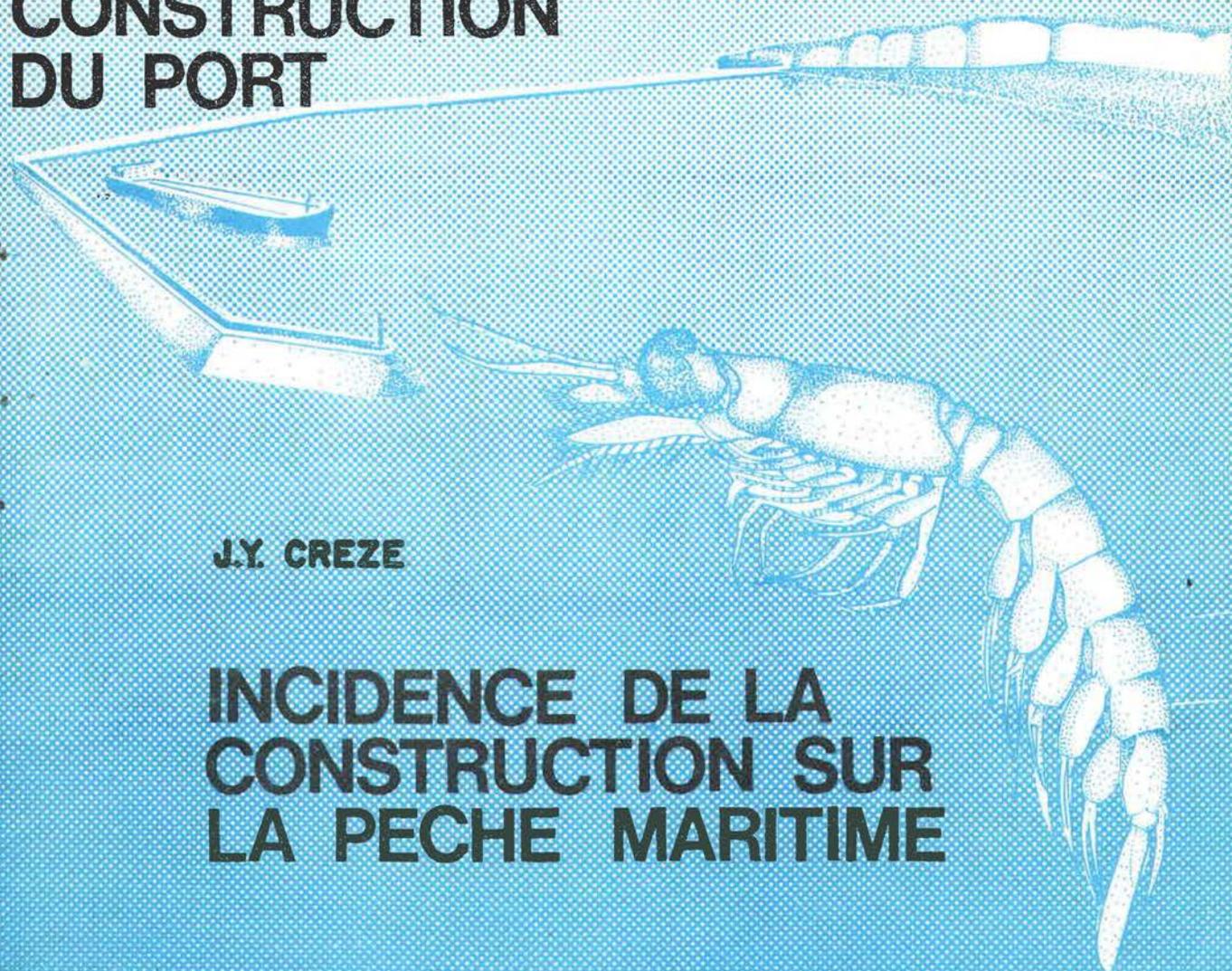


# TERMINAL D'ANTI-FER

Y. MONBET

INCIDENCES  
ECOLOGIQUES  
DE LA  
CONSTRUCTION  
DU PORT



J.Y. CREZE

INCIDENCE DE LA  
CONSTRUCTION SUR  
LA PECHE MARITIME

174  
2085  
11908

R213-CEN-5

Centre National pour l'Exploitation des Océans

Centre Océanologique de Bretagne

Unité Littoral

PORT AUTONOME DU HAVRE

-----

LES INCIDENCES ÉCOLOGIQUES DE LA CONSTRUCTION

DU TERMINAL D'ANTIFER

IFREMER Bibliotheque de BREST



0EL05995

Ont participé à la réalisation de cette étude :

- L'équipage de la vedette "Quillebois" du P.A.H.
- J.Y. Crézé, réalisateur et auteur de l'enquête sur la pêche.
- Le laboratoire de tri de l'Unité Littoral
  - Mme G. Le Fèvre
  - Mme F. Toularastel
  - Mlle B. Valdelièvre
- Le laboratoire d'Océanographie biologique de la fac. des sciences de Brest.
- Mr Y. Descatoire - dessinateur -
- Mlle Y. Lemonnier - dactylographe -

## Résumé

Afin de déterminer les effets écologiques de la construction du terminal d'ANTIFER, à proximité du port du HAVRE (FRANCE), une observation durant 9 mois de la variation des paramètres suivants a été effectuée :

- température - salinité - sels nutritifs ( $\text{NO}_3$  -  $\text{PO}_4$  -  $\text{NH}_4$ )-  
turbidité ;
- phytoplancton - zooplancton - microphytobenthos - benthos.

L'impact sur les activités de pêche côtière fait l'objet d'une discussion.

C'est surtout au niveau de la macrofaune benthique et du microphytobenthos que se font sentir les effets de la construction du port.



2 - Résultats.....	26
1.1. - La température.....	26
1.2. - La salinité.....	26
1.3. - La densité.....	28
1.4. - Les diagrammes T.S.....	29
1.5. - Discussion.....	29
III - Courantologie.....	32
1 - Mesures des courants au fond par le travers de CAUVILLE.....	32
2 - Mesures des courants au fond par le travers de BRUNEVAL.....	33
3 - Courants dans la zone de vidage.....	33
4 - Mesures de courant à l'aide de perches lestées - Trajectoires de courant.....	34
IV - Oxygène dissous et sels minéraux.....	44
1 - L'oxygène.....	44
2 - Les sels minéraux.....	48
2.1. - Les sels minéraux azotés.....	49
- L'azote ammoniacal.....	49
- L'azote des nitrates.....	51
2.2. - Les sels minéraux phosphorés.....	56
- Le phosphore minéral.....	56
2.3. - Discussion.....	57
V - La turbidité.....	58

CHAPITRE III :

Etude du milieu vivant.....	62
A - Le phytoplancton.....	62
I - Introduction.....	62
II - Généralités.....	62
III - Résultats.....	64
1 - Les populations phytoplanctoniques au cours de la période d'étude.....	64

2 - Variations de l'indice de diversité.....	71
3 - La biomasse phytoplanctonique.....	73
4 - Discussion.....	78
B - Le zooplancton.....	80
I - Généralités.....	80
II - Résultats.....	80
1 - Distribution des principaux organismes.....	80
1.1. - Composition systématique du zooplancton d'ANTIFER.....	82
1.2. - La distribution quantitative.....	88
1.3. - Variations de la biomasse phytoplanctoni- que.....	92
1.4. - Variations de l'indice de diversité des copépodes.....	98
2 - Variations de la composition élémentaire en car- bone et en azote - Taux de protéines solubles....	101
3 - Discussion.....	105
C - Les peuplements benthiques.....	108
I - Introduction.....	108
1 - Définition.....	108
2 - Objectifs de l'étude.....	108
3 - Intérêt de l'étude.....	109
4 - Méthodes.....	109
II - Résultats.....	109
1 - Sédimentologie.....	109
2 - La biomasse microphytobenthique.....	112
3 - La macrofaune benthique.....	117
3.1. - Introduction.....	117
3.2. - Les unités de peuplement.....	117
3.3. - Les variations de l'indice de diversité spécifique.....	121
3.4. - Les variations de la biomasse de la macro- faune benthique.....	123

3.5. - Discussion.....	124
------------------------	-----

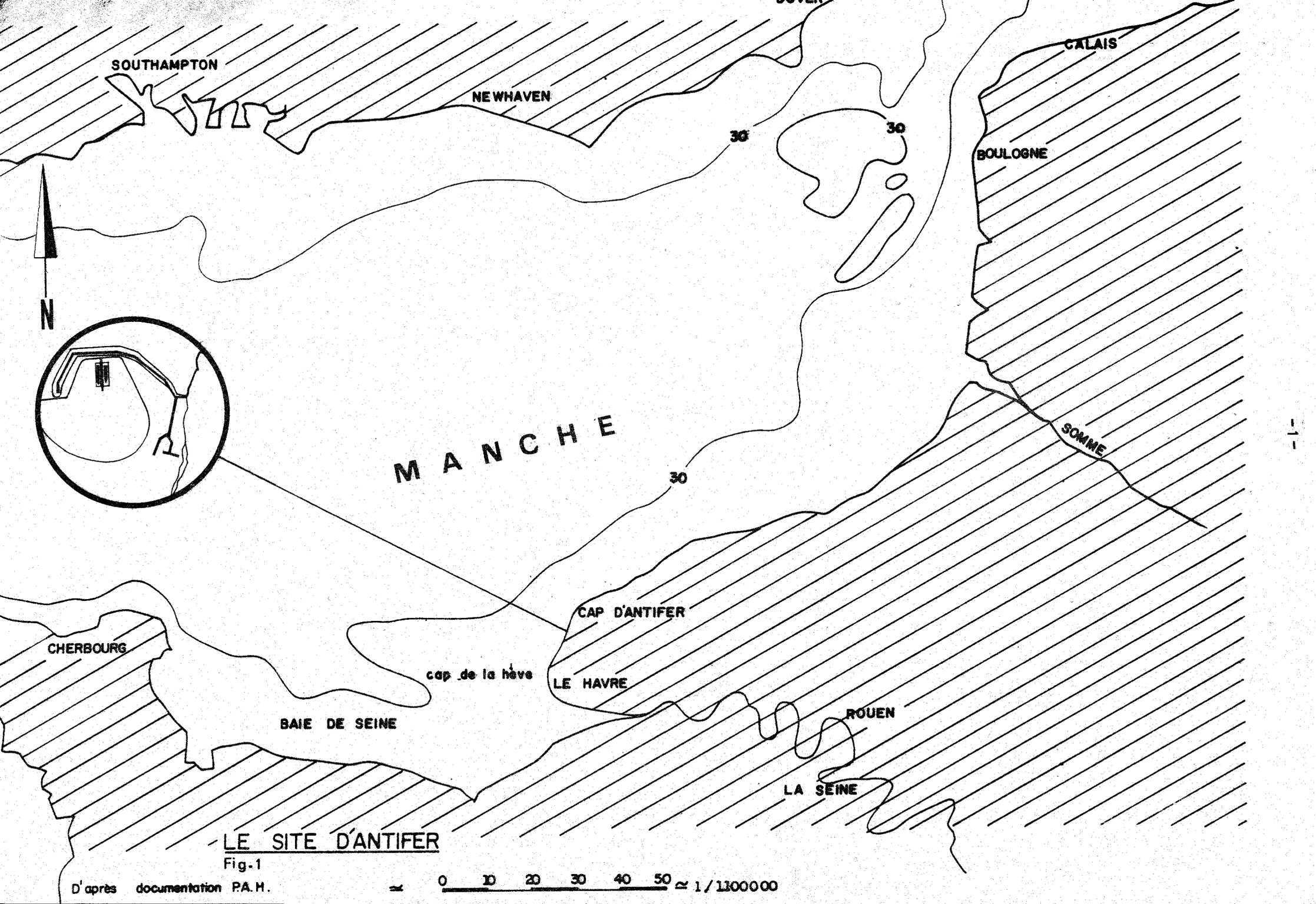
CHAPITRE IV :

Les incidences de la construction du terminal sur les activités liées à la mer.....	131
I - Introduction.....	131
II - Recensement de la flotille pêchant dans les parages d'ANTIFER.....	132
1 - Définition de la "zone Antifer".....	132
2 - Navires originaires du quartier de Boulogne.....	133
3 - Navires originaires du quartier de Dieppe.....	133
4 - Navires originaires du quartier de Fécamp.....	137
5 - Navires originaires du quartier du Havre.....	140
6 - Navires originaires du quartier de Caen.....	143
III - Evolution des prises par type de pêche dans la zone d'ANTIFER.....	150
1 - Chalutage de fond.....	150
2 - Chalutage semi pélagique.....	151
3 - Chalutage pélagique.....	153
4 - La pêche de la coquille St JACQUES.....	155
5 - Les doris et les petits bateaux.....	156
6 - La pêche à pied.....	158
IV - Estimation de l'impact de la construction du terminal sur les activités de pêche.....	159
1 - L'occupation des zones de pêche.....	159
2 - Les dragages.....	161
3 - Les rejets.....	162
4 - Les modifications hydrologiques.....	162
5 - Les explosions.....	163
6 - Estimation de l'impact de la construction du terminal sur les activités de pêche.....	163
<u>ANNEXE</u> - Organismes et personnes consultées.....	167
RESUME - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	171
BIBLIOGRAPHIE.....	179



# INTRODUCTION

-----



## INTRODUCTION

---:---:---:---:---:---

La décision de construire, à proximité du Havre, un terminal pour pétroliers a été prise en décembre 1969. Ces installations doivent permettre l'accueil dans un premier temps, des pétroliers de 500 000 T, et ultérieurement des pétroliers de 1 million de tonnes.

### LE SITE D'ANTIFER (fig. 1)

Situé à 20 km au nord du chenal d'accès du port du Havre, le terminal pétrolier d'Antifer est implanté à 4 km au sud du Cap d'Antifer, à SAINT JOUIN BRUNEVAL.

L'implantation du port à cet endroit est due à des caractéristiques topographiques, géologiques et océanographiques particulières du site.

#### \* TOPOGRAPHIE

En Baie de Seine, c'est au large du Cap d'Antifer que les isobathes - 25 m et - 30 m se rapprochent le plus de la côte. Communément, cet endroit est appelé par les pêcheurs locaux le "ravin d'Antifer". Ces profondeurs correspondent respectivement aux tirants d'eau des navires de 500 000 et 1 M. de tonnes.

#### \* GEOLOGIE

Perpendiculairement au rivage, devant St Jouin Bruneval, au milieu d'un bed rock marneux au sud et calcaire au nord, se développe une bande sableuse large d'environ 3 km, susceptible d'être draguée à la cote - 32 m (zéro hydrographique).

#### \* OCEANOGRAPHIE

L'implantation et le tracé de la digue de protection sont prévus pour donner le meilleur abri contre les courants et les houles dominantes de nord-ouest dont l'amplitude décennale atteint environ 6,50 mètres pour une période de 5,5 secondes.

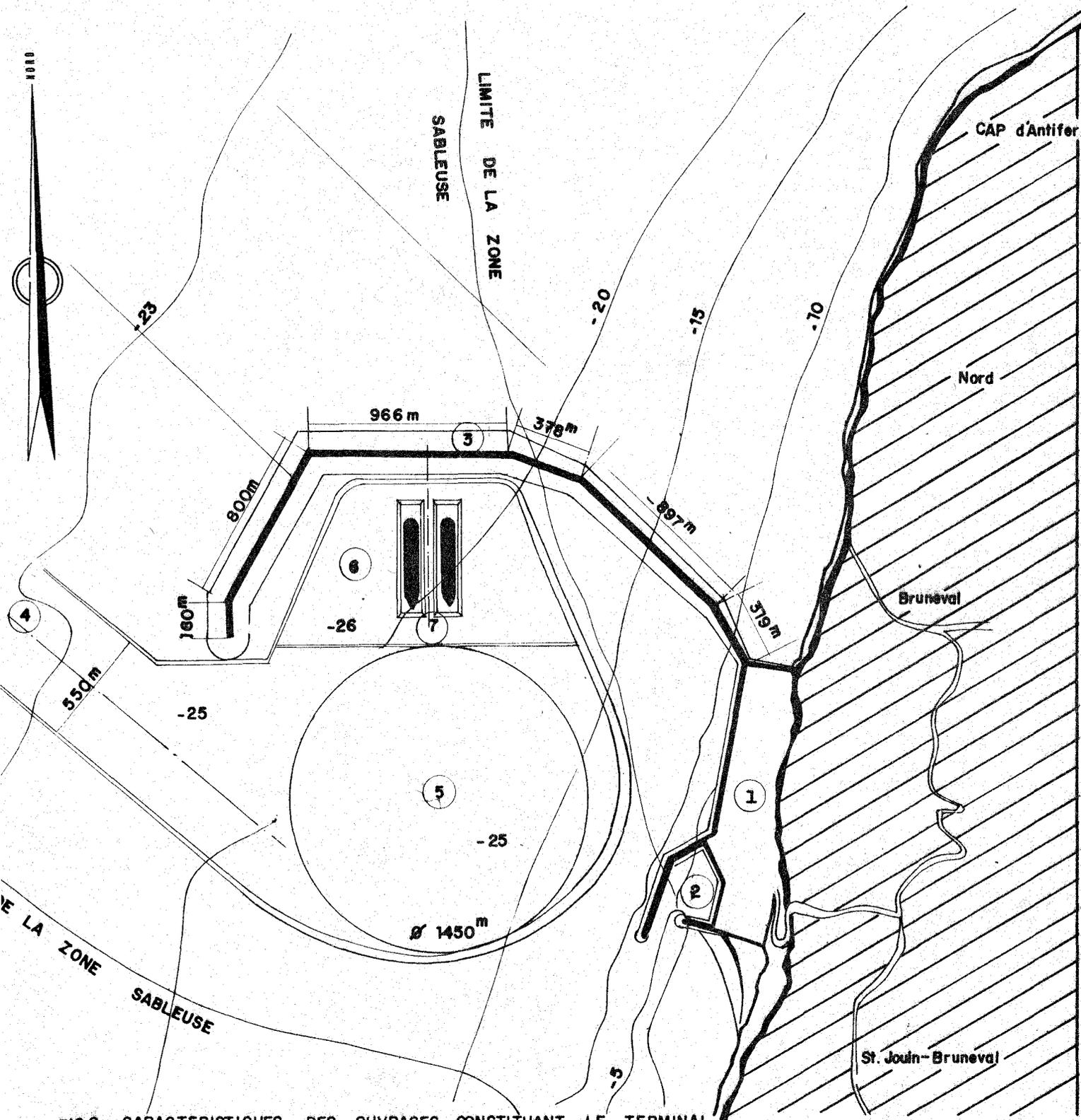


FIG 2 CARACTERISTIQUES DES OUVRAGES CONSTITUANT LE TERMINAL

EXPLICATION P. 4

D'APRES DOCUMENTS P.A.H.

ECHELLE: 1/25 000<sup>e</sup>

cnexo-cob-unité littoral

## CARACTERISTIQUES DES OUVRAGES (fig. 2)

Le terminal pétrolier, conçu actuellement pour l'accueil des navires de 500 000 tonnes, comporte :

- un terre-plein de 35 ha (1) au pied de la falaise, destiné au stockage des hydrocarbures, et aux installations d'exploitation portuaire.
- un port de service (2) de 8 ha abritant les engins de servitude.
- une digue de protection (3) nord, se développant sur 3,5 km environ, conçue en digue à talus et implantée par des fonds allant de - 8 m à - 22 m. La digue a une largeur de 200 m à la base, 25 m au sommet, et sa hauteur est de 17 m.
- un chenal d'accès (4) dragué à la cote - 28 m, de 550 m de largeur, un cercle d'évitage (5) de 1 450 m de diamètre dragué à - 25 m, une zone de manoeuvre (6) draguée à - 26 m, des souilles et des postes d'accostage (7) à - 30 m.
- deux appontements (8) prévus pour pétroliers de 1 M. de tonnes reliés par oléoducs aux stockages en terre-plein.

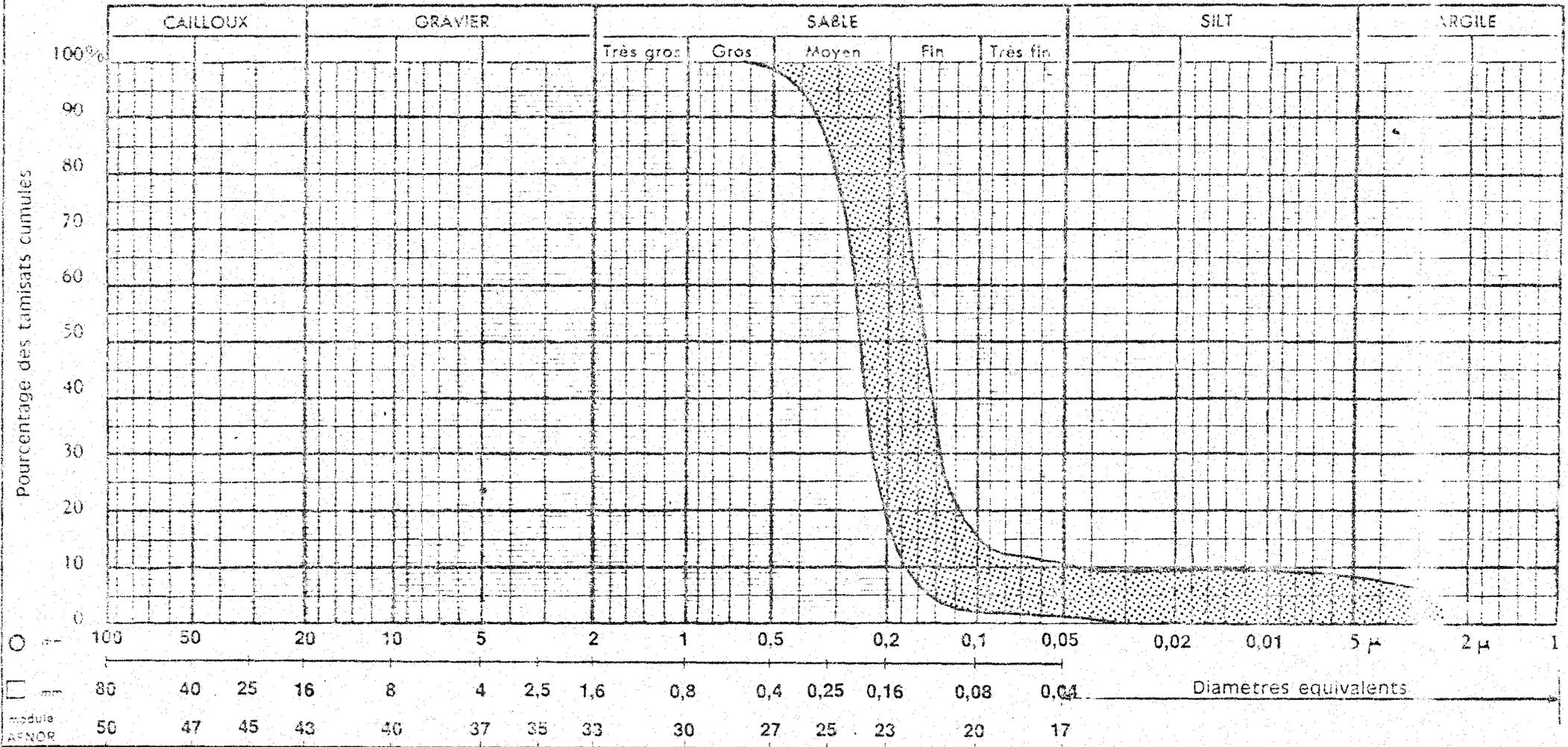
## CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX DRAGUES

L'exécution de ces travaux et des infrastructures complémentaires a nécessité environ 11 millions de m<sup>3</sup> de terrassements, 30 millions de m<sup>3</sup> de dragages et 1,5 million de m<sup>3</sup> de béton.

Les matériaux dragués sur le site d'Antifer sont des sables verts de l'APTIEN dont les diamètres moyens varient entre 0,15 et 0,25 mm. Ces sables peuvent contenir une quantité variable d'éléments pélitiques inférieurs à 40 microns que l'on peut classer dans la catégorie des vases.

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

S. 6 ET S. 7 - ANALYSE GRANULOMETRIQUE



TERMINAL PETROLIER D'ANTIFER

Domaine granulométrique des  
sables gris vert

S. 8 LIMITES D'ATTERBERG		S. 20 S. 5	
W.L.	W.P.	Piston	Visuel

une superficie de plus de 7 km<sup>2</sup>, par des fonds caillouteux de - 20 à - 25 m de profondeur.

Il existe aussi une autre zone de dragage, à proximité du chenal de navigation du Havre. Là, ce sont des sédiments graveleux et des galets qui sont prélevés pour confectionner une partie du soubassement de la digue.

#### OBJECTIFS DE L'ETUDE :

Afin de déterminer les incidences écologiques de la construction du port d'Antifer, le Port Autonome du Havre a demandé au Centre National pour l'Exploitation des Océans en août 1974, d'établir un programme d'études de terrain comportant le suivi de certains paramètres océanographiques pendant une partie de la durée des travaux.

Le terme "incidences écologiques" fréquemment employé au cours de ce rapport est utilisé ici pour désigner les effets d'assez grande envergure qui peuvent être décelés par les différentes méthodes utilisées dans le projet d'étude. Ces méthodes ont été choisies pour détecter l'apparition éventuelle de mortalités massives, ou la modification de la composition qualitative et quantitative des populations sur les sites étudiés. Elles permettent aussi de fournir des indications sur les effets directs létaux constatés sur certains individus lors de l'observation microscopique.

Selon chaque groupe étudié (zooplancton, phytoplancton, Benthos, etc...) les méthodes varient. Elles donnent cependant des résultats quantitatifs de bonne qualité pour chaque taxon étudié.

Ne disposant pas d'observations antérieures au début des travaux, nous avons tenté chaque fois que cela a été possible, de comparer les résultats obtenus avec ceux d'autres auteurs ayant travaillé dans des sites semblables à celui d'Antifer ou plus généralement dans la Manche. Les stations 5 et 6 situées au large de Cauville et à priori en dehors des travaux de construction nous ont aussi servi de stations de référence.

La présence ou l'absence, ainsi que la nature des effets constatés, ont été interprétées à partir de ces comparaisons.

\* LES IMPACTS ATTENDUS DE LA CONSTRUCTION DU TERMINAL SUR  
L'ENVIRONNEMENT :

Une énumération des différents effets prévisibles de la construction du terminal pétrolier d'ANTIFER est présentée ci-dessous. Elle présente en termes généraux et les plus exhaustifs possibles, les effets que l'on peut attendre d'une construction opérée dans des eaux marines côtières.

Ce schéma a servi de fil conducteur de l'étude, et les éléments présentés ici seront repris dans les conclusions générales de l'étude, qui détermineront les effets réellement constatés lors de la construction du terminal d'ANTIFER.

1 - EFFETS DIRECTS DE LA STRUCTURE

Ils se caractérisent par :

- la perte permanente au profit d'une seule activité, d'un secteur de côte utilisée aussi par d'autres activités (port et chenal de navigation) ;
- l'effet d'attraction (thigmotropisme) vis-à-vis des organismes marins dû aux structures immergées (cf. analogie avec récifs artificiels).
- possibilité de fixation ou d'abri pour différentes espèces marines.
- gain substantiel de zone abritée, favorable à diverses espèces, mais en contrepartie, défavorable pour les espèces adaptées à des milieux plus turbulents.

2 - MODIFICATIONS POSSIBLES DANS LES ECHANGES ENTRE MASSES D'EAUX

- réduction ou augmentation du transit des masses d'eaux côtières.
- modification locale du prisme de marée.

- modification des courants existants :

- . changement de la vitesse des courants affectant ainsi les zones d'érosion ou de sédimentation ;
- . changement dans la direction des courants affectant les modalités de fixation des larves et modifiant les caractéristiques de dispersion et de dilution des polluants.

- réduction locale du fetch des vents.

3 - MODIFICATION DES PARAMETRES tels que la salinité, la température, la turbidité, l'oxygène (ces paramètres dépendent évidemment des caractéristiques locales du prisme de marée, de la vitesse et de la direction des courants ainsi que de la turbulence).

Cela peut se traduire par :

- une modification engendrée dans les zones de prédilection de certaines espèces.
- des changements dans l'amplitude de variation des paramètres océanographiques.
- la modification des valeurs de la production primaire et ses conséquences sur les teneurs en oxygène dissous, dues :
  - . à l'accroissement ou la diminution de la teneur en particules en suspension dans l'eau (colonne d'eau et fond) ;
  - . à la réduction du pouvoir de chasse de la marée, provoquant alors un piégeage des sels nutritifs pouvant conduire à des phénomènes d'eutrophisation ou de dystrophie.
- modification des structures trophiques des communautés dues aux changements intervenus dans leur composition. populations marines.

4 - CHANGEMENTS AU NIVEAU DES SUBSTRATS

- gain et perte de zones pour les organismes benthiques.
- modification des peuplements benthiques due aux modifications des conditions sédimentologiques.

5 - MODIFICATIONS AU NIVEAU DE LA LIGNE DE COTE

- arrêt de la dérive littorale résultant en un démaigrissement des plages situées en amont.

6 - EFFET DES EXPLOSIONS (temporaire)

- microséismes
- influences possibles sur les poissons.

Compte tenu de cette énumération, les objectifs de l'étude doivent :

- préciser la qualité des eaux et celle des communautés d'organismes marins vivant à proximité du lieu des opérations de construction.
- déterminer les incidences écologiques bénéfiques ou néfastes induites par les travaux.
- fournir un état de référence de la faune et de la flore régionale pour faciliter d'éventuelles études ultérieures.
- mettre en évidence les gênes que peuvent occasionner les travaux sur les autres activités de ce littoral et en particulier la pêche côtière.

\* CONTENU DE L'ETUDE

Cette étude se divise en quatre chapitres principaux :

### 1) Méthodes et techniques d'étude

Ce premier chapitre est consacré à la description des différentes techniques utilisées au cours du traitement des échantillons.

### 2) Etude de la qualité des masses d'eaux entre le Havre et Antifer

Ce chapitre fait appel à des investigations d'ordre :

- physique pour ce qui concerne l'étude des variations de la température et de la salinité de l'eau de mer ;
- chimique pour l'étude des sels minéraux nutritifs tels que les nitrates, les phosphates et l'ammoniac ;
- sédimentologique pour l'étude des sédiments en suspension.

### 3) Etude du milieu vivant

Sont étudiés dans ce chapitre les effets éventuels de la construction du terminal sur les populations planctoniques, c'est-à-dire vivant au sein des masses d'eau (phyto et zooplancton) et sur les populations d'invertébrés macrobenthiques, c'est-à-dire les organismes qui vivent dans ou sur les fonds marins. Les variations spatiales de la biomasse microphytobenthique sont aussi considérées.

### 4) Quatrième chapitre

Il traite des effets de la construction du terminal d'Antifer sur les activités côtières et plus particulièrement celle de la pêche artisanale.

# CHAPITRE I



MÉTHODES ET TECHNIQUES UTILISÉES AU COURS

DE L'ÉTUDE



Cet appareil permet la mesure de la teneur en oxygène dans l'eau de mer, pour des températures comprises entre  $- 5^{\circ}\text{C}$  et  $+ 45^{\circ}\text{C}$ , et des teneurs en  $\text{O}_2$  allant de 0 à 15 mg/l.

La précision de la mesure en température est de  $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$  et de 0,2 mg/l pour l'oxygène dissous.

- marque de l'appareil : Yellow Spring Instruments.
- type : S. 1. A.

N.B. : Les résultats sont exprimés en mg/l = p. p. m et en pourcentage de saturation.

### III - MESURES DE TURBIDITE

La turbidité concerne la teneur totale en particules en suspension dans l'eau de mer.

A chaque station, une certaine quantité d'eau (250 ml) a été recueillie et conservée dans un récipient. Au laboratoire, cette eau a été filtrée sur filtre WHATMANN GF/C de 0,45 microns. Après séchage à l'étuve, le poids de matières en suspension est noté.

A ce sujet, il convient de commenter les résultats obtenus. Par suite de problèmes de transport entre LE HAVRE et BREST, nous avons été obligés de limiter la quantité d'eau prélevée. Or, comme la teneur en particules en suspension dans l'eau de mer dans la région du HAVRE est relativement peu importante, nous avons dû à cause de la faible variation de poids obtenue à l'issue du séchage, faire une série d'analyses nous permettant de tracer un abaque décrivant les variations de poids du filtre en fonction de son degré d'imbibition en eau au cours du temps après la sortie de l'étuve. De même un second abaque a été construit pour tenir compte du poids de sel restant sur le filtre après lavage et séchage. De cette façon, un coefficient de correction a pu être établi pour déterminer exactement les teneurs de particules en suspension dans l'eau.

IV - DETERMINATION DES SELS MINERAUX (d'après TREGUER et LE CORRE : 1974)

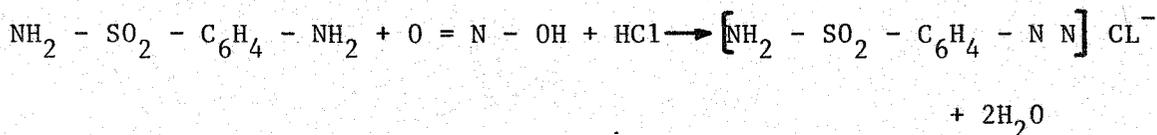
1 - Les nitrates

1.1. - préliminaire :

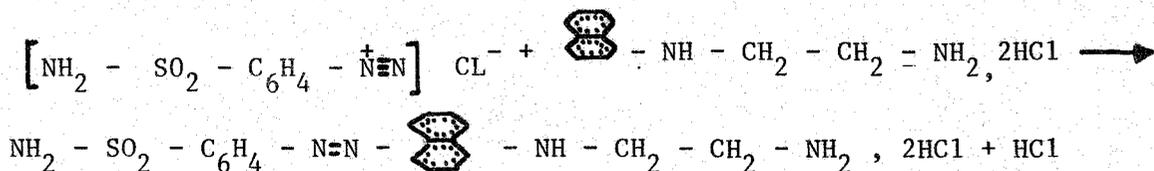
Les concentrations en nitrates dans l'eau de mer varient de 0 à 50 µatg N/l. Les plus grandes teneurs se trouvent dans les couches profondes. Dans la zone euphotique, ce qui est le cas à Antifer, les variations de caractères saisonniers sont importantes et sont liées au développement du phytoplancton. Le renouvellement dans les couches superficielles s'effectue par régénération in situ (dégradation de la matière organique), diffusion et aussi par remontée d'eaux profondes riches en sels nutritifs. Dans la région du Havre, les apports dûs à la Seine sont aussi à considérer.

1.2. - Principe :

Les nitrates dissous dans l'eau de mer sont réduits en nitrites par passage sur une colonne Cd-Cu. Les nitrites sont diazotés avec la sulfanilamide (para-aminobenzènesulfamide) selon la réaction :



Le diazoïque est ensuite copulé avec le chlorhydrate de N-naphtyléthylènediamine pour fournir un colorant azoïque :



La mesure de l'absorption s'effectue au spectrophotomètre à 543 nm.

Par soustraction de la concentration propre en nitrite de l'échantillon, on obtient la concentration en nitrate après un étalonnage.

1.3. - modalités du dosage :

☒ - limites d'emploi :

de 0,05 à 60  $\mu$  atg N/l

a) précision à 20  $\mu$  atg N/l :  $0,5n^{1/2}$   $\mu$  atg N/l pour une cuve de 1 cm.

b) précision à 1  $\mu$  atg N/l :  $0,05/n^{1/2}$   $\mu$  atg N/l pour une cuve de 10 cm.

c) limite de détection : la quantité la plus petite pouvant être détectée est d'environ 0,05 atg N/l lorsqu'on utilise des cuves de 10 cm.

La précision est donnée pour un seuil de confiance de 0,95.

☒ - échantillonnage :

Les échantillons sont recueillis dans des fioles en verre de 125 ml préalablement lavées à l'acide sulfurique. Ils restent stables durant plusieurs heures au frais et à l'obscurité. Pour des temps de conservation plus longs l'eau de mer est congelée à - 20°C.

2 - L'ammoniac

2.1. - préliminaire :

L'azote minéral dissous dans l'eau de mer existe sous forme d'azote gazeux et d'ions ammonium, nitrite et nitrate. Dans le cycle de l'azote, l'ammoniac dissous (sous forme d'ions ammonium) occupe une place particulière. D'une part, la production de matière organique par photosynthèse, démarre par l'assimilation de l'ammoniac dissous. D'autre part, la dégradation de l'azote particulaire et de l'azote dissous par l'activité hétéotrophique donne lieu à la formation d'ammoniac oxydé ensuite en nitrite puis en nitrate. Enfin, le zooplancton contribue à enrichir l'eau de mer en ammoniac par excrétion directe.

Les teneurs en ammoniac dissous dans l'eau de mer sont comprises généralement entre 0 et 3  $\mu\text{atg N-NH}_4/\text{l}$ . Des teneurs plus élevées peuvent être trouvées dans les zones côtières.

## 2.2. - principe :

Le dosage est basé sur la réaction signalée par BERTHELOT en 1859. En milieu alcalin ( $8 < \text{pH} < 11,5$ ), l'ammoniac dissous réagit sur l'hypochlorite pour former une monochloramine. Ce composé, en présence de phénol et en milieu oxydant (excès d'hypochlorite) donne lieu à la formation d'un bleu d'indophénol. A  $20^\circ\text{C}$  la réaction catalysée par l'ion nitroprussiate, demande 6 heures pour se développer. L'absorption est mesurée à 630 nm.

La méthode a été appliquée à l'eau de mer, en particulier par L. SOLORZANO et par F. KOROLEFF en 1969. La précipitation du calcium et du magnésium en milieu basique est évitée par complexation avec le tricitrate de sodium.

Les interférences dues à l'azote organique dissous dans l'eau de mer (sous forme d'urée, d'acides aminés et d'acides nucléiques) sont négligeables.

La méthode est en défaut dans les eaux anoxiques si la concentration en sulfures est supérieure à 2 ppm. = 2 mg/l.

## 2.3. - modalités du dosage :

La difficulté principale de la méthode réside dans le risque permanent de pollution (atmosphère polluée du laboratoire, fumée de tabac, etc...).

### ■ - limites d'emploi :

de 0,1 à 100  $\mu\text{atg/l}$

la loi de Bert-Lambert est observée de 0 à 10  $\mu\text{atg/l}$ .

a) précision au niveau de 3  $\mu\text{atg N-NH}_4/\text{l}$  (seuil de confiance 0,95)

$0,07/n^{1/2}$   $\mu\text{atg N-NH}_4/\text{l}$  pour une cuve de 10 cm.

b) limite de détection

0,005  $\mu\text{atg/l}$ .

### 3 - Les phosphates

#### 3.1. - préliminaire :

Le phosphore minéral dissous dans l'eau de mer est essentiellement présent sous forme d'ions orthophosphates (surtout sous forme  $\text{HPO}_4^{2-}$  et  $\text{PO}_4^{3-}$ ).

La concentration en orthophosphates dans l'eau de mer dépend des phénomènes physiques, (mélange, advection, diffusion) et biologiques (consommation par le phytoplancton, excrétion par le zooplancton, régénération par oxydation de la matière organique). Elle varie de moins de  $0,01 \mu\text{atg/l}$  dans l'eau de surface (pendant la période de croissance du phytoplancton) à  $3 \mu\text{atg/l}$  aux grandes profondeurs.

#### 3.2. - principe :

La méthode utilisée pour le dosage des orthophosphates a été mise au point par MURPHY et RILEY (1962).

Les ions  $\text{PO}_4^{3-}$  sont susceptibles de réagir avec le molybdate d'ammonium en milieu acide pour former un complexe jaune, le phosphomolybdate d'ammonium. Par réduction de ce complexe, on obtient une coloration bleue. L'utilisation de l'acide ascorbique comme agent réducteur donne les résultats les plus reproductibles et il a l'avantage de pouvoir être utilisé dans un réactif unique ; molybdate d'ammonium, acide ascorbique, acide sulfurique et antimonyl-tartrate de potassium.

L'antimoine fourni par l'antimonyl réduit le temps de développement de la coloration de 24 heures à quelques minutes.

#### 3.3. - modalités du dosage :

##### ■ - limites d'emploi :

de  $0,03$  à  $5 \mu\text{atg.P/l}$

a) précision à  $3 \mu\text{atg P/l}$  :  $\pm 0,03/n^{1/2} \mu\text{atg.P/l}$

b) précision à  $0,3 \mu\text{atg.P/l}$  :  $\pm 0,02/n^{1/2} \mu\text{atg.P/l}$

c) limite de détection : la plus petite quantité de phosphate qui peut être déterminée avec certitude est d'environ 0,03  $\mu$ atg.P/l.

La précision est donnée pour un seuil de confiance de 0,95.

#### ■ - échantillonnage :

Les échantillons sont recueillis dans des flacons de polyéthylène de 125 ml rincés 2 fois avec l'eau à analyser. La mesure doit être effectuée si possible dans la demi-heure qui suit le prélèvement et certainement avant 2 heures sinon les échantillons doivent être congelés à - 20 C ; ceci permet de les conserver durant plusieurs mois.

#### V - DETERMINATION ET COMPTAGE DU PHYTOPLANCTON

Le phytoplancton a été recueilli à chacune des stations d'étude en surface et au fond à l'aide de bouteilles à renversement de type Mécaboliér de contenance égale à 1 litre.

Les échantillons prélevés (environ 1/2 litre) étaient alors immédiatement fixés au lugol. L'observation des cellules de diatomées et leur comptage ont été faits au microscope inversé selon la méthode UTTERMOHL.

#### VI - DETERMINATION DES PIGMENTS PHOTOSYNTHETIQUES. BIOMASSE PHYTOPLANCTONIQUE

##### 1.1. - méthode :

Les échantillons d'eau de mer sont collectés à l'aide de bouteilles à renversement en surface et en profondeur. Trois litres environ d'eau de mer sont alors filtrés à bord au travers d'un filtre de type WHATMAN GF/C de 0,45  $\mu$ . Sur ce filtre sont ajoutés 1/2 ml de Mg CO<sub>3</sub> pour éviter l'acidité. Ces filtres sont ensuite immédiatement placés dans un congélateur puis analysés en laboratoire.

Les pigments ainsi recueillis sont alors dissous dans l'acétone à 90 %, puis après extraction, sont transférés dans la cuve d'un spectrophotomètre type BECKMAN à l'aide duquel on mesure la densité optique des extraits acétoniques.

Après avoir effectué une série de mesures entre 350 et 750 nm, l'extrait est acidifié à l'HCl 50 % pour la détermination de la teneur en phéopigments.

Les valeurs des chlorophylles a et b ont été calculées selon la méthode préconisée par l'UNESCO, en utilisant les formules suivantes :

$$\text{mg Chlorophylle a/m}^3 = 11,64 E_{663} - 2,16 E_{645} + 0,10 E_{630}$$

$$\text{mg Chlorophylle b/m}^3 = 20,97 E_{645} - 3,94 E_{663} - 3,66 E_{630}$$

Pour la mesure des phéopigments après acidification des extraits acétoniques, nous avons utilisé la formule de PARSON et STRICKLAND.

$$\text{Chl a (mg/m}^3) = \frac{26,7 (665o - 665a) \times v}{V \times l}$$

$$\text{Phéopigments (mg/m}^3) = \frac{26,7 (1,7 [665a] - 665o) \times v}{V \times l}$$

665o = extinction à 665 nm moins extinction à 750 nm avant acidification.

665a = extinction à 665 nm moins extinction à 750 nm après acidification.

v = volume d'acétone utilisé en ml

l = largeur de la cuve spectrophotométrique

V = volume d'eau de mer filtré

#### 1.2. - dosage des caroténoïdes :

Sur les mêmes échantillons, une lecture à 510 nm et 480 nm a été effectuée pour connaître le taux de caroténoïdes dans l'extrait acétonique.

Pour le calcul, nous avons utilisé les formules :

$$\text{Concentration de caroténoïdes en mg/m}^3 = 7,6 (E_{480} - 1,49 E_{510})$$

$$\text{Concentration de caroténoïdes en mg/m}^3 = 10 E_{480}$$

## VII - DETERMINATION ET COMPTAGE DU ZOOPLANCTON

Le zooplancton a été prélevé lors de chaque station à l'aide d'un filet W. P. 2. de vide de maille, égal à 200 microns. Des traits obliques de la surface au fond ont permis d'intégrer toute la colonne d'eau. Un dispositif spécial (flowmeter type General Oceanics) a permis de contrôler le volume d'eau filtré au cours de la pêche et donc de ramener le nombre total d'individus pêchés à un volume constant.

Au laboratoire, le résultat de la pêche est trié, déterminé, compté. Les individus ainsi classés sont ramenés aux nombres suivants :

a) nombre d'individus /10 m<sup>3</sup>

Log (x + 1) " /10 m<sup>3</sup>

b) nombre d'individus /m<sup>2</sup> de colonne d'eau

Log (x + 1) " /m<sup>2</sup> " " "

### 1.1. - calcul de la biomasse

Pour chaque échantillon, réduit de moitié et filtré sur une soie de 100 microns, nous avons calculé la biomasse. Celle-ci est exprimée en poids sec/10 m<sup>3</sup> ou m<sup>2</sup> de colonne d'eau, après séchage à l'étuve à 60°C pendant 24 heures.

## VIII - CALCUL DU RAPPORT C/N

Sur une fraction de l'échantillon sec utilisé pour la biomasse, des mesures de la teneur en carbone et azote organique ont été faites.

### 1.1. - dosage du carbone

Les analyses du taux de carbone dans les organismes zooplanctoniques ont été effectuées au moyen de l'analyseur de carbone automatique : LECO WR - 12.

## 1.2. - dosage de l'azote

Le dosage du pourcentage d'azote dans les échantillons zooplanc-  
toniques a été effectué à l'aide de l'analyseur automatique d'azote :  
COLEMAN, Modèle 29 A, qui détermine le taux d'azote selon la méthode de  
DUMAS.

## IX - PHYTOBENTHOS

Les mesures des pigments phytobenthiques font appel aux mêmes  
techniques que celles précédemment décrites pour le phytoplancton (cf p 17).  
La différence réside dans le fait que la détermination des chlorophylles  
ne se fait pas sur un volume d'eau filtrée, mais sur une certaine quantité  
de sédiment (1er cm d'une carotte prélevée au carottier, ROUVILLOIS :  
photo VIIB). Les résultats sont exprimés en  $\mu\text{g chl a/g}$  de sédiment.

## X - BENTHOS

Les prélèvements de benthos ont été effectués à l'aide d'une  
benne type SMITH Mc INTYRE de contenance égale à 1/10 de  $\text{m}^2$  (photo VIIA).  
Des échantillons prélevés, une partie du sédiment est destinée à l'analyse  
granulométrique, le reste est tamisé sous l'eau, sur tamis de 2 mm. Les  
animaux récoltés sont ensuite triés, déterminés, comptés, et pesés, en  
laboratoire.

## XI - CALCUL DES INDICES DE DIVERSITE

Pour le calcul des indices de diversité nous avons utilisé la  
formule mise au point par SHANNON (1948) :

La mesure de la diversité est donnée par :

$$H_D' = - \sum p_i \log. p_i$$

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad - \quad n_i = \text{nombre total d'individus de l'espèce } i$$

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

## XII - PRINCIPES DE L'ENQUETE SUR LES ACTIVITES DE PECHE COTIERE

Afin de rendre cette enquête aussi exhaustive que possible, les quartiers maritimes de Boulogne, Dieppe, Fécamp, Le Havre et Caen ont été retenus dans le cadre de cette étude.

Le recensement de la flotille, du nombre de pêcheurs ainsi que des tonnages débarqués, a été établi à partir des documents fournis par les affaires maritimes de chaque quartier. Des renseignements précieux ont été obtenus par la consultation des organisations locales de pêcheurs (coopératives, comités locaux) de même que par une enquête directe menée auprès des professionnels tout au long du littoral entre Grandcamp et Le Tréport.

Tous les éléments recueillis au cours de cette enquête ont été réunis, analysés puis synthétisés sous forme de tableaux ou de cartes de pêche.

Quelques difficultés sont apparues au cours de la réalisation de cette étude ; elles portent principalement sur les points suivants :

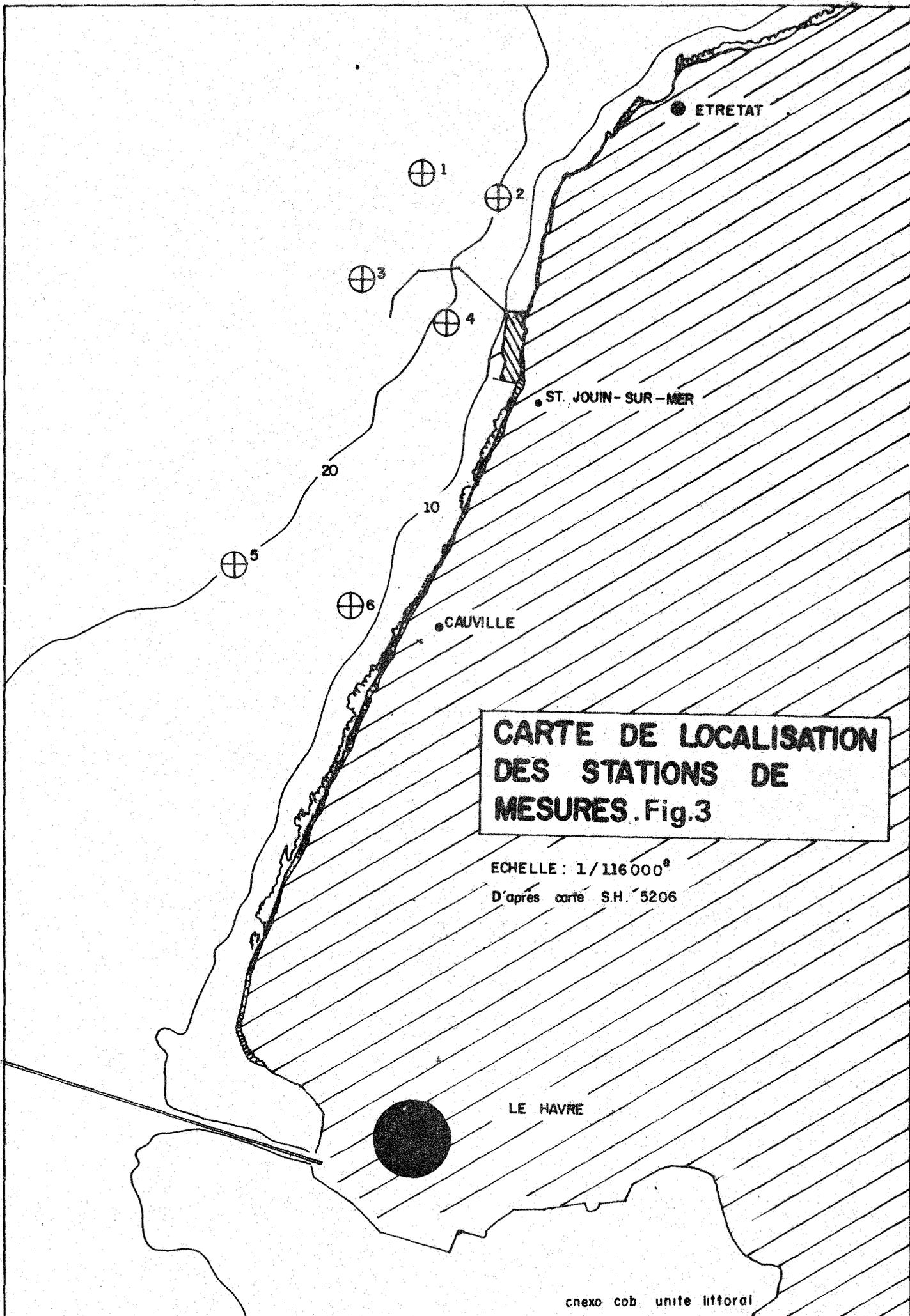
- le manque de données quantitatives : la plupart des pêcheurs n'ont que des chiffres partiels à avancer à l'appui de leurs affirmations ;
- le problème de discerner, dans la diminution des prises de poissons au cours de ces dernières années, la part qui revient à la surexploitation et celle due aux modifications de l'environnement.

## CHAPITRE II



ÉTUDE DE LA QUALITÉ HYDROLOGIQUE DES MASSES D'EAU





**CARTE DE LOCALISATION  
DES STATIONS DE  
MESURES. Fig.3**

ECHELLE : 1/116 000<sup>e</sup>  
D'après carte S.H. 5206

Ces stations sont localisées géographiquement de la façon suivante :

- les stations 1 et 2 situées par le travers du phare d'Antifer ;
- les stations 3 et 4 :
  - . la station 3 est située dans le chenal d'accès au terminal pétrolier. Cette station a été légèrement déplacée en direction du sud au fur et à mesure de l'avancement des travaux,
  - . la station 4 est localisée à proximité du centre du cercle d'évitage du port.
- les stations 5 et 6, sont situées beaucoup plus au sud, par le travers de CAUVILLE. Ces deux dernières stations sont des stations de référence. Etant donné les conditions hydrologiques de la zone, elles ne devraient pas normalement subir les effets des travaux effectués plus au nord.

## 2 - Périodicité des mesures

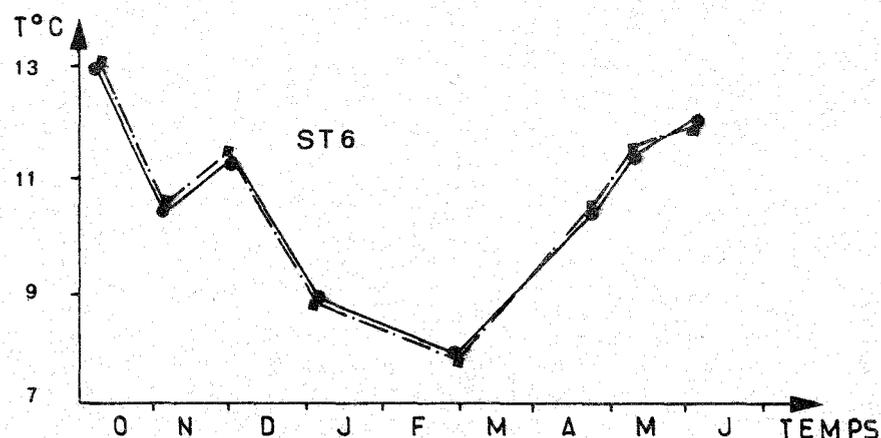
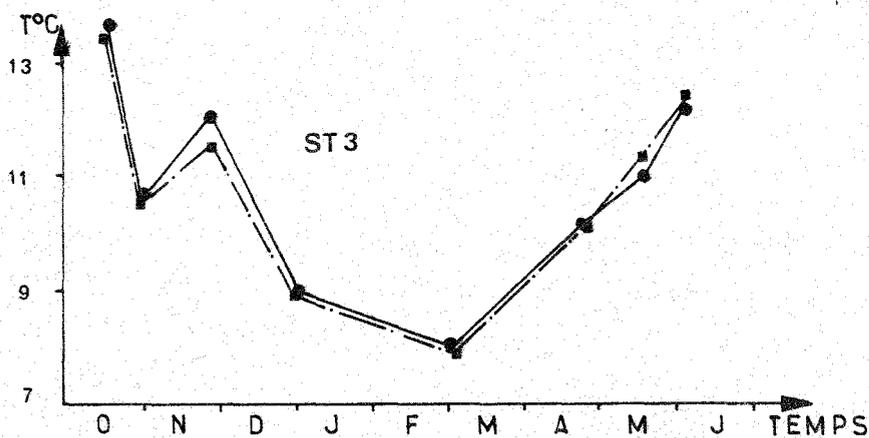
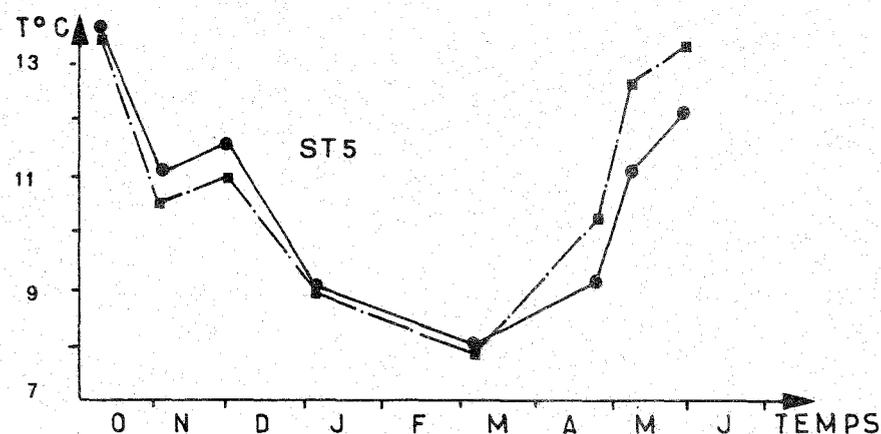
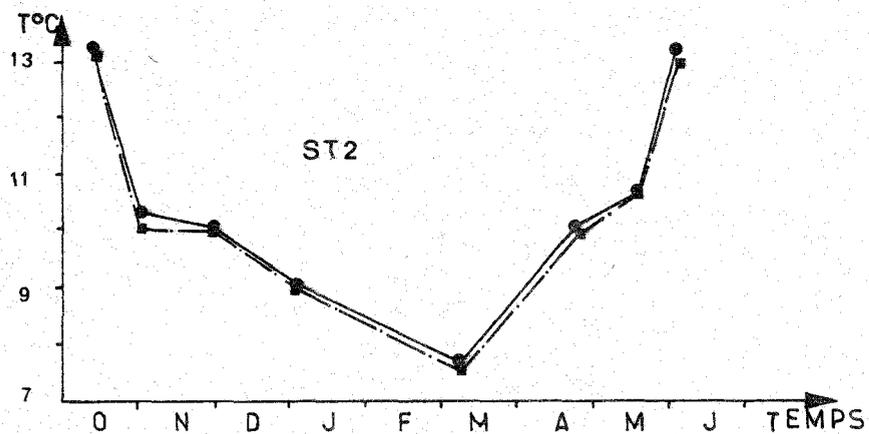
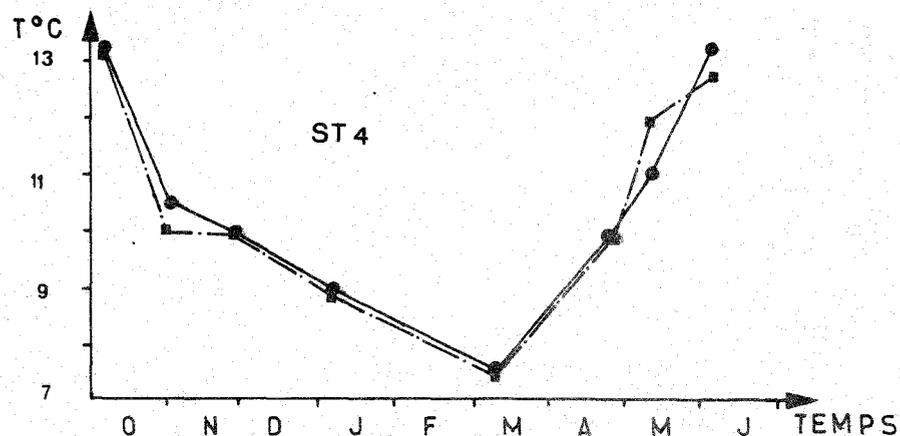
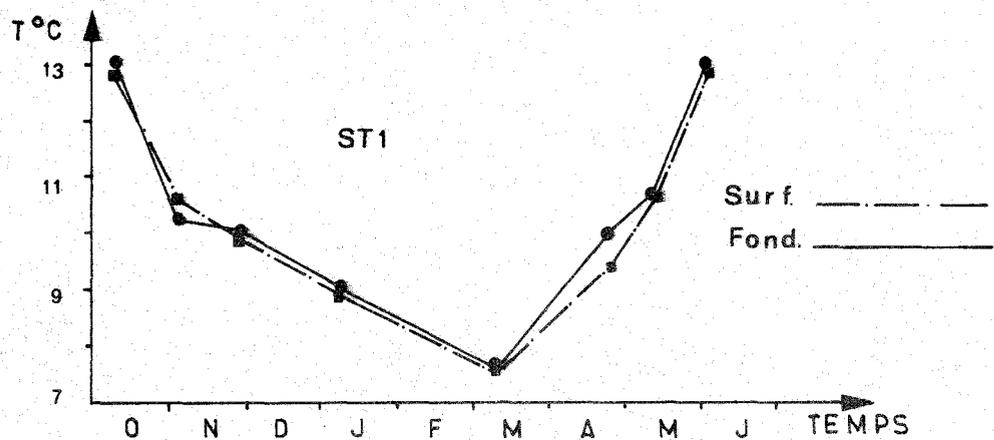
Compte tenu des conditions météorologiques rencontrées, les mesures ont été effectuées durant une période d'environ 8 mois (du 20.9.74 au 4.6.75) à raison d'un cycle d'observation par mois en moyenne.

