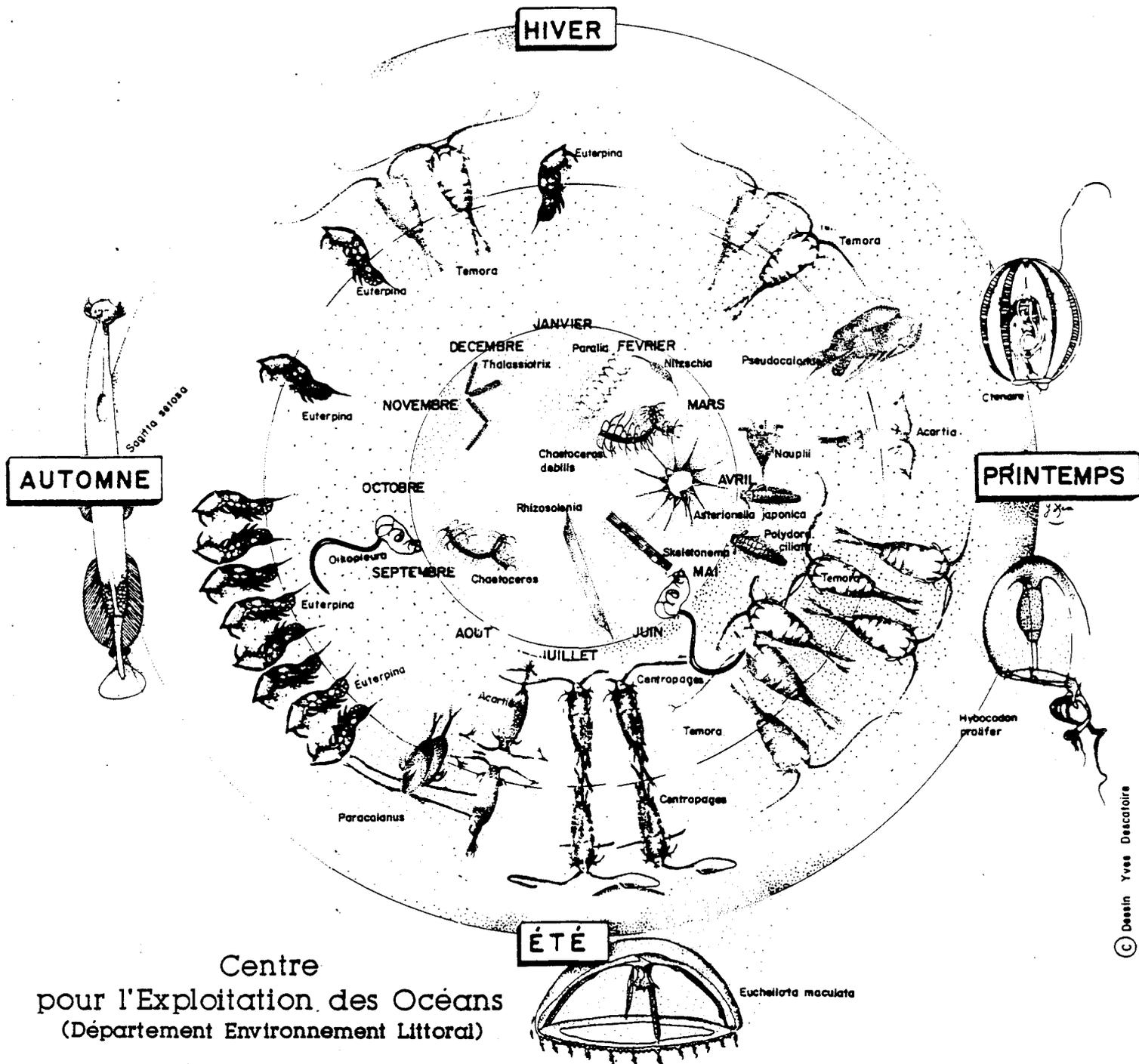


Surveillance Ecologique

Site de GRAVELINES

juillet 1979 — octobre 1980



© Dessin Yves Descatoire

Centre
pour l'Exploitation des Océans
(Département Environnement Littoral)

Station marine de WIMEREUX

Institut Pasteur de LILLE

Février 1982

PRÉAMBULE

Dans le cadre de son programme d'équipement nucléaire, Electricité de France a confié au Centre National pour l'Exploitation des Océans le soin de réaliser les études écologiques sur plusieurs sites littoraux prévus pour l'implantation de centrales nucléaires.

Pour réaliser cette étude le Département Environnement Littoral et Gestion du Milieu Marin (D.ELGMM) du CNEXO s'est associé à l'Equipe du Professeur A. RICHARD, Directeur de la Station Marine de Wimereux (SMW) de l'Université de Lille ainsi qu'à l'Institut Pasteur de Lille.

Les résultats contenus dans le présent rapport concernent :

- la géographie du site (SMW),
- l'hydrologie de la masse d'eau (SMW),
- l'hydrobiologie (SMW)
- la microbiologie (Institut Pasteur Lille),
- le phytoplancton et la production primaire (SMW),
- le zooplancton et la production secondaire (CNEXO/COB),
- le phytobenthos et le zoobenthos des estrans
et des fonds côtiers proches (SMW).

SOMMAIRE

	Pages
<u>CHAPITRE I - CARACTERES GENERAUX DU SITE</u>	1
INTRODUCTION GENERALE	1
I - A. GENERALITES	1
I - B. PRESENTATION DU SITE	1
1. Géographie	1
2. Bilan climatologique du cycle d'étude	3
3. Hydrographie	3
3.1. Marées	7
3.2. Courants	7
3.3. Les apports d'eaux	7
<u>CHAPITRE II - HYDROLOGIE</u>	10
II - A. INTRODUCTION	10
1. Position des stations	10
2. Périodicité des mesures	10
3. Conditions climatologiques lors des mesures	12
4. Paramètres mesurés	12
II - B. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	16
1. Matériel et méthodes	16
2. Variations des paramètres physico-chimiques	18
2.1. Température	18
2.2. Salinité	22
2.3. Diagramme température - salinité	29
2.4. Densité	29
2.5. Matières en suspension	29
2.6. Transparence de l'eau	32
2.7. Oxygène dissous	32
2.8. pH	35
2.9. Sels nutritifs	35
2.9.1. Sels azotés	35
2.9.2. Phosphates	38
2.9.3. Rapport N/P	38
2.9.4. Silicates	39

	Pages
3. Station Aa	39
4. Station canal	39
5. Conclusion	48
<u>CHAPITRE III - PHYTOPLANCTON - PRODUCTION PRIMAIRE</u>	50
1. Matériel et méthodes	50
1.1. Mesure des pigments photosynthétiques	50
a - Chlorophylle a	50
b - Phéopigments	50
1.2. Production primaire	51
a - Méthode	51
b - Indice Production/Biomasse	52
1.3. Etude systématique du phytoplancton	52
Méthode d'étude au microscope	52
1.4. Indices de diversité	53
2. Pigments photosynthétiques	53
a - Chlorophylle a	53
b - Pheopigments	56
3. Production primaire	58
a - Résultats	59
1. Variations temporelles	59
2. Variations spatiales	59
b - Rapport Production/Biomasse	61
4. Etude systématique du phytoplancton	61
4.1. Variations quantitatives du microplancton	63
4.2. Rapport Diatomées Centriques/Diatomées Pennées	63
4.3. Succession des populations de Diatomées	64
4.4. Nanoplancton	68
4.5. Indice de diversité de Shannon	68
4.6. Station Canal	71
4.7. Conclusions	74

<u>CHAPITRE IV - ZOOPLANCTON et NOCTILUQUES (Dinoflagellés)</u>	119
INTRODUCTION	119
I - METHODOLOGIE	119
II - RESULTATS	119
1. Biomasse (poids sec), carbone, azote organique , matière en suspension totale	119
a. Variations spatiales	120
b. Variations saisonnières	120
2. Les espèces zooplanctoniques	126
a. Variations saisonnières du pourcentage de dominance de certaines espèces du zooplancton	126
b. Variations saisonnières d'abondance des principales espèces	127
c. Comparaison des stations	138
d. Etude plus particulière de trois Copépodes : <i>Temora</i> <i>longicornis</i> , <i>Acartia clausi</i> et <i>Centropages hamatus</i>	144
3. Les Noctiluques	163
CONCLUSION	166
BIBLIOGRAPHIE	167
<u>CHAPITRE V - ECOMICROBIOLOGIE</u>	168
INTRODUCTION	168
I - MATERIEL ET METHODES	168
1. Paramètres mesurés	168
2. Epifluorescence	168

II - RESULTATS	169
1. Point digue	169
a. Germes totaux en épifluorescence	159
b. Germes aérobies viables	170
c. Vibrions halophiles	170
d. Escherichia coli	171
e. Potentiel hétérotrophe	171
f. Chlore et haloformes volatils	171
2. Point médian	172
III - CONCLUSION	172
<u>CHAPITRE VI - LE DOMAINE BENTHIQUE</u>	187
A - LE DOMAINE SUBTIDAL	187
1. Introduction	187
2. Méthodologie	187
2.1.1. Calendrier des campagnes	187
2.1.2. Localisation des stations	188
2.1.3. Techniques de prélèvements	188
2.1.3.1. Prélèvements à la benne Smith-Mac Intyre ..	188
2.1.3.2. Prélèvements à la drague	190
2.2. Travail au laboratoire	190
3. Résultats des analyses bionomiques	190
3.1. Station A	190
3.2. Station B	195
3.3. Station C	199
3.4. Station D	200
4. Etude particulière de quelques espèces	200
4.1. <i>Lanice conchilega</i>	200
4.2. <i>Pectinaria koreni</i>	202
4.3. <i>Tellina fabula</i>	202
4.4. <i>Abra alba</i>	208

5. Conclusion	212
B - LE DOMAINE INTERTIDAL	212
1. Rappel des résultats obtenus lors des études précédentes .	213
2. Méthodologie	213
2.1. Travail sur le terrain	213
2.1.1. Localisation des radiales et stations	213
2.1.2. Techniques de prélèvements	214
2.2. Travail au laboratoire	214
3. Etude bionomique	215
3.1. Composition faunistique	215
3.2. Résultats globaux	215
3.2.1. Radiale I	215
3.2.2. Radiale II	221
3.3. Résultats synthétiques	222
3.3.1. Dominance moyenne	222
3.3.1.1. Radiale I	222
3.3.1.2. Radiale II	223
3.3.2. Diversité - Equitabilité	224
3.3.3. Biomasse	224
3.3.3.1. Radiale I	224
3.3.3.2. Radiale II	224
3.4. Conclusions	225

CHAPITRE I
CARACTERES GENERAUX DU SITE

par la Station Marine de Wimereux

CHAPITRE I

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DU SITE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

1 - A. GENERALITES

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

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

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

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

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

En ce qui concerne le site de Gravelines, l'étude de "projet" a débuté en septembre 1974. Un rapport a clos la première partie de cette étude en décembre 1975. La deuxième partie de l'étude de "projet" a commencé en août 1976 et s'est achevée en juillet 1977 (rapport 1976-1977). Lui a succédé l'étude de "suivi" de février 1978 à juin 1979 (1er cycle).

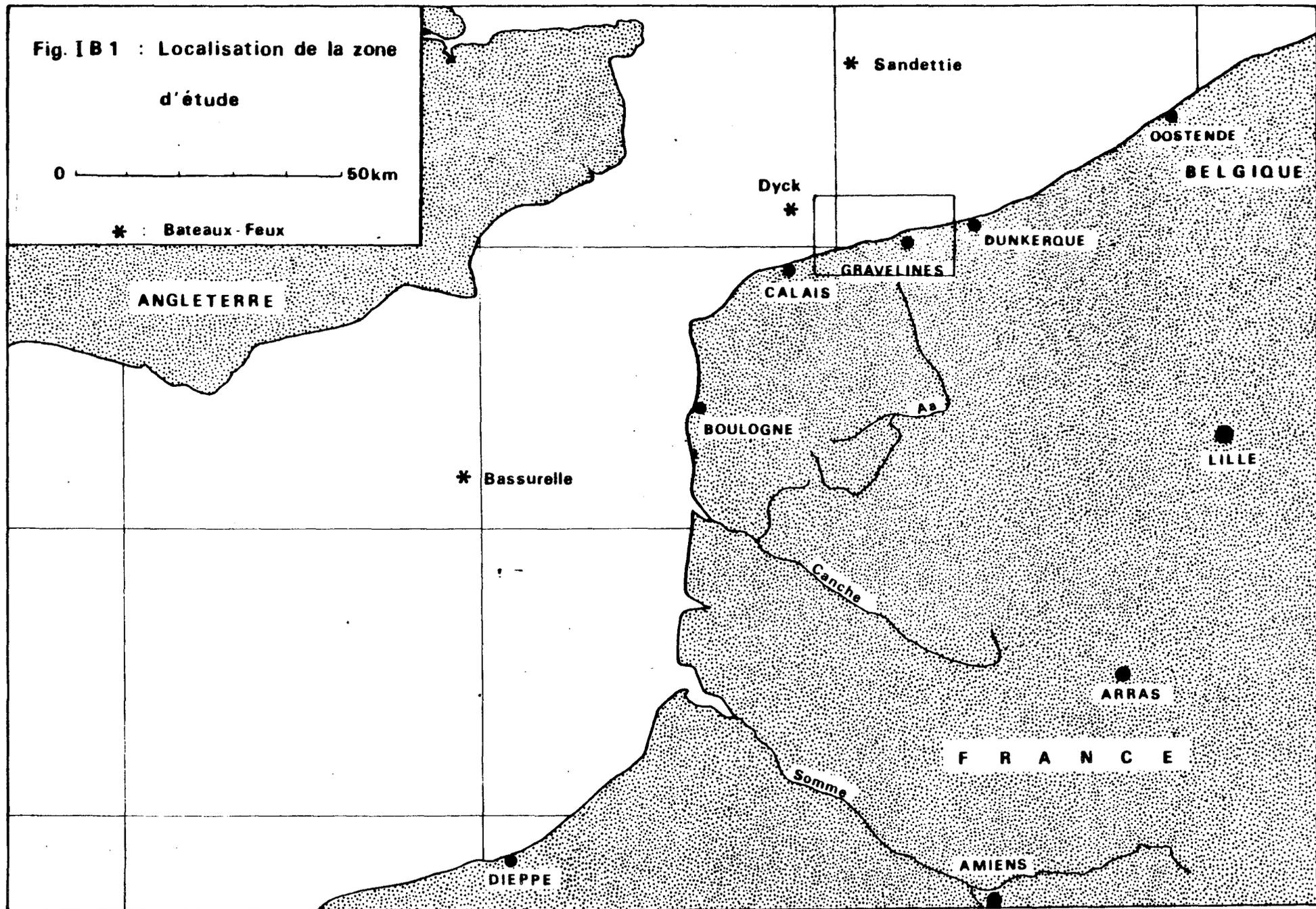
Le présent rapport fait état des résultats obtenus lors de l'étude de suivi 2ème cycle de juillet 1979 à octobre 1980.

Comme lors des cycles précédents, l'étude porte sur les paramètres physicochimiques de l'eau, sur les productions primaire et secondaire pélagiques avec estimations qualitatives et quantitatives des espèces du phytoplancton et du zooplancton, et sur les faunes benthiques intertidale et subtidale.

1 - B. PRESENTATION DU SITE

1. Géographie

La centrale se trouve située sur le littoral entre Calais et Dunkerque, sur le territoire de la commune de Gravelines (fig. 1.B.1).



Les installations de la centrale ont été établies à l'ouest du nouvel avant-port de Dunkerque ouest, où sont puisées les eaux (canal d'aménée) destinées au refroidissement des condenseurs.

2. Bilan climatologique du cycle d'étude*

(fig. I.B.2, 3 et 4)

L'été 1979 (juillet, août, septembre) est frais et relativement sec, alors que l'automne et le début de l'hiver (octobre, novembre, décembre) se caractérisent par leur douceur et leurs précipitations abondantes, remarquables surtout en décembre.

Les premiers mois de l'année 1980 montrent une succession de périodes très inégales : au mois de janvier froid et sec succède février doux et pluvieux. De même le mois de mars très pluvieux et froid précède avril sec mais frais. Mai, juin et juillet forment une période homogène dont les caractéristiques vont en s'amplifiant jusqu'à culminer en juillet : précipitations excédentaires, faiblesse relative des températures et de l'ensoleillement. Les mois d'août et de septembre rompent cette période pluvieuse par des précipitations déficitaires et par un retour à la normale des températures et de l'ensoleillement. Novembre et décembre, mois frais mais secs et ensoleillés sont séparés de la fin de l'été par un mois d'octobre pluvieux et frais.

Ce cycle d'étude peut être résumé en une longue période relativement fraîche interrompue par un début d'hiver 1979 très doux. L'hiver n'a été vraiment marqué qu'en janvier 1980, immédiatement suivi par un fort radoucissement en février. De mars à décembre 1980 les températures sont sensiblement inférieures à la normale sauf en août et en septembre. L'alternance des périodes sèches et pluvieuses est à noter, ainsi que la grande instabilité des tendances de l'ensoleillement.

3. Hydrographie

Les données hydrographiques proviennent des "Annuaire des marées" de 1978 et 1979 et de l'ouvrage "Courants de marées dans la Manche et sur les côtes françaises de l'Atlantique".

* Les qualificatifs employés relatifs aux précipitations, aux températures et à l'ensoleillement proviennent de la comparaison avec la moyenne des 35 dernières années enregistrée à la station de Lille-Lesquin.

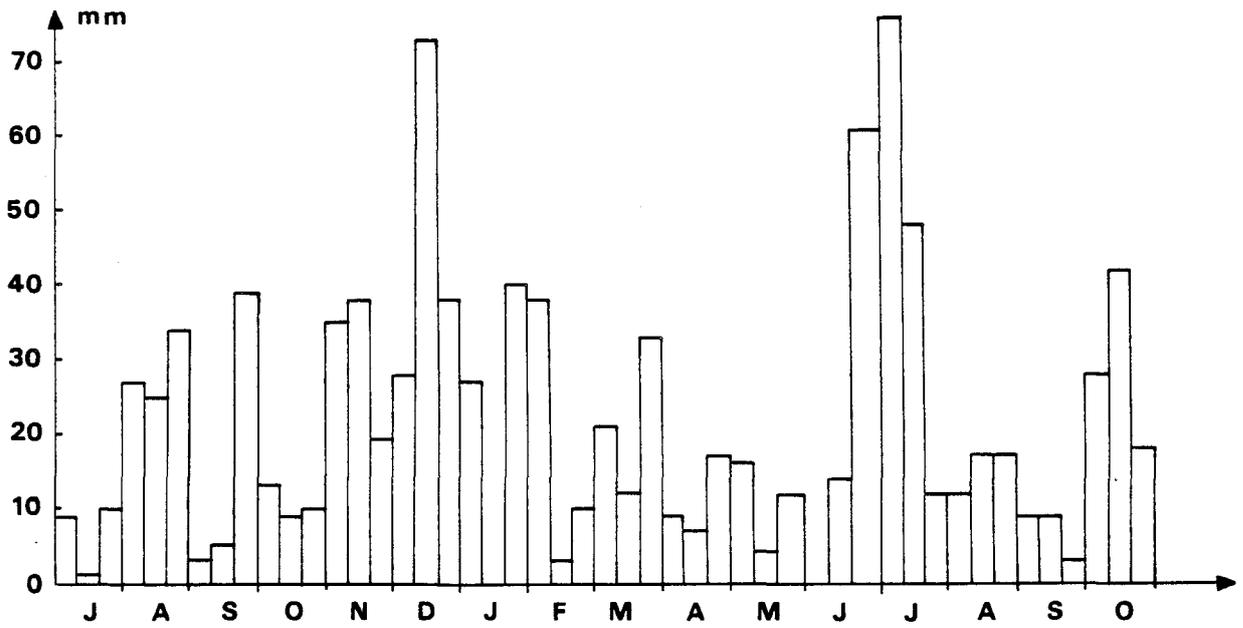


Fig. IB2 : Précipitations à Gravelines par décade

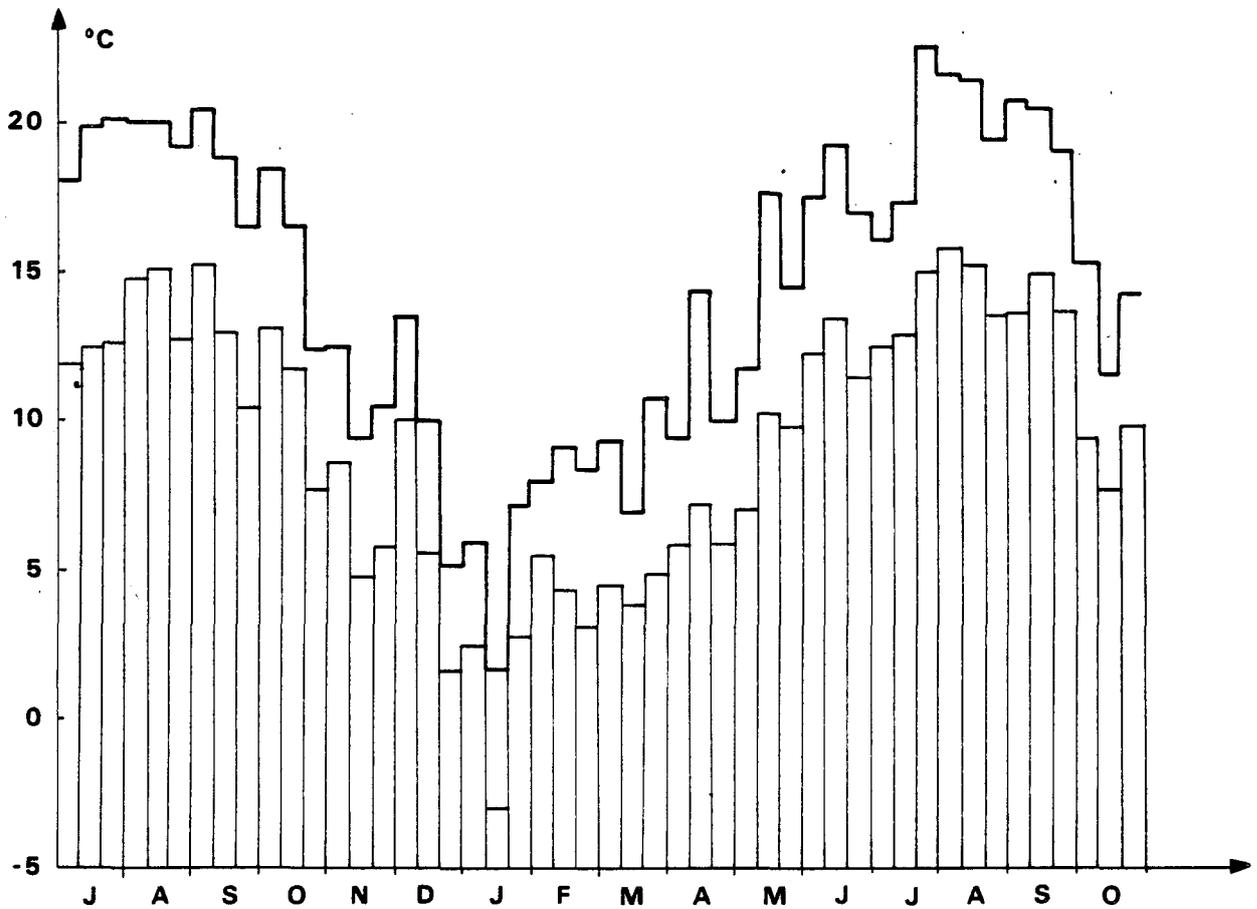


Fig. IB3 : Températures mini -maxi moyennes par décade

à Dunquerque - Sémaphore

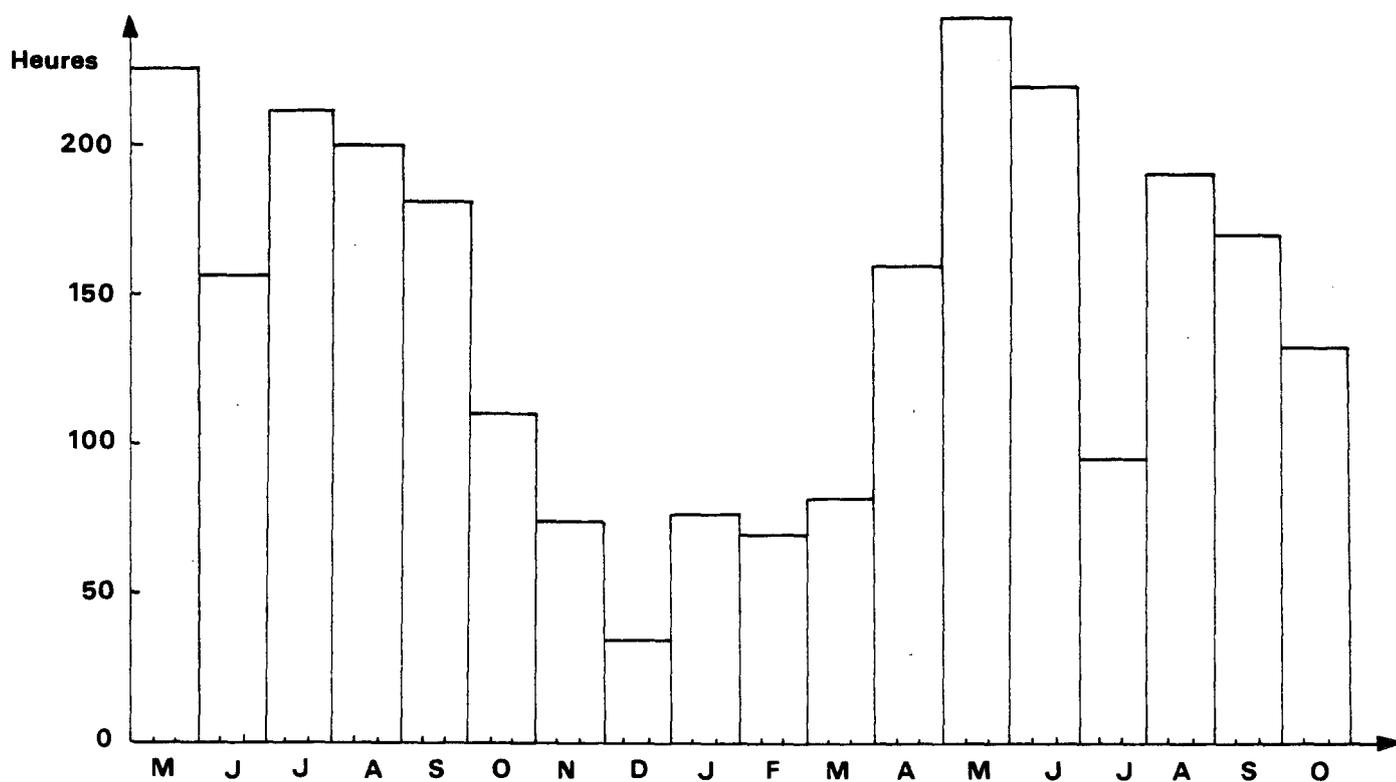
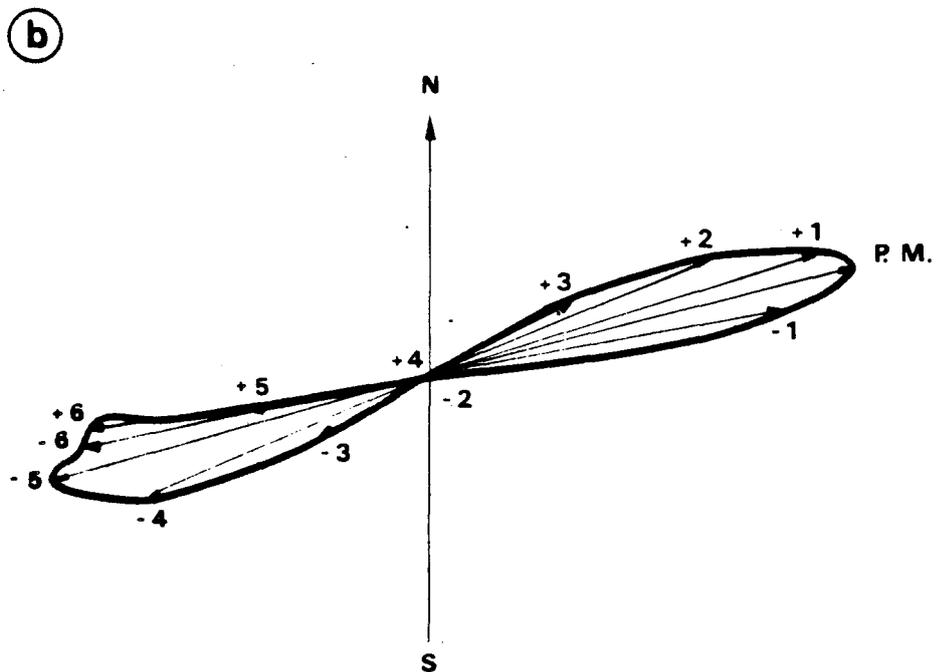
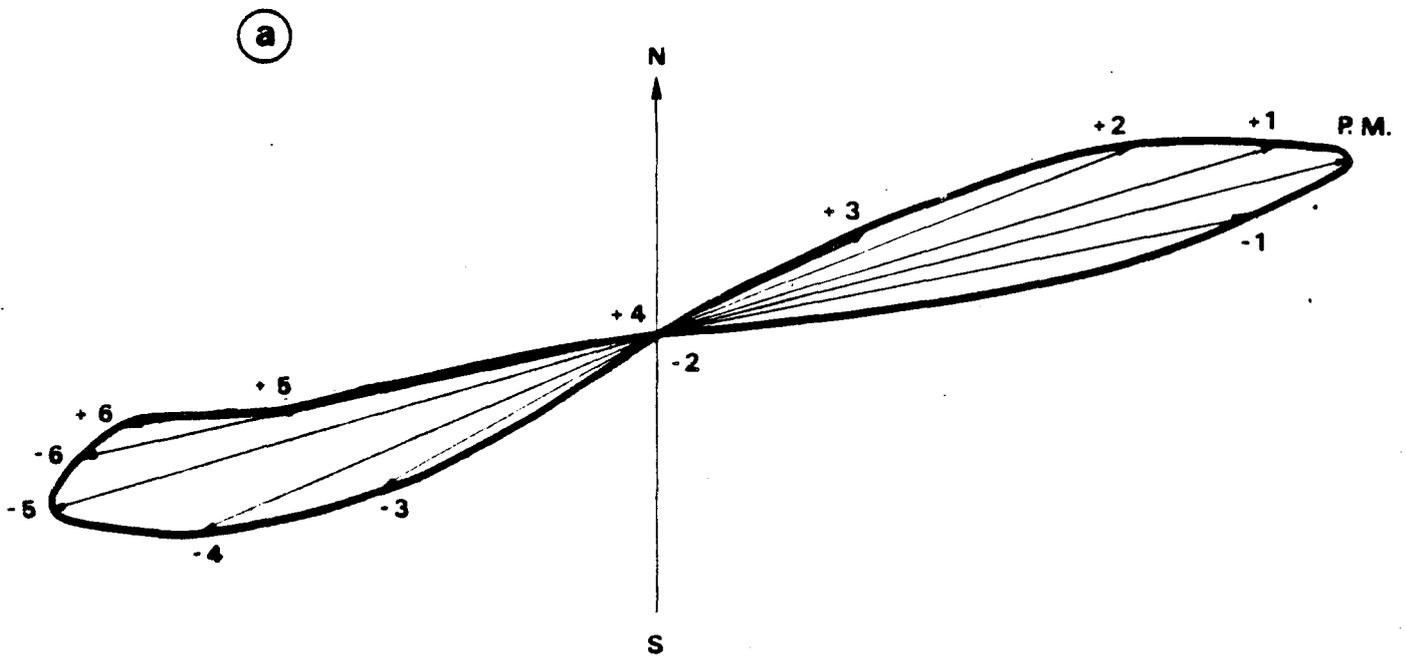


Fig. IB 4: Ensoleillement mensuel au Touquet

Fig. I B 5 . ROSE DES COURANTS DANS LA PASSE DE DUNKERQUE

- (a) VIVE EAU
 (b) MORTE EAU

1 Nœud



3.1. Marées

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

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

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

3.2. Courants

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

Courant de marée : dans la zone étudiée, les courants de marée sont alternatifs, de direction sensiblement parallèle à la côte. Pendant le flot, ils sont dirigés vers l'E-N-E ($65-70^\circ$) alors qu'au jusant ils portent à l'W-SW ($255-260^\circ$) (fig. I.B.5).

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

3.3. Les apports d'eaux

En plus des eaux de ruissellement et de celles de la nappe phréatique, il faut noter l'apport d'eaux douces amenées par l'Aa. La rivière, canalisée et détournée depuis St-Omer, a un débit très irrégulier. Une étude des apports telluriques sur le littoral Calais-Dunkerque a été réalisée par l'Institut National de Recherche Chimique Appliquée (MERTENS et AUDHEN, 1976) qui montre que l'Aa, grossie des canaux des Wateringues, a un débit à l'embouchure important : $357\ 671\ \text{m}^3/\text{jour}$, soit plus que le port de Dunkerque ($300\ 647\ \text{m}^3/\text{jour}$).

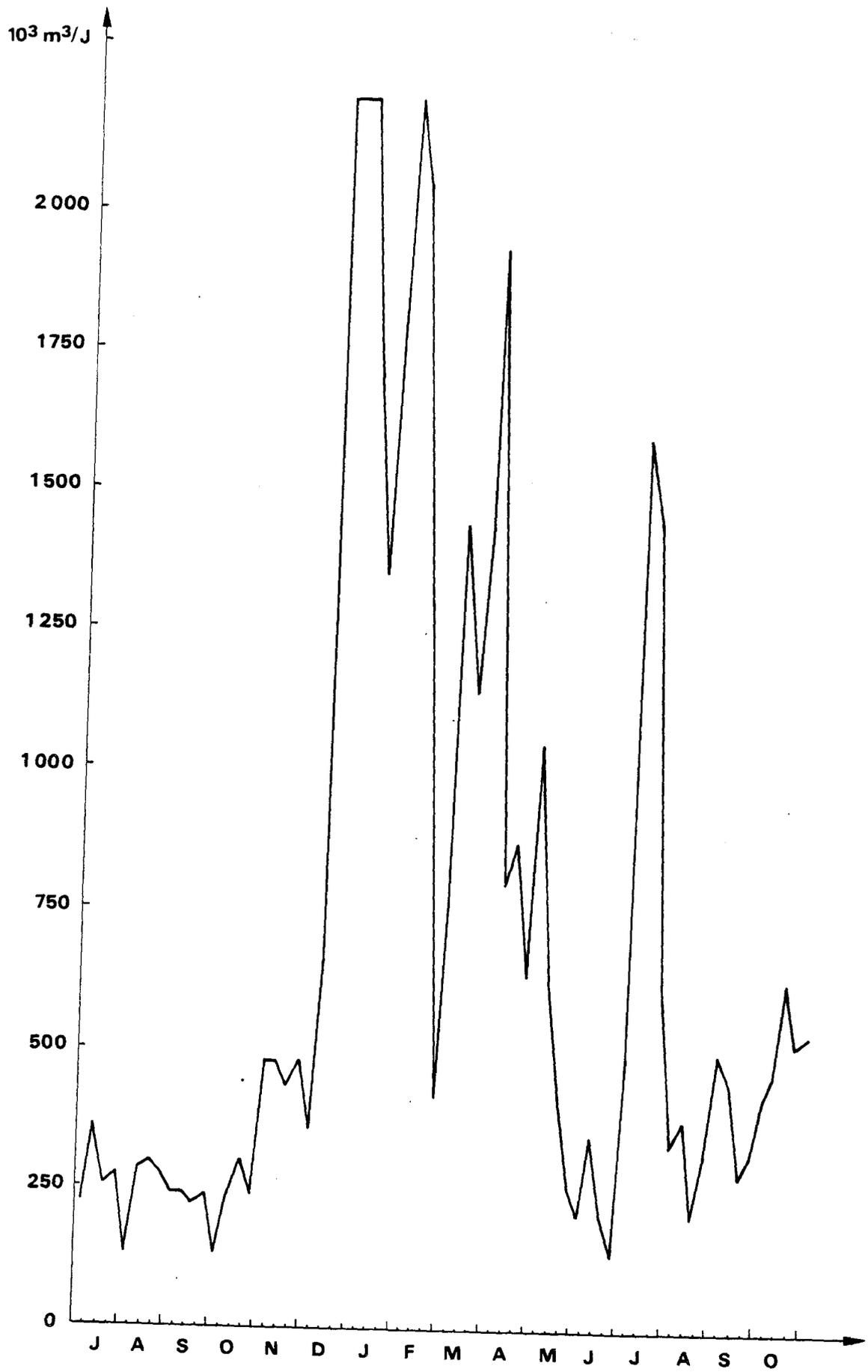


Fig. I B 6 : Débit approximatif de l'Aa : moyennes hebdomadaires

Le CIPLINOR (Cellule d'intervention contre la pollution marine du littoral du département du Nord) présente le bilan des apports telluriques sur trois années de mesures sur le littoral du Nord (1976-1977-1978) : le débit de l'Aa qui y est indiqué va de 0 à 2 200 000 m³/jour avec des moyennes annuelles de 660 000 m³/jour.

La figure I.B.6 montre l'évolution du débit approximatif de l'Aa (mesuré par le nombre de vannes ouvertes à Gravelines*). On remarque une bonne correspondance quantitative avec les données du CIPLINOR et la réponse relativement rapide du débit aux fluctuations des précipitations (fig.I - B.2.) ce qui est particulièrement visible en début juillet 1980.

Quoiqu'il en soit, l'Aa représente sur le site de la centrale de Gravelines un apport d'eau tellurique important et non exempt de pollutions. Par contre, le rapport du CIPLINOR considère comme négligeables les rejets polluants au niveau de l'avant-port ouest où les activités portuaires sont encore actuellement faibles.

Afin d'évaluer les modifications des masses d'eaux côtières dues aux apports de l'Aa, une station de prélèvement a été établie au niveau de l'Aa en avant de l'écluse.

* Nous remercions Monsieur l'Ingénieur en Chef du Service Maritime du Nord - Port de Gravelines, d'avoir bien voulu nous communiquer les données journalières des écluses de l'Aa.

CHAPITRE II

HYDROLOGIE

II - A. INTRODUCTION

II - B. PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

par la Station Marine de Wimereux

CHAPITRE II

HYDROLOGIE

II - A. INTRODUCTIONPrésentation des campagnes

Ce cycle d'étude a porté sur une période de 1 an et demi (juillet 1979 à octobre 1980). Les sorties ont eu lieu à bord du "Saint-Eloi", chalutier basé à Grand-Fort-Philippe.

1. Position des stations

La méthodologie de ce second cycle de suivi est la même que celle du cycle précédent.

La position des stations reste inchangée.

Stations	Coordonnées	
Côte	N 51° 1' 5/10	E 2° 7' 8/10
Médian	N 51° 2' 2/10	E 2° 8' 2/10
Large	N 51° 3' 4/10	E 2° 9' 1/10
Hors zone	N 51° 1' 9/10	E 2° 1' 1/10
Canal	N 51° 1' 3/10	E 2° 9' 2/10
Aa	N 50° 59' 0/10	E 2° 7' 3/10

Localisation des stations "Pelagos".

2. Périodicité des mesures

Les campagnes à bord du St-Eloi ont été programmées avec une périodicité mensuelle, avec toutefois une trame un peu plus resserrée lors des blooms phytoplanctoniques (cf. Tableau II.A.1.: calendrier des sorties "pelagos").

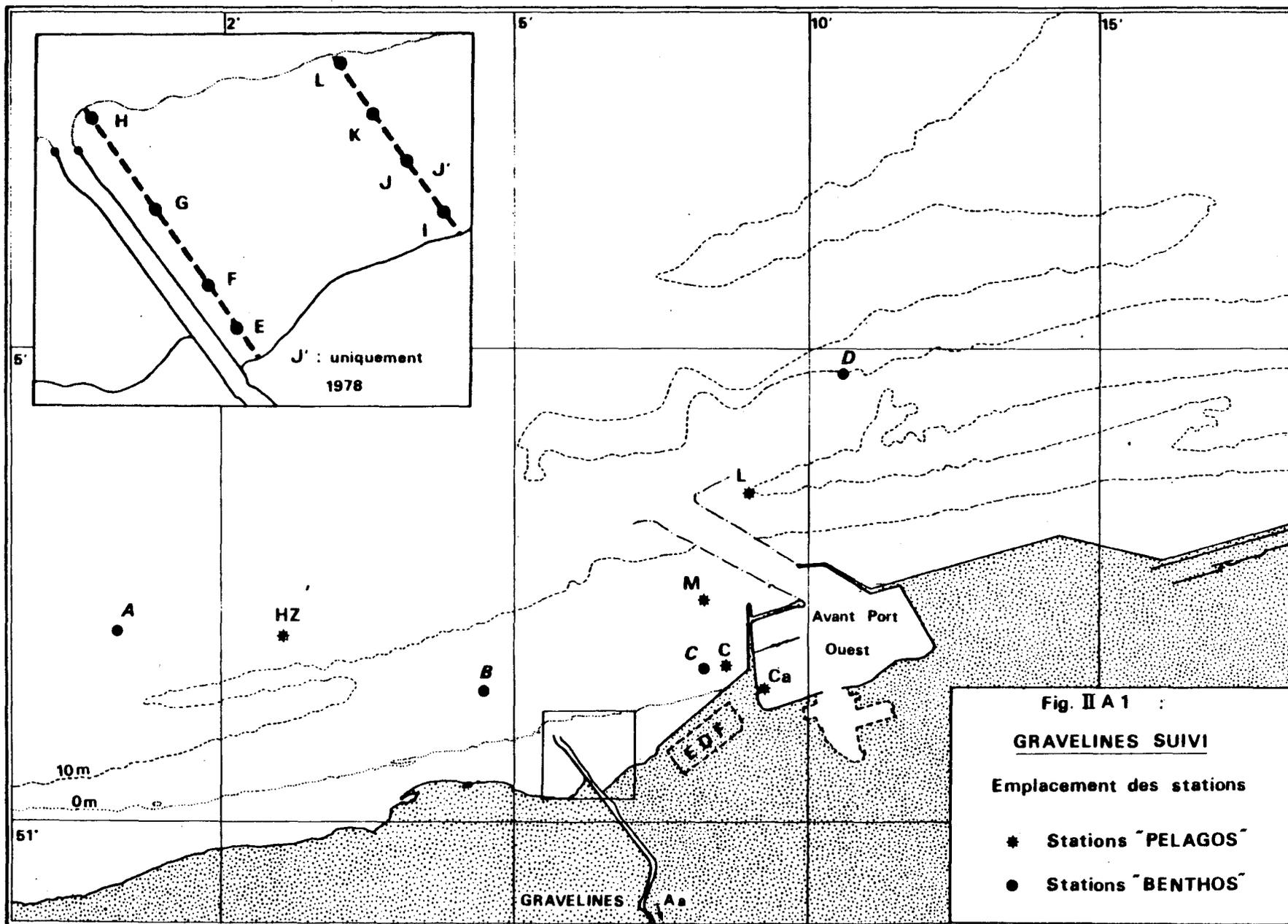


Tableau II - A.1. - Calendrier des sorties "pelagos".

Dates	Coefficient	C	M		L		HZ		Canal	Aa
		0 m	0 m	5 m	0 m	5 m	0 m	5 m	0 m	0 m
7.07.1979	46	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.08.1979	46	+	+	-	+	-	-	-	+	+
5.09.1979	88	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10.10.1979	83	+	+	+	+	+	+	+	+	+
22.11.1979	90	+	+	+	+	+	+	+	+	+
17.01.1980	84	+	+	+	+	-	+	-	+	+
27.02.1980	54	+	+	-	+	-	+	-	+	+
27.03.1980	49	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16.04.1980	115	+	+	+	+	+	+	+	+	+
26.04.1980	55	+	+	-	+	-	+	-	+	+
28.05.1980	73	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25.06.1980	58	+	+	+	+	+	+	+	+	+
24.07.1980	51	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11.08.1980	85	+	+	+	+	+	+	+	+	+
22.09.1980	72	+	+	+	+	+	-	-	+	+
21.10.1980	74	+	+	+	+	+	+	+	+	+

3. Conditions climatologiques lors des mesures

Les figures II - A.2. à II - A.5. indiquent, pour les cinq jours précédant chaque campagne, la direction et la force du vent, ainsi que la hauteur des vagues à Sandettie (Bateau-feu).

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

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

4. Paramètres mesurés

Les masses d'eau sont caractérisées par divers paramètres que l'on peut séparer en deux groupes :

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

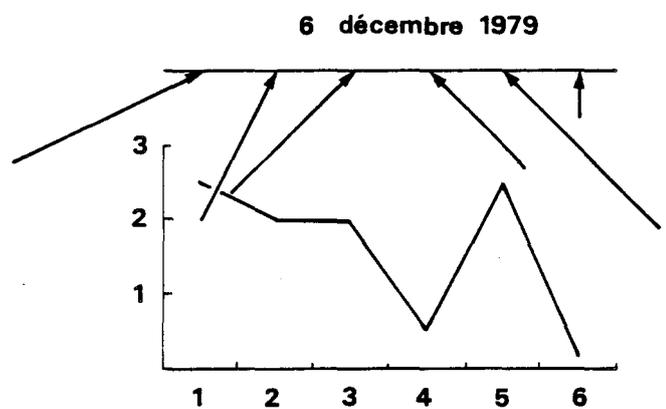
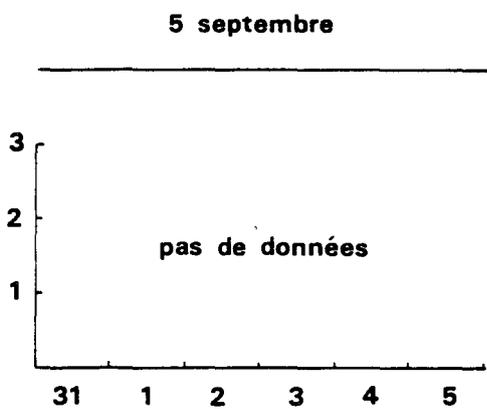
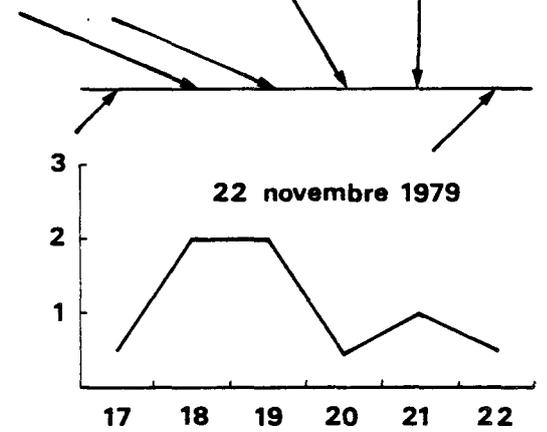
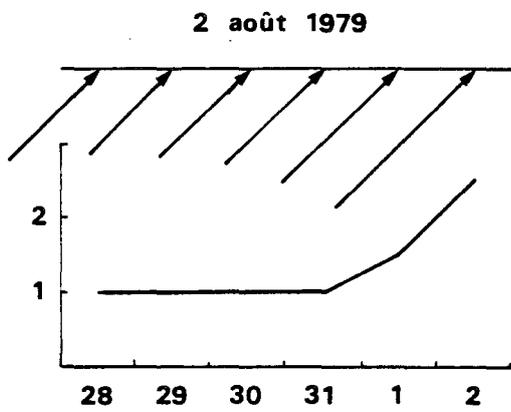
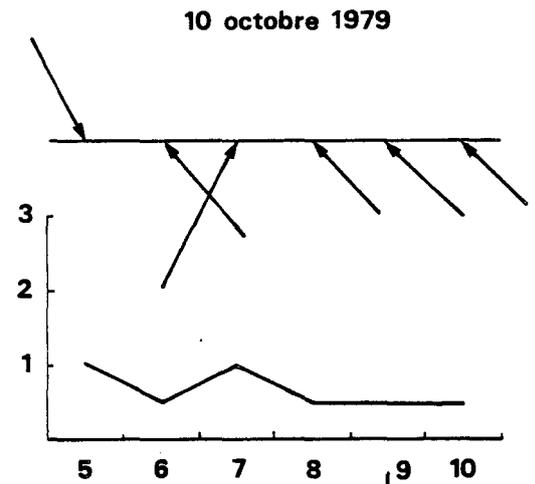
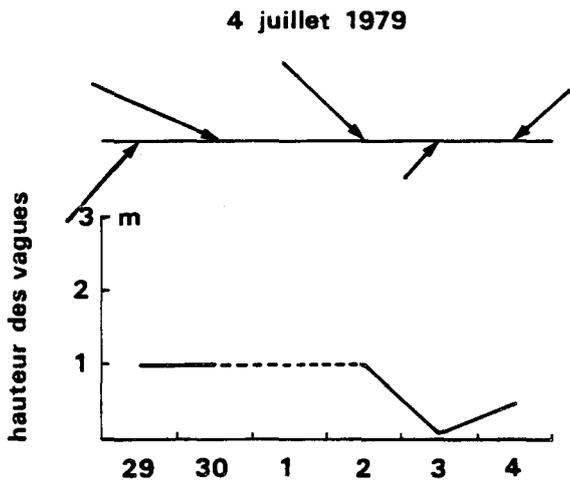
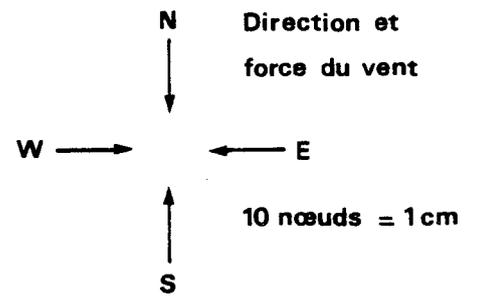
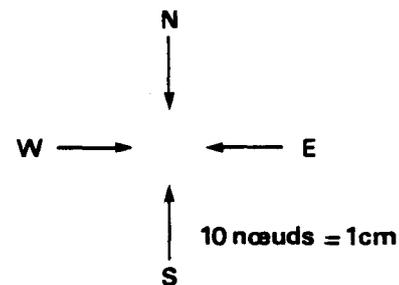
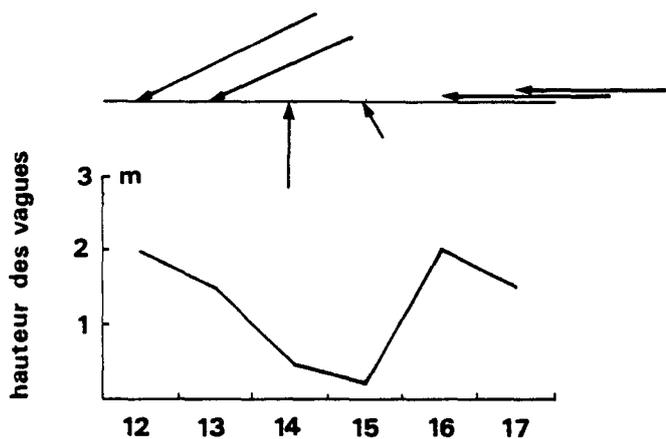


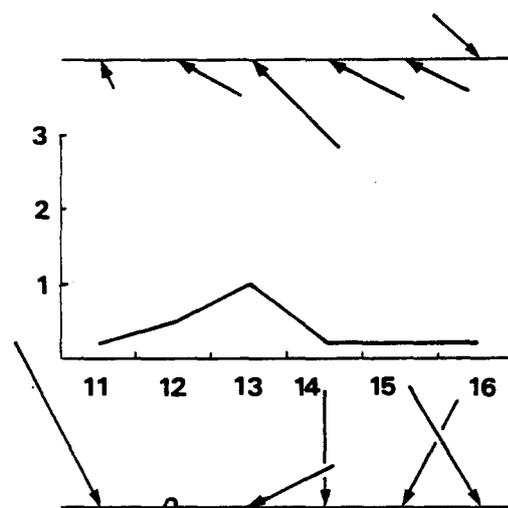
Fig. II A 3



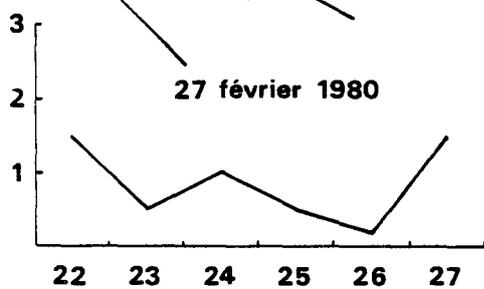
17 janvier 1980



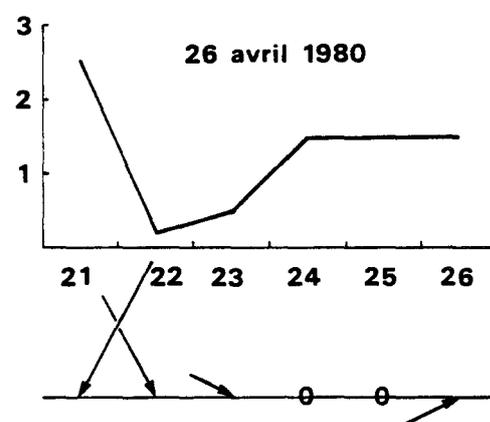
16 avril 1980



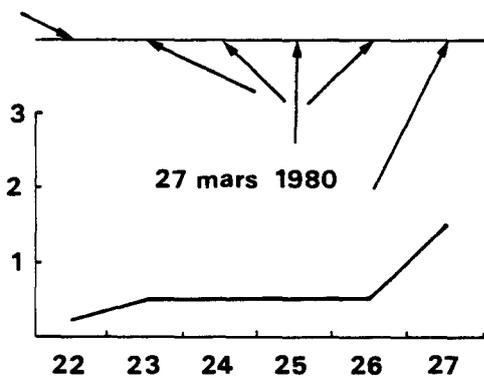
27 février 1980



26 avril 1980



27 mars 1980



28 mai 1980

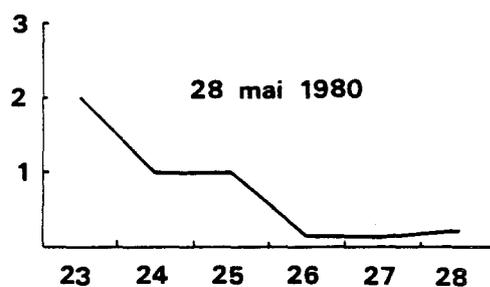
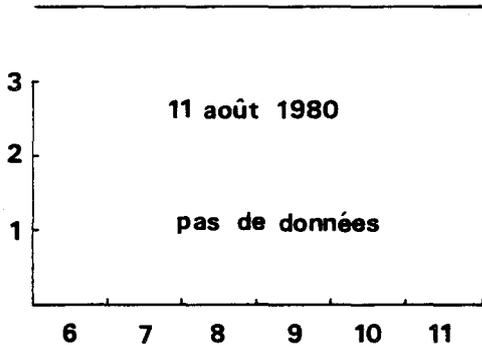
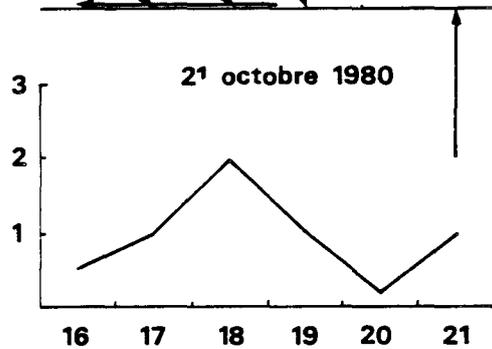
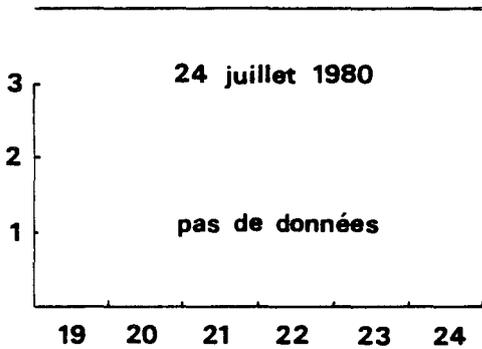
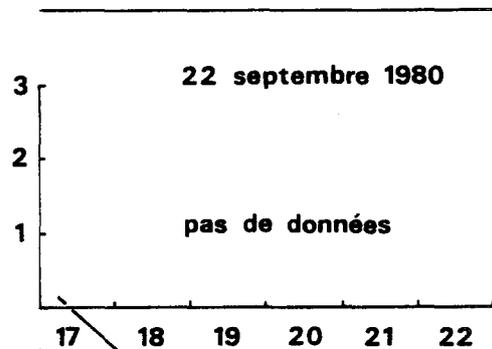
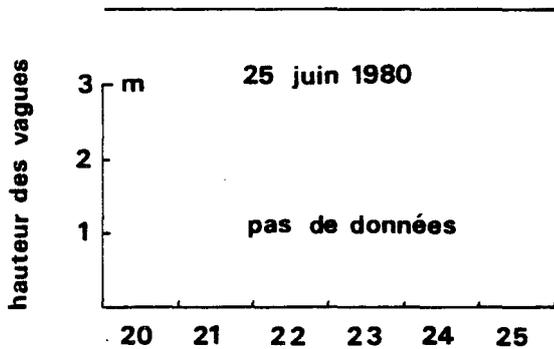
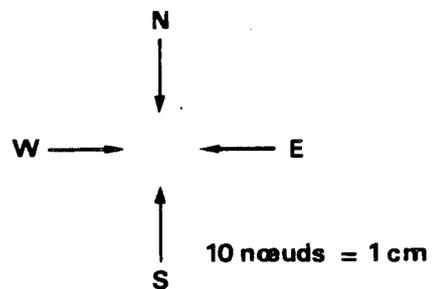


Fig. II A 4



paramètres physiques (transparence de l'eau, température, salinité) et chimiques (pH, oxygène dissous, matières en suspension, sels nutritifs),

paramètres biologiques : étude des pigments, des populations planctoniques, productions primaire et secondaire.

II - B. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

1. Matériel et méthodes

Les résultats des premiers travaux effectués sur le site de Gravelines ont montré qu'il était possible de réduire le nombre des niveaux de prélèvement sans nuire à la qualité des résultats. Déjà l'étude précédente (étude de "projet" août 1976 à juillet 1977) avait pour cela été restreinte à trois niveaux : sub-surface, 5 m et niveau le plus proche du fond (10, 15, 20 ou 25 m). La présente étude de suivi, plus succincte, ne tient compte que de deux niveaux : sub-surface et 5 m.

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

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

Le système de filtration sous pression placé à bord a été conçu par A. RICHARD et réalisé à la Station de WIMEREUX (cf. rapport précédent). Le même principe de filtration a été repris par l'équipe du C.O.B.

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

Nous avons mesuré la température grâce aux thermomètres à renversement RICHTER et WIESE adaptés sur les bouteilles. La précision est d'environ 1/100°C.

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

Pour le dosage de l'oxygène dissous, l'échantillon est transféré de la bouteille de prélèvement dans un flacon en verre à col rodé. Tout barbotage avec l'air atmosphérique est évité au moyen d'un tuyau souple plongeant jusqu'au fond du flacon. Le dosage est ensuite réalisé selon la classique méthode de WINKLER. Les deux premiers réactifs (solution de Manganèse II et base forte) sont additionnés à l'eau de mer immédiatement après le prélèvement, à l'aide de pipettes automatiques GILSON, juste sous la surface de l'échantillon. On bouche rapidement sans emprisonner de bulle d'air et on agite vigoureusement pour disperser le précipité formé. Les échantillons ainsi traités sont immergés complètement dans l'eau de mer et conservés à l'abri de la lumière. L'acidification et le dosage proprement dit ont lieu au laboratoire de WIMEREUX dans la semaine suivant le prélèvement. Le titrage est effectué sur des prises d'essai de 50 ml au moyen d'un Dosimat E 535 relié à un Titrator E 526. La précision ainsi obtenue est de l'ordre de $5 \cdot 10^{-2}$ ml/l.

Pour obtenir le pourcentage de saturation il faut tenir compte de la température et de la salinité (Tables du N.I.O.G.B. et Unesco 1973). La précision est alors de 10^{-1} % de saturation.

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

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

* La turbidité peut être telle que pour éviter le colmatage il faut parfois diminuer le volume.

res en suspension dans l'eau (turbidité minérale + turbidité organique).

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

La précision obtenue est la suivante :

Nitrites $\pm 0,02 \mu\text{atg N-NO}_2^-/1$

Nitrates $\pm 0,08 \mu\text{atg N-NO}_3^-/1$

Phosphates $\pm 0,01 \mu\text{atg P-PO}_4^{3-}/1$

Silicates $\pm 0,1 \mu\text{atg Si-SiO}_3^-/1$

Pour l'estimation de l'ammoniac dissous, l'eau est versée immédiatement après le prélèvement dans des flacons en verre de 125 ml, remplis à 105 ml (après filtration sur soie de 40 μ). L'addition des réactifs, à l'aide de dispensettes BRAND, est faite aussitôt. Après chaque addition de réactif, le flacon est bouché et agité. Les échantillons sont ensuite conservés à l'obscurité à température ambiante. Le dosage (selon la méthode manuelle de KOROLEFF, 1969) a lieu le lendemain de la sortie (ou à défaut le plus tôt possible) par mesure des densités optiques par rapport à l'eau distillée dans la cuve à flux continu du colorimètre de l'AUTOANALYZER II TECHNICON.

Les résultats des différents dosages et mesures sont regroupés par campagne pour toutes les stations et pour chaque niveau dans les tableaux en annexe.

2. Variations des paramètres physico-chimiques

2.1. Température

a - Variations temporelles (fig. II.B.2.)

On retrouve pour ce cycle 1979-1980 l'allure générale classique de l'évolution de la température de l'eau de mer : sinusoïdale avec un minimum en janvier 80 séparant les deux maxima d'août 1979 et d'août 1980. Comme durant les cycles précédents on observe aussi un palier dans l'augmentation printanière de la température entre le 16 et le 26 avril 1980. Ce palier (qui a fort bien pu être une baisse entre nos deux dates d'échantillonnage) semble correspondre à une caractéristique périodique annuelle. Si ses

Fig. II B 1 : SALINITE

Moyenne C,M,L

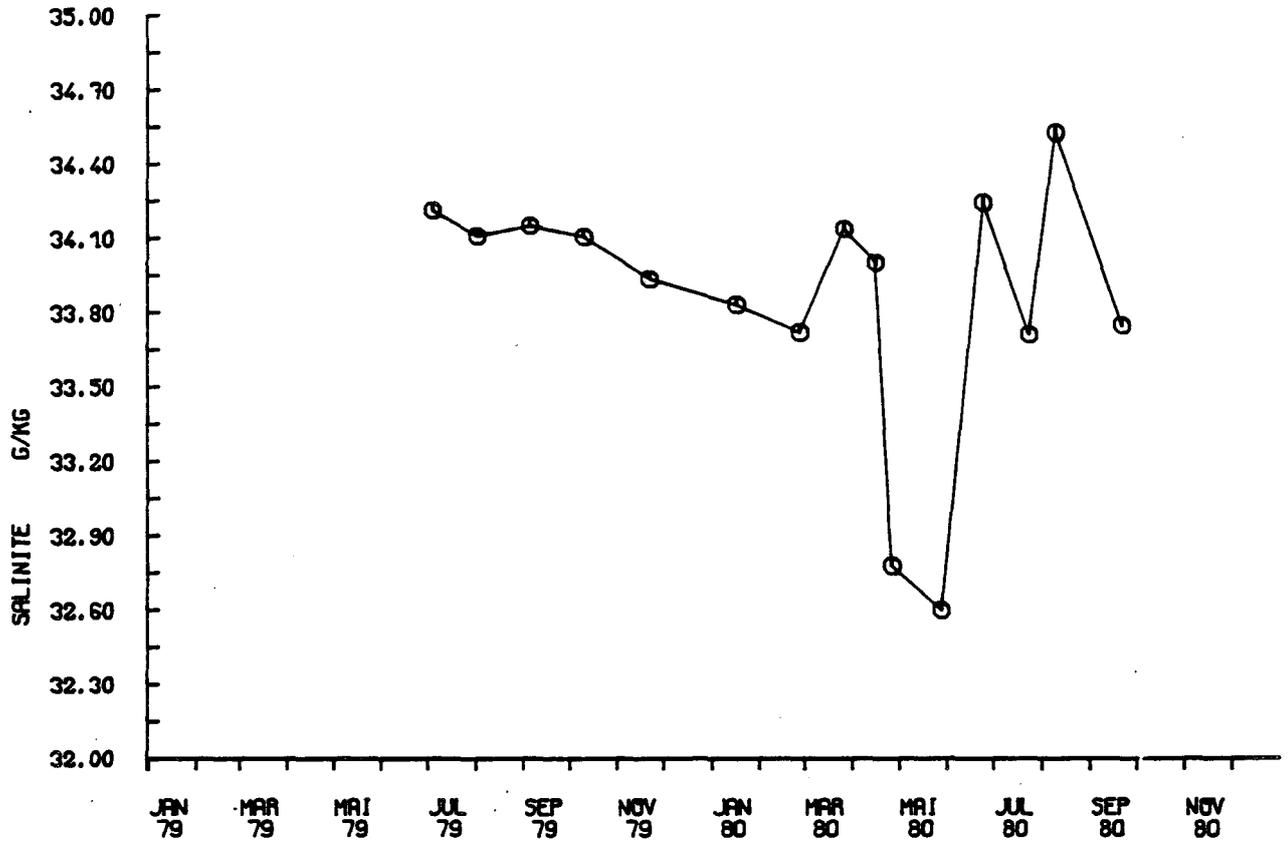


Fig. II B 2 : TEMPERATURE

Moyenne C,M,L

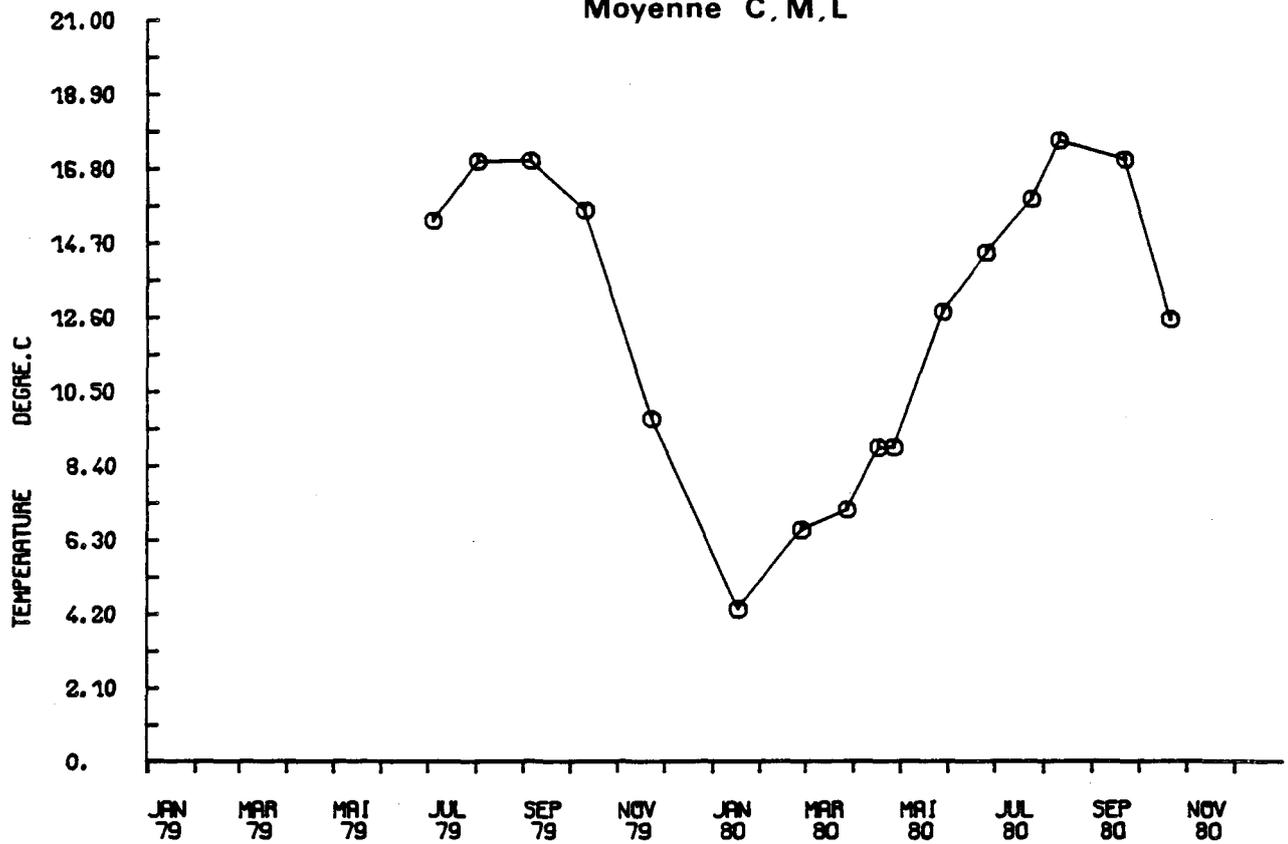


Fig. II B 3 : TEMPERATURE DE L'EAU

Moyenne des stations marines

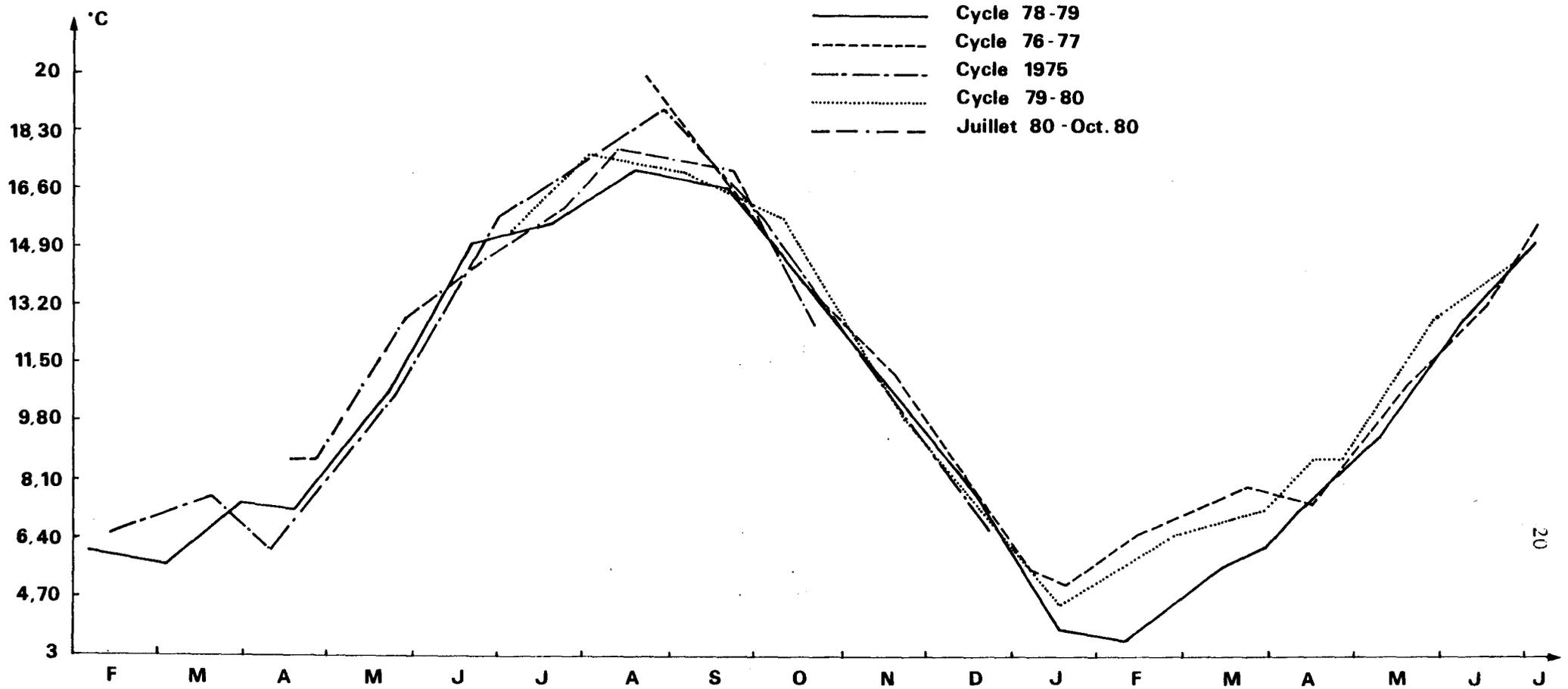
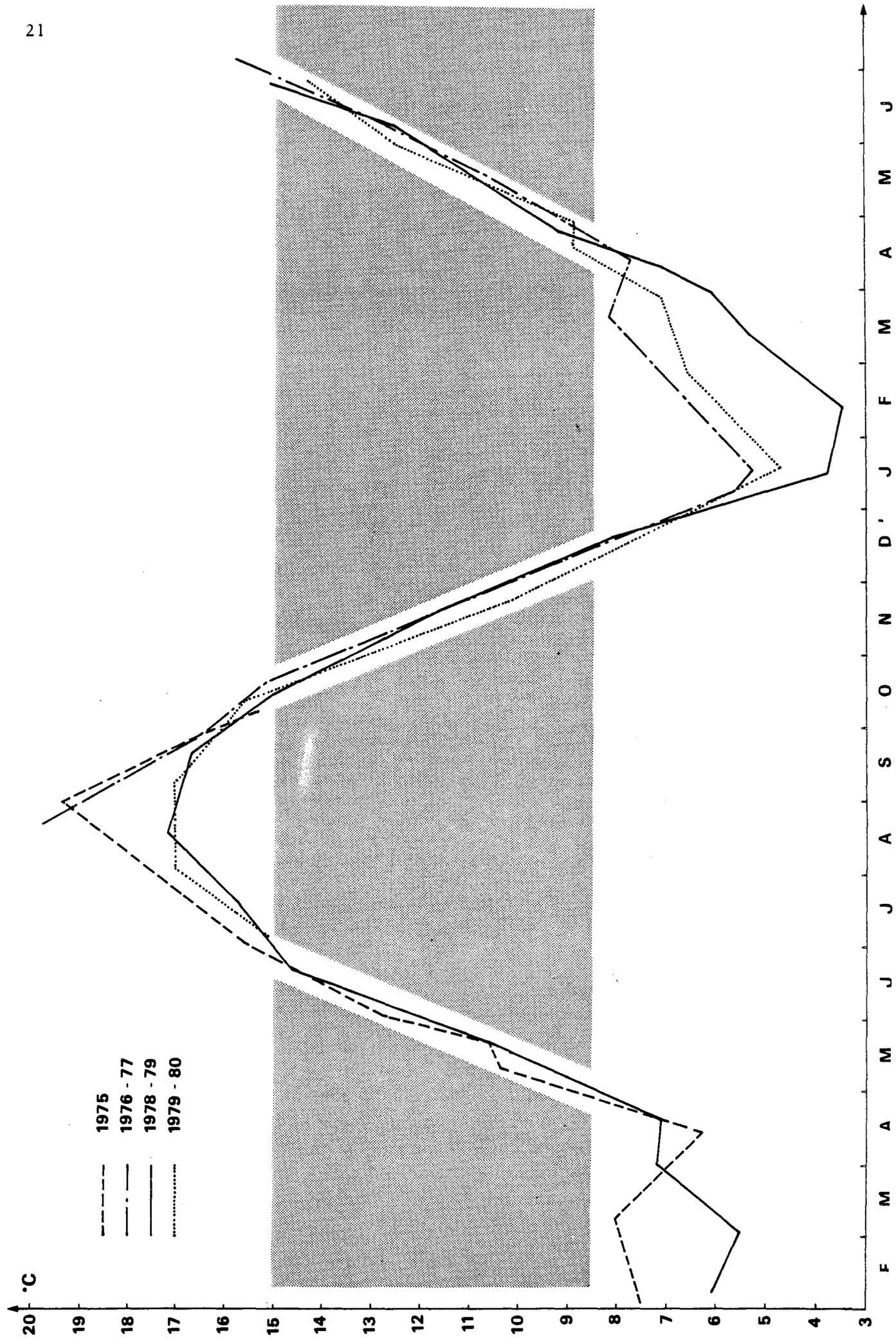


Fig. II B 4 : Température de l'eau au point H.Z.



effets se font ressentir par une baisse de la production hétérotrophe bactérienne (chap. II - E.) que l'on admet être très dépendante de la température, on voit qu'il n'y a pas d'effet sur le bloom phytoplanctonique printannier (chap. II - C.2.) qui continue sa croissance. Les maxima et le minimum observés durant ce cycle d'étude sont dans les limites déjà observées lors des cycles précédents : 17,5°C pour la moyenne des points de la radiale le 2 août 1979, 4,3°C en janvier 1980 et 17,6°C en août 1980.

On retrouve une bonne superposition des courbes de variations de la température d'année en année pour les périodes où elle croît ou décroît régulièrement : températures comprises en 8 et 15°C de la mi-avril à la fin juin, et d'octobre à décembre (fig. II - B.3. et II - B.4.). Il apparaît que cette relative permanence pourra servir ultérieurement d'utile point de comparaison pour l'évolution thermique des stations.

b - Variations spatiales

Malgré le début de fonctionnement de la 1ère tranche en mars 1980, aucun effet thermique net n'a pour l'instant été enregistré ne serait-ce qu'au point côtier. On observe le classique gradient côte-large qui s'inverse au printemps et à l'automne : températures plus élevées en été et plus froides en hiver à la côte. Le gradient surface/- 5m, pratiquement nul, s'observe dans quelques cas et n'a alors que quelques centièmes de degrés, voir un dixième au maximum d'amplitude. Une fois seulement près de 2/10° de degré ont été observés le 24 juillet 1980 au point du large.

2.2. Salinité (fig. II - B.1.)

Soumise aux influences continentales, aux précipitations et à l'évaporation, 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. La salinité diminue néanmoins de juillet 1979 à janvier 1980 en raison de la pluviosité qui s'amplifie d'août à décembre. De janvier à octobre 1980, l'irrégularité climatologique se trouve retranscrite dans l'évolution de la salinité mais la caractéristique essentielle de cette étude se situe de fin avril à fin mai 1980 : une chute remarquable de la salinité qui passe de 34,0 ‰ le 16 avril à 32,7 ‰ le 26 et 32,6 ‰ le 28 mai avant de remonter à 34,2 ‰ le 25 juin. Nous verrons que cet accident touche aussi bien d'autres paramètres étudiés et affecte directement le milieu biologique. Les précipitations de cette période ne permettent pas d'expliquer ce phénomène (fig. I - B.2.) ni le débit de l'Aa alors en pleine décroissance (fig. I - B.6.). Une hypothèse très vraisemblable faisant intervenir (comme en 1975) des eaux dessa-

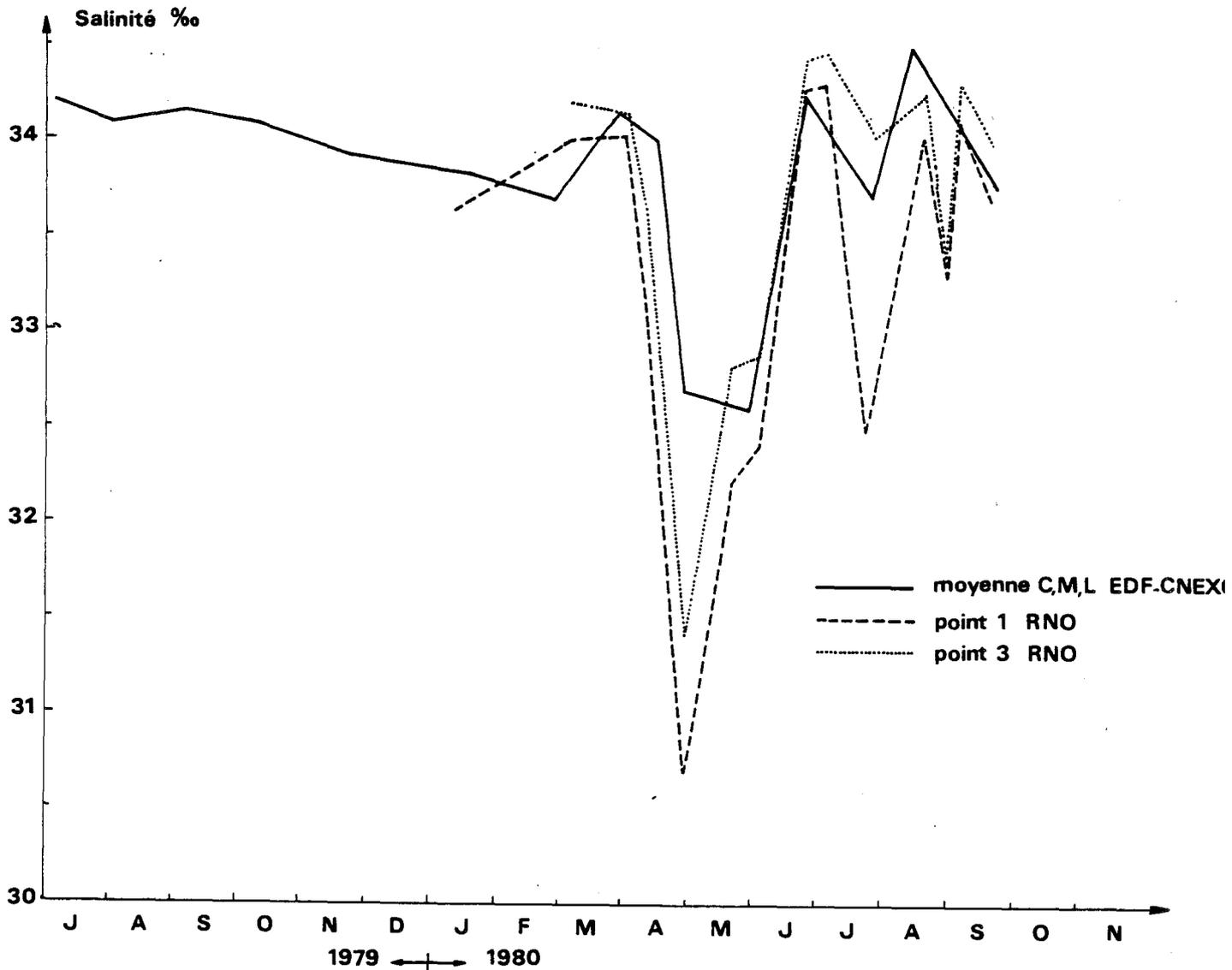
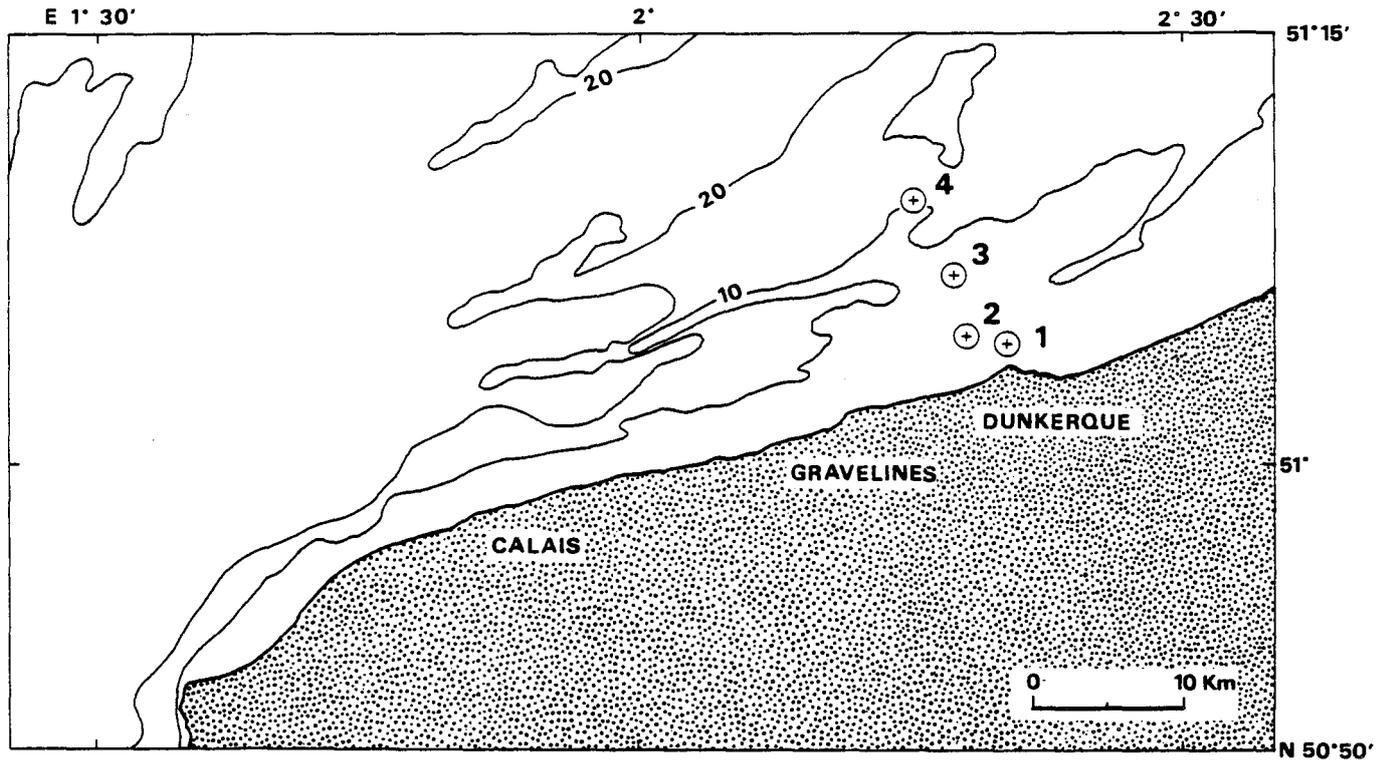
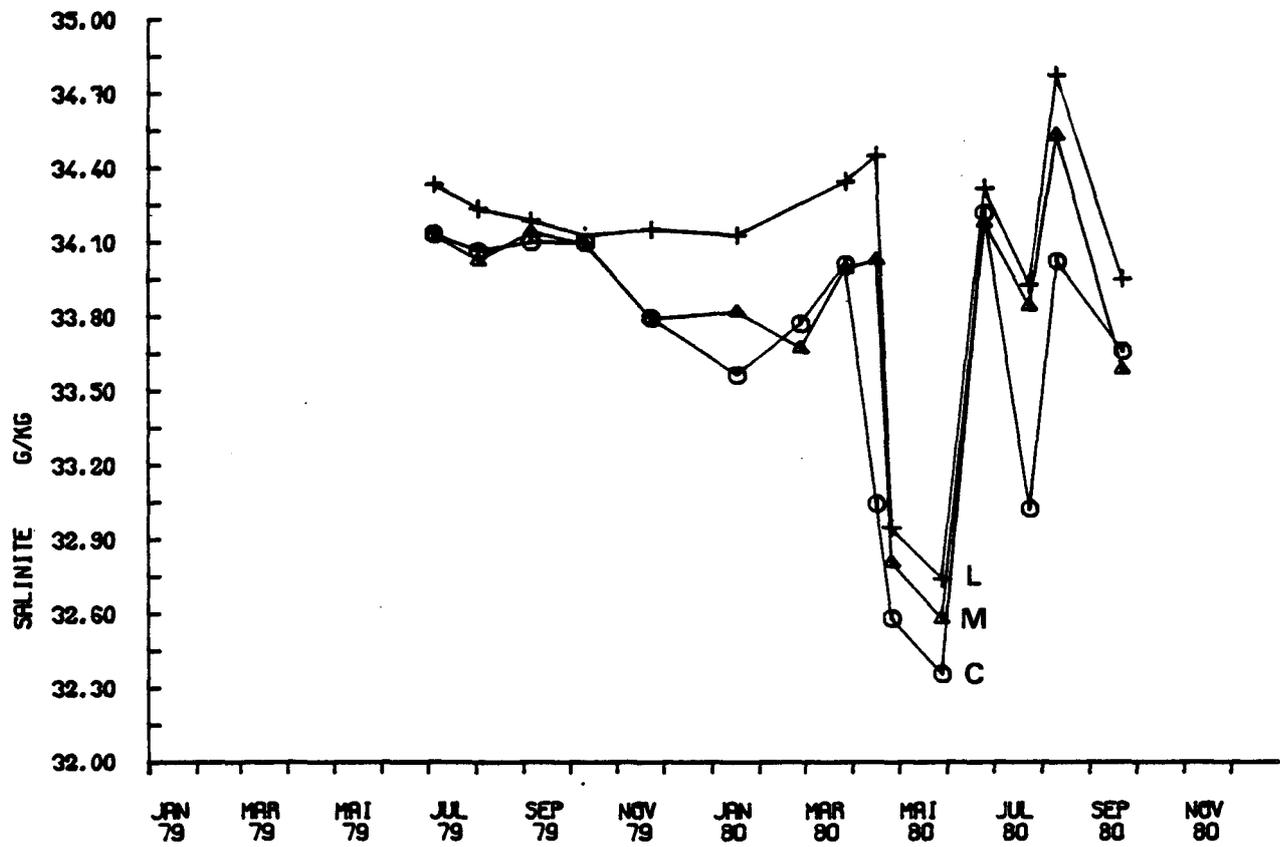


Fig. II B 6 : SALINITE

C, M, L



lées originaires de l'Escaut se trouve confortée par le régime des vents régnant sur la région depuis le début du mois d'avril : vents modérés de Nord et de Nord-Est soufflant parfois en rafales, remplacés en mai par des vents de Nord, du 1 au 20, puis de Nord-Ouest avant de devenir variables. Si l'on se rapporte aux observations du R.N.O. à Dunkerque (fig. II - B. 5 et tableau II - B. 1) on constate le même phénomène aux points 1 et 3 de la radiale d'échantillonnage. On observe, comme pour le site de Gravelines, un gradient côte-large de salinité lors de cette dessalure devant Dunkerque. Le phénomène est plus intense encore que celui observé à Gravelines, et il semble apparaître plus tôt que sur ce site. Ces faits semblent accréditer l'hypothèse d'eaux venues du Nord-Est sur le site de Gravelines.

Tableau II - B. 1 - Salinités (‰) observées sur le site de Dunkerque aux points 1 et 3 (R.N.O.).

Date	Point 1	Point 3
10.1.80	33,63	—
11.2.80	33,86	—
4.3.80	33,98	34,20
31.3.80	34,00	34,12
10.4.80	33,08	33,62
28.4.80	30,70	31,27
12.5.80	31,67	32,43
19.5.80	32,39	32,81
2.6.80	32,44	32,86
24.6.80	34,24	34,43
1.7.80	34,29	34,46
23.7.80	32,48	34,05
18.8.80	34,03	34,24
28.8.80	33,30	33,39
4.9.80	34,13	34,30
18.9.80	33,70	33,95

Variations spatiales (fig. II - B. 6)

Comme pour la température, on n'observe pas de gradient surface/- 5m significatif. Le gradient côte-large est par contre nettement observable, distinguant surtout le point du large des points côtier et média de la radiale. Cette situation est encore accentuée en janvier 1980. Le débi de l'Aa, depuis décembre 1979 culmine alors à son maximum et cet apport tel-

moyenne C, M, L

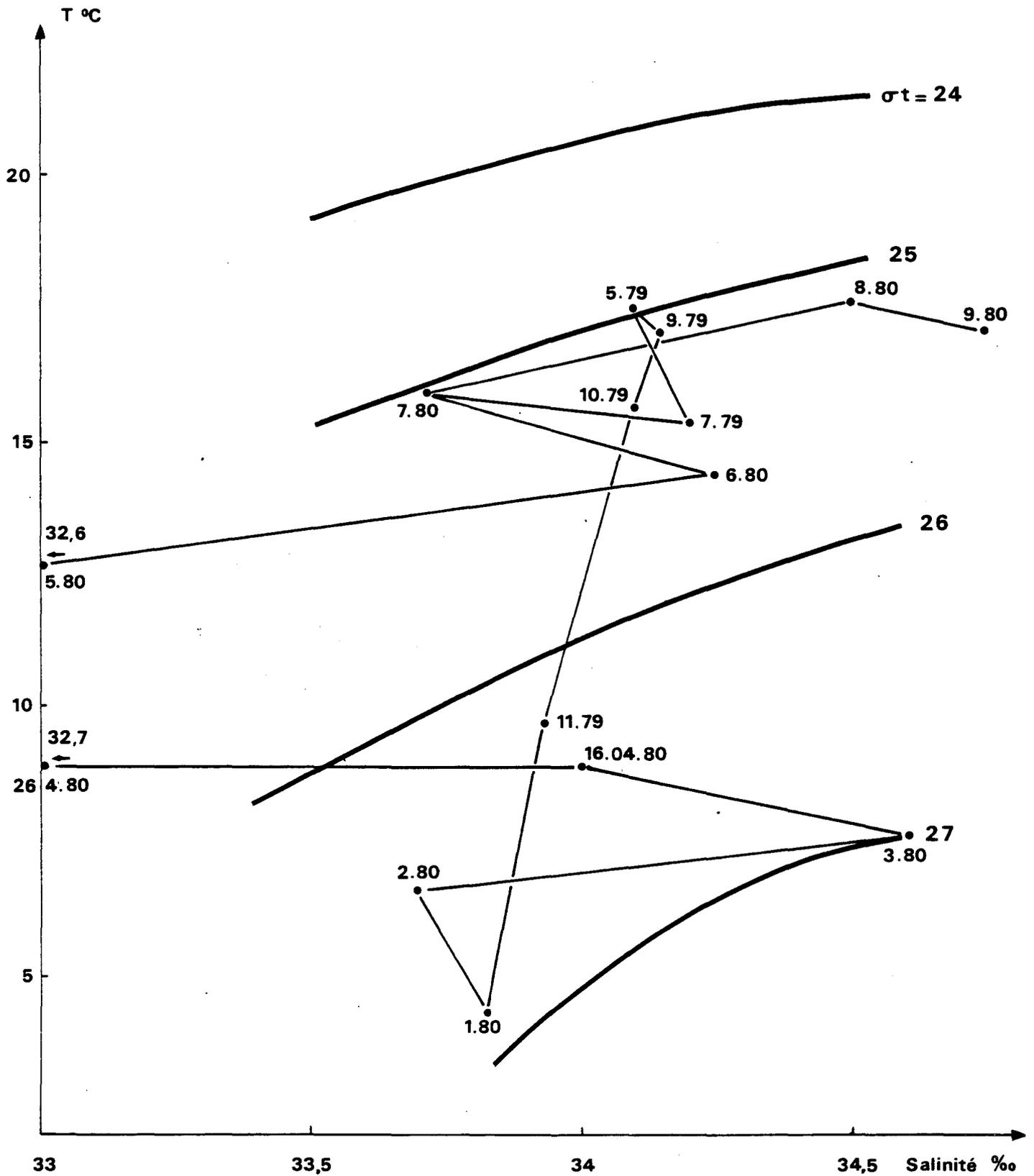


Fig. II B 8 : Diagramme Température-Salinité

Point Hors-Zone

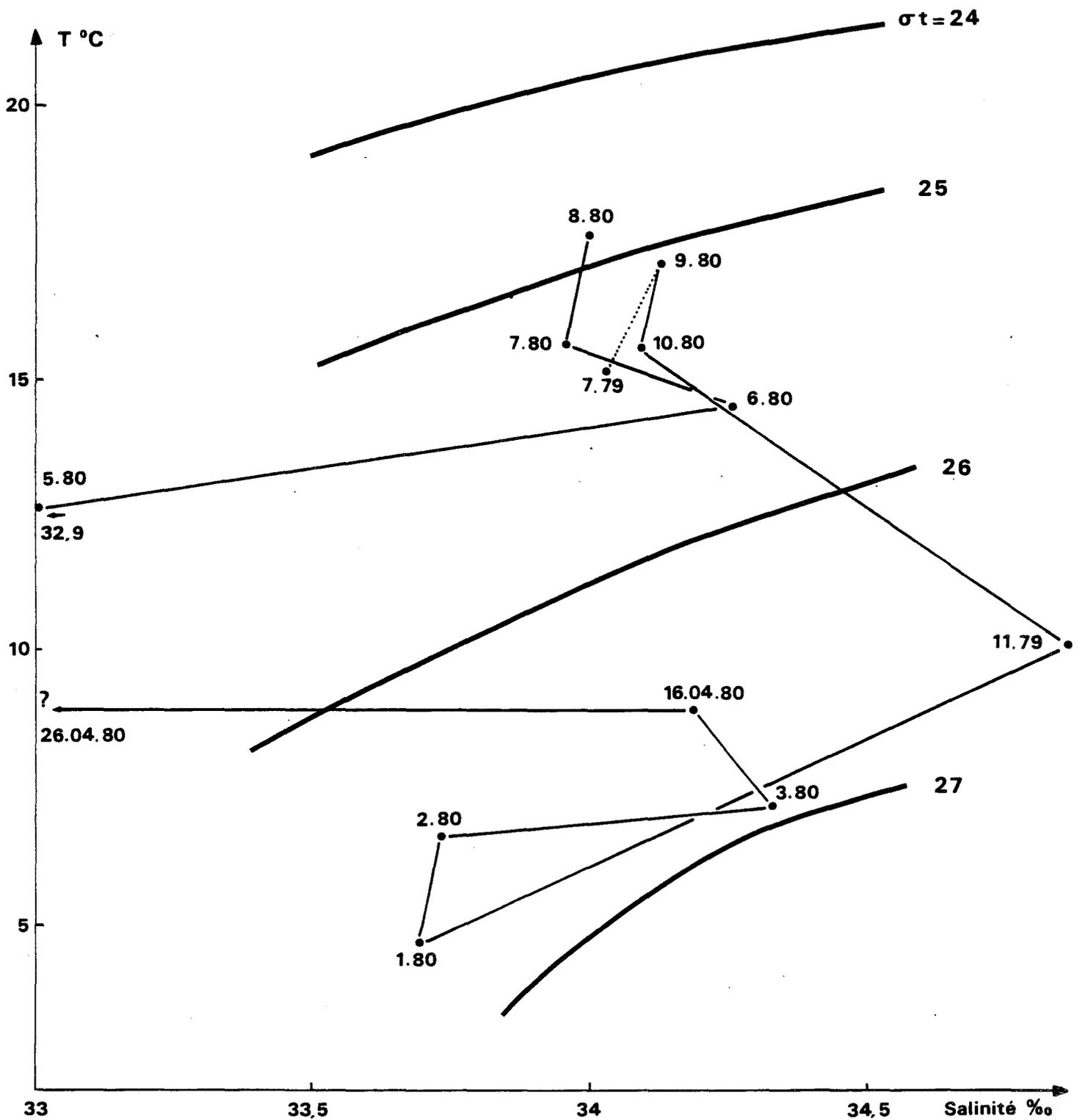
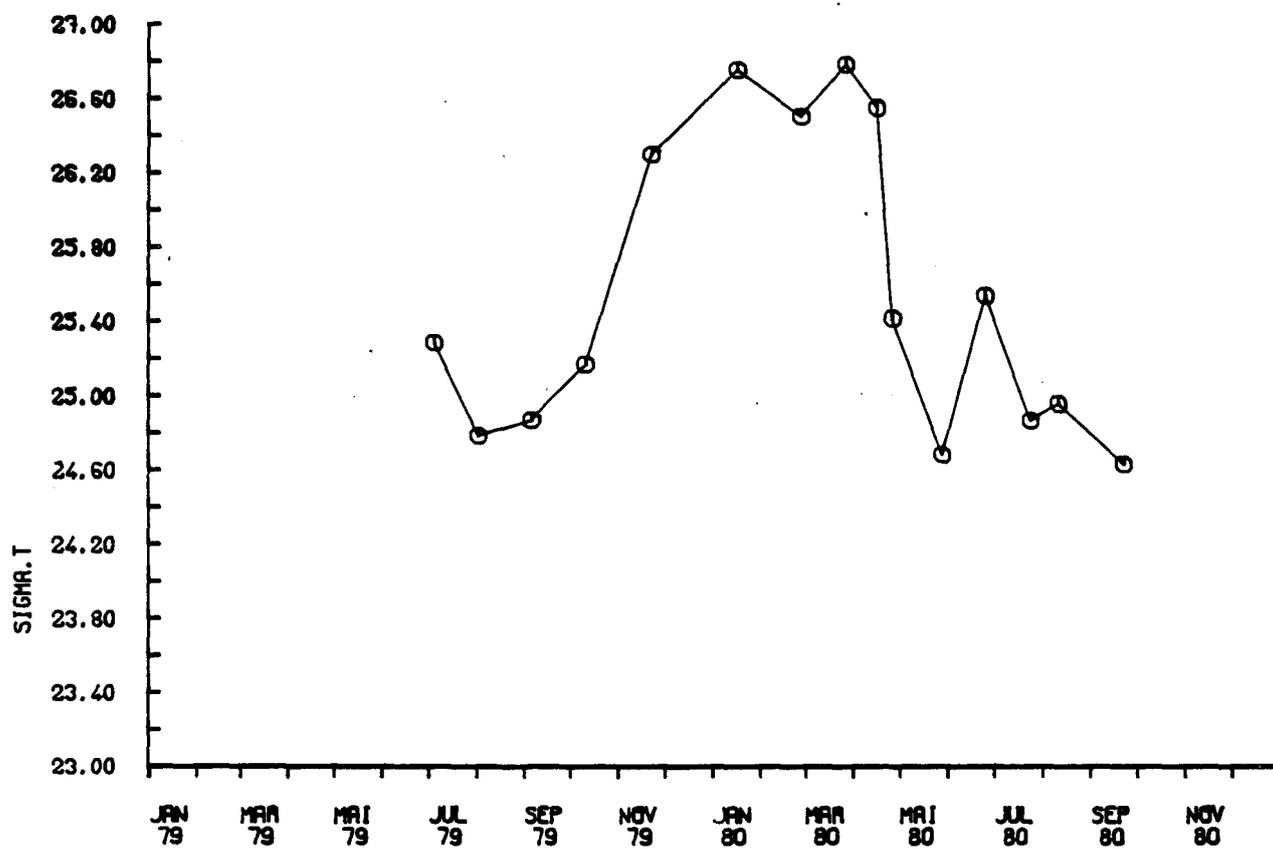


Fig. II B 9 : DENSITE

Moyenne C, M, L, HZ



lurique crée sur le site un gradient côte-large allant de 33,56 ‰ à 34,12 ‰ en passant par 33,81 ‰ au point médian.

Ce gradient sensiblement établi, bien que dans une moindre mesure, caractérise aussi la masse d'eau dessalée observée fin avril et fin mai.

2.3. Diagramme température, salinité

Les diagrammes T-S obtenus pour la moyenne des points C, M, et L de la radiale (fig. II - B. 7) et pour le point HZ (fig. II - B. 8) confirment les critères côtiers déjà observés les années précédentes. Les deux figures se caractérisent par la même dessalure de fin avril et fin mai 1980, et seul le mois de novembre 1989 distingue vraiment le point HZ de la radiale de référence par sa forte salinité.

2.4. Densité

Comme durant le cycle 78-79, les courbes d'isodensités des diagrammes T-S, et la figure II - B. 9 montrent une évolution temporelle allant de 1,0245 environ en été à 1,027 en hiver. La chute de salinité du 26 avril 1980 n'a fait que précipiter l'évolution décroissante de la densité vers les valeurs estivales.

2.5. Matières en suspension (fig. II - B. 10)

Les matières en suspension (M.E.S.) confèrent à l'eau une part importante de ses propriétés optiques : l'absorption et la diffusion de la lumière font que les M.E.S. auront un effet direct sur la productivité primaire et sur la biologie des espèces végétales et animales benthiques. Notons qu'une part non négligeable de la production secondaire (zooplancton herbivore) peut se faire directement aux dépens de colonies bactériennes liées aux M.E.S. Les causes des variations de la teneur en matières en suspension sont multiples : turbulences dues aux courants de marée ou dues au vent avec remise en suspension, apports telluriques de l'Aa, ou encore dragages dans le chenal d'entrée de l'Avant-Port Ouest dont les effets sur la teneur des M.E.S. au point médian peuvent être importants.

La figure II - B. 10 montre que la teneur en M.E.S. pour le cycle juillet 1979 - octobre 1980 passe par un maximum en hiver (≈ 45 mg/l en janvier 1980) et des minima en été. Le maximum hivernal est lié aux apports de l'Aa comme à la turbulence de la masse d'eau.

Les valeurs observées sont donc très comparables à celles enregistrées les années antérieures, de même que l'existence d'un gradient côte-large où le point du large se distingue des points côte et médian (de caractéristiques proches) par des eaux moins turbides. Le point Hors-Zone a des teneurs souvent très proches de celles du point large, excepté une forte valeur en janvier 1979.

Fig. II B.10 : MATIERES EN SUSPENSION

Moyenne C, M, L, HZ

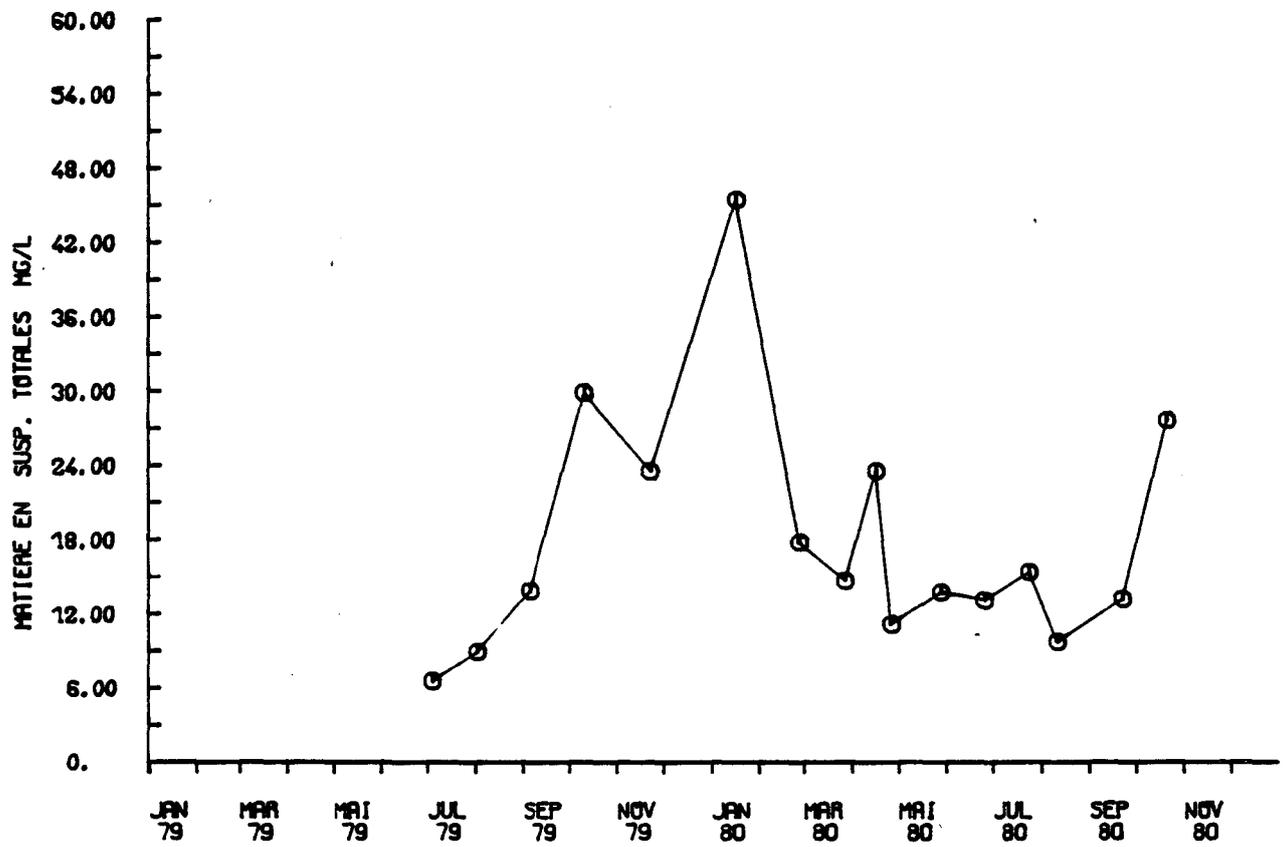


Fig. II B 11 : SECCHI

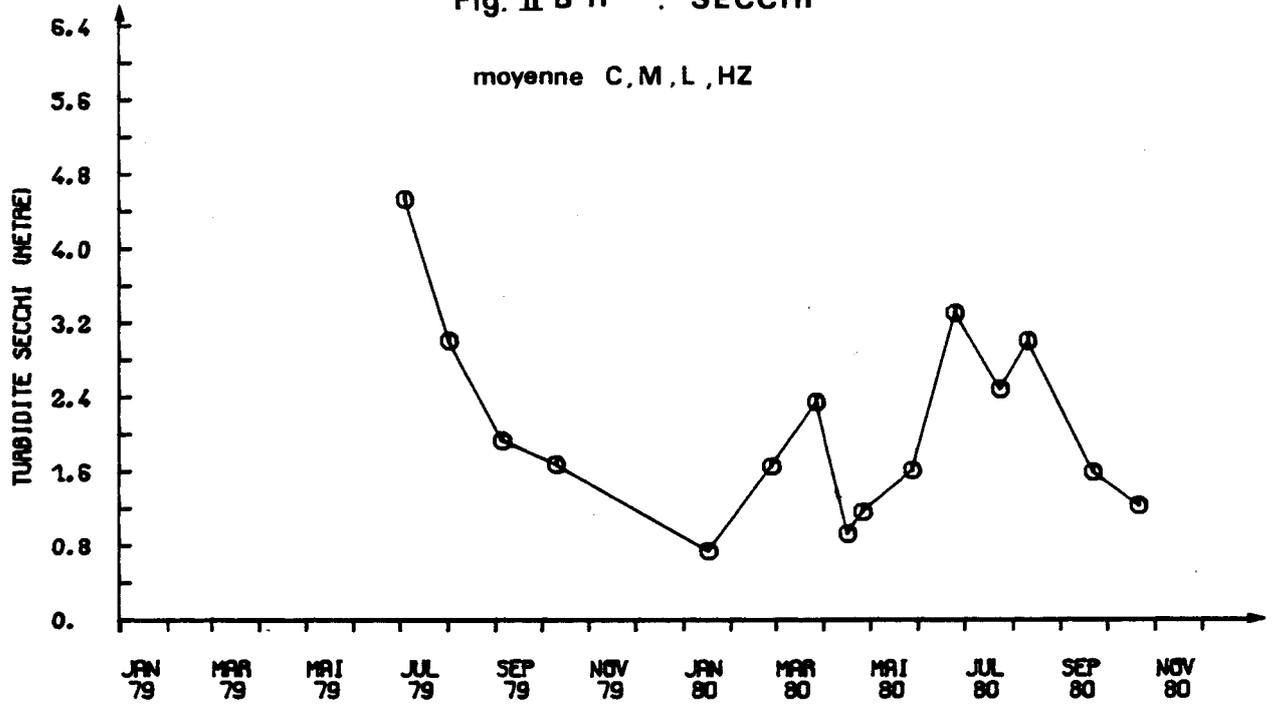


Fig II B 12 : COEFFICIENT D'EXTINCTION

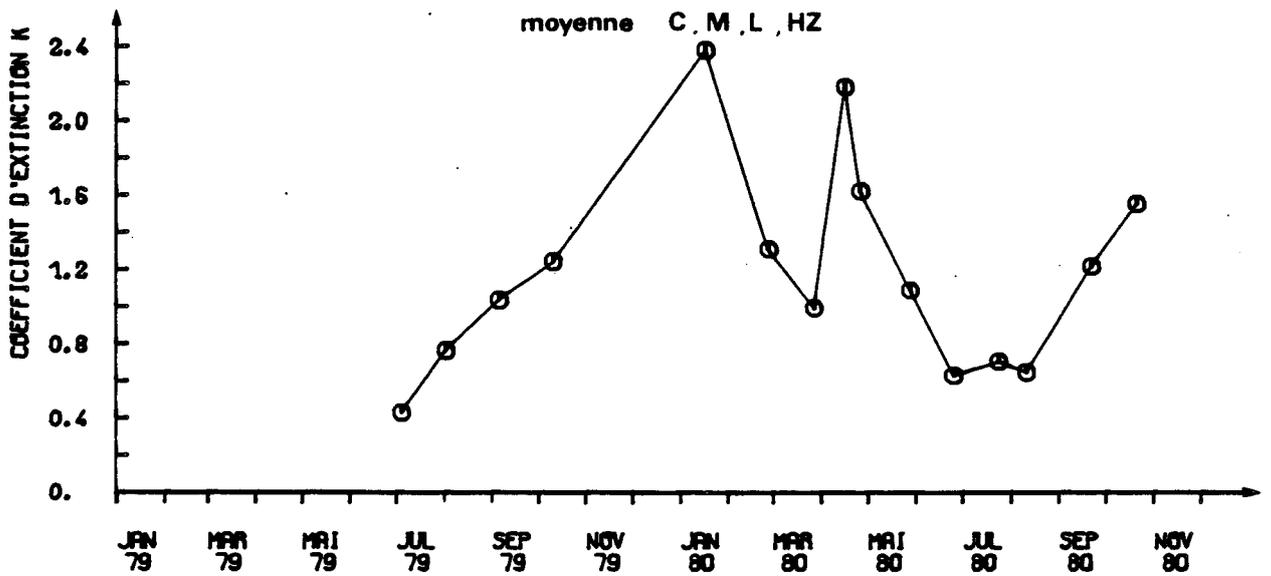
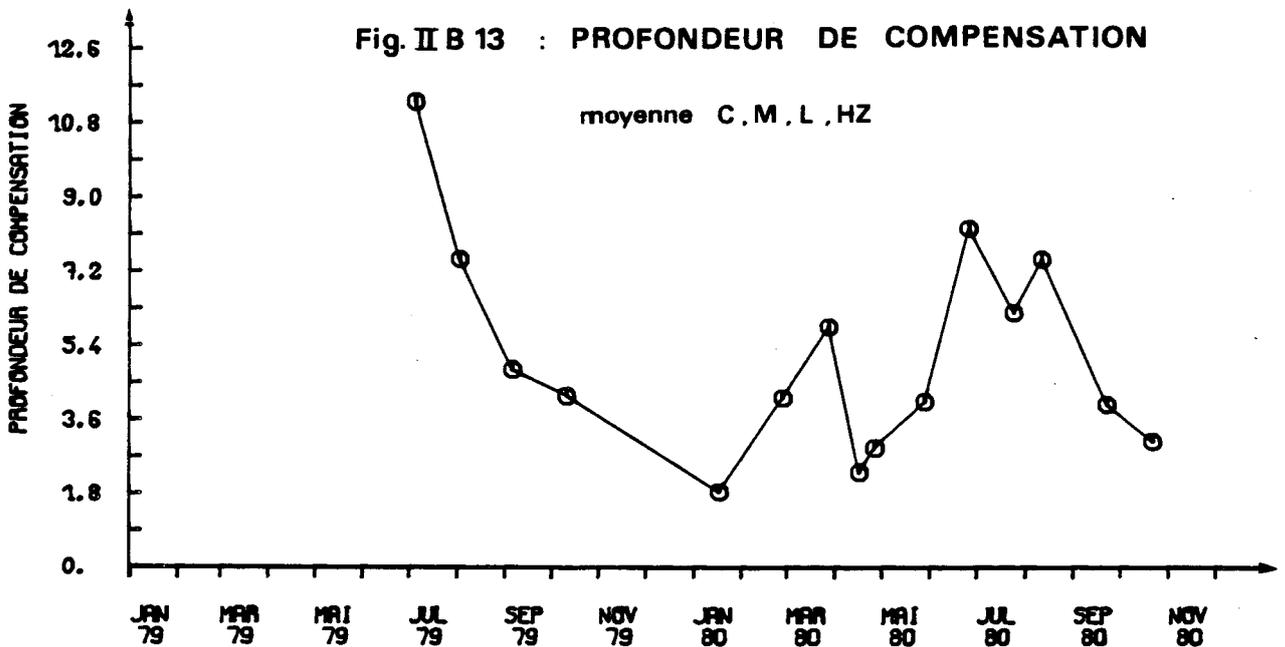


Fig. II B 13 : PROFONDEUR DE COMPENSATION



2.6. Transparence de l'eau (fig. II - B. 11, 12 et 13)

Directement liée à la teneur en M.E.S. et à leur nature, on mesure la transparence de l'eau par la profondeur de disparition du disque de Secchi (fig. II - B. 11). Celle-ci présente des valeurs maximales en été, en suivant une évolution inverse de la teneur en M.E.S. De même, un gradient côte-large existe avec les valeurs les plus élevées au large.

A partir des données apportées par la mesure de la profondeur de disparition du disque de Secchi sont calculés le coefficient d'extinction K_s et la profondeur de compensation Z_c (fig. II - B. 12 et II - B. 13).

$$K_s = \frac{1,7}{Z_s} \quad Z_s = \text{profondeur de disparition du disque de Secchi}$$

$$Z_c = 2,5 Z_s$$

Le coefficient d'extinction K_s varie en 1979-1980 de 0,2 à 3,8. Cette fourchette de variation et le niveau moyen de ce coefficient situe les eaux littorales de Gravelines parmi les eaux turbides.

La profondeur de compensation Z_c montre des minima en hiver et des maxima en été (près de 17 m en juillet 1979 au point du large). Là encore, le gradient côte-large sépare nettement le point du large des points côtier et médian.

2.7. Oxygène dissous (fig. II - B. 14 et 15)

La concentration de l'eau en oxygène dissous est un facteur biologique important. Les êtres vivants consomment l'oxygène pour leurs processus cataboliques (respiration). Les végétaux en produisent par la photosynthèse. Mais les paramètres physiques donnent à la teneur de l'eau en oxygène ses variations les plus importantes : température surtout, et aussi conditions d'échanges avec l'atmosphère.

