

38634

R420 R200-MON-E

PORT AUTONOME DU HAVRE

EVOLUTION DES PEUPEMENTS BENTHIQUES

PAR

Y. MONBET

Centre National pour l'Exploitation des Océans

Centre Océanologique de Bretagne

Département Environnement Littoral
et Gestion du Milieu Marin

Mai 1980

IFREMER Bibliothèque de BREST



OEL11387

116

EVOLUTION DES PEUPEMENTS BENTHIQUES

PAR

Y. MONBET

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

Mai 1980

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
<u>AVANT-PROPOS - RAPPEL DES RESULTATS DE L'ETUDE DE 1975</u>	1
<u>EVOLUTION DES PEUPLEMENTS BENTHIQUES EN 1978</u>	13
<u>INTRODUCTION</u>	13
<u>I) MATERIEL ET METHODES</u>	15
1) Prélèvements	15
2) Analyse granulométrique	15
3) Présentation des résultats	15
4) Analyses biologiques	16
<u>II) ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE</u>	16
1) Les médianes	16
2) Evolution de la teneur en particules inférieures à 63 μ	20
3) Répartition des moyennes en 1978	23
4) Répartition de l'écart-type en 1978	26
5) Teneurs en calcaire des sédiments superficiels	26
6) Les grandes unités sédimentologiques	26
Résumé de l'étude sédimentologique	35
<u>III) ETUDE DES PEUPLEMENTS BENTHIQUES</u>	37
1) Etude de la répartition des peuplements benthiques	38
2) Modifications de la densité des organismes benthiques	42
3) Modifications de l'indice de diversité	45
4) Modifications des biomasses	48
5) Répartition d' <i>Abra alba</i> et <i>Pectinaria koreni</i>	55
6) Variations de la distribution des tailles des deux populations ...	59
7) Aspect quantitatif des deux populations - Tentative de prévision de l'évolution des biomasses	62
<u>IV) ETUDE DES POPULATIONS MICROPHYTOBENTHIQUES</u>	69
1) Chlorophylle a et phaeopytine a	69
2) Rapport de la chlorophylle a à la phaeopytine a	77
3) Le rapport $\frac{D430}{D660}$ ou indice de diversité pigmentaire	77
<u>CONCLUSIONS</u>	83
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	90
<u>ANNEXES</u>	92

TABLE DES ILLUSTRATIONS

<u>N° figure</u>		<u>Page</u>
1	Localisation des stations de prélèvements "benthos"	14
2	Répartition géographique des médianes - 1973	17
3	Répartition géographique des médianes - 1974	19
4	Répartition géographique des médianes - 1978	21
5	Répartition géographique du pourcentage des éléments inférieurs à 50 μ	22
6	Répartition géographique du pourcentage de pelites (1978)	24
7	Distribution de la moyenne granulométrique (unités ϕ)	25
8	Classement des sédiments superficiels	27
9	Répartition géographique du pourcentage de calcaire	28
10	Relations entre le pourcentage en CaCO ₃ et le pourcentage en pelites < 63 μ	29
11	Répartition des prélèvements dans le plan des trois premiers facteurs	31
12	Formations sédimentaires superficielles	32
13	Peuplements benthiques - 1975	40
14	Peuplements benthiques - 1978	41
15	Peuplements benthiques - 1978 - Densité	43
16	Densités - Comparaison entre 1975 et 1978	16
17	Peuplements benthiques 1978 - Indices de diversité	46
18	Indice de diversité - comparaison entre 1975 et 1978	47
19	Peuplements benthiques - 1975 - Biomasse endofaune	49
19 b	Peuplements benthiques - 1978 - Biomasse (poids sec) endofaune	50
20	Biomasse - Comparaison entre 1975 et 1978	54
21	Peuplements benthiques 1978 - <i>Abra alba</i>	56
22	Peuplements benthiques 1978 - <i>Pectinaria koreni</i>	56bis
23	Relations entre la dominance des pectinaires et la moyenne ...	57
24	Histogramme des fréquences de taille - <i>Abra alba</i> - 1978	61
25	Histogramme des fréquences de taille - <i>Pectinaria koreni</i> 1978	63
26	Biomasse en fonction de la moyenne granulométrique	67
27	Relations entre la moyenne granulométrique et la teneur en pelites < 63 μ	68
28	Microphytobenthos - Localisation des prélèvements	70
28 b	Distribution des teneurs en chlorophylle dans le sédiments ...	71

N° figurePage

29	Distribution des teneurs en phaeophytine dans les sédiments .	72
30	Moyenne granulométrique en fonction de la teneur en chlorophylle a dans le sédiment	74
31	Moyenne granulométrique en fonction de la teneur en phaeophytine dans le sédiment	75
32	Teneur en chlorophylle a en fonction de la teneur en phaeophytine a	76
33	Distribution du rapport de la chlorophylle a à la phaeophytine	78
34	Rapport chlorophylle a/phaeophytine en fonction de la moyenne granulométrique	79
35	Microphytobenthos - distribution de l'indice de diversité pigmentaire dans les sédiments	81

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



RAPPEL DES RESULTATS OBTENUS EN 1975

INTRODUCTION

La réalisation du terminal pétrolier d'Antifer permettant l'accueil des pétroliers géants (500 000 à 1 million de tonnes) a nécessité la construction d'une digue abri, conçue en digue à talus de 3,5 km de développement. (Fig. 1 et 2)

L'exécution de ces travaux et des infrastructures complémentaires a nécessité environ 11 millions de m³ de terrassements, 30 millions de m³ de dragages et 1,5 million de m³ de béton.

Les matériaux dragués sur le site d'Antifer sont des sables verts de l'Aptien dont le diamètre moyen varie entre 0,15 et 0,25 mm. Ces sables peuvent contenir une quantité variable d'éléments pélitiques inférieurs à 40 microns.

Le déversement des produits de dragage est effectué dans une zone située à une distance comprise entre 2,5 et 6 km au nord du port.

Compte tenu de l'ampleur de ces travaux, le Port Autonome du Havre a demandé au Centre National pour l'Exploitation des Océans d'effectuer une étude des incidences éventuelles de la construction du port sur les organismes qui peuplent cette zone.

Les études de terrain ont été menées par l'Unité Littoral du Centre Océanologique de Bretagne, entre le 20 septembre 1974 et le 4 juin 1975 à raison d'une série d'observations en moyenne tous les mois.

Une campagne de prélèvements du benthos (macrozoobenthos et microphytobenthos) a eu lieu en juillet 1975. Les résultats obtenus concernent :

- A - L'étude de la qualité des masses d'eau
- B - L'étude du milieu vivant
- C - L'impact de la construction sur les activités de pêche côtière.

Dans la présente note, nous nous limiterons à la description des principaux effets induits par la construction du port. Le détail des résultats étant exposé dans un rapport disponible au Centre Océanologique de Bretagne.

1. IMPACTS DE LA STRUCTURE

1.1. Effets négatifs

En premier lieu, ils se caractérisent par la *perte permanente* d'un secteur de côte, au profit d'une seule activité. Dans le cas du terminal d'Antifer, cette action se fait surtout sentir au niveau de la pêche artisanale. On peut estimer approximativement à 22,5 km² la surface occupée par le terminal. Une partie de cette surface constitue des zones favorables à certains types de pêche (semi-pélagique ou benthique - pêche à pied et petite pêche). Il en résulte donc une gêne certaine (difficilement quantifiable) pour ces activités.

Les mêmes remarques peuvent être appliquées aux zones de dragage situées à proximité du chenal de navigation du port du Havre.

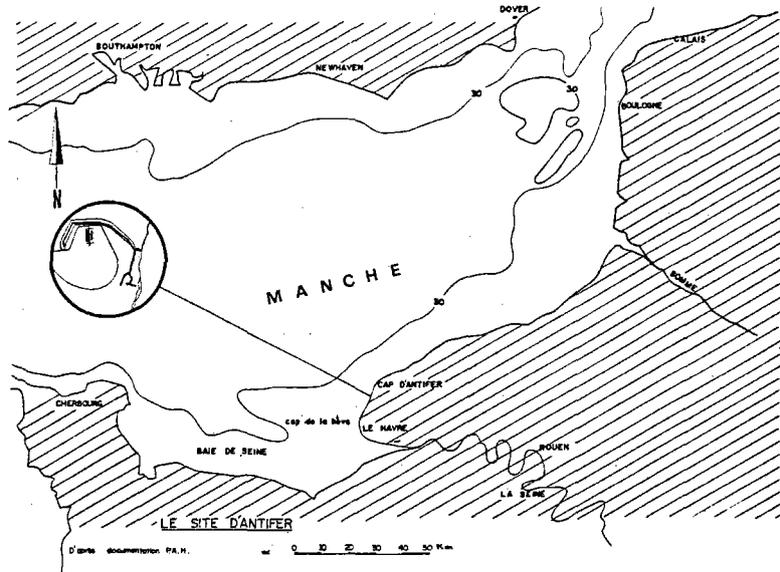
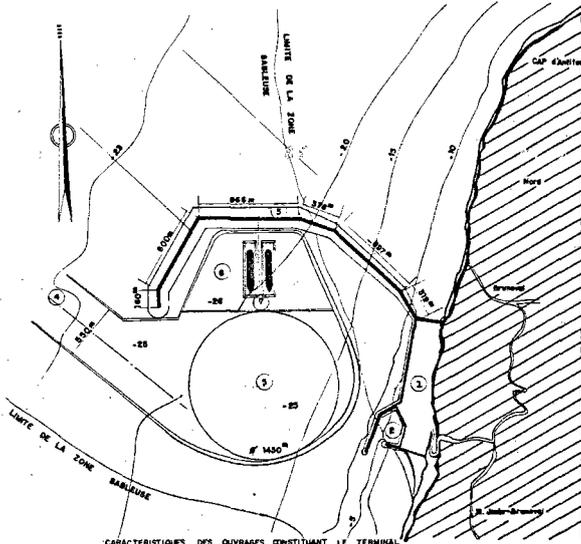


Fig. 1



CARACTERISTIQUES DES OUVRAGES CONSTITUANT LE TERMINAL
EXPLICATION P. 4
D'APRES DOCUMENTS P.A.N.
ECHELLE: 1/5000
crao-cob-unité littoral

Fig. 2

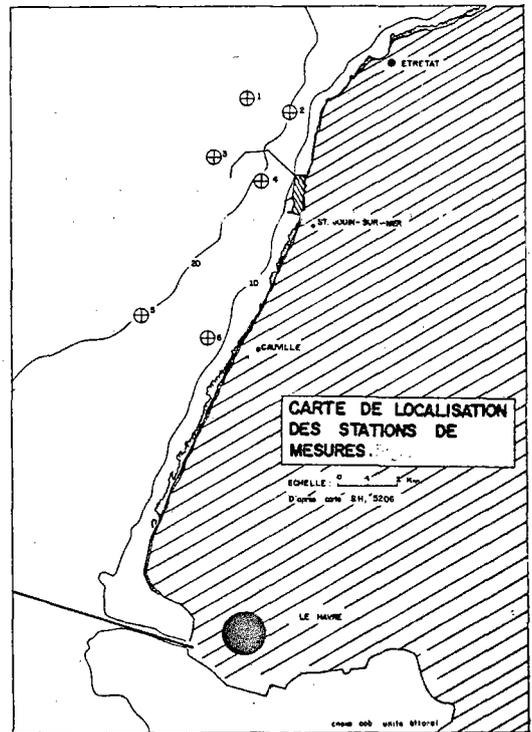


Fig. 3

1.2. Effets bénéfiques

Des effets bénéfiques peuvent être attendus du fait de la présence de la digue. Les structures immergées jouent un rôle positif vis-à-vis de certaines espèces marines, dans la mesure où elles procurent à ces espèces un substrat (nécessaire aux espèces fixées) ou un abri dans lequel les organismes pourront trouver refuge soit pour s'abriter d'un hydrodynamisme local trop violent, soit pour échapper à leurs prédateurs. Les prédateurs quant à eux seront aussi attirés par la présence potentielle de proies. (Bucharan 1972 - Stone 1972)

Dans le cas d'Antifer, on peut s'attendre à un effet de thigmotropisme très net dans la mesure où dans la région, les endroits abrités sont assez rares. Les milliers de blocs de béton constituant la digue attireront probablement de nombreuses espèces. Cependant, on peut se demander si les conditions d'exploitation du port (possibilité de fuites d'hydrocarbures, trafic important de bateaux de gros tonnage et des bateaux de servitude) ne seront pas un élément défavorable au maintien des populations de poissons dans les environs du port.

1.3. Effets sur les courants

A partir des mesures de courants effectuées par le LCHF (1973) et du modèle mathématique conçu lors de la construction du port, il est possible de déduire les conséquences de la présence de la digue sur les courants locaux.

La création de la digue du port d'Antifer a pour effet de ralentir le transit des masses d'eaux de surface situées près de la côte. Cela est confirmé par le tracé des trajectoires de particules d'eau de surface.

En l'absence de digue, le courant de flot l'emportant sur le courant de jusant aura tendance à faire transiter rapidement les masses d'eaux côtières du sud vers le nord. La présence de la digue a pour effet, d'une manière générale, de ralentir une partie des particules emportées par le flot et se dirigeant vers le nord. Les particules qui se trouvent près du rivage (bande d'environ 1 km) auront tendance à se trouver bloquées dans le port. Celles qui sont situées dans une bande entre 1 km et 2 km du rivage sortiront du port aussitôt, mais elles seront pour la plupart entraînées dans le vortex qui se trouve au nord de la digue. Au cours de leur périple dans ce tourbillon, elles prendront approximativement deux heures de retard sur celles qui n'ont pu s'échapper directement vers le nord. Ce délai permet alors aux courants de jusant de s'établir et de ramener alors les particules vers le sud.

2. QUALITE DE L'EAU

Des mesures des principaux paramètres de qualité des eaux ont été effectuées entre le 20 septembre 1974 et le 4 juin 1975 aux six stations représentées par la fig.3.

2.1. Température et salinité

Les fig.4 et 5 montrent les variations saisonnières de la température et de la salinité en surface et au fond. Il n'y a pas de différence significative de la température entre les différentes stations.

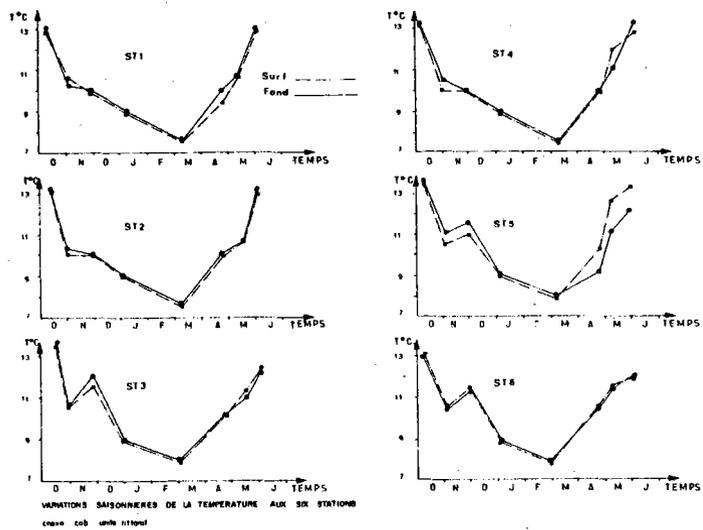


Fig. 4

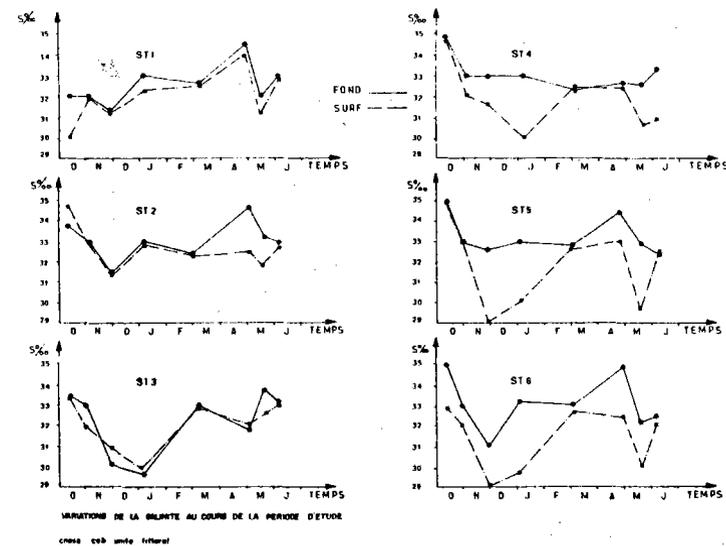


Fig. 5

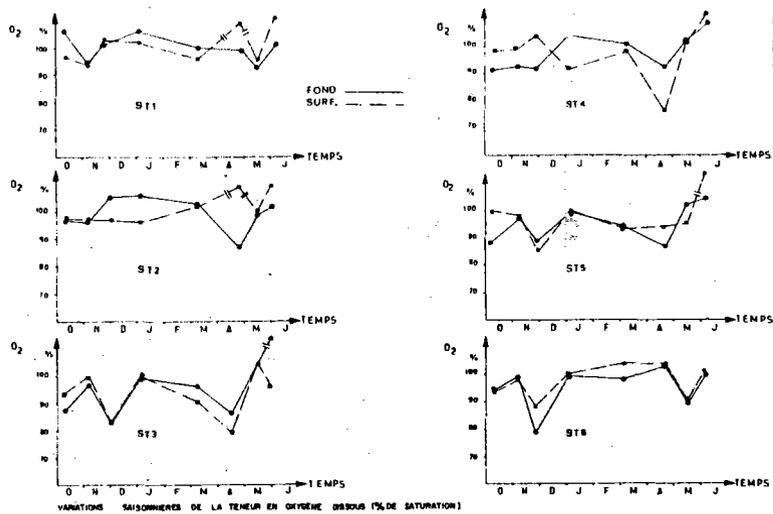


Fig. 6

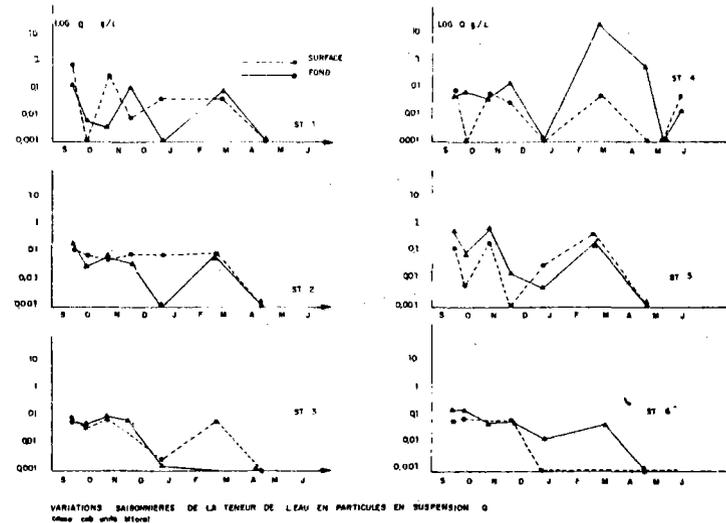


Fig. 7

Les mesures de salinité sont plus instructives puisqu'elles permettent, en liaison avec les valeurs de la densité des eaux, de mettre en évidence un phénomène de légère stratification des eaux. Cette stratification n'est pas très accentuée et elle n'est pas permanente. En particulier, les observations faites les 5.11.74, 12.3.75 et 30.4.75 ne mettent pas le phénomène en évidence. Il semble, d'après les résultats obtenus, que cette légère dessalure des eaux de surface soit mesurable lors des marées de faible coefficient (44-50) et surtout en période de crue de la Seine. Malgré son caractère labile, la mise en évidence de cette dessalure des eaux de surface permet d'avancer l'hypothèse (d'ailleurs confirmée depuis - MAUVAIS communication personnelle) selon laquelle les eaux de l'estuaire de la Seine remontent en surface vers le nord jusqu'à proximité du port d'Antifer. Le gradient de stratification devient nul pour les stations 1 - 2 et 3.

2.2. Oxygène dissous (fig. 6)

Les valeurs enregistrées des variations des teneurs en oxygène dissous montrent qu'elles sont proches ou supérieures à la saturation. Au moment du passage de la drague, la teneur en oxygène dissous baisse rapidement (70 à 75 % de saturation) mais ce phénomène est apparemment très localisé dans le temps et dans l'espace.

Les causes de la baisse en oxygène dissous sont encore inconnues, mais il semble que la plus grande partie de cette demande en oxygène soit d'origine chimique et non biochimique (SLOTTA 1974).

2.3. Matières en suspension

D'une façon générale, les résultats obtenus indiquent que la teneur de matériel en suspension dans l'eau n'est pas très élevée (0,040 g/l en moyenne). (fig. 7)

Au voisinage d'Antifer, les valeurs de la turbidité sont légèrement plus fortes (0,070 g/l) sans toutefois atteindre des concentrations catastrophiques. Cependant, au moment du passage de la drague, la remise en suspension de matériel fin est importante (20 g/l). Etant donné la violence des courants de marée dans cette zone, cet effet est temporaire et relativement localisé.

3. LE MILIEU VIVANT

3.1. Les organismes pélagiques

. Le phytoplancton

L'examen des comptages et de l'identification des organismes constituant le phytoplancton, ainsi que les mesures de biomasse chlorophyllienne ne permet pas de déceler d'effets néfastes ayant pour origine les travaux effectués à Antifer.

Il faut cependant noter que la biomasse phytoplanctonique est légèrement inférieure (6 µg/l) au voisinage d'Antifer, à celle enregistrée au niveau de Cauville (9 µg/l). Ce phénomène pourrait provenir de la proximité des eaux eutrophes de l'estuaire de la Seine. (fig. 8)

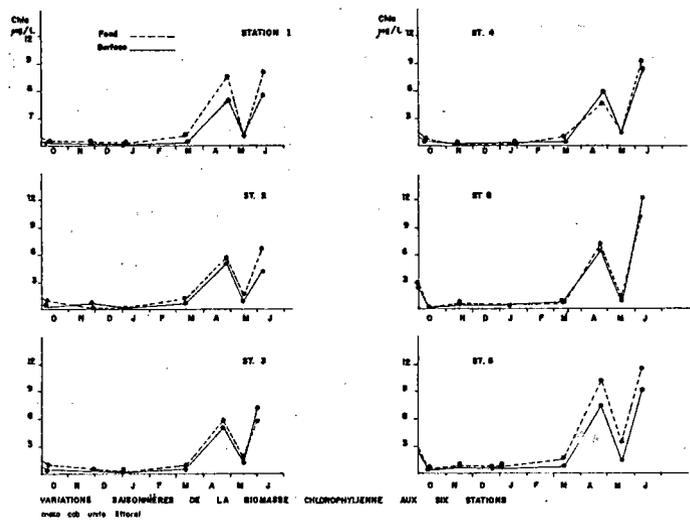


Fig. 8

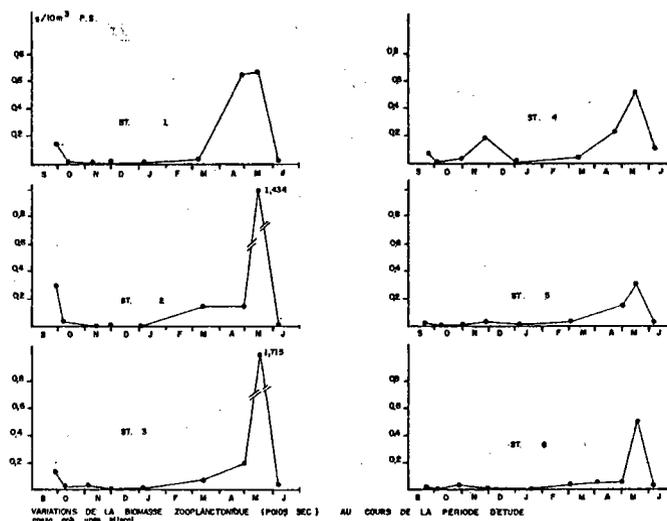


Fig. 9

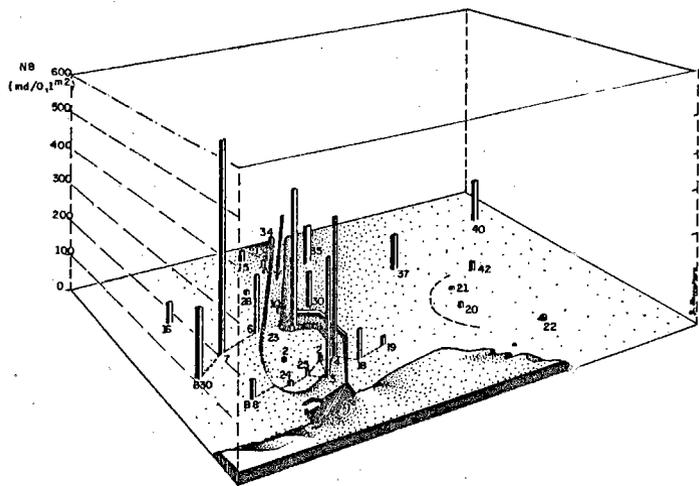


Fig. 10

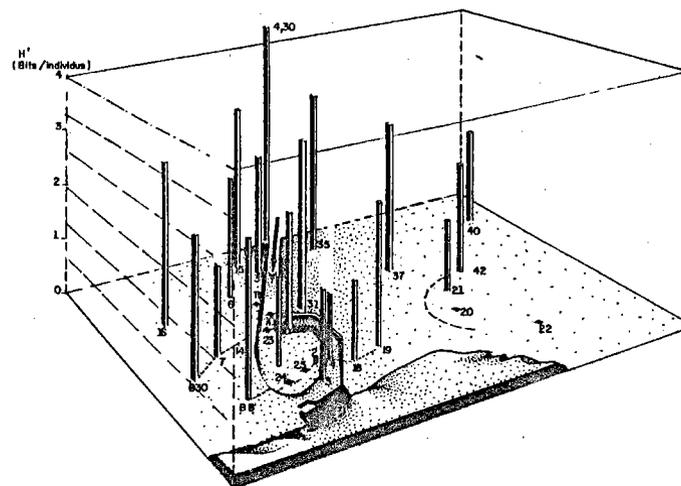


Fig. 11

. Le zooplancton (fig. 9)

Aucun effet néfaste n'a été noté au niveau de l'examen de la composition qualitative et quantitative du zooplancton. L'observation microscopique a confirmé le bon état général des individus et en particulier l'absence de parasites.

Les valeurs de la biomasse zooplanctonique poids sec (0,007 g/m² en janvier et 2,336 g/m² en mai) montrent que d'une façon générale, la zone située au voisinage d'Antifer est plus riche que celle située plus près de l'estuaire de la Seine. L'agrégation et la concentration des organismes zooplanctoniques, dues à l'existence de deux vortex seraient une explication à ce phénomène (Trivast 1975). Il est probable que cette accumulation d'espèces zooplanctoniques (copépodes surtout) tende à attirer certains poissons planctonophages tels que le maquereau. Ces phénomènes d'attraction des prédateurs pourraient éventuellement survenir au nord de la digue, zone actuellement non perturbée par les travaux de dragage.

3.2. Les organismes benthiques

C'est cette portion de l'écosystème qui subit les plus graves dommages dus aux opérations de construction, de dragage et de dépôts de dragage.

Pour la période d'échantillonnage (juillet 1975) les valeurs de la biomasse chlorophyllienne microphytobenthique sont sensiblement identiques à celles trouvées dans d'autres régions pour un substrat analogue (sables envasés) : 16,6 µg chl a/g à Antifer contre 15 µg chl a/g de sédiment à Concarneau (Boucher 1975).

Le microphytobenthos enregistré aux endroits perturbés par les dragages, des baisses de la biomasse chlorophyllienne comprises entre 38,44 % et 79,50 % par rapport aux zones non draguées.

Le benthos représenté ici par la macrofaune endogée présente lui aussi des signes d'altération des populations dans les zones draguées. (fig. 10)

Dans les zones draguées, une diminution des valeurs moyennes de la biomasse de la macrofaune benthique égale à 80 % a été enregistrée.

Les résultats obtenus indiquent une baisse du nombre d'individus par m² de l'ordre de 75 % dans le peuplement des sables envasés.

L'indice de diversité dans ce même peuplement passe de 2,68 (valeur moyenne) bits par individu dans les zones non draguées à 0,83 dans les zones soumises aux travaux de dragage. (fig. 11)

Selon les types de peuplements rencontrés, les valeurs moyennes de la biomasse sont égales à 40 g/m², 20 g/m² et 1 g/m² respectivement pour les peuplements des sables fins envasés, des graviers hétérogènes et des graviers et cailloutis.

4. LES PECHES MARITIMES (fig.12)

4.1. Introduction

Les travaux en rapport avec la construction du terminal sont disposés selon un axe nord-sud depuis le chenal du Hâvre où sont pratiqués des dragages de galets destinés à la construction, jusqu'au nord du cap d'Antifer où sont rejetés les matériaux dragués dans le port et le chenal d'Antifer.

Ces parages du cap d'Antifer et de la baie de Seine sont des lieux de pêche privilégiés. Les bateaux qui fréquentent ces zones ont leur port d'attache entre Dieppe et Port en Bessin. Les types de pêche sont diversifiés et varient selon les saisons : chaluts de fond, chalut pélagique ou semi-pélagique, casiers, filets dérivants ou fixes, dragues à coquille, etc... Au total ce sont : 288 navires de pêche côtière, 9 navires industriels, 47 petits bateaux, 118 pêcheurs à pied professionnels et 188 tramails amateurs qui pêchent à proximité de la zone des travaux et dont il faut apprécier s'ils sont gênés dans leur activité.

4.2. Types d'impact de la construction du terminal sur les pêches

La construction peut influencer sur les pêches de différentes manières :

- Occupation de zones de pêche : il y a une perte permanente de zones de pêche aux emplacements des digues et des terre-pleins. Ceci entraîne la disparition de certaines pêches ou le report sur d'autres zones.

- Les dragages : certains sont effectués le long du chenal du Hâvre, ils sont destinés à l'édification de la digue ; d'autres sont pratiqués au terminal même afin de creuser le port et son chenal d'accès. Ces dragages représentent une surface importante sur laquelle les fonds de pêche sont bouleversés.

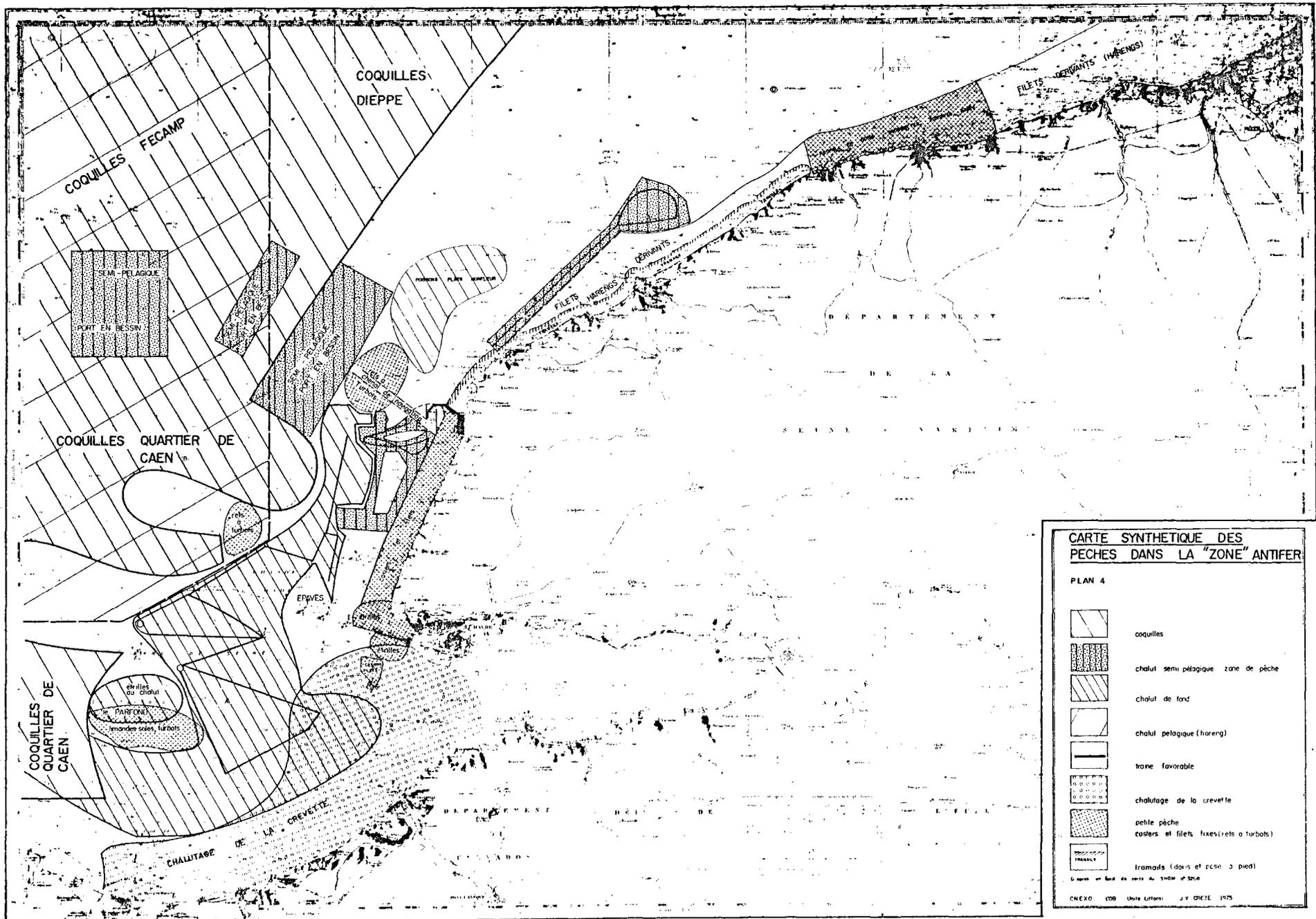
- Les rejets : les matériaux dragués dans le port et le chenal d'Antifer sont rejetés entre 2,5 et 6 km au nord de la digue. Ils représentent un volume de 30 millions de m³. L'augmentation de turbidité qui découle de ces rejets ne semble pas trop forte. Par contre, on constate à la côte des dépôts de sédiments qui affectent les coquillages.

- Modifications hydrologiques : la grande digue d'Antifer (3,5 km de longueur) a été construite en travers des courants dominants qui longent la côte. Il s'en suit un violent clapot qui s'établit de l'extrémité de la digue vers le large lorsque le vent vient contrarier le courant. Ce phénomène rend parfois le secteur infranchissable pour les petits navires.

- Les explosions : des tirs de mine ont lieu quotidiennement. Il est impossible d'infirmier ou de confirmer l'idée que ces violentes explosions puissent écarter certaines espèces marines.

4.3. Estimation de l'impact de la construction du terminal sur les activités de pêche

De la surexploitation aux modifications naturelles ou artificielles du milieu, les causes des fluctuations constatées dans les apports des produits de la pêche sont en général difficiles à interpréter. Il faut donc se contenter



CARTE SYNTHETIQUE DES PECHES DANS LA "ZONE" ANTIFER

PLAN 4

-  coquilles
-  chalut semi pelagique zone de pêche
-  chalut de fond
-  chalut pelagique (hareng)
-  zone favorable
-  chalutage de la crevette
-  petite pêche costers et filets fixes (rets à turbots)
-  tramails (dous et pesse à pied)

Crépus et Gaud de 1955 au SHOM et SPC
 CNEXO (DR Outre Mer) 27 013E 1975

Fig.12

de décrire des évolutions qui sont susceptibles d'avoir une liaison plus ou moins grande avec les opérations de construction du terminal.

- Chalutage de fond : on observe une certaine baisse des prises surtout dans la zone proche du Havre, mais une part de cette baisse peut être attribuée à la pollution de la Seine. 99 bateaux représentant 7 500 tonnes de poisson par an sont évidemment gênés par les dragages et les rejets, mais il est impossible de chiffrer la perte.

- Chalutage semi-pélagique : près du tiers des prises (surtout maquereaux) étaient faites à l'emplacement même du terminal. Ceci est inquiétant pour un type de pêche déjà peu rentable. 49 navires représentant 2 200 tonnes de poisson sont ainsi atteints. On peut évaluer la perte à environ 1/3 de ce tonnage pêché.

- Chalutage pélagique : on constate une diminution des prises de hareng, mais cette baisse est générale dans la Manche et il n'est pas possible de savoir si la construction du terminal accentue ce phénomène. Il reste le problème des frayères dont il faudrait connaître les positions et les caractéristiques exactes pour détecter un impact éventuel du terminal.

