

# Recolonisation benthique d'un sédiment dans des enceintes expérimentales replacées dans le milieu naturel (étage infralittoral d'une baie méditerranéenne, Toulon, France)

Victoria Diaz-Castaneda

Université des Sciences et Techniques de Lille Flandres Artois  
Station Marine de Wimereux - BP 41 - 62930 Wimereux - France

Résumé : Le processus de recolonisation d'un sédiment défauné par une pollution a été étudié en transplantant des échantillons de ce sédiment en une zone de caractères mésologiques identiques mais quasi exempte de pollution.

Le sédiment défauné, provenant de l'étang de Berre, est placé dans des récipients d'environ 5 litres ou "modules", fixés ensuite par 5 m de fond dans la baie du Lazaret (Toulon). Deux modules par mois sont relevés pendant un an ; l'un est consacré au dosage des polluants, l'autre à une analyse de la macrofaune. Des échantillons témoins du milieu naturel avoisinant les modules fixés sont également récoltés chaque mois et traités de la même façon. Les résultats des dénombrements d'espèces dans les deux types d'échantillons sont soumis à plusieurs méthodes d'analyses statistiques multivariées : analyse de la diversité, calcul de coefficients d'affinités entre les deux milieux, analyse factorielle des correspondances, diagrammes rangs-fréquences.

Après une phase de latence au cours de laquelle la recolonisation est pratiquement nulle, le peuplement des modules apparaît, se diversifie, passe par un peuplement transitoire dominé par le Polychète *Tharyx* sp., enfin évolue vers une structure voisine de celle du peuplement naturel extérieur. Cependant cette structure est essentiellement quantitative : même indice de diversité spécifique, même allure des diagrammes rangs-fréquences, augmentation des indices d'affinité entre les deux milieux, rapprochement des points représentatifs dans l'espace des plans principaux de l'analyse factorielle. Dans le détail, les espèces responsables de ces structures quantitatives diffèrent, et le peuplement obtenu dans les modules après un an est caractérisé par des espèces dominantes distinctes de celles du milieu naturel : les deux milieux ont donc évolué indépendamment, s'équilibrant chacun selon son histoire propre, aboutissant néanmoins à un même type d'équilibre quantitatif entre espèces.

Abstract : The process of recolonization of defaunated sediments (pollution, anoxia) was studied by transplanting samples of this substrate in an area of similar environmental conditions, but less polluted.

Azoic sediments, from the étang de Berre, were placed in experimental boxes of about 5 dm<sup>3</sup> fixed at 5 m depth in Lazaret's bay (Toulon). Two boxes were removed each month during one year ; one for the chemical analyses and the other to follow the degree of colonization by macrofauna. Monthly grab samples were also taken in the area surrounding the experimental boxes to compare with the experimental populations.

Results concerning lists of species and their abundance were submitted to several multi-variable numerical methods : diversity index, calculation of affinity coefficients, factorial analyses of correspondences, rank-frequency diagrams.

Preceding recolonization, we observed a latency phase during which experimental boxes discharged part of their pollutants : their population was then almost absent. The experimental population appears, diversifies and passes through a transitory population dominated by the polychaete *Tharyx* sp.; finally it evolves towards a structure similar to that of natural population. Nevertheless, this structure is essentially quantitative : same diversity index, same form of rank-frequency diagrams, increase of affinity coefficients between both environments, representative points in the space of principal axis of factorial analyses get nearer. In detail, species responsible of these quantitative structures are different ; the population developed in the experimental boxes after one year is characterized by dominant species different from those of natural environment : both populations therefore evolved independently "balancing" themselves according to their own history, arriving however to the same quantitative equilibrium between species.

## INTRODUCTION

Les peuplements marins benthiques subissent des changements de leur composition qualitative et quantitative, suite à des perturbations du milieu telles que phases d'anoxie estivales en milieu côtier confiné, pollutions d'origines diverses, mobilisations sporadiques du sédiment, etc. La cause de perturbation une fois disparue, le peuplement se reconstitue, évoluant soit vers un retour à la composition d'origine, soit vers un peuplement distinct ; le type d'évolution observée peut dépendre de l'intensité de la perturbation initiale (Hily, 1984 ; Dauvin & Ibanez, 1986).

L'analyse du processus de repeuplement a fait l'objet de nombreux travaux relatifs à des situations ou des événements particuliers. Deux types d'approches sont le plus souvent employés : ou bien l'évolution du peuplement est suivi *in situ* à partir d'échantillonnages répétés à intervalles réguliers dans la zone affectée (Dauer & Simon, 1976; Stora, 1976; Pearson & Rosenberg, 1978; Zunarelli & Cognetti, 1981 ; Glémarec & Hily, 1981 ; Kalke *et al.*, 1982 ; Moverley J.H. *et al.*, 1986 ; Dauvin & Ibanez, 1986) ; ou bien il est suivi en conditions expérimentales contrôlées en laboratoire (Stora G., 1982 ; Luoma & Bryan, 1982 ; Kaim-Malka, R.A. *et al.*, 1983 ; Earnshaw, M.J. *et al.*, 1986).

Les deux méthodes ont leur point faible : dans la première, on n'est jamais sûr de suivre le même peuplement, en raison à la fois de l'instabilité du sédiment et des échanges d'organismes entre la zone suivie et ses alentours ; en laboratoire, les conditions naturelles ne sont jamais strictement reproduites. Une troisième approche est composite : elle consiste à isoler un volume déterminé de sédiment perturbé dans un récipient que l'on replace dans le milieu naturel d'origine ou dans un milieu différent (Arntz & Rumohr, 1972 ; Richter & Sarnthein, 1973 ; Guérin & Massé, 1976; McCall, 1978; Stora, 1982; Diaz-Castaneda, 1984; Bensdorff E. & C. Osterman, 1985 ; Smith C.R., 1985 ; Watzin, M.C., 1986).