Une oscillation saisonnière fondamentale est due à l'action de la température surtout et de la salinité (la solubilité de l'oxygène dissous dans l'eau diminue quand ces dernières augmentent). On observe un maximum de la teneur en oxygène dissous à la fin de l'hiver et un minimum à la fin de l'été. A cette oscillation saisonnière se surajoutent les effets du vent et de la turbulence qui augmentent les échanges et ceux des populations phytoplanctoniques qui dégagent de l'oxygène dans le milieu par la photosynthèse.

Au premier facteur (basses températures) est lié le pic de janvier 1980, et à l'intensité de la photosynthèse celui d'avril. Nous

Fig. II B 14 : OXYGENE

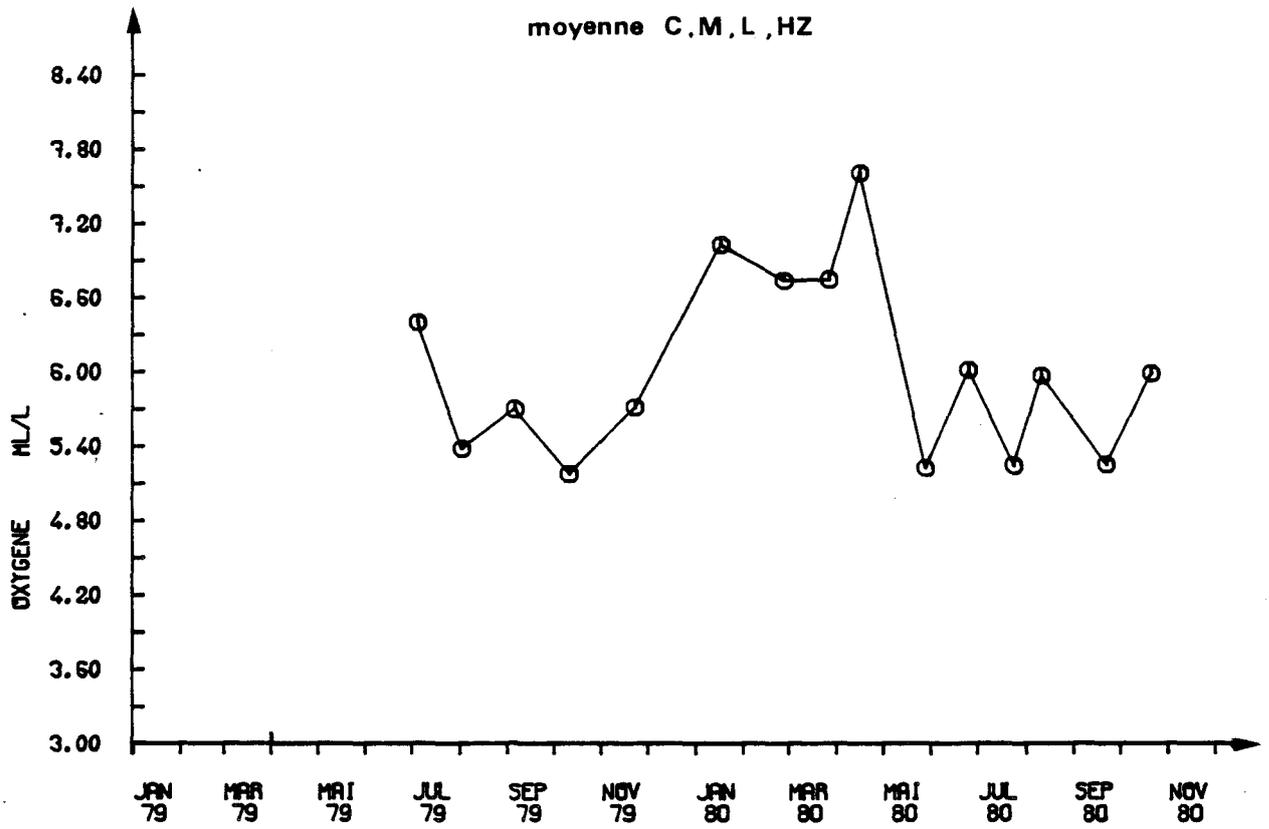


Fig. II B 15 : OXYGENE

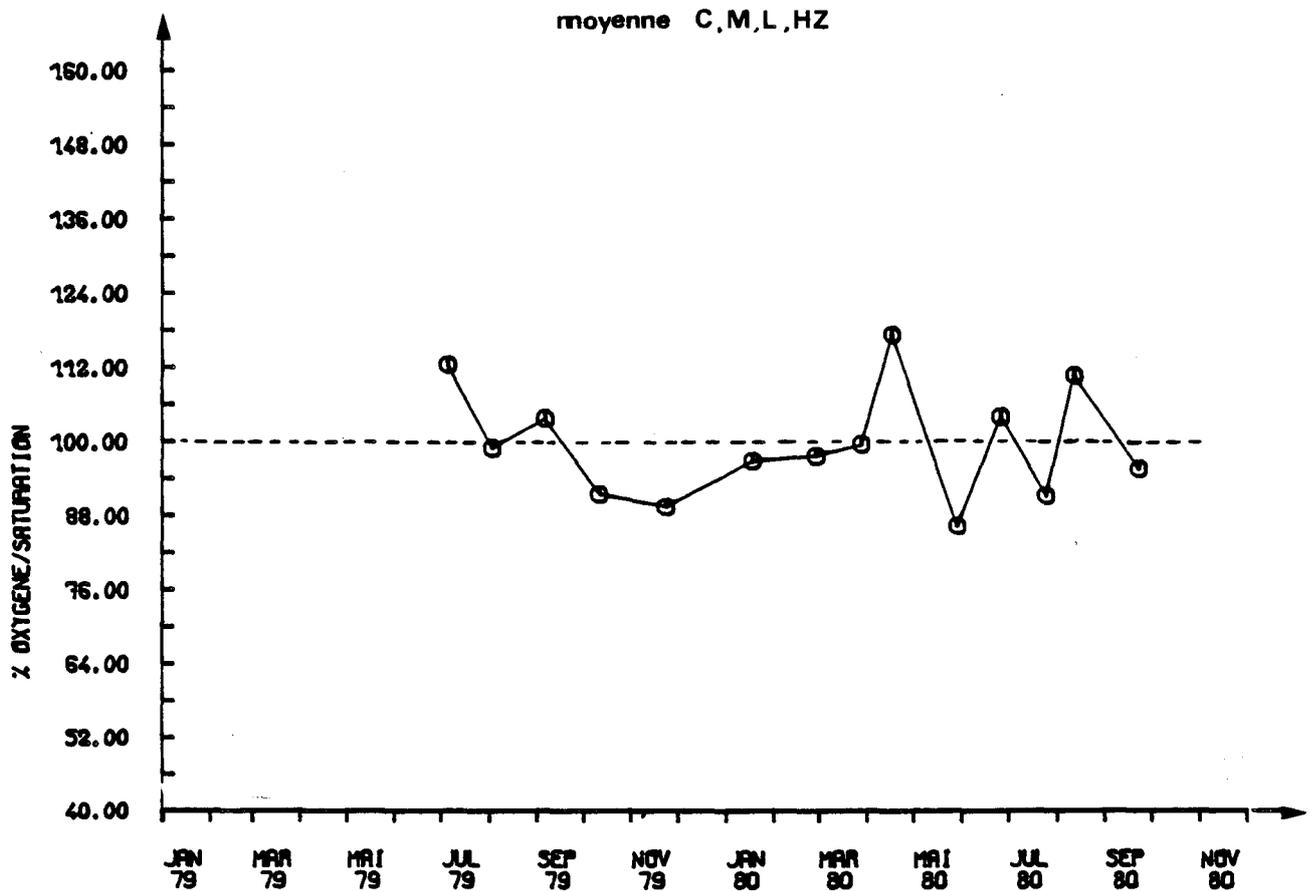
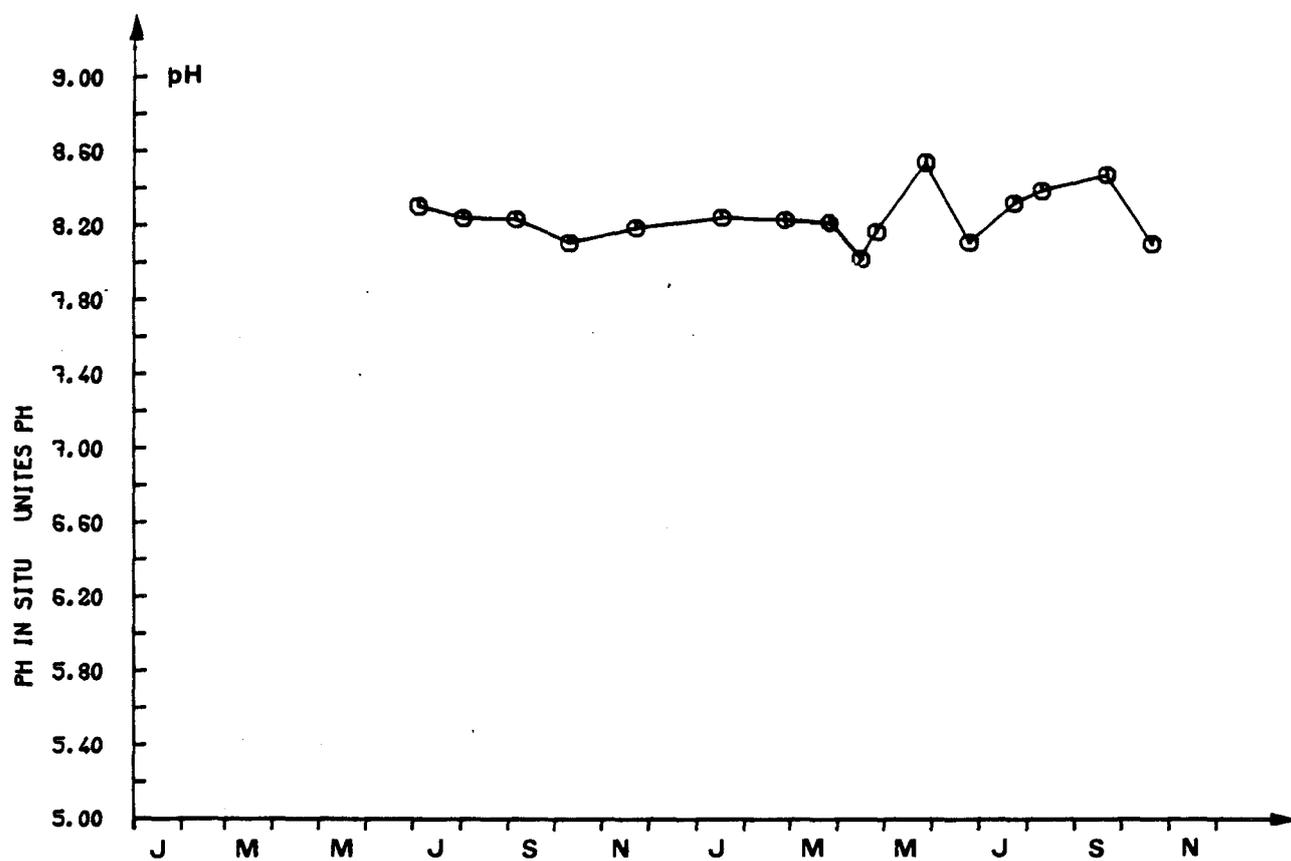


Fig. II B 16 : pH

moyenne C, M, L, HZ



verrons au chapitre II - C.2. que la courbe de la teneur en chlorophylle présente un pic à la même date. On n'observe pas durant ce cycle d'étude de gradient côte-large nettement établi, même lors des blooms phytoplanctoniques, ni de gradient surface/-5 m.

Le pourcentage de saturation en oxygène, très rarement inférieur à 90 % pour la moyenne des points étudiés, atteint 117 % le 16 avril. Son évolution présente une allure très semblable à celle de la salinité (fig. II - B. 1), ce qui montre qu'en plus de l'action prépondérante de la température, ce paramètre suit dans son évolution celle de la salinité, en particulier dans la période de grandes irrégularités allant de mars à septembre 1980.

2.8. pH (fig. II - B 16)

Comme l'analyse des carbonates et des bicarbonates ne fait pas l'objet d'un suivi, le seul facteur observé qui intervient dans les variations temporelles du pH est la photosynthèse. L'activité photosynthétique donne lieu à une augmentation du pH. La moyenne des valeurs est proche de 8,20, avec un pic supérieur à 8,50 fin mai, dû à la forte production primaire.

2.9. Sels nutritifs

Comme lors des cycles précédents, les sels nutritifs considérés sont l'ammoniac, les nitrites, les nitrates, les phosphates et les silicates. On retrouve pour ce cycle les grandes caractéristiques déjà décrites : faibles valeurs estivales et restauration des stocks en hiver. Les courbes de teneur de chaque sel se superposent globalement de façon inverse à celle de la chlorophylle a (chapitre II - C. 2. a) : les organismes phytoplanctoniques puisent dans ces stocks nutritifs pour l'élaboration de leur biomasse.

2.9.1. Sels azotés (fig. II - B.17, 18 et 19)

Dans l'évolution de la teneur de l'eau en sels azotés se retrouve la succession des phénomènes de restauration des stocks d'ammonium, de nitrites et de nitrates à la fin de l'été 79 et durant l'hiver qui suit. Cette succession correspond à l'enchaînement des réactions de nitrification : l'ion ammonium, premier stade de la reminéralisation de l'azote, est oxydé en nitrite NO_2^- , puis en nitrate NO_3^- , par les bactéries nitrifiantes abondantes dans les eaux littorales.

Les teneurs observées semblent rester dans la normale de ce que les observations antérieures ont révélé. Mais dès le printemps

Fig. II B 17 : AMMONIAC

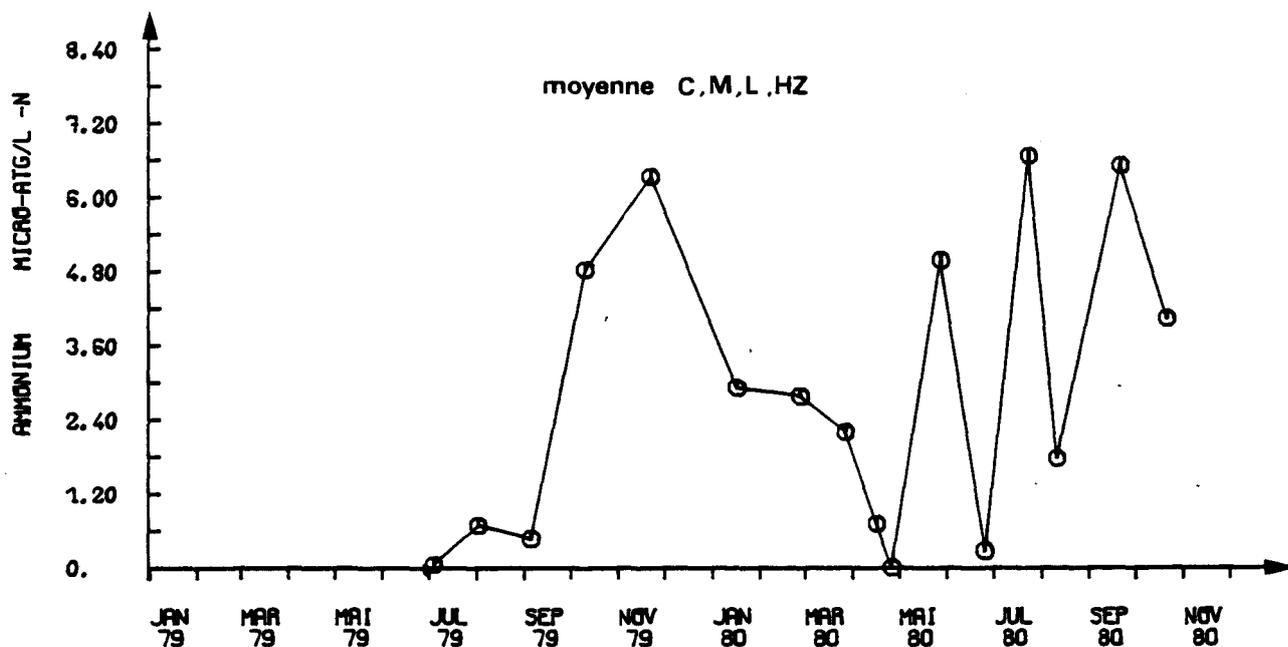


Fig. II B 18 : NITRITES

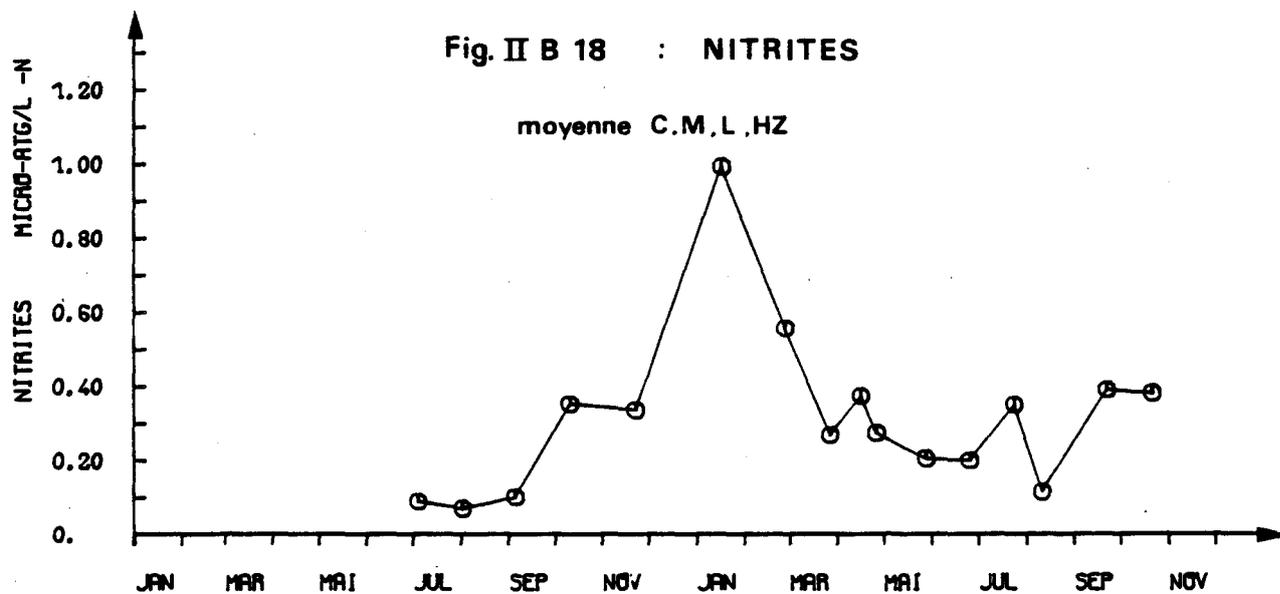


Fig. II B 19 : NITRATES

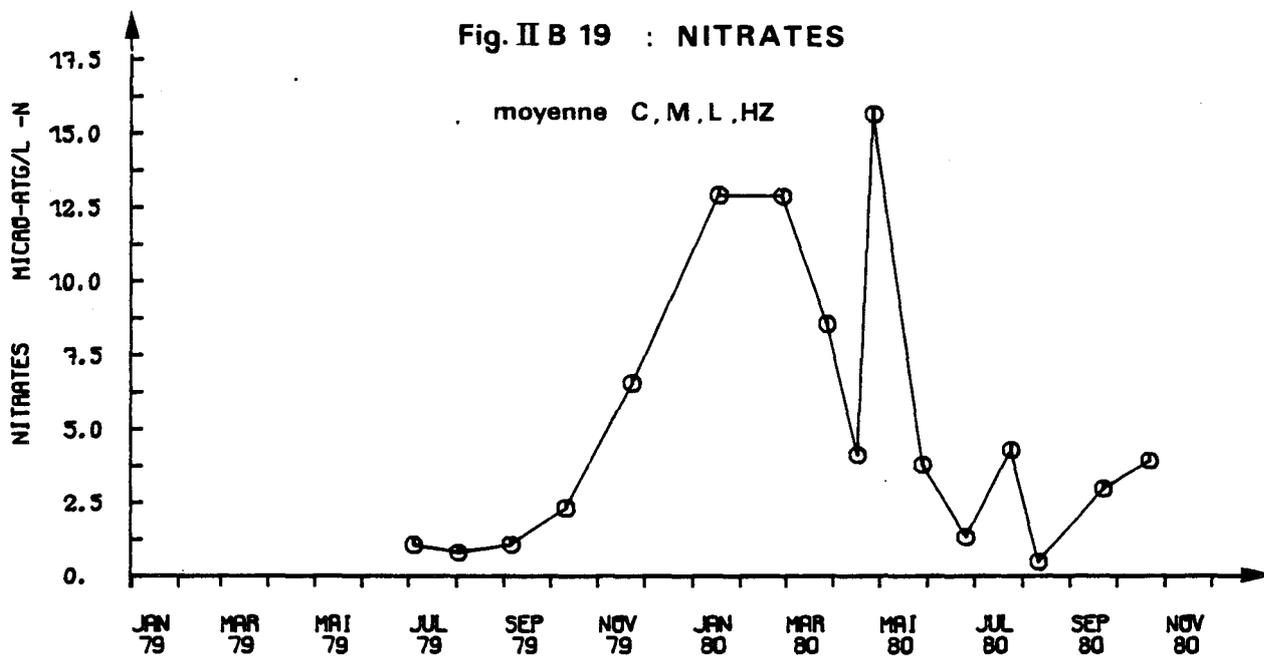


Fig. II B 20 : PHOSPHATES

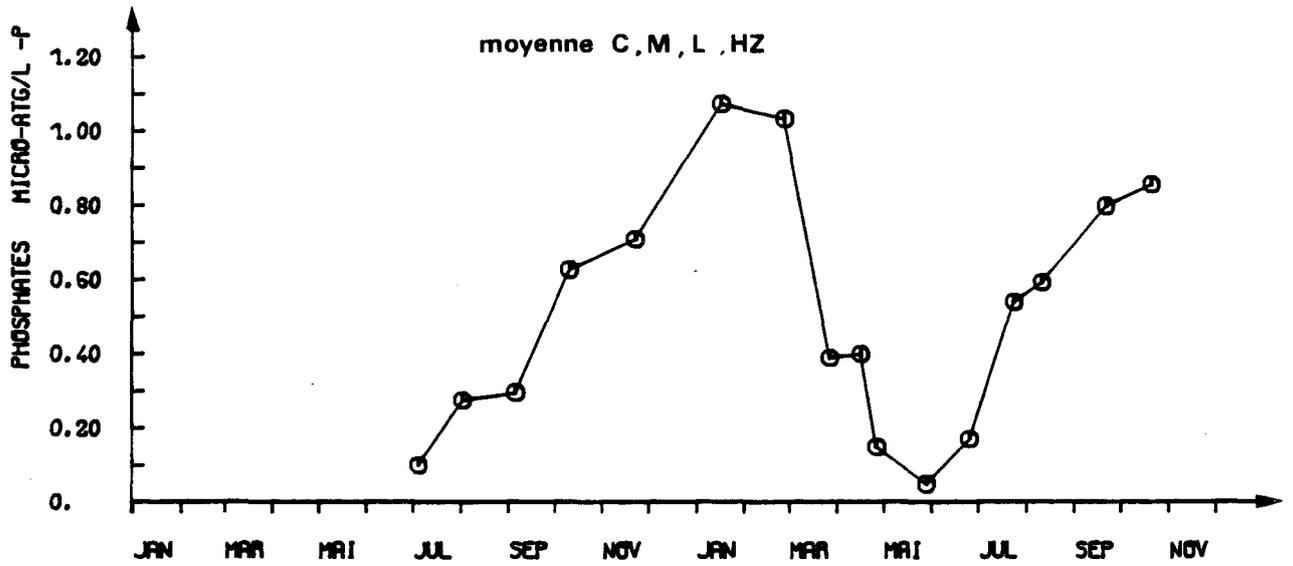


Fig. II B 21 : SILICATES

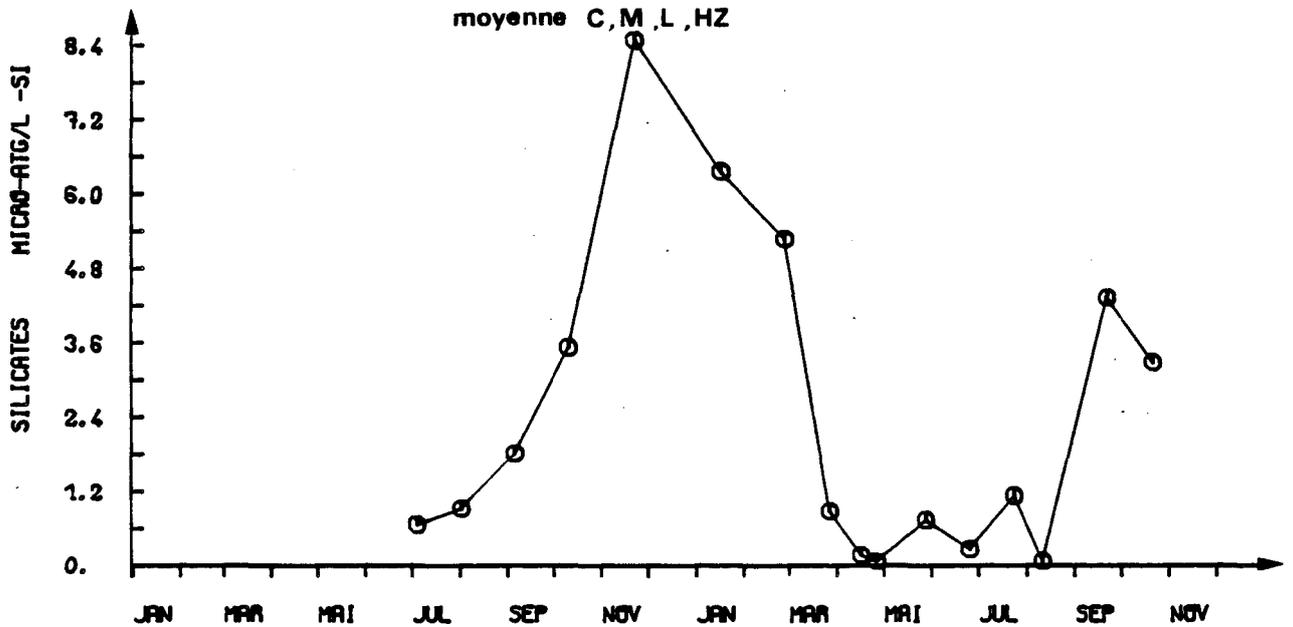
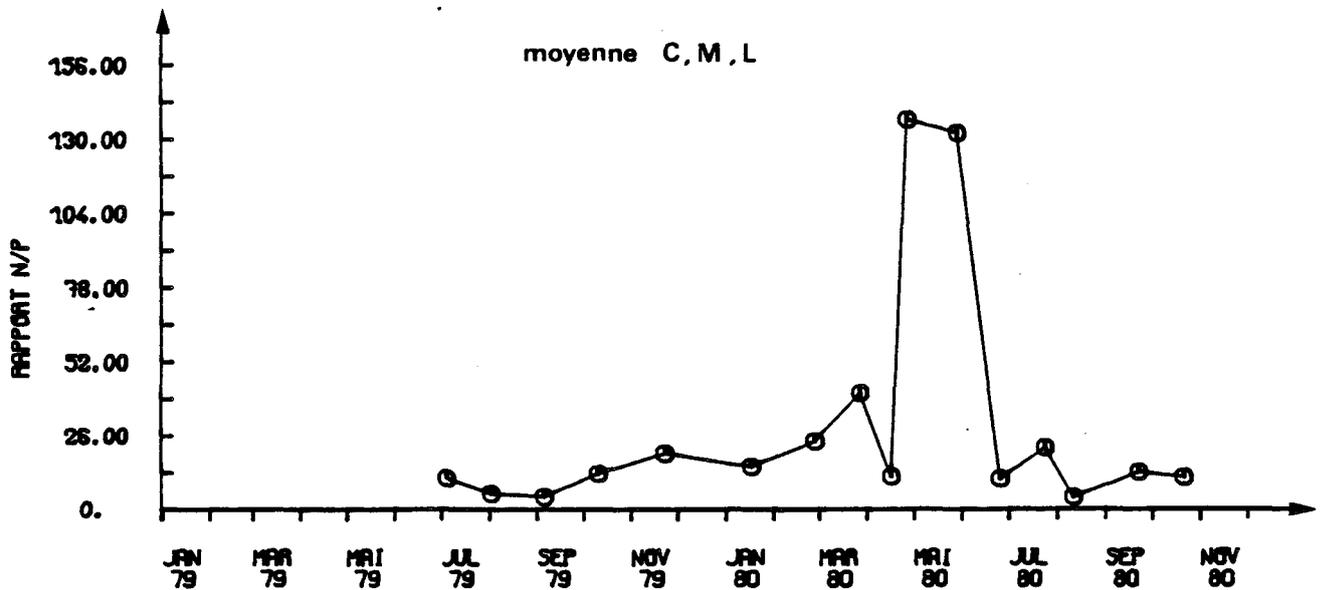


Fig. II B 22 : RAPPORT N/P



1980 le fait marquant de ce cycle apparaît dans le suivi de certains sels nutritifs : la dessalure enregistrée fin avril et fin mai se traduit par un pic notable de nitrates (et de nitrates seulement) fin avril, et par un pic d'ammoniac fin mai (alors que les nitrates ont retrouvé une teneur à peu près normale). Ce décalage des pics "anormaux" de nitrates et d'ion ammonium alors que la dessalure semble régner durant toute cette période (le régime des vents en mai permet de le penser) trouve peut-être son explication dans le phénomène biologique apparemment déclenché par l'arrivée d'eau dessalée. Le bloom phytoplanctonique favorisé par ces conditions d'enrichissement en nitrate épuise durant le mois de mai ce stock et décroît lui-même en fournissant au compartiment bactérien de quoi restaurer temporairement le stock d'ion ammonium (l'activité hétérotrophe est à son maximum à la fin de mois de mai).

2.9.2. Phosphates (fig. II - B. 20)

Alors que les cycles précédents avaient montré le caractère plus irrégulier du comportement des phosphates, celui-ci le révèle le plus proche de celui des autres sels. Le fait notable est que les phosphates ne sont pas concernés par la dessalure de mai. La teneur en phosphates atteint alors son minimum. Ce stock est le premier de ceux des sels nutritifs à se restaurer (dès juillet en 1979 comme en 1980).

2.9.3. Rapport N/P (fig. II - B. 22)

Il est en général proche de 20. Le suivi de ce rapport prend pendant ce cycle toute son importance pour caractériser certaines masses d'eau. La dessalure accidentelle se distingue par un pic de ce paramètre (fig. II - B. 22). Or, un rapport R.N.O. (Etude Hydrobiologique du site de Dunkerque, 1978) présente en tableau les valeurs des teneurs en sels nutritifs de certains sites, dont la Mer du Nord - Ostende et Gravelines :

	NH ₄ µatg/l	NO ₂ ⁻ µatg/l	NO ₃ ⁺ µatg/l	PO ₄ ⁻ µatg/l	SiO ₃ µatg/l	N/P
Mer du Nord - Ostende (Segebarth-Orban, 1975) valeurs maximales	50	31,5	96	1,23	28,6	143
Gravelines 1976-77 moyenne C, M, L	8,56	0,90	17,66	1,34	12,1	20,35

On observe des teneurs proches pour les deux sites en phosphates et en silicates (§2.9.4.), ce qui expliquerait que ces sels ne montreraient pas de variations décelables par apport à Gravelines d'eau issue de l'Escaut en mai 1980. Pour les sels azotés, il n'en va pas de même. En effet, seuls les nitrates ont un pic qui pourrait correspondre à la masse d'eau présente à Ostende, mais non les nitrites, ni l'ammoniac. Seule la connaissance de la qualité de l'eau à Ostende à cette date permettrait peut-être de lever cette apparente contradiction. Toujours est-il que le rapport N/P, voisin à Gravelines de 20, monte en avril-mai à des valeurs qui s'approchent de celles observées à Ostende.

2.9.4. Silicates (fig. II - B. 21)

Constituants essentiels du frustule des diatomées, les silicates présentent un cycle comparable aux cycles précédents. On note en particulier une période commune aux études antérieures : un pic de silicates dissous apparaît au début de l'été après l'épuisement printanier, et avant un nouvel épuisement du stock précédant la reconstitution automnale et hivernale. Juillet 1975, juin 1977, juillet 1978, juin 1979 et juillet 1980 marquent la répétition de ce phénomène dans lequel il faut peut-être voir le résultat de la reminéralisation des silicates à la fin des blooms phytoplanctoniques printaniers.

3. Station Aa

Le cycle d'étude 1979-1980 n'apporte pas d'information supplémentaire à ce qui a été écrit pour le cycle 1978-79. L'influence de l'Aa est liée à son débit (fig. I - B. 6) donc aux conditions climatiques. Cette influence porte sur la température, la salinité, les matières en suspension et les sels nutritifs. Elle favorise pour tous ces paramètres le renforcement du gradient côte-large préexistant. On notera que pendant la période de dessalure d'avril-mai 1980, le débit de l'Aa, et la teneur en nitrates (qui sont alors à leur plus bas niveau) ne peuvent en aucune manière expliquer cette dessalure.

4. Station canal

Cette station, qui a montré des caractéristiques très côtières lors des cycles précédents, a été particulièrement étudiée et l'évolution des paramètres observés comparée systématiquement à celle de la moyenne de la radiale C, M, L.

Quelques aspects intéressants ont pu être dégagés en 1979-1980 :

- Le caractère côtier est sensible pour la température (fig. II - B. 24) et la salinité (fig. II - B. 23).

Fig. II B 23 : SALINITE

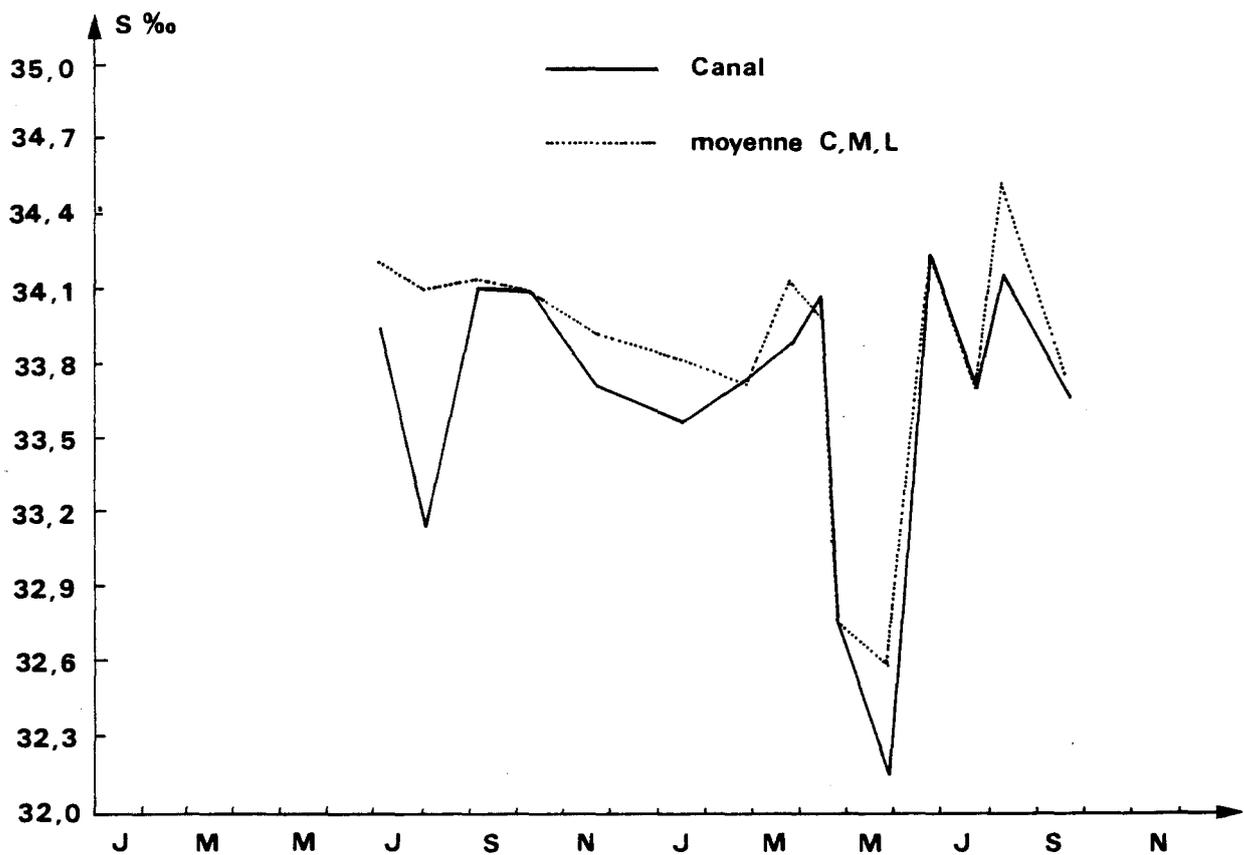


Fig. II B 24 : TEMPERATURE

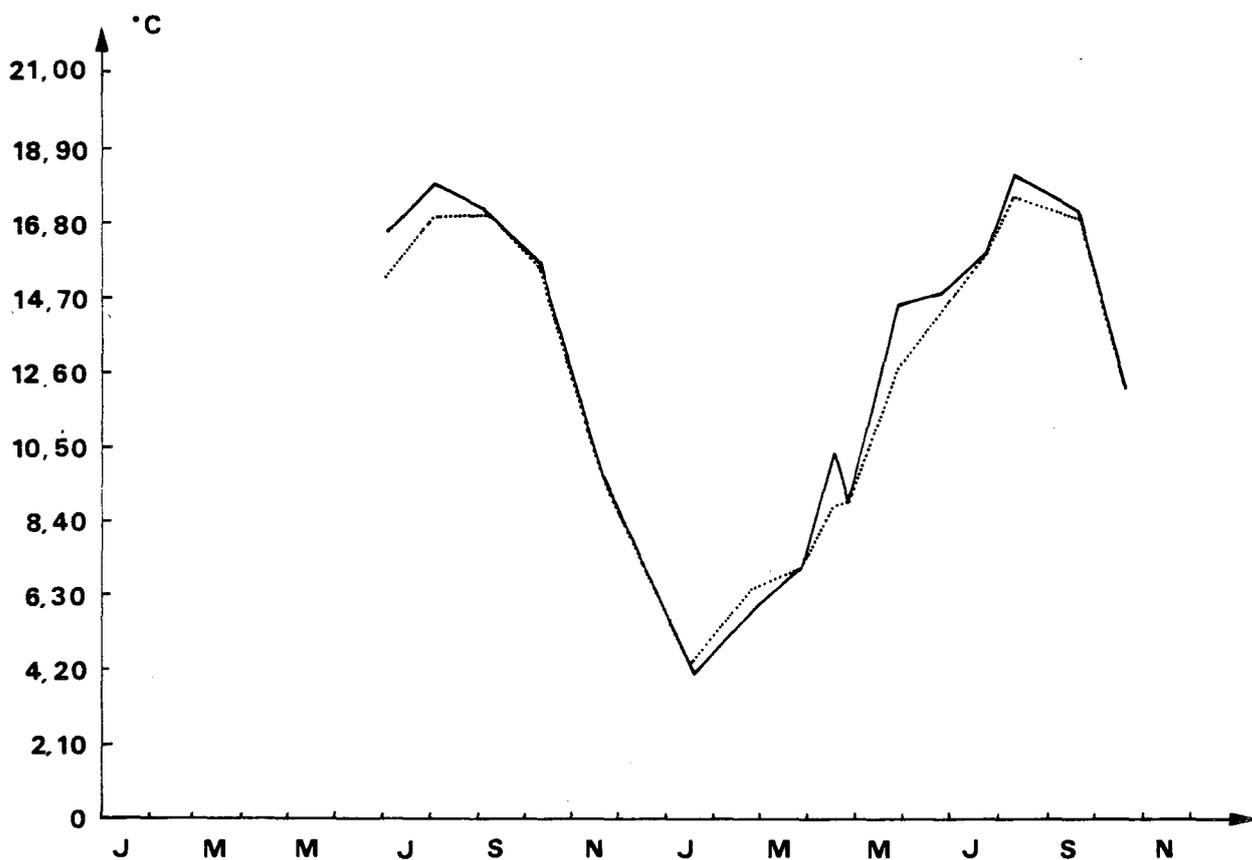


Fig. II B 25 : OXYGENE

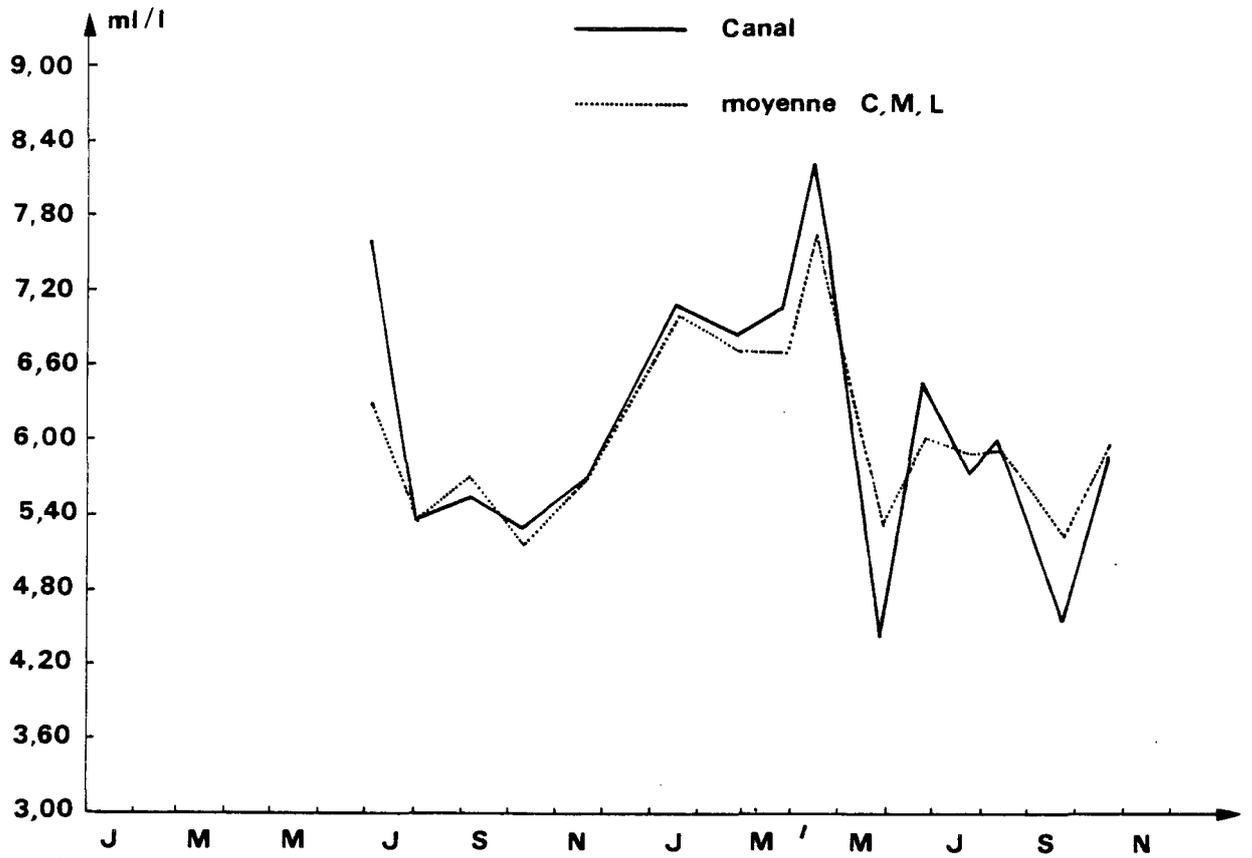


Fig. II B 26 : OXYGENE . % saturation

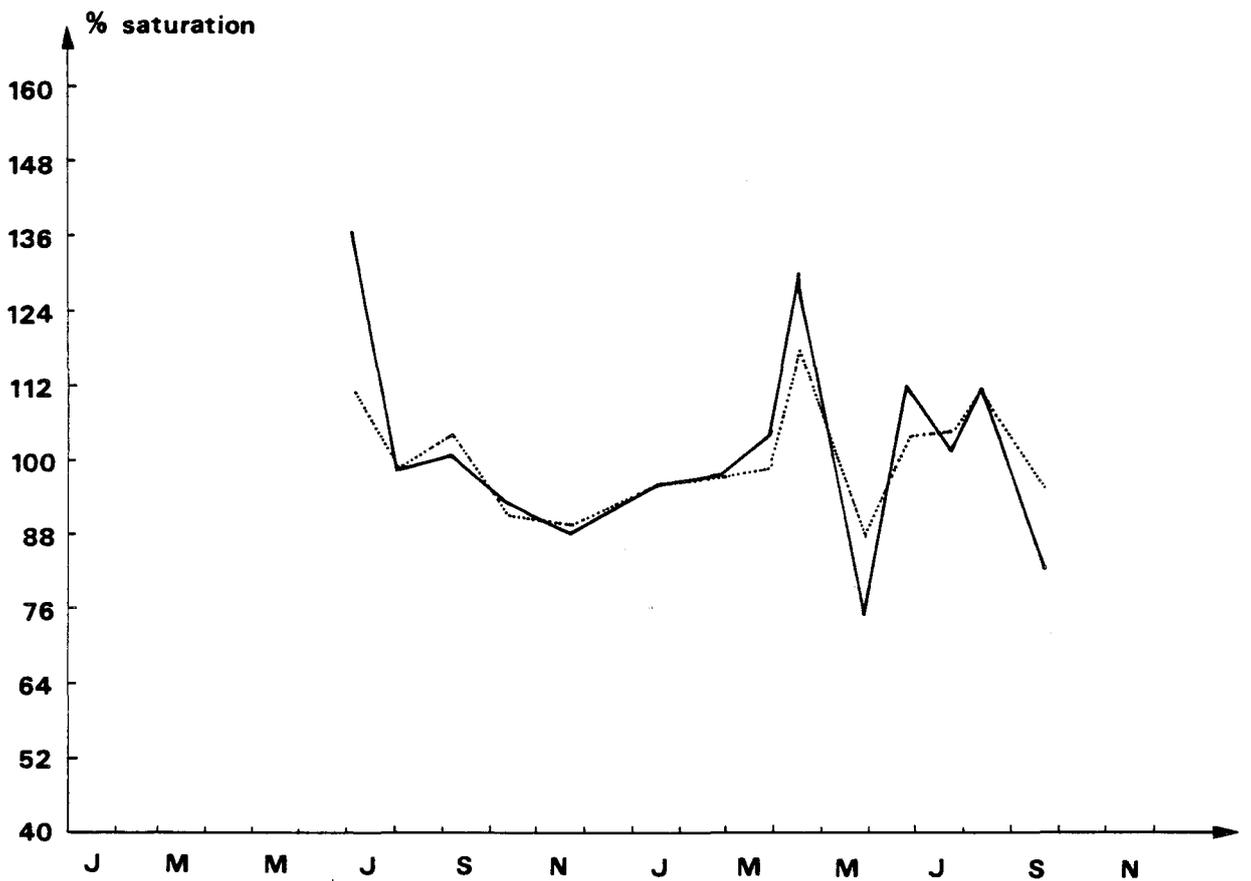


Fig. II B 27 : DENSITE

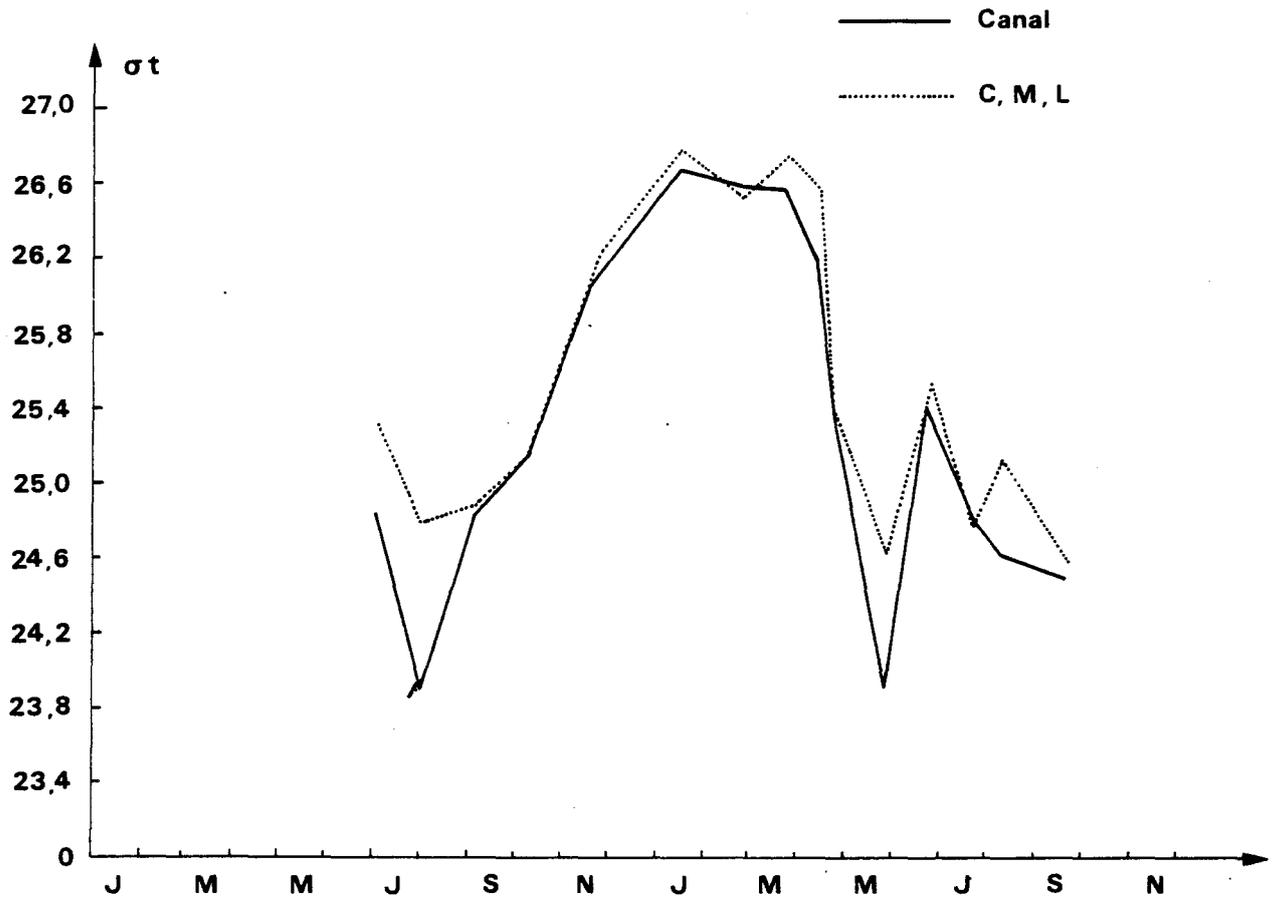


Fig. II B 28 : pH

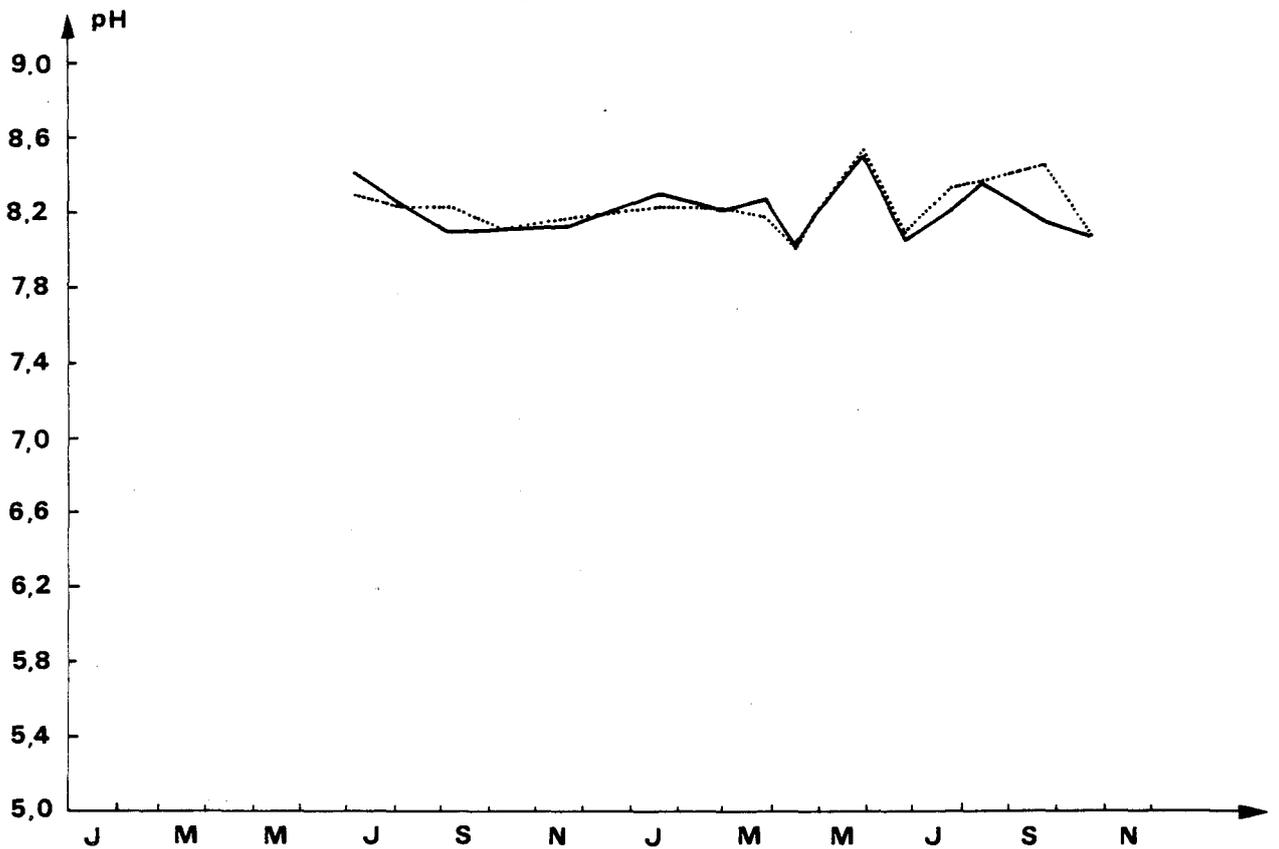


Fig. II B 29 : PROFONDEUR DE COMPENSATION

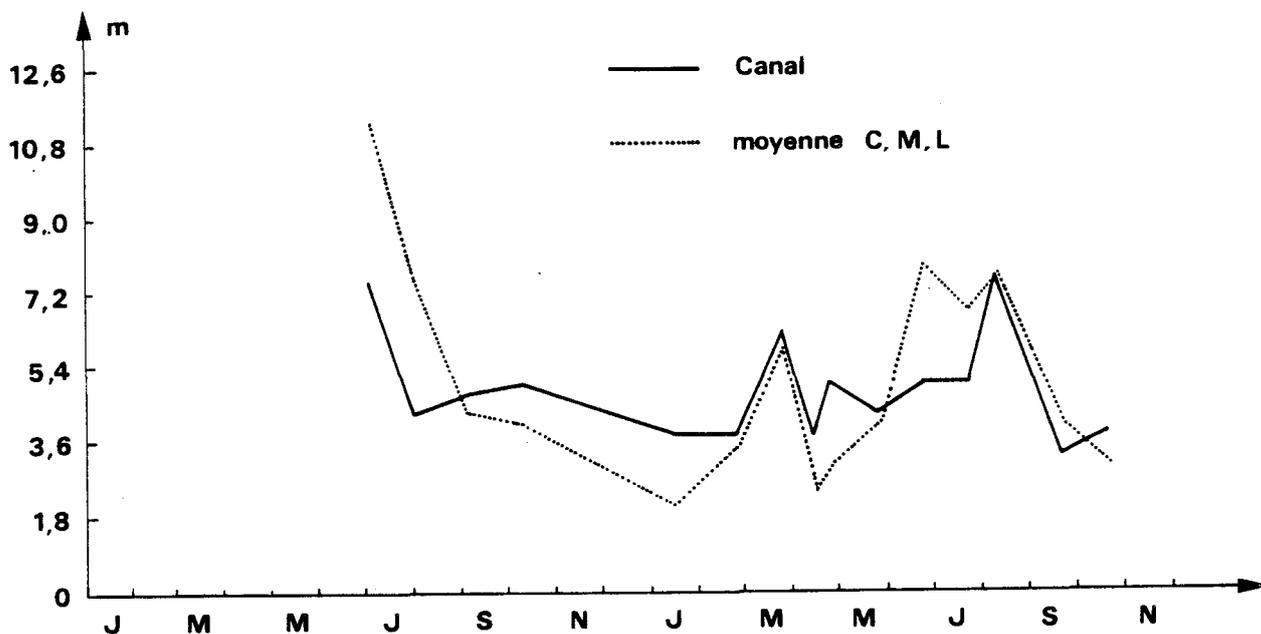


Fig II B 30 : MATIERES EN SUSPENSION

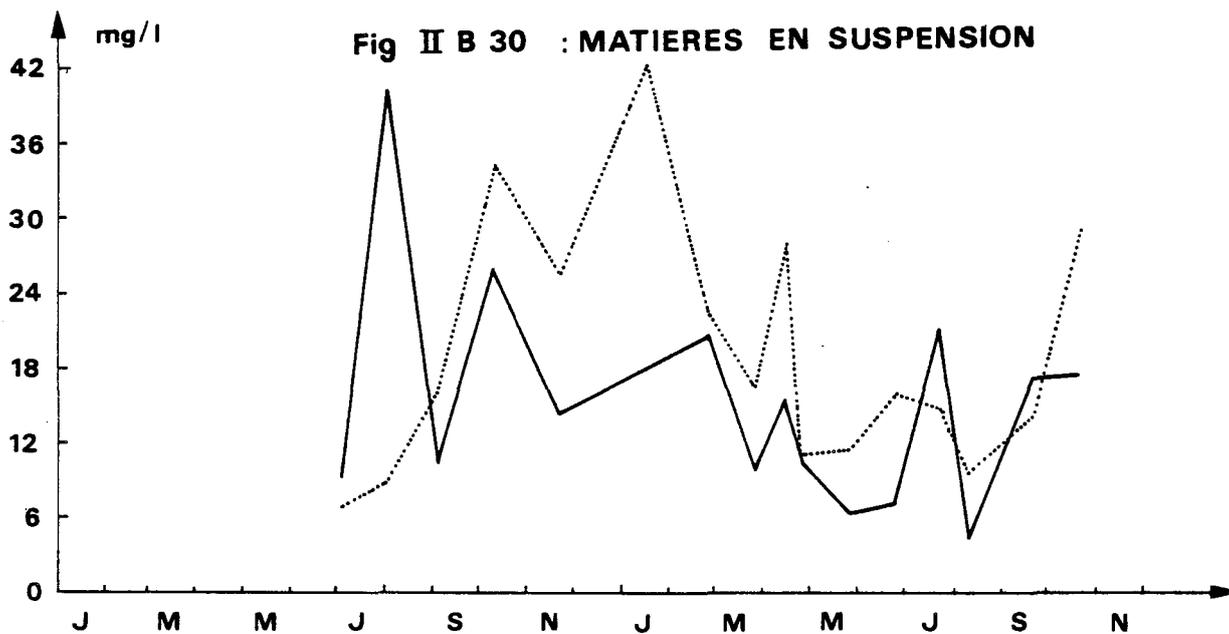


Fig. II B 31 : SECCHI

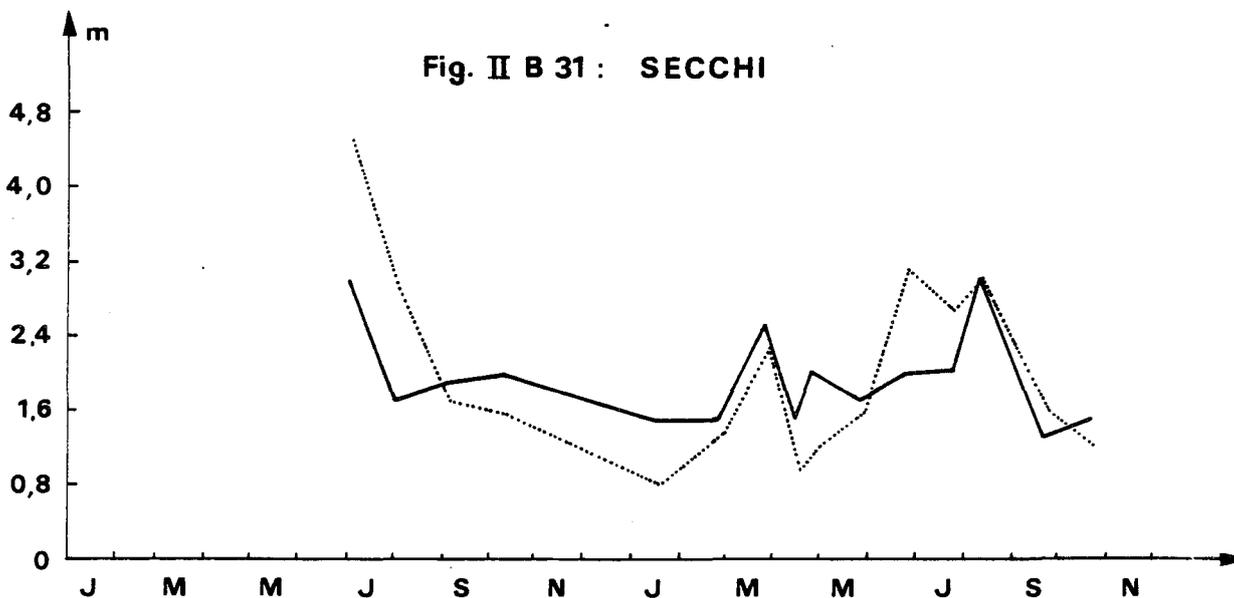


Fig. II B 32 : AMMONIAC

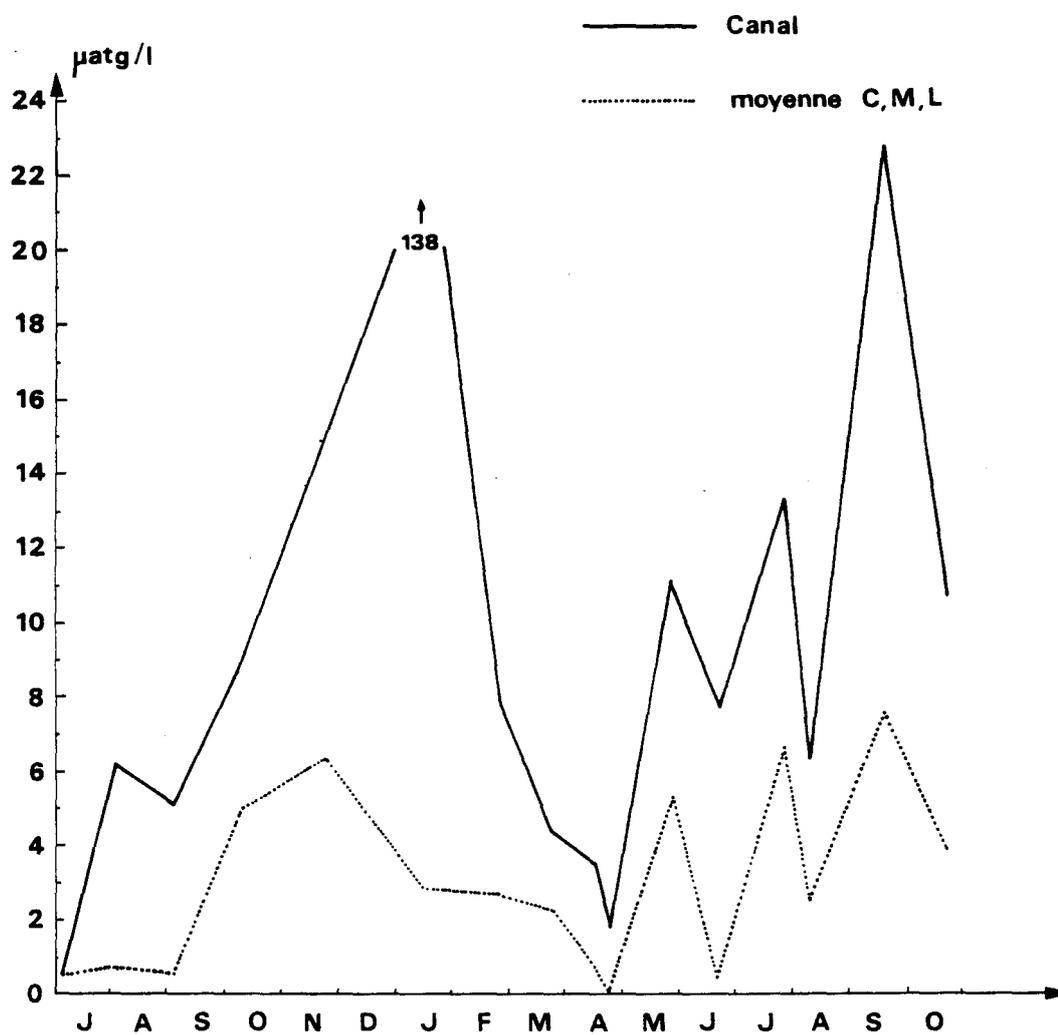


Fig. II B 33 : NITRITES

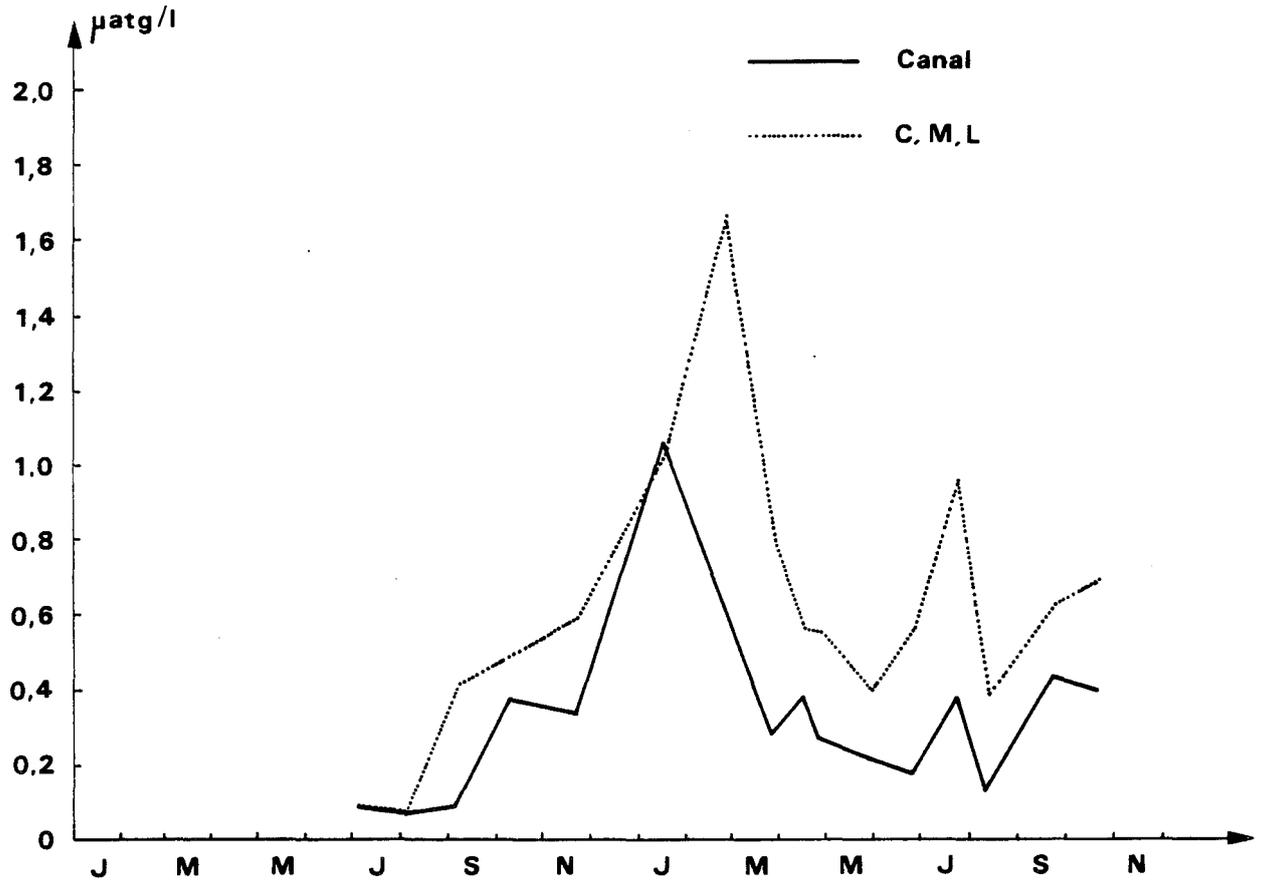
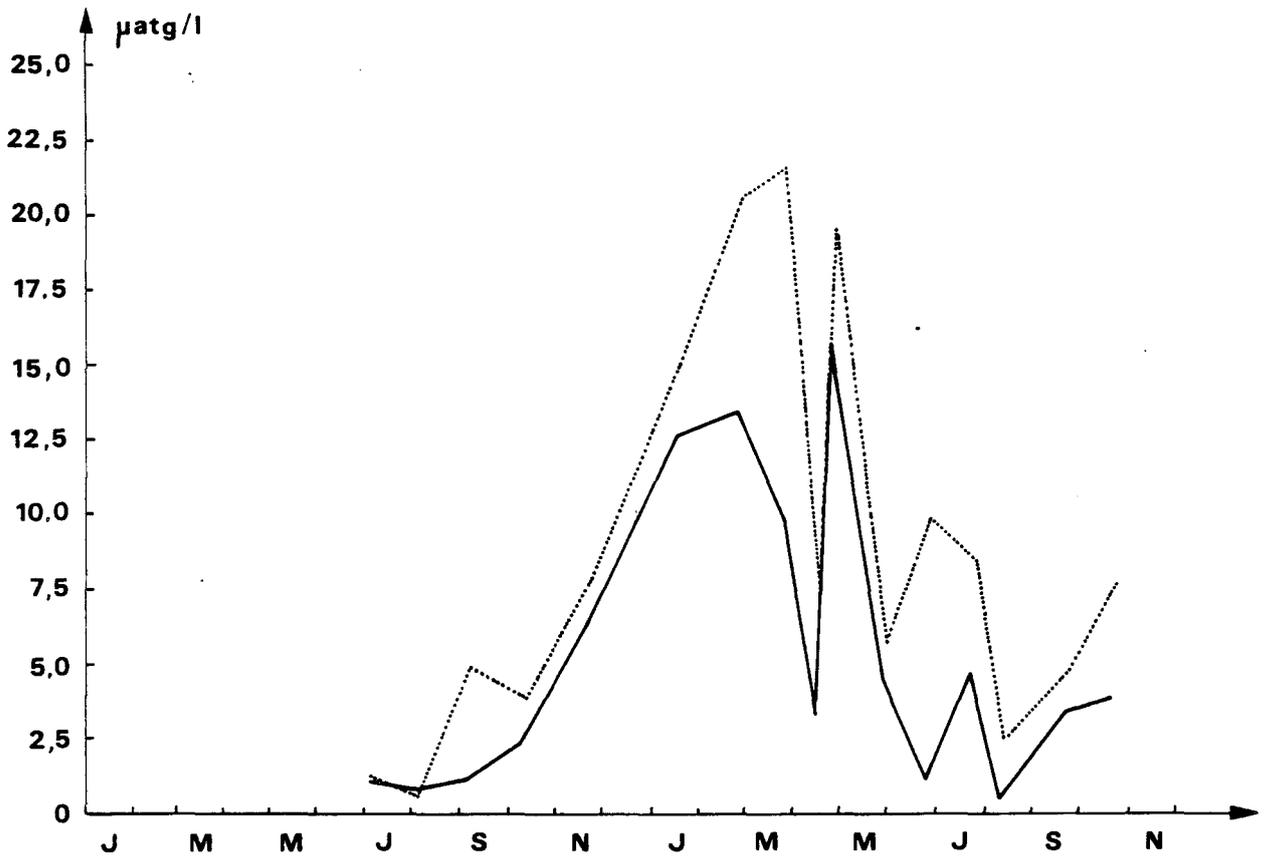


Fig. II B 34 : NITRATES



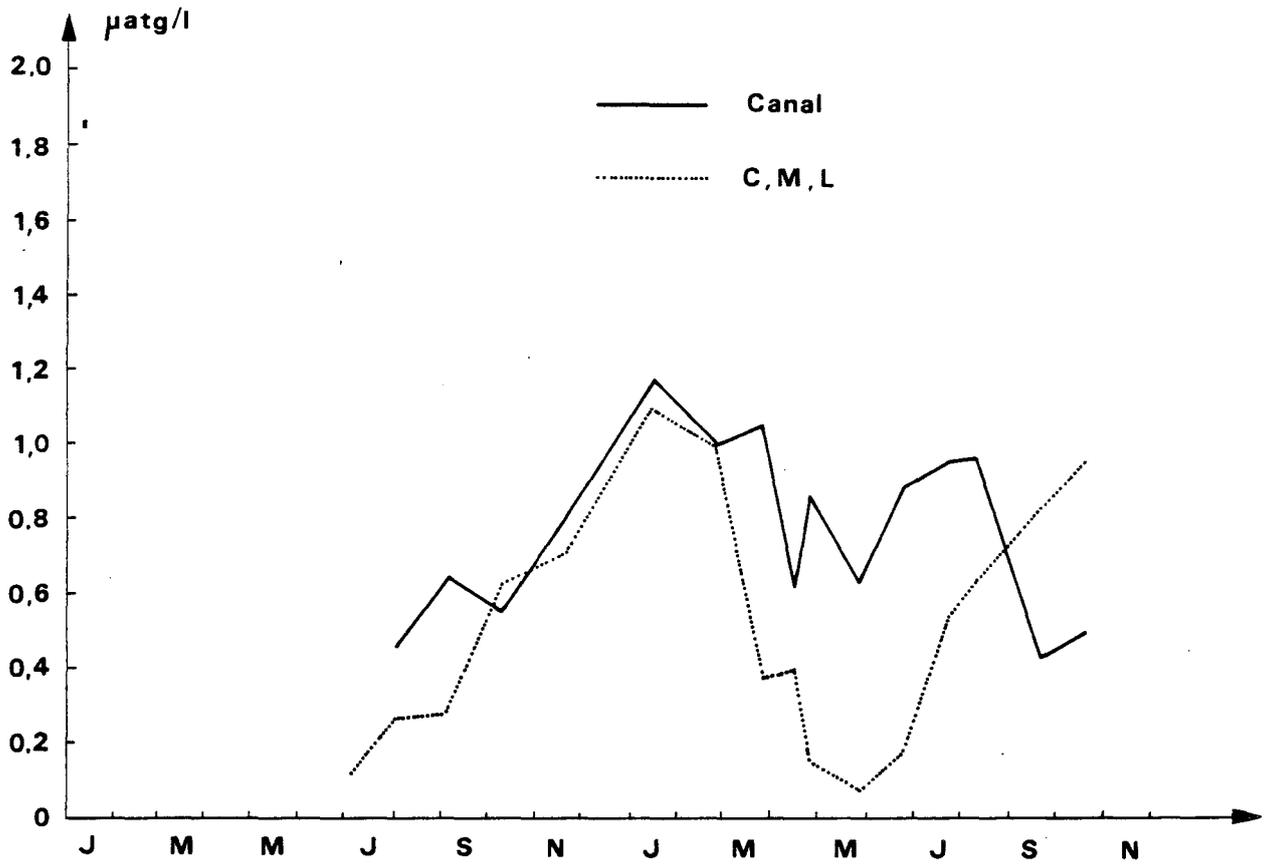


Fig. II B 36 : SILICATES

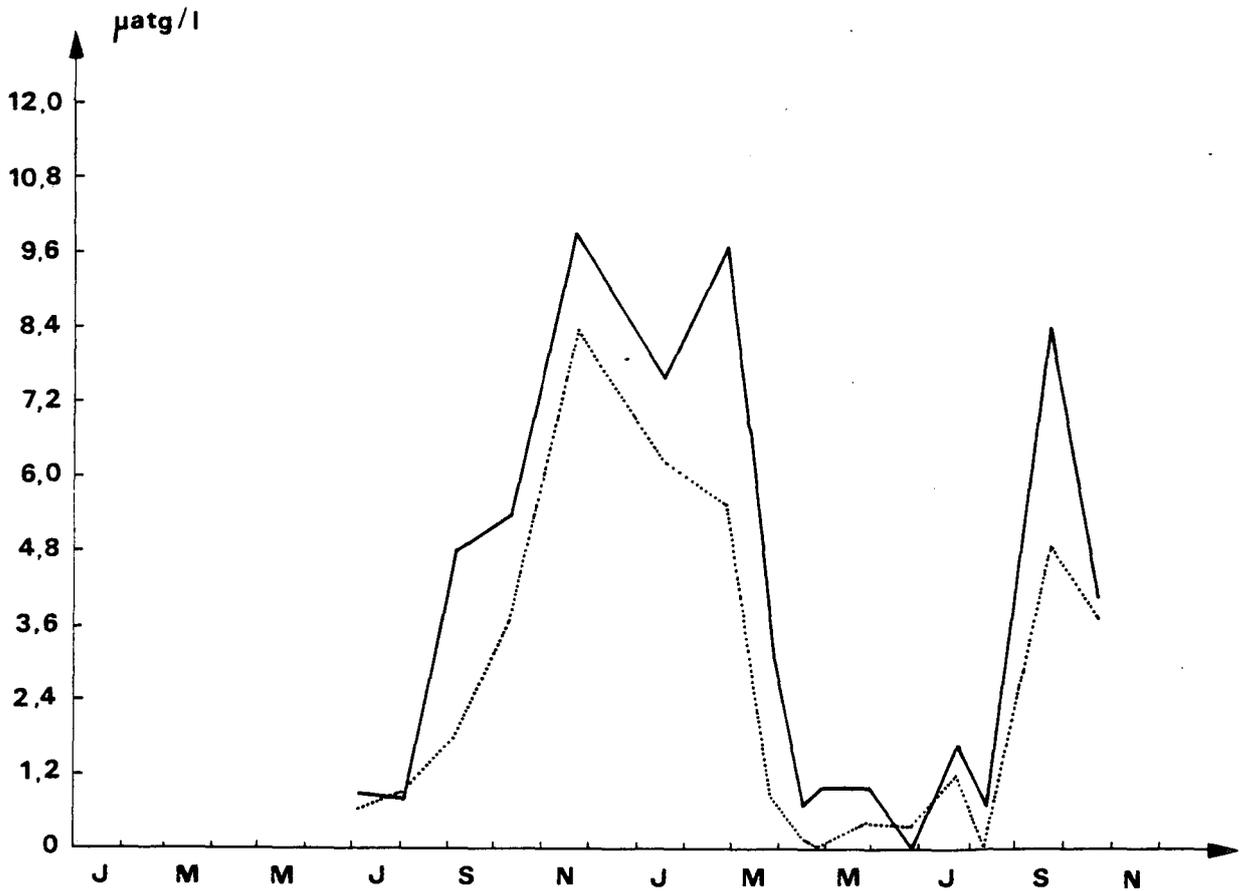
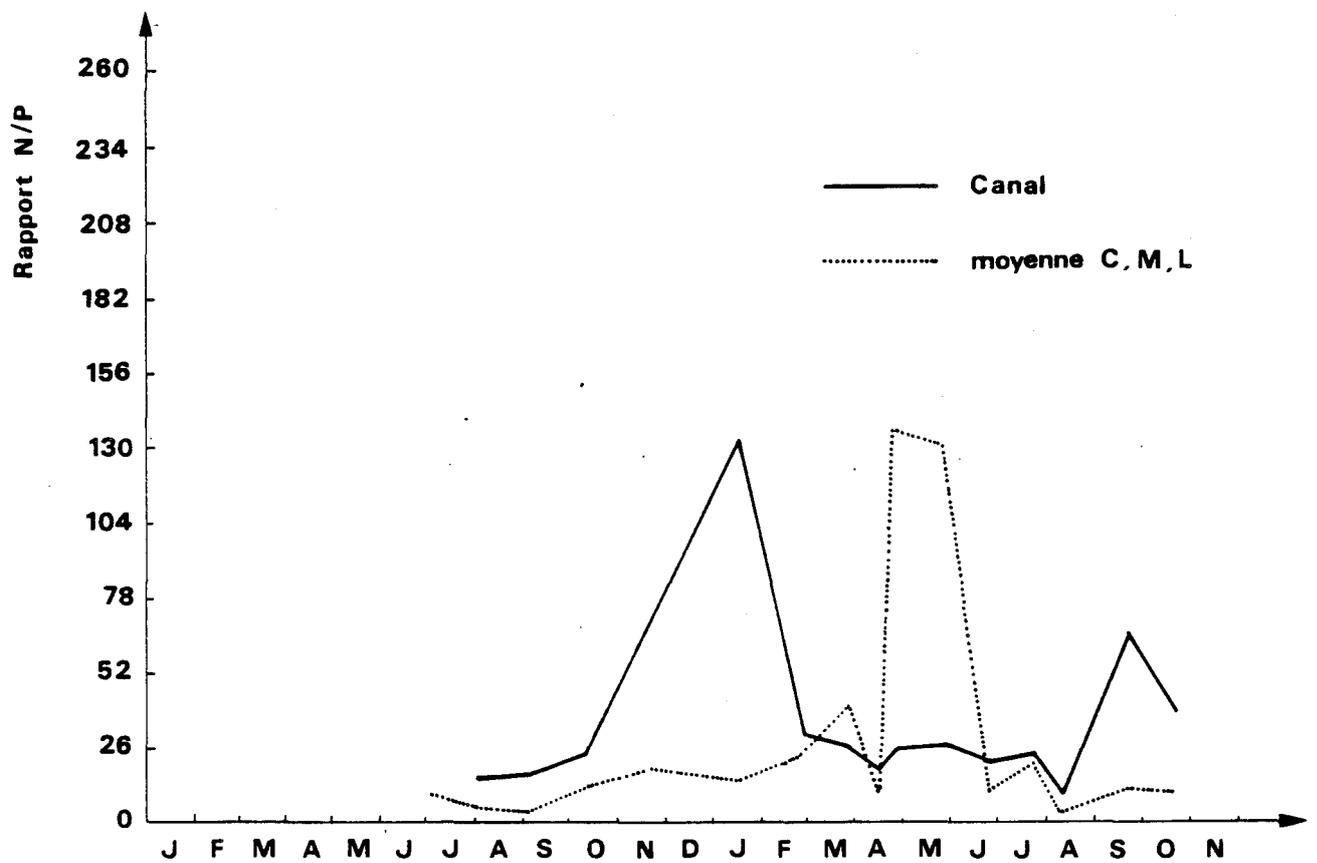


Fig. II B 37 : RAPPORT N/P



- Le pH, la teneur en oxygène et le pourcentage de saturation en oxygène montrent des valeurs voisines. On ne peut pas dire que l'Avant-Port ouest soit sous-saturé en oxygène. Tout au plus cela est-il observable à certaines périodes (fig. II - B. 25 et 26) comme en mai et en septembre 1980, mais juillet 79, avril 80 et juillet 80 fournissent des données où non seulement la sursaturation est dépassée, mais est aussi supérieure à la moyenne de la radiale.
- Sauf certaines valeurs enregistrées en début et en fin de cycle d'étude (fig. II - B. 30), les matières en suspension sont en quantité sensiblement moindre dans le canal d'aménée que sur le site.
- Les sels nutritifs créent la caractéristique de cette station. Alors que les silicates (Fig. II - B. 36), les phosphates (fig. II - B. 35) et l'ion ammonium (fig. II - B. 32) sont en concentrations supérieures à celle de la moyenne de la radiale, l'inverse s'observe pour les nitrites et les nitrates (fig. II - B. 34 et 33), sans que nous ayons trouvé d'explication à ce phénomène. Le rapport N/P (fig. II - B. 37) en général supérieur au canal, surtout en janvier 1980, est nettement dépassé par celui de la radiale durant la dessalure d'avril et de mai 1980. Les précédentes observations ne montraient pas une telle discordance du comportement des nitrites et des nitrates par rapport à celui des autres sels nutritifs. L'ensemble des sels était alors en excès par rapport à la radiale. Les prélèvements ultérieurs permettront de faire le point sur ce problème.

5. Conclusion

En raison des irrégularités du fonctionnement de la centrale, il est très difficile de faire un bilan d'impact clair concernant les paramètres hydrologiques. Il apparaît que ce cycle juillet 1979 - octobre 1980 ne met pas encore en évidence d'effet de la centrale sur le milieu observé aux stations de la radiale de référence. Deux arguments peuvent être invoqués : d'abord le débit irrégulier au rejet des tranches en fonctionnement, ensuite le fait que par débit faible et moyen, la tache thermique reste collée à la digue durant nos prélèvements en conditions de flot, échappant ainsi à notre investigation. C'est ainsi qu'à aucun moment nous n'avons enregistré de variation sensible de la température au point côtier, premier paramètre qui doit être logiquement décelé *in situ* au moment de l'échantillonnage. De même, la faible turbidité des eaux du rejet comparée à celle des eaux du site sert de traceur à l'oeil nu lors des campagnes en mer : nous avons pu en général observer que le panache de rejet, collé à la digue, échappait à notre investigation. C'est pourquoi il nous semble nécessaire, dans cette période

transitoire de montée en puissance de la centrale, d'ajouter à la station côte, entre celle-ci et la digue, une station intermédiaire mobile dont la définition est sa situation dans le panache. Au fur et à mesure de la montée en puissance de la centrale, et si les conditions d'état de la mer le permettent, l'échantillonnage de cette station pourra se faire de plus en plus proche de la station côte, jusqu'à coïncider avec elle. C'est ce que nous nous efforcerons de faire dans les mois à venir.

L'évolution des paramètres hydrobiologiques de ce cycle 1979-1980 se rapproche donc de celle des cycles d'étude précédents. Seule l'irruption en mai 1980 d'eaux dessalées en a interrompu le cours normal lors de la phase printanière. Les conclusions des rapports précédents se confirment donc, alors qu'il apparaît que la station canal doit retenir l'attention, en particulier quant au comportement de sa teneur en sels nutritifs.

BIBLIOGRAPHIE HYDROLOGIE

- BANSE K., FALLS C.P., HOBSON L.A.T., 1963 - A gravimetric method for determining suspended matter in sea water using Millipore filters. Deep Sea Res., 10 : 639-642.
- CIPLINOR, 1978 - Bilan des apports telluriques sur trois années de mesures sur le littoral du Nord, 1976, 1977, 1978. 27 p.
- TREGUER P., LE CORRE P., 1974 - Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer (utilisation de l'Autoanalyzer II Technicon). Université de Bretagne Occidentale.

CHAPITRE . III



PHYTOPLANCTON

par Hubert GROSSEL

CHAPITRE III

PHYTOPLANCTON - PRODUCTION PRIMAIRE

1. Matériel et méthodes

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

1.1. Mesure de pigments photosynthétiques

Les échantillons destinés à la mesure de la quantité de chlorophylle et de phéopigments sont filtrés immédiatement après le prélèvement sur membrane WHATMAN GFC (fibre de verre) de porosité théorique 0,45 µ. Avant filtration, le filtre est recouvert d'une suspension de MgCO₃ qui permet de retarder la dégradation de la chlorophylle. Les filtres, stockés dans des tubes en verre bouchés, sont congelés dès que possible jusqu'au dosage.

a - Chlorophylle a

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

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

$$\text{Chl a } (\mu\text{g/l}) = \frac{(11,64 e_{663} - 2,16 e_{645} + 0,10 e_{630}) v}{V}$$

v = volume de l'extrait

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

b - Phéopigments

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

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

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

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

665_o = extinction avant acidification

665_a = extinction après acidification

v : volume d'acétone

V = volume d'eau de mer filtrée

l = tranet optique de la cuve

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

Les phéopigments sont exprimés en pourcentage de pigments a totaux par la formule :

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

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

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

1.2. Production primaire

a - Méthode

En continuité avec le cycle d'étude précédent, nous avons utilisé, pour mesurer l'intensité de la production de matière organique des populations phytoplanctoniques, la méthode mise au point par STEEMAN-NIELSEN en 1952 et reprise par BROUARDEL et RINCK (1963). Cette méthode, présentée en détail dans un rapport précédent (Etude Ecologique de Projet, 2ème Cycle - Rapport général), est basée sur l'addition d'un traceur radioactif, le ¹⁴C, à l'eau de mer dont on veut étudier la production organique.

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

Aussitôt prélevés, les échantillons d'eau de mer sont mis à l'obscurité dans une glacière transportable. Le volume d'eau est suffisamment important pour assurer une quasi inertie thermique dans cette enceinte. Dès le retour à la Station de Wimereux, les échantillons d'eau sont répartis

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

L'incubation se fait pendant une durée précise (4 heures) dans l'incubateur artificiel déjà décrit (Rapport Général - 2ème Cycle). Une fois la filtration réalisée, on stocke les filtres à sec : ceux-ci sont emballés individuellement et envoyés à Brest (CNEXO-COB) pour y être comptés en scintillation liquide sur un compteur INTERTECHNIQUE).

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

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

dans laquelle :

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

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

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

C : teneur en CO_2 de l'eau, estimé à 100 ml/l.

12 : poids moléculaire du carbone

44 = poids moléculaire du CO_2

10^3 = permet de ramener au m^3 .

b - Indice Production-Biomasse

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

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

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

1.3. Etude systématique du phytoplancton

Méthode d'étude au microscope

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

La méthode d'étude au microscope est celle d'UTERMÖHL, adaptée au phytoplancton marin par STEELAN-NIELSEN en 1933. Comptages et détermination ont été réalisés au moyen d'un microscope à inversion LEITZ à partir de cuves à sédimen-

tation de 5 ou 10 cm³ (grossissement 312 X pour le microplancton, 500 X pour le nonoplancton). Le nombre de cellules observées, estimé à partir de 2 ou 3 sous-échantillons (au minimum 100 cellules par sous-échantillon), a été ramené au nombre correspondant par cm³.

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

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

1.4. Indices de diversité

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

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

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

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

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

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

2. Pigments photosynthétiques

a - Chlorophylle a

L'étude de la chlorophylle a permet de se faire une idée précise de la biomasse phytoplanctonique globale et de sa productivité. Elle a l'avantage d'être plus rapide que l'étude systématique du phytoplancton. De plus elle prend en compte les organismes nanoplanctoniques dont le dénombrement est délicat et aléatoire.

La figure III. 1. montre en juillet 1979 des valeurs de teneurs en chlorophylle comparables à celles observées en juin (cf. rapport précédent). La reprise ne s'observe donc qu'en août pour culminer en septembre avec des valeurs proches de 9 µg/l. Au début du mois d'octobre les effec

Fig. III 1 : CHLOROPHYLLE

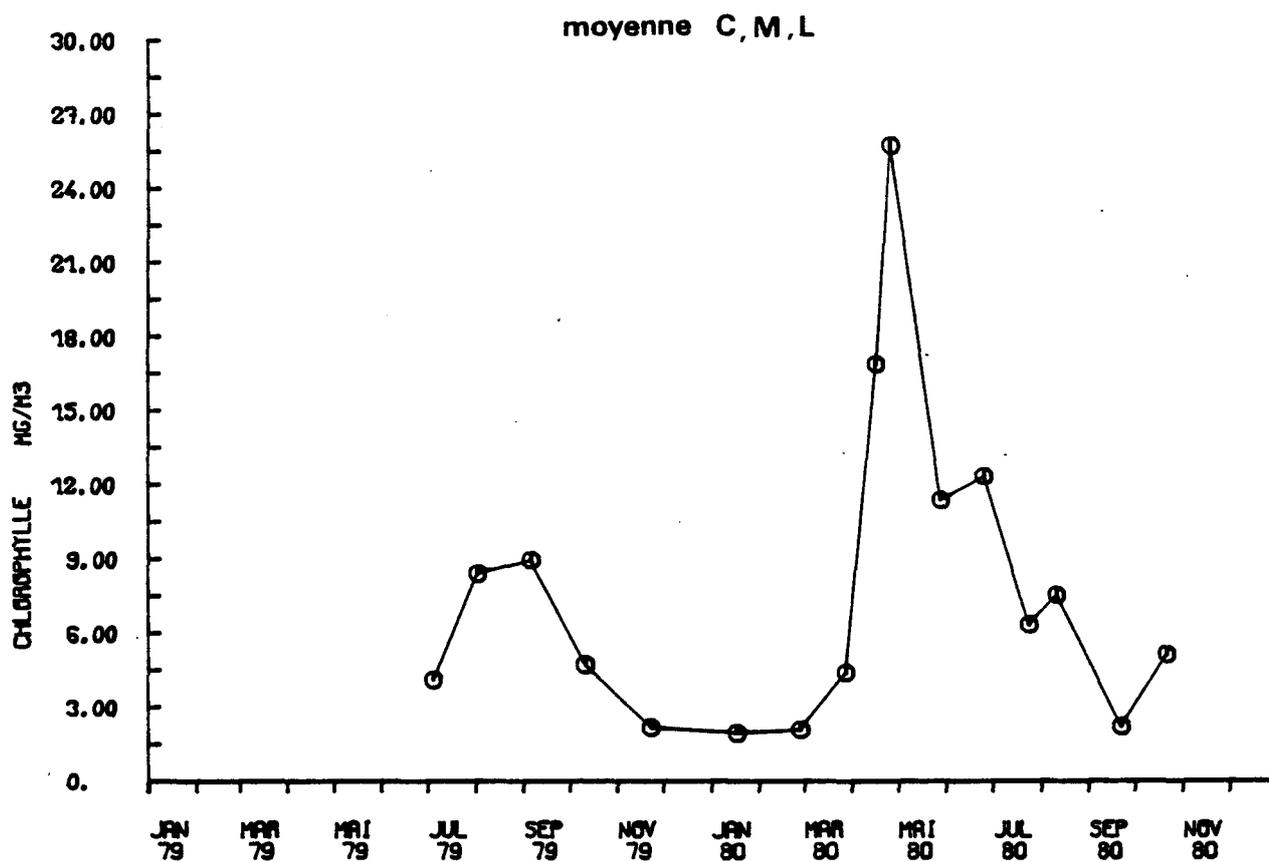


Fig. III 2 : PHEOPIGMENTS

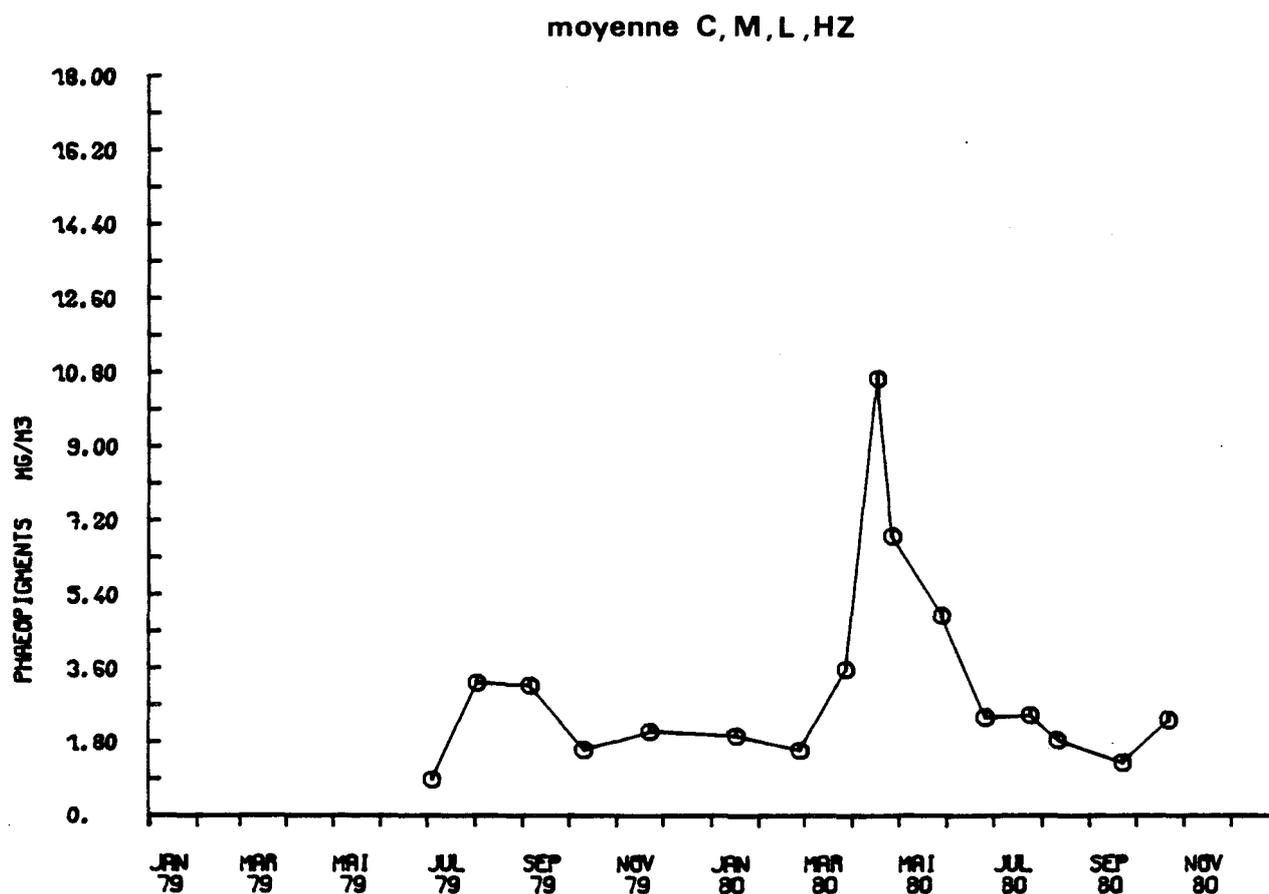
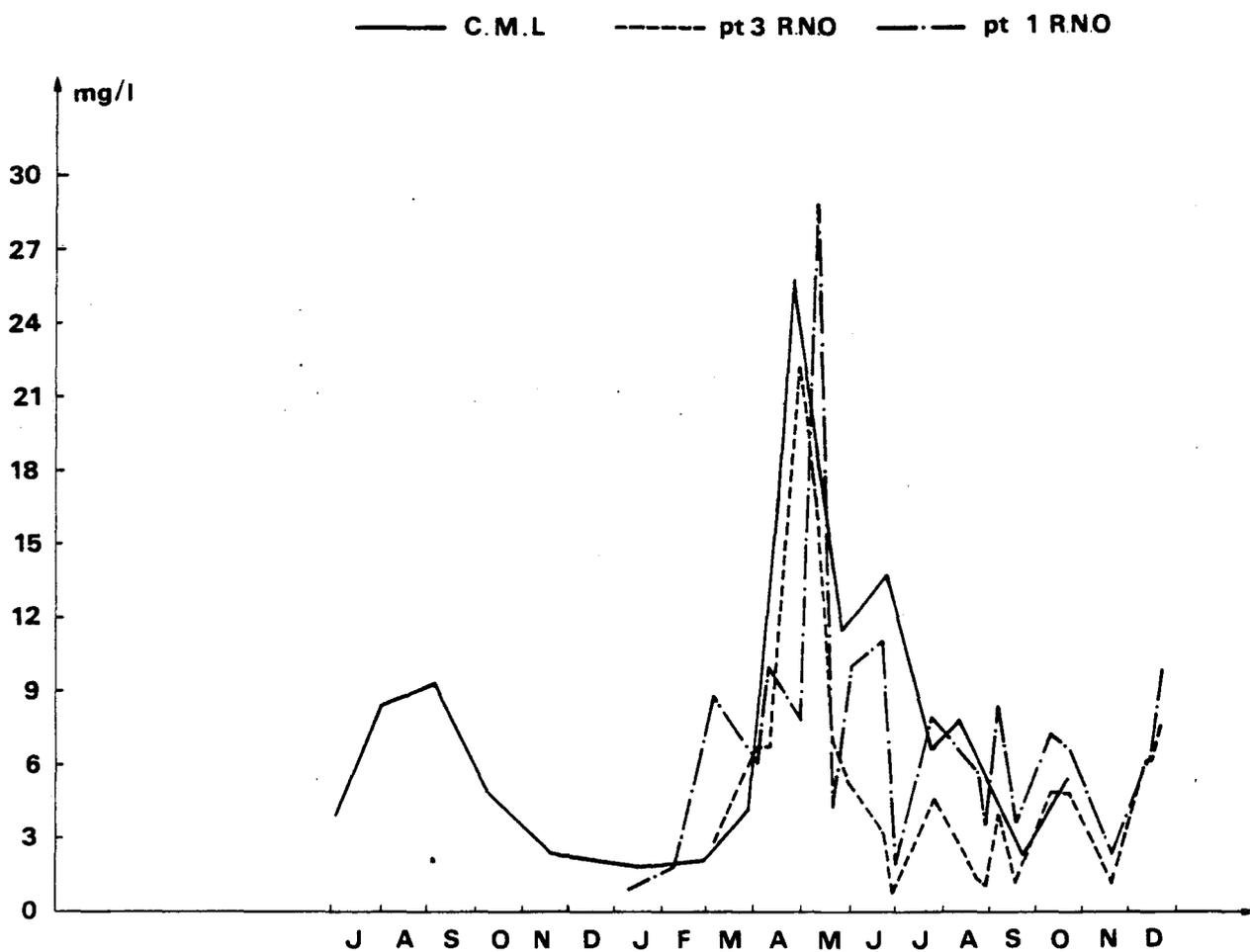


Fig. III 3 : Teneurs en chlorophylle comparées sur la radiale
EDF - CNEXO et sur le site RNO de Dunkerque



tifs phytoplanctoniques chutent et notre échantillonnage montre des valeurs hivernales inférieures à 2 $\mu\text{g/l}$ de novembre à la fin février 1980. En mars 1980 s'amorce le bloom printanier alors que la température, qui s'était sensiblement accrue entre la campagne de janvier et celle de février montre un fléchissement dans son augmentation entre février et mars. Avril marque l'installation d'un bloom particulièrement important qui culmine à la fin du mois avec des teneurs en chlorophylle voisines de 26 $\mu\text{g/l}$. Ainsi la dessalure évoquée au chapitre précédant semble profiter au développement de la biomasse phytoplanctonique. De mai à octobre 1980 cette biomasse va décroître en une série de pics successifs proches de 12 $\mu\text{g/l}$ en juin, 7 $\mu\text{g/l}$ en août et 5 $\mu\text{g/l}$ en octobre. Septembre passe par une période de pauvreté en phytoplancton comparable, par sa teneur en chlorophylle, à l'hiver précédent.

On voit (Fig. III.3.) que les teneurs en chlorophylle enregistrées sur le site R.N.O. de Dunkerque en 1980 se superposent assez bien à celles de la moyenne C, M, L de la radiale de Gravelines, en particulier lors de la dessalure d'avril-mai 1980. Ce phénomène physico-chimique observé à Gravelines l'a donc été aussi à Dunkerque et semble avoir influencé de la même manière le compartiment planctonique. Cela paraît logique mais devait au moins être vérifié dans la mesure où l'on pense cette masse d'eau originaire du Nord-Est.

En résumé, alors que durant l'année 1978 trois pics phytoplanctoniques nettement individualisés étaient apparus en avril, juin et août, l'année 1979 n'en montre que deux en mars et en début septembre, bien que l'on puisse penser qu'il existe en début mai un pic mal séparé de celui de mars. L'année 1980 se caractérise par un bloom très important en avril suivi de pics de moindre ampleur en juin et en août, restant toutefois dans la fourchette de valeurs observées lors des blooms des années antérieures.

La figure III.4. illustre le classique gradient côte-large déjà observé, dans lequel le point médian est souvent confondu sinon très proche du point côtier.

Les concentrations en chlorophylle du point hors-zone sont intermédiaires entre celles des points médian et du large.

b - Phéopigments (Fig. III.2.)

Les phéopigments résultent de la dégradation de la chlorophylle des populations phytoplanctoniques en décomposition. Mais il semble que le "grazing" soit l'un des processus les plus importants de cette dégradation (YENTSCH, 1967). Les raisons réelles des variations de ces phéopigments ne sont pas encore bien établies. Ses variations saisonnières en 1979-1980 suivent en amplitude celles de la chlorophylle avec toutefois un décalage du

Fig. III 4 : CHLOROPHYLLE

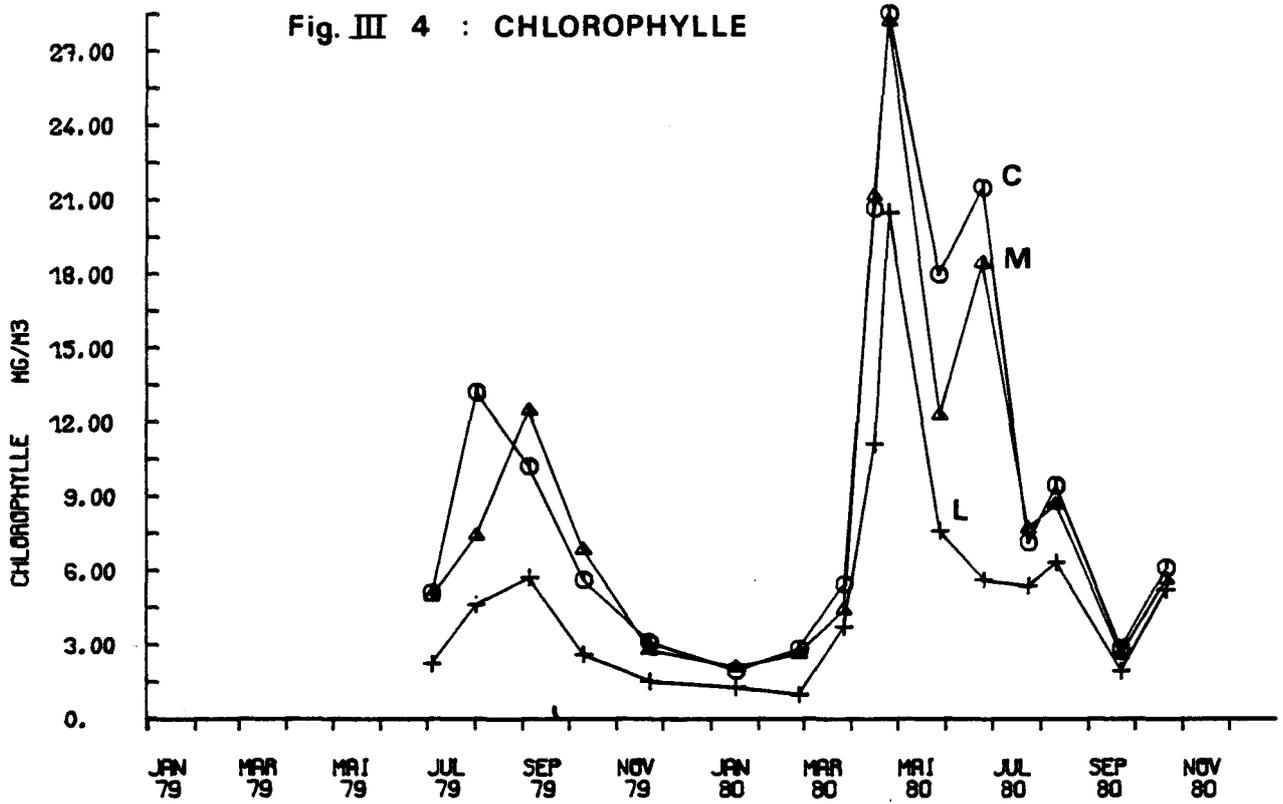


Fig. III 5 : PHEOPIGMENTS

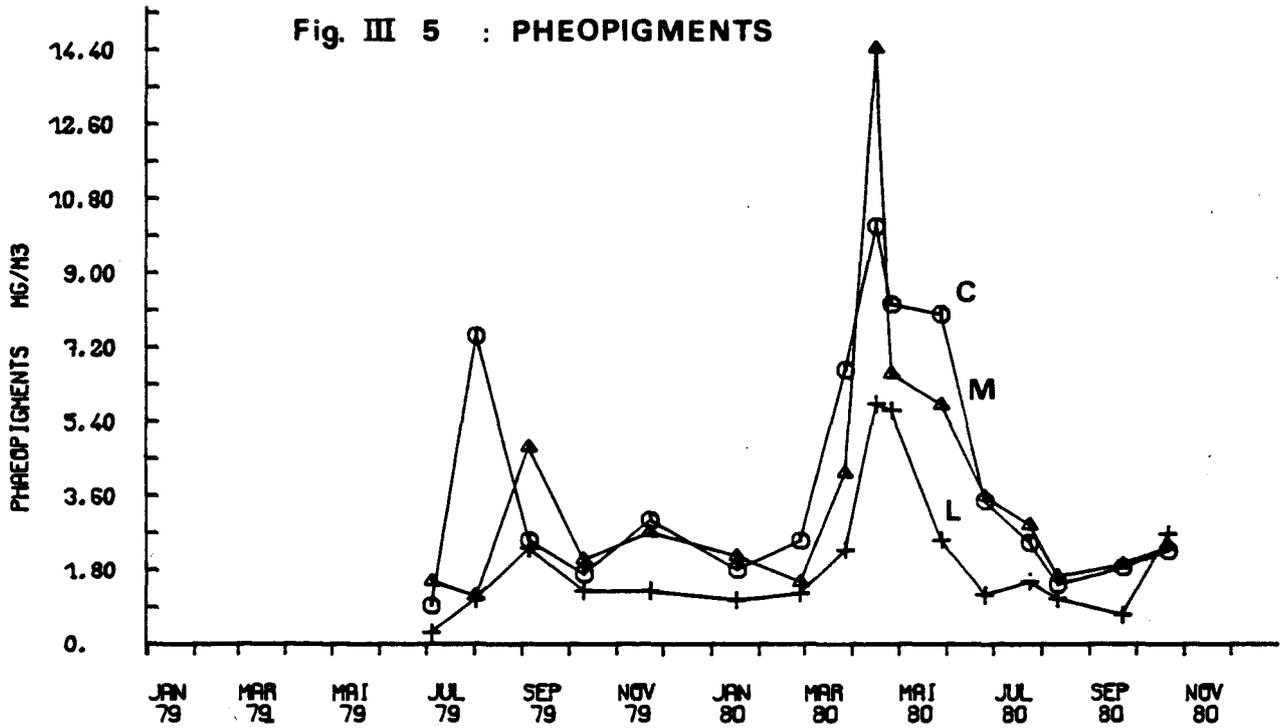
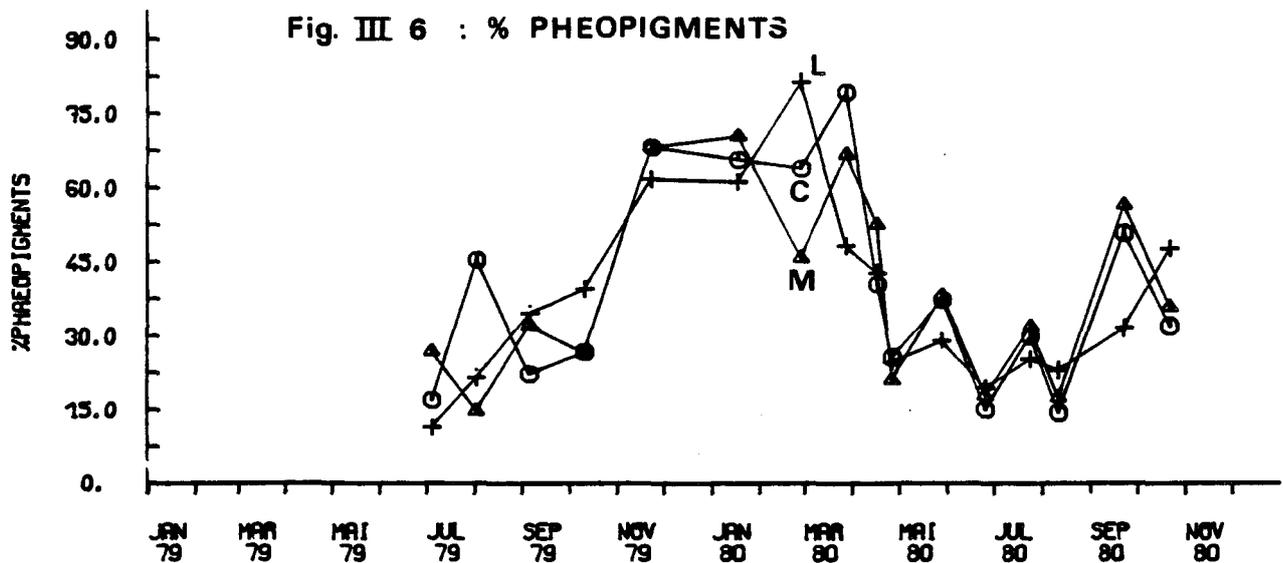


Fig. III 6 : % PHEOPIGMENTS



pic en avril 1980 : le maximum atteint le 16 avril par lesphéopigments ($\approx 10 \mu\text{g/l}$) ne l'est que le 26 avril par la chlorophylle ($\approx 26 \mu\text{g/l}$), laissant penser que le 16 avril une importante population en dégradation se partage le milieu avec d'autres espèces. Cela se vérifie dans les comptages spécifiques : *Asterionelle japonica*, qui représente 45 % de la population microplanctonique le 16 avril, a pratiquement disparu le 26, provoquant ainsi le redressement de l'indice de diversité observé (Fig. III. 21).

Un gradient côte-large (Fig. III.5.) très proche de celui observé pour la chlorophylle apparaît pour lesphéopigments, mais ce qui semble surtout intéressant, c'est le comportement du pourcentage de phéopigments (Fig. III.6.). La courbe présente dans son ensemble une allure sinusoïdale avec des valeurs minimales de ce taux en été et maximales en hiver, et la comparaison avec la courbe de la salinité (Fig. II.B.6.) montre que les oscillations de celle-ci en fin de cycle d'étude (de mai à octobre 1980) correspondent à des oscillations systématiquement inverses du pourcentage de phéopigments (Fig. III.6.), indiquant par là l'effet apparemment défavorable des apports d'eaux douces sur l'état d'une partie au moins de la population phytoplanctonique.

3. Production primaire

La chlorophylle, paramètre utile pour apprécier la biomasse phytoplanctonique, ne présente pas toujours le même degré d'activité. Pour étudier la productivité primaire potentielle sur le site, la méthode d'incubation artificielle au ^{14}C offre l'avantage par rapport à d'autres méthodes, de rendre comparables les productions primaires des différentes campagnes par l'intensité lumineuse constante à laquelle sont soumis les différents échantillons. Elle ne donne pas de résultats sur la production réelle aux différents points et surtout aux différents niveaux. Elle permet de savoir par exemple que telle population phytoplanctonique échantillonnée à -5m, dans les conditions d'éclairement rendues très faibles sinon nulles à cause de la turbidité et donc pratiquement improductive au moment du prélèvement, est potentiellement capable, si la turbulence ramène la masse d'eau en surface, de produire telle quantité de matière organique dans les conditions de lumière de l'incubateur.

Il est donc plus exact de comprendre le terme de production primaire ici employé dans le sens de productivité primaire potentielle. Le suivi de la production primaire s'étant effectué dans des conditions d'éclairement identiques pour chaque campagne et pour les différents cycles d'études, les résultats obtenus permettent d'apprécier à la fois la biomasse phytoplanctonique et l'activité photosynthétique, donc l'état physiologique global des cellules.

a - Résultats

1. Variations temporelles

L'évolution saisonnière de la productivité primaire (Fig. II. C. 7.) se superpose de façon sensible à celle de la teneur en chlorophylle. On observe donc deux pics de forte production : l'un en août 1979, l'autre en fin avril 1980, alors que la dessalure est à son maximum. C'est ainsi qu'entre fin mars et fin avril la productivité est décuplée, passant de quelques $7 \text{ mgC/m}^3/\text{heure}$ à $70 \text{ mgC/m}^3/\text{heure}$. Notons que ce maximum de productivité est atteint par des populations microplanctoniques (diatomées essentiellement et non par le bloom de phaeocystis, espèce nanoplanctonique apparue à cette période mais pullulant un mois après sous une forme moins productive. Les valeurs de production enregistrées en 1979-1980 sont donc dans la fourchette observée lors des cycles précédents.

2. Variations spatiales

La figure III. 7., montre qu'au gradient côte-large des teneurs en chlorophylle correspond le même gradient en productivité. Plus riches en sels nutritifs, et plus riches en phytoplancton, les eaux côtières sont celles qui présentent la plus grande capacité productive. Il ne faut cependant pas oublier qu'étant plus turbides, leur bilan de production réelle sur l'ensemble de la colonne d'eau peut fort bien être voisin et même inférieur à celui d'une eau du large.

Nous retrouvons dans ce raisonnement, qui serait à vérifier *in situ* par des campagnes ponctuelles plus lourdes, les observations rassemblées dans le Modèle Mathématique Belge (ANONYME, 1972) et dans certaines publications comme celle de JOINT et POMROY (1981). Cette approche de la Productivité peut prendre toute son importance dans l'étude de l'impact de la Centrale sur le site pélagique. En effet si le panache thermique confirme à l'avenir une qualité de l'eau moins turbide que celle du site, on peut prédire, en hiver tout au moins (hors période chloration), sa plus grande productivité. Et la question est de savoir alors, avec la stabilisation à un important débit du rejet de la centrale, et malgré le fort hydrodynamisme local, s'il n'y aura pas formation de masses d'eau productives profitant au développement de quelques espèces opportunistes, marquant en cela une rupture de l'équilibre écologique.