- Coquilles St Jacques : dans l'ensemble les apports ont augmenté en même temps que le nombre de bateaux engagés. On ne décèle aucune anomalie en rapport avec le terminal.

- Doris et petits bateaux (casiers, filets fixes, lignes) : des baisses d'apport très fortes sont constatées. Ces baisses se retrouvent tout le long du littoral normand sur ce type de pêche. Cependant, pour certaines espèces la construction du terminal est évidemment en cause. Ainsi en est-il des étrilles pêchées de part et d'autre du chenal du Havre où sont dragués les matériaux destinés à la digue d'Antifer. On peut estimer que les 30 petits bateaux du Havre qui pêchent environ 100 tonnes de crustacés ont subi une perte de 1/4 ou 1/3 de leur pêche du fait des dragages.

Les mêmes phénomènes peuvent être constatés pour la pêche à pied. La pêche aux moules, en particulier, a été atteinte, mais il est impossible de chiffrer les pertes. Quant aux poseurs de tramails amateurs, 34 sont affectés par la construction et les rejets sur les 188 qui utilisent le littoral proche.

4.4. Conclusion

Il est très difficile d'évaluer précisément l'impact de la construction sur la pêche. On peut tout de même tenter une estimation basée uniquement sur les tonnages débarqués :

	<u>impact estimé</u>	
Pêche au chalut benthique	+	+
Pêche au chalut semi-pélagique	+	+
Pêche au chalut pélagique		?
Doris et petits bateaux		+
Pêche à la coquille		0

CONCLUSION

L'étude des incidences écologiques de la construction du port d'Antifer met en évidence un effet notable au niveau des populations benthiques vivant dans les zones soumises aux opérations de dragages. En comparant les zones draguées à celles qui ne le sont pas, on observe une sévère réduction du nombre des individus présents dans les prélèvements, associée à une baisse des valeurs de la biomasse et de l'indice de diversité.

Aucun effet néfaste n'a pu être observé sur les peuplements pélagiques (phytoplancton et zooplancton), mais la construction de la digue provoque une modification du déplacement des masses d'eaux côtières qui se traduit par un ralentissement de la vitesse de transit de ces masses d'eaux. Ce phénomène peut avoir un effet indirect sur les organismes marins en modifiant la répartition spatiale du zooplancton et en entraînant des variations dans la concentration de substances telles que des particules nutritives ou certains éléments chimiques.

Les travaux de construction peuvent occasionner sur les pêches maritimes des effets permanents (occupation de zone de pêche) ou momentanés (rejets, dragages, explosions). Ces effets ne peuvent pas être évalués avec précision. Cependant, en fonction de l'importance régionale de chaque type de pêche, on peut estimer que les chalutages benthiques et semi-pélagiques sont les plus atteints et que la toute petite pêche a elle aussi subi quelques dégâts.

Notons toutefois, que la construction des enrochements immergés aura sans doute des effets bénéfiques sur la pêche aux casiers et aux filets fixes. Par ailleurs, ni la coquille St Jacques, ni la pêche au hareng (si on exclut le problème des frayères) ne semblent avoir été touchées. L'impact du terminal sur les pêches peut paraître limité, mais il vient s'ajouter dans cette zone à d'autres causes de dégradation (pollution de la Seine, surexploitation).

BIBLIOGRAPHIE

- LABORATOIRE CENTRAL D'HYDRAULIQUE DE FRANCE, 1973 (a) - étude du littoral entre Le Havre et Antifer, 1ère partie hydrologie et océanographie ; 2ème partie sédimentologie et géomorphologie.
- LAFON (M.), DURCHON (M.), SAUDRAY (Y.), 1955 - recherches sur les cycles saisonniers du plancton. Ann. Inst. Océanogr. tome XXX, pp. 125 - 230.
- PARSONS (T.), TAKAHASHI (M.), 1973 - biological processes. Pergamon Press Edit. 186 p.
- PERKINS (E.J.), 1974 - the biology of estuaries and coastal waters. Academic Press, 678 p.
- SLOTTA (L.S.), SOLLITT (C.K.), BELLA (D.A.), HAN COCK (D.R.), Mc CAULEY (J.E.), PARR (R.), 1973 - effects of hopper dredging and in channel spoiling in Coos bay (Oregon). Final Report, 133 p.

- SLOTTA (L.S.), WILLIAMSON (K.J.), 1974 - estuarine impacts related to dredge spoiling in proceedings of the 6th dredging seminar. Report n° C. D. S. 176, pp. 20-37.
- SYKES (J.E.), HALL (J.R.), 1970 - comparative distribution of mollusks in dredged and undredged portions of an estuary with a systematic list of species. Fish Bull. Vol. 68, pp. 299-305.
- TAYLOR (J.L.), SALOMAN (C.H.), 1968 - some effects of hydraulic dredging and coastal developpement in Boca Ciega bay (Florida), Fish Bull. Vol 67 (2), pp. 213-241.
- TRINAST (E.M.), 1975 - tidal currents and Acartia distribution in Newport Bay (California), Estuaire and coastal Mar. Sc. (3), pp. 165-176.

EVOLUTION DES PEUPEMENTS BENTHIQUES EN 1978

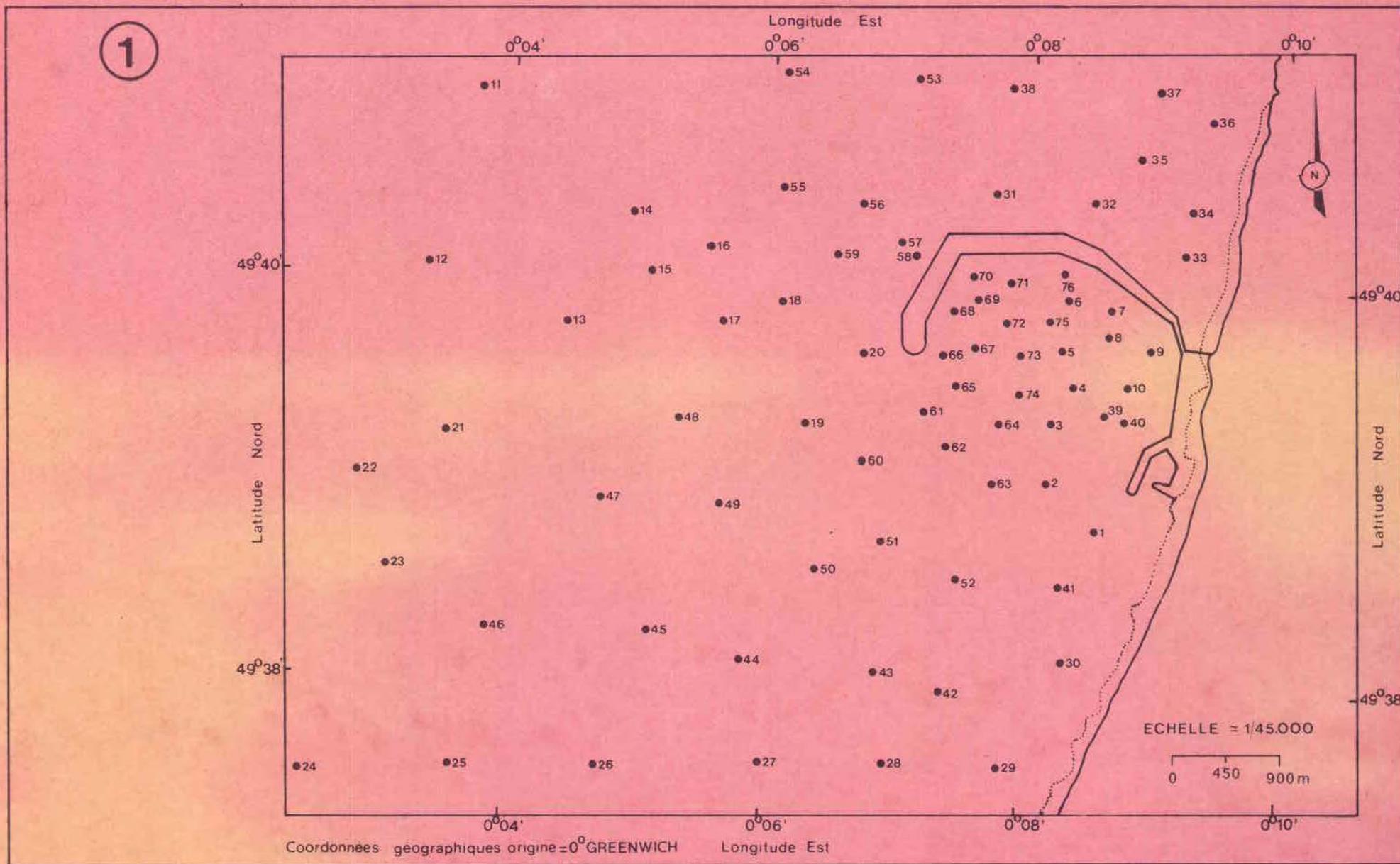


INTRODUCTION

Cette étude fait suite à celle réalisée en 1975 (MONBET - CREZE, 1975), qui était destinée à mettre en évidence les incidences sur les peuplements marins et les effets sur la pêche maritime résultant de la construction du terminal pétrolier d'Antifer. En 1978, le Port Autonome du Havre a demandé au Centre Océanologique de Bretagne d'effectuer une campagne de prélèvements ayant pour objet de déterminer l'évolution des peuplements benthiques au voisinage d'Antifer, pour savoir si la recolonisation des substrats, altérés par des dragages intensifs, s'était déroulée normalement. En juillet 1978, une série de 80 prélèvements (fig. 1) a été effectuée. Le présent rapport a pour objet d'en présenter les principaux résultats.

Une synthèse récente, de CHASSE et GLEMAREC (1976), a permis de mettre en évidence des lois assez générales, qui relient la granulométrie des sédiments à la composition qualitative et quantitative des peuplements benthiques de substrats meubles de la façade atlantique française.

C'est donc dans le but de retrouver une relation analogue, et de pouvoir en déduire des hypothèses quant à l'évolution prévisible des peuplements, qu'une campagne de prélèvements d'échantillons de sédiments a été effectuée, en même temps que se réalisaient les prélèvements nécessaires à l'étude des peuplements faunistiques. Compte tenu des résultats particulièrement intéressants, qui laissaient apparaître une tendance à un envasement important de la zone étudiée, une analyse plus détaillée des caractéristiques sédimentologiques au voisinage d'Antifer, et un essai d'évolution historique des conditions de sédimentation dans cette zone ont été effectués. Une liaison entre les paramètres granulométriques et les peuplements benthiques a permis de définir les tendances de l'évolution des peuplements dans les années à venir.



I) MATERIEL ET METHODES

1) Prélèvements

Les échantillons ont été prélevés à la benne preneuse (type SMITH-Mc INTYRE). Cet engin de prélèvement qui fonctionne bien dans les sédiments fins (sables et vases) ne donne pas entière satisfaction lorsque la granulométrie devient trop grossière. En effet, les cailloux coincent les machoires de la benne et celle-ci remonte vide à bord. C'est pour cette raison que toute la partie Nord de la zone a été qualifiée de zone caillouteuse, sans que l'on puisse en définir ni les caractéristiques granulométriques ni les limites géographiques exactes.

2) Analyse granulométrique

Elles ont été effectuées au laboratoire de géographie de la faculté des lettres, par tamisage mécanique à l'aide d'une colonne de tamis de raison $10^{1/10}$. Les poids recueillis sur chaque tamis ont été déterminés par pesée au centigramme près.

Les teneurs en calcaire ont été déterminées en pourcentage pondéral du sédiment total par la méthode de BERNARD.

3) Présentation des résultats

Les résultats des pesées, exprimés en pourcentage de fréquence pondérale, ont été traités par ordinateur à la faculté des sciences de Bordeaux. Le programme utilisé permet de calculer les différents indices granulométriques (médiane, écart type, moyenne, asymétrie, acuité, classement, etc.) et de tracer automatiquement la courbe des fréquences cumulées.

En outre, la répartition spatiale des différents faciès lithologiques a été déterminée par analyse factorielle en mode Q des différents échantillons. Cette méthode permet de comparer et de rassembler les différents échantillons qui présentent des ressemblances dans leurs variables caractéristiques. Ces méthodes d'analyses, qui sont maintenant couramment utilisées, offrent l'avantage de regrouper objectivement, sans à priori et rapidement, un nombre important d'échantillons (CASTAING, 1973).

4) Analyses biologiques

Le tri, le comptage et la détermination des organismes prélevés ont été effectués par le Laboratoire d'Océanographie Biologique de la Faculté des Sciences de Brest. L'évaluation des biomasses a également été déterminée par ce même laboratoire.

II) ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

1) Les médianes

L'analyse de l'évolution des médianes depuis 1973 a pu être effectuée grâce aux documents élaborés par le Laboratoire Central d'Hydraulique de France (1973), aux résultats que nous avons obtenus en 1975 (MONBET, Y. et J.Y. CREZE, 1975), et aux données recueillies lors de la campagne de 1978.

Il convient de rappeler que ces trois types de données correspondent respectivement à des situations différentes :

- avant la construction du port,
- pendant la construction du port,
- après la construction du port.

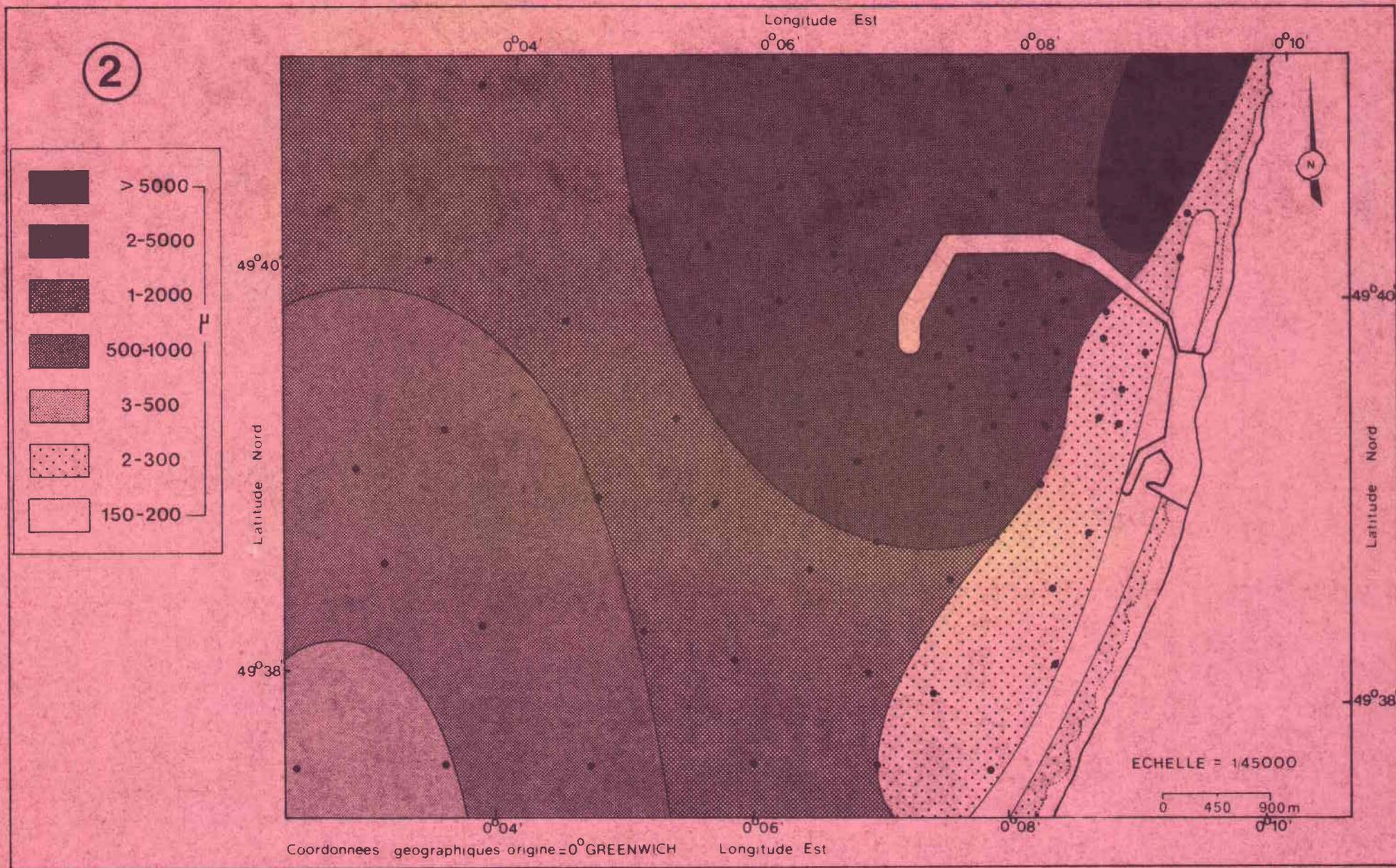
a) Médiane des sédiments en 1973 (L.C.H.F., 1973)

Avant l'implantation de la digue d'Antifer, la répartition des sédiments correspondait, dans l'ensemble, à la courantologie locale. Aux courants assez forts mesurés au large d'Etretat correspondent des fonds caillouteux, puis, peu à peu, la diminution des vitesses vers le Sud se traduit par un affinement progressif des dépôts.

La figure 2 présente la répartition des médianes telle qu'elle est définie par AUFFRET et LARSONNEUR (1973).

La partie Nord est constituée par des sédiments caillouteux de 2 à 5 mm de médiane. Les dépôts s'affinent à la fois vers le large et le Sud de la zone, pour atteindre une médiane de l'ordre de 1 mm à 0.300 mm. A la côte on constate la présence d'un dépôt sableux (médiane = 0.2-0.3 mm) qui est localement contaminé par un dépôt plus fin (médiane = 0.15-0.20 mm), sensiblement parallèle à la côte.

d'après AUFFRET et LARSONNEUR 1973 in L.C.H.F



b) Les médianes en 1975 (MONBET, Y. et J.Y. CREZE, 1975)

En juillet 1975, la campagne de prélèvements d'échantillons benthiques a permis de recueillir une série d'échantillons de sédiments qui ont été analysés pour en déterminer la granulométrie. A cette époque, la construction de la digue d'Antifer était quasiment achevée. Les caractéristiques sédimentaires de la zone étudiée sont assez semblables à celles décrites en 1973. La position des sédiments grossiers (graviers et cailloutis) reste sensiblement la même et se traduit effectivement par un double gradient d'affinement du Nord au Sud et du large vers la côte (figure 3).

Pour ce qui concerne la zone qui se trouve directement sous l'influence de la digue, on retrouve une bande de sables fins (médiane = 0.170-0.180 mm) ainsi qu'une bande de sédiments plus fins (médiane = 0.150 mm) parallèle au rivage.

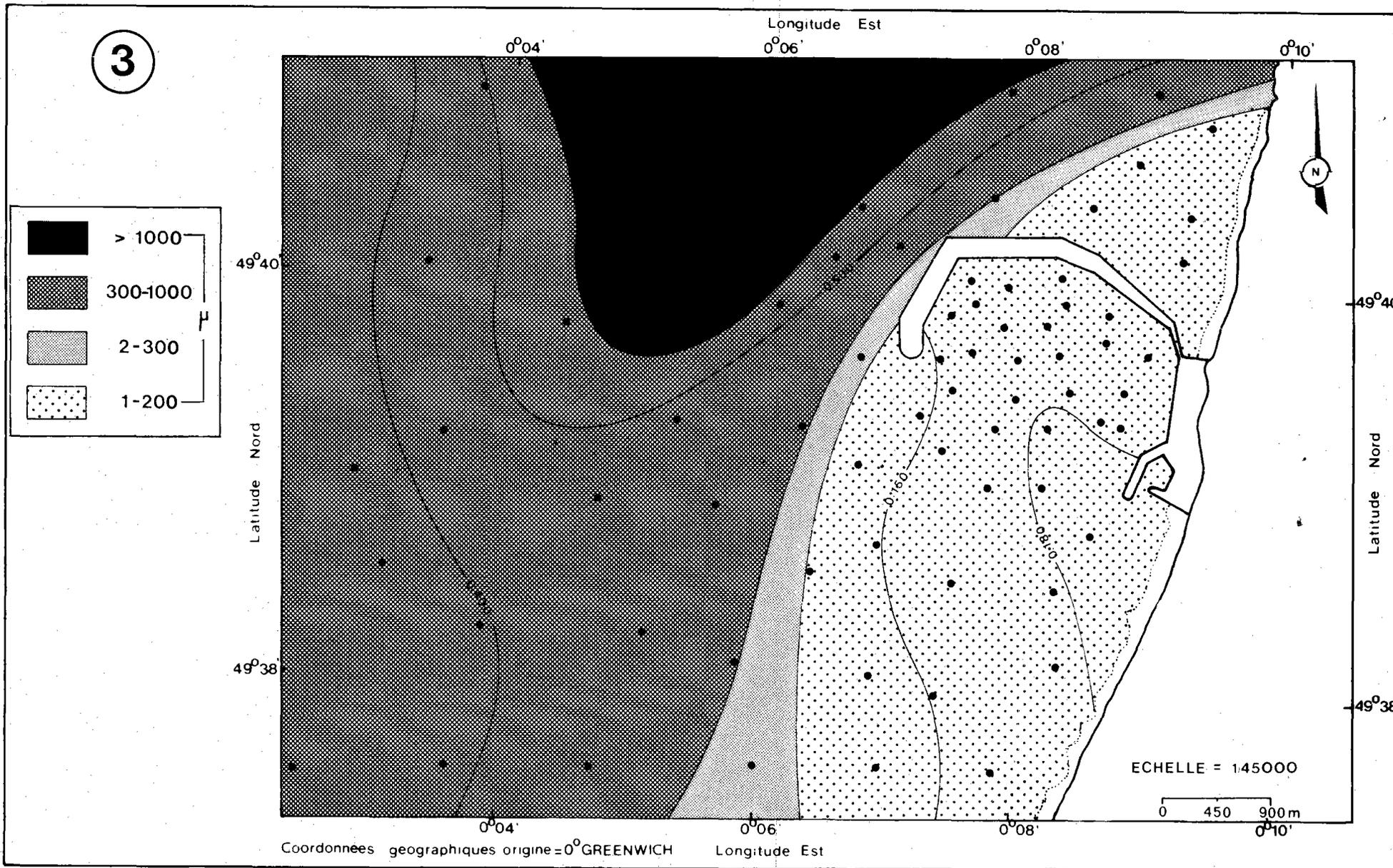
Si l'on compare les deux situations (1974 et 1975), il semble que la bande de sables fins dont la valeur de la médiane est inférieure à 0.200 mm s'est étendue vers le large, puisque l'isomédiane 0.200 mm atteint la longitude de l'extrémité Ouest de la digue.

Il apparaît donc que dans la zone d'influence de la digue il se produit un changement progressif de la granulométrie des fonds. Cette modification semble résulter d'un affinement du grain médian des sédiments.

Au large de cette zone, bien que les résultats obtenus en 1975 décrivent des valeurs du grain médian inférieures à celles données par AUFFRET et LARSONNEUR, il ne semble pas que des changements importants y aient eu lieu.

c) Les médianes en 1978

En juillet 1978, 57 échantillons ont pu être analysés pour en déterminer leurs caractéristiques granulométriques. Les 23 échantillons restant étant constitués en grande partie par des cailloux n'ont pas été analysés.



La figure 4 représente la répartition des médianes 3 ans après l'achèvement de la construction de la digue. On observe des changements très importants de la texture sédimentaire notamment dans la zone située sous l'influence de la digue.

Dans cette zone, la majorité des fonds est constituée par des vases ou des vases sableuses dont la médiane est inférieure à 0.063 mm. La bande de sables fins accolée à la côte est toujours présente au Sud et au Nord de la digue. L'isomédiane 0.200 mm s'est encore déplacée davantage vers le large par rapport à la position qu'elle occupait en 1975.

En contrepartie, les zones de dépôts graveleux et caillouteux conservent une étendue et une qualité à peu près constantes par rapport aux situations observées en 1974 et 1975.

C'est donc la zone qui se trouve sous l'influence directe de la digue qui manifeste les modifications sédimentaires les plus importantes. Ces changements granulométriques se traduisent par un dépôt important de particules fines qui entraîne une diminution importante de la médiane.

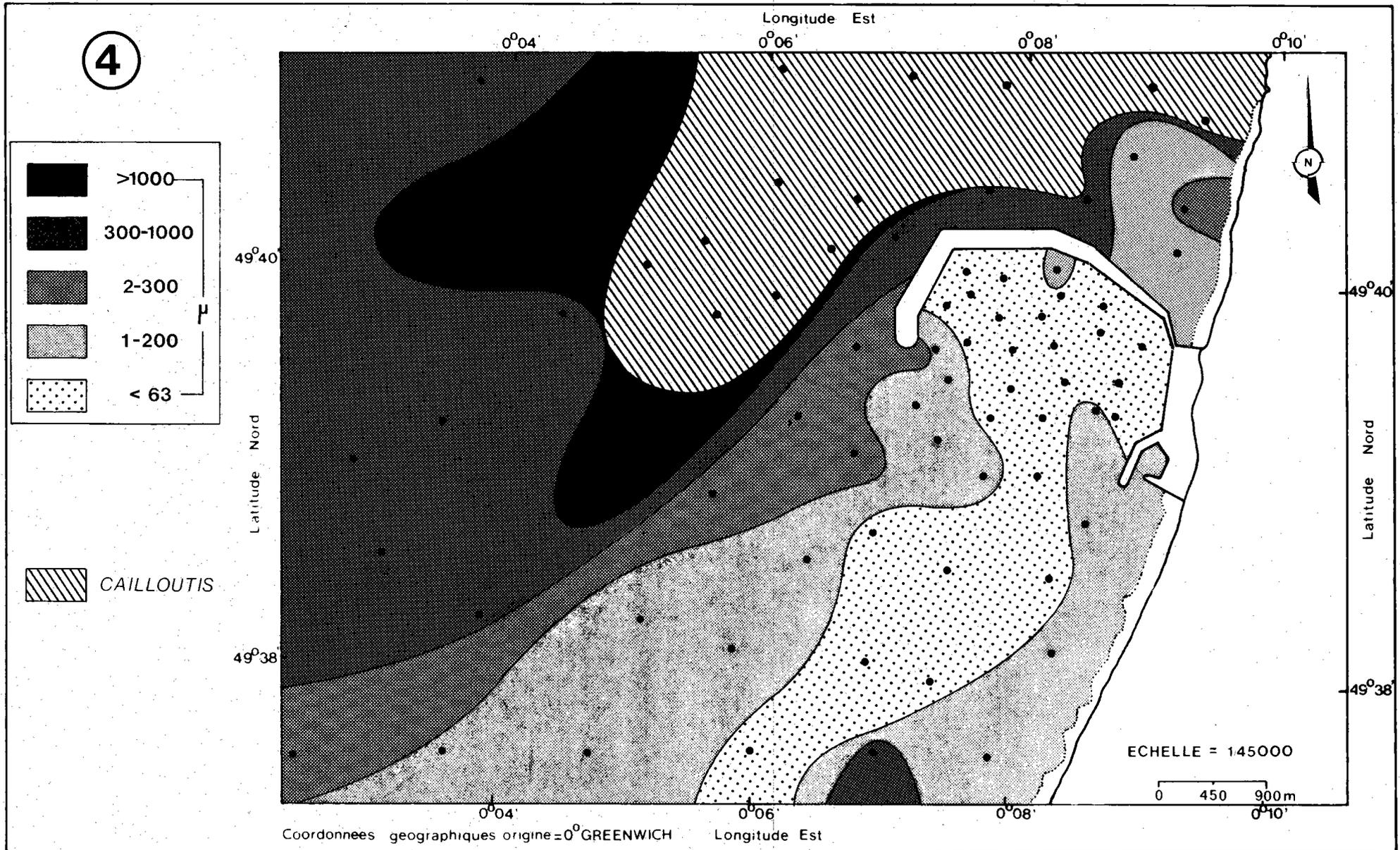
2) Evolution de la teneur en particules fines inférieures à 63 μ

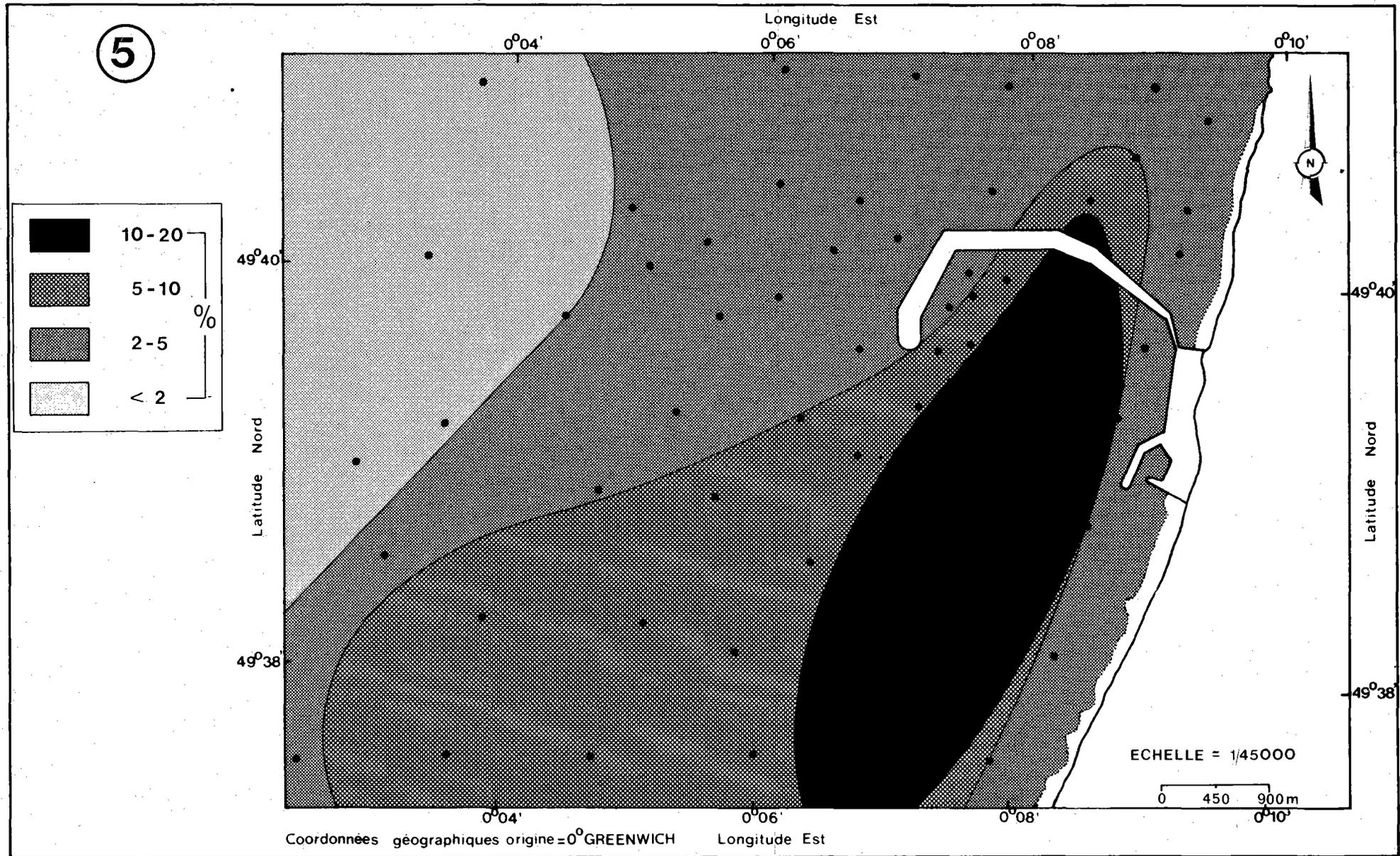
La répartition des éléments dont la taille est inférieure à 0.063 mm nous renseigne sur la proportion existant entre les éléments fins (lutites ou pelites)* qui ont un comportement géochimique particulier (adsorption et désorption) vis à vis des différents composés chimiques présents dans l'eau de mer, et les éléments plus grossiers du sédiment. Ces éléments fins sont de plus facilement remis en suspension au cours des opérations de dragages et peuvent alors se déplacer ou bien resédimer dans le port. Si ces particules fines sont contaminées par des produits toxiques (métaux lourds, pesticides, etc.) une pollution de l'eau peut intervenir au cours de la remise en suspension. Il est donc très important de connaître la distribution de ces éléments ainsi que leur origine.

a) Répartition des pelites en 1973

Le rapport du L.C.H.F. (1973) présente une carte de répartition des éléments inférieurs à 50 μ établie par AUFFRET et LARSONNEUR (figure 5). On observe sur la figure 5 qu'une tache de 10 à 20 % de pelites est présente au droit de St-Jouin. Il existe ensuite un gradient décroissant vers le large de la teneur du sédiment en éléments fins et les fonds supérieurs à 25 m ne présentent plus que des teneurs voisines de 2 à 5 %.

* les termes lutites ou pelites seront utilisés indifféremment au cours de ce rapport.





b) Répartition des pelites en 1978

Trois ans après l'achèvement de la digue on constate un accroissement important de la teneur en pelites dans la région située au Sud de la digue (figure 6). Les valeurs varient entre 97 % et 20 % du poids du sédiment total, et les teneurs les plus élevées se localisent à l'intérieur du port. Les teneurs sont généralement supérieures à 50 %. L'envasement maximum se produit dans la partie Nord-Ouest du port où les teneurs en pelites sont supérieures à 90 %.

Comme l'indiquent les flèches, qui matérialisent le gradient croissant de la teneur en particules fines, il semble que les zones préférentielles de sédimentation à l'intérieur du port se répartissent de part et d'autre d'un axe Nord-Sud passant approximativement par le milieu du port.

Une deuxième zone de sédimentation active se situe plus au Sud (stations 43, 52 et 41) et la teneur en pelites dans cette région dépasse 50 %. L'effet de la construction de la digue se traduit donc par un envasement progressif de la zone située au Sud de la digue. La surface totale intéressée par cette sédimentation de particules fines atteint environ 18 km² si l'on prend en compte la surface où le pourcentage de pelites est supérieur à 20 %. La zone où la teneur en pelites dépasse 90 % couvre une surface d'environ 1.5 km².

3) Répartition des moyennes en 1978

Les moyennes granulométriques sont exprimées en unités phi. Rappelons que la conversion des unités phi en mm se fait de la façon suivante :

$$\text{mm} = 2^{-\phi}$$

plus le grain est fin plus le phi correspondant est élevé :

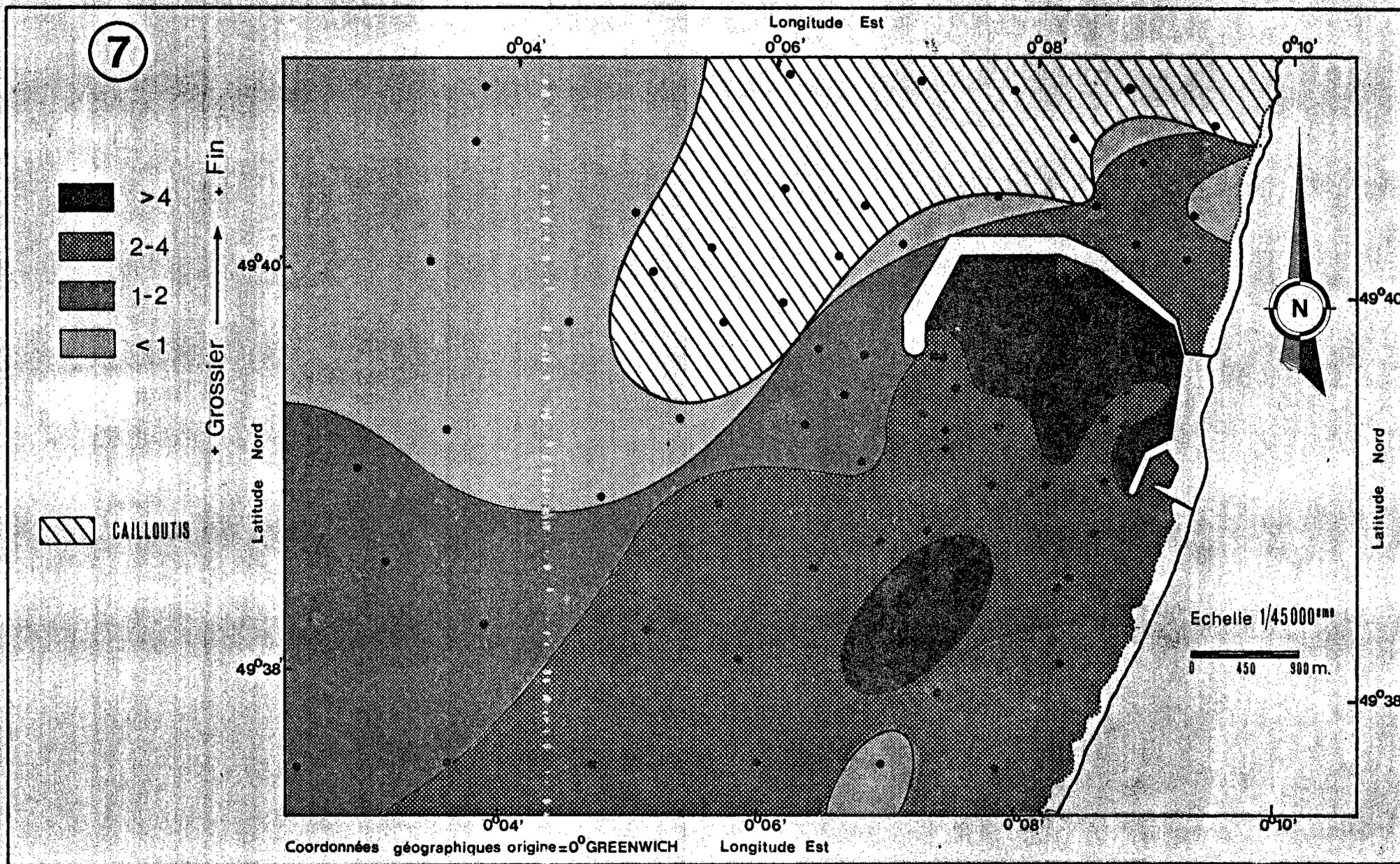
$$15\mu = 6 \phi$$

lorsque le grain est grossier, les phi sont négatifs :

$$\begin{aligned} 1 \text{ mm} &= 0 \phi \\ 2 \text{ mm} &= -1 \phi \end{aligned}$$

A l'intérieur du port, les moyennes sont toutes inférieures à 4 phi = 0.063 mm, sauf pour les stations 10 et 35 où elles atteignent respectivement les valeurs de 3.29 phi et 3.42 phi (0.102 et 0.093 mm) (figure 7).

