

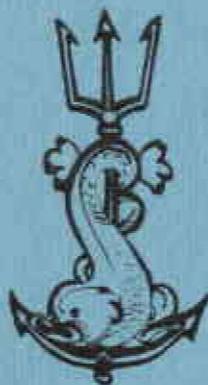
Electricité de France

ETUDE ECOLOGIQUE DE PROJET
SITE DE PALUEL

1^{er} CYCLE

RAPPORT GENERAL

DOCUMENTATION
UNITE LITTORAL



Centre National pour l'Exploitation des Océans
Unité Littoral

INSTITUT DE BIOLOGIE MARINE ET REGIONALE
DE WIMEREUX
UNIVERSITE DE LILLE
JUIN 76

SOMMAIRE

CHAPITRE I

INTRODUCTION GENERALE

	<u>Page</u>
A - GENERALITES	1
B - PRESENTATION DU SITE	5
C - CLIMATOLOGIE - HYDROGRAPHIE	5
1 - Climatologie	7
1.1 - Caractères généraux	7
1.2 - Caractéristiques de la période étudiée	8
1.2.1 - Hiver 1974-1975	8
1.2.2 - Printemps 1975	8
1.2.3 - Eté 1975	8
1.2.4 - Automne 1975	8
1.2.5 - Conclusion	8
2 - Hydrographie	10
2.1 - Marées	10
2.2 - Courants	10
2.2.1 - Courants généraux	10
2.2.2 - Courants de marée côtiers	10
2.2.3 - Les apports d'eaux telluriques	11

CHAPITRE II

LE DOMAINE PELAGIQUE

A - INTRODUCTION	18
B - PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	20
1 - Matériel et méthodes	20
1.1 - Transparence de l'eau	20
1.2 - Température	20
1.3 - Salinité	23
1.4 - Oxygène dissous	23
1.5 - pH	24
1.6 - Turbidité	24
1.7 - Sels nutritifs	24
2 - Résultats	27
2.1 - Campagne I	28
2.1.1 - 27 février 1975	28
2.1.2 - 28 février 1975	32
2.2 - Campagne II	32
2.3 - Campagne III	33
2.3.1 - 28 avril 1975	32
2.3.2 - 29 avril 1975	33
2.4 - Campagne IV	35
2.5 - Campagne V	35
2.5.1 - 5 juin 1975	36
2.5.2 - 6 juin 1975	36
2.6 - Campagne VI	38
2.6.1 - 8 juillet 1975	38
2.6.2 - 9 juillet 1975	39
2.7 - Campagne VII	39
2.8 - Campagne VIII	41
2.9 - Campagne IX	43
2.9.1 - 8 octobre 1975	43
2.9.2 - 9 octobre 1975	45
2.10 - Campagne X	47
2.11 - Campagnes XI et XII	61

3 - Discussion	61
3.1 - Variations spatiales	61
3.1.1 - Variations verticales	61
3.1.1.1 - Température	61
3.1.1.2 - Salinité	61
3.1.1.3 - Matières en suspension	63
3.1.1.4 - Oxygène dissous	63
3.1.1.5 - pH	65
3.1.1.6 - Sels nutritifs	69
3.1.1.7 - Conclusion	69
3.1.2 - Variations horizontales	69
3.1.2.1 - Température	70
3.1.2.2 - Salinité	70
3.1.2.3 - Matières en suspension	73
3.1.2.4 - Profondeur de Secchi	73
3.1.2.5 - Oxygène dissous	75
3.1.2.6 - pH	75
3.1.2.7 - Sels nutritifs	77
3.1.2.8 - Conclusion	77
3.2 - Variations temporelles	80
3.3 - Conclusion sur les variations spatiales et temporelles .	83
3.3.1 - Relations paramètres physiques entre eux	83
3.3.1.1 - Température - salinité	83
3.3.1.2 - Matières en suspension - Secchi	88
3.3.2 - Influence des paramètres physiques sur les paramètres chimiques	96
3.3.2.1 - Température et salinité - sels nutritifs	96
3.3.2.2 - Matières en suspension - sels nu- tritifs	106
3.3.2.3 - Autres relations	106
3.3.3 - Relations paramètre chimique - paramètre chimique	107
4 - Conclusion	108

C - PHYTOPLANCTON	110
1 - Matériel et méthodes	110
1.1 - Pigments photosynthétiques	110
1.2 - Etude systématique du microplancton	112
1.3 - Calcul de l'indice de diversité spécifique	112
2 - Résultats	113
2.1 - Pigments photosynthétiques	113
2.1.1 - Variabilité des résultats	113
2.1.2 - Variations spatiales	114
2.1.2.1 - Verticales	114
2.1.2.2 - Horizontales	117
2.1.3 - Variations temporelles	117
2.1.4 - Relations avec les paramètres physico-chimiques.	125
2.1.4.1 - Température	125
2.1.4.2 - Salinité	125
2.1.4.3 - Matières en suspension	129
2.1.4.4 - Oxygène dissous	129
2.1.4.5 - Sels nutritifs	134
2.2 - Microplancton	136
2.2.1 - Etude qualitative	136
2.2.1.1 - Problèmes taxonomiques	137
2.2.1.2 - Répartition géographique	146
2.2.2 - Etude quantitative	148
2.2.2.1 - Variabilité des comptages	148
2.2.2.2 - Variations spatiales	148
2.2.2.3 - Variations temporelles - succession d'espèces	158
3 - Discussion	161
3.1 - Microplancton - chlorophylle	161
3.2 - Microplancton - température	164
3.3 - Microplancton - salinité	164
3.4 - Microplancton - densité de l'eau de mer	167
3.5 - Microplancton - transparence de l'eau	167
3.6 - Microplancton - matières en suspension	169

3.7 - Microplancton - oxygène dissous	169
3.8 - Microplancton - sels nutritifs	174
4 - Conclusion	185
D - PRODUCTION PRIMAIRE	187
1 - Calendrier des campagnes	187
2 - Matériel et méthodes	187
2.1 - Principe	187
2.2 - Méthodologie employée	188
2.2.1 - Prélèvements des échantillons	188
2.2.2 - Inoculation	189
2.2.3 - Incubation	189
2.2.4 - Filtration	194
2.2.5 - Comptage	194
3 - Résultats	196
3.1 - Variabilité des résultats	199
3.2 - Fixation à l'obscurité	199
3.3 - Mesures <u>in situ</u> simulées	199
3.4 - Mesures en lumière artificielle	200
4 - Discussion - conclusion	204
E - ZOOPLANCTON	205
1 - Introduction	205
2 - Méthodologie	205
2.1 - Travail à la mer	205
2.2 - Volume d'eau filtrée	206
2.3 - Conservation des échantillons	208
2.4 - Dépouillement des échantillons du zooplancton	208
a) Principe de la méthode de Frontier	209
b) Difficultés relatives aux comptages et aux déterminations	209

2.5 - Mesure des biomasses	210
2.5.1 - Poids sec	210
2.5.2 - Poids des cendres et de la matière organique totale	212
a) Poids des cendres	212
b) Poids de la matière organique	212
2.5.3.- Dosage du carbone et de l'azote organique	213
3 - Résultats qualitatifs	214
3.1 - Liste faunistique	214
3.2 - Distribution géographique	219
3.3 - Fréquence d'observation des espèces	221
4 - Résultats quantitatifs	222
4.1 - Variations quantitatives des espèces - analyse des résultats de comptage	223
4.1.1 - Nombre total d'individus	224
4.1.1.1 - Variations saisonnières du nombre total d'individus	224
4.1.1.2 - Variations saisonnières du nombre total d'individus aux stations 10 - 11 - 12 - 13	228
4.1.1.3 - Nombre d'individus et température des eaux	229
4.1.1.4 - Nombre d'individus et chlorophylle ...	229
4.1.1.5 - Répartition géographique	229
4.1.1.6 - Le gradient côte/large	236
4.1.1.7 - Zone de débouché des eaux de la Durdent	236
4.1.2 - Méroplancton	237
4.1.2.1 - Les larves de Cirripèdes	237
4.1.2.2 - Les larves de Crustacés Décapodes	239
4.1.2.3 - Les larves d'Annélides	240
4.1.2.4 - Les larves de Mollusques	245
4.1.2.5 - Autres larves	247
4.1.2.6 - Les Cnidaires	247
4.1.2.7 - Conclusion à propos du méroplancton ..	254

4.1.3 - L'holoplancton	255
4.1.3.1 - Les Copépodes	255
4.1.3.1.1 - Pourcentage des Copépodes dans les échantillons	256
4.1.3.1.2 - Variations du nombre total de Copépodes	256
4.1.3.1.3 - Variations saisonnières des principales espèces	256
4.1.3.1.4 - Succession des espèces de Copépodes au cours du cycle annuel à PALUEL	288
4.1.3.1.5 - Indice de diversité des Co- pépodes	292
4.1.3.1.6 - Conclusion	294
4.1.3.2 - Les Cladocères	297
4.1.3.3 - Les Mysidacés	297
4.1.3.4 - Les Appendiculaires	300
4.1.3.5 - Les Chaetognathes	300
4.1.3.6 - Les Cténaïres	300
4.1.4 - Cycle annuel des principales espèces du zooplanc- ton à PALUEL - leur succession dans la chaîne tro- phique	305
4.1.5 - Validité des résultats quantitatifs	305
4.2 - Résultats des mesures de biomasse	308
4.2.1 - Variations saisonnières de la biomasse	309
4.2.2 - Répartition géographique de la biomasse	311
5 - Conclusion	317

DOMAINE BENTHIQUE

A - INTRODUCTION - PRESENTATION DU SITE	320
B - TECHNIQUES GENERALES	320
1 - Sur le terrain	320
1.1 - Zone intertidale	320
1.2 - Zone profonde	322
2 - Au laboratoire	323
C - ETUDE QUALITATIVE - DESCRIPTION DES COMMUNAUTES	
1 - Méthodologie	324
1.1 - Abondance	324
1.2 - Dominance	324
1.3 - Dominance moyenne	325
1.4 - Fréquence	325
1.5 - Degré de similitude entre deux prélèvements	326
1.6 - Indice biologique	326
1.7 - Classification des espèces	326
1.8 - Epifaune sessile	327
1.9 - Indice de diversité	327
2 - Résultats	328
3 - Interprétation - discussion	330
3.1 - Délimitation des communautés	330
3.2 - Description des communautés	333
3.2.1 - Peuplement 1	333
3.2.1.1 - Localisation	333
3.2.1.2 - Composition faunistique	333
3.2.2 - Peuplement 2	334
3.2.2.1 - Localisation	334
3.2.2.2 - Composition faunistique	334
3.2.3 - Peuplement 3	335
3.2.3.1 - Localisation	335
3.2.3.2 - Composition faunistique	335
3.2.4 - Peuplement 4	337
3.2.4.1 - Localisation	337
3.2.4.2 - Composition faunistique	337
3.3 - Conclusion	338

D - ETUDES QUANTITATIVES	340
1 - Etude faunistique	340
1.1 - Résultats	340
1.2 - Interprétation	340
2 - Etude floristique	348
2.1 - Résultats	348
2.2 - Interprétation	348
2.3 - Conclusion	353
E - ETUDE ECOLOGIQUE DES PRINCIPALES ESPECES DE GASTEROPODES	354
F - ETUDE BIOMETRIQUE	358
1 - Introduction	358
2 - Méthodologie	359
2.1 - Détermination empirique des profils de croissance	359
2.2 - Expression mathématique	359
3 - Résultats - discussion	359
3.1 - <i>Patella vulgata</i>	359
3.2 - <i>Gibbula umbilicalis</i>	365
3.3 - <i>Idotea granulosa</i>	369
4 - Conclusion	374

CHAPITRE IV

RESUME ET CONCLUSION GENERALERESUME

A - LE DOMAINE PELAGIQUE	376
B - LE DOMAINE BENTHIQUE	381

CONCLUSION GENERALE

1 - DU POINT DE VUE HYDROBIOLOGIQUE	382
2 - DU POINT DE VUE BIOLOGIQUE	382

BIBLIOGRAPHIE

A V A N T - P R O P O S

- La présente étude écologique du site de PALUEL liée au projet d'implantation d'une centrale nucléaire a été confiée par Electricité de France, Région Equipement Clamart, au Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO).

L'Unité "Littoral" du CNEXO implantée au Centre Océanologique de Bretagne a été chargée d'exécuter cette étude. Elle s'est associée pour se faire à l'Institut de Biologie Maritime et Régionale de WIMEREUX (Université de LILLE I).

L'équipe de chercheurs et techniciens mise en place dans ce laboratoire a été, avec dynamisme et compétence, dirigée par A. RICHARD, Maître de conférence à l'Université de LILLE.

- Responsable de l'étude : P. MARCHAND
- Chef de Projet : A. ROMAÑA
- Conseillers scientifiques : L. LAUBIER, Chef du Département Scientifique du Centre Océanologique de Bretagne, P. CHARDY, Chef de l'Opération Centrales nucléaires au CNEXO, Département Lutte contre la Pollution Marine.

Personnes ayant réalisé cette étude

- ARNAL O. - CNEXO, Unité Littoral
- BOUGARD M. - WIMEREUX *
- DEWARUNEZ N. - WIMEREUX
- DEWARUNEZ J.M. - WIMEREUX
- GREGOIRE A. - WIMEREUX
- LE FEVRE G. - CNEXO, Unité Littoral
- MENU D. - WIMEREUX
- NICOULAUD F. - CNEXO, Unité Littoral
- RYCKAERT M. - WIMEREUX
- SOUPLET A. - WIMEREUX
- TOULARASTEL F. - CNEXO, Unité Littoral
- VALDELIEVRE B. - CNEXO, Unité Littoral

* Institut de Biologie Marine et Régionale de WIMEREUX (Université de LILLE I)

CHAPITRE I

INTRODUCTION GENERALE

J.M. DEWARUNEZ

CHAPITRE I : INTRODUCTION GÉNÉRALE

A - GÉNÉRALITÉS

L'installation des centrales thermonucléaires sur le littoral est susceptible d'entraîner des modifications au niveau des différents écosystèmes atteints par les rejets du circuit de refroidissement. Dans le but d'évaluer de telles modifications, des études écologiques ont été entreprises sur les sites des futures centrales.

Ces études ont été scindées en trois parties :

- études préliminaires à court terme pour permettre d'évaluer les caractéristiques écologiques générales, et la richesse faunistique et floristique du site. De telles études, entreprises sur plusieurs sites d'une même région, doivent permettre à E.D.F. de décider du site définitif d'implantation d'une centrale. En ce qui concerne PALUEL, ce travail a été réalisé de juillet 1973 à juillet 1974 ;
- études de "références" destinées à établir un bilan écologique avant la mise en service de la centrale. Ces études, plus complètes, portent sur un cycle annuel. Elles servent de base aux études suivantes ;
- études de "contrôle" effectuées pendant le fonctionnement de la centrale.

Le présent rapport fait état des résultats obtenus lors des études de "références" réalisées sur le site de la centrale de PALUEL pendant une période comprise entre septembre 1974 et février 1976.

Ces études portent sur les paramètres physico-chimiques, les productions primaire et secondaire pélagiques avec estimations qualitative et quantitative des espèces du phytoplancton et du zooplancton.

Des estimations qualitative et quantitative de la faune de l'estran doivent permettre de dresser le bilan de la productivité secondaire de la zone.

Tous les prélèvements ont été effectués par l'équipe mise en place à WIMEREUX, ainsi que toutes les analyses, excepté celles concernant la production secondaire pélagique confiées aux zooplanctonologistes du Centre Océanologique de Bretagne.

Pour l'étude du site de PALUEL, la partie climatologique, hydrodynamique, courantologique a été assurée par J.M. DEWARUNEZ, la partie phytoplancton et production primaire par M. RYCKAERT et la partie estran par A. SOUPLET.

Tous les dosages de sels nutritifs, oxygène dissous et une partie des salinités ont été effectuées par Mme N. DEWARUNEZ.

La réalisation graphique des cartes et des figures du présent rapport a été confiée à Mme N. DEWARUNEZ, M. BOUGARD, D. MENU et A. GREGOIRE.

POSITION DES 19 STATIONS DE PRELEVEMENTS

COORDONNEES DECCA

STATIONS	RESEAU ROUGE	RESEAU VIOLET
1	B 23	B 75
2	B 23,5	B 74
3	C 0	B 73,8
4	C 1	B 72,7
5	C 1,5	B 72
6	C 1,8	B 71,9
7	C 2	B 71,3
8	C 2	B 71,5
9	C 2,3	B 71,4
10	C 2,2	B 71
11	C 2,4	B 71
12	C 2,5	B 71
13	C 2,7	B 70,9
14	C 3	B 70,5
15	C 3,7	B 69,7
16	C 5	B 68,1
17	C 5	B 68,3
18	C 6	B 67,3
19	C 7,5	B 66

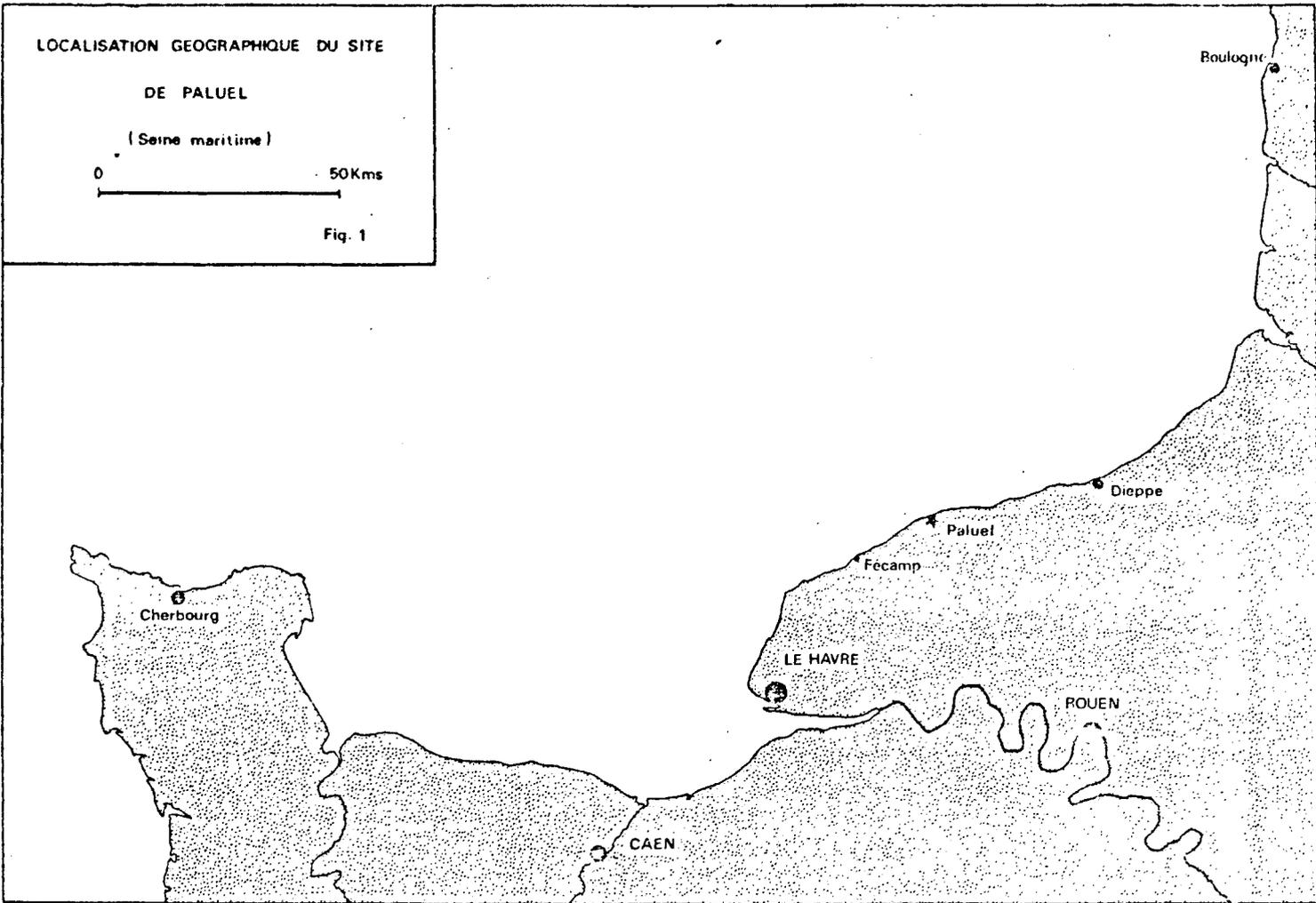
LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DU SITE

DE PALUEL

(Seine maritime)



Fig. 1



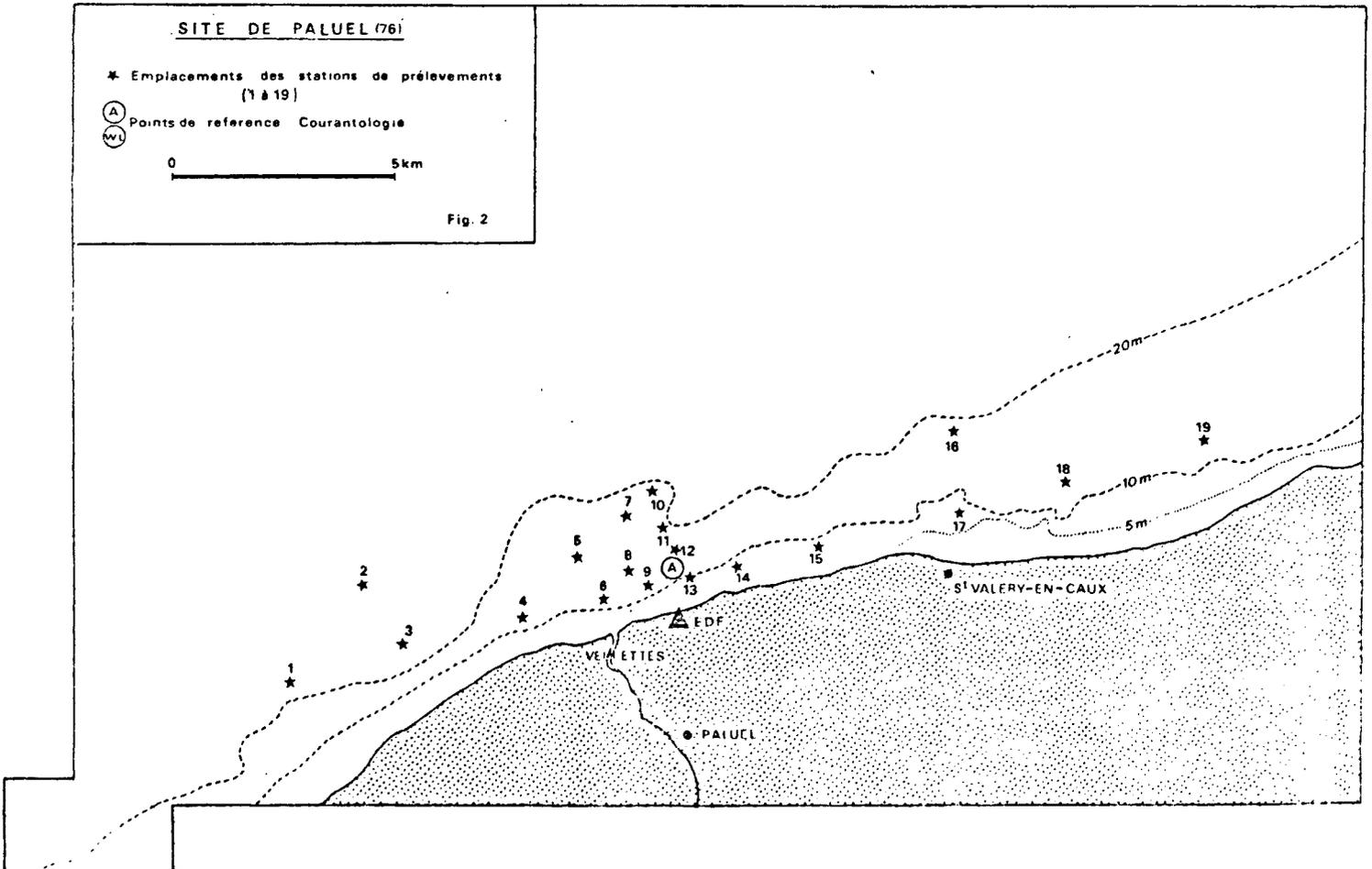
SITE DE PALUEL (76)

* Emplacements des stations de prélèvements (1 à 19)

(A) Points de référence Courantologie



Fig. 2



B - PRÉSENTATION DU SITE

1 - GEOGRAPHIE

La première centrale thermonucléaire installée sur le littoral de la Seine Maritime se situe sur la commune de PALUEL, entre FECAMP et DIEPPE et plus précisément entre VEULETTES et ST VALERY EN CAUX, dans la vauzeuse du Val de SAUSSETTE (figure 1).

2 - CHOIX DE LA LOCALISATION DES STATIONS

La limite spatiale des écosystèmes à étudier a été définie d'après l'évolution de la tache thermique de rejet, analysée sur maquette au Laboratoire National d'Hydraulique de CHATOU (L.N.H.) (*).

Pour les prélèvements pélagiques et benthiques, les stations se situent sur une radiale approximativement parallèle à la côte, et sur des radiales divergentes à partir du site de la centrale. Dix neuf stations ont été ainsi localisées (figure 2) en fonction des isothermes des futurs rejets. Leur position initiale a été légèrement modifiée en fonction des coordonnées du réseau de navigation DECCA (tableau page 3). Les stations 1 à 19 sont situées en dehors de la zone d'influence. L'ensemble des stations est compris dans un espace d'environ 2,5 milles nautiques vers le large et 12 milles nautiques parallèlement à la côte.

En ce qui concerne l'estran, les trois radiales de prélèvements (figure 291 p. 297) ont été choisies en fonction des études préliminaires et de leur accès à la côte.

C - CLIMATOLOGIE - HYDROGRAPHIE

Les stations de prélèvements en mer sont situées près de la côte sur des lignes d'isobathes comprises entre 5 et 30 mètres. Elles enserrent une masse d'eau de faible volume et par conséquent de moindre inertie par rapport à des masses d'eaux océaniques. Elles seront donc plus directement soumises aux variations des conditions climatiques, telles que la température de l'air et la pluviosité.

(*) La modification récente du projet des canalisations des rejets n'entraîne pas de variations considérables des isothermes de rejet primitivement établies. Elle permet néanmoins de réduire les surfaces des hautes isothermes.

Fig 3 TEMPERATURE DE L'AIR A FECAMP (Moyennes par década, année 1975)

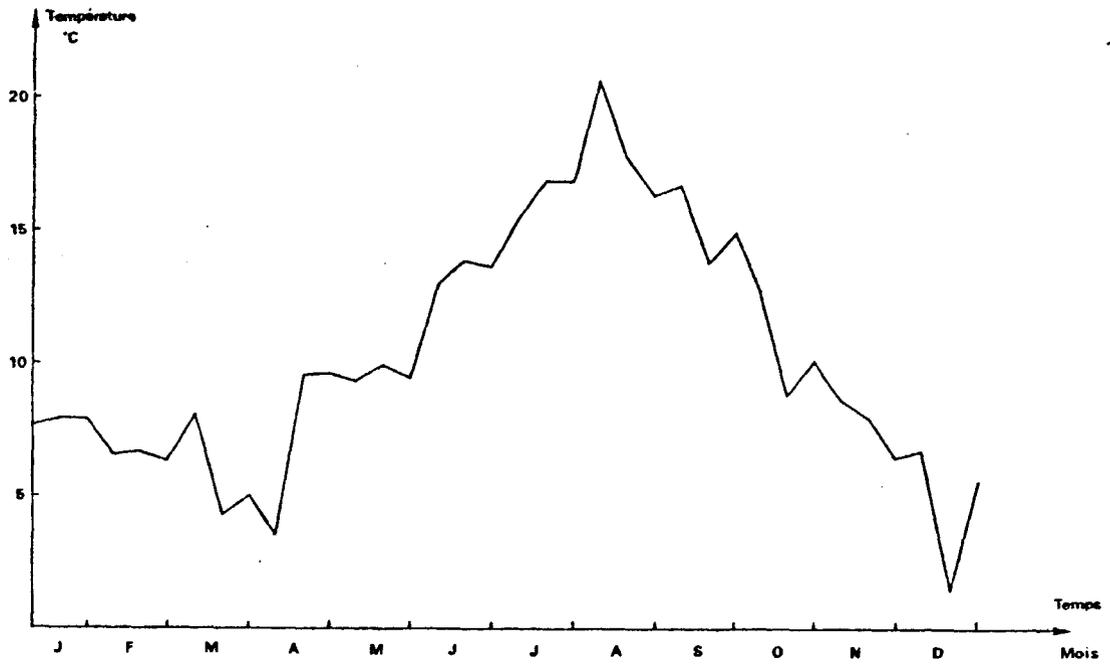
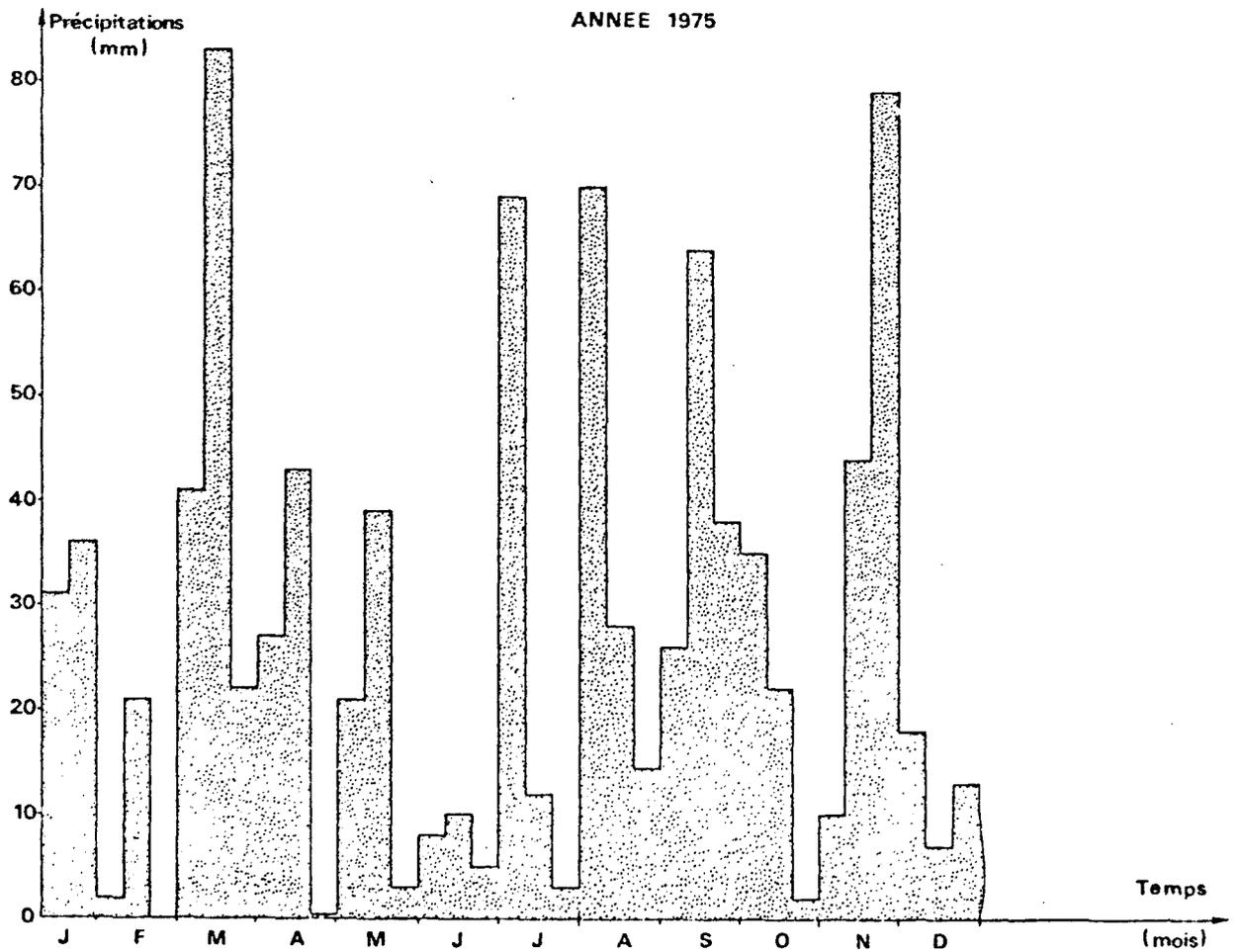


Fig 4 PRÉCIPITATIONS A FECAMP (MOYENNES PAR DECADE)



Ces dernières données couvrant la période étudiée ont été empruntées au "Bulletin Climatologique" de Haute Normandie.

Les variations de la force et de la direction du vent, et de l'état de la mer, ont été enregistrées par le Sémaphore de FECAMP et fournies par la Station Météorologique de ROUEN-BOOS.

Les données hydrographiques proviennent de l'Annuaire Général des Côtes de France (Service Hydrographique de la Marine), avec ST VALERY EN CAUX (par DIEPPE) comme port de référence pour les marées.

Les points de référence pour l'étude des courants proviennent d'un rapport (Direction des Etudes et Recherches E.D.F.) d'études de courants et de houle concernant la région de PALUEL sur une période de deux ans (1973-1975).

1 - CLIMATOLOGIE

1.1 - Caractères généraux

La région de PALUEL (Haute Normandie) bénéficie d'un climat océanique tempéré.

La température de l'air présente un maximum en juillet et un minimum en février, son décours varie au cours de l'année d'une façon sinusoïdale. Le maximum loyen est enregistré en juillet avec $16,8^{\circ}\text{C}$, le minimum moyen en février avec $2,6^{\circ}\text{C}$ (ces données sont les valeurs mesurées à la Station Météorologique de ROUEN-BOOS pendant la période 1946-1970).

Les données de la station de ROUEN pour l'année 1975 montrent un maximum en août avec $15,5^{\circ}\text{C}$ et un minimum en février avec $3,4^{\circ}\text{C}$. Ceci met en évidence un nivellement des températures mensuelles au cours de l'année 1975 (atténuation des valeurs estivales et augmentation des températures hivernales). Il est à signaler que la température moyenne annuelle est en progression de $0,4^{\circ}\text{C}$ par rapport à la normale ($10,2^{\circ}\text{C}$ contre $9,8^{\circ}\text{C}$).

La valeur totale des précipitations pour cette année 1975 est très supérieure à la normale (915 mm pour 1975 de janvier à novembre contre 695 mm pour la normale et pour la même période).

1.2 - Caractéristiques de la période étudiée

Les observations météorologiques décennales de FECAMP (figures 3 et 4) ne confirment pas complètement les données de ROUEN.

Si au point de vue précipitations les valeurs sont approximativement identiques, on peut noter un phénomène qui n'apparaît pas avec les valeurs mensuelles : c'est la vague de froid de fin mars - début avril. Pendant cette période, il a été enregistré un minimum de 3,5° C.

1.2.1 - Hiver 1974-1975

Cette période a été caractérisée par des températures nettement supérieures à la normale (5° C de plus en janvier et 3° C en février), des précipitations très faibles en février (23 mm contre 54 normalement) et des vents forts en janvier.

1.2.2 - Printemps 1975

Le printemps a été froid. Les précipitations ont été importantes (surtout en mars où elles ont atteint un niveau trois fois supérieur à la normale). Les vents sont restés modérés.

1.2.3 - Eté 1975

L'été 1975 a été caractérisé par une température moyenne sauf en août où il a été enregistré une moyenne de 1,6° C supérieure à la normale. Les précipitations ont été très importantes.

1.2.4 - Automne 1975

Il a été enregistré en automne des températures moyennes, une pluviosité très importante en novembre alors que le mois de décembre a été remarquable par sa sécheresse.

1.2.5 - Conclusion

Les caractéristiques climatiques de l'année 1975 sont exceptionnelles. Il faut souligner que les fluctuations thermiques et les apports d'eaux douces ont dû entraîner des modifications biologiques particulières telles qu'il convient donc de se garder de considérer comme référence cette année 1975.

2 - HYDROGRAPHIE

2.1 - Marées

Dans la zone étudiée, les marées sont de type semi-diurne. Les caractéristiques des marées de ST VALERY EN CAUX sont les suivantes :

Type de marée	Coefficient	Cote de pleine mer	Cote de basse mer
Vive eau moyenne	95	8,6 m	0,7 m
Marée moyenne	70	8,4 m	1,6 m
Morte eau moyenne	45	7,6 m	2,2 m

2.2 - Courants

2.2.1 - Courants généraux

Le courant de dérive de l'Atlantique pénétrant en Manche acquiert une vitesse considérable au-delà de CHERBOURG. En plus du courant général, les vents d'une certaine durée peuvent également entraîner un courant de dérive.

2.2.2 - Courants de marée côtiers

Les courants de marée sont pratiquement alternatifs et parallèles à la côte au moment de leur intensité maximum (figure 5 et 6). Les vents ont également une influence considérable sur l'intensité de ces courants.

Les renverses ont lieu en vive-eau (coefficient 91) à PM + 1/2 h, la renverse de jusant ayant lieu à PM - 5 h 30 (figure 5).

Le flot porte vers le NNE et le jusant vers l'WNW.

La vitesse du flot est supérieure à la vitesse du jusant.

La vitesse maximum du flot augmente de l'Est vers l'Ouest pour atteindre 2,9 noeuds devant FECAMP en vive-eau. Il en est de même pour le jusant.

La durée du flot est toujours inférieure à la durée du jusant.

Fig 5 ROSE DES COURANTS A PALUEL (POINT A)

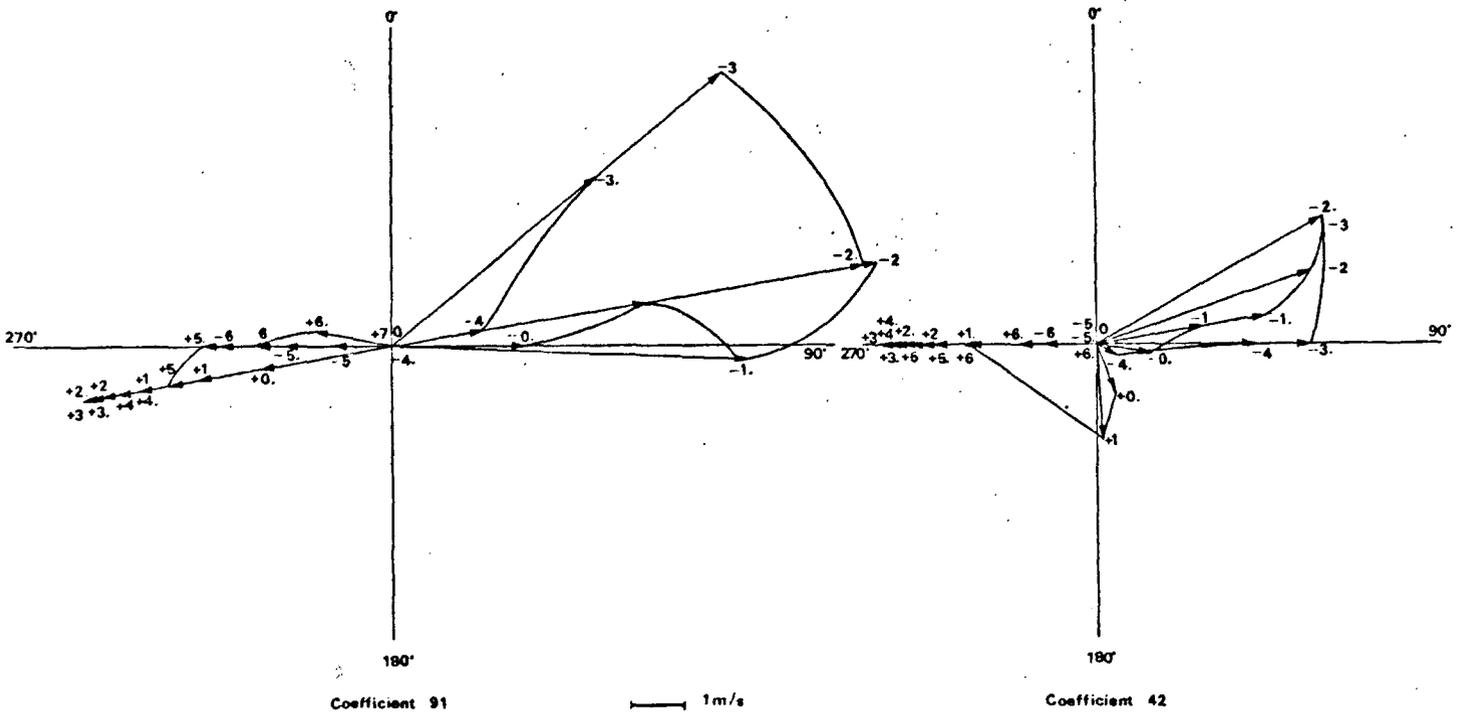
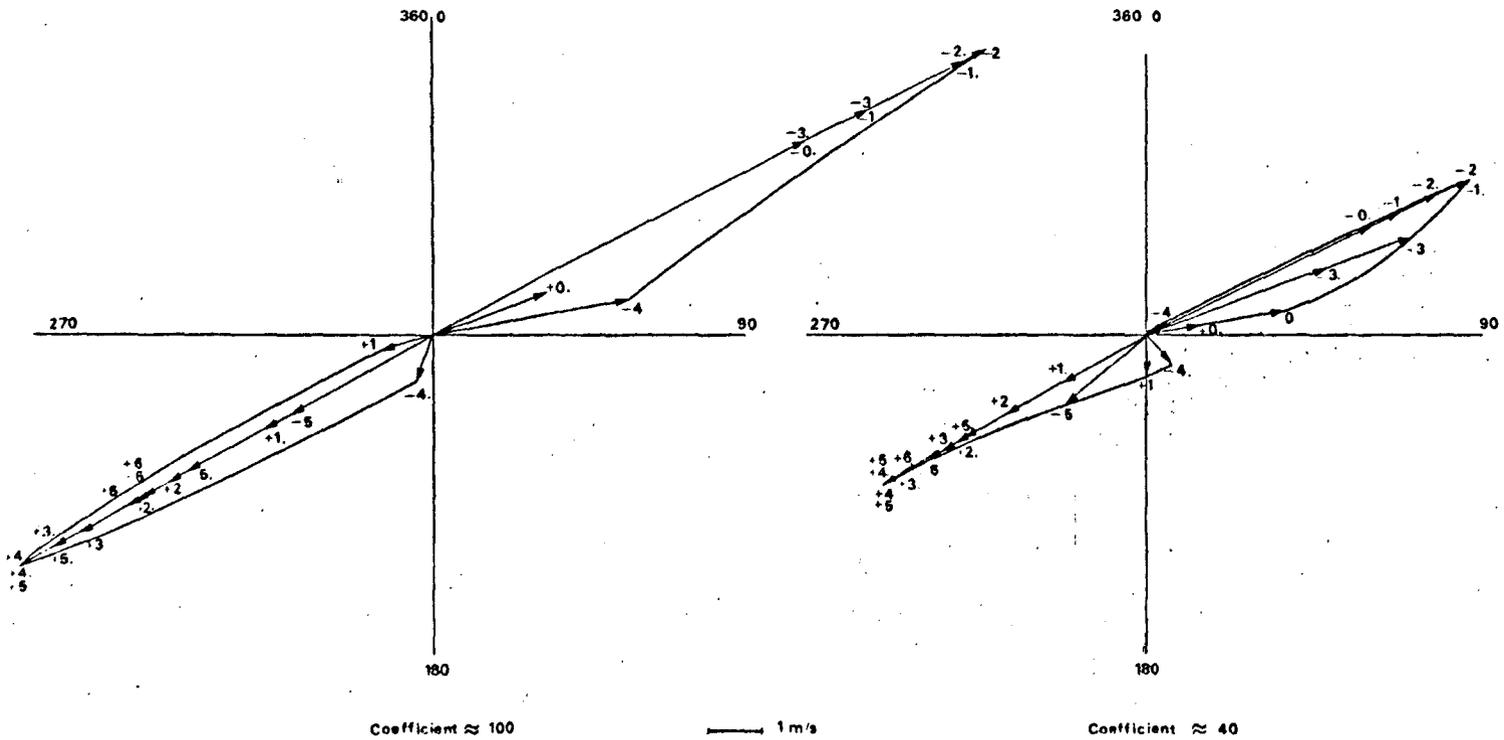


Fig 6 ROSE DES COURANTS A PALUEL POINT WL



2.2.3 - Les apports d'eau telluriques

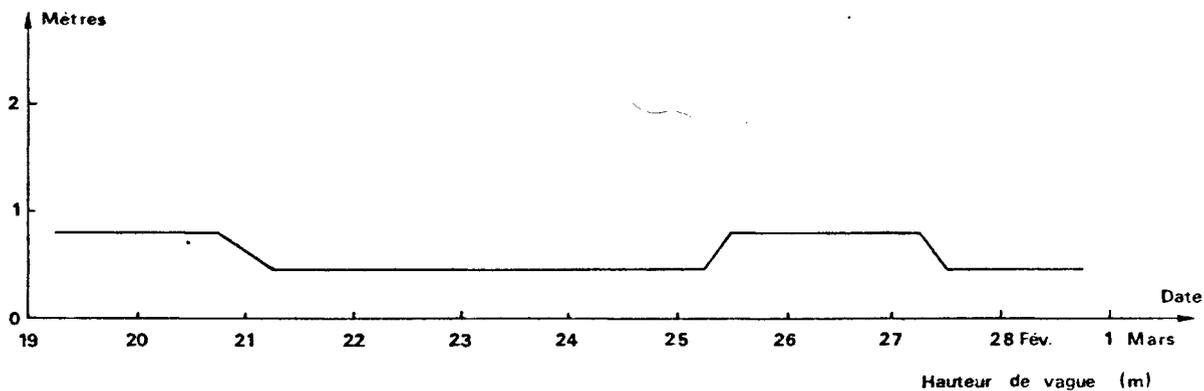
Une petite rivière (la DURDENT) au débit irrégulier et non mesuré peut jouer un rôle important lors des fortes pluies. C'est parfaitement net lors de cette année d'étude caractérisée par son importante pluviosité.

Il faut également noter d'importantes arrivées d'eau douce sur l'estran. Cette eau provient de ruissellement à travers et le long des falaises crayeuses perméables caractéristiques du Pays de Caux.

7 **CAMPAGNE I (27.28 Février 1975)**

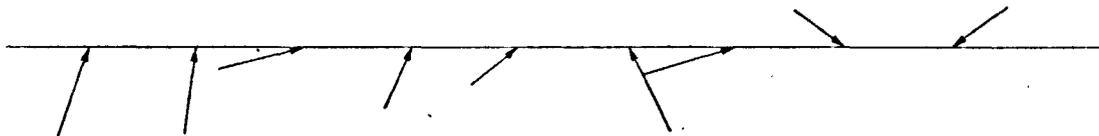


Direction et vitesse des vents

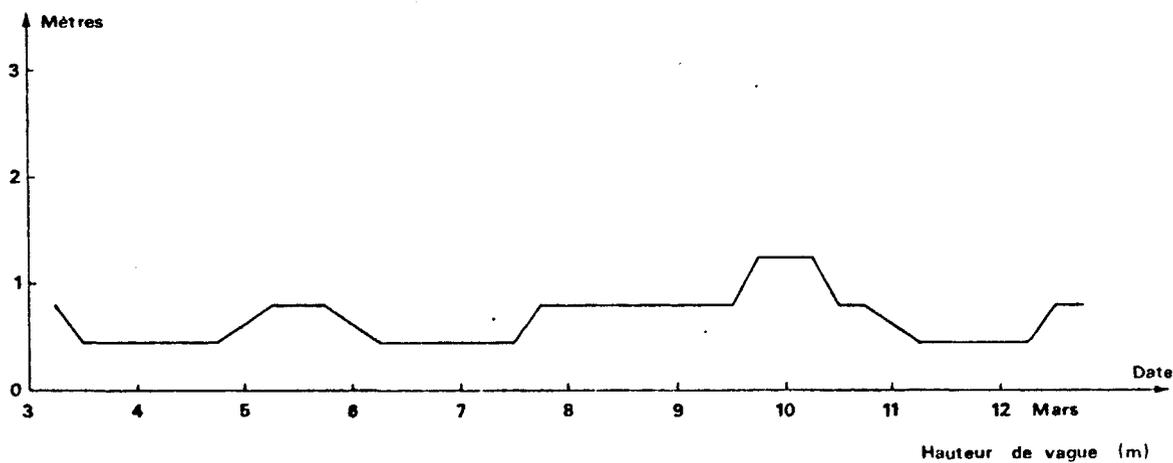


Hauteur de vague (m)

8 **CAMPAGNE II (11 Mars 1975)**

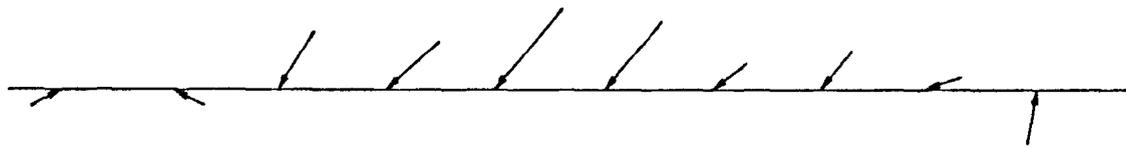


Direction et vitesse des vents

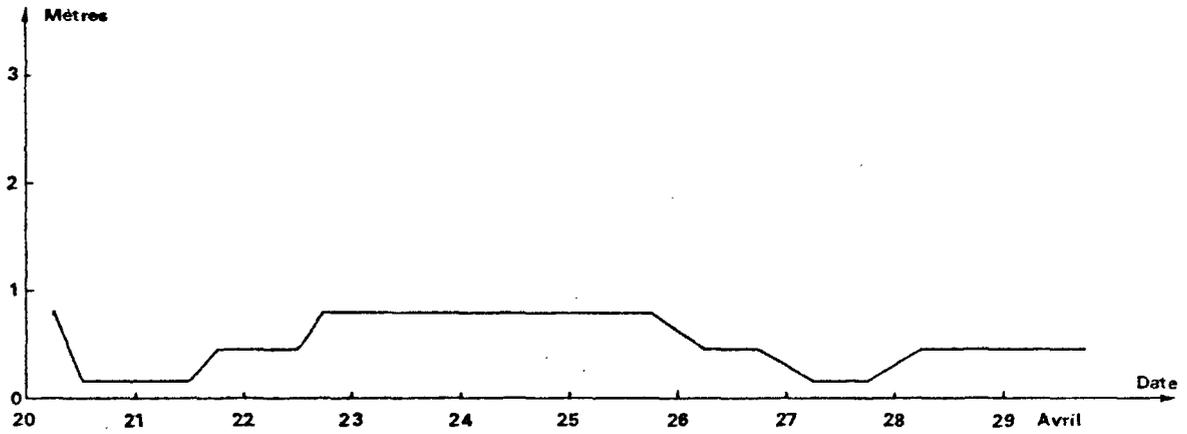


Hauteur de vague (m)

9 CAMPAGNE III (28.29 Avril 1975)

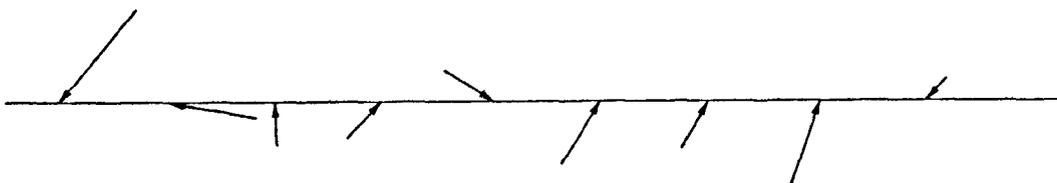


Direction et vitesse des vents

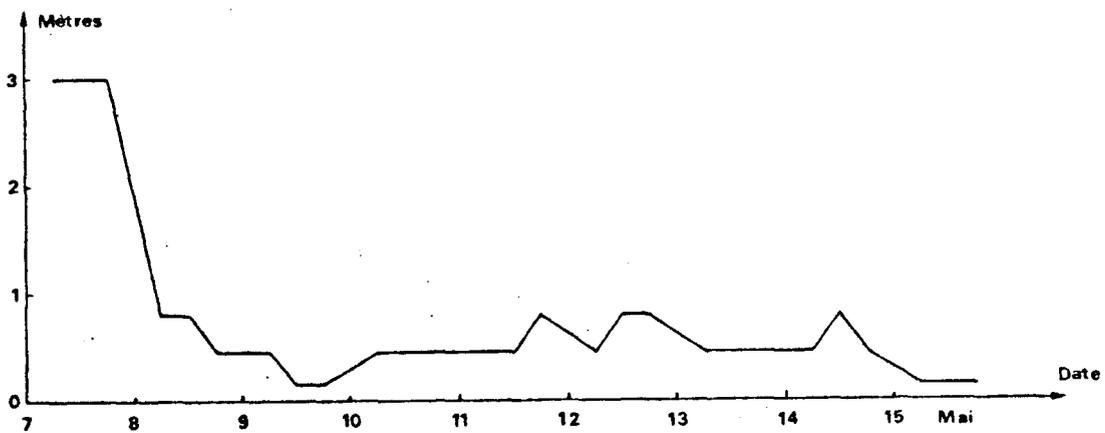


Hauteur de vague (m)

10 CAMPAGNE IV (15 Mai 1975)

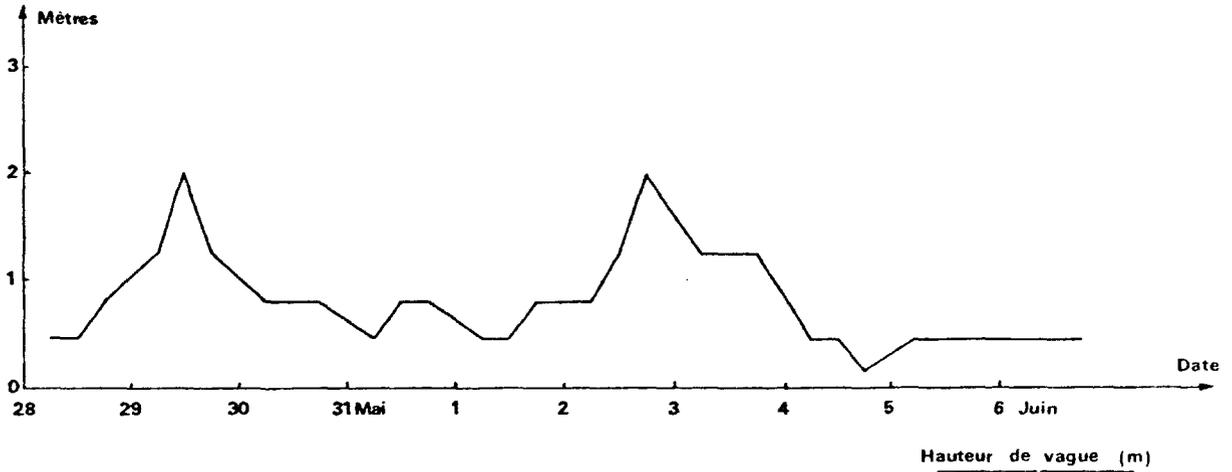
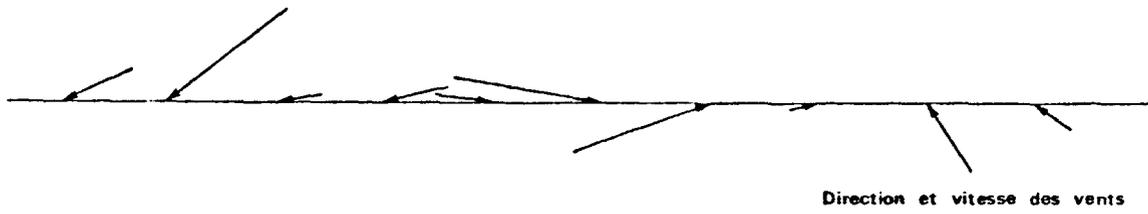


Direction et vitesse des vents

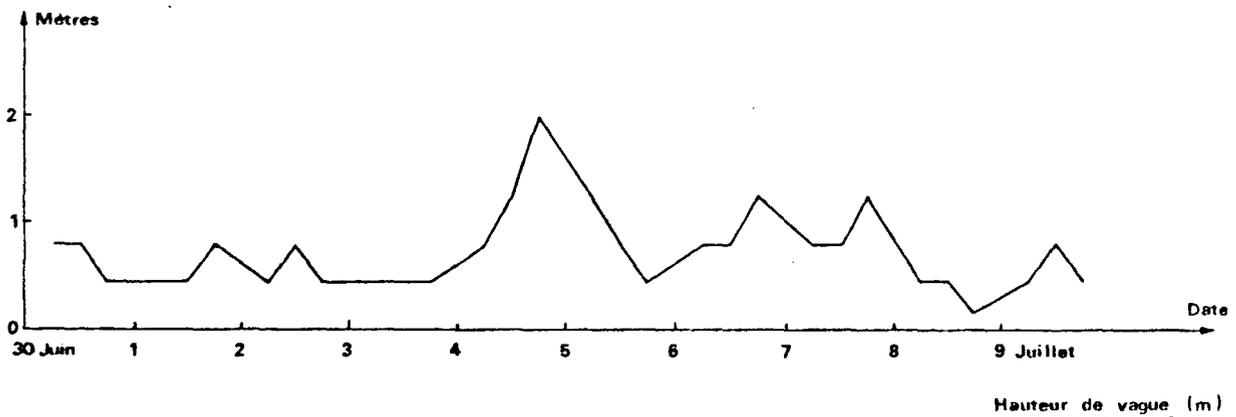
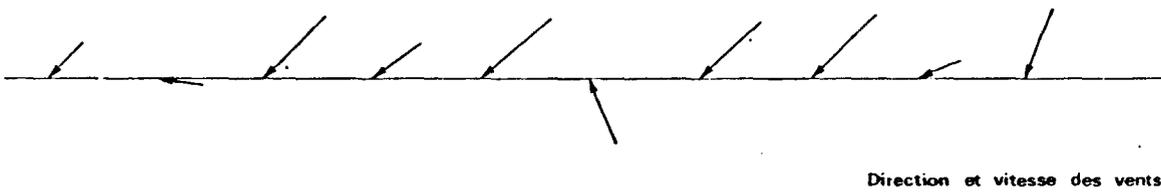


Hauteur de vague (m)

11 CAMPAGNE V (5.6 Juin 1975)



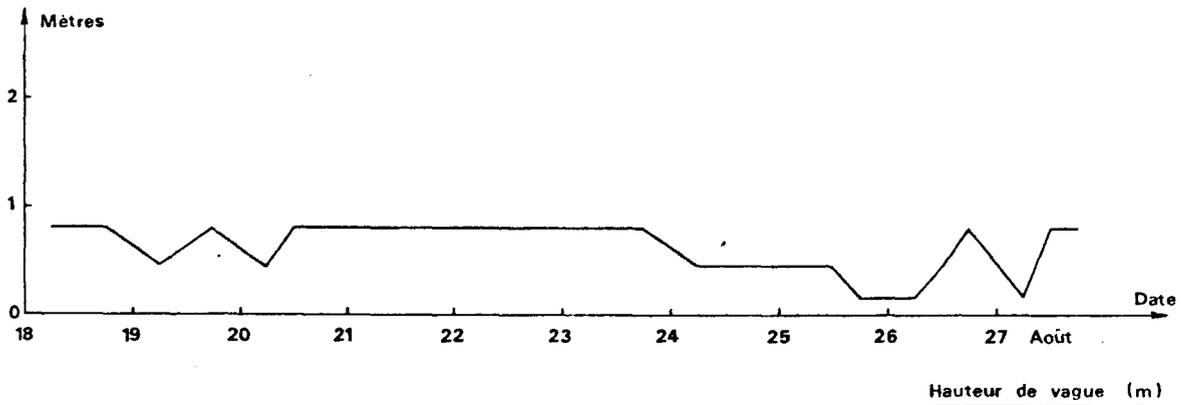
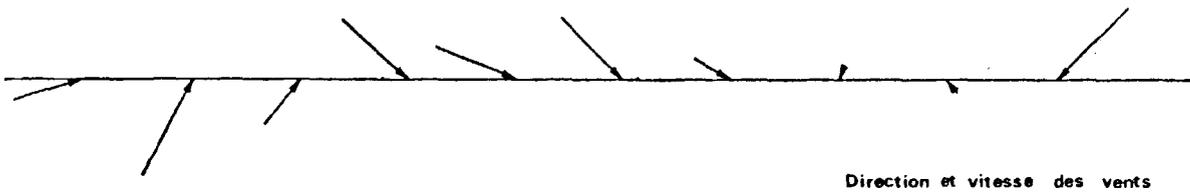
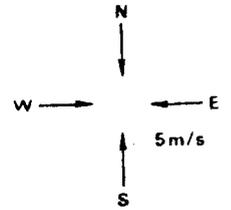
12 CAMPAGNE VI (8.9 Juillet 1975)



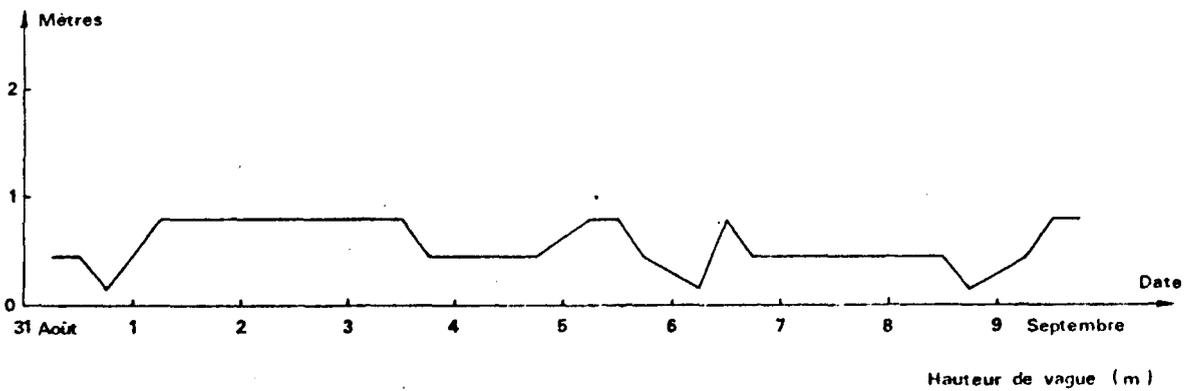
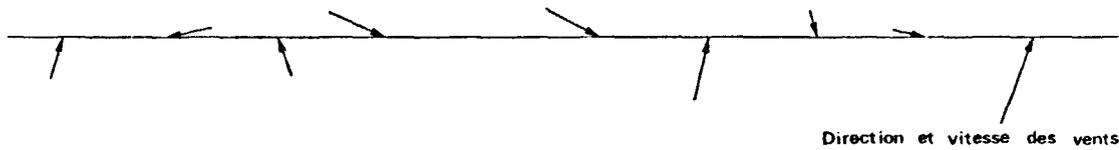
13 CAMPAGNE VII (26.27 Août 1975)

Fig.

Observation Sémaphore Fécamp

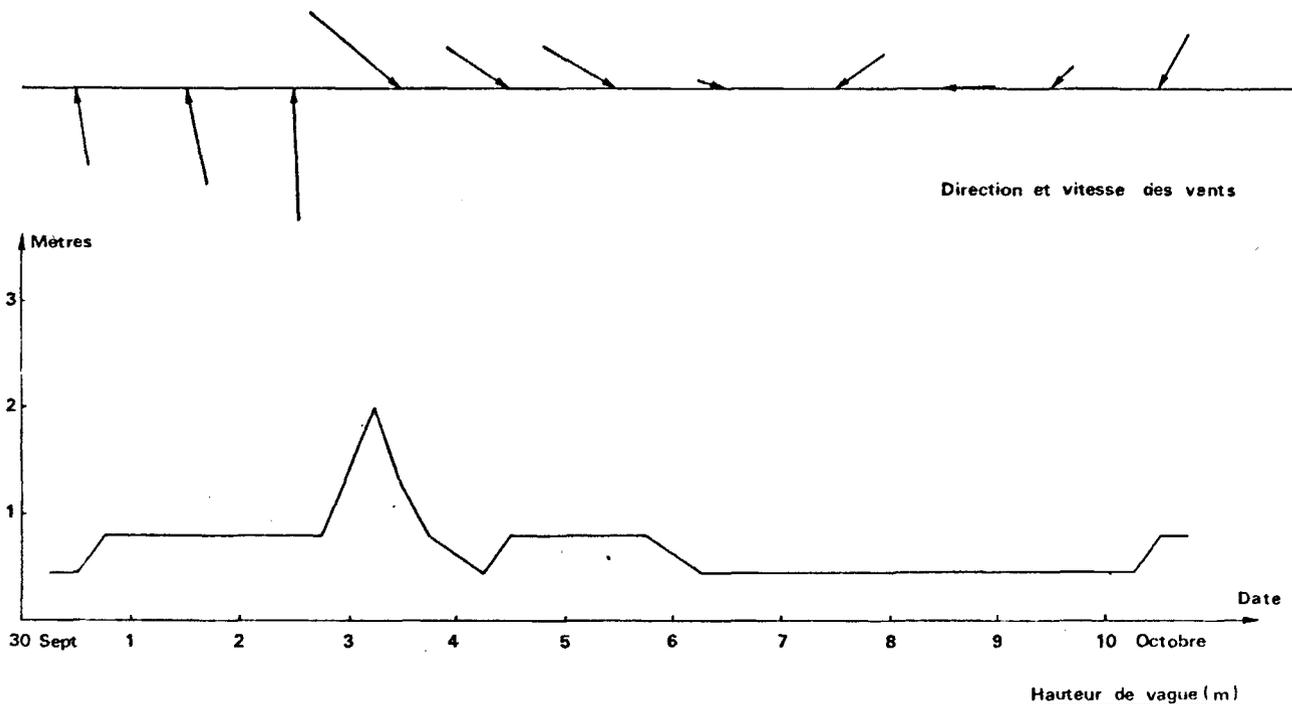


14 CAMPAGNE VIII (8.9 Septembre 1975)

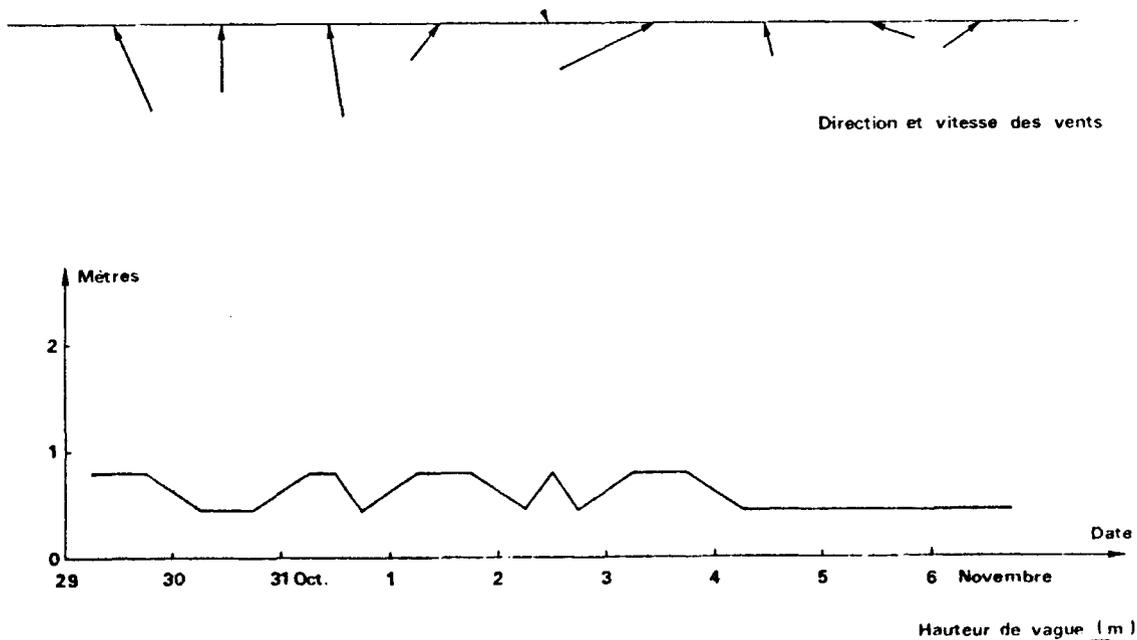


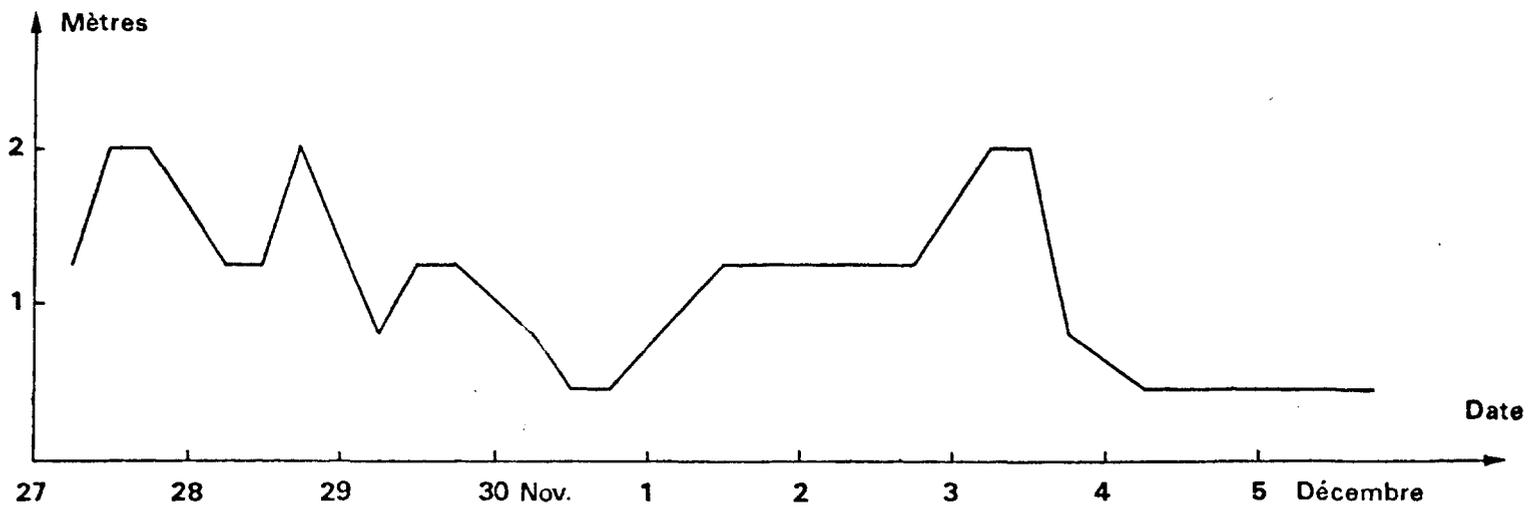
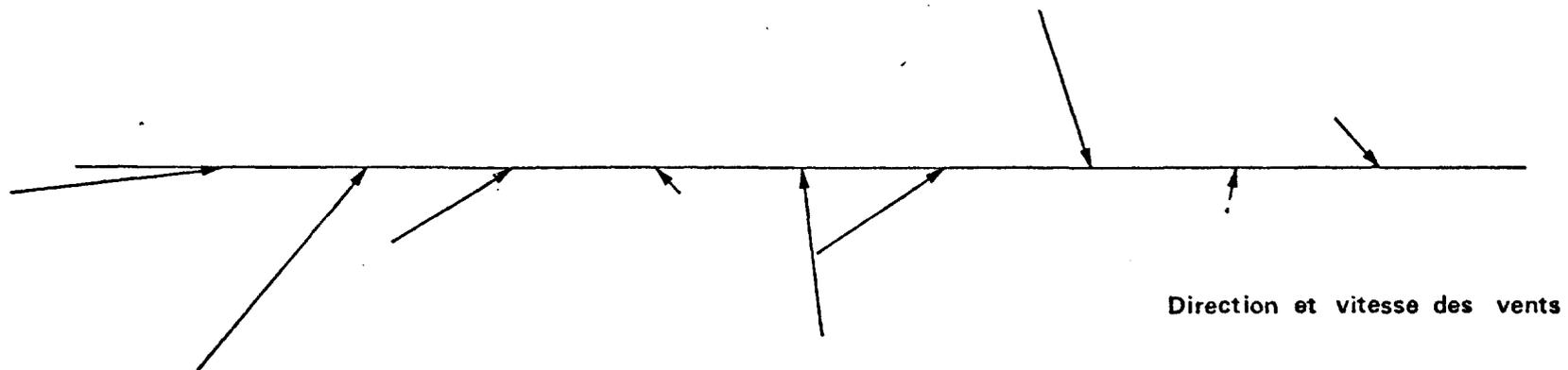
15 **CAMPAGNE IX (8.9.10 Octobre)**

Observation Sémaphore Fécamp



16 **CAMPAGNE X (6 Novembre 1975)**



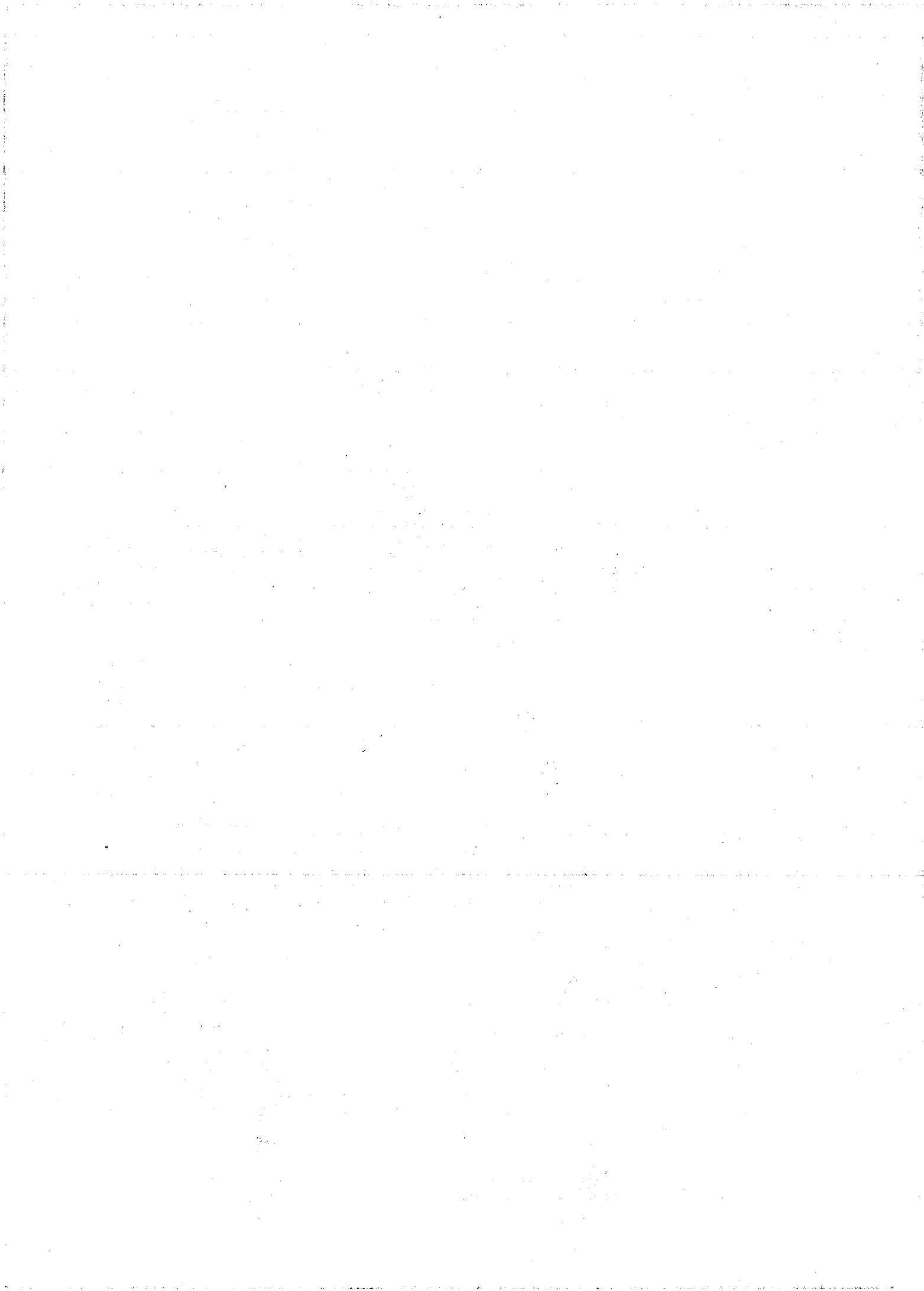


Hauteur de vague (m)

CHAPITRE II

LE DOMAINE PELAGIQUE

O. ARNAL	- ZOOPLANCTON
N. DEWARUNEZ	- PARAMÈTRES PHYSICO- CHIMIQUES
G. LE FEVRE	- ZOOPLANCTON
F. NICOLAUD	- ZOOPLANCTON
M. RYCKAERT	- PHYTOPLANCTON PRODUCTION PRIMAIRE ET PARAMÈTRES PHYSICO- CHIMIQUES
F. TOULARASTEL	- ZOOPLANCTON
B. VALDELIEVRE	- ZOOPLANCTON



CHAPITRE II : LE DOMAINE PÉLAGIQUE

A - INTRODUCTION

Le programme d'études écologiques du site de PALUEL prévoyait 12 campagnes de prélèvements pour l'étude des paramètres hydrobiologiques, réparties sur un cycle annuel. Le tableau page 19 indique les dates théoriques et effectives pour chacune des 12 campagnes, ainsi que le nombre de stations et de niveaux prospectés. Les premières campagnes fixées au 20 octobre, 1er décembre 1974 et 15 janvier 1975 ont été reportées aux dates correspondantes de l'année 1975 et 1976 par suite des retards administratifs apportés à la signature des contrats.

Les dates initialement prévues n'ont pas pu être toujours rigoureusement suivies à cause des conditions météorologiques souvent défavorables (*). Pour ces mêmes raisons, la totalité des stations n'a pu être effectuée à chaque campagne et lorsque le temps était favorable, les conditions de marée (forts courants), et nombre relativement élevé de stations, n'ont pas permis de prospecter la totalité du site en une seule journée. Il faut ajouter à cela des manoeuvres de tirs aériens à VEULES-LES-ROSES (localité située à l'Est de ST VALERY EN CAUX) au printemps et en automne, interdisant l'approche des stations 16 à 19.

Ces divers problèmes ont conduit à adopter une nouvelle méthodologie de prélèvements, innovée lors des campagnes XI et XII. Le protocole expérimenté est basé sur le déplacement de la masse d'eau pendant un cycle de marée et a fait l'objet d'un rapport spécial ; aussi les résultats concernant les campagnes XI et XII ne seront qu'évoquées dans ce rapport.

Les masses d'eau se caractérisent par divers paramètres physico-chimiques et biologiques. Les paramètres couramment mesurés sont la température, la salinité et le coefficient d'extinction (transparence de l'eau) pour les paramètres physiques ; l'oxygène dissous, le pH, les matières en suspension et les sels nutri-

(*) Les prélèvements en mer, effectués à bord de l'"Oceanonox" de la Station d'Etudes en Baie de Somme, nécessitent une force de vent inférieure à 3-4 de l'échelle Beaufort, soit des creux de vagues inférieurs à 1 m-1,50m.

CALENDRIER DES 12 CAMPAGNES DE PRELEVEMENTS "PELAGOS"

Numéro	Date théorique	Date réelle	Stations prospectées	Nombre de niveaux
P.I	28 février	27 février 1975 28 février 1975	1.7.9.15.17 4.8.11.13.14	18 26
P.II	30 mars	11 mars 1975	10.11.12.13	17
-	15 avril	-	-	-
P.III	30 avril	28 avril 1975 29 avril 1975	5.6.7.8. 4.11.13.14.15	13 18
P.IV	15 mai	15 mai 1975	2.3.5.7.9.10.12.15	34
P.V	8 juin	5 juin 1975 6 juin 1975	1 à 5 et 10 à 15 6 à 9 et 16 à 19	45 28
P.VI	8 juillet	8 juillet 1975 9 juillet 1975	1.4.5.6.9 13 à 19 2.3.7.8.10.11.12	39 27
P.VII	18 août	26 août 1975 27 août 1975	1 2.3.4.12.15	4 18
P.VIII		3 septembre 1975 4 septembre 1975	7.11.13 5.6.8.9.10.14. 16 à 19	10 33
P.IX	15 septembre	8 octobre 1975 9 octobre 1975	1.4.15 2.3 5 à 14	10 43
P.IX'		10 octobre 1975	3.5.6.9	5 (surface)
P.X	20 octobre	6 novembre 1975	6.13.15	9
P.XI	1 décembre	5 décembre 1975	9 stations selon nouveau programme	33
P.XII	15 janvier	3 février 1976	11 stations selon nouveau programme	36

tifs pour les paramètres chimiques ; les pigments, les production primaire (phytoplancton) et secondaire (zooplancton) pélagiques pour les paramètres biologiques.

B - PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

1 - MATERIEL ET METHODES

Les échantillons d'eau destinés à l'étude des paramètres physico-chimiques ont été prélevés tous les 5 mètres jusqu'à 20 mètres pendant les campagnes I à VII. Ensuite, quatre niveaux ont été retenus quand la profondeur était supérieure à 20 mètres : surface, 5 mètres, 10 mètres et 20 mètres.

Lors des premières campagnes, nous avons utilisé pour les prélèvements une pompe ou une bouteille à clapets, cette dernière ayant été réalisée par l'Institut de Biologie Maritime de WIMEREUX, d'après le modèle de MONZIKOFF de l'Institut Océanographique de PARIS (volume 5 l x 2) ; nous avons utilisé la pompe qu'aux faibles profondeurs (surface, 5 m et 10 m). Puis, à partir de la sortie IX, pompe et bouteille ont été remplacées par une série de 4 bouteilles à clapets MECABOLIER de type bouteille NANSEN (volume : 2 l).

1.1 - Transparence de l'eau

Des mesures de transparence de l'eau ont été effectuées au moyen d'un disque de SECCHI avec une précision de 0,15 m.

1.2 - Température

A la demande d'E.D.F. et jusqu'à la campagne VII, nous avons mesuré la température à l'aide d'une sonde BECKMAM (de précision théorique 1/10° C). Les déficiences de la sonde, après de nombreux aléas, sont à l'origine du manque de données fiables des sorties V et VII, et nous conduit à employer un thermomètre de surface (précision 1/10° C) pendant la campagne VIII ; pour les niveaux autres que la surface, la température a été déterminée en plaçant le thermomètre dans le courant d'eau amené du niveau niveau étudié



Fig. 18 : Pompe à prélèvements.
Corps de pompe et tuyau (25 m).

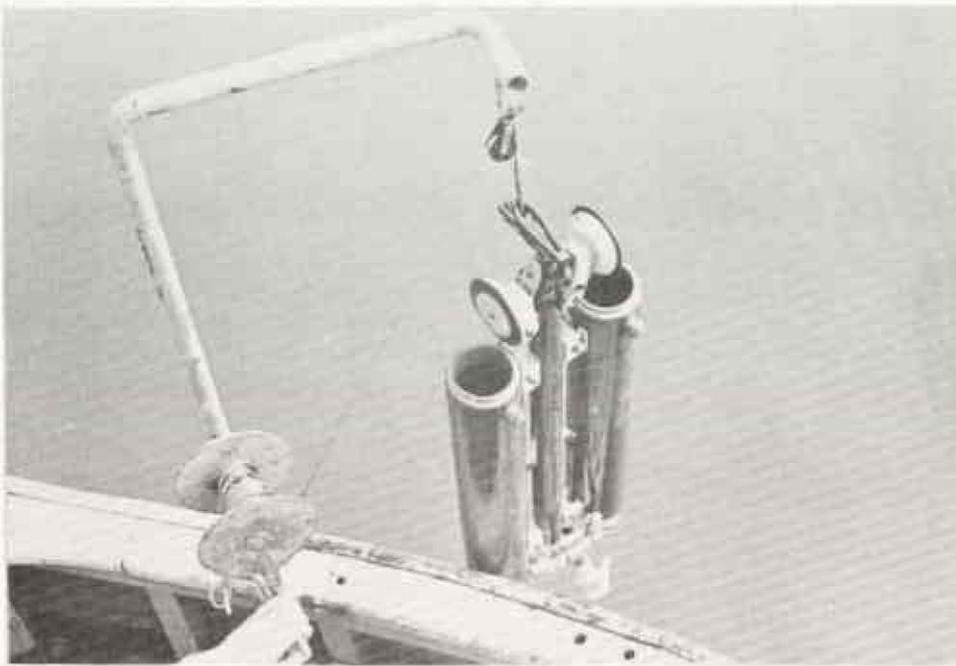


Fig. 19 : Bouteille à clapets.
Modèle MONZIKOFF (contenance 2 x 5 l).

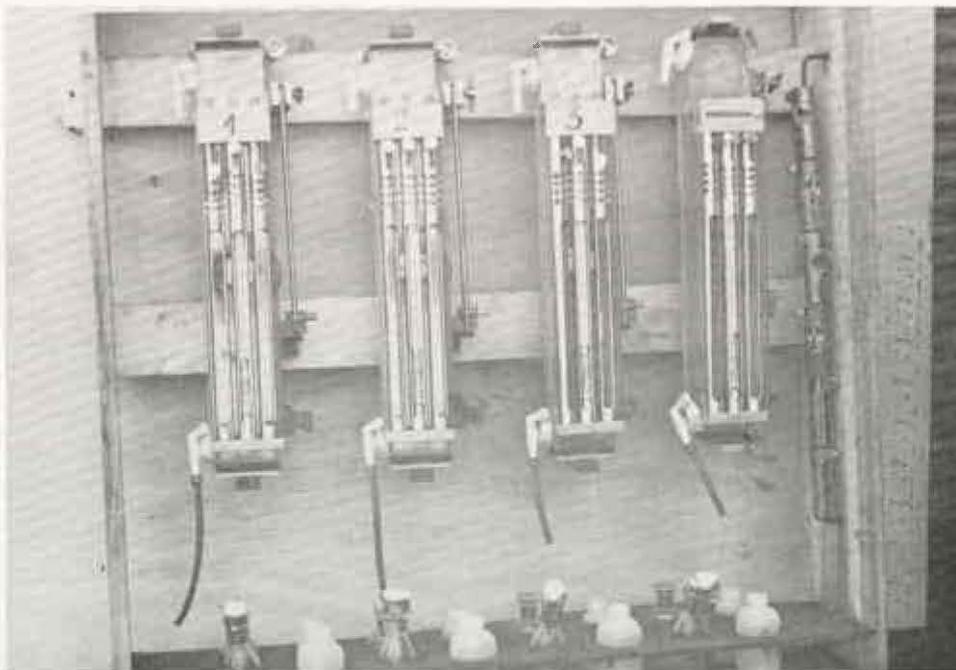


Fig. 20 : Bouteille MECABOLIER sur leur portoir.

par le prélèvement constant à la pompe. A partir de la sortie IX, l'utilisation de thermomètres à renversement RICHIER et WIESE adaptés sur les bouteilles MECABOLIER a permis d'obtenir une précision plus importante (quelques $1/100^{\circ}$ C) ; la palanquée de bouteilles est laissée environ 10 mn in situ pour permettre la stabilisation de la température des thermomètres dont nous avons fait la lecture avec une loupe NANSEN (les températures indiquées tiennent compte des abaques de corrections individuelles de chacun des thermomètres).

1.3 - Salinité

Jusqu'à la campagne VII, nous avons mesuré la salinité de l'eau par la méthode de KNUDSEN (*) (dosage des chlorures par précipitation au nitrate d'argent (précision $0,05 \text{ } \text{‰}$) (**), puis au moyen du salinomètre GUILDLINE du C.O.B. (précision $0,005 \text{ } \text{‰}$) ; les échantillons étaient alors conservés dans des canettes de verre de 250 ml préalablement rincées avec de l'eau du prélèvement et envoyés au C.O.B. en caissettes.

1.4 - Oxygène dissous

L'eau destinée à l'estimation du taux d'oxygène dissous est versée dans un flacon en verre à bouchon rodé (de volume 135 ml environ) ; on utilise pour cela un tuyau souple adapté sur le robinet inférieur de la bouteille et maintenu au fond du flacon ; on laisse déborder avant de reboucher le flacon en ayant soin de ne pas introduire d'air. La méthode employée est celle de WINCKLER : on ajoute à l'échantillon d'eau prélevé une solution de manganèse divalent, puis une base forte ; l'oxygène dissous oxyde une quantité équivalente de Mn II en Mn III ou IV puis il y a acidification en présence de iode, ce qui fait passer le manganèse à l'état divalent et libère l'iode, titré par le thiosulfate de sodium. Les deux réactifs (Mn SO_4 et IK-KOH) sont introduits immédiatement à bord avec une pipette automatique (PIPERMAN GILSON) réglée à 1 ml. Le flacon bien rebouché est agité pour homogénéiser le précipité, puis placé à l'obscurité dans un endroit frais ; 20 mn plus tard, on ajoute 1 ml d'acide (2 si nécessaire) qui dissout le précipité. Dès le retour au laboratoire, les échantillons

(*) Pendant la campagne I, nous avons également essayé de mesurer la salinité avec une sonde BECKMAN, de précision $0,1 \text{ } \text{‰}$.

(**) On déduit la valeur de la salinité à partir de celle de la chlorosité à l'aide des tables du NATIONAL INSTITUTE OF OCEANOGRAPHY OF GREAT BRITAIN AND UNESCO (1973).

sont conservés à la chambre froide à l'obscurité jusqu'à la poursuite du dosage. Les résultats sont exprimés en ml O2/l. Pour obtenir la correspondance en pourcentage de saturation, on apporte une correction qui tient compte de la température et de la salinité, en utilisant les tables du NATIONAL INSTITUTE OF OCEANOGRAPHY OF GREAT BRITAIN AND UNESCO (1973).

1.5 - pH

Le pH a été mesuré à bord, au moyen d'un pH-mètre RADIOMETER (précision 0,05).

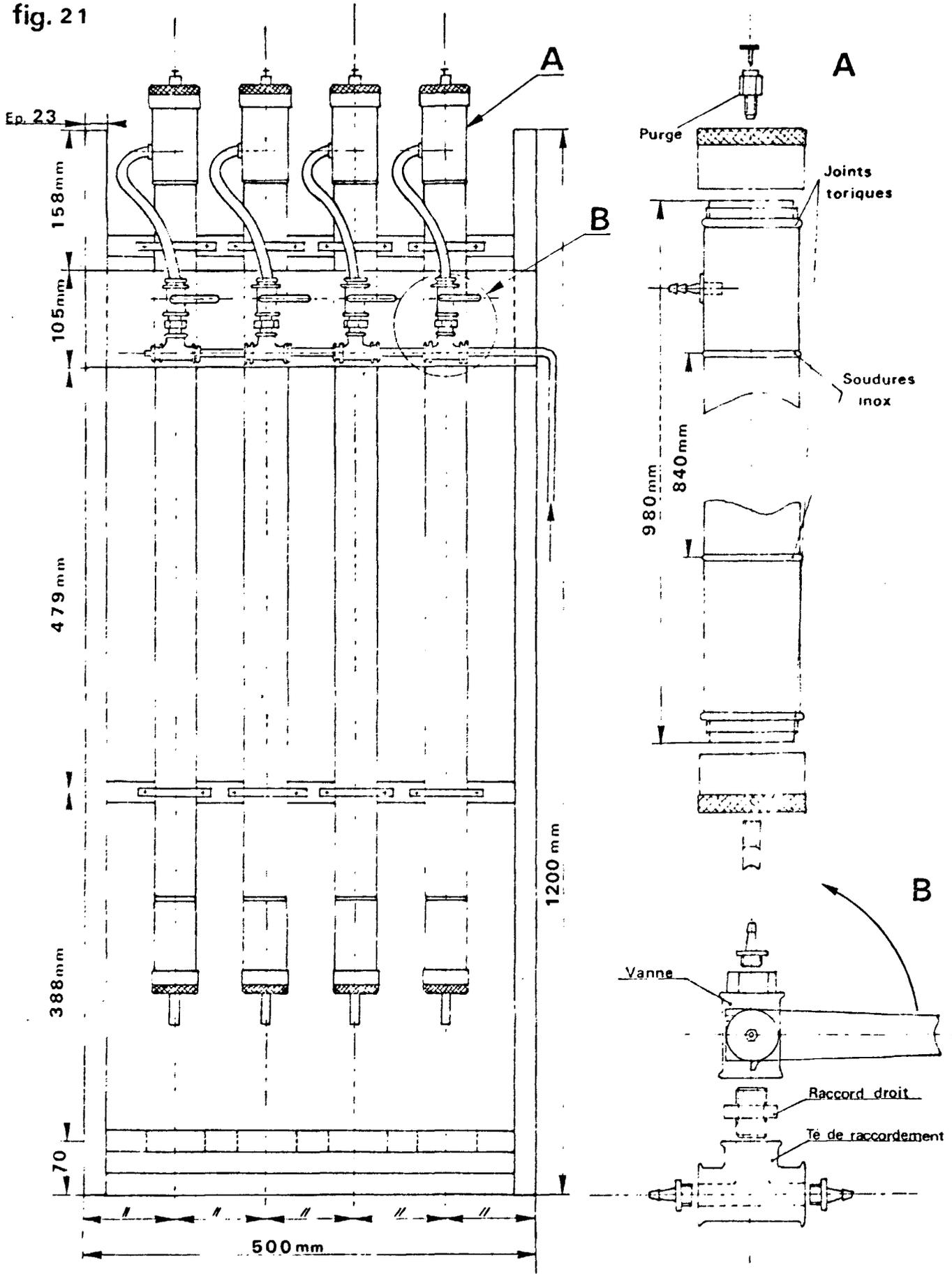
1.6 - Turbidité

Des échantillons d'un litre ont été prélevés, au moyen d'une bouteille à clapets verticale ou horizontale, en vue de mesurer la turbidité. Placée à la chambre froide dès le retour au laboratoire, l'eau est filtrée le lendemain de la campagne ; le système utilisé a été conçu par RICHARD et réalisé à l'Institut de Biologie Marine de WIMEREUX à partir d'unités de filtration GELMAN (figures 21, 22, 23). Après le passage de l'échantillon sur filtre GELMAN-GA-6 prépesé (diamètre de pores 0,45 μ) la colonne est rincée avec du formiate d'ammonium afin d'éliminer le sel. Après passage à l'étuve à 105° C pendant 24 heures, le filtre est pesé à nouveau : la différence de poids du filtre avant et après l'opération représente la quantité de matières en suspension (turbidité minérale + turbidité organique), corrigée avec la différence de poids avant et après passage à l'étuve de filtres témoins.

1.7 - Sels nutritifs

L'eau destinée à l'analyse des sels nutritifs est passée sur filtre GELMAN GA-6 (de porosité 0,45 μ) dès le prélèvement et conservée dans 2 flacons de polyéthylène rincés avec une partie du filtrat ; le contenu de l'un des échantillons est chloroformé. Les flacons sont mis en glacière ou dans le congélateur à bord, puis conservés congelés au laboratoire jusqu'à l'analyse. Les dosages ont été entrepris, dès l'arrivée du Technicon, par méthode calorimétrique, selon le principe du flux continu, la précision étant de :

fig. 21



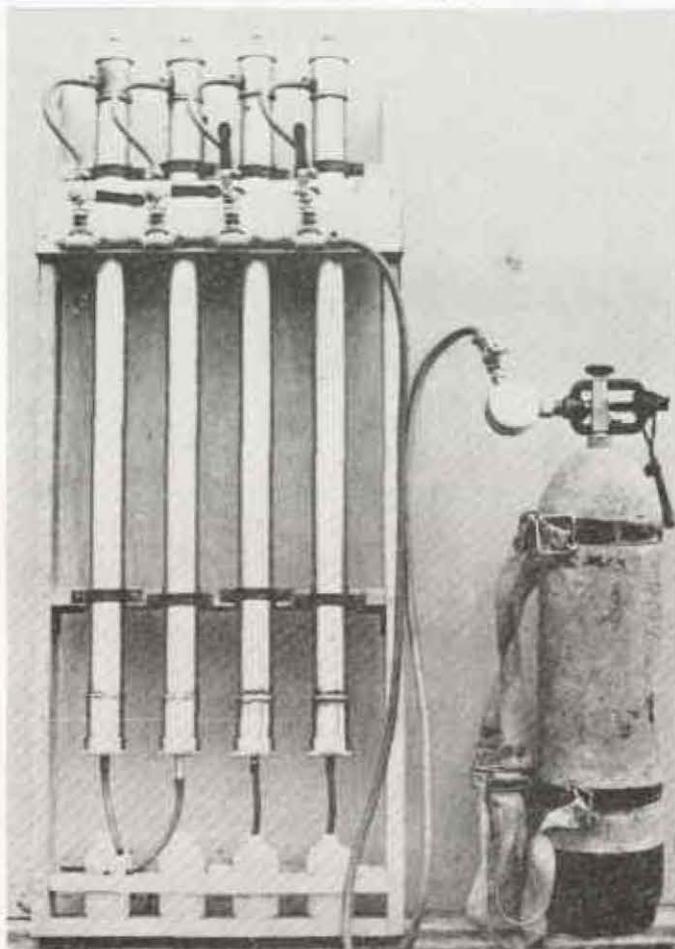


Fig. 22 : Système de filtration à pression, type GELMAN modifié.

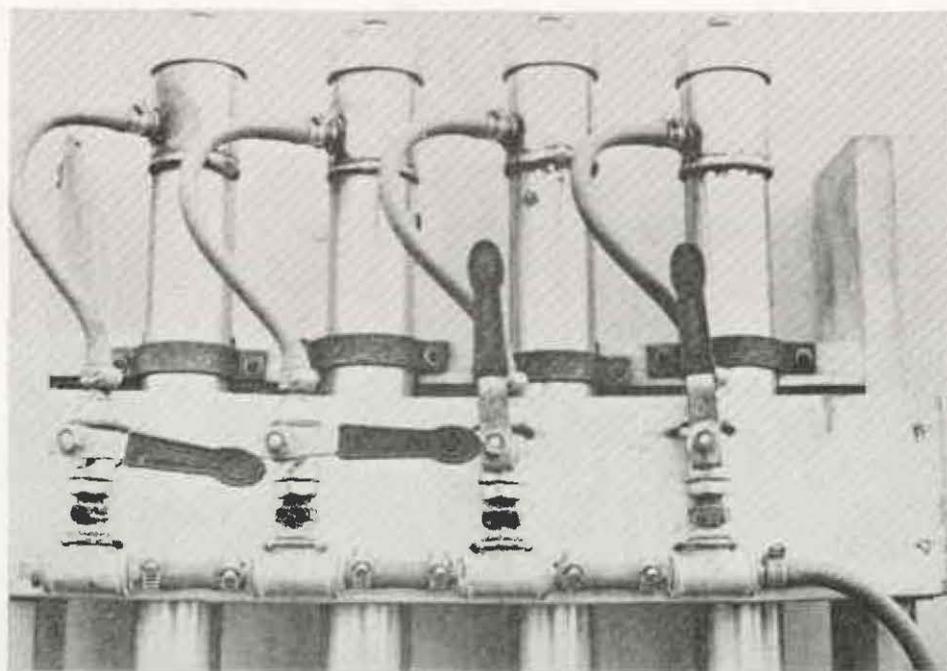


Fig. 23 : Détail de la partie supérieure du système de filtration, type GELMAN modifié.

0,01 atg/l pour les nitrites
0,06 atg/l pour les nitrates
0,01 atg/l pour les phosphates
0,1 atg/l pour les silicates

Les nitrites sont dosés calorimétriquement par diazotation avec la sulfamilamide et copulation du diazoïque obtenu selon la technique décrite par BENDSCHNEIDER (1952). Les nitrates sont réduits en nitrites par passage sur une colonne cadmium-cuivre ; puis on estime la quantité de nitrites. On évalue le taux de phosphates par la méthode mise au point par MURPHY et RILEY (1962) : les ions PO_4^{---} réagissent avec le molybdate d'ammonium en milieu acide pour former un complexe jaune, le phosphomolybdate d'ammonium ; par réduction de ce complexe par l'acide ascorbique on obtient une coloration bleue. La méthode adaptée au Technicon pour le dosage des silicates est celle de GRASSOHOF (1969), basée sur celle de MULLIN et RILEY (1955) : les silicates dissous dans l'eau de mer réagissent en milieu acide avec les ions molybdates pour former l'acide silicomolybdique ; ce complexe jaune par réduction par un mélange de "métol" et sulfite de sodium forme un bleu de molybdène.

Nous avons essayer de doser l'ammoniac, mais l'air vicié par les gaz d'échappement du bateau fausse les résultats. La technique reprise est celle de SLAWYK modifiée : en milieu alcalin l'ammoniac dissous réagit pour former une monochloramine qui, en présence de phénol et d'un excès d'hypochlorite, donne lieu à la formation d'un bleu d'indophénol.

2 - RESULTATS

Les résultats concernant les paramètres physico-chimiques sont présentés dans les tableaux 1 à 12 (volume II).

Chaque campagne est caractérisée par des conditions météorologiques et hydrographiques particulières pouvant influencer sensiblement les valeurs des différents paramètres, aussi, les résultats sont-ils regroupés par campagne.

Les figures 24 à 32 représentent pour chaque campagne la position des stations par rapport aux mouvements de la masse d'eau, dus aux courants de marée : le front de déplacement d'une masse d'eau est supposé perpendiculaire

laire à la côte et son déplacement, à partir de chaque station prospectée, est figuré par une sinusoïde. L'axe vertical représente le temps en heures et l'axe horizontal la distance en km séparant les stations (position géographique réelle) par rapport à la première station étudiée.

2.1 - Campagne I

La première campagne a été effectuée après une période de vents modérés de secteurs SSE à ENE dont l'influence sur la zone côtière est diminuée par l'orientation WSW, ENE de la côte (falaises du Pays de CAUX). La mer était peu agitée ; les précipitations ont été inexistantes les jours précédents la sortie (figure 4).

2.1.1 - 27 février 1975

Le 27 février, le coefficient de la marée était de 117, d'où la présence de forts courants de marée. La station 17 a été prospectée un peu avant l'étale de pleine mer et les autres stations avec le courant de jusant, soit par ordre chronologique 15, 9, 7 et 1 (figure 24).

La température de l'ordre de 8° C semble diminuer avec la profondeur et être plus élevée à la côte, mais la précision de la sonde employée, ne permet pas d'être plus affirmatif.

Les variations entre stations de la salinité de 0,25 ‰ sont faibles et peu significatives. Les salinités de surface paraissent moins élevées.

Le taux important de matières en suspension (40 mg/l de moyenne) augmente en fonction de la profondeur et présente peu de variation entre les stations. Il atténue fortement la transparence de l'eau, ce qui est matérialisé par la faible profondeur de disparition du disque de SECCHI (inférieure à 1 mètre).

Le taux d'oxygène dissous atteint la saturation à la station 1, contrairement aux 4 autres stations où il lui est inférieur. Par contre, le pH assez faible, ne présente pas de fluctuations particulières.

fig. 24

Campagne I (27 Février 1975)

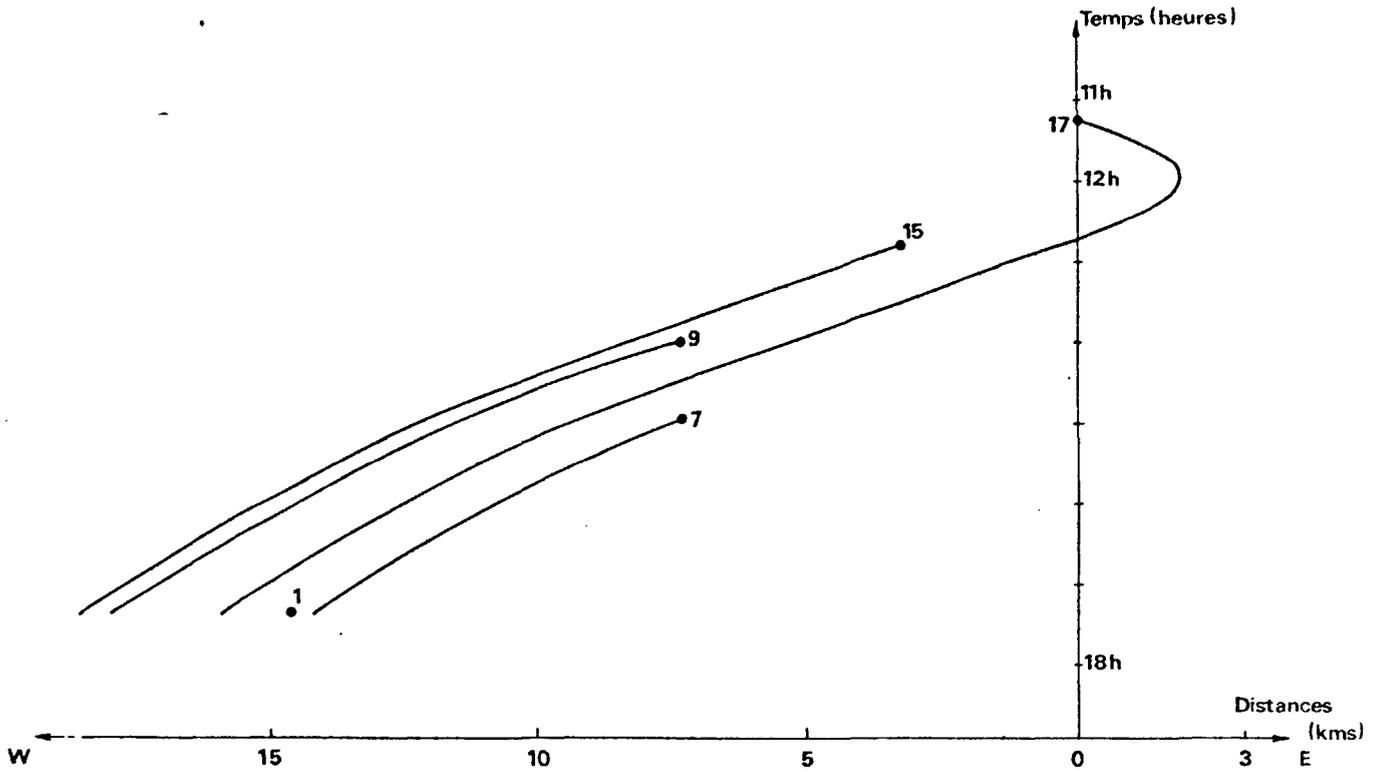


fig. 25

Campagne I (28 Février 1975)

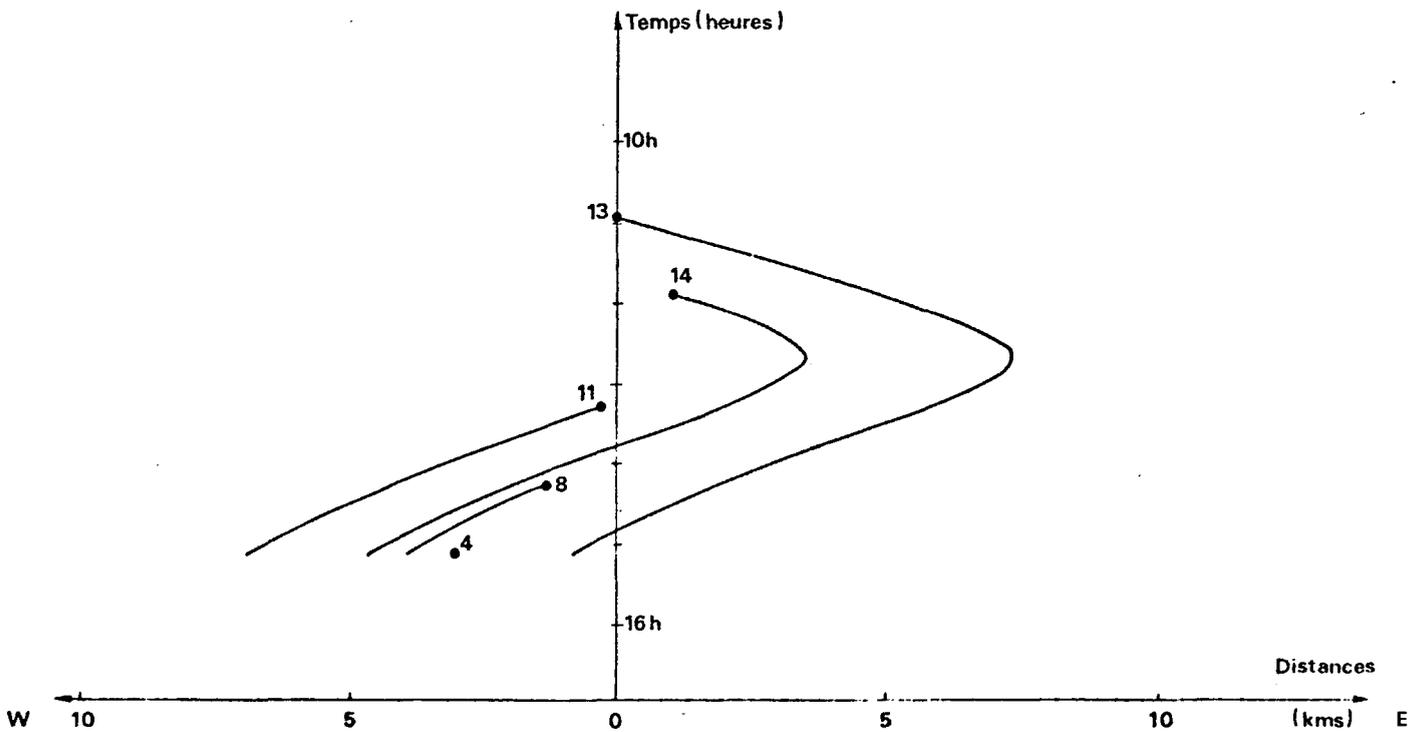


fig. 26

Campagne II (11 Mars 1975)

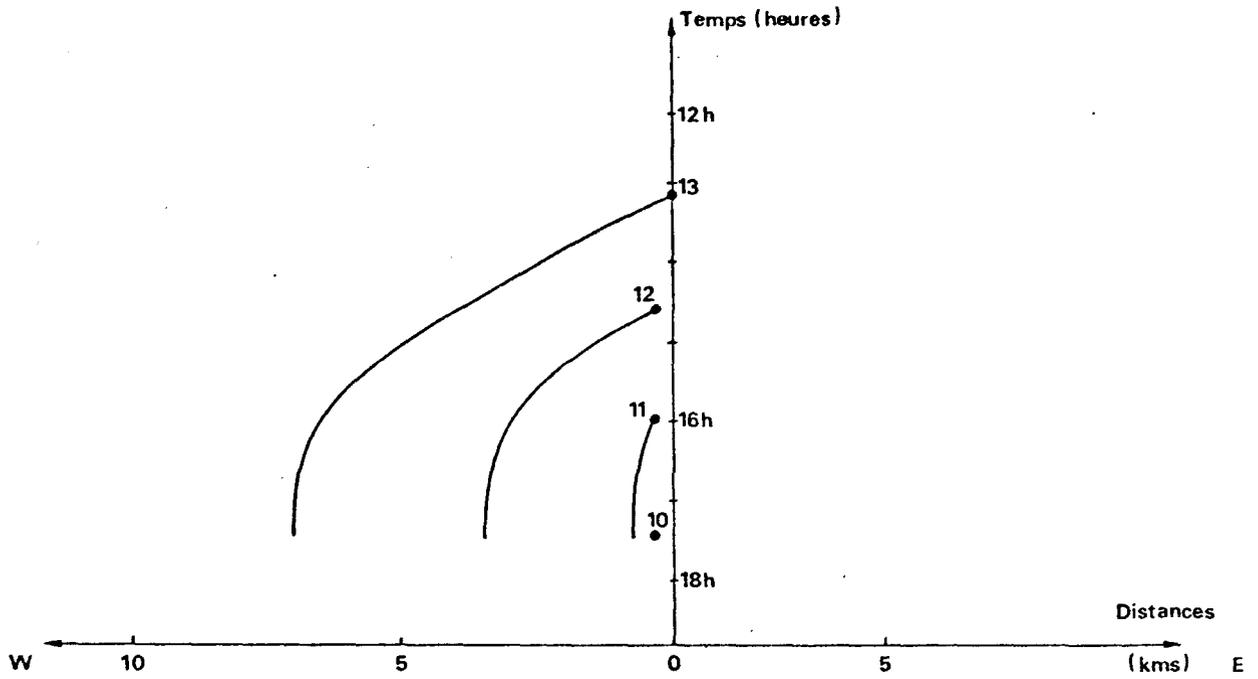
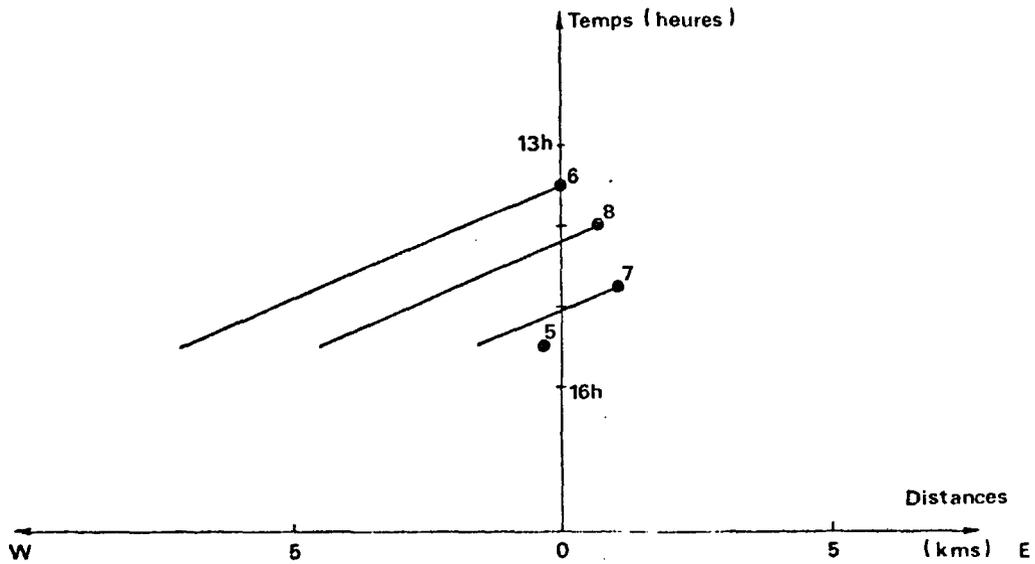


fig. 27

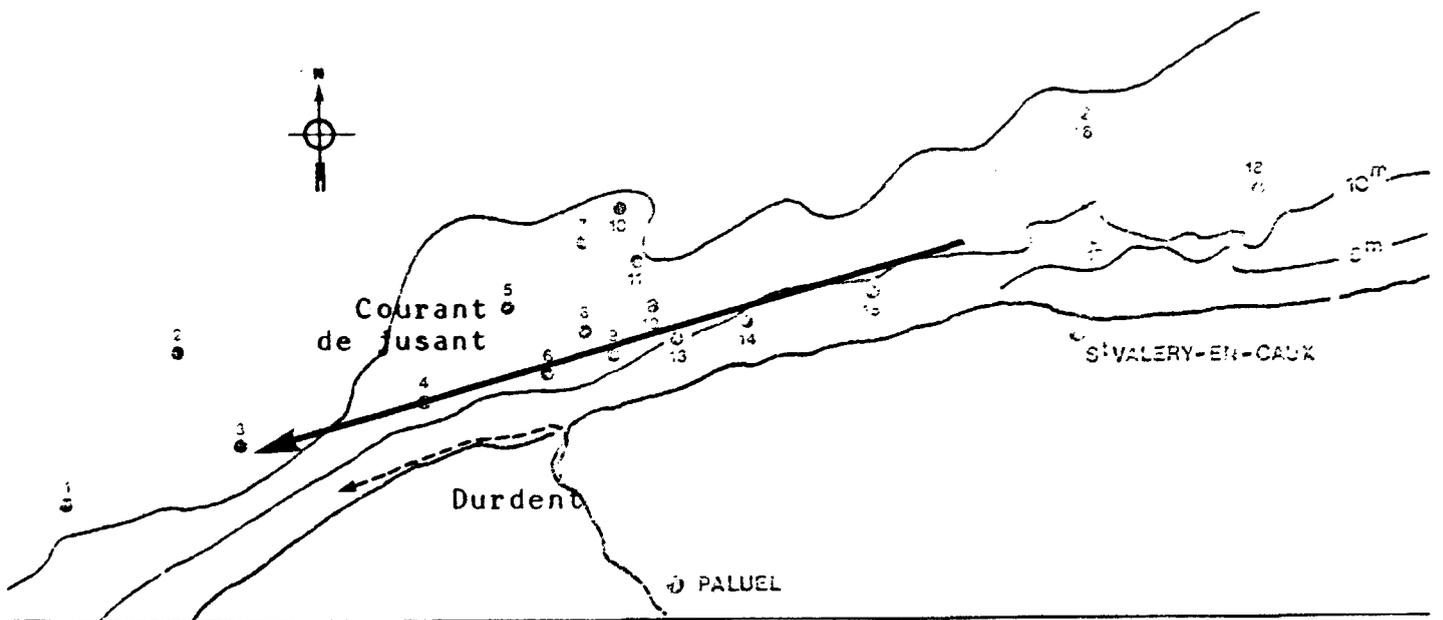
Campagne III (28 Avril 1975)



Seuls les nitrates (particulièrement abondants) et les phosphates ont été dosés à cette campagne, et leurs variations sont peu importantes.

Le 27 février, l'ensemble des paramètres étudiés est relativement homogène sur la côte étudiée.

Les apports d'eau douce de la DURDENT, limités par la faible pluviiosité, n'atteignent aucune station, même les plus côtières. Il faut probablement lier ce fait à l'importance du courant de marée (vitesse supérieure à 1 m/s) plaquant contre la côte tout écoulement d'eau de provenance continentale :



Ce courant est également à l'origine de la forte turbidité de la zone qui ne peut provenir de l'agitation presque inexistante de la mer par le vent. La turbulence ainsi créée remet en suspension les sédiments, d'une manière d'autant plus sensible que la hauteur d'eau est moindre (station côtière 17). Il y a donc présence d'un gradient côte-plage, confirmée par les mesures de la transparence de l'eau.

2.1.2 - 28 février 1975

Le 28 février, les courants de marée étaient toujours aussi violents (coefficient 116). Les prélèvements ont eu lieu de part et d'autre de l'étale de pleine mer et dans le sens du courant de jusant, aux stations 13, 14, 11, 8 et 4 (par ordre chronologique, figure 26).

La valeur et la variation des paramètres sont à peu près équivalentes à celles de la veille.

2.2 - Campagne II (11 mars 1975)

Quatre stations ont été effectuées sur la radiale en face du site (10, 11, 12 et 13) avant et pendant l'étale de basse mer (figure 26). Les conditions météorologiques de la semaine précédant la sortie sont représentées figure 8. Les vents assez forts d'WSW (longeant la falaise) puis d'WNW ont entraîné une certaine agitation de la mer. La température de l'air s'est réchauffée pendant la première décade de mars, ce qui se ressent au niveau de la station 13 côtière (moins profonde, donc de moindre inertie thermique) par rapport à la sortie précédente : 8°9 C contre 7°6 C. Les courants de marée, moins importants (coefficient 76), laissent les eaux douces terrestres (43 mm de précipitations pendant la première décade) atteindre les stations côtières. On observe ainsi un net gradient côte-large de salinité avec valeurs plus faibles à la côte.

Un gradient côte-large se retrouve pour les matières en suspension. Les fortes valeurs de turbidité à la station 13 (24 à 51 mg/l) sont liées soit à l'agitation de la mer causée par le vent soit aux apports terrestres, soit au courant de marée. La profondeur de disparition du disque de SECCHI dépasse 1 mètre et montre également un gradient côte-large. Les nitrates et phosphates sont abondants, principalement à la côte. Les variations des nitrites ne paraissent pas suivre de loi particulière, par contre le taux de silicates est plus élevé au large, probablement à cause de leur consommation par le nombreux plancton de la station côtière.

2.3 - Campagne III

La campagne III a été précédée d'une période de vents modérés de secteur NE provoquant des creux à la côte voisins de 1 mètre (figure 9). La pluviosité a été assez forte depuis la campagne II pour devenir nulle durant la dernière décade du mois d'avril. La température de l'air a marqué un net refroidissement fin mars-début avril pour se réchauffer rapidement à la fin avril.

2.3.1 - 28 avril 1975

Les quatre stations 6, 8, 7 et 5 ont été effectuées contre le courant de jusant (figure 27).

La hausse des températures relevée depuis la dernière campagne est une résultante de la période froide du mois précédent et du réchauffement rapide des derniers jours d'avril. Ce réchauffement se manifeste près des côtes et en surface (10° C à 0 mètre aux stations 6 et 8).

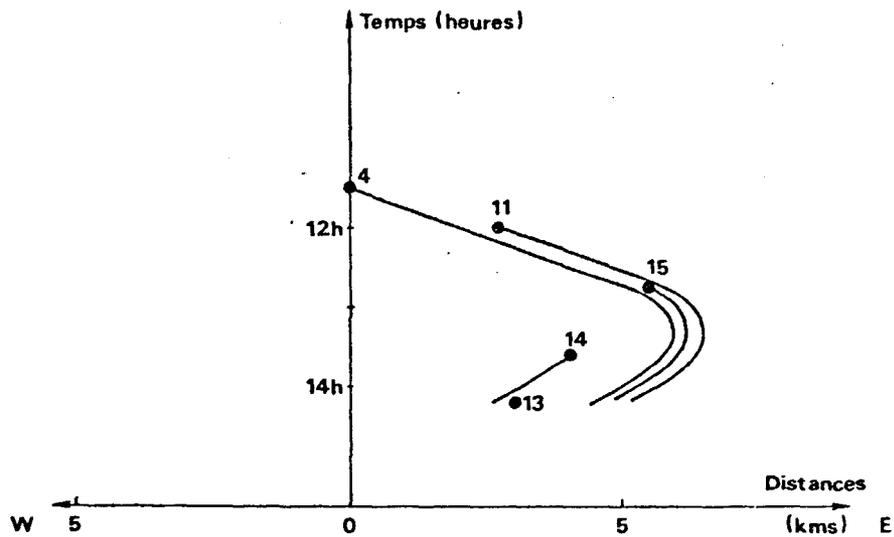
Les quelques 175 mm de précipitations tombées depuis la dernière campagne ont fortement abaissé le taux de salinité (le plus bas mesuré en 1975). L'absence de gradient côte-large pour ce paramètre est probablement dû à la raréfaction des apports d'eau douce par l'absence de précipitations les derniers jours. D'autre part, les masses d'eau ont été échantillonnées alors que le courant était au plus fort (mi-marée et coefficient 92) et plaquait vraisemblablement contre la côte les éventuels écoulements d'eau douce. La sursaturation en oxygène provient soit du brassage de la mer provoqué par les vents de NE, soit du développement important des organismes photo-synthétiques, lesquels sont à l'origine de la diminution du taux des sels nutritifs (nitrates, phosphates et silicates). Ces derniers définissent un gradient avec valeurs de la côte vers le large.

2.3.2 - 29 avril 1975

Les cinq stations (4, 11, 15, 14 et 13) ont été effectuées de part et d'autre de l'étale de pleine mer (figure 28). Les paramètres mesurés ne présentent pas de différences majeures avec le jour précédent, leurs valeurs et variations sont du même ordre de grandeur.

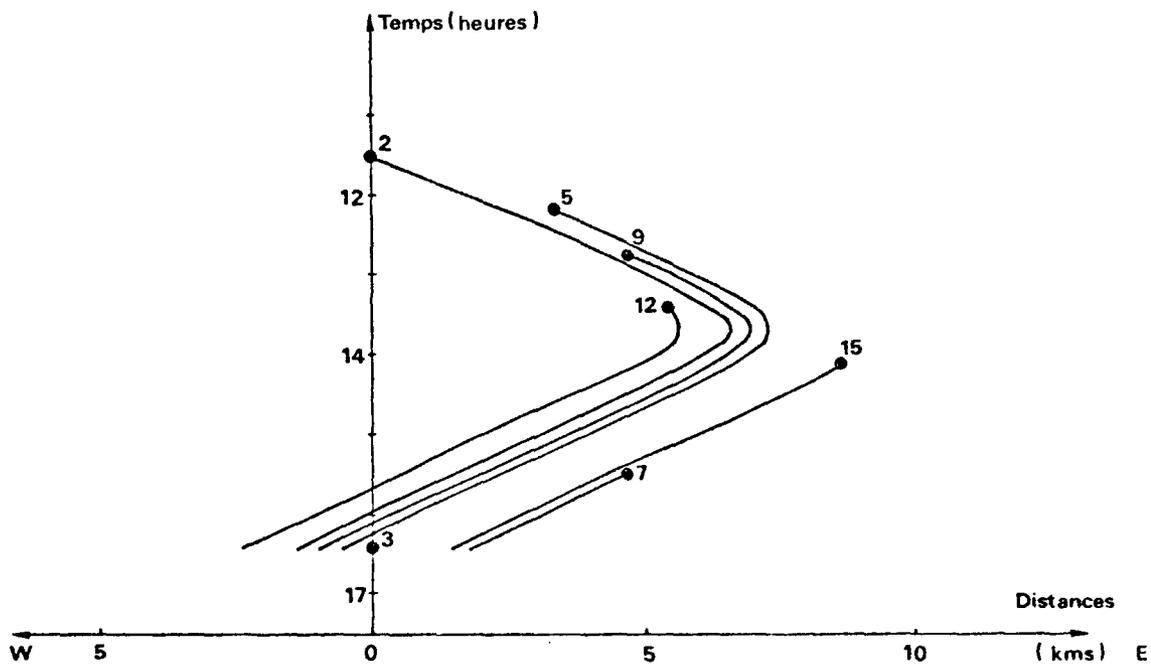
Campagne III (29 Avril 1975)

fig. 28



Campagne IV (15 Mai 1975)

fig. 29



2.4 - Campagne IV (15 mai 1975)

Une période de vent variable puis de secteur SSW modéré a précédé le jour de sortie de la quatrième campagne. La température de l'air a marqué peu de variations depuis la campagne III, mais le réchauffement rapide de la fin du mois d'avril a contribué, avec un retard dû à l'inertie des masses d'eau, à l'élévation d'environ un demi degré de l'eau des stations côtières (surtout sensible en surface ; 10°7 C station 9, voir isoplèthes des figures 39 à 41). Les huit stations (2, 5, 9, 12, 15, 7 et 3) ont été effectuées de part et d'autre de l'étale de pleine mer et dans le sens du courant (figure 29). La masse d'eau échantillonnée à la station 9, à la fin du flot, est influencée par les apports de la DURDENT, suffisamment importants (environ 50 mm de précipitations les deux premières semaines de mai) pour ne pas être contrés par le courant de marée (coefficient 78). On note à cette même station les plus faibles salinités de la campagne, surtout en surface, qui pourraient laisser supposer une certaine abondance de sels nutritifs ; mais la présence de nombreuses cellules de phytoplancton (deux à trois fois plus par rapport aux autres stations) entraîne une consommation importante de ces sels (moins nette pour les silicates). La station 15 et la station 3 sont également influencées par les apports de la DURDENT (influence sensible au niveau des sels nutritifs) entraînés vers l'une par le courant de flot et vers l'autre par le courant de jusant. Matières en suspension et profondeur de SECCHI définissent la présence d'un gradient côte-large positif pour la disparition du disque de SECCHI et négatif pour les valeurs de matières en suspension (isoplètes des figures 42 à 45).

Le taux important d'oxygène dissous (environ 110 % de saturation) est probablement lié, comme la précédente campagne, au développement des organismes photosynthétiques et suit grossièrement un gradient côte-large avec plus faibles valeurs à la côte.

2.5 - Campagne V

Le début du mois de juin a été marqué par des vents assez forts de secteur W provoquant des creux à la côte de près de 2 m. Le vent est ensuite passé au secteur SE de moindre influence sur les zones côtières. La température

de l'air s'est élevée brusquement les premiers jours de juin (d'une dizaine de degrés en une semaine) entraînant un réchauffement de l'eau de 2 à 3° C depuis la dernière campagne (*). Les précipitations peu abondantes alliées à l'évaporation due à l'élévation des températures sont à l'origine de l'augmentation de la salinité.

2.5.1 - 5 juin 1975

Les 11 stations ont été effectuées dans l'ordre chronologique suivant : 15, 14, 13, 12, 11, 10, 5, 4, 3 et 1 contre le courant de marée (figure 30). Ce dernier, faible (coefficient 49) n'a pas provoqué suffisamment de turbulences pour enrichir les eaux en matières en suspension dont le taux est le plus bas estimé en 1975. La transparence en est accrue (SECCHI entre 3 et 4 mètres). Les stations côtières 13, 14 et 15 sont susceptibles d'avoir été influencées par les apports de la DURDENT amenés par le courant de flot. Le fort taux de nitrates enregistré en surface, aux stations 13 et 14, pourrait en être la conséquence, mais il ne s'accompagne pas d'une diminution de la salinité.

2.5.2 - 6 juin 1975

La route séparant deux stations a également été effectuée contre le courant et dans l'ordre suivant : 19, 18, 17, 16, 7, 8, 9 et 6 (figure 31). Les conditions de marée sont sensiblement équivalentes à celles du jour précédent (coefficient 56), les stations côtières 6 et 9 sont cependant plus turbides, mais elles sont également moins profondes : 13 et 14 m de sonde brute contre 23 et 24 m pour les stations 13, 14 et 15.

Par rapport aux mouvements de la masse d'eau, deux groupes de stations se distinguent : 6, 7, 8 et 9 d'une part et 16, 17, 18 et 19 d'autre part. Ces dernières, de par la direction des courants, ne peuvent avoir été influencées par la DURDENT ; cependant, on y note un taux de sels nutritifs assez élevé, particulièrement pour les nitrites. Peut-être est-ce dû à une plus faible concentration en phytoplancton, donc moins de consommation.

(*) Une défection survenue à la sonde employée pour la température n'a pas permis de mesurer ce paramètre à toutes les stations.

fig.30

Campagne V (5 Juin 1975)

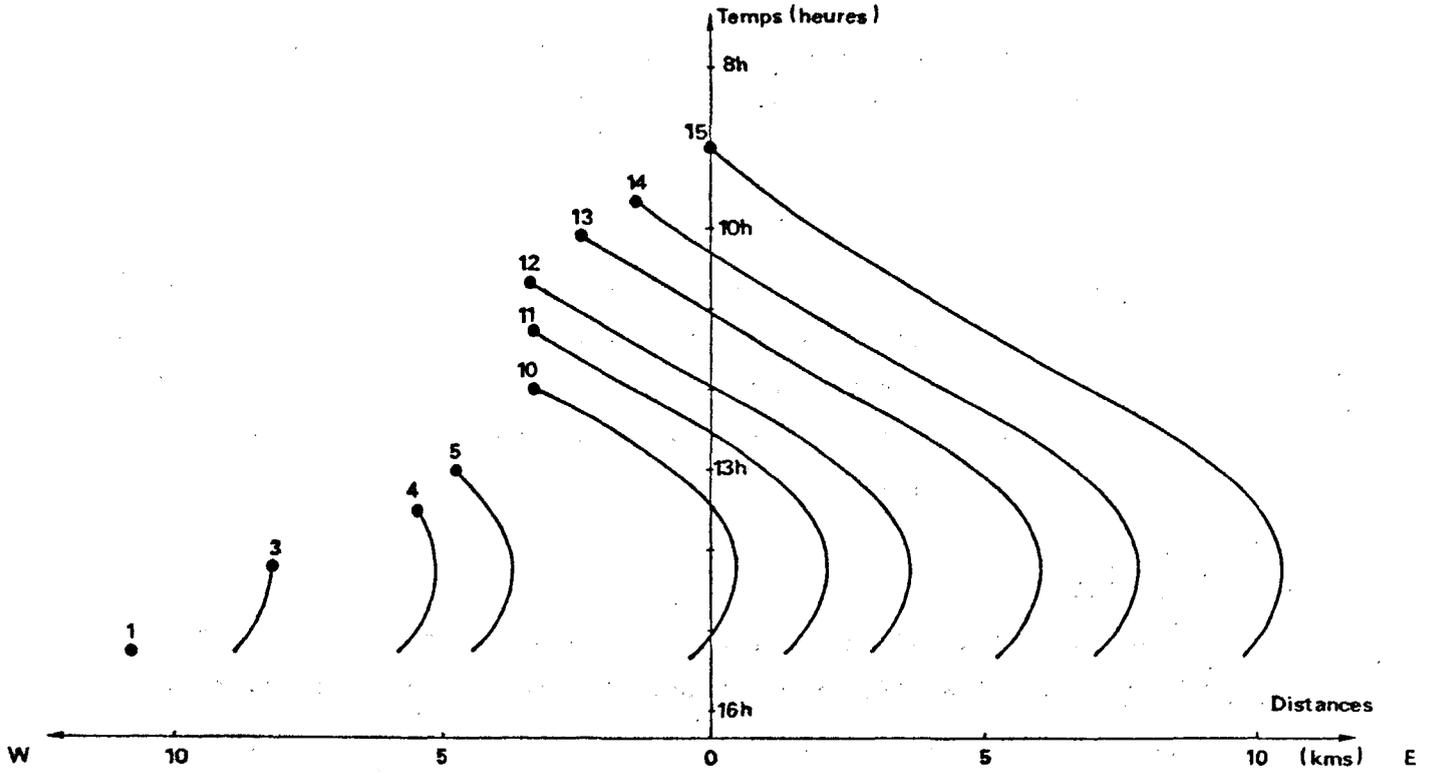
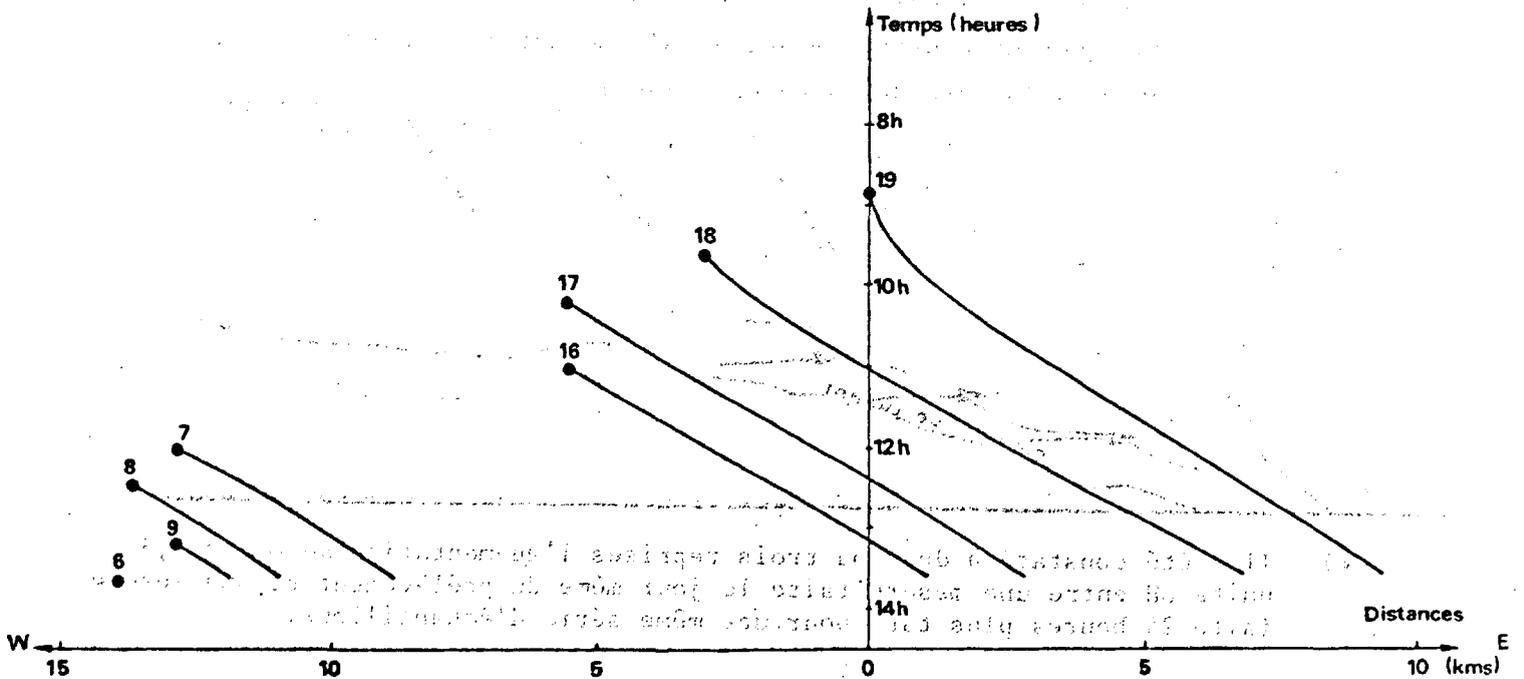


fig.31

Campagne V (6 Juin 1975)



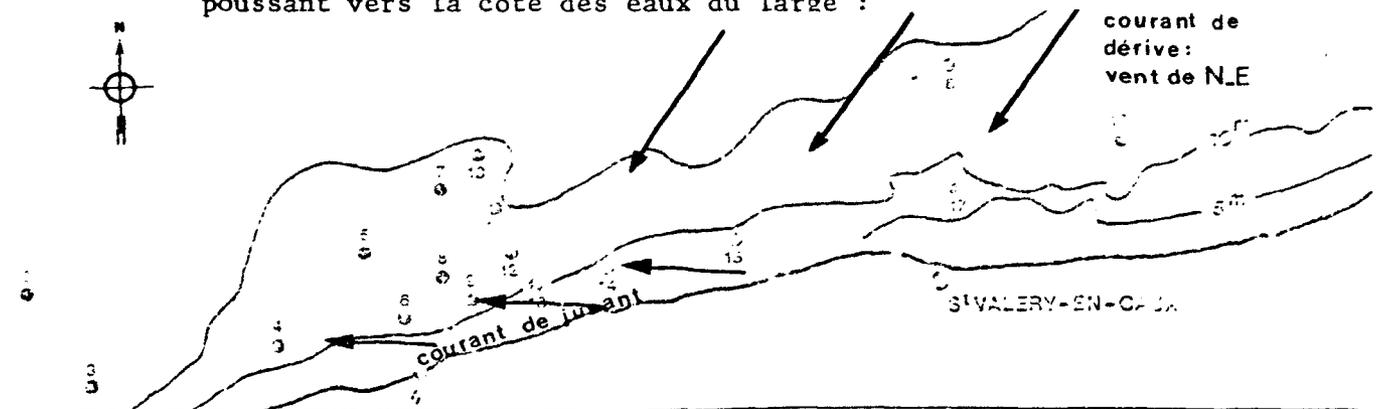
Les pH plus forts de cette journée par rapport à la précédente, sont probablement dus au retard mis à les mesurer (*).

2.6 - Campagne VI

Les conditions météorologiques précédant la sixième campagne sont schématisées figure 12. Les pluies ont été assez abondantes la première décade de juillet et la température de l'air est en hausse régulière provoquant une élévation de la température de l'eau, à partir de la côte, de 3 à 4° C par rapport à début juin.

2.6.1 - 8 juillet 1975

La campagne s'est déroulée en deux temps par rapport au courant de marée : les stations 16, 18 et 19 ont été prospectées en premier lieu pendant le courant de flot, puis pendant l'étale, le navire a fait route vers la station 17. Les stations 15, 14, 13, 9, 6, 5, 4 et 1 ont été effectuées pendant le courant de jusant, dans une masse d'eau située à l'Ouest de la masse échantillonnée en début de campagne (figure 32). Cette différence se fait sentir au niveau de la plupart des paramètres : les stations 16, 18 et 19 se distinguent par des eaux plus claires, une température plus basse, une salinité plus élevée et une concentration des sels nutritifs plus faible, ce qui caractérise une eau du large. On aurait pu penser que les apports possibles de la DURDENT auraient été entraînés (avec une certaine dilution due à la distance) vers les stations 16, 18 et 19. Mais, le régime assez fort et continu de vents de NE, a dû provoquer un courant de dérive s'opposant au courant du flot et poussant vers la côte des eaux du large :



(*) Il a été constaté à deux ou trois reprises l'augmentation de 0,2 à 0,3 unité pH entre une mesure faite le jour même du prélèvement et une mesure faite 24 heures plus tard pour une même série d'échantillons.

A mesure que l'on se dirige vers l'Ouest, on rencontre des eaux de plus en plus influencées par les écoulements continentaux. Cette influence est nette pour les stations 13, 9 et 6 plus chaudes, moins salées et plus riches en sels nutritifs (particulièrement les silicates).

La différence entre ces deux groupes de stations est figurée par les isoplèthes des figures 49 à 54 de quelques paramètres.

2.6.2 - 9 juillet 1975

Les sept stations ont été échantillonnées de part et d'autre de l'étale de pleine mer (figure 33) ; la succession des stations s'est faite dans le sens du courant de flot, puis de jusant.

Les valeurs des paramètres sont du même ordre que celles de la veille. La position plus au large des stations "côtières" (8-12) de cette journée donne des valeurs de température plus basses et de salinité plus élevées par rapport aux stations "côtières" (6, 9, 13, 14 et 15) du jour précédent.

La turbidité plus importante de la station 10 par rapport à la station 2 (même profondeur en sonde brute) est peut-être due aux turbulences créées par le changement de direction du courant au moment de l'étale très court.

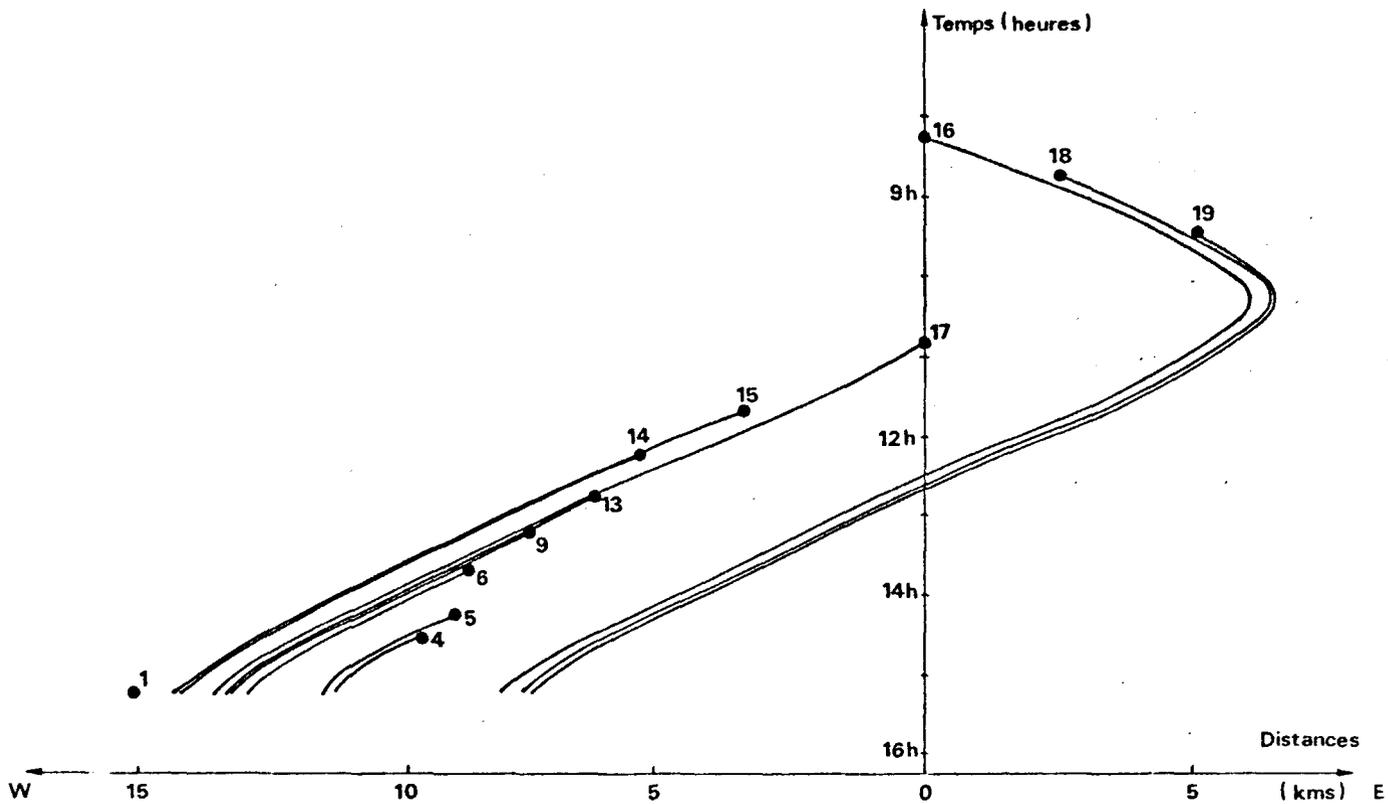
2.7 - Campagne VII (26-27 août 1975)

Le mois d'août a été chaud, particulièrement la première décade (34° C le 4), la température de l'eau a atteint 19°5 C. L'évaporation pouvant résulter de cette chaleur a été compensée par des précipitations assez abondantes, stabilisant la salinité de l'eau à sa valeur de début juillet. cette campagne ne comprend que 6 stations. Le premier jour (26) une seule station a pu être échantillonnée, la mer devenant agitée en cours de journée (figure 13).

Le 27, les 5 stations (2, 3, 4, 12 et 15) ont été effectuées pendant le courant du flot, peu après l'étale de basse mer, dans une masse d'eau probablement enrichie par les apports de la DURDENT lors du courant de

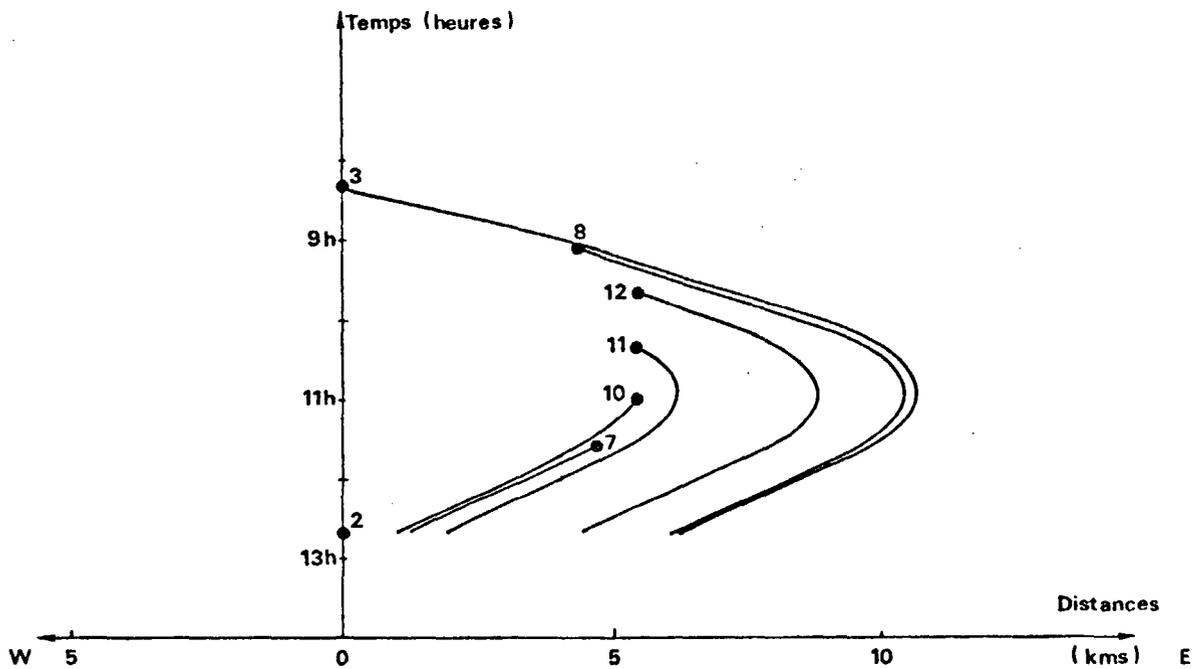
Campagne VI (8 Jul. 1975)

fig. 32

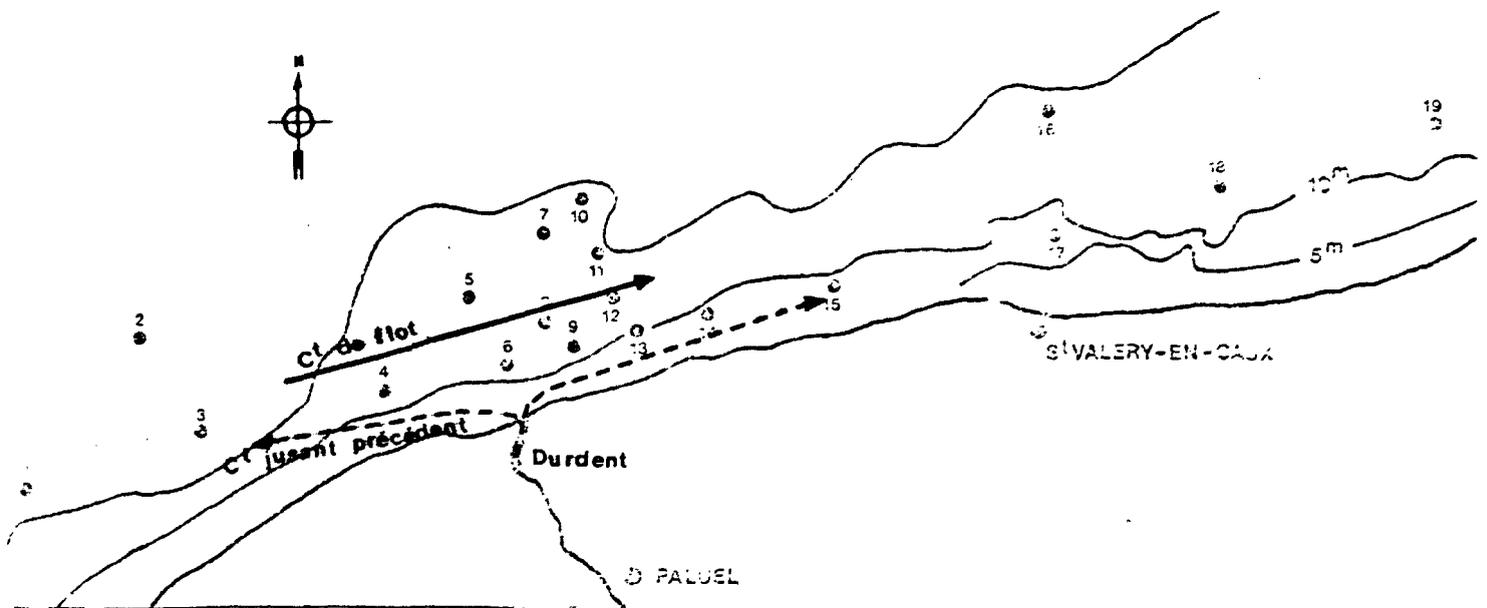


Campagne VI (9 Jul. 1975)

fig. 33



jusant précédent entraînant au 275° (Ouest) les eaux côtières (figure 5). Cela est sensible au niveau des stations 3 et 4, moins salées et plus riches en nitrites et silicates. Puis le courant de flot a entraîné vers la station 15 (moins salée que la 12) ces mêmes apports côtiers.



2.8 - Campagne VIII

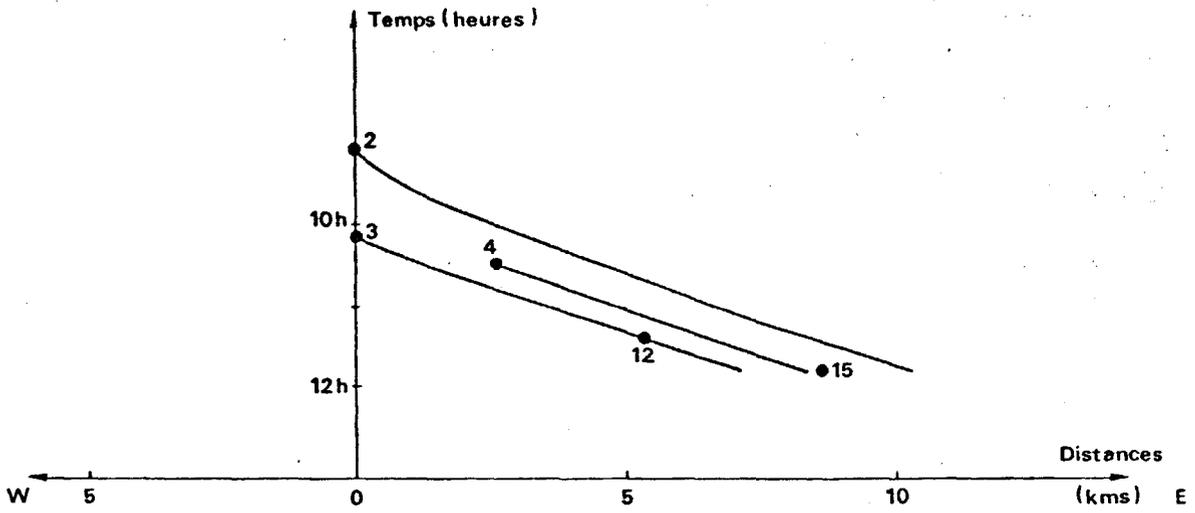
Les conditions météorologiques ont peu évolué depuis la dernière campagne (séparée d'une semaine). Température de l'eau et salinité se maintiennent à leurs valeurs précédemment mesurées.

Le 3 septembre, 3 stations (13, 11 et 7) ont été effectuées pendant l'étale de basse mer (figure 35). On y relève un gradient de valeurs croissantes vers le large pour la salinité et croissantes vers la côte pour les sels nutritifs (surtout silicates)

Le 4 septembre, 10 stations ont été prospectées pendant le courant du jusant et l'étale de basse mer, dans l'ordre suivant : 17, 19, 18, 16,

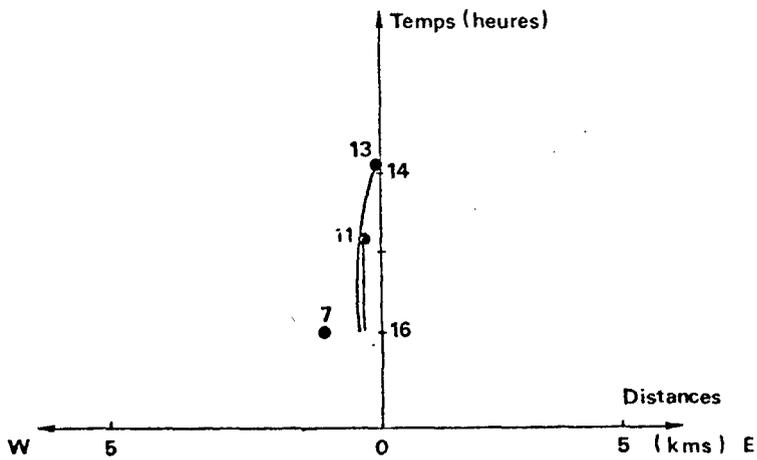
Campagne VII (27 Août 1975)

fig. 34



Campagne VIII (3 Sept. 1975)

fig. 35



14, 10, 8, 9, 6 et 5 (figure 36). Tous les paramètres ont des valeurs sensiblement identiques à celles mesurées lors de la précédente campagne, exceptées deux : matières en suspension et silicates. La turbidité a fortement diminué, malgré un courant de marée plus violent (coefficient 88 le 4 août, contre 69 le 27 août). Deux explications sont possibles : le vent plus modéré les jours précédant la huitième campagne (comparée à la septième) a permis une certaine décantation des matières en suspension ; d'autre part, la campagne VII était précédée d'une période de marée à forts coefficients (donc des courants remuant les fonds), contrairement à la campagne VIII précédée d'une période de marées de morte-eau. Les silicates ont également des valeurs plus faibles comparées à celles de la campagne précédente.

2.9 - Campagne IX (8-9 octobre 1975)

Le mois de septembre a été particulièrement pluvieux (170 mm de précipitations) et la température s'est rapidement refroidie : en un mois, la température de l'eau s'est abaissée d'environ 4° C (sensible à la côte). La salinité se ressent des abondantes précipitations et chute d'environ 1,5 ‰. Le taux des sels nutritifs apportés par les eaux telluriques présente une très forte augmentation, particulièrement les nitrates et les silicates. L'importance des matières en suspension est sans doute autant la conséquence des apports terrestres que des forts courants de marée existant les jours précédents.

2.9.1 - 8 octobre

Seule l'eau de 3 stations a été échantillonnée, 1, 4 et 15, un peu avant et pendant l'étale de pleine mer (figure 37). Il est curieux de constater un gradient de la station 1 vers la station 15, net pour les salinités (plus faibles en 1) et pour les matières en suspension (plus importantes en 1). La masse d'eau échantillonnée en 1 n'a pu être influencée par les apports de la DURDENT, mais peut-être par ceux de FECAMP, dont la vallée a probablement drainé les fortes précipitations des jours précédents. Le fort courant de marée est la résultante des coefficients élevés (101). La masse d'eau rencontrée au point 1 avant l'étale de

fig. 36

Campagne VIII (4 Sept. 1975)

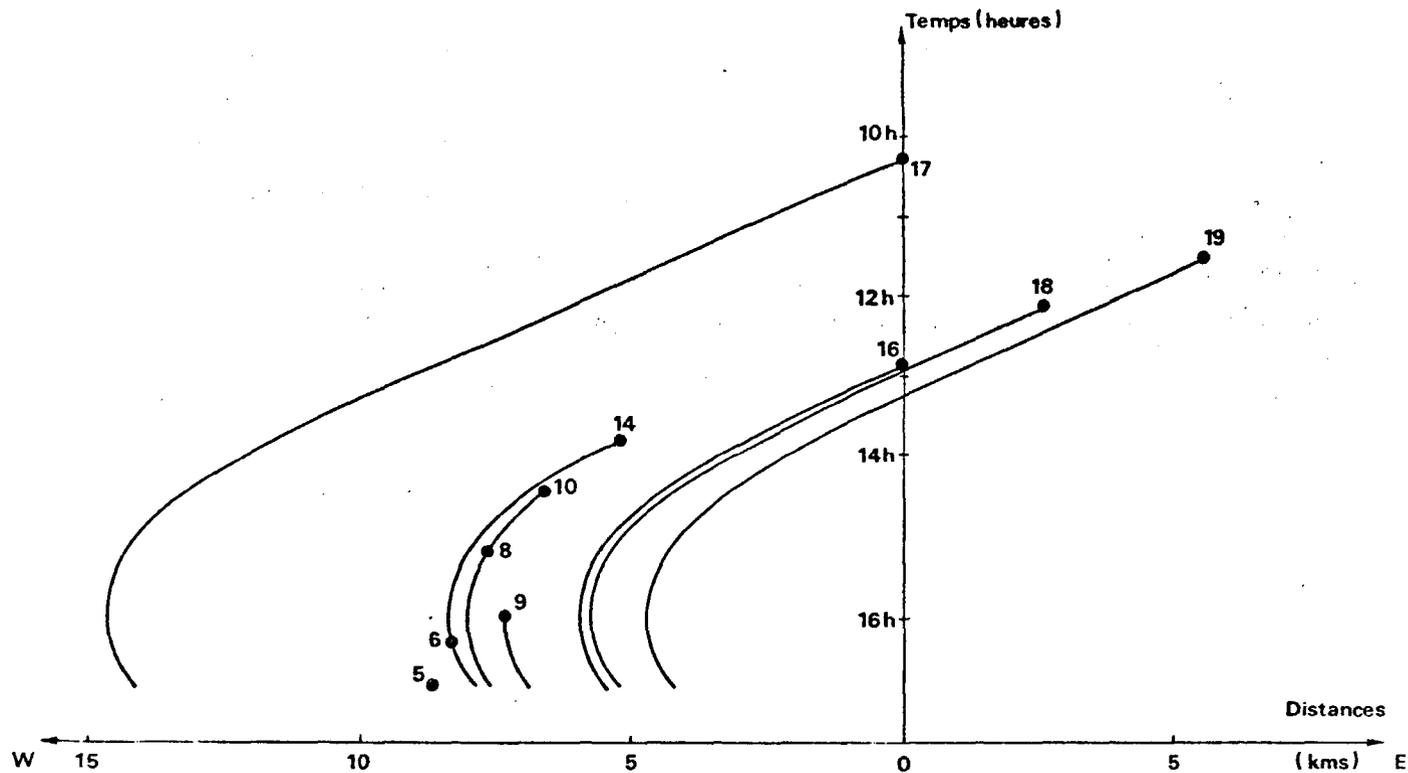
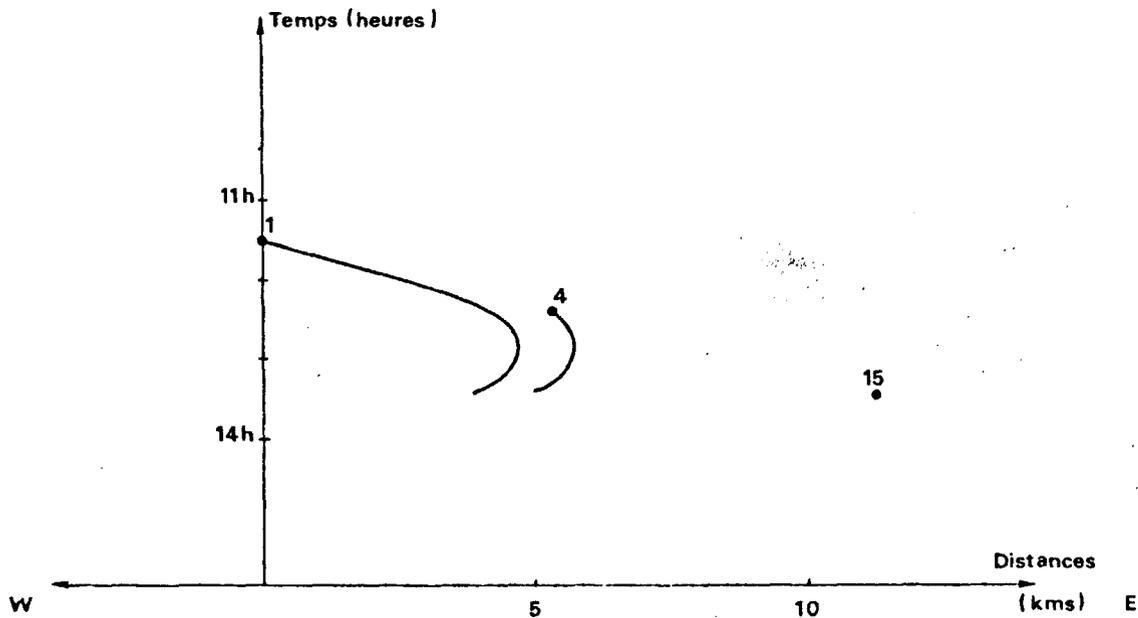
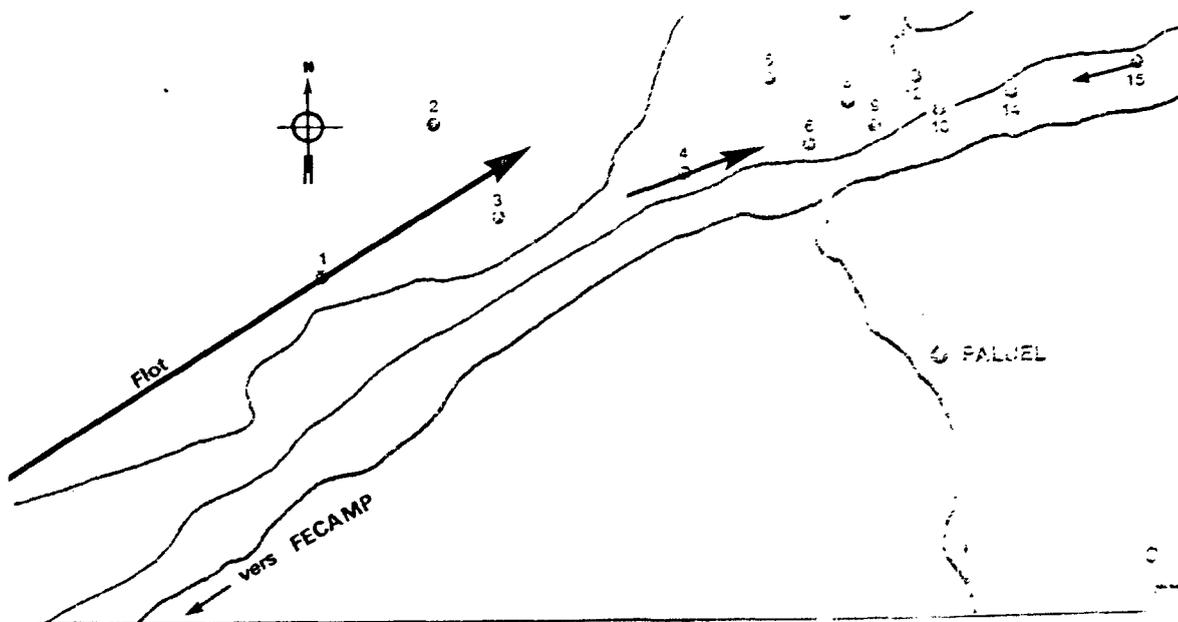


fig. 37

Campagne IX (8 Oct. 1975)



pleine mer avait parcouru environ 20 kilomètres depuis l'étale de basse mer, parallèlement à la côte et dans le sens WSW, ENE (figure 6) ; elle provenait donc des environs de FECAMP.



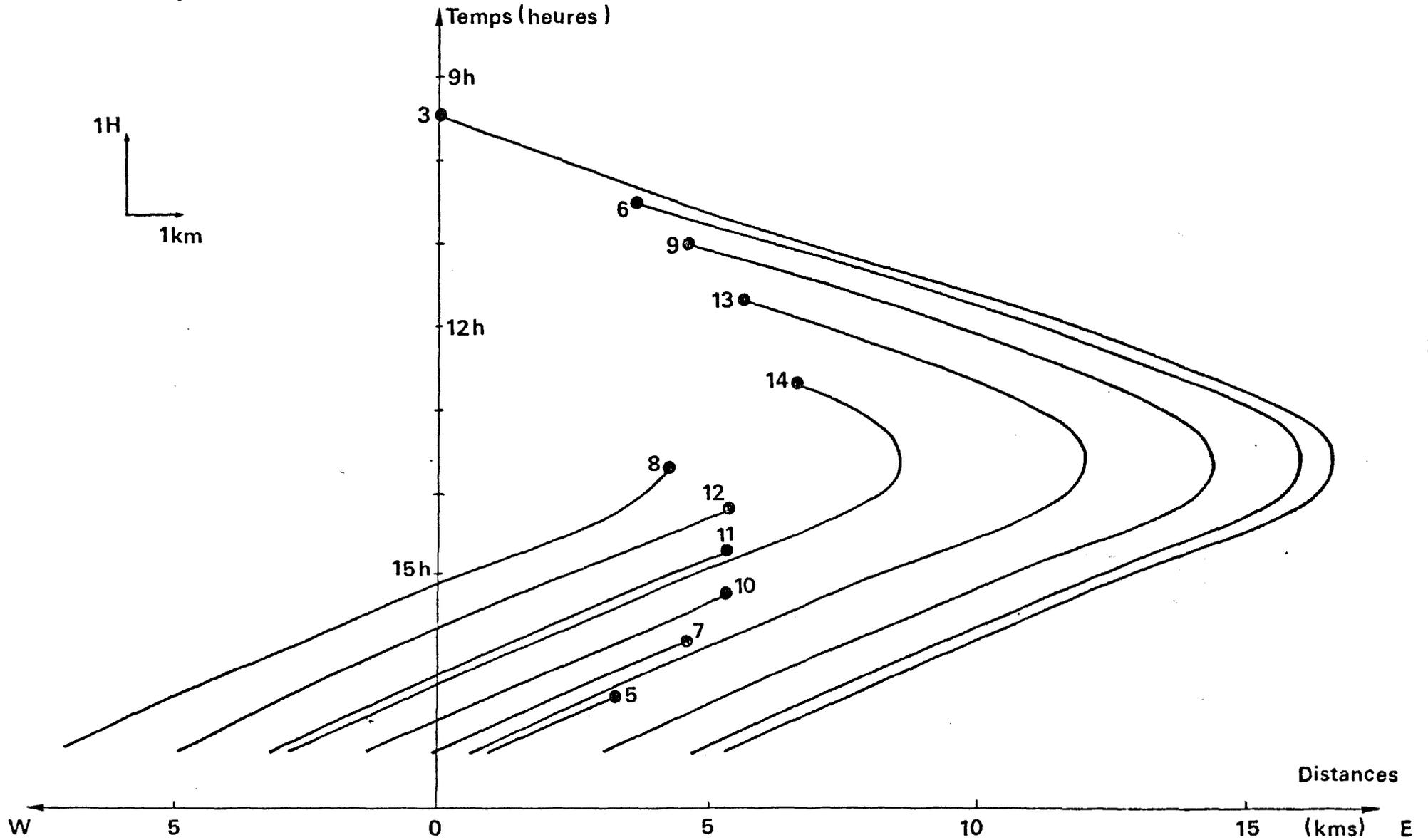
2.9.2 - 9 octobre

12 stations ont été prospectées dans l'ordre suivant : 3, 6, 9, 13, 14, 8, 12, 11, 10, 7, 5 et 2 ; les cinq premières pendant le courant de flot, la 8 pendant l'étale de pleine mer, et les six dernières pendant le jusant (figure 38). L'interprétation de la variation des paramètres est assez délicate. L'eau des stations prélevées pendant le jusant, bien que plus éloignée de la côte, présente des caractéristiques côtières par rapport aux eaux des stations prélevées pendant le flot. Les stations 3, 6, 9 et 13 ont les plus fortes salinités de la campagne : les masses d'eau correspondantes n'ont donc pas subi d'influence récente d'eau douce. La salinité décroît à partir de la station 14 et elle est homogène sur la colonne d'eau à cette station, ce qui semble indiquer une dessalure ancienne. La masse d'eau échantillonnée en 14 était située plus à l'Ouest à l'étale de basse mer précédente par rapport à la masse échantillonnée en 3, 6, 9 et 13 ; elle a donc été peut-être plus influencée par les apports de

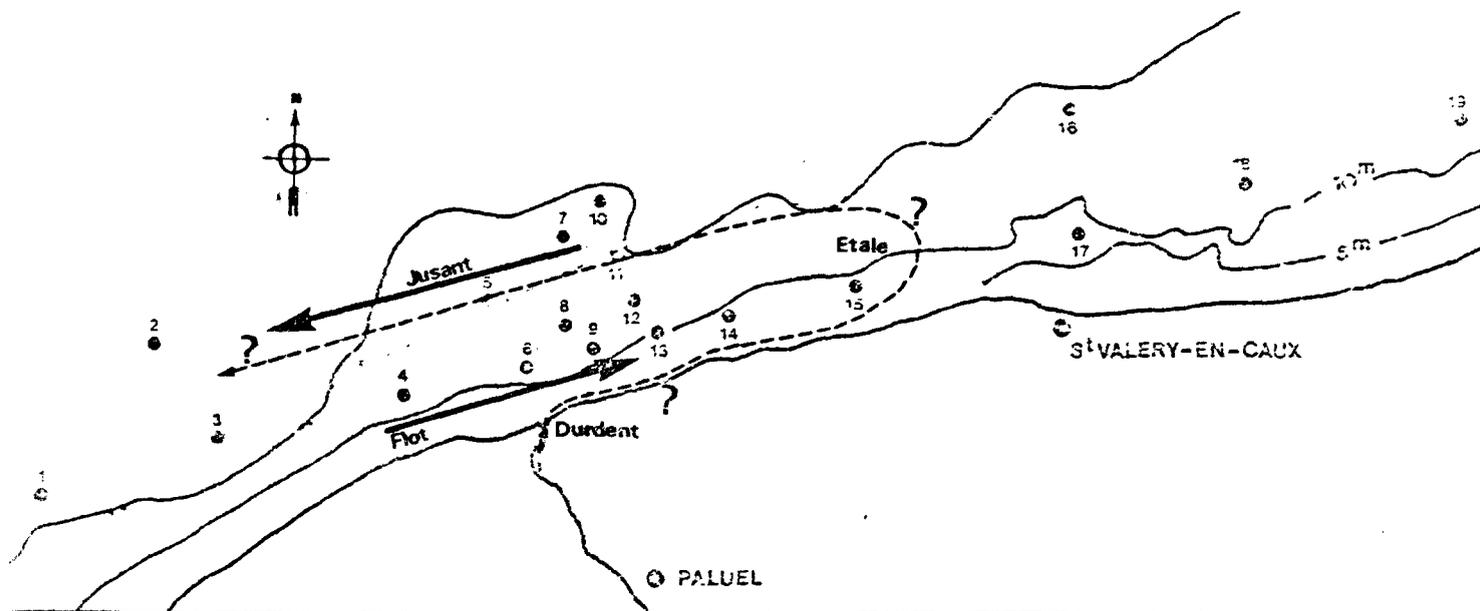
POSITION DES STATIONS/ MOUVEMENTS DE LA MASSE D'EAU

Campagne IX (9 Octobre 1975)

fig. 38



FECAMP décelés la veille. La dessalure des stations "du large" faite dans le jusant est plus difficilement explicable : il est possible que lors de l'étale de pleine mer et du changement de direction du courant, les eaux de la DURDENT écoulées pendant le flot (et plaquées contre la côte par le courant) aient été entraînées plus au large. Mais, ce n'est qu'une hypothèse

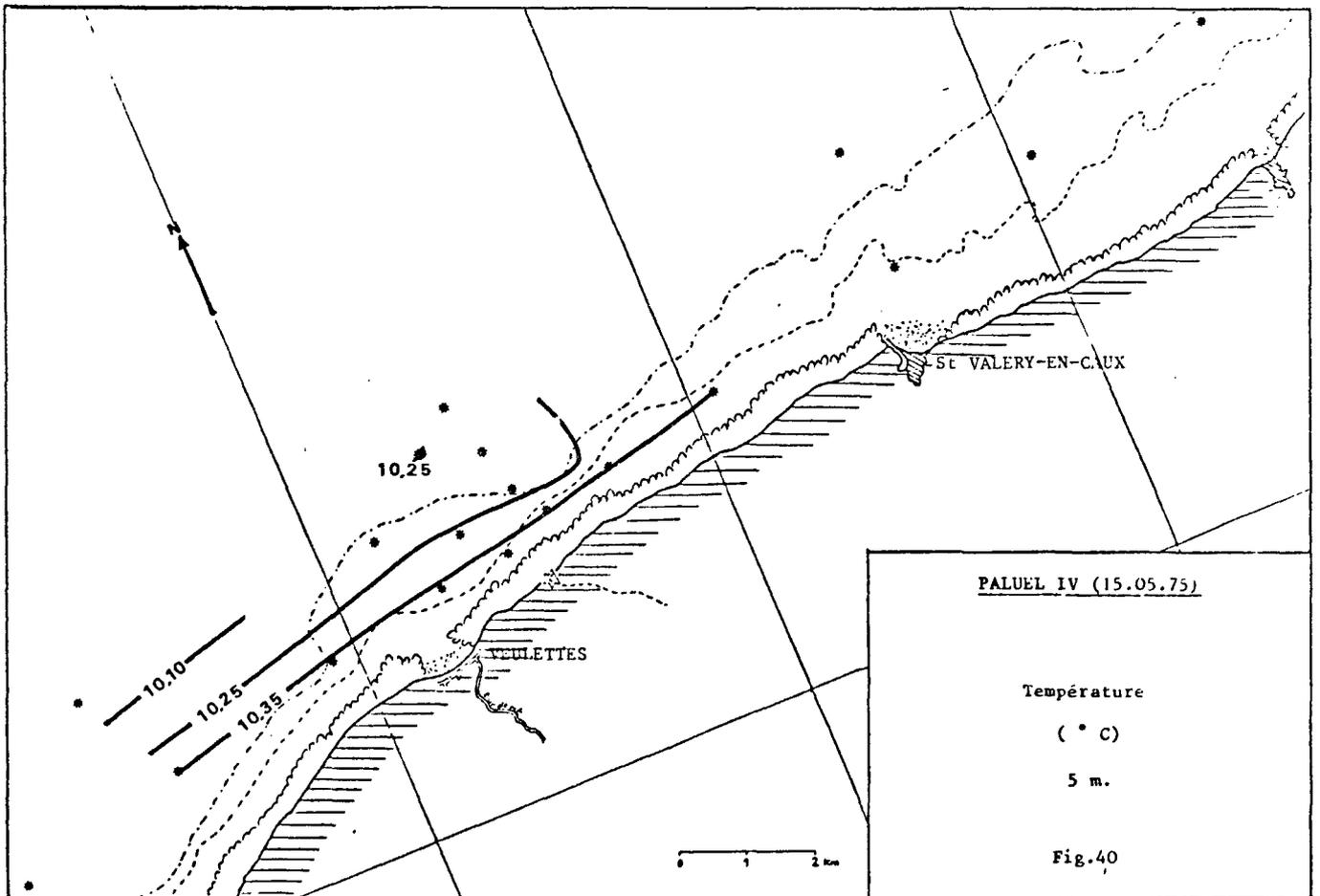
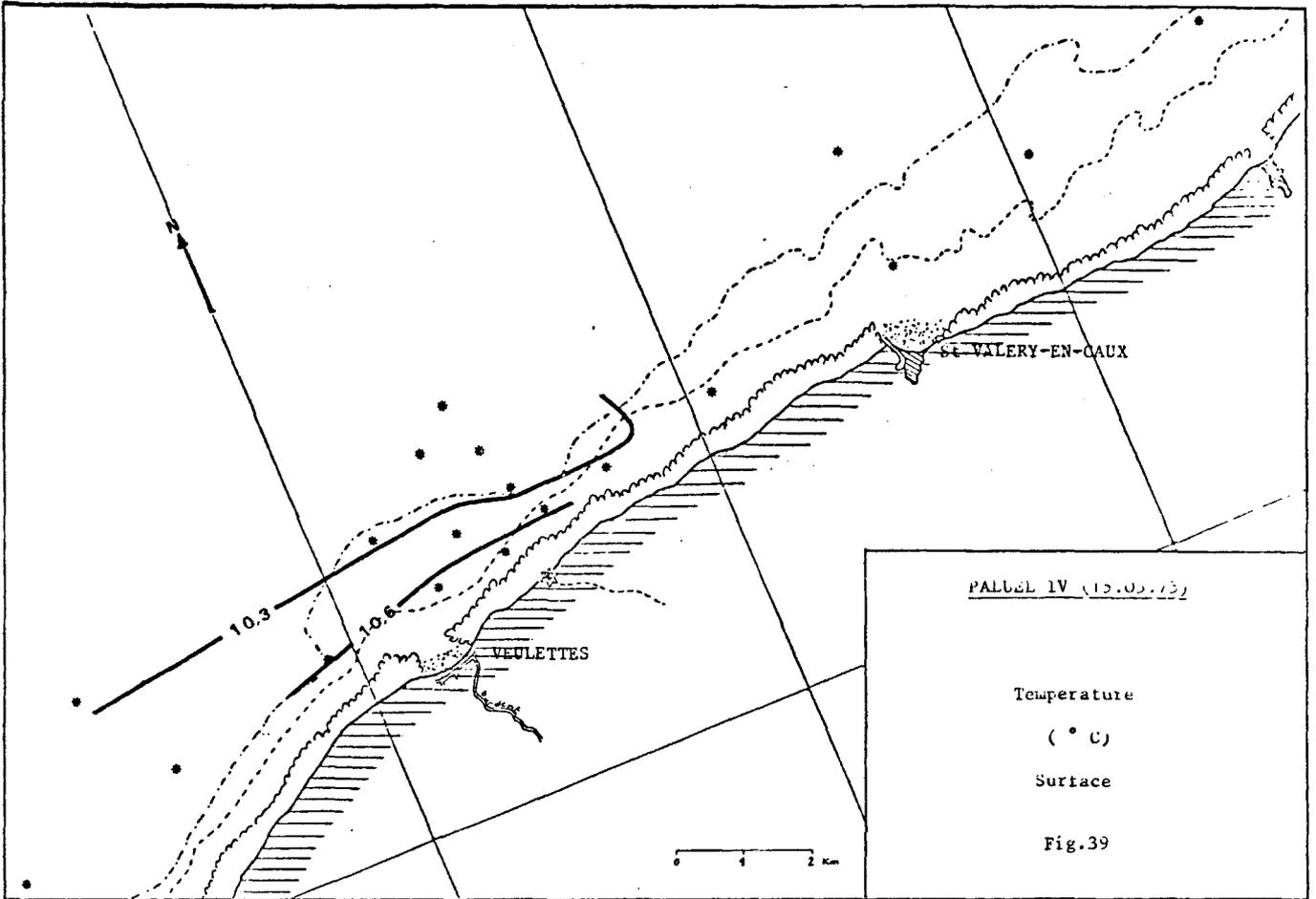


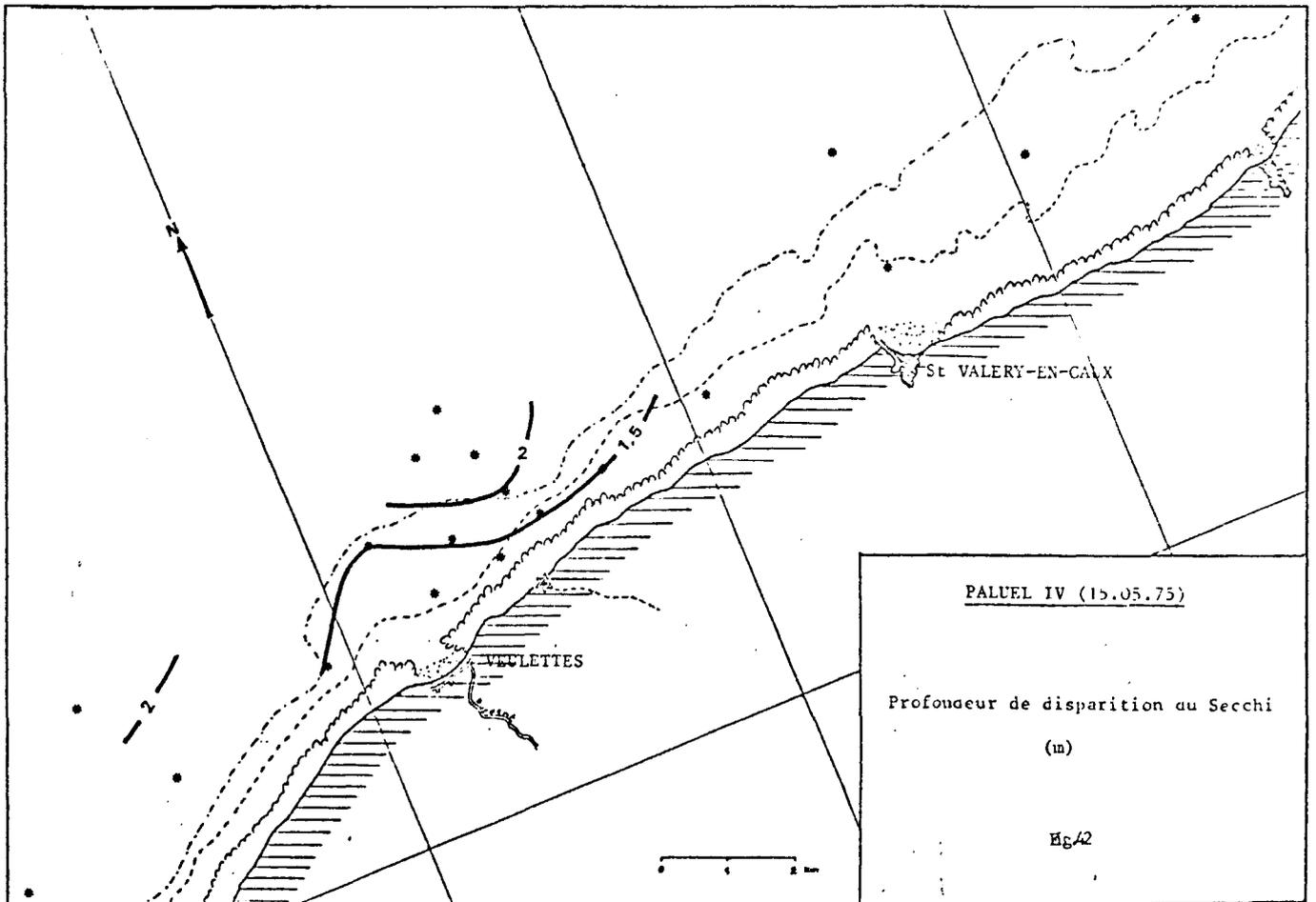
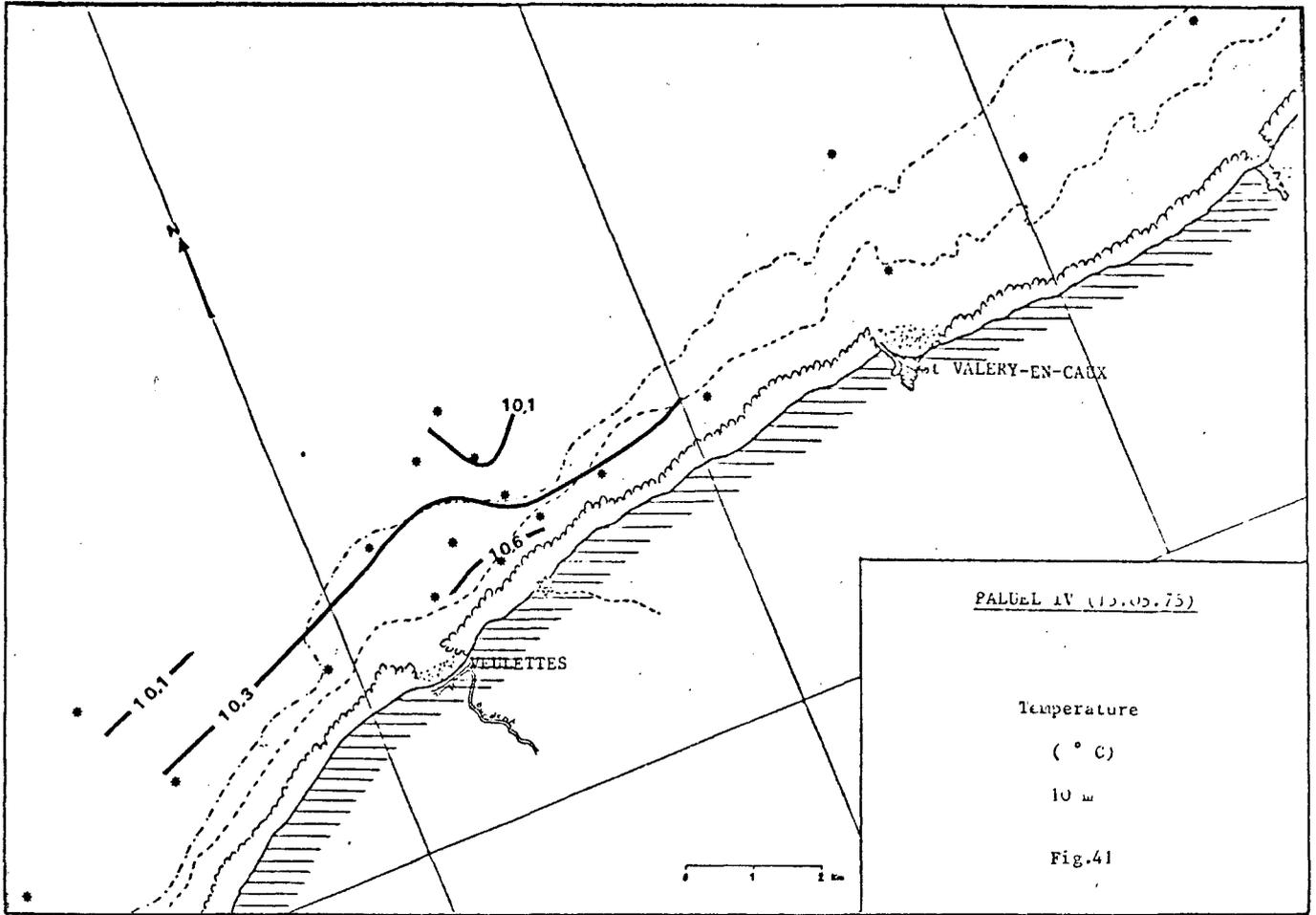
La concentration en sels nutritifs suit les variations de la salinité : elle est plus importante aux stations effectuées pendant le jusant. Elle a fortement augmenté par rapport à la dernière campagne (apports continentaux) particulièrement pour les silicates dont la quantité paraît liée à la turbidité.