Fig. III 7 : PRODUCTION PRIMAIRE

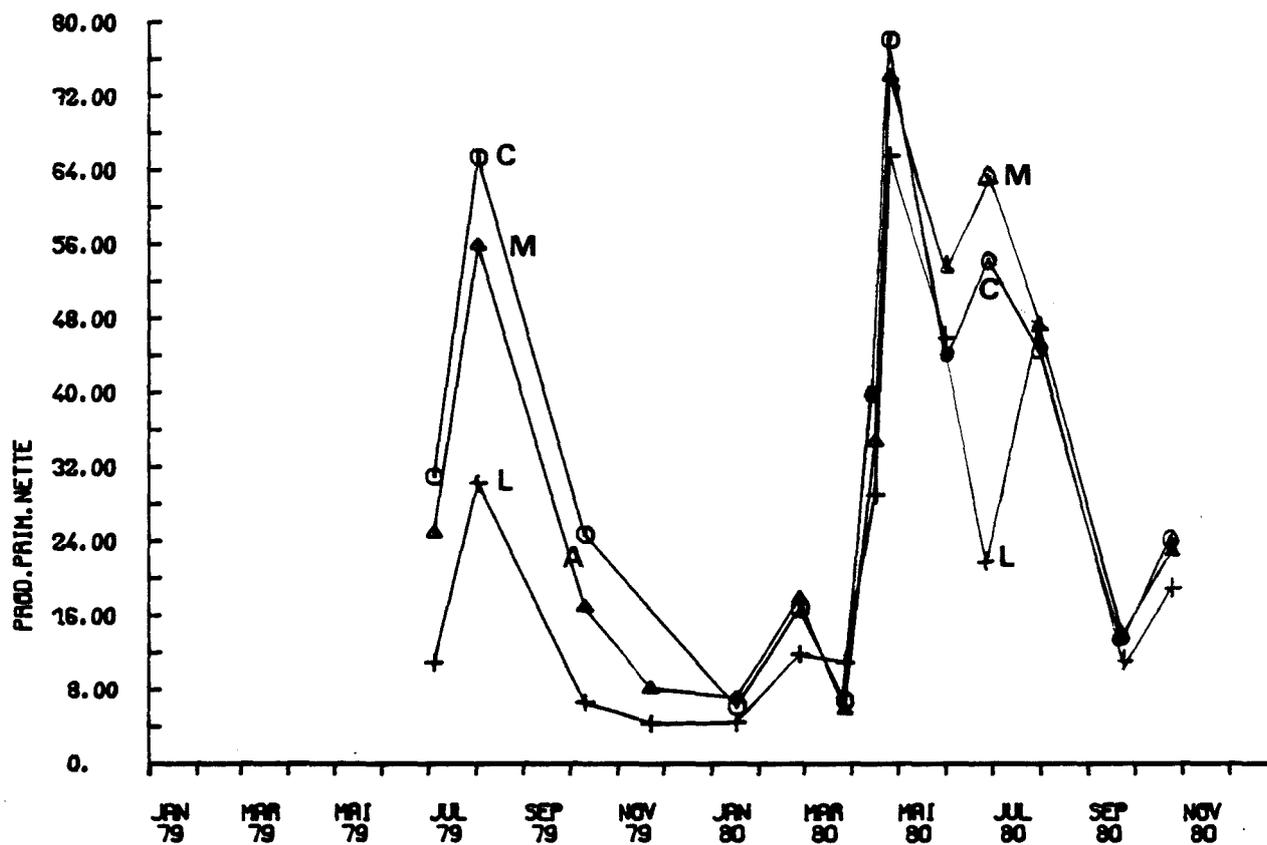
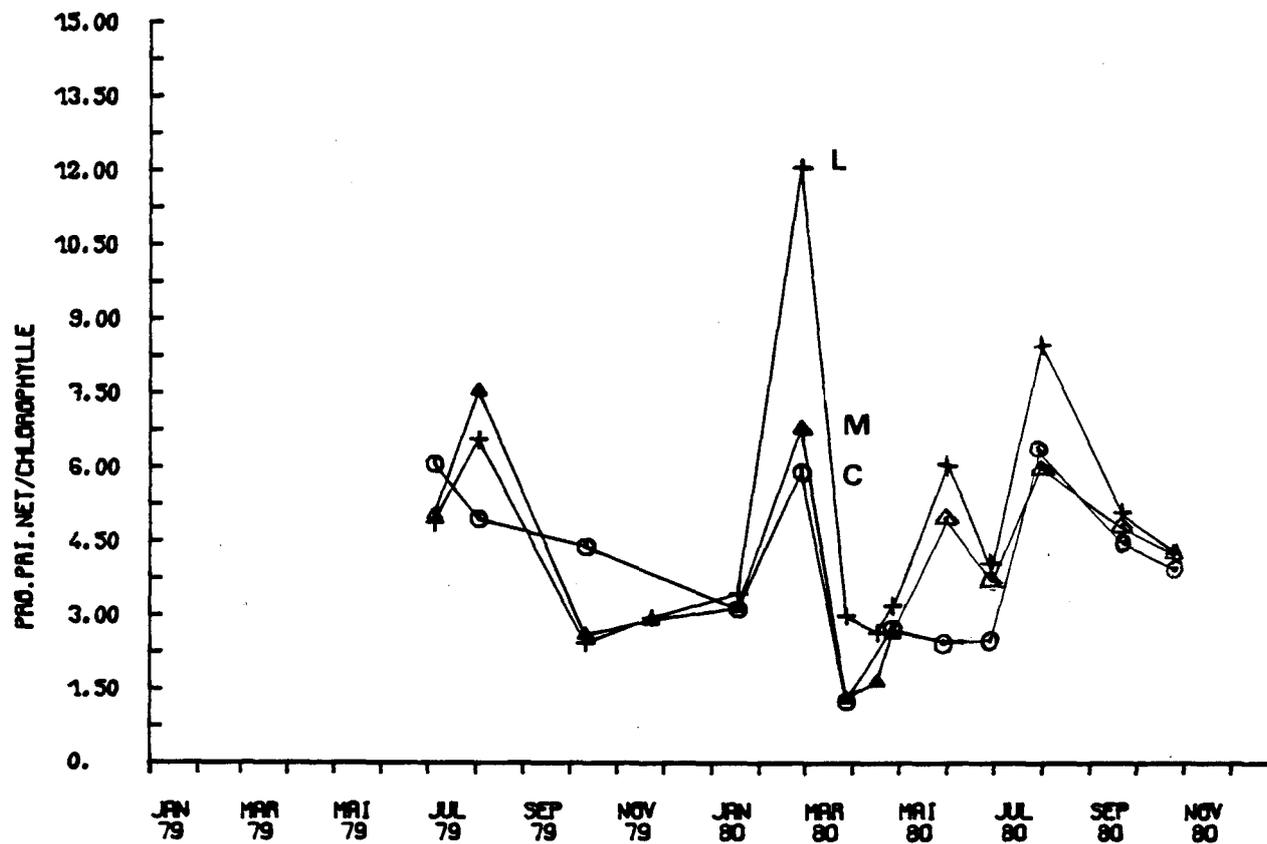


Fig. III 8 : RAPPORT P/B



b - Rapport Production-Biomasse

Si nous considérons que la chlorophylle est un bon indicateur de la biomasse autotrophe, le rapport production primaire nette/chlorophylle a est un indice de l'état physiologique des populations phytoplanctoniques échantillonnées.

Les variations temporelles de ce rapport (Fig. III. 8.) montrent des valeurs comprises en général entre 2 et 6 avec un pic au point du large proche de 12 en février. C'est d'ailleurs à cette campagne (27 février) que l'on voit de façon très nette une reprise de l'activité physiologique marquer le début du printemps phytoplanctonique (par une plus grande efficacité de la synthèse chlorophyllienne), alors que l'observation des seules teneurs en chlorophylle (Fig. III. C. A. et III. C. 4.) n'aurait pas permis une telle constatation avant fin mars. Il est à noter aussi les évolutions quasi parallèles du rapport P/B en fin de cycle (de fin mars à octobre) et du pourcentage de phéopigments (Fig. III. 6.). Nous avons relié l'évolution irrégulière de ce dernier paramètre à celle de la salinité (paragraphe III. 2. b.). Il semble qu'apparaissent en cette occasion des conditions intéressantes permettant de comparer la signification du pourcentage de phéopigments (inverse du pourcentage de chlorophylle active) et du rapport Production/Biomasse. Bien que la signification du taux de phéopigments ne soit pas clairement établie, il est très logique de concevoir qu'une population phytoplanctonique puisse présenter un fort pourcentage de phéopigments en même temps qu'un rapport Production/Biomasse élevé. Cette situation peut se comprendre le plus facilement sur une population en mutation, contenant des espèces en régression, et d'autres en plein essor, à cause d'un changement dans la qualité du milieu. C'est ce que nous observons durant toute cette période où pratiquement aucune espèce phytoplanctonique n'a réussi à s'imposer à la fois en abondance et en durée (à une campagne correspondait une espèce dominante différente à la campagne suivante).

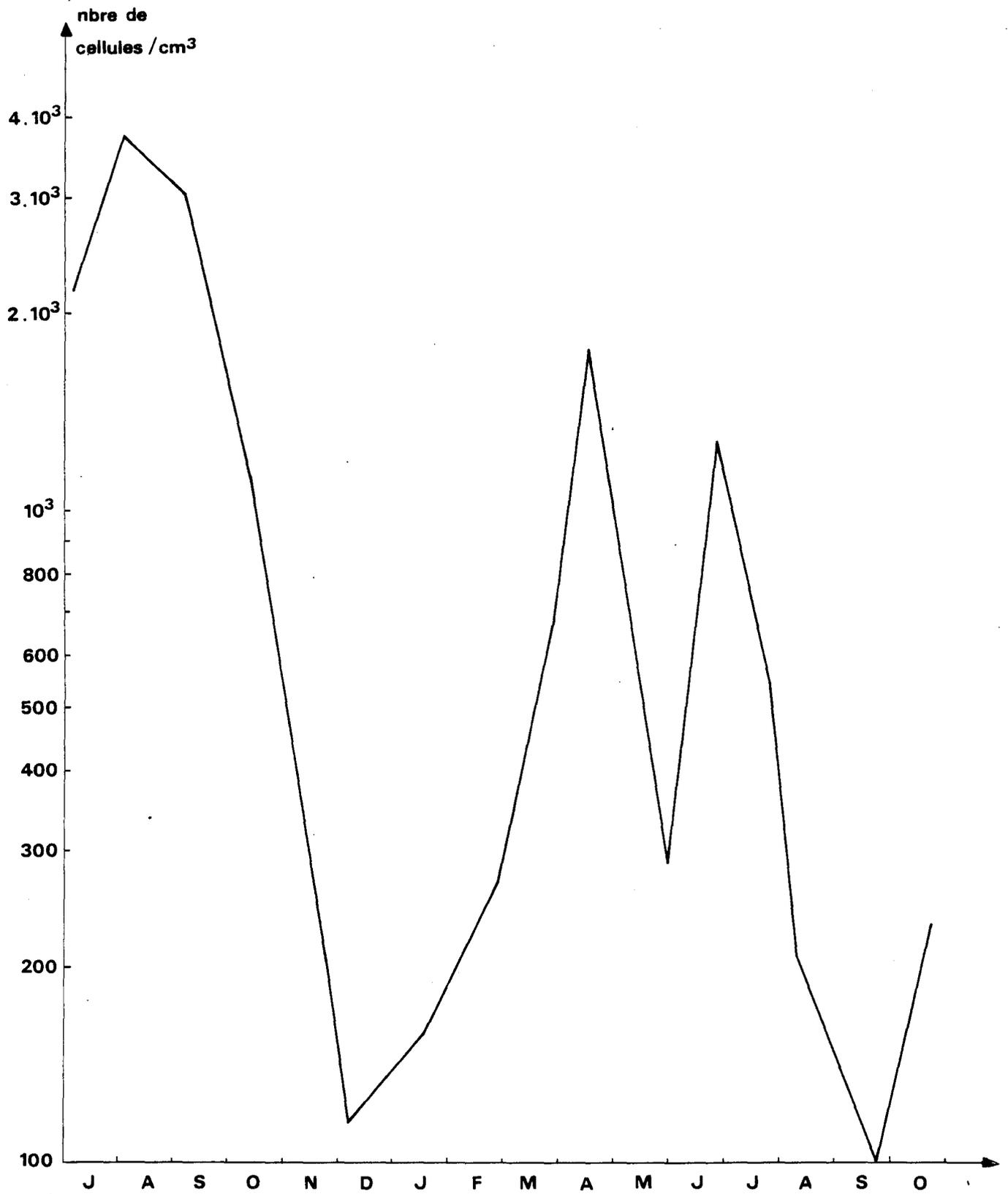
Les valeurs du rapport P/B aux différents points de la radiale sont voisines pour les points côtier et médian, et le point du large se différencie par des valeurs légèrement supérieures. Dans certains cas, un gradient côte-large croissant apparaît nettement établi, semblant indiquer un meilleur état physiologique des cellules du large.

4. Etude systématique du phytoplancton

L'étude systématique du phytoplancton consiste en un dénombrement après identification des différents genres et espèces du plancton végétal contenu dans les échantillons prélevés. Elle permet d'établir la richesse spécifique des masses d'eau et leur évolution spatio-temporelle.

Fig. III 9 : MICROPLANCTON

(moyenne C, M, L)



Nous avons classé dans le microplancton toutes les diatomées, ce qui conduit à une limite inférieure d'environ 10 μ (exception faite pour les espèces comme *Thalassiosira levanderi* et *Skeletonema costatum*, dont la taille est souvent inférieure à 10 μ , néanmoins classées dans la catégorie microplancton).

Nous avons classé dans le nanoplancton une multitude de genres difficilement identifiables en raison de leur petite taille. Il semble que des flagellés y tiennent une part importante. De plus, des difficultés de sédimentation, et la turbidité qui gêne souvent les comptages sur le fond des cuves d'examen microscopique, rendent imprécis le dénombrement du nanoplancton qu'il convient d'interpréter avec précaution.

4.1. Variations quantitatives du microplancton

La figure III. C. 9. montre qu'aux quelques 100 C/cm^3 du mois de juin 1979 (cf. rapport précédent) succède une reprise estivale nettement établie avec 2200 C/cm^3 en juillet et 3700 en août. En début septembre la diminution de la population microplanctonique s'amorce et s'accroît jusqu'en décembre 1979, minimum hivernal enregistré avec quelques 120 C/cm^3 .

Dès février 1980, on observe de manière significative la reprise printanière qui s'intensifie en mars et culmine le 16 avril avec près de 1750 C/cm^3 , alors que la dessalure "accidentelle" s'installe. Suit une chute de la densité de la population microplanctonique (le 26 avril, malgré le pic de chlorophylle) qui va marquer son minimum fin mai (290 C/cm^3). A cette date et malgré la pullulation nanoplanctonique, la chlorophylle décroît nettement. La reprise s'effectue en été par un pic d'environ 1300 C/cm^3 en juin, suivi par une diminution sensible jusqu'en septembre (100 C/cm^3) ce qui laisse penser que l'on a pu passer durant l'été à côté d'un pic plus important.

On constate aussi un gradient côte-large en abondance de microplanctons, les points côtier et médian étant plus riches en phytoplancton que les points hors-zone et du large. Ce résultat s'accorde avec les gradients de chlorophylle et de production primaire déjà présentés.

4.2. Rapport Diatomées Centriques/ Diatomées Pennées

La plupart des espèces de Diatomées rencontrées à Gravelin sont des espèces côtières. Le nombre d'espèces de Diatomées centriques est supérieur à celui des Diatomées pennées. Le pourcentage de dominance des deux catégories de Diatomées varie selon la saison (Fig. III. 1.2.). L'évolution du rapport centriques/Pennées montre que les blooms phytoplanctoniques sont, surtout, quantitativement parlant, à la pullulation des Diatomées centriques alors que les Pennées y entrent pour une part beaucoup moins importante.

On constate (Fig. III. 12.) qu'en dehors de la période hivernale, c'est à la période de déséquilibre d'avril-mai 1980 que l'on doit un pic de pennées, dû essentiellement à la prolifération des *Nitzschia delicatissima* lors du bloom de *Phaeocystis*.

4.3. Succession des populations de Diatomées

(Fig. III. 20 à III. 19)

La succession des espèces de Diatomées présentes à Gravelines reprend dans ses grands traits celle observée lors des études précédentes.

En juillet 1979 nous rencontrons une population estivale riche en *Chaetoceros sociale* (Fig. III. 18). Cette population se maintient jusqu'en octobre, où nous enregistrons presque 90 % de dominance de cette espèce. On ne rencontre donc pas de *Rhizosolenia* cet été, excepté au "Canal" en août, mais des échantillonnages effectués en face du Gris-Nez révèlent l'abondance de *Rh. stolterfothii* et de *Rh. shrubsolei* le 31 août (J. DUPONT communication personnelle), ce qui laisse penser que nous sommes passé à côté du pic de ces espèces à Gravelines. En novembre, les populations à caractère hivernal réapparaissent avec *Paralia sulcata* (Fig. III. 13), *Thalassionema nitzschioides* (Fig. III. 10), mais aussi *Asterionelle japonica* (Fig. III. 16) et *Skeletonoma costatum* (Fig. III. 11) : sauf *Asterionella*, ces espèces dominent en hiver jusqu'en fin février, où les pics de *Skeletonoma* et de *Thalassiosira spp.* (Fig. III. 15) marquent le début du printemps. Le 27 mars, *Chaetoceros sociale* et *Ch. curvisetum* colonisent les eaux (Fig. III. 18) avec 70 % de dominance, et lorsque le pic printanier est enregistré le 16 avril, c'est *Asterionelle japonica* qui domine avec 40 % une population où *Rhizosolenia delicatula* (Fig. III. 19) et *Nitzschia delicatissima* (Fig. III. 17) apparaissent et où *Chaetoceros sociale* et *Ch. curvisetum* sont en cours de disparition. Cette date marque aussi le début de la dessalure, sensible surtout au point côtier (Fig. II. B. 6.) sans qu'une différence marquante de population ne distingue ce point des autres. Le 26 avril la dessalure s'est installée. La population phytoplanctonique décroît bien que la chlorophylle a soit alors à son maximum de concentration. *Rhizosolenia delicatula* constitue alors 30 % du nombre de cellules microplanctoniques. Mai 1980 se caractérise par la chute de la population des microplanctontes. Seule *Nitzschia delicatissima* (45 % de la population) s'associe au bloom du Flagellé *Phaeocystis* qui envahit alors les eaux du site, semblant trouver un support privilégié pour leur développement dans les gaines des colonies en dégradation. Dès juin, l'été reprend ses droits avec une population à *Rhizosolenia delicatula*. En

Fig. III 10 : *Thalassionema nitzschioides*

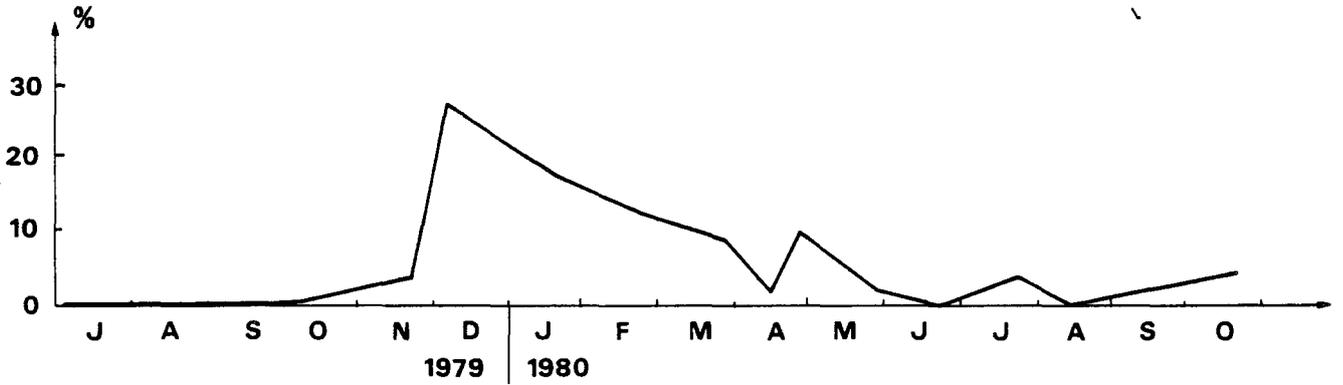


Fig. III 11 : *Peridinium spp + Gymnodinium spp*

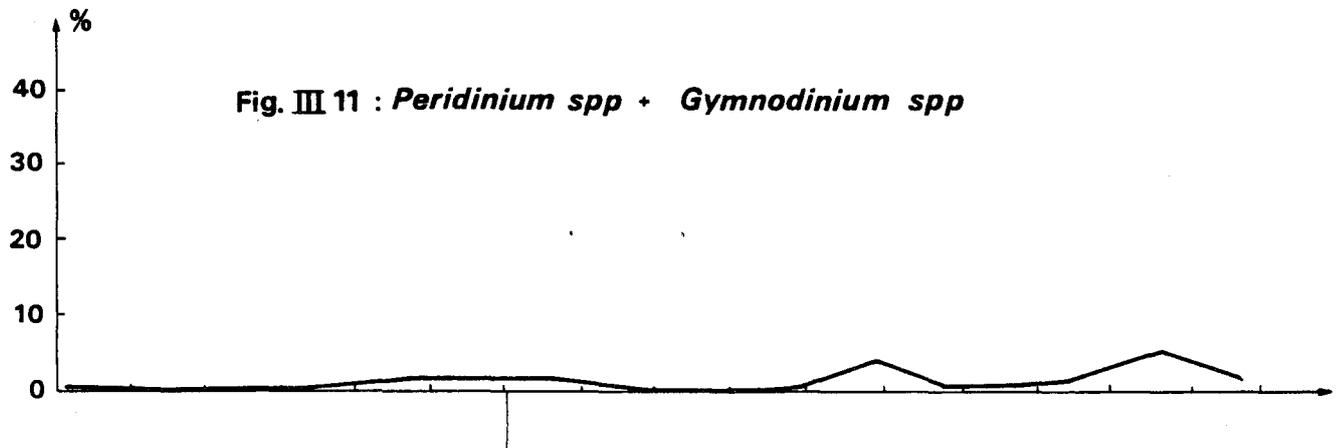


Fig. III 12 : Rapport Centriques / Pennées

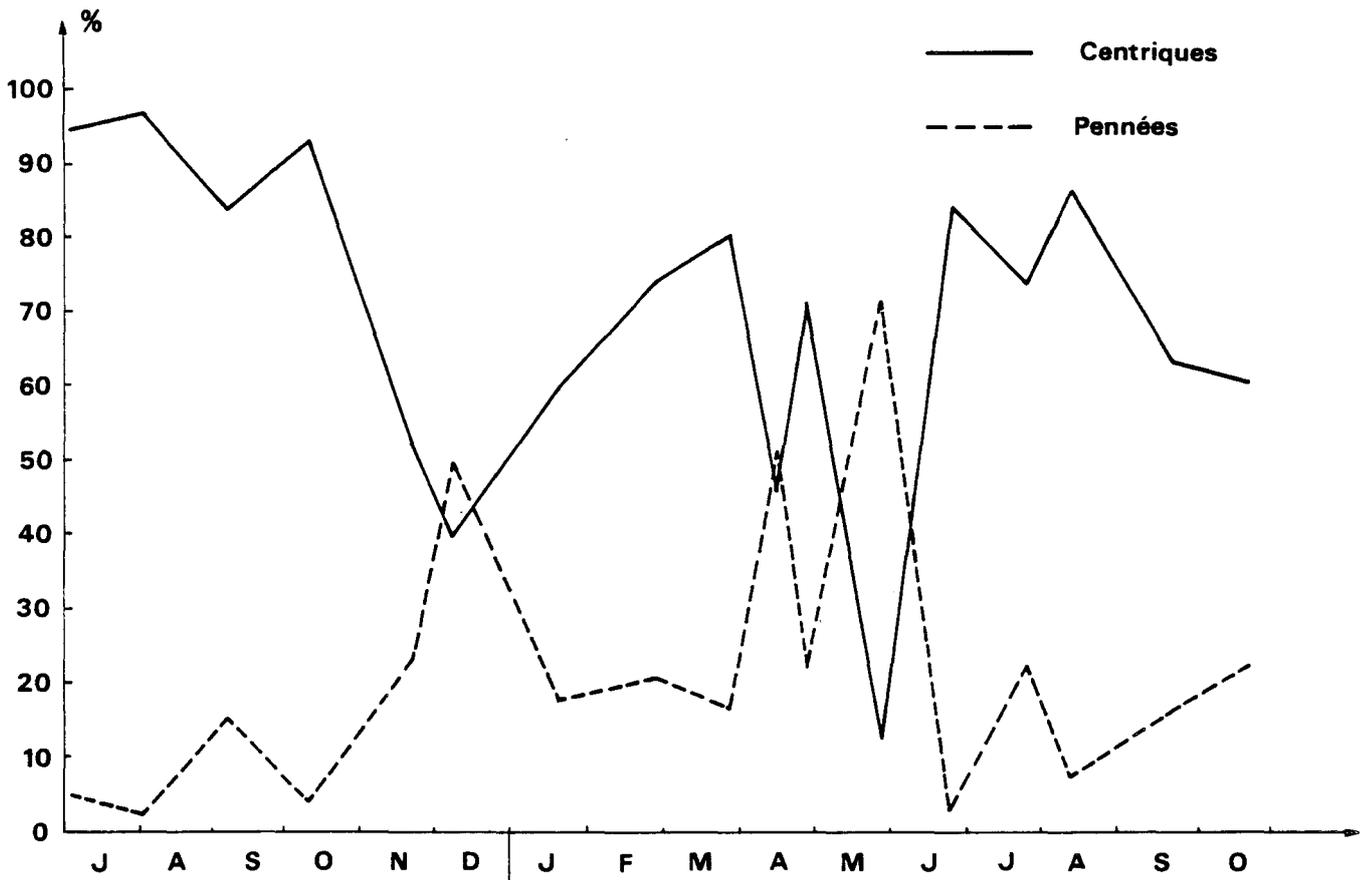
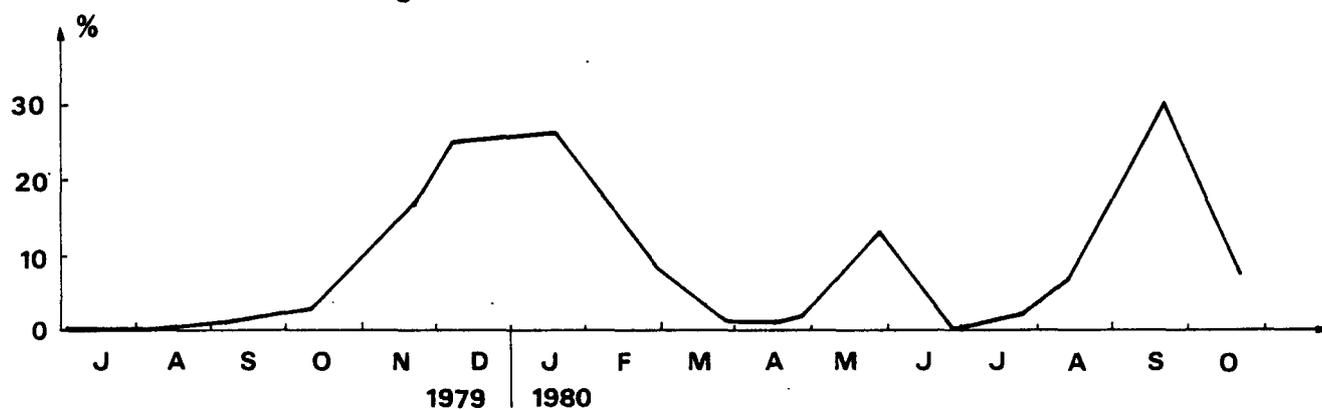
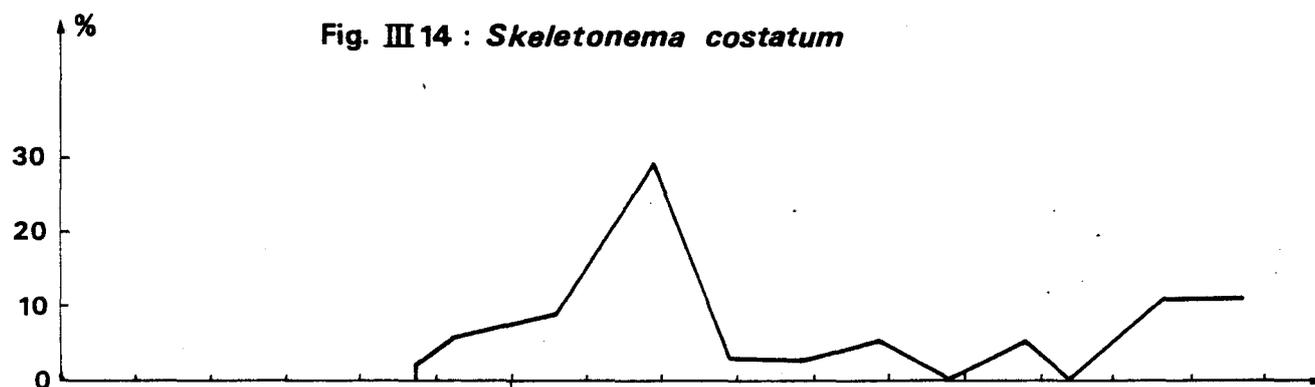
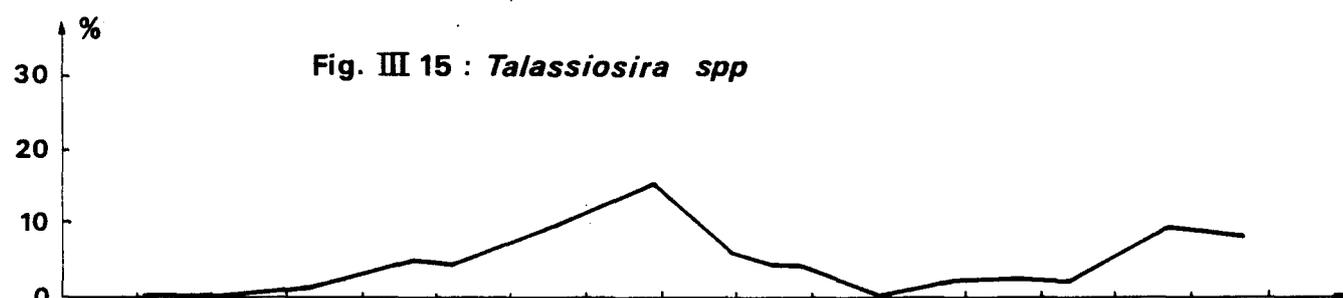
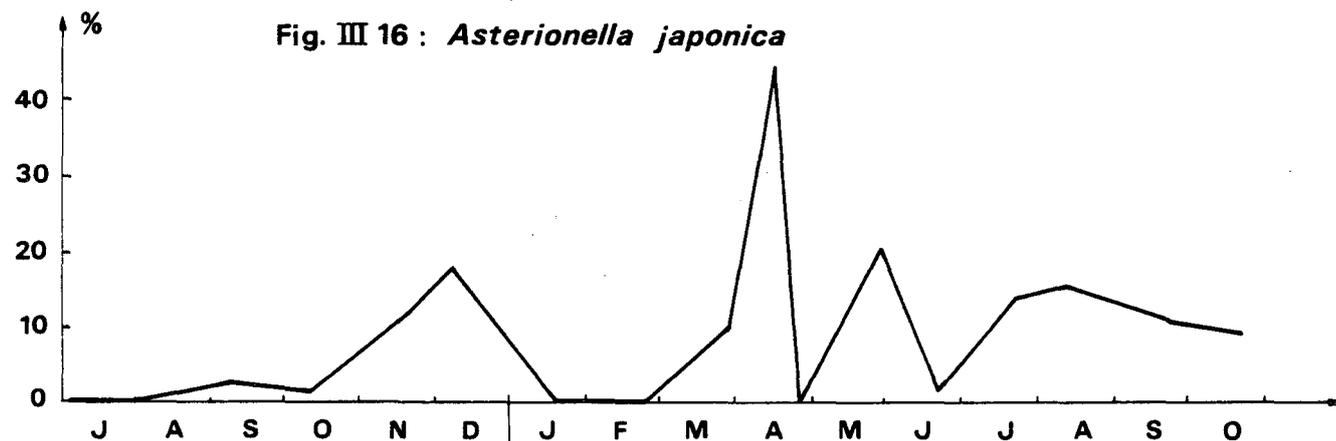
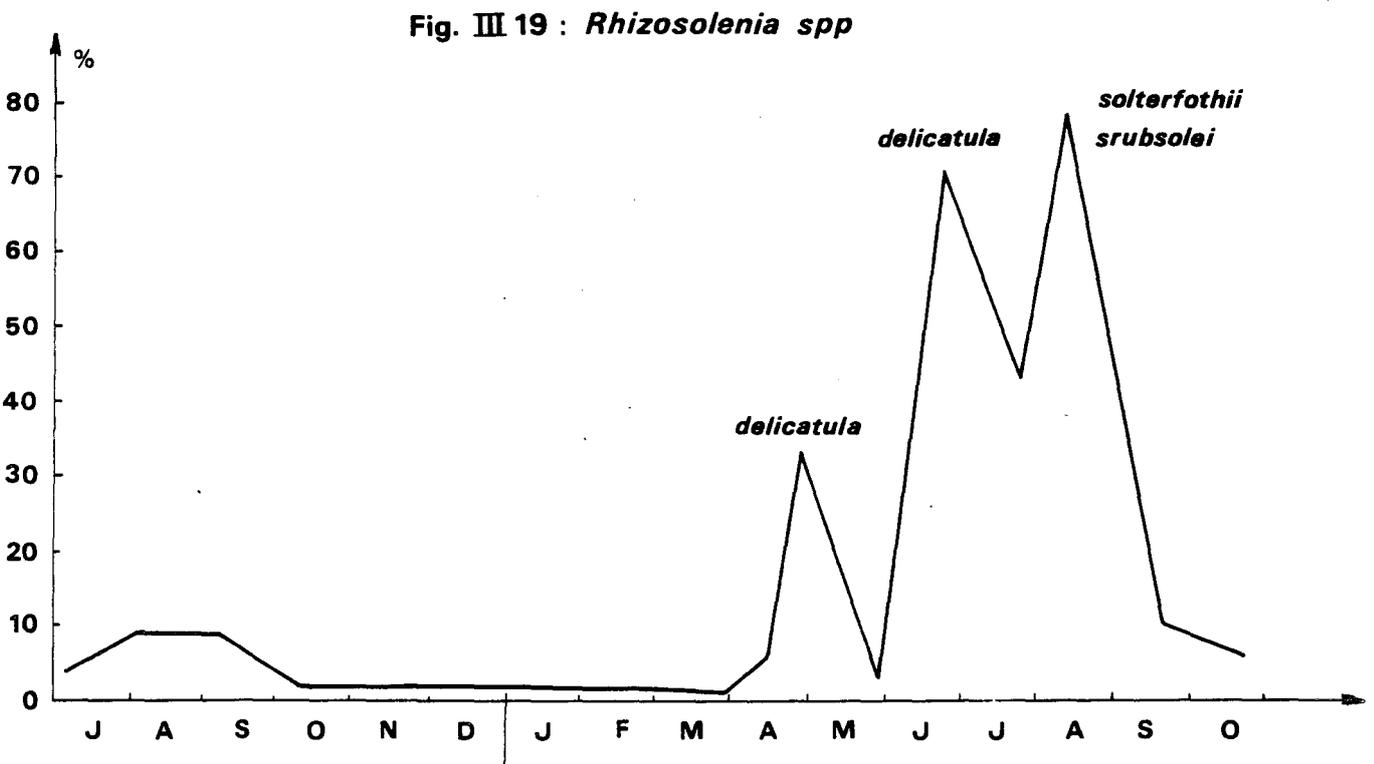
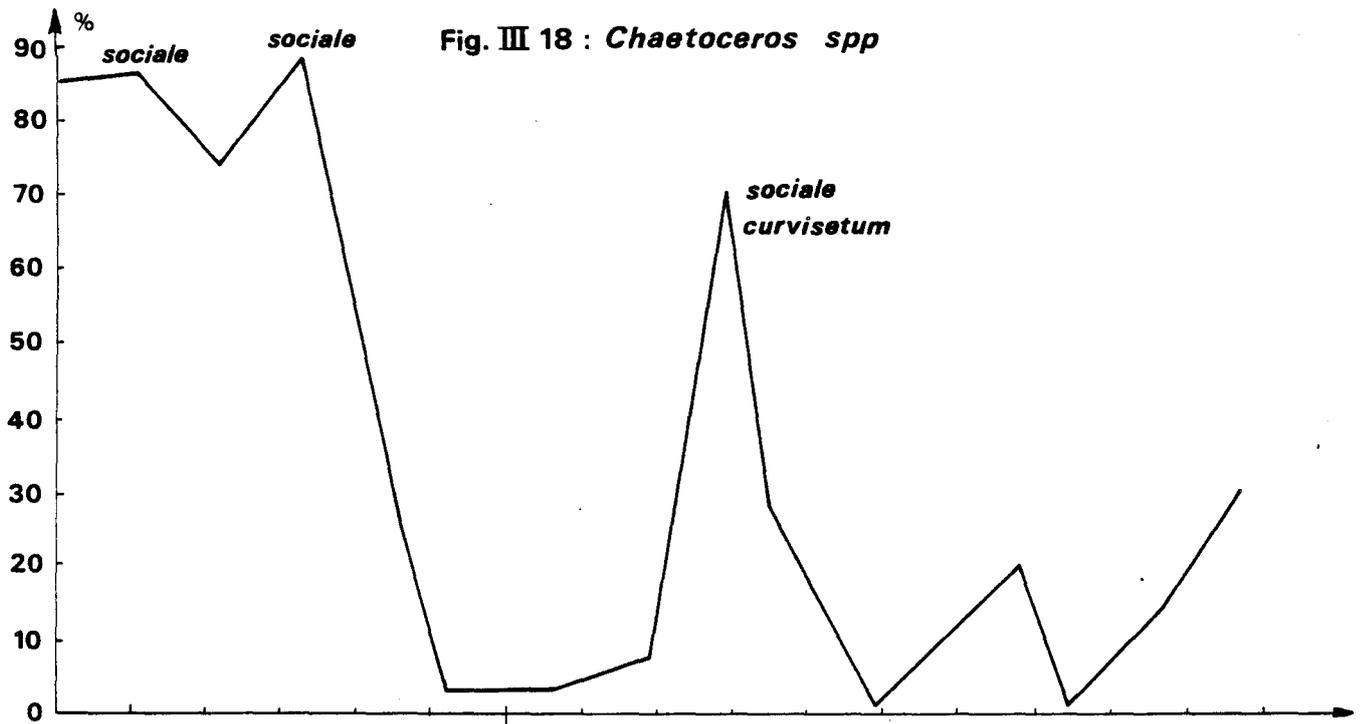
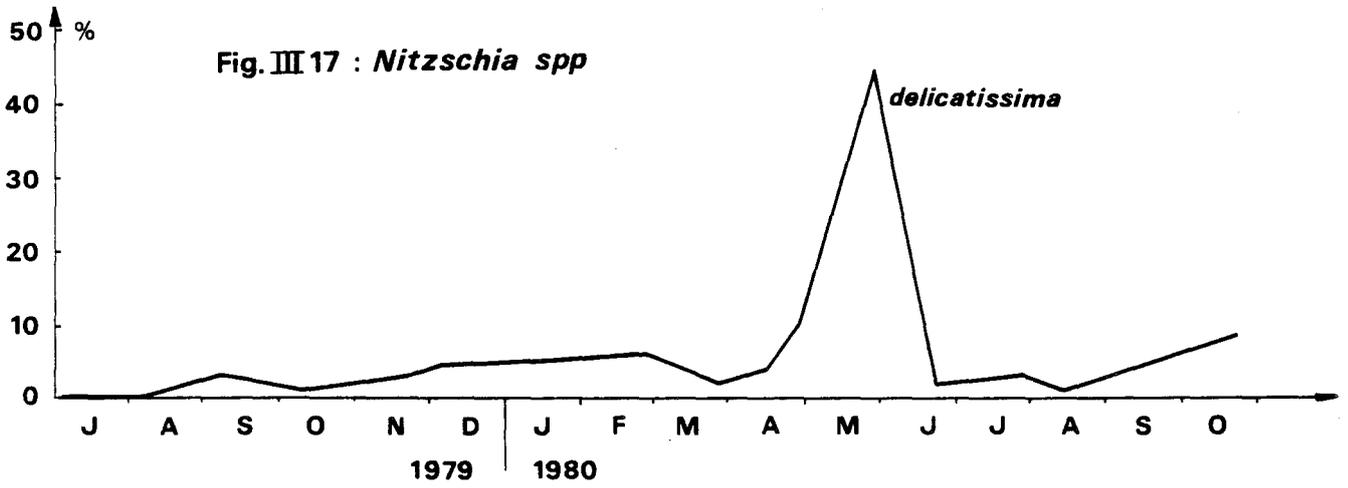


Fig. III 13 : *Paralia sulcata*Fig. III 14 : *Skeletonema costatum*Fig. III 15 : *Talassiosira spp*Fig. III 16 : *Asterionella japonica*



juillet *Rhizosolenia shrubsolei* s'unit aux *Chaetoceros* spp. et à *Asterionella japonica* pour former environ 70 % de la population. *Rhizosolenia stolterfothii* s'associe en août à *Rh. shrubsolei* pour former une population estivale caractéristique mais peu développée (environ 200 C/cm^3), remplacée dès septembre par une très pauvre population automnale (100 C/cm^3), marquée par le retour de *Paralia sulcata* et de *Skeletonoma costatum*. Octobre confirme l'installation des espèces automnales et hivernales. Durant tout ce cycle d'étude, les Péri-diniens (Fig. III. 11) sont restés très discrets avec moins de 5 % d'abondance en fin mai et en septembre 1979, ce qui reste très loin des 30 % atteints en juin 1979.

4.4. Nanoplancton

La figure III. 20 montre que l'évolution du nombre de nanoplanctontes au point du large (station plus spécialement étudiée afin de mieux s'affranchir de la turbidité qui est une gêne pour les comptages) évolue de manière très différente du nombre de cellules microplanctoniques (Fig. III. 9) On observe en effet, en particulier en début et en fin de cycle (c'est-à-dire de juillet 79 à janvier 1980 et de juin 80 à octobre 80) un comportement inverse des courbes représentant les densités cellulaires. Nous n'avons pas trouvé d'explication à ces observations. Toujours est-il que la chlorophylle apparaît comme étant plus liée au microplancton qu'au nanoplancton. En avril et en mai 1980, période de la dessalure, *Phaeocystis* présente un bloom important avec $30 \cdot 10^3 \text{ C}/\text{cm}^3$ en moyenne sur l'ensemble du site. Malgré ce pic atteint le 28 mai, la teneur en chlorophylle est loin alors de sa valeur maximale obtenue le 26 avril. Ce décalage est peut-être dû aux différentes formes que présente *Phaeocystis* dans les eaux : les colonies présentes au début de l'apparition de l'espèce semblent plus riches en chlorophylle que les microzoospores flagellées libérées par la suite et qui forment le bloom très important du 28 mai.

5. Indice de diversité de Shannon (Fig. III. 21)

Faible en début de cycle (dominance de *Chaetoceros sociale*) il passe par un palier élevé ($\approx 3,3$) hivernal de novembre 1979 à février 1980. Après une chute nette en mars 1980 due encore à *Chaetoceros sociale* et à *Ch. curvisetum*, la diversité augmente jusqu'à la fin avril pour redécroître en mai et en juin : en mai *Nitzschia delicatissima* cohabite avec *Phaeocystis*, en juin *Rhizosolenia delicatula* l'a largement remplacée. En juillet les populations se rééquilibrent, puis les *Rhizosolenia shrubsolei* et *Rh. stolterfothii* reprennent le dessus en août avec une chute de l'indice de diversité.

Fig. III 20 : NANOPLANCTON

Station Large

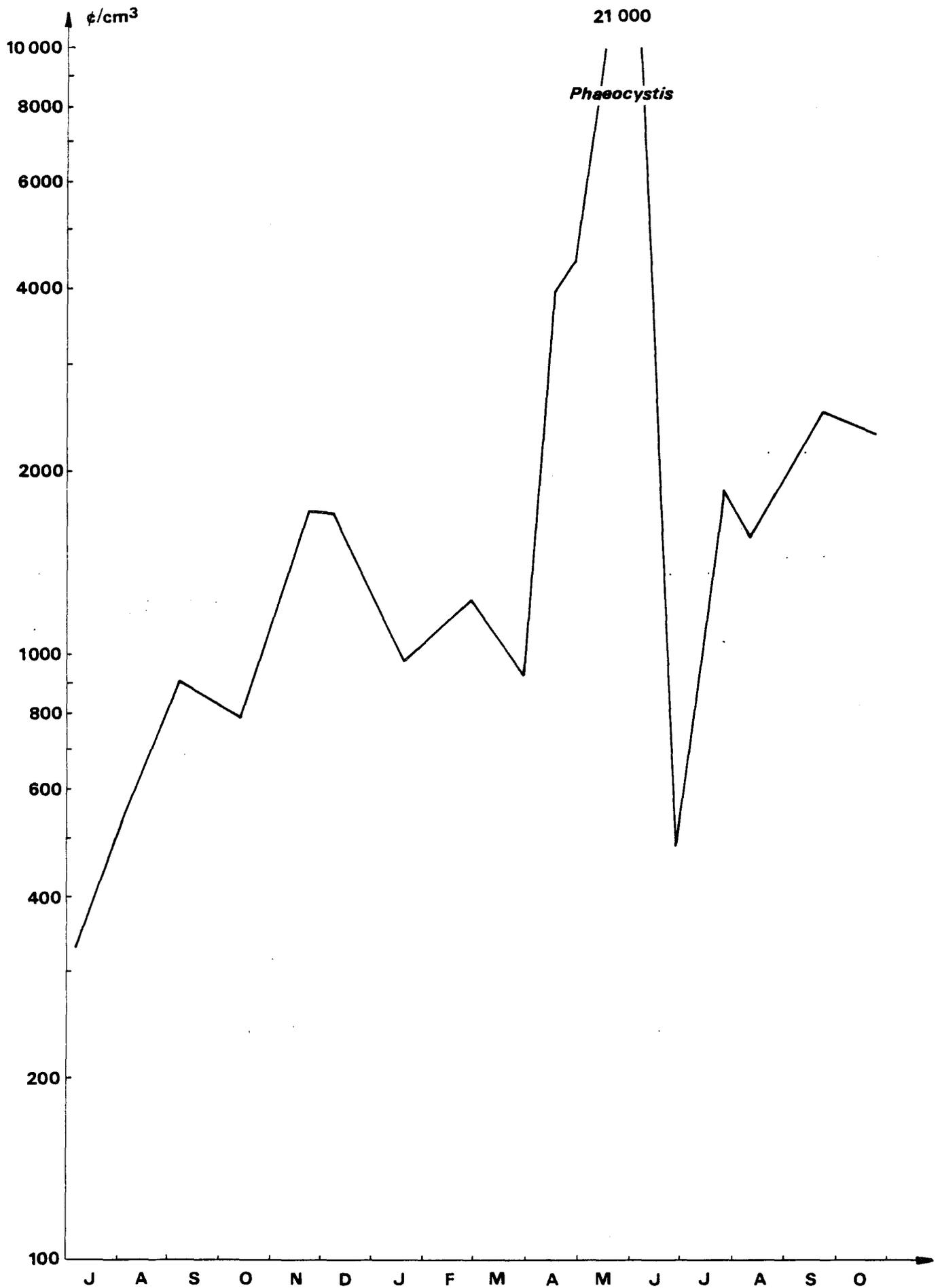
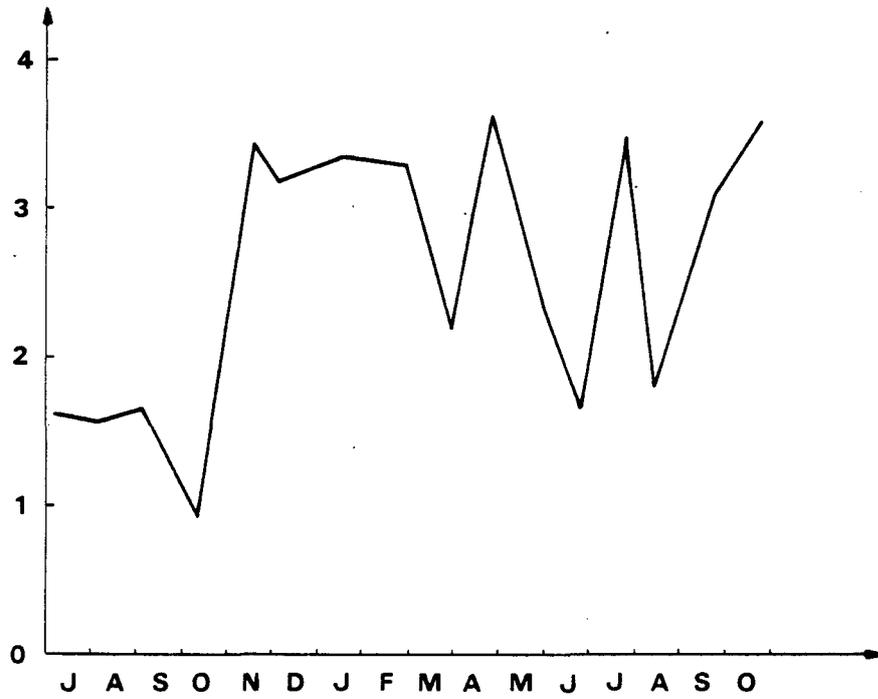


Fig. III 21 : INDICE DE DIVERSITE DE SHANNON
moyenne C,M,L ,HZ



Septembre et octobre marquent le retour à des populations de type hivernal à diversité élevée.

Malgré l'absence des *Rhizosolenia* dans nos prélèvements en été 1979, on retrouve globalement les grands traits de l'évolution phytoplanctonique annuelle. Phases printanière et estivale séparées par une période contrastée en mai-juin, contraste accentué cette année 1980 par la dessalure qui a caractérisé cette période. Phase hivernale où l'on retrouve en dominance des espèces en général pérennantes (comme *Paralia sulcata*) mises en évidence par l'absence des espèces plus opportunistes (qui sont à l'origine des différents blooms).

6. Station canal

Nous n'avons pas retrouvé à la station canal, comme des observations du cycle précédent l'avaient laissé supposer, une plus grande richesse en Chlorophycées qu'aux autres stations du site. On observe cependant en général des moindres teneurs en chlorophylle associées à des plus faibles populations phytoplanctoniques (Fig. III. 23). Le pourcentage de phéopigments (Fig. III. 22), qui présente une forte valeur inexplicée en août 1979, est inférieur à celui du site de novembre 1979 à avril 1980, puis oscille autour d'une même valeur jusqu'à la fin du cycle. La diversité spécifique, facteur intégrant la richesse en nombre d'espèces et leur représentation dans la population, montre un comportement variable, étant parfois inférieure, proche, ou supérieure à celle de la moyenne du site. On constate en effet qu'en général moins d'espèces sont représentées à la station canal, mais aussi que souvent les espèces participant aux blooms sur le site ont un moindre développement au canal, phénomène qui, associé à une certaine pauvreté en espèces, permet tout de même d'obtenir un indice de diversité comparable ou même supérieur à ceux du site.

Malgré cela, pour l'essentiel, les espèces présentes sur le site se retrouvent à la station canal, avec parfois un décalage dans l'importance des pics qui semble devoir plus tenir à l'hétérogénéité des répartitions phytoplanctoniques qu'à toute autre raison (mais ce point reste néanmoins à surveiller).

Par exemple, durant l'été et l'automne 1979, alors que *Chaetoceros sociale* domine largement l'ensemble des populations du site, on observe en août un pic de *Rhizosolenia shrubsolei* au canal que l'on ne voit pas ailleurs. De même, le 16 avril 1980, c'est *Thalassionema nordenskiöldii* qui domine dans notre échantillonnage du canal, alors qu'il s'agit d'*Asterionella japonica* sur le site.

Fig. III 22 : PHEOPIGMENTS

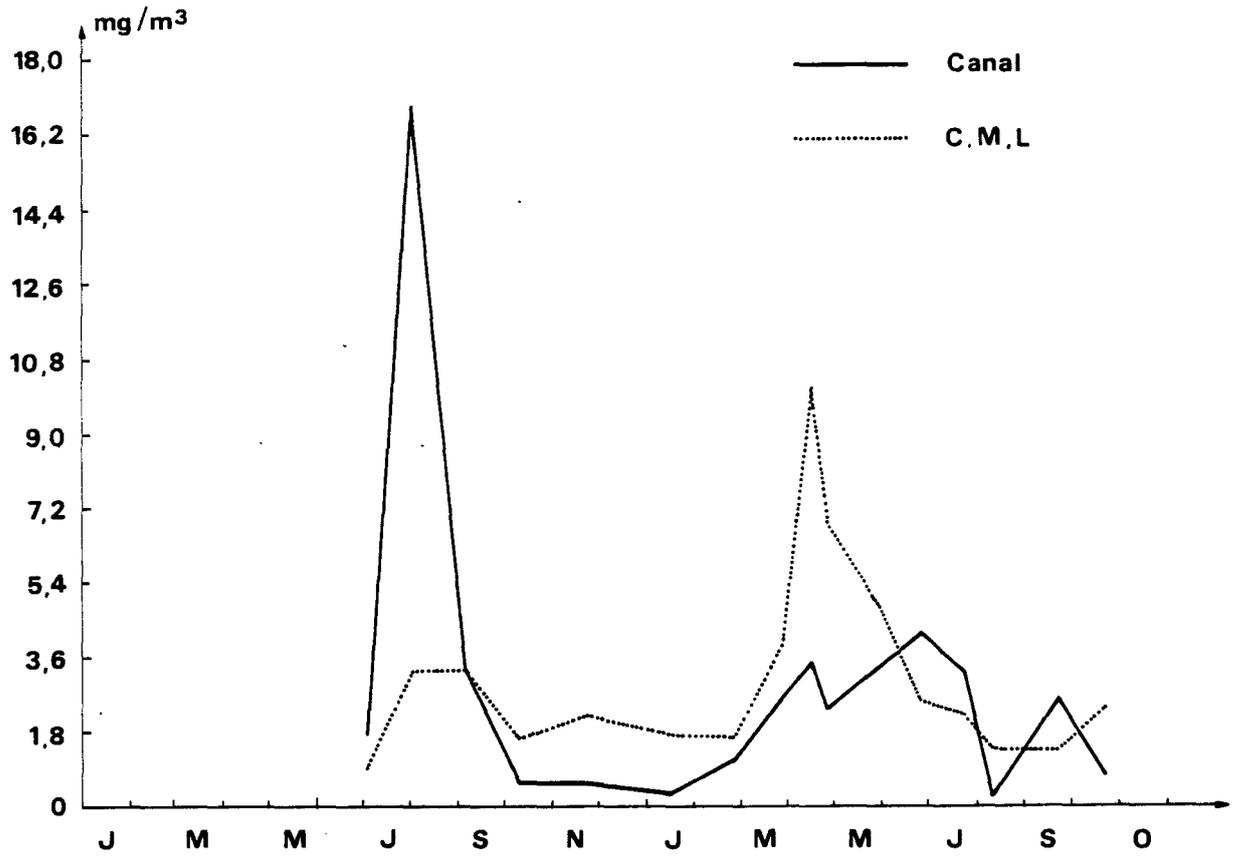


Fig. III 23 : CHLOROPHYLLE

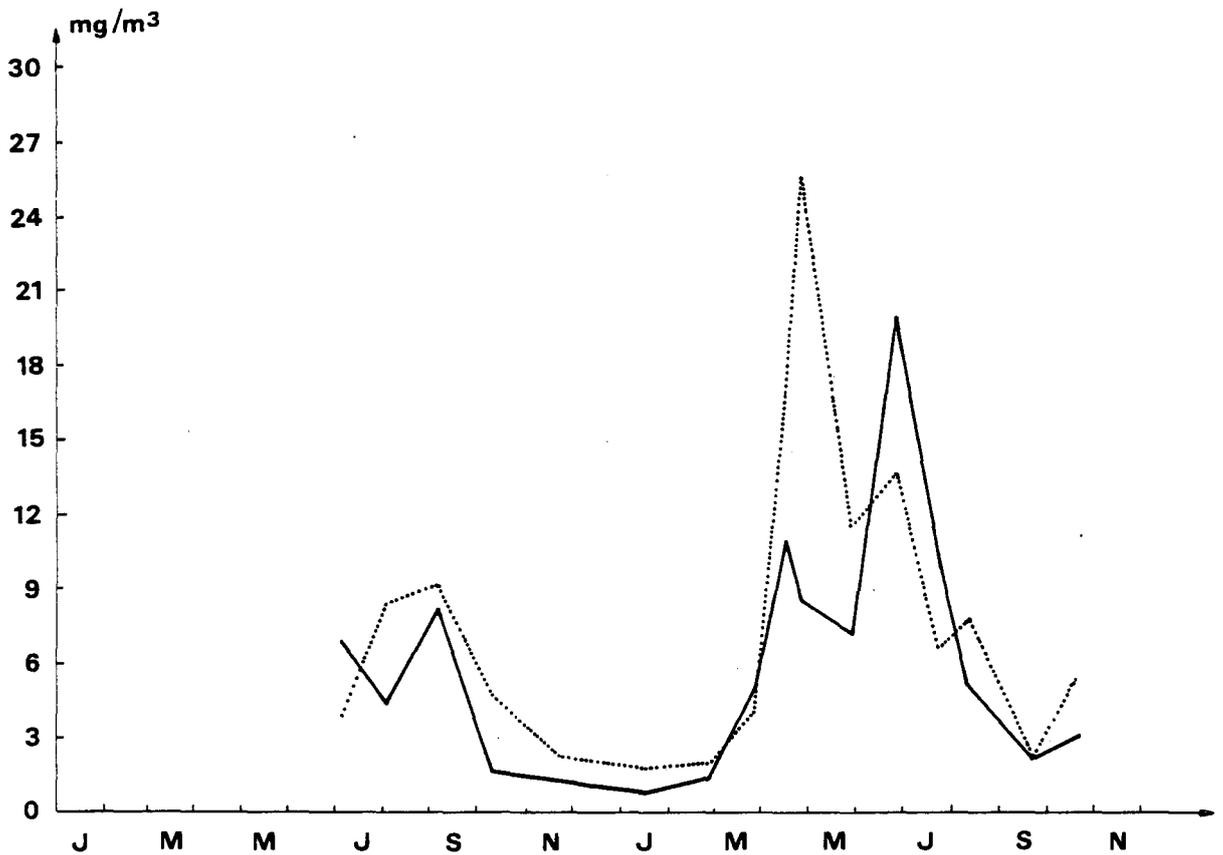
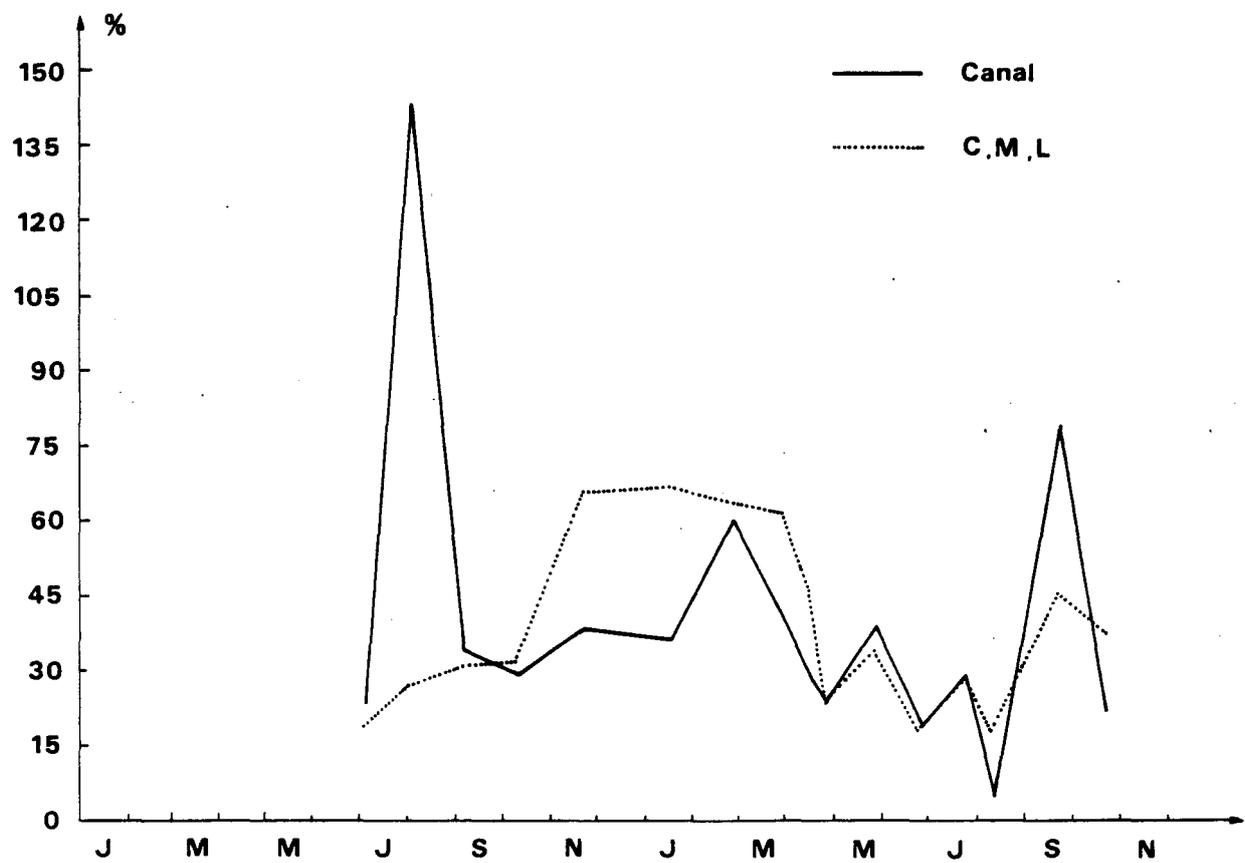


Fig. III 24: % PHEOPIGMENTS



Ainsi, la station canal, qui a montré quelques différences notables en hydrologie (sels azotés surtout) avec les eaux du site, montre aussi des différences en ce qui concerne le phytoplancton, mais dont il semble qu'il ne faut pas exagérer l'importance.

7. Conclusions

Ce cycle d'étude portant de juillet 1979 à octobre 1980 confirme les caractéristiques hydrobiologiques et phytoplanctoniques déjà décrites. L'évolution saisonnière des populations phytoplanctoniques montre en particulier la quasi permanence du phénomène de succession des espèces.

Ce milieu marin enrichi d'apports telluriques importants (Aa, résurgences phréatiques), a tendance à homogénéiser très rapidement sa masse d'eau en fonction du fort hydrodynamisme local. Cela n'empêche pas l'existence de gradients côte-large marqués pour certains paramètres physico-chimiques. Ces gradients se retrouvent dans la répartition de la biomasse phytoplanctonique. A cause de ce fort hydrodynamisme local on peut imaginer que l'effluent issu de la centrale peut être très vite dilué si sa différence de densité avec les eaux du site le permet. Or, on a pu constater (par observation de la turbidité des eaux et de la température à la station "Digue" de l'Institut Pasteur) que si par mauvais temps le panache était vite dilué, il n'en va pas de même par mer calme où, dans les conditions de flot, il s'avance "tel un fleuve" collé à la digue, délimité par un front thermique et turbide extrêmement bien marqué, malgré la force des courants. Lors de ce cycle d'étude, qui a vu la mise en service des premières tranches, à aucun moment de nos échantillonnages le rejet n'a touché ne serait-ce que la station la plus côtière. Les résultats exposés ci-dessus entrent donc en pratique plus dans le cadre d'une étude "préalable" que dans celui d'un suivi d'impact proprement dit. Les observations effectuées concordent bien avec les observations antérieures. Elles mettent en évidence l'importance que peut prendre un phénomène comme la dessalure d'avril-mai 1980 sur le milieu biologique. Sans que cette dessalure ait été forcément nécessaire au développement en masse de *Phaeocystis* et d'autres espèces planctoniques telles que *Pleurobrachia* et *Beroe*, il se trouve que c'est à ce moment que leur grande abondance a suffi pour colmater les filtres rotatoires de la 1ère tranche de la centrale et nécessité son arrêt.

Enfin, une des conclusions importantes de la présente étude est la façon dont se situe la station "canal" par rapport aux autres stations du site. La difficulté que nous avons de bien interpréter l'ensemble des paramètres la concernant en fait un des centres d'intérêt des prochains travaux.

BIBLIOGRAPHIE PHYTOPLANCTON

- ANONYME, 1972 - Modèle mathématique. Rapport de synthèse du projet Mer. Journées d'étude des 6, 7, 8 novembre 1972. pp. 342-352.
- BROUARDEL J., RINK E., 1963 - Mesure de laproduction organique en Méditerranée dans les parages de Monace, à l'aide du C¹⁴. Ann. Inst. Océanogr., XL (2) : 109-164.
- JOINT J.R., POMROY A.J., 1981 - Primary Production in a Turbid Estuary. Est., Coast and Shelf Sci., 13 : 303-316.
- LORENZEN C.J., 1967 - Determination of chlorophyll and phaeopigments : spectrophotometric equation. Limnol. Oceanogr., 12 : 343-346.
- MARGALEFF R., 1974 - Ecologia ed. OMEGA Barcelone, 951 p.
- RICHARDS F.A., THOMSON T.G., 1952) The estimation and characterization of plankton populations by pigment analyses. II. Aspectrophotometric method for the estimation of plankton pigments. J. Mar. Res., 11 : 156-172.
- STEEMAN, NIELSEN E., 1933 - Über quantitative untersuchung von marinem plankton mit utermöhls umgekehrten mikroskop. J. Cons. CIEM, 8 (2) : 201-210.
- YENTSCH C.S., 1967 - The measurement of chloroplastic pigments thirty years of progress ? In : Chemical environment inaquatic habitat. 255-272. Ed H.L. Golterman and R.S. Clymo, N.V. noard Hollandische Witgevers Maat chappis, Amsterdam.

Station / Paramètres	Prof	C	M	L	H _z	Canal	Aa	
Heure locale		6h50	7h20	8h10	9h15	8h30	6h45	
Sonde brute (m)		11	11	28	16	-	-	
Prof. Secchi (m)		2,70	3,00	7,00	4,50	3,00	0,55	
Température °C	0 5	15,59	15,44 15,44	15,10 15,00	15,12 15,12	16,50	18,40	
Salinité ‰	0 5	34,133	34,124 34,136	34,452 34,214	34,038 34,021	33,936	0,553	
Oxygène dissous ml/l	0 5	6,33 ± 0,04	6,42 ± 0,08 6,33 ± 0,02	6,25 ± 0,02 6,23 ± 0,01	6,42 ± 0,03 6,78 ± 0,65	7,58 ± 0,01	8,48 ± 0,03	
pH	0 5	8,30	8,32 8,32	8,29 8,28	8,31 8,31	8,42	8,16	
Matières en suspension (mg/l)	0 5	7,9 ± 2,1	9,1 ± 1,5 4,4 ± 1,5	9,0 ± 8,9 3,7 ± 2,3	5,0 ± 5,0 7,1 ± 6,6	8,3 ± 0,5	37,5	
Turbidité NTU	0 5	2,7	1,9 1,65	1,2 1,05	1,3 1,2	5,1	14	
Ammoniac µatg N-NH ₄ ⁻ /l	0 5	traces	traces traces	0,40 ± 0,04 traces	traces traces	0,57 ± 0,03	2,16 ± 0,04	
Nitrites µatg N-NO ₂ ⁻ /l	0 5	0,12	? 0,12	0,05 0,05	0,12 0,07			
Nitrates µatg N-NO ₃ ⁻ /l	0 5	0,77	> 1,5 0,78	1,38 1,18	1,06 0,84	1,27	585 ± 10	
Phosphates µatg P-PO ₄ ⁻ /l	0 5	0,17	0 0,22	0,08 0,10	0,10 0,02			
Silicates µatg Si-SiO ₃ ⁻ /l	0 5	1,0	0,25 1,17	0,52 0,29	0,91 0,53	0,9	26,8 ± 0,5	
Chlorophylle a (spectro) µg/l	0 5	5,10	4,94 4,91	2,32 2,17	4,56 4,79	6,90	91	
Phéopigments (spectro) µg/l	0 5	0,94	1,16 1,87	0,25 0,29	0,80 0,92	1,78	20,3	
Production primaire (µgC/m ³ /h)	flacons clairs	0	31,09 31,44	30,43 31,58 18,12 20,19	11,33 9,44 11,99 11,68	28,09 31,53 35,18 37,29	25,74 22,79	
	flacons obscurs	0	0,32	0,30 0,21	0,23 0,17	0,24 0,22	0,46	
Microplancton Nb/ℓ/cm ³								
Nanoplancton Nb/ℓ/cm ³								
Ciliés Nb/ℓ/cm ³								

Station Paramètre	Prof	C	M	L	Hz	Canal	Aa	
Heure locale		7h10	7h35	8h10		11h10	7h10	
Sonde brute (m)		10	11	28		-	-	
Prof. Secchi (m)		1,50	2,0	5,5		1,70	0,50	
Température °C	0 5	-	17 -	- -		17,85	19,6	
Salinité ‰	0 5	34,063	34,024 -	34,235 -		33,131	0,624	
Oxygène dissous ml/l	0 5	5,36 ± 0,02	5,44 ± 0,04 -	5,32 ± 0,01 -		5,35 ± 0,04	5,84 ± 0,01	
pH	0 5	8,18	8,24 -	8,29 -		8,26	8,19	
Matières en suspension (mg/l)	0 5	10,98	11,71 -	4,28 -		40,3	29,5	
Turbidité NTU								
Ammoniac µatg N-NH ₄ ⁺ /l	0 5	0,98 ± 0,00	0,21 ± 0,04 -	0,88 -		6,20 ± 0,53	-	
Nitrites µatg N-NO ₂ ⁻ /l	0 5	0,07	0,07 -	0,07 -		0,07	6,3	
Nitrates µatg N-NO ₃ ⁻ /l	0 5	1,17	0,77 -	0,50 -		0,5	543 ± 10	
Phosphates µatg P-PO ₄ ³⁻ /l	0 5	0,36	0,22 -	0,24 -		0,45	4,8	
Silicates µatg Si-SiO ₃ ⁻ /l	0 5	1,41	0,73	0,72		0,8	56 ± 1	
Chlorophylle a (spectro) µg/l	0 5	13,20 ± 0,61	7,40 ± 1,18	4,61 ± 0,33		4,39	91	
Phéopigments (spectro) µg/l	0 5	7,48 7,75	1,17 0,47	1,10 0,08		16,84	36,5	
Production primaire (µgC/m ³ /h)	flacons clairs	0	66,72 66,78	57,22 55,98	30,45 30,41		70,06 58,90	
	flacons obscurs	0	1,44	0,78	0,21		0,37	
Microplancton Nb/ℓ/cm ³								
Nanoplancton Nb/ℓ/cm ³								
Ciliés NC/ℓ/Cm ³								

Station Paramètre	Prof	C	M	L	Hz	Canal	Aa
Heure locale		11h10	11h40	12h10	13h00	12h10	11h15
Sonde brute (m)		10	12	18	18	-	-
Prof. Secchi (m)		1,25	1,0	2,25	2,25	1,90	0,60
Température °C	0 5	17,03	17,02 17,00	17,04 17,04	17,08 17,04	17,15 ± 0,05	17,65 ± 0,05
Salinité ‰	0 5	34,098	34,120 34,160	34,157 34,212	34,147 34,114	34,095	0,685
Oxygène dissous ml/l	0 5	5,90 ± 0,21	5,83 ± 0,05 5,86 ± 0,01	5,52 ± 0,03 5,48 ± 0,00	5,65 ± 0,02 5,62 ± 0,01	5,53 ± 0,08	6,83 ± 0,05
pH	0 5	8,23	8,28 8,29	8,20 8,18	8,23 8,23	8,10	7,91
Matières en suspension (mg/l)	0 5	16,34	21,75 19,54	13,4 10,92	8,52 6,79	10,38	18,9
Turbidité NTU							
Ammoniac µatg N-NH ₄ ⁺ /l	0 5	0,56 ± 0,10	0,09 ± 0,01 0,38 ± 0,21	0,50 ± 0,33 0,62 ± 0,62	0,60 ± 0,04 0,60 ± 0,10	5,10 ± 0,54	160 ± 5
Nitrites µatg N-NO ₂ ⁻ /l	0 5		0,07 0,07	0,09 0,13	0,14 0,11	0,41	37,6
Nitrates µatg N-NO ₃ ⁻ /l	0 5	3,66	0,26 0,64	0,74 0,61	0,97 0,70	4,88	580 ± 5
Phosphates µatg P-PO ₄ ³⁻ /l	0 5		0,29	0,29 0,27	0,36 0,26	0,64	5,04 ± 0,05
Silicates µatg Si-SiO ₃ ⁻ /l	0 5	2,98	1,77 1,53	1,68 1,38	1,69 1,64	4,80	19 ± 5
Chlorophylle a (spectro) µg/l	0 5	10,22 ± 1,60	11,30 ± 1,27 13,64 ± 1,71	5,98 ± 0,49 5,45 ± 0,06	8,26 ± 0,22 7,85 ± 0,62	8,18	84,51
Phéopigments (spectro) µg/l	0 5	2,53 ± 0,06	3,48 ± 0,37 6,09 ± 3,12	2,56 ± 0,41 2,29 ± -	3,21 ± 1,02 2,28 ± 0,87	3,25	27,27
Production primaire (µgC/m ³ /h)	flacons clairs		PAS DE	PRODUCTION	PRIMAIRE		
	flacons obscurs						
Microplancton Nb/ℓ/cm ³							
Nanoplancton Nb/ℓ/cm ³							
Ciliés NC/ℓ/Cm ³							

Station Paramètre	Prof	C	M	L	Hz	Canal	Aa	
Heure locale		14h10	14h35	15h25	16h20	15h40	14h15	
Sonde brute (m)		10	12	28	18	-	0,50	
Prof. Secchi (m)		1,30	0,80	2,50	1,90	2,0	> 0,50	
Température °C	0 5	15,51	15,48 15,49	15,83 15,75	15,54 15,54	15,65	16,65	
Salinité ‰	0 5	34,097	34,089 34,090	34,139 34,111	34,101 34,105	34,087	0,570	
Oxygène dissous ml/l	0 5	5,14 ± 0,02	5,18 ± 0,01 5,18 ± 0,03	5,18 ± 0,02 5,18 ± 0,02	5,17 ± 0,01 5,14 ± 0,01	5,27 ± 0,06	3,07 ± 0,05	
pH	0 5	8,07	8,10 8,11	8,15 8,14	8,11 8,07	8,11	7,70	
Matières en suspension (mg/l)	0 5	20,1	24,8 30,1	83,8 13,3	20,3 16,7	26,0	21,5	
Turbidité NTU								
Ammoniac µatg N-NH ₄ ⁻ /l	0 5	6,44 ± 0,11	5,69 ± 0,06 5,46 ± 0,12	3,33 ± 0,13 3,49 ± 0,17	4,56 ± 0,23 4,78 ± 0,04	8,70 ± 0,04	170 ± 6	
Nitrites µatg N-NO ₂ ⁻ /l	0 5	0,49	0,44 0,49	0,27 0,18	0,34 0,25	0,49	23 ± 2	
Nitrates µatg N-NO ₃ ⁻ /l	0 5	3,91	2,51 2,12	1,55 1,97	2,33 1,89	3,82	429 ± 5	
Phosphates µatg P-PO ₄ ³⁻ /l	0 5	1,01	0,52 0,60	0,59 0,41	0,65 0,59	0,55	3,80 ± 0,05	
Silicates µatg Si-SiO ₃ ⁻ /l	0 5	4,14	4,1 2,9	3,2 4,3	3,1 3,0	5,4	16 ± 5	
Chlorophylle a (spectro) µg/l	0 5	5,63 ± 0,16	5,85 ± 0,08 7,79 ± 0,78	2,79 ± 0,01 2,41 ± 0,56	3,81 ± 0,21 4,69 ± 0,21	1,66	33,39	
Phéopigments (spectro) µg/l	0 5	1,71 ± 0,57	1,76 ± 0,33 2,32 ± 0,13	1,68 ± 0,47 0,88 ± 0,34	1,39 ± 0,16 1,53 ± 0,33	0,55	2,58	
Production primaire (µgC/m ³ /h)	flacons clairs	0 5	25,90 23,97	19,53 21,39	10,11 11,38	2,47 2,68	5,48 3,73	
	flacons obscurs	0 5		13,81 13,40	2,70 2,64	11,45 13,98		
Microplancton Nb/ℓ/cm ³								
Nanoplancton Nb/ℓ/cm ³								
Ciliés Nb/ℓ/cm ³								

Station Paramètre	Prof	C	M	L	H _z	Canal	Aa	
Heure locale		12h55	13h20	13h55	14h50			
Sonde brute (m)		11	13	18	17	-	-	
Prof. Secchi (m)		-	-	-	-	-	-	
Température °C	0 5	9,70	9,71 9,70	9,74 9,73	10,14 10,11	9,50	6,80	
Salinité ‰	0 5	33,793	33,785 33,792	34,130 34,167	34,863	33,716	0,648	
Oxygène dissous ml/l	0 5	5,68 ± 0,03	5,70 ± 0,06 5,71 ± 0,01	5,74 ± 0,03 5,70 ± 0,02	5,71 ± 0,01 5,726 ± 0,003	5,69 ± 0,03	4,24 ± 0,04	
pH	0 5	8,16	8,14 8,15	8,24 8,25	8,18 8,18	8,13	7,29	
Matières en suspension (mg/l)	0 5	45,5	30,7 22,7	14,7 14,1	23,6 13,4	14,4		
Turbidité NTU								
Ammoniac µatg N-NH ₄ ⁺ /l	0 5	9,09 0,06	8,29 0,13 8,09 0,16	3,18 0,66 2,95 0,08	6,52 0,02 6,09 0,04	-	88,2	
Nitrites µatg N-NO ₂ ⁻ /l	0 5	0,43	0,32 0,36	0,34 0,23	0,33 0,33	0,59	5,64	
Nitrates µatg N-NO ₃ ⁻ /l	0 5	9,14	7,55 6,57	4,42 4,67	6,93 6,57	7,80	367 ± 5	
Phosphates µatg P-PO ₄ ³⁻ /l	0 5	0,66	0,62 0,62	1,10 0,60	0,67 0,68	0,80	13,80	
Silicates µatg Si-SiO ₃ ⁻ /l	0 5	10,65	10,33 9,06	5,74 5,90	9,19 8,38	9,92	50 ± 5	
Chlorophylle a (spectro) µg/l	0 5	3,10 0,15	2,49 0,22 3,07 0,10	1,73 0,02 1,32 0,04	1,62 0,11 1,85 0,04	1,22	18,31	
Phéopigments (spectro) µg/l	0 5	3,02 ± 0,27	2,43 ± 0,61 2,98 ± 0,45	1,48 ± 0,04 1,11 ± 0,10	1,44 ± 0,14 1,94 ± 0,04	0,56	6,91	
Production primaire (µgC/m ³ /h)	flacons clairs	0 5	9,15 9,13	7,33 7,35	4,09 4,49	4,03 5,14	2,22 2,92	
	flacons obscurs	0 5	2,03	0,38 0,20	0,28 0,09	0,37 0,13	0,14	
Microplancton Nb/ℓ/cm ³								
Nanoplancton Nb/ℓ/cm ³								
Ciliés Nb/ℓ/cm ³								

Station Paramètre	Prof	C	M	L	Hz	Canal	Aa	
Heure locale		11h15	11h45	12h25	13h10	13h35	11h20	
Sonde brute (m)		11	11		17	-	-	
Prof. Secchi (m)		0,75	0,75	0,75	0,50	1,50	0,50	
Température °C	0 5	4,05	4,47 4,46	- -	4,64 -	4,00	1,55	
Salinité ‰	0 5	33,562	33,784 33,848	34,126 -	33,704 -	33,563	0,572	
Oxygène dissous nl/l	0 5	7,04 ± 0,02	6,98 ± 0,02 6,97 ± 0,02	- -	7,08 ± 0,04 -	7,07 ± 0,04	6,88 ± 0,04	
pH	0 5	8,19	8,26 8,24	8,27 -	8,25 -	8,30	8,16	
Matières en suspension (mg/l)	0 5	29,3	47,5 53,8	39,4	57,2	18,01	22,2	
Turbidité NTU								
Ammoniac µatg N-NH ₄ ⁺ /l	0 5	4,63 ± 0,30	2,97 ± 0,06 3,07 ± 0,35	1,05 ± 0,13 -	2,84 ± 0,24 -	138	7,54 ± 0,59	
Nitrites µatg N-NO ₂ ⁻ /l	0 5	1,37	1,06 0,99	0,80 -	0,73 -	1,02	4,60 ± 0,05	
Nitrates µatg N-NO ₃ ⁻ /l	0 5	14,53	13,47 12,67	9,76 -	14,09 -	14,96	374,4	
Phosphates µatg P-PO ₄ ³⁻ /l	0 5	1,24	1,14 1,03	0,97 -	0,97 -	1,17	9,16 ± 0,05	
Silicates µatg Si-SiO ₃ ⁻ /l	0 5	7,5	7,0 6,1	4,5 -	6,7 -	7,6	152 ± 5	
Chlorophylle a (spectro) µg/l	00 55	1,96 ± 0,08	2,24 ± 0,02 1,91 ± 0,01	1,28 ± 0,02 -	2,38 ± 0,25 -	0,75	3,64	
Phéopigments (spectro) µg/l	0 5	1,81 ± 0,09	2,46 ± 0,16 1,81 ± 0,69	1,07 ± 0,19	2,63 ± 0,51	0,32 ± 0,16	3,10	
Production primaire (µgC/m ³ /h)	flacons clairs	0 5	5,47 7,10	7,70 6,78 5,73 6,93	4,59 4,68 - -	5,43 6,11 - -	2,16 2,66	
	flacons obscurs	0 5	0,15	0,16 0,00	0,23 -	0,34 -	0,13	
Microplancton Nb/ℓ/cm ³								
Nanoplancton Nb/ℓ/cm ³								
Ciliés Nb/ℓ/cm ³								

Station Paramètre	Prof	C	M	L	H _z	Canal	Aa	
Heure locale		10h	10h20	11h00	11h40	11h25	10h00	
Sonde brute (m)		11	12	28	16	-	-	
Prof. Secchi (m)		0,85	1,0	2,3	2,5	1,50	0,75	
Température °C	0 5	6,42	6,45 -	6,85 -	6,64 -	5,95	6,90	
Salinité ‰	0 5	33,768	33,670 -	- -	33,727 -	33,732	0,527	
Oxygène dissous ml/l	0 5	6,73 ± 0,02	6,71 ± 0,02 -	6,73 ± 0,16	6,75 ± 0,03	6,83 ± 0,06	5,70 ± 0,02	
pH	0 5	8,24	8,22 -	8,26 -	8,20 -	8,20	8,06	
Matières en suspension (mg/l)	0 5	34,68	24,32 -	9,22 -	3,01 -	20,87	20,84	
Turbidité NTU								
Ammoniac µatg N-NH ₄ ⁺ /l	0 5	3,13 ± 0,00	3,70 ± 0,03 -	1,43 ± 0,11 -	2,83 ± 0,00 -	7,90 ± 0,01	189 ± 17	
Nitrites µatg N-NO ₂ ⁻ /l	0 5	1,21	0,30 -	0,33 -	0,38 -	1,66	11,5	
Nitrates µatg N-NO ₃ ⁻ /l	0 5	15,45	13,16 -	11,78 -	11,05 -	20,52	402,5	
Phosphates µatg P-PO ₄ ³⁻ /l	0 5	0,41	1,38 -	1,18 -	1,15 -	1,00	12,6	
Silicates µatg Si-SiO ₃ ⁻ /l	0 5	6,0	5,7 -	5,0 -	4,4 -	9,7	138 5	
Chlorophylle a (spectro) µg/l	0 5	2,83 ± 0,04	2,62 ± 0,04	0,98	1,88 ± 0,07	1,44 ± 0,20	11,67 ± 0,64	
Phéopigments (spectro) µg/l	0 5	2,51 ± 0,06	1,50	1,24	1,14	1,17 ± 0,08	2,24	
Production primaire (µgC/m ³ /h)	flacons clairs	0	16,95 18,06	15,67 20,12	11,71 12,19	12,04 17,46	5,30 7,89	
	flacons obscurs	0	0,79	0,09	0,13	0,07	0,31	
Microplancton Nb/ℓ/cm ³								
Nanoplancton Nb/ℓ/cm ³								
Ciliés NC/ℓ/Cm ³								

Station		Prof	C	M	L	Hz	Canal	Aa
Paramètre								
Heure locale			9h25	9,55	10h30	11h20	10h30	9h30
Sonde brute (m)			11	11	?	≈17-18	-	-
Prof. Secchi (m)			0,75	1,30	4,0	2,5	2,25	0,80
Température °C		0 5	7,12	7,14 7,13	7,18 7,18	7,17 7,17	7,05	8,70
Salinité ‰		0 5	34,009	34,110 33,870	34,334 34,352	34,319 34,344	33,886	0,598
Oxygène dissous ml/l		0 5	6,56 ± 0,03	6,64 ± 0,02 6,64 ± 0,01	6,84 ± 0,01 6,84 ± 0,01	6,85 ± 0,02 6,79 ± 0,03	7,05 ± 0,03	5,99 ± 0,01
pH		0 5	8,15	8,18 8,19	8,22 8,24	8,20 8,21	8,27	7,95
Matières en suspension (mg/l)		0 5	27,1	22,8 12,6	14,0 6,8	9,7 9,7	9,8	28,0
Turbidité NTU								
Ammoniac $\mu\text{atg N-NH}_4^+ / \text{l}$		0 5	2,19 ± 0,13	- -	- -	- -	4,27 ± 1,13	152 ± 2
Nitrites $\mu\text{atg N-NO}_2^- / \text{l}$		0 5	0,37	0,35 0,26	0,21 0,23	0,31 0,14	0,79	7,5 ± 0,1
Nitrates $\mu\text{atg N-NO}_3^- / \text{l}$		0 5	8,91	7,94 12,30	10,97 8,96	9,69 1,07	21,50	367 5
Phosphates $\mu\text{atg P-PO}_4^{3-} / \text{l}$		0 5	0,28	0,55 0,38	0,44 0,21	0,53 0,32	1,05	10,24 ± 0,01
Silicates $\mu\text{atg Si-SiO}_3^- / \text{l}$		0 5	0,9	0,7 1,4	1,0 0,5	1,0 0,7	3,1	116 5
Chlorophylle a (spectro) $\mu\text{g/l}$		0 5	5,45 -	4,45 - 4,32 ± 0,10	4,01 ± 0,06 3,40 ± 0,00	4,95 ± 0,16 4,20 ± 0,20	5,05	19,54
Phéopigments (spectro) $\mu\text{g/l}$		0 5	6,64	4,45 3,85 ± 0,44	2,55 ± 0,03 2,00 ± 0,13	2,89 ± 0,26 2,67 ± 0,11	2,60	11,17
Production primaire ($\mu\text{gC/m}^3/\text{h}$)	flacons clairs	0	7,10 6,63	5,60 5,80	9,81 9,58	10,95 13,79	14,51 14,52	
		5		5,65 6,33	13,96 11,17	10,65 12,13		
	flacons obscurs	0 5	0,06	0,00 0,11	0,07 0,09	0,11 0,10	0,23	
Microplancton Nb/ℓ/cm ³								
Nanoplancton Nb/ℓ/cm ³								
Ciliés Nb/ℓ/cm ³								

Station Paramètre	Prof	C	M	L	Hz	Canal	Aa	
Heure locale		13h15	13h45	14h20	15h25	14h25	13h20	
Sonde brute (m)		11	—	29	18	—	—	
Prof. Secchi (m)		0,70	0,50	1,50	0,85	1,50	0,60	
Température °C	0 5	—	9,05 9,01	8,79 8,76	8,97 8,95	10,30	13,55	
Salinité ‰	0 5	33,043	34,027 34,027	34,007 34,889	34,191	34,064	0,537	
Oxygène dissous ml/l	0 5	7,62 ± 0,02	7,65 ± 0,02 7,69 ± 0,05	7,69 ± 0,04 7,60 ± 0,00	7,48 ± 0,01 7,46 ± 0,02	8,20 ± 0,05	7,77 ± 0,04	
pH	0 5	8,10	8,08 8,05	8,08 8,00	7,96 7,96	8,00	7,85	
Matières en suspension (mg/l)	0 5	32,0	49,3 30,3	8,8 19,6	10,8 14,1	15,5	—	
Turbidité NTU								
Ammoniac µatg N-NH ₄ ⁺ /l	0 5	—	— 1,18 ± 0,04	0,35 ± 0,08 0,49 ± 0,04	0,64 ± 0,08 0,90 ± 0,21	3,49 ± 0,21		
Nitrites µatg N-NO ₂ ⁻ /l	0 5	0,68	0,33 0,34	0,29 0,27	0,34 0,36	0,56	11,76	
Nitrates µatg N-NO ₃ ⁻ /l	0 5	5,40	1,63 1,49	2,59 5,42	6,85 5,39	7,28	88,24	
Phosphates µatg P-PO ₄ ³⁻ /l	0 5	0,41	0,50 0,41	0,32 0,36	0,37 0,41	0,62	8,12	
Silicates µatg Si-SiO ₃ ⁻ /l	0 5	1,2	0,0 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0	0,7	20 2	
Chlorophylle a (spectro) µg/l	0 5	20,60 ± 0,76	22,17 ± 1,49 20,04 ± 4,17	9,68 12,48 ± 0,71	16,16 ± 1,37	10,90 ± 0,02	19,42 ± 0,29	
Phéopigments (spectro) µg/l	0 5	10,12 ± 0,28	14,71 ± 1,24 14,15 ± 0,98	5,21 6,42 ± 0,18	8,49 ± 0,65 15,39 ± 1,31	3,50 ± 0,20	10,81	
Production primaire (µgC/m ³ /h)	flacons clairs	0 5	41,71 39,00	28,82 37,12	30,37 27,38	42,29 45,29	20,61 28,73	
	flacons obscurs	0 5	7,22 ?	0,84 0,00	0,00 0,00	3,12 0,00	2,51	
Microplancton Nb/ℓ/cm ³								
Nanoplancton Nb/ℓ/cm ³								
Ciliés Nb/ℓ/cm ³								

Station Paramètre	Prof	C	M	L	Hz	Canal	Aa	
Heure locale		9h45	10h20	10h50	-	11h30	9h45	
Sonde brute (m)		11	11	28	-	-	-	
Prof. Secchi (m)		1,25	0,70	1,50	-	2,00	0,80	
Température °C	0 5	8,95	8,95 -	8,85 -	- -	9,00	10,50	
Salinité ‰	0 5	32,581	32,805	32,946 -	-	32,741	0,551	
Oxygène dissous ml/l	0 5	-	-	-	- -	7,45±0,08	6,58±0,02	
pH	0 5	8,15 -	8,15 -	8,20 -	- -	8,18	7,9	
Matières en suspension (mg/l)	0 5	18,6	6,5 -	8,4 -	- -	10,4	6,8	
Turbidité NTU								
Ammoniac µatg N-NH ₄ ⁺ /l	0 5	0,0	0,0 -	0,0 -	- -	1,84±0,00	155,9±0,7	
Nitrites µatg N-NO ₂ ⁻ /l	0 5	0,29	0,26 -	0,27 -	-	0,55	12,6	
Nitrates µatg N-NO ₃ ⁻ /l	0 5	17,12	10,65 -	19,13 -	- -	19,50	112 5	
Phosphates µatg P-PO ₄ ³⁻ /l	0 5	0,07	0,15 -	0,22 -	-	0,86	16,9	
Silicates µatg Si-SiO ₃ ⁻ /l	0 5	0,2	0,0 -	0,0 -	- -	1,0	21 2	
Chlorophylle a (spectro) µg/l	0 5	28,49±0,89	28,16±0,37 -	20,43±1,12 -	- -	8,58	41,37	
Phéopigments (spectro) µg/l	0 5	8,23±0,56	6,55±1,07 -	5,66±2,51 -	- -	2,34	14,33	
Production primaire (µgC/m ³ /h)	flacons clairs	0	70,90 86,01	79,38 70,49	62,31 69,70		20,25 29,27	
	flacons obscurs	0	0,48	0,93	0,50		0,88	
Microplancton Nb/ℓ/cm ³								
Nanoplancton Nb/ℓ/cm ³								
Ciliés NC/ℓ/Cm ³								

Station	Paramètre	Prof	C	M	L	Hz	Canal	Aa
	Heure locale		11h45	12h20	12h45	13h40	12h40	11h35
	Sonde brute (m)		?	12	28	18	-	-
	Prof. Secchi (m)		1,30	1,30	2,0	1,70	1,70	0,60
	Température °C	0 5	12,92	12,79 12,76	12,64 12,54	12,67 12,58	13,45 ± 0,05	15,50 ± 0,05
	Salinité ‰	0 5	32,356	32,675 32,479	32,741 32,738	32,897 32,896	32,150	0,519
	Oxygène dissous ml/l	0 5	4,99 ± 0,03	5,07 ± 0,02 5,07 ± 0,03	5,76 ± 0,01 5,68 ± 0,01	4,96 ± 0,04 5,00 ± 0,08	4,41 ± 0,03	7,51 ± 0,16
	pH	0 5	8,55	8,46 8,57	8,57 8,58	8,53 8,52	8,49	8,44
	Matières en suspension (mg/l)	0 5	25,5	11,6 6,3	6,8 7,6	25,8 -	6,4	29,2
	Turbidité NTU							
	Ammoniac $\mu\text{atg N-NH}_4^+/1$	0 5	9,2 ± 3,1	6,2 ± 0,6 5,47 ± 0,22	2,98 ± 0,58 2,35 ± 0,08	4,29 ± 0,33 4,28 ± 0,04	11,1 ± 1,3	155,5 ± 0,4
	Nitrites $\mu\text{atg N-NO}_2^-/1$	0 5	0,53 ?	0,25	0,16 0,25	0,22 0,14	0,39	28,4
	Nitrates $\mu\text{atg N-NO}_3^-/1$	0 5	5,19	4,75 4,56	2,69 5,44	2,00 1,94	5,53	124
	Phosphates $\mu\text{atg P-PO}_4^{3-}/1$	0 5	0,12 ?	0,06 -	0,12 0,05	ε 0,01	0,63	8,5
	Silicates $\mu\text{atg Si-SiO}_3^-/1$	0 5	0,9	0,4 0,4	0,4 0,3	1,4 1,4	1,0	16,0 2
	Chlorophylle a (spectro) $\mu\text{g}/1$	0 5	17,92	13,81 ± 0,78 10,71	7,70 x 2 7,43	10,93 11,01	7,20	79,27
	Phéopigments (spectro) $\mu\text{g}/1$	0 5	7,99	7,55 ± 0,66 4,03	2,57 x 2 2,46	4,77 4,8	3,31	34,73
	Production primaire ($\mu\text{gC}/\text{m}^3/\text{h}$)							
		flacons clairs						
		flacons obscurs						
	Microplancton Nb/φ/cm ³							
	Nanoplancton Nb/φ/cm ³							
	Ciliés NC/φ/Cm ³							

Station Paramètre	Prof	C	M	L	Hz	Canal	Aa
Heure locale		10h20	11h00	11h40	12h30	?	10h45
Sonde brute (m)		11,0	11,0	28,0	18,0	-	-
Prof. Secchi (m)		1,50	2,0	5,0	3,75	2,0	0,60
Température °C	0 5	14,54 -	14,48 14,44	14,30 14,30	14,46 14,40	14,80	16,60
Salinité ‰	0 5	34,216	34,179 34,176	34,311 34,321	34,269 34,253	34,210	0,636
Oxygène dissous ml/l	0 5	6,15 ± 0,02	6,12 ± 0,03 6,12 ± 0,01	5,87 ± 0,01 5,84 ± 0,02	5,98 ± 0,02 5,99 ± 0,01	6,45 ± 0,04	7,64 ± 0,1
pH	0 5	8,10	8,10 8,10	8,10 8,10	8,12 8,15	8,05	7,75
Matières en suspension (mg/l)	0 5	20,2	21,1 19,2	- 3,3	- 1,8	7,3	6,3
Turbidité NTU							
Ammoniac µatg N-NH ₄ ⁺ /l	0 5	0,94 ± 0,50	0,36 ± 0,24 traces	0,00 0,43 ± 0,50	0,20 ± 0,21 traces	7,83 ± 2,06	203,8 ± 3,4
Nitrites µatg N-NO ₂ ⁻ /l	0 5	0,15	0,17 0,10	0,31 0,17	0,40 0,09	0,56	≈ 50
Nitrates µatg N-NO ₃ ⁻ /l	0 5	1,75	0,88 0,63	1,50 1,25	2,63 0,69	9,85	640
Phosphates µatg P-PO ₄ ³⁻ /l	0 5	0,37	0,19 0,12	0,13 0,10	0,14 0,13	0,88	24,8
Silicates µatg Si-SiO ₃ ⁻ /l	0 5	1,4	0,1 0,4	0,00 ε	ε 0,0	0,0	160
Chlorophylle a (spectro) µg/l	0 5	21,44 ± 1,34	16,90 ± 0,51 19,88 ± 0,95	5,62 5,59 ± 0,44	4,45 ± 0,16	20,04 ± 0,0	80,36 ± 3,86
Phéopigments (spectro) µg/l	0 5	3,47 ± 0,65	3,14 ± 0,01 4,01 ± 0,47	1,10 1,28 ± 0,08	1,46 ± 0,08	4,17 ± 0,38	44,63 ± 2,50
Production primaire (µgC/m ³ /h)	flacons clairs						
	flacons obscurs						
Microplancton Nb/ℓ/cm ³							
Nanoplancton Nb/ℓ/cm ³							
Ciliés NC/ℓ/Cm ³							

Station Paramètre	Prof	C	M	L	Hz	Canal	Aa
Heure locale		12h50	13h25	14h00	14h55	14h15	12h50
Sonde brute (m)		11	11	28		-	-
Prof. Secchi (m)		2,00	1,90	4,70	2,90	3,00	0,70
Température °C	0 5	-	17,82 17,82	17,35 17,36	17,61 17,60	18,10 ± 0,05	20,20 ± 0,05
Salinité ‰	0 5	34,020	34,298 34,760	34,269 35,270	33,982 34,017	34,160	0,382
Oxygène dissous ml/l	0 5	5,73 ± 0,03	5,80 ± 0,08 5,73 ± 0,04	6,20 ± 0,02 6,17 ± 0,02	6,05 ± 0,02 6,05 ± 0,03	6,01 ± 0,10	8,10 ± 0,07
pH	0 5	8,30	8,35 8,35	8,45 8,45	8,42 8,40	8,36	8,20
Matières en suspension (mg/l)	0 5	5,5	8,8 19,9	3,8 0,3 ?	12,2 8,2	4,3	25,3
Turbidité NTU							
Ammoniac µatg N-NH ₄ ⁺ /l	0 5	4,80 ± 0,15	3,50 ± 0,15 3,31 ± 0,41	0,37 ± 0,52 0,26 ± 0,14	0,16 ± 0,08 0,00	6,36 ± 0,04	5,13 ± 2,36
Nitrites µatg N-NO ₂ ⁻ /l	0 5	0,20	0,21 0,19	0,05 0,02	0,06 0,07	0,38	7,85
Nitrates µatg N-NO ₃ ⁻ /l	0 5	0,77	0,77 0,65	0,18 0,30	0,36 0,36	2,38	62 2
Phosphates µatg P-PO ₄ ³⁻ /l	0 5	0,85	0,83 0,71	0,44 0,35	0,45 0,49	0,96	3,12
Silicates µatg Si-SiO ₃ ⁻ /l	0 5	0,2	ε 0,3	0,0 ε	ε ε	0,7	16
Chlorophylle a (spectro) µg/l	0 5	9,42 ± 0,13	8,37 ± 0,30 8,96	4,32 ± 0,47 8,32 ± 0,27	5,97 ± 0,37 7,20 ± 0,30	5,21 ± 0,02	
Phéopigments (spectro) µg/l	0 5	1,45 ± 0,21	1,46 1,82	1,11 ± 0,06 < 0	2,29 ± 0,25 2,94 0,34	0,24 ± 0,28	
Production primaire (µgC/m ³ /h)							
	flacons clairs						
	flacons obscurs						
Microplancton Nb/ℓ/cm ³							
Nanoplancton Nb/ℓ/cm ³							
Ciliés NC/ℓ/Cm ³							

GRAVELINES - Date : 22.09.1980 - Paramètres hydrobiologiques

Station	Prof	C	M	L	Hz	Canal	Aa
Paramètre							
Heure locale		10h30	11h05	11h45	12h40	11h40	10h45
Sonde brute (m)		11	12		18	-	-
Prof. Secchi (m)		0,90	1,10	2,40	1,60	1,30	1,10
Température °C	0 5	17,09	17,01 -	17,04 17,00	16,99 16,97	17,05 ± 0,05	17,10 ± 0,05
Salinité ‰	0 5	33,658	33,567 33,601	33,978 33,920	33,894 33,933	33,657	0,501
Oxygène dissous ml/l	0 5	5,06 ± 0,04	5,18 ± 0,01 5,18 ± 0,00	5,36 ± 0,01 5,40 ± 0,06	5,32 ± 0,01 5,22 ± 0,02	4,54 ± 0,03	4,49 ± 0,03
pH	0 5	8,37	8,43 8,46	8,52 8,52	8,52 8,50	8,15	7,95
Matières en suspension (mg/l)	0 5	16,9	20,05 16,38	11,83 6,85	10,87 9,82	17,1	12,14
Turbidité NTU	0 5	17	12 13	3,4 3,2	3,5 0,4 3,7	6,1	6,8
Ammoniac µatg N-NH ₄ /l	0 5	11,65 ± 0,20	9,34 ± 0,00 8,60 ± 0,47	4,06 ± 0,04 3,48 ± 0,69	4,35 ± 0,00 4,01 ± 0,18	22,8 ± 2,4	14,63 ± 0,71
Nitrites µatg N-NO ₂ /l	0 5	0,51	0,65 0,56	0,23 0,23	0,27 0,27	0,62	35,8
Nitrates µatg N-NO ₃ /l	0 5	3,83	4,61 4,7	1,99 2,09	1,78 1,69	4,76	490,2
Phosphates µatg P-PO ₄ ³⁻ /l	0 5	0,94	1,04 1,00	0,55 0,63	0,66 0,75	0,43	14,20
Silicates µatg Si-SiO ₃ /l	0 5	6,36	6,30 5,98	2,18 3,59	2,83 2,99	8,37	136
Chlorophylle a (spectro) µg/l	0 5	2,85 ± 0,04	2,69 ± 0,04 2,47 ± 0,04	2,13 ± 0,04 1,75 ± 0,04	1,75 ± 0,08 1,80 ± 0,13	2,15	25,90
Phéopigments (spectro) µg/l	0 5	1,86 0,01	2,05 0,13 1,83 0,55	0,78 0,18 0,64 0,26	1,12 0,07 0,79 0,12	2,59	12,98
Production primaire (µgC/m ³ /h)	flacons clairs						
	flacons obscurs						
Microplancton Nb/ℓ/cm ³							
Nanoplancton Nb/ℓ/cm ³							
Ciliés NC/ℓ/Cm ³							

Station Paramètre	Prof	C	M	L	Hz	Canal	Aa
Heure locale		9h20	9h55	10h25	11h25	10h20	9h30
Sonde brute (m)		11,0	11,0	28	18		
Prof. Secchi (m)		0,75	0,75	1,75	1,25	1,50	1,10
Température °C	0 5	12,13	12,18 12,19	13,06 13,06	12,72 12,72	12,0	9,60
Salinité ‰							
Oxygène dissous ml/l	0 5	5,99 0,02	6,02 ± 0,01 6,00 ± 0,02	5,97 ± 0,03 5,96 ± 0,01	5,94 ± 0,03 5,98 ± 0,04	5,83 ± 0,01	3,67 ± 0,07
pH	0 5	8,09	8,09 8,07	8,12 8,15	8,09 8,10	8,07	7,80
Matières en suspension (mg/l)	0 5	35,64	41,84 26,11	25,62 16,41	26,04 21,68	17,47	28,68
Turbidité NTU							
Ammoniac µatg N-NH ₄ ⁺ /l	0 5	5,5	5,75 ± 0,10 5,55 ± 0,69	1,66 ± 0,08 1,56 ± 0,41	3,83 ± 0,08 4,35 ± 0,25	10,70 ± 0,14	124 ± 1
Nitrites µatg N-NO ₂ ⁻ /l	0 5	0,61	0,35 0,57	0,18 0,29	0,40 0,26	0,69	6,75
Nitrates µatg N-NO ₃ ⁻ /l	0 5	6,30	3,50 4,57	2,39 2,77	2,84 4,97	7,61	369
Phosphates µatg P-PO ₄ ³⁻ /l	0 5	0,78	0,78 2,37	0,27 0,58	0,56 0,63	0,50	11,0
Silicates µatg Si-SiO ₃ ⁻ /l	0 5	5,1	2,7 6,1	1,9 3,1	2,4 1,7	4,1	136
Chlorophylle a (spectro) µg/l	0 5	6,11	5,57 5,68	4,43 ± 0,01 5,99 ± 4,71	4,13 ± 0,26 3,89	3,14 ± 0,08	8,94
Phéopigments (spectro) µg/l	0 5	2,27	2,56 2,21	2,67 ± 0,26 -	1,98 ± 0,72 -	0,76 ± 0,04	5,54
Production primaire (µgC/m ³ /h)	flacons clairs						
	flacons obscurs						
Microplancton Nb/ℓ/cm ³							
Nanoplancton Nb/ℓ/cm ³							
Ciliés NC/ℓ/Cm ³							

GRAVELINES - PHYTOPLANKTON - 2 AOÛT 1979 - nb de cellules au cm³
 % de dominance

	Côte 0 m	Médian 0 m	Large 0 m	Canal 0 m
<i>Paralia sulcata</i>	24 0,4		5 0,3	
<i>Coscinodiscus eccentricus</i>			2 0,1	
<i>Thalassiosira condensata</i>	5 0,1			9 0,6
<i>decipiens</i>	5 0,1			2 0,1
<i>gravidia</i>				7 0,5
<i>rotula</i>	33 0,5			
spp	5 0,1	9 0,3		
<i>Podosira stelliger</i>				2 0,1
<i>Actinopterychys senarius</i>	2 0,0			
<i>Biddulphia aurita</i>				9 0,6
spp.		8 0,2		
<i>Licanophora</i>				2 0,1
<i>Ditylum brightwellii</i>				
<i>Caracaulina pelagica</i>	14 0,2		12 0,7	
<i>Chaetoceros affinis</i>	24 0,4		21 1,2	33 2,2
<i>compressus</i>	142 2,3	156 4,6		
<i>curvisetum</i>	660 11	177 5,2	24 1,4	200 14
<i>densum</i>				2 0,1
<i>diadymum</i>	47 0,8	33 1		17 1,2
<i>eibeni</i>	47 0,8	47 1,4	5 0,3	
<i>exospermus</i>	19 0,3			
<i>fragile</i>			14 0,8	54 3,7
<i>gracilis</i>	207 3,3			
<i>socialis</i>	4500 72	2480 73	1345 79	307 21
spp.	19 0,3		2 0,1	47 3,2
<i>Leptocylindrus danicus</i>				47 3,2
<i>Rhizosolenia delicatula</i>	24 0,4	31 0,3	94 1,4	
<i>setigera</i>	5 0,1			2 0,1
<i>strubsolei</i>	308 4,9	350 10,3	146 8,6	610 42
<i>stoltzfothii</i>	58 0,9	14 0,4	50 2,9	
<i>Fragilaria</i>		12 0,4		
<i>Rhaphoneis amphiceros</i>	5 0,1			
<i>Asterionella japonica</i>				2 0,1
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	14 0,2			35 2,4
<i>Grammatophora oceanica</i>				2 0,1
<i>Navicula palpebralis</i>				2 0,1
spp.	19 0,3	59 1,7	38 2,2	31 2,1
<i>Stauroneis membranacea</i>				2 0,1
<i>Diploneis</i>				2 0,1
<i>Bacillaria paradoxa</i>	5 0,1	5	9	7
<i>Nitzschia closterium</i>	9 0,1	5 0,1	9 0,5	7 0,5
<i>seriata</i>			2 0,1	7 0,5
<i>sigma</i>				2 0,1
spp.		1 0,1	5 0,3	
<i>Pediastrum</i>	2 0,0			
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	9 0,1	9 0,3		2 0,1
<i>Peridinium</i>	9 0,1			7 0,5
<i>Gymnodinium</i>				
Cancriques indéterminées		5 0,1		2 0,1
Cellules indéterminées	9 0,1	17 0,5	2 0,1	12 0,8
Nb de cellules vivantes/cm ³	6227	3414	1706	1467
Nb d'espèces	29	17	17	31
Indice de diversité de Shannon	1,71	1,61	1,36	2,30
Equitabilité	0,35	0,39	0,33	0,57
Nanoplankton cellules/cm ³	785	960	530	460

GRAVELINES - PHYTOPLANKTON - 5 SEPTEMBRE 1979 - Nb de cellules vivantes/cm³ - % de dominance

	Côte 0 m	Médian 0 m	Médian 5 m	Large 0 m	Large 5 m	Hors zone 0 m	Hors zone 5 m	Canal
<i>Paralia sulcata</i>		28 0,4	26 0,3	47 3,4	7 0,4			38 0,3
<i>Coscinodiscus eccentricus radiatus</i>		2 0					2 0,1	
<i>Thalassiosira rotula</i> spp.	5 0,2							7 0,1 2 0
<i>Actinopteryx senarius</i>			2 0,1		2 0,1		2 0,1	
<i>Aulacodiscus argus</i>	2 0,1							
<i>Biddulphia alternans sinensis</i> spp.	2 0,1		5 0,2					2 0
<i>Eucampia zodiacus</i>		60 0,9	5 0,2			2 0,1	9 0,5	9 0,2
<i>Triceratium reticulatum</i>		2 0						
<i>Ditylum brightwellii</i>						2 0,1		
<i>Plagiogramma</i>				9 0,6				
<i>Cerataulina pelagica</i>								
<i>Chaetoceros compressus curvisetum</i>	14 0,5	271 3,9	92 3,1 50 1,7			46 1,6 2 0,1	38 2,2	153 3,2
<i>Chaetoceros diadema fragile sociale</i> spp.	2100 82 7 0,3	5550 81 47 0,7	1820 63 2 0,1	770 56	1150 38	2360 81	1250 72	3650 77 47 1
<i>Leptocylindrus danicus</i>		14 0,2		14 1		9 0,3	9 0,5	12 0,3
<i>Lauderia borealis</i>			19 0,7					0,3
<i>Rhizosolenia delicatula shrubsolei stoltzerfothii</i>	9 0,4 2 0,1 170 5,7	61 0,9 9 0,1 286 4,2	5 0,2 270 3,3	33 2,4 5 0,4 212 15	7 0,4 104 5,2	17 0,6 5 0,2 109 3,7	9 0,5 7 0,4 179 10	33 0,7 250 5,3
<i>Fragilaria</i>			19 0,7					
<i>Rhaphoneis ampliceros surirella</i>	2 0,1		2 0,1 2 0,1		2 0,1 17 1			
<i>Asterionella japonica</i>	52 2,0	156 2,3	73 2,5	113 8,2	87 5,2	12 0,4	64 3,7	450 9,5
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	14 0,5	5 0,1	7 0,2			2 0,1	2 0,1	
<i>Navicula</i> sp 2 spp.	99 3,3	297 4,3	116 4,0 314 11	12 0,3 99 7,1	66 3,9 85 5	45 1,5 200 6,9	12 0,7 35 4,3	35 0,7
<i>Diploneis</i>		2 0						
<i>Gyrosigma</i>				5 0,4	2 0,1	2 0,1		
<i>Plaurosigma</i>		8 0,1	5 0,2					
<i>Bacillaria paradoxa</i>			9 0,3					
<i>Nitzschia closterium delicatissima seriata</i> sp 1 spp.	47 1,8 14 0,5	33 0,5 19 0,3 2 0	31 1,1 5 0,2 2 0,1	48 3,5 2 0,1	142 3,4	78 2,7 5 0,2	64 3,7	14 0,3 21 0,4
Flagellés			2 0,1					
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	2 0,1	2 0	5 0,2			2 0,1	2 0,1	
<i>Prorocentrum micans</i>		2 0						
Péridiniens		2 0			1 0,1	2 0,1		2 0
<i>Symmodinium</i>							2 0,1	
Centriques indéterminées	9 0,4	5 0,1	2 0,1		5 0,3	5 0,9		
Cellules indéterminées		2 0	12 0,4	12 0,9	6 0,4	5 0,2	2 0,1	9 0,2
Nb Cellules vivantes/cm ³	2250	6865	2902	1386	1685	2912	1738	4750
Nb d'espèces	17	24	27	15	16	21	17	20
Indice de diversité de Shannon	1,16	1,29	2,12	2,25	1,79	1,24	1,63	1,40
Equitabilité	0,28	0,28	0,45	0,38	0,45	0,28	0,40	0,32
Nanoplankton : Cellules/cm ³	1820	-	-	8900	900	670	1050	410

Cyanophycées
surtout

GRAVELINES - PHYTOPLANKTON - 10 OCTOBRE 1979 - Nb de cellules vivantes/cm³ - % de dominance

	Côte 0 m	Médian 0 m	Médian 5 m	Large 0 m	Large 5 m	Hors zone 0 m	Hors zone 5 m	Canal
<i>Melosira vestii</i> spp.		2 0,1	2 0,2	2 0,4				
<i>Paralia sulcata</i>	35 1,5	40 2,9	17 1,6	38 7,2		7 1,1	22 2,4	2 0,6
<i>Coscinodiscus eccentricus</i> <i>radiatus</i>		2 0,1		2 0,4		2 0,3		
<i>Thalassiosira decipiens</i> <i>levandari</i> <i>rotula</i> spp.			18 1,7	3 0,6		3 0,5		9 2,5
<i>Actinopteryx senarius</i>			5 2,5				2 0,2	1 0,3
<i>Biddulphia alternans</i> <i>curita</i> <i>rhombus</i>			1 0,1				2 0,2	
<i>Biddulphia alternans</i> <i>curita</i> <i>rhombus</i>			14 1,3					
<i>Biddulphia alternans</i> <i>curita</i> <i>rhombus</i>			9 0,8	2 0,4				
<i>Biddulphia alternans</i> <i>curita</i> <i>rhombus</i>			2 0,2	2 0,4	3 0,3			
<i>Eucampia zodiacus</i>						2 0,3		
<i>Plaglogramme</i> spp.		5 0,4						7 2,1
<i>Bellerochea malleus</i>								
<i>Chaetoceros boreale</i> <i>curvisetum</i> <i>fragile</i> <i>sociale</i> spp.	7 0,3 9 0,4 2160 32 18 0,3	9 0,7 1200 38	900 34,3	455 36	301 38	526 35 6 1	823 31	12 3,5 260 77 6 1,8
<i>Leptocylindrus danicus</i>	5 0,2	12 0,9	14 1,3			9 1,5	5 0,5	
<i>Guinardia flaccida</i>		5 0,4						
<i>Rhizosolenia delicatula</i> <i>shrubsolei</i> <i>stolterfothii</i>	5 0,2		2 0,2	2 0,4			2 0,2	4 1,2 1 0,3
<i>Fragilaria</i> spp.		43 3,1	14 1,3	2 0,4	3 0,3	22 3,8		
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	9 0,4	2 0,1	9 0,3			3 0,5	5 0,5	
<i>Raphoneis amphiceros</i> <i>surirella</i>		2 0,1 7 0,5						
<i>Asterionella japonica</i>			17 1,5		3 0,3			
<i>Navicula</i> spp.	26 1,1		5 0,5	6 1,1	9 2,6	9 1,5	8 0,3	7 2,1
<i>Diploneis</i>				2 0,4	2 0,5	2 0,3		1 0,3
<i>Stauroneis membranacea</i>		2 0,1	2 0,2				2 0,2	
<i>Gyrosigma</i> spp.	1 0,0	2 0,1				3 0,5	2 0,2	
<i>Pleurosigma</i> spp.	2 0,1			3 0,6				1 0,3
<i>Nitzschia closterium</i> <i>seriata</i> sp. 1 spp.	12 0,5 18 0,3 5 0,2	9 0,7 2 0,1	17 1,5 5 0,5	3 0,6		6 1,3	3 0,3	7 2,1 1 0,3
<i>Chlorophycées</i>	2 0,1							
<i>Senedesmus quadricauda</i>					2 0,6	2 0,3		1 0,3
Péridiniens							1 0,1	1 0,3
Centriques indéterminées				2 0,4	3 0,3		3 0,3	
Cellules en chaînes	24 1						19 2,1	
Cellules indéterminées	7 0,3	18 1,3	14 1,3	4 0,8	5 1,5	13 2,1	2 0,2	19 5,5
Nb de cellules vivantes/cm ³	2341	1367	1067	528	341	617	902	340
Nombre d'espèces	18	18	19	15	12	16	15	18
Indice de diversité de Shannon	0,69	0,93	1,22	0,96	0,90	1,11	0,70	1,59
Equitabilité	0,16	0,22	0,29	0,24	0,25	0,28	0,18	0,38
Nanoplankton	1080	1370	1180	650	940	1000	840	840

GRAVELINES - PHYTOPLANCTON - 22 NOVEMBRE 1979 - Nb de cellules vivantes/cm³ - % de dominance

