

# Évolution du méiobenthos des sables fins sublittoraux de la baie de Morlaix de 1972 à 1982

Pollution  
Suivis  
Méiofaune  
Nématodes  
Analyse multivariée

Pollution  
Monitoring  
Meiofauna  
Nematodes  
Multivariate analysis

Guy Boucher  
Station Biologique, 29211 Roscoff, France

## RÉSUMÉ

Les densités des nématodes et des copépodes harpacticoïdes ont été suivies pendant cinq années après la pollution massive par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz, et comparées à un état antérieur de référence de deux ans. L'abondance des nématodes décroît significativement par rapport à l'état initial à partir de la deuxième année du suivi, mais celle des copépodes n'est pas affectée.

L'évolution de la composition faunistique des nématodes indique une dégradation lente et durable du peuplement à l'échelle de cinq années. Cinq groupes d'espèces, détectés par analyse multivariée, caractérisent les différentes phases de l'évolution du peuplement.

*Oceanol. Acta*, 1983. Actes 17<sup>e</sup> Symposium Européen de Biologie Marine, Brest, 27 septembre-1<sup>er</sup> octobre 1982, 33-37.

## ABSTRACT

Fluctuations of meiofauna in fine sublittoral sand from the Bay of Morlaix during ten years

Nematode and copepod densities were monitored for five years after the Amoco Cadiz oil spill and compared with two years pre-pollution data. Nematode density significantly decreases from the second post-spill year on whereas copepods abundance remains stable. Nematode species composition changes were followed using multivariate analysis. Alteration of the structure of the community is progressive but long-lasting, even five years later. Five species groups are considered as characterizing the ecosystem evolution.

*Oceanol. Acta*, 1983. Proceedings 17th European Marine Biology Symposium, Brest, France, 27 September-1 October, 1982, 33-37.

## INTRODUCTION

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 sur une période de cinq années, en tenant compte d'un état de référence de deux années. En effet, le méiobenthos des sables fins sublittoraux semble constituer un bon paramètre pour caractériser l'évolution de l'écosystème du fait de sa stabilité naturelle au cours du temps (Warwick, Buchanan, 1971; Heip, 1980). Les suivis écologiques de la

méiofaune sur plusieurs années étant assez exceptionnels (McIntyre, Murison, 1973; Coull, Fleeger, 1977; Coull, Bell, 1979), il apparaissait nécessaire de tester la possibilité d'une dérive à long terme des densités et de la composition faunistique sur une période de cinq années (Gray *et al.*, 1980) après une pollution majeure.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

La station de prélèvement de la Pierre Noire en baie de Morlaix (Manche occidentale) est située au centre d'une tache de sable fin thixotopique caractérisée par sa grande stabilité granulométrique au cours du suivi (médiane =  $137 \pm 4 \mu$ ). Elle correspond à la commu-

nauté de macrofaune à *Abra alba-Hyalinoecia bilineata* définie par Cabioch (1968). Les fluctuations des densités des copépodes et de nématodes avaient été analysées dans une étude précédente (Boucher, 1980 a), entre novembre 1972 et novembre 1974 selon une fréquence mensuelle (à l'exception de quelques prélèvements hivernaux) dans l'ensemble de la colonne sédimentaire biologiquement active (14 cm). Dans ce travail, le suivi mensuel des densités a été repris dans les mêmes conditions entre avril 1978 et août 1982. Les modifications de la composition du peuplement de nématodes ont été étudiées en comparant l'abondance des espèces trouvées dans 3 fois 3 lots de 100 spécimens provenant de trois prélèvements simultanés (afin de déterminer la variabilité spatiale à un instant donné), en août de chacune des années 1978, 1979, 1980, 1981 et 1982. L'échantillonnage qualitatif a été limité aux quatre premiers centimètres de la colonne sédimentaire puisque les hydrocarbures dosés (100 à 3 000 ppm) sont toujours restés confinés dans la couche superficielle (Boucher, 1981). Ayant pu montrer une bonne stabilité saisonnière de la structure du peuplement avant pollution (Boucher, 1980 a) et dans la première année ayant suivi la pollution (Boucher, 1980 b), la limitation à un échantillonnage estival paraissait justifiée pour détecter une dérive pluriannuelle.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