Au Sud du port la moyenne est voisine de 2.50 phi à 3.00 phi (0.176 et 0.125 mm). Une tache d'éléments plus fins se distingue aux stations 43 et 52 où la moyenne est supérieure à 4 phi.



4) Répartition de l'écart-type en 1978 (figure 8)

L'écart-type qui représente la mesure statistique de dispersion autour de la moyenne d'une courbe de Gauss est un excellent indice du classement granulométrique (FREIDMAN, 1962).

Les sédiments de la zone étudiée ont un écart-type qui varie de $\sigma = 0.263$ (très bien classés) à $\sigma = 2.33$ très mal classés.

Dans l'ensemble on constate une prédominance des sédiments mal classés, avec une amélioration assez nette du classement à l'intérieur du port. La station la plus envasée (97 % de pelites), n° 70, est aussi celle qui présente le classement le meilleur (< 0.30).

Les autres stations, situées à l'intérieur du port, ont un classement qui varie de $0.5 < \sigma < 0.8$ (modérément classé) à $0.8 < \sigma < 1.1$ (mal classé).

5) Teneurs en calcaire des sédiments superficiels

La fraction calcaire des sédiments superficiels varie de moins de 10 % dans les sables fins situés près de la côte à plus de 40 % dans les vases du port (figure 9).

Il existe une relation linéaire entre le pourcentage en lutites des échantillons et sa teneur en CaCO_3 , sauf pour un certain nombre de stations (figure 10) où la teneur en calcaire est proportionnellement plus élevée eu égard à la quantité de lutites contenues dans l'échantillon. Ces stations sont généralement situées à l'Ouest du méridien $0^\circ 06'$ Est, sauf en ce qui concerne les stations 1, 34, 58 et 19 où la fraction de débris de coquilles est assez importante.

L'équation de la teneur en CaCO_3 en fonction du pourcentage en pelites est de la forme :

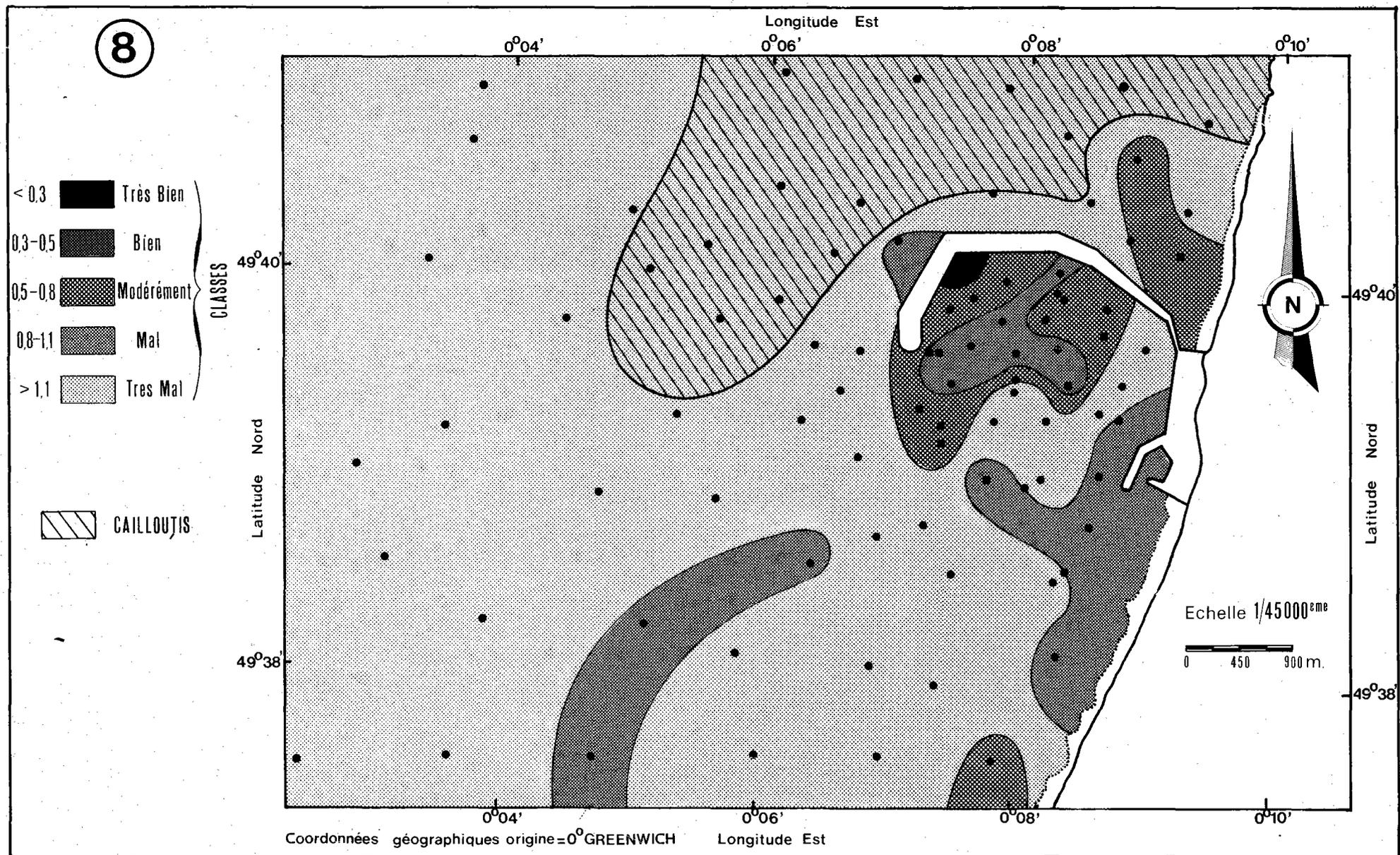
$$\% \text{CaCO}_3 = 5.02 + 0.41 \% \text{ pelites} \quad r = 0.96$$

Cette équation n'est pas valable pour les sédiments dont la médiane est supérieure à 2 unités ϕ (0.250 mm).

6) Les grandes unités sédimentologiques

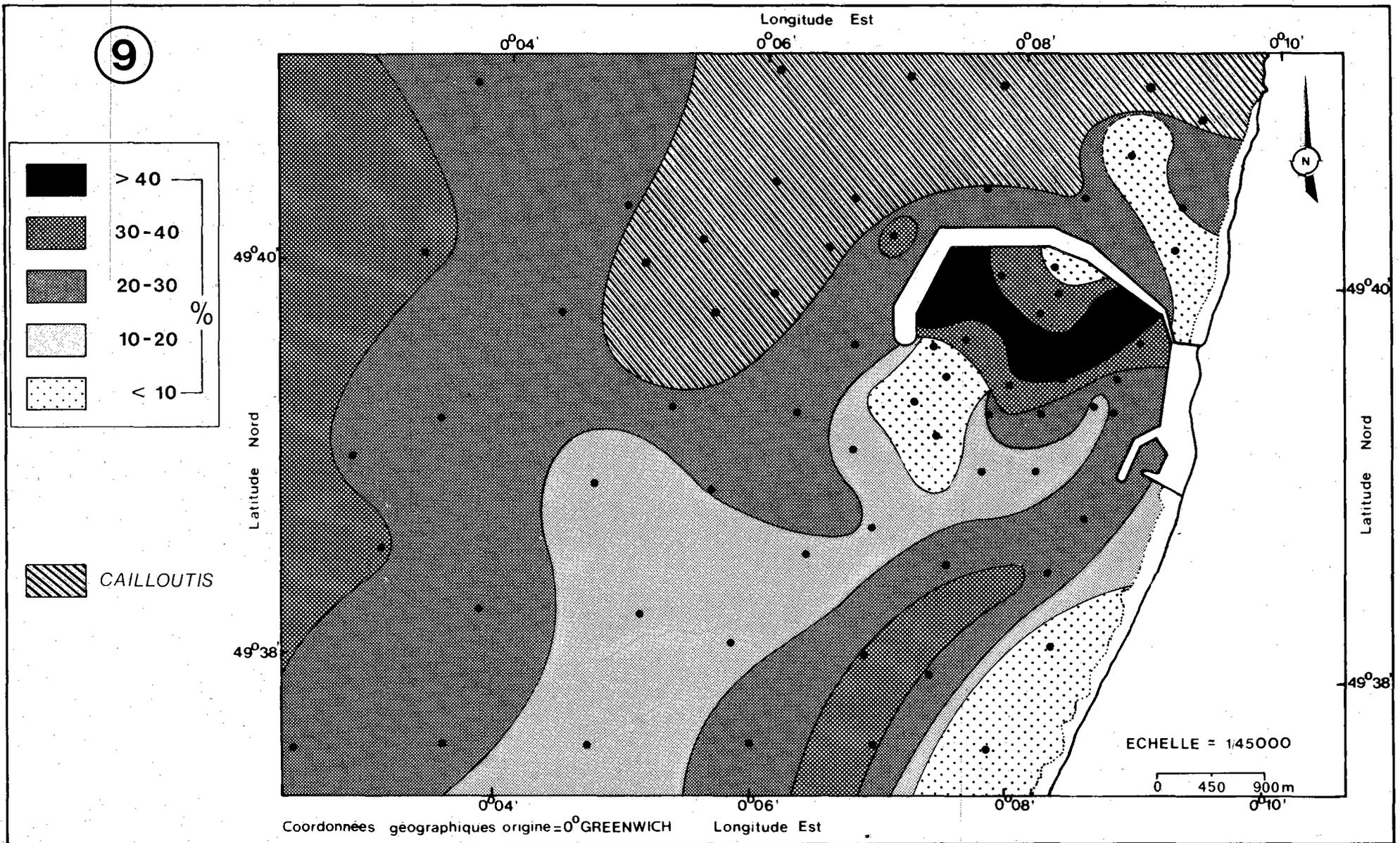
Le regroupement des stations par la technique de l'analyse factorielle en composantes principales permet de mettre en évidence 5 faciès lithologiques.

Le pourcentage de variance extrait par les 6 facteurs explicatifs totalise 99.11 %.



ANTIFER II 1978

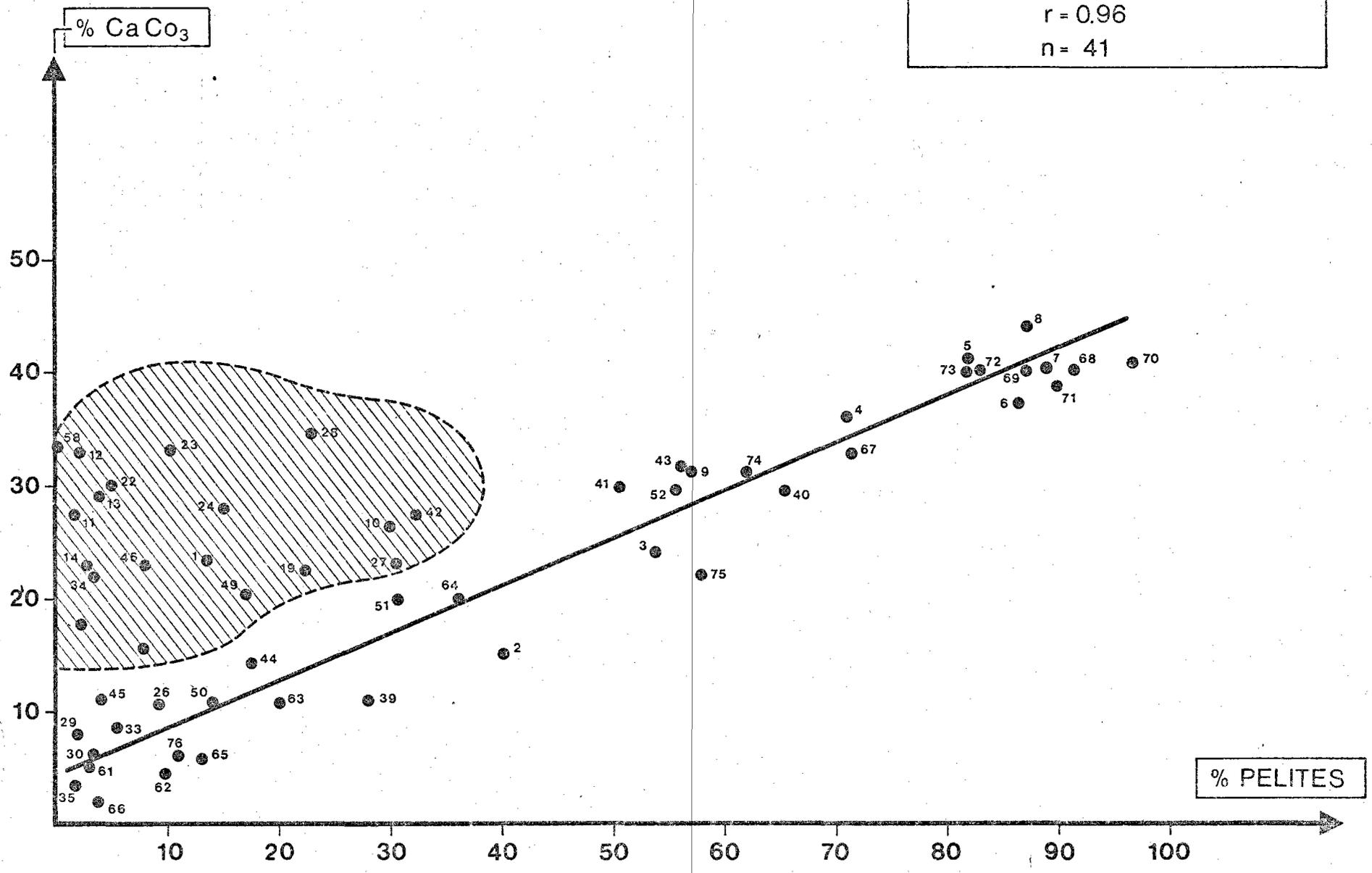
REPARTITION GEOGRAPHIQUE DU POURCENTAGE
DE CALCAIRE



10

RELATIONS ENTRE LE POURCENTAGE EN $CaCO_3$
ET LE POURCENTAGE EN PELITES < 63 μ

$\% CaCO_3 = 5.02 + 0.41 \% Pélites$
 $r = 0.96$
 $n = 41$



L'interprétation de l'analyse se fera sur les trois premiers facteurs qui correspondent à une variance cumulée égale à 92,47 %.

Facteur	% variance	% variance cumulée
I	41.79	41.79
II	29.61	71.40
III	21.06	92.47

La figure 11 représente la distribution des échantillons dans le plan des trois premiers facteurs. Ce report graphique des échantillons, rendu possible grâce à la normalisation des pourcentages de saturation des variables (leur somme fact. I + fact. II + fact. III = 100 %), discrimine les prélèvements en 4 groupes principaux :

- les vases et vases sableuses,
- les sables fins envasés,
- les sables fins propres,
- les sédiments grossiers hétérogènes.

Un cinquième groupe, qui a été volontairement écarté de l'analyse, est constitué par les graviers et cailloutis localisés au Nord de la région étudiée.

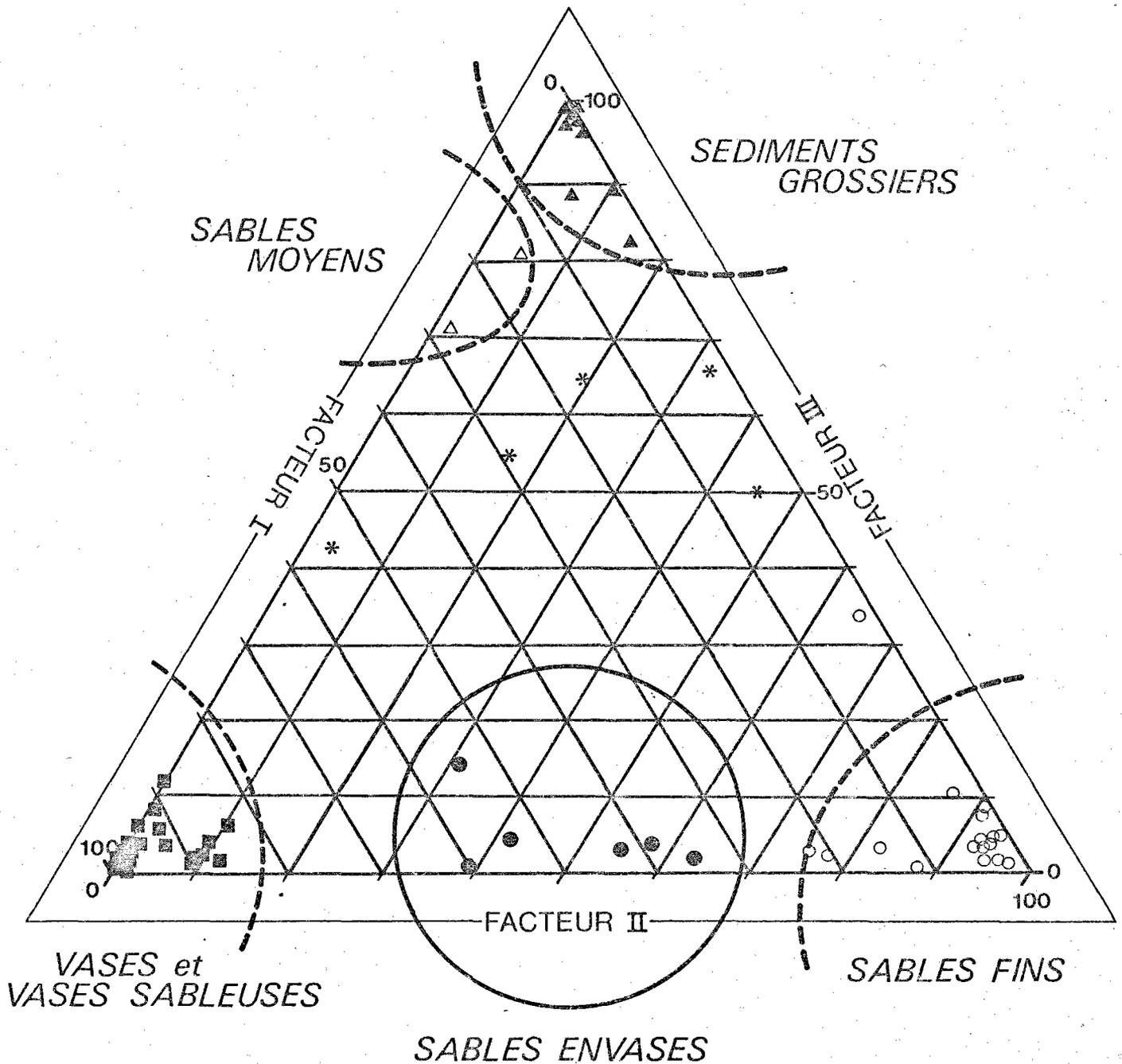
a) Répartition des vases (figure 12)

Elles contiennent toutes plus de 50 % d'éléments inférieurs à 63 μ . Elles sont localisées essentiellement à l'intérieur du port qui joue le rôle de piège à sédiments fins. Comme l'indique la figure 6 qui représente la répartition des lutites, les zones les plus sensibles à ce dépôt d'éléments fins sont situées dans la partie Nord-Ouest du port.

Une seconde zone de sédimentation active a pu être mise en évidence au Sud du port (stations 43, 52, 41). Entre ces deux zones, un couloir de sédiments moins envasés subsiste et pourrait être dû à la présence de courants suffisamment forts pour empêcher le dépôt des particules fines.

REPARTITION DES PRELEVEMENTS
DANS LE PLAN DES TROIS PREMIERS FACTEURS

% de variance extraite = 92,27%



Répartition géographique des groupes isolés par l'analyse C.P-Facteurs I,II,III

% de Variance=92,47

12

-  VASE et VASE SABLEUSE
-  SABLE EN VASE
-  SABLE
-  GRAVIERS HETEROGENES
-  CAILLOUTIS et GRAVIFRS

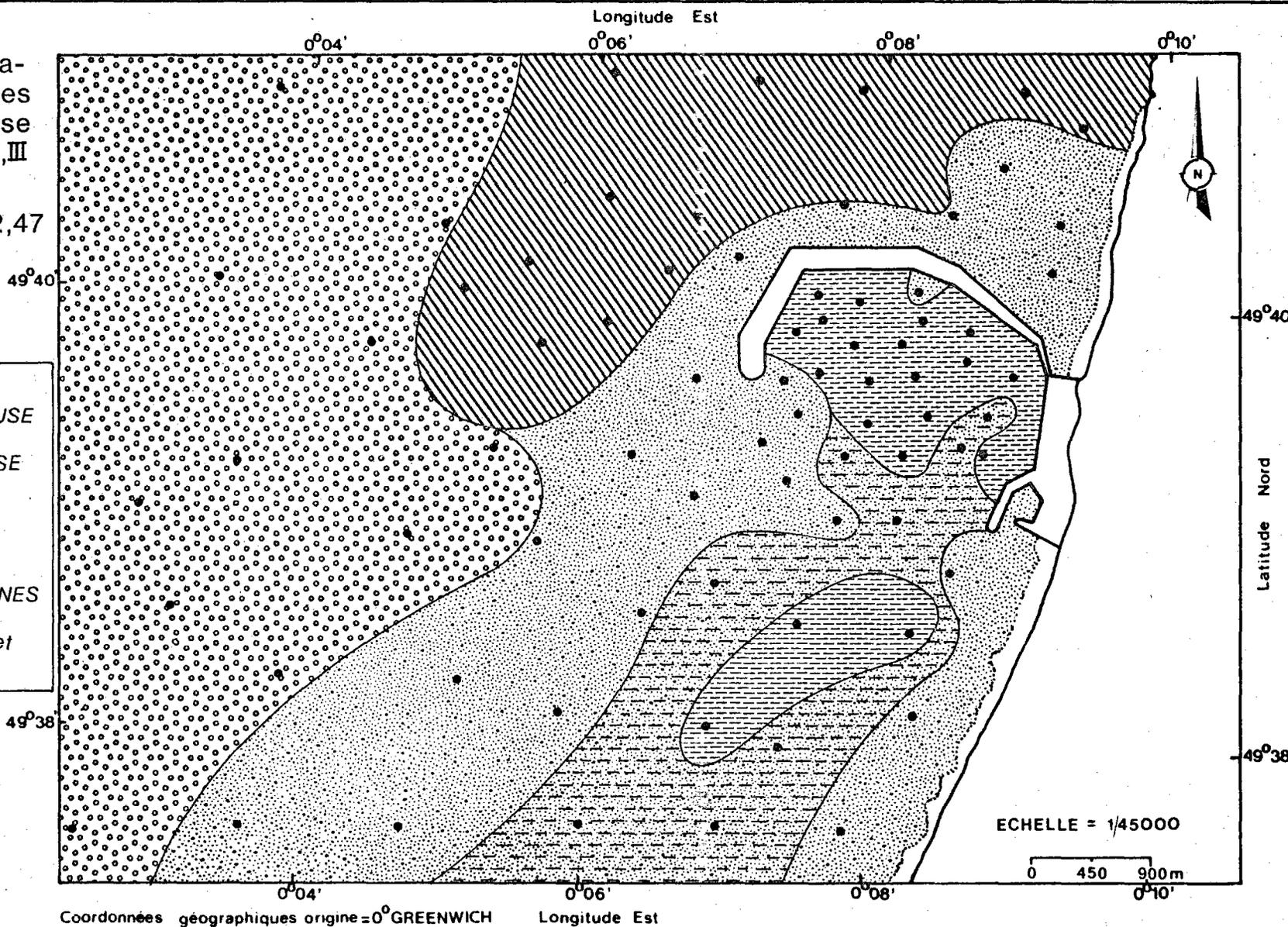


TABLEAU 1 : TENEURS EN CALCAIRE DU SEDIMENT

Station	%CaCO ₃	Station	%CaCO ₃
1	23.80	42	27.60
2	15.20	43	31.20
3	24.00	44	14.40
4	35.80	45	11.20
5	41.20	46	23.40
6	37.00	47	17.80
7	40.20	49	20.60
8	44.20	50	10.90
9	31.40	51	20.00
10	26.50	52	29.40
11	27.20	58	33.90
12	33.00	60	15.90
13	28.90	61	2.90
14	22.80	62	4.40
19	22.50	63	11.00
22	29.00	64	20.40
23	33.20	65	5.50
24	28.00	66	2.20
26	10.60	67	32.50
27	23.20	68	41.10
28	34.80	69	40.80
29	8.00	70	40.20
30	6.20	71	38.40
33	8.80	72	40.00
34	22.40	73	40.60
35	3.40	74	31.80
39	10.90	75	22.00
40	29.10	76	5.80
41	29.90		

b) Répartition des sables envasés et des vases sableuses (figure 12)

Ils occupent la partie Sud du port d'Antifer et sont situés par des fonds compris entre - 10 m et - 20 m (zéro hydrographique) environ. Ils contiennent en général plus de 25 % de pelites et le grain moyen est généralement compris entre 3 et 4 unités phi.

c) Les sables (figure 12)

Deux systèmes sableux sont mis en évidence. Une bande de sables fins est localisée près de la côte. Leur teneur en éléments fins est proche de zéro. Ces sables occupent une zone qui ne dépasse pas l'isobathe - 10 m. Ils sont directement sous l'influence des houles.

Un deuxième système, situé au-delà de l'isobathe - 20 m, regroupe des prélèvements dont la teneur en pelites et la taille du grain moyen sont plus variables. Le grain moyen est le plus souvent inférieur à 3 unités phi et la teneur en pelites ($<63\mu$) ne dépasse jamais 25 % du poids total de l'échantillon. La médiane est comprise entre 0.130 et 0.300 mm.

d) Les sédiments grossiers hétérogènes (figure 12)

Ils sont localisés dans la partie Ouest de la zone étudiée et sont distribués dans des fonds généralement supérieurs à 30 m. Ce sont des sables multimodaux, mal classés, où la fraction graveleuse est assez importante. Leur teneur en calcaire est voisine de 30 % du sédiment entier.

e) Les graviers et cailloutis (figure 12)

Localisés au Nord de la zone étudiée, l'étendue de ces sédiments grossiers est difficile à cartographier, précisément du fait des problèmes posés par l'emploi d'une benne à mâchoires. Il reste donc à ce niveau une imprécision concernant les limites géographiques de cette entité sédimentaire.

Résumé

Les études menées en 1974 (non publiées) et en 1978 permettent de mettre en évidence les modifications intervenues dans la structure sédimentologique de cette région depuis la construction de la digue d'Antifer. Les effets de cette digue sur les conditions d'érosion et de sédimentation sont particulièrement nets lorsqu'on examine les caractéristiques granulométriques des sédiments. Le phénomène le plus apparent consiste en une sédimentation importante de particules fines dans la région située immédiatement au Sud de la digue principale du terminal. Dans cette zone (fonds compris entre - 10 et - 20 mètres pour les zones non draguées) les sédiments superficiels ont été soustraits à l'action des courants de marée qui permettaient, lorsque la digue n'existait pas, le "lessivage" des particules fines. Le substrat était alors constitué par les sables verts de l'Aptien dont la médiane était voisine de 0.100 mm et dont la charge en particules fines était relativement limitée (<10 %).

A l'heure actuelle, une grande partie de ces sédiments comporte une fraction pélitique dont le pourcentage pondéral dépasse souvent 50 % pour atteindre, dans les zones les plus envasées du port, une valeur de l'ordre de 95 %.*

Les cartes de répartition des éléments fins supérieurs à 63μ montrent bien que la zone concernée par cet enrichissement en éléments fins est bien délimitée en largeur à la dimension maximale de la digue, et il ne fait aucun doute que ce phénomène résulte bien de l'action de cette digue sur la courantologie et l'agitation locale des eaux.

Dans les zones très côtières inférieures à - 10 mètres et situées au Sud du port, les analyses montrent que l'on retrouve des sables fins propres. On peut supposer que ces sables demeurent sous l'action des houles (stations 1, 29, 30, 33) qui empêchent la sédimentation des particules fines.

Les surfaces où l'on observe plus de 50 % d'éléments inférieurs à 63μ sont :

- pour la zone portuaire : 2,75 km²
- au Sud du port : 1,50 km²

*J. AVOINE et C. LARSONNEUR (1980) constatent aussi un envasement important de la partie orientale de la baie de Seine.

Ces surfaces sont relativement importantes puisque les analyses effectuées par AUFFRET et LARSONNEUR en 1973 ne mentionnaient pas de taux de pelites supérieur à 20 %. La zone comportant plus de 30 % de pelites couvre actuellement une surface d'environ 11 km².

En l'absence de carottages ou d'analyses plus fines de la couverture sédimentaire superficielle il n'est pas possible de déterminer le taux de sédimentation dans le port d'Antifer. Toutefois, un point important est à souligner : la zone où la sédimentation semble la plus active se situe au voisinage des appontements des pétroliers (entre 90 et 80 % de matériaux fins). Ce sont donc les zones où la côte doit être maintenue avec le plus de soins, qui sont les plus favorables à une sédimentation importante. Cela pourrait donc créer certains problèmes si le taux de sédimentation venait à s'accélérer (cf. position du bouchon vaseux de l'estuaire de la Seine).

Au Nord de l'ouvrage, il est difficile de mettre en évidence des modifications importantes de la structure sédimentaire, et il n'a pas été observé de contamination des sédiments par des particules fines. Tout se passe comme si la digue arrêtait toutes les suspensions qui se propagent en direction du Nord, et les piègeait à l'intérieur du port. Une photographie prise par M. GUYADER du Port Autonome du Havre est à cet égard extrêmement démonstrative.

Dans les zones qui sont situées à l'Ouest de l'ouvrage, aucune modification des fonds de graviers hétérogènes et des zones de cailloutis n'a été notée. Seules les limites géographiques de ces formations ont été légèrement modifiées du fait d'un réseau d'échantillonnage beaucoup plus dense qu'il ne l'avait été en 1975.

Au voisinage du musoir de la digue on constate, comme en 1975, une zone d'érosion assez intense du sédiment (station 20) et, légèrement au Nord de cette station, on peut observer la mise en place d'une dune hydraulique essentiellement formée de sables grossiers et de débris coquillers (station 58).

III) ETUDE DES PEUPEMENTS BENTHIQUES

Les objectifs de cette étude sont de déterminer si la recolonisation des substrats soumis à des dragages intensifs au cours de la construction du port s'est déroulée normalement et quelle est l'évolution des peuplements qui se trouvent actuellement dans un environnement complètement modifié par suite de la mise en place de la digue abri.

L'étude sédimentologique a montré que la modification des courants locaux se traduit par un envasement progressif de la zone située au Sud de la digue principale, et qu'une zone de 180 km² environ est directement concernée par cet apport de matériaux fins. Des études récentes ont montré que la distribution spatiale des invertébrés benthiques est influencée par la nature granulométrique du substrat (GLEMAREC, 1969 - MASSE, 1972 - MONBET, 1972 - PICARD, 1964 - HILLY, 1976, etc.). Les communautés d'organismes que l'on rencontre sur un fond sableux sont donc différentes de celles qui vivent sur les fonds vaseux ou les fonds caillouteux. Cette première approche se limite à une étude qualitative des peuplements. Une autre approche a été décrite par CHASSE & GLEMAREC (1976) qui introduisent des notions quantitatives à cette relation espèces - granulométrie et qui mettent en évidence un gradient des biomasses, c'est-à-dire de la quantité de matière organique par unité de surface, plus ou moins prononcé selon que le sédiment est plus fin ou plus grossier, ou bien encore selon la profondeur à laquelle l'échantillon a été récolté (gradient climatique).

A partir de ces données, il est tentant de rechercher d'une part si la composition qualitative des peuplements a été modifiée suite à l'envasement du port, et de mettre en évidence l'ampleur de ces modifications éventuelles, et d'autre part de tenter d'estimer quelles modifications peuvent être attendues dans les années à venir si la sédimentation de particules fines se poursuit au même rythme qu'entre 1975 et 1978.

Ce sont ces deux objectifs que nous essayerons d'atteindre au cours de l'étude présentée ci-dessous.

1) Etude de la répartition des peuplements benthiques

Le travail effectué en 1975 avait montré que le secteur étudié était relativement riche puisque 135 espèces y avaient été répertoriées et plus de 3.500 individus avaient été dénombrés, soit une moyenne de 88 individus par échantillon. En 1978, le nombre d'espèces dénombrées est de 55 et le nombre d'individus supérieur à 27.800 soit environ 366 individus par prélèvement.

Parmi les grands groupes zoologiques la répartition numérique est la suivante :

en 1978

Désignation	Nbre d'individus	Pourcentage
Polychètes	18.763	67.31
Crustacés	153	0.55
Mollusques	8.588	30.81
Echinodermes	304	1.09
Divers	64	0.23

en 1975

Désignation	Nbre d'individus	Pourcentage
Polychètes	1.804	51.16
Crustacés	366	10.38
Mollusques	1.205	34.17
Echinodermes	45	1.27
Divers	106	3.00

Il y a donc en 1978 4 fois plus de polychètes*, 4 fois plus de mollusques, 4 fois plus d'échinodermes, mais un peu moins de crustacés (il s'agit là des crustacés non exploités). Au point de vue de la dominance des différents groupes zoologiques, les polychètes restent en tête, suivis des mollusques et des échinodermes, mais les crustacés passent en dernière position. Ces changements numériques reflètent le développement du peuplement à *Abra alba*, *Pectinaria koreni* où ces deux espèces atteignent des chiffres d'abondance exceptionnelle (2.865 individus par 1/10^e de m²).

Les unités de peuplement

En 1975, des organismes benthiques se répartissaient en 3 types de peuplements (figure 13) :

- le peuplement des sables fins plus ou moins envasés, dominés par les deux espèces *Abra alba* et *Pectinaria koreni*,
- le peuplement des sables grossiers hétérogènes,
- le peuplement des graviers et cailloutis colonisés par une épifaune sessile.

En 1978, on retrouve approximativement les mêmes unités de peuplement avec cependant une extension vers l'Ouest plus prononcée du peuplement à *Abra alba* et *Pectinaria koreni*. Le peuplement des sables fins et moyens propres apparaît le long de la côte par petits fonds, mais aussi au-delà de l'isobathe - 20 m (figure 14).