	Côte 0 m	Médian 0 m	Médian 5 m	Large 0 m	Large 5 m	Hors zone 0 m	Hors zone 0 m	Canal
<i>Paralia sulcata</i>	46 20	20 12	17 3,3	36 16	25 14	38 24	37 26	9 13
<i>Coccinodiscus eccentricus</i> spp.	2 0,9 2 0,9		2 1	2 0,9				
<i>Thalassiosira condensata</i> <i>decepiens</i> <i>levanderi</i> <i>rotula</i> spp.	16 7 2 0,9 2 0,9	2 1,1	14 6,8 2 1 9 1,5	6 2,7 31,3	1 0,5	2 1,2	8 5,7 5 3,5	3 4,4 9 13 1 1,5
<i>Skaletonema costatum</i>				6 2,7	3 1,5			3 4,4
<i>Actinopteryx senarius</i> <i>splendens</i>		2 1,1 2 1,1		2 0,9				1 1,5
<i>Biddulphia curvata</i> <i>alternans</i> <i>granulata</i> <i>regia</i> <i>rhombus</i>	11 4,8 2 0,9	19 11 3 1,7	25 12 8 3,9	3 1,3 2 0,9	2 1,1	4 2,5	4 2,9 1 0,7	1 1,5
<i>Triceratium favus</i>						1 0,5		
<i>Eucampia zodiacus</i>		3 1,7						
<i>Plagiogramma</i>							2 1,4	
<i>Bellerophon malleus</i>	2 0,9							
<i>Chaetoceros diadema</i> <i>fragile</i> <i>gracile</i> <i>sociata</i> spp.	31 14	9 5,2 8 4,6	3 1,5 11 5,4	30 14 39 18	11 5 58 32 4 2,2	62 39	5 3,5 12 3,5 1 0,7	4 5,9
<i>Leptocylindrus danicus</i>				8 3,5		2 1,2		
<i>Rhizosolenia delicatula</i> <i>setigera</i> <i>strubsolei</i>		2 1,1 2 1,1					1 0,7	1 1,5 1 1,5
<i>Fragilaria</i>					3 1,5			
<i>Rhaphoneis amphiceros</i> <i>surirella</i>	11 4,8 3 1,3	8 4,6	8 3,9 6 2,9		1 0,5	7 4,3 1 0,5	4 2,9	1 1,5
<i>Asterionella japonica</i>	8 3,5	8 4,6	31 15,1	33 15	47 25	3 1,9	8 5,7	3 4,4
<i>Synechira</i> spp.	2 0,9							
<i>Thalassionema ritzschiioides</i>	3 1,3			13 5,3	9 4,9	7 4,3	2 1,4	4 5,9
<i>Navicula</i> spp.	2 0,9	6 3,4	3 1,5	5 2,2	1 0,5	6 3,7	6 4,3	7 10
<i>Diploneis</i>	2 0,9		2 1		1 0,5			
<i>Pleurosigma</i>							1 0,7	
<i>Nitzschia closterium</i> <i>delicatissima</i> sp. 1 spp.	2 0,9 2 0,9	3 1,7 2 1,1	2 1 6 2,9 2 1	9 4	7 3,3	7 4,3	1 0,7	1 1,5
Chlorophycées								3 4,4
<i>Pediastrum</i> spp.	2 0,9							
<i>Scenedesmus quadricauda</i>			2 1					1,5
<i>Dictyocha speculum</i>	2 0,9	2 1,1				1 0,5		
<i>Peridinium</i> spp.		2 1,1	2 1	2 0,9		1 0,5		1 1,5
<i>Gymnodinium</i> spp.				5 2,2		2 1,2	1 0,7	
Cellules en chaîne	50 22	36 21	33 15	9 4		7 4,3	30 21	9 13
Centriques indéterminées	16 7	27 16	19 9,3	8 3,5	3 1,5	2 1,2	2 1,4	1 1,5
Cellules indéterminées	9 3,9	8 4,5	4 2	2 0,9	7 3,3	8 5	8 5,7	4 5,9
Nb de cellules vivantes/cm ³	230	174	205	223	183	161	140	68
Nombre d'espèces	24	21	22	20	16	18	21	21
Indice de diversité de Shannon	3,58	3,70	3,81	3,62	2,89	2,94	3,45	3,91
Equitabilité	0,78	0,84	0,85	0,84	0,72	0,70	0,78	0,89
Nanoplancton	-	-	1370	1330	2120	1310	1230	510

GRAVELINES - PHYTOPLANCTON - 6 DÉCEMBRE 1979 - 17 JANVIER 1980 - Nb de cellules vivantes/cm³
 % de dominance

	6 décembre 1979		17 janvier 1980					Canal 0 m
	Médian 0 m	Large 0 m	C3te 0 m	Médian 0 m	Médian 5 m	Large 0 m	Hors zone 0 m	
<i>Melosira</i> spp.			2 1		2 1		2 1,4	
<i>Paralia sulcata</i>	47 35	14 15	69 35	32 22	24 12,1	16 18	58 41	6 11
<i>Cyclotella</i>				1 0,7	2 1			
<i>Coscinodiscus</i> spp.						2 2,2		
<i>Thalassiosira condensata</i>					6 3			
<i>discipiens</i>			8 4		8 4		6 4,2	
<i>Levandari</i>			6 3	9 5,2	13 6,5	9 10		5 8,8
<i>nordenskiöldii</i>	6 4,4			1 0,7		2 2,2	2 1,4	
<i>rotula</i>			6 3	2 1,4	2 1		8 5,5	
spp.				1 0,7				
<i>Podosira stelliger</i>				1 0,7				
<i>Skelatenoma costatum</i>		5 5,4	17 8,5	4 2,7		11 12	17 12	6 11
<i>Actinopterychus senarius</i>		2 2,2				3	6	2
<i>splendens</i>	2 1,5							
<i>Aulacodiscus argus</i>		2 2,2						
<i>Biddulphia alternans</i>				2 1,4				
<i>curta</i>	3 2,2	2 2,2	30 15	10 5,8	8 4	9 10	6 4,2	9 16
<i>Rhombus</i>					2 1			
spp.						2 2,2		
<i>Scroptotheca thamesis</i>	2 1,5					2 2,2		
<i>Chaetoceros atlanticum</i>							3 2,1	
<i>curvisetum</i>	6 4,4			8 5,5				
<i>gracile</i>						2 2,2		
<i>socialis</i>		2 2,2						
spp.				1 0,7	6 3			
<i>Rhizosolenia setigera</i>		2 2,2	2 1	1 0,7	2 1	2 2,2	2 1,4	
<i>Rhaphoneis amphiceros</i>	8 5,9	2 2,2	2 1		9 4,5	2 2,2	2 1,4	
<i>Asterionella japonica</i>	22 15,2	19 20						
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		25 27	6	15 10	49 25			1 1,8
<i>Navicula</i> spp.	17 12,5	3 3,2	2 1	6 4,1	9 4,5	9 10		5 8,8
<i>Diploneis</i> spp.	2 1,5			2 1	2 1			
<i>Cocconeis</i> spp.	2 1,5							
<i>Plaurosigma</i> spp.			2 1	1 1				
<i>Nitzschia closterium</i>	3 2,9	3 3,2	9 4,5	6 4,1	16 8,1	5 5,5	3 2,1	1 1,8
<i>delicatissima</i>				1 0,7			6 4,2	
sp. 1								
spp.	2 1,5	2 2,2						
<i>Scenedesmus quadricauda</i>						2 2,2		1 1,8
<i>Dietzochia speculum</i>	2 1,5				2 1			1 1,8
<i>Peridinium</i> spp.	2 1,5							
<i>Gymnodinium</i> spp.							2 1,4	
Cellules en chaîne			28 14	31 21				
Centriques indéterminées	2 1,5	2 2,2	6 3	1 0,7	14 7,1		3 2,1	2 3,5
Cellules indéterminées	8 5,9	8 8,5	11 5,5	11 7,5	22 11	11 12	17 12	8 14
Nb de cellules vivantes/cm ³	136	93	200	146	198	89	143	57
Nombre d'espèces	17	15	15	21	19	16	16	13
Indice de diversité de Shannon	3,17	3,19	3,04	3,48	3,60	3,58	3,04	3,31
Equitabilité	0,77	0,82	0,78	0,79	0,35	0,89	0,76	0,89
Nanoplancton	-	1710	-	-	-	980	1080	1120

GRAVELINES - PHYTOPLANCTON - 27 FÉVRIER 1980 - Nb de cellules vivantes/cm³
% de dominance

	Côte 0 m	Médian 0 m	Large 0 m	Hors zone 0 m	Canal 0 m
<i>Melosira granulata</i>			5 2,4		1 1,4
<i>Paralia sulcata</i>	53 15	38 15	5 2,4	2 1,3	21 30
<i>Cyclotella</i> spp.	2 0,5				
<i>Thalassiosira condensata</i>			4 1,9		
<i>deceptiens</i>	25 7,1	14 5,5		11 7,1	
<i>gravidia</i>				2 1,3	
<i>levanderi</i>				2 1,3	
<i>nordenskioldii</i>			25 1,2		
<i>rotula</i>	36 10	13 5,1	6 2,9	9 5,8	
spp.	5 1,4	2 0,8			3 4,2
<i>Coscinosira polychorda</i>				6 3,9	
<i>Skeletonema costatum</i>	170 48	79 31	55 27	14 9	3 4,2
<i>Biddulphia aurita</i>		20 7,9	7 3,4	26 17	4 5,6
<i>Streptotheca thamesis</i>		1 0,4		2 1,3	
<i>Chaetoceros curvisetum</i>		14 5,5			
<i>gracile</i>			1 0,5		
<i>compressum</i>			14 5,8		
<i>sociale</i>				12 7,7	
spp.	2 0,6	6 2,4		11 7,1	
<i>Sirodrella siroderi</i>			17 8,2	9 5,8	
<i>Porosira glacialis</i>				2 1,3	
<i>Rhizosolenia setigera</i>	3 0,8	9 3,5	2 1	2 1,3	1 1,4
<i>Rhaphoneis amphiceros</i>		2 0,8			1 1,4
<i>Thalassiosira nitzschioides</i>	22 5,2	25 9,3	42 20	18 12	24 34
<i>Stauroneis membranacea</i>				4 2,5	
<i>Grammatophora oceanica</i>	2 0,5				
<i>Navicula</i>	11 3,1	1 0,4	4 1,3	5 3,2	2 2,8
<i>Gyrosigma</i>					1 1,4
<i>Nitzschia closterium</i>	6 1,7	8 3,1	4 1,3	4 2,5	1 1,4
<i>delicatissima</i>	9 2,5	11 4,3	6 2,9	7 4,5	
spp.					1 1,4
<i>Gymnodinium</i> spp.					1 1,4
Cellules en chaîne			4 1,9		
Centriques indéterminées	3 0,3	4 1,6	4 1,9	2 1,3	1 1,4
Cellules indéterminées	5 1,4	7 2,8	2 1	5 3,2	6 8,5
Nb de cellules vivantes/cm ³	354	254	207	155	71
Nombre d'espèces	15	17	18	21	15
Indice de diversité de Shannon	2,58	3,29	3,34	3,95	2,81
Equitabilité	0,66	0,31	0,80	0,90	0,72
Nanoplancton	960	1380	1220	1430	510
Phaeocystis			17		

GRAVELINES - PHYTOPLANKTON - 27 MARS 1980 - Nb de cellules vivantes/cm³ - % de dominance

	Côte 0 m	Médian 0 m	Médian 5 m	Large 0 m	Large 5 m	Hors zone 0 m	Hors zone 5 m	Canal 0 m
<i>Melosira granulata</i>						3 0,3	2 0,1	
<i>Paralia sulcata</i>	1 0,3	2 0,2	7 1,7					
<i>Coscinodiscus radiatus</i>						2 0,2		2 0,2
<i>Thalassiosira</i> <i>deceptans</i>	1 0,3		5 1,2					
<i>levanderi</i>			12 2,9				18 0,2	
<i>nordienskoeldii</i>	13 3,5	2 0,2	26 6,2	64 3	50 7,1	3 0,3	43 1,3	298 31
<i>rotula</i>	1 0,3		17 4,1	8 1	20 2,8	16 1,5	2 0,1	2 0,2
<i>Skeletonema costatum</i>	37 10	24 2,1		9 1,1	3 1,1		5 0,2	36 3,7
<i>Actynopteryx</i> <i>senarius</i>	1 0,3							
<i>splendens</i>	1 0,3							
<i>Biddulphia</i> <i>curvata</i>	2 0,5							
<i>rhombus</i>	1 0,3							
<i>Dytilum brightwellii</i>	2 0,5	2 0,2						
<i>Cerataulina pelagica</i>			5 1,2	3 0,4		3 0,3		
<i>Chaetoceros</i> <i>curvisetum</i>	33 3,3	89 7,5	26 6,2	350 44	424 50	680 55	385 16	311 32
<i>diversum</i>				8 1				
<i>siberit</i>	1 0,3	3 0,3						
<i>fragile</i>		16 1,4	12 2,9		5 0,7	16 1,5	104 4,4	
<i>socialis</i>	35 3,4	870 75	212 51	217 27	110 16	190 18	1580 56	240 25
<i>spp.</i>	7 1,9	5 0,4			5 0,3			16 1,6
<i>Lauderia borealis</i>				6 0,3	8 1,1			24 2,5
<i>Rhizosolenia</i> <i>delicatula</i>	4 1,1					2 0,2	5 0,2	2
<i>setigera</i>	5 1,5	2 0,2	5 1,2	8 1	3 0,4	2 0,2	9 0,4	3 0,3
<i>Raphonais amphiceros</i>	2 0,5			2 0,3			7 0,3	
<i>Asterionella japonica</i>	85 23	64 5,5	7 1,7					16 1,5
<i>Synechra spp.</i>		3 0,3		2 0,3				
<i>Thalassiosira nitascimides</i>	90 24	53 4,5	64 4,2	91 11	42 5,9	100 3,5	177 1,4	5 0,5
<i>Navicula</i> sp. 1				2 0,3		2 0,2	2 0,1	5 0,5
sp. 4								6 0,6
<i>spp.</i>	15 4	3 0,7	5 1,2	5 2,5	6 0,3	5 0,5	17 0,7	
<i>Gyrosigma</i>								2 0,2
<i>Pleurosigma</i>	1 0,3							
<i>Sacillaria paradoxa</i>	1 0,3							
<i>Nitzschia closterium</i>	11 2,9	14 1,2	2 0,5	20 2,5	17 2,4	16 1,5	24 1	3 0,3
<i>delicatissima</i>	5 1,3							
<i>seriata</i>		2 0,2			3 0,4			
<i>Scenedesmus quadricauda</i>		2 0,2						
<i>Dictyocha speculum</i>		2 0,2			5 0,7			
<i>Peridinium spp.</i>								
Cellules en chaîne	8 2,1							3 0,3
Centriques indéterminées	5 1,3	2 0,2	7 1,7	2 0,3			5 0,2	
Cellules indéterminées	4 1,1	2 0,2	5 1,2		3 0,4	2 0,2	2 0,1	
Nb de cellules vivantes/cm ³	373	1167	417	797	709	1047	2387	974
Nombre d'espèces	27	20	16	16	15	15	17	17
Indice de diversité de Shannon	3,40	1,58	2,61	2,30	2,10	1,68	1,71	2,32
Equitabilité	0,72	0,36	0,65	0,58	0,54	0,43	0,42	0,57
Nanoplancton	1390	1520	860	1050	800	1470	1360	627
Phaeocystis	-	traces ?	-	-	-	-	70	-
Cyanophycées	35							

GRAVELINES - PHYTOPLANKTON - 16 AVRIL 1980 - Nb de cellules vivantes/cm³ - % de dominance

	Côte 0 m	Médian 0 m	Médian 5 m	Large 0 m	Large 5 m	Hors zone 0 m	Hors zone 5 m	Canal
<i>Melosira</i> spp.	12 0,5							
<i>Paralia sulcata</i>	5 0,2	19 0,8	24 1,1					
<i>Cyclotella</i> spp.			5 0,2					
<i>Coscinodiscus eccentricus</i> <i>radiatus</i>					2 0,1 2 0,2			
<i>Thalassiosira condensata</i> <i>levanderi</i> <i>nordanskioidii</i> <i>rotula</i> spp.	14 0,6 132 5 2 0,1	38 1,5 165 7 5 0,2	18 2,4 90 4,2 9 0,4	54 3,9	9 0,5	90 3,2	160 29 8 1,4	
<i>Skeletonema costatum</i>	7 0,3	28 1,2	109 5,1		18 1,3	66 3,8	80 2,8	
<i>Actinopterychus senarius</i> <i>splendens</i>		5 0,2					5 0,2 5 0,2	
<i>Aulacodiscus argus</i>			5 0,2					
<i>Biddulphia aurita</i> <i>granulata</i> <i>regia</i> <i>rhombus</i>	54 2,4 2 0,1	24 1	5 0,2 5 0,2		2 0,1	5 0,3 5 0,3		
<i>Eucampia zodiacus</i>				9 1,2		14 0,8		
<i>Oytilum brightwellii</i>	2 0,1	5 0,2	5 0,2	2 0,3	2 0,1		5 0,2	2 0,4
<i>Streptotheca thamesis</i>	5 0,2	9 0,4				14 0,8		
<i>Ceratocaulina pelagica</i>	35 1,6	28 1,2	66 3,1	38 5,1	42 3	9 0,5	47 1,7	41 7,4
<i>Chaetoceros affinis</i> <i>curvisetum</i> <i>discipiens</i> <i>dicydium</i> <i>stibentii</i> <i>fragile</i> <i>gracile</i> <i>lauderi</i> <i>sociale</i> spp.	50 2,3 123 5,5 2 0,1	24 1 160 6,8 47 2 14 0,5	28 1,3 76 3,5 9 0,4	17 3,2 38 5,1	45 3,2 28 2	28 1,5	24 0,9 47 1,7	8 1,4 3 0,5 13 2,4
<i>Leptocylindrius danicus</i>	7 0,3				9 0,5 118 2,5	52 3,0		
<i>Lauderia borealis</i>	215 9,7 97 4,4	278 12 94 4	137 6,4 33 1,5	150 20 14 1,9	262 19 139 10	203 12	321 11 330 12	79 14,3
<i>Rhizosolenia salicatu</i> <i>setigera</i> <i>stolterfothii</i>	76 3,4 18 0,8	85 3,8 33 1,4	123 5,3 33 1,5	50 3,7 14 1,9	76 5,5 26 1,9	24 1,4 14 0,8 24 1,4	57 2 42 1,5	77 14 5 0,9
<i>Rhaphoneis amphiceros</i>	2 0,1					5 0,3	5 0,2	
<i>Asterionella japonica</i>	1027 47	1048 45	970 46	248 33	404 29	1080 52	1560 55	79 14
<i>Thalassionema nitsschiotides</i>		14 0,5	113 5,3		2 0,1			
<i>Navicula</i> sp. 1 spp.	5 0,2 7 0,3	9 0,4	5 0,2	5 0,7	7 0,5 35 2,5	5 0,3 24 1,4	5 0,2	3 0,5
<i>Pleurosigma</i> spp.							5 0,2	
<i>Nitzschia closterium</i> <i>delicatissima</i>	24 1,1 90 4,1	28 1,2 38 1,5	9 0,4 33 1,5	7 0,9 35 4,7	31 2,2 33 2,4	52 3 42 2,4	57 2 28 1	9 1,5 5 0,9
Flagellés indéterminés	2 0,1			2 0,3				
<i>Minuscula bipes</i>					2 0,1	5 0,3		3 0,5
<i>Peridinium</i> spp.	2 0,1					5 0,3		6 1,1
<i>Gymnodinium</i> spp.		5 0,2		2 0,3	2 0,1			1 0,2
Cellules en chaîne		52 2,2	94 4,4		35 2,5			
Centriques indéterminées		9 0,4	9 0,4			19 1,1		3 0,5
Cellules indéterminées			5 0,2					11 2
Nb de cellules vivantes/cm ³	2207	2344	2128	744	1392	1742	2822	553
Nombre d'espèces	29	28	27	20	26	23	21	21
Indice de diversité de Shannon	3,01	3,16	3,18	3,13	3,41	2,33	2,44	3,22
Equitabilité	0,62	0,66	0,67	0,73	0,73	0,52	0,56	0,73
Nanoplankton ℓ /cm ³	2040	940	1769	830	1760	1530	1140	1320
Phaeocystis ℓ /cm ³	3900	9800	19600	2840	2450	2800	2450	2360

GRAVELINES - PHYTOPLANKTON - 26 AVRIL 1980 - Nb de cellules vivantes/cm³ - % de dominance

	Côte 0 m	Médian 0 m	Large 0 m	Canal 0 m
<i>Paralia sulcata</i>	3 0,3	47 3,2		
<i>Coccolithoidiscus radiatus</i>	1 0,1			
<i>Thalassiosira decipiens</i>	38 4,2		14 1,5	
<i>levanderi</i>			14 1,5	
<i>nordenskiöldii</i>	13 1,4		21 2,2	
<i>rotula</i>		9 0,6		
<i>Podocira stelliger</i>		24 1,6		
<i>Skeletonema costatum</i>	31 3,4	28 1,9		
<i>Biddulphia regia</i>		9 0,6		
<i>Eucampia zodiacus</i>		99 6,8		
<i>Ditylum birghtwellii</i>	19 2,1	9 0,6	5 0,5	6 1,2
<i>Streptotheca thamesis</i>		8 0,5		
<i>Cerataulina pelagica</i>	35 3,8	94 6,4	33 3,6	36 7,2
<i>Chaetoceros decipiens</i>	57 6,2	38 2,6	18 1,9	
<i>fragile</i>	9 1	57 3,9	9 1	
<i>sociale</i>	44 4,8	194 13	222 23	168 34
<i>tres</i>			12 1,3	57 11
<i>spp.</i>			10 1,1	
<i>Leptocylindrus denticus</i>			9 1	
<i>Cauderia borealis</i>	44 4,8		25 2,6	16 3,2
<i>Rhizosolenia delicatula</i>	179 20	439 30	252 26,6	113 23
<i>fragilissima</i>	9 1	90 6,2	61 6,4	6 1,2
<i>setigera</i>	35 3,3	33 2,3	13 1,4	8 1,6
<i>stolterfothii</i>	13 1,4			
<i>Rhaphoneis amphiceros</i>	3 0,3		31 3,3	
<i>Asterionella japonica</i>				
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	79 8,7	194 13,3	64 6,8	
<i>Navicula</i> sp. 1		5 0,3		14 2,8
<i>spp.</i>	3 0,3		9 1	3 0,6
<i>Stauroneis membranacea</i>			14 1,5	
<i>Diploneis</i> spp.		5 0,3		
<i>Plaurosigma</i> spp.			2 0,2	
<i>Nitzschia closterium</i>	38 4,2	5 0,3	21 2,2	27 5,4
<i>delicatissima</i>	148 16	14 1	53 5,5	38 7,6
<i>seriata</i>			2 0,2	
Flagellés	6 0,7			
<i>Minusculea bipes</i>		5 0,3		2 0,4
<i>Peridinium</i> spp.			2 0,2	
<i>Gymnodinium</i> spp.	3 0,3		17 1,8	
Cellules en chaîne	34 10	56 3,3	9 1	
Centriques indéterminées	3 0,3			
Cellules indéterminées	6 0,7		5 0,5	8 1,6
Nb de cellules vivantes/cm ³	913	1462	947	502
Nombre d'espèces	25	22	27	14
Indice de diversité de Shannon	3,77	3,40	3,37	3,37
Equitabilité	0,81	0,76	0,75	0,75
Nanoplankton	980	1960	1080	830
Phaeocystis	3140	3900	3470	315

GRAVELINES - PHYTOPLANKTON - 28 MAI 1980 - Nb de cellules vivantes/cm³ - % de dominance

	Côte 0 m	Médian 0 m	Médian 5 m	Large 0 m	Large 5 m	Hors zone 0 m	Hors zone 5 m	Canal
<i>Paralia sulcata</i>	30 3,2			16 14,3		18 13	25 30	
<i>Coscinodiscus radiatus</i>								24 12
<i>Thalassiosira rotula</i>								
<i>Podosira stelliger</i>		2 0,3						
<i>Skeletonema costatum</i>	14 2,3	17 5,1	28 3,3					
<i>Actinocyclus senarius</i>			2 0,5		2 3			
<i>Aulacodiscus argus</i>						2 1,5		
<i>Biddulphia alternans</i>		5 1,5						
<i>granulata</i>		2 0,3						
<i>sinensis</i>	2 0,4							
<i>rhombus</i>		2 0,3						
<i>Chaetoceros</i> spp.	3 0,3					2 1,5		
<i>Rhizosolenia delicatula</i>		10 3	2 0,5	2 1,3				17 3
<i>setigera</i>			5 1,1	2 1,3	2 3			3 1,5
<i>strucosolei</i>			2 0,5					
<i>Raphoneis amphiceros</i>		9 2,7	2 0,5			5 3,7	2 1,3	
<i>Asterionella japonica</i>	290 30	85 25	165 37	5 4,5	2 3	6 4,4	12 9,5	
<i>kariana</i>		5 1,5	14 3,2					
<i>Thalassionema nitaschioides</i>	2 0,4		7 1,3		3 4,5			8 4,1
<i>Navicula</i> spp.	2 0,4	6 1,3	2 0,5	3 2,7		5 3,7	2 1,3	5 2,3
<i>Diploneis</i> spp.	2 0,4							
<i>Plaurostigma</i> spp.		2 0,3					2 1,3	
<i>Nitzschia closterium</i>	3 0,3	10 2		3 2,7	3 4,5	2 1,3	2 1,3	13 3,7
<i>delicatissima</i>	97 20	142 43	134 30	71 33	31 46	83 37	48 33	64 33
<i>seriata</i>								2 1
spp.		2 0,3				2 1,3	2 1,3	
Flagellés indéterminés	22 4,3	18 5,4	10 2,3	2 2,7	5 7,5	2 1,3	2 1,3	28 14
Chlorophycées indéterminées		2 0,3		2 2,7	2 3			
<i>Scenedesmus quadricauda</i>		2 0,3	5 1,1			2 1,3	5 4	2 1
<i>Peridinium</i> spp.			2 0,5		2 3			3 1,5
<i>Gymnodinium</i>	3 0,3		5 1,1	2 2,7	6 3			9 4,3
Cellules en chaîne			52 12				24 19	
Cellules indéterminées	11 2,3	13 3,3	7 1,3	4 13	9 5,1	7		16 3,2
Nb de cellules vivantes/cm ³	341	334	344	112	67	136	126	194
Nombre d'espèces	13	18	17	11	11	12	11	13
Indice de diversité de Shannon	1,90	2,69	2,56	1,99	2,65	2,13	2,53	3,02
Equitabilité	0,51	0,65	0,63	0,57	0,77	0,59	0,73	0,82
Nanoplancton = Phaeocystis	31 000	41 000	38 000	20 000	21 000	38 000	29 000	25 000

GRAVELINES - PHYTOPLANKTON - 25 JUIN 1980 - Nb de cellules vivantes/cm³ - % de dominance

	Côte 0 m	Médian 0 m	Médian 5 m	Large 0 m	Large 5 m	Hors zone 0 m	Hors zone 5 m	Canal 0 m
<i>Paralia sulcata</i>	3 0,3		2 0,1					
<i>Coscinodiscus eccentricus radiatus</i>	2 0,1	2 0,1	2 0,1	2 0,3	2 0,3	2 0,3		
<i>Thalassiosira decipiens leuanderi rotula</i>	9 0,5 16 0,3 13 0,7	12 0,7	17 1			12 2	17 2,3	16 1,1 25 1,3 35 4
<i>Podosira staltiger</i>			2 0,1					
<i>Skeletonema costatum</i>								14 1,4
<i>Aulacodiscus argus</i>			2 0,1					
<i>Biddulphia curvata rhombus</i>	2 0,1	2 0,1	2 0,1					
<i>Ditylum brightwellii</i>		2 0,1						
<i>Streptotheca thamesis</i>	3 0,2							
<i>Carataulina pelagica</i>					13 2,1		5 0,7	
<i>Chaetoceros fragile curvisetum decipiens eibanii filiformis sociale spp.</i>	8 0,5 102 5,3	40 2,5 12 0,7 7 0,4 24 1,5 64 4	21 1,2 18 1,1 38 2,2	12 1,3 71 1,1 26 4	26 4,1	14 2,3 31 5,1 87 14	17 2,3 42 5,5	6 0,4 11 0,3 47 3,4
<i>Leptocylindrus danicus</i>	5 0,3	9 0,3						
<i>Guinardia flaccida</i>	6 0,3	5 0,3		2 0,3	2 0,3	2 0,3	2 0,3	
<i>Rhizosolenia delicatula fragillissima setigera shrubsolei stouterforthii</i>	1390 79 17 1 44 2,5 5 0,3 58 3,3	1107 59 78 4,3 31 1,3 2 0,1 113 7	1355 79 21 1,2 38 2,2 118 5,3	486 74 14 2,1 5 0,3 31 4,7	493 79 13 2,1 7 1,1 35 5,4	360 60 17 2,3 2 0,3 33 5,5	560 74 18 2,4 7 50 5,6	1072 77 22 1,5 20 1,4 50 3,5
<i>Rhaphoneis amphiceros</i>			5 0,3				2 0,3	
<i>Astartionella japonica</i>	6 0,3		24 1,4					
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	6 0,3	2 0,1	2 0,1					3 0,2
<i>Navicula spp.</i>	2 0,1	14 0,3	5 0,3		2 0,3	5 0,3	7 0,3	5 0,4
<i>Stauroneis membranacea</i>			2 0,1			2 0,3		
<i>Diploneis spp.</i>					2 0,3			
<i>Pleurosigma spp.</i>	2 0,1			2 0,3		2 0,3		
<i>Nitzschia closterium delicatissimum seriata</i>	5 0,3	7 0,4 18 1,1	7 0,4 4 0,2 5 0,3		7 1,1 17 2,7	14 2,5	10 1,3 5 0,7	2 0,1 9 0,3
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	33 1,3	24 1,5	11 0,3		2 0,3	2 0,3		8 0,3
<i>Minuscula bipes</i>	2 0,1	4 0,2						
<i>Peridinium spp.</i>	6 0,3							
<i>Gymnodinium spp.</i>	3 0,2	5 0,3	5 0,3	2 0,3	2 0,3	5 0,3	9 1,2	8 0,3
Centriques indéterminées		5 0,3						
Cellules indéterminées	5 0,3	10 0,3	5 0,3		2 0,3	8 1,3	2 0,3	9 0,3
Nb de cellules vivantes/cm ³	1753	1610	1713	653	627	603	753	1392
Nombre d'espèces	26	27	25	11	16	18	15	19
Indice de diversité de Shannon	1,47	2,07	1,47	1,44	1,42	2,23	1,63	1,62
Equitabilité	0,31	0,43	0,32	0,42	0,36	0,53	0,42	0,38
Nanoplancton	710	670	500	590	380	550	670	1220

GRAVELINES - PHYTOPLANKTON - 24 JUILLET 1980 - Nb de cellules vivantes/cm³ - % de dominance

	Côte 0 m	Médian 0 m	Médian 5 m	Large 0 m	Large 5 m	Hors zone 0 m	Hors zone 5 m	Canal 0 m
<i>Paralia sulcata</i>	5 1	7 1,3	2 0,3			24 5,2	12 3,1	13 2,8
<i>Coccinodiscus eccentricus radiatus</i>	2 0,2	2 0,4		2 0,5				
<i>Thalassiosira leucophaea leucophaea</i>	3 0,5 6 1,2		19 3,5		5 1,1 9 2			5 1,1 20 4,3
<i>Podosira stelliger</i>		2 0,4						
<i>Skeletonema costatum</i>	28 5,6	9 1,7	19 3,5	9 2,0	19 4,2	31 6,7	33 8,6	22 4,7
<i>Actinopteryx senarius</i>					2 0,4		2 0,5	
<i>Biddulphia alternans curvata rhombus sinensis</i>	3 0,5 2 0,4	5 0,9 2 0,4	2 0,3				2 0,5	2 0,4
<i>Flagiogramma</i>			5 0,7					
<i>Ceratocaulina pelagica</i>		5 0,9	5		5 1,1	7 1,5		
<i>Chaetoceros curvisetum densum diadymum fragile socialis spp.</i>	13 2,6 6 1,2 9 1,5 27 5,4	33 6,1 2 0,4 21 3,9 92 1,7 7 1,3	9 1,2 24 3,1	5 1,1		21 4,7 68 15 19 4,2		46 10 2 0,5 2 0,5 14 3,5 38 8,1 20 4,3
<i>Leptocylindrus danicus</i>			21 2,7	33 7,4				6 1,3
<i>Guinardia flaccida</i>		2 0,4	7 0,9	2 0,5	2 0,4		2 0,5	
<i>Rhizosolenia delicatula fragillissima setigera shirosolei stolterfothii styliformis</i>	49 9,7 16 3,2 118 23 35 11	19 3,5 11 2 130 24 19 3,5 66 12	57 7,4 12 1,6 179 23 68 3,9 19 2,5	34 7,7 5 1,1 12 2,7 160 36 66 15	5 1,1	28 6,1 14 3 31 6,7 43 9,5 12 2,5	31 8,1 12 3,1 40 10 31 8,1	22 4,7 9 1,9 3 0,5 140 30 68 15
<i>Rhaphoneis amphicerus surirella</i>		5 0,9	2 0,3			2 0,4 21 4,6		
<i>Asterionella japonica</i>	104 21	59 11	236 31	38 8,6	9 2,0	26 5,6	61 16	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	6 1,2	28 5,2	12 1,6	24 5,4	12 2,7	26 5,6	9 2,3	38 8,1
<i>Navicula spp.</i>	3 0,5	2 0,3	7 0,9	5 1,1	7 1,5	5 1,1	7 1,8	3 0,5
<i>Diploneis spp.</i>	1 0,2							
<i>Pleurosigma spp.</i>	3 0,6			2 0,5			9 2,3	2 0,4
<i>Sitzsoria closterium delicatissima seriata</i>	2 0,4 16 3,2 2 0,4	3 0,5 2 0,4	33 4,3	7 1,5	5 1,1 19	17 3,7	19 4,9	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	16 3,2							
<i>Dictyocha speculum</i>							2 0,5	
<i>Crucigenia</i>	1 0,2							
<i>Minuscula bipes</i>								
<i>Peridinium spp.</i>	3 0,5	2 0,4					2 0,5	3 0,8
<i>Gymnodinium spp.</i>	1 0,2				2			2 0,4
Cellules en chaîne		5 0,9	14 1,8			33 7,2		2 0,4
Centriques indéterminées					2 0,4	2 0,4	2 0,5	
Cellules indéterminées	5 1			7 1,5		7 1,5	2 0,5	3 0,5
Nb de cellules vivantes/cm ³	504	540	768	444	448	461	384	467
Nombre d'espèces	28	26	22	18	20	21	23	21
Indice de diversité de Shannon	3,56	3,55	3,25	3,14	3,18	3,99	3,59	3,38
Equitabilité	0,74	0,75	0,73	0,75	0,74	0,91	0,32	0,77
Nanoplancton	1700	1600	1850	1750	1950	2050	2250	1350

CRAVELINES - PHYTOPLANCTON - 11 AOÛT 1980 - Nb de cellules vivantes/cm³ - % de dominance

	Côce 0 m	Médian 0 m	Médian 5 m	Large 0 m	Large 5 m	Hors zone 0 m	Hors zone 5 m	Canal 0 m
<i>Paralia sulcata</i>	3 1,7		33 10				14 3,4	
<i>Coscinodiscus accentricus radiatus</i>		2 1				2 0,5		
<i>Podosira stelliger</i>						2 0,5		
<i>Thalassiosira rotula</i>							5 3	
<i>Stidulipma granulata rhombus sinensis</i>	2 1,1 3 1,7			2 1,4		5 1,3		
<i>Chaetoceros densum</i> spp.		2 1				5 1,3		
<i>Leptocylindrus danicus</i>	13 7,3		21 6,3		17 3	12 3	9 5,4	28 17
<i>Rhizosolenia delicatula fragilissima shrubsolei stouterfothii styliformis</i>	140 79 3 1,7	2 1 150 76 12 6	236 71 31 3,3	9 6 14 3,5 85 58	14 7,4 31 16 106 56	10 2,5 7 3,7 104 28 163 41	7 4,2 5 1,3 24 14,4 101 60	130 79 6 3,7
<i>Rhaphoneis amphiceros</i>	3 1,7	2 1	2 0,6					
<i>Astartionella japonica</i>				23 13		48 12		
<i>Thalassionema nitzschioides</i>								
<i>Navicula</i> spp.	2 1,1	2 1		2 1,4				
<i>Cocconeis</i> spp.		1 0,5						
<i>Stauroneis membranacea</i>				5 3,4	7 3,7	21 5	5 3	
<i>Diploneis</i> spp.								
<i>Nitzschia closterium delicatissima</i>	2 1,1					2 0,5		
Chlorophycées indéterminées			2 0,6					
Flagellés indéterminés	3 1,7				2 1			
<i>Peridinium</i> spp.							2 1,2	
<i>Gymnodinium</i> spp.					2 1			
Cellules en chaîne		17 3,3				14 3,6		
Centriques indéterminées	2 1,7			2 1,4				
Cellules indéterminées	2 1,7	7 3,3	7 2,1		2 1			
Nb de cellules vivantes/cm ³	178	197	332	147	188	393	167	164
Nombre d'espèces	12	10	7	8	9	13	8	3
Indice de diversité de Shannon	1,41	1,40	1,46	1,90	2,05	2,45	1,94	0,88
Equitabilité	0,39	0,42	0,52	0,63	0,65	0,66	0,65	0,55
Nanoplancton μ /cm ³	1470	1960	1960	1470	1670	1760	1180	1180

GRAVELINES - PHYTOPLANKTON - 22 SEPTEMBRE 1980 - Nb de cellules vivantes/cm³
% de dominance

	Côce 0 m	Médian 0 m	Médian 5 m	Large 0 m	Large 5 m	Canal 0 m
<i>Melosira</i> spp.			2 1,7			
<i>Paralia sulcata</i>	13 15	38 54	17 15	35 40	24 25	11 26
<i>Coccinodiscus eccentricus</i>		1 1,4			2 2	1 2,3
<i>radiatus</i>		1 1,4				
<i>Thalassiosira leuanderei</i> spp.	8 9,4		.			2 4,6
<i>Skelatanoma costatum</i>	9 11					
<i>Actinopteryx senarius</i> <i>splendens</i>		1 1,4				1 2,3
<i>Biddulphia alternans</i>	2 2,4	1 1,4		2 2,3		
<i>granulata</i>	2 2,4					
<i>regia</i>		1 1,4			2 2	
<i>rhombus</i>	3 3,5	1 1,4	1 0,3		3 3,1	
<i>sinensis</i>						
<i>Eucampia zodiacus</i>			5 4,3			
<i>Ditylum brightwellii</i>		2 2,8				
<i>Bellerophonella mailleus</i>		1 1,4				
<i>Chaetoceros fragile</i>	9 11		26 22	7 8		
<i>gracile</i>					5 5,2	
spp.			7 6		5 5,2	
<i>Leptocylindrus danicus</i>		1 1,4			9 9,4	
<i>Chroderella siroderi</i>	2 2,4					
<i>Porosira glacialis</i>				5 5,7		
<i>Rhizosolenia delicatula</i>	3 3,5	5 7			18 19	2 4,6
<i>shrubsolei</i>		2 2,3				
<i>Fragilaria</i> spp.	6 7					
<i>Raphoneis amphiceros</i>	6 7		5 4,3	5 5,7		1 2,3
<i>Asterionella japonica</i>	8 9,4		24 21		2 2	
<i>Navicula</i> spp.					2 2	2 4,7
<i>Nitzschia closterium</i>			2 1,7	7 8	5 5,2	5 12
<i>seriata</i>			1 0,3			
sp. 1		2 2,3			2 2	
spp.			2 1,7			
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	2 1,4	5 7				
Chlorophycées indéterminées						2 4,7
<i>Minuscula bipes</i>		2 2,3				
<i>Prorocentrum micans</i>		2 2,3	2 1,7	7 8		2 4,7
<i>Peridinium</i> spp.						2 4,7
<i>Gymnodinium</i> spp.	2 2,4					3 7
Cellules en chaîne			21 21	15 17	5 5,2	
Centriques indéterminées	5 5,3	2 2,3	2 1,7			
Cellules indéterminées	5 5,3	3 4,2		5 5,7	12 13	9 21
Nb de cellules vivantes/cm ³	85	71	117	88	96	43
Nombre d'espèces	16	18	14	9	14	13
Indice de diversité de Shannon	3,74	2,78	3,05	2,66	3,27	3,22
Equitabilité	0,93	0,67	0,80	0,84	0,36	0,87
Nanoplancton	2650	—	—	1960	3040	3330

GRAVELINES - PHYTOPLANKTON - 21 OCTOBRE 1980 - Nb de cellules vivantes/cm³ - % de dominance

	Côte 0 m	Médian 0 m	Mésian 5 m	Large 0 m	Large 5 m	Hors zone 0 m	Hors zone 5 m	Canal 0 m
<i>Melosira</i>						14 4,5		
<i>Paralia sulcata</i>	24 13	18 9	7 4,3	17 6,6	12 3,4	26 8,5	14 4,6	
<i>Coscinodiscus eccentricus</i> app.	1 0,5		1 0,6	1 0,4	1 0,3	2 0,7	2 1,4	1 3
<i>Thalassiosira condensata</i> <i>discipiens</i> <i>gravidia</i> app.	9 4,7	18 9	14 8,5	5 3	5 1,4	17 5,6	3	2 6
<i>Podosira stelliger</i>	2 1,1	2 1	5 3	2 0,8		5 1,6		2 6
<i>Skeletonema costatum</i>	22 12	2 1		1 0,4		2 0,7	2 1,4	
<i>Actinopteryx senarius</i> <i>splendens</i>	2 1,1		1 0,6	1 0,4	1 0,3		2 1,4	
<i>Tridulphia altamans</i> <i>aurita</i> <i>granulata</i> <i>rhombus</i> <i>sinensis</i>	2 1,1	2 1	2 1,2	1 0,6	5 2,0	2 0,7	2 1,4	1 3
<i>Eucampia zodiacus</i>	8 4,2	7 3,5	3 1,8	3 1,2	7 2	5 5,6	2 1,4	
<i>Oitylum brightwellii</i>	2 1,1	2 1		2 0,8	15 4,8			
<i>Streptotheca thamesis</i>		2 1	1 0,6	1 0,4			2 1,4	2 6
<i>Carataulina pelagica</i>	2 1,1		1 0,6				5 3,4	
<i>Chaetoceros curvisetum</i> <i>densum</i> <i>gracile</i> <i>fragile</i> <i>sociale</i>	14 7,4		4 2,4	10 3,9		4715,4	2 1,4	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	19 10	35 17	5 3	132 52	200 58	2 0,7	9 6	5 16
<i>Guinardia flaccida</i>	5 1,6		10 6,1			24 7,9	14 9,5	7 21
<i>Porosira glacialis</i>				1 0,4	1 0,3			
<i>Rhizosolenia denticulata</i> <i>setigera</i> <i>shrubsolei</i> <i>stolterfothii</i>	14 7,4			7 2,7	10 2,9	26 8,5	5 3,4	
<i>Raphoneis amphiceros</i> <i>aurirella</i>	1 0,5		2 1,2	1 0,4	7 2	2 0,7	2 1,4	
<i>Raphoneis amphiceros</i> <i>aurirella</i>	6 3,2	2 1	21 12,8		2 0,4		5	1 3
<i>Asterionella japonica</i>	2 1,1	12 6	9 5,6	7 2,7		94 3,2		
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	2 1,1	7 3,6	28 17	2 0,8	10 2,9	14 4,6	9 6	
<i>Navicula</i> sp. 1 app.	3 1,6	2 1	2 1,2	9 3,6		12 3,9	4 2,7	2 6
<i>Cocconeis</i> spp.						2 0,7	2 1,4	
<i>Diploneis</i> spp.		2 1						
<i>Stauroneis membranacea</i>	2 1,1			2 0,8	1 0,3			
<i>Plaurosigma</i>		1					2 1,4	
<i>Nitzschia closterium</i> <i>denticatissima</i> <i>seriata</i>	5 2,6	7 3,6	2 1,2	12 4,7	2 0,6	2 0,7	5 3,4	4 12
<i>Pediastrum</i> spp.		2 1	5 3	14 5,6	17 4,9		7 4,7	1
Flagellés indéterminés			24 15				12 8,1	1 3
<i>Dityocba speculum</i>	2 1,1		5 3				2 1,4	
<i>Prorocentrum micans</i>		2 1						
<i>Ceratium</i> spp.					1 0,3			
<i>Peridinium</i> spp.	1 0,5							
<i>Gymnodinium</i> spp.		5 2,5						1 3
Cellules en chaîne	14 7,4	24 12		12 4,7			21 14	
Centriques indéterminées	9 4,7	4 2	6 3,7					1 3
Cellules indéterminées	15 7,9	10 5		14 5,5	5 1,4	2 0,7	2 1,4	2 6
Nb de cellules vivantes/cm ³	190	201	164	256	348	305	148	33
Nombre d'espèces	27	22	24	22	21	20	28	15
Indice de diversité de Shannon	4,14	3,86	3,91	2,35	2,53	3,33	4,35	3,55
Equitabilité	0,37	0,36	0,35	0,54	0,58	0,77	0,91	0,91
Nanoplankton	2940	2550	2250	1470	3140	1570	2160	—

POINT D'APPUI

GRAVELINES

NIVEAUX MELANGES

SURFACE 5. M

POINTS DE MESURE MELANGES

2 5 62 63 64

LEGENDE DES PTS DE
MESURE TRAITES

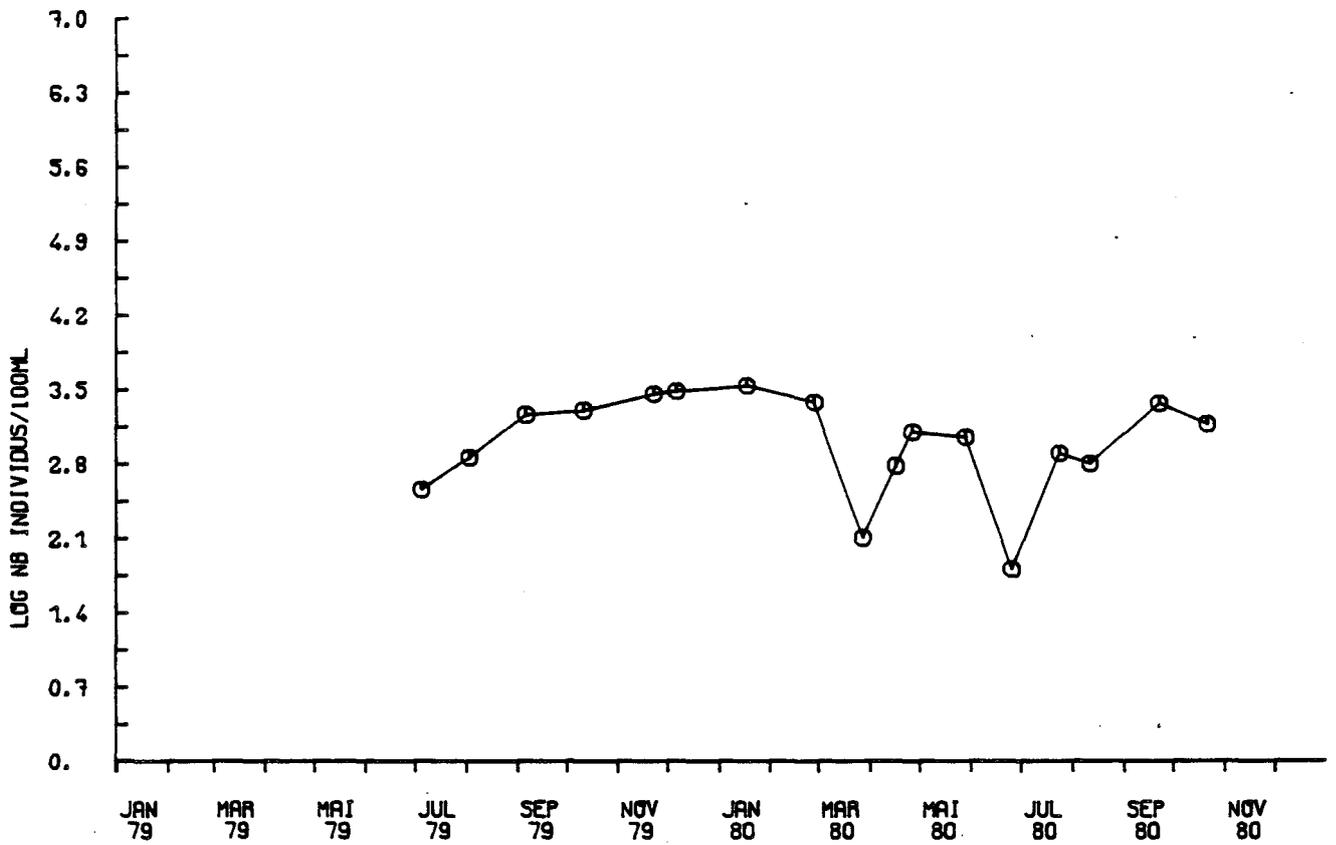


POINT.MOYEN

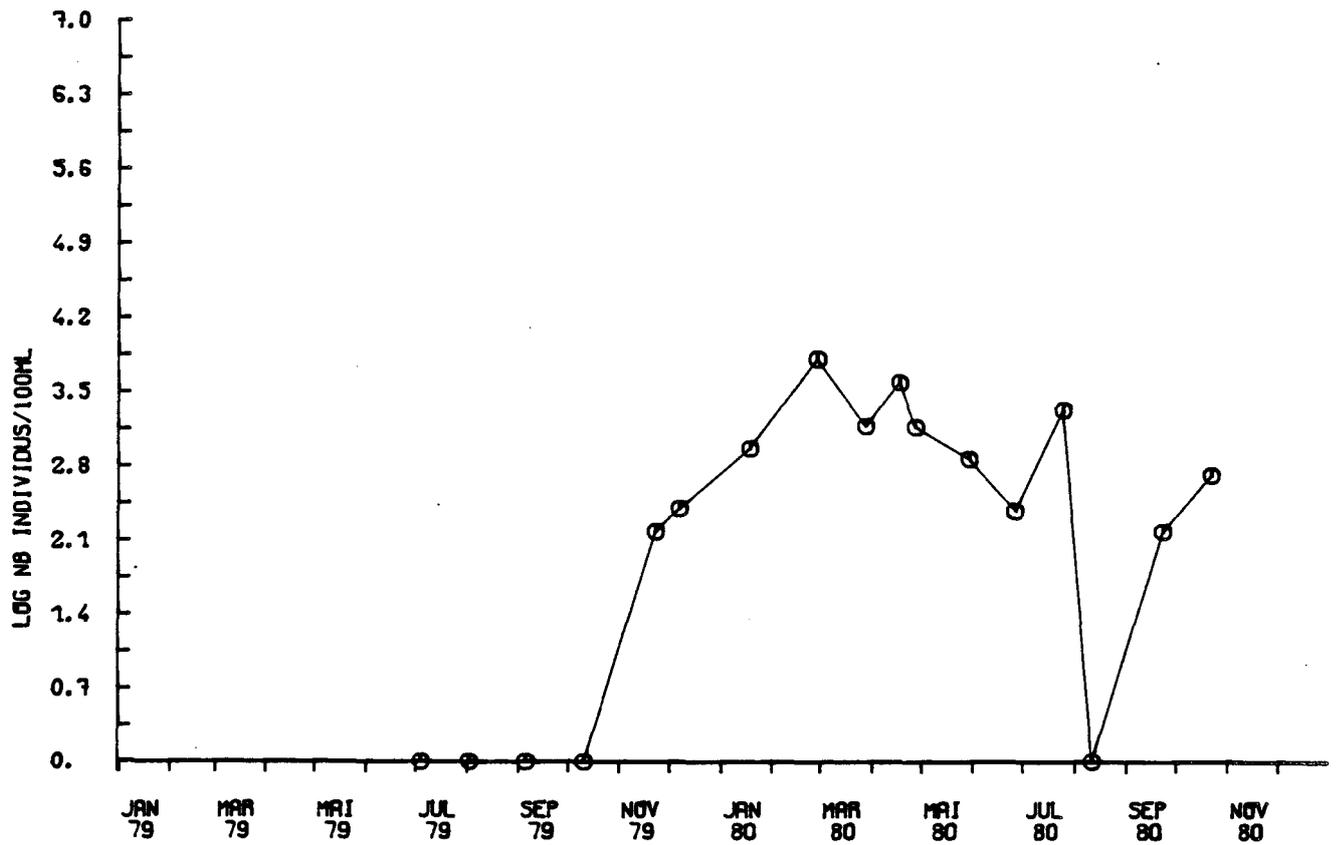
GRAVELINES

MOYENNE

PARALIA SULCATA



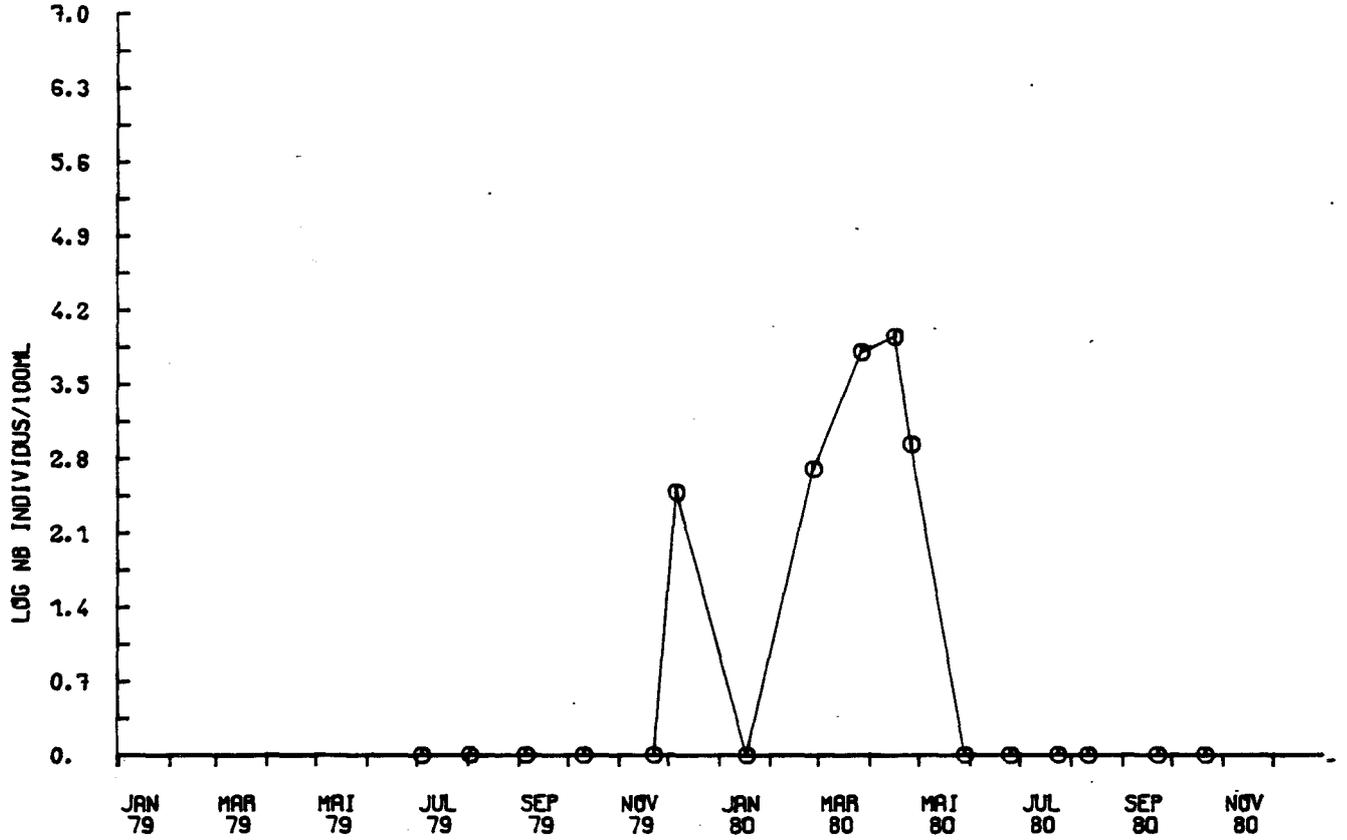
SKELETOMERA COSTATUS



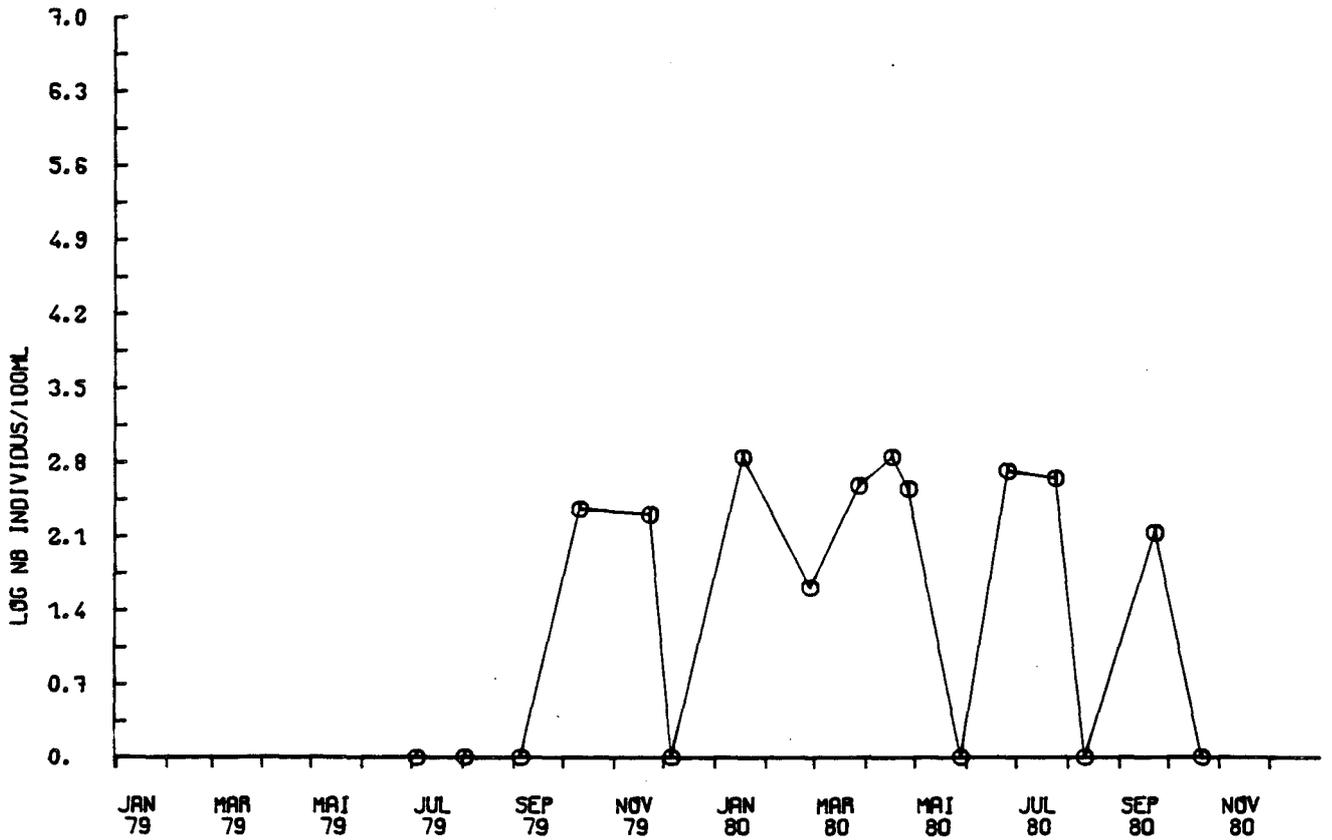
GRAVELINES

MOYENNE

THALASSIOSIRA NORDENSKIOLDII



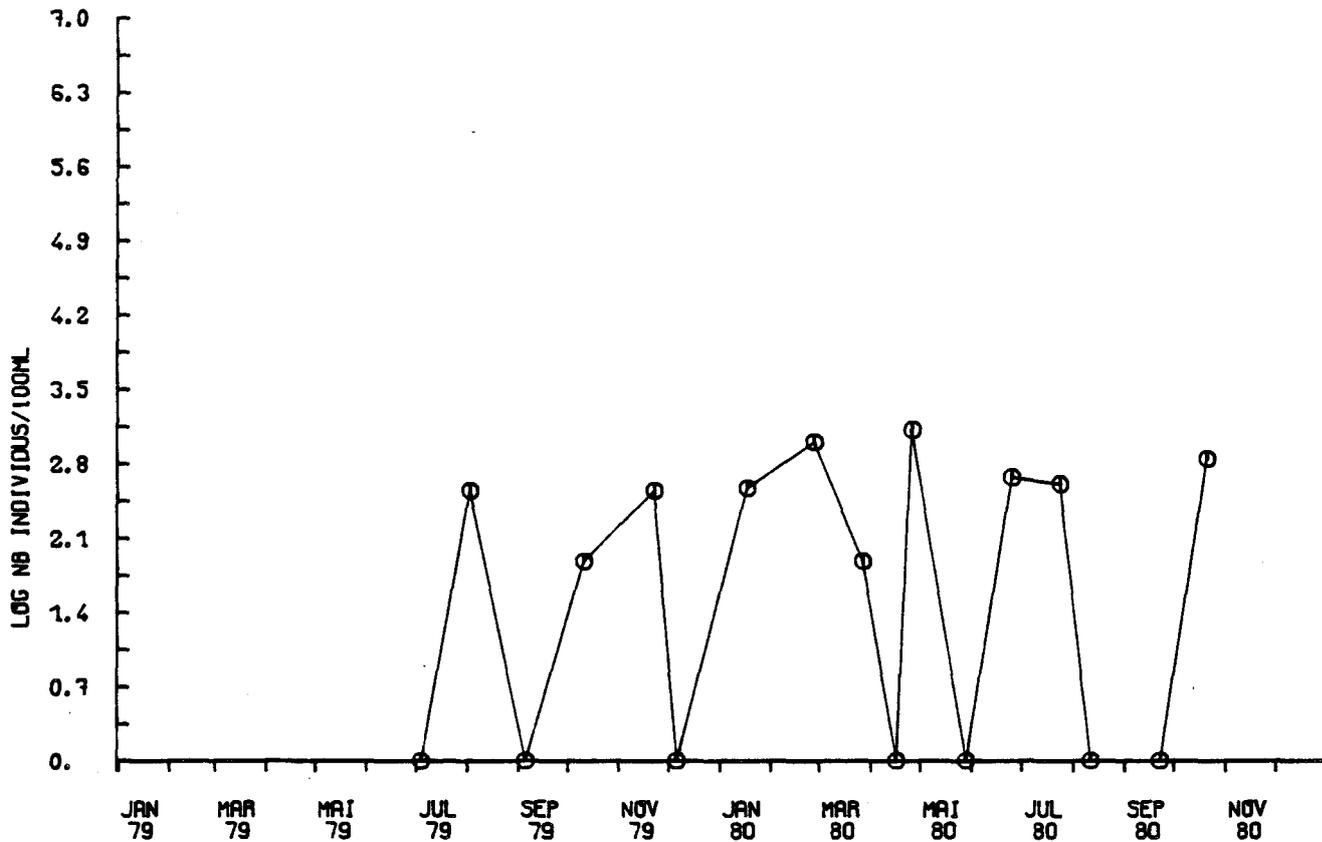
THALASSIOSIRA LEVANDERI



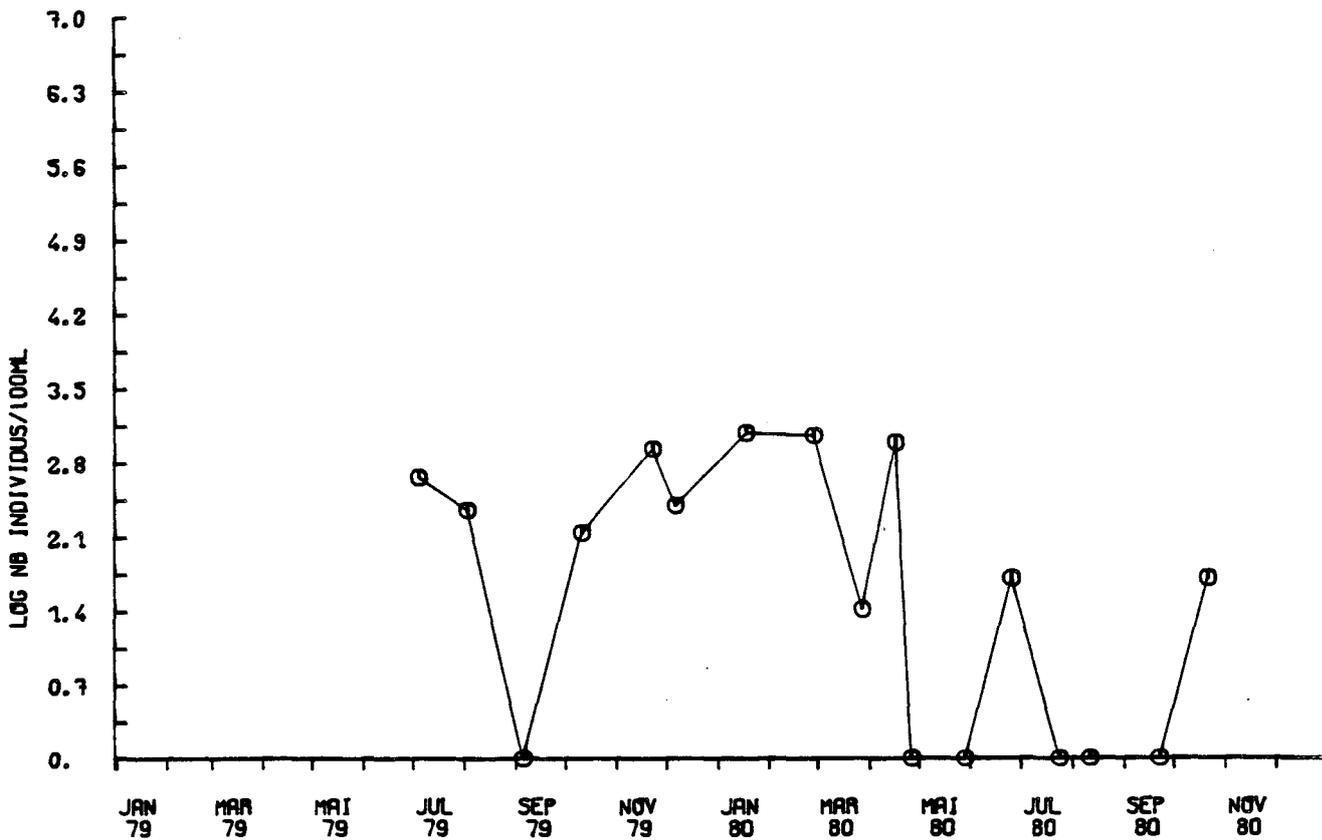
GRAVELINES

MOYENNE

THALASSIOSIRA DECIPIENS



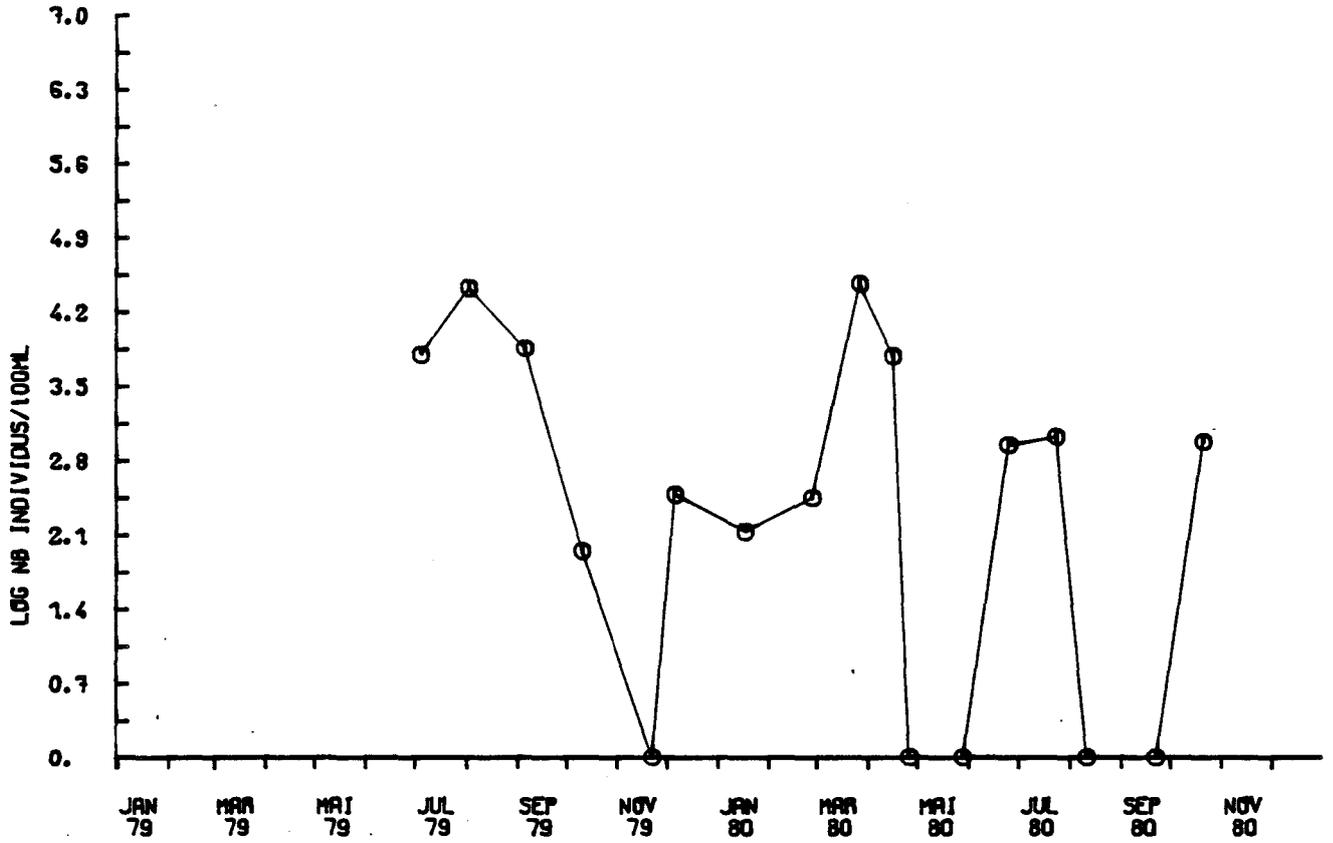
BIDULPHIA AURITA



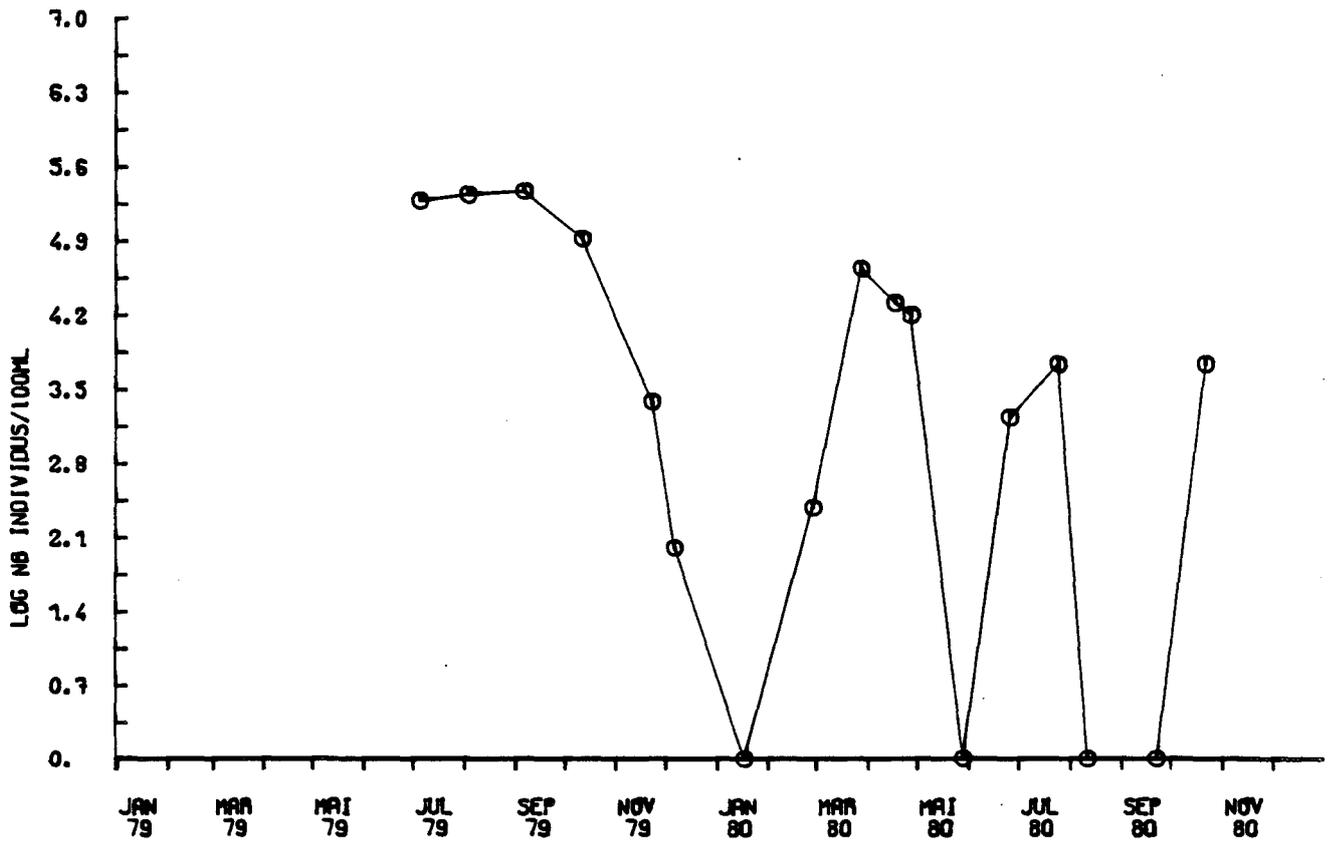
GRAVELINES

MOYENNE

CHAETOCEROS CURVISETUR

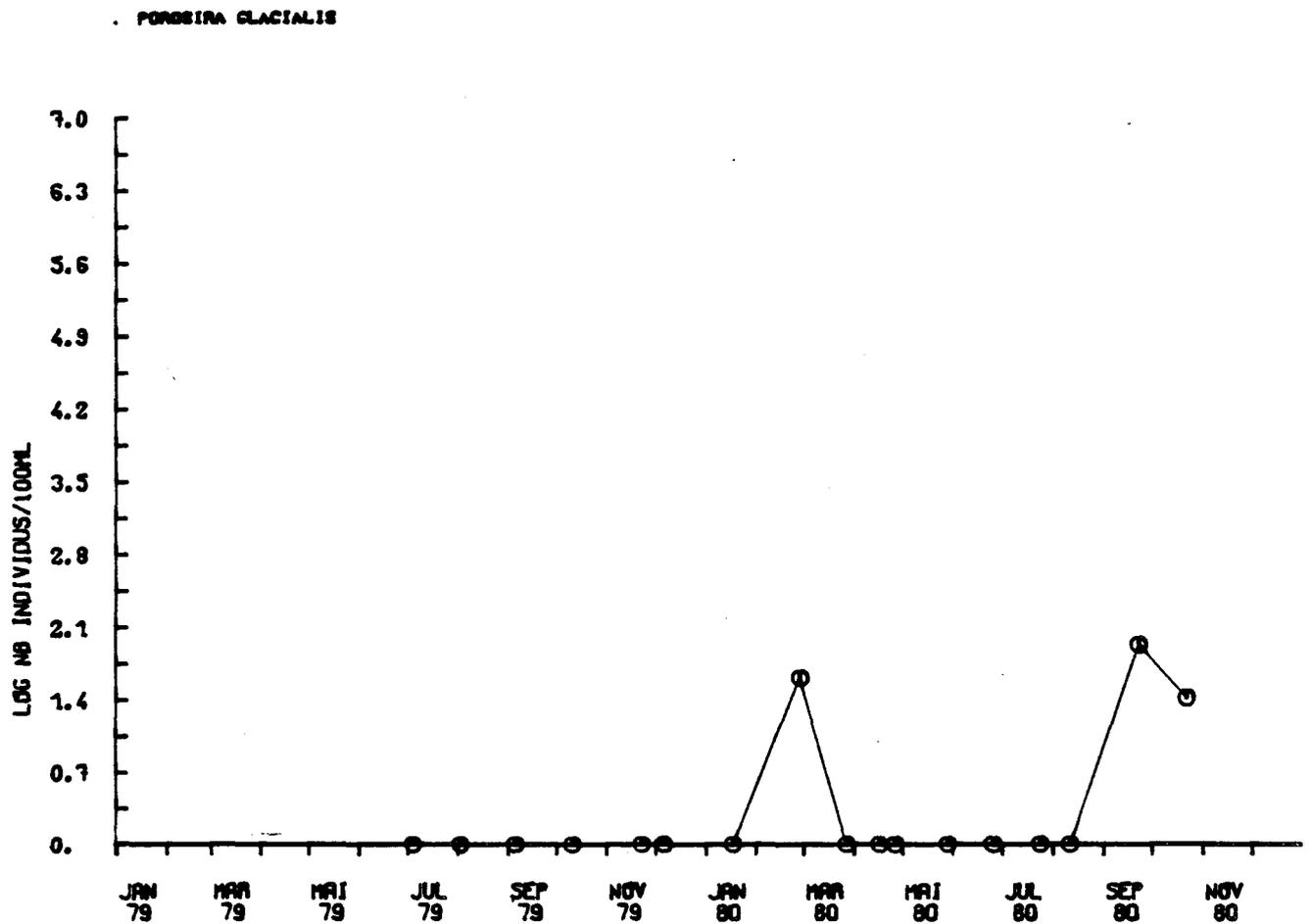
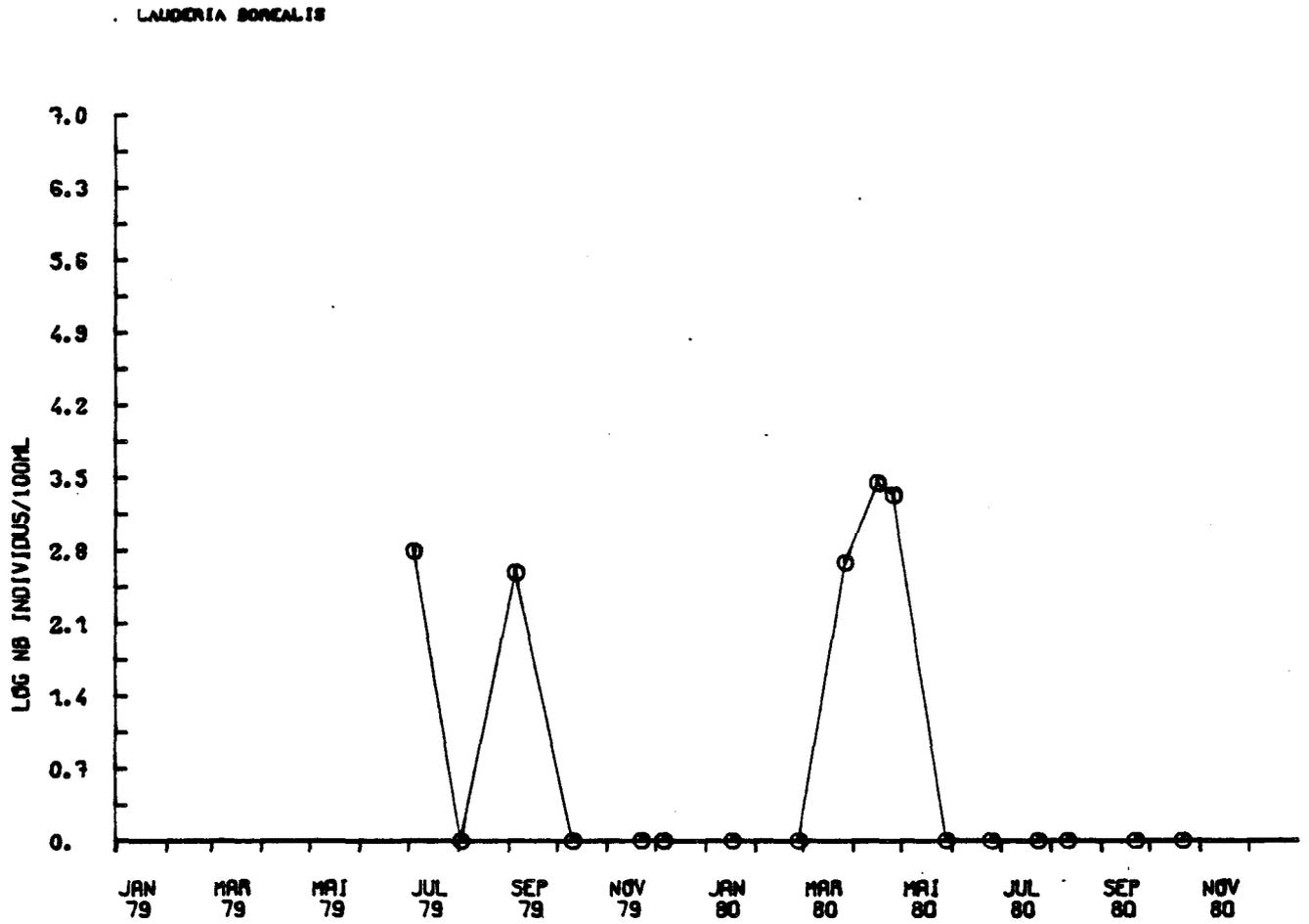


CHAETOCEROS SOCIALE



GRAVELINES

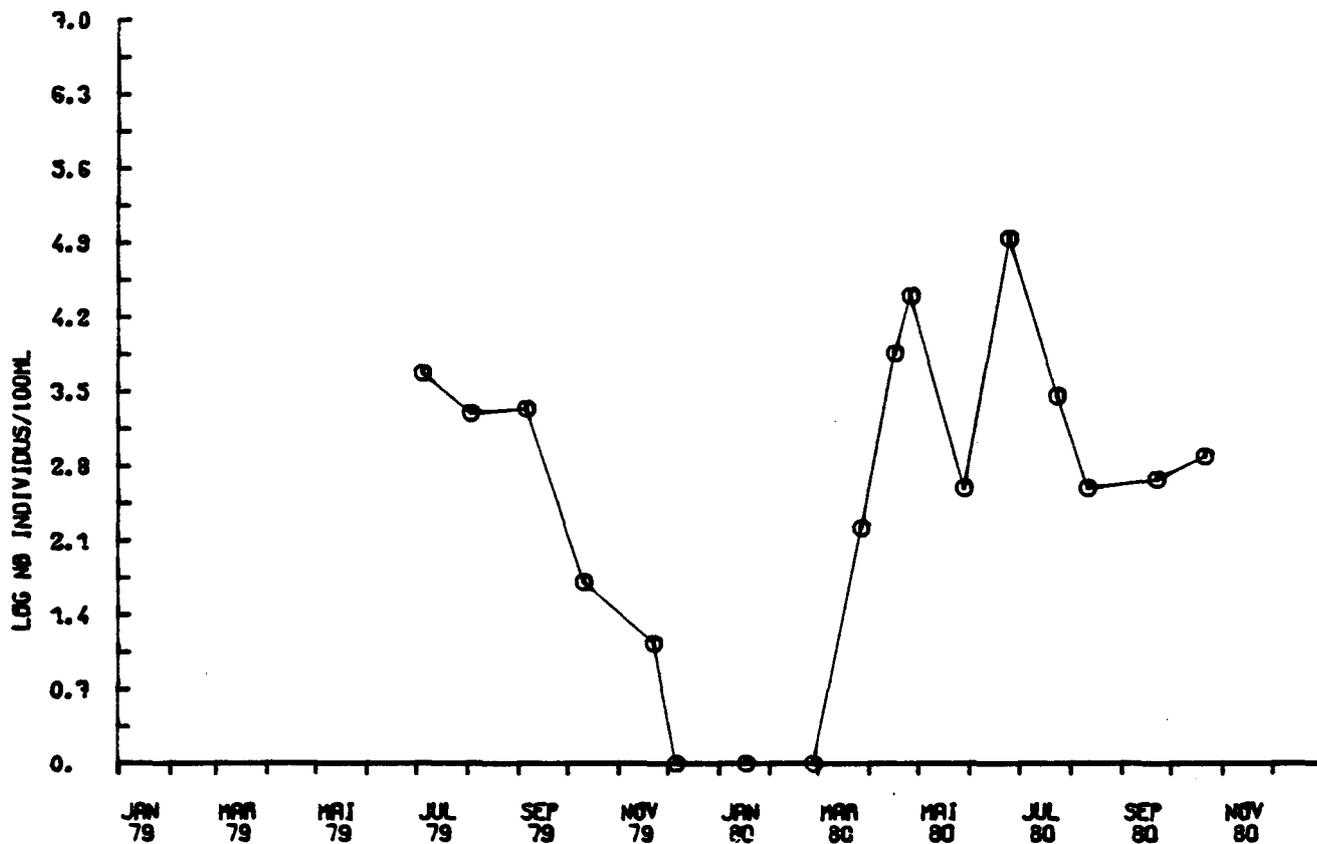
MOYENNE



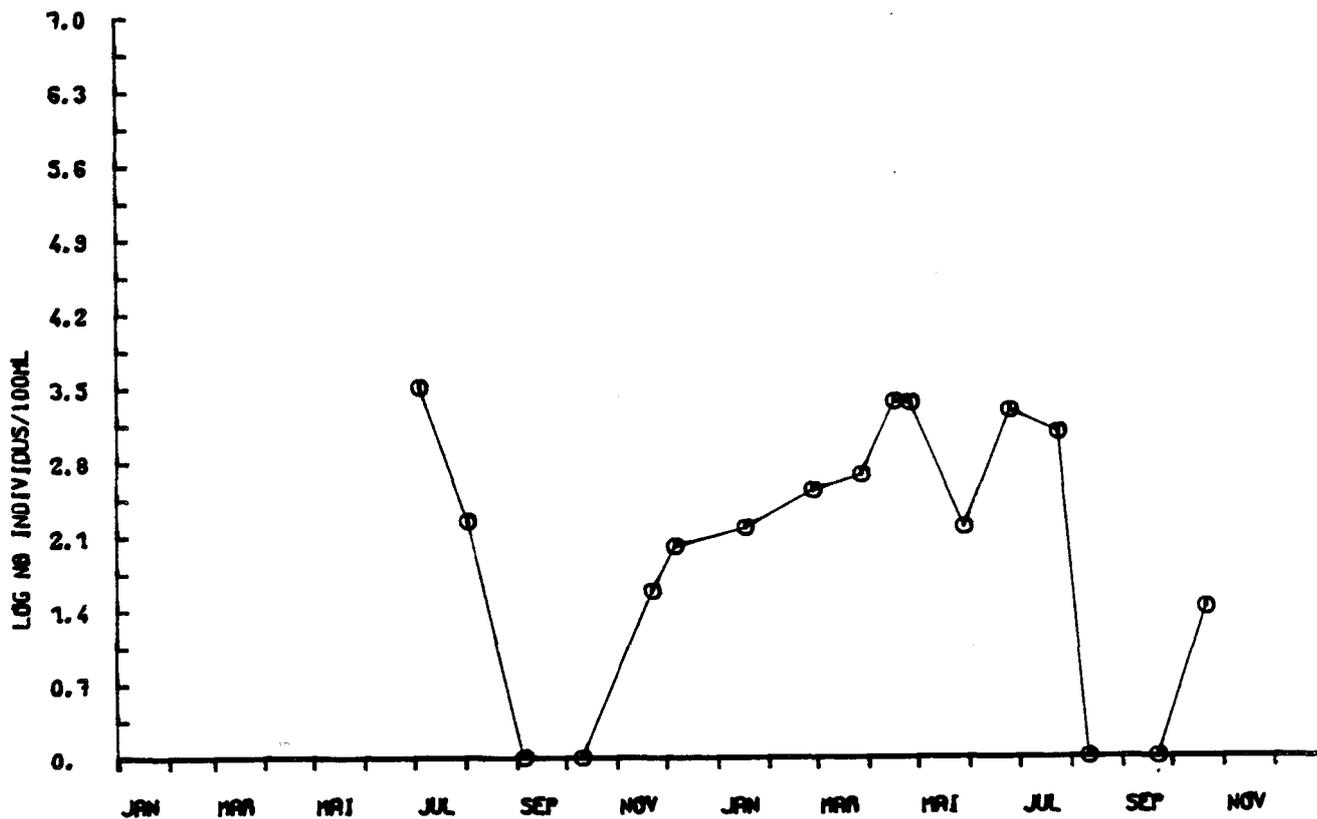
GRAVELINES

MOYENNE

RHIZOSOLENIA DELICATULA

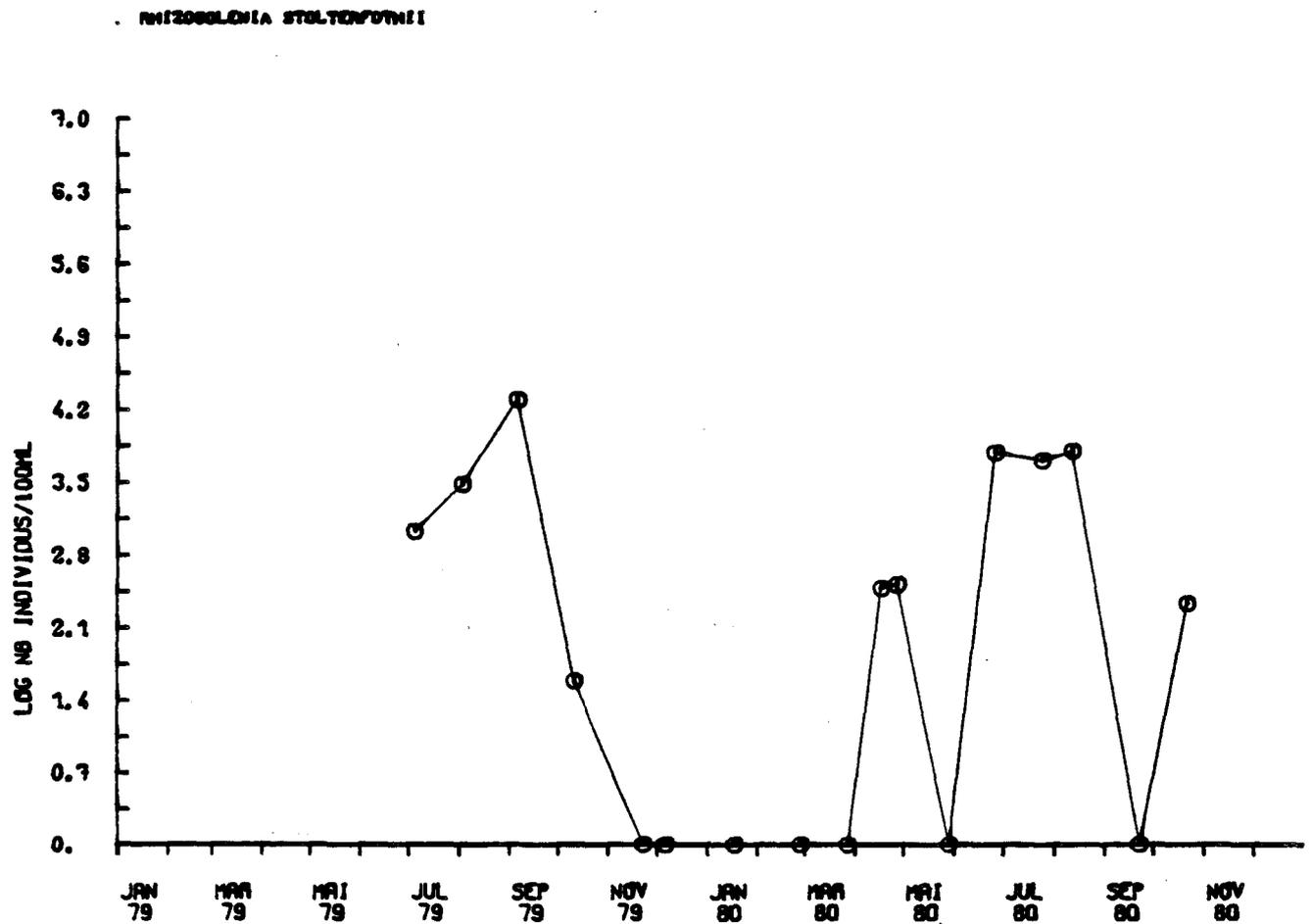
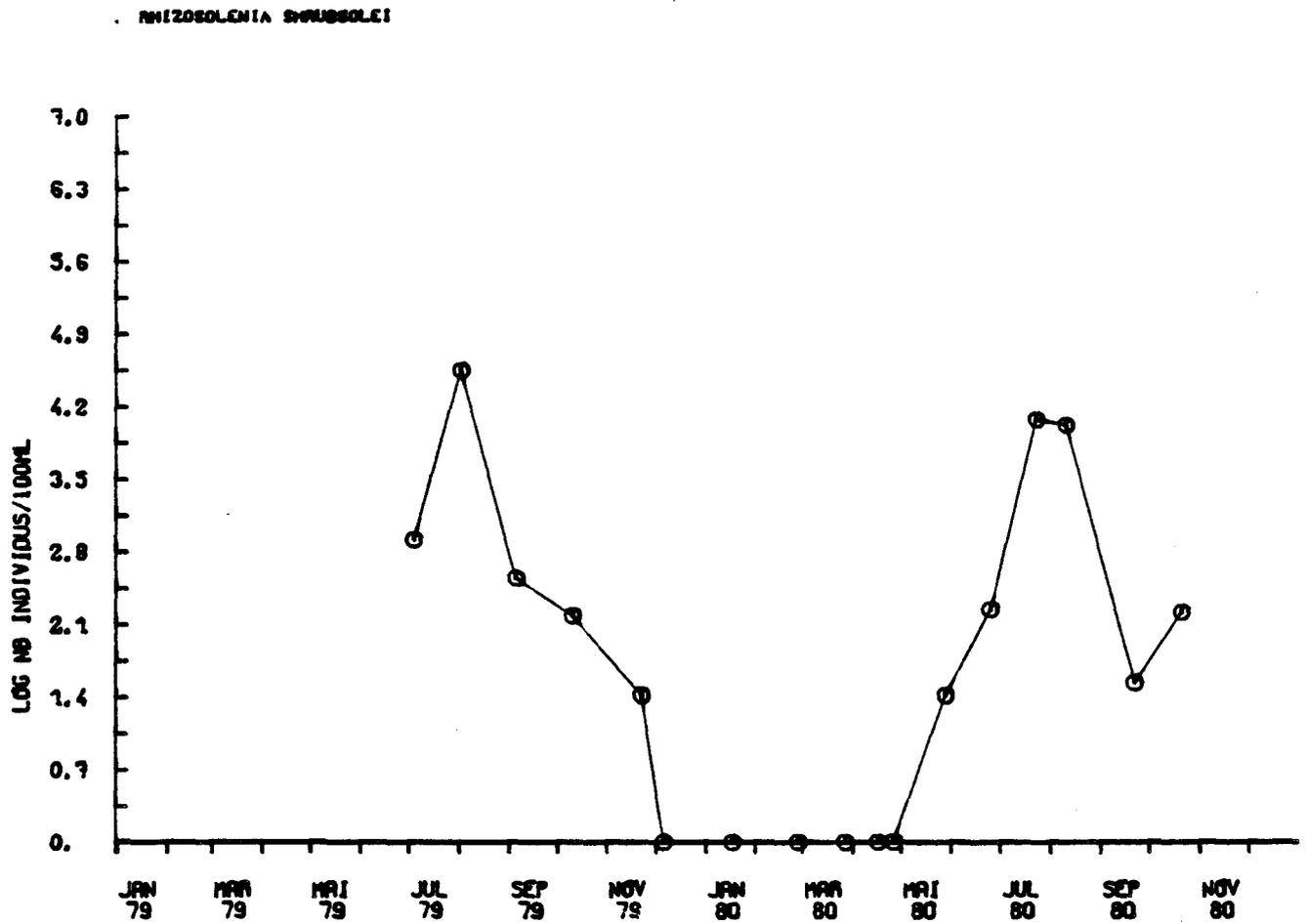


RHIZOSOLENIA SETICERA



GRAVELINES

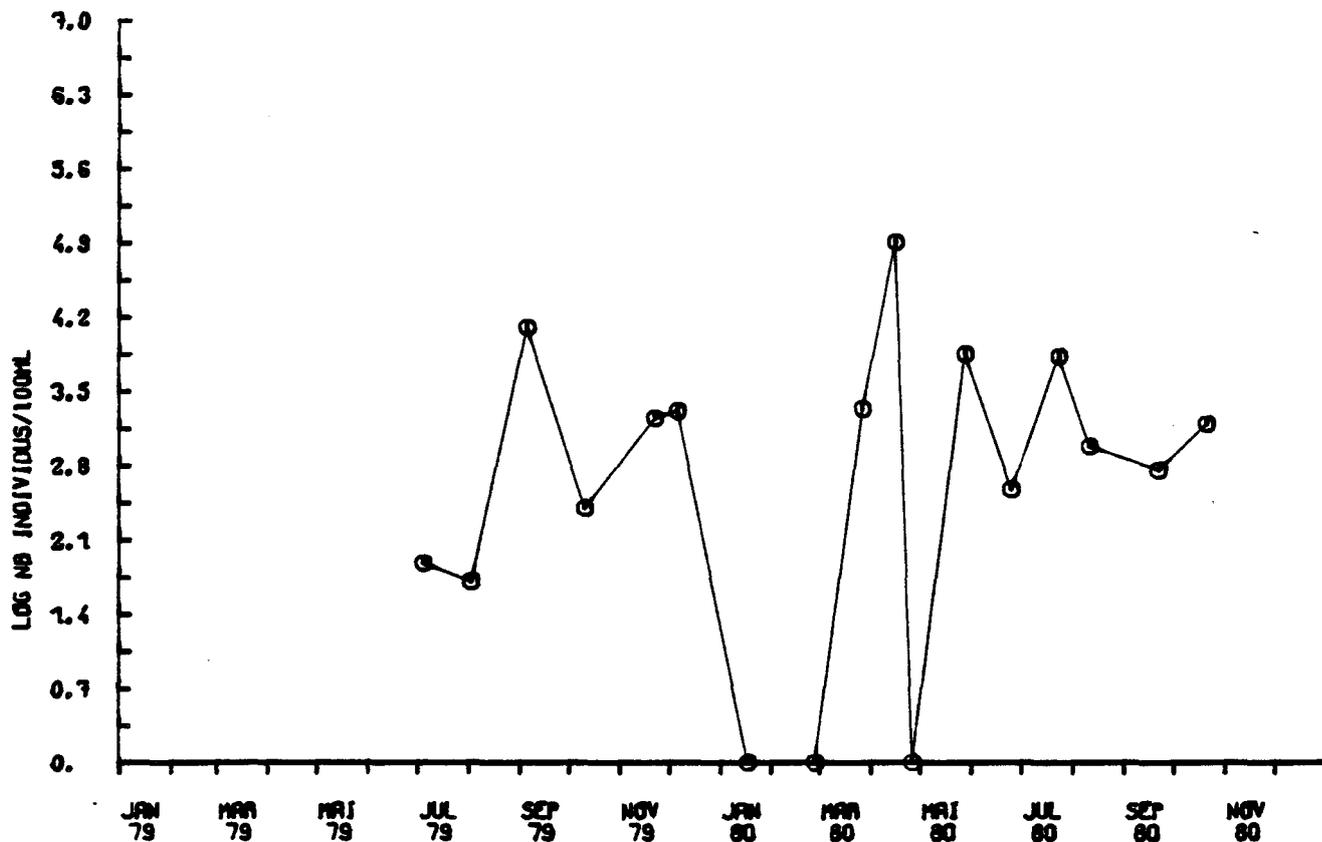
MOYENNE



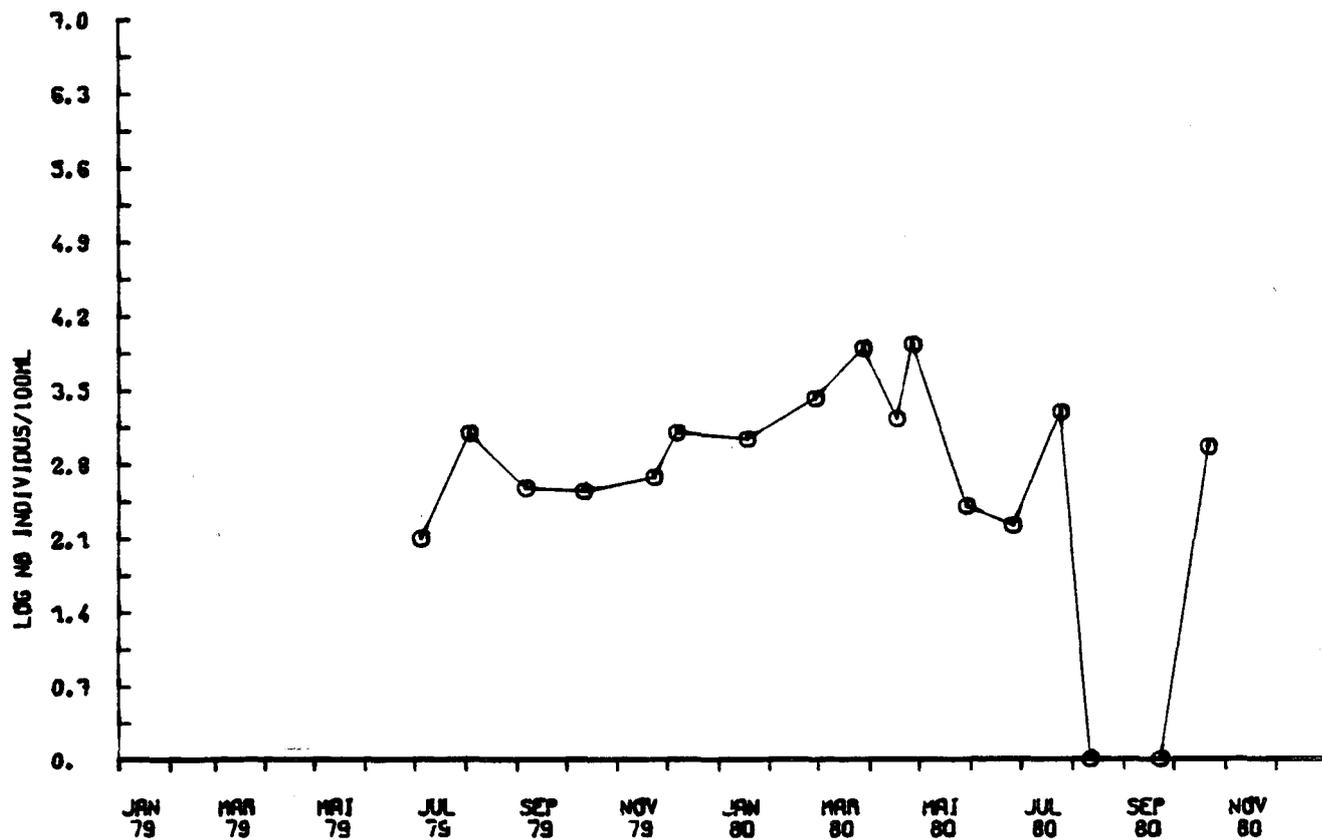
GRAVELINES

MOYENNE

ASTERIONELLA JAPONICA



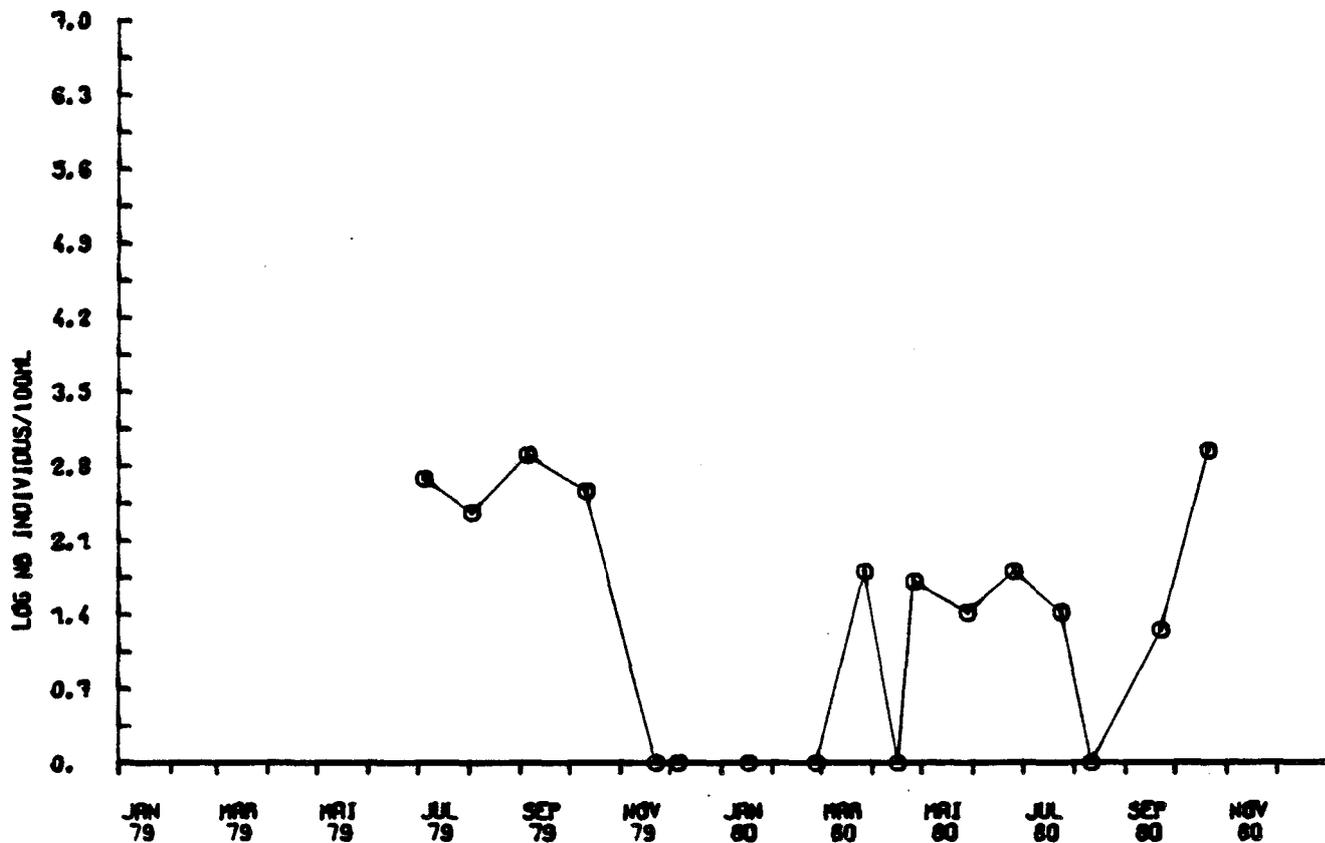
TYNASSIOMERA NITSCHEIDIDES



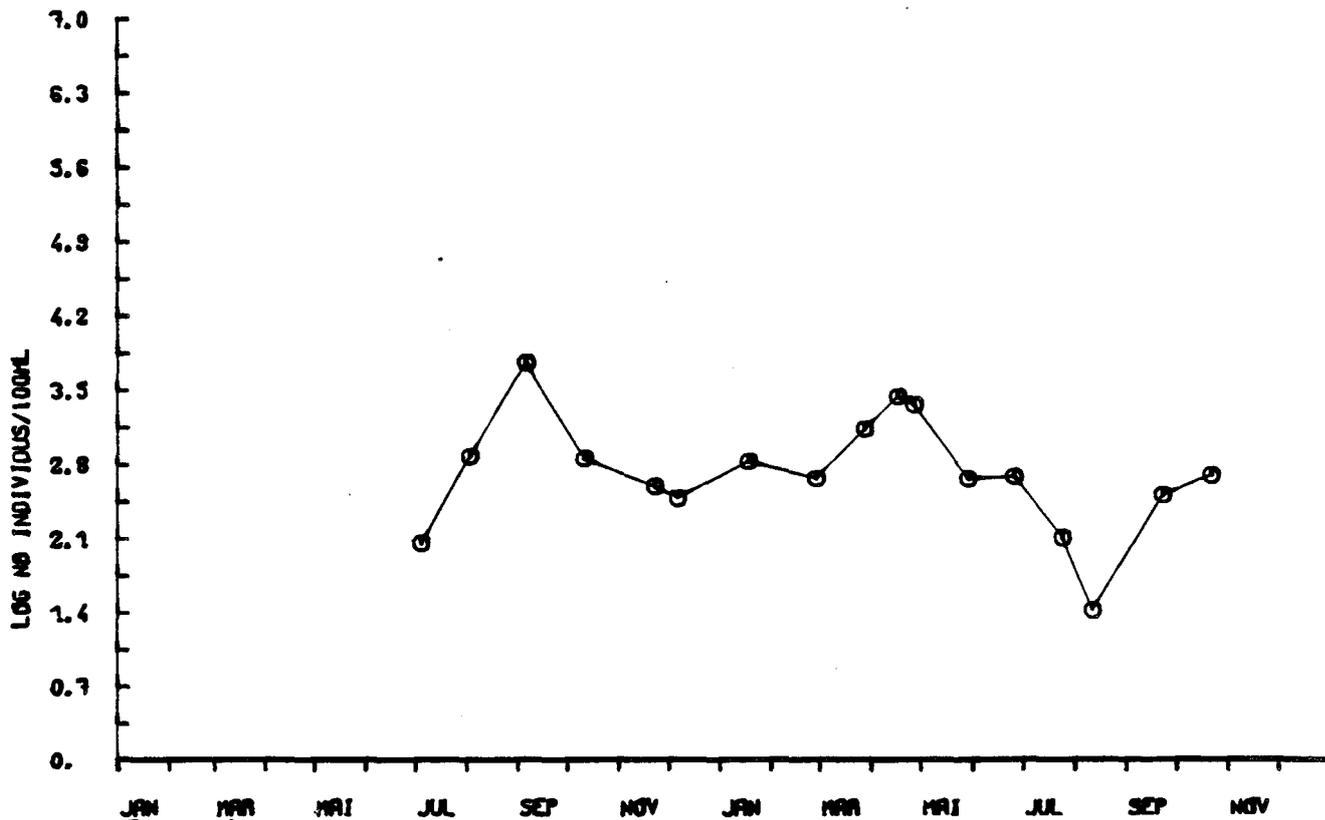
GRAVELINES

MOYENNE

NITESCHIA SERIATA

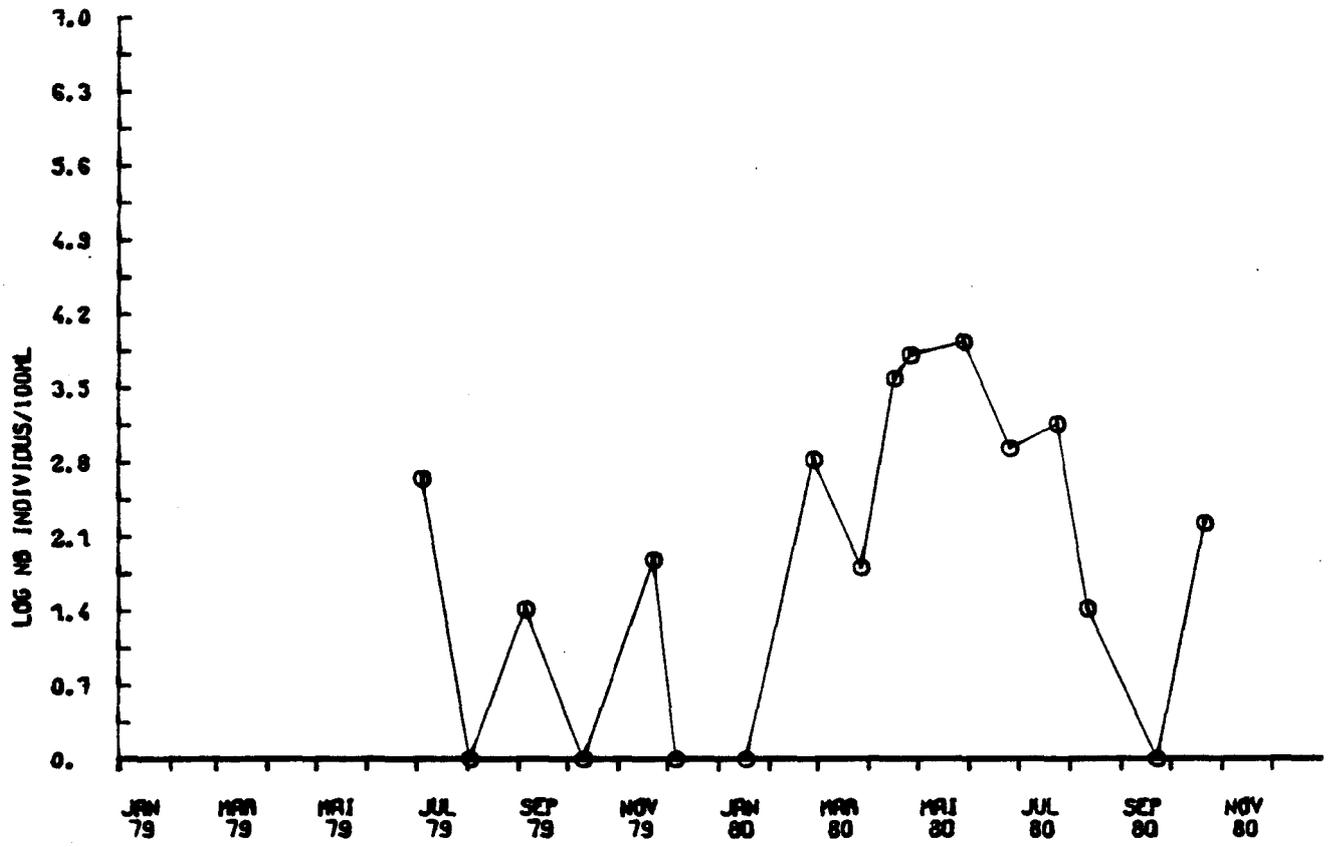
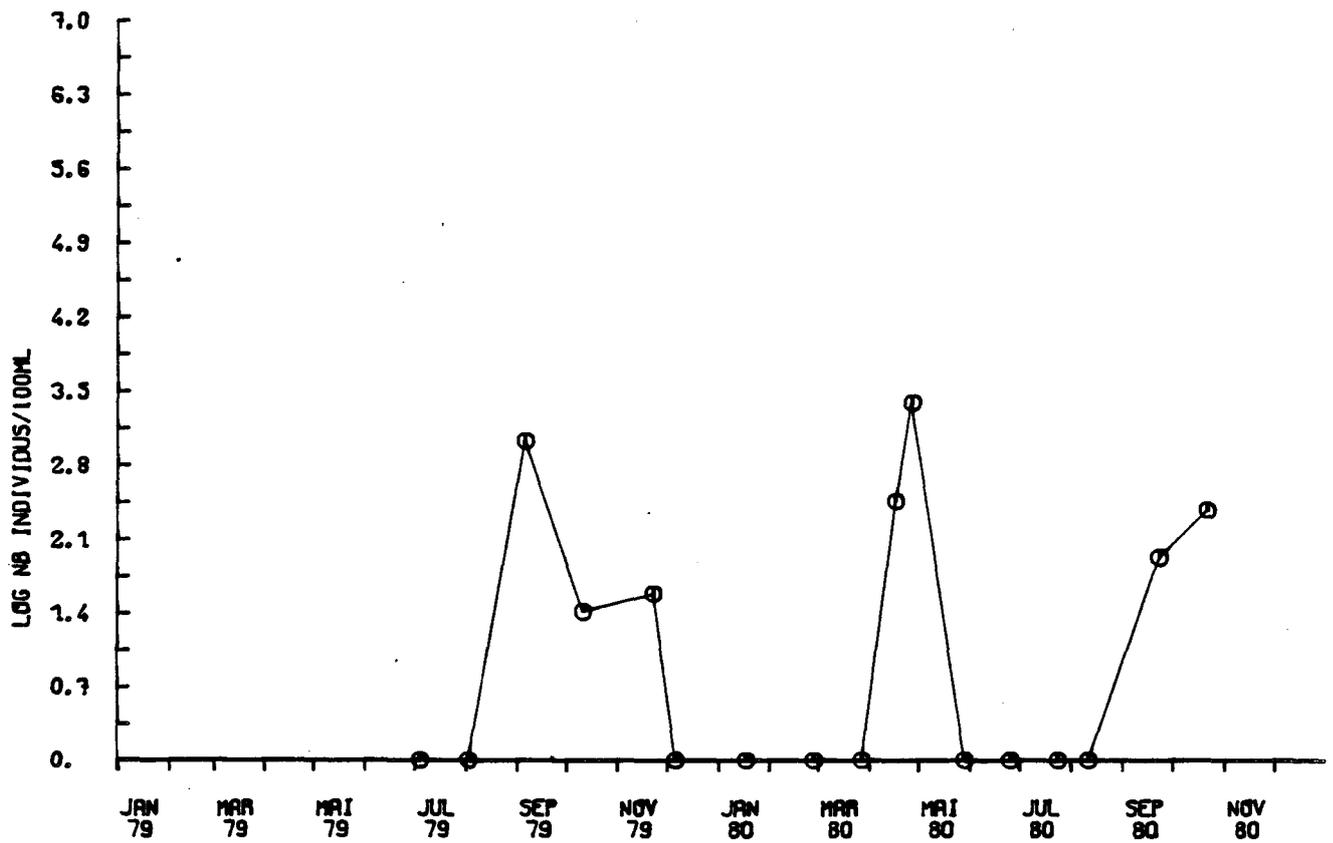


NITESCHIA CLOSTERIUM



GRAVELINES

MOYENNE

NITESCHIA DELICATISSIMA*EUCARPIA ZOOIACUS*

C H A P I T R E I V



ZOOPLANCTON ET NOCTILUQUES
(DINOFLAGELLÉS)

par

Geneviève LE FEVRE-LEHOËRFF

Collaboration technique: Gilles YOUENOU

INTRODUCTION

La surveillance écologique du site de Gravelines a débuté en 1978. Au cours de cette première année, aucun essai de pompes des circuits de refroidissement de la centrale n'a eu lieu. On peut considérer que l'année 1978 et le début de l'année 1979 permettent de compléter l'étude de projet. La fin de l'année 1979 et le début de l'année 1980 représentent une période d'essais de pompes et de chloration de manière intermittente, sans réchauffement des eaux. L'échauffement des eaux de rejet a commencé en mars 1980. Il concernait celles de la première tranche, de mars à juillet 1980 (puissance 900 MW), puis, après un arrêt en août, les eaux de refroidissement de la deuxième tranche, en septembre et octobre. Les résultats présentés ici concernent les observations faites jusqu'en octobre 1980.