La figure 1 montre l'évolution des densités de nématodes et de copépodes harpacticoïdes entre avril 1978 et juillet 1982, avec référence du niveau moyen de densité avant pollution. Les fluctuations des nématodes sont assez anarchiques et n'indiquent pas de variations saisonnières reproductibles, puisque les périodes d'abondance maximale apparaissent à tout moment de l'année sur la période de cinq ans considérée. Les fluctuations des copépodes sont par contre beaucoup plus dépendantes des facteurs saisonniers, ainsi que l'atteste la répétition des poussées estivales et des dépressions hivernales. Lors de la première année du suivi des effets de la pollution (Boucher 1980 b et 1981), les densités de nématodes et de copépodes n'apparaissent pas significativement différentes de mois en mois, car leurs valeurs restent dans les limites de la variabilité instantanée de trois prélèvements simultanés. Elles ne sont d'ailleurs pas significativement différentes de celles observées avant pollution entre 1972 et 1974. Par contre, sur une base de cinq années (avril à mars), les densités moyennes des nématodes apparaissent significativement différentes de l'état initial, à  $p < 0,05$ , par le test de *Kruskal-Wallis*. Leurs abondances présentent une nette tendance décroissante puisque les

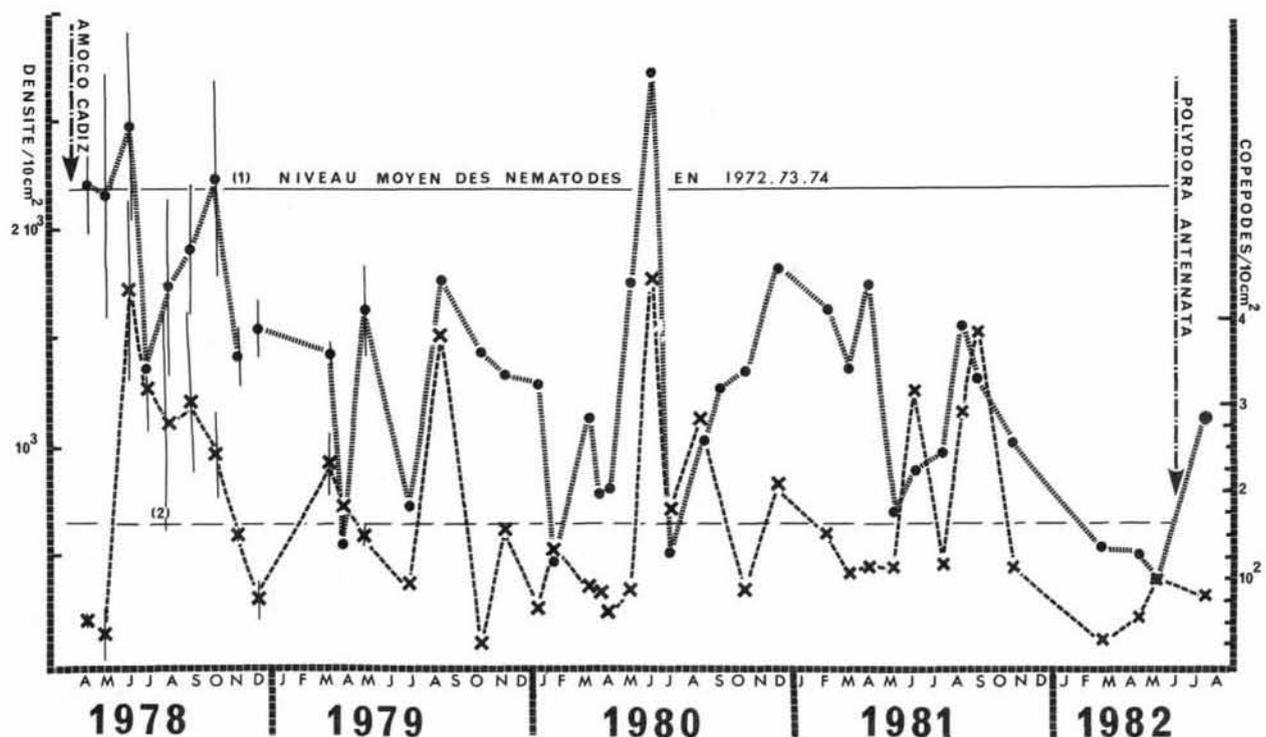


Figure 1

Évolution des densités de nématodes (○—○) et de copépodes harpacticoïdes (×—×) 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  $2\,197 \pm 163$  individus/10 cm<sup>2</sup> comparée à la densité moyenne de  $1\,422 \pm 98$  individus/10 cm<sup>2</sup> après pollution, soit une chute de 35 % ; 2) densité moyenne des copépodes avant pollution (comptages de 1972 à 1974).