Au Nord, les limites géographiques du peuplement des graviers et cailloutis sont légèrement différentes, mais cela est dû aux difficultés rencontrées lors des prélèvements et aussi au fait que la grille d'échantillonnage est plus dense en 1978 qu'elle ne l'était en 1975 :

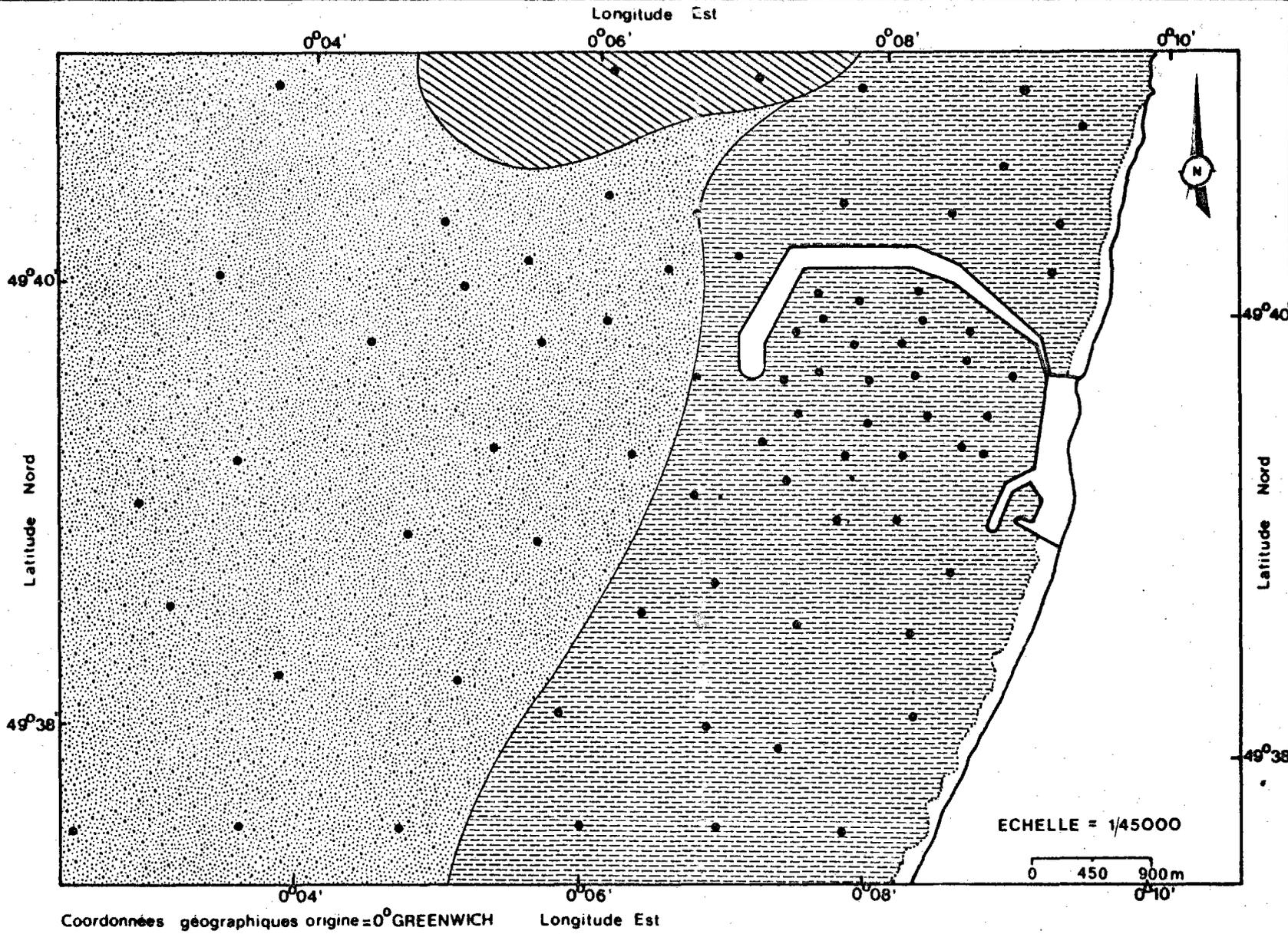
- sur le peuplement des graviers et cailloutis se surimpose un faciès à *Mytilus edulis* (moules) qui paraît prendre peu à peu de l'extension. Ce faciès n'existait pas en 1975 et il est probable que son installation soit une conséquence de la proximité de nombreux substrats rocheux constitués par la digue elle-même, et d'une conjonction de facteurs, dont la courantologie et l'apport de nourriture, qui favoriseraient le développement de la moulière.

*pour un nombre de prélèvements égal.

13

PEUPELEMENTS

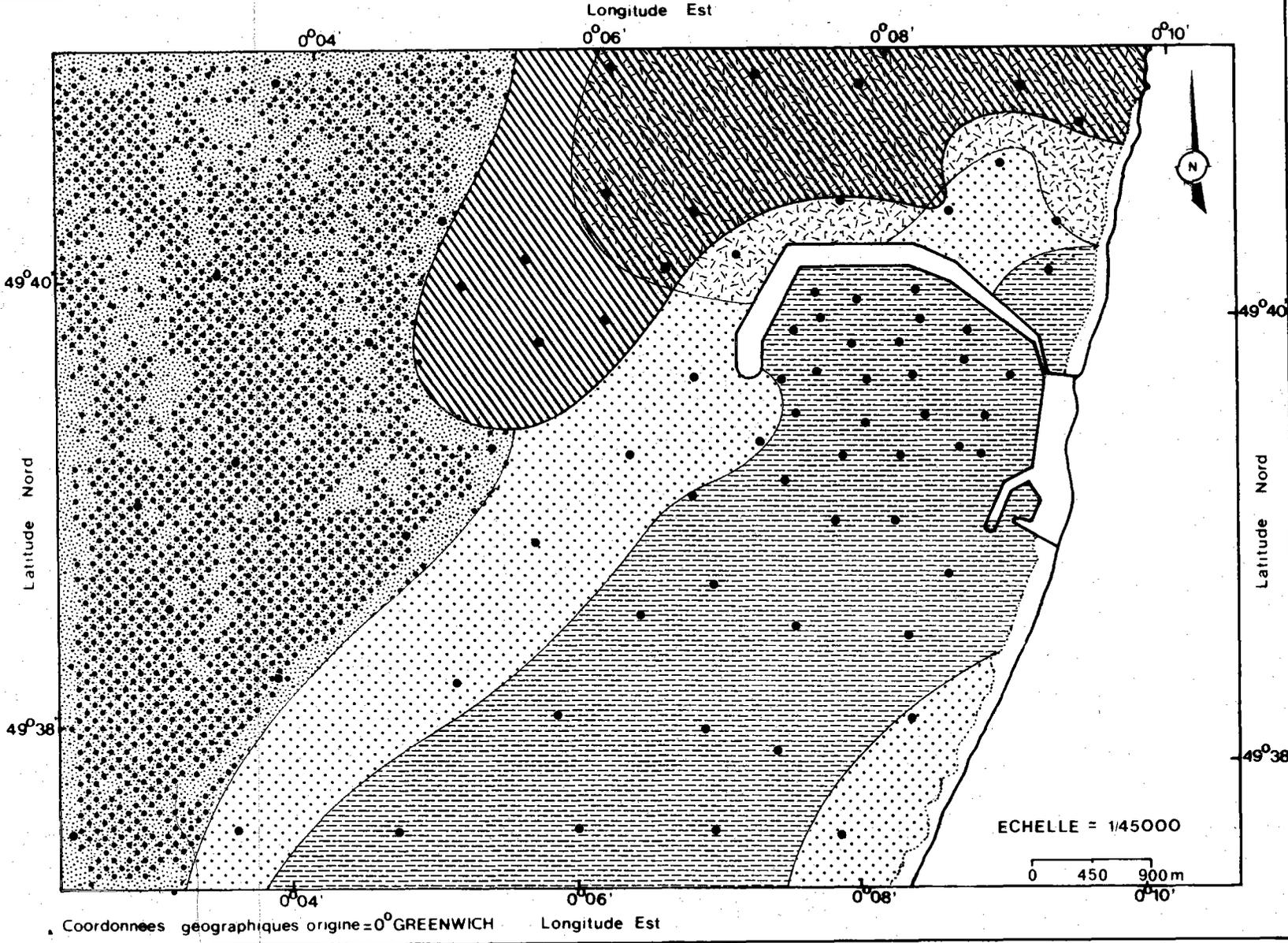
-  *Abra alba* et *Pectinaria k.*
-  Sables grossiers hétérogènes
-  Gravier et Cailloutis



14

PEUPELEMENTS

-  *Abra alba* et *Pectinaria k*
-  Sables fins et moyens propres
-  Sables grossiers hétérogènes
-  Gravier et Cailloutis
-  Moules [*Mytilus edulis*]



Les individus récoltés sont en général de petite taille (2 à 3 cm), mais l'échantillonnage à la benne étant très ponctuel, il est possible que de plus gros individus existent. La superficie couverte par ce faciès est de l'ordre de 5 km² (en supposant qu'il existe un tapis ininterrompu sur le fond). Les données que nous possédons actuellement sur ce peuplement nouvellement installé sont encore trop succinctes pour tenter de prévoir l'évolution future de la moulière, et en particulier pour dire si elle sera susceptible d'être exploitée un jour.

2) Modification de la densité des organismes benthiques

La figure 15 montre la densité des organismes récoltés en 1978 pour chacune des stations échantillonnées.

Généralement, les stations situées à l'Ouest et au Nord du port présentent des densités inférieures à 100 individus pour 1/10^e de m².

Au contraire, celles qui sont situées au Sud de la digue comportent le plus souvent plus de 100 individus pour 1/10^e de m², voire même pour certaines d'entre elles entre 500 et 1.000 individus pour 1/10^e de m².

La zone située au Sud du port est donc comparativement beaucoup plus riche numériquement que les zones avoisinantes.

La comparaison entre les densités observées en 1975 et en 1978 (figure 16) permet de mettre en évidence une augmentation importante du nombre d'individus peuplant les fonds meubles.

En 1978, le nombre moyen d'individus par échantillon est 4 fois plus important. Ce phénomène résulte de la dominance numérique des deux espèces *Abra alba* *Pectinaria koreni*.

Une analyse de variance a permis de comparer les densités obtenues en 1975 et celles obtenues en 1978. La différence est statistiquement significative.

$$\Sigma \log (d + 1) = 17.97$$

(1975)

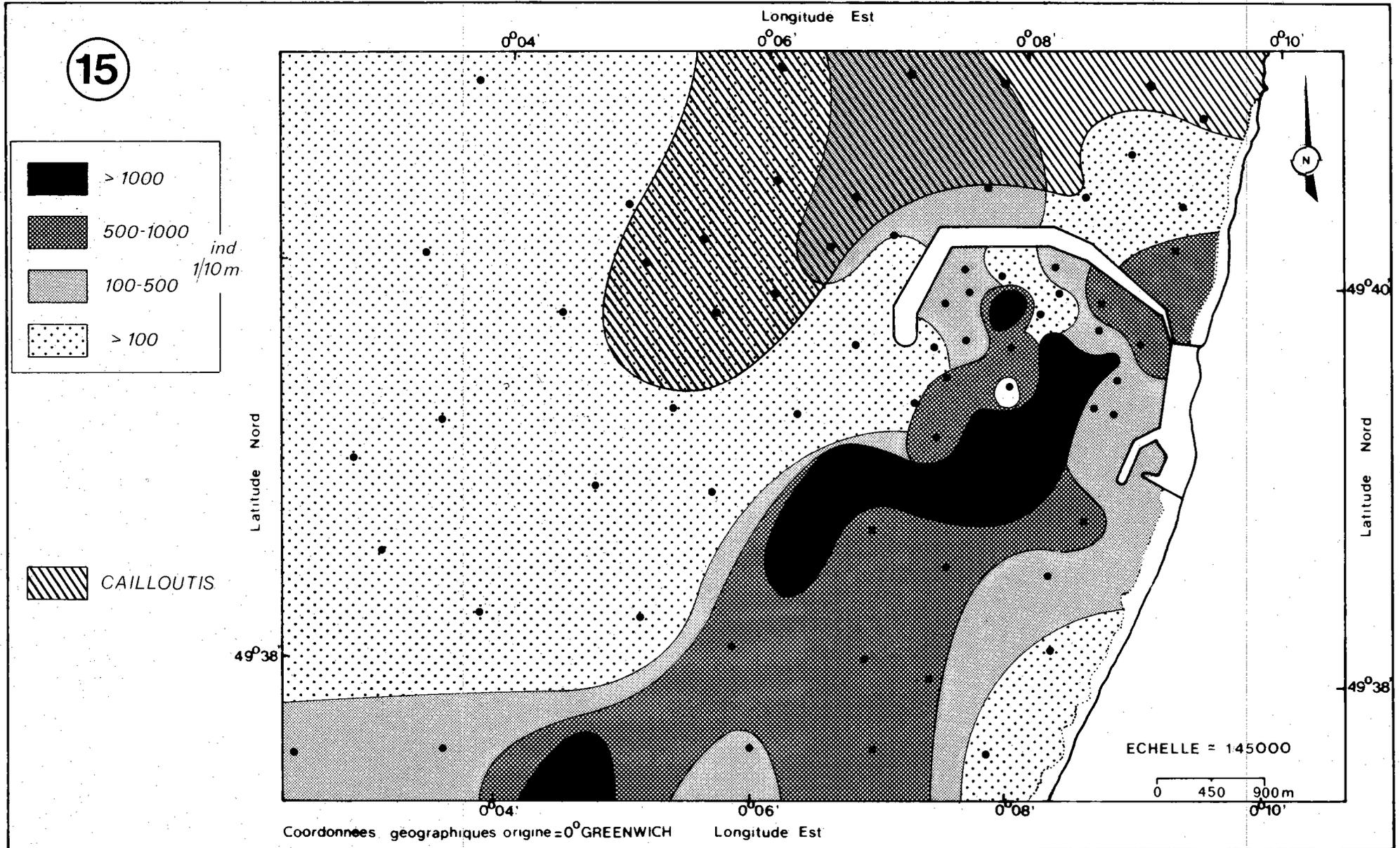
$$\Sigma \log (d + 1) = 31.52$$

(1978)

$$dF_1 = 1.00$$

$$dF_2 = 25.00$$

$$F = 5.21$$

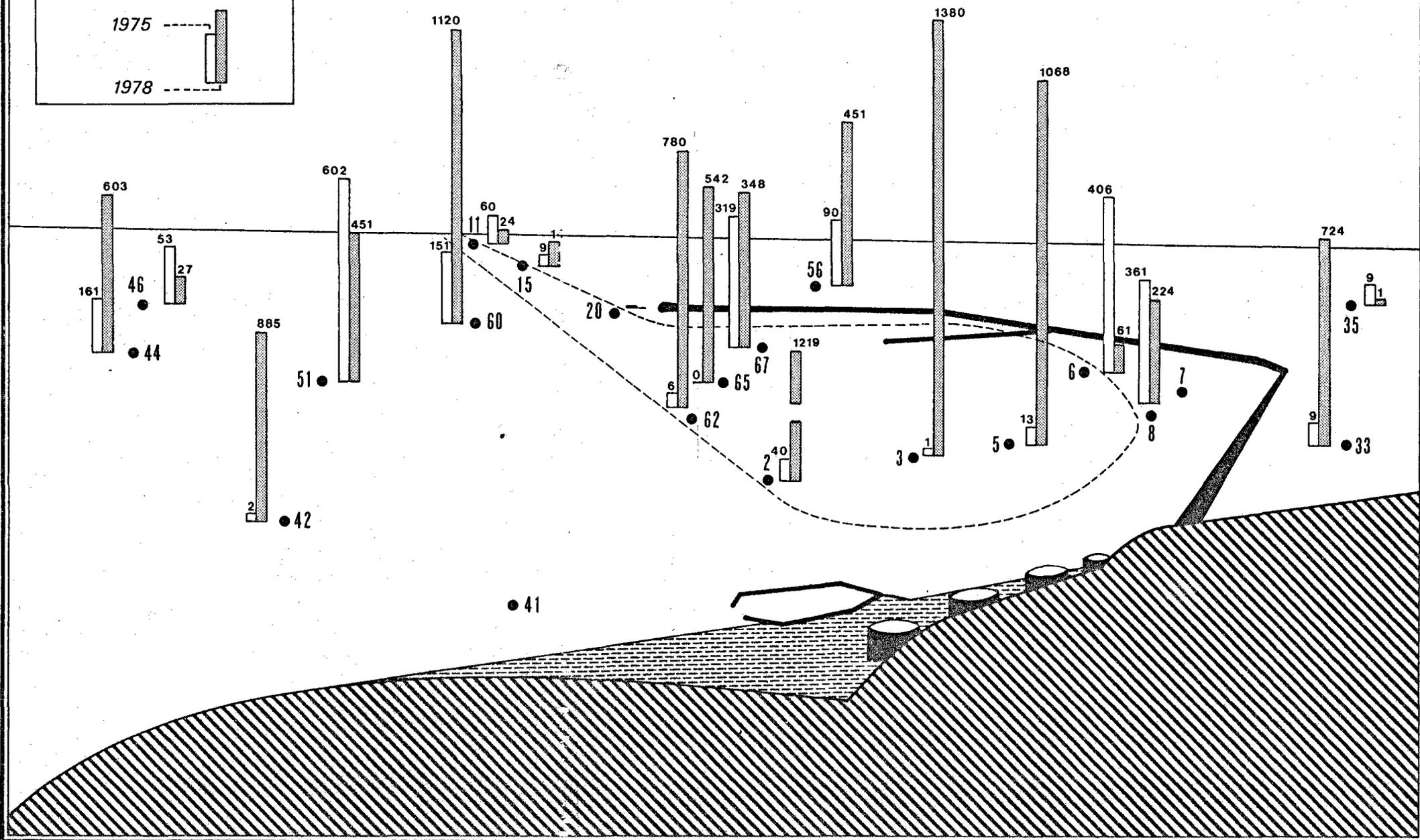
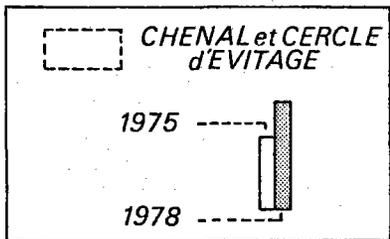


ANTIFER II 1978

DENSITES (N.ind. 1/10 m²)

16

COMPARAISON entre 1975 et 1978



Dans le peuplement à *Abra alba* et *Pectinaria koreni* la moyenne des densités en 1978 est égale à 602 individus par 1/10^e de m² ($\sigma = 557$). Ce chiffre particulièrement élevé résulte probablement de l'action de courants giratoires à l'intérieur du port. Ces courants favorisent la concentration des larves et donc le recrutement des jeunes individus.

En 1975, toujours dans ce même peuplement, la moyenne des densités était égale à 147 individus par 1/10^e de m², ce qui fait une différence de l'ordre de 4 entre ces deux années. Rappelons toutefois que les densités de 1975 étaient considérablement altérées par les travaux de dragage du port.

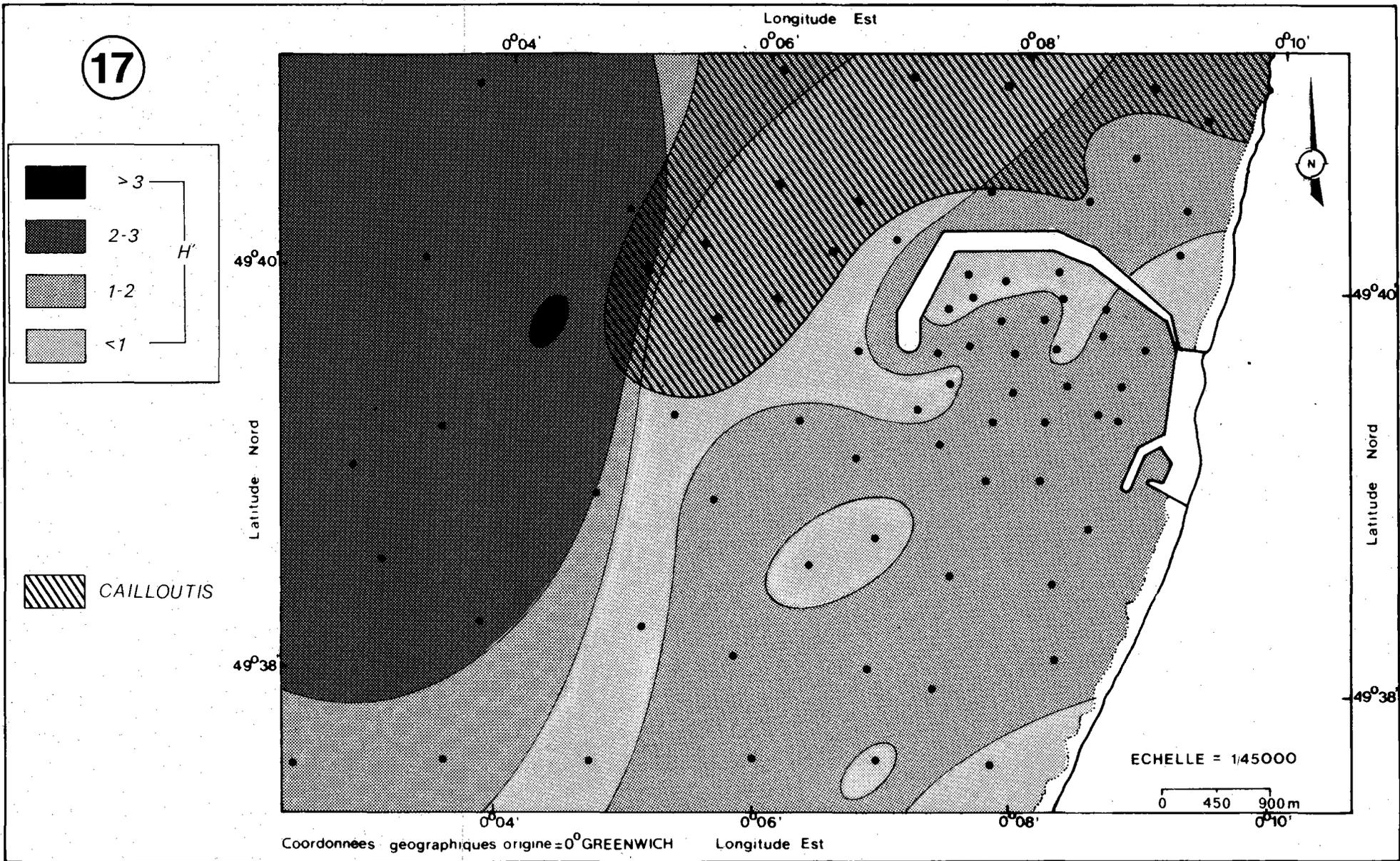
3) Modifications de l'indice de diversité ($H = -\sum_{i=1}^{i=s} p_i \log_2 p_i$)

Dans l'étude des populations naturelles, l'analyse de la structure des populations et des relations qui existent entre les différentes espèces constituent une approche efficace pour accéder à la connaissance des communautés animales et végétales. L'indice de diversité spécifique permet d'aborder globalement la structure d'un peuplement et il résume une quantité importante d'informations liées aux rapports qui existent entre le nombre d'individus et le nombre d'espèces présents dans un secteur donné (figure 17).

L'utilisation parfois abusive des indices de diversité repose sur le fait que dans les zones perturbées on constate généralement la présence d'un grand nombre d'espèces représentées chacune par un faible nombre d'individus. La diversité est alors élevée. Lorsqu'un stress est imposé au milieu, les espèces les plus exigeantes disparaissent pour laisser la place à des espèces plus opportunistes qui sont moins nombreuses, mais qui sont représentées par un grand nombre d'individus, cela entraîne alors une baisse de la diversité spécifique. D'une façon assez générale, on admet que plus la diversité diminue, plus le peuplement est affecté par les perturbations apportées au milieu.

L'étude de 1975 avait montré que l'indice de diversité diminuait de façon importante dans les zones draguées (cercle d'évitage et chenal d'accès). La moyenne de l'indice était égale à 0.83, alors que dans les zones voisines non draguées la moyenne de l'indice se relevait à 2.83 (figure 18).

En 1978, les valeurs de l'indice de diversité sont voisines de 1.30, atteignant un minimum de 0.63. A l'intérieur du port, l'indice décroît légèrement et sa moyenne est voisine de 1.

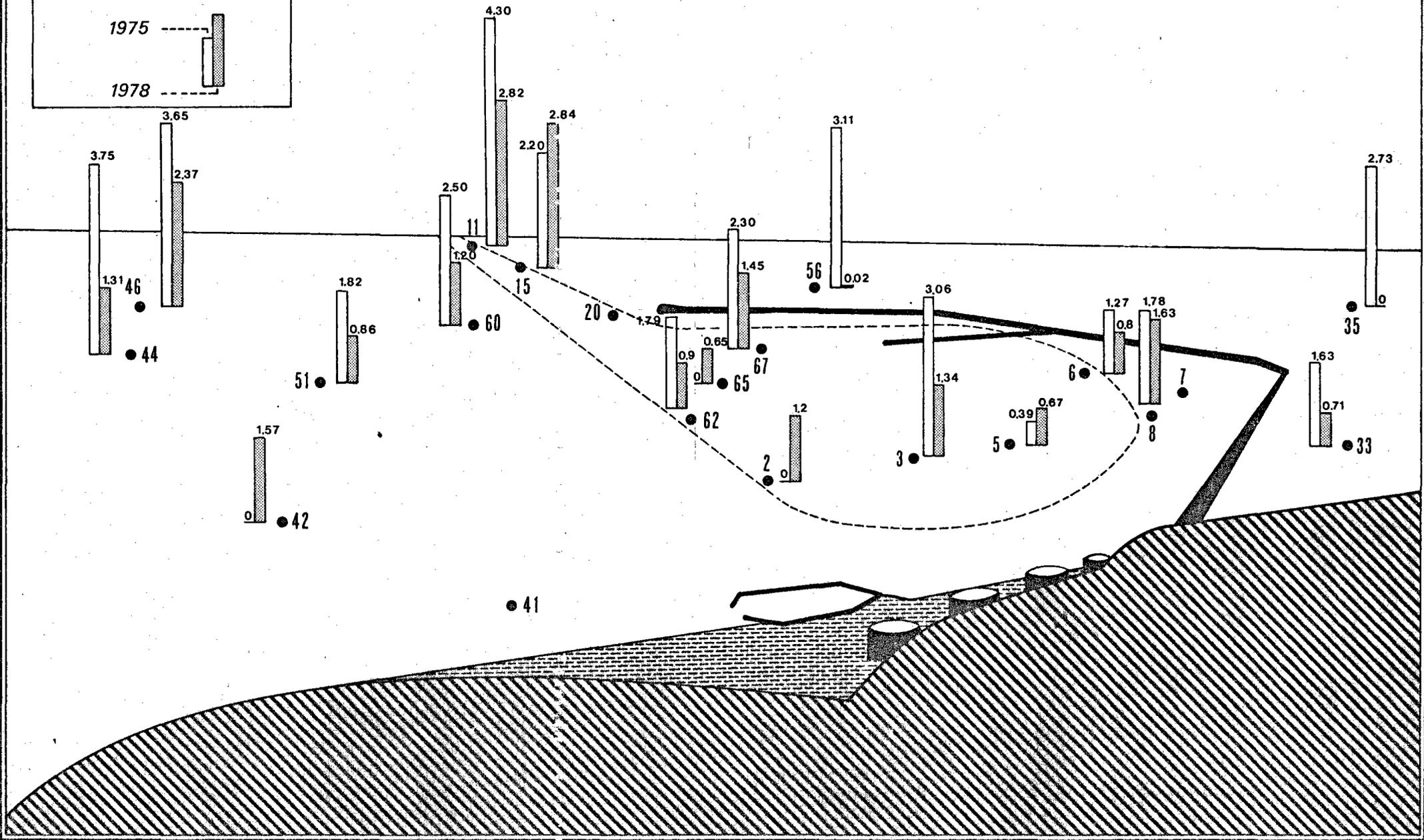
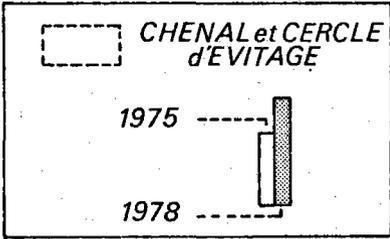


ANTIFER II 1978

INDICE DE DIVERSITE

18

COMPARAISON entre 1975 et 1978



VARIATIONS DE L'INDICE DE DIVERSITE H

N° station	1975	N° station	1978
4	1.27	6	0.80
3	1.78	8	0.63
2	0.39	5	0.67
25	0.00	3	1.34
24	0.00	2	1.20
5	2.26	67	1.45
9	1.79	62	0.90
8	3.06	41	1.58
7	1.82	51	0.86
20	0.00	42	1.57
29	3.75	44	1.31
6	2.51	60	1.20
Moyenne	1.43	Moyenne	1.13
Ecart-type .	1.21	Ecart-type .	0.33

On observe donc, en 1978, une baisse assez importante de l'indice de diversité qui dénote un équilibre assez précaire des peuplements à *Abra alba* et *Pectinaria koreni*.

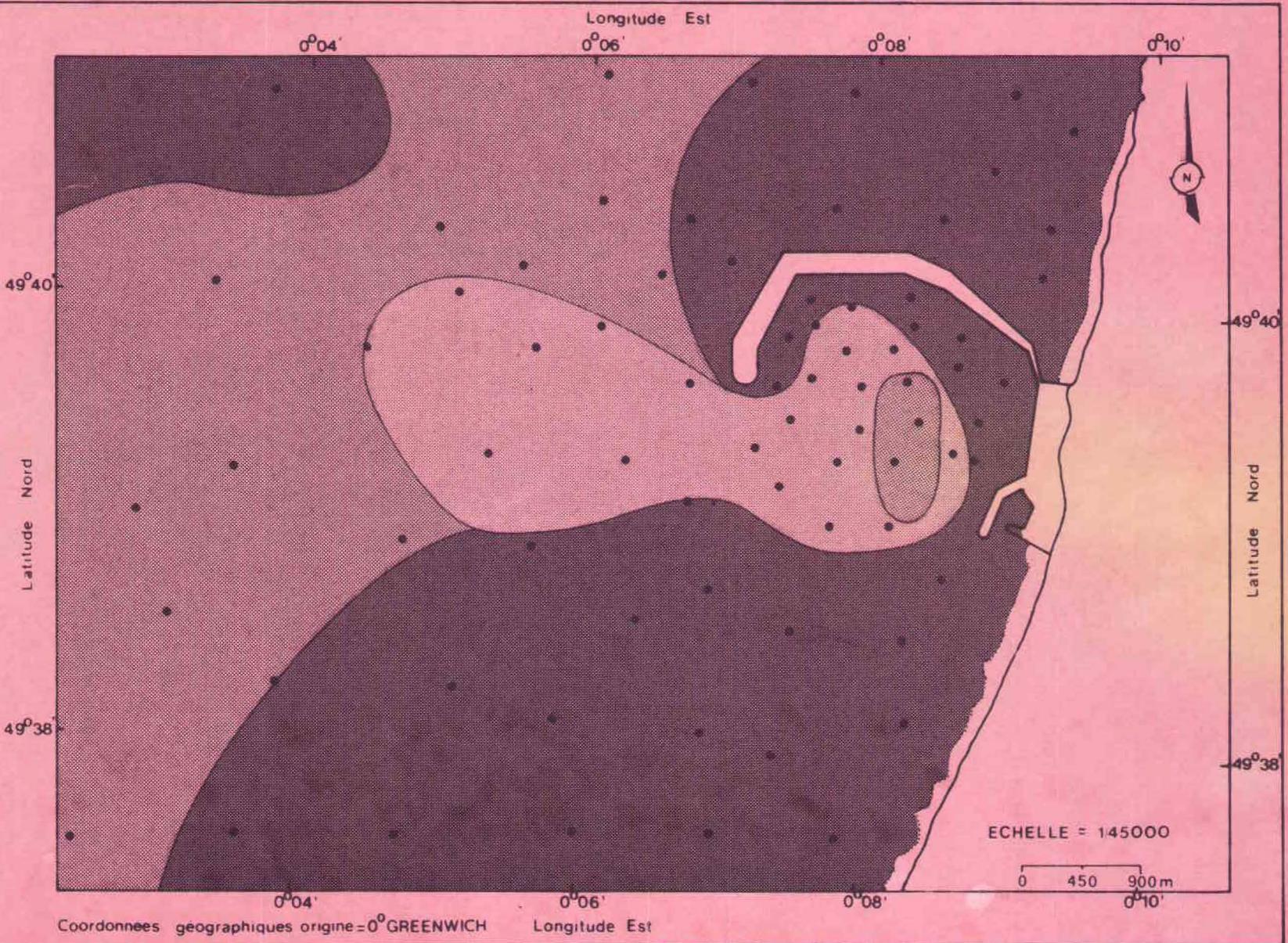
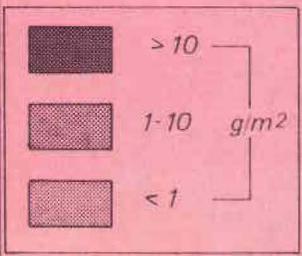
4) Modification des biomasses (figures 19 et 19b)

La biomasse exprime le poids de matière organique par unité de surface. Elle a été mesurée par la méthode des biovolumes pour éviter de détruire les organismes qui seront ultérieurement utilisés dans l'étude biométrique.

Un facteur de conversion a été utilisé pour transformer les mesures en poids sec de matière organique décalcifiée $\times m^{-2}$, unité dans laquelle sont, le plus souvent exprimés les résultats de biomasse.

Les augmentations constatées dans la densité des organismes entre l'année 1975 et l'année 1978 devrait contribuer à une augmentation appréciable de la biomasse. En réalité, cela ne se produit pas et les chiffres obtenus montrent que les biomasses moyennes sur l'ensemble des peuplements sont sensiblement équivalents

19



Coordonnées géographiques origine = 0° GREENWICH Longitude Est

ANTIFER II 1978

PEUPLEMENTS BENTHIQUES 1978
BIOMASSE (Poids sec) ENDOFAUNE

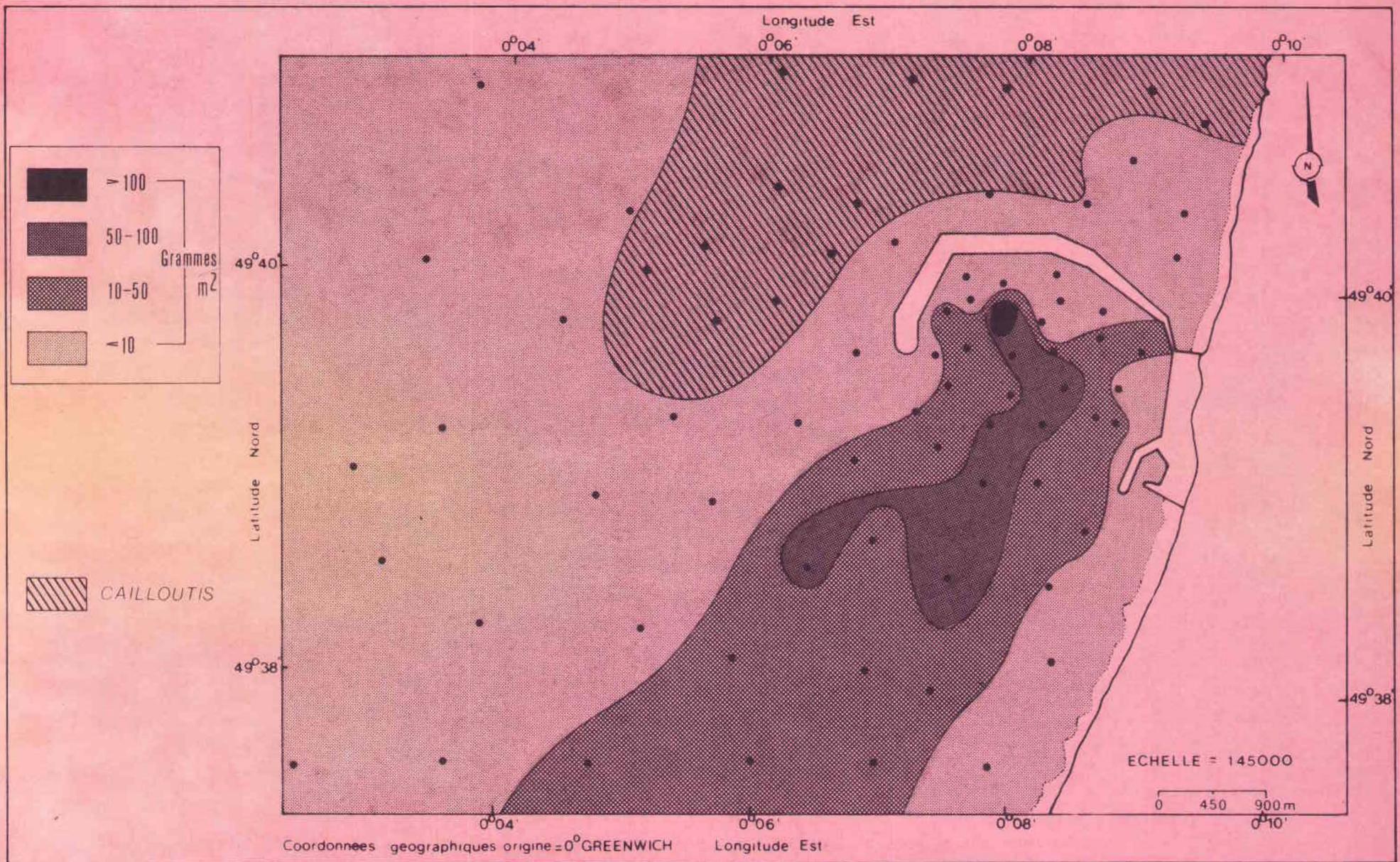


Tableau III

INDICE DE DIVERSITE

Nombre d'individus par station	1975		1978	
	N° station	Ind. divers.	N° station	Ind. divers.
406	4	1.27	6	0.80
361	3	1.78	8	0.63
13	2	0.35	5	0.67
1	25	0.00	3	1.34
1	24	0.00	2	1.20
0	23	0.00	61	1.21
151	5	2.26	67	1.45
6	9	1.79	62	0.90
	s/total ...	$\bar{\mu}$ 0.94 σ 0.94	s/total ...	$\bar{\mu}$ 1.03 σ 0.31
52	8	3.06	41	1.58
602	7	1.82	51	0.86
2	20	0.00	42	1.57
161	29	3.75	44	1.31
151	6	2.51	60	1.20
	s/total ...	$\bar{\mu}$ 2.23 σ 1.43	s/total ...	$\bar{\mu}$ 1.13 σ 0.33
$\bar{\mu}$ 146.7 σ 194.3		$\bar{\mu}$ 1.43 σ 1.28		$\bar{\mu}$ 1.13 σ 0.33

Tableau IV
 BIOMASSE DE LA MACROFAUNE ENDOGEE
 1978 - POIDS SEC gxm^{-2}

Station	Biomasse	Stations	Biomasse	Station	Biomasse
1	30.00	26	27.80	53	0.27
2	44.39	27	13.50	54	/
3	58.50	28	20.50	55	1.00
4	53.80	29	3.49	56	0.90
5	36.20	31	2.63	57	0.40
6	2.08	32	1.09	58	1.50
7	18.60	33	35.00	59	0.32
8	26.90	34	0.40	60	38.05
9	44.90	35	0.13	61	4.07
10	15.10	36	2.21	62	26.40
11	5.40	37	/	63	66.90
12	0.30	38	/	64	70.46
13	1.92	39	27.80	65	17.17
14	3.10	40	39.00	66	1.84
15	0.27	41	14.67	67	31.61
16	/	42	43.64	68	25.75
17	0.13	43	32.94	69	15.47
18	/	44	21.47	70	14.26
19	0.50	46	3.65	71	3.80
21	1.10	47	2.04	72	273.90
22	0.41	49	1.08	73	51.24
23	1.63	50	84.70	74	20.05
24	4.58	51	11.77	75	7.05
25	1.20	52	55.73	76	6.72

pour les années 1978 et la différence observée n'est pas statistiquement significative (figure 20) :

- biomasse moyenne en 1975 = 17.96 g.m^{-2} n = 40
- biomasse moyenne en 1978 = 18.68 g.m^{-2} n = 78

Pour le peuplement à *Abra alba* et *Pectinaria koreni*, la biomasse moyenne en 1975 était égale à 24 g.m^{-2} contre 29 g.m^{-2} en 1978 (station 78 non incluse), soit une très légère augmentation.

