



HAL
open science

Application de l'analyse des correspondances à l'étude des peuplements benthiques de la côte catalane française

Alain Guille, Jean-François Ponge

► To cite this version:

Alain Guille, Jean-François Ponge. Application de l'analyse des correspondances à l'étude des peuplements benthiques de la côte catalane française. *Annales de l'Institut Océanographique*, 1975, 51 (2), pp.223-235. hal-00507115

HAL Id: hal-00507115

<https://hal.science/hal-00507115>

Submitted on 14 Feb 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**APPLICATION DE L'ANALYSE DES CORRESPONDANCES A
L'ÉTUDE DES PEUPEMENTS BENTHIQUES DE LA COTE
CATALANE FRANÇAISE**

PAR

A. GUILLE* et J.-F. PONGE**

MOTS-CLES: Analyse factorielle. Communautés benthiques.

Résumé

Le principe du traitement de données par l'analyse factorielle des correspondances est rappelé. Son application aux données de l'étude bionomique du plateau continental de la côte catalane française, réalisée par GUILLE en 1970, conduit à l'individualisation des peuplements benthiques précédemment reconnus, à l'exception d'un seul d'entre eux. L'influence prépondérante de la composition granulométrique du substrat sur la répartition des benthontes est mise en évidence dans les conditions physiographiques particulières de la région étudiée.

KEY WORDS: Factorial analysis. Benthic communities.

Abstract

A factorial analysis of correspondences applied to the study of the benthic fauna of the French catalan coast.

The techniques of the factorial analysis of correspondences are recalled. Data on the benthic fauna of the continental shelf off the French catalan coast, studied by GUILLE (1970), are submitted to this analysis. Previously identified benthic communities with one exception are thereby individualized. The bottom

* Université Pierre et Marie Curie, Laboratoire Arago, F 66650 Banyuls-sur-Mer. *Adresse actuelle*: Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins, 55, rue Buffon, F 75005 Paris.

** Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du Petit-Château, F 91800 Brunoy.

granulometric composition proves to have a preponderant influence on the distribution of benthic macrofauna in the special physiographical conditions of the zone studied.

L'un d'entre nous (GUILLE, 1970; GUILLE et SOYER, 1970; GUILLE, 1971*a* et *b*) a délimité et décrit les peuplements du macrobenthos des substrats meubles sur le plateau continental de la région de Banyuls-sur-Mer, en Méditerranée occidentale, en mesurant les degrés d'affinité entre prélèvements et en classant les espèces en fonction de leurs indices biologiques (SANDERS, 1960). Il nous a paru intéressant de traiter à nouveau les données brutes (relevés), ayant servi à cette étude, par l'analyse des correspondances (CORDIER, 1965; LEBART et FENELON, 1971; BENZECRI *et al.*, 1973) et de comparer les résultats.

I. - MÉTHODOLOGIE

a) *Protocole d'échantillonnage.*

Les caractéristiques techniques des méthodes de prélèvement et de tri utilisées, ainsi que la physiographie de la zone étudiée, figurent dans les publications précédemment citées. Il en est de même de la nomenclature biocénotique employée, notamment en ce qui concerne la classification des espèces et des peuplements. Plusieurs techniques de prélèvement ayant été utilisées, nous n'avons tenu compte, par souci d'homogénéité, que des prélèvements effectués à l'aide de la drague Charcot-Picard, soit 140 stations réparties entre 4 et 125 m de profondeur.

Parmi les 715 espèces inventoriées à l'occasion de cette étude, nous n'avons retenu dans l'analyse que 153 espèces (annexe). Il s'agit des espèces récoltées dans 10 stations au moins, des espèces caractéristiques de premier et de deuxième ordre d'un des peuplements définis en 1970, et enfin des espèces préférantes et accompagnatrices constantes d'un de ces peuplements. Huit autres espèces ont été placées en variables supplémentaires: elles ne participent pas à l'analyse, mais leur position est recherchée par rapport aux autres espèces comme si elles y avaient participé. Ces espèces, présentes dans 5 relevés au moins, correspondent à un milieu particulier dans lequel 10 prélèvements seulement ont été effectués (sables grossiers à *Amphioxus*).

b) *Analyse des correspondances.*

Chaque relevé indique le nombre d'individus de chaque espèce présente dans un prélèvement. On peut

donc envisager une représentation graphique des prélèvements, ou des espèces, par rapport à des axes correspondant respectivement aux différentes espèces, ou aux différents prélèvements. Un prélèvement ou une espèce sont alors parfaitement définis par leurs coordonnées: dans le premier cas, nombre d'individus par espèce, dans le second, nombre d'individus par prélèvement. On obtient ainsi un nuage de points-prélèvements ou de points-espèces. On peut raisonner de la même façon sur ces deux types de nuages. Nous nous limiterons cependant au cas du nuage des espèces.

Celui-ci n'est pas interprétable tel quel, pour deux raisons: le trop grand nombre de dimensions (environ 150 dans le présent travail) et l'existence d'une déformation due au mode de construction du nuage. En effet, toutes les espèces peu abondantes sont proches entre elles, à proximité de l'origine, par suite des valeurs faibles de leurs coordonnées, alors que les espèces abondantes ont beaucoup plus de chance d'être éloignées les unes des autres par suite de leur distance de l'origine. Il convient donc, d'une part de réduire le nombre de dimensions du nuage, d'autre part de le présenter différemment, de façon que les distances entre espèces représentent bien les rapports interspécifiques qui intéressent l'écologiste.

DISTANCE DU χ^2 GÉNÉRALISÉ

L'analyse des correspondances utilise la distance du χ^2 généralisé, calculée entre les profils des espèces (ou des prélèvements), profils établis à partir des données brutes.