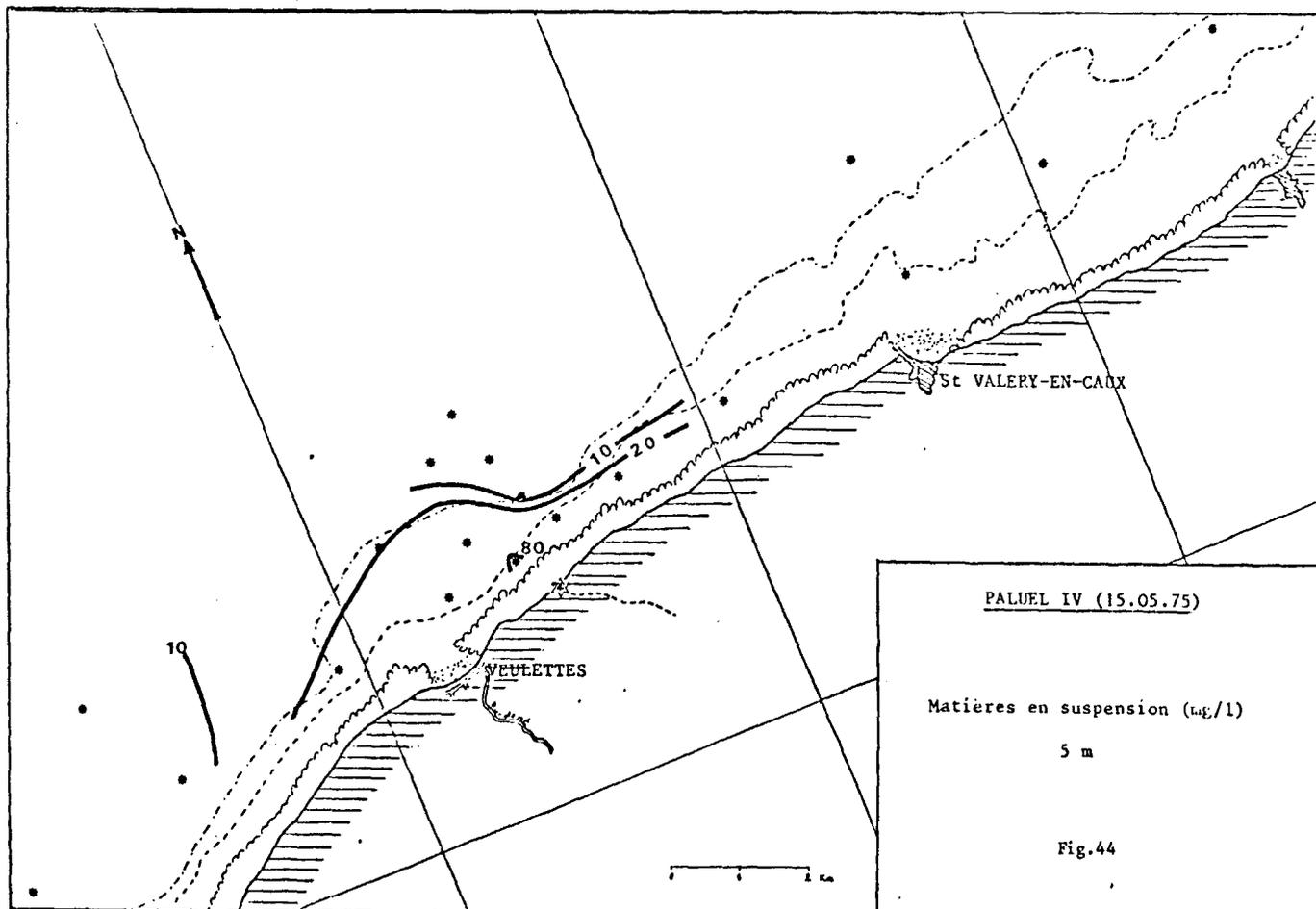
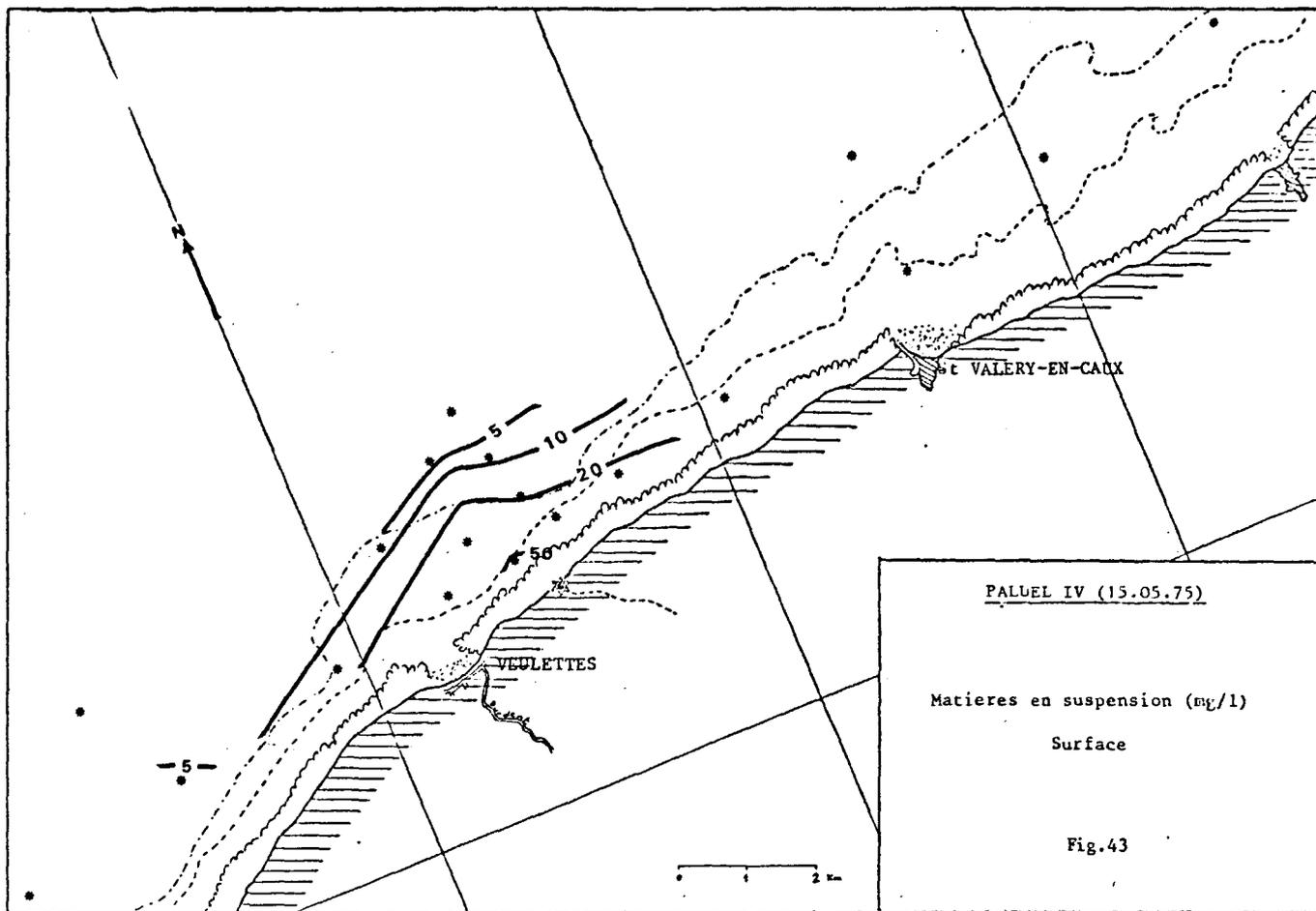
2.10 - Campagne X (6 novembre 1975)

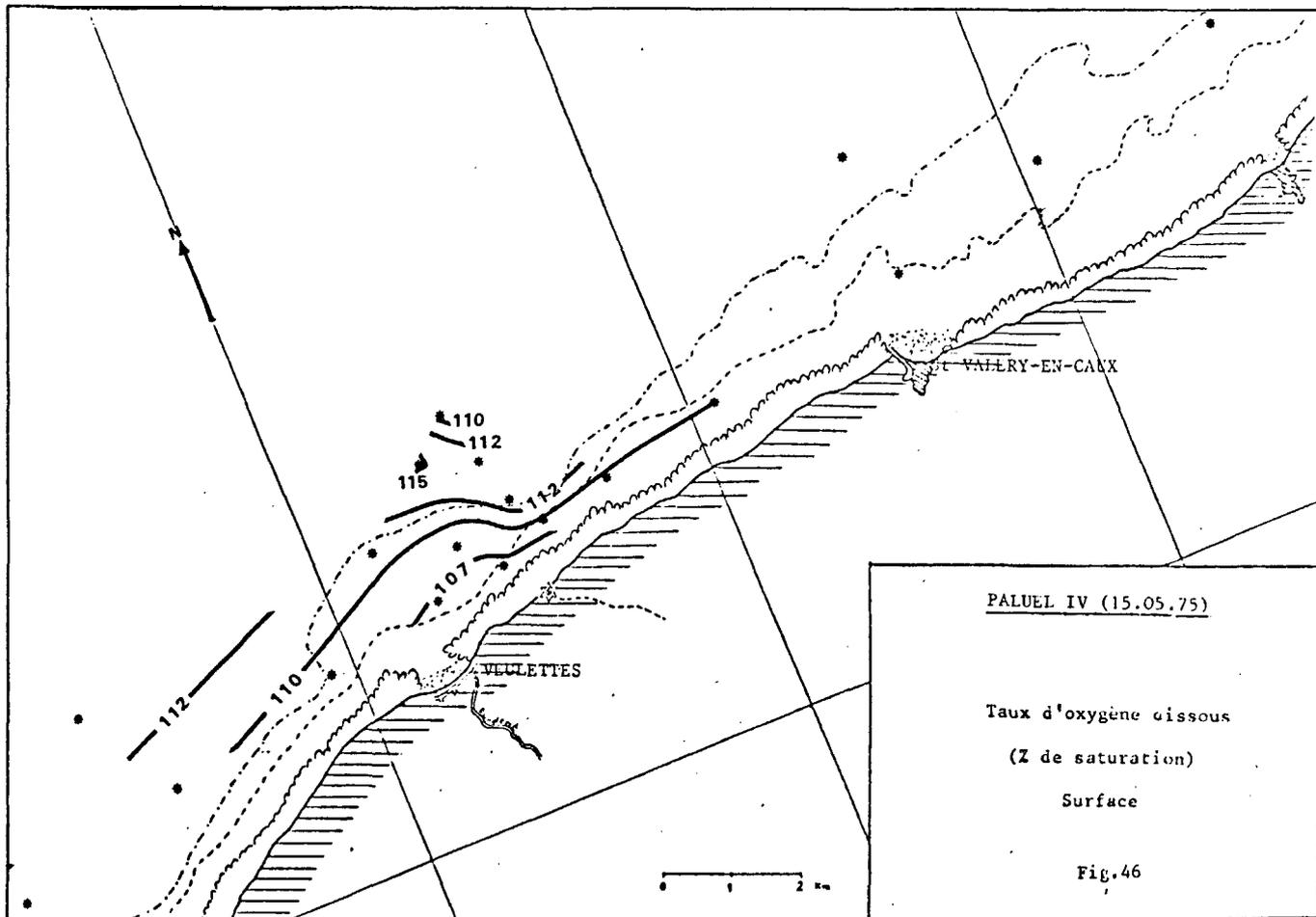
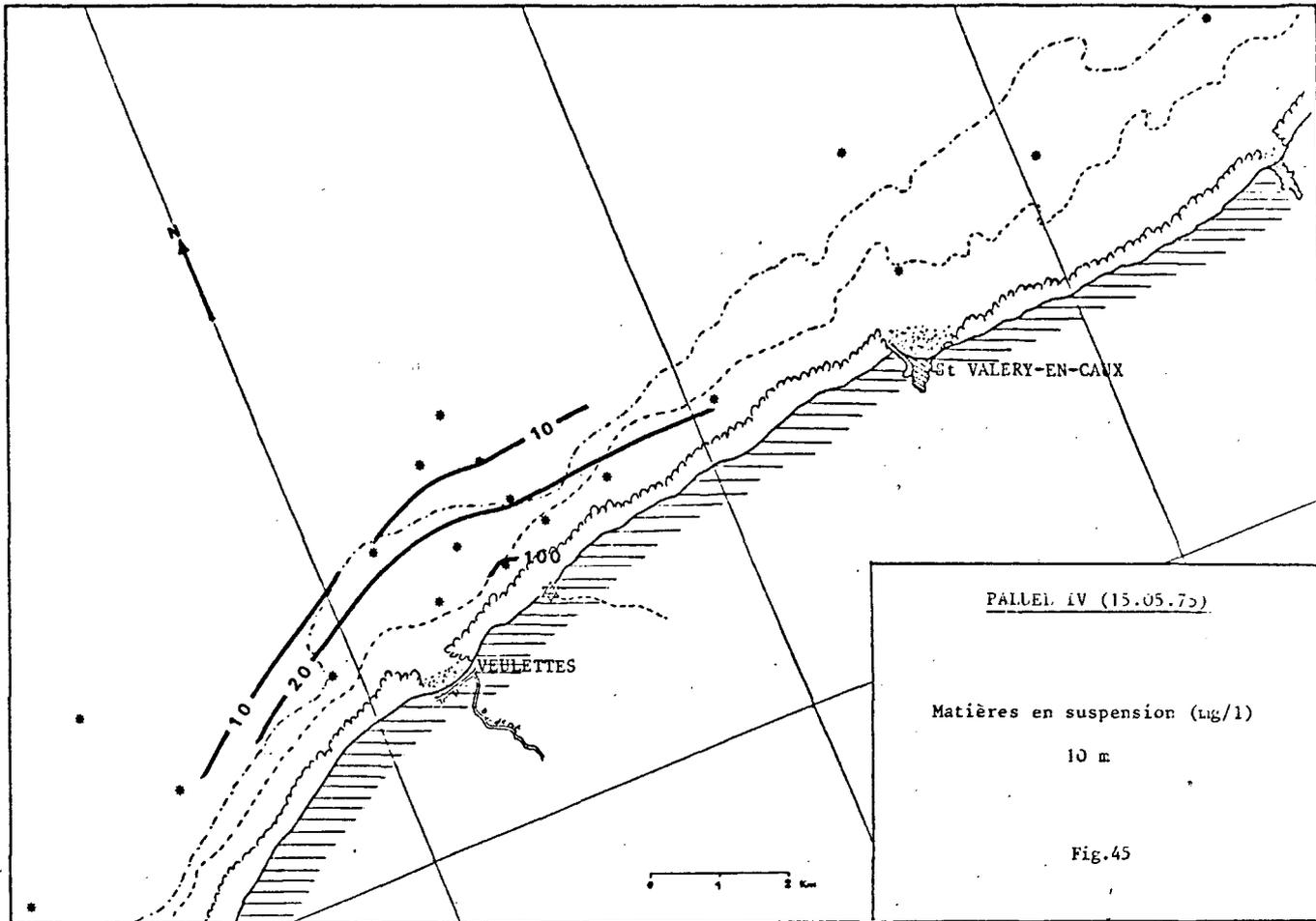
La température de l'air continue à se refroidir et celle de l'eau a perdu 3,5° C en un mois. Les précipitations ont été peu abondantes et la salinité moyenne paraît donc avoir augmenté, mais seules trois stations côtières (6, 13 et 15) ont été effectuées (*) et les valeurs obtenues correspondent à celles des stations côtières de la précédente campagne.

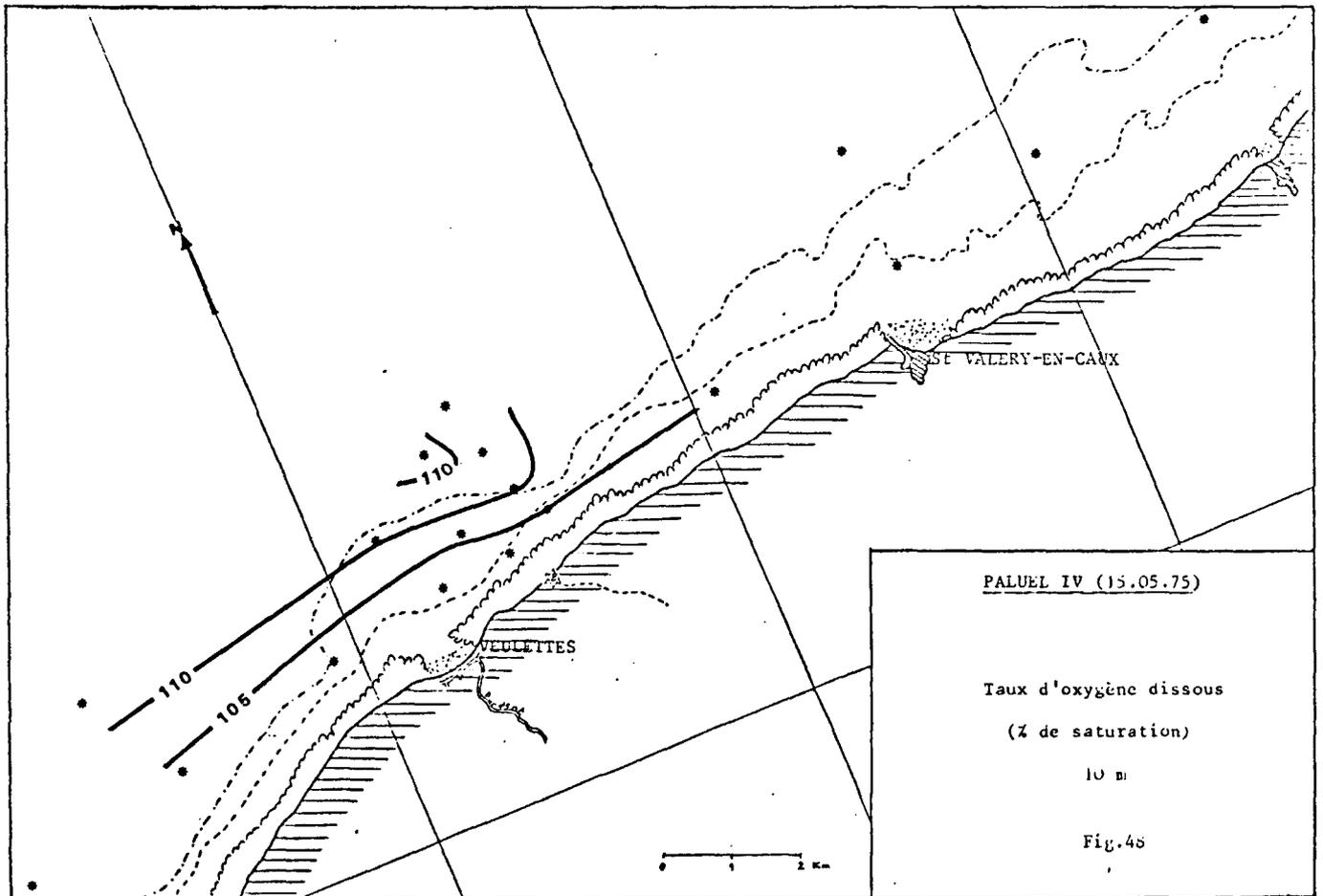
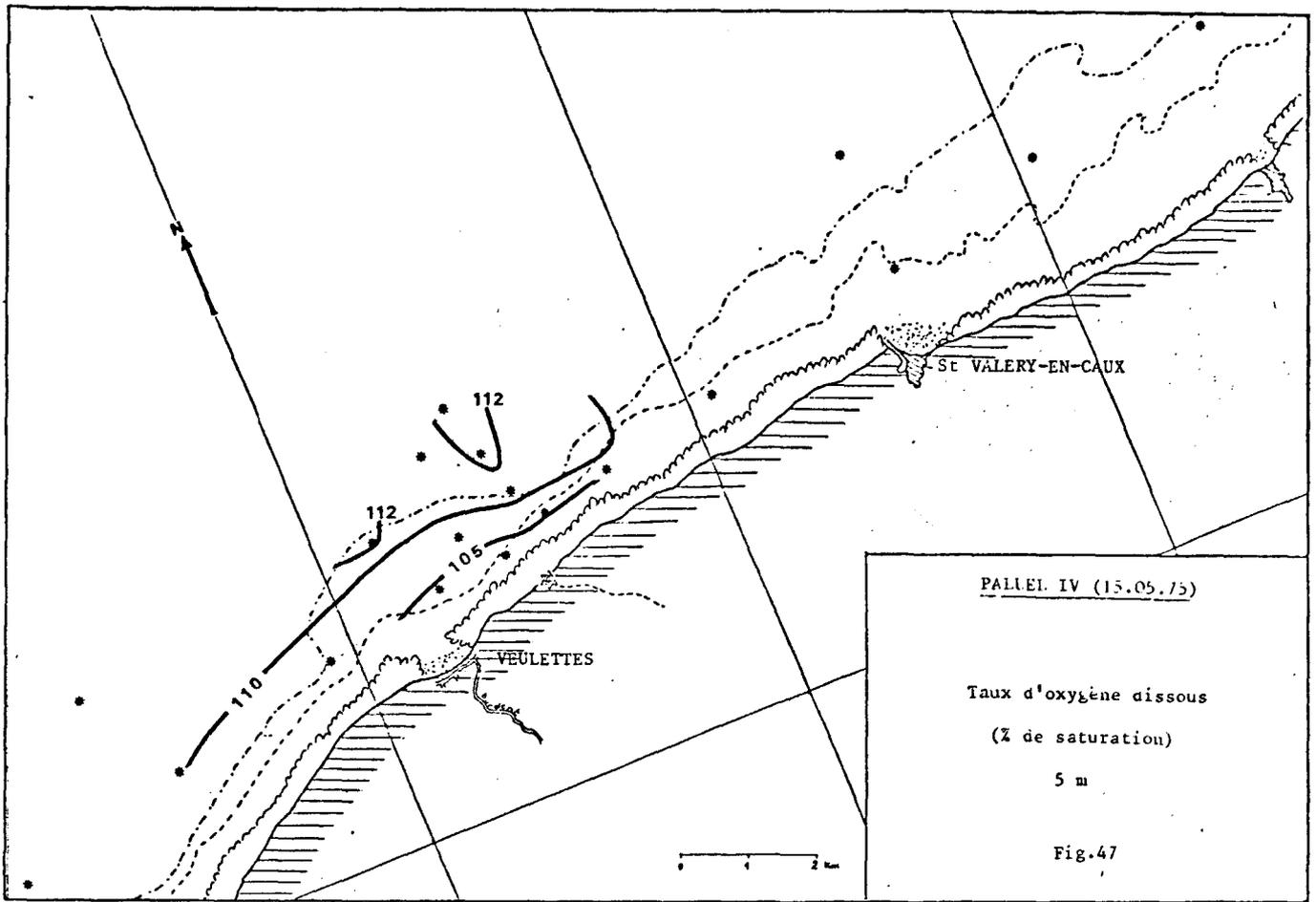
(*) La campagne n'a pu être complétée par suite d'avaries survenues au navire utilisé.

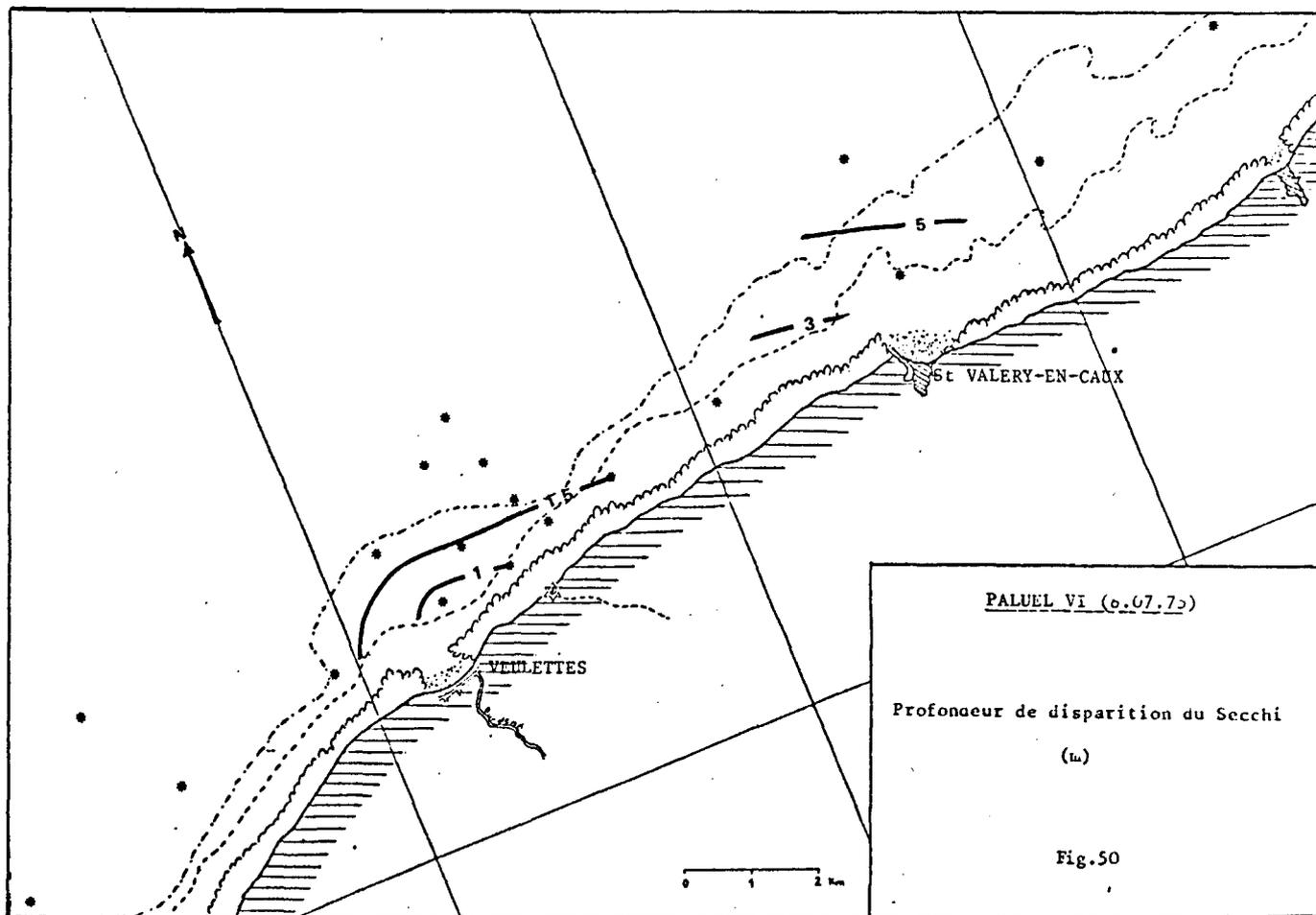
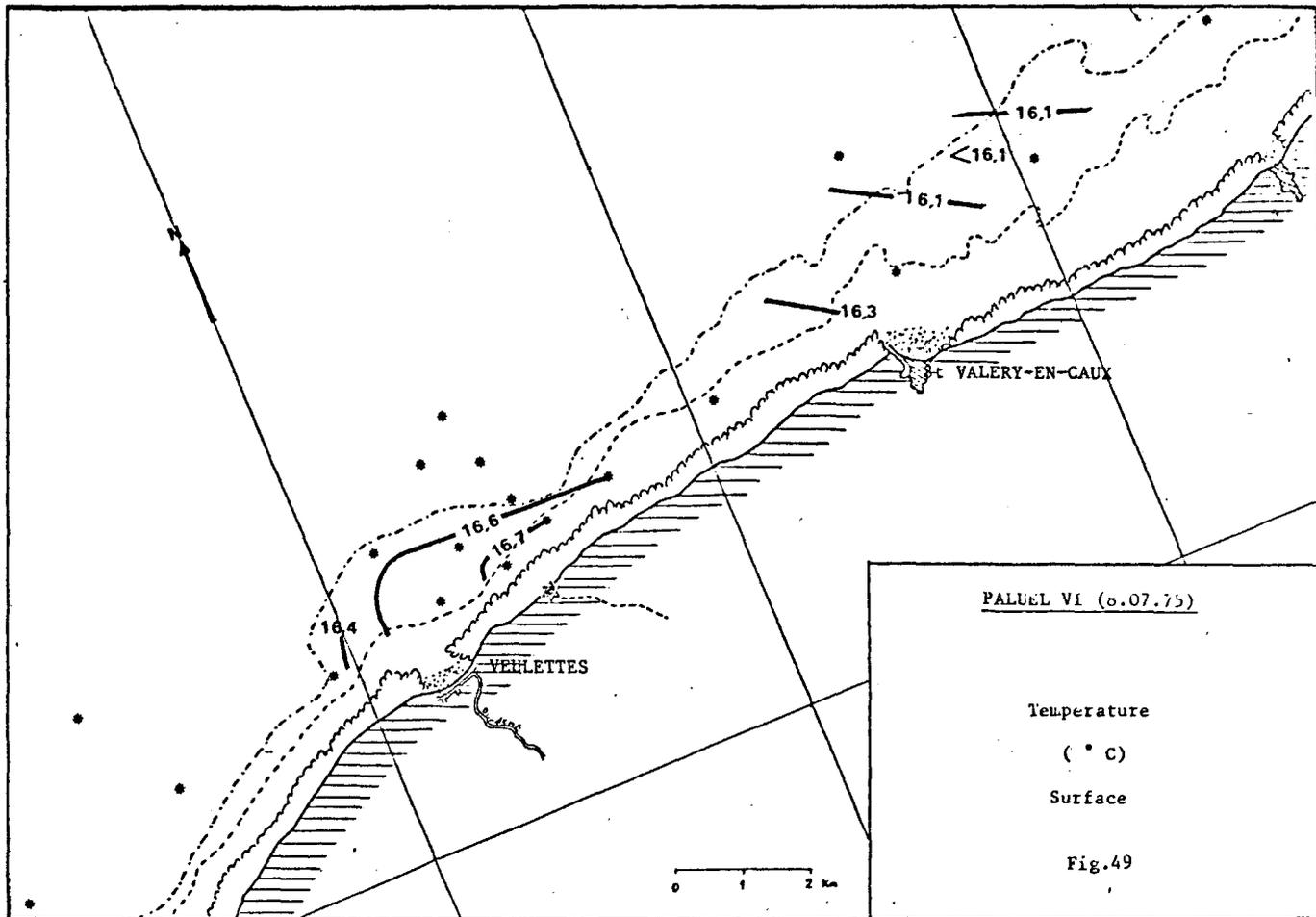


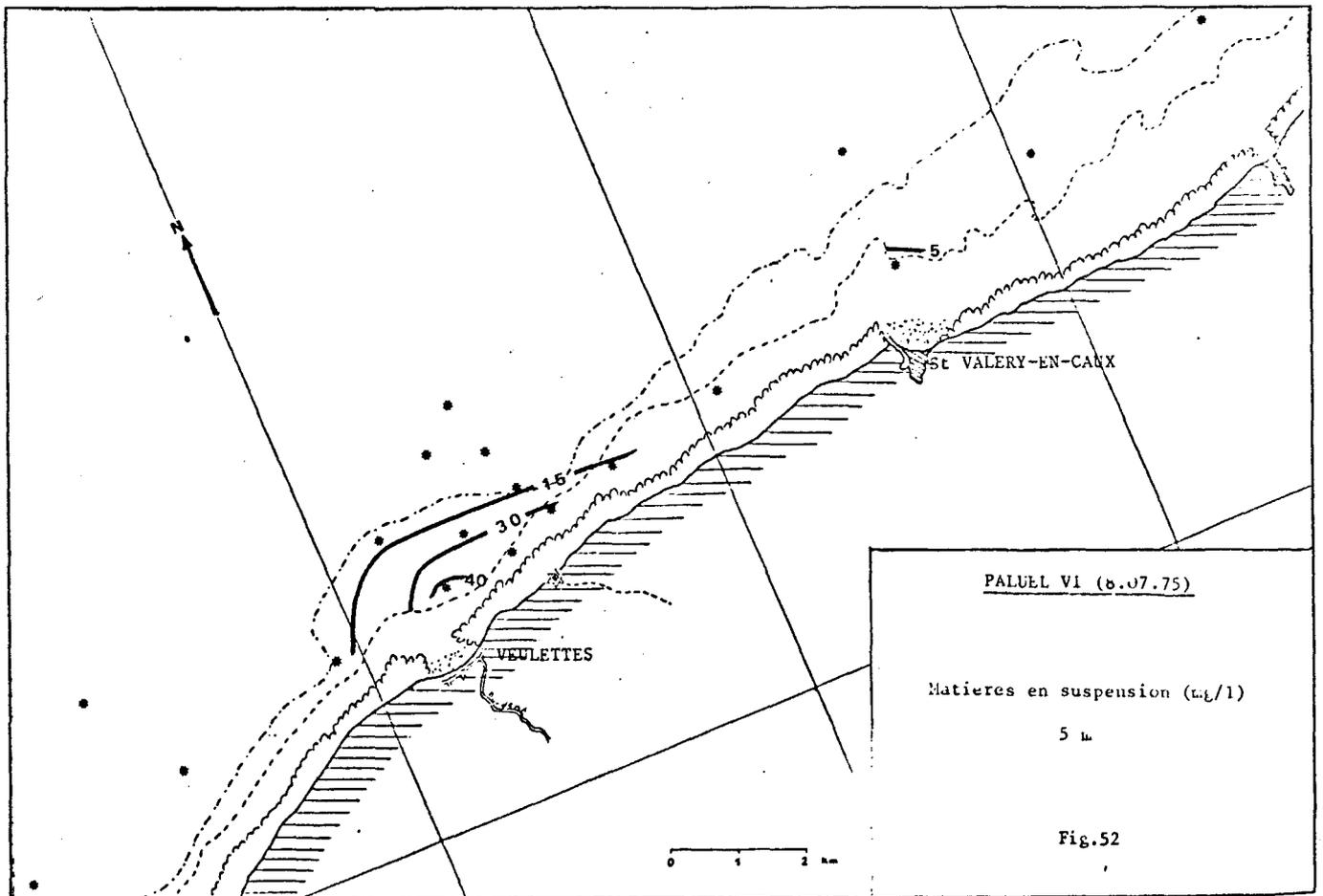
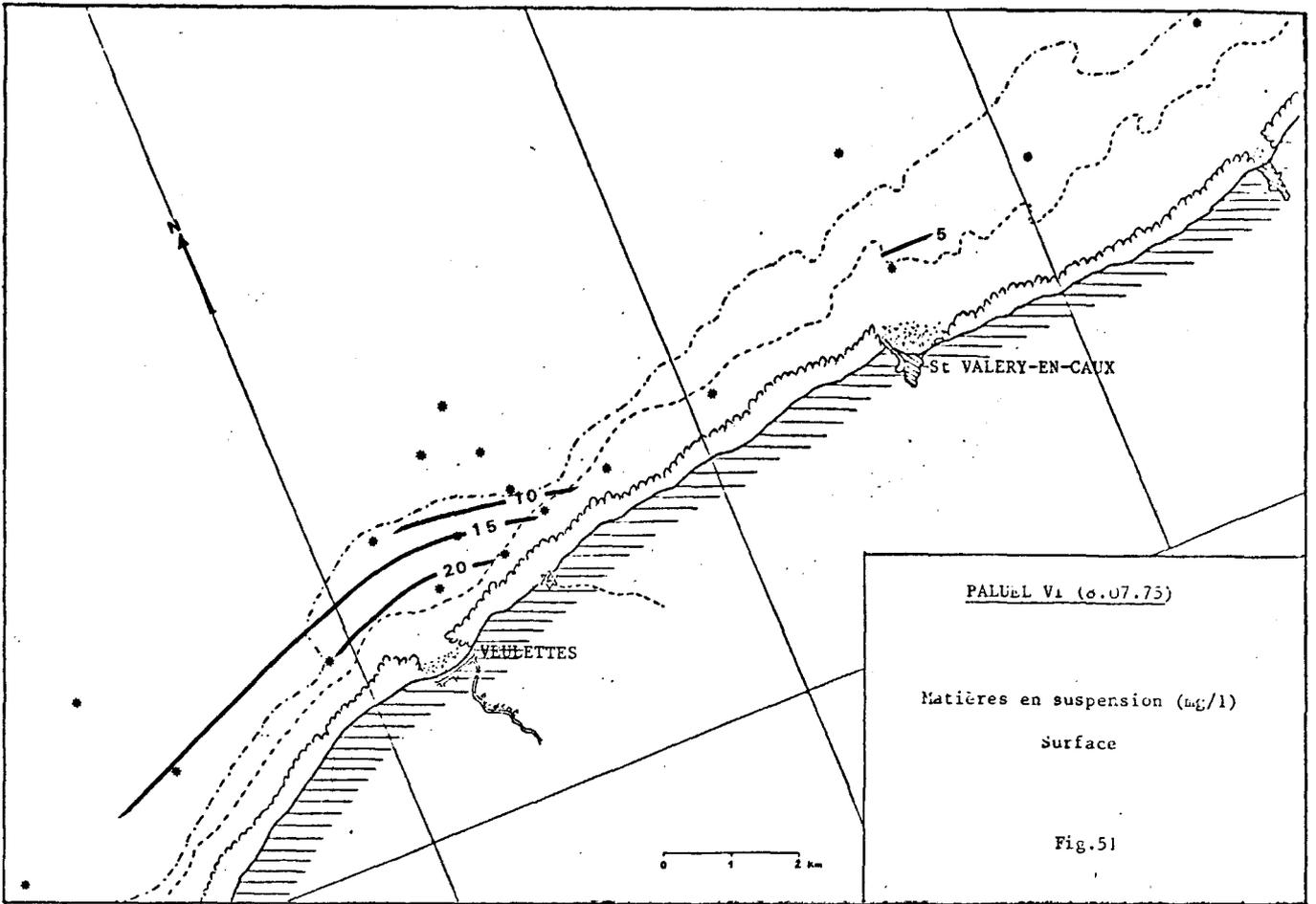


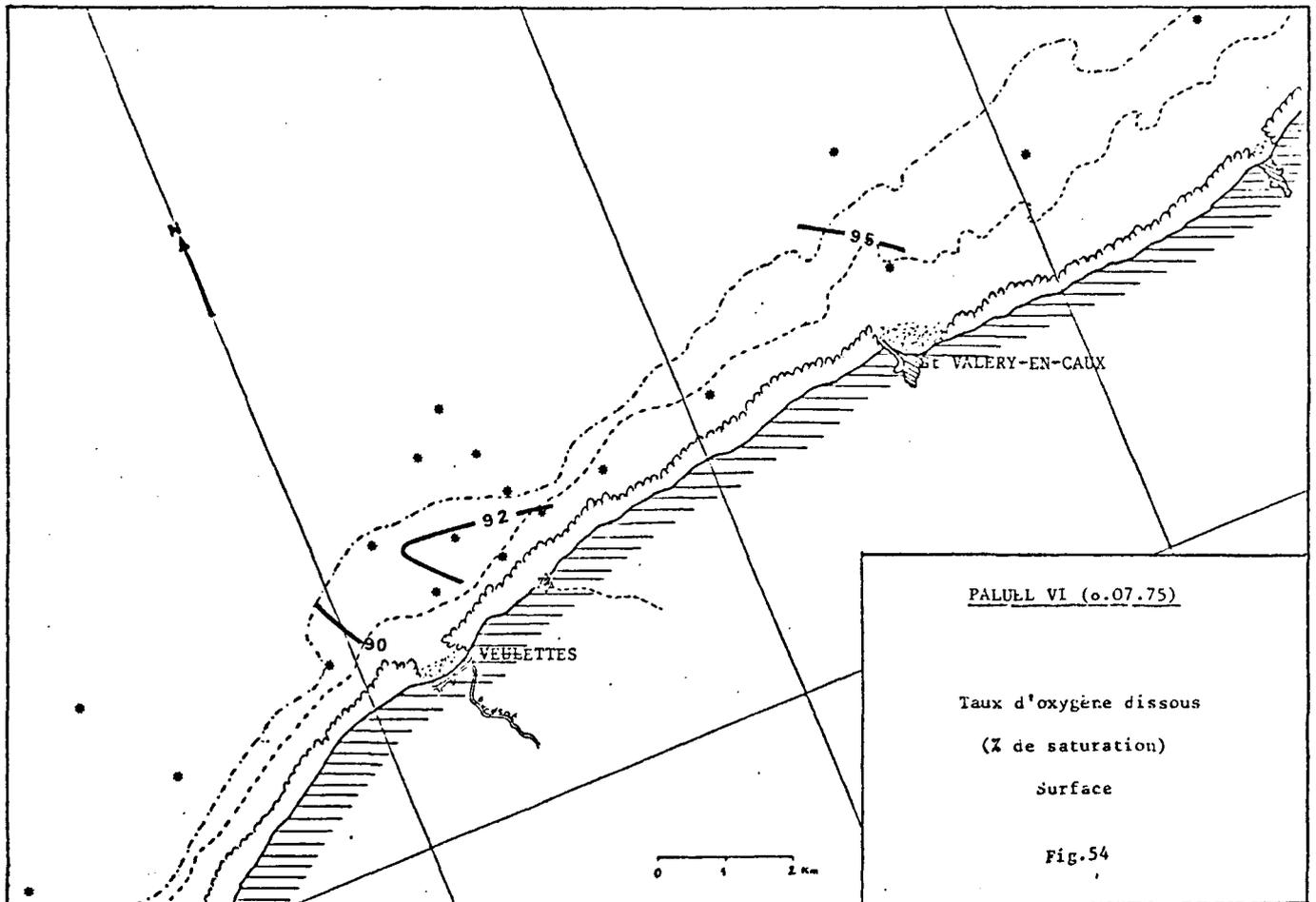
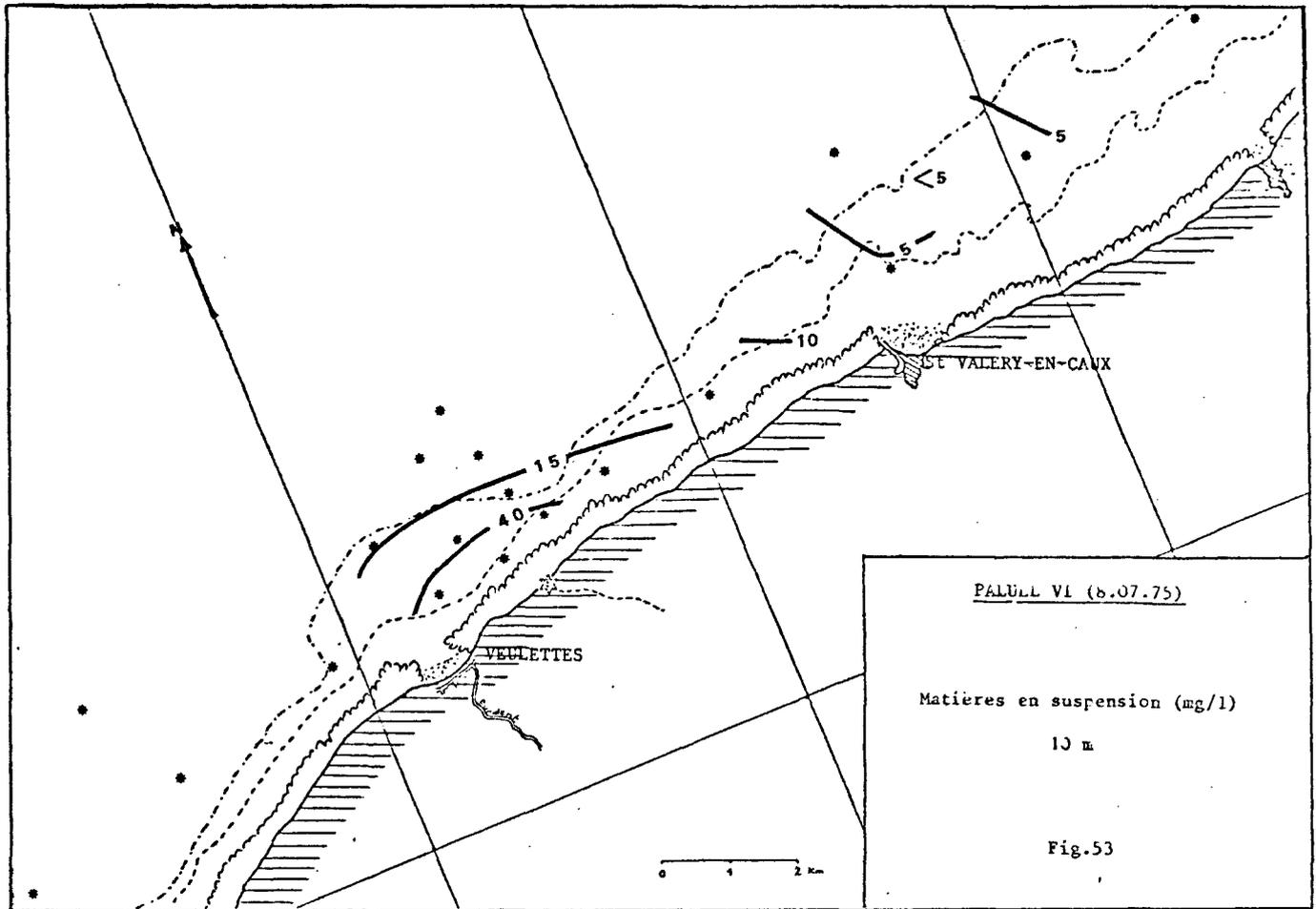


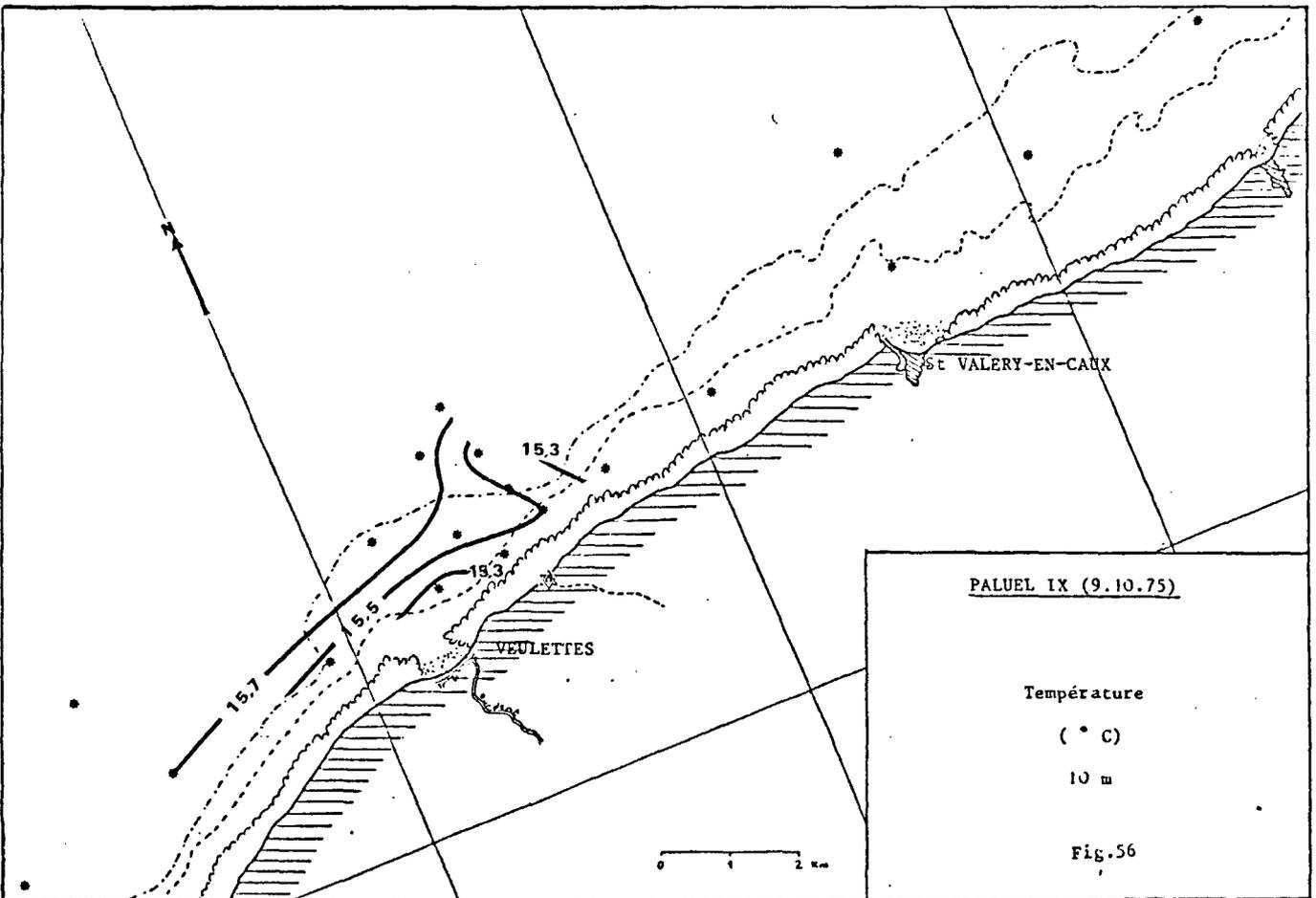
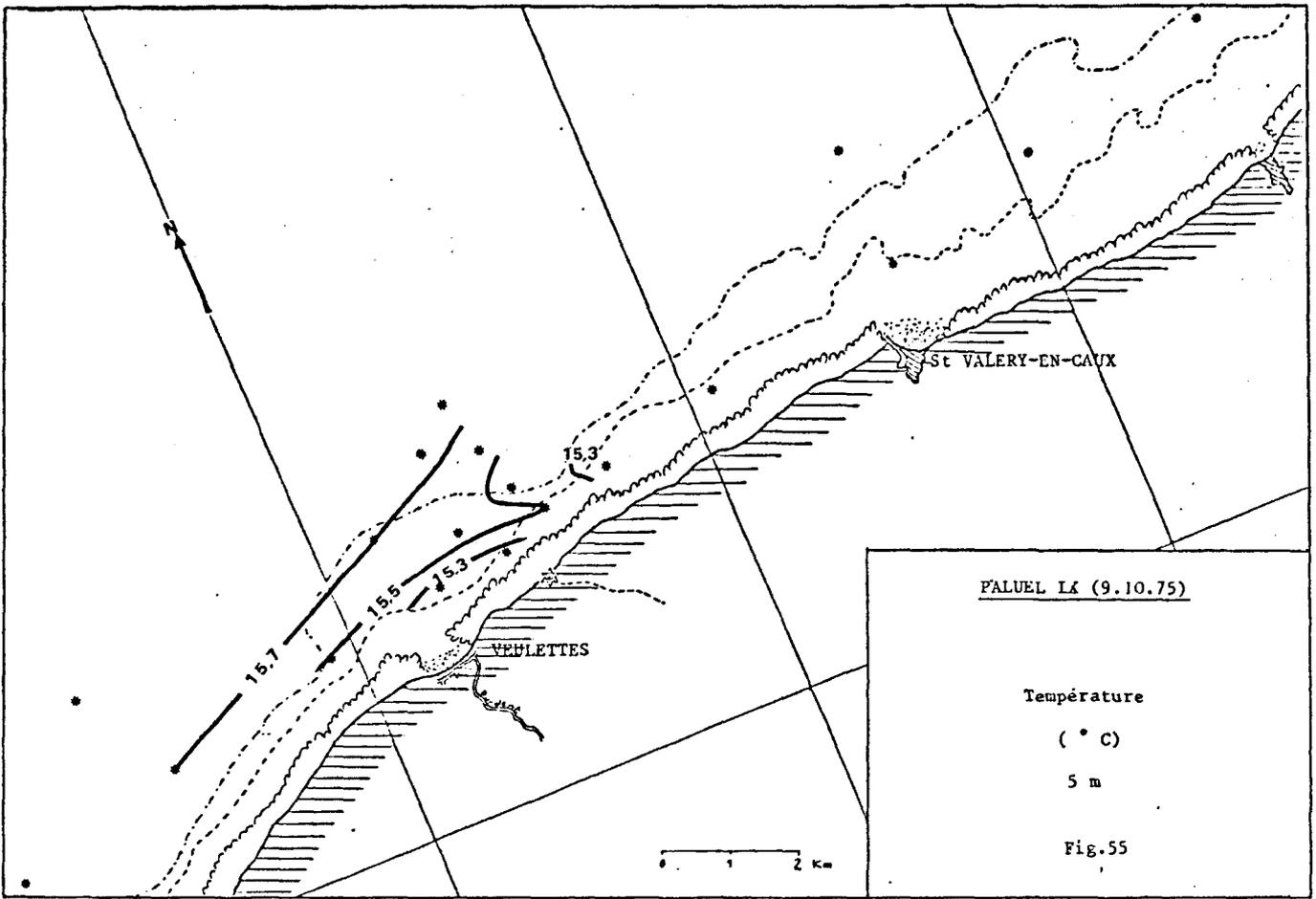


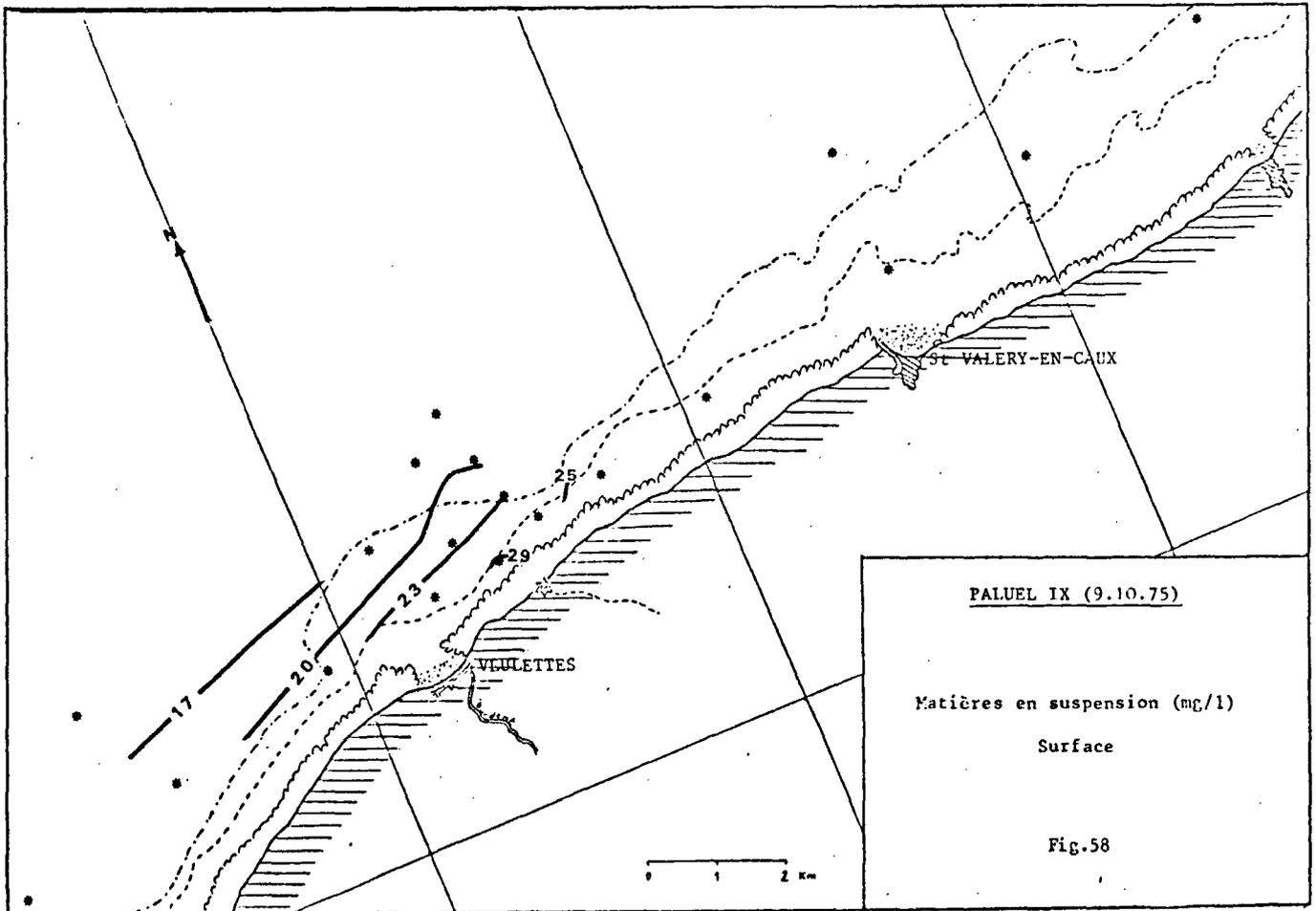
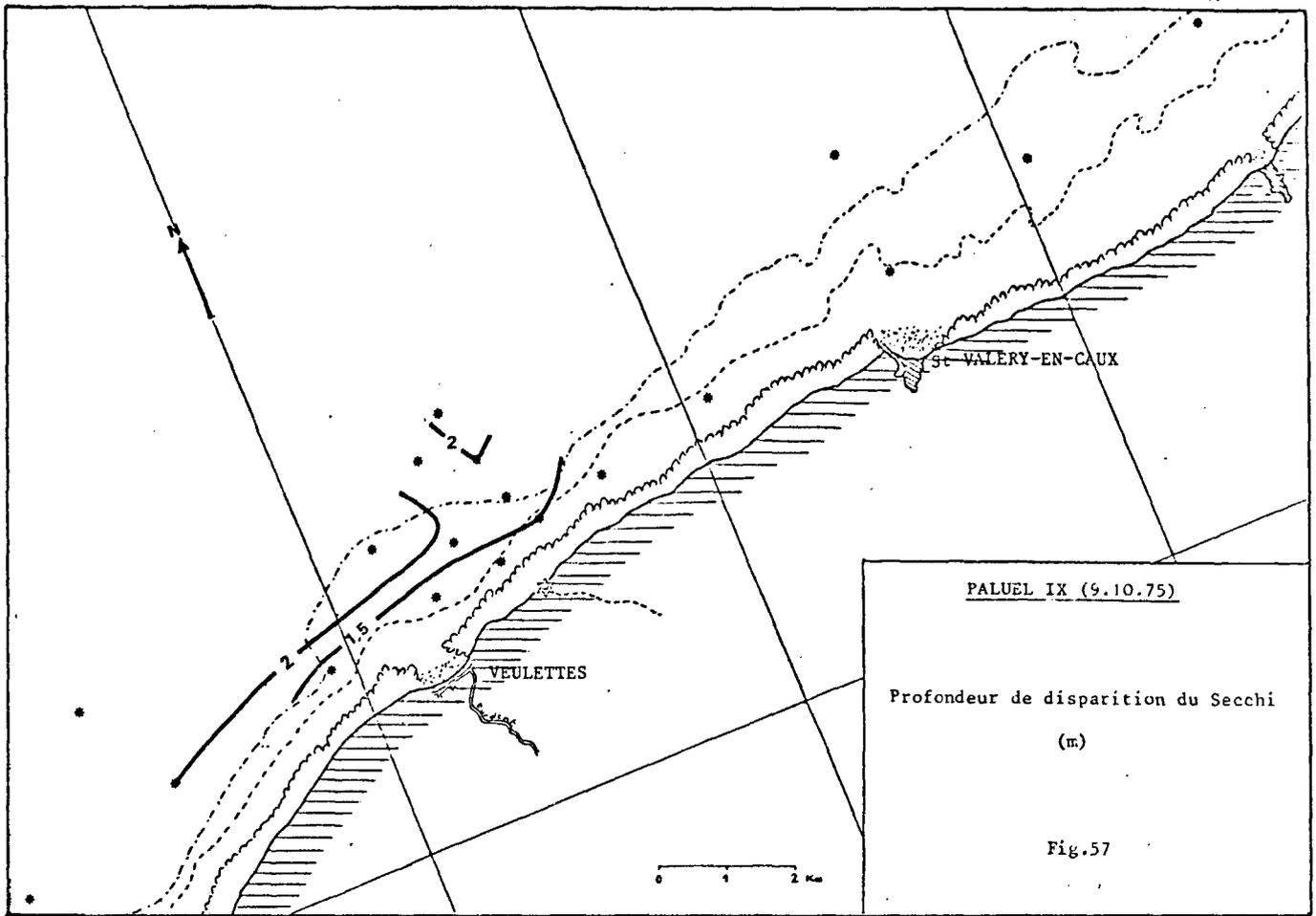


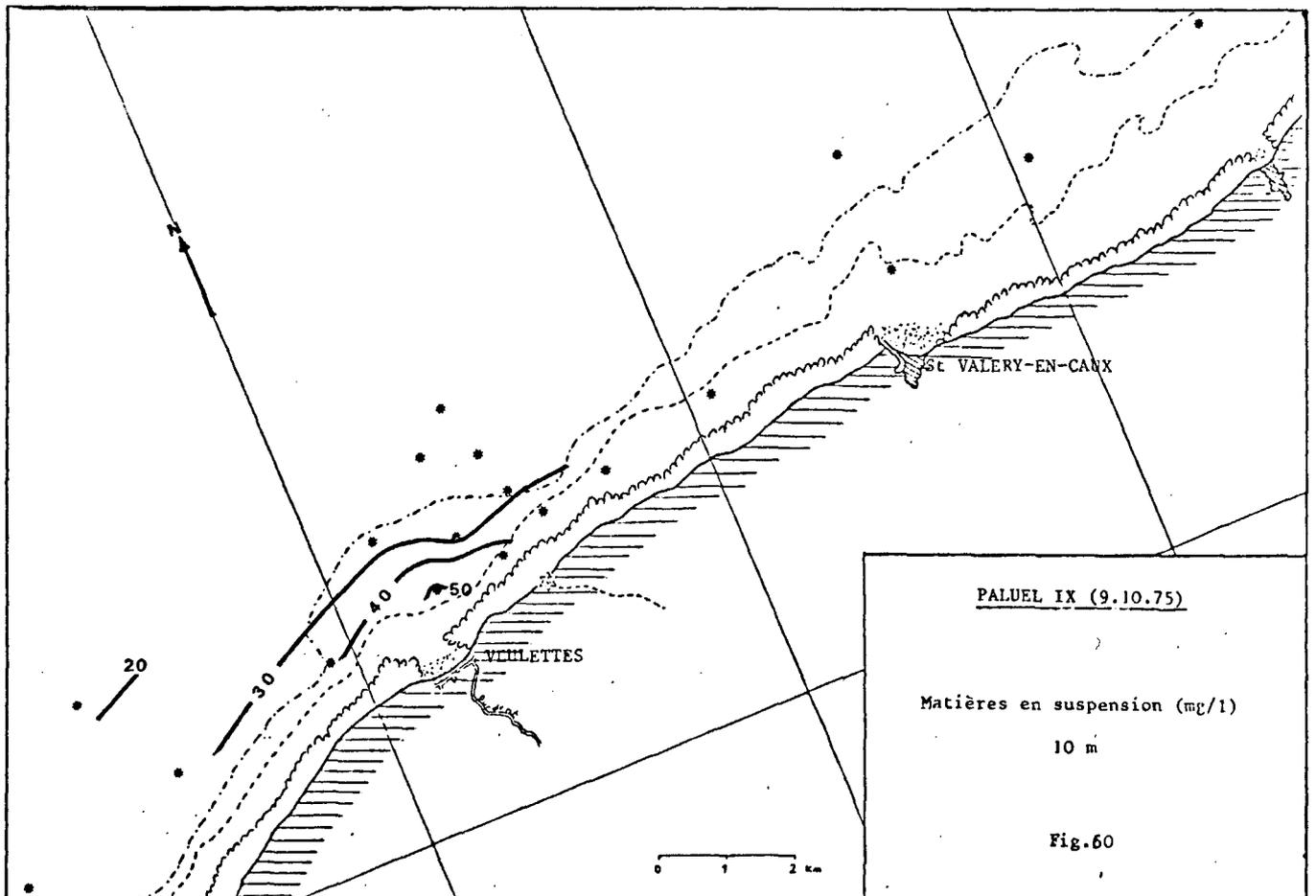
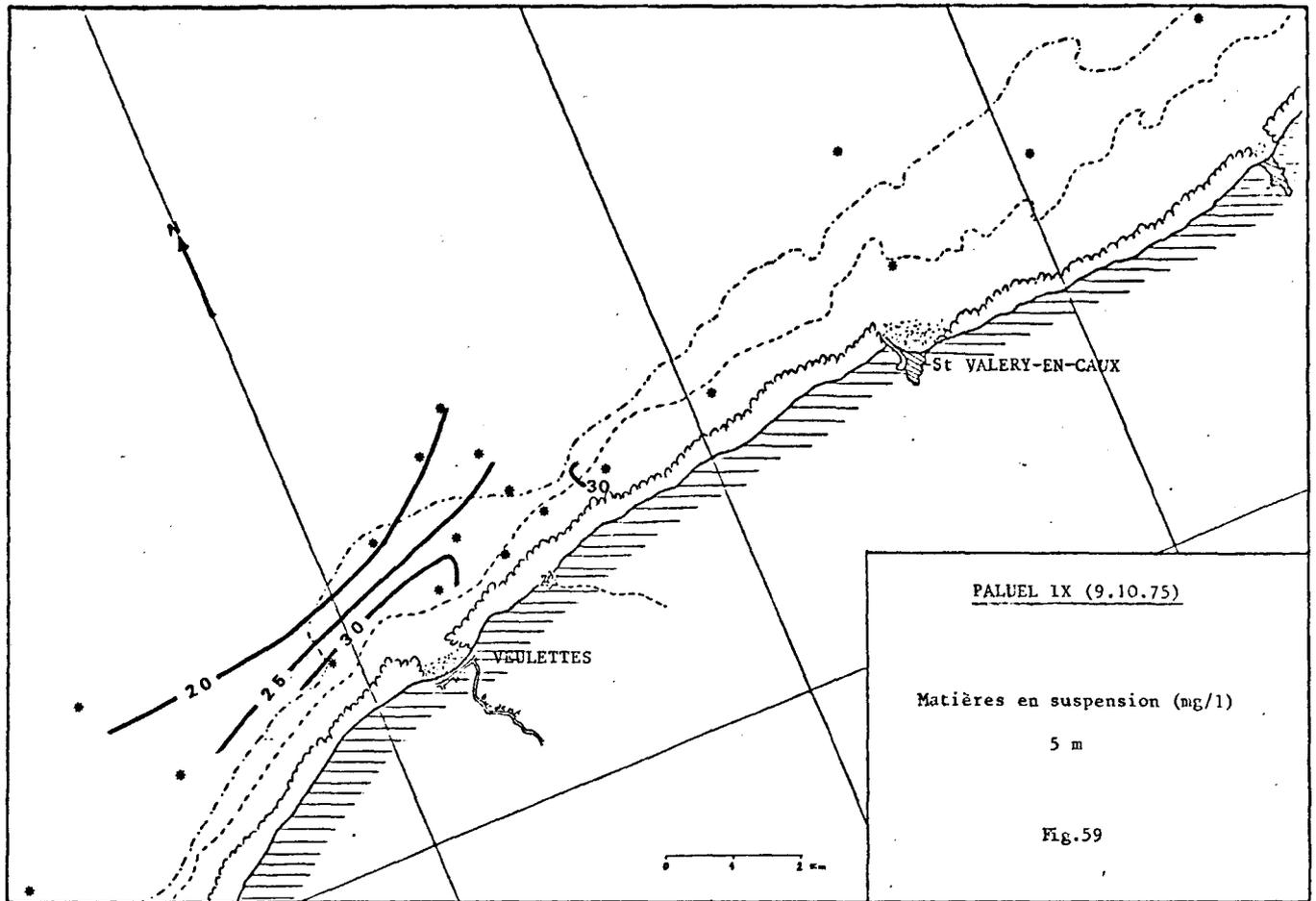


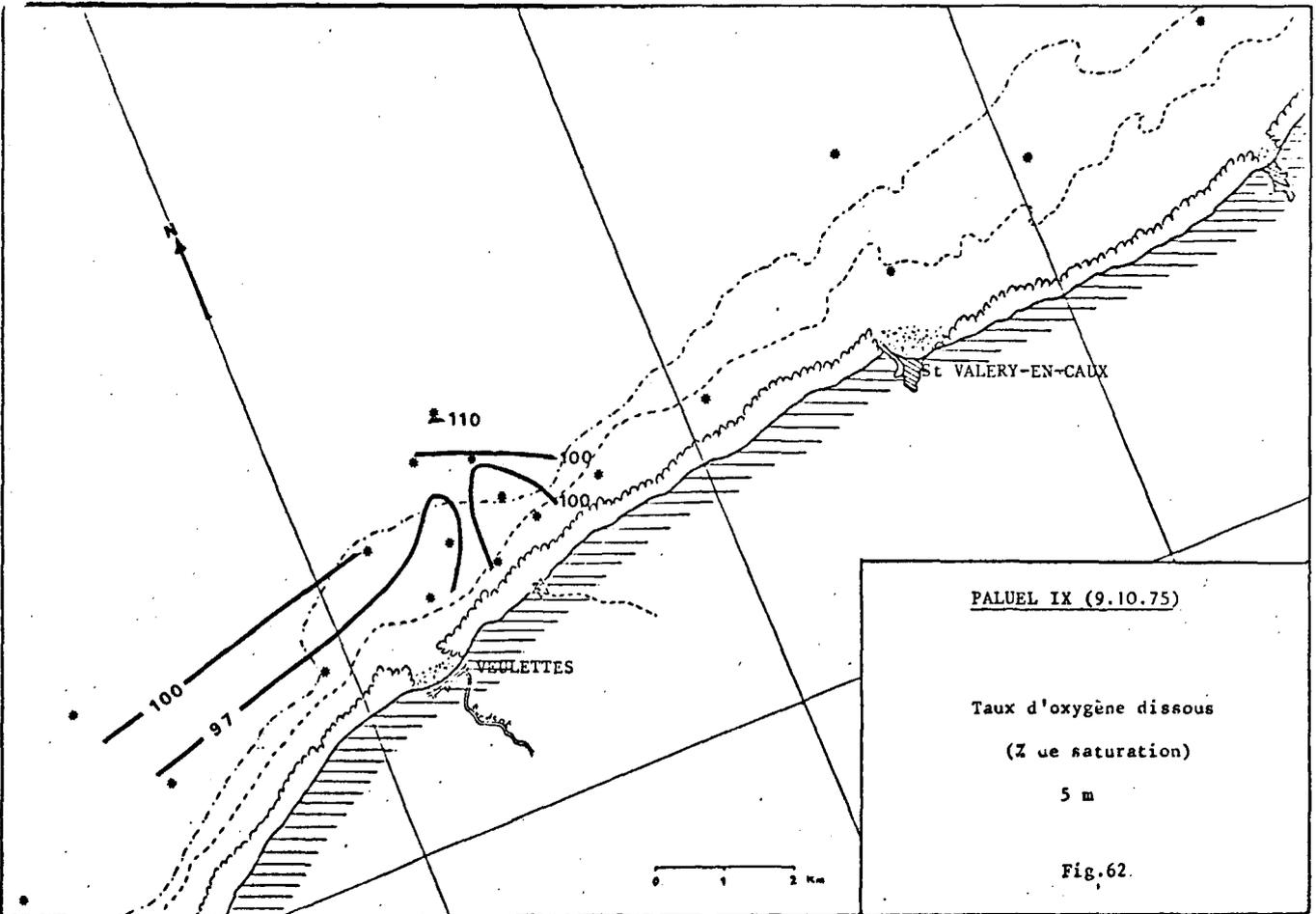
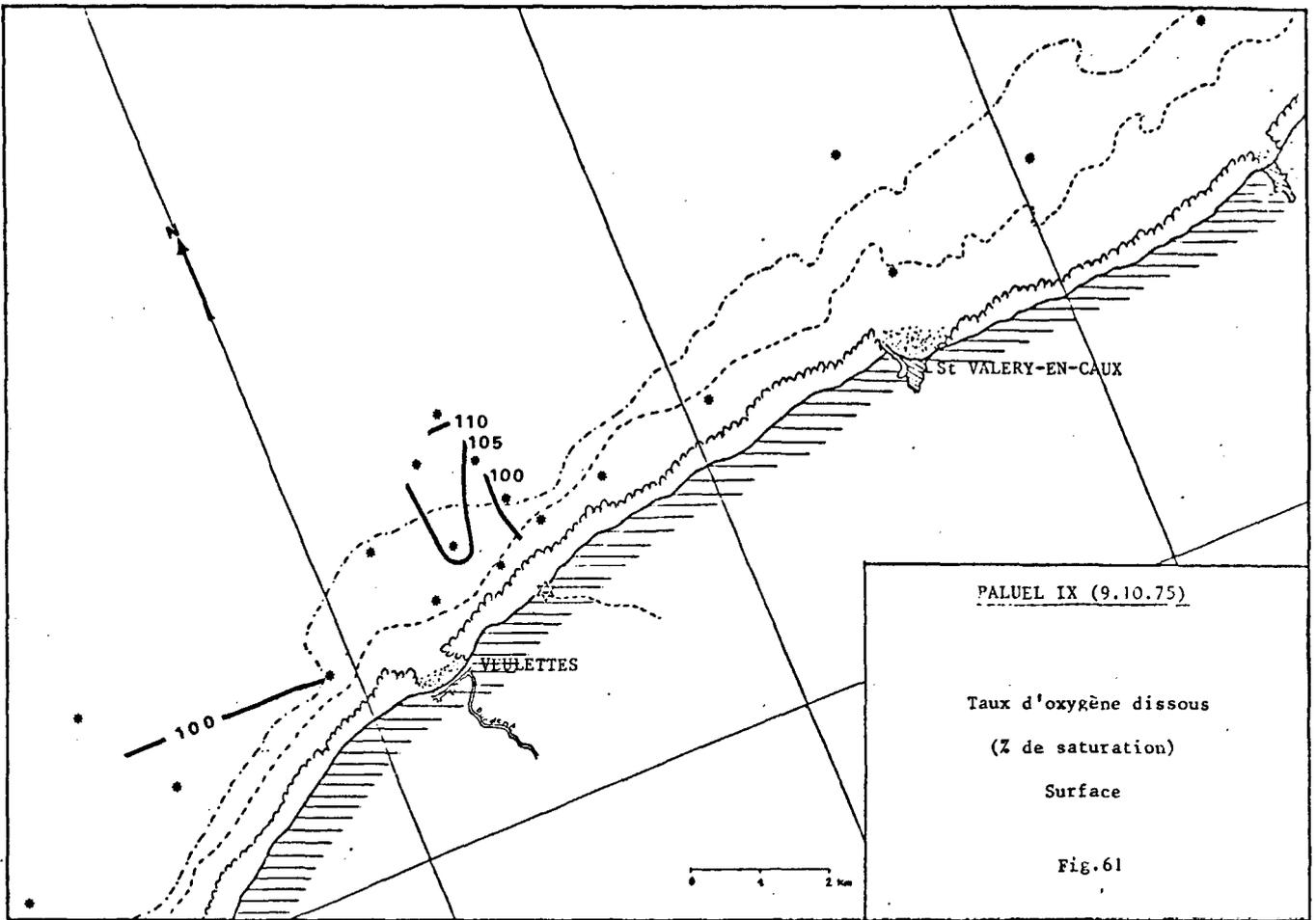


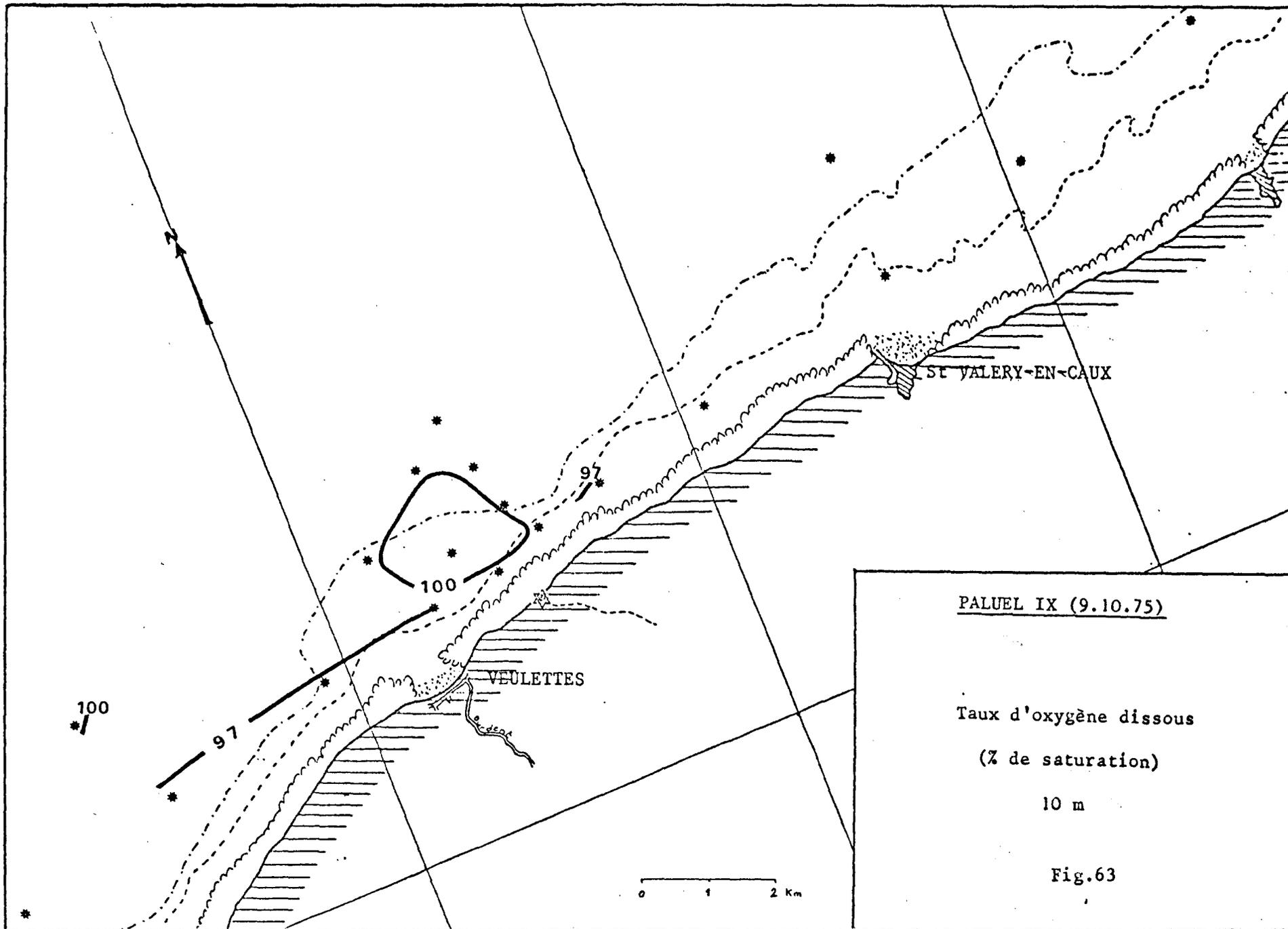












Les sels nutritifs sont légèrement moins abondants, excepté les nitrates.

2.11 - Campagnes XI et XII

Les résultats des campagnes "drogue" du 5 Décembre 1975 et du 3 Février 1976 figurent en annexe (Volume II).

3 - DISCUSSION

Les variations observées sur l'ensemble des résultats peuvent se définir en variations spatiales (verticales et horizontales) et en variations temporelles.

3.1 - Variations spatiales

3.1.1 - Variations verticales

Les figures 64 à 72 montrent les variations des différents paramètres au long de l'année sur 3 niveaux 0,5 et 10 m. La valeur utilisée pour chaque niveau et à chaque campagne correspond à la moyenne des valeurs au niveau considéré de toutes les stations effectuées. Il n'est ainsi pas tenu compte de la distance à la côte des stations, et certains phénomènes particuliers aux stations côtières (ou aux stations du large) influencées (ou non) par les apports d'eaux douces, apparaissent très atténuées. En reprenant chaque paramètre, on peut noter quelques observations.

3.1.1.1 - Température (figure 64)

Les variations de température sont en général assez faibles sur la colonne d'eau, et, le manque de précision des premières mesures effectuées à la sonde, permet difficilement une bonne interprétation. Il semble cependant qu'il y ait une température plus chaude pour les eaux superficielles (les eaux plus chaudes sont également moins denses) particulièrement après un net réchauffement de la température de l'air (fin avril et début juillet). L'existence d'un brassage vertical et les faibles profondeurs ne permettent pas l'installation d'une thermocline.

3.1.1.2 - Salinité (figure 65)

Des variations de la salinité peuvent apparaître sur une colonne d'eau côtière récemment atteinte par une arrivée d'eau douce continentale, ou sur la hauteur d'eau de l'ensemble d'une zone au moment de fortes

Fig.64 VARIATIONS DE LA TEMPERATURE DANS LE TEMPS A 3 NIVEAUX

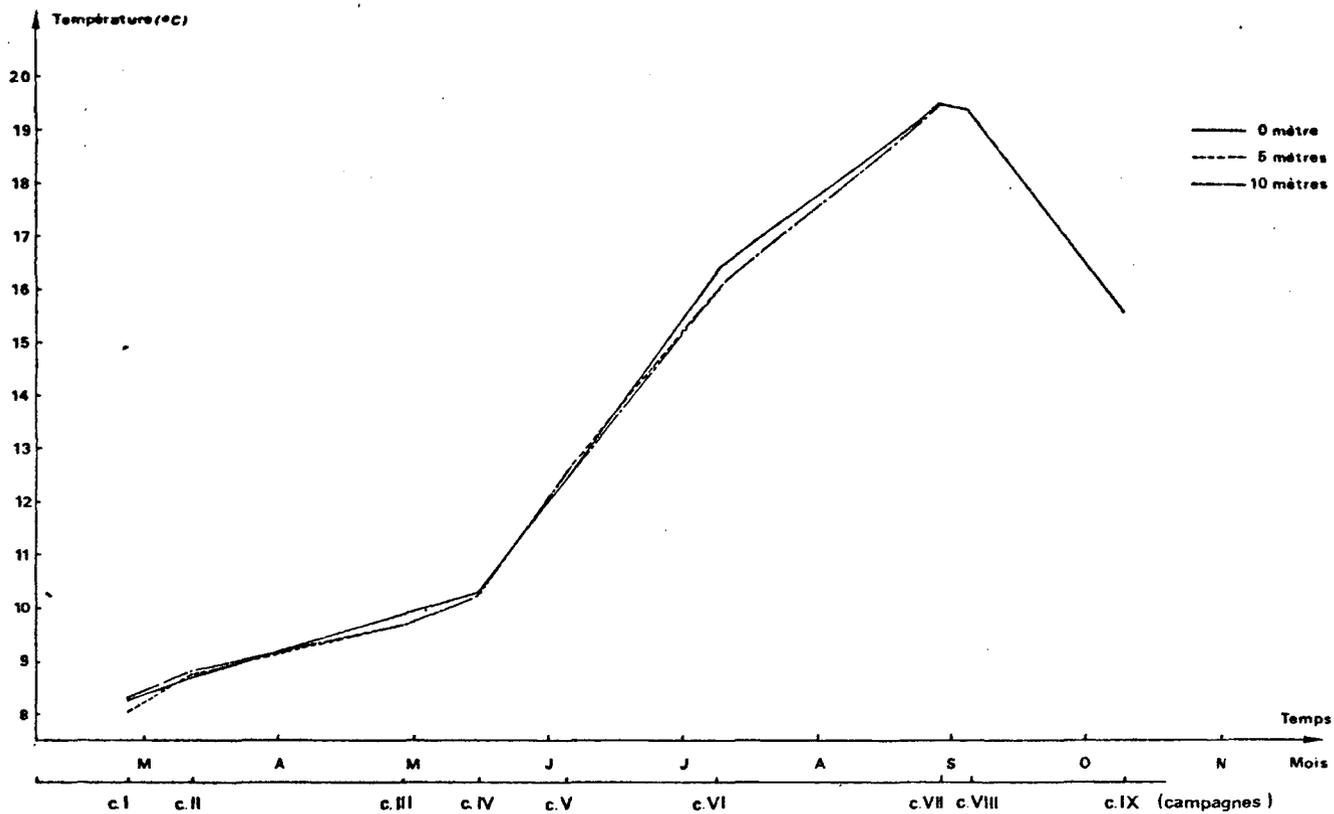


Fig.65 VARIATIONS DE LA SALINITE DANS LE TEMPS A 3 NIVEAUX

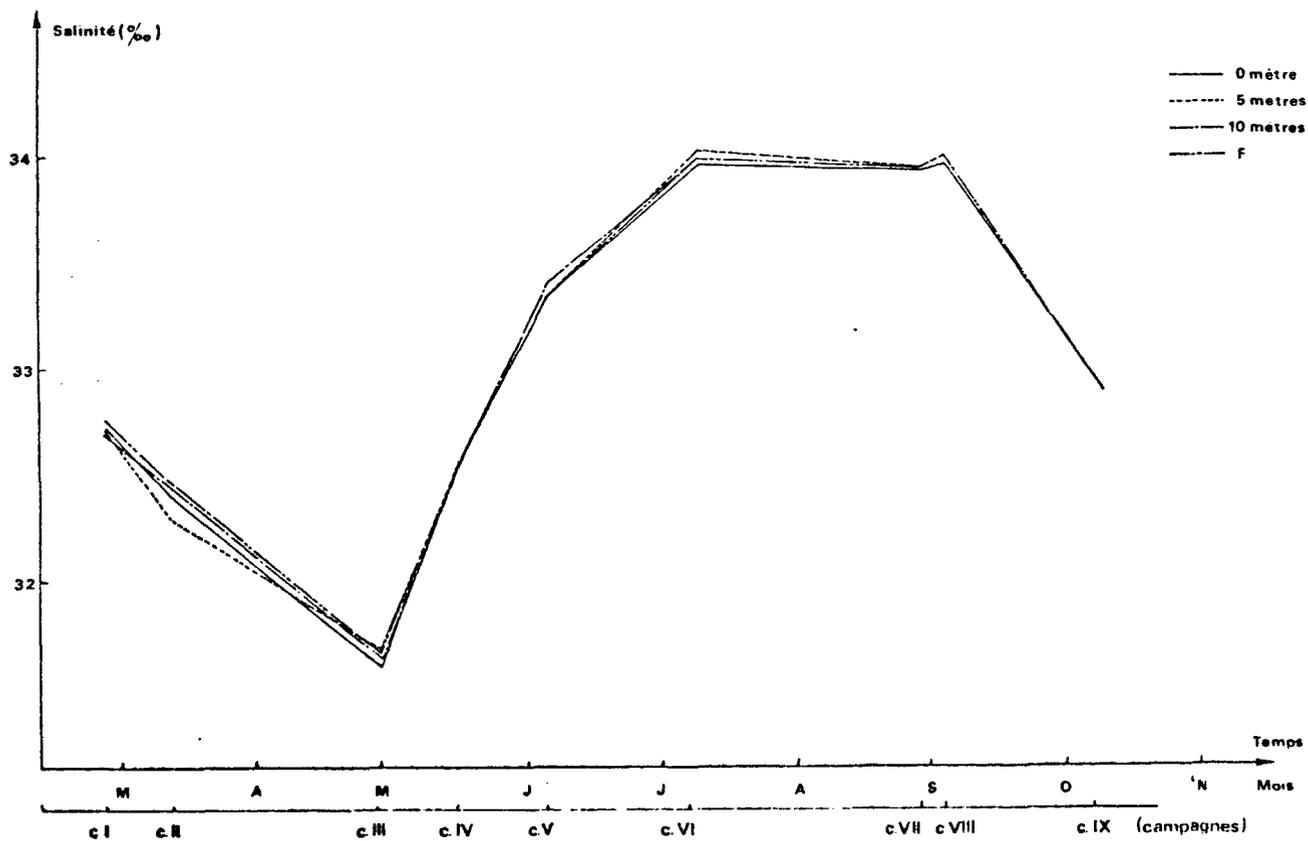


Fig.66 VARIATIONS DES MATIERES EN SUSPENSION DANS LE TEMPS A 3 NIVEAUX

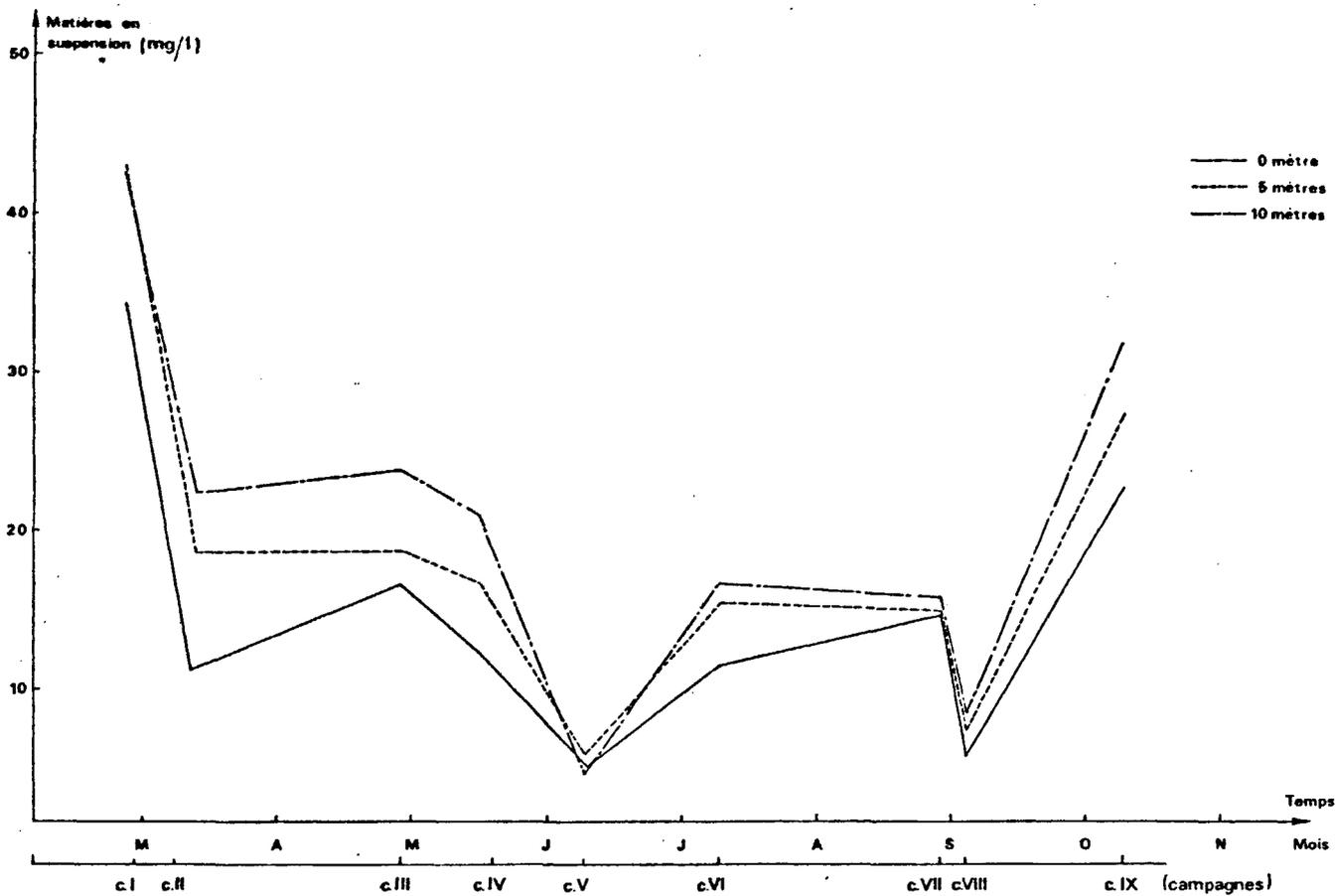
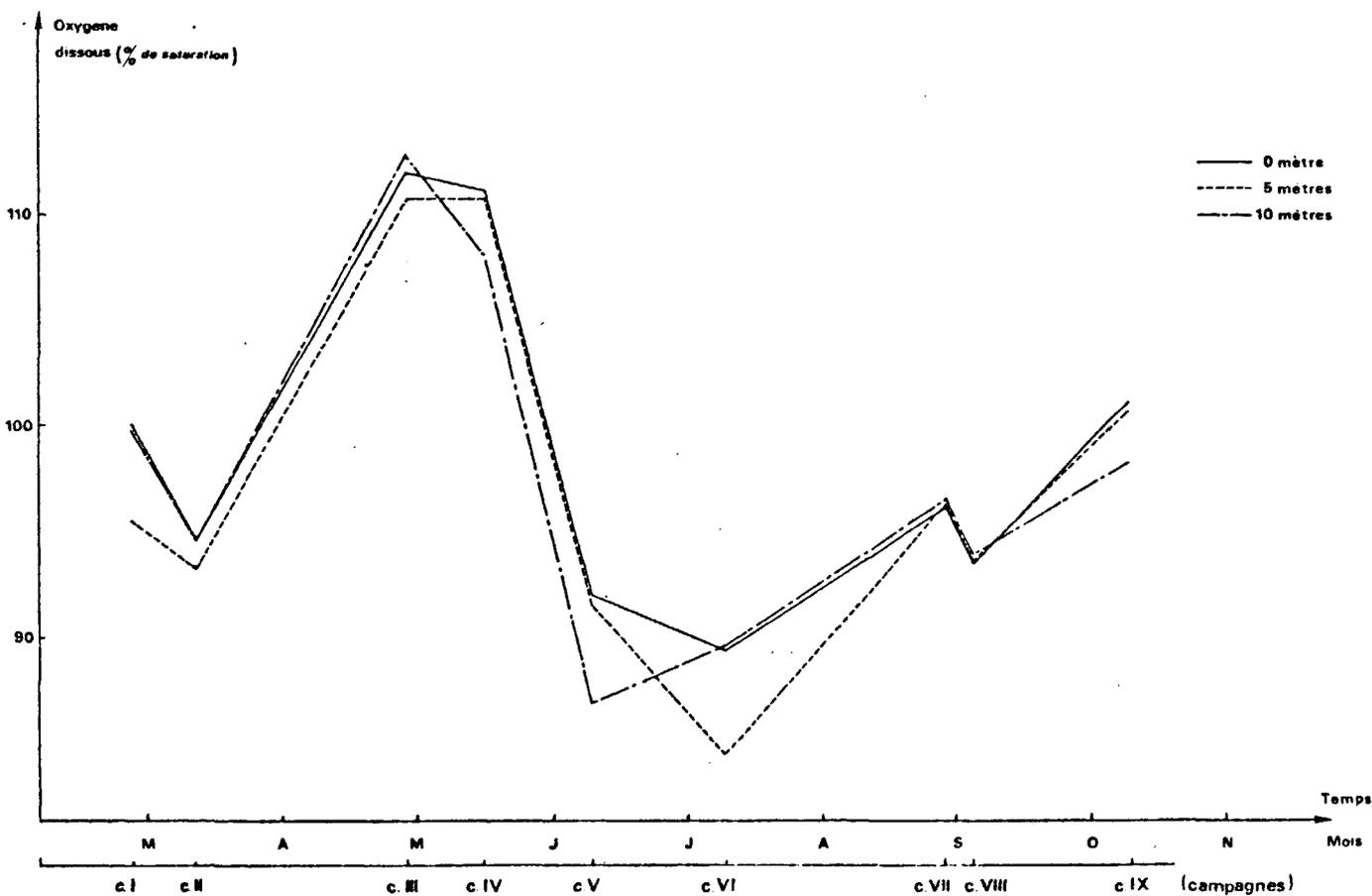


Fig.67 VARIATIONS DE L'OXYGENE DISSOUS DANS LE TEMPS A 3 NIVEAUX



de la photosynthèse et une réduction du taux d'oxygène dissous peut se faire par consommation lors de la respiration des organismes marins, par la présence de bactéries ou par phénomènes chimiques de réduction (pollution). Lors des campagnes I, II et III, le niveau 5 m est le plus pauvre en oxygène.

Aux campagnes IV et V, caractérisées par de fortes poussées phytoplanctoniques, l'oxygène libéré par les organismes photosynthétiques, enrichit les niveaux 0 et 5 m. C'est dans les eaux dessaturées que l'on observe la plus grande amplitude verticale de variations, aux mois de juin et juillet. Lors de ce dernier mois, le niveau 5 m particulièrement appauvri en oxygène porte peut-être la trace d'une consommation bactérienne importante.

3.1.1.5 - pH (figure 68)

Les valeurs du pH de l'eau de mer (milieu tampon), légèrement basique (autour de 8), peuvent indiquer l'existence de phénomènes chimiques (pollutions, apports telluriques) ou biologiques (consommation de CO_2 par la photosynthèse augmentant la valeur du pH). Le calcaire du Pays de CAUX, par son alcalinité, peut entraîner une augmentation du pH. Celle-ci apparaît évidente au niveau du fond (brassage des sédiments) lorsque la photosynthèse (niveaux superficiels) est limitée. Ainsi, le niveau de surface des mois de février, mars, avril et mai, est notablement plus acide que les niveaux 5 et 10 m. En avril, intervient cependant une poussée phytoplanctonique qui devrait basifier le niveau de surface. Mais, peut-être les forts courants de marée des jours précédents ont-ils brassé suffisamment les fonds pour compenser ce phénomène. La poussée phytoplanctonique de la campagne suivante (IV) fait diminuer cette différence sans pour autant inverser le gradient.

Cette acidité des niveaux superficiels peut également provenir des eaux douces terrestres (voir dessalure) plus riches en coliformes et bactéries, comme en matières organiques. En été, les précipitations ont été moins abondantes et une photosynthèse suffisante supplante cette acidité (juin). En juillet et août (moins de phytoplancton), le pH, du niveau superficiel est moins élevé par rapport aux autres niveaux. Les variations des autres campagnes sont minimes.

Fig. 68 VARIATIONS DU pH DANS LE TEMPS A 3 NIVEAUX

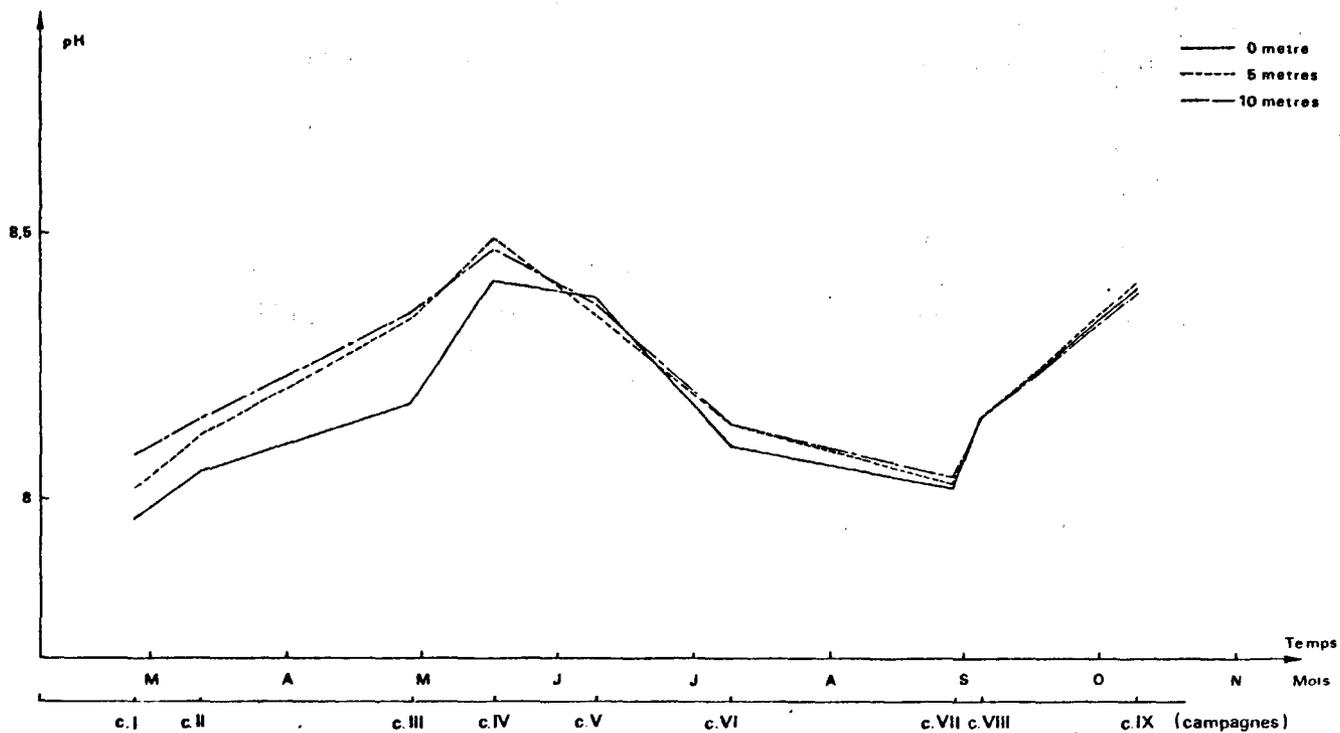


Fig. 69 VARIATIONS DES PHOSPHATES DANS LE TEMPS A 3 NIVEAUX

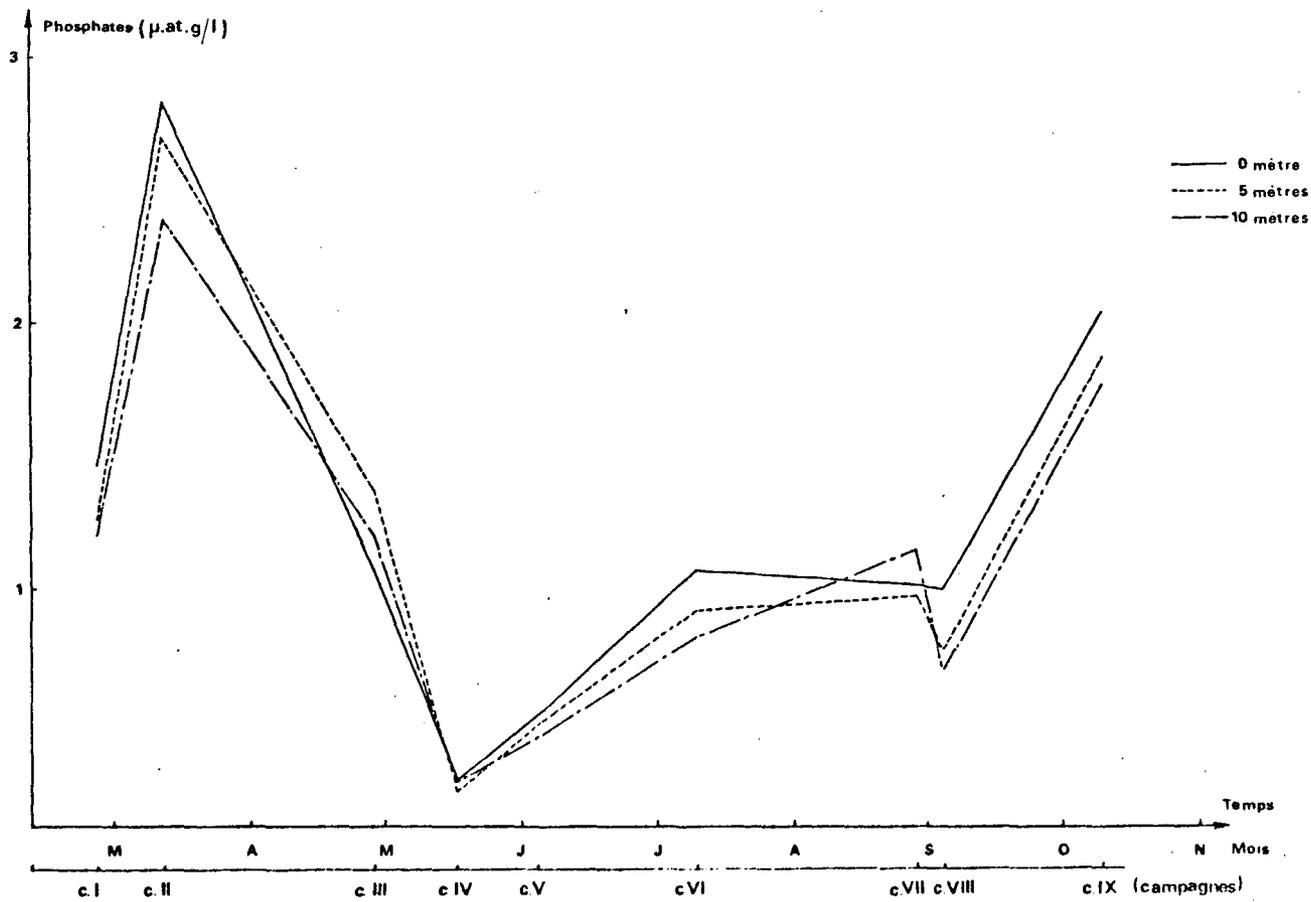


Fig.70

VARIATIONS DES SILICATES DANS LE TEMPS A 3 NIVEAUX

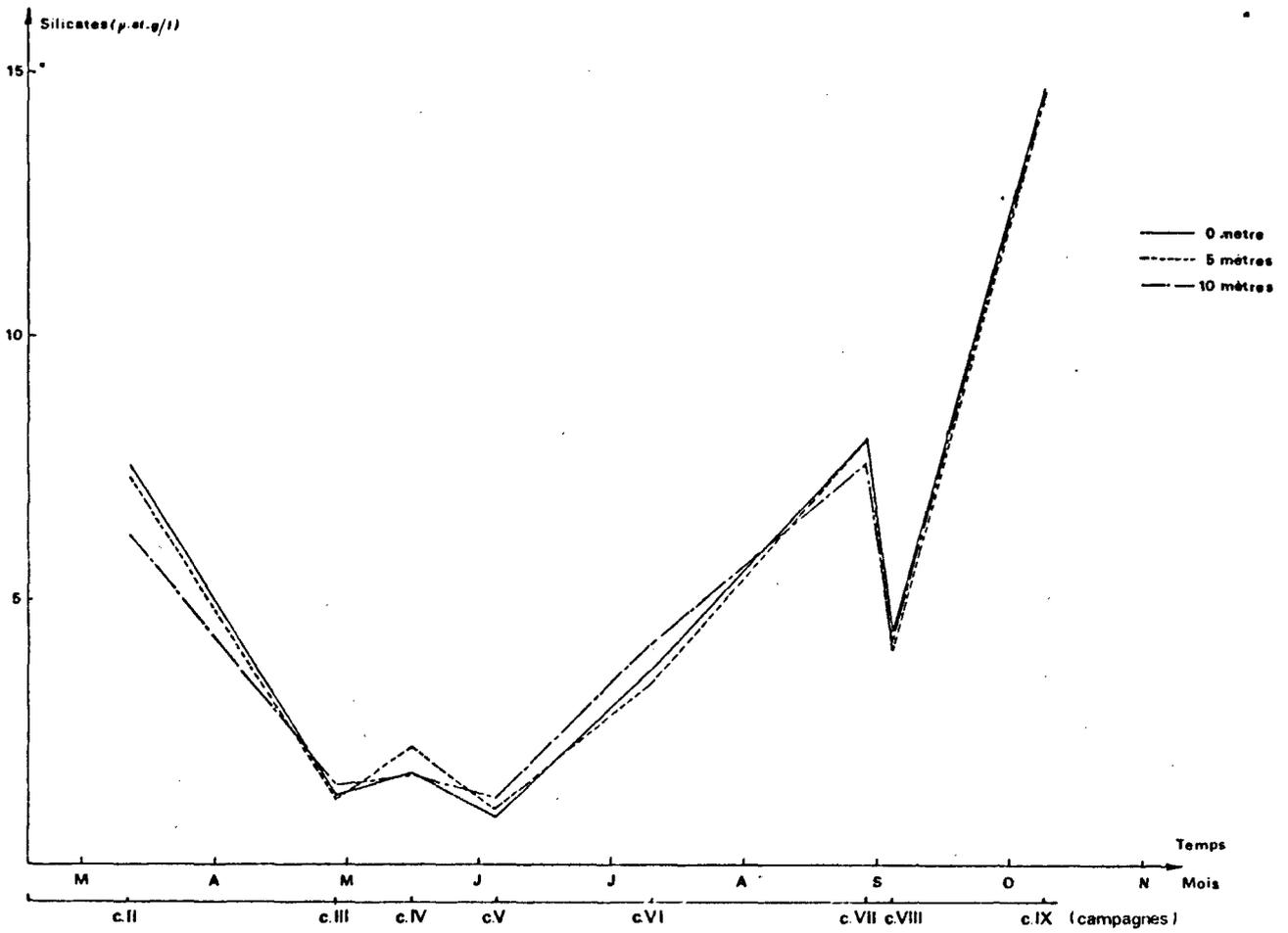


Fig.71

VARIATIONS DES NITRITES DANS LE TEMPS A 3 NIVEAUX

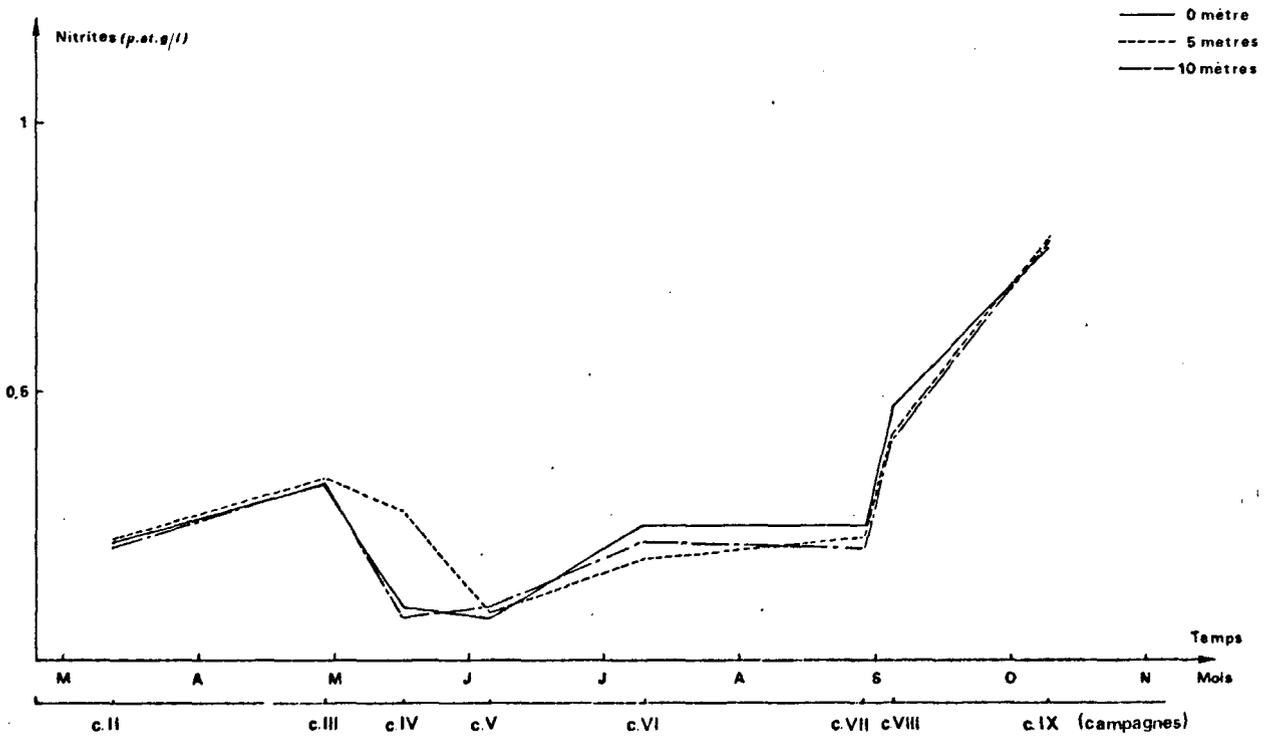
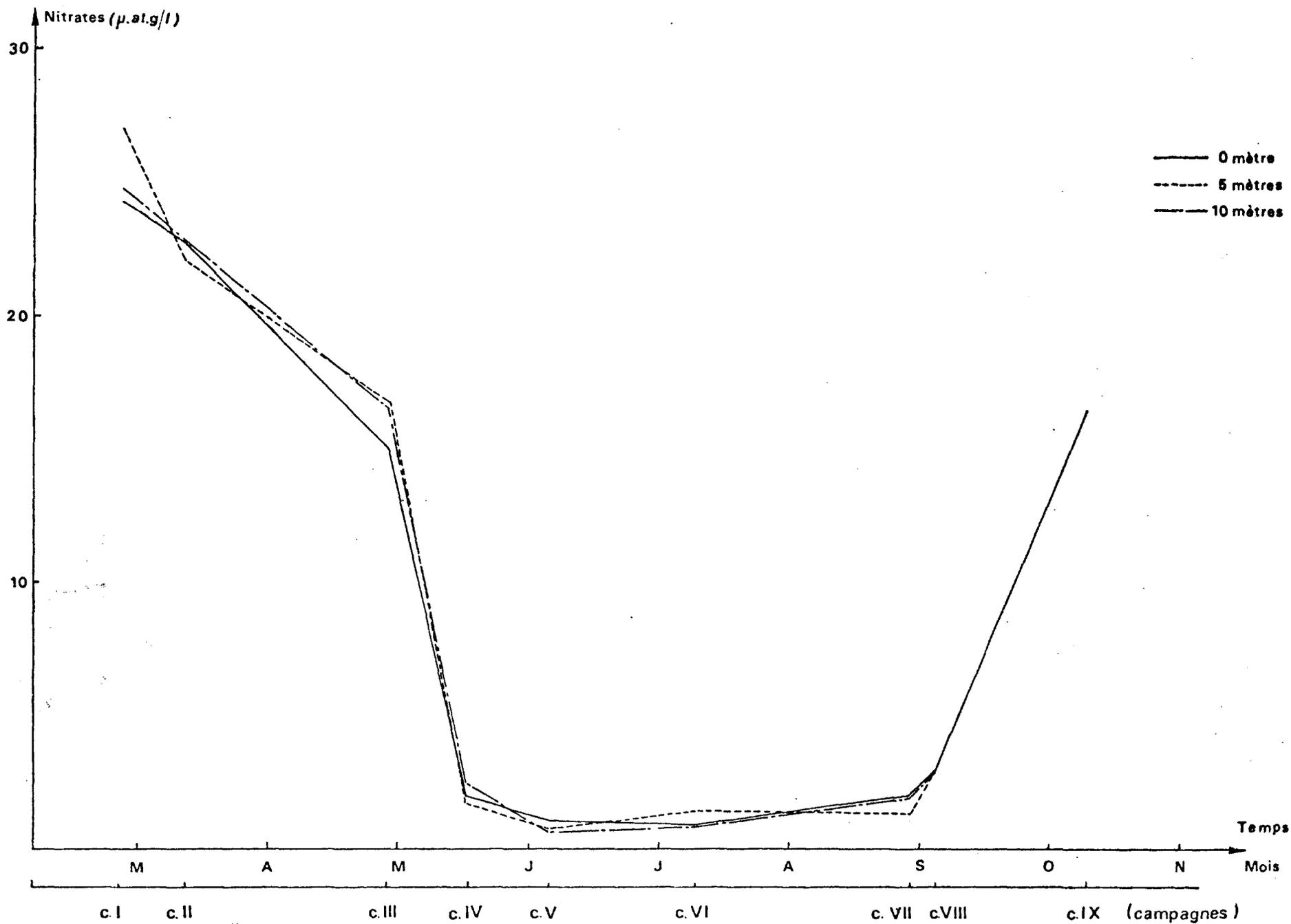


Fig.72 VARIATIONS DES NITRATES DANS LE TEMPS A 3 NIVEAUX



3.1.1.6 - Sels nutritifs (figures 69 à 72)

Les phosphates, silicates, nitrites et nitrates suivent à peu près les mêmes lois de distribution verticale : gradient de valeurs croissantes du fond vers la surface pendant l'hiver (apports d'eaux continentales sans consommation par le phytoplancton) et inverse pendant les poussées d'organismes photosynthétiques qui consomment ces sels dans la couche euphotique superficielle (net pour les phosphates (figure 69)). Ce gradient peut être modulé par le brassage hydrodynamique.

Les variations de sels nutritifs seront précisées dans le paragraphe PHYTOPLANCTON, puisqu'ils sont l'élément principal (avec la lumière) des poussées phytoplanctoniques.

3.1.1.7 - Conclusion

Les variations verticales des paramètres ont plusieurs origines, suivant les paramètres considérés :

- influences "de surface" directes : modification des conditions climatiques (température, pluie), entraînant des variations de température et de salinité aux niveaux superficiels ; modification d'énergie lumineuse, entraînant des variations des populations phytoplanctoniques, qui, à leur tour, interviennent sur quelques paramètres (pH, O₂ dissous, concentration en sels nutritifs).
- Influence de "surface" indirecte : modification par les eaux d'écoulement de la salinité, du pH, de la quantité de sels nutritifs.
- Influence "de fond" : mise en suspension des sédiments et des matières organiques sédimentées, par la turbulence des courants de marée : modification du taux de matières en suspension, donc de la transparence des eaux, des valeurs du pH, remise en circulation de sels nutritifs régénérés au niveau du substrat.

3.1.2 - Variations horizontales

Les figures 73 à 83 représentent les variations des différents paramètres au long de l'année à 3 stations : 8 (intermédiaire), 9 (côtière), 10 (large). Le choix des stations a été rendu délicat par le fait que les

mêmes stations n'ont pas été effectuées à chaque campagne. A la station 8, des prélèvements ont été faits en février, avril, juin, juillet, septembre et octobre ; à la station 9, en février, mai, juin, juillet, septembre et octobre ; à la station 10, en mars, mai, juin, juillet, septembre et octobre. Chaque station est représentée par la moyenne des valeurs du paramètre considéré sur la colonne d'eau.

3.1.2.1 - Température (figure 73)

Les masses d'eau côtières, de moindre volume (profondeur moins importante) ont une inertie thermique plus faible par rapport aux eaux du large. Le réchauffement de la température ambiante au printemps et au début de l'été se fait sentir au niveau des stations côtières (campagne VI) ; en fin d'été, une certaine stabilisation de la température de l'air efface ce gradient (campagne VIII) qui s'inverse ensuite lors du refroidissement d'automne-hiver (campagne IX).

En comparant avec les tracés de la figure 64, on note une plus grande amplitude de variation dans le sens côte-large que dans le sens surface-fond. Cela peut se justifier par la direction des courants qui assurent un brassage vertical important dans des veines d'eau sensiblement parallèles à la côte définies par leur bathymétrie.

3.1.2.2 - Salinité (figure 74)

Les apports d'eaux douces continentales déterminent un gradient de valeurs croissantes de la salinité de la côte vers le large. La station 9 côtière est toujours plus déssalée que la station 10 du large, excepté en une seule campagne, la IX, où les conditions de courant supposées décrites plus haut (paragraphe 2.9) ont comme résultat, la mesure de salinité d'eaux du large à la côte et d'eaux de caractéristiques côtières du large.

Les variations horizontales semblent plus importantes que les variations verticales représentées figure 65, mais, il ne faut pas oublier que cette dernière figure tient compte de la totalité des stations d'une campagne (côte et large) ce qui atténue les variations pouvant apparaître sur

Fig.73 VARIATIONS DE LA TEMPERATURE DANS LE TEMPS A 3 STATIONS

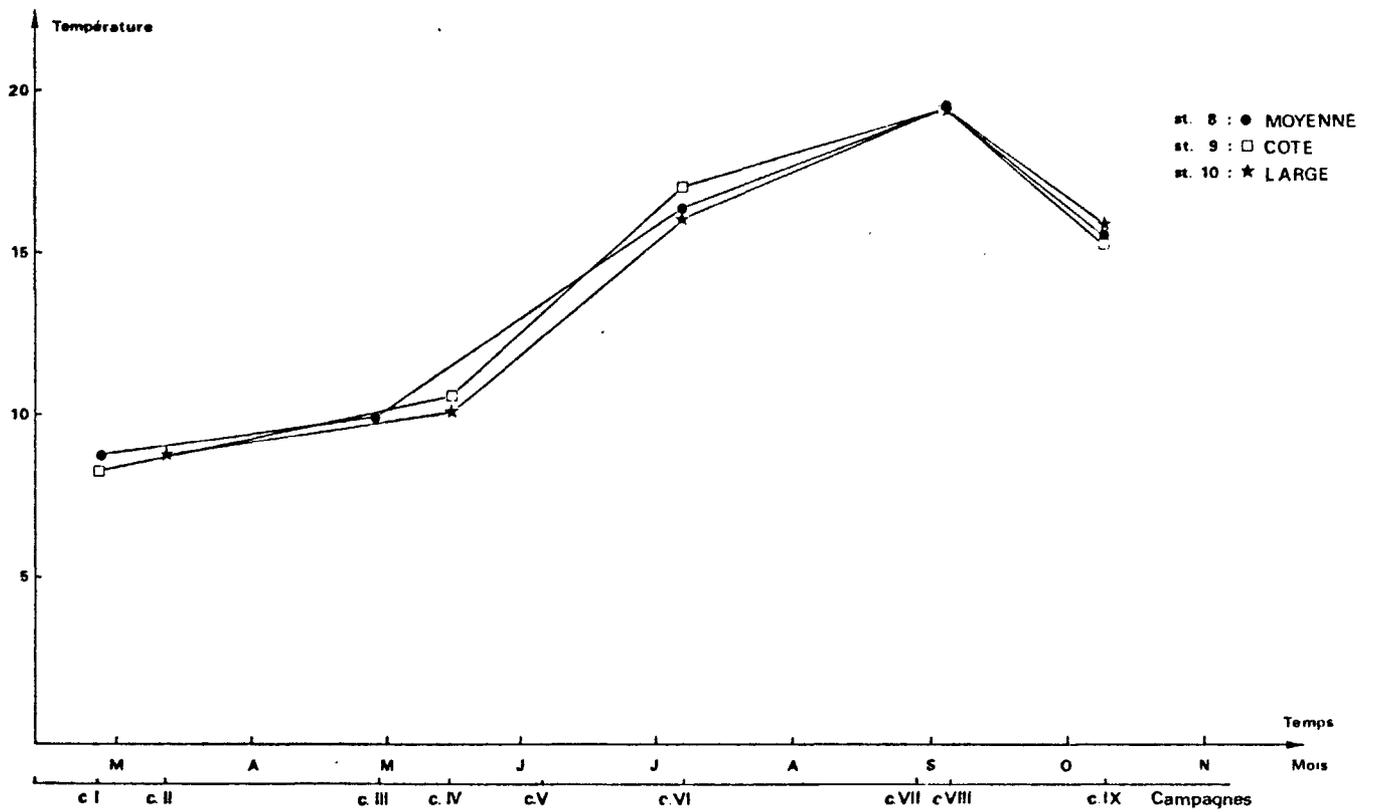


Fig.74 VARIATIONS DE LA SALINITE DANS LE TEMPS A 3 STATIONS

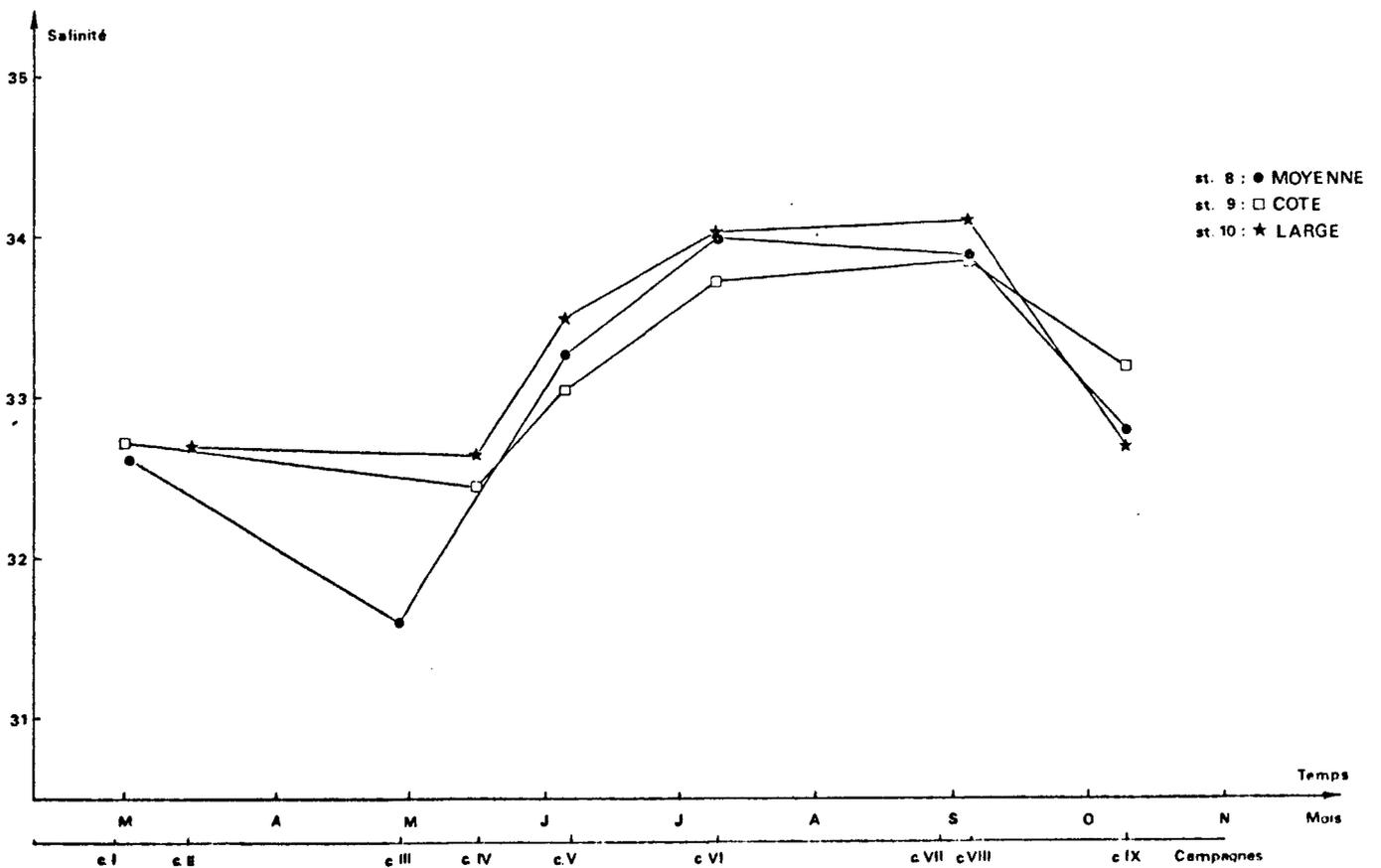
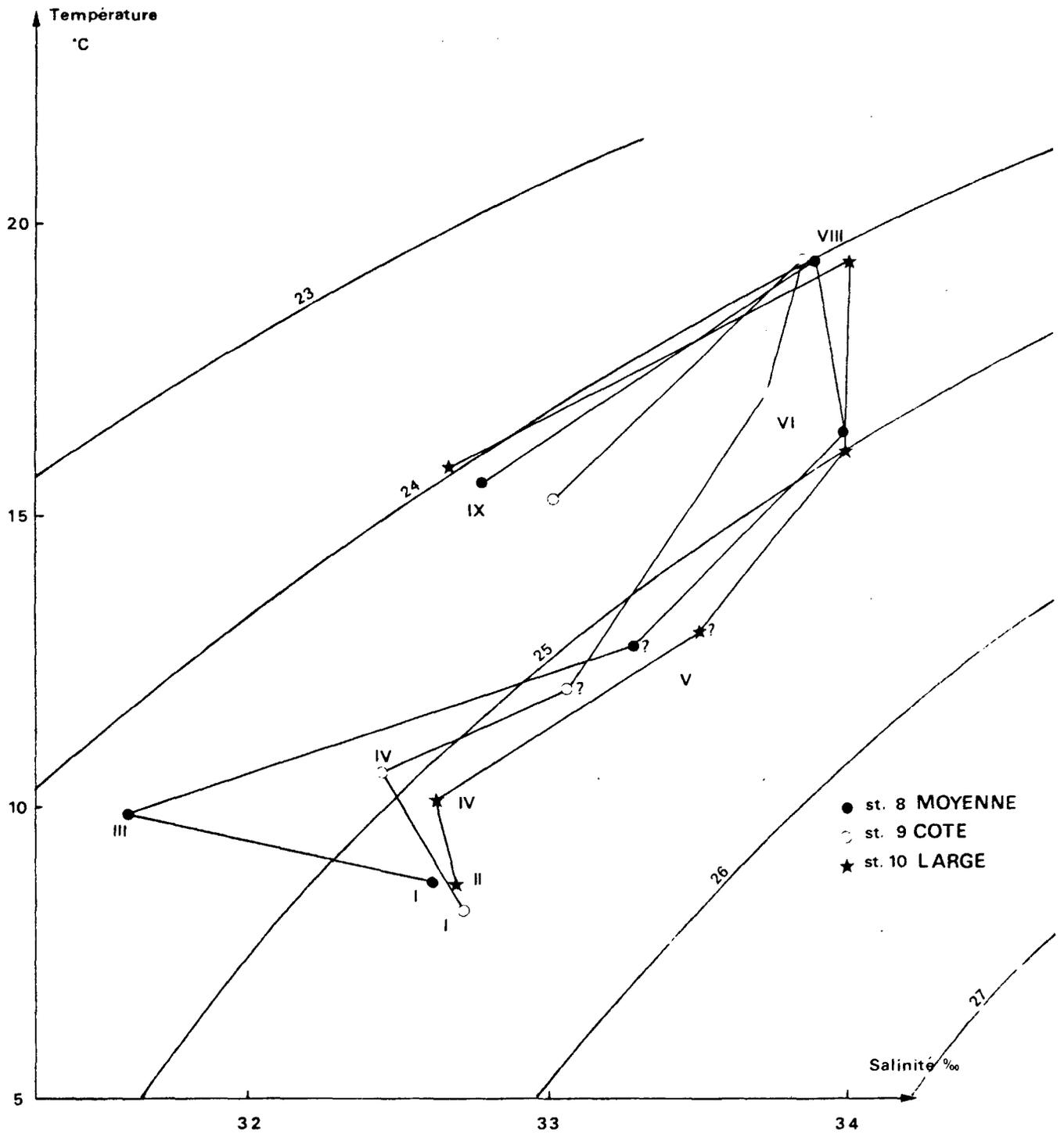


Fig.75 DIAGRAMME T.S. POUR 3 STATIONS



sur une colonne d'eau côtière. D'autre part, les stations sont séparées par quelques centaines de mètres, alors que les niveaux ne le sont que par quelques mètres.

A partir de la température et de la salinité, on définit la densité de l'eau de mer. Plus une eau est froide et salée, plus la densité sera élevée. La figure 75 représente sur un diagramme température-salinité, la position des stations 8, 9 et 10, en fonction de leur densité. Les points d'interrogation accompagnant les trois stations de la campagne V, correspondent à un manque d'information sur la température ; les températures supposées ont été choisies en fonction des températures d'autres stations de cette même campagne.

Les eaux cotières sont donc moins denses que les eaux du large excepté pour la campagne IX. Une amplitude importante est relevée campagne VI où la station 9 se différencie très nettement des deux autres (comparée à la campagne VIII), à cause des pluies très récentes.

3.1.2.3 - Matières en suspension (figure 77)

Le gradient croissant des valeurs de la turbidité du large vers la côte est très net, particulièrement au mois de mai. La remise en suspension des particules minérales et organiques est d'autant plus sensible que les fonds sont moindres. Ainsi, l'équivalence des valeurs trouvées aux stations 8 et 9 de la campagne VIII, sont dues au fait que lors des prélèvements la sonde brute de la station 8 était de 14 m et celle de la station 9 de 13 m, donc comparables.

3.1.2.4 - Profondeur de SECCHI (figure 76)

La profondeur de disparition du disque de SECCHI est en relation étroite avec la concentration des particules en suspension dans l'eau. A la station 10 du large, moins turbide on note une profondeur de disparition toujours supérieure à celle des stations côtières. En juillet, les stations 8 et 10 ont une turbidité équivalente et également une profondeur de SECCHI comparable.

Fig.76 VARIATIONS DE LA PROFONDEUR DE SECCHI DANS LE TEMPS A 3 STATIONS

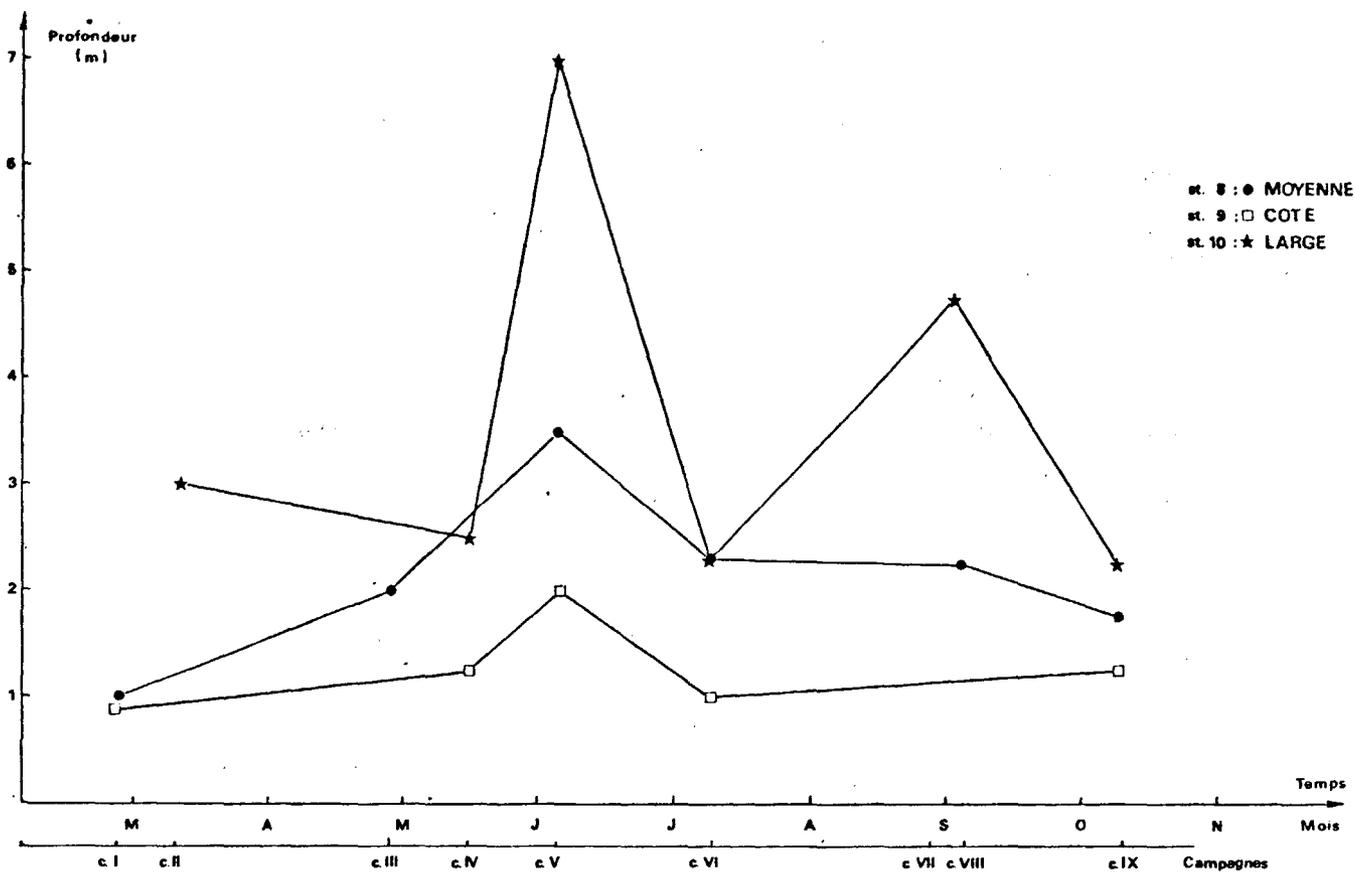
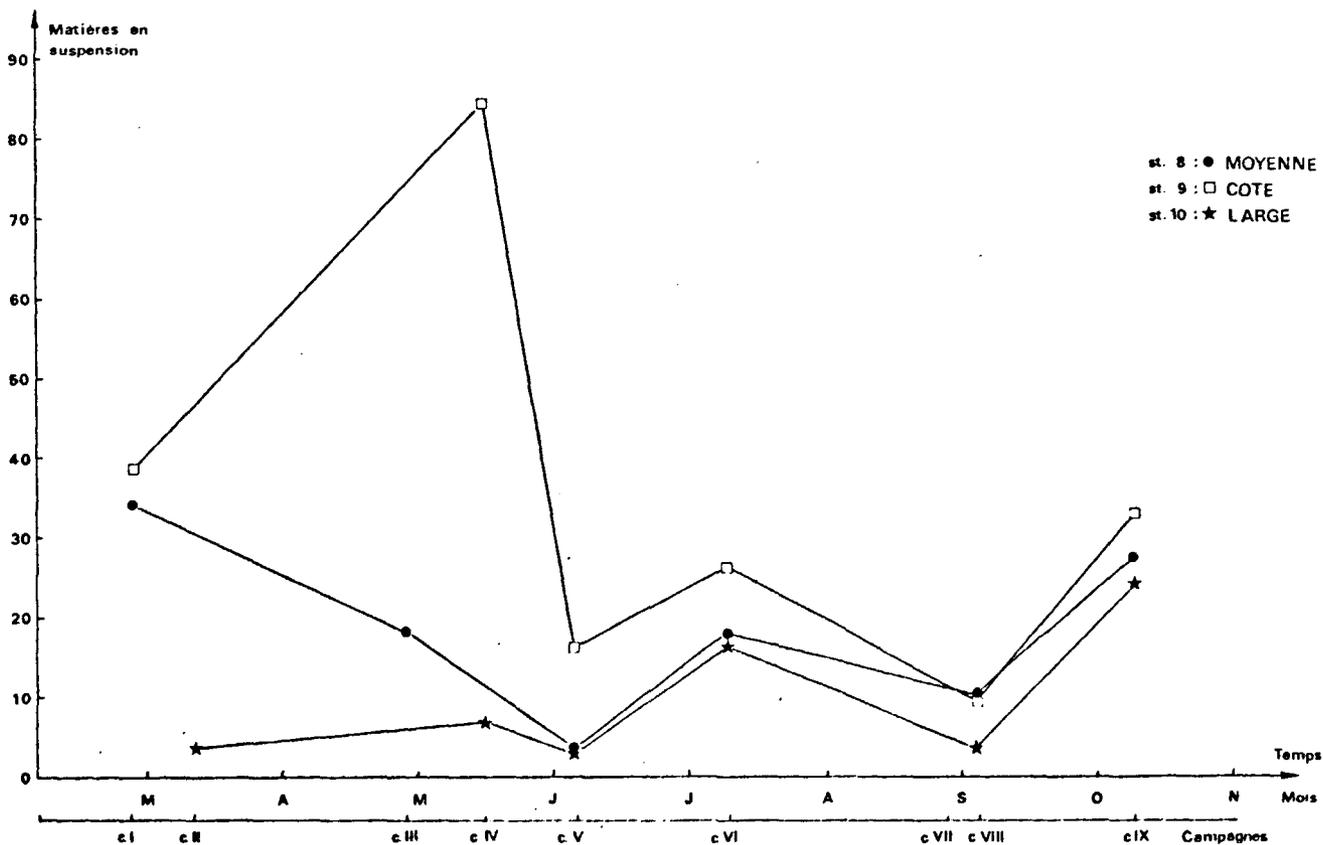


Fig.77 VARIATIONS DES MATIERES EN SUSPENSION DANS LE TEMPS A 3 STATIONS



3.1.2.5 - Oxygène dissous (figure 78)

Les variations horizontales du taux de saturation de l'oxygène dissous ne semblent pas suivre de loi particulière. La station 9 côtière paraît plus pauvre en oxygène pour les campagnes de mai à juin. Il est possible que la consommation par respiration d'organismes hétérotrophes en soit la cause : lors de la campagne IV, il a été relevé à la station 9 une très importante population zooplanctonique (principalement de copépodes calanoïdes et d'appendiculaires), par rapport aux autres stations. Cependant, lors de la campagne V, aucune différence quantitative significative de zooplancton ne semble distinguer les trois stations 8, 9 et 10. Rappelons que la valeur indiquée pour chaque station est une moyenne des valeurs trouvées sur la colonne d'eau. Or, parmi les trois valeurs mesurées à la station 9 le 6 juin, il en existe une très faible (77 % de saturation à 10 m) peut-être erronée. Si l'on ne tient compte que des valeurs à 0 et 5 m, le pourcentage de la saturation de l'oxygène à la station 9 devient équivalent à celui des stations 8 et 10. En juillet, la photosynthèse semble l'emporter sur la respiration à la station côtière.

En résumé, le taux d'oxygène dissous, intimement lié aux phénomènes de photosynthèse-respiration, semble présenter des gradients de répartition horizontale modulés par la présence et l'activité des organismes autotrophes et hétérotrophes.

3.1.2.6 - pH (figure 79)

L'étude des variations verticales de pH a montré que celui-ci peut dépendre du lessivage des sols calcaires, de la variation du taux de gaz carbonique et de l'apport de bactéries. Il semble qu'un brassage des sédiments calcaires alcalinise les niveaux du fond ; on peut donc s'attendre à ce qu'à une station côtière, moins profonde, la moyenne des valeurs de pH sur la colonne d'eau donne une valeur de pH plus basique que la moyenne sur une hauteur d'eau de station du large. Ce pH sera d'autant plus basique que la photosynthèse sera active, modulé cependant par la respiration des organismes hétérotrophes et l'arrivée d'eaux riches en bactéries et matières organiques. Lors de la campagne IV, le pH, plus alcalin à la station 9 qu'à la station 10, semble indiquer que l'ensemble, brassage plus photosynthèse, l'emporte sur respiration plus bactéries. L'importance relative de ces facteurs et leur combinaison paraît donc déterminer les variations de pH.

Fig.78 VARIATIONS DE L'OXYGENE DISSOUS DANS LE TEMPS A 3 STATIONS

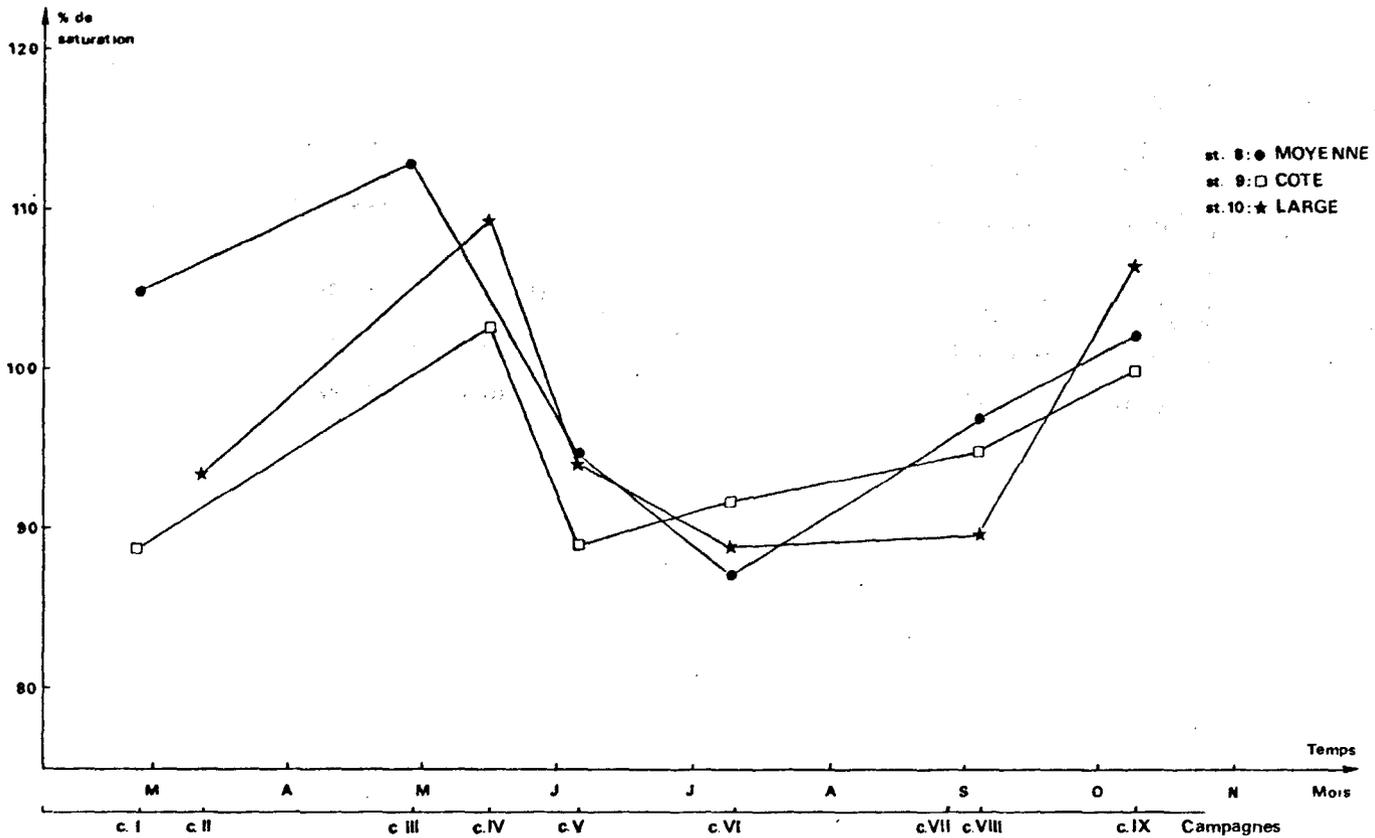
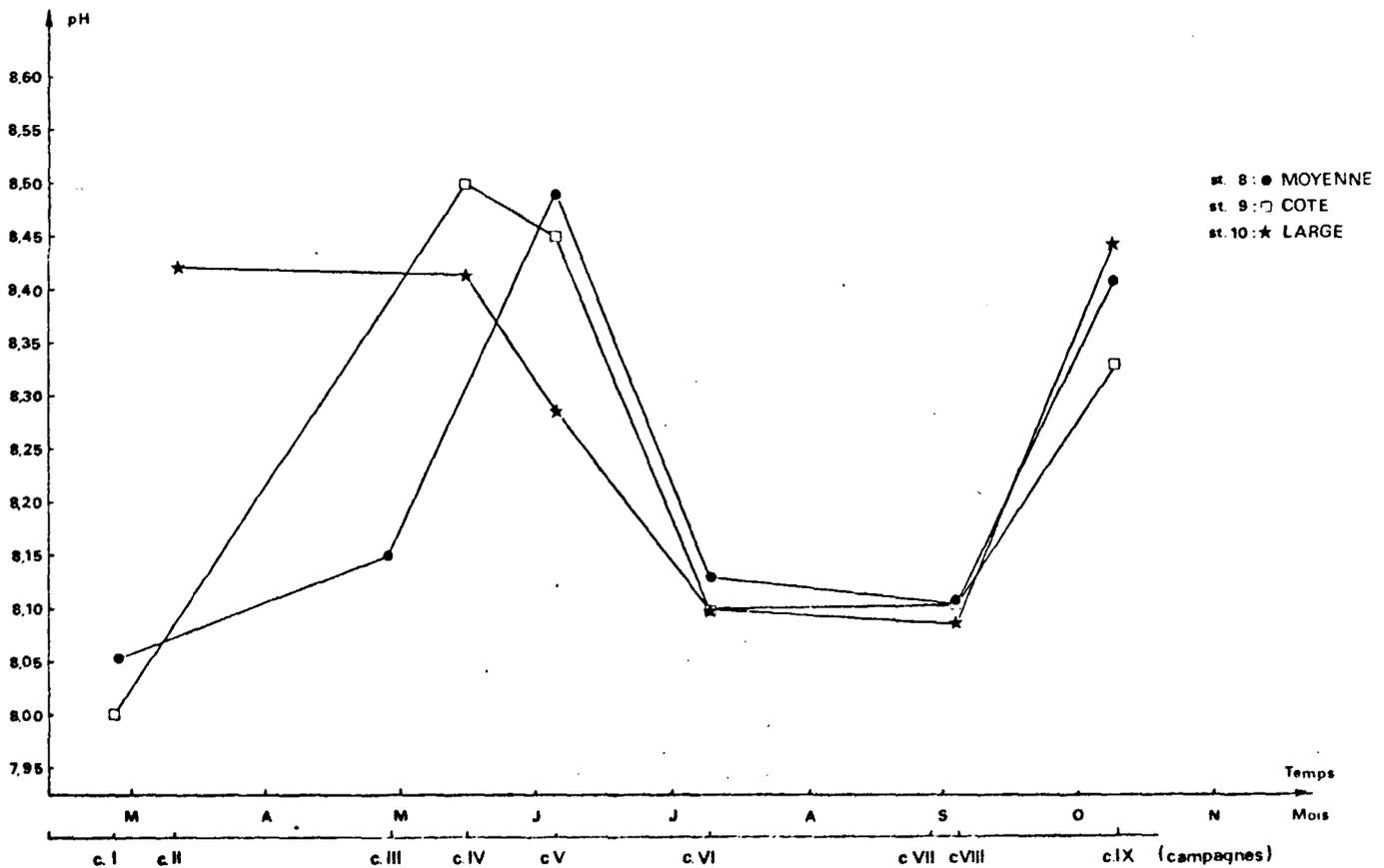


Fig.79 VARIATIONS DU pH DANS LE TEMPS A 3 STATIONS



3.1.2.7 - Sels nutritifs (figures 80 à 83)

L'amplitude des variations horizontales est plus importante pour les phosphates et les silicates. Pour les silicates, les valeurs obtenues à la station 9 côtière présentent davantage de fluctuations par rapport aux deux autres. Par contre, les concentrations en phosphates différencient la station moyenne (8) des stations 9 et 10 ; les variations verticales indiquent l'importance de l'arrivée d'eaux continentales dessalées (accompagnées de sels nutritifs) en surface. On devrait trouver corrélativement des valeurs plus fortes aux stations côtières, à condition que la consommation par le phytoplancton plus abondant à la côte ne détruise ce gradient. On note une concentration moindre des silicates aux stations moyennes et côtières lorsque les apports d'eaux douces sont peu importants et l'installation d'un gradient de valeurs décroissantes vers le large lorsque les précipitations abondantes enrichissent suffisamment le milieu en sels nutritifs pour compenser la consommation.

3.1.2.8 - Conclusions sur les variations horizontales

Les paramètres physiques déterminent un net gradient des valeurs :

- croissantes vers le large pour les températures après un refroidissement de l'air, et décroissantes vers le large après un réchauffement de la température atmosphérique. Ces variations été/hiver de la température de l'eau peuvent également provenir en partie des apports d'eaux continentales plus sensibles aux variations de la température de l'air,
- généralement croissantes vers le large pour la salinité, plus important après des périodes de fortes précipitations, mais pouvant être influencé par la présence des courants de marée (campagne IX),
- croissantes vers le large pour la transparence de l'eau (mesurée par la profondeur de disparition du disque de SECCHI) dépendante de la concentration en particules en suspension (minérales ou organiques) elle même fonction de la turbulence des eaux.

Le gradient côte-large que pourraient déterminer les valeurs des paramètres chimiques est fortement influencé par la variation des facteurs biologiques : photosynthèse, respiration.

Fig. 80 VARIATIONS DES PHOSPHATES DANS LE TEMPS A 3 STATIONS

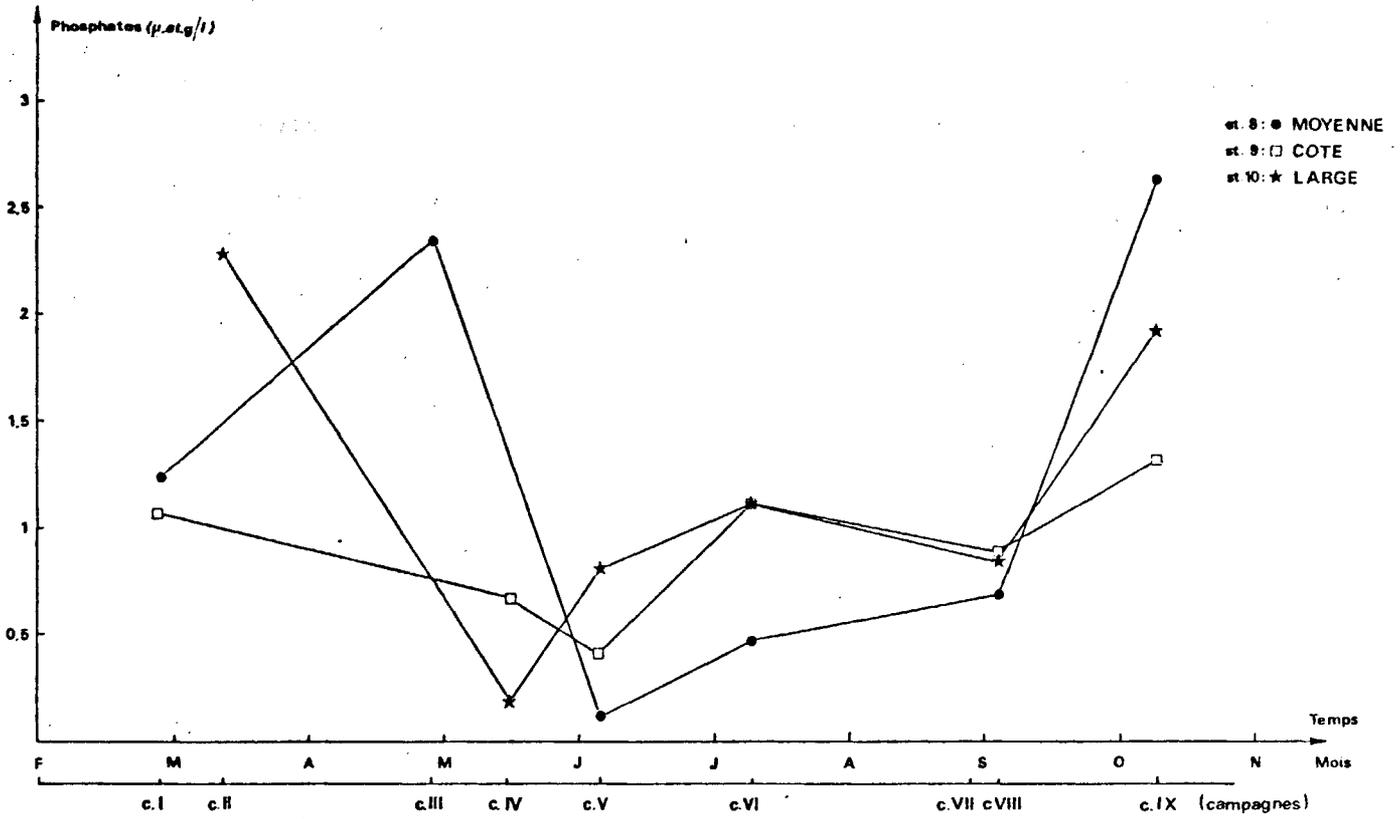


Fig. 81 VARIATIONS DES SILICATES DANS LE TEMPS A 3 STATIONS

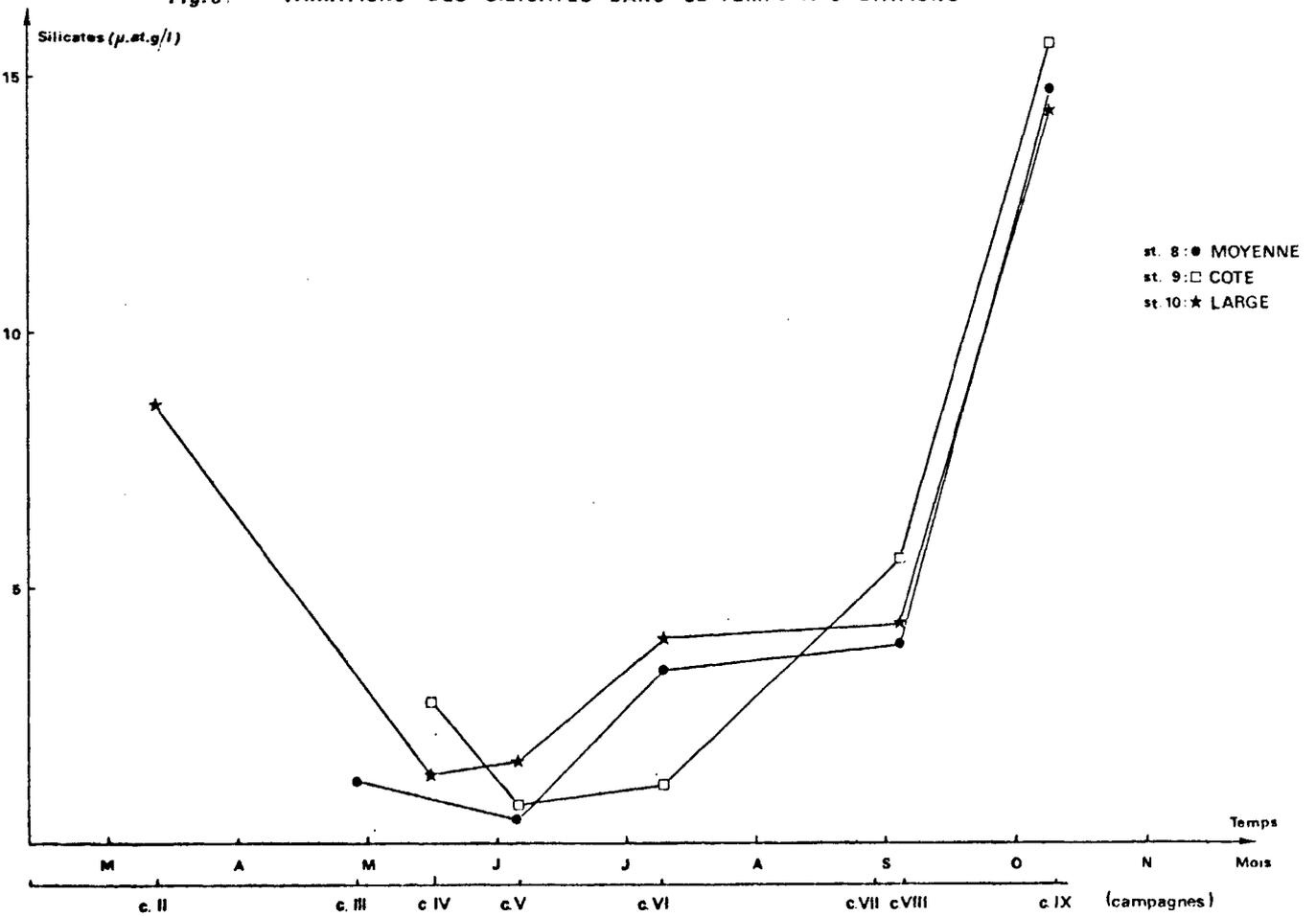


Fig.82 VARIATIONS DES NITRITES DANS LE TEMPS A 3 STATIONS

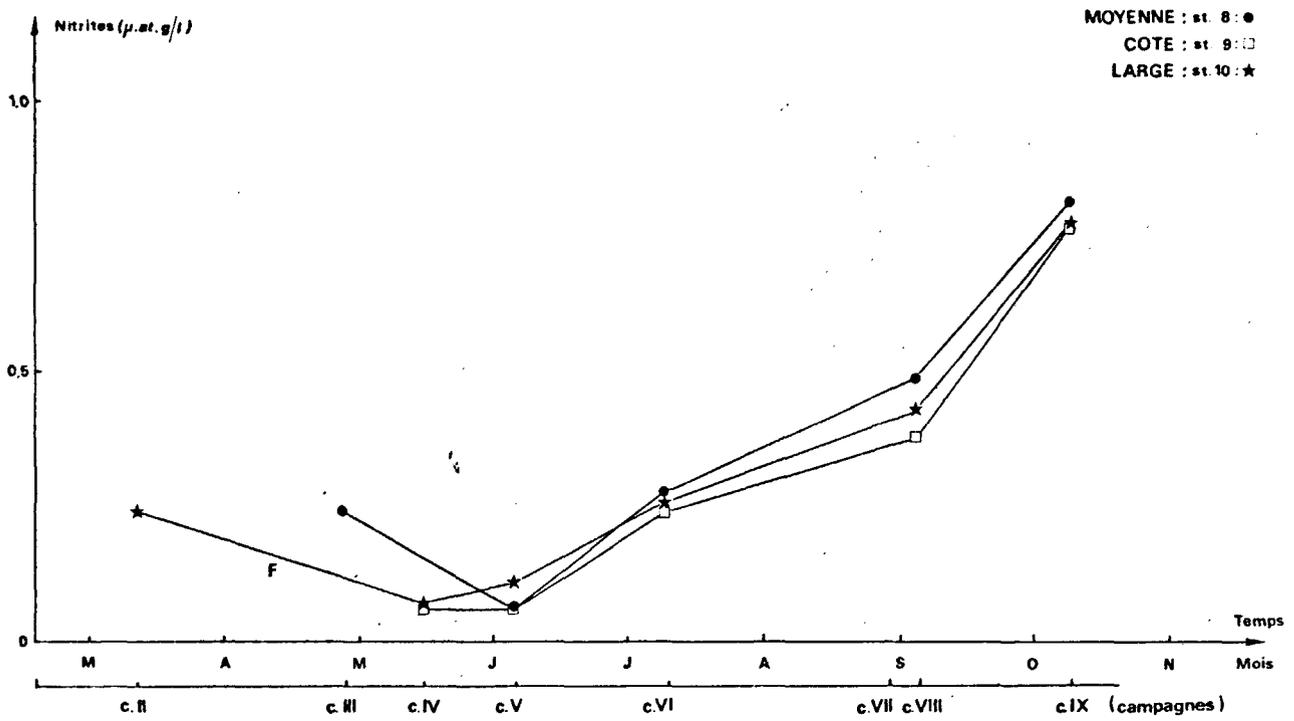
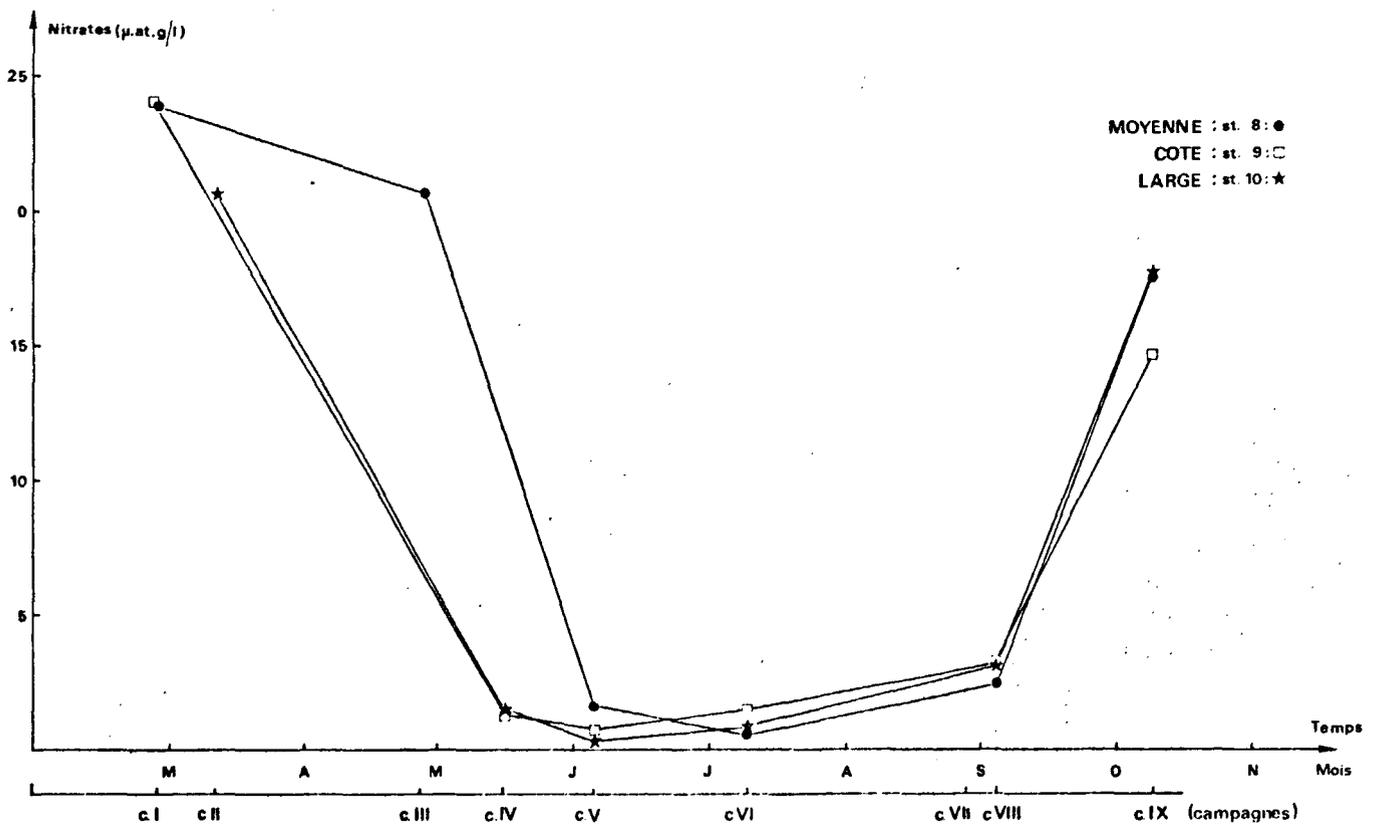


Fig.83 VARIATIONS DES NITRATES DANS LE TEMPS A 3 STATIONS



3.2 - Variations temporelles

Les graphiques représentant les variations spatiales (verticales et horizontales) pendant un cycle annuel montrent également l'importance de variation des paramètres d'une campagne à l'autre, par rapport aux variations existant à l'intérieur d'une même campagne. Il est donc possible sous certaines réserves de caractériser chaque paramètre de chaque campagne par un chiffre correspondant à la moyenne du paramètre considéré à tous les niveaux de toutes les stations étudiées (figures 84 et 85). Ces valeurs moyennes figurent dans le tableau p. 82 . L'existence d'un gradient côte-large pour certains paramètres laisse supposer qu'une moyenne calculée pour une campagne à proportion élevée de stations côtières sera assez peu comparable à une moyenne calculée pour une campagne où un plus grand nombre de stations du large a été effectué. Ainsi, la variation de salinité apparaissant entre les campagnes IX et X est simplement due au fait que seules trois stations côtières ont été effectuées le 6 novembre 1975. Les valeurs de la salinité de ces trois stations sont équivalentes aux valeurs relevées les 8 et 9 octobre aux stations côtières (voir tableau 23, volume II).

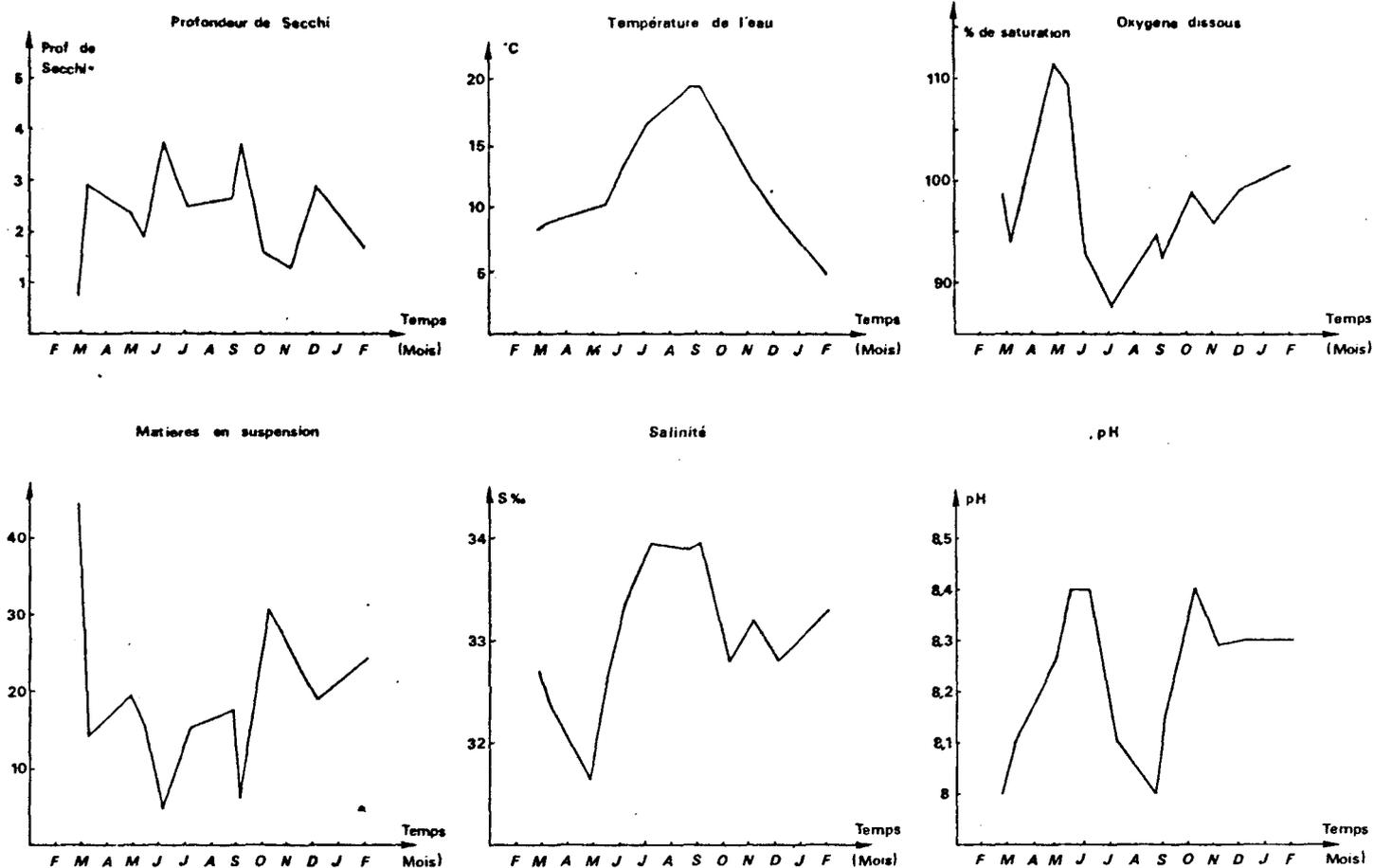
D'autre part, des variations d'amplitudes relativement importantes peuvent survenir entre mêmes paramètres mesurés à deux campagnes très proches ; comme par exemple entre la quantité des matières en suspension (et transparence de l'eau) et entre les silicates des campagnes VII et VIII (séparés d'une semaine). On peut donc supposer que des mesures éloignées dans le temps ne rendent pas compte de phénomènes de courte durée intervenant entre les deux séries de mesures : 6 semaines se sont écoulées entre les campagnes II et III, et 7 semaines entre les campagnes VI et VII.

Les variations observées sur un cycle annuel à PALUEL semblent conformes aux observations concernant les paramètres physico-chimiques des eaux côtières tempérées.

A un maximum estival de température (19° C) correspond un maximum de salinité (34 ‰) accompagné d'une chute des concentrations en sels nutritifs. L'importante amplitude de variation des paramètres physiques sur l'année (température 15° C ; salinité 2,5 ‰) est évidemment la conséquence de la position littorale des masses d'eaux étudiées, de faible profondeur et influencées par les apports continentaux.

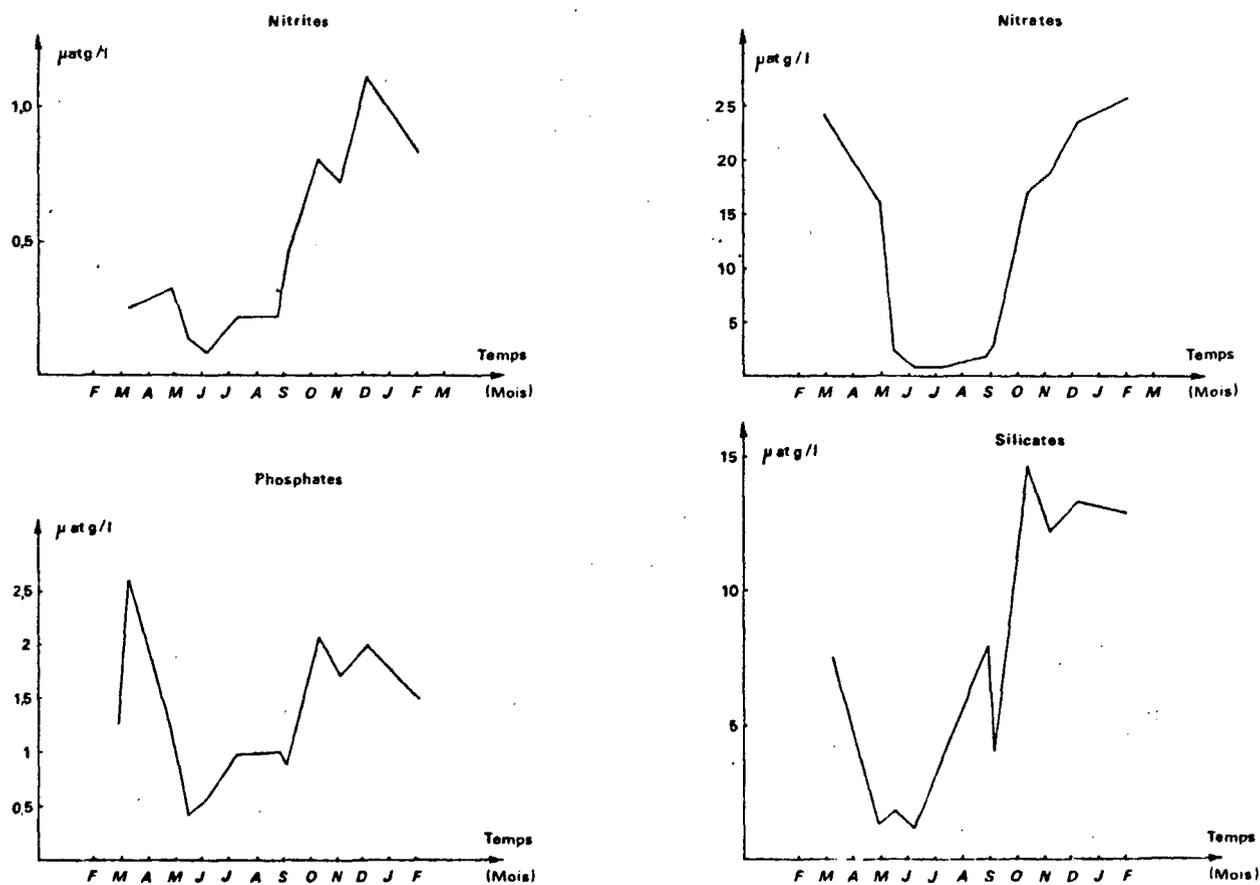
VARIATIONS DES PARAMETRES PHYSICO-CHEMQUES DANS LE TEMPS

Fig. 84



VARIATIONS QUANTITATIVES DES SELS NUTRITIFS DANS LE TEMPS

Fig. 85



MOYENNES PAR CAMPAGNE DES PARAMETRES HYDROBIOLOGIQUES

P. I

P. II

P. III

P. IV

P. V

P. VI

	\bar{x}	σ	N	\bar{x}	σ	N	\bar{x}	σ	N	\bar{x}	σ	N	\bar{x}	σ	N	\bar{x}	σ	N
Prof. de Secchi	0,7	0,15	5+5	2,2	0,7	4	2,4	0,8	4+5	1,9	0,5	8	3,8	1,3	11+8	2,7	1,7	12+7
Température	8,54	0,60	12+18	8,73	0,23	8	9,69	0,20	13+4	10,24	0,17	34	12,50	0,17	7+7	16,28	0,29	24+7
Salinité	32,69	0,14	18+26	32,45	0,27	17	31,65	0,12	11+17	32,60	0,09	34	33,38	0,22	45+28	33,99	0,138	37+27
Oxygène dissous	99,7	3,7	16+23	94,3	1,97	17	111,6	6,1	11+10	109,7	3,9	34	92,4	3,8	30+25	88,9	3,8	33+26
pH	8,04	0,07	18+26	8,14	0,11	17	8,30	0,17	13+18	8,45	0,13	34	8,35	0,05	45+28	8,13	0,04	39+27
Matières en suspension	43,1	13,7	16+25	14,7	14,5	17	18,2	9,7	13+17	15,4	21,9	34	4,9	3,6	46+28	15,2	10,1	38+27
Chlorophylle a	1,62	0,45	13+25	1,71	1,01	16	14,33	2,48	13+15	12,80	7,17	34	2,34	1,13	46+28	2,58	1,62	39+26
Phéopigments	5,59	3,00	13+25	6,18	5,29	16	2,21	2,12	13+15	6,14	5,78	33	1,03	0,89	46+28	13,46	8,54	39+27
Indice pigmentaire	5,8	1,0	13+24	7,5	2,0	16	2,9	0,2	13+15	3,6	0,4	34	4,5	1,1	46+27	8,0	2,3	33+26
Nitrites	-	-	-	0,25	0,08	17	0,37	0,13	13+17	0,11	0,12	32	0,09	0,09	46+28	0,21	0,11	37+27
Nitrates	24,05	1,15	15+22	21,60	2,97	16	16,26	3,84	13+17	2,37	2,20	32	0,82	0,56	44+26	0,80	0,32	38+27
Phosphates	1,29	0,30	15+24	2,59	0,55	16	1,19	0,60	12+18	0,35	0,28	31	0,61	0,63	37+26	0,91	0,52	34+23
Silicates	-	-	-	7,5	2,4	17	0,7	0,3	13+17	1,8	0,6	33	1,3	0,6	45+28	3,4	1,0	37+27
Microplancton	131	56	13+11	536	450	17	2545	925	11+12	176	134	26	1053	332	44+28	515	493	25+10

\bar{x} = moyenne des N valeurs

σ = écart-type

P. VII

P. VIII

P. IX

P. X

P. XI

P. XII

	\bar{x}	σ	N	\bar{x}	σ	N	\bar{x}	σ	N	\bar{x}	σ	N	\bar{x}	σ	N	\bar{x}	σ	N
Prof. de Secchi	2,8	0,8	6	3,5	1,0	3+10	1,7	0,5	3+12	1,25	0	3	2,9	2,0	7	1,7	1,1	10
Température	19,46	0,05	22	19,41	0,06	9+32	15,62	0,21	9+33	12,12	0,05	7	9,73	0,21	32	5,23	0,56	36
Salinité	33,951	0,084	22	33,983	0,133	10+32	32,873	0,203	9+43	33,218	0,003	9	32,973	0,427	31	33,284	0,249	36
Oxygène dissous	96,0	2,4	21	93,6	2,8	10+30	99,9	4,0	9+39	95,8	2,5	9	8,1	3,1	32	101,8	1,5	36
pH	8,03	0,03	22	8,16	0,06	10+33	8,41	0,05	10+43	8,29	0,01	9	8,23	0,02	33	8,33	0,05	36
Matières en suspension	14,7	8,0	22	6,9	3,7	10+33	28,5	9,7	10+43	-	-	-	18,5	7,3	32	24,5	13,9	36
Chlorophylle a	4,39	3,61	22	2,36	0,83	10+33	6,70	1,44	10+42	2,92	0,22	9	2,72	1,07	31	1,57	0,47	36
Phéopigments	12,66	6,40	22	5,47	3,09	10+33	6,37	4,12	10+42	7,72	3,08	9	7,51	3,96	31	6,09	3,83	36
Indice pigmentaire	6,3	1,4	18	7,0	2,7	10+33	4,4	1,5	7+42	7,5	1,5	9	6,3	1,3	31	6,6	1,2	36
Nitrites	0,22	0,111	18	0,43	0,09	10+33	0,80	0,07	10+43	0,72	0,05	9	1,11	0,25	33	0,83	0,12	36
Nitrates	1,78	0,58	18	2,81	0,58	10+33	16,58	1,41	10+43	18,56	0,23	9	23,46	2,54	33	25,76	2,43	36
Phosphates	1,00	0,40	16	0,80	0,10	10+33	1,93	0,71	10+43	1,71	0,38	9	2,01	0,34	33	1,50	0,09	36
Silicates	7,9	1,4	18	4,2	1,2	10+33	14,6	0,6	10+43	12,2	0,6	9	13,3	2,0	33	12,9	1,5	36
Microplancton	155	102	19	192	184	8+18	168	56	10+19	-	-	-	63	28	27	76	22	36

3.3 - Conclusions sur les variations spatiales et temporelles

L'étude des variations spatiales (horizontales et verticales) et temporelles laisse apparaître la complexité des interactions existant entre les différents paramètres, aussi certaines relations ont-elles été établies en comparant les paramètres deux à deux. Les figures 86 et 116 ne représentent que les droites de régression à coefficient de corrélation significatif (> 95 %)

3.3.1 - Relations paramètres physiques entre eux

3.3.1.1 - Température-salinité

Le gradient côte-large et surface-fond apparaissant dans la distribution de la température et de la salinité est confirmé par la signification des relations entre ces deux paramètres, particulièrement aux campagnes I, IV, V, VI, VII, et IX (figures 86 à 91). Le nombre de données des campagnes II et X est insuffisant pour établir de telles relations. Les relations température-salinité des campagnes III et VIII ne sont pas significatives ; il se peut que cela soit dû au refroidissement précédant les deux campagnes qui provoque un bouleversement du gradient de valeurs. C'est cette chute de température qui détermine une inversion de la relation T.S : la corrélation devient positive à la campagne VII. Entre la campagne VII et VIII intervient un léger réchauffement qui contre l'effet du refroidissement. La droite de régression des relations T.S de la campagne IX aurait dû avoir une pente positive : nous avons vu que les eaux à caractéristiques côtières ont été prélevées au large et inversement. L'influence "côtière" ne se manifeste que pour la salinité et le gradient de valeurs croissantes vers le large pour la température, uniquement soumis au volume des masses d'eau, est conforme à ce qu'on attendrait après un refroidissement.

