'une succession de période de multiplication, et non pas d'un pic unique, comme on a pu le penser auparavant.

d. Indice de diversité de Shannon (Fig. IV.10)

On retrouve dans l'évolution de l'indice de diversité de Shannon les grandes périodes du cycle des successions microplanctoniques. Aux valeurs hivernales élevées (≈ 3) succède un début de printemps (mars) présentant des valeurs encore fortes. Il faut attendre le 15 avril, avec la domination des *Chaetoceros sociale*, pour voir l'indice chuter. *Cerataulina pelagica* et *Rhizosolenia delicatula* amplifient le phénomène en début mai, et le minimum de diversité (indice 1) coïncide avec *Phaeocystis* le 31 mai, la population de microplanctontes, pourtant bien représentée en espèces, étant dominée par *Rh. delicatula*. Les campagnes de fin août et d'octobre traduisent le retour vers les valeurs hivernales.

IV.4 CONCLUSION

On retrouve durant ce cycle d'étude les successions microplanctoniques classiquement observées les années antérieures. Il semble que l'échantillonnage spécifique ne puisse pas servir, dans nos conditions de prélèvements et d'analyse, et en raison de la grande variabilité inter-échantillons, à déceler des critères d'impact significatifs. Certaines espèces subissent cependant le transit avec des conséquences néfastes et visibles au microscope. Tel est le cas de *Rhizosolenia shrubsolei* dont la densité cellulaire, l'état physiologique apparent, et la longueur des chaînes coloniales sont révélateurs de la destruction due au transit en juillet. On observe de même une diminution sensible des densités cellulaires au rejet lors des blooms de *Phaeocystis*.

Les campagnes de production primaire n'ont pas apporté d'éléments d'appréhension de l'impact en 1983, un effort particulier devant être porté à l'avenir sur l'augmentation du nombre d'expérimentations en période de chloration.

Le paramètre le plus significatif, semble-t-il, de l'impact de la Centrale sur le compartiment phytoplanctonique est la teneur en chlorophylle de l'eau de mer. Il est maintenant bien établi que le rejet de la centrale détruit le gradient côte-large décroissant observé avant l'entrée en action de l'installation. Ce déficit peut être important. Il importe pour l'avenir de pouvoir procéder à une quantification, et de quantifier également les parts respectives de ce déficit dues à la dilution par les eaux naturellement appauvries de l'Avant-Port, et au transit lui-même tout particulièrement en période de chloration. Cela exige une simultanéité de prélèvement au canal d'amenée et au point côtier.

CHAPITRE V

NOCTILUQUES ET ZOOPLANCTON

par G. LE FEVRE-LEHOERFF

avec la collaboration de G. YOUENOU

Les dosages, mesures et comptages ont été réalisés au Laboratoire de Zooplancton du COB par A. DERRIEN, J.Y. QUINTIN et G. YOUENOU.

CHAPITRE V - NOCTILUQUES ET ZOOPLANCTON

INTRODUCTION

Le présent rapport concerne la période d'étude novembre 1982 - octobre 1983. C'est le cinquième rapport de surveillance.

La méthodologie en mer et au laboratoire, identique à celle déjà décrite précédemment, est résumée dans une annexe méthodologique générale séparée du rapport proprement dit.

1. CALENDRIER ET LIEUX DE PRELEVEMENTS DU ZOOPLANCTON

<table border="1"> <tr> <td>période</td> <td>3.12.82</td> <td>24.1.83</td> <td>3.03.83</td> <td>29.3.83</td> <td>15.4.83</td> <td>6.5.83</td> <td>31.5.83</td> <td>28.6.83</td> <td>19.7.83</td> <td>30.8.83</td> <td>6.10.83</td> </tr> <tr> <td>point</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	période	3.12.82	24.1.83	3.03.83	29.3.83	15.4.83	6.5.83	31.5.83	28.6.83	19.7.83	30.8.83	6.10.83	point												3.12.82	24.1.83	3.03.83	29.3.83	15.4.83	6.5.83	31.5.83	28.6.83	19.7.83	30.8.83	6.10.83
période	3.12.82	24.1.83	3.03.83	29.3.83	15.4.83	6.5.83	31.5.83	28.6.83	19.7.83	30.8.83	6.10.83																								
point																																			
Canal (64)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																								
côte (62)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																								
médian (63)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																								
large (02)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																								

2. RESULTATS

2.1. Les noctiluques (figures V.1 et V.2 et tableau V.1)

La période de maximum d'abondance est en moyenne sur le site (figure V.1) en juin et juillet comme pour les années précédentes. On retrouve en 1983 les valeurs de 1981. Si nous comparons les abondances aux différents points (figure V.2), nous constatons que le point médian est toujours plus riche, ce qui avait déjà été constaté précédemment. La zone du point médian est plus riche que les deux zones qui l'encadrent, le large d'une part et le point côtier d'autre part. Y-aurait-il accumulation des organismes dans une zone intermédiaire ? La réponse demande une meilleure compréhension de la structure hydrologique et des déplacements des masses d'eau pendant le cycle de marée. On remarque également que la zone du canal d'entrée est très riche en noctiluques.

GRAVELINES
VARIATIONS SAISONNIERES DES NOCTILUQUES

Fig V-1: moyenne tous points confondus.

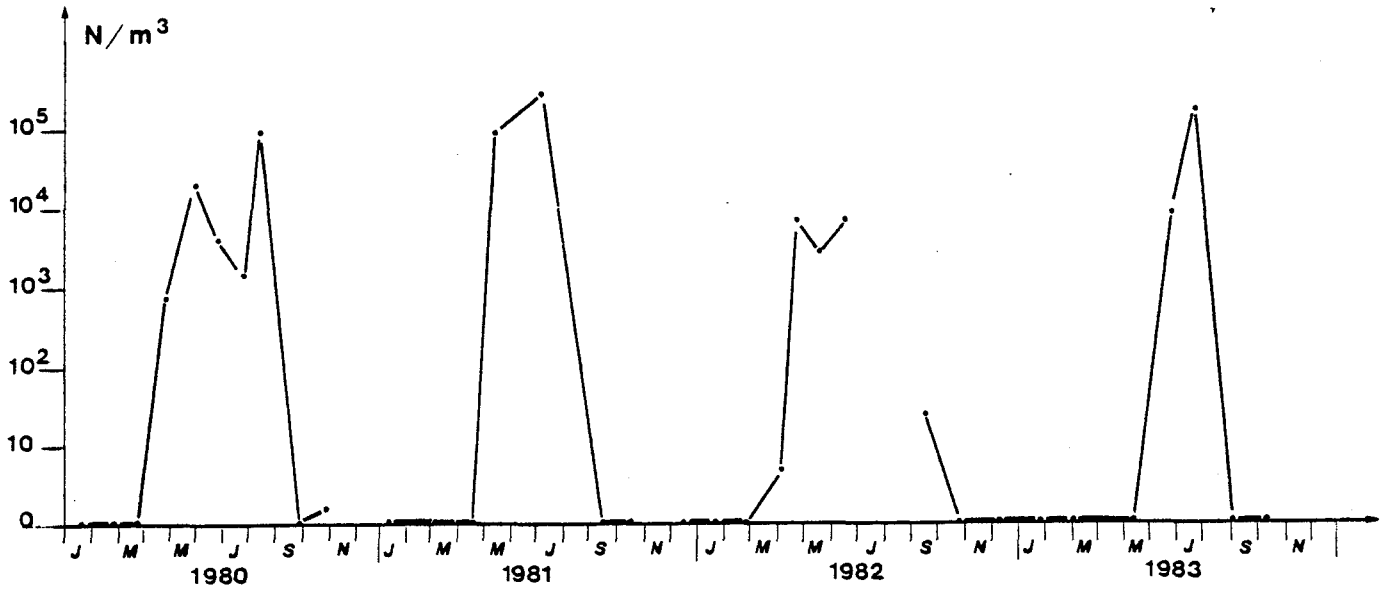


Fig V-2: points séparés.

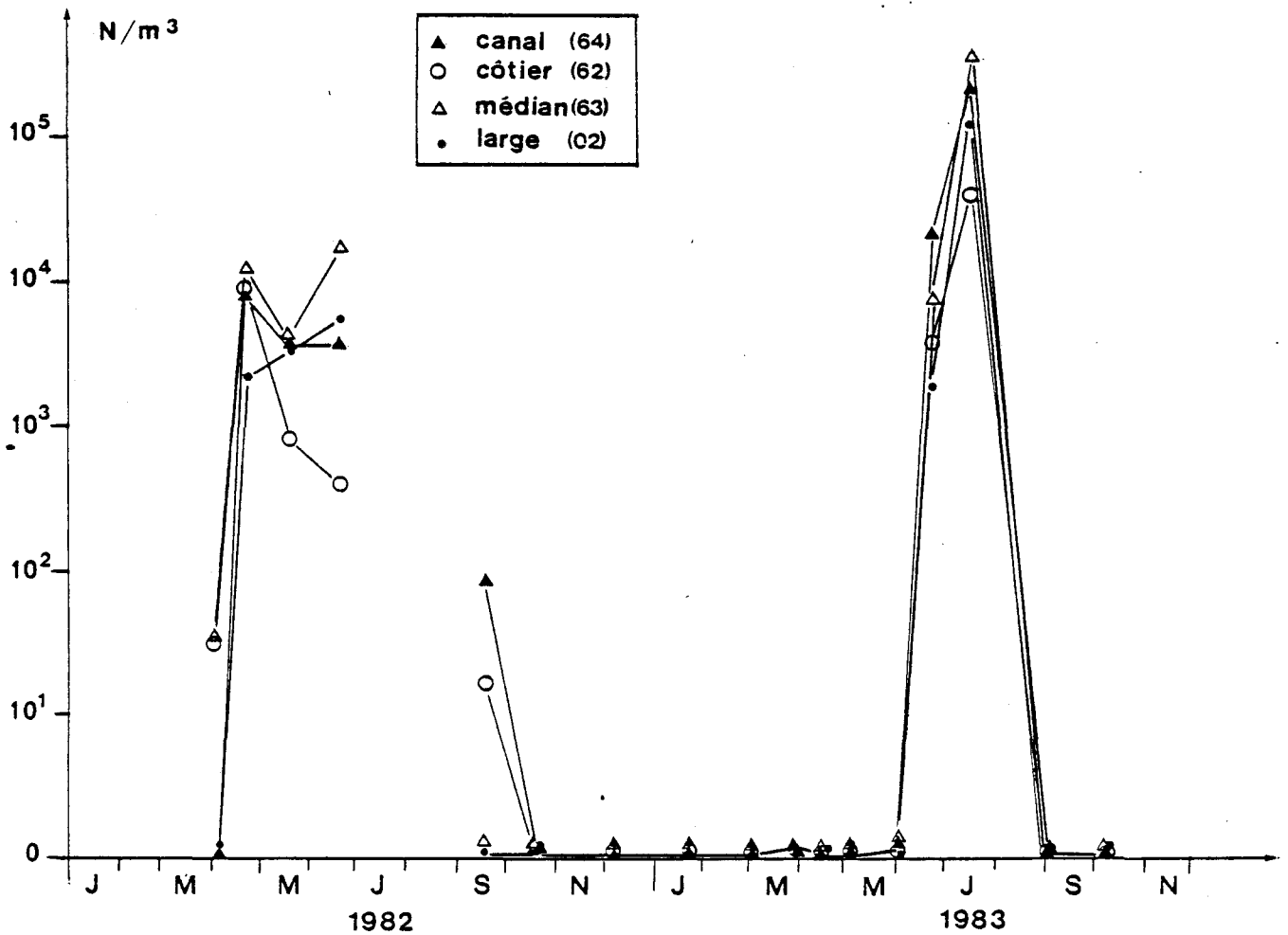


Tableau V.1 : Noctiluques (N/m³).

Point \ Date	18.1.82	27.2.82	2.4.82	20.4.82	17.5.82	17.6.82
64	-	-	+	7.834	5.726	3.565
62	-	+	28	7.925	742	373
63	-	+	29	11.698	3.698	15.895
02	HZ : -	HZ : -	+	2.030	7.103	5.109
\bar{M}				7.300	2.765	6.325

Point \ Date	17.9.82	19.10.82	3.12.82	24.1.83	3.3.83	29.3.83
64	80	-	-	-	-	-
62	15	-	-	-	-	-
63	+	-	-	-	-	-
02	+	-	-	-	-	+
\bar{M}						

Point \ Date	15.4.84	6.5.83	31.5.83	28.6.83	19.7.83	30.8.83	6.10.83
64	-	-	+	20.322	212.679	-	-
62	-	-	+	3.764	39.118	-	-
63	-	+	+	6.895	337.647	-	-
02		-	+	1.687	11.526	-	-
\bar{M}				8.793	171.362		

Légende : + : présence - : absence HZ : signale qu'à cette période c'est le point hors-zone (05) qui était échantillonné.

2.2. Biomasses zooplanctoniques (tableau V.2 et figure V.3)

La mesure des poids secs aux quatre points montre qu'au point canal le poids de matière organique, dans les échantillons, est beaucoup plus faible dans le poids sec total que pour les autres points. La partie minérale peut même représenter 80 à 90 % du poids sec en ce point.

La figure V.3 montre une évolution saisonnière des poids secs et des matières organiques avec un maximum de matière organique en juin 1983 de 50 à 90 mg/m³, selon les points. On remarque également à cette époque des valeurs décroissantes du large vers la côte en matière organique totale.

Fig V-3

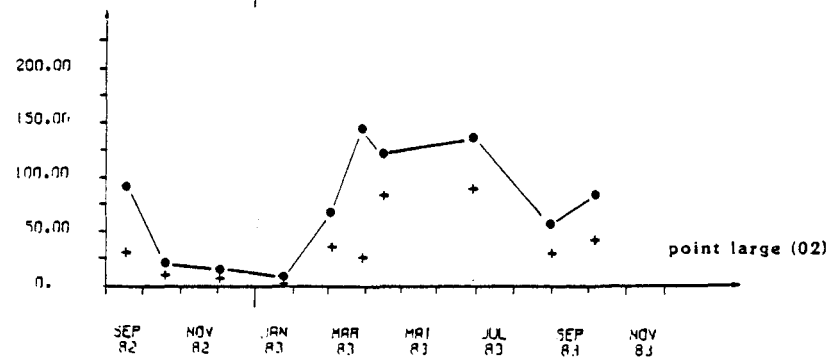
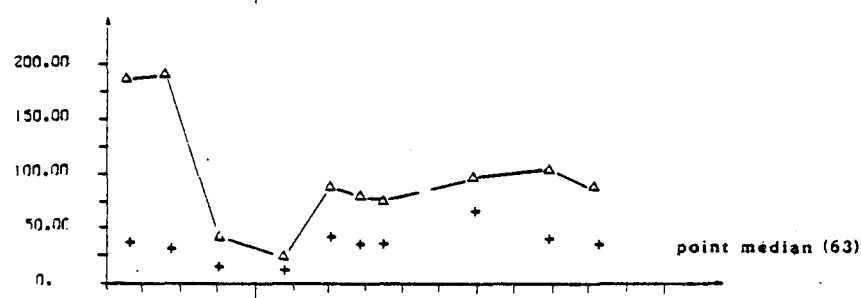
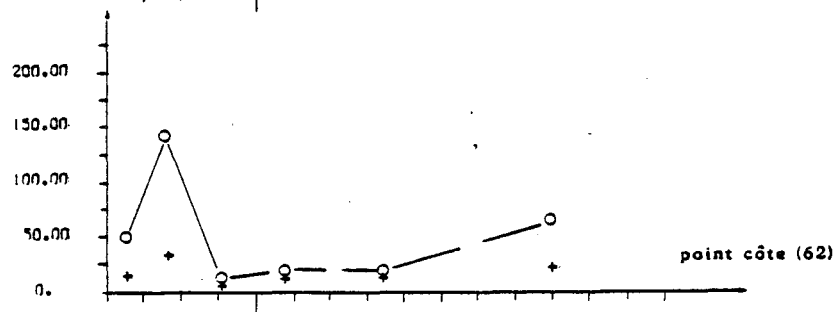
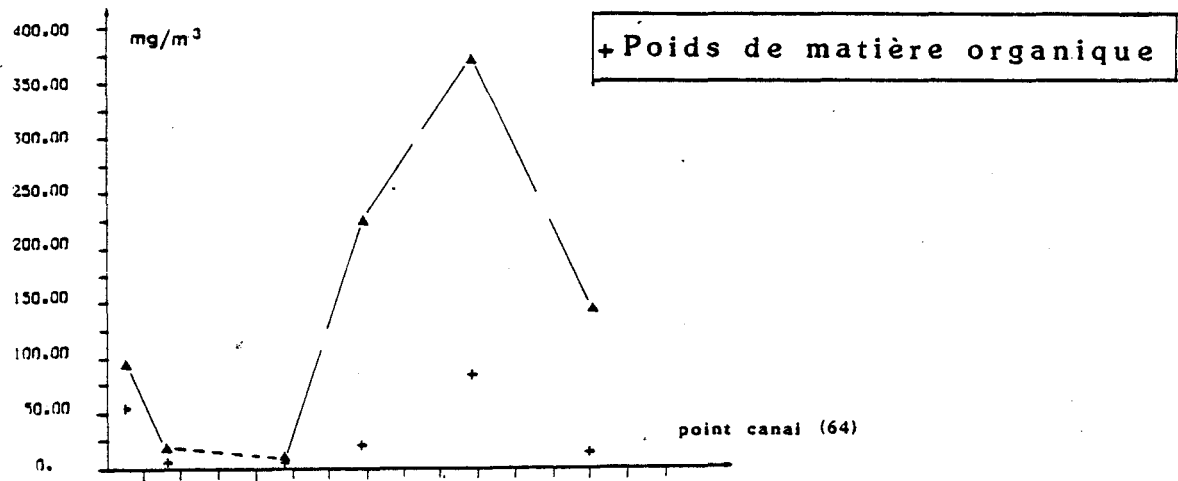
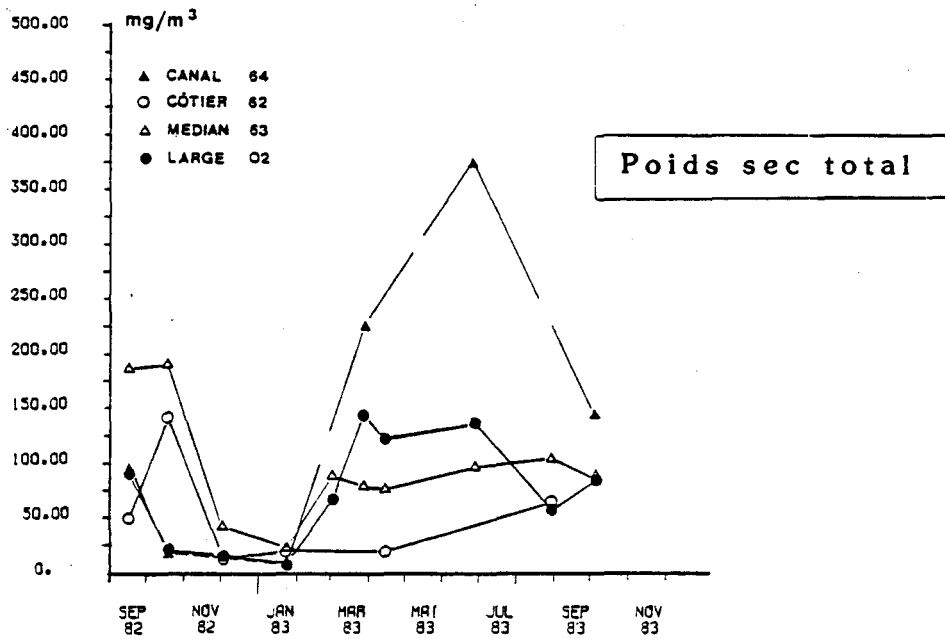


Tableau V.2 : Poids sec, poids de matière organique, carbone et azote.

Point	Poids sec mg/m ³	\bar{M} mg/m ³	Matière organique %	Poids de M.O. mg/m ³	\bar{M} mg/m ³	Carbone %	Poids de carbone mg/m ³	\bar{M} mg/m ³	Azote %	Poids d'azote mg/m ³	\bar{M} mg/m ³
3.12.83	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	62	13.65	24.30	43.50	5.94	10.40	14.0	1.91	4.20	2.40	0.33
	63	42.95		41.40	17.78		17.90	7.69		3.10	1.33
	02	16.45		45.80	7.53		18.10	2.98		2.80	0.46
											0.70
24.01.83	64	10.10	15.50	48.60	4.91	7.70	13.50	1.36	2.80	2.30	0.23
	62	20.70		51.80	10.72		17.20	3.56		2.70	0.56
	63	23.60		53.50	12.63		21.40	5.05		4.10	0.97
	02	7.57		34.60	2.62		14.80	1.12		3.0	0.23
3.03.83	64	-	78.30	-	-	40.4	-	-	17.30	-	-
	62	-		-	-		-	-		-	-
	63	88.95		49.80	44.30		23.40	20.80		3.90	3.47
	02	67.75		53.80	36.45		20.40	13.82		3.40	2.30
29.03.83	64	224.80	149.00	9.70	21.80	27.40	3.80	8.54	12.10	0.90	2.02
	63	-		-	-		-	-		-	-
	63	78.60		43.60	34.27		18.90	14.85		3.50	2.75
	02	143.55		18.20	26.13		8.90	12.78		1.80	2.58
15.04.83	64	-	72.90	75.30	15.06	45.70	34.10	6.82	18.05	7.02	1.44
	62	20.00		48.70	37.28		21.50	16.46		4.00	3.06
	63	76.55		69.40	84.88		27.20	32.26		5.50	6.73
	02	122.30									
28.06.83	64	377.00	203.50	22.60	85.20	80.90	13.00	49.01	43.0	2.50	9.42
	62	-		-	-		-	-		-	-
	63	96.55		69.80	67.39		30.09	29.83		10.40	10.04
	02	137.00		65.70	90.01		36.60	50.14		8.20	11.23
30.09.83	64	-	75.30	-	-	31.00	-	-	11.80	-	-
	62	64.52		36.30	23.42		9.60	6.19		1.10	0.71
	63	103.87		38.20	39.68		16.10	16.72		3.00	3.12
	02	57.56		51.80	29.81		21.50	12.37		4.10	2.36
6.10.83	64	143.80	104.30	9.20	13.23	30.30	3.30	4.74	12.90	0.50	0.72
	62	-		-	-		-	-		-	-
	63	84.50		44.0	37.18		19.30	16.31		2.50	2.11
	02	84.75		47.90	40.59		20.90	17.71		3.10	2.63

NB : Pas de biomasses aux missions suivantes :
6/05/83 } : colmatage dû aux *Phaeocystis*
30/05/83 }
19/07/83 : colmatage dû aux noctiluques

2.3. Pourcentage de dominance (tableau V.3 et figure V.4)

La dominance d'une espèce dans un échantillon est le rapport entre le nombre d'individus de cette espèce et le nombre total d'individus de toutes les espèces réunies. Le pourcentage de dominance est sa valeur pour un total de 100 individus. La plupart des espèces a un comportement proche de celui des années précédentes. Nous avons remarqué en 1982 un pourcentage de *Centropages* sp. très proche de celui de 1975 et nous revenons en 1983 à des valeurs plus habituelles : maximum de 19 % en juillet 1983.

On peut faire une remarque sur l'espèce *Lanice conchilega*. Chaque année elle présente deux périodes où les larves sont dominantes : le printemps et l'automne. On trouve pour 1983 un pourcentage élevé au printemps avec 16 % en mai, beaucoup plus fort qu'en 1982, et qui est proche du fort pourcentage noté à l'automne 1981 : 14 %. Cette espèce étant très côtière et soumise aux rejets échauffés est intéressante à suivre dans l'évolution de son abondance (voir paragraphe 2.4), tant du point de vue du nombre de larves que des adultes.

Espèces	1981		1982		1983	
	%	période	%	période	%	période
<u>Holoplancton :</u>						
<i>Sagitta setosa</i>	8.2	Septembre	4.2	Septembre	2.3	octobre
<i>Oikopleura dioica</i>	10.4	mars	18.3	septembre	19.5	mars
<i>Euterpina acutifrons</i>	17.6	septembre	11.5	décembre	7.5	octobre
<i>Paracalanus parvus</i>	34.1	décembre	16.7	décembre	19.3	avril
<i>Pseudocalanus minutus</i>	22.1	janvier	18.8	janvier	19.3	avril
<i>Temora longicornis</i>	67.0	mai	74.9	mai	60.9	mai
<i>Centropages hamatus</i>	9.0	juillet	57.0	juin	18.9	juillet
<i>Acartia clausi</i>	43.4	juillet	18.0	décembre	15.8	juillet
<u>Méroplancton :</u>						
<i>Polydora ciliata</i>	17.6	mars	9.1	avril	10.3	avril
<i>Lanice conchilega</i>	14.2	septembre	4.3	septembre	15.8	mai
LV. Nauplii de Cirripèdes	27.3	mars	22.9	mars	22.9	mars

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

VARIATIONS SAISONNIERES DU POURCENTAGE DE DOMINANCE
DE CERTAINES ESPECES DU ZOOPLANCTON
(MOYENNE TOUS POINTS CONFONDUS)

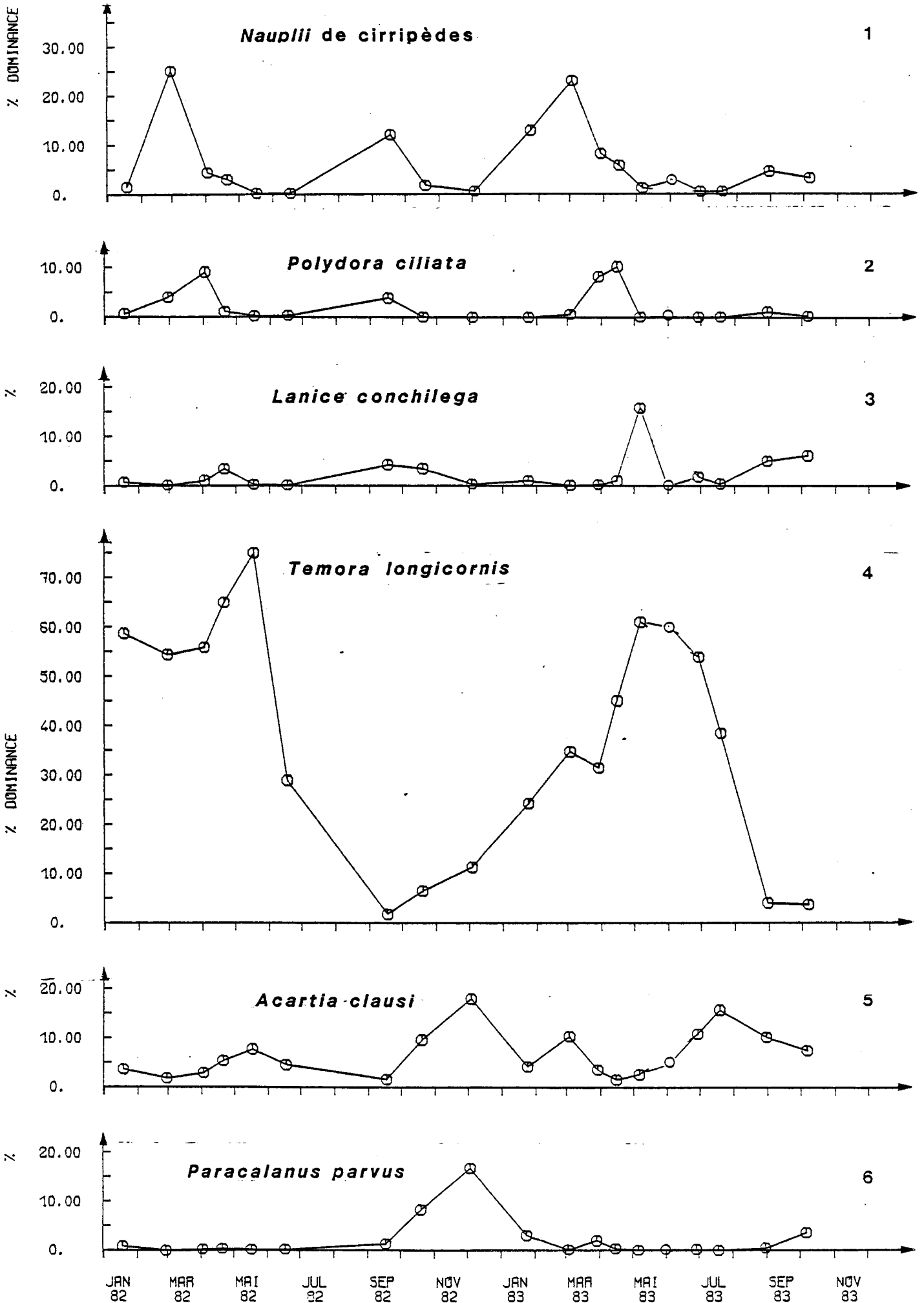


Tableau V.4 : Espèces recensées mais non comptées.

Dates	Point côtier (62)	Point médian (63)	Point large (02)	Point canal (64)
5/12/1982	Spionidés - Nephtydés - <i>Corycaeus</i> sp. - Cyclopoïdes n.d. - Epicarides LV - <i>Zoe</i> de Brachyours - Bivalves LV - Gastéropodes - Gastéropodes LV.	Aphroditidés - Nephtydés - Epicarides LV - Cyclopoïdes n.d. - Cumacés - Amphipodes gammariens - Amphipodes caprelliens - Peltidiidés - <i>Zoe</i> de Brachyours - Bivalves LV - Gastéropodes LV.	Nephtydés - <i>Nereis</i> sp. - <i>Acartia discaudata</i> - <i>Calanus</i> sp. - <i>Corycaeus</i> sp. - Peltidiidés - Monstrillidés - Harpacticoides n.d. - Cyclopoïdes n.d. - Cumacés - Caridés - Epicarides LV - Amphipodes gammariens et caprelliens - Bivalves LV - Gastéropodes LV.	Actinules n.d. - Aphroditidés - <i>Autolytus prolifer</i> - <i>Calanus</i> sp. - Cyclopoïdes n.d. - <i>Zoe</i> de Brachyours - Ostracodes - Cumacés - Epicarides LV - Amphipodes gammariens - Thalassinidés n.d. - Têtards d'Ascidiés - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> .
24/01/1983	Harpacticoides n.d. - Cyclopoïdes n.d. - <i>Acartia discaudata</i> - <i>Zoe</i> de Brachyours - <i>Ophioplutei</i> .	<i>Cerimula</i> LV - Leptoméduses juvéniles - Spionidés - <i>Oithona</i> sp. - Peltidiidés - Cyclopoïdes n.d. - Amphipodes gammariens et caprelliens - Cumacés - Epicarides LV - <i>Zoe</i> de Brachyours - Ostracodes - Gastéropodes LV.	<i>Oithona</i> sp. - Ostracodes - <i>Zoe</i> de Brachyours - Cumacés - Epicarides LV - Amphipodes gammariens.	Nephtydés - Cumacés - Epicarides LV - Thalassinidés n.d.
03/03/1983	Actinules n.d. - Staphidés - Peltidiidés - Harpacticoides n.d. - <i>Zoe</i> de Brachyours - Amphipodes gammariens.	<i>Cerimula</i> LV - Spionidés - Nephtydés - <i>Oithona</i> sp. - Staphidés - Peltidiidés - Harpacticoides n.d. - <i>Zoe</i> de Brachyours - Cumacés - Amphipodes gammariens et caprelliens - <i>Schistomysis ornata</i> - Bivalves LV.	<i>Cerimula</i> LV - Leptoméduses juvéniles - Spionidés - Nephtydés - Aphroditidés - <i>Podon</i> sp. - Staphidés - Peltidiidés - Cyclopoïdes n.d. - Harpacticoides n.d. - Ostracodes - Cumacés - Epicarides LV - <i>Zoe</i> de Brachyours - Amphipodes gammariens - Bivalves LV.	<i>Cerimula</i> LV - Leptoméduses n.d. - Spionidés - <i>Corycaeus</i> sp. - Staphidés - Harpacticoides n.d. - Cumacés - <i>Zoe</i> de Brachyours - Epicarides LV - Amphipodes gammariens -
29/03/1983	<i>Cerimula</i> LV - Spionidés - Aphroditidés - <i>Bosmina</i> sp. - <i>Zoe</i> de Brachyours.	<i>Cerimula</i> LV - <i>Obelia</i> sp. - Leptoméduses juvéniles - Spionidés - Aphroditidés - <i>Calanus helgolandicus</i> - Peltidiidés - Harpacticoides n.d. - <i>Zoe</i> de Brachyours - Bivalves LV - Gastéropodes LV - Stallerides LV.	<i>Cerimula</i> LV - <i>Obelia</i> sp. - Spionidés - Nephtydés - <i>Calanus helgolandicus</i> - Caridés - Paguridés - <i>Zoe</i> de Brachyours - Thalassinidés - Bivalves LV - Gastéropodes LV - Stallerides LV -	<i>Obelia</i> sp. - Leptoméduses n.d. - <i>Cerimula</i> LV - Spionidés - Phyllocidés - Aphroditidés - <i>Calanus helgolandicus</i> - Harpacticoides n.d. - Peltidiidés - <i>Zoe</i> de Brachyours - Caridés - Bivalves LV - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> .
15/04/1983	<i>Cerimula</i> LV - Actinules n.d. - <i>Sarsia</i> sp. - <i>Obelia</i> sp. - <i>Ectopleura dumortieri</i> - Spionidés - <i>Calanus helgolandicus</i> - Harpacticoides n.d. - Peltidiidés - <i>Zoe</i> de Brachyours - Epicarides LV - Paguridés - Amphipodes gammariens - Bivalves LV - Gastéropodes LV.	<i>Cerimula</i> LV - <i>Sarsia esimia</i> - <i>Rathkea octopunctata</i> - Spionidés - Aphroditidés - Nephtydés - <i>Oithona</i> sp. - Peltidiidés - Harpacticoides n.d. - <i>Zoe</i> de Brachyours - Cumacés - Amphipodes gammariens - Bivalves LV - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> - Stallerides LV.	<i>Cerimula</i> LV - <i>Rathkea octopunctata</i> - <i>Sarsia tubulosa</i> - <i>Obelia</i> sp. - <i>Phialidium hemisphaericum</i> - Aphroditidés - Spionidés - <i>Podon</i> sp. - <i>Calanus helgolandicus</i> - <i>Zoe</i> de Brachyours - Caridés - Paguridés - Cumacés - Bivalves LV - Gastéropodes LV - Stallerides LV.	<i>Cerimula</i> LV - <i>Obelia</i> sp. - Leptoméduses juvéniles - <i>Sarsia esimia</i> - Actinules n.d. - <i>Phialidium hemisphaericum</i> - Spionidés - Aphroditidés - Nephtydés - <i>Calanus helgolandicus</i> - Harpacticoides - <i>Zoe</i> de Brachyours - Caridés - Amphipodes gammariens - Cumacés - Bivalves LV - Gastéropodes LV - Stallerides LV.