Le volume de sédiment dont on suit le repeuplement est alors mieux délimité, plus permanent, et évolue dans le milieu naturel ; néanmoins le confinement et la présence de parois risquent d'influencer la séquence de recolonisation. Les trois méthodes, chacune imparfaite, sont toutefois complémentaires et leurs résultats comparés devraient permettre de mieux comprendre les recolonisations de sédiments perturbés à l'échelle des peuplements naturels.

Nous avons, dans ce travail, adopté la troisième méthode : des sédiments défaunés par une pollution industrielle renforcée par l'anoxie estivale ont été transportés dans un milieu de caractéristiques voisines mais beaucoup moins atteint par la pollution et leur repeuplement a été suivi pendant une année.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

La communauté benthique objet de cette expérimentation est la "communauté des sables vaseux de mode calme" (SVMC) (Pérès & Picard, 1964). Du sédiment prélevé dans l'étang de Berre a été réparti dans 24 modules de polyéthylène de 26 x 26 cm et de 11 cm de hauteur contenant 5,2 litres de sédiment, fixés ensuite en plongée, par 5 m de fond, en baie de Lazaret (Toulon, France), baie peu polluée, abritant la même communauté SVMC (Fig. 1).

La totalité des modules a été déposée le 8 mars 1982. Deux modules sont relevés chaque mois pendant un an. L'un d'eux est consacré au suivi des polluants mesurés dans l'eau interstitielle : nitrites, ammonium, orthophosphates, phosphates hydrolysables, plomb, cuivre, zinc, cadmium.\* L'autre module fait l'objet d'une analyse faunistique du macrobenthos après tamisage sur maille de 1 mm de diagonale.

Les modules permettent ainsi de simuler une perturbation locale et de suivre la recolonisation subséquente.

Afin d'avoir un témoin de l'évolution simultanée du milieu naturel environnant, un échantillonnage de 10 litres de sédiment a été prélevé lors de chaque sortie, à proximité des modules fixés, à l'aide d'une benne "orange peel"

Sur les deux séries d'échantillons de sédiment, le macrobenthos a été déterminé jusqu'à l'espèce et dénombré par espèces. Les résultats numériques sont traités par plusieurs types de statistique : analyse factorielle des correspondances (Benzecri, 1973), analyse de la diversité spécifique (indice de Shannon ; régularité de Pielou) ; diagrammes rangs-fréquences (Frontier, 1966, 1985).

\* Analyses effectuées à la faculté de pharmacie de Marseille, service du Pr Arnoux (Laboratoire d'hydrologie et molysmologie aquatique).

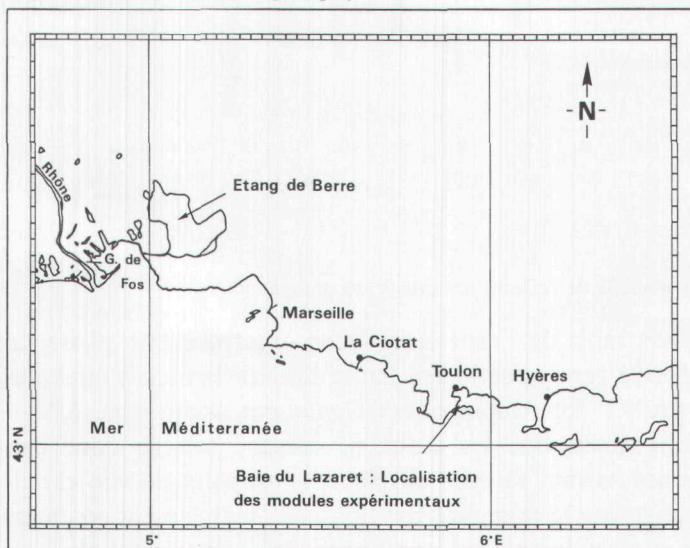


Fig. 1 - Situation géographique de la Baie du Lazaret et de l'étang de Berre.

## RÉSULTATS

### *Successions d'espèces*

Le détail des résultats obtenus est disponible dans Diaz-Castaneda, 1984, 1986, 1987 : nous résumons dans ce qui suit les grands traits de l'évolution observée.

Les modules expérimentaux ont permis de récolter 1 273 individus répartis en 87 espèces ; les prélèvements à la benne dans le milieu naturel totalisent, pour le même nombre d'échantillons, 2 842 individus et 110 espèces. Au total, sur 140 espèces, 30 ont été rencontrées uniquement dans les modules et 53 uniquement dans le milieu naturel ; 57 sont donc communes aux deux milieux. Les Annélides Polychètes sont le groupe le mieux représenté en individus et en espèces (Fig. 2). L'analyse précise de cette catégorie taxonomique est donnée dans Diaz-Castaneda, sous presse.

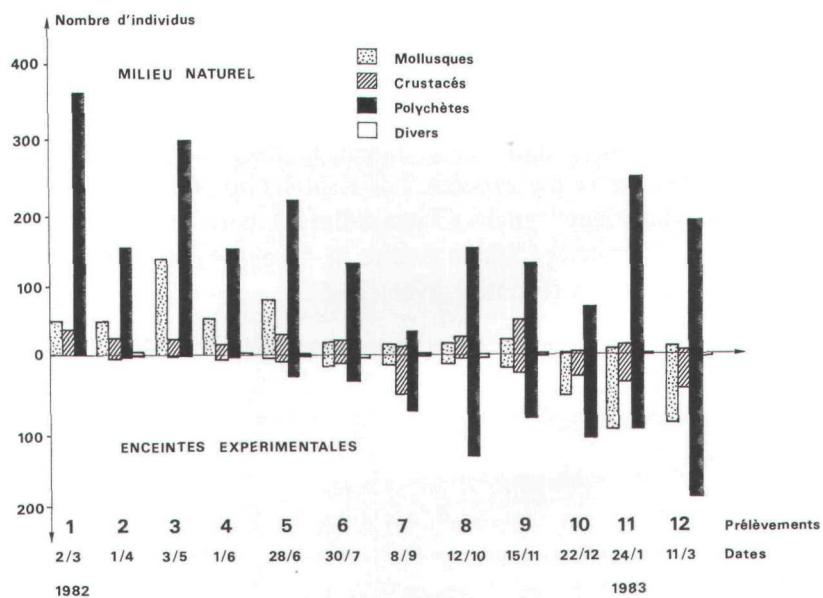


Fig. 2 - Évolution annuelle de l'effectif des principaux groupes zoologiques.

