

1984  
N711-1-CAB-E

F4-F24  
OEL00594

DEPARTEMENT ENVIRONNEMENT  
LITTORAL ET GESTION DU MILIEU  
MARIN

RAPPORT D'EXÉCUTION DES CONTRATS D'ÉTUDES

C.N.E.X.O./C.N.R.S.

n° 81/6597 et n° 82/2606

Période du 1 Avril 1981 au 31 Décembre 1982

VEILLE ÉCOLOGIQUE DES CÔTES BRETONNES

"Etude du macrobenthos, de la méiofaune  
et des Bactéries en Baie de Morlaix".

PARTICIPANTS : BOUCHER Guy  
CABIOCH Louis  
CHAMROUX Simone  
DAUVIN Jean-Claude

RAPPORT D'EXÉCUTION DES CONTRATS D'ÉTUDES

C.N.E.X.O./C.N.R.S.

n° 81/6597 et n° 82/2606

Période du 1 Avril 1981 au 31 Décembre 1982

VEILLE ÉCOLOGIQUE DES CÔTES BRETONNES

"Etude du macrobenthos, de la méiofaune  
et des Bactéries en Baie de Morlaix".

PARTICIPANTS : BOUCHER Guy

CABIOCH Louis

CHAMROUX Simone

DAUVIN Jean-Claude

## ANNEXE TECHNIQUE

- Les travaux font partie du programme de "VEILLE ECOLOGIQUE DES CÔTES BRETONNES" et portent sur le domaine des substrats meubles, en complément d'autres travaux réalisés par le Laboratoire d'Océanographie Biologique de l'Université de Bretagne Occidentale (Michel GLEMAREC) et le Muséum National d'Histoire Naturelle (Lacaze, Oudot, Renauld-Mornant, Ricard, Van Praet) avec lesquels ils devront être étroitement harmonisés.

### A/ Sur l'Estran (BOUCHER/CHAMROUX)

Le site du Tourduff (rivière de Morlaix) I.V. = 9, correspond à une zone d'accumulation en mode calme (slikke) des polluants d'origine terrestre et océanique. Il constitue une station de référence importante de la veille écologique en Baie de Morlaix. Celle-ci a fait l'objet d'un suivi intensif de la microflore bactérienne, du microphytobenthos et de la méiofaune, en relation avec les paramètres physico-chimiques du milieu. Une périodicité d'échantillonnage trimestrielle sera adoptée à l'avenir.

### B/ Zone Subtidale

En Baie de Morlaix, des stations caractéristiques des peuplements macro-méio et micro-benthiques sont étudiés selon un gradient amont-aval.

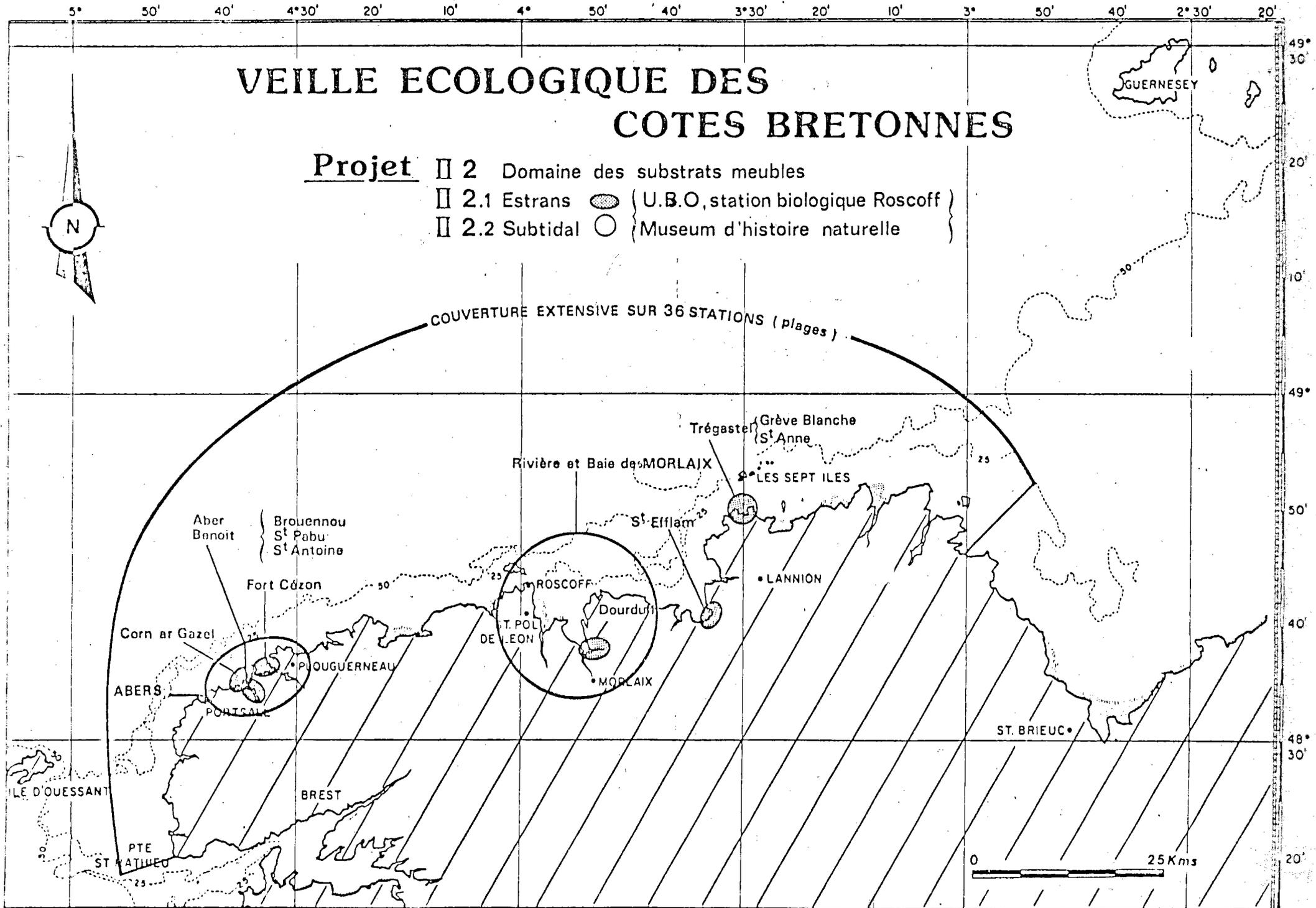
La macrofaune fera l'objet d'un suivi de périodicité bimestrielle réalisé sur une station interne (Kerarmel), caractéristique des sables fins envasés à l'intérieur de la rivière, et sur une station externe (Pierre Noire au niveau des sables fins (CABIOCH, DAUVIN)).

Les processus d'enrichissement en matière organique (hydrocarbures vieillis, azote organique et minéral, niveau d'oxydo-réduction, paramètres sédimentaires) et les populations bactériennes et la méiofaune sont de mêmes analysés sur la Station externe de la Pierre Noire. Celle-ci constitue grâce aux données acquises depuis 1972, une véritable station de veille écologique (BOUCHER, CHAMROUX).

# VEILLE ECOLOGIQUE DES COTES BRETONNES

- Projet**
- ▮ 2 Domaine des substrats meubles
  - ▮ 2.1 Estrans  ( U.B.O, station biologique Roscoff )
  - ▮ 2.2 Subtidal  ( Museum d'histoire naturelle )

COUVERTURE EXTENSIVE SUR 36 STATIONS (plages)



## TABLE DES MATIERES

	Pages
- RÉSUMÉ DES TRAVAUX	5-7
A - RÉSULTATS OBTENUS SUR LE MACROBENTHOS PAR JEAN-CLAUDE DAUVIN	8-22
- Sur une prolifération de <i>Polydora antennata</i> <i>var. pulchra</i> au cours de l'été 1982. par Jean-Claude DAUVIN, Guy BOUCHER et Yvon CRAIGNOU	23-27
B - RÉSULTATS OBTENUS SUR LE MEIOBENTHOS PAR GUY BOUCHER	
- Evolution du peuplement de méiobenthos des sables fins sublittoraux de la Baie de Morlaix entre 1972 et 1982.	28-45
C - RÉSULTATS OBTENUS SUR LA MICROFLORE BACTERIENNE ET LA CHIMIE DU SÉDIMENT PAR SIMONE CHAMROUX	46-57

## RÉSUMÉ DES TRAVAUX

L'objet de ce contrat consiste à analyser la variabilité temporelle de la faune ou de la microflore des sédiments littoraux à l'échelle de l'année ou de plusieurs années. Différents niveaux d'intégration des fluctuations du milieu ont été retenus : macrobenthos, microbenthos, microflore bactérienne, et différentes formes de l'azote.

La plupart des espèces de la macrofaune sont annuelles ou bien ont une reproduction annuelle, dans ces conditions leurs densités montrent des variations d'abondance de caractère saisonnier avec des minima hivernaux et des maxima estivaux ou automnaux ; par conséquent, la densité totale des peuplements présente un cycle annuel marqué. La méiofaune, et tout particulièrement le groupe dominant des nématodes, présente un turn-over de l'ordre de 10 qui assure un renouvellement beaucoup plus rapide des espèces. Lorsque la reproduction est strictement continue comme en milieu sublittoral ou fortement opportuniste comme dans la plupart des biotopes estuariens aucun cycle annuel saisonnier ne peut être détecté et des maxima d'abondance peuvent apparaître à n'importe quelle période de l'année. Seuls les estrans sableux semblent présenter une prolifération estivale nette liée à une reproduction plus saisonnière.

Les bactéries subissent des fluctuations saisonnières parfois importantes au cours d'une année, passant par des valeurs minimum qui font que l'activité hétérotrophe du sédiment est presque nulle en ces moments là. Ces fluctuations se retrouvent dans tous les sédiments et on peut les observer aussi bien dans l'eau susjacente que dans l'eau interstitielle.

Le plus souvent, le maximum d'activité biologique se situe dans les premiers centimètres du sédiment sans cependant que les Bactéries

disparaissent totalement en profondeur.

La poursuite d'un suivi écologique à long terme permet de comprendre les fluctuations pluriannuelles des peuplements aux différents niveaux d'intégration de l'écosystème.

La macrofaune, après le stress brutal de la pollution par hydrocarbures observée en 1978, a montré une perturbation réelle qu'au cours du premier cycle annuel après la catastrophe marquée par un maintien des espèces subsistances à un niveau de densité faible, par des proliférations modérées et l'absence de substitutions d'espèces. A partir de 1979 apparaît une phase de recolonisation et de récupération du peuplement, qui se poursuit encore avec pour l'année 1982 l'apparition de pics d'opportunistes (*Chaetozone setosa* et *Polydora antennata* en rivière de Morlaix et *Polydora antennata* à la Pierre Noire.)

La méiofaune assez paradoxalement, et en dépit des idées généralement admises ne semble pas avoir subi de stress initial, ou alors celui-ci fut tellement bref qu'il n'a pu être détecté. Les conséquences à long terme sont cependant assez différentes selon les milieux envisagés. Ainsi, en milieu sublittoral, le niveau des densités de Nématodes et leur diversité n'ont régressé significativement par rapport à l'état antérieur qu'à partir de 1979. La prolifération tardive d'espèces opportunistes de la macrofaune telles les *Polydora* contribue à renforcer cette dérive des caractéristiques du peuplement de Nématodes.

En milieu de vases estuariennes au contraire, les deux années suivant la pollution correspondent à une prolifération des Nématodes, tout particulièrement de l'espèce *Metachromadora vivipara*, à des niveaux jamais retrouvés par la suite en 1980 - 81 - 82.

Le suivi régulier depuis 1978 permet maintenant de mettre clairement en évidence la réponse des peuplements à la pollution. L'arrivée massive d'hydrocarbures dans le sédiment détermine une augmentation des densités bactériennes qui se distingue très nettement des fluctuations.

saisonnères. Le type de réponse diffère selon la granulométrie : brutal et de courte durée dans le sable, le bloom s'amortit très progressivement dans la vase. Une augmentation des teneurs en ammoniacque et en azote organique suit le bloom bactérien avec un décalage de plusieurs mois.

## LE MACROBENTHOS

Entreprises immédiatement après la catastrophe de l'Amoco Cadiz, (contrats 78/5830; 80/6145; 81/ 6636 : opérations financées d'une part par le ministère de l'environnement et du cadre de vie, d'autre part par la National Oceanographic & Atmospheric Administration des U.S.A.) les études sur les effets de la perturbation et les évolutions à moyen terme (avril 1978-mars 1981) des peuplements macrobenthiques de la baie de Morlaix ont déjà fait l'objet de rapports de contrat : DAUVIN, 1980a, b, c; DAUVIN, 1981; CABIOCH *et al.*, 1981; et de publications : CABIOCH *et al.*, 1980, 1981, 1982; DAUVIN (1979a, b; 1981; 1982). Le rapport ci-joint (contrat d'études CNEXO/CNRS 81/6597 et 82/2606) présente les résultats acquis pendant la période avril 1981-décembre 1982.

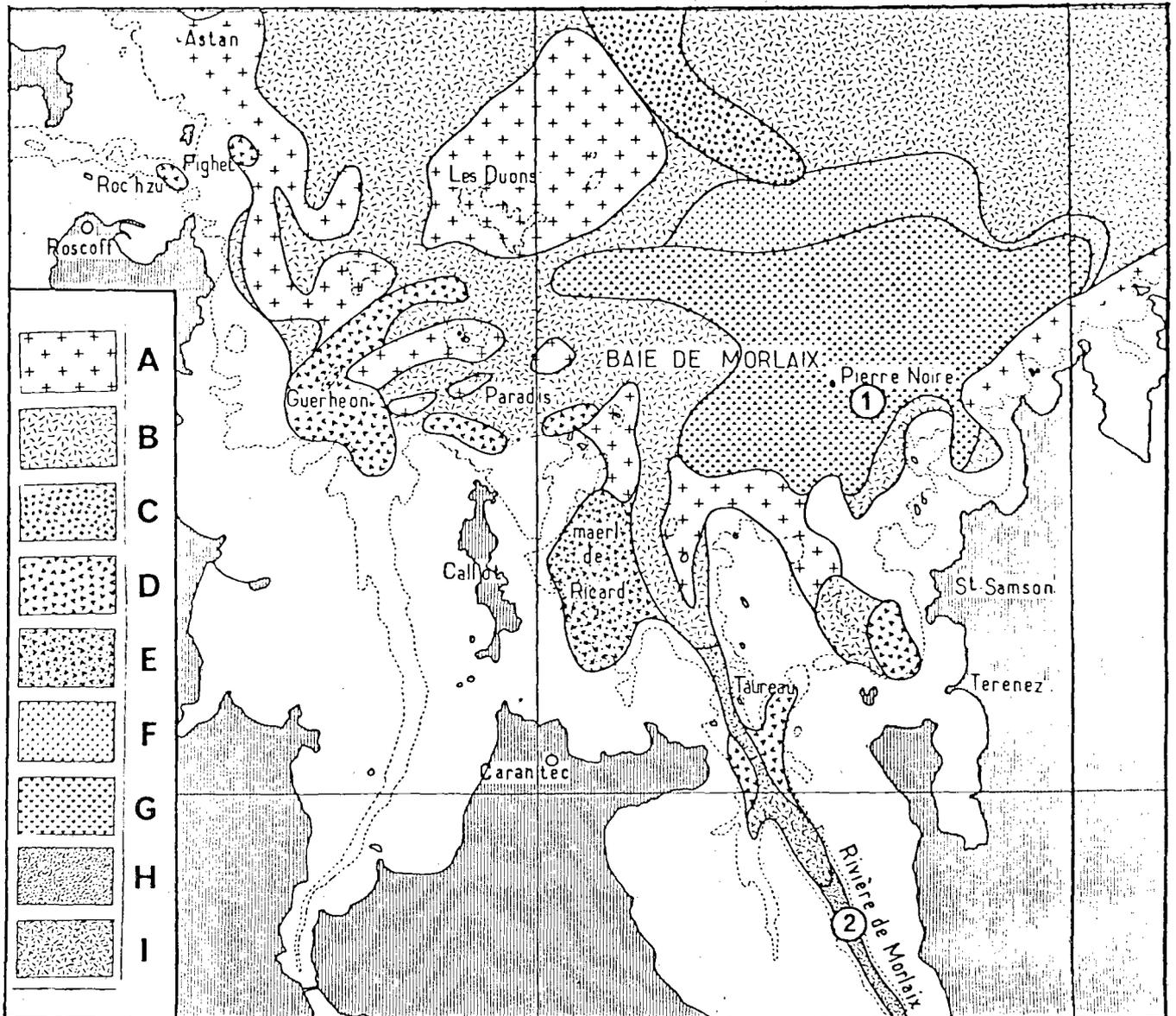
### I.- PEUPELEMENTS ETUDIÉS ET OPÉRATIONS EFFECTUÉES.

Les évolutions qualitatives et quantitatives de deux unités cénotiques de la baie de Morlaix ont été étudiées.

- Les sables fins faiblement envasés à *Abra alba* - *Hyalinoecia bilineata* de la Pierre Noire (carte 1 : point 1), sédiments bien classés avec pour mode la classe 125 à 250 microns (42 à 62% du sédiment total); milieu benthique oligotrophe. Relevés mensuels d'avril 1981 à mars 1982 puis bimestriels de juin 1982 à décembre 1982.

- Les vases sableuses à *Abra alba* - *Melinna palmata* de la rivière de Morlaix (carte 1 : point 2) où domine la classe granulométrique des particules inférieures à 63 microns (47 à 74% du sédiment total) accompagnée d'une importante fraction de sables très fins et fins; milieu benthique eutrophe. Relevés bimestriels d'avril 1981 à décembre 1982.

Les échantillonnages ont été effectués au moyen d'une benne Smith Mc Intyre (relevés: 10 prélèvements de 0,1 m<sup>2</sup> soit 1 m<sup>2</sup>); le tamisage a été réalisé sur une maille circulaire de 1 mm. Les évolutions des deux paramètres écologiques; richesse spécifique (nombre d'espèces recueilli dans 10 prélèvements) et densités (nombre d'individus par mètre carré) ont été suivis.



- A : fonds rocheux
- B - C : communauté des sédiments grossiers à Amphioxus - Venus fasciata, relativement indépendante de l'étagement (C : faciès d'épifaune à Sabellaria spinulosa).
- D - E : communauté du maerl (D : faciès à Lithothamnium corallioides var. corallioides, E : faciès à L. corallioides var. minima).
- F : communauté des sables dunaires fins à Abra prismatica, Glycymeris glycymeris.
- G à I : communauté des sédiments fins à Abra alba. (G : faciès sableux à Hyalinoecia bilineata, H : faciès envasé à Melinna palmata, I : faciès hétérogène envasé à Pista cristata).

- Distribution des communautés benthiques en Baie de Morlaix. Carte biosédimentaire (d'après Cabioch, 1968).

1 : station d'étude "Pierre Noire", du peuplement à Abra alba-Hyalinoecia bilineata

2 : station d'étude "Kerarmel" du peuplement à Abra alba-Melinna palmata.

## II.- RÉSULTATS.

### II.1. - Peuplement des sables fins à *Abra alba* - *Hyalinoecia bilineata* de la Pierre Noire.

#### II.1.a. Richesse spécifique (Fig. 1.a.).

Après le stress, caractérisé par une forte réduction de la richesse spécifique en mars 1978 par disparition de populations d'Amphipodes, on observe un enrichissement progressif en espèces qui aboutit en 1980, à des valeurs supérieures à celles observées avant pollution. A partir de ce stade, on note, outre ses variations saisonnières, une stabilité de ce paramètre.

Parmi les 12 espèces d'Amphipodes de constance élevée avant pollution qui ont été éliminées lors du stress (DAUVIN, 1979), deux espèces n'ont pas encore été retrouvées en Baie de Morlaix : *Corophium crassicorne* et *Photis longicaudata*. Trois autres sont très rares : *Ampelisca tenuicornis*, *Melita gladiosa* et *Melita obtusata*.

#### II.1.b. Densités totales (Fig. 1.b.).

Dès le second cycle annuel après pollution (avril 1979-mars 1980) les densités moyennes annuelles du peuplement atteignent 3650 ind./m<sup>2</sup> (contre 2135 au cours de la période avril 1978-mars 1979 et 19 450 lors du cycle normal observé avant pollution); elle se stabilise ensuite aux environs de 4000 ind./m<sup>2</sup> (avril 1980-mars 1981 : 4110 ind./m<sup>2</sup>; avril 1981-mars 1982 : 3754 ind./m<sup>2</sup>) et culmine ensuite (juin 1982-décembre 1982) à plus de 11 900 ind./m<sup>2</sup> par suite d'une prolifération d'août à octobre du polychète *Polydora antennata*. Toutefois la densité moyenne totale (juin-décembre 1982; 3970 ind/m<sup>2</sup>) sans les Polydores, reste du même ordre que celles observées auparavant . .