Tableau V.4 (suite)

Dates	Point côtier (62)	Point médian (63)	Point large (02)	Point canal (64)
06/05/1983	Leptoméduses juvéniles - <i>Rathkea octopunctata</i> - Aphroditidés - Zoe de Brachyours - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> - Stellerides LV.	<i>Sarsia erimia</i> - <i>Sarsia tubulosa</i> - <i>Rathkea octopunctata</i> - Aphroditidés - Magelonidés - <i>Podon</i> sp. - Zoe de Brachyours - Thalassinidés n.d. - bivalves LV - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> - Stellerides LV.	<i>Rathkea octopunctata</i> - Aphroditidés - Spionidés - <i>Podon</i> sp. - Harpacticoides n.d. - Zoe de Brachyours - Bivalves LV - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> .	<i>Rathkea octopunctata</i> - <i>Sarsia tubulosa</i> - Leptoméduses juvéniles - Spionidés - Magelonidés - Phyllocidés - Harpacticoides n.d. - Zoe de Brachyours - Caridés - Mégalopes de Brachyours - Cumacés - Bivalves LV - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> .
30/05/1983	<i>Obelia</i> sp. - <i>Rathkea octopunctata</i> - Spionidés n.d. - Magelonidés - Monstrillidés - Harpacticoides n.d. - Cyclopoïdes n.d. - Zoe de Brachyours - Caridés - Bivalves LV - Gastéropodes LV - Stellerides LV - <i>Ophioplutei</i> - Acariens.	<i>Rathkea octopunctata</i> - <i>Stenstrupia rufans</i> - Spionidés n.d. - <i>Parapontella brevicornis</i> - Peltidiidés - Harpacticoides n.d. - Zoe de Brachyours - Cumacés - Caridés - Bivalves LV - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> .	Leptoméduses juvéniles - <i>Rathkea octopunctata</i> - <i>Phialidium hemisphaericum</i> - Spionidés n.d. - Peltidiidés - Monstrillidés - Harpacticoides n.d. - Cyclopoïdes n.d. - Zoe de Brachyours - Caridés - Cumacés - Bivalves LV - <i>Ophioplutei</i> - Gastéropodes LV.	Leptoméduses juvéniles - <i>Obelia</i> sp. - <i>Phialidium hemisphaericum</i> - Spionidés n.d. - Nephthydés - Magelonidés - Peltidiidés - Harpacticoides n.d. - Zoe de Brachyours - Cumacés - Caridés - Porcellanidés - Amphipodes gammariens - Bivalves LV - Stellerides LV - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> - Têtards d'Ascidiés.
28/06/1983	<i>Phialidium hemisphaericum</i> - <i>Phialella quadrata</i> - <i>Calanus helgolandicus</i> - Zoe de Brachyours - Mégalopes de Brachyours - Caridés - Bivalves LV - <i>Ophioplutei</i> .	<i>Ectoplaura dumortieri</i> - <i>Rathkea octopunctata</i> - Spionidés - <i>Autolytus prolifér</i> - <i>Labidocera wollastoni</i> - Peltidiidés - Harpacticoides n.d. - <i>Parapontella brevicornis</i> - Zoe de Brachyours - Thalassinidés n.d. - Cumacés - Caridés - Bivalves LV - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> .	<i>Obelia</i> sp. - <i>Phialidium hemisphaericum</i> - Leptoméduses juvéniles - <i>Rathkea octopunctata</i> - <i>Podon</i> sp. - <i>Isias clavipes</i> - <i>Parapontella brevicornis</i> - Zoe de Brachyours - Caridés - Ostracodes - Cumacés - Thalassinidés n.d. - Amphipodes gammariens - Porcellanidés - <i>Gastrosaccus sanctus</i> - Bivalves LV - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> - Stellerides LV.	<i>Obelia</i> sp. - Leptoméduses juvéniles - <i>Rathkea octopunctata</i> - <i>Ectoplaura dumortieri</i> - Spionidés - Magelonidés - Aphroditidés - <i>Podon</i> sp. - <i>Acartia discaudata</i> - <i>Labidocera wollastoni</i> - Harpacticoides n.d. - <i>Parapontella brevicornis</i> - Porcellanidés - Têtards d'Ascidiés - Bivalves LV - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> .
19/07/1983	<i>Phialella quadrata</i> - <i>Phialidium hemisphaericum</i> - <i>Isias clavipes</i> - Cumacés - Bivalves LV - Gastéropodes n.d.	Spionidés - <i>Labidocera wollastoni</i> - Harpacticoides n.d. - Zoe de Brachyours - Cumacés - Bivalves LV - Gastéropodes LV.	Spionidés - <i>Calanus helgolandicus</i> - <i>Isias clavipes</i> - <i>Parapontella brevicornis</i> - Peltidiidés - Zoe de Brachyours - Thalassinidés n.d. - Caridés - Cumacés - Epicarides LV - Bivalves LV - Gastéropodes LV - Stellerides LV.	<i>Ectoplaura dumortieri</i> - Spionidés - <i>Podon</i> sp. - <i>Parapontella brevicornis</i> - <i>Isias clavipes</i> - Cyclopoïdes n.d. - Caridés - Epicarides LV - Amphipodes gammariens - Bivalves LV - Gastéropodes LV.
30/09/1983	<i>Obelia</i> sp. - Leptoméduses n.d. - <i>Phialidium hemisphaericum</i> - <i>Ectoplaura dumortieri</i> - Spionidés - Aphroditidés - <i>Podon</i> sp. - <i>Corycaeus</i> sp. - <i>Acartia discaudata</i> - Cyclopoïdes n.d. - Harpacticoides n.d. - Ostracodes - Zoe de Brachyours - Caridés - Thalassinidés n.d. - Amphipodes gammariens - Mégalopes de Brachyours - Bivalves LV - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> .	Leptoméduses n.d. - <i>Phialidium hemisphaericum</i> - Actinules n.d. - <i>Obelia</i> sp. - <i>Ectoplaura dumortieri</i> - Spionidés - Magelonidés - <i>Autolytus prolifér</i> - <i>Acartia discaudata</i> - Cyclopoïdes n.d. - Peltidiidés - Ostracodes - Cumacés - Caridés - Zoe de Brachyours - Amphipodes gammariens et caprelliens - <i>Mysidopsis gibbosa</i> - Bivalves LV - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> .	<i>Phialidium hemisphaericum</i> - <i>Obelia</i> sp. - Leptoméduses n.d. - Spionidés - Magelonidés - <i>Podon</i> sp. - Ostracodes - Cyclopoïdes n.d. - Caridés - Zoe de Brachyours - Thalassinidés n.d. - Cumacés - Amphipodes gammariens - Bivalves LV - Gastéropodes	<i>Phialidium hemisphaericum</i> - Spionidés - <i>Podon</i> sp. - <i>Acartia discaudata</i> - Cyclopoïdes n.d. - Harpacticoides n.d. - Zoe de Brachyours - Caridés - Ostracodes - Porcellanidés - Epicarides LV - Isopodes n.d. - Amphipodes gammariens - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> - Têtards d'Ascidiés.
06/10/1983	<i>Obelia</i> sp. - <i>Phialidium hemisphaericum</i> - Leptoméduses juvéniles - Aphroditidés - Spionidés - <i>Podon</i> sp. - <i>Acartia discaudata</i> - Cyclopoïdes n.d. - Cumacés - Caridés - Epicarides LV - Amphipodes gammariens - Bivalves LV - Gastéropodes.	Spionidés - Aphroditidés - <i>Acartia discaudata</i> - <i>Calanus helgolandicus</i> - Peltidiidés - Cyclopoïdes n.d. - Harpacticoides n.d. - Zoe de Brachyours - Amphipodes gammariens et caprelliens - Epicarides LV - Cumacés - Ostracodes - Caridés - Bivalves LV - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> .	<i>Obelia</i> sp. - <i>Sarsia gemmifera</i> - Spionidés - Nephthydés - Aphroditidés - <i>Labidocera wollastoni</i> - Peltidiidés - Cyclopoïdes n.d. - <i>Corycaeus</i> sp. - Ostracodes - Zoe de Brachyours - Thalassinidés n.d. - Cumacés - Epicarides LV - Amphipodes gammariens et caprelliens - Bivalves LV - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> .	<i>Obelia</i> sp. - <i>Phialidium hemisphaericum</i> - Leptoméduses juvéniles - Spionidés - Cyclopoïdes n.d. - Porcellanidés - Caridés - Ostracodes - Cumacés - Amphipodes gammariens et caprelliens - Bivalves LV - Gastéropodes LV - <i>Ophioplutei</i> .

2.4. Variations d'abondance des espèces zooplanctoniques

2.4.1. Espèces non comptées

Pour beaucoup d'espèces la présence est notée au cours des comptages sans que soit estimé le nombre par unité de volume. Un tableau (tableau V.4) résume les observations. D'avril à mai, nous observons la présence habituelle des espèces *Sarsia tubulosa* (méduse nordique) et les larves des annélides Nephtydés par exemple, tandis que *Rathkea octopunctata*, *Sarsia gemmifera*, *Ectopleura dumortieri*, *Labidocera wollastoni*, *Isias clavipes* et *Parapontella brevicornis* sont régulièrement rencontrées l'été.

On remarque en 1983 que pour *Ectopleura dumortieri* l'espèce est plus précoce que les années précédentes.

Les *Rhizostoma octopus* recensées en juillet 1981 à la côte ont été observées également pendant l'été 1983 en assez grande quantité. Ce sont des méduses volumineuses. Observées lors de la mission de septembre 1983 (complément de surveillance), elles étaient présentes en grande quantité dans toute la baie et dans l'avant-port Ouest et semblaient s'accumuler surtout en bordure de panache thermique.

Des amphipodes hypériens étaient recueillis avec ces méduses. Les hypériens vivent sous l'ombrelle des méduses en commensalisme.

2.4.2. Espèces comptées

a. Points confondus

La figure V.5 représente les périodes de reproduction de six copépodes : pour les espèces qui portent leurs oeufs on a figuré sur le même graphique le total de la population et le nombre de femelles ovigères. C'est le cas de *Pseudocalanus minutus*, *Euterpina acutifrons* et *Oncaea* sp. (figure V.5.1 à V.5.3). Pour les espèces qui essaient leurs oeufs nous avons représenté sur le même graphique la population totale et les quantités de très jeunes stades : les copépodites 1 ou C1. Pour ces espèces, les périodes de reproduction sont approximativement celles du maximum de C1.

On remarque les périodes favorables de pontes, différentes selon les espèces : mars pour *Oncaea* sp., avril pour *Pseudocalanus minutus*, septembre pour *Euterpina acutifrons*.

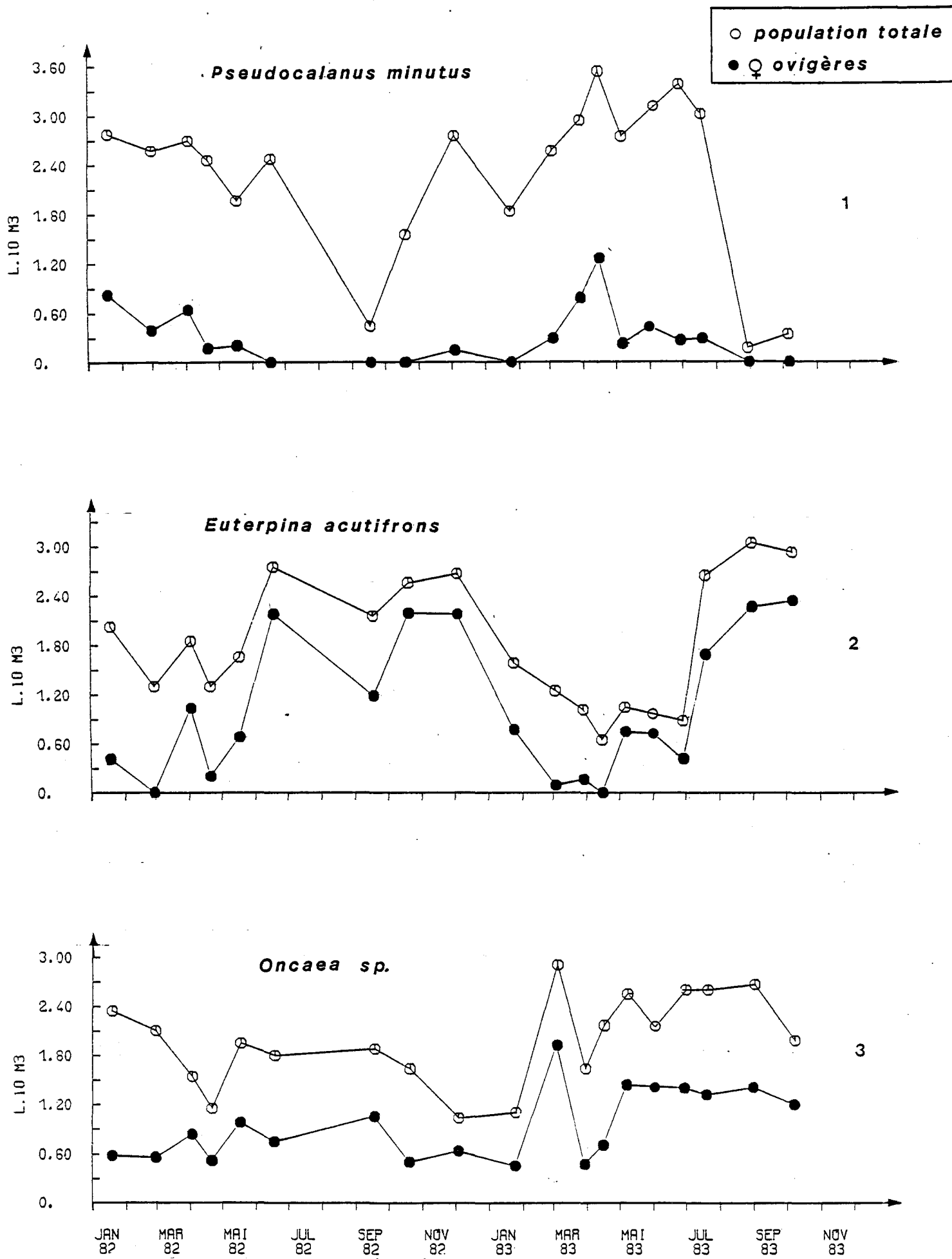
Le zooplancton total (figure V.6) présente un maximum d'abondance en juin. La moyenne pour tous les points confondus est de 10.000 individus/10m³ équivalent à la valeur de l'année 1982. Ce maximum suit de un mois le pic de chlorophylle (40 µg/litre le 31 mai) ce qui est un décalage assez habituel entre le maximum de phytoplancton et celui du zooplancton total côtier formé en majorité d'espèces herbivores.

Les copépodes, toutes espèces confondues, atteignent leur maximum le 28 juin également. Les larves d'annélides, toutes espèces confondues, sont très abondantes début mai.

La plupart des espèces, comme *Pleurobrachia pileus*, *Temora longicornis*, *Acartia clausi* présentent des abondances tout-à-fait équivalentes à celles de 1982.

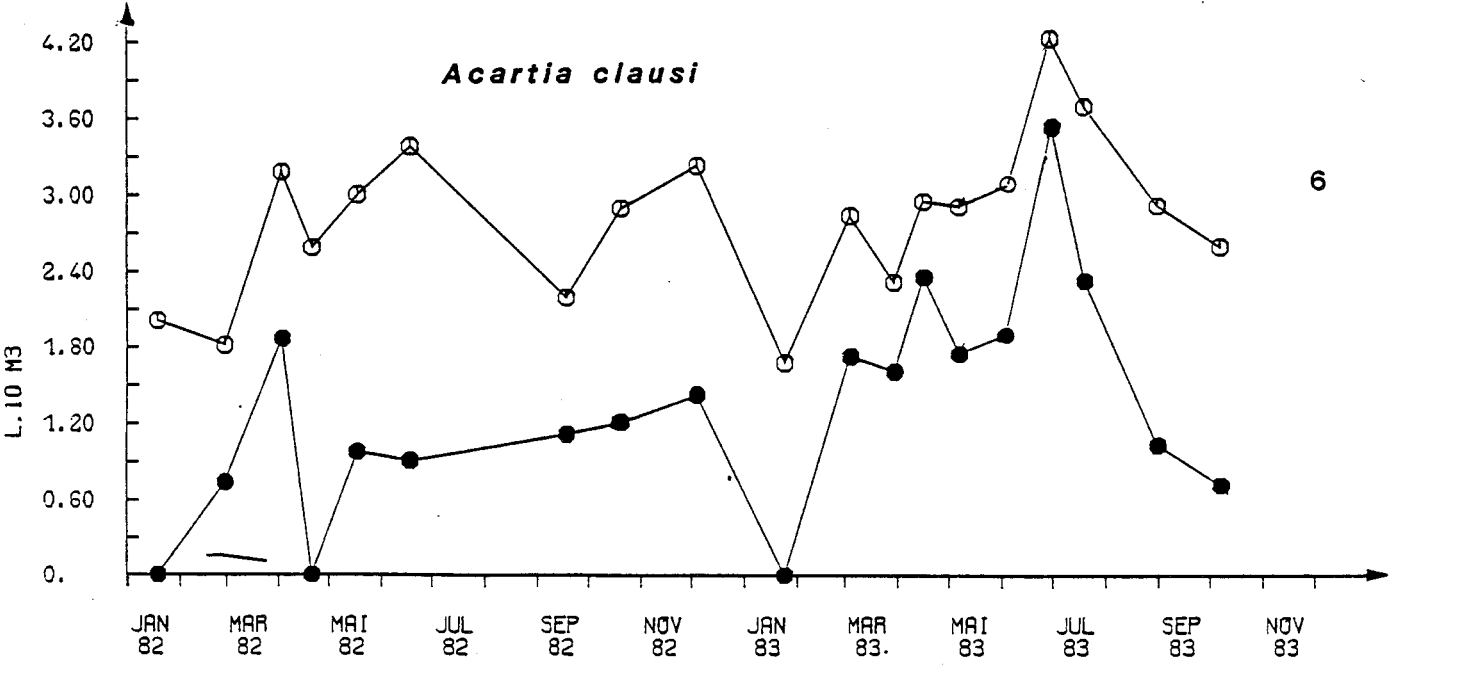
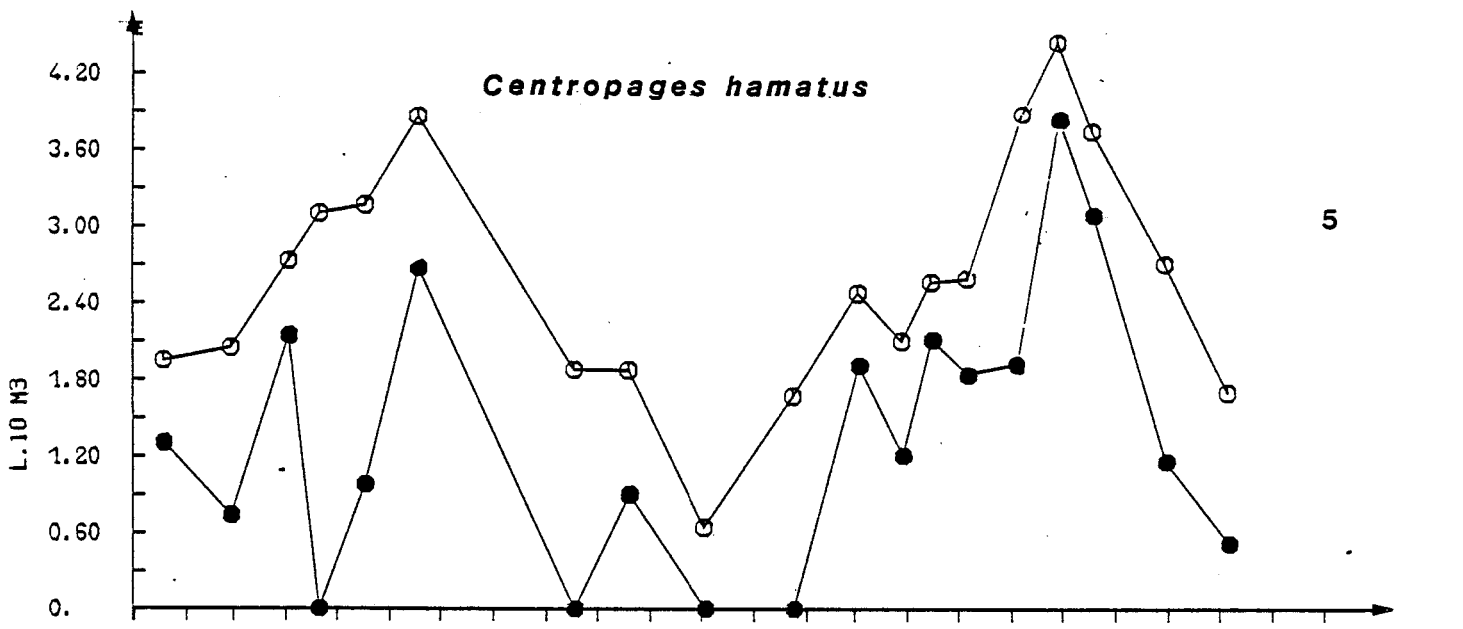
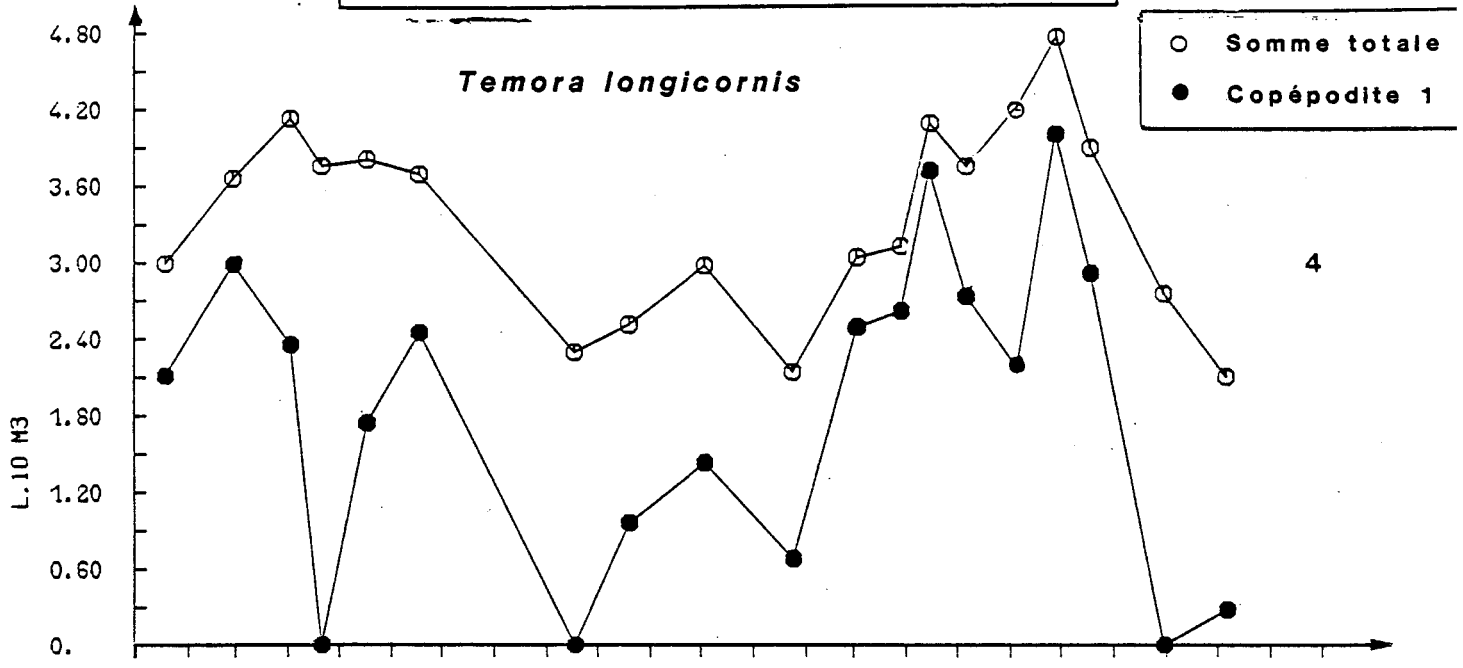
On remarque figure V.6.4 que les larves de l'annélide *Lanice conchilega* sont beaucoup plus nombreuses que les années précédentes.

GRAVELINES
Reproduction de quelques copépodes



GRAVELINES
VARIATIONS SAISONNIERES D'ABONDANCE
 (MOYENNE TOUTS POINTS CONFONDUS)

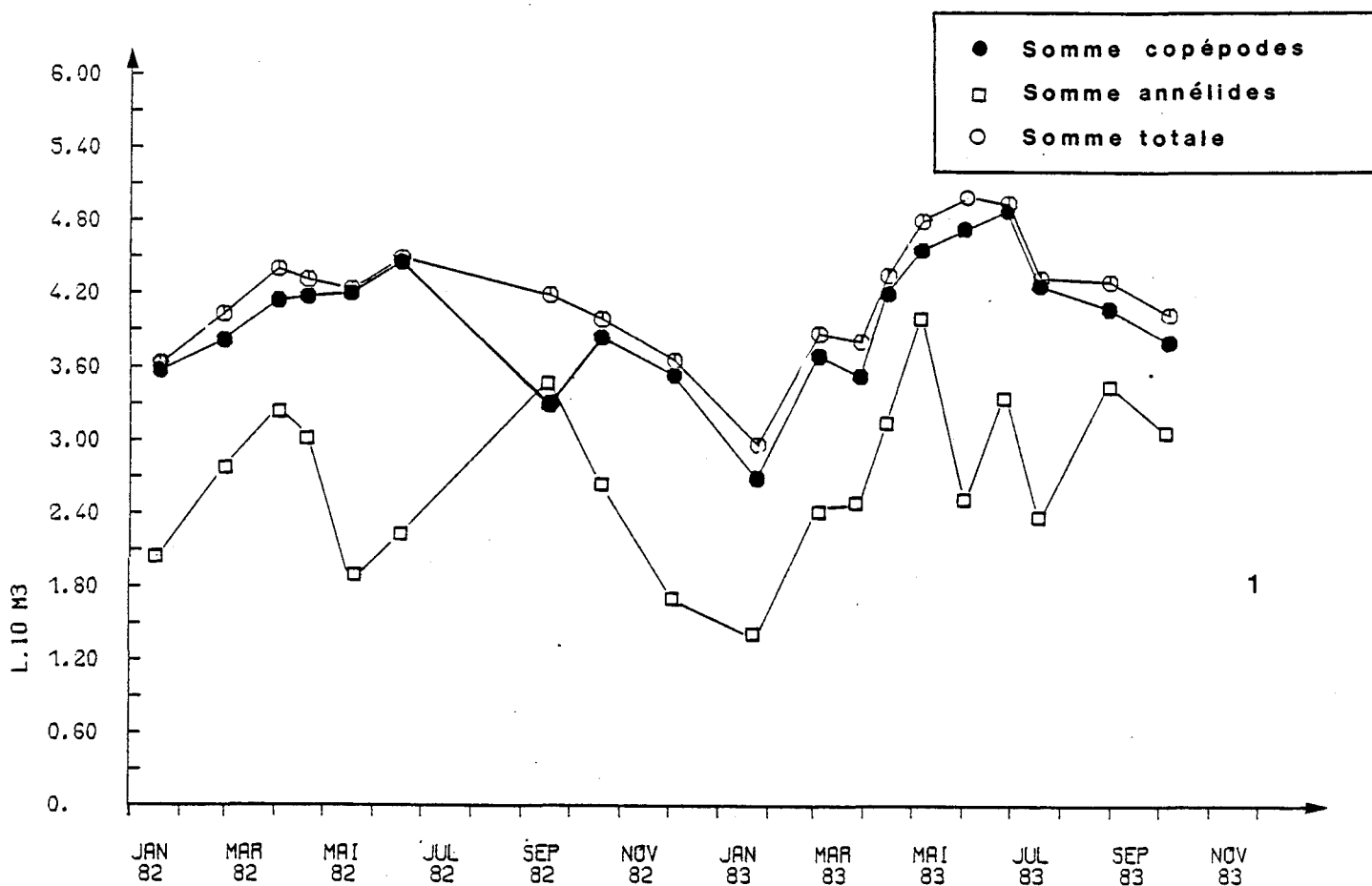
Fig V-5 (suit



JAN 82 MAR 82 MAI 82 JUL 82 SEP 82 NOV 82 JAN 83 MAR 83. MAI 83 JUL 83 SEP 83 NOV 83

GRAVELINES
VARIATIONS SAISONNIERES D'ABONDANCE
 (MOYENNE TOUS POINTS CONFONDUS)

Fig V-6



1

b. Points séparés - comparaison des points

Nous examinerons successivement :

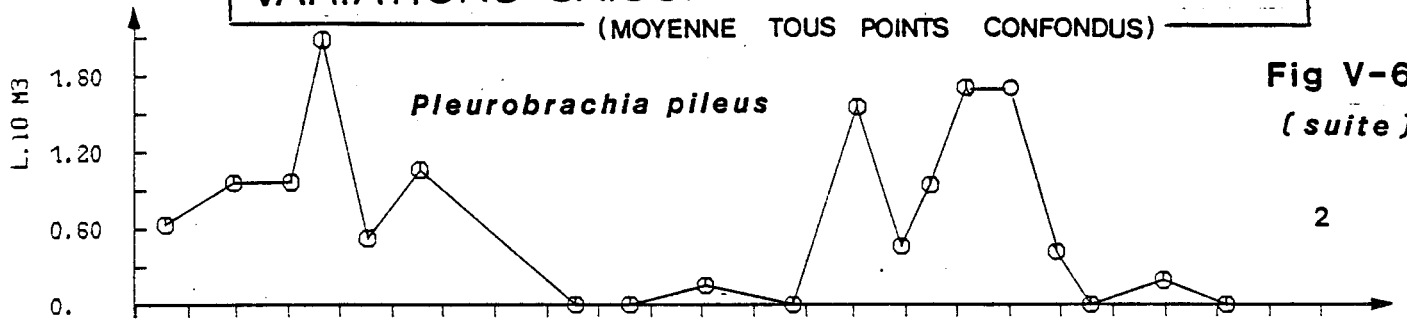
- b.1 - point médian et point large,
- b.2 - point médian et point côtier (sortie de centrale),
- b.3 - point canal et point côtier (sortie de centrale).

b.1. Point médian (63) et point du large (02) (figure V.7)

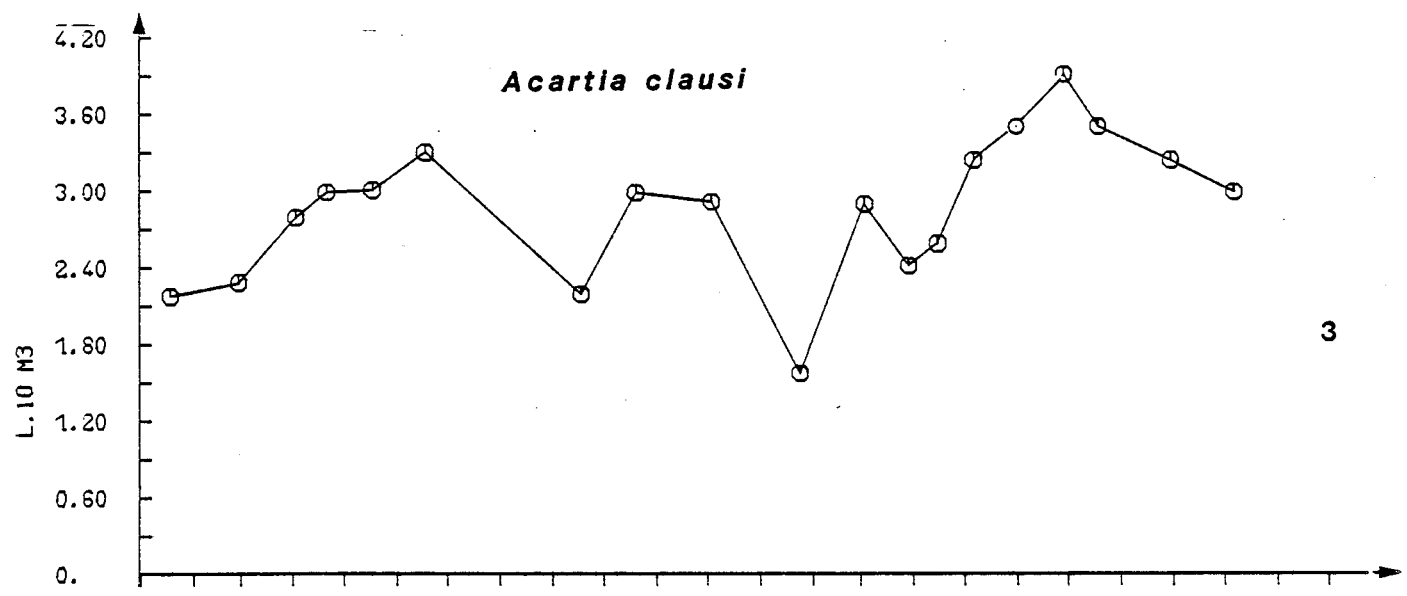
Ces deux points présentent des variations très proches pour de nombreuses espèces et pour la somme totale des espèces (figure V.7.1). Les larves diminuent vers le large, ce qui est un résultat habituel : par exemple, celles de *Polydora ciliata*, *Lanice conchilega*. Il en est de même pour le copépode *Oncaea* sp. (figures V.7.2 à 7.4).