L'évolution des relations température-salinité se traduit par les variations de la pente de la droite de régression et peut se schématiser comme suit :

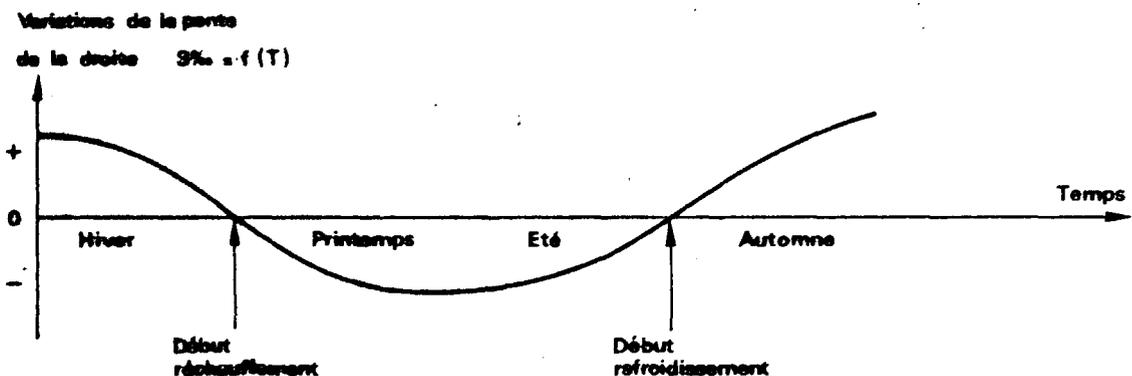


Fig.86 DIAGRAMME DE DISPERSION TEMPERATURE - SALINITE

Campagne I (27/28.02.1975)

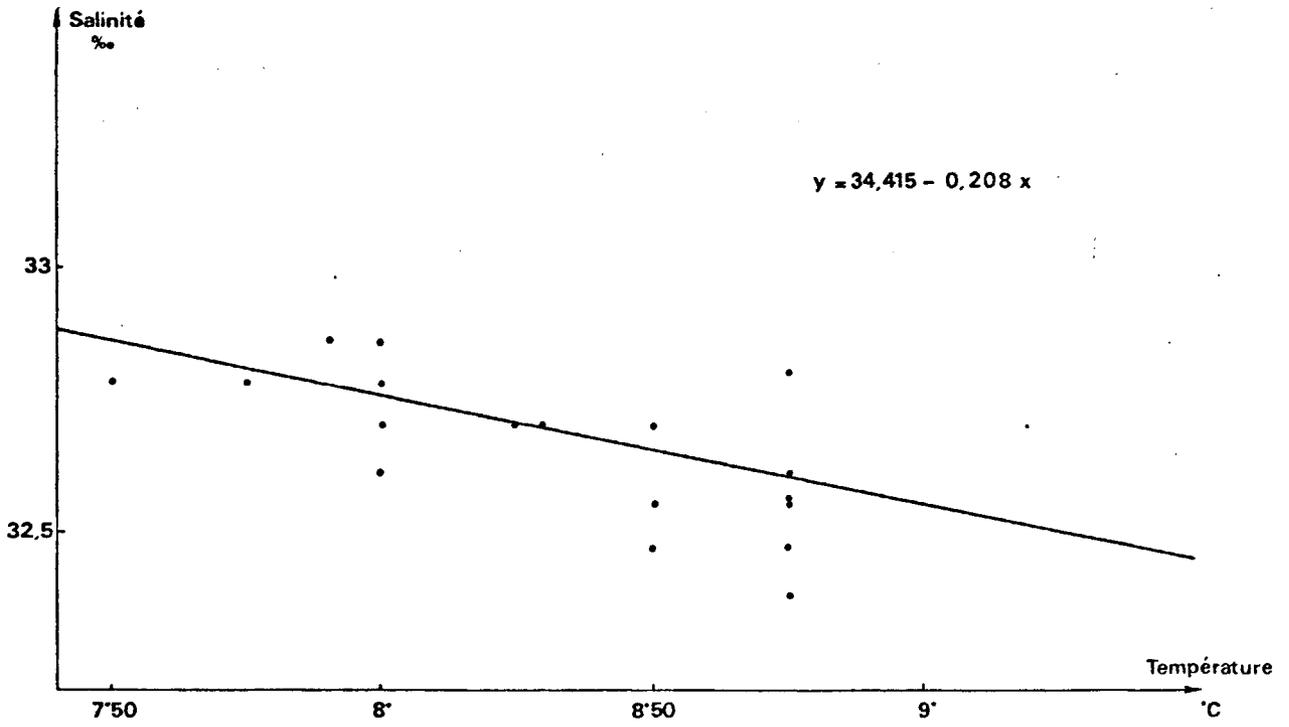


Fig.87 DIAGRAMME DE DISPERSION TEMPERATURE - SALINITE

Campagne IV (15.05.1975)

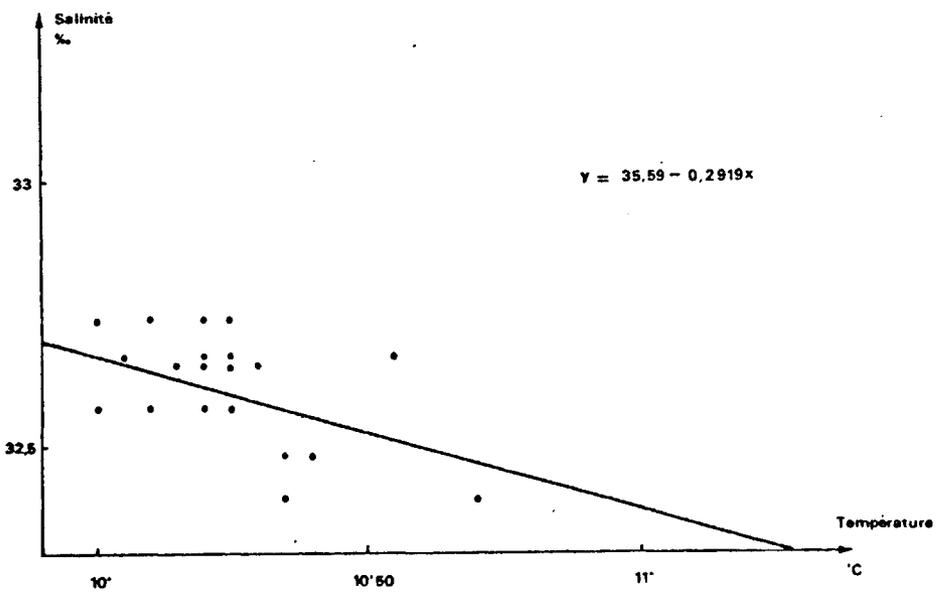


Fig.88 DIAGRAMME DE DISPERSION TEMPERATURE - SALINITE

Campagne V (5/6.06.1975)

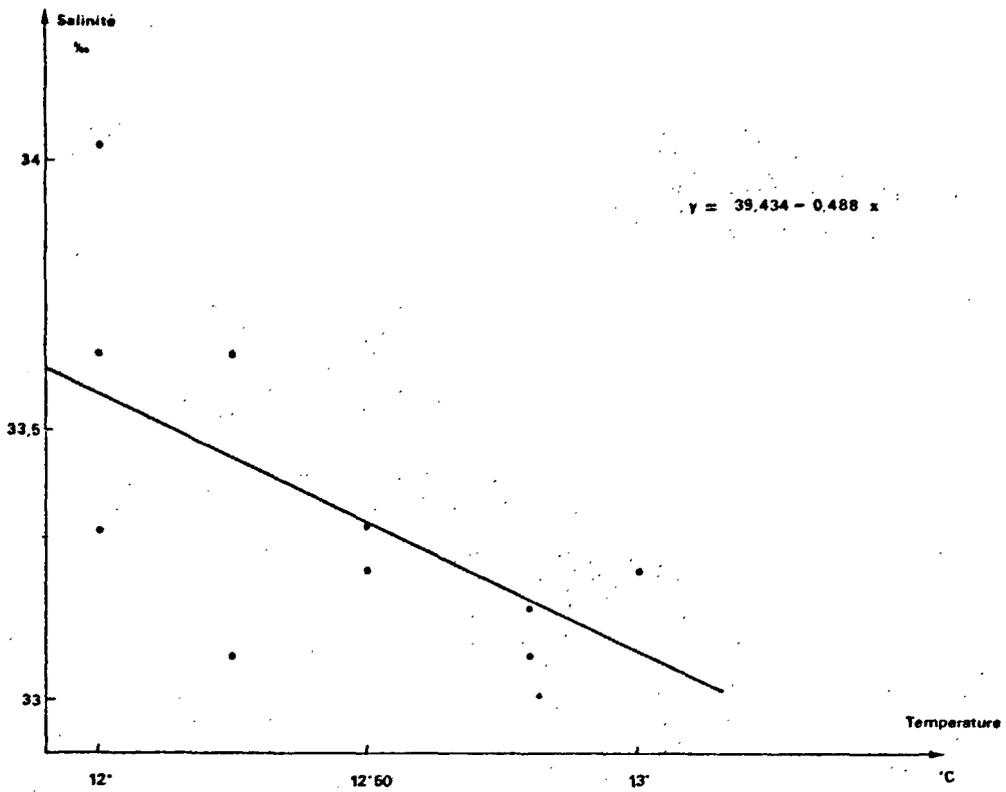


Fig.89 DIAGRAMME DE DISPERSION TEMPERATURE - SALINITE

Campagne VI (8/9.07.1975.)

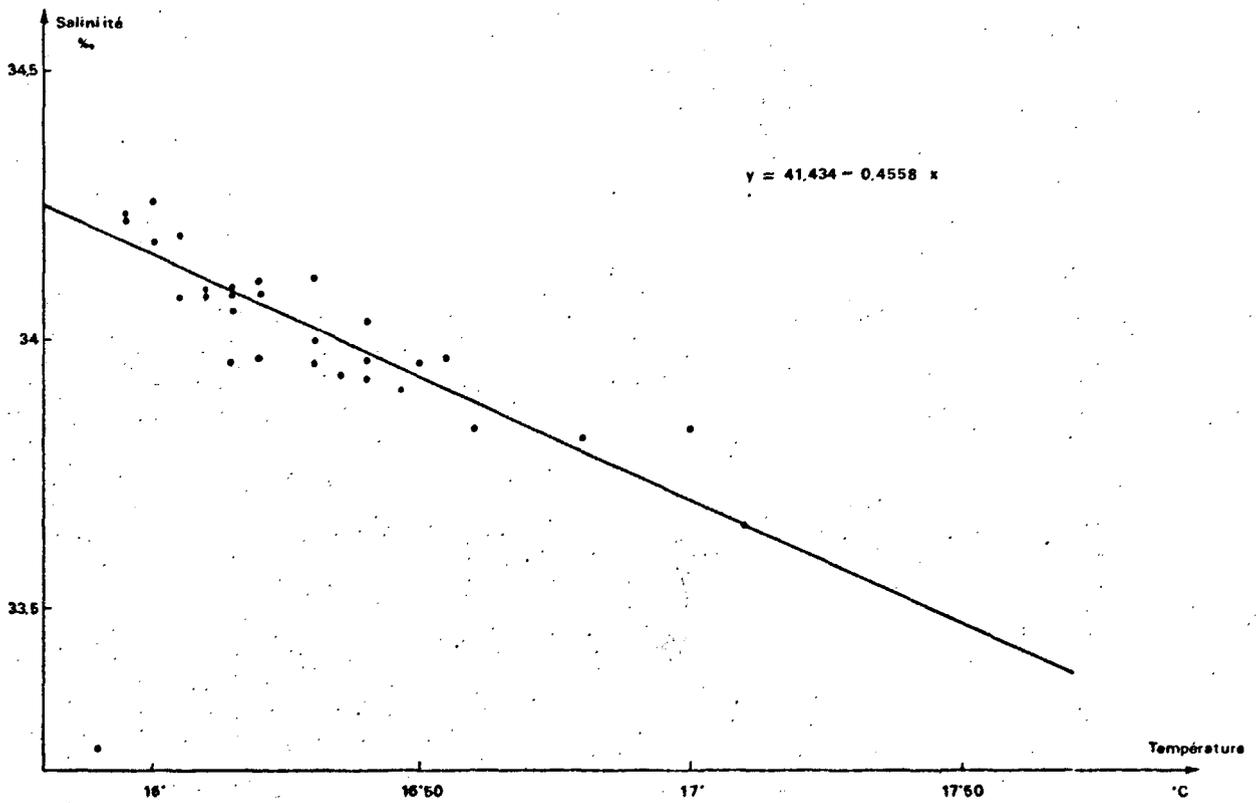
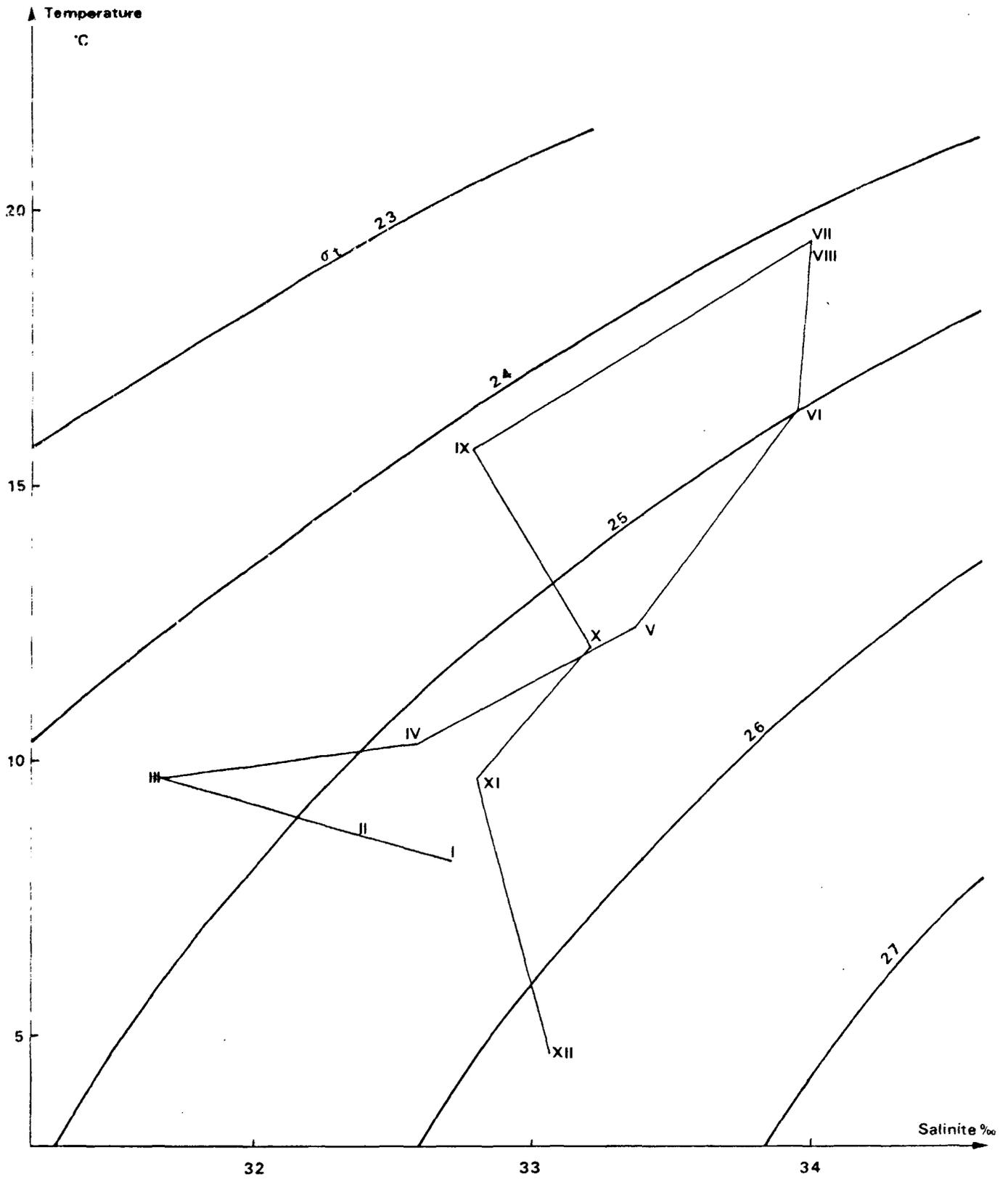


Fig. 92 DIAGRAMME T.S. MOYEN



Les relations T.S déterminent avec la pression atmosphérique la densité de l'eau de mer. Le graphique de la figure 92 représente le diagramme T.S montrant l'évolution de la densité moyenne de l'eau par campagne sur un cycle annuel.

Les chiffres indiqués sur les isolignes de densité correspondent à la formule suivante :

$$\sigma_{S.T.P.} = (\rho_{S.T.P.} - 1) \times 10^3$$

$\rho_{S.T.P.}$ représente la densité de l'eau de mer comparée à celle de l'eau distillée à 4° C (1 g/cm³) à salinité (S), température (T) et pression (P) données. Ainsi, 23 correspond à une densité de 1,023 g/cm³. On remarque ainsi, qu'aux brusques variations de densité provoquées soit par une diminution de la salinité soit par une augmentation de la température, correspond une pente nulle de la droite de régression des relations T.S.

Des relations secondaires existent entre la température et d'autres paramètres comme la transparence de l'eau (SECCHI) et les matières en suspension (figures 93 à 97) confirmant les variations du gradient côte-large de température en fonction du réchauffement ou du refroidissement.

Les relations salinité-profondeur de SECCHI confirment également le gradient côte-large de la salinité (figures 98 à 99).

3.3.1.2 - Matières en suspension- SECCHI

Les tracés des figures 100 à 104 représentent les droites de régression obtenues à partir de la profondeur de disparition du disque de SECCHI et des valeurs de matières en suspension des couches superficielles (0 m). Ces dernières ont été choisies préférentiellement à une moyenne sur la colonne d'eau ou à la totalité des valeurs à tous les niveaux car la profondeur de disparition du disque est rarement supérieure à 5 m. Elle ne dépend donc pas de la concentration des particules en suspension présentes au delà de 5 m.

La profondeur de disparition est une fonction de puissance négative du taux de matières en suspension à 0 m ($y = ax^{-b}$) quelle que soit la

Fig. 93

DIAGRAMME DE DISPERSION TEMPERATURE-PROFONDEUR DE SECCHI

Campagne V (5/6.06.1975)

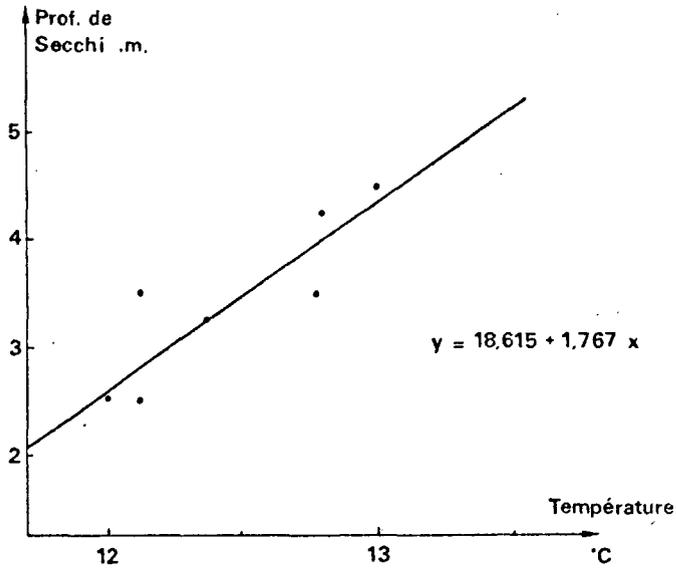


Fig. 94

DIAGRAMME DE DISPERSION TEMPERATURE-PROFONDEUR DE SECCHI

Campagne IX (8/9.10.1975)

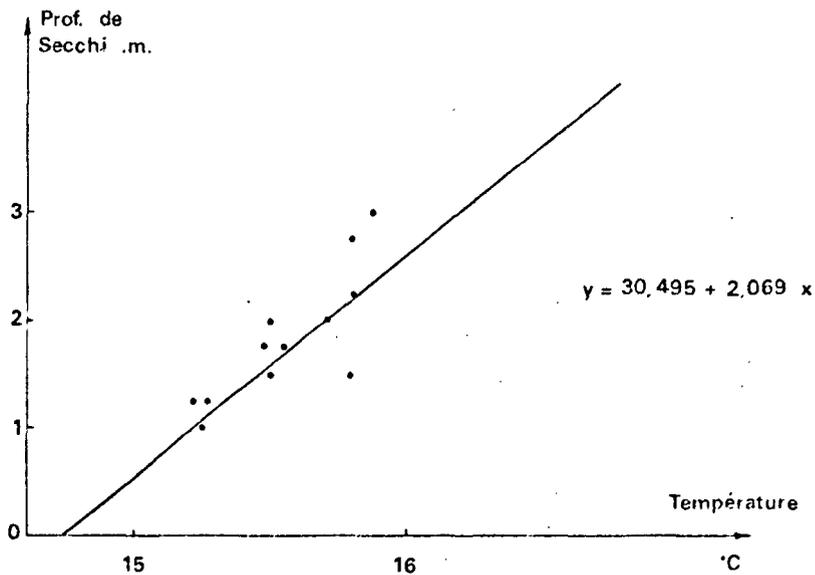


Fig.95 DIAGRAMME DE DISPERSION MATIERES EN SUSPENSION - TEMPERATURE

Campagne V (5/6.06.1975)

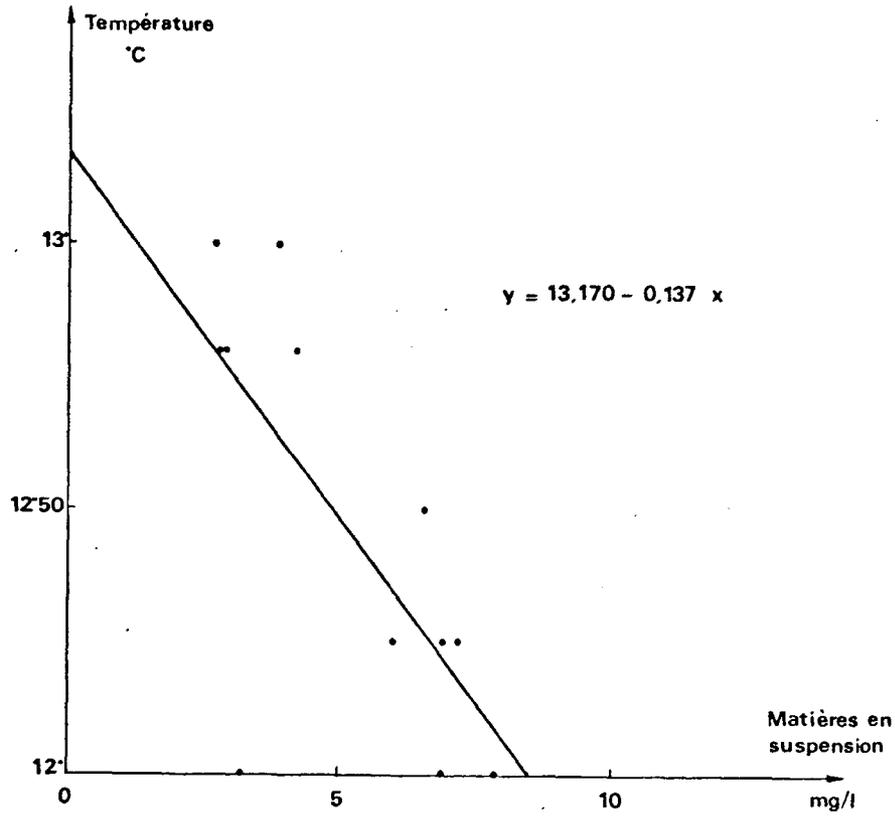


Fig.96 DIAGRAMME DE DISPERSION MATIERES EN SUSPENSION - TEMPERATURE

Campagne VI (8/9.07.1975)

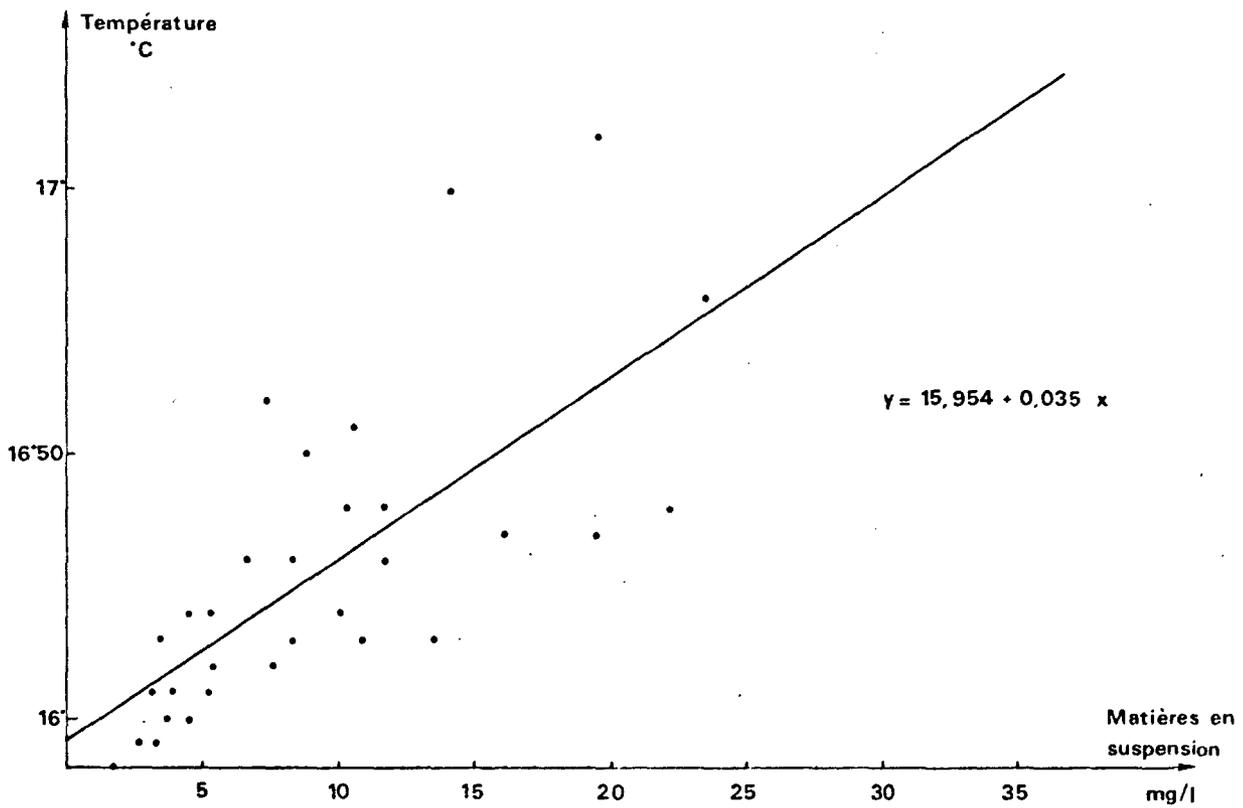


Fig. 97 DIAGRAMME DE DISPERSION MATIERES EN SUSPENSION-TEMPERATURE

Campagne IX (8/9.10.1975)

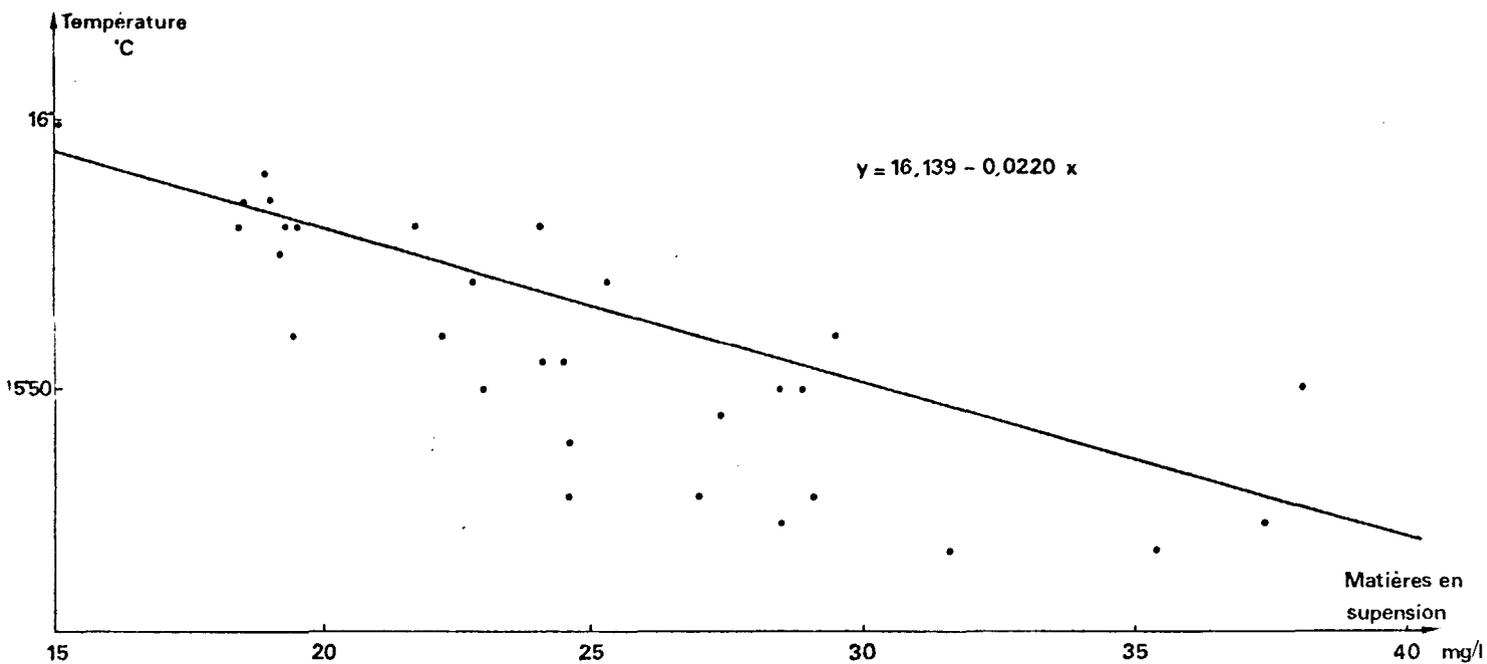


Fig. 98 DIAGRAMME DE DISPERSION PROFONDEUR DE SECCHI - SALINITE

Campagne VI (8/9.07.1975)

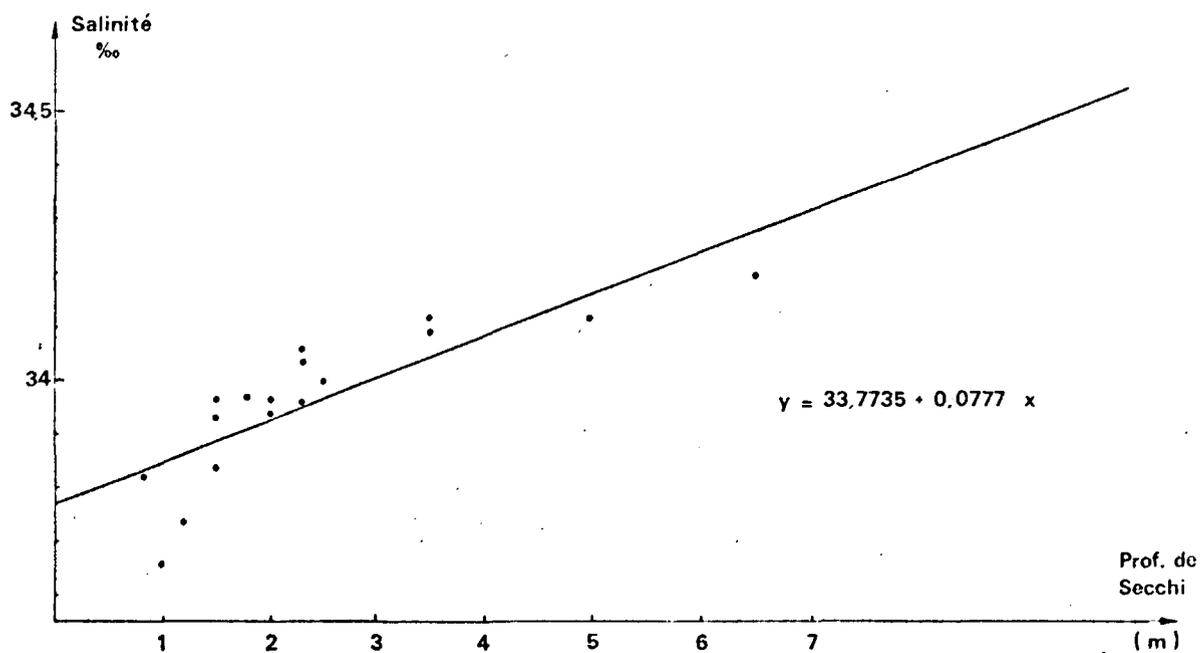


Fig.99 **DIAGRAMME DE DISPERSION PROFONDEUR DE SECCHI-SALINITE**
Campagne VIII (3/4.09.1975)

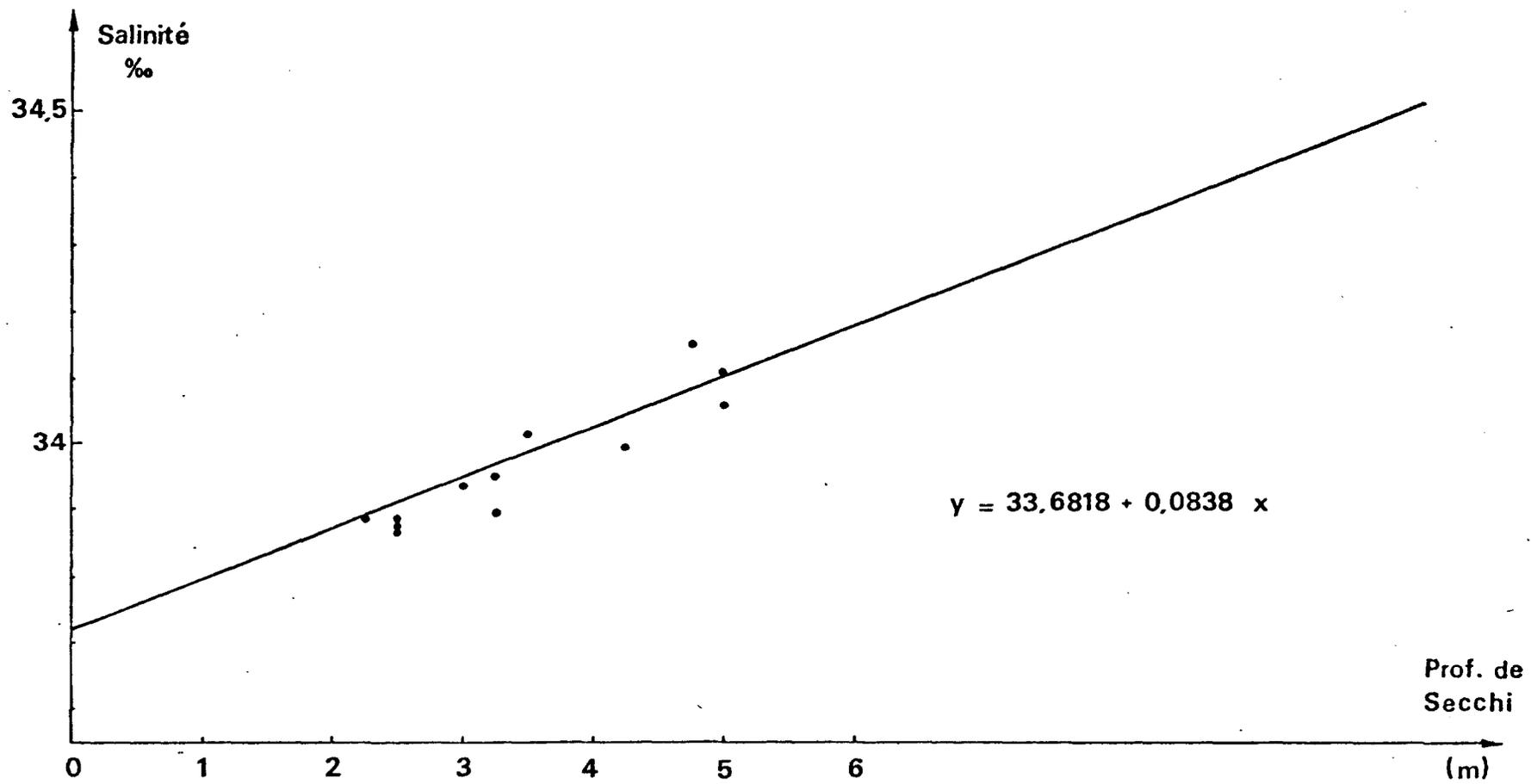


Fig.100

DIAGRAMME DE DISPERSION MATIERES EN SUSPENSION - PROFONDEUR DE SECCHI

Campagne III (28/29.04.1975)

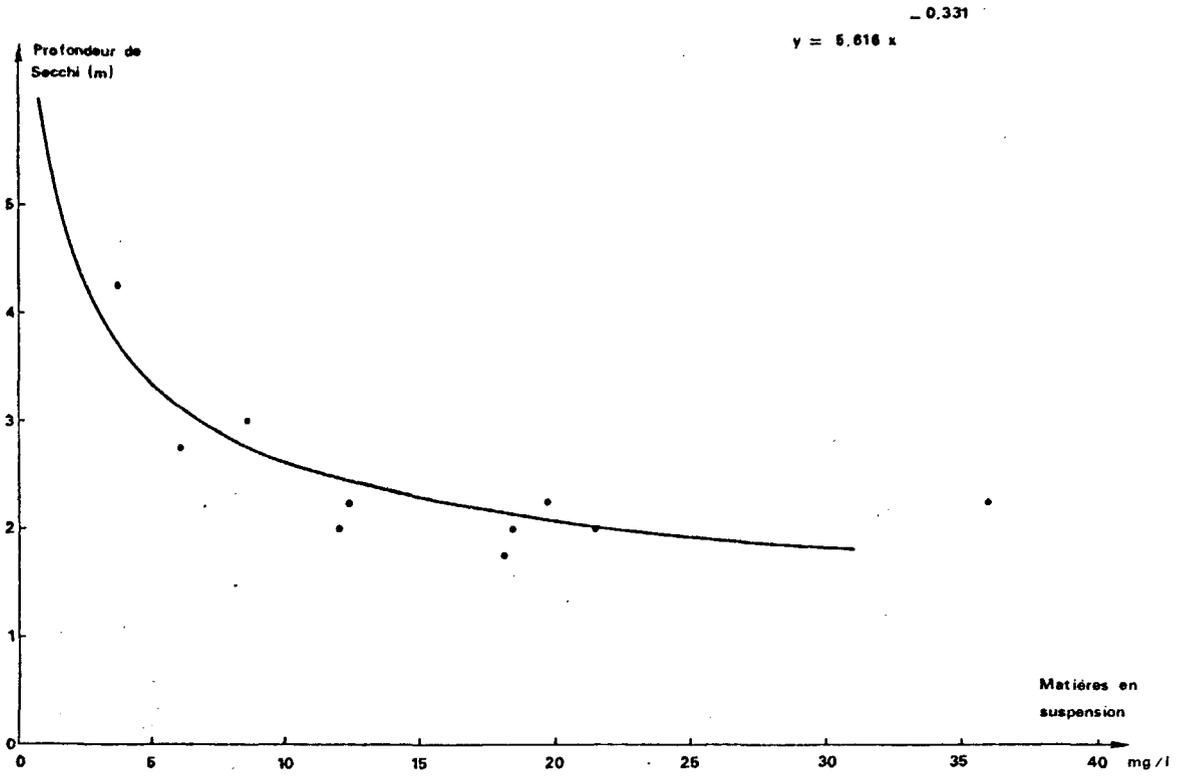


Fig.101

DIAGRAMME DE DISPERSION MATIERES EN SUSPENSION - PROFONDEUR DE SECCHI

Campagne IV (15.05.1975)

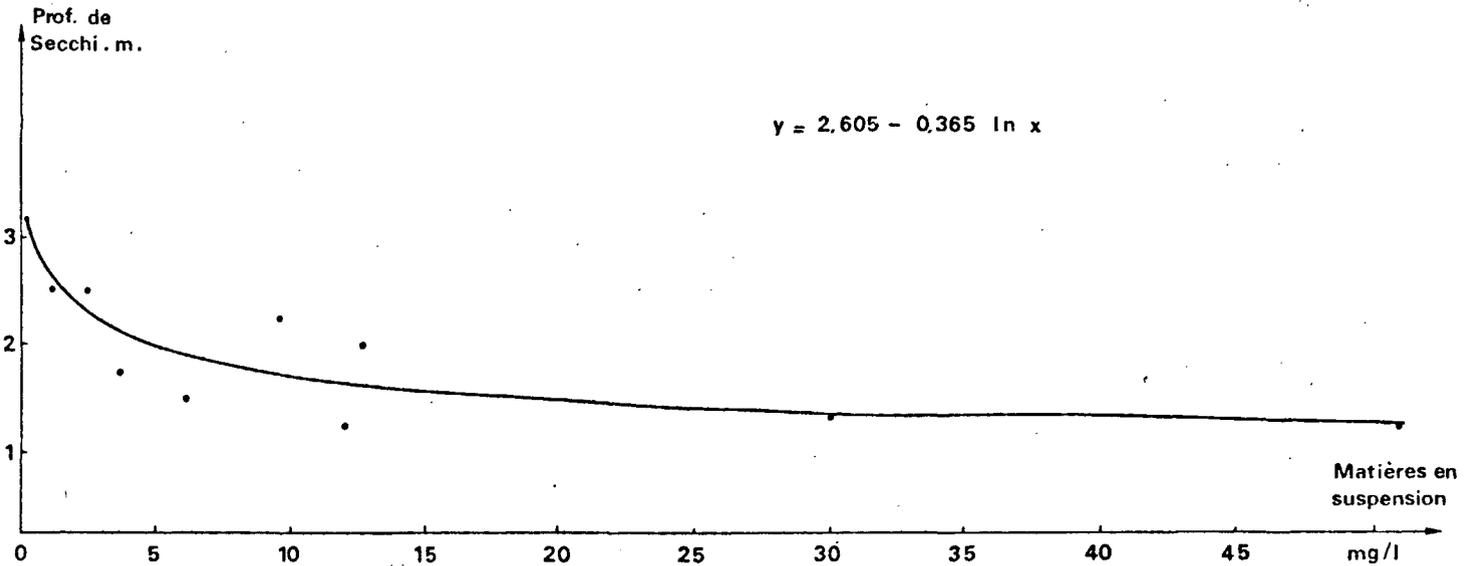


Fig.102 DIAGRAMME DE DISPERSION MATIERES EN SUSPENSION - PROFONDEUR DE SECCHI

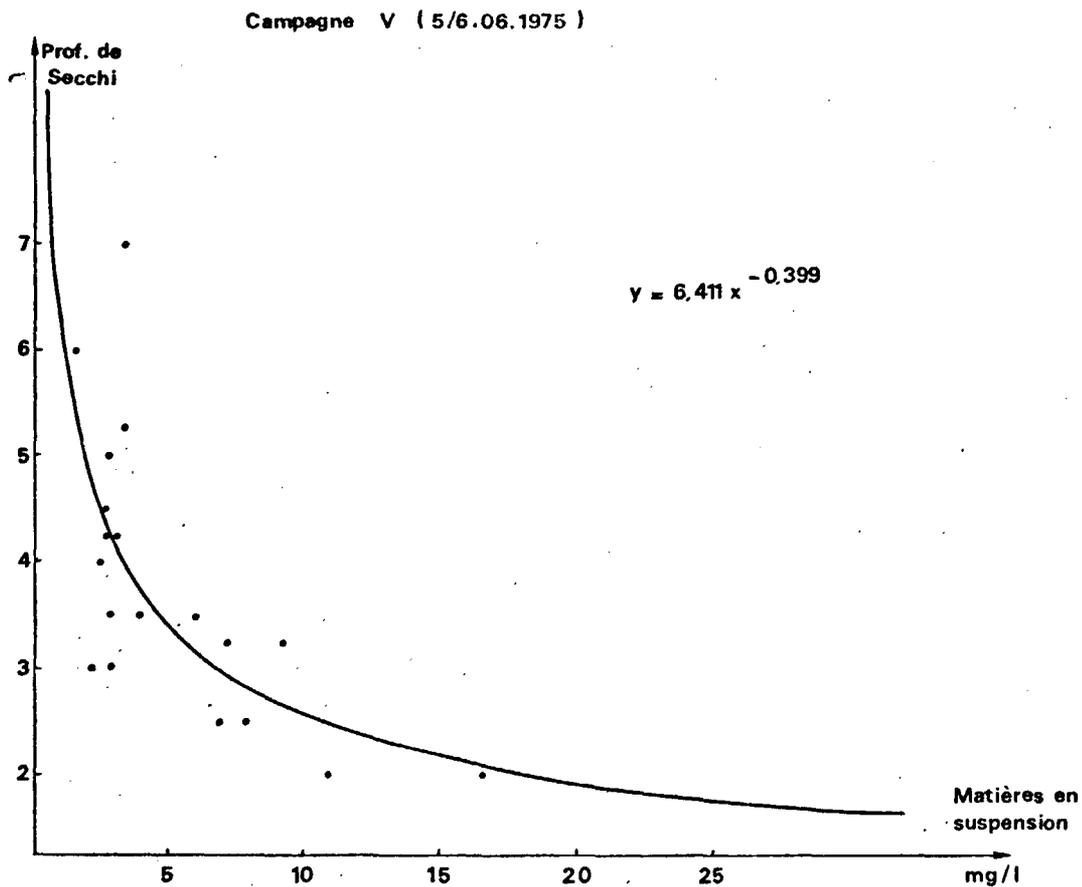


Fig.103 DIAGRAMME DE DISPERSION MATIERES EN SUSPENSION - PROFONDEUR DE SECCHI

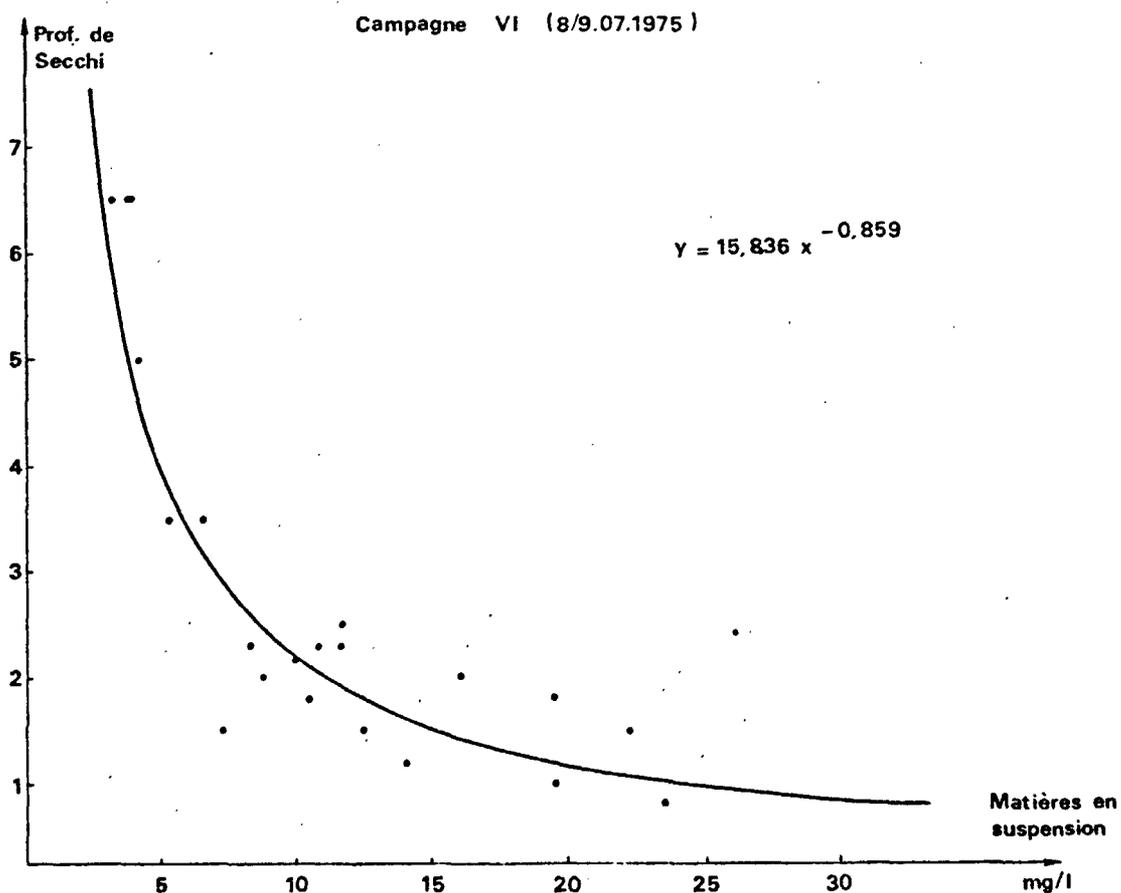


Fig.104

DIAGRAMME DE DISPERSION MATIERES EN SUSPENSION - PROFONDEUR DE SECCHI

Campagne IX (8/9.10.1975)

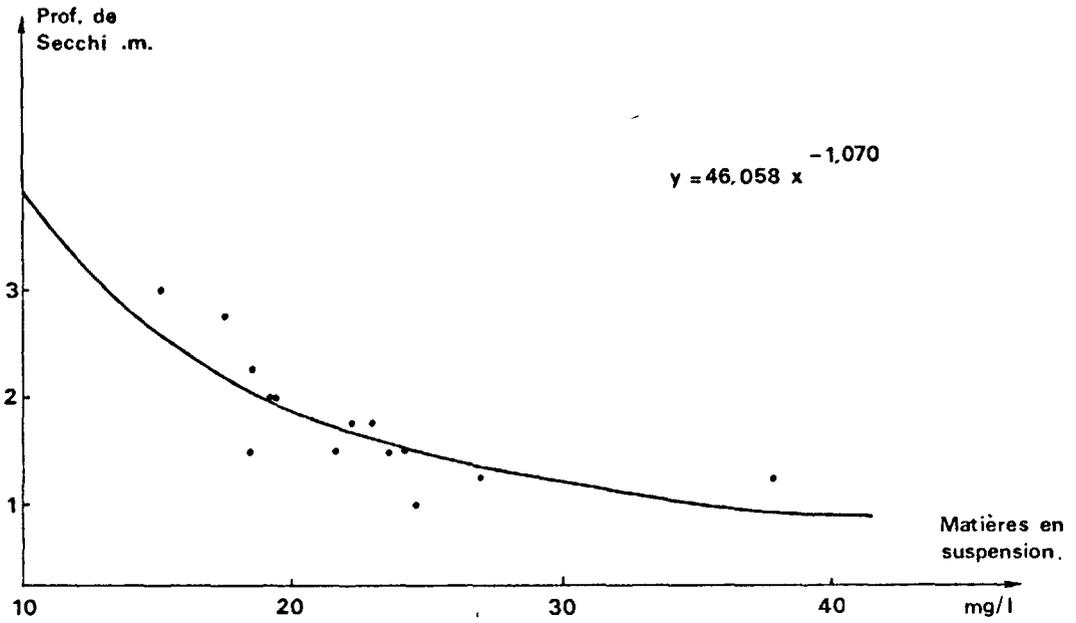
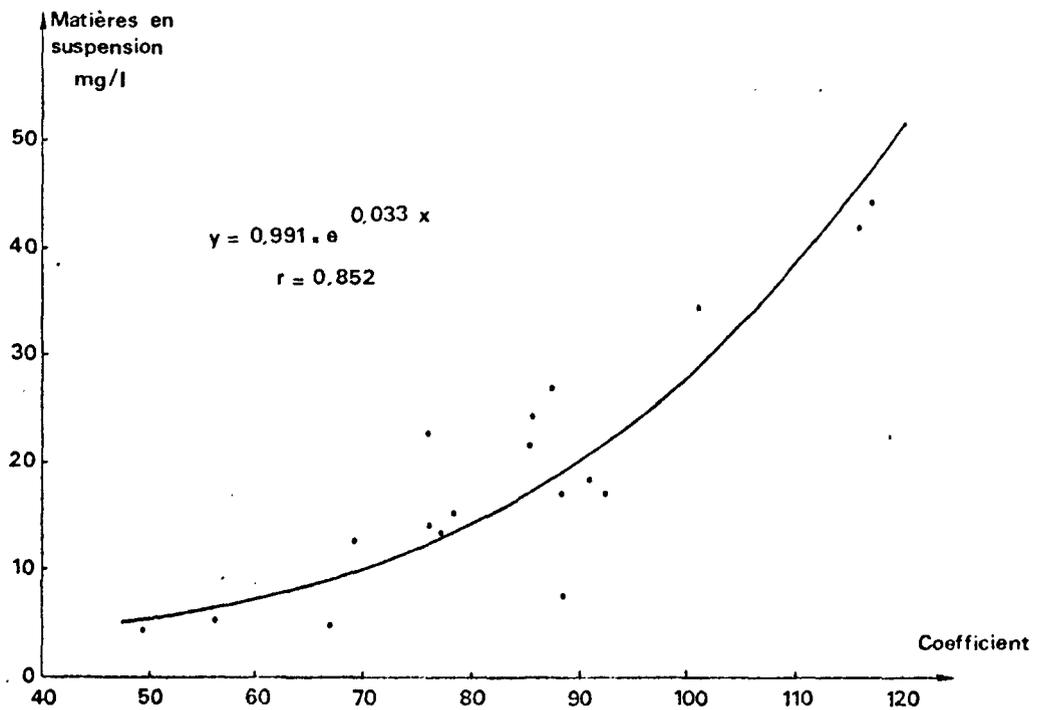


Fig.105

RELATION MATIERES EN SUSPENSION - COEFFICIENT DE MAREE



des autres paramètres. La transparence de l'eau est donc liée directement aux variations du taux de matières en suspension (minérales ou organiques). L'étude de chaque campagne (paragraphe 2) a permis de comparer la turbidité à la turbulence des eaux. Cette turbulence provient à la fois du mouvement des vagues (influence du vent) et des courants de marée. Il a semblé difficile d'établir des relations entre la turbidité et la force des vents, car ceux-ci n'ont pas la même action sur les eaux côtières selon leur direction, et selon leur durée. La vitesse des courants de marée n'a pas été mesurée mais elle dépend du coefficient de marée. La figure 105 représente la droite de régression obtenue à partir des coefficients de marée et de la moyenne des valeurs de turbidité correspondante, pour chaque jour de prélèvements. Le coefficient de corrélation de la droite est hautement significatif ($\gamma = 0,852$ significatif à $>99\%$). Le taux des matières en suspension est une fonction exponentielle du coefficient de marée, et par conséquent de la vitesse du courant, celle-ci étant liée au coefficient par une relation plus ou moins linéaire. Les variations observées autour de la droite ont probablement deux origines : influence de la vitesse du vent et influence des courants de marée précédant le jour de la mesure : une mesure effectuée après une période de vive-eau donnera un taux de matières en suspension supérieur à celui mesuré après une période de morte-eau, pour un même coefficient.

3.3.2 - Influence des paramètres physiques sur les paramètres chimiques

Le taux d'oxygène dissous (en pourcentage de saturation) et le pH ne paraissent pas dépendre directement des paramètres physiques. Aucune relation significative n'a pu être établie dans ce sens.

Par contre, la concentration en sels nutritifs des eaux paraît varier en même temps que température, salinité ou turbidité.

3.3.2.1 - Température et salinité - Sels nutritifs (figures 106 à 111)

La température semble jouer sur la répartition des nitrates et des silicates. Les relations sont linéaires et la pente de la droite est positive (excepté pour les valeurs concernant la campagne IX) : soit que

Fig 106

DIAGRAMME DE DISPERSION SILICATES - TEMPERATURE

Campagne III (28/29.04.1975)

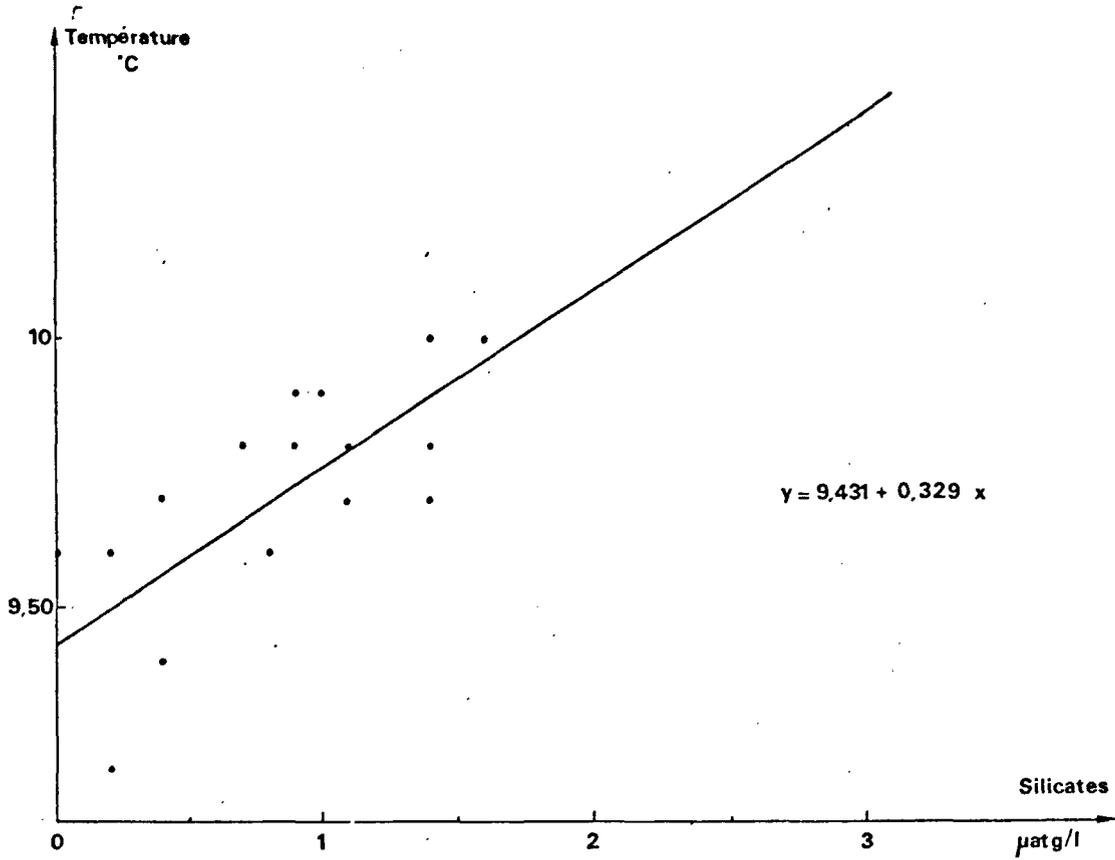


Fig.107

DIAGRAMME DE DISPERSION SILICATES - TEMPERATURE

Campagne IV (15.05.1975)

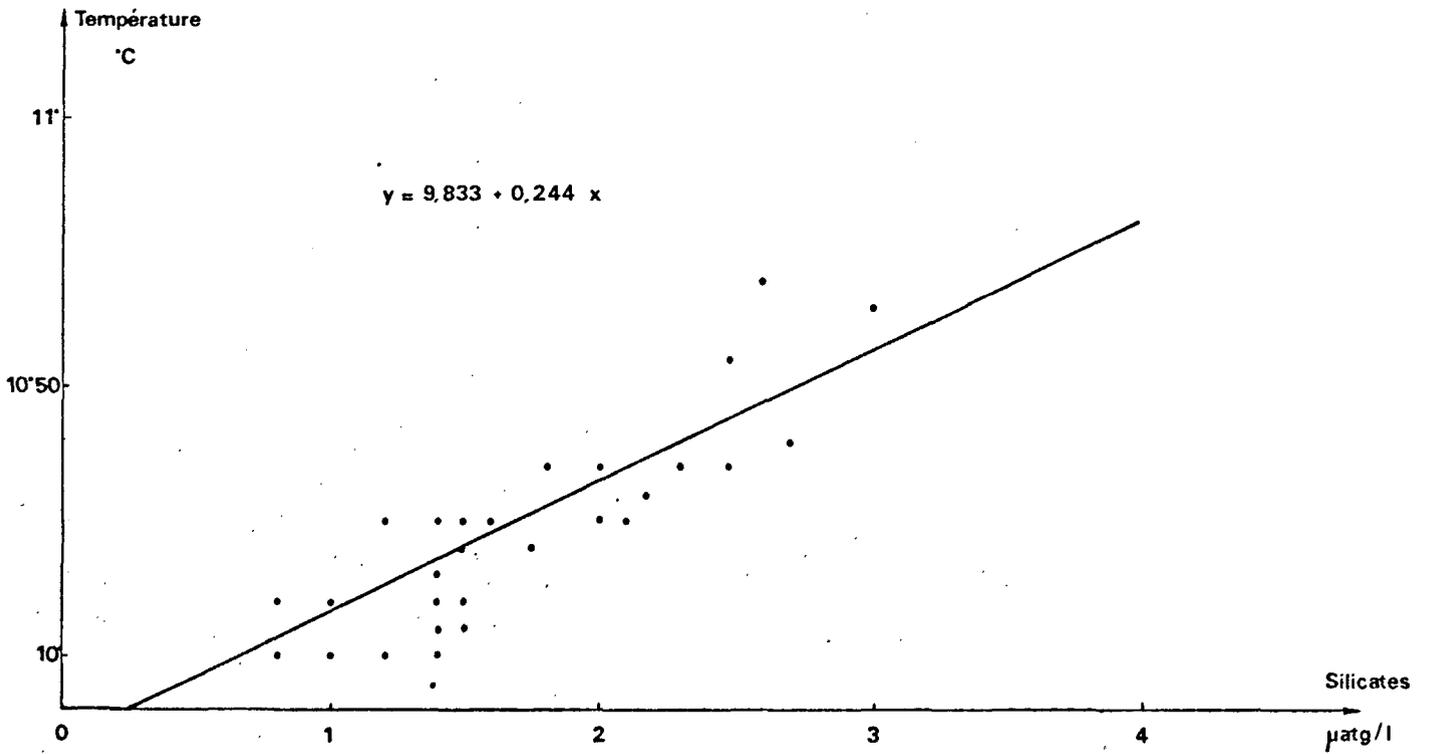


Fig.108 **DIAGRAMME DE DISPERSION SILICATES-TEMPERATURE**
Campagne IX (8/9.10.1975)

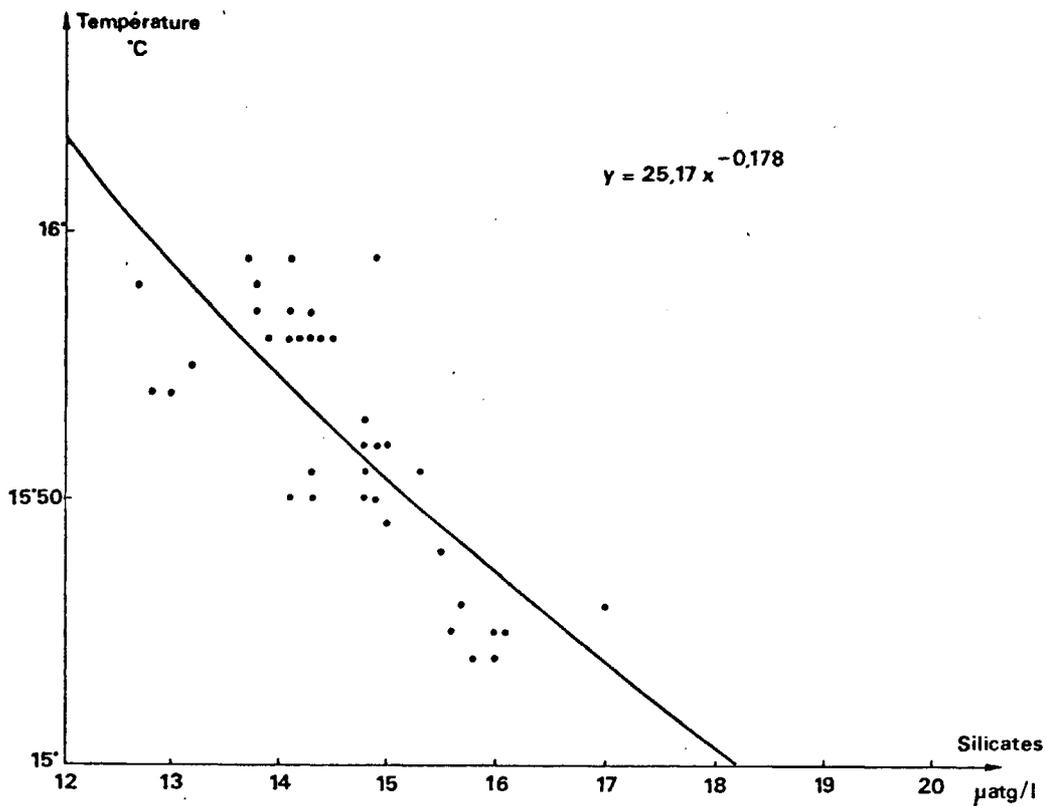


Fig.109 **DIAGRAMMES DE DISPERSION : NITRATES — TEMPERATURE.**

Campagne II.

Campagne IX. 8.10.75

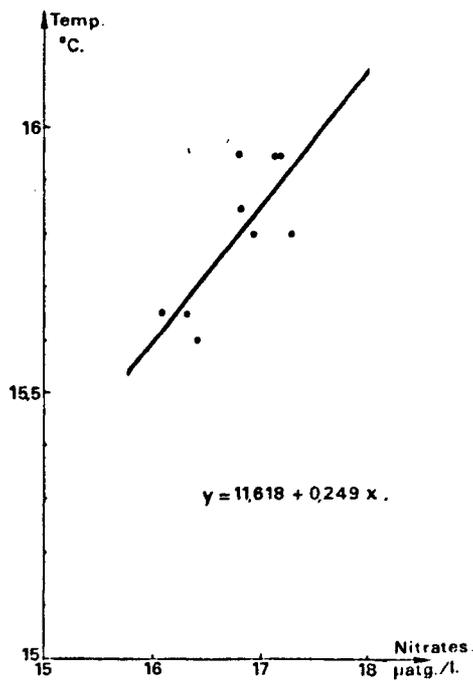
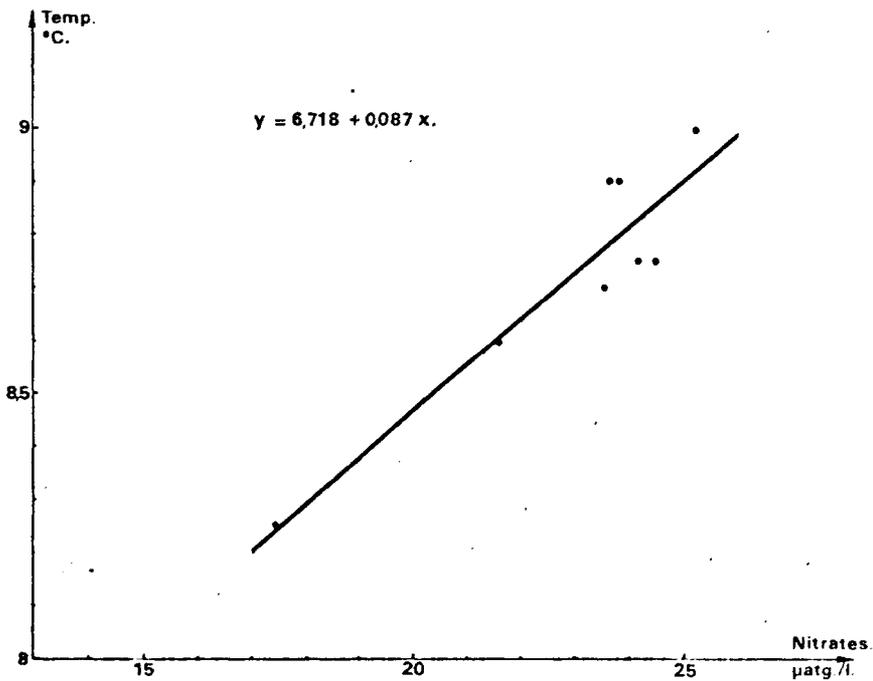


Fig 110

DIAGRAMME DE DISPERSION : NITRATES — TEMPERATURE.

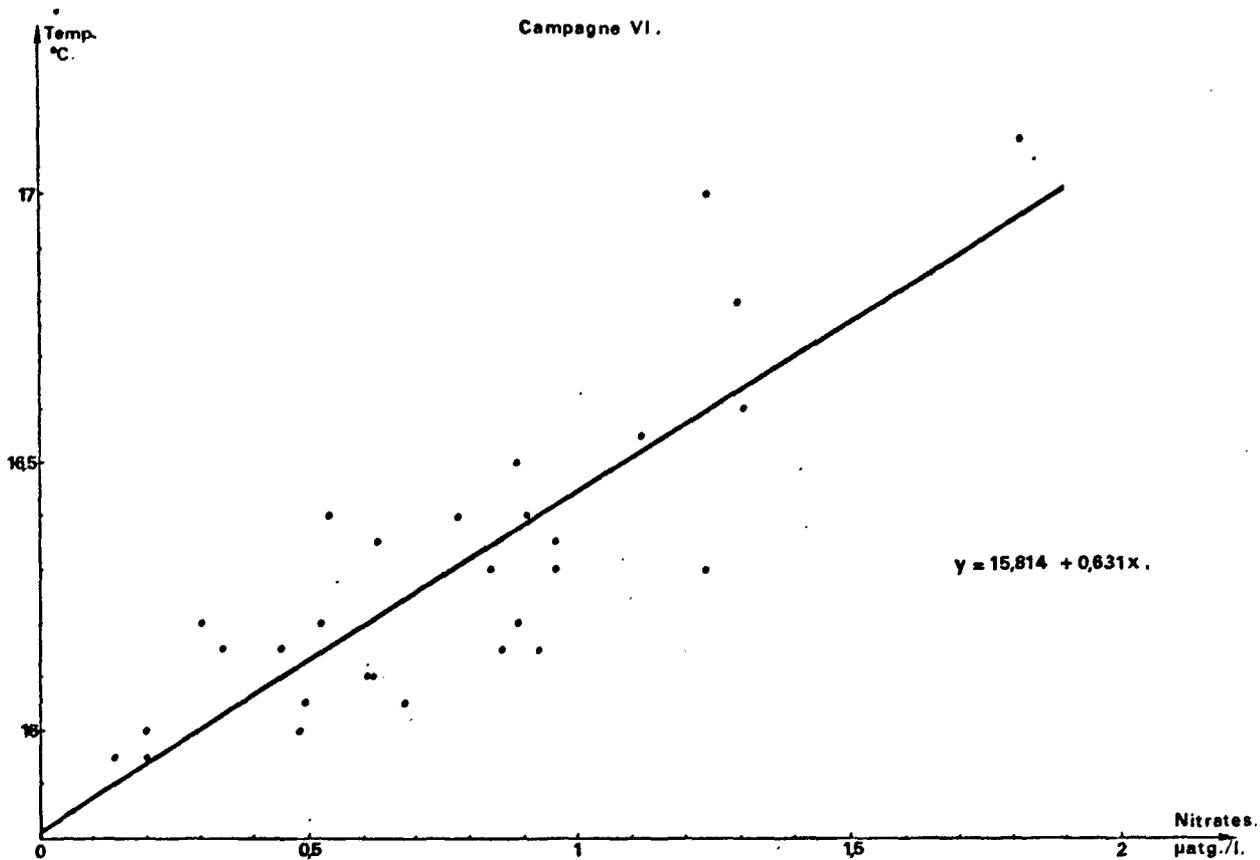
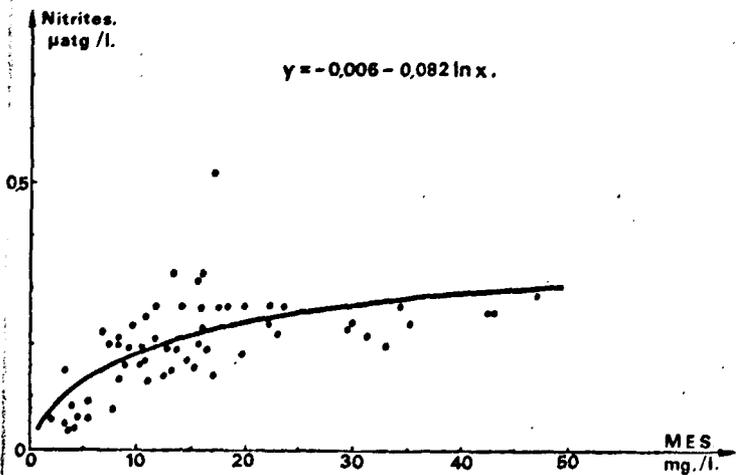


Fig 111

DIAGRAMMES DE DISPERSION :

Campagne VI.

NITRITES — MATIERE EN SUSPENSION.



NITRITES — TEMPERATURE.

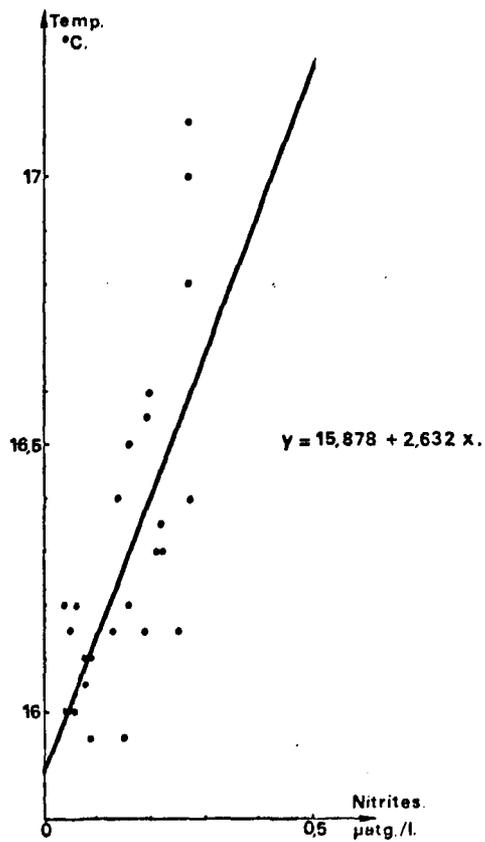


Fig. 112 DIAGRAMME DE DISPERSION : PHOSPHATES — SALINITE, Campagne VI. 8.07.76.

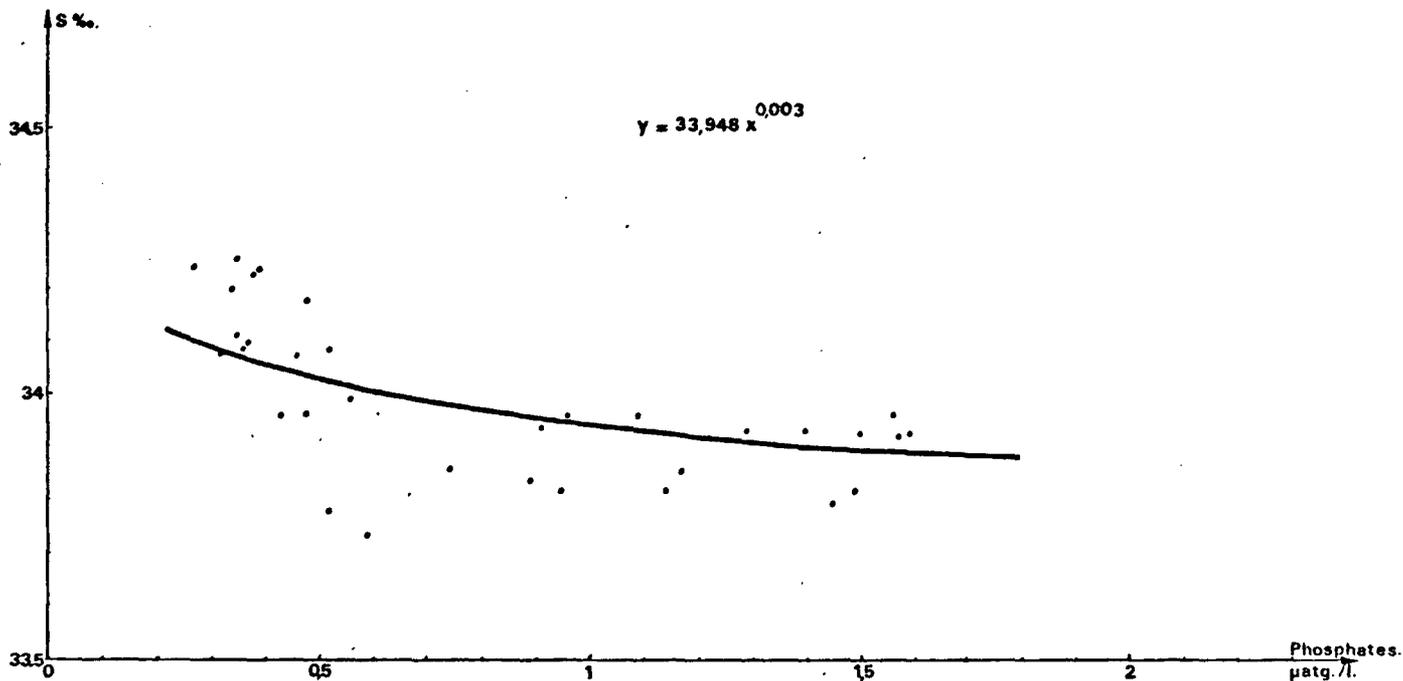
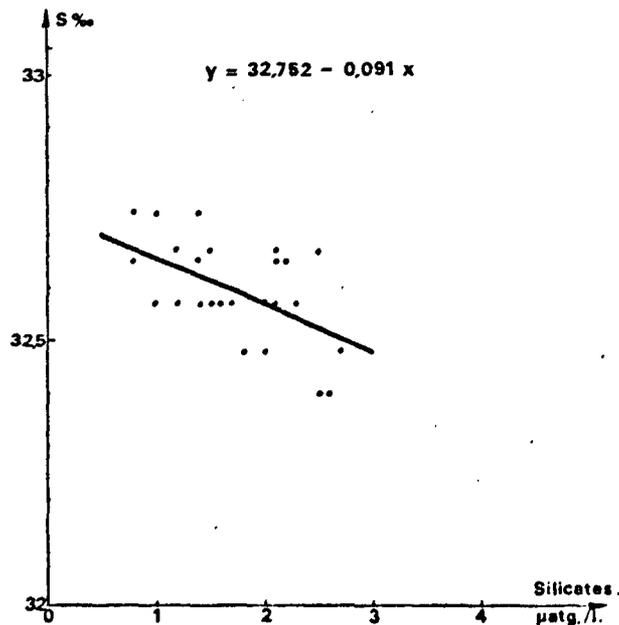


Fig. 113 DIAGRAMMES DE DISPERSION : SILICATES — SALINITE.

Campagne IV.



Campagne II.

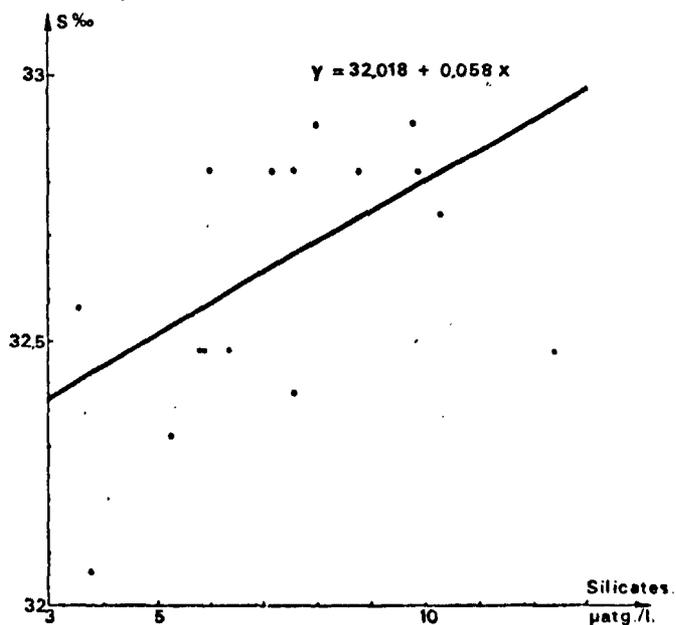


Fig. n4

DIAGRAMME DE DISPERSION : NITRITES — SALINITE .

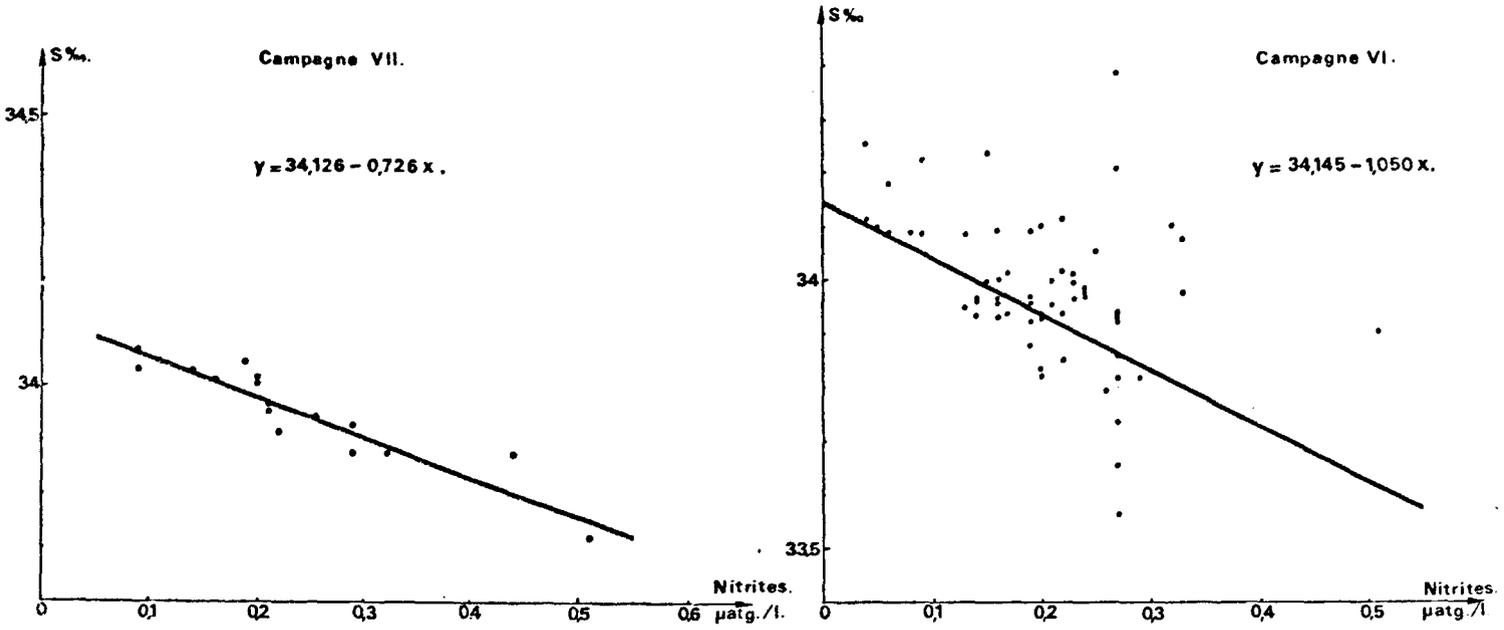


Fig. n5

DIAGRAMMES DE DISPERSION : SILICATES — SALINITE.

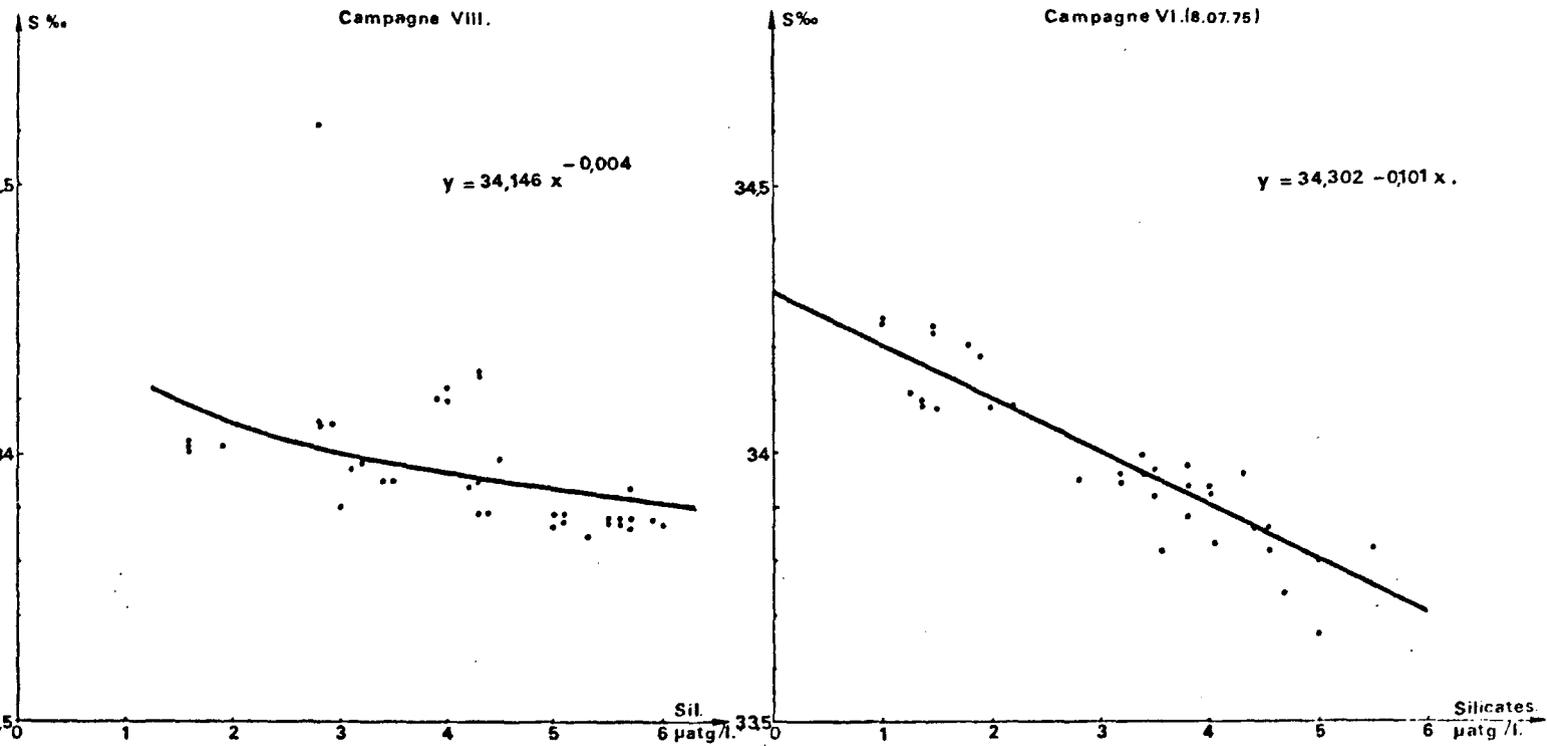


Fig. 116

DIAGRAMME DE DISPERSION: NITRATES — SALINITE.

Campagne VI.

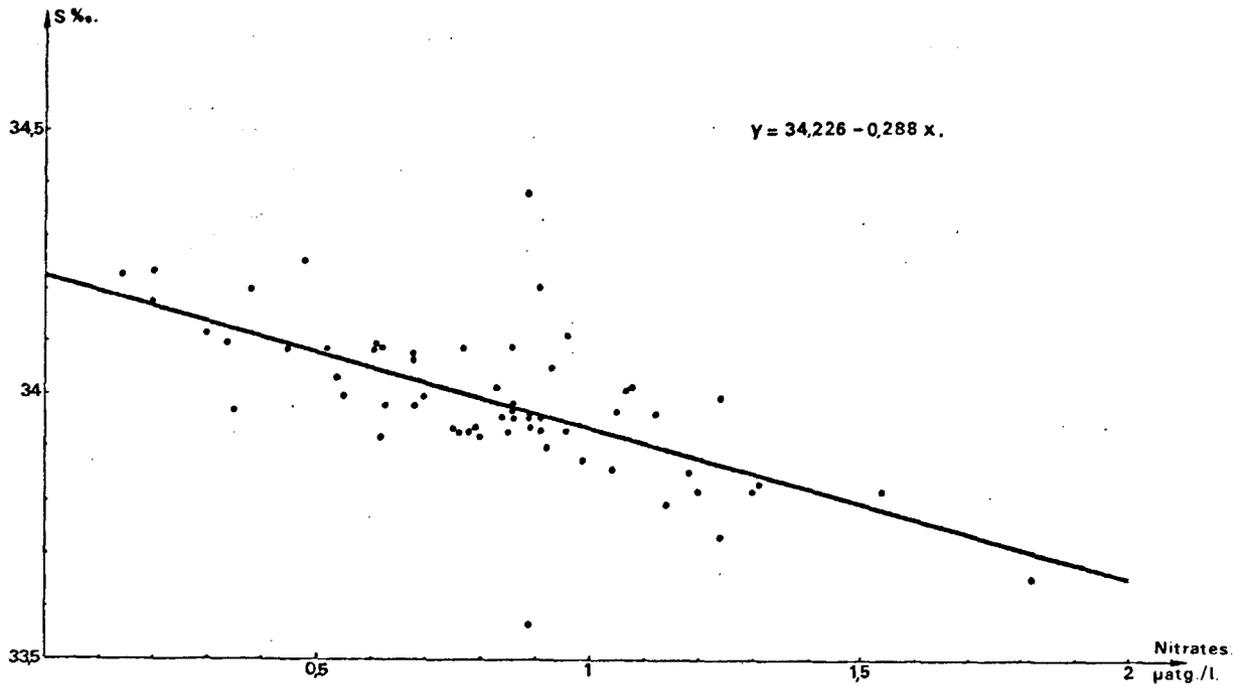


Fig 117

DIAGRAMME DE DISPERSION PHOSPHATES — PROFONDEUR DE SECCHI

Campagne VI (8/9.07.1975)

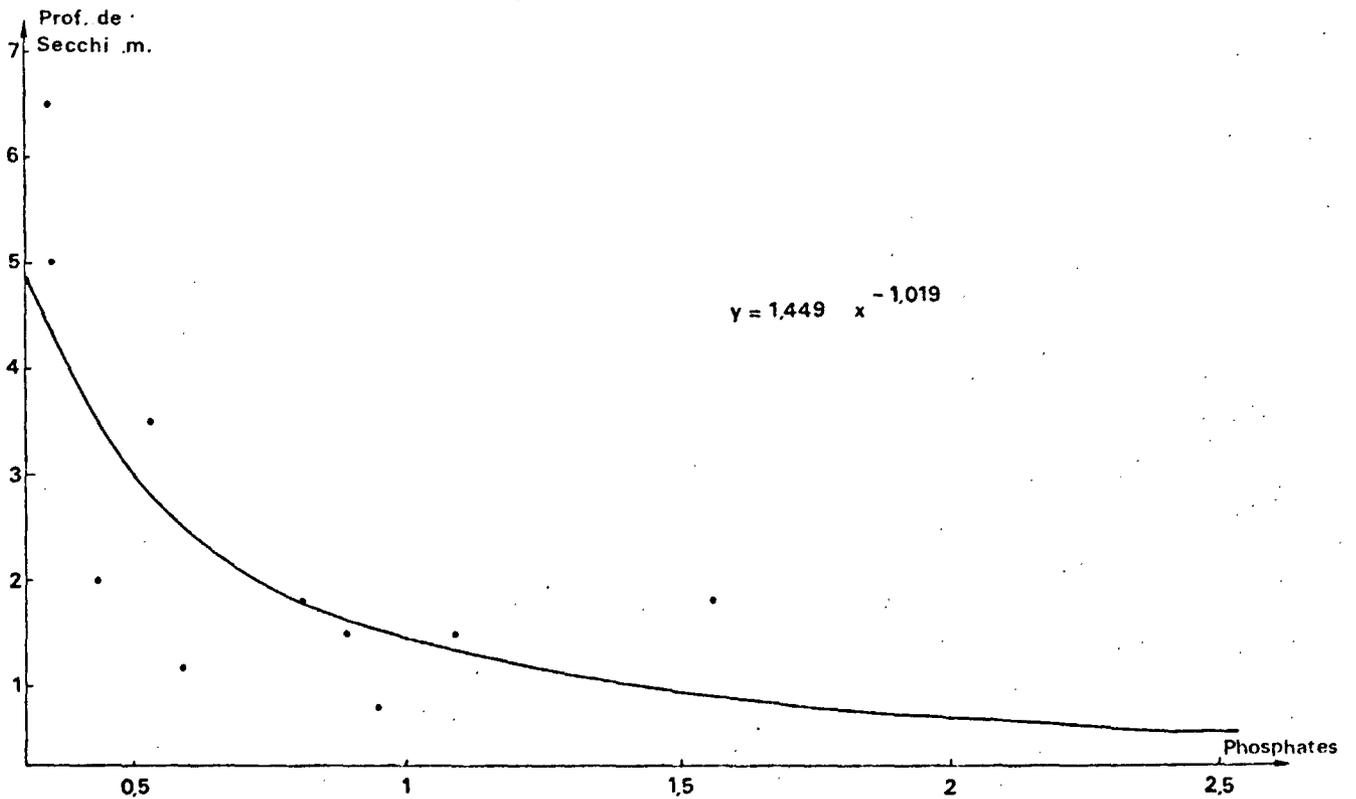


Fig.118

DIAGRAMME DE DISPERSION SILICATES-PROFONDEUR DE SECCHI

Campagne VI (8/9 .07.1975)

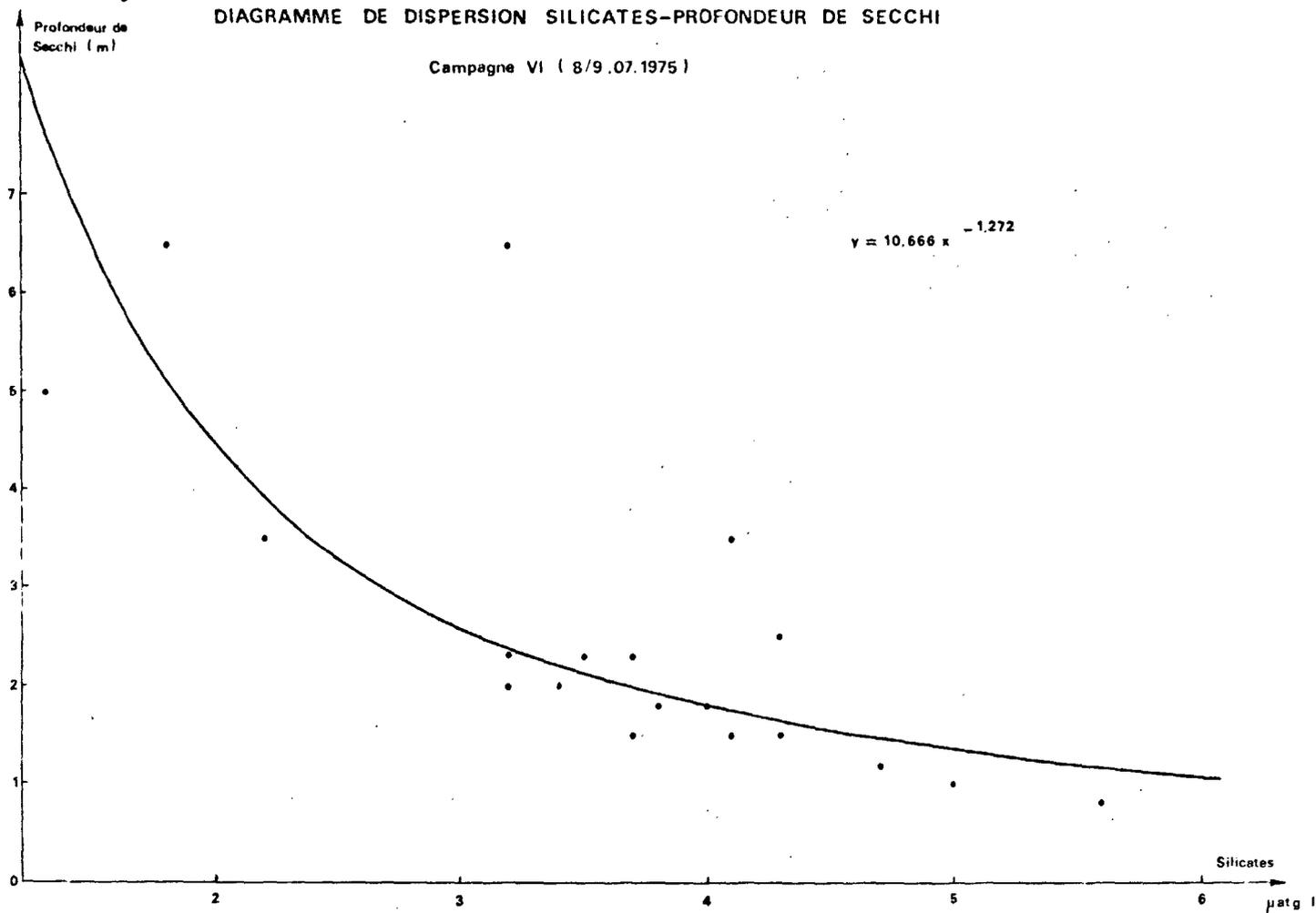


Fig.119 DIAGRAMME DE DISPERSION : NITRATES — PROFONDEUR DE SECCHI.

Campagne VI.

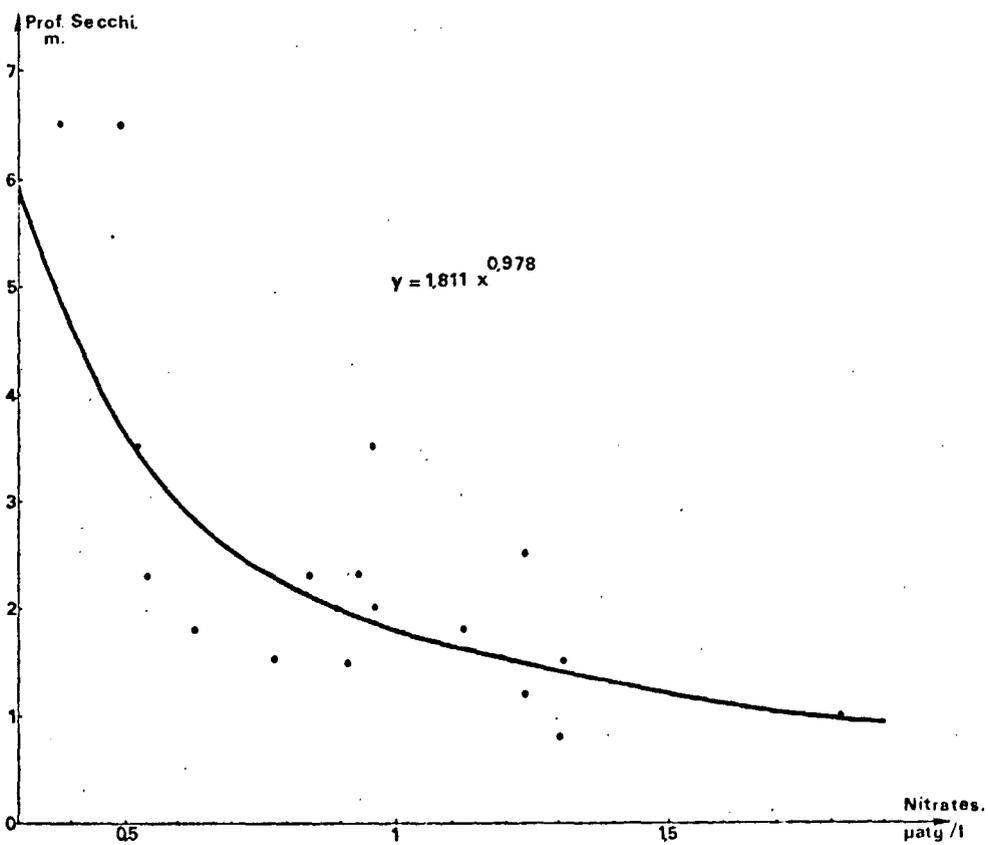


Fig. 120

DIAGRAMME DE DISPERSION SILICATES - MATIERES EN SUSPENSION

Campagne II (11.03.1975)

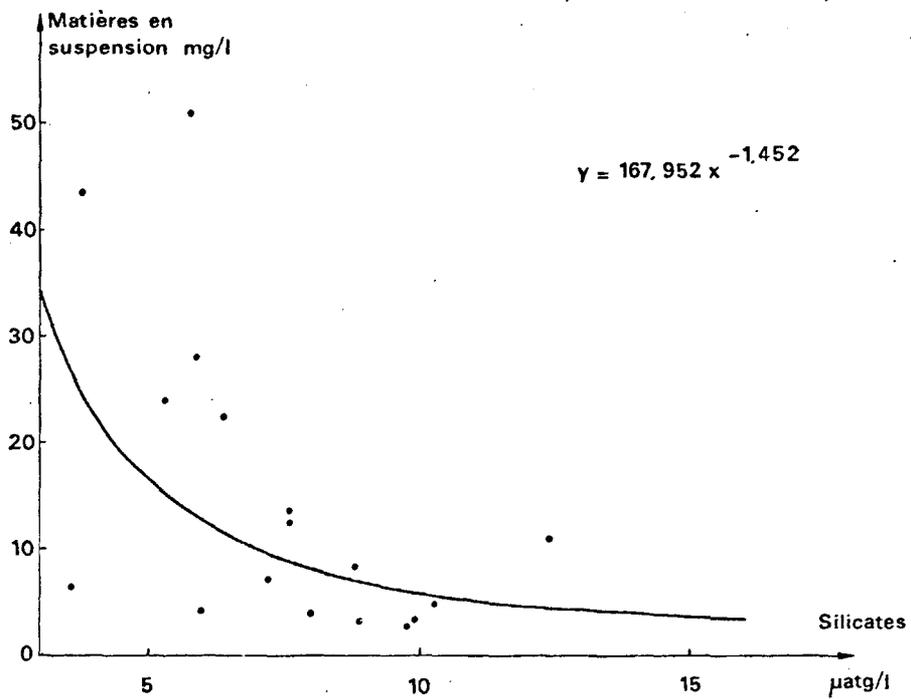
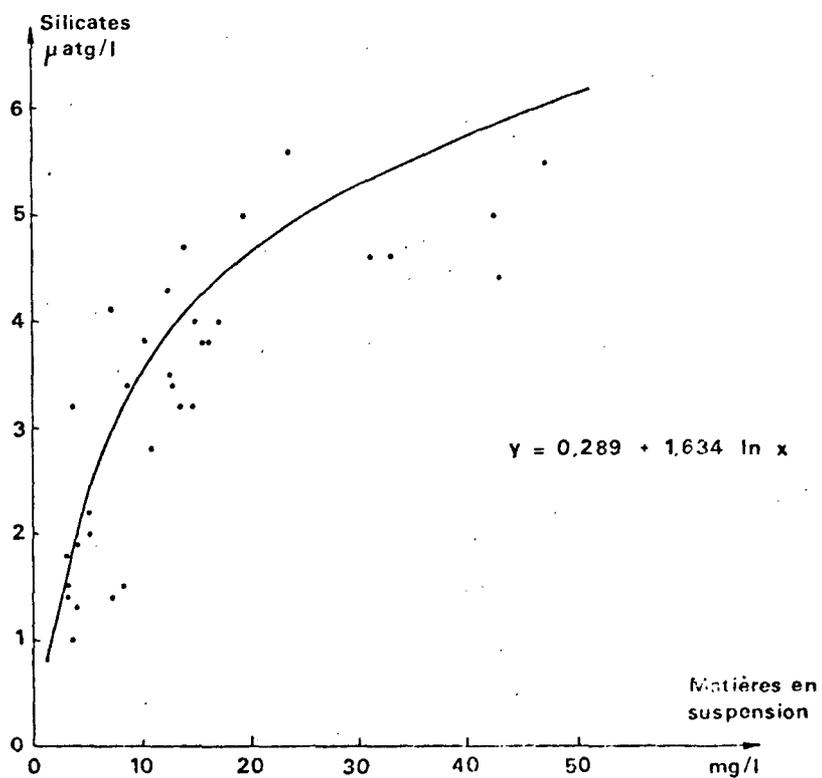


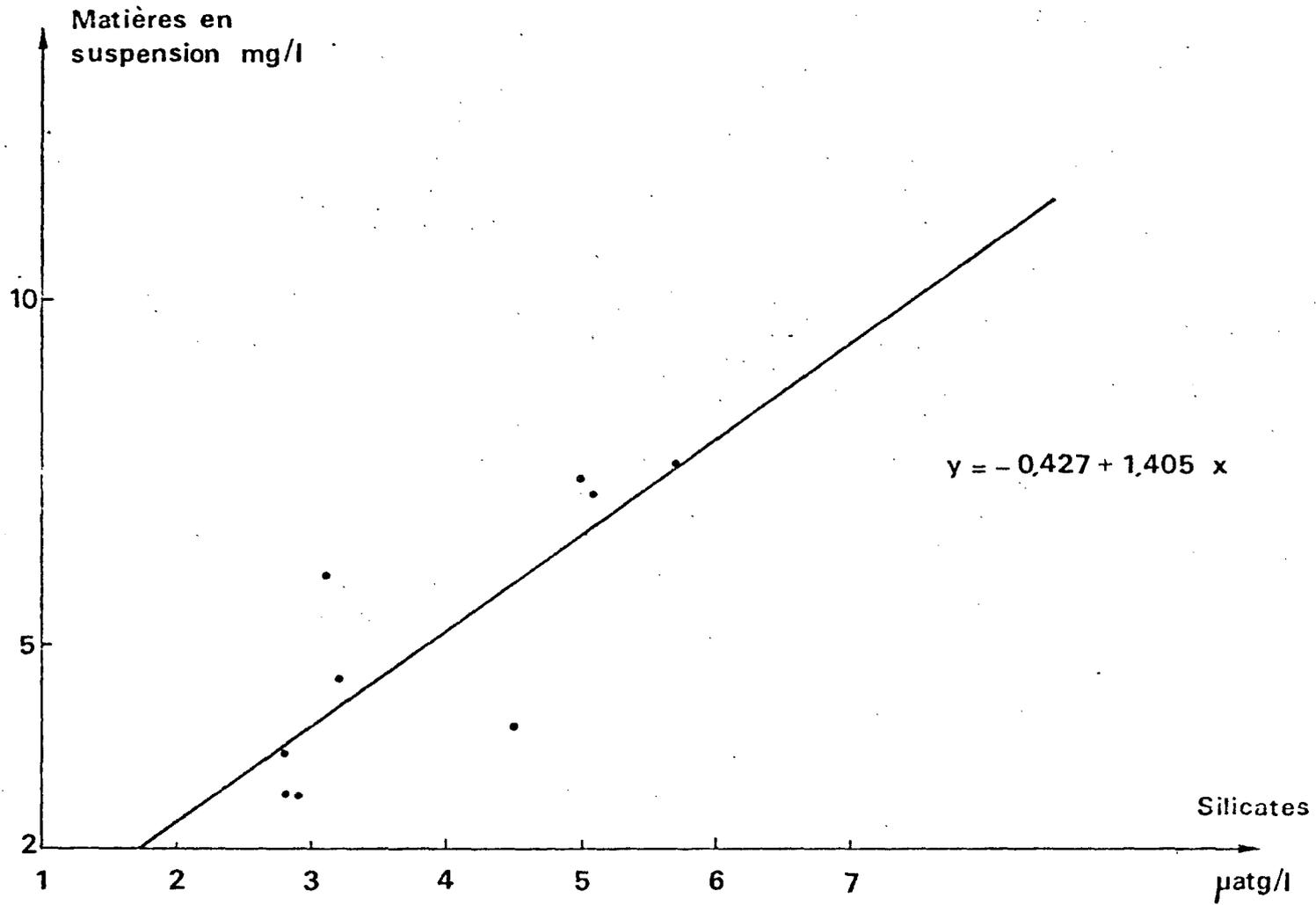
Fig. 121

DIAGRAMME DE DISPERSION SILICATES - MATIERES EN SUSPENSION

Campagne VI (8.07.1975)



Campagne VIII (3.09.1975)



l'augmentation relativement faible de température favorise suffisamment la solubilité des nitrates et silicates, soit que les relations avec la température sont un témoin des relations existant avec la salinité (figures 112 à 116) ; on note ainsi une relation hautement significative ($r = 0,85 > 99 \%$ de signification) positive entre la température et les nitrates et une relation inverse hautement significative ($r = 0,65 > 99 \%$ de signification) entre la salinité et les nitrates de la campagne VI. La salinité ne joue en fait pas en elle-même sur la concentration en sels nutritifs, mais elle confirme l'apport de sels nutritifs par les eaux continentales.

Exceptions - La relation négative température-silicates de la campagne IX s'ajoute aux autres particularités de cette campagne à eaux du "large" de tendance côtière.

- La relation positive silicates-salinité de la campagne II doit pouvoir s'expliquer par le développement côtier de diatomées prélevant la silice pour la constitution de leurs frustules.

3.3.2.2 - Matières en suspension et SECCHI-sels nutritifs

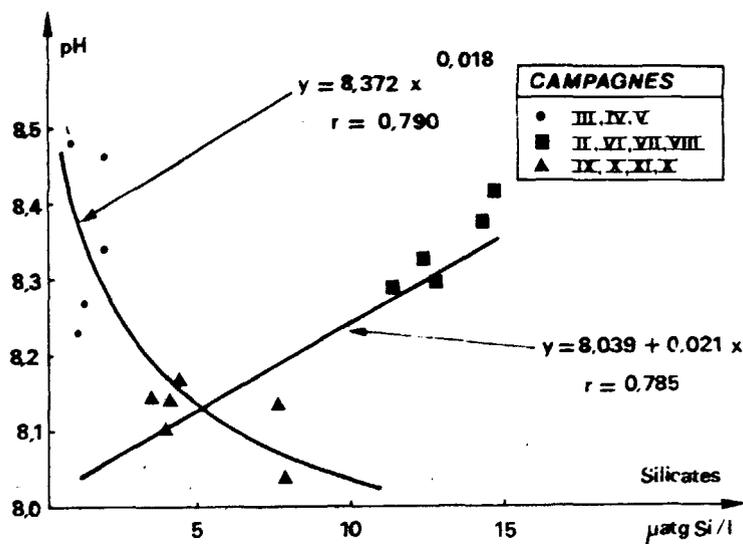
Les seules relations significatives SECCHI-sels nutritifs ont été établies pour les valeurs mesurées lors de la campagne VI (figures 117 à 119). Rappelons qu'à cette campagne, deux masses d'eau très distinctes (large et côte) ont été étudiées, ce qui en augmentant l'amplitude des variations, favorise l'installation de relations entre les paramètres. Ces relations semblent être les témoins de la répercussion des relations matières en suspension-sels nutritifs (figure 120 à 122) qui ne concernent que les silicates aux campagnes II, VI et VIII. Il semble donc que parmi les sels nutritifs, seuls les silicates présentent une certaine relation avec la concentration des particules en suspension. Il est possible que la mise en suspension des sédiments du fond par brassage s'accompagne d'une mise en solution de la silice (silicates) régénérée au niveau du substrat.

3.3.2.3 - Autres relations

Lors de l'étude des variations spatiales des paramètres, il est apparu que le pH pouvait être influencé par le brassage des sédiments calcaires, mais aucune relation significative n'a été établie entre ces deux paramètres, les valeurs du pH dépendant également d'autres facteurs (pollution bactérienne, photosynthèse, respiration).

3.3.3 - Relations paramètre chimique - paramètre chimique

Le taux de dissolution des silicates dans l'eau de mer dépend de la température et de l'alcalinité (MARGALEF, 1974). Il doit être possible d'établir une relation entre le taux de silicates et les valeurs du pH. La figure suivante présente le diagramme de dispersion de ces deux paramètres (chaque point correspond à la moyenne des paramètres par journée de prélèvements).



Ce diagramme permet d'établir deux "droites de régression" :

- l'une est linéaire et positive, ($r = 0,785 > 99 \%$ de signification) calculée à partir des données des campagnes II, VII, VIII, IX et XII. Elle doit représenter l'influence du pH sur la dissolution des silicates.
- l'autre est une fonction de puissance négative ($r = 0,7899 > 99 \%$ de signification) calculée à partir des résultats obtenus aux campagnes II, III, IV, V, VI, VII et VIII. Elle doit indiquer une consommation de silice par les diatomées, et cela peut s'expliquer comme suit :

l'étude du cycle annuel a été entreprise au moment où les réserves de sels nutritifs allaient être entamées par le développement de la photosynthèse. Une photosynthèse importante s'accompagne d'une grande consommation de silice pour les frustules de diatomées et d'une consommation de CO_2 entraînant une augmentation de l'alcalinité de l'eau. Dans ces conditions à un

pH élevé correspond un taux de silice bas. A partir de septembre, les précipitations importantes ont reconstitué le stock de silicates. Comme ceci ne s'est pas accompagné de développement phytoplanctonique, la relation normale pH-silicates peut donc s'établir.

4 - CONCLUSION

La répartition spatiale des paramètres physico-chimiques suit plus ou moins un gradient surface-fond et côte-large essentiellement défini par la valeur des paramètres physiques :

- la température de l'eau est dépendante de la température de l'air d'une part et du volume des masses d'eau considérées d'autre part : les masses d'eau les plus littorales sont les premières soumises aux variations de température atmosphérique, l'abord sensibles en surface. Ce phénomène est accentué par les apports d'eaux continentales,
- les valeurs de la salinité sont liées aux précipitations, aux apports continentaux et à l'évaporation. Les masses d'eau côtières sont également les plus sensibles à ces facteurs,
- la turbidité de l'eau semble être principalement la conséquence des courants de marée assurant une mise en suspension des sédiments benthiques et des matières organiques déposées,
- les paramètres chimiques (oxygène dissous, pH, sels nutritifs) suivent les variations à la fois des paramètres physiques et des paramètres biologiques. Ceci est mis en évidence lors de l'étude d'un cycle annuel sur PALUEL, qui peut se résumer comme suit :

les études débutent après une période hivernale assez sèche ; l'eau de 8° de température a une salinité relativement élevée pour la saison (32,7 ‰) ; elle est brassée par les courants de marée entraînant un taux important de matières en suspension. La forte concentration en sels nutritifs permet, lors du réchauffement printanier, et après une période pluvieuse (salinité faible) le développement d'une abondante population phytoplanctonique. Celle-ci, en augmentant le taux d'oxygène et en élevant le pH par consommation de gaz carbonique, épuise simultanément le milieu en sels nutritifs. Cet épuisement allié à la consommation des algues par le zooplancton entraîne la

diminution de la population algale, le taux d'oxygène se soussature et le pH s'acidifie (respiration, pollution bactérienne ?). Lors du lessivage des terres en été par d'abondantes précipitations le stock de sels nutritifs se reconstitue, la salinité de l'eau diminue et le pH augmente (alcalinité du calcaire du Pays de CAUX).

C - PHYTOPLANCTON

L'activité photosynthétique d'une population phytoplanctonique dépend de la quantité et de la qualité des pigments contenus dans les algues, ainsi que de la quantité d'énergie lumineuse reçue. La biomasse du phytoplancton est souvent représentée par son taux de chlorophylle a, pigment actif. Une population jeune, en voie de développement, aura une proportion importante de pigments actifs par rapport aux pigments inactifs (phéopigments) résultant de la dégradation des chlorophylles, à l'opposé d'une population vieillissante. L'état physiologique d'une population peut également s'estimer par un indice pigmentaire tenant compte de l'importance des caroténoïdes (contenus dans le zooplancton et les dinoflagellés succédant à une poussée de diatomées) par rapport aux pigments photosynthétiques.

Cette étude quantitative est complétée par des comptages de cellules phytoplanctoniques dont la détermination (étude qualitative) permet de suivre l'évolution des populations ainsi que l'influence spécifique de certains facteurs.

1 - MATERIEL ET METHODES

Les prélèvements d'eau en vue de l'étude du microplancton ont été effectués aux mêmes niveaux et avec le même matériel que ceux concernant les paramètres physico-chimiques (voir p. 20)

1.1 - Pigments photosynthétiques

Nous avons estimé la quantité de chlorophylle a par la méthode de RICHARDS et THOMPSON (1952), normalisée par l'UNESCO (1966) et les phéopigments par celle de LORENZEN (1967).

L'échantillon d'un litre est passé (voir système de filtration figures 21 à 23) sur filtre GELMAN GA-6 (*) (de porosité 0,45 μ) aussitôt après le prélèvement ; l'addition d'une suspension de $MgCO_3$ (10 mg/cm² de filtre) a pour but d'éviter l'acidification de l'extrait et de retarder la formation de phéophytine. Les filtres sont ensuite congelés à

*) après plusieurs essais avec les filtres MILLIPORE, GELMAN GN et GELMAN C-6 (ces derniers étant prétraités) nous avons préféré les filtres GELMAN GA-6 qui permettent une filtration plus rapide.

l'obscurité jusqu'au dosage des pigments. L'extraction se fait par addition de 5 ml d'acétone à 90 % pendant 18 heures à l'obscurité. Après centrifugation (7 000 tours/mn pendant 10 mn) le surnageant est placé dans une cuve de trajet optique 1 cm en vue de l'étude au spectrophotomètre JOBIN et YVON. L'absorption est mesurée à 663, 645 et 430 nm, ainsi qu'à 750 nm, valeur qui représente la turbidité et doit être retranchée des autres données. L'équation de PARSONS et STRICKLAND (1963) permet de calculer la teneur en chlorophylle a :

$$\text{chl a (ug/l)} = 11,64 e_{663} - 2,16 e_{645} + 0,10 e_{630}$$

Les produits de dégradation des chlorophylles (complexes tetrapyrroles - magnésium associés à un radical phytol) peuvent constituer une part importante de la totalité des pigments. Ils sont constitués de phéophytines (chlorophylles sans atome de Mg) et de phéophorbides (chlorophylles sans Mg, ni radical phytol) groupés sous les termes de pheopigments. Les produits sont photosynthétiquement inactifs (pas d'atome magnésien) et leur spectre d'absorption est très proche de celui de la chlorophylle. Pour doser de tels pigments, il est nécessaire de dégrader les chlorophylles présentes en pheopigments par adjonction d'acide libérant l'atome Mg. Le spectre d'absorption de l'extrait acidifié représente donc les pheopigments naturellement contenus dans l'échantillon, et les pheopigments résultant de l'acidification provoquée des chlorophylles.

Ainsi, une deuxième série de mesures est faite après acidification du contenu de la cuve (2 gouttes HCl à 50 %), à 663 et 750 nm (*) ; la quantité de pheopigments (ug/l) est donnée par la formule :

$$\frac{A \times K \times [R(e_{663a}) - e_{663o}]}{V \times l} \times v$$

où : A = coefficient d'extinction spécifique de la chlorophylle a = 11,0
 K permet de ramener la réduction de d_0 à la concentration initiale en chlorophylle = 2,43
 e_{663o} extinction avant acidification
 e_{663a} extinction après acidification

(*) La mesure à 750 nm (après acidification) permet d'évaluer la turbidité de l'échantillon. Celle-ci peut augmenter après l'addition d'acide. La mesure à 430 nm donne une évaluation du taux de caroténoïdes (grossièrement) qui peut indiquer la présence d'une population dégradée et d'organismes hétérotrophes.

v = volume d'acétone
V = volume d'eau de mer filtrée
l = trajet optique de la cuve
R = rapport maximum $\frac{e_{665o}}{e_{665a}} = 1,7$

Nous avons fait les calculs à partir de e_{663o} et e_{663a} au lieu de e_{665o} et e_{665a} .

Le double échantillonnage aurait abouti à des résultats plus précis, mais le grand nombre de niveaux à étudier n'a pas permis de le pratiquer, ce qui limite la précision des mesures à 0,1 µg/l.

En outre, pour chaque échantillon, nous avons calculé l'indice pigmentaire $\frac{e_{430}}{e_{663}}$ permettant d'estimer l'état physiologique des populations (MARGALEF 1963).

1.2 - Etude systématique du microplancton

Les échantillons destinés à l'étude du microplancton ont été fixés à bord au formol neutralisé à 10 %. Selon la technique d'UTERMÖHL, ils ont été versés dans des cuves à sédimentation pour permettre le dépôt des organismes. Comptage et détermination des espèces ont été entrepris avec les microscopes à inversion WILD et ZEISS : grossissement 280 x et 700 x pour l'appareil WILD et 312 x et 500 x pour le microscope ZEISS. Nous avons utilisé le plus souvent des cuves 5, 10 ou 25 cm³, parfois de 50 ou 100 cm³. Nous avons observé qu'une surface de 1 cm² (soit 1/5 du fond de cuve) ou même une portion de celle-ci quand la densité des organismes le nécessitait.

1.3 - Calcul de l'indice de diversité spécifique

La diversité spécifique d'une population phytoplanctonique peut s'exprimer par les pourcentages de dominance dans le plus simple des cas, ou mieux, par des relations tenant compte du nombre d'individus par espèces, par rapport au nombre total d'individus. L'une des formules la plus employée actuellement pour calculer un indice de diversité est celle de SHANNON-WEAVER :

$$H = - \sum p_i \log_2 p_i$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

n_i : nombre d'individus de chaque espèce

N : nombre total d'individus

$\frac{n_i}{N}$ est calculé pour chaque espèce de la population étudiée

Le résultat s'exprime en bits/cellules ou bits/individu. Cet indice a été calculé pour chaque niveau de prélèvement, pour chaque station et enfin pour chaque campagne.

2 - RESULTATS

2.1 - Pigments photosynthétiques

Les résultats du dosage des pigments sont présentés dans les tableaux 3 à 14 intitulés "paramètres hydrobiologiques".

2.1.1 - Variabilité des résultats

Le tableau suivant indique la concentration en pigments obtenue à partir de trois sous-échantillons d'un même prélèvement. Le volume d'eau filtrée (1 l) était rigoureusement le même.

N° ech.	chl. a µg/l	Phéopigments µg/l	$\frac{e_{430}}{e_{663}}$
1	6,47	7,42	4,46
2	4,77	5,28	5,17
3	4,29	2,94	4,69
Moyenne	5,18	5,35	4,77
Ecart- type	1,14	2,44	0,36

En comparant les valeurs extrêmes, l'erreur sur un seul échantillon par prélèvement peut être de plus de 50 % pour la chlorophylle a, plus de 150 % pour les phéopigments et autour de 10 % pour l'indice pigmentaire. Cette variabilité demanderait à être précisée à partir d'un plus grand nombre de sous-échantillons.

D'autre part, en ce qui concerne les phéopigments, l'acidification de l'extrait acétonique entraîne souvent un trouble qui augmente considérablement la densité optique lors de la lecture au spectrophotomètre dans la bande 750 nm (turbidité). La formation de cette turbidité ne se produit pas à chaque échantillon. Il se peut que sa présence fausse plus que prévu la lecture à 663 nm, ce qui expliquerait l'importance des variations observées.

2.1.2 - Variations spatiales

2.1.2.1 - Verticales

Les figures 123, 124 et 125 présentent les variations des pigments et de l'indice pigmentaire aux niveaux 0, 5 et 10 m.

Compte tenu de l'erreur faite sur chaque mesure, on constate que le taux de chlorophylle a varié assez peu en fonction de la profondeur. Il semble cependant qu'en avril et mai, la concentration en chlorophylle soit moins élevée en surface. La photosynthèse y est moins active (voir paragraphe B.3.1.1.5, pH plus acide, donc moins de consommation de CO_2) soit par photoinhibition, soit par consommation par les organismes zooplanctoniques, soit par pollution ou encore par dégénérescence d'une population d'algues d'eau douce parvenant en milieu salé. La dégradation de la chlorophylle de surface est plus nette en mai (phéopigments plus concentrés en surface). Les phéopigments présentent apparemment plus de fluctuations verticales, mais l'erreur commise sur chaque mesure est également plus importante. Excepté aux mois de mai et août, les phéopigments semblent moins abondants en surface ce qui pourrait indiquer une population phytoplanctonique plus active (énergie lumineuse plus forte). Les variations verticales du rapport $\frac{e_{430}}{e_{663}}$ sont moins nettes pendant la poussée printanière des organismes phytoplanctoniques ; après cette "floraison", la valeur de l'indice au niveau de surface est supérieure à celle calculée pour les profondeurs 5 et 10 m, peut-être est-ce dû à la dominance en surface du peuplement zooplanctonique ?

Fig. 123

VARIATIONS DE LA CHLOROPHYLLE a DANS LE TEMPS A 3 NIVEAUX

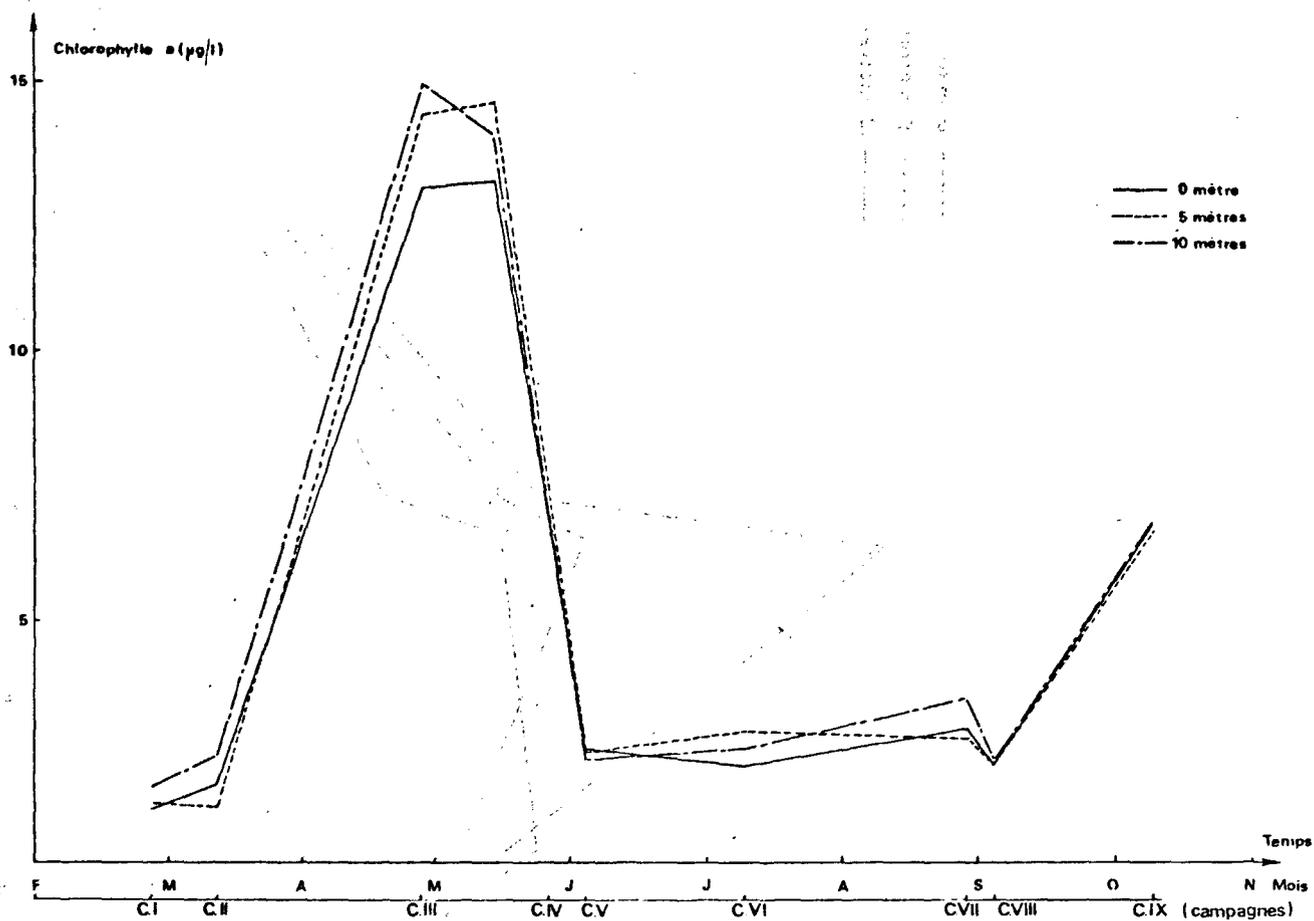


Fig. 124

VARIATIONS DES PHEOPIGMENTS DANS LE TEMPS A 3 NIVEAUX

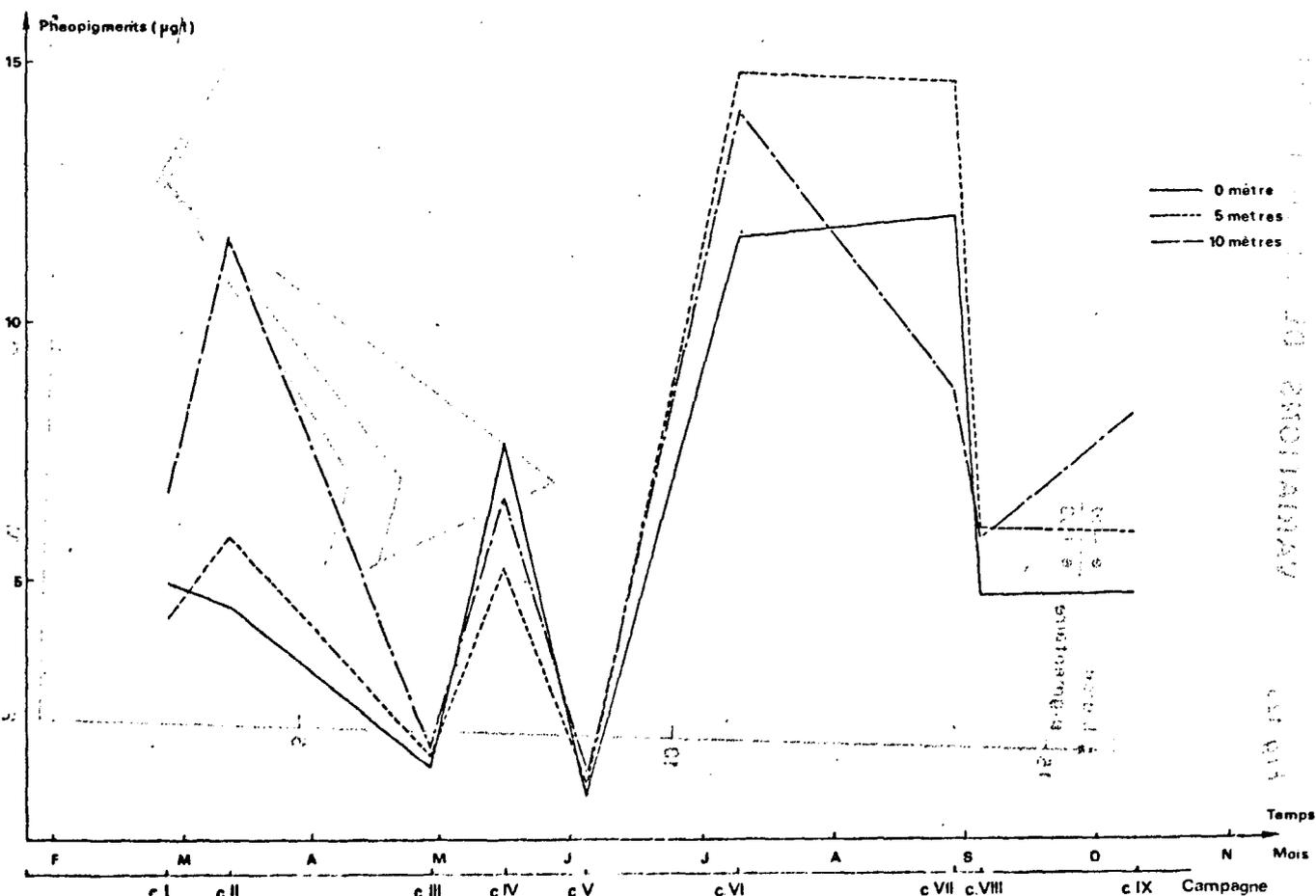
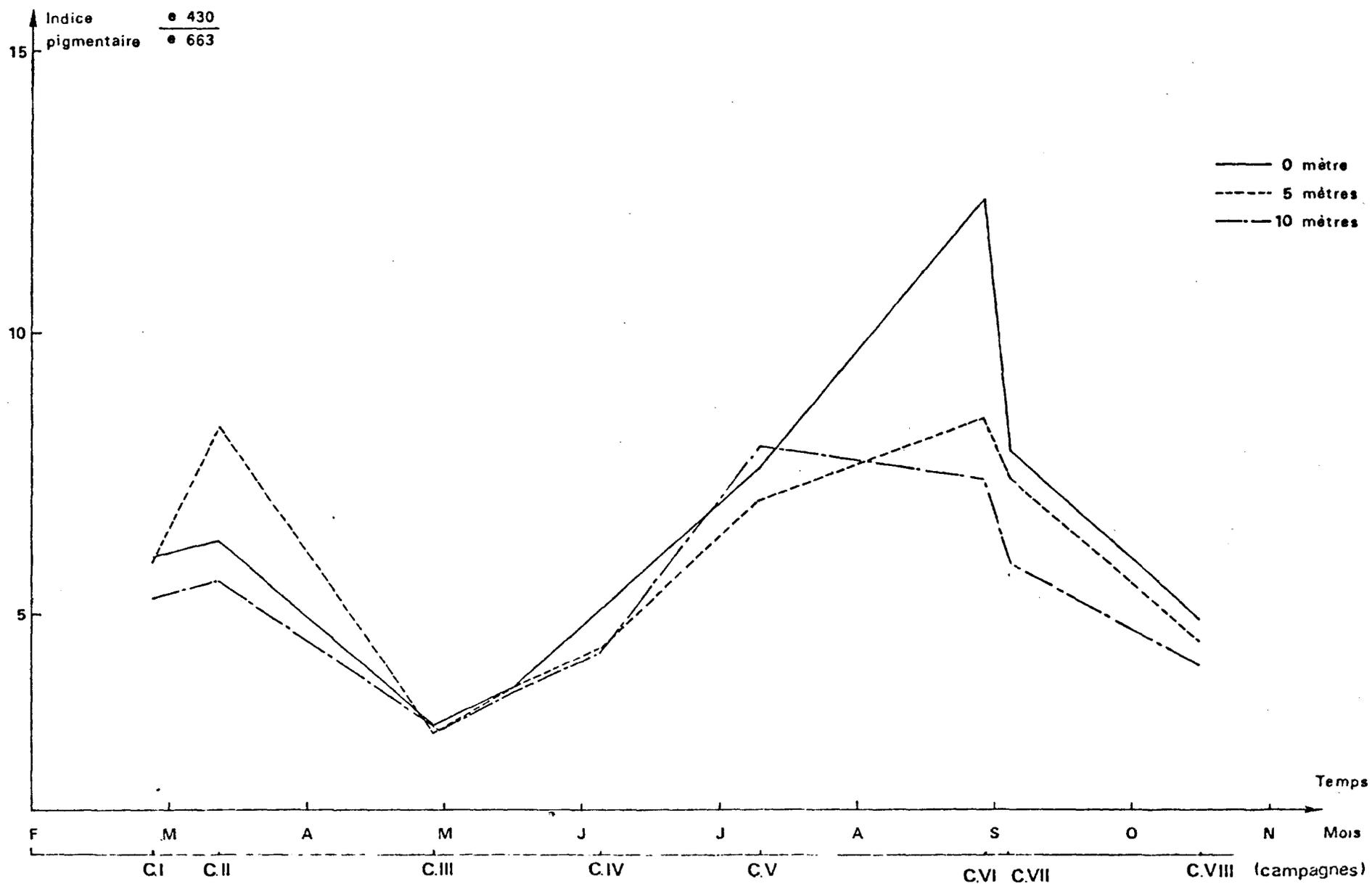


Fig. 125

VARIATIONS DE L'INDICE PIGMENTAIRE DANS LE TEMPS A 3 NIVEAUX



2.1.2.2 - Horizontales

Les variations horizontales sont figurées sur les graphiques 126, 127 et 128. Les valeurs indiquées correspondent à la moyenne obtenue sur la colonne d'eau.

La station côtière (9) est la plus riche en chlorophylle excepté pour les campagnes VIII et IX. Cela correspond aux apports d'eaux continentales riches en sels nutritifs. Pour les campagnes suivantes, les concentrations en chlorophylle semblent se stabiliser horizontalement (en tenant compte des erreurs). Les isoplèthes des figures 129 à 131 (campagne IV), 132 à 134 (campagne VI) et 135 à 137 (campagne IX) schématisent la répartition horizontale et le gradient côte-large des valeurs de chlorophylle a aux niveaux 0,5 et 10 m :

- campagne IV : valeurs plus fortes à la côte,
- campagne VI : valeurs inférieures à la côte pour les stations échantillonnées dans le flot (16, 18, 19) et supérieures à la côte pour les stations échantillonnées pendant le jusant.
- campagne IX : valeurs inférieures à la côte.

Le taux de phéopigments est souvent plus bas au niveau de la station intermédiaire, qui semble correspondre également à une plus grande consommation de phosphates et silicates (voir figures 126 et 127). Il se peut que la photosynthèse soit plus efficace à une certaine distance de la côte, ce qui correspondrait à une stabilisation du système sels nutritifs-phyto-plancton perturbé à la côte par le mélange récent eau douce-eau de mer. Comme le taux de phéopigments, l'indice pigmentaire semble augmenter vers le large, ce qui pourrait indiquer une plus grande importance du zooplancton par rapport au phytoplancton.

2.1.3 - Variations temporelles

La figure 138 indique l'amplitude des variations des pigments, de l'indice pigmentaire et du nombre de cellules de microplancton sur un cycle annuel (de février 1975 à février 1976). Les valeurs indiquées par campagnes correspondent à la moyenne des valeurs obtenues à tous les niveaux.

Fig.126 VARIATIONS DE LA CHLOROPHYLLE a DANS LE TEMPS A 3 STATIONS

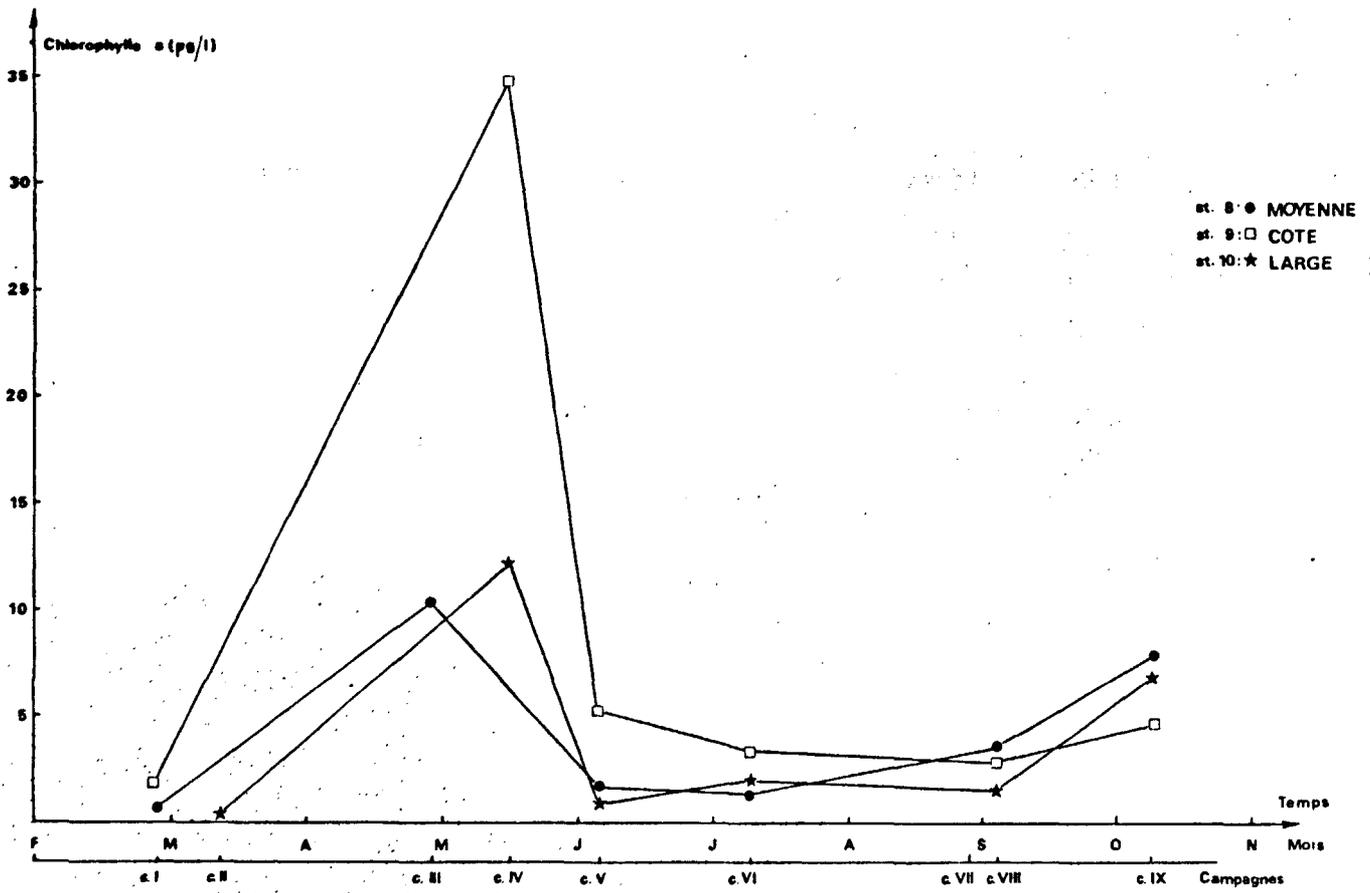


Fig.127 VARIATIONS DU TAUX DE PHEOPIGMENTS DANS LE TEMPS A 3 STATIONS

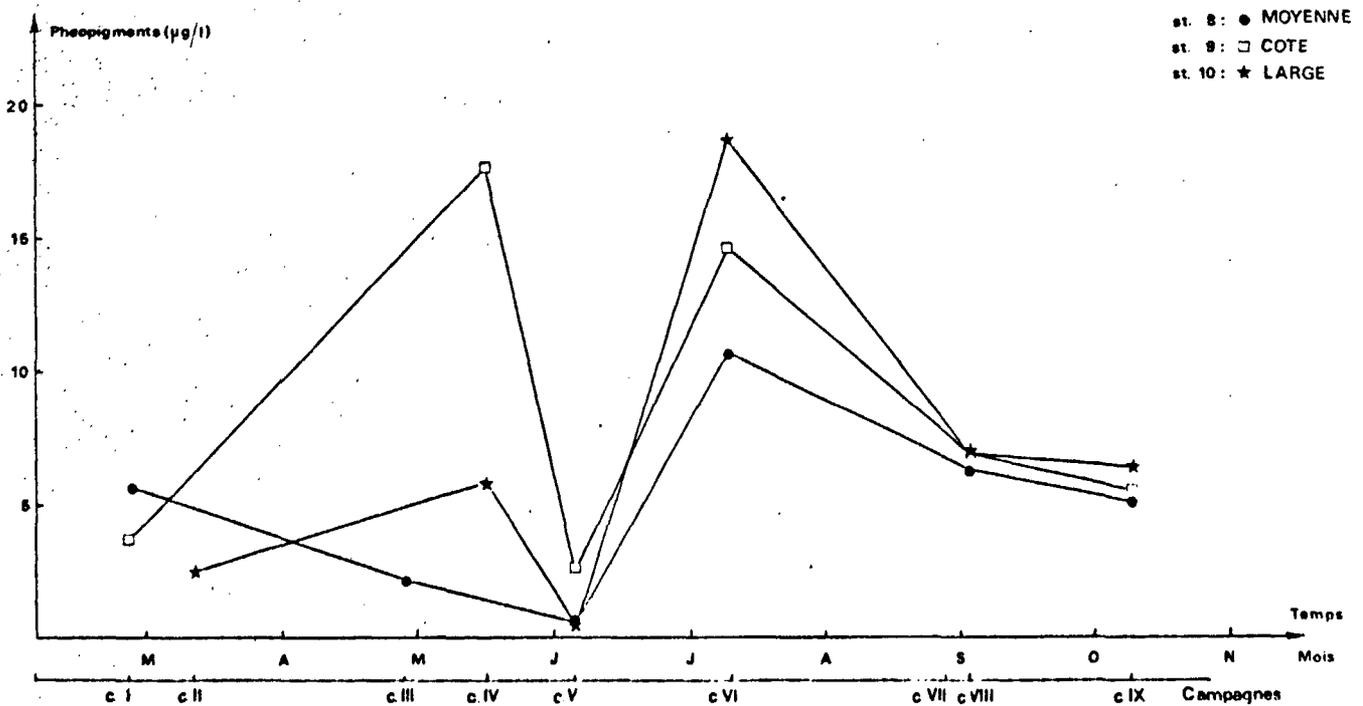
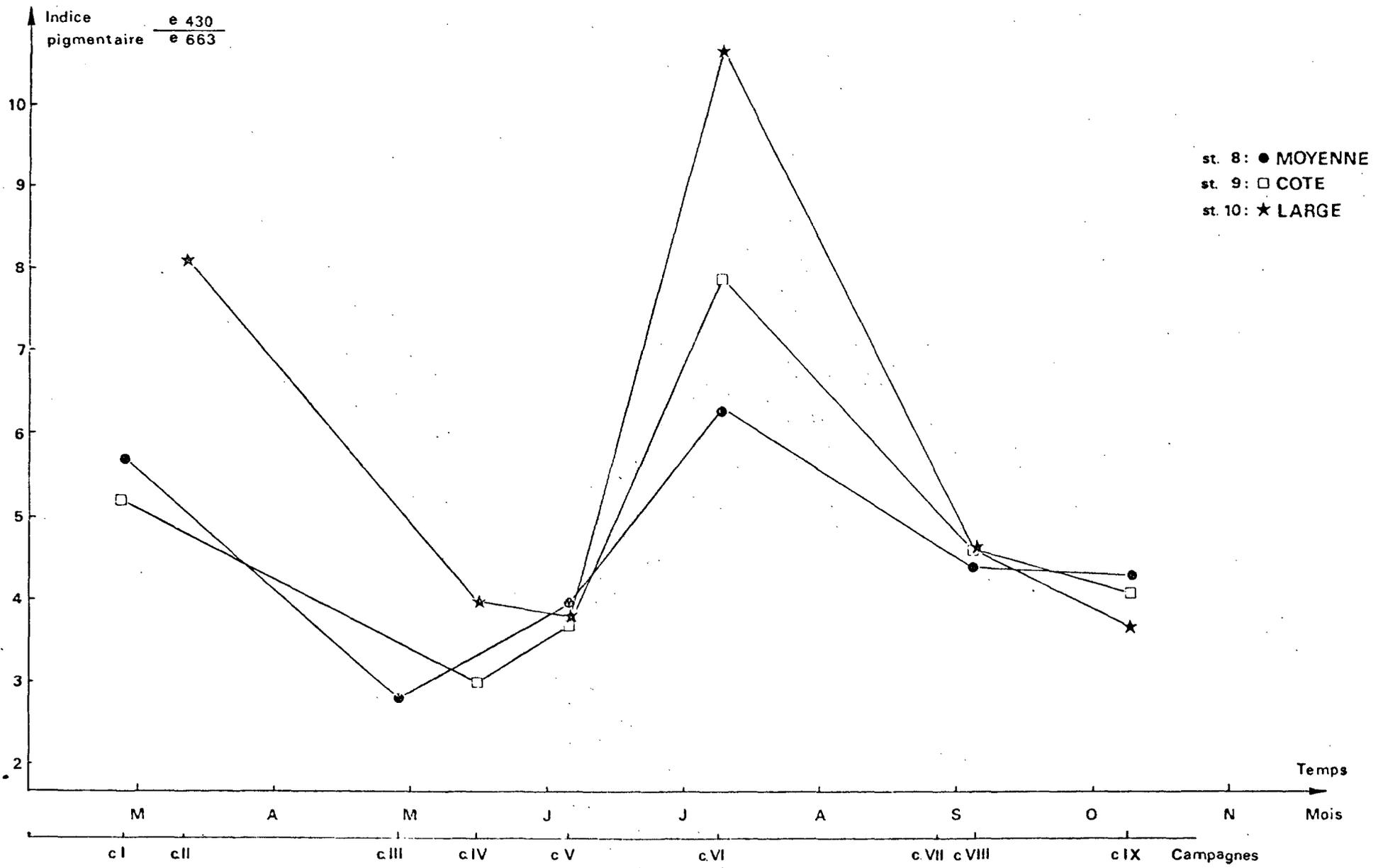
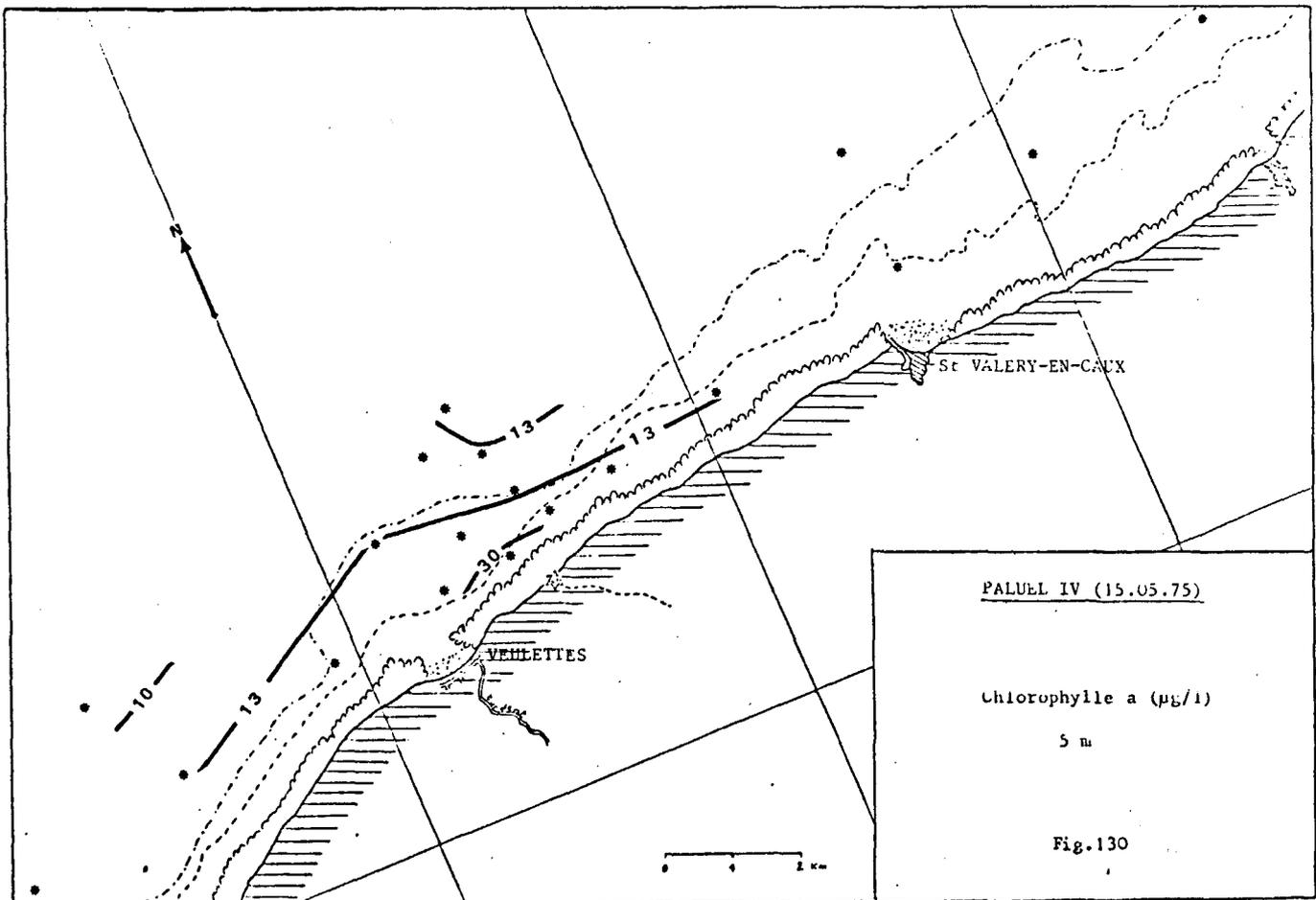
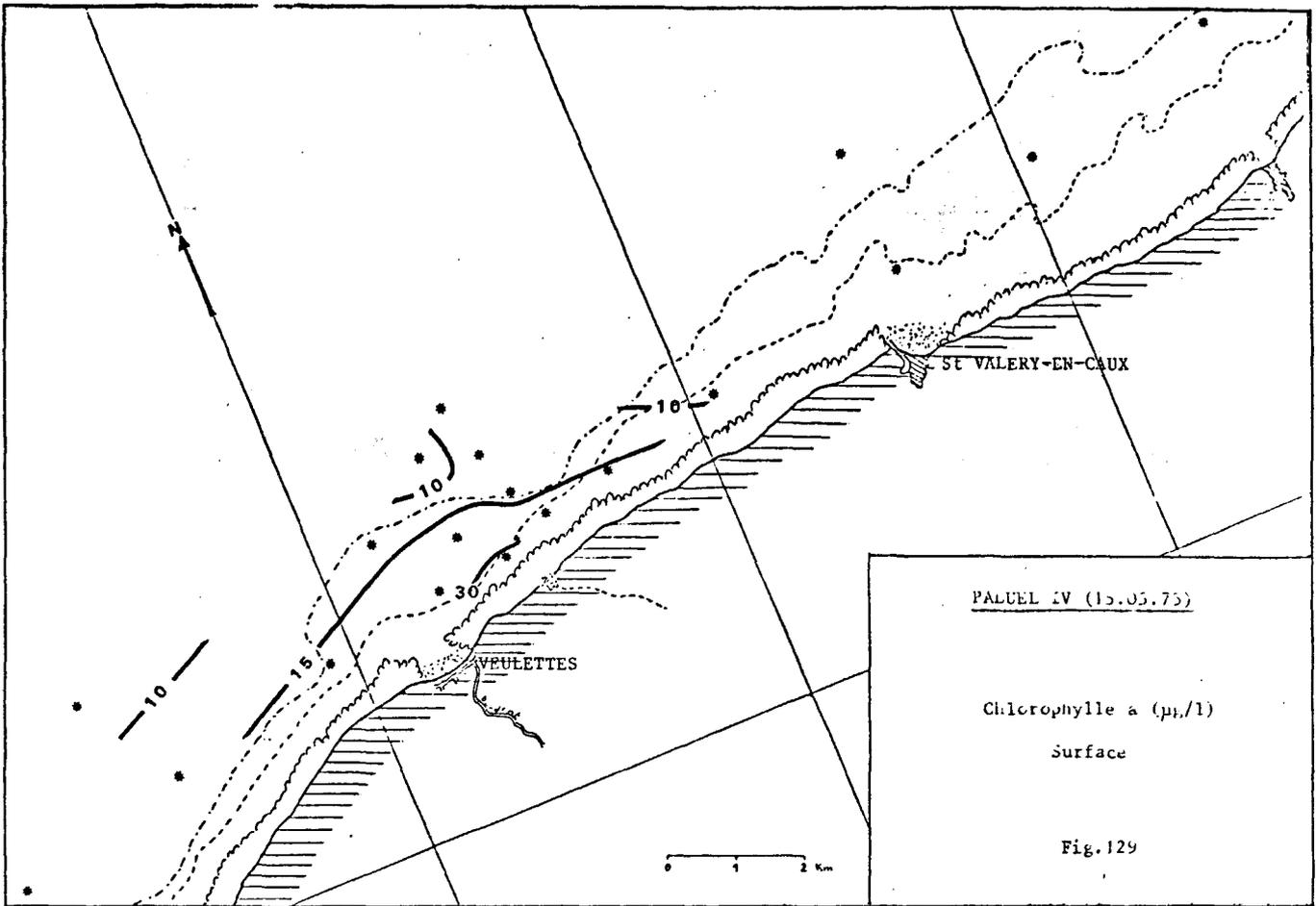
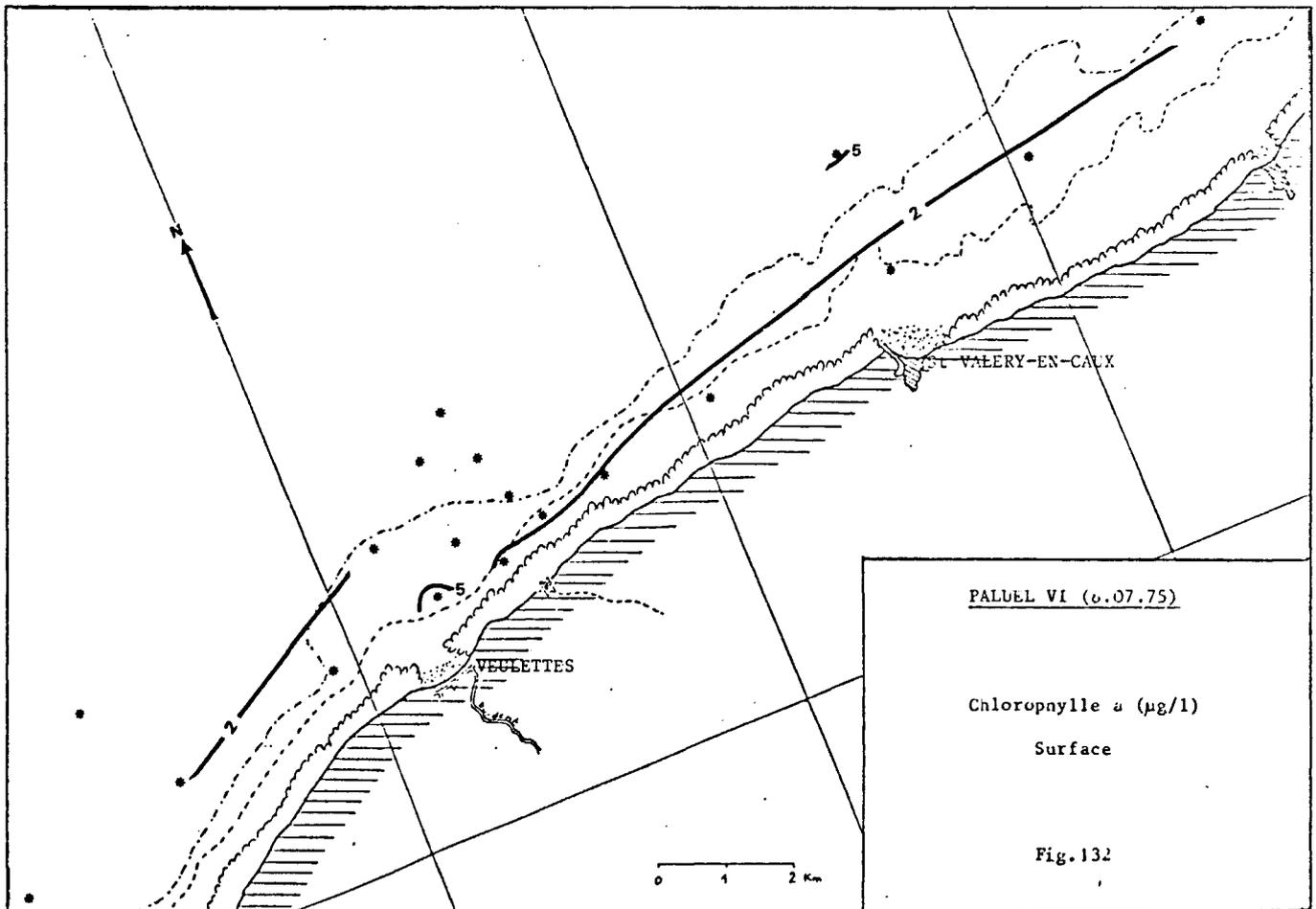
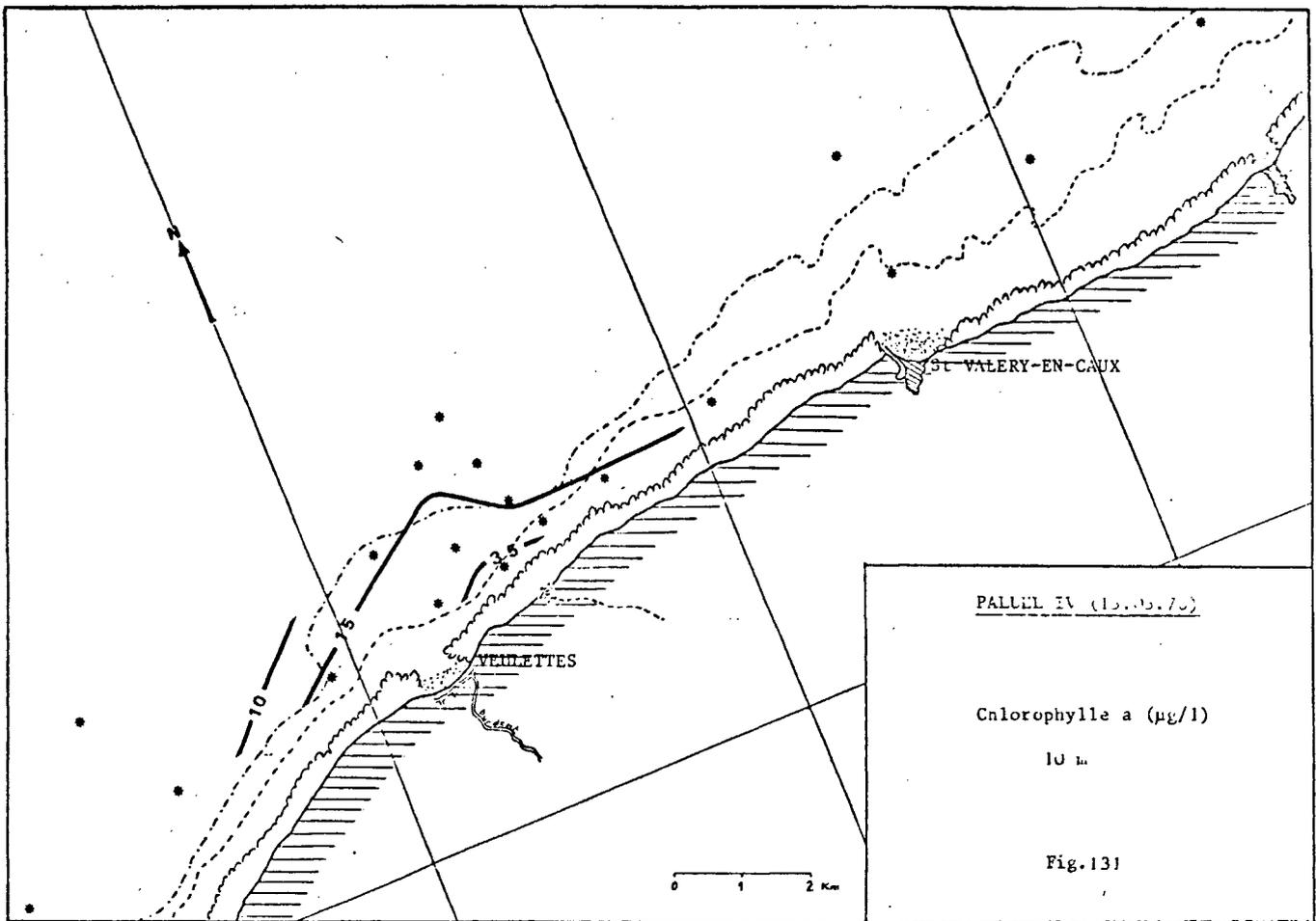


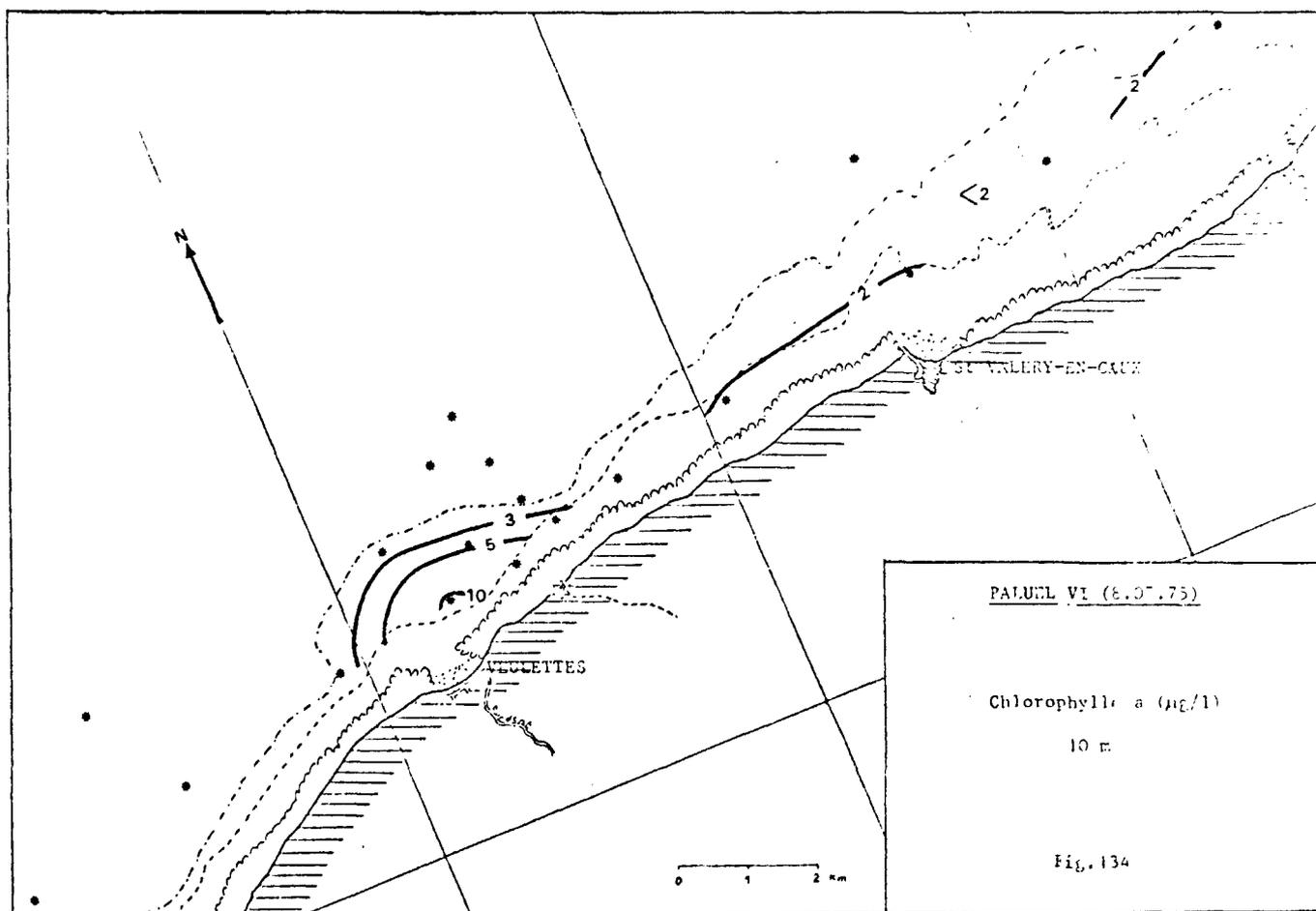
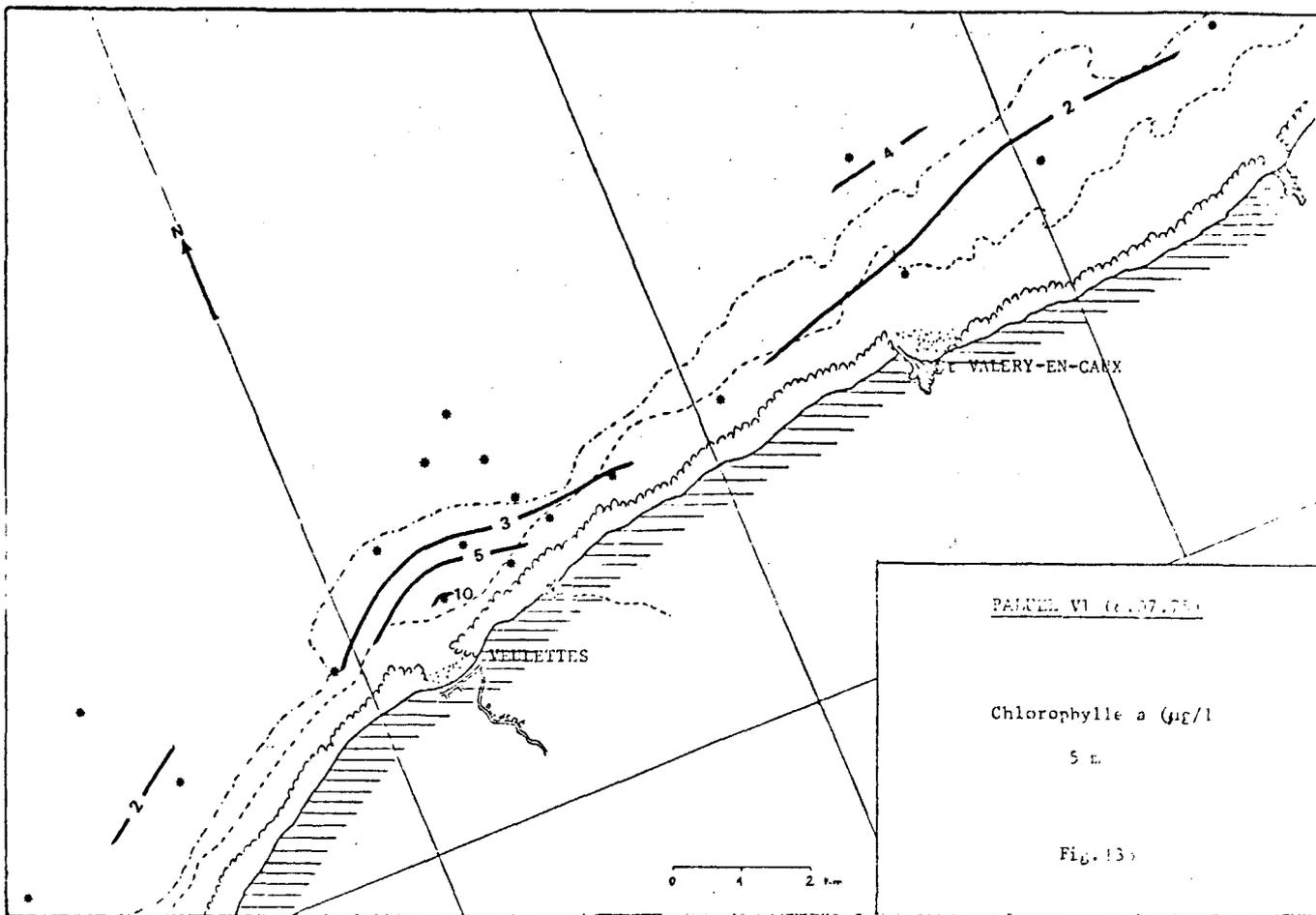
Fig 128

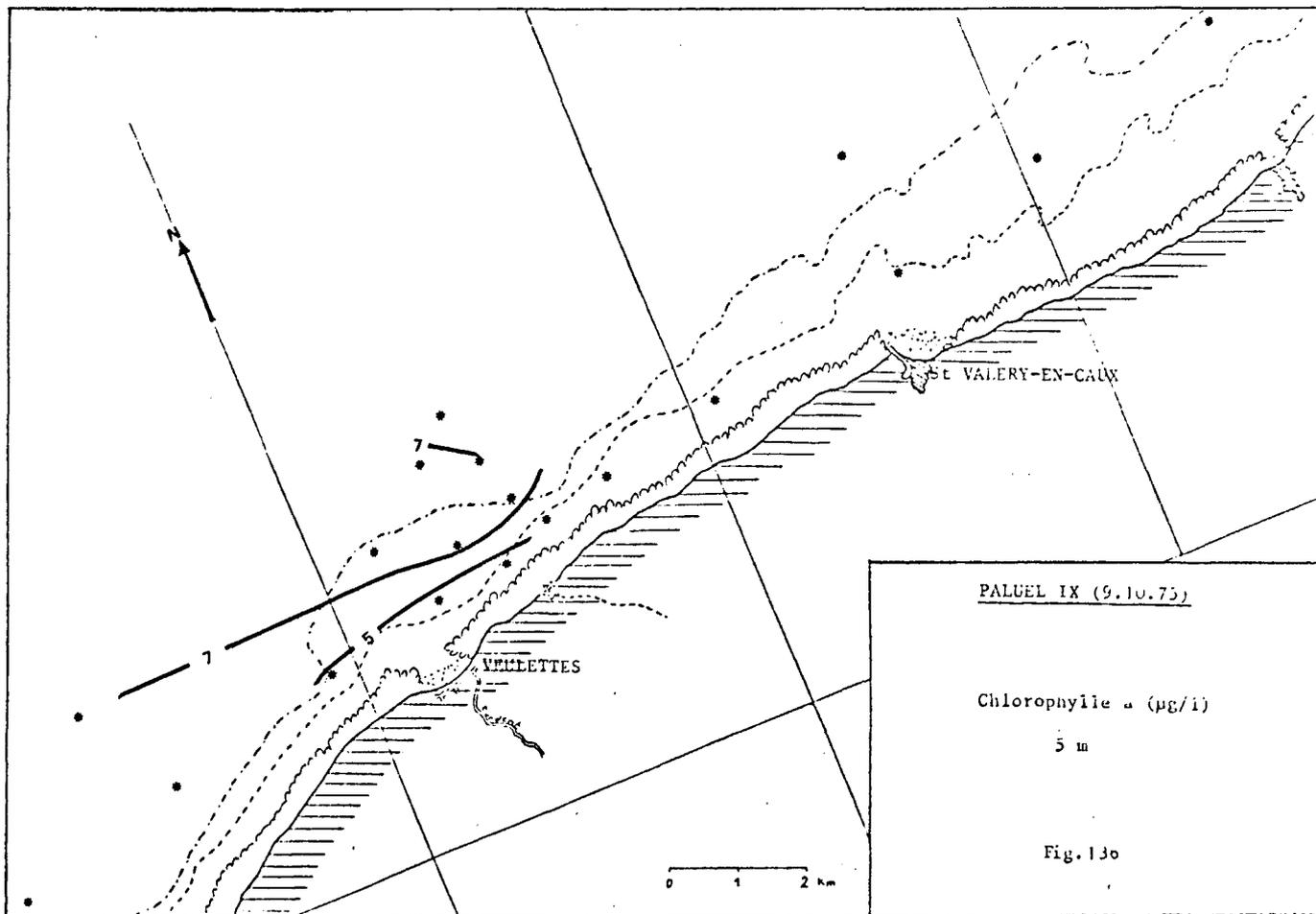
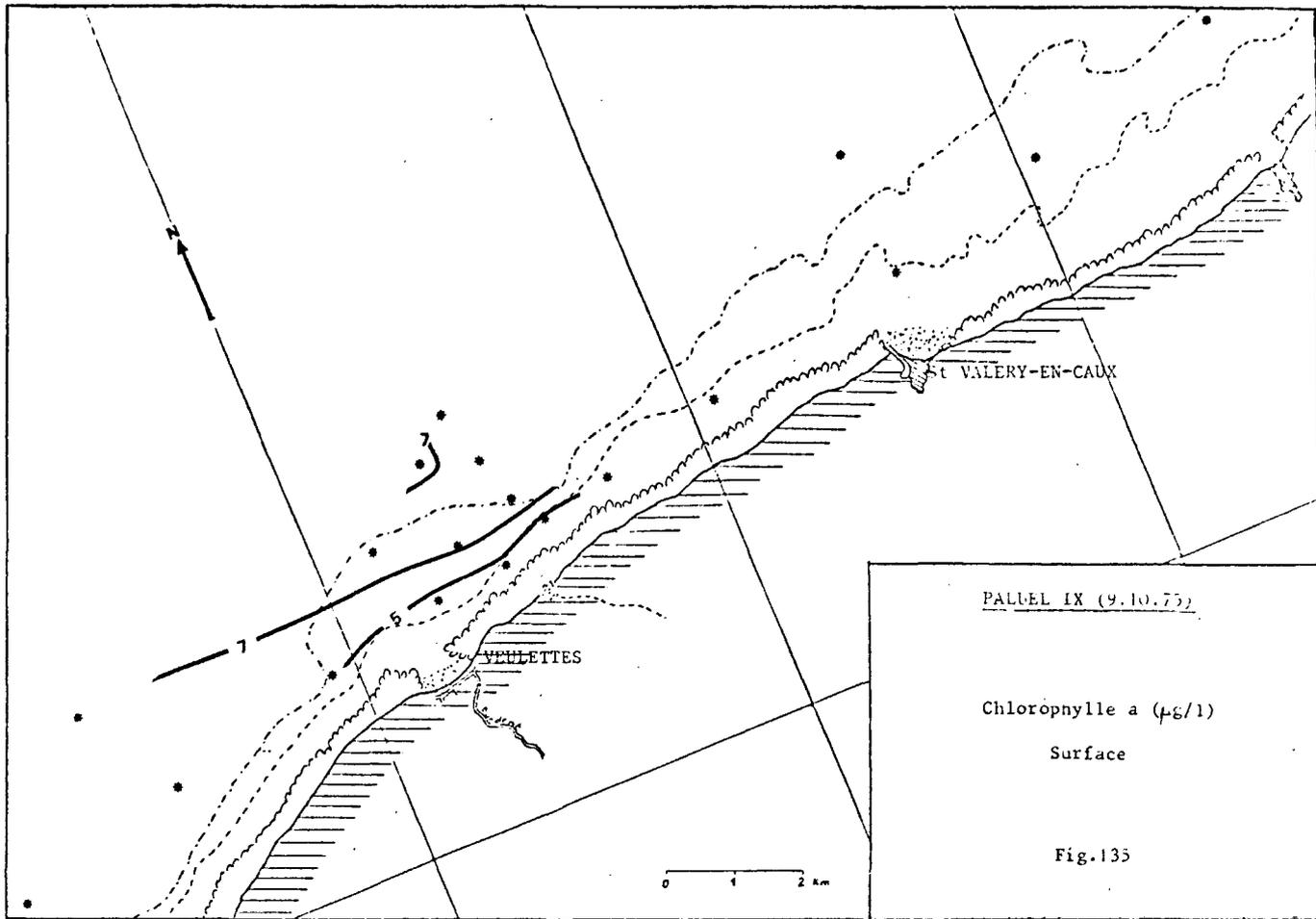
VARIATIONS DE L'INDICE PIGMENTAIRE DANS LE TEMPS A 3 STATIONS











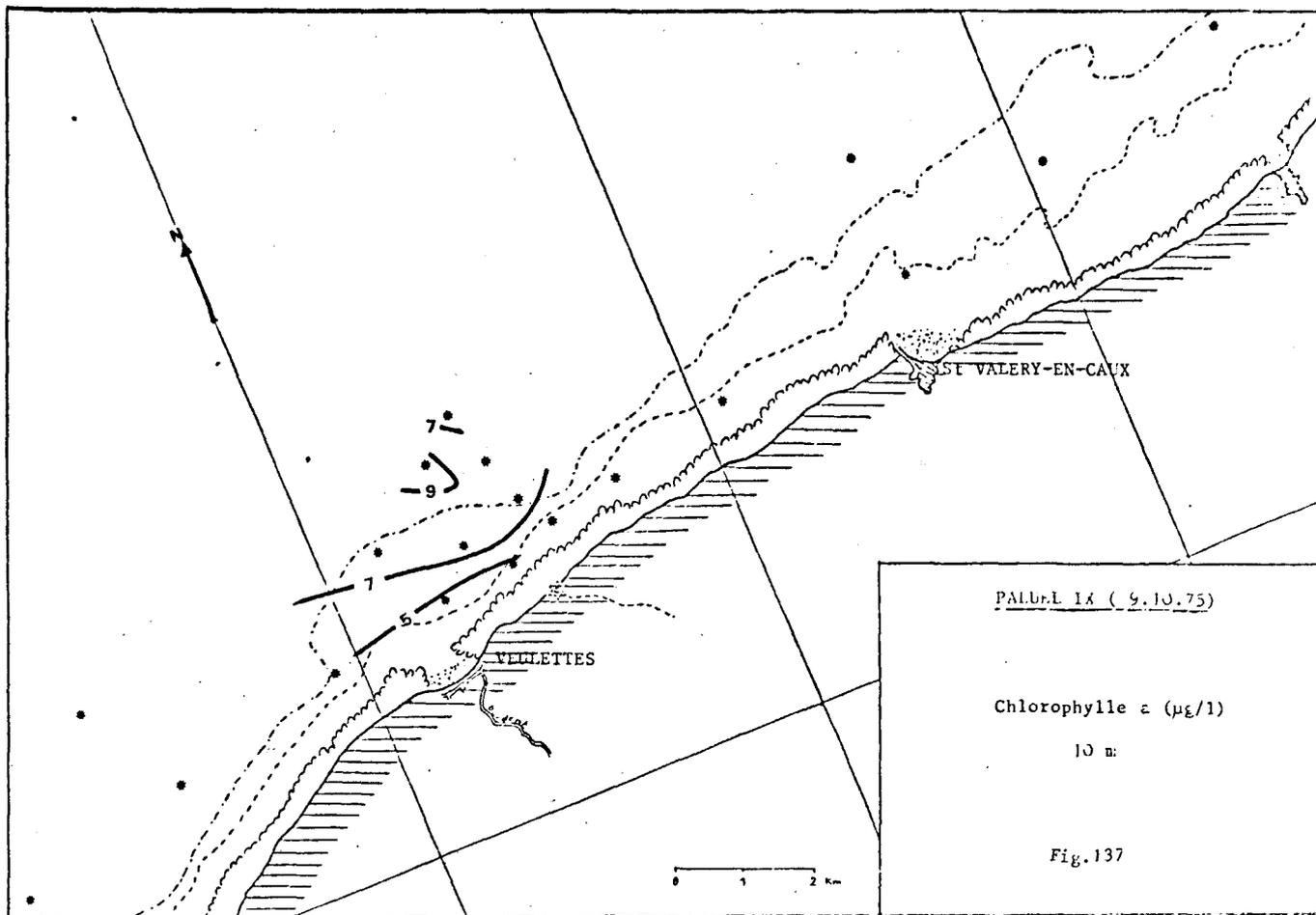
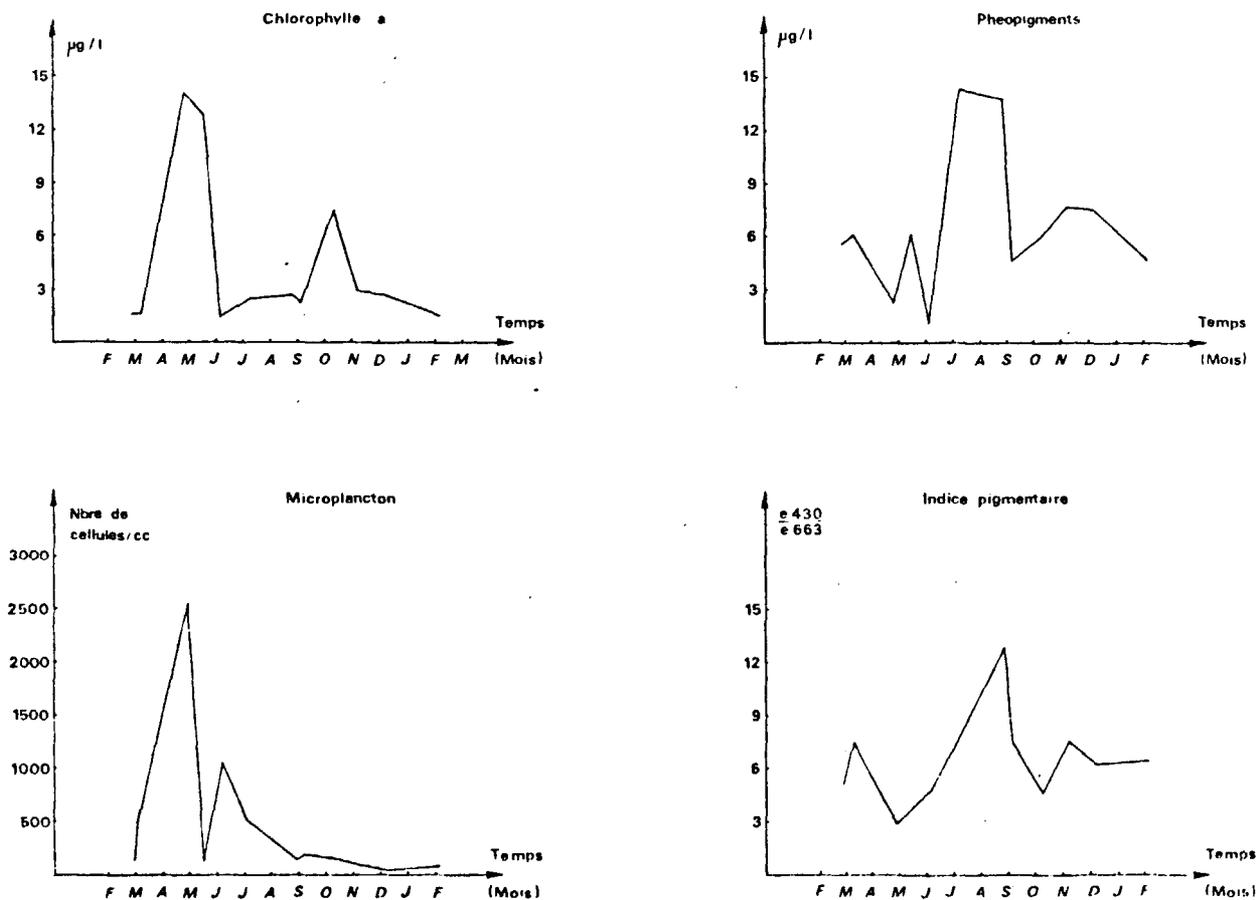


Fig.138

VARIATIONS DE QUELQUES PARAMETRES BIOLOGIQUES



Le taux de chlorophylle moyen obtenu sur toute l'année est d'environ 4,5 µg/l, ce qui est important par rapport aux concentrations trouvées en Manche occidentale (GRALL, 1972) ; ces valeurs sont proches de celles trouvées en mer du Nord par STEYAERT-PLANCKE et LANCELOT VAN BEVEREN (1970).

Les valeurs maximales (≈40 µg/l) correspondent au développement printanier du phytoplancton en avril et mai. Après une chute estivale et une stabilisation autour de 3 µg/l, un nouvel accroissement se produit en octobre. Si l'on compare ces variations avec celles des phéopigments et de l'indice pigmentaire, on remarque qu'à l'abondance de chlorophylle a d'avril correspond un minimum de phéopigments et d'indice pigmentaire.

La biomasse d'organismes photosynthétiques est alors en phase de croissance active ; en mai, où la chlorophylle est aussi abondante, on note une augmentation des phéopigments, ce qui laisse supposer une population en voie de dégénérescence. A la période estivale correspond un maximum de concentration en phéopigments, ainsi qu'un maximum des valeurs de l'indice pigmentaire. Cela est probablement lié à un mauvais rendement photosynthétique des populations phytoplanctoniques provoqué par la pauvreté du milieu en sels nutritifs (non renouvelés par les précipitations inexistantes).

2.1.4 - Relations avec les paramètres physico-chimiques

2.1.4.1 - Température

La température n'a pas beaucoup d'influence sur le taux de chlorophylle ; la seule relation significative a été trouvée à partir des valeurs mesurées lors de la campagne IX, et il s'agit probablement d'une relation secondaire (figure 139).

2.1.4.2 - Salinité

Les eaux à salinité peu élevée sont en général les témoins d'apports continentaux riches en sels nutritifs. Il devrait donc être possible de trouver une relation inverse entre la salinité et l'abondance de biomasse phytoplanctonique représentée par la chlorophylle. En prenant des données campagne par campagne, seuls les résultats des campagnes II, VIII et IX permettent d'établir une relation significative entre la salinité et la chlorophylle (figures 140 à 142). Si l'on prend la totalité des données sur l'année, on obtient un diagramme de dispersion ordonnée (figure 143). La relation liant ces deux paramètres est une fonction de puissance.

Fig. 139

DIAGRAMME DE DISPERSION : CHLOROPHYLLE a — TEMPERATURE .