I) METHODOLOGIE

Elle est identique à celle décrite dans le rapport précédent (Etude de surveillance écologique 1er cycle, site de Gravelines, janvier 1981 - pp. 47-49).

II) RESULTATS

Ils sont présentés essentiellement sous forme de figures. Un résumé des commentaires y est joint.

1) Biomasse (poids sec), carbone, azote organique, matière en suspension totale

Les poids secs montrent une grande variabilité. Comme pour les années précédentes on note de nombreuses valeurs aberrantes. Les très fortes valeurs de poids sec ne correspondent pas à une production de zooplancton plus élevée, mais souvent à une forte charge en matière minérale ou en matière organique non zooplanctonique (phytoplancton, débris végétaux divers). A partir de l'année 1979 nous avons parfois effectué un double échantillonnage destiné à calculer la matière organique totale.

- une biomasse est brûlée au four : poids sec diminué du poids de cendres = poids de matière organique,

- une biomasse permet la mesure du carbone et de l'azote organique.

Les graphiques correspondant aux variations saisonnières de la biomasse ne sont pas présentés ici, les dosages et les pesées pour certaines missions de 1980 n'ayant pu être faits. Ils seront présentés en même temps que ceux de l'année 1981. On peut résumer quelques résultats.

a) Variations spatiales

La station côte (62) présente au cours du cycle 1979-1980 des valeurs légèrement plus faibles que la station médiane (63). Ce résultat est semblable à celui déjà obtenu au cours de la surveillance I, et diffère sensiblement de ceux décrits dans le rapport de projet (O. ARNAL, 1976-1977). Les valeurs pour la station hors-tache thermique sont également inférieures à celles de la station médiane. Les valeurs de la station entrée de la centrale (64) sont en moyenne supérieures à celles de la sortie (62) et correspondent, non pas à une production zooplanctonique supérieure, mais à une forte charge de matières minérales en suspension. On retrouve donc les résultats généraux obtenus au cours du cycle 1978-1979. Sur quelques échantillons, nous avons calculé le pourcentage de matière organique dans le poids sec. On remarque que ce pourcentage varie beaucoup d'un échantillon à l'autre. La proportion de matière organique dans le poids peut diminuer jusqu'à 9 % dans les échantillons très chargés en matière minérale, et augmenter jusqu'à 60 %, valeur maximale, dans les échantillons les plus propres. Cette proportion n'est caractéristique ni d'une station, ni d'une saison.

b) Variations saisonnières

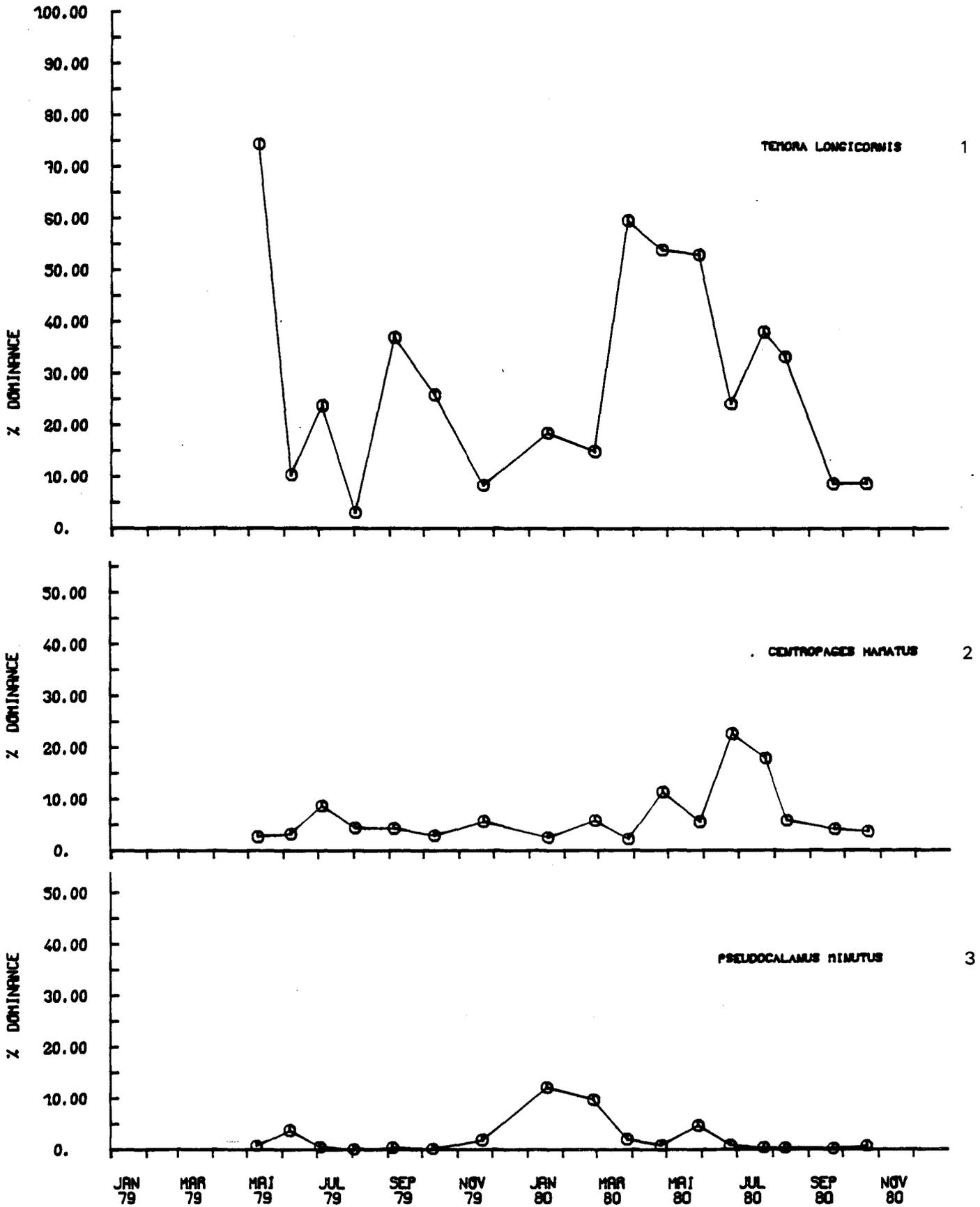
Si on élimine les valeurs aberrantes de poids sec, les variations saisonnières de biomasse présentent des valeurs maximales annuelles au mois de mai, comme pour les précédentes années d'étude. La période juillet-septembre est également riche. En 1980, les valeurs sont supérieures à celles de 1979 et la quantité de matière organique peut atteindre 400 à 900 mg/m³ selon les stations, valeurs supérieures à celles obtenues en 1975, année très productive. Il faut bien se rendre compte que le chiffre de matière organique représente le poids de la somme des organismes flottants : zooplancton, mais aussi phytoplancton de grandes tailles : *Phaeocystis*, Dinoflagellés et même, peut-être, des algues flottantes.

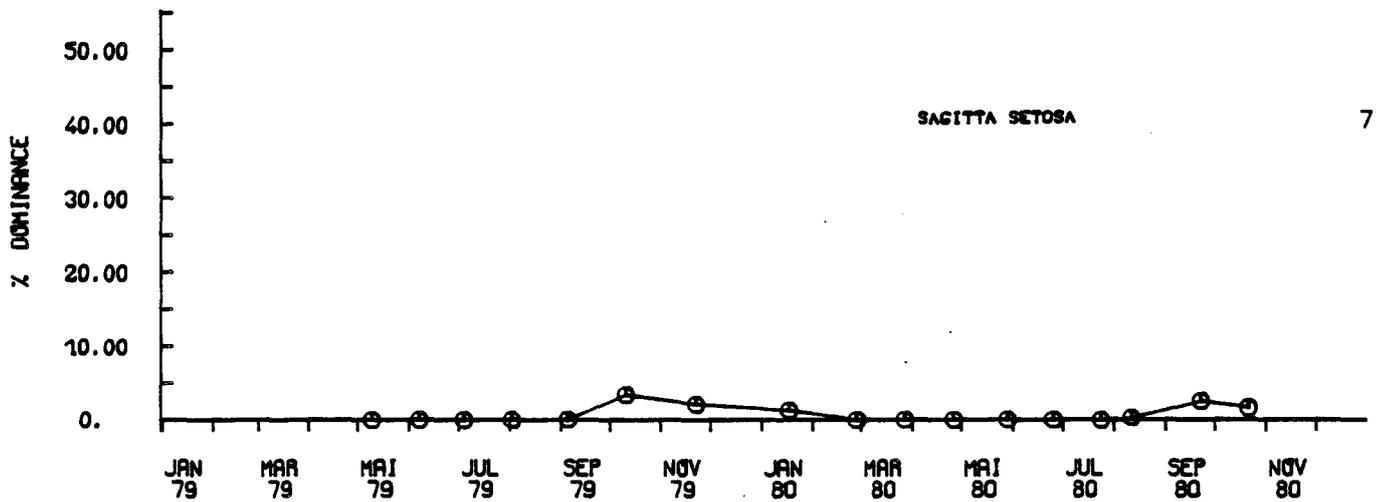
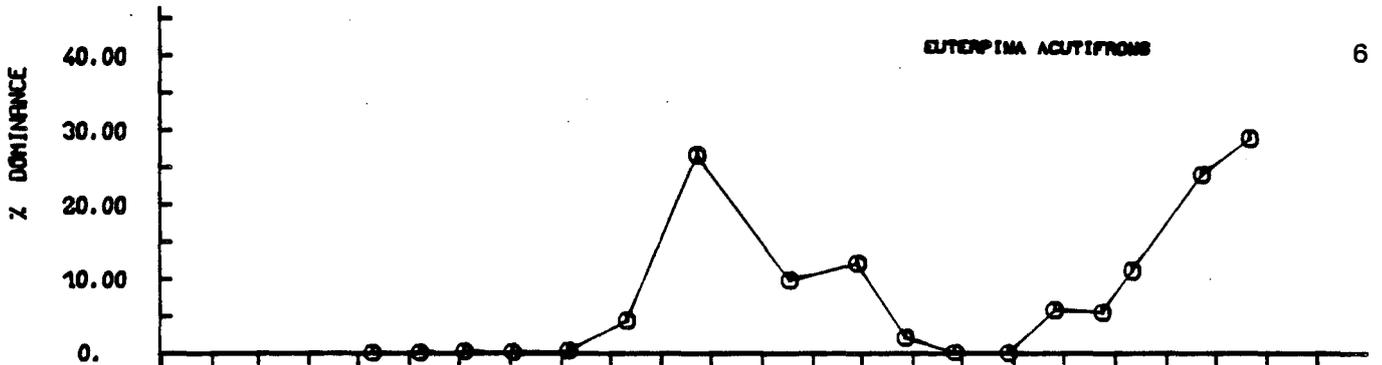
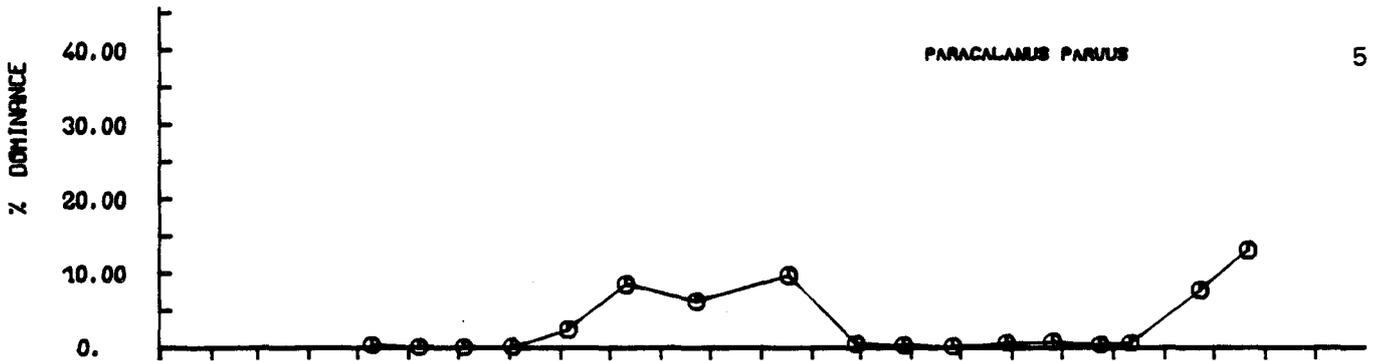
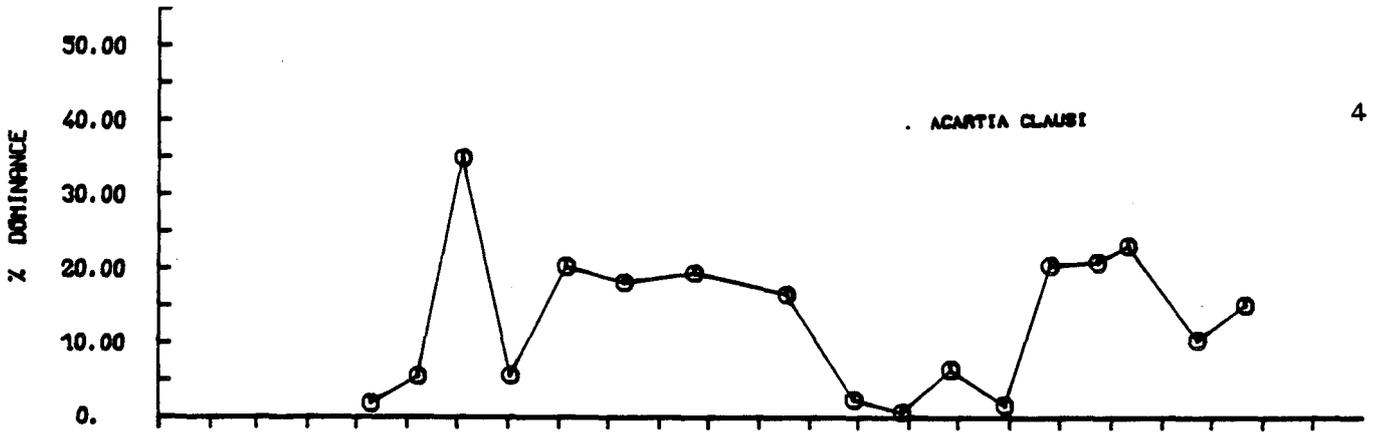
La turbidité due au matériel détritique ou au matériel minéral est telle que les prélèvements de biomasse ne peuvent pas toujours être filtrés à bord. Les valeurs aberrantes obtenues ont-elles une relation avec la remise en suspension du matériel particulaire dans le courant créé à la sortie de la centrale par le fonctionnement des pompes, ou bien avec le développement d'organismes comme les *Phaeocystis*, les *Pleurobrachia*, noctiluques ou autres organismes mous qui provoquent le colmatage des filets ? Il n'est pas encore aisé de répondre actuellement.

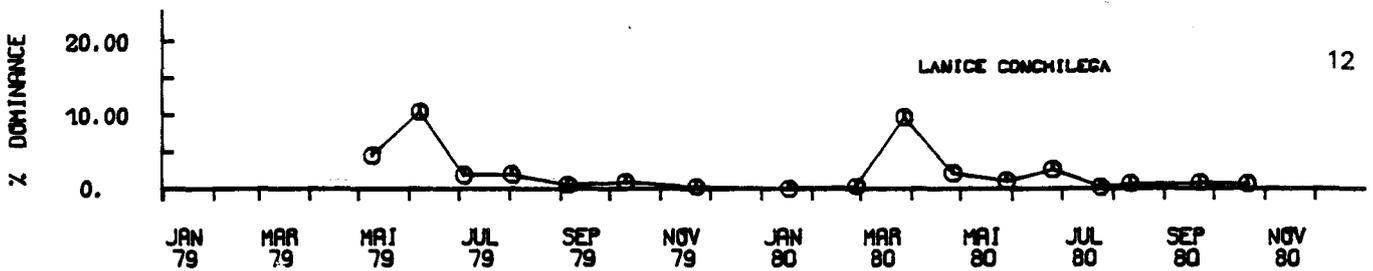
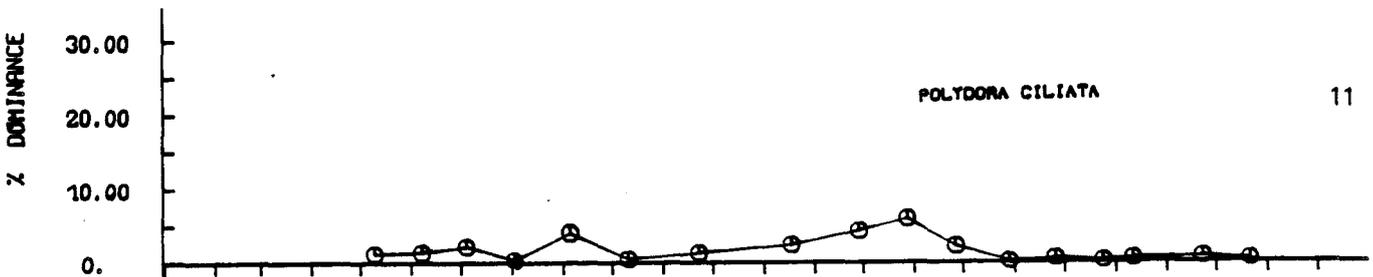
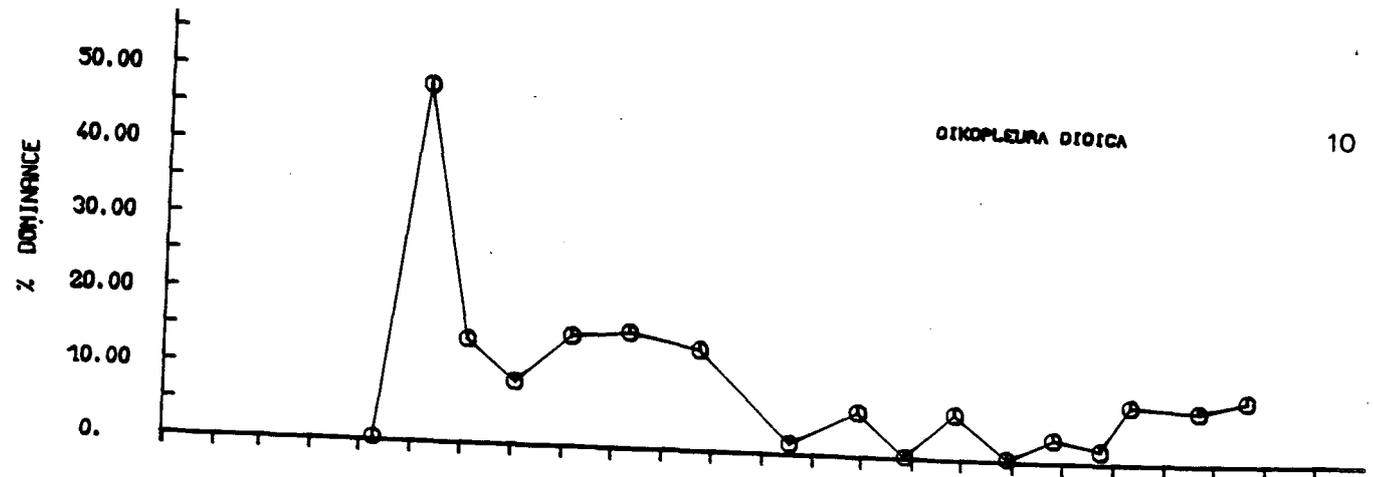
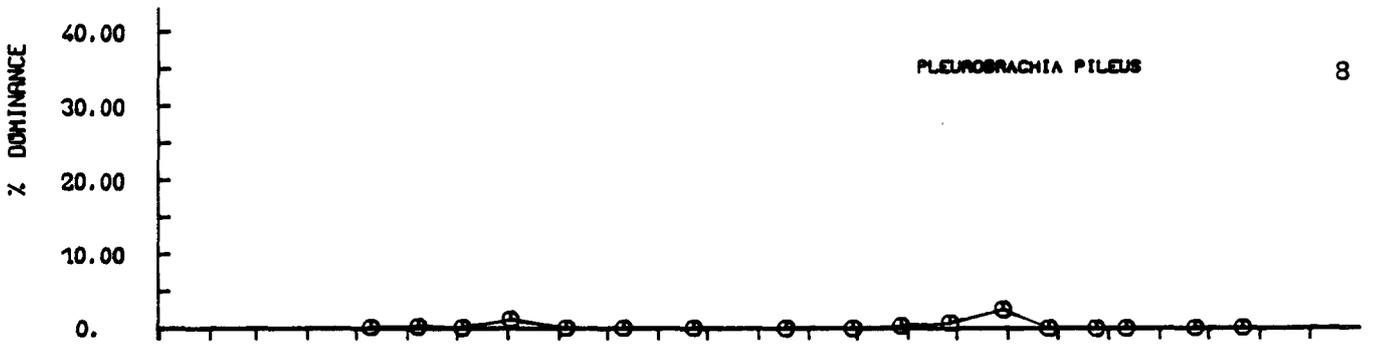
GRAVELINES

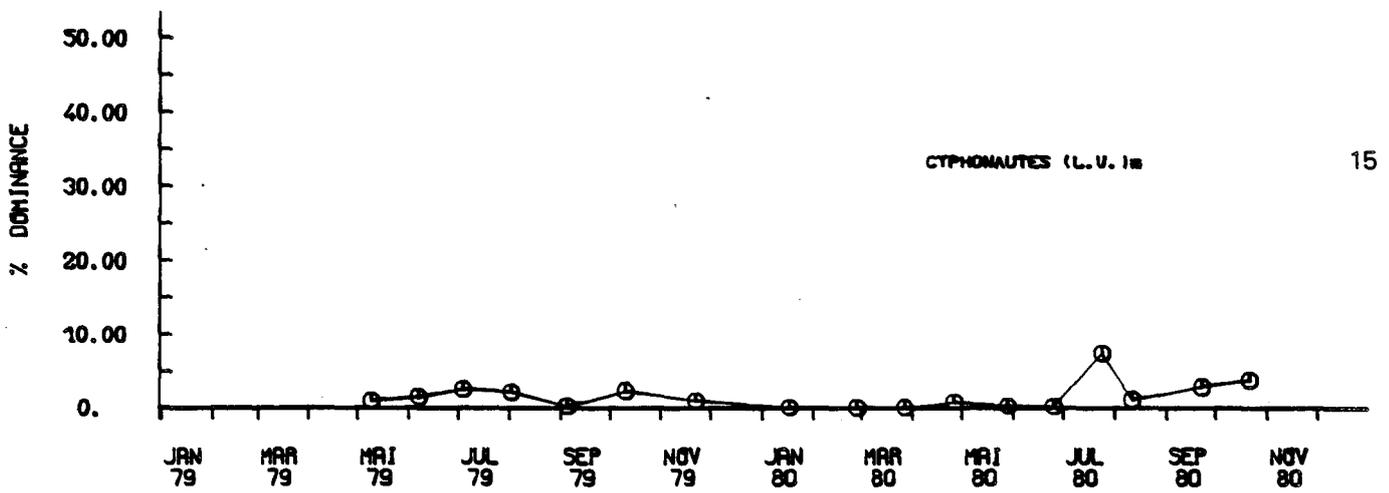
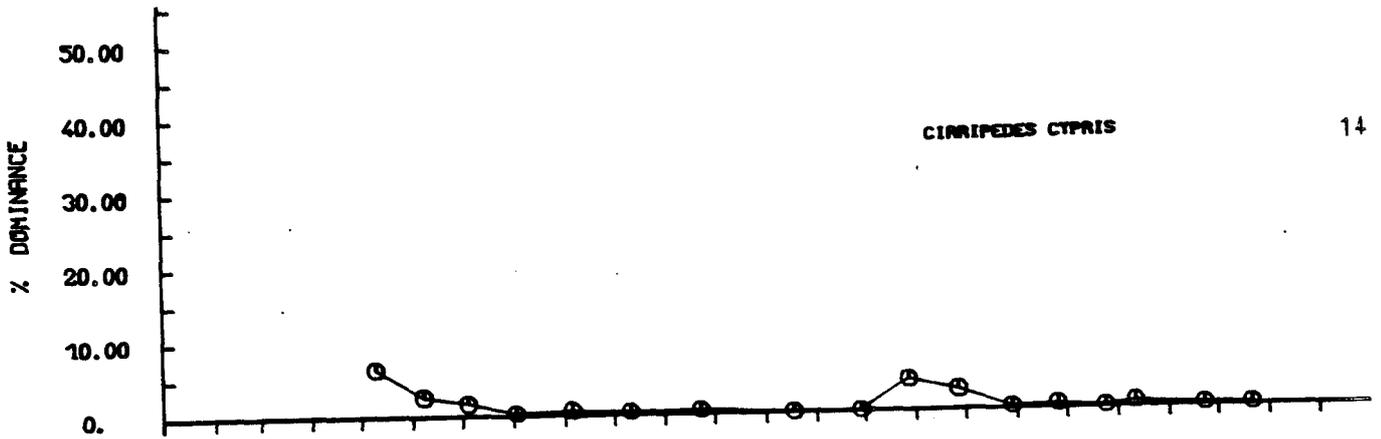
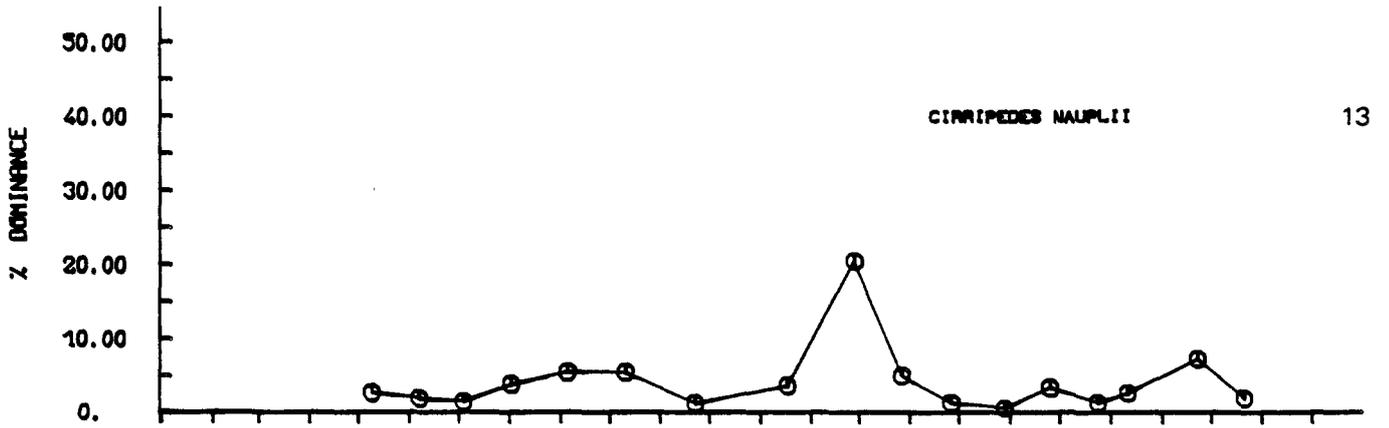
Fig.IV.1

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









2) Les espèces zooplanctoniques

Le nombre des espèces étudiées quantitativement a été défini dans les rapports précédents (Gravelines, janvier 1981). La liste est complétée depuis mai 1979 par les espèces *Pleurobrachia* et *Beroe*, Cténaïres qui colmatent les grilles des tambours du circuit de refroidissement. Depuis cette date également, les noctiluques (Dinoflagellés), qui sont mal échantillonnées à la bouteille Niskin et ne peuvent être comptées en même temps que le phytoplancton, sont dénombrées en même temps que le zooplancton, car elles sont correctement recueillies par le filet WP₂.

Les graphiques présentés ici (fig. IV.1 à IV.17) correspondent à la période mai 1979 octobre 1980 et peuvent être comparés à la période de février 1978 à avril 1979.

a) Variations saisonnières du pourcentage de dominance de certaines espèces de zooplancton (fig. IV.1 et IV.2)

Les remarques générales faites dans le rapport précédent sont identiques :

- le maximum de dominance pour une espèce donnée se situe sensiblement à la même époque d'une année à l'autre. Le décalage temporel entre une année et une autre n'excède guère un mois ou deux, et dépend des conditions climatiques : les *Pseudocalanus* dominent toujours entre janvier et février, les *Temora* entre avril et juin, les *Pleurobrachia* et les *Beroe* sont toujours présents entre avril et juin également, quelque soit l'année;
- on remarque cependant que la valeur du maximum de dominance de chaque espèce diffère quelquefois beaucoup et s'interprète par l'effet des conditions climatiques générales de l'année. Les espèces printanières sont très sensibles, par exemple, à l'effet des températures minimales de l'hiver précédent (février), mais aussi à la vitesse de réchauffement des eaux en mars et avril. Après l'hiver très froid de 1979, on remarque un retard dans la production des espèces zooplanctoniques du printemps 1979. Les mois de février et mars sont caractérisés par une forte dominance de quelques rares espèces qui résistent mieux que les autres aux très basses températures.

Exemple 1 : les larves de Cirripèdes, essentiellement l'espèce *Balanus balanoides*, sont dominantes dans les récoltes de février-mars 1979, avec 80 % des individus récoltés, les autres espèces ne pouvant se développer aux températures très basses de cette époque (proche de 3°). Au contraire, en 1980 à la même époque, ils ne représentent que 20 % des individus ré-

coltés car l'hiver doux de 1980 a favorisé la reproduction plus précoce d'autres espèces.

Exemple 2 : le Copépode *Temora longicornis* est dominant d'avril à juin. Il s'est trouvé favorisé par rapport aux autres espèces après les hivers 1978 et 1979, plus froids que les autres, et représente les pourcentages suivants :

	avril - mai 1978	85 %
	avril - mai 1979	75 %
contre	60 % en 1980	et 55 % en 1975 et 1977

On peut multiplier les exemples, mais l'observation des courbes présentées ici (fig. IV.1) permet de comparer les différentes années pour chaque espèce. En résumé, chaque hiver froid retarde la reproduction des espèces au printemps et seules les espèces nordiques à développement précoce sont présentes aux basses températures. Au contraire, un été chaud ou un automne doux avantage les espèces thermophiles à reproduction estivale ou automnale : *Acartia clausi*, *Euterpina*, larves de Bryozoaires, et défavorisent les espèces d'eau froide : effet négatif de l'été 1976 sur *Temora longicornis*. Le fonctionnement de la centrale en 1980 ne semble pas avoir modifié la succession de dominance des espèces zooplanctoniques par rapport aux années précédentes. L'amplitude des variations dues au climat est suffisamment forte pour masquer très largement celles dues au fonctionnement actuel de la centrale.

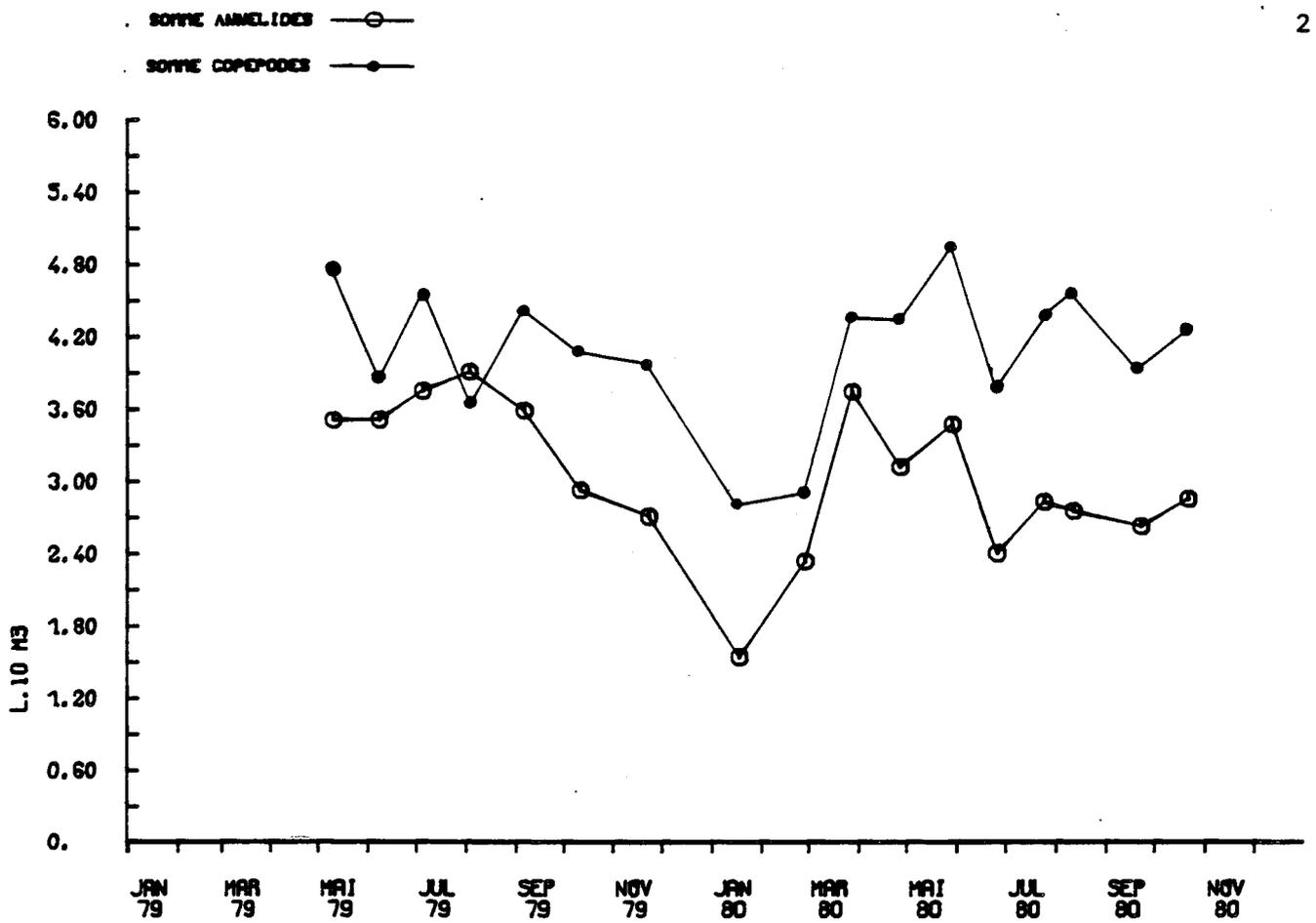
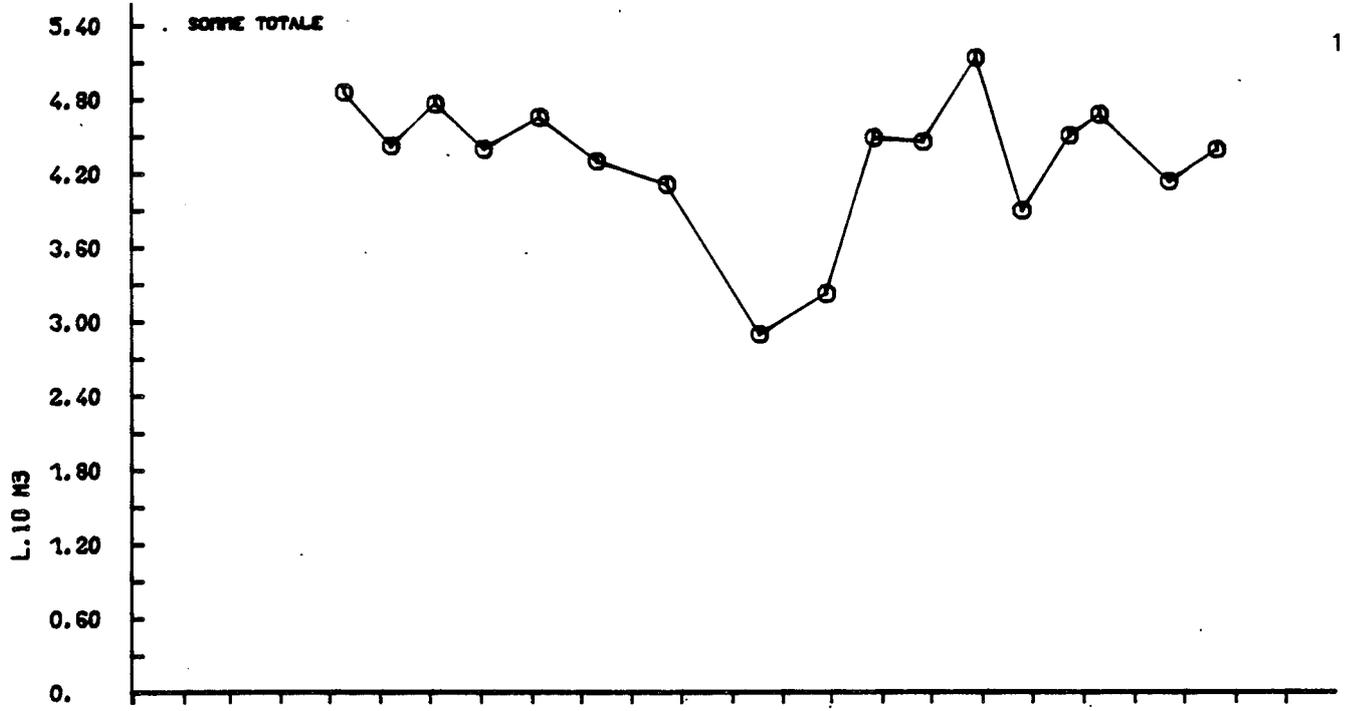
b) Variations saisonnières d'abondance des principales espèces

Les courbes IV.3.1 à IV.3.25 représentent les variations saisonnières d'abondance, toutes stations confondues (moyenne par mission). Elles peuvent se comparer aux figures II.D.5 du rapport de surveillance I. De la comparaison de l'ensemble de ces graphiques, on peut confirmer tout ce qui a été écrit dans le rapport précédent. On peut également répéter ici ce qui a été dit à propos des dominances : on remarque l'importance des conditions climatiques générales caractérisant chaque année. De plus, si les dominances au cours de l'année sont très dépendantes, surtout des températures, le nombre des individus dépend de nombreux facteurs simultanément. Les principaux facteurs dont l'influence est évidente sur la présence ou l'absence d'espèces rares et sur la reproduction de l'ensemble des espèces sont :

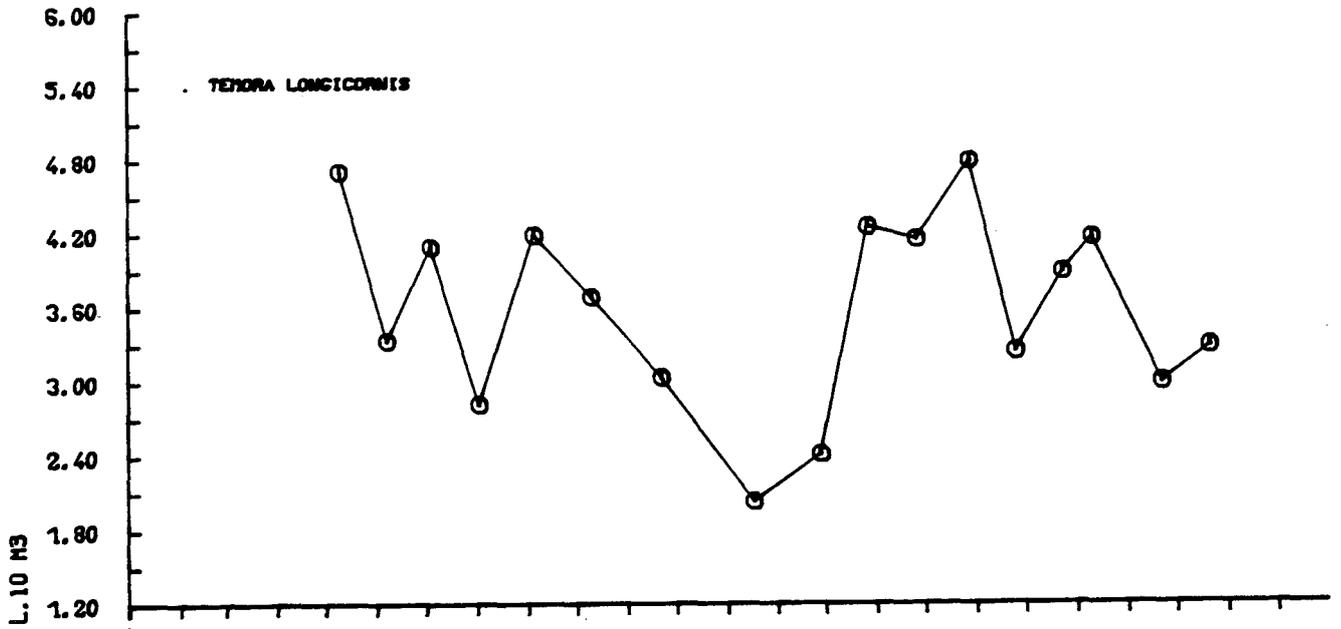
- la température,
- la quantité de phytoplancton disponible,
- la salinité.

GRAVELINES

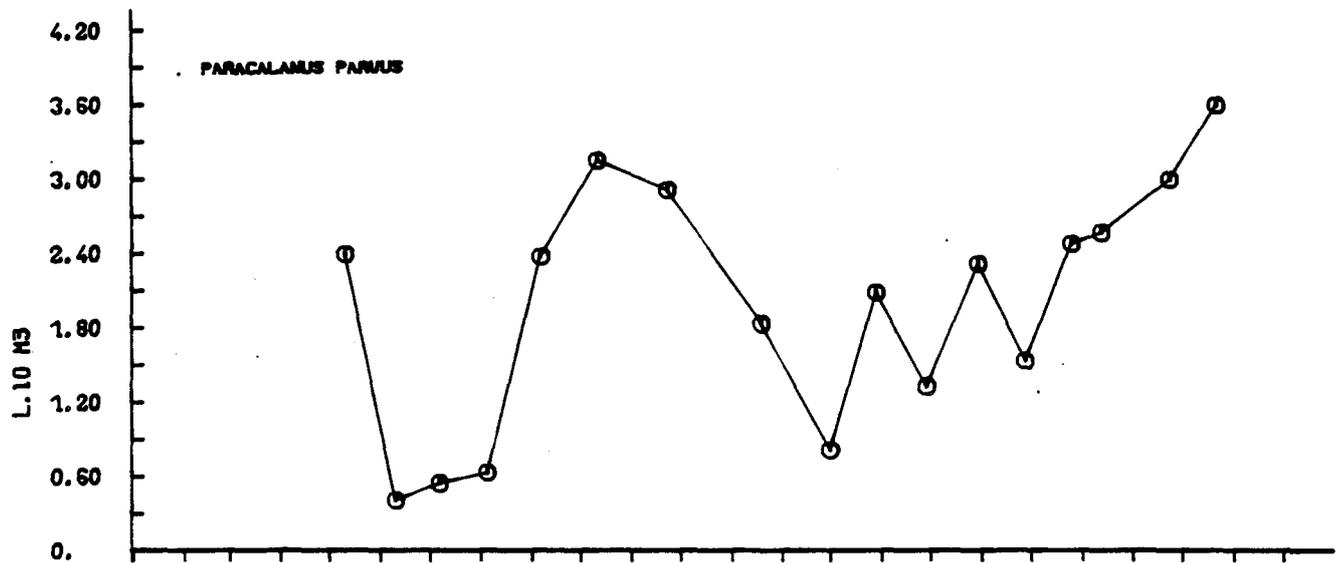
VARIATIONS SAISONNIERES D'ABONDANCE
(MOYENNE TOUTS POINTS CONFONDUS)



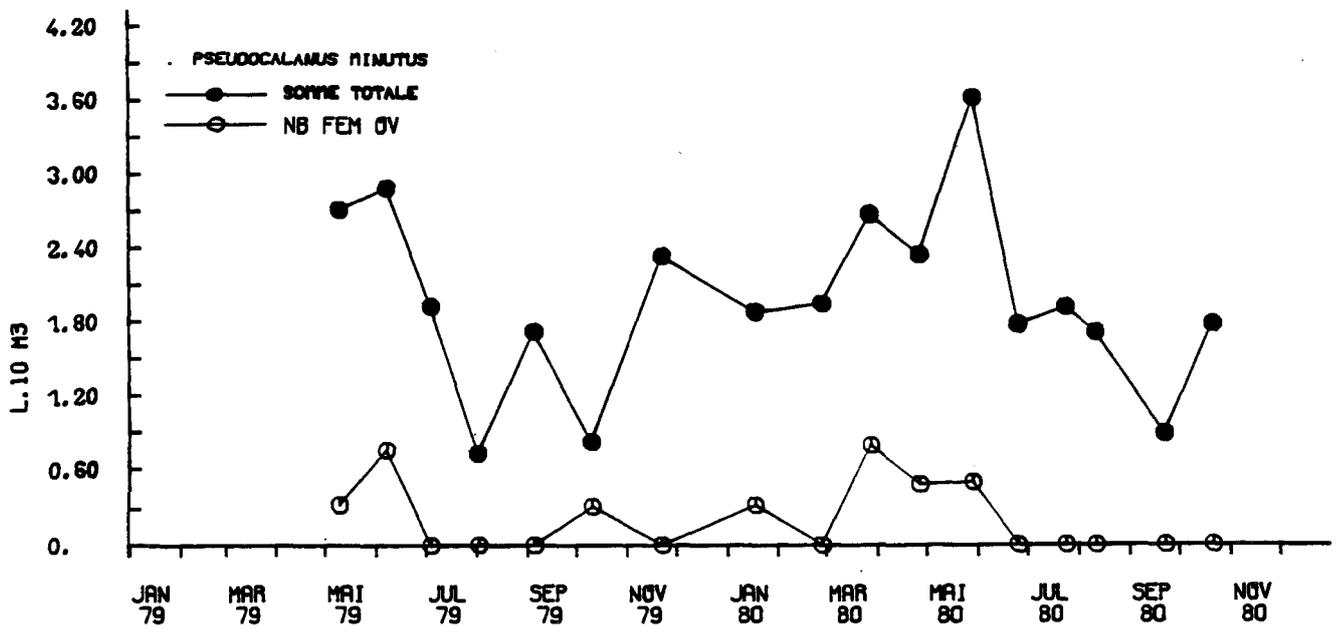
3



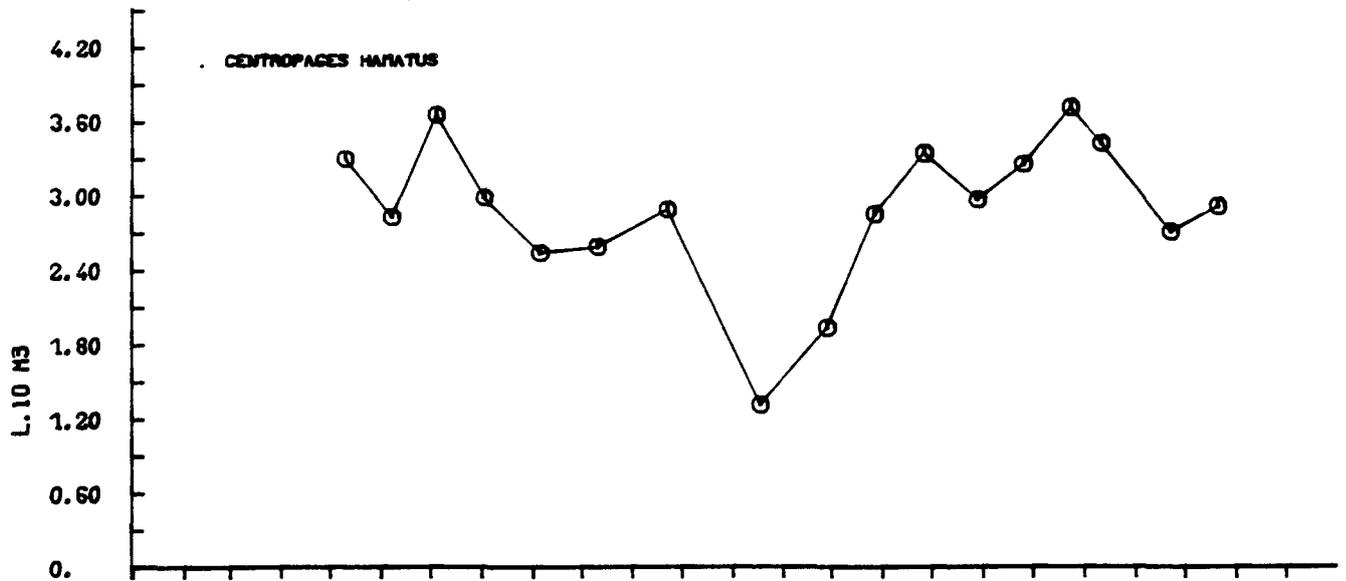
4



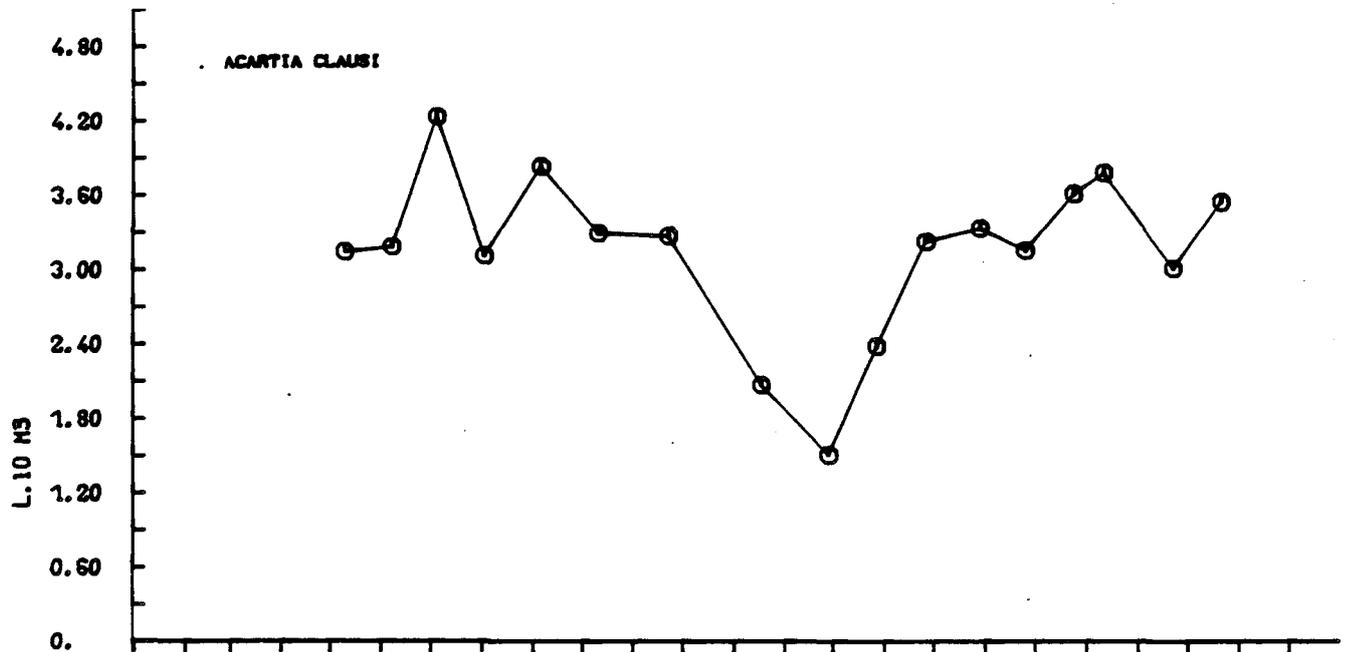
5



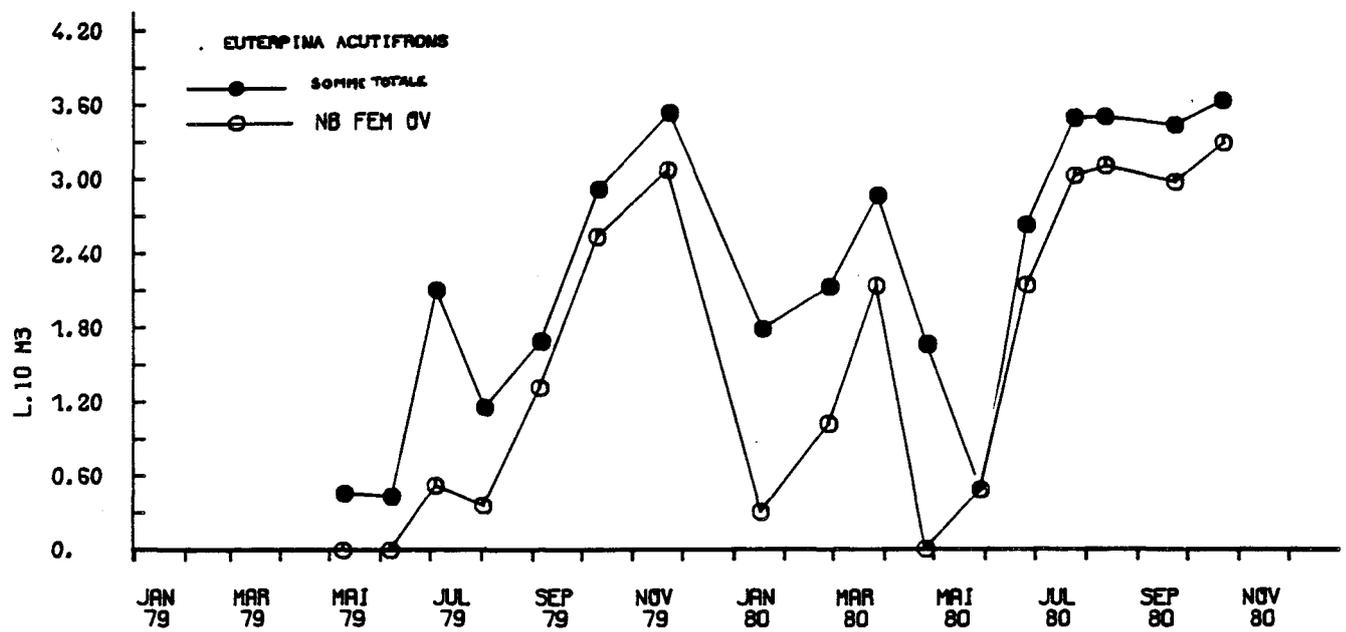
T



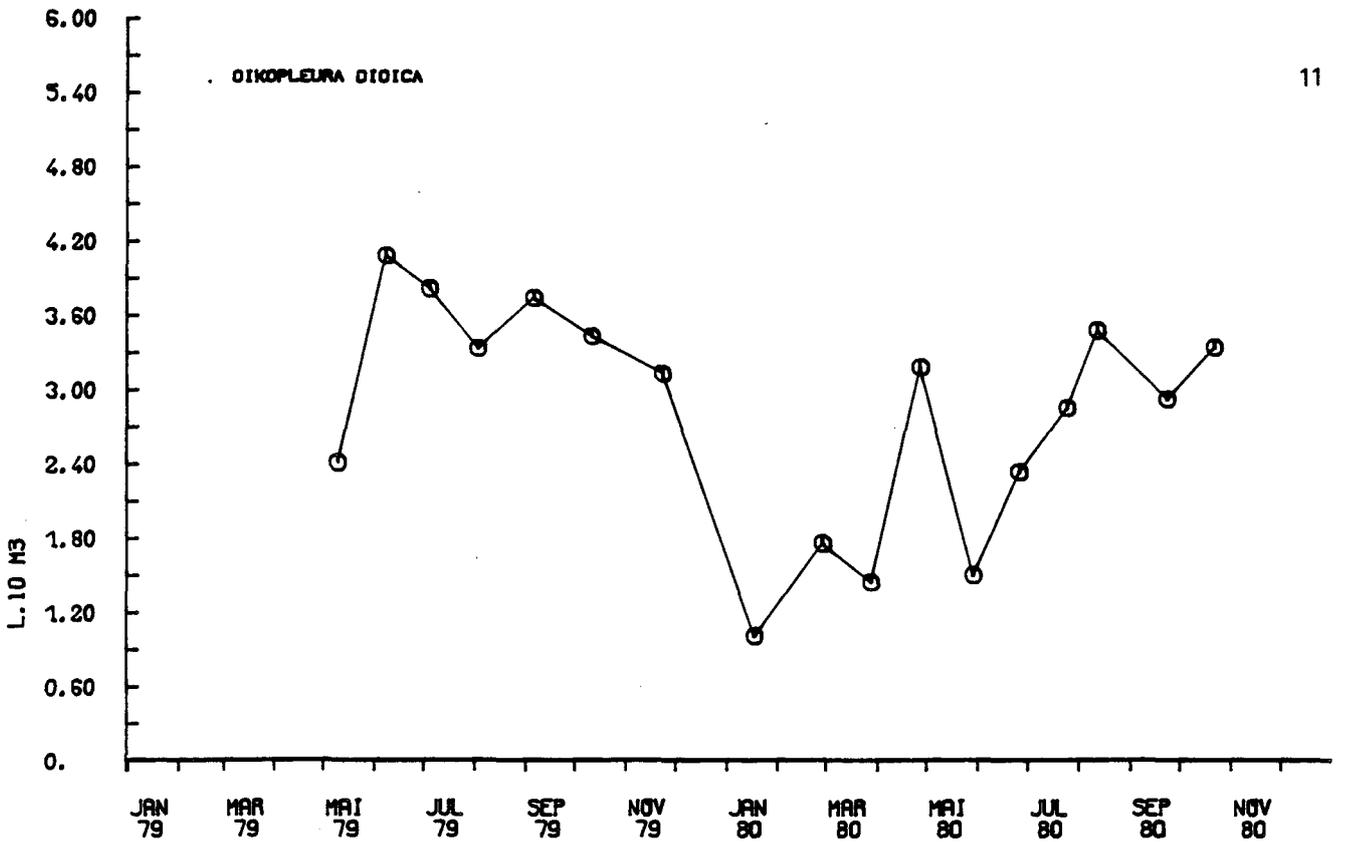
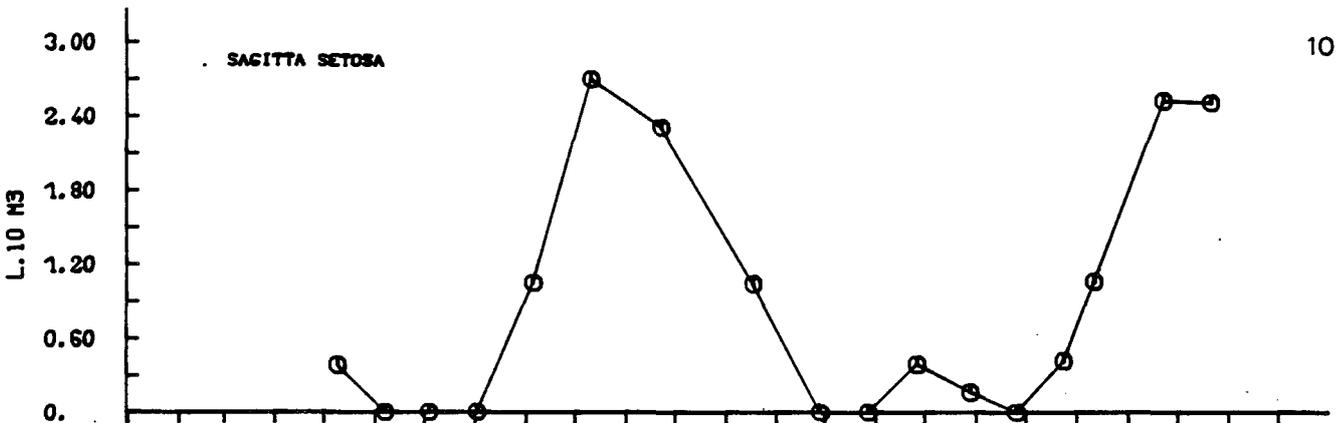
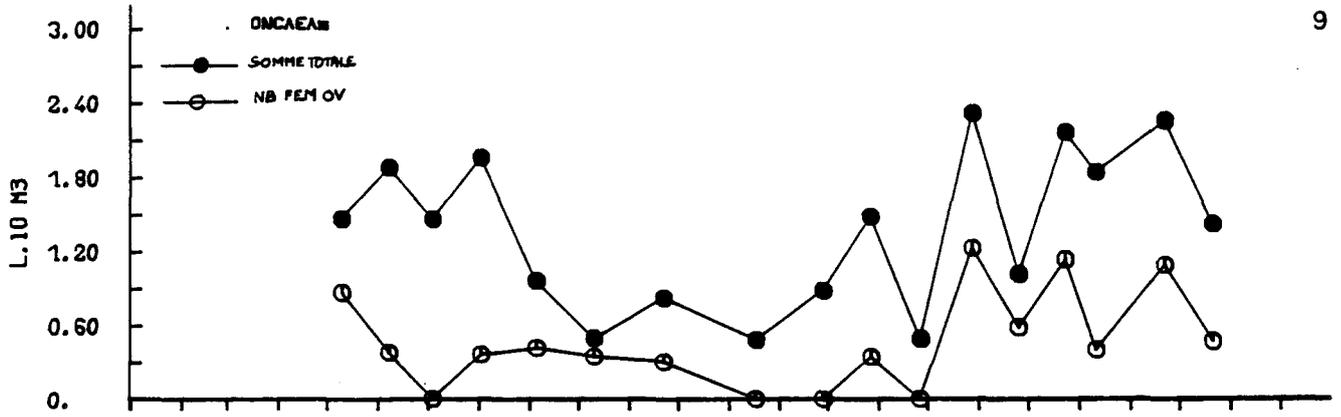
6

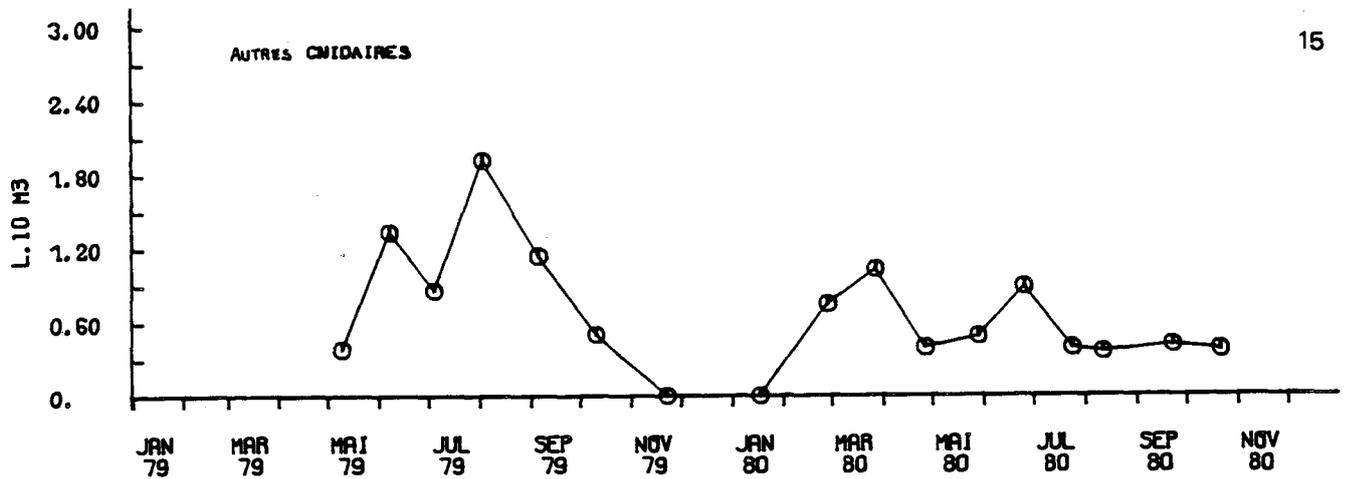
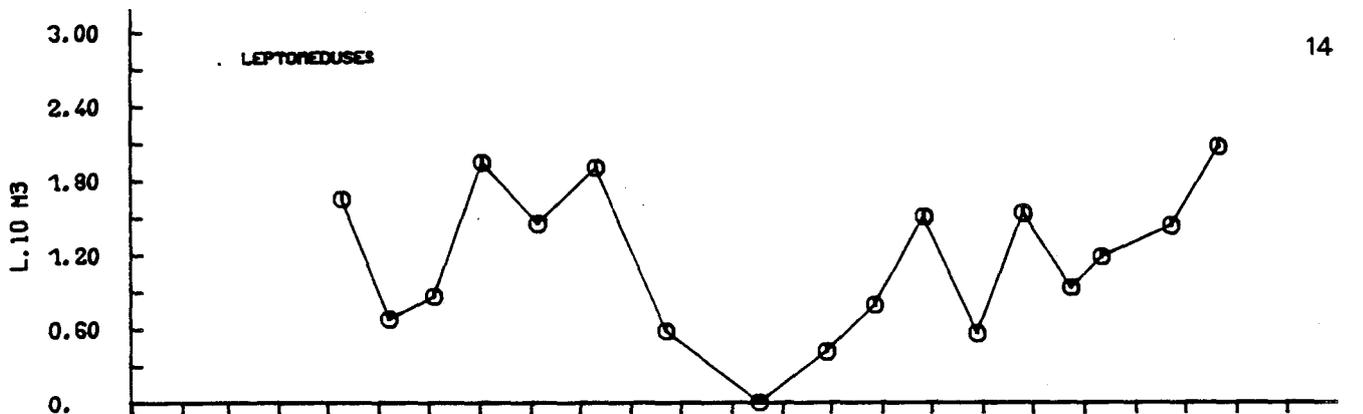
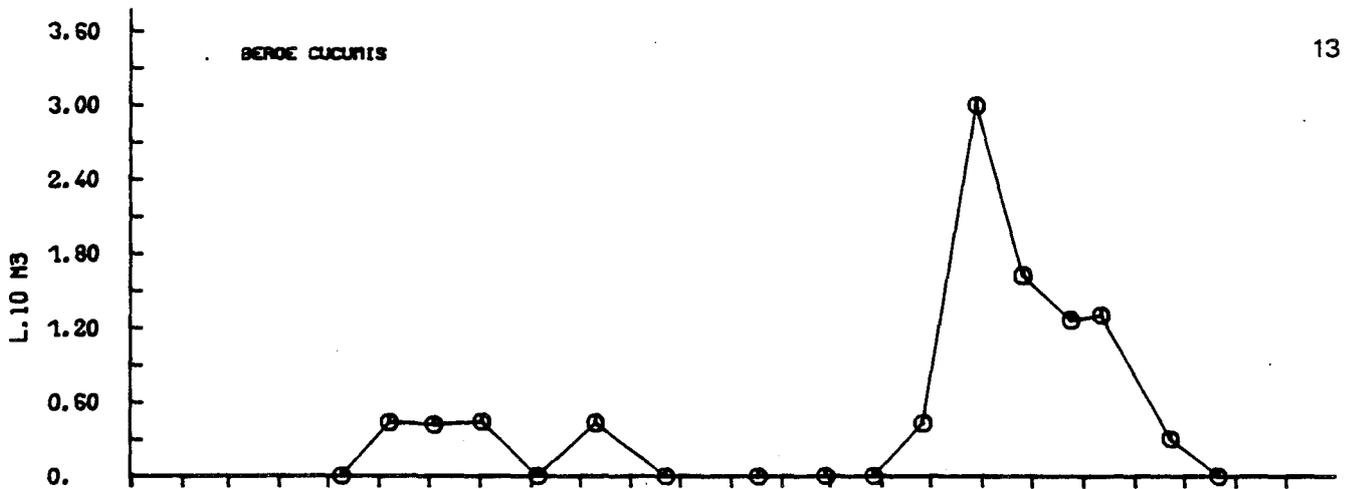
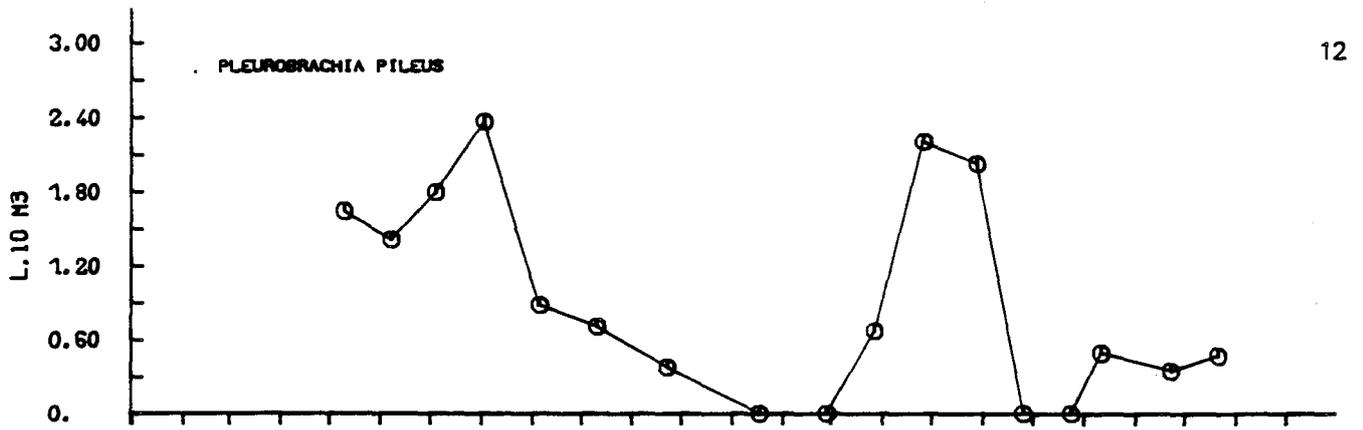


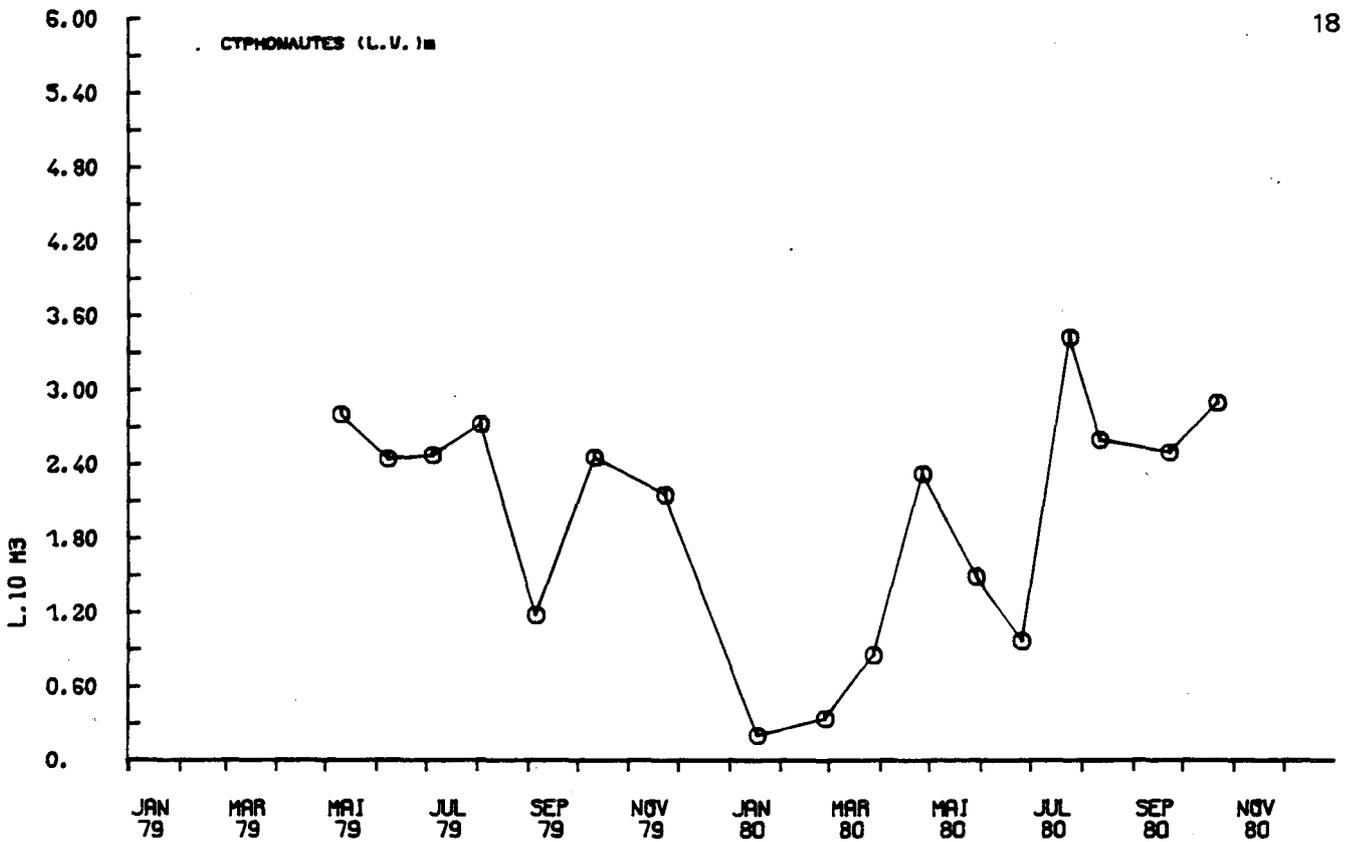
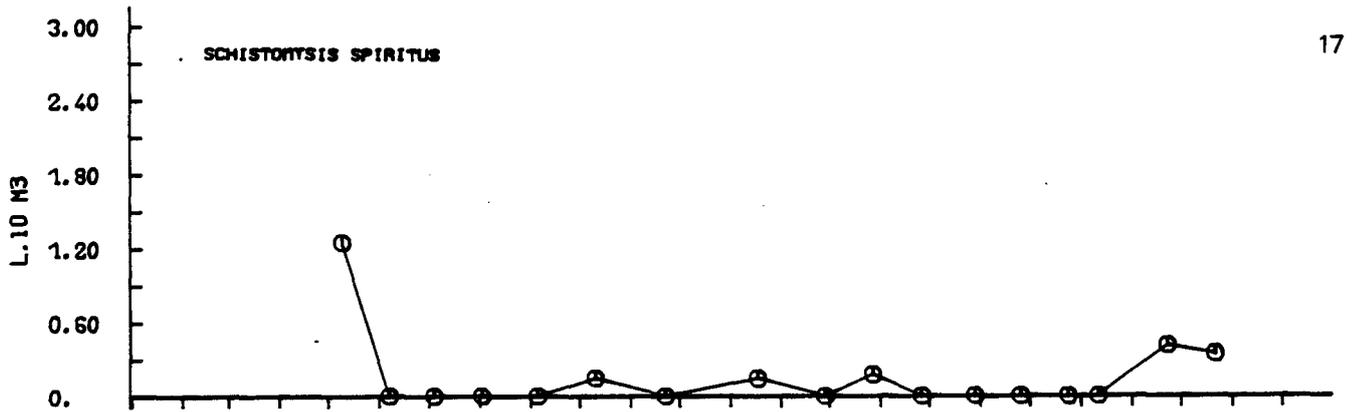
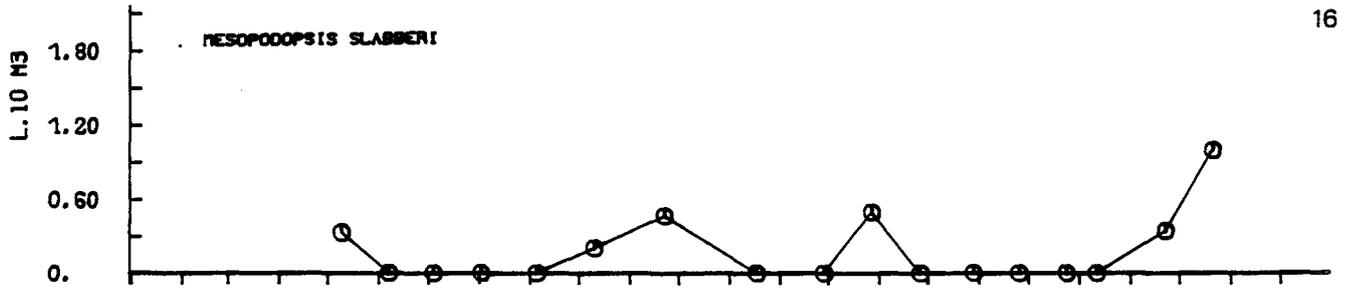
7

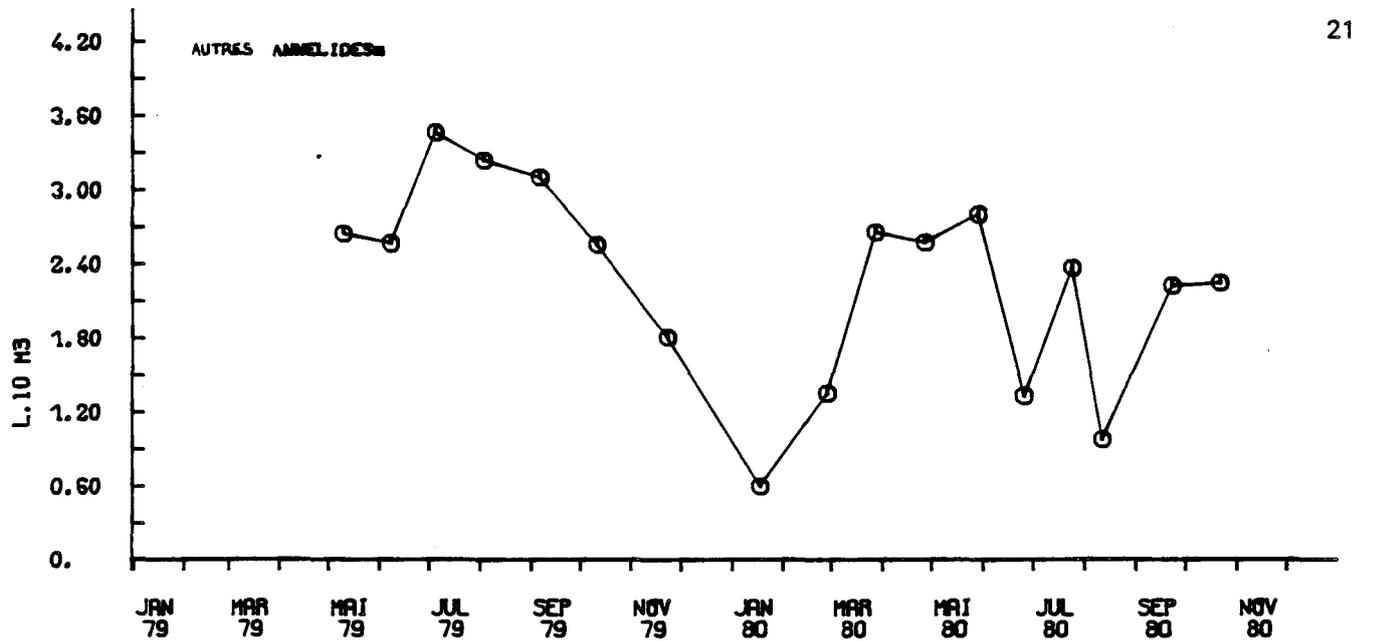
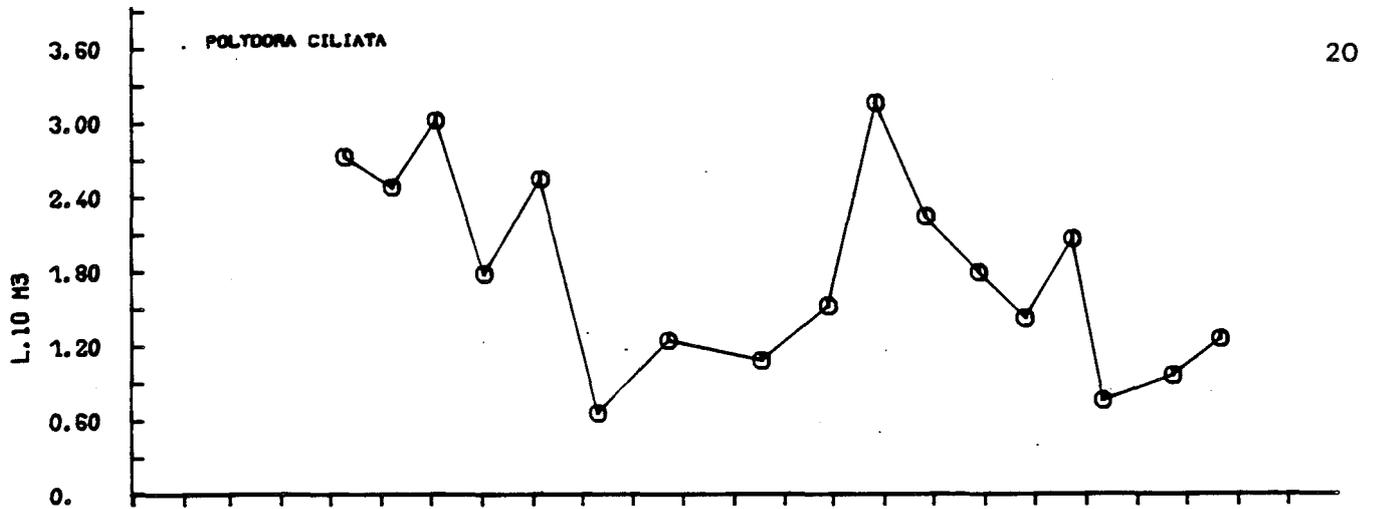
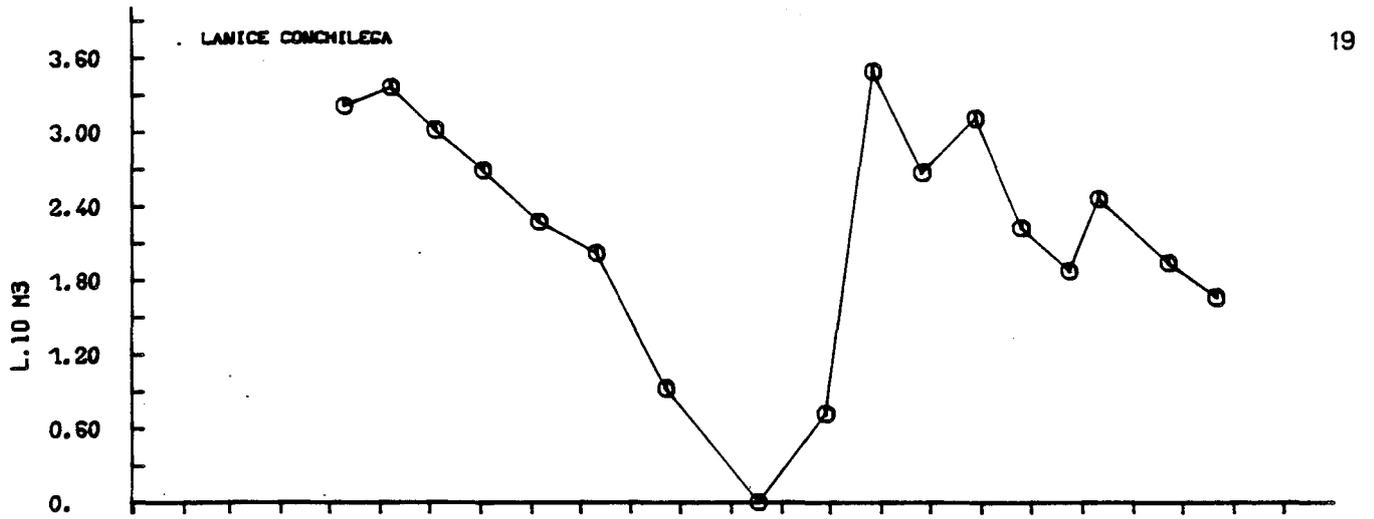


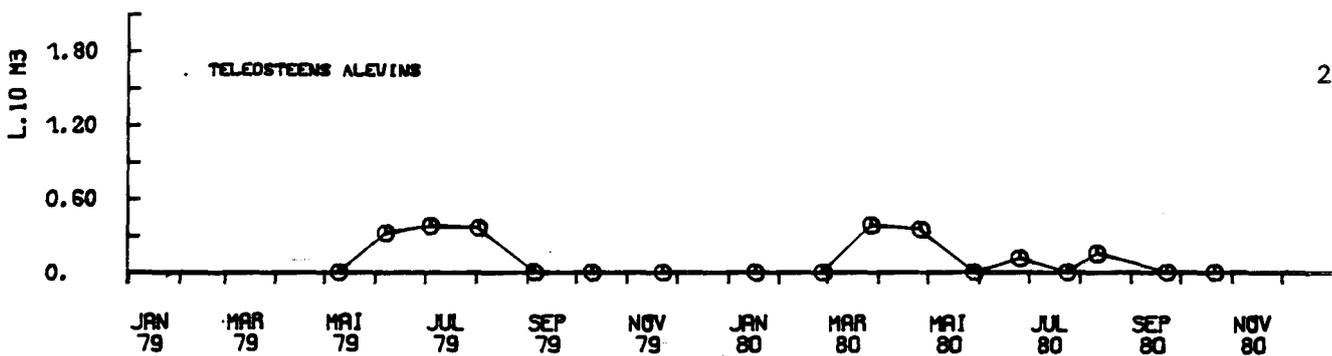
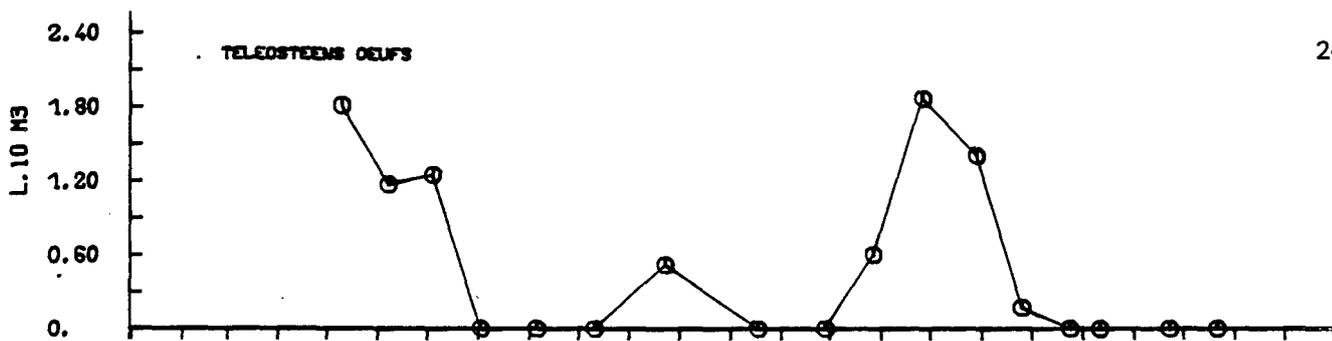
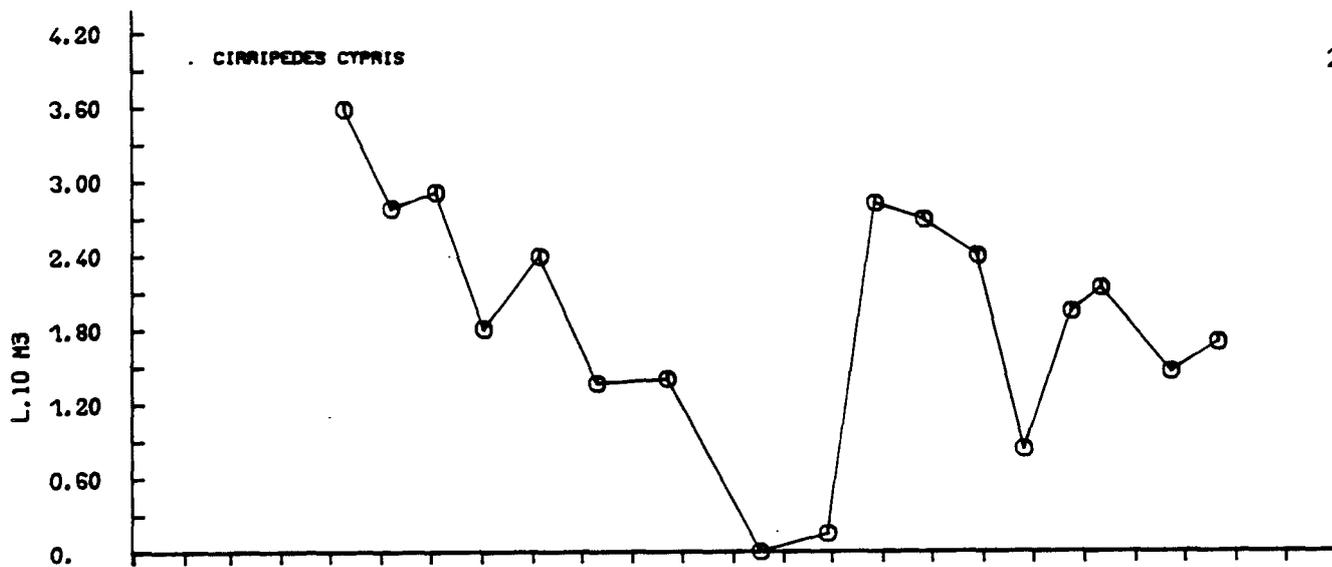
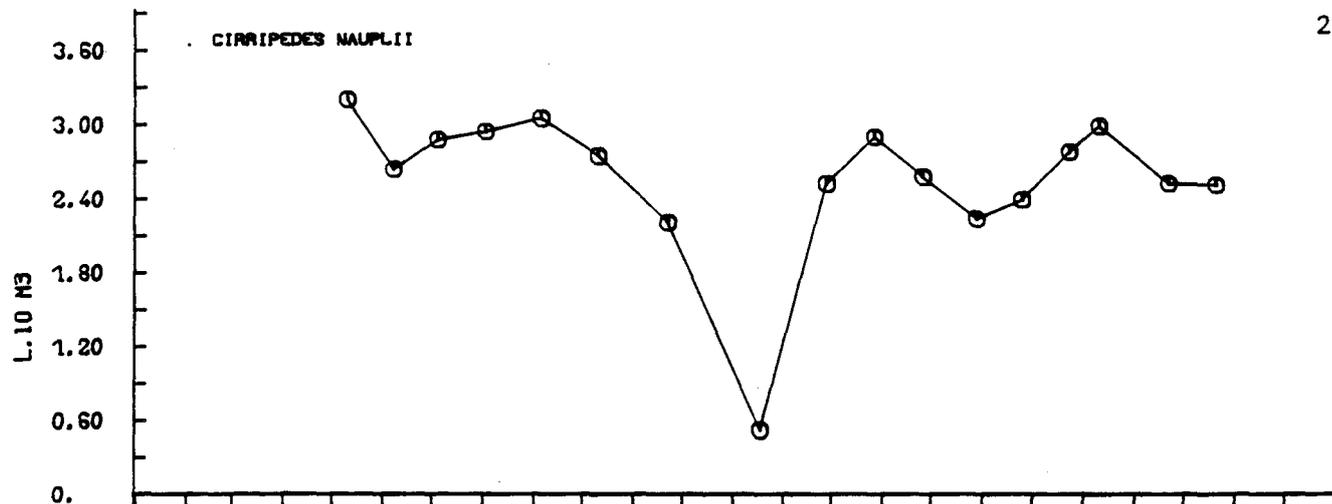
8











Caractéristiques des années 1979 et 1980

Nous avons déjà longuement insisté sur l'effet des températures hivernales sur la reproduction des organismes au printemps. En 1979, le maximum d'abondance annuel se note en juin, comme en 1978. Pour l'année 1980, les effectifs atteignent leur maximum dès le mois de mai. L'amplitude des variations d'abondance est plus importante en 1980 qu'en 1979.

Les Copépodes, larves d'Annélides, Appendiculaires sont pour une grande partie herbivores. Aussi les périodes où ces groupes d'espèces deviennent abondants et se reproduisent le mieux sont-elles très liées à la production phytoplanctonique. Remarquons, en comparant les graphiques de chlorophylle et de production primaire des différentes espèces, que les principaux "pics" d'abondance coïncident plus ou moins, ou sont légèrement décalés (une mission) avec ceux du maximum de production primaire (mars, mai, septembre 1979 et avril 1980). A l'automne 1979 la forte poussée phytoplanctonique de septembre a permis à la population zooplanctonique de se maintenir avec un effectif élevé. Elle a permis la bonne reproduction des Cirripèdes d'automne et des Copépodes *Paracalanus*, *Acartia clausi* et surtout *Euterpina acutifrons* et des Bryozoaires (les maxima de ces groupes se situent en octobre et novembre).

En 1980 la première poussée phytoplanctonique de mars permet une bonne nutrition des organismes qui commencent à se reproduire très tôt. Fin mars et début avril 1980 on voit s'accroître les effectifs de larves de Cirripèdes, d'Annélides *Lanice*, *Polydora*, les femelles ovigères des Copépodes (*Pseudocalanus*), des *Oikopleura*, etc. C'est en mai que la population totale de zooplancton atteint son maximum. Ceci est dû en grande partie à la reproduction de *Temora longicornis*. *Pleurobrachia* atteint son maximum en avril et *Beroe* en mai. Le phénomène qui caractérise le mieux l'année 1980 est l'arrivée, en avril, d'une eau de faible salinité sur tout le site et très riche en nitrates. La quantité de chlorophylle y est élevée ($> 20 \mu\text{g/l}$). Ces caractéristiques permettent de rapprocher les années 1975 et 1980, tant du point de vue quantitatif que du point de vue qualitatif (en particulier la présence de certaines espèces rares). J'avais signalé (LE FEVRE-LEHOERFF, G., 1976 p. 118) la présence, à Gravelines au printemps 1975, d'un Cladocère qui est couramment rencontré plus au Nord vers la mer Baltique : *Bosmina*.

Tableau V.1: espèces rencontrées mais non comptées

Période	Point côtier (63)	Point médian (63)	Point hors-tache thermique (05)	Point canal (64)
9 mai 1979	<i>Parapontella brevicornis</i> <i>Eurytemora</i> sp.	<i>Eurytemora</i> sp.	<i>Sarsia tubulosa</i>	<i>Praunus flexuosus</i>
7 juin 1979	Peltidiidés Amphictenidés		Peltidiidés <i>Steenstrupia nutans</i>	Harpacticoides
Juillet 1979			<i>Polydora pulchra</i> <i>Steenstrupia</i> n.	
Août 1979		<i>Polydora pulchra</i> Néroidés <i>Steenstrupia</i> n. <i>Phialidium</i> h.		<i>Isias clavipes</i>
Septembre 1979	<i>Sarsia eximia</i>	<i>Sarsia prolifera</i> <i>Isias clavipes</i> Larves de Porcellanes	<i>Isias clavipes</i> <i>Calanus helgolandicus</i> <i>Ectopleura dumortieri</i> <i>Sarsia prolifera</i>	<i>Corycaeus</i> sp. <i>Isias clavipes</i> <i>Sarsia prolifera</i> <i>Phialella</i> g. <i>Sarsia gemmifera</i>
Octobre 1979	<i>Phialella quadrata</i> Larves <i>Pilidium</i> Larves Porcellanes	<i>Gastrosaccus sanctus</i> Larves de Paguridés <i>Calanus helgolandicus</i>	<i>Gastrosaccus sanctus</i> <i>Upogebia</i> d. <i>Calanus helgolandicus</i>	<i>Labidocera wollastoni</i> Larves <i>Pilidium</i>
Novembre 1979	<i>Gastrosaccus spinifer</i> Ostracodes Larves Epicarides <i>Sarsia gemmifera</i>	<i>Centropages typicus</i> <i>Corycaeus</i> sp. Larves Epicarides	<i>Corycaeus</i> sp.	Ostracodes Larves Epicarides
17 janvier 1980	Larves Epicarides Monstrilliidés		Larves Epicarides <i>Schistomysis ornata</i>	Larves Epicarides <i>Praunus flexuosus</i>
22 février 1980	<i>Nephtys</i> sp. <i>Autolytus prolifera</i> <i>Podon</i> sp.	<i>Nephtys</i> sp. <i>Acartia discaudata</i> <i>Podon</i> sp.	<i>Nephtys</i> sp.	Ostracodes Amphipodes caprelliens Larves <i>Cerinula</i>
27 mars 1980	<i>Schistomysis ornata</i> Ostracodes	<i>Calanus helgolandicus</i> <i>Nephtys</i> sp.	Larves Epicarides <i>Nephtys</i> sp.	Larves Epicarides <i>Nephtys</i> sp. <i>Calanus helgolandicus</i> <i>Rathkea octopunctata</i>
25 avril 1980	<i>Eirene viridula</i> <i>Rathkea octopunctata</i> <i>Polydora pulchra</i>	<i>Eirene viridula</i> Larves <i>Cerinula</i>		<i>Evadne nordmani</i>
28 mai 1980	<i>Rathkea octopunctata</i> <i>Calanus helgolandicus</i>		Larves de Porcellanes <i>Calanus helgolandicus</i>	<i>Magelona papillicornis</i>
25 juin 1980	<i>Isias clavipes</i> Ostracodes Peltidiidés	<i>Bosmina</i> sp. <i>Nephtys</i> sp.	<i>Isias clavipes</i> <i>Rathkea octopunctata</i> <i>Phialidium hemisphaericum</i> Larves Epicarides Larves de Porcellanes	Peltidiidés
24 juillet 80	<i>Bosmina</i> sp. <i>Phialella quadrata</i>	<i>Nephtys</i> sp. Larves Porcellanes Larves Porcellanes	<i>Phialella quadrata</i> <i>Polydora pulchra</i> <i>Parapontella brevicornis</i> <i>Isias clavipes</i> <i>Sagitta elegans</i>	Ostracodes
11 août 1980	<i>Phialella quadrata</i> Ostracodes	<i>Acartia discaudata</i> <i>Autolytus prolifera</i>	<i>Acartia discaudata</i> <i>Isias clavipes</i> <i>Mysidopsis gibbosa</i> <i>Sarsia prolifera</i> <i>Sarsia gemmifera</i>	<i>Isias clavipes</i>
22 sept. 1980	<i>Schistomysis ornata</i> <i>Phialidium hemisphaericum</i> Amphipodes caprelliens	<i>Tomopteris helgolandica</i> Larves Epicarides	<i>Mysidopsis gibbosa</i> Larves Epicarides	<i>Nephtys</i> sp. <i>Calanus helgolandicus</i>
21 octobre 1980	<i>Bosmina</i> sp. <i>Acartia discaudata</i> <i>Corycaeus</i> sp. <i>Nephtys</i> sp. <i>Phialidium hemisphaericum</i>	<i>Acartia discaudata</i>	<i>Calanus helgolandicus</i> <i>Corycaeus</i> sp. <i>Nephtys</i> sp. <i>Phialidium hemisphaericum</i>	<i>Evadne nordmani</i> <i>Nephtys</i> sp.

Quelques espèces sont également intéressantes à signaler : *Isias clavipes*, Copépode côtier régulièrement présent au moment du maximum thermique estival : août et septembre 1979 et de juin à août 1980. On remarquera également la présence d'une méduse boréale : *Sarsia tubulosa* pendant la période hivernale ou même jusqu'en mai en 1979. *Sarsia tubulosa* était d'ailleurs recueillie à cette époque en même temps qu'un Copépode d'eau saumâtre : *Eurytemora hirundooides*, et des Noctiluques (voir page 163). Pendant la période estivale, en même temps que le Copépode *Isias clavipes*, on récolte les Méduses *Sarsia gemmifera* et *Sarsia prolifera*.

Remarquons aussi que les espèces dont la distribution géographique est la plus méridionale peuvent apparaître en très petite quantité de septembre à novembre : *Centropages typicus* en novembre 1979, *Tomopteris* en septembre 1980.

c) Comparaison des stations (fig. IV.4 et IV.5)

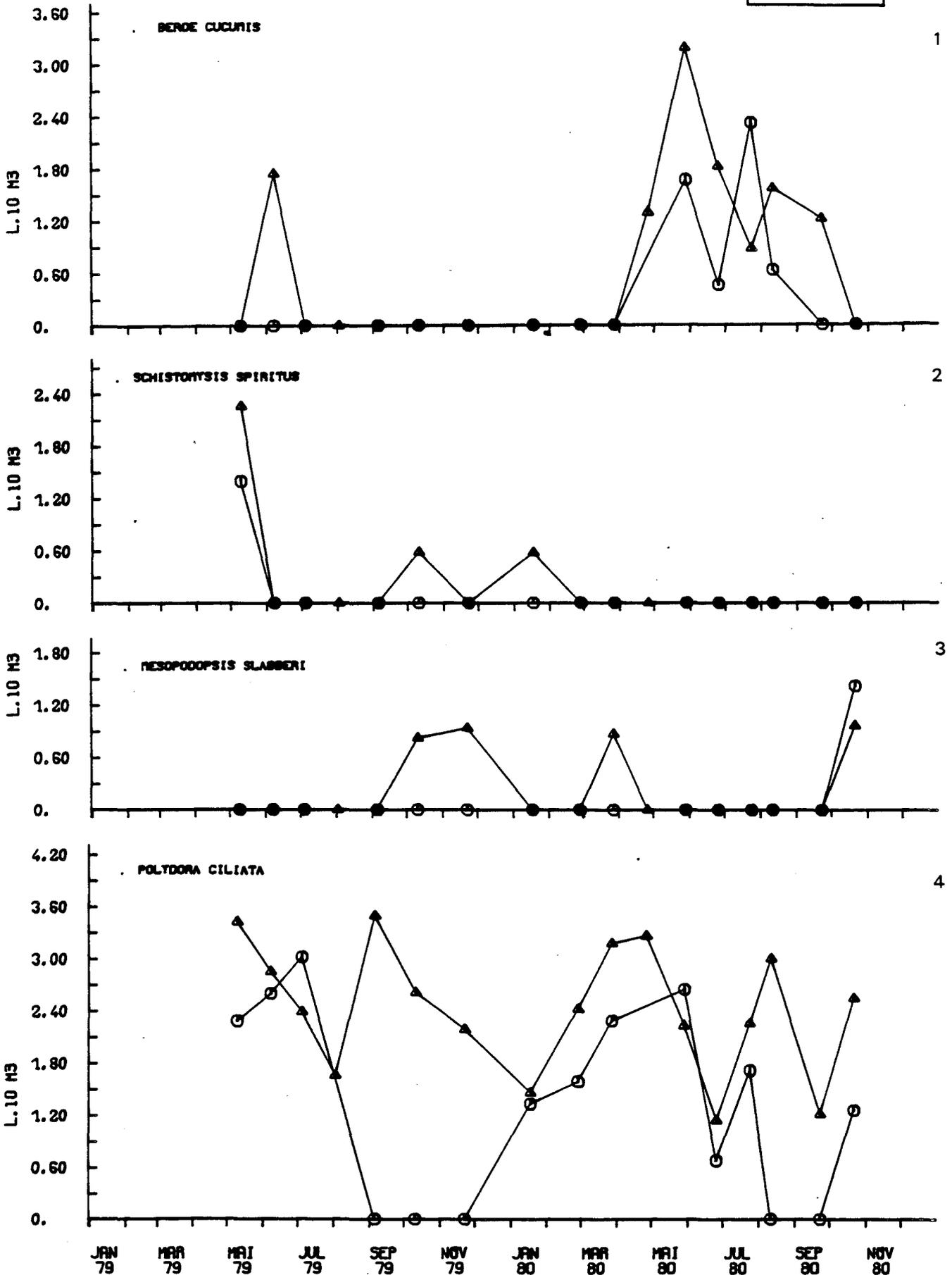
Si les gradients côte/large sont assez nettement définis pour les paramètres hydrologiques comme la température ou même les quantités de chlorophylle, la répartition des espèces zooplanctoniques n'est pas aussi claire. On a cependant sélectionné un certain nombre d'espèces pour lesquelles les différences entre les stations sont reproductibles avec plus ou moins d'intensité. Les larves de *Polydora* sont plus nombreuses à la station médiane (63) qu'à la station hors-tache thermique (05). Il en est de même des Mysidacés côtiers, *Schistomysis spiritus* et *Mesopodopsis slabberi*, les larves de Cirripèdes mais aussi les Cténaïres *Beroe*. Par contre, les larves de Téléostéens et certains Copépodes comme *Oncaea* semblent plus abondants à la station 05 qu'à la station médiane 63.

La comparaison des stations canal (64) et côtière (62) montre que d'une manière générale la station canal est plus pauvre que la station côtière. On retrouve quelques résultats déjà exposés dans le rapport précédent. Il n'est pas facile de comparer les stations quand les effectifs sont faibles. On peut, par contre, essayer de comparer les stations au moment du maximum annuel d'abondance. La plupart des espèces sont alors beaucoup plus abondantes à la station côtière (62 par exemple *Centropages hamatus*, *Temora longicornis*, les oeufs et alevins de Téléostéens, les Mysidacés, etc. Par contre, pour l'année 1980 comme pour l'année 1979, les larves de Cirripèdes sont plus abondantes dans le canal de prise d'eau. Le Cténaire *Beroe* ne présente pas la même abondance les deux années en 1980, cette espèce est d'abondance comparable à celle de 1975, en moyenne sur le site, et la station 64 est plus riche que la station 62. Certaines espèces ne présentent pas le même gradient en 1979 et en 1980 : par exemple, *Euterpina* est plus abondante à la côte que dans le canal en 1979, et inversement en 1980.

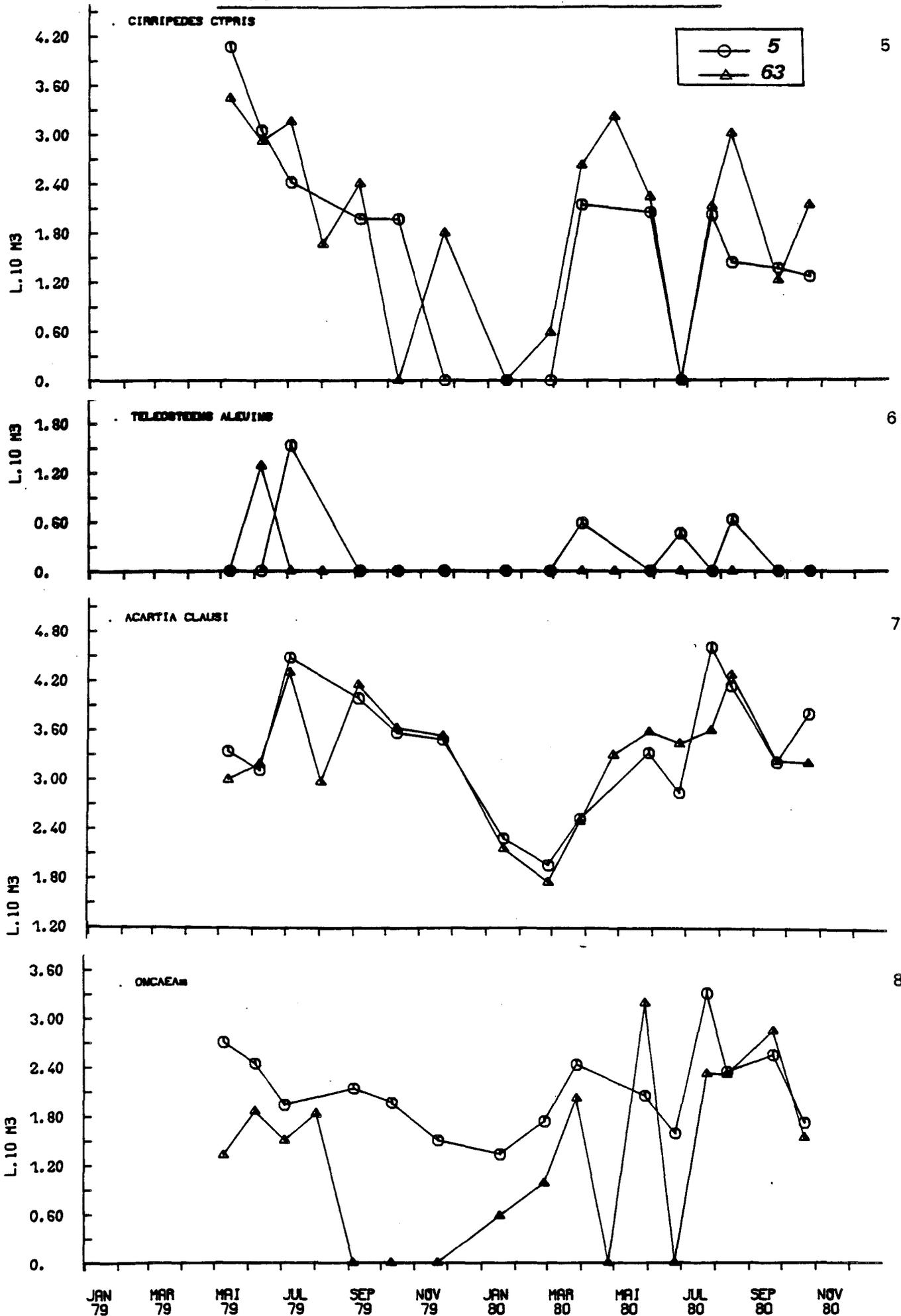
GRAVELINES

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

○ — 5
▲ — 63



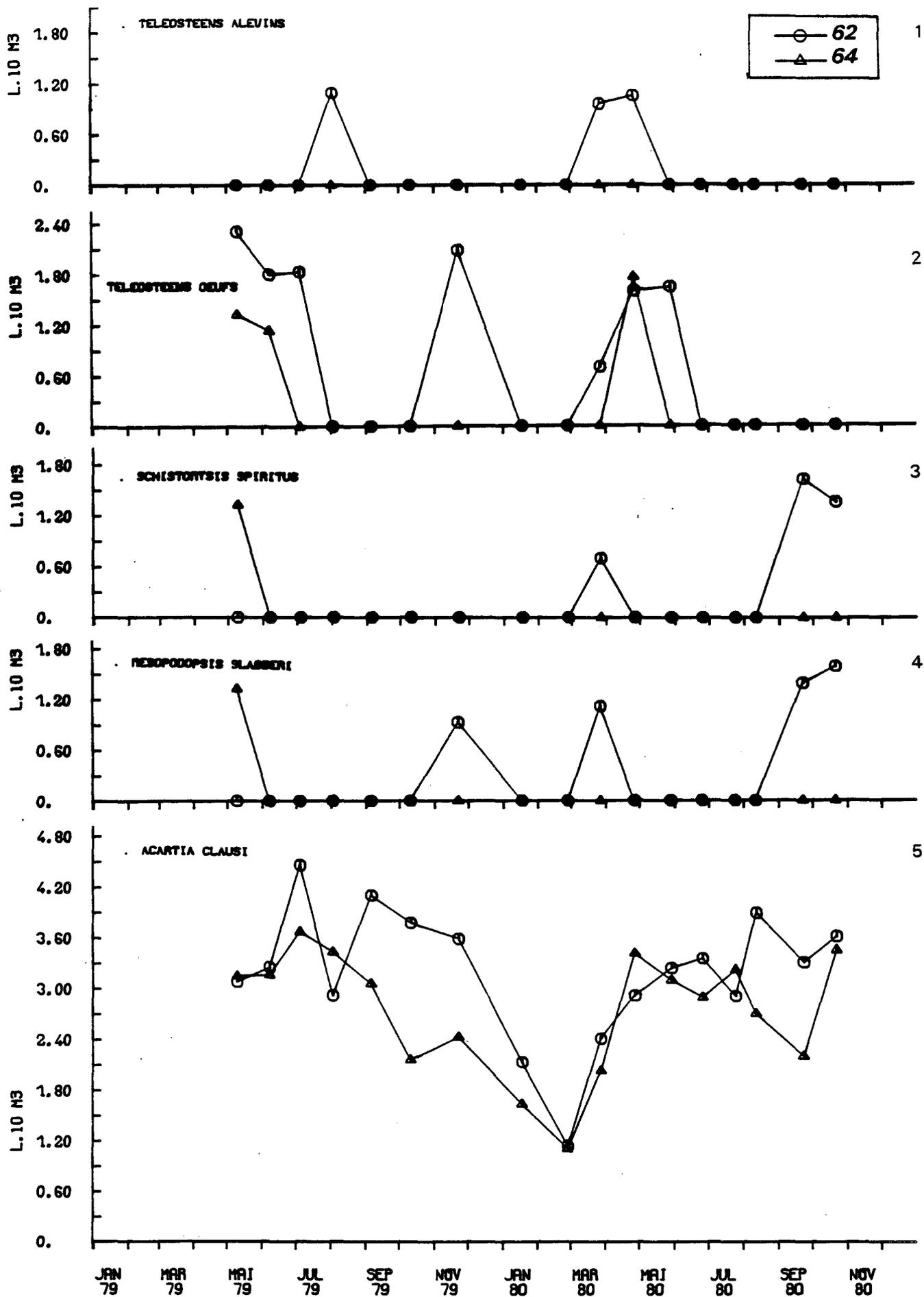
COMPARAISON DES VARIATIONS SAISONNIERES
DE DIFFERENTES ESPECES AUX POINTS 5 ET 63



GRAVELINES

Fig.IV.5

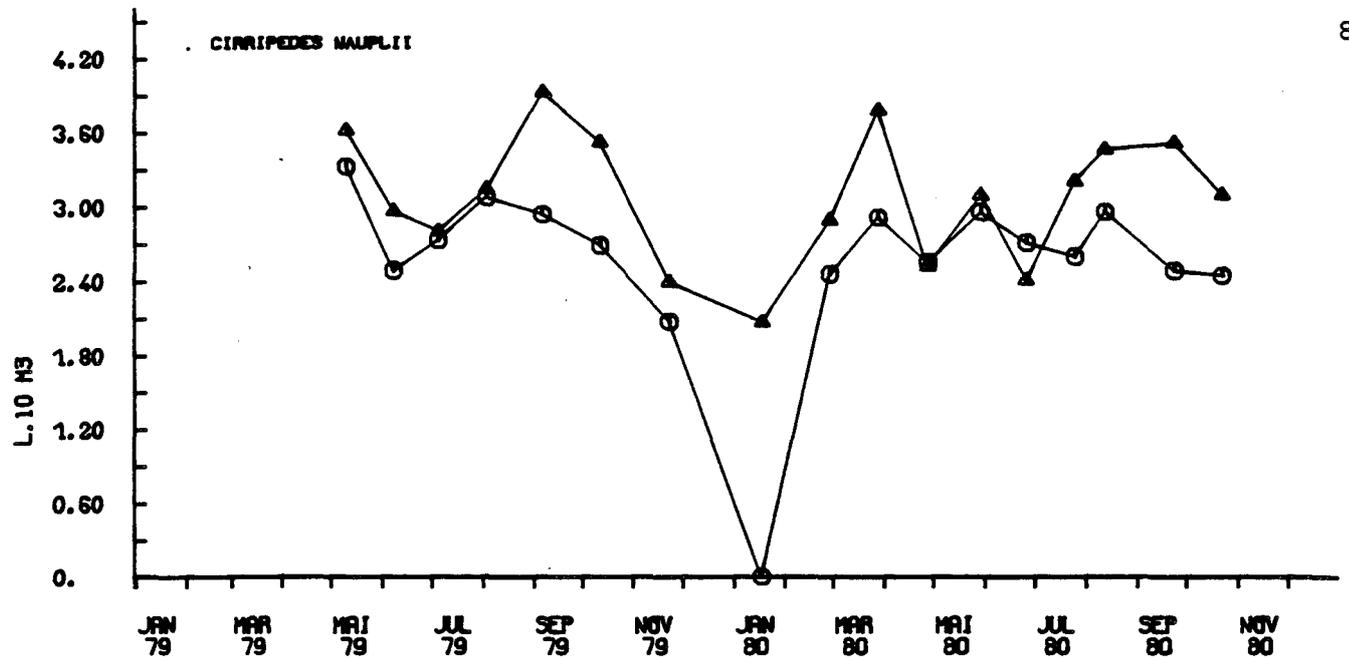
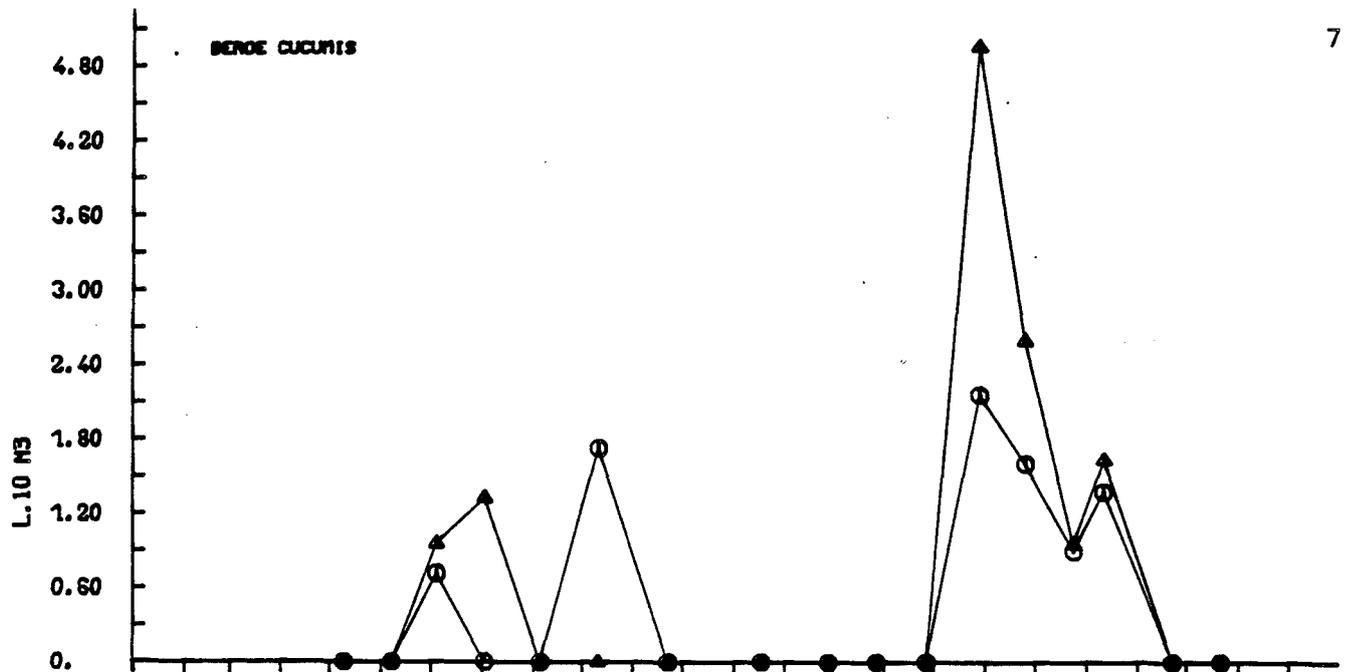
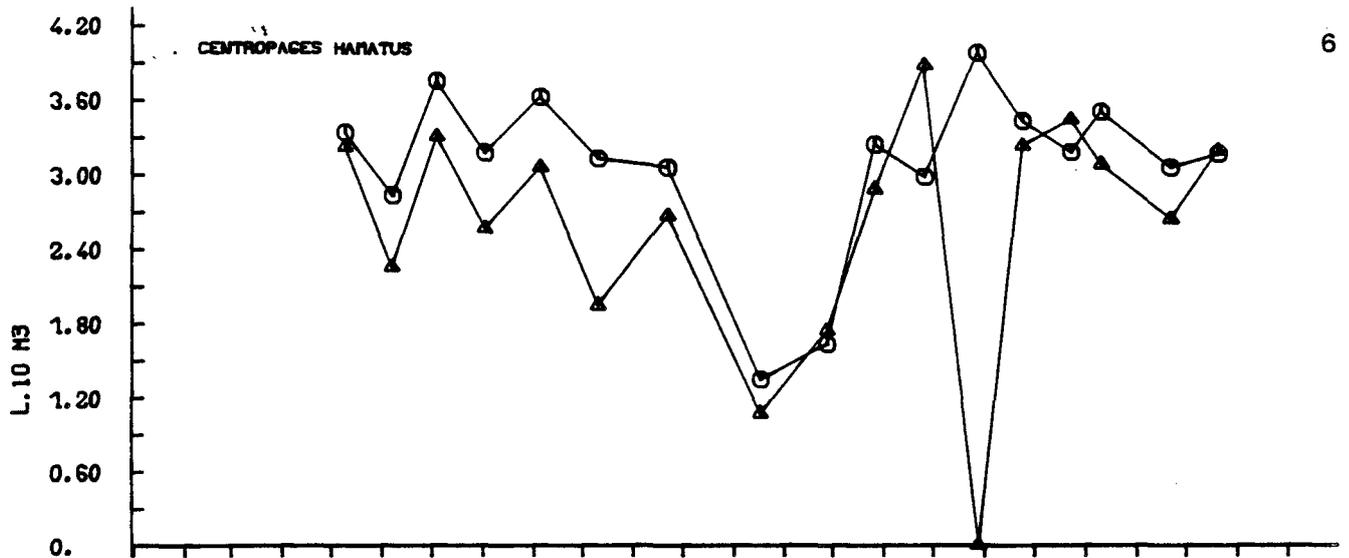
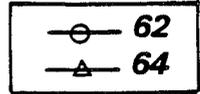
COMPARAISON DES VARIATIONS SAISONNIERES
DE DIFFERENTES ESPECES AUX POINTS 62 ET 64

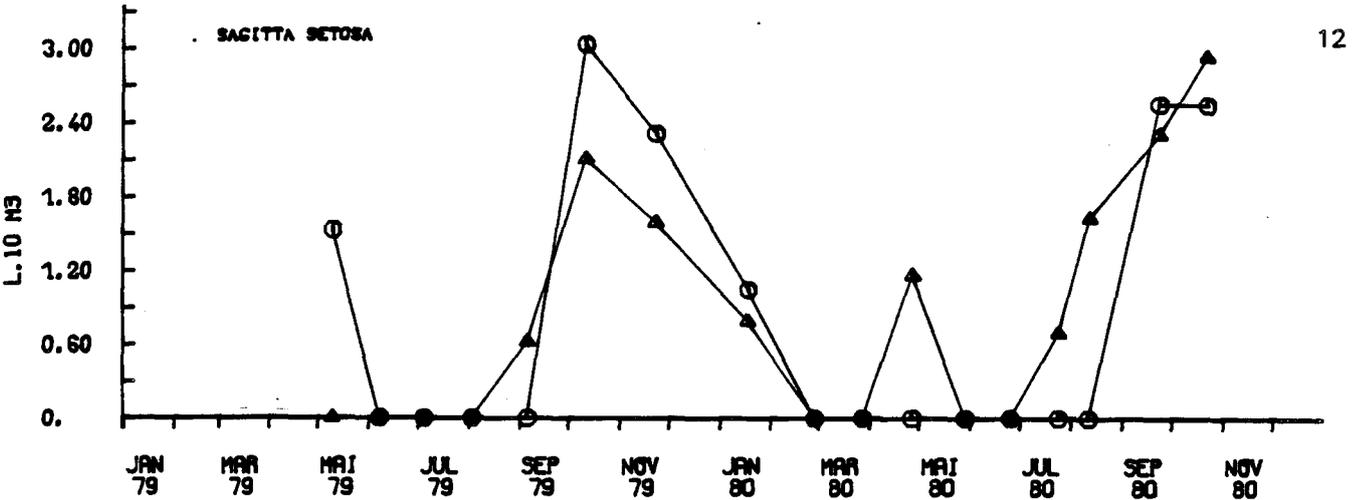
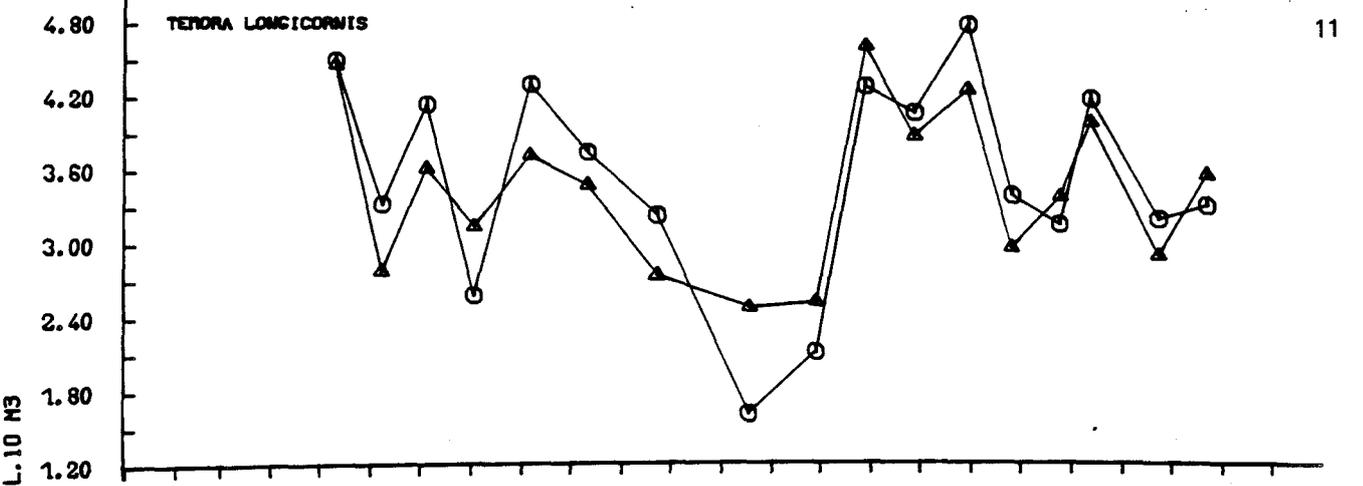
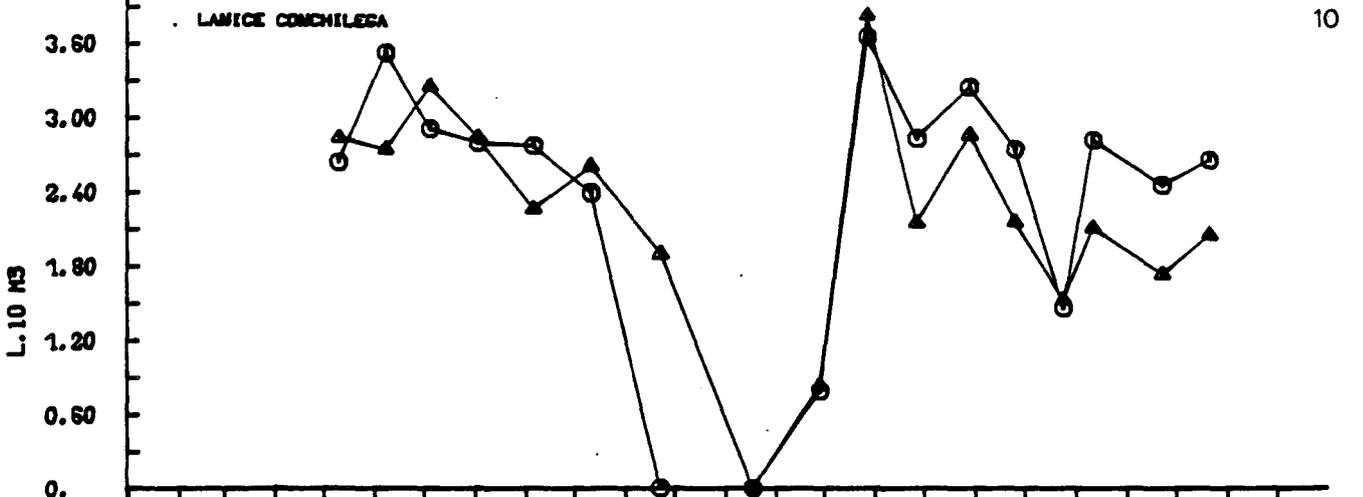
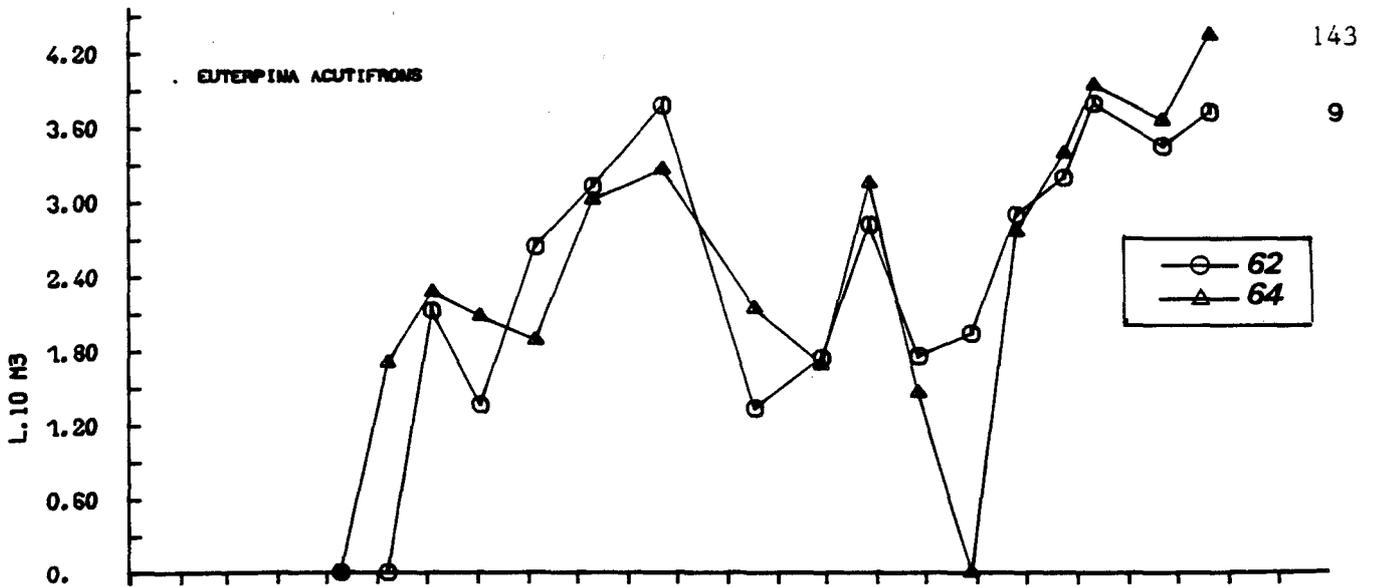


GRAVELINES

Fig.IV.5(suite)

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





d) Etude plus particulière de trois Copépodes : *Temora longicornis*, *Acartia clausi* et *Centropages hamatus*

L'étude menée depuis plusieurs années a été poursuivie pendant la période 1979 - 1980. L'intérêt de connaître le taux de renouvellement des populations, la vitesse de croissance et de reproduction, est évident dans la mesure où tout changement important qui pourrait intervenir dans les conditions hydrologiques et la production primaire, peut avoir un impact sur la production secondaire. Les résultats des comptages des différents stades copépodites, le pourcentage des copépodites dans la population et la biométrie des espèces seront fournis sous forme de graphiques. Ils peuvent être facilement comparés aux résultats des années précédentes (LE FEVRE-LEHOERFF, G., 1977 pp. 123-135 et 1981 pp. 60-64).