V.14 **GRAVELINES**
VARIATIONS SAISONNIERES D'ABONDANCE
(MOYENNE TOUS POINTS CONFONDUS)

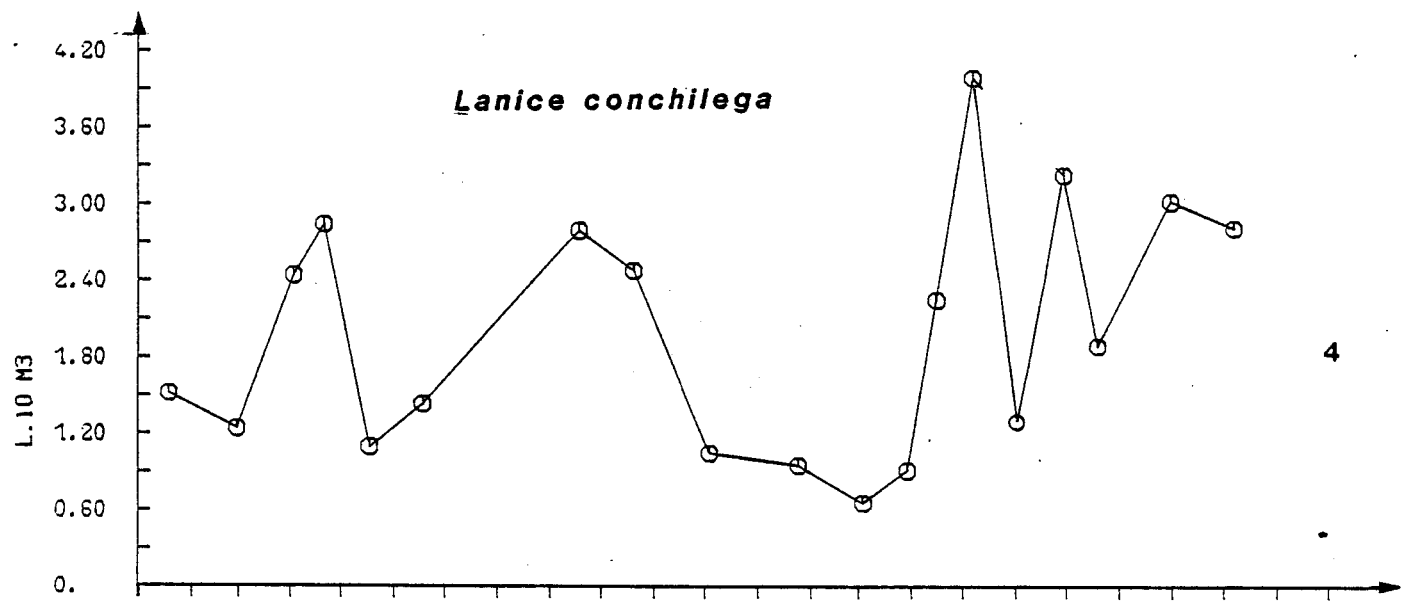
Fig V-6
(suite)



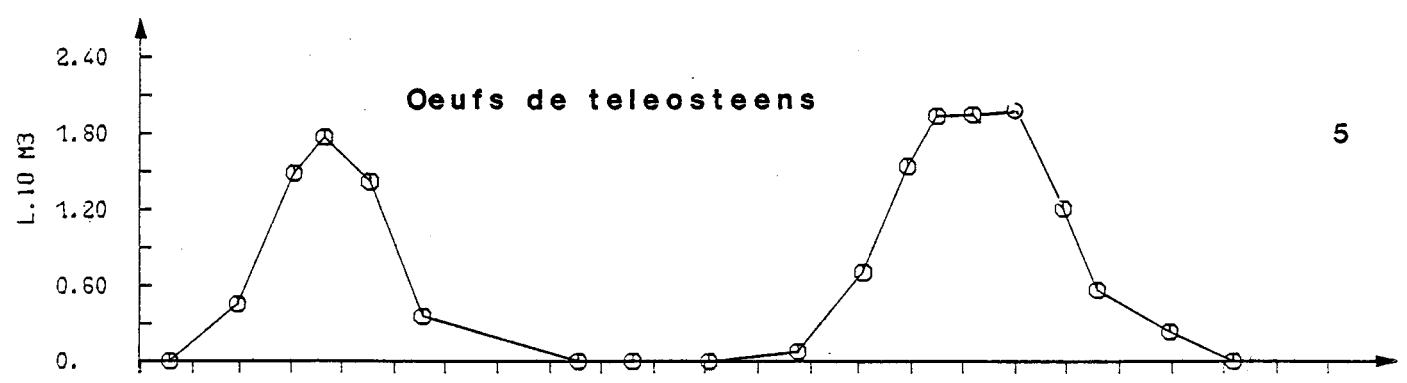
2



3



4

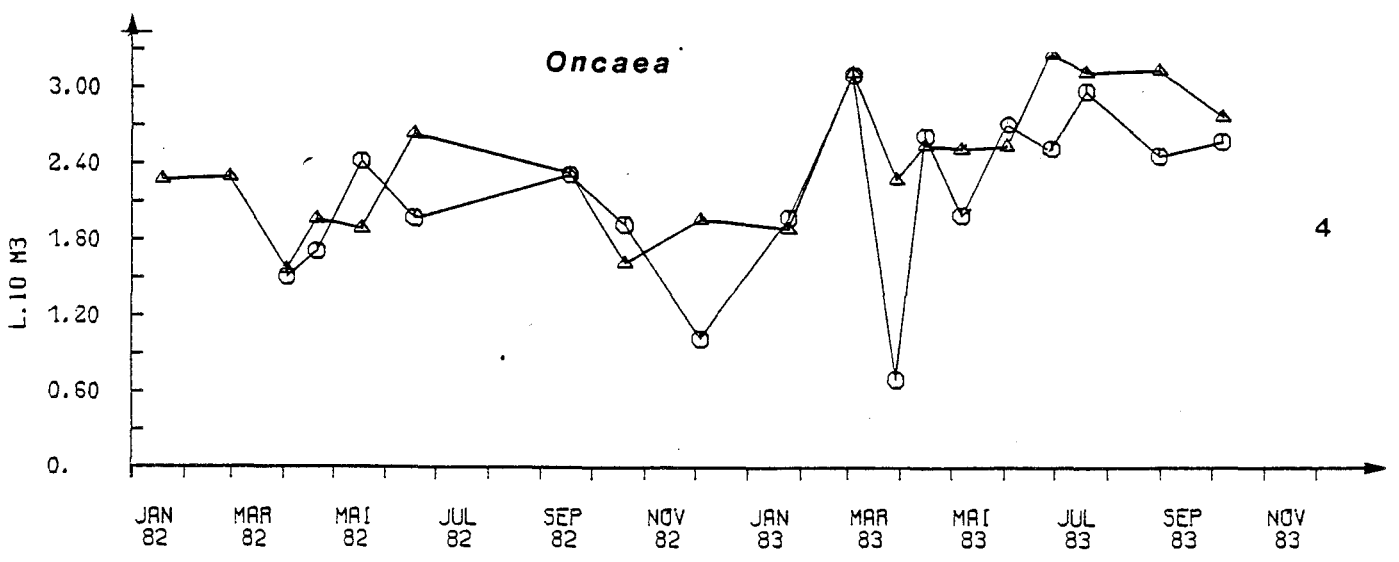
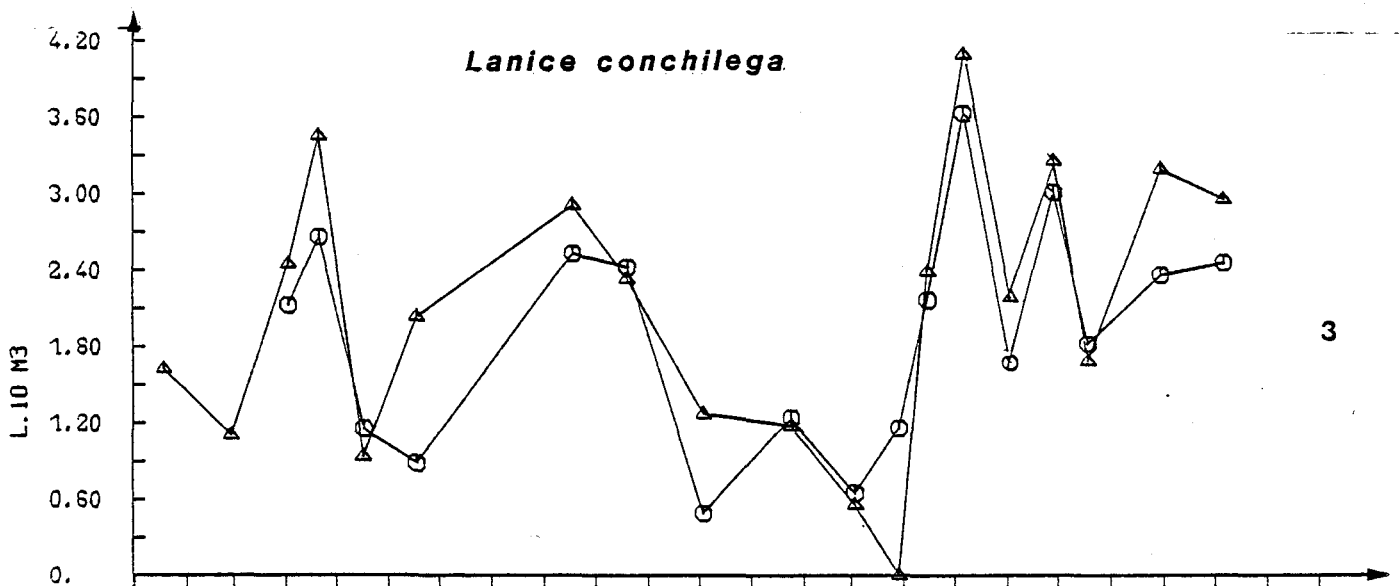
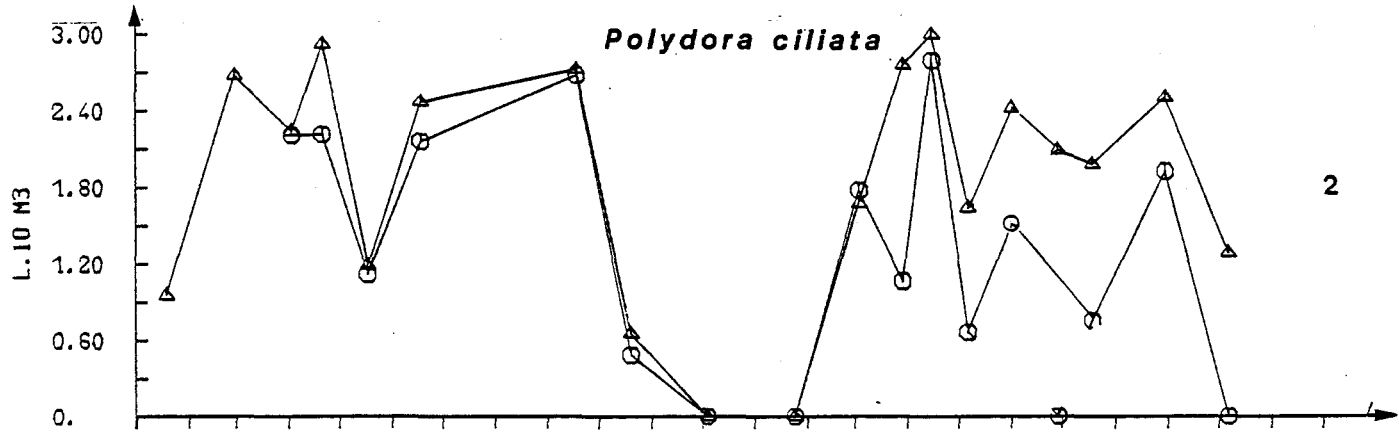
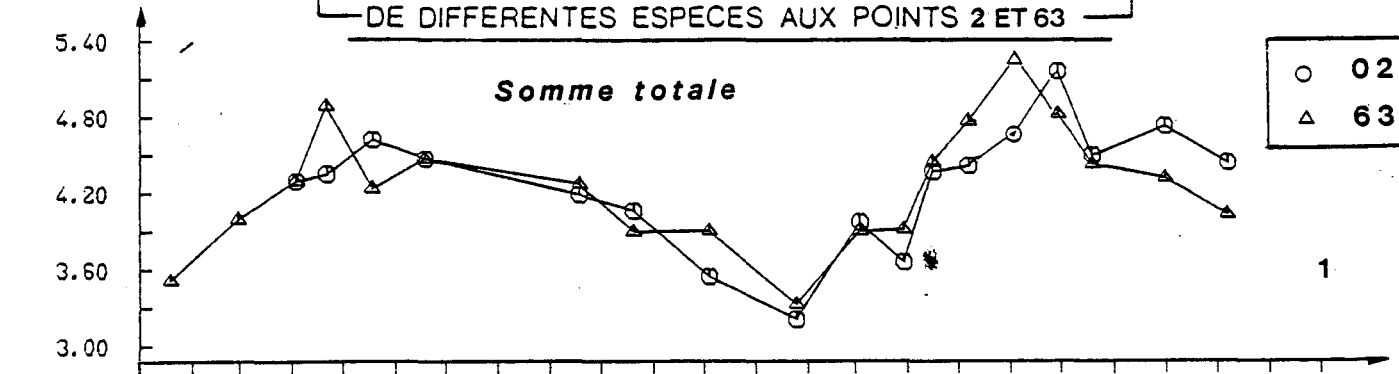


5

JAN 82 MAR 82 MAI 82 JUL 82 SEP 82 NOV 82 JAN 83 MAR 83 MAI 83 JUL 83 SEP 83 NOV 83

COMPARAISON DES VARIATIONS SAISONNIERES
DE DIFFERENTES ESPECES AUX POINTS 2 ET 63

○ 02
△ 63



b.2. Point médian (63) et point côtier (62) (figure V.8)

La comparaison des points géographiques permet de confirmer les résultats mis en évidence depuis 1981 (surveillance 1980-1981, p. V.20 et surveillance 1981-1982, p. V.24) : L'accentuation de la pauvreté au point côtier, par rapport aux autres points, pour le plancton total et pour beaucoup d'espèces par exemple *Euterpina acutifrons* et *Oikopleura dioica*. Certains groupes, par contre, comme les larves de *Lanice conchilega*, ne montrent pas d'évolution côte - médian significative. Les variations saisonnières étant plus importantes pour cette espèce que les variations spatiales.

Pour comparer d'une manière générale l'évolution relative des abondances d'*Oikopleura dioica* et d'*Euterpina acutifrons* aux deux points médian et côtier, nous avons tracé les droites de régression prédictrice de l'abondance de la même espèce au point médian (y) en fonction de l'abondance de la même espèce au point côtier (x). La comparaison des droites entre 1978 et 1983 permet de tester une évolution éventuelle.

1er cas : *Oikopleura dioica* (figure V.9)

- droite de référence pour la période 1978-1980 - 01,
- droite de référence pour la période 1980 - 02,
- droite de référence pour la période 1981 - 03,
- droite de référence pour la période 1982 - 04,
- droite de référence pour la période 1983 - 05.

coefficient de corrélation entre y et x : r

équations des droites : $y = a + bx$ coefficients a et b (b pente)
(a ordonnée)

1978 - 1980	1980	1981	1982	1983
0_1	0_2	0_3	0_4	0_5
r = + 0.872	r = + 0.785	r = + 0.925	r = + 0.901	r = + 0.862
a = + 0.623	a = + 1.103	a = + 0.892	a = + 1.142	a = + 1.501
b = + 0.787	b = + 0.677	b = + 0.776	b = + 0.728	b = + 0.689
n = 19	n = 10	n = 8	n = 9	n = 10

Comparaison des régressions prédictrices de y en x

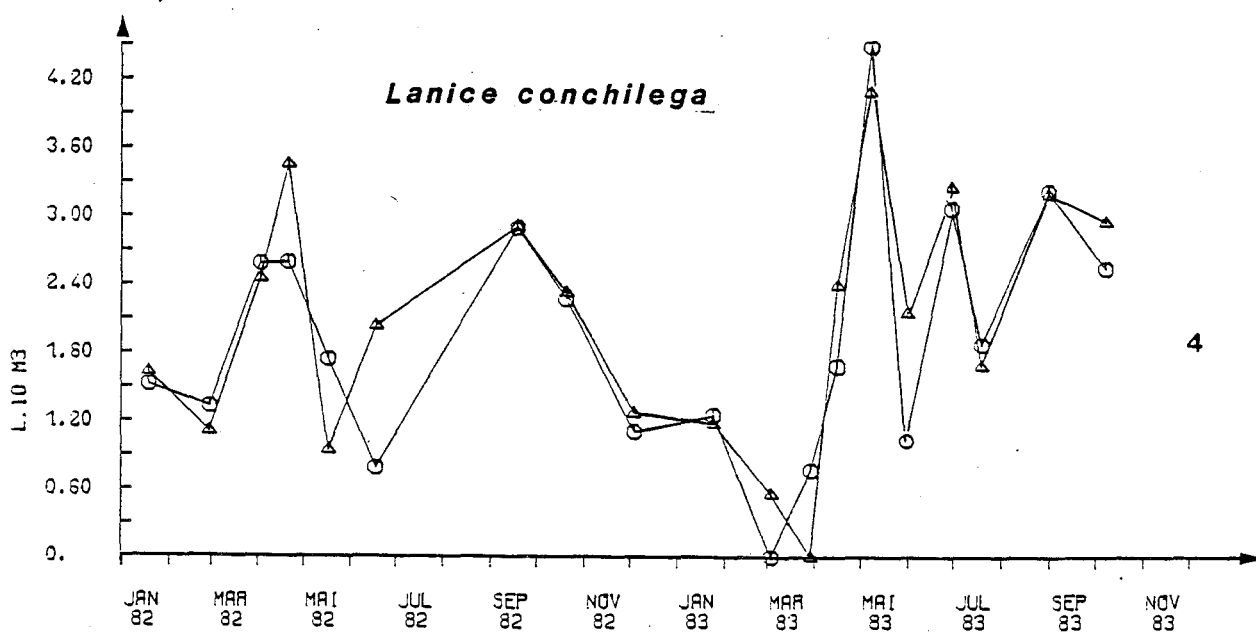
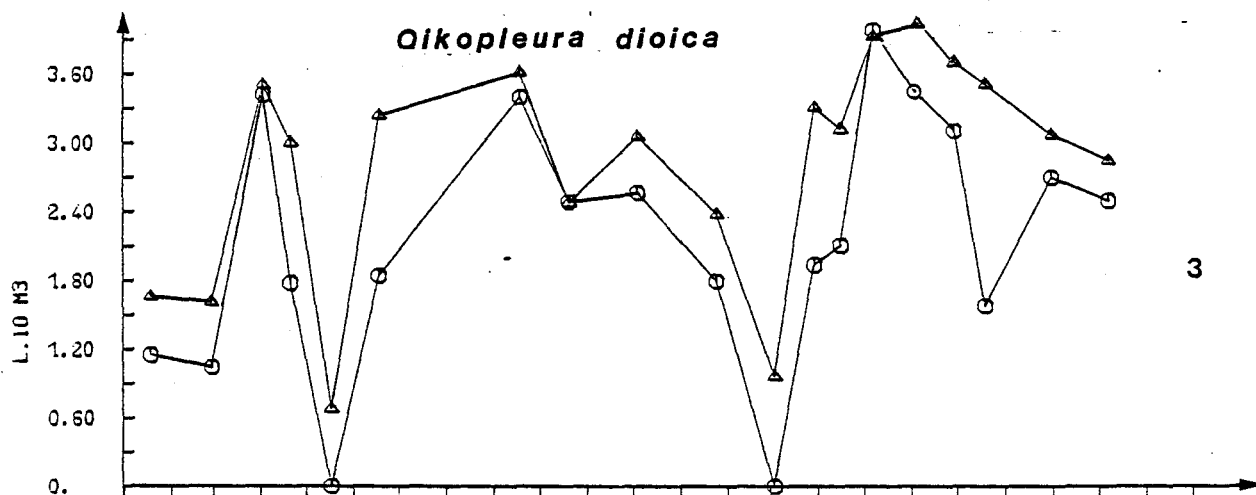
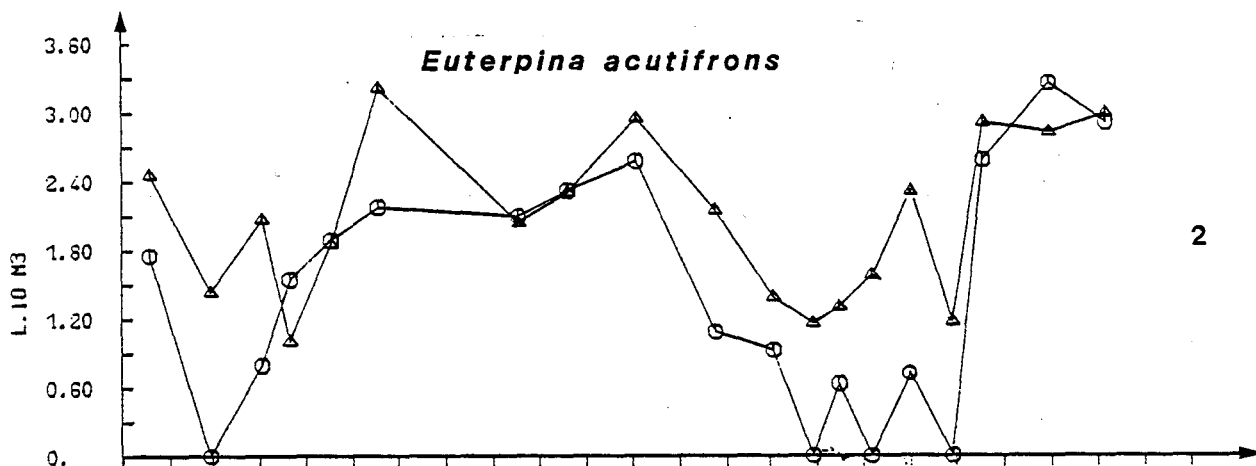
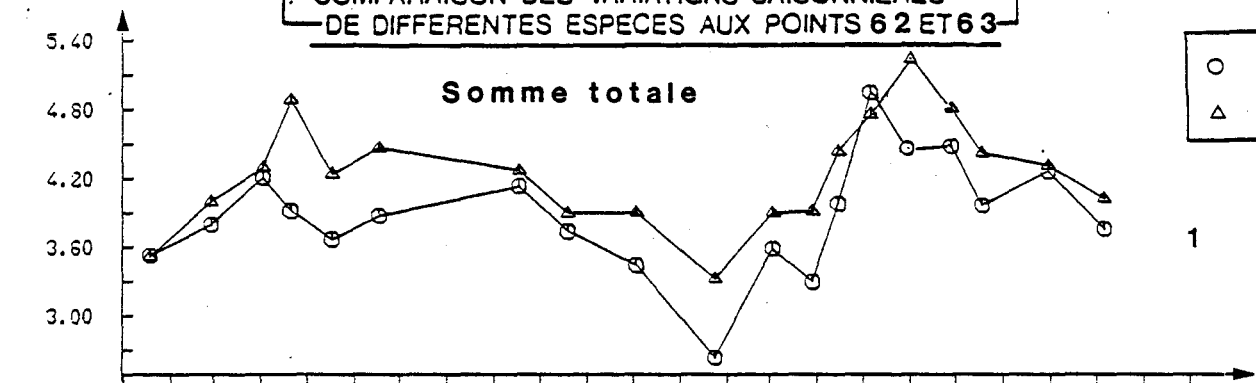
On fait un test d'homogénéité des carrés moyens résiduels une comparaison des pentes et un test sur les positions. La comparaison des axes majeurs donne le test d'homogénéité des variances liées, la comparaison des pentes et le test sur les positions.

Résultats sur *Oikopleura dioica*a. Comparaison des régressions y en x

- test d'homogénéité des carrés moyens résiduels $\alpha = 42\% > \alpha$ 5 %
- comparaison des pentes $\alpha = 97\% > \alpha$ 5 %
- test sur les positions $\alpha = 3.4\% < \alpha$ 5 %

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

○	62
△	63



b. Comparaison des axes majeurs

- test d'homogénéité des variances liées	$\alpha = 40 \% > \alpha$	5 %
- comparaison des pentes	$\alpha = 98 \% > \alpha$	5 %
- test sur les positions	$\alpha = 2.1 \% < \alpha$	5 %

On peut dire que les droites n'ont pas de pentes significativement différentes (elles sont parallèles), mais qu'elles ne sont pas confondues. On remarque que, au cours du temps, l'ordonnée à l'origine présente des valeurs qui vont en augmentant.

2ème cas : Euterpina acutifrons (figure V.10)

Les mêmes tests sont appliqués sur la deuxième espèce. On obtient les résultats suivants .

E1 1978 - 1980	E2 1980	E3 1981	E4 1982	E5 1983
$r = + 0.814$	$r = + 0.812$	$r = + 0.781$	$r = + 0.721$	$r = + 0.830$
$a = - 0.295$	$a = - 0.340$	$a = + 1.500$	$a = + 1.299$	$a = + 1.492$
$b = + 0.918$	$b = + 1.107$	$b = + 0.519$	$b = + 0.539$	$b = + 0.457$
$n = 19$	$n = 10$	$n = 8$	$n = 9$	$n = 10$

Caractéristiques des droites E1 à E5

Résultats sur Euterpina acutifrons

a. Comparaison des régressions prédictrices de y en x

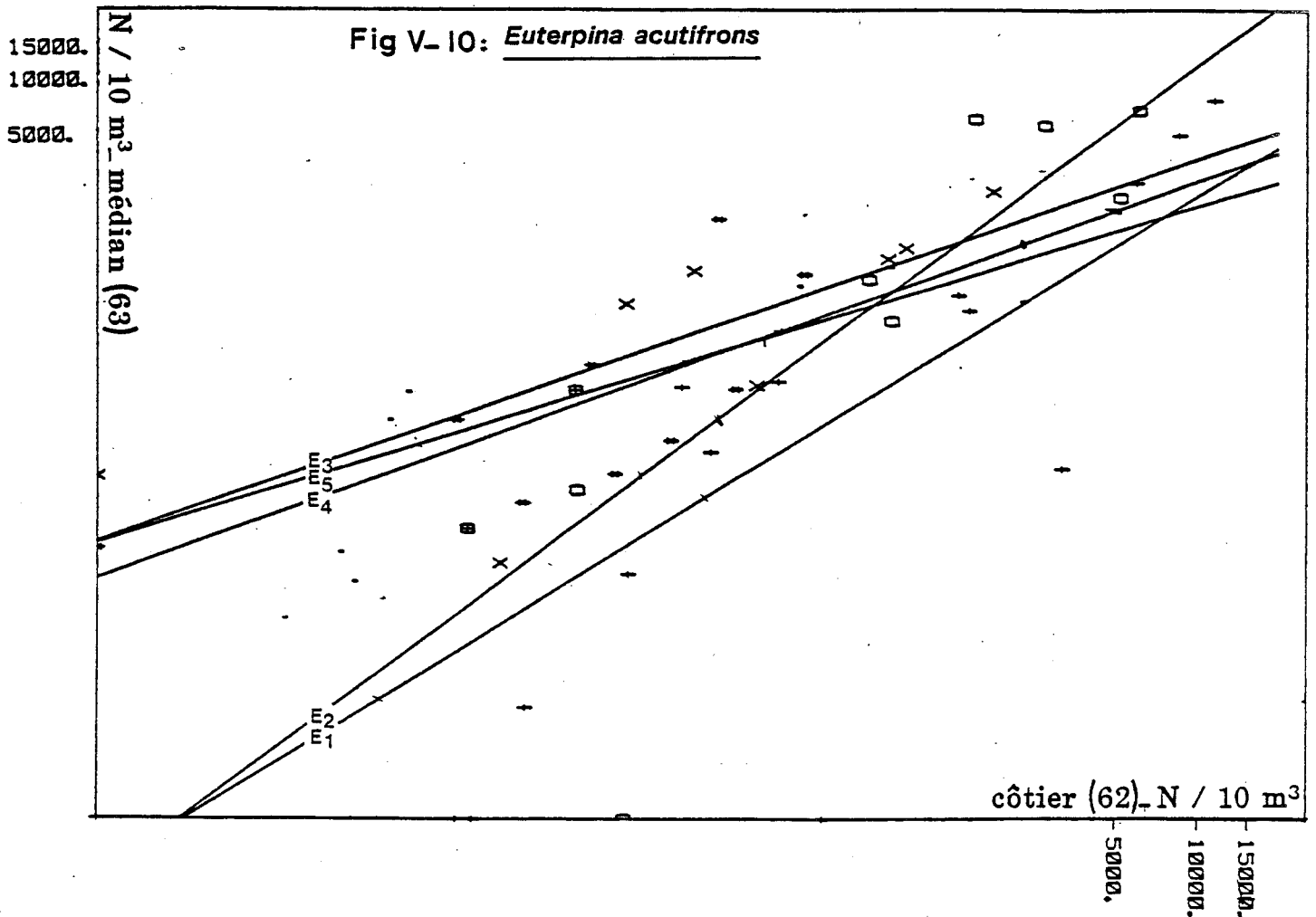
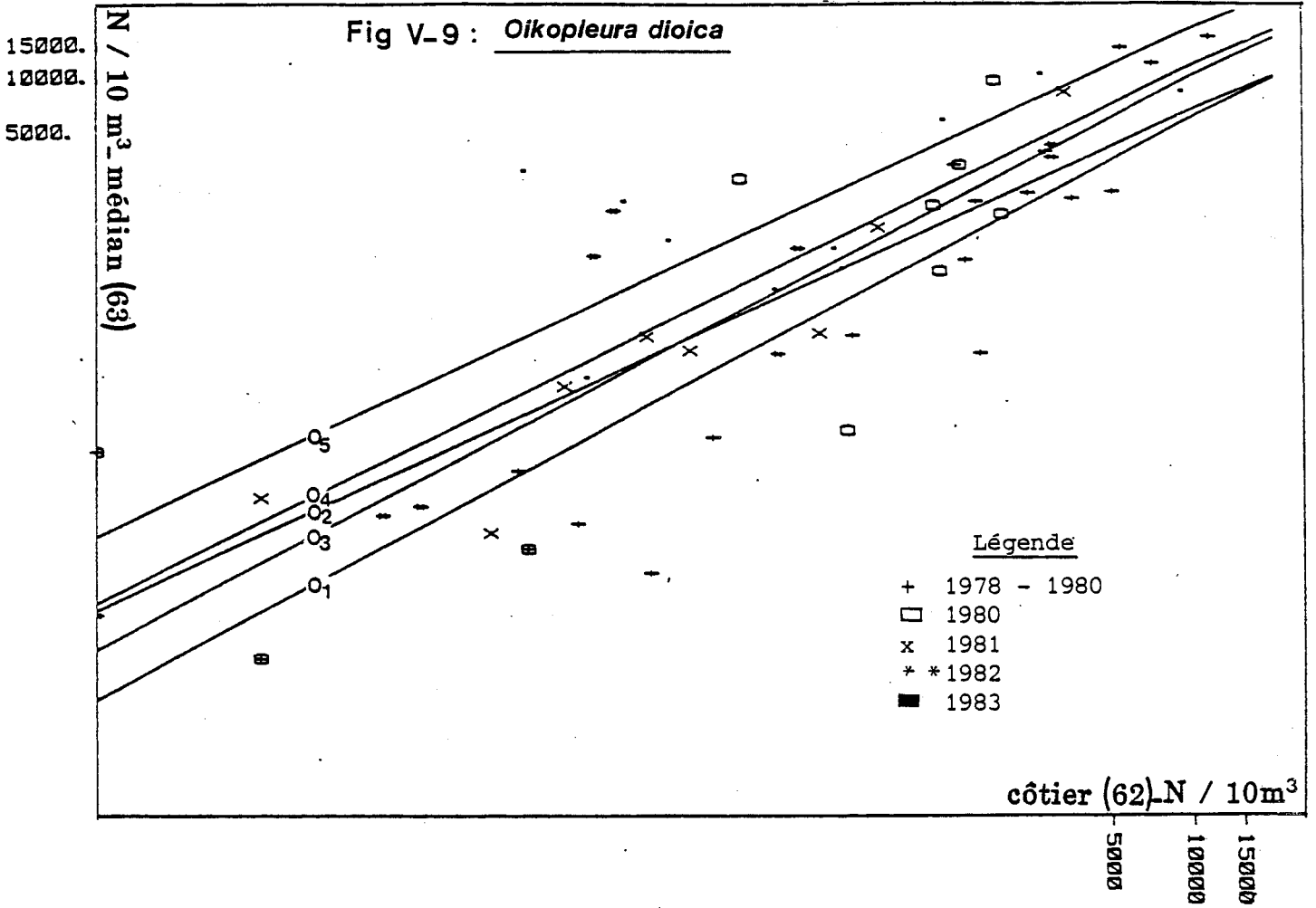
- test d'homogénéité des carrés moyens résiduels	$\alpha = 11 \% > \alpha$	5 %
- comparaison des pentes	$\alpha = 10 \% > \alpha$	5 %
- test sur les positions	$\alpha = 0.15 \% < \alpha$	5 %

b. Comparaison des axes majeurs

- test d'homogénéisation des variances liées	$\alpha = 59 \% > \alpha$	5 %
- comparaison des pentes	$\alpha = 1.1 \% < \alpha$	5 %
- test sur les positions	$\alpha = 0.02 \% < \alpha$	5 %

Pour *Euterpina acutifrons* on remarque que les pentes et les ordonnées à l'origine sont différentes. L'évolution des abondances entre les deux points côtier et médian mise en évidence depuis 1981 semble se confirmer. La comparaison doit être poursuivie à l'avenir.

EVOLUTION RELATIVE DES ABONDANCES
AUX POINTS MEDIAN (63) ET CÔTIER (62)



b.2. Point canal (64) et point côtier (62) (figure V.11)

En 1983 nous confirmons certaines observations de 1982. La somme totale des individus du zooplancton (et le groupe des copépodes en particulier) est au point côtier très régulièrement inférieure à celle du point canal en 1983. C'est là encore la pauvreté du point côtier qui est mise en évidence. La différence entre l'entrée et la sortie devrait donner une indication du déficit dû au transit (dans le cas où les deux milieux entrée et sortie sont identiques à l'origine). Or, en 1978, nous avons observé que la station canal de prise d'eau était globalement plus pauvre que le point côtier, sauf pour quelques groupes connus comme les larves de cirripèdes (Rapport de surveillance n° 1 de Gravelines, p. 60). Le fait que depuis 1980-1981 le point côtier devienne plus pauvre globalement que le point canal (Rapport de surveillance n° 3, pp. V.19-20) tend à faire penser que le milieu à la sortie est non seulement appauvri par l'arrivée d'une eau amont de l'avant-port à l'origine plus pauvre (phénomène de dilution), mais que cette eau est elle-même très fortement stérilisée en passant par le circuit de refroidissement de la centrale, le point de sortie devenant plus pauvre que l'entrée (fig. V.11). Pour certaines espèces, la différence 64-62 est forte et devient un phénomène permanent. La quantification du déficit ne peut se calculer simplement, avec des prélèvements mensuels et soumis aux fluctuations journalières. Une étude plus poussée que l'étude routinière de surveillance est nécessaire pour approfondir cette question.

Remarque : nous devons faire preuve de beaucoup de prudence pour l'interprétation des résultats comparatifs point canal - point côtier car la méthodologie de prélèvements est différente pour les deux points. Le point canal est échantillonné à partir du bord du canal, le filet immergé, en laissant filer un bout très long. Il est très difficile d'obtenir une pêche régulière dans ces conditions et une mesure précise du volume d'eau filtrée.

2.5. Biométrie

La biométrie a surtout été utilisée dans les études de projets et surveillances 1 et 2 (de 1978 à 1980). On peut considérer que les résultats qui ont été obtenus constituent un état de référence du milieu dans les conditions naturelles et ont permis de mieux comprendre l'écologie et la physiologie de *Temora longicornis*, *Acartia clausi* et *Centropages hamatus*, en particulier leur croissance et leur rythme de reproduction dans un milieu naturellement soumis à de fortes variations du climat.

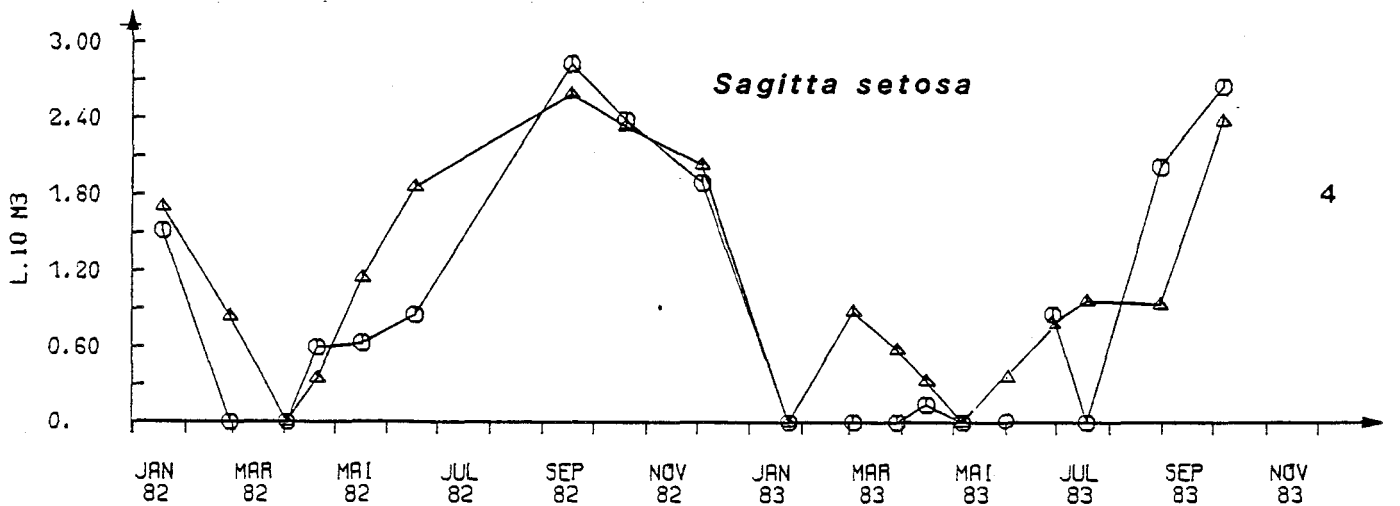
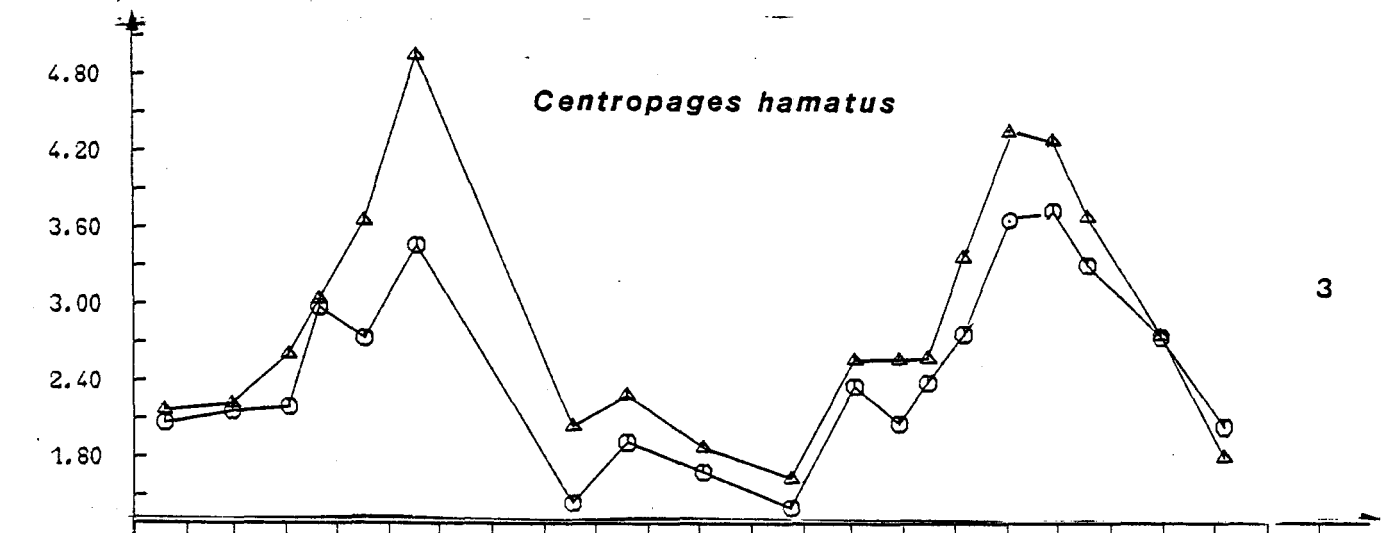
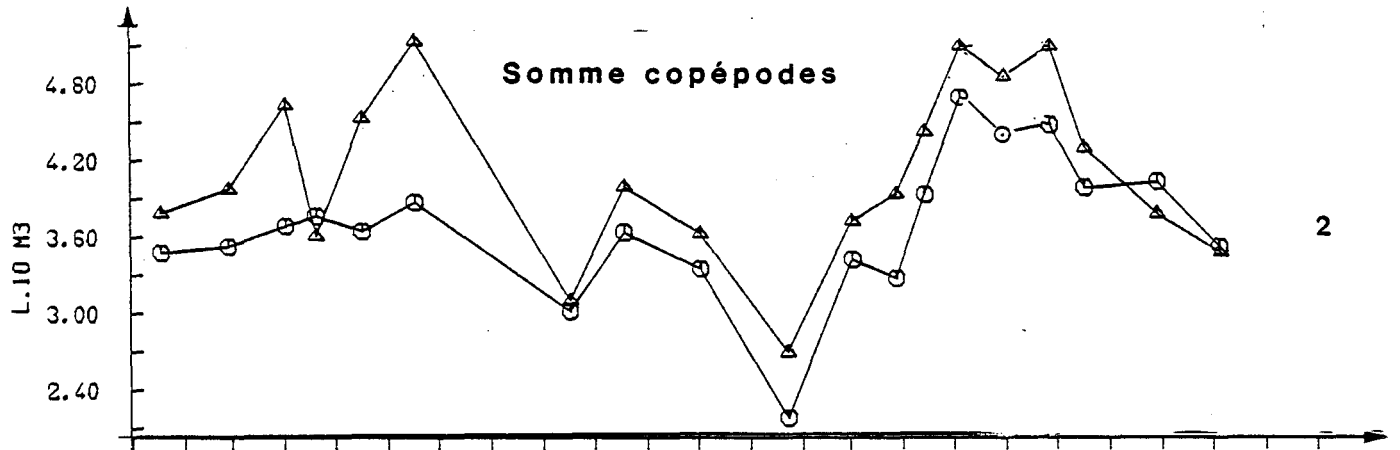
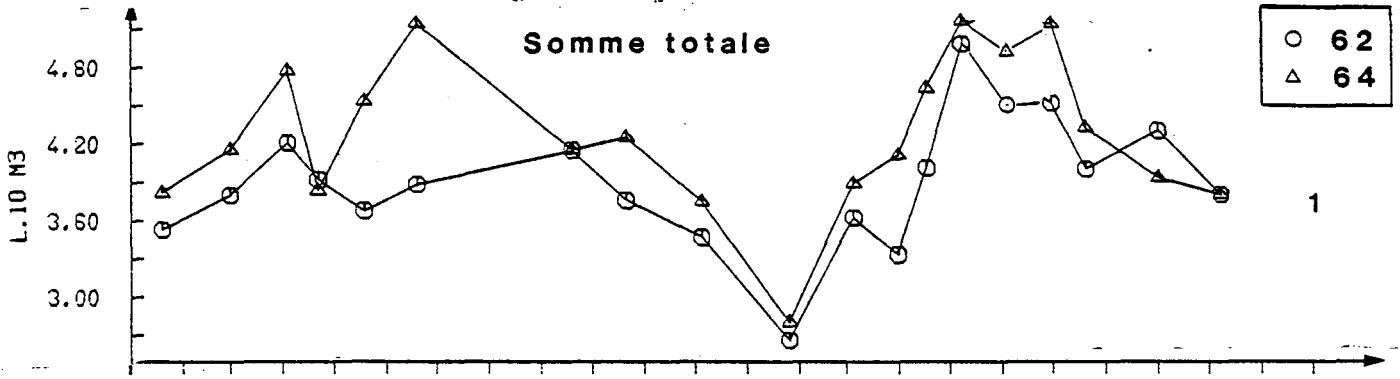
Avant fonctionnement de la centrale nous avons associé les mesures de longueurs à deux programmes différents mais liés :

1. Programme dynamique de population :

La biométrie peut être utilisée dans l'étude de dynamique de population comme information complémentaire à l'étude des variations d'abondances de copépodes et la détermination du nombre de pontes par an. A chaque nouveau stock,

GRAVELINES

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



JAN 82 MAR 82 MAI 82 JUL 82 SEP 82 NOV 82 JAN 83 MAR 83 MAI 83 JUL 83 SEP 83 NOV 83

correspondant à une reproduction, l'ensemble des individus d'un stade donné de ce stock (C_3 par exemple) présente une taille en moyenne différente de la taille d'un autre stock pour le même stade (C_3) à une autre époque : autrement dit, quand pour un stade donné (C_3) on trace la courbe de variations des longueurs, on observe des maxima et des minima qui, sur une année, doivent avoir le même nombre que les maxima et les minima des abondances de ce même stade. Compte tenu des difficultés déjà invoquées pour déterminer avec précision ce nombre, les informations données par la biométrie sont utilisables.