## II - ETUDE DE LA TEMPERATURE ET DE LA SALINITE

Lors de chaque sortie, nous avons effectué une série d'observations en surface et au fond des paramètres suivants :

- température,
- salinité.

### 1 - Techniques de mesure (voir p 11-12)



VARIATIONS SAISONNIERES DE LA TEMPERATURE AUX SIX STATIONS

cnexo cob unite littoral

Fig.4

## 2 - Résultats :

### 1.1. - la température

Les variations de température et de salinité durant la période comprise entre octobre 74 et juin 1975 sont représentées respectivement sur les figures 4 et 5.

Les températures de l'eau durant cette période varient entre 7°5 (correspondant au minimum hivernal) et 13°5 (représentant le maximum enregistré durant cette période). On ne constate pratiquement pas de différence entre les températures de surface et celles du fond pour chacune des stations étudiées.

Une très légère différence peut être cependant remarquée à la station 5 pour les mois d'avril, mai et juin.

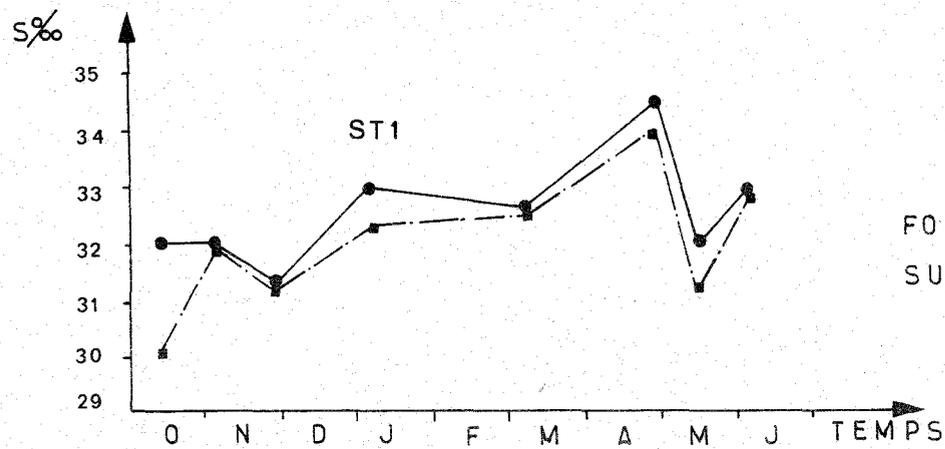
### 1.2. - la salinité

Les salinités enregistrées lors de chaque sortie montrent une variabilité assez importante. Les valeurs extrêmes varient de 29 à 35 ‰ selon les cas envisagés (fig. 5).

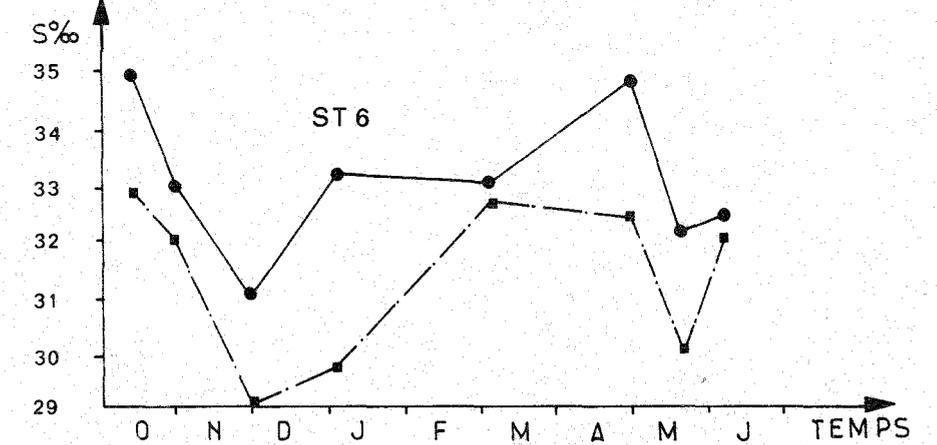
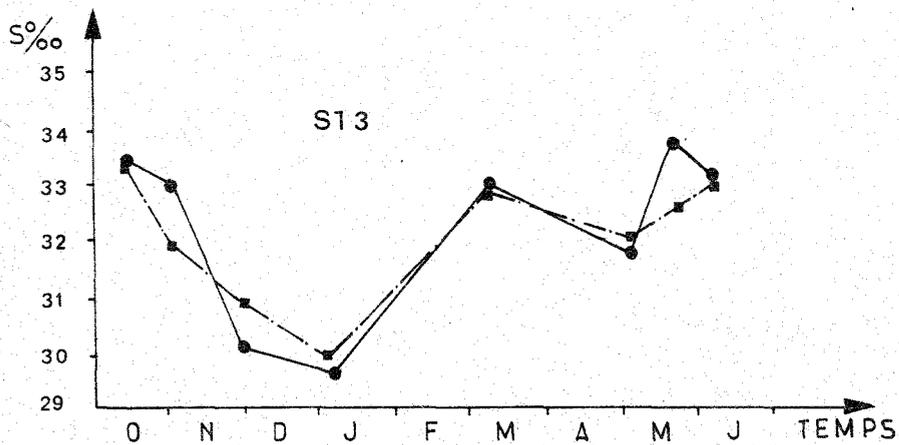
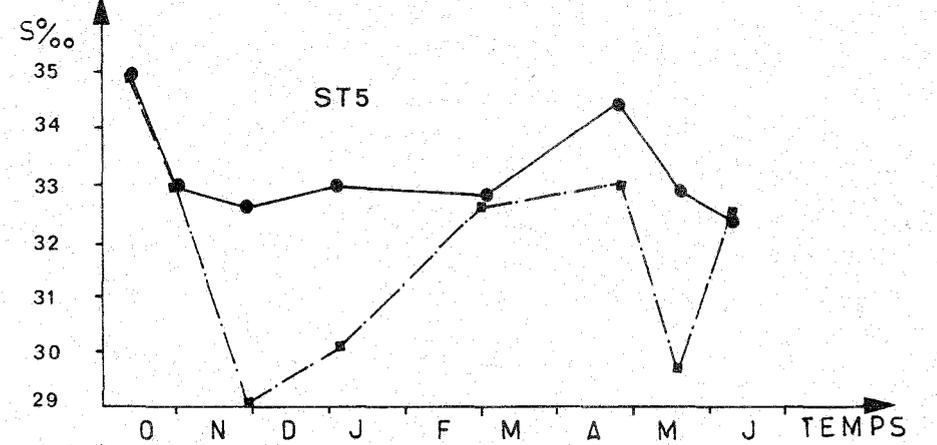
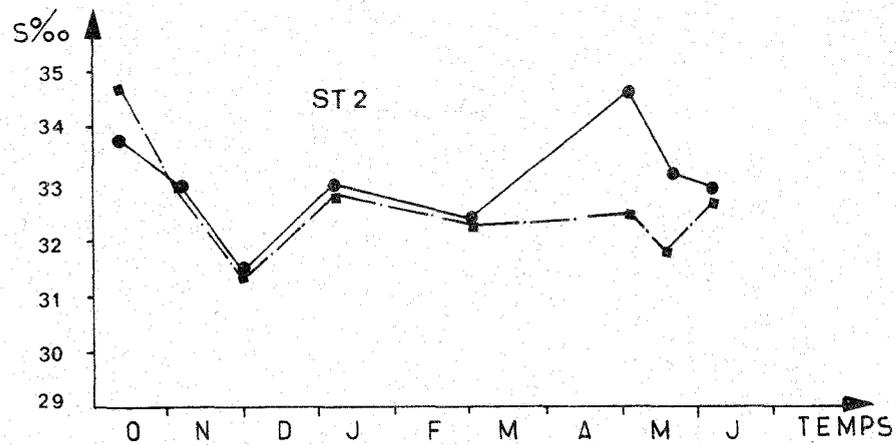
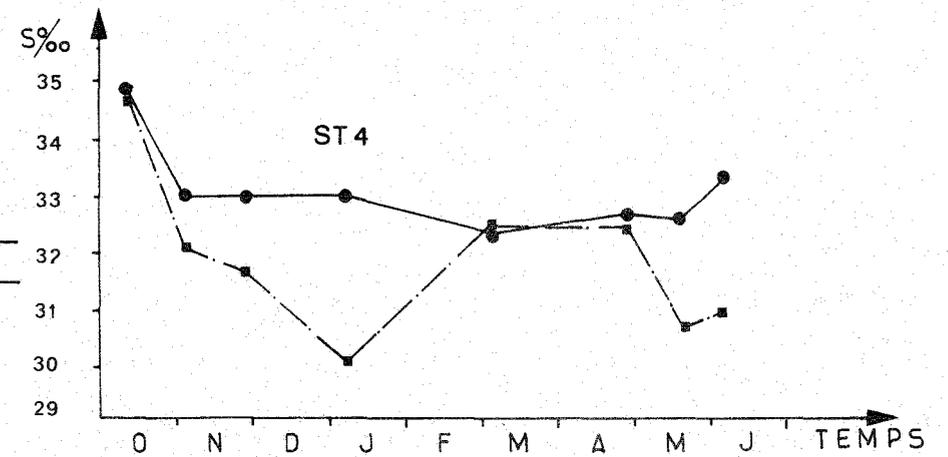
Deux phénomènes fondamentaux peuvent être constatés :

■ - Il semble exister un gradient de stratification qui diminue progressivement du sud vers le nord. Les stations 5 et 6 situées par le travers de CAUVILLE présentent une stratification assez marquée. Les eaux plus salées circulant au fond, les eaux moins salées circulant en surface. Au fur et à mesure que l'on remonte vers le nord, cette stratification diminue. Elle est encore sensible à la station 4 située au milieu du port et elle disparaît pratiquement en totalité aux stations situées au nord de la digue d'Antifer.

■ - Sur les figures représentant les variations de salinité au cours de la période d'étude, il faut noter pour les stations 5 et 6 une baisse assez forte de la salinité de surface (29 ‰) durant la période qui s'étend du mois de novembre au mois de janvier. Cette baisse semble correspondre



FOND —●—  
SURF —■—



VARIATIONS DE LA SALINITE AU COURS DE LA PERIODE D'ETUDE

Fig-5

cnexo cob unite littoral

à la période de crue des eaux de la Seine.

Une deuxième baisse moins nette cependant semble apparaître au cours du mois de mai.

### 1.3. - la densité

La densité de l'eau dépend de trois variables : la salinité, la température et la pression. Elle s'exprime en grammes cm<sup>3</sup>. Le symbole de la densité à la pression atmosphérique est  $\sigma$ . Les tables employées pour le calcul des densités sont celles de l'U.S. Navy Hydrographic Office à Washington.

N. B. : L'amplitude des variations est d'autant plus importante que la température et la salinité contribuent à faire varier la densité de la même manière.

D'une façon générale, les valeurs extrêmes des densités de l'eau de mer dans la zone étudiée sont comprises entre 1,022 pour la valeur la plus faible et 1,0268 pour la plus élevée.

La stratification des eaux est variable, mais on observe une augmentation très nette de la valeur de l'écart relatif de densité entre les eaux de surface et celles de fond lorsqu'on se déplace du nord vers le sud.

	ST 1	ST 2	ST 3	ST 4	ST 5	ST 6
Moyenne $\Delta \sigma t$	5.1	4.8	7	9.4	12.4	15

Ce phénomène de stratification plus marquée au sud qu'au nord peut avoir une importance pour les populations planctoniques. En effet, en l'absence de stratification, l'homogénéisation de l'eau sur la verticale favorise les échanges surface et fond et vice versa.



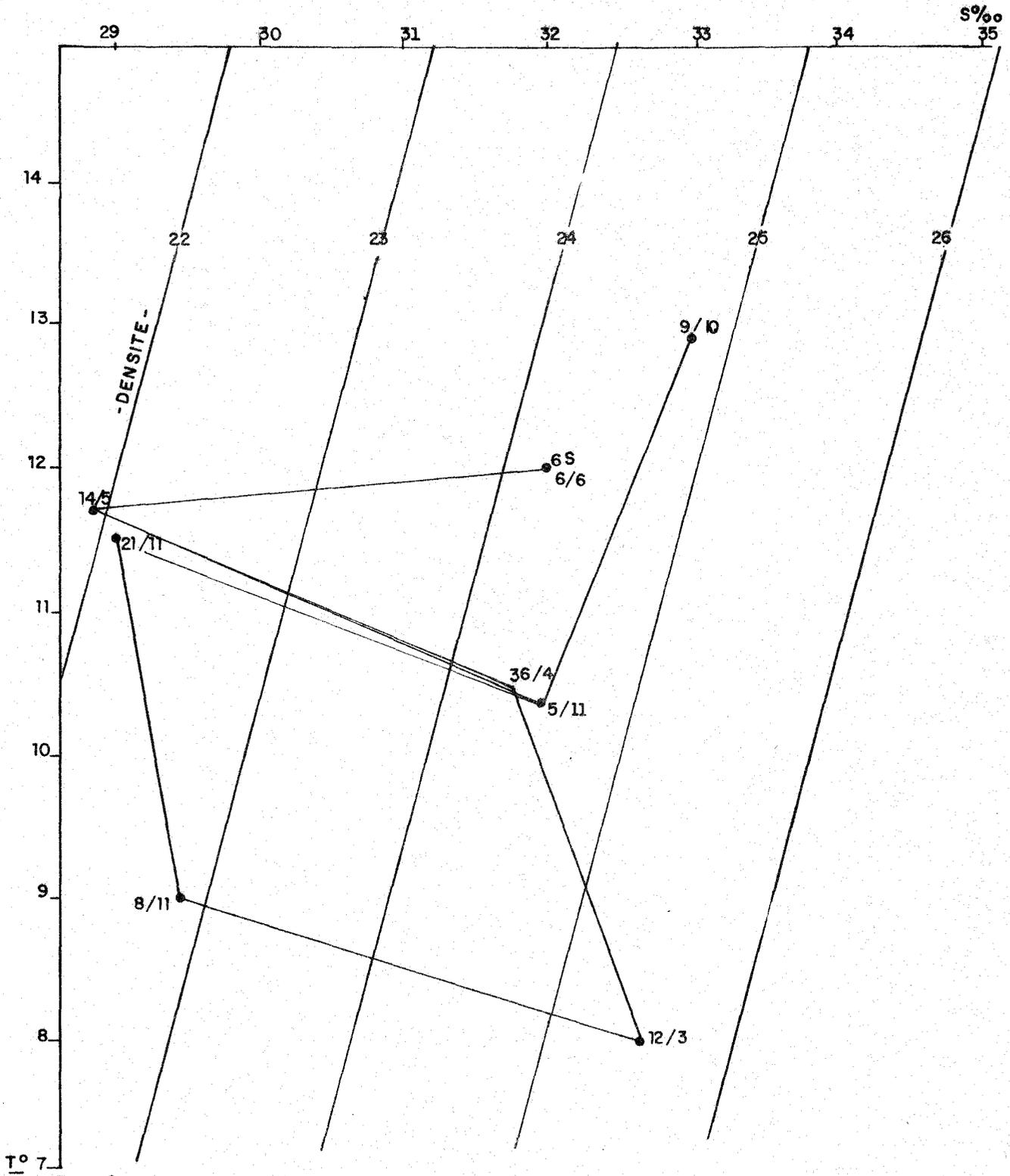


Fig - 6  
DIAGRAMME T-S-

VARIATIONS SAISONNIERES DE LA TEMPERATURE EN FONCTION DE LA SALINITE A LA STATION 6S

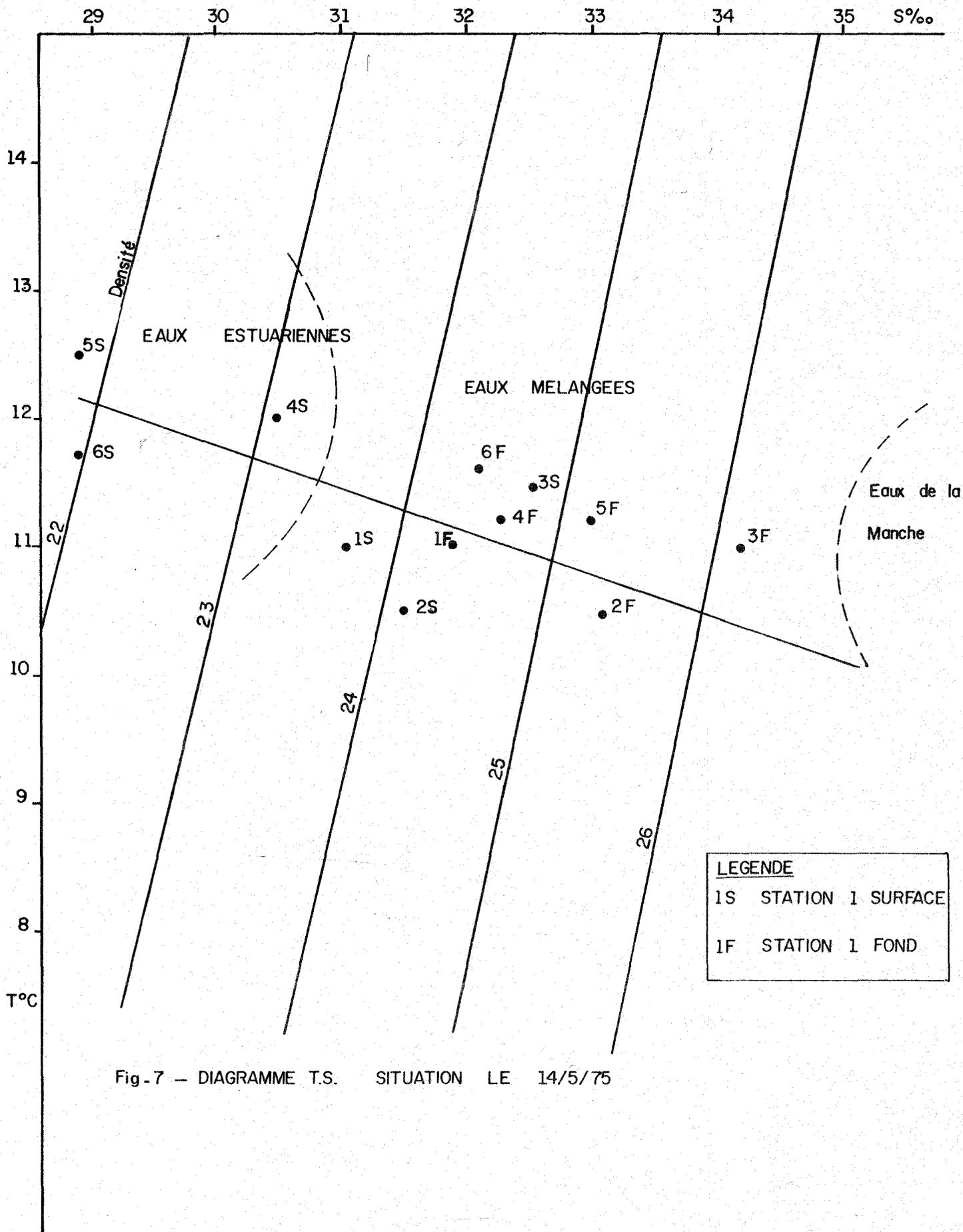
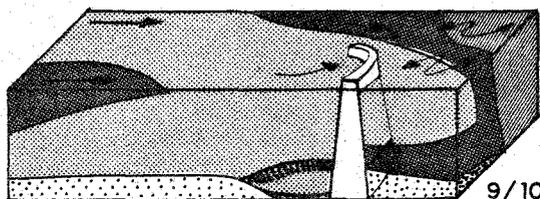
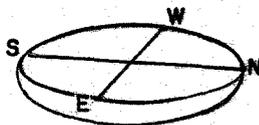
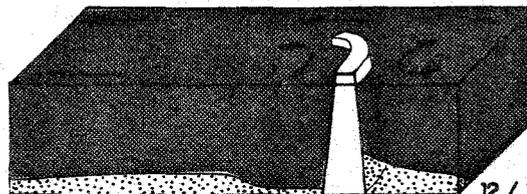


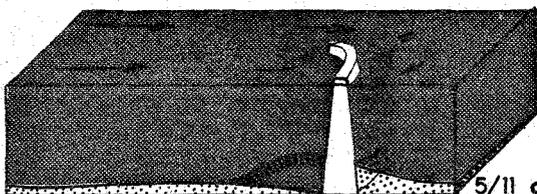
Fig-7 -- DIAGRAMME T.S. SITUATION LE 14/5/75



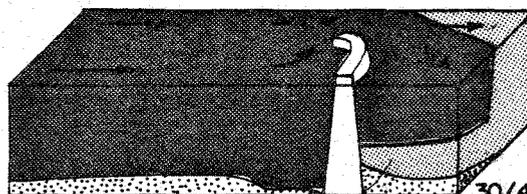
9/10 coef. 46-46



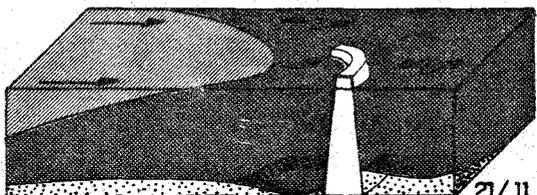
12/3 coef: 80.83



5/11 coef: 69.64



30/4 coef: 73.67



21/11 coef: 44.41



14/5 coef: 83.84



8/1 coef: 52.54



4/6 coef: 44

→ SENS DU COURANT

↺ RENVERSE



EAUX MELANGEES



EAUX ESTUARIENNES



EAUX DU LARGE

Fig - 8

REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE LA CIRCULATION DES MASSES D'EAU POUR DIFFERENTES PERIODES

cnexo cob unite littoral

■ - 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. L'augmentation de la turbulence lors des marées de coefficient plus important (75 à 100) permet une meilleure homogénéisation des eaux, et de ce fait empêche de retrouver l'eau moins salée en surface. Malgré son caractère labile, la mise en évidence de cette dessalure des eaux de surface permet d'avancer l'hypothèse 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. Il serait intéressant dans une étude ultérieure, de cerner de plus près ce phénomène, en multipliant les points de mesure sur la verticale, de façon à déterminer l'épaisseur de la masse d'eau dessalée de surface. (fig.8).

### III - COURANTOLOGIE

Les données exposées ici sont extraites de l'étude effectuée par le Laboratoire Central d'Hydraulique de France en 1972 et 1973. (LCHF - 1973 a).

#### 1 - Mesures de courant au fond par le travers de Cauville

Elles correspondent au point 3 du L. C. H. F. Il est situé à proximité de la station 6 de la présente étude.

Les courants de jusant ont une direction établie au 220°. Les directions des courants de flot sont moins nettes et se situent entre 10° et 30°.

Pour le coefficient 94, au moment de la renverse, ils passent du secteur 220° au secteur 80° assez rapidement, puis ils entament une longue rotation vers le nord pour revenir au 220°.

Quand le coefficient diminue (64), la renverse se fait plus tard, plus près de la pleine mer.

Les vitesses sont un peu plus fortes en flot qu'en jusant. Les vitesses de flot avoisinent les 0,90 m/s (1,7 noeud). En jusant les vitesses sont de l'ordre de 0,80 m/s (1,5 noeud).

## 2 - Mesures de courant au fond par le travers de BRUNEVAL

Ce point est approximativement situé à l'endroit où se trouve actuellement la digue du port d'Antifer (point 4 de notre étude).

### 2.1. - direction :

Schématiquement, les courants de jusant portent au 200° et les courants de flot vers le secteur compris entre 15° et 25°. La renverse a lieu plus tard quand le coefficient de marée diminue.

### 2.2. - vitesses :

Les vitesses sont plus importantes en flot qu'en jusant. Elles varient avec le coefficient de marée, culminent au flot à 1,35 m/s (2,6 noeuds) pour le coefficient 110, et à 1,10 m/s (2,12 noeuds) pour un coefficient 62.

En jusant, elles sont égales à 1,10 m/s (2,12 noeuds) pour un coefficient de 100 et 0,90 m/s (1,7 noeuds) pour un coefficient de 62.

Quel que soit le coefficient de marée, les courants sont toujours supérieurs à 0,30 m/s (0,55 noeuds).

## 3 - Les courants sur la zone de vidage

Le L. C. H. F. a effectué une série de mesures à l'aide de courantomètres pour déterminer les directions et les vitesses des courants sur une verticale.

- courants de surface (- 2 m),
- courants à mi-profondeur,
- courants de fond (entre 1 et 0,50 m au dessus du fond).

Les mesures au point 5 (à quelques centaines de m. au nord de notre point 1) sont situées au voisinage de la zone de vidage, c'est-à-dire approximativement par le travers d'Etretat. Le coefficient de marée le jour des observations était de 86.

### 3.1. - directions :

En flot et en jusant, il y a similitude parfaite dans la direction des courants aux trois profondeurs.

En flot, la direction moyenne est de  $30^\circ$ ; en jusant, après la renverse elle passe du  $260^\circ$  au  $220^\circ$  pour revenir au  $250^\circ$  en fin de jusant.

### 3.2. - vitesses :

Les vitesses atteignent 1,95 m/s (3,75 noeuds) en flot et en surface, 1,40 m/s (2,70 noeuds) en jusant en surface également. Notons que la répercussion des vitesses, en fonction de la profondeur, sur une même verticale montre une décroissance linéaire entre la surface et le fond de 2 cm/s par mètre.

## 4 - Mesures de courant à l'aide de perches lestées - Trajectoires de courant

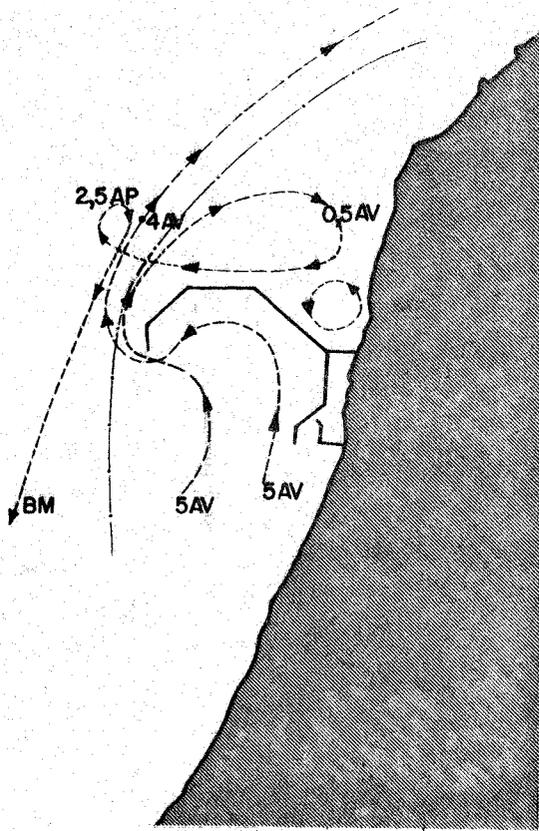
### 4.1. - direction :

La direction générale du flot est de  $35^\circ$  jusqu'à ST JOUIN BRUNÉVAL puis de  $22^\circ$  jusqu'au cap d'Antifer. Plus au nord les courants s'orientent vers l'est et prennent le cap  $43^\circ$ .

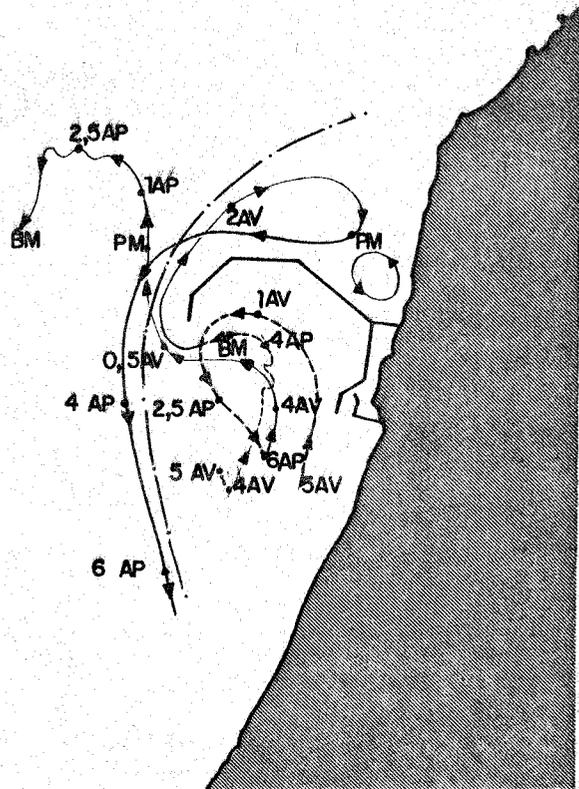
Les courants de jusant se présentent devant le cap d'Antifer avec une direction portant vers le  $215^\circ$  à 1 500 m du cap et le  $225^\circ$  à 3 000 m du cap. Ils s'infléchissent vers le sud en passant le cap et prennent alors une direction de secteur  $205^\circ - 210^\circ$ .

### 4.2. - vitesses :

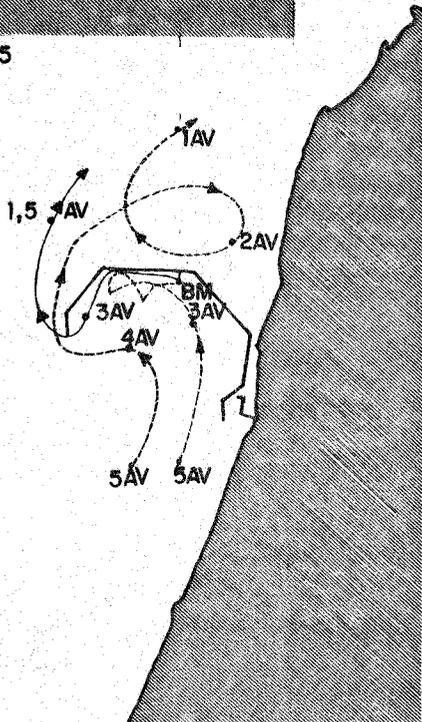
Les vitesses de courant sont plus fortes en flot qu'en jusant.



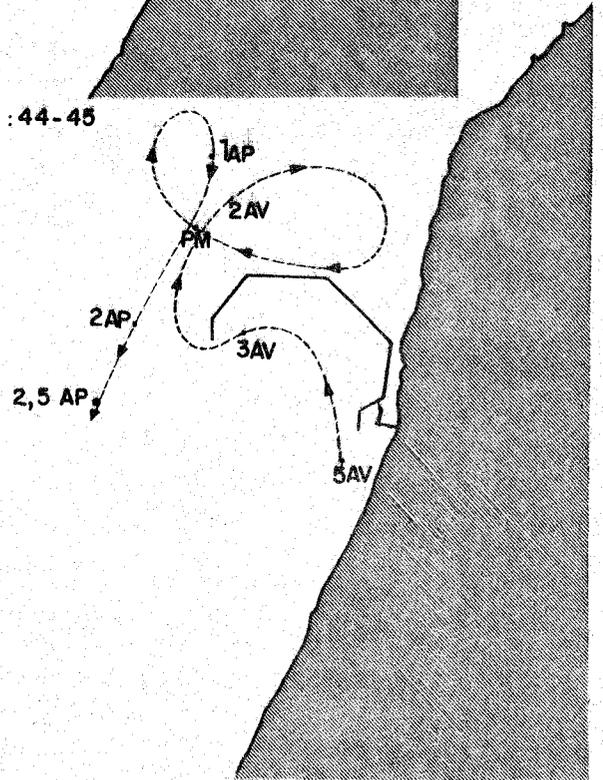
COEF: 95



COEF: 44-45



COEF: 75



COEF: 75

Fig. 9  
Trajectoires des particules de surfaces recalculées d'après le modèle mathématique courantologique

ECHELLE  $\approx$  1 / 116 000<sup>o</sup>  
 ----- 1er CYCLE DE MAREE  
 \_\_\_\_\_ 2eme CYCLE DE MAREE  
 cnexo cob unite littoral

Il existe un gradient de vitesse croissante du sud vers le nord. Les vitesses maximales sont observées au niveau de la zone de vidage des produits de dragage du terminal d'ANTIFER.

La perche lâchée près de la bouée de vidage d'Octeville 2,66 h avant la pleine mer et relevée 2 h après la pleine mer devant BRUNÉVAL a donc parcouru 12,215 km en 4 h 44, à la vitesse moyenne de 0,72 m/s (1,39 noeuds) pour un coefficient 100.

- en résumé :

■ - les observations sur les mesures de courant montrent que le gradient des vitesses sur une même verticale est assez faible (sauf au niveau du cap d'ANTIFER). Les vitesses des courants semblent assez influencées par les conditions météorologiques locales mais par contre assez peu sensibles aux variations d'amplitude de la marée.

■ - on constate un accroissement très important des vitesses du flot qui porte au nord ou au nord-est, entre le cap de la HEVE et le cap d'ANTIFER. A proximité de la zone de dépôt, les courants-flot peuvent dépasser 2,20 m/s pour une vitesse de coefficient 90.

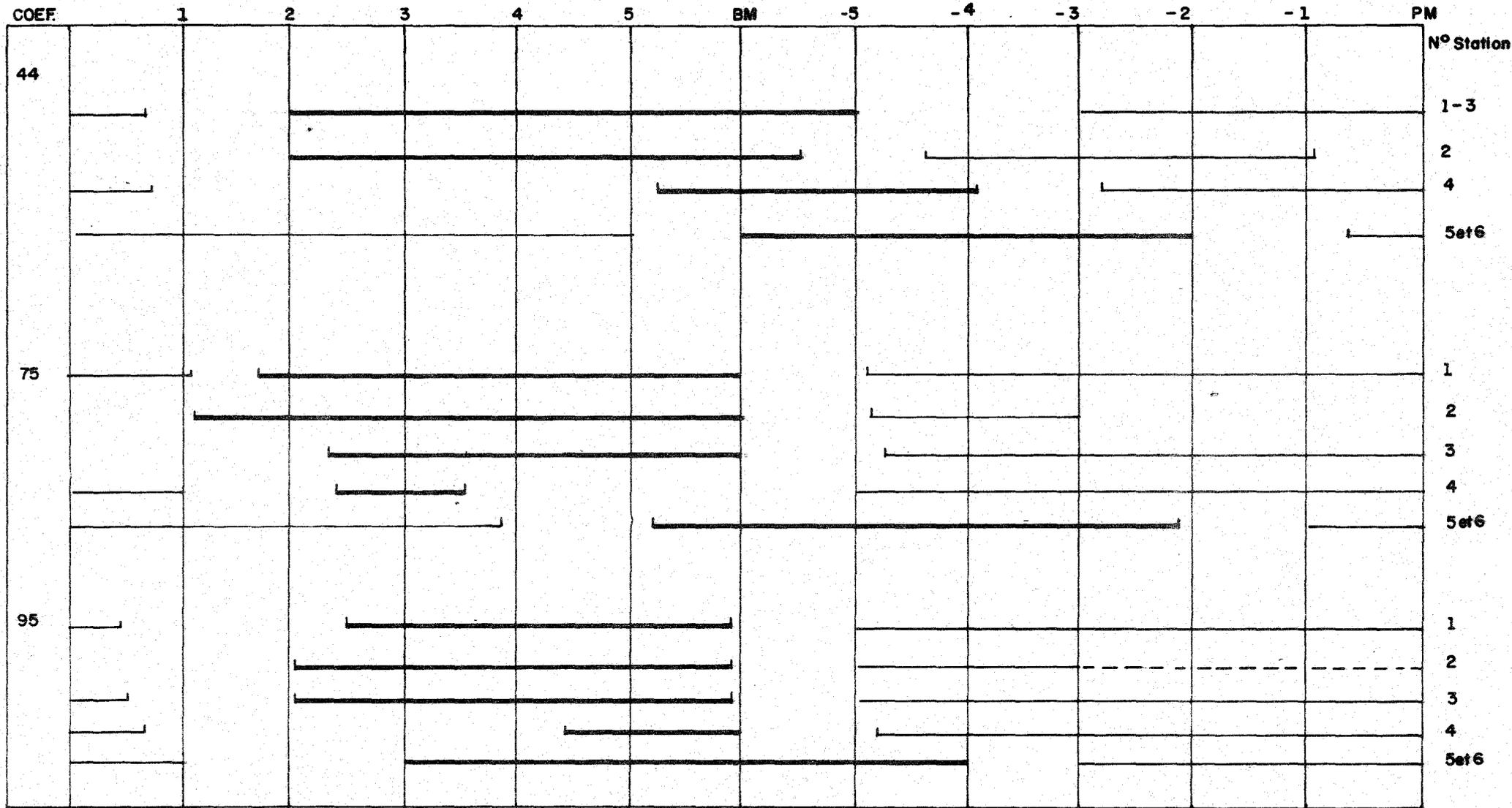
■ - la renverse jusant flot s'effectue à une heure d'autant plus éloignée de la pleine mer du HAVRE que l'on se rapproche d'ANTIFER.

#### 4.3. discussion :

#### INFLUENCE de la CONSTRUCTION DE LA DIGUE SUR LA CIRCULATION DES MASSES D'EAUX

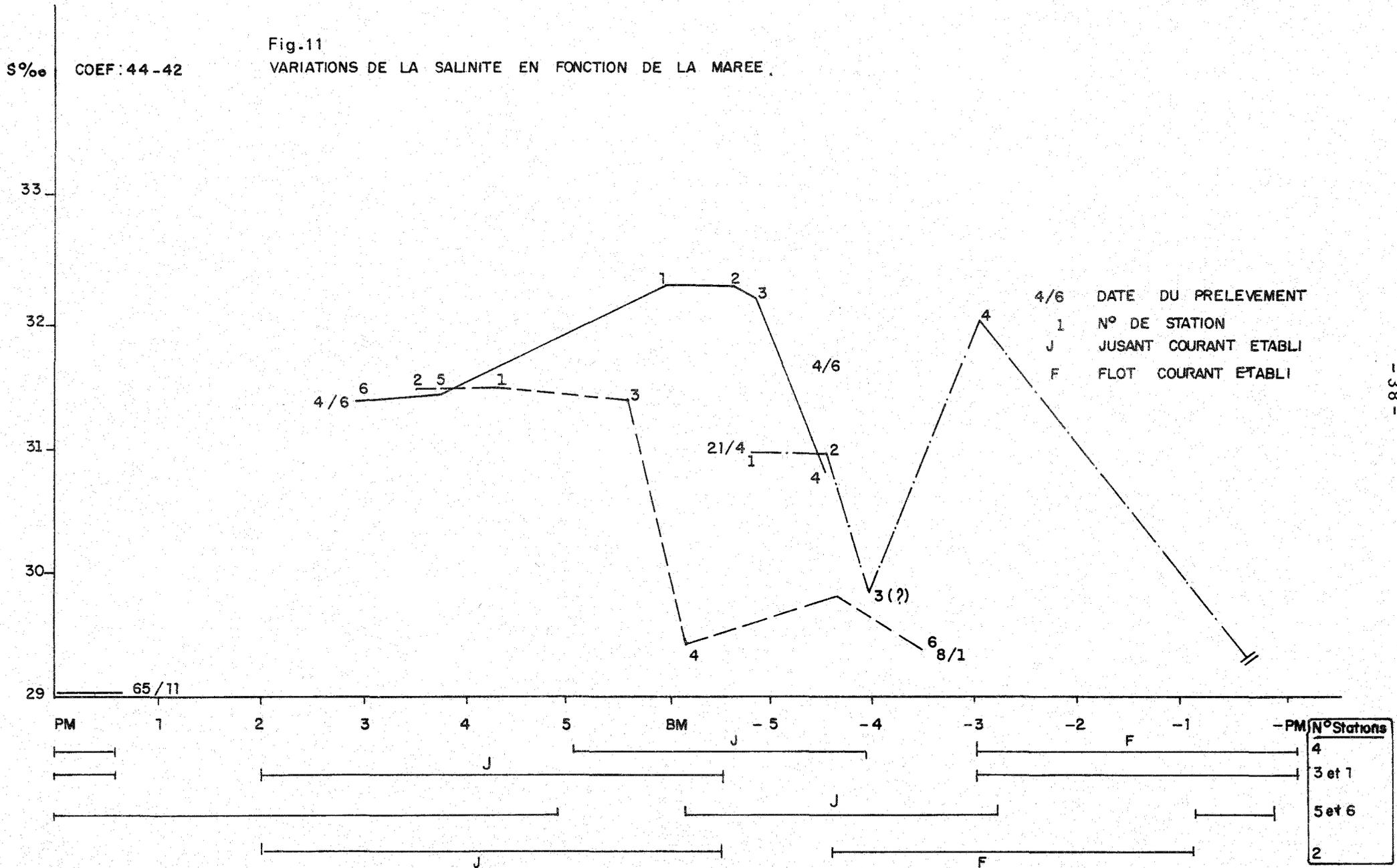
Les mesures effectuées par le L. C. H. F. exposées ci-dessus, ont été faites avant la construction de la digue du terminal d'ANTIFER.

Les trajectoires et les vitesses de courant ainsi déterminées sont, en présence de la digue, sérieusement perturbées au voisinage des ouvrages.



VARIATION DES DUREES DU FLOT ET DU JUSANT EN FONCTION DE L'HEURE DE LA MAREE A CHAQUE STATION  
 cnexo cob unite littoral  
 Fig-10

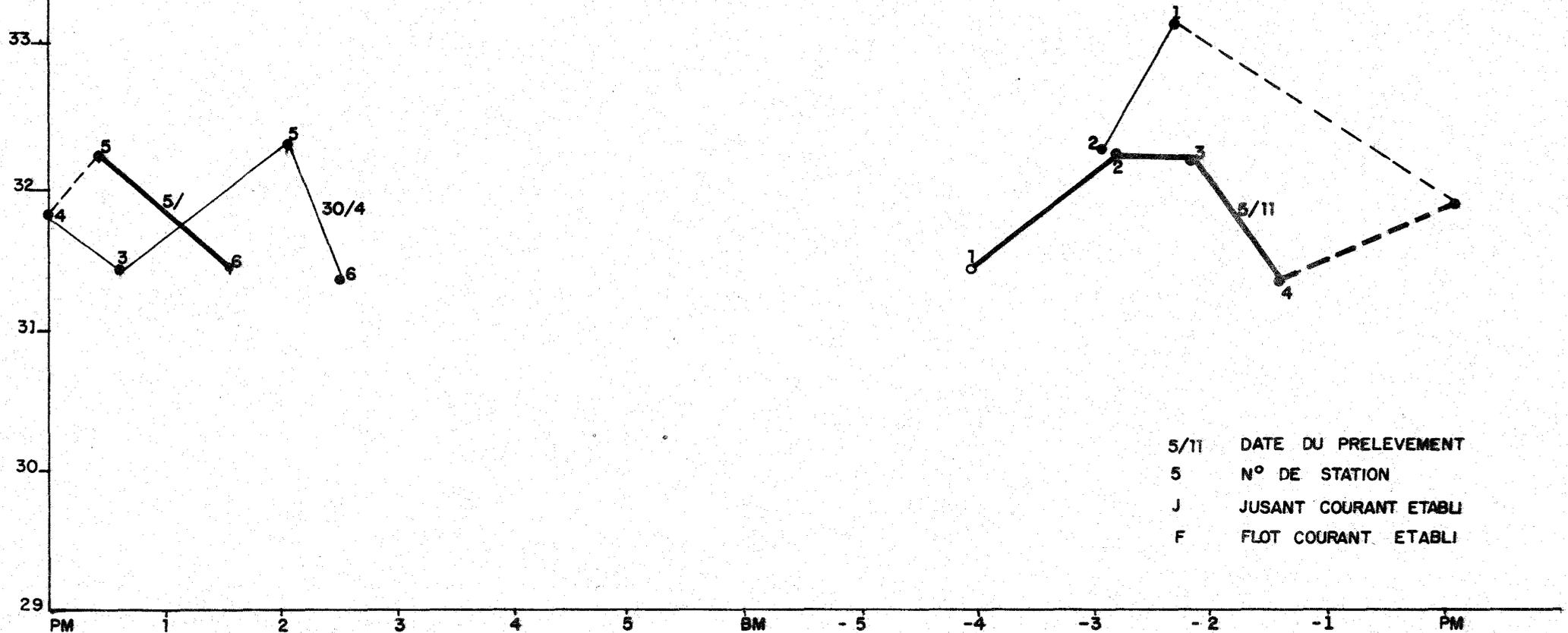
 JUSANT  
 FLOT



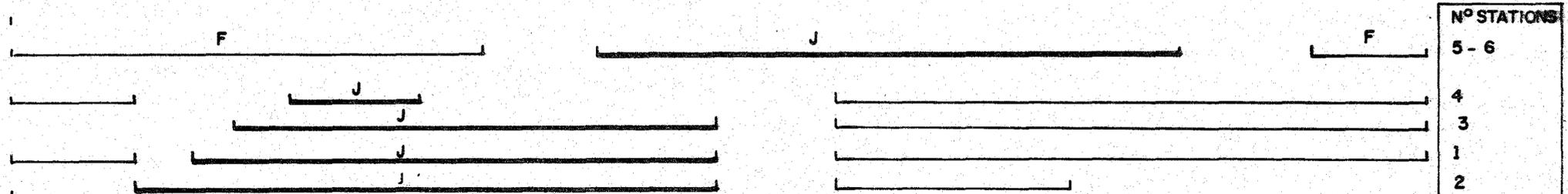
cnexo cob unite littoral

S ‰ COEF. 69.73

Fig.12 : VARIATIONS DE LA SALINITE EN FONCTION DE LA MAREE

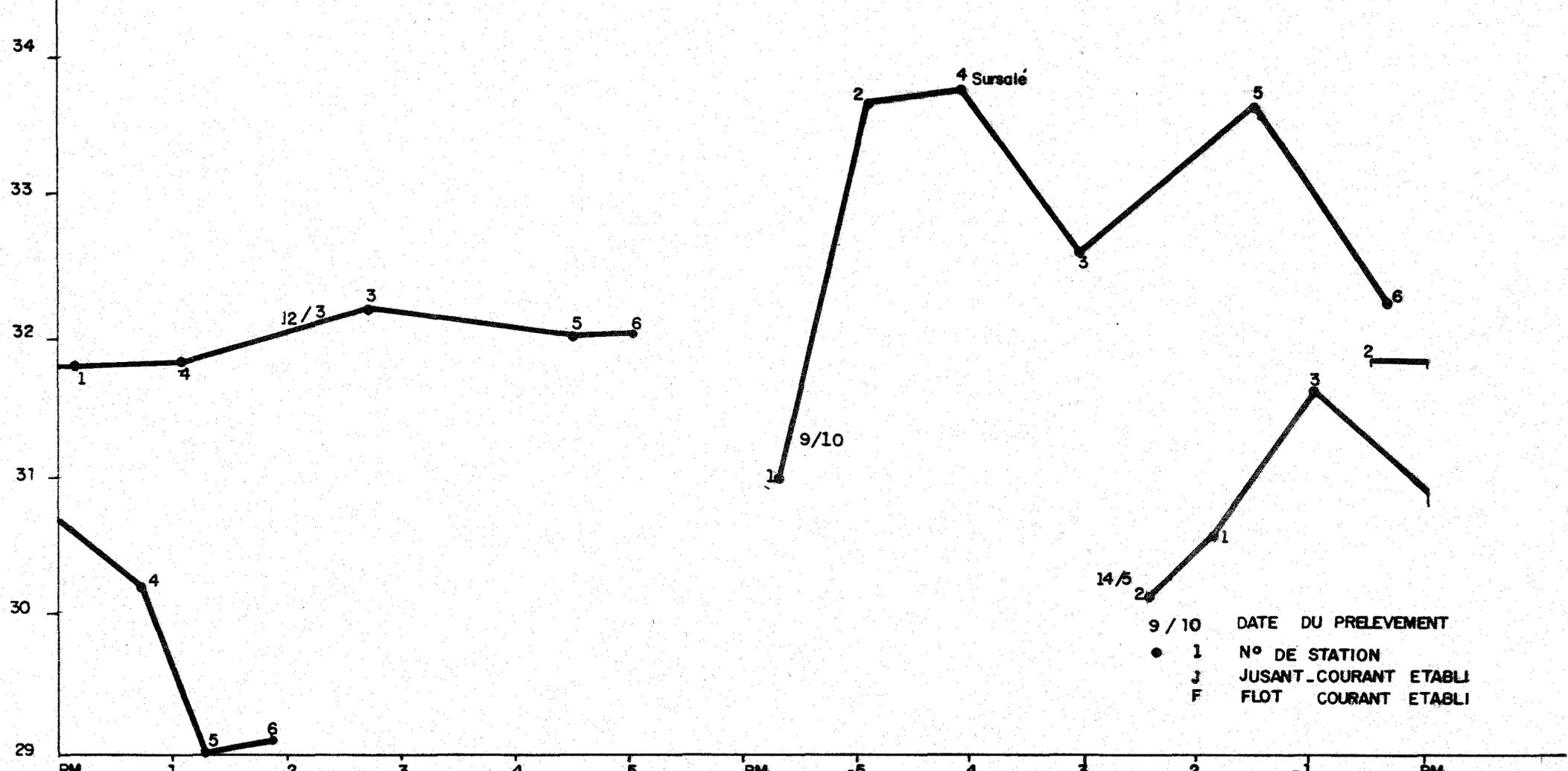


5/11 DATE DU PRELEVEMENT  
 5 N° DE STATION  
 J JUSANT COURANT ETABLI  
 F FLOT COURANT ETABLI

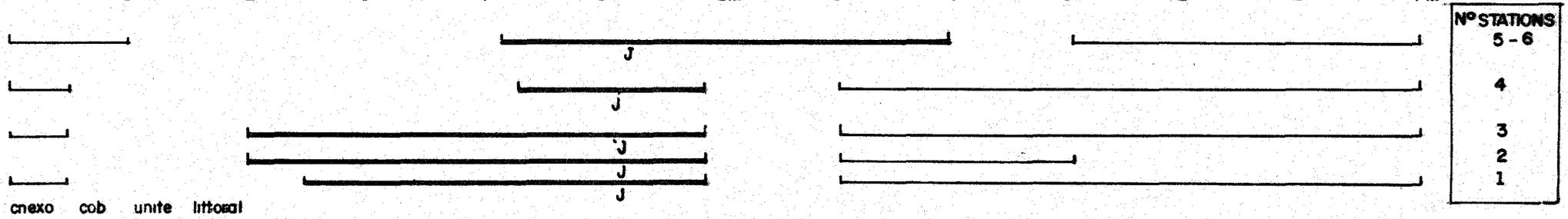


VARIATIONS DE LA SALINITE EN FONCTION DE LA MAREE  
 cnexo cob unite littoral

Fig.13: VARIATIONS DE LA SALINITE EN FONCTION DE LA MARÉE



9 / 10 DATE DU PRELEVEMENT  
 ● 1 N° DE STATION  
 J JUSANT COURANT ETABLI  
 F FLOT COURANT ETABLI



L'examen du modèle mathématique confié par le port Autonome et celui de mesures de courants effectuées par ce même organisme conduisent aux observations suivantes : (fig. 10 - 11 - 12 - 13).

A) région située au sud de la digue (cercle d'évitage) ; STATION N° 4

- diminution des vitesses de courant de jusant ;
- modification de l'orientation des courants de flot et de jusant.

(	:	:	)
(	:	Flot	Jusant
(	-----	-----	-----
(	:	:	)
(	Absence de digue.....	NE - N	SW - S
(	:	:	)
(	-----	-----	-----
(	:	:	)
(	Digue.....	N	S tournant et faible
(	:	:	)

- réduction assez nette de la période pendant laquelle les courants portent au sud.

- . 2 H 3/4 par coefficient 44
- . 1 H par coefficient 75
- . 1 H 3/4 par coefficient 55

- existence d'un tourbillon pendant une partie du jusant.

B) zone d'entrée à proximité du musoir de la digue

- accélération des courants de flot et de jusant ;
- modification de l'orientation des courants.

(	:	:	)
(	:	Flot	Jusant
(	-----	-----	-----
(	:	:	)
(	Absence de digue.....	NNE	SSW
(	:	:	)
(	-----	-----	-----
(	:	:	)
(	Digue.....	NNW	SW-SSW-WSW
(	:	:	)

C) au nord de l'ouvrage de protection

- réduction de la durée du flot ;
- apparition d'un courant tourbillonnaire dont la position est variable au cours de la marée. Il tend à se déplacer lentement vers le large sur un axe perpendiculaire à la côte, jusqu'à l'extrémité de la digue, puis à s'annuler progressivement lorsque le jusant est bien établi, c'est-à-dire 2 à 2,5 HAPPM pour un coefficient de 55.

Le L.C.H.F. notait dans son étude que les contre-courants ainsi créés "pouvaient favoriser l'accumulation des matériaux au nord des installations portuaires où les fonds devraient s'exhausser dans toute la zone située à l'est de l'alignement Cap d'Antifer - extrémité de la digue de protection. Le phénomène d'amaigrissement de la plage de Bruneval est, semble-t-il, la concrétisation de cette hypothèse."

Au large, les modifications sont moins sensibles.

Conséquences de ces modifications sur la circulation des masses d'eau

A - masses d'eau de surface

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 (fig. 9).

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 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. A ce moment là, deux possibilités peuvent se présenter :

- en période de fort coefficient (75 à 100), l'hydrodynamique des masses d'eaux permet aux particules de s'échapper vers le nord au cours du flot suivant ;
- en période de faible coefficient (44 à 50), la forme des flux de courant rabat les particules vers la côte, ce qui les redispense dans une position où elles seront susceptibles d'être à nouveau "piégées" dans le port.

Notons que les vitesses et les directions des courants sont vraisemblablement très influencées par les houles et les vents locaux.

#### B - Au-dessous de la surface

La circulation des eaux de mi-profondeur et de fond semble extrêmement complexe à la station 4 (cercle d'évitage). L'examen des résultantes de courant de flot et de jusant montre que leur direction et leur vitesse est assez variable. Le nombre encore limité de mesures obtenues par le P.A.H. ne permet pas de tirer de conclusions définitives. Il semble cependant que les courants en profondeur ont une direction résiduelle différente de celle des courants de surface.

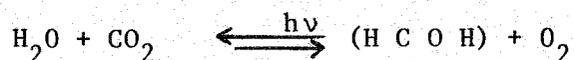
En résumé, on constate que la construction de la digue d'Antifer a pour effet de ralentir le transit des masses d'eaux de surface du sud au nord. La configuration de l'ouvrage détermine une circulation des eaux particulière qui tend à augmenter le temps de résidence des masses d'eaux côtières (entre le rivage et 2 km environ au large) dans les parages du port.

Une question qu'il serait intéressant d'éclaircir par des mesures futures concerne la rapidité avec laquelle se vidange le port d'Antifer. En effet, si le temps de résidence des eaux est augmenté et si la vidange se fait mal, il risque de se produire un phénomène de concentration des sels nutritifs et de matière organique qui pourrait éventuellement favoriser dans certaines circonstances des phénomènes locaux d'eutrophisation ou de dystrophie.