Campagne IX. (8.10.75)

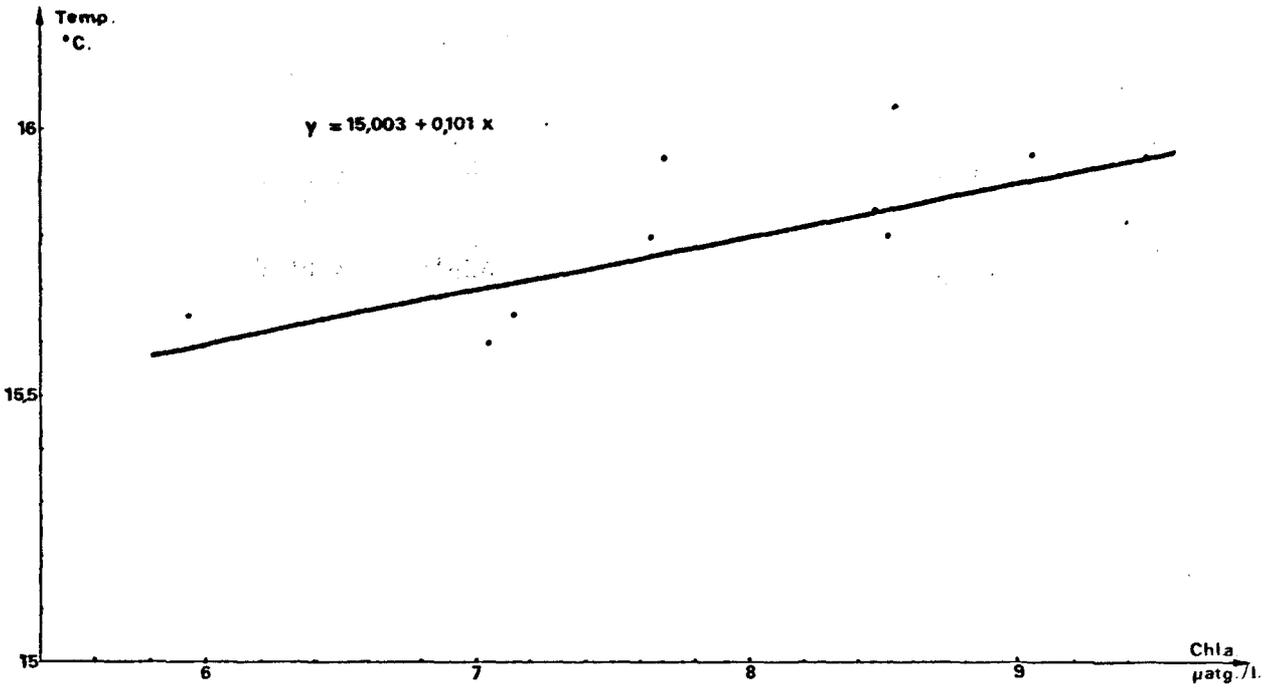


Fig 140

DIAGRAMME DE DISPERSION : CHLOROPHYLLE a — SALINITE

CAMPAGNE II

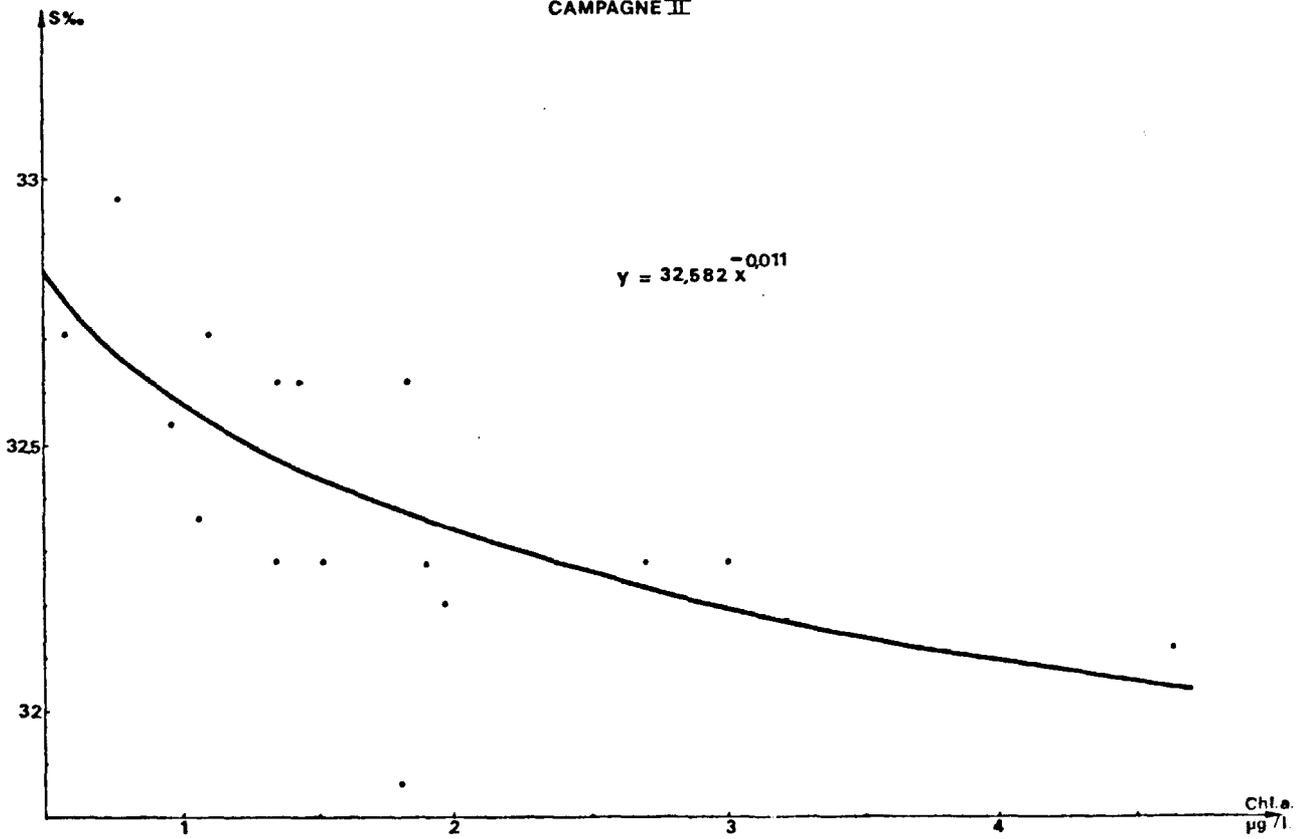


Fig. 141

DIAGRAMME DE DISPERSION : CHLOROPHYLLE a — SALINITE.

Campagne VIII.

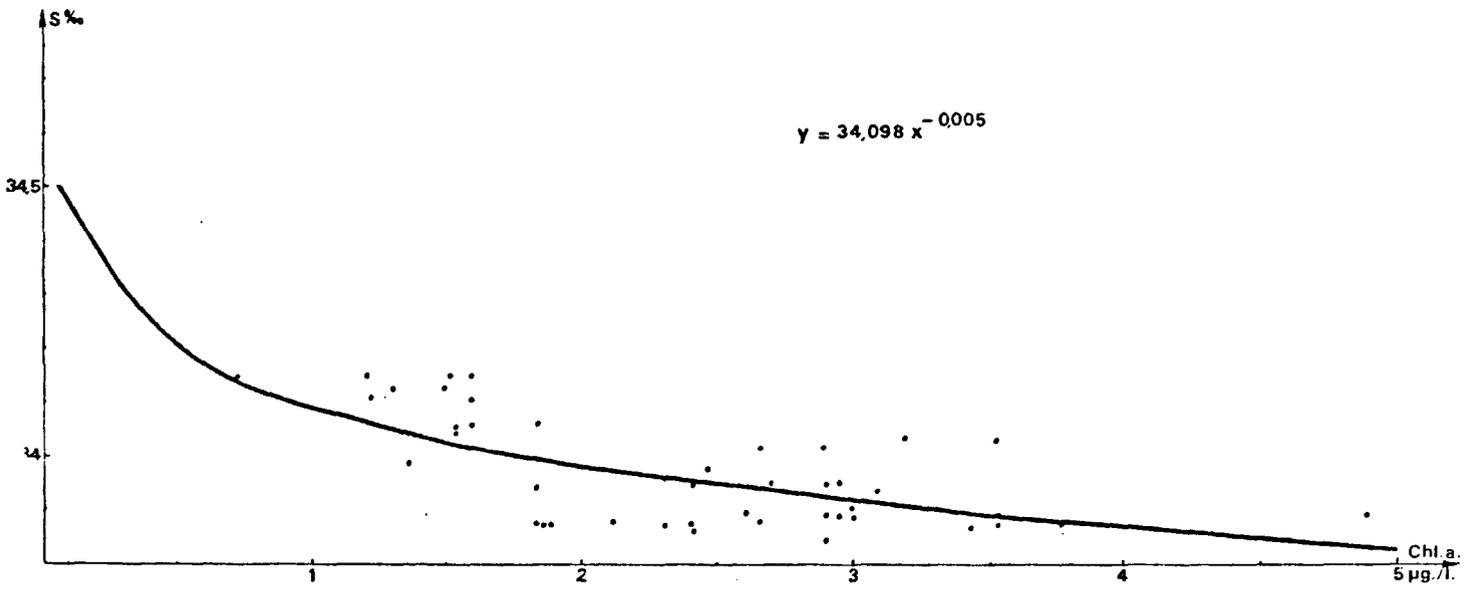


DIAGRAMME DE DISPERSION : CHLOROPHYLLE a — SALINITE.

Fig. 142

Campagne IX

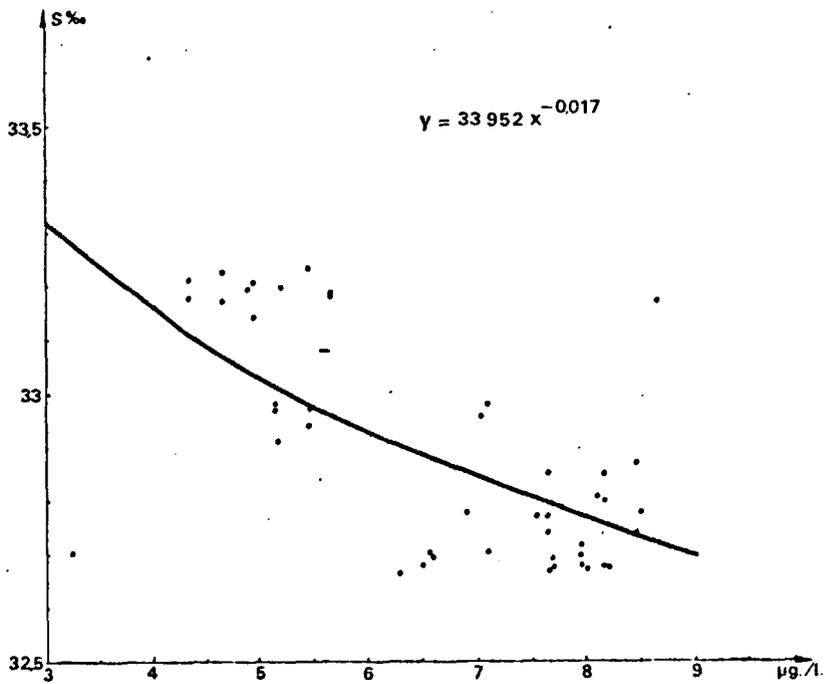
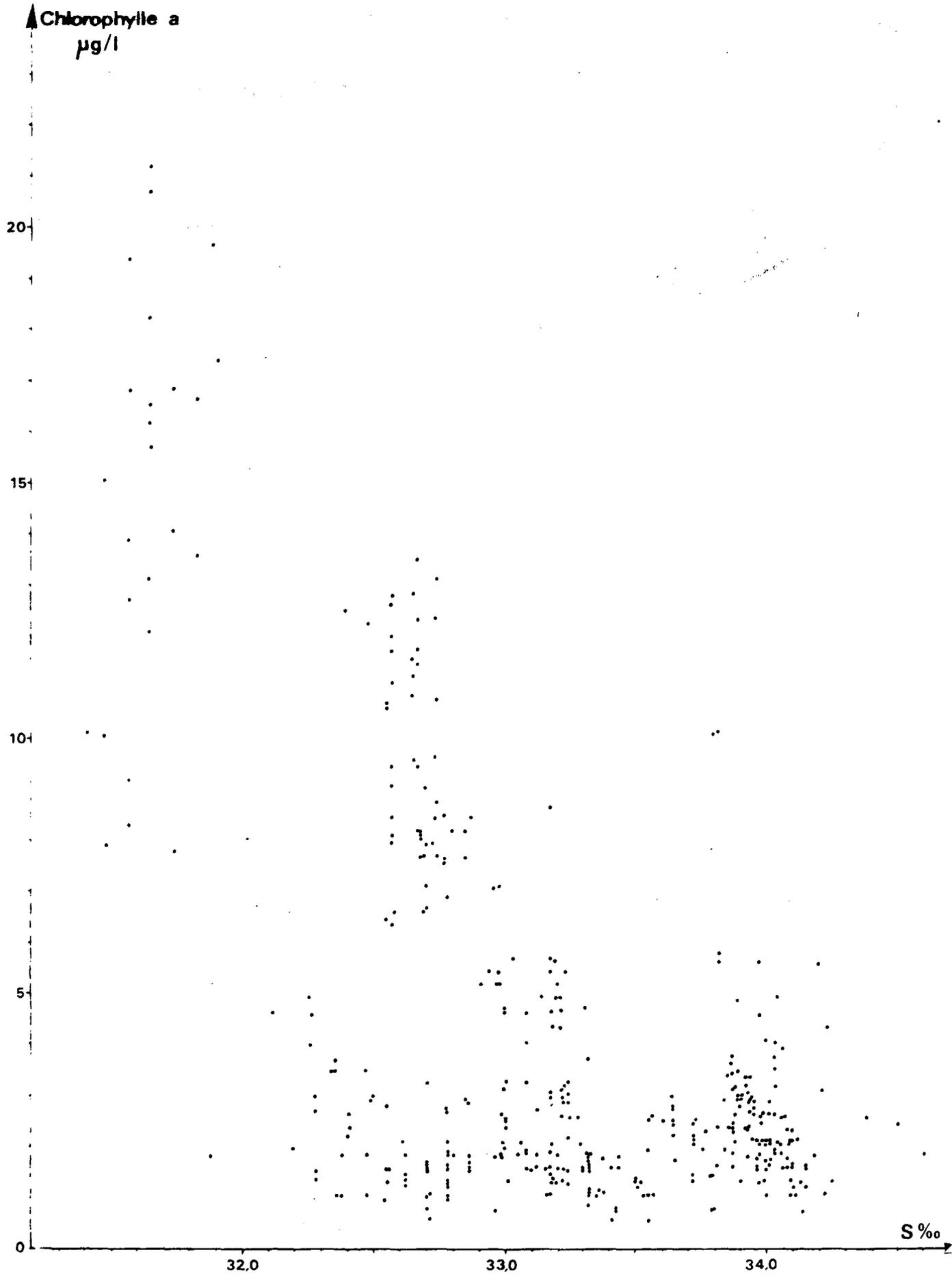


Fig.143

DIAGRAMME DE DISPERSION CHLOROPHYLLE a - SALINITE

(Totalité des campagnes)



2.1.4.3 - Matières en suspension

Nous avons pu montrer (paragraphe concernant les paramètres physico-chimiques), que la concentration en matières en suspension est liée à la turbulence créée par les courants de marée. On peut donc supposer que dans ces conditions, les matières en suspension sont principalement représentées par des sédiments. Or, les relations matières en suspension-chlorophylle sont très nettes, principalement pour les campagnes II, III, IV, V, VI et VII (figures 146 à 151).

Plusieurs hypothèses peuvent être émises :

- les relations peuvent être secondaires, le taux élevé de matières en suspension indiquant les eaux côtières plus riches en organismes photosynthétiques ;
- le brassage des fonds entraîne une mise en suspension des sels nutritifs recyclés au niveau des sédiments, cet apport peut favoriser le développement du phytoplancton. Cela se traduirait par une chlorophylle plus abondante au niveau profond par rapport au niveau de surface. Selon cette hypothèse, la relation se matérialiserait essentiellement lors des plus forts brassages. Dans ce dernier cas, peut cependant intervenir une inhibition de la photosynthèse par la diminution de l'énergie lumineuse arrivant au fond (matières en suspension faisant écran). Cela semble se confirmer par l'étude des variations verticales de la chlorophylle (voir figures 129 à 136). Cette remise en circulation des sels nutritifs à partir des sédiments peut devenir insignifiante devant les apports continentaux arrivant après de fortes pluies. La période fin mars-début avril a été très pluvieuse et l'on a cependant une relation chlorophylle a- matières en suspension en avril et mai, périodes de "bloom" d'organismes photosynthétiques ; dans ces conditions, les matières en suspension doivent être principalement composées d'organismes planctoniques et la relation chlorophylle-turbidité est directe (relations linéaires pour avril et mai, exponentielles ou logarithmiques pour les autres campagnes).

2.1.4.4 - Oxygène dissous

On devrait pouvoir établir une relation entre le taux d'oxygène dissous et la concentration en chlorophylle. En comparant ces deux paramètres campagne

Fig. 144 DIAGRAMME DE DISPERSION: CHLOROPHYLLE a — PROFONDEUR DE SECCHI.

Campagne V

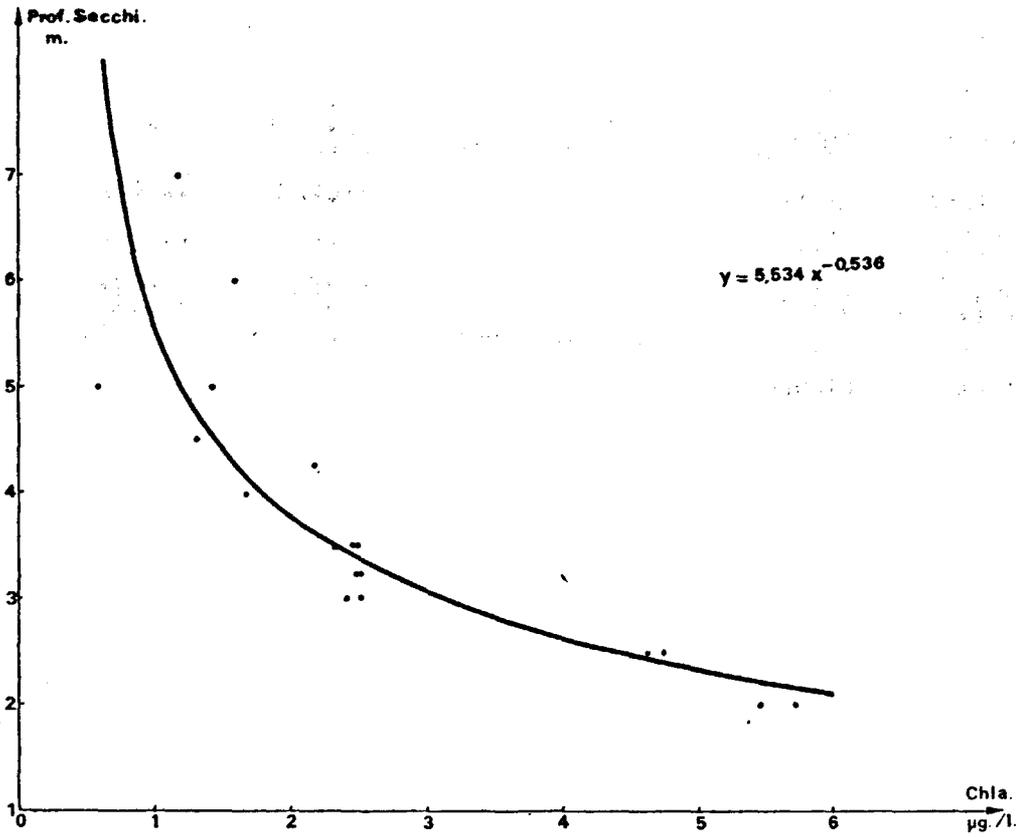


Fig. 145 DIAGRAMME DE DISPERSION: CHLOROPHYLLE a — PROFONDEUR DE SECCHI.

Campagne VIII

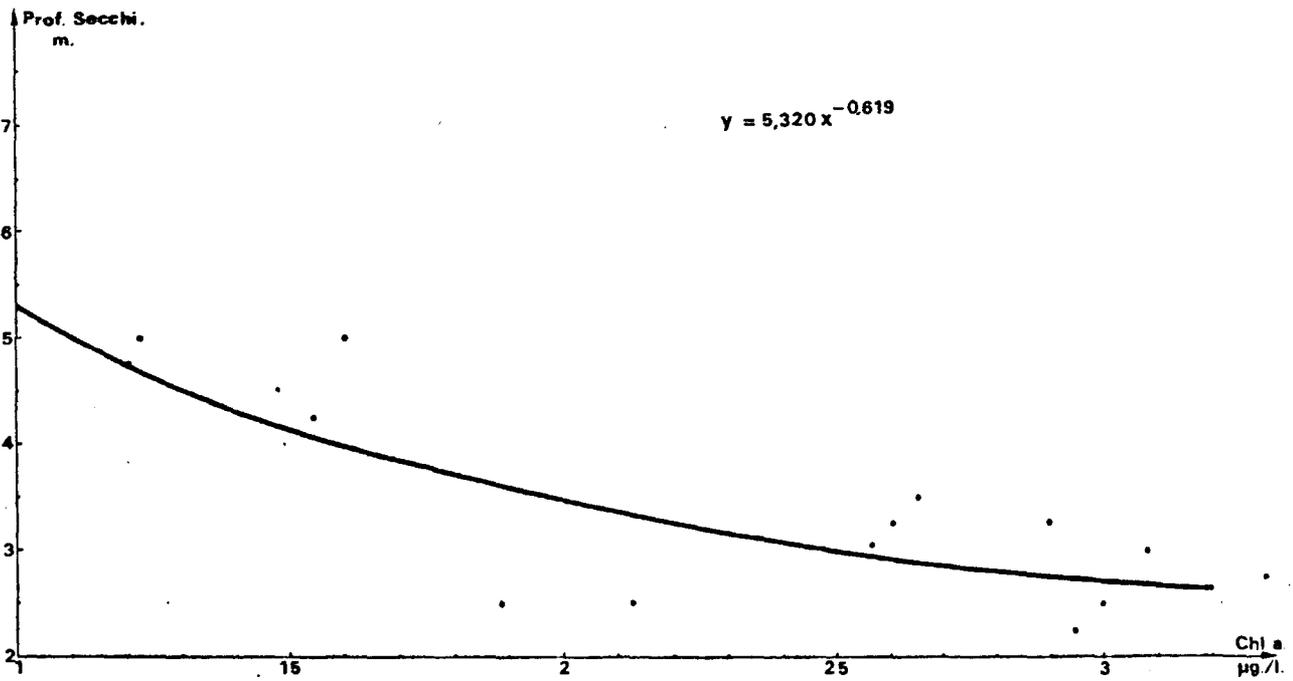


Fig. 146

DIAGRAMME DE DISPERSION : CHLOROPHYLLE a — MATIERE EN SUSPENSION .

Campagne II .

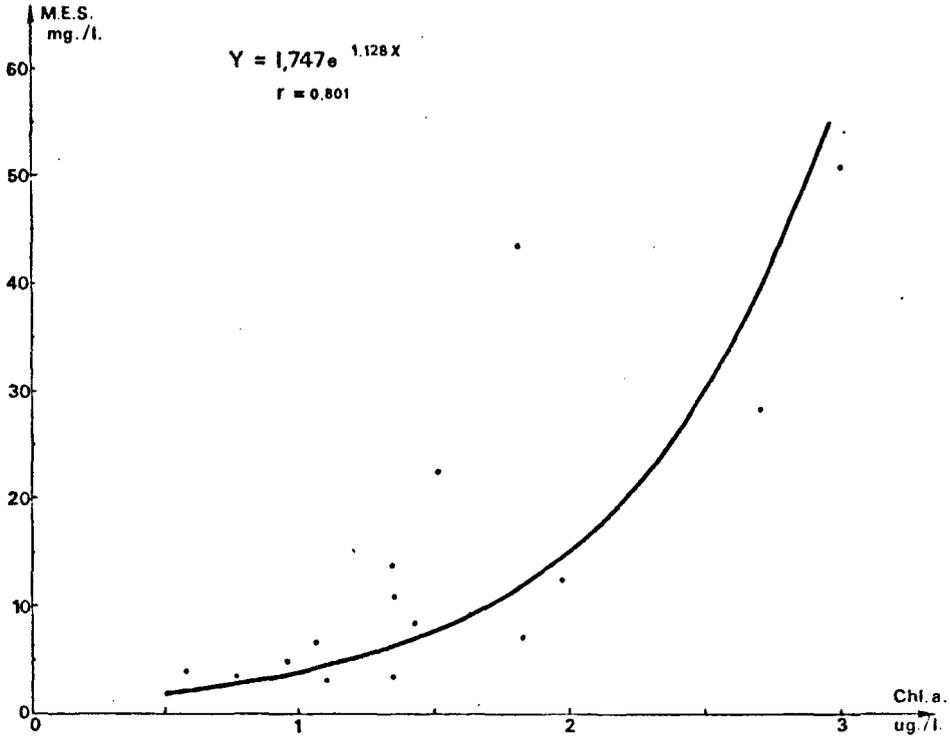


Fig. 147

DIAGRAMME DE DISPERSION :

CHLOROPHYLLE a — MATIERE EN SUSPENSION, Campagne III .

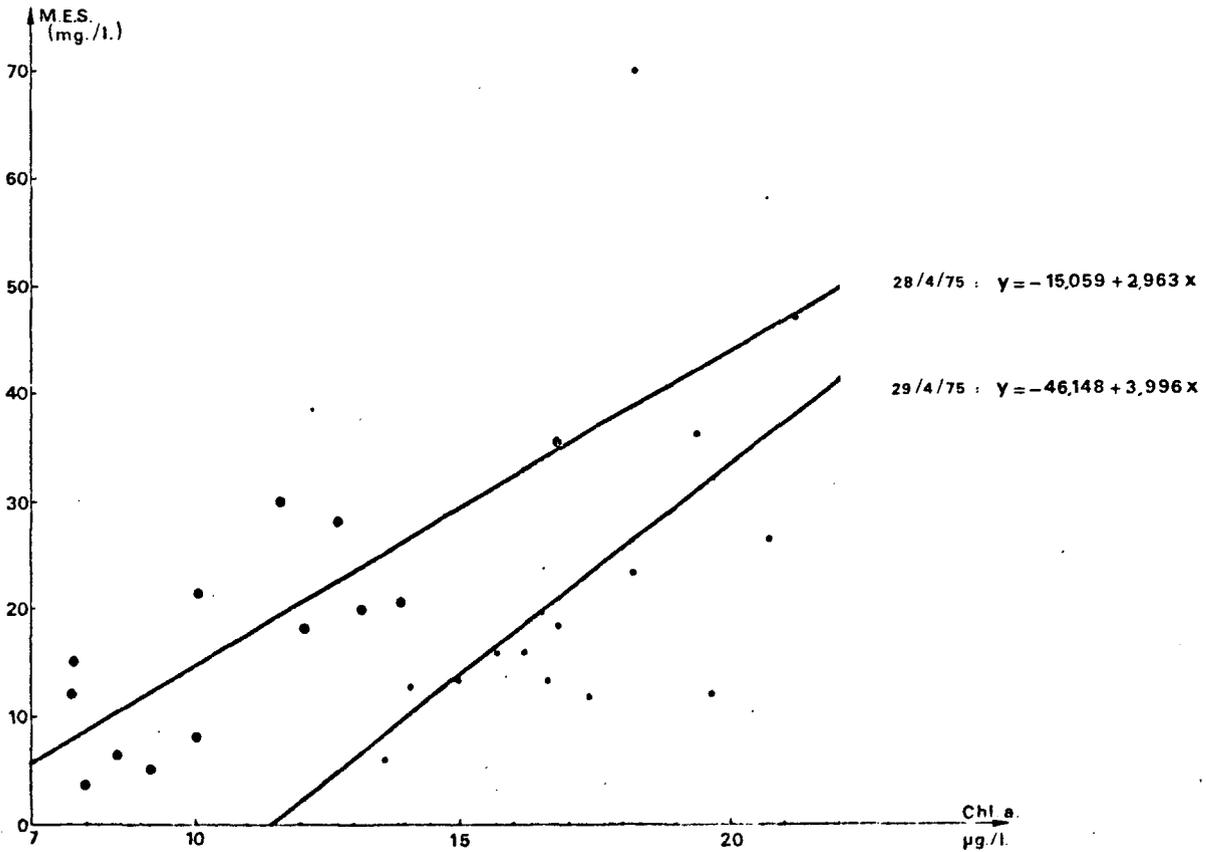


Fig. 148

DIAGRAMME DE DISPERSION :

CHLOROPHYLLE a — MATIERE EN SUSPENSION. Campagne IV.

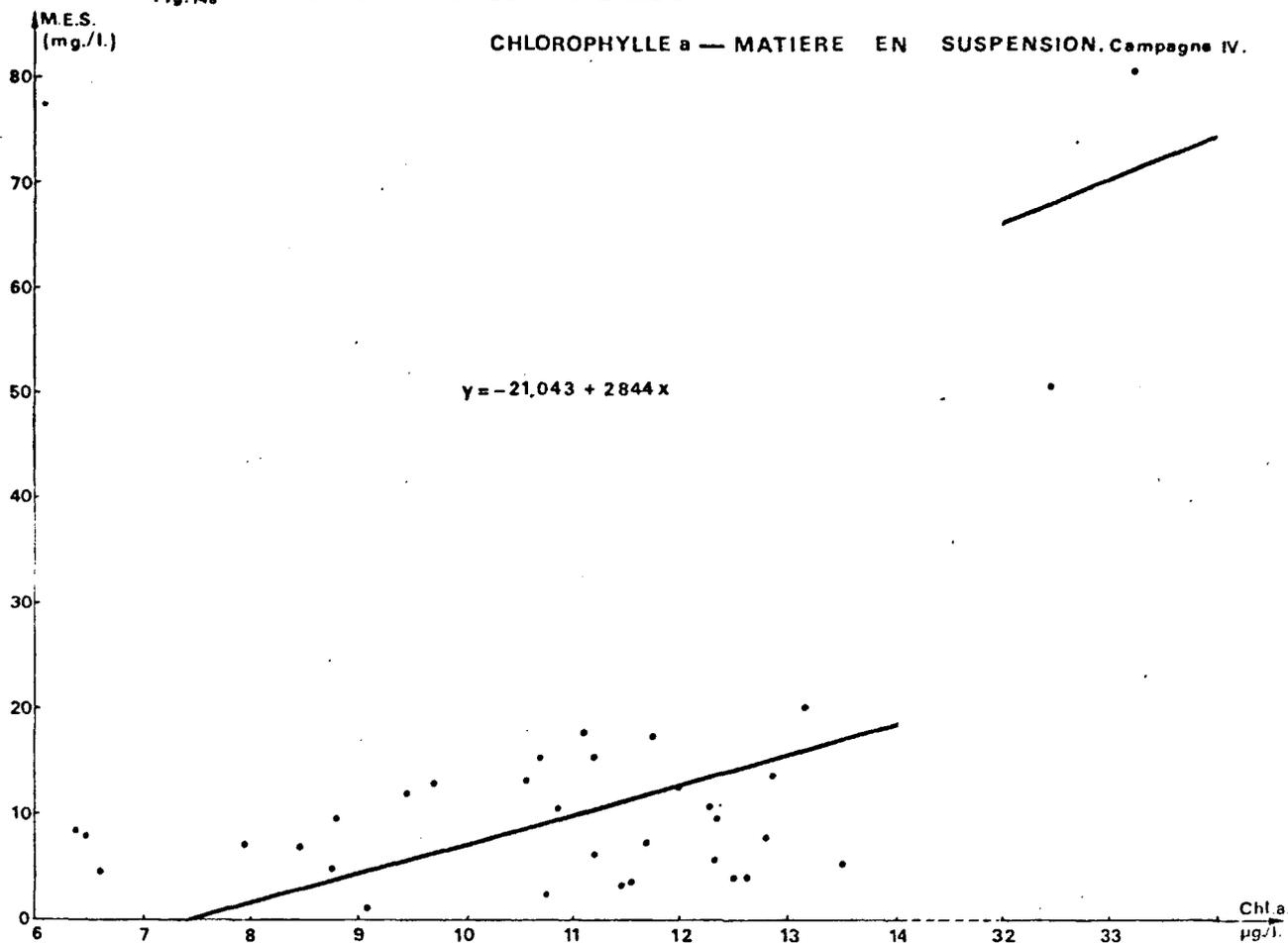


Fig. 149

DIAGRAMME DE DISPERSION :

CHLOROPHYLLE a — MATIERE EN SUSPENSION.

Campagne V.

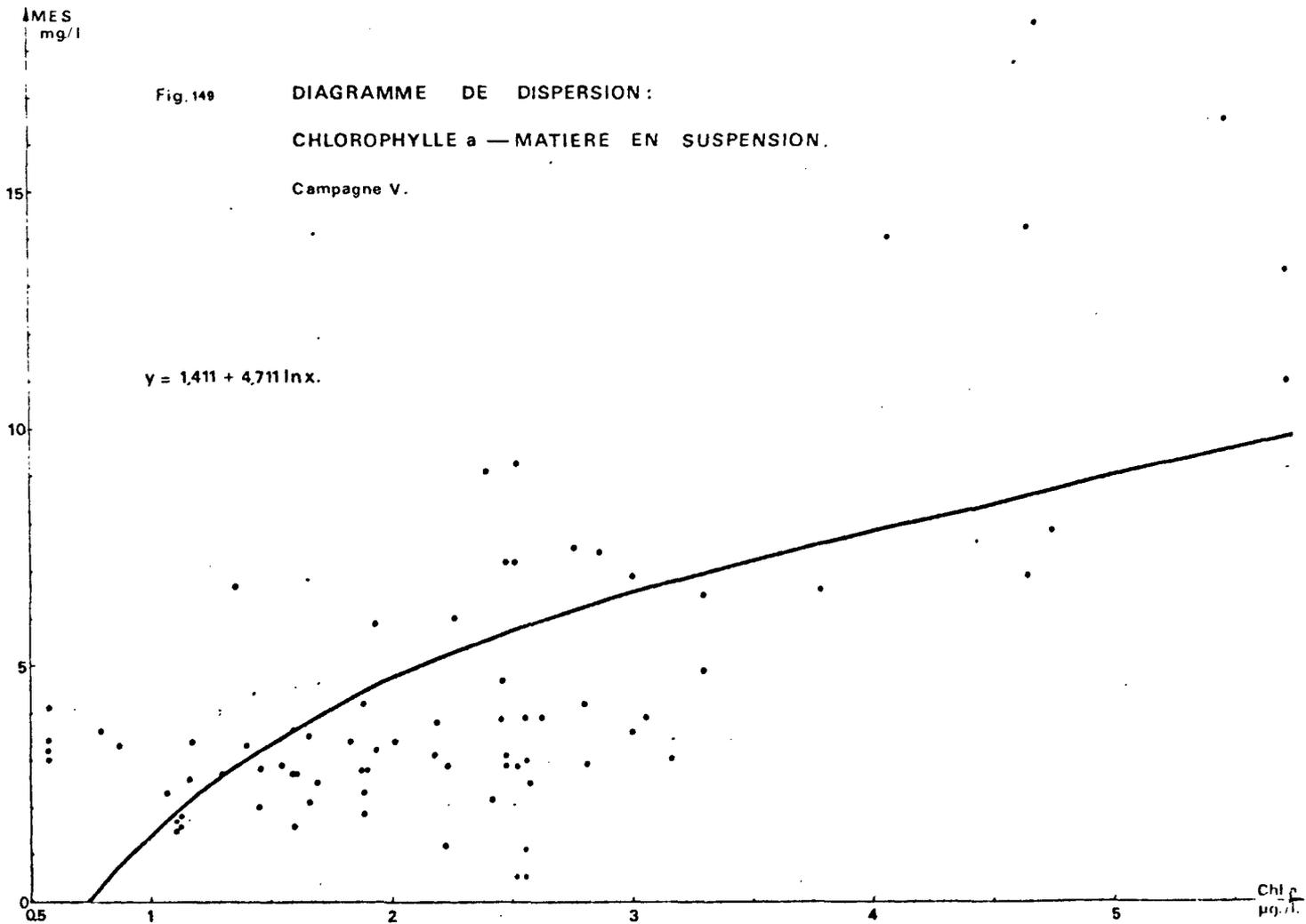


Fig. 150

DIAGRAMME DE DISPERSION:

CHLOROPHYLLE a — MATIERE EN SUSPENSION. Campagne VI.

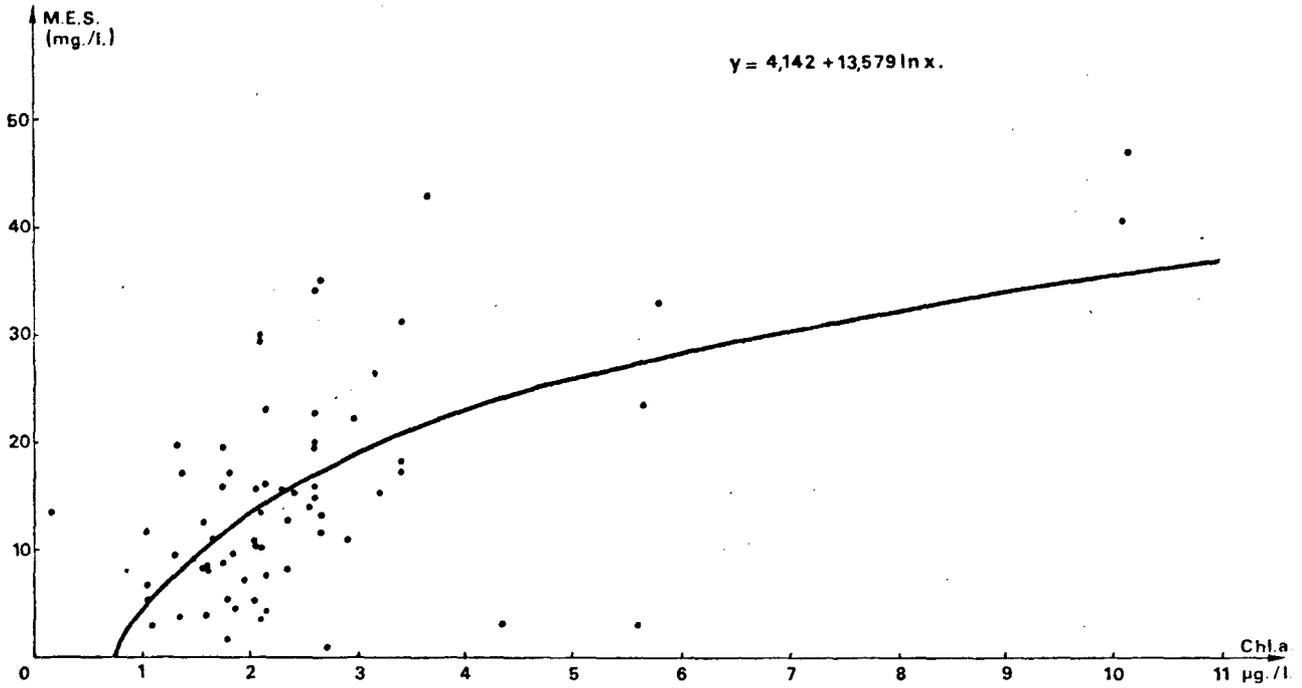
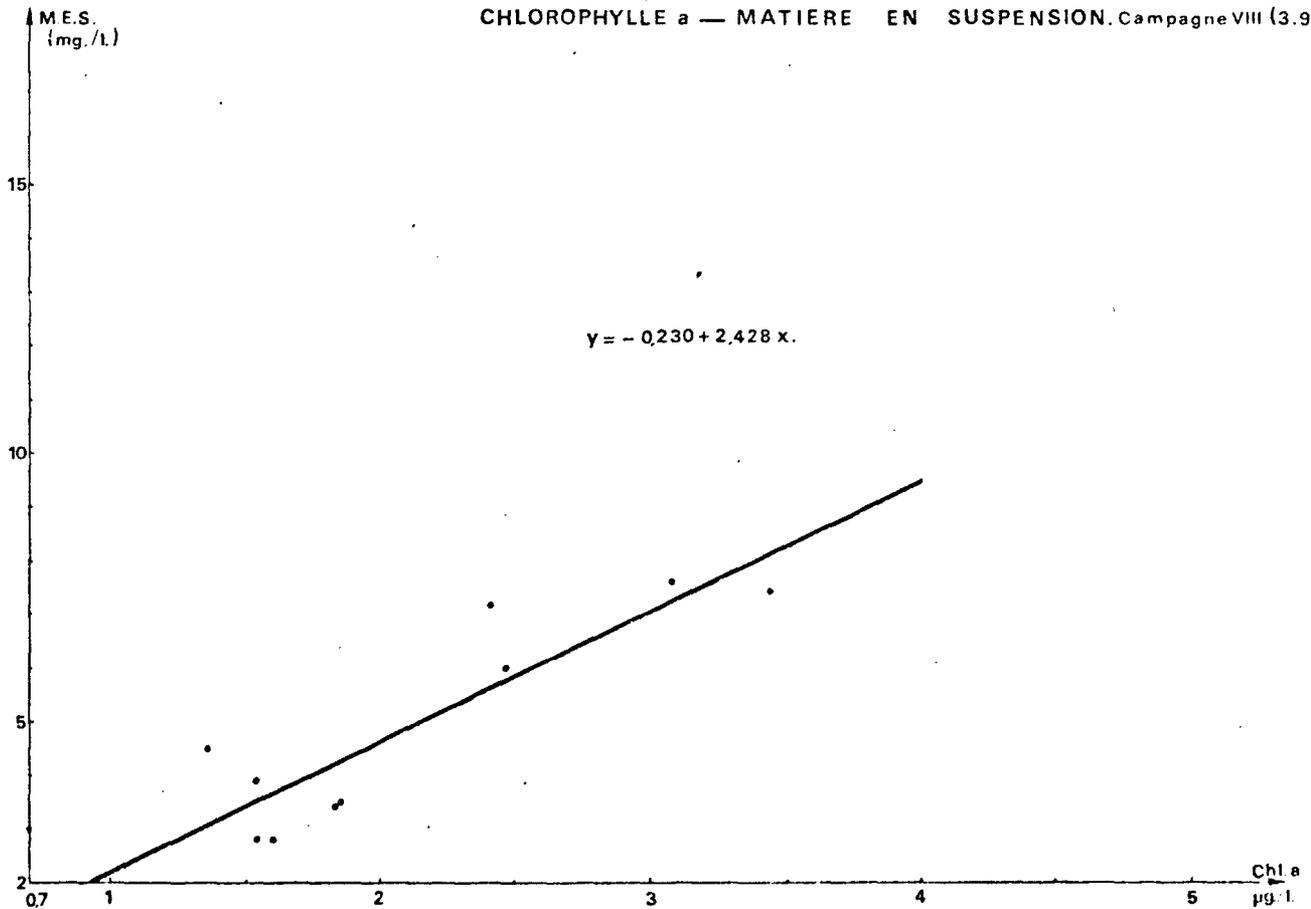


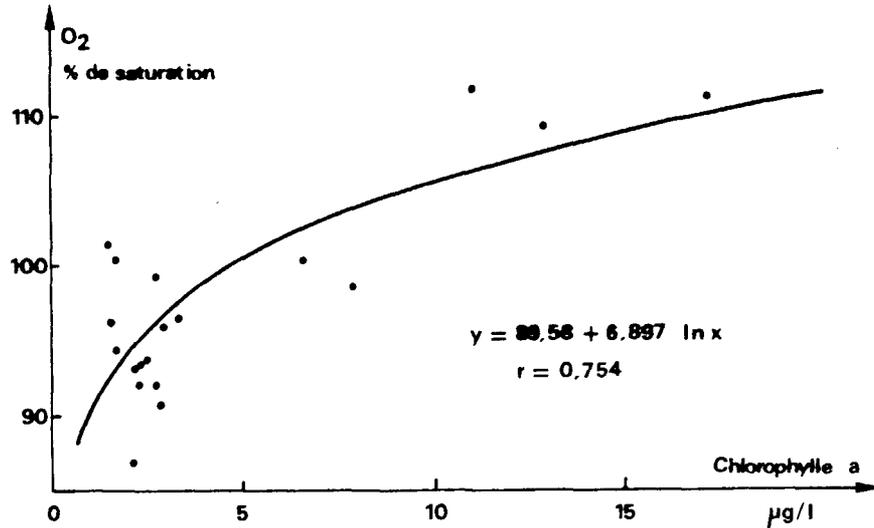
Fig. 151

DIAGRAMME DE DISPERSION:

CHLOROPHYLLE a — MATIERE EN SUSPENSION. Campagne VIII (3.9.75).



par campagne, les seules relations significatives décelées l'ont été aux campagnes VII et VIII (figure 152a). En groupant l'ensemble des résultats sur l'année, on n'obtient aucune relation, mais en comparant la moyenne des valeurs par campagne, on aboutit au tracé suivant :



La droite de régression obtenue a un coefficient de corrélation hautement significatif, et sa formule est proche de celle obtenue avec les valeurs de la campagne VII. On peut supposer que les relations pouvant exister entre ces deux paramètres sont masquées lors d'une étude plus fine par un "bruit de fond" correspondant probablement à la respiration d'organismes hétérotrophes ou à des phénomènes de réduction par présence de bactéries.

2.1.4.5 - Sels nutritifs

La présence de sels nutritifs stimule le développement des phytoplanctones représentés par la chlorophylle. On devrait avoir une relation entre le taux de sels nutritifs et la concentration en chlorophylle a. Une seule relation a été établie avec le taux de silicates (figure 152b) et elle est inverse (plus de chlorophylle pour moins de silicates). Cela s'explique par le dynamisme du phytoplancton au détriment des sels nutritifs, ce qui sera précisé dans le paragraphe suivant.

Fig.152 a DIAGRAMME DE DISPERSION : CHLOROPHYLLE a — OXYGENE.

Campagne VIII.

Campagne VII.

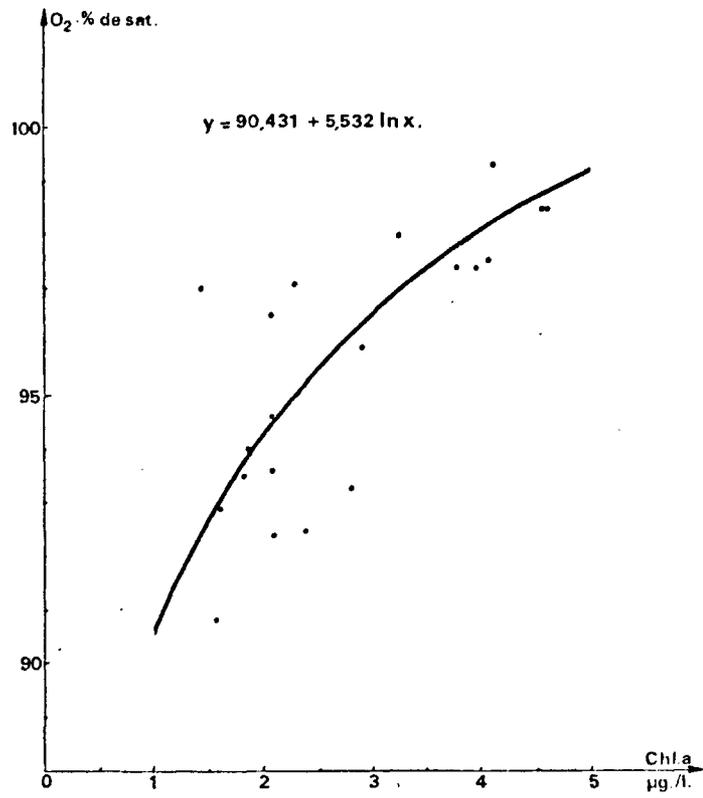
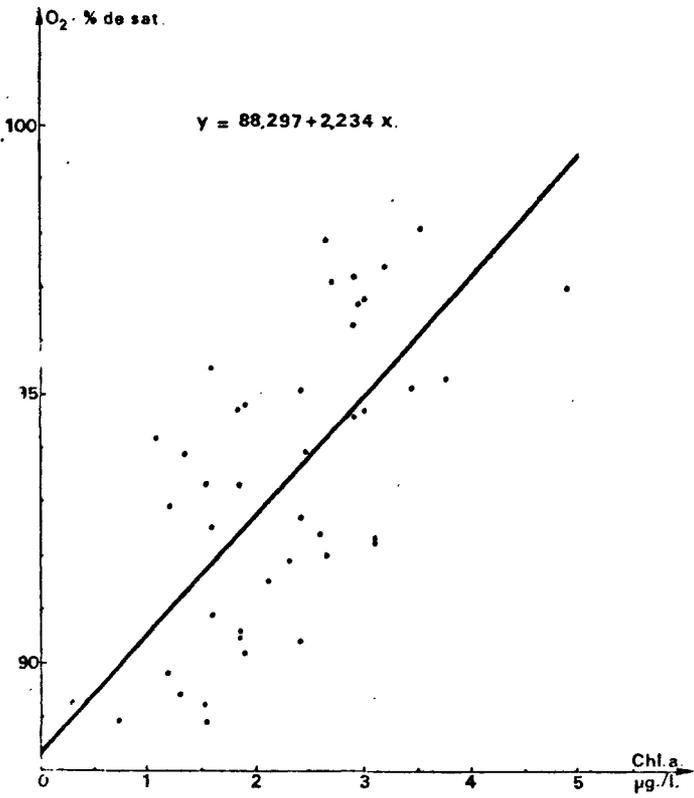
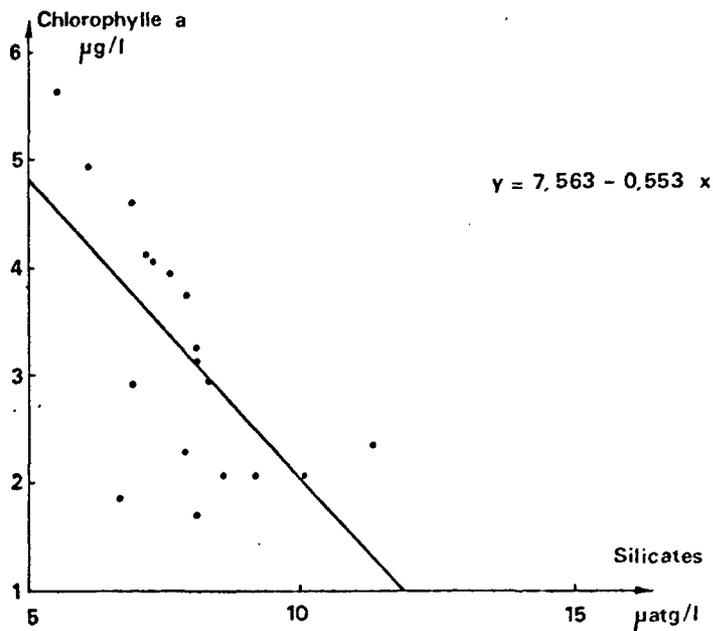


Fig.152 b DIAGRAMME DE DISPERSION SILICATES-CLHOROPHYLLE a
Campagne VII (27.08.1975)



1.2 - Microplancton

Les analyses systématiques et le comptage des espèces sont présentés dans les tableaux 13 à 23 (volume II). Le nombre d'échantillons étant très important, il n'a pas été possible de faire les comptages-détermination sur les 466 prélevés, le niveau de surface de toutes les stations a été analysé, ainsi que 5 à 8 stations complètes par campagne. Trois campagnes ont été complètement étudiées : V, XI et XII.

A chaque niveau sont indiqués : le nombre de cellules par espèce rencontrée dans 1 cm^3 de l'échantillon et le pourcentage de dominance de cette espèce par rapport à l'ensemble des espèces.

Le microplancton comprend les diatomées, les chlorophycées, les silicoflagellés, les dinoflagellés et les ciliés (organismes animaux hétérotrophes de petite taille). Les microflagellés, photosynthétiques, de taille comprise entre 5 et 30 microns, sont groupés sous le terme de nanoplancton. Ils sont difficilement identifiables au microscope photonique, et leur dénombrement est souvent rendu délicat par la présence de nombreuses particules (organiques ou minérales, indéterminables) couvrant le fond de la cuve. Ainsi, le dénombrement du microflagellé *Phaeocystis* sp. s'est avéré incertain, et les chiffres ne sont donnés qu'à titre indicatif (campagne IV).

La dernière colonne du tableau comporte la valeur des indices de diversité spécifique sur chaque niveau analysé. La valeur mentionnée à la lettre T (total) correspond à l'indice de l'ensemble des espèces rencontrées à tous les niveaux d'une station : il n'indique pas la moyenne des indices calculés à chaque niveau.

1.2.1 - Etude qualitative

Quatre vingt-cinq espèces de diatomées ont été déterminées sur l'ensemble des prélèvements analysés, vingt et une espèces de dinoflagellés, deux espèces de chlorophycées, une de silicoflagellés et une de microflagellés coloniaux (voir liste des espèces p. 145).

2.2.1.1 - Problèmes taxonomiques

Quelques problèmes se sont posés quant à la détermination de certaines espèces. Le genre ou espèce très incertains est signalé par un point d'interrogation. Le genre *Chaetoceros* (figures 153 a et b) est dans l'ensemble de détermination malaisée, par la petite taille des cellules et la fragilité des frustules et de leurs prolongements. Les seules espèces déterminées avec quasi certitude, sont les suivantes :

Chaetoceros compressum
Chaetoceros densum
Chaetoceros diadema (spores)
Chaetoceros sociale

Le genre *Thalassiosira* pose également quelques problèmes. L'espèce signalée sous le nom *Th. rotula* (figure 154) pourrait également être *Th. gravaida* (de même répartition géographique).

LISTE DES ESPECES DE MICROPLANCTON

DIATOMÉES

<i>Actinocyclus</i> sp.	n.Co.	<i>Chaetoceros diadema</i>	n.F.
<i>Actinoptychus senarius</i>	o.n.Co.	<i>Chaetoceros didymum</i>	n.T.
<i>Amphora</i> sp.	b.	<i>Chaetoceros difficile</i>	
<i>Asterionella japonica</i>	n.T.	<i>Chaetoceros gracile</i> (?)	n.T.F.
<i>Aulacodiscus argus</i>	n.T.F.	<i>Chaetoceros holsaticum</i>	s.n.F.
<i>Bacillaria paradoxa</i>	b.s.T.	<i>Chaetoceros lacinosum</i>	n.T.
<i>Bacteriastrum elongatum</i>	o.Ch.	<i>Chaetoceros sociale</i>	n.T.
<i>Bellerochea malleus</i>	n.Ch.	<i>Chaetoceros teres</i>	n.F.
<i>Biddulphia alternans</i>	n.F.T.	<i>Chaetoceros wighamii</i> (?)	n.T.
<i>Biddulphia aurita</i>	n.F.T.	<i>Chaetoceros</i> spp.	
<i>Biddulphia granulata</i>	n.F.T.	<i>Coscinodiscus excentricus</i>	n.Co.
<i>Biddulphia mobiliensis</i>	n.T.	<i>Coscinodiscus lineatus</i>	Co.
<i>Biddulphia rhombus</i>	n.F.	<i>Coscinodiscus nitidus</i>	T.
<i>Cerataulina pelagica</i>	n.T.	<i>Coscinodiscus radiatus</i>	F.T.
<i>Cerataulus smithii</i>	n.F.T.	<i>Coscinodiscus</i> sp.	
<i>Chaetoceros affine</i>	n.T.	<i>Coscinosira polychorda</i>	o.n.T.F.
<i>Chaetoceros breve</i>	n.T.	<i>Cyclotella</i> sp.	s.
<i>Chaetoceros compressum</i>	n.F.	<i>Diploneis</i> sp.	b.
<i>Chaetoceros curvisetum</i>	n.T.	<i>Ditylum brightwellii</i>	n.T.F.
<i>Chaetoceros debile</i>	n.F.T.	<i>Eucampia groenlandica</i>	n.F.
<i>Chaetoceros densum</i>	o.T.	<i>Eucampia zodiacus</i>	n.Co.

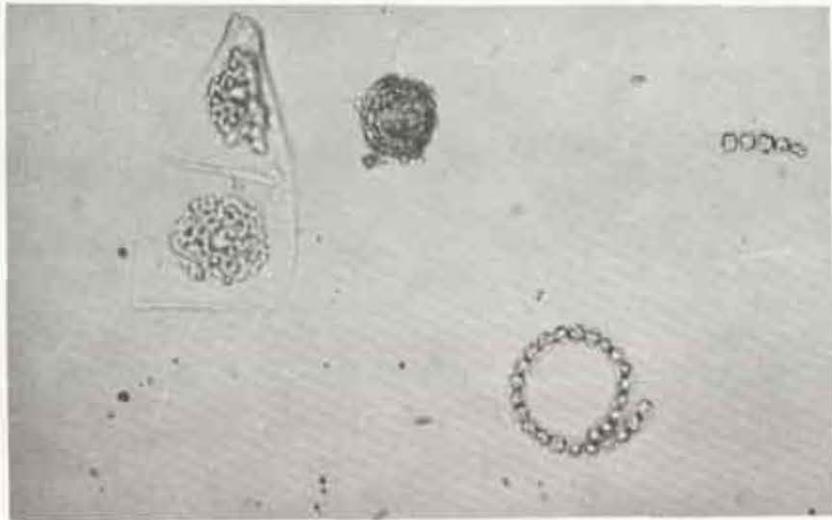


Fig. 153 a : *Chaetoceros debile* ou *curvisetum* et *Streptotheca thamesis*
(grossissement x 200).

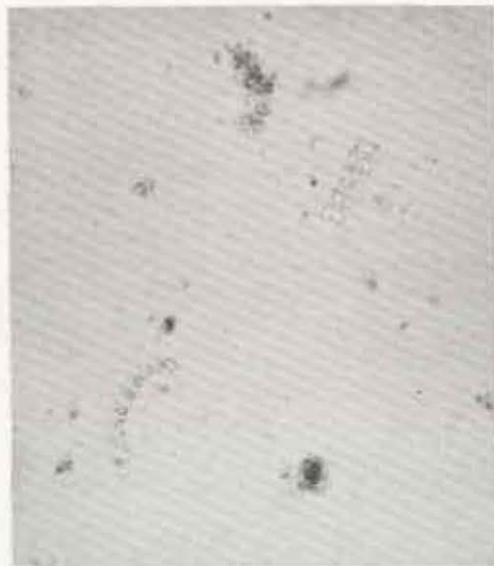


Fig. 153 b : *Chaetoceros debile* (grossissement x 175).

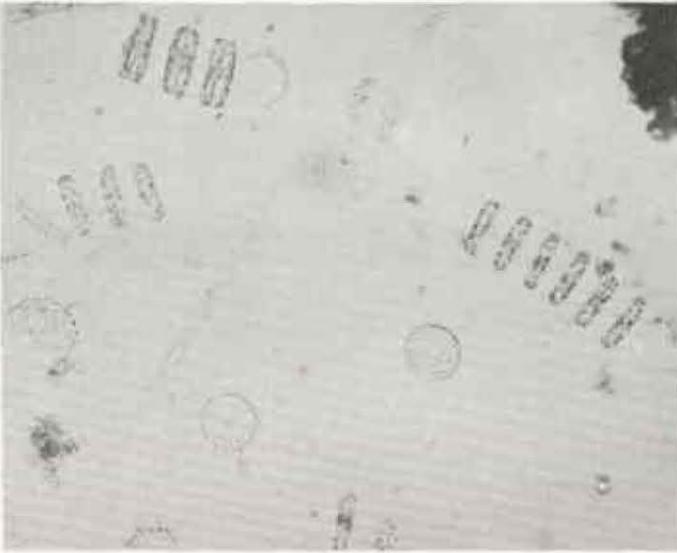


Fig. 154 : *Thalassiosira rotula*
(grossissement x 175).

Fig. 155 : *Thalassiosira* sp.
(grossissement x 175).

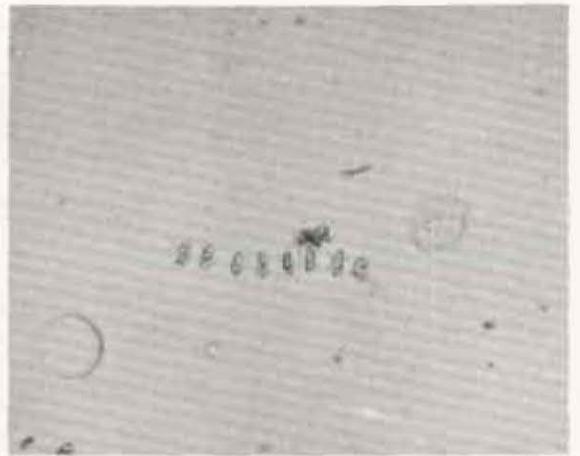


Fig. 156 : *Gymmodinium splendens*
(grossissement x 175).

Allassiosira rotula



Bidulphia mobiliensis

Eucampia zodiacus

Asterionella japonica

Fig. 157 : Quelques espèces de Diatomés.



Fig. 158 : *Actinopterychus senarius*
(x 300, 50 μ m = 1,5 cm).



Fig. 159 : *Aulacodius argus*
(x 400, 50 μ m = 2 cm).

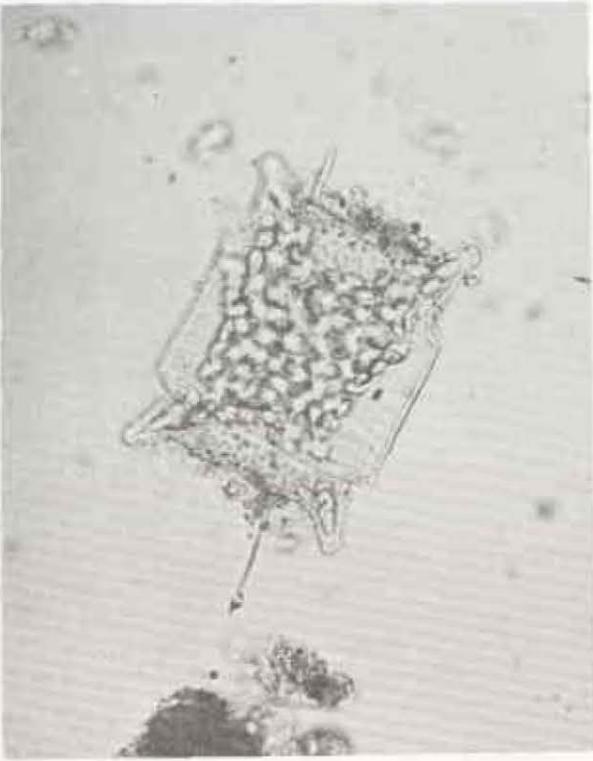


Fig. 160 : *Bidulphia granulata*
(x 500, 40 μ m = 2 cm).

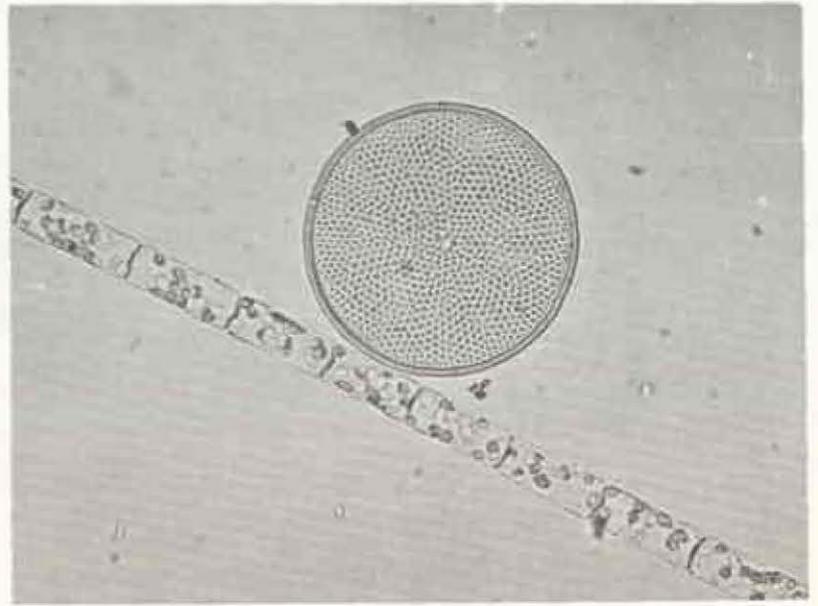


Fig. 161 : *Coccinodiscus radiatus* et *Leptocylindrus danicus*
(x 500, 40 μ m = 2 cm).



Fig. 162 : *Ditylum brightwellii*
(x 200, 100 μ m = 2 cm).

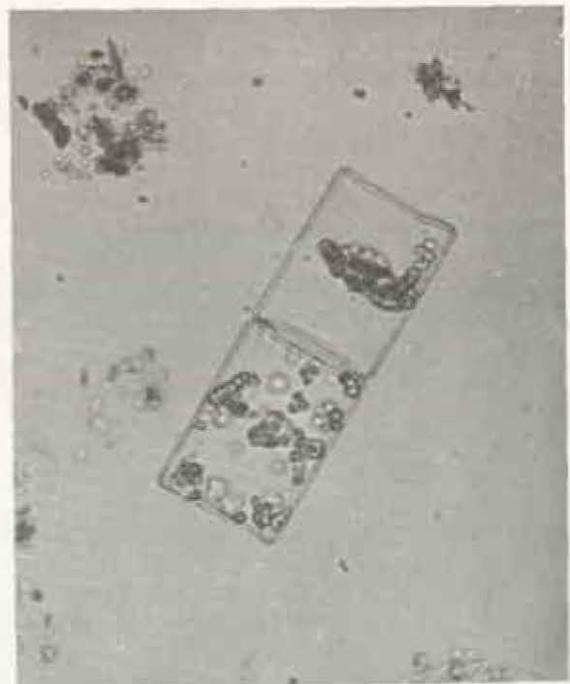


Fig. 163 : *Guinardia flaccida*
(x 250, 80 μ m = 2 cm).



Fig. 164 : *Landeria borealis* et *Thalassiosira rotula* et *Chaetoceros debile*
(x 175, 200 μ m = 3,5 cm).



Fig. 165 : *Paralia sulcata*
(x 200, 100 μ m = 2 cm).

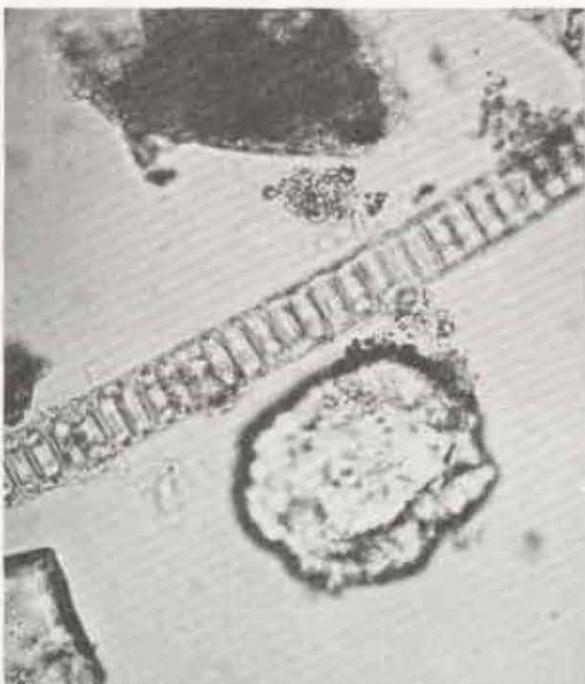


Fig. 166 : *Paralia sulcata*
(x 300, 50 μ m = 1,5 cm).

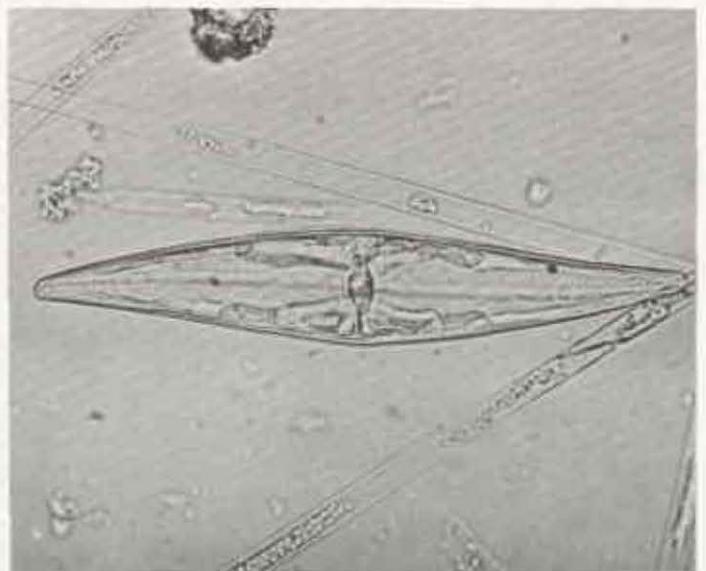


Fig. 167 : *Pleurosigma* sp.
(x 400, 50 μ m = 2 cm).



Fig. 168 : *Rhizosolenia delicatula*
(x 200, 100 μ m = 2 cm).

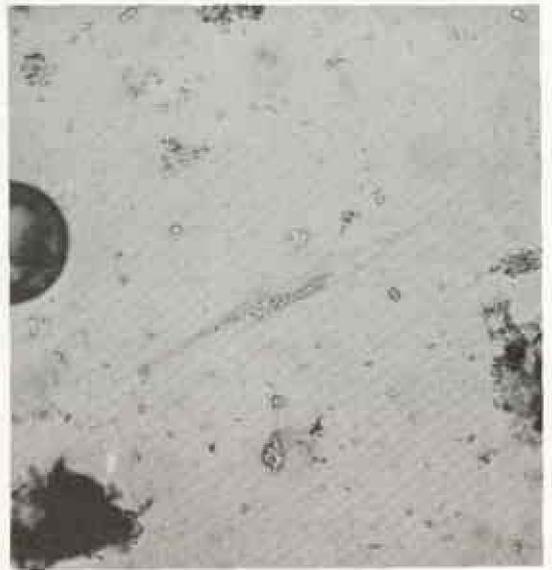


Fig. 169 : *Rhizosolenia setigera*
(x 175, 200 μ m = 3,5 cm).



Fig. 170 : *Rhizosolenia shrubsolei*
(x 175, 200 μ m = 3,5 cm).



Fig. 171 : *Rhizosolenia stouterfathi*
(x 400, 50 μ m = 2 cm).



Fig. 172 : *Skeletonema costatum*
(x 500, 40 μ = 2 cm).

Fig. 173 : *Thalassionema nitaschioides*
(x 400, 50 μ = 2 cm).

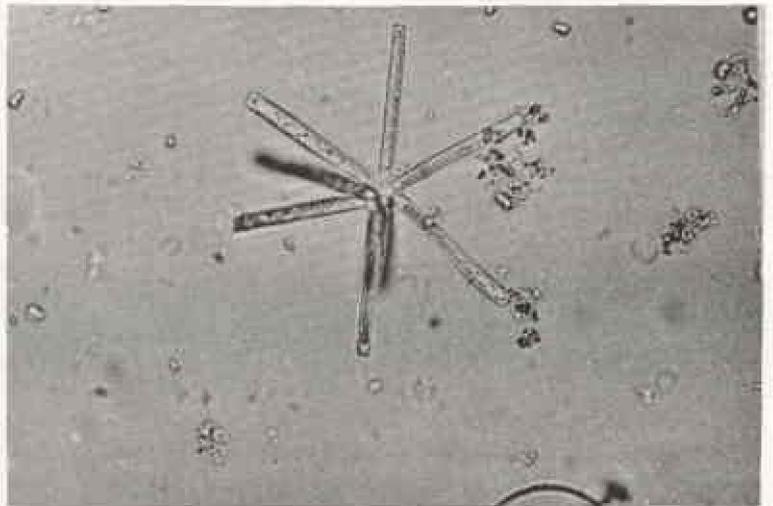
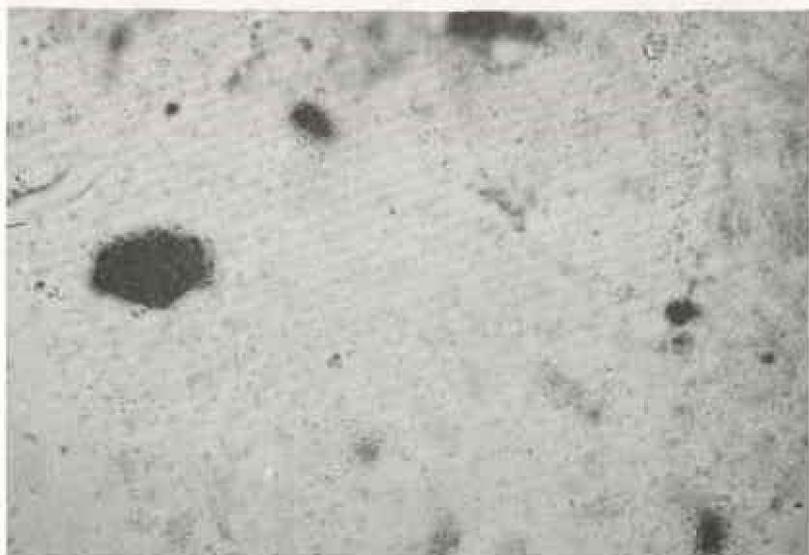


Fig. 174 : *Phaeocystis* sp.
(x 175, 200 μ = 3,5 cm).



<i>Fragilaria</i> spp (?)	n.	SILICOFLAGELLES
<i>Grammatophora</i> sp.	b.Co.	
<i>Guinardia flaccida</i>	n.T.	<i>Dictyocha speculum</i>
<i>Lauderia borealis</i>	n.T.F.	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	n.T.	
<i>Leptocylindrus minimus</i>	n.T.F.	DINOFLAGELLES
<i>Lithodesmium undulatum</i>		
<i>Melosira borneri</i>	s.n.T.	<i>Ceratium tripos lineatum</i>
<i>Melosira numuloides</i>	s.n.T.	<i>Dinophysis ovum</i>
<i>Melosira westii</i>	o.F.T.	<i>Diplopsalis lenticula</i>
<i>Melosira</i> sp.		<i>Gonyaulax</i> sp.
<i>Navicula</i> sp.	b.	<i>Gymnodinium lohmani</i>
<i>Nitzschia closterium</i>	n.T.	<i>Gymnodinium splendens</i>
<i>Nitzschia constricta</i> (?)		<i>Gymnodinium</i> sp.
<i>Nitzschia seriata</i>	n.T.F.	<i>Peridinium breve</i>
<i>Paralia sulcata</i>	n.F.T.	<i>Peridinium conicum</i>
<i>Plagiogramma</i> sp.	b.	<i>Peridinium crassipes</i>
<i>Pleurosigma angulatum</i>	s.b.T.	<i>Peridinium divergens</i>
<i>Pleurosigma marinum</i>	s.b.T.	<i>Peridinium islandicum</i>
<i>Pleurosigma</i> sp.	b.	<i>Peridinium oblongum</i>
<i>Podosira stelliger</i>	n.Co.	<i>Peridinium oceanicum</i>
<i>Rhabdonema</i> sp.	b.Co.	<i>Peridinium pedunculatum</i>
<i>Rhaphoneis amphiceros</i>	b.Co.	<i>Peridinium pellucidum</i> (?)
<i>Rhaphoneis surirella</i>	s.b.T.F.	<i>Peridinium pentagonum</i>
<i>Rhizosolenia delicatula</i>	n.T.	<i>Peridinium</i> sp.
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	n.T.F.	<i>Prorocentrum gracile</i>
<i>Rhizosolenia setigera</i>	n.F.	<i>Prorocentrum micans</i>
<i>Rhizosolenia shrubsolei</i>	n.F.T.	<i>Prorocentrum</i> sp.
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	n.T.F.	<i>Pyrocystis lunula</i>
<i>Schroderella schroderi</i>	n.T.Ch.	
<i>Skeletonema costatum</i>	o.n.Co.	
<i>Stauroneis mambranacea</i>	n.T.	TINTINNIDES
<i>Streptotheca thamesis</i>	n.T.F.	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	n.Co.	<i>Stenesomella</i> sp.
<i>Thalassiosira bioculata</i>		<i>Tintinnopsis</i> sp.
<i>Thalassiosira condensata</i>	F.T.	
<i>Thalassiosira decipiens</i>	T.	
<i>Thalassiosira hyalina</i>	F.	
<i>Thalassiosira nordenskioldii</i>	n.F.	s : eaux saumâtres
<i>Thalassiosira rotula</i>	F.	b : benthique
<i>Thalassiosira levanderi</i>		n : néritique
<i>Thalassiosira</i> spl.		o : océanique
<i>Thalassiosira</i> spp.		F : tendance eaux froides

FLAGELLES

Phaeocystis sp.

CHLOROPHYCEES

Scenedesmus quadricauda

Trochiscia clevei

Ch : eaux chaudes

Co : cosmopolite

Thalassiosira levanderi est une espèce à cellules de très petites tailles (< 10 µm). *Thalassiosira* sp. (figure 155) possède des cellules de plus grande taille (10 à 20 µm) largement espacées. Il n'a pas été trouvé dans la littérature parcourue de descriptions conformes à nos observations.

Le genre *Fragilaria* spp. est lui-même incertain. Il semble qu'il y ait plusieurs espèces voisines regroupées sous ce nom. Ce sont des chaînes de cellules de petites tailles (environ 10 microns de long).

Les Dinoflagellés sont également parfois difficilement identifiables particulièrement les genres *Peridinium* et *Gonyaulax*. L'espèce *Gymnodinium mannii* est décrite dans "Nordisches plankton" et *Gymnodinium splendens* (figure 156) a été déterminée d'après STEINDINGER et WILLIAMS (1970).

Les figures 157 à 174 représentent quelques unes des espèces rencontrées.

2.2.1.2 - Répartition géographique

Sur la liste, chaque espèce est suivie d'abréviations signalant leur répartition (d'après HENDEY, 1964).

- saumâtre : se rencontre au niveau des estuaires, et dans les eaux marines côtières faiblement salées ;
- benthique : vivant principalement posée ou fixée sur les substrats durs (roches) et meubles (grains de sable) ;
- néritique : espèce vivant en pleine eau (pélagique) près des côtes ;
- océanique : espèce pélagique du large ;
- froide : rencontrée essentiellement dans les régions Boréo-arctiques, Mer du Nord, Nord Atlantique ;
- tempérée : répartie dans les eaux tempérées ;
- chaude : espèce tropicale ou subtropicale, signalée cependant en Manche et Mer du Nord ;
- cosmopolite : répartition étendue, signalée à toute latitude.

La zone étudiée est néritique, les fonds dépassant rarement 30 mètres.

La plupart des espèces de diatomées rencontrées sont néritiques et d'eaux tempérées ou tempérées froides.

Signalons quelques espèces euryhalines, ou d'eaux saumâtres :

Bacillaria paradoxa
Chaetoceros holsaticum
Cyclotella sp.
Melosira borneri
Melosira numuloïdes
Pleurosigma angulatum
Pleurosigma marinum
Rhaphoneis surirella

Trois espèces ont un preferendum subtropical :

Barteriastrum elontatum
Bellerochea malleus
Schroderella shroderi

Un certain nombre d'espèces préfèrent les eaux "Froides", mais peuvent être présentes dans d'autres milieux :

Chaetoceros compressur
Chaetoceros diadema
Chaetoceros ters
Thalassiosira hyalina
Thalassiosira nordenskiöldii
Thalassiosira rotula

Les Chlorophycées et Silicoflagellés sont préférentiellement des genres d'eaux saumâtres.

Le Microflagellé *Phaeocystis* sp. est composé de cellules de très petite taille (= 5 µm) emprisonnées dans une gangue gélatineuse. Ces colonies peuvent atteindre un diamètre de 2 à 3 mm, et sont parfois très abondantes en Mer du Nord.

Les cellules de nanoplancton, parfois très nombreuses, peuvent être responsables de près de 50 % de la productivité globale (MOMMAERTS, 1973).

2.2.2 - Etude quantitative

2.2.2.1 - Variabilité des comptages provenant d'un même niveau

Le tableau p. 149 présente le résultat des comptages opérés sur trois échantillons de volume identique (5 ml - comptage sur 1/5 de surface de fond de cuve soit 1 cm³) provenant d'un même niveau de prélèvement. Sur le nombre total de cellules l'erreur maximale atteint 100 %. Au niveau spécifique, l'erreur peut être beaucoup plus importante (voir *Skeletonema debile* et *Rhizosolenia delicatula*). A titre indicatif, les indices de diversité spécifiques sont les suivants : 3,52 - 2,74 et 2,27 respectivement pour les échantillons 1, 2 et 3.

Avec un nombre beaucoup plus réduit de niveaux de prélèvements, il aurait été possible de faire 2 ou 3 comptages par échantillon, ce qui aurait amélioré la précision des résultats.

2.2.2.2 - Variations spatiales

La variabilité des comptages permet de considérer comme peu significative les variations observées sur une colonne d'eau. Par contre, les variations horizontales paraissent suivre un gradient côte-large.

Les isoplèthes des figures 175, 176 et 177 montrent trois exemples de variations horizontales de la répartition du nombre total de cellules de microplancton (en surface) :

- Campagne IV : plus grand nombre d'espèces à la côte.
- Campagne VI : gradient décroissant vers le large pour les masses d'eau d'influence côtière, et gradient décroissant vers le large pour les masses d'eau du "large".
- Campagne IX : abondance plus grande du microplancton au niveau des stations moyennes.

Cette variation du nombre total d'organismes selon un gradient côte-large s'accompagne d'une variation dans l'abondance relative spécifique (dominance).

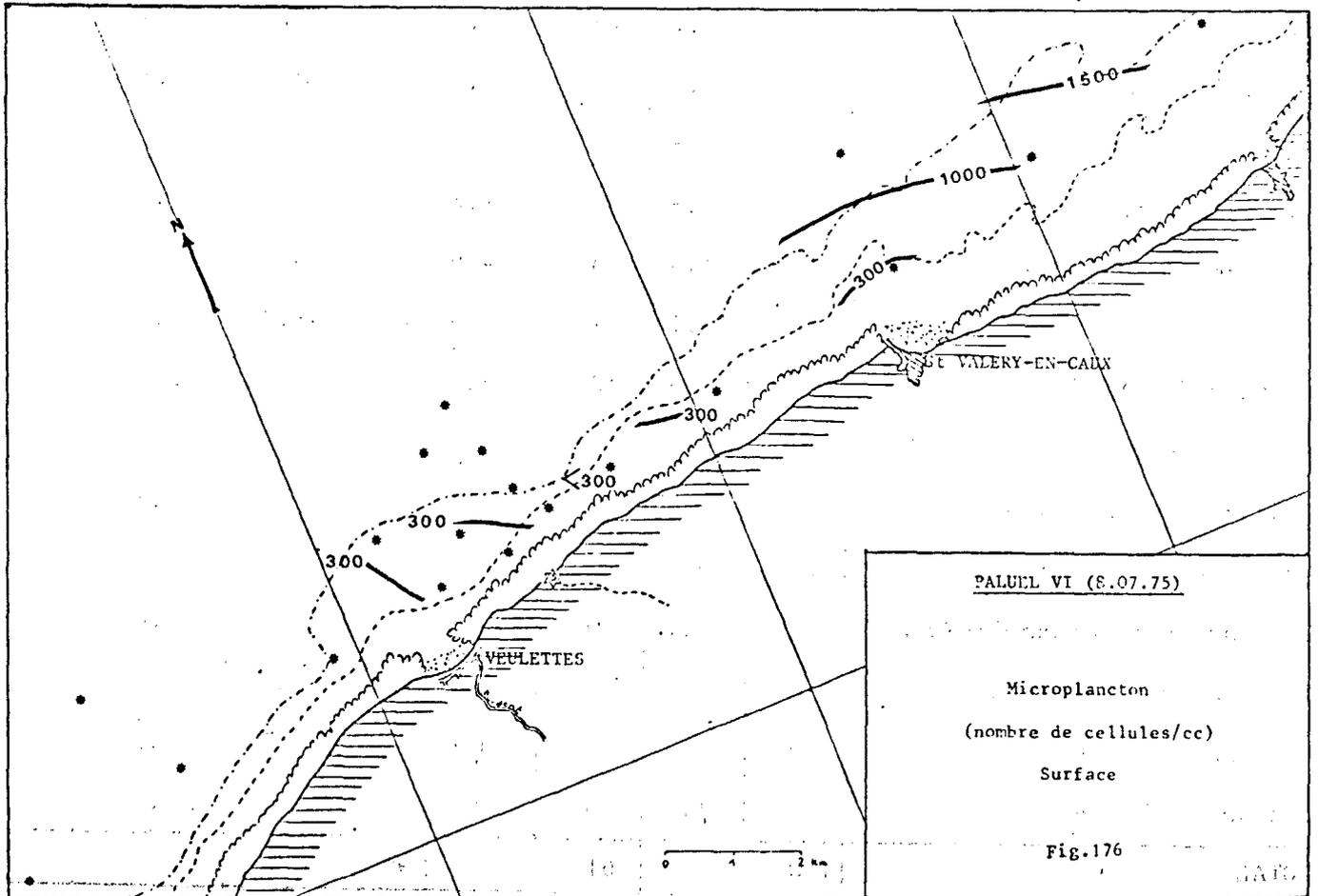
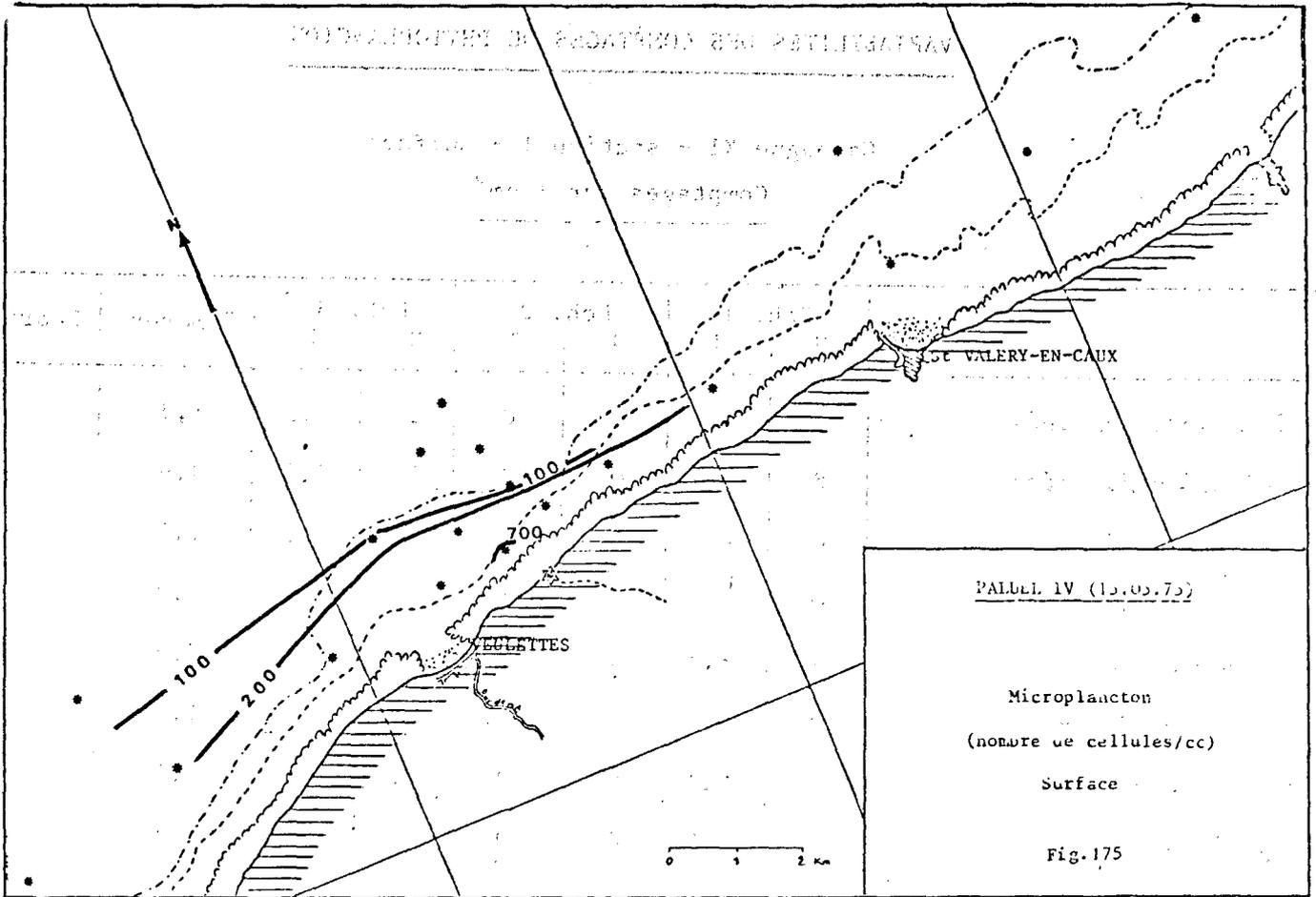
Les figures 178 à 183 présentent les variations dans la dominance spécifique pour chaque campagne et à 2 ou 3 stations (moyenne sur la colonne d'eau)

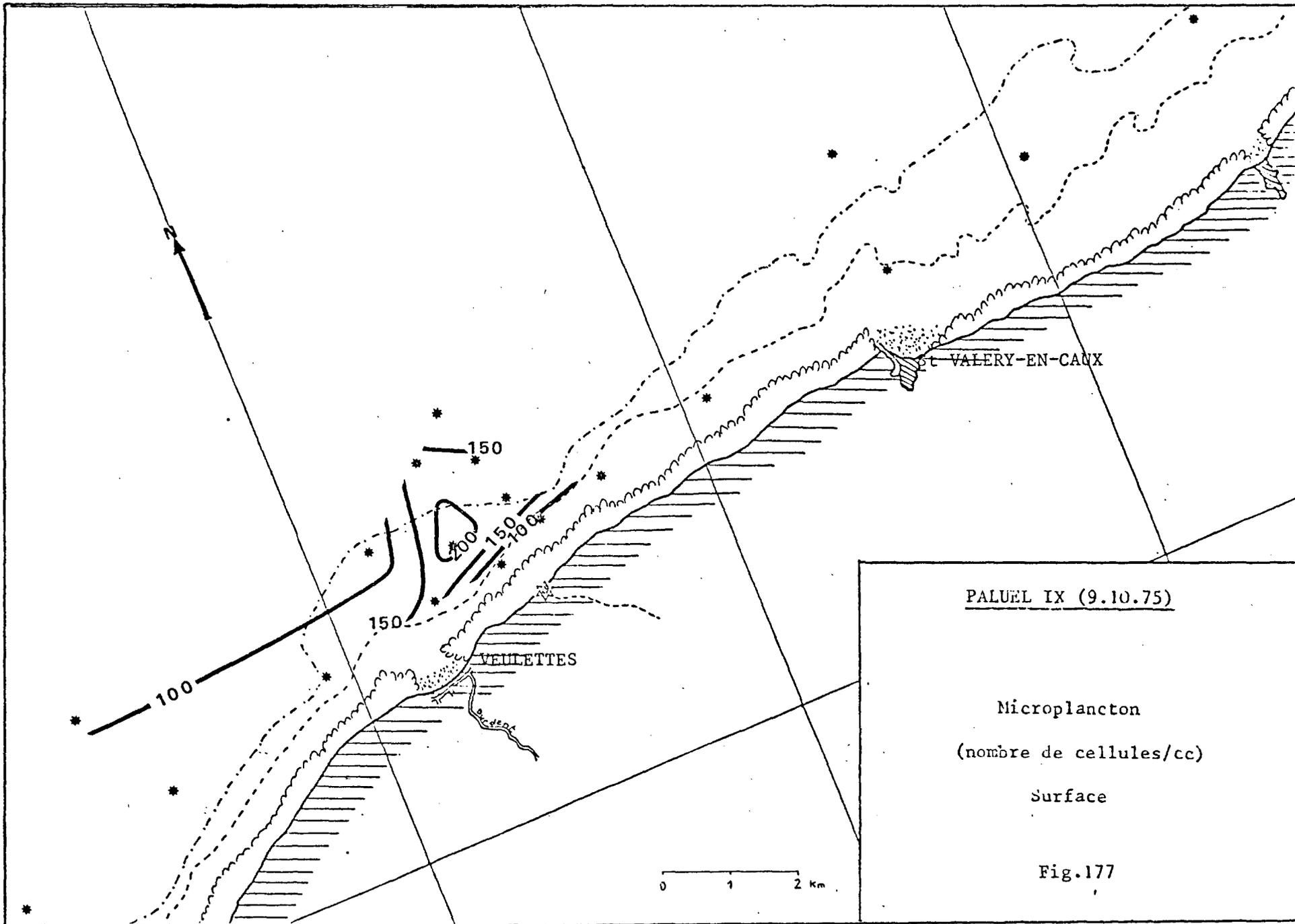
VARIABILITES DES COMPTAGES DE PHYTOPLANCTON

Campagne XI - station 1 - surface

Comptages sur 1 cm³

	Ech. 1		Ech. 2		Ech. 3		% moyen	Ecart-type
	N	%	N	%	N	%		
<i>Actinoptychus senarius</i>	2	1,5	0	0	2	1,5	1,3	1,1
<i>Asterionella japonica</i>	8	6,1	0	0	7	7,8	4,6	4,1
<i>biddulphia surita</i>	0	0	0	0	3	3,3	1,1	1,9
<i>Biddulphia granulata</i>	0	0	1	11,6	1	1,1	0,9	0,8
<i>Chaetoceros debile</i>	24	18,5	5	8,2	0	0	8,9	9,3
<i>Chaetoceros diadema</i>	0	0	2	3,3	0	0	1,1	1,9
<i>Chaetoceros sp.</i>	4	3,1	0	0	0	0	1,1	1,8
<i>Dictyocha speculum</i>	1	0,8	0	0	0	0	0,3	0,5
<i>Ditylum brightwellii</i>	2	1,5	0	0	0	0	0,3	0,9
<i>Fragilaria sp.</i>	0	0	8	13,1	18	20,0	11,0	10,2
<i>Gymnodinium lohmanni</i>	1	0,8	0	0	0	0	0,3	0,5
<i>Gymnodinium splendens</i>	17	13,1	19	31,1	10	11,1	18,4	11,0
<i>Lauderia borealis</i>	1	0,8	1	1,6	0	0	0,8	0,8
<i>Lithodesmium undulatum</i>	1	0,8	0	0	0	0	0,3	0,5
<i>Navicula spp.</i>	1	0,8	1	1,6	0	0	0,8	0,8
<i>Nitzschia closterium</i>	2	1,5	3	4,9	3	3,3	3,2	1,7
<i>Paralia sulcata</i>	21	16,1	17	27,9	44	48,9	31,0	16,6
<i>Rhaphoneis amphiceros</i>	6	4,6	2	3,3	0	0	2,6	2,4
<i>Rhizosolenia delicatula</i>	14	10,8	0	0	0	0	3,6	6,2
<i>Rhizosolenia setigera</i>	2	1,5	1	1,6	1	1,1	1,4	0,3
<i>Skeletonema costatum</i>	13	10,0	0	0	0	0	3,3	5,8
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	8	6,1	0	0	0	0	2,0	3,5
<i>Thalassiosira hyalina</i>	0	0	0	0	1	1,1	0,4	0,6
<i>Thalassiosira rotula</i>	0	0	1	1,6	0	0	0,5	0,9
<i>Thalassiosira sp.</i>	2	1,5	0	0	0	0	0,5	0,9
TOTAL	130		61		90			





PALUEL IX (9.10.75)

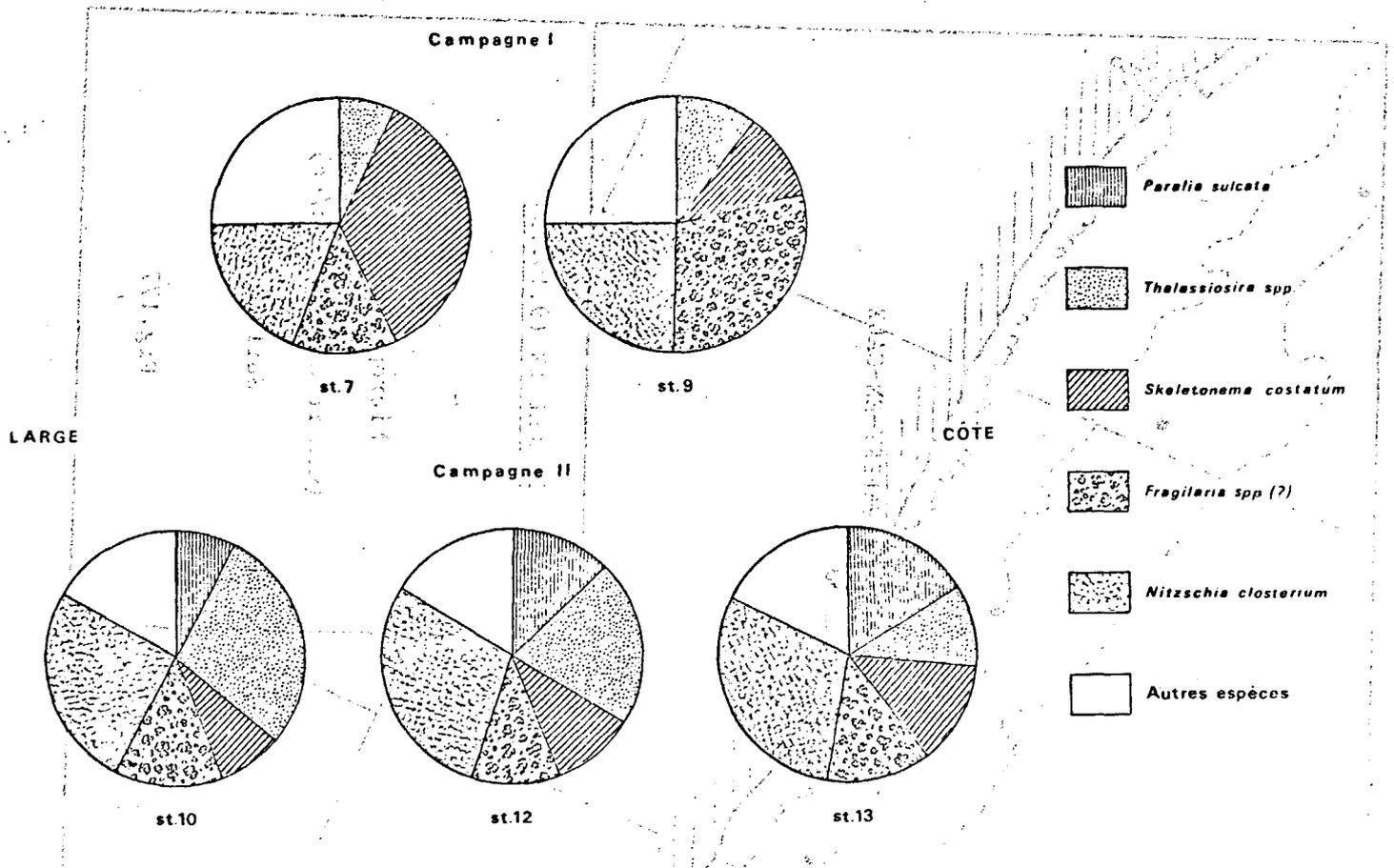
Microplankton
 (nombre de cellules/cc)
 Surface

Fig.177

REPARTITION DES PRINCIPALES ESPECES DE MICROPLANCTON (% de dominance)

Fig 178

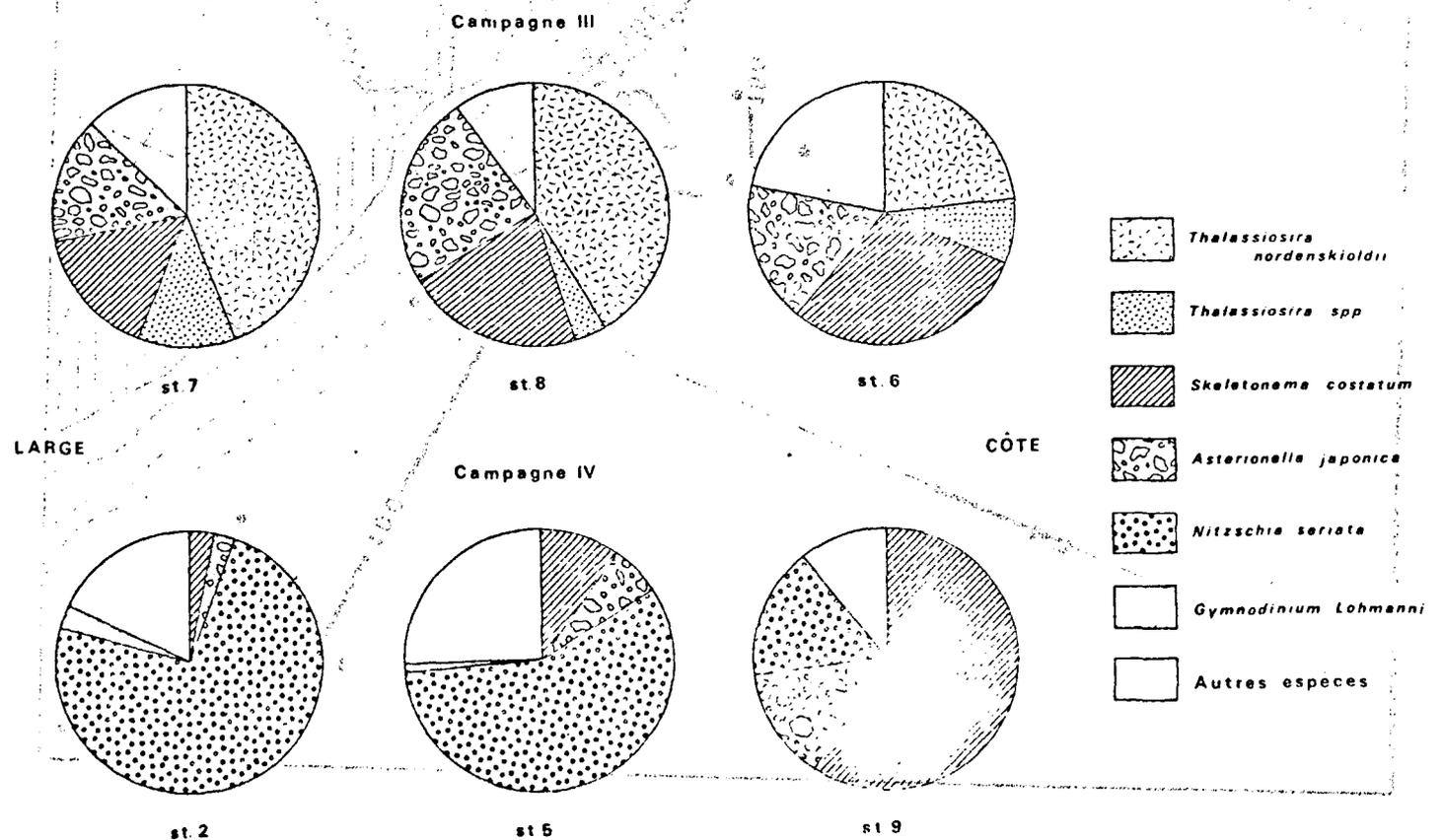
SELON UN GRADIENT CÔTE-LARGE



REPARTITION DES PRINCIPALES ESPECES DE MICROPLANCTON (% de dominance)

Fig. 179

SELON UN GRADIENT CÔTE-LARGE

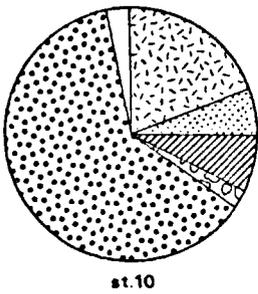


REPARTITION DES PRINCIPALES ESPECES DE MICROPLANCTON (% de dominance)

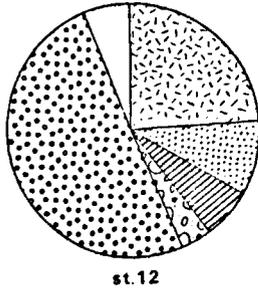
Fig. 160

SELON UN GRADIENT CÔTE - LARGE

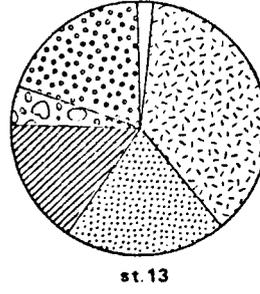
Campagne V



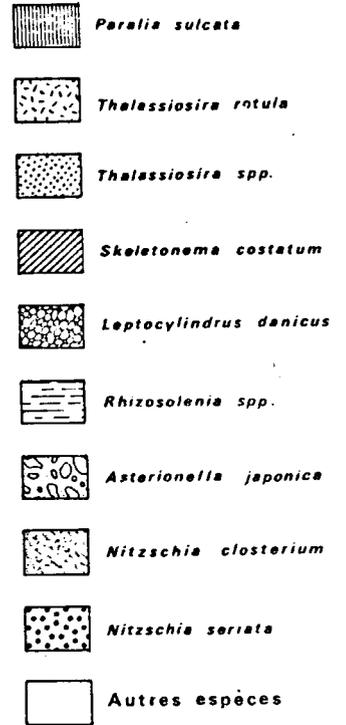
st.10



st.12

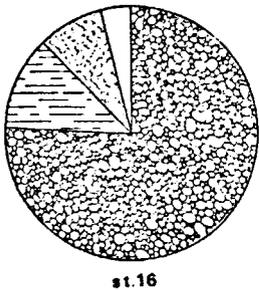


st.13

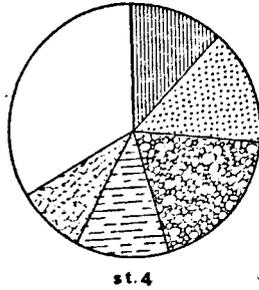


LARGE

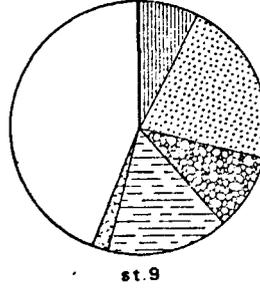
Campagne VI



st.16



st.4



st.9

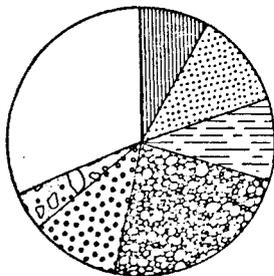
CÔTE

REPARTITION DES PRINCIPALES ESPECES DE MICROPLANCTON (% de dominance)

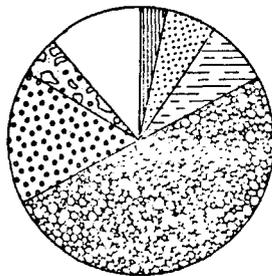
Fig. 161

SELON UN GRADIENT CÔTE - LARGE

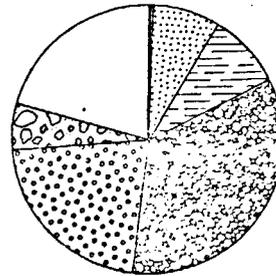
Campagne VII



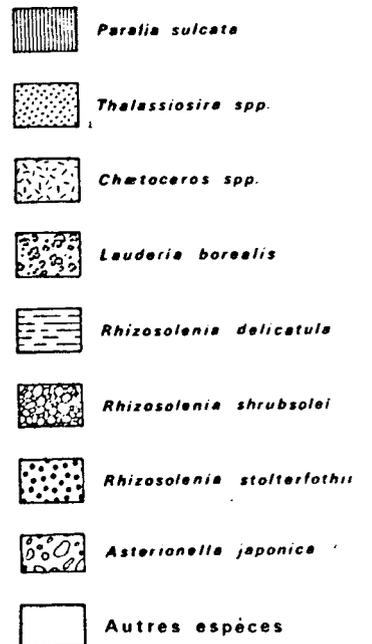
st.2



st.4

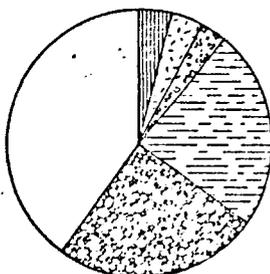


st.15

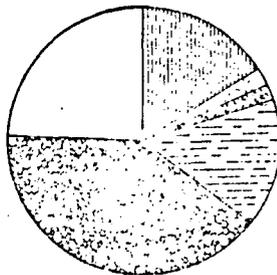


LARGE

Campagne VIII



st.16



st.9

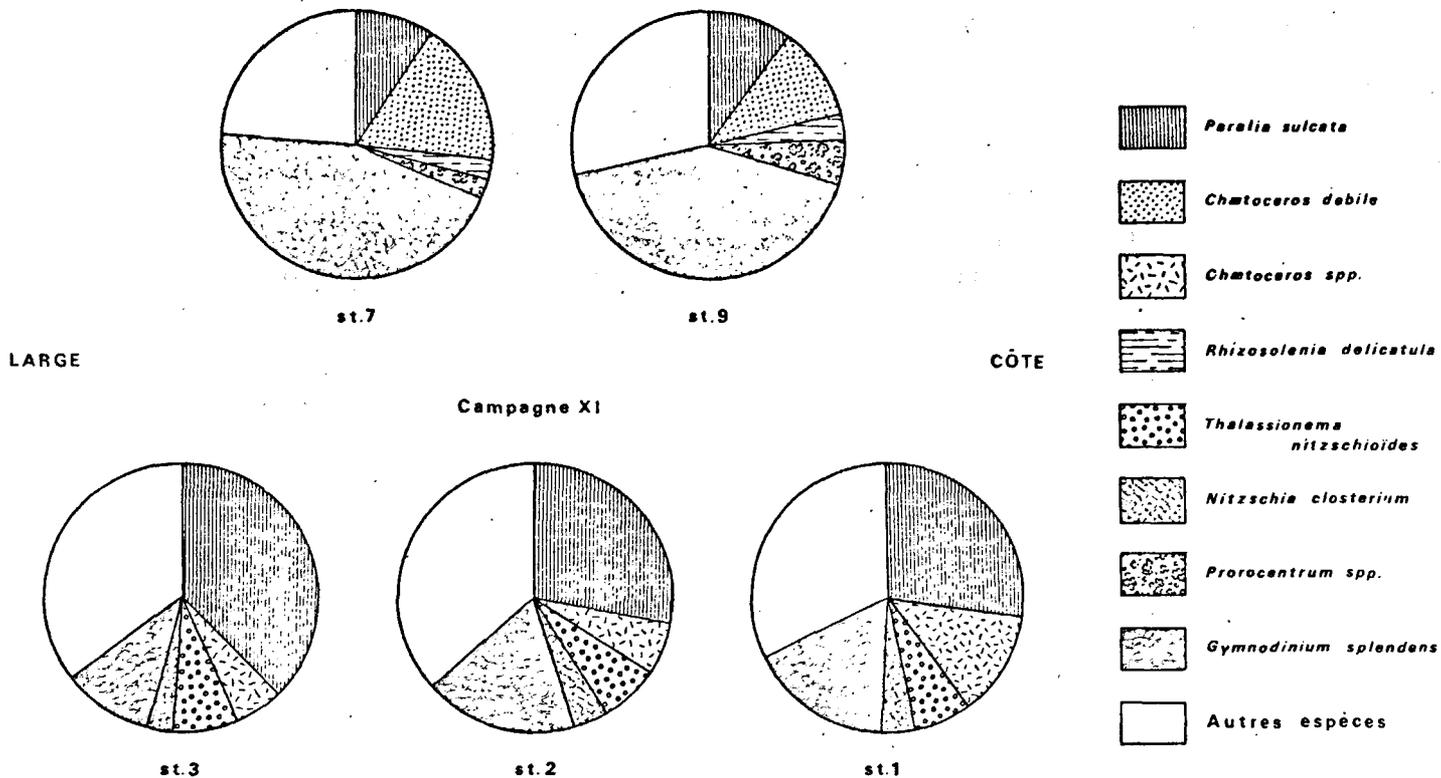
CÔTE

REPARTITION DES PRINCIPALES ESPECES DE MICROPLANCTON (% de dominance)

Fig. 162

SELON UN GRADIENT CÔTE - LARGE

Campagne IX

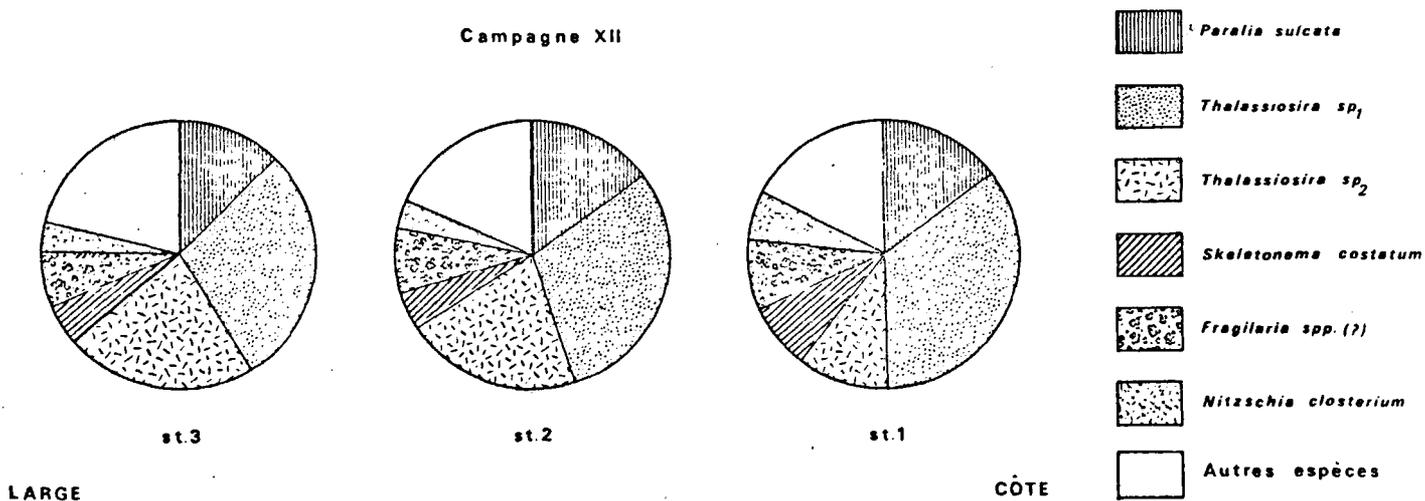


REPARTITION DES PRINCIPALES ESPECES DE MICROPLANCTON (% de dominance)

Fig. 163

SELON UN GRADIENT CÔTE - LARGE

Campagne XII



choisies en fonction de leur distance à la côte. La figure 184 indique pour ces mêmes stations la valeur de l'indice de diversité calculé à partir des espèces rencontrées à tous les niveaux de chaque station.

Campagne I : La station 9 côtière a environ 100 cellules /cm³ par niveau et la station 7 environ 70. Au large dominant *Skeletonema costatum* et *Nitzschia closterium*. A la côte, *Fragilaria* sp. et *Nitzschia closterium* abondent à plus de 50 %. Les indices de diversité de ces deux stations sont assez élevés (3) et très proches l'un de l'autre.

Campagne II : Le genre présentant le plus de variations de la dominance est *Thalassiosira* spp., relativement abondant au large. Le nombre total de cellules de microplancton varie beaucoup : de 1 000 cellules/cm³ à la station 13, il est de 500 à la 12 et de 250 à la 10. Les indices de diversité varient peu. Ils augmentent cependant légèrement vers le large (3,29 - 3,39 et 3,56).

Campagne III : L'espèce dominante est *Thalassiosira nordenskioldii* principalement au large (station 7). A la côte, elle est aussi abondante que *Skeletonema costatum*. Cette dernière espèce voit son gradient de valeurs de la côte vers le large s'inverser par rapport à la première campagne. Le nombre total de cellules (très abondantes) varie de 2 700 cellules/cm³ station 6, à 2 500 cellules /cm³ station 8, et 1 500 cellules/cm³ au large, station 9. Les indices de diversité, plus faibles que ceux correspondant aux campagnes précédentes (espèce dominante plus abondante) ne paraissent pas présenter de variations côte-large significatives.

Campagne IV : Cette campagne se distingue des autres par la présence très abondante du microflagellé *Phaeocystis* sp. (de 40 à 70 millions de cellules par litre). Le nombre de cellules comptées (très approximativement) n'entre pas dans le calcul de dominance des espèces. Seules les cellules du microplancton sont prises en considération malgré leur nombre plus restreint (de l'ordre de 100 à 600 cellules/cm³). *Nitzschia seriata* (très petite diatomée) domine principalement aux stations 2 (70 %) et 5 (60 %). A la côte (station 3) *Skeletonema costatum* la remplace. Signalons que conformément aux valeurs des paramètres physico-chimiques et de la concentration en pigments, la station 9 est nettement différente tant quantitativement que qualitativement : 500 cellules/cm³, contre 150 station 5 et 80 station 2.

Campagne V : *Nitzschia seriata* est encore abondamment présente au large (65 %), remplacée par *Thalassiosira rotula* à la côte ; *Skeletonema costatum* y est représentée par autant d'individus que *N. seriata*. Le nombre total de cellules est assez important : 800 cellules/cm³ station 13, 1 000 cellules/cm³ station 12 et 800 station 10. Les indices de diversité sont assez faibles et leur valeur décroît vers le large (2,56 - 2,12 et 1,87).

Campagne VI : Les particularités des deux masses d'eau distinctes se retrouvent au niveau du phytoplancton, qualitativement et quantitativement.

Les stations 16, 18 et 19 ("large") ont environ 5 fois plus de cellules de microplancton par rapport aux autres stations. L'indice de diversité y est très faible de 1 à 1,7 contre 3,3 à 4,3 aux autres stations : dominance à 75 % de *Leptocylindrus danicus*. La masse d'eau "côtière" est donc caractérisée par une plus grande diversité, aucune espèce ne domine particulièrement entre *Paralia sulcata*, *Thalassiosira* spp., *Leptocylindrus danicus* et *Rhizosolenia* spp. (*delicatula* principalement).

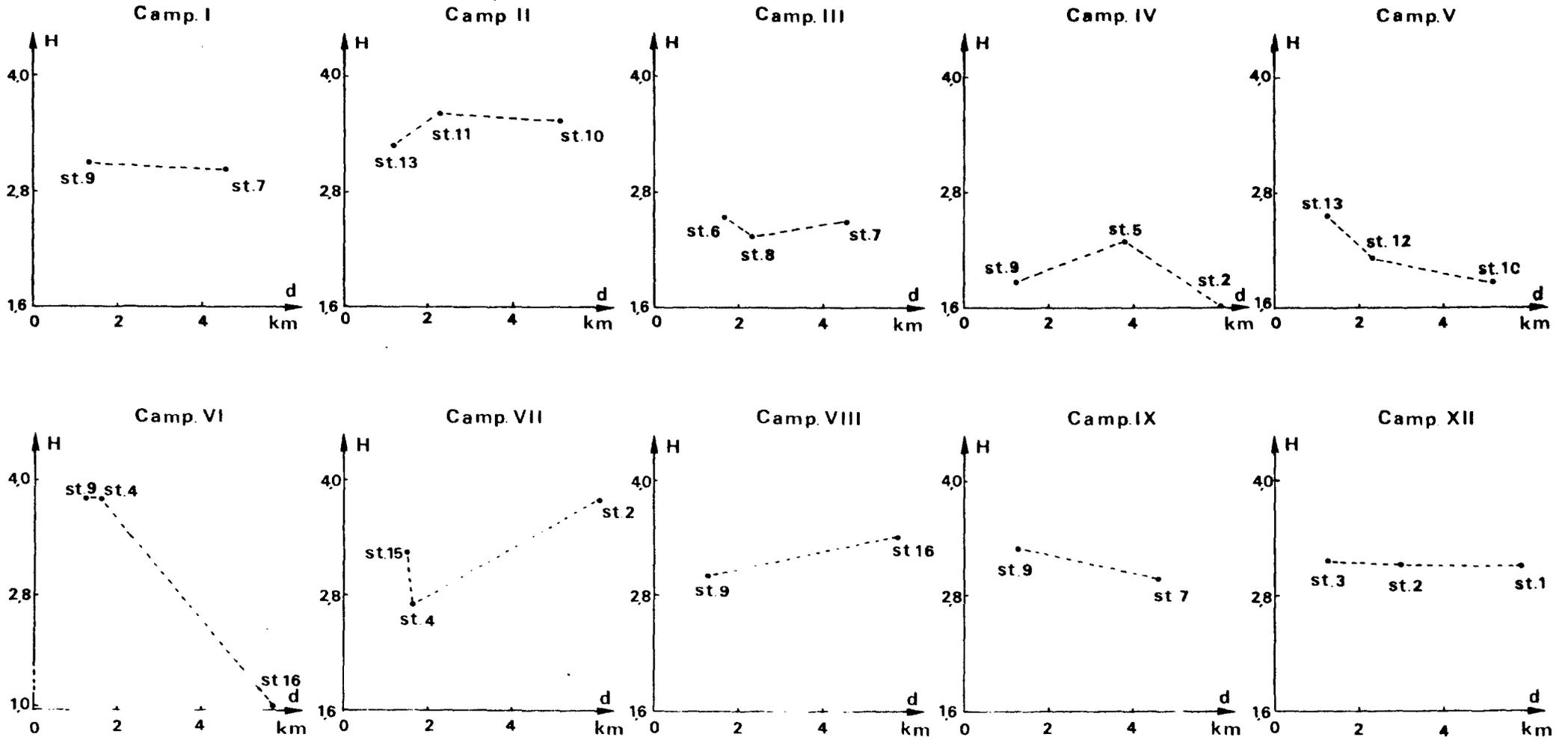
Campagne VII : Un genre domine : *rhizosolenia*. Au large, *Rh. delicatula*, *Rh. shrubsolei* et *Rh. stolterfothii* sont également peu représentées. Aux stations moyenne (4) et côtière (15), c'est *Rh. shrubsolei* qui supplante les autres espèces. Le nombre total de cellules est peu important, surtout au large (55 cellules/cm³ contre 200 cellules/cm³ station 4 et 250 à la côte, station 15). L'indice de diversité est plus élevé au large.

Campagne VIII : *Rhizosolenia* spp. abonde toujours, mais *Rh. stolterfothii* a presque disparu. *Rh. delicatula* et *Rh. shrubsolei* s'équilibrent à la côte, et *Rh. shrubsolei* domine davantage au large. La station 16 est pauvre en nombre total de cellules de microplancton (une trentaine par centimètre cube, et environ 250 cellules/cm³ à la station 9. Les indices ne varient pas beaucoup : 3,01 côte et 3,39 large.

Campagne IX : Un plus grand nombre de cellules par unité de volume est contenu dans les eaux du "large" par rapport aux eaux "côtières" : 200 cellules/cm³ station 7 et 95 cellules/cm³ station 9. Si les paramètres physico-chimiques présentent quelques différences entre stations côtières et stations du large, elles sont estompées au niveau dominance du phytoplancton. On ne

VARIATIONS DE L'INDICE DE DIVERSITE (H) A CHAQUE CAMPAGNE
EN FONCTION DE LA DISTANCE A LA CÔTE (d)

Fig. 184



relève aucun gradient de dominance de la côte vers le large ; les indices de diversité sont équivalents. L'espèce principale est un dinoflagellé, *Gymnodinium splendens*.

Campagne X : seuls deux niveaux ont été analysés, ce, faute de temps.

Campagne XI et XII : La nouvelle méthodologie comprenant des prélèvements sur une radiale côte-large, il a paru intéressant de présenter dans ce rapport quelques résultats d'analyses du phytoplancton.

On constate l'absence de gradient de dominance comme lors de la campagne I (même période de l'année).

Gymnodinium splendens et *Paralia sulcata* sont également présentes campagne IX. En février, les *Thalassiosira levanderi* et *sp1* abondent davantage.

2.2.2.3 - Variations temporelles, succession d'espèces

La figure 138 indique les variations du nombre total de cellules de microplancton au cours de l'année : deux pics d'abondance successifs apparaissent nettement en avril et juin. En fait, il ne devrait pas y avoir de discontinuité entre ces deux campagnes, la population phytoplanctonique étant abondamment représentée en mai par *Phaeocystis sp.*. Seulement, le dénombrement de ces cellules (nanoplancton) n'apparaît pas sur le graphique.

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent, la majorité du phytoplancton n'est pas composée des mêmes espèces au cours de l'année. La figure 185 indique les valeurs moyennes (nombre de cellules et pourcentage de dominance) obtenues pour chaque espèce principale à chaque campagne. La figure 186 est la représentation graphique de ces résultats : les espèces sont classées par ordre d'apparition au cours de l'année.

Les points d'interrogation correspondent aux mesures effectuées à la campagne X : seuls deux niveaux ont été analysés, ce qui rend très aléatoires les valeurs obtenues.

Certaines espèces sont présentes toute l'année, telle *Paralia sulcata* dont le nombre moyen de cellules par centimètre-cube varie assez peu. Elle abonde principalement à l'automne. *Skeletonema costatum* est également présente toute l'année principalement au printemps, de même qu'*Asterionella japonica*.

Fig. 185 PALMEL VARIATIONS DES ESPECES DE MICROPLANCTON DANS LE TEMPS

ESPECES	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII	
	N	Z	N	Z	N	Z	N	Z	N	Z	N	Z	N	Z	N	Z	N	Z	N	Z	N	Z	N	Z
<i>Paralia sulcata</i>	10	8,1	63	11,8	16	0,6	6	3,1	1	0,1	10	1,9	8	5,4	16	8,1	18	10,5	36	46,1	10	20,6	15	15,4
<i>Thalassiosira 1</i>	4	3,4	29	5,3	177	7,0	0,7	0,4	268	25,4	5	1,0	5	3,3	2	1,0	1	0,8	2	2,6	0,4	0,8	1	1,1
<i>Thalassiosira 2</i>	0,2	0,0	1	0,2	869	34,1	0,6	0,3	9	0,9	0,2	0,0	0	0	0,1	0,0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0,2	0,2
<i>Thalassiosira 3</i>	5	4,0	68	12,7	34	1,3	3	1,9	41	3,9	25	4,9	6	4,2	4	2,0	3	1,8	4	5,1	1	2,3	31	32,5
<i>Skeletonema costatum</i>	18	14,1	65	12,2	716	28,1	51	28,6	103	9,8	12	2,3	1	0,8	1	0,7	1	0,4	0	0	2	3,0	3	3,6
<i>Chaetoceros spp.</i>	0,8	0,4	9	1,7	100	3,5	0,5	0,0	1	0,1	29	5,6	5	3,2	10	5,0	45	26,8	0	0	5	10,5	2	1,8
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264	51,8	0,5	0,3	3	1,8	0,6	0,4	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia spp.</i>	0,9	0,7	0,8	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	9	0,8	81	15,7	93	59,8	127	66,1	4	2,7	3	4,5	2	3,9	0,5	0,4
<i>Fragilaria sp. (?)</i>	42	32,5	66	12,3	4	0,2	0,5	0,3	2	0,2	9	4,1	2	1,5	3	1,4	5	3,1	9	11,6	2	4,6	7	7,5
<i>Asterionella japonica</i>	4	3,3	12	2,3	516	20,2	14	8,1	53	5,0	4	0,8	11	6,9	1	0,5	0,5	0,3	0	0	2	3,4	2	2,6
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,9	0,7	1	0,2	4	0,2	0,1	0,0	2	0,0	0,4	0,1	0,2	0,1	0,5	0,3	3	1,8	6	8,3	4	7,1	3	3,1
<i>Nitzschia closterium</i>	26	20,8	148	27,6	10	0,4	2	1,3	2	0,2	49	9,4	0,2	0,1	0	0	2	1,4	2	2,6	2	3,5	4	4,1
<i>Nitzschia seriata</i>	0,9	0,7	5	0,8	13	0,5	82	46,8	541	51,3	0,8	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0	0	1	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Dinoflagellés	0,2	0,1	11	2,0	6	0,2	4	2,3	4	0,3	2	0,4	3	1,8	4	2,3	67	42,2	1	1,9	13	26,8	0,5	0,5

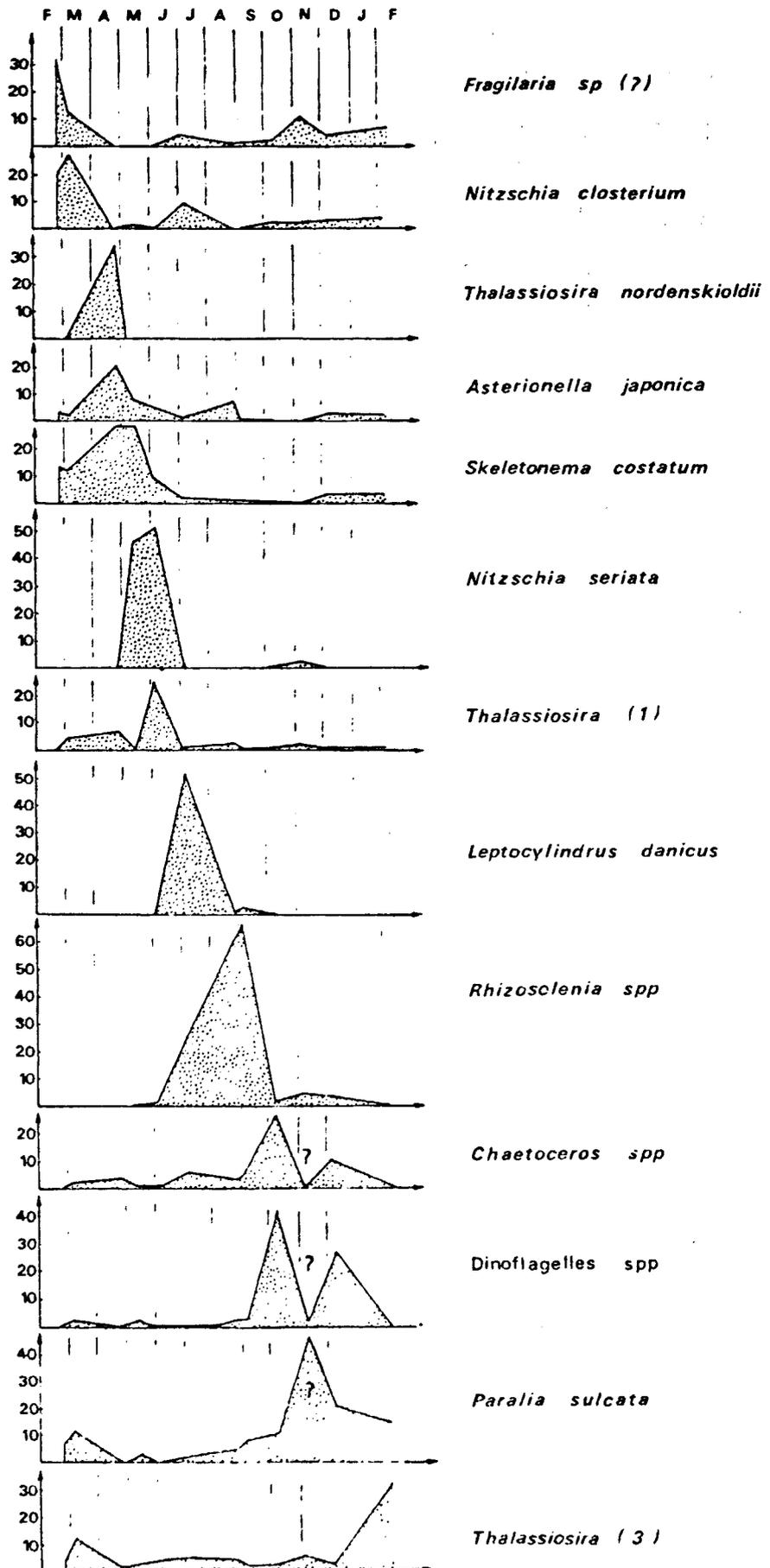
Thalassiosira 1 : *Thalassiosira condensata* + *Th. decipiens* + *Th. hyalina* + *Th. rotula*

Thalassiosira 2 : *Thalassiosira nordenskioldii*

Thalassiosira 3 : *Thalassiosira sp1* et *sp2*.

Fig. 186 SUCCESION DES ESPECES DOMINANTES DE MICROPLANCTON DANS LE TEMPS

(% de dominance)



D'autres espèces, non décelées dans la majorité des prélèvements, dominent largement lors d'une ou deux campagnes :

Thallassiosira nordenskioldii au printemps,

Leptocylindrus danicus en été, ainsi que *Rhizosolenia* spp..

Pour ces dernières, *Rhizosolenia delicatula* commence à apparaître lors de la campagne VI au niveau des stations du large (16, 18 et 19) et domine sur l'ensemble des stations aux campagnes VII et VIII. *Rh. shrubsolei* est abondante pendant les campagnes VII et VIII, tandis que *Rh. stalterfotthii* est notée surtout au cours de la campagne VII. Les espèces dominantes sur l'ensemble des campagnes sont des espèces néritiques de mer tempérées ou tempérées-froides à large répartition. Les *Thallassiosira* à dominante hivernale ou printanière sont des espèces préférant les eaux plus froides. Cette succession de population et leurs variations doit s'expliquer par l'évolution de l'ensemble des facteurs influençant les masses d'eau.

3 - DISCUSSION

Les variations de l'ensemble du phytoplancton (représenté en partie par sa biomasse chlorophyllienne) sont soumises à de nombreux facteurs. On peut tenter d'en expliquer l'influence en l'exprimant dans un contexte mathématique.

3.1 - Microplancton - chlorophylle

Cette relation est moins évidente qu'elle n'apparaît au premier abord. Un même nombre de cellules ne correspond pas obligatoirement à une ou plusieurs espèces semblables. Les différentes espèces se distinguent par leur taille, le nombre et le volume de leurs chloroplastes. Pour un nombre identique d'individus, une population à petites espèces (par exemple *Skeletonema costatum*) aura une biomasse phytoplanctonique plus faible qu'une population à grandes espèces (comme *Rhizosolenia*).

Des relations positives hautement significatives sont établies pour les campagnes II (figure 187, $r = 0,80 > 99\%$ de signification) et VIII (figure 190, $r = 0,58 > 99\%$ de signification). (La relation inverse campagne III est difficilement interprétable).

Fig. 187 DIAGRAMMES DE DISPERSION : MICROPLANCTON — CHLOROPHYLLE a.

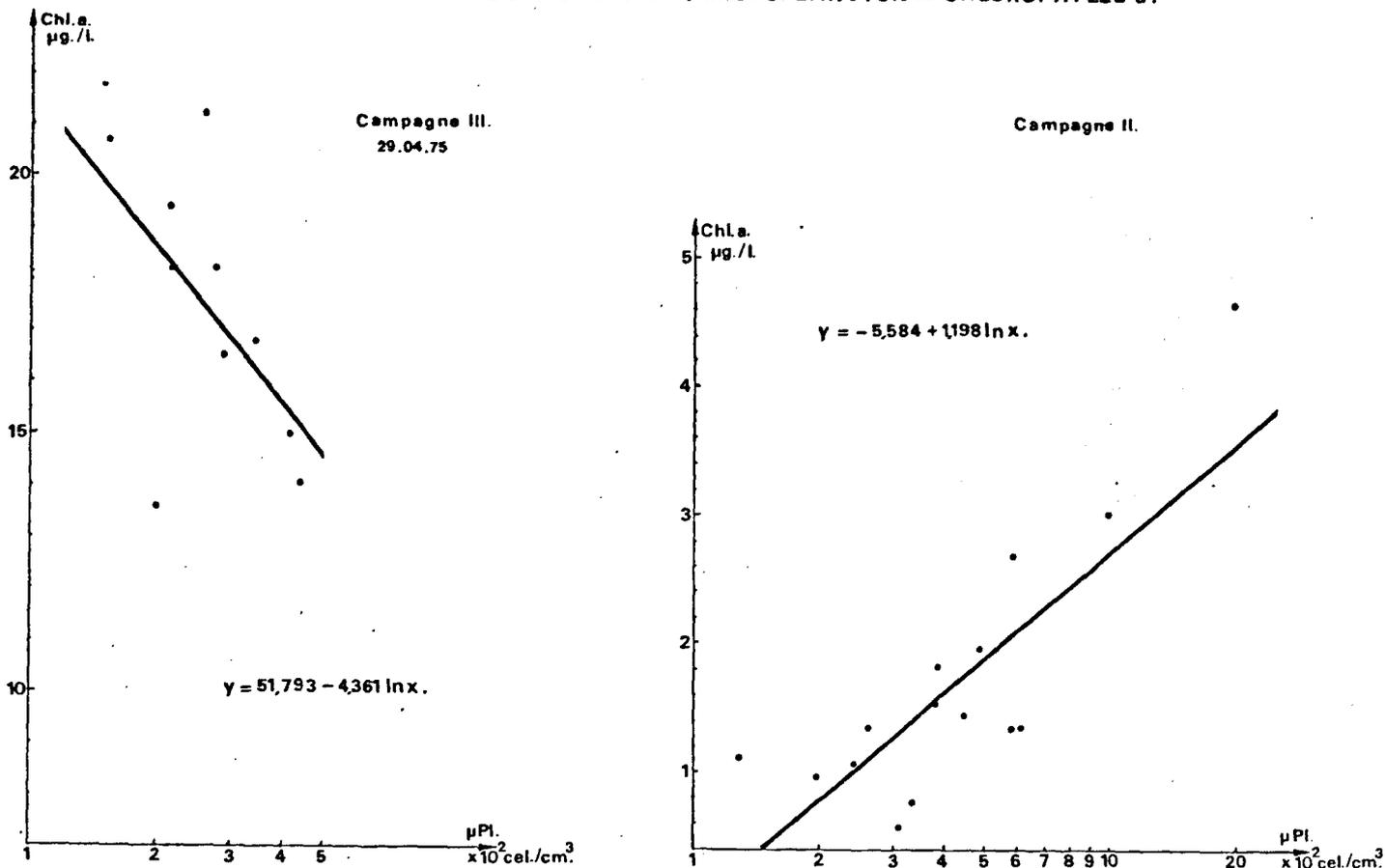


Fig. 188 DIAGRAMME DE DISPERSION : MICROPLANCTON — CHLOROPHYLLE a.

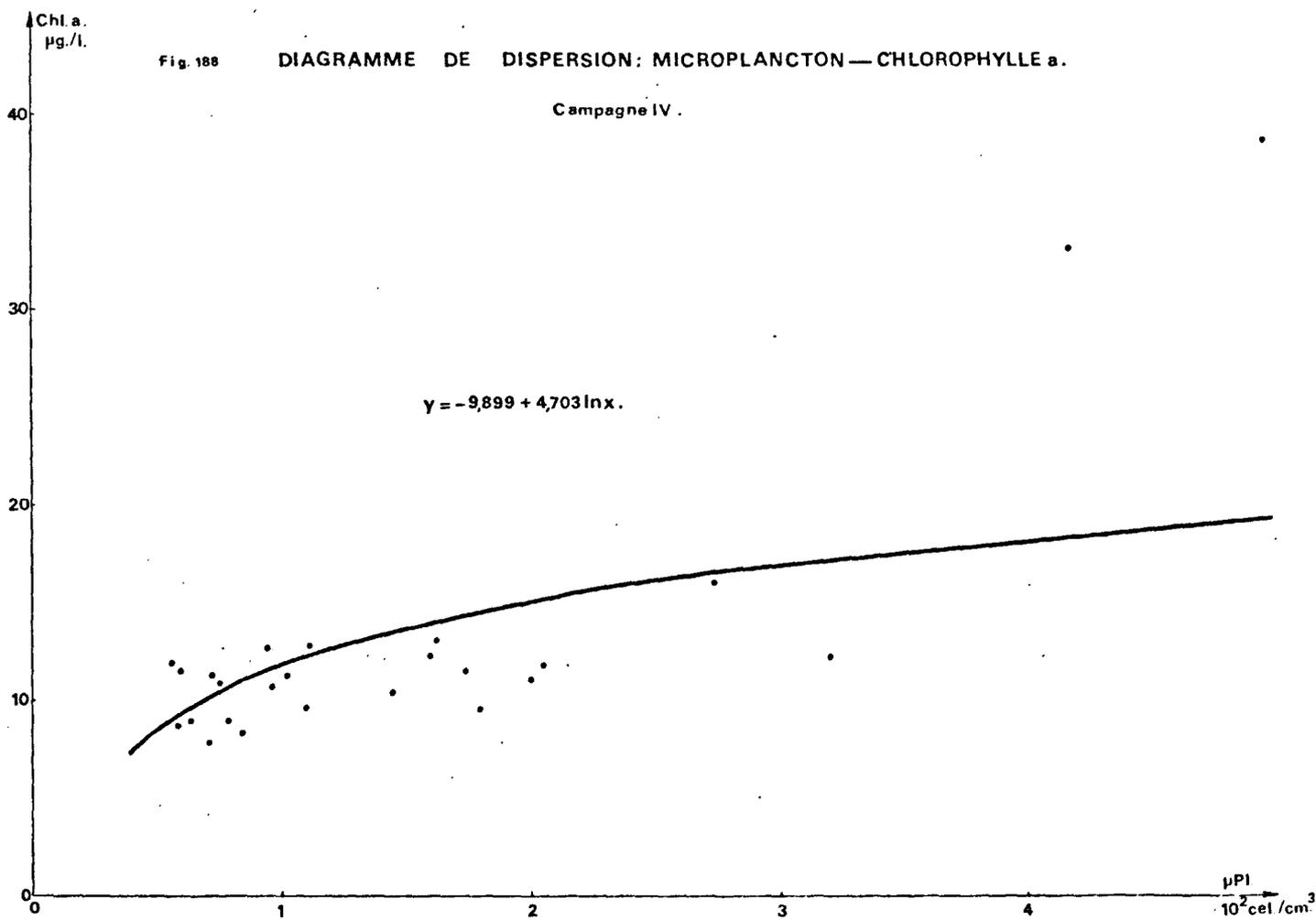


DIAGRAMME DE DISPERSION MICROPLANCTON-CHLOROPHYLLE a

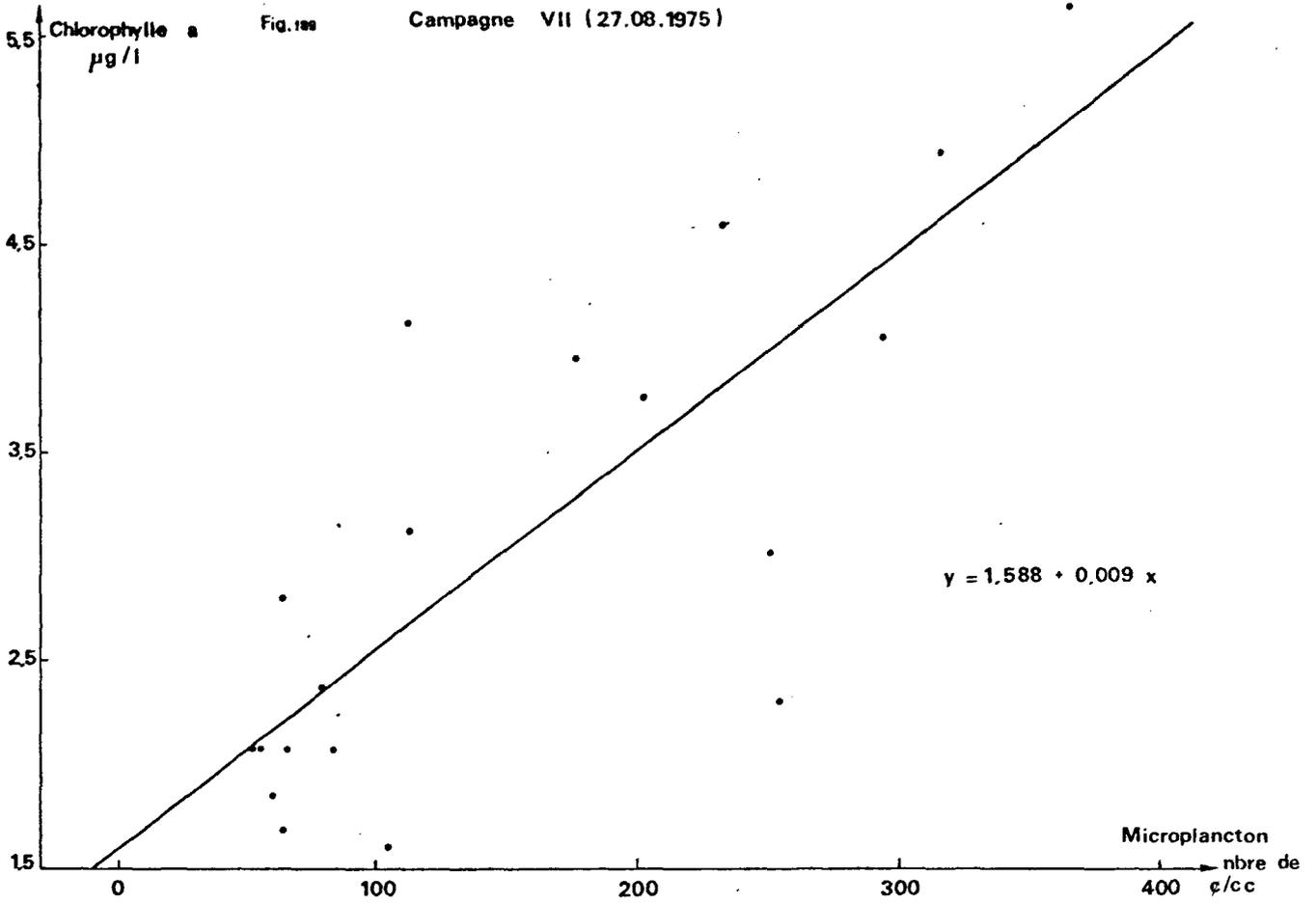
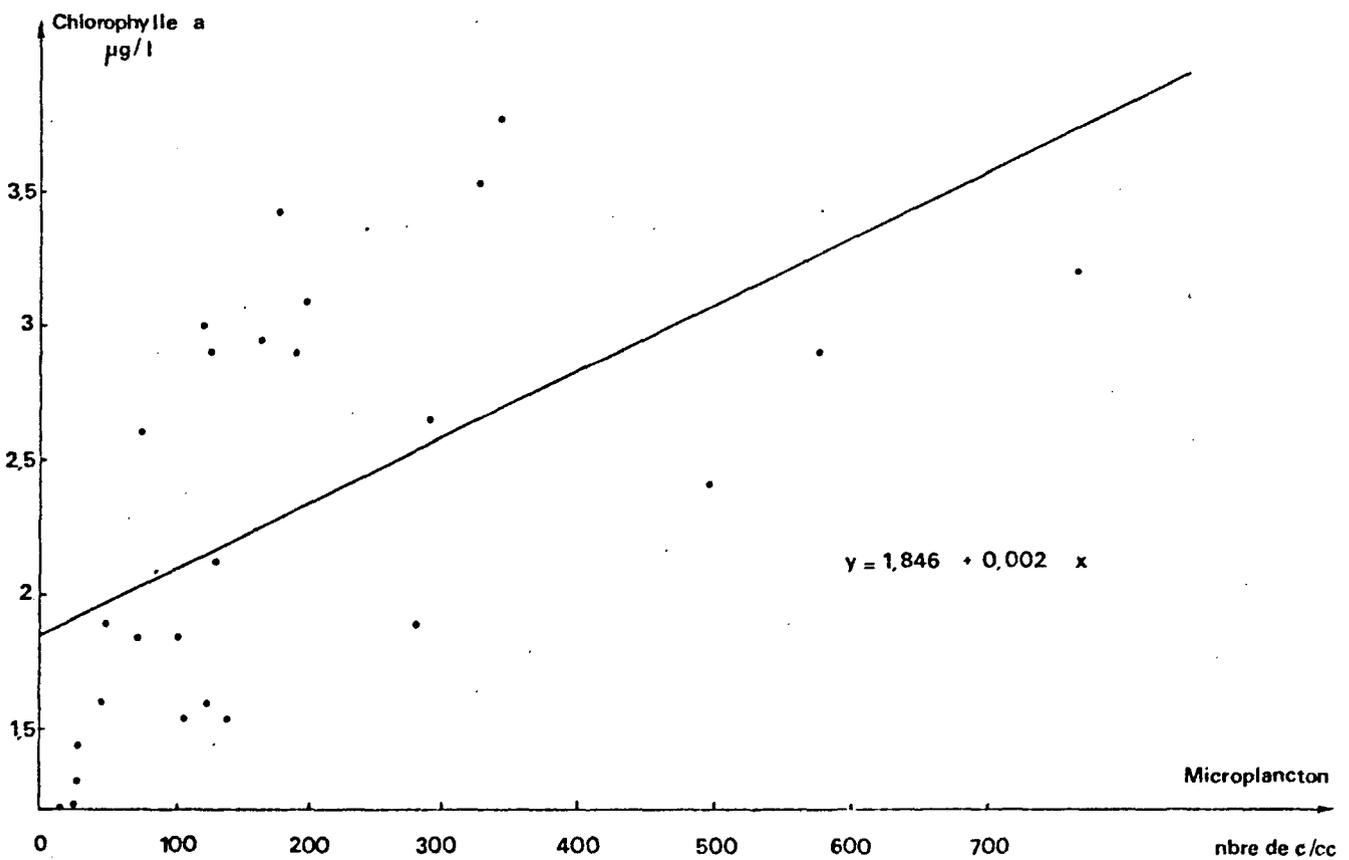


DIAGRAMME DE DISPERSION MICROPLANCTON-CLOROPHYLLE a

Fig. 190 Campagne VIII (3/4.09.1975)



En comparant les variations de la concentration en chlorophylle et celle du nombre total de cellules de microplancton au long d'un cycle annuel (figure 138) deux faits retiennent l'attention : d'une part, l'abondance de la chlorophylle en mai, liée à une faible proportion de microplancton : présence de *Phaeocystis* sp. (photosynthétique, environ 50 millions de cellules par litres) ; et d'autre part, l'apparition d'une forte concentration de chlorophylle en octobre qui ne correspond à aucun pic d'abondance du microplancton, mais qui se superpose à la dominance de *Gymnodinium splendens*, Dinoflagellé nu photosynthétique, de volume relativement important.

Le diagramme de dispersion regroupant la totalité des données (chlorophylle - nombre total de cellules de microplancton) sur l'année n'indique aucune relation significative. Il traduit en cela la disparité morphologique et pigmentaire des différentes espèces se succédant au cours d'un cycle annuel.

3.2 - Microplancton - température

Aucune relation n'a été établie entre le nombre total de cellules et la température. Il est probable que la température ne joue un rôle qu'au niveau de la succession des populations (voir 2.2.2.3.). Le "bloom" d'avril arrive au moment du réchauffement des eaux, mais également après des pluies abondantes entraînant par lessivage l'apport de sels nutritifs. La disparition des *Rhizosolenia* concorde avec le refroidissement automnal.

3.3 - Microplancton - salinité

Les relations salinité-chlorophylle ne sont sensibles que sur l'ensemble des résultats obtenus sur l'année ; par contre, les relations microplancton-salinité sont plus nettes lorsqu'elles sont interprétées campagne par campagne : relations plus ou moins significatives campagnes II, IV, V et VI (figures 191 à 194) : à un minimum de salinité correspond un maximum de cellules de microplancton. Cette relation s'inverse campagne VI : la présence d'un microplancton abondant aux stations 16, 18 et 19 comprenant les plus fortes salinités en est la cause. Cependant, la concentration en chlorophylle de ces stations n'est pas plus importante qu'aux autres points de prélèvements. La physiologie de l'espèce dominante *Leptocylindrus danicus* peut permettre une explication. Le fait qu'elle possède peu de chloroplastes ou des chloroplastes peu actifs au

Fig 191 DIAGRAMMES DE DISPERSION :

Campagne II.

MICROPLANCTON—SALINITE.

MICROPLANCTON—NITRATES.

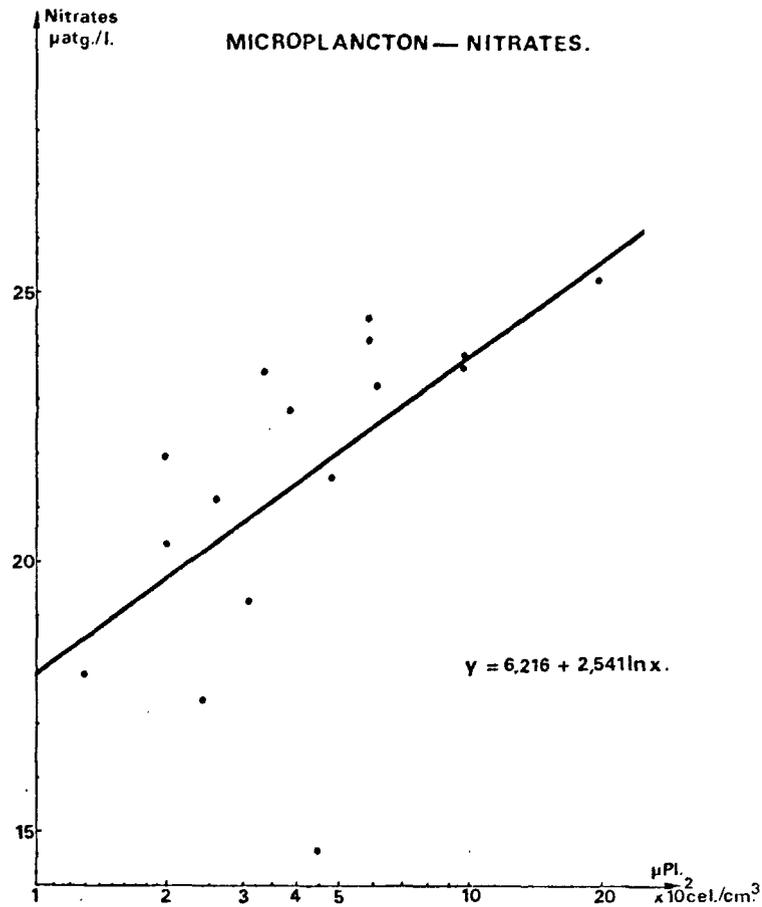
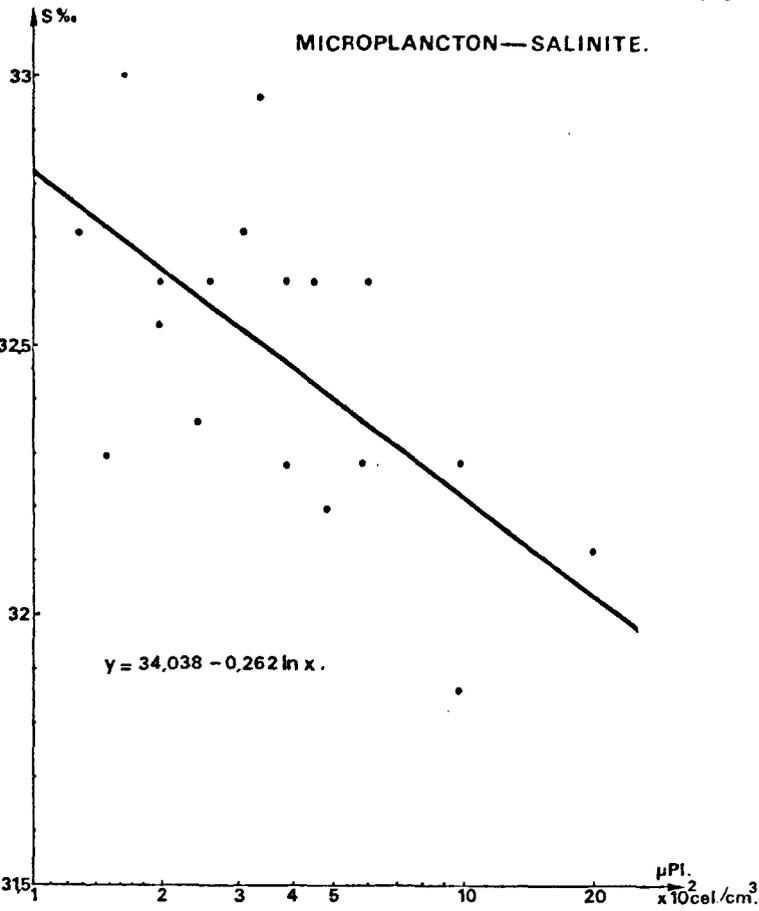


Fig 192 DIAGRAMME DE DISPERSION : MICROPLANTON — SALINITE.

Campagne IV.

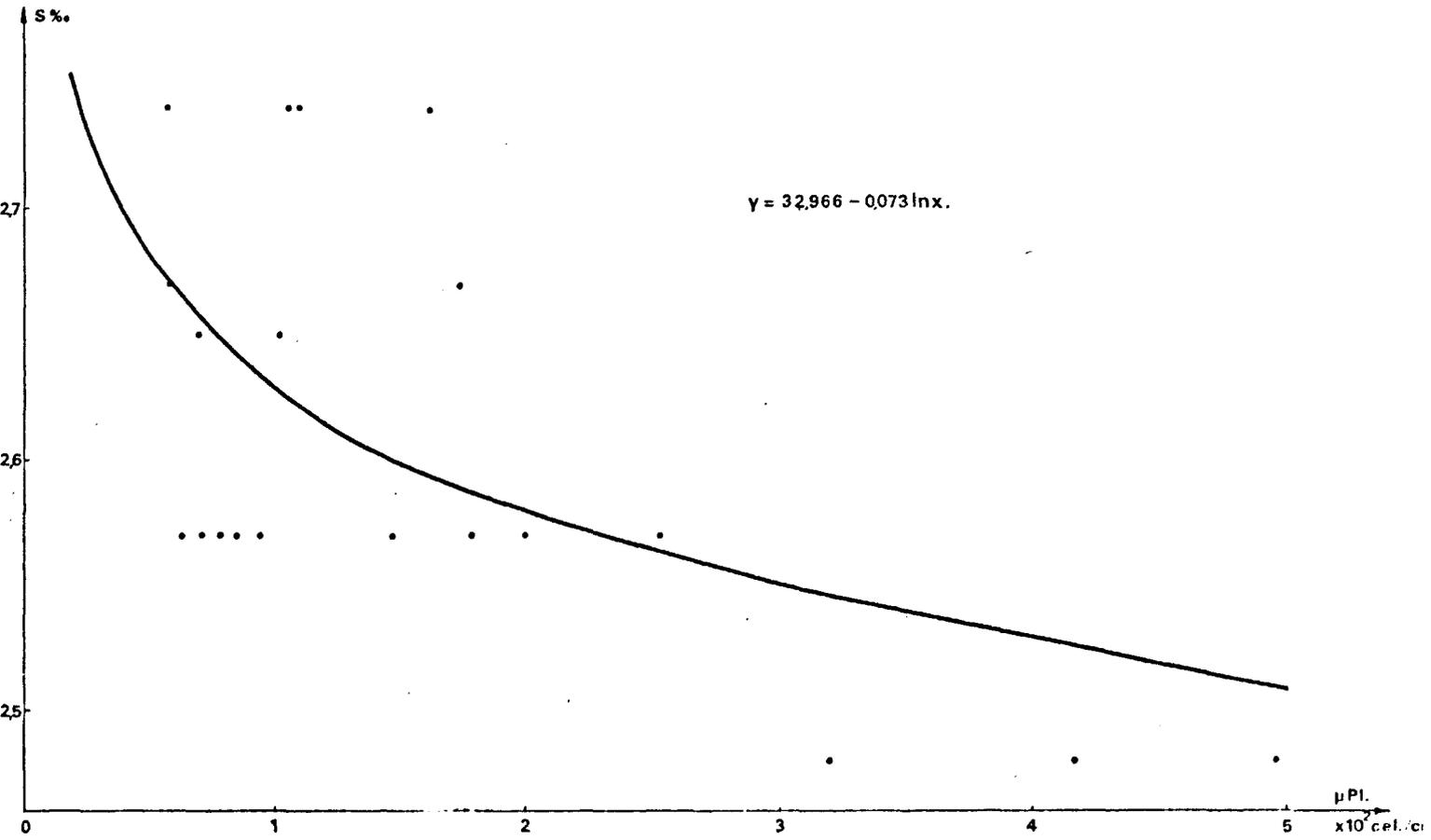


Fig. 193

DIAGRAMME DE DISPERSION MICROPLANCTON - SALINITE
Campagne V (5/6.06.1975)

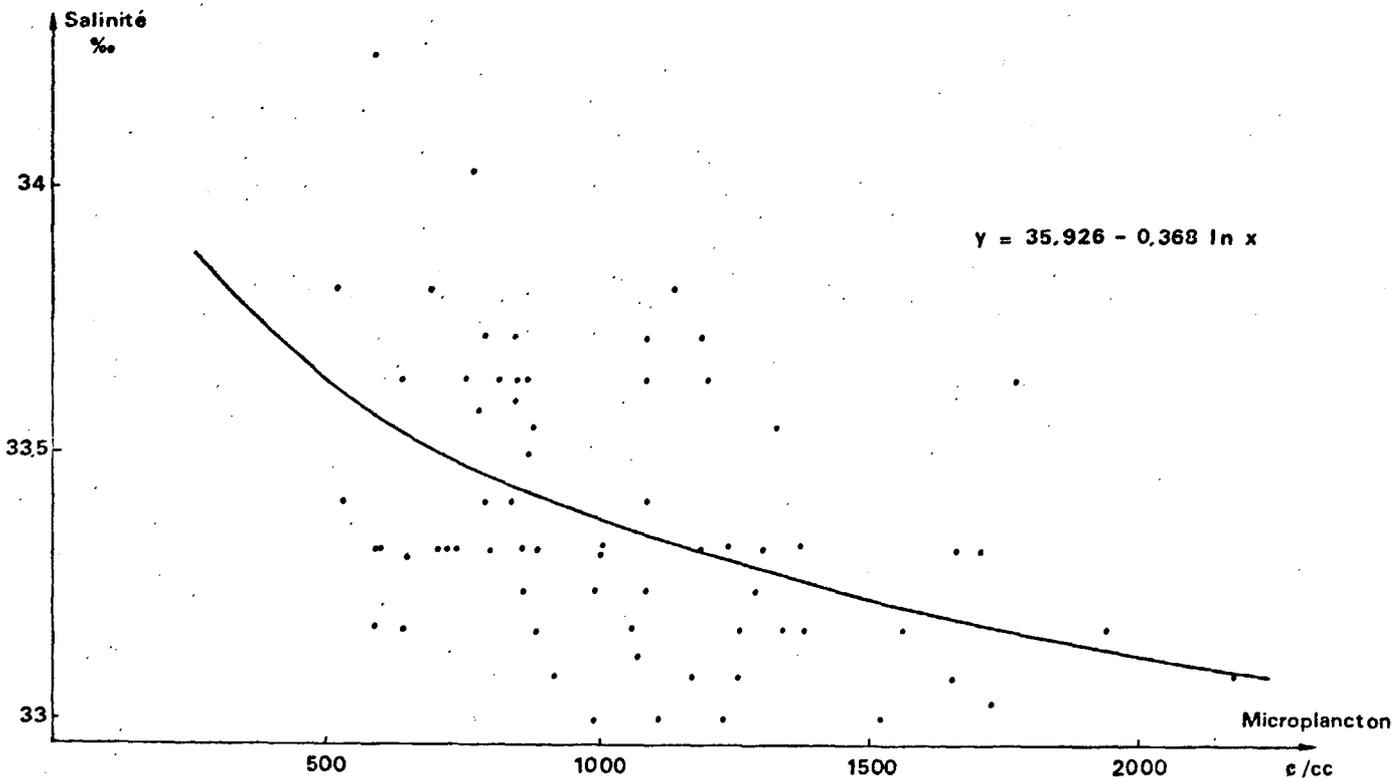
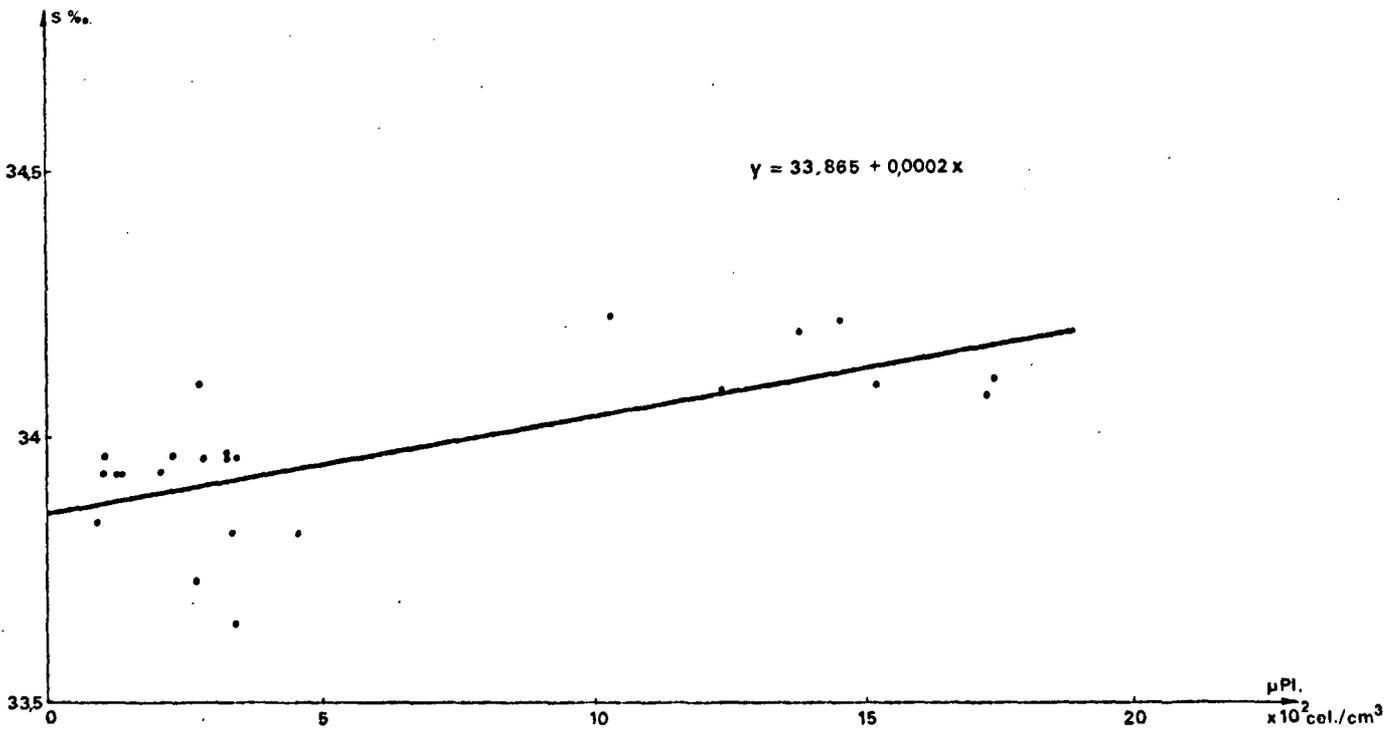


Fig. 194

DIAGRAMME DE DISPERSION: MICROPLANCTON — SALINITE.

Campagne VI (8.07.1975).



moment du prélèvement suffit à fausser l'interprétation : il y a bien une corrélation entre nombre de cellules et salinité mais ces nombreuses cellules peu riches en chloroplastes ne permettent pas de vérifier la corrélation positive entre nombre de cellules et chlorophylle.

Une dessalure se signale par la présence d'espèces d'eau douce ou d'eau saumâtre (diatomées, chlorophycées, silicoflagellées). Leur intrusion en milieu marin qui entraîne leur mort à plus ou moins longue échéance devrait provoquer une augmentation du taux de phéopigments au niveau des stations dessalées. Cependant à PALUEL, ces espèces sont en général trop peu nombreuses pour avoir une telle influence.

3.4 - Densité microplancton

Une variation de la densité de l'eau peut entraîner une adaptation au niveau spécifique des populations algales. A une diminution de la densité de l'eau de mer, peut correspondre l'apparition d'espèces plus petites (rapport s/v plus grand, donc une meilleure flottabilité) à prolongements épineux, ou en chaîne pour limiter l'effet de la gravité.

Quatre campagnes ont été effectuées au niveau des masses d'eau de densité moyenne moindre par rapport au 8 autres : III, VII, VIII et IX.

Campagne III : *Thallassiosira mordenskioldii* comprend des cellules en chaîne et à fins prolongements siliceux.

Asterionella japonica, en chaînes spiralées.

Campagne VII, VIII : *Rhizosolenia shrubsolei*, forme longue comprenant à chaque extrémité un prolongement fusiforme, qui s'oppose à une chute en faisant basculer la cellule ; se rencontre en très longue colonie.

Campagne IX : *Chaetoceros* sp., petites cellules à longs prolongements siliceux, groupés en chaîne.

3.5 - Transparence de l'eau

La présence d'un grand nombre de cellules influence la transparence de l'eau : les deux relations inverses significatives établies, l'ont été campagne III et campagne V (figures 195 à 196).

Fig 195 DIAGRAMME DE DISPERSION : MICROPLANCTON — PROFONDEUR DE SECCHI.

Campagne III.

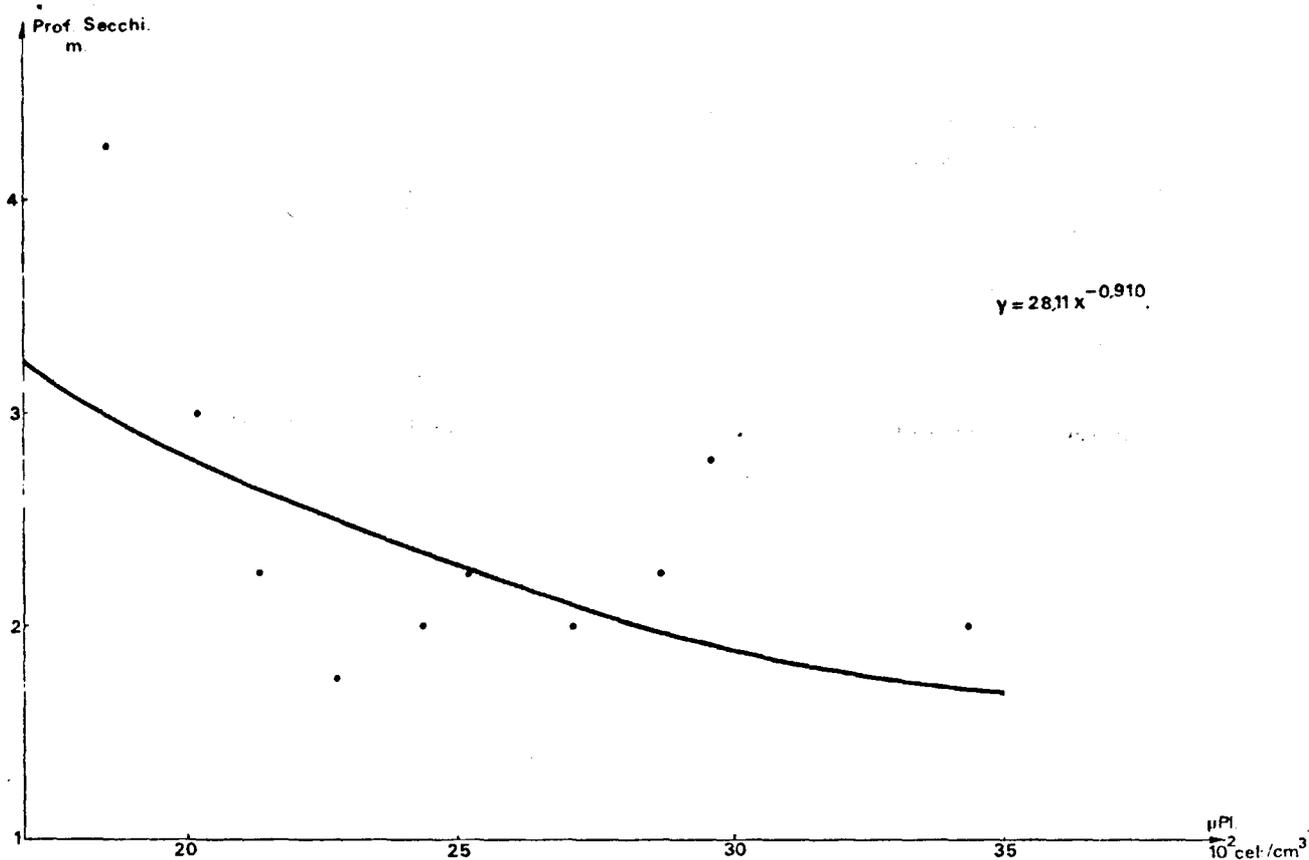
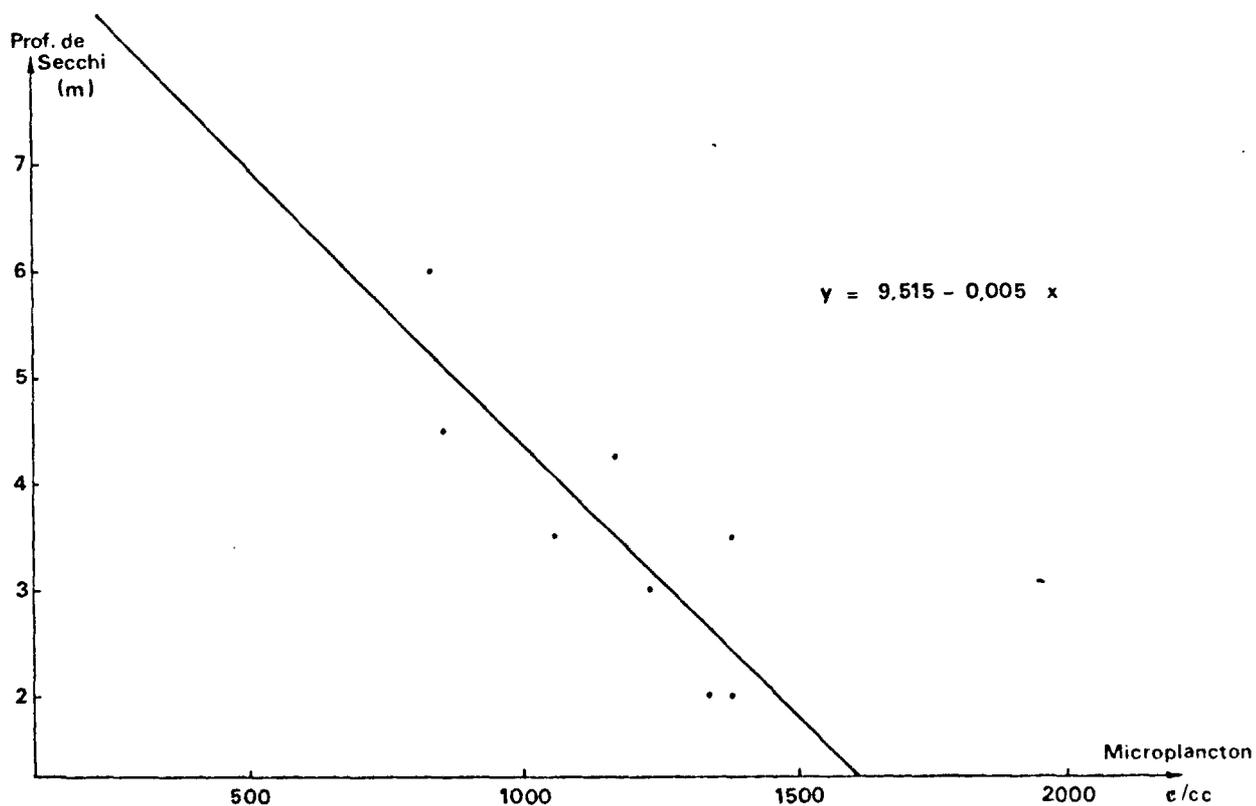


Fig. 196 DIAGRAMME DE DISPERSION MICROPLANCTON - PROFONDEUR DE SECCHI

Campagne V (6.06.1975)



3.6 - Matières en suspension

Dans un paragraphe précédent (2.1.4.3 - Chlorophylle - matières en suspension) il a été démontré que le taux de chlorophylle pouvait être lié à la valeur de la turbidité. Une relation presque identique existe entre matières en suspension - chlorophylle a et matières en suspension - nombre de cellules de microplancton, à la campagne II. Il faut signaler que lors de cette campagne les prélèvements effectués dans un minimum de temps sur la radiale côte-large, donnent alors l'image instantanée de la distribution : méthode idéale de comparaison de stations entre elles qui n'est pas réalisable compte tenu de la dispersion spatiale des stations. Cela peut signifier d'une part, qu'une grande partie des matières en suspension est composée de phytoplancton et d'autre part, que la population algale est dans une phase active de croissance (bonne corrélation - chlorophylle a - nombre de cellules).

D'autres relations (figures 197, 198 et 199) ont été établies. Elles donnent en général un nombre de cellules peu élevé pour une faible turbidité, excepté à la campagne VI, où le nombre élevé de phytoplanctons des stations du large (16, 18 et 19) s'accompagnait d'une faible turbidité.

Un taux important de matières en suspension, indicateur d'un brassage des sédiments du fond peut également laisser supposer la présence de diatomées benthiques, soit arrachées à leur substrat, soit fixées sur les particules minérales en suspension.

3.7 - Microplancton - oxygène dissous

Contrairement aux relations oxygène - chlorophylle, les relations oxygène - nombre de cellules sont évidentes en comparant les résultats obtenus lors des campagnes II, IV, VII et VIII (figures 200 à 203). Le taux d'oxygène dissous augmente avec le nombre de cellules, excepté pour la campagne IV. Cette exception peut avoir trois causes :

- le maximum de photosynthèse ne correspond pas à un maximum de cellules de microplancton sinon de cellules de *Phaeocystis* sp.. Or, l'abondance de cette dernière semble suivre celle du microplancton.
- l'importante population algale peut nourrir de nombreux organismes zooplanctoniques ou nectoniques qui par respiration absorbent l'oxygène.

Fig. 197 DIAGRAMME DE DISPERSION : MICROPLANCTON—MATIERE EN SUSPENSION.

Campagne II.

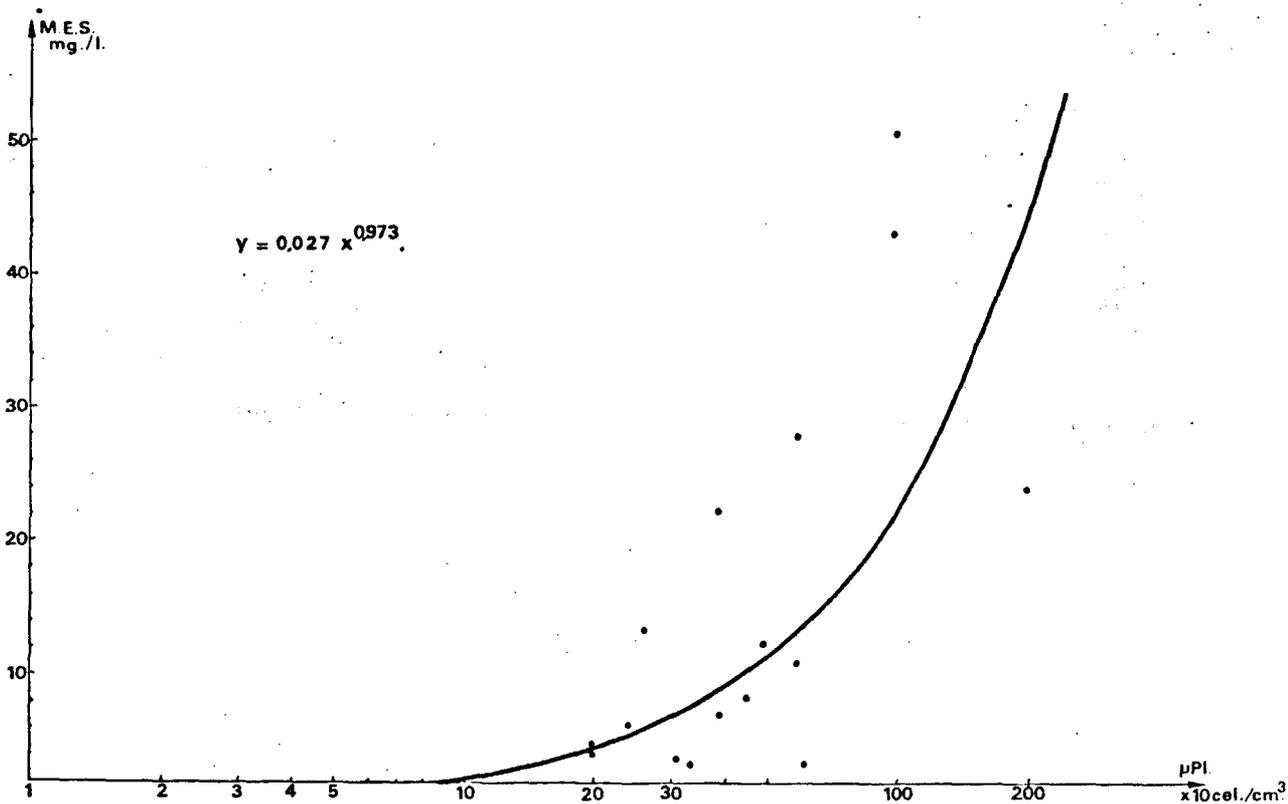


Fig 198 DIAGRAMME DE DISPERSION : MICROPLANCTON—MATIERE EN SUSPENSION.

Campagne IV.

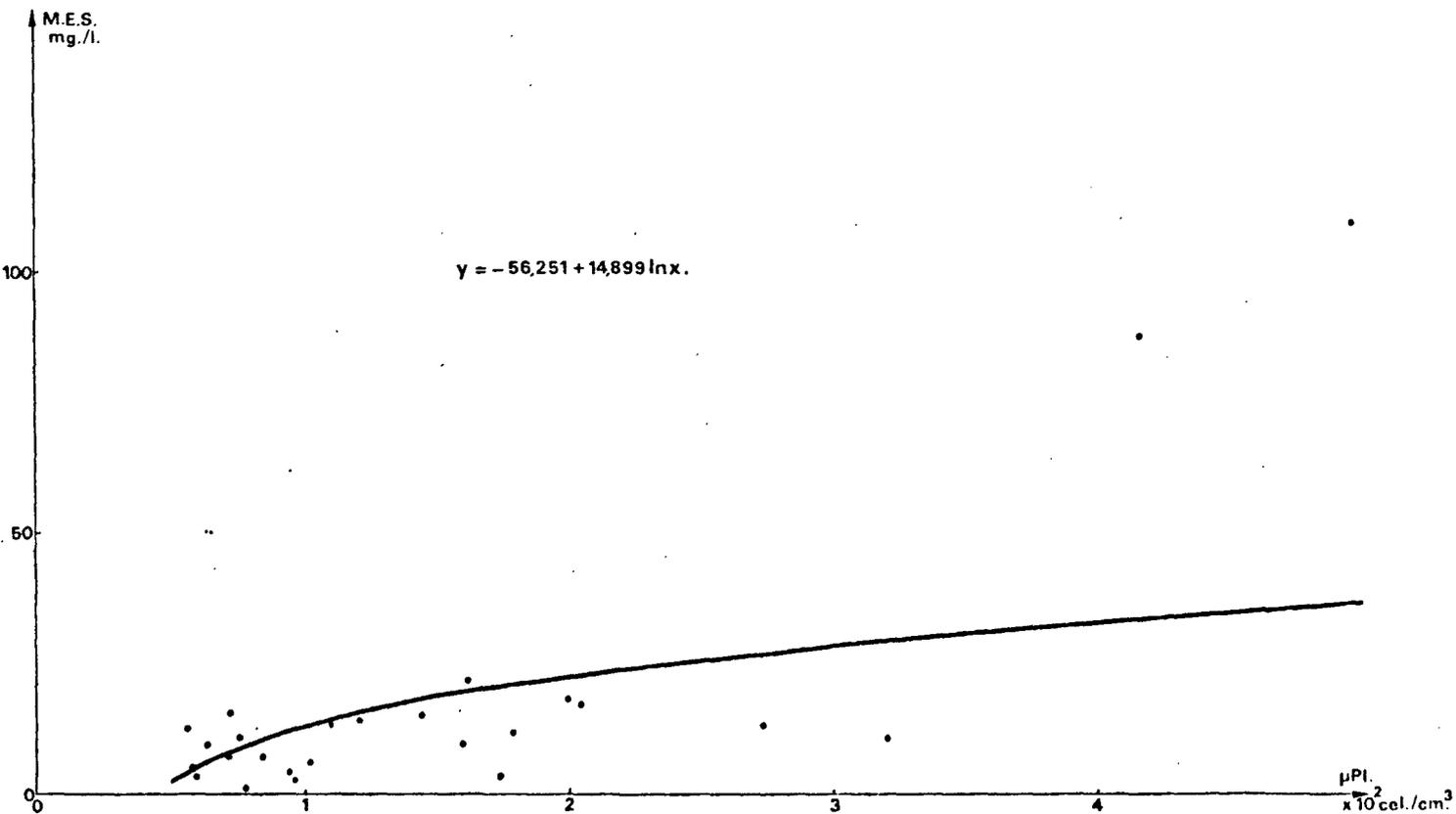


Fig. 199 DIAGRAMME DE DISPERSION :

MICROPLANCTON — MATIERE EN SUSPENSION. Campagne VI.

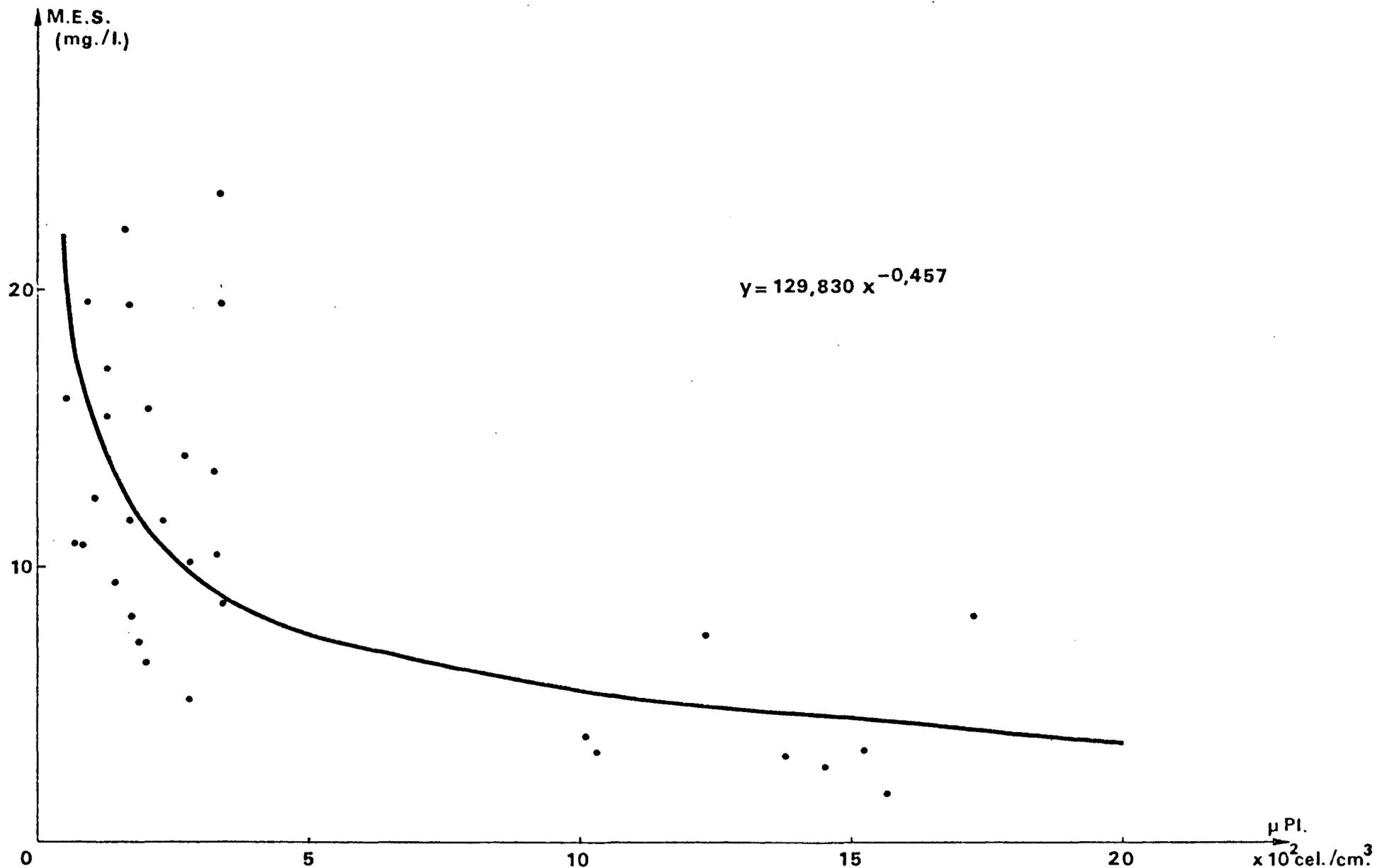


Fig. 200

DIAGRAMMES DE DISPERSION :

Campagne II.

MICROPLANCTON—OXYGENE DISSOUS.

MICROPLANCTON—SILICATES.