2. Programme production secondaire pélagique

On sait que les biomasses des espèces sont fonction de leurs longueurs

$$\omega_{\text{(poids)}} = \alpha \cdot f(L)_{\text{(longueur)}}^{\beta}$$

β étant proche de 3

Dans les populations animales la richesse d'un milieu dépend non seulement du nombre des individus, mais de leur poids. La variation de poids des populations est une des techniques qui permet de mesurer la production :

$$\frac{\Delta \omega \text{ (poids)}}{\Delta \tau \text{ (temps)}}$$

variation de la biomasse.

La biomasse zooplanctonique totale est la somme des biomasses des différentes espèces de différents âges. La biomasse totale W de tous les individus, à un instant donné, est :

$$W = \sum n_i p_i \quad p_i \text{ étant le poids de l'espèce } i \text{ d'abondance } n_i.$$

Les longueurs des espèces sont donc des paramètres mesurables dont dépend la production secondaire.

Nous avons montré que les longueurs dépendent de la température de croissance et de la qualité de nourriture fournie aux adultes. Des résultats généraux ont été résumés dans une publication (G. LE FEVRE-LEHOERFF et J.Y. QUINTIN, 1981). Il apparaît nettement que les générations nées et effectuant leur croissance en hiver donnent des individus plus grands que les générations d'été. Les individus sont plus grands quand la nourriture est abondante.

Nous avons montré qu'à Gravelines, avant fonctionnement de la centrale les fortes variations saisonnières de la température et de la quantité de chlorophylle (schématisant la nourriture des herbivores) pouvaient avoir des effets différents selon les espèces. Ce qui permet d'avoir des informations sur les sensibilités "spécifiques" et valables pour l'ensemble du site de Gravelines.

Nous avons montré que :

1. *Centropages hamatus* et *Temora longicornis* ont des croissances beaucoup plus dépendantes de la température qu'*Acartia clausi*,
2. *Acartia clausi* est très dépendante de la quantité en nourriture,
3. la croissance des mâles est plus dépendante de la température que celle des femelles.

Le choc thermique provoqué par l'arrivée d'eaux très échauffées à la côte ne peut être comparé aux variations climatiques subies par les espèces durant plusieurs semaines pendant la croissance sur une vaste zone. Les biométries ne peuvent donc pas servir pour comprendre l'impact immédiat sur les espèces et ce paramètre n'est pas utile à mesurer dans le cadre de la surveillance et de l'étude d'impact. Par contre, comme il a été dit plus haut, les informations obtenues avant fonctionnement donnent des renseignements sur les sensibilités spécifiques et les caractères physiologiques des espèces.

Conclusion

Nous confirmons pour l'année 1983 les résultats généraux développés au cours des années précédentes. Si nous considérons l'ensemble du secteur de Gravelines les caractéristiques sont retrouvées en 1983, concernant l'écologie des espèces, leur abondance et leur dominance.

La puissance de fonctionnement de la centrale, qui avait nettement diminuée en 1982, a de nouveau augmenté et dépassé 3000 MW. Nous avons retrouvé les conditions observées fin 1981 : mise en évidence de gradients côte - large, stratification. La comparaison des points géographiques montre un appauvrissement de la zone très côtière ou canal de rejet par rapport aux points médian et large. L'évolution relative de la zone de rejet par rapport au point médian est mise en évidence surtout pour les copépodes et les appendiculaires. Si nous constatons une évolution, il est cependant difficile d'en déterminer la cause : les deux hypothèses formulées au cours du rapport précédent peuvent être proposées. L'appauvrissement peut être le résultat d'un phénomène de dilution par apport d'une eau qui serait très appauvrie en sortant de la centrale. L'appauvrissement peut être aussi dû à une mortalité plus forte et des conditions de vie défavorables au point côtier. Dans tous les cas une observation minutieuse de cette évolution doit être poursuivie au cours des prochaines années.

Bibliographie

- A. Liste des rapports rédigés à propos du site de Gravelines de 1975 à 1982 par le département ELGMM
(ne sont cités que les rapports dans lesquels figurent des résultats et non les fiches d'avancement).

Etude écologique du site de Gravelines. Rapport des travaux au 30/08/75 - D.ELGMM-CNEXO pour EDF. Août 1975 (2 volumes).

Etude écologique de projet - site de Gravelines. Rapport final 1er cycle
D.ELGMM-CNEXO/IBMR Wimereux/Université de Lille pour EDF. Juin 1976 (4 volumes).

Etude écologique de projet - site de Gravelines, 2ème cycle. D.ELGMM-
CNEXO/IBMR Wimereux/Université de Lille pour EDF. Novembre 1977 (3 volumes).

Etude de surveillance écologique 1er cycle (janvier 1978 à juin 1979) -
site de Gravelines. D.ELGMM-COB-CNEXO/IBMR Wimereux/Université de Lille pour EDF.
Janvier 1981.

Première étude de surveillance du site de Gravelines. Description sta-
tistique des données et interprétation écologique. D.ELGMM-COB.CNEXO pour EDF.
Août 1981.

Etude de surveillance écologique 2ème cycle (juillet 1979 - octobre 1980
site de Gravelines. D.ELGMM-COB-CNEXO/IBMR Wimereux/Université de Lille pour EDF.
Février 1982.

Etude de surveillance écologique (novembre 1980 - octobre 1981) - site
de Gravelines. CNEXO-COB-ELGMM/IBMR de Wimereux/Université de Lille pour EDF.
septembre 1982.

Etude de surveillance écologique (novembre 1981 - octobre 1982) -
site de Gravelines. CNEXO-COB-ELGMM/IBMR de Wimereux/Université de Lille pour
EDF. Avril 1984.

B. Publications

G. LE FEVRE-LEHOERFF et J.Y. QUINTIN, 1981. Etude comparative de la
sensibilité de différentes espèces de copépodes aux variations de la tempé-
rature en Manche. Relations entre la taille des individus et les facteurs du
milieu. 2ème Journées de la Thermoécologie 14-15 nov. 1979, Congrès de Nantes,
EDF éditeur.

CHAPITRE VI
LE BENTHOS SUBTIDAL

J.M. DEWARUMEZ
J. PRYGIEL

STATION MARINE DE WIMEREUX

CHAPITRE VI

LE BENTHOS SUBTIDAL

I - INTRODUCTION

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

- de 1973 à 1976 nous nous sommes attachés à décrire les unités bionomiques grâce à des 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 et à appréhender la dynamique de certaines espèces (SOUPLET, 1978 ; DEWARUMEZ, 1980, 1981, 1982 et 1983).

Ainsi, les peuplements décrits ont-ils pu être replacés dans un contexte géographique plus vaste (CABIOCH et GLAÇON, 1977 ; DEWARUMEZ, 1976, 1979 ; SOUPLET et Coll., 1980 ; SOUPLET et DEWARUMEZ, 1980) ce qui est capital quand on sait qu'étant donnée la force et la direction des courants, le bon ou le mauvais recrutement de telle ou telle espèce peut être conditionné par un phénomène qui s'est produit en amont .

Nous avons pu décrire quatre unités bionomiques que l'on peut rassembler en 3 peuplements.

Une station de prélèvement a été choisie dans chaque unité bionomique.

- Le peuplement de l'Hétérogène envasé (station A) est établi sur des fonds importants (25 m). La biomasse y est de 30 g/m². Ce peuplement, situé à l'écart de toutes les perturbations d'origine tellurique est d'une grande stabilité.

- Le peuplement des sables fins plus ou moins envasés à *Abra alba* - faciès à *Nephtys hombergii* (station B) est côtier (profondeur moyenne 8 m). Jusqu'en 1979 ce peuplement était caractérisé par une biomasse relativement importante (6 g/m²). Depuis cette date, des recrutements pléthoriques de certaines espèces ont occasionné des biomasses très importantes :

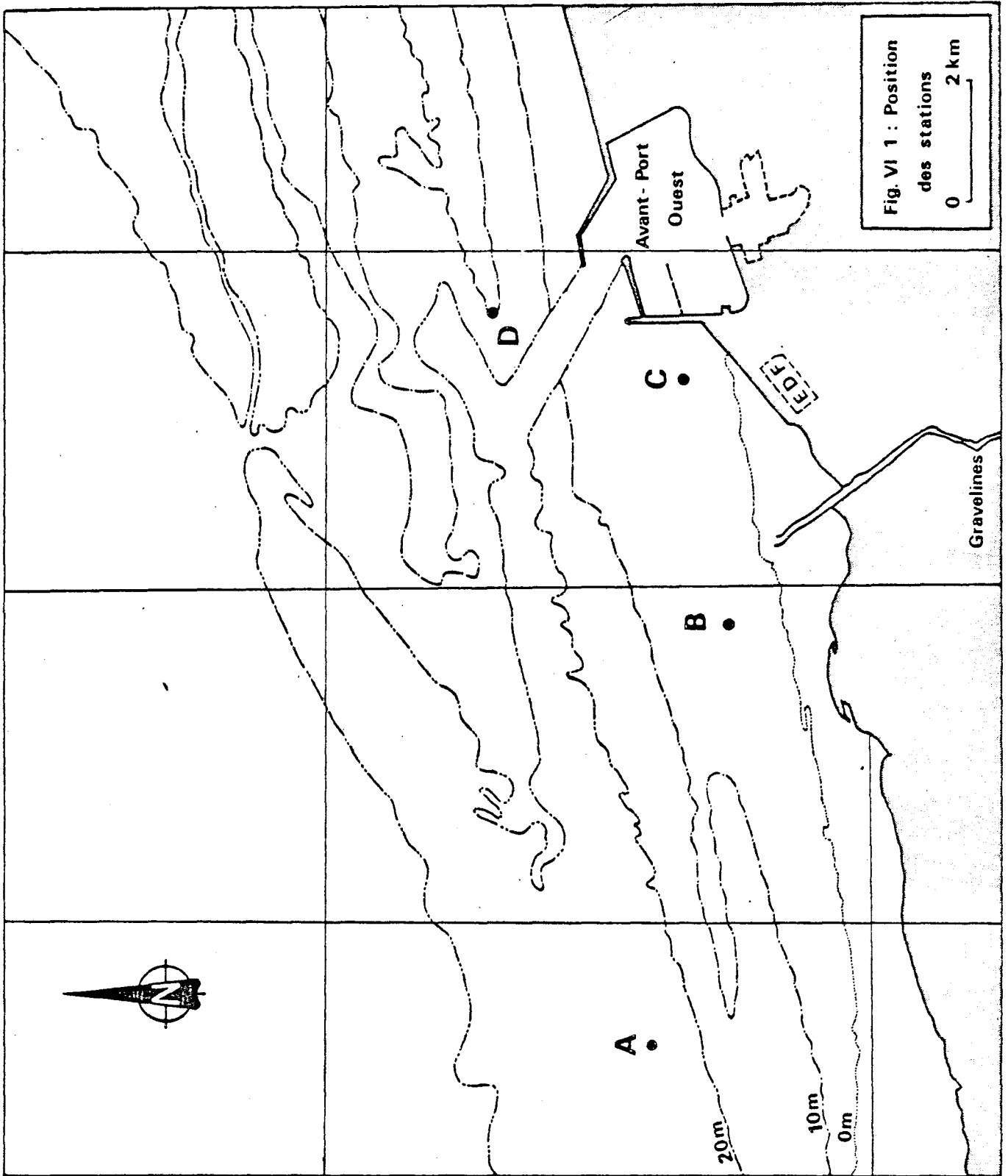


Fig. VI 1 : Position des stations
0 2 km

<i>Pectinaria koreni</i>	(1980)	50 g/m ²
<i>Abra alba</i>	}	(1981) 20 g/m ²
<i>Tellina fabula</i>		
<i>Abra alba</i>	}	(1982) 25 g/m ²
<i>Sagartia sp.</i>		

Ce faciès est instable quant à sa composition bionomique mais très productif.

- Le peuplement à *Abra alba* - faciès à *Nephtys cirrosa* (station C). Cette station est directement soumise aux rejets d'eaux chaudes de la centrale. Le cortège des espèces s'est modifié dès la mise en fonctionnement de la circulation d'eau : des espèces sabulicoles se sont installées au détriment d'espèces vasicoles. Ceci a occasionné une chute de biomasse de 2 g/m² dans un premier temps. Mais les recrutements pléthoriques mis en évidence à la station B se font également sentir à un degré bien moindre, ce qui fait que les valeurs de biomasse sont revenues à leur niveau de 1978 (2 à 3 g/m²) en 1982.

- Le peuplement des sables moyens propres à *Ophelia borealis* (station D) occupe le complexe de bancs situé au large du site. Ce peuplement est caractérisé par une biomasse qui varie énormément en fonction de l'échantillonnage ou du non-échantillonnage d'espèces de grande taille et de faible densité (*Nephtys caeca*, *Spisula ovalis*). Mais ce peuplement est toutefois d'une grande stabilité bionomique.

II - METHODOLOGIE

Les prélèvements ont été effectués le 1.06.1983 à bord du N/O Sepia II, navire de la Station Marine de Wimereux. Les stations échantillonnées restent inchangées (fig. VI-1).

La méthodologie est exposée en annexe.

III - RESULTATS DE L'ANALYSE BIONOMIQUE (tableaux VI-2 et 3)

III - 1. Station A

Du fait d'un mauvais fonctionnement accidentel de la benne, l'analyse ne porte que sur 5 prélèvements soit 1/2 m² mais cette surface constitue en fait l'aire minimale pour ce peuplement. Il n'est

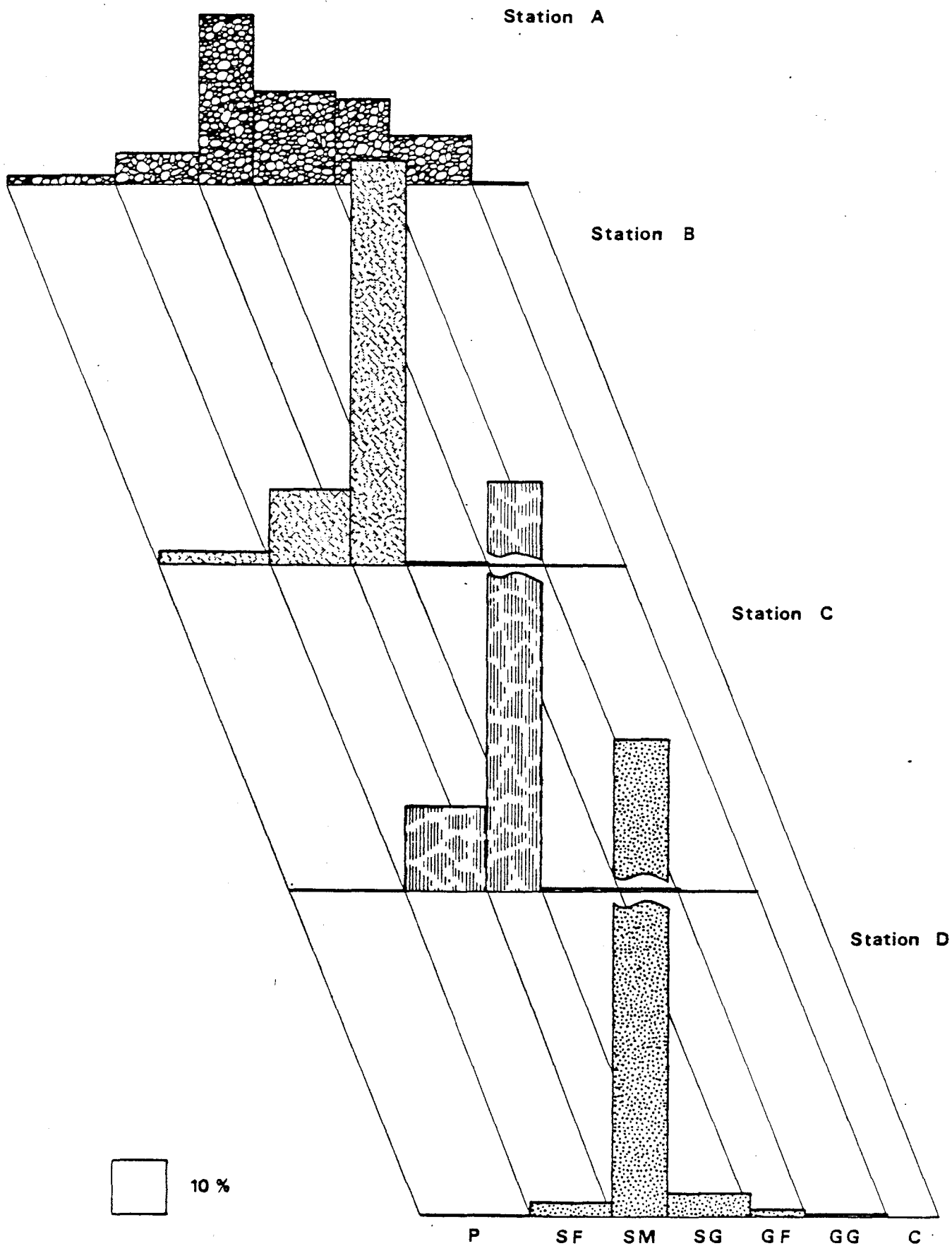
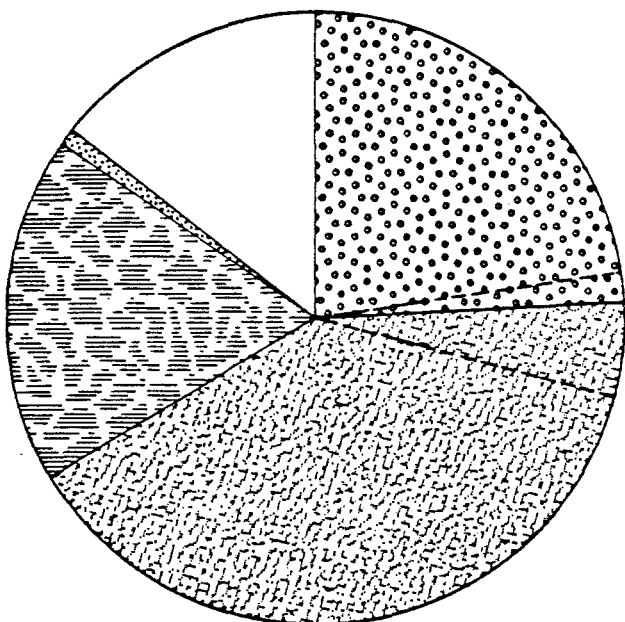


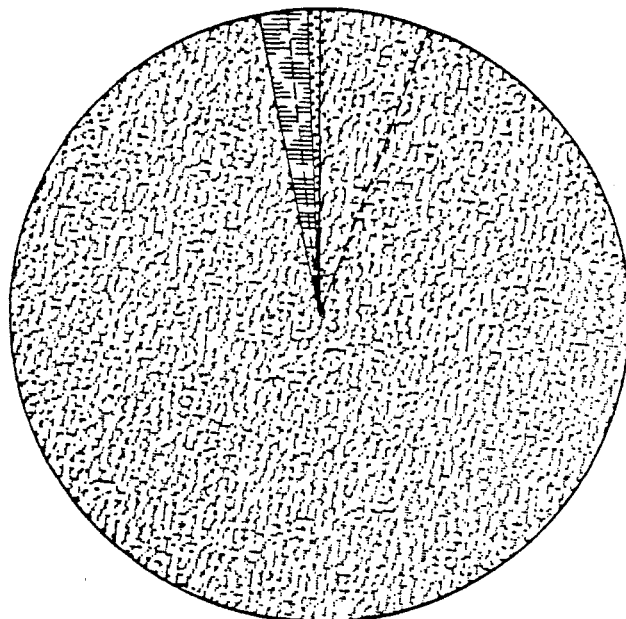
Fig. VI-2 : Caractéristiques granulométriques du sédiment des quatre stations subtidales (pourcentage pondéral)

Station A



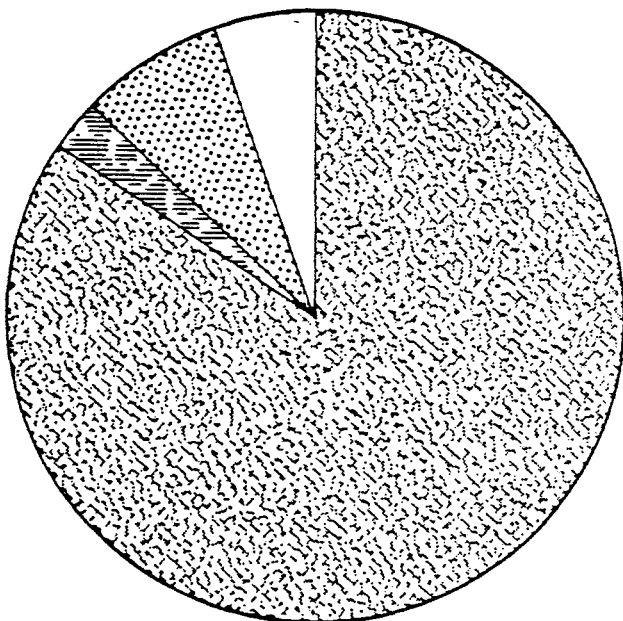
$N = 864 \text{ ind./m}^2$

Station B



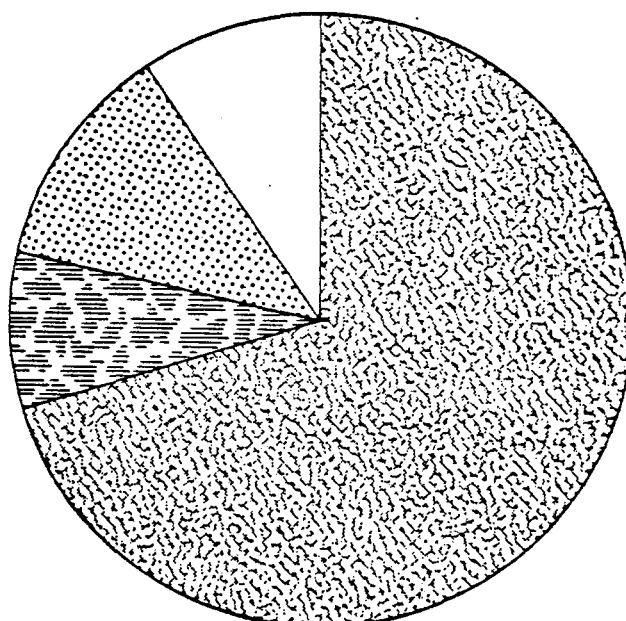
$N = 16\,859 \text{ ind./m}^2$

Station C



$N = 130 \text{ ind./m}^2$

Station D



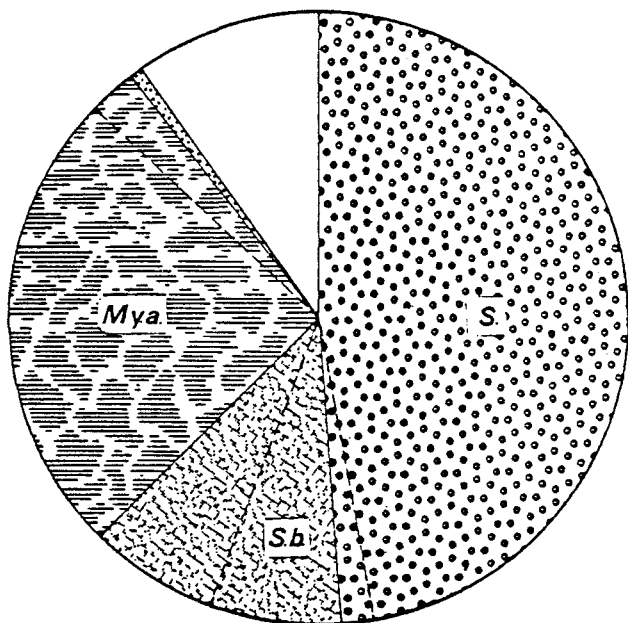
$N = 101 \text{ ind./m}^2$



S: *Sagartia* , *S.b.*: *Stenelais boa* , *L.c.*: *Lanice conchilega* , *A.a.*: *Abra alba* , *T.f.*: *Tellina fabula*

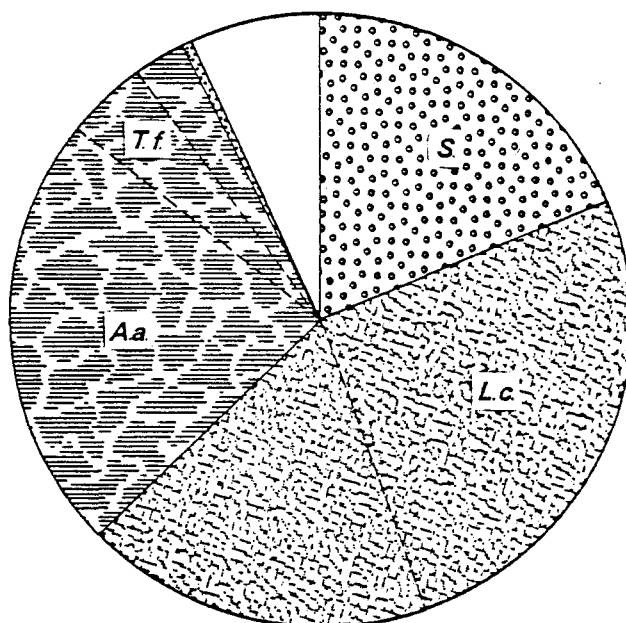
Fig. VI-3 : Importance relative des différents groupes zoologiques
(Nombre d'individus)

Station A



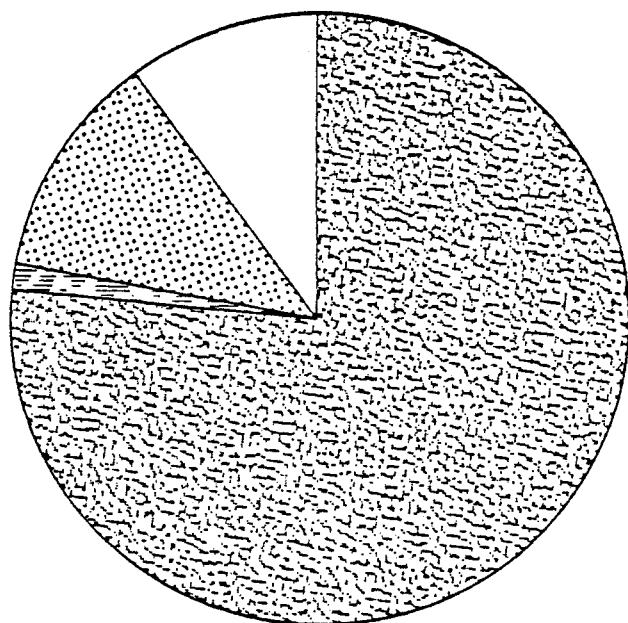
B = 38,4 g/m²

Station B



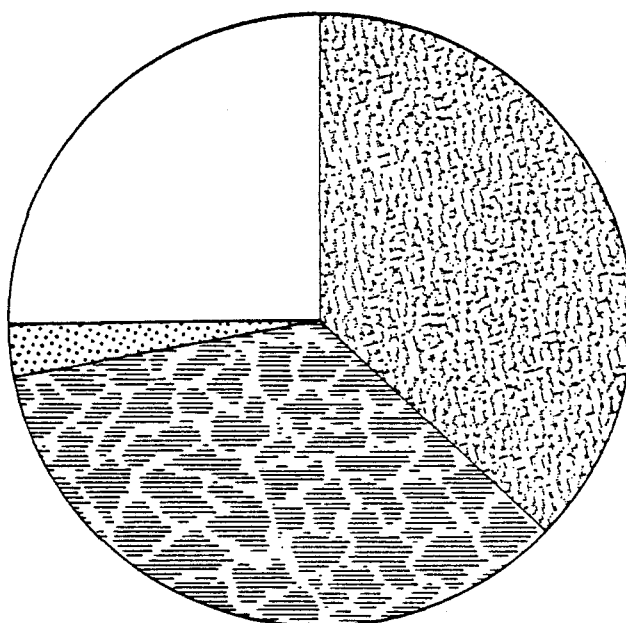
B = 29,9 g/m²

Station C



B = 0,6 g/m²

Station D



B = 1,1 g/m²

Fig. VI-4 : Importance relative des différents groupes zoologiques
(Biomasse)

pas possible de déceler d'évolution dans la structure bionomique de ce peuplement comme le montre le tableau VI-2. Le peuplement de l'hétérogène envasé, du fait de son éloignement de la côte, est d'une grande stabilité. L'espèce la plus contributive à l'organisation bionomique du peuplement est *Sagartia* sp. qui représente 22,8 % des individus et 47,1 % de la biomasse totale (tableau VI-4, fig. VI-3 et 4).

TABLEAU VI-4. Peuplement de l'Hétérogène envasé. Abondance des espèces principales.

D : densité/m ²		1980		1981		1982		1983	
		Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%
<i>Sagartia</i> sp.	D	36	15,8	150	40,5	121	41,3	196	22,8
	B	3,4	26,9	19,1	60,5	8,4	48,4	18,1	47,1
<i>Cerianthus lloydii</i>	D	6	3,0	5	1,4	14	4,8	10	1,2
	B	0,4	0,3	0,3	0,8	0,5	0,6	0,6	1,7
<i>Golfingia elongata</i>	D	14	6,8	2	0,5	0	0	2	0,2
	B	1,7	13,2	0,2	0,8	0	0	0,4	0,1
<i>Stenelais boa</i>	D	26	10,8	8	2,2	20	6,8	44	5,1
	B	0,8	6,6	0,4	1,3	0,5	3,0	2,8	7,2
<i>Pectinaria koreni</i>	D	6	3,0	3	0,8	2	0,7	18	2,1
	B	0,4	2,9	0,04	0,1	0,1	0,6	0,6	0,2
<i>Sabella pavonina</i>	D	1	0,5	14	3,8	0	0	0	0
	B	0,02	0,1	3,0	9,5	0	0	0	0
<i>Abra alba</i>	D	0	0	32	8,7	8	2,7	28	3,3
	B	0	0	0,7	2,3	0,1	0,7	0,9	0,2

Signalons qu'un individu de *Mya truncata* représente à lui seul 25 % de la biomasse totale (fig. VI-4).

Les autres espèces importantes sont *Stenelais boa*, *Abra alba* et *Pectinaria koreni*. Ce peuplement est celui qui présente la plus forte biomasse (38,4 g/m²). La diversité est forte (H : 3,916 et E : 0,75). Le sédiment sur lequel ce peuplement est établi comporte une part très importante de pélites et d'éléments grossiers (tableau VI-1 et fig. VI-2).

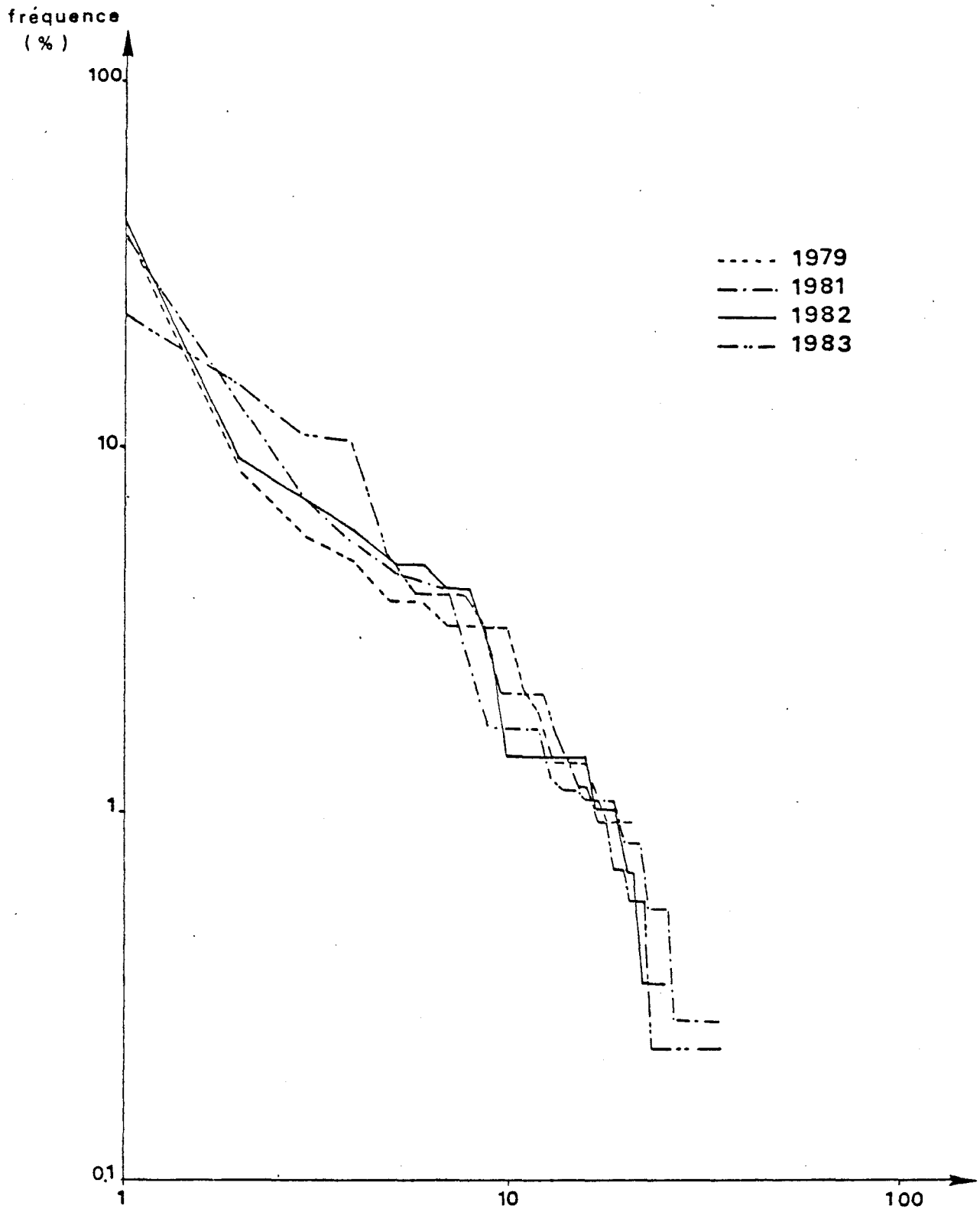


Fig. VI.5 : Evolution des diagrammes rang - fréquence
à la station A depuis 1979

Si l'on observe l'évolution des diagrammes rang-fréquence à cette station depuis 1979 (fig. VI-5), il n'apparaît pas d'évolution nette entre les décours des quatre courbes. Les courbes sont du type 3 (fin de succession) mais ceci pourrait être en fait dû à l'hétérogénéité du sédiment avec cumul de deux niveaux d'observation (peuplement des graviers et peuplement des sables) qui linéarise la courbe. Il est en effet surprenant qu'une communauté reste à ce stade de fin de succession pendant 4 ans !.