#### II.1.c. Evolution des principales espèces du peuplement.

(Seules sont considérées les espèces qui ont présenté au moins une fois une densité égale ou supérieure à 50 ind./m<sup>2</sup> au cours de la période totale d'observation : avril 1977- décembre 1982).

Les espèces ainsi sélectionnées peuvent être classées en six groupes, basés sur les caractéristiques de leur évolution quantitative après l'hiver 1981 en comparaison avec les résultats acquis avant pollution puis ceux d'avril 1978 à mars 1981.

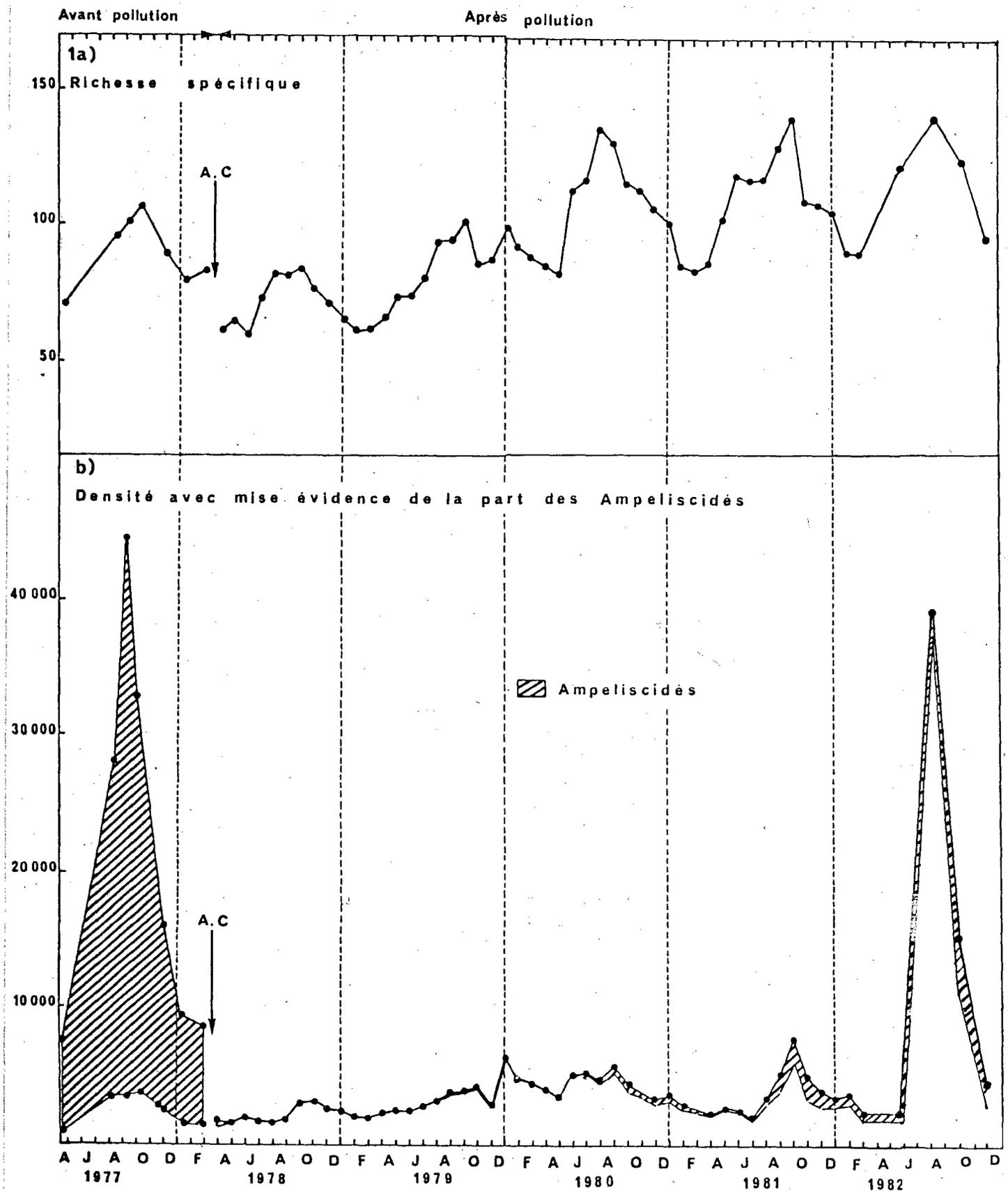


Fig. 1 - Peuplement des sables fins à *Abra alba* - *Hyalinoecia bilineata*.  
 a : évolution de la richesse spécifique - b : évolution de la densité totale ( $N/m^2$ ) avec mise en évidence de la part des Ampeliscidés. (A.C. : début de la pollution par les hydrocarbures de l'"Amoco-Cadiz").

## 1) POPULATIONS STABLES:

*Bathyporeia tenuipes*; *Hyalinoecia bilineata*; *Médiomastus fragilis* (après son établissement au cours de l'été 1978); *Notomastus latericeus*; *Heterocirrus alatus* (très faible densité après sa prolifération au cours de l'automne 1978; Fig. 1.c.).

## 2) POPULATIONS EN RECONSTITUTION:

Complètes dans les cas d'*Ampelisca brevicornis*, d'*Ampelisca typica* et *Nephtys hombergii* (Fig. 1.c.); significatives dans les cas d'*Ampelisca sarsi*, avec toutefois une réduction graduelle de son taux annuel de multiplication (Fig. 1.d.), et d'*Ampharete acutifrons*; très faibles chez *Ampelisca armoricana* (densité maximale d'octobre 1982: 23 ind./m<sup>2</sup> contre 31 494 ind./m<sup>2</sup> en septembre 1977).

## 3) POPULATIONS EN ACCROISSEMENT DEPUIS 1981:

*Clymene oerstedii*; *Eulalia sanguinea*; *Lanice conchilega* et *Ophiura albida*.

## 4) POPULATION AVEC ACCROISSEMENT PROGRESSIF DEPUIS 1980 AVEC EXPLOSION NUMERIQUE EN 1982:

*Polydora antennata* (Fig. 1.f.; voir note jointe : DAUVIN *et al.*, 1982): 33 000 ind./m<sup>2</sup> en août et 6500 ind./m<sup>2</sup> en octobre.

## 5) POPULATIONS EN DECLIN EN 1981 ET 1982:

La majorité des espèces se classent dans ce groupe; ce sont en général des espèces qui ont présenté un accroissement important de leurs densités en 1979 et 1980.

*Abra alba*; *Abra prismatica*; *Apherusa ovalipes*; *Aricidea cerruti*; *Aricidea fragilis*; *Aricidea minuta*; *Chaetozone setosa*; *Marpysa belli*; *Odontosyllis gibba*; *Perioculodes longimanus*; *Paradoneis armata*; *Pariambus typicus*; *Phyllodoce groenlandica*; *Scoloplos armiger*; *Spio filicornis*; *Venus ovata*.

## 6) POPULATIONS FUGACES:

Dans ce groupe, se classent des espèces de la macrofaune vagile qui migrent sur le peuplement soit en hiver : *Apseudes latreilli*, *Bathyporeia elegans*; *Bathyporeia nana*; *Urothoe pulchella* ou s'installent en été : *Phtisica marina*.

Ainsi se dessine probablement les éléments d'une série de "successions" (PEARSON et ROSENBERG, 1978), phénomène toutefois moins accusé ici

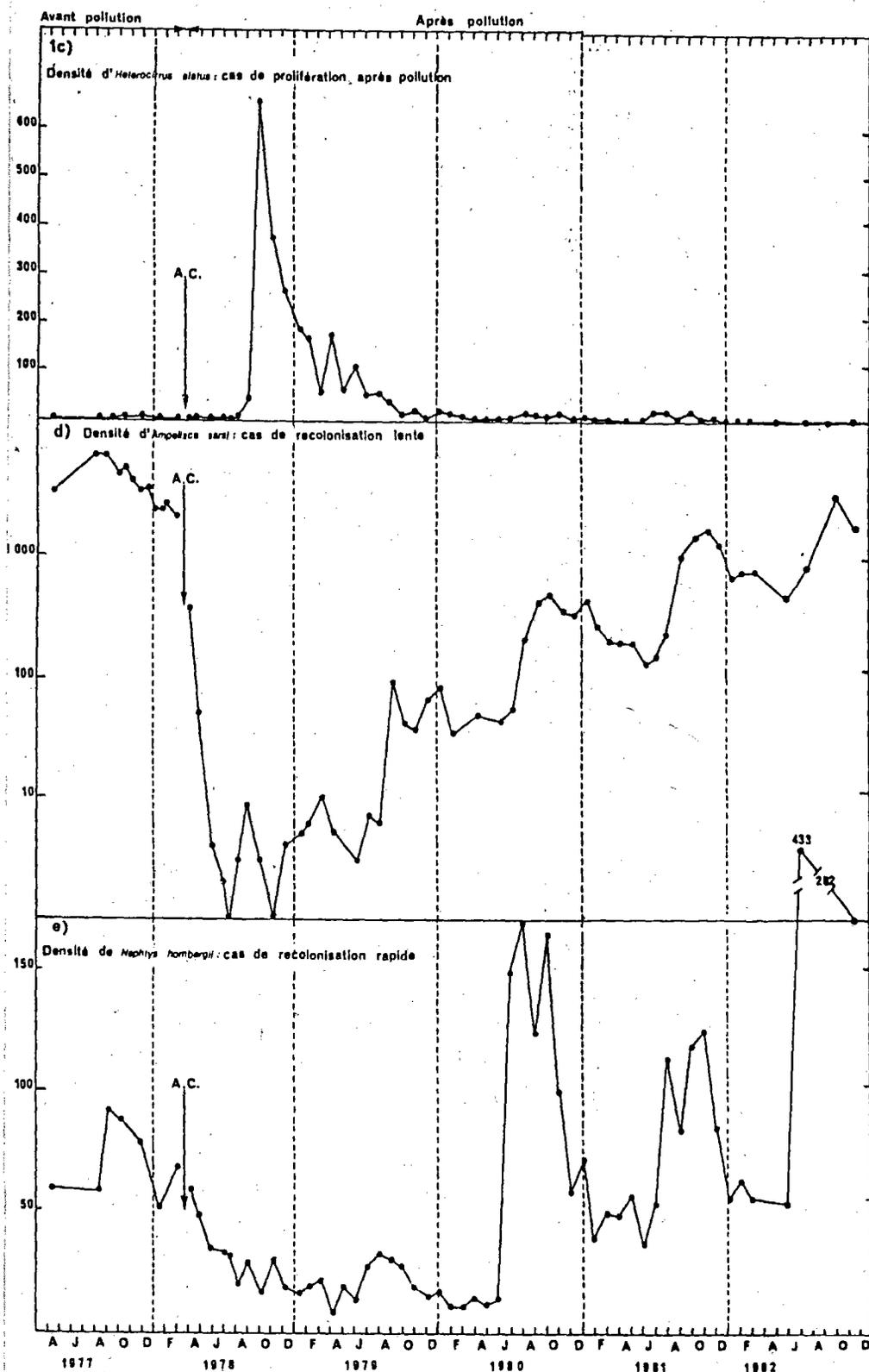


Fig. 1 - Peuplement des sables fins à *Abra alba* - *Hyalinoecia bilineata*.  
 c : évolution de la densité d'*Heterocirrus alatus* - d : évolution de la densité d'*Ampelisca sarsi* - e : évolution de la densité de *Nephtys hombergii* (A.C. : début de la pollution par les hydrocarbures de l'"Amoco Cadiz").

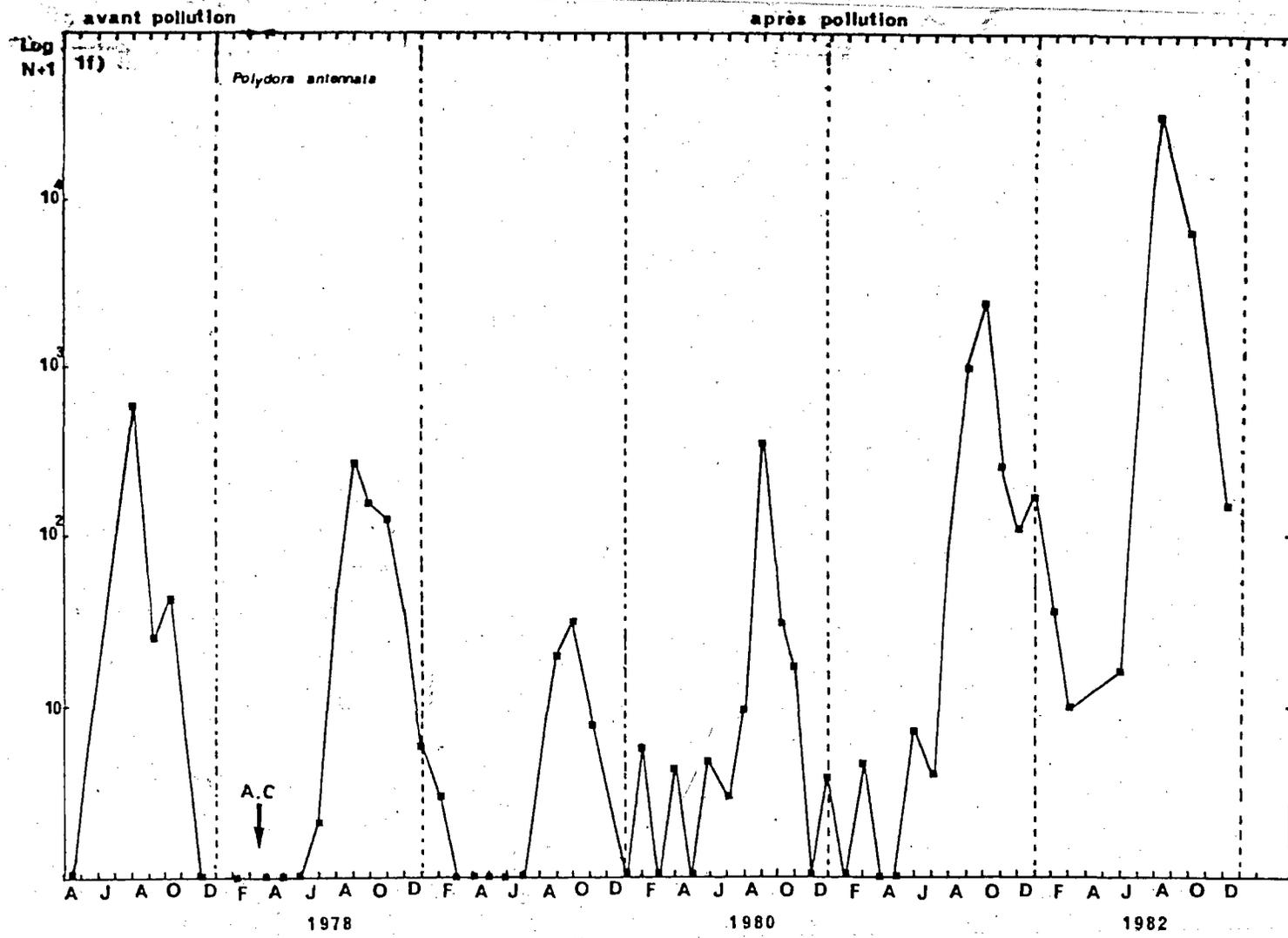


Fig. 1 - Peuplement des sables fins à *Abra alba* - *Hyalinoecia bilineata*.  
 f : évolution de la densité de *Polydora antennata*. (A.C. : début de la pollution par les hydrocarbures de l'"Amoco Cadiz").

que sur les fonds sublittoraux bien plus pollués des Abers (GLEMAREC et HUSSENOT, 1981, 1982).

#### II.1.d. Conclusions.

A travers les évolutions de la richesse spécifique et de la densité du peuplement pendant les années 1981 et 1982, deux points essentiels peuvent être mis en avant :

- Premièrement, après avoir retrouvé dès 1980 des valeurs du même ordre que celle observée avant pollution, la richesse spécifique maximale se stabilise ensuite à un niveau qui permet de considérer que le peuplement de la Pierre Noire s'est reconstitué pour pouvoir de nouveau servir de témoin de perturbation.

- Deuxièmement, au niveau de la composition quantitative du peuplement, l'élément marquant de ce suivi est la prolifération des *Polydora* au cours de l'été 1982, sans que le reste de la macrofaune soit affecté. En effet, à travers les évolutions numériques des densités des principales espèces du peuplement, la densité annuelle (sans les *Polydora* en 1982) se stabilise à partir du second cycle annuel après pollution aux environs de 4000 ind./m<sup>2</sup>, à un niveau encore inférieur de 80% à celui observé avant pollution.

#### II.2.- Peuplement des vases sableuses à *Abra alba* - *Melinnæ palmata* de la rivière de Morlaix.

##### II.2.a. Richesse spécifique (Fig. 2.a.).

D'avril 1981 à décembre 1982, la richesse spécifique poursuit son augmentation graduelle année après année avec maintien de son évolution saisonnière caractérisée par des maxima en été ou en automne et des minima en hiver ou au début du printemps. La plupart des espèces nouvellement récoltées sur ce peuplement appartiennent au peuplement des sables fins à *Abra alba* - *Hyalinoecia bilineata*.

La recolonisation par les espèces éliminées lors de la perturbation en mars-avril 1978, s'est faite, comme sur le peuplement de la Pierre Noire, de façon graduelle; elle est maintenant à peu près totale : *Ampelisca armoricana*, *A. tenuicornis* et *A. spinimana* sont cependant très rares tandis que les populations d'*A. brevicornis* et de *Cheirocratus intermedius* sont entièrement reconstituées.



## II.2.b. Densités totales (Fig. 26).

La densité moyenne annuelle du peuplement s'accroît au cours du premier cycle annuel après pollution (4467 ind./m<sup>2</sup> d'août 1978 à avril 1979 contre 2855 ind./m<sup>2</sup>) puis devient de nouveau voisine de celle observée avant pollution (août 1979-juin 1980: 2753 ind./m<sup>2</sup>). Ensuite la densité moyenne annuelle s'accroît de façon graduelle: août 1980-juin 1981: 3477 ind./m<sup>2</sup>; août 1981-juin 1982: 4639 ind./m<sup>2</sup>. La densité moyenne d'août 1982 à décembre 1982 culmine à plus de 6700 ind./m<sup>2</sup>. Ces évolutions s'expliquent par les hauts niveaux estivaux des espèces opportunistes comme *Chaetozone setosa* (Fig. 2b); *Tharyx marioni* (Fig. 2c); par un accroissement progressif de la densité d'autres espèces de Polychète notamment *Lanice conchilega* et *Melinna palmata*; par la recolonisation de *Nephtys hombergii* (Fig. 2d) et *Ampelisca brevicornis* et enfin par la prolifération modérée de *Polydora antennata* en juin et août 1982 (Fig. 2c).

## II.2.c. Evolution des principales espèces du peuplement.

Comme pour le peuplement des sables fins de la Pierre Noire, les principales espèces du peuplement peuvent être classées en six groupes:

### 1) POPULATIONS STABLES :

*Eteone longa*; *Notomastus latericeus*; *Phyllodoce groenlandica*; *Spio filicornis* et *Thyasira flexuosa*.

### 2) POPULATIONS EN RECONSTITUTION:

Complètes dans les cas d'*Ampelisca brevicornis* et *Nephtys hombergii*.

### 3) POPULATIONS EN ACCROISSEMENT DEPUIS 1981:

*Clymene oerstedii*, *Eulalia sanguinea*, *Harmothoë lunulata*, *Lanice conchilega*, *Melinna palmata*, *Ophiura albida* et *Tharyx marioni*.

### 4) POPULATIONS ASSEZ STABLES DE 1977 à 1981 AVEC EXPLOSION NUMERIQUE EN 1982:

La prolifération de *Polydora antennata* débute ici dès juin (1700 ind./m<sup>2</sup>) elle se maintient en août à un niveau inférieur, (940 ind./m<sup>2</sup>); celle de *Chaetozone setosa* n'est prononcée qu'en août : 8000 ind./m<sup>2</sup> (4300 ind./m<sup>2</sup> en août 1981; 3500 en 1980; 1500 en 1979; 5000 en 1978 et 3400 en 1977).

### 5) POPULATIONS EN DECLIN EN 1981 et 1982:

*Abra alba* et *Mediomastus fragilis*.

## 6) POPULATIONS FUGACES:

Seule *Capitella capitata* figure dans ce groupe. Un pic de densité (678 ind./m<sup>2</sup>) a été observé en juin 1981 à la faveur d'un échantillon sur dix présentant de la matière organique en décomposition. Sa densité est autrement toujours inférieure à 30 ind./m<sup>2</sup>.

Comme le montre la figure 2b, l'évolution quantitative du peuplement reflète l'évolution de *Chaetozone setosa* qui représente 60% de la densité moyenne annuelle du peuplement.