Nous avons remarqué que :

- 1/ les trois espèces produisent des juvéniles quand les poussées phytoplanctoniques favorisent la nutrition des adultes : il y a donc simultanéité de production de C₁ pour les trois espèces. Pour l'année 1978, les reproductions ont été favorisées par les poussées phytoplanctoniques notées les 19 avril, 20 juin et 17 août,
- 2/ le maximum annuel des C₁ produits n'est pas à la même époque pour toutes les espèces et dépend de l'espèce considérée : *Temora longicornis* est plus précoce (avril) que *Centropages hamatus* (juin), lui-même plus précoce que *Acartia clausi* (juillet).

En 1978 les 3 pics de production primaire ont été sensiblement de même valeur.

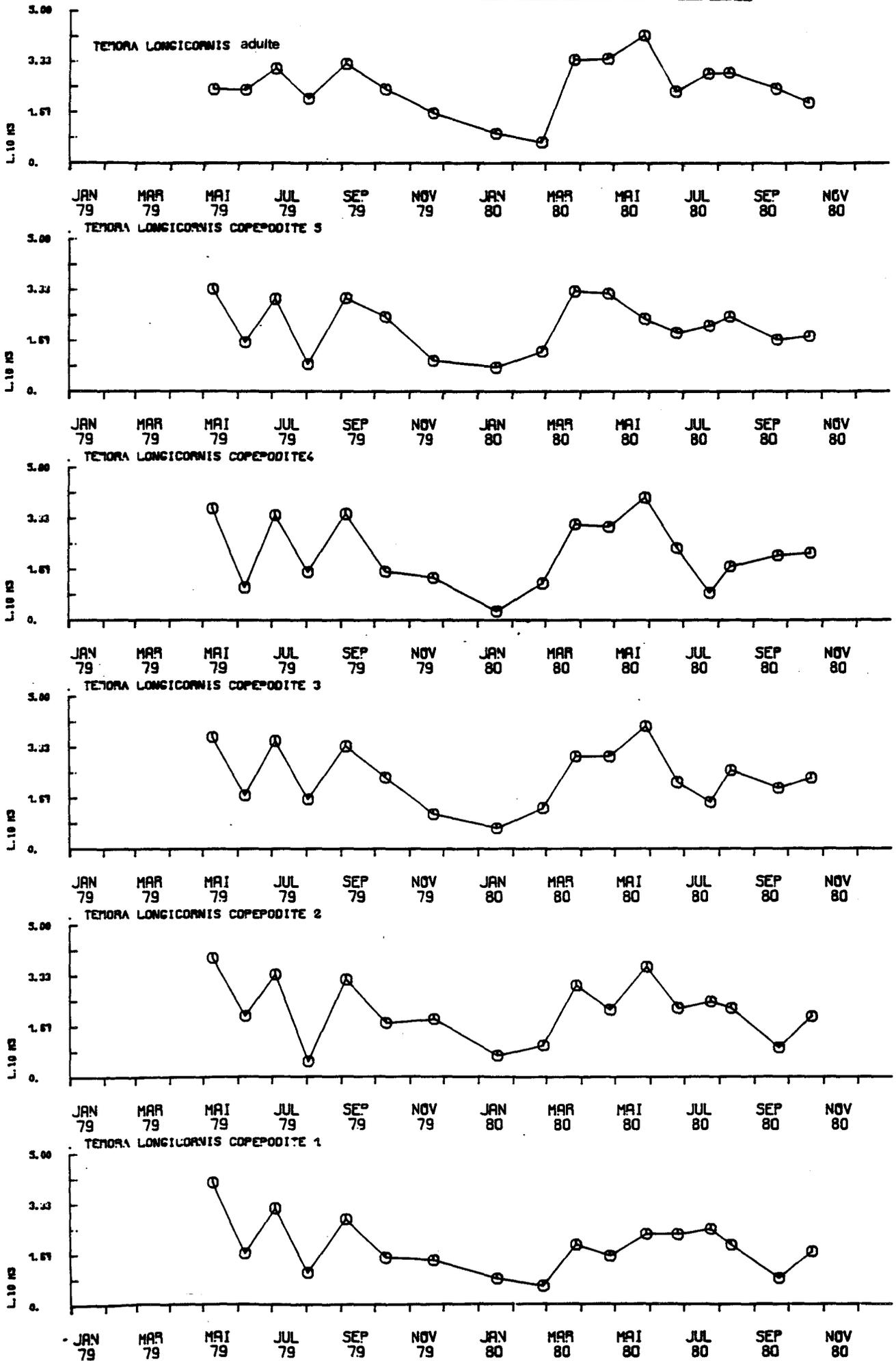
En 1979 la production primaire, en mars, est légèrement plus forte qu'en juillet et septembre.

Ces trois blooms phytoplanctoniques de 1979 ont également bien influencé la ponte et la production de juvéniles des 3 espèces. La production de C₁ en mars n'a pas été très importante et le maximum annuel des C₁ de *Temora longicornis* n'est noté que le 9 mai. Une autre ponte a été déclenchée pour les trois espèces en juillet. En juillet, on note le maximum annuel des C₁ pour *Centropages hamatus* et *Acartia clausi*. Enfin la poussée phytoplanctonique de septembre a également favorisé une ponte chez les trois espèces (mais peu importante) (fig. IV.6 à IV.11).

GRAVELINES

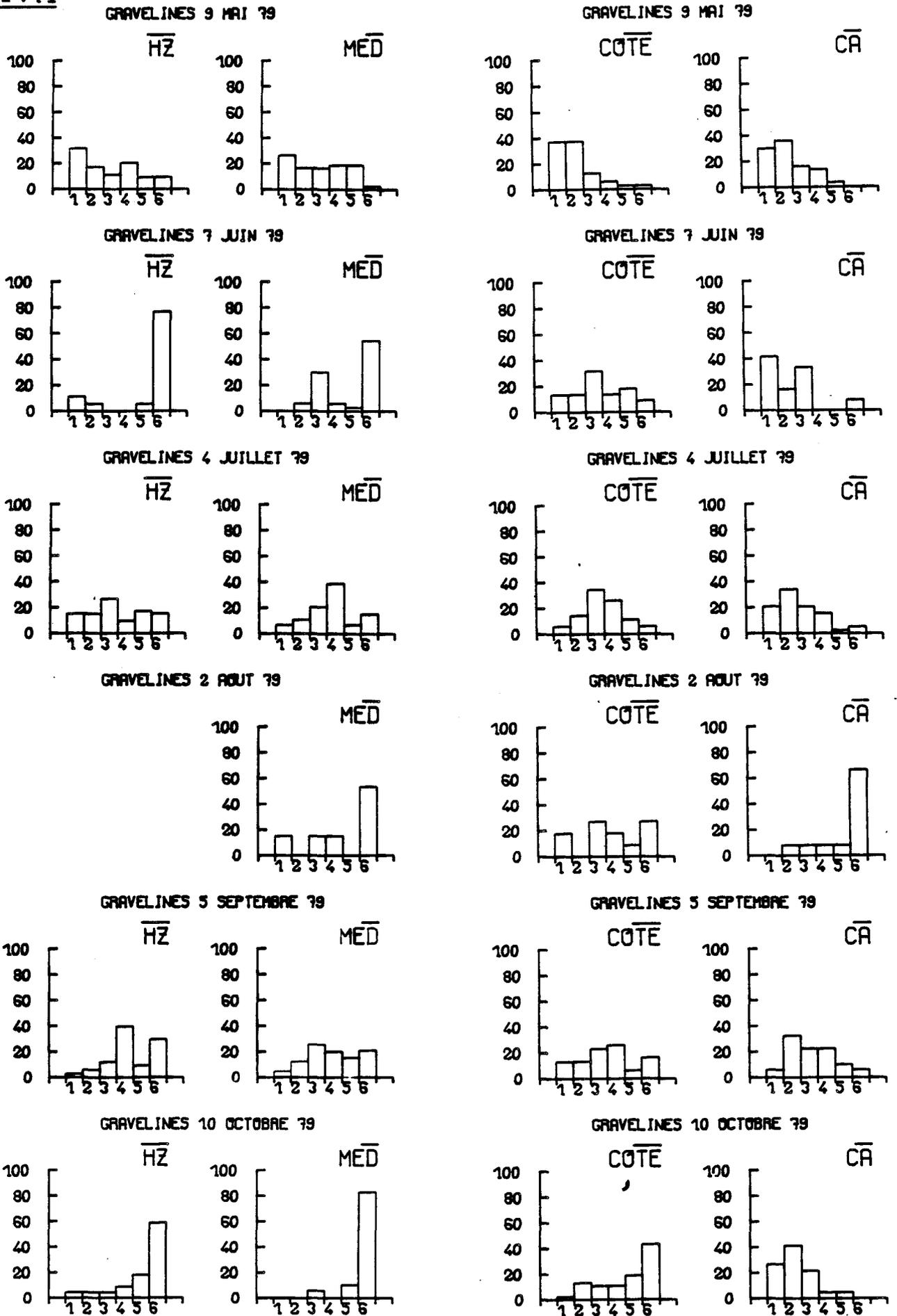
Fig.IV.6

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

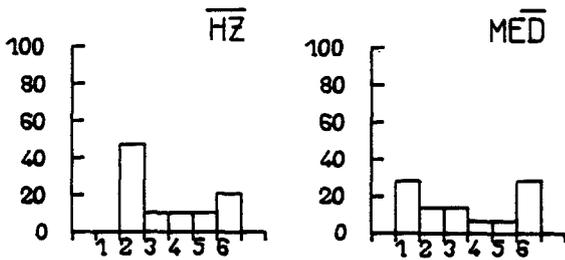


% DES STADES COPEPODITES DE : TEMORA LONGICORNIS
 PAR STATION

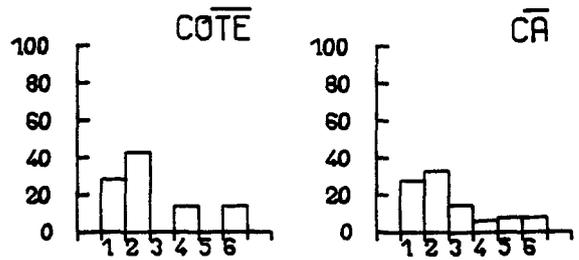
Fig.IV.7



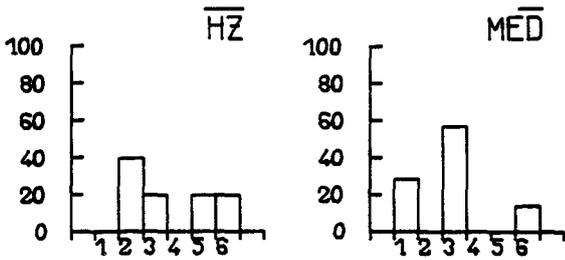
GRAVELINES 22 NOVEMBRE 79



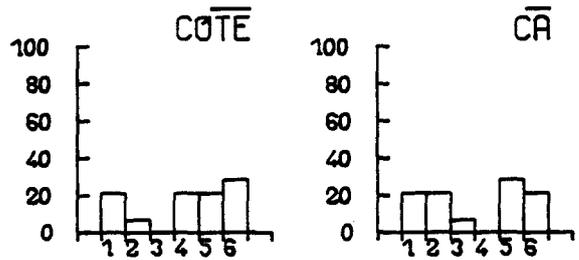
GRAVELINES 22 NOVEMBRE 79



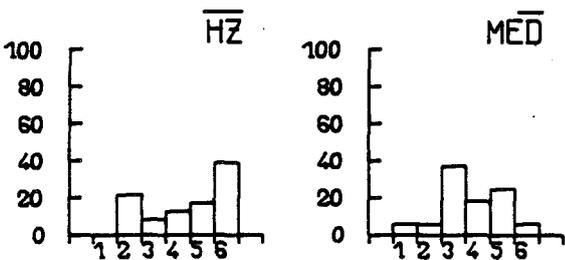
GRAVELINES 17 JANVIER 80



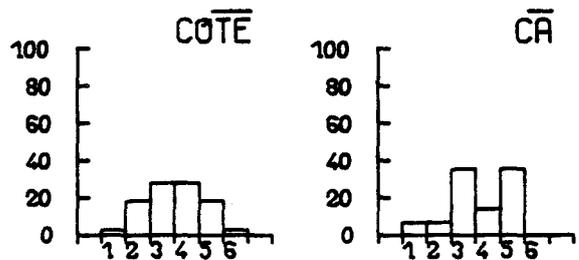
GRAVELINES 17 JANVIER 80



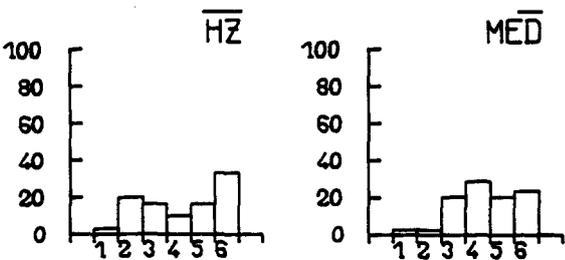
GRAVELINES 27 FEVRIER 80



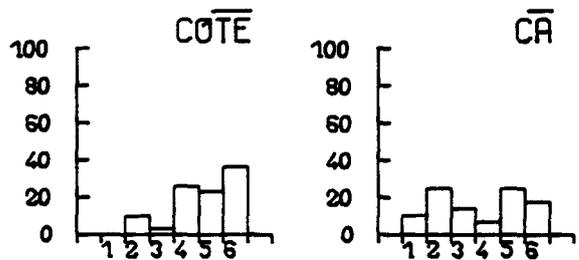
GRAVELINES 27 FEVRIER 80



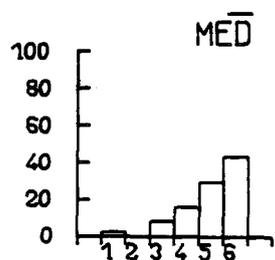
GRAVELINES 27 MARS 80



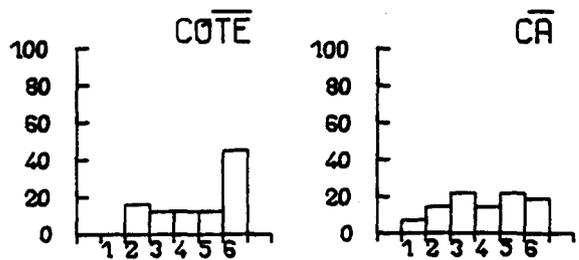
GRAVELINES 27 MARS 80



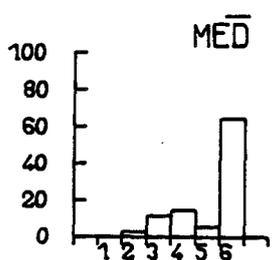
GRAVELINES 26 AVRIL 80



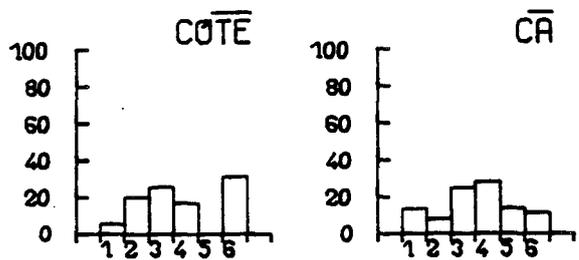
GRAVELINES 26 AVRIL 80

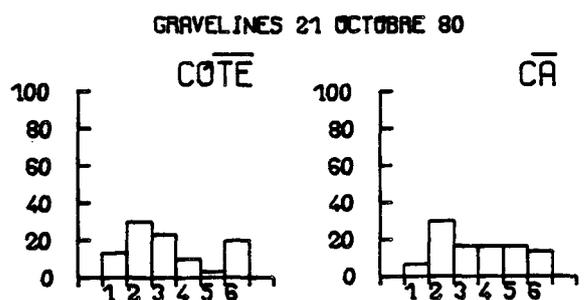
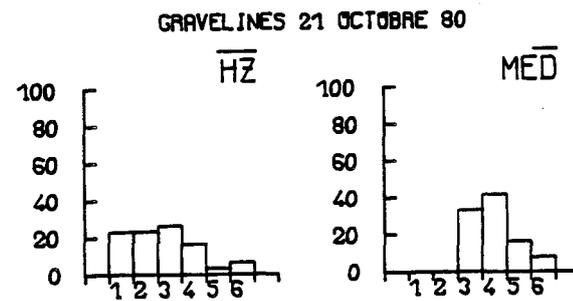
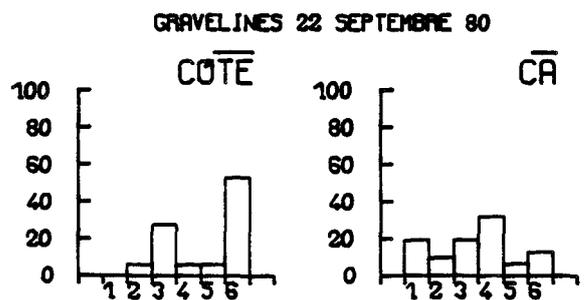
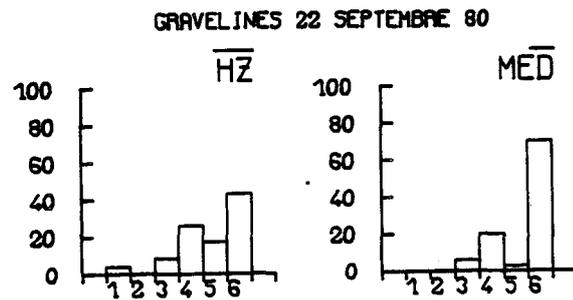
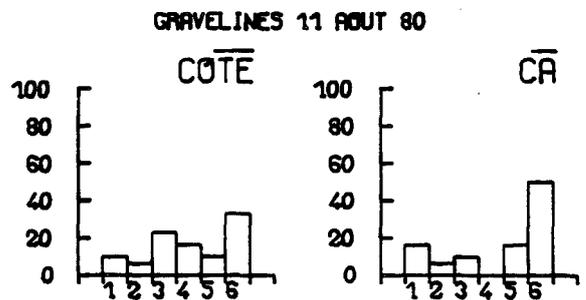
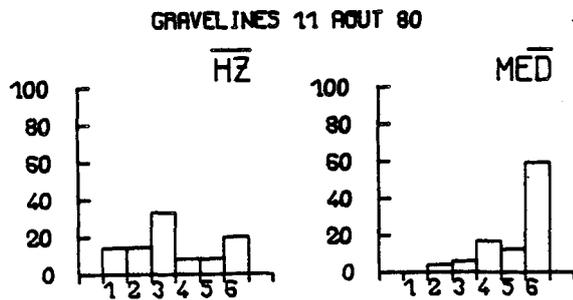
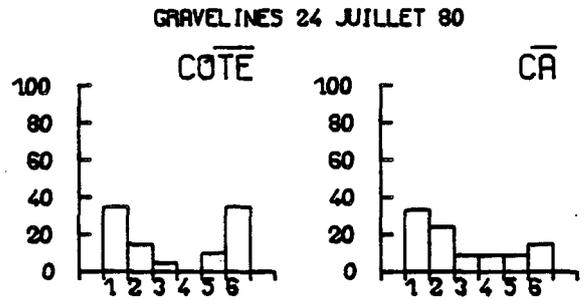
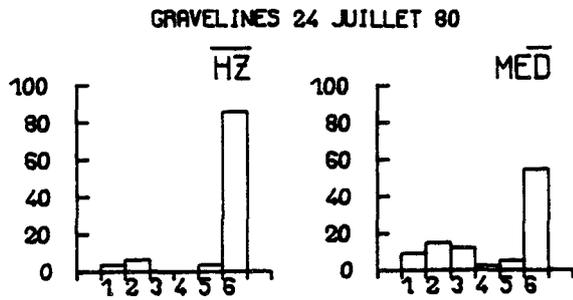
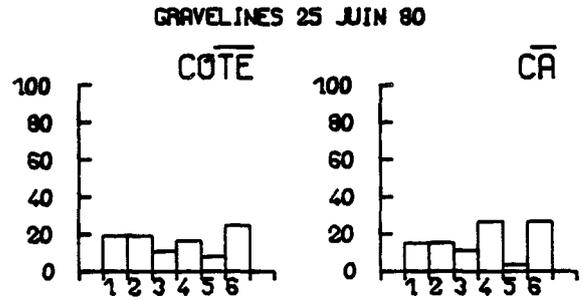
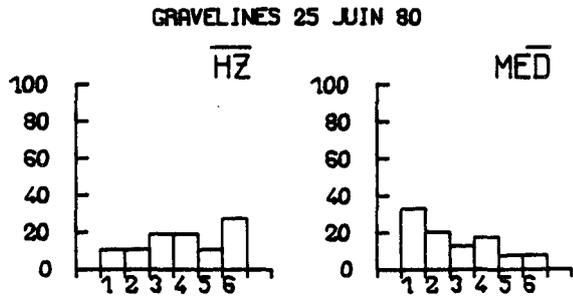


GRAVELINES 28 MAI 80



GRAVELINES 28 MAI 80

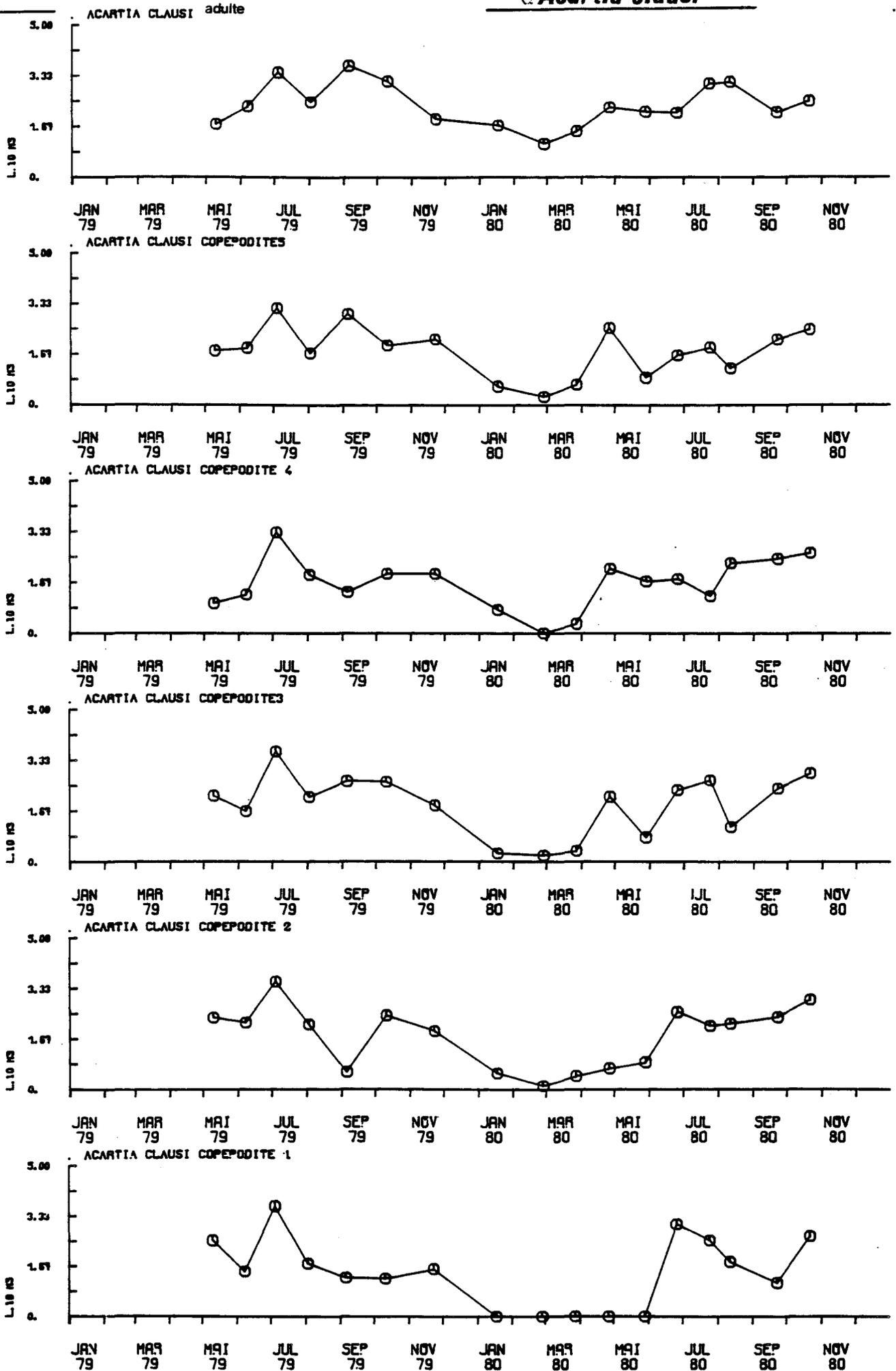




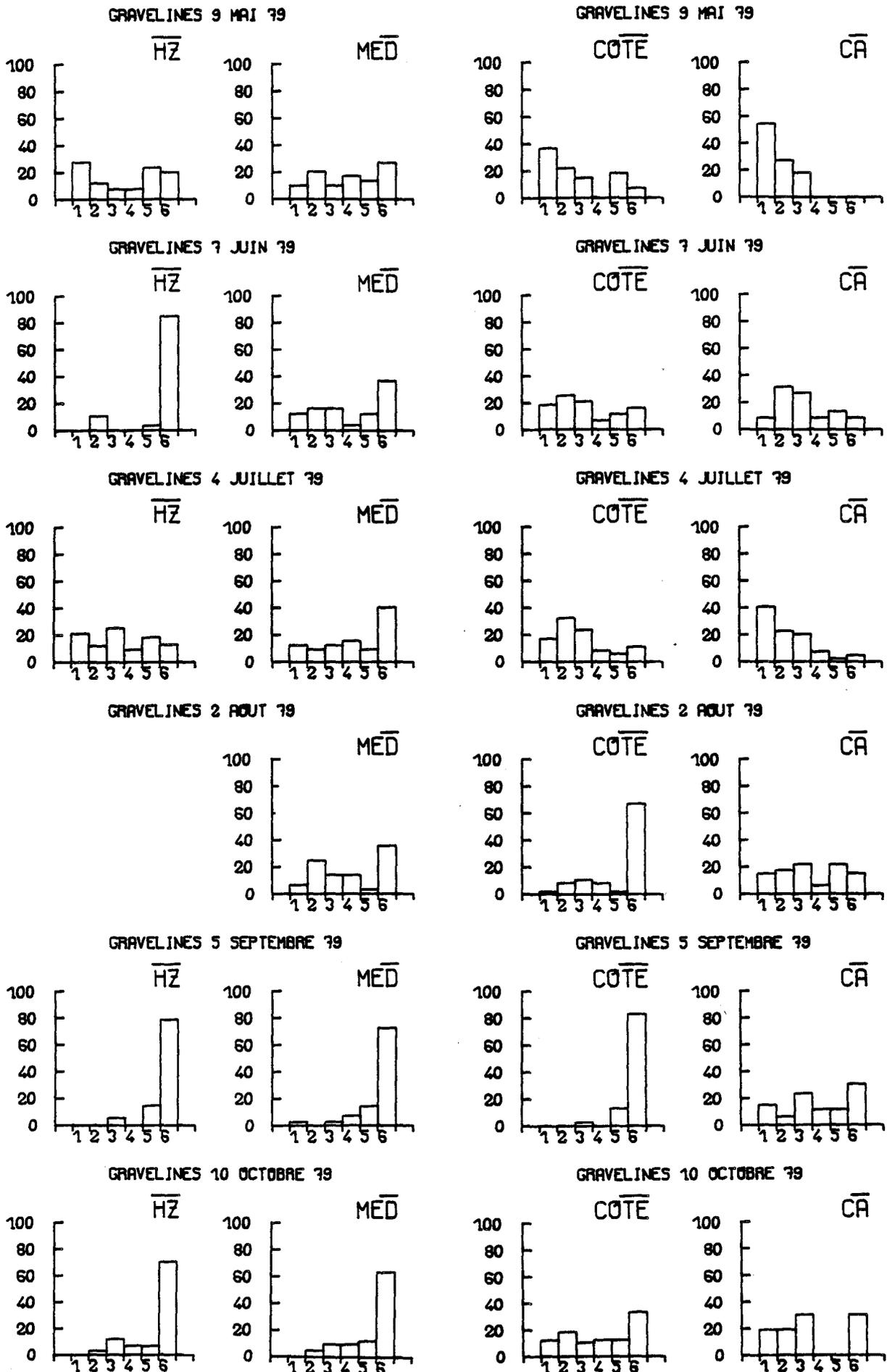
GRAVELINES

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

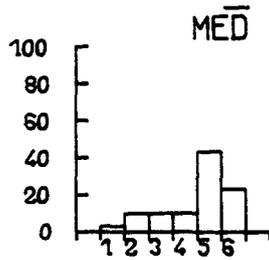
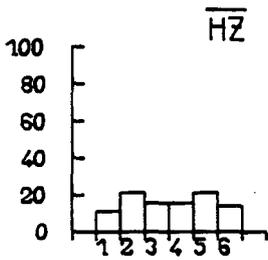
Fig.IV.8



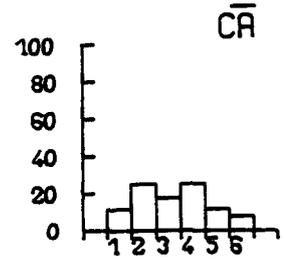
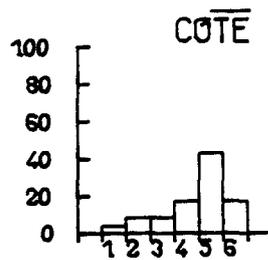
% DES STADES COPEPODITES DE : ACARTIA CLAUSI Fig.IV.9
PAR STATION



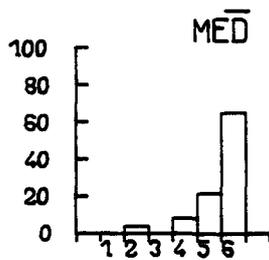
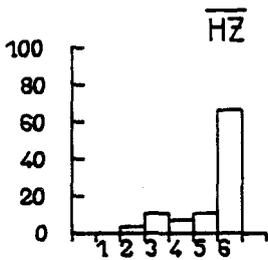
GRAVELINES 22 NOVEMBRE 79



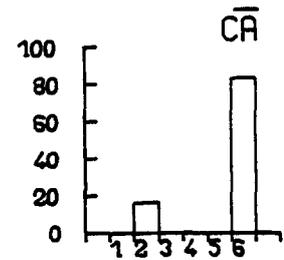
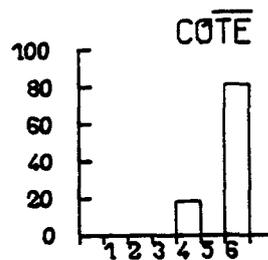
GRAVELINES 22 NOVEMBRE 79



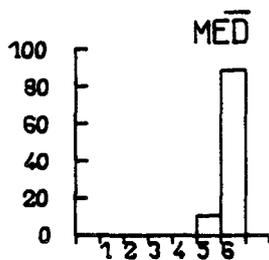
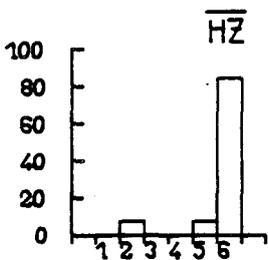
GRAVELINES 17 JANVIER 80



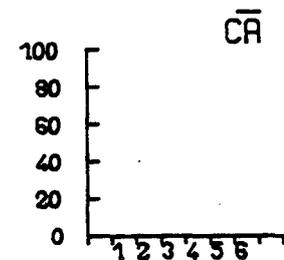
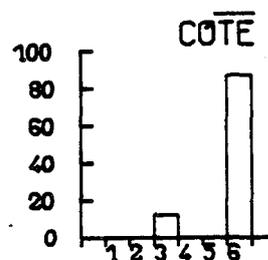
GRAVELINES 17 JANVIER 80



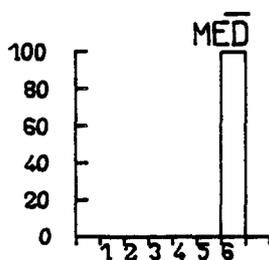
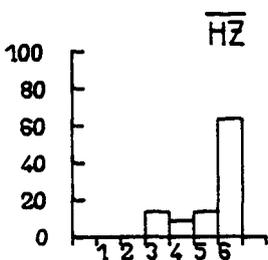
GRAVELINES 27 FEVRIER 80



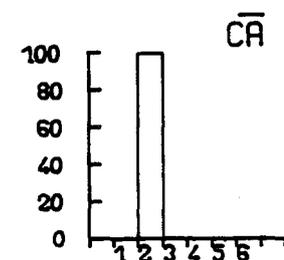
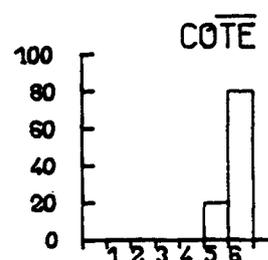
GRAVELINES 27 FEVRIER 80



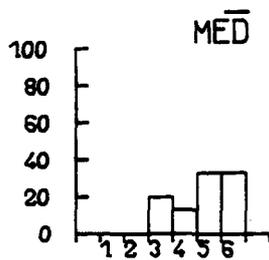
GRAVELINES 27 MARS 80



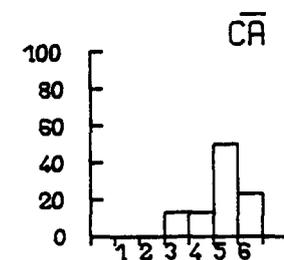
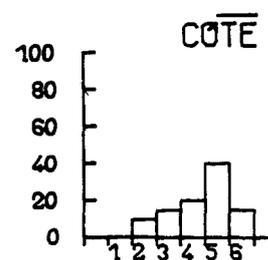
GRAVELINES 27 MARS 80



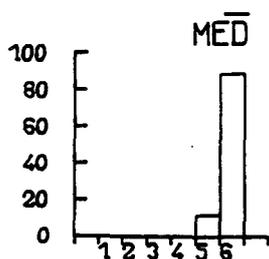
GRAVELINES 26 AVRIL 80



GRAVELINES 26 AVRIL 80



GRAVELINES 28 MAI 80



GRAVELINES 28 MAI 80

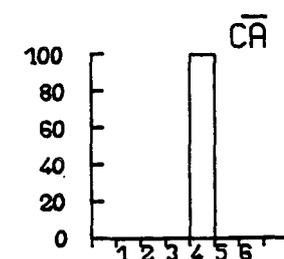
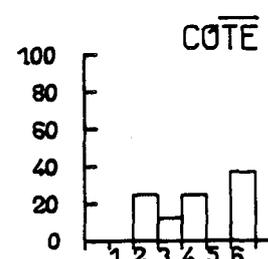
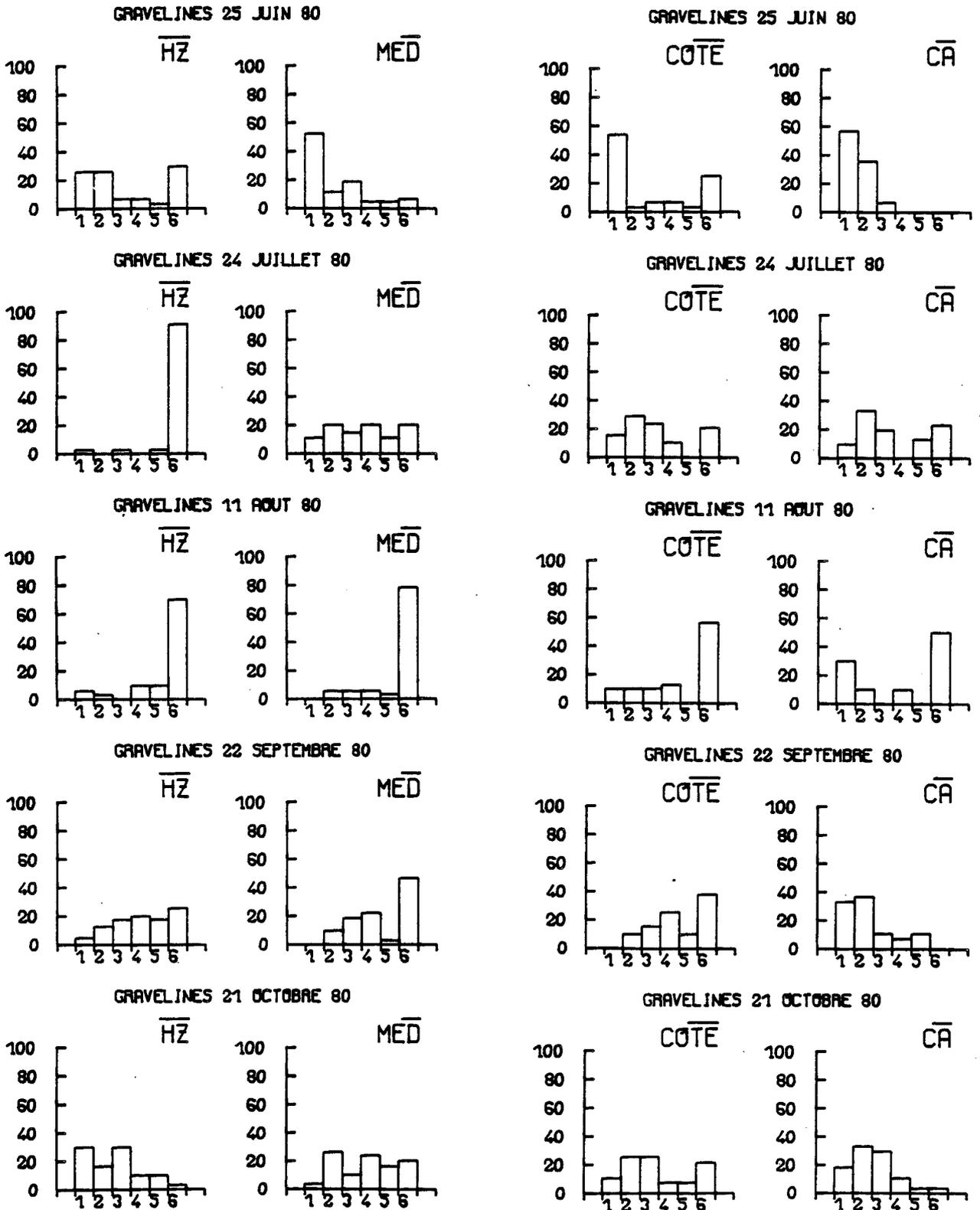
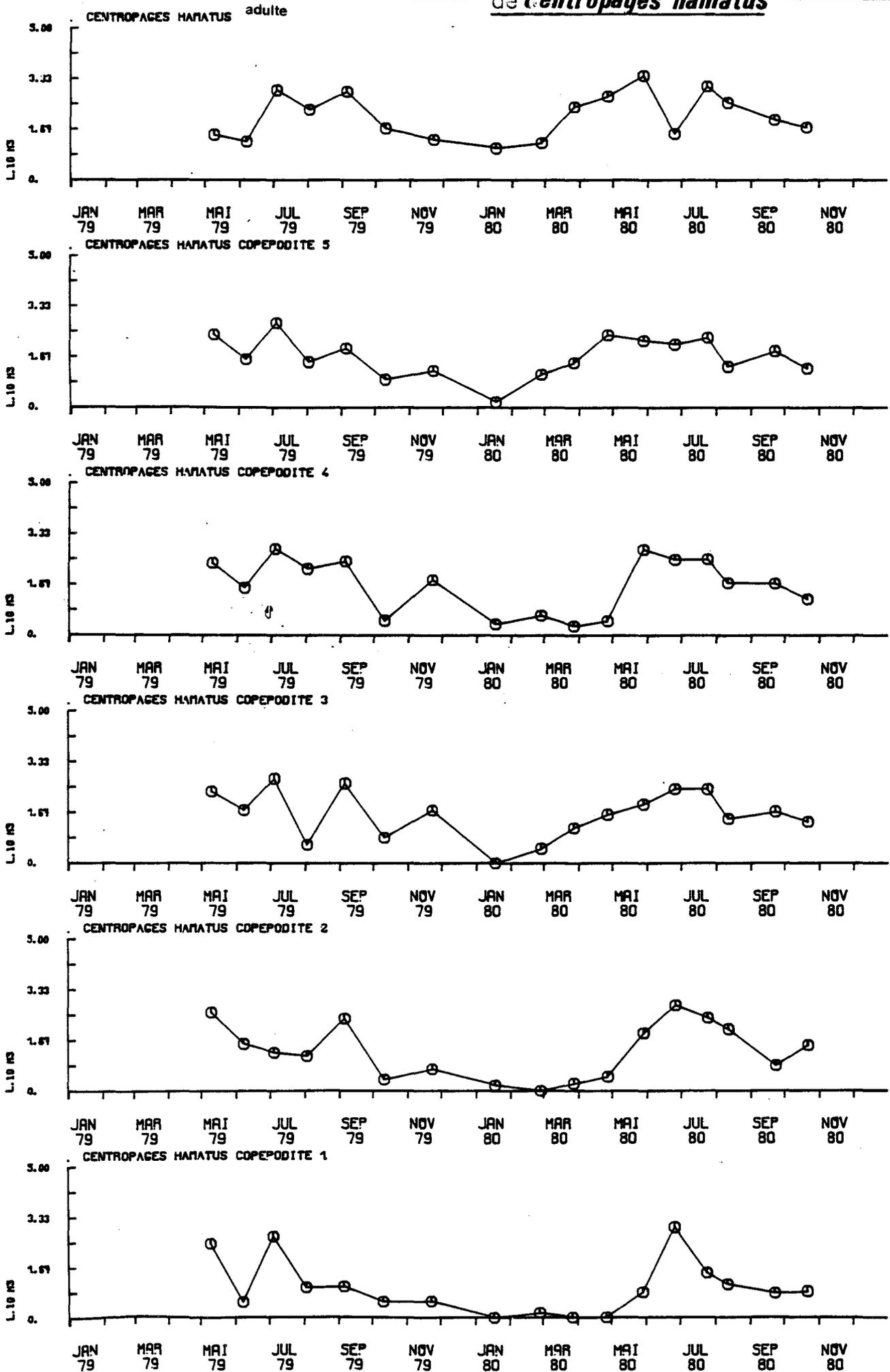


Fig.IV.9(suite)



GRAVELINES

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



% DES STADES COPEPODITES DE : CENTROPAGES HAMATUS
PAR STATION

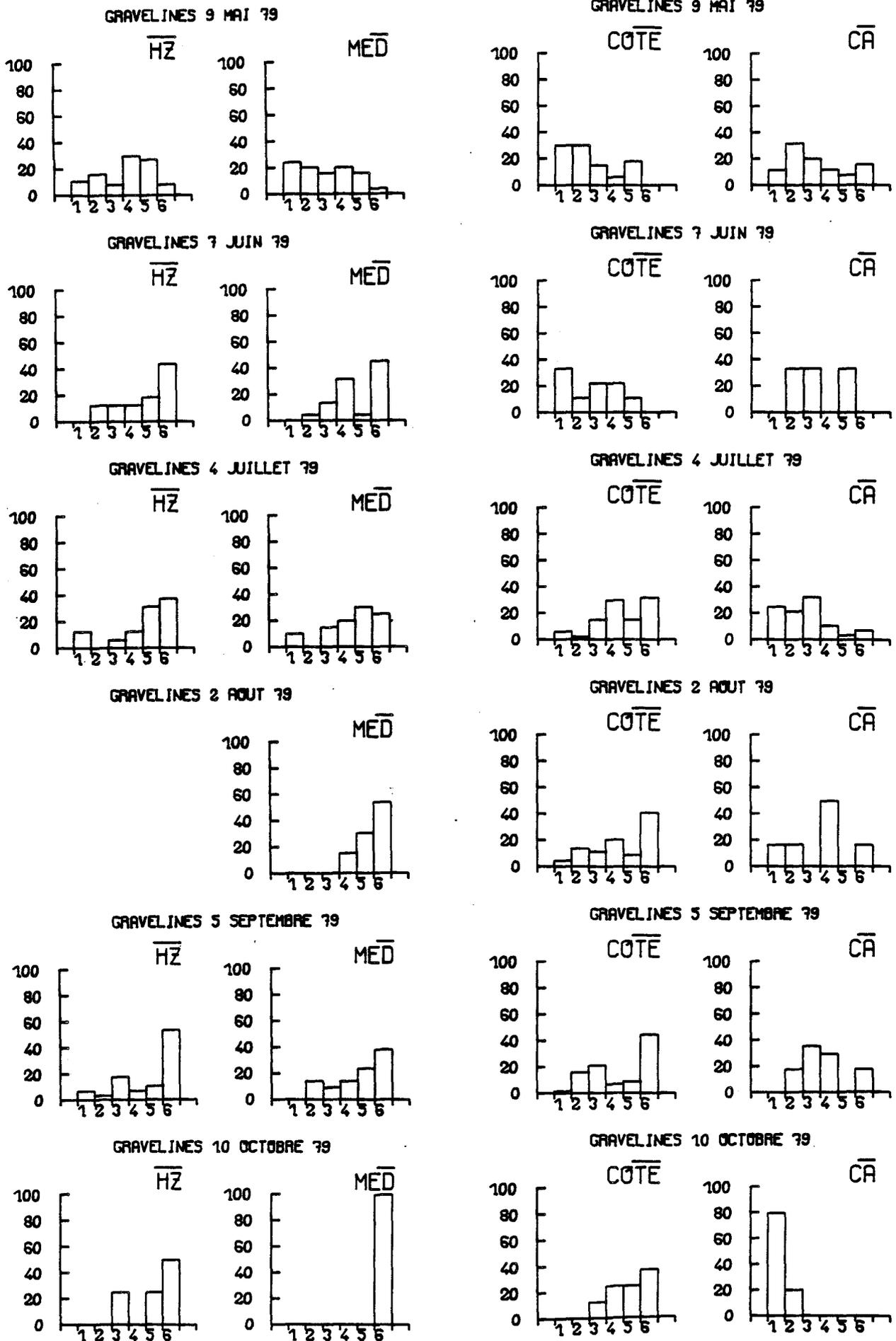
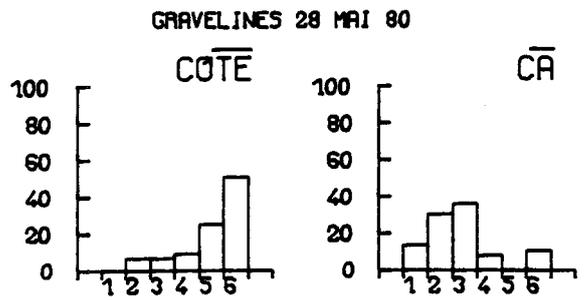
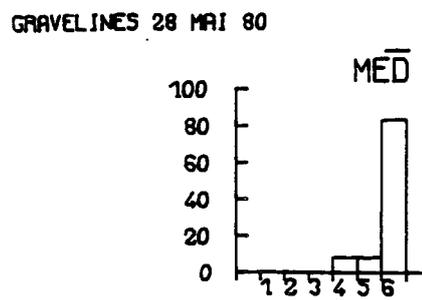
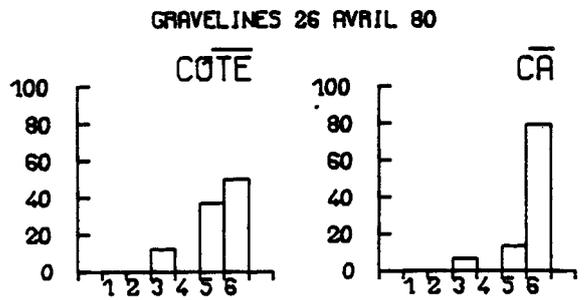
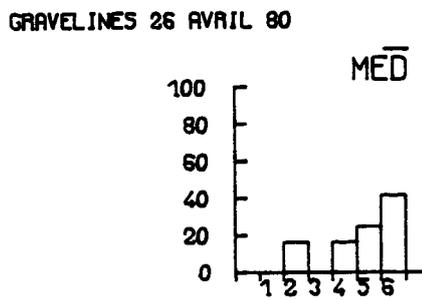
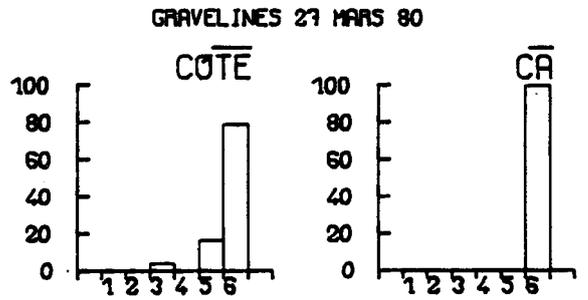
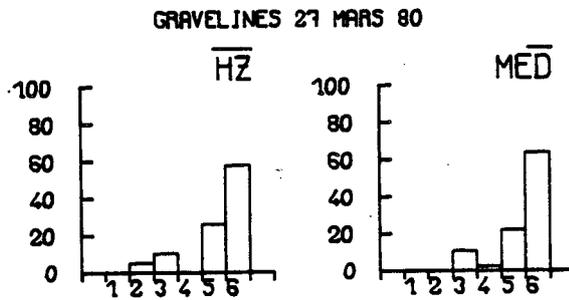
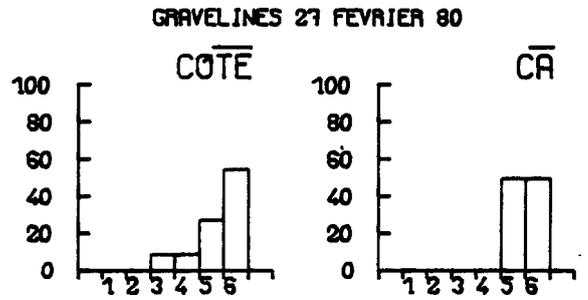
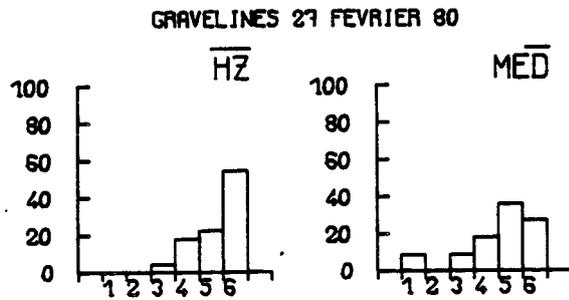
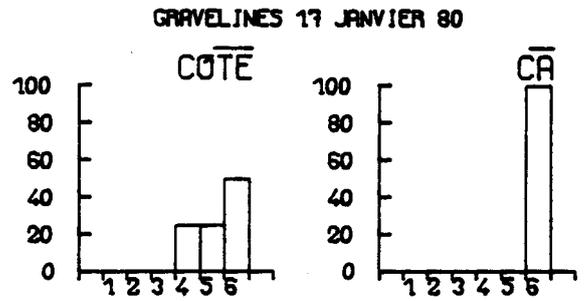
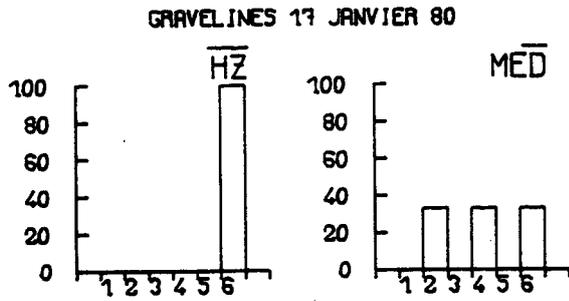
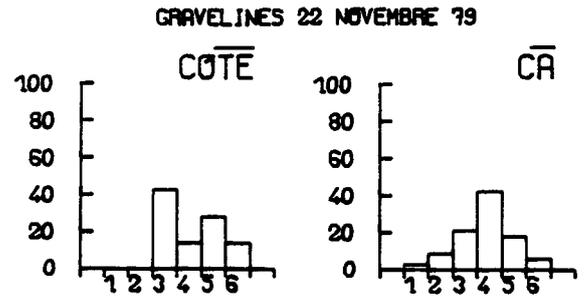
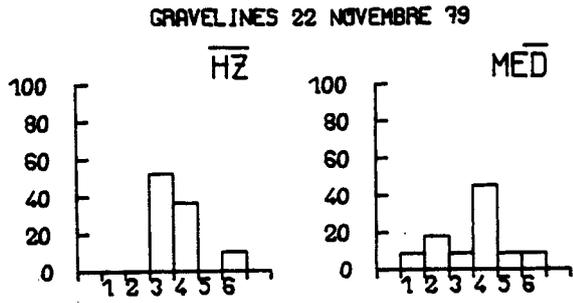
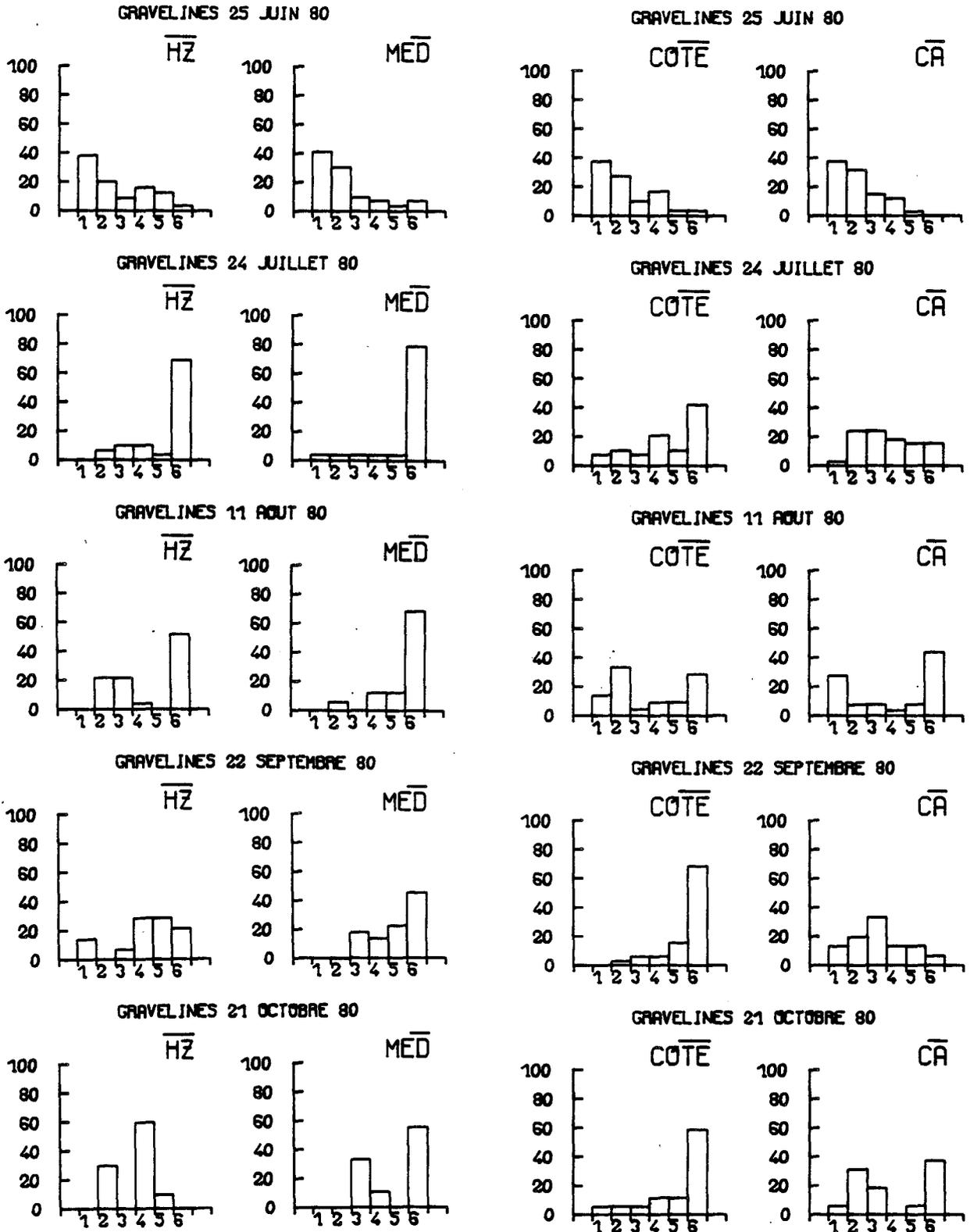


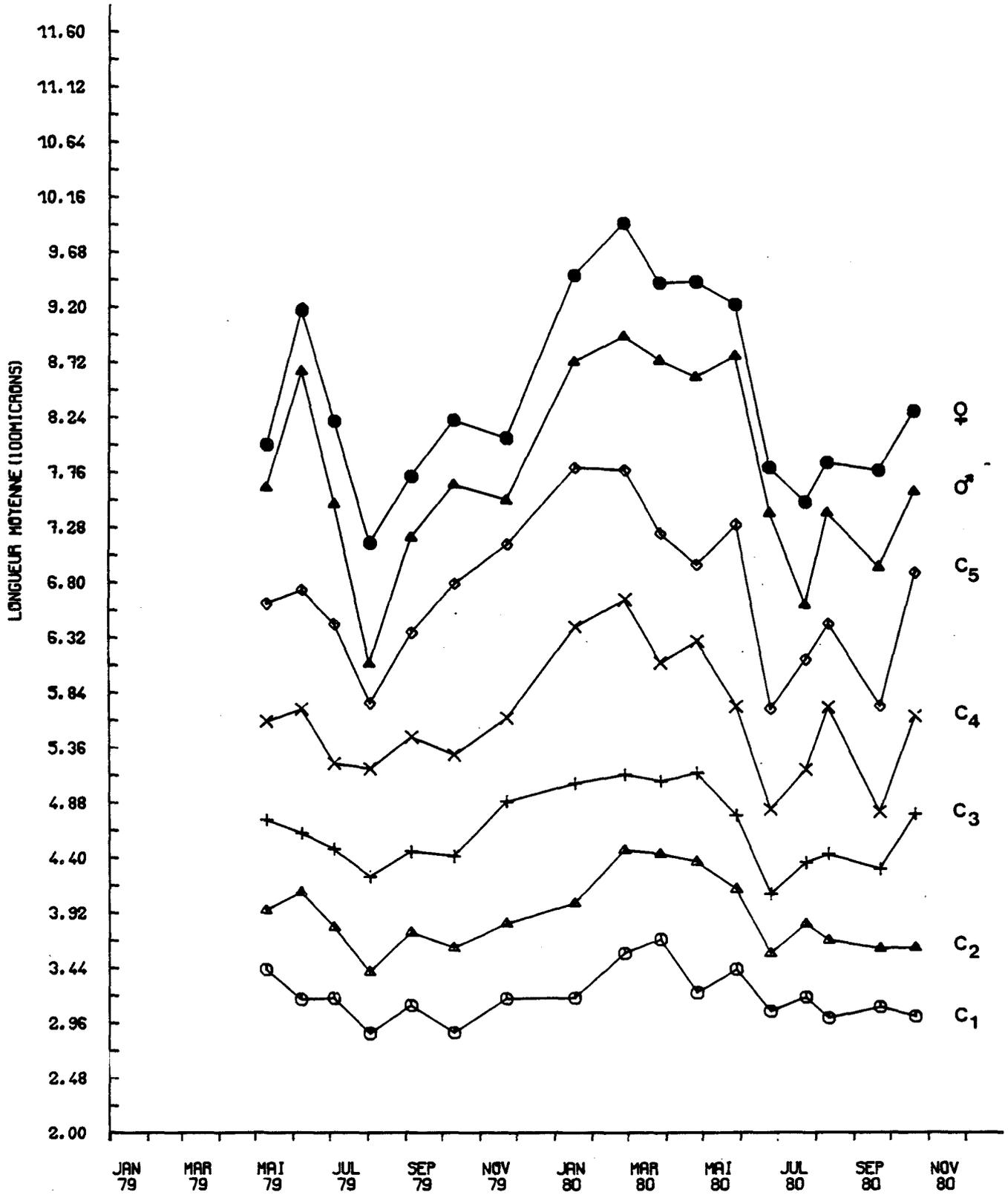
Fig.IV.11(suite)





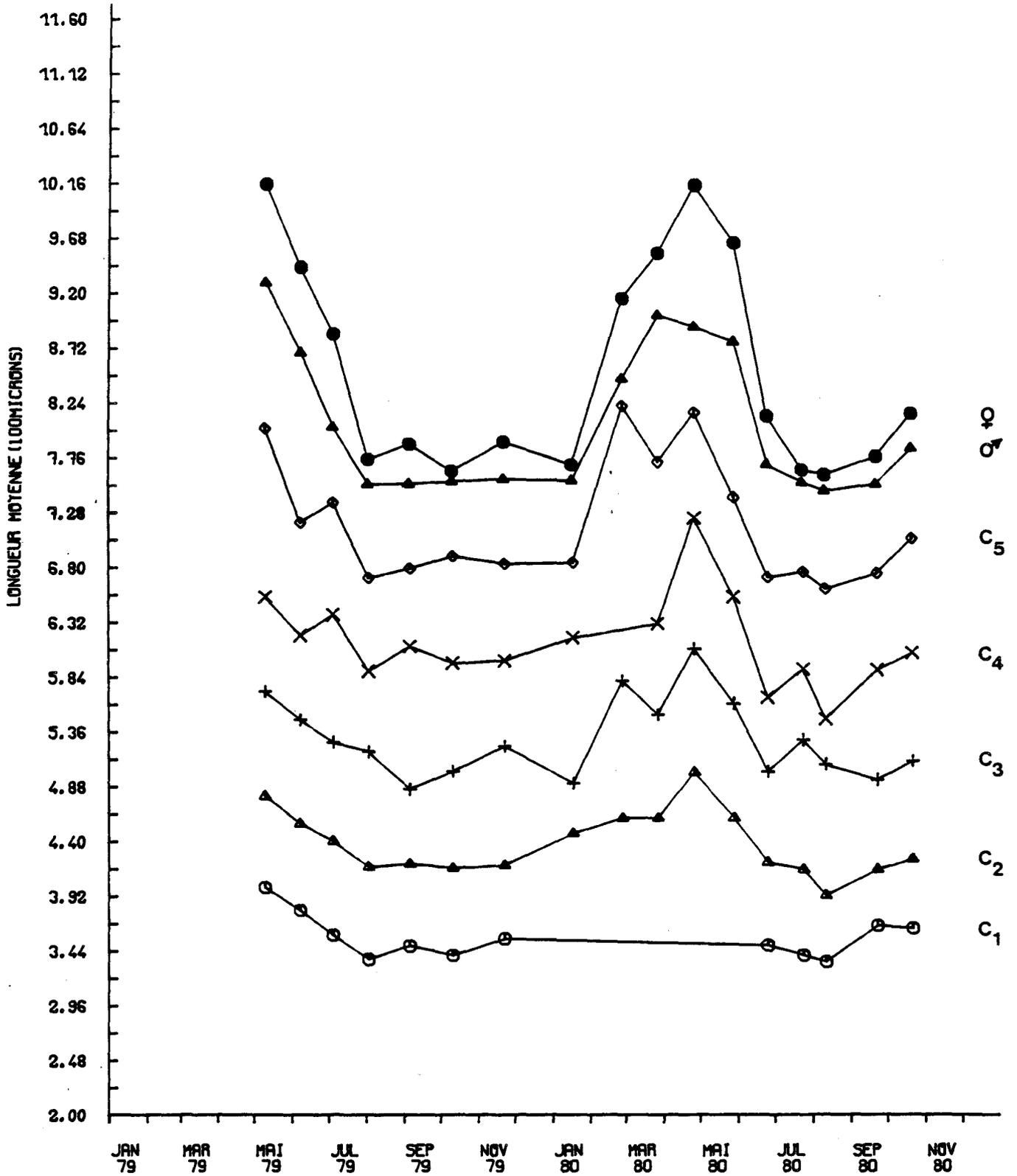
GRAVELINES
 BIOMETRIE de *Temora longicornis*
 (MOYENNE TOUS POINTS CONFONDUS)

Fig.IV.12



GRAVELINES
 BIOMETRIE d'*Acartia clausi*
 (MOYENNE TOUS POINTS CONFONDUS)

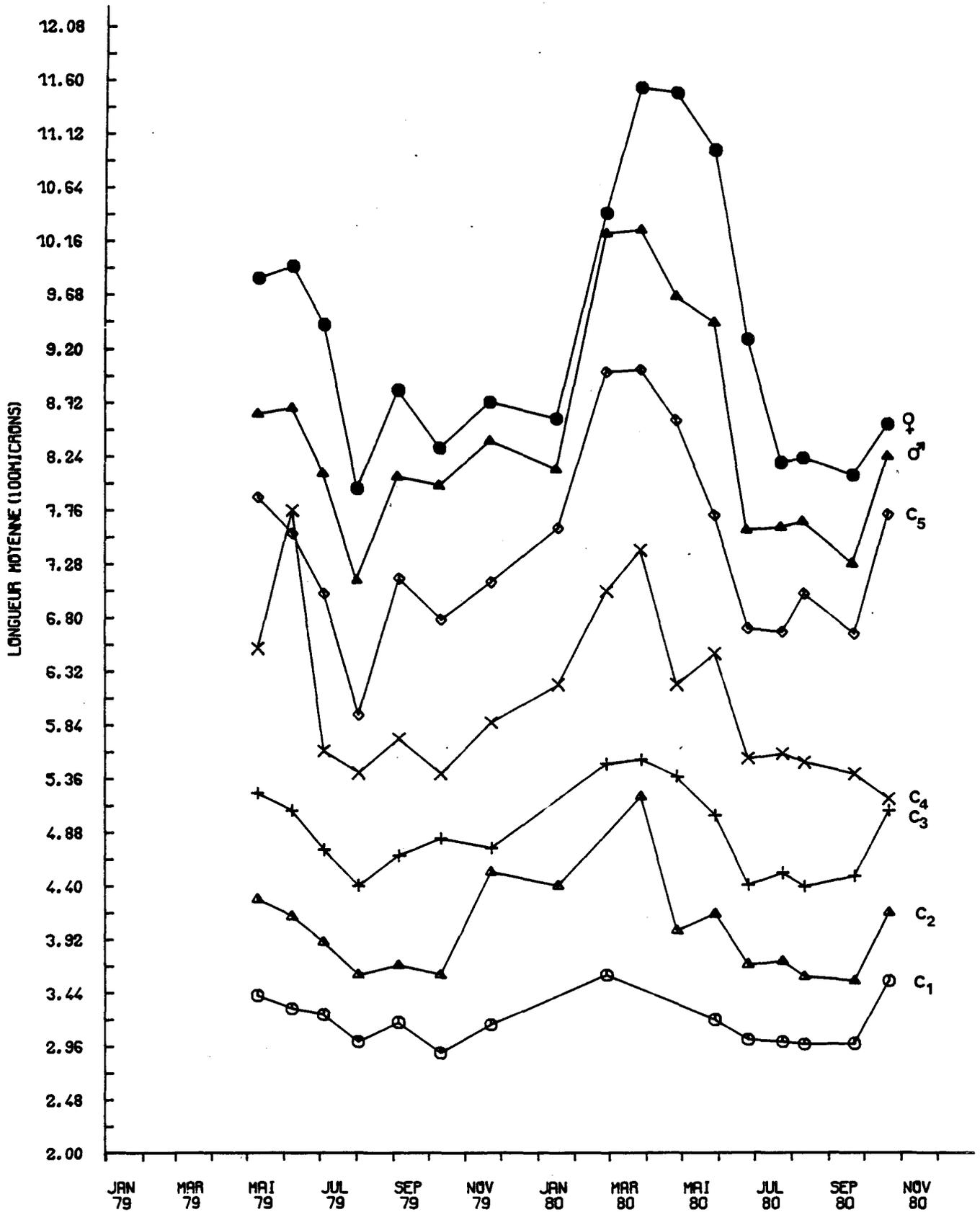
Fig.IV.13



GRAVELINES
BIOMETRIE de *Centropages hamatus*

Fig.IV.14

(MOYENNE TOUS POINTS CONFONDUS)

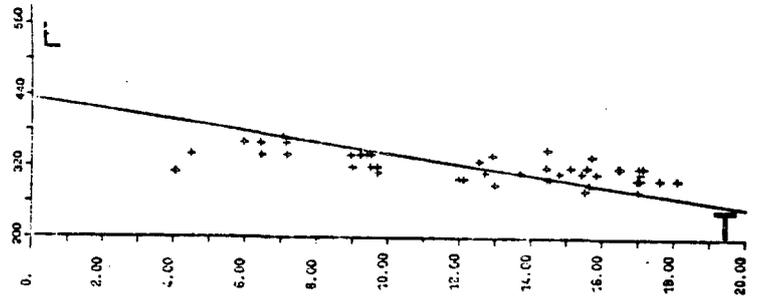


GRAVELINES

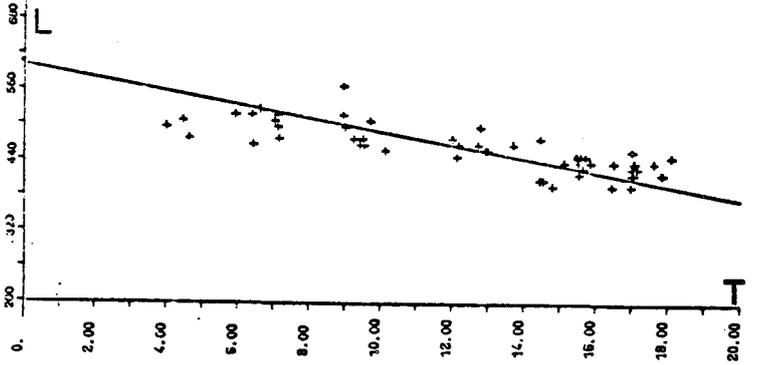
relation entre la longueur du céphalothorax (L μ)
et la température (T;°C)

Temora longicornis

$Y = AX + B$ COPEPODITE 1
A= -11.022 B= 47.735
r= -0.58**
n= 49



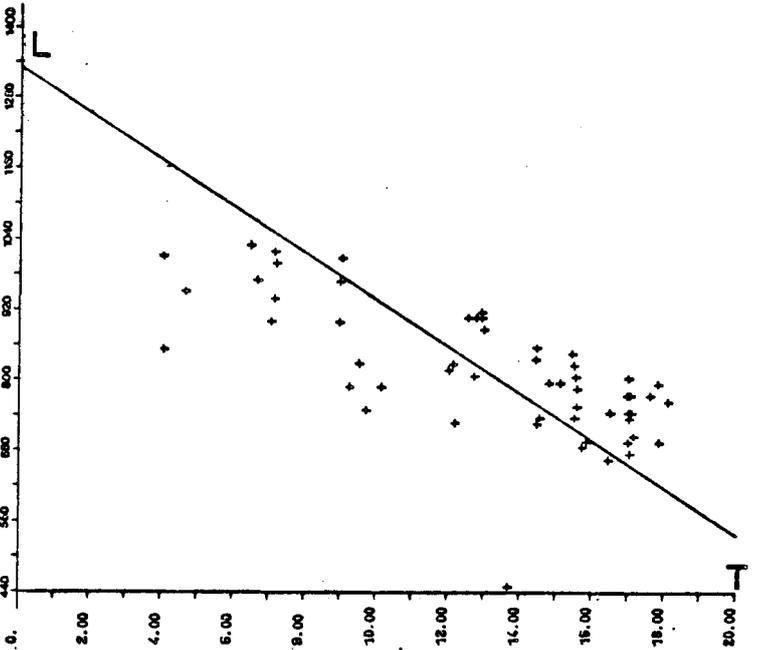
$Y = AX + B$ COPEPODITE 3
A= -8.765 B= 53.101
r= -0.80**
n= 58



** p = 0.99

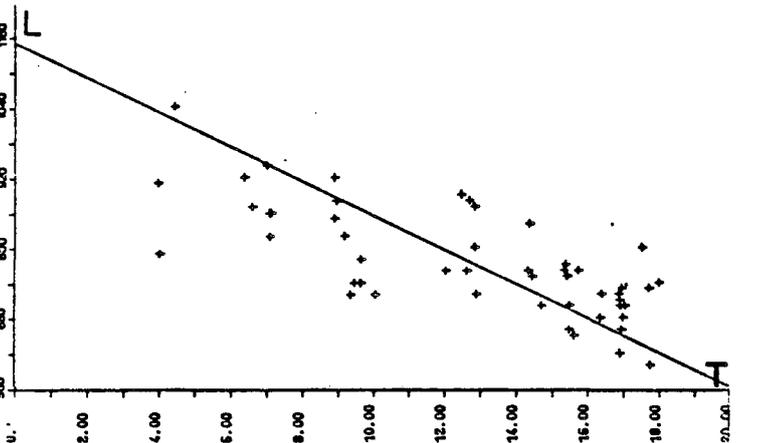
ADULTE ♀

$Y = AX + B$
A= -2.536 B= 34.035
r= -0.68**
n= 55



ADULTE ♂

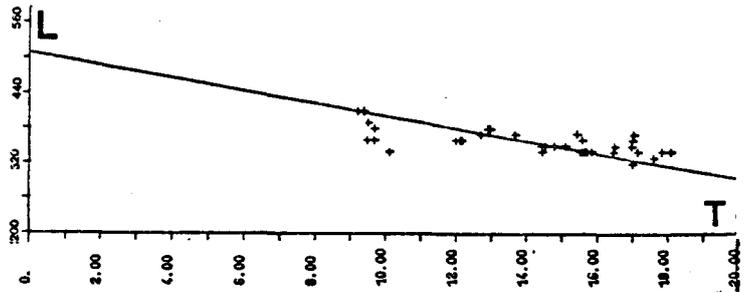
$Y = AX + B$
A= -3.441 B= 39.451
r= -0.74**
n= 52



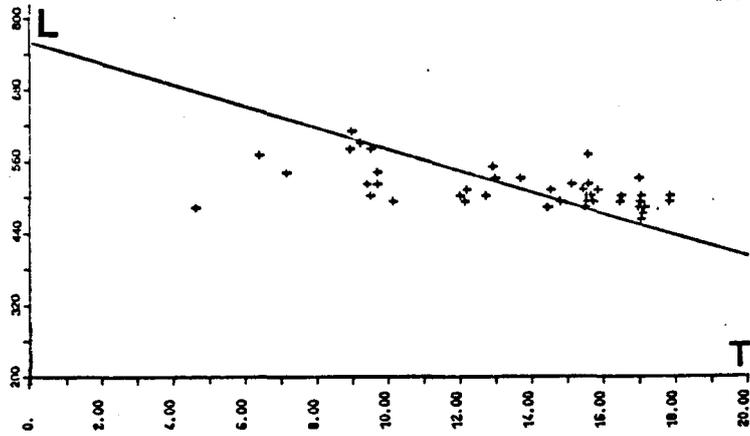
relation entre la longueur du céphalothorax (L, μ)
et la température (T, °C)

Acartia clausi

COPEPODITE 1
 $Y = AX + B$
 $A = -9.315$ $B = 47.396$
 $r = -0.68^{**}$
 $n = 36$



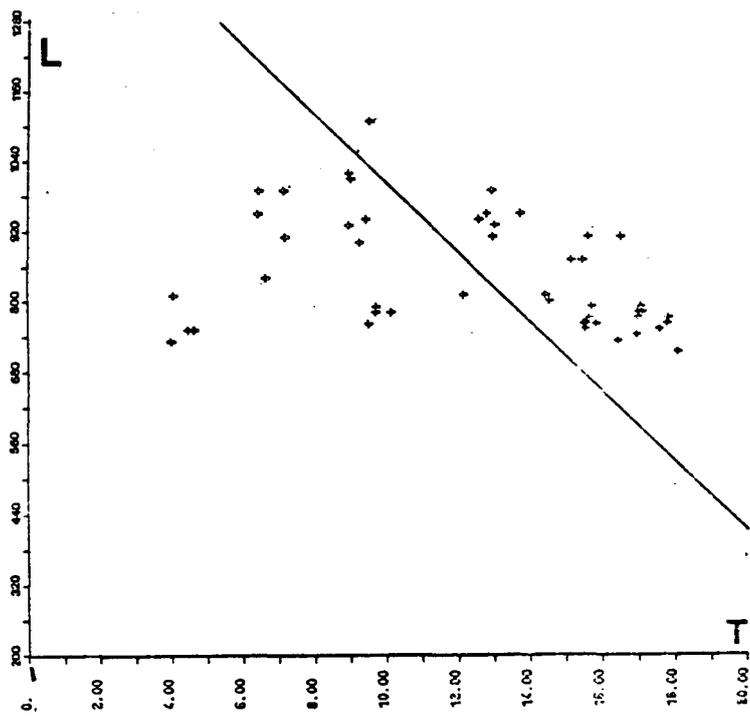
COPEPODITE 3
 $Y = AX + B$
 $A = -5.461$ $B = 42.157$
 $r = -0.56^{**}$
 $n = 48$



**** p = 0.99**

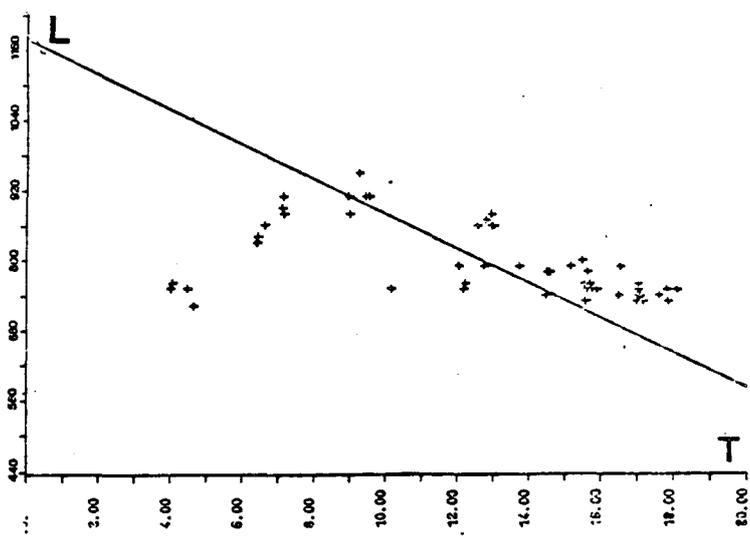
ADULTE ♀

$Y = AX + B$
 $A = -1.668$ $B = 26.867$
 $r = -0.37^{**}$
 $n = 52$



ADULTE ♂

$Y = AX + B$
 $A = -3.354$ $B = 39.791$
 $r = -0.50^{**}$
 $n = 53$



GRAVELINES

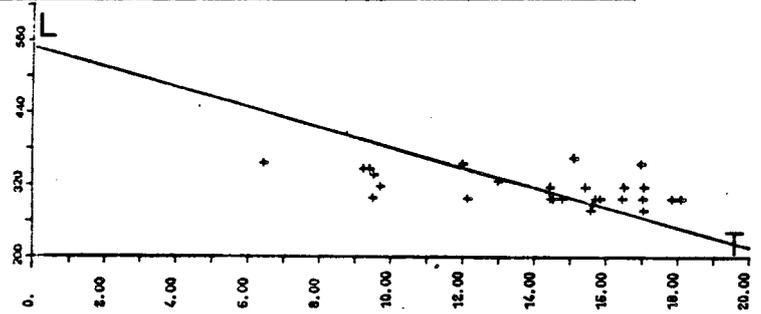
relation entre la longueur du céphalothorax (L μ)
et la température (T, °C)

Fig.IV.17

Centropages hamatus

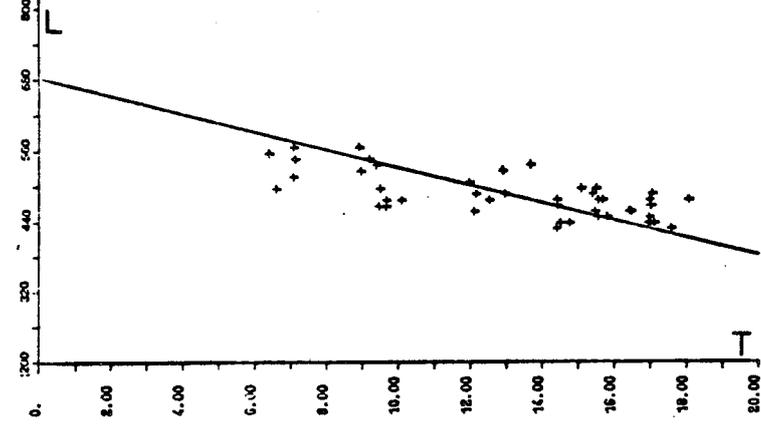
COPEPODITE 1

Y = AX + B
A = -5.947 B = 32.933
r = -0.49**
n = 28



COPEPODITE 3

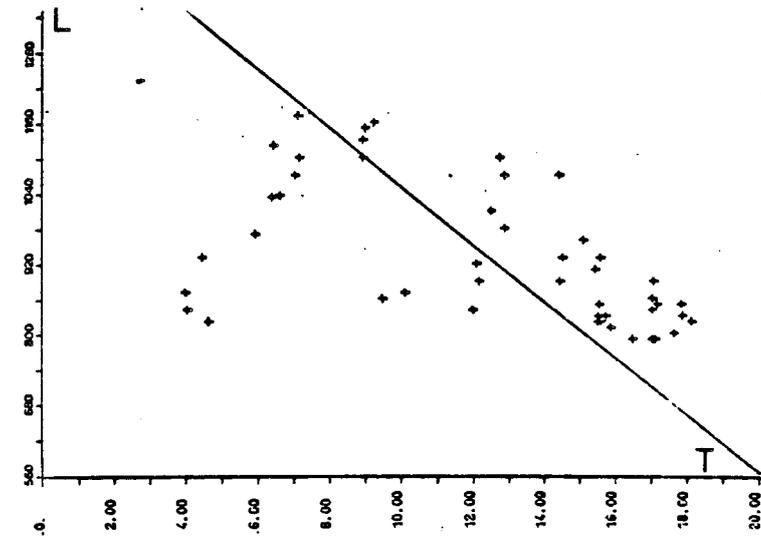
Y = AX + B
A = -6.600 B = 45.375
r = -0.72**
n = 48



** p = 0.99

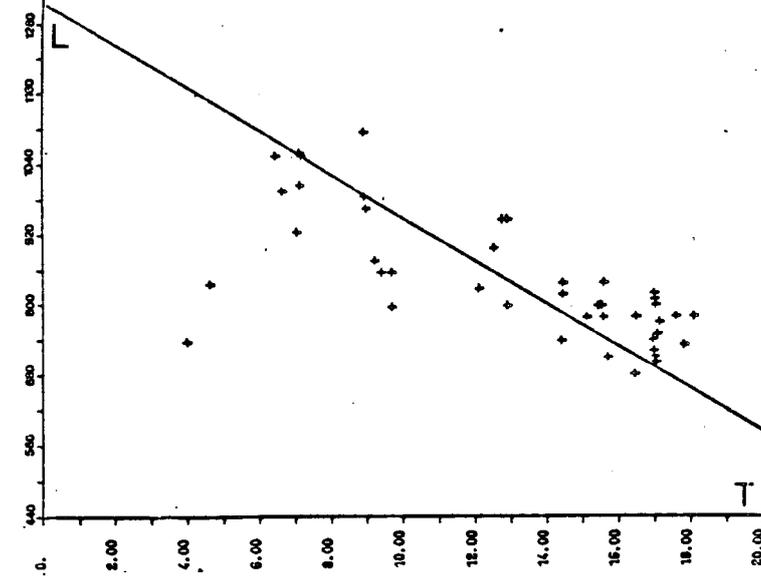
ADULTE ♀

Y = AX + B
A = -2.029 B = 31.523
r = -0.55**
n = 49



ADULTE ♂

Y = AX + B
A = -2.675 B = 35.498
r = -0.70**
n = 44



L'année 1980 se présente différemment car il y a une production primaire exceptionnellement élevée fin avril (24 µg/l de chlorophylle a), une moins forte fin juin (15 µg/l), une autre, encore moins forte en août (7 µg/l) et une dernière en octobre (5 µg/l). Ces nombreux blooms phytoplanctoniques n'ont pas eu le même effet que les années précédentes, peut-être à cause du déséquilibre provoqué par le phénomène (dessalement, etc.) particulier noté en avril.

Temora longicornis reste encore en 1980 la première espèce à se reproduire dès la fin mars (dès le début du bloom phytoplanctonique) et les deux autres espèces ne commencent leur reproduction qu'en mai pour *Centropages hamatus* et en juin pour *Acartia clausi*.

Résultats de biométrie - Mesure des cephalothorax (fig. IV.12 à IV.17)

L'intérêt des mesures de longueur des espèces a été longuement détaillé dans nos travaux précédents sur les sites de Flamanville, Paluel, Gravelines, Penly, etc. Une petite synthèse a été présentée à ce sujet au Congrès de Thermoécologie de Nantes en septembre 1979 (LE FEVRE-LEHOERFF, G. et QUINTIN, J.Y., 1981).

L'influence des deux facteurs température et nutrition est une fois de plus démontrée au cours du cycle annuel 1979-1980. Les résultats généraux des années précédentes sont confirmés. Une longue série chronologique permet actuellement d'envisager une comparaison assez poussée des différentes années d'étude.

3) Les Noctiluques

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, les Noctiluques ne sont pas des organismes zooplanctoniques, mais ils sont bien recueillis au filet WP₂. Ce sont des organismes dinoflagellés hétérotrophes. Les Noctiluques peuvent atteindre, dans certaines régions, des concentrations telles qu'elles forment des "eaux rouges". Le mécanisme de formation des eaux rouges est très discuté, et les auteurs ne sont pas tous, actuellement, d'accord à ce sujet. Une eau rouge à Noctiluques a été observée en 1967 près de l'île de Sein, au niveau de la pointe Ouest Bretagne, par J.R. GRALL, J. LE FEVRE et moi-même. La relation entre la présence de cette eau rouge à Noctiluques et la localisation d'un front hydrologique ou convergence à la pointe de Bretagne a été établie à cette époque (LE FEVRE J. et J.R. GRALL, 1970). D'autres travaux, menés depuis sur la côte Sud de Bretagne par les mêmes auteurs, semblent confirmer

cette hypothèse. La concentration des Noctiluques proviendrait d'une accumulation des organismes en surface, au niveau du front, zone de contact de deux masses d'eaux de caractéristiques hydrologiques très différentes. Dans ces travaux, la corrélation entre la quantité de Noctiluques et la température de surface des eaux est forte, mais il semble que le facteur essentiel soit la stabilité verticale. Un coefficient de stabilité verticale $\frac{\Delta \sigma_t}{\Delta Z} \times 10^3$ a été défini (Z profondeur en mètres), et une ébauche de modèle prédictif des eaux a été entreprise (LE FEVRE J., Erdeven, avril 1977). Si ce modèle ne semble pas parfait pour tous les sites, il semble que la relation entre $\frac{\Delta \sigma_t}{\Delta Z} \times 10^3$ et le nombre de Noctiluques soit très intéressante. Dans l'étude d'avant-projet de Ploumoguer et Plogoff, la différence entre les eaux stratifiées et les eaux brassées est définie ainsi : "les zones stratifiées se caractérisent par un coefficient de stabilité généralement supérieur à 20 et pouvant dépasser 30 à 40. Les zones brassées se caractérisent par un coefficient de stabilité très faible, en général voisin de 2" (LE FEVRE, J., 1979). Les sites sont bien évidemment très différents, mais j'ai calculé le coefficient de stabilité pour quelques stations de Gravelines.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Donc, on obtient à Gravelines des concentrations seulement 5 fois inférieures à celles observées aux stations Ouest-Bretagne. Quand on sait que la multiplication de ces cellules est une fonction exponentielle, on peut dire que la différence n'est pas très forte. Aussi est-il permis d'être vigilant dans l'observation du phénomène au cours des années ultérieures. On déterminera les relations qui pourront exister entre le développement des Noctiluques et l'établissement d'une eau stratifiée. La zone la plus intéressante à prospecter semble-t-il, est la zone limite : eau brassée - eau stratifiée (microfront ?). Deux époques aussi sont particulièrement favorables à la stratification, le printemps où une stratification haline peut se développer certaines années (origine nordique des eaux de faibles salinités ?) et l'été où se développe une stratification thermique.

Tableau IV.2 : Noctiluques (N/m³)

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

CONCLUSION

Cette période de surveillance 1979-1980 a été intéressante, car elle nous a permis de montrer l'importance des variations à long terme. En effet, les dessalures "exceptionnelles" de 1975 n'ont été retrouvées que cinq années plus tard, en 1980. On peut penser que ce type de phénomène observé à Gravelines n'a pas une origine locale mais est relié à l'hydrologie générale du Sud de la mer du Nord (et peut-être aux crues de grands fleuves comme l'Escaut, etc.). Il est donc nécessaire de replacer Gravelines dans le cadre d'une étude régionale plus vaste. C'est ainsi que l'on doit tenir compte des conditions climatiques de l'Europe du Nord-Ouest et de leurs variations à long terme : conséquences de l'été exceptionnellement chaud de 1976, de l'hiver très froid de 1979, etc. Nous ne pourrions distinguer les effets de la centrale sur le milieu dans les prochaines années que si nous savons séparer l'impact du aux variations climatiques naturelles de l'impact du réchauffement artificiel.

Nous avons mis en évidence l'importance de la stratification des eaux sur la répartition et l'abondance de certains organismes planctoniques, et en particulier des Noctiluques. Il sera indispensable, au cours des prochaines années, de surveiller l'évolution de cette stratification d'origine haline (basse salinité) ou thermique (haute température) devant le site, et d'estimer les conséquences d'un mélange insuffisant des eaux (désoxygénation, eau rouge à Noctiluques, etc.).

BIBLIOGRAPHIE

- ARNAL O., 1976, Biomasse du zooplancton. Etude écologique du site de Gravelines, Rapport 1er cycle - CNEXO/Institut de Biologie Marine de Wimereux/EDF : pp. 186-190.
- ARNAL O., 1977, Biomasse du zooplancton. Etude écologique du site de Gravelines, Rapport général 2ème cycle - CNEXO/Institut de Biologie Marine de Wimereux/EDF : pp. 92-98.
- LE FEVRE J., GRALL J.R., 1970, On the relationship of *Noctiluca* swarming off the western coast of Britany with hydrological features and plankton characteristics of the environment. Processal of experimental marine Biology and Ecology, vol. 4 : pp. 287-306.
- LE FEVRE J., COCHARD J.C., GRALL J.R., 1977, Hydrologie et plancton in : Etude écologique d'avant-projet sur le site d'Erdeven (Morbihan), rapport préparé pour EDF par le CNEXO et l'UBO : pp. 149-323.
- LE FEVRE J., 1979, in : complément d'étude écologique d'avant-projet sur les sites de Ploumoguer et Plogoff (Finistère) : pp. 13-14 du rapport : Le milieu pélagique - rapport de l'Université de Bretagne Occidentale et Centre National pour l'Exploitation des Océans par QUINIOU F., LE FEVRE J. et RYCKAERT M., 1979 : 96 p.
- LE FEVRE-LEHOERFF G., 1976, Cladocères, Copépodes, Mysidacés, Appendiculaires, cycle du zooplancton 2ème cycle, CNEXO/Institut de Biologie Marine de Wimereux/EDF : pp. 142-186.
- LE FEVRE-LEHOERFF G., 1977, Cladocères, Copépodes, Mysidacés, Appendiculaires, cycle du zooplancton 2ème cycle, CNEXO/Institut de Biologie Marine de Wimereux/EDF : pp. 109-142.
- LE FEVRE-LEHOERFF G., LUNVEN M., 1981, Zooplancton. Etude de surveillance écologique - 1er cycle - site de Gravelines : pp. 47-66.
- LE FEVRE-LEHOERFF G., QUINTIN J.Y., 1981, Etude comparative de la sensibilité de différentes espèces de Copépodes aux variations de la température en Manche. Relations entre la taille des individus et les facteurs du milieu. 2ème journée de la thermoécologie - Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes à Nantes, 14-15 novembre 1979 : pp. 71-88.

CHAPITRE V

E C O M I C R O B I O L O G I E

par

R. DELESMONT et J.M. DELATTRE

avec la collaboration technique de E. LEPERCQ et J.P. JOSPIN

sous la direction scientifique de Monsieur le Professeur H. LECLERC

INTRODUCTION

Tous les prélèvements hebdomadaires prévus au point Digue ont été réalisés ainsi que les huit prélèvements au point Médian de la radiale.

I. MATERIEL ET METHODES

1) Paramètres mesurés

- Dénombrement des germes totaux en épifluorescence.
- Dénombrement des germes aérobies viables sur gélose 2216 E de ZoBell.
- Recherche des vibrions halophiles et identification.
- Dénombrement des Escherichia coli en milieu liquide.
- Mesure du potentiel hétérotrophe (fractions assimilée et respirée).
- Dosage du chlore (DPD)
- Dosage des haloformes volatils (8 molécules) par chromatographie en phase gazeuse .

2) Epifluorescence

Des essais ont été conduits durant toute l'année 1980 sur le dénombrement en eau de mer des germes totaux en épifluorescence. Les comptages ont été effectués sur deux types de membranes:

- Millipore type HA noire 0,45 μm .
- Nucléopore en polycarbonate 0,2 μm teintée au laboratoire avec de l'Irgalan Black.

Le choix de membranes pour le dénombrement en épifluorescence était porté en 1976 sur les membranes Millipore noires car, à l'époque, le procédé de teinture des membranes Nucléopore n'était pas connu.

Un changement de type de membrane ne pouvait intervenir qu'après des essais permettant de s'assurer de l'intérêt du changement et de la compatibilité avec les informations acquises précédemment.

Les résultats des dénombrements au point digue en 1980 sont portés sur la figure N°8

On remarque que les comptages obtenus sur membrane Nucléopore sont régulièrement plus élevés.

Nombre sur Millipore

$$\frac{\text{Nombre sur Millipore}}{\text{Nombre sur Nucléopore}} = 0.503 \pm 0.109 \text{ (69 valeurs)}$$

Nombre sur Nucléopore

D'autre part le comptage sur les membranes Nucléopore est plus aisé car ce sont des membranes planes à la différence des membranes Millipore composées d'un feutrage de fibres.

Cette facilité accrue de comptage se traduit par des résultats plus fiables en nombre total, les pourcentages de germes à fluorescence verte n'étant pas modifiés par le changement de membranes.

Dans l'avenir, nous allons donc abandonner les membranes Millipore pour les Nucléopore permettant de compter le maximum de germes.

La comparaison avec les années précédentes pourra toujours se faire en doublant les nombres précédemment obtenus sur membranes Millipore.

II) RESULTATS

1) POINT DIGUE

Les résultats des mesures hebdomadaires sont portés dans le tableau N°1 et représentés sur les figures N°1 à N°7

Pour permettre la comparaison avec les résultats enregistrés les années précédentes, les valeurs des mesures effectuées de 1976 à 1979 sont figurées sous la forme d'une courbe moyenne par paramètre.

a) Germes totaux en épifluorescence

Les nombres totaux et l'amplitude de leurs variations sont comparables à ceux enregistrés précédemment.

Moyenne:

$$\begin{aligned} & 1.15 \cdot 10^6 \text{ / ml pour la période d'étude (1979-80)} \\ & 1.08 \cdot 10^6 \text{ / ml en 1976-77} \\ & 9.80 \cdot 10^5 \text{ / ml en 1978-79} \end{aligned}$$

Minimum: $1.7 \cdot 10^5$ / ml ($1.5 \cdot 10^5$ en 1978)
 Maximum: $4.6 \cdot 10^6$ / ml ($5.7 \cdot 10^6$ en 1978)

On peut cependant noter, à partir de Juin 80, une baisse du nombre total de germes qui n'avait pas été observée à cette époque les années précédentes.

Le bloom d'Octobre 76 n'a pas été retrouvé en 79 ni en 80.

Il n'a pas été figuré sur la courbe moyenne de la figure N°2

La proportion de germes à fluorescence rouge est toujours très constante et faible (9%) comme les années précédentes.

b) Germes aérobies viables

Les nombres observés sur gélose de ZoBell sont, jusqu'en Mai 80, comparables à ceux observés précédemment. Une baisse du nombre de germes viables s'est produite ensuite, baisse qui se répercute sur les valeurs moyennes:

période d'étude 79-80: $5.8 \cdot 10^3$ /ml
 (68 semaines dont un tiers avec chloration)

période d'étude 78-79: $1.6 \cdot 10^4$ /ml

période d'étude 76-77: $2.2 \cdot 10^4$ /ml

Cette diminution du nombre de germes viables coïncide à peu près avec celle du nombre total de germes. Elle est cependant plus importante car on note également une diminution significative ($p < 0.05$) de la proportion de germes viables par rapport à la flore totale.

Moyennes:

79-80: $1.06\% \pm 1.24\%$

78-79: $3.53\% \pm 4.76\%$

76-77: 3.5%

c) Vibrions halophiles

Les souches de vibrions isolées présentent toutes les caractères de Vibrio alginolyticus.

La très forte corrélation avec la température notée les années précédentes s'est confirmée en 79-80 cependant:

- Les maxima enregistrés en 80 sont plus élevés qu'en 76-79 (10^4 / L contre 10^3 / L)
- La disparition des vibrions avec le refroidissement hivernal de l'eau ne se produit pas.

Au Cap Gris-Nez, site rocheux riche en laminaires, le cycle annuel des vibrions est de plus forte amplitude qu'à Gravelines (10^6 / L). Cependant ces germes disparaissent (< 1 / L) en hiver.

d) Escherichia coli

La pollution en Escherichia coli est faible, tout à fait comparable avec celle enregistrée en 78-79.

- 75% des résultats sont inférieurs à 100 E.coli/ 100ml.
- Maximum atteint: 1100 E.coli/ 100ml.

En utilisant les critères d'appréciation des eaux de baignade en mer, l'eau du point Digue serait considérée comme satisfaisante.

e) Potentiel hétérotrophe

Comme lors de la période précédente, environ 25% des mesures ont une cinétique qui ne correspond pas à celle de Michaëlis du type à saturation (coefficient de corrélation inférieur à 0.81). L'ordre de grandeur de la vitesse maximale d'absorption du glucose est semblable à celui des années précédentes (en moyenne $V_m = 0.20 \pm 0.22 \mu\text{g}/\text{l.h}$) .

On n'observe pas de baisse du potentiel hétérotrophe correspondant à la diminution des nombres de germes durant l'été 80.

La fraction minéralisée varie encore dans de larges proportions (de 15 à 67%) en moyenne: $27.9 \% \pm 8.8 \%$.

Cependant le 08 Aout 1980, la production bactérienne hétérotrophe est annulée, probablement à cause de traces d'oxydant résiduel.

f) Chlore et haloformes volatils

Les dosages hebdomadaires de chlore se sont tous avérés négatifs, à l'exception du 08 Aout 1980 où des traces d'oxydant résiduel ont été relevées (0.015 mg/l soit le seuil de détection).

En dehors de la période de chloration de la Centrale, la pollution par les haloformes volatils du point Digue est toujours inexistante aux seuils de mesure donnés au tableau N°3.

Pendant la période chaude de Juin à Octobre 1980, du bromoforme a été seul, mais régulièrement, mis en évidence en faible quantité (0.5 à 7.5 µg/l).

Le bromoforme est l'haloforme volatil qui se forme de façon prépondérante lors de la chloration de l'eau de mer; il n'avait jamais été observé sur le site de Gravelines dans les dosages effectués antérieurement.

2) Point médian

Le point Médian de la radiale CNEXO est suivi avec une périodicité plus faible (6 prélèvements annuels).

Ce point est toujours comparable au point Digue avec les mêmes remarques que les années précédentes:

- Nombre de germes en épifluorescence plus faible en moyenne (87% du point Digue)
- Nombre de germes viables plus faible également (75%)
- Pollution en Escherichia coli plus faible également (en moyenne 24.5 ± 19.2 E.coli/ 100ml)

III) CONCLUSION

En 1980, des modifications sont apparues sur la plupart des paramètres bactériologiques et chimiques suivis dans cette étude. Ces modifications ne sont actuellement que des tendances dont on ne sait avec certitude (à l'exception des haloformes) si elles sont dues à la mise en fonctionnement d'une partie de la Centrale ou à des raisons climatiques et hydrologiques.

L'année 1981 devrait permettre, avec la poursuite de mise en service de la Centrale de Gravelines, de préciser l'origine des modifications entrevues et leur amplitude .