III - 2. Station B

Le peuplement à *Abra alba* a été le siège d'un recrutement très important de *Lanice conchilega*. Si celui-ci n'a pas atteint les résultats de 1979 (50 000 individus par m²), les densités les plus fortes que nous avons rencontrées en 1983 ont été de 15 000 par m² soit un résultat un peu inférieur à 1982 où 20 000 post larves ont été récoltées par m². Si le recrutement semble moins important qu'en 1979 il se maintient néanmoins à un niveau élevé jusqu'en novembre 1983 où les densités étaient voisines de 1 000/m². Les adultes ne représentent qu'1,8 % du total des espèces (tableau VI-5).

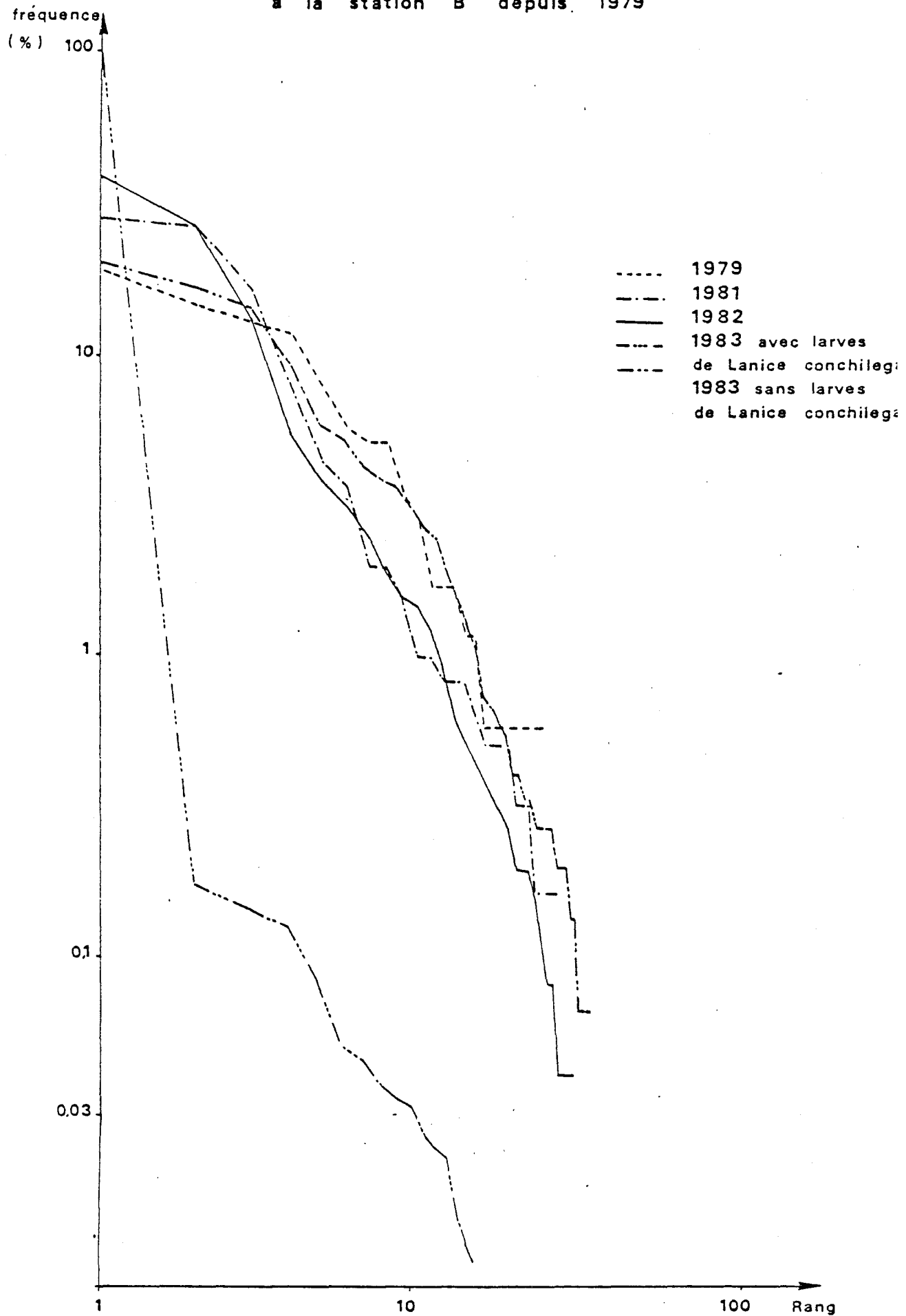
TABLEAU VI-5. Peuplement à *Abra alba* - faciès à *Nephtys hombergii*.
Abondance des espèces principales

D : densité/m ² B : biomasse g/m ²		1980		1981		1982		1983	
		Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%
<i>Nephtys hombergii</i>	D	62	5,6	47	7,5	61	2,3	64	4,2
	B	3,04	6,2	3,00	14,8	0,24	1,0	1,00	10,6
<i>Arenicola marina</i>	D	6	0,5	1	0,2	1	0,1	0	0
	B	3,21	6,5	1,42	7,0	1,75	7,0	0	0
<i>Lanice conchilega</i>	D	214*	19,3	175*	28,0	274*	10,3	28*	1,8
	B	0,08	0,2	0,17	0,9	0,23	0,9	0,56	4,8
<i>Pectinaria koreni</i>	D	228	20,5	27	4,3	10	0,4	2	0,1
	B	13,81	28,1	0,97	4,8	0,19	0,8	0,13	1,1
<i>Tellina fabula</i>	D	453	40,8	164	16,0	41	1,5	209	13,8
	B	22,33	45,4	8,71	21,0	0,38	1,5	0,66	5,6
<i>Abra alba</i>	D	64	5,8	100	26,7	1020	38,4	77	5,1
	B	3,64	7,4	4,27	42,8	14,09	56,1	3,46	29,7
<i>Ophiura texturata</i>	D	0	0	12	1,9	4	0,2	11	0,7
	B	0	0	0,17	0,8	0,07	0,3	0,74	6,4

*Nombreuses post larves (15 000 en 1983).

Fig VI.6 . : Evolution des diagrammes rang - fréquence

à la station B depuis 1979



On ne peut pas mettre en évidence d'évolution nette au niveau du cortège spécifique. Toutefois on constate cette année une augmentation de densité importante de petites espèces d'Annélides Polychètes errantes et sédentaires à affinités vasicoles comme *Pholoe minuta*, *Eumida sanguinea* (juvéniles), *Spio filicornis* et *Spiophanes bombyx* (tableau VI-2) alors que le sédiment semble être plus grossier qu'en 1982 :

	1982	1983
Pélites	10,5 %	4,4 %
Sable fin	43,1 %	21,0 %
Sable moyen	41,2 %	74,5 %

La densité d'*Abra alba* semble chuter (77 individus par m², essentiellement des grands individus, alors que la densité de *Tellina fabula* est forte (209 individus/m² - juvéniles). Il s'agit pour *Abra alba* d'un artefact dû à la présence des tubes de *Lanice*. L'efficacité de la benne est moindre et les bivalves de grande taille s'enfouissent davantage. La preuve en est apportée par la récolte à la drague d'individus de plus de 13 mm en grand nombre. L'effet n'est pas le même pour *Tellina fabula* dans la mesure où 73 % des individus récoltés sont des juvéniles. Le recrutement d'*Abra alba* légèrement décalé dans le temps par rapport à celui de *Tellina fabula* est postérieur au prélèvement du 1er juin.

On ne met toutefois pas en évidence d'évolution très nette quant à la structure de la communauté. Le diagramme rang-fréquence (fig. VI-6) du peuplement en 1983 est tout à fait comparable à celui des années précédentes. Il est caractéristique d'un peuplement mature, si l'on ne tient pas compte de la présence des larves de *Lanice conchilega*. Par contre, en les faisant intervenir, l'allure devient tout à fait différente, elle est typique d'un peuplement juvénile (fig. VI-6) ce qui en soi n'est pas surprenant mais ne permet pas de comparer les diagrammes des différentes stations dans la mesure où le recrutement de *Lanice* ne se fait sentir qu'à la station B.

La diversité est forte ($H = 3,338$ et $E = 0,74$). Ce peuplement est très productif, la biomasse y est forte (11,6 g/m²) sans toutefois être aussi importante qu'en 1982 du fait du sous échantillonnage d'*Abra alba*.

III - 3. Station C

Le peuplement établi au droit du rejet subit depuis 1979 une évolution particulière. Des changements apparaissent régulièrement dans la composition faunistique. Des espèces à régime alimentaire suspensivore remplacent les espèces du type mangeur de dépôt.

L'espèce la plus importante est *Nephtys cirrosa* (29,9 % des individus et 30,7 % de la biomasse - tableau VI-6 et fig. VI-3 et 4).

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

D : densité/m ² B : biomasse g/m ²		1980		1981		1982		1983	
		Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%
<i>Nephtys cirrosa</i>	D	1	0,4	41	12,8	28	2,6	35	29,9
	B	0,01	0,2	0,30	12,5	0,12	3,3	0,20	30,7
<i>Nephtys hombergii</i>	D	58	22,5	9	2,8	16	1,5	3	2,3
	B	0,45	11,9	0,15	6,3	0,42	11,5	0,05	7,9
<i>Pectinaria koreni</i>	D	4	1,6	3	0,4	0	0	0	0
	B	0,15	1,9	0,07	0,2	0	0	0	0
<i>Tellina fabula</i>	D	22	8,5	69	21,5	16	1,5	2	1,5
	B	0,35	4,4	1,07	45,4	0,10	2,8	0,8 mg	0,1
<i>Cerastoderma edule</i>	D	12	4,7	5	1,6	0	0	0	0
	B	2,37	28,4	0,59	24,7	0	0	0	0

La biomasse est plus faible qu'en 1981 et 1982 (0,64 . contre 3,6 et 2,3 g/m²), ceci est dû à l'absence de certaines espèces rares de grande taille (*Nephtys cirrosa*, *Ensis arcuatus*, etc...).

Si l'on observe les caractéristiques sédimentologiques on s'aperçoit que la différence entre les sédiments de la station B et de la station C réside dans la teneur en pelites (4,43 % en B et 0,02 en C).

Les particules fines sont éliminées par le lessivage des fonds occasionné par la circulation d'eau de refroidissement.

En effet, depuis 1979 on note une différence flagrante de "l'efficacité" des recrutements en face du rejet du site en raison du courant important mis en évidence par la diminution des pelites. Ceci, toutefois, n'est valable que pour les espèces vasicoles.

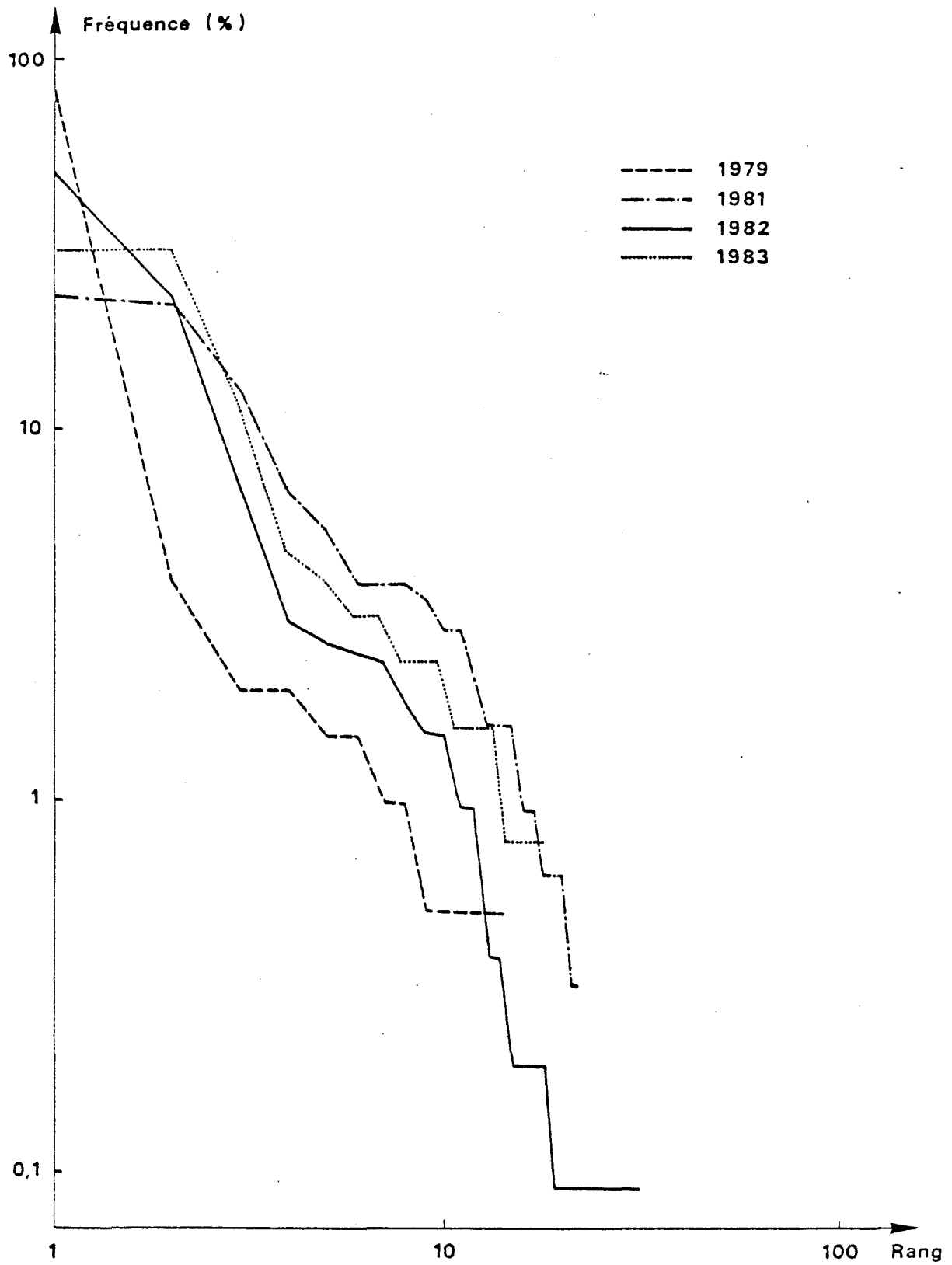


Fig. VI-7 : Evolution des diagrammes rang - fréquence
à la station C depuis 1979

Espèces	Date	Station B	Station C
<i>Phyllodoce mucosa</i>	Septembre 1979	41	0
	Mai 1980	4	0
	Mai 1981	3	72
	Mai 1982	697	25
	Juin 1983	54	0
<i>Lanice conchilega</i> (post larves)	Mai 1980	60 000	800
	Mai 1981	1 000	100
	Mai 1982	20 000	7 000
	Juin 1983	15 000	10
<i>Pectinaria koreni</i>	Septembre 1979	354	82
	Mai 1980	228	4
	Mai 1981	27	3
	Mai 1982	10	0
	Juin 1983	2	0
<i>Abra alba</i>	Septembre 1979	77	0
	Mai 1980	64	0
	Mai 1981	100	9
	Mai 1982	1 020	26
	Juin 1983	77	1
<i>Tellina fabula</i>	Septembre 1979	328	9
	Mai 1980	453	22
	Mai 1981	167	69
	Mai 1982	41	16
	Juin 1983	209	2

L'instabilité de ce peuplement peut être mise en évidence par les diagrammes rang-fréquence (fig. VI-7). L'allure générale est du type juvénile : la courbe est sigmoïde. Le fait intéressant, en l'occurrence, est le décalage observé entre les différentes courbes, elles sont parfaitement individualisées. Un peuplement cherche donc à s'installer mais la permanence de la perturbation fait que ce peuplement ne peut dépasser le stade juvénile pour arriver à maturité. On assiste à une prédominance d'espèces pionnières qui changent selon les années en fonction de phénomènes qu'il semble hasardeux de relier directement au fonctionnement de la centrale.

Si la diversité est relativement forte ($H = 3,137$; $E = 0,74$) à la station C ce peuplement est le moins diversifié de la zone d'étude.

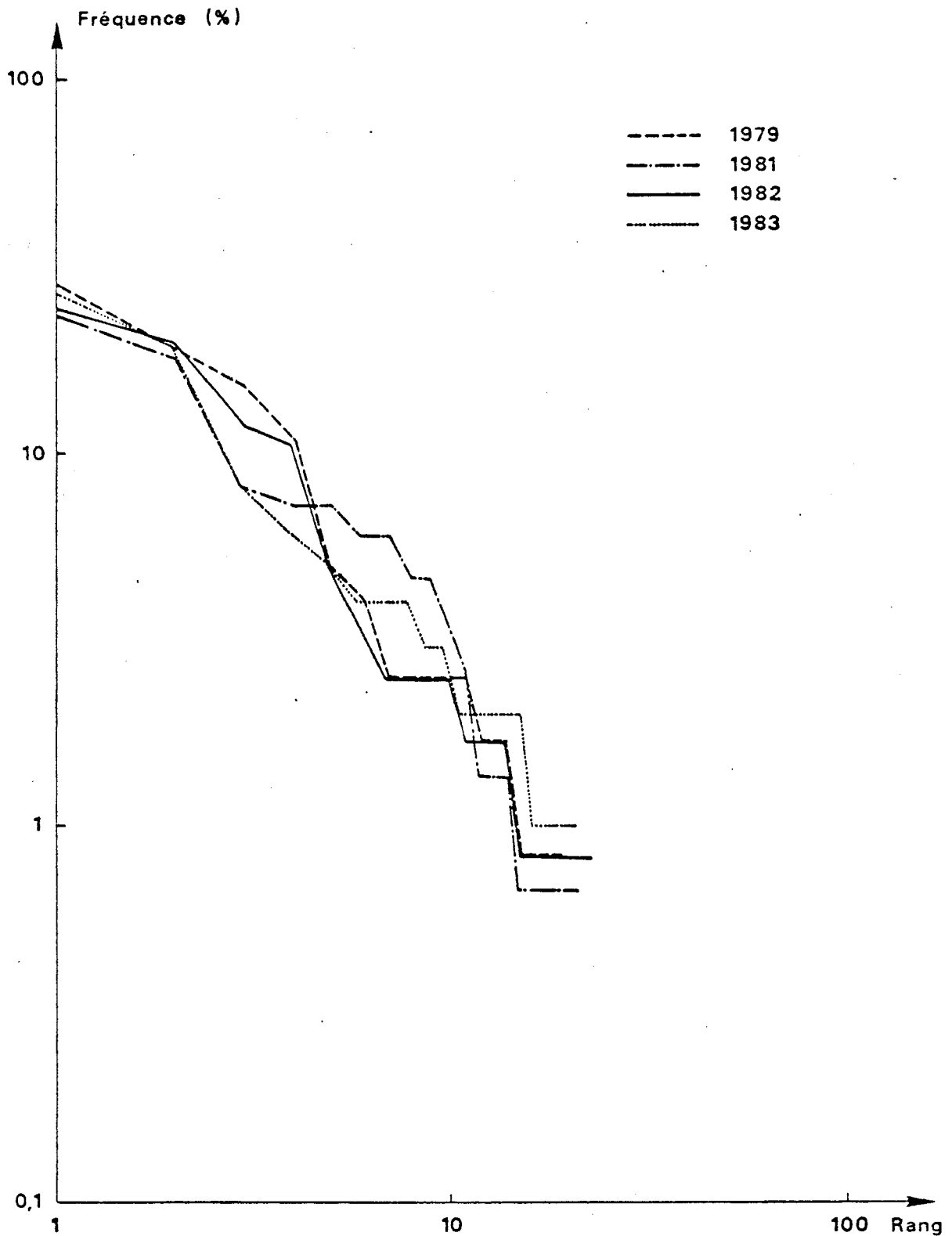


Fig. VI-8 : Evolution des diagrammes rang-fréquence
à la station D depuis 1979

III - 4. Station D

A cette station caractéristique du peuplement à *Ophelia borealis* les espèces sabulicoles dominant largement. Depuis quelques années *Ophelia borealis* est peu souvent récoltée bien que le cortège spécifique soit toujours conforme à celui du peuplement type. C'est un phénomène général en Manche orientale et en Mer du Nord (PRYGIEL, 1983). Ce peuplement est assez diversifié ($H = 3,631$; $E = 0,81$). La biomasse est très variable elle dépend avant tout de la récolte d'individus rares et de grande taille (*Spisula ovalis*, *Ensis spp.*, etc...).

Ce peuplement est établi sur un sédiment constitué de sable moyen propre (tableau VI-1 et fig. VI-2).

L'espèce la plus importante est *Nephtys cirrosa*, elle représente 26,7 % des individus et 13,3 de la biomasse (tableau VI-7).

TABLEAU VI-7. Peuplement à *Ophelia borealis*. Abondance des principales espèces.

D : densité/m ² B : biomasse g/m ²		1980		1981		1982		1983	
		Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%
<i>Nephtys cirrosa</i>	D	51	12,9	12	8,0	14	11,5	27	26,7
	B	0,52	8,4	0,05	6,7	0,09	23,4	0,14	13,3
<i>Ophelia borealis</i>	D	60	15,1	35	23,3	0	0	1	1,0
	B	0,21	3,3	0,28	40,9	0	0	0,50	0,1
<i>Scoloplos armiger</i>	D	7	1,8	0	0	24	19,7	19	18,8
	B	0,03	0,4	0	0	0,05	14,5	0,09	8,6
<i>Bathyporeia elegans</i>	D	33	8,3	27	18,0	30	24,6	4	4,0
	B	0,02	0,3	0,01	1,4	0,01	3,0	0,003	0,3

Le diagramme rang-fréquence de ce peuplement est du type mature (fig. VI-8) ; ce peuplement, situé au large donc à l'écart des perturbations telluriques reste stable.

III - 5. Conclusions

L'étude portant sur la période 1982-1983 ne permet pas de mettre en évidence un phénomène nouveau.

On peut vérifier la grande stabilité des peuplements situés au large, l'instabilité de la station C qui est directement soumise aux rejets de la centrale, tandis que la station B continue à présenter des recrutements pléthoriques tels que *Lanice conchilega* en fin de printemps début été.

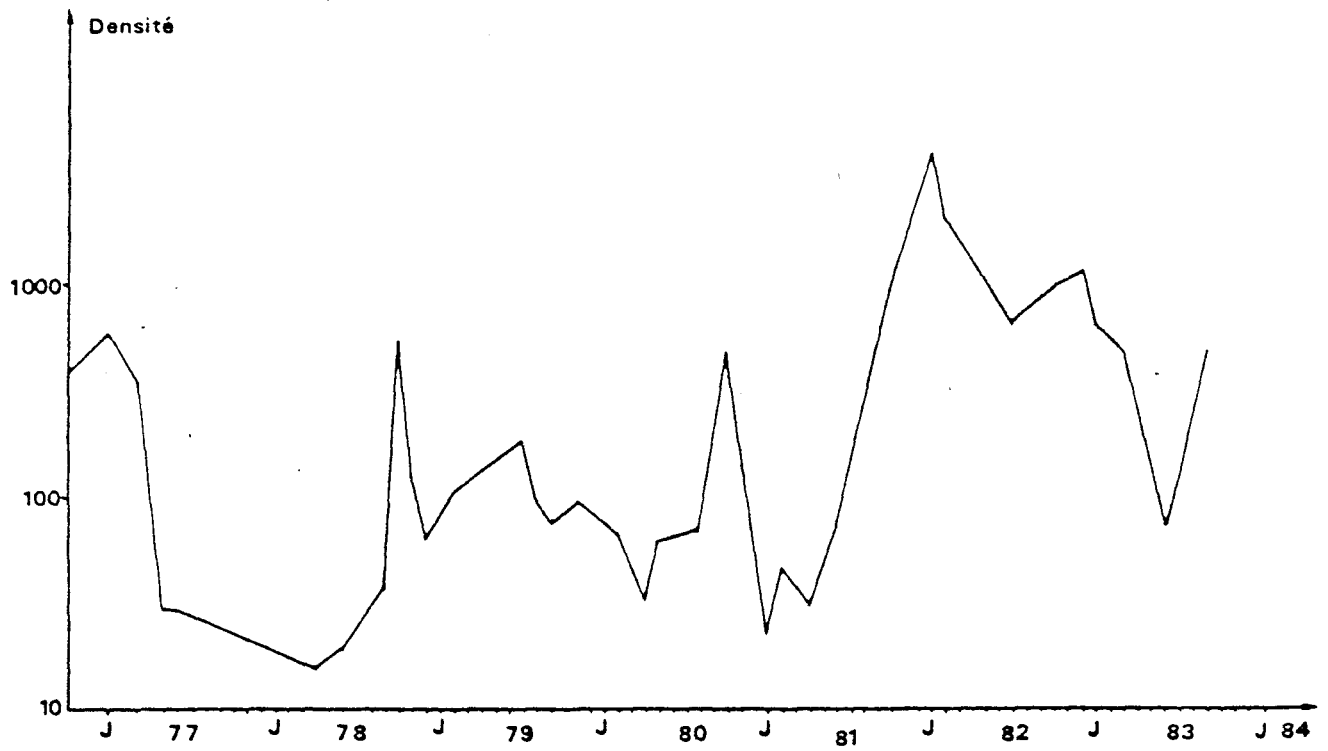


Fig.VI-9 : Variation de densité de la population d'*Abra alba*
depuis 1977

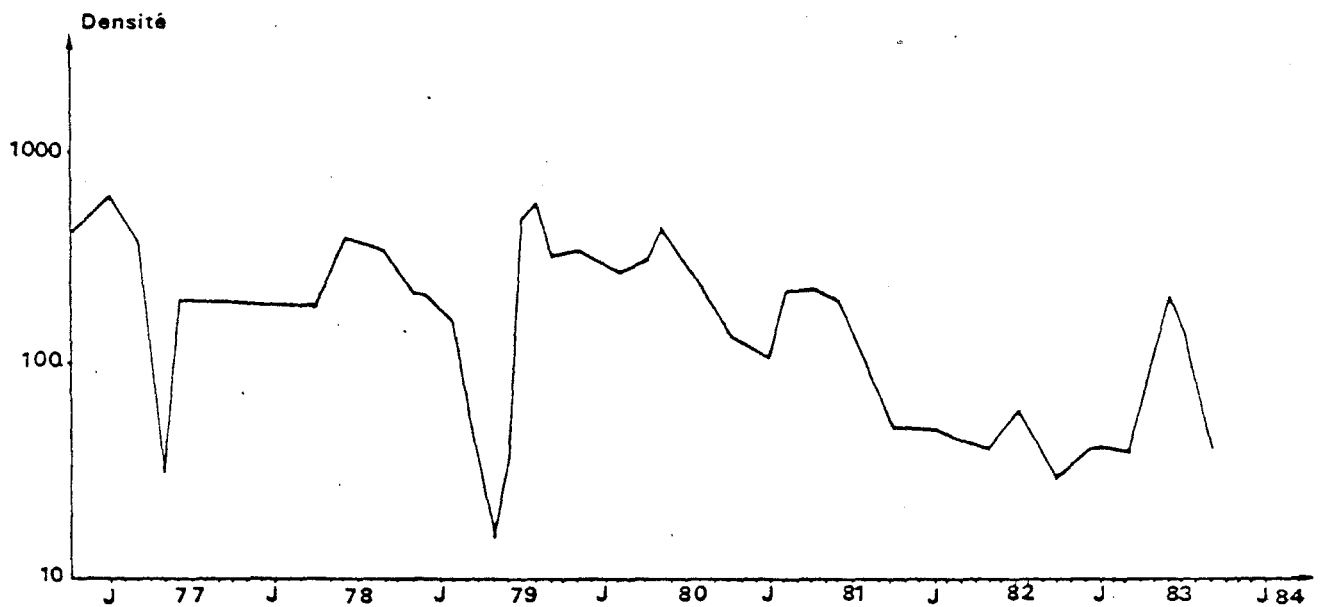


Fig.VI-10 : Variation de densité de la population de *Tellina fabula*
depuis 1977

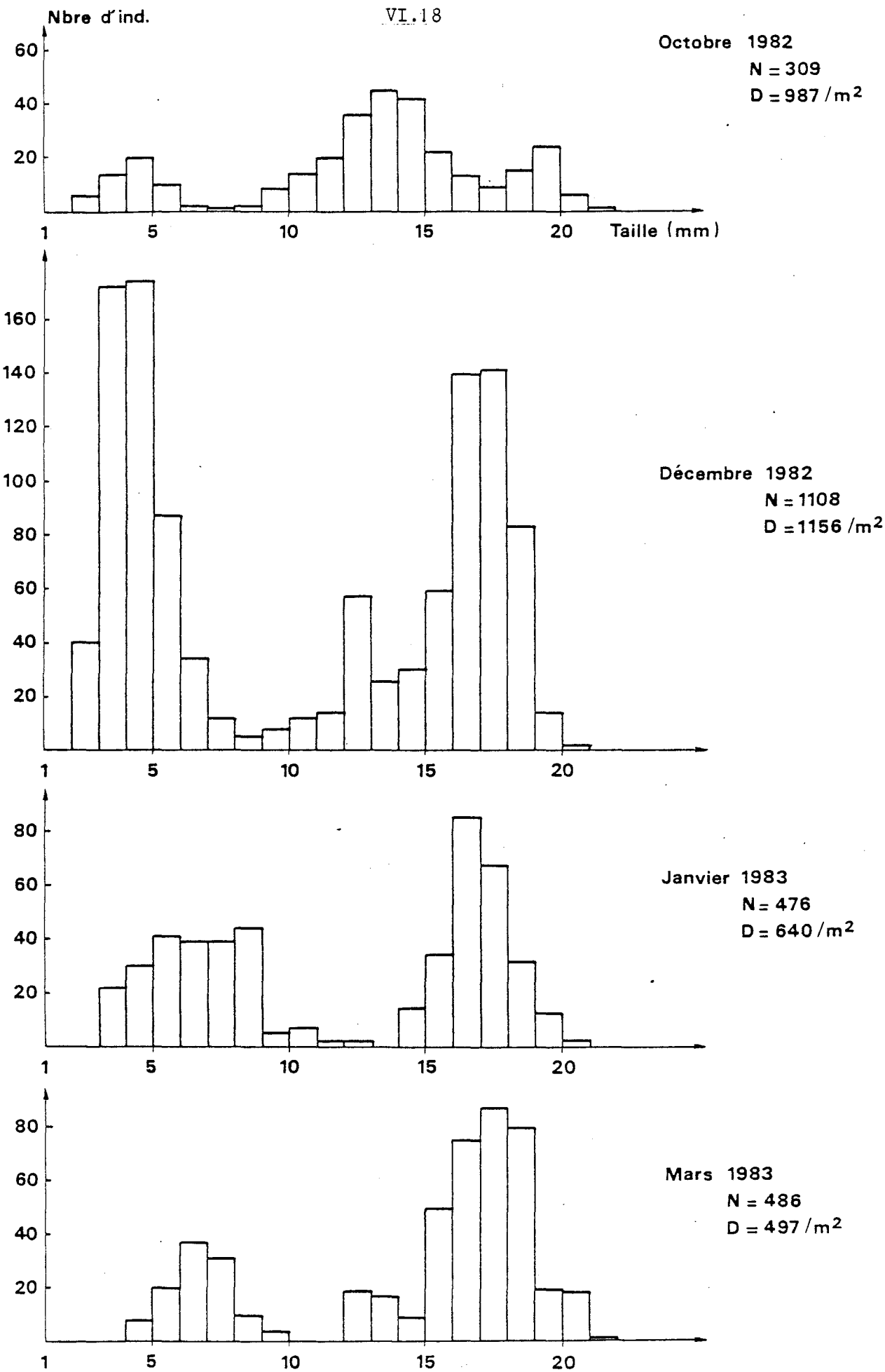


Fig.VI-11: *Abra alba* : Histogrammes des fréquences de taille

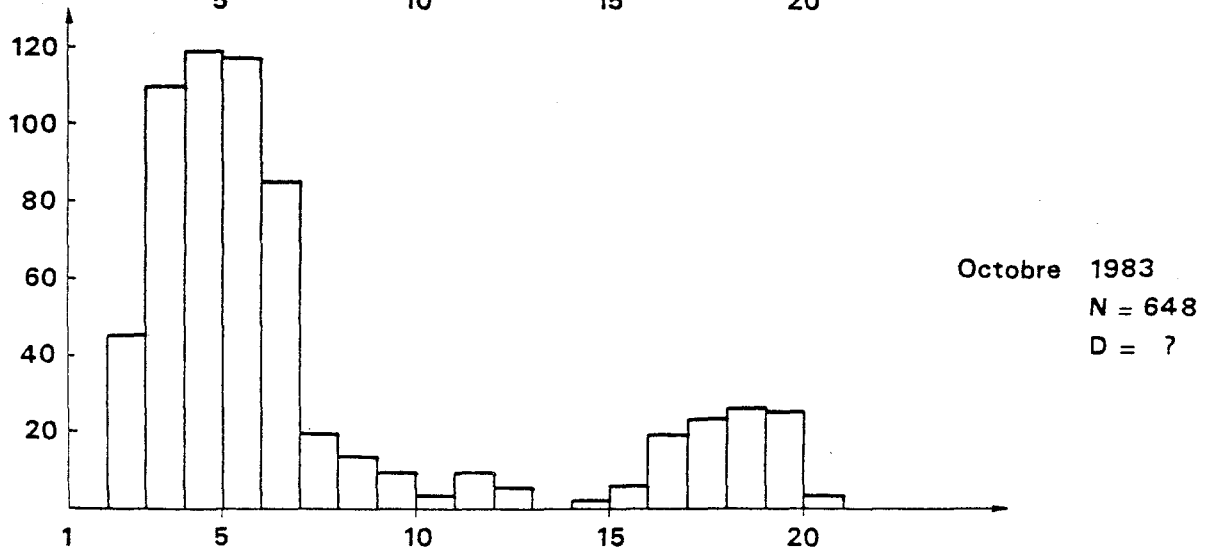
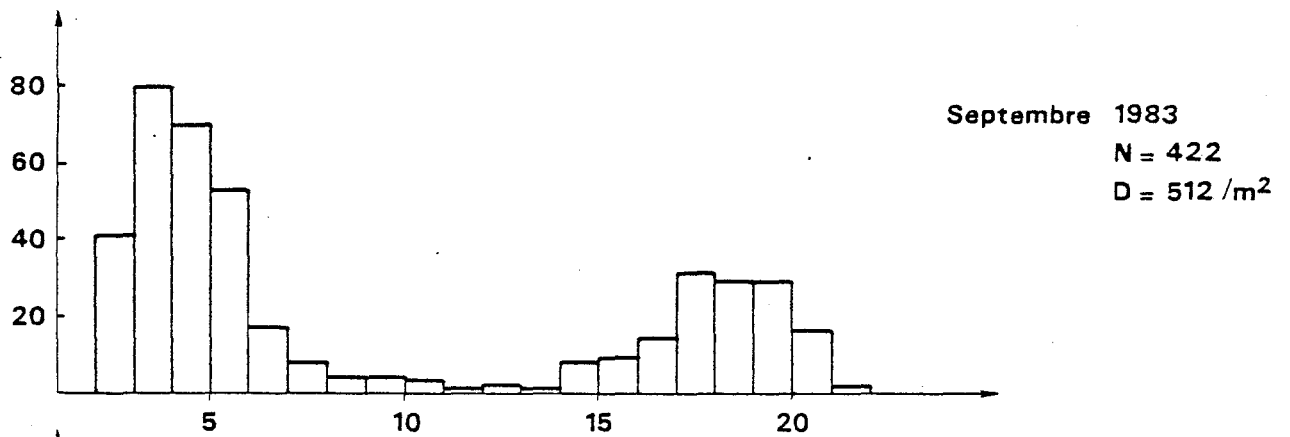
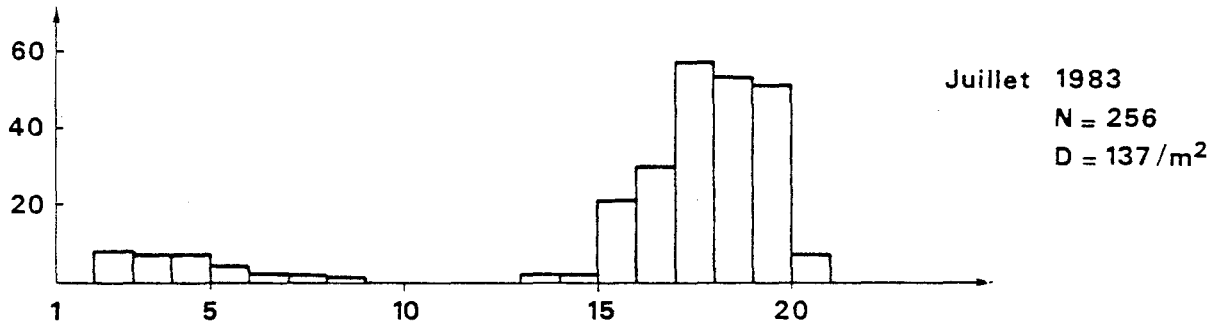
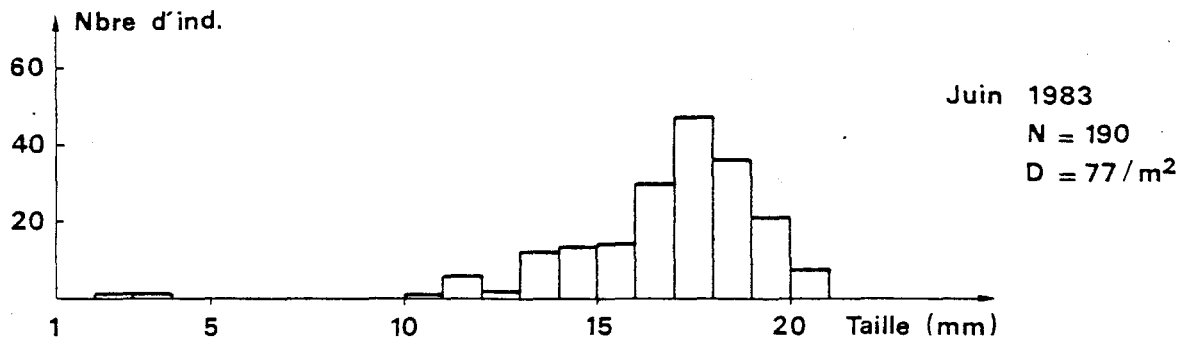


Fig.VI-11 : *Abra alba* : Histogrammes des fréquences de taille (suite)

IV - ETUDE DES POPULATIONS D'ABRA ALBA ET TELLINA FABULAIV - 1. Abra alba

Cette espèce est opportuniste. La plupart des populations européennes d'*Abra alba* présentent des variations brutales, anarchiques et inexplicables. RACHOR (1983) dans sa synthèse des variabilités des densités d'*Abra alba* dans les mers européennes confirme ce phénomène.