Soit I l'ensemble des m prélèvements et J l'ensemble des n espèces dans le tableau de données suivant:

I (prélèvements)

	1	i	m	
1				
j				K_j
j'				$K_{j'}$
n				K
		K_i		

J
(espèces)

K_{ij} représente la fréquence absolue de l'espèce j dans le prélèvement i , K_j le nombre total d'individus de l'espèce j dans l'ensemble I, K_i le nombre total d'individus dans le prélèvement i .

$$K_i = \sum_{j=1}^n K_{ij} \quad K_j = \sum_{i=1}^m K_{ij} \quad K = \sum_{i=1}^m K_i \quad K = \sum_{j=1}^n K_j$$

Le profil de l'espèce j est formé par l'ensemble des fréquences, non plus absolues mais relatives, du type:

$$f_{ij} = \frac{K_{ij}}{K_j}$$

Le profil d'une autre espèce j' sera formé par l'ensemble des éléments tels que:

$$f_{ij'} = \frac{K_{ij'}}{K_{j'}}$$

On peut remarquer l'analogie entre un profil et une distribution de fréquences. La comparaison de la distribution des fréquences f_{ij} dans l'ensemble I avec une loi de probabilité théorique φ_i serait calculée de la manière suivante:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(f_{ij} - \varphi_i)^2}{\varphi_i}$$

Ici, il s'agit de comparer entre elles deux distributions expérimentales f_{ij} et $f_{ij'}$, considérées comme deux réalisations d'une loi théorique φ_i (estimée par un profil moyen):

$$d_{jj'}^2 = \chi_{gen}^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(f_{ij} - f_{ij'})^2}{\varphi_i}$$

Chaque fréquence φ_i se calcule en faisant le quotient du nombre moyen d'individus d'une espèce (moyenne des K_{ij}) dans le prélèvement i par l'abondance moyenne des espèces (moyenne des K_j).

$$\varphi_i = \frac{\sum_j K_{ij} / n}{\sum_j K_j / n} = \frac{\sum_j K_{ij}}{\sum_j K_j}$$

Comme:

$$K_i = \sum_j K_{ij} \text{ et } K = \sum_j K_j$$

alors:

$$\varphi_i = \frac{K_i}{K}$$

d'où:

$$d^2 = \sum_{i=1}^m (f_{ij} - f_{ij'})^2 / \varphi_i = \sum_{i=1}^m \left(\frac{K_{ij}}{K_j} - \frac{K_{ij'}}{K_{j'}} \right)^2 / \frac{K_i}{K}$$

AXES FACTORIELS

A titre d'exemple, considérons un nuage de points représenté dans un système de deux axes orthogonaux correspondant à deux variables ayant entre elles une forte corrélation linéaire (fig. 1). Soit S^2 la variance totale des données. Les variances correspondant aux variables X et Y sont respectivement:

$$S_X^2 = \sum (x - \bar{x})^2 \text{ et } S_Y^2 = \sum (y - \bar{y})^2$$

Par conséquent:

$$S^2 = S_X^2 + S_Y^2 = \sum (x - \bar{x})^2 + \sum (y - \bar{y})^2$$

Sur la figure 1, G représente le centre de gravité des points, chacun étant affecté d'une masse égale à 1, nous voyons, pour le point A, que:

$$AG^2 = (x_A - \bar{x})^2 + (y_A - \bar{y})^2$$

Par conséquent, si d = distance d'un point au centre de gravité:

$$\sum d^2 = \sum (x - \bar{x})^2 + \sum (y - \bar{y})^2 \Rightarrow \sum d^2 = S^2$$

la variance totale est égale à la somme des carrés des distances au centre de gravité.

Considérons un axe attaché au nuage de points, l'origine étant au centre de gravité et la direction celle de la droite de corrélation. Cet axe minimise la somme des carrés des distances des points $\sum r^2$, qui est le

moment d'inertie du nuage par rapport à cet axe: c'est l'axe principal d'inertie, unique dans cette représentation à deux dimensions. Soit S_1^2 la variance par rapport à cet axe que nous appellerons axe 1:

$$AG^2 = AH_1^2 + GH_1^2 \Rightarrow \sum d^2 = \sum r^2 + S_1^2 \Rightarrow S_1^2 = \sum d^2 - \sum r^2$$

Si $\sum r^2$ est minimum, S_1^2 est maximum.

Cet axe est donc un axe de dispersion maximale, un axe d'allongement. Si l'on construit un deuxième axe (axe 2) perpendiculaire, celui-ci est unique et la variance totale peut se décomposer selon les deux axes: $S^2 = S_1^2 + S_2^2$. Dans le cas présent, $S_1^2 \gg S_2^2$. Il est évident que l'axe 1, axe unique d'allongement, est celui qui nous apporte le plus d'informations sur le nuage de points. L'étude du nuage projeté sur cet axe dispense en fait de la représentation bidimensionnelle, les deux variables X et Y se réduisant à une seule variable F_1 qui permet pratiquement de représenter les données.

Le but de l'analyse factorielle est de rechercher de tels axes en étendant le raisonnement à un espace pluridimensionnel. Dans un espace à trois dimensions, nous pourrions, en plus de l'axe d'allongement, définir un plan d'aplatissement. On cherche ainsi parmi tous les axes perpendiculaires en G à l'axe 1, celui qui minimise le moment d'inertie du nuage; on définit ainsi un plan. Celui-ci permet de représenter le nuage avec une dispersion maximale et donc un maximum d'informations. Dans le cas d'un nuage fortement aplati, la variance correspondant à ce plan (variance de la projection dans le plan) constitue la majeure partie de la variance totale. Avec plus de trois dimensions, ce qui est le cas général, on peut définir un hyperplan de faible nombre de dimensions où la projection du nuage nous fournit l'essentiel de l'information contenue dans les données (mesurée par la variance). C'est pourquoi on définit ainsi une suite d'axes orthogonaux entre eux, extrayant chacun une partie de plus en plus faible de la variance totale. La connaissance de la totalité de ces axes permet de reconstituer les données initiales, donc de construire un modèle. Ce n'est pas notre but ici, du moins au point de vue quantitatif. Chacun de ces axes correspond évidemment à une direction privilégiée où la dispersion est maximale, c'est-à-dire soit à une hétérogénéité des données (présence de deux ensembles disjoints), soit à un gradient, correspondant à un *facteur* explicatif, parfois quantifiable (mesurable), que l'on peut reconnaître facilement en observant la répartition des points du nuage dans cette direction. Les *facteurs* sont indépendants (linéairement) entre eux, ce qui présente un grand intérêt pour l'écologiste. Ainsi, on ne pourra pas faire l'erreur d'attribuer deux facteurs différents comme cause à deux phénomènes corrélés. Cependant, il faudra prendre garde de ne pas établir artificiellement des corrélations au moment de l'échantillonnage, car l'analyse ne peut pas

distinguer ces *artefacts* des corrélations réelles. Dans une étude synécologique qui n'a pas pour but la mise en évidence d'un phénomène précis, l'échantillonnage doit donc être équilibré et représenter la plus grande variété possible de milieux et d'espèces.