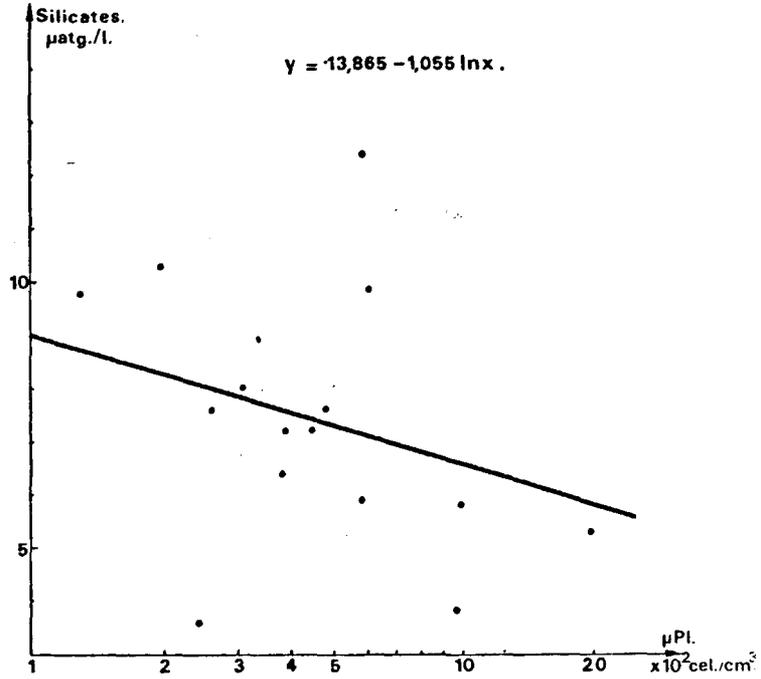
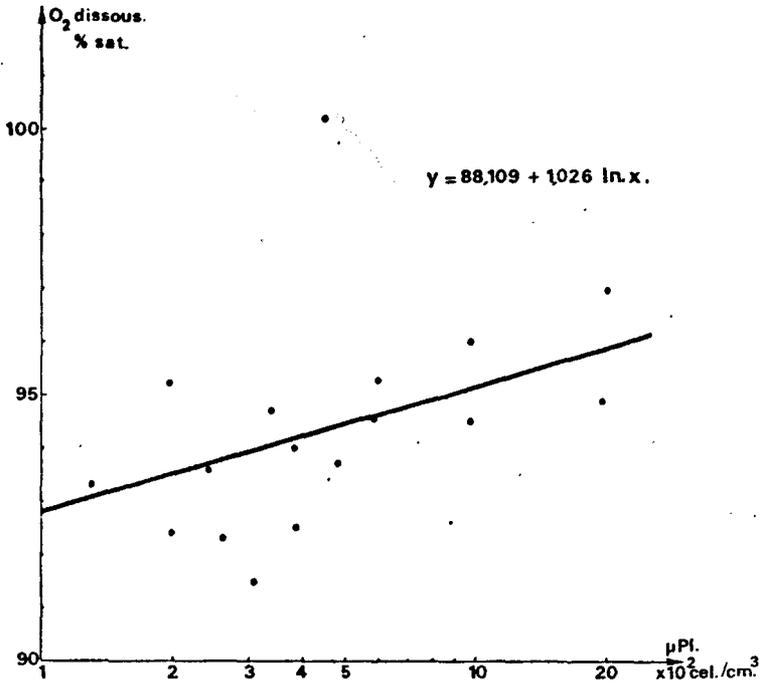


Fig 201

DIAGRAMME DE DISPERSION : MICROPLANCTON—OXYGENE DISSOUS.

Campagne IV.

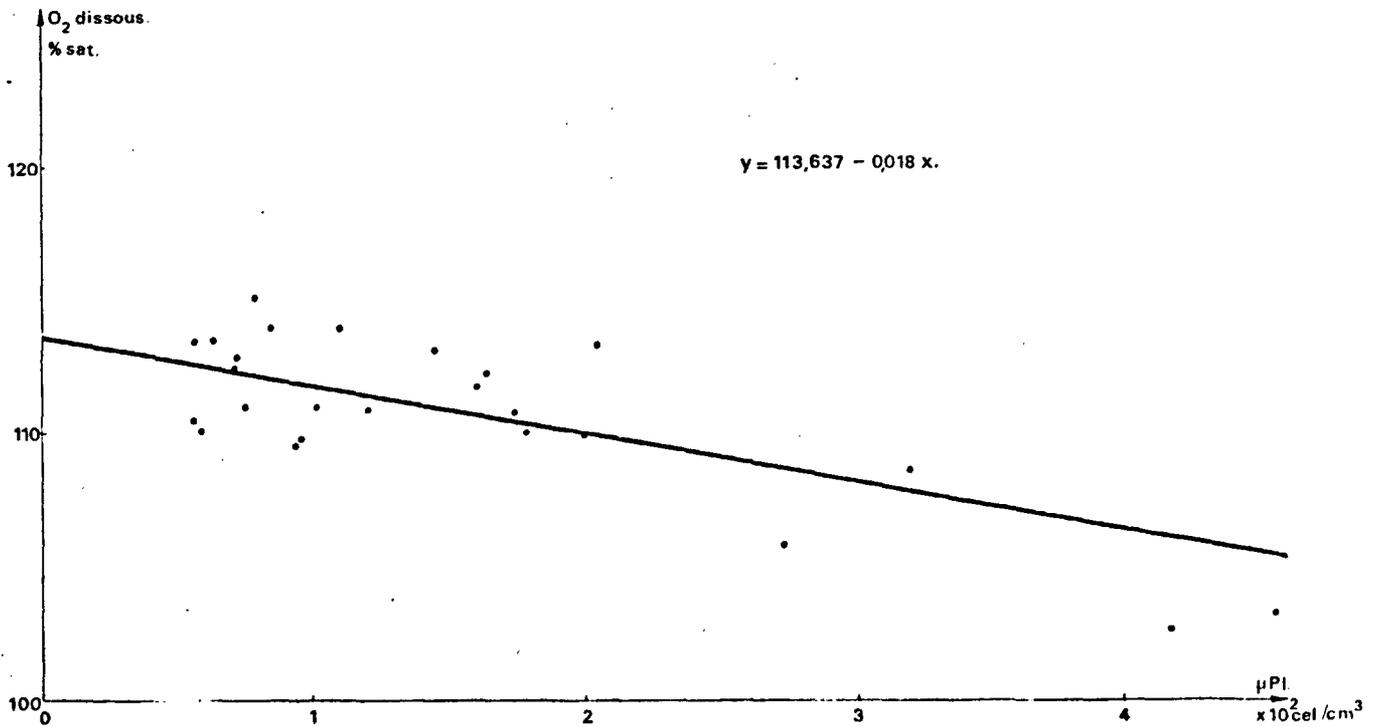


DIAGRAMME DE DISPERSION MICROPLANCTON - OXYGENE

Fig. 202 Campagne VII (27.08.1975)

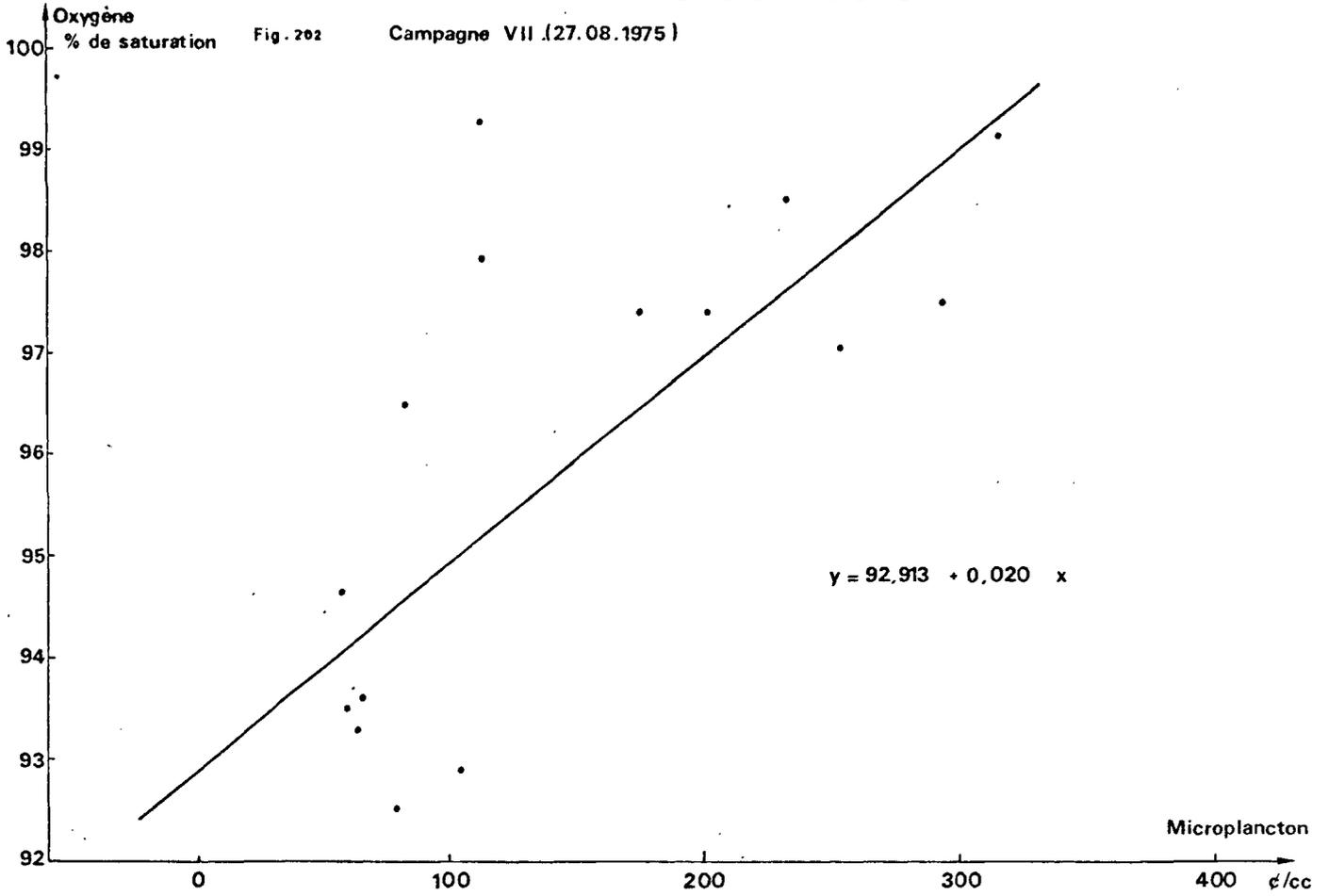
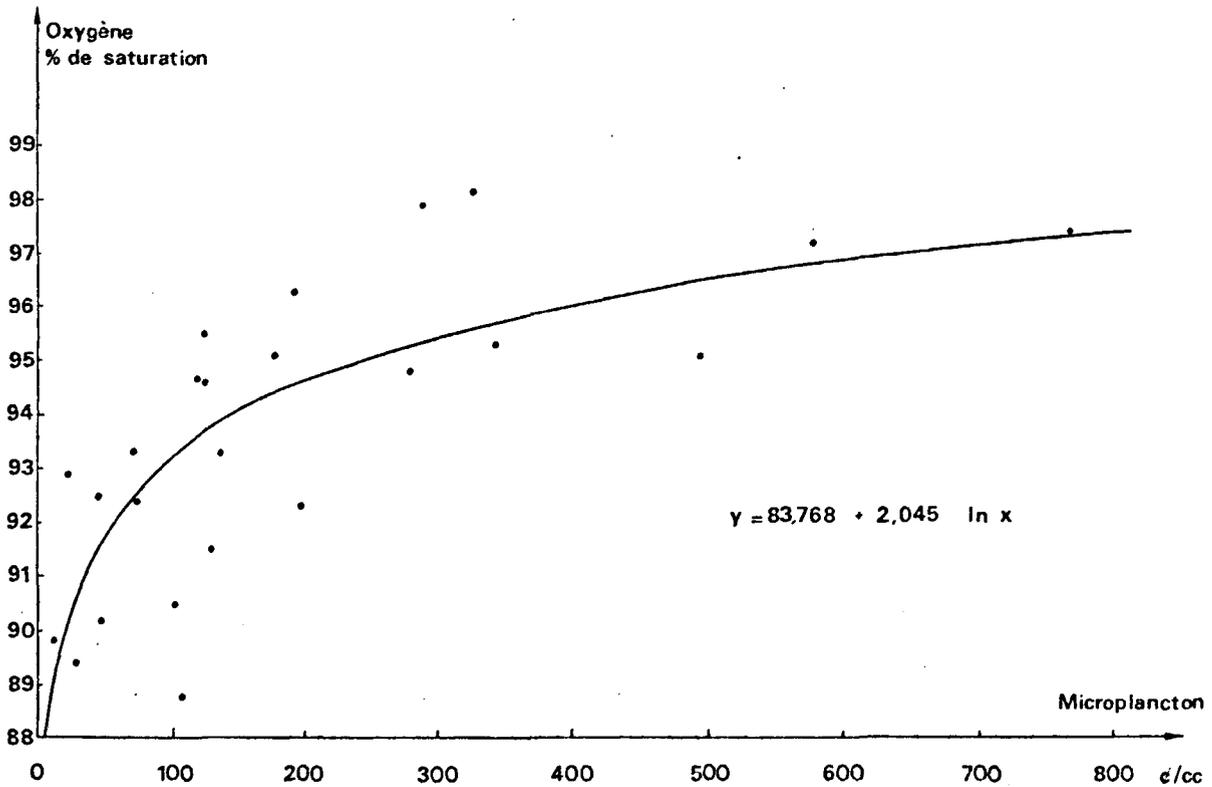


Fig. 203

DIAGRAMME DE DISPERSION MICROPLANCTON - OXYGENE

Campagne VIII (3/4.09.1975)



- la photosynthèse a un rendement plus bas aux stations plus riches en organismes photosynthétiques (autoasphyxie ?). La présence plus importante de phéopigments pourrait en être la confirmation.

Cependant, un diagramme de dispersion obtenu à partir de la totalité des données sur l'année (non figuré) ne donne pas de relations significatives.

3.8 - Microplancton - sels nutritifs

Les sels nutritifs représentent avec l'énergie lumineuse les indicateurs potentiels d'une photosynthèse. Une certaine réserve de sels nutritifs est indispensable pour initier une poussée phytoplanctonique, et la diminution de leur taux par consommation entraîne à son tour des variations dans les populations algales.

Le phytoplancton prélève le phosphore sous forme phosphate PO_4^{3-} , la silice (frustule des diatomées) sous forme silicate SiO_2 et l'azote sous forme ammoniacale (NH_4^+ non dosé présentement), nitreuse (NO_2^-) et nitrique (NO_3^-). Pour ces derniers, NH_4^+ est consommé en premier (en grande quantité dans le milieu naturel : apports continentaux, pluies, excréments des organismes marins). Si son taux diminue, le meilleur rendement énergétique voudrait que les nitrites le remplace. Mais la phase recyclage $NH_4^+ \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^-$ est rapide dans la nature, l'azote se retrouve rapidement sous forme nitrates, phase finale stable. Ceux-ci sont d'ailleurs en plus grande quantité (10 à 20 fois plus) que les nitrites. Le facteur limitant pour l'azote ne peut donc être que les nitrates.

Les relations significatives établies entre nombre de cellules de microplancton et sels nutritifs aux campagnes II, IV, V, VI, VII et VIII (figures 191, 204, 206 à 211) indiquent un taux faible de sels nutritifs pour des fortes concentrations cellulaires excepté pour les nitrates de la campagne II et les silicates de la campagne IV (figure 191 et 206). La campagne II (mars) a été effectuée un peu avant la poussée algale d'avril, à un moment où les réserves de sels étaient à peine entamées : les cellules commencent à se développer en grand nombre, là où la concentration en sels nutritifs est la plus forte. Le taux très important de nitrates (20 à 25 μg at/l) ne peut pas

Fig. 204

DIAGRAMME DE DISPERSION PHOSPHATES-MICROPLANCTON

Campagne V (5.06.1975)

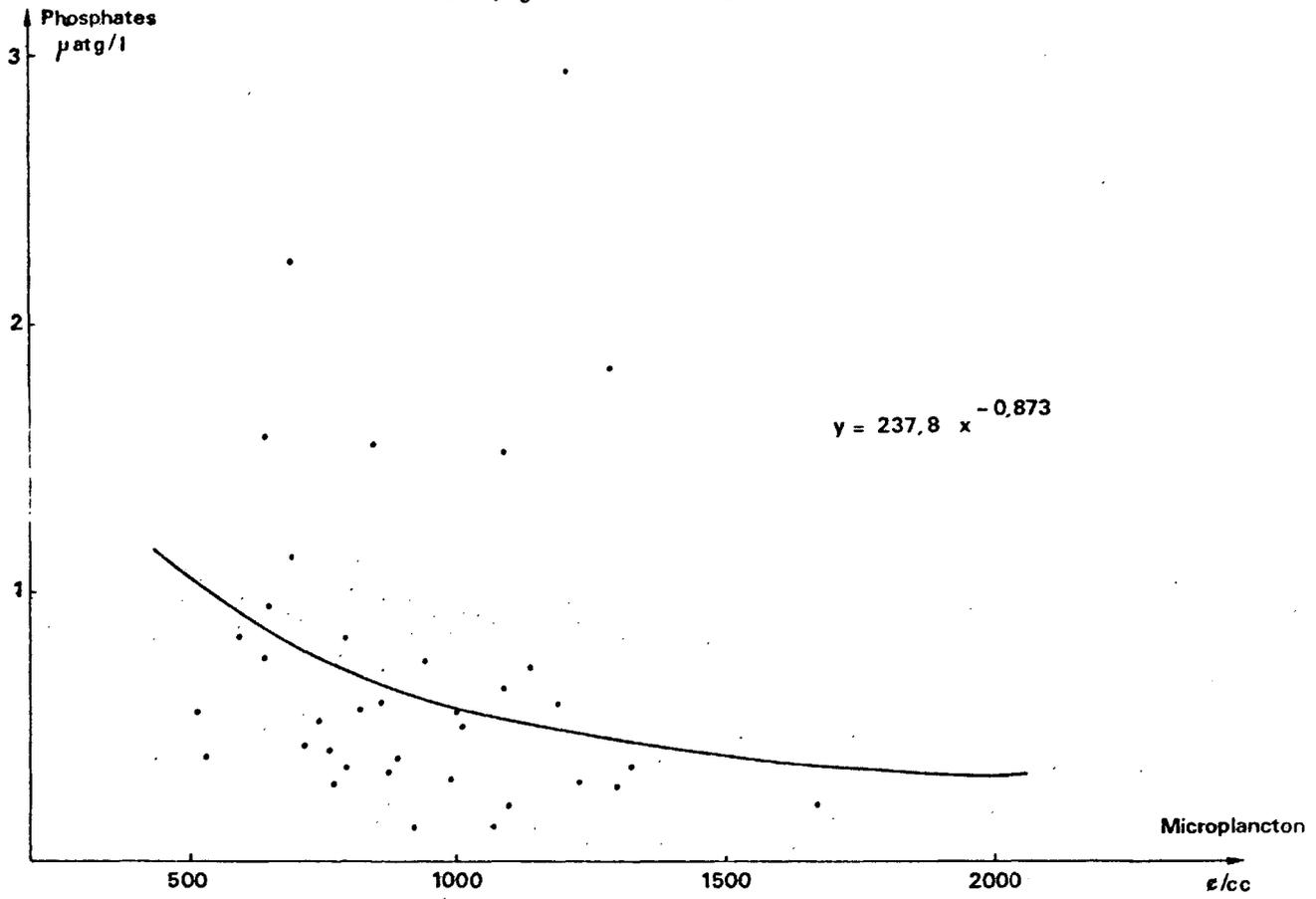


Fig. 205

DIAGRAMME DE DISPERSION: MICROPLANCTON — PHOSPHATES.

Campagne VI.

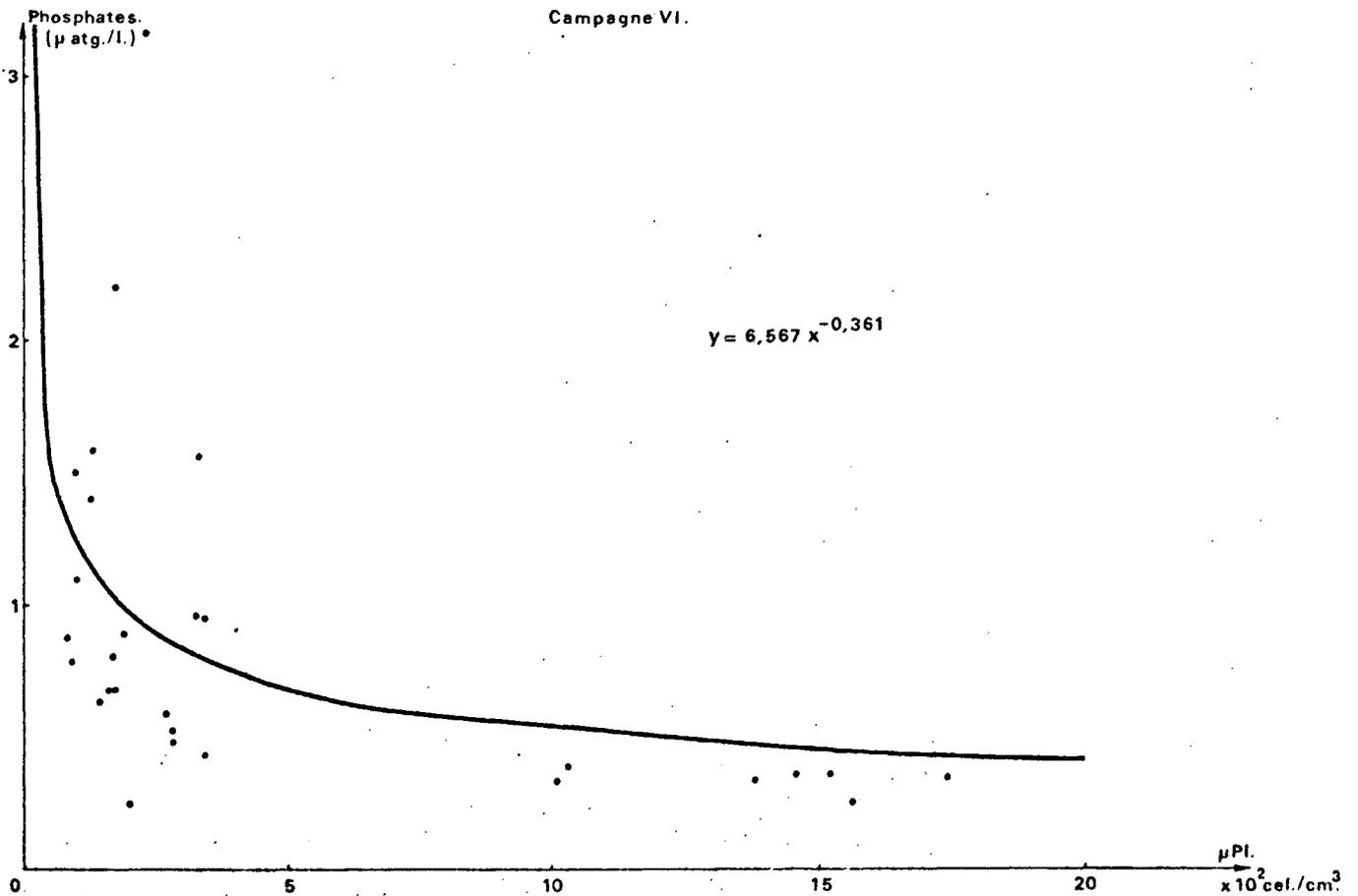


Fig. 206 DIAGRAMME DE DISPERSION: MICROPLANCTON — SILICATES..

Campagne IV.

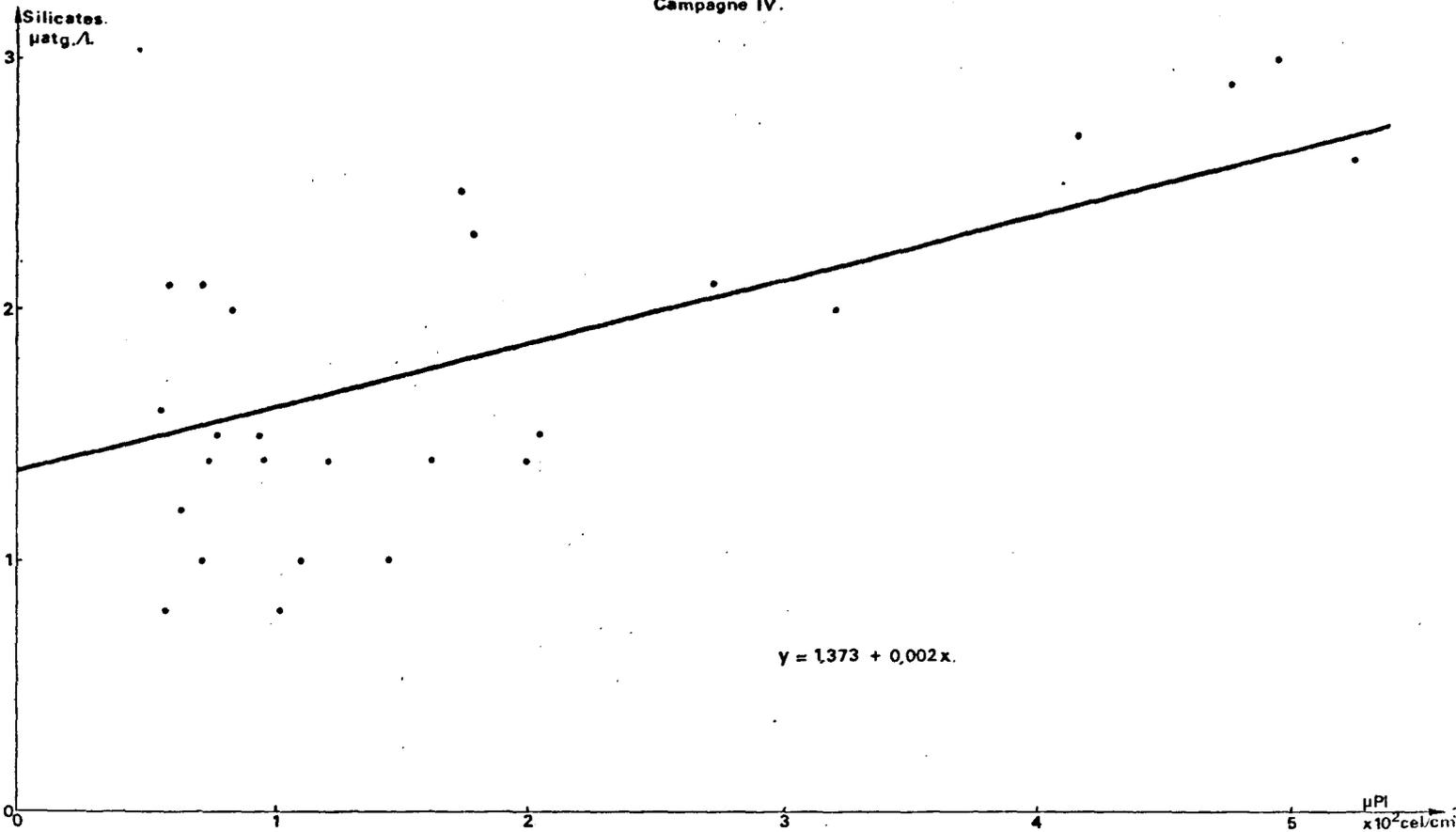


Fig. 207 DIAGRAMME DE DISPERSION: MICROPLANCTON — SILICATES.

Campagne VI.

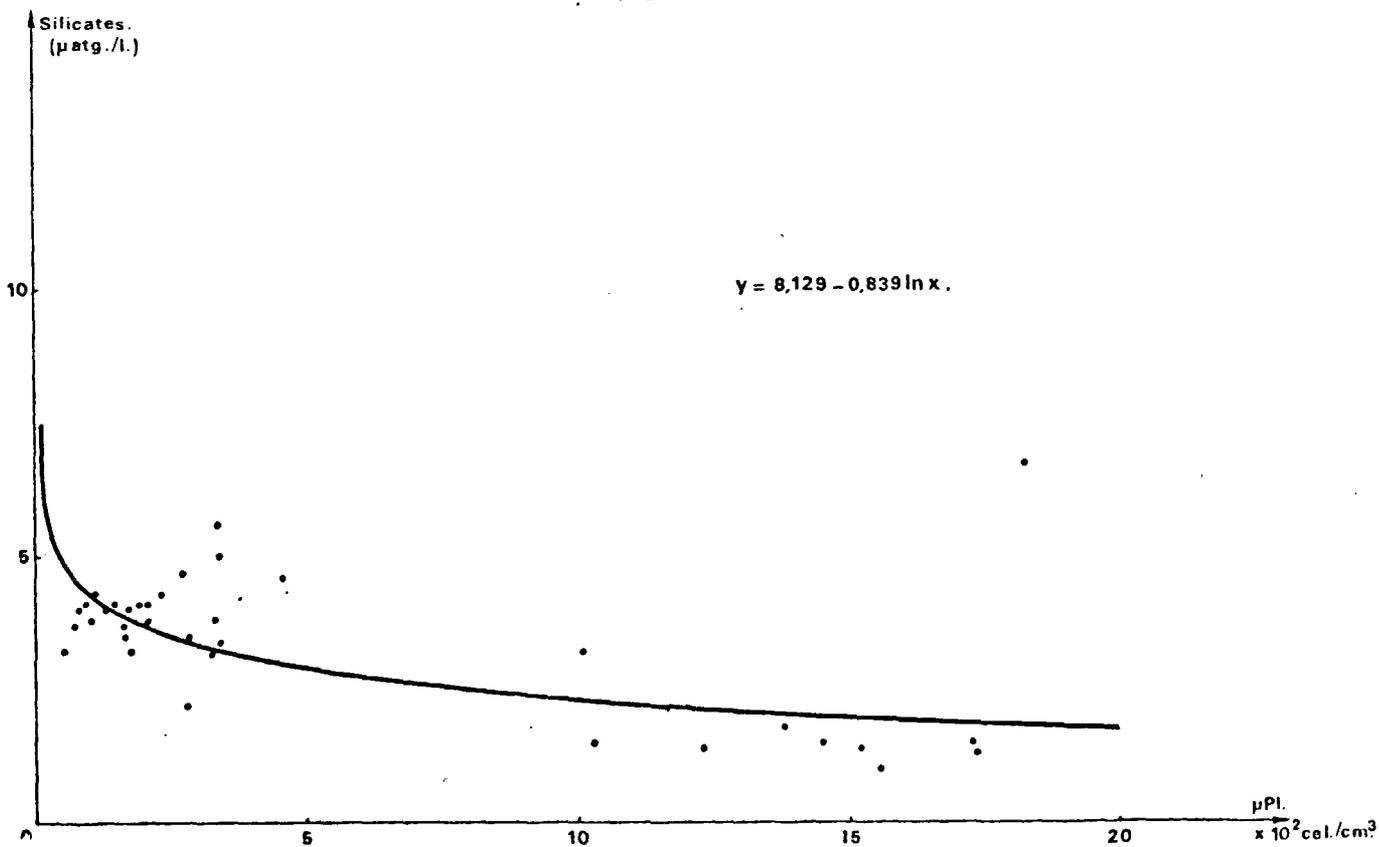


Fig. 208

DIAGRAMME DE DISPERSION MICROPLANCTON - SILICATES

Campagne VII (27.08.1975)

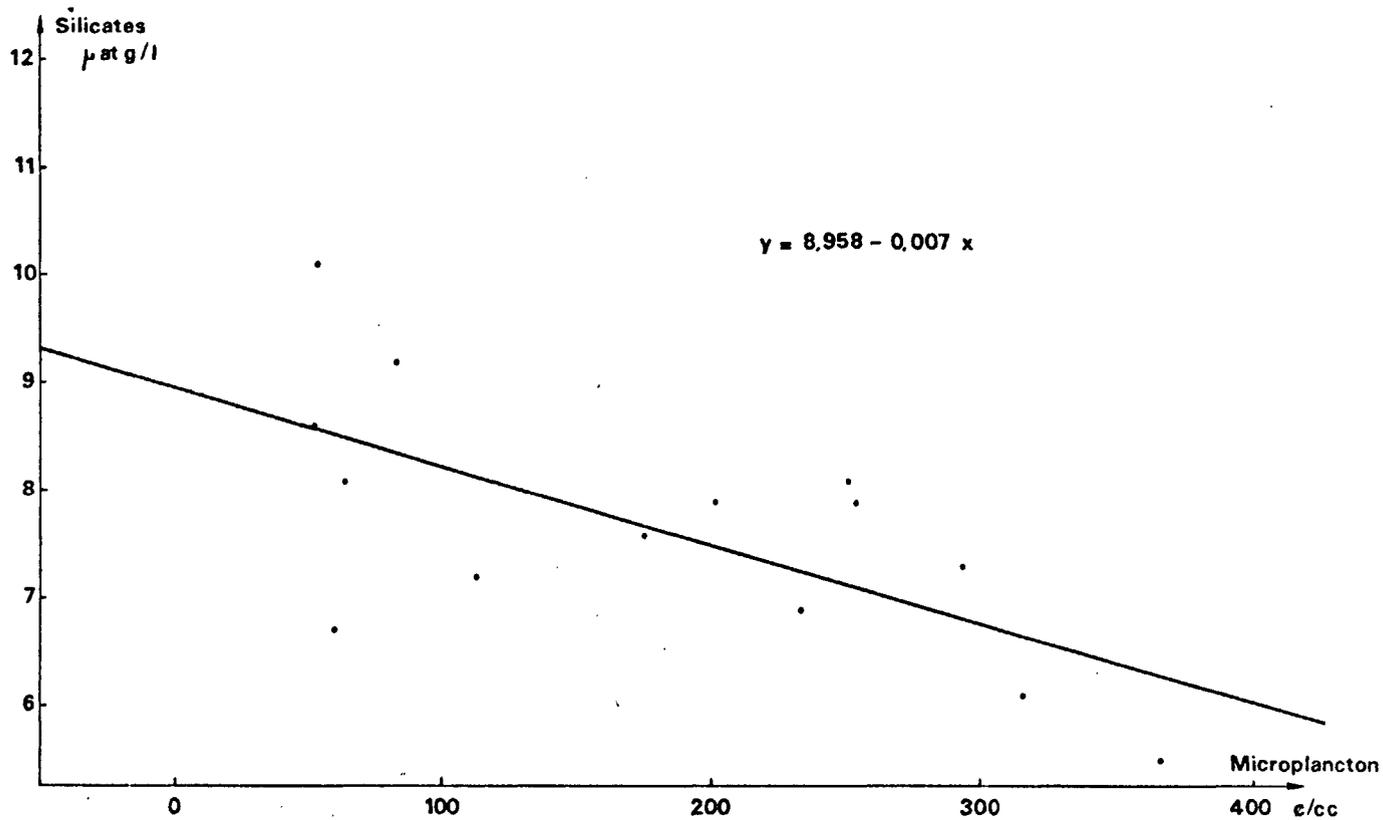


Fig.209 DIAGRAMME DE DISPERSION : MICROPLANCTON — NITRATES.

Campagne VI.

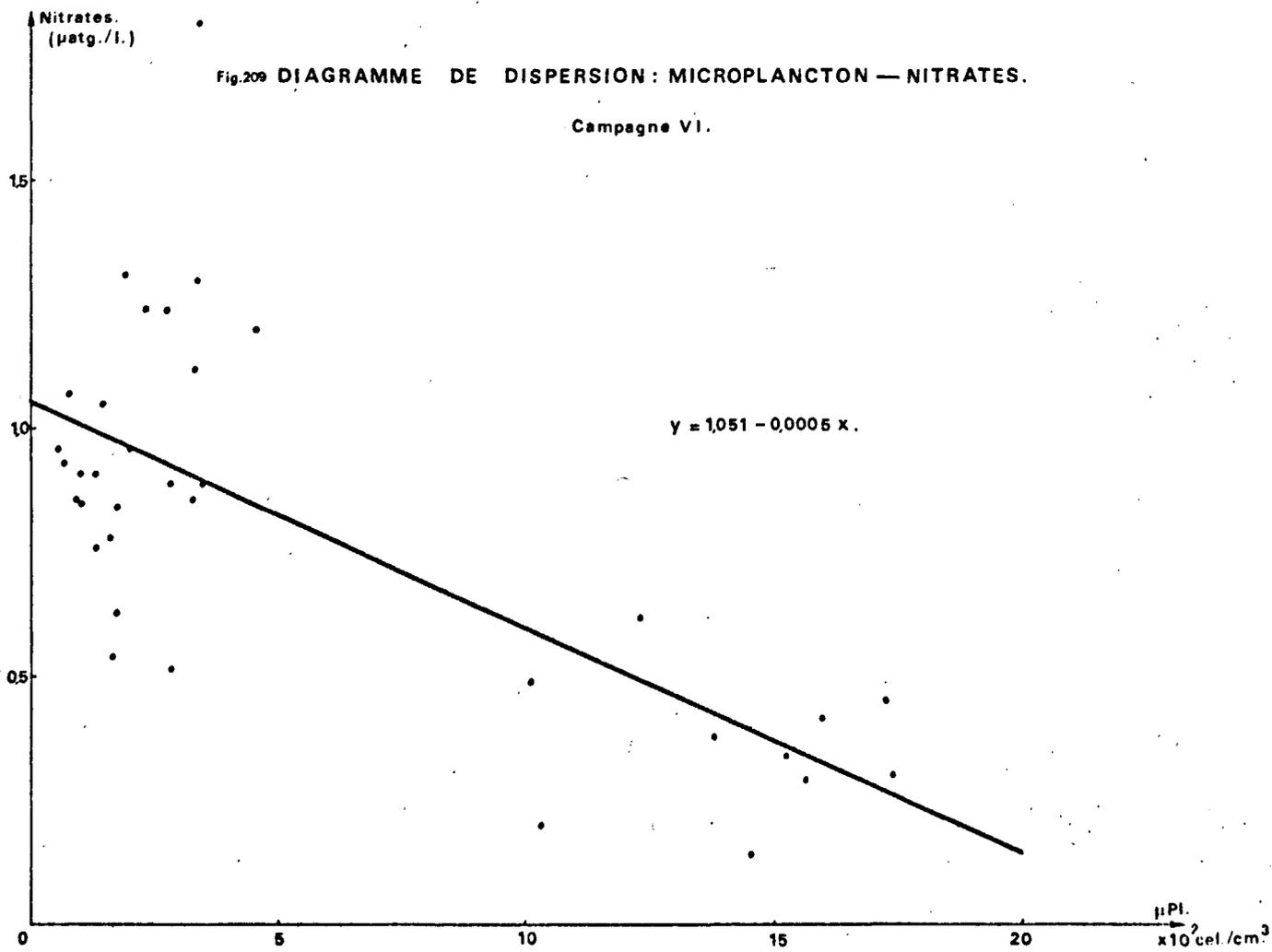


Fig. 210

DIAGRAMME DE DISPERSION MICROPLANCTON - NITRATES

Campagne VIII (3/4.09.1975)

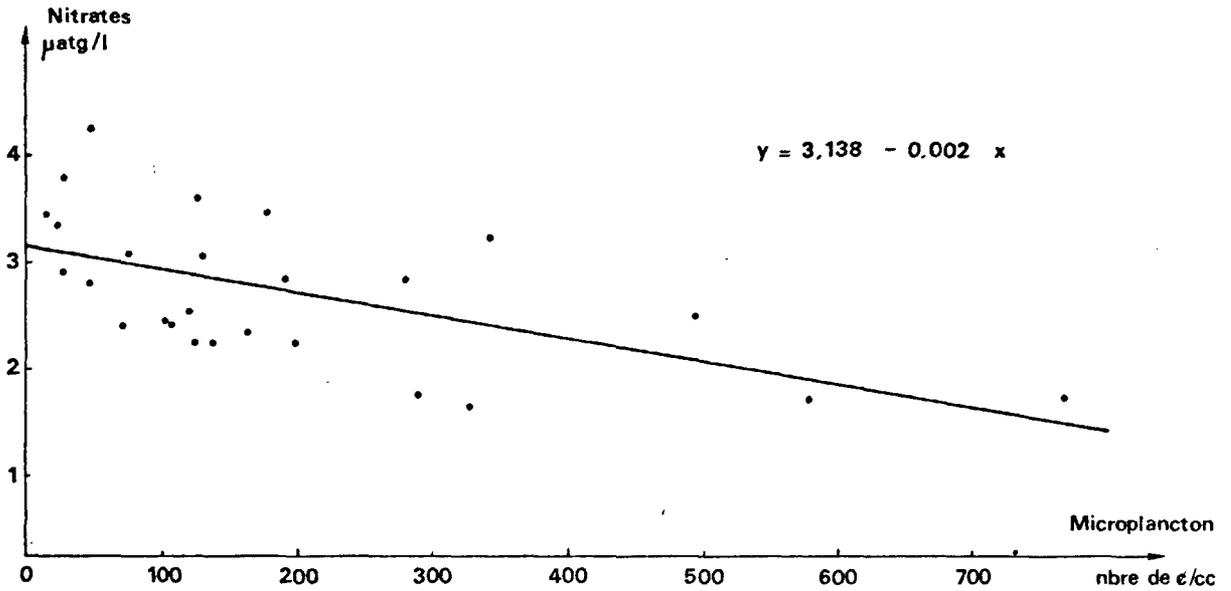
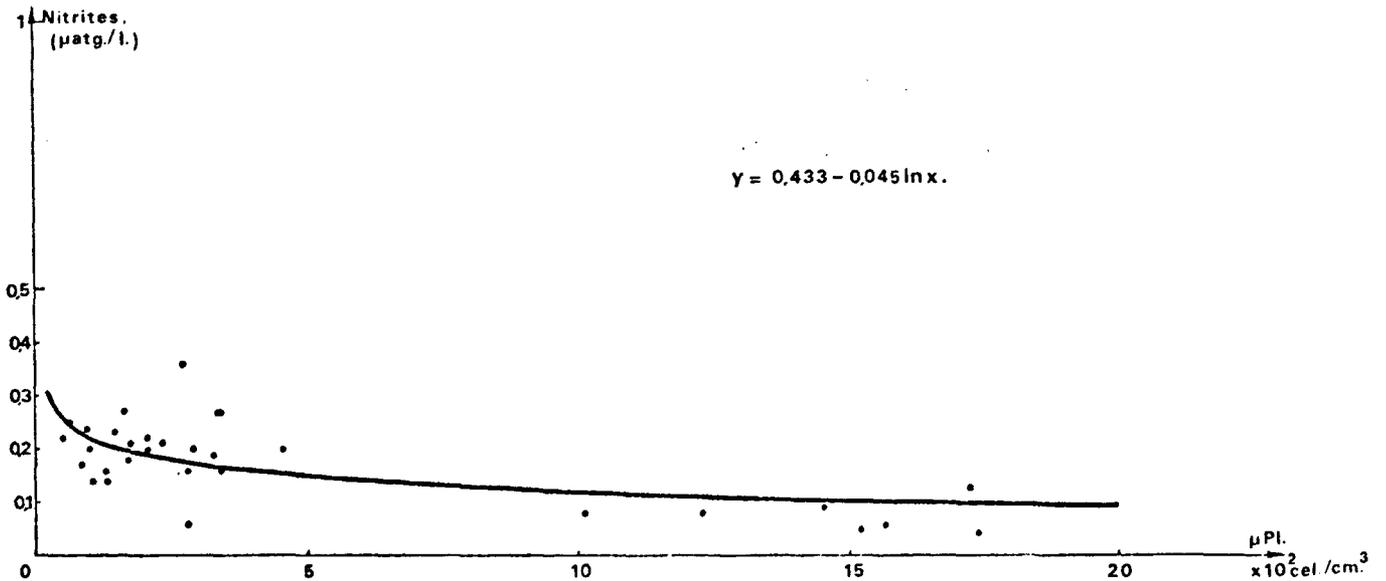


Fig 211

DIAGRAMME DE DISPERSION : MICROPLANCTON — NITRITES.

Campagne VI.



être limitant. Pour cette même campagne, les silicates présentent avec le microplancton une relation inverse : il est possible que la constitution des frustules de diatomées demande beaucoup de silice, et épuise le milieu au niveau des stations côtières, malgré la réserve importante (de 5 à 10 $\mu\text{g at/l}$).

L'abondance des silicates à la côte, campagne IV, s'explique peut-être par la redissolution des frustules de diatomées mortes depuis la campagne précédente. Cette abondance se ferait d'avantage sentir au niveau des stations de faible profondeur. Il se peut également que les apports récents de silicates telluriques n'aient pas été absorbés par un développement trop important de diatomées. L'espèce dominante en mai est *Nitzschia seriata*, petite espèce de diatomées à frustules faiblement siliceuses.

Les relations sels nutritifs - nombre de cellules de microplancton aux campagnes V, VI, VII et VIII, correspondent à un état de maturité de la population importante mais ayant épuisé passablement le milieu en sels nutritifs.

Les différentes phases de variations quantitatives microplancton - sels nutritifs sont représentées par les figures 212 à 215, diagrammes de dispersion chlorophylle a (biomasse phytoplanctonique), sels nutritifs. Les campagnes ont été regroupées selon leurs similitudes.

Pour les phosphates, le diagramme est assez condensé, la séparation en différents groupes est plus ou moins fictive, on peut alors admettre que les phosphates n'ont pas été un facteur limitant dans le développement du phytoplancton.

Le diagramme des silicates présente par contre quelques particularités. Le microplancton de la deuxième campagne (d'après la figure 213) commence à puiser dans les réserves de silicates. Celles-ci sont minimales au moment de la poussée d'avril : elles commencent à se reconstituer en mai (représentées presque exclusivement par des *Phaeocystis* non siliceux). En juin, le stock baisse de nouveau puis commence à se reconstituer progressivement jusqu'en octobre. La poussée d'organismes photosynthétiques (observée à ce moment-là) n'entame par le nouveau stock de silicates, puisque l'espèce dominante est un dinoflagellé nu, ne consommant pas de silice.

Le diagramme des nitrites présente quelque analogie avec celui des silicates. La position des nuages représentatifs des campagnes III et IV est inversée

Fig. 212 DIAGRAMME DE DISPERSION PHOSPHATES-CHLOROPHYLLE A

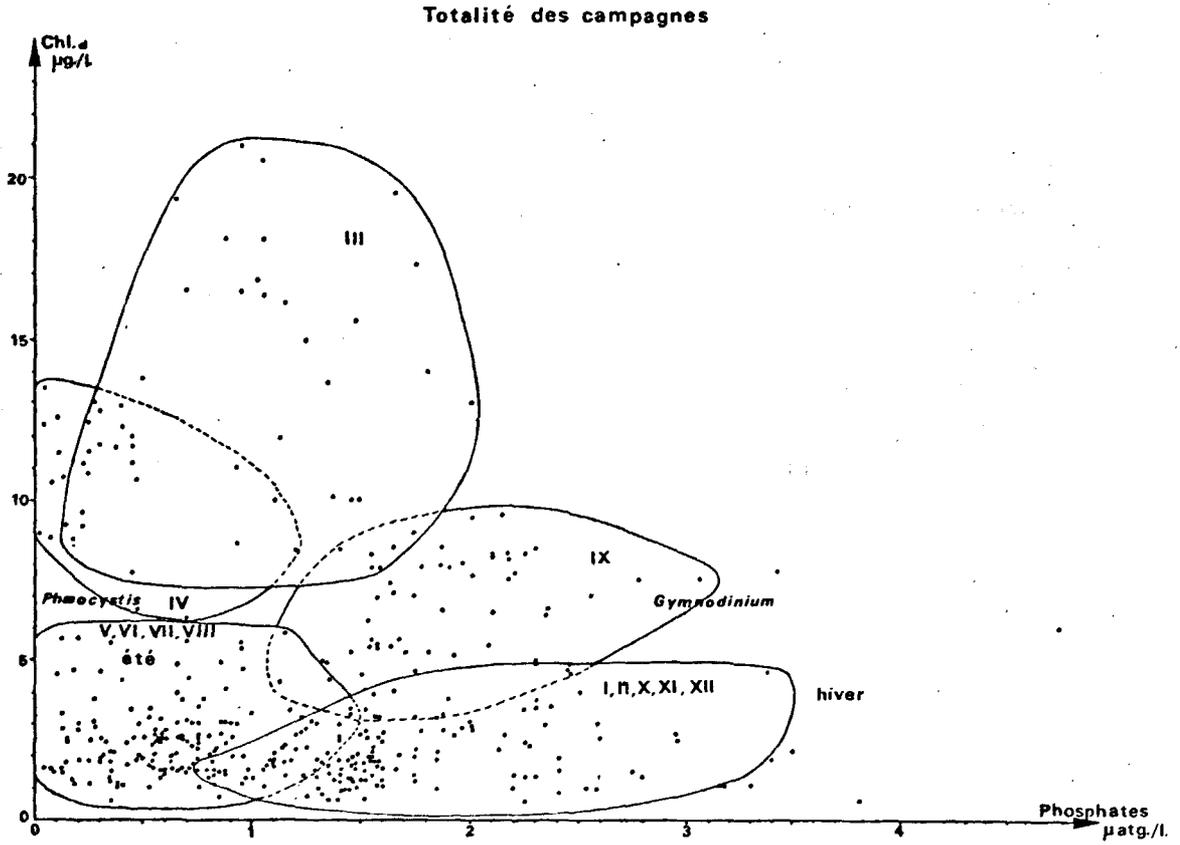


Fig. 213 DIAGRAMME DE DISPERSION SILICATES-CHLOROPHYLLE A

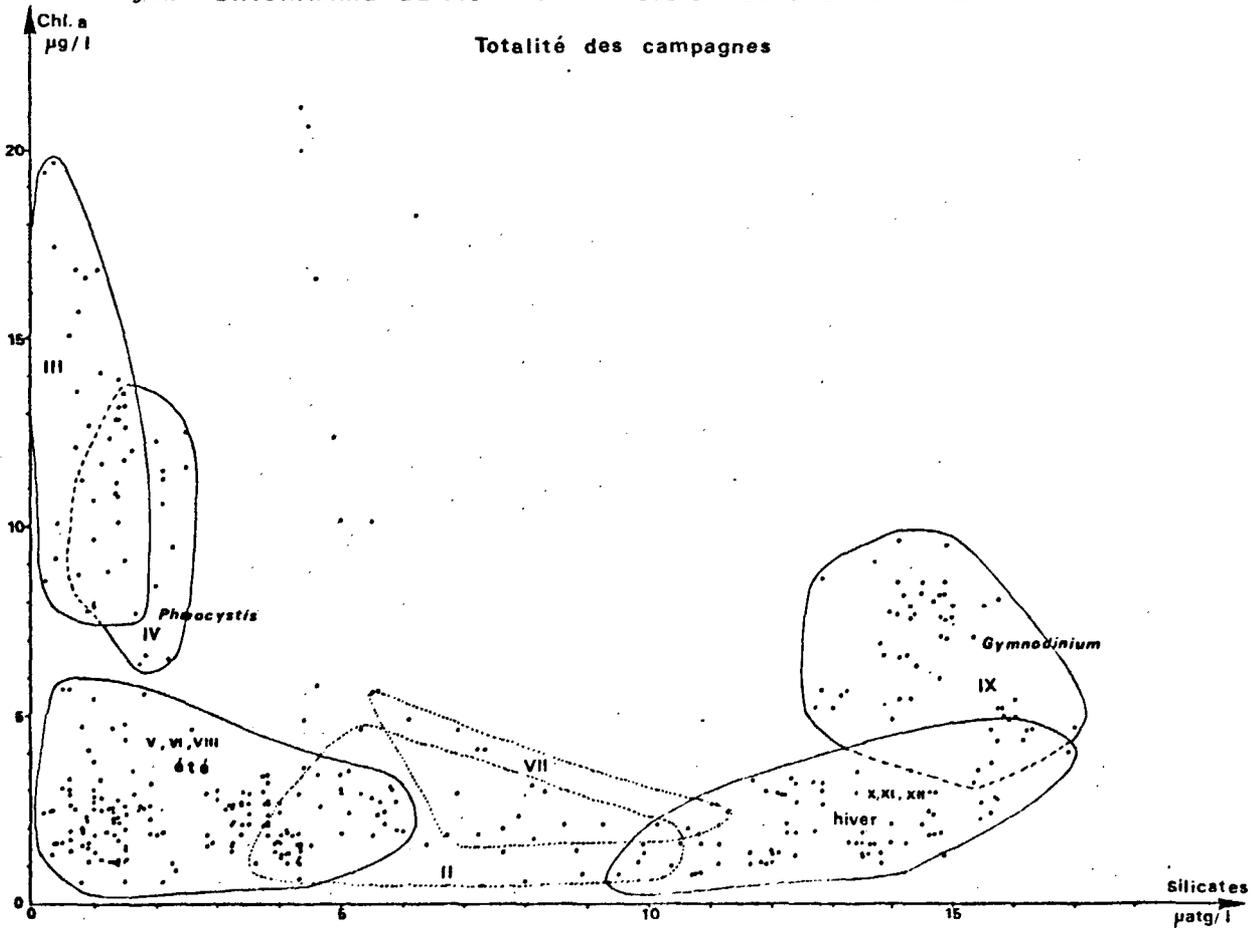


Fig. 214 DIAGRAMME DE DISPERSION NITRITES-CHLOROPHYLLE A

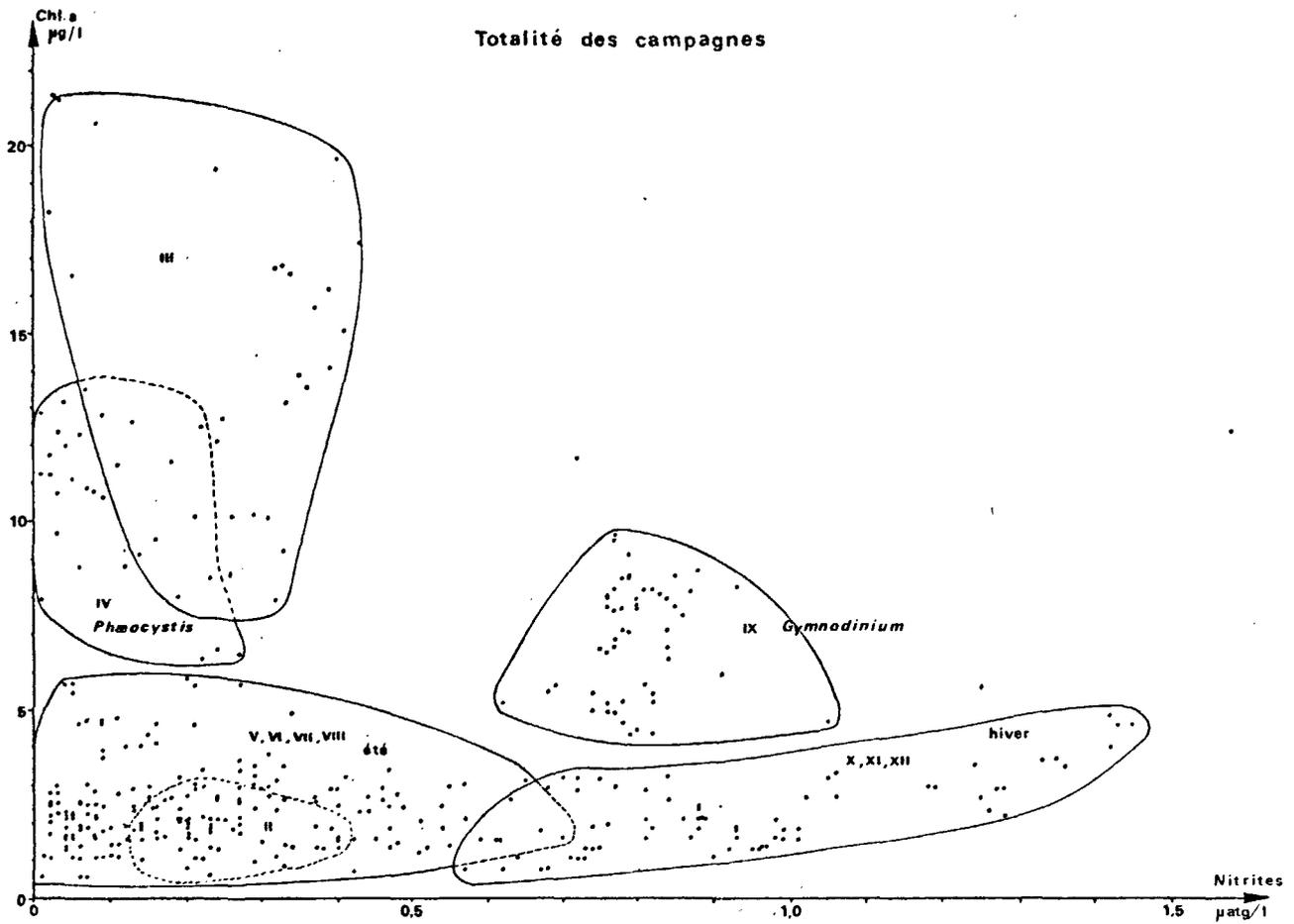
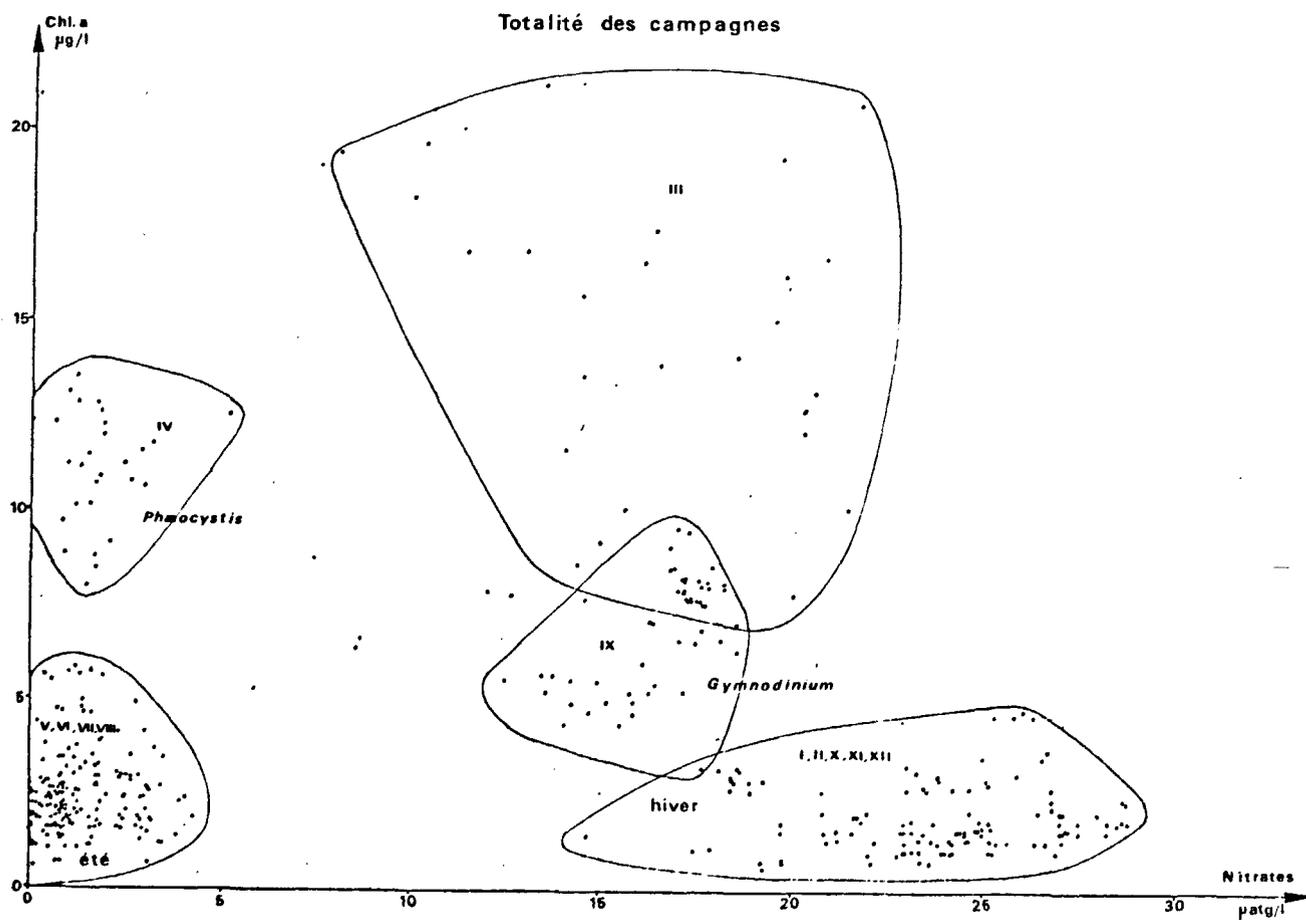


Fig. 215 DIAGRAMME DE DISPERSION NITRATES-CHLOROPHYLLE A



de signification), nitrates ($r = 0,620$, entre 95 et 99 % de signification) et phosphates ($r = 0,776 > 99$ % de signification) et exponentielle pour les silicates ($r = 0,902$ hautement significatif). Il apparaît donc que la sélection des espèces par rapport aux taux de sels nutritifs s'opère davantage au niveau de la consommation en silicates, donc de l'importance des frustules. Ensuite viennent les phosphates, nitrites et nitrates. Ce point est concrétisé par la figure 217.

La succession de trois espèces de microplancton est représentée (*Nitzschia seriata*, *Rhizosolenia* spp et Dinoflagellés spp.) en fonction des taux de silicates, nitrates et de l'indice de diversité (ordonnées inversées à la partie supérieure de la figure) :

- l'espèce *Nitzschia seriata*, très faiblement siliceuse, domine nettement lors du minimum de silicates ;
- le genre *Rhizosolenia* à grande frustule profite d'une régénération du stock de silicates pour se développer et sa disparition coïncide avec une chute du taux de silicates ;
- les *Gymnodinium* (principale espèce présente de Dinoflagellés) ne consomment pas de silicates et semblent préférer les nitrates.

Les indices de diversité sont élevés tant que les réserves de sels sont suffisantes (principalement en hiver).

En résumé, l'évolution du cycle annuel du phytoplancton étudié à PALUEL en 1975 peut se décrire comme suit :

Une réserve de sels nutritifs importante jusqu'en mars, permet le développement d'une abondante population phytoplanctonique (diatomées) en avril caractérisée par une grande concentration de pigments actifs (chlorophylle a par rapport aux taux inexistant de pigments dégradés). La diversité de cette population est élevée. Elle épuise rapidement le stock de sels nutritifs et disparaît (mort, consommation par le zooplancton). Elle est remplacée par une population de microflagellés *Phaeocystis* (50 millions de cellules par litre) associée à une espèce de diatomée (*Nitzschia seriata*) faiblement siliceuse. Le milieu comprend plus de phéopigments (dégradation des diatomées d'avril ?).

par rapport au diagramme des silicates : soit les nitrites sont moins consommés par les diatomées d'avril que par les *Phaeocystis* de mai, soit les diatomées d'avril ont consommé les nitrites avant l'arrivée des *Phaeocystis*. Si le recyclage $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ est rapide, la première hypothèse est la plus vraisemblable.

Le diagramme des nitrates est le plus dispersé des quatre. Les cinq nuages représentatifs des campagnes définies antérieurement sont nettement séparés.

L'importance des réserves de nitrates au moment de la troisième campagne laisse à penser que les diatomées ont d'abord consommé les nitrites. Ensuite, soit ces diatomées ont consommé les nitrates entre les campagnes III et IV, avant la poussée des *Phaeocystis*, soit ces derniers sont responsables de la baisse du stock. Ce dernier reste faible pendant l'été et se reconstitue très rapidement (fortes précipitations) entre les campagnes VIII et IX. Les *Gymnodinium* d'octobre ne l'entament pas.

En comparant l'ensemble des groupes par rapport aux réserves de sels nutritifs, on s'aperçoit que les organismes photosynthétiques ont consommé relativement plus de silicates que de nitrites, puis de phosphates et enfin de nitrates. Il se peut que cette différence apparente de consommation soit due à un taux de renouvellement différent de chacun des sels.

De ces études il ressort qu'une réserve suffisamment importante de l'ensemble des sels nutritifs favorise le développement d'un grand nombre d'espèces algales, sans prédominance de l'une ou de l'autre, le milieu étant assez riche pour satisfaire à toutes les demandes. Dès que ces réserves baissent, la prédominance ou l'absence d'un de ces sels provoque l'apparition d'espèces à exigences particulières par rapport aux autres. A la limite, le peuplement algal tend vers la monospécificité à mesure que le stock de sels s'amenuise. Cela devrait pouvoir se traduire par des relations sels nutritifs - indice de diversité pigmentaire. Les résultats entre résultats de niveau à niveau ou de station à station sont peu significatives. Par contre, elles le deviennent lorsqu'elles sont établies à partir des moyennes de la concentration en sels nutritifs établies par campagne comparées à l'indice de diversité calculé sur la totalité des espèces d'une campagne (figure 216). Les droites de régression obtenues sont linéaires pour les nitrites ($r = 0,655$, entre 95 et 99 %

Fig. 216

RELATIONS INDICE DE DIVERSITE-SELS NUTRITIFS

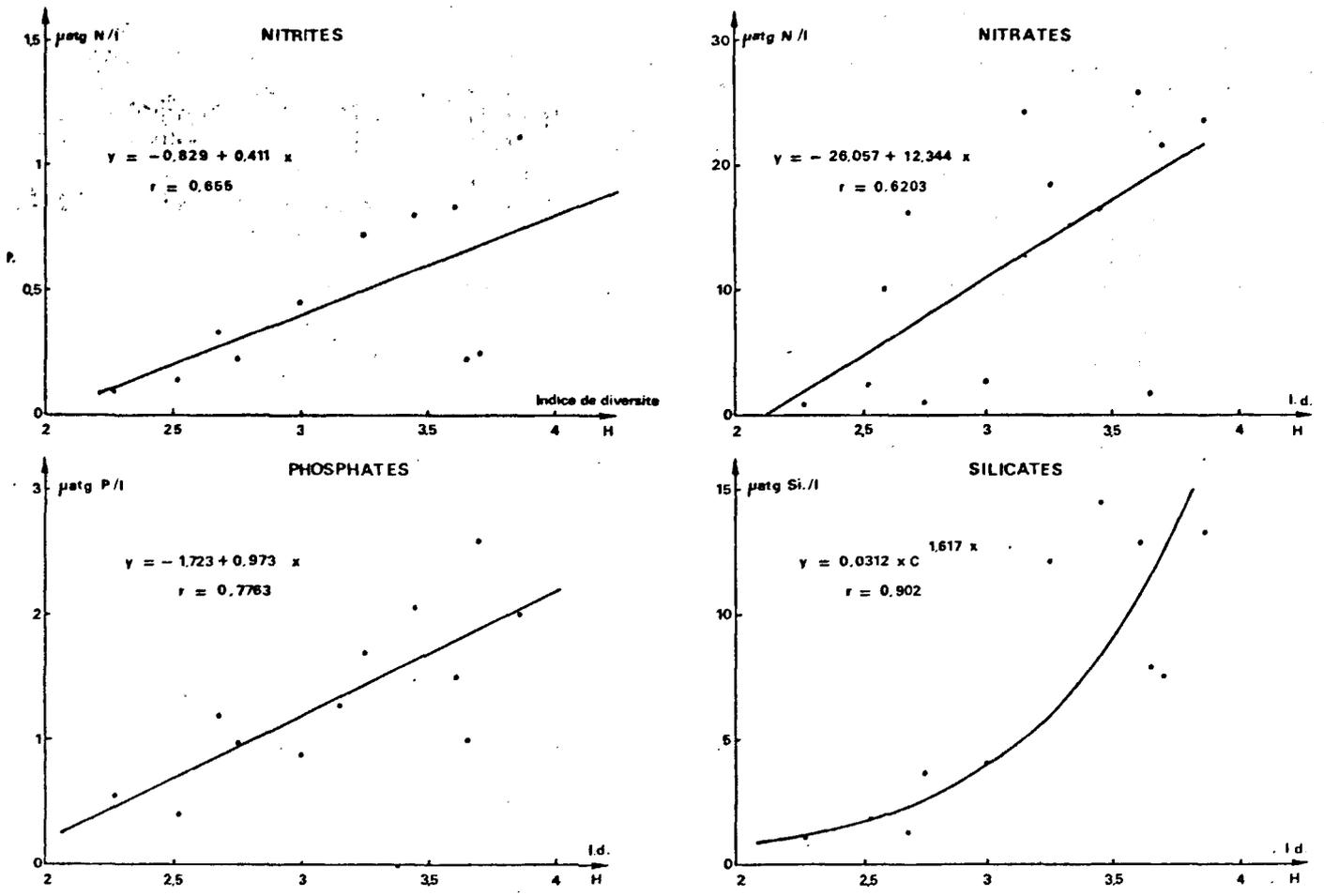
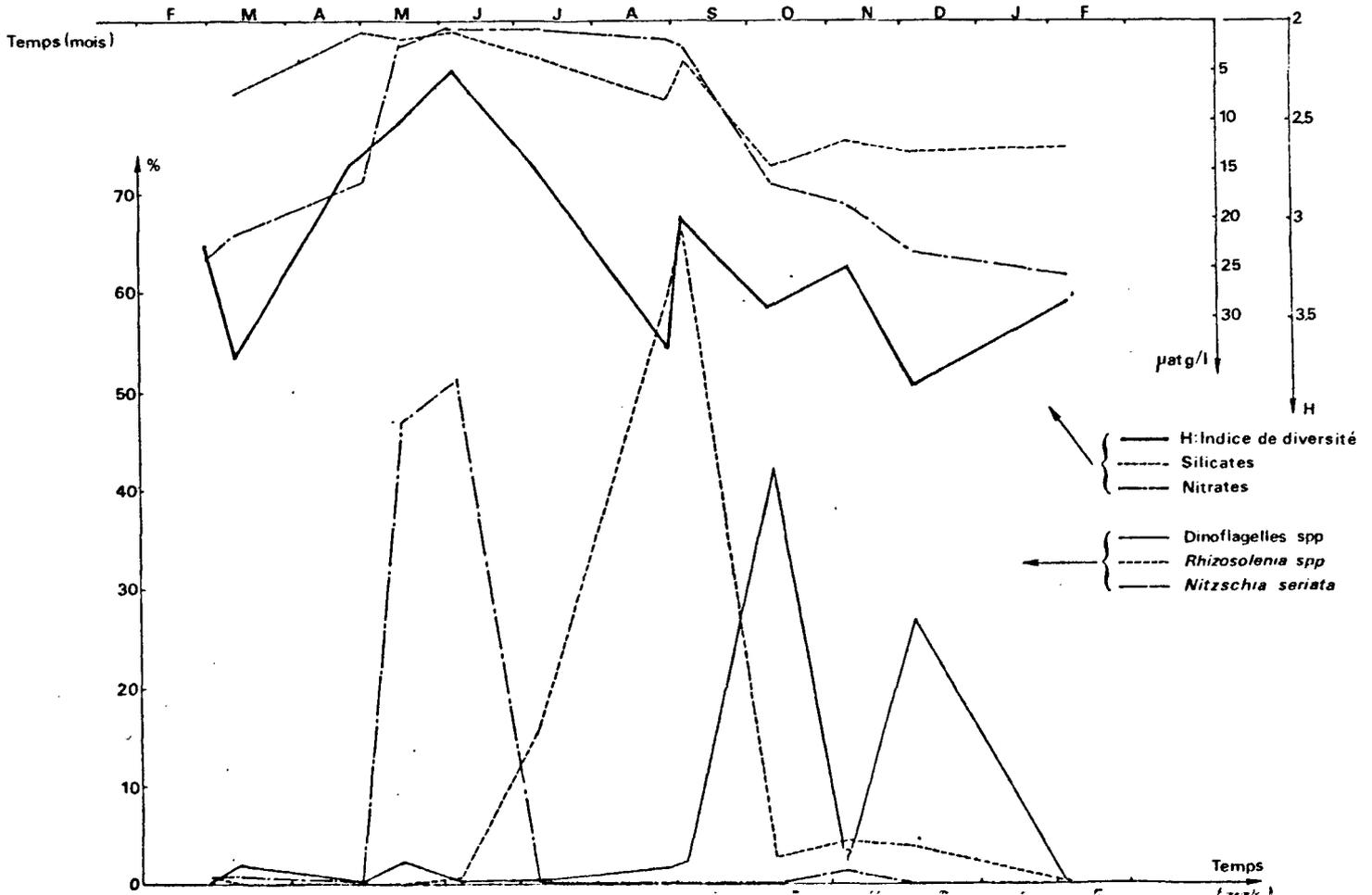


Fig. 217 RELATIONS PHYTOPLANCTON-SELS NUTRITIFS DANS LE TEMPS



En juin *N. seriata* persiste et elle est accompagnée de *Thalassiosira rotunda* qui épuise à nouveau les réserves de sels nutritifs, particulièrement en nitrates et silicates. L'indice de diversité est assez bas. On constate que le taux de chlorophylle ne suit pas le nombre de cellules de phytoplancton. Il se peut que les cellules contiennent peu de chlorophylle (état physiologique déficient ?). Il y a peu de chlorophylle dégradée.

En juillet, l'espèce dominante devient *Leptocylindrus danicus* associée à *Rhizosolenia* spp. Le nombre de cellules est faible, la chlorophylle est peu abondante et le taux de phéopigments est important. Les espèces végètent en disposant de maigres réserves en sels nutritifs. Celles-ci commencent à se reconstituer, quand *Rhizosolenia* abonde à 60 % et épuise le stock de silicates. Les pluies deviennent ensuite suffisamment abondantes pour compenser les effets du développement d'organismes photosynthétiques.

En octobre, apparaît *Gymnodinium spendens* qui ne compromet pas l'importance des réserves. Les populations redeviennent diversifiées à la fin de l'automne.

Les taux estivaux importants de phéopigments et de l'indice pigmentaire peuvent laisser supposer la présence d'une grande quantité de zooplancton.

4 - CONCLUSION

Le phytoplancton présente un cycle annuel conforme à celui des mers tempérées avec un pic d'abondance au printemps (avril-mai), suivi d'une période estivale de prédation par le zooplancton. A celle-ci succède l'abondance automnale de Dinoflagellés. Les variations des sels nutritifs expliquent en partie ces fluctuations (maximum hivernal, minimum estival).

Les valeurs de chlorophylle en moyenne fortes pour l'ensemble des campagnes (jusqu'à 40 µg/l) laissent supposer une certaine eutrophisation (concentration en sels nutritifs également importante). Il faudrait connaître avec précision les sources probables de pollution (industries sur le cours de la DURDENT ?, pollutions urbaines : FECAMP ?, engraissement des sols cultivés).

Après les pluies de l'automne, les sels nutritifs ont atteint des valeurs élevées, particulièrement nitrites et silicates (respectivement 1 $\mu\text{g at/l}$ et 15 $\mu\text{g at/l}$) et il semble malaisé d'en établir les causes. Une même augmentation de sels se retrouve à GRAVELINES aux mêmes périodes.

D - PRODUCTION PRIMAIRE

1 - CALENDRIER DES CAMPAGNES

Trois campagnes de mesures de production primaire ont été effectuées sur le site de PALUEL. Le 10 octobre 1975 (campagne IX) avec prélèvements à quatre stations 3, 5, 6 et 9 ; le 5 décembre 1975 (campagne XI) avec prélèvements à quatre stations et le 3 février 1976 (campagne XII) avec prélèvements à onze stations. Rappelons que les campagnes XI et XII ont été effectuées selon la nouvelle méthodologie de prélèvements.

2 - MATERIEL, METHODE

2.1 - Principe

La méthode de mesure de la production primaire pélagique employée, décrite en détail par BROUARDEL et RINCK (1963) a été conçue par STEEMAN NIELSEN (1952) lors de la campagne de la GALATHEA. Elle consiste à mesurer la quantité de carbone 14 retenue par les organismes d'un échantillon d'eau de mer, pendant un laps de temps donné : une quantité connue de carbonate de sodium à atome de carbone radio-actif est introduite dans un échantillon d'eau de mer. Grâce à l'énergie lumineuse, les organismes photosynthétiques contenus dans l'échantillon assimilent le carbone pour élaborer leur matière organique (croissance, reproduction). Après un temps déterminé d'exposition à la lumière (incubation), l'échantillon est filtré. L'activité du ^{14}C contenu dans les organismes retenus par le filtre est mesurée et comparée à l'activité du $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ introduit.

La quantité de carbone assimilée par unité de temps varie selon le nombre et l'état physiologique des organismes, ainsi que selon la qualité de la lumière (intensité, longueur d'onde) et la constitution physico-chimique de l'eau de mer de l'échantillon.

Le ^{14}C mesuré sur le filtre, ne correspond pas entièrement au carbone assimilé par photosynthèse. A ce dernier s'ajoute le carbone absorbé par

par processus physique ou par les bactéries. Pour estimer l'absorption du carbone par des phénomènes autres que la photosynthèse, un double échantillonnage est pratiqué : un échantillon est placé dans un flacon à parois claires et un autre (correspondant à des mêmes conditions de prélèvement) est placé dans un flacon à parois obscurcies. L'inoculation et l'incubation des deux sous-échantillons s'effectuent dans les mêmes conditions.

L'activité mesurée à partir du flacon obscur, est parfois retranchée de l'activité mesurée à partir du flacon clair, pour apprécier la quantité nette de carbone incorporée par assimilation photosynthétique. Cependant, l'obscurité peut favoriser certains phénomènes comme par exemple, le développement de bactéries sciaphiles ; il semble donc préférable de ne donner qu'à titre indicatif la quantité de carbone assimilée dans le flacon obscur, sans la soustraire de celle assimilée dans le flacon clair.

2.2 - Méthodologie employée

2.2.1 - Prélèvement des échantillons

Les prélèvements des échantillons d'eau de mer peuvent se faire à plusieurs profondeurs, soit à des niveaux arbitraires (tous les mètres, tous les 5 mètres), soit à des niveaux déterminés par la luminosité, par exemple 100 %, 10 %, 1 % de l'intensité lumineuse atteignant la surface de la mer. Le niveau 1 % est défini comme la profondeur de compensation où le bilan de la photosynthèse est nul, c'est-à-dire où la quantité d'oxygène libéré est équivalente à la quantité d'oxygène consommé par la respiration. Cette profondeur varie selon la transparence de l'eau. Pour la région de PALUEL, elle est de l'ordre de quelques mètres.

Sur le site de PALUEL, seuls les échantillons de surface ont été prélevés, à l'aide d'un seau pour la campagne IX et à l'aide de deux bouteilles à clapets pour les campagnes XI et XII. A chaque station deux flacons clairs (environ 135 ml) ont été remplis pour estimer la variabilité des mesures ; un échantillon supplémentaire a été placé dans un flacon obscur à une ou plusieurs stations de chaque campagne. (Pour estimer la variabilité, l'idéal serait un minimum de 5 échantillons, mais deux échantillons permettent néanmoins d'approcher la variabilité de la mesure.)

2.2.2 - Inoculation

La solution de $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ employée a été fournie par M.J. BROUARDEL. D'une activité de 3 $\mu\text{Ci/ml}$, elle était contenue dans des ampoules stériles de 1 ml. Le contenu de chaque ampoule a été inoculé dans des échantillons d'eau de mer à l'aide d'une seringue stérile à usage unique d'un emploi plus aisé sur le navire qu'une seringue en verre à butée.

Lors des campagnes IX et XI, tous les échantillons ont été inoculés en même temps. Les échantillons de la campagne XII ont été inoculés en deux fois : ceux des stations 1 à 5, puis ceux des stations 6 à 11, le temps séparant le prélèvement de l'inoculation ne devant pas dépasser 3 à 4 heures.

2.2.3 - Incubation

Plusieurs types d'incubation peuvent être utilisés :

- incubation in situ réelle : réimmersion des échantillons inoculés au niveau du prélèvement pour respecter les conditions ambiantes de lumière et de température. Une telle méthode est d'un emploi malaisé pour une zone soumise à des forts courants de marée comme le site de PALUEL.
- incubation in situ simulée : mise en place des échantillons inoculés dans des incubateurs placés sur le pont du navire et exposés à la lumière solaire. Un courant d'eau de mer de surface assuré par le circuit de pompage du navire maintient les échantillons à une température proche de celle de leur prélèvement. Lorsque les échantillons proviennent de plusieurs profondeurs de prélèvement, l'intensité lumineuse correspondant à ces niveaux peut être recréée par l'installation d'écrans sur les bacs d'incubation.

A PALUEL, seuls des échantillons d'eau de surface ont été prélevés. L'incubateur utilisé lors des trois campagnes a été construit sur les plans de M. BROUARDEL. Il est constitué d'un bac en chlorure de polyvinyle (PVC) opaque de 5 mm d'épaisseur, de 90 cm de long, 22,5 cm de large et 20 cm de hauteur, scindé en quatre compartiments.

Ces deux méthodes in situ, réelle et simulée, permettent d'évaluer le taux réel de production obtenu dans des conditions normales de lumière et de

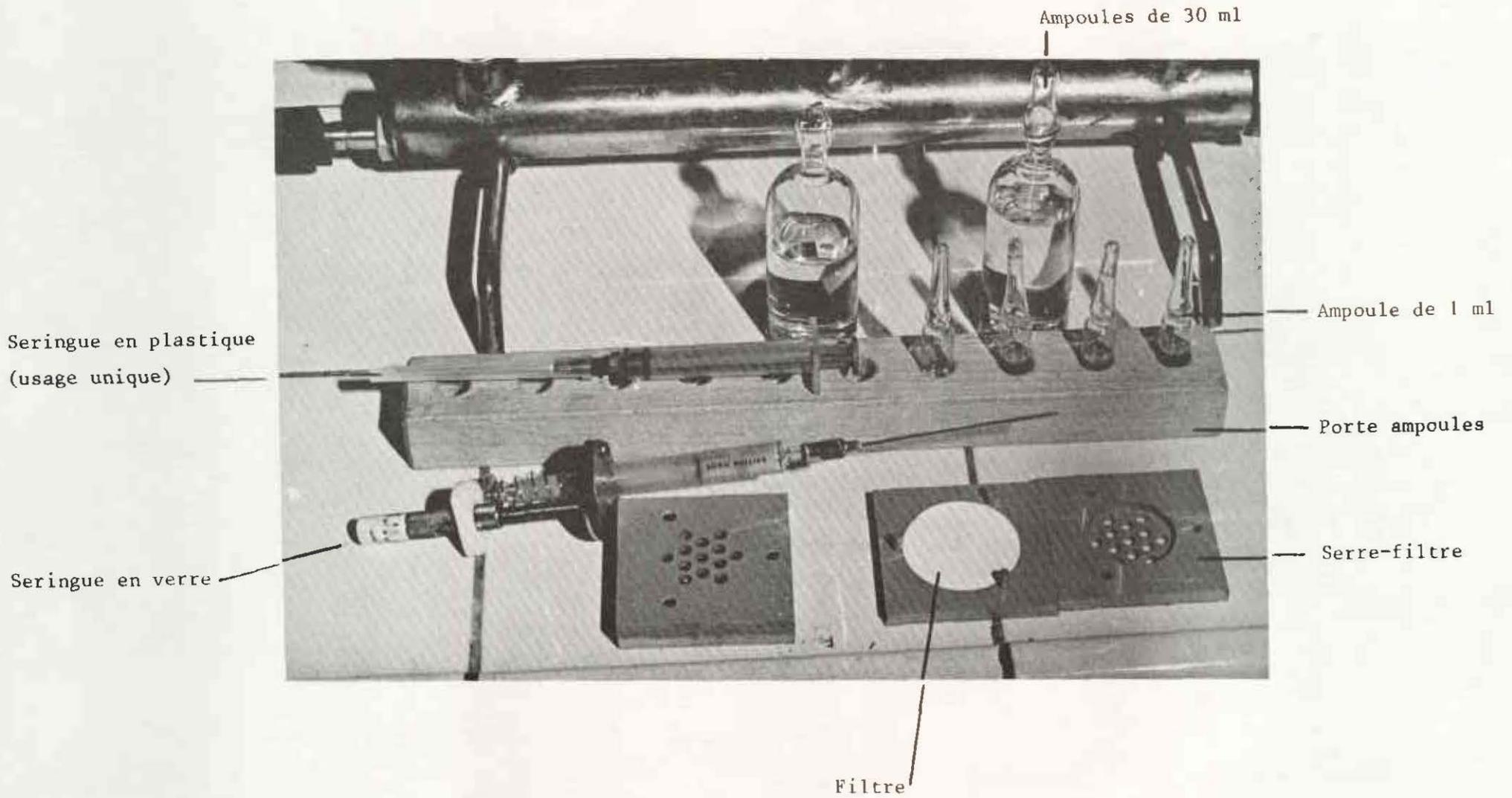


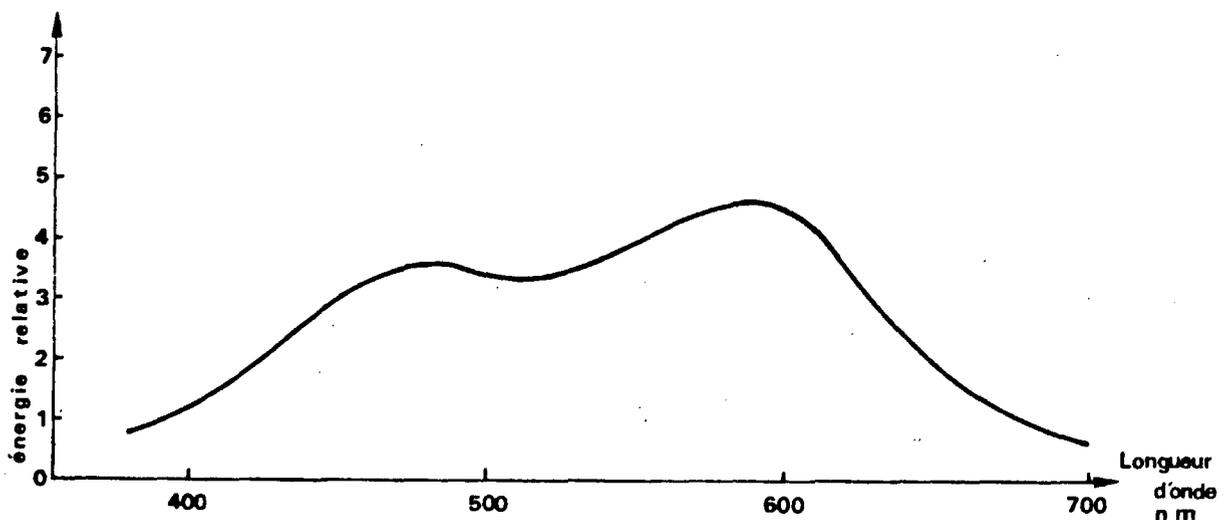
Fig. 218 : Matériel d'inoculation des échantillons.

température. La production d'une population algale dépend pour une grande part de la qualité et de la quantité de lumière reçue. Elle augmente avec l'intensité lumineuse jusqu'à une certaine valeur au seuil de saturation. Au-delà de cette intensité, la production diminue par photo inhibition (sursaturation). A l'intensité de saturation, correspond donc un taux de production maximum, ou production potentielle. Ce taux est mesuré grâce à un troisième type d'incubation :

- incubation en lumière artificielle : une source de lumière assure des conditions constantes d'énergie lumineuse. L'intensité est choisie en fonction des conditions naturelles. D'après M. BROUARDEL (communication personnelle), l'intensité idéale correspondrait à la moyenne annuelle d'énergie solaire, pour une zone déterminée. L'emploi d'une source constante et régulière de lumière permet en outre de suivre l'évolution de l'état des populations dans le temps.

L'incubateur en lumière artificielle employé est schématisé par la figure 219. Il comprend un coffre de bois (contre-plaqué) contenant un bac central d'"altuglass" (matière plastique transparente). Il diffère du modèle original (utilisé par J.R. GRALL à ROSCOFF) par l'adjonction d'un deuxième étage au bac central. Ce dernier peut recevoir ainsi deux rangées surperposées de flacons, soit 36 flacons.

La source de lumière est assurée par quatre paires de tubes fluorescents placés latéralement dans des blocs diffuseurs étanches. Les tubes ont une intensité théorique de 830 lux et une puissance de 20 watts chacun. Le spectre d'émission de chaque tube (référence "Claude" lumière du jour de luxe), probablement modifié par le diffuseur étanche (méthacrylate) et l'"altuglass" du bac central, est le suivant :



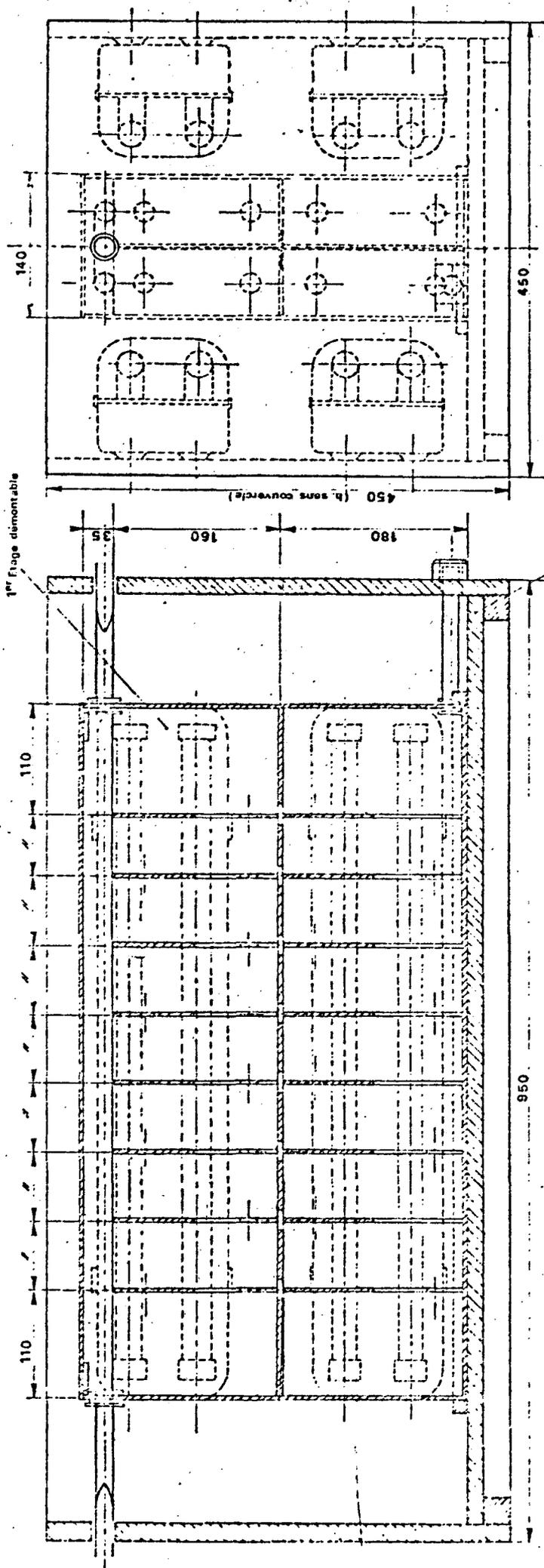
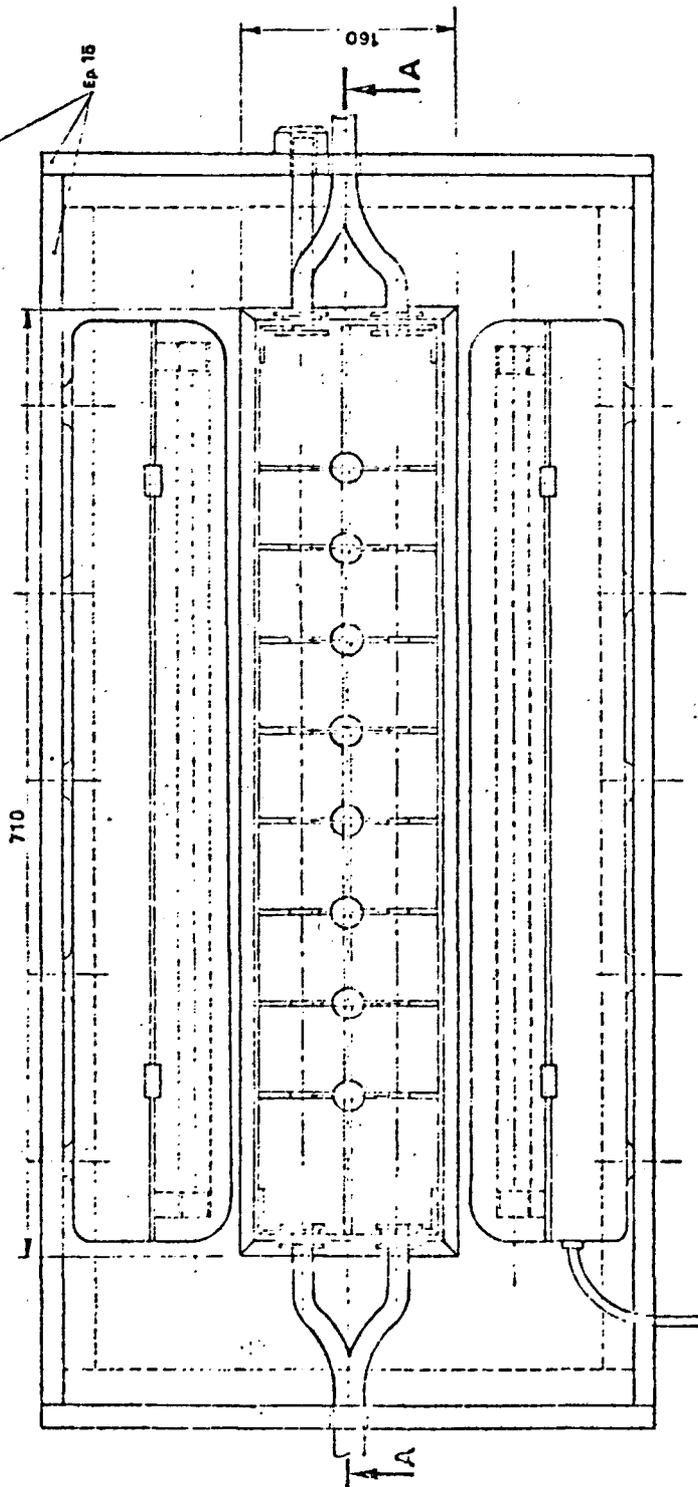
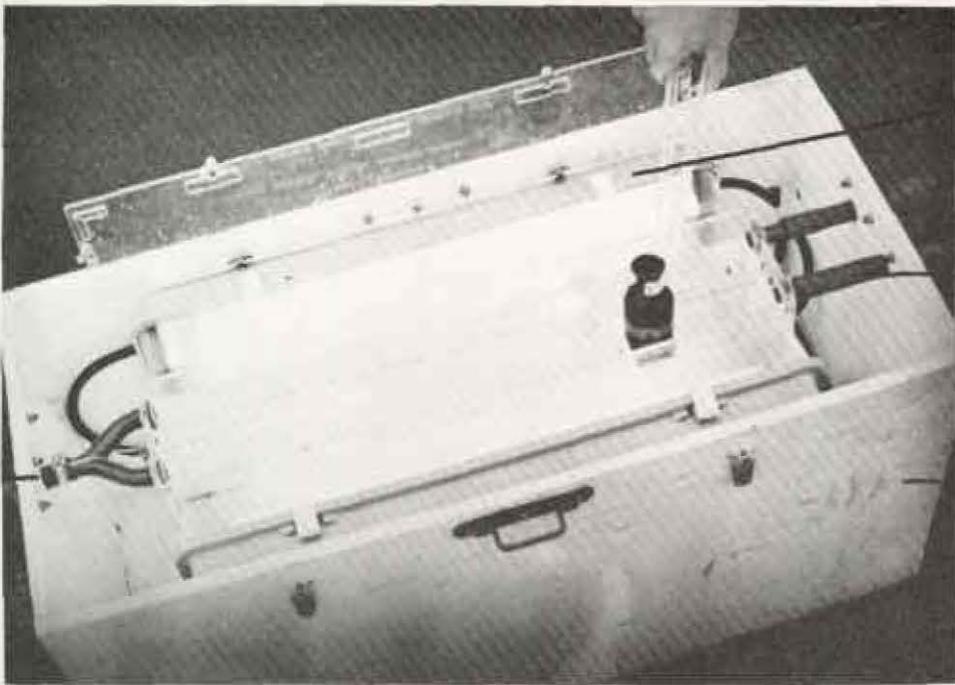


fig. 219

INCUBATEUR EN LUMIERE ARTIFICIELLE
pour l'étude de la production primaire



Arrivée d'eau.



Bloc diffuseur étanche contenant 2 tubes fluorescents.

Sortie d'eau.

Coffre de bois.

Fig. 220 : Incubateurs en lumière artificielle.

Fig. 221 : Détail du bac central (étagage supérieur) - Flacon clair
Flacon obscur.



L'intensité lumineuse globale obtenue à l'intérieur du bac central est de 15 000 lux (mesurée au luxmètre JOENS).

Cette incubateur (figure 220) a été employé lors des campagnes XI et XII. La source de courant 220 V a été fournie par le navire "CAVALAS" de la TRA.S.O.M. (LE HAVRE).

Dans tous les cas d'incubation, la durée de l'exposition a été de quatre heures.

2.2.4 - Filtration

Après incubation, les échantillons sont filtrés sur membranes filtrantes L.M.R. de 35 mm de diamètre et de 0,45 mm d'ouverture de pores. Le système de filtration est conforme au modèle original décrit par BROUARDEL et RINCK (1963) (figure 222 a). Les rampes de filtration sont reliées à une pompe à vide par l'intermédiaire de deux fioles à vide dont l'une recueille le filtrat et l'autre contient du silicagel (pour assécher l'air arrivant à la pompe). La dépression est réglée à 0,5 atmosphère.

Lorsque les filtrations n'ont pu avoir lieu sur le navire, elles ont été réalisées sur le ponton du port de plaisance. La pompe était alors branchée sur une borne d'alimentation de courant.

Lors des sorties XI et XII, les filtrations ont été effectuées à bord du navire (génératrice de courant 220 V).

Après filtrations, les filtres sont placés dans des serre-filtres (figure 218) et séchés dans une boîte étanche contenant des sachets de silicagel, plus maniable qu'un dessiccateur de verre.

2.2.5 - Comptage

Une fois séchés, les filtres ont été envoyés à l'Institut Océanographique, où ils ont été mis sous vapeur d'acide chlorhydrique avant d'être passés au compteur "Tracerlab" fenêtre mince (*).

(*) Cette partie de la manipulation a été réalisée par Mme JOSEPH, technicienne à l'Institut Océanographique.

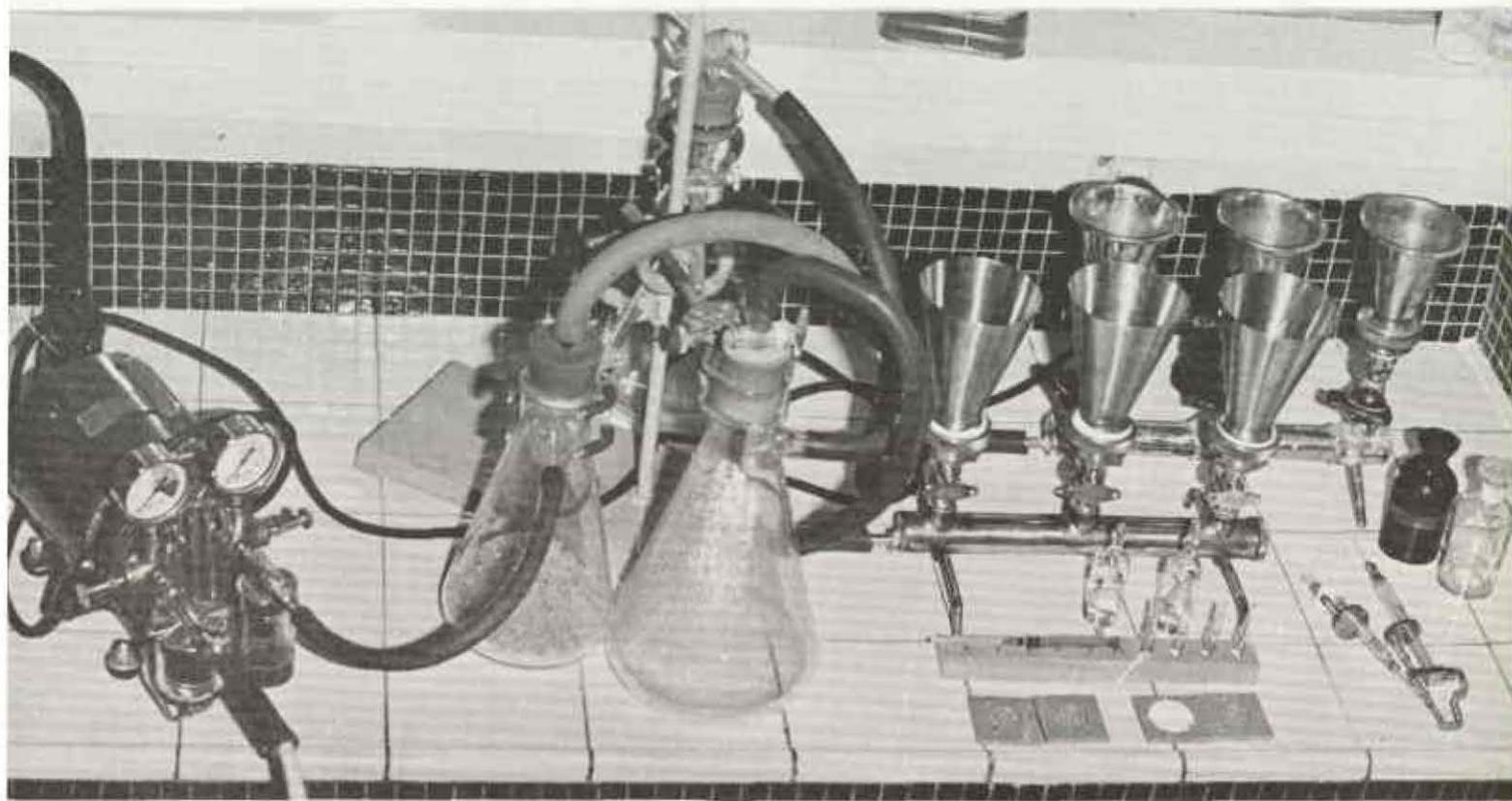


Fig. 222 a : Matériel de filtration

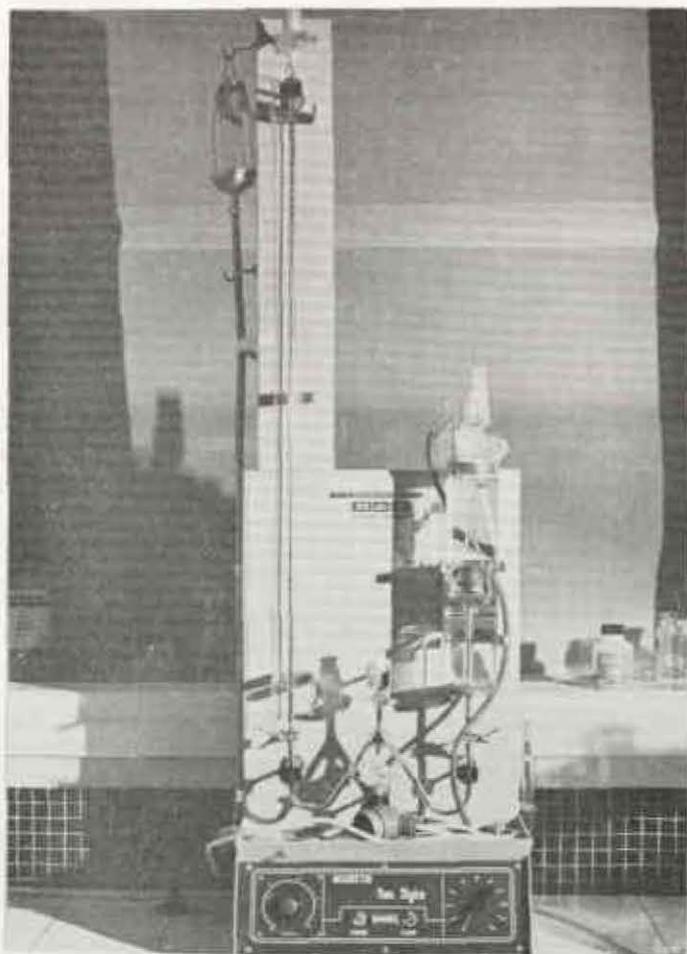


Fig. 222 b : Appareil de Van Slyke
(dosage du CO_2).

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

$$\text{quantité de carbone assimilé pendant la durée de l'exposition} = \frac{b \times c}{a} \times \frac{12}{44} \times 10^3$$

a = activité totale introduite dans le flacon sous forme de $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$.

b = activité du phytoplancton retenu sur le filtre, en coups mn.

c = quantité de CO_2 contenu dans l'échantillon en ml/l.

12 = poids moléculaire du carbone.

44 = poids moléculaire du CO_2 .

$\times 10^3$ = pour l'expression en m^3 .

La quantité de gaz carbonique contenue dans l'échantillon peut être mesurée directement par méthode chimique (méthode de VAN SLYLE, appareil figure 222 b) ou estimée à partir de la valeur du pH. Pour le site de PALUEL, elle est de l'ordre de 90 à 100 ml/l.

3 - RESULTATS

Les résultats des mesures de production primaire figurent dans les tableaux p 197 et 198.

Les numéros des stations de la campagne IX' correspondent à ceux de la figure 2. Les numéros des stations des campagnes XI et XII correspondent à ceux de la nouvelle méthodologie de prélèvement, soit : station 1 côtière, station 2 moyenne, station 3 large, de la radiale faite à l'étale de basse mer. La station 4 correspond au déplacement de la drogue pendant le début du flot ; station 5 même position que station 1, à mi-marée (point fixe) ; station 6 : déplacement de la drogue jusqu'à la fin du flot, station côtière de la radiale de pleine mer ; station 7 moyenne, station 8 large. Station 9 point fixe, station 10 : déplacement de la drogue en jusant, mi-marée station 11, point fixe.

Dans ces tableaux ne sont représentés que les résultats concernant la production primaire et la biomasse (chlorophylle a).

PALUEL - RESULTATS PRODUCTION PRIMAIRE

Chlorophylle a

CAMPAGNE IX' (10/10/1975)

Paramètres	Stations	3	5	6	9
Chlorophylle a	mg/m ³	4,35	3,82	4,35	3,72
Fixation obscurité	mgC/m ³ /h	1,90	-	-	-
Prod. Flacon clair 1 L.N. mgC/m ³ /h		6,06	5,90	9,14	11,84
Prod. Flacon clair 2 L.N. mgC/m ³ /h		10,72	6,91	13,61	12,69
Moyenne mgC/m ³ /h		8,39	6,40	11,37	12,26

CAMPAGNE XI (5/12/1975)

Paramètres	Stations	1	2	3	4
Chlorophylle a	mg/m ³	-	1,54	0,80	2,66
Fixation obscurité	mgC/m ³ /h	0,62	-	-	-
Lumière naturelle 1	mgC/m ³ /h	3,65	2,80	2,29	4,06
Lumière naturelle 2	mgC/m ³ /h	4,36	-	2,57	4,77
Moyenne L.N.	mgC/m ³ /h	4,00	2,80	2,43	4,41
Lumière artificielle 1	mgC/m ³ /h	9,20	4,59	4,77	7,55
Lumière artificielle 2	mgC/m ³ /h	10,88	5,28	5,51	7,57
Moyenne L.A.	mgC/m ³ /h	10,04	4,93	5,14	7,56

PALUEL - RESULTATS PRODUCTION PRIMAIRE

Chlorophylle a

CAMPAGNE XII (3/02/1976)

Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Paramètres											
Chlorophylle a mg/m ³	1,54	1,36	1,94	1,30	1,79	1,54	3,04	1,30	2,36	1,59	1,59
Fixation obscurité mgC/m ³ /h	-	-	0,14	-	0,14	-	-	-	-	0,16	-
Lumière naturelle 1 mgC/m ³ /h	1,77	1,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lumière naturelle 2 mgC/m ³ /h	2,32	1,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moyenne L.N. mgC/m ³ /h	2,04	1,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lumière artificielle 1 mgC/m ³ /h	2,68	3,10	2,48	3,49	4,61	3,19	2,64	1,95	4,04	4,43	3,21
Lumière artificielle 2 mgC/m ³ /h	3,14	3,21	2,50	4,06	4,61	-	2,85	2,46	4,38	5,12	4,22
Moyenne L.A. mgC/m ³ /h	2,91	3,15	2,49	3,77	4,61	3,19	2,74	2,20	4,21	4,77	3,71

3.1 - Variabilité des résultats

A chaque station, correspondent deux mesures de production pour les deux types d'incubation : lumière naturelle ou in situ simulée et lumière artificielle. La variabilité entre ces deux mesures peut atteindre 40 % (station 3, campagne IX), mais est plus généralement de l'ordre de 10 à 20 %, ce qui est parfois aussi important que la variabilité entre deux stations différentes.

3.2 - Fixation à l'obscurité

Une mesure de fixation à l'obscurité a été réalisée pour la campagne IX et la campagne XI et quatre pour la campagne XII. Cette fixation semble varier d'une manière importante entre les différentes campagnes. Elle est de l'ordre de 15 % (par rapport à la plus forte assimilation du carbone dans les flacons clairs obtenue à cette campagne) pendant la campagne IX, de 13 % lors de la campagne XI et de 6 % lors de la campagne XII.

Ces taux sont importants par rapport à ceux obtenus dans d'autres régions (Manche Ouest, par J.R. GRALL 1972).

D'autre part, ils semblent confirmer les résultats expérimentaux de J. BROUARDEL (1973) montrant l'augmentation de la fixation à l'obscurité en fonction de l'augmentation de la température. La température de l'eau lors de la campagne IX était de 15 à 16° C, de 9 à 10° C lors de la campagne XI et de 4 à 6° C pendant la campagne XII.

Il faut toutefois rappeler qu'une seule mesure de fixation à l'obscurité a été effectuée lors des deux premières campagnes, que les quatre mesures de fixation à l'obscurité de la campagne XII sont à peu près constantes, il serait donc hasardeux de discuter de résultats aussi peu nombreux.

3.3 - Mesures in situ simulées

Les mesures de productivité obtenues après incubation en lumière naturelle présentent des fluctuations dans le temps. Importantes au mois d'octobre, elles diminuent en décembre et sont plus faibles en février. Ces valeurs sont nettement plus importantes que celles obtenues en Manche Occidentale par J.R. GRALL (1972), à la même saison. Elles sont d'autre part deux fois plus

importantes que les valeurs trouvées sur le site de GRAVELINES aux mêmes périodes (2 octobre et 15 décembre 1975), bien que le taux de chlorophylle a soit moins élevé. Cela s'explique sans doute par la présence abondante à PALUEL (octobre et décembre) d'un dinoflagellé photosynthétique, *Gymnodinium splendens*.

3.4 - Mesures en lumière artificielle

Les valeurs de production potentielle obtenues avec l'incubateur en lumière artificielle sont également élevées par rapport à celles trouvées sur GRAVELINES.

L'indice de productivité, ou rapport production/biomasse, ne semble pas présenter de variations cohérentes.

La campagne XII, par son nombre de mesures plus élevé, a fait l'objet d'une étude plus approfondie. Les figures représentent les relations existant entre la production potentielle et certains paramètres. La productivité primaire est la plus importante dans les zones soumises aux apports d'eau douce (relation logarithmique négative avec la salinité $r = 0,73$), eaux riches en sels nutritifs : on observe ainsi des relations positives et significatives avec les phosphates, nitrates, silicates et nitrites (exprimés par le logarithme de leurs valeurs, figure 224).

Aucune relation significative n'existe entre la production potentielle et le nombre totale de cellules de microplancton. Cependant, une étude détaillée des relations entre production primaire et chacune des principales espèces de microplancton, montre qu'il existe une relation positive (peu significative) entre *Paralia sulcata* (de 15 à 40 % de dominance) et la production primaire, et une relation négative entre *Thalassiosira sp1* et *sp2* et la production. La différence entre le nombre total de cellules et *Thalassiosira spp* donne une relation positive significative, surtout en % de dominance. Cela signifie qu'un échantillon à forte proportion de *Thalassiosira* à une production moins élevée qu'un échantillon d'eau à faible proportion de cette espèce. L'explication la plus probable est que ces espèces de *Thalassiosira* ont un seuil de saturation lumineuse bas ; la forte intensité lumineuse de l'incubateur (15 000 lux) est largement sursaturante pour cette espèce et inhibe

Fig.223

RELATION PRODUCTION POTENTIELLE / SALINITE

Campagne XII (2.02.76.)

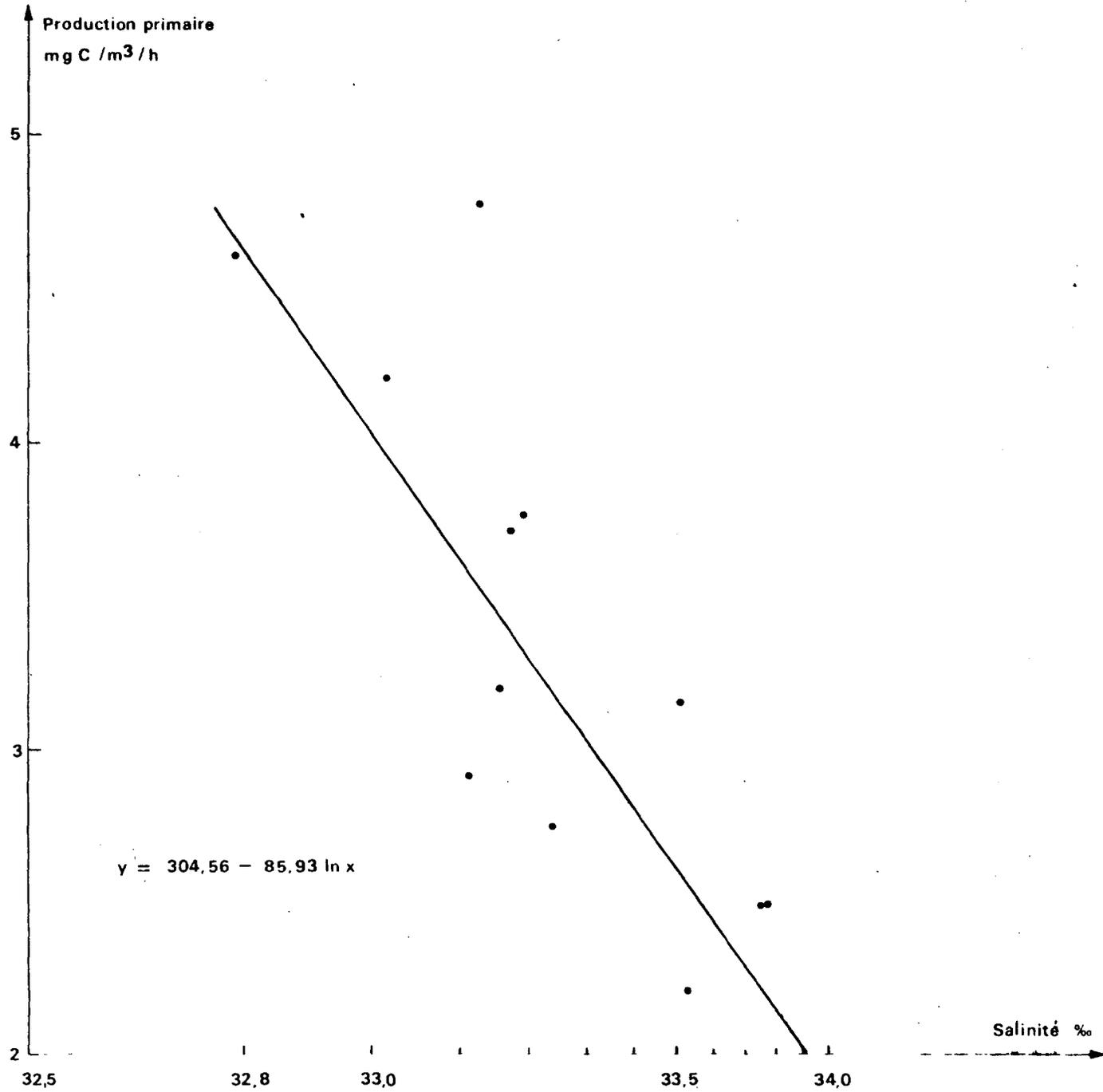


Fig 224 RELATIONS PRODUCTION POTENTIELLE / SELS NUTRITIFS

Campagne XII (3 04 76)

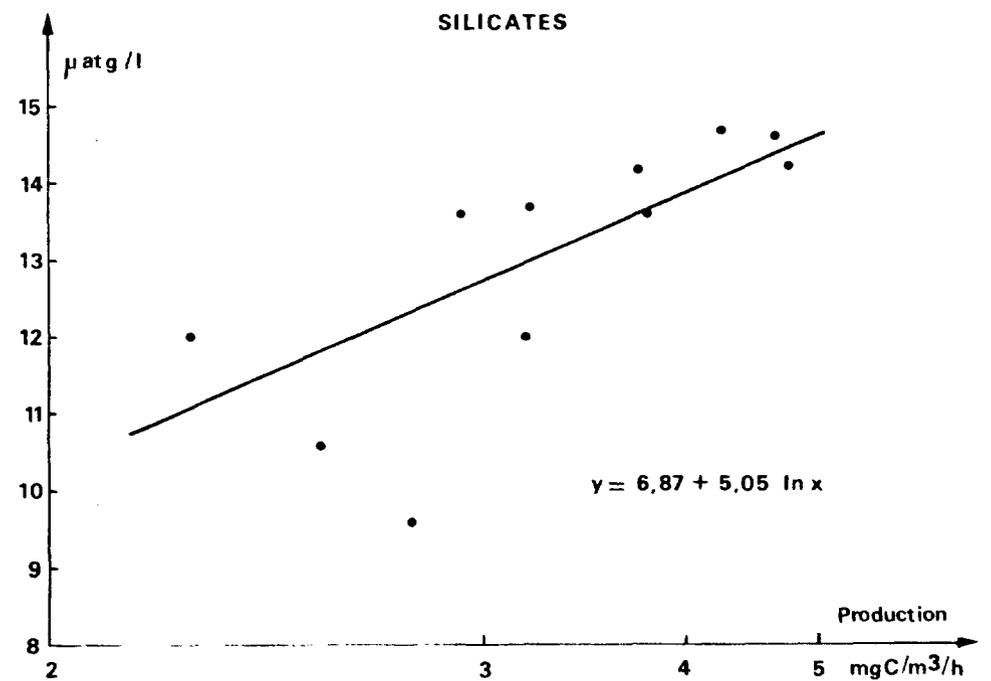
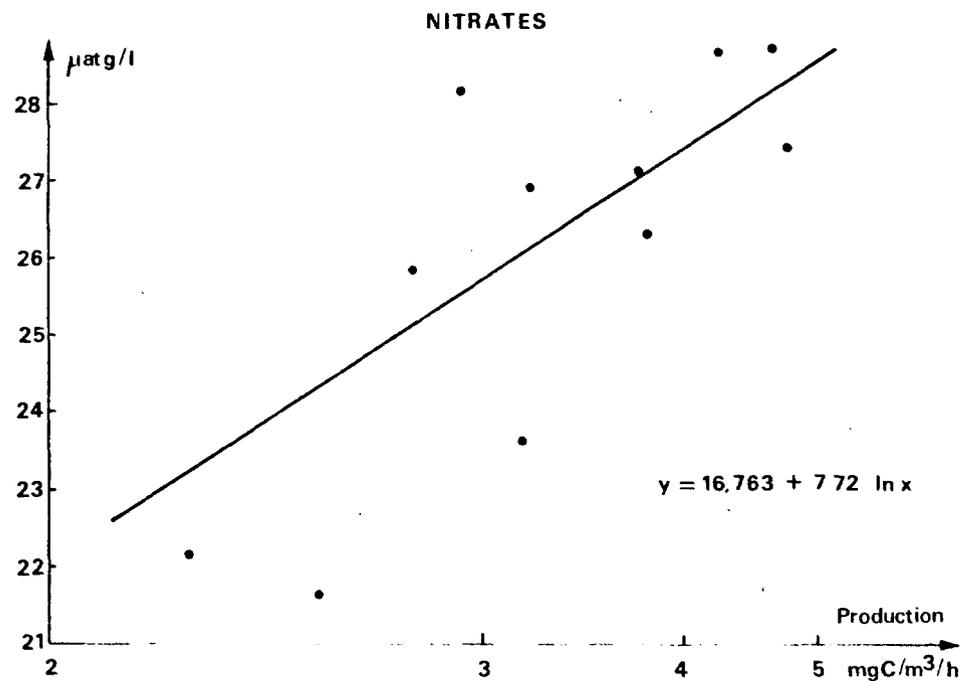
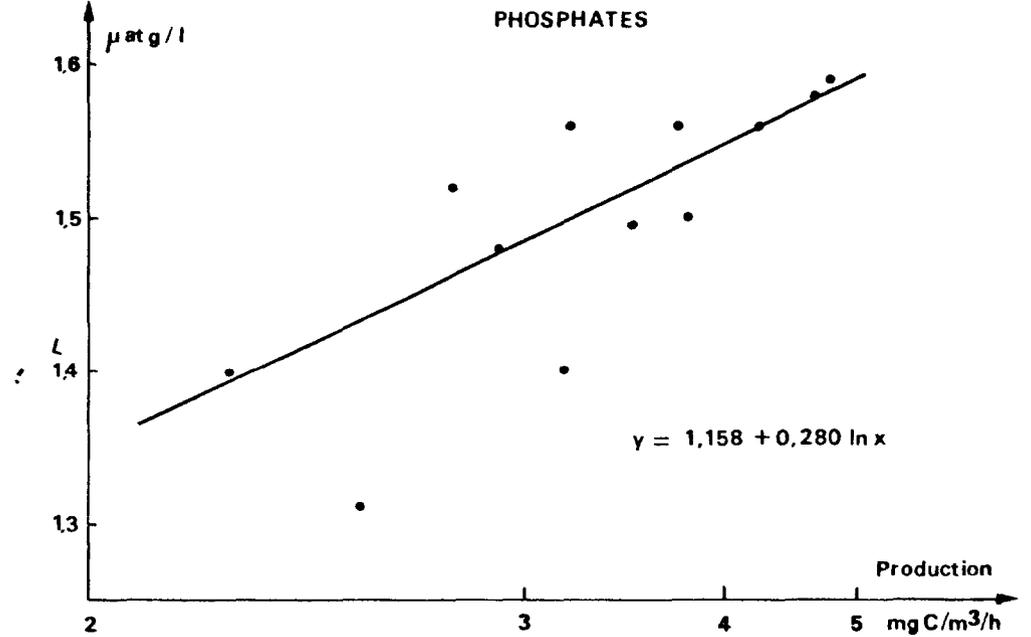
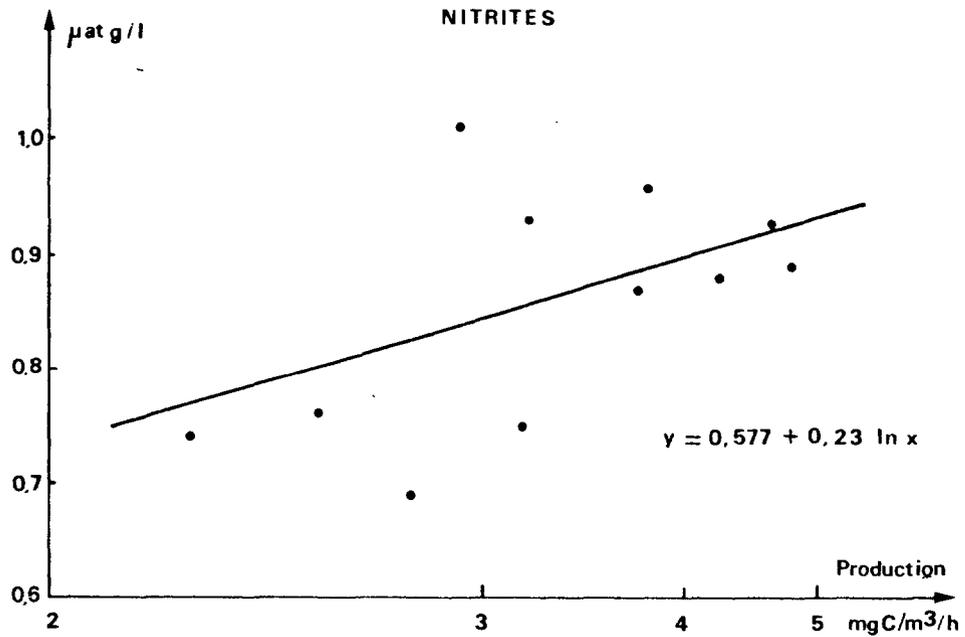
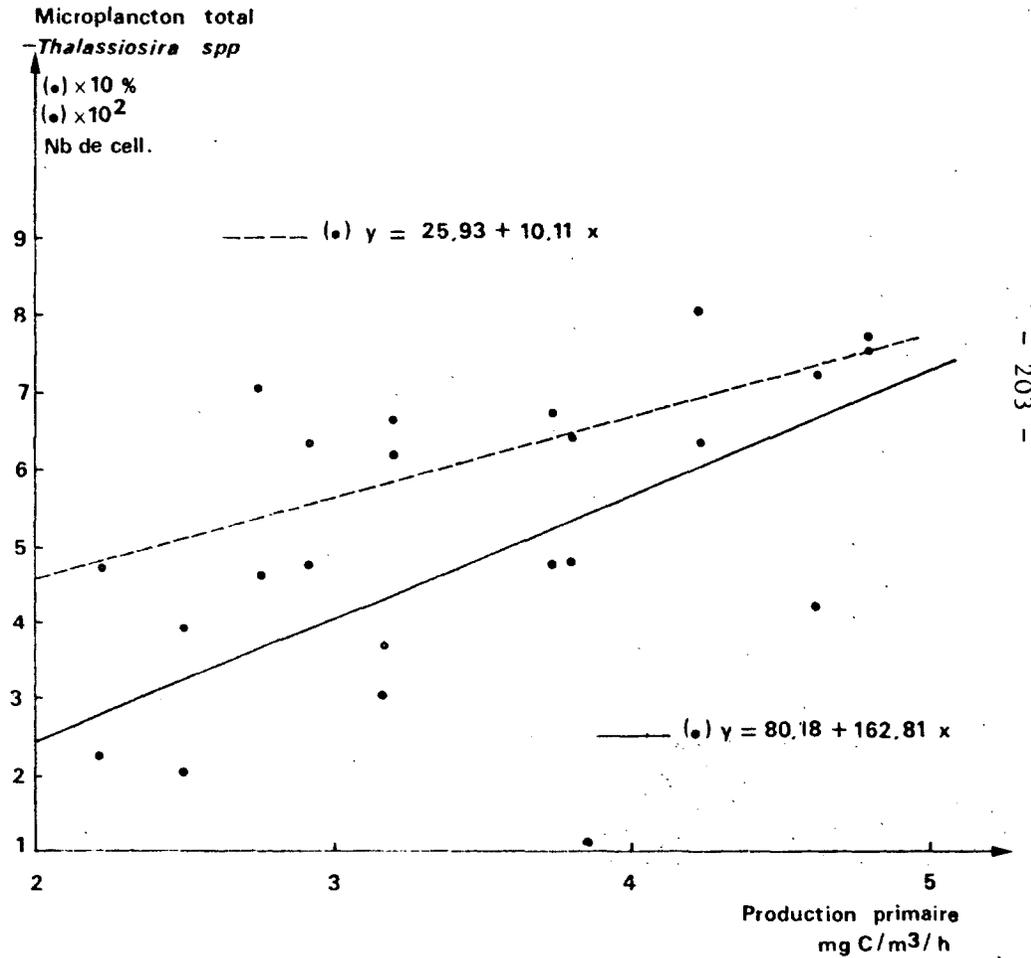
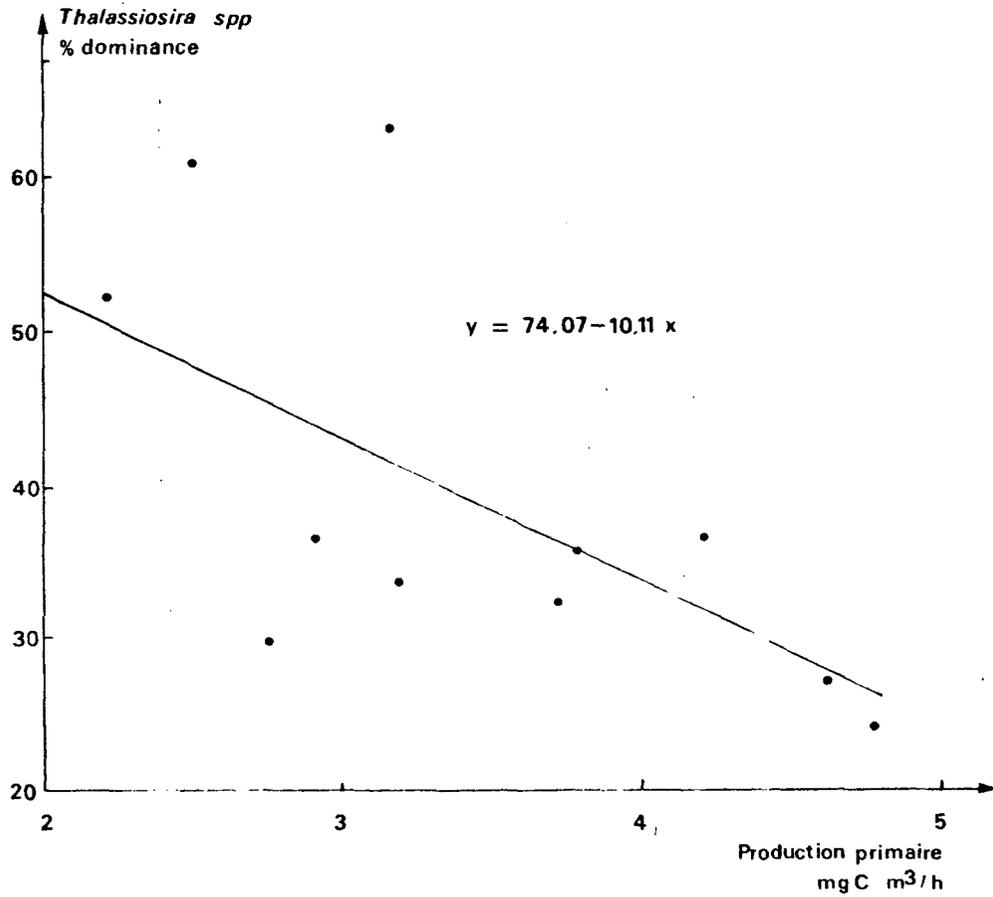


Fig 225 RELATIONS PRODUCTION POTENTIELLE / MICROPLANCTON

Campagne XII (3.02.76.)



son développement. Cela semble se confirmer par répartition verticale de *Thalassiosira sp1* et *sp2*. en effet, *Paralia sulcata* est plus abondante en surface (ainsi que *Fragiliara sp*, moins nettement) et *Thalassiosira sp1* et *sp2* ont une préférence pour le niveau 5 mètres où l'intensité lumineuse est plus réduite, bien que l'intensité solaire n'ait pas dépassé 7 500 lux dans la journée (enregistrement au luxmètre JOENX, figure 225).

4 - CONCLUSION - DISCUSSION

Ces quelques résultats fragmentaires ne permettent pas d'apprécier les variations saisonnières de la productivité primaire sur le site de PALUEL. Cependant, les fortes valeurs obtenues pendant la saison froide, suggèrent une productivité élevée de cette région côtière. L'emploi régulier de l'incubateur à lumière constante devrait permettre d'estimer les fluctuations annuelles, à condition de diminuer son intensité lumineuse trop forte, jusqu'à environ 8 000 lux, ce qui semble correspondre à une moyenne annuelle d'intensité solaire.

Le brassage vertical est important dans la zone étudiée comme le montrent les variations peu importantes des différents paramètres physico-chimiques sur une colonne d'eau. On peut donc supposer que la production potentielle présente les mêmes caractéristiques de répartition verticale comme en Mer du Nord (MOMMAERTS 1973) et qu'un nombre réduit de prélèvements est suffisant.

Comme à GRAVELINES, le problème des *Phaeocystis* se posera sans doute également à PALUEL. Cette espèce n'a été rencontrée que lors d'une seule sortie (15 mai 1975), mais il semble qu'elle persiste généralement pendant une plus longue période. L'emploi d'un compteur à scintillation liquide permettra de remédier à ce problème par l'emploi de filtres de plus grand diamètre, en évitant le colmatage des filtres du type de ceux utilisés dans cette étude préliminaire.

E - ZOOPLANCTON

1 - INTRODUCTION

Le contrat proposé par Electricité de France à l'Unité Littoral (CNEXO). comprend l'étude de la faune planctonique du site de PALUEL.

Notre objectif, de février 1975 à février 1976, a été de dresser l'inventaire qualitatif et quantitatif du zooplancton rencontré sur le site.

Les résultats obtenus sont présentés dans l'étude suivante. Nous avons en particulier tenté de cerner les variations saisonnières et la répartition géographique de la biomasse planctonique totale, ainsi que des espèces plus caractéristiques.

Dans son ensemble, cette étude a été réalisée avec le souci constant de servir de référence à un suivi ultérieur, ce qui devrait permettre d'apprécier l'impact du rejet des eaux de refroidissement de la centrale nucléaire prévue sur le site de PALUEL.

2 - METHODOLOGIE

La production secondaire pélagique du site de PALUEL a été étudiée par des méthodes différentes et complémentaires :

- détermination des espèces,
- comptage des individus,
- détermination de la biomasse totale.

Des problèmes d'ordre méthodologique étant apparus en cours d'étude, ces méthodes ont dû être progressivement remises au point.

2.1 - Travail à la mer

Le programme initial comporte un échantillonnage de plancton, avec une périodicité mensuelle, couvrant un réseau de 19 stations.

Deux types de prélèvements in situ étaient prévus :

- une récolte par traits horizontaux en surface et en profondeur, pour les stations dont la profondeur dépassait 8 mètres ;
- une récolte par un seul trait bâtard oblique, pour toutes les stations de profondeur inférieure à 8 mètres.

Dans les deux cas, les prélèvements devaient être réalisés avec un filet WP₂ (figure 226) (vide de maille 200 μ , surface d'ouverture 0,25 m²).

Le programme comportait également un prélèvement au WP₂ modifié (vide de maille 80 μ) en vue de récolter les stades juvéniles de certaines espèces.

Après avoir plusieurs fois apporté des améliorations nécessaires au programme initial, les prélèvements ont été finalement effectués de la façon suivante :

- un trait vertical en chacun des 19 points ;
- un trait horizontal lorsque la profondeur est supérieure de 10 mètres ;
- un trait vertical au filet WP₂ modifié (maillage de 80 μ) pour l'étude des stades juvéniles des Copépodes, de leurs courbes de croissance et de leurs rythmes de reproduction ;
- enfin, est effectué parallèlement un triple échantillonnage au filet WP₂ (200 μ) destiné aux mesures de la biomasse.

2.2 - Volume d'eau filtrée

Les débit-mètres utilisés n'ont pas donné les satisfactions que l'on en attendait. Des imprécisions sont apparues quant à la mesure des volumes filtrés. C'est pourquoi, nous avons été amenés à effectuer des prélèvements verticaux qui convenaient mieux. En effet, sur une hauteur h à laquelle le filet a été immergé (connue par la longueur du câble filé) le volume v d'eau filtrée par le filet (ouverture 0,25 m²) est :

$$v \text{ (m}^3\text{)} = 0,25 \text{ (m}^2\text{)} \times h \text{ (m)}$$

cette estimation reste approximative car elle ne tient pas compte de l'éventuelle obliquité du câble qui n'a pas toujours été notée au moment du prélèvement.

Figure 226



A - mise à l'eau de deux filets WP_2 couplés



B - trait horizontal de deux filets WP_2 couplés

Remarque

La présence de matière en suspension et en particulier d'algues en très grandes quantités modifie certainement le coefficient de filtration du filet. C'est-à-dire le volume filtré apparent.

La faible profondeur, de 15 mètres en moyenne à toutes les stations du site, nous a donc permis de filtrer environ 3 m³ d'eau à chaque prélèvement.

Ce volume peut sembler insuffisant pour estimer les distributions des espèces peu abondantes. Dans ce cas, il est toujours possible de réaliser plusieurs prélèvements successifs ("replicats"), ce qui permet de plus d'estimer la variabilité au niveau de l'échantillonnage. C'est ce que nous avons réalisé pour les campagnes "drogue" du 5 décembre 75 au 2 février 76.

2.3 - Conservation des échantillons

Une fois prélevés, les échantillons devront être stockés avant d'être analysés. Le but est d'éviter toute modification des paramètres à étudier durant les stockages.

C'est pourquoi, les échantillons destinés au dénombrement des espèces, et des formes juvéniles sont formolés à 5 % immédiatement après leur prélèvement. Ceux qui sont destinés à la mesure de la biomasse ont été filtrés dans la mesure du possible, puis congelés dans les meilleurs délais.

Il faut noter que ceci a été rendu difficile à cause du colmatage inévitable des filtres par des algues se trouvant en très fortes quantités (cas du 15 mai).

2.4 - Dépouillement des échantillons de zooplancton

Les échantillons formolés, destinés au comptage, sont d'abord fractionnés selon la méthode de la "boîte de MOTODA" (MOTODA, 1959).

L'analyse des fractions est effectuée systématiquement et de la même façon pour tous les échantillons. Elle procède d'un comptage numérique selon la méthode préconisée par S. FRONTIER (1972), modifiée et simplifiée afin d'en réduire sa durée.

a) Principe de la méthode de FRONTIER et modification de cette méthode dans le cadre de notre étude

Selon cet auteur, on peut avoir une bonne estimation de l'abondance d'une espèce dans un échantillon, ou dans l'une de ses fractions, si l'on y compte au moins 100 individus de cette espèce. La fraction analysée sera d'autant plus petite que l'espèce considérée est abondante.

Pratiquement, de légères modifications ont été apportées s'adaptant mieux au traitement de très nombreux échantillons :

- pour les espèces abondantes, la fraction étudiée est très petite (parfois 1/64) ;
- les fractions supérieures (1/2 à 1/64) sont ensuite analysées successivement pour les espèces de moins en moins abondantes ;
- enfin, un examen rapide de la totalité de l'échantillon nous a permis de repérer les espèces de grandes tailles et rares.

La méthode adoptée donne une bonne idée de l'ensemble de l'échantillon, car elle permet de ne pas compter trop d'individus d'une espèce abondante, tout en comptant un nombre suffisant des espèces peu abondantes, sans pour autant négliger les espèces rares de grande taille.

Ainsi, de toutes les informations obtenues, ne sont perdues que celles qu'aurait apporté l'examen à la loupe binoculaire des espèces petites et rares.

b) Difficultés relatives aux comptages et aux déterminations

Les échantillons sont souvent très chargés en matières en suspension et en phytoplancton, ce qui rend l'observation malaisée. Certains planctontes sont souvent détériorés et difficilement identifiables lorsque les critères de détermination sont basés par exemple sur le nombre d'appendices ou la coloration. Enfin, si certains individus peuvent être déterminés au niveau de l'espèce, d'autres ne peuvent l'être qu'au niveau du genre et même, dans certains cas, seulement au niveau de la famille, du groupe ou de la classe.

Plusieurs raisons nous ont amené à choisir le niveau des précisions des déterminations zoologiques, ainsi, par exemple, les connaissances actuelles ne permettent pas la détermination de certaines larves d'Annélides.

Par ailleurs, la détermination des larves de Mollusques exigerait des moyens d'étude plus fins (microscope électronique à balayage) et un temps d'étude disproportionné par rapport aux buts de ce travail. Enfin, certains groupes mineurs et très particuliers de crustacés (Copépodes Harpacticoides, Amphipodes) exigent des études très spécialisées.

Un autre exemple est celui des Copépodes Pseudocalanidés et Paracalanidés (voir figure 227). Il est malaisé de les distinguer rapidement au cours du comptage. Dans ce cas, la méthode utilisée est la suivante : dans un premier temps, on compte sans distinction les individus des deux familles, puis on prélève trente à quarante d'entre eux pour l'observation au microscope. Enfin, on détermine le sex-ratio et le degré de maturité des femelles puis on extrapole ces résultats à l'ensemble de l'échantillon.

2.5 - Mesures des biomasses

Les échantillons prélevés en vue d'étudier ce paramètre ont été congelés le plus rapidement possible, après avoir été filtrés à bord (sauf celui du 15 mai à cause de la présence d'algues en très grande quantité).

2.5.1 - Poids sec

Les filtres porteurs de la matière planctonique retenue sont séchés à l'étuve, dans les conditions standard : 60° C pendant 48 heures.

Ils sont ensuite pesés, après refroidissement dans un dessicateur

Le poids sec de la matière planctonique seule est obtenu par différence entre le poids sec total et celui du filtre, précédemment mesuré, avant la filtration (précision de lecture de $\pm 0,1$ mg).

Dans la mesure où les eaux côtières sont le plus souvent porteuses de matières en suspension, il apparaît très probable que le poids sec ne peut

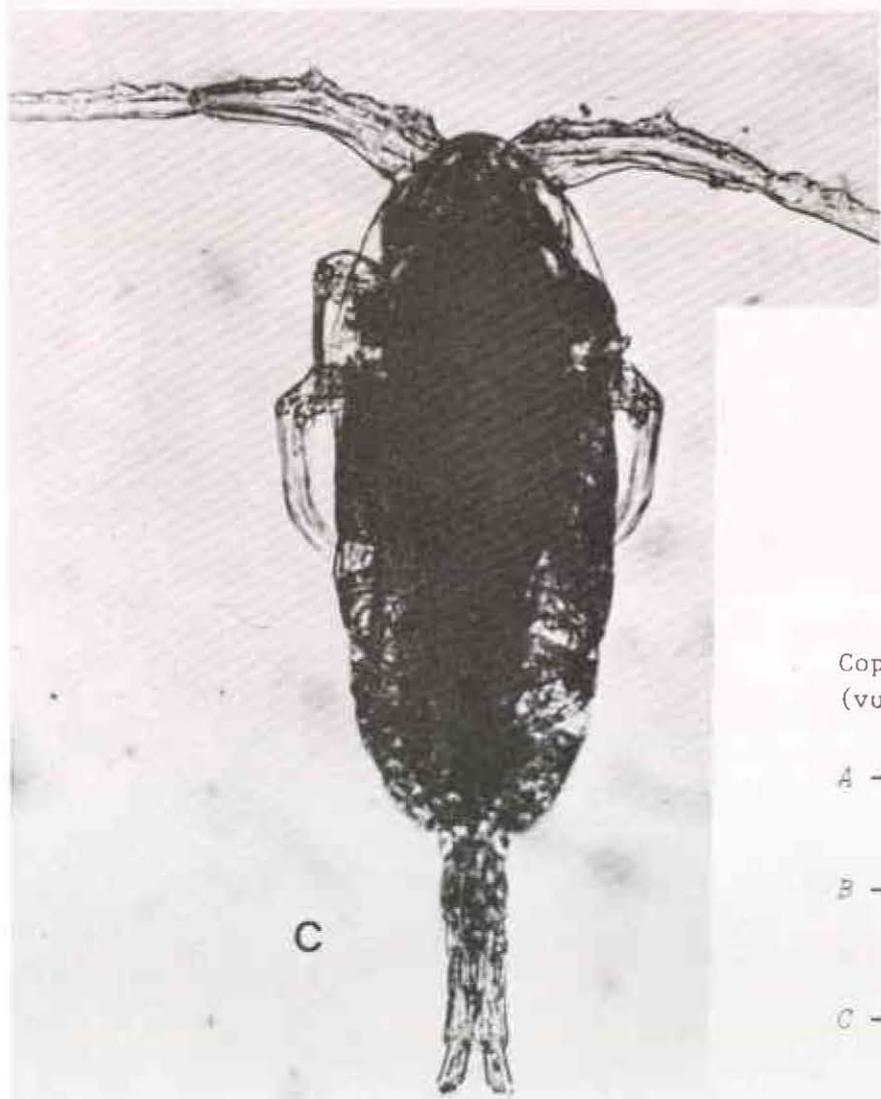
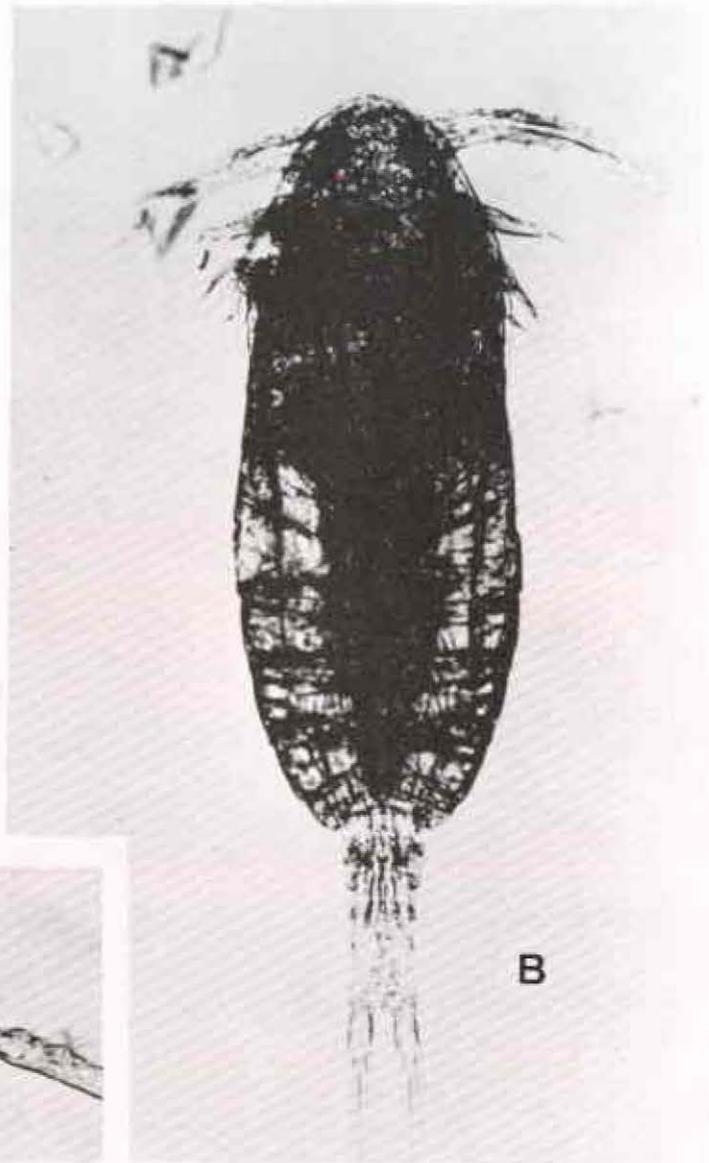
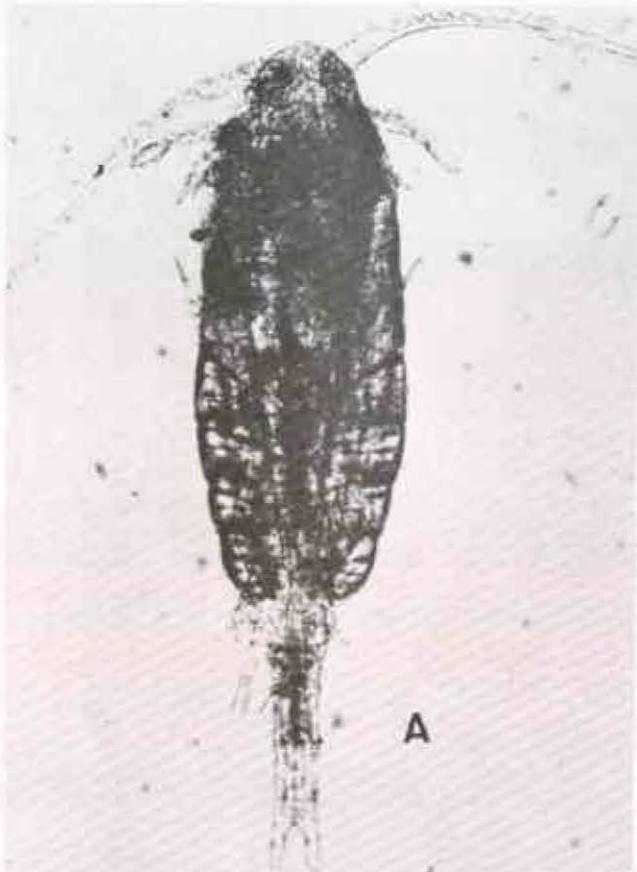


FIG. 227

Copépodes Paracalanidae et Pseudocalanidae
(vus au microscope)

A - *Pseudocalanus minutus* ♀
(photo J. LE FEVRE)

B - *Paracalanus parvus* ♀
(photo J. LE FEVRE)

C - *Paracalanus parvus* ♂
(photo J. LE FEVRE)

rendre à lui seul totalement compte de la biomasse zooplanctonique.

C'est pourquoi, nous avons également mesuré le poids des cendres.

2.5.2 - Poids des cendres et de la matière organique totale

a) Poids des cendres

Après la mesure du poids sec, la matière planctonique séchée est séparée de son filtre (précision de lecture $\pm 0,1$ mg).

Elle est alors déposée dans des creusets préalablement pesés. L'ensemble est de nouveau pesé de façon à connaître les poids des matières planctoniques sèches réellement déposées dans les creusets.

Ceux-ci sont passés au four pour y subir une incinération à 600° C pendant 48 heures.

Afin éviter des projections de matière dans le four, nous avons monté la température progressivement par paliers de 50° , toutes les heures.

b) Poids de la matière organique

Il est égal au poids sec diminué du poids de cendres, la matière organique ayant été brûlée au cours de l'incinération.

On peut dire qu'il représente l'essentiel de la biomasse du zooplancton dans la mesure où les échantillons sont prélevés avec un filet WP₂ de vide de maille 200 μ .

Cependant, en toute rigueur, le phytoplancton lorsqu'il est en forte abondance (cas du 15 mai) peut être également prélevé.

La couleur verte des échantillons en témoigne, ainsi que l'impossibilité de filtrer à bord dans ce cas. A cette date, on doit s'attendre à ce que la matière organique mesurée surestime la biomasse du seul zooplancton.

2.5.3 - Dosages du carbone et de l'azote organiques

C'est pour s'affranchir de l'influence des matières organiques en suspension dans l'eau que nous avons entrepris l'analyse directe du carbone (C) et de l'azote (N) organiques.

Divers auteurs ont, en effet, montré l'existence de corrélations liant les conditions écophysiologiques et les variations de la teneur et de la composition en C et N de diverses espèces du zooplancton (voir CHAMPALBERT, 1973).

La méthode de dosage utilise le principe de la chromatographie en phase gazeuse. Après la mesure de leur poids sec, les échantillons sont broyés et homogénéisés au mortier. Une fraction de cet homogénat est prélevée puis pesée à l'électrobalance CAHN (précision de mesure $\pm 1 \mu\text{g}$), avant d'être introduite dans le microanalyseur C.H.N. 185 B Autoanalyser "HEWLETT-PACKARD".

Par combustion en présence d'un oxydant (dioxyde de manganèse) mis en excès, la matière organique contenue dans l'échantillon est détruite et les gaz libérés (CO_2 , NO_2 , H_2O ...) sont entraînés par un courant permanent d'hélium.

L'appareil produit un enregistrement graphique présentant des pics dont les aires sont proportionnelles aux quantités de C, H, N, présentes dans l'échantillon à doser.

La manipulation comporte donc nécessairement un étalonnage préalable avec une substance organique de composition connue (cyclohexanone, 2.4.dinitro-phénylhydrazone) dosée pour différentes quantités initiales (précision de mesure $\pm 0,1 \text{ mg}$).

3 - RESULTATS QUALITATIFS

3.1 - Liste faunistique

A partir de l'examen des échantillons récoltés au cours des 12 campagnes réalisées à PALUEL, nous avons dressé une liste faunistique comprenant une centaine de taxons ; cette liste, établie selon l'ordre systématique, est présentée comme suit :

CNIDAIRES

Hydrozoaires

Sarsia eximia, Allmann 1871
Sarsia prolifera, Forbes 1848
Sarsia tubulosa, Sars 1835
Sarsia gemmifera, Forbes 1848
Ectopleura dumortieri, Van Beneden 1844
Hybocodon prolifer, Agassiz 1862
Actinula (larve)
Zancler costata, Gegenbaur 1856
Kathkea petopunctata, Sars 1835
Obelia sp.
Phialidium hemisphaericum, Gronovius 1760
Phialella quadrata, Forbes 1848
Eutima gracilis, Forbes et Goodsir 1851

Scyphozoaires

Larve "*Ephyra*"

Anthozoaires

Larve "*Cerinula*"

CTENAIRES

Pleurobrachia pileus, Müller 1776
Beroe cucumis, Fabricius 1780

NEMERTES

Larve "*Pilidium*"

CHAETOGNATHES

Spedella sp.

Sagitta setosa, Müller 1847

Sagitta elegans, Verril 1873

ANNELIDES (larves)

Aphroditidés

Harmathoe sp.

Phyllodocidés

Phyllodoce sp.

Tomoptériidés

Tomopteris helgolandica, Greef

Syllidés

Autolytus sp.

Néréides

Nephtydés

Nephtys sp.

Spionidés

Scololepis ciliata, Keferstein 1862

Nerine sp.

Spio sp.

Pigospio sp.

Spiophanes bombyx, Clarapède 1870

Polydora ciliata, Johnston 1838

Polydora coeca, Oersted 1843

Polydora pulchra, Carazzi

Magelonidés

Magelona papillicornis, Müller 1858

Térébellidés

Lanice conchilega, Pallas 1766

MOLLUSQUES

Pontes

Gastéropodes

Larve "véligère"

Bivalves

Larve "véligère"

PHORONIDIENS

Larve "actinotroque"

BRYOZOAIRE

Larve "cyphonaute"

Holothuridés

Larve "*Auricularia*"

Echinidés

Larve "*Pluteus*"

Stelléridés

Larve "*Bipinnaria*"

Larve "*Brachiolaria*"

Ophiuridés

Larve "*Ophiopluteus*"

TUNICIERS

Appendiculaires

Oikopleura dioica, Fol 1872

Ascidies

Larve "tétards"

TELEOSTEENS

Clupéidés

Alevins

Eugraulidés

Amphocténidés

Lagis koreni, Malmgren 1866

CUMACEES

CLADOCERES

Polyphénidés

Evadne nordmanni, Loven 1836

Podon intermedius, Lilljeborg 1853

Podon leuckarti, Sars 1862

OSTRACODES

COPEPODES

Calanoïdes

Calanus helgolandicus, Claus 1863

Paracalanus parvus, Boeck 1864

Pseudocalanus minutus, Boeck 1872

Stephos minor, Scott 1892

Stephos sp., Scott 1892

Pseudocyclopia sp., Scott 1892

Temora longicornis of Müller 1792

Eurytemora hirundoïdes, Nordquist 1888

Centropages hamatus, Lilljeborg 1853

Centropages bradyi, Wheeler 1899

Isias clavipes, Boeck 1864

Pseudocyclops sp., Brady 1872

Labidocera wollastoni, Lubbock 1857

Parapontella brevicornis, Giesbrecht 1889

Acartia clausi, Giesbrecht 1889

Acartia discaudata, Giesbrecht 1881

Cyclopoïdes

Oithona sp., Baird 1843

Euryte sp.,

Oncaea sp., Philippi 1843

Corycaeus sp., Lubbock

Harpacticoïdes

Euterpina acutifrons

Altheuta

CIRRIPEDES

Larves "Nauplius" et "Cypris"

MYSIDACEES

Gastrosaccus sanctus, Van Beneden 1861

Gastrosaccus spinifer, Goës 1864

Heminyxis lamornae, Couch 1856

Schistomysis ornata, Sars 1864

Schistomysis spiritus, Norman 1860

Macropsis slabberi, Van Beneden 1861

Neomysis integer, Leach 1815

CUMACEES

EPICARIDES

Larves

ISOPODES

AMPHIPODES GAMMARIENS

EUPHAUSIACEES

Larves

DECAPODES

Caridés

Larves

Anomoures
(larves)

Porcellana platycheles, Hermand 1777

Porcellana longicornis, Linné 1767

Brachyoures

Ebalia sp.

Pinnotheres pisum, Linné 1767

Et divers autres larves "Zoé" et "Mégalo-
lope" non déterminées.

Ammodytidés

Zeidés

Gobiidés

Oeufs divers

3.2 - Distribution géographique

Certaines espèces peuvent présenter un intérêt qualitatif même si elles sont négligeables du point de vue de leur biomasse et de leur densité dans le milieu. C'est le cas de deux Copépodes, de deux Hydroméduses et d'un Chaetognathe respectivement présentés ci-dessous, soit *Stephos minor*, *Isias clavipes*, *Sarsia tubulosa*, *Eutima gracilis*, *Sagitta elegans*.

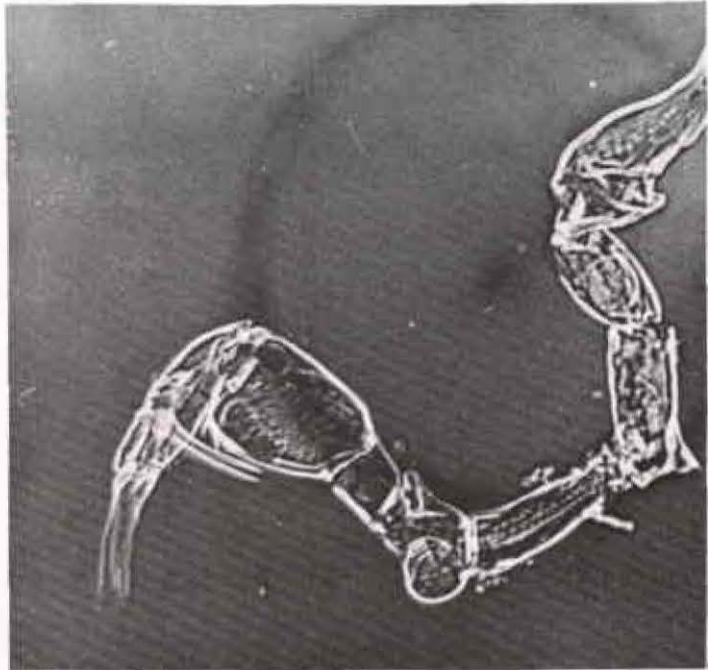
Stephos minor : des exemplaires, mâles et femelles, ont été trouvés à PALUEL ; ce Copépode n'avait pas encore été signalé sur ce site (voir figure 228) où l'on ne connaissait que l'espèce *S. scotti*. *Stephos minor* est une espèce nordique qui atteint la région de PALUEL en hiver.

Isias clavipes : c'est un Copépode dont la distribution géographique, mal connue, semble liée aux eaux tempérées. *Isias clavipes* atteint son maximum d'abondance en mai en Méditerranée, en juillet en Manche Occidentale. Sur le site de GRAVELINES il est présent en très faible quantité ; il présente un maximum en août (eau à 19°). Il est sans doute là proche de sa limite nord de répartition. A PALUEL, *Isias clavipes* est présent en quantité non négligeable en juin, juillet et août, le maximum d'abondance se situant en juillet (eau à 16°4) comme en Manche Occidentale.

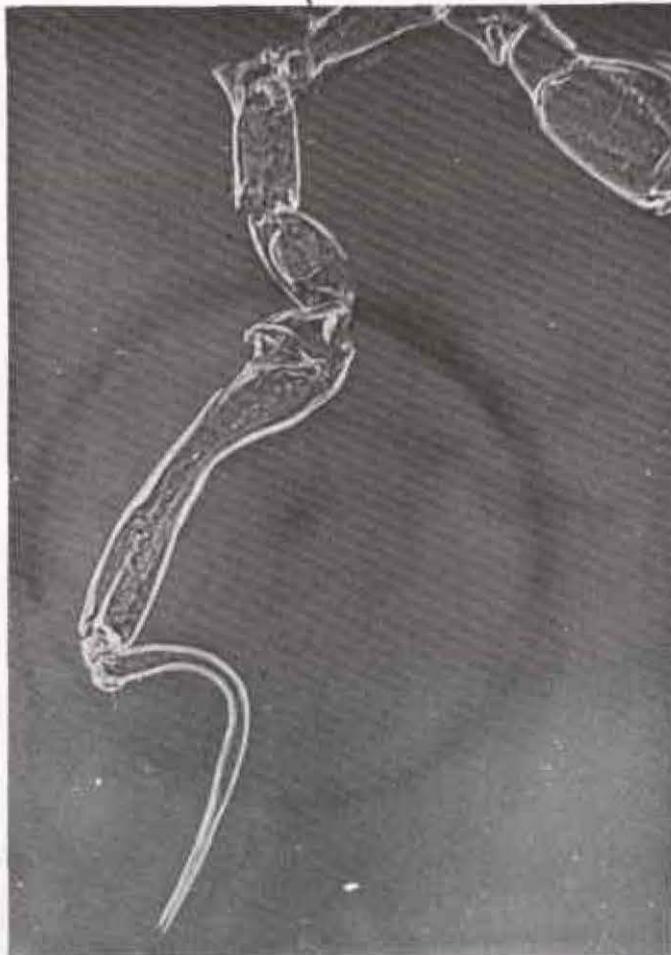
Sarsia tubulosa : cette méduse, typiquement nordique est présente à PALUEL de février à septembre. Elle se trouve dans cette région à la limite Sud limite Sud de son aire de répartition.

Eutima gracilis : notons la présence de *Eutima gracilis* dans cette région de PALUEL (deux exemplaires en septembre (température 19,4° C)) alors qu'elle n'a jamais été recensée en Manche Orientale (RUSSEL, 1954) et qu'elle reste très rare du côté Occidental (BODO, 1963).

0,15 mm



P5 gauche



0,20 mm

P5 droite

Figure 228

Stephos minor

Les P₅ droite et gauche du ♂
(vues au microscope)

(Photo G. LE FEVRE - LEHOËRFF)

Sagitta elegans : quelques exemplaires de ce Chaetognathe ont été dénombrés dans les échantillons prélevés à PALUEL ; ceci en juillet (température 16,5°C, salinité 34 ‰). A PALUEL comme à GRAVELINES cette espèce n'était pas signalée.

Ces espèces, si elles ne sont pas abondantes, peuvent être le reflet de circulation d'eau à grande échelle, ce qui déborderait largement le cadre de la petite zone côtière étudiée à PALUEL.

3.3 - Fréquence d'observation des espèces

La fréquence relative des différentes espèces a été calculée pour l'ensemble des échantillons. La fréquence "f" est définie par le rapport :

$$f = \frac{\text{nombre d'échantillons où l'espèce est présente}}{\text{nombre total d'échantillons examinés}}$$

Les résultats sont donnés en pourcentage de fréquence.

Plusieurs groupes ou classes ont été définis :

1er groupe = espèces toujours présentes	f = 100 %
2ème groupe	75 % < f < 100 %
3ème groupe	50 % < f < 75 %
4ème groupe	25 % < f < 50 %
5ème groupe	< f < 25 %

100 %	{	<i>Temora longicornis</i>	
		<i>Centropages hamatus</i>	
		<i>Acartia clausi</i>	
		Cirripèdes (larves)	
75 à 100 %	{	<i>Euterpina acutifrons</i>	92 %
		<i>Oikopleura dioica</i>	88 %
		<i>Pseudocalanus minutus</i>	79 %
		Gastéropodes (larves)	78 %
		<i>Paracalanus parvus</i>	77 %

50 à 75 %	{	Bryozoaires (larves)	67 %
	{	<i>Lanice conchilega</i>	52 %
25 à 50 %	{	Bivalves (larves)	46 %
	{	<i>Harmothoe</i>	37 %
	{	<i>Sagitta setosa</i>	36 %
	{	<i>Polydora ciliata</i>	
	{	<i>Acartia discaudata</i>	
	{	<i>Podon leuckarti</i>	
	{	Porcellanes (larves)	31 %
	{	<i>Grangon grangon</i> (larves)	28 %
	{	<i>Spio</i> sp.	26 %
	{	<i>Sarsia tubulosa</i>	25 %
{	<i>Sarsia prolifera</i>		
< 25 %	{	<i>Nerine</i> sp.	19 %
	{	<i>Nephtys</i> sp.	18 %
	{	<i>Sarsia gemmifera</i>	

4 - RESULTATS QUANTITATIFS

Les résultats obtenus pour chacune des 12 campagnes sont présentés dans des tableaux (24 à 35 voir annexe).

A chaque campagne et à chaque taxon déterminé correspondent :

- le nombre d'individus de chaque taxon déterminé pour 10 m^3 d'eau ;
- la biomasse totale en poids sec (mg/m^3), en poids de matière organique totale (mg/m^3) et en poids de carbone organique.

L'étude des principales espèces a été entreprise dans le but de mettre en évidence pour chacune :

- les variations quantitatives saisonnières ;
- la distribution géographique et les gradients d'abondance en fonction des conditions hydrologiques ;
- les relations qui peuvent exister entre les espèces ;

- d) les périodes de reproduction optimales et si possible leurs relations avec la température ;
- e) enfin, ayant analysé les cycles saisonniers des principales espèces, nous avons synthétisé l'ensemble des cycles par un cycle général annuel en relation avec les conditions hydrologiques (température et salinité en particulier) de cette année de référence 1975 ;
- f) les variations quantitatives des biomasses ont été comparées aux résultats donnés par les campagnes. La comparaison des différentes méthodes d'estimation de la production secondaire permet de tester la validité des résultats généraux.

4.1 - Variations quantitatives des espèces - analyse des résultats de comptages

Nous avons donné plus haut le résultat des fréquences relatives basées sur la présence et l'absence des espèces. Un examen, même très rapide des différentes récoltes de zooplancton du site de PALUEL montre que certains groupes d'organismes ou d'espèces sont présents toute l'année. D'autres ont une période de présence privilégiée, liée aux conditions hydrologiques ou à la période de reproduction. Cet examen des fréquences, complété par celui de l'abondance estimée rapidement par une cotation grossière ("très abondante", "abondante" ou "peu abondante") permet de distinguer plusieurs groupes :

- a) les espèces toujours présentes et très abondantes sont essentielles par la production annuelle qu'elles représentent ;
- b) les quelques espèces peu fréquentes, peuvent avoir une grande abondance lors des périodes correspondant à un essaimage de larves (exemple : les balanes, les Annélides Polychètes) ;
- c) d'autres espèces sont présentes toute l'année (caractérisant le site) mais avec une faible densité de population du milieu.

La dominance de certains taxons à chaque campagne est mise en évidence par le calcul de leur pourcentage dans chaque échantillon. Une moyenne de ces pourcentages est établie pour chaque taxon à chaque campagne, ce qui permet de déterminer l'évolution de la composition du zooplancton et d'en faire une représentation graphique. On remarquera l'importance numérique des Crustacés

(Copépodes et Cirripèdes), des Appendiculaires, des larves d'Annélides (en particulier les Spionidés), enfin les larves de Mollusques (Gastéropodes et Bivalves) (figure 229).

4.1.1 - Nombre total d'individus

Le zooplancton dans son ensemble peut être caractérisé par le nombre total "N" des individus qui le compose, dans 10 m^3 d'eau.

Il ne rend pas compte ni de la variété des espèces ni des particularités de chacun des individus de cet ensemble.

Cependant, "N" est une variable synthétique intéressante dont l'analyse s'impose en premier lieu, car elle permet une vision générale du zooplancton.

En particulier, elle nous permet de connaître quelle quantité d'individus contiennent les eaux qui passeront par la centrale.

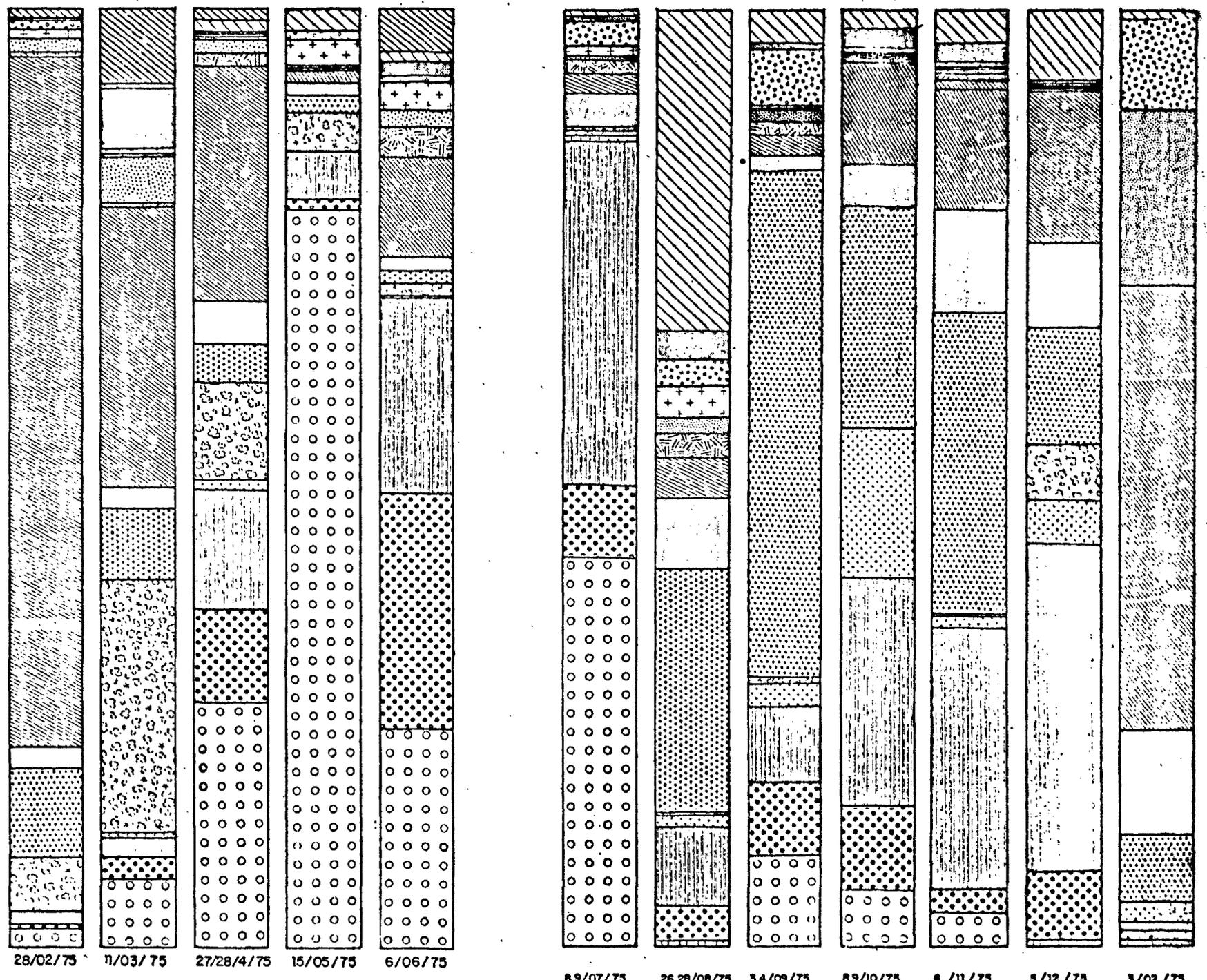
"N" constitue, dans ce sens, une valeur de référence qui nous permettra de déterminer par un suivi ultérieur, le taux de mortalité et le déficit de l'ensemble du zooplancton, après passage dans la centrale.

C'est donc par l'analyse de "N" que nous allons aborder les caractéristiques générales du zooplancton ; nous étudierons en particulier ses variations saisonnières ainsi que sa répartition géographique sur le site de PALUEL.

4.1.1.1 - Variations saisonnières du nombre total d'individus

Au cours de douze campagnes qui ont été effectuées pendant une année d'étude, nous avons réalisé plusieurs stations : l'analyse de tous les échantillons révèle d'emblée des différences quantitatives remarquables. Ainsi, le nombre total d'individus pour une station quelconque varie considérablement d'une campagne à l'autre, tout au long de l'année. Nous verrons que ces variations saisonnières recouvrent largement les variations géographiques entre stations d'une même campagne, et celles liées à l'échantillonnage.

- Autres organismes 
- Appendiculaires 
- Gastéropodes 
- Autres larves d'Annélides. 
- Larve conchilega* 
- Larves spionidés 
- Autres Crustacés 
- Cirripèdes 
- Autres Copépodes 
- Euterpina acutifrons* 
- Pseudocalanus elongatus* 
- Paracalanus parvus* 
- Asartia clausi* 
- Centropages hamatus* 
- Tamix longicornis* 



Afin de mieux rendre compte de la dynamique des populations du zooplancton, nous avons étudié les variations saisonnières du nombre total moyen d'individus ramené à une station standard, étant donné le nombre variable de stations constituant chacune des campagnes.

Sur la figure 230 nous mettons en évidence plusieurs phases de l'abondance du zooplancton au cours d'une année ; principalement, le zooplancton de PALUEL connaît deux périodes d'abondance marquées, l'une printanière, l'autre en été. Par contre, l'effectif est faible en juin et durant toute la période hivernale.

En hiver, le zooplancton peu abondant, compte en moyenne 2 000 individus par 10 m^3 d'eau ; le minimum d'abondance se situe fin janvier. C'est le moment le plus pauvre (1 500 individus). Durant cette période, nous trouvons surtout des larves de Crustacés Cirripèdes, et en particulier les "nauplii" qui sont de loin les individus les plus nombreux puisqu'ils atteignent près de 70 % de l'effectif total le 28 février 1975. Puis, viennent les Annélides dont la proportion dans "N" est la plus forte en hiver, ainsi que *Euterpina* qui est le plus abondant des Copépodes.

Le zooplancton d'hiver est donc pauvre. Il est en outre constitué d'individus de petite taille, ce qui laisse prévoir une biomasse peu élevée.

Au printemps, le zooplancton s'accroît très fortement, puisque le 15 mai 1975 nous trouvons un maximum d'abondance comptant près de 70 000 individus, soit 46 fois plus que ce que nous trouverons le 2 février 1976.

Cette véritable explosion démographique est due essentiellement à l'apparition des Copépodes *Acartia clausi*, *Pseudocalanus minutus*, *Centropages hamatus* et surtout *Temora longicornis*. Ce dernier atteint 70 % de l'effectif total le 15 mai 1975.

En avril, l'effectif reste assez stable et compte environ 10 000 individus par 10 m^3 . C'est *Acartia clausi* qui est à ce moment le plus abondant. Il est remplacé par *Temora longicornis* en mai et juin.

Notons que l'explosion démographique est peu durable puisque dès le 8 juin l'effectif tombe rapidement à 4 000 individus.

N/10m³ moyen

fig. 230

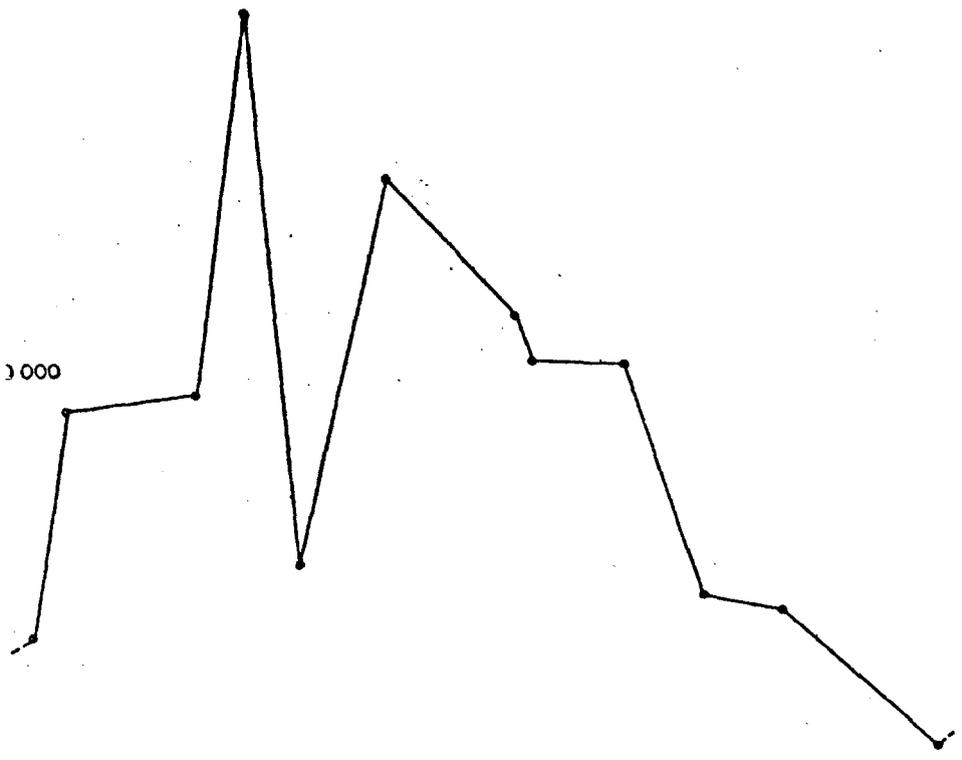
10 000

3 000

000

Mars Avril Mai Juin Juillet Août Septem. Octobre Novem. Decemb. Janvier Février
 1976
 Campagne
 I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII

Variations saisonnières du nombre total d'individus.
(moyenne par campagne)



N/10m³ moyen

fig. 231

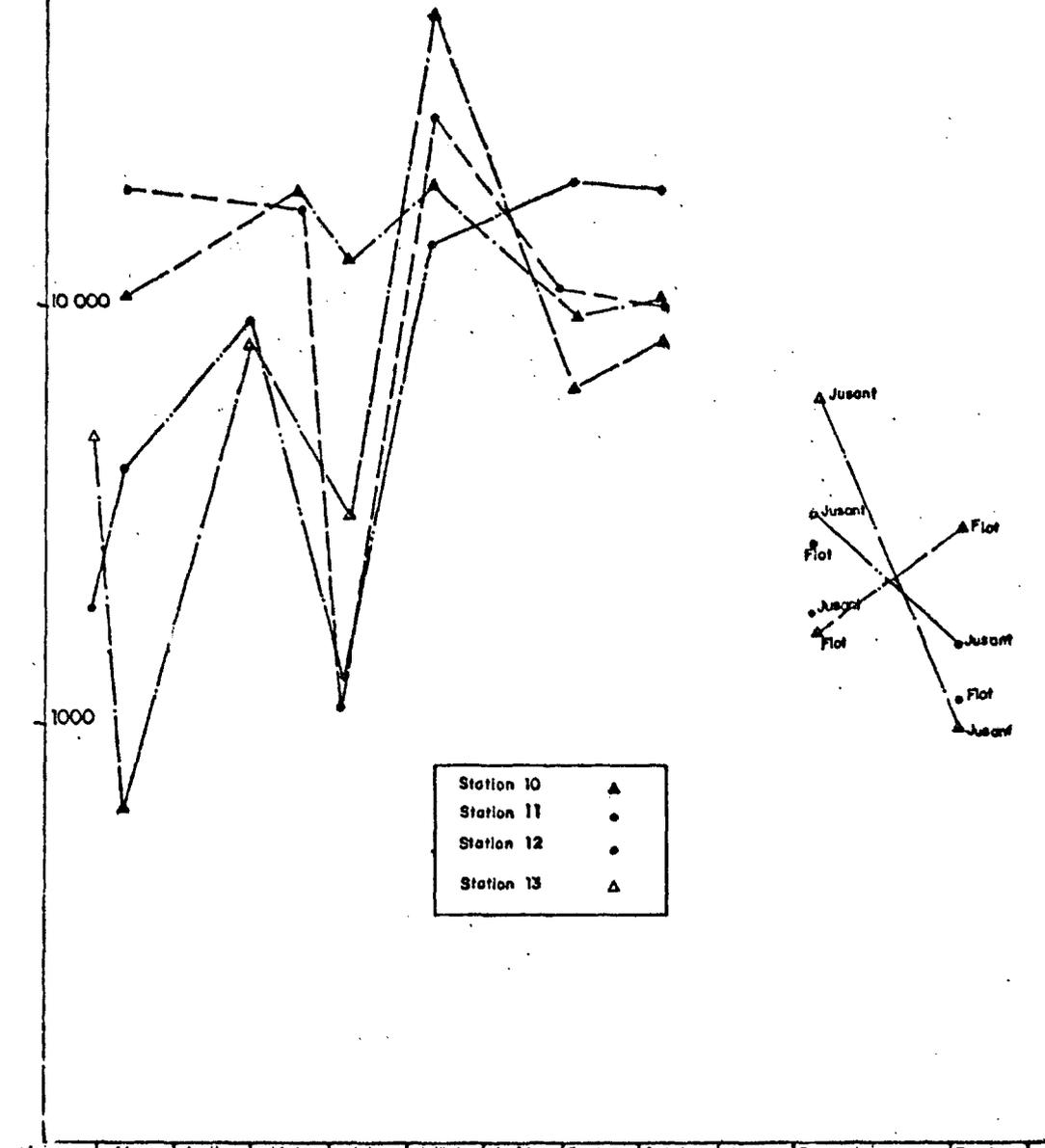
100 000

10 000

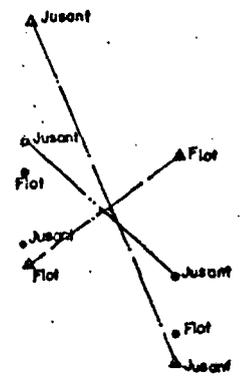
1 000

Mars Avril Mai Juin Juillet Août Septem. Octobre Novem. Decemb. Janvier Février
 1976
 Campagne
 I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII

Variations saisonnières du nombre total d'individus aux stations 10, 11, 12, 13.
(moyenne par campagne).



Station 10	▲
Station 11	●
Station 12	●
Station 13	▲



En été, après la baisse marquée de juin, nous observons une augmentation rapide aboutissant le 8 juillet à un effectif de près de 30 000 individus dans 10 m^3 d'eau, soit près de 20 fois plus que le 2 février 1976.

Les Copépodes sont toujours les plus abondants dans les échantillons ; *Temora longicornis*, *Centropages hamatus*, *Acartia clausi* et surtout *Euterpina* qui peut atteindre 60 % en août. L'absence de campagne entre le 8 juillet 1975 et le 26 août 1975, représente un "trou" de près de deux mois, pendant lequel nous ne pouvons observer l'évolution quantitative du zooplancton. Il demeure toutefois que l'abondance estivale du zooplancton, bien que moins élevée que celle du 15 mai, dure par contre pendant près de deux mois en juillet et août.

En automne, l'effectif du zooplancton diminue de 12 000 à 3 000 individus. Les Copépodes sont encore les plus abondants avec *Acartia* et *Euterpina* tandis que l'arrivée des larves de Cirripèdes se manifeste dès le 5 décembre.

En définitive, sur le site de PALUEL, l'effectif total du zooplancton présente des variations saisonnières nettes, d'un type assez classique. Peu abondant en hiver, il présente une explosion démographique brève le 15 mai, suivie d'un minimum en juin, puis d'une abondance estivale durable.

4.1.1.2 - Variations saisonnières du nombre total d'individus aux stations 10-11-12-13 (figure 231)

Les stations 10, 11, 12, 13 étant situées sur une même radiale, il nous a paru intéressant d'étudier, en parallèle, les variations saisonnières du nombre total d'individus à ces stations plus ou moins éloignées de la côte.

Que ce soit au large (station 10 à 3 km de la côte) ou en bordure littorale (station 13 à 0,9 km de la côte), le zooplancton varie quantitativement de la même façon au cours de l'année. Cependant, les amplitudes de variations sont beaucoup plus marquées près de la côte, tandis que l'effectif total est plus stable dans le temps à la station 10.

Il est très possible que ces importantes fluctuations côtières soient liées à l'influence des eaux déssalées de la DURDENT.

4.1.1.3 - Nombre d'individus et température des eaux

En hiver, le zooplancton est pauvre et les eaux sont à 9° C. La forte poussée observée le 15 mai a lieu dans les eaux de 10 - 11° C. En été, les eaux chargées de l'ordre de 20 000 individus dans 10 m³ atteignent 19° (août).

Si l'on prend par hypothèse un réchauffement de 15° C par la centrale, il est possible que dès juillet, les eaux étant portées à plus de 30° C, le déficit du zooplancton devienne conséquent.

4.1.1.4 - Nombre d'individus et chlorophylle

La courbe de variation saisonnière de la quantité de chlorophylle mesurée révèle une forte poussée printanière du phytoplancton, de même au mois d'août.

La composition du zooplancton en mai et en août confirme bien la correspondance trophique de ces abondances liant l'arrivée des Copépodes "broueteurs", consécutive à une poussée de phytoplancton qui leur sert de nourriture. Or, il semble bien que le phytoplancton se développe en mai et en août, principalement en zone très proche de la côte, probablement au débouché des eaux de la DURDENT, ce qui expliquerait l'observation faite précédemment sur les poussées de mai et de l'été, qui ont lieu à la côte, avec une plus grande intensité qu'au large.

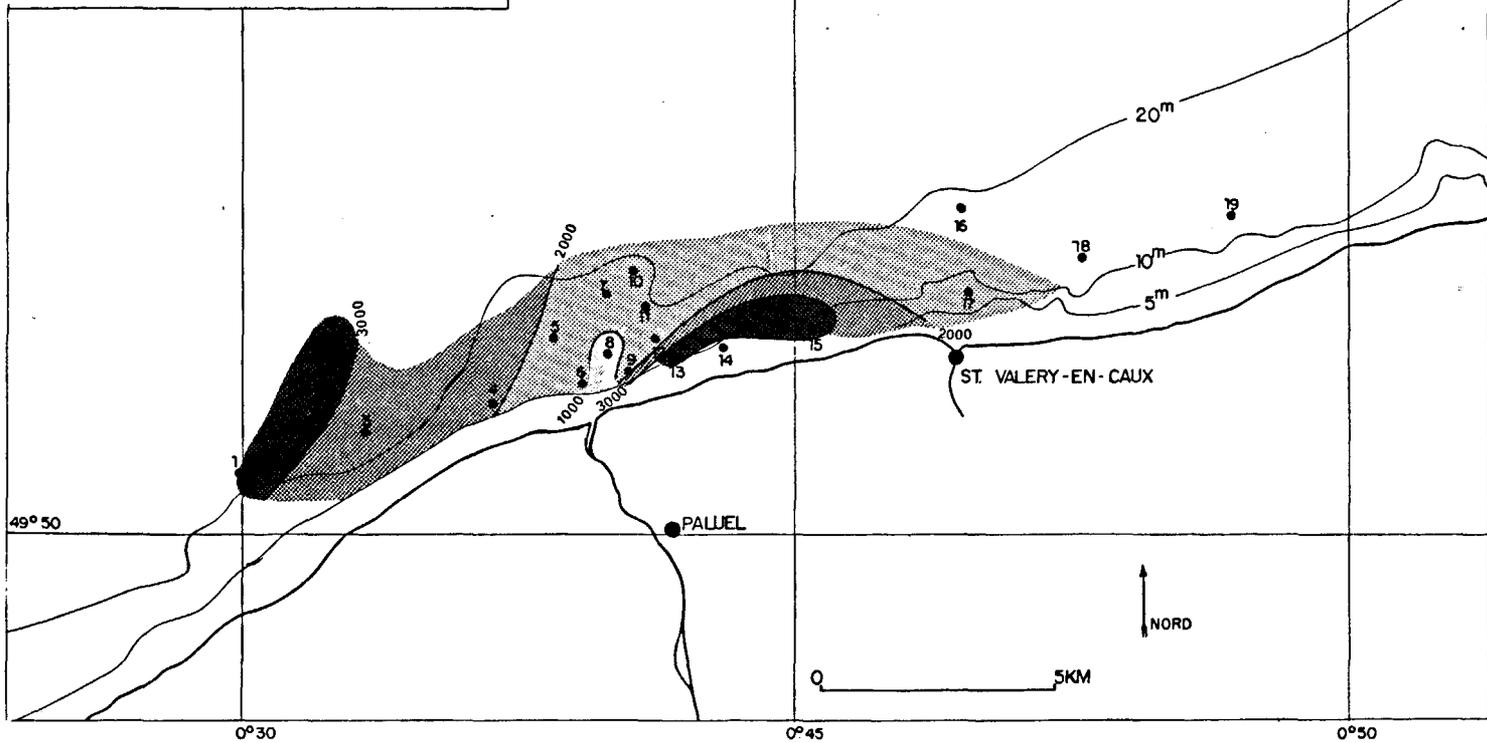
4.1.1.5 - Répartition géographique

Les résultats du comptage montrent une grande variabilité du nombre total d'individus récoltés pour chacune des stations d'une même campagne. C'est pourquoi nous avons représenté la répartition géographique du nombre total d'individus par station pour chacune des 12 campagnes réalisées (figures 232 à 243).