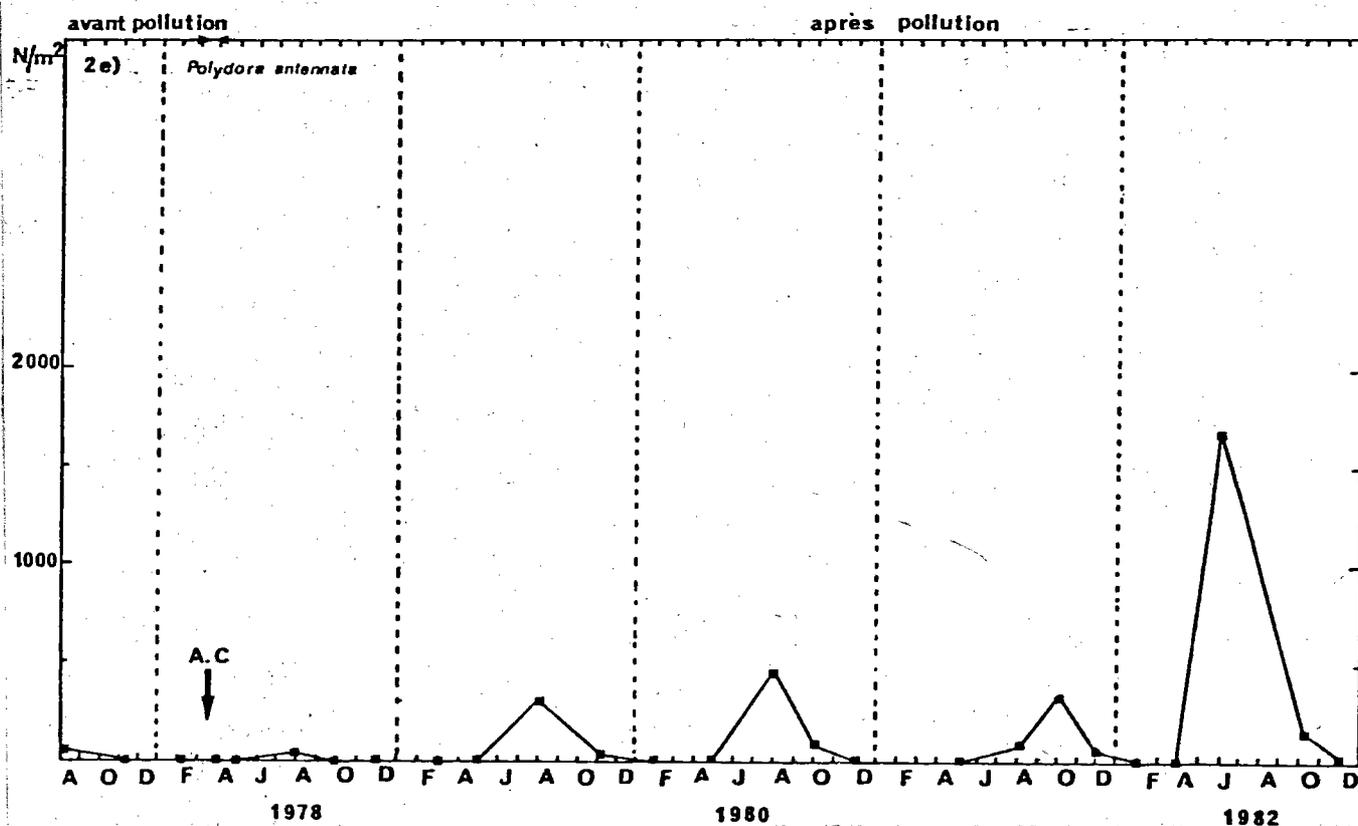


Fig. 2 - Peuplement des vases sableuses à *Abra alba* - *Melampus palmata*. e : évolution de la densité de *Polydora antennata*. (A.C. début de la pollution par les hydrocarbures de l'"Amoco Cadiz").

## II.2.d. Conclusions.

Deux points essentiels ressortent du suivi écologique pour les années 1981 et 1982.

- Premièrement, on observe la poursuite de l'augmentation graduelle de la richesse spécifique.

- Deuxièmement, on note également une augmentation graduelle de la densité totale du peuplement depuis le printemps 1980.

### III.- DISCUSSION ET CONCLUSIONS GENERALES.

Les recherches effectuées en 1978 avaient montré que l'irruption des hydrocarbures avait été accompagnée partout d'une brève phase de mortalité sélective affectant un nombre limité d'espèces. Dans le peuplement des sables fins de la Pierre Noire, le stress fût particulièrement dévastateur (CABIOCH *et al.*, 1978; DAUVIN, 1979) en raison de l'extrême dominance avant la pollution d'Amphipodes du genre *Ampelisca*, dont les populations furent presque anéanties par la pollution. Dans le peuplement des vases sableuses de la rivière de Morlaix, les espèces sensibles étaient peu abondantes (DAUVIN, 1982) et les effets du stress furent très limités. On était donc en présence de deux situations différentes :

- Milieu benthique oligotrophe à décontamination rapide, après un stress dévastateur (Pierre Noire).

- Milieu benthique eutrophe, à longues persistances d'hydrocarbures, avec un peuplement peu affecté par les mortalités initiales (rivière de Morlaix).

Dans le premier cas, le peuplement subsistant a été perturbé pendant le cycle annuel suivant la pollution avec absence de recrutement d'un nombre important d'espèces, et prolifération modérée d'opportuniste: *Heterocirrus alatus*. Dès la fin de l'année 1980, le peuplement a retrouvé un état d'équilibre qui se maintient jusqu'à l'été 1982, à travers des phénomènes de recolonisation et de successions numériques d'espèces.

Dans le second cas, une perturbation à moyen terme s'est développée en 1978 et 1979, marquée essentiellement par des proliférations importantes d'espèces opportunistes, existant avant pollution soit avec des fortes densités comme *Chaetozone setosa* ou à l'état latent comme *Mediomastus fragilis* et *Tharyx marioni*. A partir de l'été 1980, l'évolution est marquée par un enrichissement progressif du peuplement.

Mais, au cours de l'été 1982, dans les deux cas le fait marquant a été l'apparition de nouveaux pics d'opportunistes. Sur les vases sableuses, *Chaetozone setosa* prolifère de nouveau (comme au cours du premier cycle annuel après pollution); cette espèce détritivore trouve sans aucun doute dans ce milieu eutrophe naturellement enrichi en matière organique des conditions très favorables à son développement tandis que *Polydora antennata* s'installe modérément. Par contre, cette espèce mangeuses de dépôts de surface mais surtout suspensivores (ELEFThERIOU, 1970) trouve des conditions plus favorables à son maintien sur les sables fins sans toutefois altérer le reste de la macrofaune. Ce scénario rappelle ce que nous avons montré

ailleurs (CABIOCH *et al.*, 1981) au niveau de la faiblesse des liaisons céno-  
tiques qui existaient entre les Ampeliscidés suspensivores et le reste du  
peuplement benthique; en effet, après le quasi-anéantissement des popula-  
tions d'*Ampelisca* de la Pierre Noire, la structure quantitative du peuple-  
ment n'avait pas subi de réel bouleversement.

Notons enfin que l'installation estivale des Polydores s'accroît  
considérablement d'année en année; ce phénomène semble corrélé avec l'ac-  
croissement progressif de la teneur en azote organique dans les sédiments  
depuis 1980 (CHAMROUX, résultats obtenus sur la chimie du sédiment).

## BIBLIOGRAPHIE

- CABIOCH, L., J.C. DAUVIN & F. GENTIL, 1978. Preliminary observations on pollution of the sea bed and disturbance of sub-littoral communities in northern Brittany by oil from the Amoco Cadiz. *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 9, pp. 303-307.
- CABIOCH, L., J.C. DAUVIN, J. MORA BERMUDEZ, C. RODRIGUEZ BABIO, 1980. Effets de la marée noire de l'Amoco Cadiz sur le benthos sublittoral du nord de la Bretagne. - *Helgoländ. wiss. Meeresunters.*, vol. 33, pp. 192-208.
- CABIOCH, L., J.C. DAUVIN, F. GENTIL, C. RETIERE & V. RIVAIN, 1981. Perturbations induites dans la composition et le fonctionnement des peuplements benthiques sublittoraux sous l'effet des hydrocarbures de l'Amoco Cadiz. In : *Conséquences d'une pollution accidentelle par les hydrocarbures*. Centre National pour l'Exploitation des Océans, Paris, pp. 513-525.
- CABIOCH, L., J.C. DAUVIN, C. RETIERE, V. RIVAIN & D. ARCHAMBAULT, 1982. Evolution à long terme (1978-1981) de peuplements benthiques des fonds sédimentaires de la région de Roscoff, perturbés par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz. *Neth. J. Sea Research*, 16, 491-501.
- CABIOCH, L., J.C. DAUVIN, C. RETIERE, V. RIVAIN, & D. ARCHAMBAULT, 1982. Les effets des hydrocarbures de l'Amoco Cadiz sur les peuplements benthiques des baies de Morlaix et de Lannion d'avril 1978 à mars 1981. *Seminaire COB "Bilan des études biologiques de la pollution de l'Amoco Cadiz"*, 24 pp.
- DAUVIN, J.C., 1979 a. Impact des hydrocarbures de l'Amoco Cadiz sur le peuplement infralittoral des sables fins de la Pierre Noire (Baie de Morlaix). *J. Rech. oceanogr.*, vol. 4 (1), pp. 28-29.
- DAUVIN, J.C., 1979 b. Recherches quantitatives sur le peuplements des sables fins de la Pierre Noire, Baie de Morlaix, et sur sa perturbation par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz". Thèse 3ème cycle Océanographie Biologique, Université P. & M. Curie, 251 pp.
- DAUVIN, J.C., 1980. Perturbations induites par la pollution par des hydrocarbures de l'Amoco Cadiz sur le peuplement de macrobenthos des sables fins de la Pierre Noire, Baie de Morlaix. 25 p in "Etude d'impact écologique de la pollution pétrolière de l'Amoco Cadiz" dans la région de Roscoff et de la Baie de Morlaix". Première année. Rapport d'exécution de Contrat Environnement n°78/5720.
- DAUVIN, J.C., 1980. Evolution quantitative du peuplement des sables fins de la Pierre Noire, Baie de Morlaix (Décembre 1978 - Avril 1979), 11 p. In : "Evolution des peuplements benthiques sublittoraux de substrat meuble des baies de Morlaix et de Lannion soumis à la pollution par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz". Rapport d'exécution CNEXO 78/5830.

- DAUVIN, J.C., 1980. Evolution de la macrofaune benthique de la communauté des sédiments grossiers à *Venus fasciata* au large de la pointe de Primel d'Août 1977 à Février 1979. 15 p. In " Evolution des peuplements benthiques sublittoraux de substrat meuble des baies de Morlaix et de Lannion soumis à la pollution par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz". Rapport d'exécution CNEXO 78/5830.
- DAUVIN, J.C., 1981. Evolution à long terme des populations d'Amphipodes des sables fins de la Pierre Noire (Baie de Morlaix) après l'impact des hydrocarbures de l'Amoco Cadiz. J. Rech. oceanogr. Vol. 6 (1), pp. 12-13.
- DAUVIN, J.C., 1981. Impact de la pollution de l'"Amoco Cadiz" sur le peuplement des sables fins envasés à *Abra alba* et *Melinna palmata* de la baie de Morlaix. 41 p. In : "Evolution des peuplements benthiques sublittoraux de substrat meuble des baies de Morlaix et de Lannion soumis à la pollution par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz". Rapport d'exécution CNEXO 80/6145.
- DAUVIN, J.C., 1982. Impact of Amoco Cadiz oil spill on the muddy fine sand *Abra alba* and *Melinna palmata* community from the Bay of Morlaix. Estua. Coast. Shelf Science, 14, 517-531.
- ELEFThERIOU, A., 1970. Notes on the Polychaete *Pseudopolydora pulchra* from British waters. Cah. Biol. mar., 11, 459-474.
- GLEMAREC, M. & E. HUSSENOT, 1980. Définition d'une succession écologique en milieu anormalement enrichi en matières organiques à la suite de la catastrophe de l'Amoco Cadiz. In : Conséquences d'une pollution accidentelle par les hydrocarbures. Centre National pour l'Exploitation des Océans, Paris, pp. 499-512.
- GLEMAREC, M. & E. HUSSENOT, 1982. Ecological survey for the three years after Amoco Cadiz oil spill in Benoit and Wrac'h Abers. Neth. J. Sea Research, 16, 483-490.
- PEARSON, T.H. & ROSENBERG, R., 1978. Macrobenthos succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr. mar. Biol. Ann. Rev., vol. 16, pp. 229-311.

SUR UNE PROLIFÉRATION DE *Polydora Antennata*  
VAR *pulchra* AU COURS DE L'ÉTÉ 1982

PAR

Jean-Claude DAUVIN, Guy BOUCHER et Yvon CRAIGNOU

STATION BIOLOGIQUE 29211 ROSCOFF

RÉSUMÉ

Une prolifération de *Polydora antennata* var *pulchra* a été observée au cours de l'été 1982 ; ce phénomène semble rare dans la région de Roscoff.

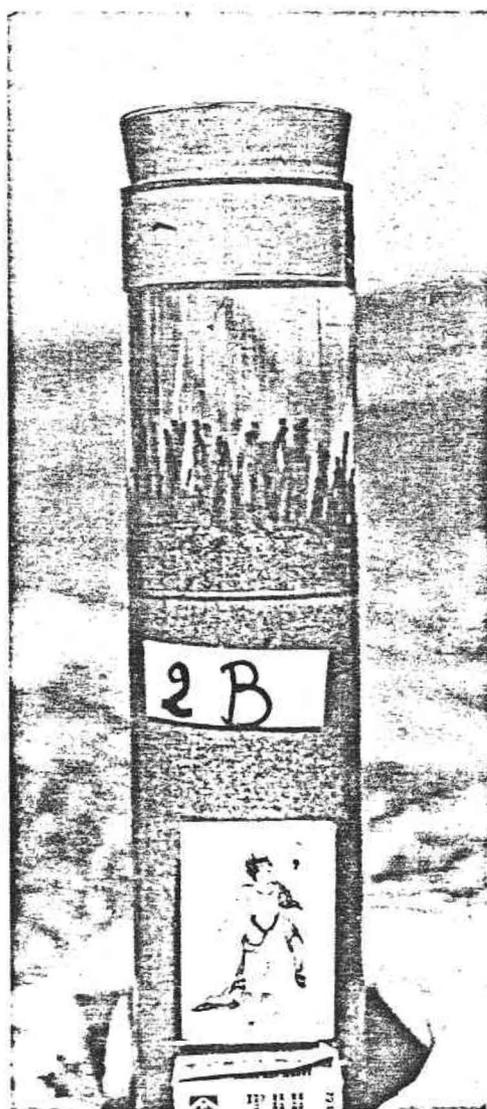
Au cours de différentes opérations de recherches, effectuées pendant l'été 1982 en plongée sous-marine ou par prélèvements benthiques à la benne, nous avons observé une prolifération de *Polydora antennata* Claparède var *pulchra* Carazzi, phénomène rare en baie de Morlaix. Déjà signalée en plongée par Monsieur Le Professeur DRACH, celui-ci écrivait (le 5 septembre 1956) à RULLIER (1963), qui était à la recherche d'adultes de cette espèce, "J'ai trouvé, en plongée, par fonds de 16 mètres, un gisement important de *Polydora antennata*. Les tubes sont là par milliers, sur fond de sable légèrement vaseux, dans le chenal du Paradis, à 50 mètres au nord des grandes Fourches...". Quelques années plus tard, RULLIER essaya en vain de se procurer des individus adultes de *Polydora antennata* sur les lieux indiqués par DRACH. CABIOCH (1961) et (1968) ne signale pas ce phénomène malgré le nombre important de dragages effectués de 1959 à 1967 en baie de Morlaix. De même au cours des dix dernières années (1972-1982) les observations en continu sur les sables fins de la Pierre Noire (BOUCHER, 1980 ; DAUVIN, 1979 ; BOUCHER, 1982 ; CABIOCH, DAUVIN, RETIÈRE, RIVAIN et ARCHAMBAULT, 1982), n'avaient jamais mis en évidence un tel développement des *Polydora*. Cette prolifération a donc un caractère très exceptionnel, et elle méritait sans aucun doute d'être signalée.

Les 26 juillet et 11 août, au cours de plongées à 150 m. au Nord de la balise de la Pierre Noire par 19 m. de profondeur sur un sable fin peu envasé, nous avons vu comme l'indique RULLIER (1963) "une masse gazonnante de tubes dressés verticalement" à perte de vue. Cependant une enclave de sédiment grossier présente à cet endroit, n'était pas du tout colonisée. La planche I (prélèvements du 11 août 1982) permet de distinguer très nettement, dans une carotte récoltée à des fins de comptage de meiofaune, les tubes de *Polydora* dressés verticalement et dépassant de deux à trois centimètres la surface du sédiment. Ceux-ci consolident sa texture et favorisent la rétention des pérites.

Le tableau 1 fournit la chronologie des observations effectuées tant en plongée que par échantillonnage à la benne Smith Mc Intyre (10 prélèvements de surface unitaire de 0, 1 m<sup>2</sup>). La présence des *Polydora* dans différentes stations de sable fin peu envasé confirme la généralité du phénomène dans la baie de Morlaix. Les comptages effectués à plusieurs reprises témoignent de l'importance quantitative du phénomène mais aussi de sa fugacité. Fin avril, les *Polydora* n'étaient pas détectables en plongée. Ils sont très rares en juin. La densité maximale est atteinte brusquement à la fin du mois de juillet, puis elle décroît régulièrement ensuite. Par contre à la station "Kerarmel", située dans le chenal de la rivière de Morlaix, par 15 m de profondeur, sur une vase sableuse, la densité maximale, plus modérée, est atteinte dès juin (2 juin : 1700 ind. / m<sup>2</sup> : densité estimée à partir de dix prélèvements à la benne Smith MC Intyre) et décroît ensuite (29 juillet : 900 ind. / m<sup>2</sup>).

Les proliférations des *Polydora* sont connues en d'autres régions, nous ne citerons à cet égard pour les mers du Nord-Est de l'Atlantique que celle de *Polydora antennata* au sud de la Norvège dans l'Innør Oslofjord (BERGE, 1980), au cours d'expérimentations *in situ* (densités de 19 000 à 140 000 ind. / m<sup>2</sup>) et celle de *Polydora ciliata* dans le port et le bassin d'Ostende sur substrat dur, où le nombre de jeunes peut atteindre 1 million d'individus par mètre carré (DARO et POLK, 1973) et le nombre d'adultes 300 000 par mètre carré (DARO, 1970).

Planche I : 11 août 1982 : carottage de sédiment récolté en plongée (surface de prélèvement :  $23 \text{ cm}^2$  ; la petite boîte d'allumette donne l'échelle).



DATE	METHODE	LOCALISATION	DENSITE : NOMBRE / M <sup>2</sup>
28 avril	Plongée	150 m au N. de la balise de la Pierre Noire, par 19 m de profondeur.	-
2 juin	Benne	0,3 mille au S. E. de la balise de la Pierre Noire, par 18 m. de profondeur.	15
26 juillet	Plongée	150 m. au N. de la balise de la Pierre Noire.	40 000
29 juillet	Benne	0,3 mille au S. E. de la balise de la Pierre Noire	33 000
11 août	Plongée	150 m. au N. de la balise de la Pierre Noire.	10 000
3 septembre	Plongée	150 m. au N. de la balise de la Pierre Noire.	9 500
7 septembre	Plongée	50 m. à l'E. du phare Ar Chaden, par 12 m. de profondeur.	+ +
8 septembre	Plongée	100 m. au N. de la grande Fourche, Chenal du Paradis, par 25 m. de profondeur.	+ +
4 octobre	Benne	0,3 mille au S. E. de la balise de la Pierre Noire.	6 500
4 octobre	Plongée	100 m. au N. de la grande Fourche, Chenal du Paradis.	+
29 novembre	Benne	0,3 mille au S. E. de la balise de la Pierre Noire.	150

Tableau I. Dates et localisations des observations effectuées d'avril à novembre 1982 sur les sables fins peu envasés de la baie de Morlaix (densités des *Polydora antennata* var *pulchra* en nombre d'individus par mètre carré ; tubes de *Polydora* : - : absence ; + : présence ; + + : grande abondance)

## SUMMARY

A proliferation of *Polydora antennata* var *pulchra* was observed during the summer 1982 ; this phenomenon is uncommon in Roscoff waters.

## INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- BERGE, J. A., 1980. - Methods for biological monitoring : Biological interactions in communities of subtidal sediments. *Helg. Meeresunters*, 33, pp. 495-506.
- BOUCHER, G., 1980. - Facteurs d'équilibre d'un peuplement de nématodes des sables sublittoraux. *Mem. Mus. Nat. Hist. nat., Serie A Zoologie*, 114, pp. 1-81.
- BOUCHER, G., 1982. - Evolution du meiobenthos des sables fins sublittoraux de la Baie de Morlaix entre 1972 et 1982. *Oceanologica Acta* (manuscrit déposé).
- CABIOCH, L., 1961. - Etude de la répartition des peuplements benthiques au large de Roscoff. *Cah. Biol. Mar.*, 2, pp. 1-40.
- CABIOCH, L., 1968. - Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche occidentale. *Cah. Biol. Mar.*, 9, pp. 488-720.
- CABIOCH, L., DAUVIN, J. C., RETIÈRE, C. et ARCHAMBAULT, D., 1982. - Evolution à long terme (1978-1981) de peuplements benthiques des fonds sédimentaires de la région de Roscoff, perturbés par les hydrocarbures de l'"Amoco Cadiz". *Neth. J. Sea Res.*, (sous presse).
- DARO, M. H., 1970. - L'association des Amphipodes et des *Polydora ciliata* à la côte belge. *Neth. J. Sea Res.*, 5, pp. 96. 100.
- DARO, M. H. et POLK, P., 1973. - The autoecology of *Polydora ciliata* along the Belgian Coast. *Neth. J. Sea Res.*, 6, pp. 130-140.
- DAUVIN, J. C., 1982. - Recherches quantitatives sur le peuplement des sables fins de la Pierre Noire, Baie de Morlaix, et sur sa perturbation par les hydrocarbures de l'"Amoco Cadiz". *Thèse Doct. 3è cycle, Univ. P. - et-M. - Curie*, Paris, 251 pp.
- RULLIER, F., 1963. - Développement de *Polydora (Carazzia) antennata* Clap. var *pulchra* Carazzi. *Cah. Biol. Mar.*, 4, pp. 233-250.

EVOLUTION DU PEUPEMENT DE MEIOBENTHOS  
DES SABLES FINS SUBLITTORAUX DE LA BAIE DE MORLAIX  
ENTRE 1972 et 1982

----

Guy BOUCHER  
Station Biologique, 29211 Roscoff, France.

## RESUME

Le meiobenthos des sables fins sublittoraux semble constituer un bon paramètre pour caractériser l'évolution de l'écosystème du fait de sa grande stabilité naturelle au cours du temps. Les densités des Nématodes et des Copépodes harpacticoïdes ont été suivies pendant cinq années après la pollution massive en milieu sublittoral par les hydrocarbures de l'Amoco-Cadiz et comparées à un état antérieur de référence de deux ans. L'évolution de la composition faunistique, analysée par diverses méthodes, montre une dégradation lente du peuplement mais durable à l'échelle de cinq années. Par analyse multivariée apparaissent groupes d'espèces caractérisant les différentes phases de l'évolution de l'écosystème.

## ABSTRACT

FLUCTUATIONS OF MEIOFAUNA IN FINE SUBLITTORAL SAND FROM THE BAY OF MORLAIX DURING TEN YEARS.

Meiofauna inhabiting sublittoral fine sand because of its long term stability, seems to be a good parameter to characterize the ecosystem evolution. Nematodes and Copepods densities have been monitored during five years after the Amoco-Cadiz oil spill and compared with two years prepollution data. Species composition changes are followed by different methods and multivariate analysis, taking into account the size of the sample. Alteration of the structure of the community is progressive but long lasting even after five years. Four species groups are considered as characterizing the ecosystem evolution.

Mots Clés : Pollution - Suivis - Méiofaune - Nématodes - Analyse multivariée.

Key words : Pollution - Monitoring - Meiofauna - Nematodes - Multivariate analysis.

Running Title : Monitoring on meiofauna.

## INTRODUCTION

Les densités du méiobenthos en milieu sublittoral, et tout particulièrement celles des Nématodes, fournissent des paramètres intéressants pour caractériser l'évolution des écosystèmes à long terme du fait de leur stabilité (HEIP, 1980). En effet, leur cycle annuel est souvent très peu marqué dans des conditions homogènes (WARWICK, 1971 ; JUARID, 1975) et il est ainsi possible d'espérer détecter rapidement les modifications anormales du milieu.

Les conclusions concernant la dynamique des peuplements sont souvent contradictoires lorsque exceptionnellement plusieurs années de référence sont prises en compte. Ainsi Mc INTYRE et MURISON (1973) notent une certaine stabilité sur six ans de prélèvements réalisés, en général au printemps, en intertidal et en sublittoral. COULL et FLEEGER (1977), COULL et BELL (1979) mettent par contre en évidence de fortes variations selon les années respectivement pendant des périodes de trois et cinq ans dans un milieu infralittoral. HEIP (op.cit) dans un marais saumâtre, montre en utilisant l'analyse spectrale, que l'essentiel de la variance, entre prélèvements, est introduite par les longues périodes, ce qui confirme une certaine stabilité à moyen terme. Cette observation semble contradictoire avec ce que l'on pourrait supposer *a priori*, du fait du faible temps de génération des organismes, mais confirme l'intérêt de telles mesures dans les études d'impact.

La durée raisonnable d'un suivi écologique sur la méiofaune semble être de cinq à sept ans (GRAY *et al.*, 1980). La fréquence des prélèvements de la même façon dépend des caractéristiques du peuplement et du phénomène à mettre en évidence. Enfin la taille de l'échantillonnage conditionne la fiabilité des observations. Il n'est en effet guère possible de déterminer l'ensemble des spécimens de Nématodes triés et il apparaît nécessaire de fixer plus ou moins arbitrairement à 100 ou 300 le nombre limité constant d'individus à déterminer, ainsi qu'il apparaît dans la littérature récente (BOUCHER, 1980 b - GOURBAULT, 1981 - WILLEMS *et al.*, 1982).

Dans le cadre de l'étude des conséquences de la pollution par hydrocarbures de l'Amoco Cadiz, survenue le long des côtes de Bretagne nord le 16 mars 1978, les modifications des densités du méiobenthos, et plus particulièrement celles de la composition faunistique des Nématodes, ont été choisies pour mettre en évidence une altération éventuelle du milieu.

## MATERIEL ET METHODES

La station de prélèvement de la Pierre Noire en Baie de Morlaix (Manche occidentale : (48°42'42" N 03°52'16" W) est située au centre d'une tache de sable fin thixotropique par - 19 mètres de profondeur (Médiane =  $137 \pm 4 \mu$ ). Elle correspond à la communauté de macrofaune à *Abra alba* - *Hyalinoecia bilineata* de CABIOCH (1968). Les caractéristiques du peuplement de méiofaune ont été analysées par BOUCHER (1980 a) sur des prélèvements réalisés par carottage en plongée entre novembre 1972 et novembre 1974. A la suite de la pollution massive des fonds sublittoraux en baie de Morlaix (BOUCHER, 1980 b ; DAUVIN, 1979) par les hydrocarbures (100 à 3000 ppm) provenant de l'Amoco Cadiz (16 mars 1978), le suivi de la méiofaune a été repris sur une base mensuelle entre avril 1978 et août 1982.

Dans ce travail, les fluctuations des densités de Copépodes et de Nématodes sont analysées dans l'ensemble de la colonne sédimentaire biologiquement active (14 centimètres) sur une période de 10 ans. L'évolution de la structure qualitative du peuplement est déterminée en comparant 9 listes faunistiques de 100 spécimens réalisées sur 3 prélèvements simultanés effectués dans les quatre premiers centimètres de la colonne sédimentaire en août 1973, à 3 listes faunistiques de 100 spécimens réalisées dans les mêmes conditions en août 1978 - 79 - 80 - 81 - 82, soit pendant cinq années après pollution. La composition faunistique des quatre premiers centimètres du sédiment, détectée par la présente méthode d'analyse, est sensiblement différente de celle trouvée dans les carottes entières (14 centimètres) puisque des espèces dominantes en dessous de ce niveau ne sont pas considérées (i.e. *Richtersia kreisi* ou *Cylindrotheristus divertens*. Cet échantillonnage de surface est cependant justifié puisque c'est à ce niveau que les teneurs en hydrocarbures sont les plus fortes (BOUCHER 1980 b) et qu'il n'y a pas de modifications significatives de la proportion du peuplement présent à ce niveau entre les cinq années suivant la pollution. En outre, du fait de la bonne stabilité saisonnière du peuplement, l'analyse qualitative n'a été réalisée qu'en période estivale où les effets d'une pollution sont les plus significatifs (OVIATT *et al.*, 1982).

## RESULTATS et DISCUSSION

### Evolution des densités

La figure n°1 montre l'évolution des densités de Nématodes et de Copépodes harpacticoides entre avril 1978 et juillet 1982. Les fluctuations des Nématodes n'indiquent aucune rythmicité saisonnière. Si en 1978 et 1979 deux poussées

peuvent être discernées au printemps (Juin 1978-Mai 1979) et en fin d'été (Octobre 1978-août 1979), durant l'année 1980 un seul pic d'abondance est détecté en juin. Durant l'hiver 1980-81, les fortes densités atteintes indiquent que les facteurs qui déterminent l'abondance des Nématodes ne sont pas saisonniers. Les abondances de Copépodes sont par contre beaucoup plus sous la dépendance de facteurs saisonniers ainsi que l'attestent régulièrement les fortes valeurs estivales.

Les densités de Nématodes et de Copépodes harpacticoides comptées dans l'année qui suit la pollution (avril 1978-mars 1979) n'évoluent pas significativement car leurs valeurs restent dans les limites de la variabilité instantanée de trois prélèvements simultanés (BOUCHER, 1980)b). Elles ne sont d'ailleurs pas différentes de celles observées avant pollution entre 1972 et 1974. Par contre, lorsque les prélèvements sont analysés (Test de Kruskal Wallis) pendant une période de deux années après pollution (avril 1978-mars 1980) apparaît une fluctuation significative des abondances de Nématodes par rapport à l'état antérieur due aux faibles abondances observées en 1979-80. Il n'en est pas de même pour les Copépodes harpacticoides qui ne présentent pas de fluctuations significatives. Enfin, lorsque sont prises en considération les cinq périodes de référence constituées par le regroupement des prélèvements sur chacune des années les moyennes des densités demeurent toujours significativement différentes à  $p < 0.05$  pour les Nématodes mais pas pour les Copépodes harpacticoides (Tableau n°1).

Le rapport  $\frac{\text{Nématodes}}{\text{Copépodes}}$  proposé par RAFFAELLI et MASON (1981) ne présente pas de fluctuations significatives à  $p < 0.05$  (test de Kruskal Wallis) sur les années prises en référence.

#### Information fournie par le nombre de prélèvements et d'espèces analysés

Le calcul de la proportion de l'information moyenne par individus (MARGALEF, 1958 :  $-\sum \frac{q_i}{N} \log_2 \frac{q_i}{N}$ ) permet de déterminer le nombre de listes faunistiques et d'espèces à prendre en compte (Figure n° 2a). Trois échantillons de 100 individus au moins sont nécessaires pour obtenir plus de 80 % de l'information. Le regroupement de ces trois listes en une seule de 300 individus ne fournit d'ailleurs plus que 76.2 % de l'information moyenne ce qui est encore satisfaisant. Le même type de calcul effectué pour déterminer le nombre minimal d'espèces à prendre en compte dans une liste faunistique, indique que 20 espèces au moins sont nécessaires pour obtenir plus de 80 % de l'information (Figure n° 2b).

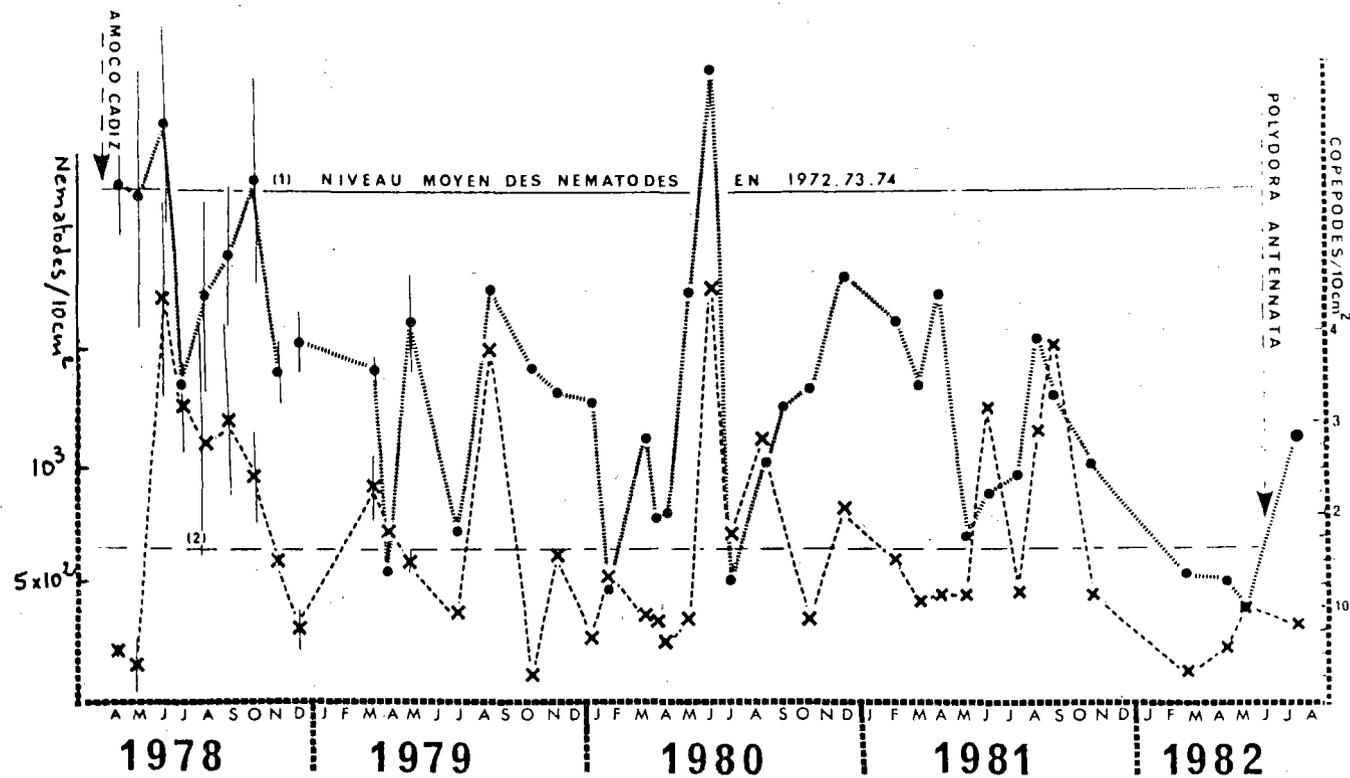


Figure n° 1 : Evolution des densités de Nématodes ( ● - ● ) et de Copépodes harpacticoides ( x - x ) entre avril 1978 et août 1982, L'intervalle de confiance n'est indiqué que pour les prélèvements réalisés pendant la première année. (1) densité moyenne des Nématodes avant pollution (2) densité moyenne des Copépodes avant pollution ( comptages de 1972 à 1974).

Figure n° 1 : Changes of the densities of Nematodes ( ● - ● ) and harpacticoid Copepods ( x - x ) from april 1978 to august 1982. The standard deviation of the mean is given only for the first year samples. (1) Mean prepollution densities of Nematodes (2) mean prepollution densities of Copepods.

Années	1972-73		1978-79		1979-80		1980-81		1981-82	
	N Rang	H Rang	N Rang	H Rang	N Rang	H Rang	N Rang	H Rang	N Rang	H Rang
Avril	1885 (34)	103 (15)	2210 (39)	49 (4)	551 (4)	182 (29)	818 (7)	61 (5)	-	-
Mai	2446 (41)	150 (24.5)	2159 (38)	33 (3)	1643 (26)	149 (22.5)	1759 (29)	86 (9)	1764 (30)	114 (18)
Juin	-	-	2481 (42)	443 (45)	-	-	3122 (46)	486 (46)	583 (5)	102 (14)
Juillet	2832 (45)	272 (35)	1357 (18.5)	318 (40.5)	757 (6)	75 (11.5)	535 (2)	168 (28)	899 (8)	318 (40.5)
Août	1988 (37)	164 (27)	1741 (28)	277 (36)	1879 (31)	378 (42)	1215 (12)	427 (44)	981 (9)	115 (19)
Septembre	2773 (44)	262 (34)	1894 (35)	303 (39)	-	-	1269 (13)	283 (37)	1566 (25)	292 (38)
Octobre	-	-	2247 (40)	243 (33)	1449 (22)	23 (1)	1350 (17)	87 (10)	1315 (15)	385 (43)
Novembre	1871 (33)	121 (20)	1417 (20)	149 (22.5)	1339 (16)	156 (26)	-	-	1028 (10)	112 (17)
Décembre	1923 (36)	205 (30)	1542 (24)	75 (7)	-	-	1836 (32)	210 (31)	-	-
Janvier	-	-	-	-	1295 (14)	63 (6)	-	-	-	-
Février	2541 (43)	84 (8)	-	-	487 (1)	122 (21)	1645 (27)	150 (24.5)	-	-
Mars	1514 (23)	100 (13)	1437 (21)	233 (32)	1147 (11)	91 (11.5)	1357 (18.5)	105 (16)	549 (3)	31 (2)
I. R.	(336)	(206.50)	(305.5)	(262)	(131)	(170.5)	(203.5)	(250.5)	(105)	(191.5)

Tableau n° 1 : Calcul du test de KRUSKAL WALLIS permettant de tester l'hypothèse  $H_0$ : les densités moyennes sont significativement différentes, entre les années de référence choisies. L'hypothèse  $H_0$  est vérifiée pour les nématodes à  $p < 0.01$  ( $\chi^2_4$  obs. = 21.64 ;  $\chi^2_4$  p < 0.01 = 13.28) mais ne l'est pas pour les Copépodes à  $p < 0.05$  ( $\chi^2_4$  obs. = 1.60 ;  $\chi^2_4$  p < 0.05 = 9.49).

Table n° 1 : Calculation of the KRUSKAL WALLIS test to test the hypothesis  $H_0$  = the mean densities between the different years are significantly different. The hypothesis is true for Nematodes at  $p < 0.01$  ( $\chi^2_4$  = 21.64 ;  $\chi^2_4$  p < 0.01 = 13.28) but is not true for Copepods at the  $p < 0.05$  level ( $\chi^2_4$  obs. = 1.60 ;  $\chi^2_4$  p < 0.05).

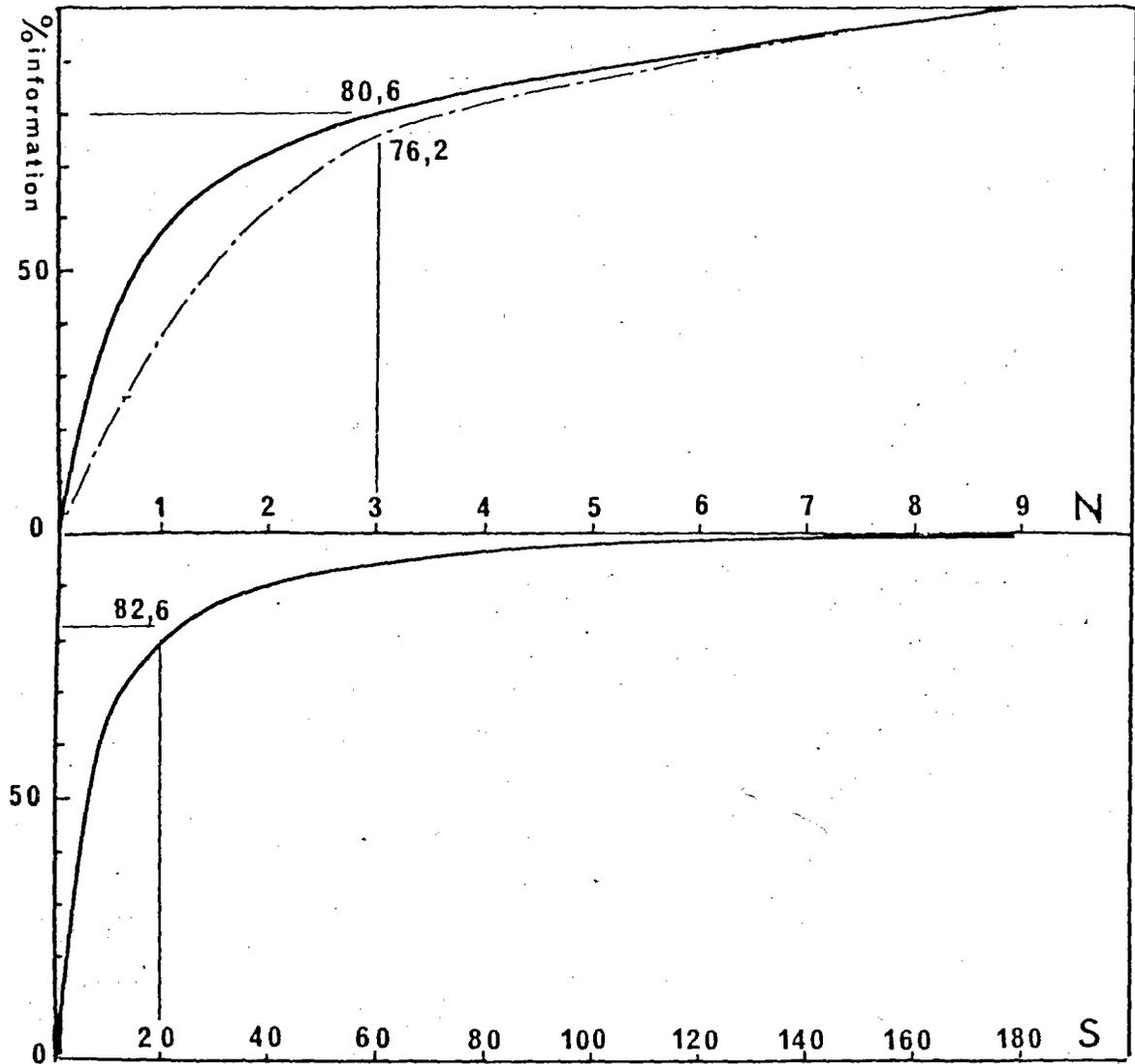


Figure n° 2 : Pourcentage de l'information moyenne par individu selon Margalef, 1958 ( $\log_2 K = - \sum \frac{q_i}{N} \log_2 \frac{q_i}{N}$ ) fourni par l'analyse d'un nombre croissant de groupes  
 a) de 100 (-) ou de 300 (-·-) nématodes b) d'un nombre croissant d'espèces à partir des 9 listes faunistiques réalisés en 1973.