Nous n'entrerons pas dans le détail du calcul des axes factoriels, de la recherche des vecteurs et valeurs propres d'une matrice carrée symétrique, construite à partir des données (diagonalisation). Les valeurs propres sont classées dans l'ordre décroissant et correspondent à la succession des axes factoriels. Chaque valeur propre représente la variance relative à un axe. Les vecteurs propres permettent d'effectuer les changements d'axes (passage de la représentation initiale à la représentation factorielle).

REPRÉSENTATION SIMULTANÉE DES ENSEMBLES I ET J

Si l'on effectue une analyse sur les espèces et une autre sur les prélèvements, on aboutit à la même succession de valeurs propres. Les deux ensembles I et J se correspondent et ont les mêmes relations vis-à-vis des facteurs. Cette correspondance, hypothétique dans d'autres disciplines, ne surprend en aucun cas l'écologiste qui la connaît intuitivement depuis fort longtemps, bien avant l'essor des méthodes numériques. De plus, si l'on fait se correspondre un à un les axes factoriels issus de ces deux analyses, chaque prélèvement i se trouve, à une homothétie près, au barycentre des espèces (il suffit de multiplier chacune de ses coordonnées par la racine carrée de la valeur propre correspondante), chaque espèce étant affectée d'une masse égale aux f_{ij} (fréquences relatives des différentes espèces dans ce prélèvement). Le même raisonnement peut être tenu en remplaçant les prélèvements par les espèces. Il suffit donc de faire une analyse sur le plus petit des deux ensembles I et J, de déterminer ensuite les barycentres, puis, à l'aide d'une simple homothétie, de replacer les points de l'autre ensemble à la place qu'ils auraient occupée s'ils avaient été soumis à la même analyse.

Un autre avantage de la représentation simultanée des ensembles I et J est la possibilité d'introduire des variables supplémentaires (espèces ou prélèvements), comme nous l'avons fait pour certaines espèces dans ce travail. En effet, on peut dans l'ensemble des prélèvements, à partir des fréquences relatives d'une espèce n'ayant pas participé à l'analyse, déterminer sa position comme barycentre des prélèvements (affectés de masses égales aux fréquences relatives correspondantes), puis à l'aide d'une homothétie, la mettre en place comme si elle avait participé à l'analyse (avec une masse infiniment petite, ne modifiant pas les profils des prélèvements). Cette pratique est intéressante lorsque l'on veut introduire des espèces rares, souvent caractéristiques pour l'écologiste, mais qui perturbent l'analyse, car elles créent des axes à elles seules par suite de leur très grande variance lorsque leur poids est ramené au même niveau que les autres. Elle est également utile pour faciliter ou enrichir

l'interprétation en introduisant des variables extérieures à l'analyse: données de mesures ou espèces appartenant à d'autres groupes que ceux étudiés. L'analyse des correspondances, bien que conçue pour traiter des données de comptage, peut en effet être étendue à d'autres données numériques positives (présence-absence, données de mesures). Cependant, celles-ci ne doivent pas être mélangées dans une analyse car, pour un même poids des variables, les variances peuvent être fort différentes sans que cela ait une signification particulière. Au contraire, la différence de variance, à poids égal, entre une espèce ubiquiste (variance faible) et une espèce préférante ou caractéristique (variance élevée), est importante pour l'analyse.

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE ET INTERPRÉTATION

Si l'on a choisi de projeter les nuages des espèces et des prélèvements dans l'hyperplan formé par les premiers axes factoriels, on représentera autant de plans qu'il est nécessaire à une claire interprétation (rarement plus de 3 à 4 dimensions). Les axes sont figurés seulement par de petites flèches partant de l'origine, centre de gravité du nuage, vers les valeurs positives. Les coordonnées des espèces ou des prélèvements sont fonction de l'écart à la moyenne pour les facteurs correspondants. Par conséquent, les espèces et les prélèvements les plus caractéristiques, par rapport aux facteurs représentés, seront les plus éloignés de l'origine. Les espèces rares auront également tendance à l'être si elles sont caractéristiques de tel ou tel facteur. Cependant, un échantillonnage plus abondant aurait peut-être apporté des modifications. Il faut donc avoir présent à l'esprit le poids des diverses espèces et des divers prélèvements. Enfin, une espèce sera proche des prélèvements ayant la même affinité pour les facteurs considérés.

II. – RÉSULTATS*

INTERPRÉTATION GRAPHIQUE

Les prélèvements ont été symbolisés en fonction de leur appartenance à un des sept peuplements distingués par GUILLE (1970):

— La communauté des sables fins à *Spisula subtrullcata*, installée au centre des baies de la côte rocheuse (Côte Vermeille), de 4 à 25 m de profondeur, et au large de la grande plage du Roussillon, entre 10 et 20 m de profondeur. Son substrat est constitué de sables fins, bien calibrés, compacts (taille des grains entre 100 μ et 200

* Les données ont été traitées sur l'ordinateur IBM 370/165 du C.I.R.C.E., C.N.R.S., Orsay.

μ).

— La communauté des sables grossiers et fins graviers à *Branchiostoma lanceolatum*, installée entre 4 et 46 m de profondeur. Les stations les moins profondes se trouvent le long des parois latérales des baies ou sous forme d'une langue parallèle à la plage du Roussillon, au-dessus des sables fins, dans de fins graviers. Les autres stations sont dans l'axe des courants contournant les caps, au contact des plateaux coralligènes ou des affleurements rocheux, dans des sédiments grossiers (diamètre > 2 mm) dépourvus de particules fines (vases).