#### IV - OXYGENE DISSOUS ET SELS MINERAUX

##### 1 - L'oxygène

La concentration de l'O<sub>2</sub> dans les eaux marines varie dans des limites assez importantes. Son origine provient de l'O<sub>2</sub> atmosphérique et du produit de la photosynthèse



où  $h \cdot \nu$  est l'énergie solaire.

L'O<sub>2</sub> dissous dans l'eau est utilisé pour la respiration des organismes hétérotrophes et pour l'accomplissement de différentes réactions chimiques.

Les échanges avec l'atmosphère ont un effet significatif sur la saturation de l'eau en O<sub>2</sub> dissous selon les modalités de la loi de Henry :

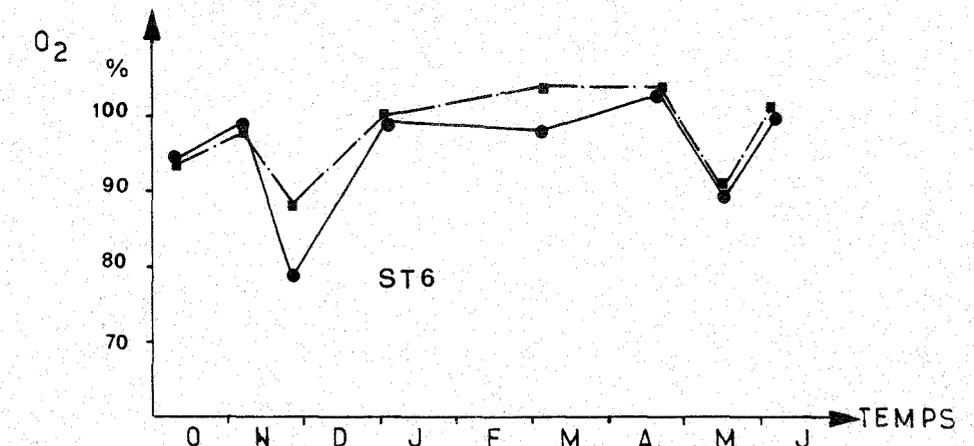
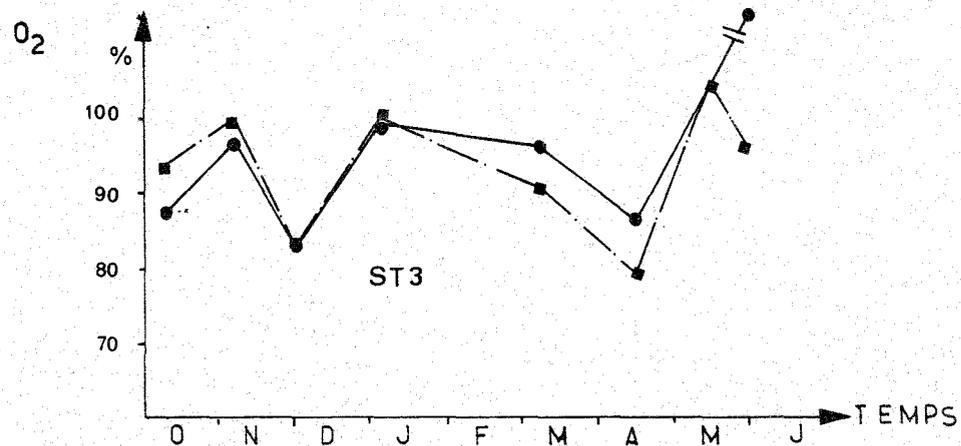
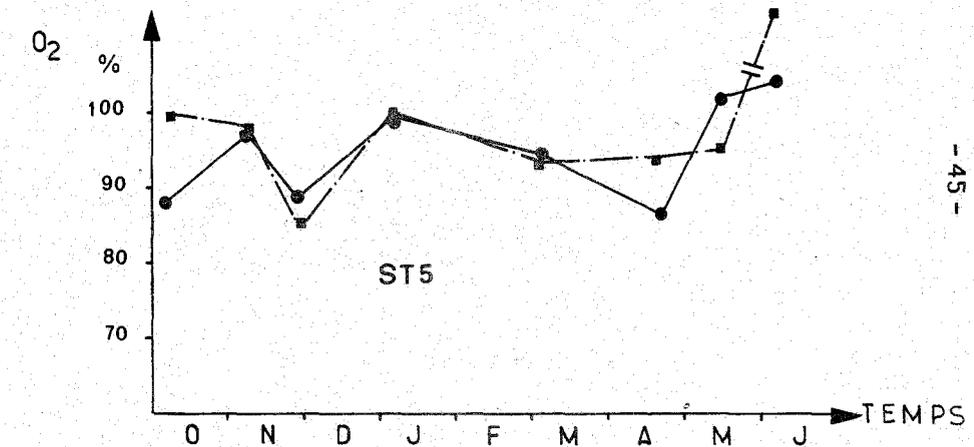
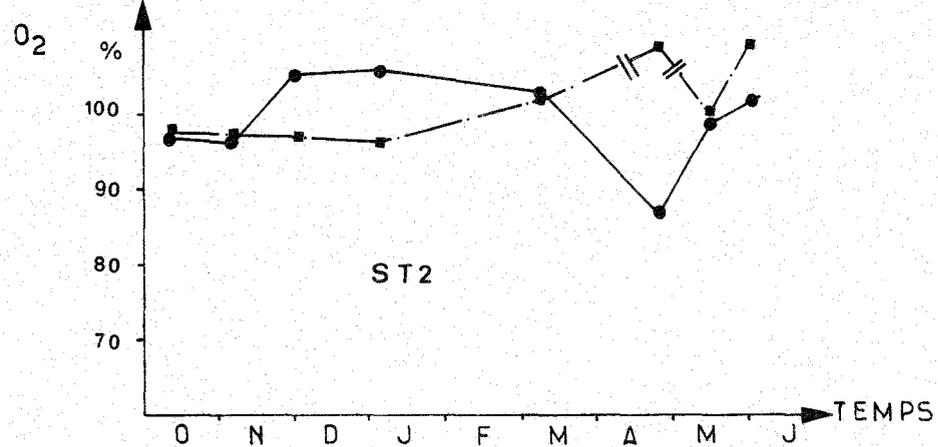
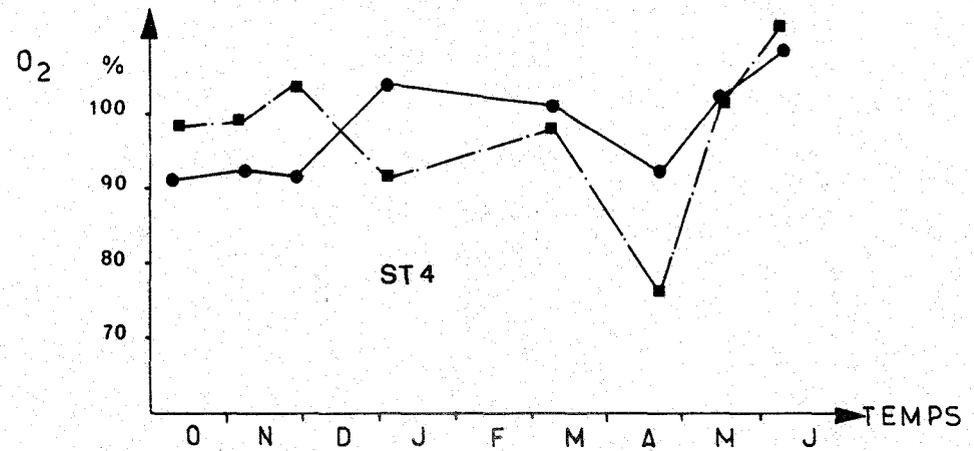
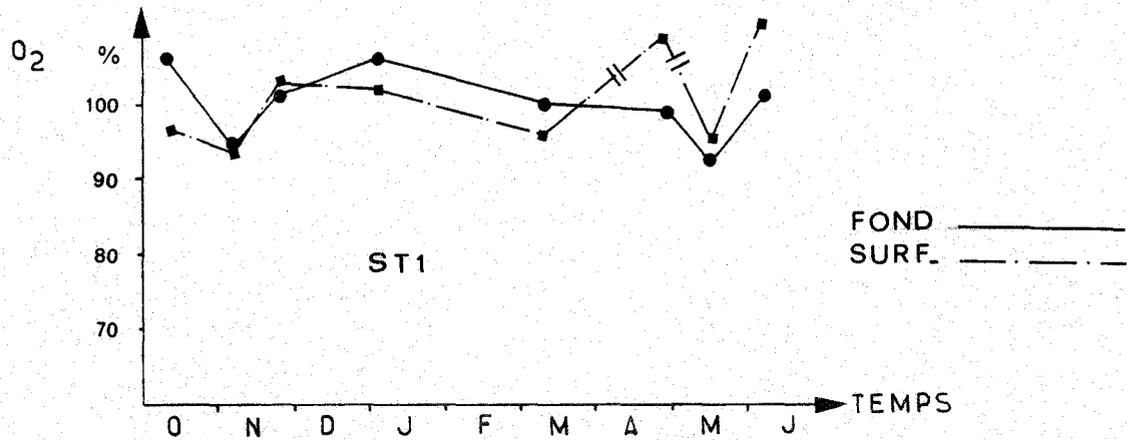
$$M = C_s P$$

M = concentration en O<sub>2</sub> de l'eau

C<sub>s</sub> = solubilité en O<sub>2</sub> de l'eau

P = pression partielle de l'O<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

Des saturations de l'ordre de 130 % peuvent être dues à la photosynthèse, les eaux peuvent être aussi anoxiques en profondeur à cause de la respiration des organismes et de mauvaises conditions de circulation des eaux.



VARIATIONS SAISONNIERES DE LA TENEUR EN OXYGENE DISSOUS (% DE SATURATION)  
Fig.14

Généralement on estime que dans les eaux côtières, la teneur minimale des eaux en oxygène dissous doit être égale à 8,64 mg/l (6 ml/l). Au-dessous de ce seuil, on considère qu'il y a déficit en oxygène.

De tous les gaz inclus dans la phase dissoute des eaux, l'oxygène est le plus important pour ce qui concerne la vie du plancton. Parmi les facteurs qui régissent la teneur des eaux en  $O_2$ , il y en a qui s'exercent dans deux directions opposées. Ceux qui ont tendance à accroître, le taux d' $O_2$  dissous : l'action des vents et des courants, le contact avec l'atmosphère et les processus photosynthétiques des végétaux marins. Ceux qui au contraire ont tendance à faire baisser la teneur en  $O_2$  sont plus nombreux et variés : le contact des masses d'eaux du large sursaturées avec l'atmosphère, qui peut dans certains cas aboutir à la dissipation d'une partie de l'oxygène dissous au bénéfice des couches d'air en contact avec l'eau, la respiration des végétaux et animaux marins, divers processus chimiques ou biologiques impliquant des réactions d'oxydation tels que la mise en suspension de matières organiques ou de matériel sédimentaire etc...

#### Mesures et résultats

Sur les 6 stations précédemment décrites, une série d'observations de la variation de la teneur des eaux en oxygène, en surface et au fond a été effectuée.

Les résultats des mesures effectuées durant les campagnes, montrent que la teneur en oxygène dissous dans les eaux dans les parages d'ANTIFER, ne descend jamais au-dessous de 7 mg/l = 75 % de saturation (station 4 le 30 avril 1975). Les valeurs les plus élevées ont été notées lors de la sortie du 4 juin où la teneur en oxygène dissous atteignait 11,3 mg/l.

Les variations moyennes au cours de la période d'observation (fig. 14) montrent que les valeurs obtenues sont généralement au-dessus du seuil de 8,6 ppm. D'une façon générale la courbe décroît d'octobre à novembre après la fin de la poussée phytoplanktonique automnale. Puis de mi novembre à fin février existe un palier. La teneur en  $O_2$  diminue ensuite de mars à mi avril pour recroître à nouveau jusqu'en juin (fig. 14).

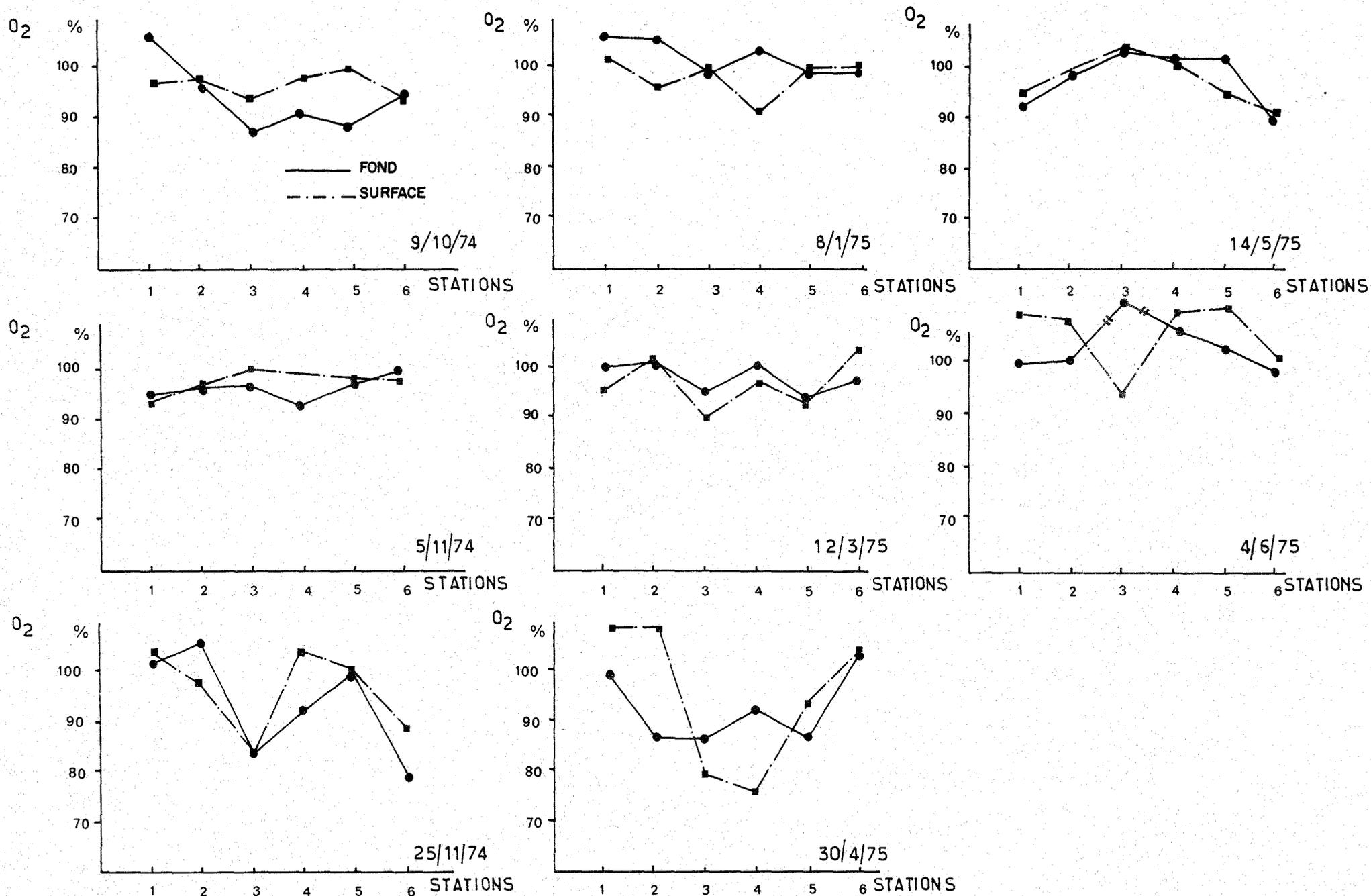


Fig. 15  
 VARIATIONS COMPARATIVES DE LA TENEUR EN OXYGENE AUX SIX STATIONS  
 cnexo cab unite littoral

La fig 15 montre les variations de la teneur moyenne en oxygène dissous aux 6 stations (surface et fond), entre le 9 octobre et le 4 juin. Les valeurs moyennes sont toujours égales ou supérieures au seuil de 8,6 ppm. On note une teneur en oxygène dissous légèrement inférieure à la station 3.

Les stations 1 et 2 sont celles dont la teneur en oxygène est la plus constante et la plus élevée.

Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que c'est dans cette zone que les courants sont les plus intenses. L'augmentation des vitesses qui résulte de la convergence des courants vers la côte et de la remontée des fonds a pour effet de brasser l'eau de manière énergique et par là même de favoriser les échanges eau-atmosphère.

Les stations 4 - 5 et 6 ont des taux d'oxygène dissous assez semblables et voisins de 9 ppm en moyenne ( 100 % de saturation).

## 2 - Les sels minéraux

L'eau de mer contient des concentrations relativement fortes en certains sels minéraux, tels que les sulfures, les sels de magnésium de potassium ou de sodium qui sont essentiels pour la croissance des organismes marins.

D'autres éléments primordiaux tels que l'azote, le phosphore, la silice, le cobalt et le fer sont présents à faible dose. Cependant, ils participent de façon significative à la bonne croissance du phytoplancton. La croissance remarquable du phytoplancton, grâce à une quantité si diluée de ces éléments (comparée à celle des plantes terrestres) s'explique par le fait que les cellules de phytoplancton sont de petite taille, ce qui résulte en un rapport SURFACE très grand d'où une absorption maximale.

### VOLUME

Par exemple, la présence sous forme de traces de  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ , ou de silice dans l'eau, comparée à celle d'éléments tels que le sulfate de potassium, de magnésium ou de sodium indique que les premiers éléments peuvent devenir rapidement des facteurs limitants dans le temps et dans l'espace.

Le plus souvent, dans les eaux côtières, ces éléments ont un cycle régulier :

- concentration maximum en surface l'hiver ;
- nette diminution en surface au printemps associée à la croissance du phytoplancton ;
- valeur généralement basse en été.

#### 2.1. - les sels minéraux azotés :

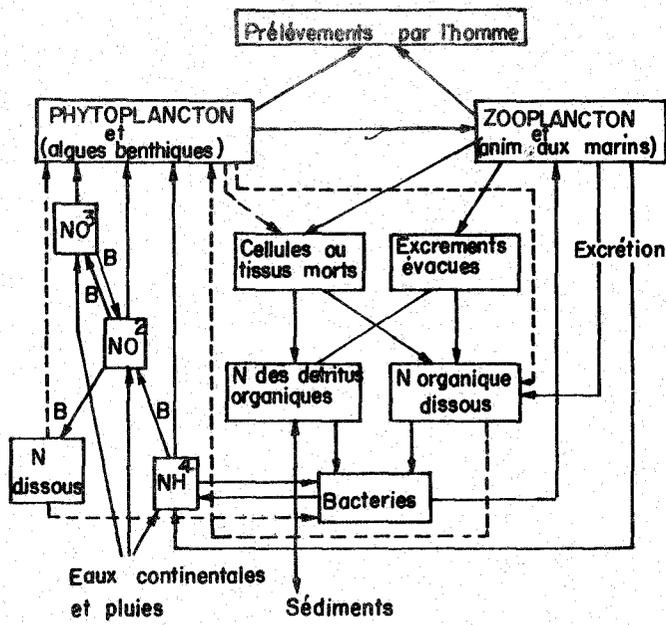
Les formes d'azote minéral les plus étudiées en raison de leur importance essentielle dans la productivité des eaux sont l'azote ammoniacal, les nitrates et les nitrites. Chacune de ces formes doit être interprétée comme un stade plus ou moins avancé de la dégradation du matériel organique par la dégradation bactérienne (fig. 16). C'est en effet essentiellement, l'action des bactéries qui explique leur présence. Des processus chimiques peuvent aussi intervenir, mais leur importance est comparativement réduite.

##### ■ - l'azote ammoniacal

La teneur en azote ammoniacal des eaux marines peut varier dans des proportions très importantes d'une aire maritime à une autre. En dehors du fait général que la teneur est plus élevée dans les eaux littorales que dans les eaux plus franchement océaniques, il est assez difficile d'établir des critères de répartition à ce sujet.

A l'opposé des autres éléments ou composés minéraux, l'azote ammoniacal a la concentration la plus élevée dans les 200 premiers mètres superficiels. Au delà de cette zone superficielle, la teneur est en général faible. Cette faiblesse est généralement due à l'oxydation très poussée dans les eaux profondes de l'azote ammoniacal jusqu'au stade nitrate.

La fig. 17 A montre les variations annuelles de l'azote ammoniacal dans les eaux de la Manche au large de Plymouth. Sur ce graphique, on observe dans la première moitié de l'année des alternances modérées d'affaiblissement et d'élévation de la teneur en azote ammoniacal et dans



CYCLE DE L'AZOTE EN MER ( B = ACTION BACTERIENNE )  
IN BOUGIS 1974  
Fig-16

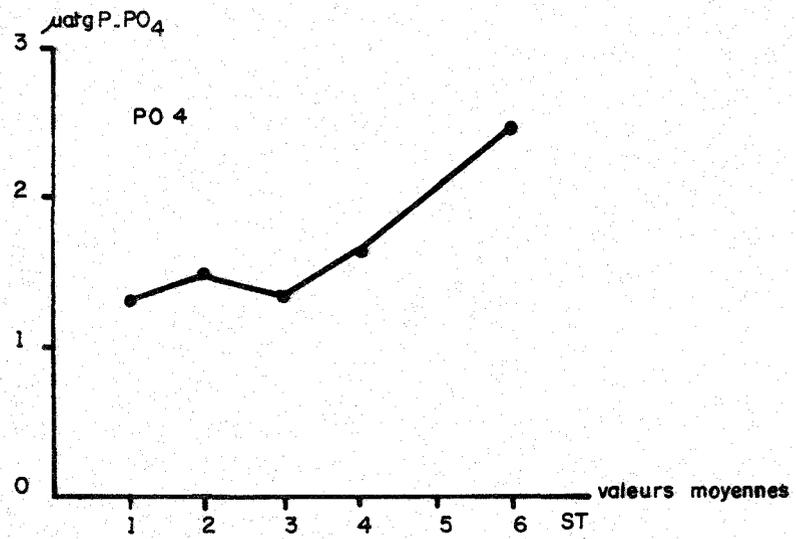
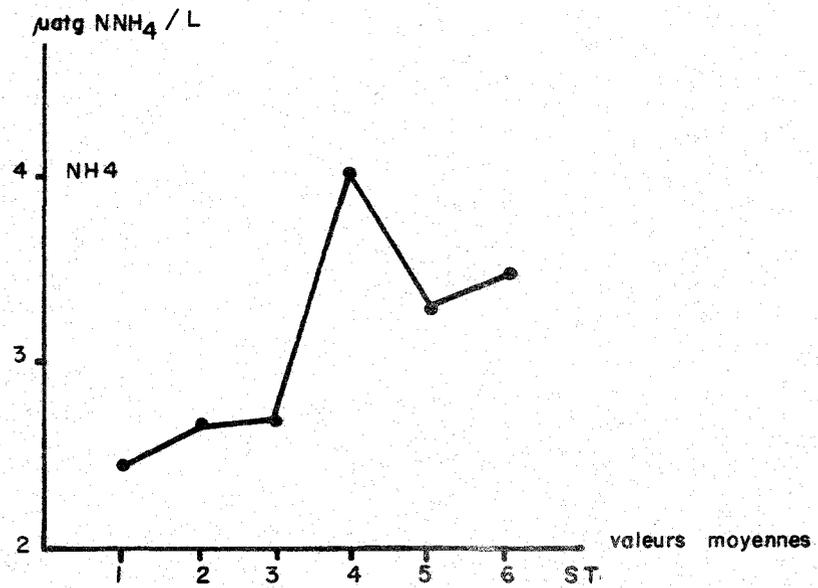
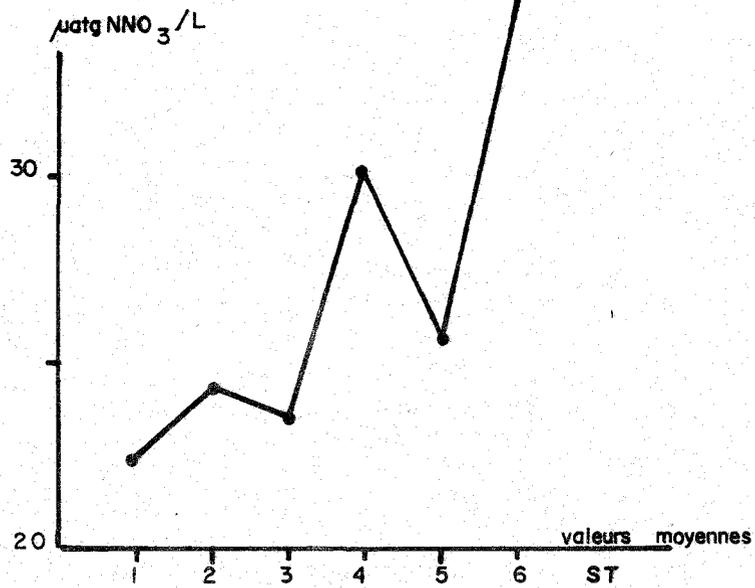


Fig-16 bis  
VALEURS MOYENNES DE LA TENEUR DE L'EAU EN SELS MINERAUX ENTRE LE 30/4 ET LE 4/6/75

la deuxième moitié de l'année une élévation progressive et continue de cette teneur.

Les mesures faites à ANTIFER ne permettent pas de couvrir un cycle annuel complet de la variation de la teneur en azote ammoniacal. Entre le mois d'octobre et le mois de juin, les valeurs moyennes varient entre 0,43 et 5,0  $\mu$  gat/l. Les valeurs généralement trouvées dans les eaux côtières oscillent entre 0,1 et 2,5  $\mu$  gat N -  $\text{NH}_4$ /l.

La valeur maximale est observée à la station 4 le 30 avril 1975. La teneur en azote ammoniacal atteint au milieu du pont d'ANTIFER 9  $\mu$  gat/l en surface et 6  $\mu$  gat/l au fond. Ces valeurs sont relativement élevées par rapport aux mesures effectuées aux alentours.

D'une façon générale, les stations 3 et 4 présentent des teneurs en ammonium plus élevées qu'aux stations 1 et 2. Aux stations 5 et 6, les résultats sont plus fluctuants (fig.16bis). Cette augmentation de la teneur en azote ammoniacal aux stations 3 et 4 peut être rapprochée du fait que les composés organiques pourront être convertis rapidement en ammonium qui est le composé azoté préféré du phyloplancton marin et des macrophytes. A cela peuvent s'ajouter les processus d'excrétion du zooplancton dont l'ammonium est un des constituants principaux.

#### ■ - l'azote des nitrates

Il représente la forme d'azote minéral qualitativement la plus importante dans les eaux. Dans les systèmes marins côtiers, les concentrations en nitrate varient le plus souvent entre 0,2 et 20  $\mu$  gat/l dans la zone euphotique. L'azote des nitrates représente le stade ultime de l'oxydation de l'azote minéral.

Contrairement à ce qui se passe pour l'ammonium, c'est généralement dans les eaux superficielles et dans l'ensemble de la couche euphotique que l'on rencontre les valeurs de nitrate les plus faibles.

Le cycle annuel des variations de la teneur en nitrates des eaux superficielles de la Manche (fig. 17 B) présente deux étapes annuelles essentielles. Une phase d'utilisation principale au moment de la poussée

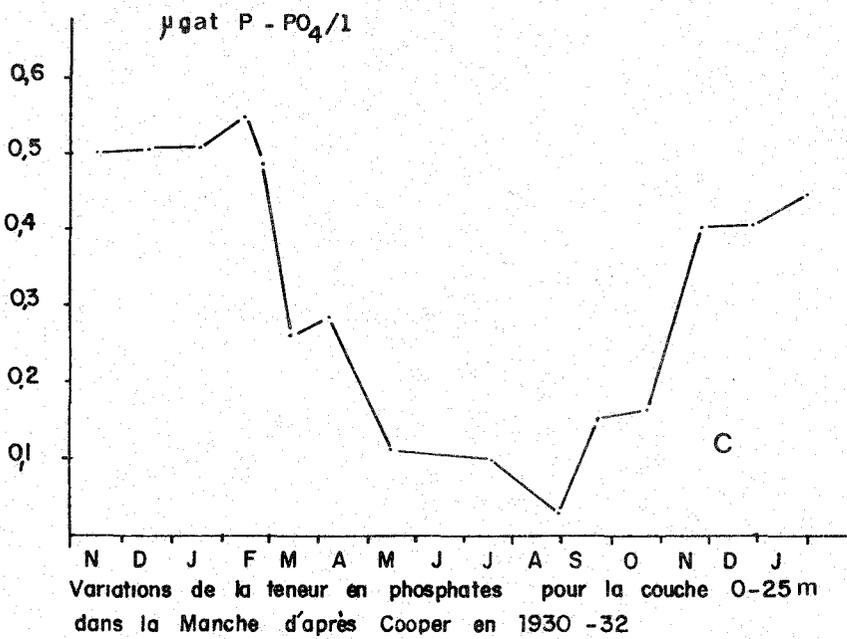
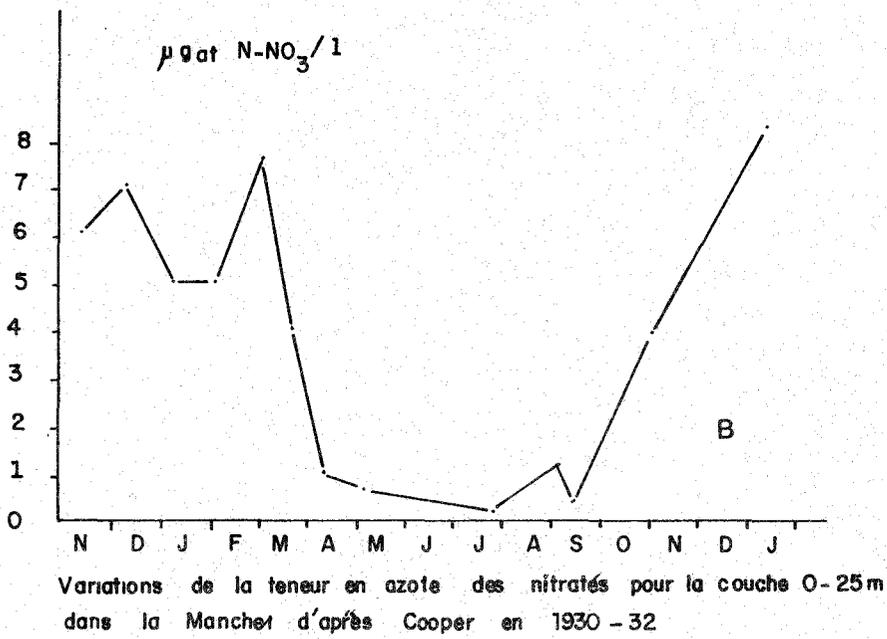
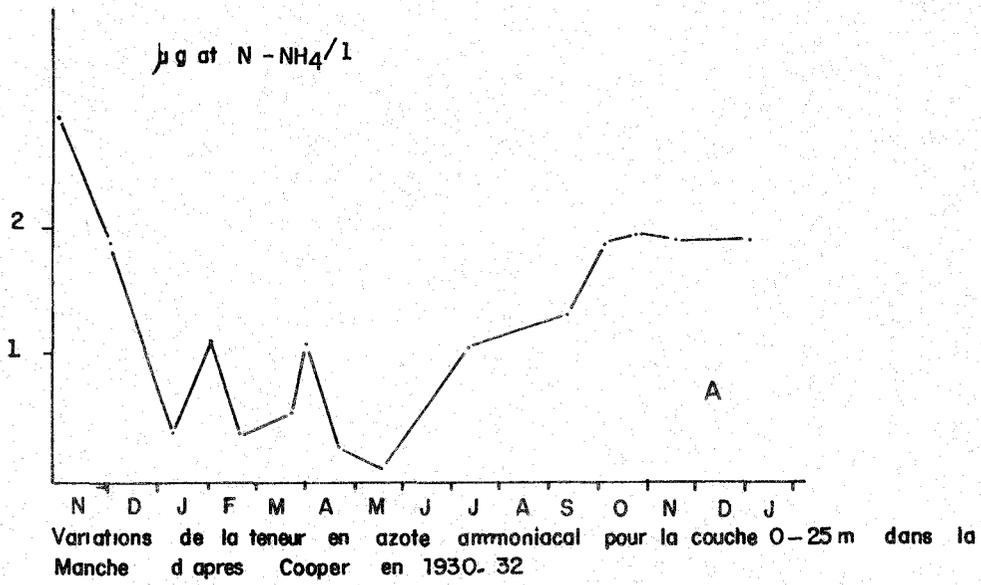


Fig. 17

phytoplanctonique (printemps), et une phase de régénération qui va d'octobre à janvier. Entre les mois d'avril et août la teneur en nitrate des eaux est relativement faible ( $1 \mu \text{atg/l}$ ).

Les résultats obtenus à Antifer montrent que la teneur de l'eau de mer en nitrates peut atteindre des valeurs assez importantes. Par exemple, à la station 4 le 30 avril 1975, la concentration en nitrates atteignait  $67,3 \mu \text{gat/l}$  (dans les systèmes côtiers non pollués, la teneur des eaux en nitrates dépasse rarement  $20 \mu \text{gat/l}$   $\text{No}_3^- \text{- N}$ ).

D'une façon générale, dans la zone comprise entre le Cap de la Hève et le Cap d'Antifer, la variation des teneurs en  $\text{No}_3^- \text{- N}$  est rarement inférieure à  $20 \mu \text{gat/l}$ . Durant notre cycle d'observation, elle est minimale au mois de juin avec des valeurs moyennes de l'ordre de  $11,2 \mu \text{gat/l}$   $\text{No}_3^- \text{- N}$  en surface et  $8 \mu \text{gat/l}$   $\text{No}_3^- \text{- N}$  en profondeur. La baisse du mois de juin correspond à la baisse saisonnière du taux de nitrates. Celle-ci est à mettre en relation avec la phase d'utilisation principale au moment du développement printanier du phytoplancton. Notons que l'apparition du "bloom" printanier au mois de juin est quelque peu tardive. En effet nous constaterons dans le chapitre traitant du phytoplancton (cf. infra) que la poussée printanière a effectivement débuté au mois d'avril, mais elle a été interrompue brusquement probablement à la suite d'une modification apparue dans la structure hydrologique des masses d'eaux (baisse de température ou bien arrêt de la progression de celle-ci) entre le 30 avril et le 15 mai, ou bien à cause du broutage excessif des herbivores qui étaient nombreux à cette époque de l'année.

Cependant, si toutefois les valeurs des nitrates ne baissent pas trop au mois d'août, on peut penser qu'elles ne constituent pas un facteur limitant le développement des populations phytoplanctoniques estivales ou automnales. En examinant les variations des teneurs en nitrates aux différentes stations de mesure, on s'aperçoit que le plus souvent les stations 4 - 5 et 6 recèlent les teneurs les plus élevées.

Pour tenter d'expliquer ce phénomène, il faut une fois de plus évoquer le problème des remontées éventuelles des eaux de la Seine jusqu'à la station 4.

La concentration élevée en nitrates aux stations 4 - 5 - et 6 (surtout 5 et 6) peut s'expliquer de la façon suivante :

- a) - par les rejets urbains ou industriels issus des effluents rejetés en baie de Seine et qui peuvent comporter des teneurs en nitrates et en ammonium très élevées. Le complexe urbain et industriel de la ville du Havre auquel s'ajoute celui de Rouen situé en amont sont une source extrêmement active en sels nutritifs.
- b) - une autre source de nitrates peut provenir du ruissellement au cours des périodes de fortes pluies. Il est toutefois douteux que les drainages terrigènes apportent un enrichissement suffisant en éléments nutritifs dans les eaux de ce secteur pour expliquer les concentrations observées.

La seule supposition vraisemblable serait d'admettre un enrichissement des eaux en sels nutritifs par l'intermédiaire des eaux de la Seine dont les teneurs en nitrates peuvent parfois atteindre et même dépasser 150  $\mu$  gat/l près du cap de la Hève. Cet argument viendrait appuyer la thèse selon laquelle les eaux de la Seine se propageraient jusqu'au port d'Antifer.

Conséquences possibles de ces phénomènes d'enrichissement des eaux en sels nutritifs : (LAUBIER -o- 1975).

- . - un apport permanent de sels nutritifs dans le milieu peut conduire à un enrichissement des masses d'eau en matière vivante. En effet, la présence de ces sels minéraux permet d'atteindre des valeurs de production photosynthétique élevées.
- . - en contre partie, si les processus de dégradation de la matière organique morte ne se déroulent pas à une vitesse suffisante pour équilibrer la valeur de la production, on aboutit généralement à un phénomène catastrophique, conduisant à l'apparition de zones totalement dépourvues d'oxygène et où la vie est absente. On parle alors d'Eutrophisation du milieu.

- . - si la vitesse de minéralisation des déchets organiques équilibre la production de matière vivante, de faibles variations des paramètres physicochimique peuvent suffire à provoquer de fortes oscillations des niveaux de production et de respiration. Si ces oscillations sont suffisamment importantes, les phénomènes d'eutrophisation catastrophique apparaissent régulièrement et conduisent à une mortalité importante de la flore et de la faune.
  
- . - conjugué à certains phénomènes d'ordre météorologique ou océanographique, un accroissement brutal de la teneur en sels nutritifs  $PO_4$ ,  $NO_3$ , peut être à l'origine du phénomène connu sous le nom "d'eaux rouges" ou "red tides" des auteurs anglo-saxons. C'est un phénomène local, accidentel, bien que souvent saisonnier, observé dans des eaux peu profondes, côtières ou proches des estuaires. Il est provoqué par une prolifération massive ou un rassemblement surabondant d'organismes généralement unicellulaires dont la densité est telle que leur pigmentation propre détermine une modification de la couleur des eaux marines. Les "eaux rouges" peuvent avoir des conséquences importantes sur la faune marine ; tantôt elles déterminent une évaison momentanée de certains organismes notamment les poissons qui habitent les zones contaminées, tantôt, dans les cas extrêmes, elles provoquent une mortalité massive des animaux marins (PERES 1961).

## 2.2. - les sels minéraux phosphorés

### ■ - le phosphore minéral

Le phosphore est un élément constitutif indispensable de la matière vivante. Il existe dans l'eau de mer sous différentes formes telles que les composés phosphorés organiques, les phosphates minéraux dissous, les phosphates minéraux adsorbés et insolubles en suspension, etc...

Contrairement à l'azote qui peut être présent dans l'eau sous différentes formes minérales (cf. ci-dessus), le phosphore apparaît presque exclusivement sous la forme du phosphate dissous (Ions  $\text{H}_2\text{O}_4^-$  ou  $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ ) et d'ions orthophosphates  $\text{PO}_4^{3-}$  ou bien encore d'acide phosphorique libre, mais ces deux dernières formes se trouvent le plus souvent en petites quantités (COOPER, 1948).

Le phosphate minéral est utilisé par le phytoplancton car il entre en particulier dans la composition de l'acide adénosine triphosphorique (A. T. P.), des acides nucléiques, des lipides phosphorés. L'élément phosphore n'existant qu'en quantité réduite en mer, son étude revêt une grande importance.

Dans la zone euphotique, la présence d'un cycle planctonique intervient sur l'importance de la réserve en phosphates de deux façons. D'une part la présence d'un cycle saisonnier des organismes végétaux utilisateurs aura pour conséquence une diminution également saisonnière du phosphore minéral dissous. D'autre part, les organismes planctoniques végétaux et le zooplancton qui se nourrit aux dépens de ceux-ci vont, après leur mort, contribuer au renouvellement de la réserve en phosphate des eaux. On admet généralement que les phosphates minéraux, du fait de leur faible teneur dans l'eau, constituent le principal facteur limitant la croissance du phytoplancton.

Le cycle annuel des variations de la teneur en phosphates dans les eaux superficielles de la Manche donne un exemple des phénomènes décrits ci-dessus (fig. 17 C).

Les observations faites à Antifer montrent que les taux de phosphates sont peu différents de ceux que l'on trouve généralement dans les masses d'eaux côtières (0,05 à 2,0  $\mu$  gat  $\text{PO}_4^{3-}$  - P/l). On note cependant de temps à autre, des accroissements brusques de la teneur des eaux en phosphates. En particulier pour la journée du 14 mai 1975, on relève les taux (aux stations 4 - 5 - 6) respectivement de 3,1 - 3,8 et 3,6  $\mu$  gat P- $\text{PO}_4$ /l en surface.

A ce sujet, il est bon de rappeler les travaux de YENTSCH (in KETCHUM 1969) qui postulent qu'une valeur en P- $\text{PO}_4$  de l'ordre de 2,8  $\mu$  gat/l donne approximativement la limite supérieure des eaux non polluées. Toutefois, les valeurs moyennes de la teneur en phosphates sont généralement inférieures à 2  $\mu$  gat  $\text{PO}_4$ -P /l. Le maximum hivernal se situe aux alentours de 4,2  $\mu$  gat/l et se produit durant la période allant de septembre à janvier. Au mois de juin, les valeurs observées redescendent à 1,36  $\mu$ gat/l. Il est probable que ces valeurs diminueront encore au cours des mois de juillet et août, pour croître à nouveau à partir du mois de novembre ou décembre.

### 2.3. - discussion

Les observations portant sur la teneur en oxygène de l'eau de mer montre que dans la majorité des cas, les opérations de construction du terminal influence très peu la dissolution de ce gaz dans l'eau.

Au moment du dragage on peut constater une baisse de la teneur en oxygène dissous (70 % de saturation). Ce phénomène est limité dans le temps et l'espace. La durée de la baisse de la teneur en oxygène dissous n'excède probablement pas un cycle de marée. Spatialement cette diminution de la teneur est localisée à la zone où travaille la drague.

Les différentes mesures effectuées pour déterminer la concentration de l'eau de mer en sels minéraux montrent que d'une manière générale, les taux de nitrates, phosphates et d'ammonium sont relativement élevés.

Les sels minéraux présentent des teneurs moyennes généralement plus fortes dans la zone sud (CAUVILLE), que dans la zone nord (ANTIFER). Il semble se dégager, de l'évolution moyenne de la variation dans l'espace de ces teneurs, l'existence d'un phénomène de concentration au niveau de la station 4 ( port ). Toutefois l'existence réelle de ce phénomène ne saurait être démontrée sans une étude sur un cycle de marée entier et pour plusieurs coefficients.

## V - LA TURBIDITE

Les particules en suspension dans l'eau de mer représentent en général la première étape de la formation des sédiments marins. La teneur en matériel en suspension est étroitement liée aux conditions physiques et morphologiques de la région étudiée, mais aussi aux caractéristiques chimiques, hydrologiques et biologiques de l'eau de mer. La matière en suspension étudiée dans le cadre de cette étude a des origines diverses :

- apport des eaux turbides de la Seine ;
- matériel remis en suspension par les houles et les courants de marée ;
- matière organique morte et vivante ;
- matériel provenant de différents processus chimiques ;
- matériel artificiellement remis en suspension par l'action des dragues.

La distribution et la composition du matériel en suspension dans l'eau varient en fonction de différents facteurs, tels que :

- la distance à la côte ;
- la topographie du fond ;
- la saison qui a pour conséquence de modifier le débit des fleuves côtiers, la turbulence due aux houles et la productivité biologiques.

Les sédiments en suspension dans les eaux côtières ont des effets significatifs sur les propriétés physiques et chimiques de l'eau de mer. Ils affectent la transparence de l'eau et la propagation des ondes lumineuses et sonores. La concentration en sels minéraux dans la colonne d'eau varie aussi selon la charge de particules en suspension. De nombreux organismes tant pélagiques que benthiques ont un mode de collecte de la nourriture par filtration (Filter Feeders) et leur alimentation dépend donc en partie de la teneur en particules en suspension. En contre-partie,

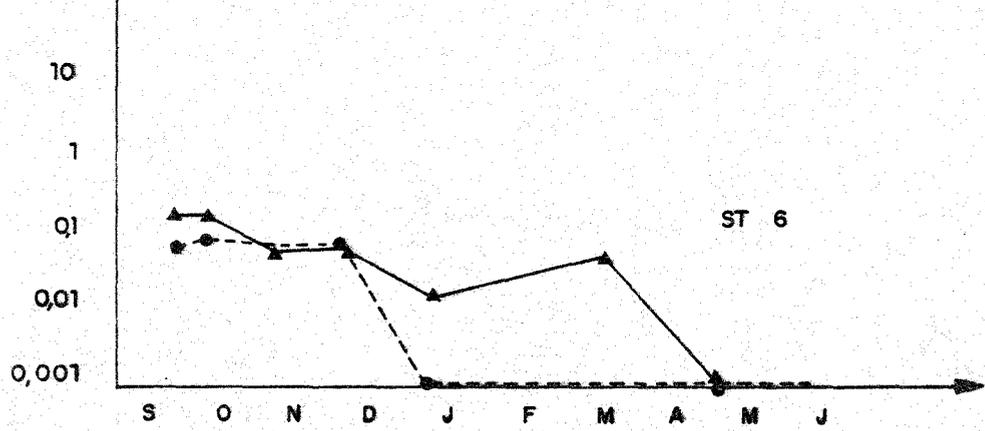
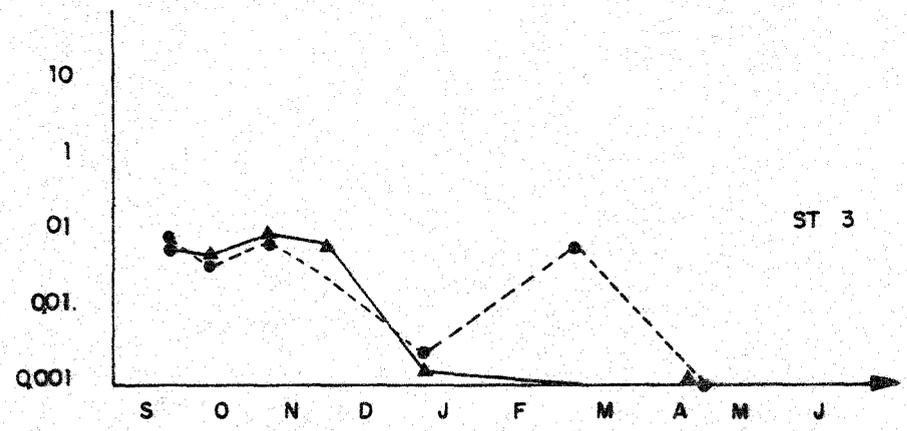
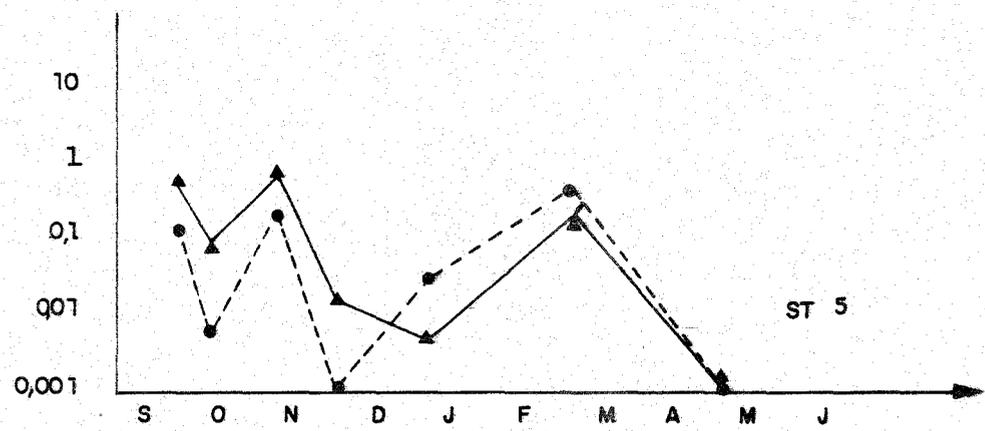
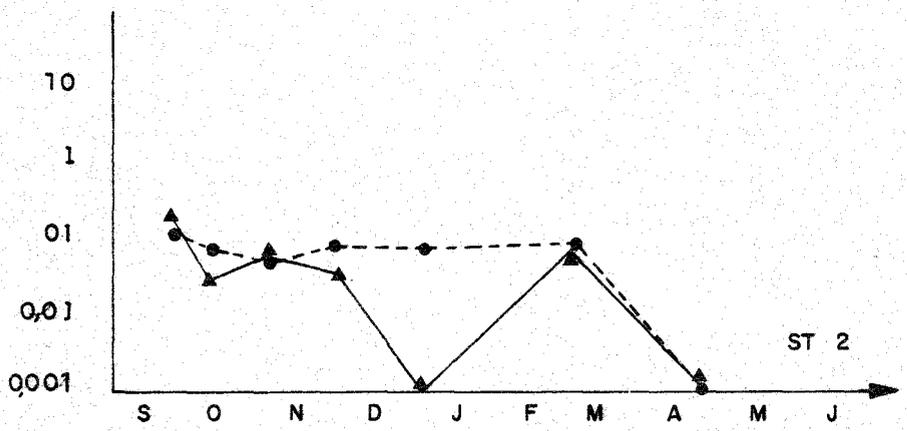
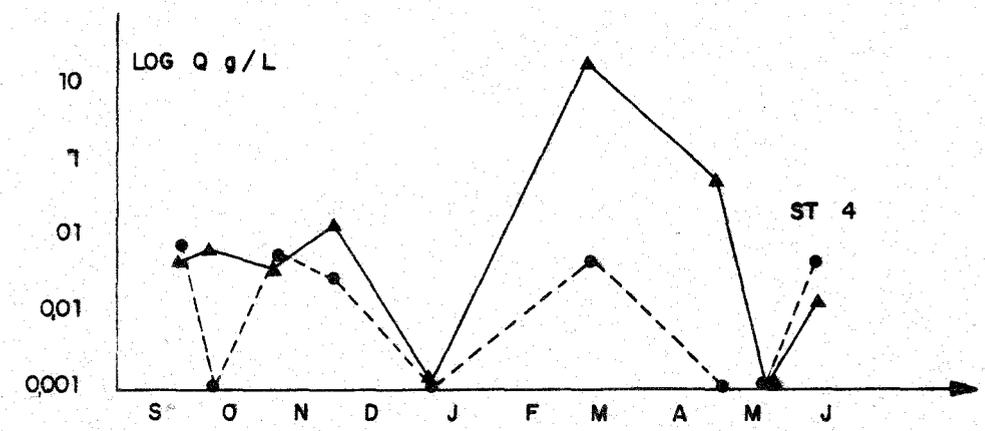
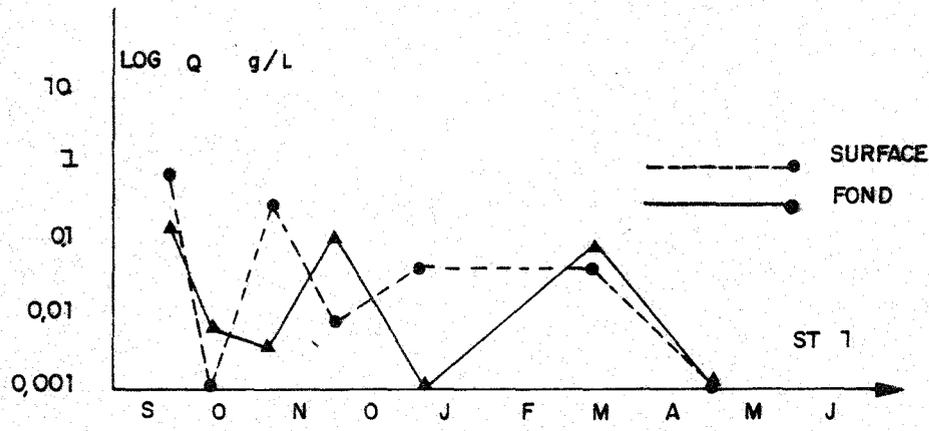


Fig. 18  
 VARIATIONS SAISONNIERES DE LA TENEUR DE L'EAU EN PARTICULES EN SUSPENSION Q  
 Casco cob unite littoral

une trop forte concentration en particules en suspension peut avoir des effets néfastes pour les populations d'organismes marins :

- en diminuant l'activité photosynthétique par suite de la baisse d'énergie lumineuse incidente ;
- en colmatant les appareils de filtration des animaux (appareils buccaux et branchies).

#### Résultats :

Les observations faites à Antifer (fig. 18 ) entre les mois de septembre et de juin, montrent que les teneurs du matériel en suspension varient généralement entre 1 g/l et des teneurs non mesurables de l'ordre de 0,001 g/l que l'on qualifie de traces. Les valeurs moyennes aux six stations et au cours de la période d'étude sont inférieures à 0,1 g/l sauf pour la station 4 (2,61 g/l) et la station 1 en surface (0,115 g/l ).

L'examen de la variation des turbidités aux six stations montre une constance assez marquée des teneurs des particules en suspension dans l'eau (env. 0,040 g/l). Les stations 1 et 2 sont légèrement plus turbides (teneurs moyennes : 0,078 g/l - 0,054 g/l).

Les valeurs enregistrées à la station 4 sont très fortement influencées par une mesure effectuée lors du passage de la drague à proximité de notre embarcation le 12 mars 1975. En supprimant cette valeur extrême (20 g/l) on obtient une valeur peu différente de 0,130 g/l.

Au cours de la période d'étude il est difficile de dégager des variations saisonnières de la turbidité. Dans les eaux côtières, la teneur en matériel en suspension est trop influencée par la remise en suspension due aux houles.

#### 1.1. - discussion

L'étude des variations de la turbidité dans la région du Havre - Antifer, montre que :

- la turbidité sur ce secteur de côte n'est pas très élevée (0,040 g/l en moyenne) ;

- que les teneurs moyennes de sédiment en suspension au voisinage de la zone des travaux (stations 1 - 2 et 4) sont légèrement plus élevées qu'aux autres points de mesure (0,070 aux stations 1 - 2 - 4 contre 0,038 aux stations 3 - 5 - 6).
- la remise en suspension de sédiment par la drague est importante (20 g/l à la station 4), mais que cette turbidité n'est que temporaire. Les éléments sont dispersés par les courants de marée, ou bien se redéposent au fond, probablement au bout de quelques heures après l'arrêt des travaux de dragage.

## CHAPITRE III



ÉTUDE DU MILIEU VIVANT



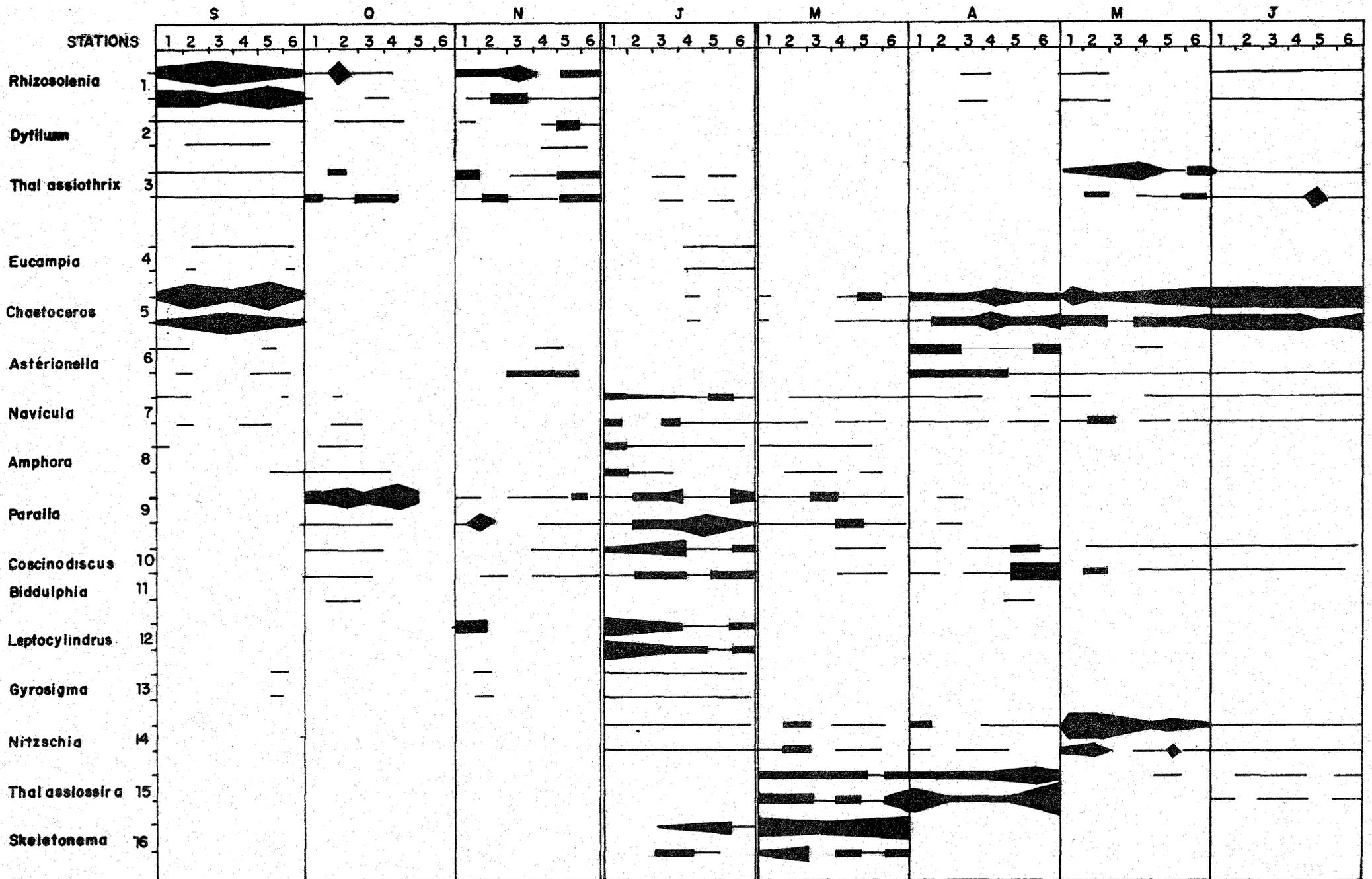


Fig-19  
 VARIATIONS DES PRINCIPAUX GENRES DE DIATOMÉES AU COURS DE LA PÉRIODE D'ÉTUDE (POURCENTAGE DE LA POPULATION TOTALE)  
 cnexo cob unite littoral

- ce sont les diatomées qui représentent la plus grande partie du microplancton. Cependant, il faut insister sur le fait qu'une part importante de la photosynthèse est due au nanoplancton dont la description est beaucoup plus délicate du fait de la petite taille (de 5 à 60 microns).