La population reste à un haut niveau de densité* (entre 497 et 1156 individus/m² ; fig. VI-9) sauf en juin-juillet où la densité tombe respectivement à 77 et 137 individus par m². Cette chute apparente est due en fait à la présence des tubes de *Lanice conchilega* qui gênent la pénétration des mâchoires de la benne dans le sédiment. De plus, "l'occupation du terrain" par ces mêmes tubes oblige les *Abra* à s'enfouir davantage ce qui diminue encore les possibilités de récoltes. De nombreux fragments de siphons furent d'ailleurs récoltés au cours de ces deux campagnes. Le recrutement d'*Abra alba* semble, depuis deux ans, être légèrement décalé dans le temps d'un à deux mois (entre juillet et septembre). En septembre la cohorte 1983 représente 63,7 % de la population contre 12,9 % en juillet (Tableau VI-3). Le recrutement a donc lieu au cours de l'été. Ce fut également le cas en 1982, les jeunes individus ont été récoltés en juillet. Depuis deux ans le recrutement est donc décalé de deux mois environ. Il est difficile d'imputer ce décalage à la centrale et ce pour deux raisons :

- la durée de vie planctonique de cette espèce est très longue (jusqu'à 3 semaines : JORGENSEN, 1971 ; NOTT, 1980) et un impact sur la reproduction risque de ne pas se faire sentir au niveau de la centrale)
- l'effet n'est pas conforme à ce que l'on aurait pu attendre : plutôt qu'un ralentissement du cycle une accélération du cycle aurait dû se produire du fait de l'échauffement.

Il est possible que ce recrutement soit aussi la conséquence d'une perturbation sur une population située à l'ouest du site.

L'observation des histogrammes de fréquence de taille (fig. VI-11) font apparaître plusieurs faits intéressants. D'abord, il faut signaler la remarquable stabilité de la cohorte des individus de grande taille : la taille moyenne de la cohorte est de 17,90 mm en juillet, 18,07 en septembre et 17,96 en octobre. Nous y reviendrons un peu plus loin.

* Les mauvaises conditions météorologiques nous ont empêchés d'utiliser la benne lors de la sortie d'octobre.

En 1983, l'apparition tardive de la cohorte de juvéniles confirme un fait déjà mis en évidence en 1982. La cohorte de 1982 disparaît progressivement au cours de l'hiver et du printemps suivants pour être quasiment absente en octobre 1983. La prédation par les poissons plats en est la cause.

La comparaison des cohortes mises en évidence par les histogrammes d'octobre 1982 et octobre 1983 est révélatrice.

	Cohorte I			Cohorte II			Cohorte III		
	N	%	\bar{m} (mm)	N	%	\bar{m} (mm)	N	%	\bar{m} (mm)
1982	53	17,2	4,33	206	66,6	13,41	50	16,2	19,20
1983	527	81,4	5,01	19	2,9	12,09	102	15,7	17,96

La cohorte II (qui représentait 66,6 % de la population en 1982) ne représente que 2,9 % des individus en 1983. On a donc quasi absence de cette cohorte qui correspond à la cohorte I de 1982 (17,2 % pour 58 individus en octobre et 46,8 % pour 521 individus en décembre 1982).

La faible taille moyenne de la cohorte III en octobre 1983 par rapport à 1982 tient sans doute au mauvais échantillonnage dû à la prédation qu'a subie la population. Ce fait est confirmé par la faible taille moyenne de la cohorte II en octobre 1983. Cette cohorte ne représente sans doute pas la totalité de la génération de 1982 (ou de ce qu'il en reste après la prédation des poissons plats).

La taille moyenne de la cohorte II d'octobre 1983 est d'ailleurs intermédiaire à celle des cohortes II et III d'octobre 1982. La quasi disparition de la cohorte II pourrait également expliquer la stabilité de la cohorte des individus de grande taille déjà signalée. Enfin, on peut mettre en évidence entre octobre 1982 et décembre 1982 une augmentation de densité des jeunes individus : $190/m^2$ en octobre contre $521/m^2$ en décembre. Il est peu probable que ce soit dû à un recrutement supplémentaire mais plutôt à une possible migration des populations de cette espèce, ce qui pourrait expliquer les variations parfois brutales densités des populations d'*Abra alba*. Signalons que cette espèce est capable de mouvements de reptation à la surface du sédiment (DEWARUMEZ, 1979) et pourrait à cette occasion être entraînée par les courants.

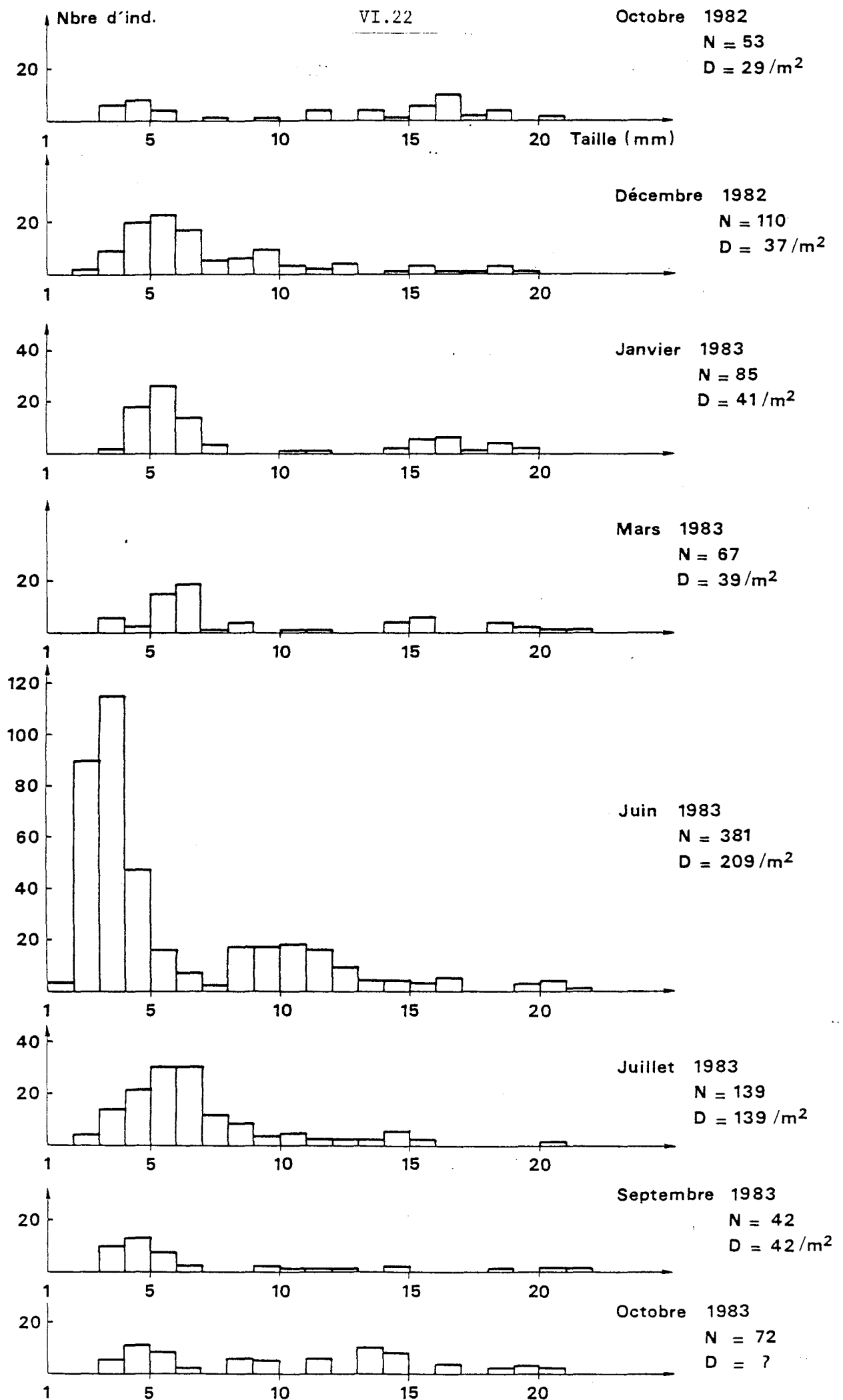


Fig. VI-12 : *Tellina fabula* : Histogrammes des fréquences de taille

IV - 2. Tellina fabula

La population de *Tellina fabula* continue de régresser (fig. VI.10). Le recrutement a pourtant été relativement bon en juin 1983 (73,2 % des individus soit 153 individus/m² avaient moins de 6 mm). Mais ce recrutement n'a pas été suivi par un développement de la population. La densité a ensuite chute jusqu'à 42 individus/m² en septembre 1983.

La population de *Tellina fabula* est donc passée de 560 en août 1979 à 42 individus/m² en septembre 1983.

Les histogrammes de fréquence de taille (fig. VI-12) mettent bien en évidence le recrutement de juin 1983 et montrent aussi par leur irrégularité, la fragilité de cette population.

IV - 3. Conclusion

Le suivi des populations de mollusques montre que peu de changements se sont produits en 1983. La population d'*Abra alba* reste à un bon niveau de densité : sauf en juin-juillet où la chute de densité n'est qu'apparente et est sans doute due aux tubes de *Lanice conchilega*, la densité n'est jamais inférieurs à 500 individus/m².

Par contre, la population de *Tellina fabula*, malgré un recrutement assez bon en juin 1983, continue de régresser.

La population d'*Abra alba* (surtout les jeunes individus) est soumise à une importante prédation de la part des poissons plats qui fait chuter de plus de 600 individus par m² la densité de cette espèce (1156 ind/m² en décembre 82 et 497 en mars 1983). Enfin, l'augmentation brutale de nombre des jeunes individus entre octobre et décembre 1982 nous amène à nous poser la question d'une éventuelle migration passive des *Abra alba* sur les fonds marins côtiers.

TABLEAU VI - 1. CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT AUX QUATRE STATIONS SUBTIDALES.

Catégories granulomé- triques Stations	P	SF	SM	SG	GF	GG	C	Total échantillon (g)
A	3,37	8,99	31,45	26,03	15,78	13,89	0,49	1404,108
B	4,43	21,02	74,48	0,73	0,06	0,01	0	1023,416
C	0,02	23,19	75,58	0,94	0,22	0,05	0	741,853
D	0,01	3,88	87,86	6,39	1,29	0,56	0	724,512

P : pélites ; SF : sable fin ; SM : sable moyen ; SG : sable grossier ;
GF : gravier fin ; GG : gravier grossier ; C : cailloutis.

TABLEAU VI-2. RESULTATS BRUTS (nombre d'individus/m²)

Espèces	Stations	Station A *	Station B	Station C	Station D
		Individus	Individus	Individus	Individus
<i>Sagartia</i> sp.		98	9		
<i>Cerianthus lloydii</i>		5			
<i>Cerebratulus</i> sp.			4	3	2
<i>Lineus bilineatus</i>		3			
<i>Nematodes</i> sp.		4	4	4	4
<i>Harmothoe lunulata</i>			10		
<i>Stenelais boa</i>		22	4		
<i>Pholoe minuta</i>		9	36		
<i>Sigalion mathildae</i>			3		
<i>Phyllococe mucosa</i>			54		
<i>Phyllococe groenlandica</i>		1			
<i>Eteone longa</i>		1	1	5	
<i>Eumida sanguinea</i>		1	243		
<i>Nephtys caeca</i>		1	5	1	1
<i>Nephtys cirrosa</i>				35	27
<i>Nephtys hombergii</i>		4	64	3	1
<i>Nephtys longosetosa</i>		9			2
<i>Lumbrineris fragilis</i>		5			
<i>Scoloplos armiger</i>		17			19
<i>Aonides oxycephala</i>		1		1	
<i>Spio filicornis</i>		9	293	35	2
<i>Spiophanes bombyx</i>		6	138	3	6
<i>Nerine bonnierii</i>					3
<i>Magelona papillicornis</i>			44	19	8
<i>Chaetoxone setosa</i>			23		1
<i>Heterocirrus alatus</i>		46	6		
<i>Notomastus latericeus</i>		7	4		
<i>Capitella capitata</i>			39	2	
<i>Scalibregma inflatum</i>		1			
<i>Ophelia borealis</i>					1
<i>Owenia fusiformis</i>		17			
<i>Lanice conchilega</i>		17	28 **	6 (+ 10 P.L.)	
<i>Pectinaria koreni</i>		9	2		
<i>Golfingia elongata</i>		1			
<i>Golfingia vulgaris</i>		3			
<i>Musculus discors</i>			3		
<i>Spisula ovalis</i>					3
<i>Mysella bidentata</i>		64	87		
<i>Macoma balthica</i>			1		
<i>Atra alba</i>		14	77	1	
<i>Tellina fabula</i>			209	2	4
<i>Mya truncata</i>		1			
<i>Cultellus pellucidus</i>			6		
<i>Nymphon brevivirostre</i>		1			
<i>Neomysis integer</i>				1	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>					2
<i>Diastylis bradyi</i>			5		
<i>Lysianassa ceratina</i>		1			
<i>Ampelisca spinipes</i>		1			
<i>Pontocrates altamarinus</i>				4	2
<i>Atylus swammerdami</i>			3		
<i>Bathyporeia elegans</i>					4
<i>Urothoe elegans</i>		1			
<i>Urothoe poseidonis</i>			16	2	2
<i>Pariambus typicus</i>			19		
<i>Crangon crangon</i>			8	1	1
<i>Pagurus bernhardus</i>		2			
<i>Diogenes pugilator</i>				2	
<i>Portunus latipes</i>		1			
<i>Macropipus holsatus</i>			57		1
<i>Asterias rubens</i>		2			
<i>Ophiura albida</i>		44	2		
<i>Ophiura texturata</i>			11		
<i>Echinocardium cordatum</i>					5
<i>Psammechinus miliaris</i>		2			
<i>Ammodytes tobianus</i>			1		
<i>Aphia minuta</i>		1			
<i>Solea solea</i>			1		
Total		432	1520	130	101
Diversité		3,916	3,838	3,137	3,631
Régularité		0,75	0,74	0,74	0,81

* Résultats pour 1/2 m²

** 15 000 Post larves

TABLEAU VI-3. RESULTATS BRUTS (Biomasse en mg/m²).

Espèces	Stations	Station A*	Station B	Station C	Station D
		Biomasse (mg)	Biomasse (mg)	Biomasse (mg)	Biomasse (mg)
<i>Sagartia</i> sp.		9047,9	2802,7		
<i>Cerianthus lloydii</i>		321,9			
<i>Cerebratulus</i> sp.			185,3	37,5	20,7
<i>Lineus bilineatus</i>		35,3			
Nématodes sp.		5,9	20,8	25,3	5,2
<i>Harmothoe lunulata</i>			15,0		
<i>Stenelais boa</i>		1375,0	2,8		
<i>Pholoe minuta</i>		5,2	8,0		
<i>Sigalion mathildae</i>			99,3		
<i>Phyllodoce mucosa</i>			5,8		
<i>Phyllodoce groenlandica</i>		7,5			
<i>Eteone longa</i>		0,6	0,2	3,9	
<i>Eumida sanguinea</i>		0,2	141,2		
<i>Nephtys caeca</i>		394,4	781,2	201,4	74,2
<i>Nephtys cirrosa</i>				197,8	139,4
<i>Nephtys hombergii</i>		17,0	1230,1	51,5	41,0
<i>Nephtys longosetosa</i>		24,0			6,1
<i>Lumbrineris fragilis</i>		9,9			
<i>Scoloplos armiger</i>		103,9			89,6
<i>Aonides oxycephala</i>		0,6		0,2	
<i>Spio filicornis</i>		1,8	74,8	7,9	0,3
<i>Spiophanes bombyx</i>		3,2	51,1	1,8	3,9
<i>Nerine bonniere</i>					25,4
<i>Magelona papillicornis</i>			59,7	27,2	9,5
<i>Chaetozone setosa</i>			19,3		1,9
<i>Heterocirrus alatus</i>		81,7	1,2		
<i>Notomantus latericeus</i>		121,5	71,1		
<i>Capitella capitata</i>			12,9	1,2	
<i>Sealibregma inflatum</i>		30,7			
<i>Ophelia borealis</i>					0,5
<i>Owenia fusiformis</i>		120,4			
<i>Lanice conchilega</i>		69,8	556,9	1,2	
<i>Pectinaria koreni</i>		308,0	132,4		
<i>Golfingia elongata</i>		204,6			
<i>Golfingia vulgaris</i>		550,9			
<i>Musculus discors</i>			0,3		
<i>Spisula ovalis</i>					302,6
<i>Mysella bidentata</i>		37,7	30,6		
<i>Macoma balthica</i>			127,9		
<i>Abra alba</i>		435,0	3457,6	8,2	
<i>Tellina fabula</i>			657,5	0,8	66,9
<i>Mys truncata</i>		4741,3			
<i>Cultellus pellucidus</i>			225,3		
<i>Nymphon brevirostre</i>		0,2			
<i>Neomysis integer</i>				1,8	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>					1,3
<i>Diastylis bradyi</i>			7,9		
<i>Lysianassa ceratina</i>		0,2			
<i>Amplisca spinipes</i>		1,8			
<i>Pontocrates altamarinus</i>				2,3	1,1
<i>Atylus swammerdami</i>			0,9		
<i>Bathyporeia elegans</i>					2,9
<i>Urothoe elegans</i>		0,4			
<i>Urothoe poseidonis</i>			6,1	0,9	1,3
<i>Parianthus typicus</i>			2,1		
<i>Crangon crangon</i>			49,1	2,1	20,5
<i>Pagurus bernhardus</i>		77,8			
<i>Diogenes pugilator</i>				70,7	
<i>Portunus latipes</i>		0,4			
<i>Macropipus holsatus</i>			37,4		0,9
<i>Asterias rubens</i>		97,3			
<i>Ophiura albida</i>		263,9	17,4		
<i>Ophiura texturata</i>			741,4		
<i>Echinocardium cordatum</i>					231,4
<i>Psammechinus miliaris</i>		387,7			
<i>Ammodytes tobianus</i>			2,3		
<i>Aphia minuta</i>		321,6			
<i>Solea solea</i>			3,6		
Total		19207,2	11639,2	643,3	1046,6
Diversité		2,950	3,158	2,673	3,015
Régularité		0,49	0,61	0,63	0,68

* Résultats pour 1/2 m².

TABLEAU VI - 8. STRUCTURE DES POPULATIONS DE MOLLUSQUES (%).

	<i>Abra alba</i>			<i>Tellina fabula</i>		
	Cohorte I	Cohorte II	Cohorte III	Cohorte I	Cohorte II	Cohorte III
Octobre 1982	17,2	66,6	16,2	35,8	9,5	54,7
Décembre 1982	47,3	10,4	42,3	70,1	21,4	8,5
Janvier 1983	46,2	2,3	51,5	74,0	2,4	23,6
Mars 1983	22,6	9,3	68,1	70,0	3,0	27,0
Juin 1983	1,1	4,2	94,7	73,4	21,3	5,2
Juillet 1983	12,9	1,6	85,5	86,1	6,8	7,1
Septembre 1983	63,7	3,6	32,7	76,0	16,8	7,2
Octobre 1983	82,3	2,6	16,1	40,3	44,3	15,4

CHAPITRE VII
LE BENTHOS INTERTIDAL

J.M. DEWARUMEZ

D. MENU

D. HILDE

STATION MARINE DE WIMEREUX

CHAPITRE VII : LE BENTHOS INTERTIDAL

I - INTRODUCTION

Depuis 1973, des études de bionomie benthique 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, 1982, 1983).

Grâce à ces études, les peuplements animaux ainsi que les facteurs qui déterminent leur répartition sont maintenant bien connus.

Il est possible de discerner deux types de facteurs :

- la dessalure que provoque l'Aa induit la présence de peuplements de type estuarien dans les hauts niveaux des estrans à l'Ouest et à l'Est de son embouchure.
- La granulométrie du substrat et plus particulièrement la teneur en pelites. Cette teneur est fortement influencée par toute modification des conditions courantologiques.

C'est ainsi que, depuis 1973, on a pu mettre en évidence l'influence de perturbations sur les peuplements intertidaux de l'estran de Gravelines.

La construction des digues de l'avant-port ouest de Dunkerque a provoqué un envasement des hauts niveaux pendant une période allant de 1973 et 1976, accompagné d'un dégraissage des bas niveaux. La situation est restée stable jusqu'en 1978. Dès la mise en fonctionnement de la centrale, on a assisté à un dégraissage progressif des niveaux supérieurs de l'estran. Ces changements dans la granulométrie du substrat se sont accompagnés d'évolution des cortèges spécifiques et des populations animales : les peuplements de type estuarien ont suivi l'évolution des sédiments envasés sur lesquels ils sont établis. Avec le dégraissage des moyens niveaux une population de coques s'est installée et se maintient depuis.

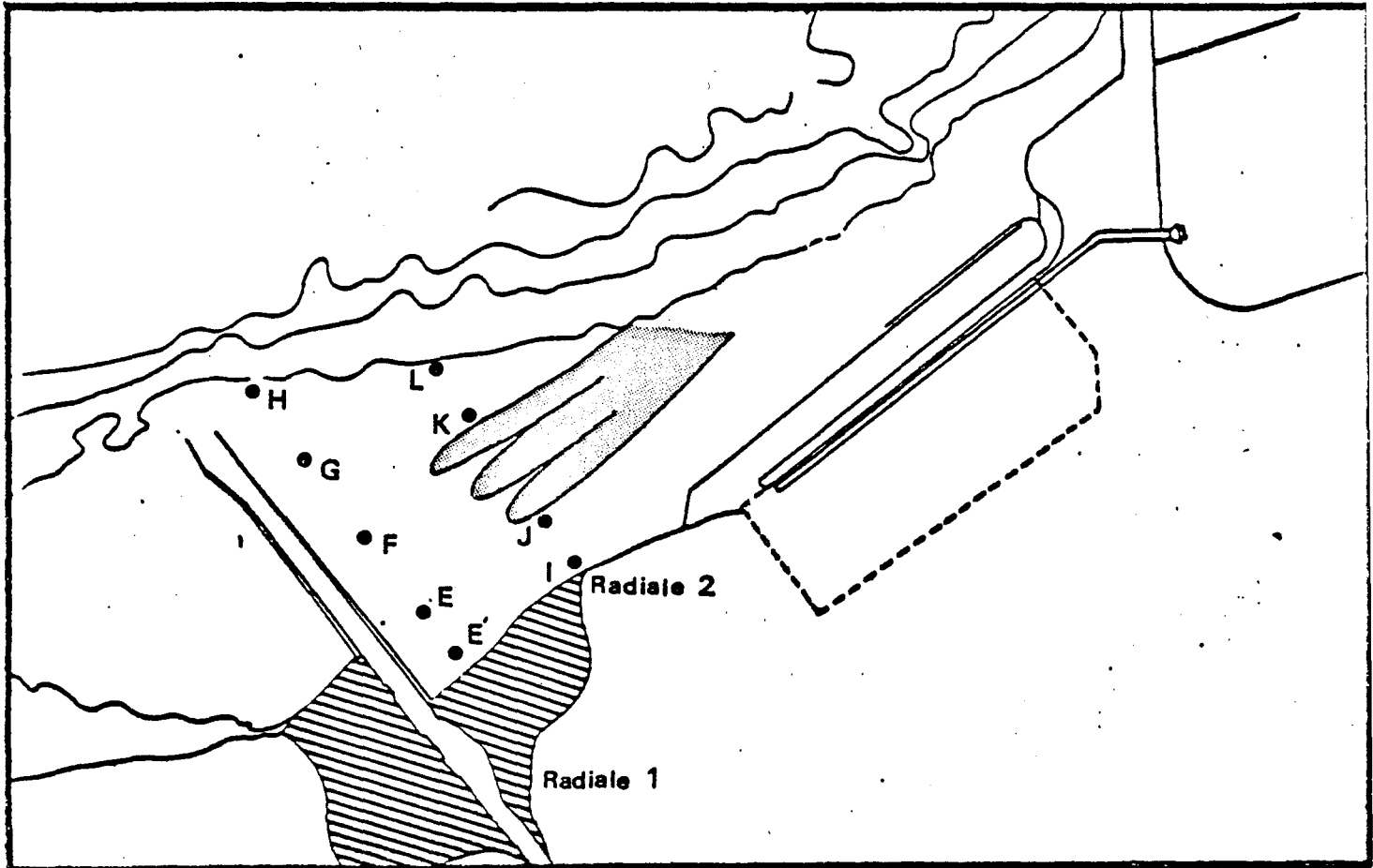


Fig. VII 1 : Position des stations

Légende des figures VII-2 à VII-5



Divers



Annélides

*Hydrobia ulvae*

Bivalves

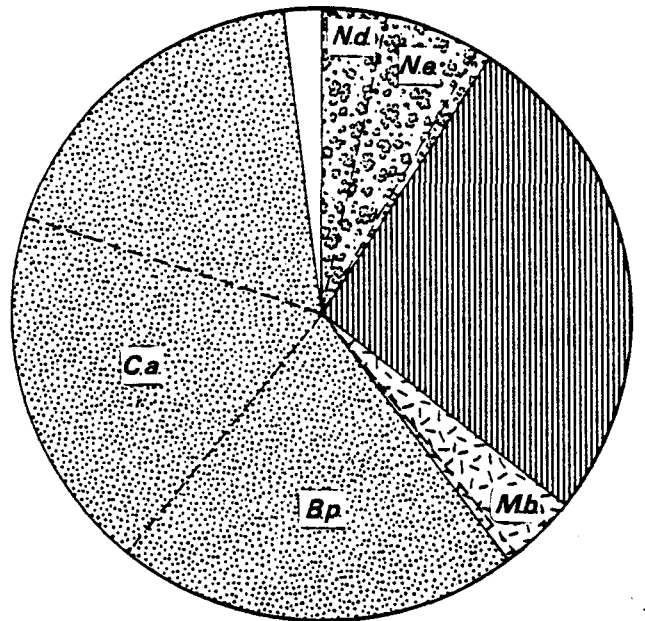
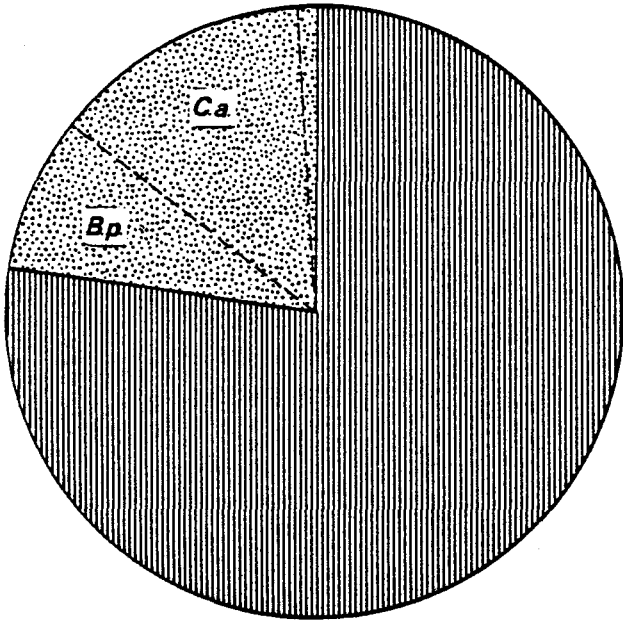


Crustacés

B.p. : *Bathyporeia pilosa**B.s.* : *Bathyporeia sarsi**C.a.* : *Corophium arenarium**C.e.* : *Carastoderma edule**E.a.* : *Ensis arcuatus**H.a.* : *Haustorius arenarius**M.b.* : *Macoma balthica**N.c.* : *Nephtys cirrosa**N.d.* : *Nereis diversicolor**N.e.* : *Nerine cirratulus**O.r.* : *Ophelia rathkei*

Station E'

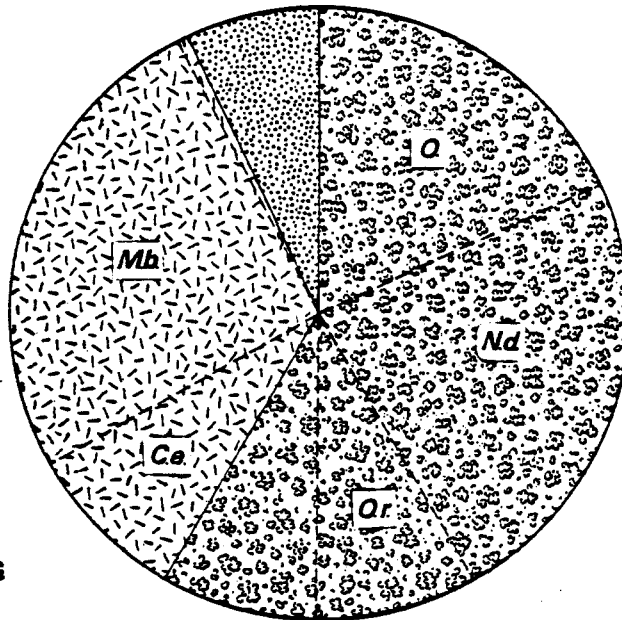
Station E



$N = 18\,948 \text{ ind./m}^2$

$N = 1132 \text{ ind./m}^2$

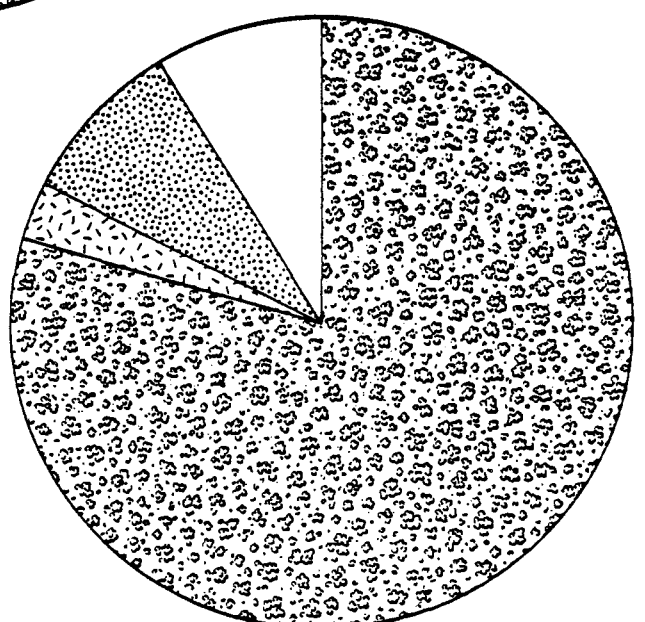
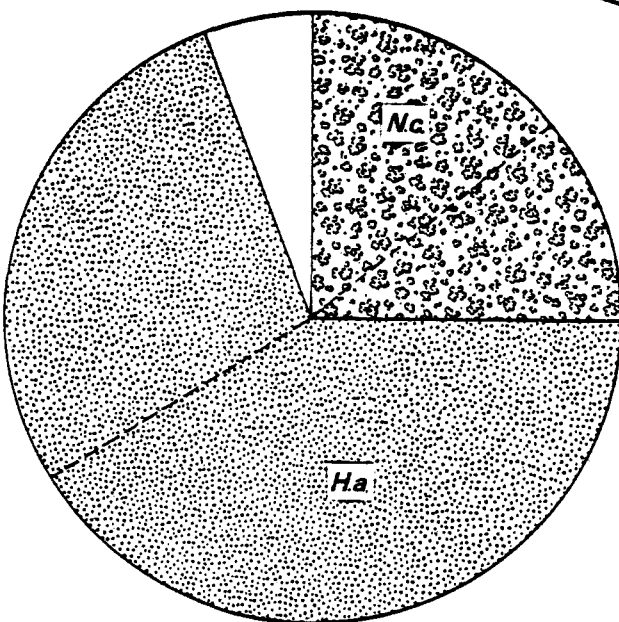
Station F