— Le faciès de transition des sables vaseux à *Nephtys hombergii*, entre les communautés infralittorales (essentiellement celle des sables fins à *Spisula subtruncata* et les peuplements de la vase circalittorale. Le substrat est constitué essentiellement par un mélange de pélites (< 40 μ) et de sables fins.

— La communauté des fonds envasés à *Amphiura filiformis*, comprenant:

- la sous-communauté des vases à *Nucula sulcata*, installée de 40 à 90 mètres de profondeur sauf au large du cap Béar où elle ne débute que vers 80 mètres;
- son faciès des vases sableuses à *Scoloplos armiger*, entre 30 et 42 m de profondeur, dont le substrat est composé de pélites et de sables très fins (< 80 μ);
- la sous-communauté du détritique envasé à *Venus ovata*, de 30 à 72 m de profondeur, au large de la côte rocheuse, interrompue seulement en face du cap de l'Abeille par l'avancée des vases pures à *Nucula sulcata*. Le substrat est constitué d'un mélange des trois principales fractions granulométriques: vases, sables fins, sables grossiers et graviers. Les éléments grossiers sont plus ou moins enfouis dans la vase en compagnie de nombreux débris coquilliers et parfois de véritables cailloux;
- enfin, la sous-communauté du détritique du large à *Auchenoplax crinita*, à la limite bathymétrique inférieure du plateau continental, de 90 à 125 m. Elle couvre une vaste superficie, de faible pente, marquée par de nombreux vallonnements entraînant de brusques changements sédimentaires: des substrats vaseux à des sables grossiers pratiquement dépourvus de particules fines. La fraction grossière est constituée de débris coquilliers, à *Venus ovata* essentiellement. Les sables fins sont très peu représentés.

PROJECTION DANS LE PLAN DES AXES 1 ET 2 (FIG. 2)

L'axe 1 est très discriminant. La valeur propre correspondant à cet axe représente 12% de la somme des valeurs propres, pourcentage très élevé si l'on considère le grand nombre de variables utilisées. Il sépare les

stations et les espèces des sables fins littoraux de l'ensemble des autres prélèvements et espèces.

Autour des stations de sables fins sont en effet groupés *Spisula subtruncata* (71), *Corbula mediterranea* (53), *Venus gallina* (80), *Chlamys varia* (51), *Nucula turgida* (67), *Diogenes pugilator* (188), *Nassa incrassata* (204), *Siphonocetes dellavallei* (39), *Ophiura africana* (171), *Ampelisca brevicornis* (25) et *Aglaophamus agilis* (94).

L'ensemble des autres prélèvements et espèces forme un nuage étiré parallèle à l'axe 2 et correspondant à un degré d'envasement. On observe une teneur croissante en vase dans les substrats des stations réparties d'Ouest en Est dans la direction d'allongement. Se succèdent, en se juxtaposant parfois, les ensembles de stations des sables grossiers à *Branchiostoma lanceolatum*, des sables vaseux à *Nephtys hombergii*, du détritique du large à *Auchenoplax crinita*, du détritique envasé à *Venus ovata*, des vases sableuses à *Scoloplos armiger* et enfin des vases pures à *Nucula sulcata*.

Le noyau correspondant aux sables fins à *Spisula subtruncata* comprend des prélèvements considérés en 1970 par GUILLE comme appartenant à d'autres peuplements voisins: stations n^{os} 44, 58, 66, 159. Il convient d'examiner en particulier ces points *mal placés*.

La station n^o 44 correspond par la nature granulométrique de son substrat aux sables grossiers et fins graviers à *Branchiostoma lanceolatum* (0% de pélites, 75% de sables grossiers compris entre 0,5 et 2 mm). Cependant, la composition faunistique du prélèvement révèle la présence, aux côtés d'espèces réputées gravellicoles, de 71 *Spisula subtruncata* sur 172 individus récoltés au total. Les trois autres stations sont situées géographiquement à proximité des sables fins littoraux ou même dans la marge de contact entre ceux-ci et les deux peuplements voisins: graviers à *Amphioxus* et sables vaseux à *Nephtys hombergii*. Les sables fins sont encore prépondérants dans la composition granulométrique de leurs substrats et leur composition faunistique reste également marquée par la présence et la dominance numérique des espèces sabulicoles caractéristiques de la communauté à *Spisula subtruncata*.

PROJECTION DANS LE PLAN DES AXES 2 ET 3 (FIG. 3)

Le nuage étiré de points-prélèvements et de points-espèces observé dans le plan des axes 1 et 2 correspondait à la projection d'un plan défini par les axes 2 et 3. Nous voyons en effet maintenant que le gradient d'envasement correspondant à l'axe 2 peut être observé dans deux catégories granulométriques différentes. Dans la moitié Ouest du plan des axes 2 et 3 se trouvent les stations correspondant à une proportion notable de sables

grossiers et de graviers (sables grossiers et fins graviers à *Branchiostoma lanceolatum* et détritique envasé à *Venus ovata*); dans la moitié Est se trouvent les stations sableuses (sables vaseux à *Nephtys hombergii* et vases sableuses à *Scoloplos armiger*). L'axe 3 sépare donc ces deux types de stations. Les vases pures à *Nucula sulcata* sont situées au Nord et correspondent évidemment à l'envasement maximal dans la direction de l'axe 2.

Les prélèvements et les espèces des sables fins, ou en position intermédiaire entre ceux-ci et les autres peuplements, se projettent autour de l'origine, mais ils *sortent du plan*, en quelque sorte, et doivent donc être interprétés séparément (ils ont été symbolisés sur le graphique par des flèches). Cependant, quelques prélèvements peu nombreux (par exemple station n° 30), également à proximité de l'origine, ne sortent pas du plan et doivent être considérés en position intermédiaire réelle uniquement entre les peuplements étalés dans le plan des axes 2 et 3. Il en est de même de certaines espèces, telles *Chlamys varia* (162), *Venus casina aradasi* (78) et *Pista cristata* (148) qui apparaissent comme ubiquistes dans cette étude.