### III - RESULTATS

#### 1 - Les populations phytoplanctoniques au cours de la période d'étude (fig 19)

Au cours de la période d'étude qui se situe entre le mois de septembre 1974 et le mois de juin 1975, nous abordons l'étude du cycle des populations à la fin de la phase estivale qui généralement s'étend de juin à novembre.

De novembre à mai, se déroule la phase hivernale.

Entre janvier et avril, c'est la phase printanière. Celle-ci, plus ou moins individualisée selon les cas, est une période de transition, dont la durée est variable suivant les conditions océanographiques locales.

#### 1.1. - la phase estivale

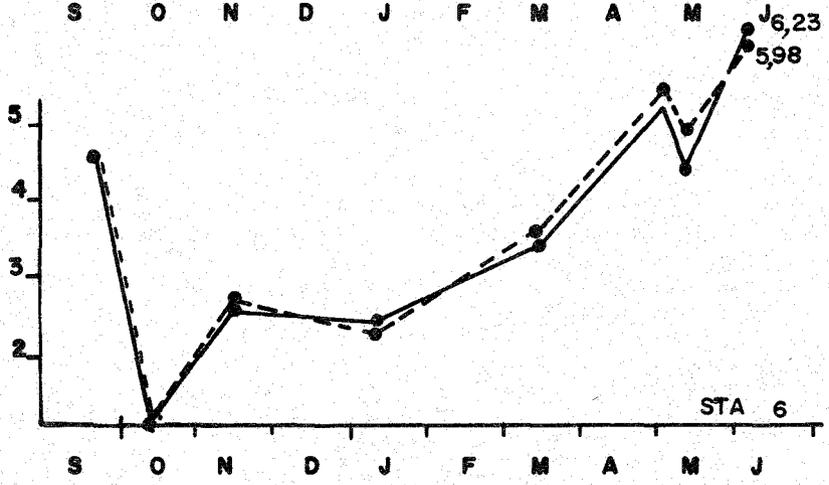
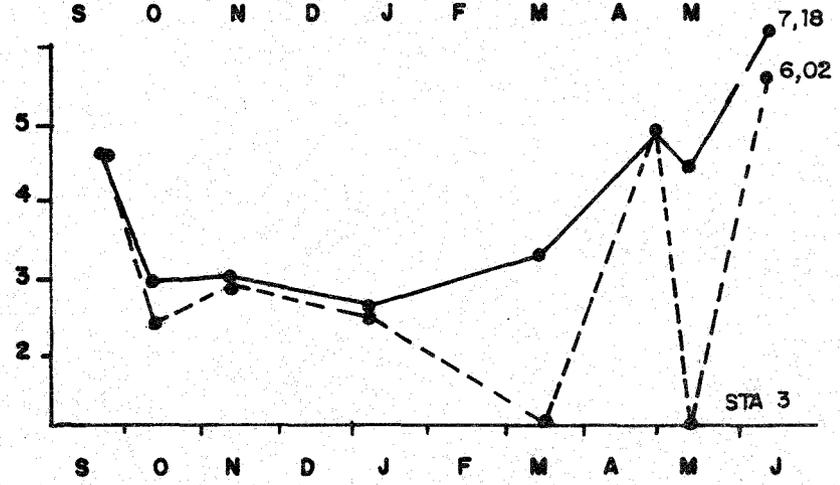
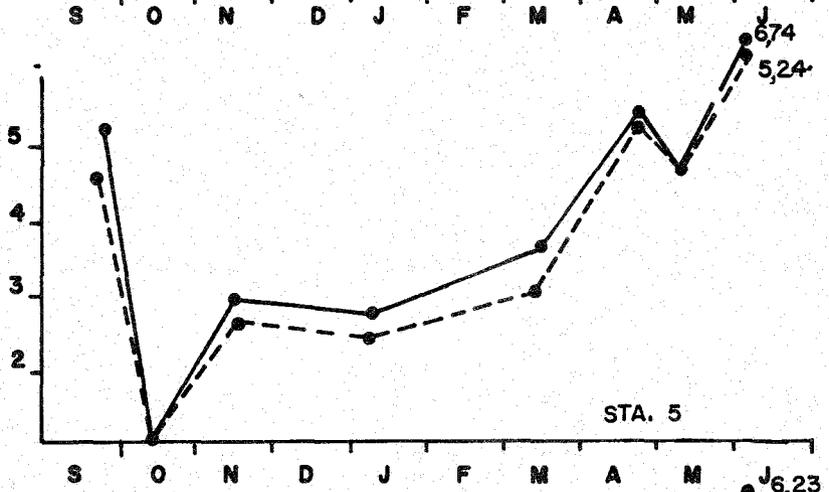
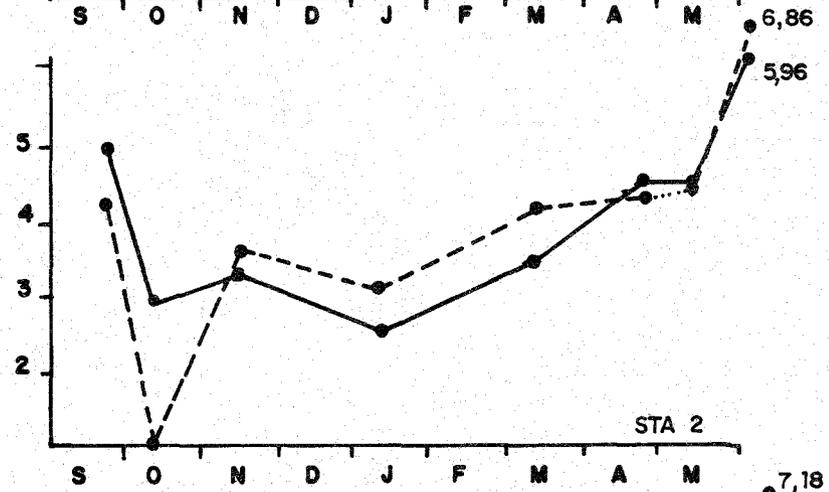
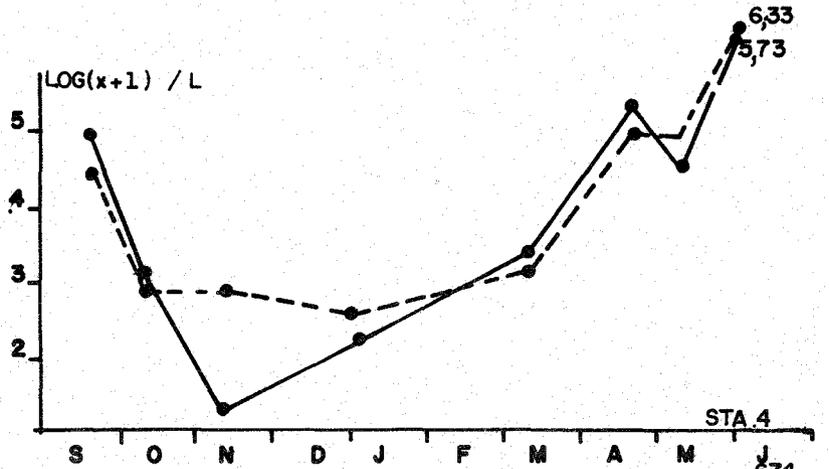
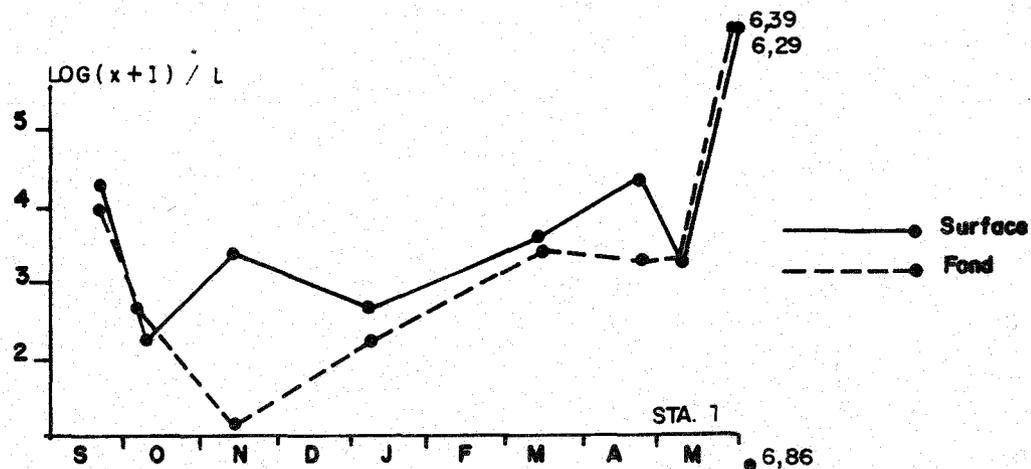
##### ■ - composition des populations

L'étude menée à Antifer ne permet de décrire que le début (juin) et la fin de cette phase (mois de septembre, octobre et novembre).

#### Le début de la phase estivale (fig. 19)

Seul le mois de juin fait partie de cette phase. La production phytoplanctonique du mois de juin se caractérise par la richesse de sa biomasse en nombre de cellules.

Au début du mois de juin, la quantité de cellules par litre d'eau varie entre  $15,2 \times 10^6$  cellules par litre (ST3 surface) et 176 640 cellules par litre (ST5 fond).



VARIATIONS SAISONNIERES DU NOMBRE DE DIATOMÉES AUX SIX STATIONS  
 cnexo cob unite littoral  
 Fig. 20

Cette période est caractérisée par la dominance d'une espèce par rapport aux autres. Il s'agit de la diatomée *Chaetoceros pseudocurvisetus*

Les espèces présentes au cours des mois de septembre, octobre et novembre appartiennent aux genres :

- *Rhizosolenia* ;
- *Ditylum* ;
- *Thalassiothrix* ,
- *Chaetoceros* ;
- *Paralia*.

Ce sont les espèces les plus constantes. Elles sont spécifiques de cette phase puisqu'elles disparaissent presque totalement après le mois de novembre. On constate cependant encore la présence de *Thalassiothrix* au mois de janvier.

Les diatomées peuvent être accompagnées d'autres espèces moins caractéristiques et particulièrement par l'espèce *Navicula* qui est une diatomée benthique.

#### ■ - distribution quantitative (fig. 20 et 21)

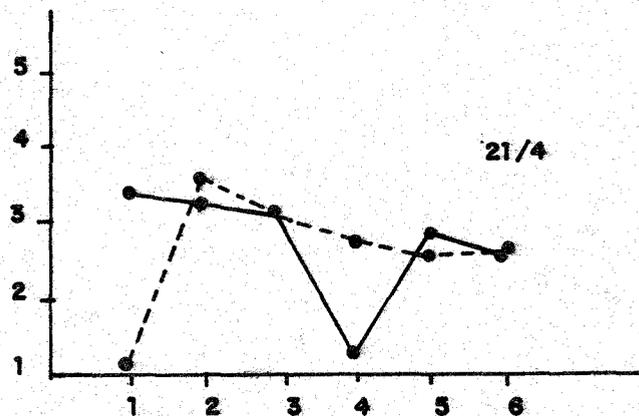
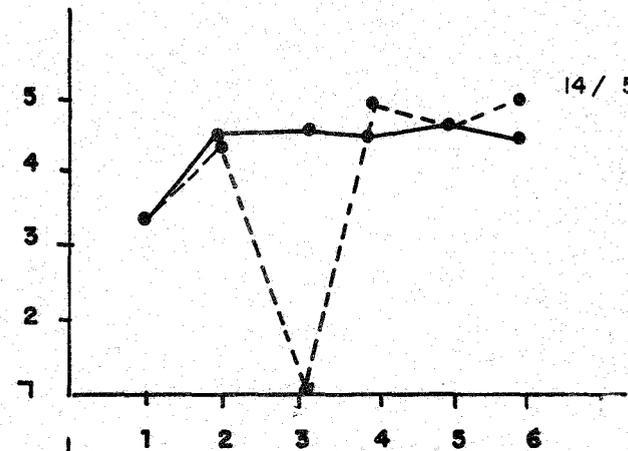
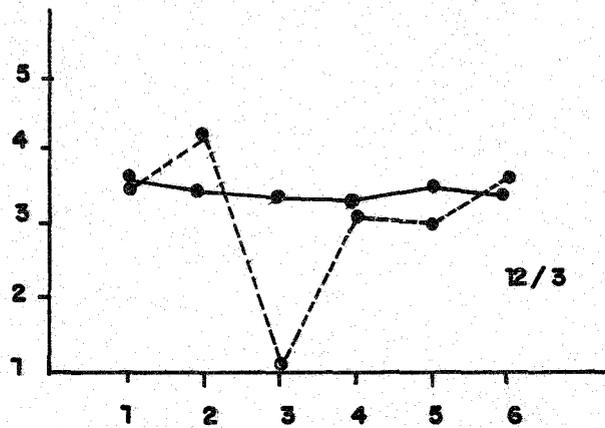
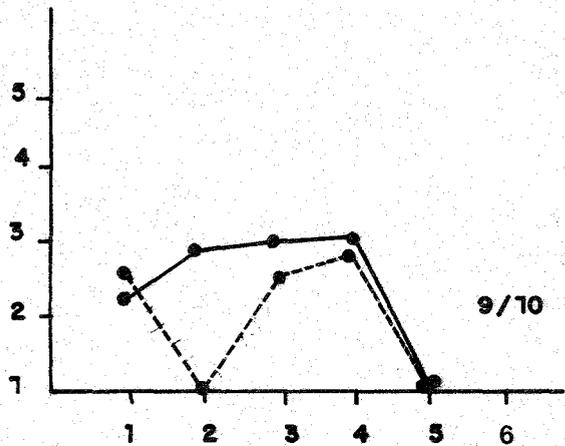
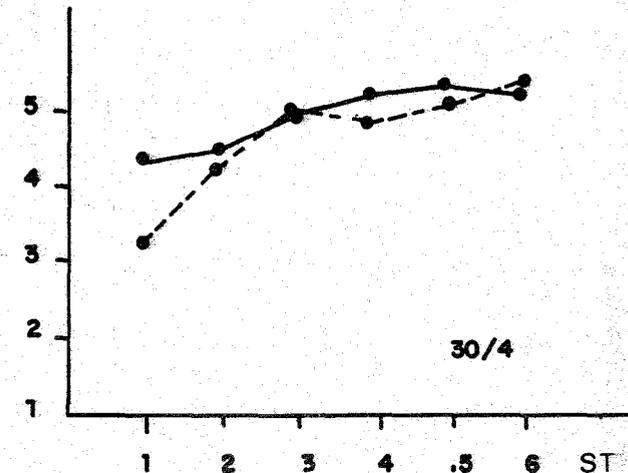
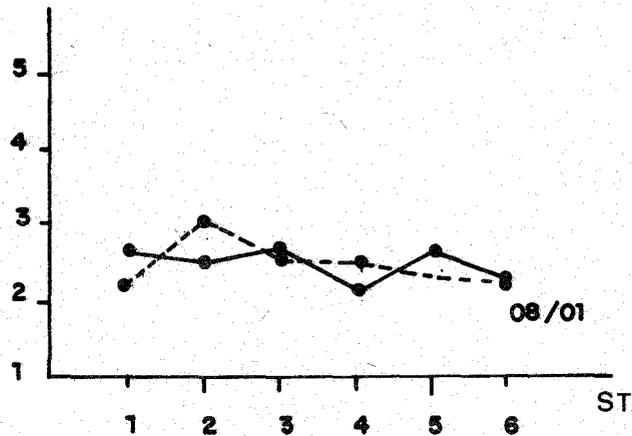
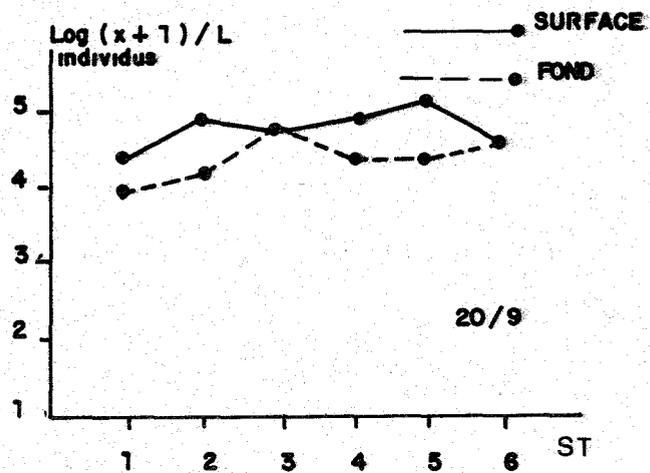
A la fin de la phase estivale, le nombre de cellules par litre d'eau peut atteindre des chiffres importants, de l'ordre de 129 120 cellules par litre à la station 5 en surface le 20 septembre 1974.

Au cours des mois suivants, le nombre de cellules diminue progressivement et se fixe aux alentours de 200 cellules par litre pour les espèces présentes.

En septembre, les deux genres dominants sont *Rhizosolenia* et *Chaetoceros* ( de 10 000 à 129 000 cellules par litre).

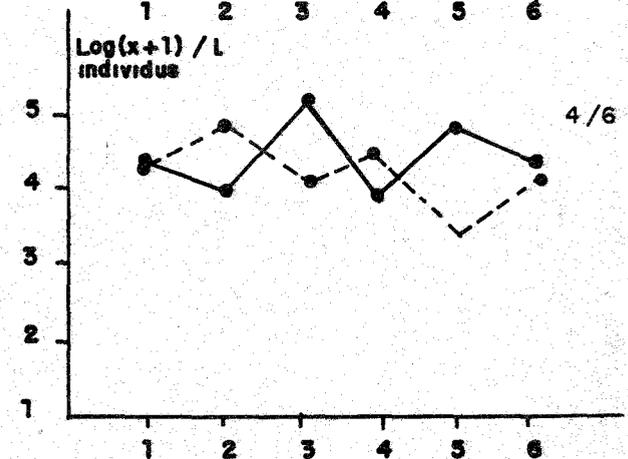
Au mois d'octobre, c'est surtout le genre *Paralia* qui domine.

En novembre, le contingent de diatomées est plus diversifié et l'on note la présence en petit nombre des genres suivants :



VARIATIONS DU NOMBRE TOTAL DE  
DIATOMÉES A CHAQUE STATION POUR  
DIFFÉRENTES ÉPOQUES  
Fig - 21

cnexo cob unite littoral



- *Rhizosolenia* ;
- *Dytilium* ;
- *Thalassiosira* ;
- *Asterionella* ;
- *Paralia* ;
- *Leptocylindrus*.

Les espèces caractérisant la fin de la phase estivale sont des diatomées néritiques pour la plupart vraiment planctoniques. Le nombre de genres présents est peu élevé en septembre. Ensuite, la diversité du contingent floristique augmente en même temps que le nombre total d'individus par genre diminue.

Au début de la phase estivale (juin), la diatomée *Chaetoceros* sp, domine les autres genres et atteint une concentration de plusieurs millions par litre d'eau.

## 1.2. - la phase hivernale

### ■ - composition des populations (fig. 19)

Le remplacement des espèces vraiment planctoniques de la période estivale par une population hétérogène se fait à partir du mois de novembre. A ce moment-là, la composition du stock floristique va devenir plus hétérogène, et aux diatomées purement planctoniques telles que *Rhizosolenia*, viennent se joindre des diatomées benthiques telles que *Navicula* ou *Gyrosigma*.

A la fin du mois de novembre, il n'y a plus dominance d'une ou deux espèces au détriment des autres. Aucune espèce ne représente plus de 30 % de la population totale.

Ce phénomène est probablement dû à l'augmentation du brassage des eaux qui amène en surface les diatomées benthiques et qui joint aux mauvaises conditions d'éclairement, conduit au développement d'espèces moins exigeantes vis-à-vis des facteurs de l'environnement.

### ■ - distribution quantitative (fig. 20 - 21)

Au cours des mois de janvier à mars, le nombre de cellules par

litre d'eau de mer ne dépasse jamais 8 000 cellules par litre.

Les espèces les mieux représentées appartiennent aux genres *Thalassiosira*, *Skeletonema* et *Navicula*.

### 1.3. - la période de transition printanière

#### ■ - composition des populations (fig. 19)

L'accroissement du stock de phytoplancton qui dépend des conditions océanographiques locales marque le début de la phase estivale.

A Antifer, cela se traduit par le développement massif en mars et surtout avril des *Thalassiosira*, dont deux espèces sont représentées :

- *T. nordenskioldii* ;
- *T. gravida*.

Cette seconde espèce, malgré son nombre sensiblement inférieur, revêt une importance plus grande en raison de la taille supérieure des cellules.

Les autres espèces présentes appartiennent essentiellement aux genres :

- *Chaetoceros* ;
- *Asterionella* ;
- *Coscinodiscus*.

#### ■ - distribution quantitative (fig. 20 - 21)

Les *Thalassiosira* représentent plus de 55 % de la population totale. Elles peuvent même atteindre 88 %, comme c'est le cas le 30 avril 1975, à la station 4.

Le nombre total de cellules par litre d'eau varie entre 2 400 et 180 000 cellules par litres. Au mois d'avril, la moyenne pour toutes les

stations s'établissent autour de 122 132 cellules par litre, décomposée comme suit :

- nombre moyen de cellules en surface : 112 360 cellules/litre ;
- nombre moyen de cellules au fond : 101 458 cellules/litre.

Il faut noter que les concentrations de cellules en surface sont beaucoup plus faibles aux stations 1 et 2. C'est aux stations de la radiale de Cauville (st. 5 et 6) que l'on observe les concentrations les plus importantes.

En résumé, l'étude de la composition qualitative et quantitative du phytoplancton, ainsi que sa distribution permet de constater les faits suivants :

- a) - la composition qualitative des populations phytoplanctoniques de la région d'Antifer est semblable à celle rencontrée par ailleurs dans la Manche ;
- b) - on distingue une variation saisonnière au cours de la période d'étude, qui se traduit par l'apparition de trois phases distinctes :

- . - la phase estivale, dont on ne saisit le début (juin) et la fin du cycle aux mois de septembre - octobre et novembre. Cette phase se caractérise par la dominance de deux espèces principales :

- *Chaetoceros* sp;
- *Rhizosolenia* sp.

Les populations sont riches aux mois de juin et septembre et peu diversifiées. Au fur et à mesure que l'on avance dans le temps, la quantité de cellules décroît et le nombre d'espèces présentes augmente.

- . - la phase hivernale où, aux espèces vraiment planctoniques s'ajoutent des espèces thycopélagiques. La diversité spécifique est plus importante et le nombre total de cellules est relativement faible ;

- . - enfin, la phase de transition printanière qui se caractérise par un nombre de cellules par litre d'eau important et par la dominance du genre *Thalassiosira*.

D'une façon générale, on ne constate pas de différences importantes entre les six stations étudiées. La répartition de la quantité moyenne de cellules par litre d'eau montre que la station 3 est la plus riche. Viennent ensuite, dans l'ordre décroissant les stations 5 - 1 - 6 - 2 - 4.

## 2 - Variations de l'indice de diversité (fig. 22)

Les valeurs de l'indice de diversité H' ont été calculées pour les populations de diatomées.

Les variations de H' en fonction du temps sont représentées sur la figure

Les différentes courbes montrent pour les six stations des variations sensiblement identiques, avec une phase à diversité basse qui correspond à la phase estivale et une phase à diversité plus forte qui correspond à la phase hivernale.

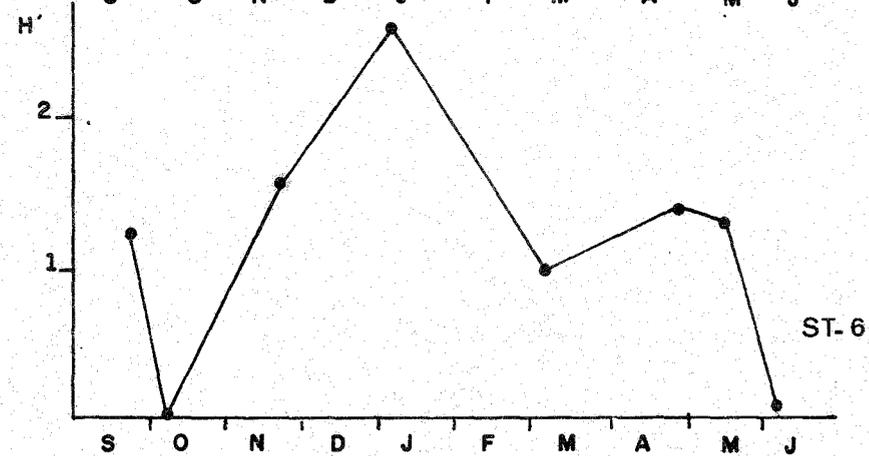
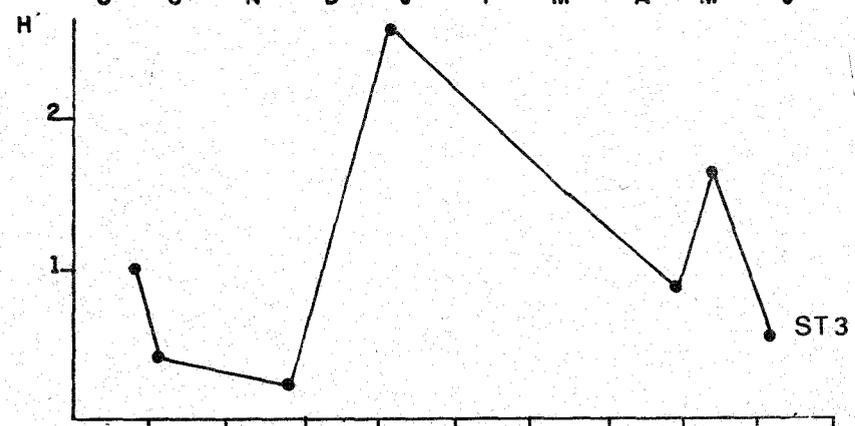
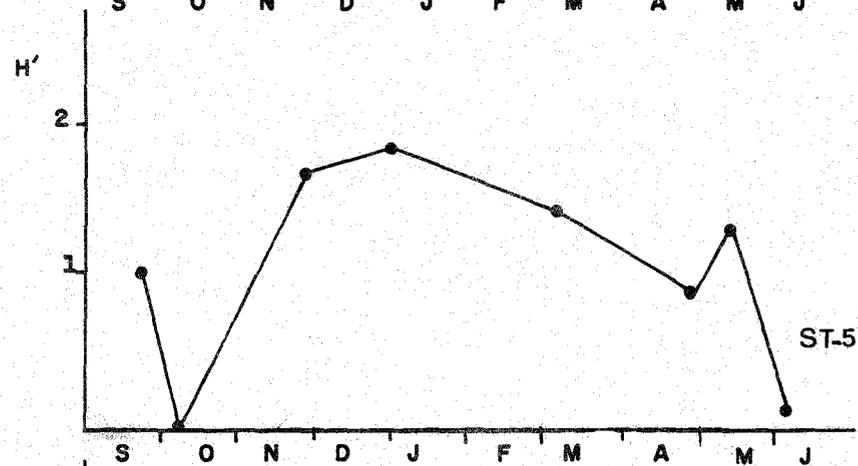
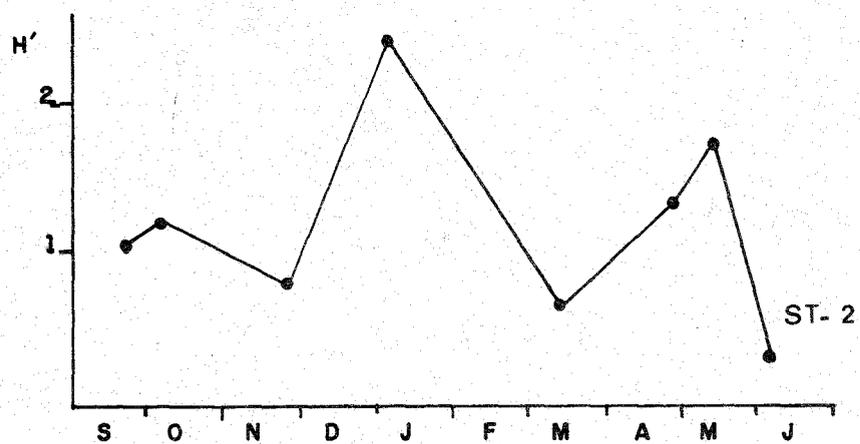
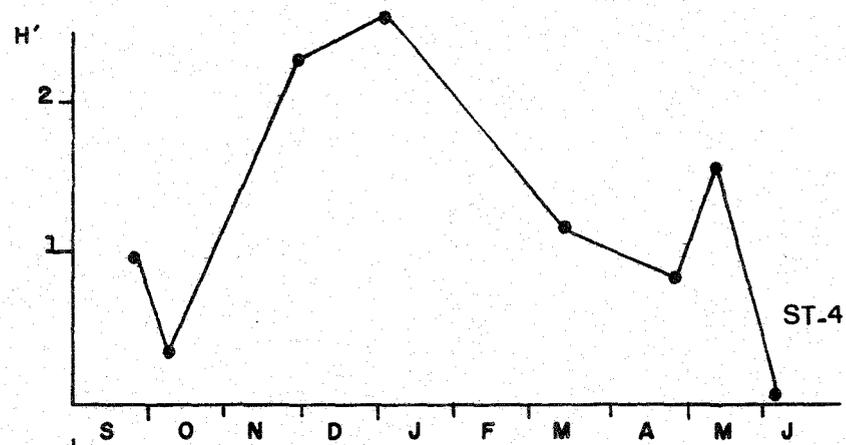
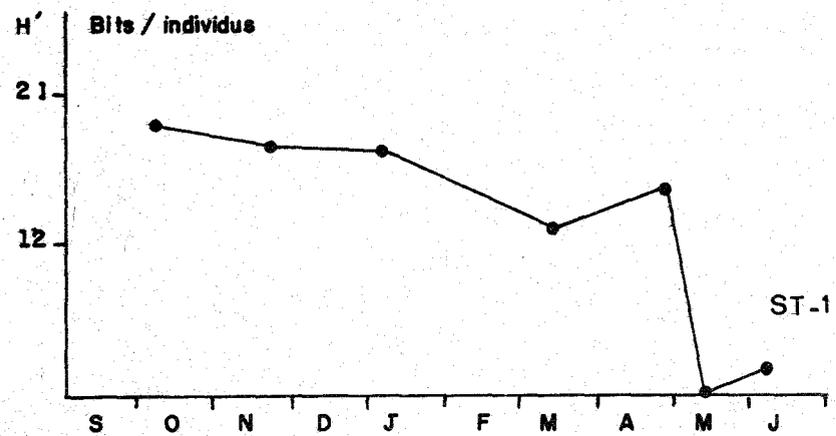
Les variations de l'indice de diversité sont donc le reflet de la succession naturelle des espèces dans le temps.

En hiver, la diversité est forte en raison de l'apport provenant des espèces benthiques et de la compétition spécifique qui est réduite durant cette période (GRALL et JACQUES 1964).

En été, la diversité diminue du fait d'une compétition plus importante. En effet, en cette saison les facteurs du milieu sont plus sélectifs.

Toutefois, certaines variations secondaires apparaissent :

- à la station 1, les variations de l'indice de diversité sont très régulières ce qui semble montrer une stabilité assez nette des populations à cet endroit.



VARIATIONS SAISONNIERES DE L'INDICE DE DIVERSITE DES DIATOMEES  
cnexo cob - unité littoral  
Fig - 22

- par contre les stations 2 - 3 - 4 et 6 montrent des variations beaucoup plus accusées avec un pic maximum au mois de janvier. Les minima se situent en octobre ou novembre, et en mars ou avril.

Il est difficile de définir la cause de cette diminution de la stabilité des populations. Cependant, il est probable que les effets cumulés de la pollution de l'estuaire de la Seine et de la perturbation du milieu créé par les travaux effectués à Antifer soient à l'origine de ce phénomène.

### 3 - La biomasse phytoplanctonique

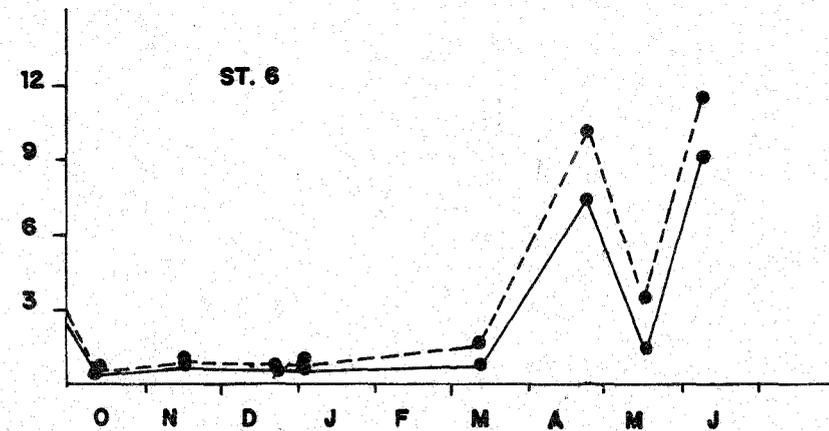
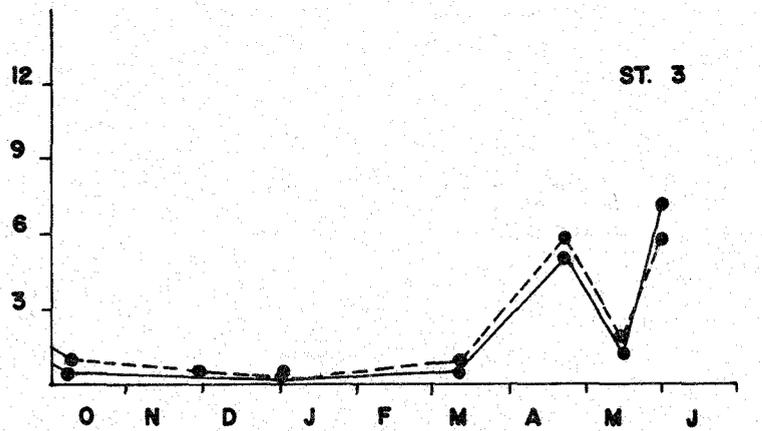
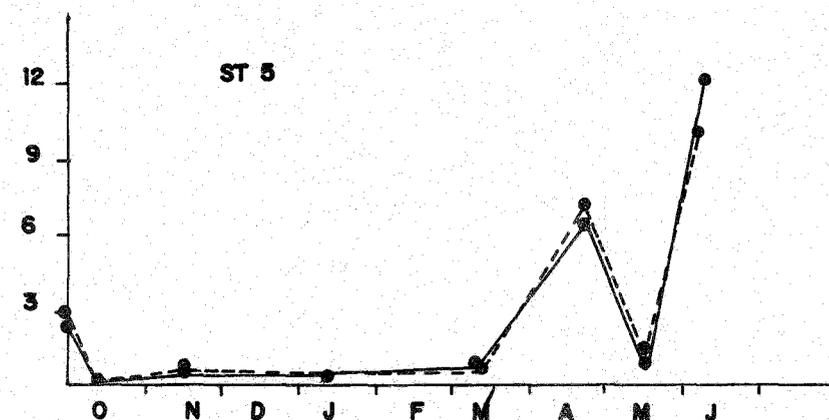
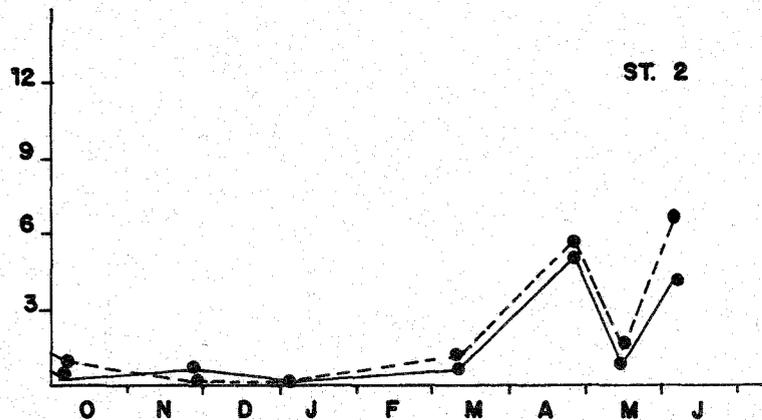
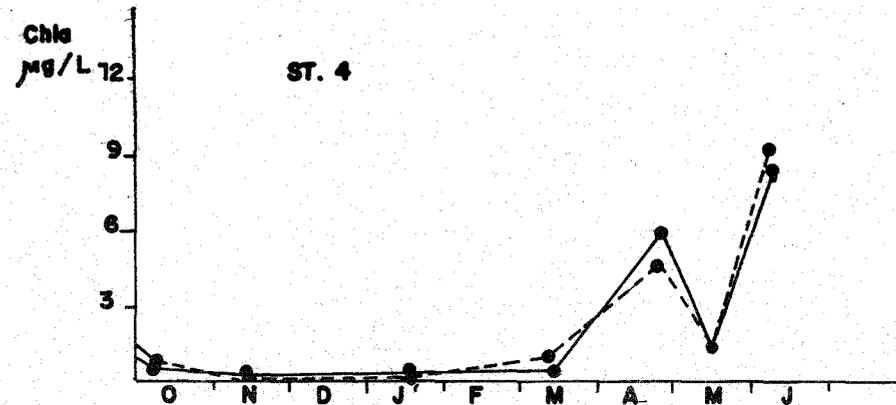
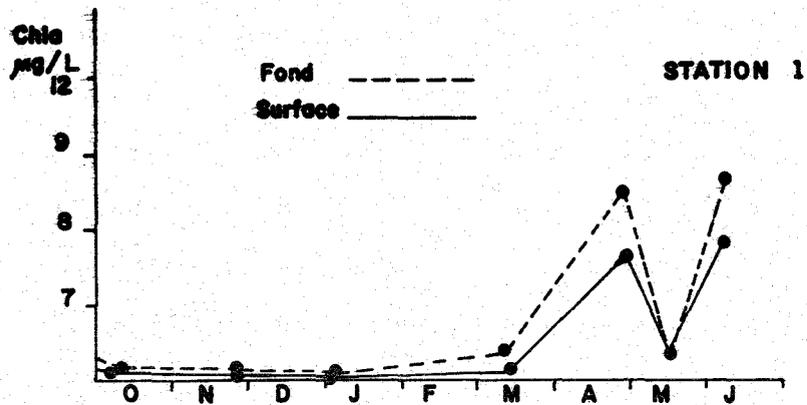
L'énergie solaire est à l'origine du fonctionnement des systèmes biologiques. Comme les plantes terrestres, les algues marines utilisent les radiations solaires, le gaz carbonique, et les sels minéraux pour fabriquer de la matière organique selon un processus appelé production primaire. Toutes les plantes vertes obtiennent l'énergie requise pour leurs fonctions vitales, des processus respiratoires au cours desquels les substances organiques synthétisées sont dégradées en formes chimiques plus simples. La productivité nette de chaque plante dépend évidemment du rapport de l'activité photosynthétique à la respiration. Ce rapport varie avec l'âge de la plante, la saison et l'heure du jour. L'excès de matériel organique ainsi produit peut alors être disponible pour les échelons suivants de la chaîne alimentaire.

La production de matière organique par les végétaux marins est d'une importance primordiale car c'est elle qui est le point de départ de la chaîne alimentaire marine à l'autre bout de laquelle se trouvent les grands poissons et les mammifères marins.

Bien que la production primaire fournie par les grandes algues benthiques soit elle aussi importante, la plus grande partie de la photosynthèse est fournie par de petits végétaux microscopiques appelés communément phytoplanctons.

#### 3.1. - la chlorophylle a

Les résultats des mesures de la biomasse chlorophyllienne exprimée par la quantité de pigments chlorophylliens présents dans l'eau



VARIATIONS SAISONNIÈRES DE LA BIOMASSE CHLOROPHYLIENNE AUX SIX STATIONS

cnexo cob unite littoral  
Fig-23

de mer montrent que dans la zone étudiée, les variations saisonnières des pigments chlorophylliens sont identiques à celles constatées pour les zones côtières semblables.

On distingue sur la figure 2, deux pics, où la concentration en pigments est optimum. Le premier correspond au "bloom" automnal des mois de septembre et octobre, le second plus marqué correspond au développement printanier du phytoplancton.

Les valeurs trouvées sont égales à 10 - 11  $\mu$  g/l de chlorophylle a, pour la période printanière et de l'ordre de 1 à 3  $\mu$  g/l de chlorophylle a, pour la période automnale. Pendant le reste du temps, les valeurs sont généralement inférieures à 1  $\mu$  g/l.

Les valeurs les plus élevées par station correspondent aux stations 5 et 6 qui sont les plus influencées par les eaux qui sortent de l'estuaire de la Seine. On ne perçoit pas de différence importante entre les teneurs en chlorophylle a, aux autres stations.

Au mois de mai, on constate une baisse générale assez sensible de la teneur en pigments. Cette chute, observée à toutes les stations pourrait être due à des causes hydrologiques et notamment à une baisse des températures et de la salinité de l'eau de mer durant cette période (fig. 4 et 5).

### 3.2. - rapport de la chlorophylle a, à la phéophytine a

Ce rapport représente l'importance relative de ces deux pigments. Son augmentation peut indiquer une période de développement de la population phytoplanctonique.

Les variations de ce rapport aux six stations en fonction du temps montrent un accroissement très net le 30 avril 1975, au moment de la poussée phytoplanctonique de printemps. A ce moment-là, le rapport varie entre 1,3 et 7,5, respectivement pour les stations 1 (surface) et 5 (fond).

### 3.3. - indice de diversité pigmentaire : rapport des densités optiques à 430 nm et 665 nm

Cet indice exprime le rapport entre les absorptions des extraits acétoniques du phytoplancton aux longueurs d'onde 430 nm et 665 nm.

Une analyse permet de dire que ce rapport est d'autant plus grand que la concentration en chlorophylle b et c, et en caroténoïdes est élevée par rapport à une concentration en chlorophylle faible. Ce rapport représente l'état physiologique des populations qui composent le phytoplancton. Les valeurs basses de ce rapport correspondent à des populations qui composent le phytoplancton. Les valeurs basses de ce rapport correspondent à des populations simples en croissance rapide avec une forte proportion de chlorophylle a. Il croît régulièrement dans les populations plus âgées ou plus complexes dont la diversité des pigments est importante (MARGALEF 1963). Les valeurs proches de 3 expriment un état physiologique satisfaisant des populations.

Dans la région étudiée, ce rapport est compris entre 2,50 et 3 au moment de la poussée phytoplanctonique printanière. La valeur minimale de cet indice correspond à la plus forte biomasse phytoplanctonique (30 avril et 4 juin). Les valeurs les plus importantes sont notées aux mois de novembre et janvier. Elles peuvent atteindre 7 à 8. Ces valeurs sont certainement dues à l'augmentation de la quantité de matériel détritique dans l'eau. Cela semble confirmé par l'examen des courbes de turbidité qui indiquent des valeurs élevées de la teneur en particules en suspension au mois de novembre.

En résumé, on constate qu'en fonction du temps, les six stations présentent des variations similaires de la chlorophylle a, caractérisées par un cycle saisonnier comportant une floraison printanière intensive en avril - mai - juin, et une deuxième poussée plus atténuée en septembre - octobre.

Les stations 5 et 6, directement influencées par l'estuaire de la Seine, sont les plus riches. Cependant, l'exploitation des résultats obtenus aux autres stations montre que la biomasse des populations phytoplanctoniques ne semble pas être affectée par les opérations de dragage effectuées à Antifer. Les valeurs trouvées au moment des poussées printanières et automnales sont comparables avec celles que l'on trouve dans des milieux semblables aux stations 5 - 6 et 4, avec toutefois une tendance à l'eutrophisation. Les valeurs obtenues aux mois d'avril, mai et juin que l'on peut considérer comme proches du maximum, correspondent à 250 - 275 mg de chl a/m<sup>2</sup>. STEELE (1956), donne la valeur de 210 mg chl a/m<sup>2</sup> comme maximum de biomasse phytoplanctonique pour la Manche.

### 3.4. - relations saisonnières entre le phytoplancton et les sels nutritifs

Dans les régions tempérées, la composition des populations phytoplanctoniques varie à la fois en nombre et en espèces. Cela dépend des variations de la température de l'eau, du stock de sels nutritifs présents, de l'intensité lumineuse, etc...

D'une façon générale, il existe seulement un petit nombre d'espèces abondantes à la fois, et les espèces dominantes changent en fonction du temps (cf. p 64 et suivantes).

La succession saisonnière du phytoplancton a été étudiée entre les mois de septembre et juin. On ne compte donc pas un cycle complet mais seulement la fin de la phase estivale et la période qui correspond à la phase hivernale. De plus, pour avoir une idée claire de ces problèmes de succession des populations phytoplanctoniques, il est nécessaire d'étudier la composition de ces populations durant plusieurs années. Cependant quelques observations préliminaires peuvent être formulées. Dans le secteur étudié, la composition floristique laisse entrevoir une succession du phytoplancton décomposée en deux grandes phases : la phase estivale et la phase hivernale. A la fin de la phase hivernale, ces végétaux disparaissent et sont remplacés par d'autres espèces (*Paralia*, *Navicula*, *Biddulphia*, etc...), dont le nombre total est moins important et où l'on a du mal à distinguer la dominance d'une espèce par rapport aux autres.

D'une façon générale, les différences entre les six stations d'étude sont peu accentuées et seules des mesures de production pourraient permettre la mise en évidence des zones plus ou moins productives en matière organique végétale.

En termes de biomasse, les résultats obtenus sont généralement assez élevés. Cela est probablement dû à l'influence qu'exercent encore au niveau d'Antifer les eaux issues de la Seine. Cela confère en effet au milieu un caractère particulier compris entre les caractéristiques purement estuariennes et les caractéristiques purement marines.

L'apport important en sels minéraux nutritifs provenant de la Seine permet au milieu de soutenir des biomasses chlorophylliennes assez importantes (11  $\mu$ g chl a/l), et il semble que la teneur en sels minéraux,

même en été, n'atteigne jamais des valeurs assez faibles pour devenir des facteurs limitants.

#### 4 - Discussion

De l'ensemble des résultats obtenus, il ressort que :

4.1. - les variations saisonnières qualitatives du phytoplancton sont similaires à celles déjà décrites par d'autres auteurs dans des aires semblables.

4.2. - les variations saisonnières quantitatives présentent elles aussi un cycle comparable, avec toutefois une interruption assez nette de la production primaire au mois de mai. Les causes de ce ralentissement de la production sont difficiles à déceler. Il peut être dû à un broutage excessif par le zooplancton qui, à cette époque, était très abondant. Il est aussi possible que la stagnation de la température de l'eau à un niveau assez bas au cours du mois d'avril, ainsi que la chute de la salinité des eaux de surface ont joué un rôle non négligeable dans ce phénomène.

4.3. - le bloom du mois de juin est caractérisé par des valeurs très élevées du nombre de cellules et de la teneur en pigments chlorophylliens.

La teneur en cellules par litre d'eau atteint 15 millions à la station 3, ce qui est relativement élevé pour la région. En 1955, LAFON et AL donnaient des chiffres maxima de 55 millions de cellules pour 300 m<sup>3</sup> d'eau au voisinage de Caen, ce qui est très inférieur aux concentrations trouvées à Antifer.

Il est important d'attirer l'attention sur ce phénomène où l'on note une pullulation de cellules végétales et une dominance caractérisée (> 90 %) d'une seule espèce par rapport aux autres. Ce schéma correspond à la description des phénomènes d'eutrophisation.

Il est probable que l'effet d'induction de tels phénomènes provient de l'estuaire de la Seine qui présente un taux de pollution domestique et industriel assez élevé. La question est aussi de savoir si la

construction du terminal d'Antifer peut jouer aussi un rôle dans le déclenchement d'un phénomène analogue à celui des eaux rouges.

Cette question est extrêmement difficile à résoudre, d'autant plus que les phénomènes d'eaux colorées sont encore mal expliqués à notre époque, et nous en sommes réduits à des suppositions pour tenter d'éclaircir le problème.

La présence de la digue d'Antifer entraîne un certain nombre de modifications sur le milieu. Certaines de ces modifications qui peuvent éventuellement favoriser l'induction de phénomènes de type eaux rouges sont :

- la présence d'un plan d'eau relativement abrité ;
- l'accumulation de matière organique dans les tourbillons existant aux stations 2 et 4 ;
- le temps de résidence prolongé des masses d'eaux côtières riches en sels minéraux ( $\text{NO}_3$  -  $\text{PO}_4$  -  $\text{NH}_4$ ).

Il est évident que ces conditions ne sauraient suffire à déclencher un tel phénomène, et d'autres facteurs doivent intervenir :

- la présence de masses d'eaux plus ou moins dessalées ;
- la présence de masses d'eaux dont les caractéristiques sont propres à satisfaire les exigences physiologiques des organismes responsables du phénomène ;
- certaines conditions océanographiques particulières, etc...

Sur le plan des effets directs des travaux de construction du terminal, l'examen des résultats obtenus ne laisse pas apparaître d'effets néfastes remarquables, sur les populations phytoplanctoniques.

Des effets temporaires peuvent survenir lors des travaux de dragage, et de rejet, par remise en suspension des particules fines et donc réduction du pouvoir de pénétration de la lumière. Cette baisse de la luminosité incidente peut provoquer une réduction sensible de la production primaire.

## B - LE ZOOPLANCTON

### I - GENERALITES

"Le zooplancton ou plancton animal est constitué par l'ensemble des organismes hétérotrophes qui, ne pouvant synthétiser leur substance organique, l'obtiennent du milieu extérieur par absorption de particules vivantes ou non" BOUGIS (1974).

La plupart des groupes zoologiques sont représentés dans le zooplancton. Celui-ci peut se diviser en deux grandes catégories :

- le méroplancton ou plancton temporaire. Il est particulièrement abondant dans les eaux néritiques. Il se compose d'oeufs et de larves d'animaux benthiques et nectoniques (y compris les jeunes poissons). Il est saisonnier et sous la dépendance de la période de reproduction des adultes.
- l'holoplancton ou plancton permanent est constitué par des organismes qui naissent, vivent, se reproduisent et meurent au sein des masses d'eau.

Une série de neuf prélèvements a été effectuée entre le mois de septembre 1974 et le mois de juin 1975, pour déterminer les effets éventuels de la construction du terminal sur cette portion de l'écosystème. Ce chapitre résume les résultats issus de l'étude des variations spatiales et temporelles de la composition qualitative et quantitative du zooplancton.

### II - RESULTATS

#### 1 - Distribution des principaux organismes (fig. 24 - 26)

L'évolution de la composition qualitative et quantitative des populations zooplanctoniques au cours de la période d'étude se traduit par des fluctuations dont nous allons tenter de dégager les principales caractéristiques.

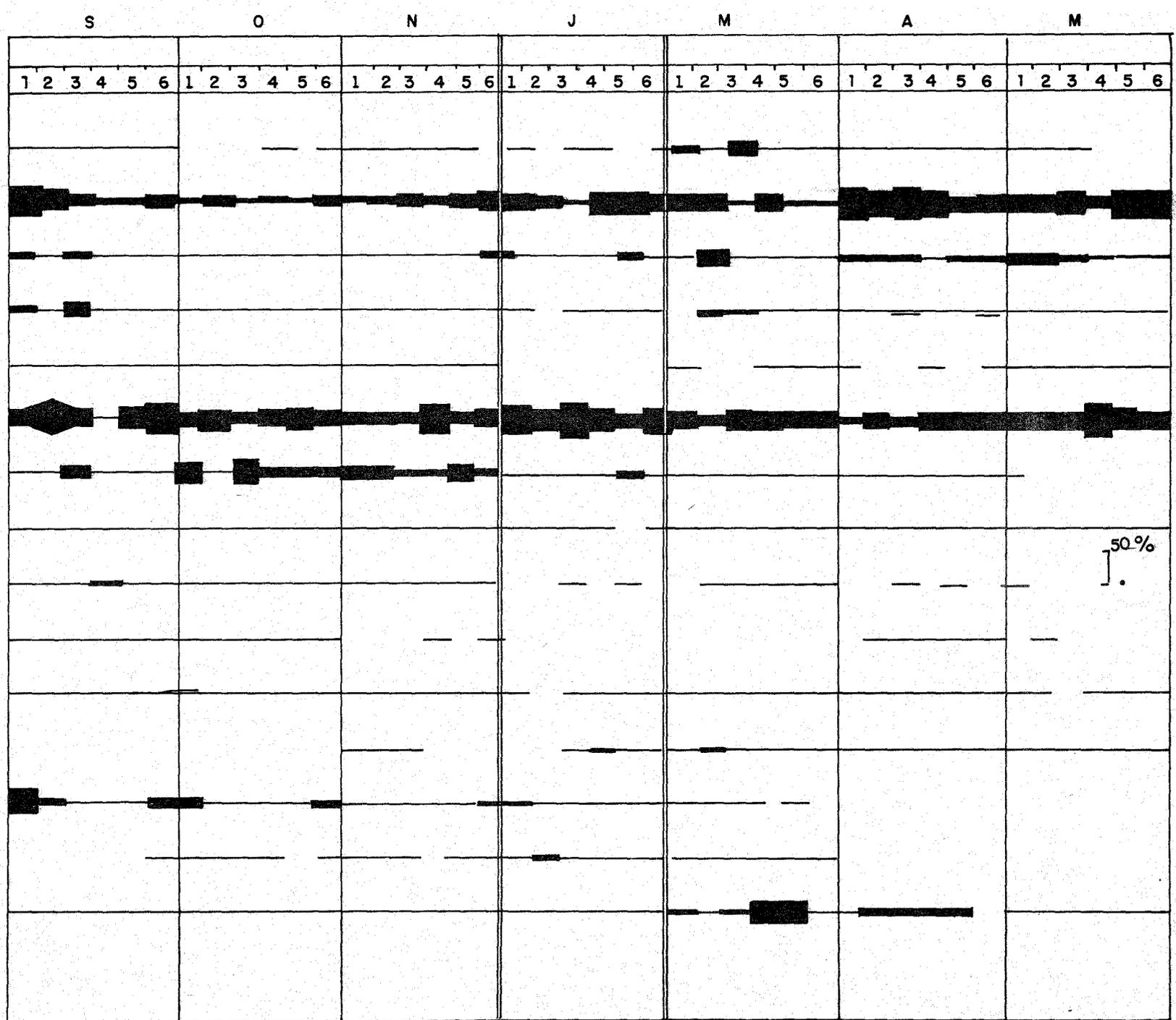


Fig. 24  
 VARIATIONS SAISONNIERES (%) DES PRINCIPALES ESPECES DE ZOOPLANKTON  
 cnexo-cob unite littoral

1.1. - composition systématique du zooplancton d'Antifer

D'une façon générale, les espèces qui composent le zooplancton dans la région du HAVRE - ANTIFER appartiennent aux groupes décrits ci-dessous. Les individus sont classés en fonction de leur fréquence relative qui est égale à :

$$F = \frac{\text{Nombre d'échantillons où l'espèce est représentée}}{\text{Nombre total d'échantillons examinés}}$$

■ - l'holoplancton

⊕ - les espèces principales dont la fréquence est supérieure à 75 % :

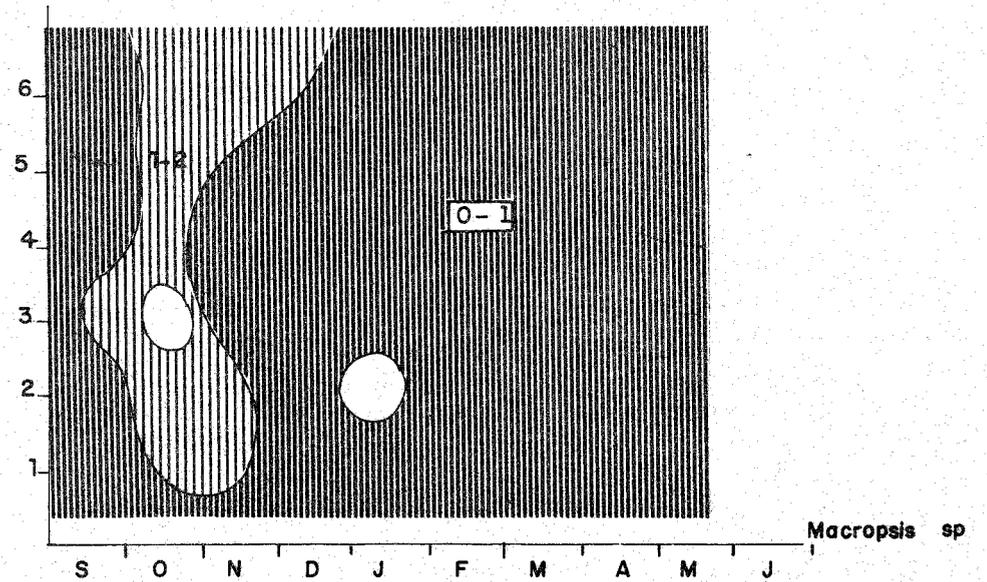
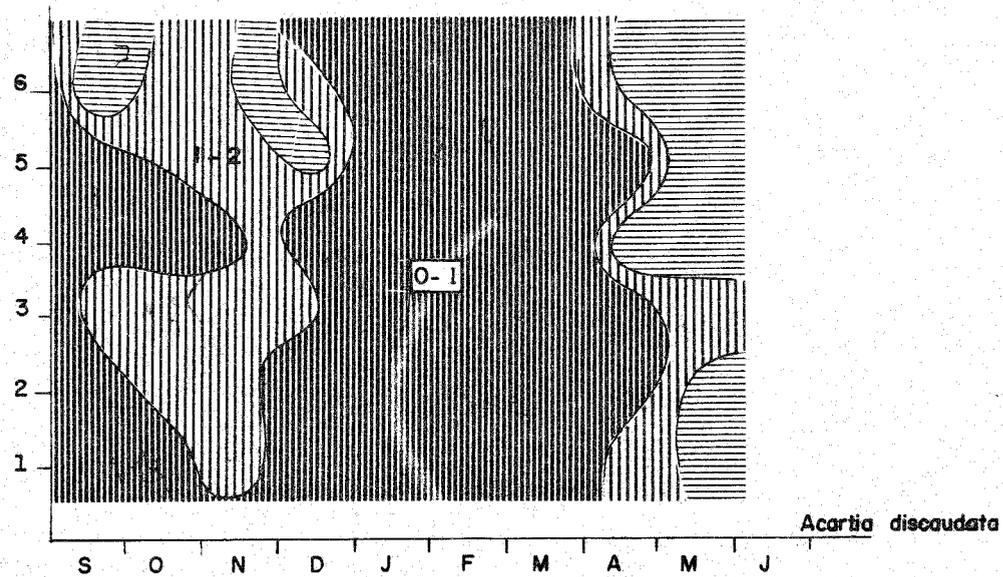
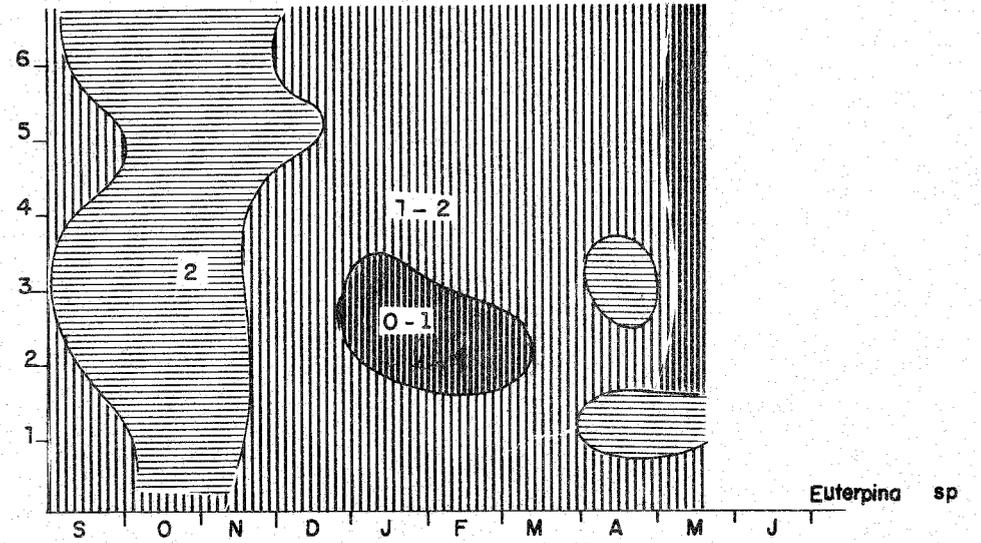
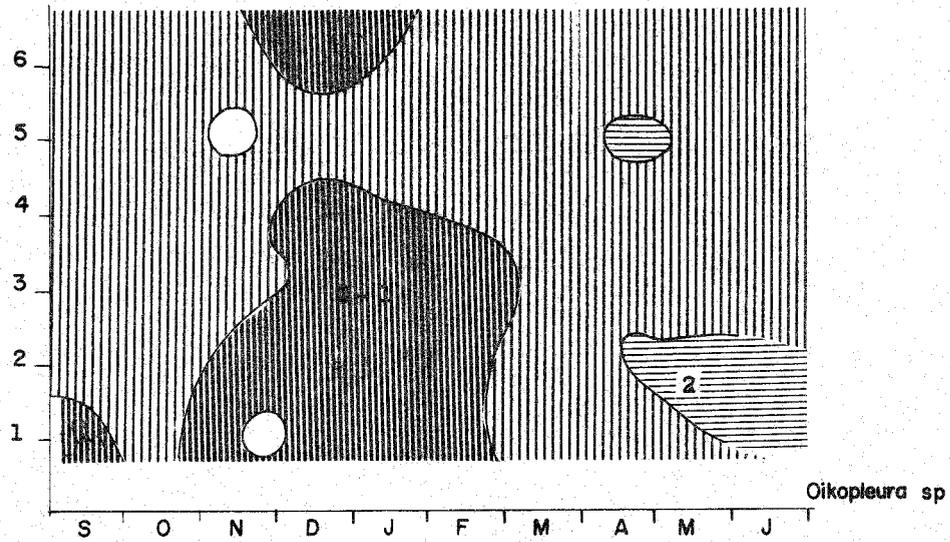
a) - deux espèces de copépodes sont présentes à 100 %. Ce sont *Acartia clausi* et *Temora longicornis*.