PALUEL I : 27-28 février 1975.

Nombre total d'individus /10 m³.

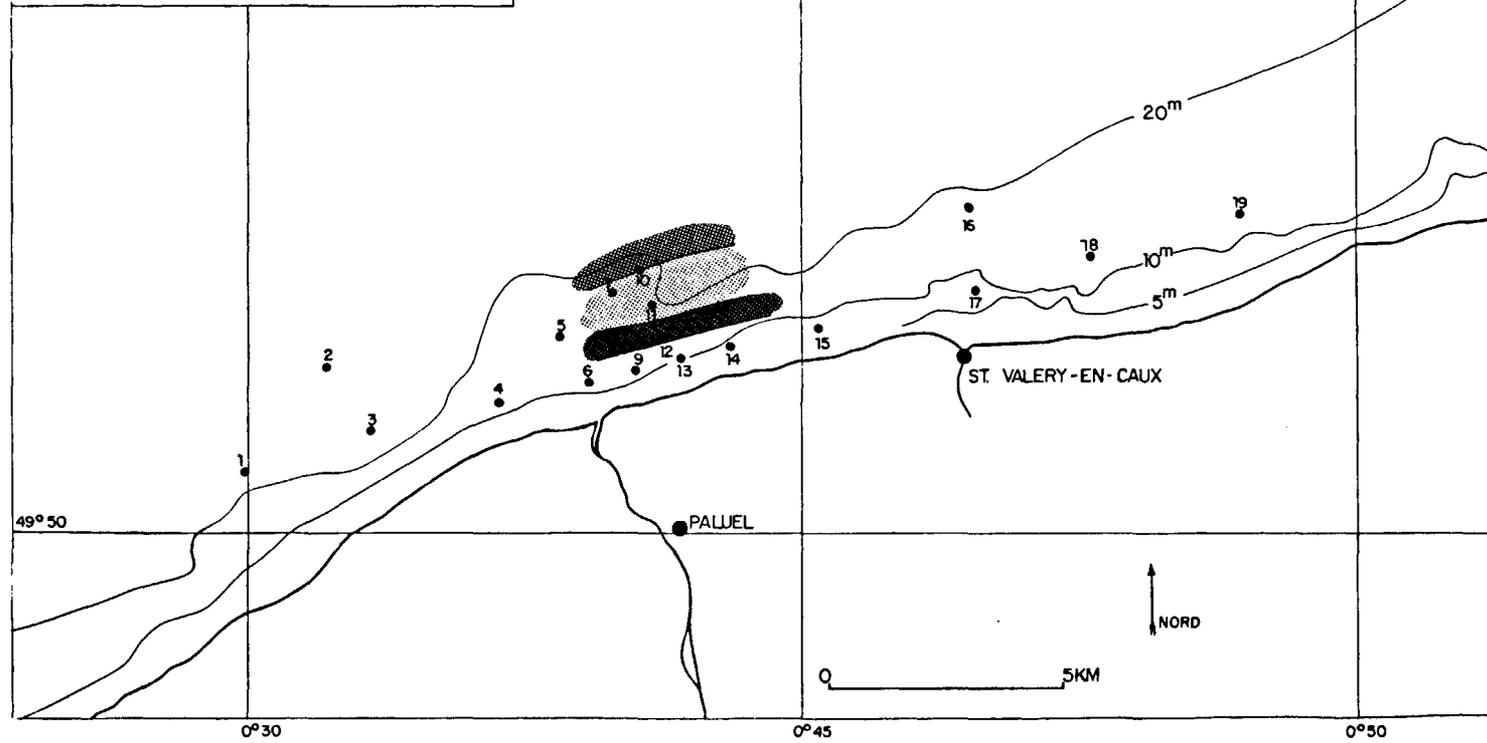
fig:232



PALUEL II : 27-28 février 1975.

Nombre total d'individus /10 m³.

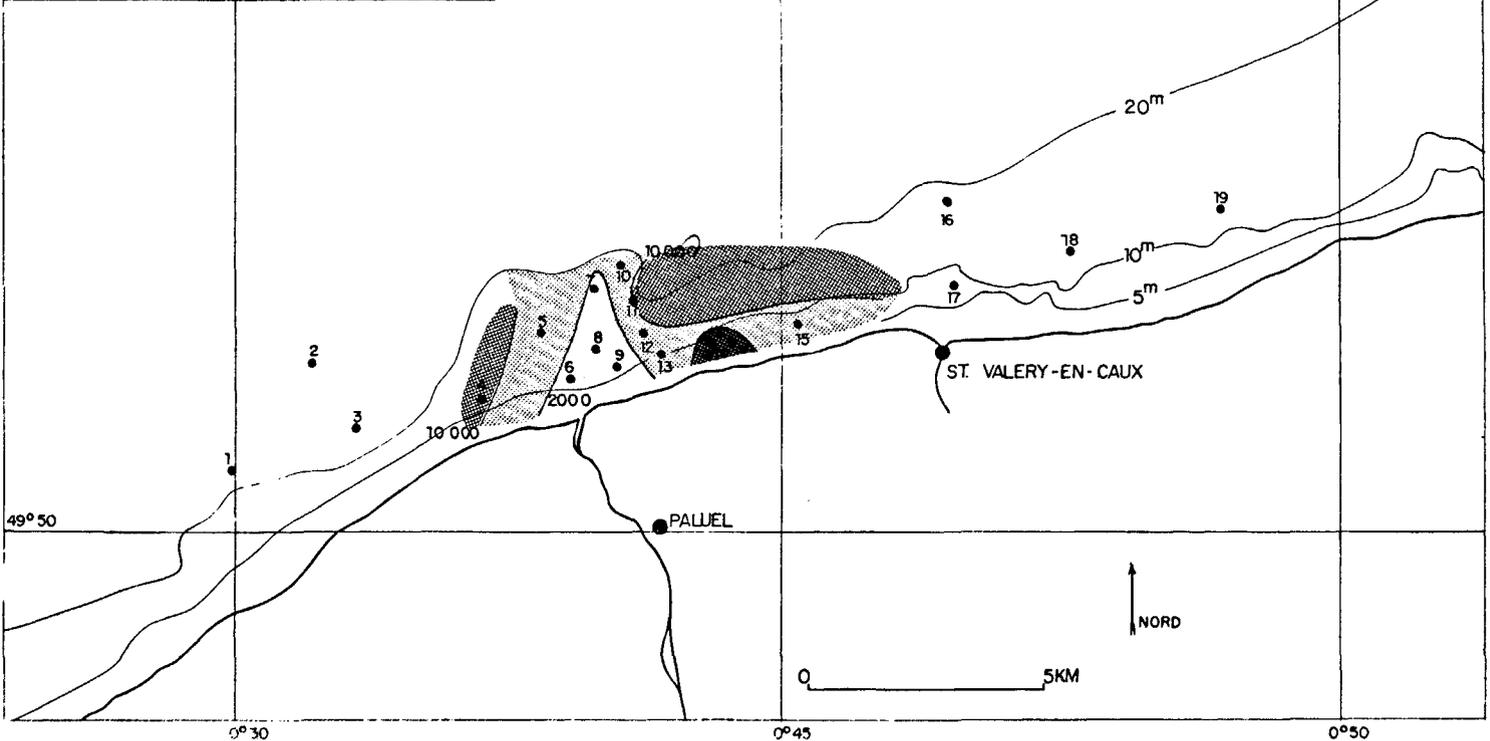
fig:233



PALUEL III : 28 et 29 avril 1975.

Nombre total d'individus /10 m³.

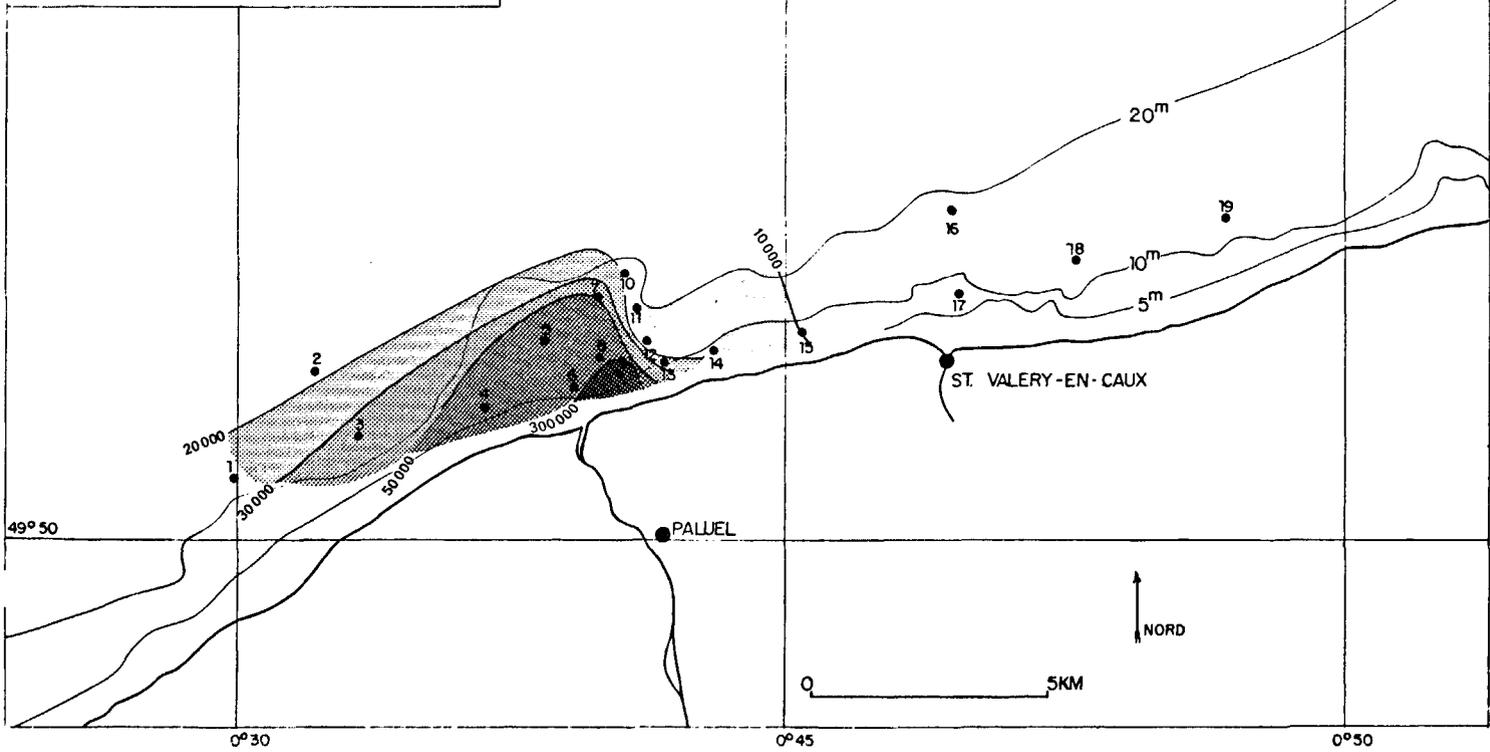
fig: 234



PALUEL IV : 15 mai 1975.

Nombre total d'individus /10 m³.

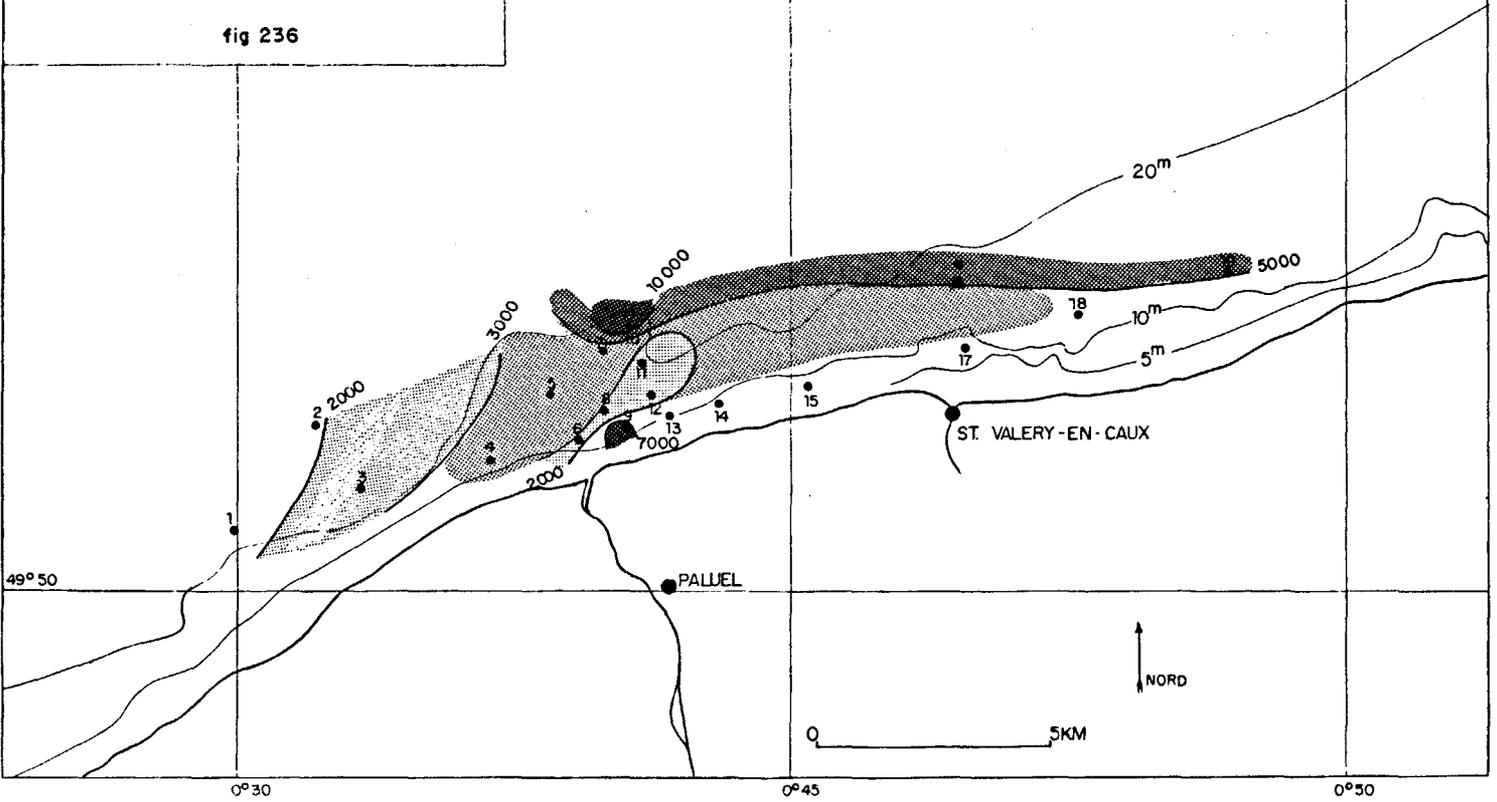
fig: 235



PALUEL V : 5 et 6 juin 1975.

Nombre total d'individus /10 m³.

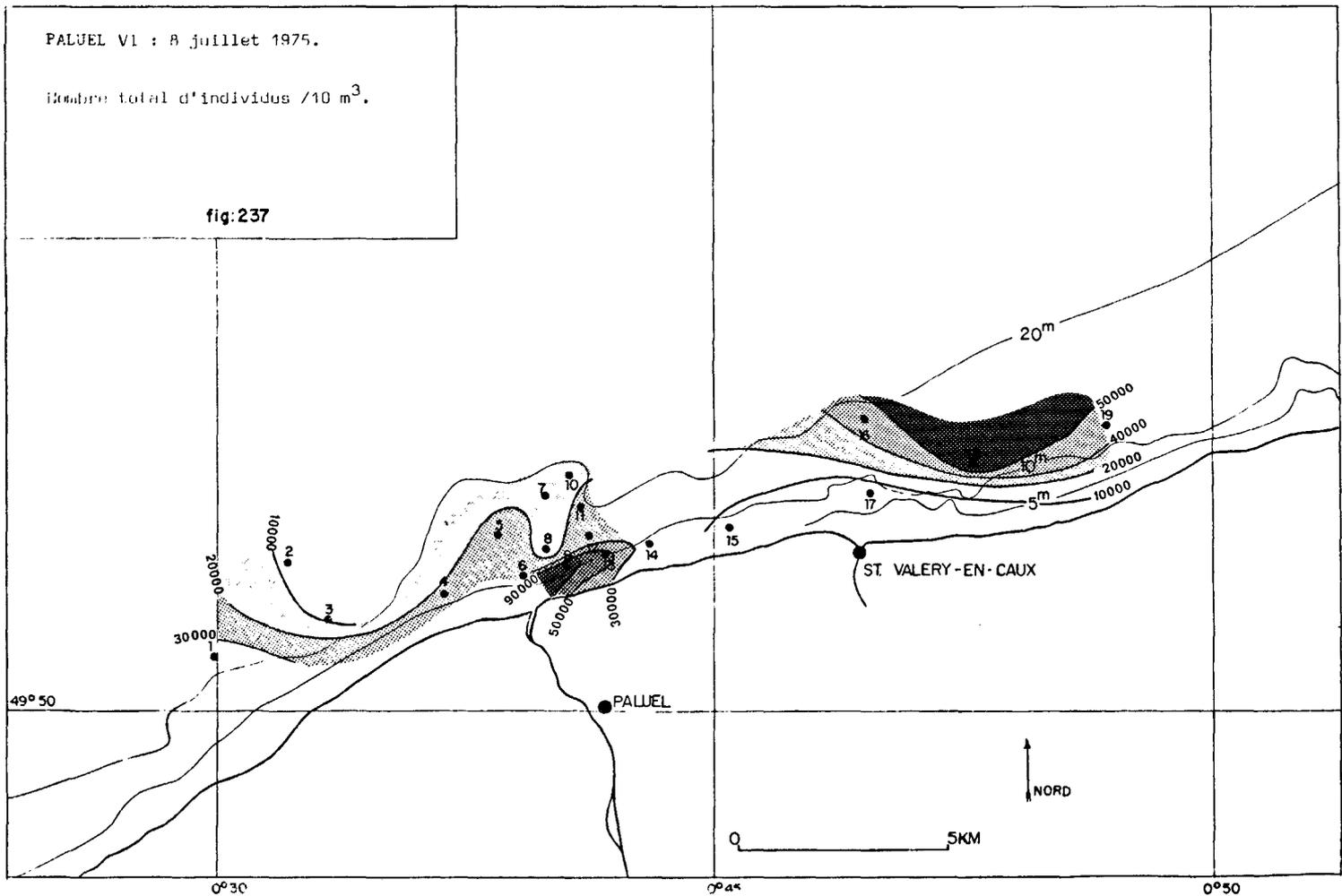
fig 236



PALUEL VI : 8 juillet 1975.

Nombre total d'individus /10 m³.

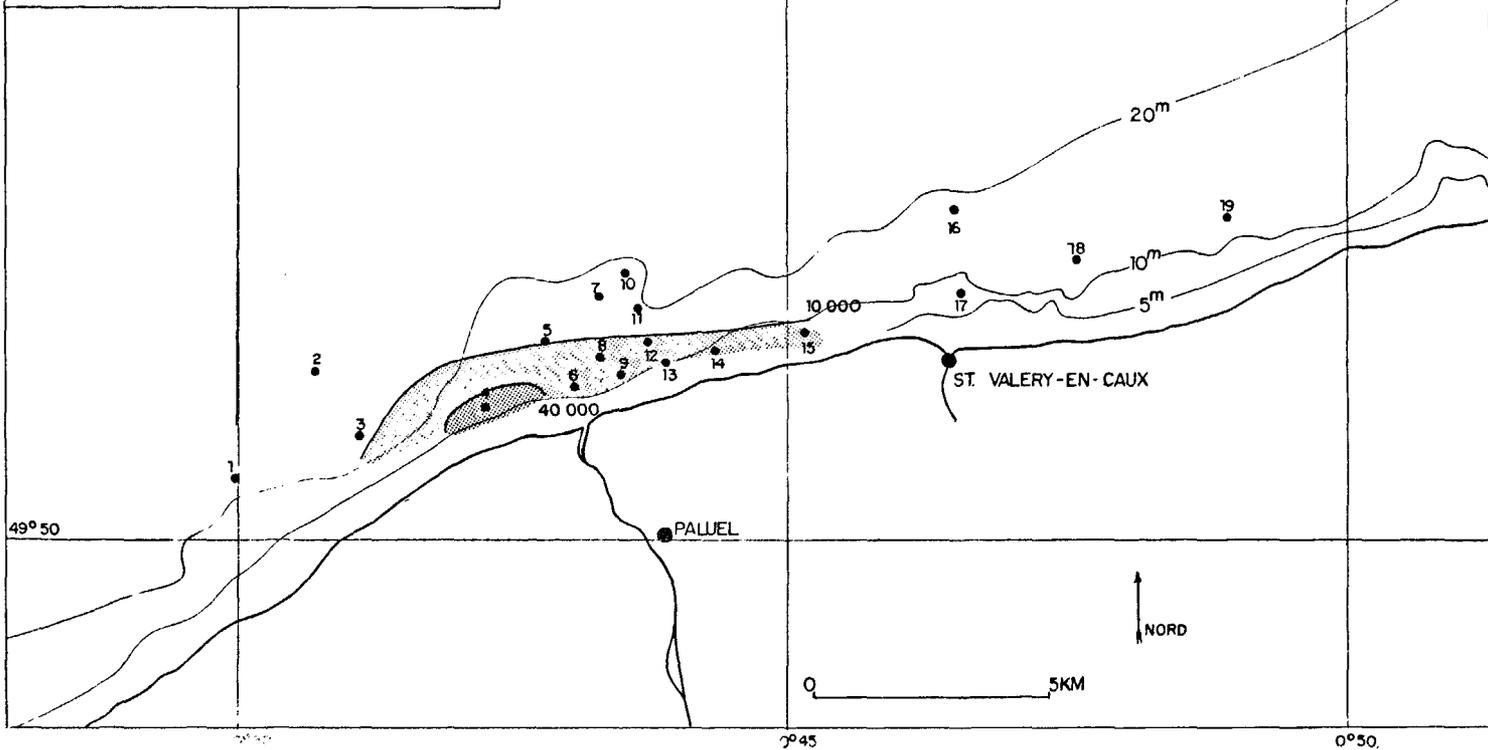
fig:237



PALUEL VII : 26 août 1975.

Nombre total d'individus /40 m³.

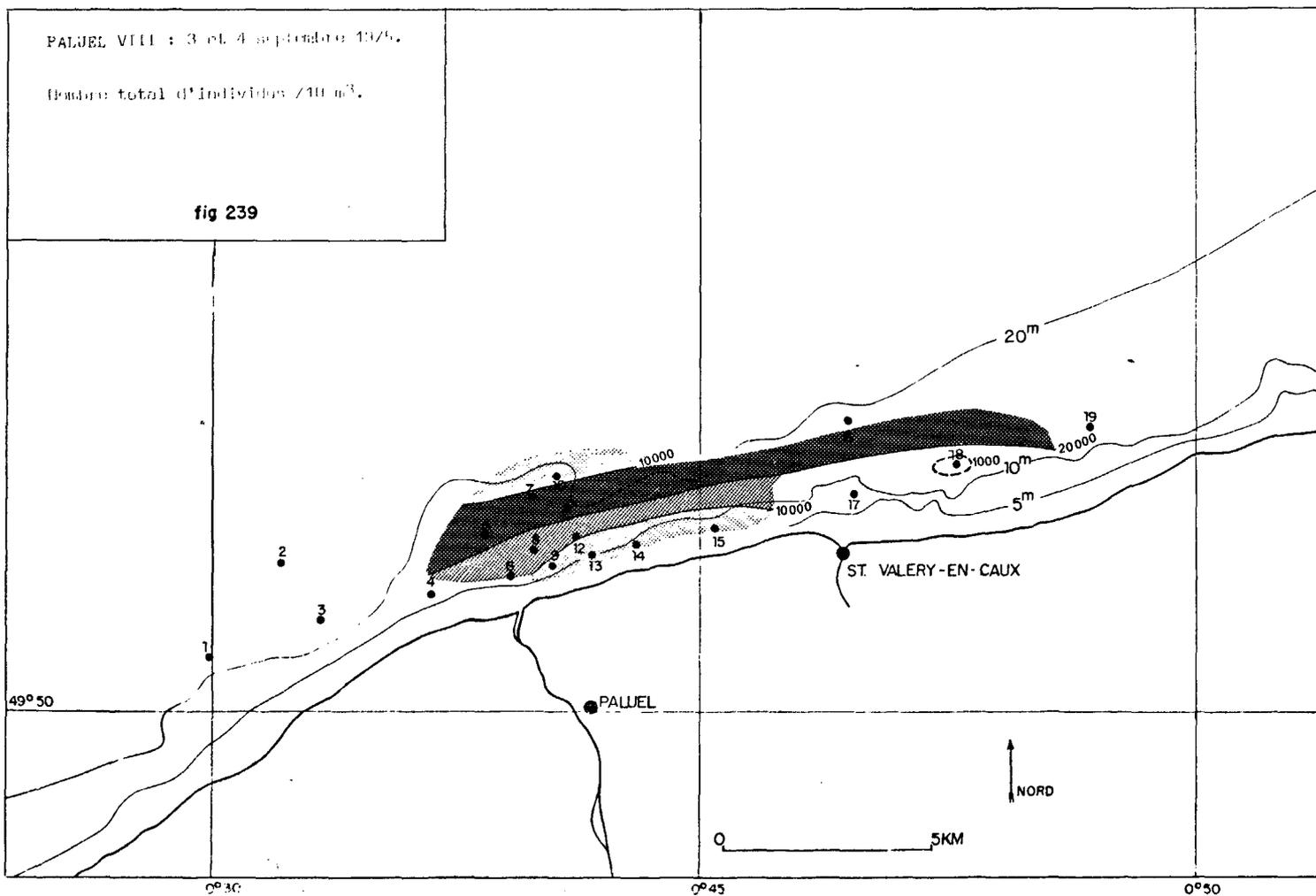
fig 238



PALUEL VIII : 3 et 4 septembre 1975.

Nombre total d'individus /40 m³.

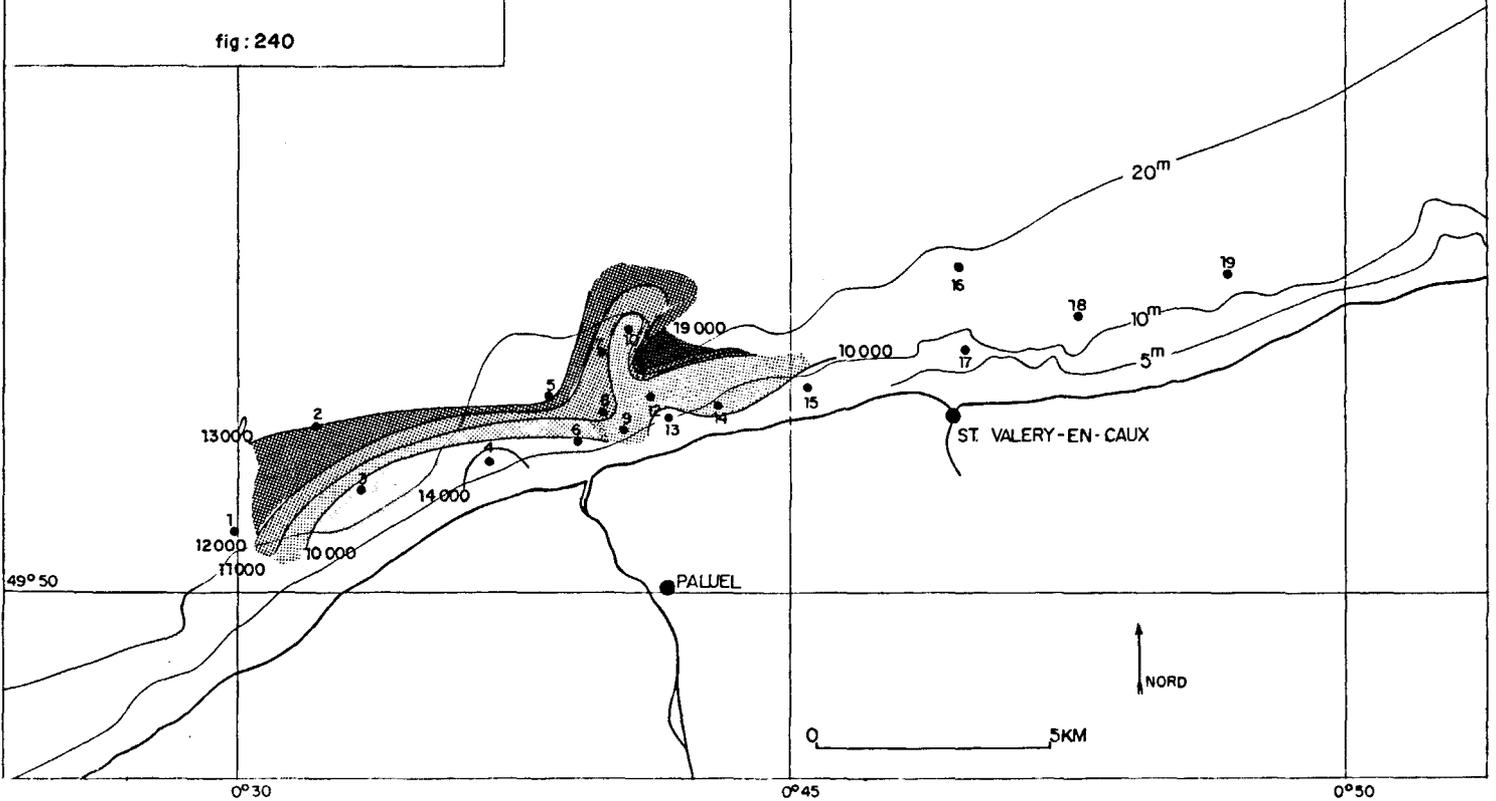
fig 239



PALUEL IX : 8 et 9 octobre 1975.

Nombre total d'individus /10 m³.

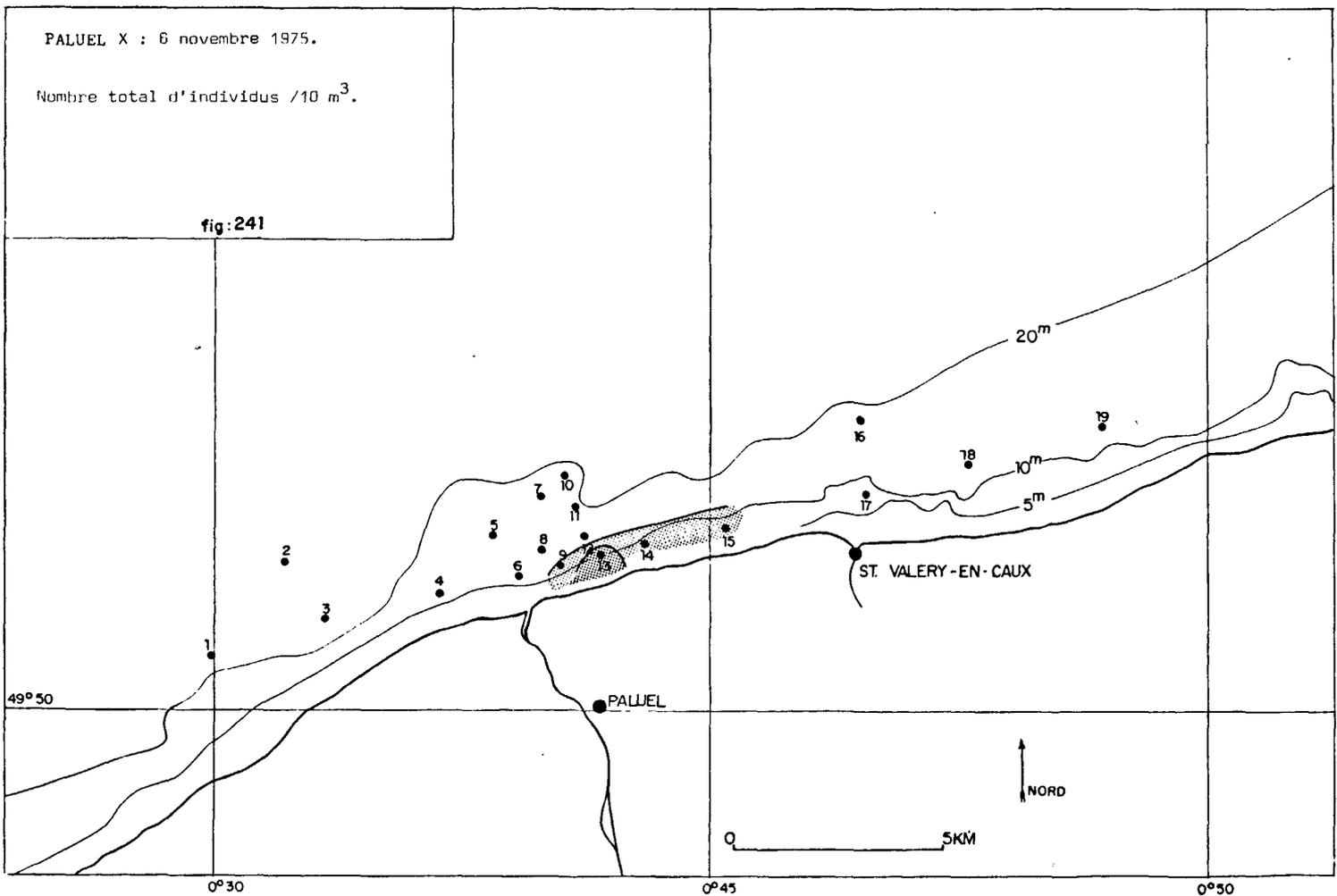
fig:240



PALUEL X : 6 novembre 1975.

Nombre total d'individus /10 m³.

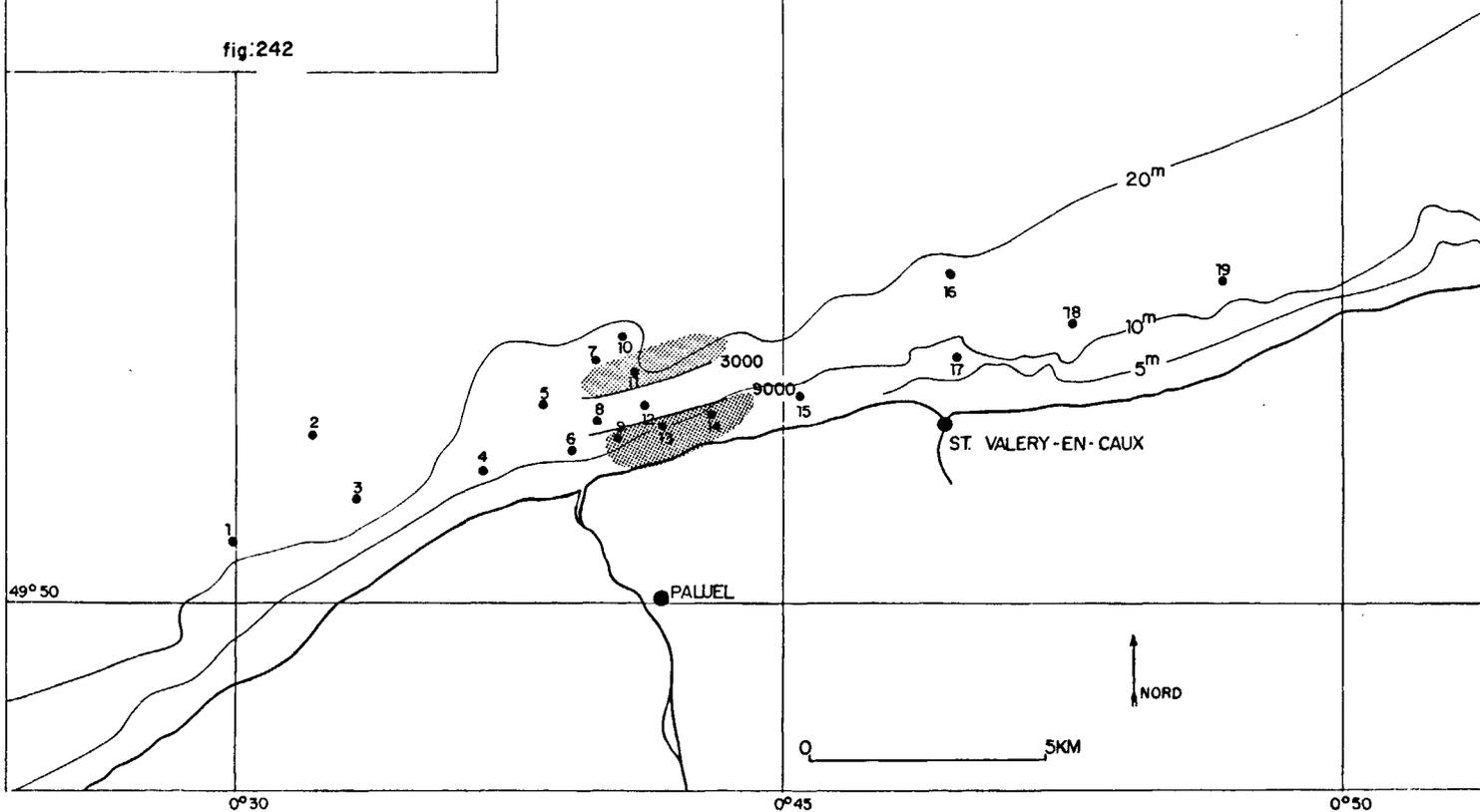
fig:241



PALUEL XI : 5 décembre 1975.

Nombre total d'individus /10m³.

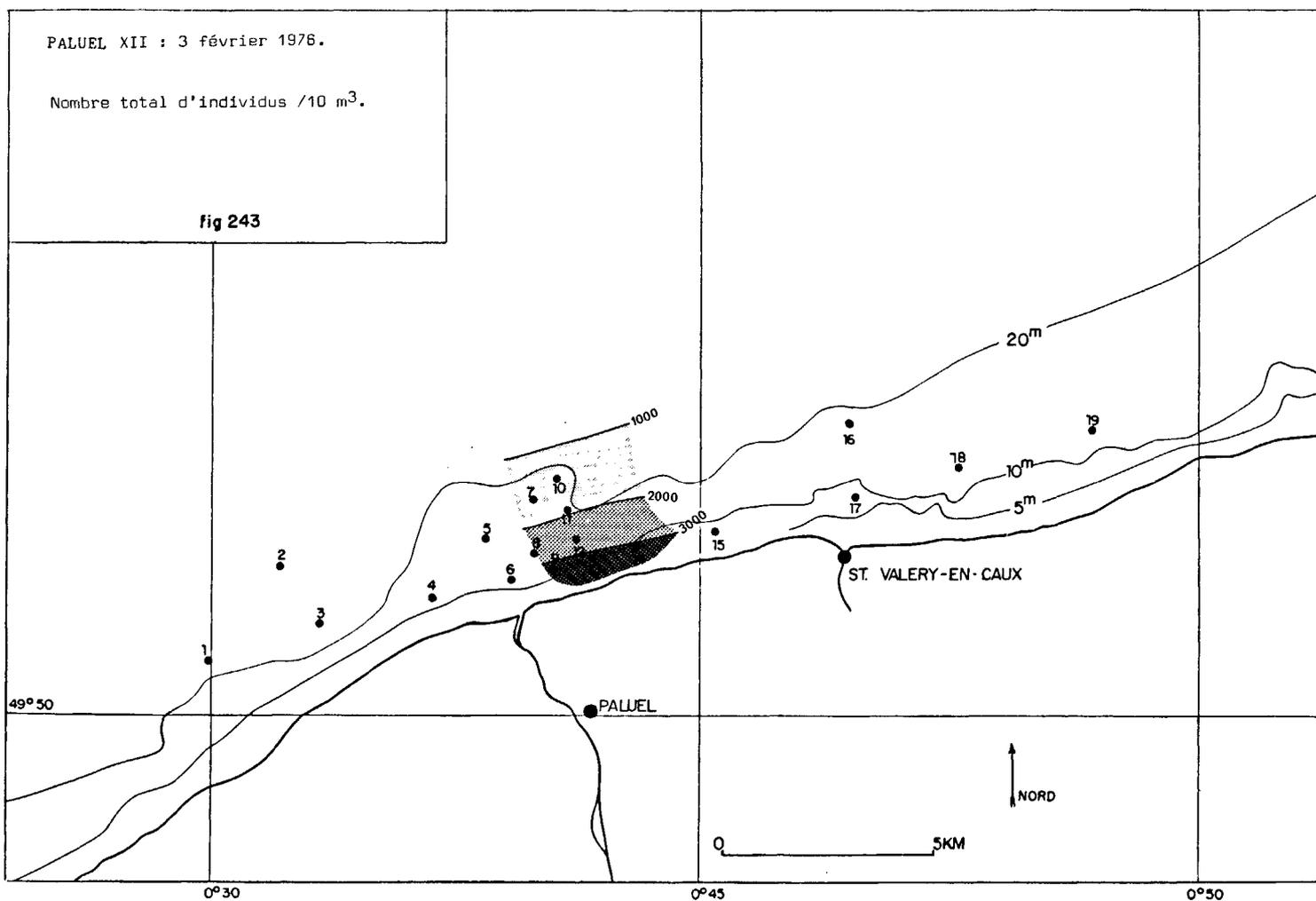
fig:242



PALUEL XII : 3 février 1976.

Nombre total d'individus /10 m³.

fig 243



Bien que le nombre de stations réalisé soit trop souvent en nombre limité, nous pouvons tout de même observer les deux particularités suivantes :

- il existe à PALUEL un gradient d'abondance décroissante de la côte vers le large ;
- la zone de débouché de la rivière DURDENT est caractérisée par une grande complexité ; on y trouve des taches d'abondances fortes jouxtant une zone "dessalée" pauvre en zooplancton. Notons que cette zone peut se déplacer vers l'Ouest, mais le plus souvent vers l'Est du débouché géographique de la DURDENT, ceci en liaison probablement avec les courants.

4.1.1.6 - Le gradient côte/large

Il est plus net aux stations extrêmes du site les plus éloignées de l'influence de la DURDENT (stations 1, 2, 3 et 16, 17, 18 et 19). Nous remarquons, sur l'ensemble des 12 campagnes, que le zooplancton compte environ 2 à 3 fois plus (en moyenne 2,6 fois) d'individus à la côte (stations 4 ou 17), qu'au large (station 1 ou 16).

Comme c'est le cas général, le méroplancton est très abondant à la côte : en particulier, les larves de Cirripèdes constituent l'essentiel de l'effectif du zooplancton d'hiver. Le reste de l'année, ce gradient s'explique aussi par l'abondance à la côte de certains Copépodes, particulièrement *Centropages hamatus*. On peut donc s'attendre à ce que l'importance de l'impact éventuel d'un rejet d'eau chaude ait d'autant moins d'effet sur le zooplancton que la prise et le rejet des eaux de refroidissement se situent plus au large.

4.1.1.7 - Zone de débouché des eaux de la DURDENT

La DURDENT débouche en mer au niveau des stations 6, 8 et 9. Ses eaux dessalées, soumises au régime des courants marins, peuvent être suivies, notamment par un tracé des courbes isohalines. Les stations 11, 12 et surtout 13, sont très influencées par les dessalures ; beaucoup moins à la station 10.

Le gradient côte/large est "cassé" par l'apport de ces eaux dessalées. Ainsi, au débouché de la DURDENT, le zooplancton est relativement abondant.

Par ailleurs, nous trouvons souvent dans les zones de fort gradient de salinité, c'est-à-dire dans les zones de "mélanges d'eau", une très forte abondance de zooplancton. Tout ce passe comme si les individus du zooplancton se situaient préférentiellement dans les zones de contact des eaux. Il semblerait que le zooplancton se répartisse par taches ; l'existence de mélanges et de tourbillons qui provoqueraient de petites convergences ou divergences pourraient expliquer ce phénomène, déjà observé dans d'autres circonstances.

4.1.2 - Méropiancton

4.1.2.1 - Les larves de Cirripèdes

Elles constituent un élément important du "fouling", elles peuvent coloniser des surfaces dures dans la meuse où les conditions leur sont favorables. Les jeunes larves de Balanes ou "nauplii" et les larves plus âgées ou "cypris" sont nombreuses à PALUEL et constituent un pourcentage important du nombre total d'individus. Ces larves sont très petites et ne représentent pas une biomasse importante en regard de la masse planctonique constituée par l'ensemble d'autres crustacés beaucoup plus lourds tels que les Copépodes et surtout les Mysidacés. Nous n'avons pas, au niveau du comptage, différencié les espèces, mais seulement les deux stades larvaires "nauplius" et "cypris".

a) Variations saisonnières

Les variations quantitatives de ces deux stades larvaires peuvent apporter des indications sur le temps de développement des espèces. Plusieurs maxima d'abondance apparaissent (figure 244) et leur interprétation peut être faite en utilisant les résultats de travaux antérieurs réalisés en Manche (BARNES, 1963 ; BASSINDALE, 1936 ; CRISP, 1959 ; SOUTHWARD, 1958). On observe sur la figure 244 un maximum de "nauplii" en mars - avril et un maximum de "cypris" en mai. Ceci correspond à la reproduction de l'espèce boréo-arctique *Balanus balanoides* qui prolifère

N/10m³ moyen

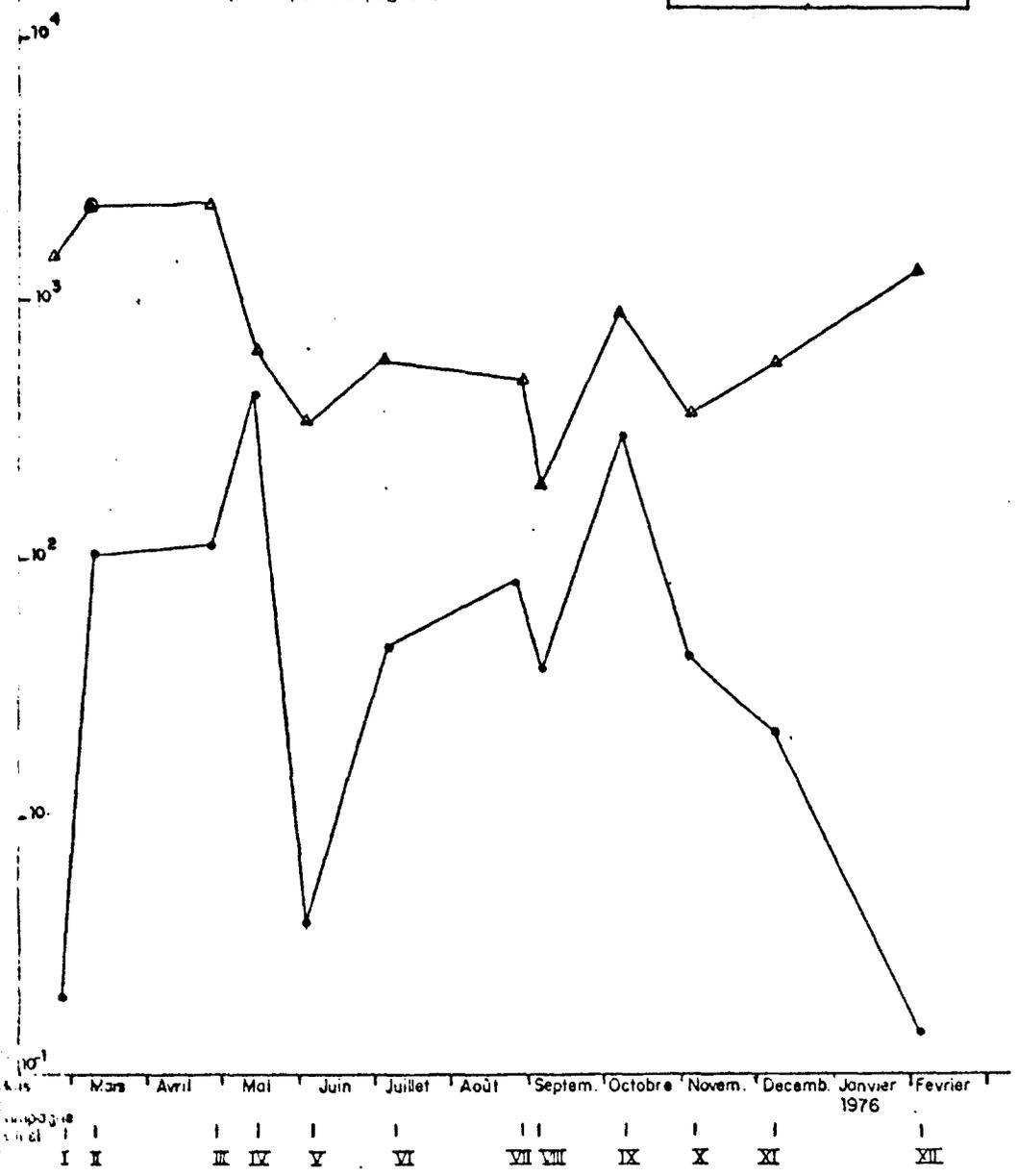
fig: 244

Variations saisonnières des larves de cirripèdes, *Nauplii* (stade jeune), *Cypris* (stade avancé).

(moyenne par campagne).

LEGENDE

- Nauplii de Cirripèdes —▲—
- Cypris de Cirripèdes —●—



N/10m³ moyen

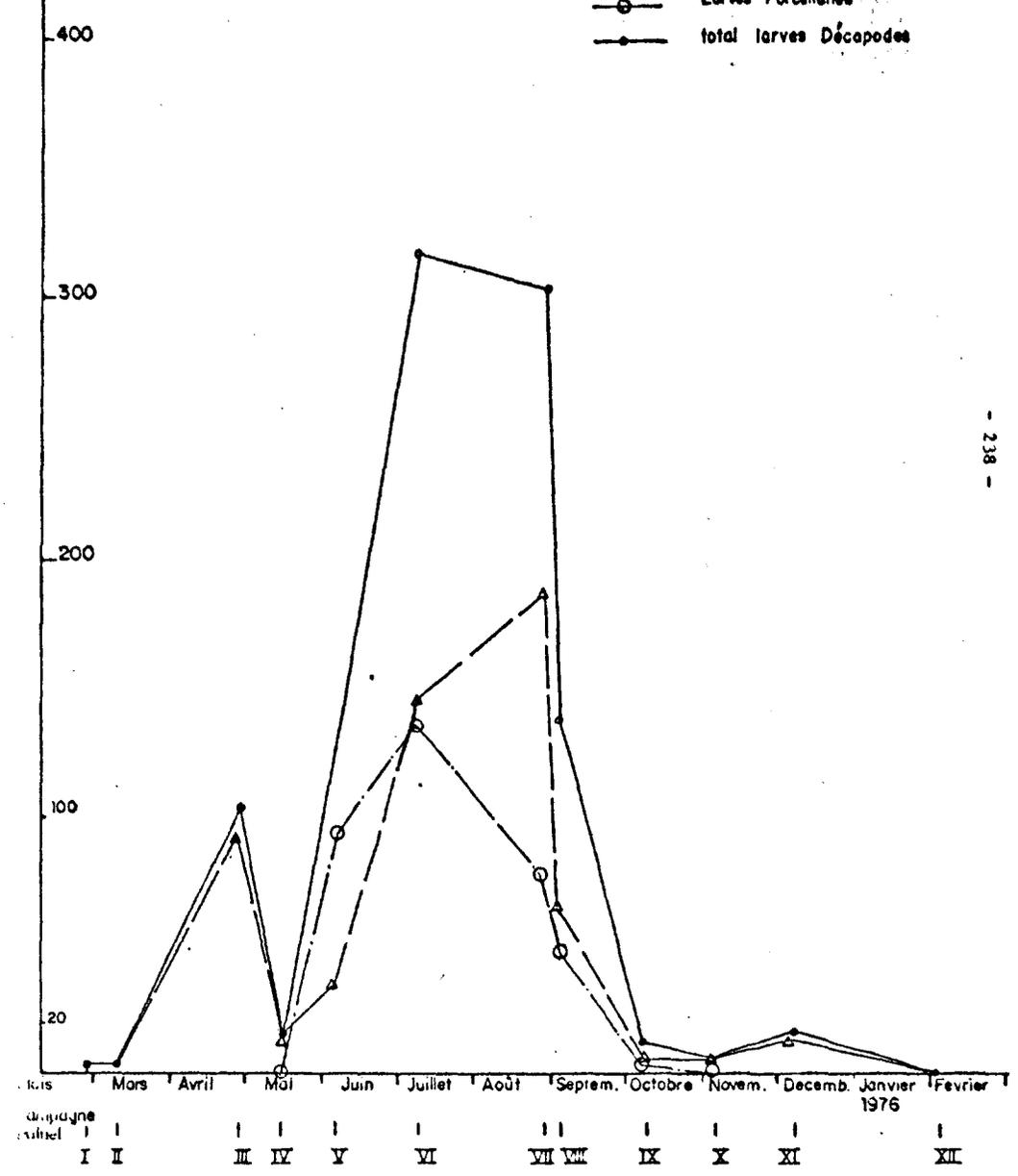
fig: 245

Variations saisonnières du nombre total de larves de Crustacés décapodes.

(moyenne par campagne).

LEGENDE

- Larves Brachyures —▲—
- Larves Porcellanes —○—
- total larves Décapodes —●—



au début du printemps. Toujours selon les auteurs précédemment cités, le temps de développement moyen entre le stade "nauplius" et le stade "cypris" serait de trois semaines environ. Il faudrait évidemment pour mieux cerner le temps exact de développement des différentes espèces resserrer la maille temporelle des prélèvements ; les prélèvements réalisés mensuellement ne permettent pas de connaître la durée exacte du développement sur le site étudié.

Si l'espèce *Balanus balanoides* émet ses larves des février et si elle est responsable du premier maximum observé, il faut savoir que deux autres espèces *Verruca stroemia* et *Elminius modestus* peuvent être présentes aussi au printemps à PALUEL (SOUTHWARD, communication personnelle, 1976).

A partir du mois d'avril on rencontre plus souvent *Balanus crenatus*, à partir du mois de mai *Chthamalus* sp., enfin , à partir de juin *Balanus perforatus*.

b) Distribution géographique

Balanus balanoides est une espèce d'eau froide, tandis que *Chthamalus stellatus*, d'origine atlantique, est plus abondante dans les eaux plus chaudes et sa présence correspond alors à celle du Chaetognathe *Sagitta elegans* (MOORE, 1939).

c) Tolérance aux changements de températures

Les expériences de CRISP et RITZ, 1967 ont montré que la limite supérieure létale des organismes dépend à la fois de la saison et de l'âge des individus : la température létale étant plus élevée en été qu'en hiver, et les jeunes individus étant moins résistants. KINNE (1963) considère que la gamme des températures tolérées est plus étroite pour les stades très jeunes de nombreuses espèces animales. La température létale des adultes de *Balanus balanoides* en janvier vers 43° C ; elle serait de 40° C pour les stades "naupliens"

4.1.2.2 - Larves de Crustacés Décapodes

Parmi les larves du méroplancton, nous avons remarqué à PALUEL une bonne part le larves de Décapodes. Les plus fréquentes sont les Caridés, Paguridés,

Porcellanidés et les Brachyoures. Parmi ces groupes nous avons pu distinguer en particulier des larves de crevette *Grangon*, de *Porcellana*, d'*Ebalia* et enfin de *Pinnotheres* (petit crabe commensal des moules, très fréquent dans celles-ci).

Les courbes de variations saisonnières de larves de Décapodes (figure 245) montre le premier maximum en avril, puis une phase d'abondance qui dure de juin à septembre. Ceci cadre bien avec ce que l'on connaît du cycle de cette partie du méroplancton (THIRIOT, 1963). En effet, les émissions de larves par les adultes (Crustacés) commencent avec le premier réchauffement printanier, puis, après une période "calme", nombre d'espèces se reproduisent lors de l'été. Très peu d'espèces pondent entre octobre et mars.

On peut voir de façon plus détaillée (figure 245) que les Brachyoures sont responsables du premier pic d'avril, celui-ci concerne pour la majorité des larves de crabe, *Carcinus* et *Macropipus* en particulier. Le second pic d'été correspond à la fois aux larves de Brachyoures (*Pinnotheres* et *Ebalia*, et crabes d'hiver) et aux Porcellanes (2 espèces *P. platycheles* et *P. longicornis*). Ce maximum correspond à 300 individus par 10 m³. La richesse en larves de Crustacés (Cirripèdes, Décapodes, etc.) est assez caractéristique du zooplancton de PALUEL et par là aussi différente de celui étudié à GRAVELINES. Ceci nous paraît en rapport avec un estran riche en roches et bancs de silex, et surtout avec le platier rocheux, fonds propices aux Crustacés. En outre, on sait que les bancs de sable des plages sont riches en *Grangon* ("Crevettes grises"). Enfin, les moulières fréquentes sur ce littoral peuvent héberger de nombreux Pinnothères.

4.1.2.3 - Larves d'Annélides

Nous avons observé les larves de 14 genres d'Annélides, dont 5 appartiennent à la même famille des Spionidés (voir liste faunistique). La plupart de ces larves correspondent à des Annélides vivant dans des zones sableuses (faciès moyennement représentés sur le site de PALUEL) ; un genre cependant, *Polydora* habite les calcaires.

Les larves d'Annélides représentent une partie non négligeable de zooplancton et elles sont intéressantes, puisqu'elles correspondent à des formes

adultes qui constituent, elles, une bonne partie de la nourriture de nombreux Crustacés et poissons de fond.

On sait que les émissions de larves se font à la suite du réchauffement printanier, qui, de façon plus ou moins directe, agit sur la maturité des adultes (ceci est de même valable pour la majeure partie des animaux méroplanctoniques).

La courbe représentative des variations saisonnières du nombre total de larves d'Annélides (figure 246 établie sur l'année 1975, montre trois pics : le premier au début mars, les autres en mai et août. En fait les larves sont abondantes de février à septembre (de 200 à 2 000 individus par 10 m³).

Nous avons représenté sur la même figure les variations saisonnières moyennes (moyenne par campagne) du nombre total des larves d'Annélides et celles de *Lanice conchilega*. Une autre figure (figure 247) détaillera le comportement saisonnier des Spionidés. On voit que les pics de mai et août concernent presque exclusivement les larves de *Lanice*. Le pic de mars (1975) concerne un Spionidés : *Scolelepis ciliata*.

a) *Lanice conchilega*

Cette larve, issue d'un adulte tubicole habitant les faciès sableux à tous les niveaux, est facilement reconnaissable : logé dans un fourreau transparent ouvert aux extrémités, elle présente une bonne flottabilité en même temps qu'une défense efficace (relative !) contre les petits prédateurs. Ainsi, très bien adaptée à la vie planctonique, elle peut être disséminée très longuement par les courants.

Les larves de *Lanice conchilega* sont présentes toute l'année à PALUEL, les périodes d'abondance sont mai et août. Les quantités enregistrées sont très inférieures à celles vues à GRAVELINES (maximum environ 6 fois plus faible). Comme sur le site de GRAVELINES, on note une disparition progressive à partir de l'été.

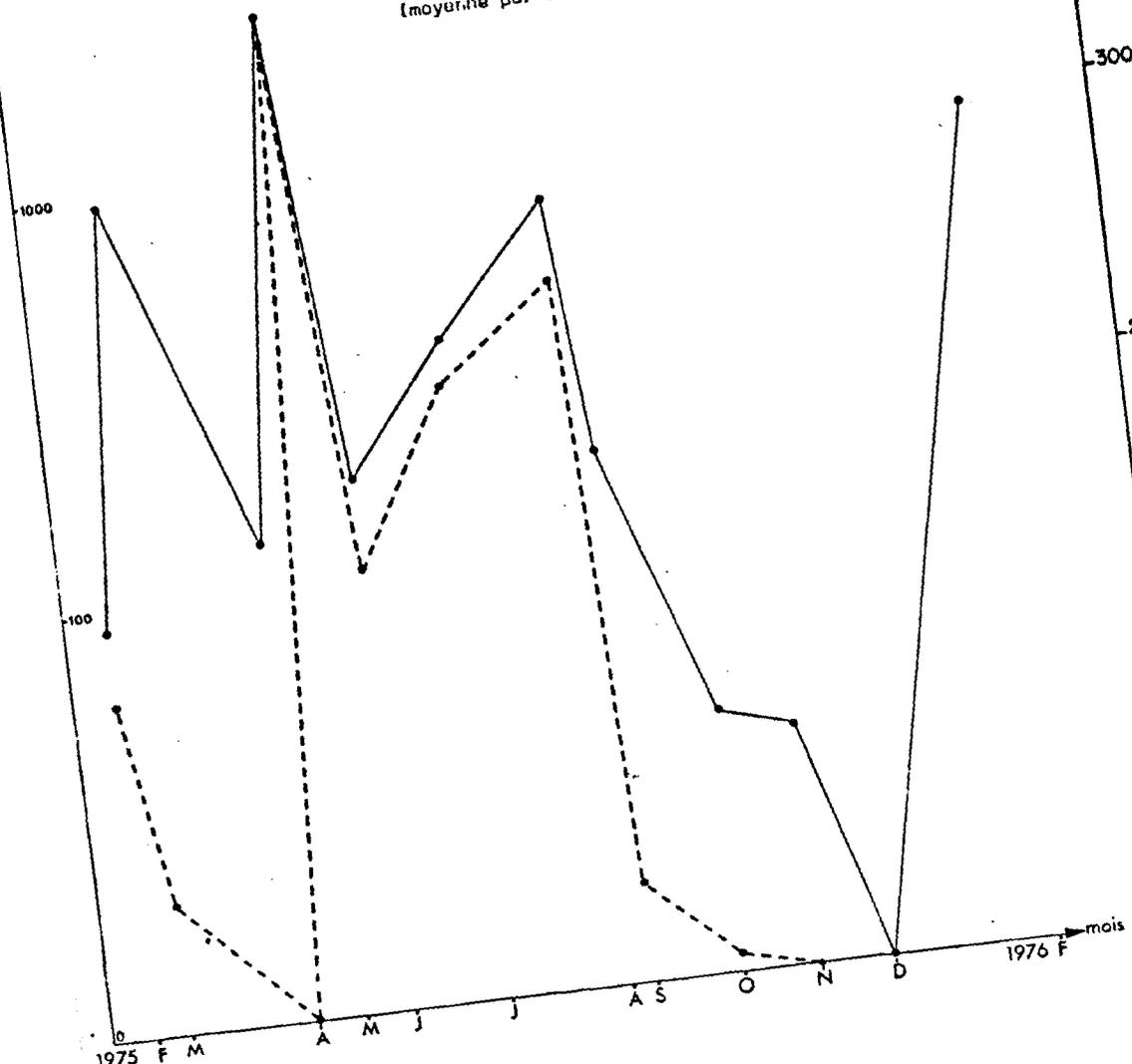
b) Spionidés

Après *Lanice conchilega*, les larves les plus abondantes sont celles de trois Spionidés, soit *Scolelepis ciliata*, *Spio* sp., *Polydora ciliata*, dont nous étudierons ci-dessous les variations saisonnières.

0m³ moyen

—●— TOTAL LARVES ANNELIDES
 - - - LANICE CONCHILEGA

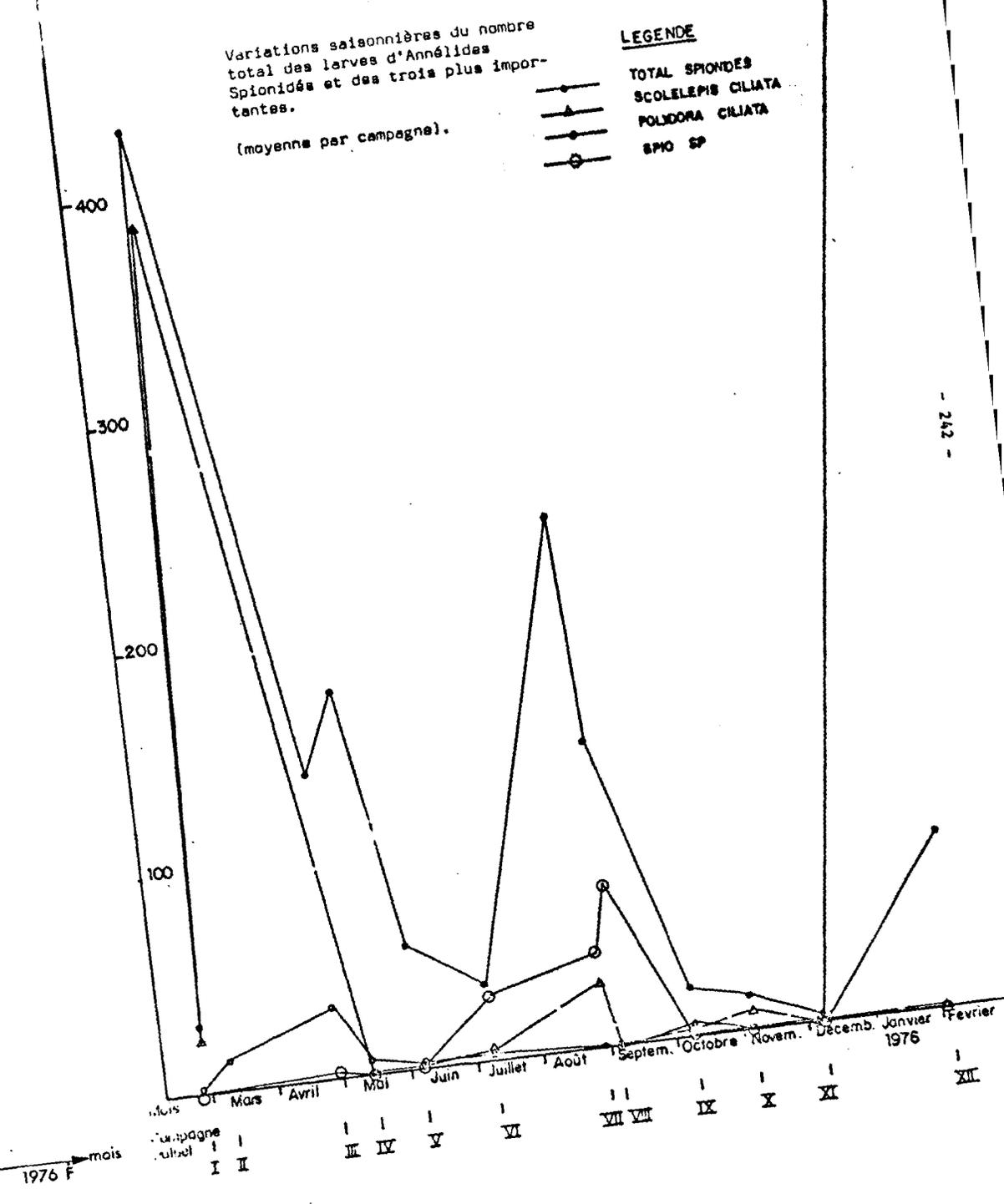
Variations saisonnières du nombre total de larves d'Annélides et de *Lanice conchilega*.
 (moyenne par campagne).



500 N/10 m³ moyen

Variations saisonnières du nombre total des larves d'Annélides Spionidés et des trois plus importantes.
 (moyenne par campagne).

LEGENDE
 —●— TOTAL SPIONDES
 —▲— SCOLELEPIS CILIATA
 —●— POLIDORA CILIATA
 —○— SPO SP



Scolelepis ciliata

Les larves de *Scolelepis ciliata* sont présentes presque toute l'année à PALUEL. On note une très forte abondance le 11 mars et un petit pic en août. Cette larve n'a été observée à GRAVELINES qu'en petite quantité. L'étude du benthos donne de plus fortes quantités de *S. fuliginosa*.

Polydora

Les larves du genre *Polydora* possèdent des chromatophores noirs (mélamine) très caractéristiques, qui permettent un diagnostic de l'espèce malgré la conservation au formol. Nous avons différencié trois espèces à PALUEL.

A PALUEL, les larves de *Polydora ciliata* sont présentes lors de toutes les campagnes, sauf en septembre et décembre. On observe (figure 247) en 1975, un petit pic d'abondance en mars. Les courbes moyennes restent très faibles (50 par 10 m³) par rapport à celles enregistrées à GRAVELINES, de l'ordre de 100 fois supérieur. Lors de la sortie de février 1976 par contre, les larves de cette espèce représentent une part des larves d'Annélides et donnent une moyenne de 76 par 10 m³.

On avait attribué la grande richesse en larves de *P. ciliata* à GRAVELINES au peuplement énorme de *Polydora* adulte, dans les roches du GRIS-NEZ (éloigné du site étudié) en particulier ; c'est pour nous un paradoxe de voir les larves moins abondantes à PALUEL où l'on sait que les platiers rocheux (calcaires) sont aussi habités par *Polydora* (voir étude du benthos) et cela sur le site même. Il faut en déduire que les peuplements d'adultes sur les régions rocheuses proches de GRAVELINES sont bien supérieurs à ceux des côtes crayeuses du Pays de Caux.

Deux autres espèces, *P. coeca* et *P. pulchra* sont également intéressantes, si la première n'a qu'un intérêt qualitatif, la seconde *P. pulchra* n'est pas négligeable, elle apparaît dans le plancton de juillet à septembre, et le pic enregistré le 3 septembre correspond à un nombre d'individus 1 fois 1/2 supérieur à celui de *Polydora ciliata* en mars.

Parmi les Spionidés, outre *Scolelepis* et *Polydora*, notons l'intérêt de *Spio*, de *Spiophanes* et de *Nerine*.

Spio sp.

Les difficultés de détermination de ces larves au niveau spécifique malgré de bonnes références (HANNERS, 1957 ; BHAUD, 1971 ; ainsi que des travaux récents (GUERIN, 1975) qui ont montré comment une même espèce d'individus adultes pourraient donner différents types de larves, selon les conditions de milieu, nous ont obligé à une certaine prudence, quant au rattachement de ces larves de *Spio* à l'une ou l'autre espèce. Ceci soulève des questions d'ordre purement zoologique qui dépassent notre travail.

Nous avons rattaché à *Spio filicornis* les larves vues à GRAVELINES, étant donné la richesse de l'adulte dans les sables de la région ; les rapports du méroplancton avec le benthos semblent difficiles à établir à PALUEL (voir étude du benthos). Ce sont des larves de *Spio* du même type que nous avons observé à PALUEL, pour la plupart ; des larves d'un second type ont été comptées en octobre. Toutes ces larves sont considérées ensemble, dans ce travail.

On observe ces larves en avril puis en été, de juillet à octobre, la courbe (figure 247) montre un pic en septembre.

Spiophanes sp.

Cette larve, assez facile à déterminer (couleur des yeux, pigment jaune sur le pygidium) fait son apparition dans le plancton d'août (38 par 10 m³ en moyenne). Non seulement elle est bien moins abondante et moins fréquente aussi qu'à GRAVELINES, mais plus tardive.

On peut rattacher les larves observées à *Spiophanes bombyx* fréquente dans les zones sableuses.

Nerine

Les larves de *Nerine* sont typiques et faciles à reconnaître, on ne peut cependant les rattacher qu'au genre. Plusieurs larves de *Nerine* restent méconnues quant à l'espèce à laquelle les rattacher. De même, pour certaines espèces bien décrites au niveau des adultes, on n'a aucun document sur ces stades larvaires.

On observe les larves de *Nerine* de février à avril, puis de juillet à septembre, enfin, on enregistre un très fort pic d'abondance lors de la campagne de février 1976, ce qui est traduit (figure 246) sur la courbe des variations saisonnières du nombre total de larves d'Annélides. Il s'agissait alors presque exclusivement de très jeunes trochophores.

On sait que le développement de larves de Spionidés se déroule en quelques semaines (et qu'elles cessent d'être planctoniques pour se fixer) ; on ne peut par exemple attribuer à des pontes de février des nectochètes de mai. Quoi qu'il en soit, les larves sont émises par "bloom" et une maille temporelle insuffisante laisse vraisemblablement des lacunes dans le cycle observé.

c) Autres larves d'Annélides

Outre les larves citées ci-dessus, trois genres restent intéressants à PALUEL *Nephtys* et *Phyllodoce*, typiquement printanier, et *Harmothoe* présent en très petit nombre tout au long de l'année.

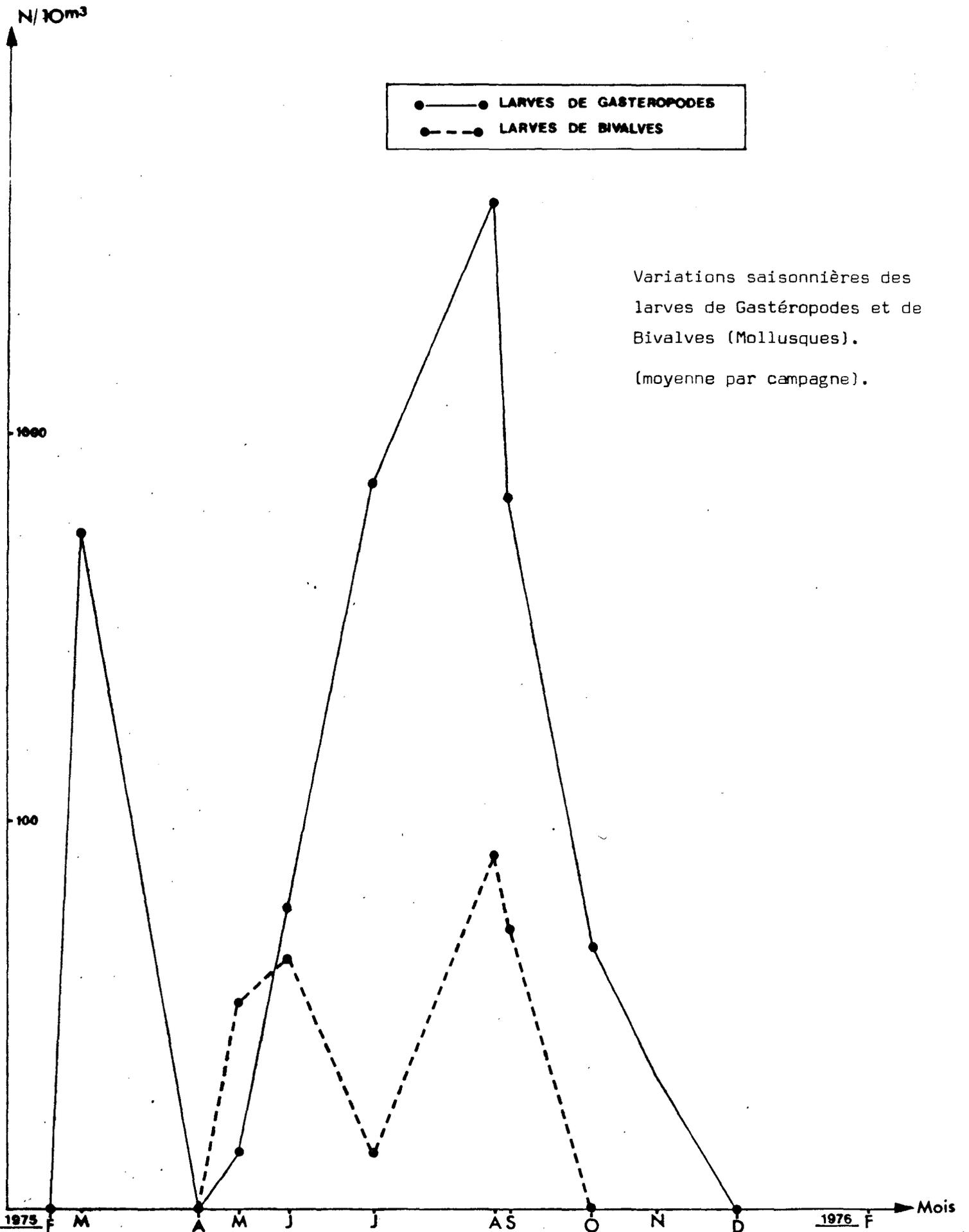
4.1.2.4 - Larves de Mollusques

Les larves véligères de Gastéropodes et de Mollusques sont abondantes à PALUEL.

Gastéropodes

On enregistre à PALUEL deux pics marqués (figure 248) quant à l'abondance des larves de Gastéropodes, le premier en mars (500 larves en moyenne par 10 m^3), l'autre en août (4 000 larves/ 10 m^3). La courbe représentative des variations saisonnières du nombre des larves de Gastéropodes suit presque le même profil que celle établie pour les larves de Décapodes. Effectivement, dans les deux cas, on enregistre les émissions de larves en deux temps, l'un très printanier, l'autre au début de l'été. Les deux pics sont d'autant plus nettement séparés qu'en 1975, la fin du mois de mars correspondait à une "vague de froid" suivi d'un réchauffement brusque.

Nous n'avons pas, dans le cadre de ce travail, distingué les larves de Mollusques de façon systématique. On peut cependant attribuer la majorité des larves de Gastéropodes aux gibbules, littorines et patelles, lors du premier



Variations saisonnières des larves de Gastéropodes et de Bivalves (Mollusques).
(moyenne par campagne).

pic d'abondance, et aux crépidules l'abondance d'août et septembre. On sait justement que le crépidule adulte (*Crepidula fornicata*) est un mollusque très abondant dans ces régions qui peut coloniser de grandes surfaces et atteindre des densités telles qu'il pourrait obstruer des canalisations.

Bivalves

On enregistre (figure 248) deux phases maximales en ce qui concerne les larves de ce groupe, l'un en mai-juin, l'autre en août-septembre. Etant donné la faune des fonds, il faut attribuer aux moules la majeure partie de ces larves.

N.B. : Les larves de Mollusques retiennent notre intérêt et seront étudiées de façon plus détaillée lors d'études suivies sur ce même site.

4.1.2.5 - Autres larves

Il s'agit de larves d'Echinodermes et de Bryozoaires.

Echinodermes

On trouve comme à GRAVELINES des larves d'oursins (Echinides), d'ophiures (Ophiuridés) et d'étoiles de mer (Stelléridés). Ce sont les plus abondantes et elles correspondent à *Asteria rubens*, fréquente sur ce site.

Larves de Bryozoaires

Il s'agit des "Cyphonautes" fréquents à 67 % dans nos échantillons, ils sont présents en fait toutes les saisons, on note un maximum (136/10 m³) en mai puis un palier jusqu'en décembre (environ 20 à 40 de moyenne par 10 m³), puis une "période creuse" (moyenne 2 à 6 par 10 m³) de décembre à avril. Il faut rattacher ces larves aux nombreux Bryozoaires fixés sur l'estran, le benthos et les coquilles.

4.1.2.6 - Les Cnidaires

Nous avons observé surtout des Hydroméduses et des larves de Cérianthaires ("*Cerínula*").

Hydroméduses

Nous avons recensé 12 Hydroméduses dans le zooplancton de PALUEL, 10 d'entre elles sont communes à l'inventaire de GRAVELINES (1974-1975), deux d'entre elles, *Phiatella* et *Eutima gracilis* n'ont pas été vues à GRAVELINES.

Si la liste qualitative est sensiblement la même sur les deux sites étudiés cette année parmi les espèces qui sont apparues comme les plus abondantes, seul *Hybocodon* est commune aux deux sites.

Nous retiendront, à PALUEL et par ordre d'importance numérique :

- . *Hybocodon prolifer* (figure 249)
- . *Phialidium hemisphaericum*
- . *Phialella quadrata*
- . *Sarsia prolifera*

La figure 250 montre la courbe des variations saisonnières de l'ensemble des Cnidaires et détaille les variations propres à 3 d'entre elles. Nous avons réuni sous la même rubrique "leptoméduses juvéniles", les jeunes *Phialella quadrata* et *Phialidium hemisphaericum* (voir ci-après).

Hybocodon prolifer

Cette espèce nord-boréale est connue pour sa large répartition géographique. Cette répartition s'étend jusqu'en Manche où elle atteint alors sa limite Sud. Plusieurs séries d'études antérieures (KRAMP, 1927 ; AURICH, 1957 ; BODO, 1963) montrent pour cette espèce un comportement saisonnier très dépendant de la température, bien typique, et qui est presque le même dans le Kattegat, en Mer du Nord ou en Manche Occidentale. Nous avons retrouvé dans le cycle du zooplancton, un maximum des *Hybocodon prolifer* en mai. Cette espèce est en fait présente dès l'hiver à raison de très peu d'exemplaires (moyenne $1/10\text{ m}^3$ par campagne), alors que le pic enregistré le 15 mai correspond à un chiffre moyen de plus de 1 000 individus/ 10 m^3 . Pour plus de détail, notons que l'on enregistre, le 15 mai à la station 9, une quantité de 5 297 individus pour 10 m^3 . On remarque (figure 251) une chute du nombre d'individus tout aussi spectaculaire que son augmentation, quelques rares individus sont encore présents en juin, après quoi cette méduse disparaît complètement.

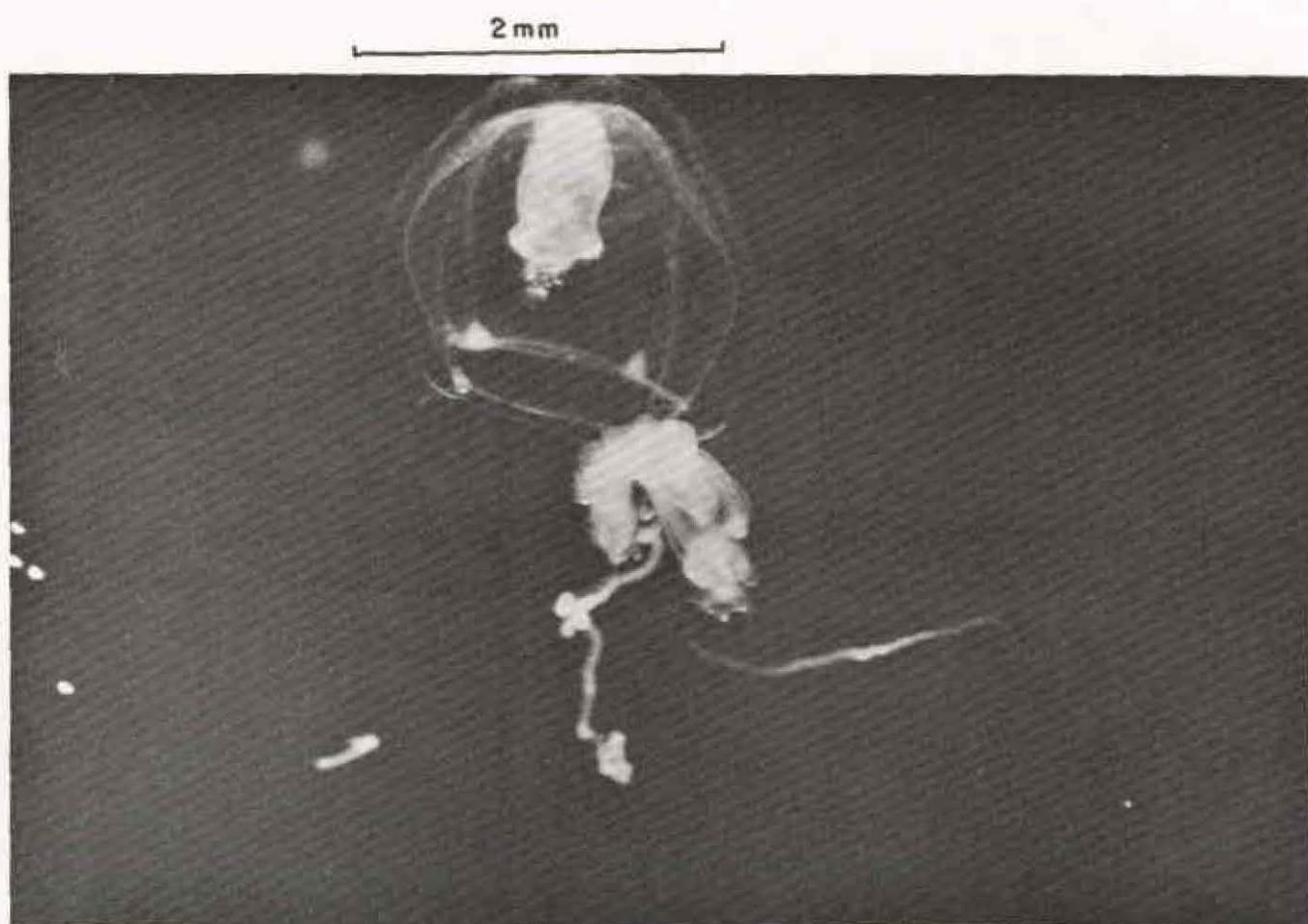


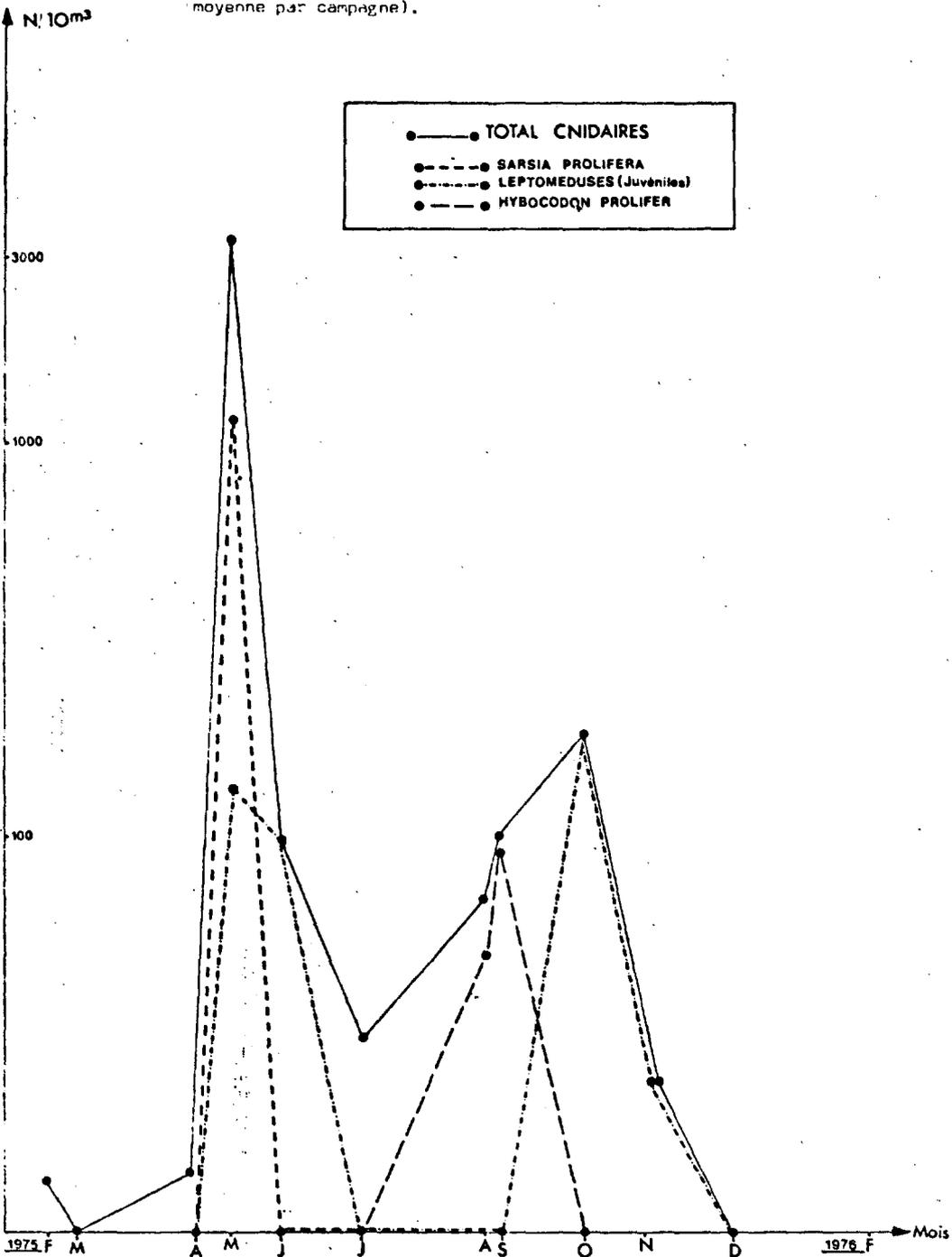
Figure 249 - *Hybocodon prolifer* (vu au binoculaire)

(Photo G. LE FEVRE - LEHOERFF)

Fig 250

variations saisonnières du nombre total des Cnidaires et des Hydroméduses les plus abondantes.

(moyenne par campagne).



N/10m³ moyen

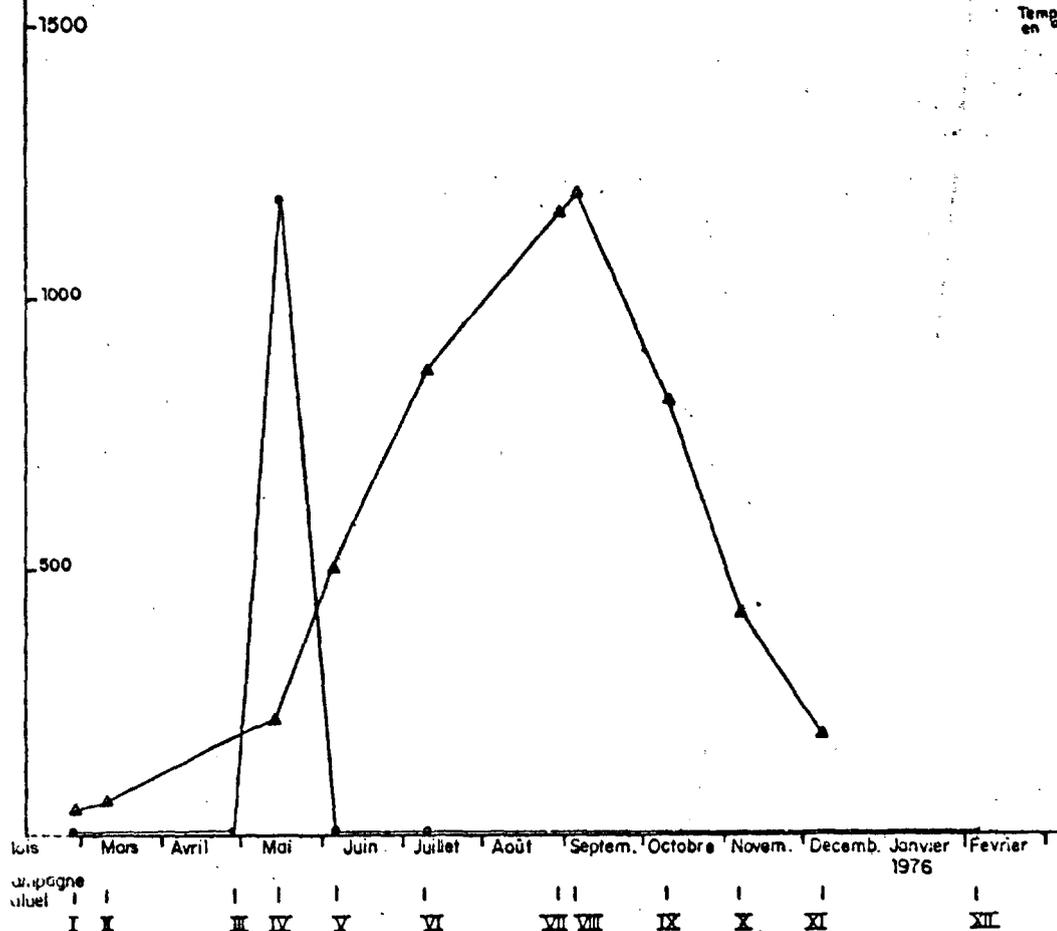
Fig.251

Variations saisonnières de *Hyboodon prolifer* (Cnidaires) en rapport avec la température.

(moyenne par campagne).

LEGENDE

—●— Hy
—▲— T°



Temper. en °C

Nous avons comparé la courbe des variations saisonnières d'*Hybocodon* avec les courbes des températures (moyenne). On voit que la disparition de la méduse correspond à la montée de la température, celle-ci passe alors de 10 à 13° C (entre le 15 mai et le 5 juin). Nous avons représenté graphiquement (figure 252) la répartition d'*Hybocodon* en fonction du diagramme T.S. (salinité, température), cette répartition montre une liaison directe avec la température : la plus forte densité de concentration d'individus correspond à une eau de 10°5 et de 32,5 ‰ de salinité. A GRAVELINES, le même cycle saisonnier a été observé, le maximum d'abondance, en mai, correspondait à des eaux d'environ 10° et 30,5 ‰.

On peut dire, après cette série d'observations concordantes et les diverses données de la bibliographie que l'Hydroméduse *Hybocodon prolifer* peut vivre dès 1° C (AURICH, 1957), elle prolifère dans les eaux de 10 à 13° C, et elle disparaît totalement au delà de 14° C. Cinq séries d'observations en des points géographiques différents (Kattegat, mer Baltique, ROSCOFF, GRAVELINES, PALUEL) nous permettent de penser qu'il s'agit bien d'un cycle biologique naturel. Aucune invasion de prédateur notoire n'est enregistrée au moment où disparaît *Hybocodon prolifer*, en outre les prédateurs de méduses sont rares, les principaux restent les poissons pélagiques qui eux aspirent tous les individus planctoniques sans opérer de sélection.

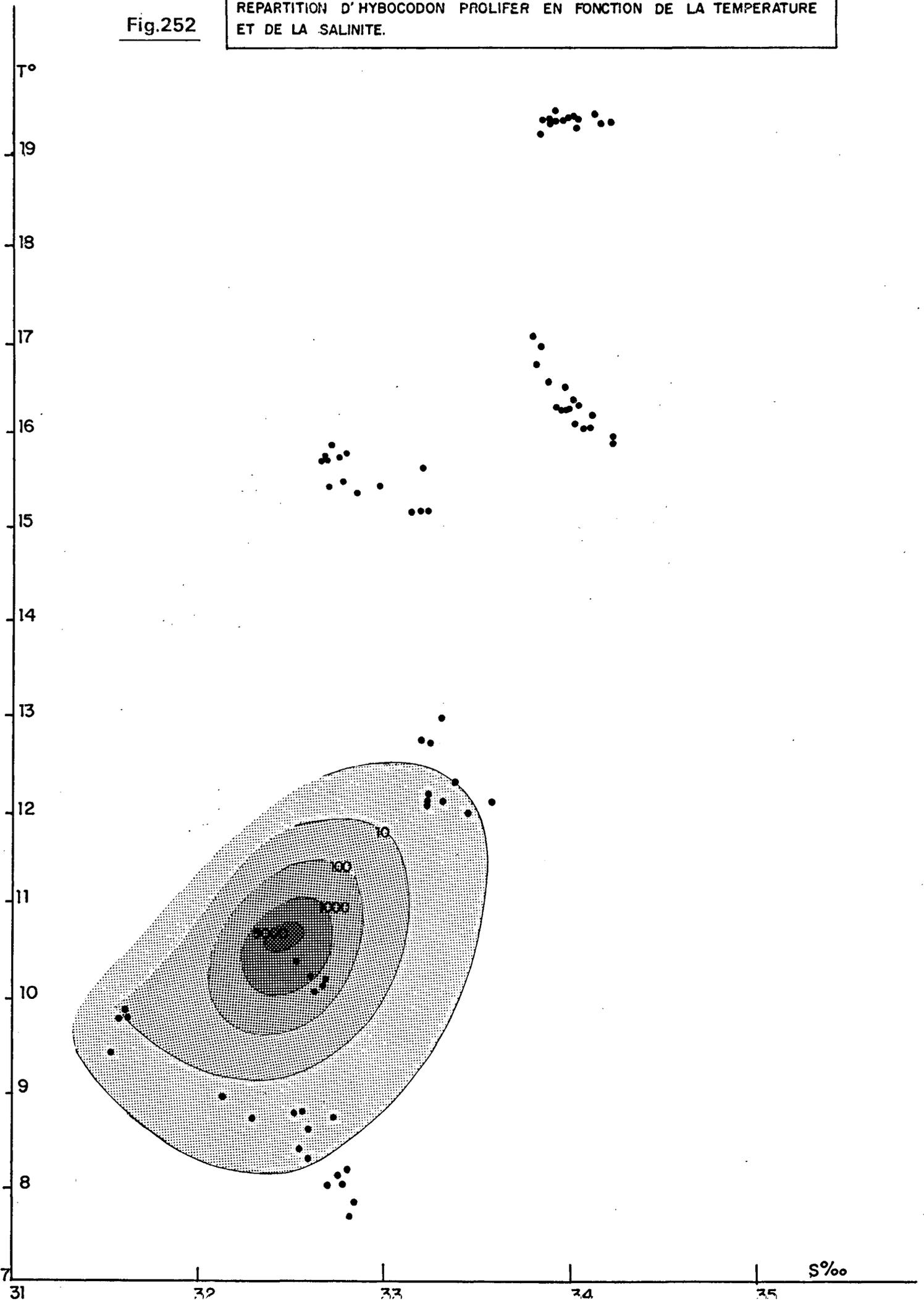
Il est important de noter que nous n'avons pas rencontré de méduses mures sexuellement, mais seulement des individus en bourgeonnement, ce qui correspond à la première période du cycle. La maturation se faisant durant une période de une à deux semaines (BODO, 1963), il semble que c'est l'échantillonnage qui est en cause et qu'une maille temporelle mensuelle ne donne qu'une mauvaise image de la réalité. Ceci n'est qu'un exemple, la même remarque, nous l'avons vu, s'applique à beaucoup d'animaux du méroplancton ; et l'on peut penser justement qu'une maille temporelle bimensuelle, voire hebdomadaire (au moins au périodes "critiques") apporterait le précieux renseignements sur certains cycles biologiques.

Phialidium hemisphaericum et *Phialella quadrata*

Ce sont essentiellement des stades juvéniles de ces deux espèces que nous avons récoltés, ainsi nous avons réuni sous la même rubrique "leptoméduses

REPARTITION D'HYBOCODON PROLIFER EN FONCTION DE LA TEMPERATURE ET DE LA SALINITE.

Fig.252



juvéniles" les jeunes de *Phialella* et de *Phialidium*, en effet, si la distinction de ces deux leptoméduses est faisable sur les formes adultes, elle devient très délicate sur les formes très jeunes et conservées au formol. Seule la distinction de quelques exemplaires adultes nous a permis d'attribuer à l'une ou l'autre espèce, les maxima d'abondance observés. Ainsi, la courbe représentative (figure 250) des variations saisonnières de ces espèces montre deux pics bien distincts, l'un au printemps (mai et juin), l'autre à la fin de l'été (août et septembre).

Si le pic d'été correspond à des *Phialidium*, le pic du printemps est imputable aux deux espèces à la fois.

Des connaissances antérieures nous permettent d'étayer cette observation : BODO (1963) a en effet montré que *Phialella* était exclusivement printanière en Manche Occidentale alors que *Phialidium* montre deux périodes d'abondance, l'une à la fin du printemps, l'autre à la fin de l'été.

N.B. : A GRAVELINES, *Phialella quadrata* était abondante et *Phialidium* très peu représentée. Rappelons que d'après RUSSEL (1954), *Phialidium hemisphaericum* est recensée dans l'Est de la Manche et dans le Sud de la mer du Nord, alors que *Phialella quadrata* est absente sur ces deux régions.

Sarsia prolifera

Cette méduse, très côtière, est présente à PLAUDEL en juillet, août et septembre, le maximum d'abondance se situe lors des campagnes du 28 août et du 4 septembre.

Si les méduses, essentiellement constituées d'eau, ne présentent apparemment pas un grand intérêt en tant que biomasse ou nourriture pour poissons, etc., elles sont par contre de puissants prédateurs carnivores, tout comme les Cténares et les Chaetognathes, capables d'ingérer un grand nombre d'individus, alevins, Chaetognathes, crustacés, etc..

Larves de Cnidaires

"*Cerimula*" : il s'agit de larves de Cérianthaires ; on ne les trouve qu'au printemps, elles sont vraisemblablement issues des *Cerianthus lloydi* de la région.

"*Actinula*" : elles sont très rares. Appartenant aux Tubulariidés, elles peuvent être issues des méduses d'*Hybocodon* (dont la maturation sexuelle a lieu en mai) ou de *Ectopleura* (maturation sexuelle en automne) ou bien des hydraires benthiques du genre *Tubularia*

"*Ephyrula*" : elles sont rares et peuvent être rattachées au Syphozoaire *Aurelia* présent dans la région.

4.1.2.7 - Conclusion à propos du méroplancton

Le comportement saisonnier des individus méroplanctoniques ne peut être considéré avec la même optique que celui des animaux de l'holoplancton. En effet, larves diverses ou Hydroméduses sont émises dès le printemps, lors du premier réchauffement des eaux qui provoquent la maturation sexuelle des divers animaux de la région. Une fois émises dans le milieu pélagique, elles se développent et survivent. Elles sont soumises aux conditions hydrologiques auxquelles elles ne sont pas liées comme peuvent l'être certains Copépodes, Chaetognathes ou Cténaires...

Le cycle saisonnier du méroplancton suit les variations de la température, souvent sous forme de pics successifs, depuis fin février jusqu'en automne. Rares sont les animaux qui se reproduisent entre septembre et février (*Scolecopsis fuliginosa*, *Nerine*, Bryozoaires). Les Annélides sont les plus précoces (fin de l'hiver), ensuite les Hydraires, Mollusques et larves de Décapodes se succèdent. Du point de vue spatial, pour l'ensemble du méroplancton, on note une plus forte densité à la côte et souvent une accumulation spectaculaire non encore expliquée à la station 9.

4.1.3 - L'holoplancton

Le plancton permanent ou holoplancton reflète l'évolution de la structure hydrologique et hydrodynamique de la zone étudiée. Nous nous sommes attachés, dans la mesure du possible, à préciser :

- les caractères de la distribution horizontale des principales espèces et de leur liaison avec les facteurs du milieu (température, salinité) et les possibilités de nutrition (phytoplancton pour les Copépodes herbivores par exemple) ;
- les périodes de reproduction, les successions d'espèces au cours du cycle annuel, leur dominance et leur valeur alimentaire dans la série du cycle trophique étudié.

Nous verrons successivement le rôle des crustacés holoplanctoniques (Copépodes et Mysidacés en particulier), les Appendiculaires et les Chaetognathes qui correspondent à des maillons différents du cycle trophique et à des régimes alimentaires variés.

4.1.3.1 - Les Copépodes

Ce sont des Crustacés holoplanctoniques de faible taille (200 μ à 1 cm) constituant un groupe abondant de forte productivité du zooplancton permanent. Leur nombre total peut atteindre une densité de 100 000 individus par 10 m³ d'eau à PALUEL au mois de mai, période d'abondance maximale. C'est la principale source de protéines pour l'Ichtioplancton et les Carnivores pélagiques engénéral. Les femelles des Copépodes peuvent porter leurs oeufs. C'est le cas de *Pseudocalanus*, *Oncaea*, *Euterpina*. Pour ces Copépodes nous avons noté le nombre de femelles ovigères dans les échantillons pour définir le mieux possible les périodes de reproduction. Les Copépodes qui ne portent pas leurs oeufs les essaiment : c'est le cas de *Temora longicornis*. Pour ces Copépodes, les périodes de reproduction (plusieurs générations par an en général) sont définies par l'examen des stades juvéniles ou Copépodites et de leurs proportions dans les échantillons.

4.1.3.1.1 - Pourcentage des Copépodes dans les échantillons

Pour chaque mission le pourcentage moyen du nombre total de Copépodes a été calculé. Pour les missions hivernales nous obtenons parfois un pourcentage faible (21 % en février ; 17 % en décembre). Ceci est dû aux fortes concentrations de "nauplii" de Cirripèdes qui, tout en étant nombreux ne représentent pas une biomasse élevée. Nous constatons une variation inverse des populations relatives de ces deux groupes de Crustacés (tableau A) au cours de l'année dans les échantillons.

4.1.3.1.2 - Variations du nombre total de Copépodes

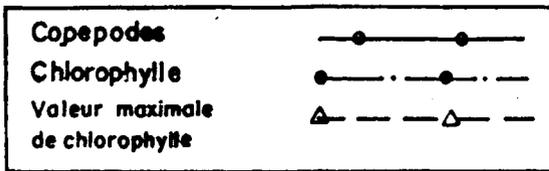
La figure 253 met en évidence la variation saisonnière du nombre total de Copépodes. Nous observons deux périodes privilégiées d'abondance. Le maximum printanier se produit, c'est le maximum annuel. Une deuxième augmentation, beaucoup moins importante, se produit en septembre-octobre correspondant à la deuxième poussée phytoplanctonique de fin d'été. La pauvreté du mois de juin est surprenante et ne correspond pas à une décroissance normale observée en Manche après la période de poussée printanière et avant le minimum estival.

Nous observons une bonne corrélation des deux maxima printanier et automnal avec la croissance du phytoplancton (figure 253 : nous avons représenté graphiquement non seulement la variation saisonnière moyenne de la concentration en chlorophylle, mais aussi les valeurs maximales à certaines campagnes (exemple 35 µg/l à la station 9 le 15 mai). Nous verrons qu'à ces stations particulièrement riches en chlorophylle a se produisent des accumulations importantes d'organismes filtreurs ; ce sont des stations de fortes turbidités et de faibles salinités à la limite des eaux douces - eaux de mer. Ces deux masses d'eaux, d'origine opposée, forment une sorte de "front hydrologique" sur un espace étroit.

4.1.3.1.3 - Variations saisonnières des principales espèces

Six espèces de Copépodes ont été étudiées particulièrement et leurs variations saisonnières précisées (figures 254 à 259). Ces six Copépodes représentent ensemble de 76 à 98 % du nombre total de Copépodes (tableau A).

Fig.253



LEGENDE

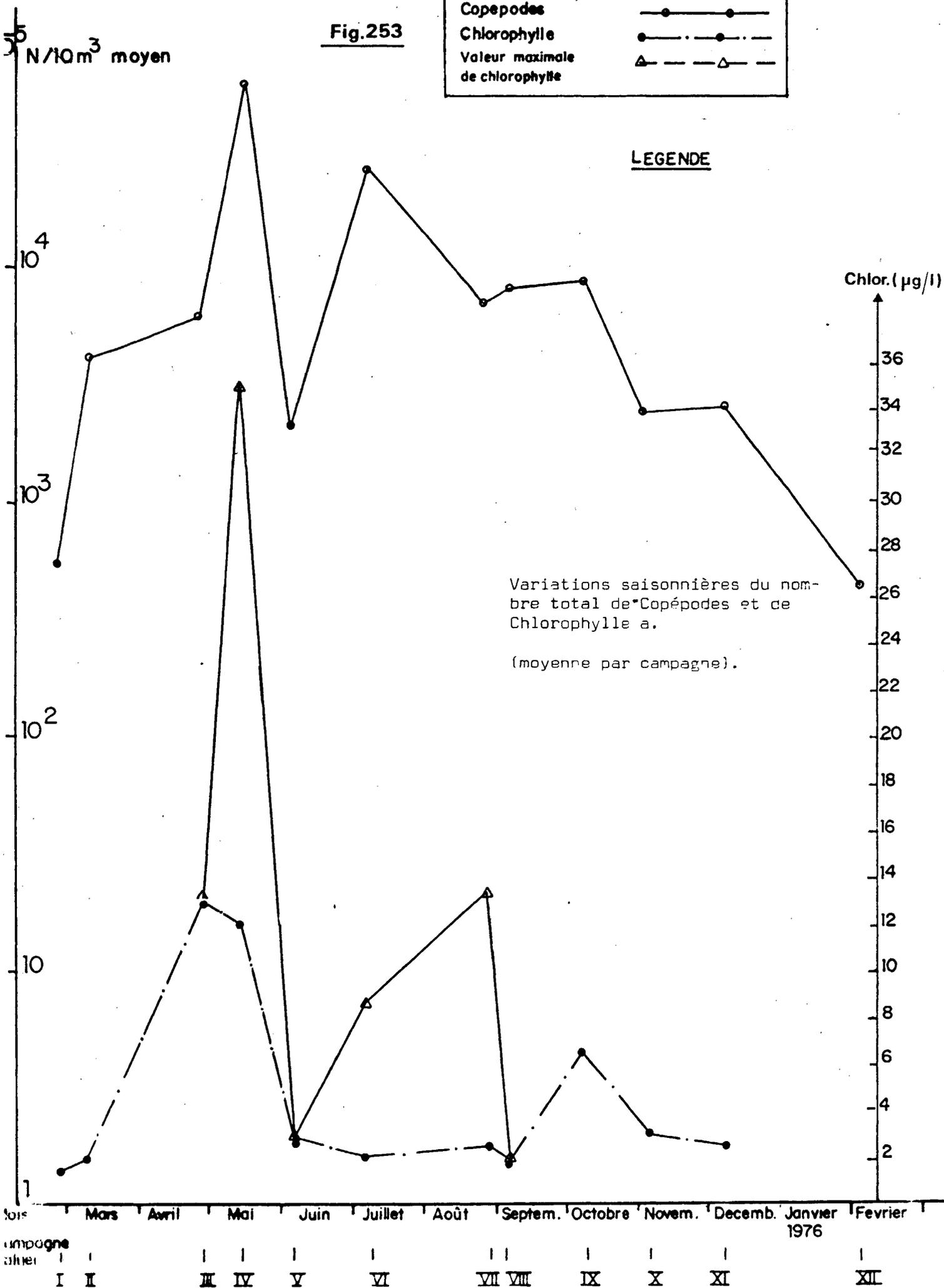
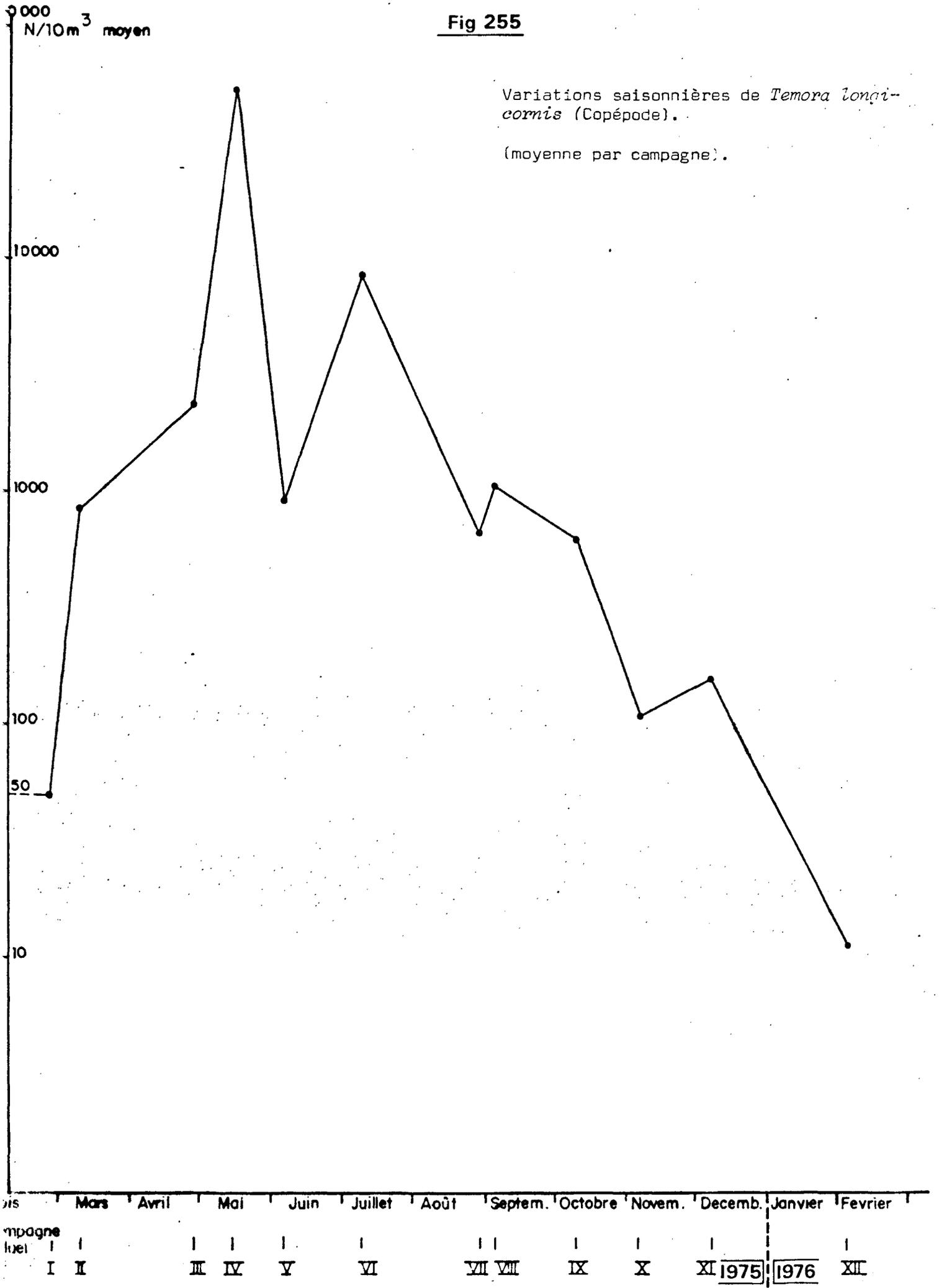


Fig 255

Variations saisonnières de *Temora longicornis* (Copépode).

(moyenne par campagne).



PALUEL
% MOYEN PAR MISSION DE CHAQUE STADE COPEPODITE DE
Temora Longicornis

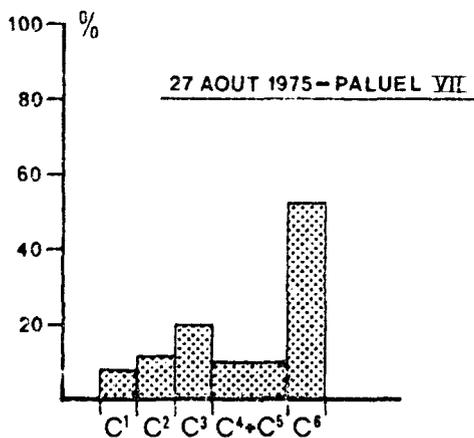
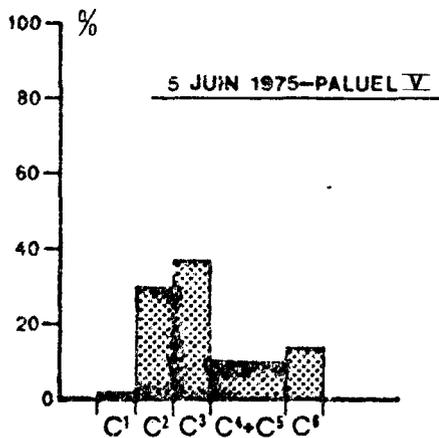
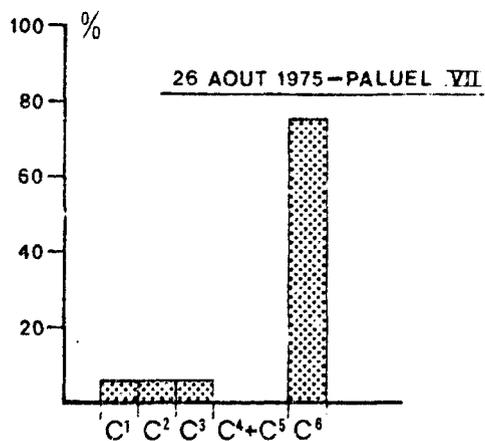
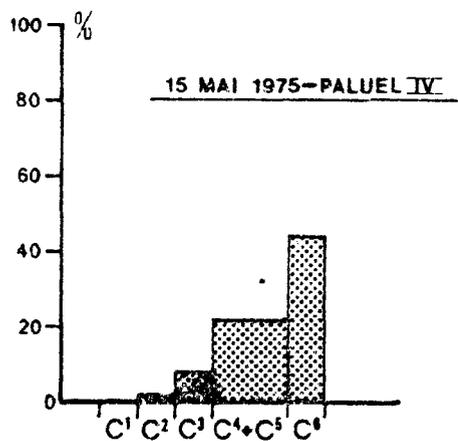
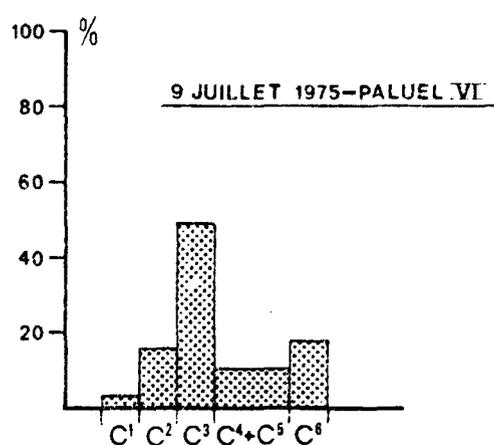
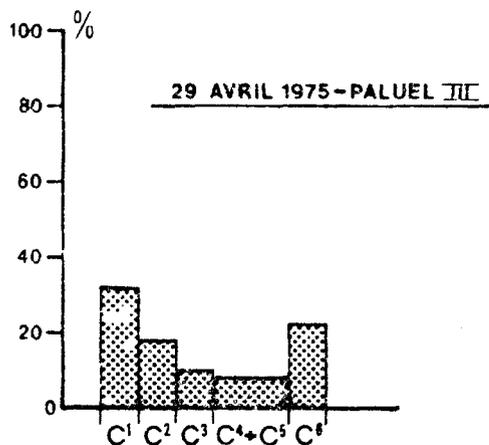
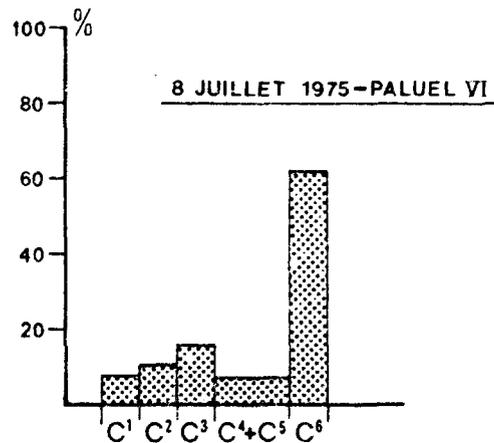
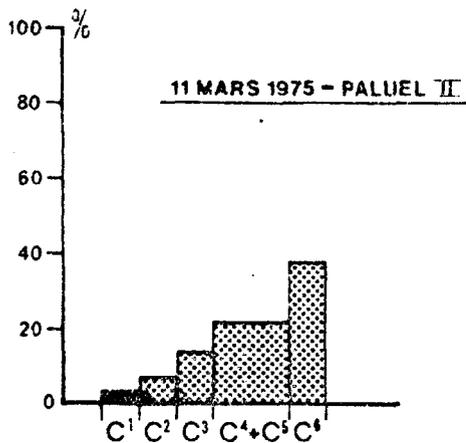
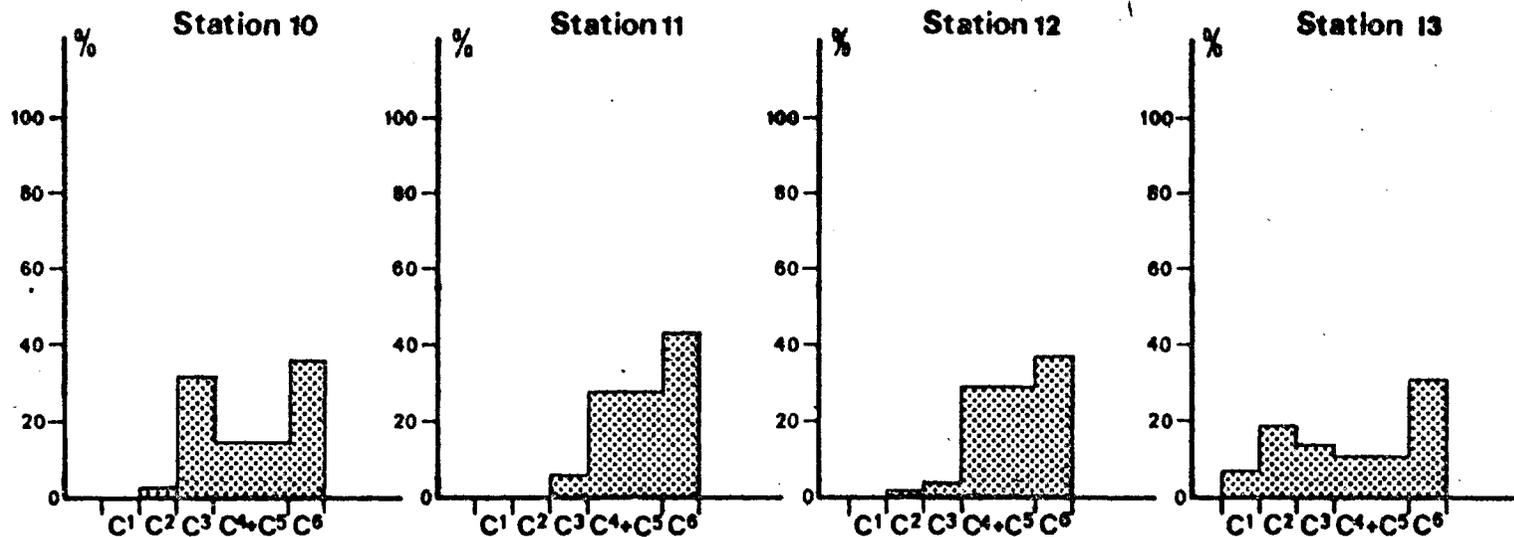


Fig. 257

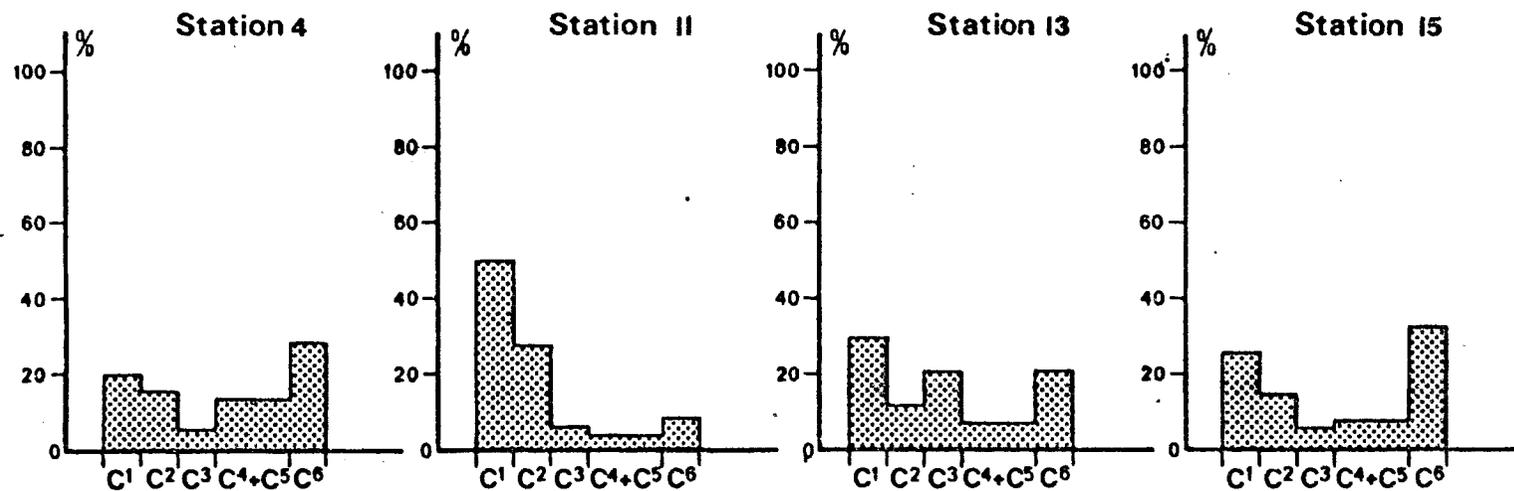
PALUEL 1975

% . A CHAQUE STATION, DES DIFFERENTS STADES COPEPODITES DE *Temora Longicornis*

PALUEL II 11 MARS 1975



PALUEL III 29 AVRIL 1975

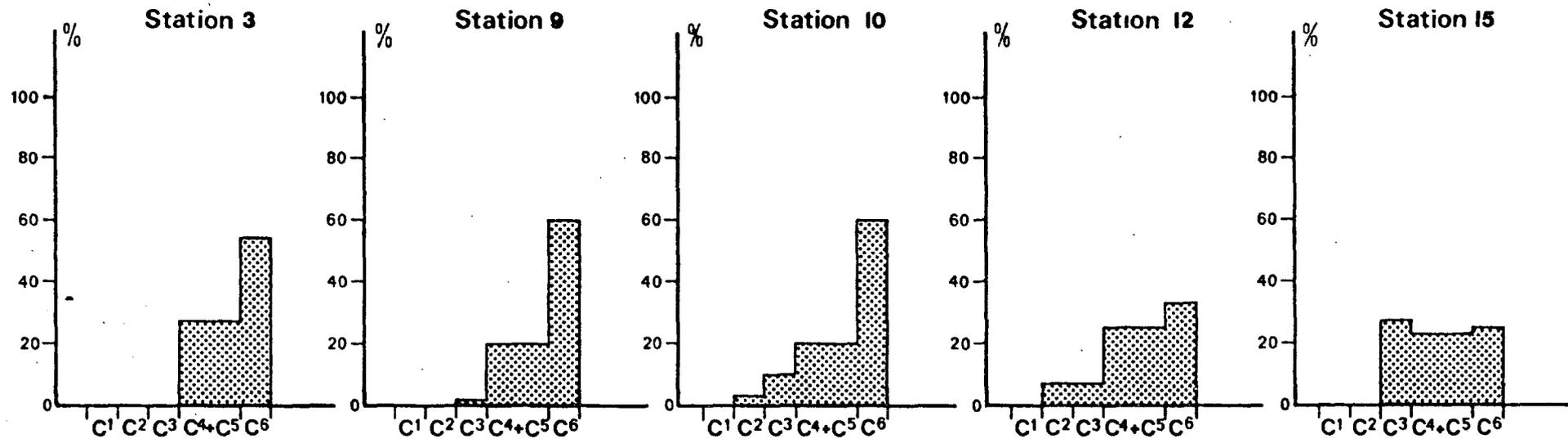


PALUEL 1975

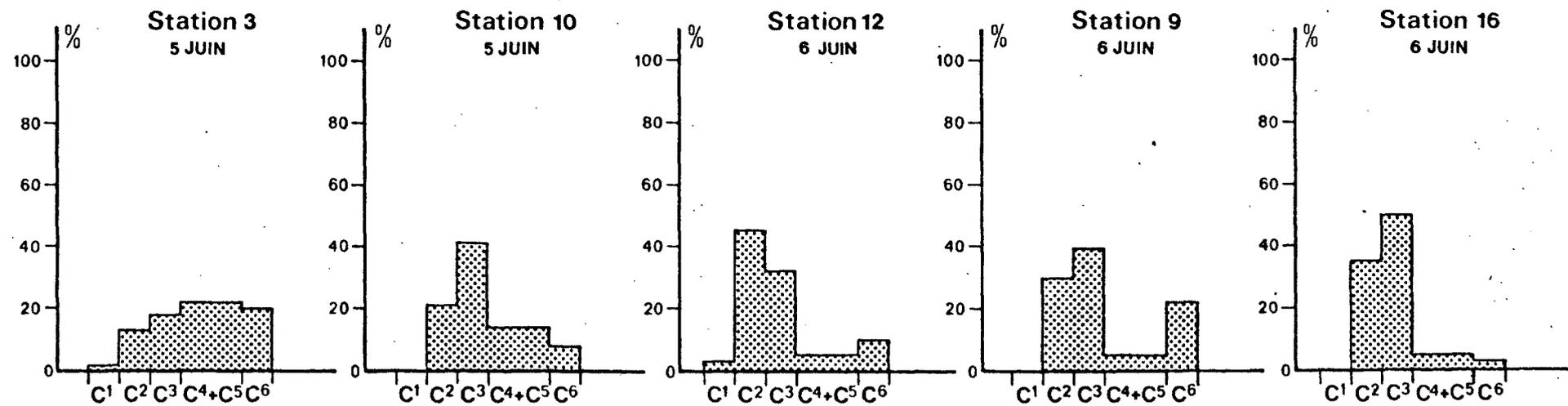
Fig. 257
(Suite N°1)

% . A CHAQUE STATION, DES DIFFERENTS STADES COPEPODITES DE
Temora Longicornis

PALUEL IV 15 MAI 1975



PALUEL 5-6 JUIN 1975



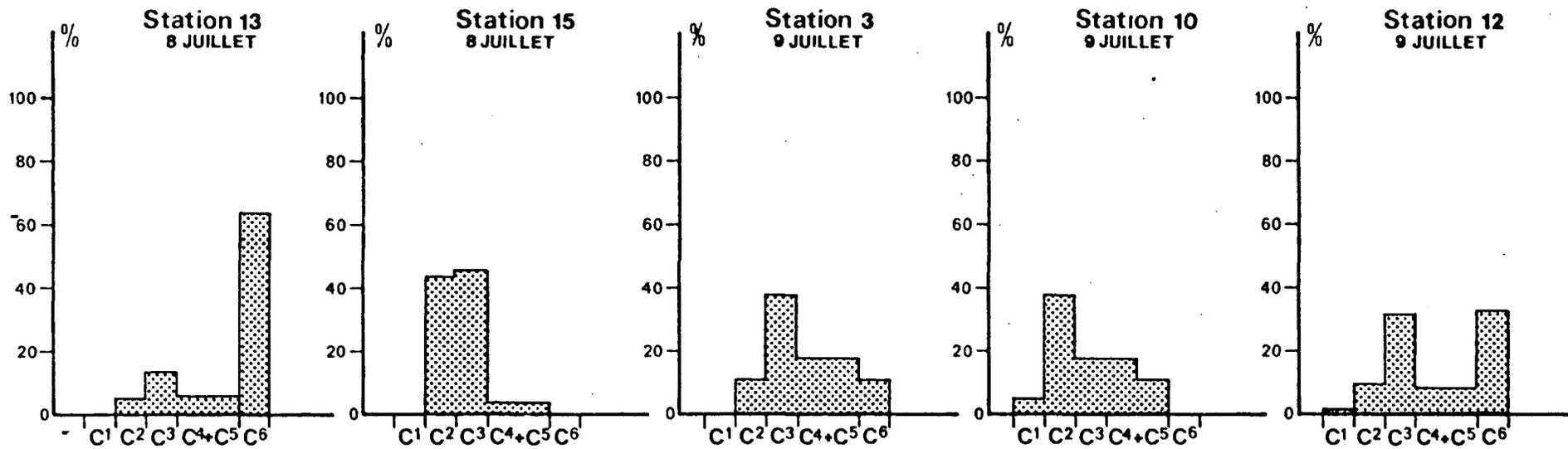
PALUEL 1975

Fig. 257

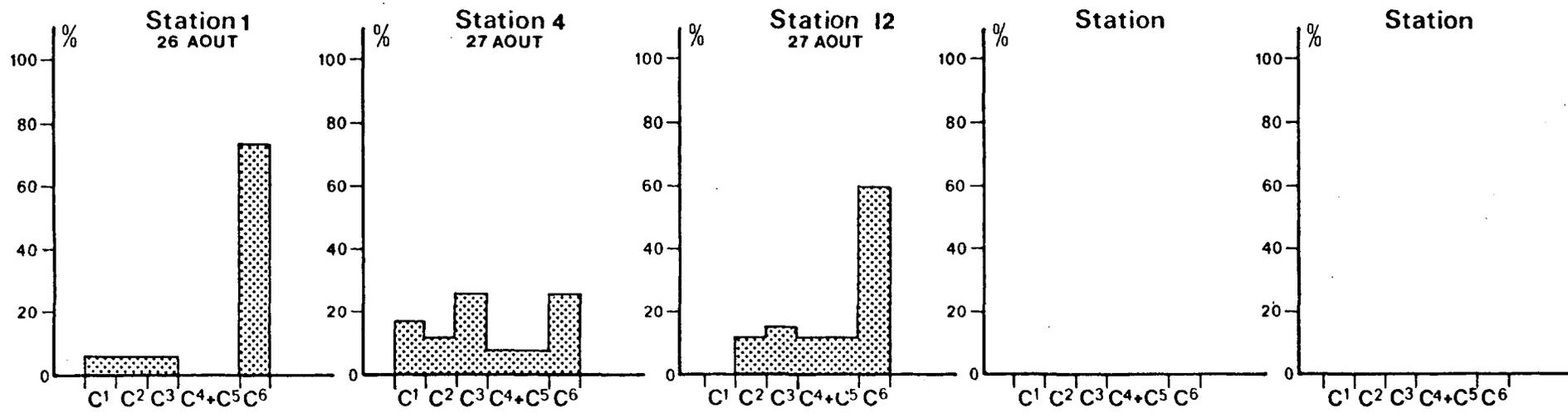
Suite N°2

% . A CHAQUE STATION, DES DIFFERENTS STADES COPEPODITES DE *Temora Longicornis*

PALUEL VI — 8-9/7/1975

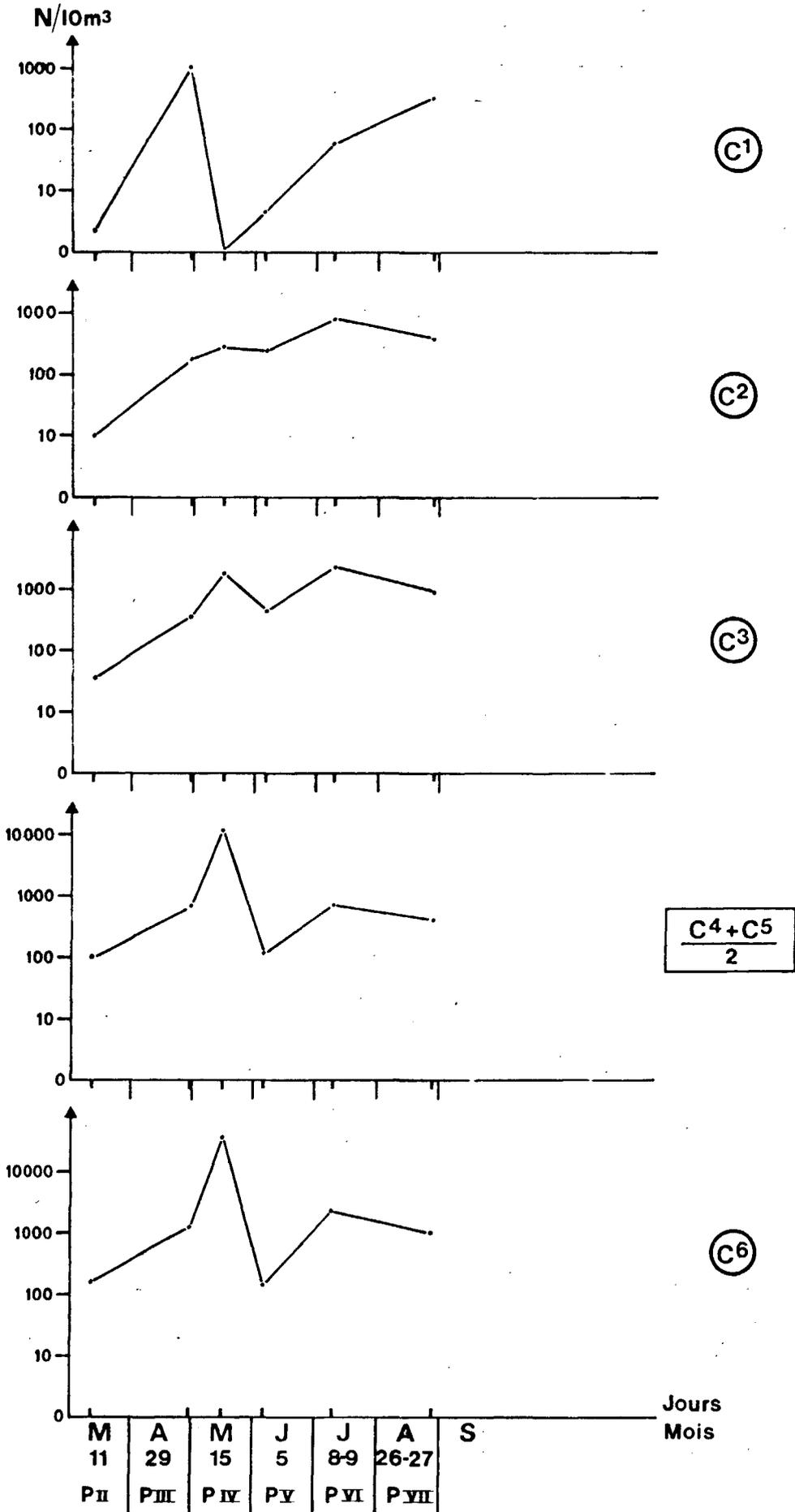


PALUEL VII — 26-27/8/1975



PALUEL
VARIATIONS SAISONNIERES DU N 10m³ DE CHAQUE STADE DE
Temora Longicornis

Fig 258



Ce sont :

- *Pseudocalanus minutus* (= *elongatus*)
- *Temora longicornis*
- *Acartia clausi*
- *Paracalanus parvus*
- *Euterpina acutifrons*
- *Centropages hamatus*

De plus, nous ferons une mention spéciale pour *Acartia discaudata* et *Isias clavipes* dont la distribution semble liée plus spécialement à la salinité pour l'un, la température pour l'autre.

Pseudocalanus minutus

C'est un Copépode dont l'importance en Manche est connue ; très abondant en Manche Occidentale (COLEBROOK, JOHN and BROWN, 1961 ; URRY, 1965). LEBOUR (1969) a montré son importance dans la nutrition des alevins.

Variations saisonnières et reproduction

A PALUEL, le pourcentage de *Pseudocalanus* est élevé dans les récoltes de fin d'hiver (mars) où il atteint 28 % du zooplancton total ; son importance relative diminue ensuite du fait de l'augmentation simultanée d'autres espèces printanières. La courbe de variations quantitatives de *Pseudocalanus* (figure 254) montre que la population croît au printemps ; le nombre de femelles ovigères étant maximal en mai (45,5 % des individus sont des femelles ovigères), pour s'annuler en été. *Pseudocalanus* est un Copépode herbivore et sa reproduction est nettement printanière. Cette espèce sera remplacée dans la période automnale par *Paracalanus* qui est proche morphologiquement (figure 227) mais éloigné par son cycle saisonnier (figure 286) et son mode de nutrition.

ANRAKU (1964) a établi les relations qui existent entre la température et le métabolisme et la nutrition de plusieurs Copépodes dont *Pseudocalanus* et également *Centropages hamatus*, *Acartia clausi*). Il établit que la respiration et la nutrition sont corrélées étroitement

T A B L E A U A

Campagnes	% <i>Temora</i> <i>longicornis</i>	% <i>Centro-</i> <i>pages</i> <i>hamatus</i>	% <i>Acartia</i> <i>clausi</i>	% <i>Pseudocyc-</i> <i>lanus</i> <i>minutus</i>	% <i>Eute-</i> <i>pina</i> <i>acuti-</i> <i>frons</i>	% <i>Paracyc-</i> <i>lanus</i> <i>parvus</i>	% Espèces Copé- podes	% Total Copépo- des	% Total Cirri- pèdes	% Copépodes + Cirripè- des	% 6 Copé- podes Total Copépodes
	PALUEL I 27-28/02	2,03	0,65	1,00	5,60	9,47	0,15	18,90	21,06	72,23	93,29
PALUEL II 11/03	7,90	2,34	1,63	27,86	6,11	0,68	46,52	47,85	28,95	76,80	97,22
PALUEL III 27-28/04	26,33	9,41	12,78	10,57	4,30	1,19	64,58	68,37	25,38	93,75	94,46
PALUEL IV 15/05	76,86	1,12	4,87	3,80	1,96	0,01	88,62	90,10	1,67	91,77	98,36
PALUEL V 5-6/06	25,36	25,78	11,40	3,63	3,95	0,16	70,28	77,80	9,28	87,08	90,33
PALUEL VI 8-9/07	30,30	7,68	37,33	0,47	0,17	0,54	76,49	91,62	2,09	93,71	83,49
PALUEL VII 27-28/08	5,08	3,91	8,05	0,37	26,12	1,18	44,71	56,60	4,09	60,69	78,99
PALUEL VIII 3-4/09	10,06	8,00	8,28	0,49	57,17	2,71	86,71	89,95	2,45	92,40	96,40
PALUEL IX 8-9/10	6,13	8,89	24,36	0,04	23,88	16,27	79,57	84,07	10,89	94,96	94,65
PALUEL X 6-11	3,48	2,51	28,03	0,19	32,61	1,25	68,07	79,15	13,26	92,41	86,00
PALUEL XI 5/12	4,65	7,40	34,91	6,08	12,79	5,85	71,68	77,37	16,61	93,98	92,64
PALUEL XII	0,69	0,83	1,15		7,57		16,21	21,35	57,90	79,25	75,92

avec la température qui est un facteur essentiel dans la distribution des espèces. La consommation d'oxygène a été calculée et le Q^{10} établi pour les espèces étudiées. Il apparaît que *Pseudocalanus minutus* a un Q^{10} bas en hiver et semble bien adaptée aux températures basses et ses affinités pour les eaux froides sont démontrées (le Q^{10} passe de 1,33 en février à 3,72 en août).

MISSION	Nombre de <i>Pseudocalanus</i> / 10 m ³	Nombre de ♀ ovigères / 10 m ³	Pourcentage de ♀ ovigères / 10 m ³	Température moyenne T°
PALUEL I	122	4	3,28	8,18
PALUEL II	2 358	90	3,82	8,64
PALUEL III	974	14	1,44	9,72
PALUEL IV	2 654	175	6,59	10,27
PALUEL V	137	0,7	0,51	12,45
PALUEL VI	139	0,8	0,58	16,40
PALUEL VII	53	0	0	19,46
PALUEL VIII	74	0	0	19,41
PALUEL IX	5	0	0	15,62
PALUEL X	6	0	0	12,13
PALUEL XI	212	0	0	9,61

Tableau B

de Copépodites C_3 au large et à la côte. Absents dans la zone intermédiaire, ces Copépodites C_3 proviennent sans doute d'une ponte qui a eu lieu avant la mission du 11 mars. En effet, on observe que l'effectif total de *Temora* a subi un brusque accroissement entre le 27 février et le 11 mars (figure 255).

29 avril (P_{III})

Deux classes de taille sont bien représentées : d'une part les adultes C_6 et, d'autre part, les jeunes copépodites C_1 qui peuvent former jusqu'à 50 % de la population. Les missions du 11 mars et du 29 avril sont trop espacées dans le temps pour nous permettre de connaître le moment exact de la ponte qui a donné naissance aux *Temora* C_1 du 29 avril. On peut supposer que cette ponte a eu lieu approximativement vers le 20 avril.

15 mai (P_{IV})

C'est le maximum annuel de *Temora*. Les très jeunes C_1 sont absents, il existe très peu de C_2 et C_3 , mais les adultes peuvent atteindre à certaines stations 60 % des échantillons. Le 15 mai, nous observons donc dans la zone étudiée les effectifs cumulés de plusieurs générations : celle ayant passé l'hiver, la deuxième née en mars ou fin février, la troisième qui serait née en avril.

5 juin (P_V)

Il apparaît une forte proportion des stades C_2 et C_3 , les C_1 sont pratiquement absents montrant une période de faible reproduction.

8 juillet (P_{VI})

L'histogramme présente deux maxima : un pour les C_3 et un pour les adultes C_6 , ceci différemment selon les stations. Il est impossible de faire une étude comparative des stations côtières et des stations du large compte tenu de la non simultanéité des prélèvements. On observe une grande différence dans la répartition des proportions de divers stades pour les différentes stations. Il serait nécessaire pour approfondir notre étude de connaître le lieu de ponte de *Temora*. Les adultes pondent-ils préférentiellement à la côte ou au large ? Où croissent les

Temora longicornis

Espèce dominante des zones néritiques tempérées froides, *Temora longicornis* est beaucoup moins abondant en Manche qu'en Mer du Nord (par exemple, devant GRAVELINES près de DUNKERQUE où *Temora* est l'espèce dominante de février à juin avec un maximum d'abondance au mois de juin 10 fois supérieur à celui de PALUEL, 10^6 individus par 10 m^3 en juin à GRAVELINES pour 10^5 individus par 10 m^3 en mai à PALUEL) (figure 255).

Variations saisonnières et reproduction

La période de reproduction est printanière. Son maximum d'abondance se situe en mai. Alors qu'en mars *Pseudocalanus* est le Copépode dominant, *Temora* est dominant en avril et mai (77 % du zooplancton). Sa densité diminue jusqu'à la fin de l'année (figure 255).

Afin de déterminer les périodes de reproduction de *Temora*, les formes juvéniles ont été comptées et triées. La récolte des juvéniles a été effectuée au filet WP₂ dont la maille est 80 μ . Dans chaque échantillon la proportion des différents stades larvaires a été estimée sur un total de 50 à 100 individus. Nous n'avons pas déterminé le nombre d'oeufs et les stades les plus précoces des Copépodes (les nauplii et les métanauplii) trop petits pour être retenus en totalité dans le filet de maille 80 μ . Nous avons noté les proportions des cinq stades larvaires dits "copépodites" de C₁ à C₅ et nous avons également noté les adultes C₆ en précisant C₆ ♂ et C₆ ♀. Les résultats sont connus sous deux formes :

- a) les proportions des stades copépodites dans chaque échantillon,
- b) le nombre par 10 m^3 de ces mêmes stades.

Le cycle de reproduction a été étudié de mars à août, période de forte décroissance de la population.

Quelques résultats

11 mars 1975 (P_{II})

On observe une quantité importante d'adultes (C₆) tant à la côte (station 13) qu'au large (station 10). Il apparaît un stock important de

jeunes ? Comment se déplacent-ils au cours de leur croissance ? Pour répondre à ces questions il est nécessaire de connaître avec plus de finesse la répartition spatiale dans le sens côte-large, ce qui ne peut être fait qu'au moment des étales de haute mer ou de basse mer.

26-27 août

Les prélèvements sont hétérogènes et très difficilement comparables entre eux. Notons, enfin, la présence de nombreux jeunes C_1 et le nombre élevé d'adultes. Cette période correspond à une des dernières périodes de ponte active de *Temora*. L'effectif total des *Temora* ne va cesser de diminuer jusqu'en décembre, le stock ne se renouvelle plus assez vite et il ne subsiste, en fin d'automne, qu'un contingent minimum d'adultes.

En résumé, au cours de cette première année nous avons commencé une étude très succincte de la reproduction de *Temora* sur le site de PALUEL, nous pouvons avec difficulté préciser le nombre des générations dans l'année pour la raison suivante : la maille temporelle d'échantillonnage a été beaucoup trop lâche pour nous permettre de conclure. Des études antérieures en Manche (DIGBY, 1951 ; RAZOULS, 1963) donnent des indications. Il y aurait environ cinq générations par an en Manche Occidentale. Cependant, rien ne nous permet de conclure de la même façon pour le site de PALUEL. Il sera nécessaire pour étudier la dynamique de *Temora* de resserrer, dans l'avenir, la maille temporelle des prélèvements en mer et de comparer, de plus, les périodes d'abondance maximale et le rythme de reproduction sur les différents sites étudiés (PALUEL, GRAVELINES, FLAMANVILLE) par référence aux données anglo-saxonnes en Manche Occidentale.

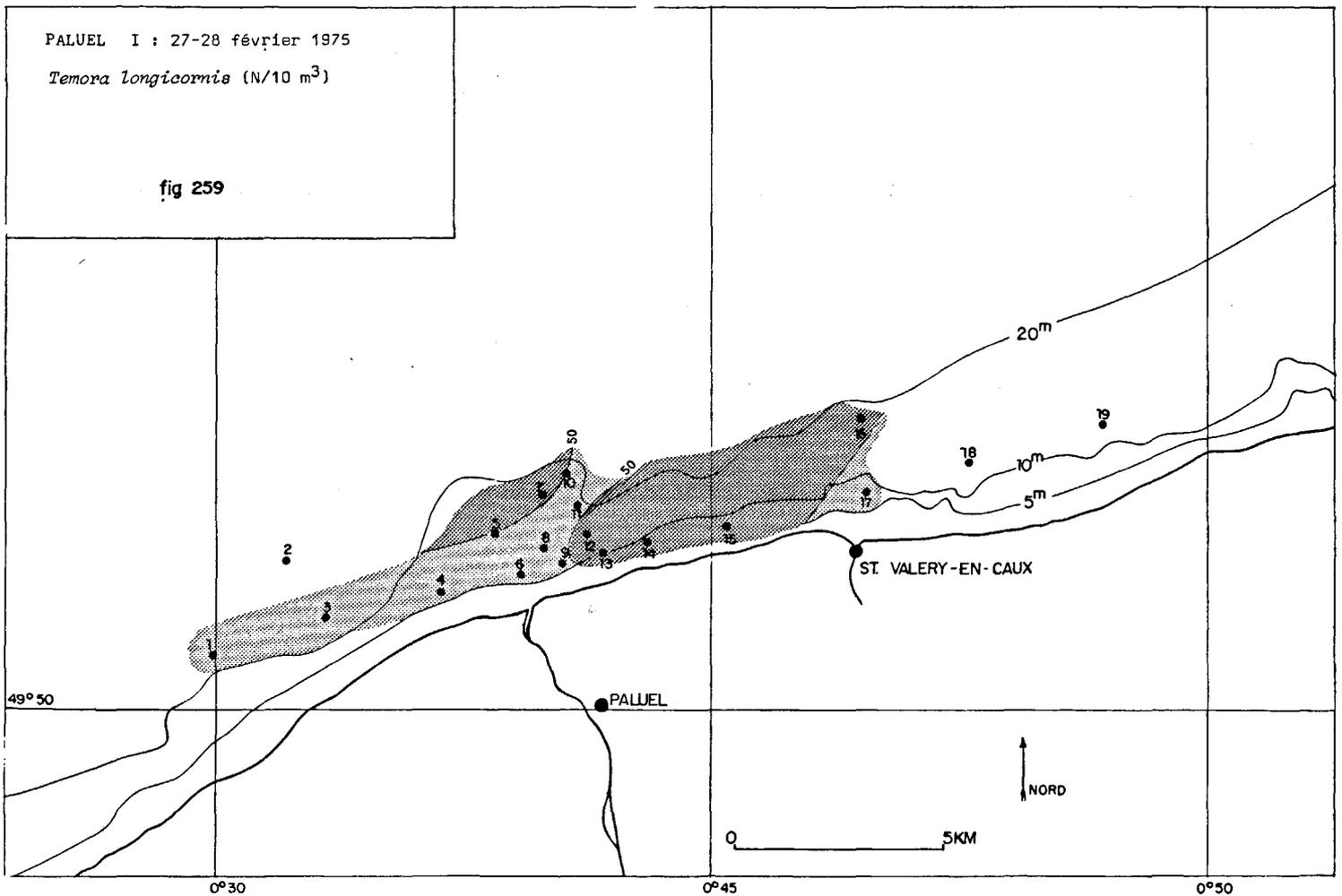
Distribution géographique

Cette espèce évite les zones de fortes dessalures, particulièrement devant la DURDENT (stations 6, 8 et 9) et également aux environs de la station 17 devant SAINT VALERY. Ceci surtout à la fin de l'hiver au moment des salinités les plus basses. Les cartes de distributions horizontales (figures 259 à 262) montrent un léger gradient côte-large avec une plus grande abondance au large qu'à la côte. Notons un phénomène particulier à la mission de mai : la plus grande abondance se trouve à la

PALUEL I : 27-28 février 1975

Temora longicornis (N/10 m³)

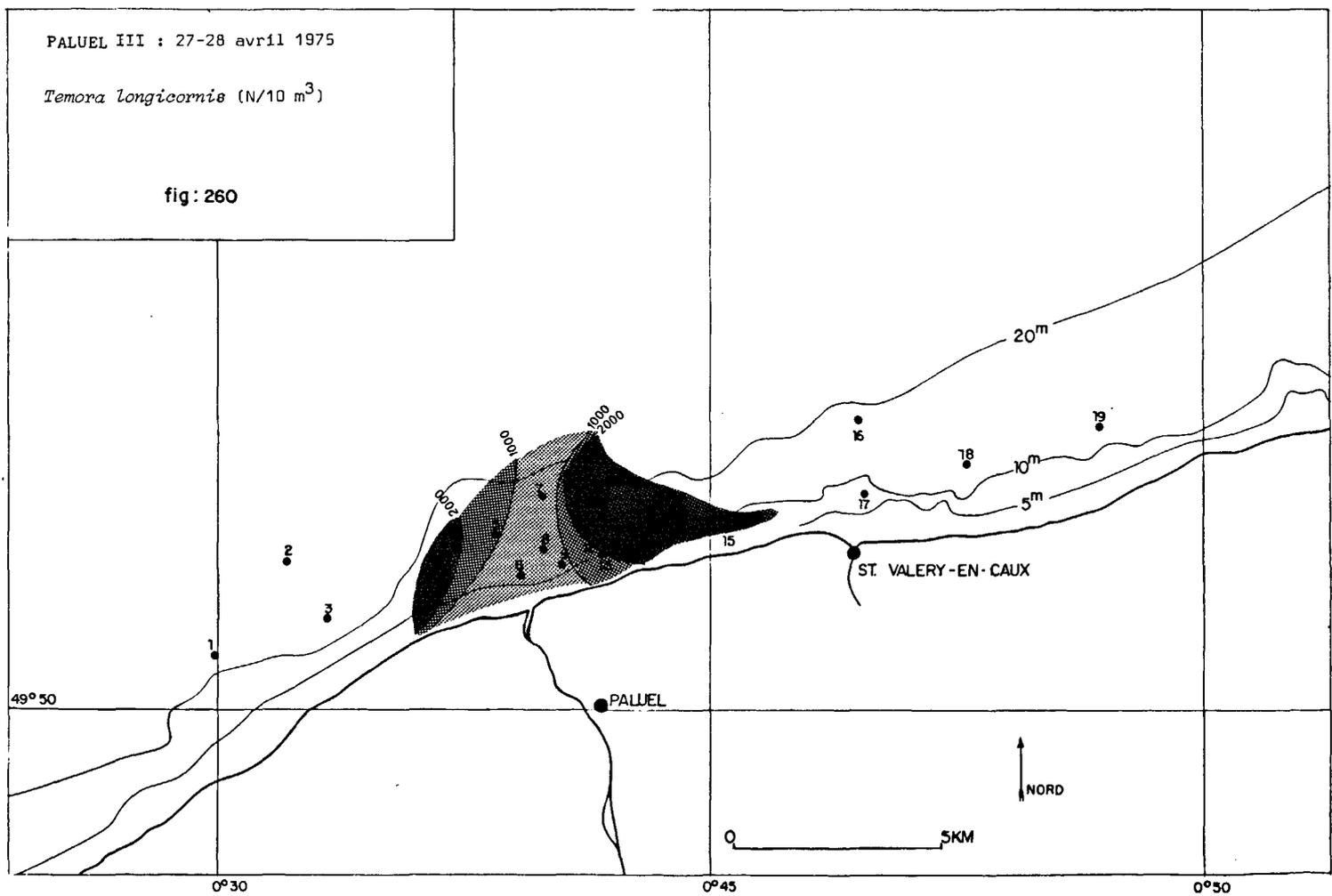
fig 259



PALUEL III : 27-28 avril 1975

Temora longicornis (N/10 m³)

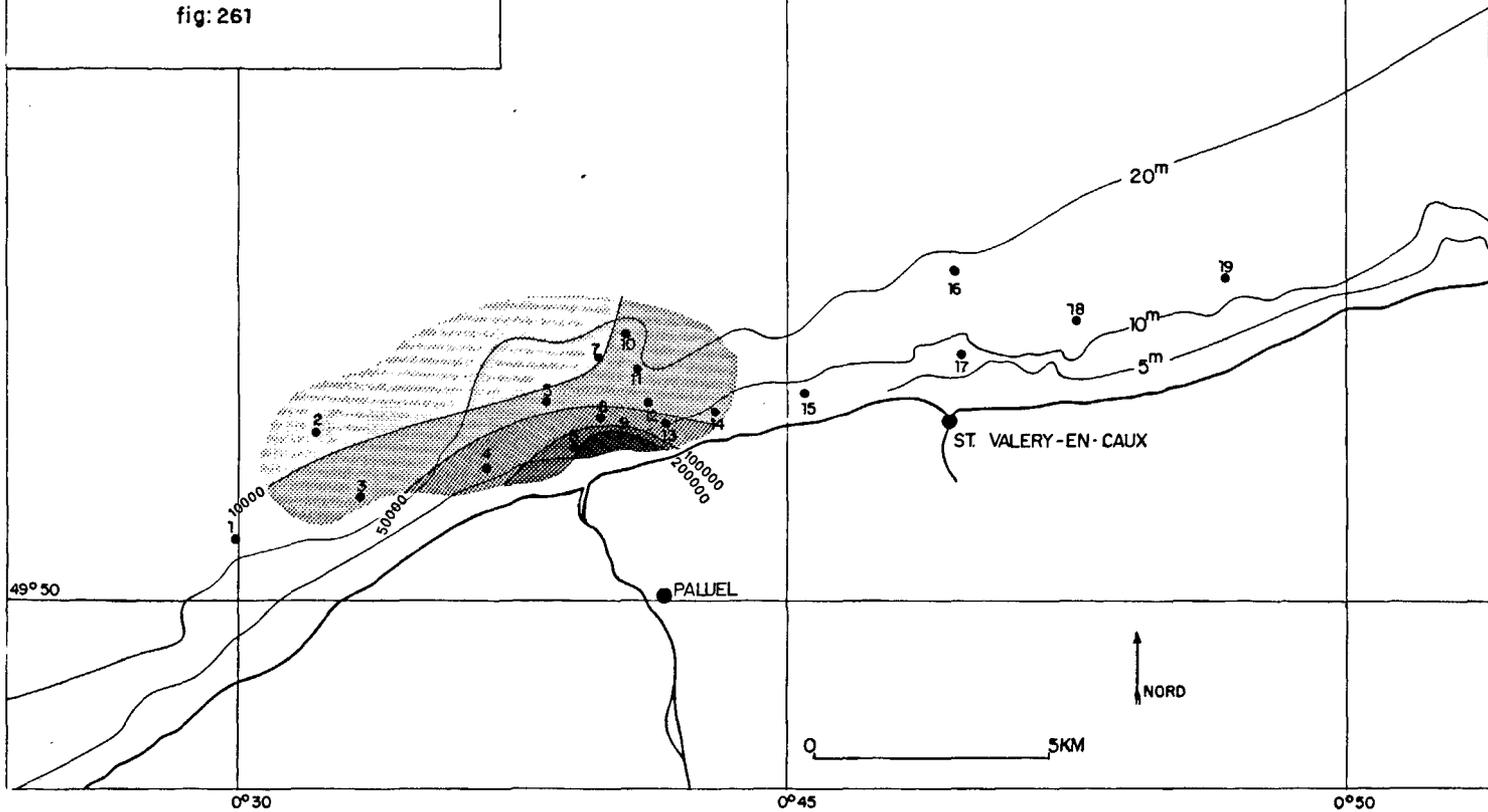
fig: 260



PALUEL IV : 15 mai 1975

Temora longicornis (N/10 m³)

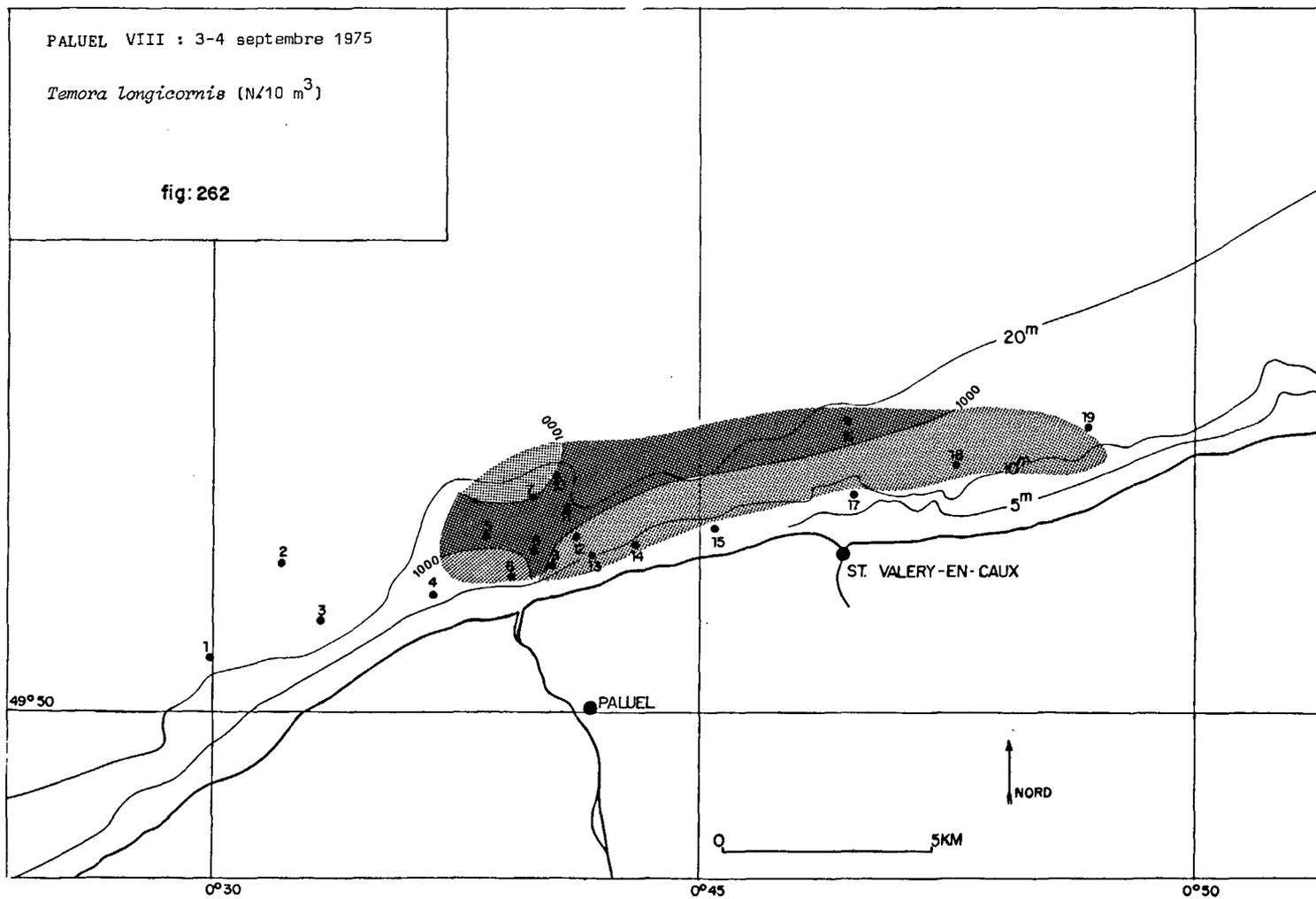
fig: 261



PALUEL VIII : 3-4 septembre 1975

Temora longicornis (N/10 m³)

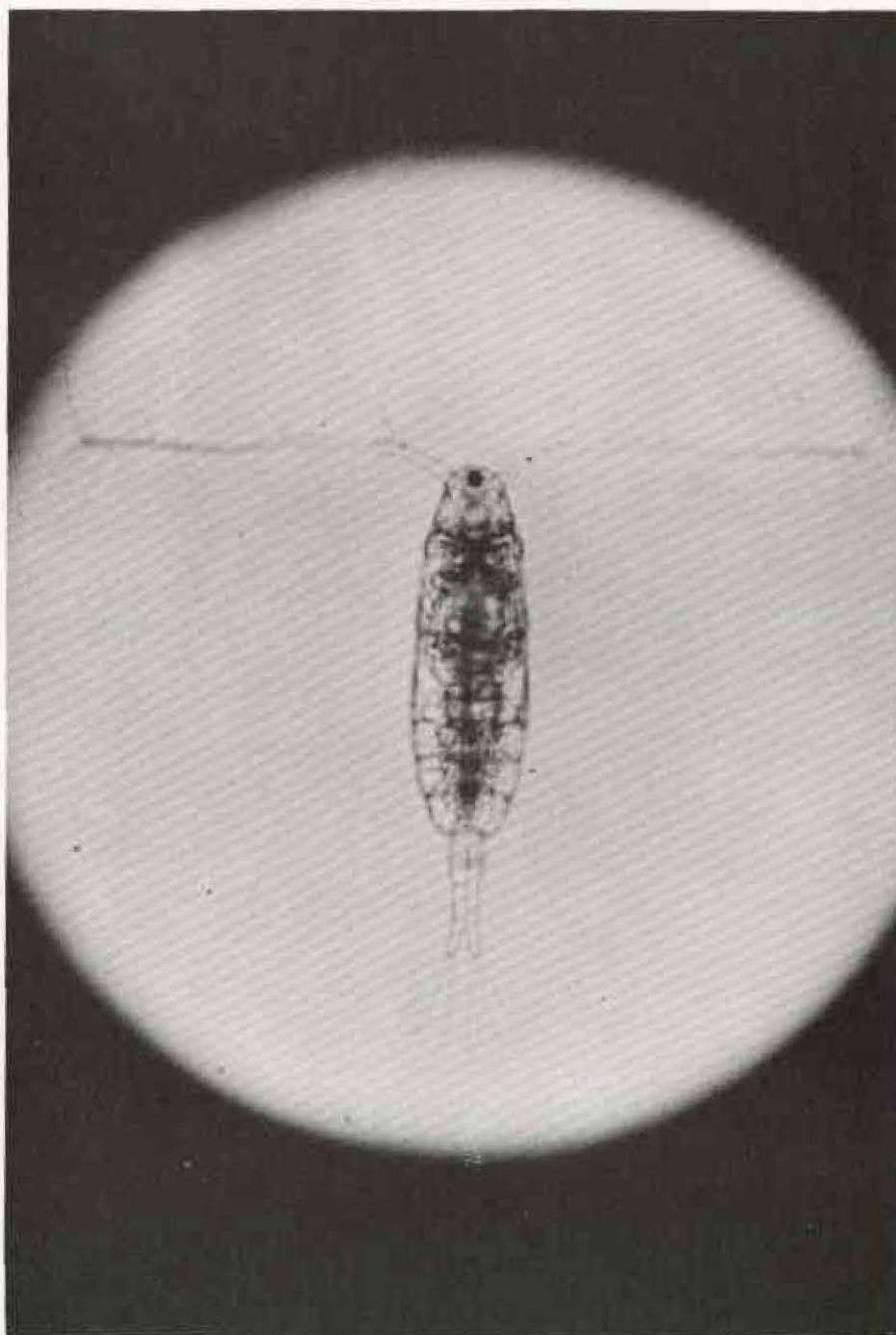
fig: 262



station 9 avec un maximum de 255.000 individus dans 10 m³ d'eau. A cette station, on observe simultanément le maximum de chlorophylle a (35 µg par litre), le minimum de salinité et le maximum de turbidité. On peut penser que la zone d'affrontement des eaux de la DURDENT et de l'eau marine favorise une accumulation des particules vivantes et non vivantes.

Acartia clausi (figure 264)

C'est une espèce cosmopolite à distribution mondiale, essentielle dans le plancton néritique de la Manche (figure 263). Sa nutrition se fait à partir de diatomées. D'après RAZOULS (1965), il y aurait quatre générations par an à ROSCOFF. Cette espèce serait capable d'après JEFFRIES (1967) de se reproduire aussi bien dans les estuaires qu'en mer. Il est toujours bien représenté toute l'année à PALUEL. Cette espèce vient au second rang après *Temora* en avril et mai et est dominant (premier rang) en juillet (33 % du zooplancton), en octobre et décembre (35 %). *Acartia clausi*, par sa fréquence et son abondance, est une espèce intéressante à étudier dans un suivi ultérieur. Cette espèce à large répartition mondiale a été étudiée dans des milieux côtiers divers et les ouvrages traitant de son écologie dans différentes régions sont nombreux. Des expériences de laboratoire ont également été menées sur *Acartia clausi*, en particulier par G. GONZALEZ (1964). Cet auteur étudie les tolérances de l'espèce aux fortes températures et détermine la température critique maximale (C.T.M.) et la température létale supérieure (U.L.T.). Ces températures dépendent de la température d'acclimation préalable. On remarque que pour une température d'acclimation (correspondant à la gamme de température du milieu) variant entre 5 degrés et 20 degrés, la température critique varie de 22 degrés à 25 degrés et la température létale de 28 à 33 degrés. Remarquons qu'à PALUEL ces températures sont atteintes dans les courants de refroidissement de la centrale. Si $\Delta T = + 15^\circ$, la température s'élève dans le circuit de 23 degrés en hiver à 34°5 en été (août). La température de 28° étant dépassée de juin à novembre, on peut estimer très approximativement la masse planctonique concernée par le choc thermique dans les circuits au cours de l'année. Un calcul sera fait pour l'ensemble des Copépodes.



0,7mm

figure 263 - *Acartia clausi* (vu au binoculaire)

(Photo G. LE FEVRE - LEHOËRFF)

Fig. 264

Variations saisonnières de *Acartia clausi* (Copépodes).
(moyenne par campagne).

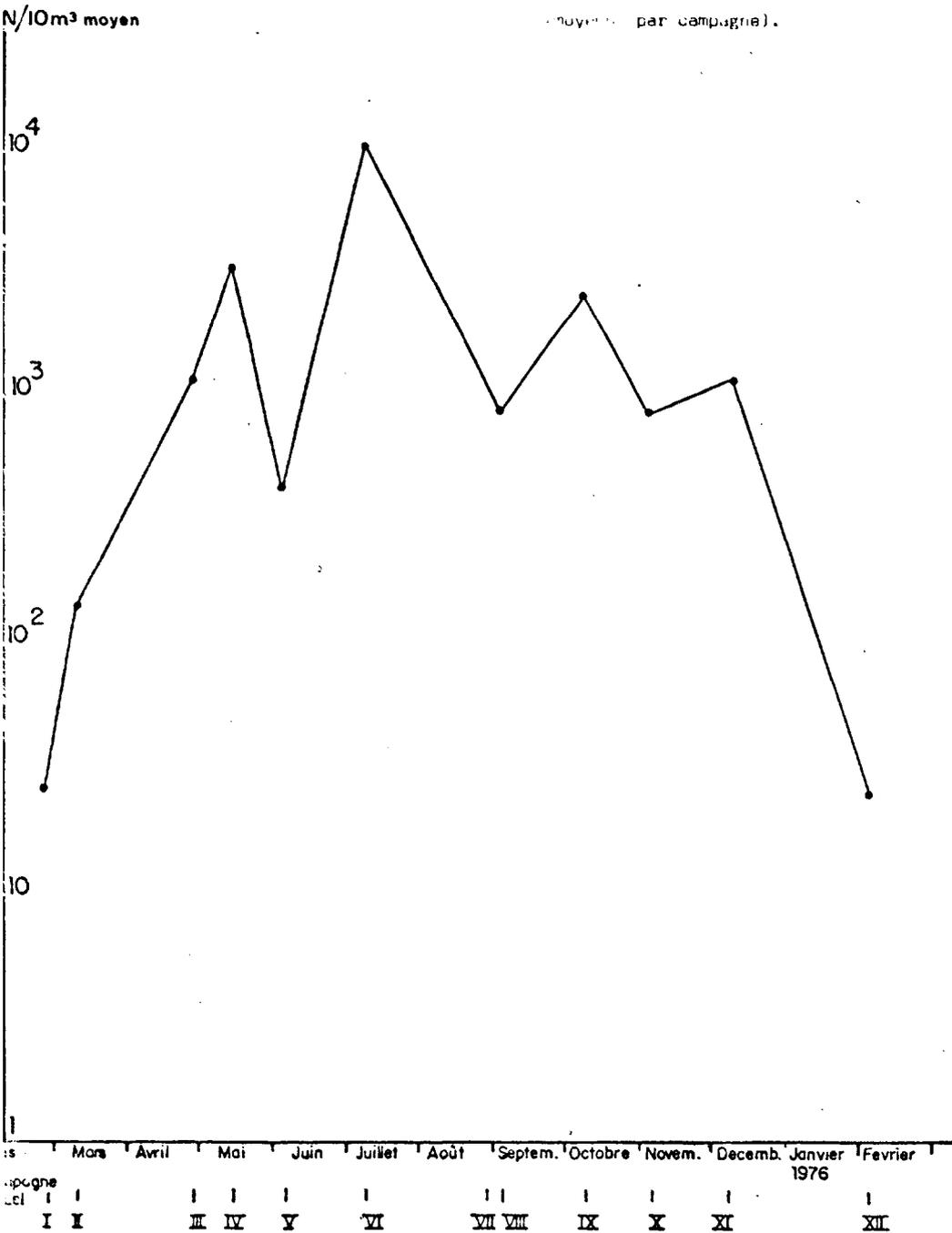
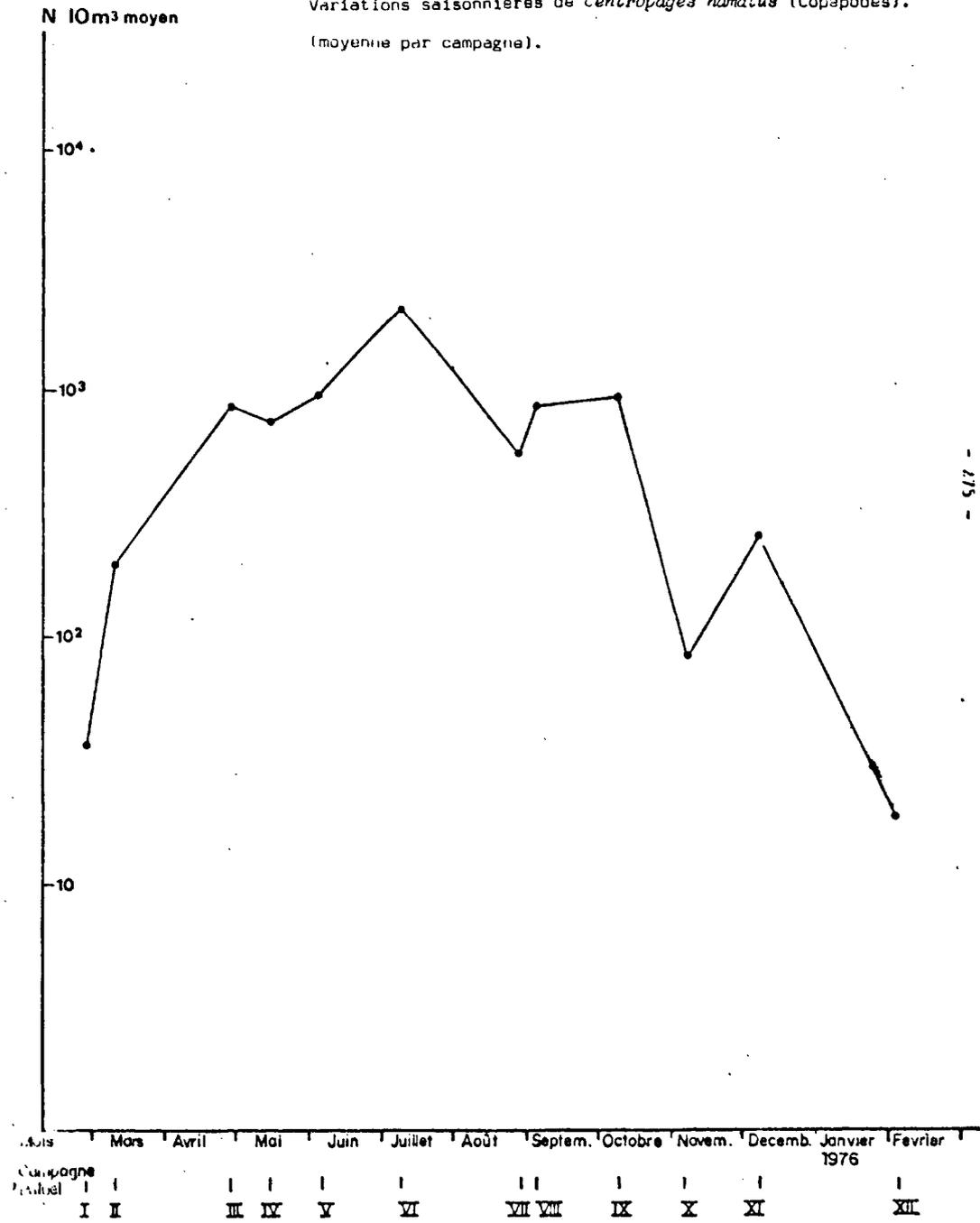


Fig. 265

Variations saisonnières de *Centropages hamatus* (Copépodes).
(moyenne par campagne).



Centropages hamatus (figure 265)

C'est une espèce néritique commune en Manche comme *Temora* et *Acartia*. *Centropages hamatus* évite comme *Temora* les très fortes dessalures, ainsi que la proximité de la DURDENT. Son cycle de reproduction semble proche de celui de *Temora* en Manche Occidentale (RAZOULS, 1965). A PALUEL, *Centropages hamatus* est l'espèce dominante en juin, un mois après la dominance de *Temora*. Au cours de la deuxième année d'étude, la reproduction de cette espèce par l'étude des stades juvéniles sera entreprise et comparée à celle de *Temora longicornis*.

Paracalanus parvus

Bien que certaines difficultés se rencontrent au niveau de la détermination spécifique pour la distinction des espèces appartenant aux deux familles, Pseudocalanidae et Paracalanidae, il n'y a aucune raison de confondre en un même groupe *Pseudocalanus* et *Paracalanus* qui ne présentent ni la même distribution, ni le même cycle de reproduction, ni le même mode de nutrition vivant tous deux cependant dans la zone néritique. *Paracalanus* à PALUEL, comme à GRAVELINES (rapport E.D.F., 1976) et à ROSCOFF (G. LE FEVRE-LEHOERFF, 1972), est une espèce qui présente un maximum d'abondance à l'automne (figure 266 correspondant à un stade de maturité assez avancé de l'écosystème), tandis que *Pseudocalanus* est printanier. *Paracalanus* est commun à PALUEL de septembre à février. C'est une espèce très côtière très abondante dans les eaux de fortes turbidités. Il serait à la fois herbivore et détritivore (d'après PETIPA, 1970).

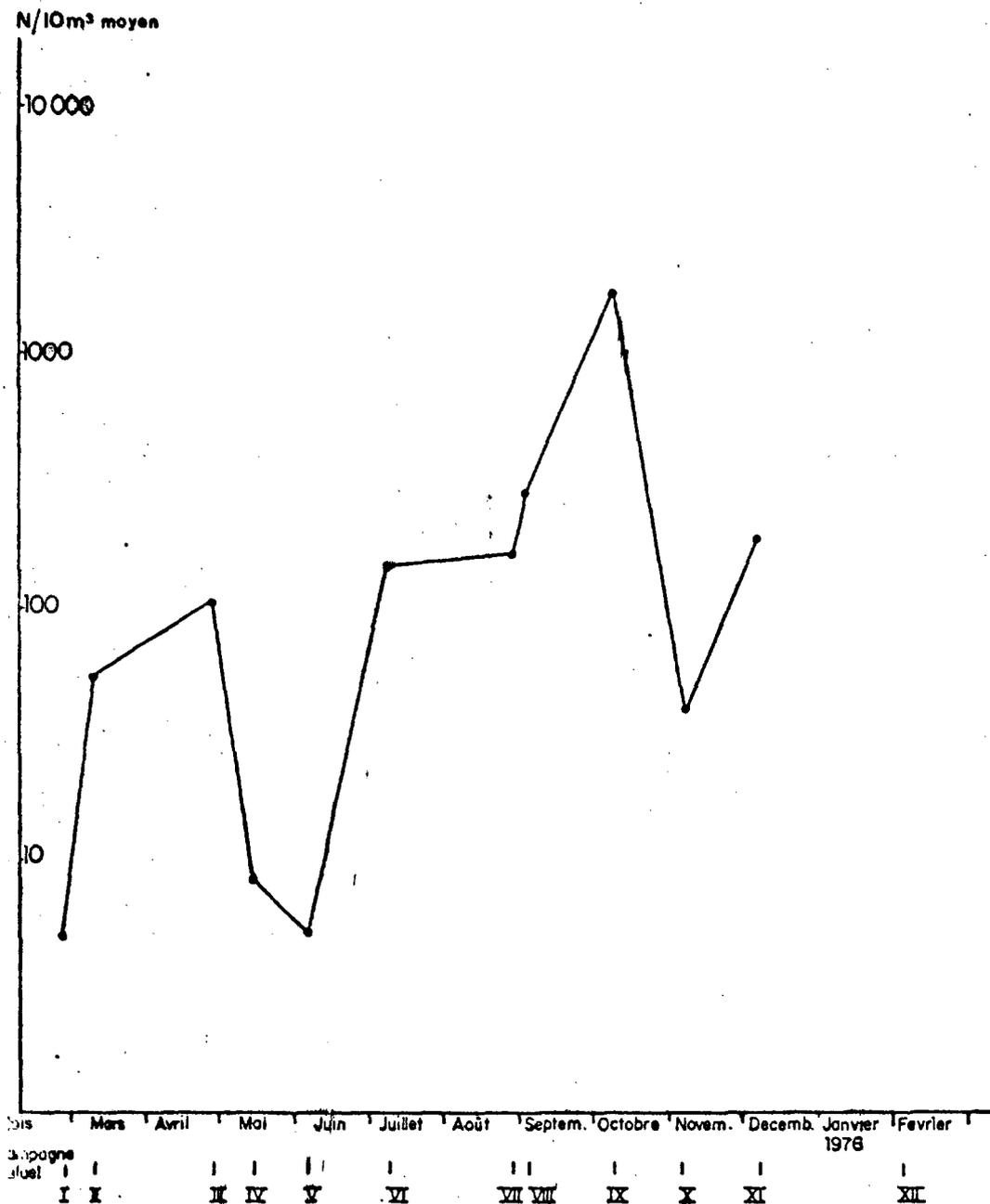
Euterpina acutifrons

C'est un Copépode peu nageur (Harpacticoïde à courtes antennes) qui présente un maximum d'abondance fin août. Il subsiste en hiver avec *Paracalanus* et *Acartia clausi*. Il présente une distribution géographique vaste et son cycle de développement a été étudié à la fois en mer Méditerranée et en Angleterre BERNARD (1963) et HAG (1972). Le régime alimentaire est varié et supporte très bien les conditions d'élevage.

Fig. 266

Variations saisonnières de *Paracalanus parvus* (Copépode).

(moyenne par campagne).



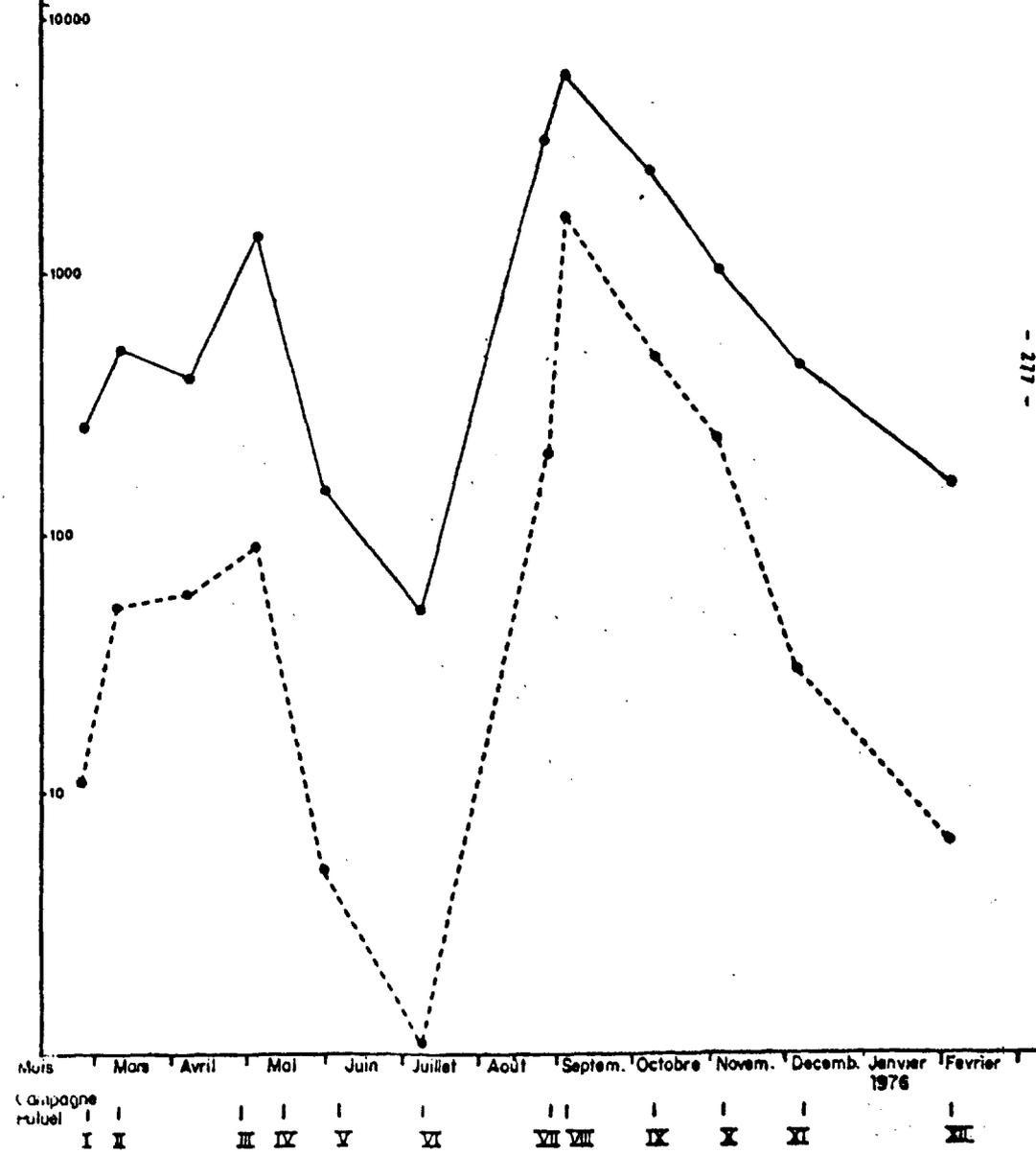
N/10m³ moyen

Fig. 267

Variations saisonnières de *Euterpina acutifrons* (Copépode).

Nombre total d'individus et nombre des femelles ovigères.