Figure n° 2 : Proportion of the mean information per individual ( $\log_2 K = - \sum \frac{q_i}{N} \log \frac{q_i}{N}$ ) showing  
 a) the number of 100 (-) or 300 specimens (-·-) samples to be studied  
 b) the number of species to take in account.

## Evolution de la diversité

La méthode de raréfaction de Sanders montre, comme l'avait indiquée la théorie de l'information, qu'un échantillonnage de 100 individus est insuffisant pour caractériser le peuplement. En effet, pour les années les plus typées (1973, 1979 et 1982), il ne fournit qu'au mieux 48 à 66 % des espèces présentes dans des listes de 300 individus (Figure n° 3). Le Tableau n° 2 fournit, l'évolution du nombre d'espèces présentes dans les échantillons de 100 individus et les chiffres indiquent une disparition d'environ 30 % des espèces. L'indice  $\alpha$  de FISHER, évolue de façon exactement similaire sur un échantillonnage constant. La chute de l'indice de SHANNON est plus marquée en 1979. L'impact des hydrocarbures sur la diversité du peuplement est donc net mais les effets ne sont réellement perceptibles que le deuxième été après la pollution et aucune restauration n'apparaît ensuite.

## Modification du modèle log-normal de distribution d'abondance.

GRAY et MIRZA (1979) ; GRAY et PEARSON (1982) ont proposé de caractériser les modifications des distributions d'abondance des espèces sous l'effet de la pollution par une méthode graphique simple tenant compte de la distribution log normale des individus en espèces (modèle de PRESTON, 1948). Selon ces auteurs, avant une pollution, les espèces, se répartissent selon une droite de pente donnée en un nombre limité de classes géométriques. Un déséquilibre du milieu provoque une cassure dans la régression en deux droites, associée à une augmentation du nombre de classes géométriques. La distribution des espèces redéviend ensuite typiquement log-normale mais avec une pente plus faible. Les groupes d'espèces situés dans la classe correspondant au point d'inflexion ou juste à droite de celui-ci peuvent être considérées comme des espèces indicatrices les plus sensibles à la pollution.

La méthode appliquée avant pollution aux trois prélèvements simultanés de 1973 de 300 individus fournit une conformité satisfaisante au modèle log normal (Figure n° 4). Appliquée aux différents prélèvements annuels de 300 individus entre 1978 et 1982, la méthode n'indique pas l'apparition de points d'inflexion significatifs. Le test t, utilisé pour mettre en évidence des différences de pentes montre aucune évolution significative entre la pente moyenne de 1973 et celles calculées pour chacune des années suivant la pollution, à  $p < 0.05$ . En 1978 et 1979 apparaît cependant une classe géométrique supplé-

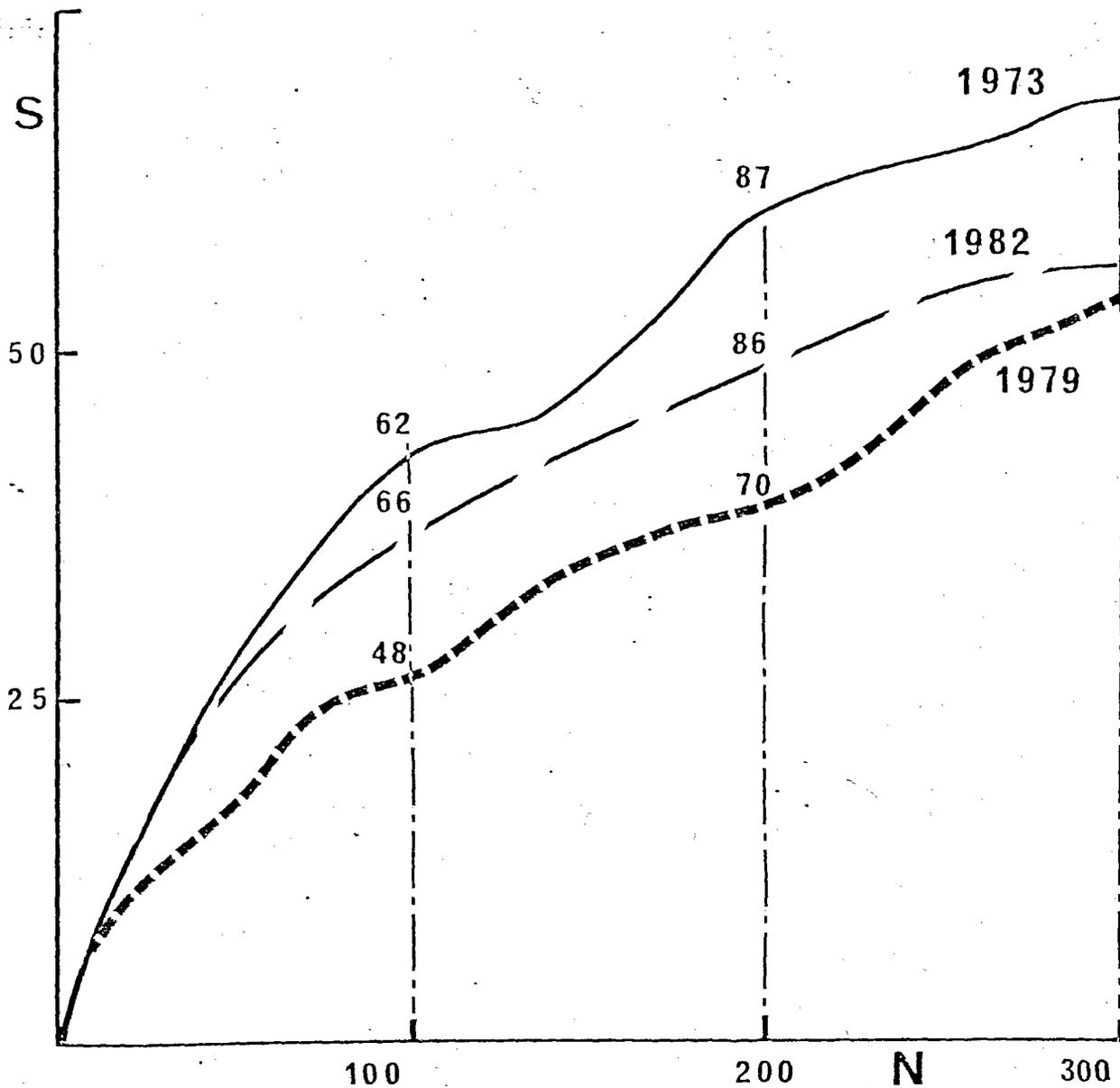


Figure n° 3 : Méthode de raréfaction de Sanders montrant le nombre d'espèces (S) identifiés en fonction du nombre d'individus (N) aux périodes les plus caractéristiques de l'évolution du peuplement (1973 - 1979 - 1982 ),

Figure n° 3 : Rarefaction method of Sanders showing the number of species (S) against the number of Nematodes (N) in the more typical samples (1973-1979-1982).

Pré- lè- vements	Indices	S	H'	E	R	$\alpha$
1	173	42	5.08	0.94	8.90	27.26
	273	37	4.74	0.91	7.82	21.24
	373	48	5.28	0.95	10.21	36.26
Moyenne $\pm$ s.d : 41.67 $\pm$ 1.39 : 4.94 $\pm$ 0.07 : 0.92 $\pm$ 0.01 : 8.83 $\pm$ 0.30 : 27.18 $\pm$ 1.86 :						
2	173	44	4.95	0.91	9.34	30.01
	273	40	4.71	0.89	8.47	24.71
	373	36	4.80	0.93	7.60	20.17
Moyenne $\pm$ s.d : 41.67 $\pm$ 1.39 : 4.94 $\pm$ 0.07 : 0.92 $\pm$ 0.01 : 8.83 $\pm$ 0.30 : 27.18 $\pm$ 1.86 :						
3	173	42	4.84	0.90	8.90	27.26
	273	40	4.38	0.92	8.47	24.71
	373	46	5.21	0.94	9.77	33.00
Moyenne $\pm$ s.d : 41.67 $\pm$ 1.39 : 4.94 $\pm$ 0.07 : 0.92 $\pm$ 0.01 : 8.83 $\pm$ 0.30 : 27.18 $\pm$ 1.86 :						
	178	35	4.61	0.90	7.38	19.14
	278	33	4.43	0.88	6.95	17.19
	378	35	4.64	0.90	7.38	19.14
Moyenne $\pm$ s.d : 34.33 $\pm$ 0.82 : 4.56 $\pm$ 0.08 : 0.89 $\pm$ 0.01 : 7.24 $\pm$ 0.18 : 18.49 $\pm$ 0.80 :						
	179	26	3.68	0.78	5.43	11.41
	279	29	4.15	0.85	6.08	13.71
	379	34	4.21	0.83	7.17	18.15
Moyenne $\pm$ s.d : 29.67 $\pm$ 2.86 : 4.01 $\pm$ 0.21 : 0.82 $\pm$ 0.03 : 6.23 $\pm$ 0.62 : 14.42 $\pm$ 2.42 :						
	180	28	4.17	0.87	5.86	12.91
	280	32	4.36	0.87	6.73	16.27
	380	34	4.45	0.88	7.16	18.15
Moyenne $\pm$ s.d : 31.33 $\pm$ 2.16 : 4.33 $\pm$ 0.10 : 0.85 $\pm$ 0.03 : 6.58 $\pm$ 0.45 : 15.78 $\pm$ 1.88 :						
	181	29	4.40	0.91	6.08	13.71
	281	37	4.65	0.89	7.82	21.24
	381	29	3.98	0.82	6.08	13.71
Moyenne $\pm$ s.d : 31.67 $\pm$ 3.27 : 4.34 $\pm$ 0.24 : 0.87 $\pm$ 0.03 : 6.66 $\pm$ 0.71 : 16.22 $\pm$ 3.07 :						
	182	36	4.57	0.88	7.60	20.17
	282	25	4.00	0.86	5.21	10.70
	382	26	3.97	0.84	5.43	11.41
Moyenne $\pm$ s.d : 29 $\pm$ 4.30 : 4.18 $\pm$ 0.24 : 0.86 $\pm$ 0.01 : 6.07 $\pm$ 0.94 : 14.09 $\pm$ 3.73 :						

Tableau n° 2 : Evolution du nombre d'espèces pour 100 individus (S), de l'indice de Shannon (H'), de l'équitabilité de Pielou (E), de la richesse en espèces (R =  $\log_2 S$ ) et de l'indice de Fisher *et al.* ( $\alpha$ ) dans les neuf échantillons réalisés avant pollution (Août 1973) et chacun des trois échantillons réalisés pendant cinq années après pollution (Août 1978 à 82).

Table n° 2 : Changes of the number of species in a 100 individual sample (S), of the Shannon diversity index (H'), of evenness index (E), of species richness (R) and Fisher index ( $\alpha$ ) calculated on nine replicates before pollution (August 73) and triplicates during five years after pollution (August 78-82).

Pré- vements	Indices	S	H'	E	R	$\alpha$
1	173	42	5.08	0.94	8.90	27.26
	273	37	4.74	0.91	7.82	21.24
	373	48	5.28	0.95	10.21	36.26
2	173	44	4.95	0.91	9.34	30.01
	273	40	4.71	0.89	8.47	24.71
	373	36	4.80	0.93	7.60	20.17
3	173	42	4.84	0.90	8.90	27.26
	273	40	4.38	0.92	8.47	24.71
	373	46	5.21	0.94	9.77	33.00
Moyenne $\pm$ s.d		41.67 $\pm$ 1.39	4.94 $\pm$ 0.07	0.92 $\pm$ 0.01	8.83 $\pm$ 0.30	27.18 $\pm$ 1.86
	178	35	4.61	0.90	7.38	19.14
	278	33	4.43	0.88	6.95	17.19
	378	35	4.64	0.90	7.38	19.14
Moyenne $\pm$ s.d		34.33 $\pm$ 0.82	4.56 $\pm$ 0.08	0.89 $\pm$ 0.01	7.24 $\pm$ 0.18	18.49 $\pm$ 0.80
	179	26	3.68	0.78	5.43	11.41
	279	29	4.15	0.85	6.08	13.71
	379	34	4.21	0.83	7.17	18.15
Moyenne $\pm$ s.d		29.67 $\pm$ 2.86	4.01 $\pm$ 0.21	0.82 $\pm$ 0.03	6.23 $\pm$ 0.62	14.42 $\pm$ 2.42
	180	28	4.17	0.87	5.86	12.91
	280	32	4.36	0.87	6.73	16.27
	380	34	4.45	0.88	7.16	18.15
Moyenne $\pm$ s.d		31.33 $\pm$ 2.16	4.33 $\pm$ 0.10	0.85 $\pm$ 0.03	6.58 $\pm$ 0.45	15.78 $\pm$ 1.88
	181	29	4.40	0.91	6.08	13.71
	281	37	4.65	0.89	7.82	21.24
	381	29	3.98	0.82	6.08	13.71
Moyenne $\pm$ s.d		31.67 $\pm$ 3.27	4.34 $\pm$ 0.24	0.87 $\pm$ 0.03	6.66 $\pm$ 0.71	16.22 $\pm$ 3.07
	182	36	4.57	0.88	7.60	20.17
	282	25	4.00	0.86	5.21	10.70
	382	26	3.97	0.84	5.43	11.41
Moyenne $\pm$ s.d		29 $\pm$ 4.30	4.18 $\pm$ 0.24	0.86 $\pm$ 0.01	6.07 $\pm$ 0.94	14.09 $\pm$ 3.73

Tableau n° 2 : Evolution du nombre d'espèces pour 100 individus (S), de l'indice de Shannon (H'), de l'équitabilité de Pielou (E), de la richesse en espèces (R =  $\log_2 S$ ) et de l'indice de Fisher *et al.* ( $\alpha$ ) dans les neuf échantillons réalisés avant pollution (Août 1973) et chacun des trois échantillons réalisés pendant cinq années après pollution (Août 1978 à 82).

and Table n° 2 : Changes of the number of species in a 100 individual sample (S), of the Shannon diversity index (H'), of evenness index (E), of species richness (R) and Fisher index ( $\alpha$ ) calculated on nine replicates before pollution (August 73) (triplicates during five years after pollution (August 78-82).

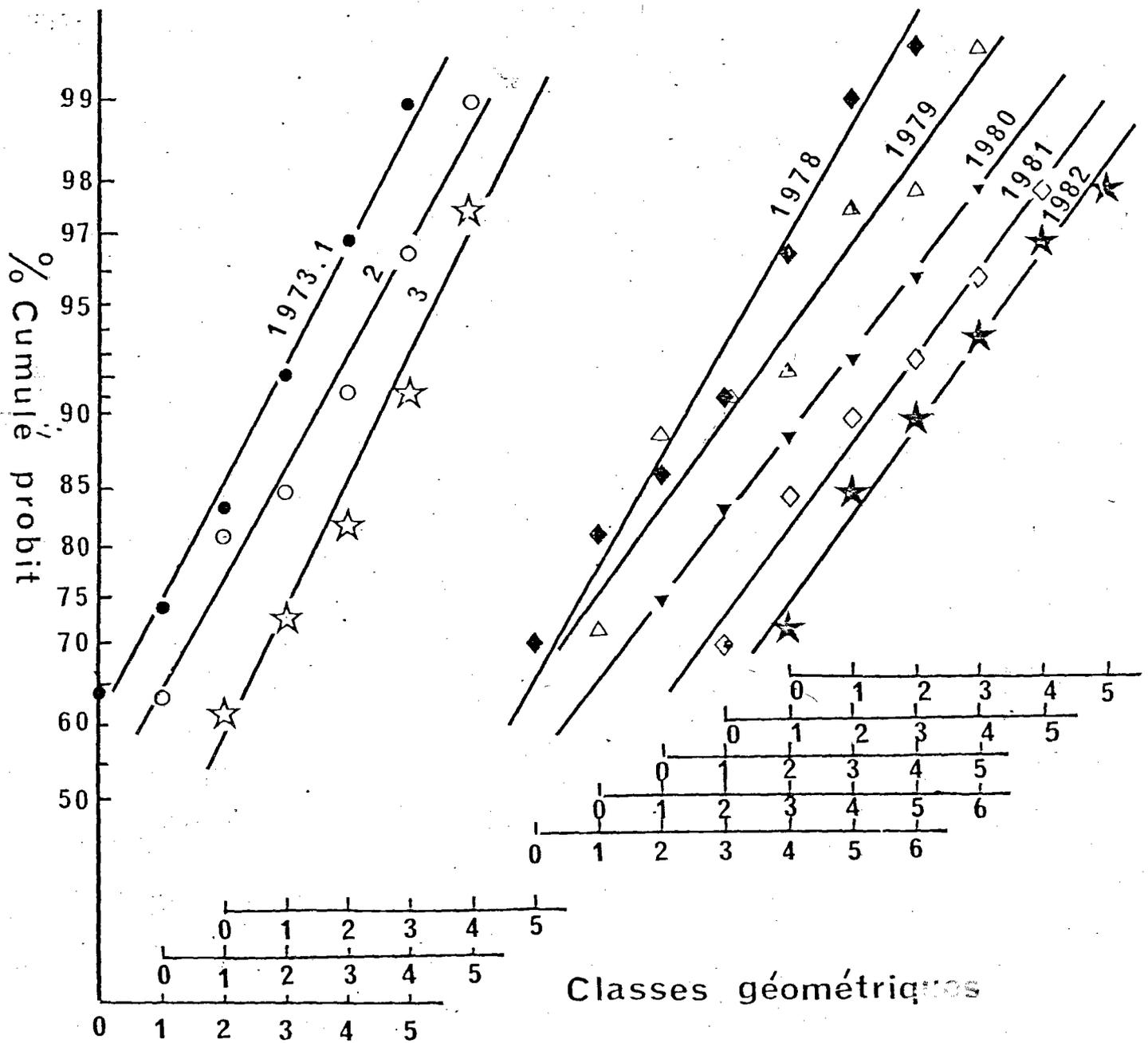


Figure n° 4 : Ajustement de la répartition d'abondance des espèces à un modèle log normal sur les prélèvements chronologiques réalisés à la Pierre Noire (Classes géométriques : I = 1 ; II = 2-3 ; III = 4-7 ; IV = 8-15 ; V = 16-31 ; VI = 32-63).

Figure n° 4 : Log-normal plots of data, transformed from cumulative percent species to probits from Pierre Noire time series.

mentaire (classe VI = 32 - 63 individus) correspondant à une augmentation des dominances. Cette méthode séduisante ne permet donc pas de mettre en évidence une modification ou même fournit des résultats contradictoires pour la macrofaune de la même communauté puisque DAUVIN (1982) met en évidence une rupture de pente avant pollution.

#### Evolution de la composition faunistique

Les modifications des abondances relatives des 20 espèces dominantes dans chacune des 24 listes faunistiques considérées (soit 61 espèces sur les 189 identifiées) ont été interprétées par analyse des correspondances (BENEZECRI *et al.*, 1973). Cette analyse d'inertie permet de rendre symétrique les observations (échantillons) et les variables (espèces) par rapport au centre de gravité et paraît bien adaptée pour évaluer des modifications d'abondances (CHARDY *et al.*, 1976). Plusieurs analyses ont été réalisées sur les 24 groupes de prélèvement de 100 individus, puis sur les 8 groupes de prélèvement de 300 individus. Du fait de la proximité des prélèvements simultanés de 100 individus dans l'espace mais aussi pour ne pas compliquer la représentation graphique, seuls les résultats de l'analyse sur 300 individus sont présentés.