	Ensemble des peuplements		Peuplement à <i>Abra alba</i> et <i>Pectinaria koreni</i>	
	1975	1978	1975	1978
densité moyenne par m ²	88	366	147	602
diversité moyenne.	2.07	1.30	1.45	1.13
biomasse moyenne par m ²	18	19	23	29

En résumé

Depuis 1975, un certain nombre de modifications se sont produites au voisinage du port d'Antifer. Les faits les plus marquants sont constitués par :

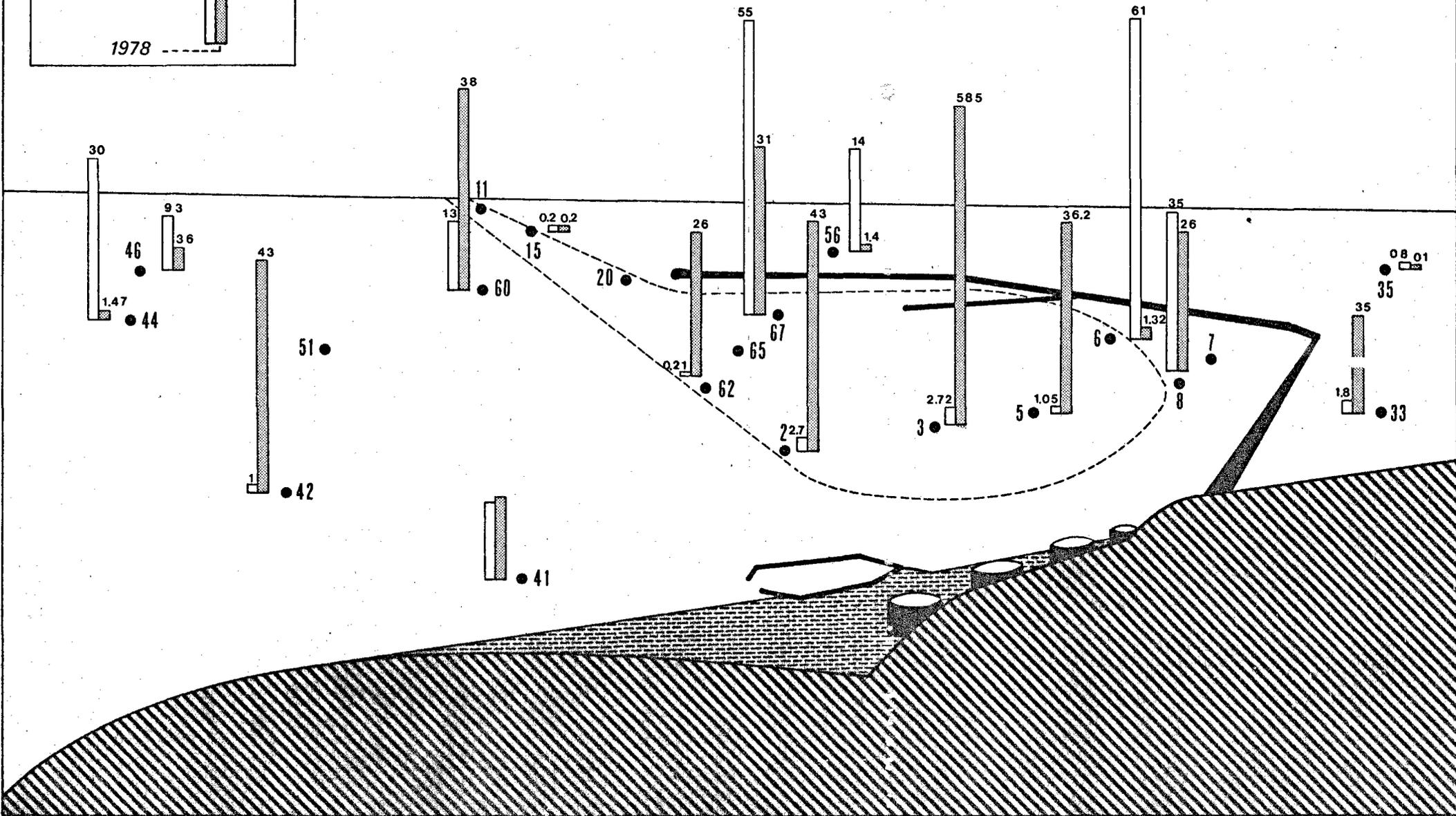
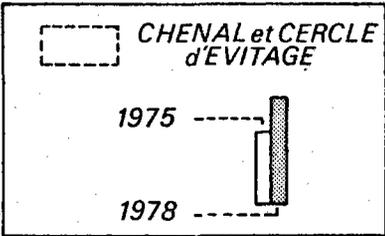
- une recolonisation totale des substrats dragués en 1975,
- un développement important du peuplement à *Abra alba* et *Pectinaria koreni* par suite de l'augmentation de la sédimentation pelitique,
- l'installation d'une moulière sur les substrats caillouteux situés au Nord de la digue.

Ces premiers résultats montrent que c'est surtout le peuplement des sables fins plus ou moins envasés qui subit les plus importantes modifications, alors que les autres unités de peuplement ne sont que peu concernées par les changements introduits dans le milieu par suite de la construction du port d'Antifer. Les résultats qui suivent vont porter essentiellement sur la mise en évidence détaillée des modifications subies par le peuplement à *Abra alba* et *Pectinaria koreni*, ainsi que sur un essai d'estimation de l'évolution prévisible de ces deux espèces.

ANTIFER II 1978

BIOMASSE (Poids sec) g/m²

COMPARAISON entre 1975 et 1978



5) Répartition d'*Abra alba* et *Pectinaria koreni*

Ces deux espèces vivent dans un peuplement identique. GENTIL (1976) les classe comme espèces exclusives constantes du peuplement des sables fins envasés. Toutefois, on remarque généralement sur l'ensemble des côtes de France que *Abra alba* est beaucoup plus ubiquiste que *Pectinaria koreni*. Ainsi par exemple, LAGARDERE (1972) classe *Abra alba* comme une espèce très tolérante qui apparaît dès que le sédiment comporte une fraction pelitique. C'est une espèce vasicole eurybathe.

GLEMAREC (1969) classe *Abra alba* comme espèce ubiquiste à large répartition écologique, tandis que PICARD (1965) sur les côtes méditerranéennes la considère comme vasicole tolérante.

HILLY (1976) estime qu'*Abra alba* est une ubiquiste préférante des substrats de sables fins envasés.

Pectinaria koreni semble préférer les substrats de sable fin purs. Lorsque la teneur en pélites devient trop importante elle tend à disparaître du peuplement.

Pour PICARD (1965) il s'agit d'espèces sabulicoles tolérantes. GLEMAREC (1969) la classe parmi les espèces.

BELLAN (1964) la signale sur les plages de sables fins de la région de Luc-sur-Mer.

LAGARDERE (1971) remarque que *Pectinaria koreni* est présente dans des sables gris localement très envasés et que l'espèce pénètre très largement dans la vase à l'exception des vases molles.

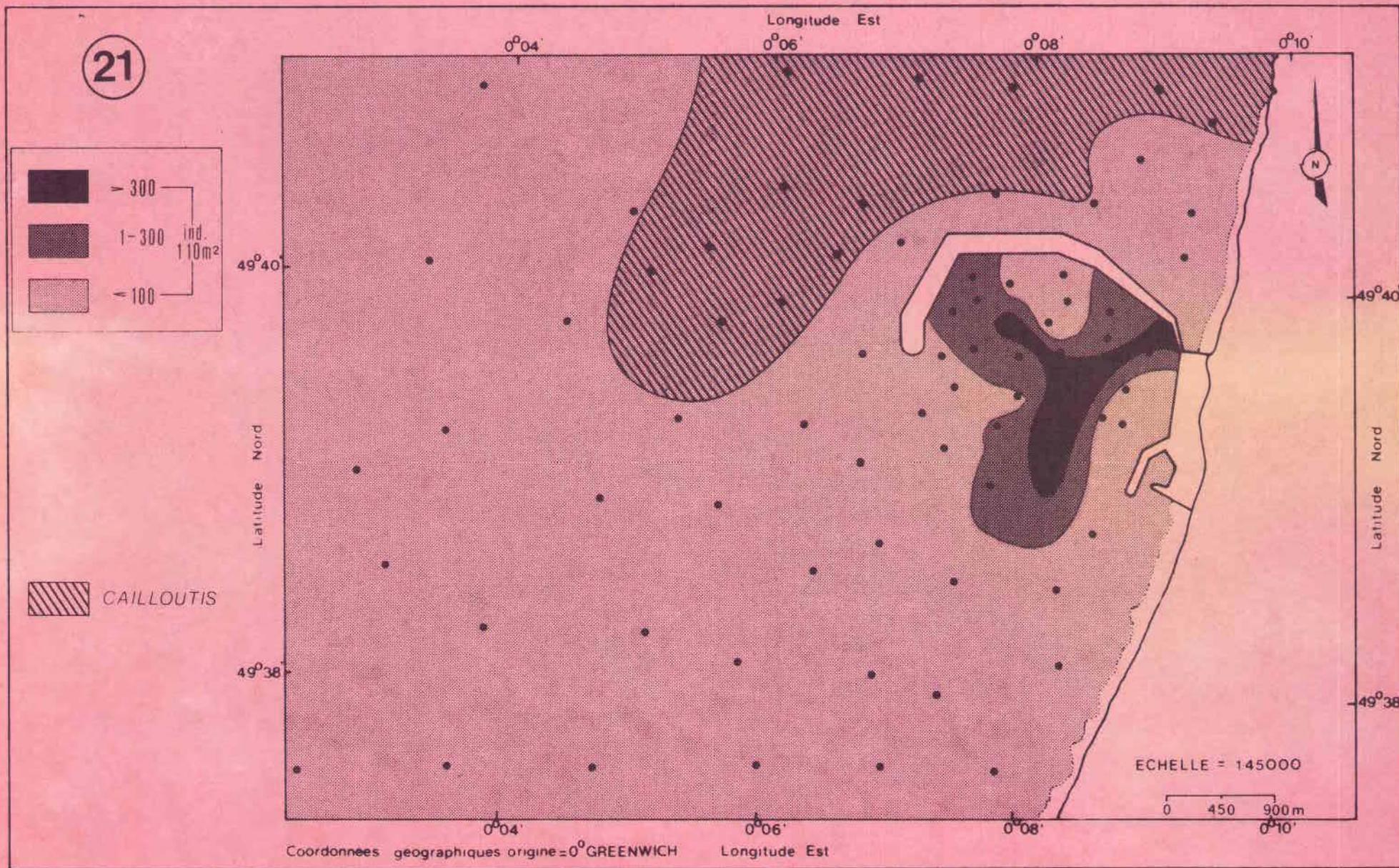
A Antifer on remarque des tendances analogues. Les *Abra alba* occupent de préférence les zones les plus envasées alors que les pectinaires dominent dans les endroits où la fraction sableuse est plus importante.

Si l'on porte sur un graphique le pourcentage de dominance de *Pectinaria koreni* par rapport à *Abra alba* (figure 23) :

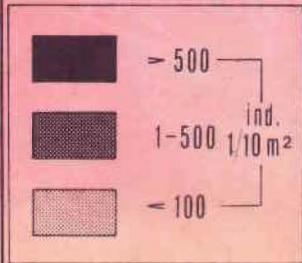
$$\% D = \frac{\text{Nb. ind. } P. \text{ koreni}}{\text{Nb. ind. } P. \text{ koreni} + \text{Nb. ind. } A. \text{ alba}} \times 100$$

p.k.

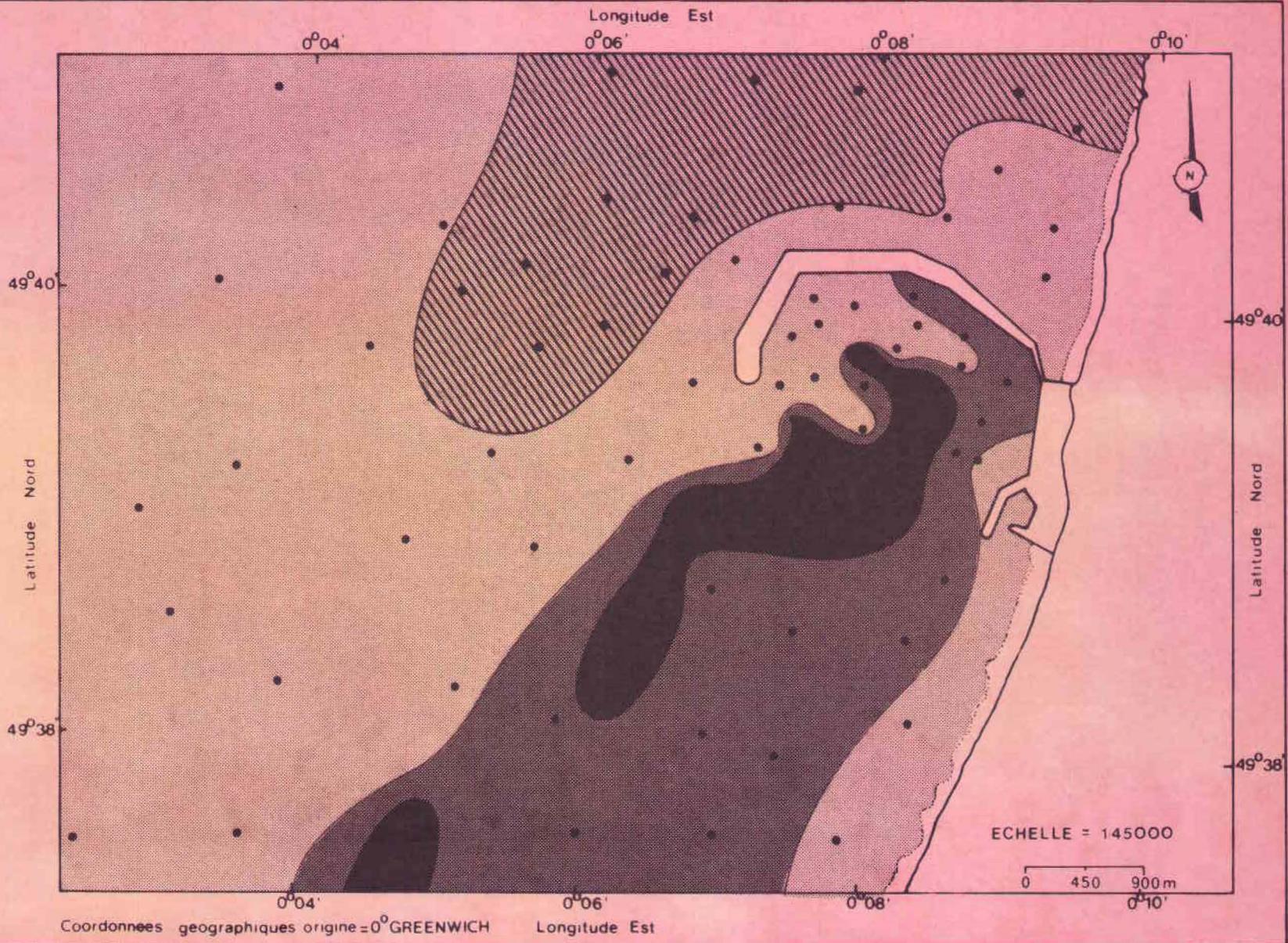
en fonction de la moyenne granulométrique on s'aperçoit que les deux espèces tendent à s'exclure mutuellement. Lorsque la moyenne granulométrique est faible, le pourcentage de dominance des Pectinaire est voisin de 10, alors que lorsque la moyenne est élevée (100 μ) les Pectinaires dominent à 100 %.



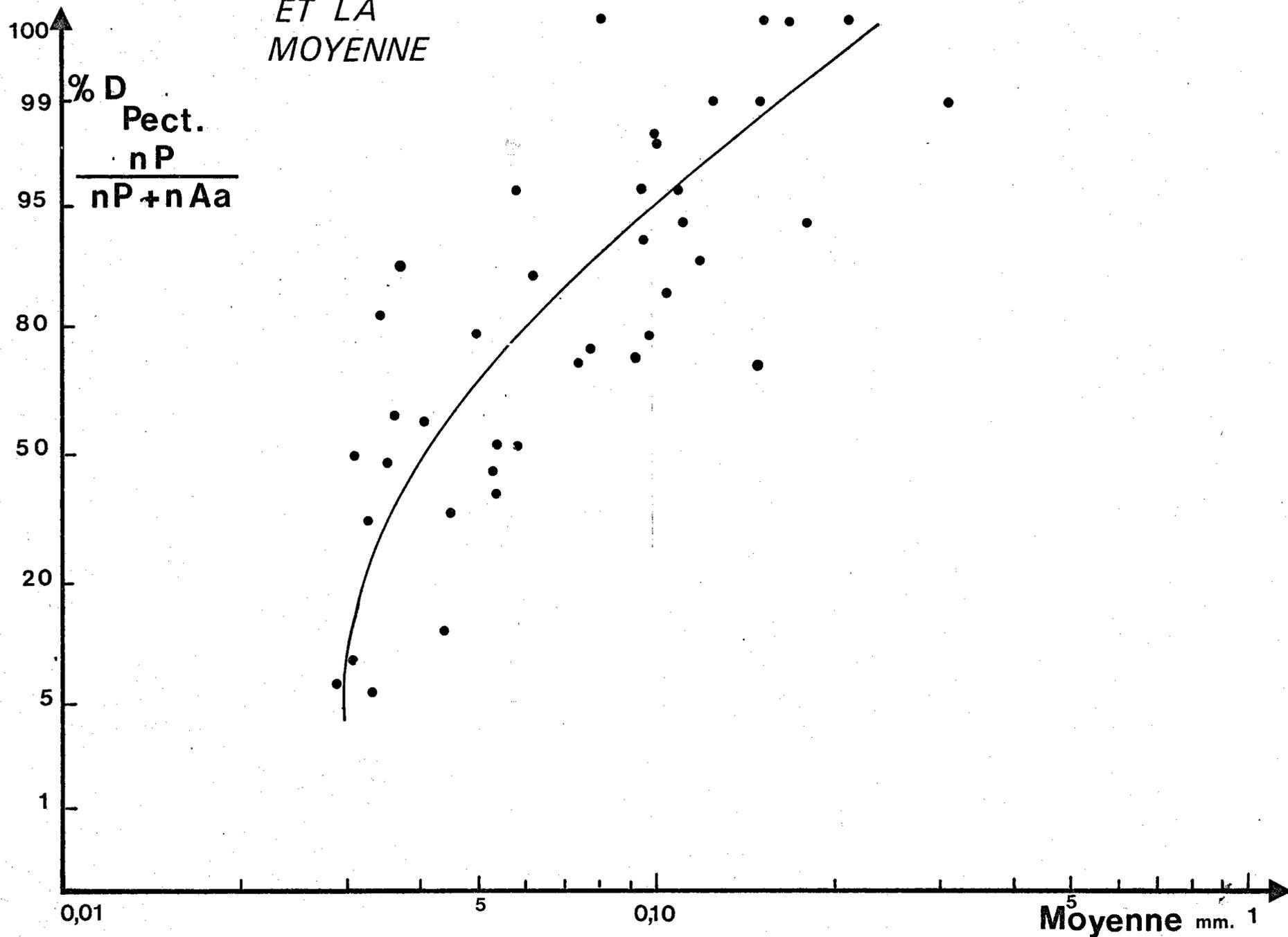
22



CAILLOUTIS



RELATIONS ENTRE LA DOMINANCE DES PECTINAIRES
ET LA
MOYENNE



Il semble donc que les substrats plus envasés favorisent davantage *Abra alba* et que *Pectinaria koreni* satisfait mieux ses exigences écologiques dans un sable fin légèrement envasé.

Il en résulte que l'augmentation de la teneur du sédiment en éléments fins entraîne un accroissement du nombre d'*Abra alba* alors que cette relation est inversée pour *Pectinaria koreni*.

Si l'on s'intéresse aux variations du poids moyen d'un individu

$$P_m = \frac{\text{biovolume total}}{\text{Nbre d'individus}}$$

on obtient les résultats suivants :

- pour *Alba alba* les individus les plus petits sont répartis dans les zones où la teneur en pelites est la plus importante (entre 80 et 100 %) ; le P_m augmente lorsque la teneur en pelites décroît,
- pour *Pectinaria koreni* on observe une relation inverse, c'est-à-dire que les petits individus sont cantonnés dans les zones où la teneur en éléments est inférieure à 30 %. Les gros individus se retrouvent dans les zones où la teneur en pelites dépasse 60 %.

Il existe donc une répartition différentielle tant en ce qui concerne le nombre d'individus que leur taille chez ces deux espèces qui tendent donc à réagir de façon quasiment opposée au processus d'envasement du port.

Dans le cadre de cette étude seul le facteur granulométrique a été pris en compte pour décrire les tendances de la répartition des deux espèces. Il est certain qu'à lui seul ce facteur ne suffit pas à expliquer la totalité des phénomènes observés, ce qui se traduit parfois par une dispersion assez prononcée des points du modèle à deux paramètres. Cependant, on obtient généralement une bonne approximation des tendances de la distribution spatiale des organismes, tendance qui permet de dégager les principaux points suivants :

- le nombre d'*Abra alba* augmente quand la teneur en particules fines augmente,

- le poids moyen par individu d'*Abra alba* décroît quand la teneur en pelites augmente,
- le poids moyen par individu des pectinaires augmente quand la teneur en pelites augmente.

Si la tendance à l'envasement du port d'Antifer se poursuit à un rythme sensiblement analogue, l'évolution du peuplement des sables fins plus ou moins envasés se fera dans le sens d'une augmentation numérique de la population d'*Abra alba* au détriment de celle des pectinaires. Toutefois, il est possible que pondéralement cette modification soit équilibrée par le fait que la taille moyenne des pectinaires a tendance à augmenter, tandis que celle des *Abra alba* tend à diminuer.

6) Variations de la distribution des tailles des deux populations

Sur certains échantillons une étude de la distribution modale des tailles d'*Abra alba* et *Pectinaria koreni* a été effectuée. Ce genre d'étude sert à définir la croissance des individus lorsque l'on dispose de plusieurs observations réparties tout au long de l'année. Dans notre cas, nous ne disposons que d'un seul échantillonnage au mois de juillet. Nous allons cependant essayer de comparer les résultats obtenus avec d'autres observations faites par ailleurs (DEWARUMEZ, 1976 - HILLY, 1976 - NICHOLS, 1977).

Abra alba :

DEWARUMEZ (1976) étudie la croissance d'*Abra alba* à Gravelines (Nord). Ses résultats montrent qu'il n'existe qu'une seule génération par an et que la ponte a probablement lieu en mars. La croissance des individus est ralentie en hiver, tandis qu'elle subit une accélération au printemps suivant. La durée de vie maximale est d'environ 3 ans et les individus mesurant plus de 2 cm sont probablement dans leur 4^{ème} année.

HILLY (1976) effectue la même étude sur une population des Pertuis-Charentais. Comme dans le Nord de la France, la ponte a lieu en mars, et le recrutement des jeunes commence en avril pour se poursuivre jusqu'en mai - juin. La classe 0 mesure 7.7 mm en août et se retrouve en avril suivant sensiblement à la même taille. HILLY estime que la durée de vie de ce mollusque est d'environ 2 ans et il n'a pas pu déterminer si il existait une ou deux périodes de ponte. L'allure de sa courbe de croissance est sensiblement différente de celle de DEWARUMEZ. La longueur maximale des individus mesurés atteint 1,75 cm, contre plus de 2 cm pour les individus de Gravelines. La production de ce mollusque est proche de 0.8 g/m²/an, et le rapport production/biomasse = 0.84 an⁻¹. Les résultats obtenus à Antifer montrent qu'au mois de juillet nous obtenons un histogramme de fréquences qui présente deux modes principaux. L'analyse modale permet de discriminer 3 cohortes (figure 24).

Le groupe 0 (\approx 6 mm) est généralement bien représentée ainsi que le groupe 1 (\approx 15 mm). Le groupe intermédiaire est plus difficilement cernable. Sa taille moyenne se situerait aux alentours de 9 mm.

L'ambiguïté demeure quant à la possibilité d'une ou deux pontes annuelles. Ce point serait important à déterminer car des répercussions importantes sur la population pourrait avoir lieu dans le cas où l'accessibilité nécessiterait des dragages d'entretien. Une bonne connaissance des périodes de ponte pourrait en effet préserver le taux de recrutement des jeunes individus. La taille maximale des individus récoltés est de 18,6 mm, ce qui correspondrait, en se basant sur la courbe théorique de croissance de DEWARUMEZ (1976), à des bêtes ayant approximativement 2 ans.

Pectinaria koreni :

Pour cette espèce, les observations disponibles dans la littérature sont très limitées. NICHOLS (1977) étudie la croissance d'une espèce voisine :

Pectinaria californiensis. ESCOURT (1974) fait des observations analogues sur *Pectinaria australis* et CURTIS (1977) étudie, pour sa part, les cycles biologiques de *Pectinaria granulata* et *Pectinaria hyperborea*.

Les observations faites par ces différents auteurs aboutissent à des résultats assez peu utilisables pour le cas précis d'Antifer. En particulier, il est difficile de cerner, avec précision, la longévité des pectinaires :

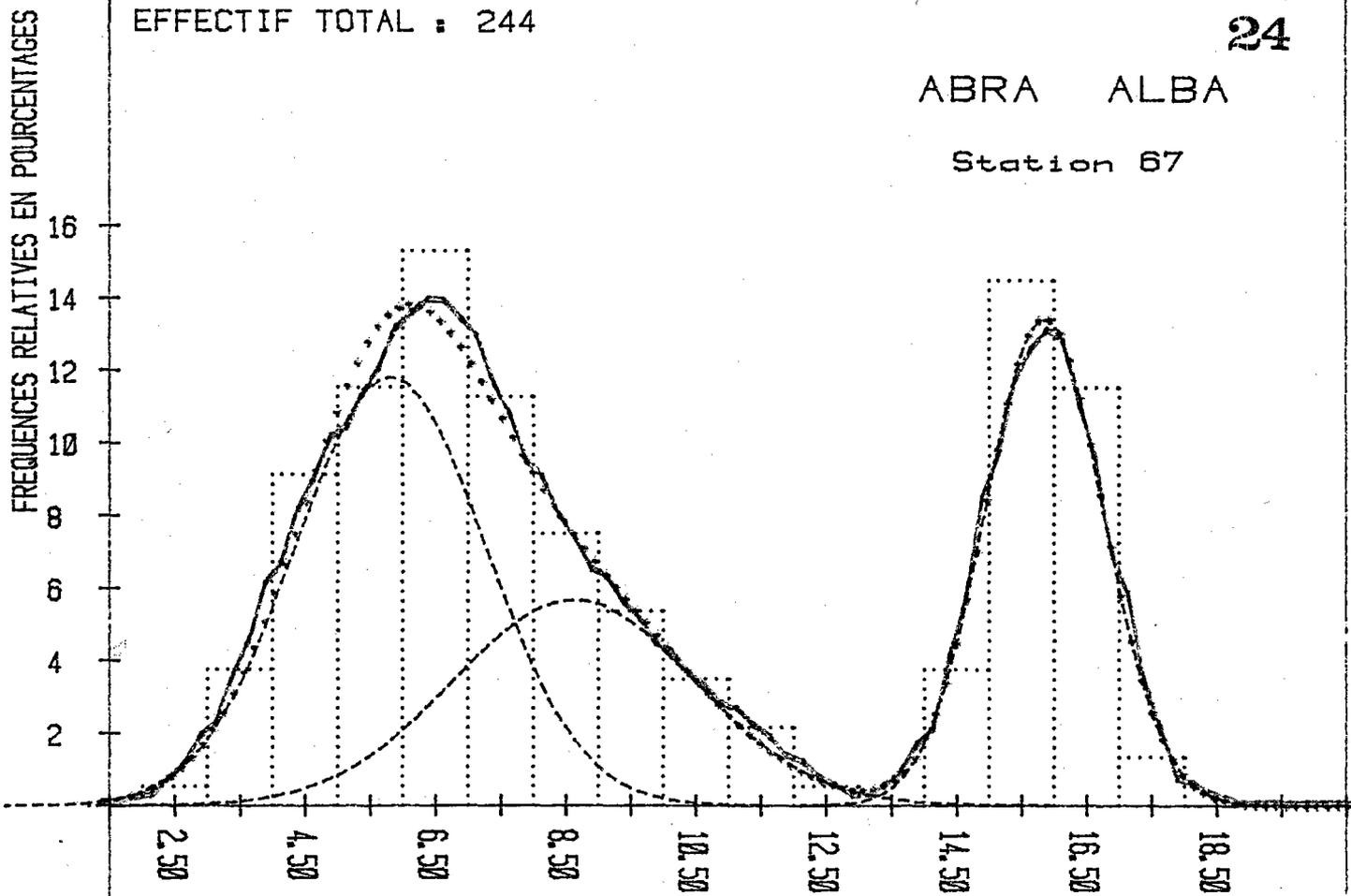
- pour CURTIS (1977) *Pectinaria granulata* vivrait 6 ans,
- ESCOURT (1976) donne une durée de vie d'environ 1 an pour *Pectinaria australis*.

EFFECTIF TOTAL : 244

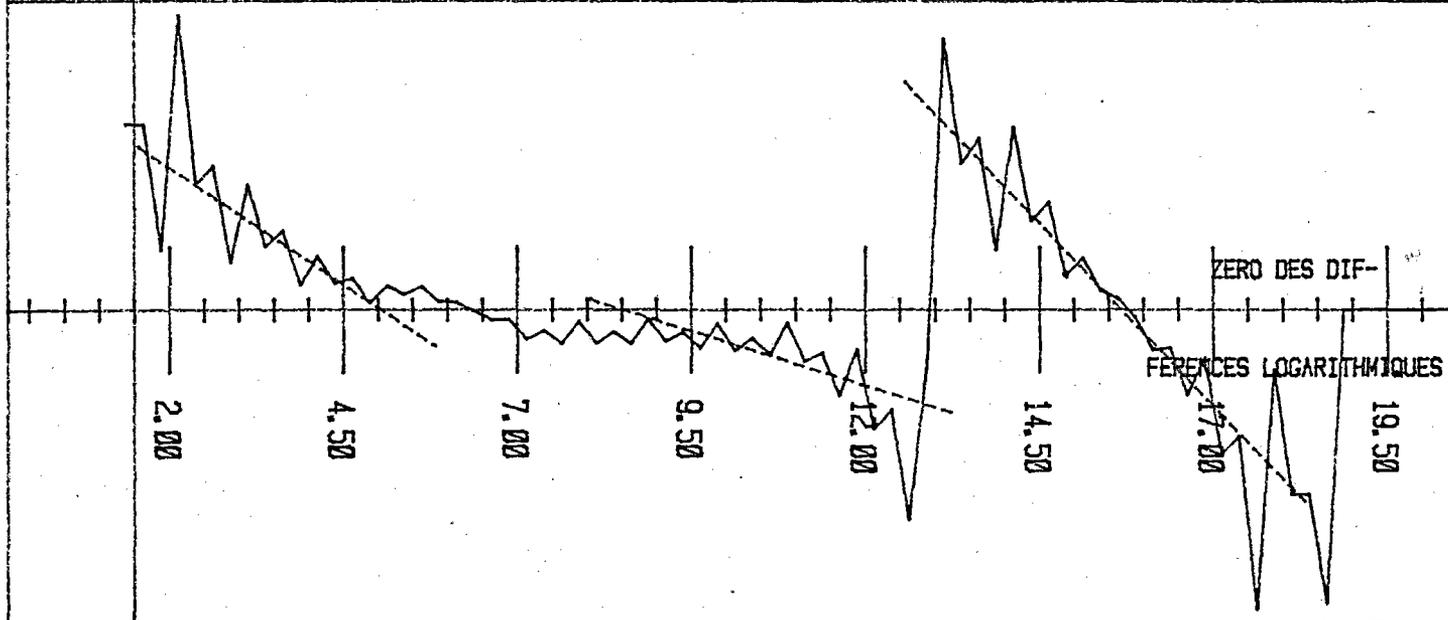
24

ABRA ALBA

Station 67



GROUPE 1	GROUPE 2	GROUPE 3
EFFECTIF= 105	EFFECTIF= 64	EFFECTIF= 75
MOYENNE= 5.81	MOYENNE= 8.62	MOYENNE= 15.84
ECART-TYPE= 1.46	ECART-TYPE= 1.85	ECART-TYPE= 0.91



Il est probable que la durée de vie de *Pectinaria koreni* n'excède pas 2,5 ans. A cet âge, le diamètre du lobe céphalique atteint 7,5 mm. Cela correspond à des individus d'une longueur voisine de 40 mm.

L'histogramme obtenu en juillet suggère qu'il existe au moins deux classes d'âge. Les individus du groupe 0 qui présentent un mode de 2 mm (diamètre du lobe céphalique) ce qui correspond à des organismes dont la taille est voisine de 10 mm. Les individus du groupe 1 ont un mode d'environ 5 mm, ce qui correspond à une taille individuelle de 2,5 cm. Il existe un petit mode aux alentours de 7,5 mm qui pourrait correspondre à des individus âgés de 2 ans (longueur (longueur : \approx 3,75 cm) (figure 25).