$N = 1812 \text{ ind./m}^2$

Station G

Station H

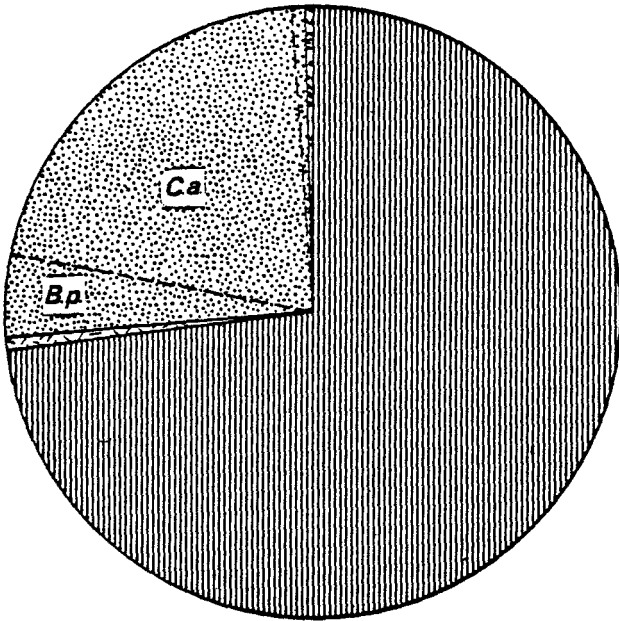


$N = 144 \text{ ind./m}^2$

$N = 136 \text{ ind./m}^2$

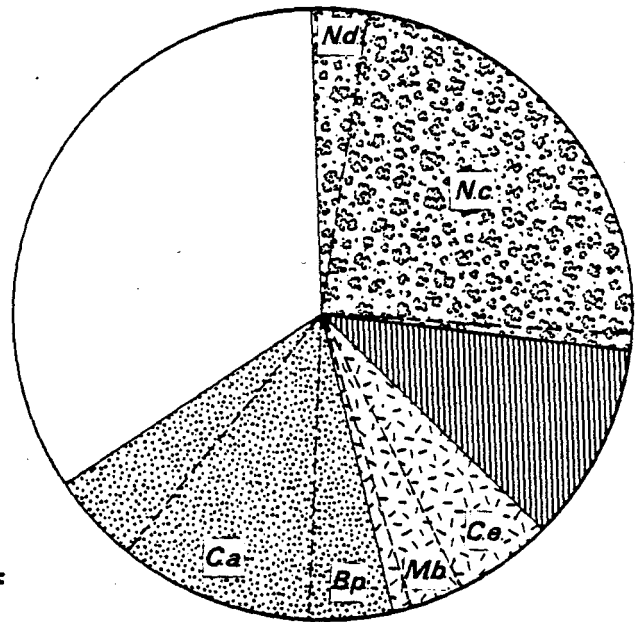
Fig. VII-2 : Importance relative des differents groupes zoologiques
(Nombre d'individus)

Station E'



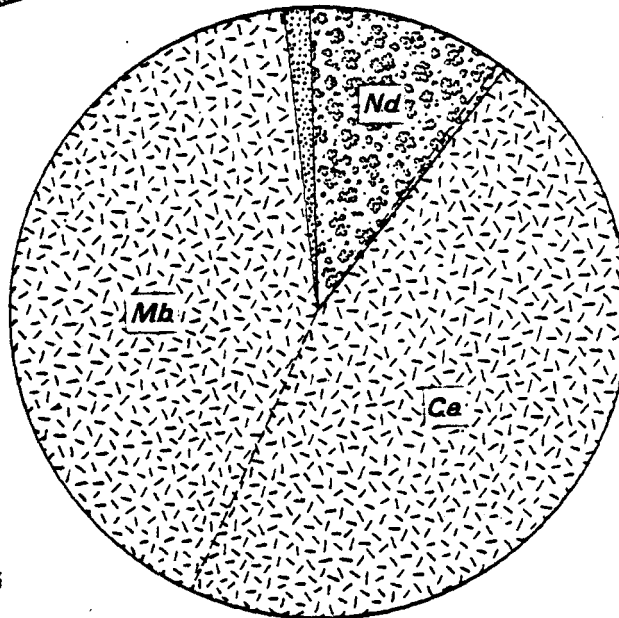
$B = 12,0\text{g/m}^2$

Station E



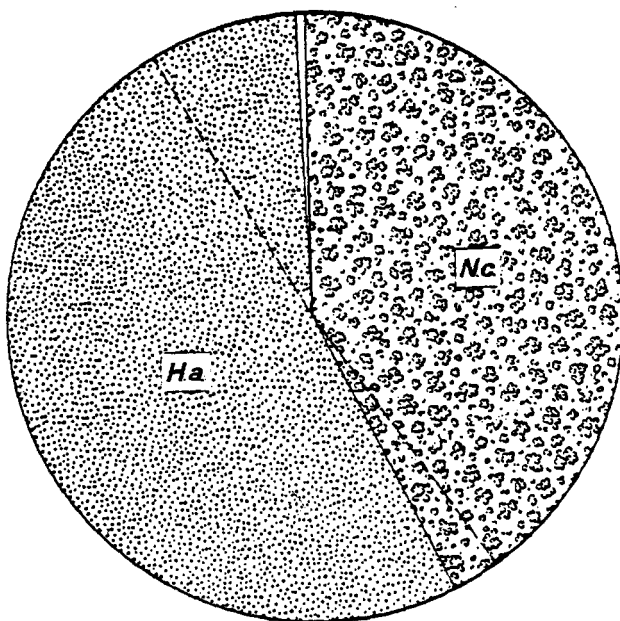
$B = 1,8\text{g/m}^2$

Station F



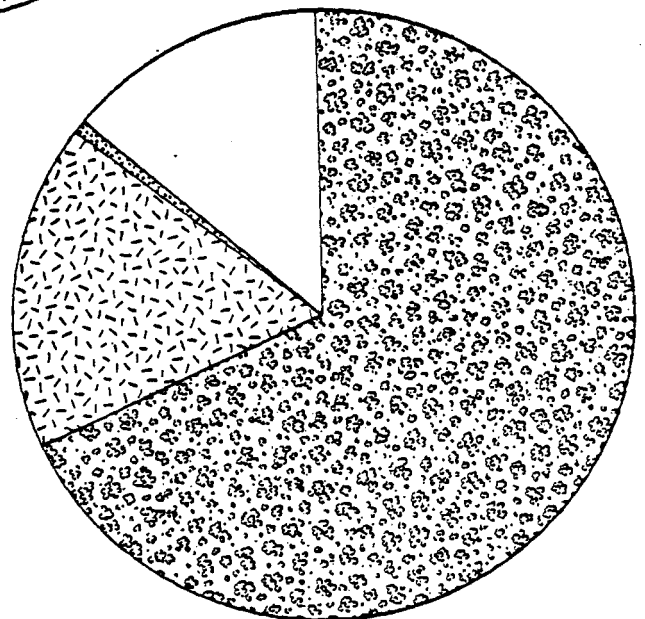
$B = 53,0\text{g/m}^2$

Station G



$B = 1,0\text{g/m}^2$

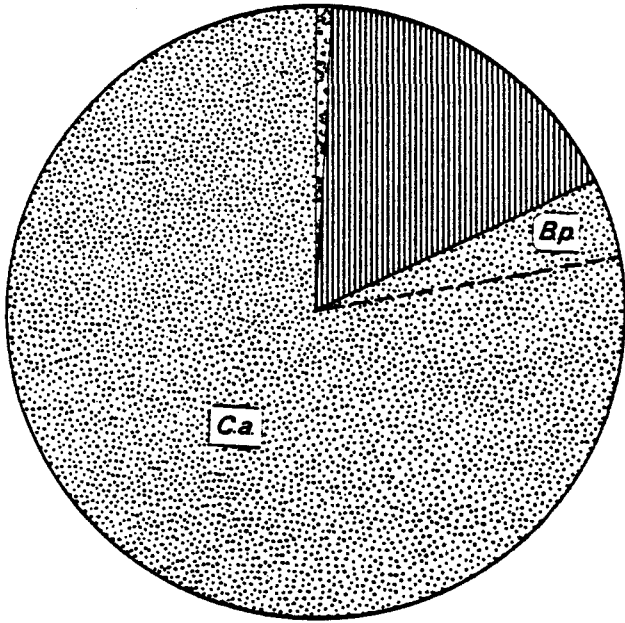
Station H



$B = 0,9\text{g/m}^2$

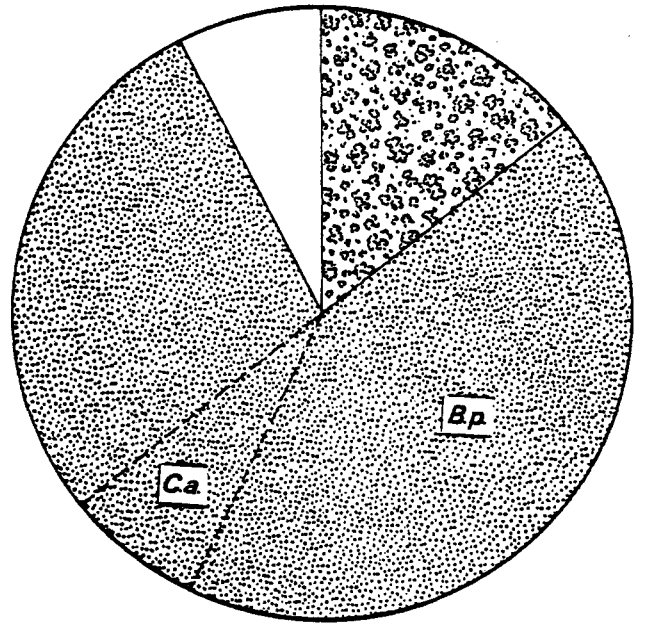
Fig. VII-3 : Importance relative des différents groupes zoologiques
(Biomasse)

Station I



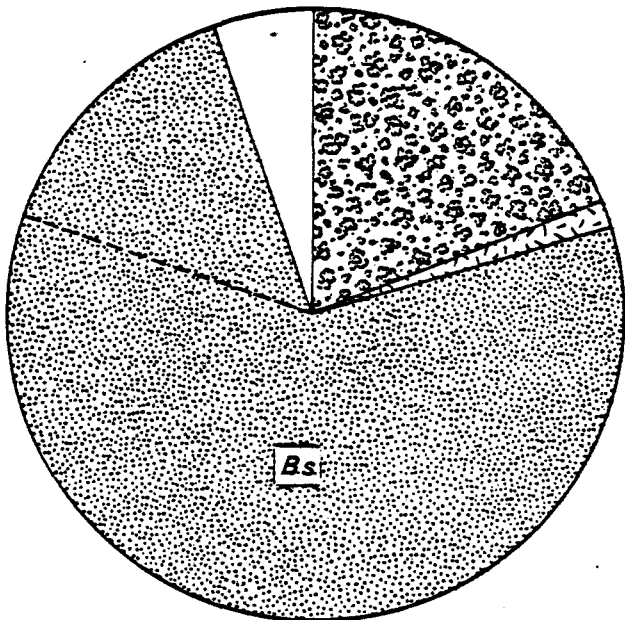
$N = 2652 \text{ ind./m}^2$

Station J



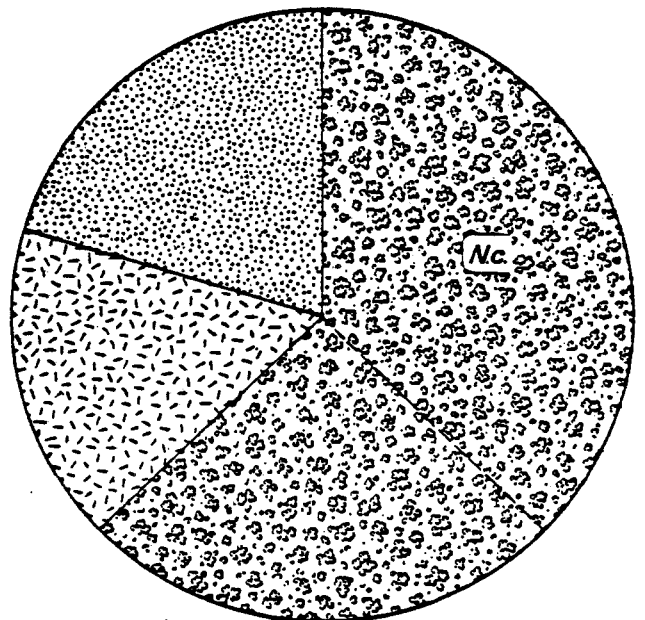
$N = 168 \text{ ind./m}^2$

Station K



$N = 356 \text{ ind./m}^2$

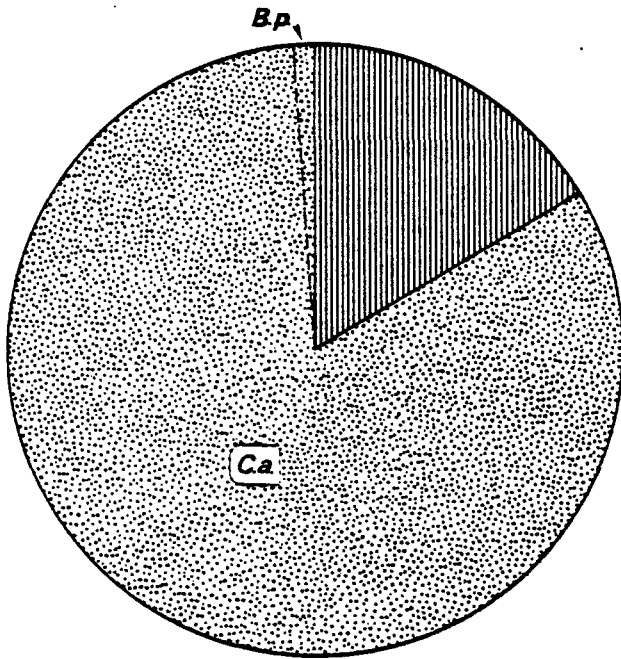
Station L



$N = 96 \text{ ind./m}^2$

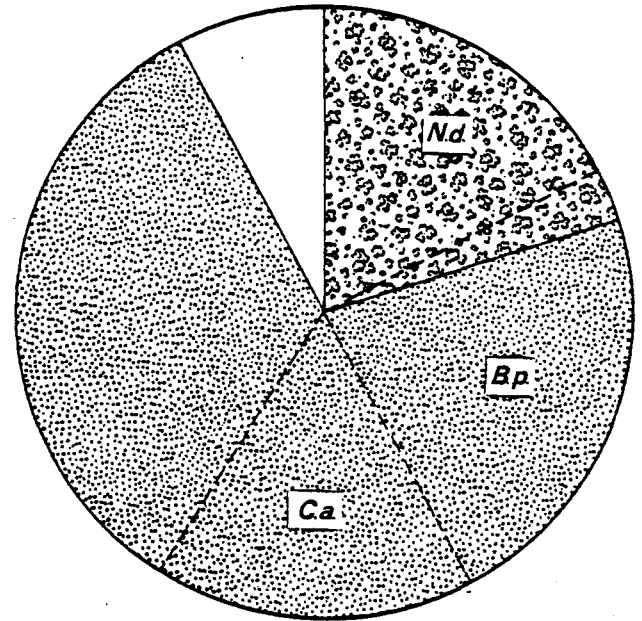
Fig. VII-4 : Importance relative des différents groupes zoologiques
(Nombre d'individus)

Station I



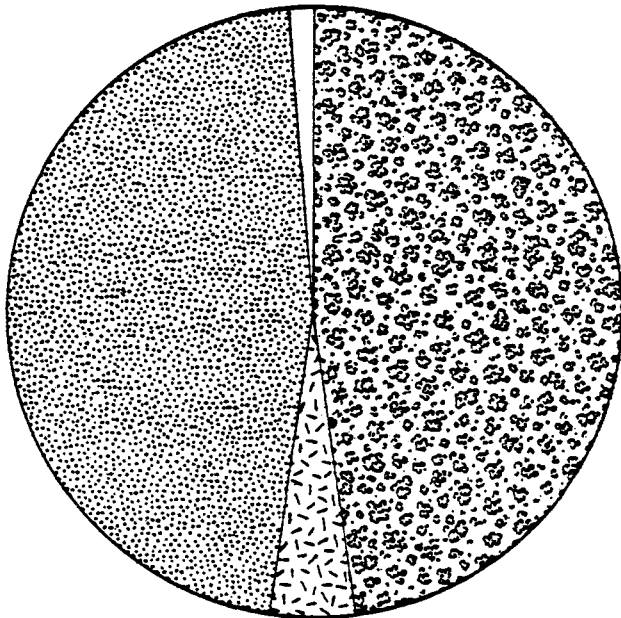
$B = 2,5 \text{ g/m}^2$

Station J



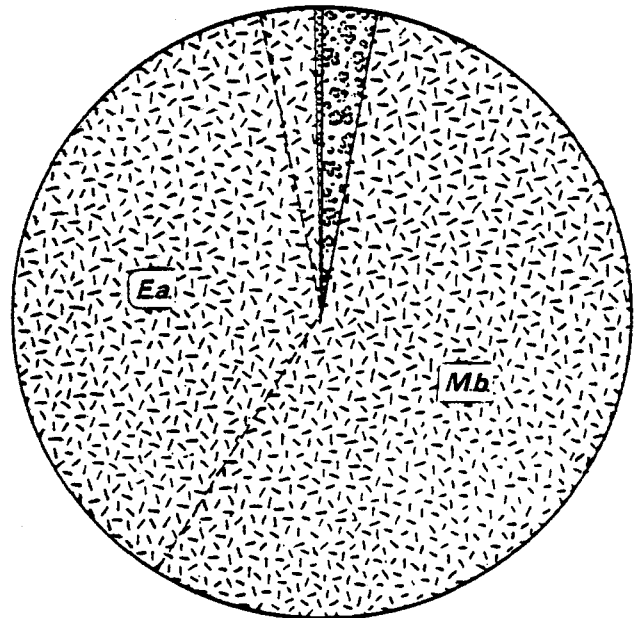
$B = 0,1 \text{ g/m}^2$

Station K



$B = 1,6 \text{ g/m}^2$

Station L



$B = 11,9 \text{ g/m}^2$

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

II - METHODOLOGIE

Aucune modification n'a été apportée dans la technique de prélèvement par rapport aux années précédentes (cf. Annexe technique).

Deux radiales sont prospectées à quatre niveaux sauf pour la radiale I (Fig. VII.1) sur laquelle un prélèvement supplémentaire est effectué en très haut niveau afin de suivre l'évolution du peuplement estuarien. Les prélèvements ont eu lieu le 15 juin 1983.

III - RESULTATS

III.1 Composition bionomique

37 taxons ont été recensés

1 Nématode

1 Oligochète

11 Polychètes : 3 Errantes

8 Sédentaires

6 Mollusques : 1 Gastéropode

5 Bivalves

17 Crustacés : 1 Cumacé

2 Isopodes

9 Amphipodes

5 Décapodes

1 Diptère

III.2 Résultats globaux

(Tableaux VII.1 à 4 - Fig. VII.2 à 5)

2.1. Radiale I

.....

2.1.1. Stations E' et E (Fig. VII.2 et VII.3)

Depuis 1980 on note une régression de l'extension du peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres. Les résultats obtenus en 1982 confirment les résultats antérieurs : la situation se stabilise quant à la structure bionomique des peuplements. Mais il faut signaler que l'extension de ce peuplement se restreint. Le peuplement à *Corophium* et *Hydrobia* des très hauts niveaux (station E') n'occupe que 10 % de la surface d'une zone de 2 à 300 m de large en haut de l'estran : les aspects typiques de ce peuplement sont localisés

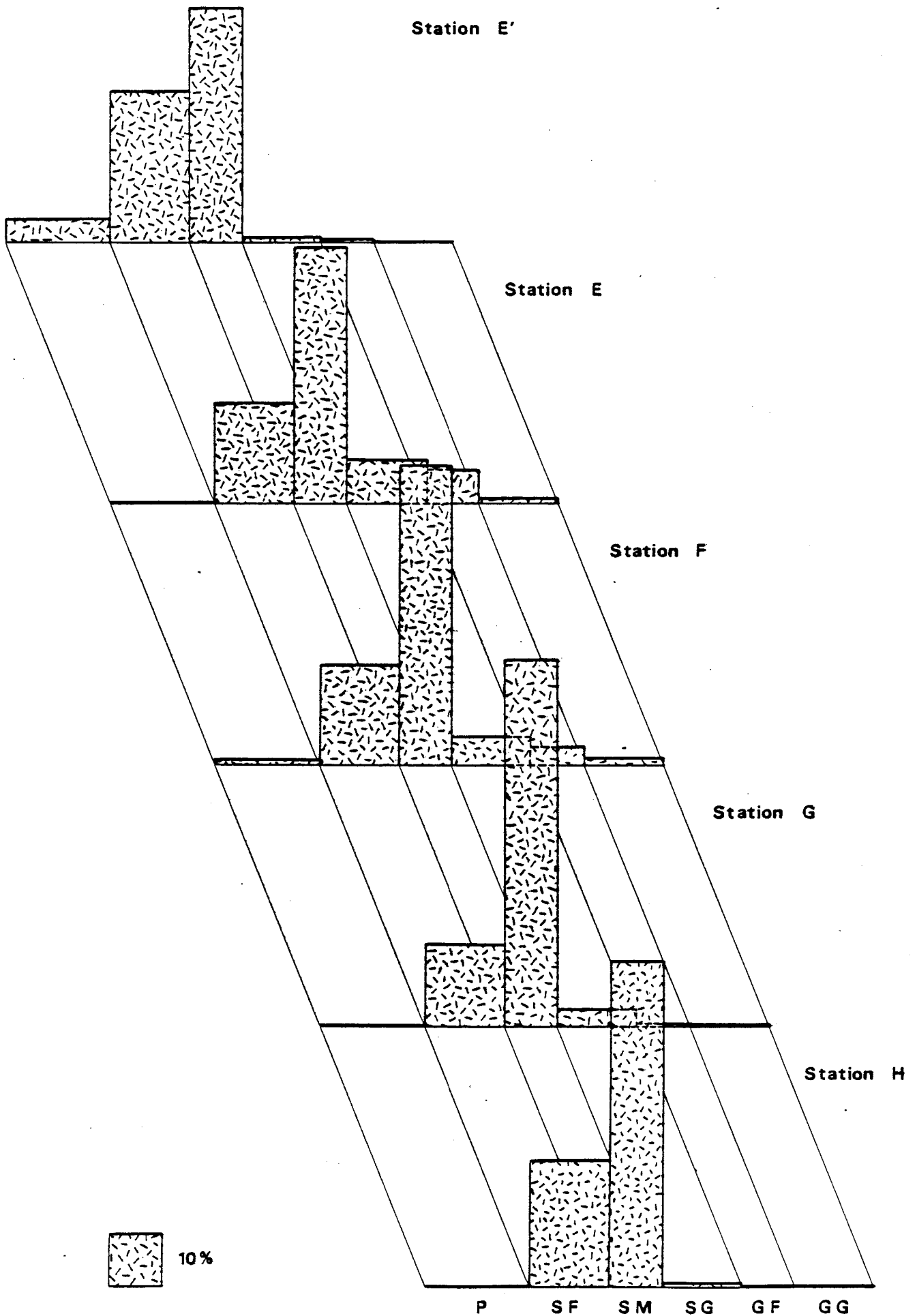


Fig. VII-6 : Radiale I : Caractéristiques granulométriques du sédiment

à des bandes très envasées perpendiculaires à la côte de 10 m de long sur 1 m de large.

Densité des espèces aux stations E' et E (N/m²)

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

Il faut noter la très forte densité d'*Hydrobia ulvae*, cette population bénéficie d'un recrutement très important en 1983 : les jeunes individus (moins de 2 mm) représentent 35 % de la population à la Station E'. La différence entre les cortèges spécifiques des deux stations à

leur teneur en particules fines : 9,4 % pour E' contre 2 % pour E (Tableau VII.5, Fig. VII.6).

Corophium arenarium et *Hydrobia ulvae* sont toujours les deux espèces principales de la station E' et sont peu présentes à la Station E.

La Station E représente un état intermédiaire entre les peuplements estuariens des hauts niveaux et les peuplements à mollusques des moyens niveaux supérieurs.

La nature différente des peuplements installés aux niveaux supérieurs de l'estran induisent des biomasses différentes. Il résulte donc des différences granulométriques entre les stations E et E' un déficit de la biomasse à la station E de plus de 10 g par rapport à la station E' (12 g à la Station E' et 1,8 g à la Station E)

2.1.2. Station F (Fig. VII.2 et 3)

A cette station s'est installé depuis 1979 un peuplement à *Cerastoderma edule*, *Macoma balthica* et *Ophelia borealis* sur un sédiment (où dominant les sables moyens) à faible teneur en pélites (1,24 %, tableau VII.5, Fig. VII.6).

Les résultats enregistrés en 1983 montrent la rapidité de réaction du benthos intertidal vis à vis des conditions du milieu. Certaines espèces

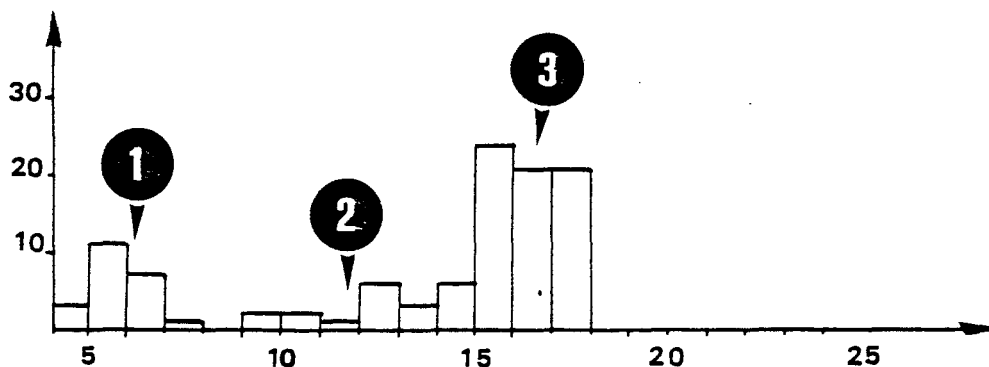
à cycle court peuvent bénéficier de circonstances qui leur sont favorables. En l'occurrence *Nereis diversicolor* et les Oligochètes *Enchytraeidae* sp. (hôtes préférentiels des eaux saumâtres) ont profité de la dessalure occasionnée par la forte pluviosité printanière (cf. Chapitre I). En ce qui concerne *Nereis diversicolor* on constate que la population (432 individus/m²) est constituée d'individus de moins de 4 cm de long donc nés en 1983.

Pour les Oligochètes, notons que le résultat enregistré (324 individus/m²) est très certainement fortement minoré par rapport à la densité réelle : les individus mesurant 4 mm de long sur 0,5 mm de diamètre, la grande majorité a sans doute été éliminée lors du tamisage. Les populations d'*Enchytraeidae* ont également prospéré sur d'autres plages de la région (DAVOULT, 1983)

Densité des espèces à la station F (N/m²)

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

On peut noter en 1983 une forte augmentation de la densité de *Macoma balthica*. Si on observe l'histogramme des fréquences de taille on s'aperçoit que la population est constituée de deux cohortes bien individualisées mais l'histogramme présente des irrégularités :



La cohorte 1 représente les individus de 1ère année : individus nés en 1982, la cohorte 3 représente les individus de 3ème année : individus nés en 1980. La cohorte des individus nés en 1981 (2) semble très restreinte.

Etant données les densités très fortes et la forte contribution que cette espèce apporte à la production de ce peuplement (la biomasse de *Macoma balthica* est de 22 g/m², tableau VII.2), il conviendra de surveiller également cette espèce et de discerner ce qui peut causer de telles alterations dans la structure de la population.

Cerastoderma edule présente une densité stable ; la biomasse est très importante à cette station : près de 53 g/m². Les bivalves *Macoma balthica* et *Cerastoderma edule* représentent 88 % de la biomasse totale.

2.1.3. Stations G et H (Fig. VII.2 et 3)

On n'observe à ces stations aucune évolution par rapport aux années précédentes. Notons simplement la forte densité d'*Haustorius arenarius* (60 individus/m² et 0,48 g/m²) à la station G.

Les peuplements sont établis sur des sédiments comportant plus de 60 % de sable moyen et quasiment dépourvus de pélites (tableau VII.5, Fig. VII.6).

2.2. Radiale II (tableaux VII.3 et 4, Fig. VII.4 et 5)

Le complexe de dunes et de bâches apparu au cours de l'année 1981 est toujours en place. Il est composé de 4 dunes et de 3 bâches qui peuvent piéger la vase.

2.2.1. Station I

A cette station *Hydrobia ulvae* semble chuter considérablement en densité entre 1982 et 1983. On ne peut relier cette baisse à une modification de la granulométrie dans un sens de disparition des pelites (en 1983 la teneur était de 7,3 % contre 2,20 % en 1982) d'autant que parallèlement la densité de *Corophium arenarium* augmente.

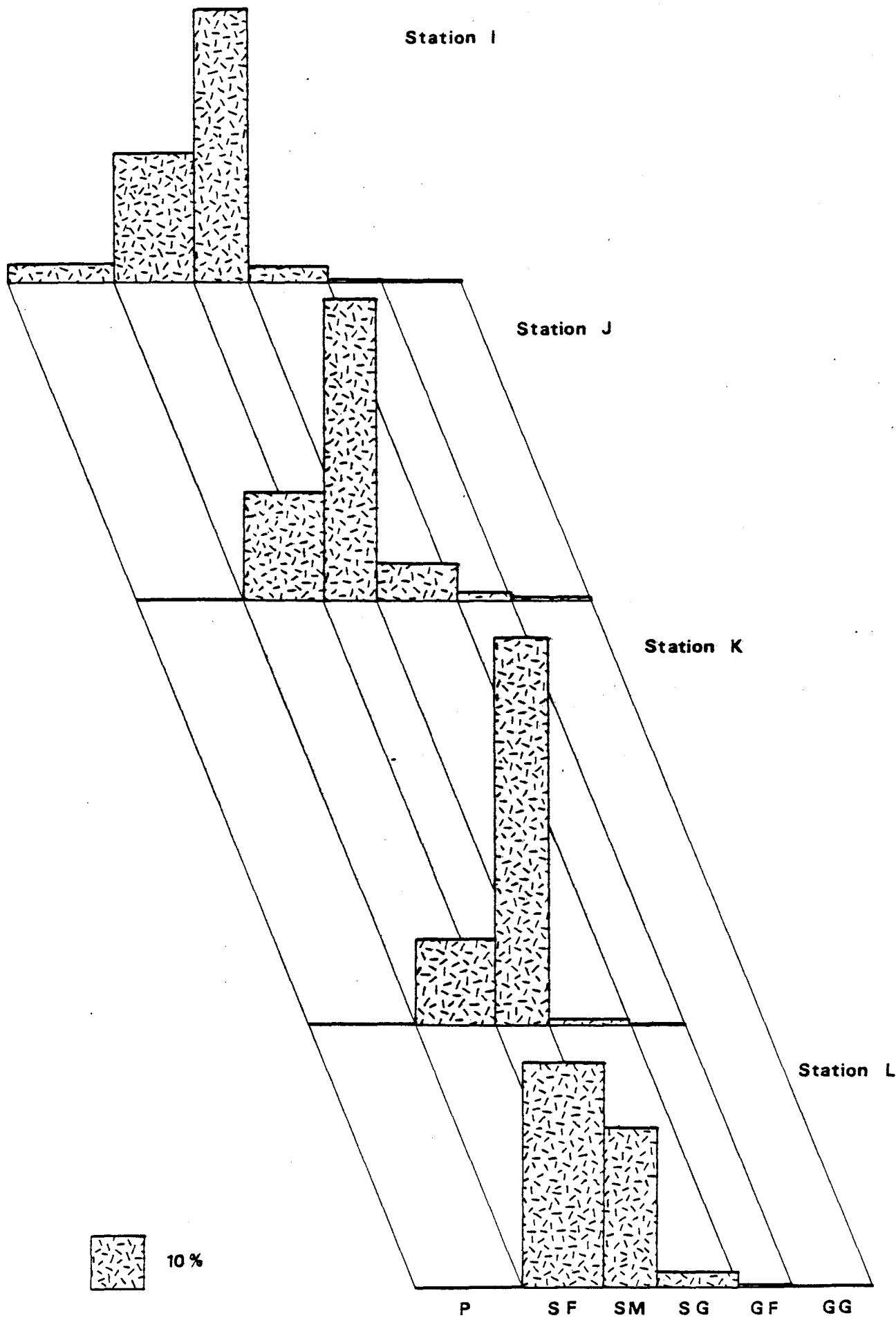


Fig. VII-7 : Radiale II : Caractéristiques granulométriques du sédiment

	1978	1979	1980	1981	1982	1983
<i>Hydrobia ulvae</i>	196	-	12	9168	8596	452
<i>Corophium arenarium</i>	220	5280	6476	60	704	2068
<i>Corophium volutator</i>	16	596	108	4	20	-

Il résulte de ces changements une diminution de biomasse de 3,4 g/m² (5,9 g en 1982 et 2,5 g en 1983).

2.2.2. Stations J, K et L

On ne note en ces stations aucun changement notable. La stabilité bionomique semble être une règle sur une grande partie Est de l'estran de Petit-Fort-Philippe.

La biomasse très forte enregistrée à la station L (12 g/m²) est due à la présence de deux bivalves : *Macoma balthica* et *Ensis arcuatus* qui représentent 94 % de la biomasse (tableaux VII 3 et 4, fig. VII.4 et 5).

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

3.1. Evolution des peuplements des niveaux supérieurs de la partie ouest de l'estran

Depuis le début des travaux de construction de l'avant-port ouest de Dunkerque des changements importants ont pu être mis en évidence sur l'estran de Gravelines (cf. rapport de surveillance année 1982).

Cette année le schéma décrit en 1982 est confirmé. Les évolutions respectives des densités d'espèces vasicoles et non vasicoles (Fig. VII.8) ne montrent que peu de variation par rapport à 1982 si ce n'est la forte valeur de densité d'*Hydrobia ulvae* à la station E'.