Pendant les trois premiers mois de l'expérience nous observons une phase de latence, au cours de laquelle la recolonisation se limite essentiellement à quelques Crustacés adultes, en particulier des Amphipodes : *Gammarus aequicauda*, *Microdeutopus bifidus*, *Corophium runcicorne*. Le sédiment défauné semble peu attractif pendant les semaines suivant sa mise en place. D'un point de vue chimique, cette phase se caractérise par le relargage des polluants initialement contenus dans le sédiment expérimental, notamment l'ammonium, les orthophosphates, les

phosphates hydrolysables, le zinc, le cuivre (Fig. 3, 4). Les fortes teneurs en polluants au début de l'expérience sont donc peut-être à l'origine du retard de la recolonisation. Cependant on pourrait également invoquer le manque de préparation de la surface du sédiment par un film bactério-algal (Gray, 1974).

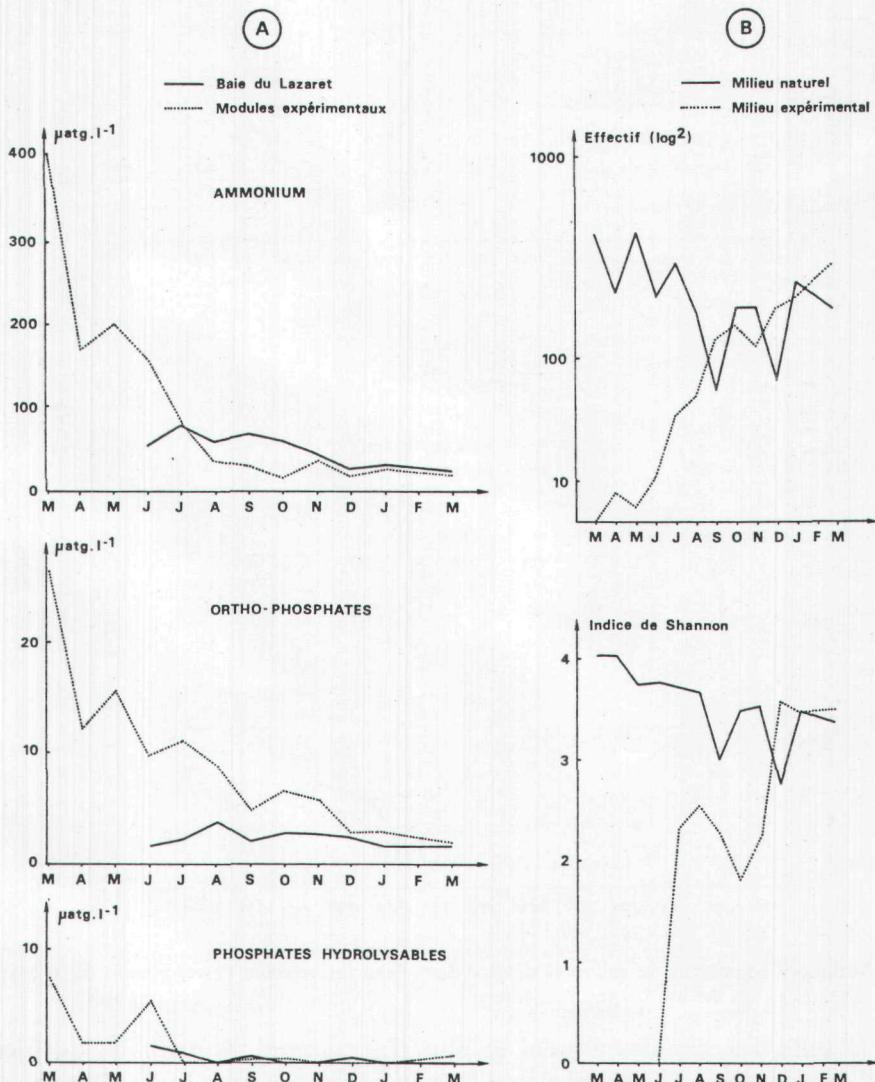


Fig. 3 - Variations comparées dans la baie du Lazaret et les modules expérimentaux, en (A) de l'ammonium, des orthophosphates et phosphates hydrolysables ; en (B) des effectifs et de la diversité spécifique.