L'intérêt de cette étude sur la distribution des tailles des organismes est ici limitée par le fait que nous ne disposons que d'une seule observation dans l'année. Si nous avions pu échantillonner régulièrement au cours de l'année, il eut été possible de déterminer, entre autre :

- le rythme de croissance des populations,
- la production de chaque population.

Ce sont là deux paramètres indispensables à la mise en évidence des impacts et à la précision de l'évolution des populations au sens dynamique du terme.

Toutefois, ces premiers résultats apparaissent comme extrêmement intéressants, compte tenu de l'abondance des individus et des conditions particulières créées par l'aménagement d'Antifer. Ce caractère particulier du site peut contribuer à faire avancer considérablement les connaissances sur la biologie et l'écologie de ces deux espèces qui sont un maillon trophique extrêmement important pour les poissons plats, ainsi que de permettre la détermination à grande échelle des effets induits par la sédimentation de particules fines sur les organismes vivants.

7) Aspect quantitatif des deux populations - tentative de prévision de l'évolution des biomasses

Si la modification de la structure granulométrique du substrat influence l'abondance des deux espèces, elle a aussi des effets sur la biomasse. Nous avons vu plus haut (page 53) qu'à l'échelle de l'ensemble du peuplement la biomasse avait très légèrement augmenté entre 1975 et 1978. Nous allons

FREQUENCES RELATIVES EN POURCENTAGES

17

EFFECTIF TOTAL : 780

Juillet 1978

Total stations

3 - 4 - 39 - 44 - 50
51 - 62 - 65 - 72 - 73

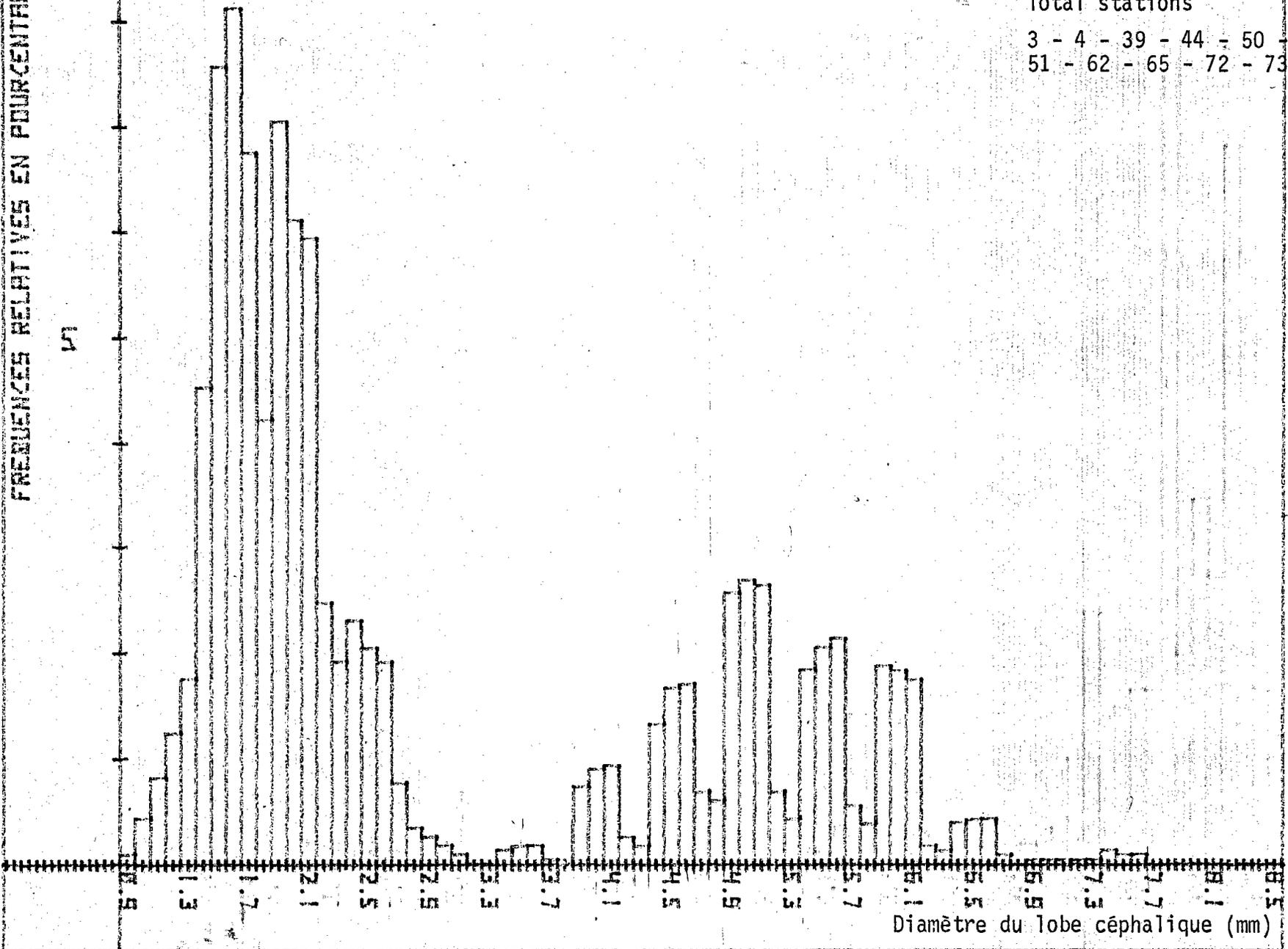


Tableau V

EVOLUTION DES TENEURS EN PELITES ENTRE 1975 ET 1981
 ET VARIATIONS CORRESPONDANTES DE LA BIOMASSE MOYENNE (g p.s x m⁻²)
 ET DE LA MOYENNE GRANULOMETRIQUE (en microns)

Station	%pelites 1975	%pelites 1978	Δ%	%pelites 1979	$\bar{\mu}$ 1979	biomasse 1979	%pelites 1980	$\bar{\mu}$ 1980	biomasse 1980	%pelites 1981	$\bar{\mu}$ 1981	biomasse 1981
44	5-10	17-82	10	21-12	96	62	24-42	92	63	27-72	86	65
27	5-10	30-89	23	38-55	72	66	46-21	65	65	53-87	57	60
28	10-20	22-93	8	25-60	90	65	28-26	84	65	30-93	82	63
42	10-20	32-22	17	37-88	74	66	43-55	68	65	49-22	62	65
51	10-20	30-29	15	35-29	77	66	40-29	70	66	45-29	66	65
60	5-10	7-83	5	9-50	115	50	11-16	110	50	12-83	105	50
62	10-20	10-23	0	/	115	50	10-23	115	45	10-23	115	45
70	2-50	97-10	95	> 100	28	10	> 100	28	10	> 100	28	10
8	10-20	87-49	72	> 100	28	10	> 100	28	10	> 100	28	10
3	10-20	54-96	40	68-29	206	50	81-62	37	33	94-95	30	16
40	5-10	65-20	57	84-20	36	35	> 100	28	10	> 100	28	10
9	2-50	57-06	55	75-39	41	42	93-72	31	15	> 100	28	10
2	10-20	40-37	25	48-70	62	60	57-03	55	60	65-36	48	52
5	10-20	82-00	67	> 100	28	10	> 100	28	10	> 100	28	10
6	10-20	87-50	73	> 100	28	10	> 100	28	10	> 100	28	10
65	5-10	12-82	10	16-15	105	10	19-49	> 100	60	22-81	94	62
39	10-10	28-93	14	33-59	80	66	38-26	74	65	42-53	68	60
10	10-20	30-03	15	35-03	78	66	40-03	72	65	45-03	67	60

$\bar{\mu}$ = moyenne granulométrique

Δ% = accroissement du pourcentage des pélites

Tableau VI

PREVISION DE LA BIOMASSE ET DE LA PRODUCTION BENTHIQUE

SECTEUR SITUÉ AU SUD DE LA DIGUE

* P/B \approx 0.6 (NICHOLS, 1976)

** P/B \approx 0.8 (HILLY, 1976)

PEUPELEMENT À A. ALBA - P. KORENI

A N N E E	BIOMASSE MOYENNE TOTALE $Gs \times m^{-2}$	BIOMASSE MOYENNE PECTINAIRES $Gs \times m^{-2}$	BIOMASSE MOYENNE ABRA ALBA $Gs \times m^{-2}$	* PRODUCTION MOYENNE PECTINAIRES $Gsxm^{-2} \times an^{-1}$	** PRODUCTION MOYENNE ABRA $Gsxm^{-2} \times an^{-1}$	PRODUCTION MOYENNE ABRA ALBA + P. KORENI $Gsxm^{-2} \times an^{-1}$
1975	24	-	-	-	-	-
1978	29	15	8	9	6.4	12
1979	44	24	15	15	12	27
1980	43	24	15	14	12	26
1981	40	20	15	12	12	24

étudier au cours de ce paragraphe comment réagissent les biomasses d'*Abra alba* et *Pectinaria koreni*, en fonction de la granulométrie du substrat. La figure 26 montre que lorsque la moyenne granulométrique croît, la biomasse des *Abra* passe par un maximum situé aux alentours de 50μ , puis diminue ensuite.

Pour *Pectinaria koreni* on observe un phénomène analogue, mais le maximum de la courbe est déplacé vers 80μ .

A partir de ce schéma général, il est possible de tenter d'estimer quelle sera l'évolution de la biomasse dans la zone située au Sud du port si la teneur en éléments fins continue d'augmenter au même rythme qu'entre 1975 et 1978. On calcule pour chaque station l'accroissement du taux de pelites attendu en 1981, soit $\% \text{ en pelites en } 1981 = 2 \cdot (\% \text{ pelites } 1978 - \% \text{ pelites } 1975)^*$.

A partir de ce taux de pelites, on peut calculer la moyenne (figure 27) et, de la moyenne, on peut alors passer à la biomasse grâce à l'abaque représenté sur la figure 26.

Le tableau V résume l'ensemble des calculs réalisés.

Sur le tableau VI nous avons rassemblé les prévisions de la biomasse en 1979-1980 et 1981. Les chiffres de production ont été estimés d'après des rapports production/biomasse trouvés dans la littérature, soit $P/B_{A.alba} = 0.80$ (HILLY, 1976) et $P/B_{P.koreni} = 0.6$ (NICHOLS, 1977).

De l'ensemble de ces chiffres il est possible de dégager l'évolution générale des biomasses dans la zone située sous l'influence de la digue d'Antifer (zone Sud). On constate qu'il tend à se produire une augmentation des biomasses moyennes totales entre 1975 et 1979. Puis, à partir de 1979, on constate alors une décroissance progressive du poids de matière organique par unité de surface. Cette décroissance est liée à la diminution des pectinaires qui ne supportent pas un envasement excessif du substrat. Les *Abra*, de leur côté, conservent une biomasse sensiblement équivalente à partir de 1979.

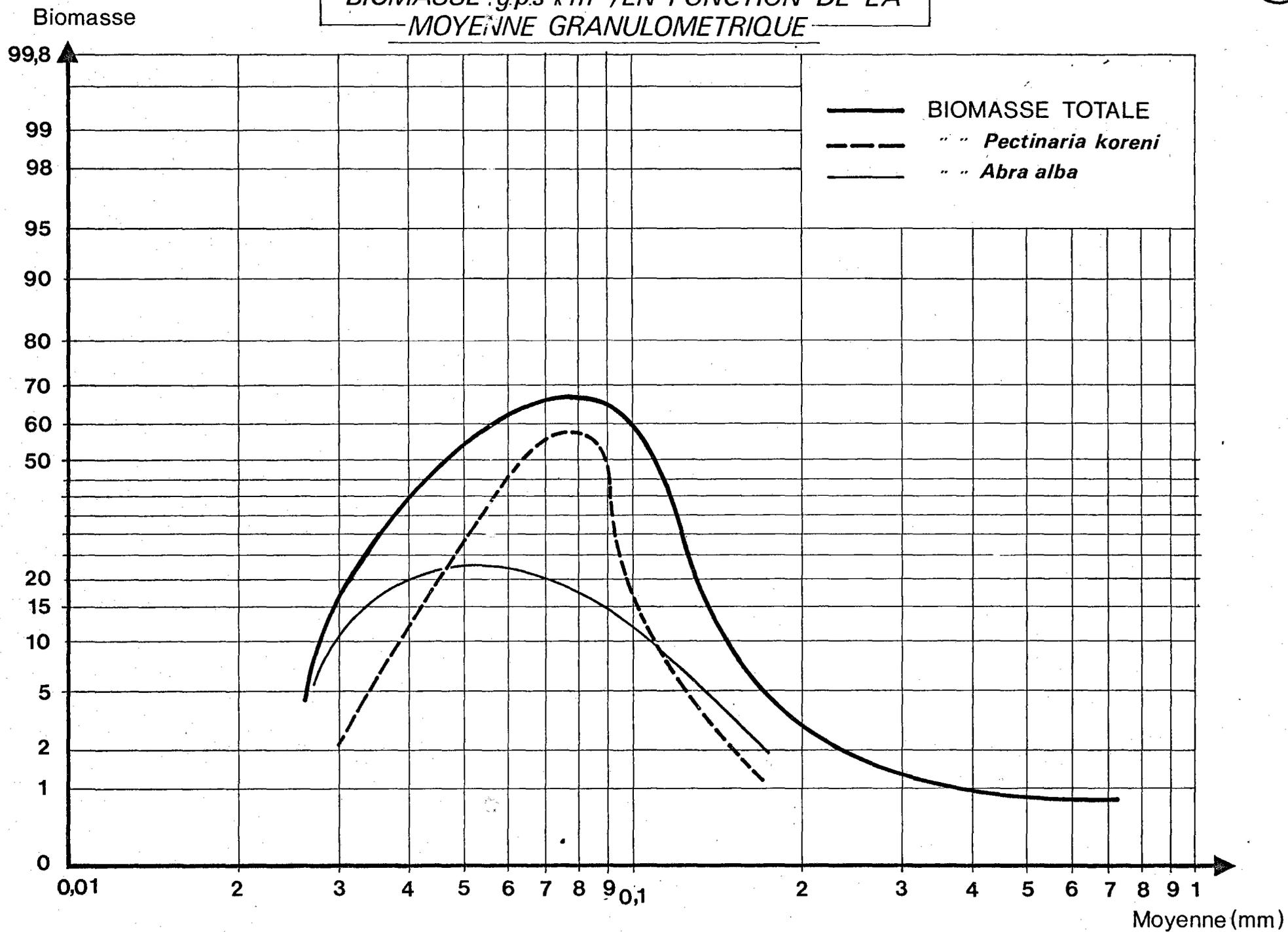
Les chiffres de production montrent une tendance identique à celle suivie par les biomasses.

*Ce calcul surestime le taux d'envasement qui est en réalité de la forme $\zeta = \sqrt{1+r}$

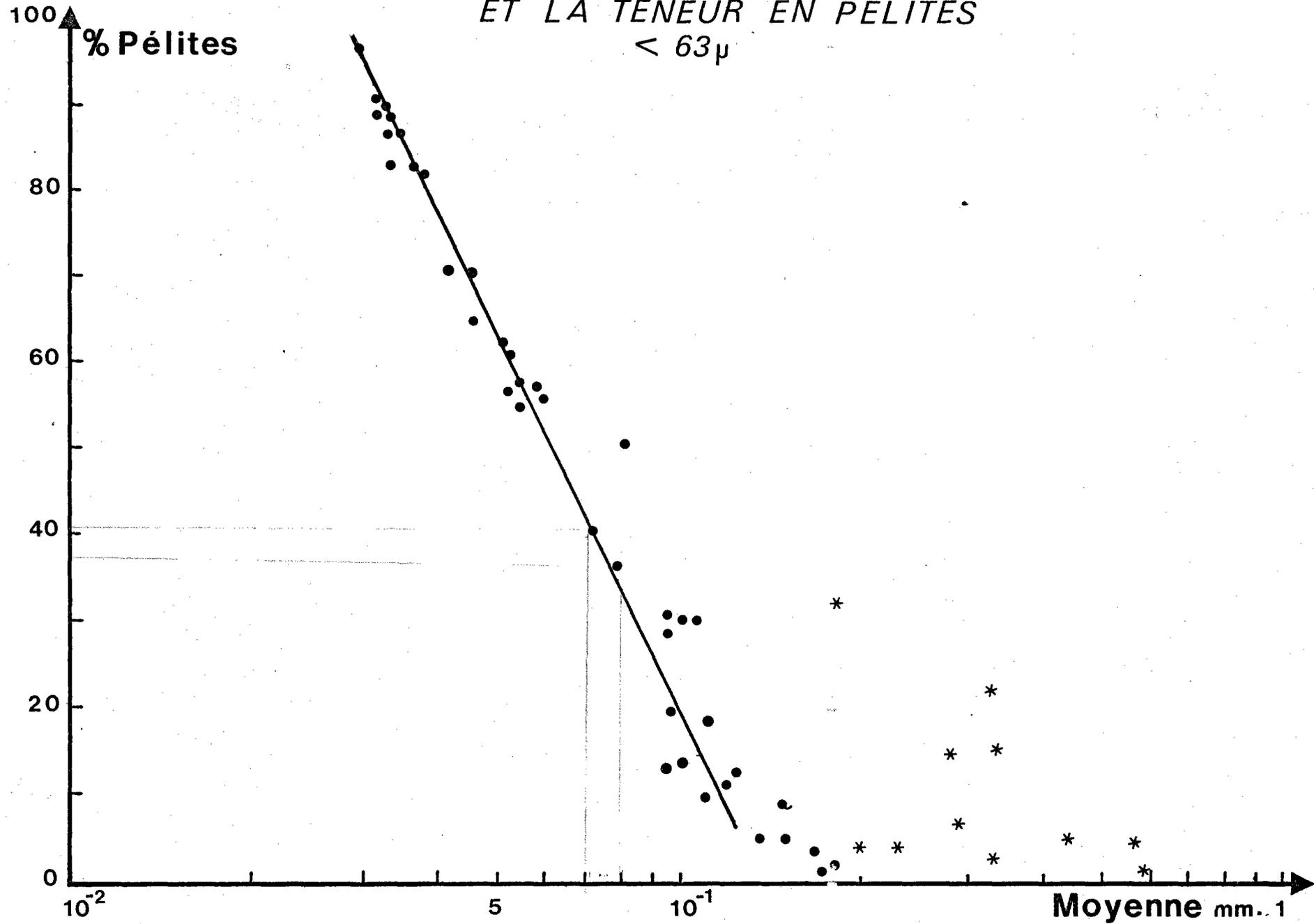
ζ = % de l'accroissement du taux de pelites prévu

r = % de l'accroissement de pelites constaté dans la période considérée

BIOMASSE (g.p.s x m⁻²) EN FONCTION DE LA MOYENNE GRANULOMETRIQUE



RELATIONS ENTRE LA MOYENNE GRANULOMETRIQUE
ET LA TENEUR EN PELITES
< 63 μ



Rappelons enfin que ces calculs ne prennent en compte que l'influence supposée de la modification de la texture granulométrique sur les peuplements benthiques. Les éventuelles variations saisonnières dues à d'autres facteurs, comme par exemple les variations annuelles de la température, n'ont pas été prises en compte. Toutefois, les résultats des prévisions obtenues avec ce modèle descriptif simplifié sont en accord avec les observations faites dans le cadre des études portant sur des rejets d'émissaires urbains où l'on constate un phénomène semblable, c'est-à-dire une augmentation dans le temps et dans l'espace des biomasses, généralement suivie d'une baisse importante, due à une sédimentation importante et à un apport de matières organiques au voisinage de l'émissaire.

IV) ETUDE DES POPULATIONS MICROPHYTOBENTHIQUES (figure 28)

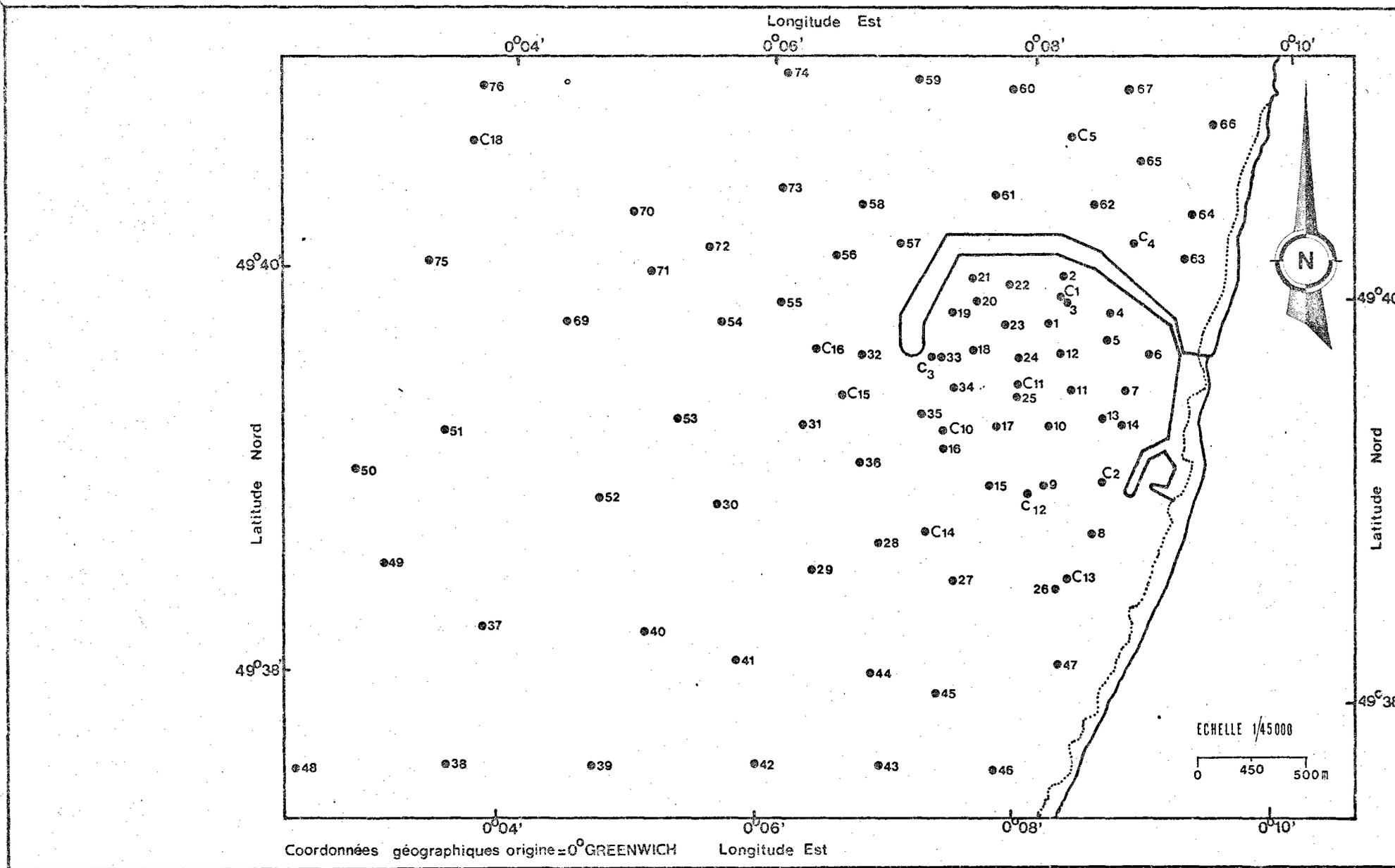
L'étude des variations dans l'espace de la biomasse chlorophyllienne du microphytobenthos renseigne sur l'état des populations de diatomés vivant fixées sur les grains du sédiment.

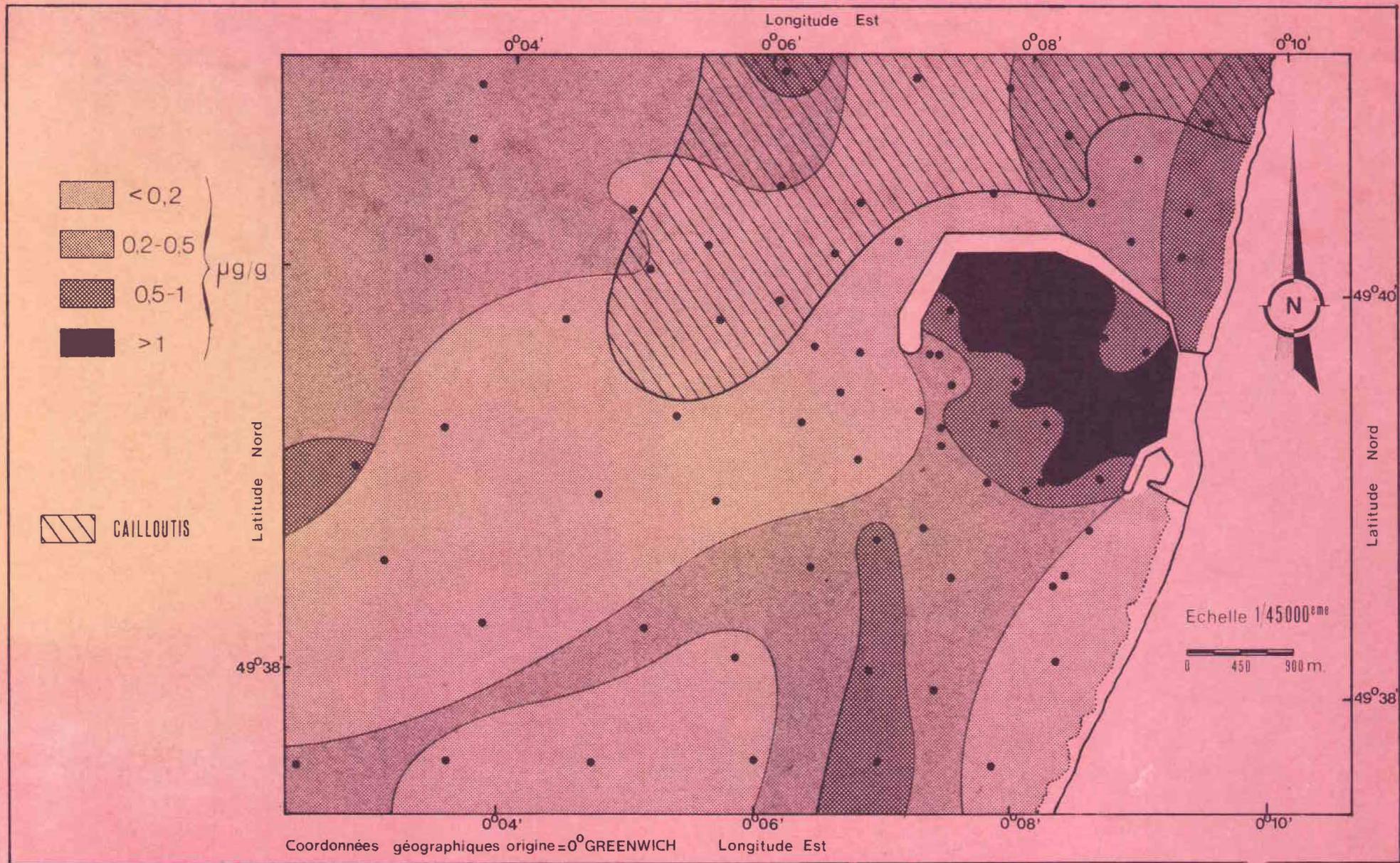
80 échantillons de sédiment ont été récoltés. A la suite d'une avarie du carottier Rouvillois, les prélèvements ont été effectués à la benne Schippeck. Un sous échantillon est alors prélevé à l'aide d'une carotte en plastique. Deux analyses des pigments chlorophylliens ont été effectuées pour chaque échantillon.

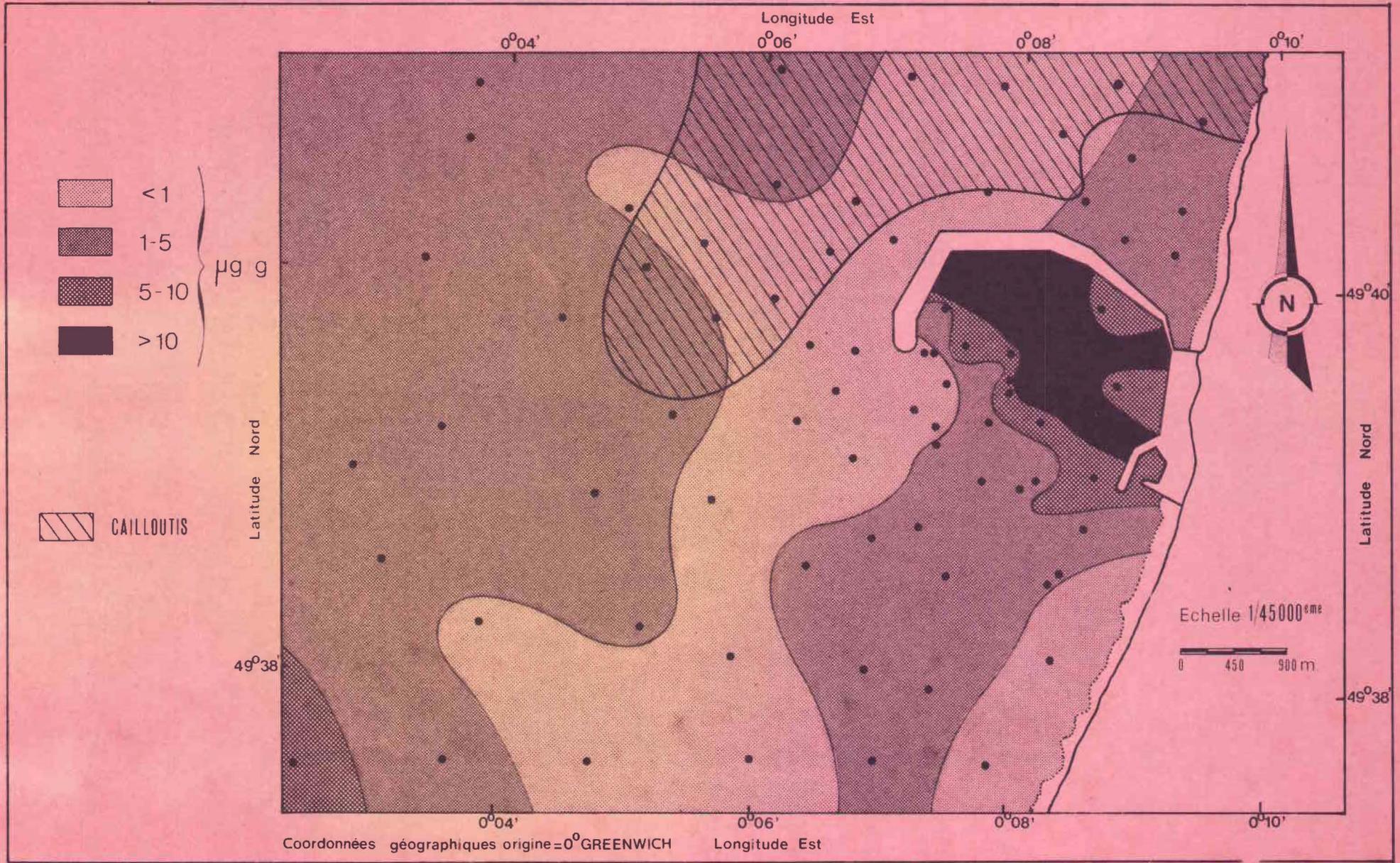
Les formules utilisées pour le calcul de la concentration en pigments sont celles de LORENZEN (1967) à partir des mesures de densité optique analysées au spectromètre.

1) Chlorophylle a et phaeophytine a (figures 28b et 29)

La teneur en chlorophylle a totale est employée pour désigner l'ensemble des pigments absorbant à 665 nm. La distinction entre chlorophylle a et phaeophytine est importante, car ce deuxième terme reflète l'état de dégradation des pigments chlorophylliens. Le rapport de la chlorophylle a à la phaeophytine a permet de comparer l'importance relative de ces deux pigments. L'analyse de ce rapport indique une période active de développement de la population microphytobenthique, c'est-à-dire la présence d'une activité photosynthétique importante.







Les teneurs en chlorophylle a au voisinage d'Antifer varient entre des valeurs proches de 0, jusqu'à 7 µg/g. Les teneurs les plus élevées se trouvent dans les sédiments vaseux, c'est-à-dire dans la zone portuaire. Dans les sédiments sableux et les sables grossiers, la chlorophylle ne dépasse jamais 1 µg/g. Il existe une relation positive entre la teneur en chlorophylle a et la moyenne granulométrique. Lorsque la taille moyenne des grains diminue, la concentration en chlorophylle a tendance à augmenter (figure 30). Un certain nombre de stations (7) s'écartent de cette relation sans que l'on puisse en expliquer la raison.

Les concentrations en phaeophytine a sont élevées. Elles constituent en général 50 à 90 % des pigments totaux. Ces fortes valeurs de la phaeophytine sont à mettre en relation avec la présence de vases dans le port. VUDO et HOUSSEMAINE (1980) citent PATTERSON et PARSONS (1963) et COLIJN et NIENHUS (1978) qui relatent l'existence d'une corrélation positive entre la teneur en phaeophytine et la nature vaseuse du substrat.

Pour les valeurs de phaeophytine trouvées à Antifer, qui varient entre 0,1 µg/g et 22 µg/g, on note une tendance générale à l'augmentation de ce pigment de dégradation quand la taille moyenne du grain diminue. Toutefois, la relation entre ces deux paramètres met en évidence une dispersion assez grande des différents points échantillonnés (figure 31).

Une relation qui est beaucoup mieux ajustée concerne les teneurs en chlorophylle chlorophylle a et les teneurs en phaeophytine a. La figure 32 illustre clairement le fait que la phaeophytine est d'autant plus abondante qu'il y a davantage de chlorophylle.