Changes of the densities of nematodes (○—○) and harpacticoid copepods (×—×) from April 1978 to August 1982. The standard deviation of the mean is given only for the first year samples. 1) mean pre-pollution densities of nematodes  $2\,197 \pm 163$  individuals/10 cm<sup>2</sup> compared with  $1\,422 \pm 98$  individuals/10 cm<sup>2</sup> after pollution that is a 35 % decrease ; 2) mean pre-pollution densities of copepods.

moyennes annuelles de densité sont respectivement de 2292 en 1978, 1841 en 1979, 1253 en 1980, 1476 en 1981 et 1020 en 1982. Les abondances de copépodes ne sont pas significativement différentes et ne présentent aucune tendance pluriannuelle.

La figure 2 traduit l'évolution pendant cinq années du nombre d'espèces de nématodes (courbe a) présentes dans les échantillons de 100 individus. Environ 30 % des espèces disparaissent à partir de 1979. L'indice  $\alpha$  de Fisher évolue de façon similaire sur un échantillonnage constant (courbe b). La chute de l'indice de Shannon apparaît plus marquée en 1979 que pour ces deux paramètres (courbe c), du fait d'une hiérarchisation plus marquée des espèces. L'impact des hydrocarbures sur les paramètres de la diversité des nématodes est donc net, mais les effets ne sont réellement perceptibles que durant le deuxième été après la pollution; aucune restauration n'apparaît ensuite.

Les modifications de la composition et de l'abondance des espèces de nématodes identifiées (189) dans les prélèvements réalisés avant et après pollution ont été interprétées par analyse multivariée des correspondances (Benzecri *et al.*, 1973). Cependant, afin de ne pas compliquer l'interprétation des résultats, le nombre minimum d'échantillons et d'espèces à considérer a été défini par la théorie de l'information (Margalef, 1958). La proposition de l'information moyenne par individu

$$D = \sum \frac{q_i}{N} \log 2 \frac{q_i}{N}$$

montre que trois échantillons de 100 individus au moins sont nécessaires pour obtenir 80 % de l'information fournie par les 9 échantillons de 1973. Le regroupement adopté de ces trois listes en une

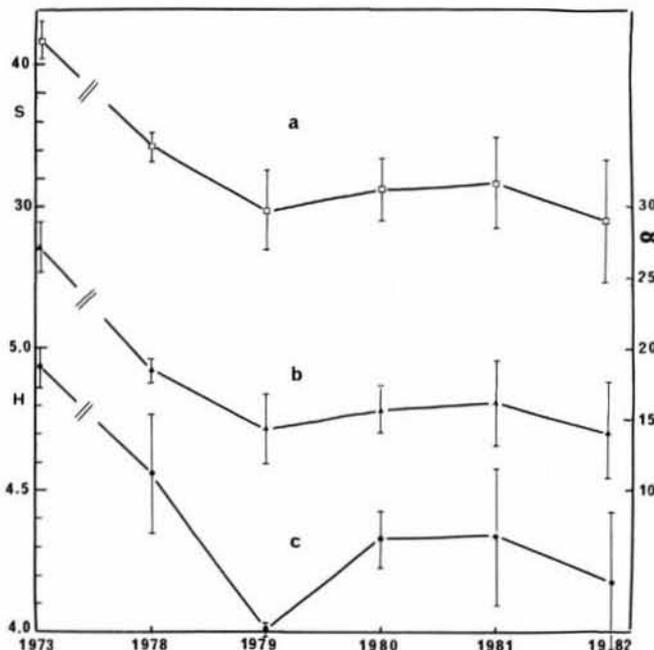


Figure 2

Évolution du nombre d'espèces  $S$  (a), de l'indice de diversité de Fisher  $\alpha$  (b) et de l'indice de Shannon  $H'$  (c) entre 1973 et 1982 (valeur moyenne sur trois lots de 100 individus  $\pm$  déviation standard).