#### . Analyse des correspondances (Figure n°5).

Les deux premiers axes factoriels extraient 46.8 % de l'inertie totale. Le premier axe (29.1 %) est constitué par l'opposition des trois prélèvements groupés réalisés en 1973, à ceux effectués en 1981 et surtout 1982. Il semble bien exprimer l'évolution temporelle entre prélèvements qui se succèdent chronologiquement entre 1973 et 1982. Au groupe d'espèces les plus abondantes dans les prélèvements initiaux (contributions fortes) soit *Ixonema sordidum* ; *Desmodorella tenuispiculum* ; *Rhynchonema ceramotos* ; *Halalaimus sp. C* ; *Xyala imparis* ; *Monopstkia mirabilis* ; *Spilophorella paradoxa* ; *Actinonema celtica* s'opposent d'autres espèces, dont les abondances augmentent, les plus notables étant *Sabatieria celtica* ; *Theristus bastiani* ; *Anticoma ecotronis* ; *Mesotheristus hirsutus* ; *Paracyatholaimus occultus* ; *Dichromadora cucullata*, *Monhystera pusilla*. Le deuxième axe, qui extrait 17.7 % de l'inertie permet de séparer les prélèvements des années 1980-81 et tout particulièrement celui de 1982 (qui présente les plus fortes contributions) et aussi de distinguer des groupes d'espèces dont l'évolution correspond à des stades différents de l'écosystème. Un premier groupe d'espèces bien adaptées au milieu ont tendance à demeurer abondantes

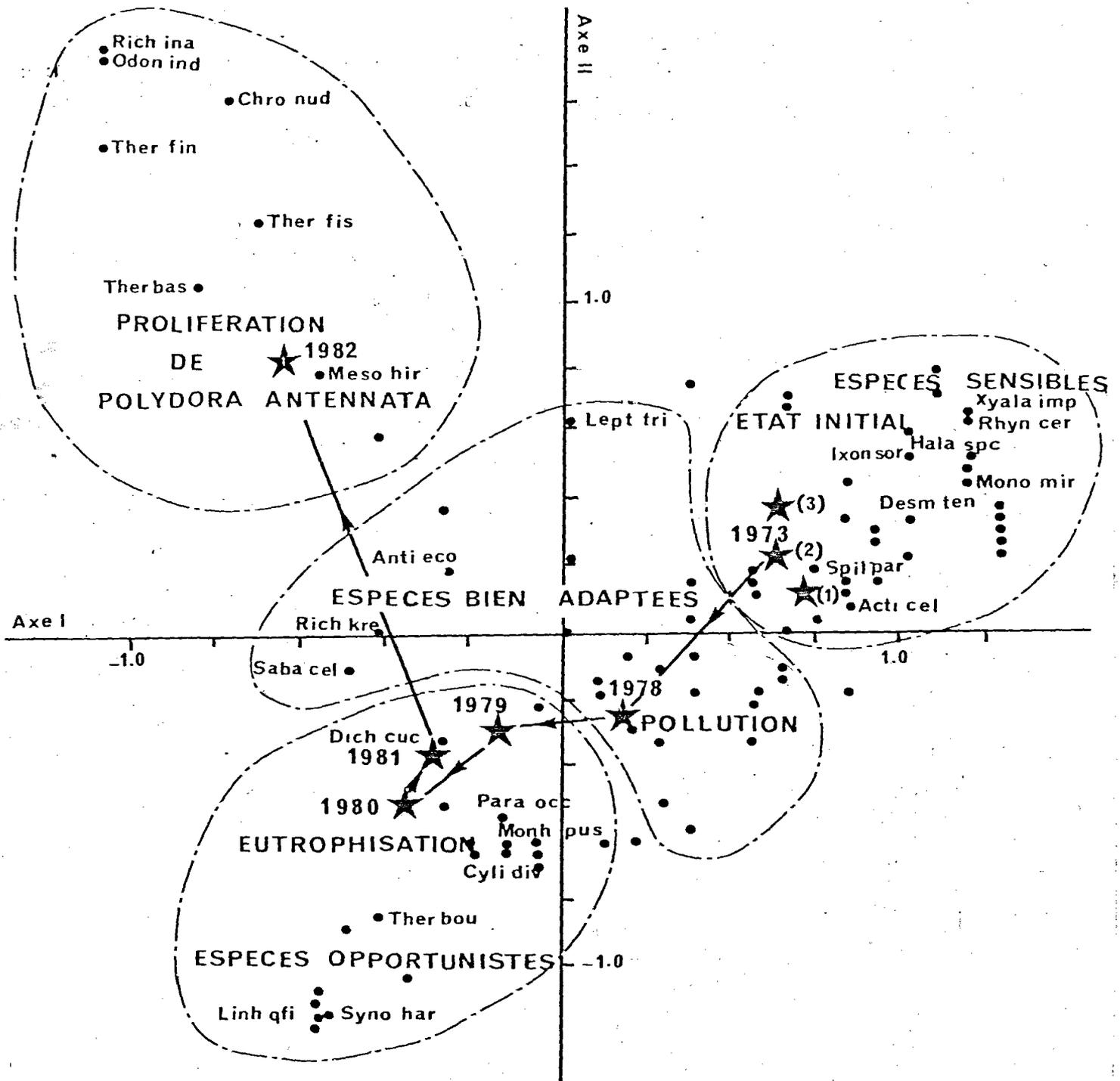


Figure n° 5 : Représentation graphique de l'inertie entre prélèvements et espèces dans l'espace des deux premiers axes de l'analyse des correspondances. Quatre groupes d'espèces et de prélèvements peuvent être identifiés à l'aide d'une classification ascendante hiérarchique effectuée sur les coordonnées factorielles de six premiers axes.

Figure n° 5 : Results of the correspondence analysis according to the two first axis. Four groups of samples and species are identified with the help of the automatical hierarchical classification.

après pollution (*Sabatieria celtica* ; *Anticoma ecotronis* ; *Richtersiakraisi* ; *Leptolaimus tripapillatus*). Un deuxième groupe d'espèces prolifèrent essentiellement pendant la période d'eutrophisation consécutive à la marée noire en 1979-1980-1981 (BOUCHER *et al.*, sous presse) et peuvent être qualifiées d'espèces opportunistes principalement (*Linhomoeus sp.* ; *Synodontium sp.* ; *Theristus sp.* ; *Cylindrotheristus divertens* ; *Monhystera pusilla* ; *Paracyatholaimus occultus* ; *Dichromadora cucullata*. Enfin un troisième groupe n'apparaît ou ne prolifère en 1982 qu'avec l'invasion du Polychète *Polydora antennata var. nigra* dont les densités atteignent 40 000 individus/m<sup>2</sup> et consolident toute la surface sédimentaire. Ce groupe est constitué de (*Theristus bastiani* ; *Mesotheristus hirsutus* ; *Theristus aff. fistulatus* ; *Theristus sp.* ; *Chromadora nudicapita* ; *Richtesia inaequalis* ; *Odontophora sp.*..

La représentation graphique dans l'espace du troisième et du quatrième axe n'extrait que 25.5 % de l'inertie. Son interprétation semble assez aléatoire dans la mesure où le troisième axe responsable de l'inertie entre prélèvements résulte de différences entre prélèvements simultanés de 1973 qui ne peuvent être que fortuites. Le quatrième axe, par contre, met clairement en évidence un groupe d'espèces affectées par la pollution qui ne disparaissent cependant que tardivement en 1979 et semble avoir une signification (*Lauratonema originalis* - *Prodromadorella attenuata* ; *Tripylloides sp.* ; *Oxystomina sp.*

#### . Classification ascendante hiérarchique

L'analyse des correspondances permet de représenter sur un même graphique la disposition spatiale des prélèvements et des espèces. La classification ascendante hiérarchique automatique permet de séparer les deux ensembles à partir des coordonnées factorielles selon les six premiers axes fournis par le programme des correspondances (JAMBU et LEBEAUX, 1978). La méthode d'agrégation choisie tient compte de l'algorithme proposé par BRUYNEAU assorti de modifications dans les procédures de seuil permettant une accélération de l'algorithme. Une première classification (Figure n° 6 a) réalisée sur les huit listes de 300 individus montrent que les prélèvements se hiérarchisent en seulement trois ensembles significativement distincts puisque les trois réplicats de 1973 ne présentent aucune différences significatives et indiquent le niveau de significativité. Le premier ensemble est constitué d'un mélange de prélèvements de 1973 et 1978 qui indique que les modifications du peuplement sont faibles dans la première année, suivant la pollution par rapport à l'état antérieur. Le deuxième groupe permet de distinguer l'ensemble des prélèvements de 1979-80-81 période d'eutrophisation de celui de 1982 réalisé en période de prolifération de *Polydora antennata*.

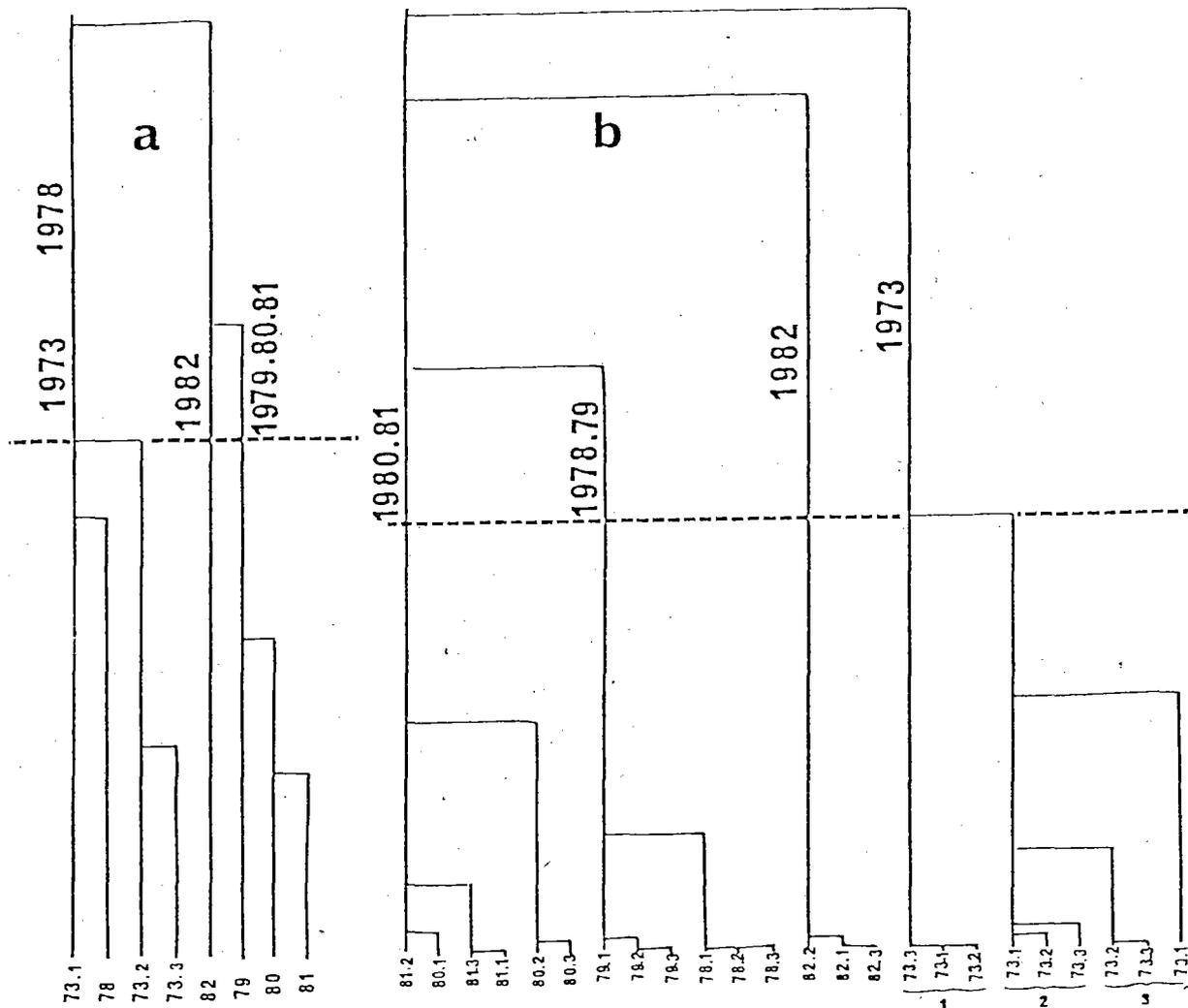


Figure n° 6 : Résultats de la Classification automatique hiérarchique des prélèvements réalisée sur les coordonnées factorielles de l'analyse de correspondances a) à partir de 8 listes de 300 individus b) à partir de 24 listes de 100 individus.

Figure n° 6 : Results of the automatical hierarchical classification for the samples performed on the factorial coordinates of the correspondence analysis a) considering 8 x 300 specimens samples b) considering 24 x 100 specimens samples.

Une deuxième classification (figure n° 6b) effectuée sur les 24 listes de 100 individus permet de distinguer plus finement la hiérarchie réelle entre prélèvements. Trois noeuds de classification au lieu de deux peuvent être considérés comme significatifs puisque le seuil de significativité est plus faible que dans le premier traitement. L'assimilation des prélèvements de 1978 à ceux de 1973 paraît dans ce cas non justifié puisqu'ils sont regroupés avec ceux de 1979 et proches de ceux de 1980-81. Ce deuxième traitement montre mieux une dérive progressive des caractéristiques du peuplement après pollution.

La même analyse réalisée sur les 61 espèces permet d'identifier des groupements d'espèces réagissant différemment à la perturbation (Figure n° 7).

12 espèces sensibles à la pollution (20 %)

15 espèces peu adaptées au milieu qui régressent (25 %)

13 espèces bien adaptées au milieu qui prolifèrent (21 %)

14 espèces opportunistes associées à l'eutrophisation (23 %)

7 espèces opportunistes commensales de *Polydora* (11 %).

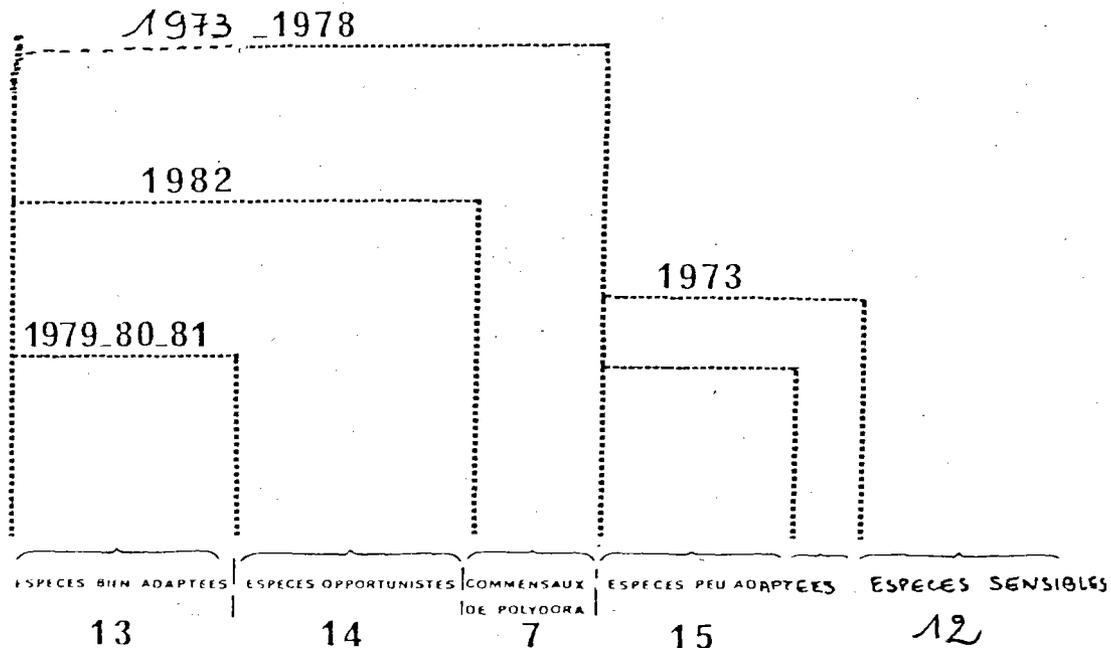


Figure 7 : Résultats de la classification ascendante hiérarchique des espèces réalisée sur les coordonnées factorielles de l'analyse de correspondances à partir de 8 listes de 300 individus.

Figure 7 : Results of the automatical hierarchical classification for the species performed on the factorial coordinates of the correspondence analysis from 8 x 300 specimens samples.

Ce découpage hiérarchique affine celui esquissé par l'analyse de correspondances selon les deux premiers axes factoriels.

La composition du peuplement de Nématodes s'éloigne en 1982 de plus en plus de celle qu'elle présentait initialement principalement du fait du développement de quelques espèces associées aux *Polydora*. Il n'apparaît guère possible cinq années après une pollution majeure et en l'absence de traces de polluants de parler de restauration de l'écosystème dans l'état antérieur.

## BIBLIOGRAPHIE

- BENZECRI J.P. *et al.*, 1973. L'analyse des données. Tome 2. L'analyse des correspondances, Dunod, Paris, 619 p.
- BOUCHER G., 1980a. Facteurs d'équilibre d'un peuplement de nématodes des sables sublittoraux, *Mém. Mus. Nat. Hist. nat., Série A Zool*, 114, 1-81.
- BOUCHER G., 1980b. Impact of Amoco Cadiz oil spill on intertidal and sublittoral meiofauna, *Mar. Pollut. Bull*, 11 (4), 95-100.
- BOUCHER G., 1981. Effets à long terme des hydrocarbures de l'Amoco Cadiz sur la structure des communautés de Nématodes libres des sables fins sublittoraux. In " Amoco Cadiz. Conséquences d'une pollution accidentelle par les hydrocarbures ". *Actes Colloq. CNEXO*, 539-549.
- BOUCHER G., CHAMROUX S., RIAUX C. ,(sous presse). Modifications des caractéristiques physicochimiques et biologiques d'un sable sublittoral pollué par hydrocarbures. *Mar, Env. Res.* (manuscrit 28 p.).
- CABIOCH L., 1968. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche Occidentale, *Cah. Biol. mar.*, 9 (5), 493-720.
- CHARDY P., GLEMAREC M., LAUREC A., 1976. Application of Inertia methods to benthic marine ecology : Practical implications of the basic options. *Estuar. Coast. mar. Sci.*, 4, 179-205.
- COULL B.C., BELL S.S., 1979. Perspectives of marine meiofauna ecology. In : Ecological Processes in coastal and marine systems. Ed. by R.J.Livings-ton. Plenum Publishing Corporation, 189-216.
- COULL B.C., FLEEGER J.W., 1977. Long-term temporal variation and community dynamics of meiobenthic copepods. *Ecology*, 58 (5), 1136-1143.
- DAUVIN J.C., 1979. Recherches quantitatives sur le peuplement des sables fins de la Pierre Noire, Baie de Morlaix, et sur sa perturbation par les hydrocarbures de l'Amoco-Cadiz. Thèse Doctorat 3è cycle Univ.Pierre et Marie Curie, Paris 6., 251 p.
- DAUVIN J.C., 1982. Impact of Amoco Cadiz oil spill on the muddy fine sand *Abra alba* and *Melinna palmata* community from the bay of Morlaix. *Estuar. coast.Shelf Sci.*, 14, 517-531.
- DE BOVEE F., 1981. Ecologie et dynamique des Nématodes d'une vase sublittorale (Banyuls-sur-mer). Thèse Doctorat.Etat, Sci. Nat. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris 6, 194 p.
- GERLACH S.A., 1971. On the importance of marine meiofauna for benthos communities. *Oecologia (Berl.)*, 6, 176-190.