*Acartia clausi* est une espèce cosmopolite typiquement néritique. Elle domine dans pratiquement tous les échantillons.

*Temora longicornis* est une espèce considérée comme dominante des zones néritiques tempérées froides. Elle est très euryhaline, c'est-à-dire qu'elle peut supporter de fortes variations de salinité (jusqu'à 8,5 ‰) LEGENDRE et LACROIX (1964).

b) - le groupe des *Pseudocalanus* et *Paracalanus* a un coefficient de présence égal à 100 %. Cependant ce groupe réunit deux espèces dont la différenciation est difficile. Une détermination exacte des deux espèces nécessite un long travail d'observation au microscope. Il semble qu'au mois de janvier, les *Pseudocalanus* dominent par rapport à *Paracalanus*. C'est un constituant habituel du plancton néritique.

c) - *Centropages hamatus* a une répartition identique à celle de *Temora longicornis*, mais semble moins abondant dans les prélèvements. C'est aussi une espèce qui tolère bien les écarts de salinité et de température.



REPARTITION SPATIO-TEMPORELLE DE QUELQUES ESPECES DU ZOOPLANCTON  
Fig -25

d) - *Euterpina acutifrons* (copépode)

Cette espèce fait partie du groupe des copépodes harpacticoides. Elle a une large répartition dans toutes les provinces néritiques du monde. *Euterpina acutifrons* est une espèce surtout benthique, mais elle fait fréquemment partie des prélèvements de plancton. Sa tolérance vis-à-vis des variations de température et de salinité sont très larges. La période de dominance maximale de cette espèce se situe aux environs des mois d'octobre et novembre.

⊕ - les espèces dont la fréquence est comprise entre 50 et 75 %

a) - *Acartia discaudata* (copépode)

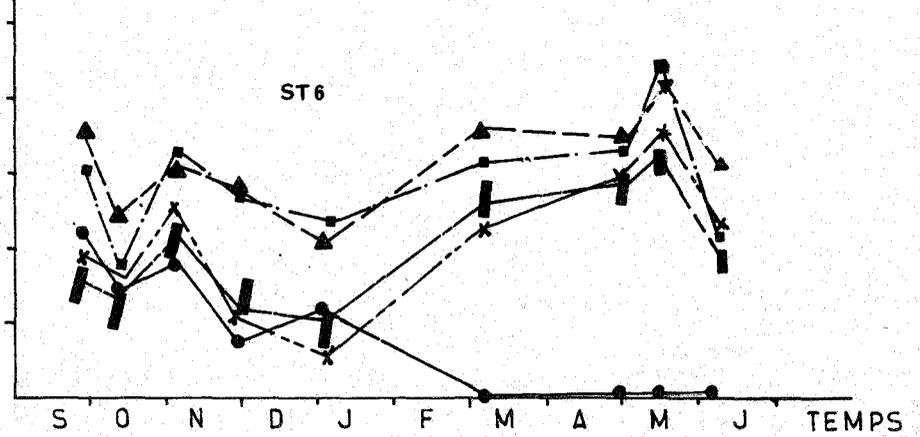
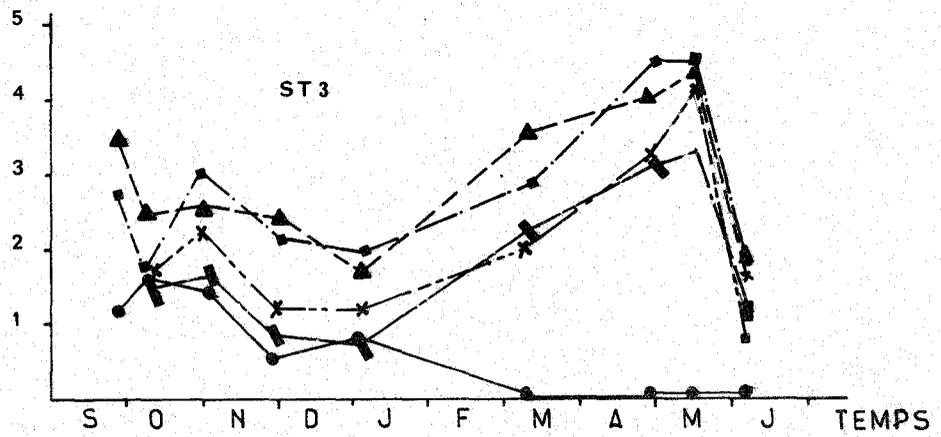
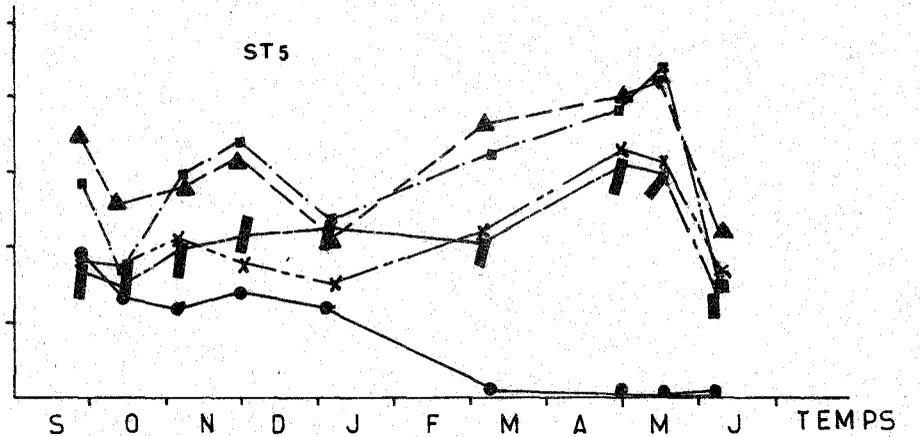
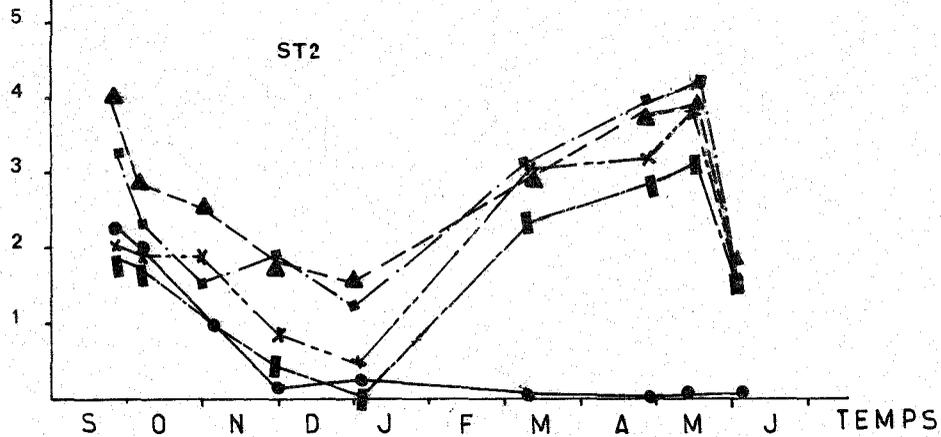
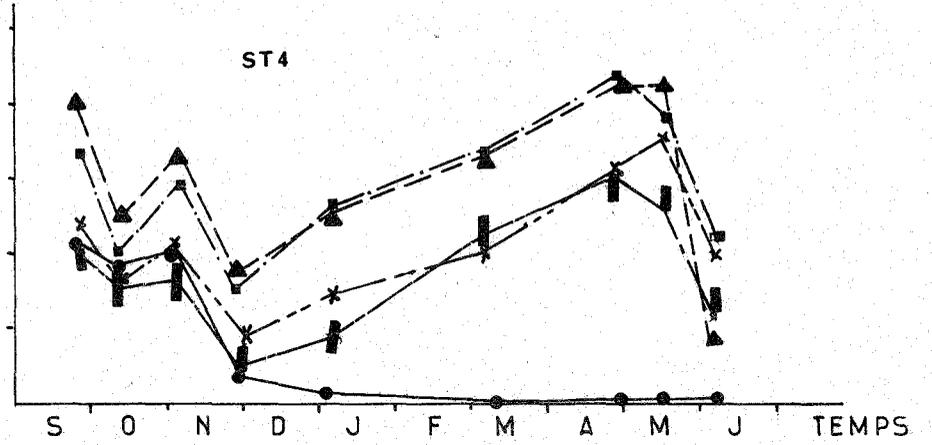
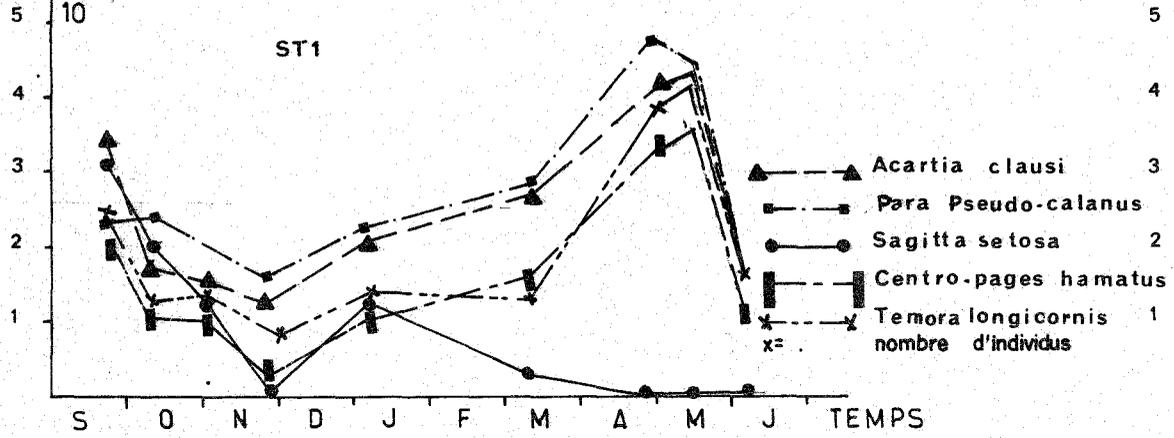
Il est assez uniformément réparti au cours de l'année, mais son abondance maximale se situe aux alentours des mois de septembre - octobre et novembre. De plus, cette espèce préfère les eaux légèrement dessalées car on trouve davantage d'individus aux stations 5 et 6, qui sont situées près de l'estuaire de la Seine. Sa fréquence est égale à 64,28 %.

b) - *Oikopleura dioica* (Appendiculaire)

La fréquence de cette espèce est égale à 55,23 %. C'est un élément intéressant car il semble qu'il y ait une bonne corrélation entre la teneur en particules en suspension dans l'eau et la présence de ce filtreur.

La figure 25 montre la répartition spatio-temporelle de cette espèce. On remarque qu'elle est relativement plus abondante aux stations 4 - 5 et 6. Les stations les plus proches de l'estuaire comportent fort probablement davantage d'éléments nutritifs en suspension, et par conséquent, favorisent la nutrition de l'espèce considérée.

$\text{Log}(x+1)/10\text{ m}^3$



VARIATIONS SAISONNIERES DE CERTAINES ESPECES DU ZOOPLANKTON  
cnexo cob unite littoral  
Fig-26

c) - *Sagitta setosa* (Chaetognathe)

RUSSEL (1959) distingue dans les environs de Plymouth, à l'entrée de la Manche, les eaux à *Sagitta setosa* qui sont des eaux à plancton essentiellement néritique, et les eaux à *Sagitta elegans*, mélange d'eaux côtières et d'eaux océaniques à plancton intermédiaire entre le plancton néritique et océanique. Dans le cas d'Antifer, une seule espèce de *Sagitta* est présente. Nous nous trouvons donc dans des eaux typiquement néritiques. D'une façon générale, les eaux à *Sagitta setosa* sont moins riches en plancton que celles à *Sagitta elegans* (BOUGIS 1974).

d) - *Macropsis slabberi* (Mysidacée)

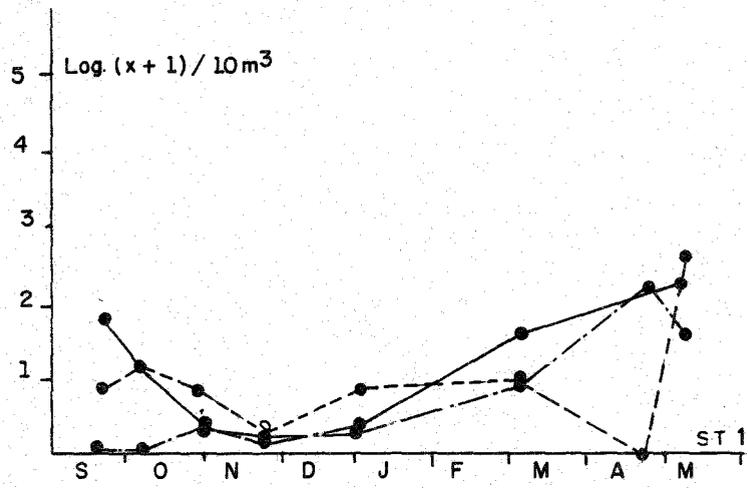
La répartition de cette espèce est vaste depuis le 60° de latitude nord jusqu'aux côtes africaines. C'est une espèce très tolérante vis-à-vis des écarts de température et de salinité. Le maximum d'abondance se situe aux mois de septembre, octobre et novembre, pratiquement à toutes les stations (cf. figure 26). Le reste de l'année, le nombre d'individus est restreint. Cette espèce est importante à considérer car elle est dans la composition du régime alimentaire de certains poissons et notamment celle du hareng (KRAMP 1913). Au mois de janvier, l'espèce *Macropsis slabberi* constitue pratiquement la totalité de la biomasse.

θ - Les espèces peu fréquentes ou rares

Il s'agit de petits copépodes et d'autres espèces telles que les acariens. La faible valeur de la fréquence de ces espèces peut être attribuée à une faible abondance générale dans le milieu, ou à une présence saisonnière uniquement.

■ - le méroplancton (fig. 27 - 28)

Parmi les espèces qui composent le méroplancton, nous avons distingué de grands groupes dans lesquels sont incluses des larves dont les individus passeront les stades de leur vie adulte en dehors du plancton.



—●— larves de décapodes  
 - - -●- - de mollusques  
 - · - -●- - de poissons

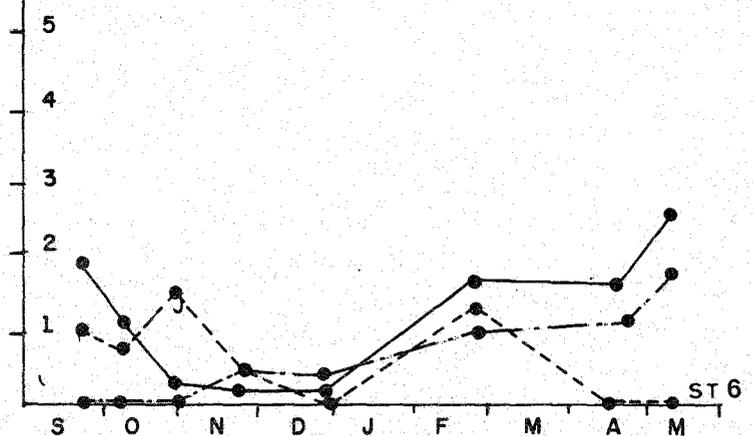
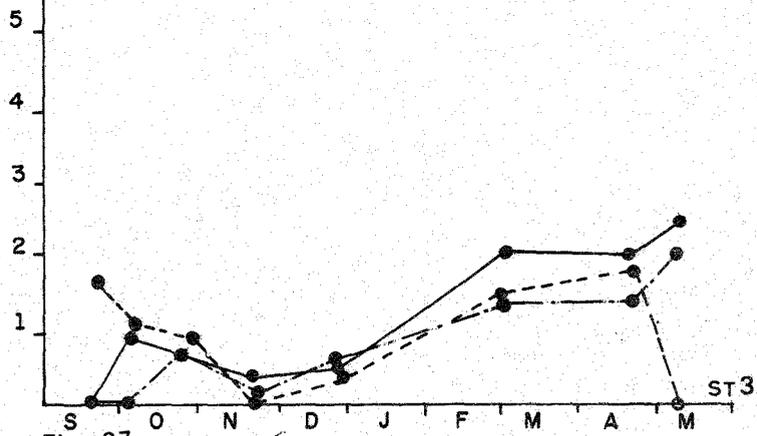
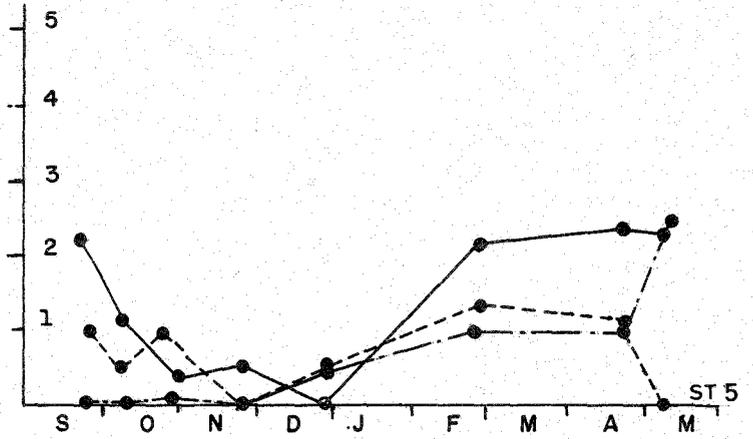
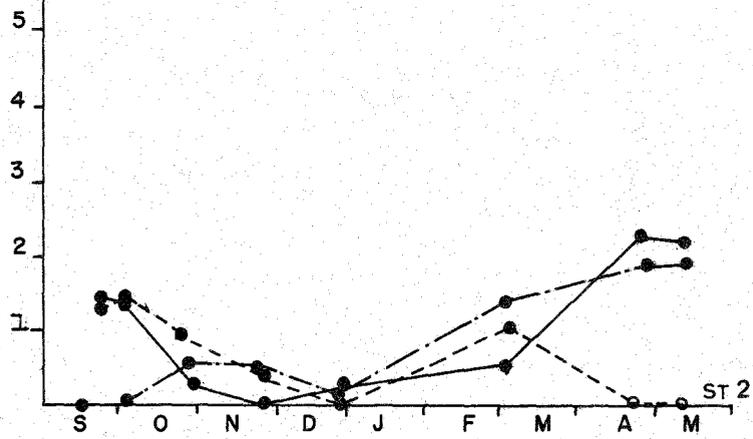
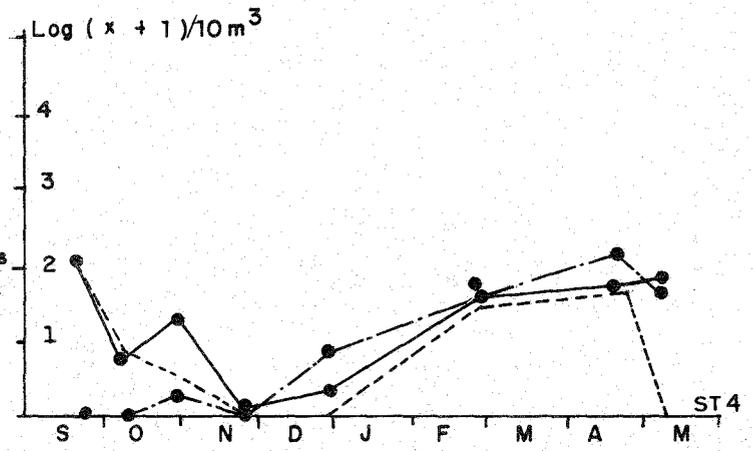


Fig. 27  
 VARIATIONS SAISONNIÈRES DU MÈROPLANCTON  
 cnexo cob unite littoral

Ces organismes occupent une place prédominante dans le plancton, non seulement parce qu'ils constituent le stock de jeunes qui peuplera plus tard les fonds marins côtiers, mais aussi parce que durant leur vie planctonique, ils servent de nourriture aux animaux carnivores holoplanctoniques.

a) - les larves de décapodes

Elles constituent le groupe qui possède la fréquence la plus élevée : 95,23 %.

Viennent ensuite :

b) - les larves de Cirripèdes : 88,05 %.

c) - les larves de Cyphonautes de Bryozoaires dont une grande partie des espèces de ce groupe est responsable des problèmes de "fouling" : 83,33 %.

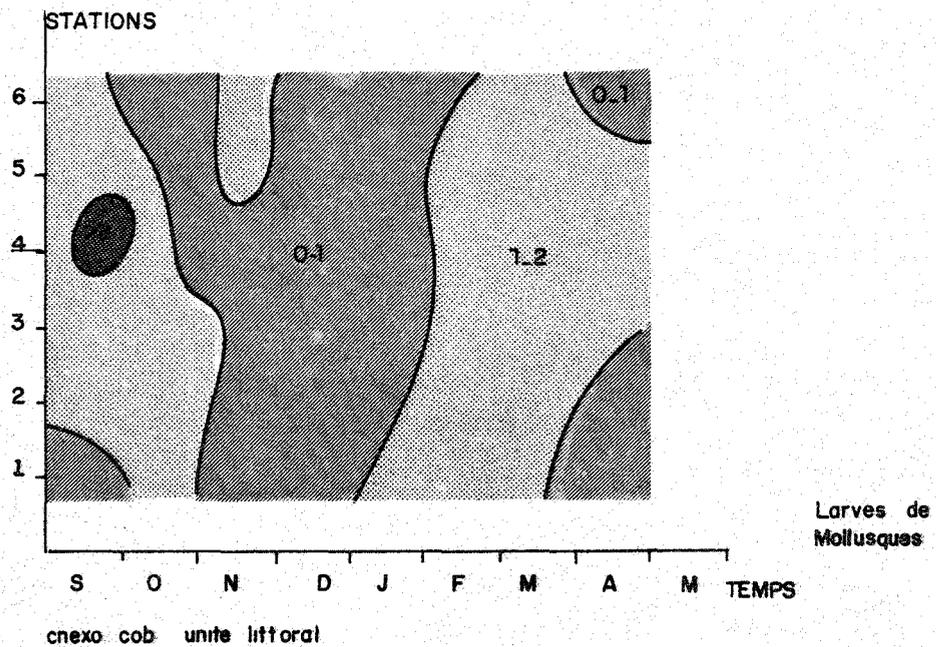
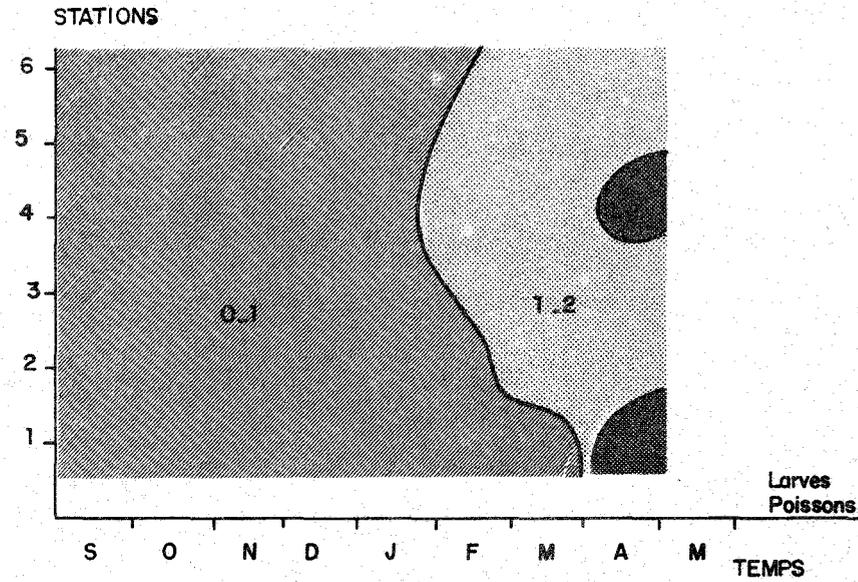
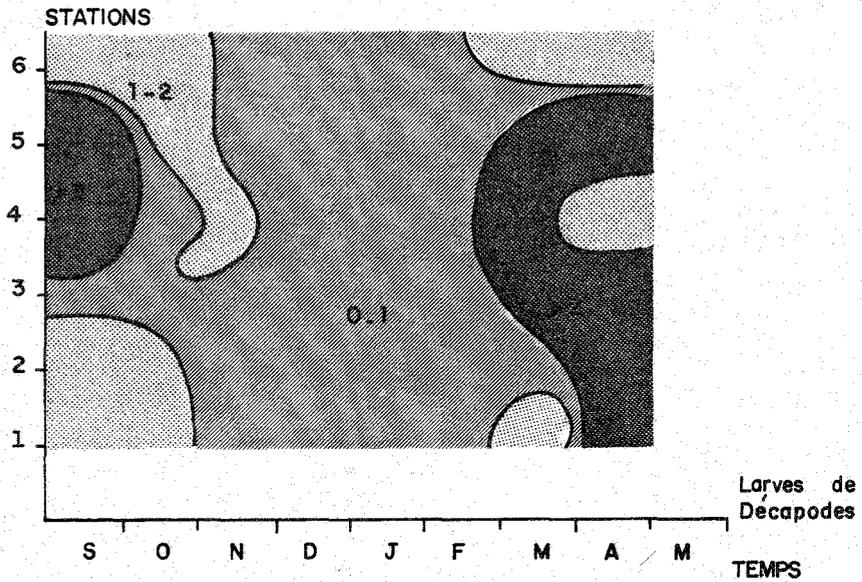
d) - les larves de vers annelides et de mollusques dont le pourcentage de fréquence est voisin de : 75 %.

Les oeufs et larves de poissons ont une répartition saisonnière très marquée. Ils apparaissent en effet à partir des mois de janvier et février. Leur répartition est assez uniforme aux six stations, avec cependant une légère augmentation du nombre d'individus aux stations 1 et 4 le 30 avril 1975.

e) - enfin, avec un pourcentage de fréquence inférieur à 30 %, nous trouvons les larves d'Echinodermes et les larves d'Ascidies.

#### 1.2. - la distribution quantitative (fig. 26)

Sur le plan de la distribution quantitative, on remarque qu'au cours de la période d'étude, les variations de la quantité d'organismes planctoniques, suivent un cycle saisonnier avec un minimum en janvier et deux pics en septembre et mai.



0 - 1  
1 - 2 exprimes en  $\text{Log } (x + 1)$  individus /  $10\text{m}^3$   
> 2

Fig - 28  
VARIATIONS SPATIO - TEMPORELLES DU MEROPLANCTON

Les Copépodes composent la plus grande partie du zooplancton (50 à 95 % du total) les *Para-pseudocalanus* sont les plus abondants.

On distinguera trois périodes explorées au cours du cycle d'études :

■ - la période hivernale :

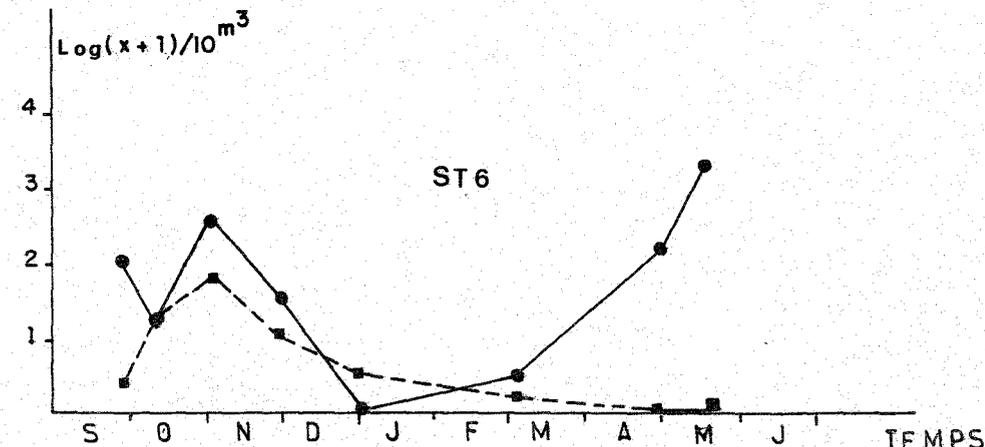
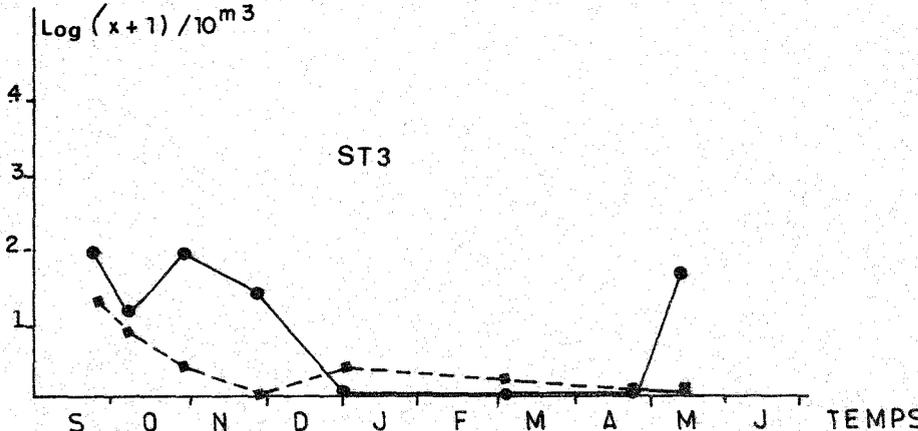
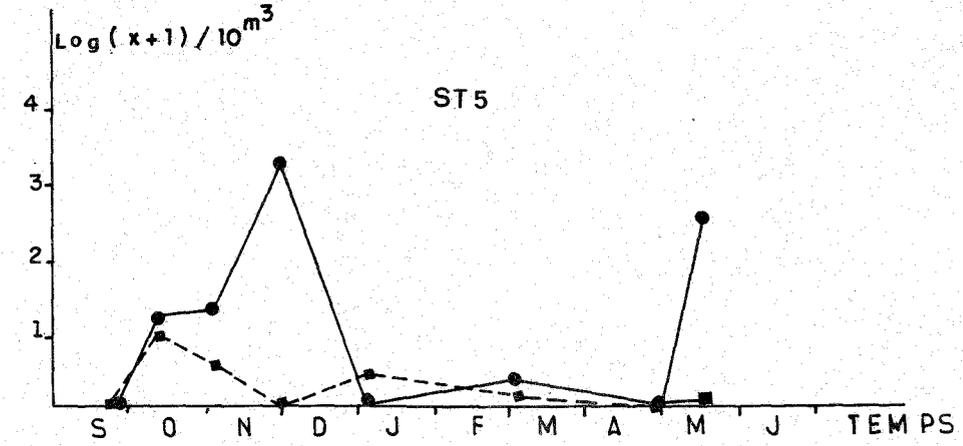
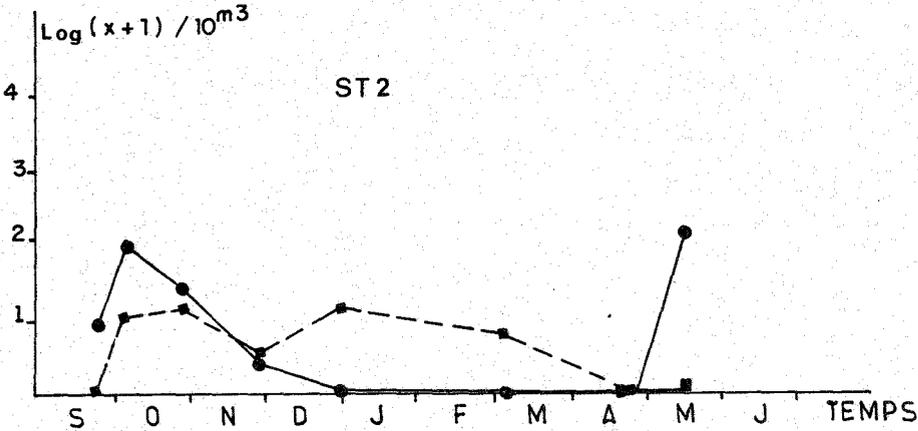
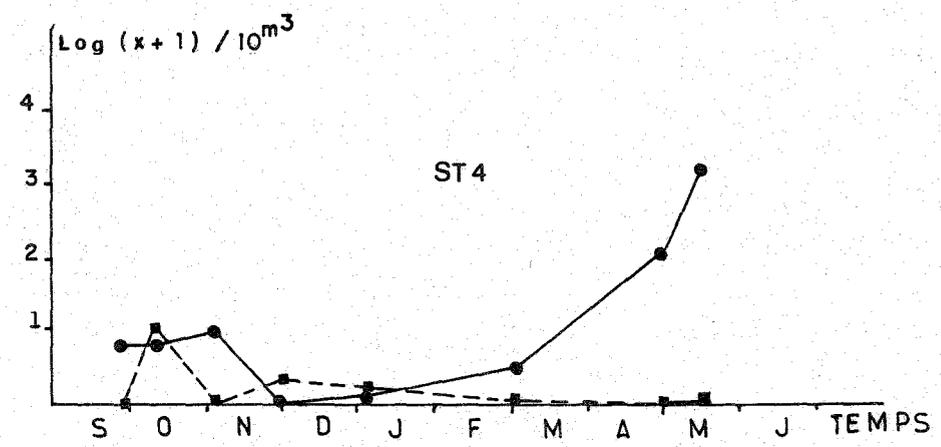
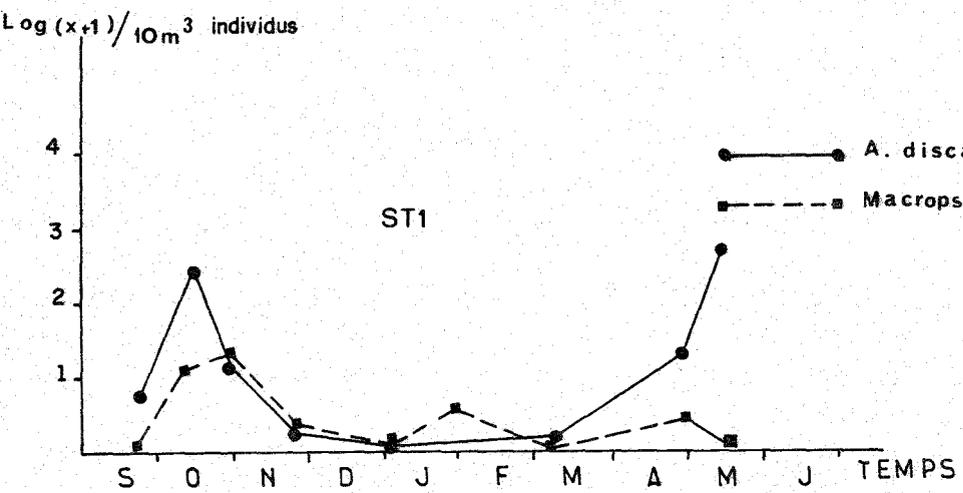
Du mois d'octobre au mois de janvier, le nombre de Copépodes est minimum pour l'année. Le nombre d'individus est sensiblement le même au cours de cette période pour les différentes espèces. D'une manière générale, les espèces se classent de la façon suivante :

(	:	)
(	:	Espèces
(-----	-----	-----)
(	:	)
( Plus abondantes.....	:	<i>Para et pseudocalanus</i>
(	:	<i>Acartia clausi</i>
(	:	)
( Moins abondantes.....	:	<i>Temora longicornis</i>
(	:	<i>Centropages hamatus</i>
(	:	)

Le nombre d'individus par prélèvement est faible, il varie entre 22 000 individus par 10 m<sup>3</sup> pour le chiffre maximum, à une centaine d'individus par 10 m<sup>3</sup> pour le chiffre minimum. C'est au cours de cette période (surtout octobre et novembre), que le nombre d'individus appartenant à des espèces plus spécifiquement estuariennes (*Macropsis slabberi* et *Acartia discaudata*) est important. Cela s'explique par le fait que la Seine étant en période de début de crue (600 m<sup>3</sup>/s en novembre 1974) certaines espèces vivant dans l'estuaire suivent les masses d'eaux dessalées qui se dirigent vers le nord et remontent en surface jusqu'à Antifer. Notons toutefois un nombre important de l'espèce *Acartia clausi* au mois de mai, mois au cours duquel nous avons enregistré une baisse de salinité des eaux de surface, aux stations 6 - 5 - et 4.

■ - la période printanière :

Elle se situe du mois de mars au mois de mai. C'est une phase d'importance extrême puisqu'elle correspond à la période d'accroissement



VARIATIONS NUMERIQUES SAISONNIERES DE DEUX ESPECES DU ZOOPLANKTON  
 cneco cob unite littoral  
 Fig.29

constant du nombre des Copépodes. Le nombre total d'individus pêchés par dizaine de m<sup>3</sup> oscille au cours de cette période entre 1759 individus/10m<sup>3</sup> à plus de 30 000 individus par 10 m<sup>3</sup>. En juin, il y a une baisse très sensible du nombre d'individus par échantillon. Les prélèvements comportent une grande quantité de Cténaïres. Ce sont des espèces carnivores, et leur présence pourrait expliquer la pauvreté générale du reste des échantillons.

■ - la période automnale :

Après la période estivale, une nouvelle phase du cycle quantitatif des espèces apparaît, mais la production ne semble pas permettre de palier le déficit dû à la mortalité.

### 1.3. - variations de la biomasse zooplanctonique (fig. 31 - 32)

Pour chaque échantillon de zooplancton prélevé, nous avons effectué des mesures de biomasse. Celle-ci est exprimée en poids sec par unité de surface ou de volume (cf. fig. 31).

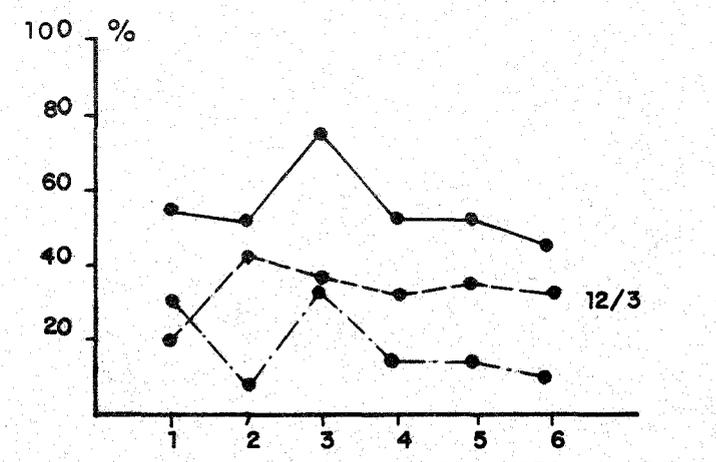
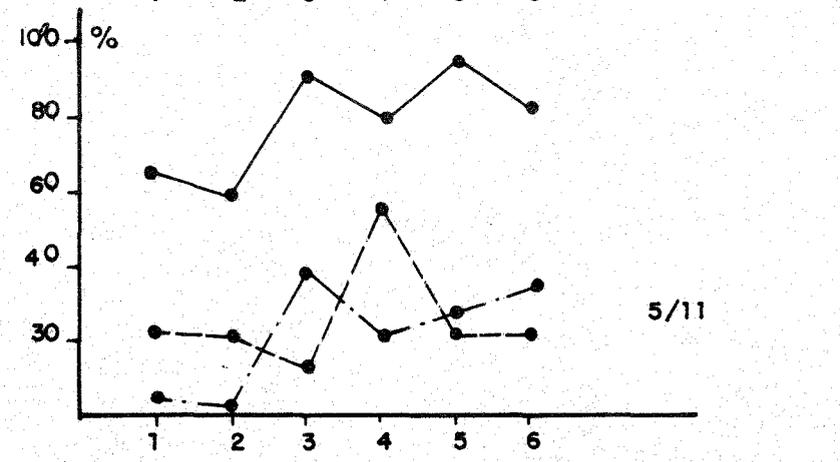
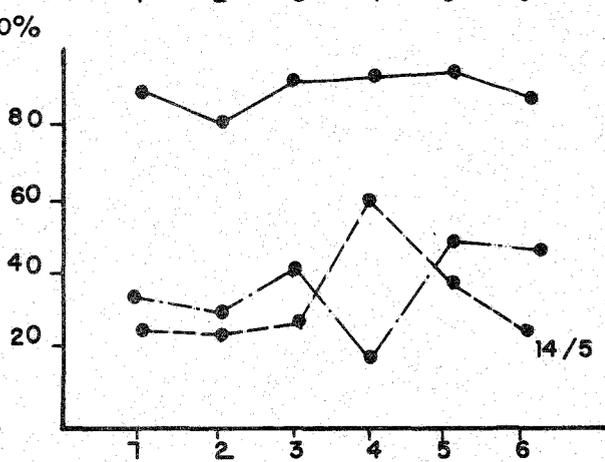
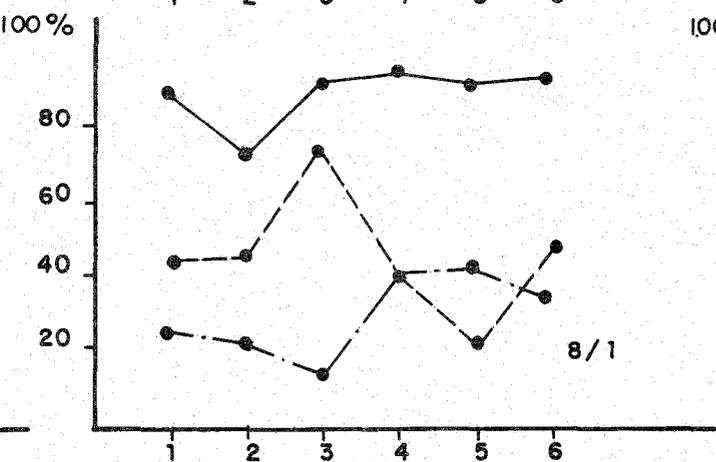
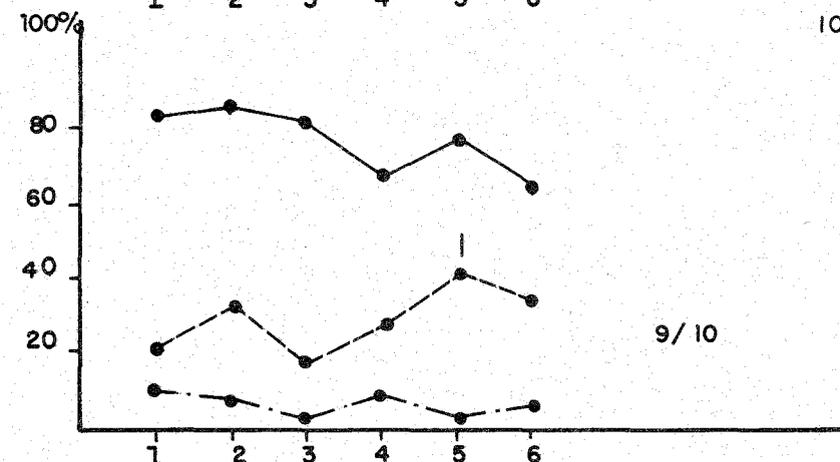
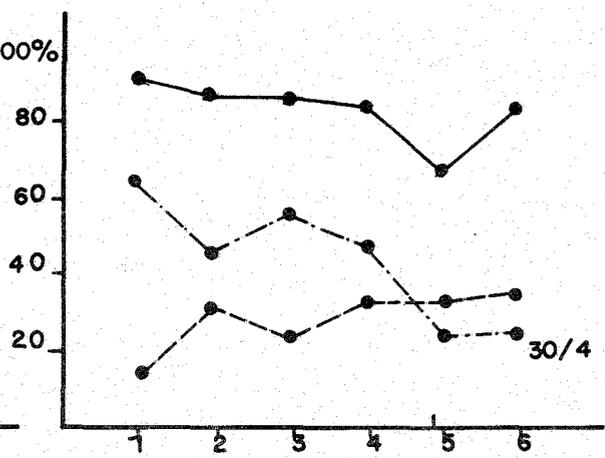
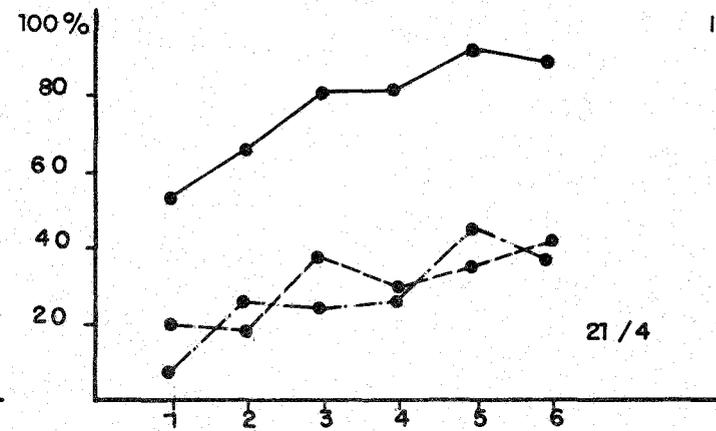
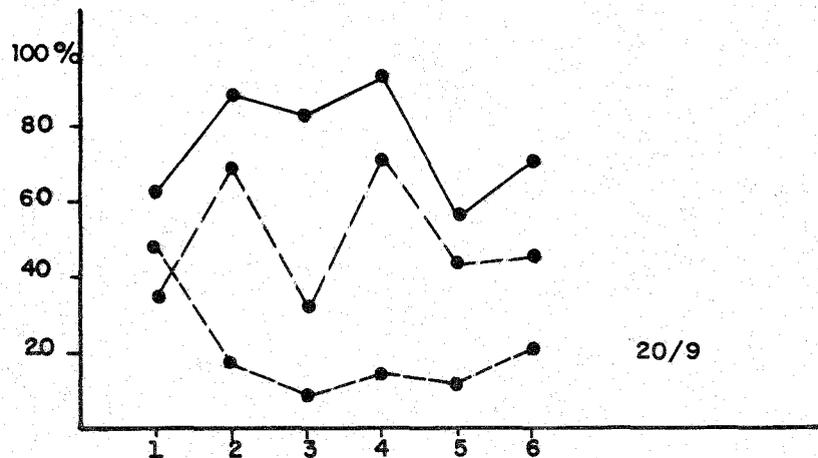
■ - les variations saisonnières (fig. 31)

Au cours de la période d'étude, on remarque une évolution saisonnière de la biomasse qui se traduit par la présence de deux maxima ; l'un en septembre, l'autre au mois de mai. Ce dernier est pondéralement plus important.

La comparaison des fluctuations de la biomasse et celles du nombre d'individus présents dans chaque prélèvement montre une assez bonne correspondance. Les valeurs obtenues à Antifer sont situées dans l'ordre de grandeur de celles habituellement trouvées dans des milieux semblables.

Au moment du maximum du mois de mai, on enregistre une valeur moyenne de 2,336 g/m<sup>2</sup> (5,316 g/m<sup>2</sup> maximum - 0,766 g/m<sup>2</sup> minimum).

Durant le minimum hivernal (janvier) les valeurs ne dépassent jamais 7 mg/m<sup>2</sup>.



● TOTAL COPEPODES  
 - - ● PARA ET PSEUDO CALANUS  
 - - ● ACARTIA CLAUSI

VARIATIONS DU POURCENTAGE DE DEUX ESPECES DE COPEPODES PAR RAPPORT AU TOTAL DES COPEPODES  
 cnexo cob unite littoral  
 Fig- 30

■ - nombre d'individus et biomasses

Il existe une concordance assez nette entre le nombre d'individus présents dans un échantillon et le poids de matière sèche pêchée dans l'ensemble du prélèvement.

Cependant, il peut apparaître certaines différences en particulier au cours de la période de croissance des organismes.

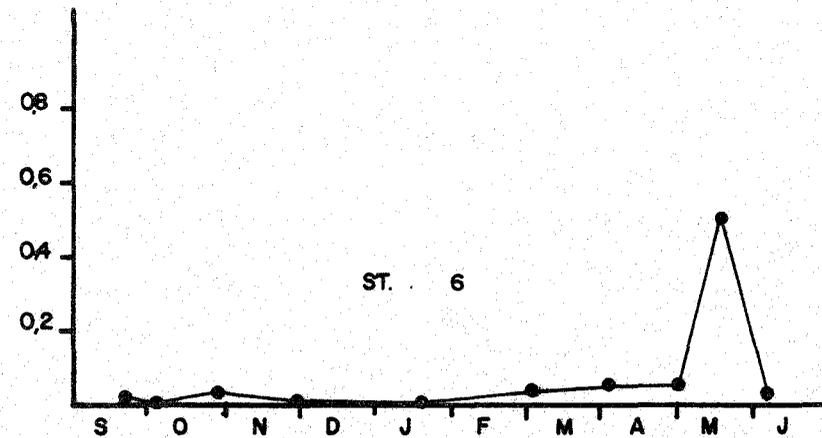
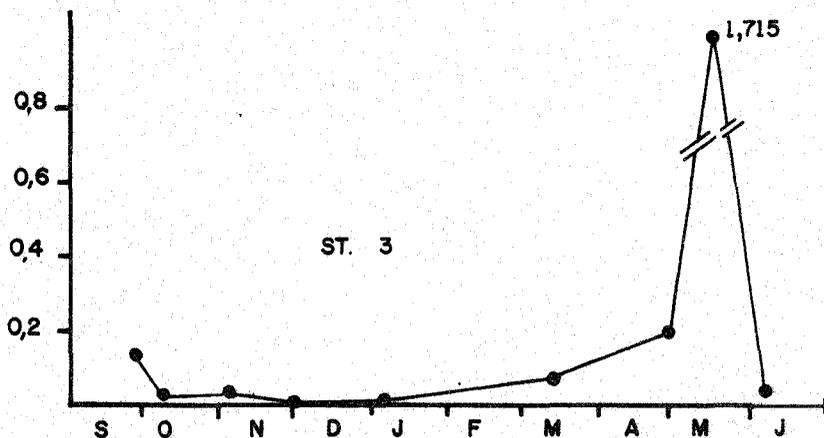
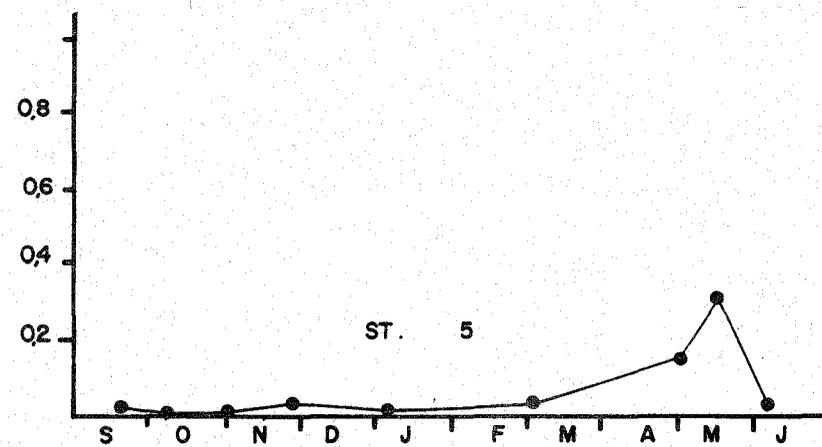
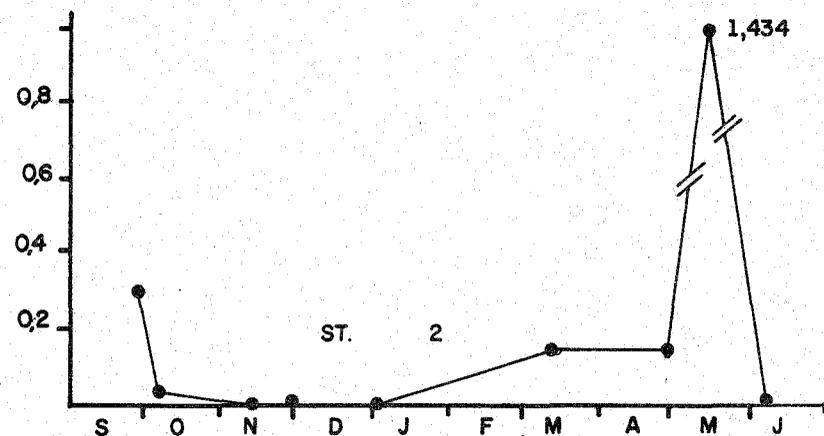
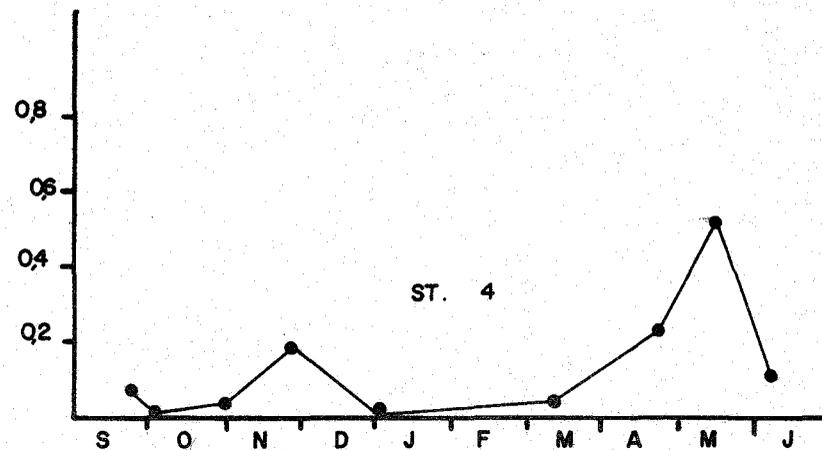
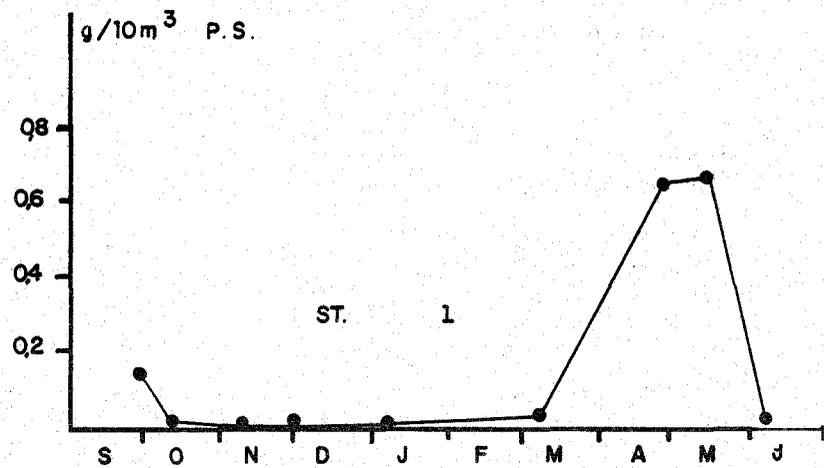
Ceci est illustré par les prélèvements obtenus le 30 avril à la station 1 et le 14 mai à la station 3. Pour ces deux échantillons, le nombre total d'organismes présents est sensiblement équivalent (respectivement 88 096 par m<sup>3</sup> et 87 041 par m<sup>3</sup>). En revanche, les résultats de la biomasse sont très différents, puisque nous obtenons pour ces deux stations respectivement 0,652 g/10 m<sup>3</sup> p.s. et 1,715 g/10 m<sup>3</sup>, soit près de 2,5 fois plus pour la dernière station.