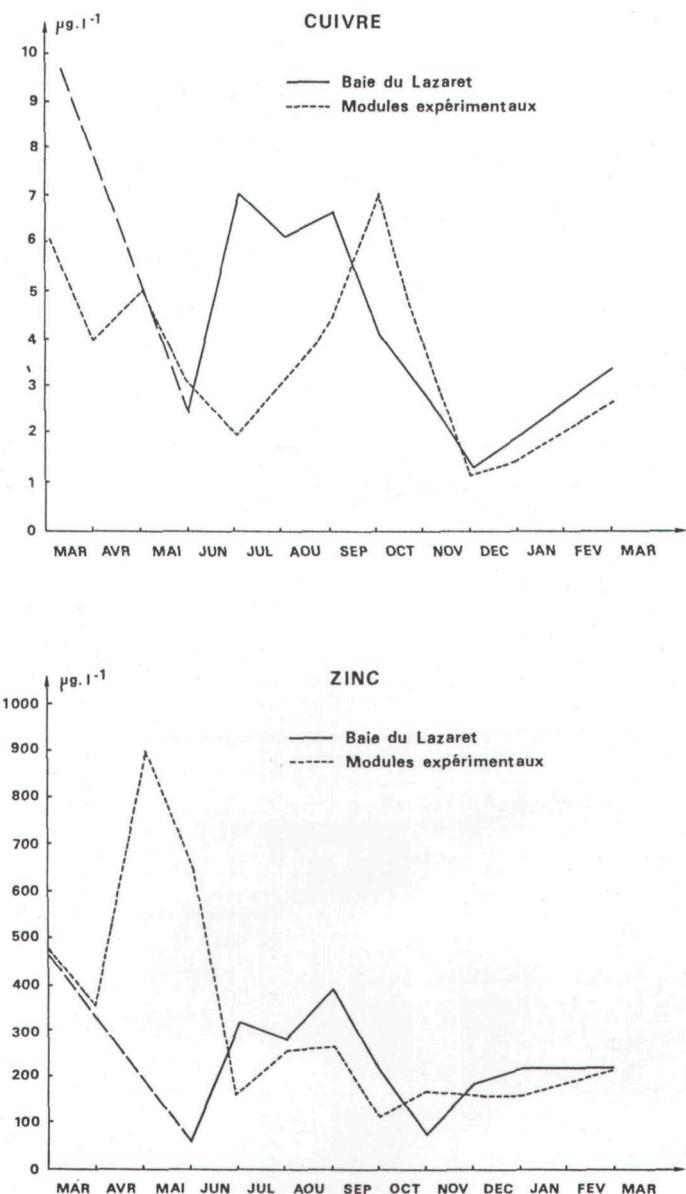


Fig. 4 - Variations comparées du cuivre et du zinc dans l'eau interstitielle des sédiments de la baie du Lazaret et des modules expérimentaux.

Par la suite, les modules attirent un flux d'organismes. A partir du quatrième mois s'observe une colonisation par des espèces opportunistes : Polychaetes, *Polycirrus medusa*, *Stylarioïdes eruca*, *Lumbrineris latreilli*, *Mercierella enigmatica*, *Syllis hyalina*. Le nombre d'espèces augmente à partir du cinquième mois, atteignant 40, tous groupes compris, en décembre. Le nombre d'individus augmente progressivement : 41 individus en juin, 153 en octobre, 344 en mars suivant.

La composition en groupes zoologiques pour le milieu naturel et pour le sédiment expérimental, au long de l'année, est schématisé figure 2. Les Mollusques sont les derniers à coloniser le milieu expérimental, les premières espèces n'apparaissant qu'en juillet : *Abra alba*, *Corbula gibba*, *Venerupis aurea*.

### Diversité

La diversité spécifique (indice de Shannon) a été calculée après élimination des espèces représentées par un ou deux individus dans l'échantillon (Frontier, 1983). La diversité du peuplement environnant les modules se situe au cours de l'année entre environ 4 (au printemps) et 3,5 (fin automne, hiver), avec deux accidents en septembre et décembre probablement liés à des événements météorologiques (Diaz-Castaneda, 1984). La diversité trouvée dans les modules est nulle jusqu'en juin, puis augmente progressivement de 2,1 à 3,5 (soit la diversité trouvée dans le peuplement naturel) entre juillet et la fin de l'expérience (Fig. 3b). La diversité du sédiment expérimental rejoint celle du milieu environnant à partir du dixième mois d'expérience (décembre).

La régularité du peuplement naturel est constamment comprise entre 0,855 et 0,943, ce qui est généralement considéré comme la marque d'un peuplement équilibré. En revanche, dans les modules, la régularité présente des oscillations marquées, variant entre 0,573 (octobre) et 0,907 (juillet).

### Degré d'affinité entre modules et milieu naturel

Afin de suivre le degré d'affinité à chaque date de relevé entre la faune du sédiment expérimental et celle du milieu naturel, des coefficients de similitude ont été calculés : coefficients qualitatifs (présence/absence des espèces) d'Ochiai et de Sorensen, quantitatif (abondances) de Sanders (Legendre & Legendre, 1984). Les résultats sont montrés à la figure 5. On constate une bonne cohérence entre ces trois indices, particulièrement entre les deux indices qualitatifs (le pourcentage d'affinité étant systématiquement moins élevé en prenant en compte les abondances). L'évolution générale le long de l'année se traduit par une augmentation régulière, interrompue cependant par un maximum d'affinité de fin juin à fin juillet, suivi par une chute début septembre. Une explication pourrait tenir à la destruction passagère du peuplement naturel par une violente tempête ayant eu lieu début septembre. Le nombre d'individus des échantillons en milieu naturel passe alors de 182 à 60 et le nombre d'espèces de 30 à 15. En même temps, dans les modules expérimentaux, le nombre d'individus passe de 56 à 130 et celui des espèces de 24 à 18. Les modules auraient donc constitué une relative protection du sédiment vis-à-vis de la tempête, et l'incident rend compte de la forte diminution d'affinité faunistique en septembre, après la forte valeur de fin juillet ; après septembre, l'affinité faunistique reprend son augmentation graduelle, prouvant que le milieu expérimental reconstitue un peuplement voisin du peuplement environnant.

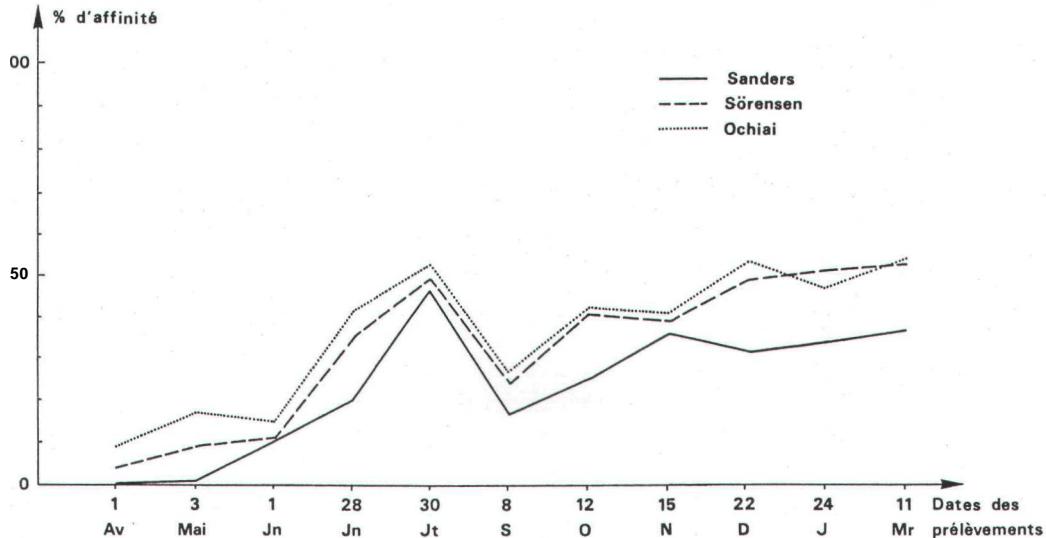


Fig. 5 - Évolution de l'affinité des peuplements du milieu naturel et du milieu expérimental.