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

date	T°	COEFF MAREE	NB TOTAL FLUO/ML	% VERTS	NB TOTAL ZoBell/ML	NB COLI /100ML	NB VIBRIONS /L	COEFF CORRELATION	% RESP	V _M ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	B ₀ heure
1979											
27/08	16°5	77	2.1 10 ⁶	92	8.3 10 ³	4.3	10 ³	—	—	—	—
05/09	16°8	88	2.4 10 ⁶	92	6.2 10 ³	46	10	0.58	29	0.180	190
10/09	17°5	100	2.8 10 ⁶	92	7.1 10 ³	2.3	1	0.93	31	0.100	50
21/09	17°	84	3.0 10 ⁶	92	7.0 10 ³	15	1	0.94	20	0.100	70
24/09	16°	87	3.1 10 ⁶	93	6.2 10 ³	24	1	0.95	17	0.090	90
04/10	14°5	90	2.2 10 ⁶	90	3.4 10 ³	24	<1	0.94	25	0.210	486
10/10	16°2	83	1.6 10 ⁶	92	5.6 10 ³	110	<1	0.85	20	0.077	186
19/10	15°	75	1.5 10 ⁶	92	7.4 10 ³	9.3	1	0.77	34	0.281	83
25/10	13°	80	1.7 10 ⁶	92	6.8 10 ³	24	10	0.86	22	0.100	106
02/11	12°5	89	1.4 10 ⁶	91	1.7 10 ⁴	46	<1	—	—	—	—
07/11	12°	96	1.4 10 ⁶	90	5.1 10 ⁴	46	10 ²	0.97	35	0.170	109
15/11	9°5	50	1.7 10 ⁶	90	6.6 10 ⁴	110	10 ²	0.99	39	0.840	62
22/11	9°	89	1.2 10 ⁶	93	1.9 10 ⁴	24	10	0.92	32	0.105	109
30/11	8°5	71	6.3 10 ⁵	90	2.3 10 ⁴	24	10	0.99	29	0.230	40
07/12	10°	80	8.2 10 ⁵	90	1.4 10 ⁴	24	1	0.90	26	0.240	112
17/12	9°4	70	7.8 10 ⁵	90	1.8 10 ⁴	24	1	0.87	35	0.074	285
20/12	9°5	83	5.4 10 ⁵	90	1.5 10 ⁴	46	11	0.90	31	0.057	140
28/12	7°	60	7.4 10 ⁵	89	6.0 10 ³	110	10	0.73	29	0.268	106

Tableau V.1 (suite)

DATE	T°	COEFF MAREE	NB TOTAL FLUO/ML	% VERTS	NB TOTAL ZoBell/ML	NB COLI /100ML	NB VIBRIONS /L	COEFF CORRELATION	% RESP	V_M ($\mu\text{g. l}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	B_0 heure
1980											
02/01	6°5	85	$4.5 \cdot 10^5$	91	$1.7 \cdot 10^4$	110	1	0.75	30	0.038	175
10/01	6°5	46	$2.5 \cdot 10^5$	90	$6.6 \cdot 10^3$	24	11	0.95	32	0.038	219
17/01	4°5	84	$2.6 \cdot 10^5$	92	$8.7 \cdot 10^3$	110	<1	—	—	—	—
23/01	4°5	82	$5.7 \cdot 10^5$	90	$1.1 \cdot 10^4$	460	10	0.91	42	0.070	238
29/01	4°5	63	$1.7 \cdot 10^5$	90	$7.5 \cdot 10^3$	110	1	0.98	30	0.016	477
07/02	6°5	63	$3.1 \cdot 10^5$	95	$1.0 \cdot 10^4$	150	1	0.99	38	0.057	143
14/02	6°5	68	$3.5 \cdot 10^5$	91	$1.5 \cdot 10^4$	4.3	1	0.98	25	0.017	130
21/02	7°	96	$3.9 \cdot 10^5$	93	$1.1 \cdot 10^4$	21	<1	0.86	16	0.025	226
26/02	6°	46	$5.1 \cdot 10^5$	93	$1.5 \cdot 10^4$	240	<1	0.98	18	0.029	239
04/03	7°	87	$8.0 \cdot 10^5$	93	$9.5 \cdot 10^3$	39	<1	0.99	28	0.021	288
14/03	6°8	67	$1.3 \cdot 10^6$	93	$1.0 \cdot 10^4$	240	1	0.99	28	0.076	185
20/03	5°5	105	$1.2 \cdot 10^6$	91	$1.4 \cdot 10^4$	110	1	0.94	38	0.052	134
27/03	8°	49	$1.2 \cdot 10^6$	91	$1.1 \cdot 10^4$	12	<1	0.96	34	0.103	42
03/04	8°2	86	$1.1 \cdot 10^6$	91	$6.1 \cdot 10^3$	24	1	0.79	27	0.065	110
11/04	8°5	54	$1.9 \cdot 10^6$	93	—	1.5	1	0.94	32	0.100	46
16/04	10°5	114	$1.4 \cdot 10^6$	91	$1.0 \cdot 10^4$	9.3	1	0.86	31	0.058	94
24/04	9°5	40	$1.4 \cdot 10^6$	93	$1.0 \cdot 10^4$	1.5	1	0.99	29	0.110	33
02/05	11°	86	$1.5 \cdot 10^6$	92	$1.7 \cdot 10^4$	24	1	0.51	32	0.264	60
06/05	10°	60	$1.8 \cdot 10^6$	93	$3.4 \cdot 10^4$	24	1	0.99	34	0.131	34
23/05	12°4	41	$4.3 \cdot 10^6$	91	$1.3 \cdot 10^4$	0.3	1	0.73	11	(2.414)	14
28/05	14°5	73	$4.6 \cdot 10^6$	93	$1.6 \cdot 10^4$	9.3	1	0.91	26	0.312	17

Tableau V.1 (suite)

DATE	T°	COEFF MAREE	NB TOTAL FLUO/ML	% VERTS	NB TOTAL zoBell/ML	NB COLI /100ML	NB VIBRIONS /L	COEFF CORRELATION	% RESP	V _M ($\mu\text{g. l}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	B ₀ heure
1980											
04/06	15°	68	3.2 10 ⁶	92	1.5 10 ⁴	9.3	10	—	36	(0.949)	23
13/06	16°	94	3.3 10 ⁶	90	5.3 10 ³	< 3	10	0.99	21	0.418	16
18/06	17°	62	2.2 10 ⁶	91	1.0 10 ⁴	240	100	0.60	15	0.679	18
25/06	15°2	58	2.9 10 ⁶	92	5.5 10 ³	240	10	0.92	34	0.923	9
04/07	17°5	73	1.5 10 ⁶	91	2.8 10 ³	1.5	10	0.46	25	0.475	110
08/07	17°	64	1.3 10 ⁶	66	2.5 10 ³	2.3	100	0.94	26	0.461	55
17/07	16°	69	1.3 10 ⁶	86	1.5 10 ³	240	100	0.93	24	0.431	38
24/07	17°	51	1.2 10 ⁶	90	1.2 10 ³	150	100	0.60	29	0.256	160
29/07	18°6	96	1.2 10 ⁶	92	1.8 10 ³	9.3	100	0.84	20	0.39	105
08/08	18°	66	1.2 10 ⁶	94		2.3	100	0	(47)	0	(2100)
12/08	18°	84	1.9 10 ⁶	91	5.0 10 ³	29	100	0.92	23	0.562	20
21/08	17°5	45	1.4 10 ⁶	92	9.0 10 ²	2.3	10 ³	0.94	20	0.192	18
27/08	18°8	108	1.1 10 ⁶	94	9.0 10 ²	4.3	10 ³	0.98	25	0.124	46
05/09	17°4	51	1.0 10 ⁶	90	4.0 10 ³	24	10 ⁴	0.84	20	0.100	169
11/09	17°2	88	1.7 10 ⁶	90	7.8 10 ³	1100	10 ⁴	0.90	20	0.100	159
19/09	17°8	37	1.4 10 ⁶	94	2.0 10 ³	15	10 ²	—	—	—	—
24/09	19°2	104	1.5 10 ⁶	92	3.8 10 ³	46	10 ⁴	0.98	67	0.090	112
03/10	16°	42	1.3 10 ⁶	93		< 0.3	10 ²	0.62	40	0.010	(230)
10/10	15°	88	1.1 10 ⁶	91	1.7 10 ³	15	10	0.73	27	0.060	244
14/10	14°5	68	1.4 10 ⁶	91	3.6 10 ²	4.3	10	0.98	15	0.040	388
21/10	13°	74	1.1 10 ⁶	90	1.9 10 ³	12	10 ³	0.69	13	0.090	186
27/10	14°5	110	1.6 10 ⁶	90	2.4 10 ²	460	10 ³	0.87	27	0.48	40

Tableau V.1 (suite)

DATE	T°	COEFF MAREE	NB TOTAL FLUO/ml	%VERTS	NB TOTAL ZoBell/ml	NB COLI /100ml	NB VIBRIONS /L	COEFF CORRELATION	% RESP	V _M (µg.L ⁻¹ .h ⁻¹)	B ₀ HEURE
1980											
05/11	8°	70	6.6 10 ⁵	92	5.1 10 ³	240	10 ²	0.98	24	0.230	45
13/11	7°8	63	4.7 10 ⁵	90	4.1 10 ³	24	10 ²	0.96	21	0.030	402
19/11	10°8	73	1.0 10 ⁶	93	3.3 10 ³	110	10 ²	0.83	27	0.160	84
24/11	11°5	104	5.0 10 ⁵	90	7.8 10 ²	15	10 ²	0.88	27	0.090	869
05/12	6°5	68	7.5 10 ⁵	90	2.5 10 ³	240	10 ²	0.98	22	0.100	48
11/12	6°5	77	1.7 10 ⁶	90	8.4 10 ²	210	10 ²	0.98	37	0.170	110
19/12	8°5	79	8.0 10 ⁵	90	2.1 10 ³	24	1 ²	0.41	(24)	(0.280)	(193)
23/12	9°5	97	7.0 10 ⁵	90	4.0 10 ³	240	10 ²	0.94	39	0.440	78
1981											
02/01	8°	50	8.6 10 ⁵	90	3.9 10 ³	110	10	0.99	29	0.140	122

Tableau V.2 : RESULTATS DES MESURES AU POINT MEDIAN

DATE	T°	COEFF MAREE	NB TOTAL FLUO/ml	% VERTS	NB TOTAL ZoBell/ml	NB COLI /100ml	NB VIBRIONS /L	COEFF CORRELATION	% RESP	V _M ($\mu\text{g.l}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	B ₀ HEURE
1979											
22/11	9°	89	$8.1 \cdot 10^5$	92	$2.5 \cdot 10^4$	15	10	0.99	29	0.830	177
1980											
17/01	4°5	84	$2.6 \cdot 10^5$	91	$1.2 \cdot 10^4$	46	<1	0.93	29	0.029	326
27/03	8°	49	$7.7 \cdot 10^5$	86	$4.4 \cdot 10^3$	46	<1	0.98	40	0.117	27
28/05	14°5	73	$3.9 \cdot 10^6$	91	$1.0 \cdot 10^3$	1.5	<1	0.96	35	(5.64)	10
24/07	17°	51	$8.6 \cdot 10^5$	90	$4.2 \cdot 10^2$	2.3	<10	0.94	27	0.119	82
11/08	17°5	83	$1.8 \cdot 10^5$	92	$4.2 \cdot 10^3$	24	100	0.70	28	0.120	129
21/10	12°2	74	$9.0 \cdot 10^5$	93	$6.8 \cdot 10^2$	15	10	0.80	14	0.230	114
1981											
08/01	6°5	87	$1.1 \cdot 10^6$	91	$3.8 \cdot 10^3$	46	10	0.97	24	0.060	181

Fig. V.1 : TEMPERATURE DE L'EAU DE MER

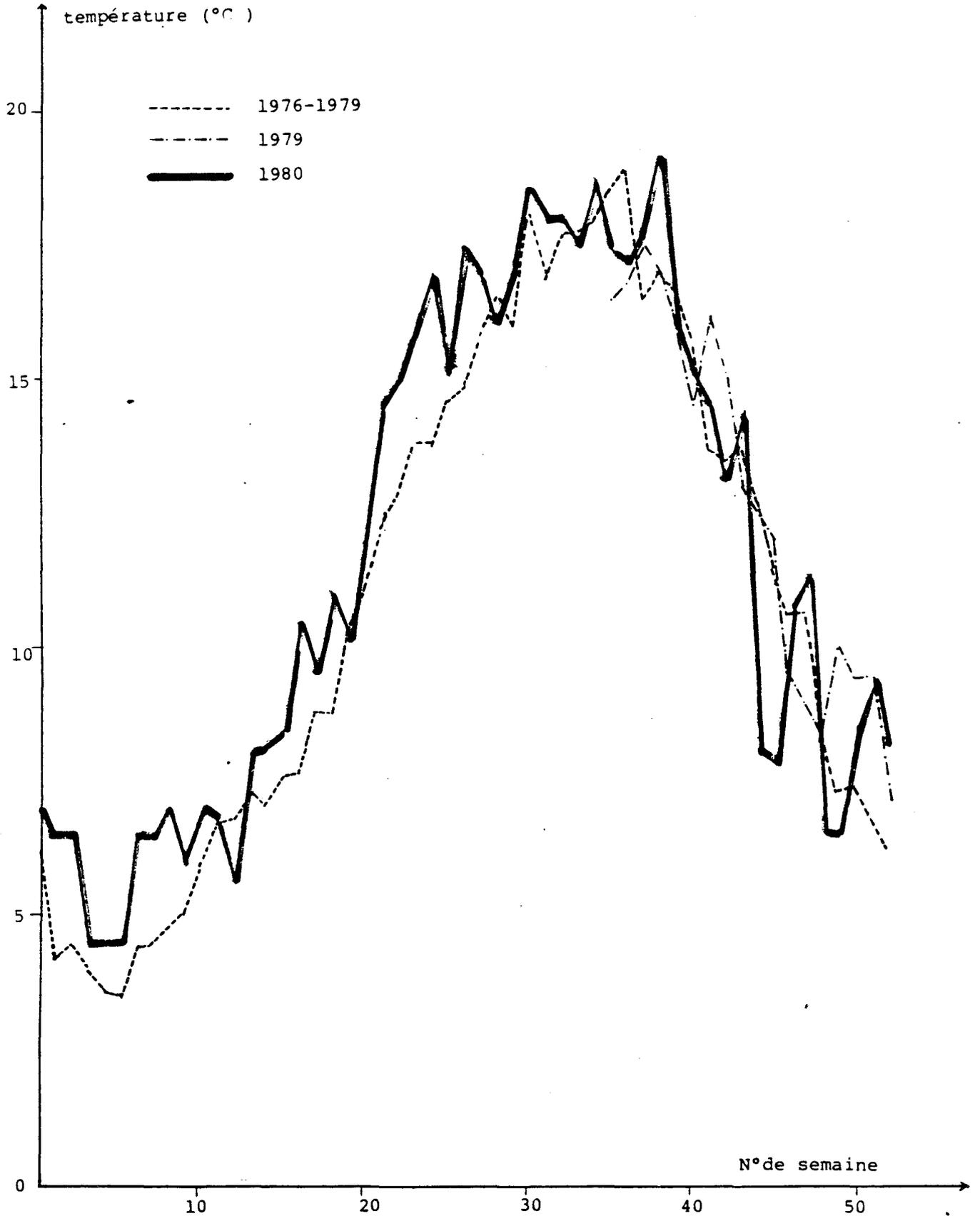


Tableau V.3 : DOSAGE DES HALOFORMES VOLATILS AU POINT DIGUE

DATE	$\text{CCl}_2 = \text{CH}_2$	CHCl_3	CCl_4	CHCl_2Br	CHClBr_2	$\text{CCl}_2 = \text{CHCl}$	$\text{CCl}_2 = \text{CCl}_2$	CHBr_3
12/09/79	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.2	< 0.2	< 0.5	< 0.05	< 0.5
02/11/79	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.2	< 0.2	< 0.5	< 0.05	< 0.5
22/11/79	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.2	< 0.2	< 0.5	< 0.05	< 0.5
20/12/79	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.2	< 0.2	< 0.5	< 0.05	< 0.5
14/01/80	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.2	< 0.2	< 0.5	< 0.05	< 0.5
07/02/80	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.2	< 0.2	< 0.5	< 0.05	< 0.5
14/03/80	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.2	< 0.2	< 0.5	< 0.05	< 0.5
03/04/80	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.2	< 0.2	< 0.5	< 0.05	< 0.5
06/05/80	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.2	< 0.2	< 0.5	< 0.05	< 0.5
25/06/80	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.2	< 0.2	< 0.5	< 0.05	2.5
24/07/80	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.2	< 0.2	< 0.5	< 0.05	1.8
08/08/80	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.2	< 0.2	< 0.5	< 0.05	7.4
19/09/80	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.2	< 0.2	< 0.5	< 0.05	0.5
27/10/80	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.2	< 0.2	< 0.5	< 0.05	1.4
05/11/80	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.2	< 0.2	< 0.5	< 0.05	< 0.5
05/12/80	< 0.5	< 0.2	< 0.01	< 0.2	< 0.2	< 0.5	< 0.05	< 0.5

Fig. V.2 : DENOMBREMENT DES GERMES TOTAUX EN EPIFLUORESCENCE

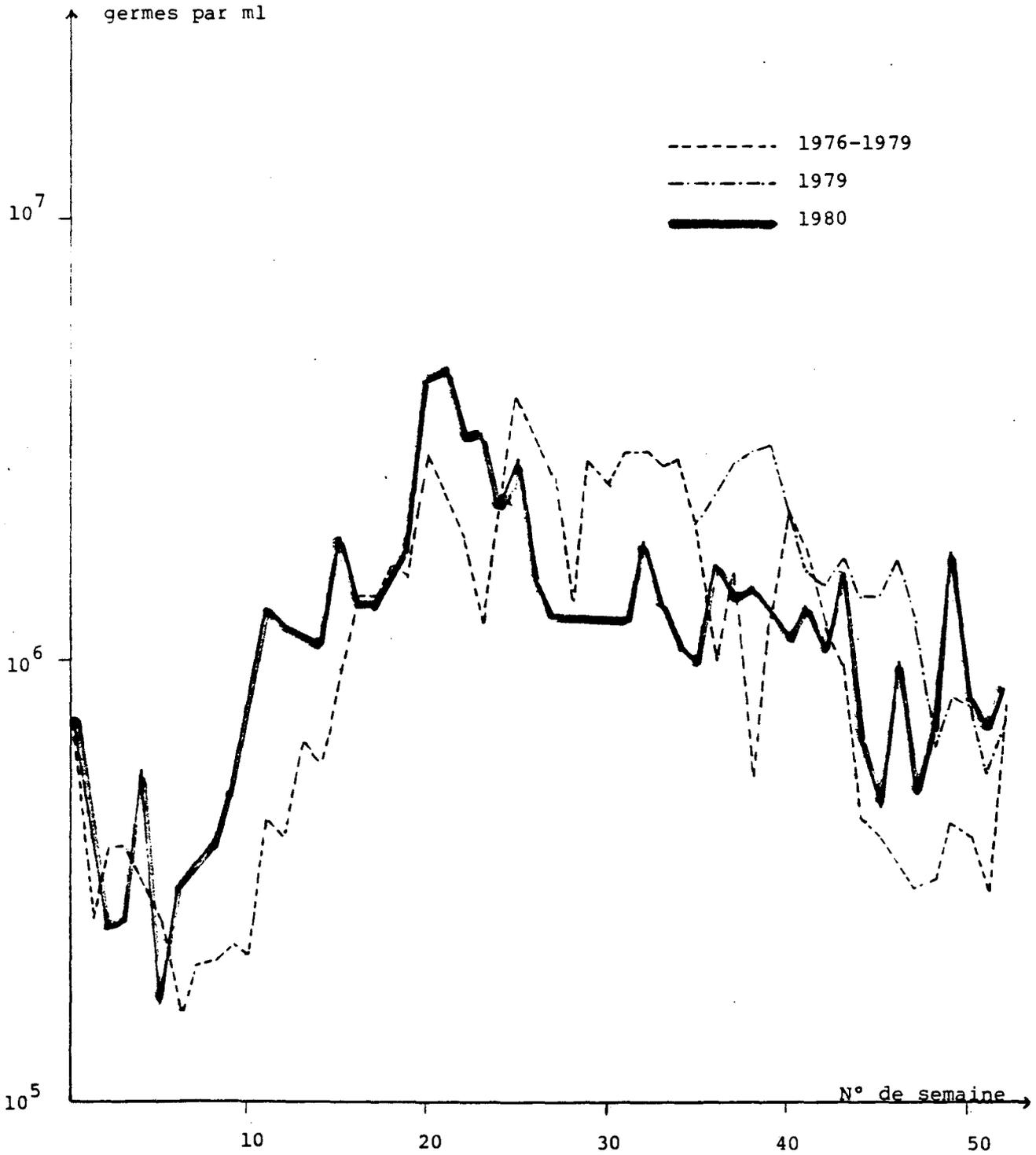


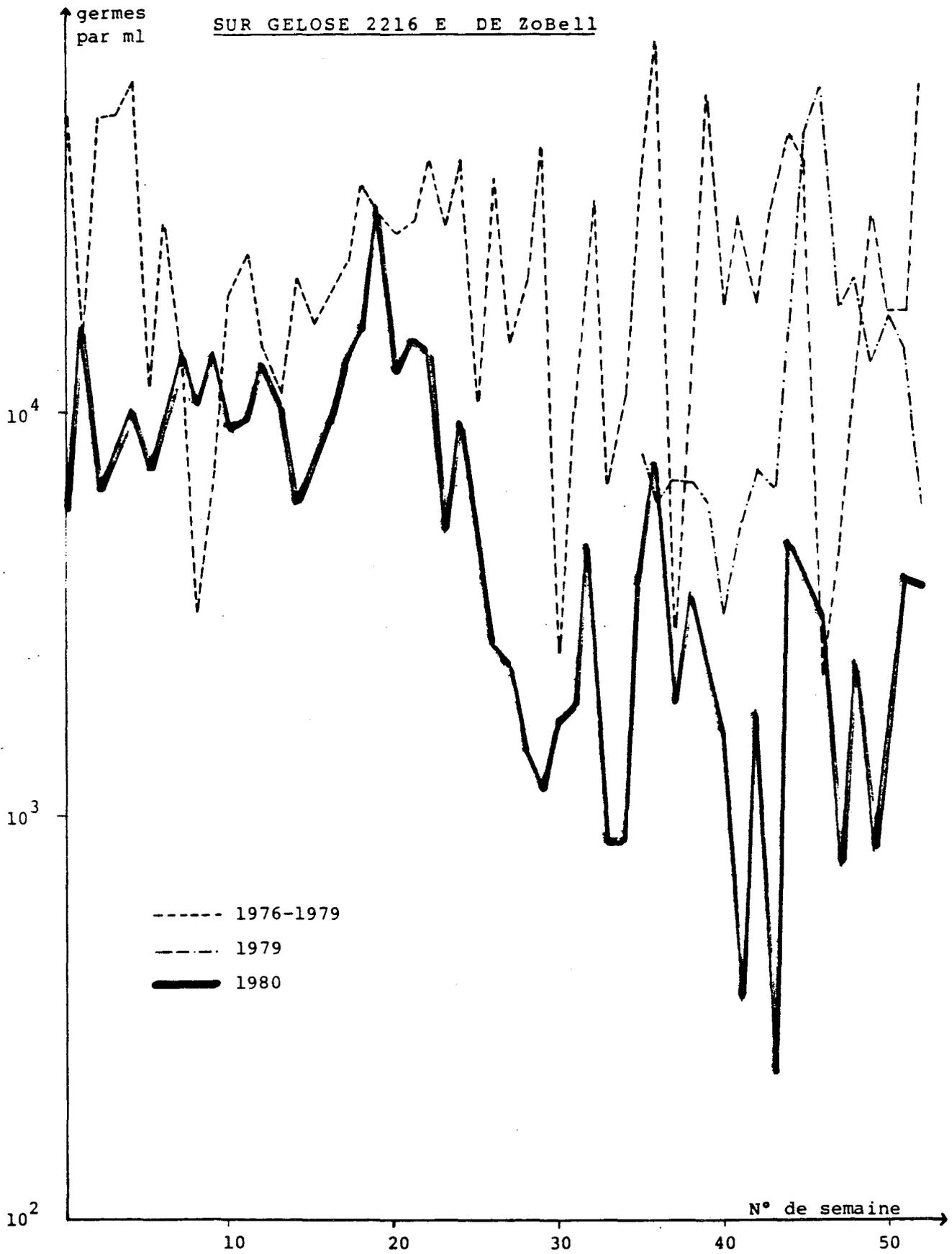
Fig. V.3 : DENOMBREMENT DES GERMES AEROBIES VIABLES

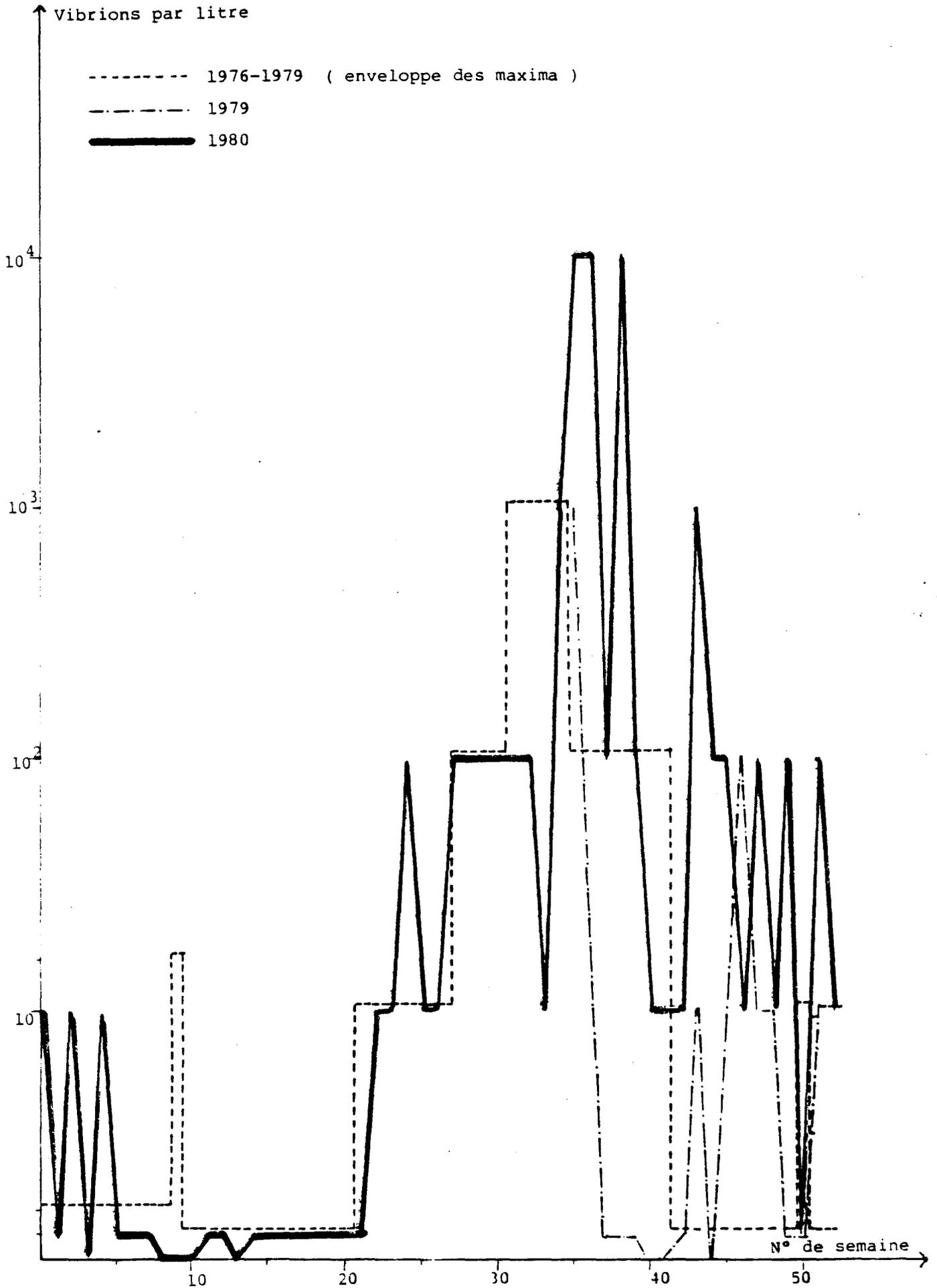
Fig. V.4 : DENOMBREMENT DES VIBRIONS HALOPHILES

Fig. V.5 : DENOMBREMENT DES ESCHERICHIA COLI

* point digue -79.80

■ point digue -78.79

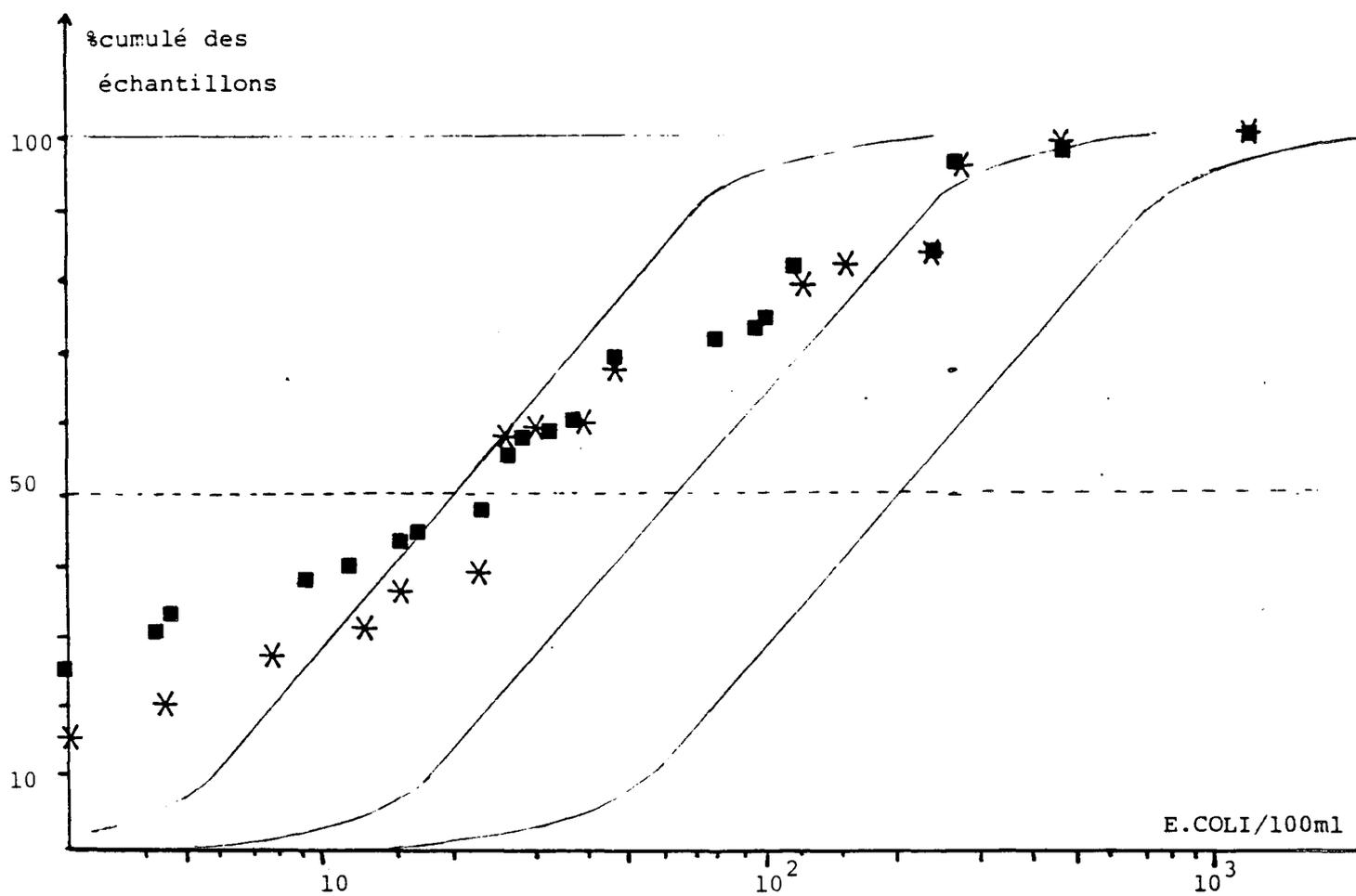


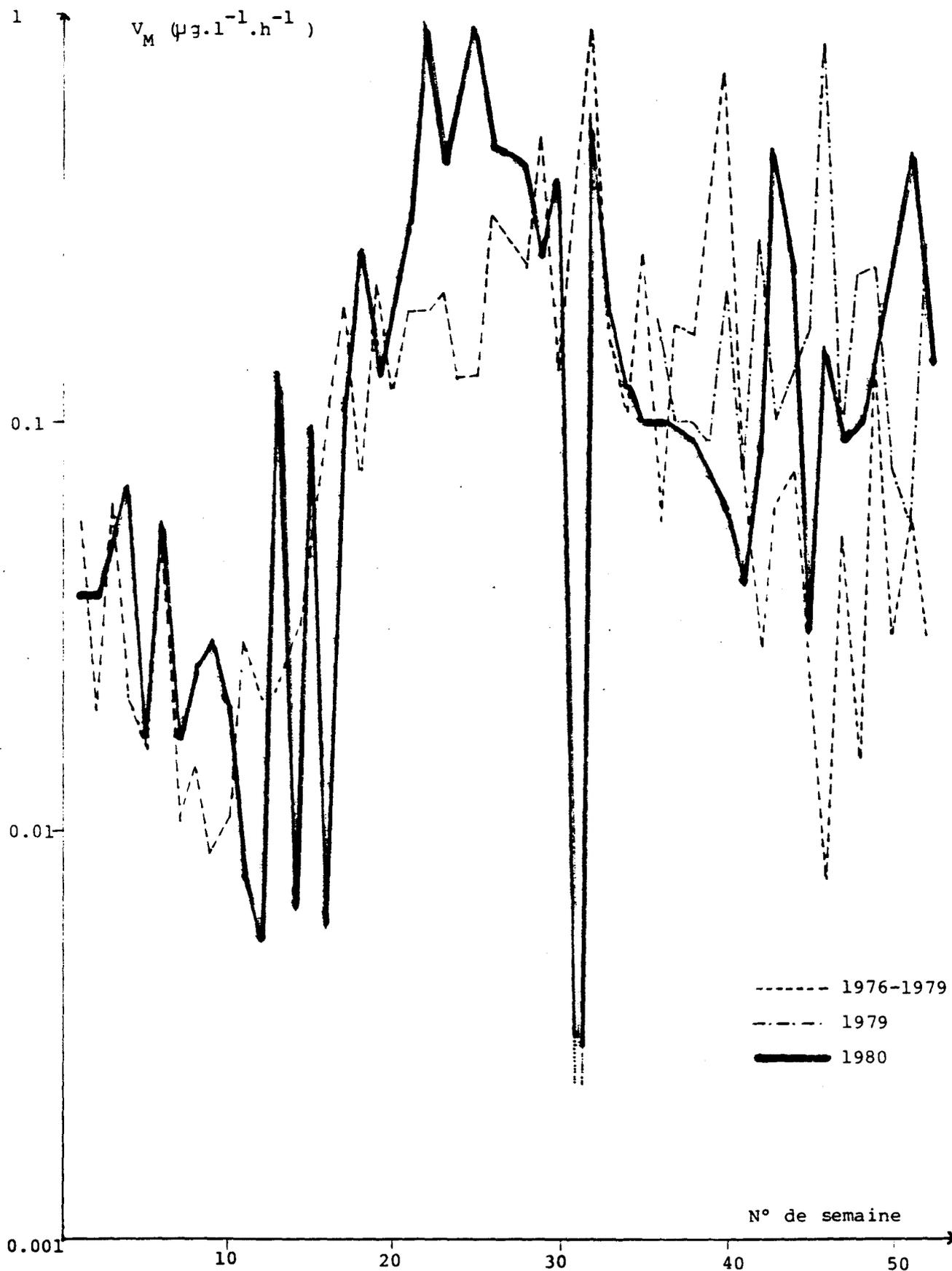
Fig. V.6 : ACTIVITE HETEROTROPHE (V_M)

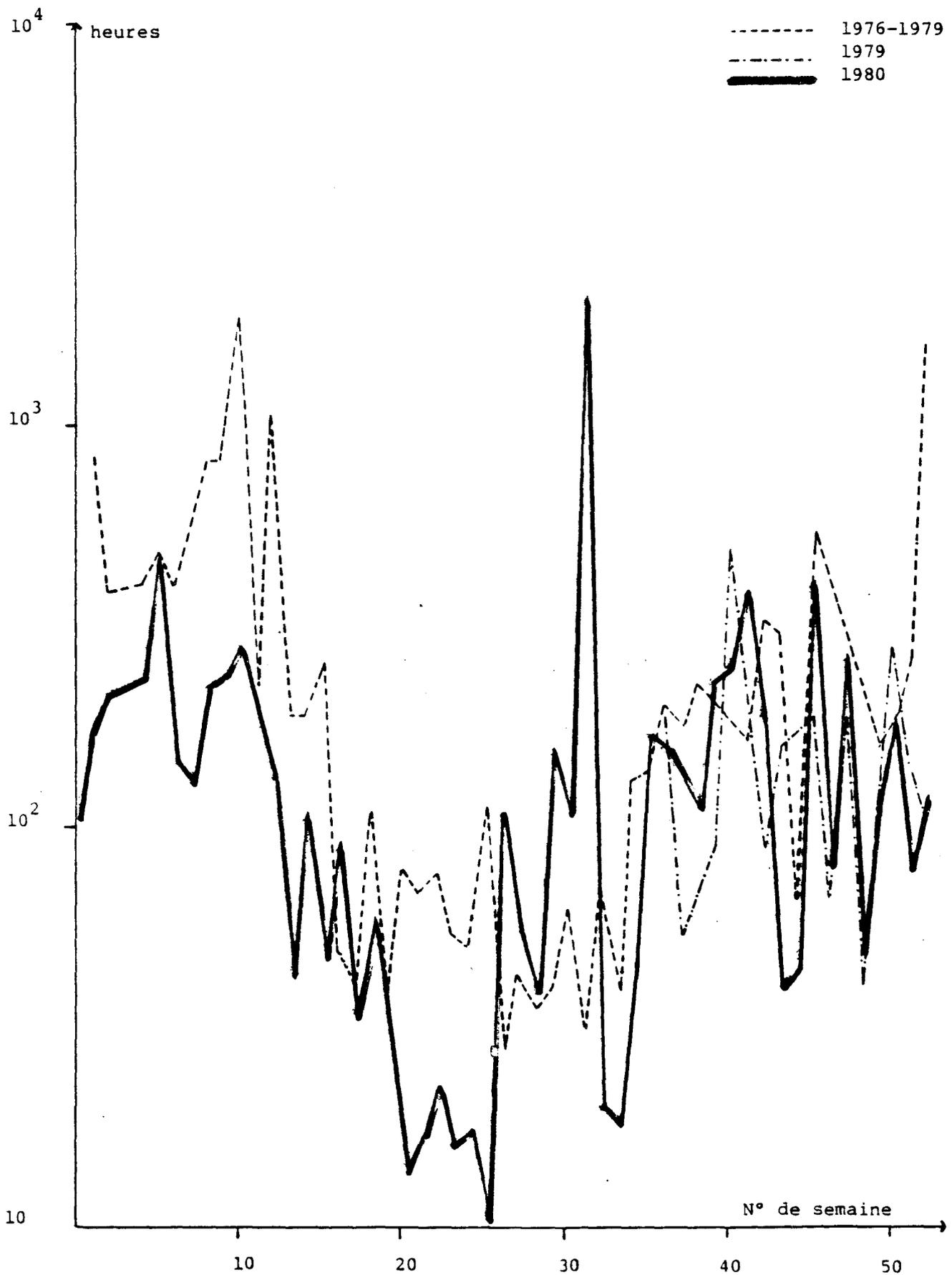
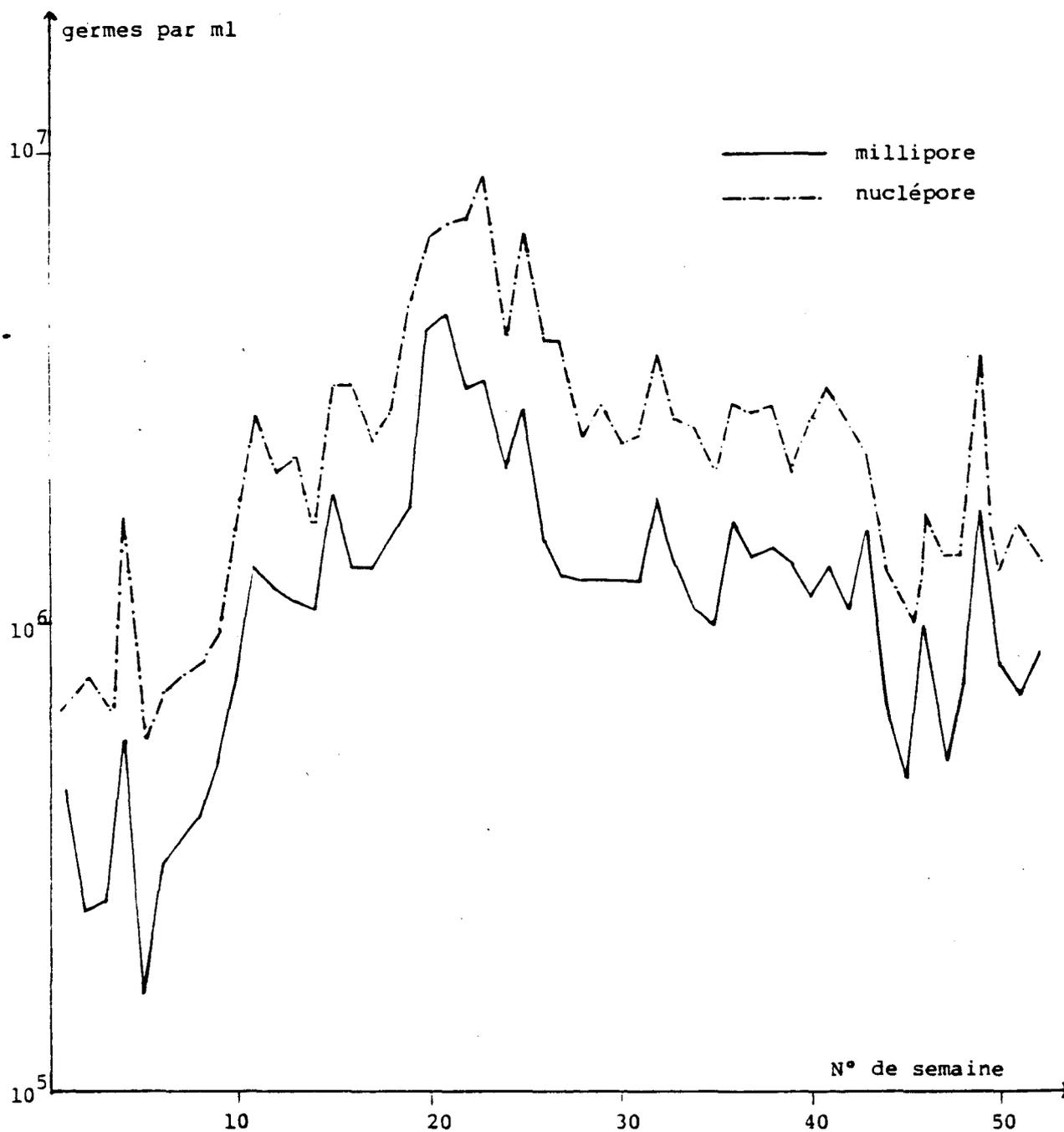
Fig. V.7 : TEMPS DE TURN OVER (Bo)

Fig. V.8 : COMPARAISON MILLIPORE-NUCLEPORE

CHAPITRE VI

LE DOMAINE BENTHIQUE

J. M. DEWARUMÉZ

D. MENU

STATION MARINE DE WIMEREUX

CHAPITRE VI

LE DOMAINE BENTHIQUE

VI - A. LE DOMAINE SUBTIDAL1. Introduction

Depuis 1973, des études bionomiques effectuées sur le benthos subtidal de la région de Gravelines (DEWARUMEZ-GREGOIRE, 1973 ; DEWARUMEZ, 1976 ; SOUPLET, 1978) ont permis de préciser les différentes unités d'affinités spécifiques propres à la région.

Dans la zone étudiée on rencontre 3 peuplements fondamentaux couramment rencontrés en Mer du Nord ou en Manche Orientale

- Le peuplement des sables fins plus ou moins envasés à *Abra alba* (Stations B et C),
- le peuplement des sables moyens propres à *Ophelia borealis* (Station D),
- le peuplement de l'hétérogène envasé (Station A).

Après avoir défini les unités biosédimentaires, nous avons dans une deuxième étape précisé les caractéristiques quantitatives de ces différentes unités (DEWARUMEZ, 1980).

La Station A montre la biomasse la plus importante : plus de 30 g/m².

A la Station B on enregistre une biomasse moyenne de 5 g/m².

A la Station C on a pu mettre en évidence une chute très importante de la biomasse entre 1978 et 1979 (de 2,4 g/m² à 0,5 g/m²).

La biomasse à la Station D est de l'ordre de 2 g/m².

En 1979 on a pu mettre en évidence un recrutement particulièrement importante de *Lanice conchilega* et de *Pectinaria koreni*.

C'est pourquoi nous nous sommes attachés à suivre l'évolution de la population de ces espèces en plus de celles que l'on suit habituellement, c'est-à-dire *Abra alba* et *Tellina fabula*.

2. Méthodologie2.1. Travail à la mer

2.1.1. Calendrier des campagnes.

La campagne du suivi des peuplements a eu lieu le 27.05.80.

Les campagnes de suivi des populations de mollusques et d'annélides ont été effectuées à intervalles réguliers.

2.1.2. Localisation des stations (Fig VI 1)

Les quatre stations échantillonnées lors de l'étude de surveillance 1er cycle ont été conservées. Trois de ces stations sont d'ailleurs prospectées depuis 1976 (A, B et D).

La quatrième (station C) qui se situe au débouché du canal de rejet devrait théoriquement se trouver le plus sous l'influence des effluents de la centrale.

Pour permettre de récolter un nombre suffisant d'individus pour les études des populations de Lamellibranches, des prélèvements complémentaires sont effectués au voisinage de la station B.

2.1.3. Techniques de prélèvements

Tous les prélèvements sont effectués à bord du "Saint-Eloi" chalutier de 12,5 m basé à Grand-Fort-Philippe.

Le repérage des stations est facilité par l'utilisation du "Decca-Navigator" dont la précision est de 50 à 100 m.

Les prélèvements relatifs au suivi des peuplements et des populations animales sont effectués à la benne SMITH-MAC INTYRE. Les prélèvements complémentaires pour l'étude de la population d'*Abra alba* et de *Tellina fabula* sont effectués à l'aide de la drague RALLIER DUBATY modifiée.

2.1.3.1. Prélèvements à la benne SMITH-MAC INTYRE.

Cet engin prélève sur 1/10 m² un volume de 7 à 10 litres de sédiment, en fonction de la nature du substrat.

La profondeur à laquelle s'enfoncent les mâchoires de la benne dépend essentiellement de la consistance et de la texture du sédiment.

La benne est d'autant plus efficace que le substrat est fin et homogène. Les études précédentes (SOUPLET, 1978 ; DEWARUMEZ, 1980) ont prouvé que cinq échantillons étaient suffisants dans deux des peuplements dans la zone étudiée. Le nombre de prélèvements a été fixé à 10*, de manière à échantillonner 1 m². Les échantillons sont tamisés sur des tables de tri à mailles successives de 1 cm et 1 mm. Le tri du refus de tamis supérieur à 1 cm est effectué à bord ; le refus de tamis inférieur à 1 cm est fixé au formol salé neutralisé à 8-10 % pour analyse ultérieure au laboratoire.

* Un onzième prélèvement est effectué aux fins d'analyses granulométriques.

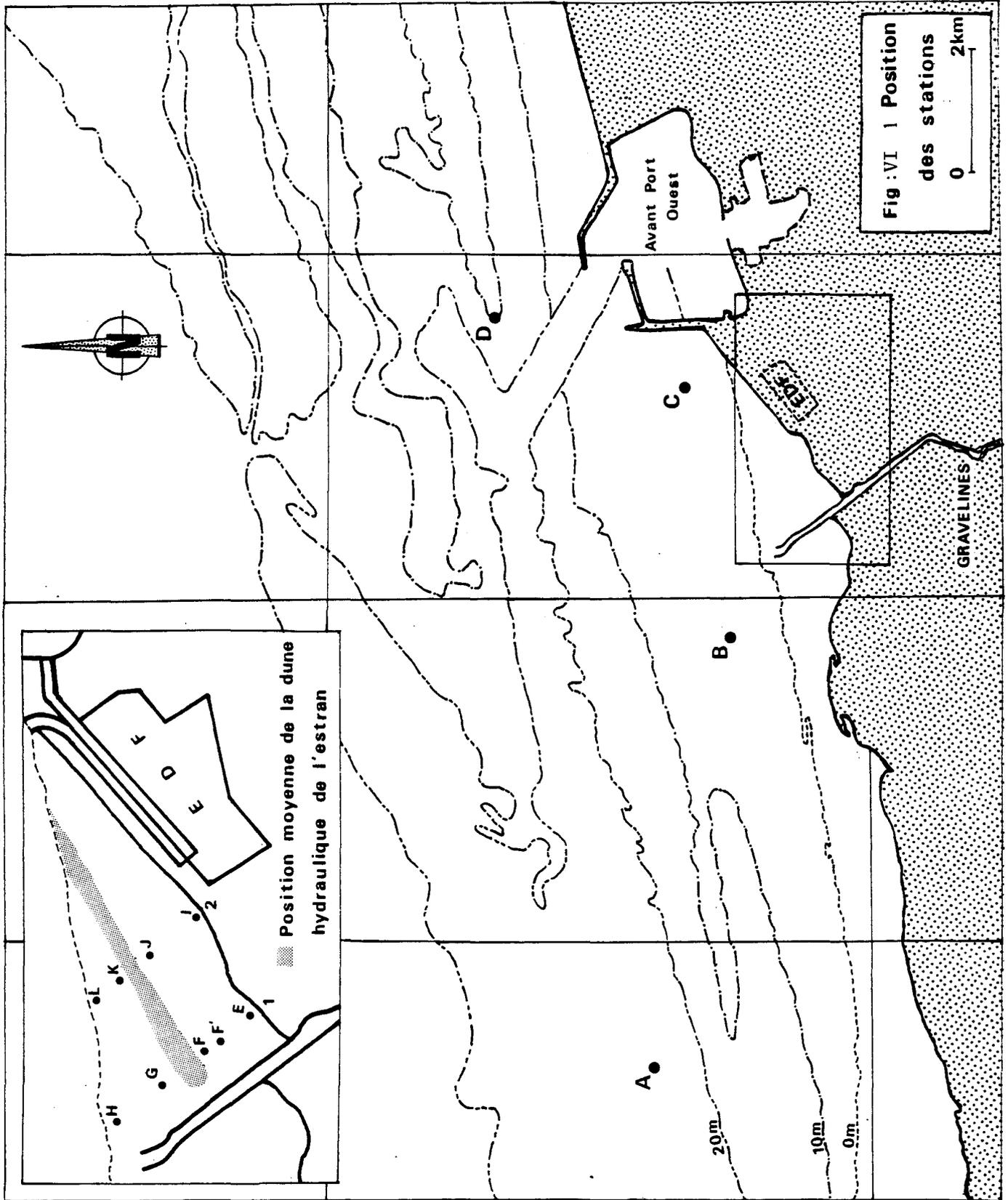


Fig :VI | Position des stations
0 2km

Position moyenne de la dune hydraulique de l'estran

2.1.3.2. Prélèvements à la drague

La drague est traînée sur le fond pendant une durée variable (2 à 5 mn) selon la nature du fond.

La totalité du sédiment remonté est tamisée sur des tables de tri.

Le refus de tamis supérieur à 1 cm (les gros individus d'*Abra alba* et de *Tellina fabula*) est trié à bord. Le refus de tamis inférieur à 1 cm est fixé au formol.

2.2. Travail au laboratoire

La faune est séparée du sédiment par la méthode d'agitation flottaison. Les individus sont ensuite déterminés jusqu'au niveau spécifique dans la mesure du possible.

Nous avons utilisé la nomenclature du catalogue des espèces du BNDO.

Les dix échantillons d'un prélèvement quantitatif sont analysés séparément de manière à mieux appréhender la structure spatiale des différentes unités bionomiques.

Après détermination et comptage, les animaux* sont décalcifiés par un ou plusieurs passages dans des bains d'acide chlorhydrique 1/10e, rincés à l'eau déminéralisée, séchés à l'étude à 110°C pendant un temps standard, variable selon les espèces.

Les animaux sont pesés au 1/10 mg sur une balance SARTORIUS.

3. Résultats des analyses bionomiques

Lors de l'étude de surveillance 1er cycle nous avons mis en évidence à la station C, située au droit du canal de rejet, une modification de la composition faunistique montrant qu'une remise en suspension des particules fines semblait avoir eu lieu provoquant ainsi la disparition d'espèces à éthologie alimentaire du type détritivore (*Tellina fabula* en l'occurrence).

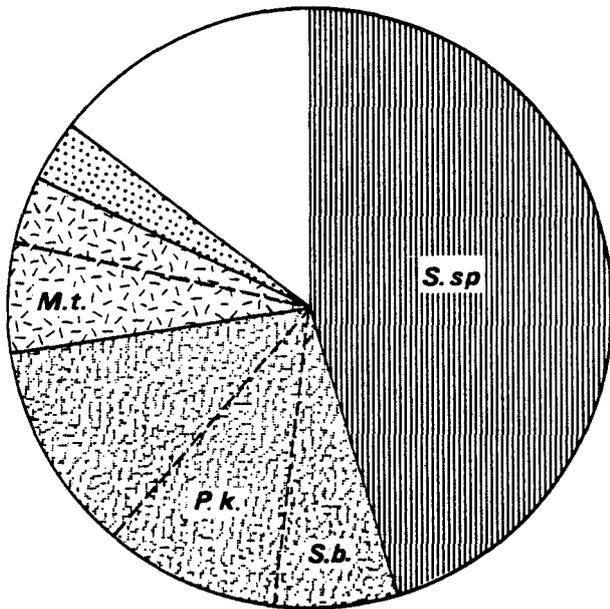
3.1. Station A.

On note une grande stabilité du cortège spécifique du peuplement de l'hétérogène envasé. (tableaux VI 1,2,9, et 10)

Par contre, des résultats relativement différents tant au point de vue densité qu'un niveau de la biomasse ont été enregistrés.

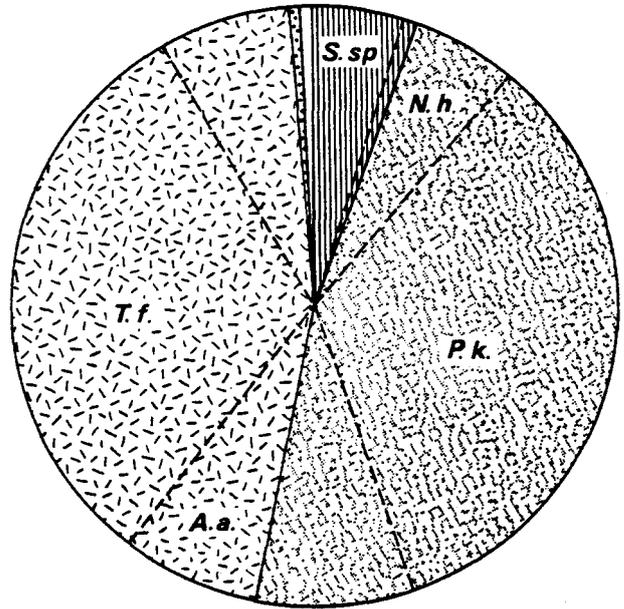
* Toutes les opérations qui suivent sont effectuées espèce par espèce.

Station A



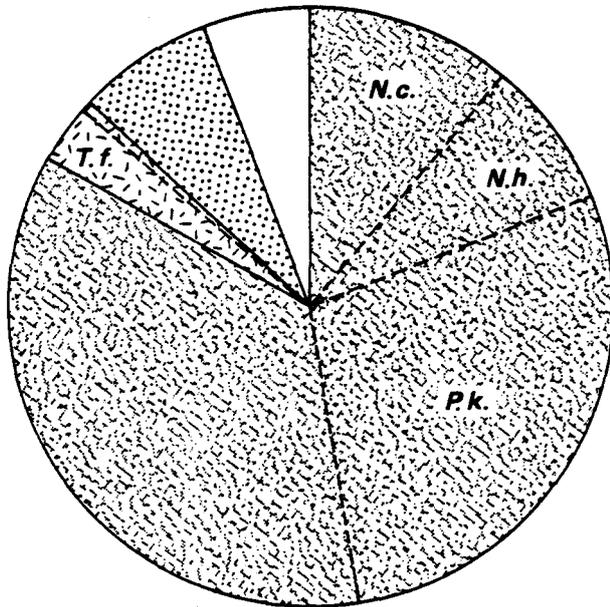
N = 367 ind./m²

Station B



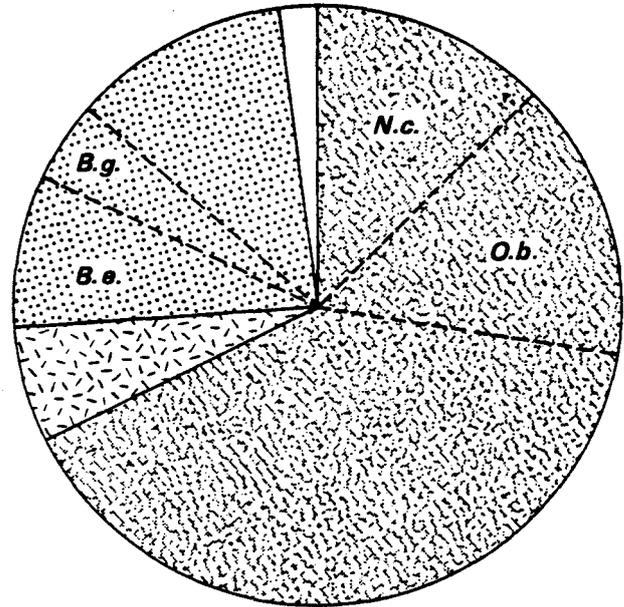
N = 1049 ind./m²

Station C



N = 289 ind./m²

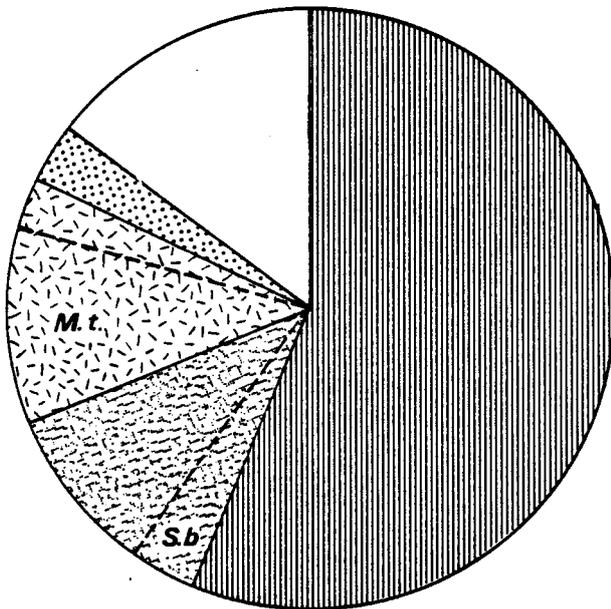
Station D



N = 397 ind./m²

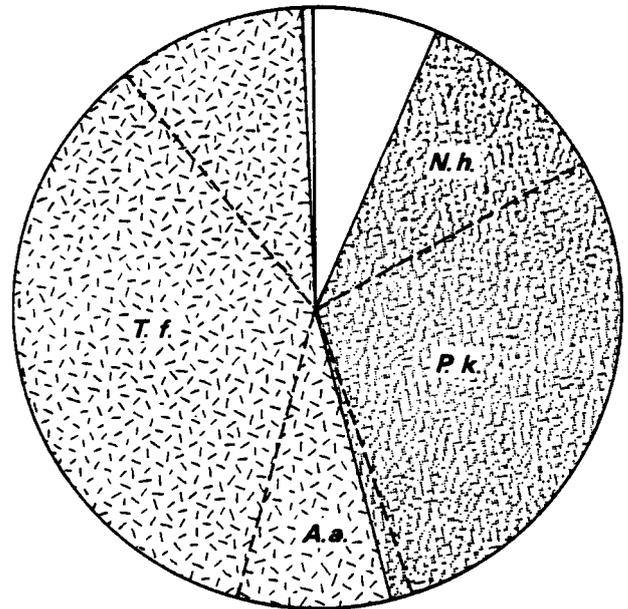
Fig. VI 2 : Subtidal Septembre 1979 Dominance des différents groupes zoologiques (Nbre d'individus)

Station A



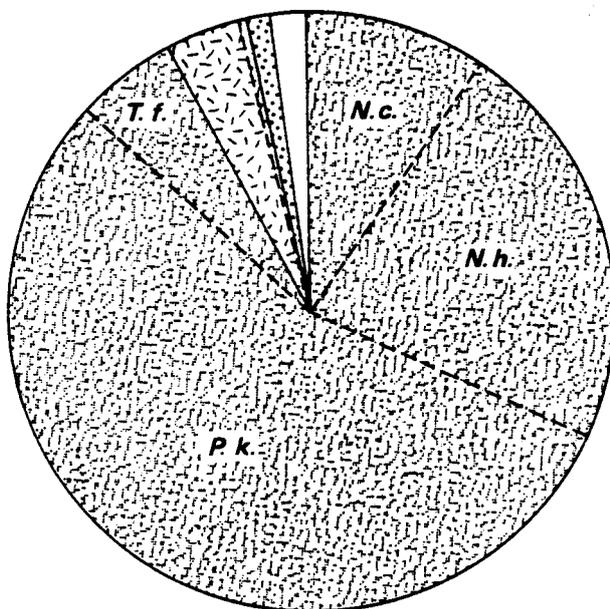
$B = 35\,183.6 \text{ mg/m}^2$

Station B



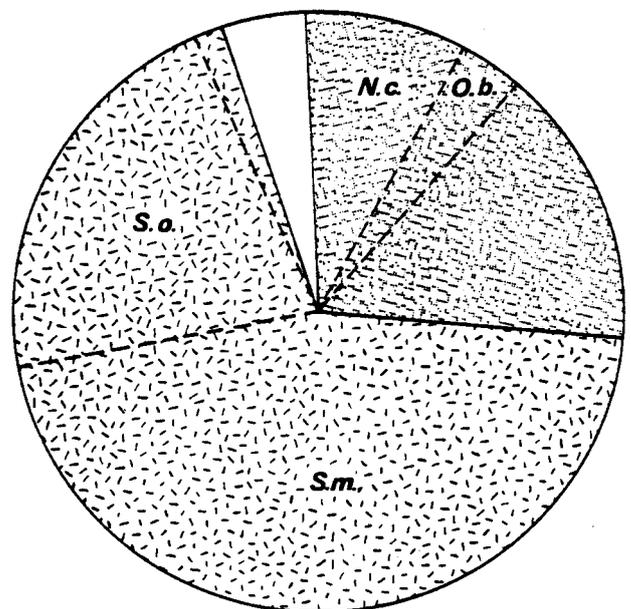
$B = 35\,790 \text{ mg/m}^2$

Station C



$B = 16\,075 \text{ mg/m}^2$

Station D



$B = 6\,240.5 \text{ mg/m}^2$

Fig. VI 2: Subtidal - Septembre 1979. Dominance des différents groupes zoologiques (Biomasse)

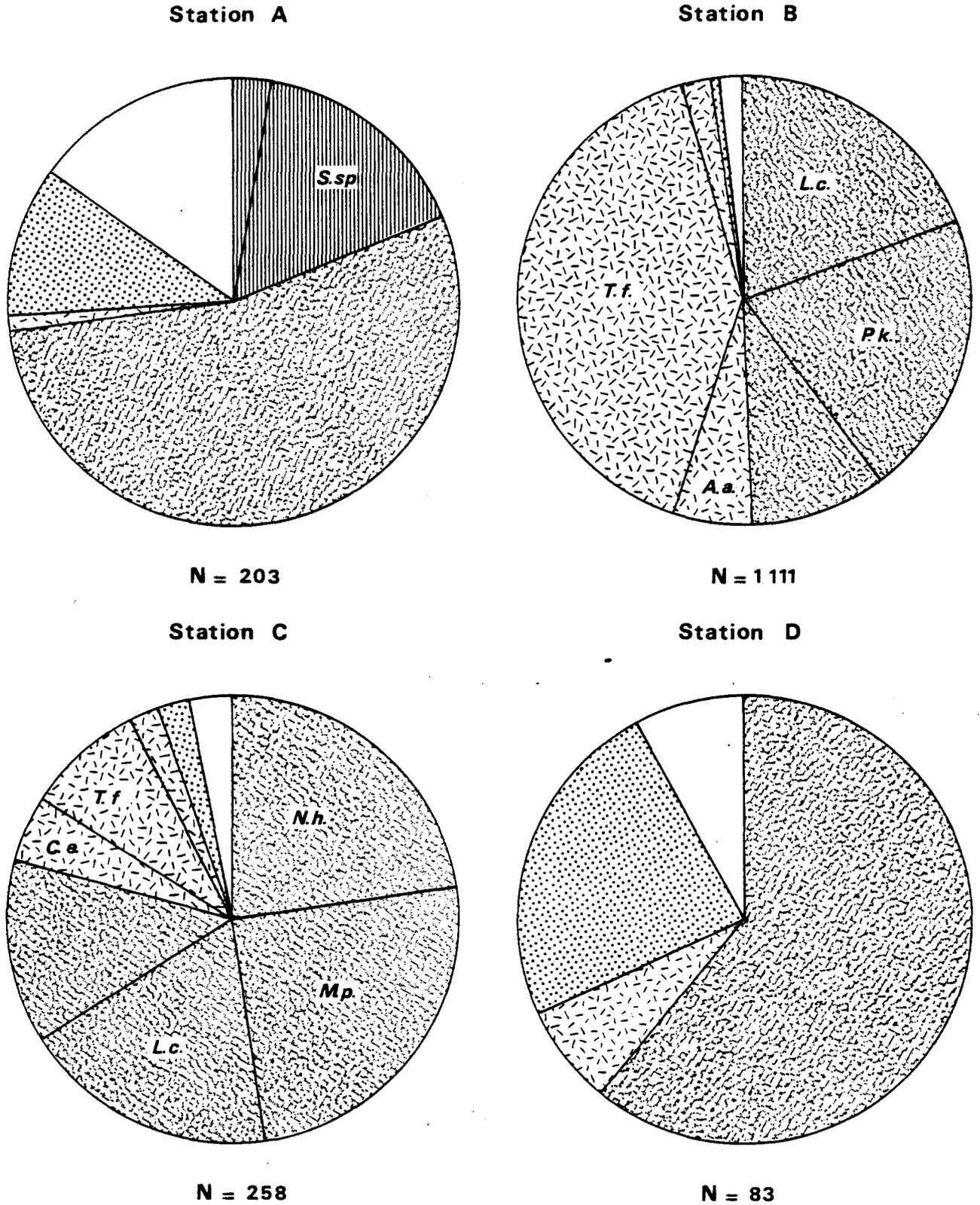


Fig.VI 4: Subtidal. Mai 1980. Dominance des différents groupes zoologiques (Nbre d'individus)

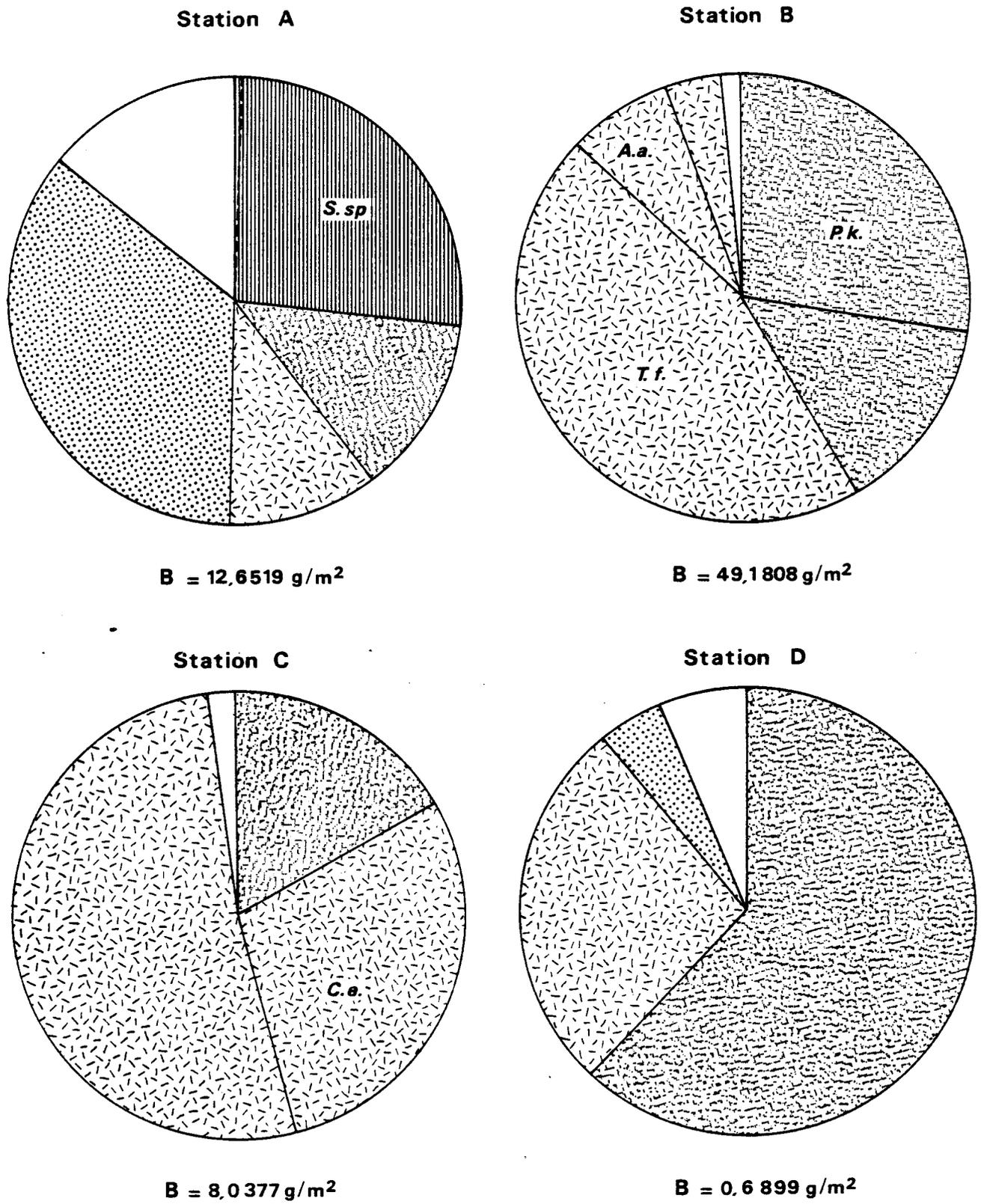


Fig.VI 5 : Subtidal. Mai 1980. Dominance des différents groupes zoologiques (Biomasse)

Il faut imputer cette différence à un positionnement déficient de la station d'échantillonnage dû à une défaillance du système de repérage. La station ainsi prospectée en mars 1980 est intermédiaire entre le peuplement à *Abra alba* et le peuplement de l'hétérogène envasé.

	Septembre 1979				Mai 1980			
	Densité au m ²	%	Biomasse g/m ²	%	Densité au m ²	%	Biomasse g/m ²	%
<i>Sagartia</i> sp.	166	45,23	19,87	56,46	32	15,76	3,36	26,59
<i>Cerianthys lloydi</i>	3	0,82	0,18	0,53	6	2,96	0,04	0,28
<i>Golfingia elongata</i>	38	10,35	2,02	5,73	14	6,80	1,67	13,17
<i>Stenelais boa</i>	25	6,81	1,19	3,39	22	10,84	0,84	6,62
<i>Pectinaria koreni</i>	34	9,26	0,67	1,92	6	2,96	0,37	2,90
<i>Sabella pavonina</i>	10	2,72	1,67	4,76	1	0,49	0,02	0,12

On peut estimer que le peuplement de l'hétérogène envasé est stable tant dans la densité des différentes espèces que dans la biomasse qu'elles représentent (35 g/m² au total). Au point de vue spécifique les mêmes espèces dominent : *Sagartia* sp. (Fig. VI 2 et 4), *Stenelais boa* et *Golfingia elongata*. Les densités de *Pectinaria koreni* ne sont pas spécialement importantes mais quand même plus fortes que précédemment (17 ind/m² en avril 1979 et 2 en mai 1979). Ces résultats plus favorables en ce qui concerne cette espèce confirment les densités enregistrées aux stations B, C et D.

La présence de ces espèces vasicoles confirme la sélection qu'opère la forte teneur en pélites. Le cortège spécifique (20 espèces environ) de cette station confirme les énormes possibilités de production qu'offre le type de sédiment que l'on y trouve (Fig. VI 3 et 5).

3.2. Station B (Tableaux VI 3, 4, 11 et 12)

Cette station a particulièrement été marquée par un phénomène très important : le recrutement pléthorique de *Pectinaria koreni*.

On ne peut pas déceler de modifications importantes au niveau de la composition faunistique du peuplement à *Abra alba*. L'instabilité, souvent décrite, de ce peuplement réside dans l'importance relative de ces espèces entre elles et non dans la composition spécifique, quoique certaines espèces peuvent disparaître quasiment complètement et réapparaître 1 ou 2 ans plus tard (c'est le cas notamment de *Ophiura texturata*).

	Septembre 1979				Mai 1980			
	Densité au m ²	%	Biomasse g/m ²	%	Densité au m ²	%	Biomasse g/m ²	%
<i>Nephtys hombergii</i>	61	5,82	5,82	10,39	62	5,58	3,04	6,17
<i>Arenicola marina</i>	2	0,19	0,08	0,22	6	0,54	3,21	6,52
<i>Lanice conchilega</i>	1	0,10	0,03	0,01	214	19,26	0,08	0,15
<i>Pectinaria koreni</i>	354	33,75	9,93	27,75	228	20,52	13,81	28,09
<i>Tellina fabula</i>	328	31,27	12,65	35,34	453	40,77	22,33	45,39
<i>Abra alba</i>	77	7,34	2,91	8,14	64	5,76	3,64	7,40

Les résultats enregistrés en septembre 1979 et mai 1980 sont comparables en ce qui concerne les espèces les plus importantes :

- *Nephtys hombergii* : 61 individus pour 3,75 g/m² en septembre 1979 et 62 individus pour 3,04 g/m² en mai 1980. La biomasse est plus importante en septembre du fait de la taille plus importante des individus. En mai, la population est constituée d'une partie non négligeable de jeunes individus.

Les résultats d'août 1978 et mai 1979 étaient plus faibles 29 et 23 ind/m² respectivement.

- *Abra alba* : 77 individus pour 2,91 g/m² en septembre 1979 et 64 individus pour 3,64 g/m² en mai 1980.

Ces résultats comparés à ceux d'avril 1978 et mai 1979 semblent montrer une certaine remontée de la densité de cette espèce.

- *Tellina fabula* : 328 individus pour 12,65 g/m² en septembre 1979 et 453 individus pour 22,33 g/m² en mai 1980.

Cette apparente augmentation n'est en fait due qu'à l'échantillonnage et à la répartition du type contagieux de cette espèce. On verra dans un autre chapitre l'évolution de la population de cette espèce.

- *Pectinaria koreni* : 354 individus pour 9,94 g/m² en septembre 1979 et 228 individus pour 13,81 g/m² en mai 1980. Cette espèce a connu ces deux dernières années un développement particulièrement important. A titre indicatif, en avril 1978 1 individu avait été récolté et 3 en mai 1979 à cette même station.

- *Lanice conchilega* : 1 individu pour 0,003 g/m² en septembre 1979 et 214 individus pour 0,08 g/m² en mai 1980. Ces résultats concernent en raison de la faible biomasse, de très jeunes individus, on peut même parler de l'occurrence de post-larves.

En ce qui concerne cette espèce on observe depuis deux ans (mais ce phénomène a surtout été évident en 1979) le scénario suivant : les larves se fixent sur le sédiment en très grans nombre, puis au tur et à mesure de la croissance de cette espèce et très rapidement (2 à 3 mois) les individus ne peuvent se développer et disparaissent. C'est ce qui s'est produit en 1979 où en 3 mois la densité est tombée de 56 000/m² à 0.

Au cours des deux campagnes de septembre 1979 et mai 1980, le nombre d'individus à cette station était supérieur à 1 000 : (1049 individus en septembre 1979 et 1111 en mai 1980). La biomasse est bien évidemment très importante 35 g/m² en septembre 1979 et 49 g/m² en mai 1980 (rappelons que la biomasse était de 6,4 g/m² en avril 1978 et 3,7 g/m² en mai 1979 !).

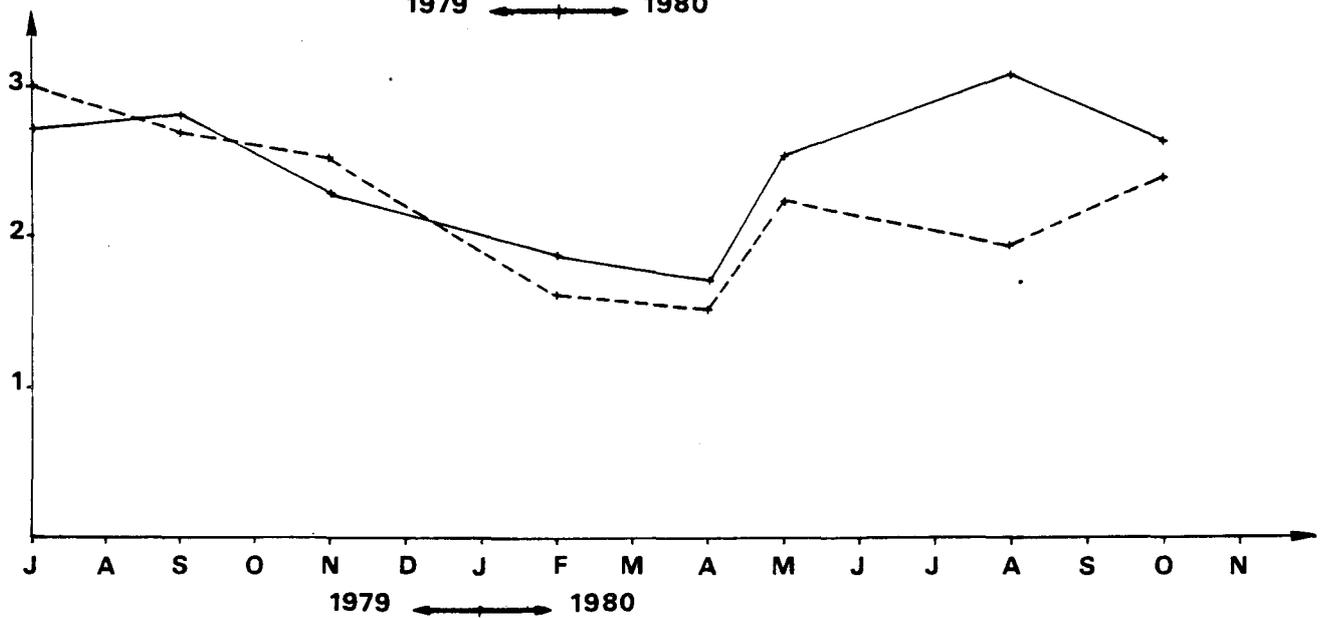
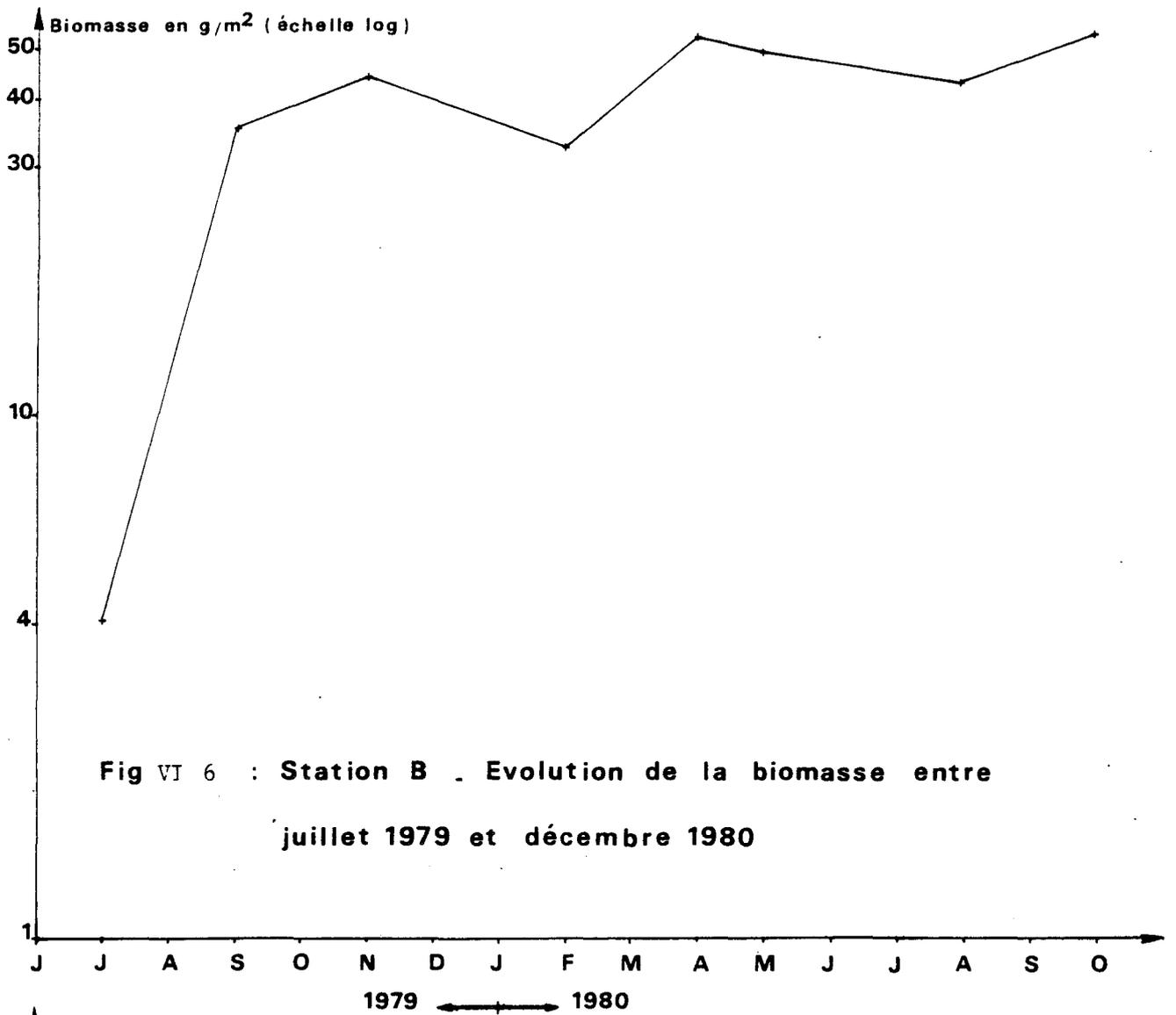
Il est possible que la présence de *Pectinaria koreni* soit en partie responsable des modifications qu'a subies cette station par rapport aux autres années. Cette espèce a permis la fixation de la vase* et ce "piège à vase" et la quasi disparition de *N. cirrosa* (d'affinité sédimentologique non vasicole) confirment cette hypothèse.

Signalons que ces modifications entrent dans le cadre d'évolution naturelle des écosystèmes littoraux bien connus pour leur instabilité (CABIOCH, 1968 ; GENTIL, 1975).

Si l'on observe l'évolution de la biomasse à la station B (Fig. VI 6) pendant la période d'étude, on s'aperçoit qu'elle suit l'évolution des densités des principales espèces. On passe d'une biomasse "normale" de 4 g/m² en juillet 1979 à 35 g en septembre 1979. L'augmentation se poursuit ensuite mais beaucoup plus lentement pour atteindre 53 g/m² en octobre 1980, cette augmentation est due à la croissance des individus des populations les plus importantes, notamment *P. koreni*.

L'indice de diversité suit un décours classique (et ce aussi bien pour l'indice calculé à partir du nombre d'individus qu'à partir de la biomasse). Il permet d'opposer le "benthos d'été" riche en Annélides diverses et en Amphipodes et le "benthos d'hiver" qui ne conserve que certaines espèces en grand nombre, les Amphipodes et certaines Annélides par exemple, régressent considérablement. (Fig. VI 7)

* *P. koreni* vit dans un tube rigide enfoncé obliquement aux trois quarts de sa longueur dans le sédiment. On peut imaginer que, malgré la mobilité relative de cette espèce, des densités très importantes (jusqu'à 700/m²) de tubes émergeant du sédiment peuvent créer des ralentissements limités des courants laminaires sur les fonds et réduire l'élimination des pérites.



3.3. Station C

La station C avait été marquée lors de l'étude 1978-79 par la disparition complète de *Tellina fabula* et l'augmentation de la densité de *Bathyporeia elegans*.

L'étude 1979-80 fait apparaître une réapparition de *T. fabula*, mais avec une densité faible. (Tableaux VI 5, 6, 13 et 14)

	Septembre 1979				Mai 1980			
	Densité au m ²	%	Biomasse g/m ²	%	Densité au m ²	%	Biomasse g/m ²	%
<i>Nephtys cirrosa</i>	33	11,42	0,16	9,90	1	0,38	0,01	0,18
<i>Nephtys hombergi</i>	23	7,96	0,35	21,98	58	22,48	0,95	11,87
<i>Pectinaria koreni</i>	82	28,37	0,89	55,14	4	1,55	0,15	1,85
<i>Tellina fabula</i>	9	3,11	0,07	4,47	22	8,52	0,35	4,38
<i>Cerastoderma edule</i>	-	-	-	-	12	4,65	2,37	28,43

Les densités qu'enregistre *Tellina fabula* sont loin d'atteindre les résultats obtenus à une plus grande distance du canal de rejet de la centrale (400 ind/m² en moyenne).

L'absence d'*Abra alba* montre que les conditions sédimentologiques que requiert cette espèce n'existent pas. Les pelites nécessaires à l'alimentation de ce Lamellibranche sont donc remises en suspension dans l'eau de mer et ceci permet l'implantation d'espèces à éthologie alimentaire du type suspensivore.

Le développement de la population de *Cerastoderma edule* en est une preuve. Il faut quand même signaler que le prélèvement à la benne ne rend pas bien compte de la densité exacte de cette espèce à cette station. Non que ce soit dû à la pénétration des mâchoires dans le sédiment*, mais plutôt en raison de la microrépartition de l'espèce considérée. En effet, un dragage a été effectué au même endroit au même moment, la drague a remonté 232 *C. edule* pour 30 litres de sédiment alors que le prélèvement à la benne a permis d'estimer la densité à 12 individus/m² (pour un volume de 90 litres de sédiment). Il est également à signaler que *Pectinaria koreni* est également bien représenté à cette station (82 ind/m² en septembre 1979) sans que les densités enregistrées atteignent celles de la station B. On peut d'ailleurs remarquer que les conditions ambiantes ne doivent pas être tellement favorables à cette espèce dans la mesure où en mai 1980 elle avait presque disparu (4 ind/m²).

* *C. edule* vit assez peu profondément enfoncée dans le sédiment du fait de la petite taille de ses siphons.

La biomasse était de 1,6 g/m² en septembre 1979 et de 8,0 g/m² en mai 1980. Cette augmentation de la biomasse est due à la récolte de Lamellibranches à affinité sédimentologiques sabulicoles : *Maetra corallina*, *Spisula ovalis*, *Donax vittatus* et *Cerastoderma edule*.

3.4. Station D

Cette station, caractéristique du peuplement à *Ophelia borealis*, se situe au sommet du banc du Snouw en face de l'avant-port ouest de Dunckerque. Il est à signaler qu'en mai 1980 le prélèvement a certainement été effectué sur la pente du banc, ce qui a tronqué les résultats. Par contre, en septembre 1979 les résultats sont conformes (au niveau du cortège spécifique) à ce qu'il était permis d'attendre. (Tableaux VI 7, 8, 15 et 16)

	Septembre 1979				Mai 1980			
	Densité au m ²	%	Biomasse g/m ²	%	Densité au m ²	%	Biomasse g/m ²	%
<i>Nephtys cirrosa</i>	51	12,85	0,52	8,36	6	7,23	0,06	6,2
<i>Ophelia borealis</i>	60	15,11	0,21	3,31	-	-	-	-
<i>Pectinaria koreni</i>	9	2,27	0,04	0,71	-	-	-	-
<i>Bathyporeia elegans</i>	33	8,31	0,02	0,28	8	9,64	0,01	0,8
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	17	4,28	0,02	0,26	10	12,05	0,02	3,5

La récolte de quelques *Pectinaria koreni* en septembre 1979 (au début du développement de la population de cette espèce) à une station pourtant située au large confirme les observations précédentes.

Les résultats très favorables au niveau de la biomasse, enregistrés en septembre 1979 (6,24 g/m²) sont essentiellement dus à la récolte de gros Lamellibranches de densité faible (*Spisula ovalis* : 1,3 g/m² et *Solen marginatus* : 2,8 g/m²). Si l'on fait abstraction de ces deux espèces, on trouve une biomasse analogue à ce qui a été toujours été trouvé à cet endroit, soit 2 g/m², ceci prouvant par ailleurs la stabilité de ce peuplement situé à l'écart des perturbations d'origine tellurique.

4. Etude particulière de quelques espèces

4.1. *Lanice conchilega*

Cette espèce a bénéficié au printemps 1979 d'un recrutement particulièrement favorable : 60 000 ind/m² en mai 1979, 56 600 ind/m² en juin

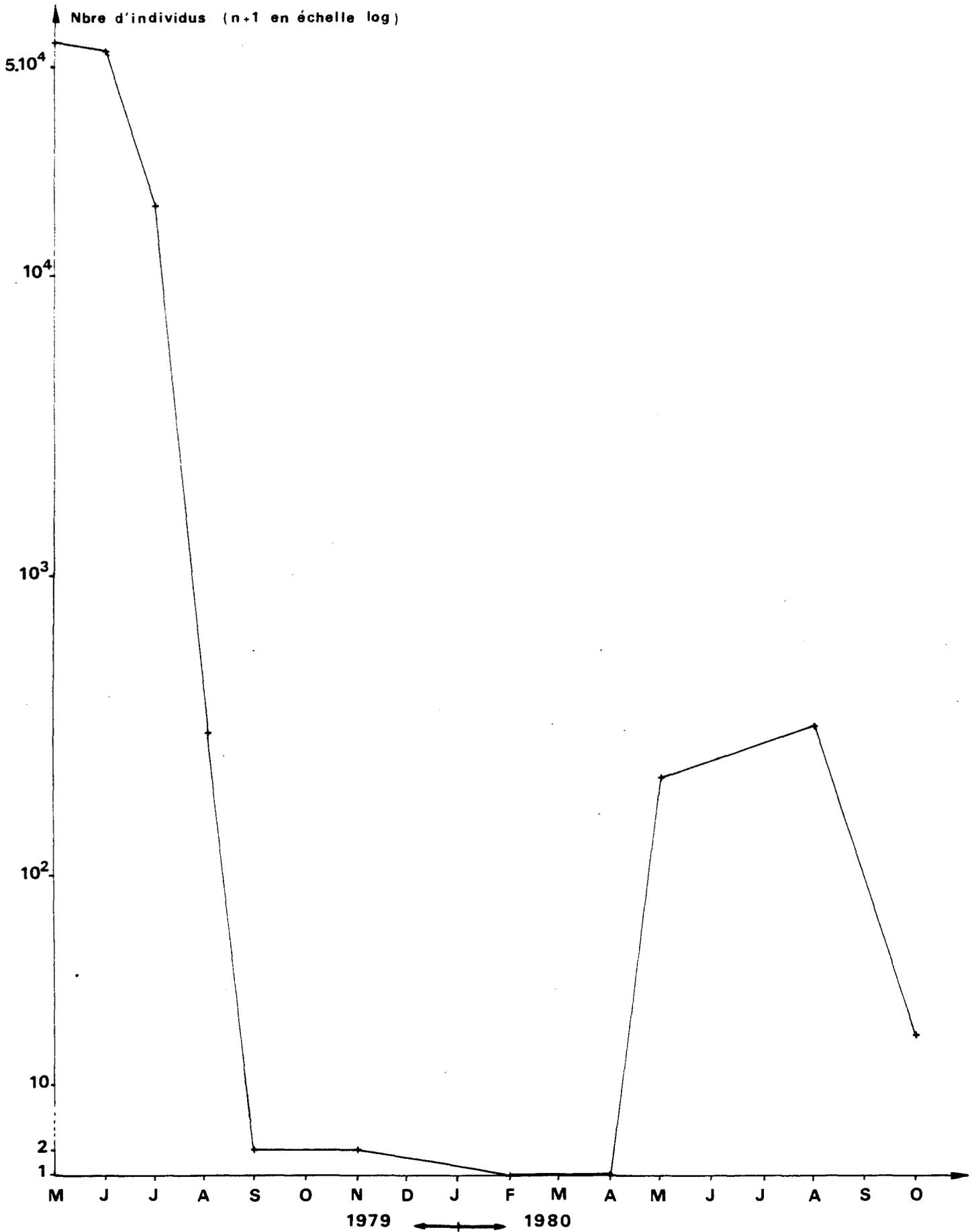


Fig VI 8 : *Lanice conchilega* . Variations de la densité

1979 (essentiellement constié de post-larves dont le diamètre du tube n'excédait pas 1 mm à 1,5 mm). Cette population a rapidement régressé (14 000 ind/m² en juillet, 3 000 ind/m² en août) pour disparaître complètement en septembre (Fig.VI 8). Quelques individus de grande taille en furent plus guère récoltés jusqu'en mai 1980 où un nouveau recrutement a permis l'augmentation de la densité de cette espèce sans que l'on atteigne les chiffres de 1979 (300 ind/m²)

4.2. Pectinaria koreni

Cette espèce a bénéficié en 1979-80 d'un développement particulièrement important : on a pu observer des densités voisines de 700 ind/m² (novembre 79 et août 80 , Fig.VI 9). Ce recrutement important de 1979 n'a pas été suivi en 1980 d'un autre recrutement aussi important malgré la forte population d'individus aptes à se reproduire. La population a ainsi décliné pour aboutir à 10 ind/m² en janvier 1981. On peut estimer que cette espèce vit 1 a 1/2 sur nos côtes et meurt au cours du 2ème hiver.

La biomasse d'un individu âgé de 15 mois est de 86 mg (Fig.V 9). Les variations de densité et la croissance pondérale de *P. koreni* (Fig. 10) nous permettent d'estimer la production :

$$P_i = \sum_i n \Delta \omega$$

avec P_i = production de l'espèce considérée

n = densité

$\Delta\omega$ = variation de la biomasse individuelle

de cette espèce pendant la période d'étude à 53,2 g/m²/an (poids sec décalcifié)

4.3. Tellina fabula

Le cycle de la densité de population de cette espèce présent dans la zone d'étude, un minimum hivernal et un maximum estival : le recrutement des jeunes individus au cours de l'été provoque une augmentation de la densité, la mortalité des reproducteurs les plus âgés ainsi que la mortalité naturelle des autres classes d'âge, amène la densité à un minimum en hiver.

Ce cycle classique a été vérifié pendant cette étude tout au moins entre l'été 79 et le printemps 1980 (Fig.VI 11) : maximum de 600 ind/m² en août et minimum en février 300 ind/m². Le cycle semble redémarrer normalement (450 ind en mai) et depuis on observe une chute régulière de la densité.

Si l'on étudie la structure démographique de la population telle qu'elle est mise en évidence par les histogrammes de fréquence de taille (Fig.VI 12) on remarque que cette chute est due à la disparition simultanée des

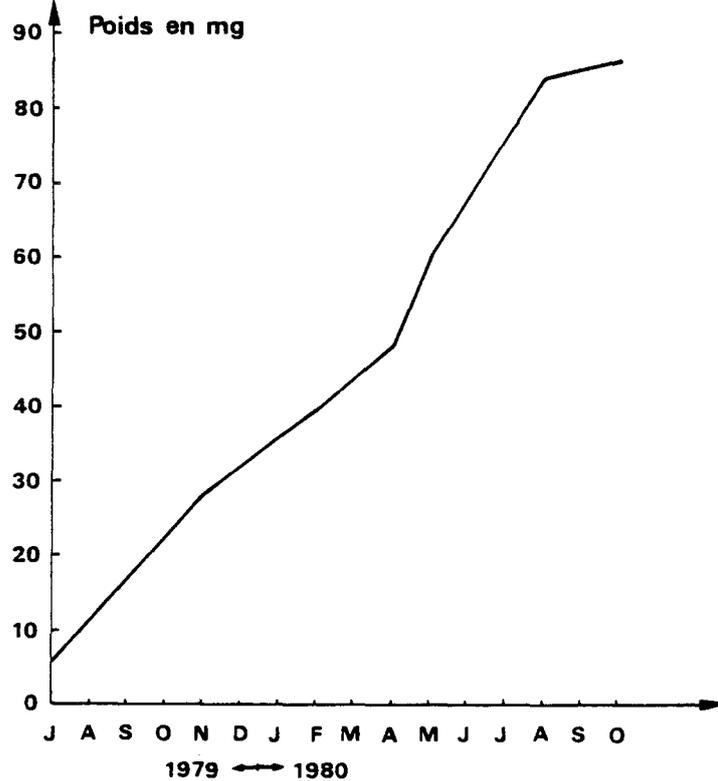
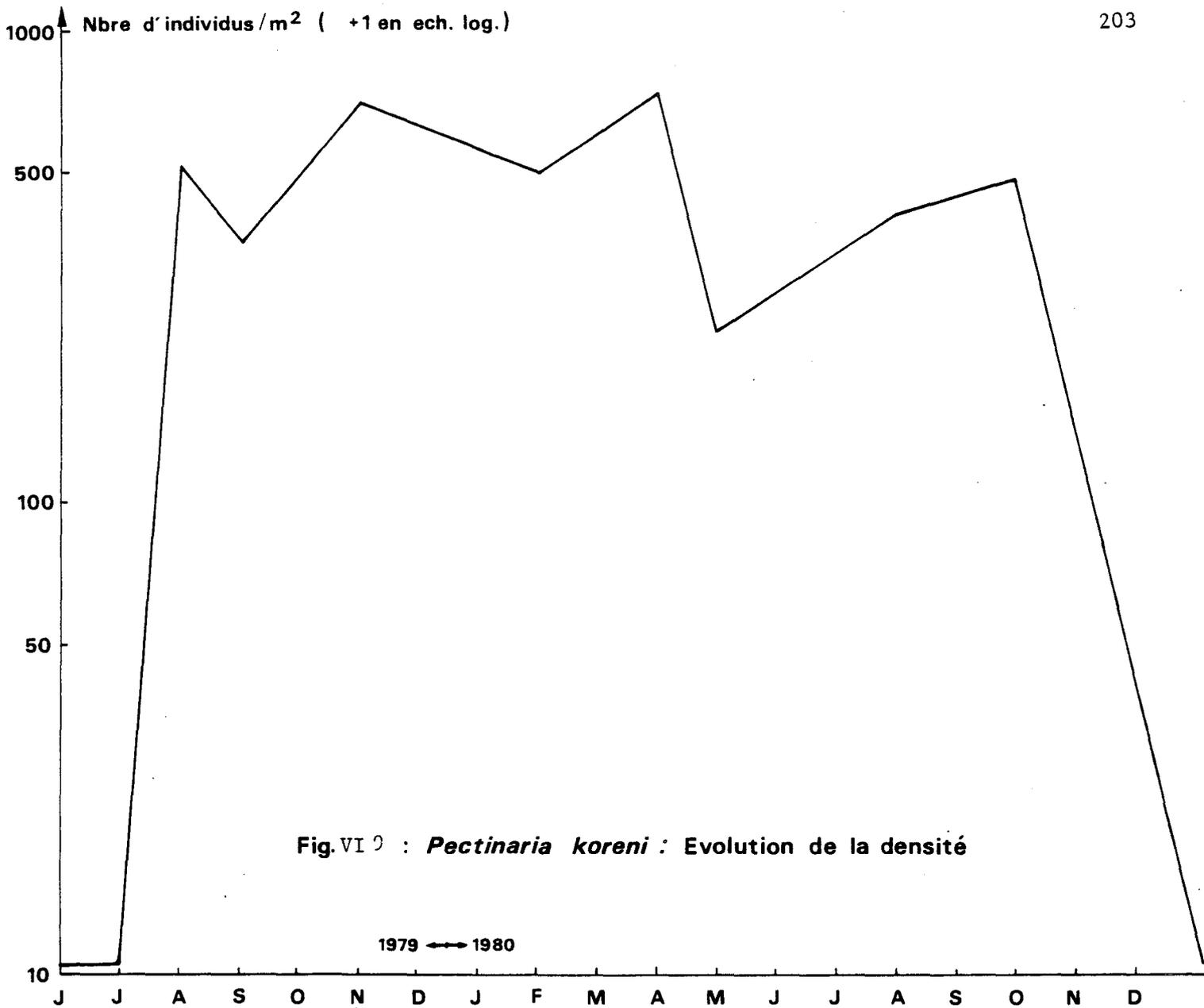
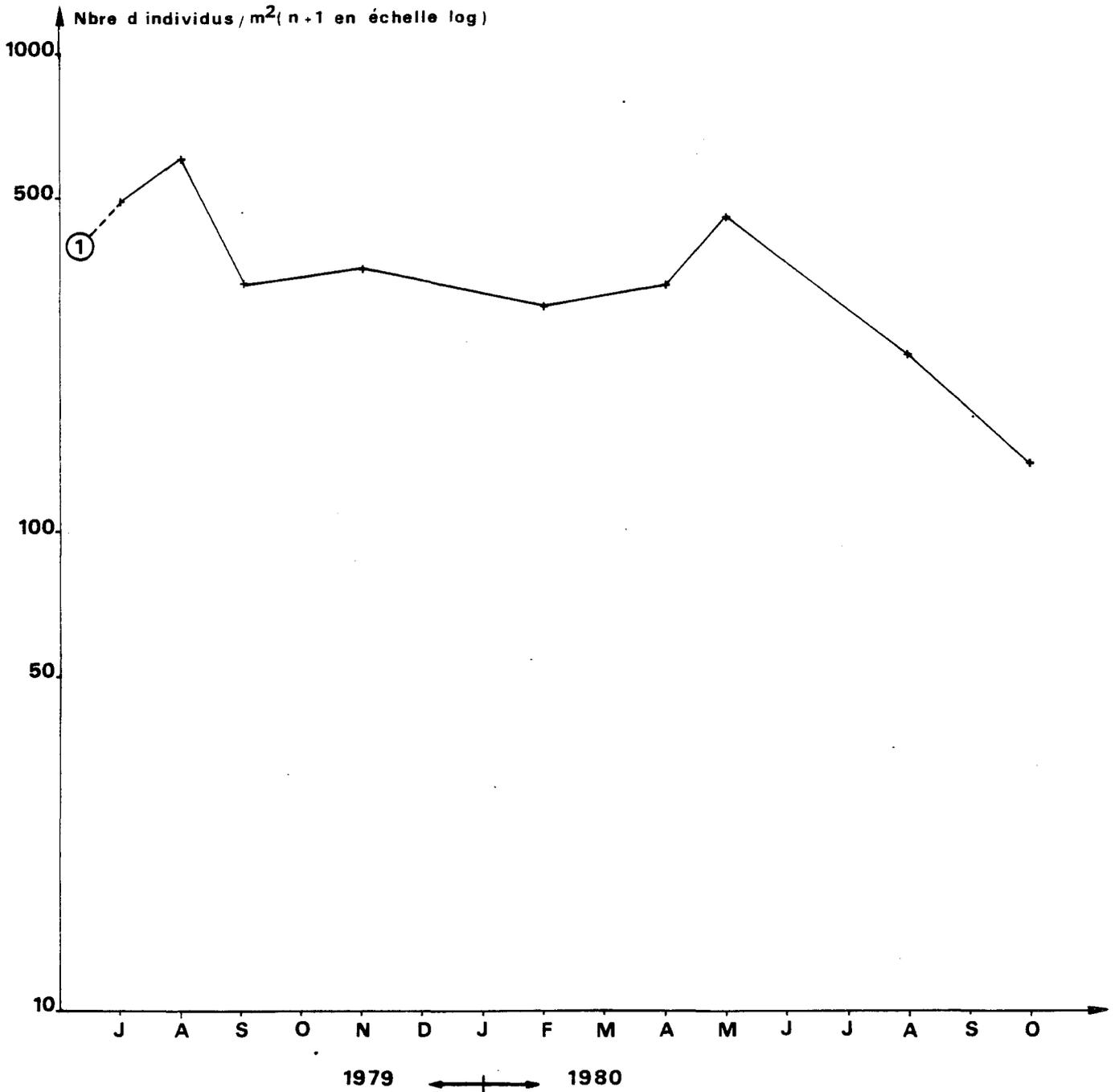


Fig. VI 10: Evolution du poids moyen individuel de *Pectinaria koreni*



① Pas de récolte de à la benne de Tellina fabula à cause de la présence des tubes de Lanice

Fig. VI 11 : *Tellina fabula* . Variation de la densité

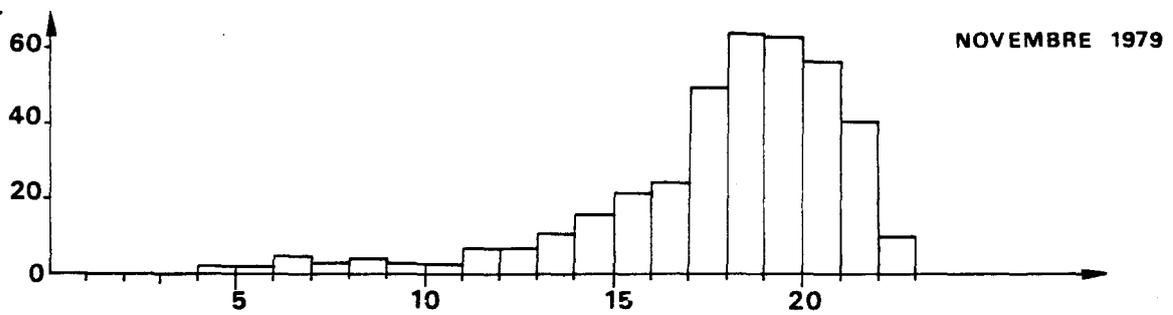
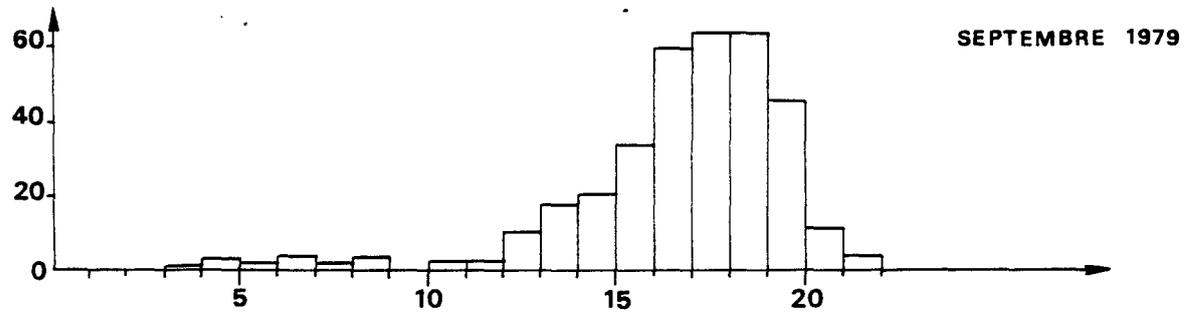
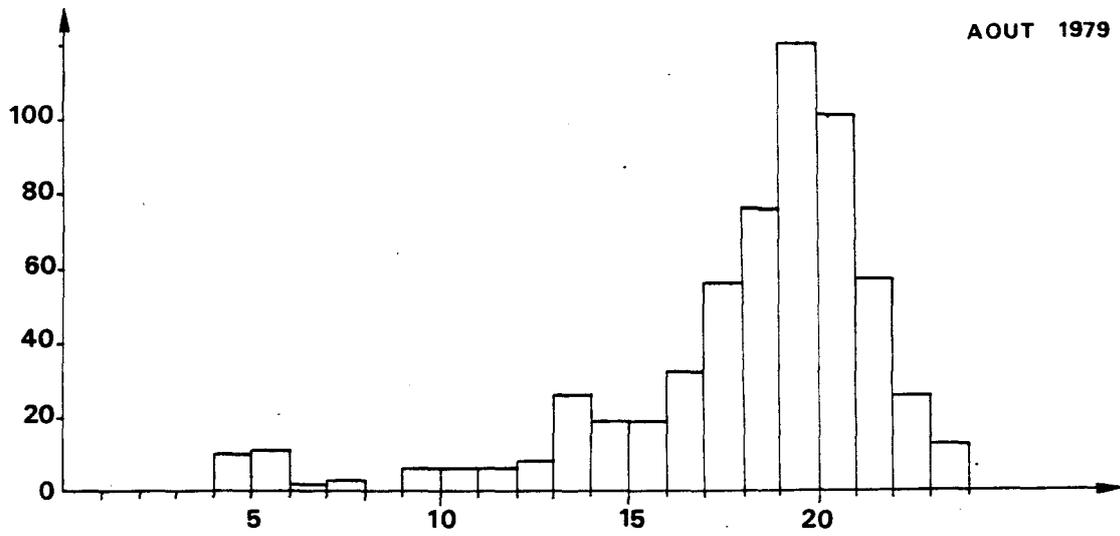
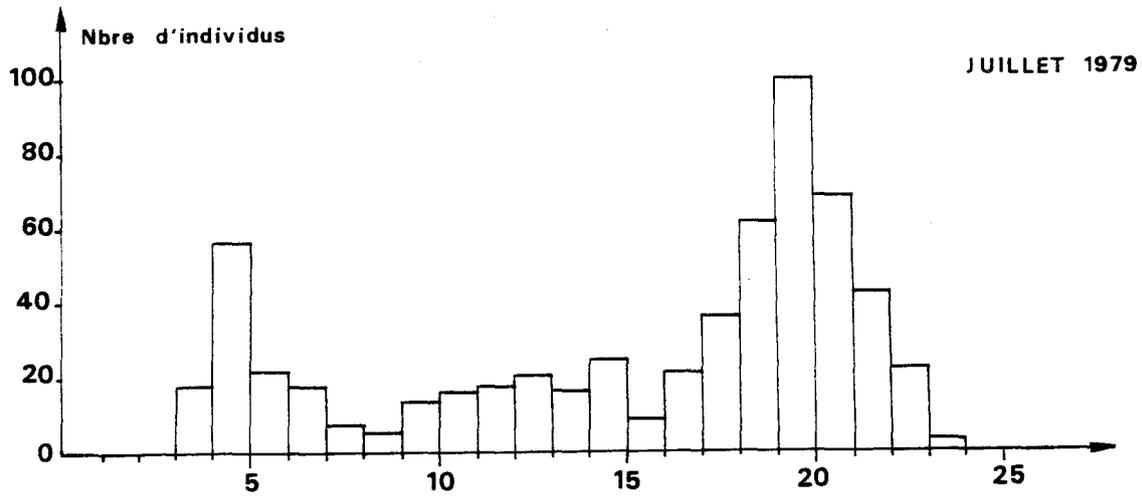


Fig VI 12 : *Tellina fabula* . Histogrammes des fréquences de taille

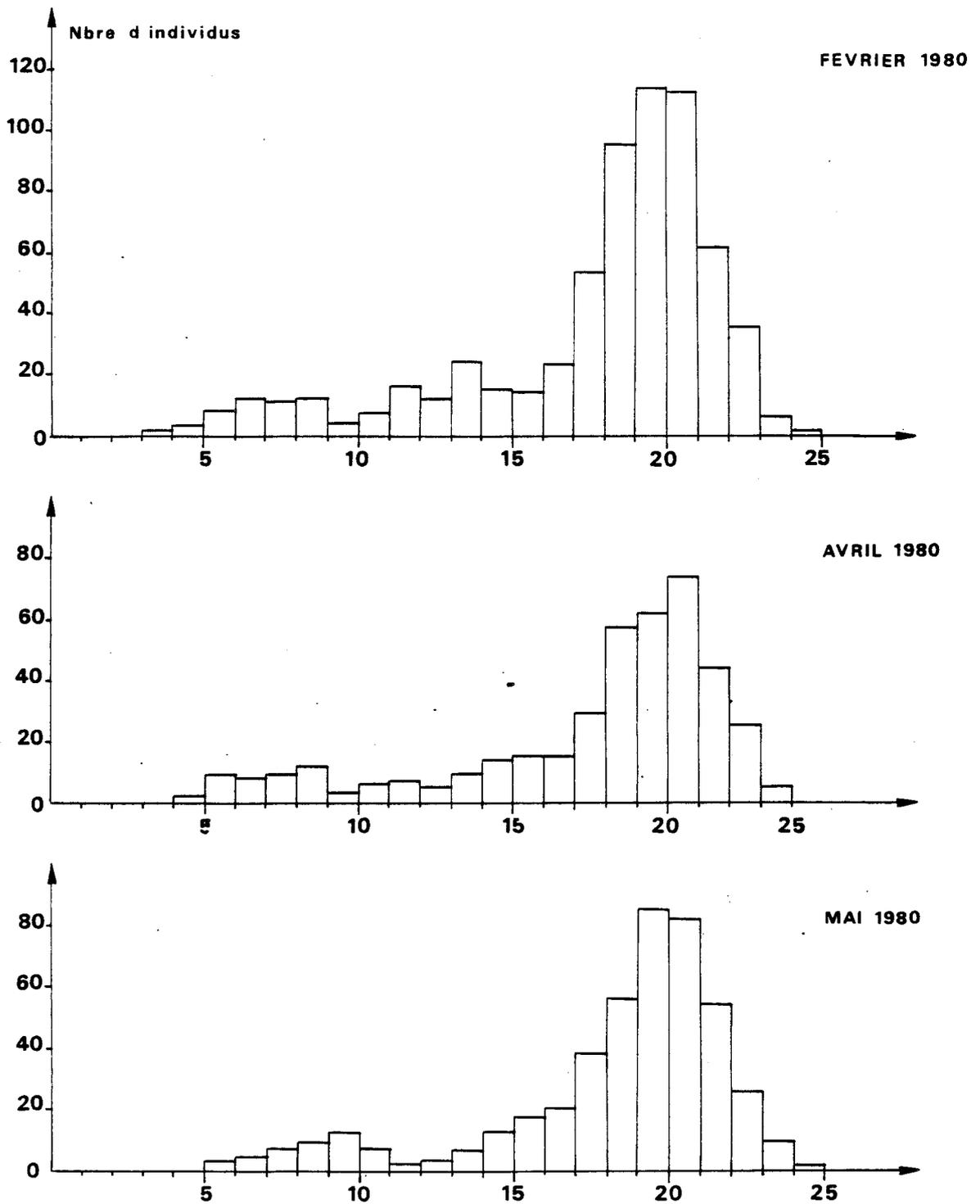


Fig VI 12 : *Tellina fabula* . Histogrammes des fréquences
de taille (suite)

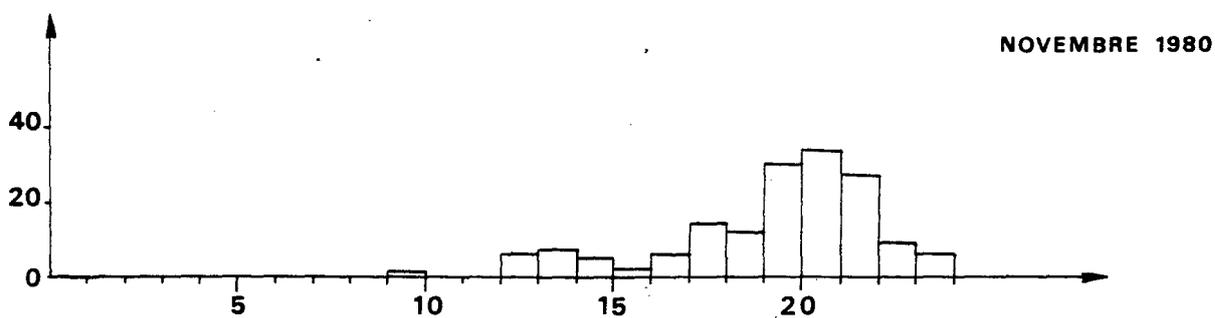
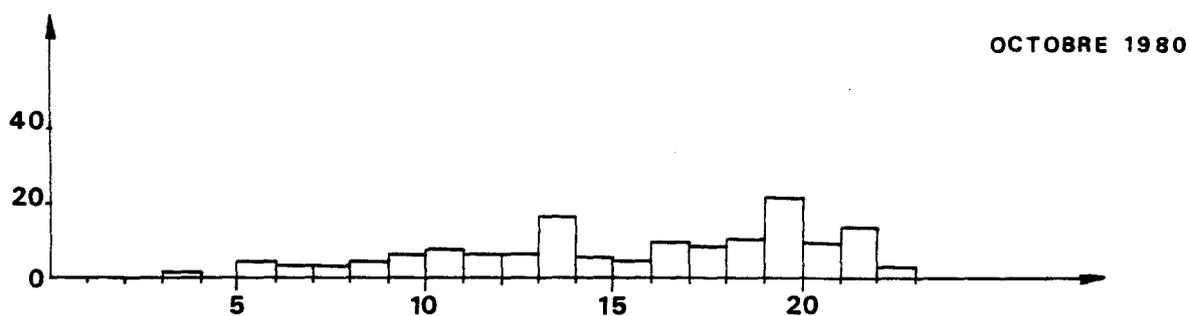
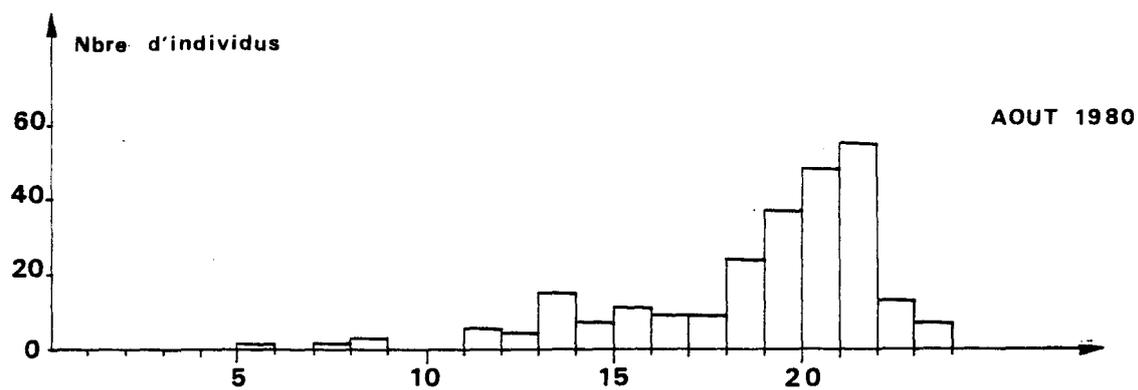


Fig VI 12 : *Tellina fabula* . Histogrammes des fréquences
de taille (suite)

trois générations (cette espèce vit 3 ans sur nos côtes : DEWARUMEZ, 1980) entre août et décembre 1980.

L'estimation des trois générations en juillet 1979 était la suivante :

- recrutement moyen des individus de 1ère année (100 ind/m²)
- abondance moyenne des individus de 2ème année (140 ind/m²)
- forte proportion d'individus de 3ème année (350 ind/m²).

Il semble qu'une mortalité importante ait affecté le recrutement de 1979 car on n'en trouve pratiquement plus trace ensuite. Le groupe de 2ème et 3ème année reste plus ou moins constant.

Au cours de deuxième semestre 80 on observait :

- très peu d'individus de 1ère année du fait d'un mauvais recrutement en 1980
- très peu également d'individus de 2ème année, ceci étant dû à la forte mortalité qui a affecté le recrutement de 79
- très peu d'individus de 3ème année. La mortalité naturelle de ces individus nés en 1977 associée à une certaine disparition des individus nés en 1979 provoque la diminution des individus de cette classe d'âge.

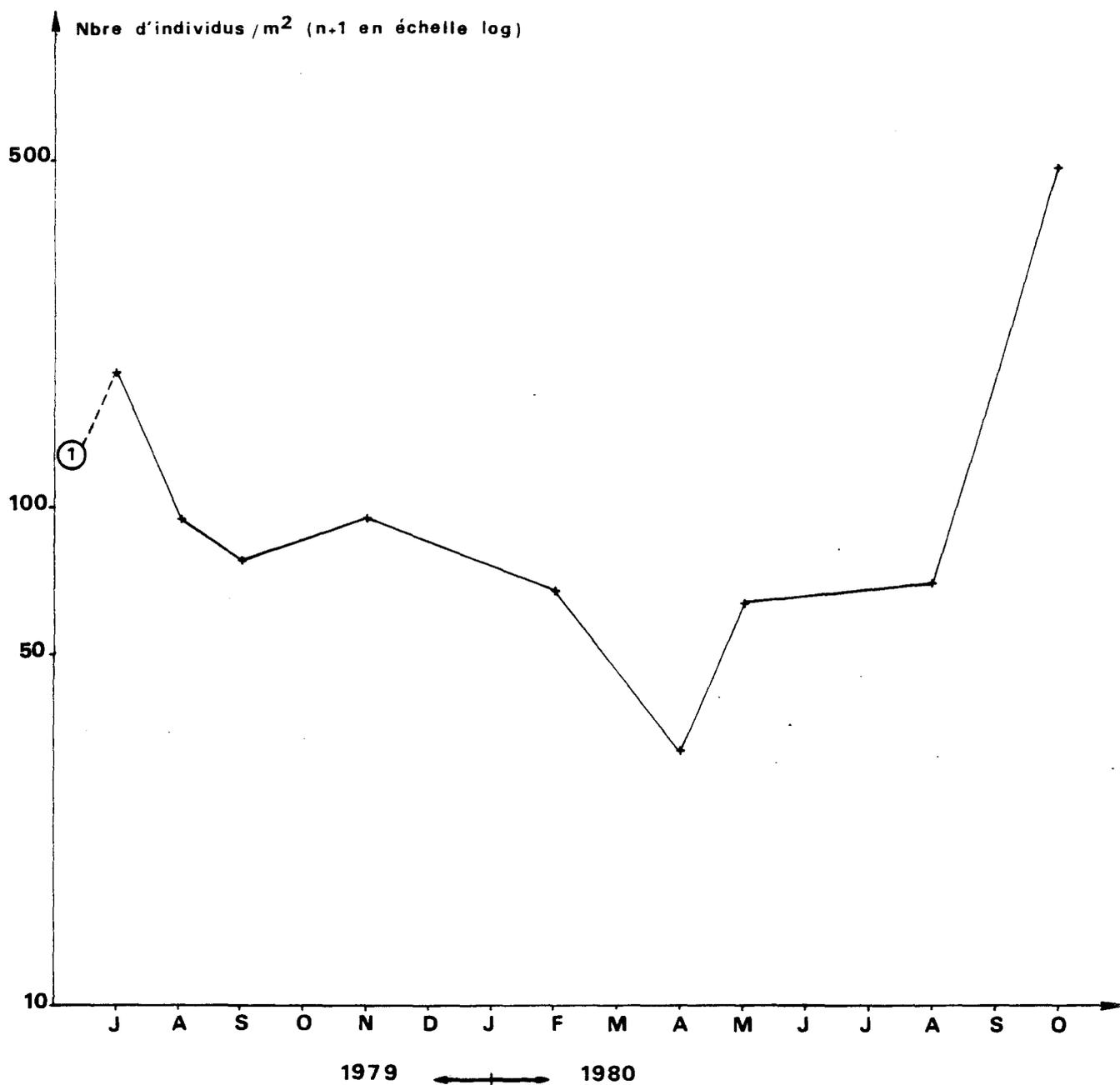
On a donc assisté au cours de ce cycle d'étude à la régression de la population de *Tellina fabula*. Ceci confirme ce qui a déjà été signalé pour d'autres espèces (notamment *Abra alba*) : dans cet écosystème côtier on assiste à une succession d'espèces qui prennent tour à tour une grande importance numérique.