■ - variations spatiales de la biomasse (fig. 32 - 33 a et b)

La figure 32 montre les variations de la biomasse en fonction des stations de prélèvements. La première remarque qui peut être faite est que d'une façon générale, les stations 5 et 6 semblent plus pauvres que les stations situées plus au nord. De cela, il ne faut pas obligatoirement en déduire une fertilité inférieure des stations 5 et 6 vis-à-vis des autres. En effet, les mesures de biomasse ne représentent la richesse d'une zone marine qu'à l'instant t. C'est en fait une sorte de cliché instantané. Seules des mesures de production tenant compte à la fois des taux de mortalité et de recrutement des espèces peuvent donner une image suffisamment fiable de la production de matière organique vivante par unité de surface et de temps.

Il est cependant nécessaire en dépit de ce manque d'information concernant la production secondaire zooplanctonique, de rechercher quelles semblent être les causes des différences constatées.

a) - le classement des stations en fonction du nombre moyen décroissant d'individus pour 10 m<sup>3</sup> d'eau et pour toute la durée de l'étude



VARIATIONS DE LA BIOMASSE ZOOPLANCTONIQUE (POIDS SEC)   
 cnexo cob unite littoral   
 Fig. 31

AU COURS DE LA PERIODE D'ETUDE

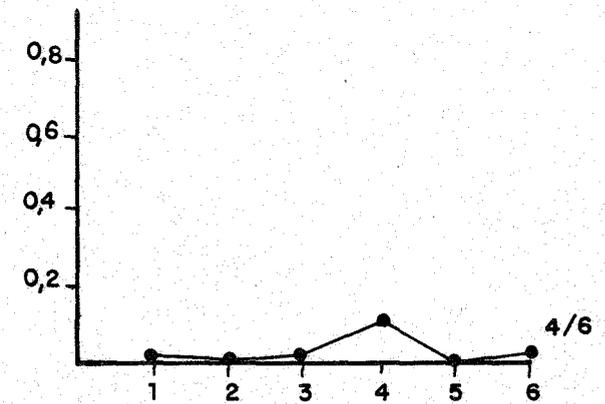
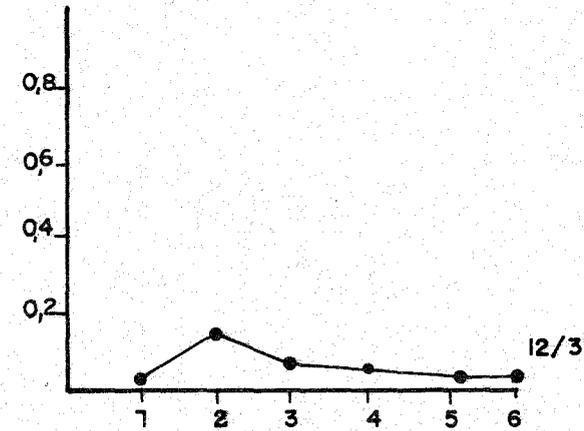
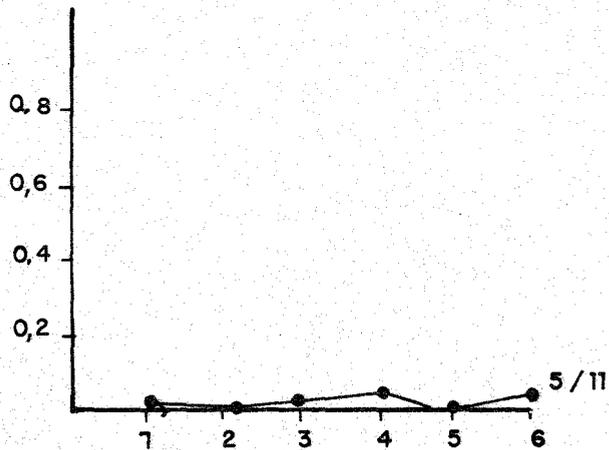
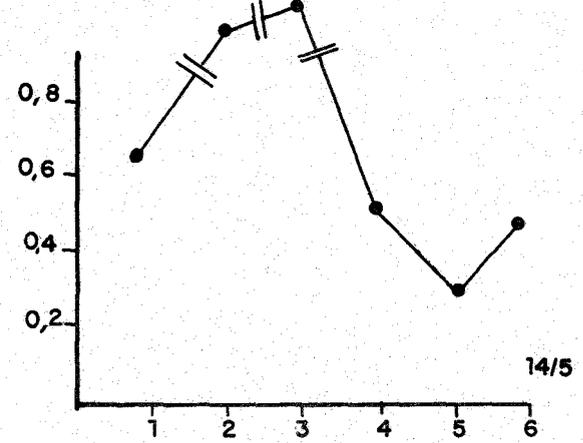
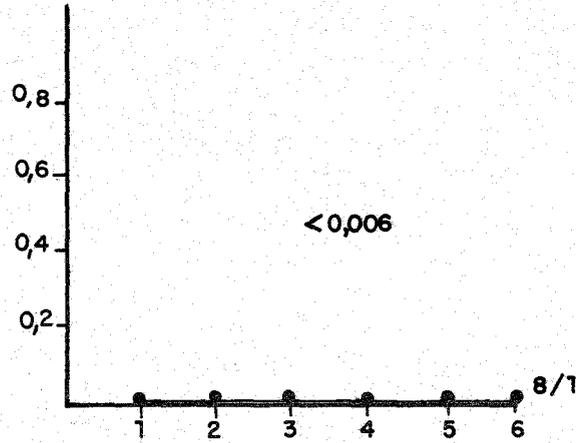
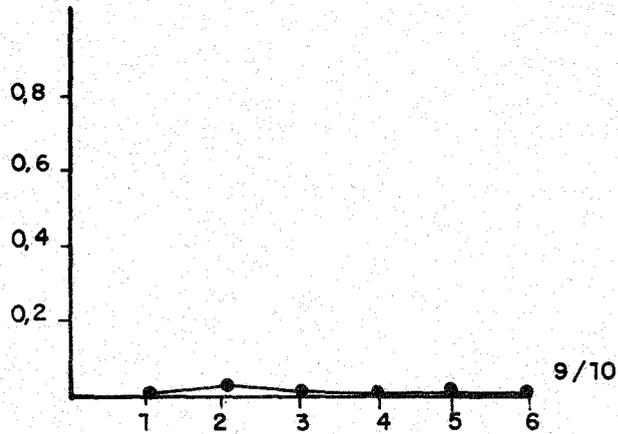
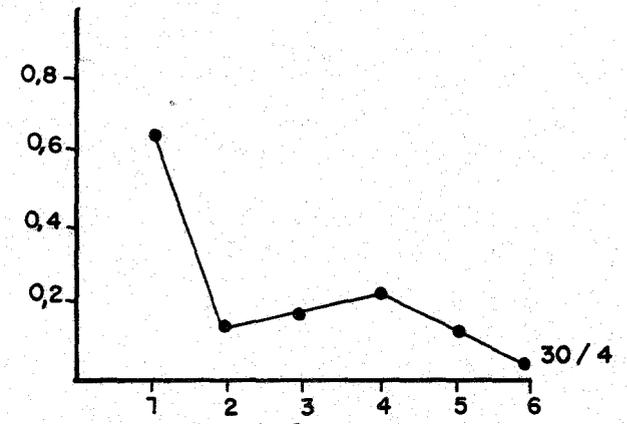
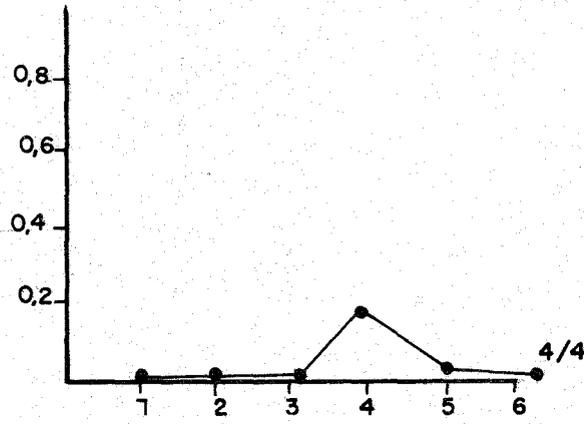
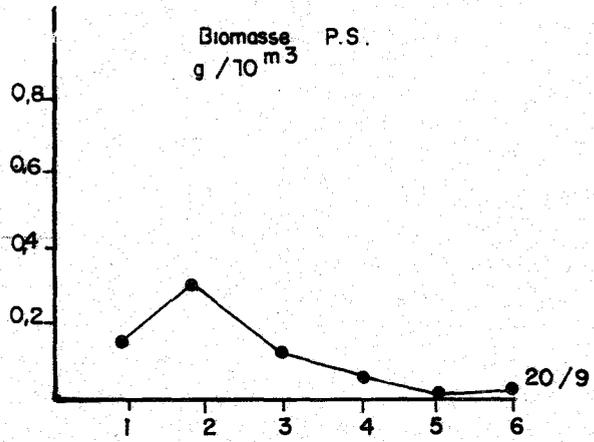
donne les résultats suivants :

Station	Moyenne du nombre d'individus par 10 m <sup>3</sup>	Rang
1	21 026	1
2	15 023	4
3	19 256	2
4	15 166	3
5	14 118	5
6	12 013	6

b) - le classement des stations en fonction de la biomasse moyenne décroissante pour la durée de l'étude donne :

Station	Biomasse moyenne g/m <sup>2</sup> poids sec	Rang
1	0,501	3
2	0,574	2
3	0,711	1
4	0,404	4
5	0,173	5
6	0,172	6

Les résultats en biomasse et en nombre d'individus par 10 m<sup>3</sup> sont assez cohérents dans l'ensemble sauf pour la station 2 dont le rang "biomasse" est semble-t-il surestimé. Un examen plus détaillé des échantillons a permis de constater la présence de grains de sable dans certains échantillons. Cela a certainement contribué à modifier le poids de l'échantillon lors des mesures de biomasse, et à faire augmenter la valeur moyenne obtenue à la station 2. Toutefois, cela modifie fort peu les résultats globaux qui montrent une augmentation sensible de la biomasse zooplancto-



VARIATIONS DE LA BIOMASSE (POIDS) SEC) POUR DIFFERENTES EPOQUES DE L'ANNEE ET AUX SIX STATIONS (ZOOpk.)  
cnexo cob unite littoral  
Fig-32

nique au voisinage de la zone où est construit le terminal.

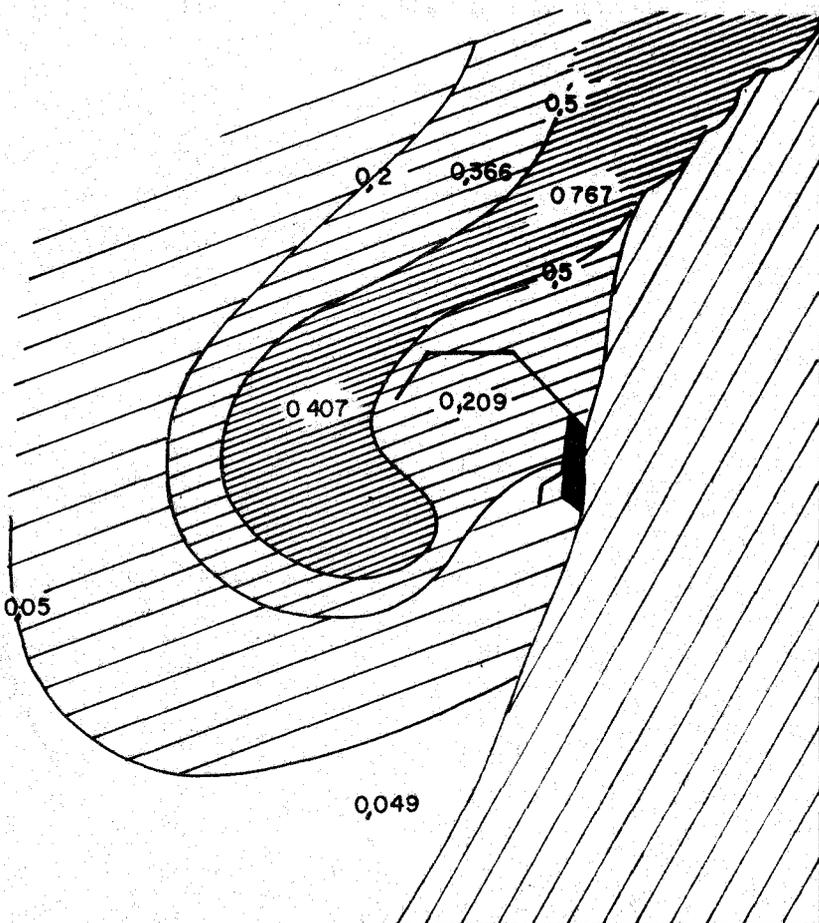
Les causes de cette augmentation semblent provenir de deux phénomènes principaux :

- la qualité des eaux des stations situées au niveau d'Antifer est moins influencée dans l'ensemble, que celle des stations 5 et 6 qui sont directement sous l'influence des eaux de la Seine.
- la modification des courants au voisinage de la digue contribue elle aussi à modifier la répartition spatiale des biomasses. En effet, la présence de deux vortex, l'un situé au nord de la digue, l'autre dans le port lui-même peut conduire à l'accumulation temporaire du plancton dans ces zones tourbillonnaires. Ce phénomène a déjà été décrit à propos de la répartition spatiale de l'espèce *Acartia clausi* dans des conditions analogues, dans la baie de Newport, en Californie (E.M. TRINAST - 1975).

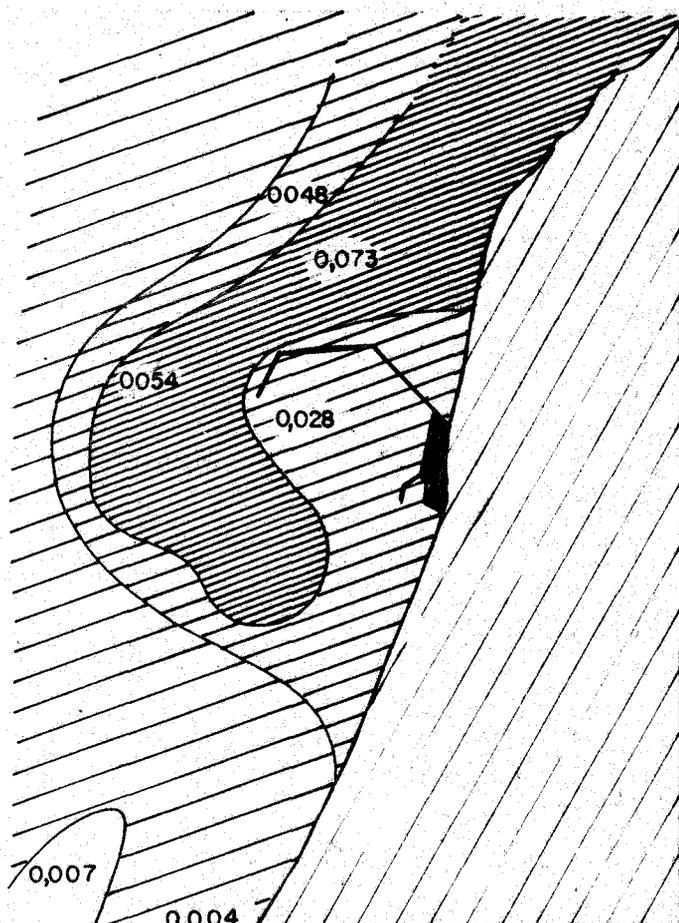
Ce phénomène permet d'expliquer en partie les valeurs de biomasse élevée, obtenues à la station 3. En effet, cette station est en fait une sorte de "passage obligé" pour les masses d'eau qui proviennent de la station 2 et de la station 4. Or, précisément au cours du déroulement du cycle de marée, les organismes zooplanctoniques qui peuvent s'accumuler dans les vortex vont à un moment ou à un autre, lors de la "vidange" des deux vortex, passer par la station 3. Ils seront donc pêchés en nombre et poids supérieurs à ce que l'on peut trouver aux autres stations.

#### 1.4.- variations de l'indice de diversité des Copépodes (fig. 34 - 35)

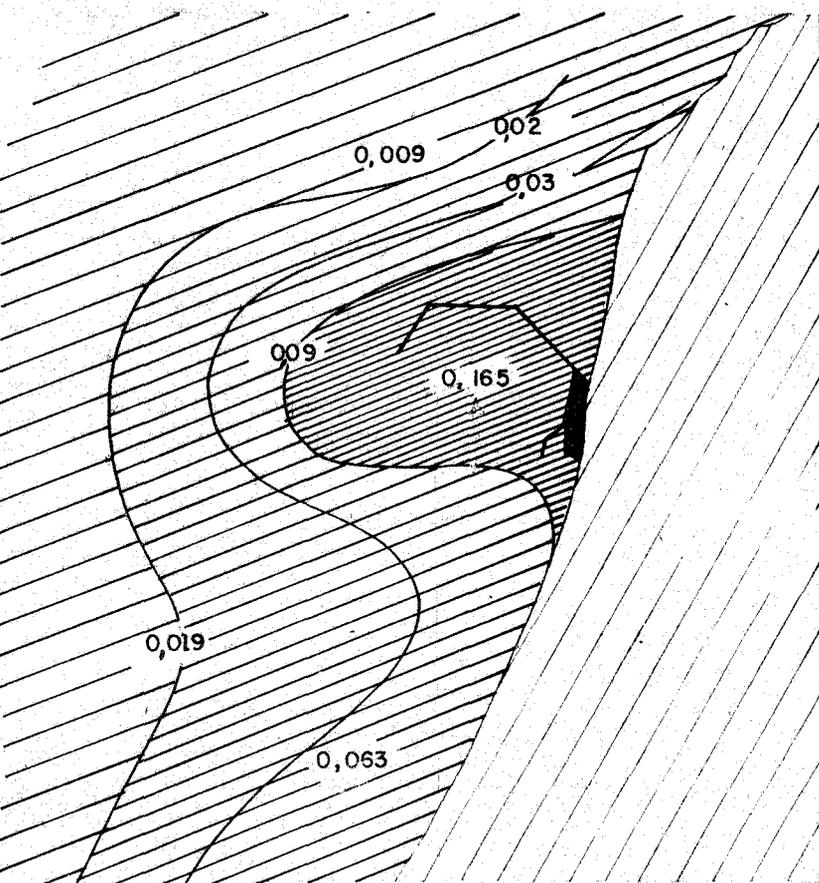
Les fluctuations de l'indice de diversité des Copépodes sont dans l'ensemble assez faibles. Cela est dû à la dominance de deux espèces principales (*Acartia clausi* et *Para-Pseudocalanus*) ainsi qu'au nombre relativement réduit des autres espèces de Copépodes.



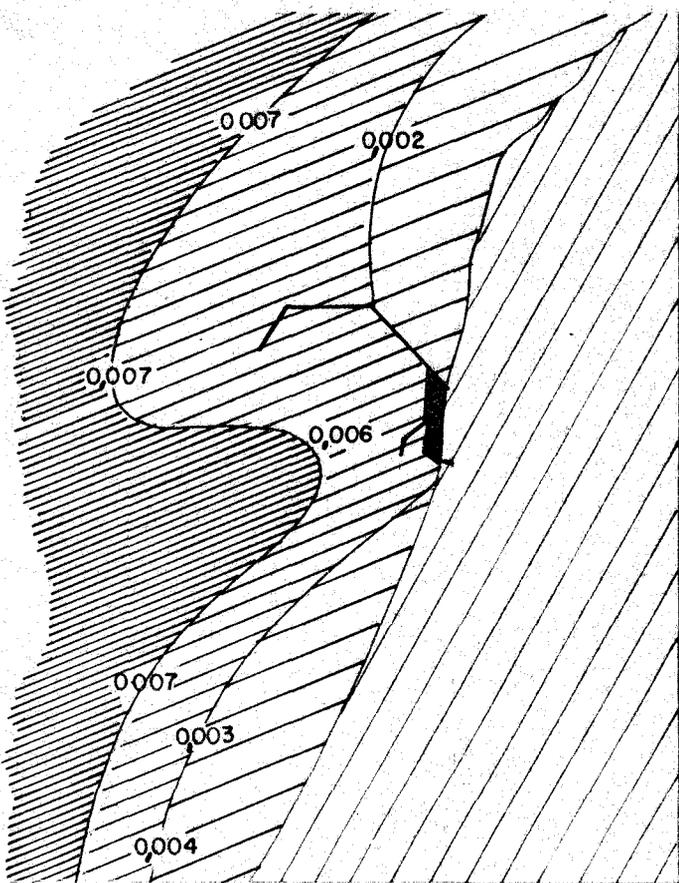
20 / 9



9 / 10

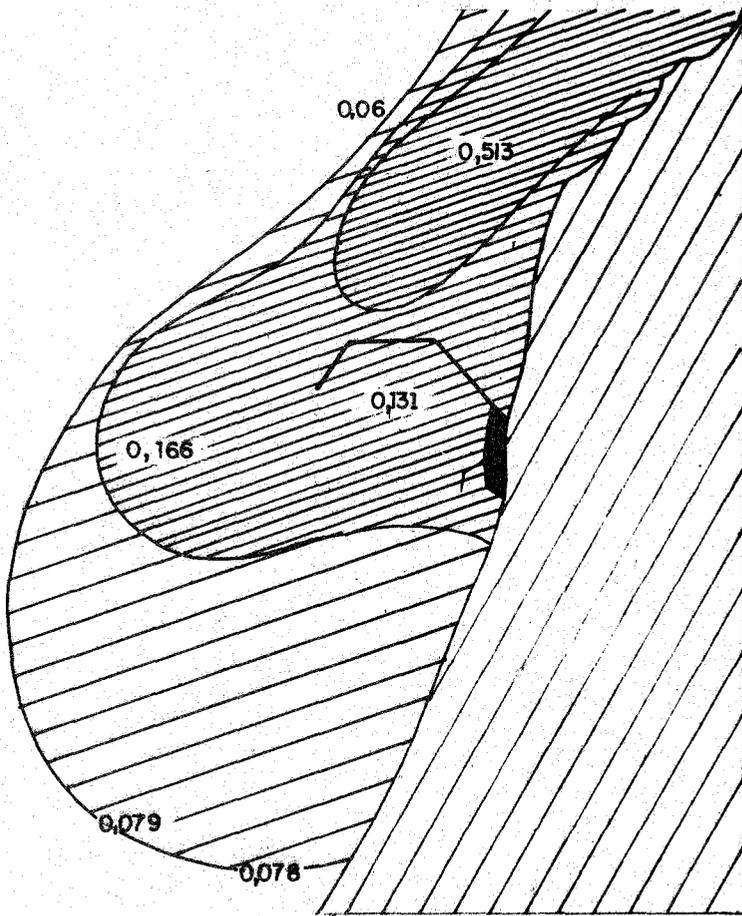


5 / 11

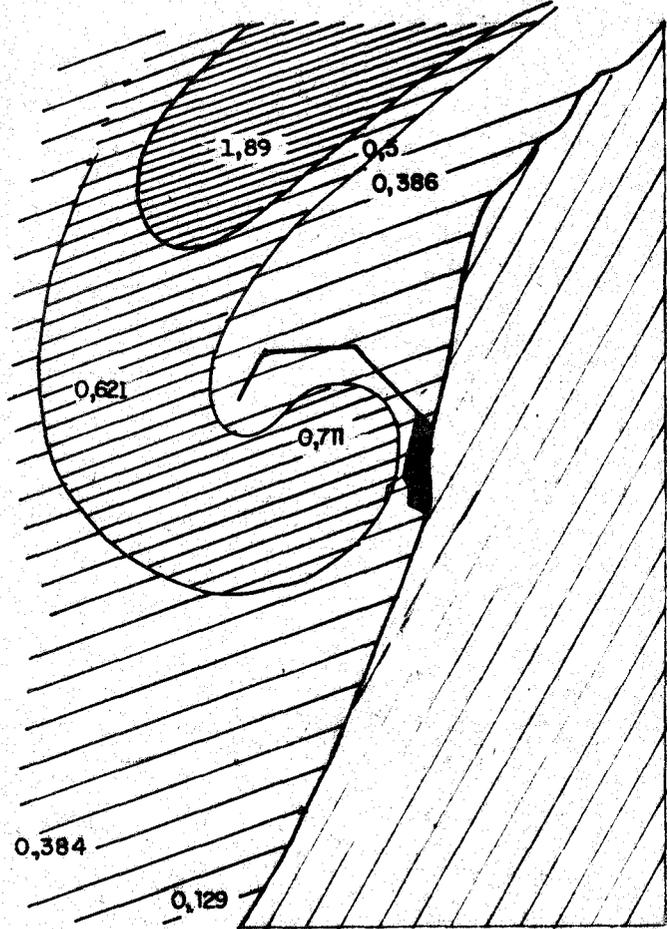


8 / 01

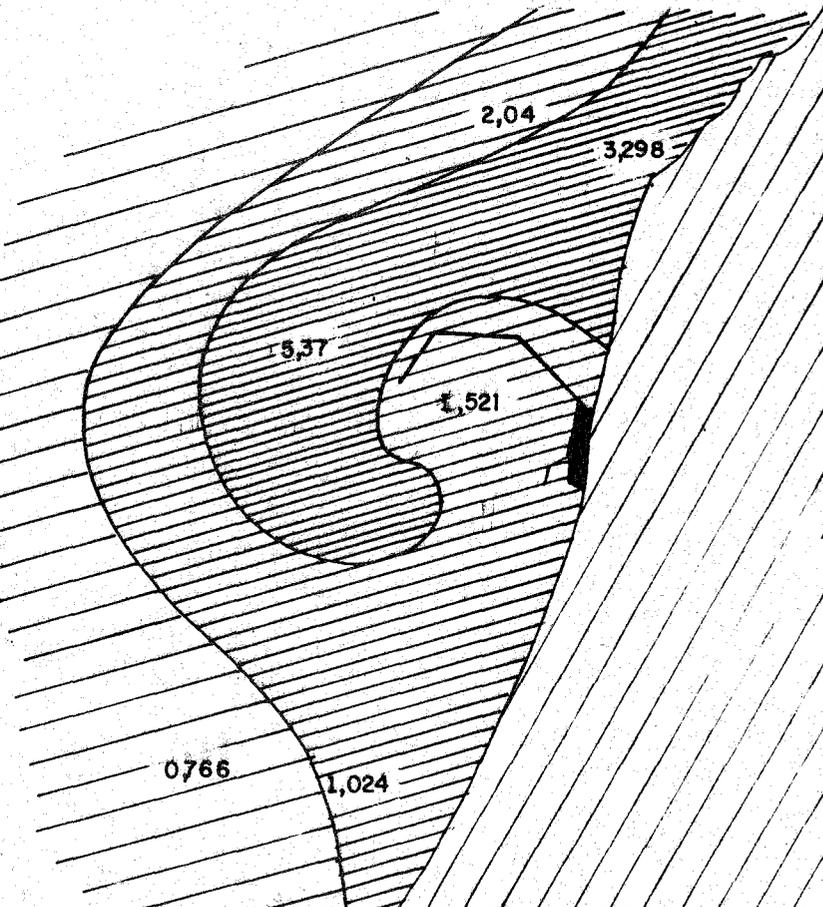
VARIATIONS SPATIALES DE LA BIOMASSE ZOOPLANCTONIQUE DURANT LA PERIODE D'ETUDE ( $g/m^2$  p-s)  
cnexe cob unite littoral  
Fig-33 a



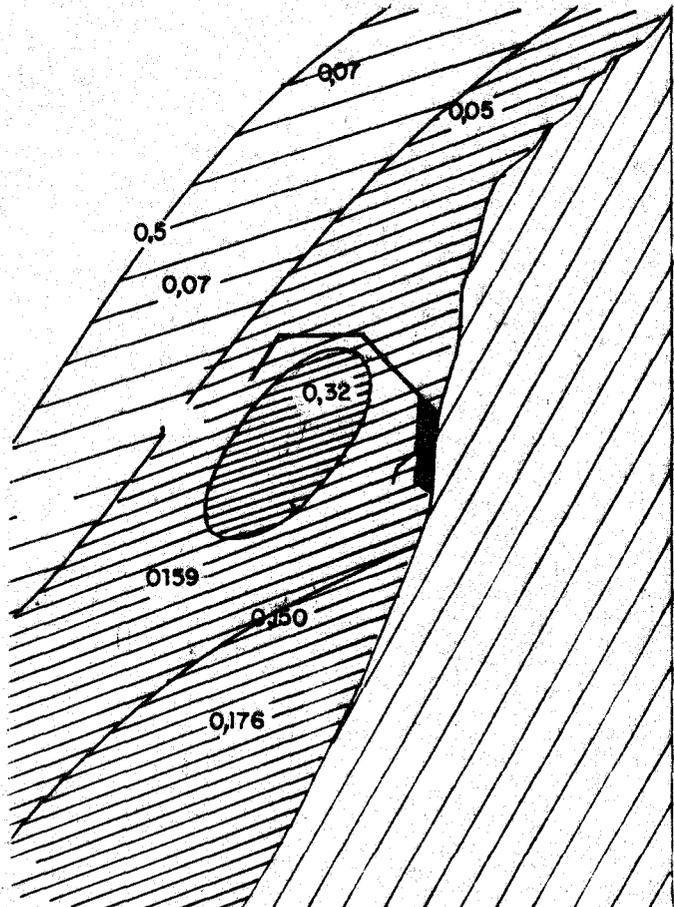
2 / 3



30 / 4



14 / 5



4 / 6

Fig- 33b  
cnexo cob unite littoral

L'examen des différentes courbes (fig. 34 et fig. 35 ) montre cependant une variation saisonnière assez nette de l'indice de diversité.

On observe un maximum de diversité aux alentours des mois d'octobre et novembre. Les valeurs de l'indice baissent ensuite entre les mois de décembre et mars, pour reaugmenter ensuite en avril ou en mai. Les valeurs de H' varient toujours entre 1 et 2, et il n'apparaît pas de différence significative de cet indice entre les six stations. Les valeurs moyennes au cours de la période d'étude sont cependant légèrement supérieures pour la station 3 :

Stations	1	2	3	4	5	6
Moyenne de H'						
bits/individu	1,68	1,65	1,73	1,52	1,57	1,66

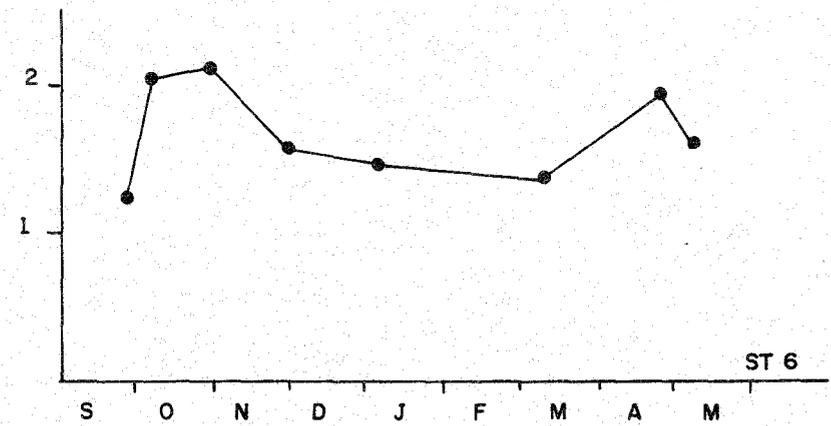
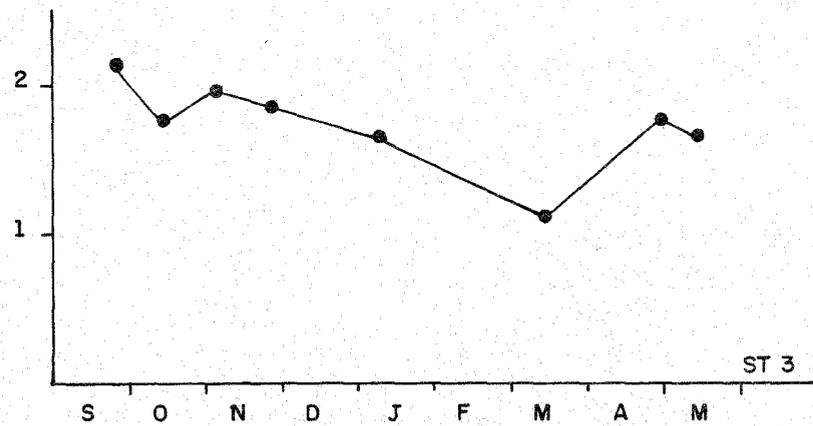
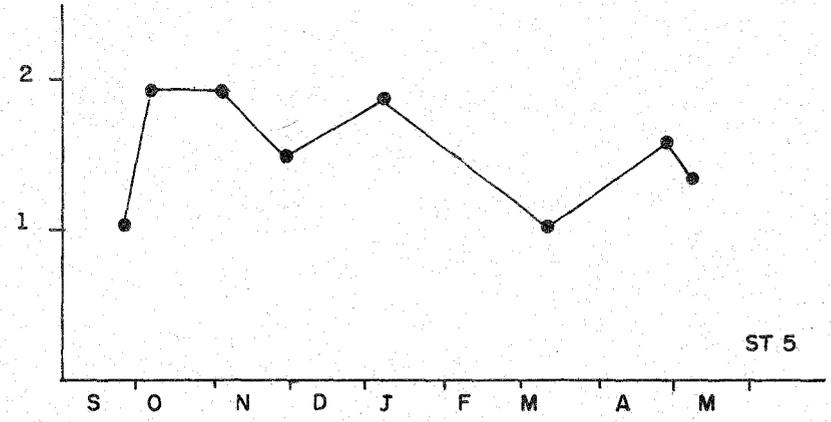
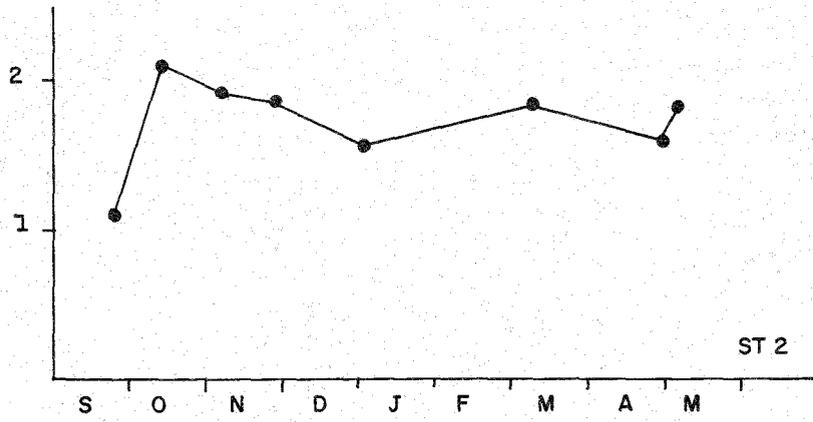
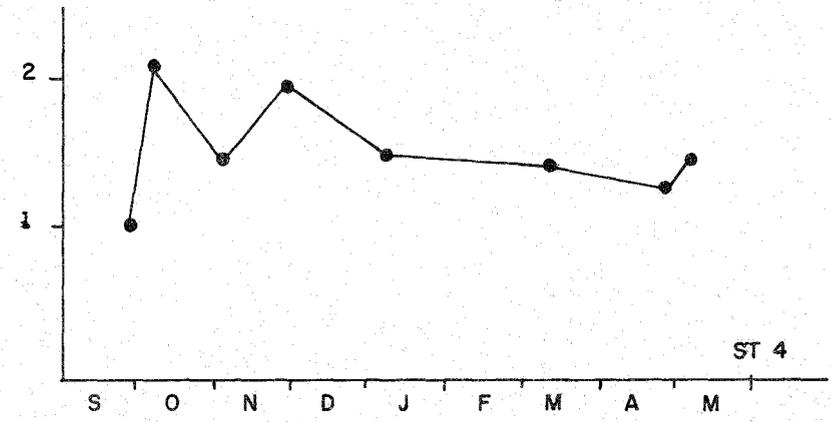
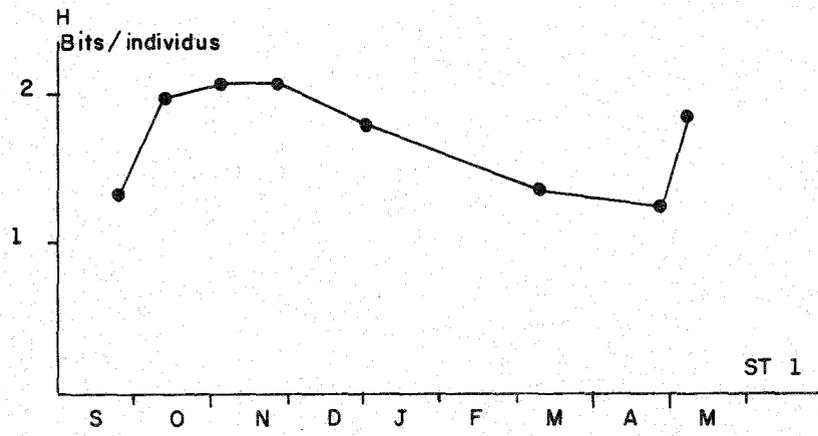
## 2 - Variations de la composition élémentaire en carbone et en azote

### Taux de protéines solubles

Une série d'analyses de pourcentage d'azote et de carbone dans les échantillons de zooplancton a été effectuée, de façon à déceler d'éventuelles variations anormales de ces deux constituants biochimiques des organismes.

### Résultats

L'analyse des résultats obtenus met en évidence une variation significative de la teneur en carbone et en azote au cours de l'année (fig. 36 ). Des teneurs varient sensiblement en sens inverse du poids sec exprimant la biomasse du zooplancton. Ceci montre que le poids sec des organismes varie plus rapidement que leur poids de carbone. Il est probable qu'au cours d'une période telle que le mois de mai où la biomasse est maximale et où le pourcentage de carbone est faible, le métabolisme des animaux est moins actif qu'au cours du mois d'avril où les organismes ont un métabolisme plus élevé et où les temps de régénération sont plus courts (BOUCHER et al - 1976).



VARIATIONS SAISONNIERES DE L'INDICE DE DIVERSITE SPECIFIQUE DES COPEPODES  
 cnexo cob unite littoral  
 Fig-34

Entre les différentes stations, la relation demeure la même. Les valeurs du rapport C/N dont la moyenne est peu différente de 4,3, et qui normalement traduisent l'influence possible des conditions ecophysiologiques différentes, ne permettent pas dans le cas des mesures faites à ANTIFER de déceler des variations significatives entre les différentes stations.

#### 2.1. - les protéines solubles

Pour le calcul du taux de protéines, nous avons utilisé la relation classique qui lie le pourcentage d'azote au pourcentage de protéines :

$$\text{Pourcentage de Protéines} = 6,25 \% \text{ AZOTE}$$

Le pourcentage de protéines solubles par rapport au poids sec présente une variation identique à celle de l'azote. La valeur minimale est obtenue en novembre avec 26,81 % et la valeur la plus forte en avril avec 54,62 %. La moyenne pour la totalité de la période d'étude est égale à 45,85 %.

Ces chiffres ne sont pas très différents de ceux obtenus par d'autres auteurs. ORR (1934) trouve pour l'espèce *Calanus* des valeurs de protéines comprises entre 30 et 77 %, NAKAI (1955) travaillant sur plusieurs espèces zooplanctoniques trouve des valeurs de protéines comprises entre 35 et 82 %, COWEY et CORNER (1963) obtiennent des valeurs de protéines peu différentes, de 50 % pour l'espèce *Calanus finmarchicus*.

#### En résumé

L'étude des variations des constituants biochimiques du zooplancton d'Antifer montre qu'il existe une variation saisonnière des teneurs en carbone - azote et protéines. Les résultats obtenus ne permettent pas de conclure à une différence significative du rapport C/N entre les six stations d'étude. Toutefois, il existe une relation inverse assez nette entre les constituants biochimiques et la biomasse exprimée en poids sec. Les valeurs moyennes des différentes analyses confirment une pauvreté relative des stations 5 et 6 par rapport aux stations 1 - 2 - 3 - 4 situées à proximité du terminal (cf. p 101 ).

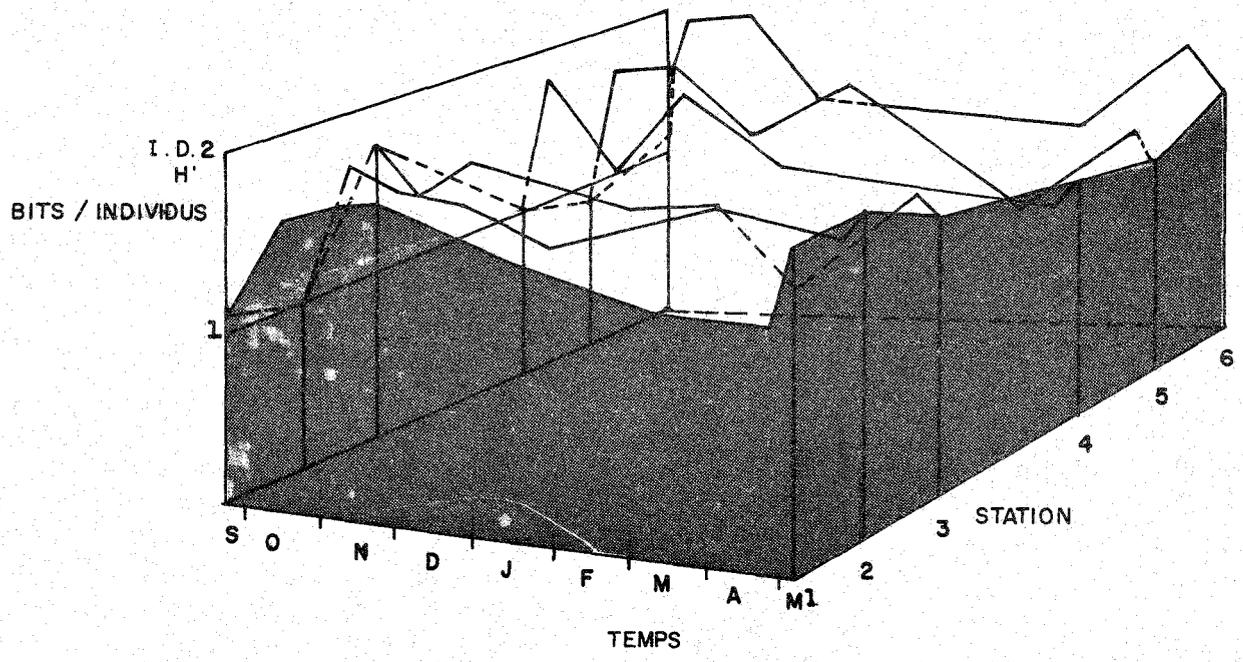


Fig- 35  
 VARIATIONS SPATIO-TEMPORELLES DE L'INDICE DE DIVERSITE (ZOOPLANCTON)  
 cnexo cob unite littoral

### 3 - Discussion

Tandis que les *Acartia* forment à elles seules la majorité des Copépodes planctoniques, les trois autres espèces dominante, *Pseudo* et *Paracalanus*, *Temora longicornis*, et *Centropages hamatus* ont des effectifs plus faibles à peu près du même ordre de grandeur. La présence de ces espèces est constante tout au long de l'année, et les fluctuations numériques rencontrées sont probablement en rapport avec l'étalement du cycle de chaque espèce.

Les formes secondaires d'origine septentrionale ou occidentale rassemblent un certain nombre d'espèces dont le coefficient de fréquence est faible. Il s'agit surtout de Copépodes (*Calanus helgolandicus*, *Anomalocera patersoni*, *Centropages typicus*). D'autres espèces apparaissent aussi épisodiquement. Elles peuvent être d'origine méridionale comme le Copépode *Labidocera wollastoni*.

Les formes secondaires telles que les Cténophores, les méduses acalèphes ou les appendiculaires (*Oikopleura*) particulièrement abondantes au mois de juin caractérisent sur le littoral haut-normand le plancton estival. *Sagitta setosa* caractérise le plancton de type automno-hivernal. Tous ces organismes ne sont que des constituants accessoires et temporaires de zooplancton, par rapport aux Copépodes.

Le plancton larvaire (méroplancton) est pratiquement toujours présent dans les échantillons. La diversité de la faune benthique permet de récolter des larves planctoniques en toute saison. Cependant, le pourcentage de méroplancton par rapport à celui de l'holoplancton est toujours assez faible (le plus souvent inférieur à 20 %).

Il n'a pas été constaté au cours de la période d'étude, d'effets néfastes flagrants sur les populations planctoniques. Au contraire, les résultats obtenus semblent montrer des valeurs de la biomasse zooplanctonique supérieures à ce qu'elles sont dans la zone de Cauville. Ce phénomène peut être expliqué en partie, par les modifications engendrées sur le régime de la circulation des masses d'eaux par la présence de la digue. En effet, la présence de deux vortex situés au nord et au sud de la digue pourrait provoquer temporairement et localement une accumulation d'orga-

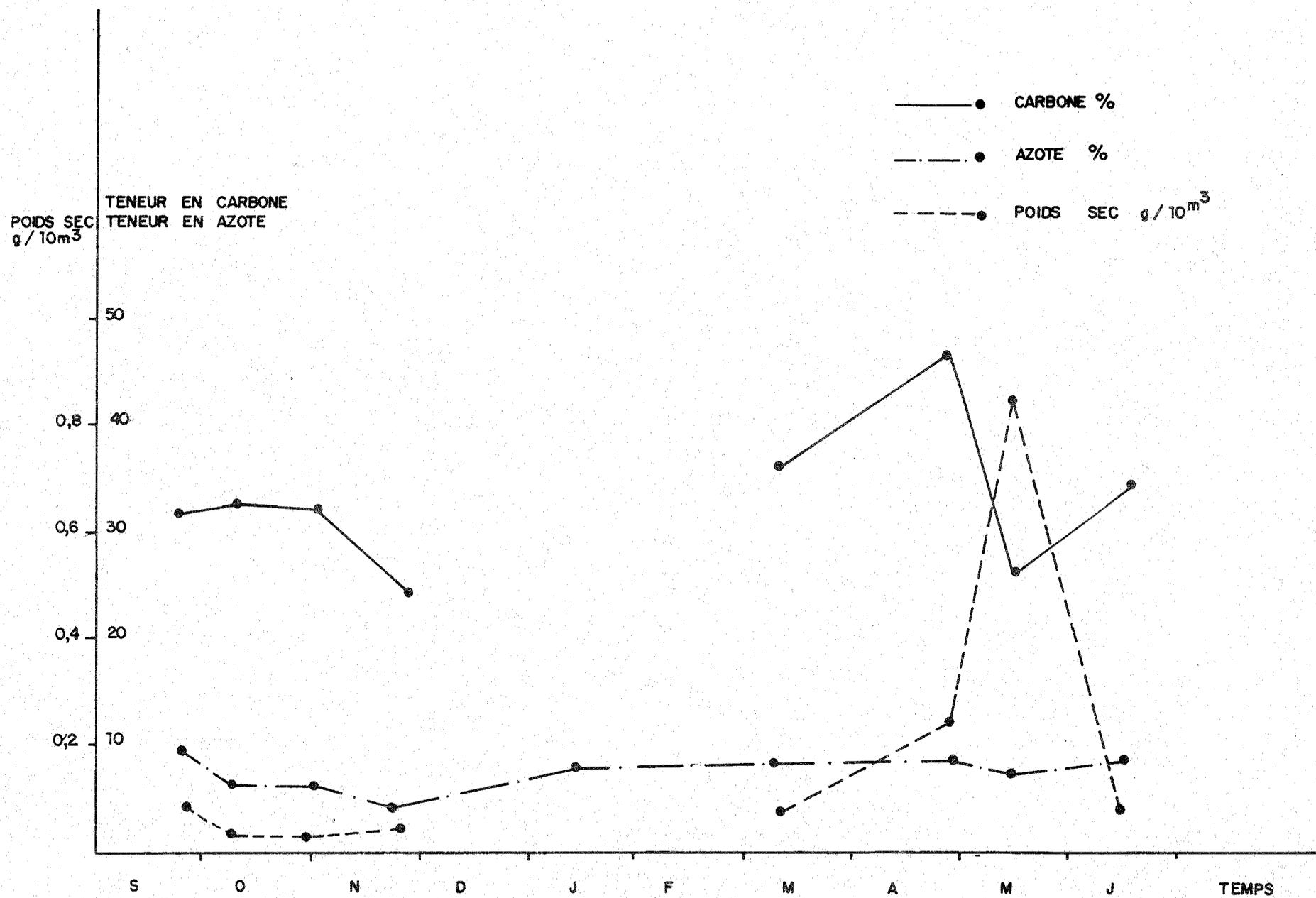


Fig - 36

VARIATIONS DE LA TENEUR MOYENNE EN CARBONE -AZOTE ET DES VALEURS MOYENNES DE POIDS SEC ( ZOOPLANCTON )  
cnexo - cob - unite - littoral

nismes zooplanctoniques. De ce phénomène pourrait résulter un accroissement local de la richesse des eaux en matière organique et, partant, induire la présence de prédateurs tels que les poissons.

Mais cet état de chose peut aussi avoir des répercussions défavorables en cas de pollution accidentelle. Dans ce cas, un nombre important d'organismes marins risque d'être atteint par les effets du polluant.

Afin de mieux définir les risques réels encourrus par le zooplancton, il serait nécessaire d'entreprendre des mesures rigoureuses permettant de définir à chaque instant de la marée, et en fonction des conditions océanographiques locales, les variations quantitatives du zooplancton aux stations 3 - 4 et 2.

## C - L E S P E U P L E M E N T S B E N T H I Q U E S

=====

### I - INTRODUCTION

#### 1 - Définition

On désigne par peuplements benthiques l'ensemble des organismes marins (flore et faune) qui vivent en liaison intime avec le fond, soit qu'ils y soient fixés, soit qu'ils le fouissent, soit qu'ils rampent, ou marchent à sa surface, soit même qu'ils nagent dans son voisinage immédiat (PERES - 1961). Les espèces benthiques constituent ce que l'on appelle le benthos.

L'ensemble des végétaux qui font partie du benthos compose le phytobenthos. Il peut s'agir d'organismes macroscopiques (algues) ou d'individus microscopiques (diatomées) vivant attachés aux grains de sable. On parle alors respectivement de macrophytobenthos et de microphytobenthos.

#### 2 - Objectifs de l'étude

Au cours de cette étude sur les peuplements benthiques, deux aspects principaux ont été envisagés :

- identification et localisation des principaux peuplements d'invertébrés benthiques du secteur d'ANTIFER ;
- examen de la densité des populations et de la biomasse de certaines espèces en égard à leurs réactions vis-à-vis des opérations de construction du terminal.

Les incidences des dragages et dépôts de dragage sur les populations microphytobenthiques ont fait l'objet d'une attention particulière. Ce cas est intéressant à étudier, car c'est à notre connaissance la première application de ce domaine de recherche récent à une étude de recherche appliquée.

### 3 - Intérêt de l'étude

L'intérêt de l'étude des peuplements benthiques réside dans le fait que les organismes benthiques sont considérés depuis longtemps comme étant une partie extrêmement importante de l'écosystème marin. L'examen du biotope benthique comme indicateur d'un changement dans les paramètres de l'environnement dû à des activités industrielles est couramment effectué dans le monde entier (REISH - 1955-59 ; HYNES - 1963 ; BEYER - 1968 ; MAURER et AL - 1974 ; MAY - 1973 ; MONBET - 1974 ; PEARSON - 1970 ; etc...). PETERSEN (1918) puis d'autres auteurs ont démontré que la distribution spatiale des invertébrés benthiques est influencée par les différences pouvant exister dans la composition granulométrique des sédiments. Ces relations ont été discutées et confirmées plus tard par de nombreux auteurs (GLEMAREC - 1969 ; LIE - 1968 ; MASSE - 1972 ; MONBET - 1972 ; PERES - 1961 ; PICARD - 1964 ; etc...) qui ont établi que la nature du substrat était l'un des facteurs les plus importants dont dépendait l'installation d'une communauté benthique. L'analyse sédimentologique est donc un facteur de première importance, préluant à toute étude de biologie benthique.

Il est aussi très important de rappeler que de nombreux invertébrés benthiques (crustacés, mollusques) servent de proie aux poissons démersaux.

Enfin, les communautés benthiques, du fait de leurs liens intimes avec le substrat sont les premières à ressentir directement l'effet des opérations de dragage et de rejet de matériaux en mer.

### 4 - Méthodes (cf. page 20 )

## II - RESULTATS

### 1 - Sédimentologie

Une fraction du sédiment prélevé lors des travaux en mer a servi à l'établissement d'une carte précisant la répartition des sédiments du secteur étudié. L'exploitation des indices granulométriques a été faite sur l'ordinateur IBM 360-44 de la faculté des Sciences de Bordeaux.

### 1.1. - caractéristiques sédimentologiques de la région

La sédimentologie de ce secteur a déjà fait l'objet d'une étude du L. C. H. F. pour le Port Autonome du Havre, avant le début de la construction du terminal. Nos échantillons ont servi de complément à cette étude préliminaire.

### 1.2. - répartition générale des dépôts meubles (d'après L. C. H. F. 1973)

Le Cap d'Antifer constitue une sorte de frontière entre la Manche Orientale et la Baie de Seine. Au large d'ETRETAT, les fonds sont de type caillouteux. A l'ouest de la côte Cauchoise, les sédiments sont à dominance sableuse.

Les sables graveleux occupent des superficies importantes dans le nord de la baie de Seine. Plus près du Havre, ils cèdent la place aux sables fins coquilliers ou siliceux, puis aux sablons. Les dépôts de vase occupent une place relativement réduite, et se localisent principalement au niveau de l'embouchure de la Seine, dans les abris créés par les digues du Havre et le long de la frange côtière par - 15, - 20 m sous la forme d'une "mud-line" parallèle à la côte.

### 1.3. - les dépôts sédimentaires dans la région d'ANTIFER

Dans la zone côtière comprise entre St JOUIN BRUNEVAl et ETRETAT, les fonds marins se caractérisent par la présence de sédiments dont la granulométrie est diversifiée et souvent hétérogène.

D'une façon générale, on constate un affinement des grains lorsque l'on se déplace du nord au sud. De même, il semble exister un gradient d'affinement granulométrique du large vers la côte. Ce gradient est cependant perturbé par la présence sur les fonds de - 18 m d'une "langué" de vase sableuse parallèle au rivage et d'une largeur d'environ 1 à 2 km au niveau du terminal pétrolier.

### 1.4. - les différents types lithologiques

D'après les valeurs de la taille moyenne des grains, on peut distinguer dans la région d'ANTIFER cinq unités sédimentaires.:

- les cailloutis et galets situés au nord, dans la zone de rejet ;
- les sables graveleux formés par une forte proportion de graviers et de cailloux ;
- les sables grossiers ;
- les sables moyens ;
- les sables fins et les sables envasés.

#### 1.5. - les cailloutis et galets

Ils couvrent la totalité de la zone située au large d'Etretat et au nord du parallèle 49°42' nord, à l'exception d'une zone figurée par les prélèvements B21 et B22 qui semble correspondre à la zone de dépôts de dragages. Dans la zone caillouteuse, de nombreuses prises d'échantillons se sont révélées inutiles car la benne employée ne ramenait à chaque remontée qu'un ou deux cailloux. Cela a posé de nombreux problèmes, et une perte de temps considérable, car les mâchoires de la benne maintenues ouvertes par les cailloux laissaient échapper le sédiment meuble et les organismes qui pouvaient l'accompagner.

#### 1.6. - les sables graveleux (moyenne comprise entre 500 et 900 $\mu$ )

Les sables grossiers sont situés au sud-ouest de la zone étudiée (station 16 et 28). Ce sont des sables multimodaux modérément classés. Leur moyenne est supérieure à 500 microns.

#### 1.7. - les sables moyens

Ils font la transition entre les sables grossiers et graveleux et les sables fins et fins envasés.