- GIERE O., 1979. The impact of oil pollution on intertidal meiofauna. Field studies after the La Coruna-spill, May 1976. *Cah. Biol. mar.*, 20, 231-251.
- GOURBAULT N., 1981. Les peuplements de nématodes du chenal de la baie de Morlaix ( premières données). *Cah. Biol. mar.*, XXII, 65-82.
- GRAY S.S., BOESCH D., HEIP C., JONES A.M., LASSIG J., VANDERHORST R., WOLFE D. The rôle of ecology in marine pollution monitoring. Rapp. P.V. Réunion Cons.int.Explor.Mer, 179, 237-252.
- GRAY J.S., MIRZA F.B., 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. *Mar.Pollut.Bull.*, 10, 142-146.
- GRAY J.S., PEARSON T.H., 1982. Objective selection of sensitive species indicative of pollution induced change in benthic communities. I. Comparative methodology. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 9, 111-119.
- HEIP C., 1980. Meiobenthos as a tool in the assessment of marine environmental quality. Rapp. P-v. Réunion. Cons. int. Explor. Mer, 179, 182-187.
- JAMBU M., LEBEAUX M.O., 1978. Classification automatique pour l'analyse des données. 2. Logiciels. Dunod, 399 p.
- JUARDO J., 1975. Nematode species composition and seasonal fluctuation of a sublittoral meiofauna community in the German Bight. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.*, 15, 283-337.
- Mc INTYRE A.D., MURISON D.J., 1973.- The meiofauna of a flatfish nursery ground, *J. mar. Biol. Ass. U.K.*, 53, 93-118.
- MARGALEF R., 1958. Information theory in Ecology. *Gen.Syst.*, 3, 36-71.
- OVIATT C., FRITHSEN J., GEARING J., GEARING P., 1982. Low chronic additions of n° 2 fuel oil : chemical behavior, biological impact and recovery in a simulated estuarine environment, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 9, 121-136.
- PRESTON F.W., 1948. The commonness and rarity of species. *Ecology*, 29, 254-283.
- RAFFAELLI D.G., MASON C.F., 1981. Pollution monitoring with meiofauna, using the ratio of nematodes to copepods, *Mar. Pollut. Bull.*, 12, 158-163.
- WARWICK R., 1971. The meiofauna of the coast of Northumberland. II. Seasonal stability of the nematode population, *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 51, 355-362.
- WILLEMS K., VINCX M., CLAEYS D., VANOSMAEL C., HEIP C., 1982. Meiobenthos of a sublittoral sandbank in the Southern Bight of the North sea. *J.mar. biol. Ass. U.K.*, 62, 535-548.
- WORMALD A.P., 1976. Effects of a spill of Marine diesel oil on the meiofauna of a sandy beach at Picnic Bay Hong Kong. *Environ.Pollut.*, 11, 117-130.

## RÉSULTATS OBTENUS SUR LA MICROFLORE BACTÉRIENNE ET LA CHIMIE DU SÉDIMENT

par S. CHAMROUX

La connaissance de l'écologie microbienne des écosystèmes côtiers présente un intérêt particulier et les recherches dans ce domaine s'avèrent indispensables pour l'étude et la protection de l'environnement (Rheinheimer, 1977).

Les estuaires répartis sur la côte Nord et Sud du Finistère, constituent un ensemble d'écosystèmes originaux dénommés "rias" qui permettent une activité économique importante (ostréiculture, fermes aquacoles). Caractérisés par une faible profondeur et une arrivée d'eau douce ne présentant pas un grand débit, ils reçoivent une onde de marée de grande amplitude découvrant journallement un estran de plusieurs kilomètres carrés. Zone de transition entre le milieu marin et le milieu terrigène, ils sont le siège de phénomènes d'accumulation et d'échanges liés à ces deux environnements. Ils exercent ainsi un pouvoir régulateur dont il est important de connaître les limites. Or, l'étude du rôle pris par les bactéries dans le cycle de la matière dans les eaux et les sédiments de ces zones n'a pas, jusqu'alors, reçu beaucoup d'attention.

Le but de ce contrat "veille écologique" est l'étude de la variabilité des peuplements bactériens dans la zone littorale et la mise en évidence des fluctuations naturelles (saisons par exemple) et accidentelles (pollution) pour une meilleure compréhension de la biologie des sédiments dans ces zones particulièrement sensibles. L'étude est poursuivie sur deux stations représentatives : sédiments vaseux de la slikke de Dourduff et sables fins infralittoraux de la Pierre Noire.

## MATERIEL ET METHODES

### Prélèvements :

Les prélèvements ont été assurés mensuellement en plongée autonome, par carottage. Les carottes (5 cm de diamètre), sont fragmentées en tronçons de 4 cm de hauteur, sur lesquels sont prélevés aseptiquement, 2 ml de sable ou 1 ml de vase.

### Analyses bactériologiques :

Les dilutions appropriées sont ensemencées par la méthode d'étalement sur milieu gélosé, seule technique permettant des isollements pour une étude qualitative. Le milieu de culture utilisé, adapté pour le dénombrement de la microflore totale hétérotrophe aérobie, a la composition suivante : eau de mer artificielle (Lyman et Flemming, 1940) 1000 ; succinate de sodium 2g ; hydrolysât de caséine 1g ; extrait de levure 0,2g ; agar 15g ; pH 7,5. Les cultures sont incubées en enceintes thermostatées aux températures correspondant à celles relevées au moment du prélèvement. Une première lecture est faite après quinze jours, le résultat est définitif après un mois. 20 à 30 colonies sont isolées et purifiées dans chaque condition et sont stockées au congélateur selon une technique décrite par Chamroux et Prieur 1980. Elles sont réservées pour l'étude qualitative.

### Analyses chimiques :

Elles concernent essentiellement l'évaluation des différentes formes de l'azote en tant que paramètre lié à l'activité bactérienne. La méthode de Parnas et Wagner est utilisée pour l'estimation quantitative des sels azotés. Cette technique est basée sur la distillation de l'ammoniac en milieu alcalin, suivie d'une mesure quantitative par colorimétrie de l'azote ammoniacal recueilli. L'azote ammoniacal présent dans l'échantillon est mesuré durant la première distillation. Les formes oxydées de l'azote sont réduites par addition à l'échantillon d'alliage de Devardas. Le nitrite et le nitrate ainsi transformés en ammoniac sont mesurés comme précédemment. L'azote organique non labile en milieu alcalin est ensuite minéralisé selon la technique du micro-kjeldahl. Après la minéralisation, une partie de l'échantillon est distillée pour mesurer l'azote ammoniacal

résultant de la destruction de l'azote organique. Cette méthode, utilisée pour mesurer l'azote dans les sols, est la seule qui permette d'évaluer les quantités réelles des différents sels azotés dans les sédiments. Pour avoir des résultats comparables, cette méthode a aussi été utilisée pour les mesures dans l'eau.

## RÉSULTATS

### Fluctuations saisonnières

Nous avons étudié l'évolution des peuplements bactériens à l'interface eau sédiment, c'est-à-dire entre le niveau-10 cm dans le sédiment et + 20 cm dans l'eau surnageante. De nombreuses études ont montré que c'est dans cette zone que se trouve le maximum d'activité biologique. Dans la région étudiée, caractérisée par un important brassage des masses d'eau lié à l'amplitude des marées, la distribution verticale des bactéries dans l'eau ne présente pas de stratification. Par contre, au niveau du sédiment, le maximum d'activité bactérienne se situe dans les premiers centimètres. Ceci est vrai aussi bien dans la vase que dans le sable. La figure 1 donne la répartition verticale moyenne des densités bactériennes aux deux stations étudiées.

Dans une série chronologique, plusieurs méthodes permettent d'évaluer la composante saisonnière. Nous avons calculé la variation saisonnière par la méthode des déviations moyennes mensuelles. Le graphe des figures 2 et 3 représente, pour chaque mois, la déviation par rapport à la moyenne générale mensuelle ( $\bar{M}$ ). La variation saisonnière a ainsi été calculée pour 1978, 1978 + 1979, 1978 + 1979 + 1980 et 1978 + 1979 + 1980 + 1981. Ceci afin de suivre ses modifications éventuelles à long terme.

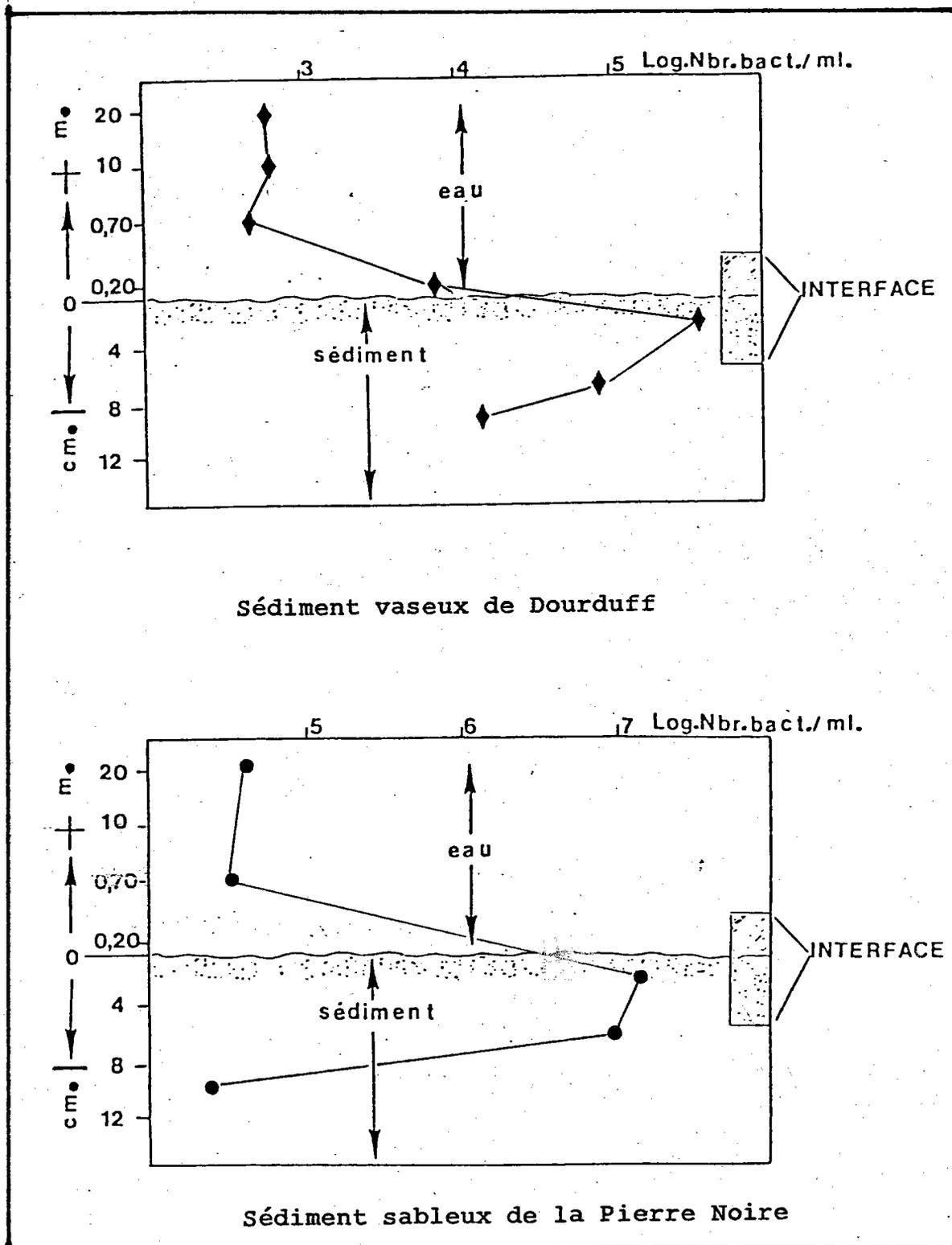


Figure 1 - Distribution verticale des peuplements bactériens dans l'eau et le sédiment en zone littorale.

Zone de la slikke de Dourduff : dans les sédiments de surface, on a observé une succession de blooms d'amplitude variable en 1978 et 1982, séparés par des périodes de faible ou très faible activité bactérienne.

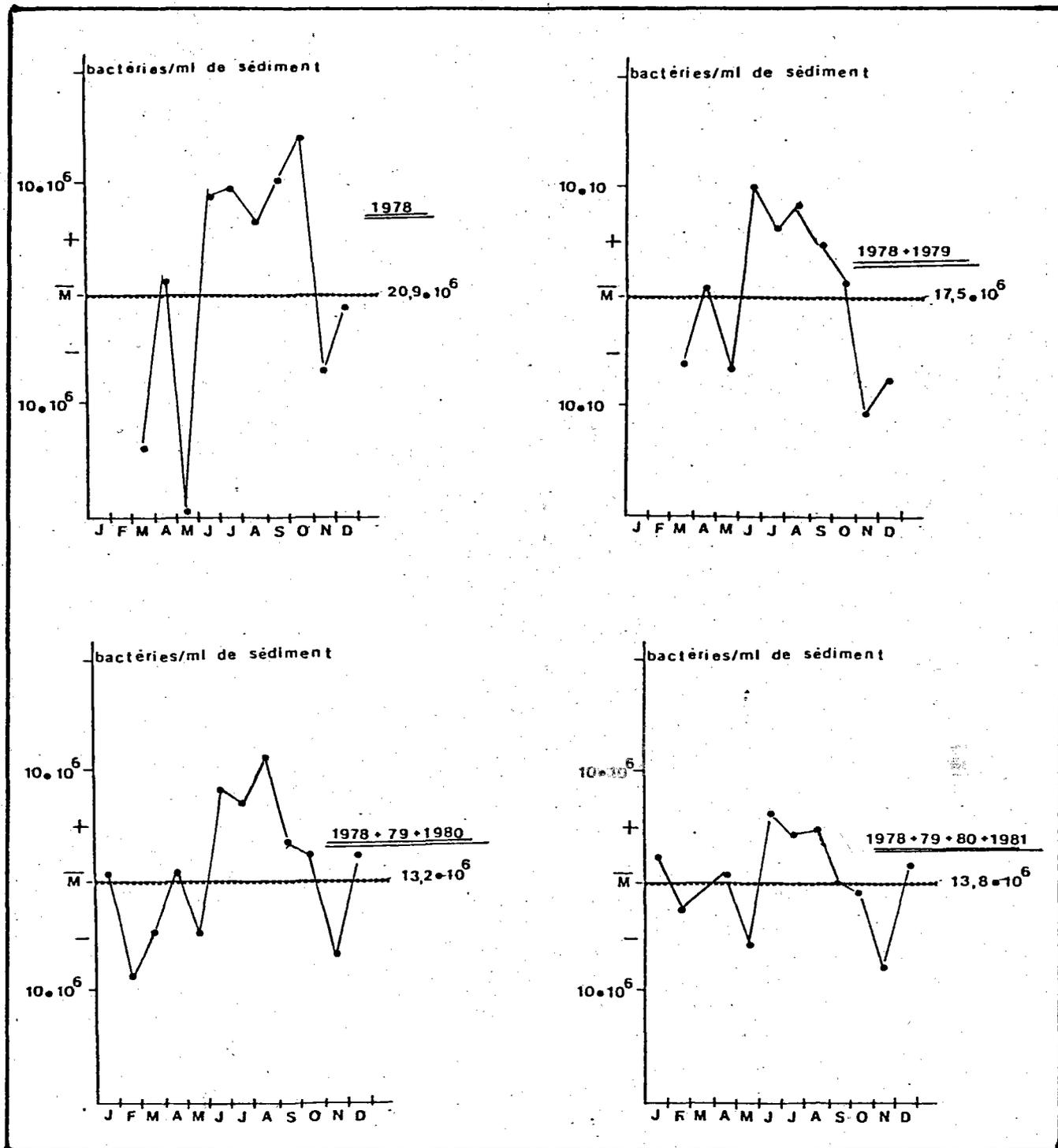


Figure 2 - Evolution de la variation saisonnière dans le sédiment vaseux du Dourduff. - explications dans le texte -  
Les peuplements ont fluctué entre  $30 \times 10^6$  bact./ml de sédiment (octobre 78) et  $0,1 \times 10^6$  bact./ml en décembre 1979. Les maximum sont reproductibles d'une année sur l'autre et se situent entre le mois de juin et septembre.

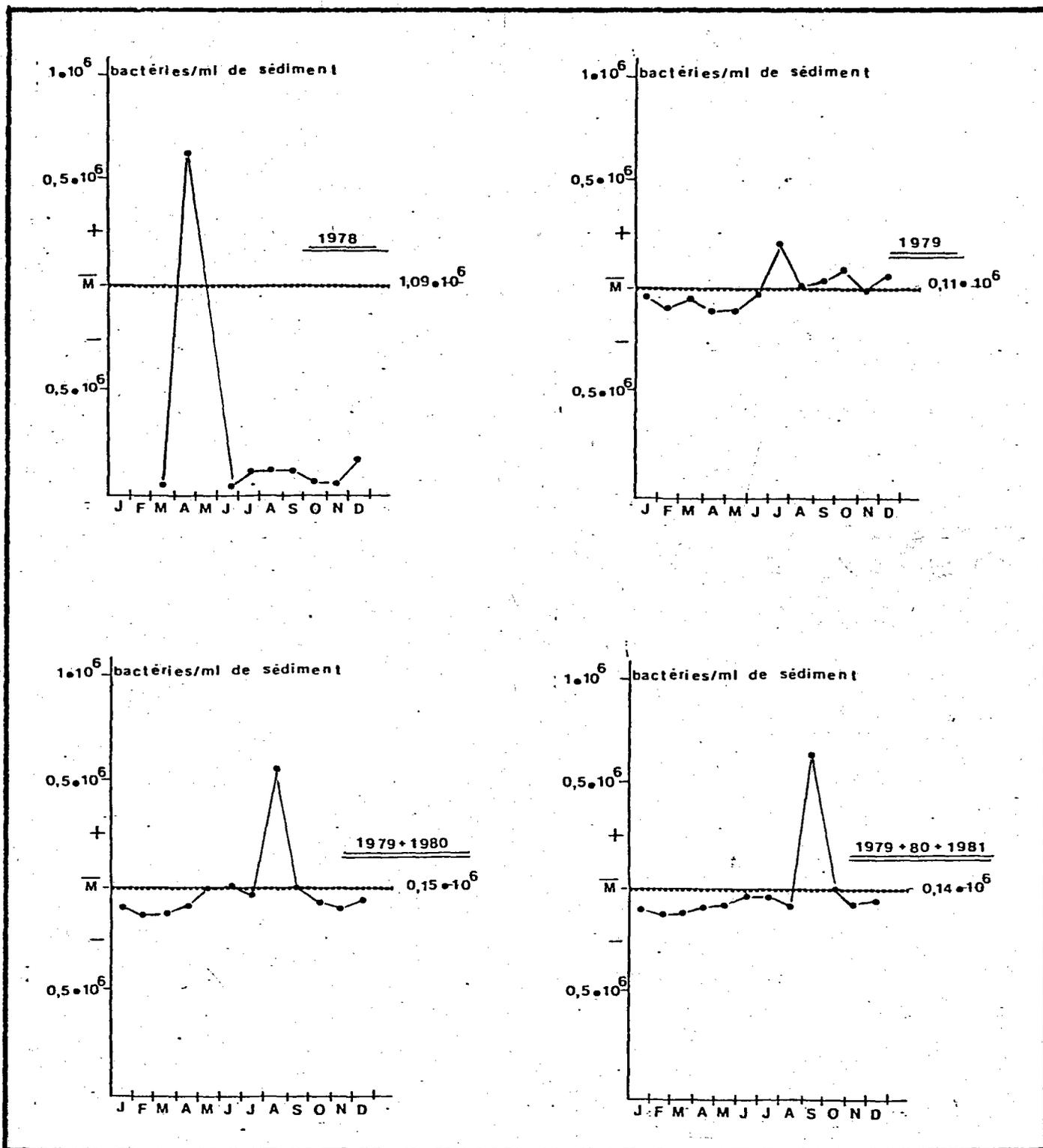


Figure 3 - Evolution de la variation saisonnière dans le sable fin de la Pierre Noire.

Zone des sables fins de la Pierre Noire : dans ce type de sédiment, après un bloom très élevé ( $6 \times 10^6$  bact./ml de sédiment) en avril 1978, dû à la pollution, l'année 1979 se caractérise par des peuplements de densité très basse ( $0,25 \times 10^6$  bact./ml). On observe ensuite un rythme de bloom régulier en été 1980 et automne 1981 et 82. Les maximum ne se sont pas situés exactement à la même période de l'année mais se sont succédés en augmentant d'amplitude. Ils se sont produits en juillet 1979, août 1980 et octobre 1981.

Des études similaires d'écologie bactérienne sont relatées dans la littérature. Les auteurs s'accordent à décrire une zonation verticale des peuplements ainsi que des variations saisonnières pour lesquelles la température n'est pas le seul facteur déterminant. Le site le plus semblable à celui que nous étudions semble être le fjord de Kiel ou Rheinheimer (1977) décrit des blooms se produisant à des moments différents selon la position dans l'axe de l'estuaire des stations étudiées. Dans une vase, à l'intérieur du fjord, les numérations bactériennes varient de 340.000 germes / ml de sédiment en hiver à  $65 \times 10^6$  en octobre et septembre. Dans les sables sublittoraux, les maximum sont en mai ou juin ( $1,6 \times 10^6$  germes / ml) et seulement  $0,034 \times 10^6$  en hiver. Ce schéma de distribution qui correspond assez bien à la zone que nous étudions ne semble pas identique dans toutes les régions. Meyer-Reil (1978), dans les sédiments de plages sableuses de mer Baltique, trouve des valeurs beaucoup plus grandes de bactéries, voisines de celles citées par Dale (1974). Litchfield (1975), observe une zonation très lente des carottes prélevées dans un sédiment en mer d'Irlande (le sédiment reste actif jusqu'à 70 cm). Sur certains des sites étudiés, le maximum de bactéries est dénombré en janvier. Boeyé et col. (1975) décrivent des cycles semblables sur la côte belge, dans des sables sublittoraux. En méditerranée, par contre, Bianchi (1973) décrit une répartition de peuplements peu différente de celle que nous observons sur la côte nord Bretagne. Les maximum se situent en été (août - septembre) et le minimum en janvier - Février. La zonation est très marquée dès le deuxième centimètre de sédiment.