#### Analyses factorielles des correspondances (AFC)

Une analyse factorielle des correspondances a été effectuée sur le tableau croissant les récoltes du milieu naturel et du milieu expérimental d'une part, avec les espèces. Les valeurs analysées sont les abondances des espèces, en nombre d'individus non transformés. Une première analyse portant sur les 140 espèces, dont peu contribuent de façon importante à l'inertie des axes (Diaz-Castaneda, 1984) permet de sélectionner un certain nombre d'espèces "structurantes" (contribution élevée à l'inertie d'au moins un des trois premiers axes) ou "accompagnantes" (contribution faible mais forte corrélation à un de ces axes). Une seconde analyse est alors réalisée à partir des 32 espèces ainsi sélectionnées ; cette analyse est présentée ici.

Les trois premiers axes principaux rendent compte respectivement de 24,9, 13,9 et 13,5 % de l'inertie totale. L'évolution de la structure au long de l'année apparaît dans la projection des points-échantillons sur les plans I, II et I, III (Fig. 6a et b), où l'on a joint dans l'ordre chronologique les points correspondant respectivement aux échantillons récoltés à la benne et ceux correspondant aux modules expérimentaux. Ces deux ensembles des points-échantillons apparaissent sur les projections nettement disjoints et constituant deux ensembles quasiment perpendiculaires indiquant l'indépendance des deux évolutions. L'évolution en milieu naturel (trait continu) ne semble se traduire dans les plans que par des oscillations le long d'une direction générale, à l'exception des deux récoltes de juin qui s'isolent sur l'axe II, située dans le plan (II, III).

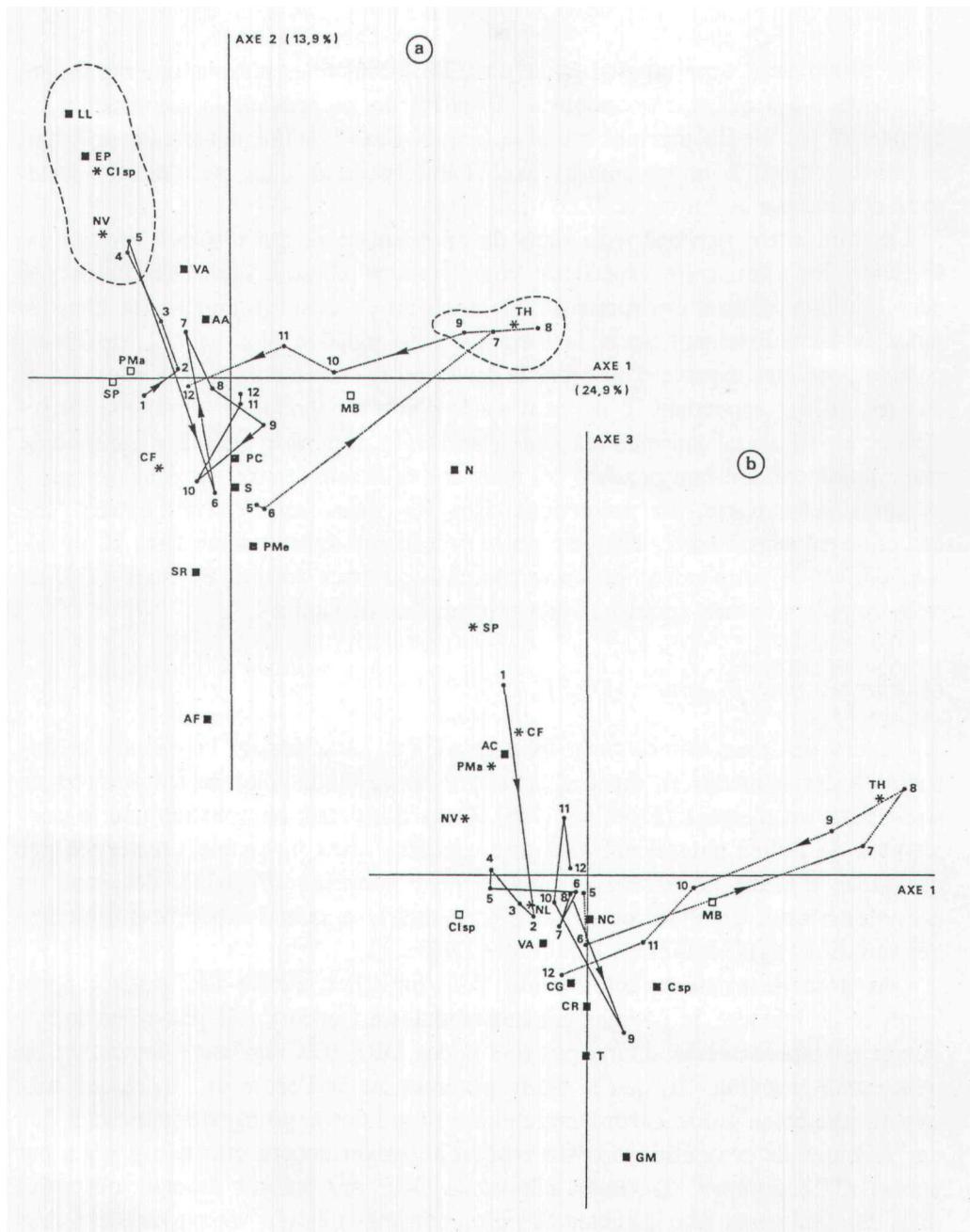


Fig. 6 - (a) Analyse factorielle des correspondances : projection dans le plan des axes 1-2, des prélevements et espèces, en milieu naturel et expérimental.  
 (b) Analyse factorielle des correspondances : ordination des prélevements et des espèces dans le plan factoriel 1-3, en milieu naturel et expérimental.