Changes in the species number  $S$  (a), the Fisher diversity index  $\alpha$  (b) and the Shannon index  $H'$  (c) between 1973 and 1982 (mean value on 100 nematodes samples  $\pm$  s.e.).

seule de 300 individus fournit encore 76 % de l'information, ce qui paraît satisfaisant. Le même calcul montre qu'au moins 20 espèces doivent être considérées dans chaque liste faunistique pour obtenir plus de 80 % de l'information. Les autres espèces ont été introduites dans le calcul comme variables supplémentaires.

Le premier axe défini par l'analyse (29,1 % de l'inertie) est constitué par l'opposition des trois prélèvements groupés de 1973, à ceux effectués en 1981, et surtout 1982 (fig. 3). Il exprime l'évolution temporelle entre prélèvements qui se succèdent chronologiquement entre 1973 et 1982. Au groupe d'espèces les plus abondantes dans les prélèvements initiaux, mais qui régressent après pollution, s'opposent d'autres espèces, dont les abondances augmentent progressivement. Le deuxième axe (17,7 % de l'inertie) permet de séparer les prélèvements des années 1980-1981, et tout particulièrement celui de 1982, mais 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 demeure abondant pendant toute la durée du suivi, et reste centré dans l'espace des deux premiers axes. Un deuxième groupe d'espèces opportunistes prolifère essentiellement pendant la période d'eutrophisation consécutive à la marée noire en 1979-1980-1981 (Boucher *et al.*, sous presse). Enfin un troisième groupe d'espèces apparaît ou prolifère en 1982 lors de l'invasion du polychète *Polydora antenata* var. *nigra* (10 000 individus/m<sup>2</sup>) qui modifie la texture du sédiment.

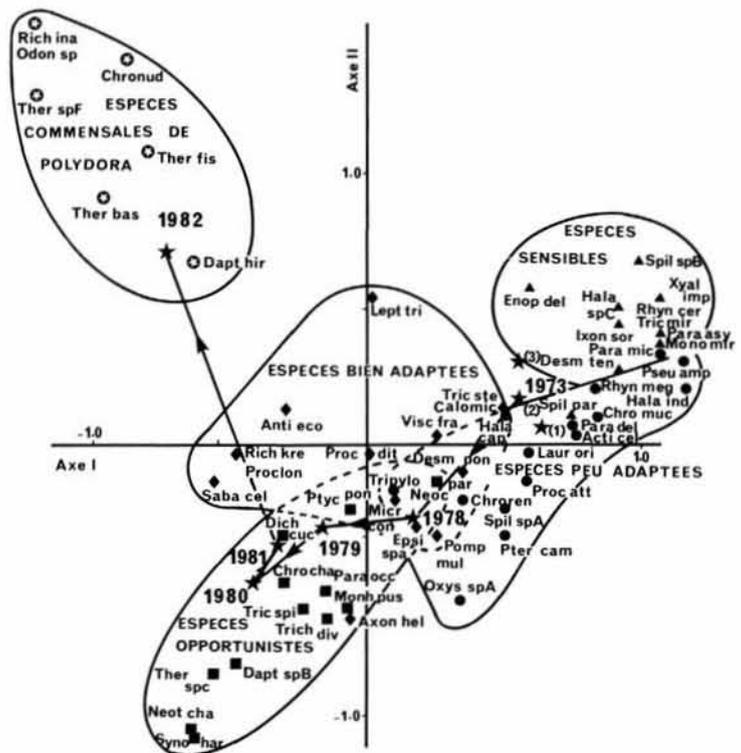


Figure 3

Représentation graphique de l'inertie entre prélèvements et espèces dans l'espace des deux premiers axes de l'analyse des correspondances. Les espèces sont codées par les quatre premières lettres du nom de genre et les trois premières lettres du nom d'espèce.

Results of the correspondence analysis according to the two first axes.

Les prélèvements et la majorité des espèces se répartissent dans l'espace des deux premiers axes selon une parabole qui correspond à un effet Guttman. La matrice des données montre, en effet, que les espèces présentent des abondances maximales selon la diagonale. Cette disposition suggère que la plupart d'entre elles présentent un phénomène de succession, et que leurs maxima d'abondance sont décalés d'année en année.