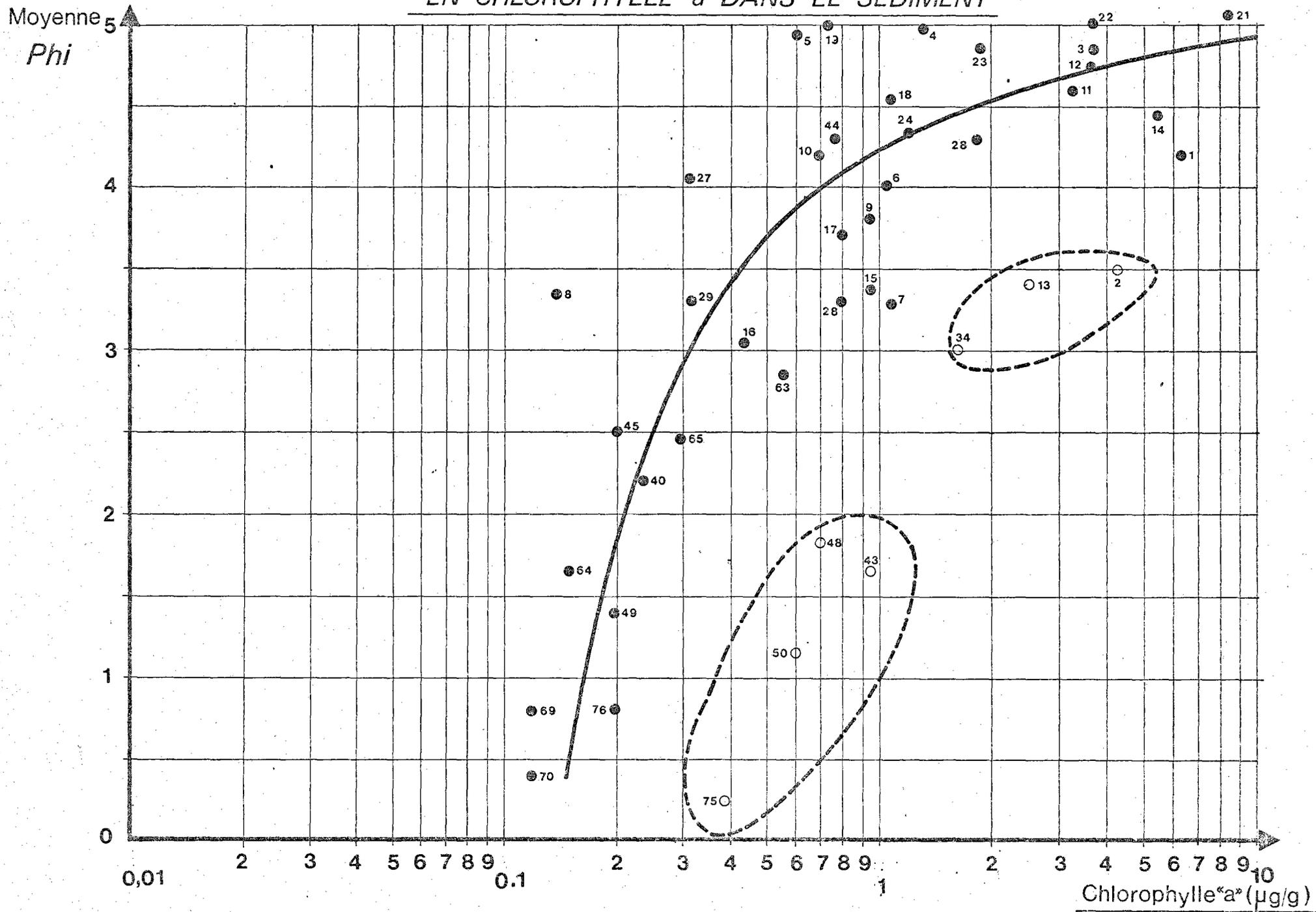
L'équation qui décrit ce phénomène est de la forme :

$$\text{Chlo a} = - 0.37 + 0.26 \text{ phaeoph. a}$$

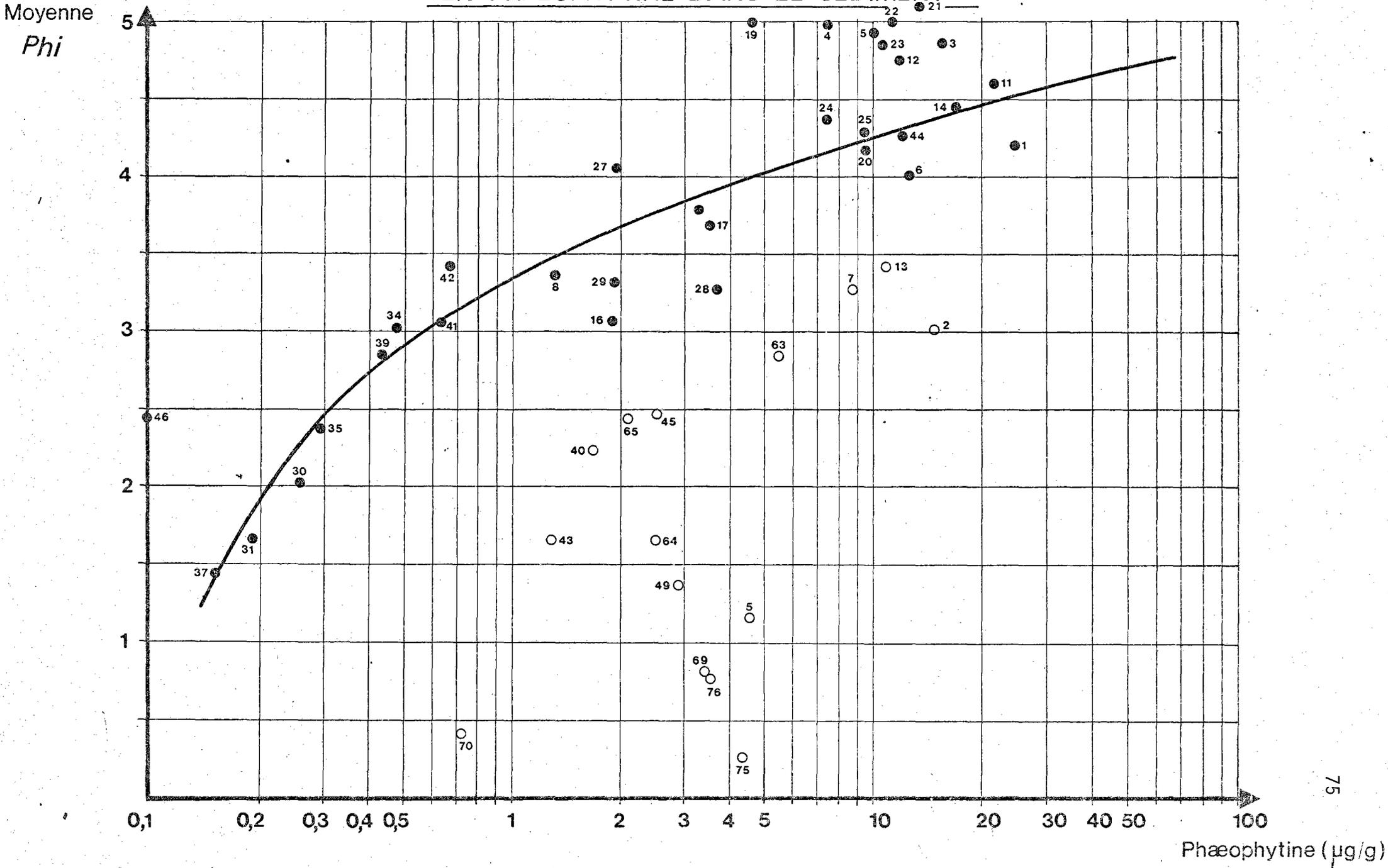
$$r = 0.92$$

$$n = 53 \text{ couples}$$

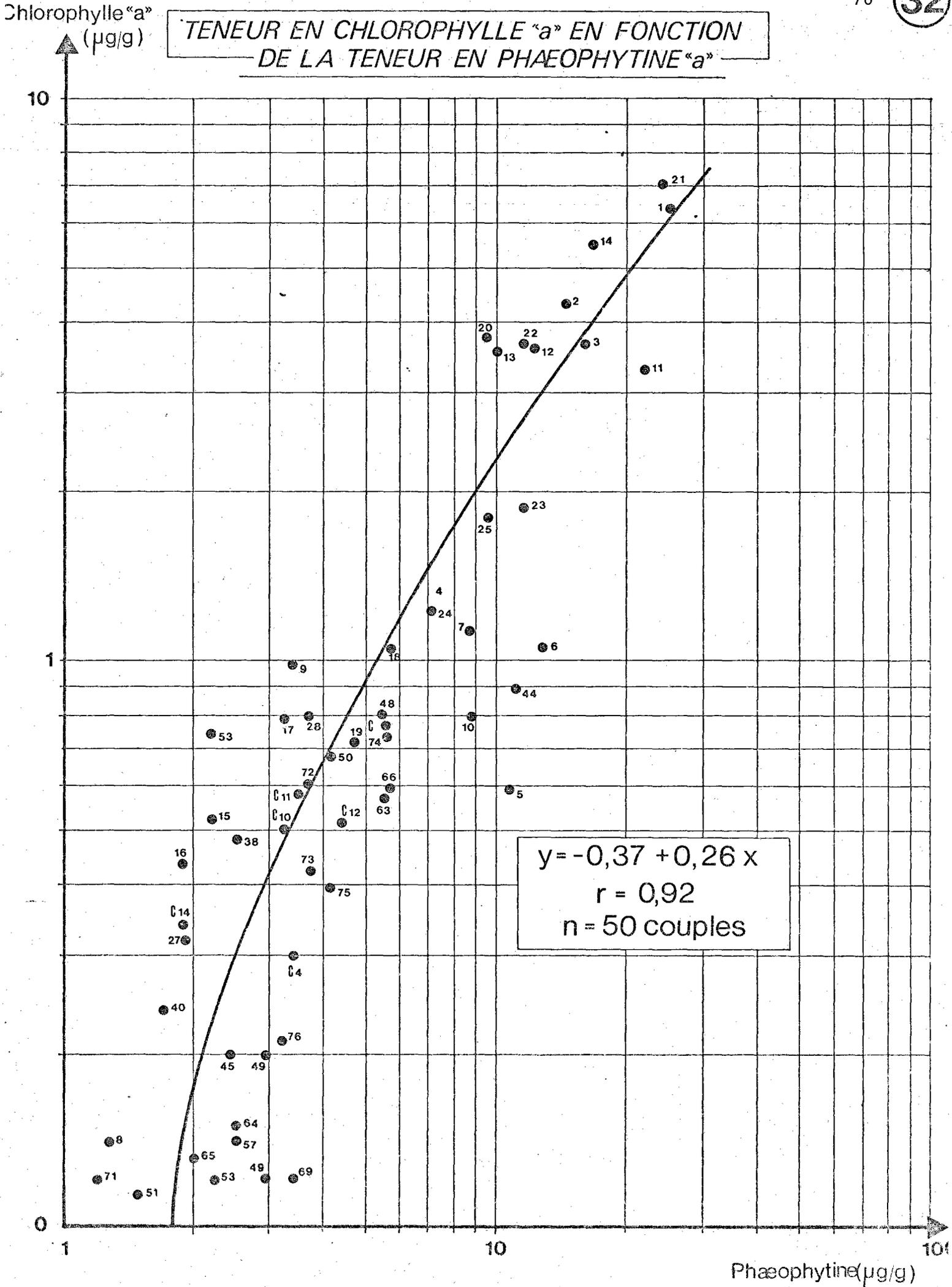
MOYENNE GRANULOMETRIQUE EN FONCTION DE LA TENEUR
EN CHLOROPHYLLE "a" DANS LE SEDIMENT



MOYENNE GRANULOMETRIQUE EN FONCTION DE LA TENEUR EN PHAEOPHYTINE DANS LE SEDIMENT



TENEUR EN CHLOROPHYLLE "a" EN FONCTION
DE LA TENEUR EN PHÆOPHYTINE "a"



La répartition spatiale des biomasses chlorophylliennes et de la phaeophytine (figure 28b et figure 29) montre que la zone du port d'Antifer présente les plus fortes teneurs en ces deux constituants par rapport au reste de la zone étudiée. Les teneurs en chlorophylle a sont supérieures à $1 \mu\text{gxg}^{-1}$ et celles de la phaeophytine a sont supérieures à $10 \mu\text{gxg}^{-1}$. Les sédiments dépourvus de particules fines sont généralement beaucoup moins riches en chlorophylle et en phaeophytine. Des résultats analogues sont décrits par VU DO et HOUSSEMAINE (1980) dans l'estuaire de la Seine.

Par rapport aux valeurs qui avaient été obtenues en 1975, on constate que les concentrations en chlorophylle a sont assez comparables si l'on ne considère que les stations qui, en 1975, n'avaient pas été altérées par les opérations de dragages.

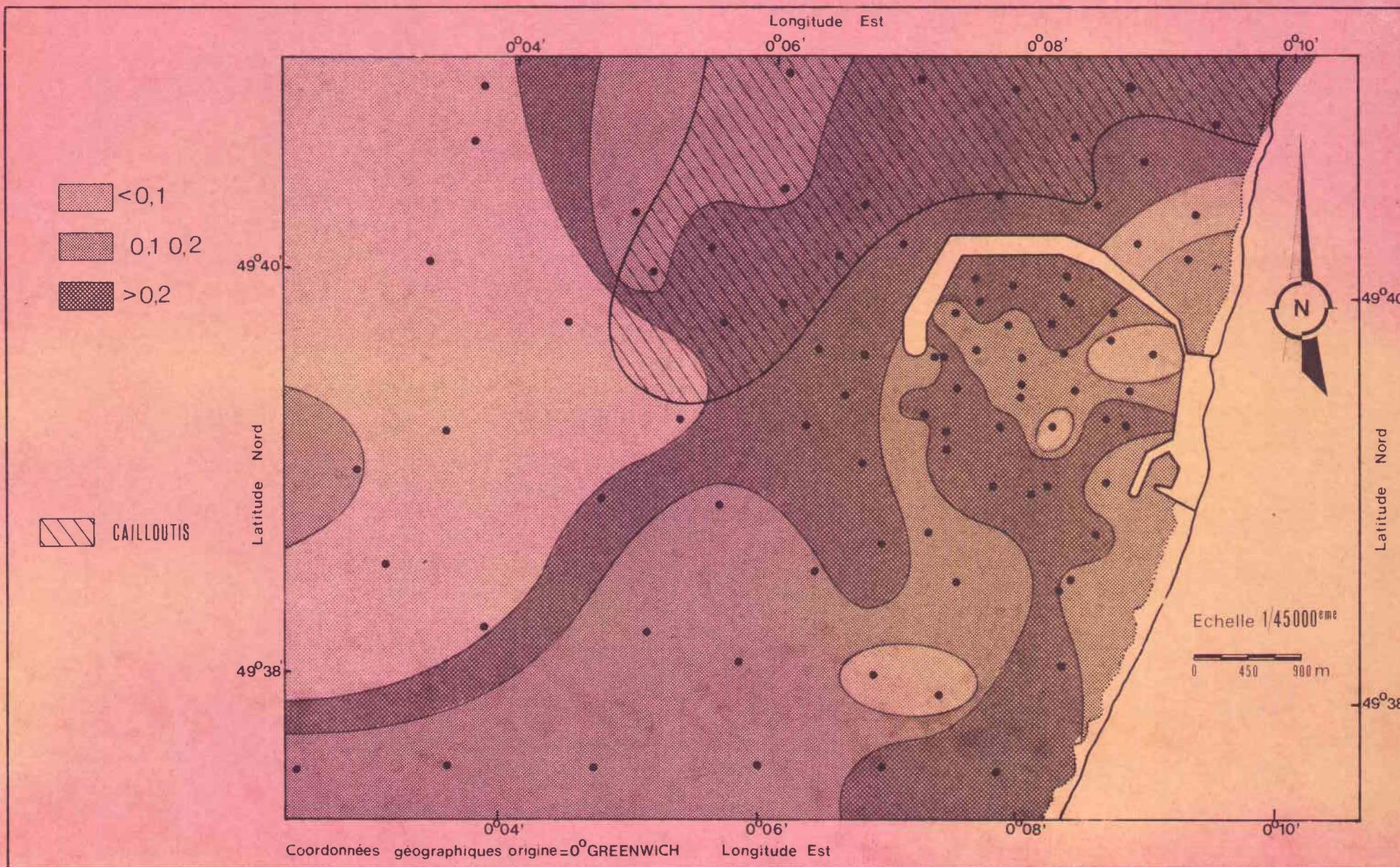
2) Rapport de la chlorophylle a à la phaeophytine a (figure 33)

Le rapport chlorophylle a sur phaeophytine a, qui renseigne sur l'activité de la population algale, varie entre 0.1 et 0.5. La moyenne dans la zone portuaire se situe aux environs de 0.21. La faiblesse de cette moyenne est due au fait que la période d'échantillonnage ne correspond pas à la période du bloom phytoplanctonique printanier. Cette moyenne démontre donc une activité photosynthétique assez faible pour l'ensemble de la zone, avec un minimum situé dans les sédiments grossiers (figure 33) dans l'Ouest de la zone étudiée.

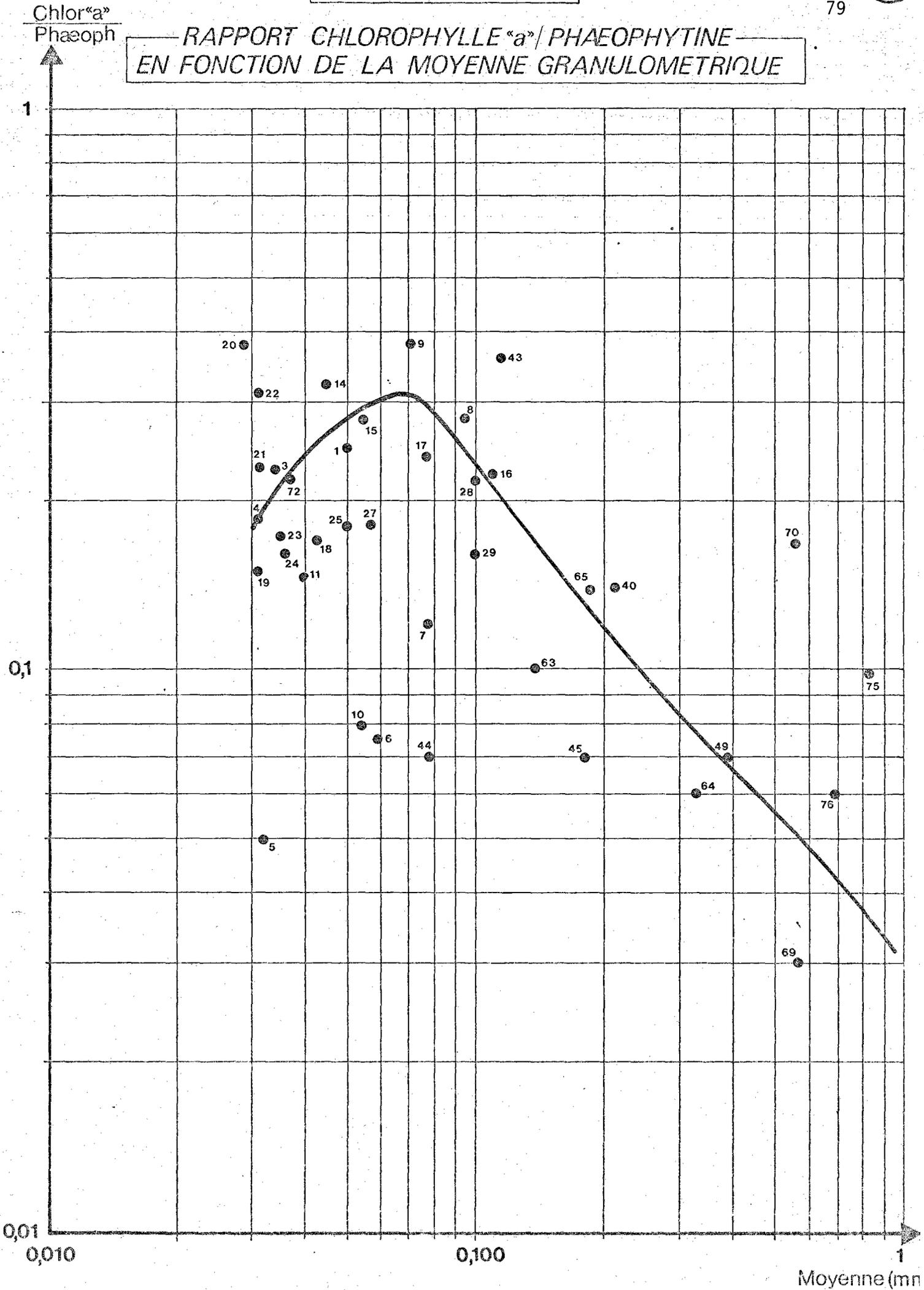
Si l'on cherche à établir une relation entre la granulométrie du substrat et le rapport chlorophylle a/phaeopigment a, bien que la dispersion des points soit importante, on note qu'il existe un maximum du rapport chlorophylle a/phaeopigment a de 70 à 80 μ . C'est donc dans les zones où la fraction péltique est voisine de 40 % que l'activité photosynthétique est la plus forte (figure 34).

3) Le rapport $\frac{D430}{D660}$ ou Indice de Diversité Pigmentaire (I.D.P.)

C'est le rapport des densités optiques lues à 430 nm et 660 nm. Il est utilisé pour caractériser l'état physiologique des populations micro-phytobenthiques.



RAPPORT CHLOROPHYLLE "a" / PHAEOPHYTINE
EN FONCTION DE LA MOYENNE GRANULOMETRIQUE



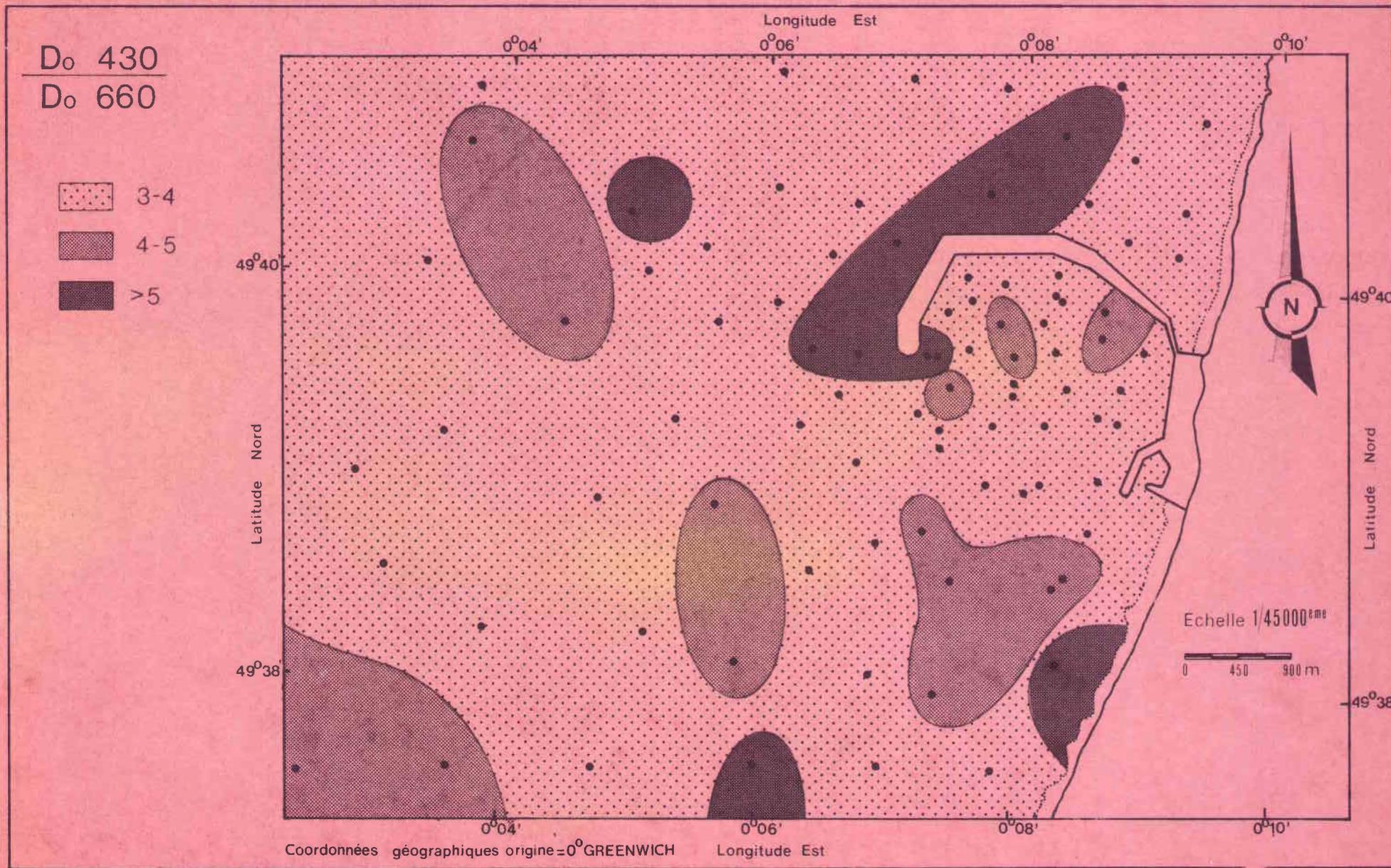
Dans le cadre de cette étude il varie entre 2,9 et 6,5. Selon CHASSE (1972) des valeurs inférieures à 3 de l'indice de diversité pigmentaire indiquent une population active, alors que les valeurs dépassant 6 sont indicatrices de l'accumulation de matériel détritique. Dans la majorité de la zone d'étude l'indice de diversité pigmentaire est compris entre 3 et 4 et il en résulte que pendant la période étudiée le microphytobenthos n'a pas eu de pic d'activité notable (figure 35).

En résumé, l'étude du microphytobenthos confirme les résultats obtenus dans l'étude sédimentologique. Les faibles valeurs en chlorophylle a ($< 7 \mu\text{g/g}$ de sédiment sec) sont le témoin d'une faible activité des populations microphytobenthiques. Ces valeurs sont associées à des valeurs élevées de la population qui indiquent une accumulation importante de matériel détritique. En effet, dans les sédiments de type vaseux, il est fréquent de rencontrer des teneurs en phaeophytine élevées. La contamination du port par les éléments fins influe donc sur les populations microphytobenthiques. La relation qui existe entre les teneurs en chlorophylle a et la moyenne granulométrique semble indiquer que pour des moyennes granulométriques inférieures à 50μ on obtient, dans la plupart des cas, des valeurs de chlorophylle a supérieures à $1 \mu\text{g/g}$. Ces valeurs de biomasse sont difficilement reliables à des valeurs de production végétale, car il peut s'agir de chlorophylle a détritique, comme c'est le cas, par exemple, dans l'estuaire de la Gironde, où, malgré des teneurs en chlorophylle assez importantes, on constate une production proche de zéro. Il est possible toutefois d'estimer approximativement la production en utilisant les résultats obtenus par CADEE et HEGEMAN (1977) qui étudient le microphytobenthos de la zone intertidale en mer de Wadden et qui trouvent une relation entre la teneur annuelle moyenne en chlorophylle a dans les sédiments et la production moyenne annuelle, de la forme :

$$\text{Production} = 12.5 \text{ chlo. a } \mu\text{g} \times \text{g}^{-1}$$

En supposant que la teneur annuelle moyenne en chlorophylle a varie entre 3 et $6 \mu\text{g} \times \text{g}^{-1}$ dans la zone portuaire, on obtiendrait alors des valeurs de production annuelles de l'ordre de :

$$37.5 \text{ g Cm}^{-2} \times \text{an}^{-1} \quad \text{à} \quad 75 \text{ gCm}^{-2} \times \text{an}^{-1}$$



Ces chiffres sont particulièrement élevés lorsqu'on les compare à ceux de la région de Concarneau (BOUCHER, 1975) et qui varient de 4 à 15 $\text{gCm}^{-2}\text{an}^{-1}$. Une étude plus détaillée, basée sur une série de prélèvements répartis régulièrement au cours de l'année, pourrait permettre de juger de la validité des chiffres énoncés ci-dessus. Il est possible que ces valeurs surestiment la production car les mêmes auteurs constatent qu'il existe une variation importante de la production selon le niveau de la station dans la zone intertidale. Les bas niveaux ont une production de l'ordre de 29 μgCm^{-2} et les hauts niveaux atteignent 188 μgCm^{-2} . MARSHALL et al (1973) mesurent des valeurs de production microphytobenthique dans l'estuaire de Point Judith (USA) et sur la côte Est de Long Island. Ils obtiennent des valeurs respectivement égales à 93 $\mu\text{gCxm}^{-2}\text{xan}^{-1}$ et 40 $\mu\text{gCxm}^{-2}\text{xan}^{-1}$. Ces résultats sont donc comparables à ceux que nous obtenons en utilisant la relation chlorophylle a et production.

Enfin, on note des teneurs en chlorophylle a anormalement faibles aux stations 4, 5 et 6, dans la zone Est du terminal. Ces faibles valeurs, ainsi que l'anomalie granulométrique de la station 76 (cf. Macrobenthos) semblent dues à des travaux de dragages effectués dans cette zone en 1977.

C O N C L U S I O N S

L'étude des peuplements benthiques au voisinage du port d'Antifer a permis de mettre en évidence les principaux impacts résultant de la construction d'un ouvrage aux dimensions importantes en milieu marin. Un intérêt supplémentaire réside dans le fait que nous avons eu la possibilité de constater les impacts qui ont suivi immédiatement la fin des travaux de dragages (cf. étude de 1975), mais aussi d'observer comment trois ans plus tard s'était réorganisé le milieu biologique.

L'ensemble des résultats obtenus au cours de cette étude montre que les effets constatés au niveau de la faune et de la flore benthique sont dus essentiellement à la modification de deux facteurs importants qui sont la courantologie et les conditions nouvelles de sédimentation dans la zone située sous l'influence de la digue.

De par la présence de courants giratoires, il se crée, au voisinage de la zone portuaire, des conditions particulièrement favorables au recrutement des jeunes invertébrés benthiques, dont les larves sont planctoniques et donc soumises, directement, aux trajets empruntés par les masses d'eaux. Ce fait est confirmé par la présence de nombreux jeunes individus dans les échantillons récoltés. La modification des courants locaux a déterminé de nouvelles conditions de sédimentation.

Les études menées en 1974 (non publiées) et en 1978 permettent de mettre en évidence les modifications intervenues dans la structure sédimentologique de cette région depuis la construction de la digue d'Antifer. Les effets de cette digue sur les conditions d'érosion et de sédimentation sont particulièrement nets lorsqu'on examine les caractéristiques granulométriques des sédiments. Le phénomène le plus apparent consiste en une sédimentation importante de particules fines dans la région située immédiatement au Sud de la digue principale du terminal. Dans cette zone (fonds compris entre - 10 et - 20 mètres pour les zones non draguées), les sédiments superficiels ont été soustraits à l'action des courants de marée qui permettaient, lorsque la digue n'existait pas, le "lessivage" des particules fines. Le substrat était alors constitué par les sables verts de l'Aptien dont la médiane était voisine de 0.100 mm et dont la charge en particules fines était relativement limitée (<10 %).

A l'heure actuelle, une grande partie de ces sédiments comporte une fraction pélitique dont le pourcentage pondéral dépasse souvent 50 % pour atteindre, dans les zones les plus envasées du port, une valeur de l'ordre de 95 %.*

Les cartes de répartition des éléments fins supérieurs à 63μ montrent bien que la zone concernée par cet enrichissement en éléments fins est bien délimitée en largeur à la dimension maximale de la digue, et il ne fait aucun doute que ce phénomène résulte bien de l'action de cette digue sur la courantologie et l'agitation locale des eaux.

Dans les zones très côtières inférieures à - 10 mètres et situées au Sud du port, les analyses montrent que l'on retrouve des sables fins propres. On peut supposer que ces sables demeurent sous l'action des houles (stations 1, 29, 30, 33) qui empêchent la sédimentation des particules fines.

Les surfaces où l'on observe plus de 50 % d'éléments inférieurs à 63μ sont :

- pour la zone portuaire : 2,75 km²
- au Sud du port : 1,50 km²

Ces surfaces sont relativement importantes puisque les analyses effectuées par AUFFRET et LARSONNEUR en 1973 ne mentionnaient pas de taux de pelites supérieur à 20 %. La zone comportant plus de 30 % de pelites couvre actuellement une surface d'environ 11 km².

En l'absence de carottages ou d'analyses plus fines de la couverture sédimentaire superficielle, il n'est pas possible de déterminer le taux de sédimentation dans le port d'Antifer. Toutefois, un point important est à souligner : la zone où la sédimentation semble la plus active se situe au voisinage des appontements des pétroliers (entre 90 et 80 % de matériaux fins). Ce sont donc les zones où la côte doit être maintenue avec le plus de soins, qui sont les plus favorables à une sédimentation importante. Cela pourrait donc créer certains problèmes si le taux de sédimentation venait à s'accélérer (cf. position du bouchon vaseux de l'estuaire de la Seine).

*J. AVOINE et C. LARSONNEUR (1980) constatent aussi un envasement important de la partie orientale de la baie de Seine.

Au Nord de l'ouvrage, il est difficile de mettre en évidence des modifications importantes de la structure sédimentaire, et il n'a pas été observé de contamination des sédiments par des particules fines. Tout se passe comme si la digue arrêta toutes les suspensions qui se propagent en direction du Nord, et les piègeait à l'intérieur du port. Une photographie prise par M. GUYADER du Port Autonome du Havre est à cet égard extrêmement démonstrative.

Dans les zones qui sont situées à l'Ouest de l'ouvrage, aucune modification des fonds de graviers hétérogènes et des zones de cailloutis n'a été notée. Seules les limites géographiques de ces formations ont été légèrement modifiées du fait d'un réseau d'échantillonnage beaucoup plus dense qu'il ne l'avait été en 1975.

Au voisinage du musoir de la digue on constate, comme en 1975, une zone d'érosion assez intense du sédiment (station 20) et, légèrement au Nord de cette station, on peut observer la mise en place d'une dune hydraulique essentiellement formée de sables grossiers et de débris coquillers (station 58).

Enfin, un dernier problème qui peut être soulevé sans que l'on puisse y apporter de réponse immédiate, concerne la contamination éventuelle de particules fines par des substances toxiques telles que les métaux lourds ou les composés organochlorés. Le sujet des métaux lourds mérite d'être débattu dans la mesure où trois facteurs essentiellement spécifiques au site d'Antifer pourraient concourir à conférer une certaine gravité à ce problème :

- 1) Les analyses de métaux lourds dans le sédiment montrent que les zones de sédimentation fine présentent des teneurs plus élevées.
- 2) Les mesures effectuées par les géochimistes* travaillant dans le cadre du S.A.U.M. de l'estuaire de la Seine montrent que même en s'affranchissant du paramètre granulométrie grâce à une normalisation à l'aluminium, les teneurs en Cu et en Ni dans la zone Antifer sont assez fortes. Le rapport $\frac{Cu}{Al}$ est compris entre 9 et 15 et le rapport $\frac{Ni}{Al}$ est supérieur à 10. Ces résultats concernent des zones situées au Sud du terminal et, à notre connaissance, il n'y a eu, jusqu'à présent, aucune mesure effectuée sur des échantillons prélevés dans le port lui-même.

*BOUST (1980).

3) A ce problème de métaux lourds dans le sédiment, est associé celui des dragages. De nombreux auteurs (PEQUEGNAT et al, 1978 - CHEN et al, 1976, etc.) ont mis en évidence les effets des dragages et des dépôts de dragages sur le comportement des métaux qui contaminent le sédiment.

Le relargage des métaux adsorbés sur le sédiment est contrôlé par les caractéristiques et la composition de l'eau surnageante et du substrat. Les conditions les plus favorables pour que le transfert des métaux, depuis le sédiment jusque dans l'eau s'effectue, sont rencontrées lorsque le sédiment est réduit (cas fréquent dans les vases) et lorsque l'eau surnageante est pauvre en oxygène. En outre, le facteur très important qui détermine l'amplitude de la concentration de métal mélangée dans l'eau est le volume d'eau disponible pour effectuer la dilution. Enfin, le devenir de ces métaux est fonction des phénomènes de sorption, de complexation et de réactions d'oxydo-réduction.

4) Bien que toutes ces conditions particulières soient difficiles à réunir simultanément, il n'en demeure pas moins qu'un problème potentiel existe et que des analyses périodiques devraient avoir lieu pour déterminer l'ampleur de ce risque éventuel. Compte tenu de la forte densité animale et végétale qui existe au voisinage du port et en dépit des connaissances très insuffisantes que l'on possède sur l'accumulation biologique des composés toxiques, il pourrait être nécessaire de prendre certaines précautions, s'il s'avérait que les teneurs en métaux dans le sédiment sont importantes, et potentiellement toxiques pour la flore et la faune de la région.

Les modifications de la sédimentation au voisinage du port d'Antifer ont entraîné des changements au niveau de la microflore et de la faune benthique. Le peuplement type de la macrofaune benthique n'a pas été modifié. Il est toujours constitué par les deux espèces *Abra alba* et *Pectinaria koreni*. Cependant, ce peuplement est très sensiblement altéré. Cela se traduit par une très forte dominance des deux espèces principales au détriment des espèces accompagnatrices et notamment des crustacés. Il en résulte une baisse importante de l'indice de diversité.

En contrepartie on assiste entre 1975 et 1978 à une augmentation assez importante du nombre d'individus de la macrofaune, et, en particulier, des *Abra* et des Pectinaires (environ 4 fois plus). Les biomasses ont très légèrement augmenté, ce qui montre que le peuplement est constitué, en grande partie, par de jeunes individus. Ce phénomène peut avoir des répercussions importantes car ces jeunes individus peuvent servir de proies potentielles pour les poissons et en particulier certains poissons plats tels que le flet. Il ne serait donc pas étonnant que la zone d'Antifer constitue une aire de refuge et de nourriture pour certains poissons.

En considérant que le taux d'envasement se poursuit à un rythme identique à celui constaté entre 1975 et 1978, nous avons tenté de construire un modèle descriptif basé sur les relations existant entre la biomasse de la macrofaune benthique et les caractéristiques de la moyenne granulométrique des sédiments. Ce modèle simplifié, qui ne prend pas en compte les éventuelles variations saisonnières des biomasses, montre qu'après une augmentation sensible des biomasses jusqu'en 1979, la tendance prévue jusqu'en 1981 se traduit par une diminution des biomasses principalement due à la disparition progressive de *Pectinaria koreni* qui montre une sensibilité beaucoup plus grande à l'envasement des substrats que *Abra alba* (figure 23). L'implication de cette dominance d'une espèce par rapport à une autre est difficile à pronostiquer, car les deux espèces ont un rôle trophique sensiblement identique vis à vis des poissons. Toutefois, une diminution de la diversité spécifique rend plus aléatoire l'équilibre général du peuplement et une année à recrutement médiocre abaisserait notablement l'intérêt de ce site. Dans les zones non soumises à l'influence de la digue, les changements constatés sont minimes, voire même inexistant.

Un autre aspect intéressant de l'évolution des peuplements dans la zone d'Antifer est la création d'une moulière qui n'existait pas en 1975 au Nord de la digue. Nous n'avons pas pu évaluer quantitativement l'importance de ce gisement naturel, mais on peut estimer à environ 5 km² l'étendue de cette moulière dont les individus sont relativement petits (2 à 3 cm).

Sur le plan de la macrofaune benthique le site d'Antifer est donc d'un intérêt primordial dans le contexte général de la baie de Seine. On y trouve des densités et des biomasses importantes et l'on peut supposer que cette zone joue un rôle important dans l'apport de nourriture à l'échelon tertiaire (poissons).