Cinq directions d'allongement, correspondant à cinq des peuplements définis en 1970, sont mises en évidence:

1° Les sables grossiers et fins graviers à *Branchiostoma lanceolatum*, dans le quadrant sud-ouest du plan, accompagnés du stock suivant d'espèces caractéristiques (y compris les espèces introduites en variables supplémentaires): *Upogebia typica* (24), dont la position exacte ne figure pas sur le graphique en raison de son grand éloignement par rapport à l'origine qui en fait l'espèce la plus caractéristique, *Gari costulata* (198), *Cirolana gallica* (194), *Eurydice truncata* (193), *Puntophilus sculptus* (190), *Pagurus sculptimanus* (186), *Laevicardium crassum* (59), *Aspidosiphon clavatus* (155), *Polycarpa comata* (227), *Branchiostoma lanceolatum* (221), *Spatangus purpureus* (221), *Ebalia deshayesi* (9), *Tellina donacina* (74), *Lambrus massena* (187) et *Cardita aculeata* (195).

Deux stations se trouvent placées dans ce groupe alors qu'elles avaient été classées différemment en 1970. La station n° 13, située antérieurement dans les sables vaseux à *Nephtys hombergii*, n'avait cependant pas été retenue dans le tableau de définition de ce peuplement. Elle correspond en effet géographiquement à une ancienne station de graviers à *Amphioxus* prospectée par F. MONNIOT (1962); mais les rejets du dragage du port-abri de Banyuls avaient, depuis, modifié le biotope conduisant à en faire un problème particulier. En fait, les résultats de l'analyse des correspondances montrent que la fraction de graviers du substrat de cette station est toujours prépondérante et que sa composition faunistique la rattache sans aucun doute à la communauté des sables grossiers et fins graviers à *Branchiostoma lanceolatum*. Il en est de même de la station n° 29, classée

antérieurement dans le détritique envasé à *Venus ovata*, correspondant à une bande de graviers comportant une fraction plus fine très réduite, partant du cap Béar vers le large, jusqu'à une profondeur de l'ordre de 50 mètres.

Remarquons enfin que *Branchiostoma lanceolatum* (221), bien que correctement placé par rapport aux stations de cette communauté, n'est pas du tout l'espèce la plus caractéristique du type de peuplement défini dans cette étude.

2° A l'Ouest du plan, le détritique envasé à *Venus ovata*, dont les espèces caractéristiques sont: *Polycarpa pomaria* (226), *Caryophyllia clavus* (160), *Pteroides griseum* (166), *Astarte fusca* (46), *Tapes rhomboides* (72), *Neocucumis marioni* (178), *Alcyonium palmatum* (159), *Stereoderma kirschbergi* (181), *Gouldia minima* (57), *Arca diluvii* (45), *Serturella polyzonias* (167), *Scalibregma inflatum* (126), *Pista cretacea* (147), *Polynoe lunulata* (83), *Trichobranchus glacialis* (151), *Calyplrea sinensis* (47), *Cardium tuberculatum* (50), *Eunice vittata* (104) et *Amphictene auricoma* (138). Bien que ce biotope puisse être considéré comme une forme de passage entre les graviers propres et les vases pures, sa faune en est malgré tout très bien individualisée, comportant de nombreuses espèces caractéristiques, les stations groupées en un ensemble homogène. En effet, un mélange de deux stocks faunistiques, des graviers propres et des vases pures, se traduirait par des points-prélèvements en position intermédiaire sans les points-espèces correspondants. Si les espèces présentes dans ce biotope étaient ubiquistes, nous n'aurions pas de direction d'allongement.

Venus ovata (81) ne figure pas parmi les espèces caractéristiques dégagées par l'analyse. Elle se trouve plus vers le Sud du graphique, vers les graviers propres. Elle a en effet été récoltée trop souvent, en abondance, dans certaines stations de la communauté à *Branchiostoma lanceolatum* (et également dans le détritique du large) pour qu'elle caractérise vraiment le détritique envasé. Il serait donc préférable d'utiliser une autre espèce pour dénommer ce peuplement, *Astarte fusca* (46) ou *Tapes rhomboides* (72) par exemple. Rappelons d'ailleurs que dans l'étude de 1970, *Venus ovata* n'était classée que première espèce préférante du détritique envasé et non pas caractéristique.

3° Les stations et les espèces des vases pures à *Nucula sulcata* sont groupées dans un ensemble très homogène au Nord du plan. Les espèces caractéristiques sont *Ampelisca gibba* (27), *Ninoë kinbergi* (112), *Nucula sulcata* (66), *Glandiceps talaboti* (158), *Callianassa subterranea* (20), *Trachythyone tergestina* (185), *Alpheus glaber* (19), *Goneplax rhomboides* (13), *Thyasira flexuosa* (76), *Sternaspis scutala* (137), *Chaetozone setosa* (121), *Praxillella gracilis* (134), *Laonereis glauca* (93), *Marphysa bellii* (105), *Terebellides stroemi* (150), *Prionospio pinnata* (116) et *Tharyx marioni* (123).

A proximité de ce groupe se trouve une station particulière, située géographiquement dans le port de Port-Vendres. Il s'agit d'un prélèvement effectué par quelques mètres de profondeur dans une vase polluée par les rejets de l'activité urbaine et portuaire (pêches) et dont la faune est donc très proche de celle des vases pures pourtant beaucoup plus profondes.

4° Les vases sableuses à *Scoloplos armiger* sont situées dans le quadrant nord-est du plan, accompagnées des espèces caractéristiques *Scoloplos armiger* (113), *Diplocirrus glaucus* (125), *Apseudes* sp. (152), *Phyllodoce lineata* (89), *Lumbrineris fragilis* (108), *Lumbrineris gracilis* (109) et *Nephtys histricis* (95).

5° Les sables vaseux à *Nephtys hombergii*, dans le quadrant sud-est, bien que correspondant réellement à une direction d'allongement (donc individualisés), semblent beaucoup moins homogènes que les autres groupes précédemment définis. Le noyau des espèces accompagnatrices est formé de *Nephtys hombergii* (96), *Ampelisca spillimana* (28), *Anapagurus laevis* (7), *Sthenelais limicola* (86), *Hyalinoecia bilineata* (102), *Glycinde nordmanni* (100), *Hydractinia aculeata* (165) et *Photis longicaudata* (38).