(moyenne par campagne).



Cycle saisonnier et reproduction à PALUEL

A PALUEL, nous avons observé (figure 267) que *Euterpina acutifrons* était dominant en août et septembre et maintenait son abondance en hiver pour devenir négligeable au printemps et début été. Sa période de reproduction commence au mois de juillet où apparaissent les femelles ovigères (figure 267) en quantité non négligeable. La température à cette époque à PALUEL est de 16,40°C . On peut comparer ces conditions avec celles régnant dans d'autres localités géographiques. *Euterpina acutifrons* se développe bien dans des mers chaudes : il vit en Méditerranée. Son cycle vital a été étudié d'une part en Méditerranée par BERNARD (1963), d'autre part en Angleterre (Anglesey) par HAQ (1972). Ces deux auteurs ont effectué des élevages et étudié la reproduction et la durée du temps de développement en fonction de la température. HAQ prélevait ses individus à l'aide d'une pompe avec une périodicité variant entre huit et quatorze jours. Les élevages en laboratoire ont montré que *Euterpina* commençait à pondre quand la température dépassait 15 ou 16° C. A PALUEL, on observe une très forte reproduction après la mission PALUEL VI (t = 16,40° C), le maximum de femelles ovigères étant produites fin août (19,46° C), début septembre (19,41° C).

MISSION	Nombre (moyen) de <i>Euterpina</i> / 10 m ³	Nombre (moyen) de ♀ ovigères / 10 m ³	Pourcentage de ♀ ovigères / 10 m ³	Température moyenne T°
PALUEL I	247	10	4	8,18
PALUEL II	517	51	9,8	8,64
PALUEL III	396	60	15	9,72
PALUEL IV	1 371	80	5,8	10,27
PALUEL V	149	4	2	12,45
PALUEL VI	50	0,2	0,4	16,40
PALUEL VII	3 744	206	5,5	19,46
PALUEL VIII	6 145	1 535	24,9	19,41
PALUEL IX	2 648	493	18,6	15,62
PALUEL X	1 040	212	20	12,13
PALUEL XI	446	31	6,9	9,61

Tableau C

Les élevages ont montré également (HAQ, 1972) que le maximum de ponte observé se produit quand la température croît de 10 à 25° C, mais la température létale se situe environ à 30° C pour les embryons. Ce serait la température limite supérieure tolérée par l'espèce (cette température est dépassée dans les circuits de refroidissement à PALUEL en été : 33-34° C). Le temps d'une génération serait, d'après les auteurs cités en référence plus haut, de 9 jours à 25° C et de 53 jours à 10° C. *Euterpina acutifrons* est une espèce qu'il est très important de suivre durant les années prochaines tant sur le site de GRAVELINES que sur le site de PALUEL, car elle peut représenter, aux époques d'abondance maximale, un pourcentage très important du zooplancton total : exemple à PALUEL les 3-4 septembre 1975, *Euterpina* représente 57 % du mésoplancton recueilli. Sur le site de GRAVELINES, le développement de cette espèce est un peu tardif et son maximum semble se situer un mois plus tard (51 % du zooplancton le 29 septembre 1974, 60 % du zooplancton le 6 octobre 1975).

Cette espèce présente donc pour un suivi sur le site de PALUEL aussi bien que sur le site de GRAVELINES une importance évidente, compte tenu de la dépendance de son cycle de reproduction au facteur température.

Distribution géographique

Les cartes 268 à 276 montrent la répartition horizontale de l'espèce aux différentes saisons. On peut faire les remarques générales suivantes :

- la densité de *Euterpina* est maximale le plus souvent aux stations où la salinité est la plus basse, c'est-à-dire sous l'influence des eaux côtières : station 4 à PALUEL I, station 9 à PALUEL IV (8.607 individus/10 m³). Ces stations présentent une forte turbidité.
- parallèlement, un gradient côte/large se distingue avec les plus fortes densités à la côte et diminutions vers le large. Ce gradient est observé pour la plupart des campagnes. Il est inverse de celui observé pour une espèce néritique vraiment pélagique *Temora longicornis*.

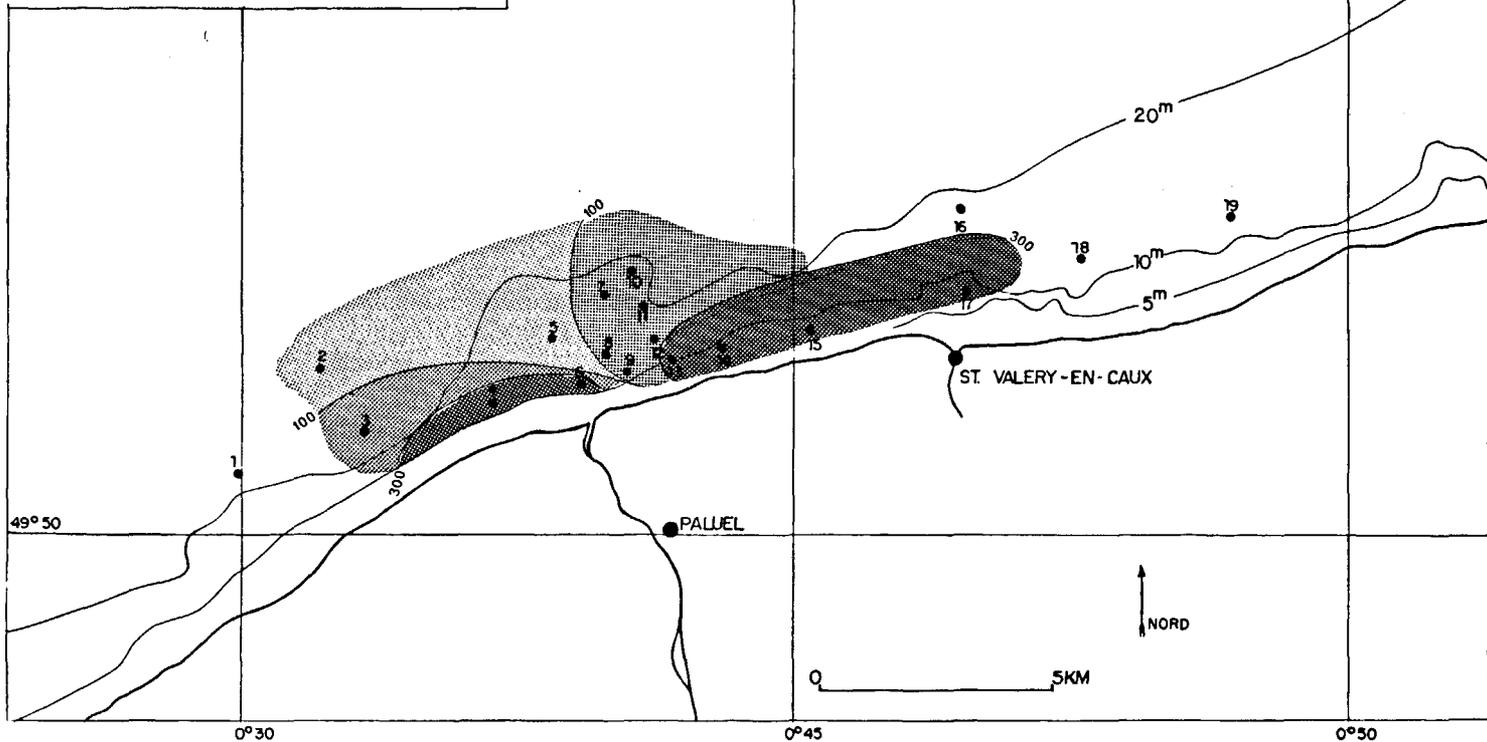
Isias clavipes

Contrairement aux espèces précédentes, présentes presque toute l'année en quantité assez importante, le Copépode *Isias Clavipes* n'est ni très abondant

PALUEL I : 27-28 février 1975

Euterpina acutifrons (N/10 m³)

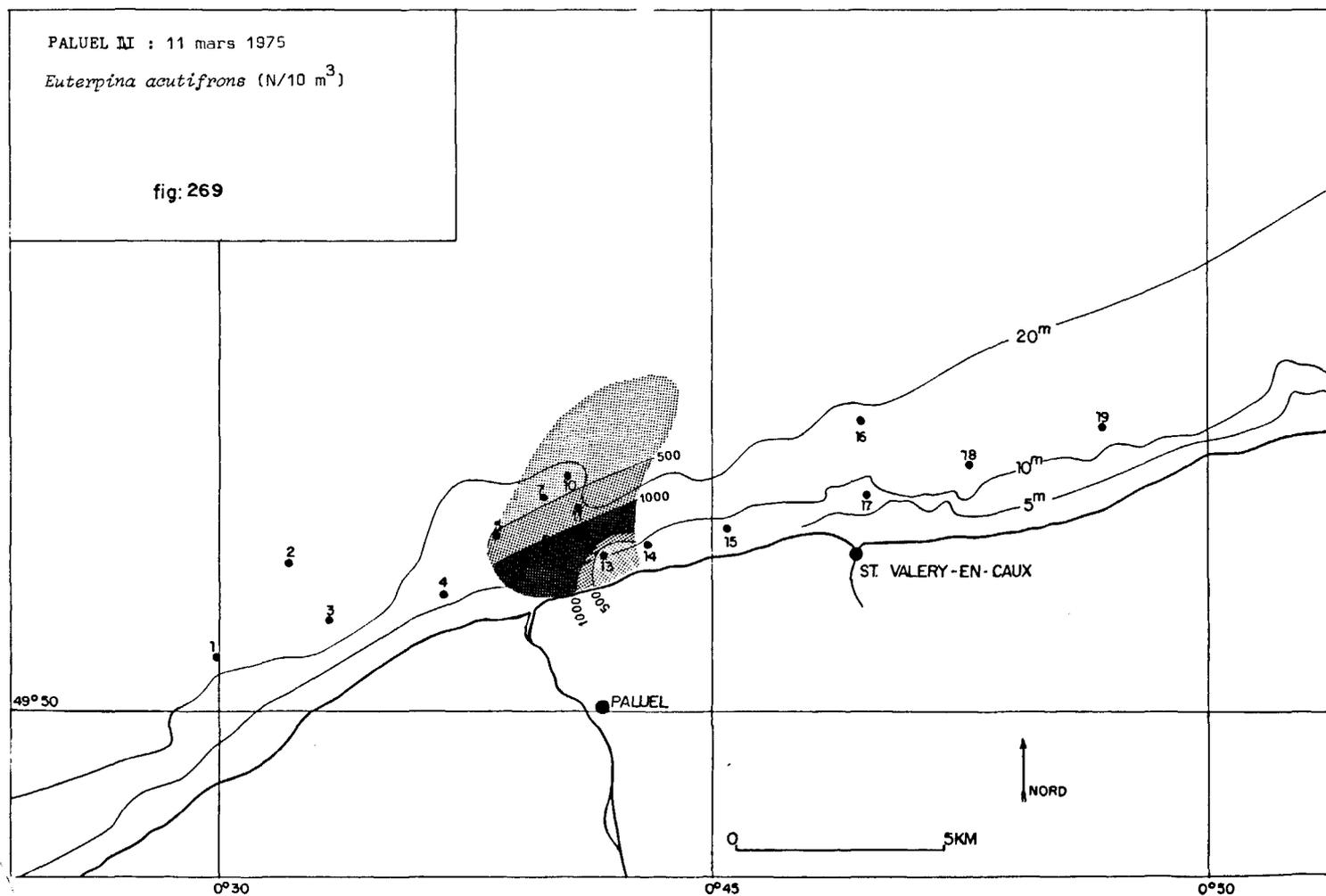
fig: 268



PALUEL II : 11 mars 1975

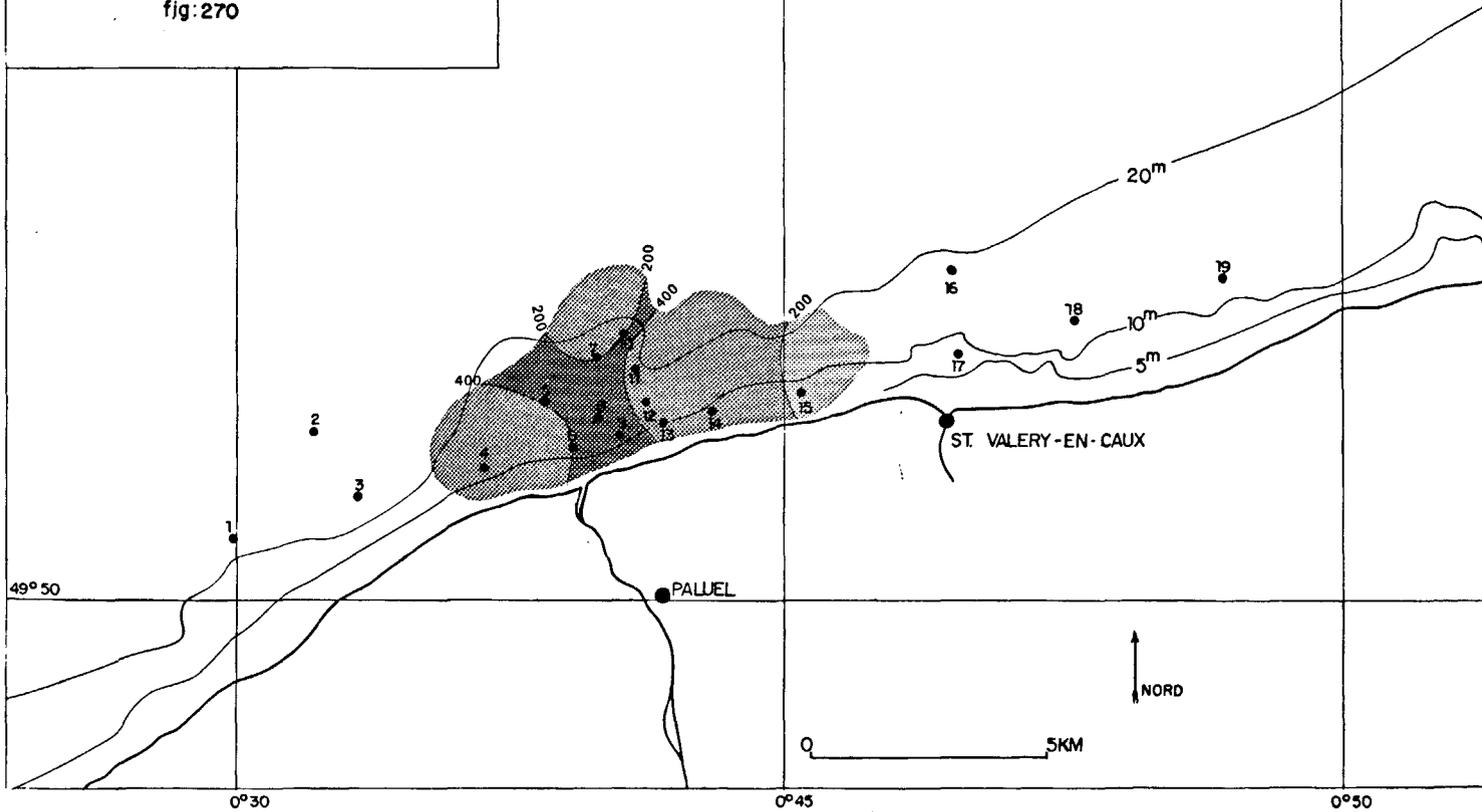
Euterpina acutifrons (N/10 m³)

fig: 269



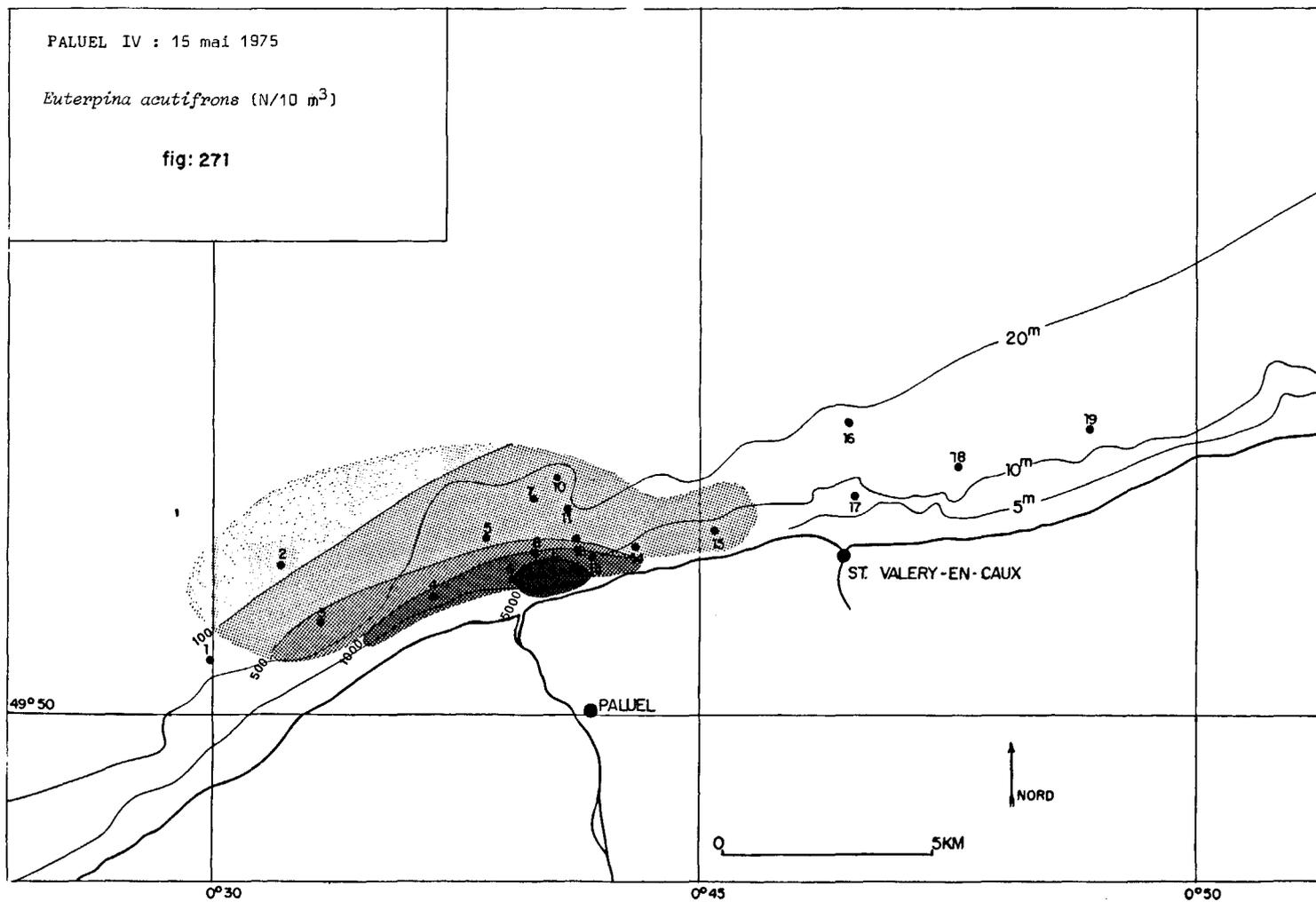
PALUEL III : 27-28 avril 1975
Euterpina acutifrons (N/10 m³)

fig: 270



PALUEL IV : 15 mai 1975
Euterpina acutifrons (N/10 m³)

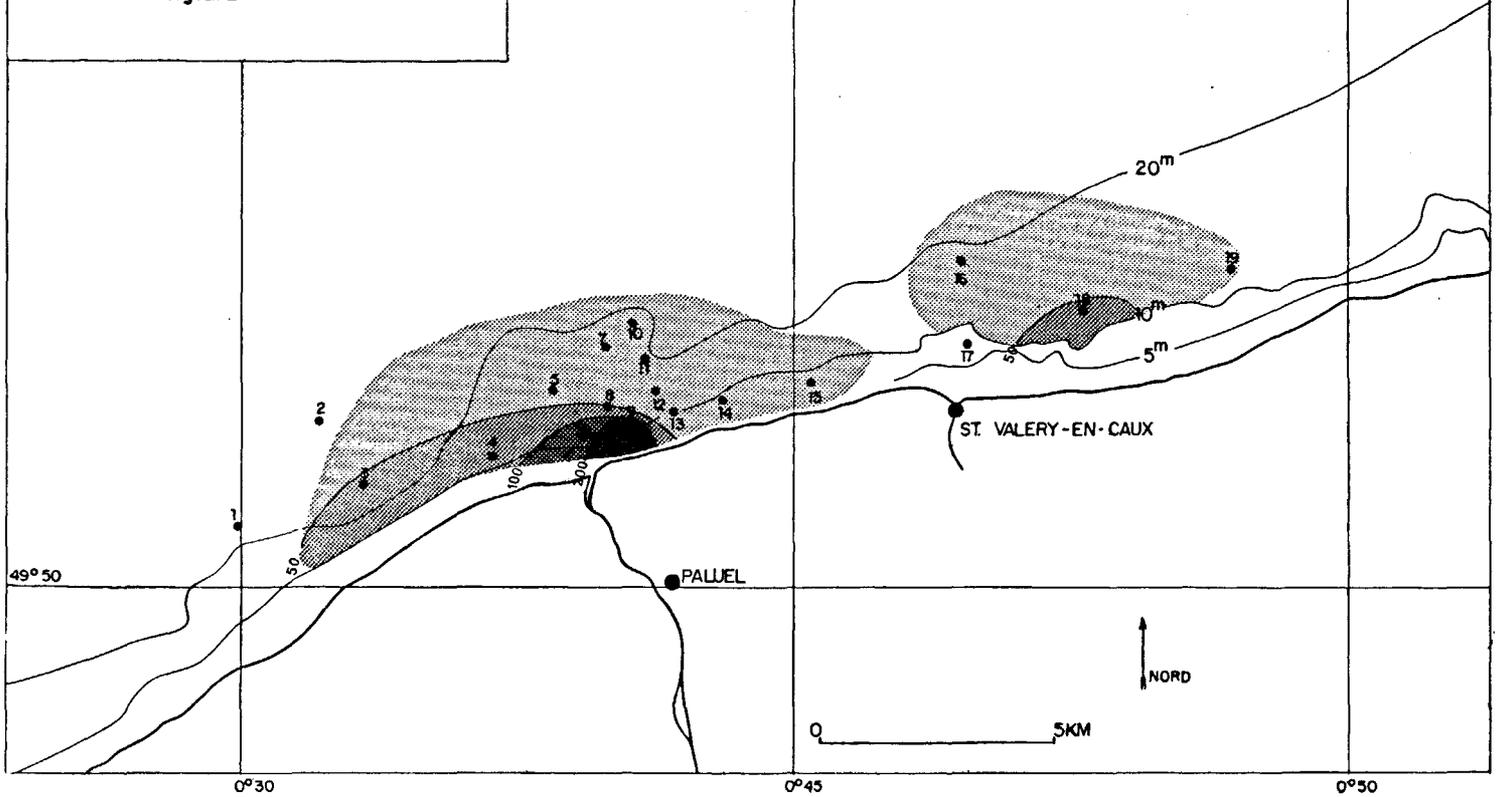
fig: 271



PALUEL V : 5-6 juin 1975

Euterpina acutifrons (N/10 m³)

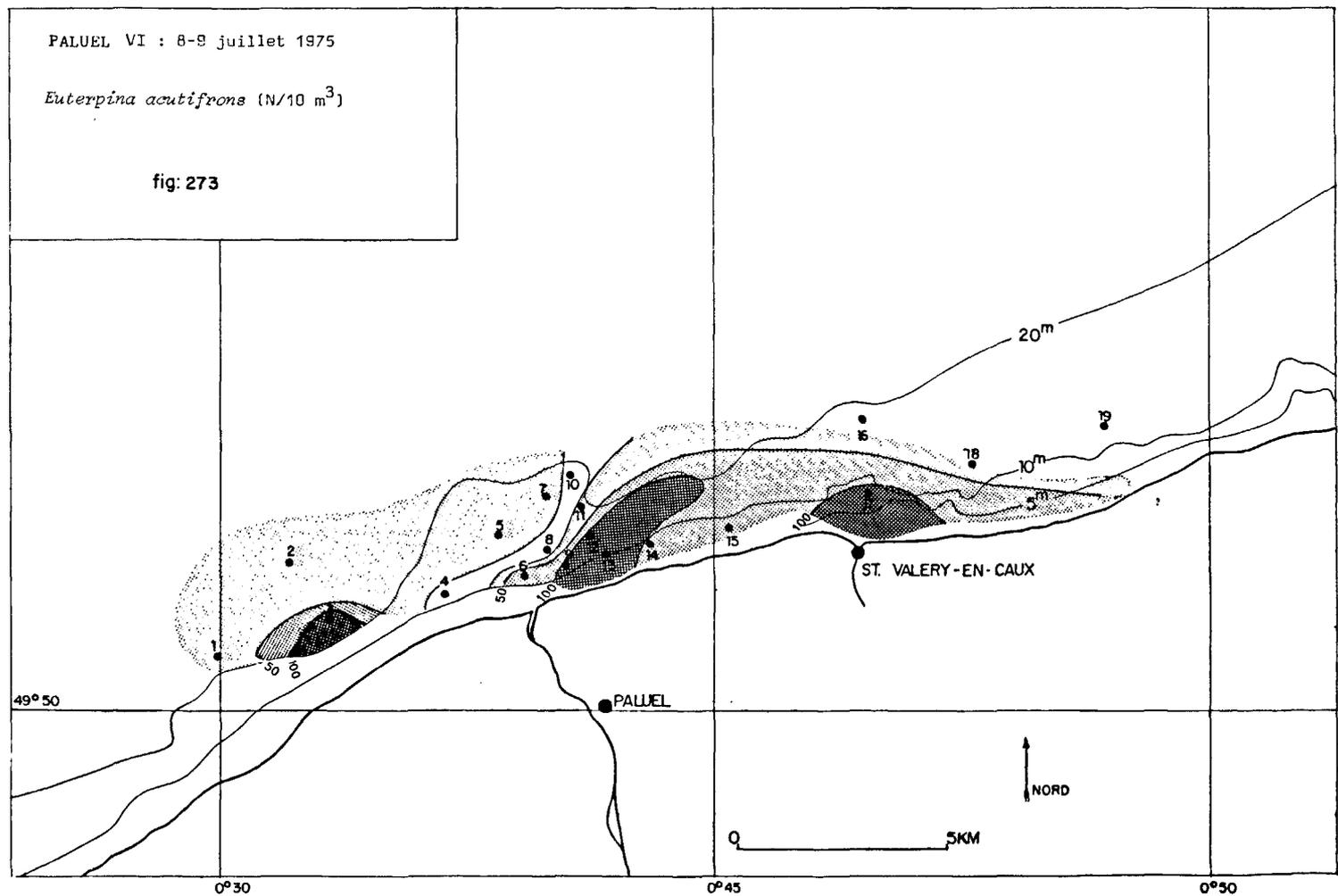
fig:272



PALUEL VI : 8-9 juillet 1975

Euterpina acutifrons (N/10 m³)

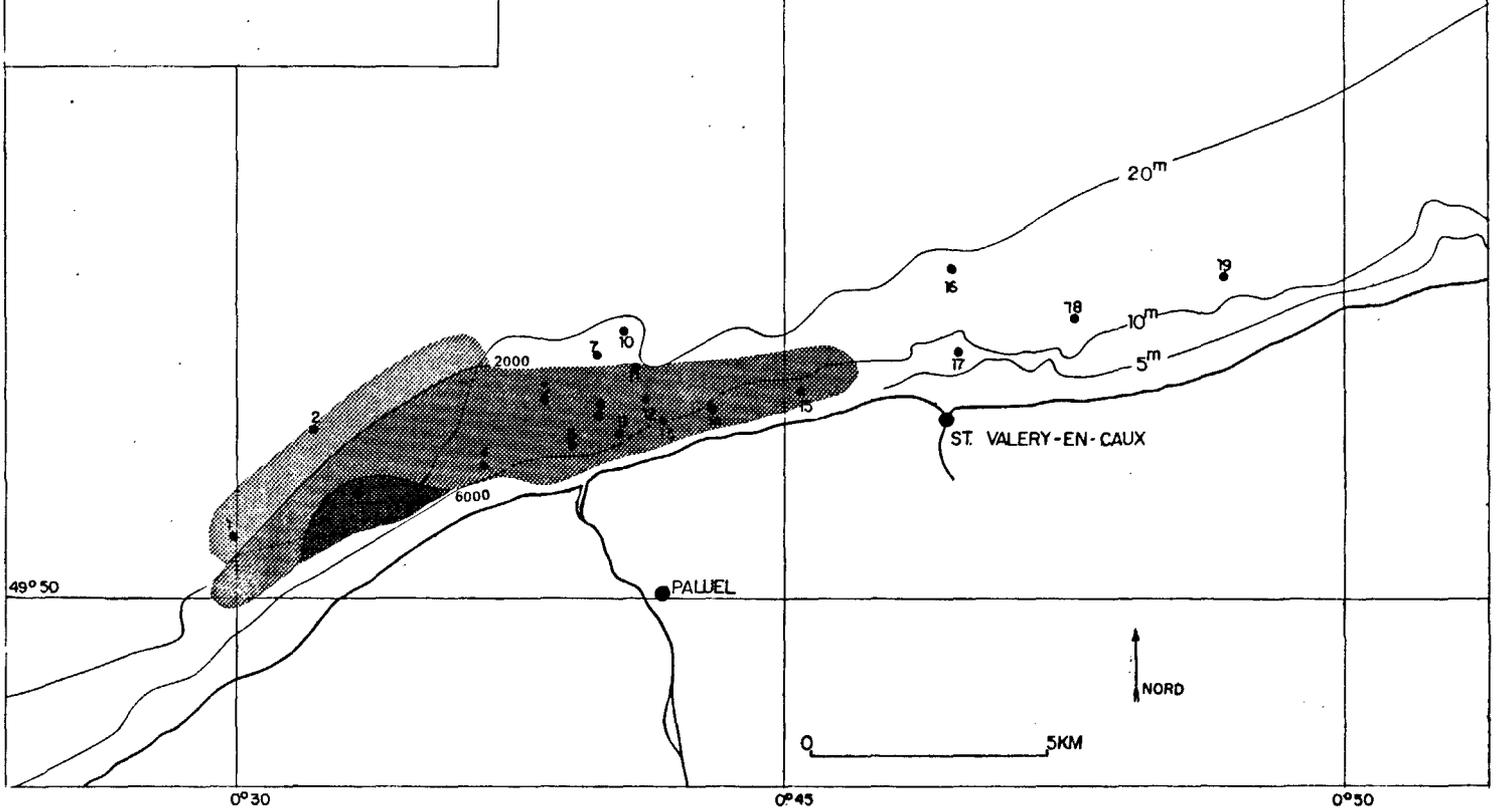
fig: 273



PALUEL VII : 28-29 août 1975

Euterpina acutifrons (N/10 m³)

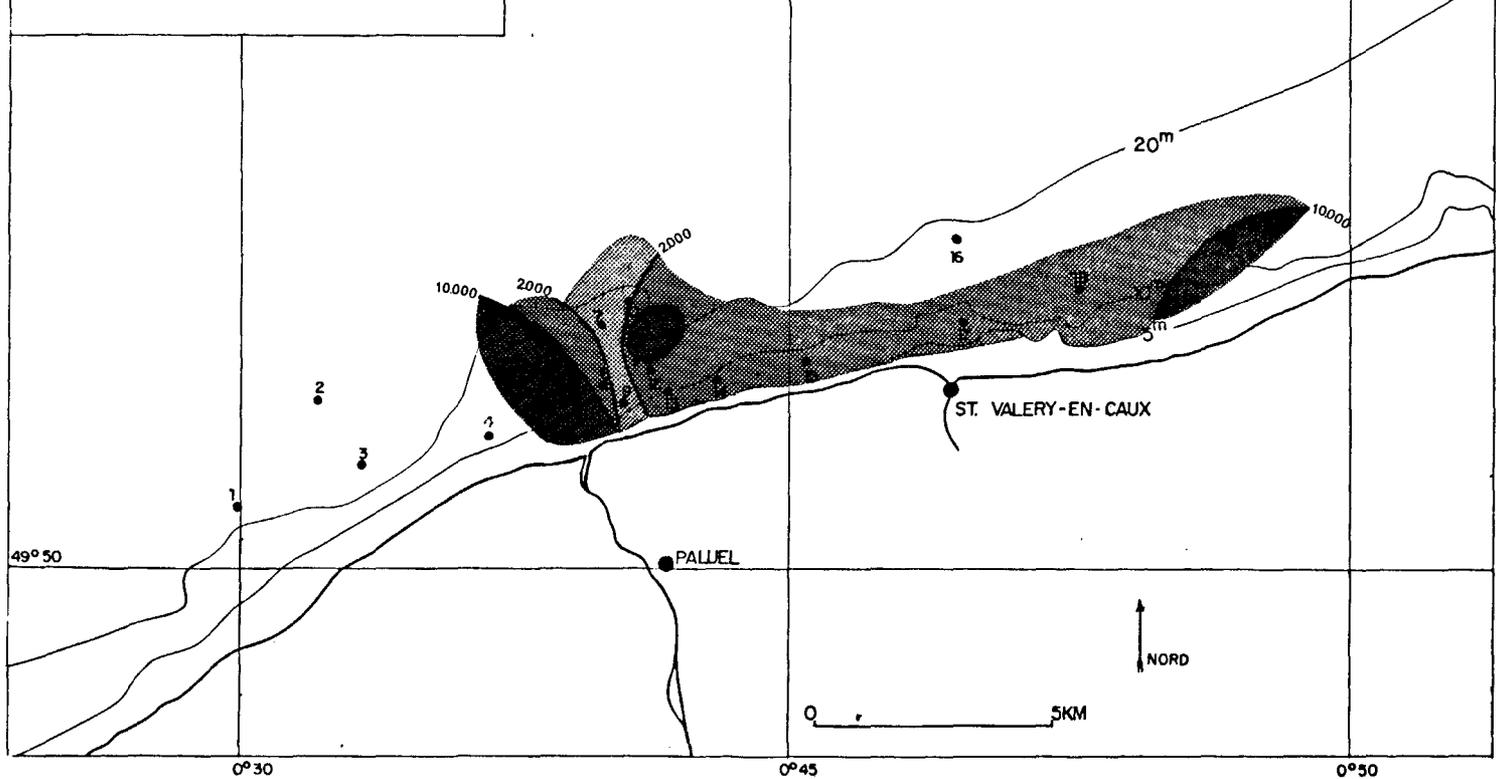
fig: 274



PALUEL VIII : 3-4 septembre 1975

Euterpina acutifrons (N/10 m³)

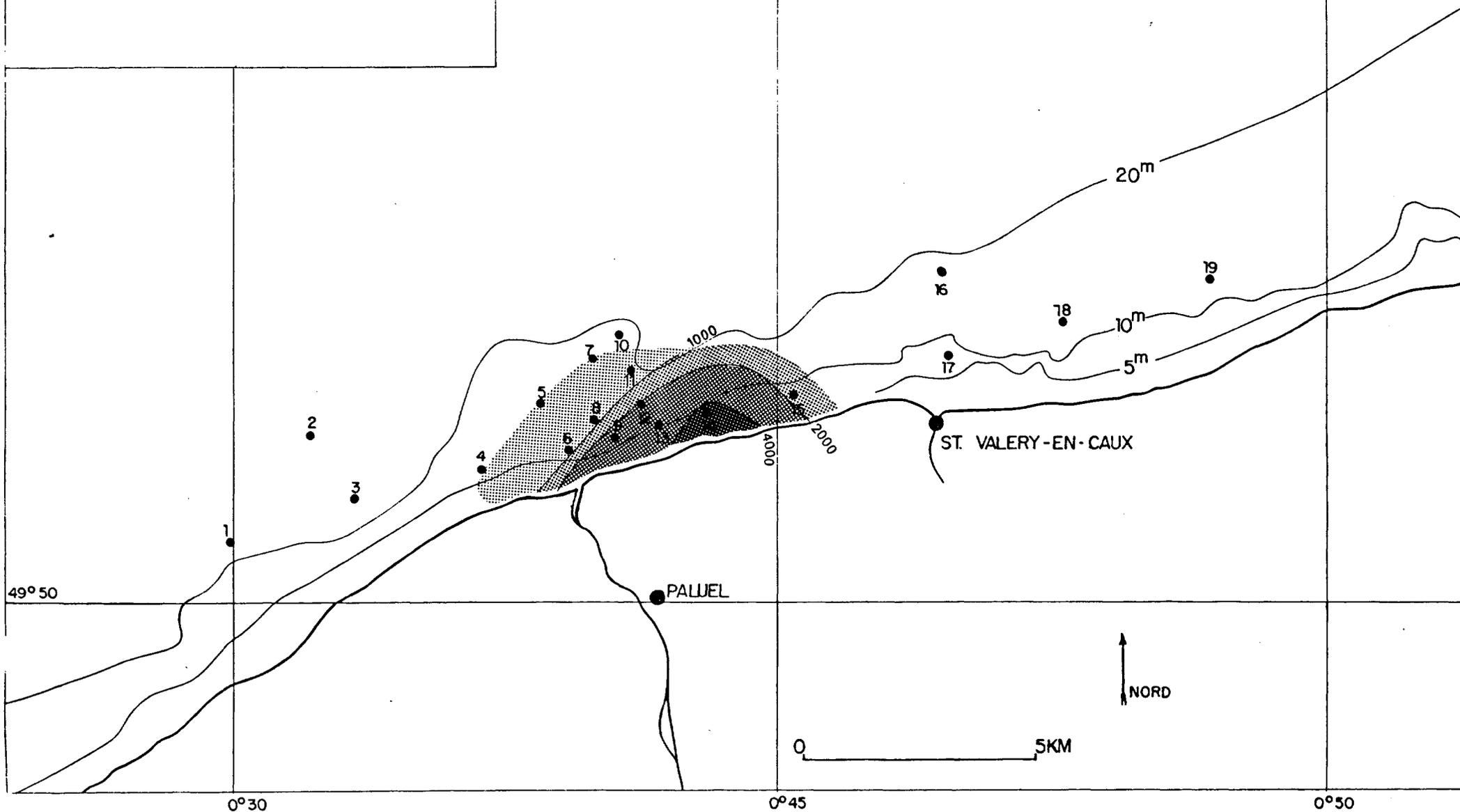
fig: 275



PALUEL IX : 8-9 octobre 1975

Euterpina acutifrons (N/10 m³)

fig: 276



ni très fréquent, nous le citerons cependant compte tenu de son type de distribution qui semble lié au facteur de température des eaux. A GRAVELINES, dans le Sud de la Mer du Nord, *Isias clavipes* est présent en août (19° C année 1975) et atteint là, sans doute, sa limite Nord de distribution. A PALUEL, *Isias clavipes* présente une abondance faible mais non négligeable (1.500 individus / 10 m³) en été (figure 277). Son maximum se situe en juillet à PALUEL comme en Manche Occidentale où il a pu être observé dans la baie de MORLAIX (RAZOULS, 1965) et également en quantité très importante dans l'estuaire de la Rivière de MORLAIX (G. LE FEVRE-LEHOERFF, 1972). C'est un Copépode de la même famille que *Centropages hamatus*, mais il semble plus côtier et plus abondant que le précédent dans les débouchés d'estuaires (en Rivière de MORLAIX, il peut représenter 60 % des échantillons de zooplancton en juillet). C'est un Copépode à large distribution géographique largement répandu en Méditerranée. *Isias clavipes*, d'après les auteurs l'ayant étudié en Méditerranée, atteindrait son maximum en mai à BANYULS (travaux du laboratoire de BANYULS) et en février devant ALEXANDRIE en Egypte (DOWIDAR N.M. and A.M. EL MAGHRABI, 1970). Son cycle vital et son maximum d'abondance sont donc très liés à la température.

Principe des "diagrammes de BARY" - son application à l'étude de *Isias clavipes*

Chaque "station" est caractérisée par sa température et par sa salinité (point sur la figure 272). A chaque station une espèce présente une certaine densité (N/10 m³). Quand toutes les valeurs sont notées, on trace les courbes d'isodensités en échelle logarithmique (0-1, 1-10, 10-100, 100-1000, etc.). Ce type de diagramme est utilisé pour la représentation d'abondance de *Isias clavipes* (figure 278) et également *Hybocodon prolifer* (Cnidaire) (figure 252). On voit que *Isias clavipes* est une espèce qui se développe pour des températures supérieures à 15° C. Ce résultat rejoint celui déjà obtenu en Manche Occidentale (G. LE FEVRE-LEHOERFF, 1971).

Acartia discaudata

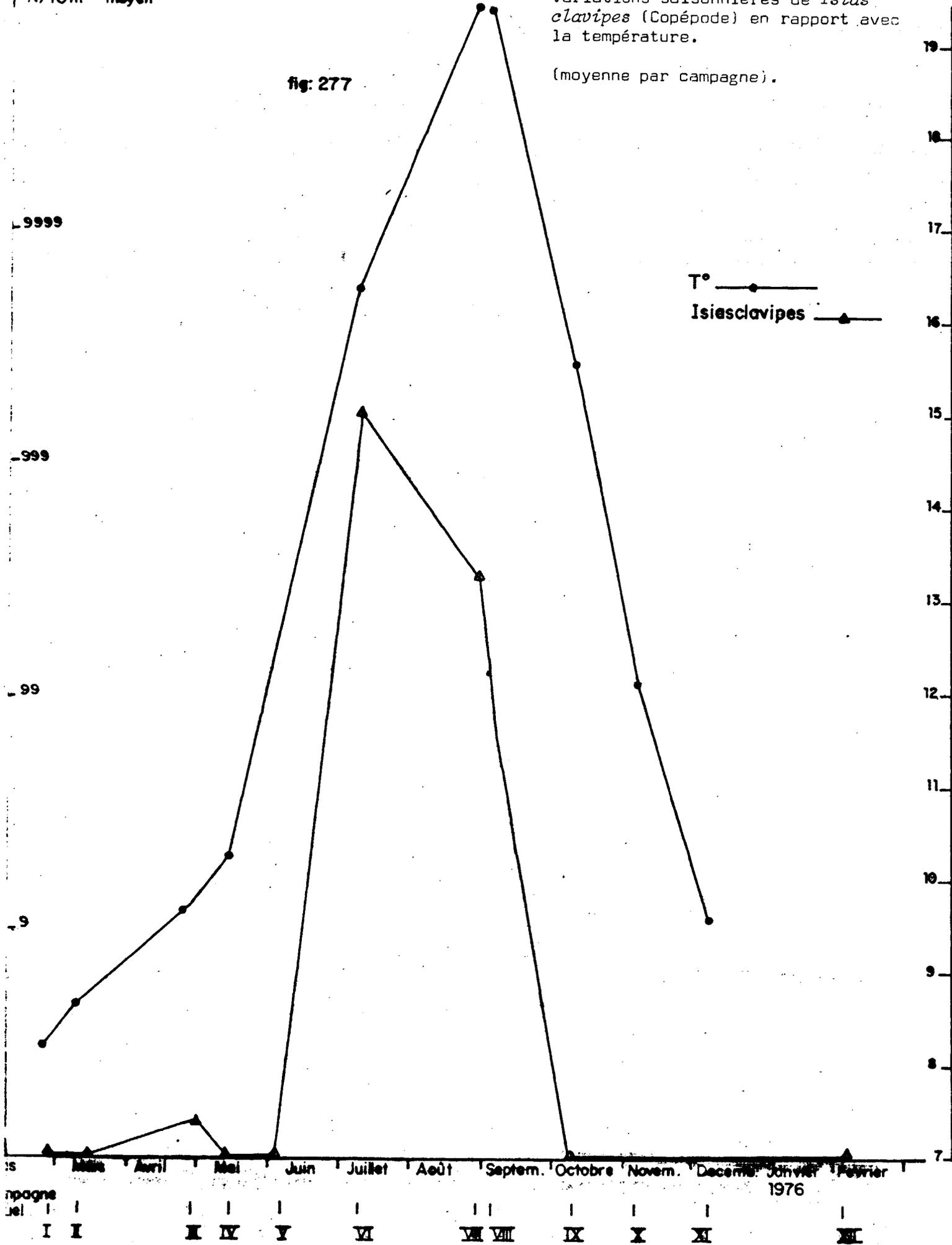
C'est une petite espèce sensiblement de la même taille qu'*Acartia clausi*. Son aire de distribution est celle correspondant aux minima de salinité.

N/10m³ moyen

Variations saisonnières de *Isias clavipes* (Copépode) en rapport avec la température.

fig: 277

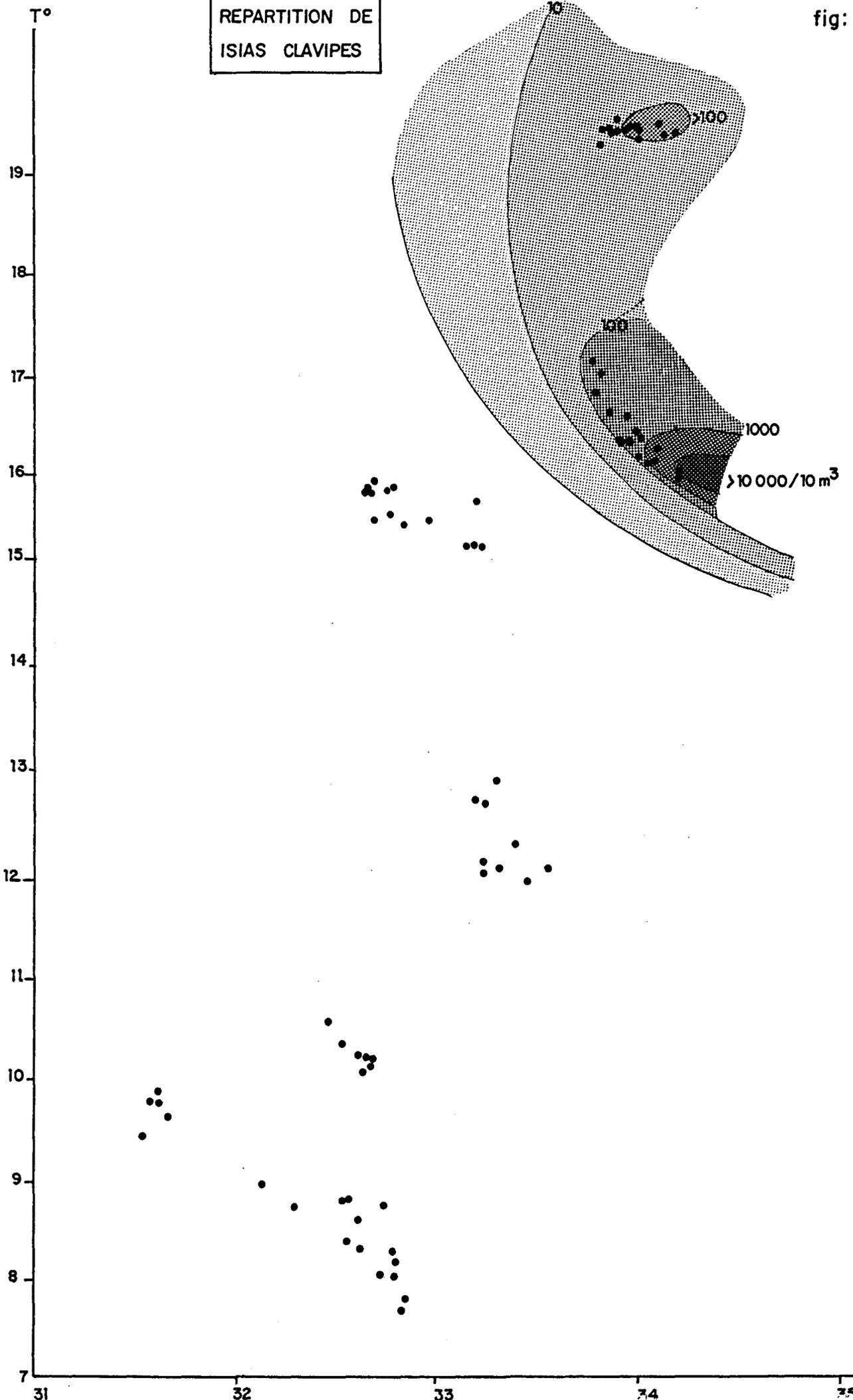
(moyenne par campagne).



campagne
 Jel | | | | | | | | | | | |
 I I II IV Y VI VII VIII IX X XI XII

fig: 278

PAUJEL
REPARTITION DE
ISIAS CLAVIPES



Son abondance est toujours faible et son maximum semble se produire en même temps que celui d'*Acartia clausi*. *Acartia discaudata* représente environ 10 % de l'effectif d'*Acartia clausi*.

4.1.3.1.4 - Succession des espèces de Copépodes au cours du cycle annuel à PALUEL

La fin de l'automne est marquée par l'abondance de *Euterpina acutifrons*. *Acartia clausi* est également très abondant.

L'hiver est marqué par la poussée de *Pseudocalanus* qui se trouve supplanté au printemps par *Temora longicornis*.

Le printemps (mai) se caractérise par la croissance des populations d'herbivores, tous croissant rapidement. Ce sont :

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

Temora longicornis atteint son maximum au mois de mai ; au mois de juin, *Centropages hamatus* devient le Copépode dominant ; en juillet, *Acartia clausi* atteint son maximum.

Fin août, et début septembre, au début de la période automnale, *Euterpina acutifrons* se reproduit de façon très rapide et domine.

D'octobre à décembre, *Euterpina* et *Acartia* dominent alternativement et constituent les deux principaux Copépodes jusqu'à l'hiver.

Nous pouvons noter les Copépodes par ordre d'importance décroissante (pourcentage au cours de l'année :

<u>Fin février 1975</u>	- <i>Euterpina acutifrons</i>	9,47 %
	- <i>Pseudocalanus minutus</i>	5,60 %
	- <i>Temora longicornis</i>	2,03 %
	- <i>Acartia clausi</i>	1,00 %
	- <i>Centropages hamatus</i>	0,65 %
	- <i>Paracalanus parvus</i>	0,15 %

Mars 1975

- <i>Pseudocalanus minutus</i>	27,86 %
- <i>Temora longicornis</i>	7,90 %
- <i>Euterpina acutifrons</i>	6,11 %
- <i>Centropages hamatus</i>	2,34 %
- <i>Acartia clausi</i>	1,63 %
- <i>Paracalanus parvus</i>	0,68 %

Fin avril 1975

- <i>Temora longicornis</i>	26,33 %
- <i>Acartia clausi</i>	12,78 %
- <i>Pseudocalanus minutus</i>	10,57 %
- <i>Centropages hamatus</i>	9,41 %
- <i>Euterpina acutifrons</i>	4,30 %
- <i>Paracalanus parvus</i>	1,19 %

Mai 1975

- <i>Temora longicornis</i>	76,86 %
- <i>Acartia clausi</i>	4,87 %
- <i>Pseudocalanus minutus</i>	3,80 %
- <i>Euterpina acutifrons</i>	1,96 %
- <i>Centropages hamatus</i>	1,12 %
- <i>Paracalanus parvus</i>	0,01 %

Juin 1975

- <i>Centropages hamatus</i>	25,78 %
- <i>Temora longicornis</i>	25,36 %
- <i>Acartia clausi</i>	11,40 %
- <i>Euterpina acutifrons</i>	3,95 %
- <i>Pseudocalanus minutus</i>	3,63 %
- <i>Paracalanus parvus</i>	0,16 %

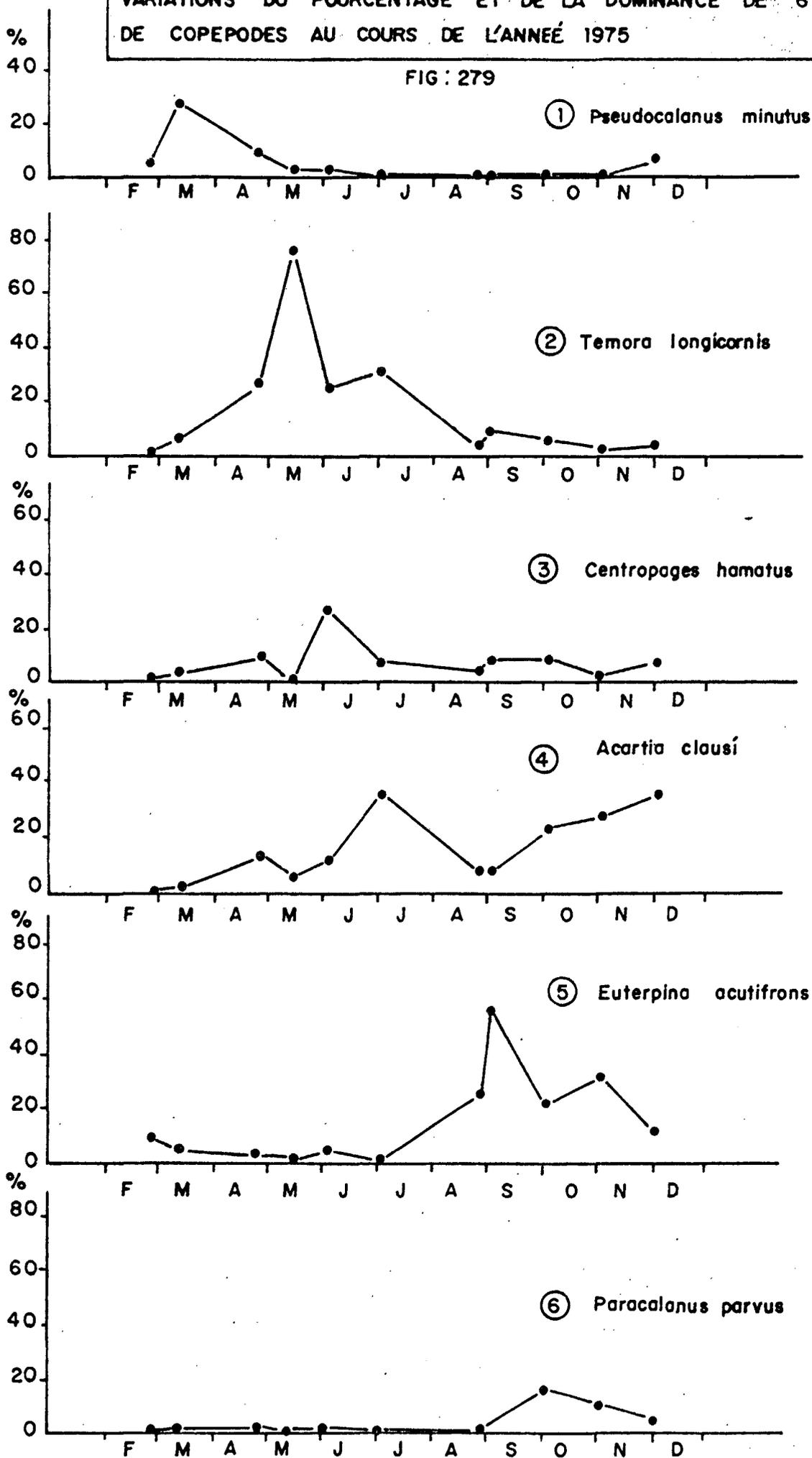
Juillet 1975

- <i>Acartia clausi</i>	37,33 %
- <i>Temora longicornis</i>	30,30 %
- <i>Centropages hamatus</i>	7,68 %
- <i>Paracalanus parvus</i>	0,54 %
- <i>Pseudocalanus minutus</i>	0,47 %
- <i>Euterpina acutifrons</i>	0,17 %

<u>Août 1975</u>	- <i>Euterpina acutifrons</i>	26,12 %
	- <i>Acartia clausi</i>	8,05 %
	- <i>Temora longicornis</i>	5,08 %
	- <i>Centropages hamatus</i>	3,91 %
	- <i>Paracalanus parvus</i>	1,18 %
	- <i>Pseudocalanus minutus</i>	0,37 %
<u>Septembre 1975</u>	- <i>Euterpina acutifrons</i>	57,17 %
	- <i>Temora longicornis</i>	10,06 %
	- <i>Acartia clausi</i>	8,28 %
	- <i>Centropages hamatus</i>	8,00 %
	- <i>Paracalanus parvus</i>	2,71 %
	- <i>Pseudocalanus minutus</i>	0,49 %
<u>Octobre 1975</u>	- <i>Acartia clausi</i>	24,36 %
	- <i>Euterpina acutifrons</i>	23,88 %
	- <i>Paracalanus parvus</i>	16,27 %
	- <i>Centropages hamatus</i>	8,89 %
	- <i>Temora longicornis</i>	6,13 %
	- <i>Pseudocalanus minutus</i>	0,04 %
<u>Novembre 1975</u>	- <i>Euterpina acutifrons</i>	32,61 %
	- <i>Acartia clausi</i>	28,03 %
	- <i>Temora longicornis</i>	3,48 %
	- <i>Centropages hamatus</i>	2,51 %
	- <i>Paracalanus parvus</i>	11,25 %
	- <i>Pseudocalanus minutus</i>	0,19 %
<u>Décembre 1975</u>	- <i>Acartia clausi</i>	34,91 %
	- <i>Euterpina acutifrons</i>	12,79 %
	- <i>Centropages hamatus</i>	7,40 %
	- <i>Pseudocalanus minutus</i>	6,08 %
	- <i>Paracalanus parvus</i>	5,85 %
	- <i>Temora longicornis</i>	4,65 %

VARIATIONS DU POURCENTAGE ET DE LA DOMINANCE DE 6 ESPECES DE COPEPODES AU COURS DE L'ANNEE 1975

FIG : 279



4.1.3.1.5 - Indice de diversité des Copépodes

Les espèces planctoniques temporaires ou permanentes soumises à des conditions hydrologiques fluctuantes sont en général moins nombreuses que dans un milieu stable. Aussi, la diversité spécifique peut refléter le degré de stabilité du milieu étudié, elle synthétise les caractères des populations et leurs interactions avec le milieu. MARGALEF (1963) a montré que dans les zones à forte production primaire se développent peu d'espèces animales. De plus, un stade de maturité avancé de l'écosystème correspond à un niveau trophique élevé et en général la diversité y est forte. Nous essaierons de voir comment la valeur de l'indice de diversité des Copépodes peut éventuellement refléter l'intensité de la compétition interspécifique, la succession des espèces au cours des saisons (G. LE FEVRE-LEHOERFF, 1974).

Calcul de l'indice

Le calcul de l'indice de diversité n'a pas été entrepris pour l'ensemble des taxons des échantillons. Il pourrait l'être si le niveau de détermination était sensiblement le même pour tous, ce qui n'est pas le cas. Pour les Copépodes au contraire, le groupe est presque toujours déterminé au niveau de l'espèce.

L'indice de diversité des Copépodes a été calculé selon la formule de SHANNON :

$$I = - \sum_{i=1}^{i=S} \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$

où " n_i " sont les effectifs de "s" espèces, "N" l'effectif total. La formule prenant en compte les fréquences relatives n_i/N des espèces caractérise une population dont on extrait un échantillon aléatoire et donne une diversité de population.

Résultats obtenus (tableau D) (voir annexe et figure 280)

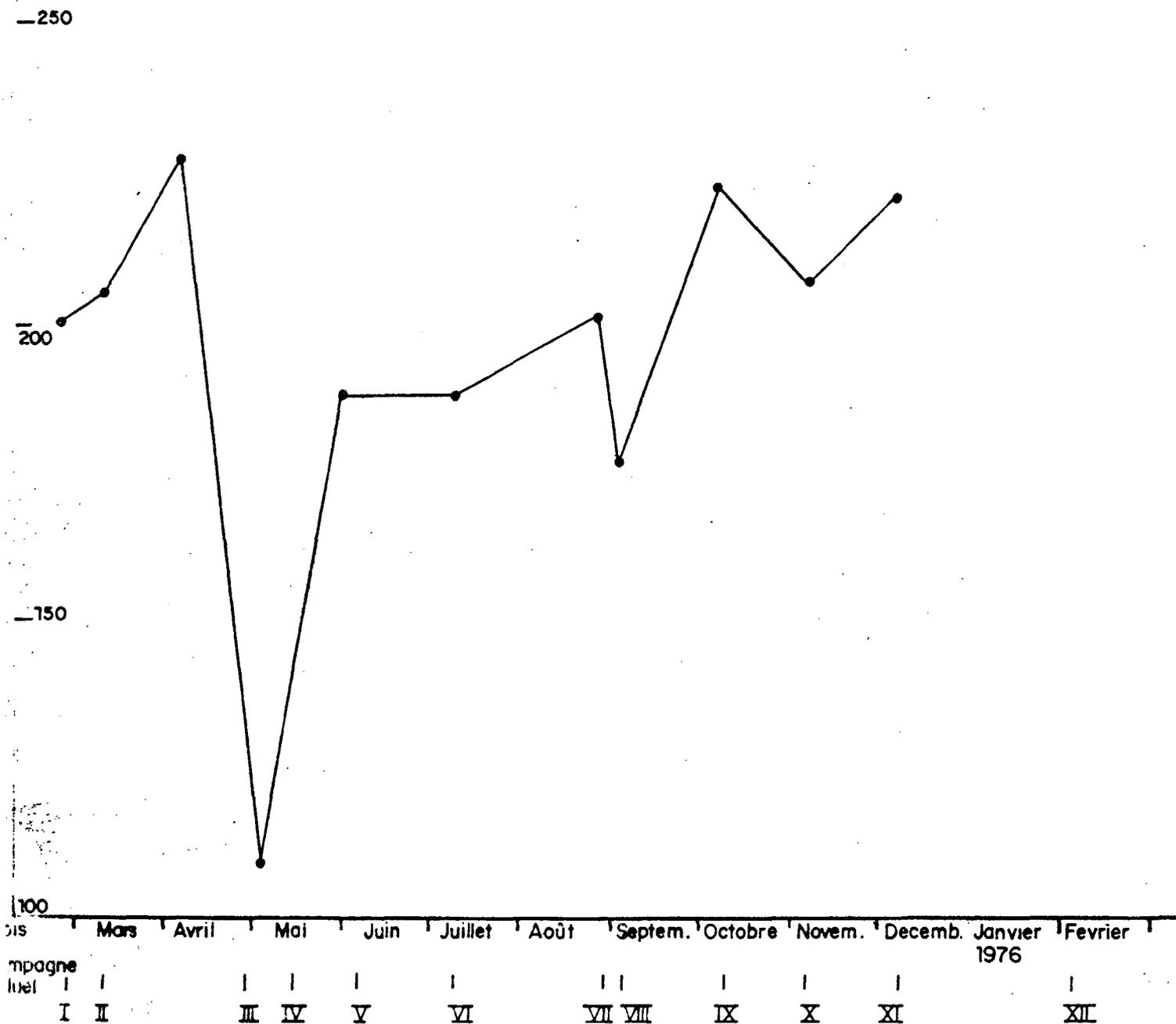
L'indice de diversité moyen par campagne a été calculé. Il indique l'évolution saisonnière de la population totale. Cet indice présente deux

fig: 280

Variations saisonnières de l'indice de diversité des Copépodes.

(moyenne par campagne).

I Moyen (bits/individus)



minima, la valeur la plus faible se situant en mai est expliquée par la grande abondance de *Temora longicornis* à cette époque (77 % des échantillons). L'autre minimum, moins prononcé, correspond à la mission des 3 et 4 septembre et marque la forte production d'*Euterpina acutifrons*. L'indice présente des fluctuations d'ensemble, moins accentuées à PALUEL qu'à GRAVELINES. Deux espèces principales *Temora longicornis* et *Euterpina acutifrons* conditionnent les fluctuations d'ensemble du zooplancton à GRAVELINES. A PALUEL, au contraire, un plus grand nombre d'espèces se succèdent et l'écosystème semble moins fragile et plus équilibré au cours de l'année.

Variations de l'indice aux différentes stations

L'indice varie de façon complexe sous l'influence de plusieurs paramètres, le nombre des espèces et leur abondance respectives. D'une façon très générale, l'indice de diversité est faible, le plus souvent aux zones de plus fortes dessalures : station 4 à PALUEL I ($I = 1,82$), station 9 à PLAUDEL IV ($I = 0,68$), station 6 à PALUEL VIII ($I = 0,75$), zones où domine très nettement une espèce comme nous l'avons déjà indiqué plus haut. Le gradient côte/large n'est pas marqué, sauf peut-être pour la mission d'octobre où les indices aux stations côtières sont plus faibles qu'aux stations plus éloignées.

4.1.3.1.6 - Conclusion

Les Copépodes constituent une fraction essentielle de la biomasse zooplanctonique. C'est une source importante de nourriture protéinée pour les Carnivores et les Alevins en général. Aussi, au cours d'un suivi sur le site il sera nécessaire d'estimer la variation quantitative et qualitative de ce groupe de Crustacés.

Quelques espèces seront retenues plus spécialement pour en établir leur dynamique. Ce seront surtout :

- *Temora longicornis*
- *Acartia clausi*
- *Pseudocalanus minutus*
- *Euterpina acutifrons*

Tableau D

Indice de diversité des Copépodes

Stations Campagnes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PALUEL I 27-28/02	2,40			1,82			2,06	2,08	2,11		1,98
PALUEL II 11/03										2,10	2,21
PALUEL III 27-28/04				2,26	2,24	2,50	2,35	2,29			2,23
PALUEL IV 15/05		1,81	1,05		0,96		0,72		0,68	0,75	
PALUEL V 5-6/06	2,10	2,05	2,02	2,13	2,11	2,49	2,06	1,82	2,10	1,42	1,79
PALUEL VI 5-6/07	1,73	2,02	2,02	1,89	1,83	2,16	1,97	1,73	1,64	1,18	1,59
PALUEL VII 27-28/08	2,00	2,07	2,25	2,44							
PALUEL VIII 3-4/09					1,96	0,75	1,65	2,03	2,82	2,15	1,84
PALUEL IX 8-9/10	2,28	2,32	2,08	2,40	2,37	2,01	2,40	2,28	1,95	2,36	2,21
PALUEL X 6/11						2,03					
PALUEL XI 5/12											
PALUEL XII 3/02											

Stations Campagnes	12	13	14	15	16	17	18	19	Moyenne
PALUEL I 27-28/02									2,00
PALUEL II 11/03	1,72	2,13							2,04
PALUEL III 27-28/04		2,22	2,26	2,06					2,27
PALUEL IV 15/05	0,77			1,99					1,09
PALUEL V 5-6/06	1,73	1,85	1,49	1,54	1,92	1,59	1,74	1,80	1,88
PALUEL VI 8-9/07	2,03	2,07	1,69	1,88	2,05	2,12	1,95	2,15	1,88
PALUEL VII 27-28/08	2,02			2,09					2,01
PALUEL VIII 3-4/09		1,26	2,01		2,01	1,28	1,96	1,24	1,77
PALUEL IX 8-9/10	2,29	2,23	2,00	2,30					2,23
PALUEL X 6/11		2,19		1,95					2,06
PALUEL XI 5/12									2,21
PALUEL XII 3/02									

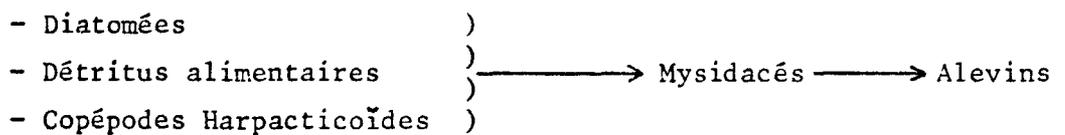
4.1.3.2 - Les Cladocères

Crustacés holoplanctonique les Cladocères forment un groupe où se rencontrent de nombreuses formes d'eau douce ou d'eau saumâtre. A PALUEL, les Cladocères fréquemment rencontrés sont les deux genres *Poëon* et *Evdane*, genres néritiques communs en Manche et en Mer du Nord. Ce sont deux genres euryhalins et eurythermes. Les Cladocères *Poëon* et *Evdane* se développent bien l'été dans la couche d'eau superficielle des eaux réchauffées et peuvent former en surface, surtout *Evdane*, des populations à fortes densités.

Ils ne présentent pas une biomasse importante sur le site ; cependant, ces espèces prolifèrent pour une température élevée et leur densité peut augmenter avec le réchauffement des eaux.

4.1.3.3 - Les Mysidacés

Les Mysidacés constituent sur les fonds côtiers une nourriture importante pour les poissons, poissons plats (plies et turbots) des fonds sableux et poissons pélagiques (harengs). Les Mysidacés se nourrissent essentiellement de fines particules et de détritits et même de petits Copépodes, aussi forment-elles un groupe qui présente un intérêt par la forte réduction de la chaîne alimentaire :



Deux espèces de Mysidacés sont particulièrement abondantes et fréquentes à PALUEL, ce sont *Mesopodopsis slabberi* et *Schistomysis spiritus*.

Mesopodopsis slabberi

Mesopodopsis slabberi a une large répartition géographique depuis le DANEMARK jusqu'aux côtes africaines. Espèce très euryhaline, elle supporte des salinités variant de 1 ‰ à 96 ‰ dans les milieux sursalés (d'après PESTA, 1935).

C'est une espèce relativement abondante dans les estuaires où elle trouve une eau riche en matière organique. Deux maxima annuels ont été observés à PALUEL, le premier en mars, jusqu'à 200 individus par 10 m³, le deuxième en octobre. Le maximum de femelles ovigères a été observé en février et mars. Du point de vue de sa répartition sur le site, les densités les plus fortes se situent aux stations côtières qui correspondent au minimum de salinités selon les missions : 4, 6, 9, 13 et 15 spécialement. Cette espèce en Mer du Nord a été étudiée par KRAMP (1913) qui l'a trouvée en grande quantité dans l'estomac des harengs.

Schistomysis spiritus (figure 281)

Cette espèce présente une abondance équivalente à celle de *Mesopodopsis slabberi*. Elle est fréquente à toutes les stations côtières mais a une distribution géographique plus large que l'espèce précédente. Cette espèce, abondante à PALUEL, et dominante à GRAVELINES, peut être étudiée plus spécialement dans un suivi afin de cerner ses périodes de reproduction et sa production annuelle, la biomasse de l'espèce étant élevée dans l'ensemble du zooplancton.

Neomysis integer

Signalons une espèce recueillie à la station 4 en février (minimum de salinité : *Neomysis integer* qui est une espèce d'eau saumâtre dont l'écologie a été décrite par MAUCLINE (1971) dans les lochs Ecosais. Cette espèce est caractéristique des eaux à faible salinité et s'étend vers la Mer du Nord et en Baltique (KINNE, 1955).

Remarques concernant les résultats quantitatifs

La récolte au filet WP₂ n'est pas adaptée à la récolte des Mysidacés, groupe d'espèces vagiles et nageant en bancs plus ou moins près du fond. Aussi, les pêches sont-elles peu instructives si on veut obtenir un résultat quantitatif précis. Il peut arriver en effet que le filet pêche dans un banc ou non et, de ce fait, la variabilité peut être très grande. De plus, ces espèces évitent un filet qui ne pêche pas assez vite.

12 mm



Figure 281 - *Schistomysis spiritus* ♀ portant ses embryons (vu au binoculaire)

(Photo G. LE FEVRE - LEHOËRFF)

4.1.3.4 - Les Appendiculaires

Oikopleura dioica (figures 282 et 283)

Oikopleura dioica est une des deux espèces rencontrées en Manche et en Mer du Nord. C'est une espèce caractéristique des eaux côtières riches en particules organiques. Capables de supporter une gamme de salinité étendue de 11,4 ‰ à 36,7 ‰ (DEEVEY, 1952), cette espèce semble très liée, quant à son cycle saisonnier et son abondance, à la fois à la température et à la possibilité de trouver une nourriture abondante. C'est un filtreur important et il constitue avec les Mysidacés une masse de nourriture non négligeable pour les poissons (WYATT, 1974). Elles présentent à PALUEL deux maxima d'abondance au cours de l'année, l'un en mai, l'autre fin août. Il semble que deux facteurs jouent sur l'abondance de *Oikopleura dioica* : d'une part la température (maximum en août), d'autre part les possibilités de nutrition : le maximum de mai (9.931 individus/10 m³ à la station 9) correspond au maximum phytoplanctonique et à la grande turbidité. La moyenne n'est pas très représentative de la campagne, étant faussée par la très forte valeur de la station 9, où se produit une accumulation de l'ensemble des organismes.

4.1.3.5 - Les Chaetognathes

Sagitta setosa (figure 284)

Les Chaetognathes *Sagitta setosa* sont les carnivores les plus abondants pendant la saison automnale (figure 285). On trouve beaucoup d'immatures dans les régions côtières. Il n'est pas exclu que les pontes se fassent près de la côte. *Sagitta* se situe dans la chaîne trophique aux mêmes époques que *Paracalanus* et *Euterpina*.

4.1.3.6 - Les Cténaires

Les Cténaires se sont montrés à PALUEL beaucoup moins abondants qu'à GRAVELINES. L'espèce *Beroe cucumis* est peu représentée, l'espèce *Pleur-brachia pileus* étant prédominante. Ce Cténaire est présent d'avril à juin

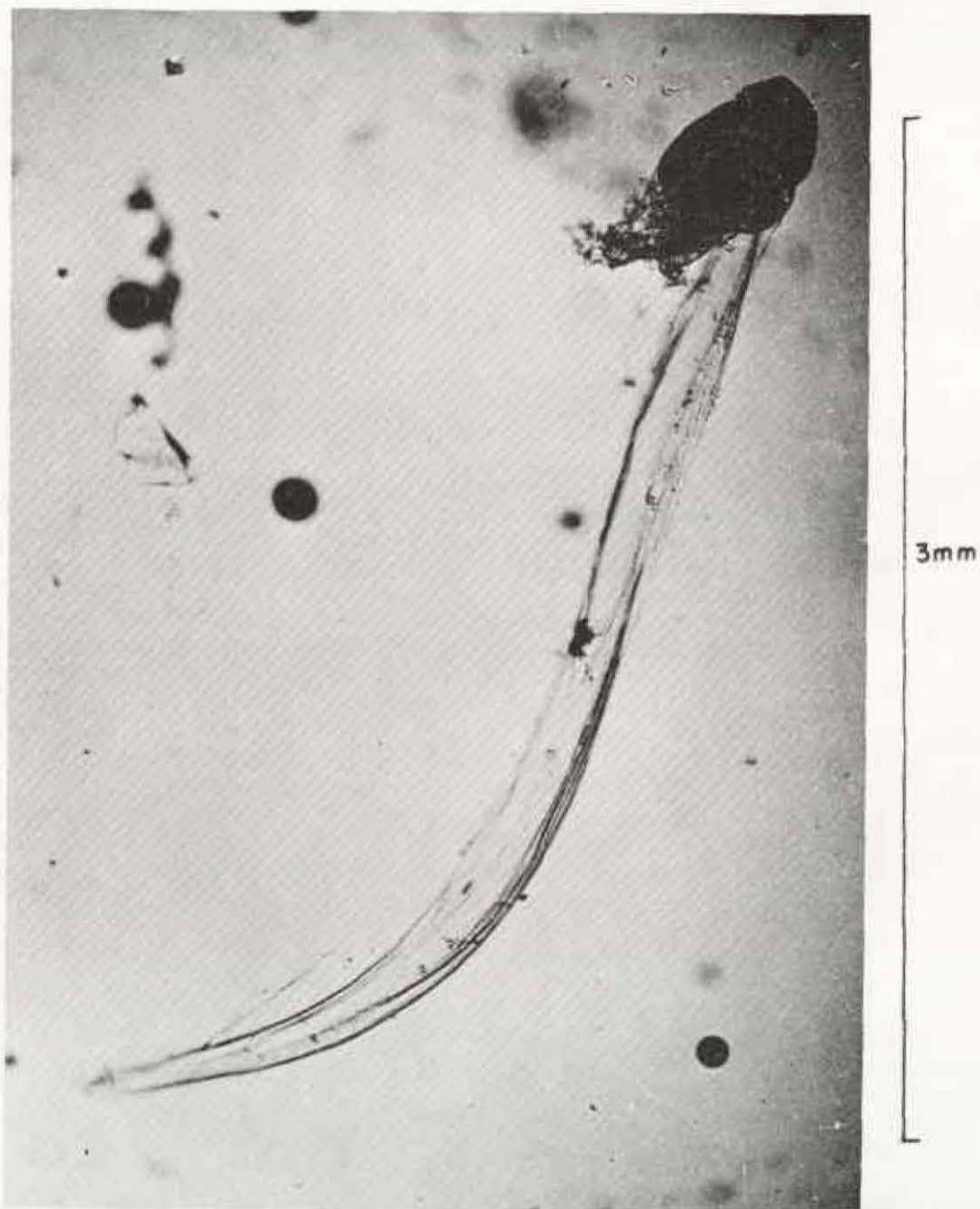


Figure 282 - L'appendiculaire *Oikopleura dioica*
(vu au binoculaire)

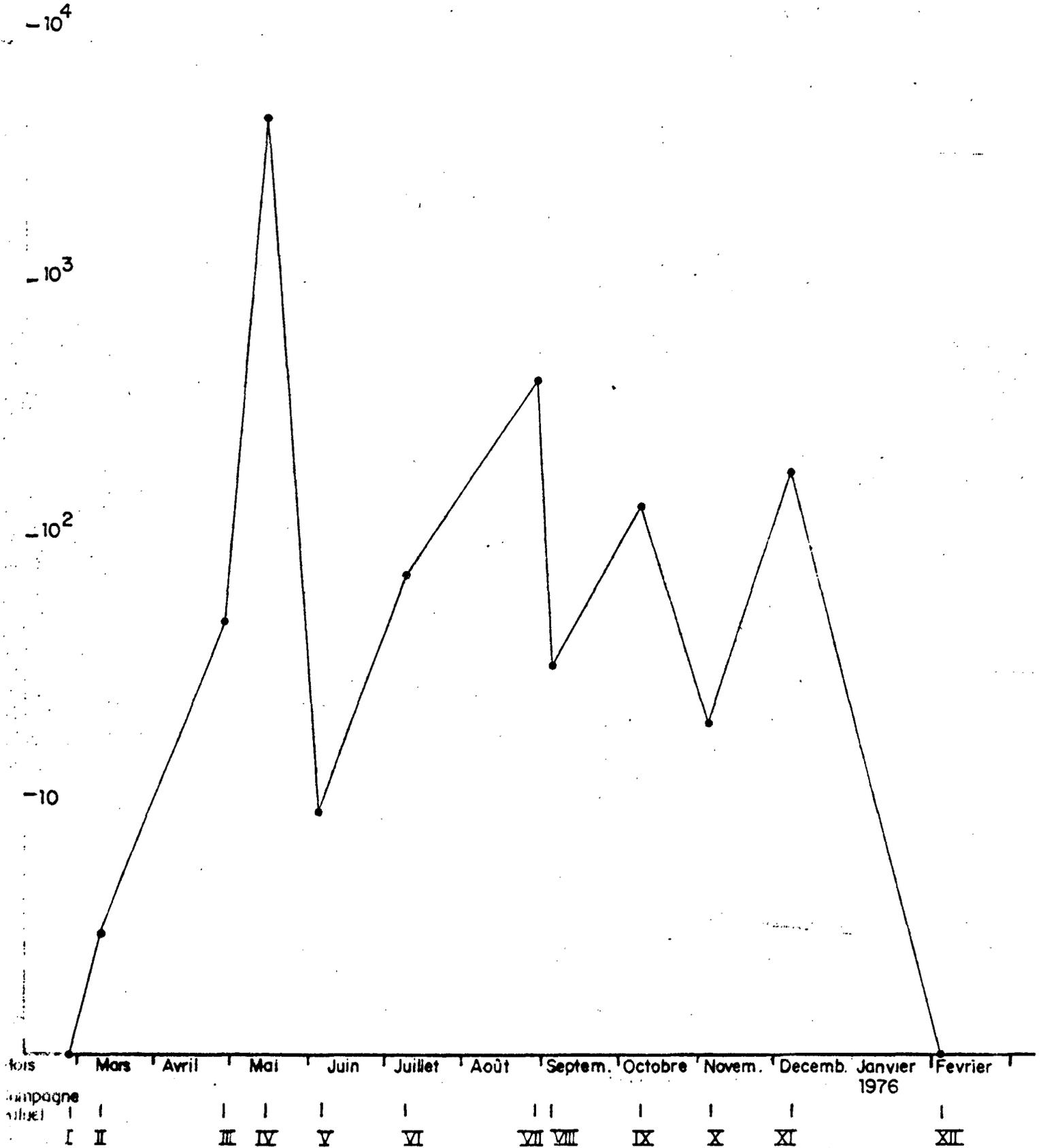
(Photo J. LE FEVRE)

fig 283

N/10m³ moyen

Variations saisonnières de *Oikopleura dioica*
(Appendiculaire)

(moyenne par campagne)





12 mm

Figure 284 - *Sagitta setosa*

(vu au binoculaire)

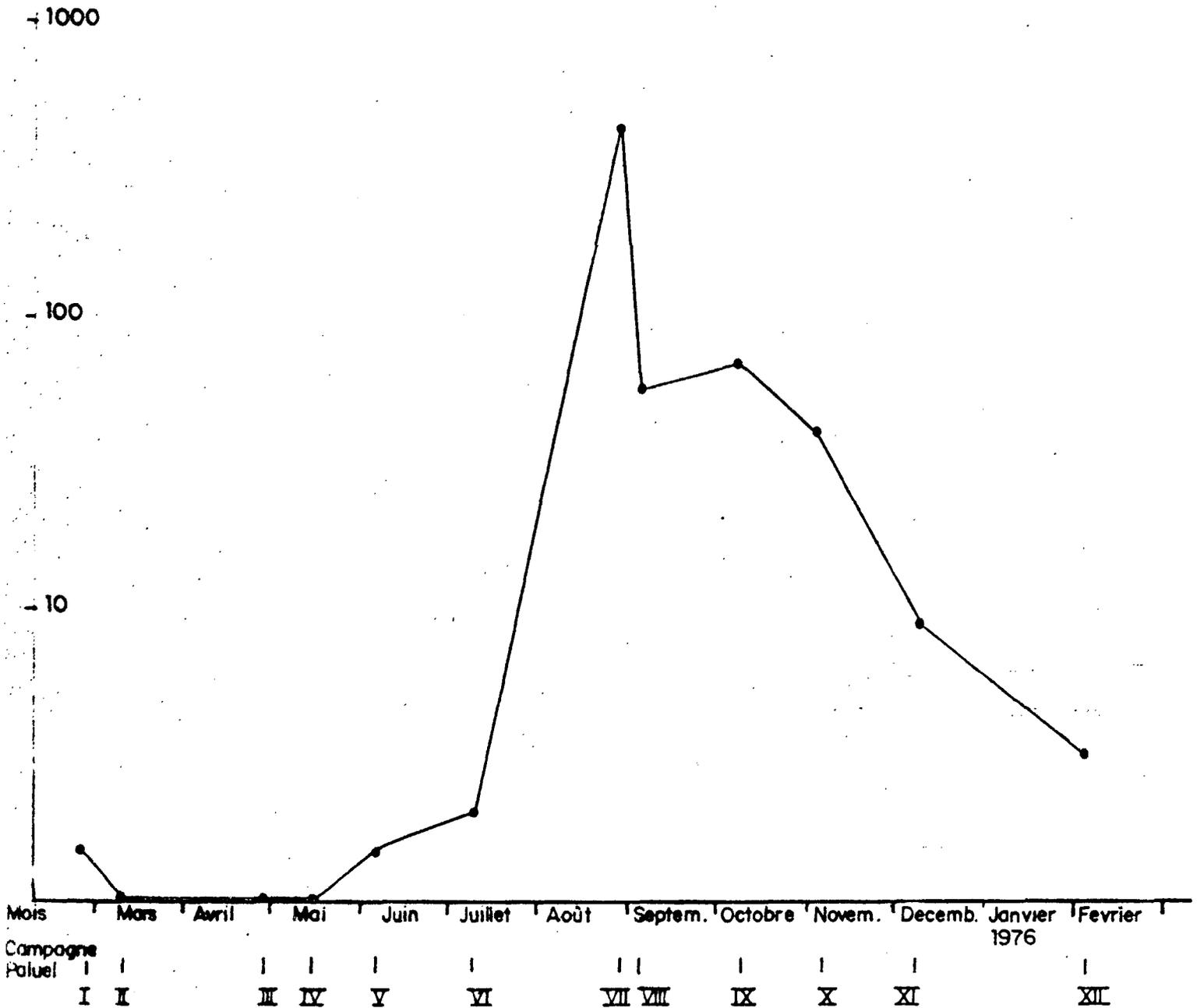
(Photo G. LE FEVRE - LEHOËRFF)

N/10 m³

fig:285

Variations saisonnières de *Sagitta setosa* (Chaetognathes).

(moyenne par campagne).



et fait une petite réapparition en automne. Ce maximum d'abondance a été observé en mai (moyenne 147 individus / 10 m³) ; il représente avec les Hydroméduses (*Hybocodon*, *Phialella*, *Phialidium*) une des espèces carnivores printanières les plus importantes. Etant donné l'échantillonnage (WP₂ 200 μ) on a récolté surtout des stades juvéniles.

4.1.4 - Cycle annuel des principales espèces du zooplancton à PALUEL - leur succession dans la chaîne trophique

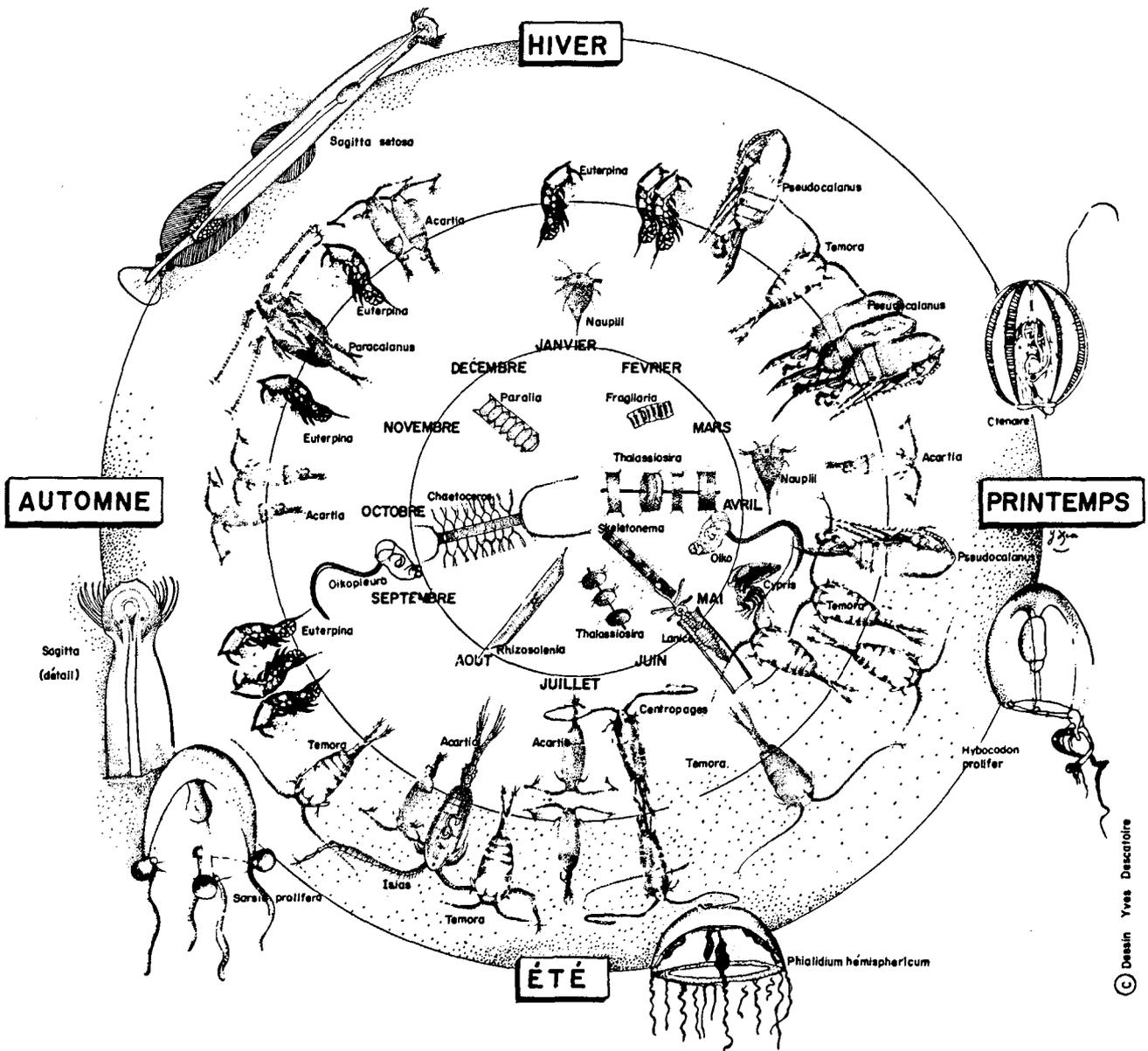
Nous avons synthétisé dans un schéma d'ensemble (figure 286) le cycle trophique du plancton observé à PALUEL. On voit apparaître la succession des espèces en relation avec les conditions de température. Les différents échelons du cycle trophique apparaissent à chaque station : phytoplancton, zooplancton herbivore ou détritivore et enfin carnivore.

4.1.5 - Validité des résultats quantitatifs

Il est apparu au cours du dépouillement des échantillons d'assez grandes variations quantitatives pour une même espèce, soit pour une même station pour des missions différentes, soit au cours d'une même mission entre deux stations. Dans ce cas, on peut se poser la question suivante : quand est-il raisonnable de conclure à une différence significative entre les échantillons ? Nous avons conclu que les différences quantitatives entre deux prélèvements ne sont pas toujours significatives au cours d'une même mission entre deux stations. Aussi avons-nous utilisé avec beaucoup de précautions les résultats indiquant les distributions horizontales, surtout dans le cas très fréquent où les conditions de marée sont très différentes entre deux stations. Il apparaît toutefois que les courbes d'isodensités de quelques espèces peuvent être tracées pour différentes campagnes. Ces courbes ne prétendent pas représenter l'abondance d'une espèce à un instant "t", identique pour toutes les stations. Cependant, les cartes d'isothermes et d'isohalines ayant été tracées de la même manière, les distributions des différents paramètres peuvent être reliées entre elles et des corrélations entre paramètres peuvent être suggérées. Les différences de densité sont toujours significatives quand elles croissent de façon logarithmique. Cependant, des différences quantitatives faibles peuvent être décelées graphiquement en évitant une microdistribution fine.

fig : 286

Cycle saisonnier faisant apparaître la succession des principales espèces du zooplancton, présentes sur le site de Paluel.



Nous avons représenté les variations saisonnières des principales espèces en effectuant une moyenne des données pour chaque mission. La moyenne ne peut pas caractériser toujours la mission si l'écart à la moyenne est trop important. Le cas est rare, cependant, il est bon d'être prudent pour certaines missions : par exemple celle du 15 mai 1975 où les abondances sont particulièrement différentes entre une station et une autre, et où nous savons que la moyenne pour certains organismes se trouve faussée par "l'anomalie" de la station 9 où la concentration est spécialement forte. Il serait utile de fournir pour chaque espèce non seulement la moyenne mais de plus les écart-types.

Au cours de deux missions en décembre 1975 et février 1976, nous avons eu l'occasion de tester la variabilité dans l'échantillonnage par deux séries de données quantitatives du plancton : les résultats quantitatifs des espèces sur différents points d'une radiale côte/large et les données obtenues par prélèvements successifs ("replicats"), nous avons essayé de répondre aux questions suivantes :

- a) peut-on distinguer des différences quantitatives significatives du zooplancton entre la côte et le large ?
- b) les variations qui se produisent en un point fixe au cours d'un cycle de marée sont-elles significativement différentes de celles qui sont constatées entre deux points ?
- c) les différences observées entre plusieurs échantillons prélevés au même point en un court laps de temps sont-elles supérieures ou équivalentes aux différences observées entre deux stations ?

La variabilité au niveau de l'échantillonnage a été étudiée et l'hétérogénéité testée. Aux deux stations où la "drogue" a été lâchée et retrouvée après une excursion de plusieurs kilomètres, on remarque :

- a) que les différences entre les échantillons d'une même station peuvent être du même ordre de grandeur que celles observées entre les stations, pour la mission du mois de décembre avec trois "replicats" et dans le cas d'une excursion très limitée de la drogue correspondant à une fraction du cycle de marée (expérience incomplète) ;

b) que les différences entre les échantillons d'une même station sont inférieures à celles observées entre les deux stations extrêmes d'excursion de la drogue correspondant à la distance parcourue par la drogue entre deux étales. Le nombre de "replicats" étant cette fois égal à dix échantillons par station.

Nous pouvons conclure que dans le cas d'un grand nombre de "replicats" nous pouvons faire confiance à la moyenne des mesures pour caractériser la station. Nous observons une meilleure précision dans l'échantillonnage quand le volume d'eau filtré est grand (WIEBE, 1971, 1972). Il apparaît qu'un volume d'eau important filtré en plusieurs fois ("replicat") donne plus de renseignements sur la distribution des organismes qu'un grand volume d'eau filtré en une seule fois. On pourra envisager dans un suivi une méthode de prélèvements fondée sur un assez grand nombre de "replicats" de petits échantillons.

4.2 - Résultats des mesures de biomasse

Les valeurs obtenues pour chacun des paramètres étudiés en vue de déterminer la biomasse (poids sec, poids de cendre, matière organique, carbone organique, azote organique) sont ordonnés dans les tableaux (voir tableaux, annexe).

Les poids secs sont donnés en $\text{mg}/10 \text{ m}^3$ par échantillon. Remarquons qu'ils varient de façon importante, en proportion moyenne de 1 à 20, entre les stations d'une même campagne, ce qui suggère la grande variabilité spatiale de la quantité de matière en suspension.

Les poids de cendres, donnés également en $\text{mg}/10 \text{ m}^3$ par échantillon, sont très élevés et encore plus variables (de l'ordre de 1 à 50) entre ces mêmes stations. Ils expriment la quantité importante des matières inorganiques présentes en suspension dans les eaux côtières du site.

La matière organique est moins fluctuante (elle varie en proportion moyenne, de l'ordre de 1 à 9) entre les stations d'une même campagne. Les eaux côtières semblent donc porter une charge organique assez constante en tous les points du site, tandis que la charge inorganique, plus importante, est plus variable entre ces mêmes points.

Le carbone et l'azote organiques étant mesurés directement sur une fraction de matière sèche, les résultats seront exprimés en pourcentage de poids sec. Là encore, nous remarquons que les proportions de "C" et "N" organiques varient entre les stations d'une même campagne.

Cependant, le rapport C/N est pratiquement constant pour chacune des campagnes, sauf peut-être pour la campagne PALUEL IX du 8-9 octobre 1975, où il est plus variable (voir figure 287). Sa valeur varie du 4,7 à 5,8. Pour les campagnes d'octobre et novembre, il est respectivement égal à 7,42 et 11,4. Le carbone et l'azote organique mesurés semblent donc bien être impliqués dans ces proportions au sein des mêmes structures moléculaires constitutives de la matière organique totale du zooplancton.

4.2.1 - Variations saisonnières de la biomasse

Le nombre trop limité des campagnes effectuées ne nous permet pas de couvrir les variations saisonnières de la biomasse sur une année. Avec toutes les réserves que cela suggère, nous avons cependant essayé de comparer les variations du poids sec, de la matière organique et du carbone organique (1) lorsque cela était possible (voir figure 288).

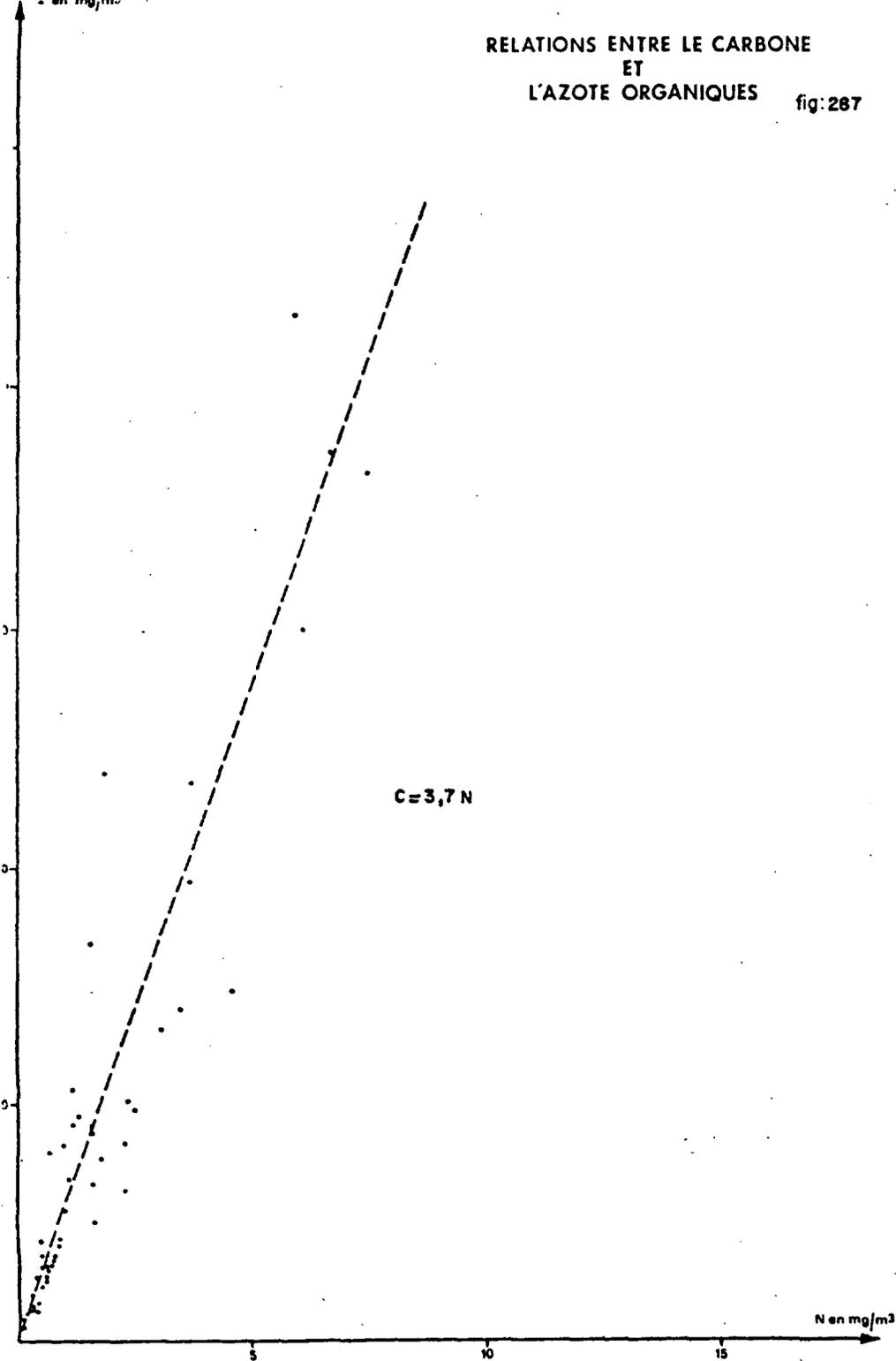
Les valeurs du poids sec sont faibles en hiver (10 mg/m^3), moyennes de mai à septembre (100 mg/m^3) sans que l'on puisse détailler cette période, puis maximales en octobre (jusqu'à $1\ 000 \text{ mg/m}^3$) après une baisse peu durable en septembre (80 mg/m^3). Le poids de matière organique varie de la même façon. Il est faible en hiver (9 mg/m^3), élevé en juillet (20 mg/m^3), baisse en août et surtout en septembre (10 mg/m^3) et devient maximal en octobre (40 mg/m^3). Il résulte de la comparaison des variations de ces deux paramètres que seul le poids de matière organique rend compte de la poussée estivale de juillet. Il semble bien que le poids sec ne soit pas un paramètre suffisamment fin car il est affecté par des variations éventuelles du poids de la matière organique.

BILAN

L'ensemble des résultats permet, par comparaison entre eux, et avec ceux donnés pour le nombre total d'individus comptés, de dresser les caracté-

(1) "N" et "C" variant de la même façon, nous ne retiendrons pour simplifier que les seules valeurs du "C" organique.

RELATIONS ENTRE LE CARBONE
ET
L'AZOTE ORGANIQUES fig: 287



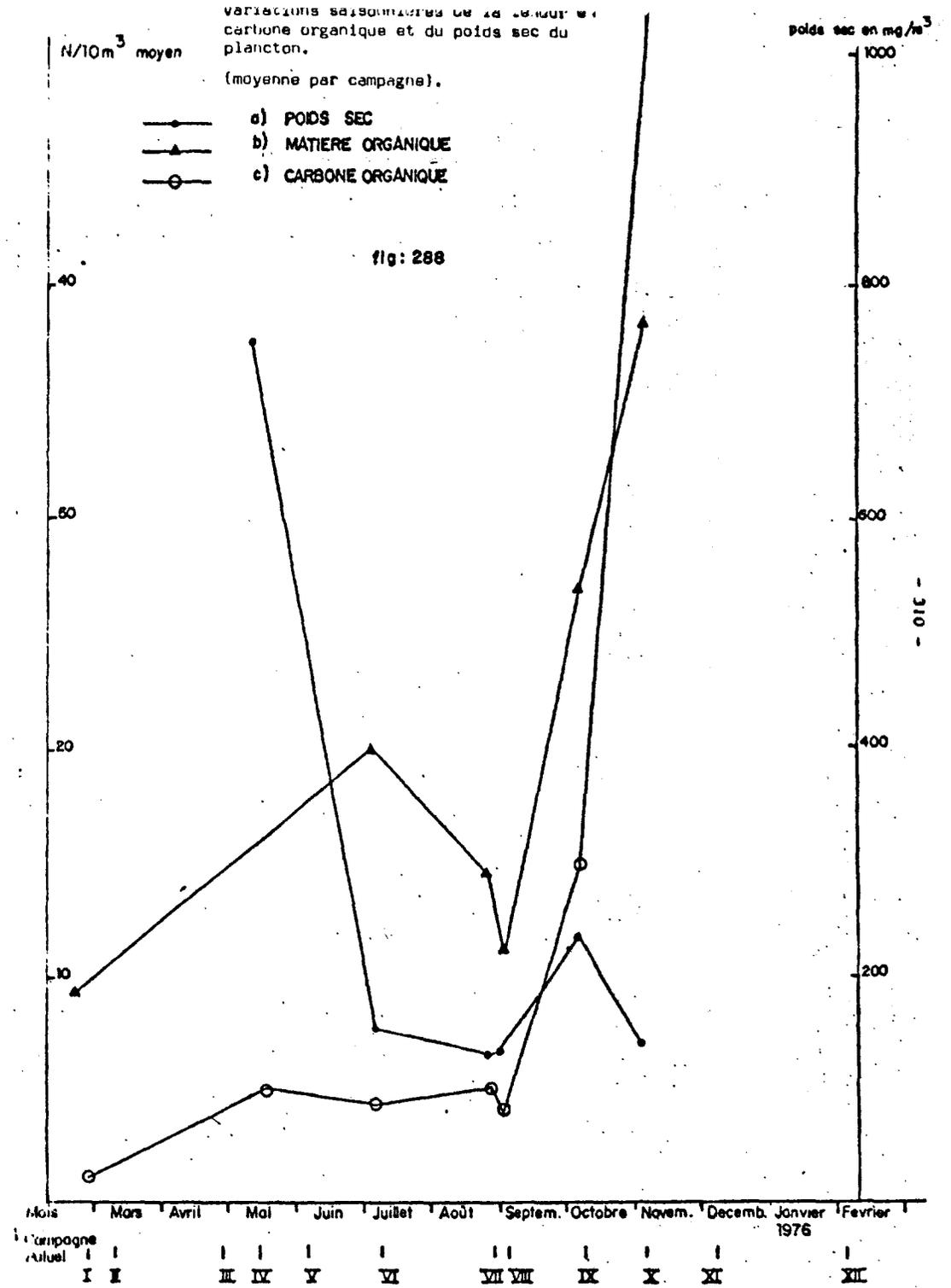
variations saisonnières de la teneur en
carbone organique et du poids sec du
plancton.

N/10m³ moyen

(moyenne par campagne).

- a) POIDS SEC
- ▲— b) MATIERE ORGANIQUE
- c) CARBONE ORGANIQUE

fig: 288



ristiques principales de la biomasse du zooplancton.

En hiver, la biomasse du zooplancton sur le site de PALUEL est faible. Elle correspond à un nombre plus élevé d'individus qui sont tous de petites tailles ("nauplii" de Cirripèdes, *Euterpina*, Annélides).

En mai, la biomasse devient importante à cause du maximum d'individus de tailles moyennes (Copépodes, *Acartia*, *Temora*, etc.).

La biomasse d'été reste assez élevée, et en diminution constante jusqu'à la fin du mois d'août. L'arrivée de *Euterpina* (forme de petite taille, très abondante) en août pourrait expliquer la baisse de la biomasse à cette période.

En octobre, on observe un pic des biomasses élevé, tandis que le nombre total d'individus reste assez constant en moyenne. L'apparition de *Sagitta setosa*, formes de grandes tailles, pourrait expliquer cette augmentation de la biomasse (voir figure 288 - variations saisonnières).

4.2.2 - Répartition géographique de la biomasse

Les courbes d'isodensité de matière organique et de "C" organique, présentent une répartition sur le site identique pour chacune des campagnes réalisées (voir figures 289, 297). Cette répartition géographique est caractérisée par un gradient côte/large, et surtout par la présence d'une zone complexe sous l'influence des eaux de la DURDENT.

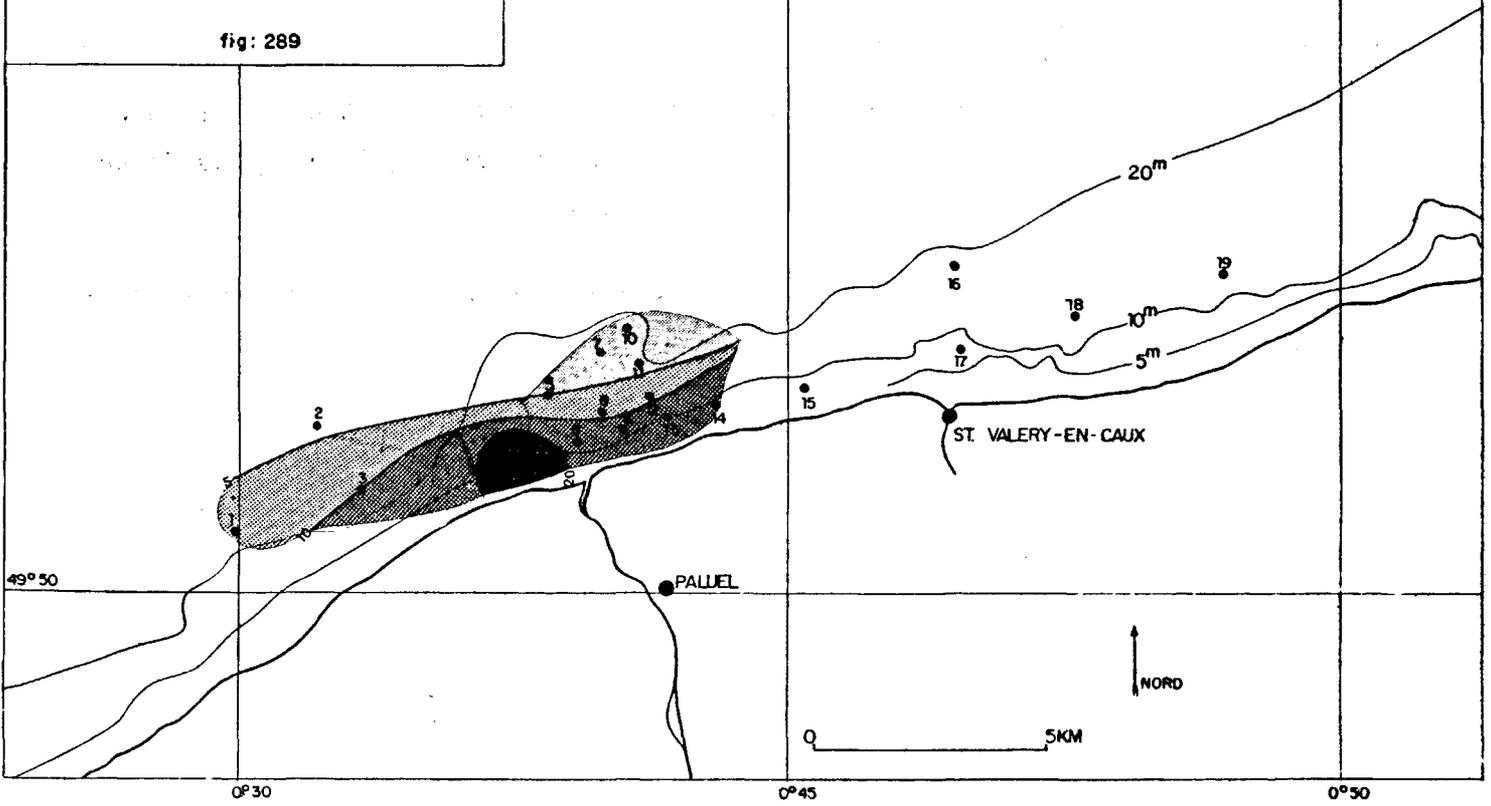
Il semble en effet que la biomasse du zooplancton sur le site soit plus élevée à la côte qu'au large. Dans l'ensemble, il apparaît donc que la biomasse du zooplancton suit les mêmes lois que celles détaillées pour le nombre total d'individus.

En conclusion, le poids sec s'est avéré être insuffisant pour caractériser la biomasse des zooplanctons à PALUEL. C'est pourquoi nous avons dû, en cours d'année, envisager une nouvelle méthodologie fondée sur les mesures de la matière organique globale, du carbone organique et de l'azote organique. Les résultats obtenus, bien qu'en nombre cohérent limité, sont assez cohérents. Une année d'étude supplémentaire s'avère donc nécessaire pour les compléter utilement.

PALUEL I : 27-28 février 1975.

Matières organiques (mg/m^3).

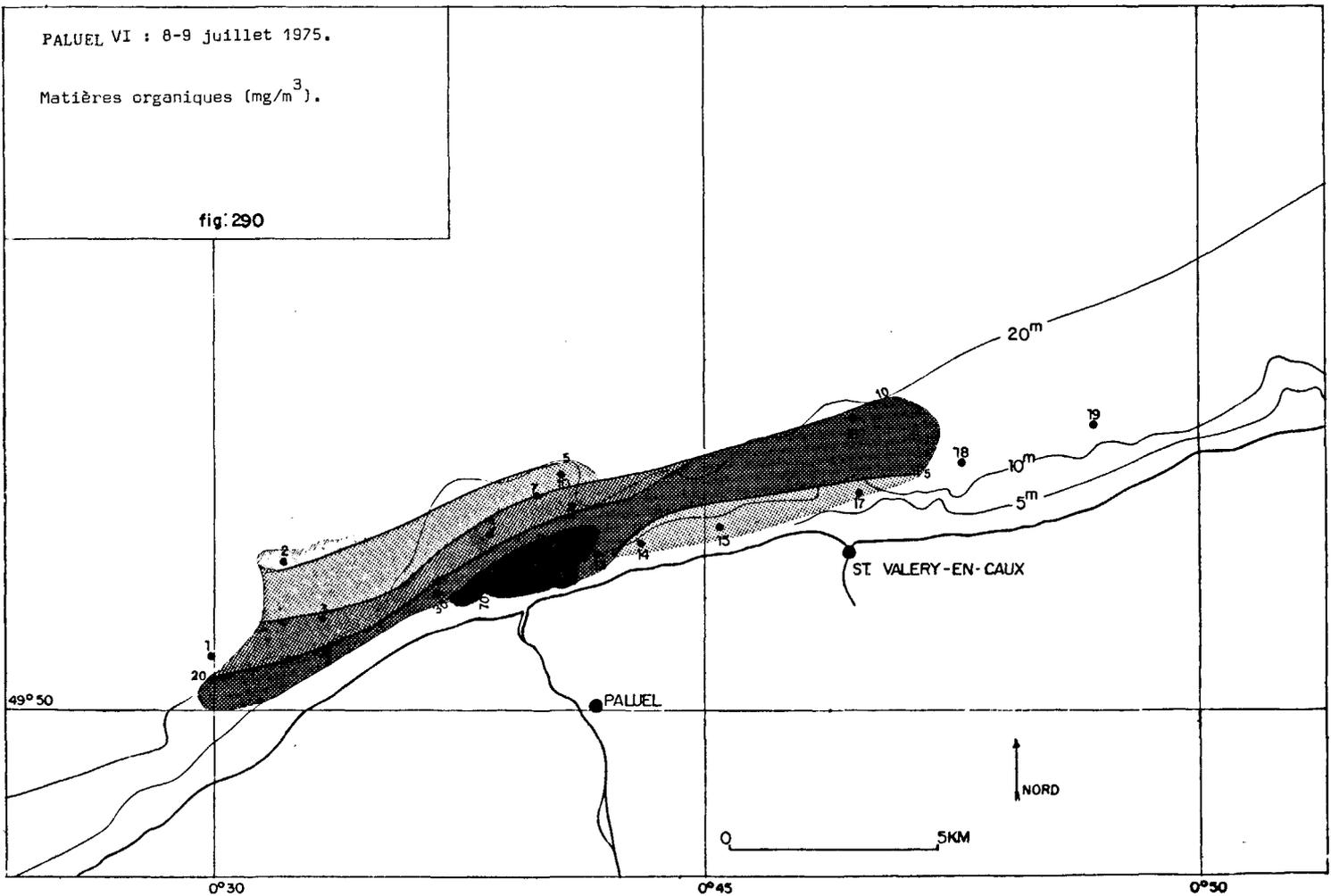
fig: 289



PALUEL VI : 8-9 juillet 1975.

Matières organiques (mg/m^3).

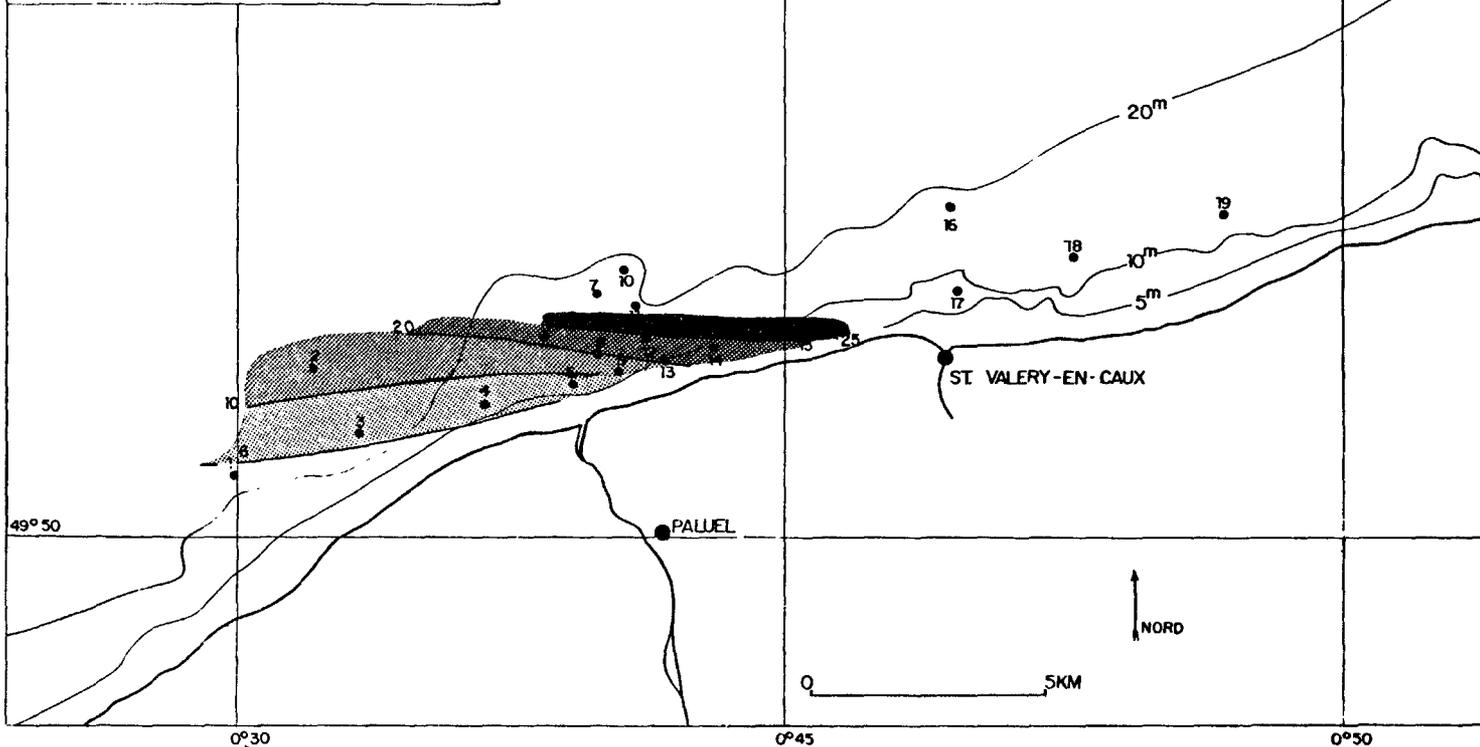
fig: 290



PALUEL, VII : 26-28 août 1975.

Matières organiques (mg/m^3).

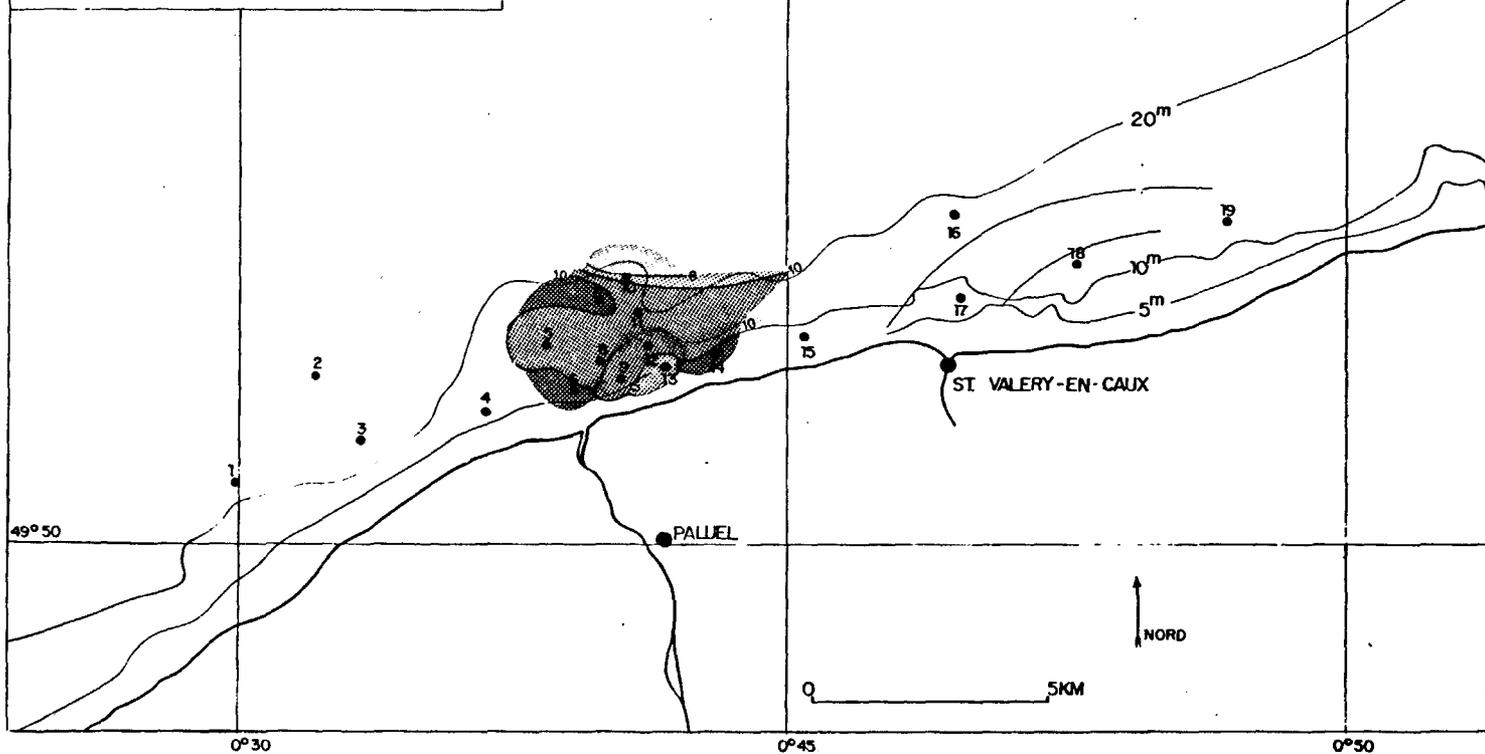
fig 291



PALUEL VIII : 3 septembre 1975.

Matières organiques (mg/m^3).

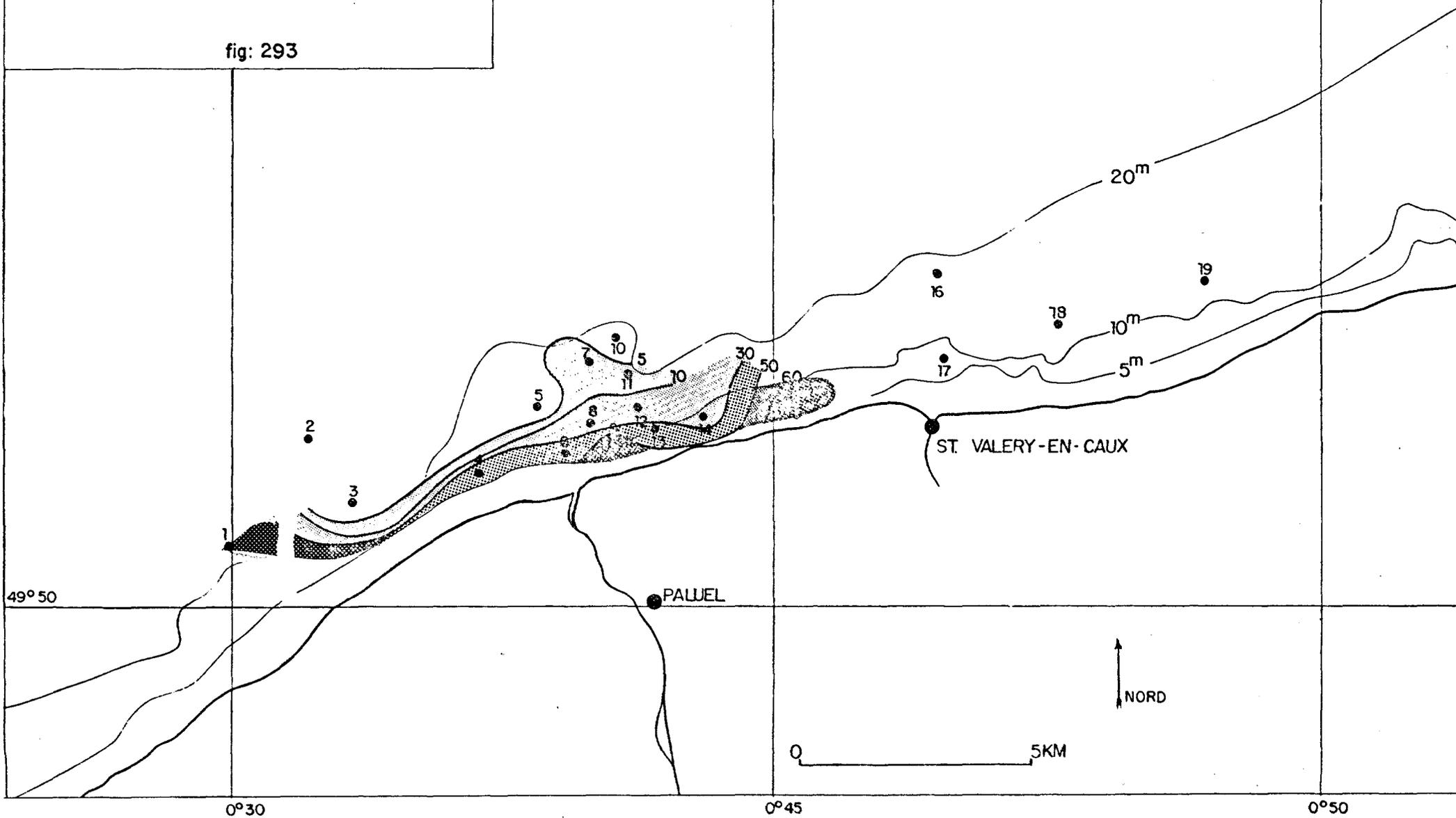
fig:292



PALUEL XI : 8 et 9 octobre 1975.

Matières organiques (mg/m^3).

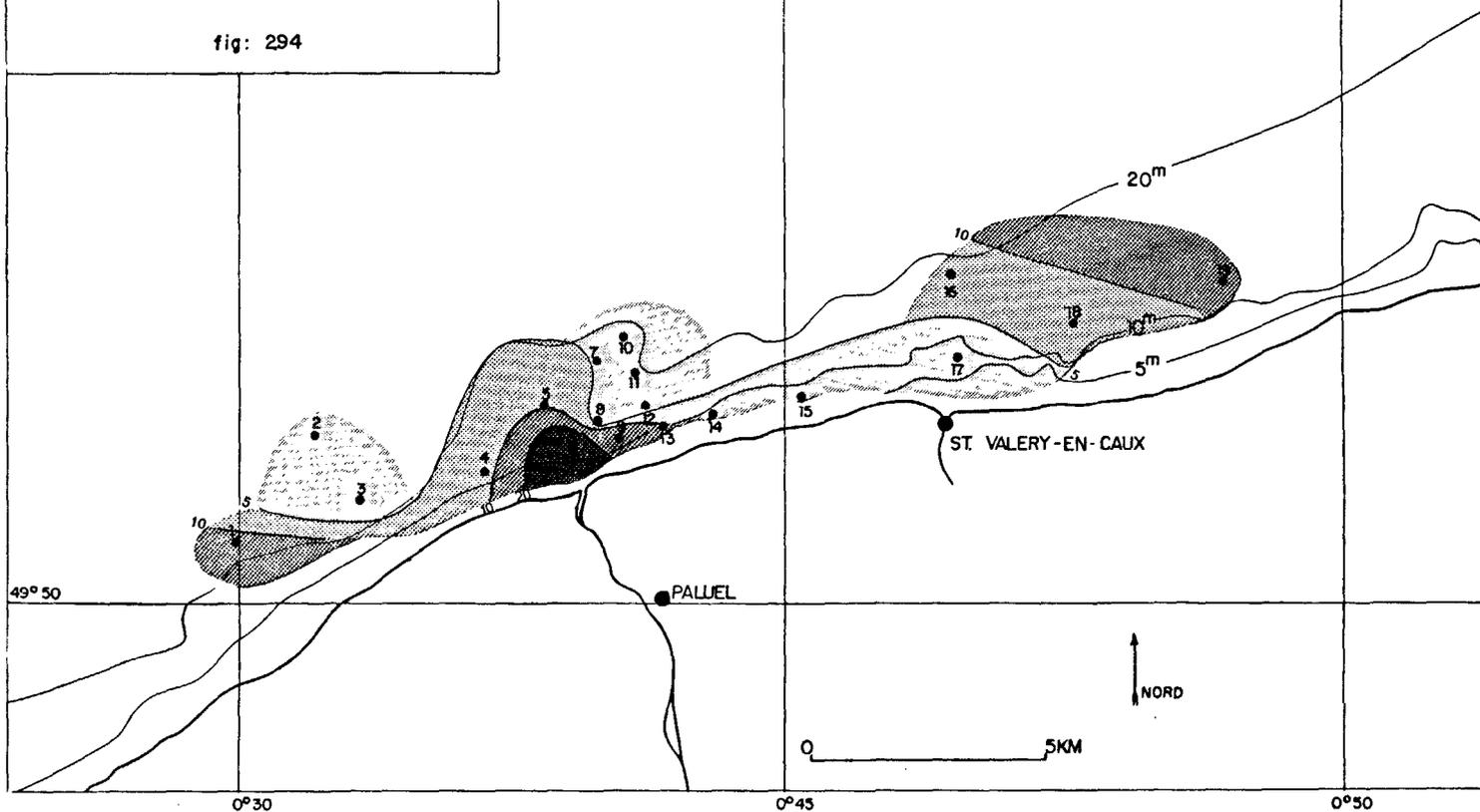
fig: 293



PALUEL VI : 8 juillet 1975.

Carbone (mg/m^3).

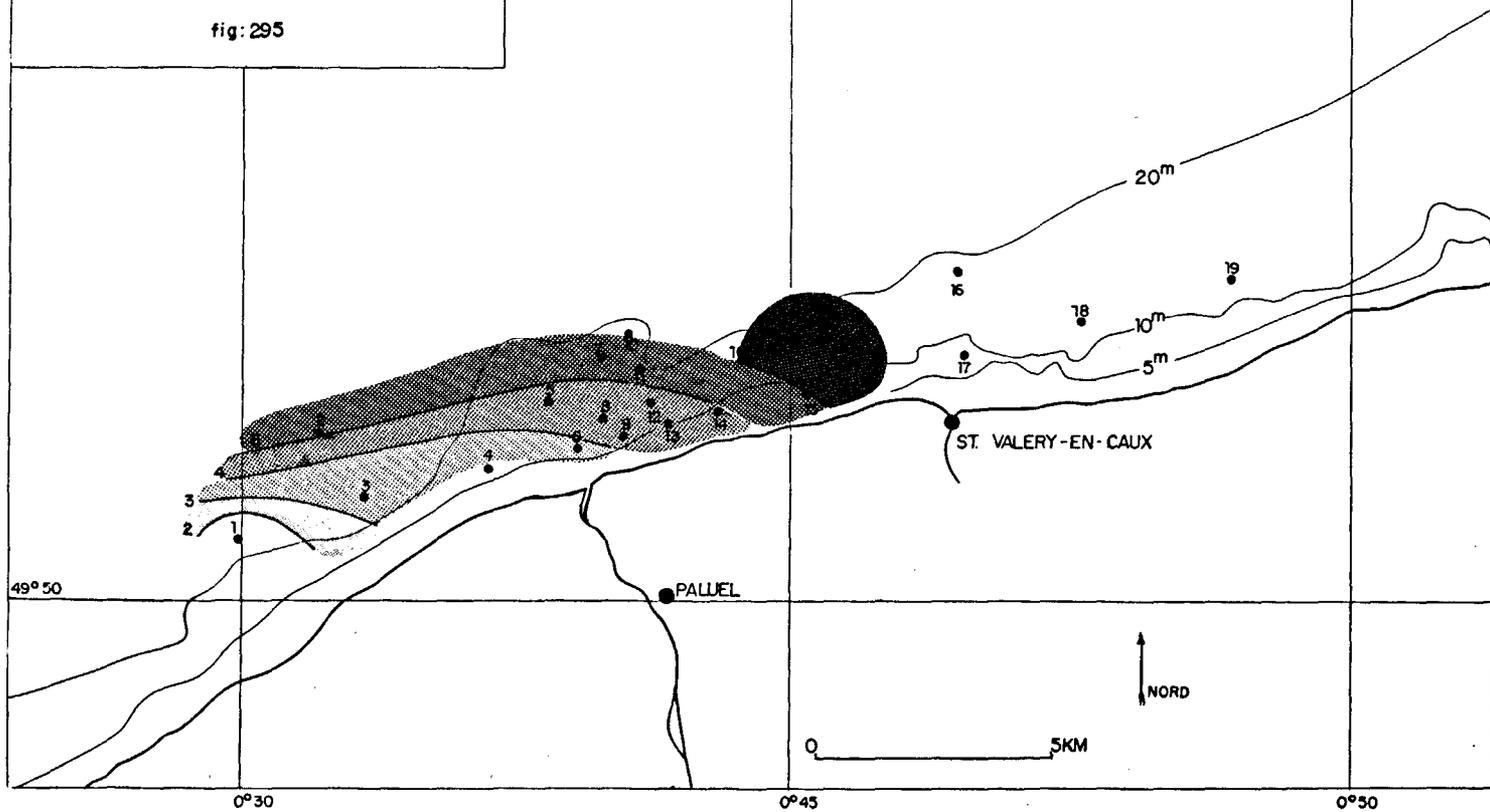
fig: 294



PALUEL VII : 26 et 27 août 1975.

Carbone (mg/m^3).

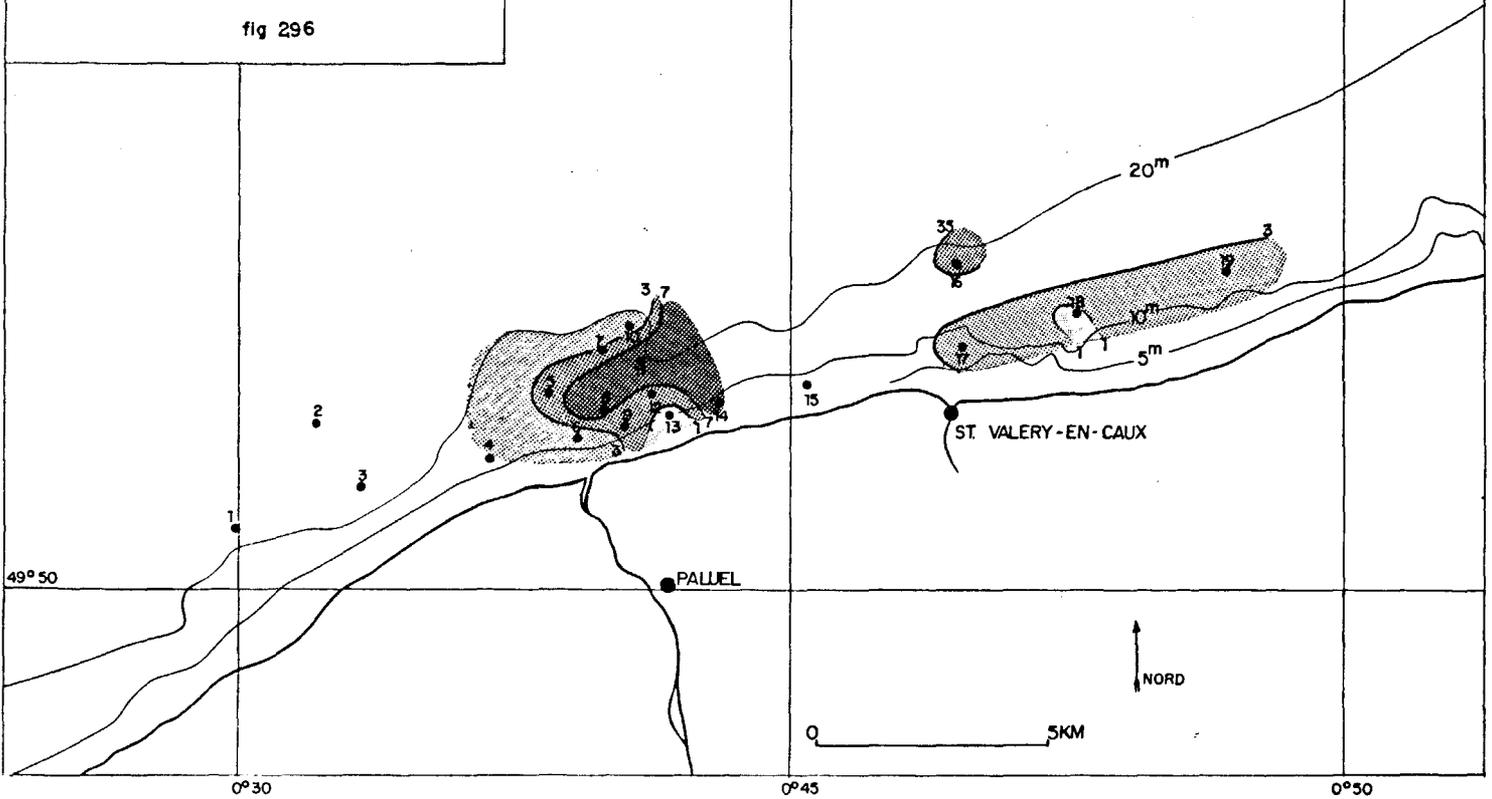
fig: 295



PALUEL VIII : 3 et 4 septembre 1975.

Carbone (mg/m^3)

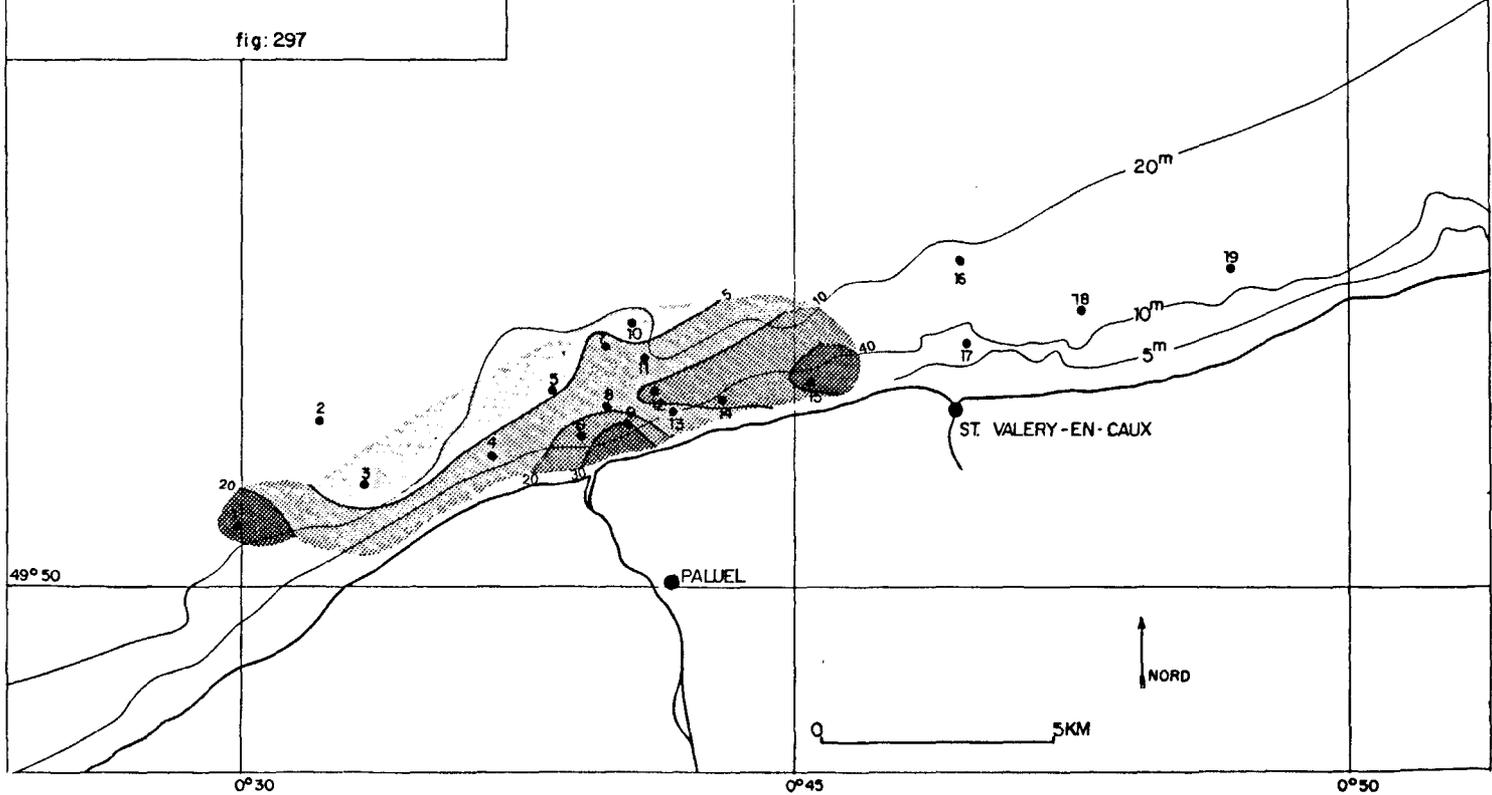
fig 296



PALUEL IX : 8 et 9 octobre 1975.

Carbone (mg/m^3).

fig: 297



5 - CONCLUSION

Durant cette année d'étude nous avons répertorié des espèces qui sont celles que l'on trouve assez généralement en Manche. On y observe en très forte proportion les Crustacés en liaison avec l'existence de fonds rocheux. En particulier, nous observons, en hiver, beaucoup de larves de Crustacés Cirripèdes dont les adultes sont fixés sur les surfaces dures. Le reste de l'année, le groupe des Copépodes demeure le plus abondant.

Globalement, le zooplancton présente un maximum d'abondance marqué le 15 mai, caractérisé par la très grande production des Copépodes herbivores en relation avec la poussée phytoplanctonique. Après une chute en juin, l'abondance reste assez soutenue jusqu'en octobre. De novembre à février, le zooplancton reste pauvre.

Cette variation d'ensemble résulte des variations particulières de peu d'espèces qui sont les plus abondantes. Ces espèces, par leurs apparitions successives, ont permis d'établir un cycle annuel pouvant caractériser le zooplancton du site.

La répartition des espèces est soumise aux conditions hydrologiques et en particulier à l'influence des eaux de la DURDENT. Il semble que la zone de contact des eaux douces et eaux salées au débouché immédiat de la DURDENT forme une sorte de "front" hydrologique, lieu d'accumulation de particules inertes (turbidité maximale) et des organismes vivants. Cette zone se trouve plus ou moins éloignée de la côte selon la saison. C'est au mois de mai 1975, après la période de pluviosité d'avril que se font sentir le plus fortement les eaux de la DURDENT et ses apports nutritifs (chlorophylle a).

Il est possible après cette première année d'étude de dégager les principaux thèmes d'études à envisager de manière plus approfondie :

- a) il paraît nécessaire pour éliminer la variabilité due aux conditions de marée (hauteur d'eau, courants, etc.) de prélever les échantillons à l'étale de courant (par exemple : marée haute). Ceci implique nécessairement de limiter le nombre des stations étudiées.

- b) nous ne pourrions connaître avec précision la dynamique des populations planctoniques que si les prélèvements sont fréquents (maille temporelle inférieure au mois) ;
- c) un nombre restreint d'espèces pouvant caractériser le site sera suivi préférentiellement, soit :

- les Mysidacés : *Schistomysis spiritus*
- les Copépodes principaux :
 - . *Temora longicornis*
 - . *Centropages hamatus*
 - . *Acartia clausi*
 - . *Euterpina acutifrons*
- les Cirripèdes (Balanes)
- les principales larves d'Annélides Polychètes et larves de Mollusques
- les principaux carnivores

Cette deuxième année devrait donc permettre de mieux comprendre certaines caractéristiques de l'écosystème.

CHAPITRE III

LE DOMAINE BENTHIQUE

A. SOUPLET

CHAPITRE III : LE DOMAINE BENTHIQUE

A - INTRODUCTION - PRÉSENTATION DU SITE

L'estran de PALUEL est bordé par une falaise de 50 à 55 mètres de haut, qui ne laisse que trois accès à la plage : à VEULETTE, SAINT VALERY EN CAUX et au lieu dit PORT-SUSSETTE.

La falaise est constituée de craie blanche à silex d'âge Sénonien (PRECHEUR, 1960). L'estran est formé des mêmes matériaux. Il s'organise de la façon suivante, à partir de la falaise (SOUPLET, 1974).

- un cordon de galets de 5 à 10 m de large, caché de place en place par des éboulis ;
- une succession de paliers horizontaux, en escalier, formés de couches alternées de calcaire et de silex. La hauteur de ces couches est variable, de quelques centimètres à un mètre ;
- une zone profondément rainurée, dans les bas niveaux (1,5 à 2 m). Ces rainures constituent des chenaux, orientés à peu près perpendiculairement à la falaises ;
- une zone identique à la deuxième dans les niveaux inférieurs à 1 m.

L'estran peut avoir 200 à 300 m de large au maximum.

B - TECHNIQUES GÉNÉRALES

1 - SUR LE TERRAIN

1.1 - Zone intertidale

Six campagnes de prélèvements ont été effectuées entre novembre 1974 et septembre 1975. A chacune de ces campagnes, trois radiales ont été prospectées. Ces radiales ont été positionnées en fonction des desiderata du C.N.E.X.O. d'une part, et des facilités d'accès de l'estan d'autre part. (figure 298).

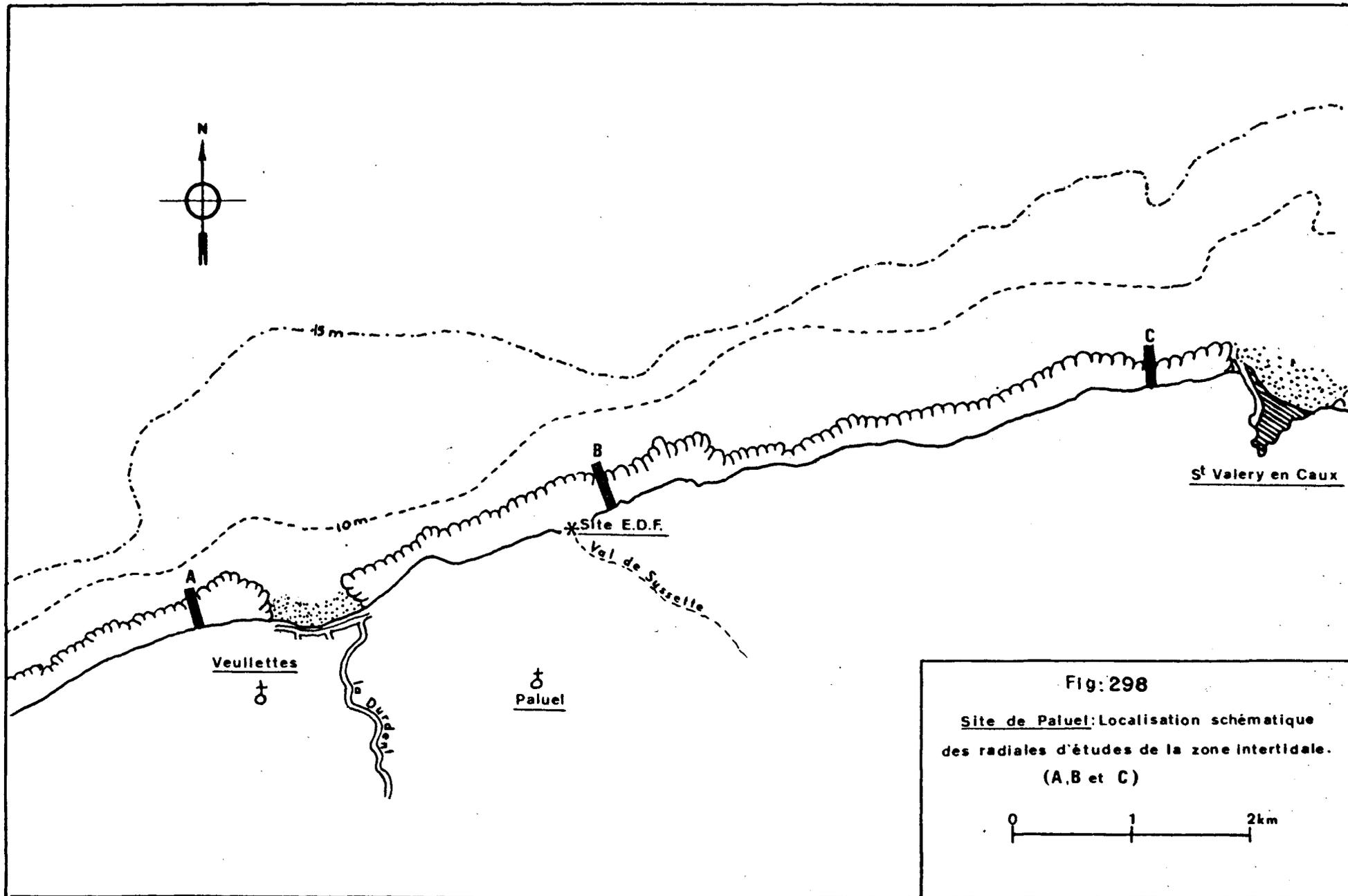


Fig: 298
Site de Paluel: Localisation schématique
des radiales d'études de la zone intertidale.
(A, B et C)

Les sorties sur le terrain ont été effectuées aux périodes de vives-eaux, aux dates indiquées dans le tableau 49, tome II.

Les prélèvements ont été réalisés régulièrement à quatre niveaux (stations) par radiale. Ces stations ont été choisies en fonction des résultats de l'étude préliminaire E.D.F., qui avait montré la présence de quatre ceintures d'algues étagées sur l'estran, des hauts niveaux vers les bas niveaux :

- ceinture à *Enteromorpha* spp,
- ceinture à *Fucus vesiculosus*,
- ceinture à *Fucus serratus*,
- ceinture à Algues rouges (DESMARETS-EDOUARD, 1973).

Ces quatre niveaux ont été numérotés respectivement 1, 2, 3 et 4. Bien que les dates de sorties choisies aient été celles des plus forts coefficients de marée, les niveaux 4 n'ont pu être prospectés à chaque campagne en raison, bien souvent, des vents venant du large s'opposant à la descente de la marée ou des très basses pressions atmosphériques modifiant le niveau marégraphique de basse mer (Annuaire des Marées).

A chaque prélèvement, la couverture algale du rocher est grattée jusqu'à la roche sur une surface de $0,25 \text{ m}^2$. Cette surface a été préconisée par de nombreux auteurs, tant zoologistes (HOME, 1949 ; REES, 1939 in DAVANT et SELVAT, 1961) que botanistes (NIELL, 1974). La faune restant sur le rocher est récoltée et le tout, emballé en sachet plastique, est fixé dès que possible au formol neutralisé en solution à 8-10 % dans l'eau de mer.

1.2 - Zone profonde

D'après le programme originel, les prélèvements devaient être effectués à l'aide d'une benne SMITH Mc. INTYRE. Du fait du retard dans la livraison de la benne, nous avons utilisé une drague RALIER du BATY modifiée. Les deux premiers essais montrèrent la présence d'un substrat dur ou caillouteux dans lequel la drague, et à fortiori la benne, ne pouvait pénétrer (CABIOCH, 1968) que difficilement sinon pas du tout. Le rendement

de l'engin était par conséquent très faible (CABIOCH, 1961). D'autre part, la drague "sautant" sur le fond, il fallait, pour obtenir le remplissage correct (20 à 30 litres) la trainer sur une distance pouvant aller parfois jusqu'à 1/2 mille, ce qui enlevait toute validité au prélèvement.

Pour pallier à ces inconvénients, il avait été décidé d'essayer la méthode de prélèvement en plongée. Une première campagne était prévue pour la fin du mois d'août 1975. A cause du mauvais temps il ne put y avoir qu'une seule sortie de reconnaissance le 20 août. Les nécessités logistiques de telles campagnes (beau temps, mobilisation de plusieurs plongeurs pendant un temps assez long, à raison d'une plongée à chaque étale de courant) ont empêché le renouvellement de ces essais. L'étude du benthos profond n'a donc pu être effectuée.

2 - AU LABORATOIRE

Les prélèvements sont triés au laboratoire. Pour cela, les algues sont lavées dans des cuvettes pleines d'eau de mer, pour séparer la faune vagile. L'eau de lavage est ensuite filtrée sur une toile de 1/2 mm de vide de maille. La taille minimum accordée au macrobenthos varie suivant les auteurs. PICARD (1963) et MONBET (1972) se rallient à la taille de 2 mm ; CABIOCH (1968), GLEMAREC (1964), SALVAT (1962) ont opté pour une dimension de 1 mm ; GUILLE (1970 et 1971) emploie une maille de 1 mm dans les tris destinés aux mesures qualitatives et une maille de 1 mm dans les tris destinés aux mesures quantitatives. En fait, le mixobenthos*, dont la taille est comprise entre 0,5 et 2 mm, est surtout constitué par les formes juvéniles du macrobenthos. Nous avons donc pris 0,5 mm comme taille limite inférieure du macrobenthos.

Le tri se poursuit par un examen des frondes des algues, afin de déterminer les espèces sessiles qui les encroûtent. La faune est ensuite isolée et conservée en piluliers, dans du formol neutre dilué à 8 % dans l'eau de mer, en vue d'une analyse ultérieure.

Les algues sont déterminées, au moins au niveau générique, séchées à l'étuve à 110° jusqu'à dessiccation complète et pesées par taxon.

* mixobenthos : il s'agit d'animaux de taille comprise entre 0,5 et 2 mm et représentant, pour la plupart, des formes juvéniles ou larvaires du macrobenthos animal.

L'analyse faunistique est plus complexe : détermination, autant que possible, au niveau spécifique ; comptage par espèce ; décalcification à l'acide chlorhydrique normal (les coquilles de Gastéropodes étant au préalable brisées au marteau) ; séchage 24 heures à l'étuve à 110°C et pesée par espèce. A ces manipulations s'ajoutent, pour les espèces principales, des mensurations et, si possible, une détermination de la sex-ratio.

Une collection de référence est constituée afin de permettre toute comparaison avec de nouveaux exemplaires ou toute vérification ultérieure.

C - ÉTUDE QUALITATIVE - DESCRIPTION DES COMMUNAUTÉS

1 - METHODOLOGIE

L'interprétation des résultats bruts nécessite, au préalable, le calcul de coefficients numériques représentatifs des différentes espèces ou des différents peuplements. Cependant, il apparaît dans la bibliographie, une grande diversité d'appellation pour ces paramètres. Ce manque d'uniformité dans la nomenclature biocenotique nous oblige donc à définir de façon précise les termes que nous emploierons dans cette étude.

1.1 - Abondance

L'abondance d'une espèce, dans un prélèvement donné, est le nombre d'individus de cette espèce dans ce prélèvement.

1.2 - Dominance

Si A_1, A_2, \dots, A_n , sont les abondances respectives des espèces 1, 2, ..., n, dans un prélèvement donné, la dominance D_i de l'espèce i est :

$$D_i = \frac{A_i \times 100}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

(GLEMAREC, 1964 ; GUILLE, 1970)

Nous voyons que la dominance s'exprime en pourcentage.

1.3 - Dominance moyenne

Soient D_1, D_2, \dots, D_n , les dominances d'une espèce donnée dans les prélèvements 1, 2, ..., n, d'une même communauté et N le nombre de prélèvements dans cette communauté, la dominance moyenne de l'espèce considérée dans cette communauté est :

$$D_n = \frac{D_1 + D_2 + \dots + D_n}{N}$$

(PICARD, 1965)

1.4 - Fréquence

La fréquence F_A d'une espèce A dans une communauté est :

$$F_A = \frac{P_A}{P} \times 100$$

où : P_A = nombre de prélèvements où se trouve l'espèce A

P = nombre total de prélèvements dans cette communauté

(L'HARDY, 1962 ; GLEMAREC, 1964 ; GUILLE, 1970)

DAJOZ (1966, 1970), sous le nom de constance, utilise ce paramètre pour classer les espèces d'une population en trois groupes :

- espèces constantes ($F \geq 50 \%$)
- espèces accessoires ($25 \% \leq F < 50 \%$)
- espèces accidentelles ($F < 25 \%$)

GUILLE (1970) établit le classement de cette façon :

- espèces constantes ($F \geq 50 \%$)
- espèces communes ($10 \% \leq F < 50 \%$)
- espèces rares ($F < 10 \%$)

C'est ce dernier classement que nous utiliserons.

1.5 - Degré de similitude entre deux prélèvements

Pour définir les communautés, une première approche consiste à regrouper les différents prélèvements suivant leurs "ressemblances". Pour ce faire, on calcule des coefficients de similitude des prélèvements entre eux. Il en existe de nombreux, mais nous avons choisi le coefficient de similitude de SORENSEN, simple à calculer :

$$S = \frac{2n_{AB}}{n_A + n_B}$$

où : n_{AB} = nombre d'espèces communes aux deux prélèvements A et B
 n_A = nombre d'espèces de A
 n_B = nombre d'espèces de B

Les résultats de ces calculs se reportent dans des diagrammes treillis qui permettent, par une méthode graphique, de visualiser les groupements des prélèvements (BOUDOURESQUE, 1970).

1.6 - Indice biologique

La méthode des indices biologiques (SANDERS, 1960 ; GUILLE, 1970), permet de classer les espèces à l'intérieur d'un peuplement en fonction de leur dominance dans les différents prélèvements.

1.7 - Classification des espèces

Les espèces localisées dans un seul peuplement seront appelées caractéristiques. Elles seront du 1er, 2ème ou 3ème ordre selon qu'elles seront classées dans le peuplement, d'après leur indice biologique, dans les 10 premières, après celles-ci ou qu'elles seront dépourvues d'indice biologique.

Les espèces présentes dans plusieurs peuplements seront préférantes d'un peuplement si elles y sont classées parmi les 10 premières du peuplement, selon leur indice biologique, accompagnatrices si elles sont classées après les 10 premières, accessoirs si elles sont dépourvues d'indice biologique.

Nous appliquons donc un double classement, l'un basé sur les valeurs de l'indice biologique, donc des dominances, l'autre basé sur les valeurs de la fréquence.

1.8 - Epifaune sessile

En ce qui concerne l'épifaune sessile, lorsque les individus sont dénombrables, on peut appliquer les méthodes définies ci-dessus. Pour les espèces où les individus ne peuvent être exactement délimités ou dénombrés, seule la fréquence a été calculée.

1.9 - Indice de diversité

Cet indice permet d'évaluer la richesse faunistique d'un milieu et de comparer différents peuplements entre eux. Il existe de nombreux indices de diversité. Les plus couramment utilisés sont l'indice de FISCHER, CORBET et WILLIAMS (1943) et celui de SHANNON et WEAVER.

GUILLE (1970) et DAJOZ (1966, 1970) utilisent le premier alors que PIELOUX (1969), MARGALEF (1974) et BOESCH (1973) préconisent le second. Nous avons donc employé celui-ci, d'ailleurs plus simple à calculer*.

Rappelons sa formule :

$$H = - \sum P_i \log_2 P_i$$

avec $P_i = \frac{n_i}{N}$

où n_i = nombre d'individus de l'espèce i dans le prélèvement considéré
 N = nombre total d'individus dans le prélèvement.

Une forte valeur de cet indice correspond à un peuplement à nombreuses espèces représentées par un petit nombre d'individus chacune. Il correspond donc à des conditions écologiques équilibrées et stables. Inversement, un indice faible correspond à un petit nombre d'espèces, représentées par un grand nombre d'individus, donc à des conditions écologiques défavorables.

* Les différents calculs ont été réalisés à l'aide du calculateur programmable HEWLETT-PACKARD 65.

Cet indice peut être employé, en utilisant non plus le nombre d'individus, mais la biomasse de chaque espèce dans un peuplement. Dans ce cas

$$P_i = \frac{\text{biomasse de l'espèce } i}{\text{biomasse totale}} \quad (\text{NIELL, 1974})$$

2 - RESULTATS

Les résultats quantitatifs des six campagnes figurent dans les tableaux (50 à 55). Les nombres d'individus indiqués se rapportent à une surface de 0,25 m². La présence d'espèces sessiles non dénombrables est indiquée par une croix (x). On pourra voir que les déterminations n'ont pas toujours été effectuées au niveau spécifique. En effet, la diagnose était parfois rendue délicate par le fait qu'il s'agissait d'individus jeunes (*Modiolus* sp, *Gammarellus* sp.) voire de larves (Diptères) ou appartenant à des groupes d'étude complexe (Némertes par exemple). Pour le reste, la nomenclature est celle utilisée par GLACON (1975).

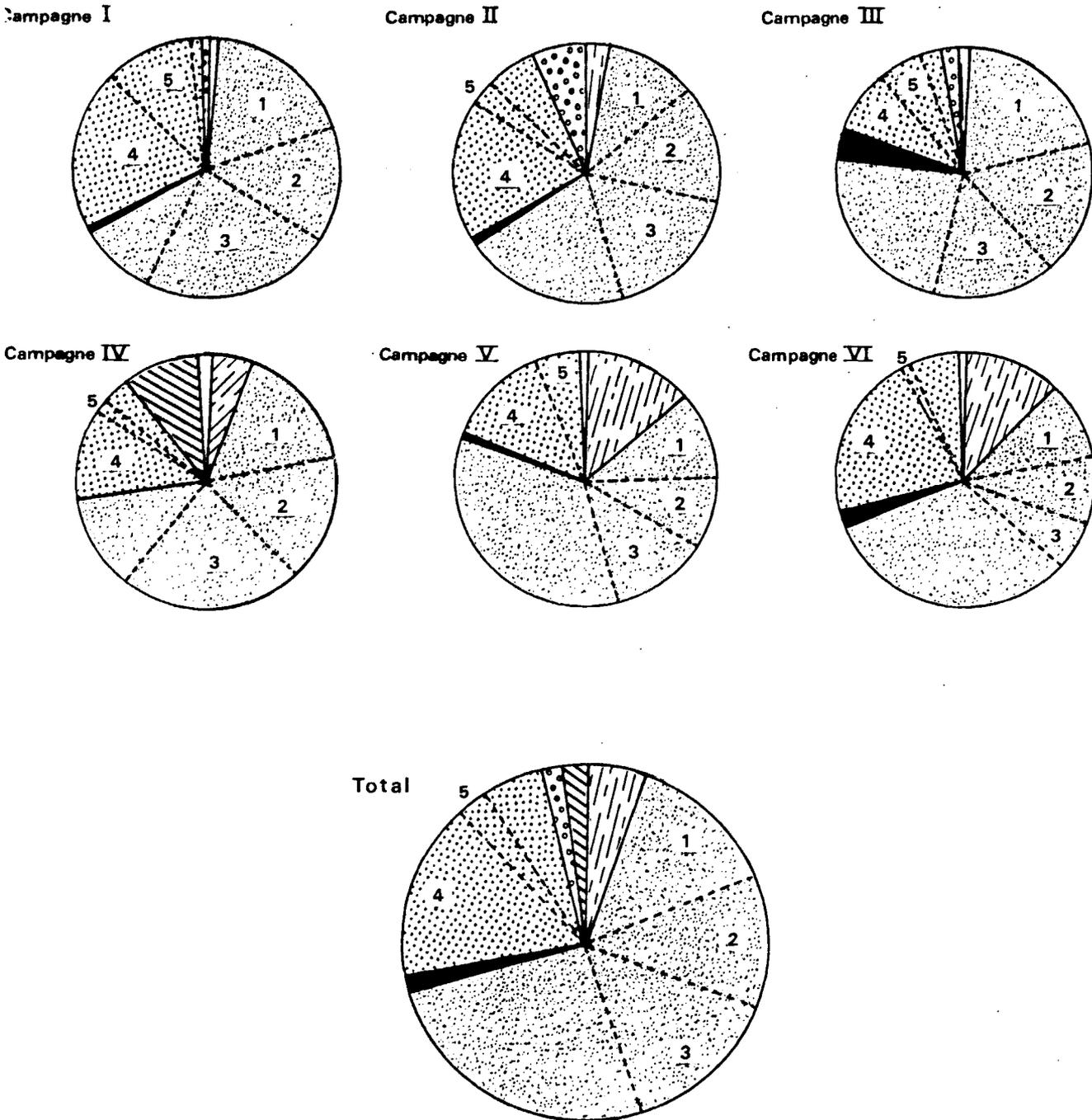
Dans ces tableaux, aucune espèce de Cirripède n'apparaît. En fait, on peut noter sur l'estran la présence de *Balanus balanoides* Linné. Cette espèce est présente à tous les niveaux, mais est en général très peu développée et de façon très irrégulière. Les individus sont petits et présentent une répartition assez clairsemée sur les rochers ou sur les dalles de silex en place. Ils sont absents sur le calcaire, trop tendre pour assurer un support suffisamment solide à la larve, ainsi que sur les galets, brassés à chaque marée.

Enfin, les effectifs attribués à diverses espèces d'Annélides, telle *Polydora ciliata* et *Fabricia sabella*, n'ont guère de signification. En effet, ces animaux sont de très petite taille et en très grand nombre. Ils vivent dans les bases des algues, mais aussi sur et dans la roche. Il est donc impossible de les dénombrer.

La figure 299 montre la répartition des animaux récoltés entre les groupes zoologiques pour chaque campagne et pour le total des récoltes. On y voit l'importance constante des Mollusques et, à un degré moindre, des Crustacés.

Fig 299

Répartition des individus récoltés entre les différents groupes zoologiques



"Vers"



Echinodermes



Mollusques



Chordés



Pycnogonides



Divers



Crustacés

1 *Patella vulgata*

2 *Gibbula umbilicalis*

3 Littorines

4 *Idotea granulosa*

5 *Hyale nilssonii*

Sept espèces dominant de façon évidente : *Patella vulgata*, *Gibbula umbilicalis*, *Littorina littorea*, *L. obtusata*, *L. saxatilis*, *Idotea granulosa* et *Hyale nilssoni*, totalisant 59 % des individus pour seulement 8 % des espèces. Ces espèces serviront de base aux études biométriques.

3 - INTERPRETATION - DISCUSSION

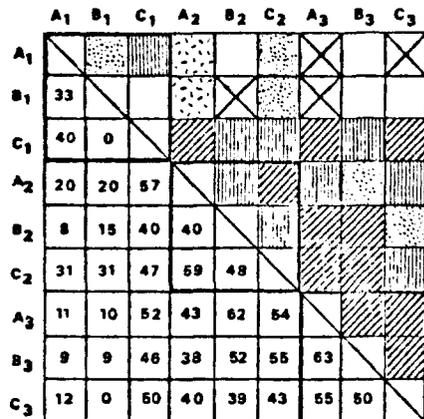
3.1 - Délimitation des communautés

La détermination et la délimitation des communautés ont été effectuées à l'aide des coefficients de similitude de SORENSEN. Ces coefficients, calculés pour chaque campagne, ont été reportés dans la partie inférieure gauche du "diagramme-treillis", leur représentation schématique dans la partie supérieure droite (figures 300 à 303). Par conséquent, les valeurs de similitude les plus élevées doivent se trouver sur la diagonale du tableau ou à proximité (BOUDOURESQUE, 1970 ; OLSSON et coll, 1973). Deux modes de groupement des prélèvements ont été essayés : un groupement par radiale et un groupement par niveau. Il apparaît que le groupement par niveau est le seul valable.

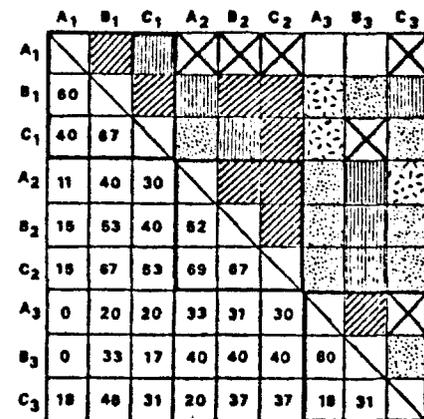
Deux prélèvements de même niveau, mais de radiales différentes, sont donc plus semblables entre eux que deux prélèvements de même radiale mais de niveaux différents. Ce résultat n'est pas surprenant sur cet estran bien organisé en ceintures parallèles. Il montre que la répartition des peuplements animaux suit celle des peuplements végétaux. Le passage d'un peuplement à l'autre n'est parfois pas très net. Cependant, si on calcule les valeurs moyennes sur l'année des coefficients de similitude entre niveaux, on obtient des valeurs qui montrent clairement la dissemblance entre les niveaux (tableau 56). En fait, plus les niveaux sont "éloignés" (dans l'espace et du point de vue des conditions écologiques) l'un de l'autre, plus leur similitude est faible. D'autre part, les similitudes restent à peu près constantes pour des différences de niveaux identiques. Ce fait suggère que les variations verticales des facteurs édaphiques sont régulières et que, par conséquent, le facteur principal agissant sur les populations, autant animales que végétales, est le temps d'immersion (STEPHENSON et STEPHENSON, 1972 ; PERCKINS, 1974).

Quatre peuplements ont donc été mis en évidence, correspondant aux quatre niveaux précédemment définis.

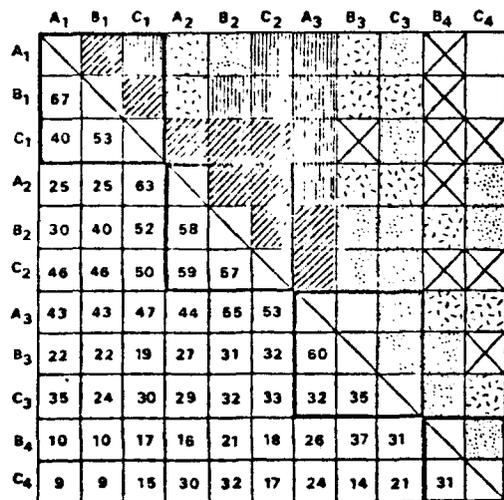
Campagne III



Campagne I



Campagne IV



Campagne II

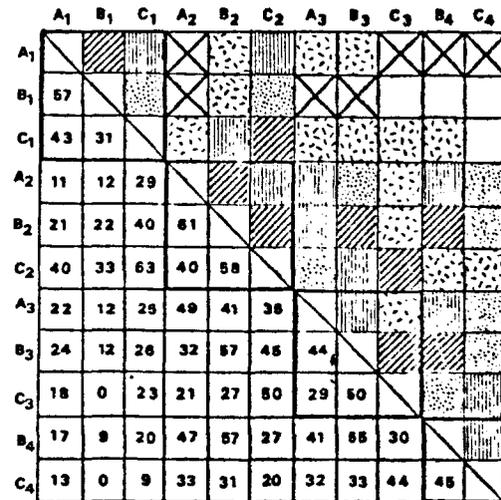
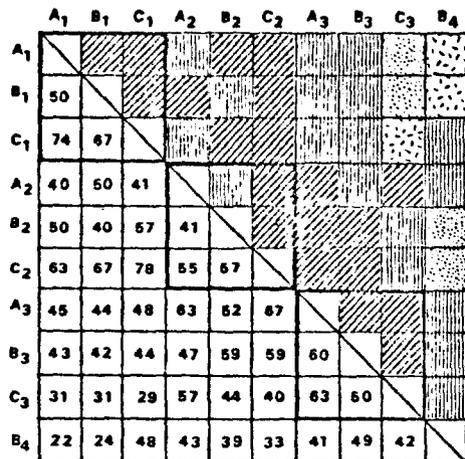


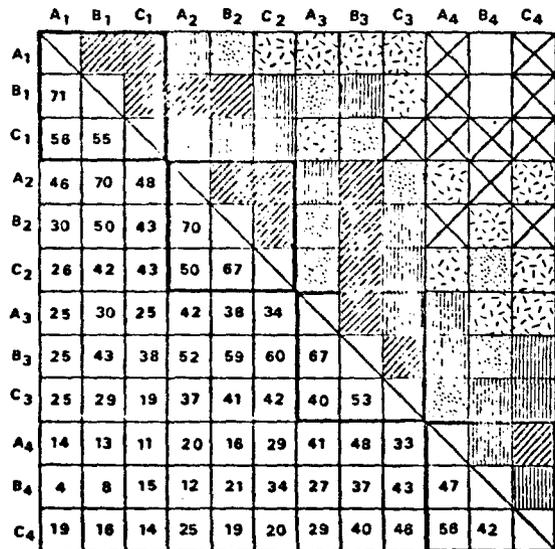
Diagramme-trellis des coefficients de similitude de Sørensen

Diagramme-trellis des coefficients de similitude de Sørensen

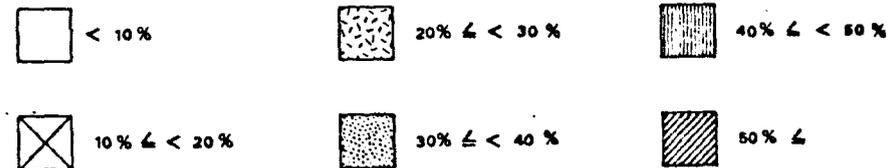
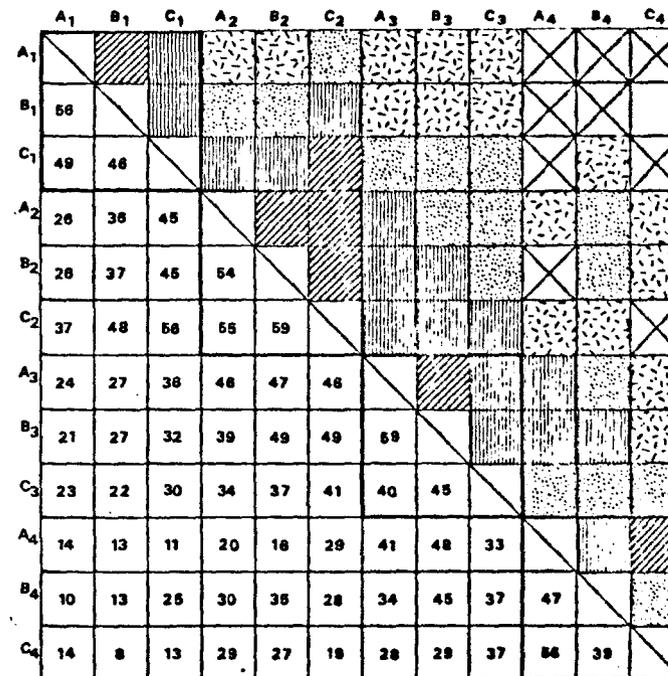
Campagne V



Campagne VI



VALEURS MOYENNES



3.2 - Description des communautés

3.2.1 - Peuplement 1

3.2.1.1 - Localisation

Ce peuplement est localisé dans la zone supérieure de l'estran, au pied de la falaise. Il est surtout bien développé sur les éboulis, aux mêmes emplacements que les Entéromorphes.

3.2.1.2 - Composition faunistique

La liste des espèces classées dans ce peuplement 1 est indiquée dans le tableau 57. Pour chacune d'entre elles, sont données la valeur de l'indice biologique (Ib), la fréquence (F), la dominance moyenne (Dm), et la dominance moyenne cumulée (Dmc). La composition faunistique de ce peuplement 1 est donnée dans le tableau 58.

Littorina saxatilis est caractéristique de ce peuplement sur toutes les côtes de la Manche (P.M.F.* ; BRUCE, COLMAN et JONE, 1963 ; LEWIS, 1964 ; SACCHI, 1975). *Sphaeroma monodi*, typique des hauts niveaux, est, en plus, indicateur de la présence d'eau douce (NAYLOR, 1972), de même *Marinogammarus stoerensis* (SEXTON et SPOONER, 1940). Ces arrivées d'eau douce, qui favorisent d'ailleurs l'installation des Entéromorphes (GAYRAL, 1966), proviennent de la falaise calcaire et vraisemblablement creusée dans sa masse par les éboulements (PRECHEUR, 1960).

Hyale nilssoni est, lui aussi, caractéristique des parties hautes de l'estran (CHEVREUX et FAGE, 1925), mais, son aire de répartition s'étend jusqu'au niveau des *Fucus vesiculosus*. Cette espèce est, néanmoins, constante dans le peuplement 1. On peut considérer que cette localisation préférentielle est due à des raisons trophiques, l'animal trouvant dans les Entéromorphes et les Ulves, une nourriture abondante.

Les autres espèces de ce peuplement sont des espèces ubiquistes sur l'estran et caractéristiques de la zone médiolittorale dans son ensemble.

Le peuplement 1 peut donc être caractérisé par les Entéromorphes d'une part et *Littorina saxatilis* d'autre part. Nous l'avons dénommé "Communauté *Enteromorpha-Littorina saxatilis*".

* Plymouth Marine Fauna, 1957.

3.2.2 - Peuplement 2

3.2.2.1 - Localisation

Ce peuplement correspond à la ceinture à *Fucus vesiculosus*. Sur le terrain, cette ceinture est parfois mal différenciée de la ceinture à *Fucus serratus*. Les aires de répartition des deux espèces se superposent sur une zone commune de transition, où une espèce remplace progressivement l'autre. De nombreux auteurs (LEWIS, 1964 ; STEPHENSON et STEPHENSON, 1972 ; etc.) ne différencient pas les deux espèces. La similitude entre les deux niveaux est relativement forte ($S_{2.3} = 43 \%$, $S_{3.4} = 36 \%$). Cependant, les couvertures végétales nous ont paru suffisamment différentes pour qu'il apparaisse nécessaire d'effectuer une étude séparée des deux zones. La zone à *Fucus vesiculosus* est caractérisée par une sous-strate constituée surtout de *Laurencia pinnatifida* aux thalles dressés, alors que dans la zone à *Fucus serratus* le substrat est recouvert d'algues aux thalles plus filamenteux et plus prostrés. (*Cladophora rupestris*, *Rhodothamniella floridula*, Ceramiacées). Ces algues agglomèrent souvent le sable, surtout *Rhodothamniella*, tandis que *Laurencia*, caractéristique des substrats rocheux plus ou moins abrupts, laisse le substrat découvert.

3.2.2.2 - Composition faunistique

Dans le tableau 60, tome II, les espèces sessiles non dénombrables figurent à part et ne sont classées que selon leur fréquence.

Ce peuplement est difficile à définir. En effet, il n'y a aucune espèce caractéristique de premier ordre et les autres espèces caractéristiques sont toutes des espèces rares. En fait, les espèces abondantes de ce peuplement, sont des espèces de Gastéropodes ou de Crustacés (*Gibbula umbilicatis*, *Littorina obtusata*, *Idotea granulosa*, *Patella vulgata*, *Littorina littorea*) qui sont présentes partout sur l'estran, bien que moins abondantes à d'autres niveaux. Ces espèces sont exclusivement médiolittorales et présentent leur abondance maximale dans la zone à *Fucus* où elles trouvent une nourriture optimale ; surtout *Littorina obtusata* qui se nourrit de *Fucus*.

Il faut noter la présence des espèces sessiles qui trouvent un excellent support sur les frondes de *Fucus*, surtout les Bryozoaires et les Hydraires.

Comme l'avaient remarqué BOADEN et Coll. (1975), les colonies d'*Electra pilosa* et de *Dynamena pumila* s'installent préférentiellement sur la face concave des frondes de *Fucus*.

Les autres Bryozoaires (*Bowerbankia imbricata*, *Amathia lendigera*, *Bicellariella ciliata*) se rencontrent surtout sur les *Lauréncia pinnatifida* ou les *Corrallina officinalis*. Ce peuplement est donc surtout caractérisé par le *Fucus vesiculosus* et l'abondance des Gastéropodes ("Peuplement à *Fucus vesiculosus*").

3.2.3 - Peuplement 3

3.2.3.1 - Localisation

Ce peuplement est localisé à la ceinture de *Fucus serratus*. La détermination de sa limite supérieure est délicate : on peut reprendre les réserves énoncées précédemment pour la délimitation du peuplement à *Fucus vesiculosus* (cf. 3.3.2.2.1). Par contre, la définition sur le terrain de sa limite inférieure est plus aisée : elle est souvent marquée par la rupture de pente. A ce niveau on trouve, en effet, une paroi verticale de 50 cm à 1 m qui sépare deux plateaux ; un supérieur où se trouvent les trois premiers peuplements, un inférieur avec le quatrième peuplement.

3.2.3.2 - Composition faunistique

La composition du peuplement 3 est indiquée dans les tableaux 61 et 62.

Ce peuplement ressemble au précédent en ce qui concerne les espèces constantes. *Idotea granulosa* semble prendre plus d'importance que dans les autres peuplements, mais, ce changement a peu de valeur. En effet, cette espèce occupait la troisième place du classement dans la zone à *Fucus vesiculosus*. La dominance d'autres espèces a peu varié (*Gibbula umbilicalis*, *Patella vulgata*, *Littorina littorea*). Par contre, il faut noter la place prépondérante prise par certaines espèces (*Modiolus sp.*, *Lacuna pallidula*, *Rissoa parva*) tendances qui se confirmeront dans le peuplement 4. Ces espèces sont, en fait, des espèces qui marquent la limite inférieure de l'étage médiolittoral (ou la limite supérieure de la frange infralittorale).

Corrélativement, des espèces strictement médiolittorales, comme *Littorina obtusata* voient leurs effectifs diminuer. D'autre part, des espèces plus franchement infralittorales, comme *Gibbula cineraria*, apparaissent. Il est à noter que les adultes de *Modiolus* sont presque exclusivement infralittoraux, vivant surtout dans la zone des Laminaires (TEBBLE, 1966). Les *Modiolus* trouvés sur place étaient toujours des juvéniles.

Enfin, dans ce peuplement, apparaissent quelques espèces caractéristiques (deuxième ordre commune) : *Patina pellucida*, *Sphaerodorum minutum*, *Cyathura carinata*. De ces trois espèces, la première est la plus intéressante, d'abord parce que sa grande taille permet de l'identifier facilement sur l'estran. Cette espèce vit habituellement sur les frondes ou les stipes des laminaires (CORNET et MARCHE ; MARCHAD, 1951 ; P.M.F. ; BRICE et coll, 1963 ; LEWIS, 1964 ; GRAHAM, 1971). Or, à PALUEL, les Laminaires font défaut : les *Patina* ont donc colonisé les stipes de *Fucus serratus*, ce qui les fait remonter à un niveau bien supérieur à celui qui leur est habituel. Cependant, les individus trouvés étaient tous de petite taille, vraisemblablement des juvéniles. Les adultes, qui ont besoin d'algues de grande taille (*Laminaria*, *Sacchorhiza*) vivent dans l'étage infralittoral. Ils remontent au printemps, pour la ponte, dans la frange infralittorale ou dans l'étage médiolittoral inférieur (VAHL, 1971). Les larves, qui mènent une vie pélagique courte, se posent en mai, à condition de trouver des supports algaux convenables. Les jeunes, grâce à leur petite taille, peuvent se fixer sur les stipes de *Fucus serratus* (COLMAN, 1940), ce qui confirme nos observations. D'après GRAHAM et FRETTER (1947) et VAHL (1971), ils atteignent, au premier automne, une taille de 5 à 7 mm et sont, à cette époque, sexuellement matures. Ils redescendent alors dans l'étage infralittoral.

L'absence des Laminaires à PALUEL*, pourrait expliquer le manque d'adultes de *Patina* dans nos récoltes. Les individus trouvés, étant tous des jeunes de l'année (taille inférieure à 7 mm), proviendraient d'oeufs émis par des stocks d'animaux adultes des régions voisines (des *Laminaria digitata* ont été observés à FECAMP).

Néanmoins, sur le site de PALUEL, cette espèce caractérise le peuplement numéro 3 ou "peuplement à *Fucus serratus* - *Patina pellucida*".

* La plongée n'a pas permis de trouver de Laminaires, la visibilité à cet endroit étant nulle. La présence de Laminaires sur l'estran a été notée aux environs de FECAMP.

En ce qui concerne l'épifaune sessile, il faut noter la grande importance prise par *Electra pilosa*. Là encore, des espèces de bas niveau apparaissent : *Flustrella hispida* et *Alcyonidium polyoum* ainsi que *Loxosomella phascalomatum*, Bryozoaire parasite du Sipunculien *Golfingia vulgare*.

3.2.4 - Peuplement 4

3.2.4.1 - Localisation

Ce peuplement occupe les bas niveaux de l'estran, en dessous du décrochement qui marque la fin de la zone à *Fucus serratus*. Il constitue la frange infralittorale. Implanté, en général, sur un platier rocheux, il est caractérisé, du point de vue algal, par des touffes de *Gigartina stellata* qui présentent un recouvrement du substrat de 25 % en moyenne. La zone est naturellement la plus battue de l'estran, ce qui explique cette végétation clairsemée.

3.2.4.2 - Composition faunistique

La composition faunistique de ce peuplement est décrite dans les tableaux 63 et 64.

Dans ce peuplement, les espèces typiquement médiolittorales sont en nette régression (*Patella vulgata*, *Gibbula umbilicalis*). D'autres espèces ont disparu (*Littorina littorea*, *L. obtusata*). Les espèces caractéristiques de ce peuplement sont, pour la plupart, des espèces qui atteignent leur plein développement dans l'étage infralittoral (*Dendrodoa grossularia*, *Tealia felina*, *Gibbula ciceraria*, *Asterias rubens*, *Pisidia longicornis*) (P.M.F. ; BRUCE et coll., 1963 ; LEWIS, 1964).

Cette zone se présente en fait comme une zone de transition entre les étages médio et infralittoral. Le peuplement ne peut donc être considéré comme une communauté à part entière, mais plutôt comme un faciès de transition entre deux communautés. Cette tendance se retrouve dans l'évolution de l'épifaune sessile entre les peuplements supérieurs de celui-ci. Les espèces infralittorales (*Alcyonidium spp*) se développent sur la roche et les algues. *Electra pilosa* a colonisé presque entièrement les *Gigartina*, dont elle recouvre parfois entièrement la fronde et *Halichondria panicea* apparaît sur le substrat, à la limite de la zone exondée.

Par contre, les espèces médiolittorales (*Bowerbankia imbricata*, *Dynamena pumilla*) sont en régression.

Ce peuplement, très facile à localiser, est en fait difficile à dénommer. Là encore, nous devons faire appel à la végétation pour le caractériser "frange infralittorale à *gigartina stellata*".

3.3 - Conclusion

Le tableau faunistique récapitulatif (tableau 66) donne la liste des espèces inventoriées, et pour chaque espèce, son statut dans chacun des peuplements.

Le calcul des dominances moyennes cumulées par prélèvement (tableau 57, 59, 61 et 63) donne une estimation de la diversité de la faune de chacun. La figure 304 montre que les peuplements se répartissent en deux groupes, de ce point de vue. Les peuplements 1 et 2 forment un premier groupe, où peu d'espèces présentent une forte dominance moyenne par espèce. D'autre part, ces peuplements comportent peu d'espèces classées. Le deuxième groupe (peuplement 3 et 4) comporte plus d'espèces à forte dominance et plus d'espèces classées (le décrochement sur la courbe représentant le peuplement 4 dans la figure 297 est dû à *Dendrodoa grossularia*).