4.4. Abra alba

Cette espèce a présenté un cycle assez particulier au cours de la période de juillet 79 à décembre 1980 (Fig.VI13).

En effet, après une chute importante des classes les plus jeunes (3 à 12 mm) (Fig.VI14), la densité est restée remarquablement stable 65 à 95 ind/m² pendant 1 an.

Il semblerait qu'un recrutement très important ait eu lieu en 1980 permettant d'obtenir des densités de 500 individus par m².



① Pas de récolte à la benne de *Abra alba* à cause de la présence des tubes de *Lanice*

Fig VI 13 : *Abra alba* . Variation de la densité

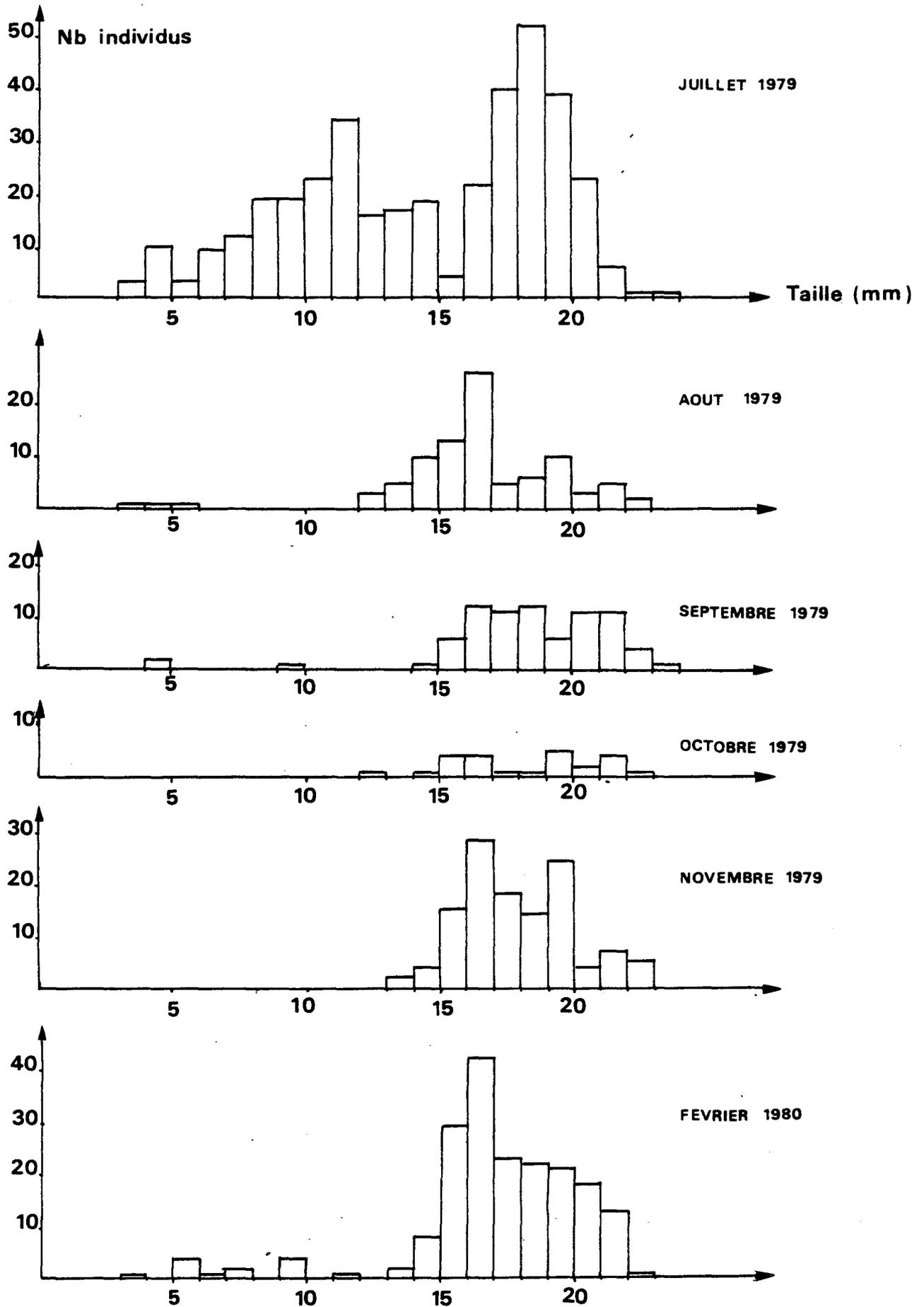


Fig VI 14 : *Abra alba* : Histogrammes des fréquences de taille

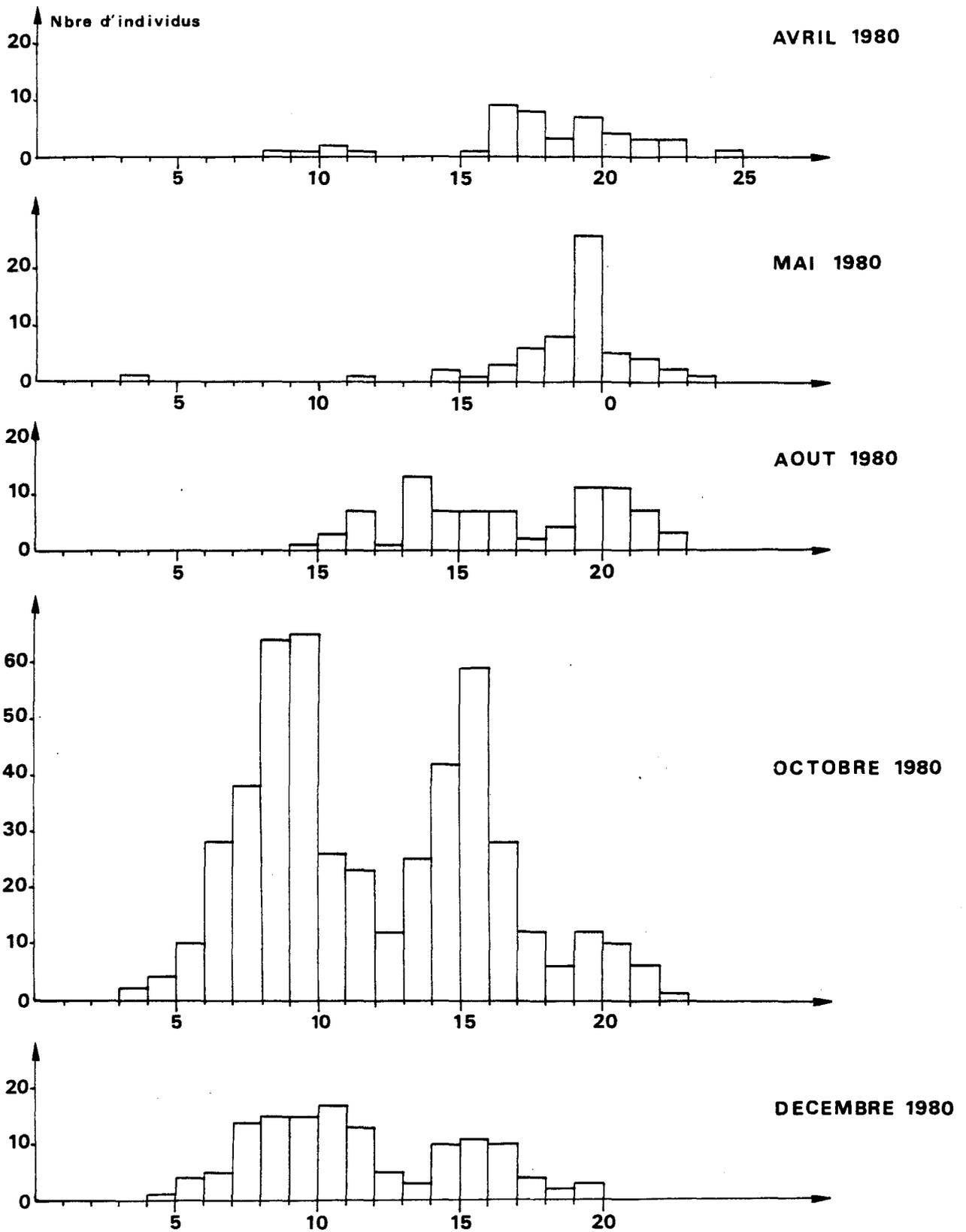


Fig VI 14 : *Abra alba* . Histogrammes des fréquences
de taille (suite)

5. Conclusion

Le trait saillant de cette étude en ce qui concerne le benthos subtidal concerne la station B. L'explosion démographique de *Pectinaria koreni* associée à des densités importantes de Lamellibranches ont permis une production globale importante du peuplement à *Abra alba* : la biomasse en poids sec dépassait 53 g/m² en octobre 80. La biomasse habituelle se situe entre 4 et 6 g/m². Nous avons ainsi pu assister pendant cette étude portant sur 18 mois au déroulement du cycle de *Pectinaria koreni* :

- recrutement en été 1979
- augmentation de la densité jusqu'à 700 individus/m² (moyenne aux environs de 450 individus/m²)
- régression de la population en hiver 1980 avec 10 individus en janvier 1981. Ce phénomène est confirmé par les prélèvements effectués depuis cette date.

En ce qui concerne les Lamellibranches *Abra alba* et *Tellina fabula*, on a assisté à une diminution de densité de *T. fabula* vers l'automne 1980. A l'inverse, le recrutement d'*Abra alba* a été excellent pendant l'été 1980.

Les stations témoins des autres peuplements ont présenté des résultats assez proches de ceux des années précédentes quoique le "bloom" de *Pectinaria koreni* se soit fait sentir à des stations pourtant situées bien au large.

III - B. LE DOMAINE INTERTIDAL

Les différentes études déjà menées lors des années précédentes (DEWARUMEZ et GREGOIRE, 1973 ; GREGOIRE, 1976 ; SOUPLLET, 1978 ; DEWARUMEZ, 1980) ont permis de connaître très précisément les facteurs qui régissent l'organisation bionomique de l'estran à Petit-Fort-Philippe :

- l'influence de l'Aa par son apport en eau douce et par les influences courantologiques qu'elle peut provoquer,
- l'influence de toute action susceptible de modifier les conditions courantologiques locales, notamment la construction de la digue de l'avant-port ouest de Dunkerque ainsi que la mise en fonctionnement de la circulation de l'eau du circuit de refroidissement de la centrale (40 m³/s par tranche alors que l'Aa a un débit maximum de 20 m³/s).

1. Rappel des résultats obtenus lors des études précédentes

Entre 1973 et 1978 nous avons pu mettre en évidence sur la plage de Petit-Fort-Philippe un dégraissage des bas niveaux de l'estran et un engraissement des hauts niveaux (SOUPLET et Coll., 1978) que nous avons pu mettre en relation avec la construction de la digue de l'avant-port de Dunkerque.

L'engraissement des hauts niveaux, compte tenu de l'influence de l'Aa, a permis l'installation d'un peuplement vasicole rappelant les peuplements estuariens ; en effet, des espèces comme *Hydrobia ulvae* et *Corophium volutator* ont vu leur importance augmenter.

A partir de 1979 une nouvelle modification atteint les moyens niveaux supérieurs de l'estran. Ces niveaux, qui jusqu'à présent étaient caractérisés par des sédiments envasés, présentent une diminution importante des fines avec corrélativement la disparition d'espèces vasicoles et l'apparition d'espèces ayant un autre préférendum sédimentologique : les coques (*Cerastoderma edule*).

Ces différentes modifications sédimentologiques et bionomiques ont été accompagnées de variations dans la répartition de la biomasse. Le long de la radiale 1 (Fig. VI 1) entre 1976-77 et 1978-79, la biomasse a augmenté de 7 g/m^2 (soit 50 % d'augmentation) ce qui correspond à la biomasse des coques.

Le long de la radiale 2 la biomasse a augmenté de 2 g/m^2 (soit 90 % d'augmentation).

Il est quand même à signaler que la brusque apparition des coques est un phénomène tout à fait naturel. Ce fait a été remarqué en plusieurs endroits de la Mer du Nord méridionale.

2. Méthodologie

2.1. Travail sur le terrain

2.1.1. Localisation des radiales et stations

Deux radiales repérées grâce à des alignements, sont prospectées (Fig. VI 1). La première (Radiale I) est située à 150 m à l'est de l'estacade du chenal de l'Aa. Cette radiale a été légèrement déplacée à cause de la présence d'un chenal de 20 m de large situé au pied de l'estacade*. Cette radiale est prospectée régulièrement depuis 1973.

* Par ce chenal s'écoule pendant tout le baissant une quantité d'eau relativement importante. Il est à signaler que ce chenal n'existait pas avant la mise en fonctionnement de la circulation d'eau de la centrale.

L'autre radiale (II) située plus à l'est devrait être plus directement sous l'influence de la centrale*.

4 stations sont, en règle générale, prospectées sur chaque radiale. Elles sont réparties comme suit de part et d'autre d'une dune hydraulique située à mi-estran (Fig. VI 1) :

- 1 station de bas niveau (côte approximative : + 1 m)
- 1 station de moyen niveau inférieur (située au delà de la dune hydraulique)
- 1 station de moyen niveau supérieur (située en deçà de la dune hydraulique)
- 1 station de haut niveau (côte approximative : 5 m).

La position des deux stations intermédiaires n'est pas définie très précisément, dans la mesure où la dune hydraulique oscille légèrement autour d'une position moyenne en fonction des conditions courantologiques (intensité des courants de marées) et météorologiques (les vents de secteur Nord provoquent une "remontée" de la dune sur l'estran).

La radiale I a été prospectée à cinq niveaux lors de la campagne de 1980. En effet, il nous est apparu souhaitable d'effectuer un prélèvement intermédiaire entre les hauts et les moyens niveaux de manière à mieux cerner la population de coques.

2.1.2. Techniques de prélèvement

Nous avons employé cette année une nouvelle technique de prélèvement. La surface prélevée est toujours de $1/4 \text{ m}^2$. Le prélèvement consiste en une prise de 10 échantillons à l'aide d'un carottier de P.V.C. de $1/40 \text{e m}^2$ de section.

Les prélèvements sont effectués sur 15 cm de profondeur.

Le tamisage du sédiment ainsi récolté est effectué sur des tamis de type DAVANT-SALVAT (1961) modifié GLAÇON dont le vide de maille est de 1 mm, limite inférieure admise pour la macrofaune.

Le refus de tamis est immédiatement fixé au formol neutralisé salé à 8-10 %.

Un échantillon est également prélevé en vue des analyses granulométriques.

2.2. Travail au laboratoire

Voir chapitre III - 1., 2.2.

* Cette radiale correspond à la radiale J prospectée en 1974-75 par GREGOIRE.

3. Etude bionomique

3.1. Composition faunistique

27 espèces ont été recensées au cours de la campagne de 1980.

Elles se répartissent comme suit :

Nématodes-Némertes : 2

Annélides Polychètes : 9

Mollusques : 4

Arthropodes (crustacés + insectes) : 11

Poissons : 1

Le cortège spécifique est à peu de choses près le même que celui que l'on rencontre depuis 1973.

3.2. Résultats globaux

(Tableaux VI 17 à 34 , Fig VI 15 à 18).

3.2.1. Radiale I (tableaux 17 à 26 , Fig. VI 15, 16 et 19).

Une différence évidente apparaît lorsque l'on observe les résultats bruts enregistrés le long de la radiale I. Il s'agit de la disparition d'*Hydrobia ulvae* dans les hauts niveaux. Les résultats concernant d'autres espèces vasicoles (*Corophium arenarium*, *C. volutator* et *Bathyporeia pilosa**) ne montrent pas de variation importante.

Espèces	1978	1979	1980
<i>Hydrobia ulvae</i>	2 792	8 740	8
<i>Corophium arenarium</i>	172	852	1 888
<i>Corophium volutator</i>	16	208	108

Evolution des espèces vasicoles à la station E (nombre d'individus/m²).

Hydrobia ulvae, en plus de son préférendum sédimentologique est une espèce strictement inféodée aux eaux dessalées.

C. arenarium et *C. volutator* sont des espèces plus tolérantes, elles supportent la dessalure mais leur présence n'est pas automatiquement signe d'une quelconque baisse de salinité.

La disparition d'*Hydrobia ulvae* des hauts niveaux ne peut s'interpréter que par une hausse de la salinité dans les hauts niveaux.

* Cette espèce n'est pas à proprement parler vasicole, mais elle est signalée comme accompagnant souvent *C. arenarium*.

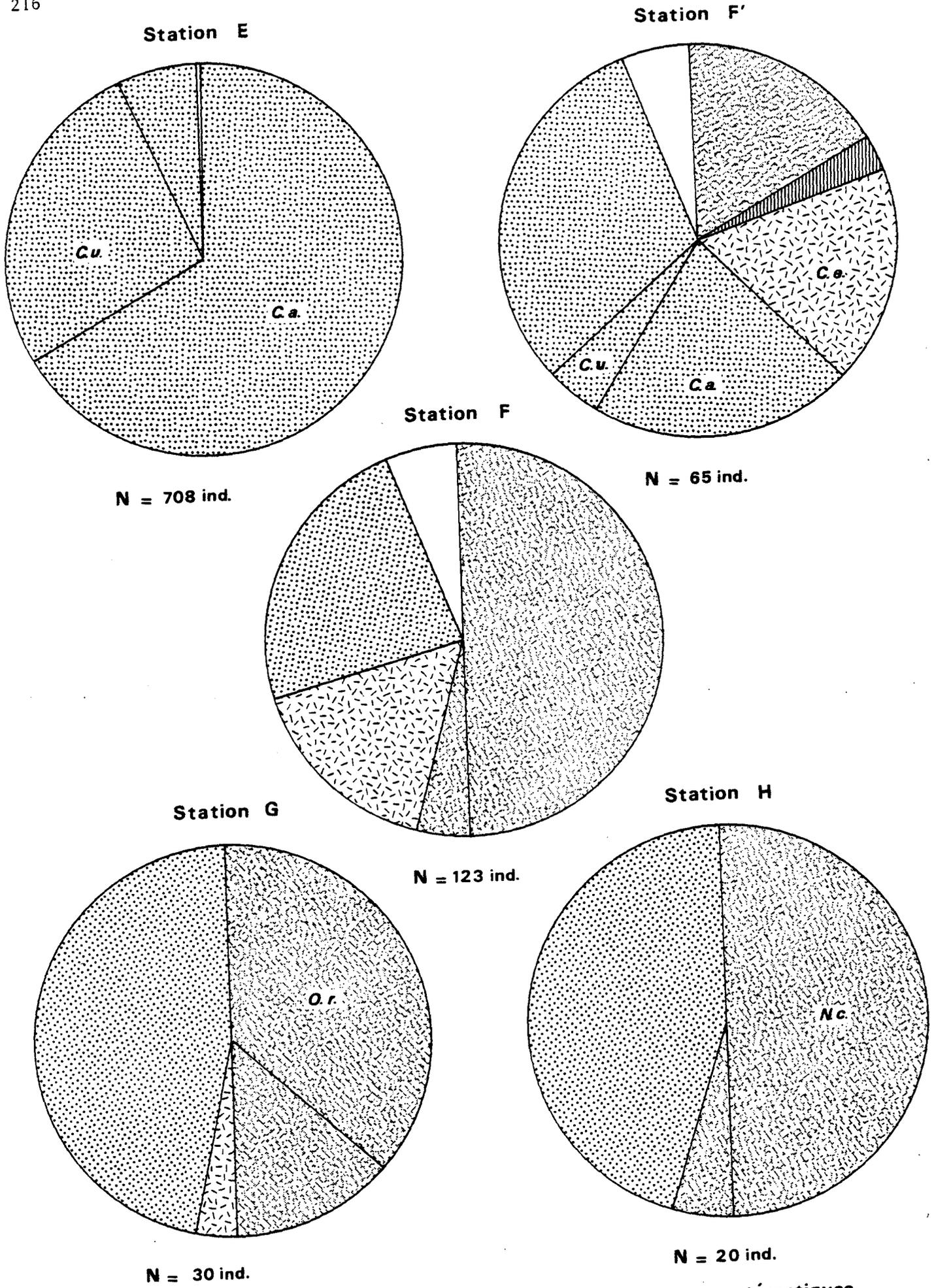
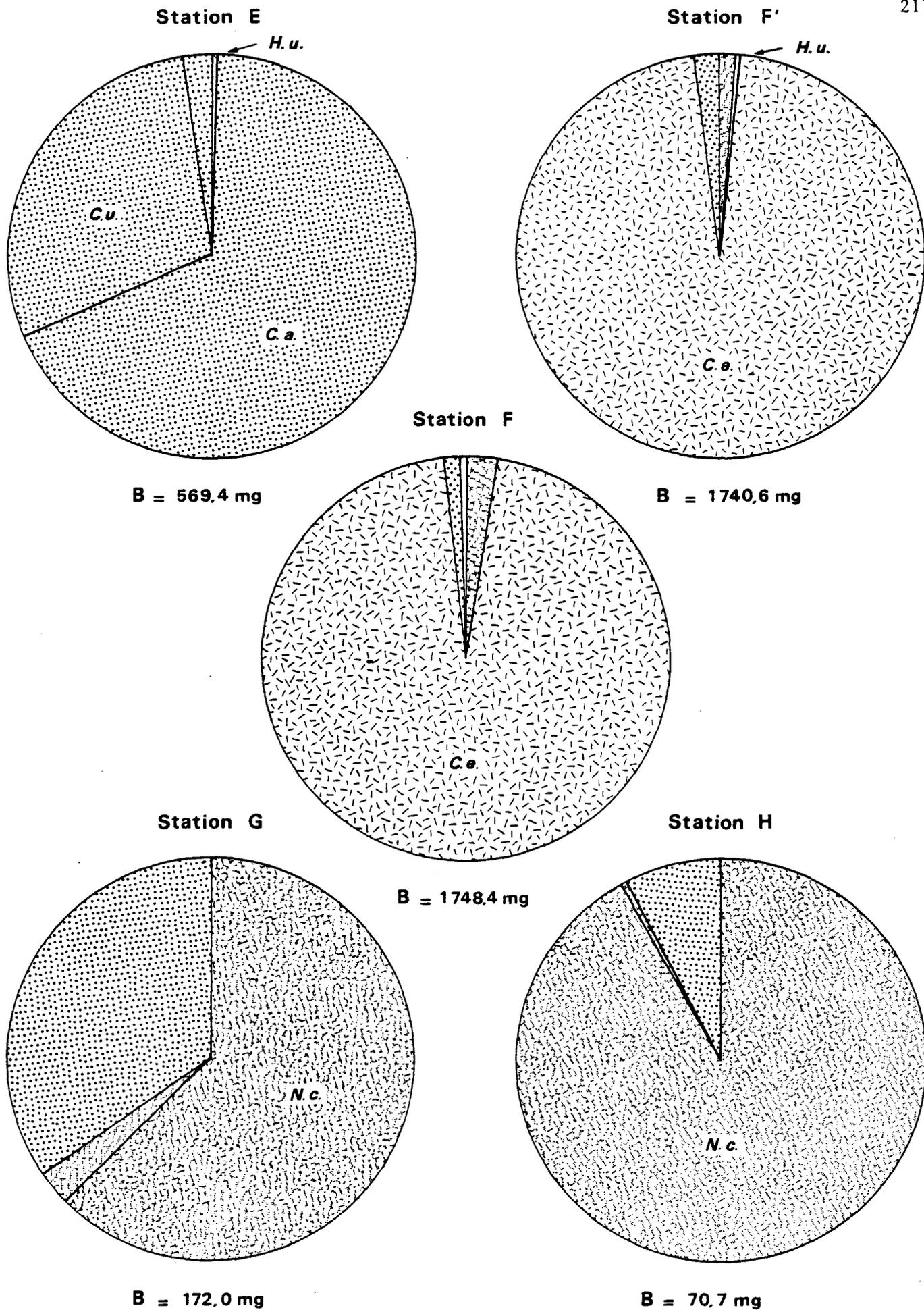


Fig.VI 15: Radiale I . Dominance des différents groupes systématiques animaux (Nbre d'individus)



**Fig. VI16: Radiale I . Dominance des différents groupes systématiques
(Nbre d'individus)**

Radiale 2

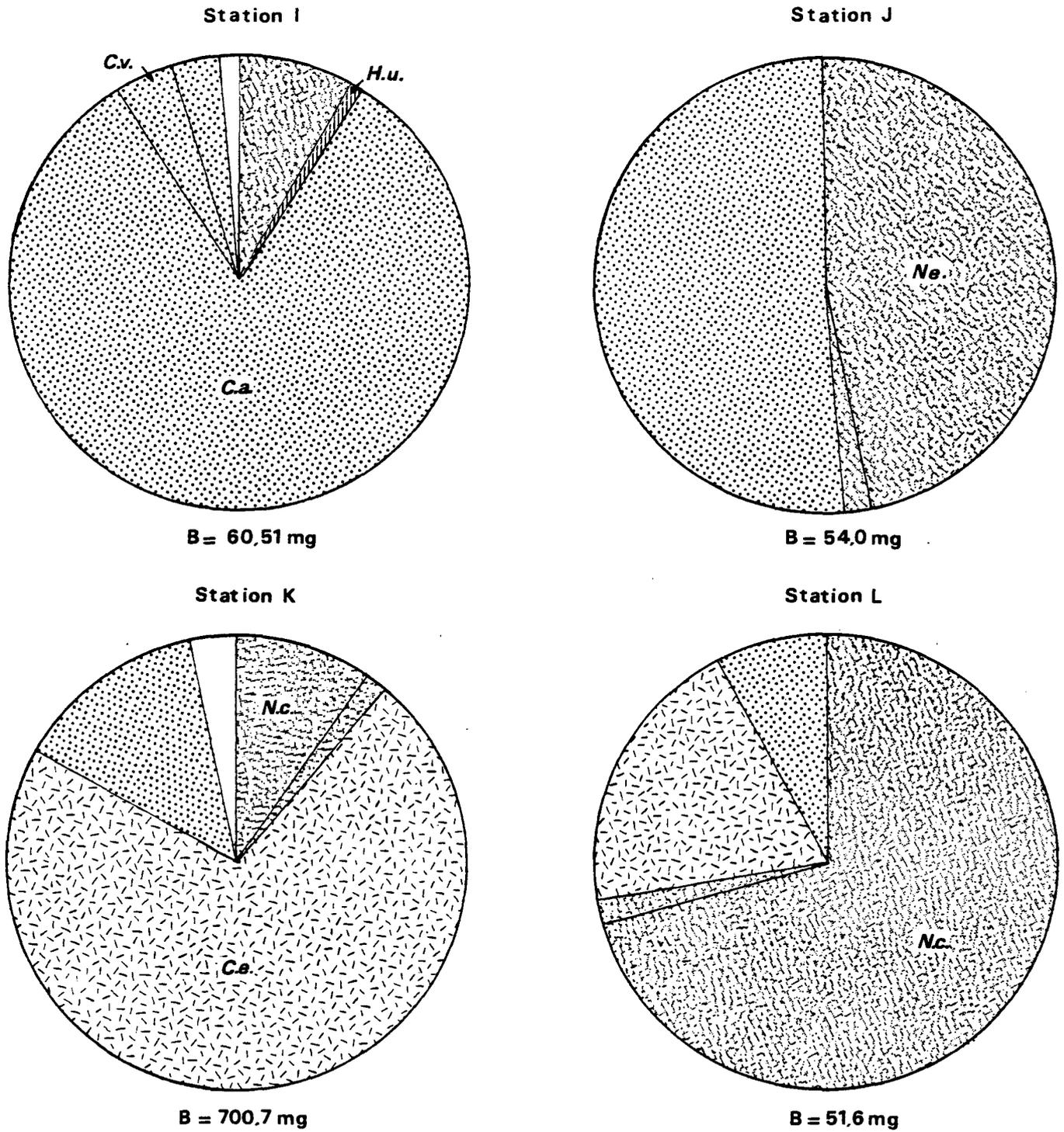
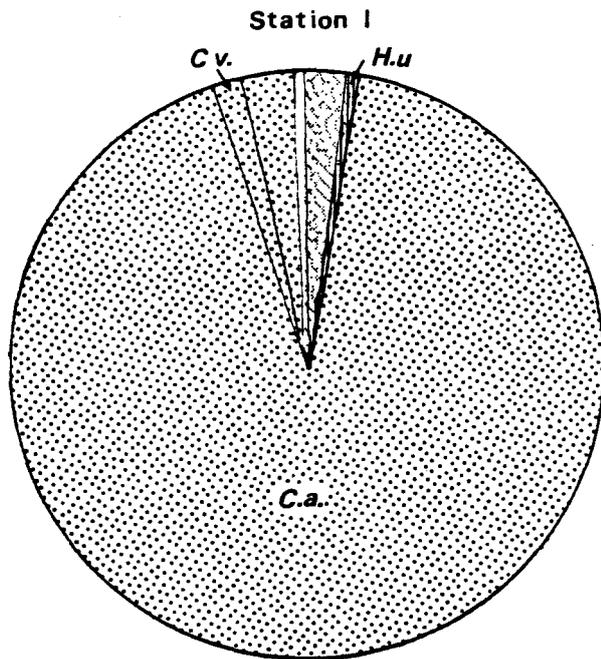
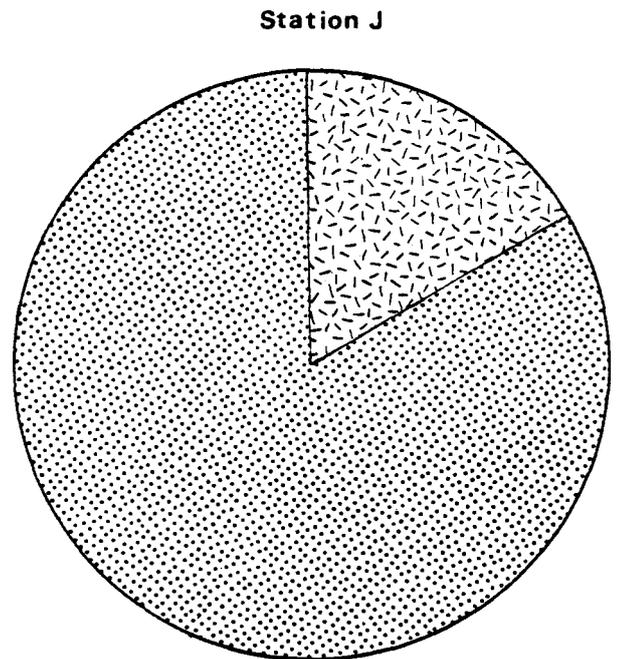


Fig VI 17 : Dominance des différents groupes systématiques d'animaux (biomasse)

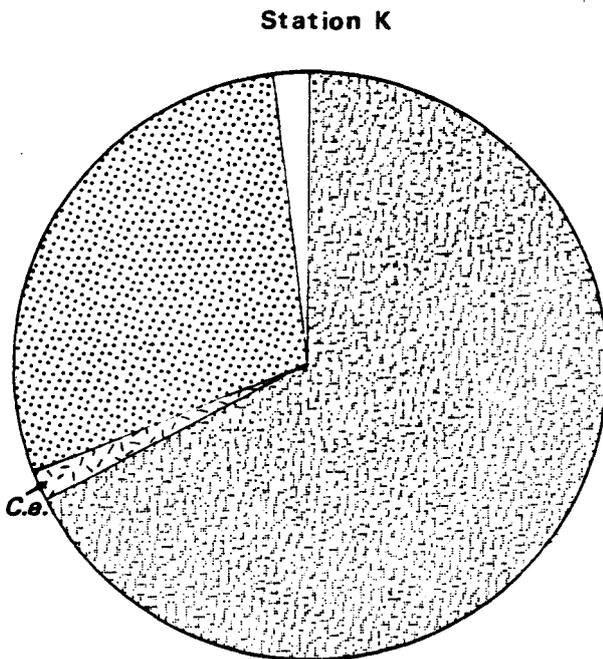
Radiale 2



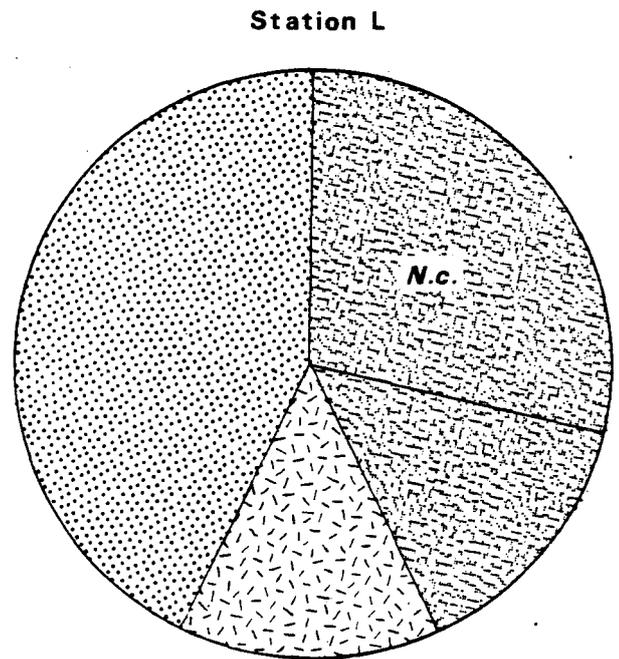
N=1758 individus



N=180 individus



N=55 individus



N=14 individus

 Crustacés
  Lamellibranches
  Annélides
  Divers

 *Hydrobia ulvae*

O.r. = *Ophelia rathkei*

C.v. = *Corophium volutator*

C.a. = *Corophium arenarium*

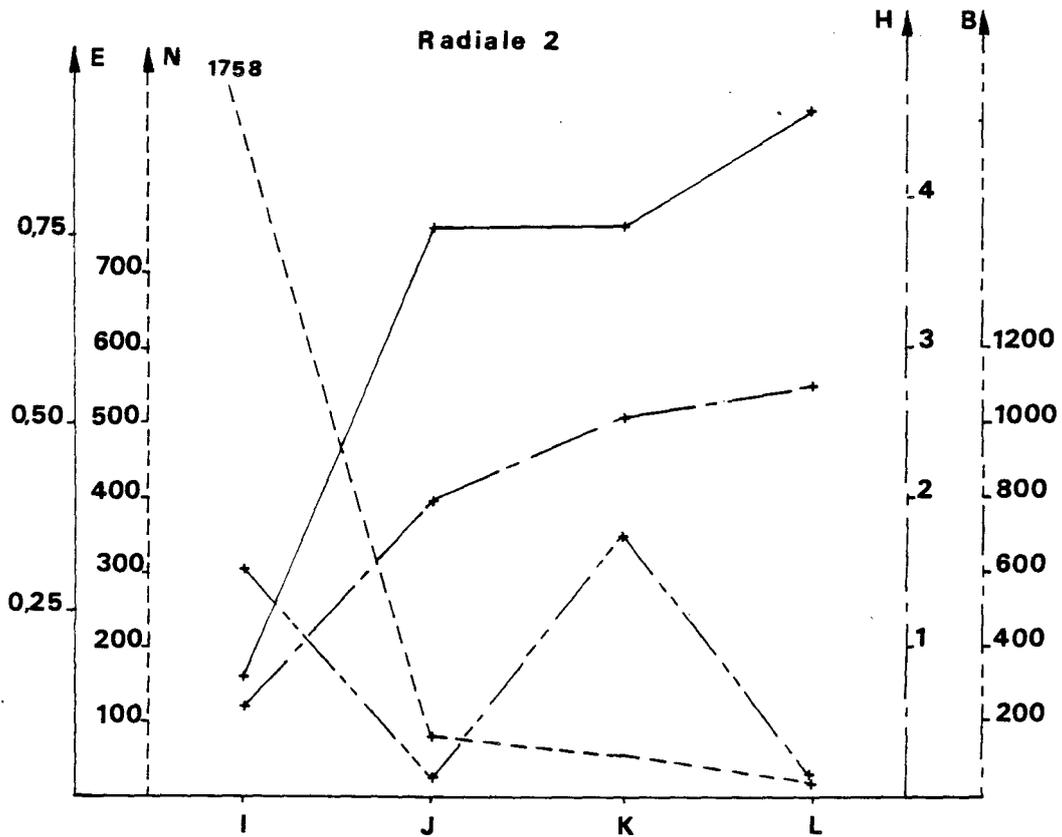
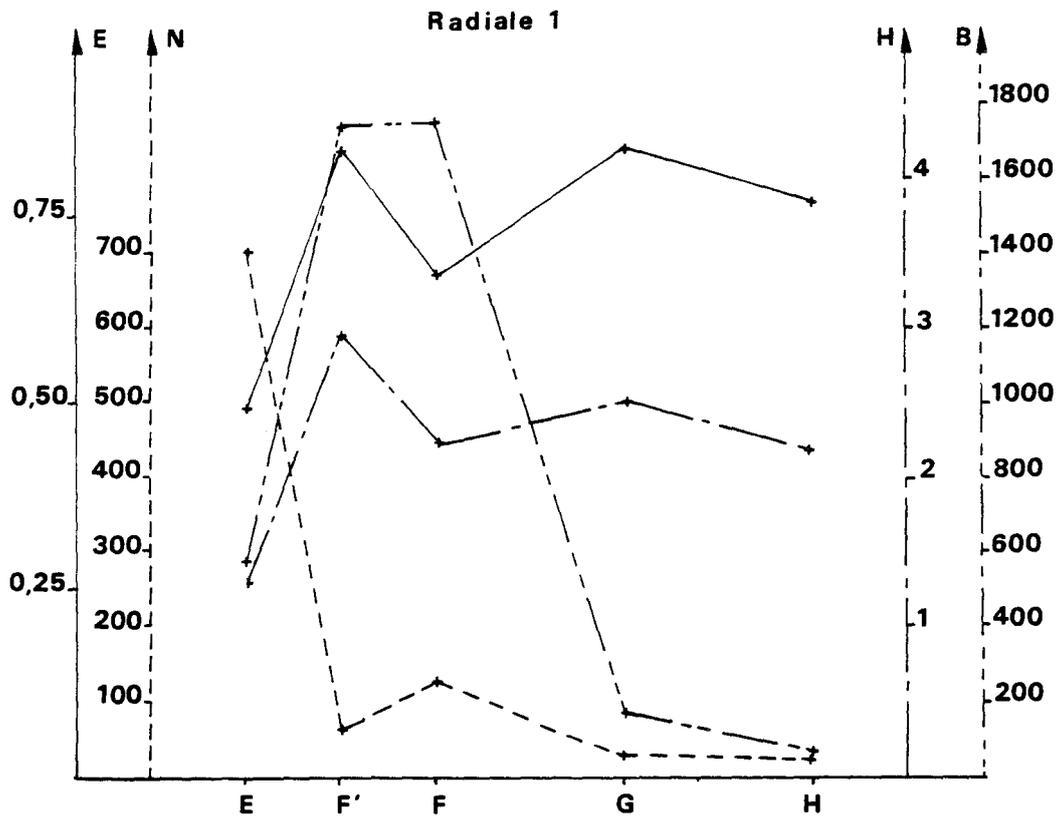
H.u. = *Hydrobia ulvae*

C.e. = *Cerastoderma edule*

N.c. = *Nephtys cirrosa*

Ne. = *Nerine cirratulus*

Fig. VI 18 : Dominance des différents groupes systématiques d'animaux (Nombre d'individus)



N: nbre d'individus B: biomasse en g/1/4 m² H: indice de diversité E: équitabilité

Fig VI 19 Evolution de différents paramètres le long des radiales

L'année 1980 n'ayant pas été une année particulièrement sèche on ne peut attribuer cette dessalure à une baisse de débit de l'Aa. Il semble que l'on doive mettre en cause un autre phénomène : il semble que la circulation d'eau de refroidissement contrecarre les effets de dessalure provoqué par l'Aa.

Cerastoderma edule est toujours présente (80 ind/m²) à la station F. La population semble être bien établie.

Le prélèvement supplémentaire (F') intermédiaire entre les stations E et F montre l'évolution entre les populations du haut niveau de l'estran et celles du milieu de plage : on assiste à ce qu'on peut appeler un effet de frange (ou effet de lisière) des espèces communes aux deux populations y retrouvent mais avec des densités moindres. On y trouve en effet *Hydrobia ulvae*, *Corophium arenarium*, *C. volutator* mais aussi *Cerastoderma edule*. Dans les bas niveaux de la radiale I dominent *Nephtys cirrosa* et *Ophelia ratkhei*. Cette espèce, caractéristique des sables fins propres, confirme le caractère propre des sédiments de bas de plage.

3.2.2. Radiale II (tableaux VI 27 à 34 , Fig. VI 17, 18 et 19).

Le long de cette radiale on n'observe pas de changement aussi net que le long de la radiale I. Les *C. arenarium* se maintiennent à un niveau important, les *C. volutator* régressent.

Espèces	1978	1979	1980
<i>Hydrobia ulvae</i>	196	0	12
<i>Corophium arenarium</i>	220	5280	6476
<i>Corophium volutator</i>	16	596	108

Evolution des espèces vasicoles à la station J (nombre d'individus/m²).

Cette radiale présente deux aspects particuliers : au delà de la dune (côté mer) on est en présence d'une plage à Annélides et à Mollusques (espèces d'endofaune caractéristiques d'une courantologie assez forte) tandis que dans la partie supérieure (en deçà de la dune hydraulique) on est en présence d'une plage à Crustacés (épifaune indiquant des conditions courantologiques atténuées).

Ceci montre l'abri que représente la dune hydraulique vis à vis de l'influence des courants.

3.3. Résultats synthétiques

3.3.1. Dominance moyenne

A partir des données brutes (tableaux VI 17 à 34) nous avons calculé la dominance moyenne de chaque espèce au sein des deux aspects particulier de l'estran de Petit-Fort-Philippe qui sont les deux radiales prospectées.

3.3.1.1. Radiale I

Le classement des espèces en fonction de leur dominance moyenne* confirme les remarques qui ont déjà été faites.

Rang	1974-1975	1976-1977	1978-1979	1980
1	<i>Nerine cirratulus</i>	<i>Nerine cirratulus</i>	<i>Hydrobia ulvae</i>	<i>Corophium arenarium</i>
2	<i>Nephtys cirrosa</i>	<i>Hydrobia ulvae</i>	<i>Ophelia rathkei</i>	<i>Nephtys cirrosa</i>
3	<i>Hydrobia ulvae</i>	<i>Nephtys cirrosa</i>	<i>Bathyporeia pelagica</i>	<i>Ophelia rathkei</i>
4	<i>Eurydice pulchra</i>	<i>Corophium volutator</i>	<i>Eurydice pulchra</i>	<i>Eurydice pulchra</i>
5	<i>Haustorius arenarius</i>	<i>Corophium arenarium</i>	<i>Nerine cirratulus</i>	<i>Paraonis fulgens</i>
6	<i>Ophelia rathkei</i>	<i>Ophelia rathkei</i>	<i>Corophium volutator</i>	<i>Cerastoderma edule</i>
7	<i>Crangon crangon</i>	<i>Bathyporeia pilosa</i>	<i>Haustorius arenarius</i>	<i>Crangon crangon</i>
8	<i>Bathyporeia pilosa</i>	<i>Paraonis fulgens</i>	<i>Pygospio elegans</i>	<i>Corophium volutator</i>
9	<i>Paraonis fulgens</i>	<i>Bathyporeia sarsi</i>	<i>Nephtys cirrosa</i>	<i>Bathyporeia sarsi</i>
10	<i>Corophium arenarium</i>	<i>Pontocrates arenarius</i>	<i>Corophium arenarium</i>	<i>Haustorius arenarius</i>

* La dominance moyenne calculée sur une radiale ne permet pas de mettre en évidence une répartition des espèces le long de cette radiale. Une espèce dont l'effectif est très important à un niveau donné peut être classée avant une espèce dont la répartition est homogène le long de l'estran avec des effectifs peu importants. Ce calcul permet néanmoins de mettre en évidence les espèces les plus contributives à l'organisation bionomique de la plage.

Hydrobia ulvae qui était une des espèces les plus contributives depuis le début des études (elle était même l'espèce la plus importante en 1977-1979) n'apparaît même plus dans les 10 espèces les plus importantes en 1980. Elle arrive au 17ème rang sur 23 espèces prises en compte.

Corophium arenarium est l'espèce la plus contributive. On peut estimer que le dégraissage des moyens niveaux supérieurs a restreint la zone où cette espèce pouvait s'installer. Elle se retrouve ainsi "concentrée" dans une bande plus ou moins étroite en haut d'estran.

Les espèces caractéristiques de sédiments envasée reprennent de l'importance au point que dans les deux premières espèces on ne rencontre que deux espèces vasicoles. Ceci confirme les résultats enregistrés en 1979.

3.3.1.2. Radiale II

Après l'observation du classement des deux espèces les plus contributives à l'organisation bionomique de la partie est de l'estran :

Rang	1974-1975	1978-1979	1980
1	<i>Nerine cirratulus</i>	<i>Corophium arenarium</i>	<i>Corophium arenarium</i>
2	<i>Nephtys cirrosa</i>	<i>Bathyporeia pilosa</i>	<i>Eurydice affinis</i>
3	<i>Corophium arenarium</i>	<i>Nerine cirratulus</i>	<i>Paraonis fulgens</i>
4	<i>Bathyporeia pilosa</i>	<i>Nephtys cirrosa</i>	<i>Nephtys cirrosa</i>
5	<i>Haustorius arenarius</i>	<i>Eurydice affinis</i>	<i>Bathyporeia pilosa</i>
6	<i>Eurydice affinis</i>	Nématodes spp.	<i>Spio filicornis</i>
7	<i>Eurydice pulchra</i>	<i>Eurydice pulchra</i>	<i>Bathyporeia pelagica</i>
8	<i>Spiophanes bombyx</i>	<i>Hydrobia ulvae</i>	<i>Crangon crangon</i>
9	<i>Hydrobia ulvae</i>	<i>Corophium volutator</i>	<i>Nerine cirratulus</i>
10	<i>Crangon crangon</i>	<i>Haustorius arenarius</i>	<i>Eurydice pulchra</i>

on peut faire les mêmes remarques que pour la partie ouest : prédominance de *Corophium arenarium*, regression des autres espèces vasicoles avec augmentation de l'importance des espèces affectionnant un sédiment propre (*Paraonis fulgens*, *Nephtys cirrosa* entre autres).

3.3.2. Diversité-Equitabilité

On peut noter, en règle générale, une augmentation de la diversité et de l'équitabilité des hauts niveaux vers les bas niveaux ($H < 1,25$, $E < 0,5 \rightarrow H > 2$, $E > 0,7$).

Les teneurs en pélites importantes ainsi que les durées d'émersion plus longues font que seul un petit nombre d'espèces affectées d'une forte densité peuvent s'implanter dans les hauts niveaux.

Ces résultats montrent la fragilité des peuplements des hauts niveaux ainsi que la stabilité des niveaux inférieurs.

3.3.2. Biomasse (Fig.VI16, 18 et 19 ; tableaux VI17 à 34)

3.3.3.1. Radiale I

Lors des premières années d'étude (1974 à 1977) on avait mis en évidence une décroissance de la biomasse des hauts niveaux vers les bas niveaux.

Par contre en 1979-1979, le schéma a été modifié du fait de la présence de *Cerastoderma edule*. Les moyens niveaux supérieurs présentent la plus forte biomasse.

En 1980 les résultats confirment ces observations. La présence de *Cerastoderma edule* dans les moyens niveaux provoque une augmentation sensible de la biomasse.

Station	Biomasse 1974-75 g/m ²	Biomasse 1976-77 g/m ²	Biomasse 1978-79 g/m ²	Biomasse 1980 g/m ²
E (22)	2,988	6,361	4,836	2,278
F (23)	≈ 1,65	3,367	11,161	6,994*
G (24)	1,040	0,876	1,142	0,688
H (25)	0,370	0,285	0,160	0,283

3.3.3.2. Radiale II

En 1974 et 1979 on a pu enregistrer dans les hauts niveaux une augmentation importante de la biomasse qui a été occasionnée par l'enrichissement du sédiment en pélites et l'installation d'une épifaune vasicole.

* A la station F' on a enregistré une biomasse équivalente 6,962 g/m².

Station	Biomasse 1974-75 g/m ²	Biomasse 1978-79 g/m ²	Biomasse 1980 g/m ²
I	0,934	2,080	2,420
J	0,662	1,804	0,216
K		1,510	2,803*
L	0,291	0,117	0,206

Les résultats de 1980 confirment également ces observations. Dans les hauts niveaux, la biomasse est importante grâce aux espèces vasicoles. La biomasse est plus faible dans les autres niveaux sauf à la station K où *Cerastoderma edule* représente 70 % de la biomasse totale (Fig. VI18).

3.4. Conclusions

Le trait saillant de l'étude portant sur 1978 et 1979 avait été le dégraissage des moyens niveaux supérieurs de l'estran de Petit-Fort-Philippe.

Ce dégraissage pouvait être imputable au fonctionnement de la centrale.

Dans la partie est de l'estran on remarquait une chute de la biomasse globale de 90 % : le vide écologique laissé par les espèces vasicoles n'étant pas occupé par des espèces à tendances moins vasicoles. Par contre dans la partie ouest, *Cerastoderma edule* a profité du dégraissage des moyens niveaux supérieurs pour s'implanter et la biomasse résultante a augmenté de manière importante (+ 65 %).

En 1980 un fait vient confirmer l'hypothèse de l'influence de la centrale : c'est la disparition quasi complète d'*Hydrobia ulvae* des hauts niveaux de l'estran. L'action de la centrale nucléaire se situe au niveau de la circulation de l'eau de refroidissement.

Le schéma d'action de la circulation de l'eau peut être résumé en deux étapes en fonction de l'augmentation de l'intensité du courant :

- 1ère étape : action sur la sédimentation locale : effet mécanique. Il y a remise en suspension des particules fines au débouché du canal et le long de la dune hydraulique de l'estran qui joue le rôle

* A cette station, *Cerastoderma edule* représente 2,023 g/m².

d'une canalisation naturelle pour les rejets d'eau. Cette modification sédimentologique provoque la disparition des espèces vasicoles.

- 2ème étape : action sur les rejets de l'Aa : effet de dilution. La dessalure provoquée par l'Aa a permis l'implantation d'espèces d'eaux saumâtres (*Hydrobia ulvae* par exemple). Cette dessalure voit son effet annulé par un apport d'eau au moins 6 fois supérieur*.

La disparition d'*Hydrobia ulvae* provoque une perte de biomasse de 6,2 g/m² à la station E entre 1979 et 1980.

On peut supposer que la circulation de l'eau pour le refroidissement de 6 tranches risque de provoquer des perturbations encore plus importantes, on peut notamment penser à un "lessivage" complet des hauts niveaux de l'estran provoquant la disparition des espèces vasicoles sans pour autant permettre l'installation d'espèces suspensivores telles que *Cerastoderma edule* qui ne trouvera pas dans les hauts niveaux des conditions d'immersion et d'émersion favorables à son développement.

* Le débit maximum de l'Aa en période "normale" a été estimé à 6 m³/s par MARTENS et PROUDHON.

B I B L I O G R A P H I E

- CABIOCH L., 1968. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche Occidentale. *Cah. Biol. Mar.*, 5 (suppl.)
- 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. Ledomaine benthique . *In* : "Etude écologique du site de Gravelines" EDF - CNEXO - IBMRW : 76 - 106.
- GENTIL F., 1976. Distribution des peuplements benthiques en Baie de Seine. Thèse de 3ème cycle, Paris VI.
- GREGOIRE A., 1973. Etude des peuplements intertidaux. *In* : Etude écologique du site de Gravelines. Rapport préliminaire Inst. Biol. Marit. 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.
- SOUPLET A., 1978. Le domaine benthique. *In* : "Etude écologique du site de Gravelines" EDF - CNEXO - IBMRW 237 p.
- 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.

T A B L E A U X

Tableau VI-1 - Station A - Campagne du 10 septembre 1979. Nombre d'individus/ $\frac{1}{10}$ m².

Prélèvements Espèces	Prélèvements										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Sagartia</i> sp.	4	3	25	12	13	9	25	17	40	18	166
<i>Cerianthus lloydii</i>	1					1	1				3
Nématodes spp.	2					1		2	3		8
<i>Golfingia elongata</i>	2	1	5	2	2	4		3	1	18	38
<i>Harmonia lunulata</i>			3		1						4
<i>Gattyana cirrosa</i>							1				1
<i>Stenelais boa</i>		3	3	2	1	3	4	7	1	2	25
<i>Lepidonotus squamatus</i>			1								1
<i>Leptonereis glauca</i>					1	1					2
<i>Nephtys caeca</i>		1	1					2	1		5
<i>Nephtys hombergii</i>	1										1
<i>Marphysa sanguinea</i>				1							1
<i>Lumbriconereis impatiens</i>					1						1
<i>Aonides oxycephala</i>						1					1
<i>Scoloplos armiger</i>		1		2		1	1			3	8
<i>Notamastus latericeus</i>		1									1
<i>Ophelia borealis</i>	2										2
<i>Thelepus setosus</i>			1								1
<i>Lanice conchilega</i>	1					1				1	3
<i>Pectinaria koreni</i>	1	1	5	1	1	2	1	5	9	8	34
<i>Sabella pavonina</i>			1	1	5	1			2		10
<i>Archidoris tuberculata</i>								2			2
<i>Modiolus barbatus</i>			1		1						2
<i>Venerupis pullastra</i>							1		1	1	3
<i>Mya truncata</i>					5	5		4	7	1	22
<i>Abra alba</i>	1				1		2	1		1	6
<i>Lysianassa ceratina</i>	2										2
<i>Crangon crangon</i>		1									1
<i>Pandalus montagui</i>					1						1
<i>Callinassa thyrrena</i>	1										1
<i>Upogebia deltaura</i>	1										1
<i>Pagurus bernhardus</i>		1	1						1		3
<i>Macropipus depurator</i>	1										1
<i>Macropipus holzatus</i>										1	1
<i>Asterias rubens</i>								2			2
<i>Ophiura albida</i>		1									1
<i>Psammechinus miliaris</i>		1		1							2
Nombre total d'individus	20	15	47	22	33	30	36	45	66	54	367
Indice de diversité	3,522	3,273	2,388	2,231	2,822	3,077	1,667	2,792	1,987	2,405	3,178
Equitabilité	0,95	0,95	0,69	0,74	0,79	0,86	0,56	0,84	0,60	0,72	0,61

Tableau VI-2- Station A - Campagne du 10 septembre 1979. Biomasse en $\text{mg}/\frac{1}{10} \text{m}^2$.

Prélèvements Espèces	Prélèvements										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Sagartia</i> sp.	592,2	399,7	3306,5	1468,0	2023,7	1275,9	2214,4	2082,4	3900,7	2600,7	19864,2
<i>Cerianthus lloydii</i>	45,3					35,8	104,6				185,7
Nématodes spp.	2,4					0,9		2,7	42,1		48,1
<i>Golfingia elongata</i>	6,2	215,3	190,7	153,5	172,6	222,5		228,3	17,1	810,5	2016,7
<i>Harmothoe lunulata</i>			3,3		0,9						4,2
<i>Gattyana cirrosa</i>							71,8				71,8
<i>Stenelais boa</i>		76,6	14,6	214,6	6,8	201,6	276,5	304,5	90,5	8,3	1194,0
<i>Lepidonotus squamatus</i>			15,3								15,3
<i>Leptonereis glauca</i>					0,9	0,7					1,6
<i>Nephtys caeca</i>		487,8	19,7					6,7	9,1		523,3
<i>Nephtys hombergii</i>	0,5										0,5
<i>Marphysa sanguinea</i>				-							-
<i>Lumbriconereis impatiens</i>					6,8						6,8
<i>Aonides oxycephala</i>						3,8					3,8
<i>Scoloplos armiger</i>		21,1		7,2		6,5	8,3			13,3	56,4
<i>Notomastus latericeus</i>		6,5									6,5
<i>Ophelia borealis</i>	11,6										11,6
<i>Thalopus setosus</i>			22,4								22,4
<i>Lanice conchilega</i>	2,2					8,8				4,1	15,1
<i>Pectinaria koreni</i>	16,0	24,4	63,5	6,0	45,4	28,1	26,6	67,6	190,0	205,3	667,2
<i>Sabella pavonina</i>			84,7	238,4	1323,3	5,6			21,5		1673,5
<i>Archidoris tuberculata</i>								46,6			46,6
<i>Modiolus barbatus</i>			11,4		279,7						291,1
<i>Venerupis pullastra</i>							121,5		146,2	173,7	441,4
<i>Mya truncata</i>					3562,1	66,0		34,9	76,3	7,5	3746,8
<i>Abra alba</i>	4,5				15,7		39,4	34,7		24,8	119,1
<i>Lysianassa ceratina</i>	7,2										7,2
<i>Crangon crangon</i>		30,3									30,3
<i>Pandalus montagui</i>					91,8						91,8
<i>Callinassa thyrrena</i>	1,6										1,6
<i>Upogebia deltaura</i>	-										-
<i>Pagurus bernhardus</i>		109,6	41,7						133,0		284,3
<i>Macropipus depurator</i>	388,3										388,3
<i>Macropipus holsatus</i>										300,7	300,7
<i>Asterias rubens</i>								1256,6			1256,6
<i>Ophiura albida</i>		4,7									4,7
<i>Psammechinus miliaris</i>		934,7		849,7							1784,4
Biomasse totale	1078,0	2310,7	3773,8	2937,4	7529,7	1850,5	2863,1	4065,0	4626,5	4148,9	35183,6
Indice de diversité	1,539	2,389	0,860	1,850	1,924	1,563	1,286	1,843	1,055	1,678	2,524
Equitabilité	0,43	0,69	0,25	0,66	0,54	0,44	0,43	0,56	0,32	0,51	0,49

Tableau VI-3 - Station B - Campagne du 10 septembre 1979. Nombre d'individus/ $\frac{1}{10}$ m².

Prélèvements Espèces	Prélèvements										TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Cerianthus lloydii</i>	1										1
<i>Tealia felina</i>	1										1
<i>Sagartia</i> sp.	1	13	2	7	3	11		16	3		56
<i>Cerebratulus</i> sp.		1					1			1	3
<i>Golfingia vulgaris</i>							1				1
<i>Harmothoe longisetis</i>					1						1
<i>Harmothoe lunulata</i>	1										1
<i>Sigalion mathildae</i>			1	1		1		1			4
<i>Stenelais boa</i>	1										1
<i>Eteone longa</i>						1					1
<i>Phyllodoce mucosa</i>		1				1		39			41
<i>Nereis longissima</i>							1				1
<i>Nephtys cirrosa</i>								4			4
<i>Nephtys hambergii</i>	2	12	6	7	10	6	7		5	6	61
<i>Glycera alba</i>						1	1	1			3
<i>Spiophanes bombyx</i>					1						1
<i>Magelona papillicornis</i>		1		2		1	1	1	1		7
<i>Capitella capitata</i>	4	1	1				1	1			8
<i>Notomastus latericeus</i>	2			2		4	1				9
<i>Arenicola marina</i>								1		1	2
<i>Lanice conchilega</i>				1							1
<i>Pectinaria koremi</i>	17	74	16	66	30	30	31	25	31	34	354
<i>Cerastoderma edule</i>	2	2	2	3	3			4	1		17
<i>Acanthocardia echinata</i>					1						1
<i>Mytilus edulis</i>			1			1					2
<i>Mysella bidentata</i>	1			2	2				1		6
<i>Mya truncata</i>	1	2		2	2	4		7		1	19
<i>Mastra corallina</i>						2					2
<i>Macoma balthica</i>				2				2			4
<i>Abra alba</i>	8	2	2	5	10	14	2	32	1	1	77
<i>Abra nitida</i>		1									1
<i>Tellina fabula</i>	38	44	41	17	31	27	30	63	18	19	328
<i>Ensis arcuatus</i>	1	1	6		2	2	3	1	1	3	20
<i>Ensis siliqua</i>			1								1
<i>Urothoe grimaldii</i>		3		1	1	2		2			9
Nombre total d'individus	81	158	79	118	97	108	80	200	62	66	1049
Indice de diversité	2,551	2,230	2,245	2,357	2,654	3,010	2,232	2,832	2,003	1,894	2,866
Équitabilité	0,65	0,59	0,65	0,62	0,72	0,75	0,62	0,71	0,63	0,63	0,56

Tableau VI-4 - Station B - Campagne du 10 septembre 1979. Biomasse en mg/ $\frac{1}{10}$ m².

Espèces	Prélèvements										TOTAL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<i>Cerianthus llyodii</i>	7,9											7,9
<i>Tealia felina</i>	1925,9											1925,9
<i>Sagartia</i> sp.	7,0	64,7	21,2	38,7	48,0	34,8		181,2	18,9			414,5
<i>Cerebratulus</i> sp.		1,5						172,4			112,6	286,5
<i>Golfingia vulgaris</i>								1,8				1,8
<i>Harmothoe longisetis</i>					29,8							29,8
<i>Harmothoe lunulata</i>	1,0											1,0
<i>Sigalion mathildae</i>			50,2	14,5		11,5		8,0				84,2
<i>Stenelais boa</i>	13,4											13,4
<i>Eteone longa</i>							1,0					1,0
<i>Phyllococe mucosa</i>		1,2					2,2	108,4				111,8
<i>Nereis longissima</i>								1,8				1,8
<i>Nephtys cirrosa</i>								91,2				91,2
<i>Nephtys hombergii</i>	36,5	264,2	858,3	70,1	946,6	735,8	199,5		65,4	540,7		3717,1
<i>Glycera alba</i>							0,7	1,4	0,4			2,5
<i>Spiophanes bombyx</i>					0,4							0,4
<i>Magelona papillicornis</i>		0,7		1,3		0,9	1,2	3,8	4,7			12,6
<i>Capitella capitata</i>	0,4	0,2	0,3					1,4	0,6			2,9
<i>Notomastus latericeus</i>	0,9			1,7		1,5	1,0					5,1
<i>Arenicola marina</i>								55,5		22,6		78,1
<i>Larice conchilega</i>				3,2								3,2
<i>Pectinaria koreni</i>	505,5	1831,5	588,3	1341,8	1136,9	1732,2	719,9	541,3	830,1	702,8		9930,2
<i>Cerastoderma edule</i>	62,6	45,8	57,0	68,0	76,0			288,2	4,8			602,4
<i>Acanthocardia echinata</i>					59,2							59,2
<i>Mytilus edulis</i>			66,6			57,6						124,2
<i>Mysella bidentata</i>	0,6			2,6	1,6					0,9		5,5
<i>Mya truncata</i>	0,9	0,5		1,4	1,9	13,7		28,1			0,2	46,7
<i>Macra corallina</i>						1778,7						1778,7
<i>Macoma balthica</i>				1,8				121,3				123,1
<i>Abra alba</i>	452,2	83,0	89,5	240,3	285,8	473,9	71,4	1156,0	43,0	46,0		2914,1
<i>Abra nitida</i>		20,6										20,6
<i>Tellina fabula</i>	1697,5	1269,2	1583,8	447,8	1029,6	1891,8	1088,7	2315,9	651,8	672,6		12648,7
<i>Ensis arcuatus</i>	18,7	13,4	136,2		23,7	44,3	53,3	9,2	10,1	41,2		350,1
<i>Ensis siliqua</i>			388,3									388,3
<i>Urothoe grimaldii</i>		1,2		0,8	1,1	1,3		1,1				5,5
Biomasse totale	4703,1	3597,7	3839,7	2234,0	3640,4	6781,9	2313,8	4910,2	1629,7	2138,7		35790,0
Indice de diversité	1,949	1,703	2,372	1,769	2,248	2,331	1,940	2,290	1,524	2,077		2,964
Equitabilité	0,50	0,45	0,69	0,47	0,61	0,58	0,54	0,57	0,48	0,69		0,53

Tableau VI-5- Station C - Campagne du 10 septembre 1979. Nombre d'individus/ $\frac{1}{10}$ m².

Prélèvements Espèces	Prélèvements										TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nématodes spp.	2	3			3		1	4		3	16
<i>Eteone longa</i>	2	3			1	4	1		2	1	14
<i>Phyllodoce groenlandica</i>									1		1
<i>Nephtys cirrosa</i>	2	5	9	4	2	4	1	3	3		33
<i>Nephtys hombergii</i>		1	2	3	4	1	6	2		4	23
<i>Nephtys longosetosa</i>				1							1
<i>Scoloplos armiger</i>				2				1			3
<i>Spiophanes bombyx</i>						1					1
<i>Magelona papillicornis</i>	4	6	8	3	9	4		9	10	2	55
<i>Heterocirrus alatus</i>				1							1
<i>Notomastus latericeus</i>	1	1	1	3	1	4	5	8	2		26
<i>Ophelia borealis</i>					1						1
<i>Pectinaria koreni</i>	2		9	4	11	5	21	10	5	15	82
<i>Mysella bidentata</i>										1	1
<i>Tellina fabula</i>		1	1				1	2	3	1	9
<i>Urothoe elegans</i>					1						1
<i>Urothoe grimaldii</i>								4	6	1	11
<i>Bathyporeia elegans</i>		1			1	1			1		4
<i>Bathyporeia pelagica</i>		2									2
<i>Bathyporeia guilliamsomniana</i>			1		1	2		1		4	9
<i>Crangon crangon</i>						1			1		2
<i>Portunus latipes</i>		1				1					2
<i>Echinocardium cordatum</i>						1					1
Nombre total d'individus	13	24	31	21	35	29	36	44	34	32	299
Indice de diversité	2,470	2,975	2,275	2,856	2,805	3,285	1,854	2,948	2,915	2,458	3,244
Equitabilité	0,96	0,90	0,81	0,95	0,81	0,92	0,66	0,89	0,88	0,78	0,72

Tableau VI-6 - Station C. Campagne du 10 septembre 1979. Biomasse en $\text{mg}/\frac{1}{10} \text{ m}^2$.

Prélèvements Espèces	Prélèvements										TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Nématodes sp.</i>	11,6	2,6			3,5		0,8	8,2		4,4	31,1
<i>Eteone longa</i>	2,0	1,4			0,7	2,5	0,6		1,5	1,7	10,4
<i>Phyllodoce groenlandica</i>									30,6		30,6
<i>Nephtys cirrosa</i>	15,8	20,4	10,5	65,0	1,1	1,4	16,2	3,7	25,0		159,1
<i>Nephtys hombergii</i>		1,2	6,5	8,6	10,0	0,6	314,4	2,6		9,5	353,4
<i>Nephtys longosetosa</i>				2,5							2,5
<i>Scoloplos armiger</i>				0,8				4,4			5,2
<i>Spiophanes bombyx</i>						0,7					0,7
<i>Magelona papillicornis</i>	2,6	0,7	4,3	0,6	2,5	2,3		4,6	5,3	3,6	26,5
<i>Heterocirrus alatus</i>				0,1							0,1
<i>Notomastus latericeus</i>	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	1,5	2,5	4,3	2,1		11,3
<i>Ophelia borealis</i>				1,7							1,7
<i>Pectinaria koreni</i>	6,3		122,4	34,5	137,3	21,3	309,6	60,3	73,0	121,6	886,3
<i>Mysella bidentata</i>										1,2	1,2
<i>Tellina fabula</i>		1,6	1,4				2,3	7,6	51,6	7,4	71,9
<i>Urothoe elegans</i>					0,4						0,4
<i>Urothoe grimaldii</i>								0,3	1,8	0,6	2,7
<i>Bathyporeia elegans</i>		0,1			0,3	0,2			0,5		1,1
<i>Bathyporeia pelagica</i>		0,4									0,4
<i>Bathyporeia guilliamsomniana</i>			0,7		0,7	1,3		0,7		3,4	6,8
<i>Crangon crangon</i>						0,3			0,2		0,5
<i>Portunus latipes</i>		0,1				3,2					3,3
<i>Echinocardium cordatum</i>						-					
Biomasse totale	38,4	28,6	145,9	112,4	158,5	35,3	646,4	96,7	191,6	153,4	1607,2
Indice de diversité	1,984	1,603	0,944	1,509	0,892	2,147	1,229	2,024	2,211	1,279	2,048
Equitabilité	0,77	0,48	0,34	0,50	0,26	0,62	0,44	0,61	0,67	0,40	0,46

Tableau VI.7- Station D - Campagne du 10 septembre 1979. Nombre d'individus/ $\frac{1}{10}$ m².

Prélèvements Espèces	Prélèvements										TOTAL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Nématodes spp.	4											4
<i>Cerebratulus</i> sp.	1	1										2
<i>Lineus bilineatus</i>							1					1
<i>Eteone longa</i>			2	5		1		1	1			10
<i>Eumida sanguinea</i>					1							1
<i>Phyllodoce groenlandica</i>		1										1
<i>Phyllodoce mucosa</i>			1	1							1	3
<i>Nephtys caeca</i>								1	1			2
<i>Nephtys cirrosa</i>	5	6	6	3	7	7	4	5	6	2		51
<i>Nephtys longosetosa</i>		2		1								3
<i>Glycera gigantea</i>	1	1	1	1			1		1			6
<i>Dorvillea neglectus</i>			1	2		1						4
<i>Scoloplos armiger</i>		1	1		2		2			1		7
<i>Spio filicornis</i>	4	9	14	5	6	8	3	8	3	1		61
<i>Spiophanes bombyx</i>	1	4	6	2	1	8	3	6	8	3		42
<i>Pygospio elegans</i>						2						2
<i>Heterocirrus alatus</i>			1									1
<i>Notomastus latericeus</i>	1		1			1	1					4
<i>Ophelia borealis</i>	4	5	8	11	3	15	1	4	8	1		60
<i>Lanice conchilega</i>			1									1
<i>Pectinaria koreni</i>				2		3			4			9
<i>Sabella pavonina</i>							1					1
<i>Area lactea</i>					1							1
<i>Spisula elliptica</i>		1	1	3		2	1			1		9
<i>Spisula ovalis</i>					2			3	2			7
<i>Abra alba</i>		1	1	1			2					5
<i>Solen marginatus</i>							1			1		2
<i>Ensis arcuatus</i>						1						1
<i>Schistomysis kervillei</i>			2	1								3
<i>Diastylis bradyi</i>	2	3	2	5	2				3			17
<i>Atylus falcatus</i>								1				1
<i>Urothoe elegans</i>			2	2								4
<i>Urothoe grimaldii</i>										2		2
<i>Bathyporeia elegans</i>	5	6	2	2	5	1	1	5	4	2		33
<i>Bathyporeia guilliamsomniana</i>	2	2	1	2	1	6		2		1		17
<i>Melita gladiosa</i>							6					6
<i>Aora typica</i>							2					2
<i>Crangon crangon</i>	1		1					2				4
<i>Thya scutellata</i>			3	2	1							6
<i>Macropipus holsatus</i>		1										1
Nombre total d'individus	31	44	58	51	32	56	30	38	41	16		397
Indice de diversité	3,302	3,461	3,736	3,782	3,202	3,120	3,606	3,156	3,138	3,328		4,121
Equitabilité	0,92	0,89	0,85	0,91	0,90	0,84	0,92	0,91	0,91	0,96		0,77

Tableau VI-8 - Station D - Campagne du 10 septembre 1979. Biomasse en $\text{mg}/\frac{1}{10} \text{m}^2$.

Prélèvements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
Nématodes spp.	1,1										1,1
<i>Cerebratulus</i> sp.	72,3	19,9									92,2
<i>Lineus bilineatus</i>							6,6				6,6
<i>Eteone longa</i>			2,7	4,3		0,6		1,0	5,2		13,7
<i>Eumida sanguinea</i>					0,2						0,2
<i>Phyllodoce groenlandica</i>		30,2									30,2
<i>Phyllodoce mucosa</i>			0,7	1,0						0,7	2,4
<i>Nephtys caeca</i>								293,5	277,5		571,0
<i>Nephtys cirrosa</i>	66,6	40,3	68,0	48,5	96,5	45,2	24,8	77,0	48,7	6,2	521,8
<i>Nephtys longoetosa</i>		6,5		25,5							32,0
<i>Glycera gigantea</i>	1,5	9,6	5,2	5,0			5,8		24,1		51,2
<i>Dorvillea neglectus</i>			0,9	0,8		0,2					1,9
<i>Scoloplos armiger</i>		0,7	0,9		12,0		7,0			8,1	28,6
<i>Spio filicornis</i>	4,4	15,1	8,3	3,3	9,0	9,8	2,0	34,7	2,8	0,3	98,7
<i>Spiophanes bombyx</i>	0,3	1,2	8,2	3,1	3,7	16,8	2,2	7,2	13,7	3,4	59,8
<i>Pygospio elegans</i>						1,4					1,4
<i>Heterocirrus alatus</i>			1,0								1,0
<i>Notomastus latericeus</i>	0,4		1,7			0,2	0,1				2,4
<i>Ophelia borealis</i>	3,3	29,7	7,3	48,2	3,0	37,9	33,3	22,4	21,0	0,3	206,4
<i>Lanice conchilega</i>			1,3								1,3
<i>Pectinaria koreni</i>				10,3		6,2			27,7		44,2
<i>Sabella pavonina</i>							1,0				1,0
<i>Arca lactea</i>					-						-
<i>Spisula elliptica</i>		0,6	1,7	5,3		2,9	0,2			15,2	26,9
<i>Spisula ovalis</i>					51,1			817,0	478,1		1346,2
<i>Abra alba</i>		11,4	12,8	6,8			23,2				54,2
<i>Solen marginatus</i>							1048,6			1793,2	2841,8
<i>Ensis arcuatus</i>						1,9					1,9
<i>Schistomysis kervillei</i>			2,0	1,3							3,3
<i>Diastylis bradeji</i>	1,6	2,0	1,0	2,8	2,1				3,8		14,1
<i>Atylus falcatus</i>								0,5			0,5
<i>Urothoe elegans</i>			0,2	1,6							1,8
<i>Urothoe grimaldii</i>										3,5	3,5
<i>Bathyporeia elegans</i>	0,9	2,5	0,9	0,7	3,1	0,4	0,4	5,4	2,2	0,7	17,2
<i>Bathyporeia guilliamsomniana</i>	1,2	1,4	1,5	2,0	1,0	5,4		3,0		1,0	16,5
<i>Melita gladiosa</i>							2,2				2,2
<i>Aora typica</i>							0,8				0,8
<i>Crangon crangon</i>	1,2		0,7					3,2			5,1
<i>Thya scutellata</i>			0,4	0,3	96,3						97,0
<i>Macropipus holsatus</i>		54,6									54,6
Biomasse totale	154,8	226,5	127,4	170,8	278,0	128,9	1158,2	1264,9	904,8	1832,6	6243,9
Indice de diversité	1,676	3,120	2,659	2,941	2,181	2,492	0,708	1,519	1,870	0,203	2,630
Equitabilité	0,47	0,80	0,61	0,71	0,63	0,67	0,18	0,44	0,54	0,06	0,50

TABLEAU : VI-9 - CAMPAGNE DU 27 MAI 1980. STATION A. NOMBRE D'INDIVIDUS/1/10 M².

Espèces	Prélèvement										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Cerianthus lloydii</i>	1		1	1			2	1			6
<i>Sagartia</i> sp.	2	5	1	3		3	10	1	4	3	32
<i>Lineus bilineatus</i>		1	1				1				3
Nématodes sp.			4	1	2	1			1		9
<i>Golfingia elongata</i>		1			5	2	3	1		2	14
<i>Golfingia vulgaris</i>	1	2		1							4
<i>Stenelais boa</i>	2	4	1	2	3		3		5	2	22
<i>Harmothoe lunulata</i>				1				1	1		3
<i>Pholoe synophthalmica</i>					1		1				2
<i>Phyllodoce mucosa</i>								1			1
<i>Phyllodoce groenlandica</i>			1	1							2
<i>Eumida sanguinea</i>							1				1
<i>Nephtys hombergii</i>	2	2		5	1		4				14
<i>Nephtys longosetosa</i>						1	1		4	3	9
<i>Glycera alba</i>		1									1
<i>Scoloplos armiger</i>	3		1		1	1		2			8
<i>Aonides oxycephala</i>	1									1	2
<i>Spio filicornis</i>			1								1
<i>Spiophanes bombyx</i>			1								1
<i>Heterocirrus alatus</i>	1										1
<i>Chaetozone setosa</i>		5		2			1		1		9
<i>Notomastus latericeus</i>							1	1			2
<i>Ophelia borealis</i>				1	1	1	1	3		4	11
<i>Lanice conchilega</i>	2		7		1			2			12
<i>Thelepus setosus</i>										1	1
<i>Pectinaria koreni</i>		2	2			1			1		6
<i>Sabella pavonina</i>					1						1
<i>Spisula elliptica</i>							1				1
<i>Venerupis pullastra</i>			1								1
<i>Ione thoracica</i>	2										2
<i>Ampelisca spinipes</i>				1							1
<i>Urothoe elegans</i>			2						1		3
<i>Stenothoe marina</i>		1									1
<i>Melita gladiosa</i>										1	1
<i>Podoceropsis nitida</i>							4				4
<i>Processa canaliculata</i>							1				1
<i>Callianassa tyrrhena</i>	1		2								3
<i>Fagurus bernhardus</i>		2					1				3
<i>Macropipus holtsatus</i>		2									2
<i>Inachus phalangium</i>				1							1
<i>Echinocyamus pusillus</i>				1							1
Nombre total d'individus	19	28	26	21	16	10	36	13	18	17	203
Indice de diversité	3,471	3,335	3,406	3,423	2,852	2,646	3,483	3,027	2,636	2,822	4,522
Equitabilité	0,97	0,93	0,90	0,93	0,90	0,94	0,87	0,96	0,88	0,94	0,85

TABLEAU VI-10- CAMPAGNE DU 27 MAI 1980. STATION A. BIOMASSE EN MG/1/10 M².

Espèces	Prélèvement										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Cerianthus lloydii</i>	5,0		18,5	6,5			3,0	3,0			36,0
<i>Sagartia</i> sp.	389,5	609,0	101,5	71,4		594,0	340,0	120,9	930,3	207,8	3644,4
<i>Lineus bilineatus</i>		3,0	2,2				15,6				20,8
Nématodes sp.			11,2	1,1	7,5	7,2			1,1		28,1
<i>Golfingia elongata</i>		942,1			346,0	109,4	60,4	129,3		79,3	1666,5
<i>Golfingia vulgaris</i>	37,1	9,2		9,5							55,8
<i>Stenelais boa</i>	88,2	253,3	145,2	53,2	35,0		55,9		162,9	44,0	837,7
<i>Harmothoe lunulata</i>				1,7				2,0	2,2		5,9
<i>Pholoe synophtalmica</i>					0,7		0,7				1,4
<i>Phyllodoce mucosa</i>								0,9			0,9
<i>Phyllodoce groenlandica</i>			47,7	6,6							54,3
<i>Eumida sanguinea</i>							0,3				0,3
<i>Nephtys hombergii</i>	3,1	2,3		15,4	1,8		10,4				32,0
<i>Nephtys longosetosa</i>						17,4	30,7		85,0	42,1	175,2
<i>Glycera alba</i>		4,1									4,1
<i>Scoloplos armiger</i>	4,9		1,7		2,5	1,4		1,7			12,2
<i>Aonides omycephala</i>	1,4									2,5	3,9
<i>Spio filicornis</i>			0,3								0,3
<i>Spiophanes bombyx</i>			0,4								0,4
<i>Heterocirrus alatus</i>	1,1										1,1
<i>Chaetozone setosa</i>		12,1		1,1			3,4		1,9		18,5
<i>Notomastus latericeus</i>							5,2	1,2			6,4
<i>Ophelia borealis</i>				2,4	1,1	1,6	1,1	11,7		7,3	25,2
<i>Larice conchilega</i>	20,1		16,1		1,9			1,1			39,2
<i>Thelepus setosus</i>										17,8	17,8
<i>Pectinaria koreni</i>		1,6	212,1			66,0			87,7		367,4
<i>Sabella pavonina</i>					15,5						15,5
<i>Spisula elliptica</i>							16,3				16,3
<i>Venerupis pullastra</i>			1322,1								1322,1
<i>Ione thoracica</i>	-										-
<i>Ampelisca spinipes</i>				13,5							13,5
<i>Urothoe elegans</i>			1,3						0,4		1,7
<i>Stenothoe marina</i>		0,4									0,4
<i>Melita glaciosa</i>										0,6	0,6
<i>Podoceroopsis nitida</i>							1,3				1,3
<i>Processa canaliculata</i>							32,8				32,8
<i>Callianassa tyrrhena</i>	129,9		10,7								140,6
<i>Pagurus bernhardus</i>		248,4					546,8				795,2
<i>Macropipus holsatus</i>		3505,6									3505,6
<i>Inachus phalangium</i>				26,2							26,2
<i>Echinocyamus pusillus</i>				4,3							4,3
Biomasse totale	680,3	5591,1	1891,0	212,9	412,0	797,0	1123,9	271,8	1271,5	401,4	12651,9
Indice de diversité	1,850	1,662	1,602	2,757	0,950	1,223	2,112	1,489	1,279	2,009	2,899
Equitabilité	0,56	0,46	0,42	0,75	0,30	0,44	0,53	0,47	0,43	0,67	0,55

Tableau VI-11 - Station B - Campagne du 27 mai 1980. Nombre d'individus/ $\frac{1}{10}$ m².

Prélèvements Espèces	Prélèvements										TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Sagartia</i> sp.			1	1		2	2		1	5	12
<i>Cerebratulus</i> sp.									1		1
<i>Sigalion mathildae</i>									1		1
<i>Stenelais boa</i>	1	1	2								4
<i>Harmothoe longisetis</i>									1		1
<i>Lepidomotus squamatus</i>	3	1	1								5
<i>Pholoe synophthalmica</i>					2		1		2	1	6
<i>Phyllodoce groenlandica</i>										1	1
<i>Phyllodoce mucosa</i>						1					1
<i>Eumida sanguinea</i>	1				2						3
<i>Eteone longa</i>	1										1
<i>Nereis diversicolor</i>						1				1	2
<i>Nephtys hombergii</i>	4	8	14	4	4	6	6	7	4	5	62
<i>Spio filicornis</i>				1							1
<i>Spiophanes bombyx</i>			1		1						2
<i>Magelona papillicornis</i>				1	1						2
<i>Capitella capitata</i>		3		1			1				5
<i>Notomastus latericeus</i>	1		1	1							3
<i>Arenicola marina</i>	1		1	3			1				6
<i>Lanice conchilega</i>	37	24	15	14	21	40	21	12	23	7	214
<i>Pectinaria koreni</i>	17	16	23	23	19	42	24	25	18	11	228
<i>Cerastoderma edule</i>		3						1		2	6
<i>Mya truncata</i>	1										1
<i>Myella bidentata</i>			3		6	1			1		11
<i>Macoma balthica</i>	1				1	1		1			4
<i>Tellina fabula</i>	21	43	47	58	49	54	56	53	45	27	453
<i>Abra alba</i>		2	8	5	5	12	1	5	9	17	64
<i>Ensis arcuatus</i>				1				1			2
<i>Urothoe grimaldii</i>			3			2		1	1		7
<i>Acrocnida brachiata</i>									1		1
<i>Gobius minutus</i>								1			1
Nombre total d'individus	89	101	120	113	111	162	113	107	108	77	1111
Indice de diversité	2,350	2,273	2,636	2,205	2,405	2,324	1,997	2,125	2,452	2,620	2,560
Equitabilité	0,66	0,72	0,71	0,62	0,70	0,67	0,63	0,64	0,66	0,79	0,52

Tableau VI-12-Station B - Campagne du 27 mai 1980. Biomasse en $\text{mg}/\frac{1}{10} \text{ m}^2$.

Prélèvements Espèces	Prélèvements										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Sagartia</i> sp.			2,2	31,2		32,5	94,8		69,5	75,7	305,9
<i>Cerebratulus</i> sp.									4,8		4,8
<i>Sigalion mathildae</i>									86,6		86,6
<i>Stenelais boa</i>	35,5	3,4	76,7								115,6
<i>Harmothoe longisetis</i>									75,2		75,2
<i>Lepidonotus squamatus</i>	1,3	1,8	2,7						2,7		8,5
<i>Pholoe synophtalmica</i>					0,6		0,9			0,7	2,2
<i>Phyllodoce groenlandica</i>										39,2	39,2
<i>Phyllodoce mucosa</i>						1,2					1,2
<i>Eumida sanguinea</i>	0,4				1,2						1,6
<i>Eteone longa</i>	0,7										0,7
<i>Nereis diversicolor</i>						71,8				3,3	75,1
<i>Nephtys hombergii</i>	96,8	455,1	518,8	71,3	227,2	536,8	517,9	431,8	45,2	135,8	3036,7
<i>Spio filicornis</i>				0,7							0,7
<i>Spiophanes bombyx</i>			0,6		0,3						0,9
<i>Magelona papillicornis</i>				1,1	0,8						1,9
<i>Capitella capitata</i>		1,2		0,5			0,8				2,5
<i>Notomastus latericeus</i>	0,7		2,5	1,0							4,2
<i>Arenicola marina</i>	238,4		82,1	2850,1			34,8				3205,1
<i>Lanice conchilega</i>	5,0	9,0	11,8	9,4	9,7	15,5	4,7	2,4	9,2	0,9	77,6
<i>Pectinaria koreni</i>	970,1	900,6	1417,6	1560,3	1095,8	2629,7	1739,9	1333,8	1595,9	571,5	13814,2
<i>Cerastoderma edule</i>		487,6						132,8		456,9	1077,3
<i>Mya truncata</i>	15,7										15,7
<i>Mysella bidentata</i>			2,0		17,5	2,8			2,7		25,0
<i>Macoma balthica</i>	147,1				9,6	385,5		186,0			728,2
<i>Tellina fabula</i>	1010,2	1827,6	1973,4	2830,9	2194,3	2700,4	3047,4	2887,4	2287,8	1565,9	22325,2
<i>Abra alba</i>		159,8	406,9	339,5	314,9	348,6	56,0	362,1	482,6	1171,0	3641,4
<i>Ensis arcuatus</i>				33,7				81,1			114,8
<i>Urothoe grimaldii</i>			1,4			1,2		0,7	0,7		4,0
<i>Aerocnida brachiata</i>								82,4			82,4
<i>Gobius minutus</i>								306,4			306,4
Biomasse totale	2521,9	3846,1	4498,7	7729,7	3871,9	6726,0	5496,9	5723,5	4745,2	4020,9	49180,8
Indice de diversité	1,964	1,972	1,976	1,872	1,602	1,944	1,545	2,127	1,868	2,156	2,259
Equitabilité	0,55	0,62	0,53	0,52	0,46	0,56	0,49	0,64	0,51	0,65	0,46

TABLEAU VI-13 - CAMPAGNE DU 27 MAI 1980 - STATION C - NOMBRE D'INDIVIDUS/L/10 M²

Prélèvements Espèces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<i>Cerebratulus</i> sp.		1							1	1	3
Nématode sp.									1	1	2
<i>Harmothoe</i> <i>lunulata</i>					2			1			3
<i>Lepidonotus</i> <i>squamatus</i>								1			1
<i>Pholoe</i> <i>synophtalmica</i>								1			1
<i>Eumida</i> <i>sanguinea</i>	1				2			1			4
<i>Nereis</i> sp.					1						1
<i>Nephtys cirrosa</i>										1	1
<i>Nephtys hombergii</i>	3	11	3	4	4	10	6	9	7	1	58
<i>Spio filicornis</i>				1					1	1	3
<i>Spiophanes</i> <i>bombyx</i>						1					1
<i>Magelona</i> <i>papillicornis</i>	6	22	5	4	9		11	2	5	1	65
<i>Notomastus</i> <i>latericeus</i>										1	1
<i>Capitella</i> <i>capitata</i>		2		10	2			1			15
<i>Lanice</i> <i>conchilega</i>	1	1		1	7	6	3	23	5		47
<i>Pectinaria</i> <i>koreni</i>				1	1		1	1			4
<i>Spisula ovalis</i>							1				1
<i>Mactra corallina</i>			1							1	2
<i>Cerastoderma</i> <i>edule</i>			1	1		4	2	3	1		12
<i>Donax vittatus</i>			1		1						2
<i>Tellina fabula</i>	1	2	5		1	3	9		1		22
<i>Macoma balthica</i>										1	1
<i>Urothoe elegans</i>			1								1
<i>Urothoe grimaldii</i>								2	1		3
<i>Melita gladiosa</i>	1										1
<i>Anapagurus</i> <i>hynanarni</i>								1			1
<i>Gobius minutus</i>								1		1	2
Nombre total d'individus	13	39	17	22	30	24	33	47	23	10	258
Indice de diversité	2,142	1,692	2,442	2,222	2,834	2,023	2,352	2,548	2,660	3,322	3,224
Equitabilité	0,83	0,65	0,87	0,79	0,85	0,87	0,84	0,69	0,84	1,00	0,68

TABLEAU VI-14 - CAMPAGNE DU 27 MAI 1980 - STATION C - BIOMASSE EN MG/1/10 M²

Prélèvements Espèces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
<i>Cerebratulus</i> sp.		18,7							36,2	81,5	136,4
Nématode sp.									6,6	14,7	21,3
<i>Harmothoe</i> <i>lunulata</i>					5,4			0,7			6,1
<i>Lepidonotus</i> <i>squamatus</i>								0,9			0,9
<i>Pholoe</i> <i>synophtalmica</i>								0,9			0,9
<i>Eumida</i> <i>sanguinea</i>	1,7				0,7			1,0			3,4
<i>Nereis</i> sp.					107,5						107,5
<i>Nephtys cirrosa</i>										14,4	14,4
<i>Nephtys hombergii</i>	87,0	625,0	31,8	13,5	21,9	55,4	22,1	54,8	35,0	7,3	953,8
<i>Spio filicornis</i>				0,4					0,5	0,5	1,4
<i>Spiophanes</i> <i>bombyx</i>						0,5					0,5
<i>Magelona</i> <i>papillicornis</i>	4,3	22,7	6,0	5,3	11,8		10,8	5,4	5,8	2,5	74,6
<i>Notomastus</i> <i>latericeus</i>										17,8	17,8
<i>Capitella</i> <i>capitata</i>		1,4		5,7	0,5			1,2			8,8
<i>Lanice</i> <i>conchilega</i>	2,1	0,5		0,7	1,9	0,5	0,7	5,7	2,5		14,6
<i>Pectinaria</i> <i>koreni</i>				101,9	13,0		10,0	24,0			148,9
<i>Spisula ovalis</i>							1516,5				1516,5
<i>Maetra corallina</i>			1144,1							489,0	1633,1
<i>Cerastoderma</i> <i>eaule</i>			110,5	261,8		852,8	255,1	515,4	288,2	81,5	2365,3
<i>Donax vittatus</i>			222,7		419,9						642,6
<i>Tellina fabula</i>	4,7	46,8	79,9		15,9	68,6	130,9		5,5		352,3
<i>Macoma balthica</i>										2,6	2,6
<i>Urothoe elegans</i>			0,7								0,7
<i>Urothoe grimaldii</i>								1,3	0,5		1,8
<i>Melita gladiosa</i>	0,6										0,6
<i>Anapagurus</i> <i>hynamanni</i>								1,2			1,2
<i>Gobius minutus</i>								5,9		3,8	9,7
Biomasse totale	100,4	715,1	1595,7	389,5	598,5	977,8	1946,1	618,4	380,8	715,6	8037,7
Indice de diversité	0,840	0,748	1,371	1,259	1,457	0,687	1,085	1,004	1,298	1,623	2,774
Equitabilité	0,33	0,29	0,49	0,45	0,44	0,30	0,39	0,27	0,41	0,47	0,58

TABLEAU VI-15- CAMPAGNE DU 27 MAI 1980 - STATION D - NOMBRE D'INDIVIDUS/1/10 m²

Prélèvement Espèces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Nématodes			1			1		2	1	1	6
<i>Cerebratulus</i> sp.						1					1
<i>Phyllococe</i> <i>groenlandica</i>			1						1		2
<i>Nephtys cirrosa</i>		2						2		2	6
<i>Nephtys hombergii</i>	2	5	2		1	1	2		1		14
<i>Glycera alba</i>							2				2
<i>Nerine bonnieri</i>	1										1
<i>Nerine</i> <i>cirratulus</i>				1							1
<i>Magellona</i> <i>papillicornis</i>					1	1	1	2	1		6
<i>Faraonis</i> <i>fulgens</i>		1									1
<i>Chaetozone</i> <i>setosa</i>		2			1	2		1			6
<i>Capitella</i> <i>capitata</i>			1	2	1			1		2	7
<i>Notomastus</i> <i>latericeus</i>		1	1	1	1			1		1	6
<i>Abra alba</i>					1						1
<i>Tellina fabula</i>	1				1				1		3
<i>Tellina tenuis</i>					1			1			2
<i>Bathyporeia</i> <i>elegans</i>		1		4		2	1				8
<i>Bathyporeis</i> <i>guilliamsoniana</i>	2	3		1			2	1	1		10
<i>Urothoe grimaldii</i>					1						1
<i>Fagurus</i> <i>bernhardus</i>							1				1
Nombre total d'individus	6	15	6	9	9	8	9	11	6	6	83
Indice de diversité	1,918	2,549	2,252	2,059	3,170	2,500	2,503	2,914	2,585	1,918	3,833
Equitabilité	0,96	0,91	0,97	0,89	1,00	0,97	0,97	0,97	1,00	0,96	0,89

TABLEAU VI-16- CAMPAGNE DU 27 MAI 1980 - STATION D - BIOMASSE EN MG/1/10 M²

Prélèvement Espèces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Nématodes			1,9			2,8		14,9	2,4	7,2	29,2
<i>Cerebratulus</i> sp.						13,6					13,6
<i>Hydrodoce</i> <i>groenlandica</i>			42,9						74,8		117,7
<i>Nephtys cirrosa</i>		4,3						25,9		26,6	56,8
<i>Nephtys hombergii</i>	39,1	44,9	18,0		5,4	49,2	17,0		3,4		177,0
<i>Glycera alba</i>							4,1				4,1
<i>Nerine bonnierii</i>	9,2										9,2
<i>Nerine</i> <i>cirratulus</i>				18,7							18,7
<i>Magelona</i> <i>papillicornis</i>					1,2	1,0	3,3	6,7	2,4		14,6
<i>Paraonis</i> <i>fulgens</i>		0,4									0,4
<i>Chaetozone</i> <i>setosa</i>		1,1			2,7	2,2		0,5			6,5
<i>Capitella</i> <i>capitata</i>			0,7	1,7	0,6			0,5		1,0	4,5
<i>Notomastus</i> <i>latericeus</i>		4,2	2,1	1,2	4,1			6,3		1,9	19,8
<i>Abra alba</i>					2,7						2,7
<i>Tellina fabula</i>	1,8				10,8				18,7		31,3
<i>Tellina tenuis</i>					61,3			90,9			152,2
<i>Bathyporeia</i> <i>elegans</i>		0,7		2,7		1,3	1,1				5,8
<i>Bathyporeia</i> <i>guilliamsoniana</i>	5,4	6,7		2,1			4,9	2,9	2,7		24,7
<i>Urothoe</i> <i>grimaldii</i>					0,3						0,3
<i>Fagurus</i> <i>bernhardus</i>							0,8				0,8
Biomasse totale	55,5	62,3	65,6	26,4	89,1	70,1	31,2	148,6	104,4	36,7	689,9
Indice de diversité	1,273	1,437	1,289	1,437	1,655	1,354	1,930	1,767	1,337	1,160	3,151
Equitabilité	0,64	0,51	0,56	0,62	0,52	0,52	0,75	0,59	0,52	0,58	0,73

Tableau VI-17 - Estran Gravelines. Radiale I. Station E. Nombre d'individus.

Prélèvement Espèces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total pour 1/4m ²	Total pour 1 m ²
<i>Hydrobia ulvae</i>		2									2	8
<i>Eurydice affinis</i>				2		1	3	6		4	16	64
<i>Bathyporeia pilosa</i>		1		1				12		4	18	72
<i>Corophium arenarium</i>	22	67	63	56	30	79	58	30	35	32	472	1888
<i>Corophium volutator</i>	10	25	27	22	15	29	13	13	25	10	189	756
Larves de Diptères		2	2	1	2		2		2		11	44
Nombre total d'individus	32	97	102	82	47	109	76	61	62	50	708	2832
Indice de diversité	0,896	1,172	1,013	1,171	1,133	0,907	1,056	1,769	1,154	1,459	1,274	1,274
Equitabilité	0,90	0,51	0,64	0,50	0,72	0,57	0,53	0,89	0,73	0,73	0,49	0,49

Tableau VI-18 - Estran Gravelines. Radiale I. Station E. Biomasse en mg.

Prélèvements Espèces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total pour 1/4m ²	Total pour 1 m ²
<i>Hydrobia ulvae</i>		1,0									1,0	4,0
<i>Eurydice affinis</i>				0,7		1,3	0,6	0,7		1,5	4,5	16,0
<i>Bathyporeia pilosa</i>		0,3		0,3				5,9		2,0	8,5	34,0
<i>Corophium arenarium</i>	20,1	50,9	48,8	51,7	27,1	68,2	40,6	25,0	37,1	18,3	387,8	1551,2
<i>Corophium volutator</i>	9,7	22,5	20,0	21,2	12,1	24,3	11,9	12,1	21,7	10,2	165,7	662,8
Larves de Diptères		6,1	2,1	2,7	4,0		1,4		2,7		19,0	76,0
Biomasse totale	29,8	80,8	70,9	76,6	43,2	93,8	23,9	43,7	61,5	32,0	569,4	2277,6
Indice de diversité	0,910	1,323	1,036	1,159	1,254	0,925	1,144	1,459	1,168	1,444	1,085	1,085
Equitabilité	0,91	0,57	0,65	0,50	0,79	0,58	0,72	0,73	0,74	0,72	0,42	0,42

Tableau VI-19- Estran Gravelines. Radiale I. Station F'. Nombre d'individus.

Prélèvement Espèces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total pour 1/4m ²	Total pour 1 m ²
Nématodes			1		1		2				4	16
<i>Aonides oxycephala</i>				1				1			2	8
<i>Nerine cirratulus</i>	1						4			1	6	24
<i>Ophelia rathkei</i>	1		2								3	12
<i>Hydrobia ulvae</i>						2					2	8
<i>Cerastoderma edule</i>		1	1	3		1	2	1	2	2	13	52
<i>Eurydice pulchra</i>	2	1	1	2	1	4	1	2	2		16	64
<i>Bathyporeia pelagica</i>	1										1	4
<i>Corophium arenarium</i>	3	1	1	3	2		3	1			14	56
<i>Corophium volutator</i>				1	1		1				3	12
<i>Crangon crangon</i>					1						1	4
Nombre total d'individus	8	3	6	10	6	7	13	5	4	3	65	260
Indice de diversité	2,156	1,585	2,252	2,171	2,252	1,379	2,412	1,922	1,000	0,918	2,908	2,908
Equitabilité	0,93	1,00	0,97	0,94	0,97	0,87	0,93	0,96	1,00	0,92	0,84	0,84

Tableau VI-20 - Estran Gravelines. Radiale I. Station F'. Biomasse en mg.

Prélèvement Espèces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total pour 1/4 m ²	Total pour 1 m ²
Nématodes			0,8		0,4		1,0				2,2	8,8
<i>Aonides oxycephala</i>				0,5				0,4			0,9	4,6
<i>Nerine cirratulus</i>	6,7						14,2			2,9	23,8	95,2
<i>Ophelia rathkei</i>	0,3		0,7								1,0	4,0
<i>Hydrobia ulvae</i>						1,7					1,7	6,8
<i>Cerastoderma edule</i>		162,0	144,8	451,8		152,1	167,4	114,2	211,6	239,8	1643,7	6574,8
<i>Eurydice pulchra</i>	0,6	2,7	3,1	3,4	0,4	1,7	1,8	0,8	1,3		15,8	63,2
<i>Bathyporeia pelagica</i>	0,3										0,3	1,2
<i>Corophium arenarium</i>	2,2	0,7	0,4	1,3	2,6		3,0	0,7			10,9	43,6
<i>Corophium volutator</i>				1,1	1,4		0,8				3,3	13,2
<i>Crangon crangon</i>					1,0						1,0	4,0
Biomasse Totale	10,1	165,4	149,8	458,1	5,8	155,5	188,2	116,1	212,9	141,7	1740,6	6962,4
Indice de diversité	1,415	0,160	0,262	0,128	1,983	0,174	0,665	0,146	0,05	0,09	0,306	0,306
Equitabilité	0,61	0,10	0,11	0,06	0,85	0,11	0,26	0,07	0,05	0,09	0,09	0,09

Prélèvement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total pour 1/4m ²	Total pour 1 m ²
Espèces												
Nématodes				1	2				1	1	5	20
<i>Eteone longa</i>			1						1		2	8
<i>Nerine cirratulus</i>					2	1				1	4	16
<i>Ophelia rathkei</i>	9	5	7	1	2	12	4	6	5	10	61	244
<i>Cerastoderma edule</i>	3	2	2	3	2	1	2	3	1	1	20	80
<i>Eurydice pulchra</i>	2	1		1	4	3		2	5	4	22	88
<i>Bathyporeia pelagica</i>		1					2			1	4	16
<i>Crangon crangon</i>	2				1						3	12
Larves de Diptères	1										1	4
Larves de <i>Pleuronectidae</i>		1									1	4
Nombre total d'individus	17	10	10	6	13	17	8	11	13	18	123	192
Indice de diversité	1,894	1,961	1,157	1,792	2,470	1,277	1,500	1,435	1,914	1,880	2,221	2,22
Equitabilité	0,82	0,85	0,73	0,90	0,96	0,64	0,95	0,91	0,82	0,73	0,67	0,67

Tableau VI-22- Estran Gravelines. Radiale I. Station F. Biomasse en mg.

Prélèvement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total pour 1/4m ²	Total pour 1 m ²
Espèces												
Nématodes				0,2	1,3				0,4	0,5	2,4	9,
<i>Eteone longa</i>			1,1						1,3		2,4	9,
<i>Nerine cirratulus</i>					6,1	5,3				14,7	26,1	104,
<i>Ophelia rathkei</i>	1,1	0,9	1,0	0,6	0,6	3,4	0,8	1,0	1,3	1,0	11,7	46,
<i>Cerastoderma edule</i>	184,3	123,6	362,2	390,5	60,9	132,1	130,0	172,5	25,3	91,3	1672,7	6690,
<i>Eurydice pulchra</i>	0,6	0,5		0,6	7,7	4,9		0,7	5,6	6,2	26,8	107,
<i>Bathyporeia pelagica</i>		0,5					0,9			0,7	2,1	8,
<i>Crangon crangon</i>	1,0				0,9						1,9	7,
Larves de Diptères	1,9										1,9	7,
Larves de <i>Pleuronectidae</i>		0,4									0,4	1,
Biomasse totale	188,9	125,9	364,3	391,9	77,5	145,7	131,7	174,2	33,9	114,4	1748,4	6993,
Indice de diversité	0,211	0,167	0,057	0,039	1,121	0,593	0,112	0,089	1,181	1,007	0,354	0,3,
Equitabilité	0,09	0,07	0,04	0,02	0,43	0,30	0,07	0,06	0,51	0,39	0,11	0,1

Tableau VI-23- Estran Gravelines. Radiale I. Station G. Nombre d'individus.

Prélèvement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total pour 1/4m ²	Total pour 1 m ²
<i>Nephtys cirrosa</i>					1	1	1				3	12
<i>Spio filicornis</i>									1		1	4
<i>Paraonis fulgens</i>	1	1	4	1	1			2	1		11	44
<i>Macoma balthica</i>							1				1	4
<i>Haustorius arenarius</i>		1	1			2		1			5	20
<i>Bathyporeia sarsi</i>	2			2			2				6	24
<i>Pontocrates arenarius</i>			1								1	4
<i>Crangon crangon</i>								1		1	2	8
Nombre total d'individus	3	2	6	3	2	3	4	4	2	1	30	120
Indice de diversité	0,918	1,000	1,252	0,918	1,000	0,918	1,500	1,500	1,000	0,000	2,509	2,509
Equitabilité	0,92	1,00	0,79	0,92	1,00	0,92	0,95	0,95	1,00		0,84	0,84

Tableau VI-24- Estran Gravelines. Radiale I. Station G. Biomasse en mg.

Prélèvement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total pour 1/4m ²	Total pour 1 m ²
<i>Nephtys cirrosa</i>					14,2	9,7	82,6				107,1	428,4
<i>Spio filicornis</i>									0,2		0,2	0,8
<i>Paraonis fulgens</i>	0,5	0,5	1,7	0,5	0,6			0,6	0,7		5,1	20,4
<i>Macoma balthica</i>							8,7				8,7	34,8
<i>Haustorius arenarius</i>		10,3	2,3			24,1		7,8			44,5	178,0
<i>Bathyporeia sarsi</i>	0,5			1,7			1,1				3,3	13,2
<i>Pontocrates arenarius</i>			0,2								0,2	0,8
<i>Crangon crangon</i>								0,6		2,3	2,9	11,6
Biomasse totale	1,0	10,8	4,2	2,2	15,4	33,8	92,4	9,0	0,9	2,3	172,0	688,0
Indice de diversité	1,000	0,270	1,213	0,773	0,238	0,867	0,542	0,700	0,764	0,000	1,530	1,530
Equitabilité	1,00	0,27	0,77	0,77	0,24	0,87	0,34	0,44	0,76		0,51	0,51

Tableau VI-25- Estran Gravelines. Radiale I. Station H. Nombre d'individus.

Prélèvement Espèces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total pour 1/4m ²	Total pour 1 m ²
<i>Nephtys cirrosa</i>			2	1	1	2		3	1		10	40
<i>Spio filicornis</i>										1	1	4
<i>Eurydice pulchra</i>							1				1	4
<i>Bathyporeia pelagica</i>							1				1	4
<i>Bathyporeia sarsi</i>	1	1									2	8
<i>Pontocrates arenarius</i>									1		1	4
<i>Crangon crangon</i>	1			1		1				1	4	16
Nombre total d'individus	2	1	2	2	1	3	2	3	2	2	20	80
Indice de diversité	1,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,918	1,000	0,000	1,000	1,000	2,161	2,161
Equitabilité	1,00			1,00		0,92	1,00		1,00	1,00	0,77	0,77

Tableau VI-26- Estran Gravelines. Radiale I. Station H. Biomasse en mg.

Prélèvement Espèces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total pour 1/4m ²	Total pour 1 m ²
<i>Nephtys cirrosa</i>			5,0	4,8	7,9	10,2		34,3	2,9		65,1	260,4
<i>Spio filicornis</i>										0,2	0,2	0,8
<i>Eurydice pulchra</i>							0,4				0,4	1,6
<i>Bathyporeia pelagica</i>							0,7				0,7	2,8
<i>Bathyporeia sarsi</i>	0,4	0,6									1,0	4,0
<i>Pontocrates arenarius</i>									0,2		0,2	0,8
<i>Crangon crangon</i>	1,7			0,6		0,3				0,3	3,1	12,4
Biomasse totale	2,1	0,6	5,0	5,6	7,9	10,5	1,1	34,3	3,1	0,5	70,7	282,8
Indice de diversité	0,702	0,000	0,000	0,592	0,000	0,187	0,946	0,000	0,345	0,971	0,550	0,550
Equitabilité	0,70			0,59		0,19	0,95		0,35	0,97	0,20	0,20

Tableau VI-27- Estran Gravelines. Radiale II. Station I. Nombre d'individus

Prélèvement Espèces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total pour 1/4m ²	Total pour 1 m ²
Nématodes sp.	1			1	3	1		1	3	1	11	44
<i>Eteone longa</i>						1					1	4
<i>Nereis diversicolor</i>		1			1				1		3	12
<i>Nerine cirratulus</i>			2								2	8
<i>Spio filicornis</i>		1		4							5	20
<i>Pygospio elegans</i>	3	6			10	7	2	2	2	1	33	132
<i>Hydrobia ulvae</i>	1			1						1	3	12
<i>Eurydice pulchra</i>		1									1	4
<i>Eurydice affinis</i>										2	2	8
<i>Bathyporeia pilosa</i>	1	6	5	10	2	3	3	4	13	2	49	196
<i>Corophium volutator</i>	1	2		1	7		2	2	8	4	27	108
<i>Corophium arenarium</i>	41	217	73	226	145	227	72	214	197	207	1619	6476
Larves de Diptères					1				1		2	8
Nombre total d'individus	48	234	80	243	169	239	79	223	225	218	1758	7032
Indice de diversité	0,910	0,532	0,504	0,482	0,888	0,365	0,570	0,318	0,790	0,408	0,595	0,595
Equitabilité	0,35	0,19	0,32	0,19	0,32	0,16	0,29	0,14	0,28	0,15	0,16	0,16

Tableau VI-28- Estran Gravelines. Radiale II. Station I. Biomasse en mg.

Prélèvement Espèces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total pour 1/4m ²	Total pour 1 m ²
Nématodes sp.	0,7			2,7	0,6	0,7		1,0	0,4		6,1	24,
<i>Eteone longa</i>						0,7					0,7	2,
<i>Nereis diversicolor</i>		21,6			2,1				0,7		24,4	97,
<i>Nerine cirratulus</i>			16,8								16,8	97,
<i>Spio filicornis</i>		0,3									0,3	1,
<i>Pygospio elegans</i>	0,4	1,6		0,2	2,6	0,5	1,1	0,6	0,2	0,2	7,4	29,
<i>Hydrobia ulvae</i>	0,9			0,5						0,9	2,3	9,
<i>Eurydice pulchra</i>		0,3									0,3	1,
<i>Eurydice affinis</i>										0,8	0,8	3,
<i>Bathyporeia pilosa</i>	0,3	3,4	2,2	2,9	1,1	0,9	1,5	1,2	4,5	0,4	18,4	73,
<i>Corophium volutator</i>	0,8	1,5		0,8	8,7		2,2	2,0	4,8	3,2	24,0	96,
<i>Corophium arenarium</i>	12,3	84,5	22,2	71,7	42,6	69,2	25,1	60,7	53,6	58,4	500,3	2001,
Larves de Diptères					1,9				1,4		3,3	13,
Biomasse totale	15,4	113,2	41,2	78,8	59,6	72,0	29,9	65,5	65,6	63,9	605,1	2420,
Indice de diversité	1,170	1,138	1,234	0,601	1,450	0,314	0,881	0,515	1,038	0,573	1,146	1,146
Equitabilité	0,45	0,41	0,78	0,23	0,52	0,14	0,44	0,22	0,37	0,22	0,31	0,31

Prélèvement Espèces											Total pour 1/4m ²	Total pour 1 m ²
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<i>Aonides oxycephala</i>						2		1	1		4	16
<i>Nerine cirratulus</i>	4	2							2		8	32
<i>Paraonis fulgens</i>			1								1	4
<i>Eurydice pulchra</i>		1						3	4		8	32
<i>Eurydice affinis</i>			14	8	4	4	5			3	38	152
<i>Bathyporeia pilosa</i>	1	2	6	1	3	2	1		4	1	21	84
Nombre total d'individus	5	5	21	9	7	8	6	4	11	4	80	320
Indice de diversité	0,722	1,522	1,116	0,503	0,985	1,500	0,650	0,811	1,823	0,811	1,976	1,976
Equitabilité	0,72	0,96	0,70	0,50	0,99	0,95	0,65	0,81	0,91	0,81	0,76	0,76

Tableau VI-30 - Estran Gravelines. Radiale II. Station J. Biomasse en mg.

Prélèvement Espèces											Total pour 1/4m ²	Total pour 1 m ²
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<i>Aonides oxycephala</i>						0,5		0,2	0,1		0,8	3,2
<i>Nerine cirratulus</i>	16,9	2,6							5,8		25,3	101,2
<i>Paraonis fulgens</i>			0,2								0,2	0,8
<i>Eurydice pulchra</i>		1,9						1,2	2,0		5,1	20,4
<i>Eurydice affinis</i>			5,7	3,8	2,0	1,7	1,7			1,0	15,9	63,6
<i>Bathyporeia pilosa</i>	0,6	0,8	1,8	0,5	1,0	0,8	0,4		1,8	0,8	8,5	34,0
Biomasse totale	17,5	5,3	7,7	4,3	3,0	3,0	2,1	1,4	9,7	1,8	55,8	223,2
Indice de diversité	0,215	1,446	0,948	0,519	0,918	1,404	0,702	0,592	1,432	0,991	1,879	1,879
Equitabilité	0,22	0,91	0,60	0,52	0,92	0,89	0,70	0,59	0,72	0,99	0,73	0,73

Tableau VI-31 - Estran Gravelines. Radiale II. Station K. Nombre d'individus.

Prélèvement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total pour 1/4 m ²	Total pour 1 m ²
<i>Lineus bilineatus</i>							1				1	4
<i>Nephtys cirrosa</i>	1	1	1	1			1	1			6	24
<i>Aonides oxycephala</i>		1									1	4
<i>Spio filicornis</i>		2	1	3	1		1			1	9	36
<i>Paraonis fulgens</i>	1	5	1		2	1	6		4	1	21	84
<i>Cerastoderma edule</i>					1						1	4
<i>Haustorius arenarius</i>								1	2		3	12
<i>Bathyporeia pelagica</i>							1				1	4
<i>Bathyporeia sarsi</i>										1	1	4
<i>Crangon crangon</i>					1	4	1	2	1	2	11	44
Nombre total d'individus	2	9	3	4	5	5	11	4	7	5	55	220
Indice de diversité	1,000	1,658	1,585	0,811	1,922	0,722	2,049	1,500	1,379	1,922	2,525	2,525
Equitabilité	1,00	0,83	1,00	0,81	0,96	0,72	0,79	0,95	0,87	0,96	0,76	0,76

Tableau VI-32 - Estran Gravelines. Radiale II. Station K. Biomasse en mg.

Prélèvement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total pour 1/4 m ²	Total pour 1 m ²
<i>Lineus bilineatus</i>							22,1				22,1	88,4
<i>Nephtys cirrosa</i>	28,7	2,2	10,3	15,5			5,6	5,4			67,7	260,8
<i>Aonides oxycephala</i>		0,6									0,6	2,4
<i>Spio filicornis</i>		0,2	0,1	0,3	0,2		0,2			0,2	1,2	4,8
<i>Paraonis fulgens</i>	2,2	1,6	0,2		0,5	0,3	2,3		0,9	0,2	8,2	32,8
<i>Cerastoderma edule</i>					505,7						505,7	2020,8
<i>Haustorius arenarius</i>								5,5	80,4		85,9	343,6
<i>Bathyporeia pelagica</i>							0,4				0,4	1,6
<i>Bathyporeia sarsi</i>										0,5	0,5	2,0
<i>Crangon crangon</i>					1,2	4,6	1,1	1,0	0,3	0,2	8,4	33,6
Biomasse totale	30,9	4,6	10,6	15,8	507,6	4,9	31,7	11,9	81,6	1,1	700,7	2802,8
Indice de diversité	0,370	1,619	0,212	0,136	0,040	0,332	1,373	1,332	0,123	1,859	1,384	1,384
Equitabilité	0,37	0,81	0,13	0,14	0,02	0,33	0,53	0,84	0,08	0,93	0,42	0,42

Tableau VI-33- Estran Gravelines. Radiale II. Station L. Nombre d'individus.

Prélèvement Espèces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total pour 1/4m ²	Total pour 1 m ²
<i>Nephtys cirrosa</i>	1	1	1							1	4	16
<i>Spio filicornis</i>						1					1	4
<i>Paraonis fulgens</i>								1			1	4
<i>Mytilus edulis</i>					1					1	2	8
<i>Bathyporeia pelagica</i>	1	1					1				3	12
<i>Bathyporeia pilosa</i>	1										1	4
<i>Pontocrates arenarius</i>							1				1	4
<i>Corophium arenarium</i>	1										1	4
Nombre total d'individus	4	2	1	0	1	1	2	1	0	1	14	56
Indice de diversité	2,000	1,000	1,000	0	1,000	1,000	1,000	1,000	0	1,000	2,753	2,753
Equitabilité	1,00	1,00					1,00			1,00	0,92	0,92

Tableau VI-34- Estran Gravelines. Radiale II. Station L. Biomasse en mg.

Prélèvement Espèces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total pour 1/4m ²	Total pour 1 m ²
<i>Nephtys cirrosa</i>	6,3	2,3	19,6							8,2	36,4	135,6
<i>Spio filicornis</i>						0,2					0,2	0,8
<i>Paraonis fulgens</i>								0,7			0,7	2,8
<i>Mytilus edulis</i>					8,6					1,8	10,4	41,6
<i>Bathyporeia pelagica</i>	0,1	1,4					0,8				2,3	9,2
<i>Bathyporeia pilosa</i>	0,2										0,2	0,8
<i>Pontocrates arenarius</i>							0,7				0,7	2,8
<i>Corophium arenarium</i>	0,7										0,7	2,8
Biomasse totale	7,3	3,7	19,6	0	8,6	0,2	1,5	0,7	0	10,0	51,6	206,4
Indice de diversité	0,735	0,957	0	0	0	0	0,997	0	0	0,680	1,335	1,335
Equitabilité	0,37	0,96					0,997			0,680	0,45	0,45