Ce sont des sables modérément classés dont la moyenne est inférieure à 500 microns. Ils sont situés par le travers de Saint Jouin Bruneval par des fonds compris entre 22 et 24 m.

### 1.8. - les sables fins et les sables envasés

Ils sont plaqués contre la côte entre Saint Jouin et le Cap d'Antifer. Ils occupent toujours les fonds inférieurs à 22 - 23 m. Leur moyenne est inférieure à 200 microns, et d'une façon générale peu différente de 160 microns. Sur les fonds de 20 à 22 m, existe une bande de sables envasés dont la teneur en pelites est variable mais généralement légèrement supérieure à 10 %. La moyenne se situe aux environs de 90 microns.

## 2. La biomasse microphytobenthique

La biomasse pigmentaire a été étudiée sous l'angle de la variation dans l'espace des pigments chlorophylliens contenus dans le sédiment aux différents points de prélèvement.

Au cours des opérations de prélèvement, nous avons tenté de répartir le plus uniformément possible les différentes prises d'échantillons. Cependant, quelques problèmes se sont posés, dont les deux principaux sont les suivants :

- ne disposant pas de cartographie sédimentaire très précise, il était difficile de répartir également l'échantillonnage sur chaque type de substrat.
- la présence de galets et de cailloux a considérablement gêné les opérations de prélèvement. En effet, le tube du carottier étant assez étroit, la présence d'un seul caillou pouvait empêcher le bon fonctionnement du dispositif de fermeture.

Sur 40 prises d'échantillons, 14 seulement se sont révélées suffisamment homogènes pour fournir, à l'analyse, des résultats satisfaisants. Il est donc assez difficile à partir d'un nombre aussi faible de prélèvements, d'aboutir à des résultats aussi précis que ceux que nous avions souhaités.

En dépit de ces problèmes, nous essaierons quand même de dégager les caractéristiques essentielles des variations spatiales de la biomasse et dans la mesure du possible, nous tenterons de cerner les effets

que produisent les opérations de dragage sur les populations microphyto-benthiques.

Ces constatations préliminaires permettront d'avoir un ordre d'idée des problèmes qui peuvent se poser au niveau de cet échelon de la chaîne alimentaire ; elles pourront aussi servir de base à une étude ultérieure plus détaillée.

## 2.1.- Les variations spatiales de la biomasse chlorophyllienne dans le sédiment

### 2.1.1. la chlorophylle a totale

Lorsqu'on examine la répartition de la teneur en chlorophylle a, total du sédiment dans la région d'Antifer, une première constatation s'impose :

La zone située au nord de la digue de protection apparaît comme une zone très peu riche en pigments chlorophylliens (généralement inférieur à  $1 \mu\text{gchl a/g}$  de sédiment).

Les valeurs obtenues à l'intérieur du port montrent davantage de variabilité mais, de façon générale, les teneurs en chlorophylle a totale sont plus élevées que celles de la partie nord (valeur maximale  $16,6 \mu\text{g chl a/g}$ , valeur minimale  $1,2 \mu\text{g chl a/g}$ ). On constate cependant pour un même type de sédiment une baisse de la teneur en chlorophylle, d'environ 50 %, entre une station draguée C 3 et une non draguée C 14.

### 1.2. - la chlorophylle a et la phaeophytine a

La teneur de 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 donne une idée de l'état de dégradation des pigments chlorophylliens. C'est ainsi que la quantité de chlorophylle a, rapportée à celle de la phaeophytine a représente l'importance relative de ces deux pigments. L'augmentation de ce rapport (lorsque la teneur en phaeophytine est faible) indique une période active de développement de la population microphytobenthique.

#### ■ - la chlorophylle a

Les teneurs en chlorophylle a sont d'une manière générale assez faibles pour la saison (juillet). Elles varient entre 6,01  $\mu$  g chl a/g et 0  $\mu$  g chl a/g. Les valeurs les plus importantes sont caractéristiques des sables envasés, et les valeurs les plus faibles correspondent aux graviers et cailloutis.

#### ■ - la phaeophytine a

La dégradation des pigments actifs en pigments inactifs se traduit par la présence de phaeophytine dans les pigments chlorophylliens. Dans la région d'Antifer, le taux de phaeophytine est relativement élevé et le rapport  $\frac{\text{chl a}}{\text{phaeo a}}$  dans certains cas, représente des valeurs assez faibles eu égard à la saison et au type de sédiment rencontré.

Des différences notables existent entre les zones draguées et les zones non draguées. Dans les zones non concernées par les dragages, le rapport  $\frac{\text{chl a}}{\text{phaeo a}}$  est assez important (voisin de 2). Par contre, là où sont effectués les dragages, ce rapport baisse rapidement pour atteindre des valeurs inférieures à 1 ( $C_1$  ;  $C_4$  ;  $C_{11}$  ; etc.). La station  $C_3$  (o), cependant, n'obéit pas à cette règle  $\left\{ \frac{\text{chl a}}{\text{phaeo a}} = 2,1 \right\}$

#### 1.3 - L'indice de diversité pigmentaire

Rapport des densités optiques à 430 nm et 665 nm, cet indice est utilisé comme pour le phytoplancton, pour caractériser la diversité spécifique et l'état physiologique des populations. Lors d'une succession dans le temps, la taille moyenne des individus croît, la production diminue, et la teneur en chlorophylle a décroît de façon absolue et relative par rapport à l'ensemble des pigments.

Cet indice est fonction de la répartition des pigments dans la microflore et dans les particules détritiques. L'accroissement de cet indice accompagné d'une augmentation de la teneur en phaeophytine a correspond à une augmentation de matériel détritique.

(o) la même constatation a été faite en ce qui concerne la station  $B_5$  de l'étude du benthos (cf. infra).

A Antifer, les variations de ce rapport sont difficiles à interpréter puisque nous avons travaillé sur des types de sédiment dont la granulométrie n'était pas la même. On note cependant des valeurs de cet indice variant aux alentours de 2,5 à 3,5, ce qui correspond à une population phytoplanctonique active.

Le prélèvement effectué en C<sub>1</sub> atteint toutefois la valeur de 3,9.

L'examen des valeurs obtenues semble indiquer une légère augmentation de l'indice dans les zones draguées, mais les résultats sont trop hétérogènes pour en conclure que l'accroissement de ces valeurs est significatif. De plus, nous avons fait remarquer que l'accumulation de matériel détritique influençait la valeur de l'indice. Du fait du remaniement de substrat par la drague, de la remise en suspension des particules fines, et du déplacement de celles-ci par le jeu des courants, il peut très bien y avoir accumulation de matériel détritique dans une zone non concernée par les dragages, mais cependant située à proximité des zones draguées.

## 2.2. discussion

De l'étude de la variation des biomasses chlorophylliennes de la microflore des sédiments, en dépit des problèmes cités plus haut, nous pouvons retenir les faits suivants :

2.2.1. - les valeurs des biomasses chlorophylliennes sont variables selon le type de substrat rencontré. Elles sont élevées dans les sables envasés 16,64  $\mu\text{g chl a/l}$  à la station C<sub>14</sub>, plus faibles dans les sables fins 2 à 4  $\mu\text{g chl a/l}$ . Dans les graviers et cailloutis, les valeurs de la biomasse tombent encore (0,8 à 2,2  $\mu\text{g chl a/g}$ ).

2.2.2. - pour des stations situées dans un sédiment de granulométrie équivalente, il existe une différence de la teneur en chlorophylle (pigment chlorophyllien actif - MOSS - 1967) selon qu'il s'agit de zones dra-

guées ou non draguées.

Stations non draguées	Stations draguées	% perte
Sables envasés		
C <sub>14</sub> = 6,01µg chl a/g	C <sub>3</sub> = 3,95µg chl a/g	34,28 %
	C <sub>11</sub> = 3,45µg chl a/g	42,60 %
	Moyenne.....	38,44 %
Sables fins		
C <sub>2</sub> = 3,40µg chl a/g	C <sub>12</sub> = 0,64µg chl a/g	81,28 %
	C <sub>1</sub> = 0,73µg chl a/g	78,53 %
	Moyenne.....	79,90 %

Ces résultats n'ont qu'une valeur indicative, et il serait intéressant de poursuivre l'étude saisonnière de façon à contrôler le temps nécessaire à un retour à des valeurs normales de chlorophylle.

2.3. - au niveau de la zone de rejet, la présence de cailloux a empêché le bon fonctionnement du carottier. Les prélèvements situés près de la zone de rejet C<sub>7</sub>-C<sub>6</sub> sont très pauvres en chlorophylle. Il n'est pas possible de déterminer si cette pauvreté est naturelle ou bien due aux effets des rejets de dragage.

3 - La macrofaune benthique

3.1. - introduction

L'examen des échantillons de benthos a révélé la présence de 135 espèces d'invertébrés benthiques. Parmi ces espèces, la répartition des groupes se fait de la façon suivante :

Désignation	Nombre d'espèces	Soit en %
Annélides Polychètes.....	45	33,3
Crustacés.....	35	25,92
Mollusques.....	31	22,96
Echinodermes.....	15	11,11
Divers.....	15	11,11

Dans chacune de ces espèces, le nombre d'individus se répartit comme suit :

Désignation	Nombre d'individus	Soit en %
Polychètes.....	1 804	51,16
Crustacés.....	366	10,38
Mollusques.....	1 205	34,17
Echinodermes.....	45	1,27
Divers.....	106	3,00

3.2. - les unités de peuplement

Les organismes benthiques se répartissent, dans la zone étudiée en trois types de peuplements principaux (cf. plan H.T. 1) (o) :

(o) plan hors texte

- le peuplement des sables fins envasés ;
- le peuplement des sables grossiers hétérogènes ;
- le peuplement des graviers et cailloutis.

■ - le peuplement des sables fins envasés à *Abra alba* - *Pectinaria koreni*.

- composition qualitative

Ce type de peuplement apparaît suivant la frange littorale jusqu'aux fonds de 25 m environ. Ce sont des sédiments riches sur le plan faunistique. Ils sont dominés par la présence de deux espèces principales :

- *Abra alba* (mollusque bivalve) ;
- *Pectinaria koreni* (polychète).

Un certain nombre d'autres espèces accompagne les deux précédentes :

- *Mysella bidentata* ;
  - *Cultellus pellucidus* (pour les bivalves).
- et
- *Owenia fusiformis* ;
  - *Nephtys histricis* (pour les polychètes).

Cette composition spécifique correspond à un faciès d'envasement des communautés de sables fins.

- composition quantitative

L'abondance numérique de certaines espèces caractérise ce peuplement. En effet, il est possible dans la région d'Antifer de rencontrer des diversités d'individus atteignant 600 individus pour 1/10 de m<sup>2</sup> de surface prélevée, soit 6 000 individus au m<sup>2</sup>. Ce sont les mollusques (*Abra alba*) et les polychètes (*Pectinaria koreni*) qui composent la plus grande partie du peuplement.

Ces sables envasés, dont la biomasse est importante sont souvent fréquentés par des poissons demersaux tels que le Tacaud ou la sole pole qui trouvent là une nourriture abondante et variée.

■ - le peuplement des sables grossiers hétérogènes

- composition qualitative

Les sédiments grossiers, comportant une fraction vaseuse plus ou moins importante sont du fait de leur hétérogénéité peuplés de peu d'espèces caractéristiques :

- *Nucula nucleus* ;
- *Terrebellides stroemi* ;
- *Pista cristata* ;
- *Stylarioides plumosa*
- etc...

L'épifaune est assez diversifiée. Elle est constituée essentiellement par les espèces suivantes :

- *Bugula flabellata* ;
- *Alayonidium hirsutum* ;
- *Membranipora* sp ;
- *Sertularia* sp.

Au nord-ouest de la digue d'Antifer se trouve une zone où la granulométrie du sédiment augmente (900  $\mu$  de taille moyenne). Dans cette zone qui fait la transition entre les graviers sableux hétérogènes et les graviers et cailloutis situés plus au nord, les peuplements d'épifaune sont plus diversifiés ; on note aussi la présence de petits crustacés, en particulier de jeunes *Porcellana longicornis*.

- composition quantitative

Ce peuplement est surtout dominé sur le plan quantitatif par les annelides polychètes et les petits crustacés (Amphipodes et jeunes décapodes). Le nombre de mollusques est très limité et n'excède jamais une quinzaine d'individus pour 1/10 de m<sup>2</sup>. D'une manière générale, les zones où sont installées les peuplements de graviers sableux hétérogènes sont caractérisées par un nombre relativement faible d'individus composant le peuple-

ment.

La granulométrie de la station B 36 reste énigmatique. En effet cette station est isolée au milieu d'une zone de graviers. De plus la faune qui a été prélevée à cet endroit est peu diversifiée. L'hypothèse d'un rejet de dragages à cet endroit n'est peut être pas à écarter. Ces sables sont semblables à ceux prélevés à la station B 30 où à la station B 4.

■ - les graviers et cailloutis

- composition qualitative

Au nord de la zone étudiée, les sédiments deviennent de plus en plus grossiers et les cailloutis tendent à former la plus grande partie de la composition granulométrique du sédiment.

C'est dans ce sédiment mal classé, que vit toute une faunule d'animaux susceptibles de tolérer des conditions de vie difficiles (courants violents, nourriture peu abondante etc...).

Les cailloux sont le plus souvent recouverts d'une épifaune assez pauvre en espèces :

- *Bugula* sp ;
- *Alcyonidium* ;
- *Tubularia* sp.

On note aussi la présence de petits crustacés appartenant au genre *Porcellana* (41 individus à la station B 40) et quelques petits crabes de la famille des *Portunidae*.

- composition quantitative

Les conditions hydrodynamiques très intenses qui règnent sur ce type de substrat en font des milieux généralement pauvres sur le plan biologique.

■ - la zone de dépôts de dragages

Les stations B 20 et B 21 ont été faites sur la zone de dépôt

de dragages.

L'examen des échantillons montre que le sédiment est presque azoïque.

A la station B 20, tous les animaux récoltés sont des crustacés susceptibles de se déplacer :

- <i>Diastylis laevis</i> .....	2
- <i>Zoe de Porcelana</i> .....	1
- <i>Gastrosaccus spinifer</i> .....	6
Total.....	<u>9</u>

A la station B 21, seules deux polychètes ont été récoltées :

- *Lumbrineris gracilis* ;
- *Nephtys* sp.

Ce début de colonisation semble suggérer une évolution de cette zone vers un peuplement de type dunaire. Ce sont généralement des zones caractérisées par l'instabilité du substrat. La distribution de ces peuplements est très irrégulière et imprévisible dans le temps et dans l'espace. Dans des conditions normales, le peuplement temporaire de *Mysidacés* (*Gastrosaccus*) constitue le terme ultime précédent les conditions azoïques (CHASSE - GLEMAREC - 1973).

### 3.3. - variations de l'indice de diversité spécifique

Dans l'étude de populations naturelles, l'analyse de la structure des populations et des relations des différentes espèces entre elles constituent un type d'approche, de la connaissance des communautés benthiques. Une appréciation subjective de la structure des communautés conduit le plus souvent à l'élaboration de longues listes d'espèces. Depuis peu de temps les indices de diversité spécifique sont de plus en plus utilisés pour "résumer" une grande quantité d'informations sur le nombre et la qualité des organismes. Ils ont été utilisés avec succès pour détecter des changements

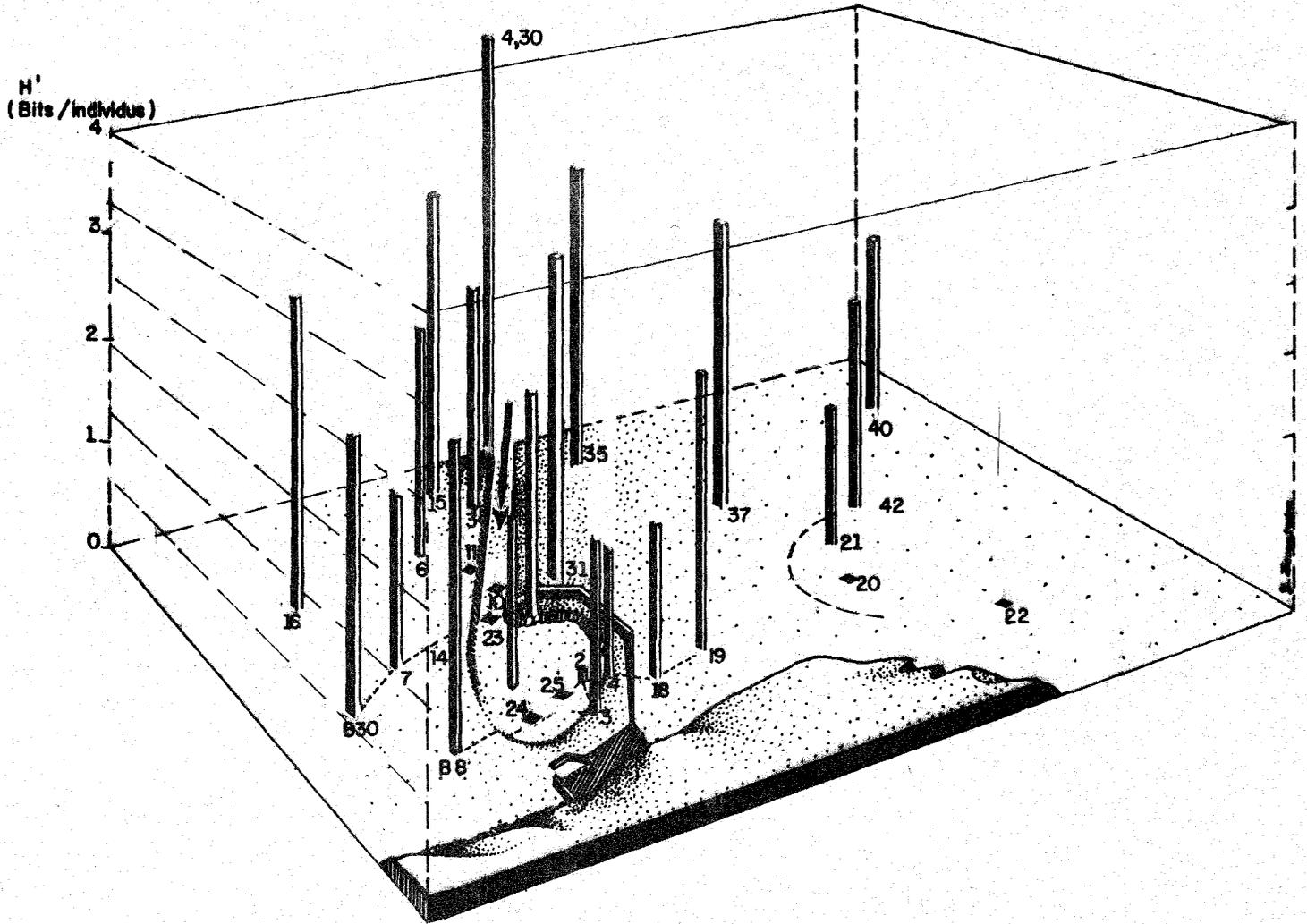


Fig-37  
VARIATIONS SPATIALES DE L'INDICE DE DIVERSITE SPECIFIQUE DU BENTHOS (JUILLET 1975)  
cnexo cob unite littoral

dans la structure des communautés, dus aux effets de certains types de pollution. Le calcul de l'indice de diversité de SHANNON a été appliqué à chaque prélèvement de benthos (pour la période correspondant au mois de juillet) afin de déterminer les effets éventuels des travaux effectués à Antifer, sur les populations d'invertébrés benthiques.

Si les effets sont néfastes pour les espèces présentes, les valeurs de l'indice de diversité tendront à devenir inférieures à celles des zones environnantes non affectées.

La figure 37, établie sous forme de bloc diagramme, illustre les variations spatiales de l'indice de diversité.

On constate une baisse générale de l'indice de diversité dans les zones draguées : chenal et port (moyenne de l'indice 0,83). Dans les zones avoisinantes non draguées, la moyenne de l'indice de diversité spécifique atteint la valeur de 2,68.

Au voisinage de la zone de rejet de dragages, les valeurs de l'indice sont égales à 1,25 pour la station B 21 et 0 pour la station B 20.

Les variations spatiales de l'indice de diversité spécifique montrent donc que si une force externe vient perturber le milieu, la communauté réagit en diminuant le nombre d'espèces présentes. Cela se traduit souvent par un accroissement numérique rapide, d'une ou quelques espèces particulières mieux adaptées au nouvel environnement.

#### 3.4. - variations de la biomasse de la macrofaune benthique (cf. plan HT2)

Les résultats obtenus par cette méthode varient dans le même sens que ceux déjà décrits par le calcul de l'indice de diversité et par la comparaison de la densité des organismes entre les différents prélèvements. Les résultats sont exprimés en poids sec de matière organique par m<sup>2</sup>.

#### La biomasse des différentes unités de peuplement :

- le peuplement des sables fins envasés :

C'est le peuplement qui réunit à la fois les diversités d'organismes et les biomasses les plus fortes.

La valeur moyenne de la biomasse pour ces zones est d'en-

viron 40 g/m<sup>2</sup>.

- le peuplement des sables grossiers hétérogènes

Un peu moins fertile que le précédent, la biomasse dans cette zone est peu différente de 20 g/m<sup>2</sup>.

- le peuplement des graviers et cailloutis

Représentées surtout par un peuplement d'épifaune, ces zones sont d'une manière générale assez pauvres. La biomasse moyenne est proche de 1 g/m<sup>2</sup>.

### 3.5. - discussion

Effets de la construction du terminal sur les organismes benthiques :

Les variations saisonnières n'ont pas fait l'objet d'une étude pour le benthos. L'observation porte donc sur la situation du mois de juillet 1975. La comparaison se fera donc entre les stations concernées ou non concernées pour les travaux de dragage.

#### ■ - effet sur la densité des organismes benthiques

L'analyse des résultats obtenus concernant le nombre d'individus prélevés par échantillon montre une différence sensible entre les stations non soumises aux dragages et les stations où la drague a effectué des travaux.

La figure 38 résume ces résultats.

Dans les stations non soumises aux dragages, le nombre moyen d'individus pour 1/10 de m<sup>2</sup> de sédiment prélevé est égal à 291.

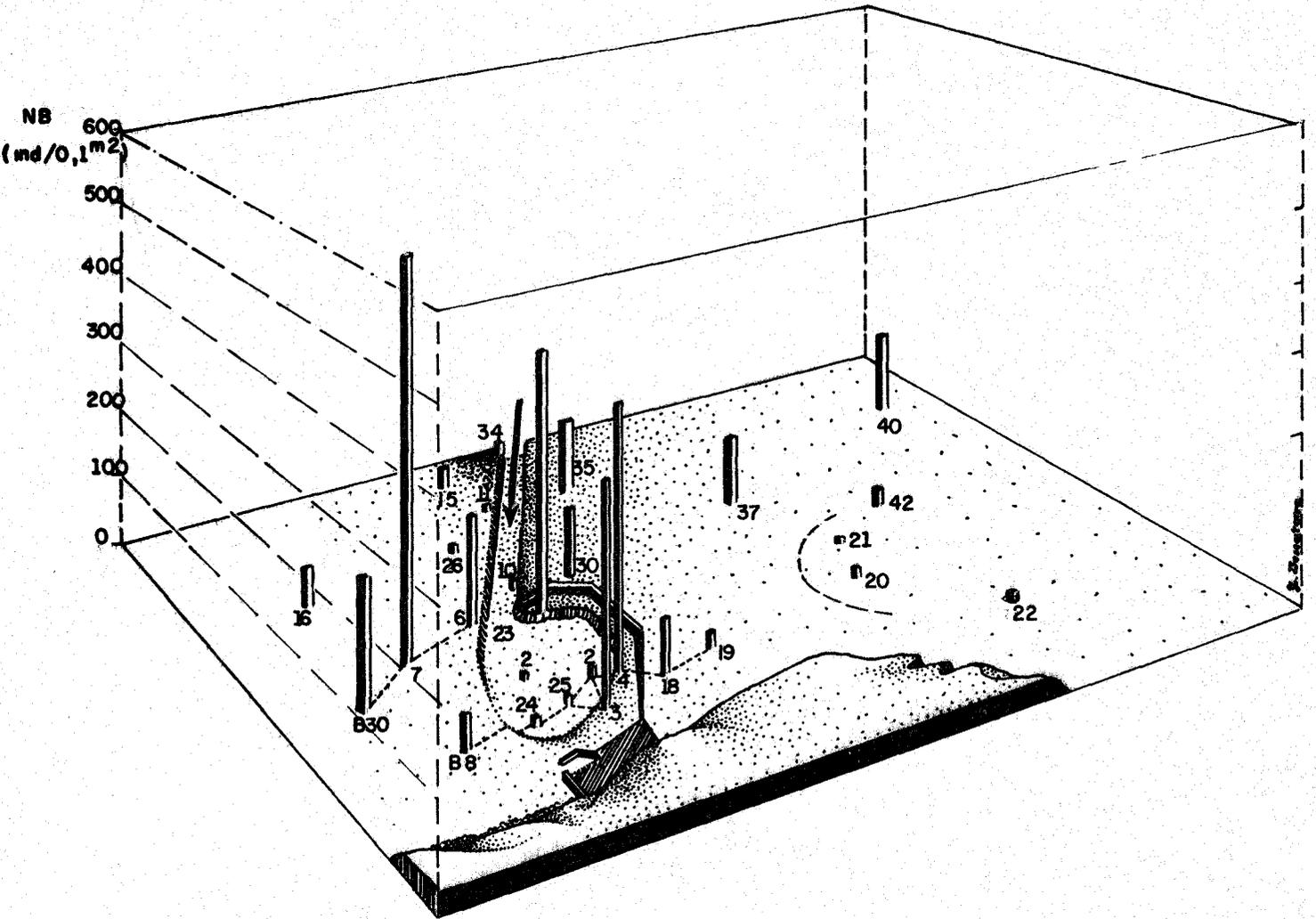


Fig.38

VARIATION DU NOMBRE D'ORGANISMES BENTHIQUES PRELEVES (1/10<sup>e</sup> de m<sup>2</sup>) JUILLET 1975

Par contre, ce nombre diminue considérablement dans les stations draguées et atteint 66 individus par 0,1 m<sup>2</sup>. Notons que nous avons inclus ici la station B 5 qui géographiquement est située à l'intérieur de la zone draguée. Il est probable cependant que cette station n'ait pas subi le passage de la drague comme le confirme le nombre d'individus trouvés là (415 par 0,1 m<sup>2</sup>). Un résultat identique avait été trouvé lors de l'étude du microphytobenthos où la teneur en chlorophylle de la station C 3 était assez importante.

La baisse moyenne du nombre d'individus entre stations draguées et non draguées est donc voisine de 75 pour cent environ.

Ce résultat est conforme à celui trouvé par d'autres auteurs dont PFITZENMEYER (1970) qui note pour sa part une baisse moyenne de 71 pour cent du nombre d'individus dans les stations subissant des opérations de dragage ou de dépôt de dragages.

Dans le chenal d'accès, il semble qu'il se produise un phénomène analogue, mais cependant, le peuplement des sables grossiers hétérogène étant beaucoup plus fluctuant quant au nombre d'individus, il est impossible de déceler si la différence constatée est réellement significative.

#### ■ - effet sur la structure des peuplements

Les variations spatiales de l'indice de diversité spécifique montrent une diminution sensible des valeurs moyennes de cet indice (0,83) dans les zones affectées par les travaux inhérents à la construction du terminal. Dans les zones avoisinantes non concernées par les travaux, la valeur moyenne de l'indice est égale à 2,68. Il apparaît donc, au niveau des peuplements benthiques un déséquilibre notable dans la structure des populations vivant dans les zones draguées.

#### ■ - effets sur la biomasse de la macrofaune benthique

##### - zone portuaire

Les valeurs de la biomasse, sont inférieures dans les zones draguées, à celles des zones non draguées. Ce phénomène est surtout sensible dans la zone des sables fins envasés :

BIOMASSES DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE - (JUILLET 1975)

	22	23	24	25	26	27	28
Mollusques.....	0	0	0,0040	0	0,0024	0,0305	0,0800
Annelides.....	0	0	0	0,2720	0,0079	0,5083	0,8300
Crustacés.....	0	0	0	0,0008	0,0004	0,0028	0,0242
Echinodermes.....	0	0	0	0	0		0
Total poids sec g/m2....	0	0	0,0400	2,7280	0,1070	5,4160	9,3420

	29	30	31	32	33	34	35
Mollusques.....	1,7466	10,4134	0,9268	3,7944	0,0159	5,5600	0,0624
Annelides.....	+ 0,3024 0,3900	1,5040	0,4456	0,3187	0,0370	0,2210	0,1826
Crustacés.....				0,0018			0,0231
Echinodermes.....	0,5640	0,0027	0,0318	0	0,0128	8,9450	0,3618
Total poids sec g/m2....	30,0300	119,2010	14,0420	41,1450	0,6570	147,2600	6,2990

	36	37	38	39	40	41	42
Mollusques.....	0	0,0070	0,0056	0,0039	0	0	0
Annelides.....	0,0200	0,1192	0,0380	0,0365	0,0100	0,0023	0,0060
Crustacés.....	0			0,0050	0,0200	0,0003	0,0011
Echinodermes.....	0	0,0060	0,0020	0	0	0	0,5012
Total poids sec g/m2....	0,2000	1,3220	0,4560	0,4540	0,3000	0,0260	5,0850

Stations	1	2	3	4	5	6	7
Mollusques.....	0	0,0072	2,9450	4,4530	3,9630	1,0040	7,0840
Annelides.....	0	0,0980	0,9580	1,7100	1,5310	0,2720	1,2059
Crustacés.....	0	0	0,0019	0,0019	0	0,0005	1,0470
Echinodermes.....	0	0	0,0240		0,0038	0	
Total poids sec g/m2....	0	1,0520	39,2890	61,6490	54,9780	12,7650	93,3690

	8	9	10	11	12	13	14
Mollusques.....	0,0427	0,0050	0,0030	0,0484	0,0005	1,9062	0
Annelides.....	0,0960	0,0154	0	0	0,2840 + 0,4030	0,1110	0,6800
Crustacés.....		0,0015	0,0038	0			0,0020
Echinodermes.....	0,0002	0	0	0	0,0480	0,0008	1,3867
Total poids sec g/m2....	13,8900	0,2190	0,0680	0,4840	3,3250	23,5050	20,6870

	15	16	17	18	19	20	21
Mollusques.....	3,2360	0,4370	0,0580	0,0652	0,0058	0	0
Annelides.....	0,1968	0,1400	0,2440	0,1100	0,0782	0	0
Crustacés.....	0,0007	0,0200	0,0656	0,0074	0	0,0004	0,0024
Echinodermes.....	0	0	0	0	0	0	0
Total poids sec g/m2....	34,3350	5,9700	9,6460	1,8260	0,8400	0,0040	0,0240

BIOMASSES DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE - (JUILLET 1975)

Stations draguées	Biomasse g/m <sup>2</sup>	Stations non draguées	Biomasse g/m <sup>2</sup>
B 5	54,918	B 6	12,765
B 2	1,052	B 7	93,369
B 1	0	B 29	30,030
B 25	2,728	B 3	119,201
B 23	0	B 8	13,890
B 9	0,215	B 4	61,645
B 24	0,040	B 3	39,289
Total....	59,017	Total....	370,153
Moyenne..	8,43	Moyenne..	52,88

La diminution de la biomasse moyenne constatée atteint donc environ 80 pour cent au moment où les valeurs de la biomasse benthique sont à proximité de leur maximum annuel (juillet).

- zone de rejet

Bien que nous disposions d'un échantillonnage limité dans la zone de rejet, il semble que le même phénomène se produise. Toutefois, la diminution de cette biomasse est moins importante du fait de la pauvreté relative des peuplements de cailloutis.

■ - conclusions

Au terme de cette analyse, il apparait donc que l'échelon benthique est le plus perturbé par les travaux de construction du terminal pétrolier.

Les effets constatés tant sur la structure même de la population (cf. indice de diversité) que sur la densité et la biomasse des organismes sont importants.

Il reste cependant plusieurs points à préciser qui, dans une certaine mesure pourraient compenser en partie les effets décrits ci-dessus.

Il est probable que la jetée, avec ses nombreux blocs de béton, exerce vis-à-vis de certaines espèces un effet d'attraction (thigmotropisme). Les structures immergées jouent un rôle positif dans la mesure où elles procurent à ces espèces un substrat (nécessaire aux espèces fixées) ou un abri dans lequel les organismes peuvent trouver refuge, soit pour lutter contre des conditions hydrodynamiques trop violentes soit pour échapper à leurs prédateurs. Ces derniers sont aussi attirés par la présence potentielle de proies.

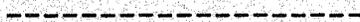
Dans ce cas, on peut s'attendre à une colonisation assez rapide de ces abris et de ces substrats nouveaux. Toutefois, les conditions d'exploitation du port pourraient être un facteur limitant cette colonisation (pollutions par les hydrocarbures, trafic important de navires de forts tonnages etc...).

Les conditions de recolonisation des substrats dragués n'ont pas pu être abordées dans cette étude du fait de la difficulté de replacer dans l'espace et dans le temps les différents passages de la drague. D'après la plupart des auteurs ayant déjà étudié ces questions (CRONIN et al - 1970) il apparaît comme probable que les niveaux de production benthique antérieurs au début des travaux seront atteints au bout de 1 an à 1 an et demi après l'arrêt des travaux. Il est évident que cela dépend de la fréquence des dragages d'entretien du port et du terminal.

A ce propos, il serait souhaitable de compléter ces informations sur les problèmes de recolonisation des zones draguées en faisant, dès l'arrêt complet des dragages, une série de prélèvements périodiques, étalés sur une ou deux années, permettant de suivre l'évolution des peuplements benthiques de la zone portuaire.

D'autre part, nous recommandons, afin de minimiser les effets des dragages sur les peuplements benthiques, de limiter la fréquence des dragages d'entretien à une fois par an et de pratiquer ces opérations durant la période hivernale.

# CHAPITRE IV



LES INCIDENCES DE LA CONSTRUCTION DU TERMINAL

SUR LES ACTIVITÉS LIÉES A LA MER

C H A P I T R E IV

--:--:--:--:--:--:--:--:--:--

Les incidences de la construction du terminal

---

Sur les activités liées à la mer

---

par J.Y. CREZE

I - INTRODUCTION

Les espaces littoraux favorisent la réunion d'activités variées en un même lieu. Ces activités sont liées à la présence simultanée de la terre et de la mer. L'occupation et l'utilisation de ces espaces peuvent conduire dans certains cas à des conflits entre les différents usagers.

Dans le cadre de l'étude sur les incidences écologiques de la construction du port d'ANTIFER, il a été tenu compte de cet aspect des choses, et nous avons tenté de dégager les problèmes majeurs qui résultent de l'utilisation de l'espace marin par plusieurs activités concurrentes :

L'industrie

Le littoral de la région du Havre est surtout caractérisé par une activité industrielle intense due à la présence de deux grandes villes (Le Havre et Rouen) situées sur l'estuaire de la Seine. La zone industrielle portuaire du Havre est actuellement en pleine extension sur les terre-pleins gagnés sur les marais situés à l'embouchure de la Seine.

Le tourisme

Le milieu naturel (côtes à falaises, plages d'accès difficile, marées de forte amplitude et courants violents) et la proximité d'une activité industrielle et commerciale importante, contribuent à rendre ce littoral peu attrayant sur le plan touristique et des loisirs nautiques.

Si l'on exclut les capacités d'hébergement touristique des villes de DIEPPE, FECAMP, et LE HAVRE, la capacité d'accueil des communes

littorales de ce secteur de côte ne représente pas 4 % de celles des communes littorales du département de la Seine Maritime.

L'activité touristique de ce secteur est donc très réduite.

### La pêche côtière

Parmi les activités liées au domaine maritime, la pêche côtière occupe une place relativement importante.

Les parages du cap d'ANTIFER et de la baie de Seine sont des lieux de pêches privilégiés. Les bateaux qui fréquentent ces zones ont leur port d'attache situé entre Dieppe et Port-en-Bessin.

Les types de pêche sont diversifiés et varient selon la saison. (chalut de fond, chalut pélagique et semi-pélagique, casiers, filets dérivants etc...).

C'est donc cette activité qui a le plus de chances d'être affectée par les travaux de construction du terminal d'ANTIFER. Au cours de ce chapitre nous tenterons donc de dégager les problèmes que pose la construction du port d'Antifer vis-à-vis des diverses activités de la pêche côtière régionale.

## II - RECENSEMENT DE LA FLOTILLE PECHANT DANS LES PARAGES D'ANTIFER

### 1 - Définition de la "zone Antifer" (plan hors texte n° 4)

Il ne s'agit pas ici de délimiter à priori la zone dans laquelle la construction du terminal à des effets, mais de définir approximativement les limites extrêmes au-delà desquelles les effets éventuels de la construction du terminal ne sont plus discernables.

Les travaux en rapport avec le terminal sont disposés selon un axe nord-sud depuis la baie de Seine, où sont pratiqués les dragages de galets destinés à l'édification de la digue, jusqu'au nord du cap d'Antifer où sont rejetés les matériaux dragués dans le port. D'après l'importance des courants de marée alternatifs nord-sud parallèles au littoral, on peut

admettre que la "zone Antifer" a une très forte extension en latitude tandis qu'elle est assez étroite en longitude. Ces constatations nous ont amené à définir comme "zone Antifer" le secteur maritime délimité par la carte 5 206 du S. H. (de Ouistreham à Dieppe).

Pour mesurer l'impact de la construction du terminal, il est indispensable de recenser dans chaque quartier les types de pêche qui ont des prolongements dans la "zone Antifer" ainsi définie.

## 2 - Navires originaires du quartier de Boulogne

En 1974, les 226 navires armés à Boulogne peuvent être répartis en trois types de pêche qui utilisent des lieux de pêche différents :

- 40 navires sont armés à la pêche au large, et ne travaillent pas au sud du 50e parallèle ;
- 78 navires sont armés à la pêche côtière. Ce sont les "étaplois" Ils pêchent au nord de la ligne reliant Etaples à Dungeness
- 108 navires sont armés à la petite pêche. Ce sont de toutes petites unités qui ne sortent pas de la zone littorale du quartier de Boulogne.

L'ensemble de la pêche Boulonnaise opère donc largement en dehors de la zone qui pourrait être affectée par la construction du terminal.

## 3 - Navires originaires du quartier de Dieppe

Le quartier de Dieppe comprend trois ports d'importance inégale (Dieppe, Le Tréport, Le Hourdel) et plusieurs échouages utilisés comme base de pêche.

Les pêcheurs de Dieppe et du Tréport pratiquent essentiellement trois "métiers" : la coquille St Jacques, le chalut de fond, les chaluts pélagique et semi-pélagique. Certains pêcheurs du Tréport pratiquent en

plus le chalutage de la crevette. Ceux du Hourdel ne pêchent que la crevette.

3.1. - le chalutage de la crevette

Une douzaine de bateaux partent du Hourdel pour pratiquer la petite pêche côtière de la crevette. Ces bateaux sont de petites unités qui ne s'écartent pas des abords immédiats de la baie de Somme. De même ce sont les plus petits navires du Tréport qui pratiquent le chalutage de la crevette grise le long de la côte entre CRIEL et la baie de SOMME.

3.2. - la pêche à la coquille

Pour la campagne 1973-1974, 40 navires du quartier de Dieppe ont pratiqué la pêche à la coquille :

- plus de 300 CV.....	6 navires
- plus de 200 CV.....	19 navires
- plus de 150 CV.....	13 navires
- plus de 100 CV.....	2 navires
	40 navires

Cinq bateaux sont venus, en plus, d'autres quartiers (St Brieuc, St Malo, Cherbourg).

La campagne se déroule du 1er octobre au 15 mai.

ZONES DE PECHE

Secteur	Position	Epoque
	Entre Barfleur et Port-en-Bessin et au large du Cap de la Hève	Essais en début de campagne
"Antifer"	50° 10' à 49°40' 0°10' est à 0° 30' ouest	Toute la campagne sur les transits

Secteur	Position	Epoque
Dieppe	1°10 est à 0°10 est de 50° à 50°30	Début de campagne au sud et fin de campagne au nord
Côte Anglaise	Beachy Head + 2 Hasting Fairlight knoll	Hivers froids Janvier-février

### 3.3. - chalutage de fond

53 navires du quartier pratiquent cette pêche toute l'année en alternance avec le chalutage semi-pélagique. Le chalutage de fond est important pour Dieppe, car il permet de ramener des espèces de qualité. Ce "métier" est pratiqué en Manche, et parfois en mer du nord. En Manche, les pêcheurs fréquentent particulièrement les zones des Ridins et de la Basurelle.

Ils descendent parfois un peu vers le sud-ouest, mais dépassent rarement la longitude de St Valéry en Caux.

### 3.4. - chalutage pélagique et semi-pélagique

36 navires utilisent le filet à hareng (pélagique). Quatre paires de bateaux font du chalutage pélagique au "Boeuf" (le chalut est tiré par deux bateaux). 53 utilisent le filet semi-pélagique (maquereau essentiellement). Ces bateaux suivent les espèces pélagiques surtout à l'est et au nord de Dieppe.

Un seul bateau de Dieppe va pêcher au semi-pélagique dans la zone Antifer. Il utilise les mêmes traînes que les Fécampoises au sud du terminal (cf. plan hors texte n° 3).

3.5. - petite pêche côtière - ports et échouages

Dans les ports et sur certaines plages favorables à l'échouage, se sont installés des pêcheurs professionnels qui travaillent sur des doris (4 à 5 m de long, petit moteur hors-bord) et des barques.

Ports	Canots	Doris
Dieppe.....	15	
Pourville.....		2
Varenqueville.....		1
Quiberville.....		4
St Aubin.....		3
Total.....	15	10

3.6. - pêche à pied

Environ 170 autorisations ont été délivrées dans le quartier.

■ - coquillages

- pêche occasionnelle de vanneaux et buccins ;
- une vingtaine de gisements sauvages de moules existent dans le quartier de Dieppe, mais ils sont presque tous situés entre Dieppe et le Tréport ;
- quelques reparquages d'huîtres sont faits à Pourville.

■ - tramail amateur

275 autorisations de pose de filet fixe ont été délivrées en 1974 dans le quartier de Dieppe. Cinq seulement ont été délivrées à des marins professionnels ou des pensionnés. Certains amateurs utilisent aussi les casiers et la "mitraille" (ligne à plusieurs hameçons).

En principe, ces amateurs n'ont pas le droit de vendre leur pêche, mais en fait, ils le font par l'intermédiaire des "cachotins" (achètent en cachette et revendent dans la campagne), d'où un gros développement de cette pêche amateur tout au long du littoral.

#### En résumé

Dans le quartier de Dieppe, une partie seulement de chaque "métier" est concernée par Antifer. Pour la pêche à la coquille, tous les bateaux sont concernés, mais ils ne le sont qu'une partie du temps (environ 1/4) car le secteur Antifer n'est pour eux qu'une zone de pêche entre quatre. En ce qui concerne les différents types de chalutage, un seul bateau sur 53 semble utiliser la zone Antifer de façon régulière. Quant à la petite pêche et la pêche à pied, les lieux d'exercice de la profession semblent bien éloignés d'Antifer pour que l'on puisse la relier aux effets de la construction du terminal. Les pêcheurs se plaignent de la dégradation de la pêche, mais ne parlent pas du terminal.

#### 4 - Navires originaires de quartier de Fécamp

Fécamp est le seul port important du quartier, car St Valéry en Caux n'est utilisé que pour la petite pêche, au même titre que les échouages disposés tout le long de la côte.

Trois types de pêche sont pratiqués à partir de Fécamp : \*

- la pêche industrielle armée à la grande pêche ;
- la pêche industrielle armée à la pêche fraîche hauturière ;
- la pêche côtière.

##### 4.1. - la pêche industrielle armée à la grande pêche

Il y a actuellement six grands "morutiers", ce sont les "Terre-Nevas", ils pratiquent le chalutage de fond dans des régions très éloignées (Terre-Neuve, Groenland etc...).

##### 4.2. - la pêche industrielle armée à la pêche fraîche hauturière

Huit bateaux pratiquent ce "métier" où l'on utilise tous les

types de chaluts, (fonds, semi-pélagique, pélagique).

Lorsqu'ils font du chalutage de fond, ils pêchent surtout en mer du nord et mer d'Irlande, mais lorsqu'ils pêchent au chalut pélagique (hareng), ils "suivent" le hareng aussi bien en mer du nord (Vergoyer, Ailly) qu'au large d'Antifer.

Secteurs de pêche au hareng d'un bateau industriel en zone Antifer :

- 0°45 ouest - 50° nord
- 0°45 ouest - 49°30 nord
- 0°05 ouest - 49°30 nord
- 0°05 ouest - 50° nord

#### 4.3. - la pêche côtière

Sur 13 bateaux qui pratiquent ce type de pêche, 5 bateaux pratiquent à la fois la drague, le chalut pélagique et le semi-pélagique. Il s'agit de :

- 3 bateaux de 25 tonneaux environ ;
- 2 bateaux de 50 tonneaux.

Leur travail est ainsi organisé :

- pêche de la coquille d'octobre à mai à une vingtaine de milles au nord d'Antifer (parfois plus près) ; (1 bateau de pêche industrielle s'ajoute aux autres).
- pêche du hareng. Ils interrompent le dragage de la coquille pour pêcher le hareng de novembre à décembre, lorsque ce poisson se rapproche des côtes entre Etetat et le Tréport.

Les 13 bateaux côtiers de Fécamp pratiquent la pêche au chalut semi-pélagique de mai à octobre ; deux de ces bateaux chalutent en couple (pêche au boeuf). Les pêcheurs reçoivent une autorisation annuelle pour chaluter au semi-pélagique à moins de 3 milles des côtes. La principale

zone de pêche est située immédiatement au sud du terminal, certaines "traînes" étaient même exploitées par les pêcheurs à l'emplacement même du port pétrolier. Une zone de pêche secondaire s'étend le long de la côte depuis Antifer jusqu'à la hauteur d'Eletot (cf. fig. ).

#### 4.4. la petite pêche côtière

Elle est pratiquée à partir du port de St Valéry-en-Caux et des échouages de Veules-les-Roses et Etretat. Il s'agit essentiellement de pêcheurs en doris utilisant des tramails, des casiers et des cordes.

Villes	Nombre de doris	
	toute l'année:	en été
Saint-Valéry-en-Caux.....	2	5
Veules-les-Roses.....	2	
Etretat.....	2	1
(o)		

Cette petite pêche a un tout petit rayon d'action, celle d'Etretat en particulier s'exerce à proximité du terminal.

#### 4.5. - la pêche à pied

77 personnes ont demandé en 1974 une carte de pêcheur à pied professionnel pour le littoral qui va d'Etretat à St Valéry-en-Caux, 41 pour la zone qui va d'Etretat au Havre.

Pour ces "professionnels" la pêche est toujours un revenu d'appoint. Ils pêchent surtout les moules (de juin à septembre), les coquillages comme le "péto" (*Lithophaga Lithophaga*) et le bulot (ou buccin), mais également des crustacés (crevettes, tourteaux).

151 autorisations de tramail (cf. fig. HT5 ) amateur ont été accordées dans le quartier de Fécamp. La plus grande partie de ces tramails sont posés dans la région de Veulettes, où se trouve la seule sortie d'eau

(o) D'autres barques sortent l'été.

douce importante du quartier (les sorties d'eau douce sont favorables à la présence de certaines espèces comme les truites).

Les secteurs de pêche à pied les plus proches d'Antifer (Bruneval et Etretat en particulier) sont directement influencés par la construction du terminal.

#### En résumé

Pour le quartier de Fécamp, peuvent éventuellement être influencées par la construction du port d'Antifer :

- la pêche hauturière au hareng, pour une de ses zones de pêche ;
- la pêche côtière à la coquille et au hareng ;
- la petite pêche et la pêche à pied dans les secteurs les plus rapprochés du cap d'Antifer ;
- c'est la pêche côtière au chalut semi-pélagique qui est la plus touchée par la construction du terminal.

Pour comprendre l'impact que peut avoir le terminal sur le quartier de Fécamp, il faut souligner l'importance nouvelle de la pêche côtière, alors que la flotte de grande pêche diminue rapidement (six bateaux de grande pêche sur douze sont partis récemment à la ferraille).

#### 5 - Navires originaires du quartier du Havre

Tous les bateaux du Havre sont de petites unités qui pêchent dans le secteur d'Antifer et en baie de Seine.

Z O N E S   D E   P E C H E

Pêches pratiquées toute l'année

Engins	Espèces	Nombre de bateaux	Zones de pêche
Casier	Etrille	30	Cap de la Hève jusqu'à Antifer : entre 1 et 5' de la côte
Tramail	Poissons divers (sole, carrelet, turbot)	25	De chaque côté du chenal de navigation du Havre
RET à turbot (filet à 1 seule maille)		20	Au nord du bateau-feu à l'ouest du terminal
Chalut	Crevette	7	Entre le Havre et Ouistreham
Chalut de fond	Poissons divers	14	Baie de Seine, banc de Seine Parfond, Grande rade
	Etrille		Parfond

30 bateaux au total  
utilisent ces moyens  
alternativement

Z O N E S   D E   P E C H E

Pêches saisonnières

Engins	Espèces	Nombre de bateaux	Zones de pêche
Drague	Coquille St Jacques	3 inscrits, 1 bateau pratique effectivement, d'octobre en mai	Milieu de baie de Seine 12 à 20 milles ouest de Fécamp
chalut semi-pélagique	Maquereau d'avril à août Merlan de septembre à février	6	Même traîne que pour Fécamp entre le terminal et le cap de la Hève entre 1, 3 et 5' de la côte
Filet dérivant	Hareng	Quelques bateaux épisodi- quement de novembre à décembre	A la côte d'Antifer, à Saint-Valéry
Tramail Amateur		37 autorisations	Littoral Cap de la Hève à Antifer
Pêche à pied, Professionnel	Moules surtout	41 autorisations	

## En résumé

Les pêches au chalut semi-pélagique, au RET à turbot, au casier et au tramail, sont pour une part directement concernées par la construction du terminal d'Antifer.

Mais ce sont surtout les casiers à étrilles et les tramails qui subissent les conséquences les plus importantes des dragages effectués à proximité du chenal de navigation du port du Havre (fig. 39).

### 6 - Navires originaires du quartier de Caen

Dans le quartier de Caen, à l'inverse de ce qui se passe en Haute-Normandie, la pêche est répartie en un grand nombre de petits ports situés tout le long du littoral, et qui pratiquent des "métiers" très variés :

- Isigny
- Grandcamp
- Port-en-Bessin
- Courseulles
- Ouistreham
- Dives-sur-Mer
- Trouville
- Honfleur

#### 6.1. - Isigny

On y pêche le poisson le long du Cotentin et la coquille en baie des Veys. Il n'y a aucune relation avec Antifer.

#### 6.2. - Grandcamp

On y pratique deux métiers : la pêche à la coquille St Jacques et au chalut, dans trois secteurs :

- côte anglaise (15 navires) ;
- littoral de St Vaast, la Hague, Arromanches (15 petits navires) ;
- baie de Seine (de Bafleur au cap d'Antifer), (42 navires).

Dans cette dernière zone, ceux qui pêchent la coquille ne s'approchent pas à moins de 10 milles d'Antifer.

Par contre, quelques bateaux vont parfois pêcher au chalut semi-pélagique dans les mêmes zones que les Fécampoïis (cf. fig. HT3).

### 6.3. - Port-en-Bessin

On y pratique quatre types de pêche :

- petite pêche côtière (casiers, filets, lignes) ;
- drague pour la coquille ;
- chalut de fond ;
- chalut semi-pélagique.

Les zones de pêche :

- littoral bas-normand pour la petite pêche (35 petits navires).
- côte anglaise, pour le chalut (5 à 8 navires).
- nord de Dieppe, chalut (5 à 10 navires) ; coquille (6 à 10 navires).
- baie de Seine, de Port-en-Bessin au cap de la Hève

. chalut semi-pélagique (8 à 12 bateaux de 25 m). Ces derniers vont rarement dans la zone semi-pélagique des Fécampoïis, ils restent très au large, à l'ouest ou au sud d'Antifer ;

. chalut de fond pratiqué par des bateaux plus petits (15 m) qui utilisent les mêmes traînes que les Havrais sur les "bancs de Seine", la Grande Rade et le Parfont ;

. coquille : 10 à 19 bateaux pêchent jusque dans la zone des dragages, près du chenal de navigation du Havre.

### 6.4. - Courseulles

Une trentaine de petits bateaux y pratiquent le chalut à crevette, le chalut de fond, les casiers, et la drague, dans la zone

littorale. Parfois, huit de ces bateaux vont faire du chalut de fond sur les mêmes traînes que les pêcheurs du Havre.

#### 6.5. - Ouistreham

57 petits bateaux pratiquent le long du littoral toutes sortes de métiers (chalut de fond, semi-pélagique, crevette, casiers, drague). Une trentaine de ces navires font le chalut de fond entre Courseulles et le cap de la Hève (essentiellement les mêmes traînes qu'au Havre). Trois bateaux utilisent parfois le semi-pélagique au sud d'Antifer, dans la même zone que les Fécampoïis 25 bateaux complètent leur pêche en chalutant la crevette le long du littoral, entre Ouistreham et le Havre.

#### 6.6. - Dives-sur-Mer

3 petits chalutiers utilisent le chalut de fond en baie de Seine, et le chalut à crevettes le long du littoral.

1 chalutier de 20 mètres utilise :

- le chalut de fond en baie de Seine ;
- le chalut semi-pélagique juste au sud du terminal (même zone que les Fécampoïis, mais en s'insinuant dans les zones d'épaves) ;
- la drague à coquille au large de la baie de Seine.

#### 6.7. - Trouville

Sur 53 embarcations, 15 pratiquent le chalutage de fond, et 38 le chalutage de la crevette dans la zone littorale qui va de Ouistreham au cap de la Hève.

10 de ces bateaux utilisent le chalut semi-pélagique directement au sud et au nord du terminal, ils opèrent exactement selon les mêmes traînes que les Fécampoïis (plan HT3).

#### 6.8. - Honfleur

Sur les 51 bateaux de Honfleur, 36 pratiquent le chalutage de la crevette dans la zone littorale de Ouistreham au Havre, et 15 utilisent

Q U A R T I E R D E C A E N

Pêches dans la zone ANTIFER  
(détails par ports)

Coquille

Ports	Nombre de bateaux
- Grandcamp.....	42
- Port-en-Bessin.....	19
- Courseulles.....	3
- Ouistreham.....	2
- Dives.....	1
<u>Total.....</u>	<u>67</u>

Chalut de fond

Ports	Nombre de bateaux
- Port-en-Bessin.....	12
- Courseulles.....	8
- Ouistreham.....	30
- Dives.....	4
- Trouville.....	15
- Honfleur.....	15
<u>Total.....</u>	<u>84</u>

Semi-pélagique

Ports	Nombre de bateaux
- Ouistreham.....	3
- Dives.....	1
- Trouville.....	10
- Honfleur.....	15
<u>Total.....</u>	<u>29</u>
(o)	

(o) plus 12 bateaux de Port-en-Bessin.

le chalut de fond (banc de Seine, Parfond) ou le chalut semi-pélagique (banc de Seine, sud Antifer).

En résumé

Une petite partie seulement de la pêche du quartier de Caen semble être concernée par les effets éventuels de la construction du terminal :

- une trentaine de bateaux qui pêchent saisonnièrement au chalut semi-pélagique au sud du terminal, et 12 qui utilisent cette technique plus à l'ouest ;
- 84 bateaux qui pêchent parfois au chalut de fond entre le bateau-feu du Havre et Antifer ;
- une quarantaine de bateaux qui pêchent la coquille St Jacques à proximité des zones de dragage ou du terminal lui-même ;
- les autres coquilliers pêchent beaucoup plus à l'ouest et au sud-ouest.

En résumé pour l'ensemble de la zone

Ce sont au total :

- 288 navires de pêche côtière ;
- 9 navires de pêche industrielle ;
- 47 petits bateaux côtiers ;
- 118 pêcheurs à pied professionnels ;
- 188 tramails amateurs ;

qui pêchent à proximité de la zone des travaux du terminal et pour lesquels on peut se demander :

- si la construction du terminal peut gêner leur activité ;
- quelle est l'amplitude de l'impact sur chaque type d'activité par rapport à la pêche des quartiers d'origine.

TABLEAU RECAPITULATIF DES BATEAUX PECHANT A PROXIMITE DE LA ZONE DE TRAVAUX D'ANTIFER

Type de pêche	Quartier d'origine	Nombre de bateaux	Période de pêche	Zone de pêche
Chalut de fond	Le Havre	15 côtiers	Toute l'année	Banc de Seine Grande rade - Parfond
	Caen	84 côtiers	Episodiquement	
		<u>99 bateaux</u>		
Chalut semi-pélagique	+ Fécamp Dieppe	14 côtiers	Mai à octobre	Zone "Fécampoise"
	Le Havre	6 côtiers	Maquereau d'avril à août Merlan de septembre à février	
	Caen	29 côtiers	Episodiquement De mai à octobre	
		<u>49 bateaux</u>		
Pêche pélagique (chalut et filet dérivant)	Fécamp	+ 8 industr.	15 jours en décembre	0° 45 ouest à 0° 05 ouest 50° nord à 49° 30' nord
		12 côtiers	De novembre à décembre	
	Le Havre	8 côtiers	Episodiquement de novembre à décembre	A la côte entre Etretat et le Tréport
		<u>28 bateaux</u>		

Coquille St Jacques	Dieppe	45 côtiers	Episodiquement d'octobre à mai	50° 10' à 49° 40'	
	Fécamp	7 côtiers 1 industr.		0° 1' ouest à 0° 30' ouest	
	Le Havre	1 côtier		} Octobre à mai	} Au nord-ouest d'Antifer + A l'ouest d'Antifer baie de Seine
	Caen	67 côtiers			
		121 bateaux			
Doris + petits bateaux (cordes - casiers - filets)	Fécamp	6 doris	Toute l'année	} Littoral proche	
		+ 6 doris 5 barques			En été
	Le Havre	30 petits bateaux	Utilisent alternativement :	} Littoral de la Hève à Antifer au nord-ouest du bateau- feu et à l'ouest du terminal	
					- casiers à étrille (30 ba- teaux)
					- tramails (25 bateaux)
		- rets à turbots (20 bateaux)			
		47 bateaux			
Pêche à pied	Fécamp	77 C de P (o)	} Surtout les moules de juin à septembre	} D'Etretat à St Valéry Du Havre à Etretat	
	Le Havre	41 C de P			
	Fécamp	151 A de T (ol)	} Surtout de juin à septembre	} D'Etretat à St Valéry De la Hève à Bruneval	
	Le Havre	37 A de T			
		118 C de P			
		188 A de T			

(o) C de P = Carte de professionnel  
(ol) A de T = Autorisation tramail amateur

### III - EVOLUTION DES PRISES PAR TYPE DE PECHE DANS LA ZONE D'ANTIFER

Les causes des fluctuations constatées dans les apports des produits de la pêche sont en général difficiles à interpréter.