La présence de la station n° 45, classée en 1970 dans les sables fins à *Spisula subtruncata*, perturbe ce groupe, entraînant avec elle celle des espèces *Pontophilus trispinosus* (191), *Natica guillemini* (64), *Raphitoma nebula* (70) et *Hippomedon denticulatus* (33). La nature granulométrique du substrat de cette station est typique des sables fins et celle-ci n'est même pas localisée au voisinage de sables vaseux. En fait, ce prélèvement se trouve très éloigné de l'origine. Ses coordonnées présentent des valeurs très grandes par rapport aux axes suivants, 4, 5, 6, 7 etc.; l'angle du vecteur correspondant à ce prélèvement avec l'hyperplan des axes 1, 2 et 3, ou plus simplement avec l'axe 2, est donc proche de 90°. La position de cette station, ainsi que des espèces 191, 64, 70 et 33, doit être interprétée séparément: station particulière où les précédentes espèces citées sont abondantes au détriment des autres, problème débordant le cadre de cette étude.

Aucune direction d'allongement ne correspond au détritique du large à *Auchenoplax crinita*, même en cherchant dans les axes suivants. Les points correspondant à ce peuplement sont dispersés dans presque toutes les directions, mais cependant jamais aux extrémités des branches du nuage, et à l'exception des directions vers les sables fins et les vases sableuses. Nous avons en effet souligné l'absence d'une fraction de sables fins ou très fins dans les stations du détritique du large. Les brusques changements granulométriques constatés d'une station à l'autre dans ce peuplement entraînent donc la dispersion des points-prélèvements sur le plan, en fonction du degré d'envasement ou de la teneur en sables grossiers et graviers de leurs substrats.

CONCLUSIONS

Deux résultats principaux sont mis en évidence par ce traitement mathématique des données: 1° la confirmation des caractéristiques bionomiques de la région telles qu'elles ont été dégagées par l'étude de 1970; 2° la prépondérance de l'influence de la nature du substrat dans la répartition des communautés benthiques.

Au point de vue bionomique en effet, six des sept peuplements précédemment décrits ont été individualisés. Le septième, la sous-communauté du détritique du large à *Auchenoplax crinita*, était déjà considéré par GUILLE comme un peuplement hétérogène, hétérogénéité en liaison avec la grande variabilité spatiale de son substrat. Cependant, quelques espèces sténothermes strictes sont caractéristiques de ce peuplement (ici, au sens d'espèces dont la répartition est limitée à ce seul biotope), mais n'apparaissent pas comme telles dans l'analyse des correspondances. La corrélation relative de la bathymétrie et de l'évolution sédimentaire du plateau continental en Méditerranée occidentale en est peut-être la cause. L'analyse ne séparant pas les facteurs linéairement corrélés, la granulométrie, facteur prépondérant de fait, *l'emporte*. Les variations faunistiques dues à la bathymétrie ou en rapport avec elle sont masquées par celles, beaucoup plus importantes et engageant un plus grand nombre d'espèces, dues à la granulométrie. Cette coïncidence, qui masque également l'influence thermique dans la répartition des espèces en étages, n'est pas rencontrée par exemple sur le plateau continental de l'Atlantique Nord-Gascogne (GLEMAREC, 1969) où les grands types sédimentaires, vases, sables, graviers, sont présents séparément aux différents niveaux bathymétriques.

ANNEXE

Codification des espèces retenues dans l'analyse, groupes zoologiques correspondants.

Cn: Cnidaires;
 Mo: Mollusques;
 Si: Sipunculides;
 En: Entéropeuste;
 Po: Annélides Polychètes;
 Am: Amphipodes;
 Is: Isopodes;
 Dn: Crustacés Décapodes Natantia;
 Dr: Crustacés Décapodes Reptantia;
 Ec: Echinodermes;
 Ce: Céphalocordé;
 As: Ascidies.

- 4 Dr *Anapagurus bicorniger* M. Edwards et Bouvier.
 5 Dr *Anapagurus breviaculeatus* Fenizia.
 6 Dr *Anapagurus chiroacanthus* (Lillj.).
 7 Dr *Anapagurus laevis* Thompson.
 8 Dr *Anapagurus petiti* Forest et Dechancé.
 9 Dr *Ebalia deshayesi* Lucas.
 10 Dr *Ebalia granulosa* M. Edwards.
 11 Dr *Eurynome aspera* Pennant.
 13 Dr *Goneplax rhomboides* Pennant.
 14 Dr *Macropipus pusillus* (Leach).
 15 Dr *Pagurus cuanensis* (Thompson).
 16 Dr *Pagurus prideauxi* Leach.
 17 Dr *Pagurus variabilis* (M. Edwards et Bouvier).
 18 Dr *Porcellana longicornis* (Linné).
 19 Dn *Alpheus glaber* (Olivi).
 20 Dn *Callianassa subterranea* (Montagu).
 21 Dn *Processa canaliculata* Leach.
 24 Dn *Upogebia typica* Nardo.
 25 Am *Ampelisca brevicornis* (Costa).
 26 Am *Ampelisca diadema* (Costa).
 27 Am *Ampelisca gibba* (Sars).
 28 Am *Ampelisca spinimana* Chevreux.
 29 Am *Ampelisca tenuicornis* Lillj.
 30 Am *Ampelisca typica* (Bate).
 33 Am *Hippomedon denticulatus* (Bate).
 36 Am *Leucothoë incisa* D. Robertson.
 38 Am *Photis longicaudata* (Bate et Westw.).
 39 Am *Siphonoecetes dellavallei* Stebbing.
 41 Mo *Abra alba* (Wood).
 42 Mo *Abra nitida* (Muller).
 43 Mo *Abra prismatica* (Laskey).
 44 Mo *Aporrhais pespelecani* (Linné).
 45 Mo *Arca diluvii* Lamarck.
 46 Mo *Astarte fusca* (Poli).
 47 Mo *Calyptra sinensis* (Linné).
 49 Mo *Cardium paucicostatum* Sowerby.
 50 Mo *Cardium tuberculatum* Linné.
 51 Mo *Chlamys varia* (Linné).
 52 Mo *Corbula gibba* (Olivi).
 53 Mo *Corbula mediterranea* (Costa).
 54 Mo *Cultellus tenuis* (Philippi).
 55 Mo *Dentalium inaequicostatum* Dautzenberg.
 57 Mo *Gouldia minima* Montagu.
 58 Mo *Hiatella artica* Linné.
 59 Mo *Laevicardium crassum* (Gmelin).
 60 Mo *Loripes lacteus* (Linné).
 62 Mo *Nassa pygmea* (Lamarck).
 63 Mo *Natica alderi* Forbes.
 64 Mo *Natica guillemini* Payraudeau.
 65 Mo *Nucula nucleus* (Linné).
 66 Mo *Nucula sulcata* Bronn.
 67 Mo *Nucula turgida* Leckenby et Marshall.
 68 Mo *Pandora inaequalvis* (Linné).
 69 Mo *Pitar rudis* (Poli).
 70 Mo *Raphitoma nebula* Montagu.
 71 Mo *Spisula subtruncata* Da Costa.
 72 Mo *Tapes rhomboides* (Pennant).
 73 Mo *Tellina distorta* Poli.
 74 Mo *Tellina donacina* (Linné).
 75 Mo *Tellina serrata* Renier.