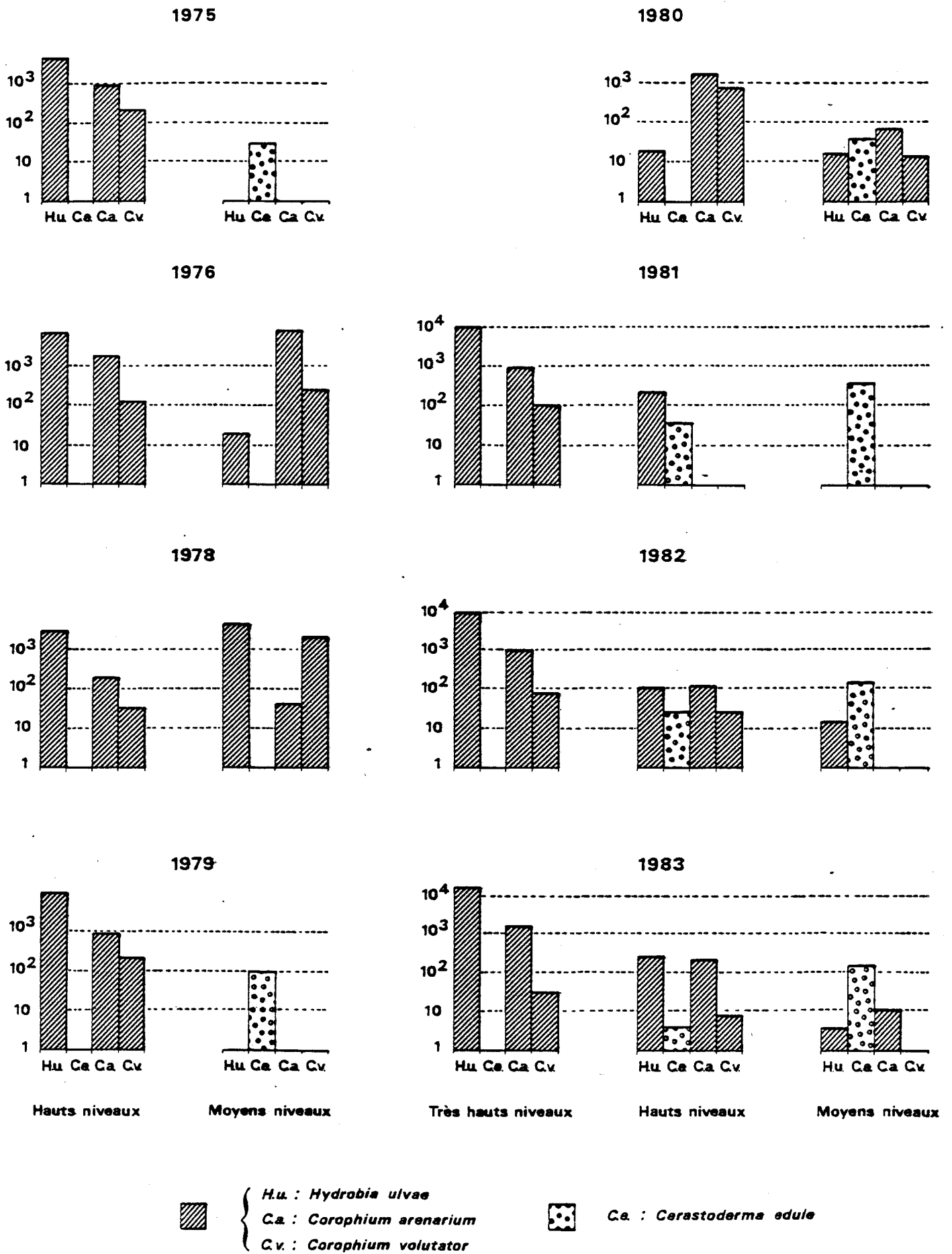


Fig. VII. 8 : Evolutions respectives des densités d'espèces

vasicoles et non vasicoles

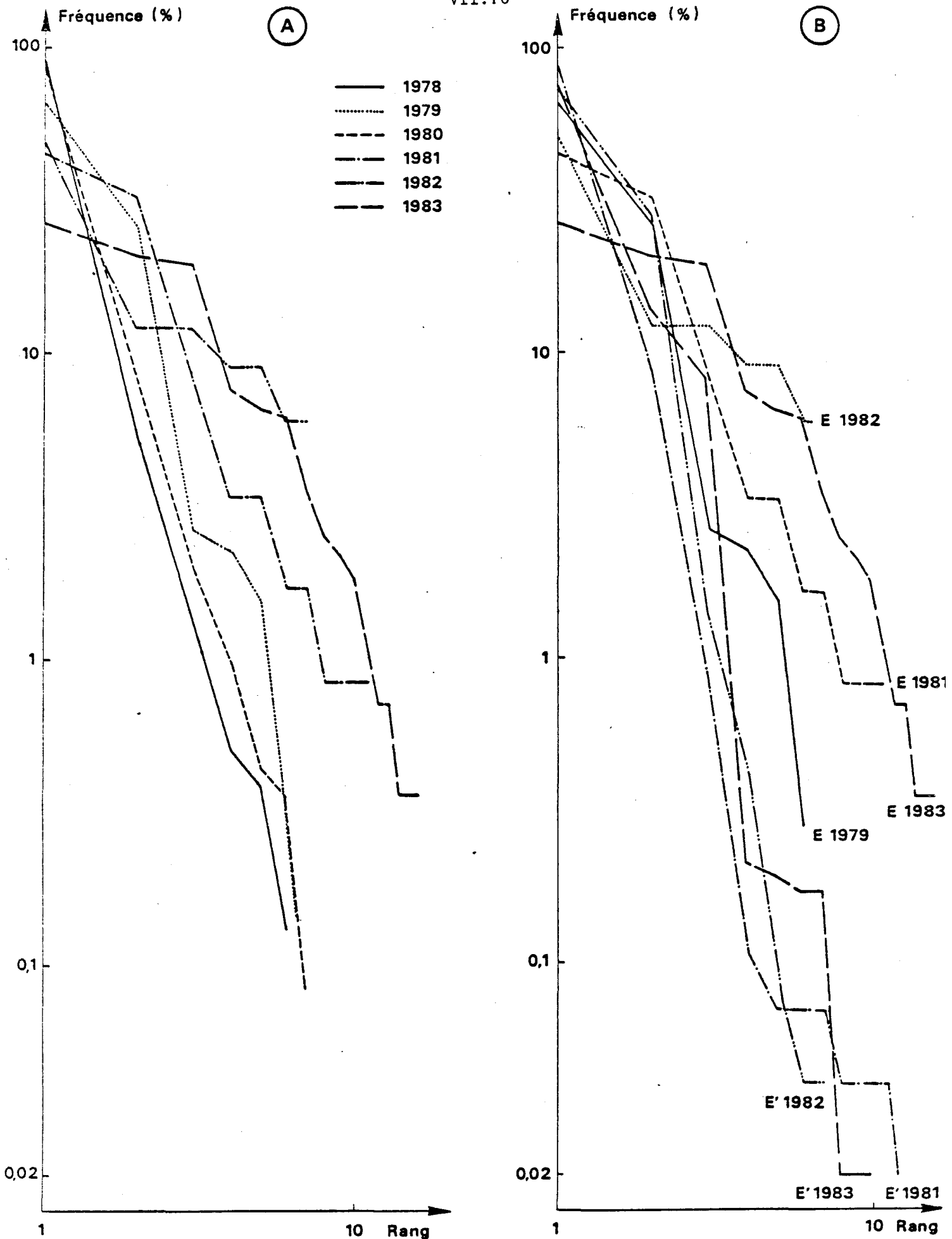


Fig. VII. 9 : Evolution des diagrammes rang-fréquence

(A) Station E depuis 1978

(B) Comparaison des stations E et E'

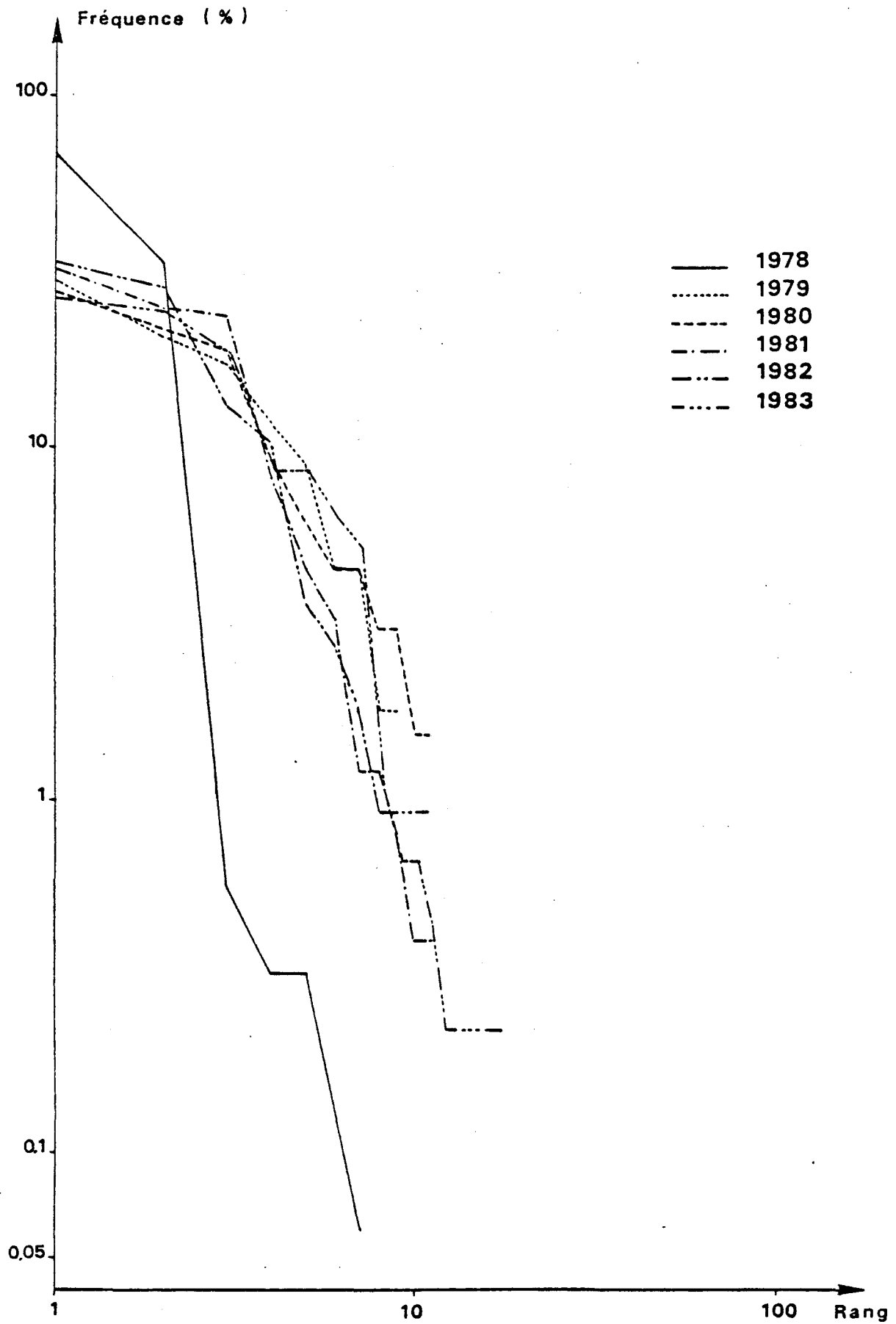


Fig VII-10: Evolution des diagrammes rang - fréquence à la station F depuis 1978

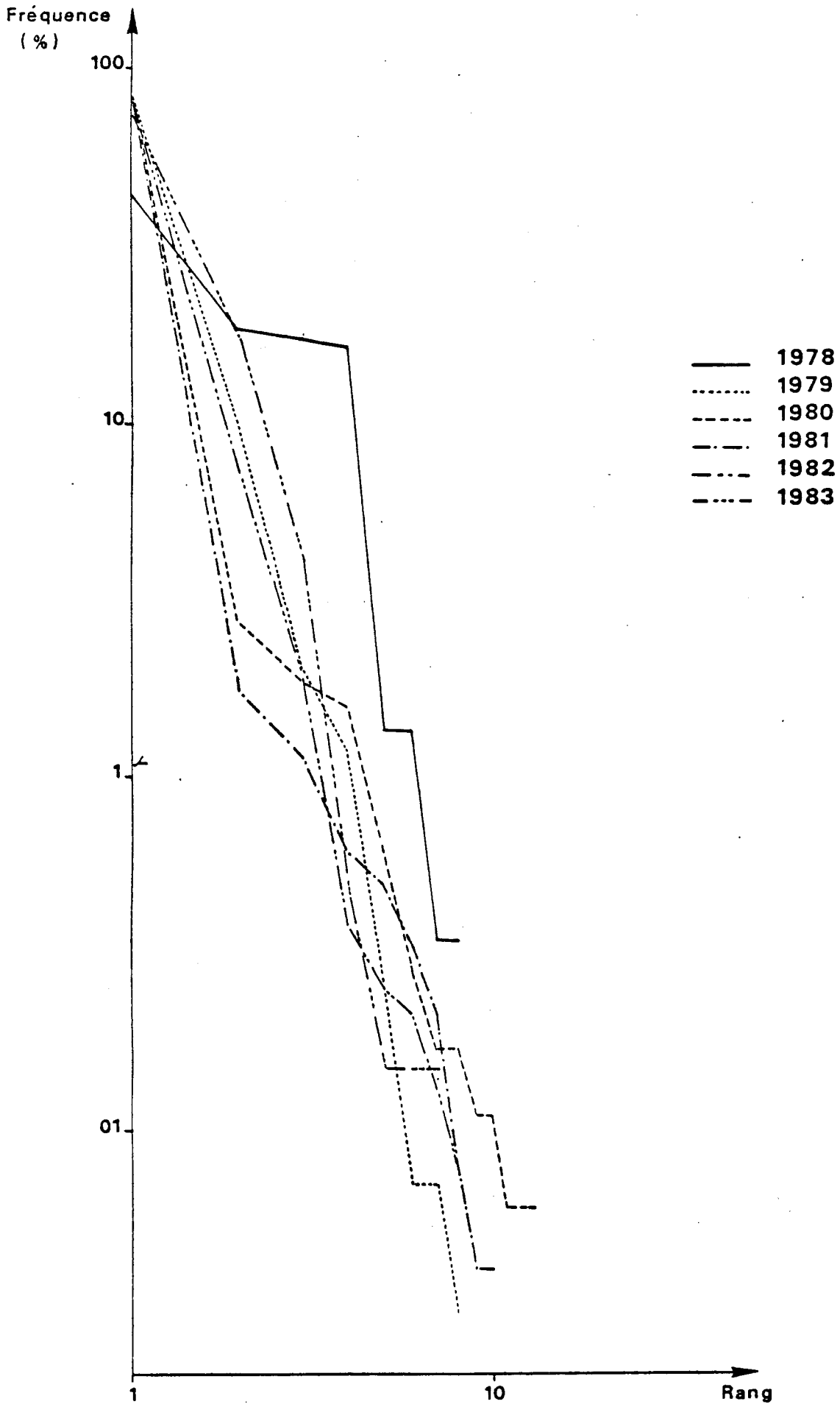


Fig VII-11 : Evolution des diagrammes rang - fréquence
 à la station I depuis 1978

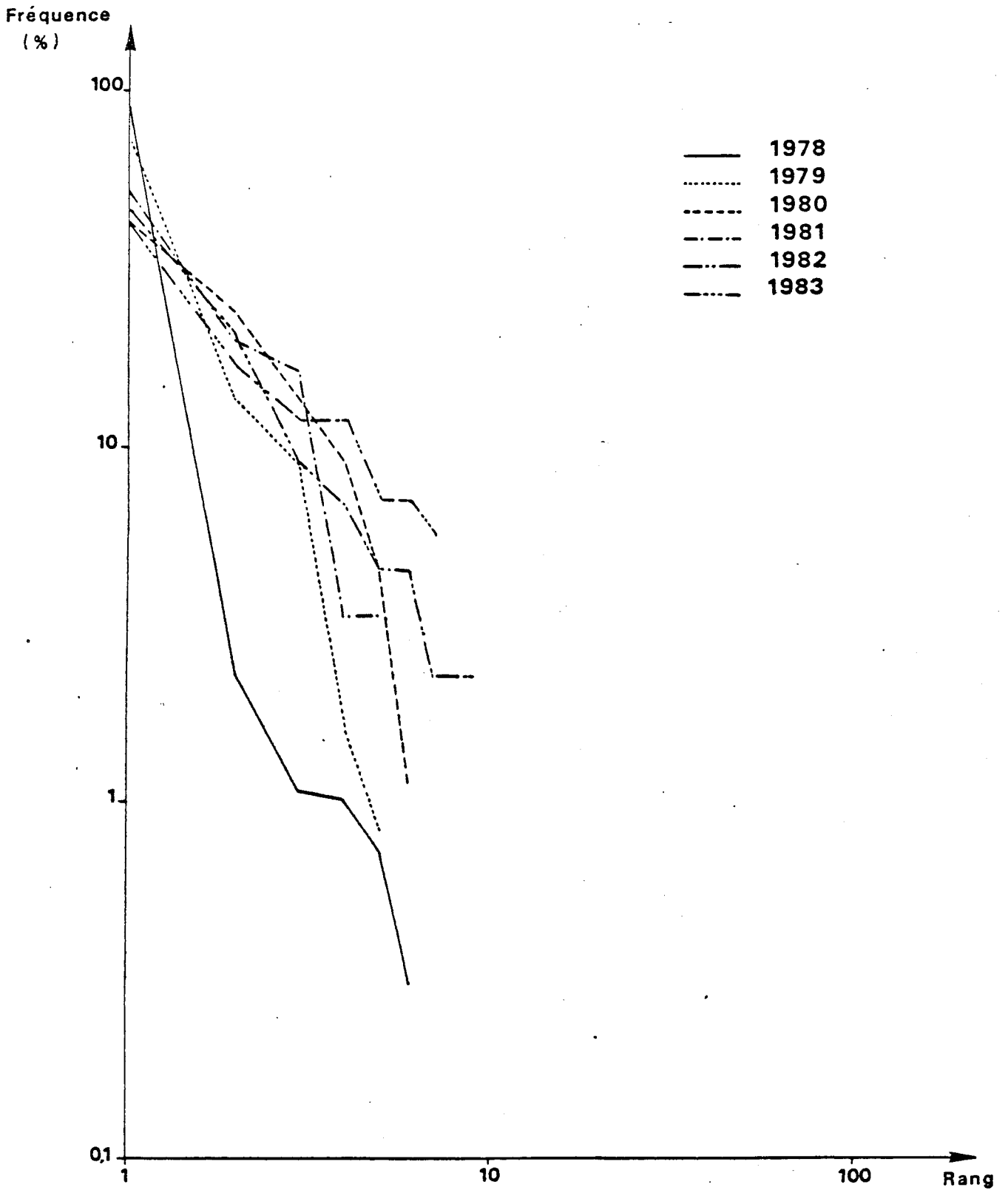


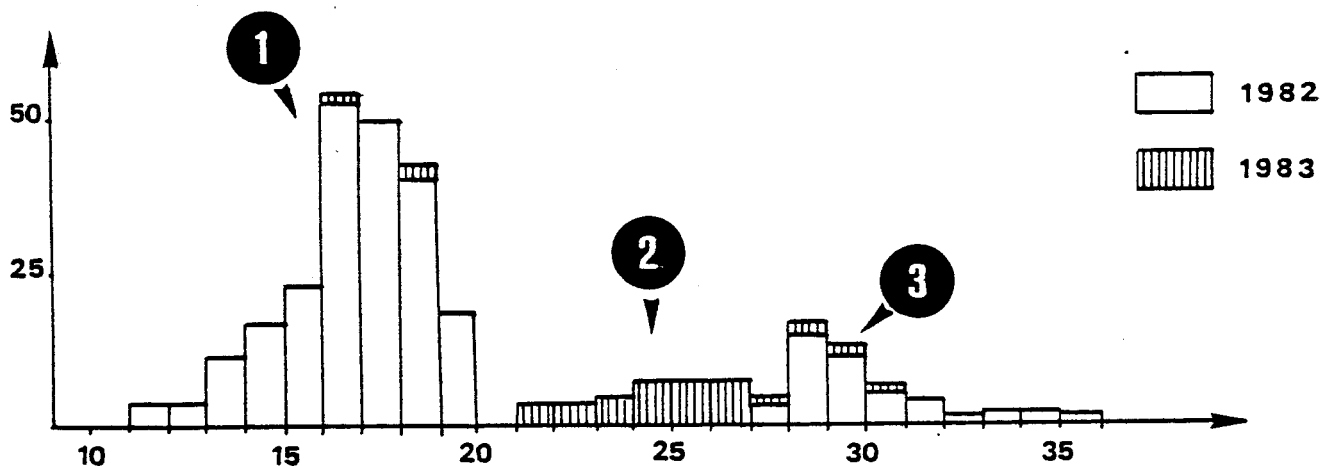
Fig VII-12 : Evolution des diagrammes rang - fréquence à la station J depuis 1978

3.2. Diagrammes rang-fréquence (Fig. VII.9 à 12)

Si l'on observe les diagrammes rang-fréquence aux 5 stations supérieures on remarque que la structure des peuplements n'a pas changé entre 1982 et 1983. Rappelons simplement que le peuplement estuarien typique se restreint en superficie, il représente au maximum 10 % de la superficie des hauts niveaux. Ce fait devra être confirmé lors de la prochaine étude par des comparaisons entre des prélèvements effectués au même niveau dans les aspects caractéristiques du peuplement estuarien et dans les aspects moins envasés. De plus une estimation des surfaces respectives de ces deux aspects sera réalisée.

3.3. Evolution de la population de *Cerastoderma edule*

L'historique de la population de *Cerastoderma edule* a été exposée dans le rapport de surveillance de l'année 1982. Comme prévu, le recrutement a été mauvais en automne 1982 (Fig. VII.13). L'histogramme des fréquences de taille confirme la présence en 1983 d'une seule cohorte, celle des individus nés en 1981.



La population est donc toujours altérée par le trématode parasite *Bucephalus* sp. Une possible relation entre les effluents échauffés et la parasitisme sera recherchée (Analyse bibliographique en cours).

IV - CONCLUSION

La plage de Petit-Fort-Philippe est, depuis quelques années, le lieu de modifications importantes des conditions locales de sédimentation. Un engraissement puis un lessivage des moyens niveaux supérieurs ont ainsi pu être mis en évidence. Ces modifications ont provoqué des changements dans les cortèges spécifiques et par conséquence la biomasse intertidale en a été altérée.

Station	Année							
	1974-75	1976-77	1978-79	1980	1981	1982	1983	
E'	-	-	-	-	8,444	6,176	12,008	
E	2,988	6,361	4,386	2,278	0,814	2,215	1,812	
F	1,65	3,367	11,161	6,994	10,294	9,370	52,984	
G	1,040	0,876	1,142	0,688	1,781	0,754	0,971	
H	0,370	0,285	0,160	0,283	0,374	3,221	0,859	
I	0,934	-	2,080	2,420	6,286	5,916	2,534	
J	} 0,662	-	1,804	0,216	0,421	0,548	0,120	
K		-	1,510	2,803	0,398	0,529	1,596	
L	0,291	-	0,117	0,206	0,580	1,030	11,888	

Evolution de la Biomasse intertidale de l'estran de Petit-Fort-Philippe (g/m^2)

Les valeurs très importantes de la biomasse à certaines stations peuvent être expliquées :

- station E' : 12 g, bon recrutement d'*Hydrobia ulvae*
- station F : 53 g, *Macoma balthica* et *Cerastoderma edule* représentent 88 % de la biomasse.
- station L : 12 g, récolte de *Macoma balthica* et *Ensis arcuatus* qui représentent 94 % de la biomasse.

L'étude de 1984 devra s'orienter vers une approche différente de l'étude des hauts niveaux afin d'appréhender plus précisément l'extension du peuplement de type estuarien. En ce qui concerne *Cerastoderma edule* une étude bibliographique devra permettre de mieux connaître les conditions du parasitisme par *Bucephalus* sp., de même une attention particulière sera apportée à la population de *Macoma balthica* qui semble présenter également des irrégularités au niveau du recrutement.

TABLEAU VII-1 : RADIALE I : Résultats bruts. Nombre d'individus/ $\frac{1}{4}$ m²

Espèces	Stations				
	E'	E	F	G	H
Nématodes spp.		5		2	3
Oligochètes sp.			81		
<i>Eteone longa</i>	1		1		1
<i>Nereis diversicolor</i>		6	108		
<i>Nephtys cirrosa</i>				5	14
<i>Spio filicornis</i>	8	2	28	2	1
<i>Nerine cirratulus</i>	1	18	1		
<i>Magelona papillicornis</i>					3
<i>Paraonis fulgens</i>				1	
<i>Capitella capitata</i>					4
<i>Ophelia rathkei</i>			38		
<i>Arenicola marina</i>			5		
<i>Lanice conchilega</i>			2	1	4
<i>Hydrobia ulvae</i>	3658	75	1		
<i>Cerastoderma edule</i>		1	38		
<i>Mysella bidentata</i>			1		
<i>Macoma balthica</i>	1	10	118		1
<i>Telline fabula</i>					
<i>Ensis arcuatus</i>					
<i>Cumopsis goodsiri</i>					1
<i>Eurydice pulchra</i>	9	7		4	1
<i>Eurydice affinis</i>	10	17			
<i>Haustorius arenarius</i>				15	
<i>Urothoe brevicornis</i>				1	
<i>Urothoe poseïdonis</i>					
<i>Bathyporeia elegans</i>					
<i>Bathyporeia pelagica</i>					1
<i>Bathyporeia pilosa</i>	385	59	3		
<i>Bathyporeia sarsi</i>		3		3	
<i>Corophium arenarium</i>	656	55	3		
<i>Corophium volutator</i>	8	2			
<i>Crangon crangon</i>		1		1	
<i>Macropipus holsatus</i>			1		
<i>Macropipus depurator</i>			1		
<i>Portunus latipes</i>					
Décapodes spp (post-larves)		21	23	1	
Diptères (larves)		1			
Total	4737	283	453	36	34
Diversité	1,052	2,994	2,828	2,754	2,769
Régularité	0,32	0,75	0,69	0,80	0,80

TABLEAU VII-2 : RADIALE I : Résultats bruts. Biomasse en $\text{mg}/\frac{1}{4} \text{ m}^2$

Espèces	Stations				
	E'	E	G	F	H
Nématodes spp.		149,1		1,0	29,2
Oligochètes sp.			2,8		
<i>Eteone longa</i>	1,8				
<i>Nereis diversicolor</i>		13,0	1401,7	1,5	
<i>Nephtys cirrosa</i>				98,2	139,2
<i>Spio filicornis</i>	2,2	4,0	4,3	0,3	0,1
<i>Nerine cirratulus</i>	5,3	108,0	6,6		
<i>Magelona papillicornis</i>					0,5
<i>Paraonis fulgens</i>				0,2	
<i>Capitella capitata</i>					0,9
<i>Ophelia rathkei</i>			8,6		
<i>Arenicola marina</i>			5,4		
<i>Lanice conchilega</i>			5,7	3,5	5,9
<i>Hydrobia ulvae</i>	2195,7	47,7	0,7		
<i>Cerastoderma edule</i>		23,6	6169,3		
<i>Mysella bidentata</i>			4,7		
<i>Macoma balthica</i>	9,2	16,9	5532,0		37,6
<i>Tellina fabula</i>					
<i>Ensis arcuatus</i>					
<i>Cumopsis goodsiri</i>					0,1
<i>Eurydice pulchra</i>	5,3	3,8		2,5	0,7
<i>Eurydice affinis</i>	5,2	9,8			
<i>Haustorius arenarius</i>				119,1	
<i>Urothoe brevicornis</i>				1,6	
<i>Urothoe poseïdonis</i>					
<i>Bathyporeia elegans</i>					
<i>Bathyporeia pelagica</i>					0,3
<i>Bathyporeia pilosa</i>	127,1	20,1	0,9		
<i>Bathyporeia sarsi</i>		1,5		2,3	
<i>Corophium arenarium</i>	637,1	45,6	2,2		
<i>Corophium volutator</i>	13,1	2,6			
<i>Crangon crangon</i>		1,0		12,5	
<i>Macropipus holsatus</i>			49,6		
<i>Macropipus depurator</i>			49,0		
<i>Portunus latipes</i>					
Décapodes spp (post-larves)		3,1	2,0	0,1	
Diptères (larves)		3,3			
Total	3002,0	453,0	13246,1	242,8	214,7
Diversité	1,120	2,869	1,481	1,263	1,493
Régularité	0,34	0,72	0,36	0,45	0,43

TABLEAU VII-3 : RADIALE II : Résultats bruts. Nombre d'individus/ $\frac{1}{4}$ m²

Espèces	Stations			
	I	J	K	L
Nématodes spp.			4	
Oligochètes sp.	1			
<i>Eteone longa</i>	1		2	
<i>Nereis diversicolor</i>		1		
<i>Nephtys cirrosa</i>			1	9
<i>Spio filicornis</i>	3	5	2	
<i>Nerine cirratulus</i>			6	
<i>Magelona papillicornis</i>				
<i>Paraonis fulgens</i>			1	
<i>Capitella capitata</i>			3	5
<i>Ophelia rathkei</i>				
<i>Arenicola marina</i>				
<i>Lanice conchilega</i>			2	1
<i>Hydrobia ulvae</i>	113			
<i>Cerastoderma edule</i>				
<i>Mysella bidentata</i>				
<i>Macoma balthica</i>			1	1
<i>Tellina fabula</i>				2
<i>Ensis arcuatus</i>				1
<i>Cumopsis goodsiri</i>				
<i>Eurydice pulchra</i>	1	7		1
<i>Eurydice affinis</i>		5		
<i>Haustorius arenarius</i>			9	
<i>Urothoe brevicornis</i>				
<i>Urothoe poseïdonis</i>				2
<i>Bathyporeia elegans</i>				1
<i>Bathyporeia pelagica</i>				
<i>Bathyporeia pilosa</i>	27	18		
<i>Bathyporeia sarsi</i>			53	
<i>Corophium arenarium</i>	517	3		
<i>Corophium volutator</i>				
<i>Crangon crangon</i>			3	1
<i>Macropipus holsatus</i>				
<i>Macropipus depurator</i>				
<i>Portunus latipes</i>			1	
Décapodes spp (post-larves)			1	
Diptères (larves)		3		
Total	663	42	89	24
Diversité	0,981	2,358	2,306	2,746
Régularité	0,35	0,84	0,61	0,83

TABLEAU VII-4 : RADIALE II : Résultats bruts. Biomasse en mg/¼ m²

Espèces	Stations			
	I	J	K	L
Nématodes spp.			4,4	
Oligochètes sp.	0,1			
<i>Eteone longa</i>	0,3		4,3	
<i>Nereis diversicolor</i>		5,2		
<i>Nephtys cirrosa</i>			82,1	72,3
<i>Spio filicornis</i>	0,2	0,9	0,1	
<i>Nerine cirratulus</i>			55,6	
<i>Magelona papillicornis</i>				
<i>Paraonis fulgens</i>			0,6	
<i>Capitella capitata</i>			1,5	1,7
<i>Ophelia rathkei</i>				
<i>Arenicola marina</i>				
<i>Lanice conchilega</i>			47,2	9,1
<i>Hydrobia ulvae</i>	102,4			
<i>Cerastoderma edule</i>				
<i>Mysella bidentata</i>				
<i>Macoma balthica</i>			17,2	1661,3
<i>Telline fabula</i>				89,6
<i>Ensis arcuatus</i>				1128,5
<i>Cumopsis goodsiri</i>				
<i>Eurydice pulchra</i>	0,5	5,2		1,2
<i>Eurydice affinis</i>		4,7		
<i>Haustorius arenarius</i>			52,1	
<i>Urothoe brevicornis</i>				
<i>Urothoe poseïdonis</i>				1,1
<i>Bathyporeia elegans</i>				0,3
<i>Bathyporeia pelagica</i>				
<i>Bathyporeia pilosa</i>	7,4	6,6		
<i>Bathyporeia sarsi</i>			13,5	
<i>Corophium arenarium</i>	522,7	5,1		
<i>Corophium volutator</i>				
<i>Crangon crangon</i>			5,7	7,0
<i>Macropipus holsatus</i>				
<i>Macropipus depurator</i>				
<i>Portunus latipes</i>			114,6	
Décapodes spp (post-larves)			0,1	
Diptères (larves)		2,4		
Total	633,6	30,1	399,0	2972,1
Diversité	0,748	2,650	2,771	1,345
Régularité	0,27	0,94	0,73	0,41

Stations \ Catégories granulométriques	P	SF	SM	SG	GF	GG	Total échantillons (g.)
E'	9,36	43,26	45,45	1,73	0,14	0,06	363,688
E	2,03	28,62	49,04	12,24	6,32	1,75	575,549
F	1,24	28,11	57,35	7,78	3,63	1,88	442,044
G	0,03	23,84	70,14	5,04	0,36	0,58	496,920
H	0,02	36,41	62,34	1,11	0,09	0,04	436,442
I	7,39	36,99	51,78	3,42	0,46	0,53	530,896
J	0,45	30,37	57,01	10,39	1,27	0,52	505,206
K	0,06	24,27	72,77	2,78	0,12	0	508,428
L	0,11	64,36	30,42	4,44	0,64	0,03	363,800

P = Pérites - SF = Sable Fin - SM = Sable Moyen - SG = Sable Grossier
 GF = Gravier Fin - GG - Gravier Grossier

Tableau VII.5 : Caractéristiques granulométriques du sédiment de l'estran.

BIBLIOGRAPHIE

- CABIOCH L., GLACON R., 1975 - Etude des peuplements benthiques en Manche orientale de la baie de Somme au Pas-de-Calais. *C.R. Acad. Sci.* Paris 280 (D) 491-494.
- DAVOULT D., 1983 - Etude du benthos intertidal entre Calais et l'Aa D.E.A. - U.S.T.Lille, 36 p.
- 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 lamellibranche) 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". E.D.F.-C.N.E.X.O. - I.B.M.R.W. : 76-106.
- DEWARUMEZ J.M., 1982 - Le domaine benthique. *In* : Etude de surveillance écologique - 2ème cycle - Site de Gravelines. EDF-CNEXO - S.M.W.
- DEWARUMEZ J.M., 1983 - Le domaine benthique. *In* : Etude de surveillance écologique - 3ème 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.
- JØRGENSEN C.B., 1946 - Lamellibranchia. *In* Reproduction and larval development of Danish Marine Bottom Invertebrates (Ser. Plancton), vol. 4 (Ed. G. Thomson), pp. 217-312. Copenhagen : Meddeleser Fra Kommissionen for Danmarks fiskeri havundersøgelser.
- NOTT P.L. - Reproduction in *Abra alba* (Wood) and *Abra tenuis* (Montagu) (*Tellinacea* : *scrobiculariidae*). *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 60 (2) 465-480.
- PRYGIEL J., 1983 - Benthos de la Bassure de Baas. Etude comparative de la communauté à *Ophelia borealis*. D.E.A. U.S.T.Lille, 33 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 - CNEOX - IBMRW, 237 p.
- SOUPLET A. et DEWARUMEZ J.M., 1980 - Les peuplements benthiques du littoral de la région de Dunkerque. *Cah. biol. mar.* : 21, 23-29.
- SOUPLET A., 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. *C.R. Acad. Sci. Paris. Ser D* : 290, 627-630.

R E S U M E des R E S U L T A T S



RÉSUMÉ DES RÉSULTATS

Un printemps froid et pluvieux, un été très ensoleillé, chaud et orageux peuvent résumer les caractéristiques météorologiques de l'année 83. En liaison avec elles, on a observé un débit important de l'Aa jusqu'en avril (supérieur à 210 m³/jour), en janvier, et des valeurs élevées de la température de l'eau en été hors de l'influence de la centrale (20°) attestant un échauffement tardif, mais important, de l'air aux mois de juin et juillet.

Les conditions de fonctionnement de la centrale ont été plus importantes que celles de l'année précédente, la puissance étant souvent voisine de 2500 MW et dépassant 3000 MW en décembre 1982.

Les effets conjugués de l'été chaud et du fonctionnement de la centrale ont été visibles au point côtier, près du canal de rejet, où l'on a constaté une température de l'eau de 29° en sub-surface (26° à - 2 m) en juillet.

Le développement phytoplanctonique a été ralenti au printemps par une insolation déficitaire et a montré un pic très important de chlorophylle au point médian (40 mg/m³). Ce pic se rapproche de celui de 1981 et dépasse nettement ceux observés en 1980 et 1982. Cette comparaison n'est valable que si l'on considère les valeurs les plus élevées, et non les moyennes sur tout le site, en raison des différences côte-large des valeurs. Le rejet semble détruire le gradient décroissant observé pour la chlorophylle avant mise en fonctionnement de la centrale. Il s'agira d'établir, à l'avenir, les parts respectives de la dilution par les eaux de l'avant-port et l'effet du transit sur le déficit en chlorophylle au point côtier. Certaines espèces phytoplanctoniques subissent un effet néfaste du transit, par exemple *Rhizosolenia shrubsolei*. De même, on observe une diminution sensible des densités cellulaires de *Phaeocystis sp.* au rejet. Les eaux du rejet sont visibles à la sortie de la centrale par leur différence de turbidité avec les eaux du site proprement dit. La chloration est testée par la recherche du bromoforme. On constate l'absence de chlore résiduel aux points digue, médian et canal d'amenée, et aucune modification importante dans la microflore totale et son activité. Les vibrions halophiles *Vibrio alginolyticus* présentent des valeurs cent fois plus importantes qu'en période de référence 1975-1979 en été.

Les abondances des noctiluques sont comparables à celles de 1981 (maximum 10⁵/m³ en juillet). On remarque une différence entre les points avec une plus grande richesse au point médian et une plus grande pauvreté au point côtier.

L'évolution relative de la zone de rejet, par rapport aux points médian et large, montre un appauvrissement en zooplancton de la zone très côtière près du rejet. Ce résultat confirme en 1983 les résultats signalés depuis 1981 (surveillance 1980 - 1981). Cette évolution est surtout visible sur les copépodes, *Euterpina acutifrons*, *Centropages hamatus* et les appendiculaires *Oikopleura dioica*.

Nous devons, à l'avenir, définir les causes de ce phénomène : dilution par l'eau de rejet, déplacement des espèces du point côtier vers le large (accumulation au front, évitement ...). En plus des causes physiques, les causes de l'appauvrissement peuvent être physiologiques et nous devons définir s'il y a mortalité, la part due au transit, celle résultant de l'échauffement et, éventuellement, celle due au déficit en nourriture (espèces herbivores).

Les peuplements du benthos subtidal ne présentent pas tous de changement en liaison avec le fonctionnement de la centrale. Le peuplement de l'hétérogène envasé (point A) montre une grande stabilité (*Mya truncata*, *Abra alba*, *Stenelais boa* ...). Le peuplement à *Abra alba* et *Nephtys hombergii* (B) très côtier est instable et très productif. Le peuplement à *Abra alba* et *Nephtys cirrosa* est directement soumis aux rejets d'eaux chaudes (C) et une évolution se poursuit : les espèces sabulicoles se sont installées au détriment des espèces vasicoles, et les espèces à régime alimentaire suspensivore remplacent les espèces "mangeurs de dépôt". Le peuplement des sables moyens propres à *Ophelia borealis* (D) du complexe de bancs au large présente une grande stabilité bionomique.

Le suivi des populations de mollusques montre que *Abra alba* reste à un bon niveau de densité. Par contre, la population de *Tellina fabula* continue de régresser.

L'étude du benthos intertidal concerne la plage du Petit-Port-Philippe : un engraissement, puis un lessivage des moyens niveaux supérieurs ont pu être mis en évidence et ces modifications ont provoqué des changements dans les cortèges spécifiques, et la biomasse intertidale. Une attention particulière continue d'être apportée à la population de *Macoma balthica*, qui semble présenter des irrégularités de recrutement, et de *Ceratoderma edule* dont les conditions de parasitisme par *Bucephalus* sp. sont mal comprises.