Elles peuvent provenir de la surexploitation de certaines classes d'âge, ou de changements naturels ou artificiels de certains paramètres du milieu marin. Il est donc malaisé d'attribuer à coup sûr telle origine à telle évolution. Nous nous limiterons, dans le cadre de ce paragraphe à la description des évolutions, qui sont susceptibles d'avoir une liaison plus ou moins grande avec les opérations de construction du terminal d'ANTIFER.

#### 1 - Chalutage de fond

Ce type de pêche est pratiqué par 15 bateaux du Havre toute l'année et par 84 bateaux de Caen épisodiquement. Globalement les apports de poisson du Havre ont diminué en 1974 par rapport à 1972 et légèrement augmenté par rapport à 1973 :

- 1972 - 1024 tonnes ;
- 1973 - 554 tonnes ;
- 1974 - 726 tonnes.

Mais ces totaux ne comportent pas seulement le poisson de fond. Par contre l'administration de Caen note plus nettement pour 1974 :

- "baisse sensible de la production du poisson de fond" pour Honfleur (15 bateaux) ;
- "diminution des apports de poissons de fond pour Trouville" (15 bateaux) ;
- augmentation des apports de poissons (fond et autres) pour Ouistreham (mais il y a plus de gros bateaux) - (30 bateaux) ;
- apports en hausse à Port-en-Bessin (19 bateaux) ;
- stabilité pour Courseulles (8 bateaux).

On observe donc une certaine baisse des prises au chalut de fond surtout pour les ports n'ayant que la zone du Havre pour pêcher. Mais ces statistiques globales rendent mal compte de la vérité, en effet les pêcheurs notent des diminutions de moitié pour certaines espèces (la morue par exemple). Evidemment cela signifie en compensation que d'autres espèces ne diminuent pas. Il est donc difficile de déceler une évolution caractéristique. Par ailleurs là aussi les effets de la pollution de la Seine ont plus de chance de se faire sentir que les effets de la construction du terminal. On notera cependant la présence des dragages de matériaux destinés à la construction du terminal à faible distance des zones de chalutage.

## 2 - Chalutage semi-pélagique

20 bateaux emploient le chalut semi-pélagique pendant une grande partie de l'année (mai à octobre) dans la zone située immédiatement au sud et au nord du terminal. Les bateaux du quartier de Caen viennent s'y ajouter épisodiquement.

Du point de vue de l'évolution des apports, la situation est très différente selon les ports :

- augmentation des apports de Ouistreham (mais la zone Antifer est secondaire pour ce port) ;
- légère hausse du maquereau à Tourville ;
- détérioration des apports de maquereau et de merlan à Honfleur.

### Apports de Honfleur

Poissons	Apports (en tonnes)			
	avril 74	Avril 75	total 74	total 75
Maquereau.....	18,5	10,5		
Merlan.....			78,4	31,8

Il faut noter que les bateaux de Honfleur utilisent beaucoup plus régulièrement la zone Antifer que les bateaux de Ouistreham ou Trouville.

Globalement les apports du Havre ont diminué depuis 1972. Ceci est d'autant plus inquiétant que les moyens ont augmenté (6 bateaux pêchaient le maquereau en 1974 contre 4 en 1973) et que le matériel s'est amélioré (filets en nylon - deccas - radars - sondeurs).

Pour le semi-pélagique les Fécampoïses utilisent exclusivement la zone située au nord et au sud du terminal. Or la baisse des apports en maquereau et merlan est très sensible depuis 2 ou 3 ans. Des apports de 2 tonnes par jour et par bateau n'était pas rares auparavant, sans compter qu'à cette époque les pêcheurs rejetaient les poissons de faible valeur marchande (chinchart - célan etc...) qui pouvaient représenter jusqu'à 20 % des prises. Maintenant les pêcheurs gardent tout et malgré cela les prises quotidiennes ne sont plus que de 500 à 1 000 kg, parfois moins.

Exemple de pêches d'un bon patron au semi-pélagique (Mr Georges EBRAN), en 1975 :

- 11 juin - 1 148 kg
- 12 juin - 864 kg
- 13 juin - 955 kg
- 16 juin - 935 kg
- 17 juin - 1 000 kg
- 18 juin - 470 kg
- 19 juin - 410 kg
- 20 juin - 500 kg
- 23 juin - 810 kg
- 24 juin - 500 kg
- 26 juin - 300 kg
- 27 juin - 250 kg

Monsieur LANCHON qui est le seul patron de Dieppe à descendre régulièrement vers Antifer fait les mêmes constatations.

Que ce soit à Dieppe, à Fécamp, au Havre ou dans le quartier de Caen, tous les pêcheurs qui utilisent régulièrement le semi-pélagique dans cette zone affirment qu'une bonne proportion des prises, parfois plus du tiers, étaient faites à l'emplacement même du terminal.

On comprendra la gravité de cette dégradation de la pêche au semi-pélagique dans ce secteur, en observant que dans le même temps le prix du maquereau et du merlan reste très bas tandis que les frais augmentent (gas oil mais aussi matériel). Cette pêche semble maintenant à la limite de la rentabilité.

### 3 - Le chalutage pélagique

C'est essentiellement la pêche au hareng. Elle est pratiquée jusque dans la zone Antifer en novembre et décembre par 8 bateaux industriels et 12 bateaux côtiers de Fécamp. Quelques bateaux du Havre s'y ajoute épisodiquement.

Deux points fondamentaux sont à retenir :

- la pêche en zone Antifer ne représente qu'une partie des lieux de pêche aux harengs ;
- la pêche aux harengs a été très mauvaise en 1974 aussi bien en Manche qu'en mer du nord.

Pour Boulogne : baisse de 27 % des apports en 1974, par rapport à 1973  
Pour Dieppe : baisse de 57 %  
Pour Fécamp : baisse de plus de la moitié.

Les causes de cet effondrement des apports ne sont probablement pas liées à la construction du terminal. Cependant on notera que la baisse semble avoir été plus grave en zone Antifer :

- les pêcheurs côtiers de Fécamp qui attendent la venue du hareng à la côte entre Etretat et Dieppe disent que les apports de 1974 ne représentent que le 1/8 des apports de 1972 (ce qui équivaut à une baisse de plus de 85 %).

- pour la pêche industrielle, Monsieur LAGARDE armateur à Fécamp, présente comme pêches types les exemples suivants :

	Nombre de chalutier	Date	Tonnage	Baisse de :
<u>1er exemple</u>				
- Manche nord (Vergoyer-Ailly)	1	novembre 73	659	} 55 % de novembre 73 à novembre 74.
	1	novembre 74	350	
<u>2e exemple</u>				
- zone Antifer....	1	1er au 15 novembre 72	564	} 78 % du 1er novembre 72 au 15 novembre 74.
	1	1er au 15 novembre 73	796	
	1	1er au 15 novembre 74	174	

La différence entre ces deux zones est notable surtout si l'on observe que, malgré une période de pêche diminuée de moitié, les prises en zone Antifer étaient régulièrement supérieure à celles de la zone Manche-nord :

	Nombre de chalutier	Date	Tonnage	Baisse de :
<u>1er exemple</u>				
- Manche nord.....	1	1er au 31 novembre 70	937	-
- Antifer.....	1	1er au 15 décembre 70	476	-
Manche nord.....	1	1er au 31 novembre 71	306	-
- Antifer.....	1	1er au 15 décembre 71	358	-
<u>2e exemple (un autre chalutier)</u>				
- Manche nord....	1	1er au 31 novembre 72	338	-
- Antifer.....	1	1er au 15 décembre 72	397	-
- Manche nord....	1	1er au 31 novembre 73	437	-
- Antifer.....	1	1er au 15 décembre 73	522	-

Il semble donc que la diminution des apports ait été plus nette dans la zone Antifer. Y-a-t'il un rapport entre ce phénomène et la construction du terminal ? c'est impossible à dire. On fera simplement deux remarques qui vont en sens inverse :

D'une part : la "zone Antifer" est le secteur le plus sud où "descend" le hareng. Si le hareng "vient mal" en Manche nord, il peut sembler logique qu'il descende en plus petit nombre encore jusque dans le sud, et le terminal n'y est alors pour rien.

Mais d'autre part : on peut se demander si la construction du terminal, en particulier par les rejets de dragages, ne peut avoir d'effets sur les frayères de hareng , dans l'hypothèse (nouvelle et non démontrée) que celles-ci "existeraient tout le long du littoral jusqu'à ETRETAT" (I. S. T. P. M.).

#### 4 - La pêche de la coquille St Jacques

Ce sont plus de 120 navires de toutes tailles qui étendent leurs zones de pêche à la coquille, jusqu'à quelques milles au nord-ouest et à l'ouest d'Antifer. L'essentiel de cette pêche se fait cependant assez loin du terminal.

Pour Dieppe les apports sont en légère baisse avec le même nombre de bateaux :

- 1973 - 4 338 tonnes ;
- 1974 - 4 030 tonnes.

Mais si on regarde le détail des résultats par zone de pêche on constate que la zone Antifer n'est pour rien dans cette baisse générale de la production ;

Zone	Résultats 1974
Baie de Seine.....	Mauvais
Antifer.....	Moyens, bons
Dieppe.....	Bons
Côte Anglaise.....	Bons

Pour Fécamp les apports sont passés de 200 tonnes pour la campagne 72/73 à 400 tonnes pour 73/74, ce qui est un progrès même si l'on tient compte du fait que le nombre de navires engagés est passé de 5 à 8.

Pour le Havre les apports de l'unique coquillard sont constants : 100 tonnes en 1974 comme en 73.

Pour les ports du quartier de Caen qui utilisent parfois les zones les moins éloignées d'Antifer, les apports sont en hausse très sensible.

Pour Honfleur - Trouville - Ouistreham - Courseulles :

- 1973 - 1 272 tonnes ;
- 1974 - 1 731 tonnes.

Le nombre de navires a légèrement augmenté, seul Port-en-Bessin voit une légère baisse de ses apports en coquilles malgré une augmentation de sa flotille.

Dans l'ensemble donc les apports en coquilles St Jacques ont augmenté en même temps que le nombre des bateaux engagés.

On ne décele aucune anomalie en rapport avec le terminal.

##### 5 - Les doris et petits bateaux (casiers, filets, lignes)

16 doris pêchent toute l'année de Dieppe à Antifer. D'autres ne pêchent qu'à la belle saison.

Ces petites embarcations ne représentent pas de gros apports, mais ils sont le moyen de subsistance de plusieurs dizaines de personnes. Les apports ne sont pas chiffrables car toute la vente se fait hors criée, directement aux détaillants, aux restaurateurs ou même aux particuliers. On a donc comme source unique les informations fournies par les pêcheurs eux-mêmes. Encore ceux-ci sont-ils généralement dans l'impossibilité de fournir des chiffres précis.

A St Valéry-en-Caux les deux pêcheurs professionnels en doris affirment qu'en 5 ans la diminution des prises en poisson a été de 80 %. Ils notent la quasi-disparition des roussettes, des aiguillats, des turbots et des raies. Par contre les crustacés (étrilles, araignées, tourteaux) semblent encore abondants.

A Etretat également on note une très forte baisse en turbot, morues, homards, raies et la disparition de la roussette. Un filet posé pour une marée ramène 3 à 4 fois moins de poissons qu'il y a 4 ans. On note aussi à Etretat que la dégradation est plus forte pour les casiers (crustacés surtout) que pour les filets (poissons surtout).

Mais, il faut souligner que cette dégradation se manifeste tout le long du littoral. Ainsi à Quiberville qui est trop loin du terminal pour en subir les effets, la morue a presque disparue près de la côte ainsi que le homard. Il n'est pas rare à Quiberville de faire des pêches catastrophiques dont voici un exemple :

34 casiers et 24 tramails de 60 mètres posés pendant 48 heures avec pour seul résultat 2 homards.

En fait, il n'y a qu'à Etretat où la pêche en doris subit directement les effets de la construction du terminal. D'une part, les doris d'Etretat allaient jusque dans le secteur où la digue a été construite ; ils ont donc vu leur zone de pêche réduite. D'autre part les rejets de dragages sont effectués à proximité de cet échouage.

Au Havre une trentaine de petits bateaux posent des casiers et des filets. Ici comme plus au nord les apports semblent en baisse. Cette baisse est notable pour les crustacés :

- 1972 - 209 tonnes ;
- 1973 - 74 tonnes ;
- 1974 - 99 tonnes.

La construction du terminal peut avoir contribué à ce phénomène par l'intermédiaire des dragages de matériaux qui sont pratiqués de part et d'autre du chenal de navigation du Havre. En effet, les étrilles

se trouvent en très grand nombre dans ce secteur et les dragues peuvent perturber leur milieu de vie. De plus, la délimitation d'une zone réservée aux dragages rétrécit la zone de pêche et favorise la surpêche. Les indemnités versées en cas de préjudice aident les pêcheurs, mais elles ne restaurent pas la pêche. Celle-ci devient très précaire et risque de supporter de plus en plus mal les périodes difficiles comme par exemple les 4 mois de tempête de septembre 74 à janvier 75.

#### 6 - La pêche à pied

Une baisse des prises semble se manifester pour la pêche à pied tout le long du littoral de Dieppe au Havre. Les causes en sont certainement très variées.

A Vastorival par exemple une grande moulière attirait la foule tous les ans à la belle saison. Il y avait jusqu'à 200 voitures de pêcheurs sur le parking. Cette année il n'y a plus de moule. Dans ce cas, la surexploitation du banc semble être la cause de sa disparition.

A St Valéry-en-Caux, les moulières ont aussi disparu. Mais, on y a constaté aussi que certains coquillages comme les crépidules (*Crepidula fornicata*) et les pitos (lithophages) ont été recouverts de boue avant de disparaître en grande partie. Il est difficile d'imaginer comment les matériaux rejetés au nord d'Antifer auraient pu se propager à une concentration réelle, jusqu'à St Valéry-en-Caux. Il semble plus plausible que ces arrivées de boues participent aux mêmes mouvements sédimentaires que celles qui ont entraîné le démaigrissement de certaines plages (St Pierre-en-Port, Eletot etc...).

Par contre, il n'est pas impossible que les rejets de dragages soient pour une part responsables de la diminution d'apports constatée à Etretat. A Etretat en effet le rendement des tramails posés à pied a diminué de moitié en trois ans aussi bien pour le poisson, que pour les crustacés. Ici comme ailleurs cette évolution n'est pas nouvelle, mais elle semble s'être accélérée.

A Bruneval, il semble que les prises de poissons se maintiennent à leur niveau antérieur. Toutefois, la construction de la digue et du terre plein, a détruit un espace de roches favorisant la concentration de certains crustacés, et la présence de moulières. Ceci pourrait expliquer, la diminution des captures de crustacés. Cependant, il faut aussi souligner (cf. p ) l'effet bénéfique de la jetée qui fournit une surface considérable d'abris pour les crustacés et les moules. La

colonisation de ces abris devrait d'ailleurs se faire assez rapidement.

#### IV - LES INCIDENCES DE LA CONSTRUCTION DU TERMINAL D'ANTIFER SUR LES ACTIVITES DE PECHE

##### I - L'occupation des zones de pêche

En premier lieu, les effets directs de la structure se caractérisent par la perte permanente au profit d'une seule activité, d'un secteur de côte utilisé aussi pour d'autres activités.

L'amorce de la digue et le terre plein ont été construits sur des enrochements littoraux qui étaient favorables aux crustacés et aux coquillages (moulières). De même le chenal de navigation débute dans une zone où sont traditionnellement posés des rets à turbot.

Mais c'est surtout la place prise sur les zones de chalutage au semi-pélagique qui représente la gêne la plus importante pour la pêche. Tous les pêcheurs consultés affirment que le terminal a été construit sur une excellente zone de pêche. Ils parlent soit de "débouché" des courants du nord que suivraient les poissons, soit de "fosse naturelle" bonne pour le maquereau.

Il paraît difficile de parler de "fosse" en ce qui concerne le très léger infléchissement bathymétrique existant à Antifer. Cependant ce rapprochement des isobathes vers la falaise pouvait permettre de pêcher plus près de cette côte que fréquentent les maquereaux. Cette zone présentait pour les pêcheurs le principal intérêt d'être plane et recouverte de sédiments. Elle permettait ainsi, sur l'ensemble de sa surface, un chalutage efficace et sans grand risque pour le chalut. D'où l'importance de cette zone de pêche par rapport aux autres secteurs où l'on ne peut suivre que les traînes linéaires serpentant entre les épaves. La carte des traînes traditionnelles élaborée avant la construction du terminal, montre aussi qu'une traîne importante est située à l'emplacement même du port.

Enfin, il faut préciser que la suppression de cette zone de pêche conduit les pêcheurs à exploiter plus intensément les traînes

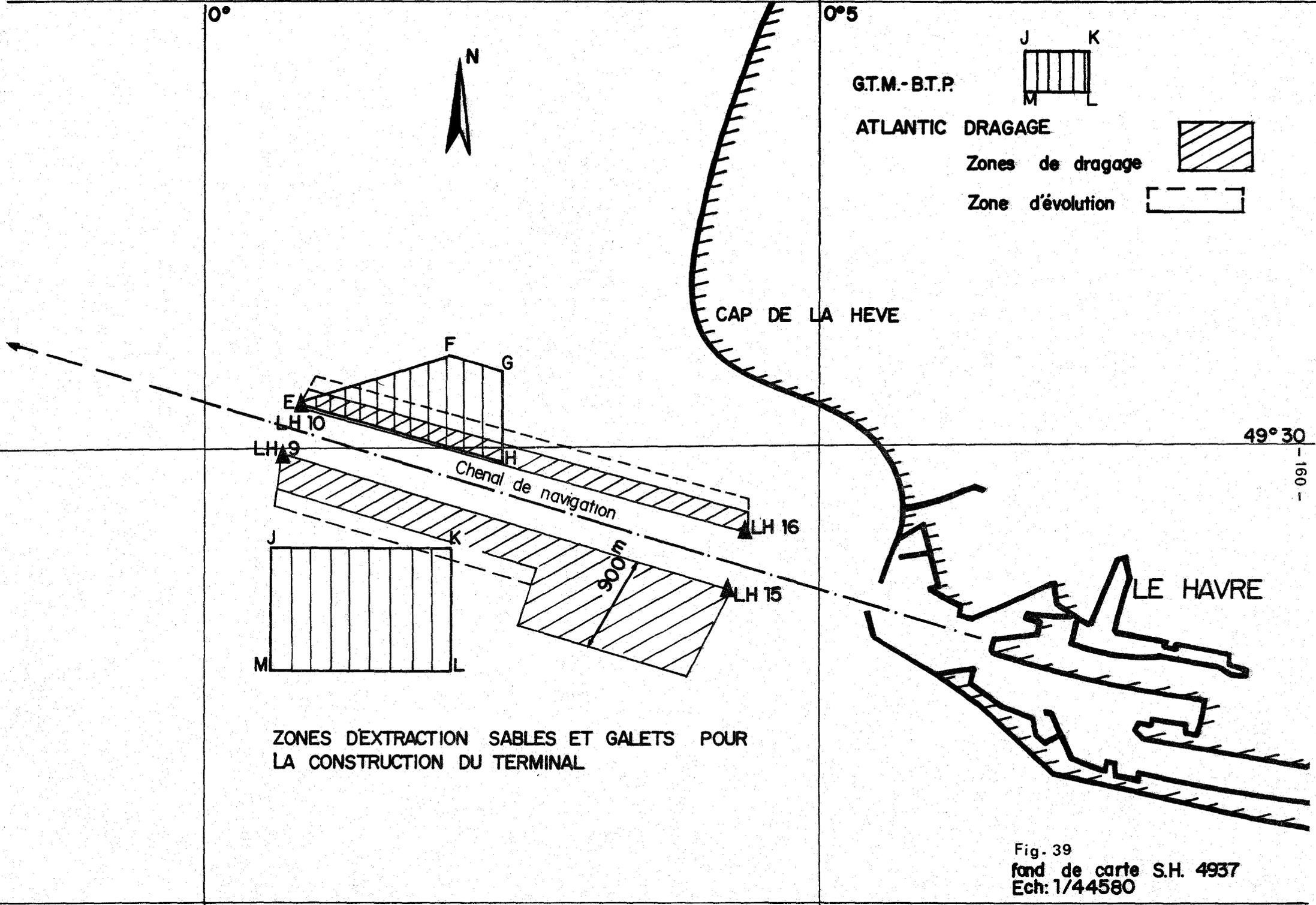


Fig. 39  
 fond de carte S.H. 4937  
 Ech: 1/44580

disponibles. Ce processus peut conduire éventuellement à une surexploitation des stocks et par conséquent à une diminution des apports.

## 2 - Les dragages (cf. fig. 39)

Il s'agit d'abord des dragages de matériaux destinés à la construction du terminal. Les matériaux de construction sont dragués de part et d'autre du chenal de navigation du Havre par deux sociétés différentes : la GTM - BTP et "Atlantic dragages".

La GTM - BTP drague des matériaux destinés à la fabrication de ciment. Elle a reçu le 24 mars 1975 l'autorisation du préfet de Seine Maritime de draguer dans deux zones désignées E. F. G. H. et J. K. L. M. (voir carte). Cette autorisation a été accordée pour un an.

La société Hollandaise "Atlantic dragages" a extrait, en beaucoup plus grande quantité, des matériaux destinés au soubassement de la digue. Ces extractions ont eu lieu à l'intérieur de deux longues bandes situées entre les bouées d'attérissage du Havre : L. H. 9 et L. H. 15 d'une part au nord du chenal, L. H. 10 et L. H. 16 d'autre part au nord du chenal. Ces travaux sont maintenant terminés.

Ces dragages posent un problème pour la pêche parce qu'ils sont pratiqués dans une zone où les étrilles sont en très grand nombre. Très proche du Havre, cette zone est utilisée par les petits bateaux, qui y posent des casiers et des filets fixes. Il y a donc occupation d'une partie des lieux de pêche des Havrais. Par ailleurs, les dragues de la société "Atlantic dragages" ne respectaient pas toujours les limites qui leur étaient fixées, d'où la destruction d'un certain nombre de casiers et de filets. Ceci a d'ailleurs donné lieu à une indemnisation au profit des pêcheurs.

D'autre part des dragages sont effectués par la même société Hollandaise à Antifer. Il s'agit dans un premier temps de draguer à 21 mètres le cercle d'évitage et le chenal d'accès, mais aussi de draguer de chaque côté du chenal sur 300 mètres près du terminal, sur 900 mètres plus au large.

Tous ces dragages ont pour effet de mettre par endroit la roche à nu, ou de laisser à découvert de grosses roches sur lesquelles les pêcheurs se plaignent de déchirer leurs chaluts.

Il semble également que les dragues se débarrassent le long du littoral de toutes sortes de débris métalliques (flexibles d'aspiration, pièces de chaudronneries etc...). Ces objets très lourds et souvent tranchants sont à l'origine de déchirures dans les chaluts et donc de pêches PERDUES.

### 3 - Les rejets

Ce sont les rejets de matériaux dragués dans le port et le chenal de navigation d'Antifer. Ils représentent environ 30 millions de m<sup>3</sup> de sédiments rejetés entre 2,5 et 6 km au nord de la digue par des fonds de 17 à 22 mètres. 30 % de ces sédiments tombent au fond, 70 % partent en suspension, surtout vers le nord-est (cf. rapport LCHF - 1973).

Ces rejets entraînent d'une part une augmentation locale et temporaire de la turbidité, d'autre part des dépôts de sédiments dans les environs du point de rejet.

La turbidité de l'eau n'est pas néfaste pour la faune marine, si elle ne dépasse pas un certain niveau, or la dispersion semble ici assez rapide (cf. p 58 ).

Par contre, les dépôts de sédiments peuvent dans certains cas affecter certains coquillages. Ils peuvent par exemple avoir atteint des moulières situées à proximité. Quant aux frayères de hareng, on ignore leur emplacement exact, mais l'ISTPM suppose qu'il pourrait en exister près de la côte jusqu'à Etretat (cf. p 155 ).

### 4 - Modifications hydrologiques

Depuis la construction, un violent clapot s'établit à partir de l'extrémité de la jetée vers le large lorsque le vent vient contrarier le courant.

Ce clapot est parfois tel qu'il rend le secteur inutilisable, voir inaccessible pour les petits navires qui se voient obligés de faire un grand détour vers le large.

De même, les modifications de courants (les pêcheurs affirment que le courant de jusant au sud du terminal est nettement plus faible depuis la construction de la digue) ainsi que l'existence de la digue posent quelques problèmes de navigation aux petites unités. La preuve : ce petit chalutier qui a sombré contre la digue alors qu'elle n'était qu'embryonnaire. Bien sûr, on peut penser à une erreur de navigation, mais il faut justement tenir compte de la fatigue des pêcheurs qui travaillent jour et nuit et se fient à l'habitude des lieux pour ne pas faire d'erreur. Ainsi, en modifiant les routes traditionnelles, la digue est une cause de gêne.

#### 5 - Les explosions

Pendant tous les travaux de construction, des tirs de mines ont lieu quotidiennement vers 13 heures. Ces explosions, suffisamment violentes pour ébranler des maisons situées à plusieurs centaines de mètres en arrière de la falaise, ont sûrement des répercussions dans l'eau. On ne peut écarter à priori l'hypothèse, avancée par des pêcheurs, selon laquelle ces explosions auraient pu écarter des bancs de poissons. Mais il est actuellement impossible d'infirmier ou de confirmer cette hypothèse.

#### 6 - Estimation de l'impact de la construction du terminal sur les activités de pêche

En confrontant l'étude de l'évolution des prises et celle des modes d'action de la construction sur la pêche on peut tenter d'estimer approximativement l'impact de la construction du terminal. Les tonnages indiqués ici ne sont pas absolus car il est impossible d'avoir des chiffres précis par zone de pêche. Il ne s'agit donc que d'une estimation.

##### 6.1. - pêche à la coquille St Jacques

Aucun impact résultant du terminal sur cette pêche ne peut être décelé.

#### 6.2. - pêche pélagique (hareng)

Là encore, on ne peut mettre en évidence aucun effet direct de la construction sur les bancs de hareng. En ce qui concerne les frayères, les connaissances actuelles ne permettent pas d'affirmer, quoique ce soit. Il faudra attendre de connaître la position et les caractéristiques de ces frayères.

#### 6.3. - chalutage de fond

Les 99 bateaux qui sont concernés représentent environ 7 500 tonnes de poisson par an sur les 9 500 tonnes chalutées dans les deux quartiers d'origine (Caen et le Havre).

La construction du terminal représente une gêne pour cette pêche, mais il est impossible de chiffrer l'impact réel.

#### 6.4. - chalutage semi-pélagique

49 navires sont concernés. Ils pêchent approximativement 2 200 tonnes de poisson dans la zone Antifer, soit 69 % des 3 200 tonnes pêchées dans les quartiers d'origine de ces bateaux (Dieppe, Fécamp, le Havre, Caen).

On peut évaluer la perte due à la construction du terminal à environ 1/3 du tonnage pêché communément dans cette zone, sans compter les phénomènes de surpêche dus au transfert d'activité sur d'autres traînes déjà utilisées.

#### 6.5. - petite pêche

Les 30 petits bateaux du Havre pêchent environ 100 tonnes de crustacés. On peut évaluer la perte du fait des dragages à 1/4 ou 1/3 de la pêche moyenne, sans compter, là aussi, la surpêche due au report d'activité sur d'autres secteurs.

On soulignera que si la petite pêche du Havre représente un faible tonnage, elle emploie une quarantaine de personnes.

Sur les 12 doris que compte le quartier de Fécamp, l'impact du terminal ne peut être décelé que parmi les doris d'Etretat, soit deux doris toute l'année et six doris et barques l'été. Cela représente une pêche annuelle d'environ 4 tonnes sur 20 tonnes pour l'ensemble du quartier. Pour ces doris et ces barques il est impossible d'évaluer la perte.

#### 6.6. - pêche à pied

Sur 118 autorisations de pêche à pied professionnelle attribuées du Havre à St Valéry-en-Caux, 20 ont été prises par des professionnels qui pêchent au nord d'Antifer, et peuvent avoir subi les effets de la construction du terminal. Ils pêchent surtout des moules, or, il semble qu'une moulière ait été détruite lors de la construction de la digue et du terre plein.

De même, sur 188 pêcheurs amateurs au tramail, les 34 qui pêchent au nord d'Antifer sont directement concernés par la construction et les rejets.

Pour les tramails comme pour la pêche à pied professionnelle, il est impossible d'évaluer la perte.

#### En résumé

Dans la plupart des cas, il est très difficile, voire même parfois impossible, d'évaluer précisément l'impact de la construction du terminal sur la pêche locale. Il faut cependant retenir que la zone Antifer est une zone très fréquentée par les pêcheurs qui y pratiquent des types de pêche très diversifiés. Notre estimation qui se base uniquement sur les tonnages débarqués montre que les types de pêche les plus concernés, en fonction de leur importance régionale sont :

	<u>impact estimé</u>
- la pêche au chalut benthique.....	+ +
- la pêche au chalut semi-pélagique.....	+ +
- la pêche au chalut pélagique.....	0
- les doris et petits bateaux.....	+
- la pêche à la coquille.....	0

Pour ce qui concerne les problèmes des frayères de hareng, une étude de grande envergure sur ce projet devrait être menée par l'I. S. T. P. M. afin de fournir les éléments nécessaires à une estimation plus précise des effets de la construction du terminal pétrolier d'ANTIFER.



FECAMP

Après le départ de M. MAS, l'administration du quartier de Fécamp est assurée par l'administrateur du Havre.

- M. LAGARDE - Président du comité local des pêches, armateur.
- M. EBRAN (G.) - Patron de pêche à Fécamp ("l'tout petit").
- M. DURUISSEAU - Patron de pêche à Fécamp ("le Glatigny").
- M. BELLAMY (P.) - Patron de pêche industrielle - Fécamp ("Côte St Jacques").  
et autres pêcheurs sur le port de Fécamp.

VASTORIVAL

Pêcheurs à pied.

SOTTEVILLE SUR MER

Pêcheurs en doris.

VEULES LES ROSES

Pêcheurs en doris.

SAINT VALERY EN CAUX

- M. BEAUFOUR (F.) - Patron du doris ("Le jour le plus long").
- M. BEAUFOUR (P.) - Patron du doris ("l'Indépendant").

ETRETAT

Pêcheurs en doris.

Pêcheurs à pied.

BRUNEVAL

Pêcheurs à pied.

LE HAVRE

- M. BOUZENEC - Administrateur en chef du quartier du Havre.
- M. TRACOL - Administration maritime du Havre.
- M. LELEU - Syndicat des pêcheurs du Havre, patron pêcheur ("Satanic").
- M. OLINGUE - Patron pêcheur au Havre ("la Dany").  
et autres pêcheurs sur le port.

CAEN

- M. COUDRAY - Administrateur.

GRANCAMP

- M. ANQUETIL (C.) -  
et autres pêcheurs sur le port.

PORT EN BESSIN

- M. MARI (P.) - Président de la coopérative de pêche, patron pêcheur  
("Patrice Arnaud").

OUISTREHAM

- M. DUBRUIL - Patron de pêche.
- M. CARBONNEAUX - Syndic des gens de mer.  
et autres pêcheurs sur le port.

COURSEULLES

- Le patron du ("Christophe LAURENT").  
et autres pêcheurs sur le port.

DIVES SUR MER

- M. LAFONT - Patron de pêche ("Crin blanc").

TROUVILLE

M. BRIZE - Patron de pêche ("Caprice des flots").  
et autres pêcheurs sur le port.

HONFLEUR

M. PANIER - Président du syndicat des pêcheurs de Basse Seine.  
et pêcheurs sur le port.

## RÉSUMÉ, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

-----

RÉSUMÉ - CONCLUSIONS et RECOMMANDATIONS

Historique de l'étude

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.

L'exécution de ces travaux et des infrastructures complémentaires a nécessité environ 11 millions de m<sup>3</sup> de terrassements, 30 millions de m<sup>3</sup> de dragages et 1,5 million de m<sup>3</sup> 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 péloïtiques 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.

Devant 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.

Résumé des études

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'observation en moyenne tous les mois.

Le programme de recherche a été divisé en trois chapitres principaux pour lesquels les techniques d'échantillonnage les mieux adaptés ont été choisis.

A - Etude de la qualité des passes d'eaux

B - Etude du milieu vivant

C - L'impact de la construction par les activités de pêche côtière

Effets de la construction du terminal pétrolier d'ANTIFER sur le milieu marin

Les principales déductions et conclusions issues de cette étude sont résumées ci-dessous.

De façon à rendre leur exposé le plus clair possible chaque point fondamental est formulé sous la forme d'une question illustrant les effets constatés de la construction du terminal sur le milieu marin.

1 - Les effets directs de la structure : Comment se manifestent-ils ?

1.1. - 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 km<sup>2</sup> la surface occupée par le terminal (chenal de navigation depuis la bouée A8 et le port). 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 (cf. p 163).

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

La difficulté majeure qui s'oppose à l'expression et à la résolution de ce type de conflit (pêche et aménagement du littoral), est d'une manière générale, l'impossibilité de comptabiliser avec précision le rôle que joue la pêche artisanale dans l'économie d'une région. En effet, l'absence de gestion des stocks, les fluctuations naturelles des populations, la surexploitation, les nuisances, les statistiques inexactes ou incomplètes rendent quasiment impossible l'évaluation précise d'un impact sur la pêche côtière. Au cours de cette étude, seules des estimations ont été fournies (cf. p 164).

1.2. - quels peuvent être les effets bénéfiques attendus 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 es-

pèces 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, ou bien pour échapper à leurs prédateurs. Les prédateurs quant à eux seront aussi attirés par la présence potentielle de proies.

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 attirerait 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.

2 - Quelles sont les modifications constatées dans les échanges entre les masses d'eaux ?

L'élément essentiel constaté à Antifer, est la diminution de la vitesse de transit des masses d'eaux côtières. Cela intéresse une masse d'eau large d'environ 2 à 3 km comprise entre des fonds de 0 à 22 m.

La configuration de la digue entraîne la formation temporaire de deux vortex au nord et au sud de la digue.

Ces modifications locales du régime courantologique des masses d'eaux côtières peuvent avoir des effets à la fois positifs et négatifs.

Le ralentissement du transit des masses d'eaux peut contribuer à la stagnation de certains éléments nocifs qui dans des conditions normales (absence de digue et coefficient de diffusion élevé) auraient pû se diluer plus rapidement.

En contrepartie, la circonscription d'un sinistre éventuel sera facilitée par le mouvement ralenti des masses d'eaux.

3 - Quelles sont les modifications apportées à certains paramètres physico-chimique de l'eau de mer ?

### 3.4. - la turbidité

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).

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.

## 4 - Quelles sont les modifications constatées au niveau des organismes vivants ?

### .1. - les organismes pélagiques

#### ■ - le phytoplancton

L'examen des résultats provenant des comptages et de l'identification des éléments constituant le phytoplancton, ainsi que des mesures de biomasse chlorophyllienne ne montre pas d'effets néfastes identifiables ayant pour origine les travaux effectués à ANTIFER.

Il faut cependant noter que la biomasse phytoplanctonique est légèrement inférieure au voisinage d'Antifer, à celle enregistrée au niveau de Cauville. Ce phénomène semble provenir de la proximité des eaux eutrophes de l'estuaire de la Seine.

#### ■ - le zooplancton

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 montrent que d'une façon générale, la zone située au voisinage d'Antifer est plus riche que

celle de Cauville. L'agrégation et la concentration des organismes zooplanctoniques, dues à l'existence de deux vortex (cf. p 98 ) seraient une explication à ce phénomène. Il est probable que cette accumulation d'espèces zooplanctoniques (Copépodes surtout) tende à attirer certains poissons planctorophages 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 et par la circulation des bateaux à moteur.

## .2. - les organismes benthiques

C'est cette portion de l'écosystème qui évidemment est la plus touchée par les opérations de construction, de dragage et de dépôts de dragage.

Le microphytobenthos, constitué par des végétaux microscopiques fixés sur les grains de sable 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.

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 g chl a/g à Antifer contre 15  $\mu$  g chl a/g de sédiment. à Concarneau (BOUCHER - 1975).

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

Les résultats obtenus indiquent une baisse du nombre d'individus par m<sup>2</sup> 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.

Une diminution des valeurs moyennes de la biomasse de la macrofaune benthique égale à 80 % a été enregistrée. Par ailleurs, selon les types de peuplements rencontrés, les valeurs moyennes de la biomasse sont

égales à 40 g/m<sup>2</sup>, 20 g/m<sup>2</sup> et 1 g/m<sup>2</sup> respectivement pour les peuplements des sables fins envasés, des grossiers hétérogènes et des grossiers et cailloutis.

Dans la zone de rejet, la présence de cailloux a gêné considérablement le travail de la benne. Il apparaît toutefois que les peuplements d'épifaune sessile caractérisent ces zones sont recouverts, du moins par endroits (stations B 20 - B 21) par une couche de sables fins. Selon toute vraisemblance, si le sable demeure en place, l'évolution de la colonisation de ce substrat se fera vers un type de peuplement dunaire, peu riche en nombre d'espèces et d'individus, et dont la biomasse fluctue constamment en raison de l'instabilité du substrat.

Dans le cas où tout le sédiment déposé était dispersé par les courants, les cailloutis retrouveraient leur peuplement d'origine.

Du point de vue de la recolonisation des zones draguées, il est probable qu'au bout de 1 an et demi (CRONIN - 1970) ces zones retrouveront un peuplement sensiblement identique numériquement et qualitativement à celui qui était présent avant les dragages. Toutefois, cela dépendra évidemment de la fréquence des dragages d'entretien et des problèmes posés par l'exploitation du port.

#### 5 - Recommandations concernant les problèmes de dragages et de dépôts de dragages

Les résultats globaux de cette étude peuvent éventuellement servir à d'autres problèmes analogues survenant dans des zones sensiblement identiques (mer ouverte - courants violents). Les problèmes posés par les dragages dans les estuaires sont sensiblement différents.

Le site d'Antifer correspond à un milieu ouvert aux influences de la mer et des vents. L'effet de ces forces hydrodynamiques sur les sédiments est considérable. A notre connaissance, ces sédiments ne contiennent pas de métaux toxiques, pas d'huiles ni autre matériel polluant. Dans les zones où des conditions sensiblement analogues sont rencontrées, les recommandations qui suivent pourront être appliquées.

5.1. - dans les zones voisines des estuaires, ou bien susceptibles de "supporter" des activités de pêche importantes, tout projet pouvant apporter au milieu des modifications importantes doit être minutieusement analysé

et précédé s'il le faut par des études de terrain de façon à éviter ou bien minimiser les impacts sur les ressources aquatiques.

5.2. - dans le cas de dépôts de matériaux fins, l'impact est d'autant plus important que la quantité de pérites est grande et que les courants sont faibles. De plus (CRONIN - 1970), si le dépôt de sédiment atteint une pente critique de 1/500 il est indispensable de prévoir une zone de protection, fonction de l'épaisseur du rejet du dragage, autour des zones susceptibles de renfermer des ressources vivantes de valeur (gisements de coquillages, nurseries etc...).

5.3. - les dragages et leur dépôt détruisent un grand nombre d'organismes benthiques à n'importe quel moment de l'année. Des précautions spéciales doivent être prises pour limiter les effets de ces opérations. Il semble que la période hivernale soit celle pendant laquelle les effets seraient les moindres à condition d'éviter soigneusement les aires de ponte des poissons.

5.4. - les résultats exposés ci-dessus donnent les informations sur les espèces rencontrées, leur abondance, leurs variations saisonnières etc... Certains points sont cependant restés dans l'obscurité, notamment ceux qui concernent :

- les variations quantitatives des populations planctoniques au cours d'un cycle de marée, phénomène très important pour comprendre le mode d'action exact de la présence de la digue d'Antifer sur un éventuel piégeage de matière organique vivante.
- les problèmes de recolonisation des zones draguées ;
- les études supplémentaires à accomplir sur les zones de frayères des harengs (I. S. T. P. M.) ;
- les aspects inhérents à l'exploitation du terminal pétrolier.

Enfin, un suivi périodique de certains paramètres océanographiques compléterait utilement cette étude préliminaire des incidences écologiques de la construction du terminal pétrolier d'ANTIFER.

## BIBLIOGRAPHIE CONSULTÉE

-----

BIBLIOGRAPHIE CONSULTEE

-----

I - OUVRAGES GENERAUX

- BOUGIS (P.), 1974, - Ecologie du plancton marin, I - Le phytoplancton, 200 p., II - le zooplancton, 195 p., *Masson & Cie Edit.*
- BUTTON (D.K.), FEDER (H.M.), GOERING (J.J.), HOOD (D.W.), HORNER (R.A.), KINNEY (P.J.), MUELLER (G.J.), MUENCH (R.D.), SHARMA (G.D.), 1973, - Environmental Studies of Port VALDEZ. *University of ALASKA. Hood-Shiels & Kelley, édit.* 495 p.
- GOLDMAN (C.R.), 1969, - Primary Productivity in aquatic environment. *Goldman (C.R.), édit. California Press, 464 p.*
- HARDEN JONES (F.R.), 1974, - Sea fisheries Research, *ELEK (P.), L. T. D., 510 p.*
- HOOD (D.W.), 1971, - Impingement of Man on the oceans. *Hood (D.W.), édit. Wiley Interscience, 738 p.*
- KETCHUM (B.U.), 1969, - Eutrophication, causes, conséquences, correctives. *National Academy of Sciences, Washington (D.C.) 661 p.*
- KETCHUM (B.U.), 1972, - The water's edge. Critical problems of the coastal zone. *Ketchum (B.U.), édit. M.I.T. Press. 393 p.*
- PERES (J.M.), 1961, - Oceanographie biologique et biologie marine, tome I - la vie benthique, 541 p. tome II - la vie pélagique, 514 p. *P. U. F. édit.*
- PARSONS (T.), TAKAHASHI (M.), 1973, - Biological processes. *Pergamon Press, édit. 186 p.*
- PERKINS (E.J.), 1974, - The biology of estuaries and coastal waters. *Academic Press, 678 p.*

RYLEY (J.P.), CHESTER (R.), 1971, - Introduction to marine chemistry.  
*Academic Press.* 465 p.

SILVESTER (R.), 1974, - 1 - generation - propagation and influence of waves, 457 p. - 2 - sedimentation - estuaries - tides - effluents & modelling, 338 p., *Elsevier Scientific Publishing Company.*

STRAHLER (A.N.), STRAHLER (A.H.), 1974, - Introduction to environmental Science, *Wiley and sons. Inc.* 633 p.

## II - HYDROLOGIE ET PHYSICOCHEMIE

ARMSTRONG (A.J.), BUTLER (E.I.), 1968, - Chemical changes in sea water off Plymouth during the years 1962 to 1965. *J. mar. biol. Ass. U. K. (48)*, pp. 153 - 166.

ARMSTRONG (A.J.), BUTLER (E.I.), BOALCH (G.T.), 1970, - Hydrographic and nutrient chemistry surveys in the western English Channel during 1961 and 1962, *J. mar. biol. Ass. U. K. (50)*, pp. 883 - 905.

EWINS (P.A.), SPENCER (C.P.), 1967, - the annual cycle of nutrients in the Menai straits, *J. mar. biol. Ass. U. K. (47)*, pp. 533 - 542.

JONES (P.G.W.), FOCKARD (A.R.), 1971, - hydrographic observations in the eastern Irish sea with particular reference to the distribution of nutrient salts, *J. mar. biol. Ass. U. K. (51)*, pp. 159 - 182.

LEACH (J.H.), 1971, - hydrology of the Ythan estuary with reference to distribution of major nutrients and detritus, *J. mar. biol. Ass. U. K. (51)*, pp. 137 - 157.

MOMMAERS (J.P.), 1970 - on the unusual patterns of phosphate vertical distribution in the Tamar estuary, *J. mar. biol. Ass. U. K. (50)*, pp. 849 - 855.

PARSON (T.R.), STRICKLAND (J.H.D.), 1972, -a practical handbook of seawater analysis, *Bull 167 - 2nd Edit. Fish. Res. board of Canada Ottawa*, 310 p.

SMETHIE (W.M.Jr.), 1973, - some aspects of the temperature, oxygen and nutrients distribution in Monterey bay, California, *The Moss landing mar. lab. n° 36 - technical publication*, 97 p.

TREGER, LE CORRE, 1974. - travaux pratiques de chimie C<sub>4</sub> d'océanographie, *Fac. Sc. U. B. O.*

### III - SEDIMENTOLOGIE - COURANTOLOGIE

CAILLOT (A.), SAUZAY (G.), 1973, - étude du rejet des produits de dragage au large d'Octeville. Rapport du C. E. A. Section d'application des radio éléments.

GERMANEAU (J.), 1974, - étude de la sédimentation dans la Seine et son estuaire. *Thèse doctorat es Sciences. Université de Bordeaux*, 83 p.

LABORATOIRE CENTRAL D'HYDRAULIQUE DE FRANCE, 1973 (a), - étude du littoral entre Le Havre et Antifer, 1re partie hydrologie et océanographie ; 2e partie sédimentologie et géomorphologie.

LABORATOIRE CENTRAL D'HYDRAULIQUE DE FRANCE, 1973 (b), - étude du littoral entre Le Havre et Antifer. Etude de la dispersion des rejets de dragages au nord du terminal pétrolier d'Antifer. Note technique 21 p.

### IV - BIOLOGIE - ECOLOGIE MARINE

ANONYME, 1967, - a study of the effects of dredging and dredge spoil disposal on the marine environment. Final report to the U.S. army corps of engineers.

ANONYME, 1973, - Guidelines for the coastal zone. Coastal plains center for marine development services. *Pub. 73 - 5*, 16 P.

- BEYER (F.), 1968, - zooplankton, zoobenthos and bottom sediments as related to pollution and water exchange in the Oslo-fjord. *Helgol. Wiss. Meeresunters* (17), 456 - 509 pp.
- BODO (F.), RAZOULS (C.), THIRIOT (A.), 1965, - etude dynamique et variations saisonnières du plancton de la région de Roscoff (2), *Cah. biol. mar. Tome VI*, pp. 496 - 509.
- BOUCHER (D.), 1975, - production primaire saisonnière du microphyto-benthos des sables envasés en baie de Concarneau. *Thèse 3e cycle. Université de Bretagne occidentale* 113 p.
- BOUCHER (J.), RAZOULS (C.), RAZOULS (S.), 1976 (in press), - composition chimique élémentaire en carbone et azote de *Centropages typicus* et *Temora stylifera*. Analyse des variations en fonction de la physiologie et des conditions écologiques.
- CABIOCH (L.), 1968, - contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche occidentale. *Thèse doct. état. Paris. Cahiers biol. mar. tome IX* (5), 227 p.
- CABIOCH (L.), GENTIL (F.), 1975, - distribution des peuplements benthiques dans la partie orientale de la baie de Seine. *C. R. acad. Sc. Paris. tome 280*, pp. 571 - 574.
- CONOVER (R.J.), CORNER (E.D.S.), 1968, - respiration and nitrogen excretion by some marine, zooplankton in relation to their life cycles. *J. mar. biol. ass. U. K.* (48), pp. 49 - 75.
- CORNER (E.D.), DAVIES (A.G.), 1971, - plancton as a factor in the nitrogen and phosphorus cycles in the sea. *Advances in mar. biol. Vol 9*, pp. 101 - 204.
- COWEY (C.B.), CORNER (E.D.), 1963, - on the nutrition and metabolism of zooplankton (II), *J. mar. biol. Ass. U. K.* (43), pp. 495 - 511.

- CRONIN, BIGGS (R.B.), FLEMER (D.A.), PFITZEMEYER (H.T.), DOVEL (W.L.), RITCHIE (D.E.Jr.), 1970, - gross physical and biological effects of overboard spoil disposal in upper Chesapeake bay, *Spécial Report n° 3*, 66 p.
- CUSHING (D.H.), 1967, - the grouping of herring populations, *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* (47), pp. 193 - 208.
- GLEMAREC (M.), 1965, - les peuplements benthiques du plateau continental nord Gascogne, *Thèse fac. Sc. Paris*, 167 p.
- GRALL (J.R.), JACQUES (G.), 1964, - étude dynamique et variations saisonnières du plancton dans la région de Roscoff (1), *Cah. Biol. Mar. T. V.*, pp. 423 - 455.
- FAGER (E.W.), 1972, - diversity. A sampling study, *The american naturalist Vol. 106. n° 549*, pp. 293 - 310.
- HUMMON (W.D.), 1974, - S.H., a similarity index based on shared species diversity used to assess temporal and spatial relations among intertidal marine gastrotricha, *Oecologia Vol. 17 (3)*, pp. 203 - 220.
- HYNES (H.N.B.), 1963, - the biology of polluted waters, *Liverpool Univ. Press.*, 202 p.
- KAPLAN (E.), WELKER (J.), KRAUS (M.), Mc COURT (S.), 1975, - some factors affecting the colonization of a dredged channel. *Mar. Biol. Vol 32, n° 2*, pp. 153 - 204.
- KRAMP (P.L.), 1913, - Schizopoda. *Bull trimest. Résult. Crois. Périod. Cons. perm. inst. Explor. Mer.* pp. 539 - 556.
- KREY (J.), 1958, - chemical determinations of net plankton, with special references to equivalent albumin content, *J. Mar. Res. Vol 17*, pp. 312 - 324.

- LAFON (M.), DURCHON (M.), SAUDRAY (Y.), 1955, - recherches sur les cycles saisonniers du plancton. *Ann. Inst. Océomogr.* tome XXX, pp. 125 - 230.
- LEFEVRE, LE HOERFF (G.), 1972, - populations planctoniques d'un estuaire à marée. La rivière de Morlaix. Leurs relations avec les conditions hydrologiques. *Thèse 3e cycle, Paris.*
- LEGENDRE (U.), LACROIX (G.), 1964, - le zooplancton de l'estuaire de la rivière Restigouche (baie des Chaleurs). Quantités et composition en août 1962, *Tr. pêches. Québec*, 2, 40 p.
- LIE (U.), 1968, - a quantitative study of benthic infauna of Puget sound, Wash. (U. S. A.) in 1963 - 1964. *Fisk. Dir. Skr. (sér. Havunders)*, 14, pp. 223 - 356.
- MARGALEF (R.), - valeur indicatrice de la composition des pigments du phytoplancton sur la productivité, composition taxonomique et propriété dynamiques des populations.
- MASSE (H.), 1972, - contribution à l'étude de la macrofaune de peuplements des sables fins infralittoraux des côtes de Provence VI. Données sur la biologie des espèces. *Tethys* 4 (1), pp. 63 - 84.
- MAURER (D.), 1974, - environmental problems associated with a deep-water port in Delaware bay (vol 1). *A report to the National Sciences Foundation Rann Program.* 206 p.
- MAURER (D.), BIGGS (R.), LEATMEM (W.), VINNER (P.), TREASURE (W.), OTLEY (M.), WATLING (L.), KLEMAS (V.), 1974, - effect of spoil disposal on benthic communities near the mouth of Delaware bay. *College of Mar. Studies. University of Delaware*, 231 p.

- MAY (B.E.), 1973, - environmental effects of hydraulic dredging in estuaries. *Alabama. Mar. Res. Bull. n° 9*, pp. 9 - 85.
- MONBET (Y.), 1972, - étude bionomique du plateau continental au large d'Arcachon (application de l'analyse factorielle). *Thèse 3e cycle, fac. Sc. de Marseille Luminy*.
- MONBET (Y.), 1974, - expertise écologique du site d'Annaba (Algérie), *Rapport pour le laboratoire central d'hydraulique de France*.
- MOSS (B.), 1967, - spectrophotometric method for the estimation of percentage of degradation of chlorophylles to phaeopigments in extract of algae. *Lim & oceanogr. 12 (2)*, pp. 335 - 340.
- NAKAI, (2), 1955, - the chemical composition, volume weight and size of the important marine plankton. *Spec. publ. Yokai, Reg. Fish. Res. Lab. (5)*, pp. 84 - 102.
- O'CONNOR (J.E.), 1972, - the benthic macrofauna of Morishes bay (New-York). *Biol. Bull. 142*, pp. 84 - 102.
- ORR (A.P.), 1934, - on the biology of *Calanus finmarchicus*. Part. IV. Seasonnal changes in the weight and chemical composition in Loch Fyne. *J. Mar. Biol. Ass. U. K. 19*, pp. 613 - 632.
- PEARSON (T.H.), 1970, - the benthic ecology of loch Linnhe and loch Eil, a sea loch system, on the west coast of Scotland.  
1) the physical environment and distribution of the macrobenthic fauna. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol (5)*, pp. 1 - 34.
- PETERSEN, 1918, - The sea bottom and its production of fish food. *Report of the danish biol. station to the board of agriculture*.
- PICARD (J.), 1965, - recherches qualitatives sur les biocoenoses marines des substrats meubles dragables de la région Marseillaise. *Thèse doctorat état Marseille*, 160 p.

- RAYMONT (J.E.), AUSTIN (J.), LINFORD (E.), 1967, - the biological composition of certain oceanic zooplanktonic decapods. *Deep. Sea Res. Vol. 14*, pp. 113 - 115.
- REISH (D.J.), 1955 - the relation of polychaetous annelids to harbour pollution. *Public Health Rept. 70*, pp. 168 - 174.
- ROE (H. S. J.), 1972, - the vertical distributions and diurnal migrations of calanoid copepods collected on the sond cruise 1965. III systematic account families Euchaetidae up to and including the Métriidae, *J. Mar. Biol. Ass. U. K. (52)*, pp. 525 - 552.
- RUSSEL (F. S.), 1939, - hydrographical and biological conditions in the North Sea as indicated by plankton organisms. *J. Cons. 14*, pp. 171 - 192.
- 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 6<sup>th</sup> dredging seminar *Report n° C. D. S. 176*, pp. 20 - 37.
- SYKES (J.B.), BONEY (A.D.), 1970, - seasonal variations in inorganic phytoplankton nutrients in the inshore waters of Cardigan bay. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* pp. 815 - 827.
- 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 development in Boca Ciega bay (Florida). *Fish Bull. Vol 67 (2)*, pp. 213 - 241.

THOMPSON (J.R.), 1973), - ecological effects off offshore dredging and beach nourishment. *A Review, U. S. Army Corps of Engineers. Miscallenouns paper n° 1*, 42 p.

TRINAST (E.M.), 1975, - tidal currents and *Acartia* distribution in Newport bay (California), *Estuaire and coastal Mar. Sc. (3)*, pp. 165 - 176.

V - PECHE

Monographies des pêches des Affaires Maritimes 1974 :

- quartier de FECAMP
  - quartier de DIEPPE
  - quartier de BOULOGNE
  - quartier du HAVRE
  - quartier de CAEN
- 
- . Isigny
  - . Grancamp
  - . Port-en-Bessin
  - . Courseulles
  - . Ouistreham
  - . Trouville
  - . Honfleur
- 
- Pêche à la coquille St Jacques - campagne 73 - 74  
Quartier de DIEPPE
  
  - Coordonnés géographiques des zones de coquille St Jacques  
Quartier de CAEN
  
  - Pêche à la coquille St Jacques - campagne 73 - 74  
Direction Maritime - Normandie - Mer du nord
  
  - Liste des cantonnements à crustacés en France 1974
  
  - Sables et graviers : autorisation préfectorale d'exploitation à la société GTM. BTP.  
+ carte d'exploitation pour la société "Atlantic dragages".
  
  - Evolution des flottes et des apports des ports de l'ensemble de la baie de Seine.  
Direction Maritime du HAVRE 1974.

- La pêche artisanale en Haute-Normandie 1974 - Leblanc Samuel -  
ESC - ROUEN  
Rapport de stage 3e année
  
- Etude de la pêche côtière en France (PERCIER)  
Centre d'Etude et de Recherche Scientifique - BIARRITZ 1973
  
- Revue "France pêche" - 75 n° 196 - Déc. janvier 1975
  
- S. C. A. L., Comité de direction du schéma d'aménagement du littoral  
Seine Maritime  
Groupe de travail - Activités maritimes  
Compte-rendus 4.09.1974  
9.09.1974
  
- Cartes du Service hydrographique de la Marine
  - 5107
  - 5206
  - 4937
  
- Carte de la pêche côtière en baie de Seine  
Mission d'Aménagement de la Basse-Normandie
  
- Carte de la pêche côtière - Manche orientale sud mer du nord  
I. S. T. P. M. NANTES
  
- Carte de la pêche côtière - nord Bretagne Normandie  
I. S. T. P. M. NANTES
  
- Carte des zones de pêches des chalutiers boulonnais  
I. S. T. P. M. BOULOGNE
  
- Carte des champs d'algues côtiers  
I. S. T. P. M. NANTES
  
- Carte de localisation des autorisations de tramail amateur  
Administration Maritime de DIEPPE 1974