- 76 Mo *Thyasira flexuosa* (Montagu).
 77 Mo *Turritella triplicata* Brocchi.
 78 Mo *Venus casina aradasi* Linné.
 79 Mo *Venus fasciata* (Da Costa).
 80 Mo *Venus gallina* Linné.
 81 Mo *Venus ovata* Pennant.
 83 Po *Polynoë lunulata* Delle Chiaje.
 84 Po *Leanira yhleni* Malmgren.
 86 Po *Sthenelais limicola* (Ehlers).
 88 Po *Paranaitis kosteriensis* (Malmgren).
 89 Po *Paranaitis lineata* (Claparède).
 90 Po *Paralacydonia paradoxa* Fauvel.
 93 Po *Laeonereis glauca* (Claparède).
 94 Po *Aglaophamus agilis* (Langerhans).
 95 Po *Nephtys histricis* Mc'Intosh.
 96 Po *Nephtys hombergii* Savigny.
 97 Po *Nephtys incisa* Malmgren.
 98 Po *Glycera convoluta* Keferstein.
 99 Po *Glycera rouxii* (Audoin et M. Edwards).
 100 Po *Glycinde nordmanni* (Malmgren).
 101 Po *Goniada maculata* Oersted.
 102 Po *Hyalinoecia bilineata* Baird.
 103 Po *Hyalinoecia tubicola* (Müller).
 104 Po *Eunice vittata* (Delle Chiaje).
 105 Po *Marphysa bellii* (Audoin et M. Edwards).
 106 Po *Nematonereis unicornis* (Grube).
 107 Po *Drilonereis filum* (Claparède).
 108 Po *Lumbrineris fragilis* (Müller).
 109 Po *Lumbrineris gracilis* (Ehlers).
 110 Po *Lumbrineris impatiens* (Claparède).
 111 Po *Lumbrineris latreillii* (Audoin et M. Edwards).
 112 Po *Ninoë kinbergi* Ehlers.
 113 Po *Scoloplos armiger* (O.F. Müller).
 114 Po *Laonice cirrata* (Sars).
 116 Po *Prionospio pinnata* Ehlers.
 118 Po *Magelona alleni* Wilson.
 121 Po *Chaetozone setosa* Malmgren.
 123 Po *Tharyx marioni* (Saint-Joseph).
 125 Po *Diplocirrus glaucus* (Malmgren).
 126 Po *Scalibregma inflatum* Rathke.
 129 Po *Notomastus profundus* Eisig.
 130 Po *Asychis gotoi* Izuka.
 133 Po *Maldane glebifex* Grube.
 134 Po *Praxilella gracilis* (Sars).
 135 Po *Praxilella praetermissa* (Malmgren).
 136 Po *Owenia fusiformis* Delle Chiaje.
 137 Po *Sternaspis scutata* (Renier).
 138 Po *Amphictene auricoma* (Müller).
 139 Po *Auchenoplax crinita* Ehlers.
 140 Po *Amage adspersa* (Grube).
 141 Po *Ampharete acutifrons* Grube.
 142 Po *Amphicteis gunneri* (Sars).
 143 Po *Melinna palmata* Grube.
 144 Po *Amea trilobata* (Sars).
 145 Po *Lanice conchilega* (Pallas).
 147 Po *Pista cretacea* (Grube).
 148 Po *Pista cristata* (Müller).
 150 Po *Terebellides stroemi* Sars.
 151 Po *Trichobranchus glacialis* Malmgren.
 152 Is *Apseudes* sp.

- 154 Is *Conilera cylindracea* Montagu.
 155 Si *Aspidosiphon clauatus* (De Blainville).
 156 Si *Golfingia procera* (Mabins).
 157 Si *Phascolion strombi* (Montagu).
 158 En *Glandiceps talaboti* (Marion).
 159 Cn *Alcyonium palmatum* Pallas.
 160 Cn *Caryophyllia clavus* (Scacchi).
 162 Cn *Epizoanthus arenaceus* (Delle Chiaje).
 163 Cn *Eunicella stricta* (Bertolini).
 164 Cn *Nemertesia tetrasticha* (Memeghini).
 165 Cn *Hydractinia aculeata* Sars.
 166 Cn *Pteroides griseum* (Bohadsch).
 167 Cn *Serturella polyzonias* (Linné).
 168 Ec *Amphipholis squamata* Delle Chiaje.
 169 Ec *Amphiura chiajei* Forbes.
 170 Ec *Amphiura filiformis* O.F. Müller.
 171 Ec *Ophiura africana* (Koehler).
 172 Ec *Ophiura albida* Forbes.
 173 Ec *Ophiura texturata* Lamarck.
 175 Ec *Brissopsis lyrifera* Forbes.
 178 Ec *Neocucumis marioni* Marenzeller.
 179 Ec *Oerstergrenia digitata* (Montagu).
 181 Ec *Stereoderma kirschbergi* (Heller).
 182 Ec *Thyone cherbonnieri* Reys.
 184 Ec *Trachythyone elongata* (Düben et Kören).
 185 Ec *Trachythyone tergestina* (M. Sars).
 186 Dr *Pagurus sculptimanus* Lucas.
 187 Dr *Lambrus massena* Roux.
 188 Dr *Diogenes pugilator* (Roux).
 190 Dn *Pontophilus sculptus* (Bell).
 191 Dn *Pontophilus trispinosus* Hailstone.
 193 Is *Eurydice truncata* Norman.
 194 Is *Cirolana gallica* Hansen.
 195 Mo *Cardita aculeata* (Poli).
 198 Mo *Gari costulata* (Turton).
 203 Mo *Raphitoma ginnaniana* (Risso).
 204 Mo *Nassa incrassata* (Müller).
 221 Ce *Branchiostoma lanceolatum* (Pallas).
 224 Ec *Spatangus purpureus* (O.F. Müller).
 226 As *Polycarpa pomaria* (Savigny).
 227 As *Polycarpa comata* (Aldar).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BENZECRI, J.P. *et al.*, 1973. – L'analyse des données. T. II. L'analyse des correspondances. *Dunod*, Paris, 619 p.
- CORDIER, D., 1965. – L'analyse factorielle des correspondances. *Thèse 3^e cycle*, Rennes.
- GLEMAREC, M., 1969. – Les peuplements benthiques du plateau continental nord-Gascogne. *Atelier offset Faculté des Sciences*, Brest, 167 p.
- GUILLE, A., SOYER, J., 1970. – Bionomie benthique du plateau continental de la cote catalane française. I. Physiographie. *Vie Milieu*, **21** (1B): 137–147.