L'analyse des correspondances permet de représenter sur un même graphique la disposition spatiale des prélèvements et des espèces. La classification ascendante hiérarchique automatique (Jambu, Lebeaux, 1978) sépare les deux ensembles à partir des coordonnées factorielles selon les six premiers axes fournis par le programme des correspondances (algorithme de Bruynhooge). Les prélèvements se hiérarchisent en trois ensembles distincts puisque les trois réplicats de 1973 indiquent le niveau de significativité (fig. 4). Le premier ensemble est constitué d'un mélange de prélèvements de 1973 et 1978 qui indique que les modifications du peuplement sont faibles durant la première année de pollution. Le deuxième groupe permet de distinguer l'ensemble des prélèvements de 1979-1980-1981, en période d'eutrophisation, de celui de 1982 réalisé en période de prolifération de *Polydora antennata*.

La même analyse réalisée sur les 61 espèces considérées, permet de définir cinq groupements significatifs d'espèces réagissant de façon similaire à la perturbation, 12 espèces (soit 20 % du total) ont tendance à disparaître, et peuvent être qualifiées d'espèces sensibles à la pollution (*Spilophorella* sp. B, *Rhynchonema ceramotos*, *Xyala imparis*, *Halalaimus* sp. C, *Ixonema sordidum*, *Enoploides delamarei*, *Spilophorella paradoxa*, *Desmodorella tenuispiculum*, *Paracyatholaimoides asymmetricus*, *Trichotheristus mirabilis*, *Monoposthia mirabilis*, *Paramicrolaimus* sp.). 15 espèces (soit 25 % du total) régressent et semblent peu adaptées aux nouvelles conditions du milieu (*Parallelocoilas dollfusi*, *Halalaimus* sp., *Rhynchonema megamphidum*, *Pseudodesmodora amphidiscata*, *Chromadora mucrocaudata*, *Chromaspirinia renaudae*, *Pterygonema cambriensis*, *Pselionema* sp. A, *Actinonema celtica*, *Calomicrolaimus* sp., *Halalaimus capitulatus*, *Lauratonemoides originalis*, *Prochromadorella attenuata*, *Tripyloides* sp., *Oxytoma* sp. A). 13 espèces (soit 21 % du total) semblent bien adaptées au milieu et demeurent abondantes (*Anticoma ecotronis*, *Sabatieria celtica*, *Richtersia kreisi*, *Prochromadorella longicaudata*, *Prochromadorella ditlevseni*, *Viscosia franzü*, *Leptolaimus tripapillatus*, *Microlaimus conspicuus*, *Pomponema multipapillatum*, *Desmodora pontica*, *Epsilonema* sp. A, *Tricoma steineri*, *Axonolaimus helgolandicus*). 14 espèces (soit 23 % du total) prolifèrent et deviennent opportunistes dans les conditions d'eutrophisation dues aux effets secondaires de la pollution (*Paracyatholaimus occultus*, *Monhystera pusilla*, *Chromaspirinia chabaudi*, *Neochromadora paramunita*, *Nanolaimus volutus*, *Synonchiella* sp., *Linhomoeus* sp., *Neotonchus boucheri*, *Dichromadora cucullata*, *Ptycholaimellus ponticus*, *Daptonema* sp. B, *Theristus* sp., *Tricoma* sp. I, *Trichotheristus divertens*). Enfin, 7 espèces (soit 11 % du total), prolifèrent en présence du polychète *Polydora* (*Daptonema hirsutum*, *Theristus bastiani*, *Dap-*

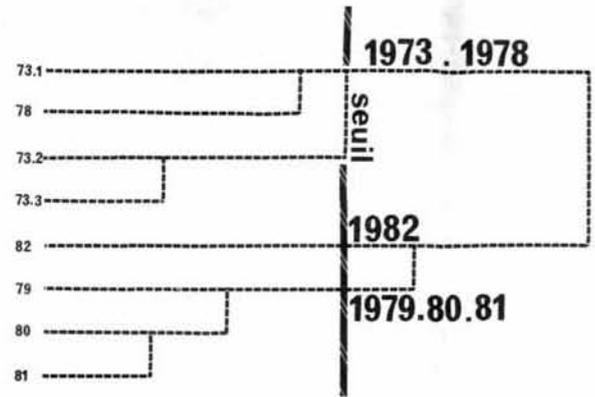


Figure 4

Classification automatique hiérarchique des prélèvements réalisée sur les coordonnées factorielles de l'analyse de correspondances à partir de 8 listes de 300 individus.

Automatic hierarchical classification for the samples performed on the factorial coordinates of the correspondence analysis taking  $8 \times 300$  specimens samples.