- Espèces structurantes de l'axe 1
- Π Espèces structurantes de l'axe 2 ou 3
- \* Espèces communes aux deux axes
- Prélèvements.

Le peuplement expérimental (trait pointillé), dont nous n'avons pas représenté les points 1 à 4 qui correspondent à la "phase de latence" de la colonisation, se caractérise par un éloignement brutal le long de l'axe I, culminant aux dates 7, 8 et 9 (mi-septembre à mi-novembre) avec l'établissement d'un peuplement provisoire dominé par le Polychète *Tharyx* sp.

L'établissement pendant trois mois de ce peuplement qui disparaît ensuite est singulier. En effet, cette espèce est complètement absente des échantillons pris dans le milieu naturel environnant ; elle apparaît en quantité importante dans les modules immédiatement après la forte tempête signalée plus haut. L'espèce est connue pour être capable d'absorber la matière organique dissoute (in Fauchald & Jumars, 1979) ; cependant, il ne peut s'agir d'une autopollution organique du sédiment expérimental puisque, les *Tharyx* exclus, le nombre d'individus par module reste quasiment constant pendant ces mois et que le nombre d'espèces augmente.

Après cette phase, les projections dans les plans factoriels démontrent une évolution en sens inverse, distincte de la précédente surtout selon l'axe II, et faisant dériver le peuplement vers une composition assez voisine, en mars 1983, de celle du milieu naturel (points 12 très proches l'un de l'autre).

#### *Diagrammes rangs-fréquences (DRF)*

L'allure des diagrammes rangs-fréquences, qui caractérisent l'allure de la distribution des individus en espèces, renseigne souvent sur l'état de maturité ou de stress d'un peuplement (Frontier, 1985). Dans notre cas, on constate que le peuplement du milieu naturel présente une structure assez invariable, caractérisée par des DRF d'allure homogène et relativement convexes (Fig. 7a), dénotant un écosystème assez équilibré et stable. En revanche, le milieu expérimental montre des variations significatives de l'allure des DRF :

- Au tout début de la colonisation (juin et juillet, c'est-à-dire aussitôt après la phase de latence), le peuplement des modules est encore très pauvre en individus et en espèces et ne donne pas lieu à des DRF très réguliers ; cependant on peut remarquer (Fig. 7b) que la pente générale est de l'ordre de - 1, ce qui indiquerait une colonisation encore anarchique, au gré des apports extérieurs, sans que des relations de compétitions entre espèces se soient encore établies : il n'y a pas encore d'"écosystème". De telles allures de DRF ont été par exemple observées dans des sédiments très instables et très renouvelés tels que des vases d'estuaires ou de ports (Prygiel, 1983 ; Hily, 1984 ).

- Suite à cette phase, une structuration apparaît par accentuation de la dominance de certaines espèces aux dépens d'autres. Entre septembre et novembre (Fig. 7c) cette dominance est essentiellement exercée par *Tharyx* sp. qui confère au DRF une allure de "stade I" (Frontier, 1976, 77).

- Enfin, les trois derniers modules relevés montrent des DRF convexes d'allure voisine de ceux du milieu naturel (Fig. 7d). Toutefois, un fait important ap-

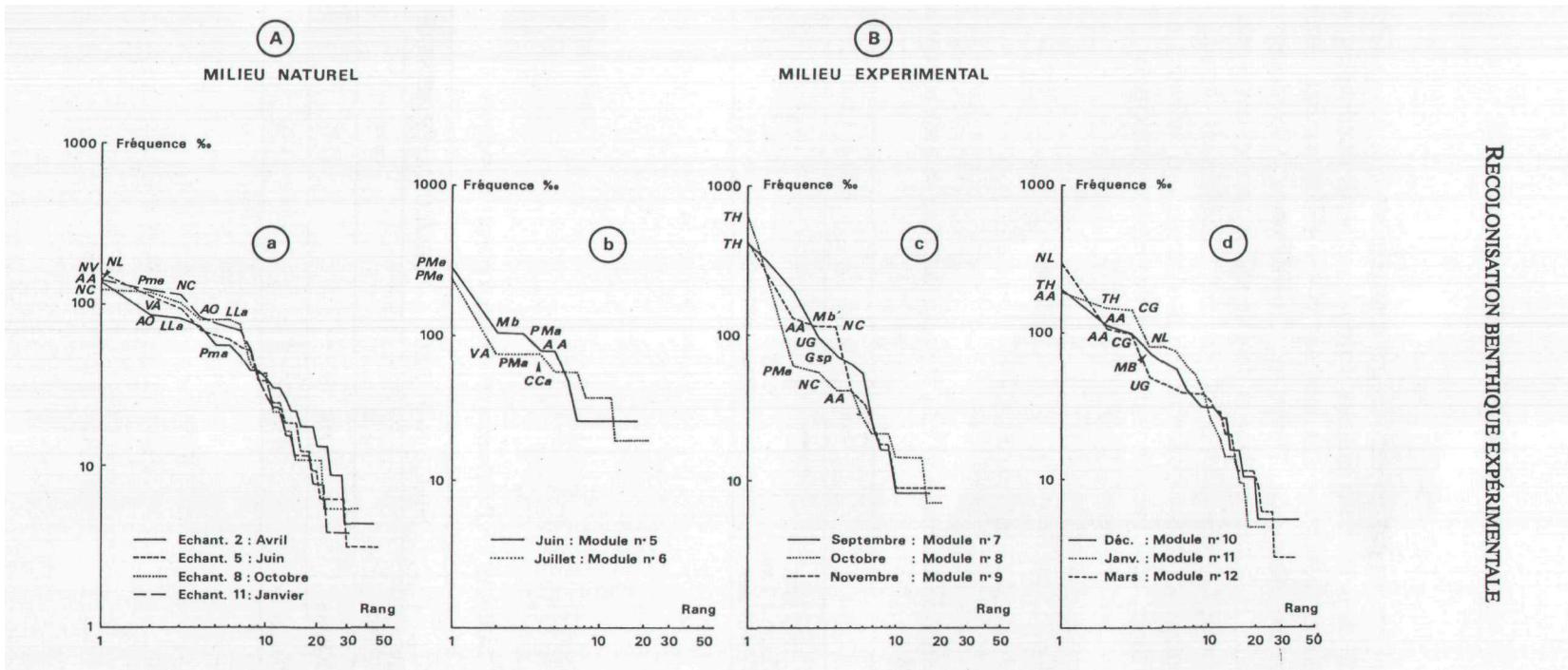


Fig. 7 - Diagrammes rang-fréquence (plusieurs prélèvements superposés) du peuplement du milieu naturel étudié à la benne (A), et du peuplement du milieu expérimental étudié par modules (B : b, c, d).