#### Evolution à longterme

Sur une période de cinq ans il est possible d'avoir une vue d'ensemble plus précise de l'évolution des différents paramètres dans la zone étudiée. Dans les deux types de sédiment, la réponse à la pollution s'est traduite par un bloom bactérien. Ce type de réponse est souvent relaté dans la littérature (Ward et col. 1980 ; Walker et Colwell 1977 ; Hood et col. 1975). C'est aussi ce que nous avons observé lors d'étude de biodégradation d'hydrocarbures en circuits clos expérimentaux. L'évolution ensuite est différente selon la granulométrie et la localisation du sédiment. Dans les sables fins sublittoraux (figure 4), le bloom est suivi d'une période de densités bactériennes très faibles pendant l'année 1979. Un rythme régulier avec bloom estival s'est établi en 1980 et se reproduit depuis.

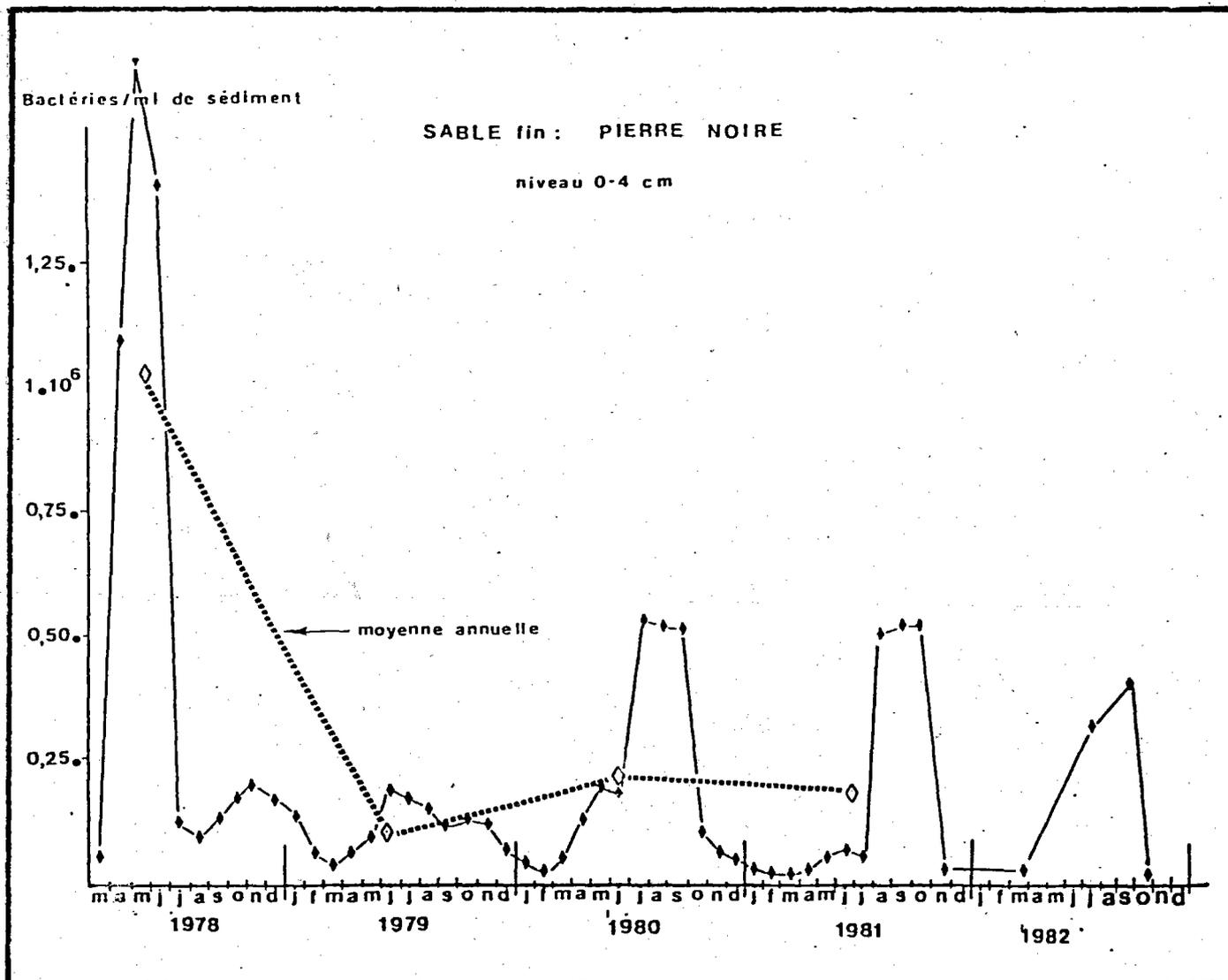


Figure 4 - Evolution des densités bactériennes dans le sable fin de la Pierre Noire.

Dans le sédiment vaseux, le stress de la pollution se traduit par une décroissance progressive des peuplements entre 1978 et 1980, avec une reprise également lente depuis cette date. Les valeurs enregistrées en juillet 1982 se rétablissent à un niveau semblable à celui mesuré juste avant la pollution. (figure 5).

Pendant cette même période on note, sur les deux sites, un enrichissement très régulier du sédiment en azote organique entraînant une augmentation de l'ammonification. Aussi bien dans la vase que dans les sables fins, les valeurs ont doublé entre 1978 et 1982. Les figures 6 et 7 font apparaître très clairement ce phénomène qui a débuté en 1979.

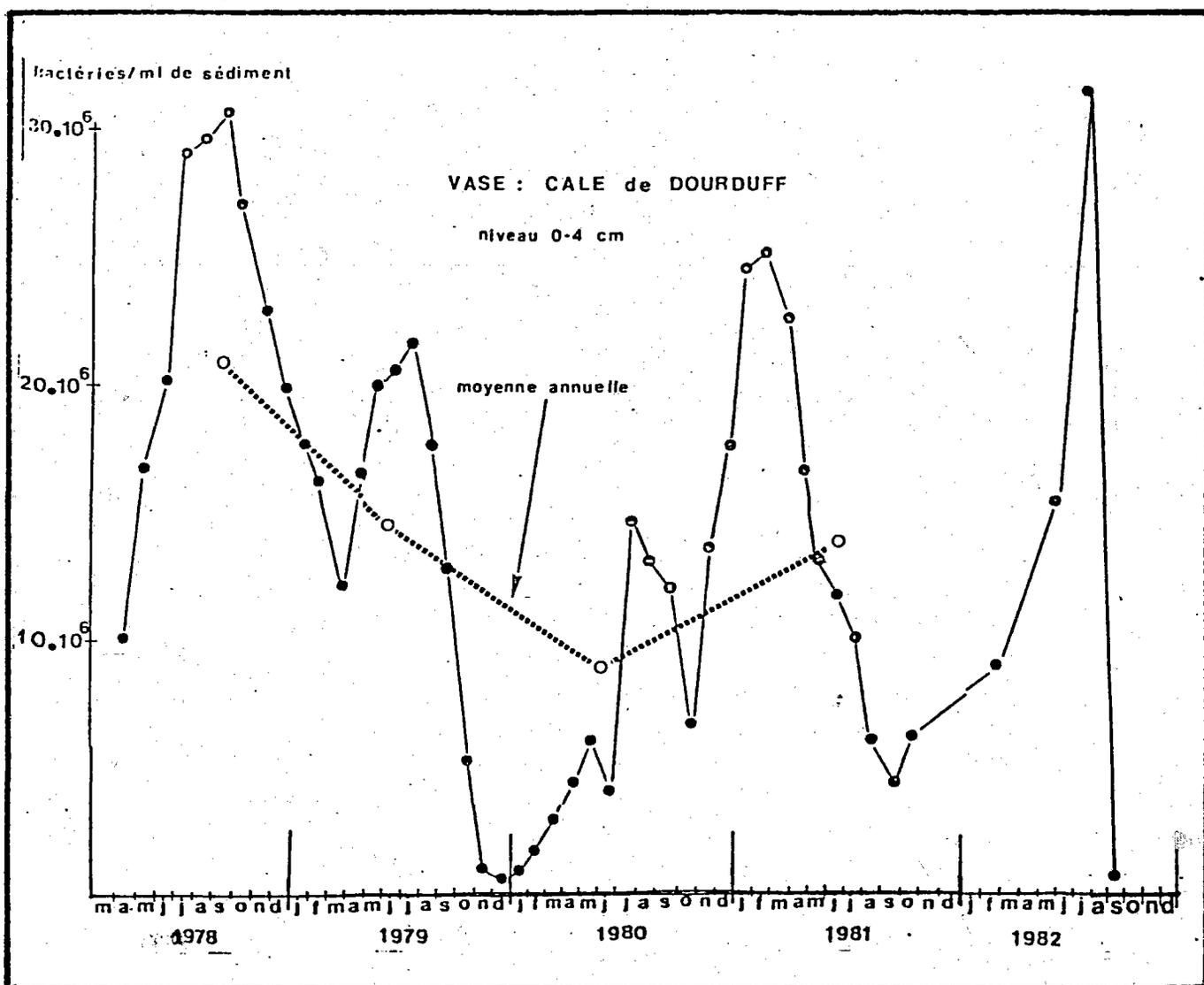


Figure 5 - Evolution des densités bactériennes dans le sédiment vaseux de Dourduff.

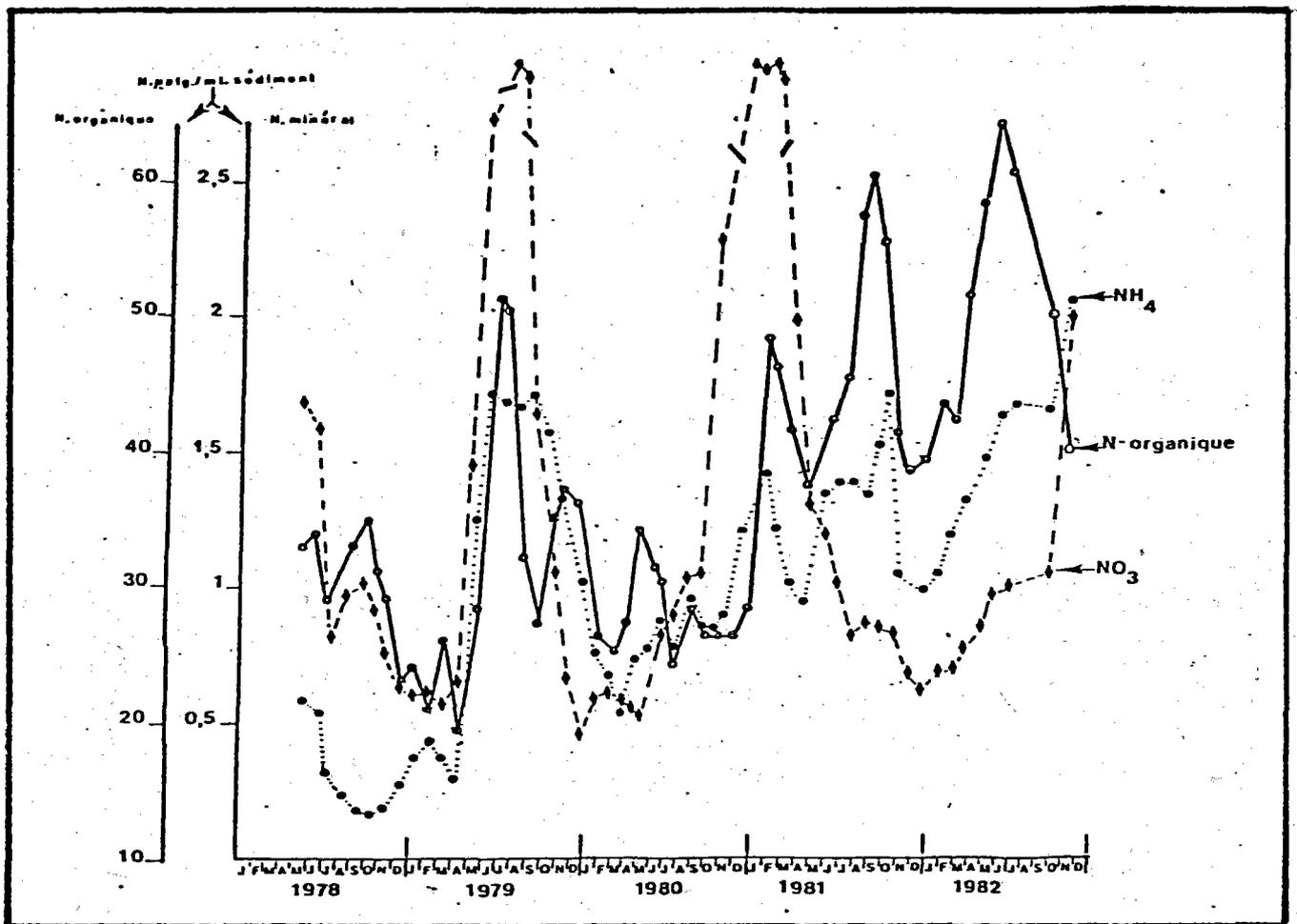


Figure 6 - Evolution des différentes formes de l'azote -  
Sable fin de la Pierre Noire.

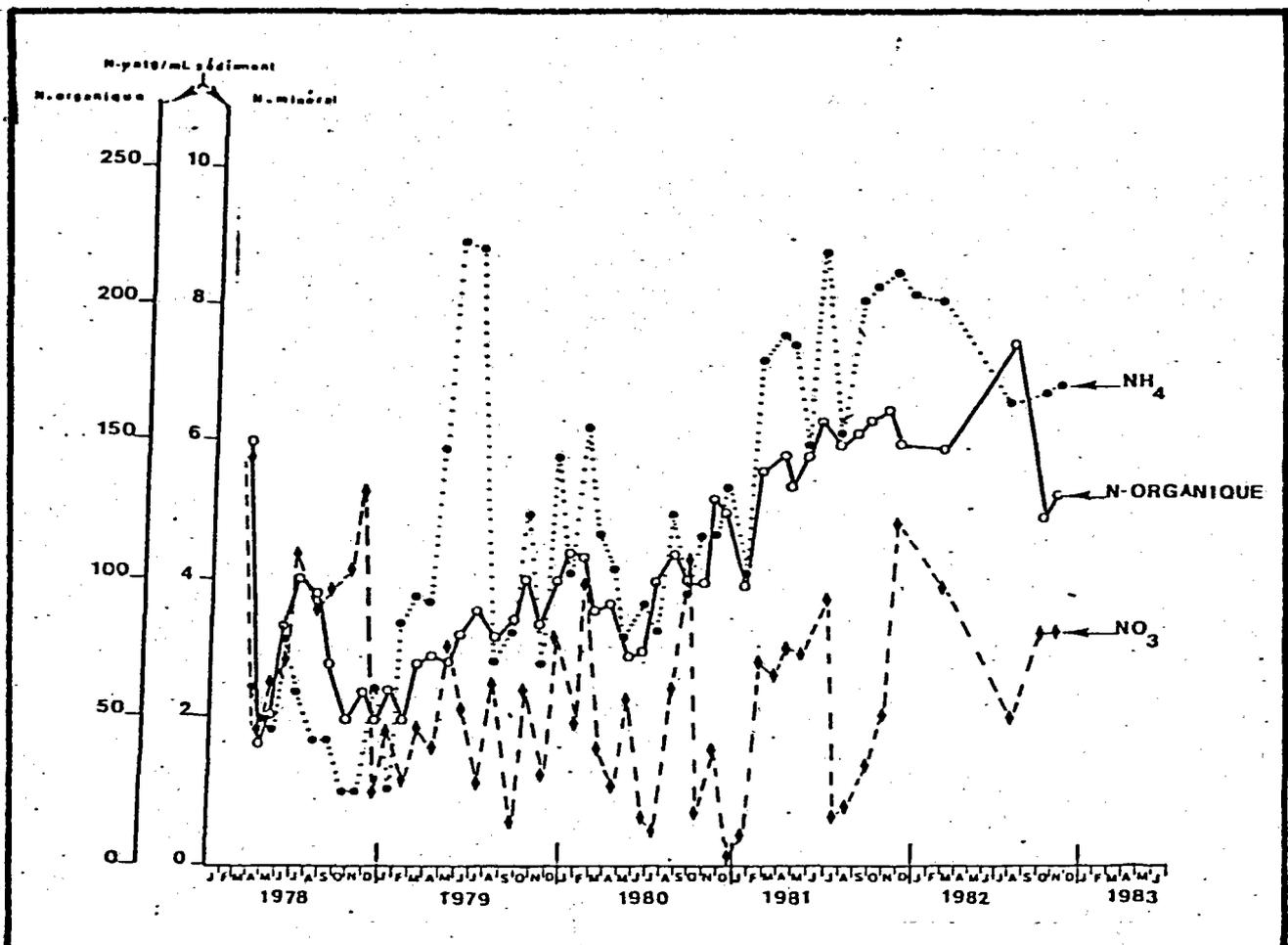


Figure 7 - Evolution des différentes formes de l'azote -  
Vase de la cale du Dourduff

Ces résultats prouvent l'intérêt de ce type d'étude qui permet de mettre en évidence ces phénomènes et qui suscite la nécessité de rechercher les conditions précises de rupture de l'équilibre et d'étudier ses conséquences pour l'environnement, le pouvoir d'acceptation du sédiment n'étant pas sans limite.

## CONCLUSION

Les bactéries subissent des fluctuations saisonnières, parfois importantes au cours d'une année, passant par des valeurs minimum qui font que l'activité hétérotrophe du sédiment est presque nulle en ces moments là. Ces fluctuations se retrouvent dans tous les sédiments et on peut les observer aussi bien dans l'eau susjacent que dans l'eau interstitielle.

= Le plus souvent, le maximum d'activité biologique se situe dans les premiers centimètres du sédiment sans cependant que les bactéries disparaissent totalement même à une grande profondeur.

= La pollution par les hydrocarbures détermine dans le sédiment une augmentation de l'activité bactérienne qui se distingue très nettement des fluctuations saisonnières. Le type de réponse diffère selon la granulométrie : brutal et de courte durée dans le sable, le bloom s'amortit très progressivement dans la vase. Une augmentation des teneurs en ammoniac et en azote organique suit le bloom bactérien avec un décalage de plusieurs mois.

## BIBLIOGRAPHIE

- BIANCHI, A.J.M., 1973, variation de la concentration bactérienne dans les eaux et les sédiments littoraux. *Marine biology*, 29 : 250-262
- BOEYE, I. WAGENBERGH M. and AERT M., 1975. Density and composition of heterotrophic bacterial populations in North Sea sediments. *Marine biology*, 32 : 263-270.
- CHAMROUX S. et PRIEUR D., 1980. Techniques d'étude des bactéries d'origine marine : conservation des souches bactériennes par congélation. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 290, série D : 339-342.
- DALE N.G., 1974. Bacteria in intertidal sediments : facts related to their distribution. *Limnol. Oceanogr.*, 19 : 509-518.
- HOOD M.A., BISHOP N.S., BISHOP F.W., MEYERS S.P. and WHELAN T., 1975. Microbial indicators of oil-rich salt marsh sediments. *Applied Microbiology*, 30, n°6, 982-987.
- LITCHFIELD C.D. and FLOODGATE G.D., 1975. Biochemistry and Microbiology of some Irish Sea sediments : Bacteriological analyses. *Marine Biology*, 30, 97-103.
- LYMAN J. and FLEMING H., 1940. Composition of sea water. *J. Mar. Res.*, 3, 134-145.
- MEYER-REIL L., DAWSON R., LIEBEZEIT G. and TIEDGE H., 1978. Fluctuations and interactions of bacterial activity in sandy beach sediments and overlying waters. *Marine Biology*, 48 : 161-171.
- RHEINHEIMER G., 1977. in "Microbial Ecology of brackish water environment" G. RHEINHEIMER Ed., Springer Verlag Berlin.
- WALKER J.D. and COLWELL R.R., 1977, Role of autochthonous bacteria in the removal of spilled oil from sediment. *Environm. Pollut.*, 12 : 51-56.
- WARD D.M., ATLAS R.M., BOEHM P.D. and CALDER J.A., 1980. Microbial biodegradation and chemical evolution of oil from the Amoco spill. *Ambio*, 9, n° 6, 277-283.