*tonema* aff. *fistulatum*, *Chromadora nudicapitata*, *Monhystera* sp. F, *Richtersia inaequalis*, *Odontophora* sp. I).

Les modifications de la composition faunistique observées peuvent n'être dues qu'à une dérive naturelle du peuplement au cours du temps, et dans ce cas les cinq groupes d'espèces définis n'auraient pas de signification pour caractériser les effets de la pollution. Cependant, des expériences en microcosmes de perturbations expérimentales par la matière organique (Boucher, 1979) ou par hydrocarbures (Boucher et al., 1982) confirment certaines tendances observées *in situ*. Les espèces qualifiées de sensibles dans le milieu disparaissent plus rapidement dans les microcosmes perturbés que dans les témoins : *Ixonema sordidum*, *Rhynchonema ceramotos*, les diverses espèces de *Xyala* par exemple. Les espèces qualifiées d'opportunistes en condition d'eutrophisation prolifèrent en fonction de la charge en casaminoacides ou en hydrocarbures (*Paracyatholaimus occultus*, *Sabatieria celtica*, *Prochromadorella ditlevseni*, *Viscosia franzü*, *Anticoma ecotronis*, *Leptolaimus tripapillatus* entre autres. Enfin, des espèces peu ou pas détectables *in situ* dans les conditions d'échantillonnage utilisées deviennent dominantes dans les microcosmes perturbés (*Monhystera pusilla*, *Daptonema* aff. *fistulatum*, *Monhystera disjuncta*...).

La composition du peuplement de nématodes s'éloigne en 1982 de plus en plus de son état initial (fig. 3), principalement du fait de la prolifération de quelques espèces associées aux *Polydora*. Il n'apparaît guère possible cinq années après une pollution massive et en l'absence de traces de polluants dans le sédiment, de déceler un retour dans l'état antérieur qui indiquerait que le peuplement a cessé d'évoluer.

#### Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce à l'aide financière du Ministère de l'Environnement (Contrat CNRS-CNEXO-Ministère de l'Environnement n° 82/2606) et à la collaboration technique de Monsieur Jean-Luc Douville (traitement des données) et de Mlle Louise Cras (tris de la méiofaune).

## RÉFÉRENCES

- Benzecri J. P. et al.**, 1973. *L'analyse des données. Tome 2. L'analyse des correspondances*, Dunod, Paris, 619 p.
- Boucher G.**, 1979. Effets de la matière organique circulante sur la méiofaune des systèmes polytrophes, *Publ. Sci. Tech. CNEXO, Actes Colloq.*, n° 7, 31-47.
- Boucher G.**, 1980 a. Facteurs d'équilibre d'un peuplement de nématodes des sables sublittoraux, *Mém. Mus. Natl. Hist. Nat., Sér., A, Zool.*, **114**, 1-81.
- Boucher G.**, 1980 b. 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 hydrocarbures*, CNEXO Paris, 539-549.
- Boucher G., Chamroux S., Le Borgne L., Mevel G.**, 1982. Étude expérimentale d'une pollution par hydrocarbures dans un microécosystème sédimentaire : effet de la contamination du sédiment sur la méiofaune, in : *Ecological study of the Amoco Cadiz oil spill*, NOAA-CNEXO, 229-243.
- Boucher G., Chamroux S., Riaux C.** (sous presse). Modifications des caractéristiques physicochimiques et biologiques d'un sable sublittoral pollué par hydrocarbures, *Mar. Environ. 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.
- Coull B. C., Bell S. S.**, 1979. Perspectives of marine meiofauna ecology, in : *Ecological processes in coastal and marine systems*, edited by R. J. Livingston, 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.
- Gray S. S., Boesch D., Heip C., Jones A. M., Lässig J., Vanderhorst R., Wolfe D.**, 1980. The role of ecology in marine pollution monitoring, *Rapp. PV Réun. Cons. Int. Explor. Mer*, **179**, 237-252.
- Heip A.**, 1980. Meiobenthos as a tool in the assessment of marine environmental quality, *Rapp. PV Réun. 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.
- Margalef R.**, 1958. Information theory in ecology, *Gen. Syst.*, **3**, 36-71.
- McIntyre A. D., Murison D. J.**, 1973. The meiofauna of a flatfish nursery ground, *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, **53**, 93-118.
- Warwick R., Buchanan J.**, 1971. The meiofauna of the coast of Northumberland. II. Seasonal stability of the nematode population, *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, **51**, 355-362.