Deux problèmes susceptibles d'apparaître doivent toutefois être signalés :

- certains échantillons sont constitués d'une vase très réduite, et colonisés par un nombre très important d'individus ; il est possible que dans certaines conditions on puisse aboutir à des mortalités importantes dues, par exemple, à une déficience de l'oxygène dissous au niveau du fond,
- Le problème des métaux signalé plus haut mériterait d'être étudié attentivement, surtout si des dragages sont rendus nécessaires par suite de l'exhaussement des fonds.

Il convient de noter que dans le cas de dragages effectués dans le port, on aboutirait à une destruction quasi totale des invertébrés benthiques se traduisant par une perte globale de 100 tonnes de matière organique sèche, soit environ 370 tonnes de matière organique fraîche. Afin de conserver une partie de la richesse biologique de ces fonds il serait nécessaire de connaître avec précision le cycle de reproduction des deux principales espèces, de façon à n'effectuer les travaux de dragage* qu'après l'émission des larves, et terminer ces travaux avant que le recrutement des jeunes individus n'ait commencé. Cette étude relativement simple, de dynamique des populations qui consisterait en des prélèvements régulièrement répartis au cours de l'année (1 fois par mois) et un traitement adéquat des données (cf. figure 24) permettrait d'obtenir, en même temps qu'un descriptif du cycle de reproduction des espèces considérées, une estimation de la production réelle de ces fonds.

Enfin, pour ce qui concerne l'évolution des peuplements microphytobenthiques, on constate une richesse moyenne de cette zone, les plus fortes teneurs en chlorophylle a étant localisées à l'intérieur du port. Les fortes teneurs enregistrées en phaeophytine a sont le reflet d'un apport détritique important.

*(si ceux-ci sont nécessaires)

En-dehors de la zone portuaire, les teneurs en chlorophylle sont relativement faibles et ne dénotent pas une activité photosynthétique importante. Sur cet échelon de la biologie locale, un effet sensible est donc noté au voisinage des installations portuaires. Cet effet se traduit par une augmentation de la biomasse chlorophyllienne, qui est une source potentielle de nourriture, pour les animaux herbivores et les mangeurs de film superficiel.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- AUFFRET, J.P. et C. LARSONNEUR, 1974. In LCHF (1974).
- AVOINE, J., C. LARSONNEUR et A. QUENEY, 1980. SAUM de l'estuaire de la Seine. Etudes hydrosédimentaires.
- BOUCHER, D., 1975. Production primaire saisonnière du microphytobenthos des sables envasés en baie de Concarneau. *Thèse de 3ème cycle*. Univ. de Bretagne Occidentale : 115 p.
- BOUST, D., 1980. SAUM de l'estuaire de la Seine. Programme Géochimie.
- CADEE, G.C. et H. HEGEMAN, 1977. Distribution of primary production of the benthic microflora and accumulation of organic matter on a tidal flat area. *BALGZAND Dutch Wadden Sea*.
- CAILLOT, A. et G. SAUZAY, 1973. Etude du rejet des produits de dragage au large d'Acteville. *Rapport CEA - Section Application des radio-éléments*.
- CANTER, L.W. et al, 1972. An assesment of problemes associated with evoluating the physical, chemical and biological impacts of discharging fill materiel final report for Office, Chief of engineers. U.S. Army Wash. Contract n° DAC W 39 75C 0128.
- CASTAING, P., 1973. Reparques sur l'utilisation de l'analyse factorielle en sédimentologie. *Bull. IGBA n° 13* : pp. 54-85.
- CHASSE, C. et M. GLEMAREC, 1976. Atlas des fonds meubles du plateau continental du golfe de Gascogne. *Cartes biosédimentaires ICA, Brest*.
- CHEN DY et al, 1976. Research stydy on the effect of dispersion, seling and resedimentation on migration of chemical constituents during open water disposai of dredged materials. *Conxrat Report D 76-1*. US Army Corps of Engineers. WES Vicksburg Miss.
- DEWARUMEZ, J.M., 1976. Etude du macrobenthos subtidal de la région de Gravelines Gravelines (Nord) - DEA - Univ. Sc. Tech. Lille : 164 p.
- ESCOURT, M., 1974. Population stydy of *Pectinaria australis* in Tasman Bay. New-Zeland. *J. Mar. Fish. Res.* 8 (2) : pp. 283-290.
- FREIDMAN, G.M., 1952. On sorting. Sorting coefficients and the lognormality of the grain size distribution of sandstones. *J. Geol.* vol. 70 : pp. 737-753.
- GENTIL, F., 1976. Distribution des peuplements benthiques en baie de Seine. *Thèse Doc. Spec. Fac. Sc. Paris* : 70 p. + annexes.
- GLEMAREC, M., 1969. Les peuplements benthiques du plateau continental Nord Gascogne. *Thèse Fac.Sc. Paris - Fac. Sc. Brest* : 167 p.
- HILY, C., 1976. Ecologie benthique des pertuis charantais. *Thèse Doc. Spec. Univ. Bret. Occ.* : 236 p.

- JONES, N.S., 1952. The bottom fauna and the food of flatfish of the Cumberland Coast. *J. anim. ecol.* Vol. 21 : pp. 183-205.
- L.C.H.F., 1973. Etude du littoral entre le Havre et Antifer.
 1) Hydrologie et océanographie
 2) Sédimentologie et géomorphologie.
- LAGARDERE, F., 1972. Les fonds de pêche de la côte Ouest de l'île d'Oléron. Cartographie bionomique. Vol. 1 : 103 p. Vol. 2 : 28 p. *Thèse Doct. Spec.* UER Sc. Marseille Luminy.
- LARSONNEUR, C. et C. HOMMERIL, 1968. Sédiments et sédimentation dans la partie orientale de la baie de Seine. *Rev. Soc. Sov. Hte Normandie*, Sc. n° 47 : pp. 47-75.
- LORENZEN, C.J., 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments. Spectrophotometric equations. *Limn. & Oceanogr.* 12 (2) : pp. 343-346.
- MASSE, 1971. Contribution à l'étude quantitative et dynamique de la macrofaune des sables fins infralittoraux des côtes de Provence. *Thèse Fac. Sc. Marseille.*
- MONBET, Y., 1972. Etude bionomique du plateau continental au large d'Arcachon. Application de l'analyse factorielle. *Thèse 3ème cycle Marseille* : 58 p.
- MONBET, Y. et J.Y. CREZE, 1975. Incidences écologiques de la construction du terminal d'Antifer. PAH : 185 p.
- NICHOLS, 1977. Dynamics and production of *Pectinaria koreni* (Malmgren) in Kiel Bay West Germany. Reprint of *Biology of Benthic organisms* Pergamon Press N.Y.
- PEQUEGNAT et al, 1978. An assessment of the potential impact of dredged material disposal in the open ocean. *Report for office.* Chief of engineers. U.S. Army Wash. DC. Contrat n° DACW 39 76 C 012 5.
- PERES, J.M., 1961. *Océanographie et biologie marine.* PUF Paris 1 : 541 p.
- PICARD, J., 1965. Recherches qualitatives sur les biomasses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. *Thèse Fac. Sc. Marseille* : 160 p.
- VU DO, Q. et J. HOUSSEMAINE, 1980. Premiers résultats de l'étude qualitative et quantitative du microphytobenthos dans l'estuaire de la Seine. *SAUM estuaire de la Seine.*

ANNEXES

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
Par Gds GROUPES ZOOLOGIQUES

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Polychètes	407	851	731	686	937	49	238	74	540	201	22	11	46	6	10	/	2	/	19	/
Crustacés	1	/	7	/	3	/	1	/	4	/	10	1	2	7	3	/	1	/	1	/
Mollusques	94	358	642	490	128	12	264	138	436	41	2	/	/	3	/	/	1	/	/	/
Echinodermes	29	10	/	4	/	/	3	12	19	/	2	2	5	1	/	/	/	/	/	/
Divers	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	1	3	5	/	17	/	/	/
TOTAL ESPECES	12	13	15	9	7	3	7	6	11	7	14	8	15	9	9	/	5	/	5	/
TOTAL INDIVIDUS	531	1219	1380	1180	1068	61	506	224	999	242	37	14	54	20	18	/	21	/	20	/

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
Par Gds GROUPES ZOOLOGIQUES

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Polychètes	20	25	41	112	94	1081	163	508	21	11	30	52	761	27	1	3	/	/	85	46
Crustacés	1	4	1	/	11	1	3	/	/	/	23	/	/	/	/	/	/	/	1	/
Mollusques	1	/	1	2	1	30	33	14	2	/	237	12	14	2	/	1	1	/	84	78
Echinodermes	/	/	/	2	/	10	10	14	5	/	4	/	9	/	/	/	1	/	/	/
Divers	6	/	1	/	4	/	/	/	/	/	4	16	/	6	/	/	/	/	/	/
TOTAL ESPECES	11	7	9	8	13	14	12	12	7	4	18	8	11	9	1	3	1	/	7	6
TOTAL INDIVIDUS	28	29	44	116	110	1122	209	536	28	11	275	80	784	35	1	4	1	/	170	124

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
Par Gds GROUPES ZOOLOGIQUES

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Polychètes	149	588	432	482	28	19	12	3	3	1402	384	532	2	1	1	2	19	14	3	992
Crustacés	2	12	/	1	/	1	4	1	2	2	3	/	1	1	/	/	27	/	/	3
Mollusques	3	272	113	106	/	1	/	/	/	36	32	164	105	1	59	450	134	6	161	113
Echinodermes	5	18	15	13	1	/	1	/	/	12	6	42	2	1	/	/	/	/	/	7
Divers	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
TOTAL ESPECES	12	15	10	14	3	8	8	2	3	12	12	13	7	4	3	3	7	4	3	19
TOTAL INDIVIDUS	159	890	560	602	29	21	17	4	5	1452	425	738	110	4	60	452	180	20	164	1115

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
Par Gds GROUPES ZOOLOGIQUES

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76				
Polychètes	63	694	825	792	516	32	73	41	30	27	9	1333	313	106	13	156				
Crustacés	/	1	/	2	/	/	/	/	/	/	/	2	2	/	/	/				
Mollusques	4	82	351	312	41	5	269	271	278	217	8	1532	244	66	13	18				
Echinodermes	/	3	15	5	2	/	6	2	1	2	/	1	2	/	/	/				
Divers	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/				
Polychètes : 67.31 %																				
Crustacés : 0.55 %																				
Mollusques : 30.82 %																				
Echinodermes : 1.09 %																				
Divers : 0.23 %																				
TOTAL ESPECES	6	13	12	13	7	10	11	8	6	6	3	10	12	7	3	3				
TOTAL INDIVIDUS	67	780	1191	1111	559	37	348	314	309	246	17	2868	561	172	26	174				

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
Par Gds GROUPES ZOOLOGIQUES

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
<u>CRUSTACES</u>																				
Cumacé	/	/	/	/	3	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/
<i>Carcinus maenas</i>	/	/	/	/	1	1	/	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Amphipode	/	3	1	/	6	/	/	/	/	/	3	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Crevette	1	1	/	/	1	/	1	/	/	/	3	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Maia squinado</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Crabe n.d.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	15	/	/	/	/	/	/	/	/	/
TOTAL CRUSTACES	1	4	1	/	11	1	3	/	/	/	23	/	/	/	/	/	/	/	1	/

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
Par Gds GROUPES ZOOLOGIQUES

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
<u>CRUSTACES</u>																				
Cumacé	2	7	/	1	/	/	2	/	/	/	2	/	/	/	/	/	1	/	/	/
<i>Carcinus maenas</i>	/	3	/	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2
Amphipode	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	1	/	/	/	2	/	/	1
Crevette	/	2	/	/	/	1	/	/	2	2	1	/	/	1	/	/	/	/	/	/
<i>Maia squinado</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	24	/	/	/
Isopode	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/
Crabe n.d.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
TOTAL CRUSTACES	2	12	/	1	/	1	4	1	2	2	3	/	1	1	/	/	27	/	/	3

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
— Par Gds GROUPES ZOOLOGIQUES —

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
<u>CRUSTACES</u>																				
Cumacé	/	1	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Carcinus maenas</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/
Amphipode	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	1	1	/	/	/	/	/	/	/
Crevette	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Maia squinado</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/
Isopode	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Crabe n.d.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
TOTAL CRUSTACES	/	1	/	2	/	/	/	/	/	/	/	2	2	/	/	/	/	/	/	/

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
— Par Gds GROUPES ZOOLOGIQUES —

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<u>MOLLUSQUES</u>																				
<i>Nucula turgida</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Abra alba</i>	19	331	617	472	118	11	261	127	407	32	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Natica alderi</i>	/	1	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/
<i>Nassarius pigmaeus</i>	/	2	2	4	9	1	3	/	9	8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Nassarius reticulatus</i>	/	19	14	4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Cultellus pellucidus</i>	2	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Ensis arcuatus</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Acteon tornatilis</i>	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Tellina fabula</i>	4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Acanthocardia sp.</i>	/	1	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Corbula gibba</i>	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Thracia papyracea</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Venerupis</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Mytilus edulis</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Mysella bidentata</i>	67	1	5	10	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Montacuta ferruginosa</i>	1	/	/	/	1	/	/	11	20	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Lepton squamosum</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/
<i>Doris</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/
TOTAL MOLLUSQUES	94	358	642	490	128	12	264	138	436	41	2	/	/	3	/	/	1	/	/	/

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
— Par Gds GROUPES ZOOLOGIQUES —

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
<u>MOLLUSQUES</u>																				
<i>Nucula turgida</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Abra alba</i>	/	/	/	/	/	21	13	7	2	/	3	/	/	/	/	/	/	/	63	61
<i>Natica alderi</i>	1	/	/	1	/	1	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Nassarius pigmaeus</i>	/	/	/	1	1	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Nassarius reticulatus</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/
<i>Cultellus pellucidus</i>	/	/	/	/	/	/	/	1	/	1	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/
<i>Ensis arcuatus</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Acteon tornatilis</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Tellina fabula</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	/	/	/	/	/	/	/
<i>Acanthocardia sp.</i>	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/
<i>Corbula gibba</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Thracia papyracea</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Venerupis</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Mytilus edulis</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	232	2	/	1	/	1	/	/	/	/
<i>Mysella bidentata</i>	/	/	1	/	/	7	20	4	/	/	/	/	1	/	/	/	/	20	17	/
<i>Montacuta ferruginosa</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Lepton squamosum</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Doris</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	/	1	/	/	/	/	/	/
TOTAL MOLLUSQUES	1	/	1	2	1	30	33	14	2	/	237	12	14	2	/	1	/	/	84	78

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
Par Gds GROUPES ZOOLOGIQUES

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
<u>MOLLUSQUES</u>																				
<i>Nucula turgida</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Abra alba</i>	2	39	62	16	/	/	/	/	/	29	9	15	/	/	/	/	/	/	/	15
<i>Natica alderi</i>	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/
<i>Nassarius pigmaeus</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3	/	1	/	/	/	/	/	/	/	5
<i>Nassarius reticulatus</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Cultellus pollucidus</i>	1	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	2
<i>Ensis arcuatus</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Acteon tornatulis</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Tellina fabula</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6
<i>Acanthocardia sp.</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Corbula gibba</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Thracia</i>	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/	9	1	58	450	134	55	160	2
<i>Venerupis</i>	/	232	50	86	/	1	/	/	/	/	21	38	89	/	/	/	/	11	1	83
<i>Mytilus edulis</i>	/	/	/	2	/	/	/	/	/	3	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Mysella bidentata</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Montacuta ferruginosa</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7	/	/	/	/	/	/	/
<i>Lepton squamosum</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Doris</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7	/	/	/	/	/	/	/
TOTAL MOLLUSQUES	3	272	113	106	/	1	/	/	/	36	32	164	105	1	59	450	134	66	161	113

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
— Par Gds GROUPES ZOOLOGIQUES —

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
<u>MOLLUSQUES</u>																				
<i>Nucula turgida</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Abra alba</i>	/	47	232	247	10	3	250	239	265	210	8	1300	198	24	13	17	/	/	/	/
<i>Natica alderi</i>	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Nassarius pigmaeus</i>	3	5	6	11	3	2	1	/	/	/	/	215	4	/	/	1	/	/	/	/
<i>Nassarius reticulatus</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Cultellus pellucidus</i>	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Ensis arcuatus</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Acteon tornatilis</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Tellina fabula</i>	/	/	1	/	3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Acanthocardia sp.</i>	1	/	/	4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Corbula gibba</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/
<i>Thracia papyracea</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Venerupis</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Mytilus edulis</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Mysella bidentata</i>	/	27	28	48	25	/	18	32	13	6	/	17	41	42	/	/	/	/	/	/
<i>Montacuta ferruginosa</i>	/	2	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Lepton squamosum</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Doris</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
TOTAL MOLLUSQUES	4	82	351	312	41	5	269	271	278	217	8	1532	244	66	13	18	/	/	/	/

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
— Par Gds GROUPES ZOOLOGIQUES —

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
POLYCHETES																				
<i>Pectinaria koreni</i>	391	832	703	660	930	49	226	66	460	190	8	/	1	2	/	/	/	/	16	/
<i>Nephtys hombergii</i>	11	17	19	19	5	/	5	3	13	9	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/
<i>Nephtys cirrosa</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	/	1	/	/	/	1	/
<i>Nephtys caeca</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	/	/
Phyllodocidae	/	1	1	/	2	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/
Aphroditidae	/	1	4	4	/	/	/	/	/	1	/	/	9	/	2	/	/	/	/	/
<i>Owenia fusiformis</i>	5	/	4	3	/	/	7	5	67	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/
<i>Lumbriconereis impatiens</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5	2	8	3	1	/	1	/	1	/
<i>Scalibregma inflatum</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/
Glyeridae	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/
<i>Notomastus latericens</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Terrebellides stroemi</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Arenicola marina</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Pista cristata</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	2	/	/	/	/	/	/	/
<i>Clymene oesterdi</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11	/	/	/	/	/	/	/
<i>Eunereis longissima</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Nicolea venustula</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Lanice conchylega</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Ampharete grubei</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Marphysa bellii</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Pomatoceros triqueter</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7	4	11	/	5	/	1	/	/	/
TOTAL POLYCHETES	407	851	731	686	937	49	238	74	540	201	22	11	46	6	10	/	2	/	19	/

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
Par Gds GROUPES ZOOLOGIQUES

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
POLYCHETES																				
<i>Pectinaria koreni</i>	3	10	11	95	83	1060	150	485	5	7	8	4	700	18	/	/	/	/	178	33
<i>Nephtys hombergi</i>	4	2	11	8	2	4	3	6	/	1	/	/	9	1	/	/	/	/	7	6
<i>Nephtys cirrosa</i>	1	/	/	/	/	/	/	/	2	2	/	2	/	4	1	/	/	/	/	/
<i>Nephtys caeca</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Phyllodocidae	2	/	/	/	/	2	/	2	/	/	1	39	1	/	/	1	/	/	/	/
Aphroditidae	/	3	2	/	2	/	4	3	2	/	15	1	2	/	/	2	/	/	/	3
<i>Owenia fusiformis</i>	/	/	1	7	/	3	4	11	12	/	/	/	49	/	/	/	/	/	/	4
<i>Lumbriconereis impatiens</i>	4	4	5	/	5	/	/	/	/	1	1	3	/	2	/	/	/	/	/	/
<i>Scalibregma</i>	/	/	/	/	1	10	1	/	/	/	3	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Glyceridae	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Notomastus latericeus</i>	/	/	/	/	/	/	/	1	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Terrebellides stroemi</i>	3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Arenicola marina</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Pista cristata</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Clymene oesterdi</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Eunereis longissima</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Nicolea venustula</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Lanice conchylega</i>	/	/	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Ampharete grubei</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Marphysa bellii</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Pomatoceros triqueter</i>	3	6	11	/	1	/	/	/	/	/	2	3	/	/	/	/	/	/	/	/
Cirratulidae	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/
TOTAL POLYCHETES	20	25	41	112	94	1081	163	508	21	11	30	52	761	27	1	3	/	/	85	46

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
Par G^{ds} GROUPES ZOOLOGIQUES

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
POLYCHETES																				
<i>Pectinaria koreni</i>	114	558	410	460	24	8	/	/	/	1380	375	395	/	/	/	/	1	/	/	900
<i>Nephtys hombergii</i>	6	5	9	4	/	5	1	/	/	5	4	6	/	/	/	/	/	/	/	2
<i>Nephtys cirrosa</i>	/	/	/	/	2	/	1	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	2	/	1
<i>Nephtys caeca</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Phyllodoctidae	/	3	/	1	/	/	/	/	/	2	/	/	/	1	/	/	6	11	/	2
Aphroditidae	3	8	3	3	/	/	1	/	/	2	1	21	/	/	1	/	12	/	3	1
<i>Owenia fusiformis</i>	18	12	9	6	/	3	/	/	/	13	3	110	1	/	/	/	/	/	/	80
<i>Lubriconereis impatiens</i>	/	/	/	/	/	8	8	3	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	3
<i>Scalibregma</i>	2	1	/	8	/	1	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Glyceridae	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3
<i>Notomastus latericeus</i>	5	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Terrebellides stroemi</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Arenicola marina</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Pista cristata</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Clymene oesterdi</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Eunereis longissima</i>	1	1	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Nicolea venustula</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/
<i>Lanice conchilega</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2
<i>Ampharete grubei</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1
<i>Marphysa bellii</i>	/	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Pomatoceros triqueter</i>	/	/	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Cirratulidae	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
TOTAL POLYCHETES	149	588	432	482	28	19	12	3	3	1402	384	532	2	1	1	2	19	14	3	992

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
Par G^{ds} GROUPES ZOOLOGIQUES

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
POLYCHETES																				
<i>Pectinaria koreni</i>	59	680	812	776	510	26	44	24	18	19	8	1280	300	85	9	156	/	/	/	/
<i>Nephtys hombergii</i>	1	10	9	13	6	2	2	9	7	8	/	/	8	8	5	/	/	/	/	/
<i>Nephtys cirrosa</i>	1	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Nephtys caeca</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Phyllodocidae	/	2	4	1	/	1	6	1	/	/	/	41	/	/	/	/	/	/	/	/
Aphroditidae	/	/	/	1	/	/	14	6	5	/	/	11	4	1	/	/	/	/	/	/
<i>Owenia fusiformis</i>	/	1	/	/	/	1	6	1	/	/	/	1	/	10	/	/	/	/	/	/
<i>Lumbriconereis impatiens</i>	2	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Scalibregma inflatum</i>	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/
Glyceridæ	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Notomastus latericeus</i>	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/
<i>Terrebelides stroemi</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Arenicola marina</i>	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Pista cristata</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Clymene oesterdi</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Eunereis longissima</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Nicolea venustula</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Lanice conchilega</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Ampharete grubei</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Marphysa bellii</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Pomatoceros triqueter</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Cirratulidae	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
TOTAL POLYCHETES	63	694	825	792	516	32	73	41	30	27	9	1333	313	106	13	156	/	/	/	/

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
— Par Gds GROUPES ZOOLOGIQUES —

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<u>ECHINODERMES</u>																				
<i>Acrocnida brachiata</i>	24	10	/	/	/	/	3	12	18	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Amphiura filiformis</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Ophiura texturata</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Ophiura albida</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	1	/	/	/	/	/	/
<i>Asterias rubens</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Echinocardium cordatum</i>	5	/	/	4	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Thyone fusus</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/
Holothuria	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Oursin	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/
Anémone	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Alcyonidium	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	1	3	5	/	17	/	/	/
Cerianthe	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Ascidie	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
TOTAL ECHINODERMES	29	10	/	4	/	/	3	12	19	/	3	2	6	4	5	/	17	/	/	/

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
Par Gds GROUPES ZOOLOGIQUES

Groupes Faunistiques	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
<u>ECHINODERMES</u>																				
<i>Acrocnida brachiata</i>	/	/	/	/	/	7	8	14	4	/	1	/	8	/	/	/	/	/	3	/
<i>Amphiura filiiformis</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Ophiura texturata</i>	/	/	/	1	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Ophiura albida</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Asterias rubens</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Echinocardium cordatum</i>	/	/	/	/	/	1	2	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/
<i>Thyone fusus</i>	/	/	/	1	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Holoturia	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Oursin	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Anémone	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	/	/	/	/	/	1	/	/	/
Alcyonidium	5	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	16	/	5	/	/	/	/	/	/
Cerianthe	/	/	1	/	3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Ascidie	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4	/	/	1	/	/	/	/	/	/
TOTAL ECHINODERMES	6	/	1	2	4	10	10	14	5	/	8	16	9	6	/	/	1	/	3	/

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
— Par Gds GROUPES ZOOLOGIQUES —

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
<u>ECHINODERMES</u>																				
<i>Acrocnida brachiata</i>	3	13	14	10	/	/	/	/	/	11	5	40	/	/	/	/	/	/	/	7
<i>Amphiura filiformis</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Ophiura texturata</i>	/	/	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Ophiura albida</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Asterias rubens</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Echinocardium cordatum</i>	/	/	1	1	1	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Thyone fusus</i>	/	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Holothuria	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Oursin	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Anémone	2	5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	1	/	/	/	/	/	/
Alcyonidium	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Cériante	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Ascidie	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
TOTAL ECHINODERMES	5	18	15	13	1	/	1	/	/	12	6	42	2	1	/	/	/	/	/	7

NOMBRE D'INDIVIDUS POUR 1/10^{eme} DE M²
Par Gds GROUPES ZOOLOGIQUES

Groupes Faunistiques	Numéros des stations																			
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
<u>ECHINODERMES</u>																				
<i>Acrocnida brachiata</i>	/	2	11	5	2	/	4	2	1	2	/	1	1	/	/	/	/	/	/	/
<i>Amphiura filiformis</i>	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Ophiura texturata</i>	/	1	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Ophiura albida</i>	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Asterias rubens</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Echinocardium cordatum</i>	/	/	/	/	/	/	2	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/
<i>Thyone fusus</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Holothuria	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Oursin	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Anémone	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Alcyonidium	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Cerianthe	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Ascidie	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
TOTAL ECHINODERMES	/	3	15	5	2	/	6	2	1	2	/	1	2	/	/	/	/	/	/	/

1 MODE 2 MUBET
QUARIMAX FACTOR MATRIX

2.00

.7141

-3.2738

3.6209

.5725

				COMM.	1	2	3
1	ANTIFER	2	ST 1	.7200	.5412	.7678	.6265
2	ANTIFER	2	ST 2	.9758	.7554	.6190	.2734
3	ANTIFER	2	ST 3	.9597	.9290	.5459	.0825
4	ANTIFER	2	ST 4	.9978	.9510	.1093	.0742
5	ANTIFER	2	ST 5	.9525	.7517	.1005	.5828
6	ANTIFER	2	ST 6	.9755	.7529	.0775	.0790
7	ANTIFER	2	ST 7	.9751	.9950	.0445	.0709
8	ANTIFER	2	ST 8	.9944	.9929	.0531	.0740
9	ANTIFER	2	ST 9	.9592	.9350	.3104	.1144
10	ANTIFER	2	ST 10	.9372	.5078	.7290	.1883
11	ANTIFER	2	ST 11	.9700	-.0275	.0935	.9337
12	ANTIFER	2	ST 12	.9355	-.0109	-.0300	.9633
13	ANTIFER	2	ST 13	.9350	.1272	.1342	.9834
14	ANTIFER	2	ST 14	.9340	-.0070	.0024	.9607
15	ANTIFER	2	ST 15	.9953	.5775	.2240	.8950
16	ANTIFER	2	ST 16	.9351	.5597	.5221	.9367
17	ANTIFER	2	ST 17	.9374	.5073	.2693	.9230
18	ANTIFER	2	ST 18	.9337	.3974	.4399	.7951
19	ANTIFER	2	ST 19	.9245	.1951	.9281	.1582
20	ANTIFER	2	ST 20	.9061	.7153	.5159	.1030
21	ANTIFER	2	ST 21	.9743	.5150	.5000	.7905
22	ANTIFER	2	ST 22	.7479	-.0296	.3400	.2009
23	ANTIFER	2	ST 23	.9524	.0512	.9311	.1271
24	ANTIFER	2	ST 24	.9903	.1035	.9348	.1010
25	ANTIFER	2	ST 25	.0597	.0090	.6534	.4504
26	ANTIFER	2	ST 26	.7521	-.0334	.3441	.1955
27	ANTIFER	2	ST 27	.9322	.5921	.7859	.1185
28	ANTIFER	2	ST 28	.9920	.9531	.2240	.6721
29	ANTIFER	2	ST 29	.9900	.9239	.3159	.2113
30	ANTIFER	2	ST 30	.9452	.7149	.2170	.0243
31	ANTIFER	2	ST 31	.9758	.9557	.3031	.5731
32	ANTIFER	2	ST 32	.8570	.4255	.5115	.1404
33	ANTIFER	2	ST 33	.8255	.5195	.3649	.2029
34	ANTIFER	2	ST 34	.9311	.1675	.4072	.8872
35	ANTIFER	2	ST 35	.9700	-.0233	.1550	.9734
36	ANTIFER	2	ST 36	.5499	.4013	.3020	.5451
37	ANTIFER	2	ST 37	.7995	.3138	.3351	.0229
38	ANTIFER	2	ST 38	.9708	.7250	.6429	.1979
39	ANTIFER	2	ST 39	.9955	.7405	.3157	.1029
40	ANTIFER	2	ST 40	.6254	-.0305	.0277	.7582
41	ANTIFER	2	ST 41	.9537	.1534	.3789	.7044
42	ANTIFER	2	ST 42	.8509	.0544	.9192	.1213
43	ANTIFER	2	ST 43	.8515	.2133	.3852	.3192
44	ANTIFER	2	ST 44	.9124	.4402	.3370	.0522
45	ANTIFER	2	ST 45	.9928	.7453	.6540	.0937
46	ANTIFER	2	ST 46	.9078	.2423	.9430	.1078
47	ANTIFER	2	ST 47	.0584	.0759	.7759	.2721
48	ANTIFER	2	ST 48	.9932	.7744	.1317	.5879
49	ANTIFER	2	ST 49	.7590	.9915	.0503	.0720
50	ANTIFER	2	ST 50	.9959	.9927	.0572	.0723
51	ANTIFER	2	ST 51	.9315	.2379	.3137	.0732
52	ANTIFER	2	ST 52	.9924	.9927	.0440	.0710

53	ANTIFER	2	ST 10	.9940	.9910	.0782	.0782
54	ANTIFER	2	ST 11	.9373	.9332	.1017	.0795
55	ANTIFER	2	ST 12	.9913	.9332	.0722	.0928
56	ANTIFER	2	ST 13	.9930	.9322	.0407	.0929
57	ANTIFER	2	ST 14	.9713	.2333	.9517	.0930
				VARIANCE	41.794	29.612	21.068
				CUM. VAR	41.794	71.406	92.474

1 MODE 1 MODEL
 0 NORMALIZED VARIMAX FACTOR COMPONENTS

				COM.1.	1	2	3
1	ANTIFER	2	ST 1	.7000	.1048	.3345	.0010
2	ANTIFER	2	ST 2	.9758	.0004	.0957	.0058
3	ANTIFER	2	ST 3	.9397	.0736	.1195	.0069
4	ANTIFER	2	ST 4	.9970	.9337	.0280	.0055
5	ANTIFER	2	ST 5	.9325	.9310	.0120	.0070
6	ANTIFER	2	ST 6	.9733	.9374	.0062	.0064
7	ANTIFER	2	ST 7	.9931	.9929	.0022	.0051
8	ANTIFER	2	ST 8	.9944	.9914	.0031	.0055
9	ANTIFER	2	ST 9	.9392	.0094	.0974	.0132
10	ANTIFER	2	ST 10	.9372	.0942	.0680	.0378
11	ANTIFER	2	ST 11	.9766	-.0000	.0003	.9909
12	ANTIFER	2	ST 12	.9305	-.0003	-.0014	.9983
13	ANTIFER	2	ST 13	.9338	.0008	.0103	.9910
14	ANTIFER	2	ST 14	.9340	-.0001	.0000	.9999
15	ANTIFER	2	ST 15	.9903	.1439	.0510	.0052
16	ANTIFER	2	ST 16	.9361	.0049	.1032	.0099
17	ANTIFER	2	ST 17	.9374	.0035	.0735	.0030
18	ANTIFER	2	ST 18	.9337	.1000	.1907	.0427
19	ANTIFER	2	ST 19	.9245	.0042	.0910	.0271
20	ANTIFER	2	ST 20	.9031	.0000	.0415	.0295
21	ANTIFER	2	ST 21	.9043	.2932	.0052	.7010
22	ANTIFER	2	ST 22	.7477	-.0012	.0944	.0540
23	ANTIFER	2	ST 23	.9324	.0038	.0979	.0104
24	ANTIFER	2	ST 24	.9903	.0119	.0977	.0104
25	ANTIFER	2	ST 25	.0097	.0001	.0531	.0417
26	ANTIFER	2	ST 26	.7321	-.0020	.0973	.0507
27	ANTIFER	2	ST 27	.9322	.0009	.0280	.0143
28	ANTIFER	2	ST 28	.9920	.9442	.0006	.0032
29	ANTIFER	2	ST 29	.9900	.0333	.1000	.0447
30	ANTIFER	2	ST 30	.9432	.0090	.0000	.0410
31	ANTIFER	2	ST 31	.9738	.0072	.0973	.0055
32	ANTIFER	2	ST 32	.0070	.0091	.7679	.0230
33	ANTIFER	2	ST 33	.0235	.0005	.9029	.0900
34	ANTIFER	2	ST 34	.9811	.0036	.1690	.0024
35	ANTIFER	2	ST 35	.9700	-.0006	.0240	.0740
36	ANTIFER	2	ST 36	.0499	.2929	.1067	.0404
37	ANTIFER	2	ST 37	.7995	.1271	.0722	.0007
38	ANTIFER	2	ST 38	.9730	.0040	.0457	.0403
39	ANTIFER	2	ST 39	.9955	.0030	.1000	.0106
40	ANTIFER	2	ST 40	.0234	-.0021	.0012	.9966
41	ANTIFER	2	ST 41	.9337	.0239	.0670	.0034
42	ANTIFER	2	ST 42	.0009	.0032	.0974	.0170
43	ANTIFER	2	ST 43	.0015	.0073	.0422	.0004
44	ANTIFER	2	ST 44	.9024	.0200	.7704	.0030
45	ANTIFER	2	ST 45	.9920	.0095	.0430	.0000
46	ANTIFER	2	ST 46	.9030	.0011	.0203	.0121
47	ANTIFER	2	ST 47	.0034	.0001	.0092	.1107
48	ANTIFER	2	ST 48	.9932	.9339	.0030	.0078

49	ANTIFER	2	ST 68	.9398	.9033	.9013	.9054
50	ANTIFER	2	ST 69	.9939	.9915	.9035	.9053
51	ANTIFER	2	ST 70	.9015	.9245	.9032	.9055
52	ANTIFER	2	ST 71	.9924	.9929	.9023	.9051
53	ANTIFER	2	ST 72	.9940	.9379	.9062	.9059
54	ANTIFER	2	ST 73	.9373	.9331	.9135	.9064
55	ANTIFER	2	ST 74	.9913	.9136	.9747	.9067
56	ANTIFER	2	ST 75	.9930	.9748	.9169	.9083
57	ANTIFER	2	ST 76	.9733	.9576	.9334	.9090

MODE 2 ROTATED
 VARIMAX FACTOR SCORE MATRIX

VARIABLE	FACTOR 1	2	3
15	.9357	1.4779	2.7951
50	-.5438	.3497	1.4563
125	-1.5515	1.5502	2.0919
160	-1.2952	.3856	2.5641
200	-.5951	.1392	1.8332
250	-.9226	-.4720	1.2193
315	-.9080	-.4159	.8411
400	.9058	-.2517	.4745
500	.9190	-.5213	.5650
624	.9115	-.1913	.3400
800	.9036	-.1611	.3016
1000	.9269	-.3300	.5772
1600	.9256	-.1914	.3066
2000	.5332	-2.4997	3.4264

FACTOR 1	EIGENV = 32.49990645	FOR 57.02 PER CENT
FACTOR 2	EIGENV = 11.97147403	FOR 70.02 PER CENT
FACTOR 3	EIGENV = 3.25357594	FOR 92.47 PER CENT
FACTOR 4	EIGENV = 2.55031799	FOR 96.91 PER CENT
FACTOR 5	EIGENV = .86737633	FOR 98.44 PER CENT
FACTOR 6	EIGENV = .30302082	FOR 99.11 PER CENT

0 PRINCIPAL COMPONENT FACTOR MATRIX