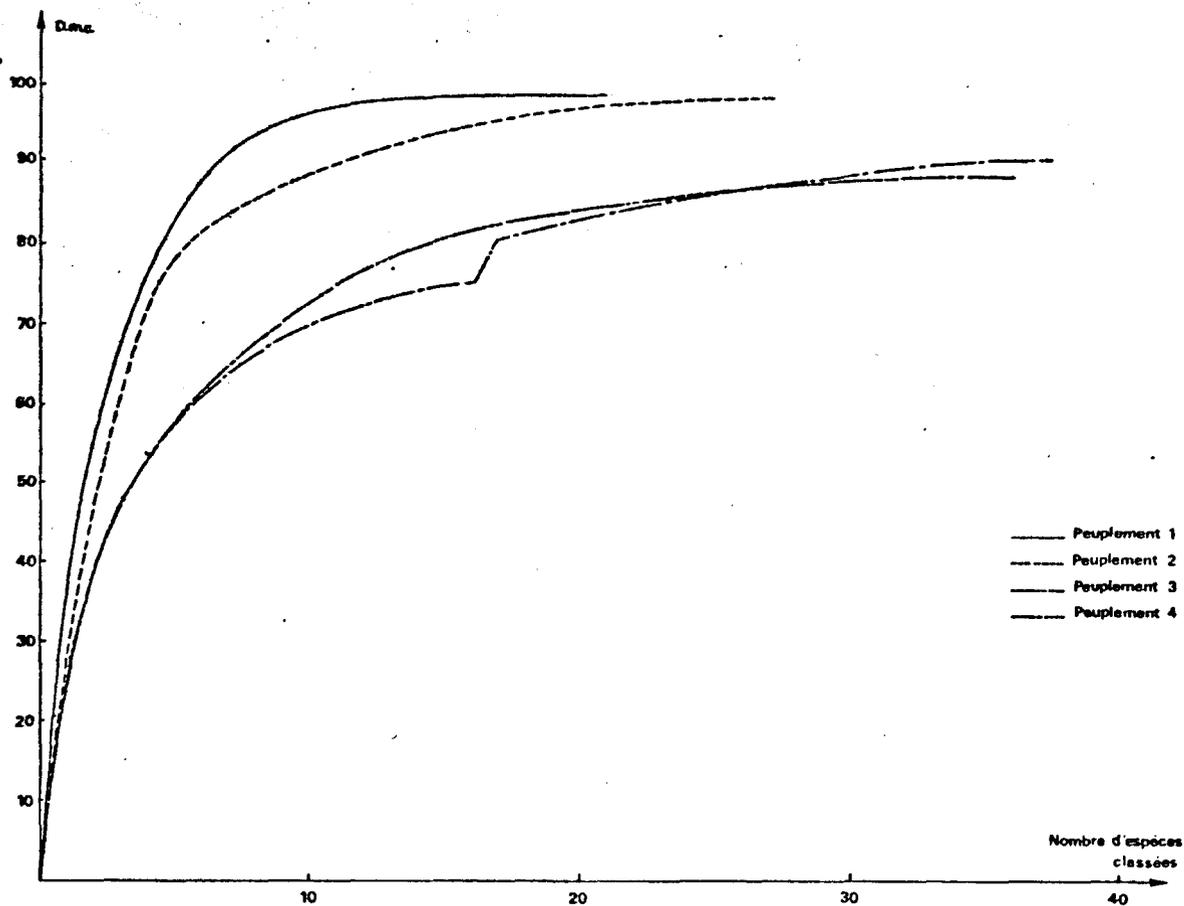
En utilisant une autre méthode, dite de raréfaction, proposée par SANDERS en 1968, on peut représenter graphiquement la diversité de nos peuplements (figure 305).

Le peuplement 1 présente une diversité très faible, confirmant les conclusions obtenues par les autres méthodes. Les autres peuplements (2, 3 et 4) se groupent dans une zone du graphique où la diversité est forte. Celle-ci croît régulièrement du peuplement 2 au peuplement 4. L'indice H de SHANNON-WEAVER donne des résultats identiques (figure 306 A). D'autre part, cet indice montre l'identité des trois radiales de prélèvement (figure 306 B).

Compte tenu de ces résultats, il nous est possible de définir plus exactement chaque peuplement. Ils font tous partie d'une seule et même communauté : la communauté médiolittorale. Le peuplement à *Enteromorpha - Littorina saxatilis*, en marque la limite supérieure. Sa composition faunistique et sa faible diversité, traduisent surtout les variations importantes des facteurs physico-chimiques (température, salinité, dessiccation) et les apports d'eau douce.

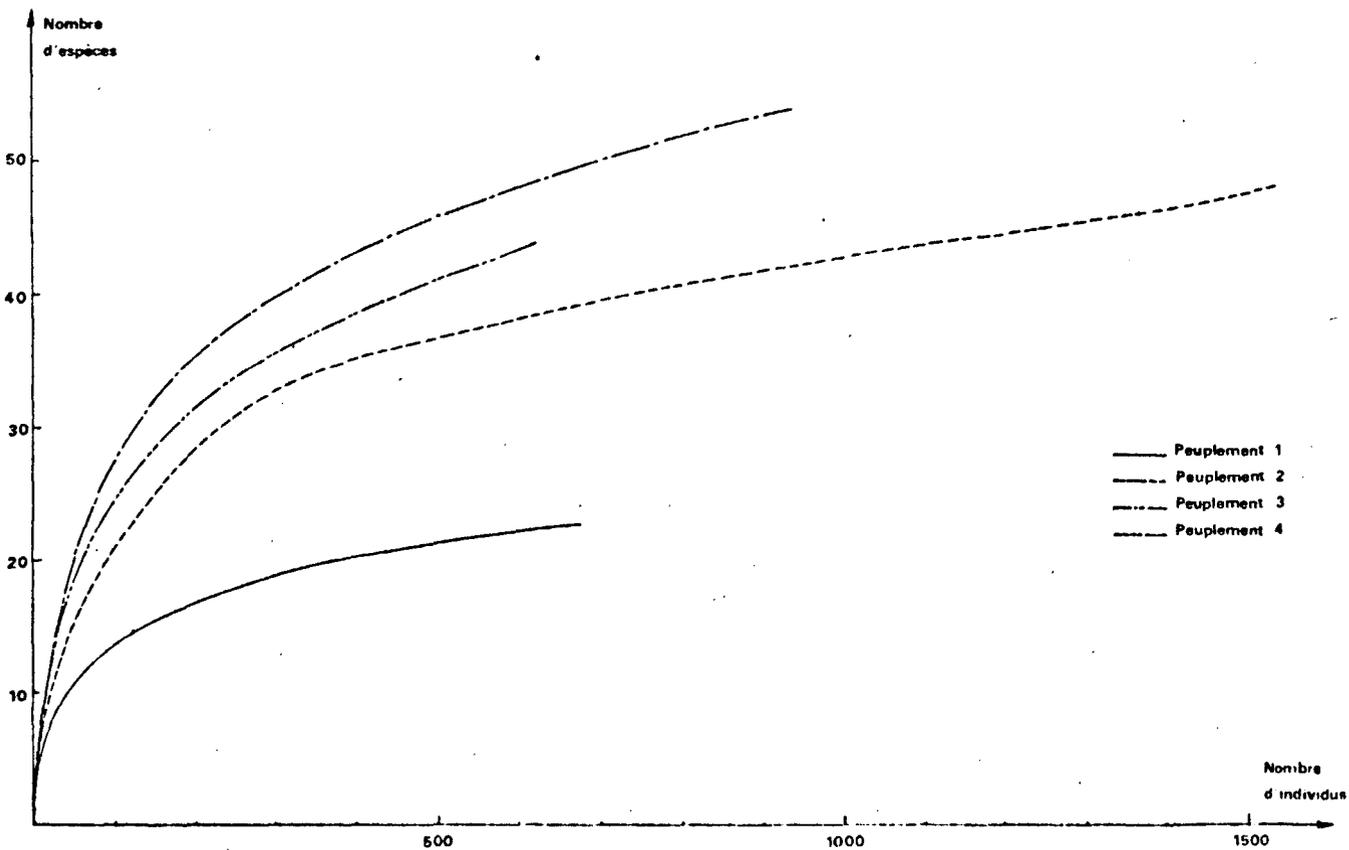
DOMINANCE MOYENNE CUMULEE PAR PEUPEMENT

fig:304



COURBES DE RAREFACTION DES DIFFERENTS PEUPEMENTS
(méthode de SANDERS)

fig:305



Les peuplements 2 et 3, très semblables comme nous l'avons vu, sont en fait deux faciès d'une même sous-communauté à *Fucus*. Ils sont plus représentatifs de l'étage médiolittoral. Le peuplement à *Gigartina* souligne la limite inférieure de la communauté et constitue un faciès de transition avec les communautés infralittorales. Cependant, malgré ces subdivisions et cette classification, il ne faut pas oublier l'unité de la communauté médiolittorale. Les conditions écologiques y varient régulièrement d'un peuplement à l'autre, ce qui rend la délimitation des peuplements sur le terrain assez délicate. Seuls les prélèvements effectués aux pleins développements de chaque peuplement (facilement visibles sur l'estran) ont permis de les délimiter.

D - ÉTUDES QUANTITATIVES

1 - ETUDE FAUNISTIQUE

1.1 - Résultats

Les biomasses animales par espèce et par prélèvement sont indiqués dans les tableaux 67 à 72. Les individus de différentes espèces d'un même prélèvement ont été pesés ensemble quand la biomasse de chacune de ces espèces était faible en regard de l'incertitude de la mesure ($\pm 0,001$ g).

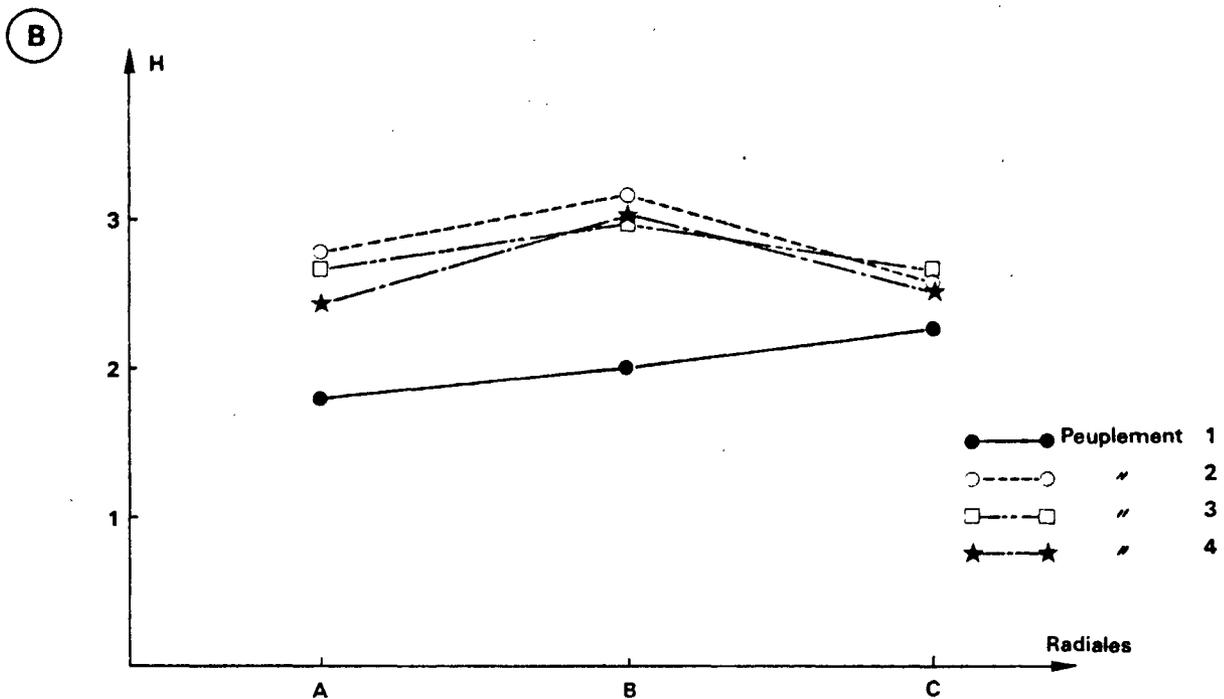
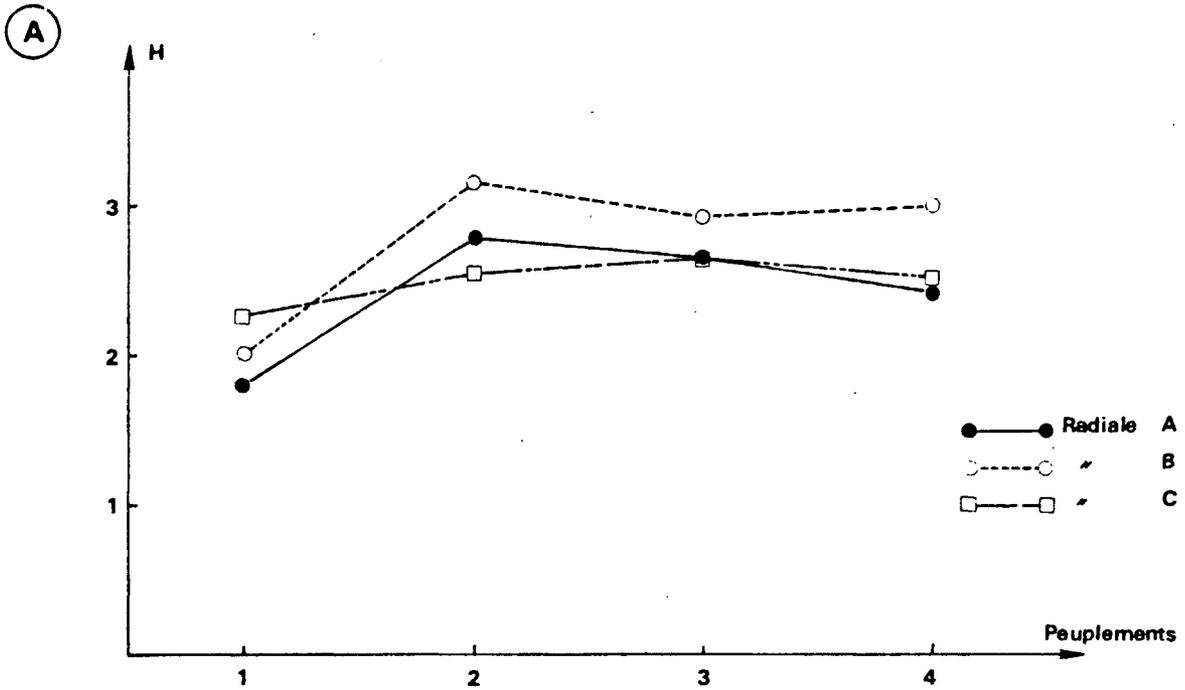
La biomasse moyenne globale est de $11,58 \text{ g/m}^2$, soit : 116 kg/ha. En Baie de Somme, lors des études préliminaires de cette région, la biomasse moyenne globale a été estimée à $24,1 \text{ g/m}^2$, soit 241 kg/ha.

1.2 - Interprétation

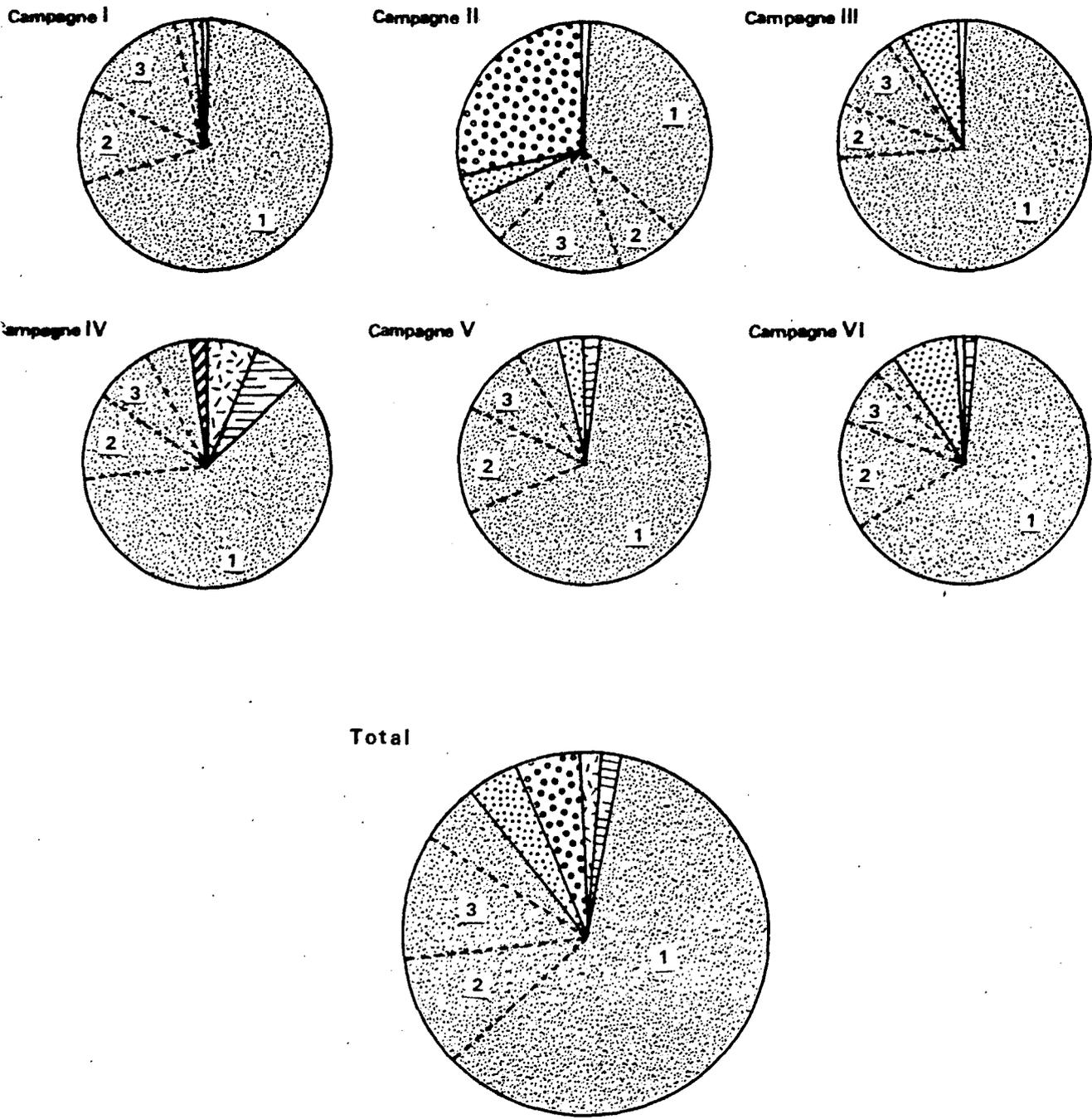
La figure 307 donne la répartition de la biomasse entre les groupes zoologiques. Le trait caractéristique de cette répartition est l'importance des Mollusques. Ce groupe représente une grosse partie de la biomasse globale (parfois jusque 99 % (campagne 1)), 86 % du total de la biomasse sur les six campagnes. Parmi les Mollusques, une espèce domine : *Patella vulgata* (60 % de la biomasse totale). Au total, cinq espèces de Mollusques Gastéropodes (*Patella vulgata*, *Gibbula umbilicalis*, *Littorina littorea*,

VARIATIONS DE L'INDICE H DE SHANNON
(Valeurs moyennes sur l'année)

- (A) Pour chaque radiale, en fonction des peuplements
- (B) Pour chaque peuplement, en fonction des radiales



Répartition de la biomasse animale entre les différents groupes zoologiques



Spongiaire



Cnidaire



Mollusques



Crustacés



Echinodermes



Chordés



Divers

1 *Patella vulgata*

2 *Gibbula umbilicalis*

3 Littorines

L. obtusata, *L. saxatilis*), soit : 5,70 % des espèces représentent 81 % de la biomasse globale.

La forte valeur de la biomasse des Echinodermes, lors de la campagne II est due à un exemplaire d'*Asterias rubens*.

L'étude des variations de la biomasse globale au cours de l'année (figure 308) fait constater l'absence de variation majeure, aux fluctuations d'échantillonnage près.

La forte valeur de la biomasse du peuplement 1 pour la troisième campagne est due au grand nombre de *Patella vulgata*. Cette abondance des patelles peut s'expliquer par un échantillonnage effectué dans une zone de concentration locale des individus.

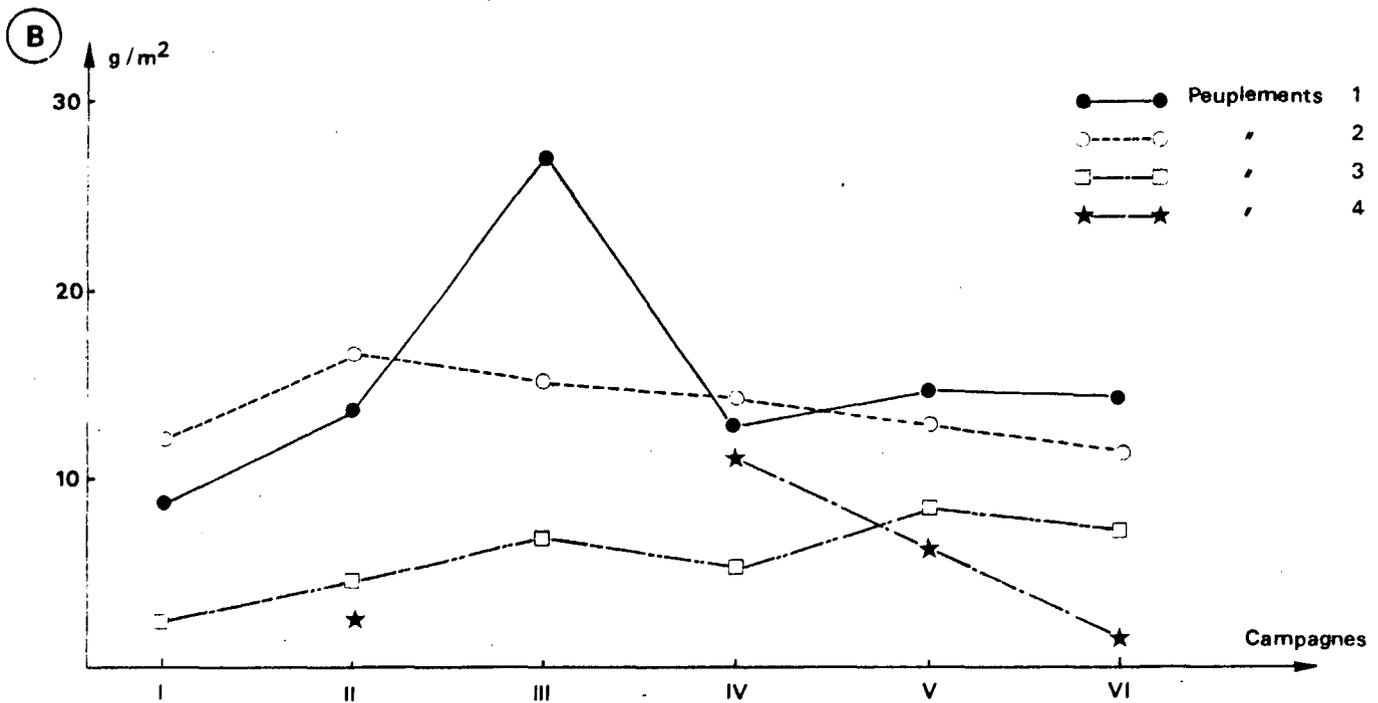
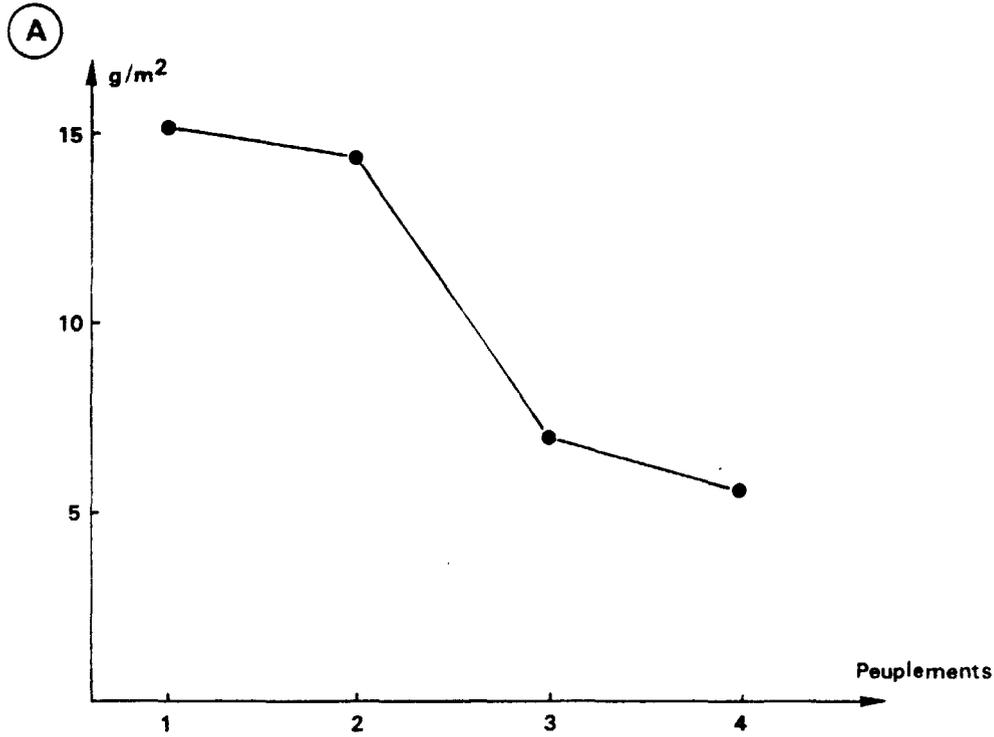
Cependant, chez les groupes à durée de vie courte et à cycle rapide (Isopodes, Amphipodes), la biomasse de la plupart des espèces varie au cours de l'année de façon importante, en relation avec les changements saisonniers de température de l'eau. Toutefois, ce processus est masqué à PALUEL par la forte valeur de la biomasse des Mollusques Gastéropodes qui supportent, eux, les variations normales de température sans les traduire en variations de poids, l'accroissement de poids dû à la croissance des jeunes individus étant compensé par la mort des individus âgés. Ces faits pourraient expliquer la constance relative de la biomasse animale de l'année.

Si l'on compare les valeurs moyennes sur l'année de la biomasse par peuplement (figure 308), on constate que ceux-ci se rassemblent en deux groupes : un premier à forte biomasse (de l'ordre de 15g/m^2), constitué des peuplements 1 et 2, et un autre groupe à faible biomasse (6 à 7g/m^2) avec les peuplements 3 et 4. Là encore, ce gradient peut s'expliquer par la présence des Gastéropodes. Dans le peuplement à *Enteromorpha - Littorina saxatilis*, les *Patella vulgata*, en grand nombre et de grande taille, contribuent pour une grosse part à cette forte biomasse. Plus on descend sur l'estran, moins les patelles sont nombreuses. Il faut noter que le mode, devenant plus battu, freine la croissance en hauteur des patelles qui sont plus aplaties, ce qui se traduit par une diminution tangible de leur masse.

BIOMASSE ANIMALE (Poids sec)

(A) Variation suivant les peuplements (Valeurs moyennes sur l'année)

(B) Variation au cours de l'année pour chaque peuplement



Parallèlement, les autres Gastéropodes voient leur nombre diminuer ; *Gibbula umbilicalis* est relayée en bas niveaux par *G. cineraria*, moins nombreuse et plus petite, *Littorina littorea* disparaît ainsi que *L. obtusata*, remplacée par *Lacuna pallidula*, plus petite.

La figure 309 montre les variations de la biomasse par peuplement selon chacune des radiales. On remarque les mêmes groupements de peuplements que ceux définis ci-dessus. Par contre, les différences entre les radiales semblent peu significatives, eu égard aux différences entre peuplements. Le calcul de l'indice de diversité de SHANNON, appliqué aux biomasses spécifiques, confirme cette observation (figures 310 A et B). Le peuplement 1, quelle que soit la radiale envisagée, a toujours un indice faible. En effet, comme nous l'avons vu, la grosse part de la biomasse de ce peuplement revient à une seule espèce : *Patella vulgata*, ce qui entraîne une valeur faible de la diversité. Les autres peuplements ont des diversités semblables, mises à part des valeurs légèrement plus faibles pour le peuplement 3 dont la diversité en biomasse varie dans le même sens que la diversité en nombre d'individus (voir figures 306 A et B). La faible valeur affectée au peuplement 4 dans la radiale C est due à la présence, dans un prélèvement (campagne II), de *Mytilus edulis* adultes, en petit nombre, mais de grande taille, donc de grand poids. Il convient cependant d'être circonspect en ce qui concerne ce niveau 4 C. En effet, il n'a été échantillonné que quatre fois, dont trois consécutivement (campagnes II, IV, V et VI), ce qui n'est pas suffisant pour pouvoir généraliser et conclure de manière valable.

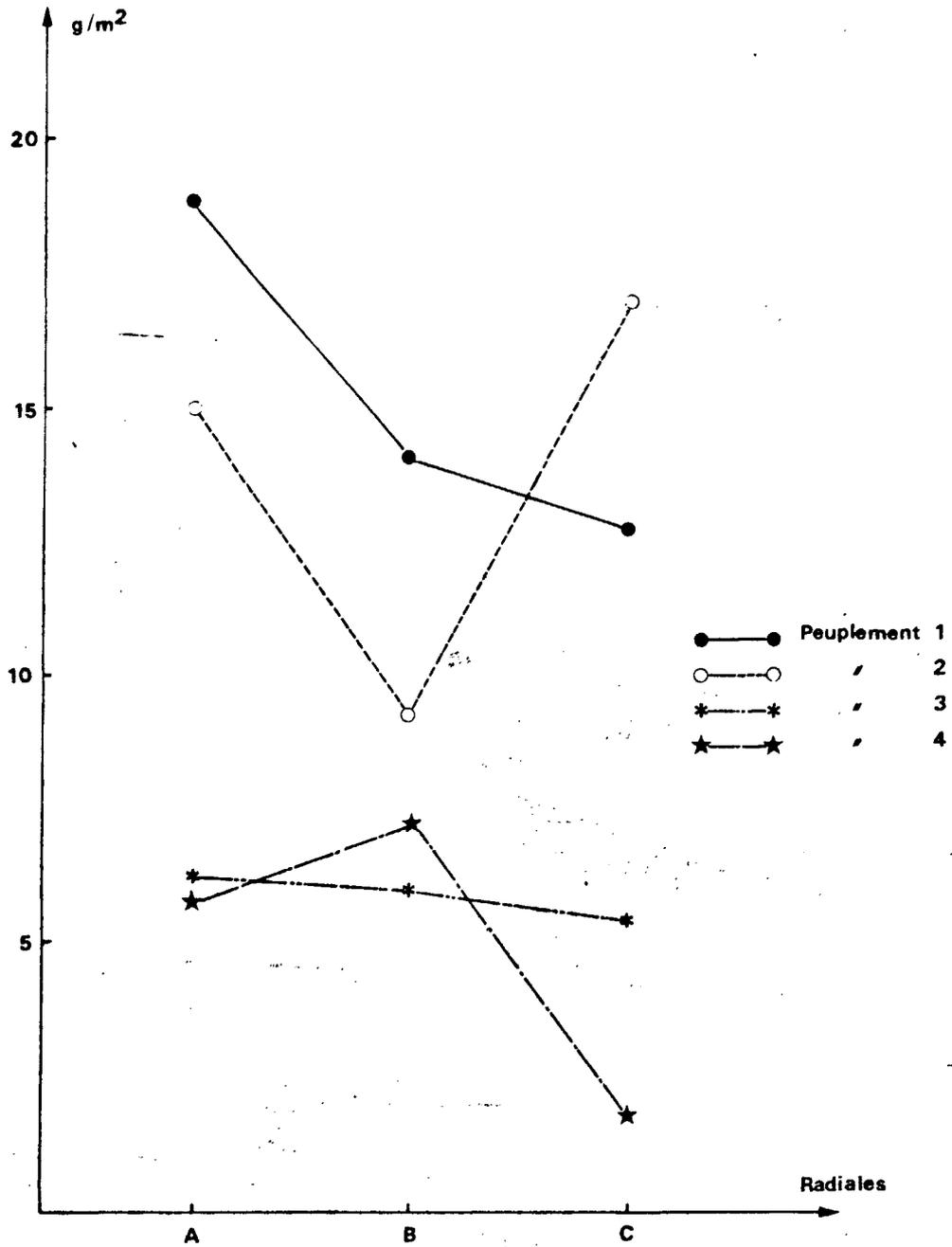
Les références bibliographiques étant peu nombreuses, en ce qui concerne les études quantitatives sur l'estran rocheux, cela ne permet pas de comparer les valeurs obtenues à PALUEL à d'autres résultats.

Nous nous limiterons donc à remarquer que la zonation, telle qu'elle apparaît après les études quantitatives, se superpose exactement à celle suggérée par les études qualitatives. Cependant, il faut tenir compte de ce que cette zonation n'est en fait que celle des Gastéropodes déjà citée. Cette zonation des espèces principales de Mollusques sera donc étudiée plus en détail dans un chapitre suivant. D'autre part, l'importance pondérale de ces espèces en fait les plus gros producteurs de matière vivante

BIOMASSE ANIMALE (Poids sec)

fig: 309

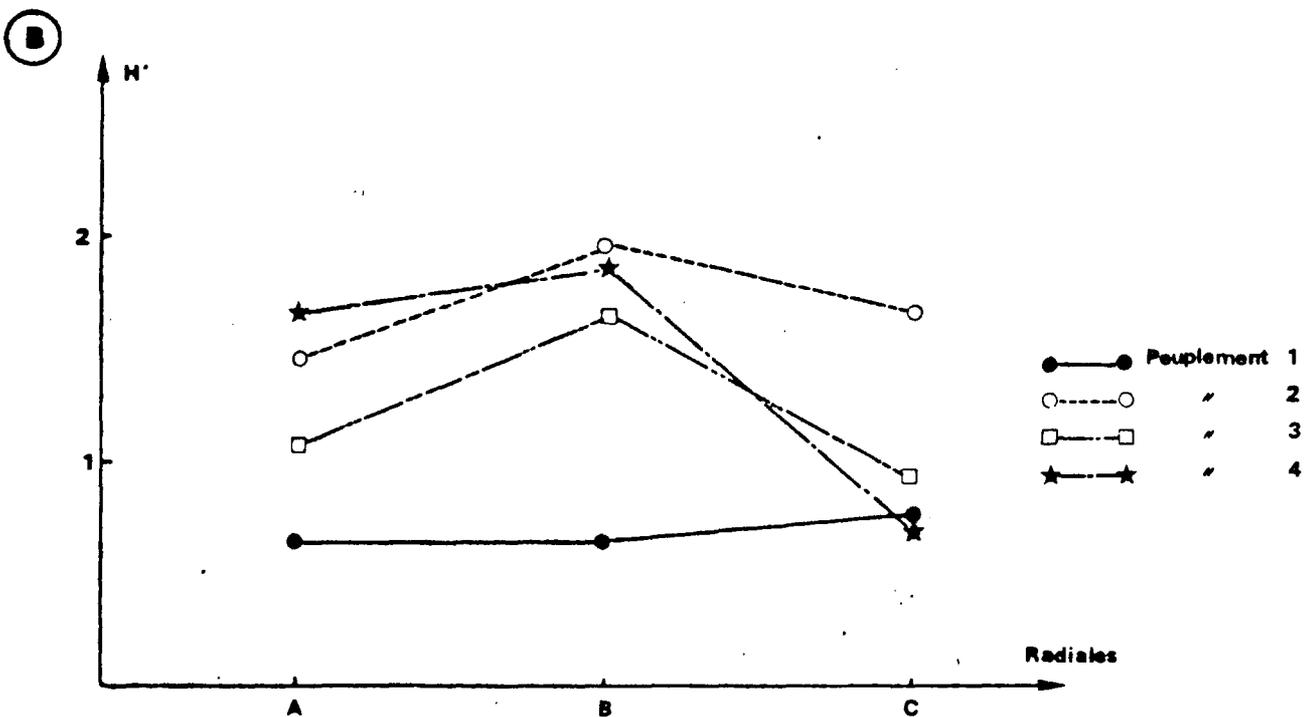
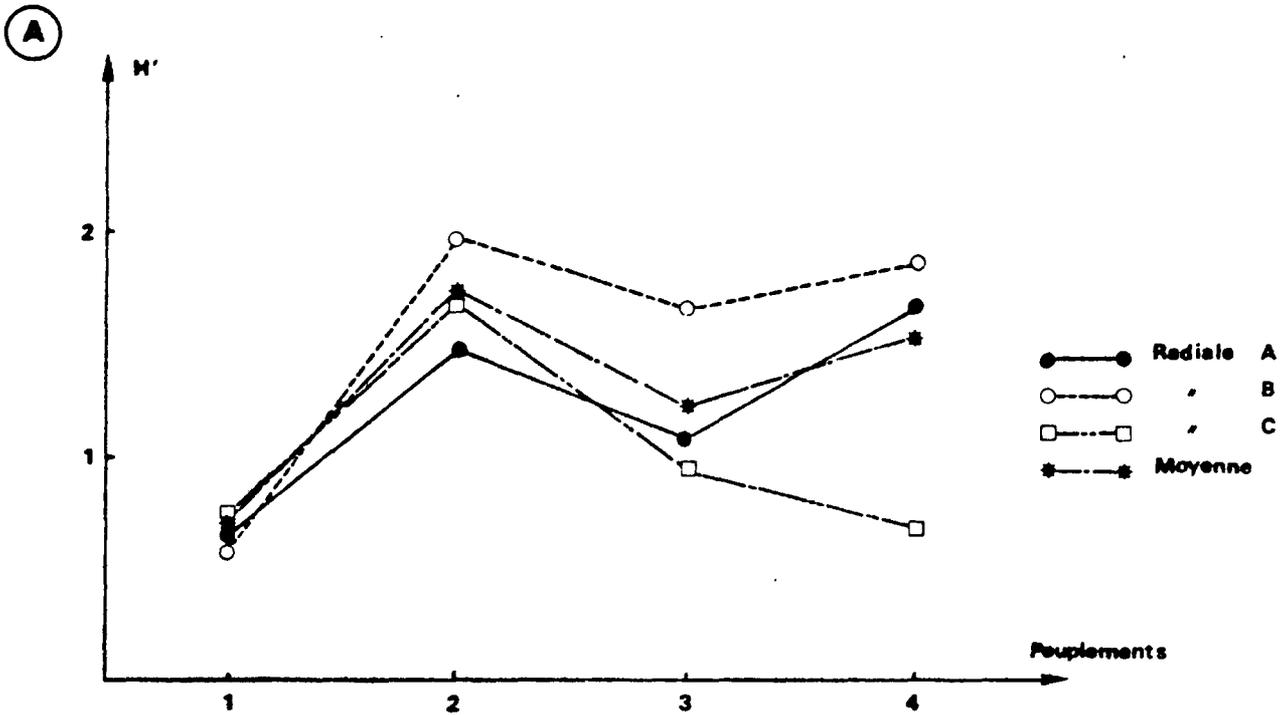
VARIATION POUR CHAQUE PEUPEMENT SUIVANT LES RADIALES



VARIATIONS DE L'INDICE H' DE SHANNON

(Valeurs moyennes sur l'année)

- (A) Par radiale
- (B) Par peuplement



du site, ce qui nécessite une étude biométrique plus poussée, afin d'estimer plus précisément leur production. Cette étude sera effectuée dans le dernier chapitre.

2.- ETUDE FLORISTIQUE

2.1 - Résultats

Les résultats de l'étude floristique quantitative figurent dans les tableaux 73 à 78. Les algues impossibles à séparer par espèce sont groupées sous la rubrique "Divers". La présence d'une algue, en trop petite quantité pour être pesée, est notée d'une croix (x). Les *Corallina officinalis*, fortement incrustées de calcaire sont décalcifiées à l'acide chlorhydrique N/10 puis rincées à l'eau distillée avant séchage à l'étuve et pesée.

La biomasse globale des algues est de 20.941 grammes pour un échantillonnage de 62 m², soit une valeur moyenne de 338 g/m².

2.2 - Interprétation

La figure 311 A donne la répartition par peuplement de la biomasse globale.

Pour chaque peuplement, les valeurs moyennes de la biomasse sont les suivantes :

- peuplement 1 : 45,9 g/m² soit : 459 kg/ha
- peuplement 2 : 396,3 g/m² soit : 3.963 kg/ha
- peuplement 3 : 616,3 g/m² soit : 6.163 kg/ha
- peuplement 4 : 236,0 g/m² soit : 2.360 kg/ha

Ces valeurs s'expliquent très bien par la nature des espèces dominantes de chaque peuplement.

Le peuplement 1 est caractérisé par les Entéromorphes (61 % de la biomasse). Ce sont des algues vertes minces, très légères (figure 304).

Les peuplements 2 et 3 sont dominés par les *Fucus*, respectivement *Fucus vesiculosus* (87 %) et *Fucus serratus* (95 %) qui, comme toutes les fucacées, sont des Algues à thalle épais et charnu. D'autre part, la couverture

algale de cette zone est très dense (90 à 100 %) contrairement au niveau précédent (50 à 75 %). Le *Fucus serratus* (peuplement 3) a des frondes plus hautes et plus touffues que *Fucus vesiculosus* (peuplement 2), ce qui explique, à densité égale, la différence de biomasse entre ces deux niveaux.

Enfin, *Gigartina stellata*, Algue rouge préférante du peuplement 4 (voir 3.3.2.4) (67 %), possède, elle aussi, une fronde épaisse et dréssée mais de beaucoup plus petite taille que les *Fucus*. Ceci explique la biomasse algale du peuplement 4, intermédiaire entre celles des niveaux d'Entéromorphes et de *Fucus*.

Dans la figure 311 B sont représentées les variations annuelles de la biomasse algale de chaque peuplement. Le fait principal qui apparaît ici est la diminution sensible de biomasse lors des prélèvements des campagnes I à III, qui correspondent à la fin de l'automne et à l'hiver. Durant cette période, les espèces annuelles ont presque entièrement disparu et les espèces vivaces ont bien souvent perdu une partie de leur fronde, comme, par exemple, *Fucus vesiculosus*. Les données manquent pour le niveau 4 en ce qui concerne cette période.

Le *Fucus vesiculosus* semble atteindre son maximum de développement en juin-juillet (campagne V) de même que les Entéromorphes, tandis que *Fucus serratus* présente la plus grande biomasse en août-septembre.

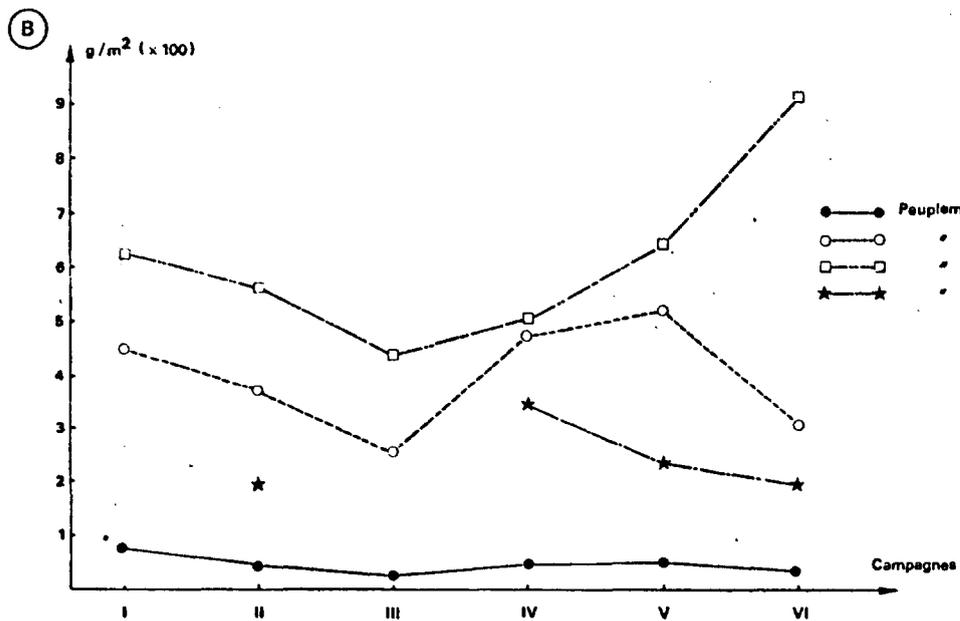
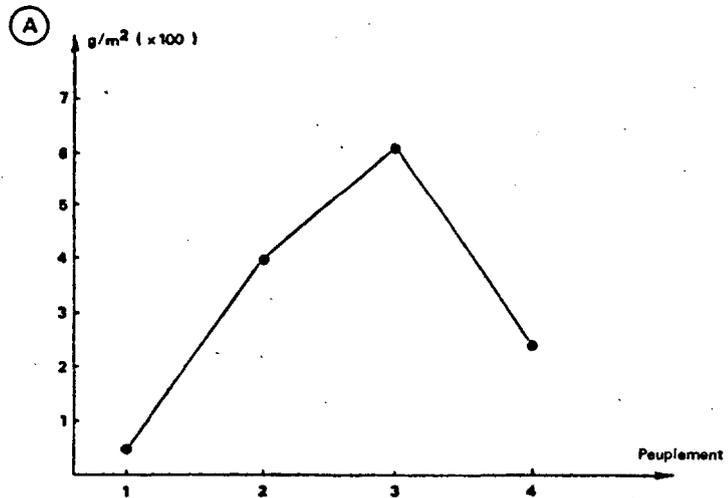
Les variations annuelles de la biomasse algale ont comme corollaire des fluctuations de la production primaire (MANN, 1972) et comme les algues servent de nourriture à de nombreuses espèces animales de l'estran, il serait intéressant d'étudier plus rigoureusement l'évolution annuelle de cette production.

La figure 312 montre les variations de la biomasse végétale par peuplement selon les différentes radiales. Comme dans le cas de la biomasse animale, les différences que l'on peut observer semblent dues à la répartition "en mosaïque" (différences à petite échelle) des peuplements végétaux et aux différences inévitables que cette répartition entraîne dans l'échantillonnage.

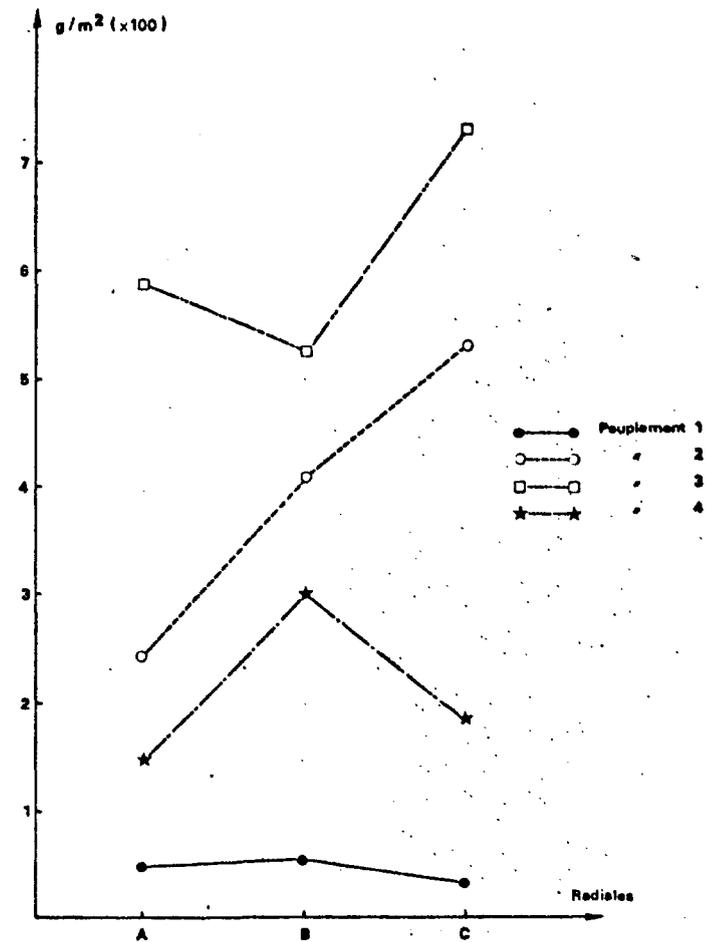
NIELL (1974) a appliqué l'indice de SHANNON à l'étude de la diversité algale dans une zone intertidale. Compte tenu des difficultés qu'il y aurait

(A) Variation suivant le peuplement (Valeurs moyennes sur l'année)

(B) Variation au cours de l'année pour chaque peuplement



Variation pour chaque peuplement suivant les radiales



à dénombrer les pieds d'algues, NIELL utilise les biomasses spécifiques à la place du nombre d'individus de chaque espèce. Les valeurs qu'il trouve, en Ria de VIGO et à ROSCOFF, sont supérieures aux nôtres. Cependant, il note que la diversité diminue quand le prélèvement est effectué dans une ceinture algale, dominée par une espèce. Quand deux populations algales se mélangent, dans une zone de transition entre ceintures par exemple, la diversité augmente. Comme nos prélèvements ont été effectués dans les ceintures, il est normal que les valeurs de diversité soient donc faibles.

La figure 313 donne les variations de l'indice de SHANNON par radiale en fonction des peuplements. Les valeurs moyennes de la diversité pour chaque peuplement sont les suivantes :

- peuplement 1 : 0,906
- peuplement 2 : 0,581
- peuplement 3 : 0,360
- peuplement 4 : 1,545

Les faibles valeurs de la diversité dans les peuplements 2 et 3 traduisent la forte dominance des *Fucus*. Le peuplement 3 a un indice plus faible que le peuplement 2. En effet, le nombre d'espèces du peuplement 3 est beaucoup plus faible que celui du peuplement 2 (tableaux 74 et 75) et d'autre part l'importance du *Fucus serratus* dans son peuplement (95 % de la biomasse totale) est supérieure à celle de *Fucus vesiculosus* dans le sien (87 %).

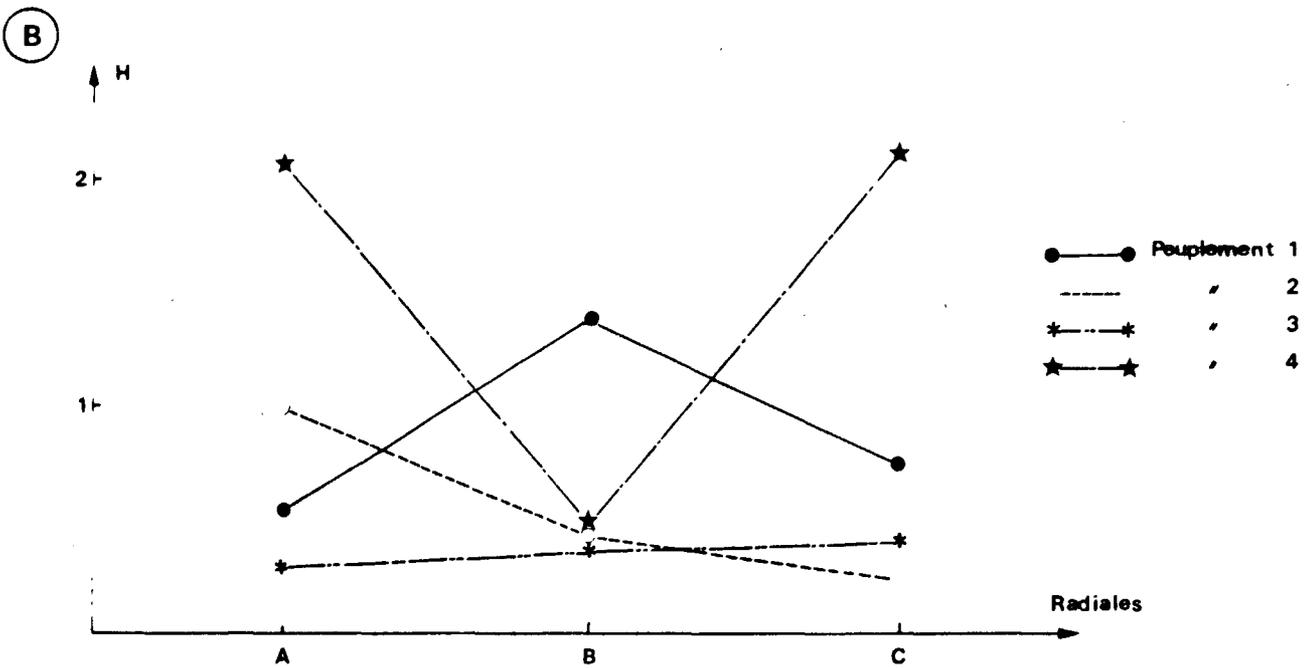
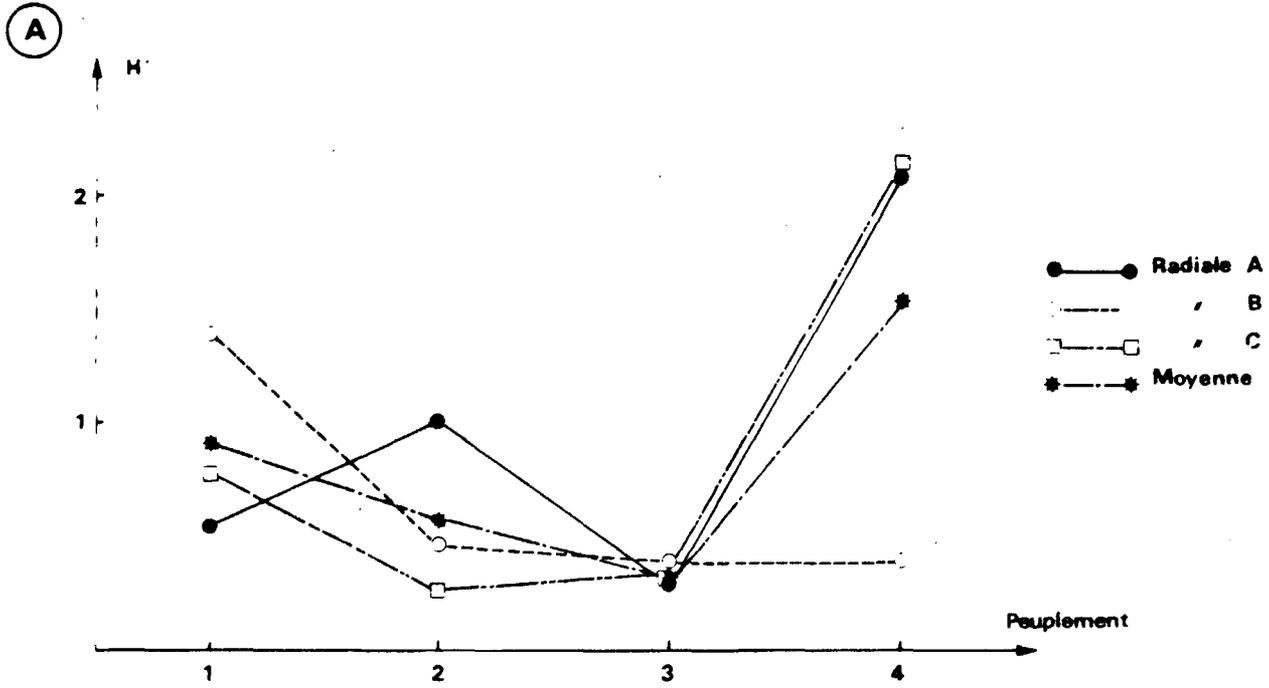
Le peuplement à *Gigartina Stellata* présente une diversité très élevée du fait, d'une part de la moindre dominance de *Gigartina* (67 %) et d'autre part du plus grand nombre d'espèces de Rhodophycées caractérisant ce niveau.

Le cas du premier peuplement est plus délicat à interpréter. En effet, les Entéromorphes représentent près de 90 % de la couverture algale mais on trouve aussi à ce niveau des *Fucus spiralis* ou *Fucus vesiculosus*, peu fréquents mais à forte biomasse. La biomasse des Entéromorphes ne présente donc que 61 % de celle du peuplement dans son ensemble. La valeur moyenne de l'indice de diversité pour ce peuplement (0,905) exprime assez fidèlement la composition algale mixte : grande quantité d'algue à faible biomasse et quelques pieds d'algue à forte biomasse.

BIOMASSE VEGETALE :

VARIATIONS DE L'INDICE H' DE SHANNON

- (A) Par radiale
- (B) Par peuplement



2.3 - Conclusion

Cette étude quantitative complète l'étude qualitative du paragraphe C. Elle permet de préciser la composition floristique de chaque peuplement. L'approche quantitative est en effet la meilleure manière d'étudier une population algale puisqu'il s'avère impossible d'en dénombrer les individus, après la faillite des méthodes phytosociologiques en matière d'algologie (Prof. BODARD, communication personnelle. Les méthodes phytosociologiques classiques (école zuricho-montpellieraine) ne sont pas applicables, au dire de l'auteur cité, aux peuplements algaux. Divers essais effectués n'ont pas amené, pour l'instant, de solution satisfaisante à ce problème).

L'emploi de la notion d'unité de masse dans l'utilisation des indices de diversité permet, d'une part, d'appliquer fructueusement cette méthode d'investigation aux groupes non dénombrables par individus, telles les algues, et d'autre part, par comparaison avec l'indice utilisant la notion d'individu, de définir plus précisément la composition du peuplement, en tenant compte à la fois du nombre et de la taille des individus. Cette étude confirme l'existence et les relations des quatre unités bionomiques décrites au paragraphe C.3, surtout en ce qui concerne les rapports entre les deux peuplements à *Fucus*, très proches l'un de l'autre.

En résumé, nous rappellerons l'organisation bionomique de l'estran :

- au pied de la falaise et sur les éboulis, nous trouvons le peuplement à *Enteromorpha-Littorina saxatilis*, qui marque la limite supérieure de la zone médiolittorale.
- ensuite, nous voyons la sous-communauté à *Fucus*, partagée en deux faciès :
 - . un faciès supérieur à *Fucus vesiculosus*,
 - . un faciès inférieur à *Fucus serratus-Patina pellucida*,
 - . enfin, dans les bas niveaux se trouve la frange infralittorale à *Gigartina stellata*,

l'ensemble constituant la communauté des peuplements médiolittoraux.

E - ETUDE ECOLOGIQUE DES PRINCIPALES ESPECES DE GASTEROPODES

Comme nous l'avons vu auparavant, les Gastéropodes dominent les populations animales de l'estran, tant au point de vue numérique que du point de vue pondéral.

Nous nous limiterons plus particulièrement à l'étude et à la répartition de sept espèces de Gastéropodes :

- . *Patella vulgata*,
- . *Gibbula umbilicalis*,
- . *Gibbula cineraria*,
- . *Lacuna pallidula*,
- . *Littorina obtusata*,
- . *Littorina littorea*,
- . *Littorina saxatilis*.

Les répartitions de ces sept espèces sont figurées respectivement en nombre d'individus par mètre carré (figure 314) et en biomasse (g/m^2) (figure 315).

Patella vulgata est répandue sur tout l'estran, depuis la limite supérieure de la zone médiolittorale jusqu'au niveau des plus basses mers. Cependant, son maximum de densité se situe dans la zone à *Fucus vesiculosus*. Il faut noter l'importance pondérale des Patelles dans le peuplement 1. Ce fait avait déjà été signalé dans le paragraphe 4.1.2. Ceci rejoint les observations de DAGUZAN (1975) pour qui le niveau à *Fucus spiralis* est le biotope préférentiel de *Patella vulgata*.

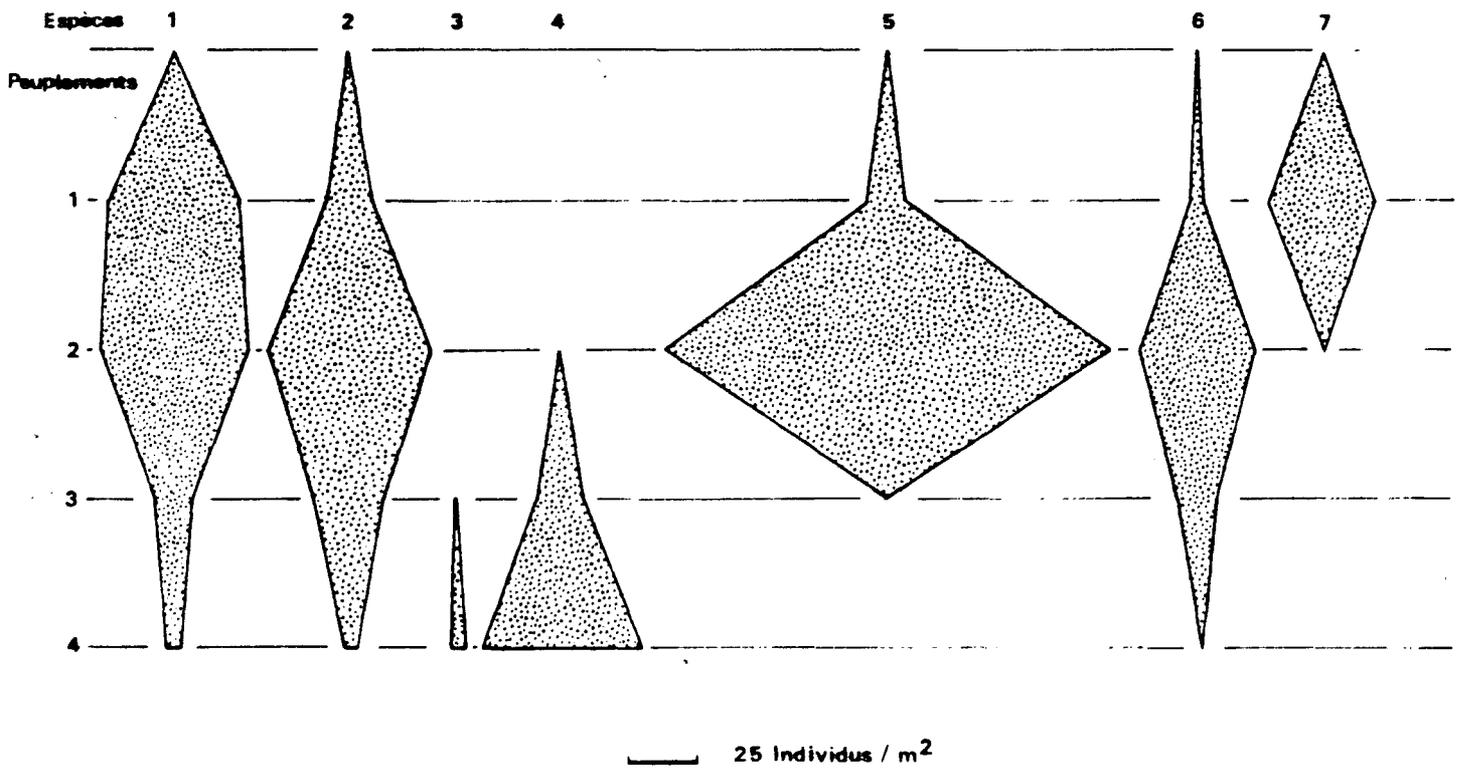
Gibbula umbilicalis est, elle aussi, présente sur tout l'estran, avec un maximum dans le peuplement 2, tant en nombre d'individus qu'en biomasse, ce qui correspond aux données de WILLIAMS (1964 a) et MOORE (1940). Cependant, d'après UNDERWOOD (1972 a), cette espèce serait très tolérante quant à sa position sur l'estran, étant surtout inféodée au rocher de mode semi-battu à abrité. Elle serait d'autre part capable de déplacement assez important.

Notons toutefois, l'abondance maximale de *G. umbilicalis* au niveau de *Fucus vesiculosus*, qui serait son biotope préférentiel, selon les observations de DAGUZAN (1975). Ce même auteur situe au niveau inférieur de la zone des *Fucus serratus* le preferendum de *Gibbula cineraria* MOORE (1940) aboutit aux mêmes

fig 314

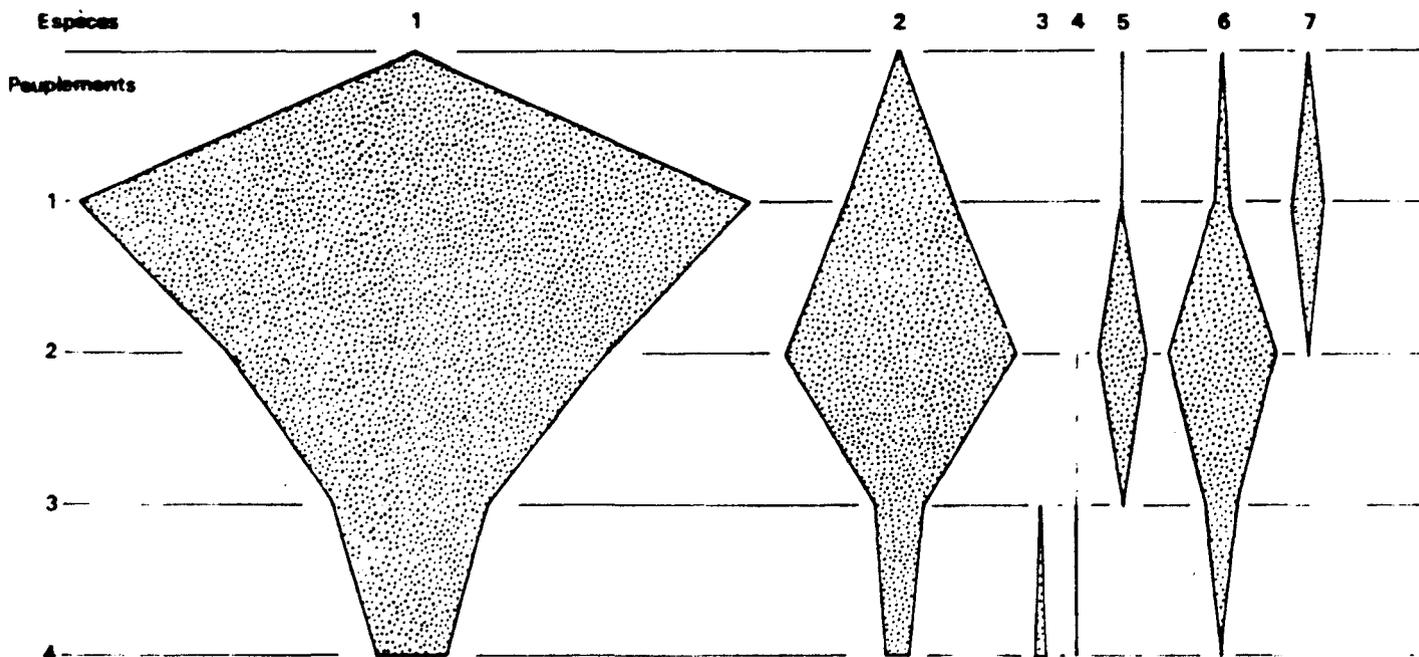
REPARTITION SUR L'ESTRAN DES PRINCIPALES ESPECES

DE GASTEROPODES (Nombre d'individus)



- 1 : *Patella vulgata*
- 2 : *Gibbula umbilicalis*
- 3 : *Gibbula cineraria*
- 4 : *Lacuna pallidula*
- 5 : *Littorina obtusata*
- 6 : *Littorina littorea*
- 7 : *Littorina saxatilis*

REPARTITION SUR L'ESTRAN DES PRINCIPALES ESPECES DE GASTEROPODES (Biomasse)



2 grammes / m²

- 1 : *Patella vulgata*
- 2 : *Gibbula umbilicalis*
- 3 : *Gibbula cineraria*
- 4 : *Lacuna pallidula*
- 5 : *Littorina obtusata*
- 6 : *Littorina littorea*
- 7 : *Littorina saxatilis*

conclusions, mais UNDERWOOD (1972) estime que cette espèce peut supporter une assez longue émergence et, par conséquent, remonter assez haut sur l'estran, jusqu'au niveau des *Fucus vesiculosus*.

Nos résultats semblent donner raison aux premiers auteurs cités. En effet, à PALUEL, *G. cineraria* n'existe que dans les peuplements 3 et 4 (et surtout 4). Son aire de répartition se poursuit d'ailleurs dans l'étage infralittoral. Au sein de la famille des Trochidae, cette espèce pourrait être considérée comme relayant *G. umbilicalis* dans les bas niveaux.

Littorina saxatilis est l'espèce caractéristique du peuplement 1. Elle est donc confirmée à ce niveau à *Enteromorpha* et *Fucus spiralis* (DAGUZAN, 1970). UNDERWOOD (1972 b) l'observe à BRISTOL jusqu'au niveau des *Fucus vesiculosus*. Ce n'est pas le cas à PALUEL, où elle se limite à la partie supérieure de l'étage médiolittoral.

Dans d'autres régions, ce n'est pas cette espèce de Littorine qui atteint les plus hauts niveaux. *Littorina neritoides* existe dans la zone supralittorale (LEWIS, 1964 ; NAYLOR, 1972). A PALUEL, comme cette la zone supralittorale est constituée par la falaise, verticale donc battue, l'installation de cette espèce ne peut se faire.

Au niveau des *Fucus vesiculosus*, nous trouvons deux espèces de Littorinidae : *Littorina littorea* et *Littorina obtusata*. La première atteint les niveaux 1 et 3, tandis que la seconde est surtout présente au niveau 2, un peu au niveau 1, très peu au niveau 3.

En fait, *L. obtusata* est strictement inféodée au *Fucus vesiculosus* (DAGUZAN, 1975 ; MOORE, 1940 ; UNDERWOOD, 1972 b) dont elle fait sa nourriture et dont les frondes lui servent de support pour déposer ses pontes. Il est à noter la faible biomasse de cette espèce, due au fort pourcentage d'individus jeunes.

L. littorea, elle, n'est tributaire que du rocher et, par conséquent, se trouve sur presque tout l'estran avec un maximum au niveau 2 (ce qui confirme les observations de MOORE, 1940 ; WILLIAMS, 1964 b ; DAGUZAN, 1975).

Enfin, de la même façon que *Gibbula cineraria* faisait suite à *G. umbilicalis*, nous trouvons *Lacuna pallidula* qui remplace *Littorina obtusata* dans les bas

niveaux. Ces deux espèces sont morphologiquement semblables et ont des régimes alimentaires identiques. Nous trouvons *Lacuna* sur les *Fucus serratus* et sur *Gigartina stellata*. Là encore, la faible biomasse est due à une forte proportion de jeunes individus.

Il faudrait encore signaler la présence dans ce peuplement de *Patina pellucida*, espèce caractéristique de ce niveau (voir 3.2.3) et de *Crepidula fornicata*, qui apparaît dans le peuplement 3 et prend de l'importance dans le peuplement 4.

Le cas de *Patina pellucida* a déjà été évoqué. Quant à *Crepidula*, il s'agit d'une espèce infralittorale qui remonte un peu dans le médiolittoral inférieur.

A la zonation algale se superpose donc plus ou moins une zonation des Gastéropodes, chaque espèce ayant des exigences précises. Ceci est important du fait de la forte biomasse représentée par ce groupe, et par conséquent, sa forte production.

F - ETUDE BIOMETRIQUE

1 - INTRODUCTION

Comme il a été dit au paragraphe 2, l'importance, tant numérique que pondérale de certains Gastéropodes, en fait des espèces intéressantes, dans l'optique d'une étude d'impact écologique. Il a paru opportun d'effectuer une étude de la croissance et de la longévité de ces espèces. Les deux espèces choisies ont été *Patella vulgata* et *Gibbula umbilicalis*, présentes en grand nombre sur tout l'estran.

Une espèce abondante de Crustacé Isopode : *Idotea granulosa* a également été observée. Les autres espèces de mollusques signalées au paragraphe 2 n'ont pu être étudiées, en raison de leurs trop faibles effectifs.

2 - METHODOLOGIE

2.1 - Détermination empirique des profils de croissance

Après chaque campagne de prélèvement, les individus des trois espèces étaient mesurés, au pied à coulisse et au micromètre. Une seule dimension a été prise en considération pour chaque espèce : la longueur de la coquille chez *Patella*, la hauteur de la coquille chez *Gibbula*, et la longueur du corps, de la base des antennes à l'extrémité du telson, pour *Idotea*.

Nous avons ensuite représenté ces résultats par des histogrammes de fréquence de taille. La moyenne et l'écart-type de chaque classe modale* apparaissant sur les histogrammes mensuels ont été calculés et les valeurs trouvées reportées sur un graphe (MUUS, 1973). En admettant que, d'une année à l'autre, nous retrouverions des résultats identiques, il est possible d'extrapoler les résultats de cette année d'étude à plusieurs années (RICHARD, 1971). A partir de ces graphes, nous pouvons ébaucher empiriquement des profils de croissance.

2.2 - Expression mathématique

Nous pouvons relever, sur les profils de croissance, des valeurs de taille correspondant à différents moments de la vie de l'animal. En construisant, à partir de ces données, un diagramme de FORD-WALFORD (RICKER, 1958), nous obtenons la longueur maximale théorique (L_{∞}) atteinte par l'animal.

Enfin, les données sont ajustées à une loi mathématique qui représente avec le plus d'exactitude la croissance de l'espèce.

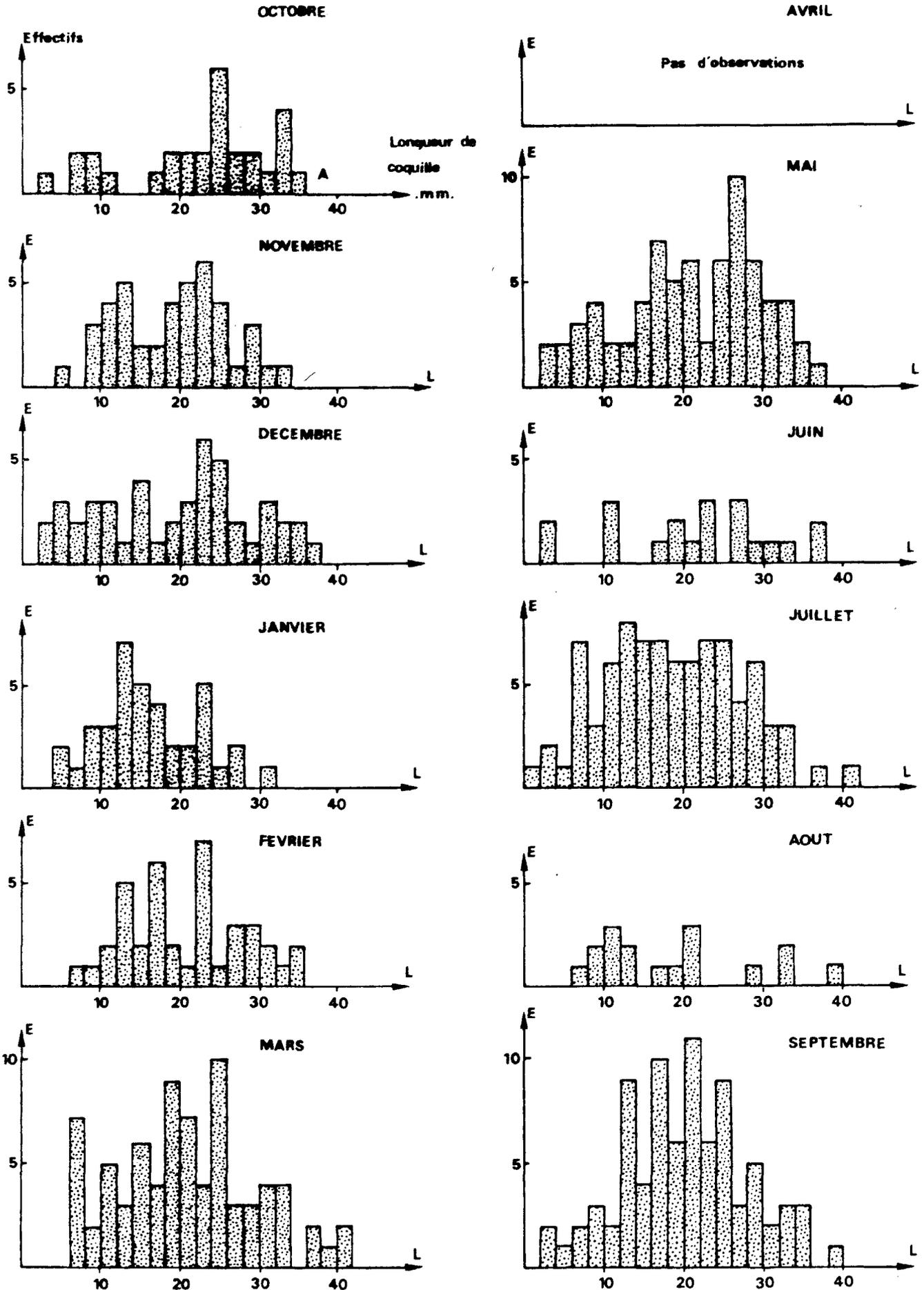
3 - RESULTATS - DISCUSSION

3.1 - *Patella vulgata*

La figure 316 représente l'ensemble des histogrammes mensuels de cette espèce. Nous voyons que la longueur des individus récoltés est comprise entre 2 et 42 mm. L'intervalle de classe des histogrammes est de 2 mm.

* La classe modale est la seule unité visible sur les histogrammes. Elle a donc été choisie comme représentative de l'unité "biologique" qui est la génération (de distribution normale).

Patella vulgata : Evolution de la population dans le temps



En appliquant la méthode précédemment décrite, nous avons obtenu deux profils de croissance (figure 317). En fait la période de reproduction s'étend d'août à février-mars, selon les résultats de CHOQUET (1969), et FRETTER et GRAHAM (1962), signalent les larves de *Patella vulgata* dans le plancton de novembre à février, avec un maximum en décembre-janvier. Les deux profils obtenus sont donc des valeurs extrêmes, l'un correspondant à des éclosions en août-septembre, l'autre à des éclosions ayant lieu en Décembre-janvier. Nous n'étudierons donc que ces deux cas, les autres profils possibles étant compris entre eux.

Les ondulations des courbes traduisent les variations annuelles de croissance. En effet, chez de nombreux invertébrés, et surtout chez les Mollusques, la croissance se ralentit en hiver pour reprendre au printemps et en été (RICHARD, 1971 ; REGIS et FONDARI, 1969 ; LEVEQUE, 1971). Ce ralentissement peut être dû à une baisse du métabolisme corrélative à la baisse de température ou bien à la mobilisation des ressources métaboliques de l'animal, au profit de la maturation des produits génitaux.

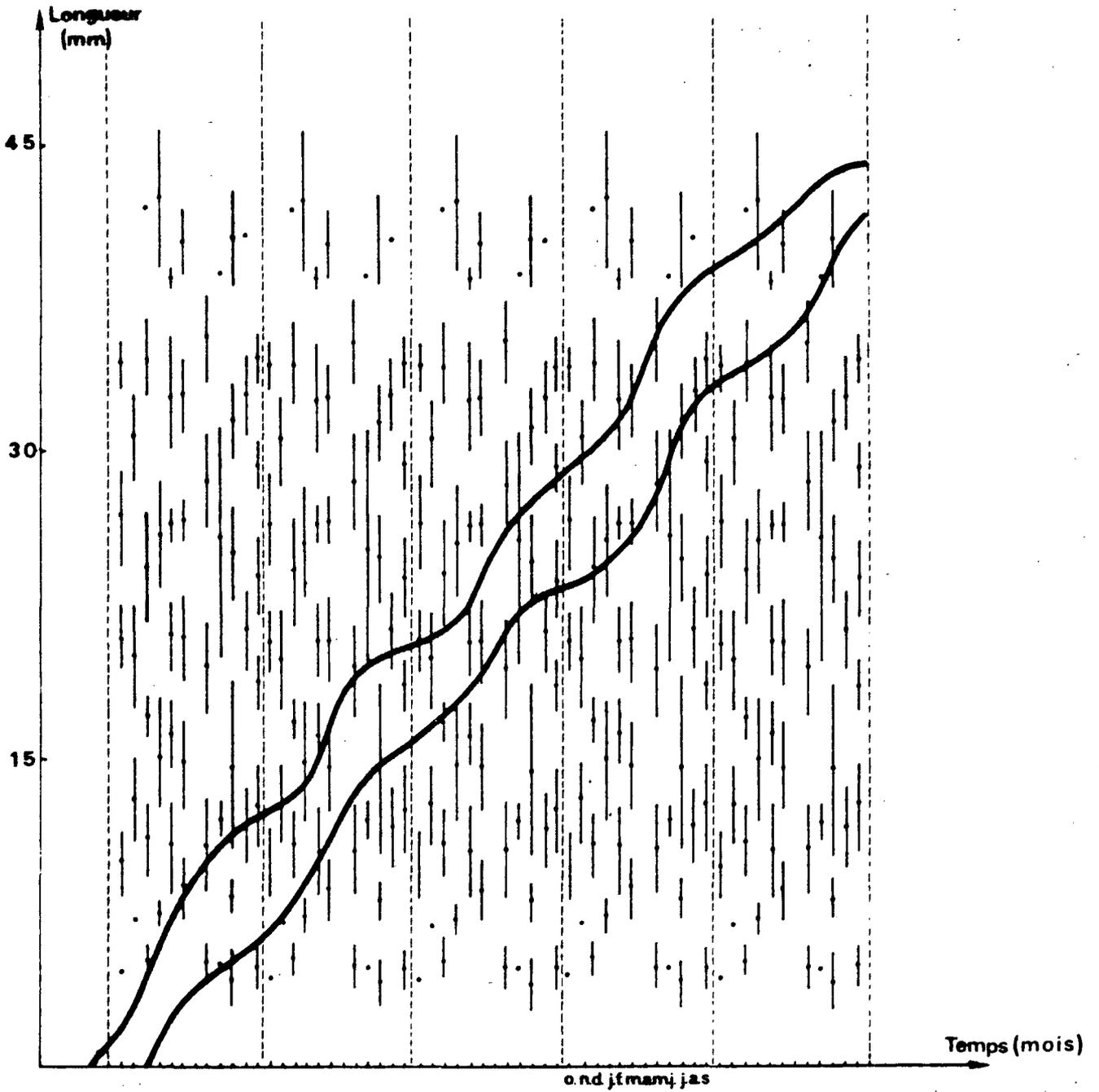
La figure montre d'autre part que cette espèce à une durée de vie de cinq ans à PALUEL. Suivant les auteurs, la longévité de *Patella vulgata* varie entre deux et seize ans, ces variations étant dues vraisemblablement à des raisons trophiques. CHOQUET (1968, 1969) dans le Boulonnais, leur attribue une durée de vie de 5 à 6 ans, ce qui semble confirmer nos résultats.

Les valeurs de longueur obtenues sur chaque profil ont été reportées sur un diagramme de FORD-WALFORD (figure 318 A). Du fait de la présence de deux générations, et pour plus de clarté dans la lecture des graphes, les droites de régression n'ont pas été figurées dans leur totalité.

Chaque génération est représentée par deux droites dont l'une est presque parallèle à la première bissectrice et l'autre coupe cette dernière. L'abscisse du point d'intersection de la droite de régression et de la première bissectrice est la longueur maximale théorique (L_{∞}) atteinte par l'animal.

Ici, la longueur maximale des individus de la première génération ($L_{\infty 1}$) est égale à 45,91 mm et celle des individus de deuxième génération ($L_{\infty 2}$) est de 40,78 mm. La présence d'une cassure de pente de la droite de régression dans le diagramme de FORD-WALFORD, indique que les valeurs de longueur trouvées

Patella vulgata : ETUDE DE LA CROISSANCE



Distribution des longueurs de chaque classe

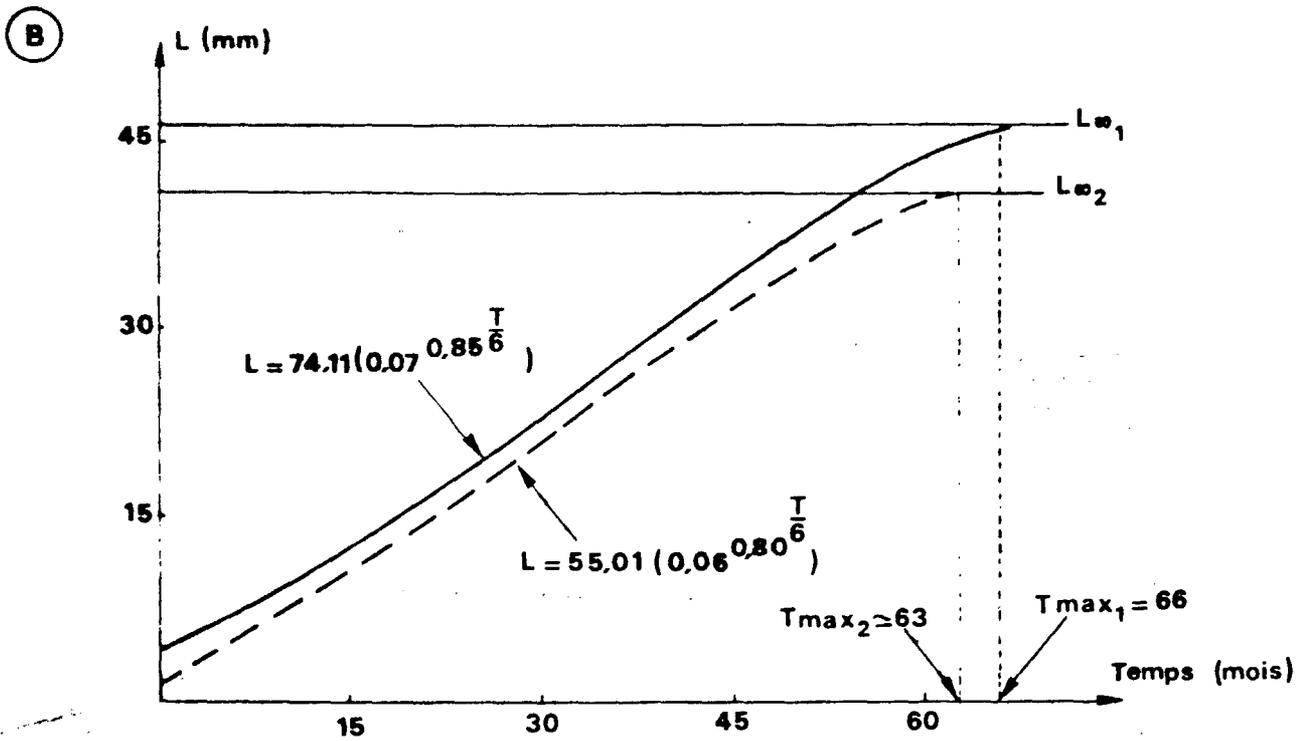
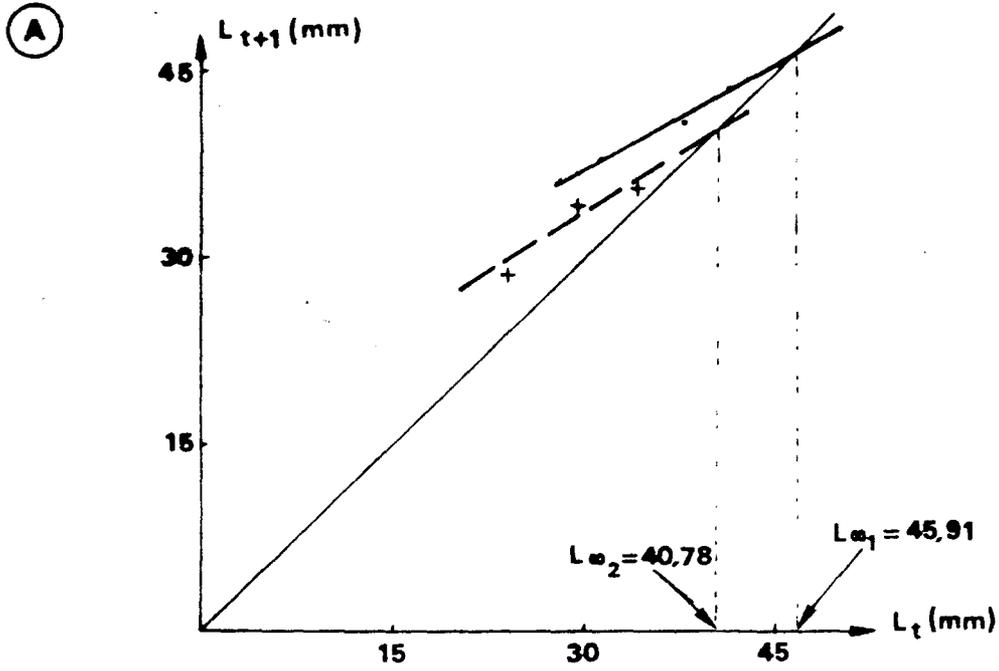
. Moyenne

Patella vulgata: ETUDE DE LA CROISSANCE

(A) Diagramme de FORD-WALFORD

(B) Courbe de croissance théorique

..... 1^{ère} génération
 + - - + 2^{ème} génération



en fonction du temps ne peuvent être ajustées à une loi de Von Bertalanffy (RICHARD, 1971). Nous avons donc testé une loi de Gompertz (THEISEN, 1973) de formule générale : $y = ca^{b^x}$, en calculant à chaque fois le coefficient de corrélation. La relation longueur en fonction du temps pour la première génération est :

$$L = 74,11 (0,07^{0,85 \frac{T}{6}})$$

où L est exprimé en mm et T en mois, avec un coefficient de corrélation $r = 0,997$.

Pour la deuxième génération, la relation est :

$$L = 55,01 (0,06^{0,80 \frac{T}{6}})$$

avec $r = 0,996$.

Les courbes représentatives de ces équations (figure 311 B) coupent les droites d'équation $H = L_{\infty}$ en un point d'abscisse égale à la durée de vie maximale théorique (T_{\max}).

Nous avons $T_{\max_1} = 66$ mois et $T_{\max_2} = 63$ mois.

Nous voyons que les deux générations annuelles de *Patella vulgata* ont des croissances très différentes. La première génération croît plus vite et vit plus longtemps que la deuxième. Elle peut donc atteindre une taille maximale plus élevée. Ces différences sont vraisemblablement dues à la différence des saisons de naissance des deux générations.

La première génération naît au milieu ou à la fin de l'été et profite donc des conditions favorables de température. La deuxième, par contre, qui apparaît en hiver, commence son développement par une période de croissance faible et doit attendre plusieurs mois avant de bénéficier de températures plus élevées. Ce handicap de départ se fait sentir pendant toute la vie des individus de cette génération, sans doute en modifiant, de façon irréversible, le métabolisme des animaux.

3.2 - Gibbula umbilicalis

Les histogrammes de fréquence de taille se trouvent dans la figure 319. L'intervalle de classe est de 1 mm et les hauteurs extrêmes mesurées sont de 2 mm et de 15 mm. Les valeurs calculées à partir des histogrammes ont permis, comme précédemment, de construire un profil de croissance (figure 320). Les individus naissent vers avril-mai d'après ce graphique. En fait, la période de ponte s'étend de mars à juin (CORNET et MARCHE-MARCHAD, 1951), ce qui explique la dispersion des valeurs de certaines classes modales. La durée de vie, telle qu'elle apparaît sur la figure est de 8 ans 1/2 à 9 ans. Ceci est en accord avec les données de FRANC pour WIMEREUX qui estime la longévité de l'espèce à 8 ou 9 ans.

D'autre part, cet auteur signale un fort ralentissement de la croissance l'hiver dans le Nord de la France, ralentissement qui est de moins en moins marqué au fur et à mesure qu'on avance dans le Sud. Ceci explique donc les ondulations de la courbe, correspondant aux alternances de ralentissement et d'accélération de la croissance en relation avec la température.

Le diagramme de FORD-WALFORD pour *Gibbula umbilicalis* (figure 321 A) montre une cassure de pente très nette. Là non plus, la loi de Von BERTALANFFY ne peut s'appliquer. La hauteur maximale théorique trouvée grâce à ce diagramme est de 14,98 mm. Les valeurs de hauteur de la coquille en fonction du temps s'ajustent à une loi de Gompertz de formule :

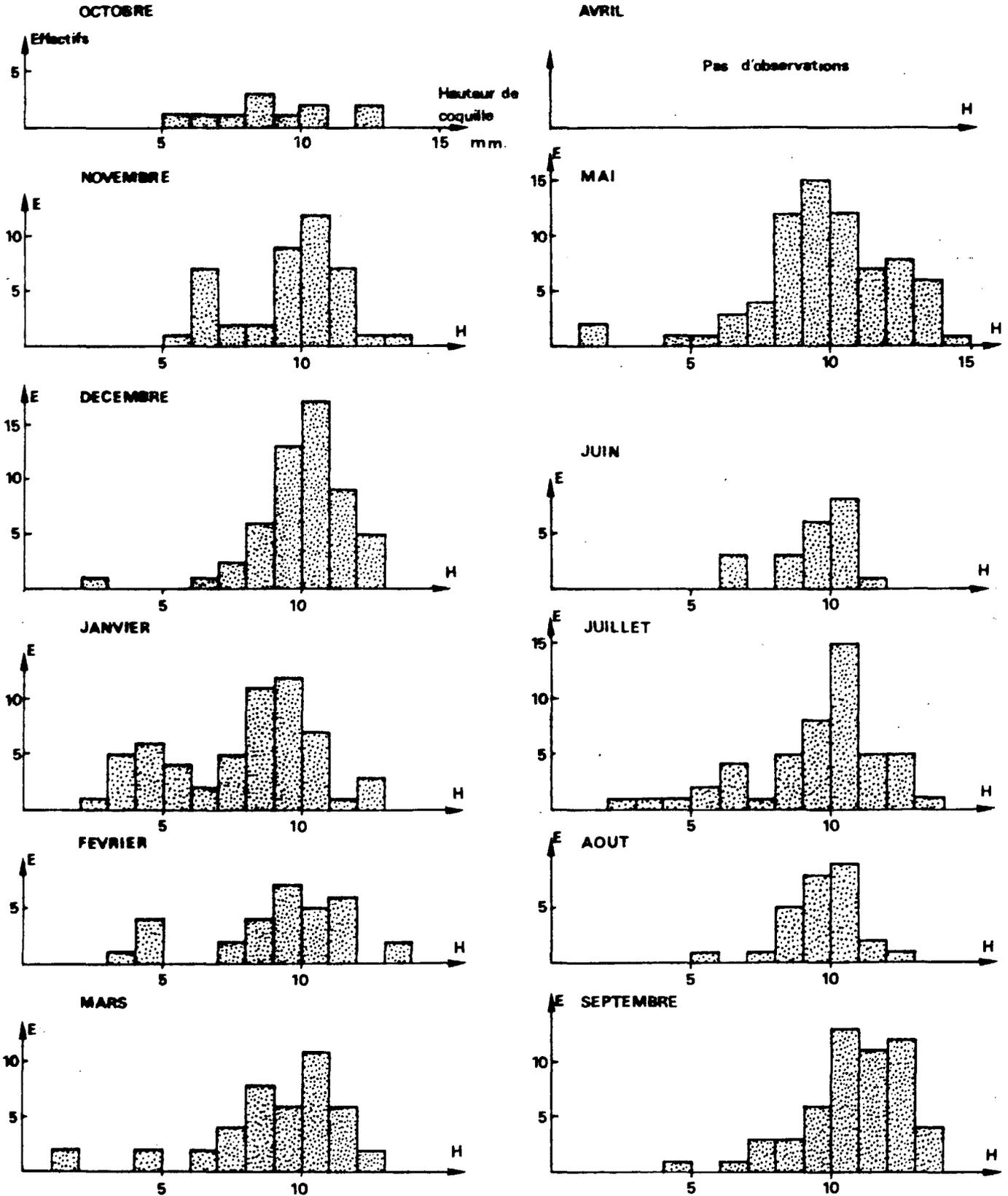
$$H = 16,65 (0,023)^{0,839 \frac{T}{6}}$$

avec H en mm et T en mois. Le coefficient de corrélation est $r = 0,996$.

La durée de vie maximale théorique est de 122 mois, soit à peu près 10 ans (figure 321 B).

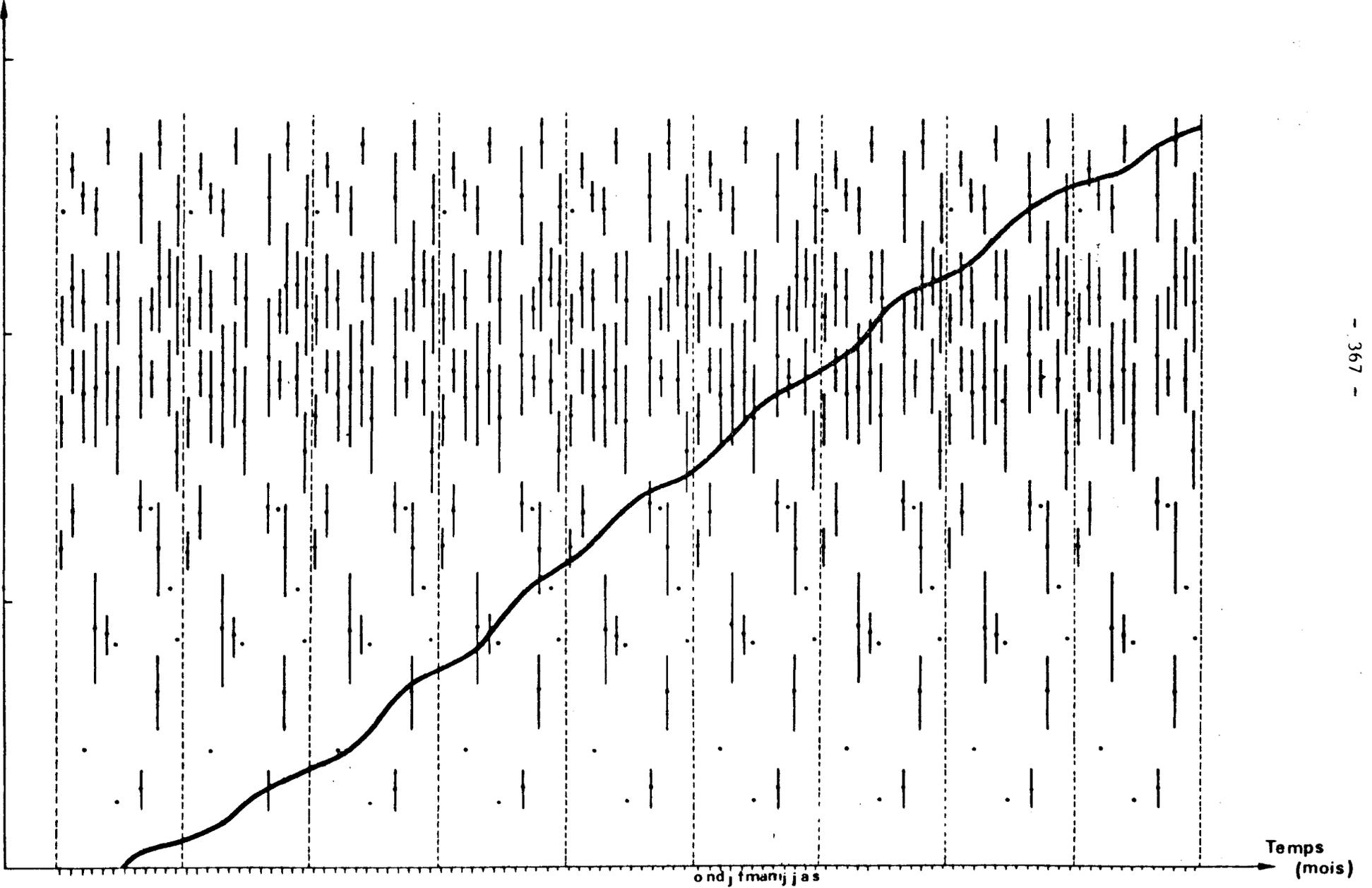
La courbe de croissance théorique est sigmoïde. Ceci a pour conséquence que la vitesse de croissance est maximale au milieu de la vie des individus. Entre la naissance et ce moment, la croissance s'accélère continuellement. Ce moment correspond à une taille de 8,5 mm environ. Ensuite, plus la taille augmente et plus le taux de croissance diminue pour s'annuler quand la taille de l'animal approche de H.

Gibbula umbilicalis : Evolution de la population dans le temps



Gibbula umbilicalis : ETUDE DE LA CROISSANCE

Hauteur (mm)

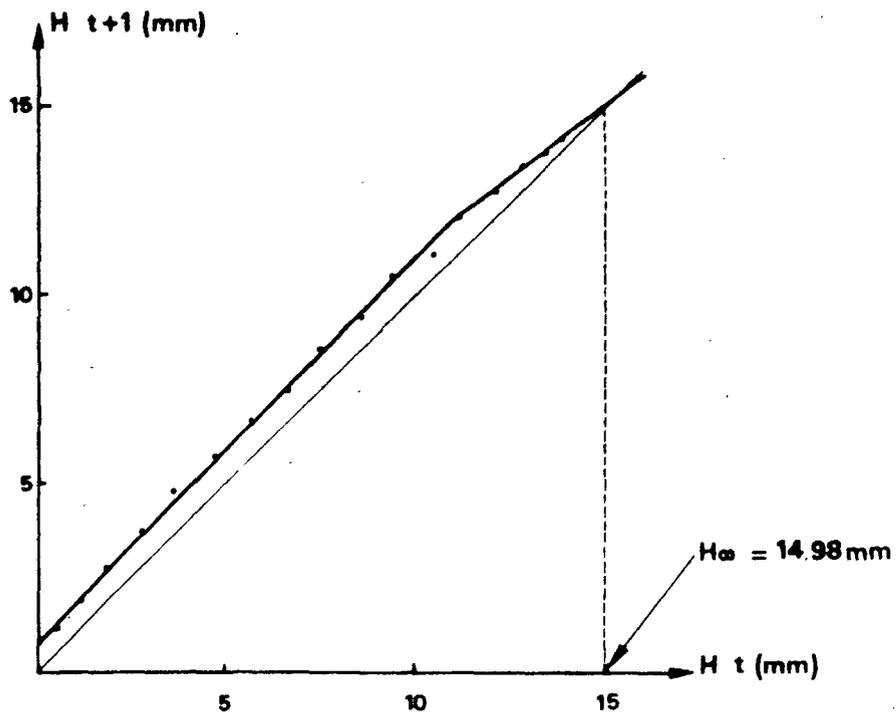


Gibbula umbilicalis : ETUDE DE LA CROISSANCE

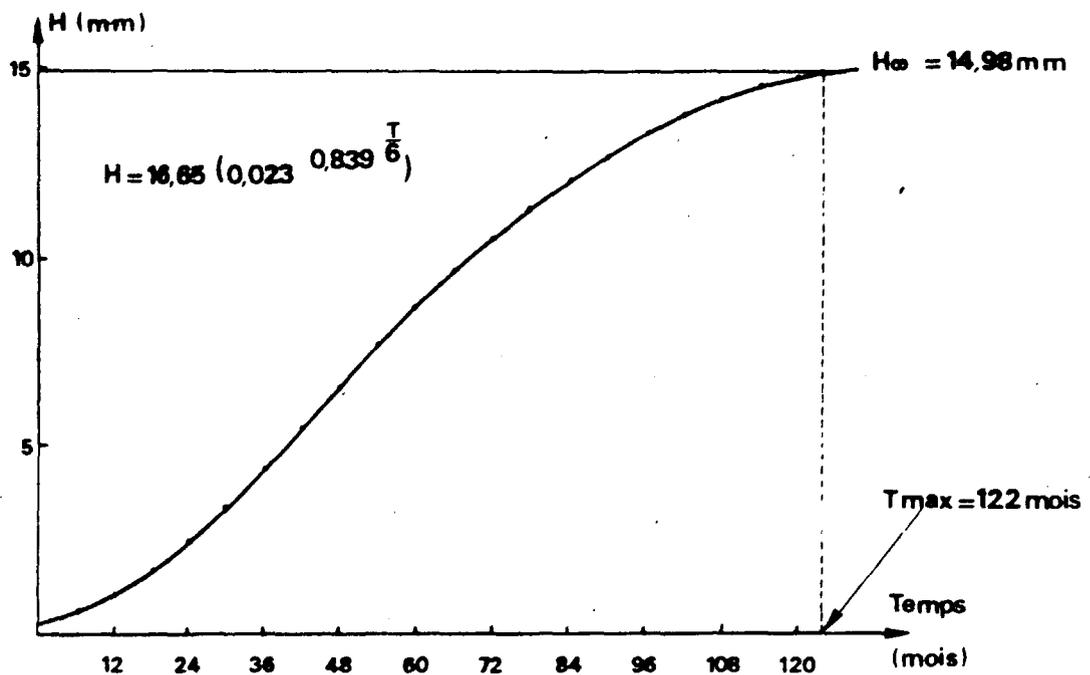
(A) Diagramme de FORD-WALFORD

(B) Courbe de croissance théorique

(A)



(B)



3.3 - *Idotea granulosa*

La figure 322 donne les histogrammes de fréquence de longueur. L'intervalle de classe est de 1 mm. Les oeufs et embryons, de taille toujours inférieure à 1 mm, ont été rassemblés dans une seule et même classe, sans tenir compte de leur état de développement.

La longueur maximale mesurée est de 15 mm.

Deux profils de croissance ont été trouvés (figure 323). Là encore, il s'agit des valeurs extrêmes d'un ensemble de profils possibles. La durée de vie moyenne est de 2 ans 1/2. La première génération apparaît vers le mois de septembre et la dernière vers les mois de décembre-janvier.

Pour cette espèce aussi, la courbe est marquée d'ondulations correspondant à des ralentissements hivernaux et à des accélérations estivales de croissance. En fait, il ne faut pas perdre de vue que la croissance des Crustacés n'est pas continue mais procède par mues successives, donc par paliers. Par conséquent, les courbes ne devraient pas être continues mais "en escalier". D'autre part, l'augmentation de pente de la courbe correspond en fait à une augmentation du rythme des mues et inversement, le ralentissement de croissance correspond à une diminution du rythme des mues.

Les droites de régression du diagramme de FORD-WALFORD (figure 324 A), présentent une cassure de pente. Comme pour *Patella vulgata*, du fait de la présence de deux générations, seules les droites qui coupent la première bissectrice sont figurées.

Les longueurs maximales théoriques $L_{\infty 1}$ et $L_{\infty 2}$ sont respectivement égales à 18,40 mm et 20,01 mm.

Les lois de Gompertz ajustables aux données expérimentales sont :

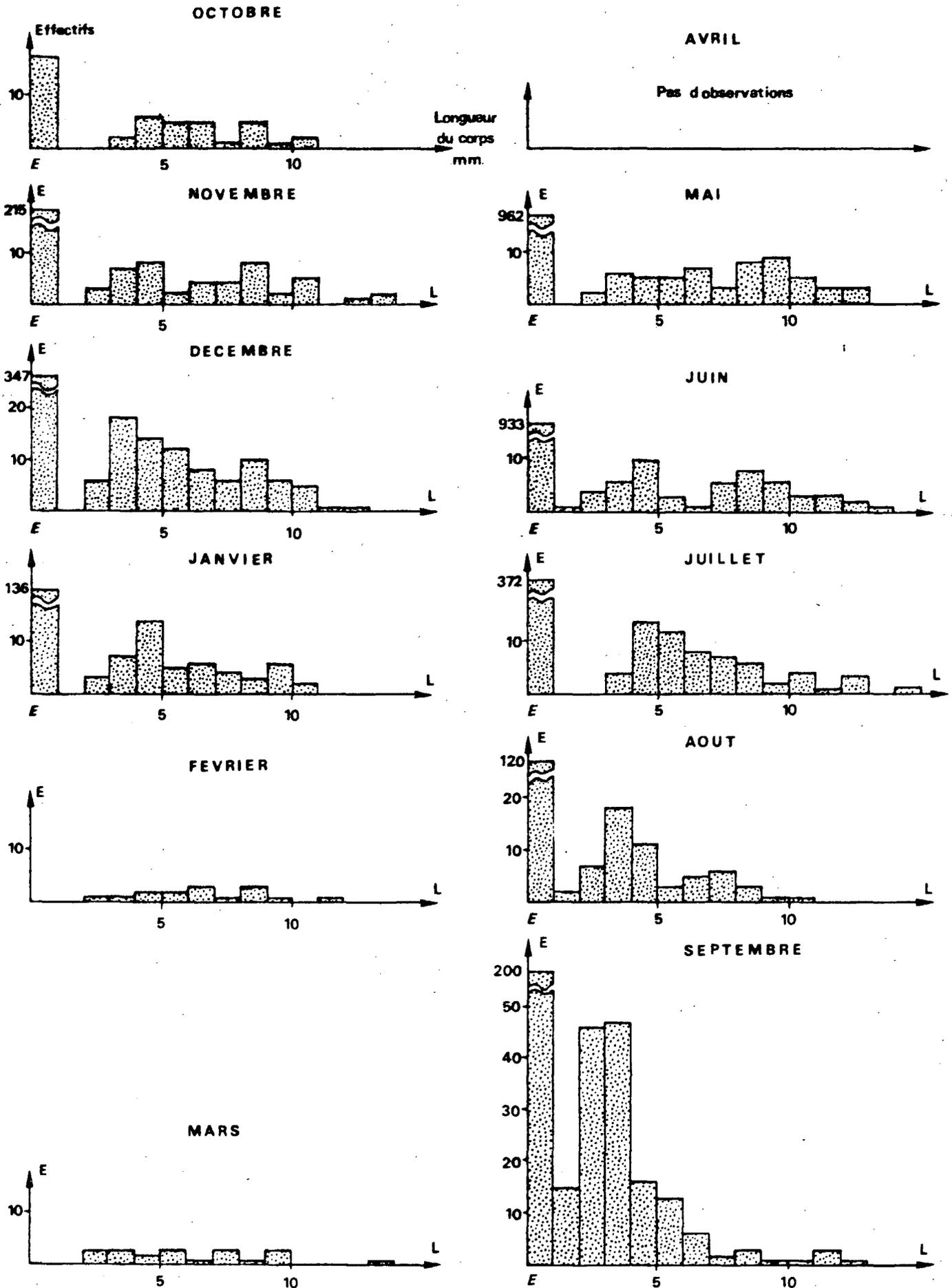
pour la première génération :

$$L = 21,92 \left(0,05^{0,82 \frac{T}{3}}\right)$$

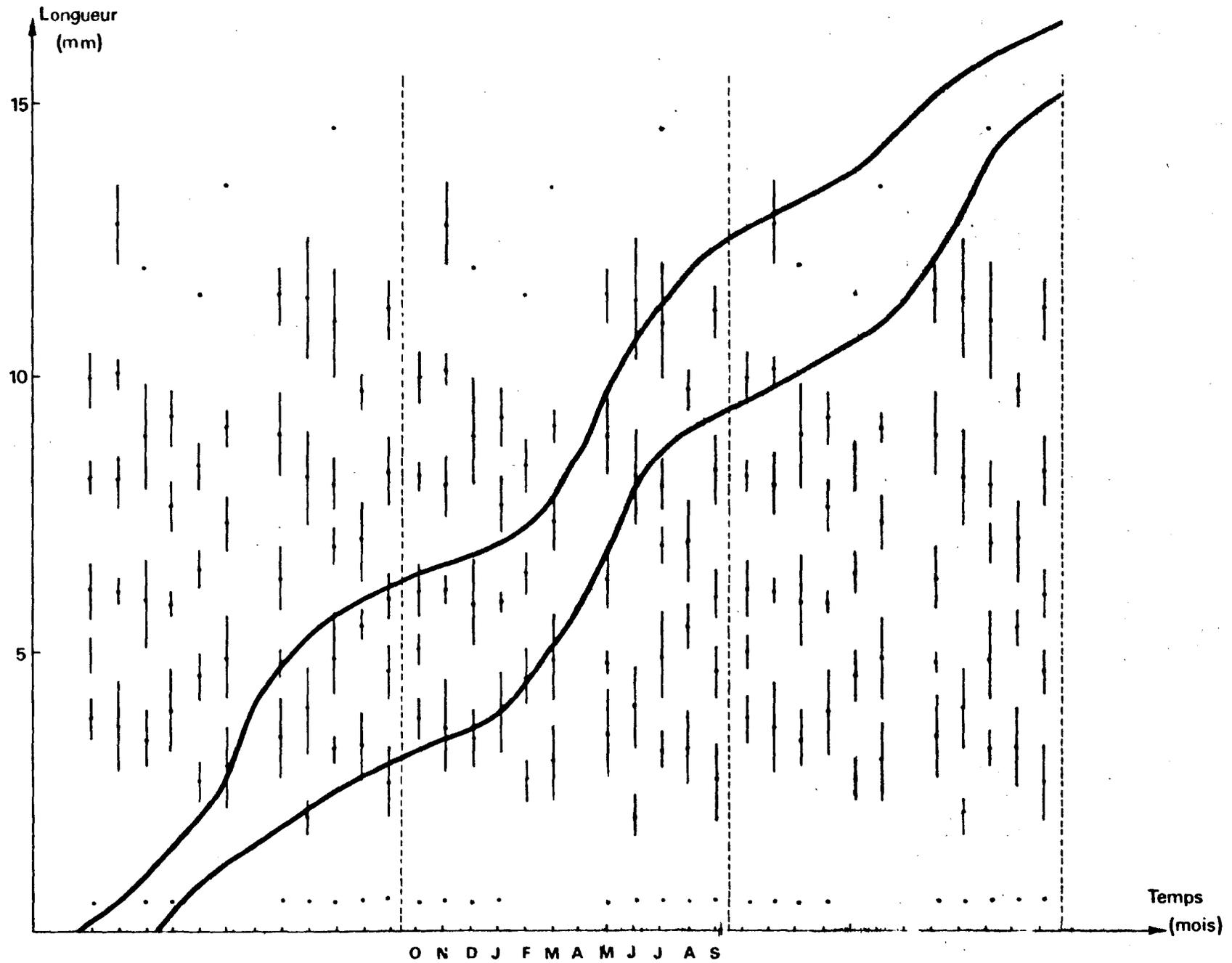
avec L en mm et T en mois. Le coefficient de corrélation $r = 0,976$.

Idotea granulosa : Evolution de la population dans le temps

E = ambyons

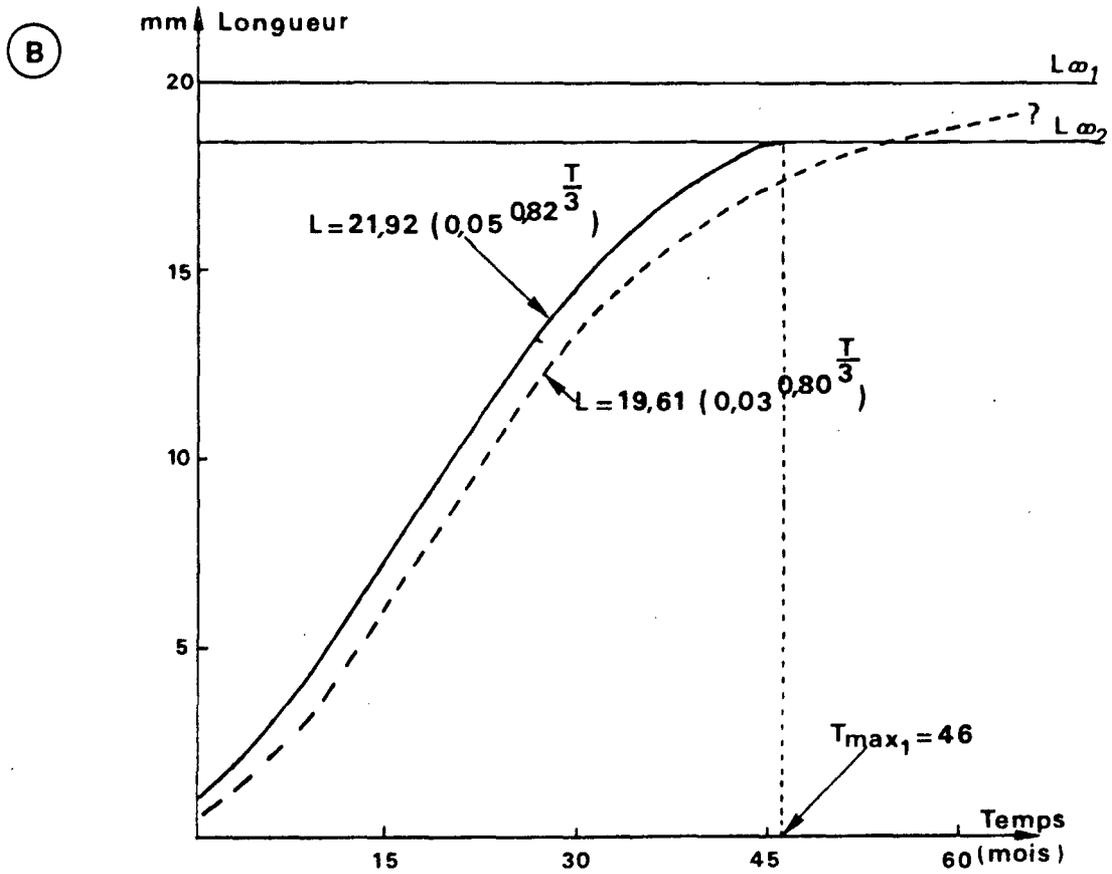
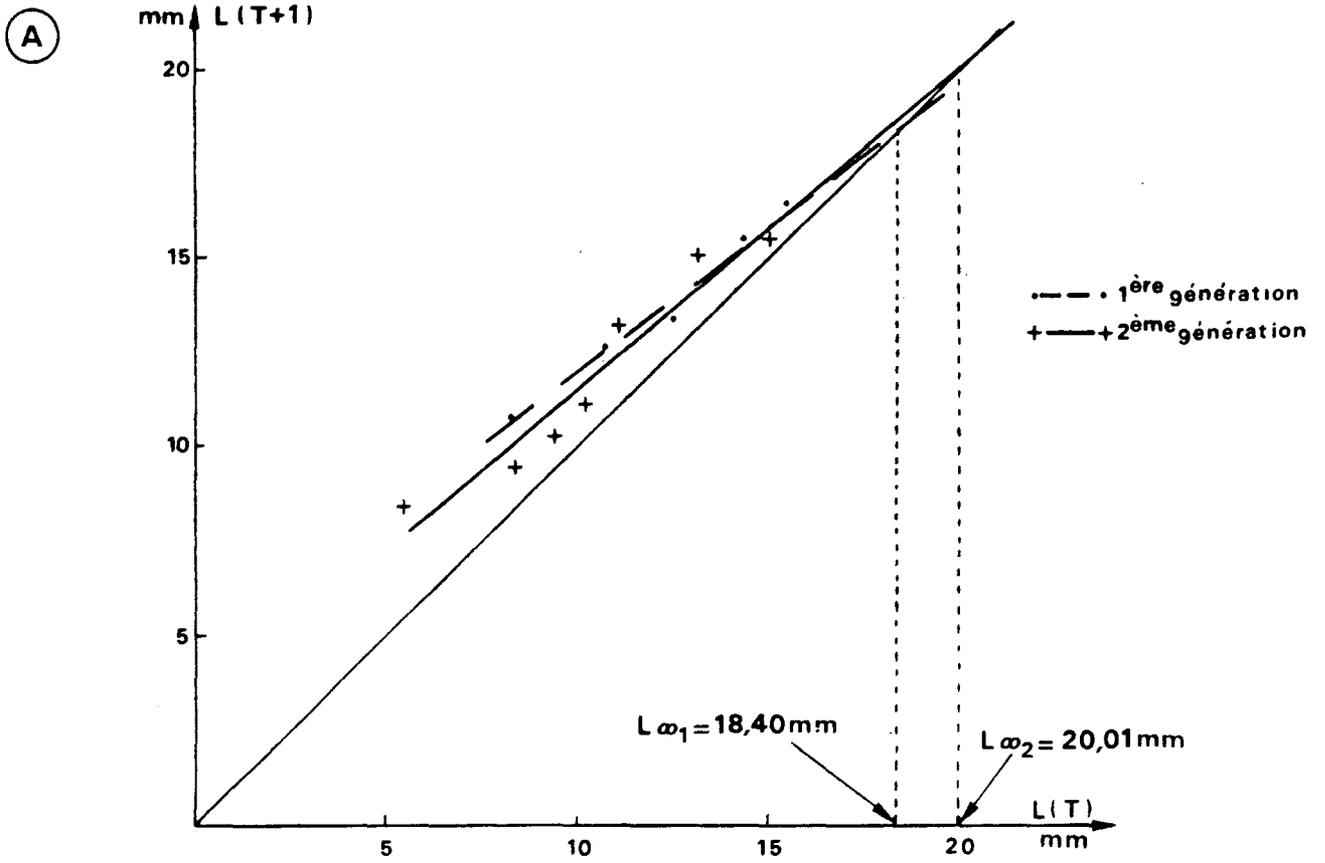


Idotea granulosa : ETUDE DE LA CROISSANCE



Idotea granulosa: ETUDE DE LA CROISSANCE

- (A) Diagramme de FORD-WALFORD
- (B) Courbes théoriques de croissance



pour la deuxième génération :

$$L = 19,61 (0,03^{0,80 \frac{T}{3}})$$

avec $r = 0,994$.

La mesure de la durée de vie maximale théorique, facilement faisable pour la première génération ($T_{\max_1} = 46$ mois) est impossible à effectuer pour la deuxième génération. En effet, la courbe qui la représente devient asymptote à la droite d'équation $L = L_{\infty_2}$ et ne la coupe jamais, d'où l'impossibilité de mesurer T_{\max_2} . Cependant, mathématiquement, nous pouvons calculer une valeur limite de T au dessus de laquelle la fonction est constante. En effet, quand T croît, b^T devient très voisin de 0 (b est toujours inférieur à 1 et a^{b^T} tend vers 1).

Par conséquent, L tend vers C . Dans le cas d'*Idotea granulosa*, quand T croît, L tend vers 19,61. Il atteint cette valeur pour T supérieur ou égal à 118 mois. Ceci nous définit donc une nouvelle longueur maximale théorique $L_{\infty_2} = 19,61$ mm.

Il ne faut pas oublier que ces valeurs sont toutes purement théoriques, et ne servent qu'à construire la courbe de croissance et à en définir les paramètres. On ne saurait leur accorder une trop grande signification biologique. En outre, NAYLOR (1972) attribue une longévité maximale de 2 à 2 ans 1/2 aux Isopodes intertidaux. Il signale que, d'une manière générale, les mâles vivent plus longtemps que les femelles. D'autre part, les mâles d'*Idotea granulosa* peuvent atteindre une taille supérieure à celle des femelles (20 mm contre 15 mm) (NAYLOR, 1972).

Les courbes théoriques obtenues ne représentent donc vraisemblablement qu'une moyenne entre les courbes représentant les croissances des mâles et des femelles.

Les dates de naissance des deux générations expliquent les différences constatées entre les deux courbes. La première génération qui naît à la fin de l'été vit moins longtemps et atteint une taille plus faible que la deuxième génération qui apparaît en hiver mais elle montre un taux de croissance plus élevé. Elle bénéficie encore à sa naissance d'une température

favorable, tandis que la deuxième génération doit supporter une température basse. Ce fait explique le taux de croissance plus élevé de la première ainsi que sa longévité moindre : les individus croissent plus vite donc moins longtemps.

Enfin, il faut garder présent à l'esprit que cette étude n'a pas tenu compte des mues. Pour pouvoir les prendre en considération, il faudrait effectuer des prélèvements plus rapprochés dans le temps (une étude en élevage avec observations biquotidiennes serait nécessaire pour pouvoir suivre le cycle des mues).

4 - CONCLUSION

Cette étude biométrique des trois espèces les plus abondantes de l'estran de PALUEL a surtout montré que la croissance de ces animaux dépendait pour une grande part de la température et était conditionnée par ses variations annuelles.

C H A P I T R E I V

RESUME ET

CONCLUSION GENERALE

R É S U M É

A - LE DOMAINE PÉLAGIQUE

L'étude a porté sur 13 mois du 28 février 1975 au 3 février 1976, au cours de 12 campagnes ; les 19 stations n'ont pas pu être prospectées dans une même journée (10 stations par campagne en moyenne). Les prélèvements pour l'étude des paramètres physico-chimiques et biologiques (pigments, phytoplancton) ont été faits à 0, 5, 10 et 15 ou 20 m, à la bouteille à clapets.

Chacune des 12 campagnes effectuées est caractérisée par des conditions climatologiques et hydrodynamiques influençant les paramètres hydrobiologiques. La répartition et les variations de ces paramètres peuvent se résumer selon le tableau page 377.

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

L'évolution des paramètres physico-chimiques de février 1975 à février 1976 peut se résumer comme suit : les études débutent après une période hivernale assez sèche ; l'eau de 8° de température a une salinité de 32,7 ‰ ; elle est brassée par les courants de marées entraînant un taux important de matières en suspension. La forte concentration en sels nutritifs permet, lors du réchauffement printanier et après une période pluvieuse (salinité faible), le développement d'une abondante population phytoplanctonique. Celle-ci augmente le taux d'oxygène et élève le pH par consommation de gaz carbonique ; elle épuise également le milieu en sels nutritifs. Cet épuisement, allié à la consommation des algues par le zooplancton entraîne la diminution de la population algale ; le taux d'oxygène se sous-sature et le pH s'acidifie (respiration, pollution bactérienne ?). Lors du lessivage des sols à la fin de l'été par d'abondantes précipitations, le stock de sels nutritifs se reconstitue, la salinité de l'eau diminue et le pH augmente (alcalinité du Pays de CAUX ?).

Paramètres	Gradient surface → fond	Gradient côte → large	Sources (supposées) de variations	Minimum moyen observé		Maximum moyen observé	
				Date	Valeur	Date	Valeur
Température	Léger + hiver - été	+ hiver - été	Température de l'air Variations modulées par l'inertie des masses d'eau	Février 76	4°7	Août Septembre	19°4
Salinité ‰	Net +	Net +	Pluies - évaporation (courant peut inverser gradient)	Avril 75	31,6 ‰	Juillet Août Septembre	33,9
Matières en suspension mg/l	Très net +	Très net -	Courants - vents - apports conti- nentaux - organismes	Juin	5,0	Février 75	43,3
Profondeur de Secchi (mètre)		Très net +	Matières en suspension	Février	0,7	Juin Septembre	3,7
pH	Variable	Variable	Calcaire + photosynthèse (vasifié) Bactéries + respiration (acidifié)	Février Août	8,0	Mai Juin Octobre	8,4
Oxygène dissous saturation	Généralement -	Généralement +	Photosynthèse - respiration bac- tériées (?) - agitation - + ?	Juillet	88,7	Mars	111,6
Sels nutritifs µatg/l	Variable	Généralement -	Apports continentaux - pluies - Photosynthèse - régénération ni- veau substrat (?) + (?)	Nitrites avril 0,14 Nitrates juil. 0,85 Phosphates mai 0,41 Silicates juin 14,52		Décembre Février 76 Octobre Octobre	1,1 25,7 4,1 14,5
Chlorophylle a g/l	Variable	Généralement -	Organismes photosynthétiques - lumière	Février	1,57	Avril	14,0
Phytoplancton cell/m ³	Variable	Généralement -	Lumière - sels nutritifs - tempé- rature + (?)	Décembre	50	Avril-mai	2500

+ Gradient positif : valeurs croissantes de la surface vers le fond ou de la côte vers le large.

- Gradient négatif : valeurs décroissantes de la surface vers le fond ou de la côte vers le large.

MICROPLANCTON

Le microplancton, principalement composé de Diatomées, comprend également quelques Dinoflagellés épisodiquement abondants, et quelques Chlorophycées, Silicoflagellés et Ciliés.

Il se caractérise par une succession très nette des populations au cours des temps.

Le "bloom" phytoplanctonique printanier (avril) concerne une population très diversifiée principalement composée de Diatomées et caractérisée par une grande concentration en pigments actifs (chlorophylle a) par rapport au taux inexistant de pigments dégradés. Elle épuise rapidement le stock de sels nutritifs et disparaît (mort, consommation par le zooplancton), elle est remplacée par une population de Microflagellés, *Phaeocystis* sp. (environ 50 millions de cellules par litre) associés à une espèce de Diatomées (*Nitzschia seriata*) faiblement siliceuse. Le milieu semble contenir plus de phéopigments. En juin, *N. seriata* persiste et elle est accompagnée de *Thalassiosira rotula* qui épuise de nouveau les réserves de sels nutritifs, particulièrement nitrates et silicates. L'indice de diversité est assez bas. En juillet, l'espèce dominante devient *Leptocylindrus danicus* associé à *Rhizosolenia shrubsolei*, *Rh. stolterfothii* et *Rh. delicatula*. Le nombre de cellules est faible, la chlorophylle est peu abondante et le taux de phéopigments est important. Les espèces végètent en disposant des maigres réserves de sels nutritifs. Celles-ci commencent à se reconstituer, quand *Rhizosolenia* sp. abonde à 60 % et épuise le stock des silicates. Les pluies deviennent ensuite suffisamment abondantes pour compenser les effets du développement d'organismes photosynthétiques. En octobre, apparaît *Gymnodinium splendens* qui ne compromet pas l'importance des réserves. Les populations deviennent diversifiées à la fin de l'automne.

Les taux estivaux de phéopigments et de l'indice pigmentaire peuvent indiquer la présence d'une grande quantité de zooplanctones.

NANOPLANCTON

Il est constitué de microflagellés souvent nombreux et pouvant expliquer 50 % de la production primaire pélagique.

PRODUCTION PRIMAIRE

Trois campagnes de prélèvements pour les mesures de production primaire ont eu lieu les 10 octobre, 5 décembre 1975 et 3 février 1976. Les taux mesurés sont élevés pour les saisons considérées :

- 11 mg C/m³/h en octobre)
- 4 mg C/m³/h en décembre) valeurs moyennes
- 2 mg C/m³/h en février)

On observe un gradient côte/large de valeurs, avec un maximum à la côte, plus net pour les mesures de productivité en lumière naturelle.

Les volumes de production dépendent de l'adaptation de la population algale aux conditions ambiantes. Ainsi (campagne XII), il semble que la plus faible productivité des échantillons à dominance de *Thalassiosira sp.* soit due à l'intensité lumineuse trop forte de l'incubateur de lumière artificielle qui inhibe la production de ces Diatomées.

La forte production hivernale laisserait supposer un taux annuel de production élevé.

ZOOPLANCTON

Le contrat proposé par Electricité de France à l'Unité Littoral (C.N.E.X.O.) comprend l'étude de la faune planctonique du site de PALUEL. Notre objectif de février 1975 à février 1976 a été de dresser l'inventaire qualitatif et quantitatif du zooplancton et de connaître particulièrement ses variations saisonnières et sa répartition géographique.

Cette étude a été réalisée avec le souci de servir d'état de référence avant la mise en service de la centrale nucléaire ; ceci devrait permettre d'apprécier ultérieurement l'impact du rejet des eaux de refroidissement de sur l'écosystème.

La production secondaire pélagique du site de PALUEL a été étudiée par des méthodes différentes et complémentaires : détermination des espèces, comptages des individus, détermination de la biomasse totale.

Globalement, le zooplancton présente un maximum annuel d'abondance au mois de mai, une abondance estivale relativement élevée et une diminution plus ou moins régulière jusqu'en hiver. Cette variation d'ensemble résulte en fait des variations de peu d'espèces. Ce sont les Copépodes *Temora longicornis*, *Euterpina acutifrons*, *Acartia clausi*, *Pseudocalanus minutus*, les larves d'Annélides et les larves de Cirripèdes et, dans une moindre mesure, les Appendiculaires.

Un cycle annuel a été établi, qui met en évidence les apparitions successives des espèces et principaux groupes :

- La fin de l'hiver est caractérisée par la grande abondance des larves de Cirripèdes (*Balanus balanoides*), des larves d'Annélides et du Copépode *Euterpina acutifrons*.
- Pendant la poussée printanière se développent les populations de Copépodes herbivores, d'abord *Pseudocalanus* puis *Acartia* qui atteignent leur abondance maximale en mai. Les Carnivores sont essentiellement représentés par quelques méduses (exemple : *Hybocodon*).
- A la fin de l'été, on observe une baisse de l'effectif total.
- En automne, les Copépodes présentent un deuxième maximum lié à la nouvelle poussée phytoplanctonique. Les Carnivores sont représentés par le Chaetognathe *Sagitta setosa*.

La répartition des espèces est soumise aux conditions hydrologiques et en particulier à l'influence des eaux de la DURDENT.

Il paraît possible, après une première année d'observation, de dégager les principaux thèmes d'étude pour un suivi ultérieur : un nombre restreint d'espèces pouvant caractériser le site seront choisies (en particulier dans le groupe des Copépodes, des Cirripèdes, des Mysidacés, des Annélides). Cette deuxième année de travail devrait permettre de mieux comprendre certaines caractéristiques de l'écosystème.

B - LE DOMAINE BENTHIQUE

ZONE INTERTIDALE

L'observation pendant un an de l'estran de PALUEL a permis de mettre en évidence et de définir quatre ensembles floristiques et faunistiques :

- le peuplement à *Enteromorpha* - *Littorina saxatilis* situé en hauts niveaux, au pied de la falaise.
- le peuplement à *Fucus vesiculosus* et *Littorina obtusata*.
- le peuplement à *Fucus serratus* - *Patina pellucida* qui occupent le milieu de la zone intertidale.
- le peuplement à *Gigartina stellata* qui constitue la frange infralittorale.

La biomasse animale globale (moyenne annuelle) est de 116 kg/ha, dont 86 % représentés par les Mollusques. Cette biomasse varie peu au cours de l'année et décroît régulièrement des hauts niveaux vers les bas niveaux.

La biomasse végétale (moyenne annuelle) est de 3.380 kg/ha, dont 78 % pour les Fucacées. Elle présente, pour tous les peuplements, un minimum en hiver et un maximum l'été.

L'étude de certaines espèces de Gastéropodes a montré qu'il existait une zonation animale calquée sur la zonation algale.

Enfin l'étude biométrique des trois espèces les plus abondantes met en évidence l'influence primordiale de la température sur la croissance des invertébrés intertidaux.

Cette étude permet donc de faire le point avant toute intervention. D'autre part, elle nous fournit des renseignements sur des espèces pouvant éventuellement être affectées, soit dans leur biologie, soit dans leur écologie, par un changement des facteurs physiques ou chimiques du milieu.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'ensemble des résultats acquis au cours de cette année d'étude permet de mettre en évidence les caractéristiques principales du site de PALUEL :

1 - DU POINT DE VUE HYDROBIOLOGIQUE

- Influence des apports continentaux, provenant à la fois d'un petit fleuve côtier, la DURDENT (faible débit) et des écoulements le long des falaises après de fortes pluies, le milieu marin se trouve sensiblement dessalé (essentiellement près des côtes et en surface) et enrichi en sels nutritifs (lessivage des sols, engrais, pollutions urbaines). Cette influence continentale crée un gradient des valeurs de la côte vers le large pour certains paramètres (salinité, sels nutritifs, phytoplancton, production primaire).
- Importance des courants de marée atteignant deux à trois noeuds, et entraînant un brassage vertical important se traduisant par l'absence de stratification sensible de la plupart des paramètres. La remise en suspension lors des marées à forts coefficients. Ces courants peuvent modifier la répartition côte/large.

2 - DU POINT DE VUE BIOLOGIQUE

- Un zooplancton qualitativement assez riche (composé d'une centaine de planctonctes) qui est caractérisé par sa forte proportion en Crustacés, Copépodes essentiellement et larves de Cirripèdes.
- Un cycle saisonnier bien marqué qui montre d'abord un pic d'abondance au printemps, correspondant à une très forte poussée phytoplanctonique suivi d'une abondance soutenue jusqu'en automne et une "saison creuse" entre novembre et février.
- En ce qui concerne l'holoplancton, on remarque surtout la succession dans le temps d'un petit nombre d'espèces, elles-mêmes numériquement très

abondantes, qu'il s'agisse de phytoplancton (Diatomées) ou zooplancton, six espèces de Copépodes (Herbivores) et quelques espèces de Cnidaires et Chaetognathes (Carnivores).

- Le méroplancton, quant à lui, reflète bien la composition des peuplements benthiques et côtiers et est caractérisé par le grand nombre de larves de Vers et de Crustacés.
- Enfin, une distribution géographique qui met en évidence une zone privilégiée, excessivement riche en individus et qui correspond à la zone d'affrontement des eaux douces (DURDENT) et des eaux salées.
- En ce qui concerne le domaine benthique, seule la zone intertidale a été étudiée, des problèmes technologiques et logistiques ayant empêché l'investigation des fonds côtiers proches.

L'estran de PALUEL offre une succession de ceintures algales composées essentiellement de Fucacées, colonisées par une faune constituée en majeure partie de Mollusques Gastéropodes. Ces derniers ont fait l'objet d'une étude de croissance sur laquelle l'influence des fluctuations thermiques saisonnières a été mise en évidence.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1957. Plymouth marine Fauna. Ed. Latimer, Trend and C°, Plymouth, 457 pages.
- ANONYME, 1966. Determination of photosynthetic pigments in sea-water, Monogr. oceanogr. Methodol. UNESCO : pp. 69.
- ANONYME, 1973. Tables oceanographiques internationales, vol. 2, National Institute of oceanography of Great Britain, Wormley. England, et UNESCO, Paris 7e, France, ISBN 92-3-001044-8, Optichrome Limited - woding - Surrey-England : pp. 141.
- ANRAKO, M., 1964. Influence of the cape Cod canal on the hydrography and the Copépodes in Buzzards bay and cape Cod bay, Massachussetts, II Respiration and feeding *Limnol oceanogr.* 9 (2) : pp. 195-206.
- AURICH, H., 1957. Verbreitung der Medusen und Actinulae von *Ectopleura aumortieri* und *Hybocodon prolifer* in der südlichen Nordsee. *Helgoländer wiss. Meeres*, 6 : pp. 207-227.
- BARNES, H., 1963. Light, temperature and breeding of *Balanus balanoides*. Journ. mar. Bio. Assoc. vol 43, 717-727.
- BARY, B.M.K., 1963. Temperature, salinity and plankton in the eastern north Atlantic and coastal waters in Britain, 1957, II The relations ships between especes and water bodies. Journ. Fish. Res. Bd. Canada 20 : pp. 1031-1047.
- BASSINDALE, R., 1936. The developmental stages of the three english barracies *Balanus balanoides* (Linn), *Chtamalus stellatus* (Poli) and *Verruca stroemia* (of Müller), Proc. Zoo. Soc. London.

- BERNARD, M., 1963. Le cycle vital en laboratoire d'un Copépode pélagique de Méditerranée *Euterpina acutifrons* Claus. Pelagos Bull. Inst. oceanog. Alger, 1 : pp. 35-48.
- BHAUD, M., 1966. Larves planctoniques d'Annélides polychètes : leur intérêt pour une meilleure connaissance faunistique. Vie et Milieu, 17, 1B : pp. 435-437.
- BOADEN, P.J.S., R.J. O'CONNOR, R. SEER, 1975. The composition and zonation of a *Fucus serratus* community in Strandford long, Co. down, J. exp. mar. Biol. Ecol. 17 : pp. 112-136.
- BODO, F., 1963. Variations saisonnières du zooplancton de la région de Roscoff. Thèse 3e cycle. Univ. Paris.
- BOESCH, D.F., 1973. Classification and community structure of macrobenthos in the Hampton Roads Area, Virginia. Marine Biol. 21 : pp. 226-244.
- BOUDOURESQUE, C.F., 1970. Recherches sur les concepts de biocénose et de continuum au niveau de peuplements benthiques sciaphiles. Vie et Milieu XXI, 1B : 103-136.
- BOUGIS, P., 1974. Ecologie du plancton marin : I le phytoplancton, II le zooplancton ; Masson et Cie, Ed. Paris VIe : pp. 196.
- BOUVIER, E.L., 1940. Faune de France n° 37 : Décapodes marcheurs. P. Lechevalier édit. Paris : 399 pages.
- BRANDT, K. et C. APSTEIN, 1908. Nordisches plankton. Botanischer teil. Kiel et Leipzig, Verlag Von Lipsius et Tischer : pp. 33.
- BROUHARDEL J. et E. RINCK, 1963. Mesure de la production organique en Méditerranée dans les parages de Monaco, à l'aide du 14 C. Ann. Inst. oceanogr. 40, 2 : pp. 109-164.

- BROUHARDEL, J., 1971. Production primaire et fixation à l'obscurité mesurée par la méthode du 14 C, en Méditerranée, à proximité de Monaco. Vie et Milieu 22, 2, ser. B : pp. 247-256.
- BRUCE, J.R., J.S. COLMAN, N.S. JONES, 1963. Marine fauna of the Isle of Man. Liverpool University Press. Liverpool : pp. 307.
- CABIOCH, L., 1961. Etude de la répartition des peuplements benthiques au large de Roscoff. Cah. Biol. mar. 2, 1 : pp. 1-40.
- CABIOCH, L., 1968. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche occidentale. Cah. Biol. mar. 9, 5 : pp. 493-720.
- CARPENTER, E. et autres, 1974. Survival of Copepodes passing through a nuclear power station on northeastern long island sound, U.S.A.. Marine Biol. 24, 1 : pp. 49-55.
- CHEVREUX, E. et L. PAGE, 1925. Faune de France n° 9 : Amphipodes. Librairie de la Faculté des Sciences - Paris : pp. 486.
- VHOSURY, M., 1968. Croissance et longévité de *Patella vulgata* L. (Gastéropode prosobranche) dans le Boulonnais. Cah. Biol. mar. IX : pp. 449-468.
- CLEVE-EULER, A., 1955. Die Diatomeen von Schweden und Finnland Kunge. Svenska Vetenskapsakademiens Hand lingar. Fjärde serien. Band 5, n° 4 : pp. 1-232. Figures et légendes des figures : pp. 219-239.
- COLEBROOK, J.M., K.E. JOHON, W.W. BROWN, 1961. Continuons plankton records : contributions towards a plankton atlas of the north eastern Atlantic and the north sea, II Copepoda. Bull. mar. Ecol. vol. 5 : pp. 90-7.
- COLMAN, J., 1940. On the faunas inhabiting intertidal sea weeds. J. mar. biol. Ass. U.K. XXIV, 1 : pp. 129-185.
- CORKETT, C.J., 1965. The Copepodid stages of *Temora longicornis* of Müller, 1972. Copepo a. Crustaceana 12 : pp. 261-273.
- CORNET R., et I. MARCHE-MARCHAR, 1951. Faune marine de Roscoff. Mollusques.

- CRISP, D.J., 1959. Factors influencing the time of hatching of *Balanus balanoides*, *Oikos* 8, vol. 10, pp. 275-289.
- CRISP, D.J., et D.A. RITZ, 1967. Changes in temperature tolerance of *Balanus balanoides* during its life cycle. *Helgoländer Wiss. Meeres*, t. 5 : pp. 98-115.
- CUENOT, L., 1922. Faune de France n° 4 : Sipunculien, Echiuriens, Priapulien. P. Lechevalier éd., Paris : pp. 29.
- CUPP, E.E., 1950. Marine plankton Diatoms of the west coast of the north America. *Bull. of the Swipp. Inst. of oceanogr. Technical Series*, vol. I : pp. 1-238.
- DAGUZAN, J., 1975. Recherches sur les littorinidae. Thèse Doc. d'Etat. Rennes : pp. 400.
- DAJOZ, R., 1966. Ecologie et biologie des Coléoptères xylophages de la nêtraie (1re partie). Vie et Milieu, XVII, 1 C : 527-636 (1970). Précis d'écologie. Duod ed. Paris : pp. 357.
- DAVANT, P. et B. SALVAT, (1961). Recherches écologiques sur la macrofaune intercotidale du bassin d'Arcachon. I le milieu physique. Vie et Milieu XII, 3 : pp. 405-471.
- DEEVEY, G.B., 1952. Quantity and composition of the zooplankton of Block Island Sound, 1949. Bull. Bingh. Oceanogr. coll., 13, : pp. 120-164.
- BESMARETS-EDOUARD M.F., 1973. Etude algologique in Etude écologique du site de Paluel (Seine-Maritime). Rapports préliminaire. Station d'études en Baie de Somme. Contrat E.D.F., F. 41-73/n° 134 : pp. 26-63.
- DIGBY, P.S.B., 1950. The biology of the small planktonic Copépods of Plymouth J. mar. biol. Ass. U.K., vol. 29 : pp. 399-438.

- DOWIDAR, N.M., and A.M. EL MAGRABY. 1970. The neritic zooplankton of the south Eastern Mediterranean at Alexandria, I Distribution and Ecology of zooplankton organisms with special references to Copepoda. Bull. Inst. Oceanogr. Fisheries Alexandria, 1 : pp. 225-273.
- FAUVEL, P., 1923. Faune de France n° 5 : Polychètes errantes. P. Lachevalier ed. Paris : pp. 492 .
- FISCHER R.A., A.S. CORBET, C.B. WILLIAM, 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. J. Anim. Ecol., 12 : pp. 42-58.
- FRANC, A., 1968. Sous-classe des Prosobranches, in : P.P. Grassé (1968) : Traité de zoologie. Tome V, fascicule III : Mollusques Gastéropodes et Scaphopodes. Masson et Cie, Paris : pp. 1083.
- FRETTER V. and A. GRAHAM, (1962). British Prosobranches Mollusques. Ray Society, London, 755 pages.
- FRONTIER, S., 1971. Etude statistique de la dispersion du zooplancton. J. exp. biol. Ecol., vol. 12 : pp. 229-262.
- FRONTIER, S., 1972. Calcul de l'erreur sur un comptage du zooplancton. J. exp. MAR. Biol. Ecol., 8 : pp. 121-132.
- GAYRAL, P. (1966). Les algues des côtes françaises (Manche et Atlantique). Ed. Doin, Paris : pp. 632.
- GLACON, R., 1975. Faune et flore du littoral du Pas-de-Calais et de la Manche Orientale. Inst. Biol. Mar. Régio. Wimereux : pp. 46.
- GLEMAREC, M., 1964. Bionomie benthique de la partie orientale du golfe du Morbihan. Cah. Biol. mar., 5, 1, : pp. 33-96.
- GRAHAM, A., 1971. British Prosobranches (Synopsis of the British Fauna n° 2). Académie Press, London and New-York : pp. 112.
- and FRETTER, V., 1947. The life history of *Patina pellucida* L. J. mar. Biol. Ass. U.K., XXV, 4, : pp. 590-602.

- GRALL, J.R., 1972. Recherches quantitatives sur la production primaire du phyto-
plancton dans les parages de Roscoff. Thèse de Doctorat d'Etat es
Sciences Naturelles, Université de ParisVI . CNRS, A.O. 6556 : pp. 261.
- GRAN, H.H., et ANGST E.C., 1930. Plankton Diatoms of Puget Sound. Pub. Puget
Sound Biol. Sta. vol. 7. : pp. 417-516.
- GONZALEZ, J.G., 1974. Critical thermal maxima and upper lethal temperatures
for the Calanoid Copepodes *Acartia tonsa* and *Acartia clausi*. Marine
Biology, 27 : pp. 219-223.
- GUILLE, A., 1970. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane
française. II : les communautés de la macrofaune.
- HAG, S.M., 1972. Breeding of *Euterpina acutifrons*, an Harpacticoid Copepode with
special reference to cimorphic males. Marine Biology, 15, : pp. 221-235.
- HANNERZ, L., 1956. Larval development of Polychaete families of Spionidae,
Disomidae and Poecilochaetidae in Gullmar Fjord, Sweden. Zoologiska
Bidrag. Uppsala, Bd 31 : pp. 1-200.
- HENDEY, N.I., 1964. An introductory account of the smaller algae of British
coastal waters. Part V: *Bacillariophyceae* (Diatoms). Fish. Invest.,
Lond, Serv. 4, : pp. 1-317 : pp. 1-45.
- HOLME, N.A., 1949. The fauna of sand and mud banks near the mouth of the
Exe Estuary. J. mar. biol. Ass. U.K., 28, 1, : pp. 189.
- JEFFRIES, H.P., 1967. Saturation of estuarine zooplankton by congeneric associates.
In : G.H. Lauff (ed), Estuaries, Am. Ass. Adv. Sci., 83, : pp. 500-508.
- KING, P.E., 1974. British Sea Spiders (Synopsis of the British Fauna n° 5 .
Acad. Press. London and New-York : pp. 66.
- KINNE, O., 1955. *Neomysis vulgaris* Thompson, eine autökologische - biologische
studie, Biol. Jbl., 74 : pp. 160-202.
- KINNE, O., 1963. The effects of temperature and salinity on marine and brackish
waters animals. Temperature : Oceanogr. mar. Biol. A Rev., 1, pp. 301-
340.

- KOEHLER, R., 1921. Faune de France n° 1 : Echinodermes. Librairie Faculté des Sciences, Paris : pp. 210.
- KRAMP, P., P.L., 1913. Schizopoda. Bull. trimest. Result. crois. périod., Cons. perm. int. explor. mer, 1913 : pp. 539-556.
- KRAMP, P.L., 1927. The hydromedusae of the Atlantic ocean and adjacent waters. Dana report, n° 46.
- LEBOUR, M.V., 1919. The food of post-larval fish. II (1918). J. mar. Biol. Ass. U.K., vol. 12 : pp. 22-47.
- LE FEVRE-LEHOERFF, G., 1971. Etude d'un cycle nycthéméral dans l'estuaire de la Rivière de Morlaix. Hydrologie et zooplancton. Rev. Trav. Inst. Pêches marit. 35, 3 : pp. 347-366.
- LE FEVRE-LEHOERFF, G., 1972. Populations planctoniques d'un estuaire à marée : la Rivière de Morlaix, leurs relations avec les conditions hydrologiques. Thèse de 3e cycle, Univ. Paris VI : pp. 212.
- LE FEVRE-LEHOERFF, G., 1974. Variabilité de l'indice de diversité spécifique des Copépodes dans un estuaire à marée : baie de Morlaix. Sa signification écologique. Ann. Inst. Oceanogr. Paris VI : pp. 59-66.
- LEVEQUE, C., 1971. Equation de Von Bertalanffy et croissance des Mollusques benthiques du lac Tchad. Cah., O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol. 7, 314 : pp. 262-283.
- LEWIS, J.R., 1964. The ecology of Rocky shores English Universities, Press Ltd, London : pp. 323.
- LORENZEN, C.J., 1967. Détermination des phéopigments. Limnology and oceanography, vol. 12, n° 2.
- MANN, K.H., 1972. Ecological energetics of the sea-weed, zone in a marine bay on the Atlantic coast of Canada. II - Productivity of the seaweeds. Mar. Biol. 14, 3, : pp. 199-209.

- MARGALEF, R., 1963. Modelos par el estudio de la sucesion y distribucion del fitoplancton. Inv. Pesq., 23 : pp. 11-52.
- MAUCHLINE, 1971. The biology of *Meomysis intiger*, J. mar. Biol. Ass. U.K., 51 : pp. 347-354.
- MOMNAERTS, J.P., 1973. On primary production in the south bight of the north sea. Br. Phycol. J.8 : pp. 217-231.
- MOMNAERTS, J.P., 1973. The relative importance of macroplankton on the north sea primary production. Br. Phycol. J.8. : pp. 13-20.
- MONBET, Y., 1972. Etude bionomique du plateau continental au large d'Arcachon (application de l'analyse factorielle). Th. IIIe cycle - Univ. Aix-Marseille : pp. 97.
- MOORE, H.B., 1940. The biology of *Littorina littorea*. Part. II - zonation in relation to other gasteropods on stony and muddy shores. J. mar. Biol. Ass. U.K. XXIV, 1 : pp. 227-239.
- MOORE, H.B., 1934. The Biology of *Balanus balanoides*. I - growth rate and its relations to size, season and tidal level. Journ. mar. Biol. Assoc., vol. XIX : pp. 851-868.
- MOTODA, S., 1959. Devices of sample plankton apparatus. Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 7 : pp. 73-94.
- PERAGALLO, H. et M., 1897-1908. Diatomées marines de France et des districts maritimes voisins Atlas. M.J. Tempère, Gres-sur-Loing (S. et M.), pl. 137.
- PERKINS, E.J., 1974. The biology of estuaries and coastal waters. Acad. Press. London and New-York : pp. 63.
- PESTA, O., 1935. Ein Mysidaceen. Nachweis auf der Insel Korfu (Griechenland) Zoo. Anz., 111 hft, 11-12 : pp. 332-333.
- PETIPA, TS., Pavlova, E.V. and GN MI RO NOV 1970, The food web structure, utilisation and transport of energy by trophic levels in the planktonic communities in Marine food chains, J.H. Steele ed. Oliver and Boyd, Edimburg.

- PICARD, J., 1963. Proposition pour une subdivision des Benthontes en fonction de la taille. In : Méthodes quantitatives d'étude du benthos et échelle dimensionnelle des benthontes (colloque du comité du Benthos de la CIESMM) : 63-64.
- PICARD, J., 1965. Recherches qualitatives sur les biocénoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. Rech. Trav. Stat. mar. Endouml, 36, 52 : pp. 1-160.
- PIELOU, E.C., 1969. An introduction to mathematical ecology. Wiley-Interscience. New-York, London, Sydney, Toronto : pp. 286.
- PODAMO, J., 1973. Aspects of dynamic biology on the southern bight of the north sea and the slinec Dock at Ostend. Mathematical model. Annual report III : chap. VI-I. Belgian national R.D. Program on the environment water sea project : pp. 70. International commission for Science Policy.
- PRECHEUR, C., 1960. Le littoral de la Manche, de Ste Adresse à Ault ; étude morphologique. S.F.I.L. Poitiers : pp. 138.
- PRENANT, M. et BOBIN, G., 1956. Faune de France, n° 60 : Bryozoaires (Entoproctes, Phylackolènes, Cténostomes). P. Lechevalier, éd. Paris : pp. 398.
- RAZOULS, C., 1963. Etude qualitative et quantitative des Copépodes planctoniques côtiers de Roscoff. Thèse Doc. 3e cycle, Fac. Sci. Paris.
- REES, C.B., 1939. Notes on the ecology of the sandy beaches of north Donegal. Proc. Roy. Irish. Acad., 45, B9, pp. 215-229.
- REGIS, M.B., et FONDARAI, J., 1969. Sur la croissance de *Monodonta turbinata* (Born) et de *Monodonta tubiformis* (von Salis). I - croissance de la coquille. C.R. Soc. Biol., 163, 2 : pp. 470-473.
- RICHARD, A., 1971. Contribution à l'étude expérimentale de la croissance et de la maturation sexuelle de *Sepia officinalis* L. (Mollusques (Céphalopode)). Th. Doc. Etat. Fac. Sciences, Lille : pp. 264, 42

- RICKER, W.E., 1958. Handbook of computation for biological statistics of fish population. Fish. Res. Board, Canada : pp. 300.
- RUSSEL, I.S., 1953. The Medusae of the British Isles. University Press of Cambridge : pp. 530.
- SACCHI, C.F., 1975. *Littorina nigrolineata* (Gray) (Gastéropodes Prosobranches). Cah. Biol. mar. XVI : pp. 111-120.
- SALVAT, B., 1962. Faune des sédiments meubles intertidaux du bassin d'Arcachon. Cah. Biol. mar. III, 3 : pp. 219-244.
- SANDERS, H.L., 1960. Benthic studies in Buzzards bay. III The structure of the soft bottom community. Limnol. Oceanogr. 5, 2 : pp. 138-153.
- SANDERS, H.L., 1968. Marine benthic diversity : a comparative study.
- SAUNDERS, R.P. and D.A. GLENN, 1969. Diatoms. Memors of the Hourglass Cruises ; vol. I, part. III. Marine Research Laboratory, Department of Natural Resources, Florida.
- SEXTON, E.W., and SPOONER, G.M., 1940. An account of *Marinogammarus* (Schellenberg) gen. nov. (*Amphipoda*) with a description of a new species *M. pirloti*. J. mar. biol. Ass. U.K. 24, 2 : pp. 633-682.
- SOUPLET, A., 1974. Etude de la macrofaune d'un estran rocheux (Paluel-Seine Maritime). D.E.A. Université Sciences et Techniques de Lille I. 50 pages.
- SOUTHWARD, A.J., 1958. Note on the temperature tolerance of some intertidal animals in relation to environmental temperatures and geographical distribution. J. mar. biol. Ass. U.K., 37 : pp. 49-66.
- STEINDINGER, K.A. et WILLIAMS, J., 1970. Dinoflagellates. Memoirs of the Hourglass cruises ; Marine Research Laboratory, Florida Department of Natural Resources, St Petersturg. Florida, Vol. II : pp. 206, 45 pl.
- STEPHENSON, T.A., and STEPHENSON, A., 1972. Life between tidentas on rocky snores. W.H. Freeman and C° - San Francisco : pp. 425.

- STEYAERT-PLANCKE, J. et LANCELOT-VAN BEVEREN, C., 1973. Study of photosynthetic pigments, particulate organic matter and phytoplankton within the area delimited by the mathematical mode north sea. Mathematical model. Annual report III, chp. VII-I. Belgian National R.D. program on the environment-water sea project - International commission for science Policy : pp. 46.
- STOMMEL, H., 1949. Trajectories of small bodies sinking slowly through convection cells. J. mar. Res., 8, : 24-29.
- TEBBLE, N., 1966. British bivalve sea shells. Trustees of the British Museum, Oxford : pp. 212.
- THEISEN, B.F., 1973. The growth of *Mytilus edulis* L. (Bivalvia) from Disko and Thule district, Greenland. Ophelia, 12 : pp. 59-72.
- THIRIOT, A., 1963. Variations saisonnières des Crustacés planctoniques de la région de Roscoff (Copépodes exceptés). Thèse 3e cycle, Paris.
- THORSON, G., 1946. Reproduction and larval development of Danish marine bottom invertebrates. Med. Fra Komm Havund. Ser. Plankton, Bd, 4, n° 1.
- TREGUER, R., et LE CORRE, P., 1974. Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer (utilisation de l'auto-analyseur II TECHNICON). Laboratoire d'océanologie chimique, Université de Bretagne occidentale, Brest.
- UNDERWOOD, A.J., 1972. Tide-model analysis of the zonation of intertidal Prosobranchs. I four species of *Littorina* L. (Gastéropodes : Prosobranchs). J. exp. mar. Biol. Ecol., 9, 3 : pp. 239-255.
- UNDERWOOD, A.J., 1972. Id. II four species of trochides (Gastéropodes : Prosobranchs). Ibid. 9, 3, pp. 257-277.
- URRY, D.L., 1965. Observations on the relationship between the food and survival of *Pseudocalanus elongatus* in laboratory. J. mar. Biol. Ass. U.K., 45 : 49-58.
- VAHL, O., 1971. Growth and density of *Patina pellucida* L. (Gastéropoda : Prosobranchia) on *Laminaria hyperborea* (Gunnerus) from western Norway Ophelia, 9, 1 : pp. 31-51.

- VAN HEURCK, H., 1896. A treatise on the Diatomaceae. W. Wesley and son, London : pp. 558, pl. 35.
- WIEBE, P.H. and HOLLAND, W.R., 1968. Plankton patchiness effects on repeated net tows. Limnol oceanogr. 13 : pp. 315-321.
- WIEBE, P.H., 1972. A field investigation of the relationship between size of net and sampling error. Cons. int. explor. mer., 34, n°2 : pp. 268-275.
- WILLIAMS, E.E., 1964. The growth and distribution of *Littorina littorea* (L.) on a rocky shore in Wales. Journ. Ann. Ecol., 33, 3 : pp. 413-432 ; of *Gibbula umbilicalis* (Da Costa) on a rocky shore in Wales. Ibid., 33, 3 : pp. 433-442.
- WYATT, I., 1974. The biology of *Oikopleura dioica* and *fritillaria borealis* in the southern bight. Marine biology, 22 : pp. 137.
- ZARIQUIEY-ALVAREZ, R., 1968. Crustaceos, Decapodos, Ibericos. Investigacion pesquera. Barcelona : pp. 510.

GLOSSAIRE

G L O S S A I R E

- ABIOTIQUE** : qualifie un milieu où la vie n'existe pas ou dans lequel elle n'est pas possible.
- ABONDANCE** : nombre relatif des individus de chaque espèce par rapport à l'ensemble.
- AEROBIE** : qualifie les conditions d'existence ou les processus biologiques et chimiques qui ne se déroulent qu'en présence d'oxygène.
- AIRE MINIMA** : c'est la plus petite surface nécessaire pour que la plupart des espèces y soient représentées.
- ALCALINITE** : quantité de cations équilibrés par des acides faibles, exprimée en milliéquivalents d'ions d'hydrogène neutralisés pour 1 litre d'eau.
- ALLOMETRIE** : croissance d'une partie du corps se faisant à une vitesse constante, différente de la vitesse de l'organisme ou d'un organe pris comme base.
- AMPLITUDE DE LA MAREE** : (= amplitude du marnage) différence de hauteur entre les niveaux de pleine mer et de basse mer.
- ANAEROBIE** : antonyme de aérobie ; qualifie les conditions d'existence ou les processus biologiques et chimiques qui peuvent se dérouler en absence d'oxygène.

- ANALYSE FACTORIELLE** : lorsqu'il existe des liaisons entre les variables, l'analyse factorielle consiste à expliquer ces liaisons à l'aide d'un nombre limité de facteurs indépendants. Elle est basée sur l'analyse des corrélations entre les variables mesurées sur un groupe d'individus ou d'objets.
- APHOTIQUE** : la zone aphotique est la partie de la mer où la pénétration de la lumière est insuffisante pour permettre la photosynthèse.
- APHYTAL** : qualifie l'ensemble des étages où la photosynthèse n'est plus possible, par manque de lumière, en raison de la profondeur.
- APPORTS** : dépôt de matériaux amenés par un courant d'eau ou d'air.
- ASSOCIATION** : ensemble de plantes caractéristiques et souvent dominantes au milieu desquelles certaines espèces apparaissent comme subordonnées.
- AUTOECOLOGIE** : écologie d'un taxon considéré indépendamment des taxons associées.
- AUTOEPURATION** : processus naturel (biologique, chimique ou physique) qui permet à un milieu de détruire lui-même les déchets organiques qu'il produit ou qui lui sont apportés de l'extérieur.
- AUTOTROPHE** : qualifie les organismes qui sont capables de tirer leur énergie soit de la lumière grâce à un pigment de photosynthèse, soit de l'oxydation de certaines substances organiques.
- AZOIQUE** : se dit d'un milieu privé de vie.

- BASSIN VERSANT : surface drainée par tout ou partie d'un ou plusieurs des cours d'eau d'un réseau hydrographique donné.
- BENTHIQUE : qualifie tous les organismes et les processus ayant un lien avec les fonds.
- BENTHOS : ensemble des organismes aquatiques vivant en relation avec le fond.
- BIOCOENOSE : groupement d'êtres vivants correspondant par sa composition, par le nombre des espèces et des individus, à certaines conditions moyennes du milieu et se maintenant en se reproduisant dans un certain endroit de façon permanente.
- BIOGEOGRAPHIE : géographie des êtres vivants, étude de la distribution spatiale des êtres vivants.
- BIOMASSE : masse ou quantité de matériel vivant par unité de surface ou de volume à un instant donné.
- BIOMETRIE : partie de la biologie qui applique aux êtres vivants les méthodes statistiques.
- BIONOMIE : science des lois de la vie en rapport avec le milieu.
- BIOTIQUE : qui a rapport aux organismes vivants.
- BIOTOPE : aire géographique, de surface ou de volume variable, soumise à des conditions dont les dominantes sont homogènes.

- BLOOM** : (= poussée phytoplanctonique) forte élévation de la densité du phytoplancton se produisant au moment des modifications des facteurs du milieu comme la température, l'éclairement ou la concentration en sels nutritifs.
- CANTONNEMENT DE PECHE** : zone de pêche réservée par disposition réglementaire où toutes les formes d'exploitation, ou certaines d'entre elles, sont interdites, soit à titre permanent, soit à titre temporaire.
- CEINTURE** : c'est un faciès provoqué par l'humectation ; comme cette dernière décroît progressivement à mesure que l'on monte en altitude, la ceinture se présente sous forme d'une bande plus ou moins parallèle à la ligne de rivage.
- CHAINE ALIMEN- TAIRE** : ensemble de végétaux, animaux et matières organiques particulières et dissoutes liés entre eux par des relations trophiques. A la base se trouve les végétaux photosynthétiques produisant de la matière organique par voie autotrophe assurant la production primaire. Cette matière organique est consommée par les animaux herbivores assurant la production secondaire. Ceux-ci sont à leur tour la proie des carnivores. Les détritivores interviennent à tous les niveaux.
- CHLORINITE** : teneur de l'eau de mer en halogènes, fluor excepté. Elle représente pratiquement la masse en grammes des ions chlore que contiendrait un kilogramme d'eau de mer où l'on aurait remplacé les ions brome par un nombre égal d'ions chlore.
- CHLOROSITE** : notion analogue à la chlorinité, mais rapporté à un litre d'eau de mer à 20°C au lieu de 1 kg. On passe de la chlorinité à la chlorosité en multipliant la première par la masse volumique à 20°C exprimée en grammes par litre, de l'eau de mer considérée.
- CIRCADIEN** : désigne ce qui est associé à une alternance d'environ 24 heures.

- CIRCALITTORAL** : étage du domaine marin s'étendant depuis la limite extrême de la vie des algues photophiles jusqu'à la profondeur compatible avec la végétation des algues les plus tolérantes aux faibles éclaircissement, c'est-à-dire les plus sciaphiles.
- CLASSE D'AGE** : ensemble des éléments d'une population nés dans un même intervalle de temps.
- CLIMAX** : laissés à eux-mêmes, les groupements végétaux tendent spontanément vers l'établissement d'un état où ils se trouveront en harmonie avec les conditions actuelles les plus générales du climat, leur équilibre final.
- COEFFICIENT DE CORRELATION** : mesure de l'interdépendance de deux variables X et Y de moyennes \bar{X} et \bar{Y} . Toujours compris entre - 1 et + 1 ; $r = 1$ indiquant une corrélation positive parfaite, $r = - 1$ une corrélation négative parfaite et $r = 0$ aucune corrélation.
- COEFFICIENT DE DIFFUSION** : quantité de solvant passant à travers l'unité de section droite d'un milieu poreux et pendant l'unité de temps sous l'influence d'un gradient de concentration unité.
- COEFFICIENT DE DISPERSION** : coefficient de proportionnalité entre le flux de dispersion d'une solution dans un milieu poreux et le gradient de concentration de cette solution.
- COEFFICIENT DE MAREE** : rapport, en un lieu donné, du marnage au marnage moyen en vive eau d'équinoxe. Ce nombre, exprimé en centièmes, est appliqué aux marées des côtes de France. Il permet une prédiction très approximative des hauteurs de pleines et basses mers.

- COEFFICIENT DE : pente de la droite de régression.
REGRESSION
- COHORTE : dans une population, groupe d'éléments liés par des caractères communs, par exemple l'époque et le lieu de naissance.
- COMMENSALISME : des animaux qui vivent au voisinage immédiat d'autres êtres vivants dont ils profitent sans les parasiter. Ils utilisent les aliments délaissés par le premier ou se font protéger par eux.
- COMMUNAUTE : c'est une combinaison d'animaux répétant une composition approximativement similaire, du moins en ce qui concerne les espèces dominantes et caractéristiques, toutes les fois que des conditions écologiques similaires existent dans une même région zoogéographique.
- CONSERVATIF : qualifie les constituants de l'eau de mer dont les rapports à la chlorinité conservent très sensiblement la même valeur dans le temps et dans l'espace.
- CONVECTION : phénomène physique résultant d'une instabilité de densité dans un fluide ; en général d'origine thermique provoquant des transports verticaux.
- CORRELATION : interdépendance entre des variables aléatoires.
- COURANT DE : courant causé par la marée montante.
FLOT

- COURANT DE JUSANT : courant causé par la marée descendante.
- COURBE DE DISTRIBUTION DE FREQUENCE : graphique représentant en ordonnée la fréquence d'apparition d'un évènement déterminé et en abscisse la distribution continue d'une variable aléatoire.
- COURBE DE REGRESSION : courbe d'ajustement dans le plan X et Y de toutes les valeurs moyennes Y de la variable Y pour un intervalle donné autour de la variable X.
- COVARIANCE : moment du premier ordre de deux variables aléatoires X et Y par rapport à leurs valeurs moyennes \bar{X} et \bar{Y} : $(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})$.
- DEMANDE EN OXYGENE DBO - DCO : c'est la quantité d'oxygène utilisée par un système aquatique (ou un échantillon de ce système) pendant un laps de temps donné. Elle se compose de la demande biologique en oxygène (DBO) et de la demande chimique en oxygène (DCO).
- D.B.O. : demande biologique en oxygène. C'est la quantité d'oxygène consommée par les organismes pour leurs besoins respiratoires pendant un laps de temps déterminé. La D.B.O. donne une mesure grossière de la quantité de matières oxydables présentée dans l'échantillon.
- D.C.O. : demande chimique en oxygène. C'est la quantité d'oxygène consommée par les processus d'oxydation non-biologique pendant un laps de temps déterminé.
- DEMERSAL : qualifie les espèces qui vivent sur le fond ou à son voisinage : ex. : la plie est un poisson démersal.

- DIFFUSION** : processus de diffusion d'un solvant résultant du mouvement thermique des molécules de ce solvant.
- DISTRIBUTION DE FREQUENCE** : pour des variables aléatoires discrètes, schéma de la distribution donnant le nombre d'occurrences d'une variable, ou la fréquence, en fonction de la variable.
- DISTRIBUTION LOG-NORMALE** : distribution normale transformée par le remplacement de la variable aléatoire par son logarithme.
- DISTRIBUTION NORMALE** : distribution Gaussienne.
distribution continue, symétrique, en forme de cloche, représentant théoriquement la distribution des erreurs accidentelles autour de leur valeur moyenne.
- DISQUE DE SECCHI** : disque blanc de 30 cm de diamètre. C'est un appareil simple, permettant une évaluation grossière de la transparence de la mer. Cette évaluation se déduit de la mesure de la profondeur de disparition du disque descendu à partir de la surface de l'eau.
- DOMINANCE** : évaluation de l'étendue (volume ou surface) occupée ou couverte par des individus d'une même espèce par rapport à l'étendue occupée par l'ensemble.
- DYNAMIQUE DES POPULATIONS** : étude de l'évolution de la structure des populations dans l'espace et dans le temps.
- EAU INTERSTITIELLE** : eau qui se trouve dans les interstices des sédiments.

- EAU NORMALE : eau de mer de référence dont la chlorinité, ajustée par dilution à une valeur voisine de 19,374 pour mille, est déterminée exactement avec cinq chiffres significatifs. Elle joue le rôle d'étalon de chlorinité et d'étalon de conductivité, lors des déterminations de salinité par mesure de la conductivité relative.
- EAU SALEE : eau dans laquelle la concentration de sel est relativement élevée, approximativement 25 g par kg.
- EAU SAUMATRE : eau suffisamment saline pour avoir le goût de sel, mais beaucoup moins que l'eau de mer. La concentration de la quantité totale de sels dilués est généralement de l'ordre de 1 à 10 g/l.
- EAU DE SURFACE : toutes les eaux qui s'écoulent ou qui stagnent à la surface de la lithosphère.
- ECART TYPE : mesure de la dispersion d'une distribution de fréquence égale à la racine de la variance, c'est-à-dire la racine carrée de la somme des écarts à la moyenne divisée par le nombre N de valeurs dans la série X.
- ECOLOGIE : science des conditions d'existence de l'être vivant dans son milieu.
- ECOSYSTEME : unité d'organisation biologique composée de tous les organismes présents dans une aire donnée et présentant des interactions entre eux et avec le milieu physique avec pour résultat l'existence d'un flux d'énergie conduisant à une structure trophique caractéristique et à des cycles de matière.
- ECOTONE : les zones de transition entre les communautés différentes sont appelées écotones.

- ECOTOPE : terme synonyme de aire.
- EDAPHIQUE : relatif au substratum (sol et eau).
- EFFLUENT : fluide résiduaire, traité ou non traité, d'origine agricole, industrielle ou domestique.
- ELEMENTS : substances chimiques existant en quantités infimes dans l'eau.
TRACES
- ENDEMIQUE : espèce considérée comme originaire du pays dans laquelle elle vit.
- ENDOFAUNE : ensemble des organismes benthiques qui vivent enfouis dans les sédiments meubles.
- ENDOGE : qualifie les organismes qui vivent à l'intérieur du sol ou des sédiments.
- EPIFAUNE : ensemble des organismes animaux qui vivent fixés sur des supports inertes ou vivants.
- EPIFLORE : ensemble des organismes végétaux qui vivent fixés sur des supports inertes ou vivants.
- EPIGE : qualifie les organismes qui vivent à la surface du sol ou des sédiments.

- ESPECE** : unité élémentaire du catalogue des êtres vivants. Se définit comme étant la réunion d'individus apparentés, ayant une même morphologie héréditaire, aussi bien morphologie externe que structure interne, mêmes nombre et structure des chromosomes, mêmes caractères physiologiques, ou genre de vie commun.
- ESTRAN** : partie du littoral alternativement couverte et découverte par la mer (= zone de balancement des marées).
- ETAGE** : c'est l'espace vertical du domaine benthique marin où les conditions écologiques, fonction de la situation par rapport au niveau de la mer, sont sensiblement constantes ou varient régulièrement entre les deux niveaux critiques marquant les limites de l'étage. Ces étages ont chacun des peuplements caractéristiques et leurs limites sont révélées par un changement de ces peuplements au voisinage des niveaux critiques marquant les conditions limites des étages intéressés.
- ETHOLOGIE** : science des moeurs, étude et description du comportement des animaux.
- EUPHOTIQUE** : qualifie la couche superficielle des océans dans laquelle l'intensité de la lumière solaire permet la photosynthèse.
- EURYHALINITE** : propriété caractérisant certains organismes qui supportent sans dommage notable d'importantes et rapides modifications de la salinité du milieu extérieur.
- EURYTHERMIE** : propriété caractérisant certains organismes qui supportent sans dommage notable d'importantes et rapides modifications de la température du milieu extérieur.

- EUTROPHISATION** : phénomène caractérisé par une multiplication de végétaux dont la décomposition diminue la teneur en oxygène des eaux profondes. Il résulte d'un excès de sels nutritifs comme les nitrates et les phosphates, ou de matière organique particulaire ou dissoute.
- FACIES** : une biocoenose présente un faciès particulier lorsque la prédominance locale de certains facteurs écologiques entraîne l'exubérance d'une ou d'un petit nombre d'espèces, sans que pour cela la composition qualitative de la biocoenose en soit affectée.
- FILTREUR** : qualifie une espèce qui se nourrit de particules flottant en pleine eau grâce à un dispositif filtrant (ex. : moules).
- FOUISSEUR** : qualifie un organisme marin qui vit et se déplace dans le sédiment soit pour s'y protéger soit pour y trouver sa nourriture (ex. : langoustine).
- FRAYERE** : aire marine dans laquelle les animaux marins, poissons principalement, se réunissent périodiquement au moment de la reproduction.
- FRONT SALE** : surface fictive séparant une étendue d'eau douce d'une étendue d'eau saumâtre ou salée, choisie quelque part dans la zone de transition entre les deux fluides.
- GRADIENT** : taux de variation d'un paramètre en fonction de la distance.
- HABITAT** : ensemble des facteurs écologiques en un point donné, où vit un organisme.

- HALOPHILE : qualifie une espèce terrestre, animale ou végétale qui vit dans un milieu riche en sels.
- HALOPHYTE : plante qui se développe dans les terrains salés.
- HISTOGRAMME : diagramme de fréquence à une variable avec des rectangles dont la superficie est proportionnelle à la fréquence de classe, établie sur un axe horizontal et dont la largeur est égale à l'intervalle de classe.
- HOLOPLANCTON : ensemble des organismes permanents du plancton qui effectuent tout leur cycle vital en pleine eau sans forme benthique ou nectonique.
- HORIZON : subdivision verticale élémentaire de l'étage.
- INDICE DE DIVERSITE : nombre traduisant le phénomène complexe que représentent la composition et la structure d'une biocénose.
- INFRALITTORAL : étage du domaine benthique littoral dont la limite supérieure est marquée par les peuplements qui sont, soit toujours immergés, soit très rarement immergés. Sa limite inférieure est celle qui est compatible avec la vie des algues photophiles.
- INTERCOTIDAL : (= intertidal) qualifie l'espace côtier entre les limites extrêmes de la marée.
- INTERFACE : surface de séparation entre deux fluides immiscibles.
- INTERTIDAL : (= intercotidal).

- INTERVALLE DE CONFIANCE : intervalle autour du paramètre considéré dans lequel on peut espérer trouver un certain pourcentage donné de paramètres d'un grand nombre d'échantillons.
- ISOHALINES : courbes d'égale concentration saline.
- ISOPLETHE : ligne d'égale valeur d'une fonction de deux variables. Par exemple, ligne d'égale valeur d'un élément hydrologique représenté comme fonction de deux coordonnées, heures du jour et mois de l'année.
- ISOTHERME : lieu des points d'une même valeur de la température.
- MACROBENTHOS : ensemble des organismes benthiques dont la taille est supérieure à 1 mm.
- MACROPLANCTON : ensemble des organismes planctoniques dont la taille est comprise entre 5 mm et 5 cm.
- MAREE : montée et baisse périodiques de l'eau dans les océans et les grands lacs, dues à l'attraction de la lune et du soleil agissant sur la terre qui tourne.
- MAREE DE MORTE EAU : marée d'amplitude la plus faible se produisant deux fois par mois lorsque la lune est dans ses 1er et 3ème quartiers.
- MAREE DE VIVE EAU : marée d'amplitude maximum aux périodes de pleine lune et de nouvelle lune, résultant des forces d'attraction s'exerçant dans la même direction, de la lune et du soleil.
- MARNAGE : différence des hauteurs d'eau d'une pleine mer et d'une basse mer successives.

- MATIERES ORGANIQUES DISSOUTES** : ensemble des molécules organiques, d'origine biologique, qui sont en solution dans l'eau de mer. Elles comprennent des acides aminés, des protéines, des glucides, des vitamines, etc.
- MATURITE** : qualité qui s'accroît avec le temps dans un écosystème non perturbé. Un écosystème mature se caractérise par un indice de diversité élevé et un nombre d'individus relativement constant. Un écosystème immature ou pionnier se caractérise par un indice de diversité faible et un nombre d'individus et d'espèces très variable dans le temps et l'espace.
- MEDIOLITTORAL** : Etage du domaine benthique littoral caractérisé par des peuplements qui supportent ou exigent des émergences quelque peu prolongées en tant que phénomène normal, sans supporter d'immersion continue ou presque continue.
- MEIOBENTHOS** : ensemble des organismes benthiques dont la taille est comprise entre 1 et 0,1 mm.
- MEROPLANCTON** : ensemble des formes adultes ou larvaires qui vivent en pleine eau et dont une partie du cycle biologique se poursuit dans le benthos ou le necton.
- MESOPLANCTON** : ensemble des organismes planctoniques dont la taille est comprise entre 1 et 5 mm.
- MICROBENTHOS** : ensemble des organismes benthiques dont la taille est inférieure à 0,1 mm.
- MICROORGANISMES** : organismes vivants invisibles à l'oeil nu (bactéries, champignons, protozoaires).

- MICRO-PHYTOBENTHOS** : ensemble des algues benthiques microscopiques vivant sur les substrats durs ou dans les interstices des grains de sable des substrats meubles.
- MICROPLANCTON** : ensemble des organismes planctoniques dont la taille est comprise entre 50 μ et 1 mm.
- MILIEU** : environnement caractérisé par l'influence prépondérante d'un ou de plusieurs agents ou facteurs (synonyme de biotope).
- MINERALISATION** : transformation, sous l'action de micro-organismes, de l'azote organique en azote minéral.
- MODE** :
- dans une distribution de variables discrètes, valeur de la variable que prend le plus grand nombre de membres de la population.

- caractéristique de l'environnement marin se rapportant à l'état d'agitation de l'eau en un point donné (ex. : mode calme, mode battu).
- MODELE MATHEMATIQUE** : présentation à l'aide d'une formulation mathématique, d'une relation causale ou simplement descriptive d'une situation ou d'une évolution sous l'influence de certaines variables.
- MOSAIQUE** : juxtaposition de 2 ou plusieurs groupements élémentaires bien définis qui pourraient être distingués à plus grande échelle mais dont la distinction serait illusoire à l'échelle de l'étude.
- NANOPLANCTON** : ensemble des organismes planctoniques dont la taille est comprise entre 5 et 50 microns.
- NECTON** : ensemble des organismes animaux macroscopiques nageant activement dans l'eau (ex. : poissons, grands crustacés, céphalopodes).

- NERITIQUE** : qualifie la zone marine peu profonde, située au-dessus de la plateforme continentale. Par extension, qualifie tout organisme ou formation qui se trouve dans cette province.
- NEUSTON** : ensemble des organismes dont la biologie dépend directement de l'interface air-eau et, en particulier, du film de matière organique caractéristique de cette interface. On divise le neuston en épineuston, pleuston et hyponeuston d'après leur position par rapport à l'interface.
- NICHE ECOLOGIQUE** : ensemble à la fois fonctionnel et spatial occupé par une des populations constituant la biocénose. Dans une biocénose équilibrée, il n'existe théoriquement qu'une seule population déterminée par niche écologique, conséquence du phénomène de sélection du mieux adapté dans la lutte pour l'existence.
- NIVEAU TROPHIQUE** : élément de la série nutritive des écosystèmes dans lequel un groupe d'organismes d'un certain stade de la chaîne alimentaire obtient sa nourriture d'une manière similaire. Les niveaux trophiques sont : les végétaux assimilateurs, les herbivores, les carnivores.
- NUTRIENTS** : (= éléments nutritifs).
- NYCTHEMERAL** : qualifie ce qui est associé à l'alternance du jour et de la nuit. Un rythme nycthémeral est un rythme fonctionnel suivant la variation de luminosité du jour et de la nuit.
- OLIGOTROPHE** : qualifie un milieu dans lequel les taux des éléments nutritifs sont peu élevés et la production organique faible.
- PELAGIQUE** : qualifie tout ce qui se trouve en pleine mer sans relation avec le fond.

- PELAGOS : ensemble des organismes de pleine eau qui vivent sans relation avec le fond, comprenant le plancton, le necton et le neuston.
- PELITE : matériel sédimentaire dont les caractères granulométriques sont définis par une taille moyenne des particules de l'ordre de quelques dizaines de microns.
- PEUPLEMENT : ensemble des espèces animales ou végétales qui vivent dans un espace géographique donné.
- pH : notation employée pour désigner le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ions-grammes d'hydrogène par litre et utilisé comme un indicateur de l'acidité de l'eau ($\text{pH} < 7$) ou de son alcalinité ($\text{pH} > 7$).
- PHOTOSYNTHESE : processus chimique par lequel les végétaux chlorophylliens élaborent des substances organiques à partir du gaz carbonique et en utilisant la lumière solaire comme énergie.
- PHYTOBENTHOS : ensemble des organismes du benthos appartenant au règne végétal.
- PHYTOPLANCTON : ensemble des organismes du plancton appartenant au règne végétal.
- PHYTO-
SOCIOLOGIE : étude des associations végétales.
- PLANCTON : ensemble des organismes, animaux et végétaux, vivant en pleine eau, de faible capacité natatoire.

- POLLUANT** : altérogène physique, chimique ou biologique qui provoque une gêne ou une nuisance. Dans le langage courant, on désigne également par ce terme les altérogènes qui sont le plus fréquemment à l'origine des gênes et des nuisances, même quand ils sont présents dans le milieu à des niveaux inférieurs au seuil de nocivité.
- POLLUTION** : 1 - introduction directe ou indirecte d'un polluant dans un milieu déterminé.
2 - résultat de cette action, présence d'un polluant.
- POPULATION** : ensemble différencié des individus d'une même espèce qui vivent dans une aire donnée.
- PREDATEUR** : animal qui vit de proies.
- PRELEVEMENT** : prise d'un échantillon en vue de son analyse.
- PRODUCTION** : en écologie, désigne la quantité de matière vivante élaborée par chaque maillon de la chaîne alimentaire par unité de temps, de surface ou de volume. On distingue parfois production brute, production nette, production primaire, secondaire ou tertiaire.
- PRODUCTION BRUTE** : c'est la quantité totale de matière élaborée par une population.
- PRODUCTION NETTE** : c'est la production brute diminuée de la part revenant à la respiration.

- PRODUCTION : quantité totale de matière organique élaborée par photosynthèse
PRIMAIRE BRUTE ou chimiosynthèse, pendant une période donnée.
- PRODUCTION : différence entre production primaire brute et les pertes dues,
PRIMAIRE NETTE notamment à la respiration pendant le même laps de temps.
- PRODUCTIVITE : capacité au potentiel de production organique d'un milieu ou d'un
stock déterminé.
- PSAMMON : ensemble des organismes animaux vivant dans le sable.
- PYCNOCLINE : couche à fort gradient vertical de densité.
- RECRUTEMENT : phase pendant laquelle les éléments d'un stock accèdent à la
"pêcherie".
- SALINITE : teneur en sels de l'eau de mer, définie comme la masse totale, en
grammes, des substances dissoutes dans un kilogramme d'eau de
mer, à l'exclusion des gaz dissous, les substances organiques
ayant été oxydées, les carbonates transformés en oxydes, et les
ions iode remplacés par une quantité égale d'ions chlore.
- SCHORRE : terme flamand désignant la partie d'une plage abritée (ex. :
estuaire, baie, wadden) dont l'immersion n'a lieu qu'au moment
des grandes marées de vives eaux et dont la couverture végétale,
composée de phanérogames halophiles dressées est dense et continue.
- SELS NUTRITIFS : formes assimilables par les végétaux marins de l'azote, du
phosphore et de la silice dissous dans l'eau de mer.

- SERE : c'est la succession, la séquence des communautés depuis le stade pionnier jusqu'au stade terminal équilibré du climax.
- SESTON : ensemble des particules d'origine minérale ou organique et de très petits organismes en suspension dans l'eau.
- SITE : partie individualisée d'une région, considérée du point de vue de son utilisation par l'homme.
- SLIKKE : terme flamand désignant la partie d'une plage abritée (ex. : estuaires, baies, wadden) dont l'immersion a lieu à chaque marée et dont la couverture végétale, composée d'algues, de diatomées, d'herbiers de zostères est pauvre et discontinue.
- STENOHALINITE : propriété de certains organismes aquatiques qui présentent une tolérance étroite aux variations de salinité du milieu.
- STENOTHERMIE : propriété de certains organismes aquatiques qui présentent une tolérance étroite aux variations de température du milieu.
- STRATE : sous-unité du biotope ayant une distribution verticale.
- STRATIFICATION THERMIQUE : présence de couches de différentes températures dans une masse d'eau.
- SUBSTRAT : synonyme de support.
- SUBSTRATUM
- SUCCESSION BIOLOGIQUE : processus ordonné du développement des communautés s'effectuant selon une direction assez constante et par conséquent prévisible.

- SUPRALITTORAL : étage du domaine benthique littoral où se localisent les organismes qui supportent ou exigent une émergence continue ; les immersions véritables sont exceptionnelles, il s'agit d'un étage d'humectation par les embruns.
- SYMBIOSE : association durable sinon constante nécessaire et à bénéfices réciproques.
- SYNECOLOGIE : écologie des communautés, étude des interrelations entre une communauté et son environnement.
- SYNERGIE : renforcement des effets d'un facteur par un autre, les résultats de cette association étant supérieurs à la somme des effets individuels de ces facteurs.
- SYSTEME : entité individualisée, c'est-à-dire constamment identifiable et discernable du milieu extérieur malgré ses transformations au cours du temps.
- TERRITOIRE : espace limité où l'animal a élu domicile et qu'il défend âprement.
- THERMOCLINE : couche à fort gradient thermique vertical.
- TRANSECT : série d'observations contiguës.
- TUBICOLE : qualifie un organisme qui vit dans un tube qu'il s'est généralement construit lui-même.

- TURBIDITE : condition d'un liquide due à des matières finement divisées, en suspension, visibles, mais qui entravent le passage de la lumière à travers le liquide.
- ULTRAPLANKTON : ensemble des organismes planctoniques dont la taille est comprise entre quelques microns et 5 microns.
- UPWELLING : mouvement ascendant des eaux profondes vers la surface. Ce phénomène favorise la production biologique par l'apport d'éléments nutritifs.
- VARIABLE : terme indéterminé qui, dans une relation ou une fonction, peut être remplacé par divers termes déterminés qui en sont les valeurs.
- VARIANCE : carré de l'écart-type.
- WADDEN : terme flamand désignant une étendue intertidale de sédiments fins non sensibles à la déflation.
- ZOOBENTHOS : ensemble des organismes du benthos appartenant au règne animal.
- ZOOPLANKTON : ensemble des organismes du plancton appartenant au règne animal.