paraît : ce ne sont pas les mêmes espèces qui sont responsables des grands traits de la structure finale dans les deux milieux. Parmi les espèces dominantes, seule *Notomastus latericeus* est commune aux modules et au milieu naturel, accompagnée dans les modules par *Abra alba*, *Tharyx* sp., *Corbula gibba*, *Microdeutopus biferatus*, *Upogebia graciliceps*, *Polycirrus medusa* et dans le milieu naturel par *Nereis caudata*, *Staurocephalus rudolphi*, *Cirrophorus cf furcatus*, *Lumbrineris latreilli*, *Aonides oxycephala*. La même structure quantitative (distribution des individus en espèces distinctes) est réalisée, mais avec un autre ordre des espèces principales.

TABLEAU 1 : Classes granulométriques (%) des sédiments de l'étang de Berre et de la baie du Lazaret.

Classes	Étang de Berre	Baie de Lazaret
> 2 mm	3,1	27,8
63 µm à 2 mm	21,5	36,5
< 63 µm	75,4	35,7

TABLEAU 2 : Dominances des différents groupes zoologiques

	MILIEU NATUREL	MILIEU EXPÉRIMENTAL
POLYCHÈTES	73 %	59 %
MOLLUSQUES	17 %	22 %
CRUSTACÉS	9 %	18 %

TABLEAU 3 : Abréviation pour le traitement mathématique des données (analyses factorielles des correspondances, diagrammes rangs-fréquences).

AA	<i>Abra alba</i>
AC	<i>Armandia cirrosa</i>
AF	<i>Aricia foetida</i>
AO	<i>Aonides oxycephala</i>
AF	<i>Acanthocardia paucicostata</i>
C	<i>Cirratulidae</i>
CC	<i>Cirratulidae sp 1</i>
CCa	<i>Capitella capitata</i>
CE	<i>Cardium exiguum</i>
CF	<i>Cirrophorus cf. furcatus</i>
CG	<i>Corbula gibba</i>
CH	<i>Chone sp.</i>
CI sp	<i>Cirratulidae sp 2</i>
CR	<i>Corophium runcicorne</i>
C sp	<i>Caprella sp</i>
Cr	<i>Crangonidae</i>
Co	<i>Corophium sp</i>
DS	<i>Dexamine spinosa</i>
EP	<i>Ericthonius punctatus</i>
GA	<i>Gammarus aequicauda</i>
GI	<i>Gammarus insensibilis</i>
GE	<i>Golfingia elongata</i>
GM	<i>Gouldia minima</i>
HF	<i>Heteromastus filiformis</i>
LL	<i>Leptomyysis linguura</i>
LLa	<i>Lumbrinereis latreilli</i>
LP	<i>Leucothoë pachycera</i>
Mi	<i>Microdeutopus sp</i>
MB	<i>Microdeutopus bifidus</i>
ME	<i>Mercierella enigmatica</i>
MG	<i>Maera grossimana</i>
N	<i>Nereidae</i>
NC	<i>Nereis caudata</i>
Ne	<i>Nematodes</i>
NL	<i>Notomastus latericerus</i>
NV	<i>Nicolea venustula</i>
OP	<i>Ophryotrocha puerilis</i>
PA	<i>Pectinaria auricoma</i>
PC	<i>Pista cristata</i>
PM	<i>Phtisica marina</i>
PMa	<i>Prionospio malmgreni</i>
PMe	<i>Polycirrus medusa</i>
S	<i>Spionidae</i>
Sa	<i>Sabellidae</i>
SE	<i>Stylarioïdes eruca</i>
SH	<i>Syllis hyalina</i>
SM	<i>Stenothoë monoculoides</i>
SP	<i>Syllis prolifera</i>
SR	<i>Staurocephalus rudolphi</i>
S sp	<i>Spio sp</i>
T	<i>Terebellidae</i>
TH	<i>Tharyx sp</i>
TS	<i>Tellina serrata</i>
UG	<i>Upogebia cf. graciliceps</i>
VA	<i>Venerupis aurea</i>

## CONCLUSION

A cause de la petitesse des échantillons, l'examen direct des listes faunistiques relevées donne une information confuse. Diverses méthodes statistiques multivariables concourent néanmoins à montrer que le sédiment défauné et expérimentalement transplanté dans un milieu de caractères mésologiques voisins, dans lequel il est susceptible de se repeupler, le fait, après une période de latence, en retrouvant des caractéristiques quantitatives très voisines de celles de la biocoenose d'accueil. En un an la diversité et l'allure des DRF deviennent presque identiques à celles du peuplement extérieur ; l'affinité entre les deux milieux atteint une valeur maximale ; les projections dans les plans factoriels d'une analyse des correspondances deviennent voisines.

Toutefois des différences sont maintenues. En effet, les coefficients d'affinité augmentent mais sans jamais atteindre des valeurs très fortes (60 % d'affinité au maximum) ; les points dans l'espace factoriel se rapprochent mais sans finalement se superposer; enfin, l'examen des DRF montre que malgré leurs allures identiques, ce ne sont pas les mêmes espèces qui jouent les rôles dominants. Tout se passe comme si chacun des peuplements maintenus isolés par le dispositif expérimental s'équilibrat d'une façon qui lui est propre, soit en raison d'un historique différent de l'occupation des deux milieux (le milieu expérimental ayant commencé à se repeupler en début juin, alors que le peuplement extérieur était déjà pleinement développé), soit que les parois et le milieu confiné des modules aient joué un rôle dans la sélection des espèces et leurs relations de compétition.

Des modèles dynamiques multispecifiques ont été développés par Kerner (1959). Cet auteur montre que, dans certaines conditions, dans un ensemble des nombreuses espèces en interaction, les déviations des abondances d'espèces par rapport à leurs abondances d'équilibre suivent une distribution constante ; si l'on considère des échantillons séparés par un intervalle de temps suffisant, les espèces abondantes de l'un peuvent être devenues rares dans l'autre et inversement, la distribution globale restant la même. On aboutit donc à une distribution d'équilibre des individus en espèces, l'ordre des espèces pouvant toutefois changer tout en conservant la même distribution quantitative. C'est précisément le phénomène que nous observons dans notre série d'échantillons.

## REMERCIEMENTS

Je remercie le Professeur Serge Frontier pour ses conseils et ses critiques de ce manuscrit.

Resumen : El proceso de recolonización de un sedimento defaunado por la contaminación y la anoxia, se estudio transplantando las muestras de éste, en una zona con características ambientales semejantes pero muy poco contaminada.

El sedimento defaunado, proveniente de la laguna de Berre, se coloco en recipientes de aproximadamente 5 litros o "modulos" fijados a 5 m de profundidad en la bahía de Lazaret (Toulon). Dos modulos se recuperaron mensualmente durante un año, uno se utilizo para la dosificación de contaminantes y el otro para analizar la macrofauna. Muestras testigo del medio natural que rodea los modulos experimentales se recogieron mensualmente y se trataron de la misma manera. Los resultados de abundada de diferentes especies, en los dos tipos de muestras, fueron sometidos a varios métodos estadísticos de análisis multivariante : análisis de la diversidad, cálculo de coeficientes de similitud entre los dos medios, análisis factorial de correspondencias, diagramas rango-frecuencia.

Después de una fase de latencia durante la cual la recolonización es prácticamente nula, la población de los modulos aparece, se diversifica, pasa por una población transitoria dominada por el poliqueto *Tharyx* sp, finalmente evoluciona hacia una estructura semejante a la de la población natural exterior. Sin embargo, esta estructura es esencialmente cuantitativa: mismo índice de diversidad específica, misma forma de los diagramas rango-frecuencia, aumento de los coeficientes de similitud entre los dos medios (natural y experimental), acercamiento de los puntos representativos en el espacio de los planos principales del análisis factorial. En detalle, las especies responsables de estas estructuras cuantitativas, son diferentes, y la población obtenida en los modulos después de un año se caracteriza por presentar especies dominantes diferentes de las del medio natural : por lo tanto los dos medios evolucionaron independientemente, encontrando cada uno su equilibrio según su propia historia, llegando finalmente a un mismo tipo de equilibrio entre especies.

#### INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- ARNITZ, RUMOHR, 1982. An experimental study of macrobenthic colonisation and succession and the importance of seasonal variation in temperature latitudes. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. Vol. 64: 17-45.
- BENZECRI, J.P. et al., 1973. L'analyse des données. Tome II : *L'analyse des correspondances*. Ed. Dunod. Paris, 619 pp.
- BONDORFF, E. & C.S. OSTERMAN, 1985. The establishment, succession and dynamics of a zoobenthic community - an experimental study. Proceedings of the 19 th European Marine Biology Symposium : 287-298.
- DAUVIN, J.C. & F. IBANEZ, 1986. Variations à long terme (1977-1985) du peuplement des sables fins de la Pierre Noire (baie de Morlaix, Manche Occidentale) : analyse statistique de l'évolution structurale. Hydrobiologia. Vol. 142: 142-171.
- DAUER, D.M. & J.L. SIMON, 1976. Repopulating of the Polychaete fauna of an intertidal habitat following natural defaunation species equilibrium. Oecologia (Bul.) 22: 99-117.
- DAUER, D.M. & J.L. SIMON, 1976. Habitat expansion among Polychaetous Annelids repopulating of defaunated marine habitat. Mar. Biol. 37: 169-177.
- DÍAZ-CASTANEDA, V, 1982. L'influence des méthodes de dépeuplement du sédiment dans les processus de recolonisation du benthos. DEA en Océanologie. Univ. d'Aix-Marseille II, 42 pp.
- DÍAZ-CASTANEDA, V, 1984. Étude de la recolonisation benthique de sédiments mis en enceintes expérimentales dans la Baie du Lazaret (Toulon, France). Thèse 3<sup>e</sup> cycle. Univ. d'Aix-Marseille II, 231 pp.
- DÍAZ-CASTANEDA, V, 1986. Étude expérimentale de la recolonisation par les populations annélidiennes de substrats meubles pollués en Méditerranée. Rapp. Comm. int. Mer. Médit., 30: 1-21.
- DÍAZ-CASTANEDA, V, 1988. Étude expérimentale de la dynamique de colonisation des substrats meubles pollués par des Annélides Polychètes, en Méditerranée. Oceanol. Acta. Sous presse.
- DÍAZ-CASTANEDA, V, & P. SAFRAN, 1986. Contribution des Mollusques à la recolonisation d'un sédiment pollué mis en enceintes expérimentales en Méditerranée (Toulon, France). Haliotis, 15 : 335-344.
- DÍAZ-CASTANEDA, V, 1987. Quelques données préliminaires sur la colonisation benthique des substrats meubles pollués en Mer du Nord (Port de Dunkerque, France). Journal de Recherche Océanographique. Vol. 12 (1) : 21-25.
- EARNshaw, M.J., S. WILSON, H.B. AKBERALI, R.D. BUTLER & K.R.M. MARRIOTT, 1986. The action of heavy metals on the garnets of the marine mussel, *Mytilus edulis* (L.). Mar. Environmental Research, 12, Vol. (4): 261-278.