- GUILLE, A., 1970. – Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. II. Les communautés de la macrofaune. *Vie Milieu*, **21** (1B): 149–280.
- GUILLE, A., 1971a. – Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. IV. Densités, biomasses, et variations saisonnières de la macrofaune. *Vie Milieu*, **22** (1B): 93–158.
- GUILLE, A., 1971b. – Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. VI. Données autécologiques (macrofaune). *Vie Milieu*, **22** (3B): 469–527.
- LEBART, L., FENELON, J.P., 1973. – Statistique et informatique appliquées. *Dunod*, Paris, 457 p.
- MONNIOT, F., 1962. – Recherches sur les graviers à *Amphioxus* de la région de Banyuls-sur-Mer. *Vie Milieu*, **13** (2): 231–322.
- SANDERS, H.L., 1960. – Benthic studies in Buzzards bay. III. The structure of the soft bottom community. *Limnol. Oceanogr.*, **5** (2): 138–153.

LÉGENDES DES FIGURES

FIGURE CAPTIONS

FIG. 1. – Exemple de recherche des axes factoriels d'un nuage de points représenté dans un système de deux axes orthogonaux.

FIG. 1. – Example of the research for the factorial axes of a set of dots represented in a system of two orthogonal axes.

FIG. 2. – Analyse des correspondances, représentation dans le plan des axes 1 et 2.

FIG. 2. – Factorial analysis of correspondences, representation in the 1-2 axis plane.

FIG. 3. – Analyse des correspondances, représentation dans le plan des axes 2 et 3.

FIG. 3. – Factorial analysis of correspondences, representation in the 2-3 axis plane.

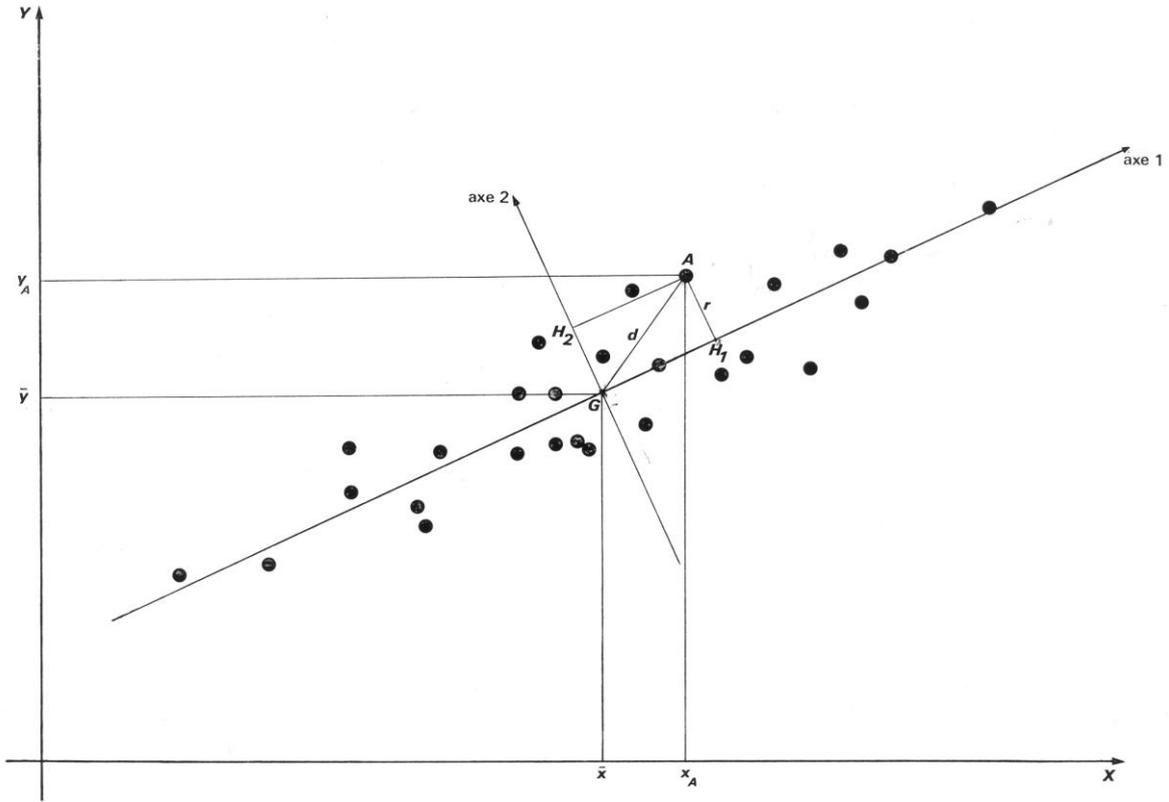


Fig. 1

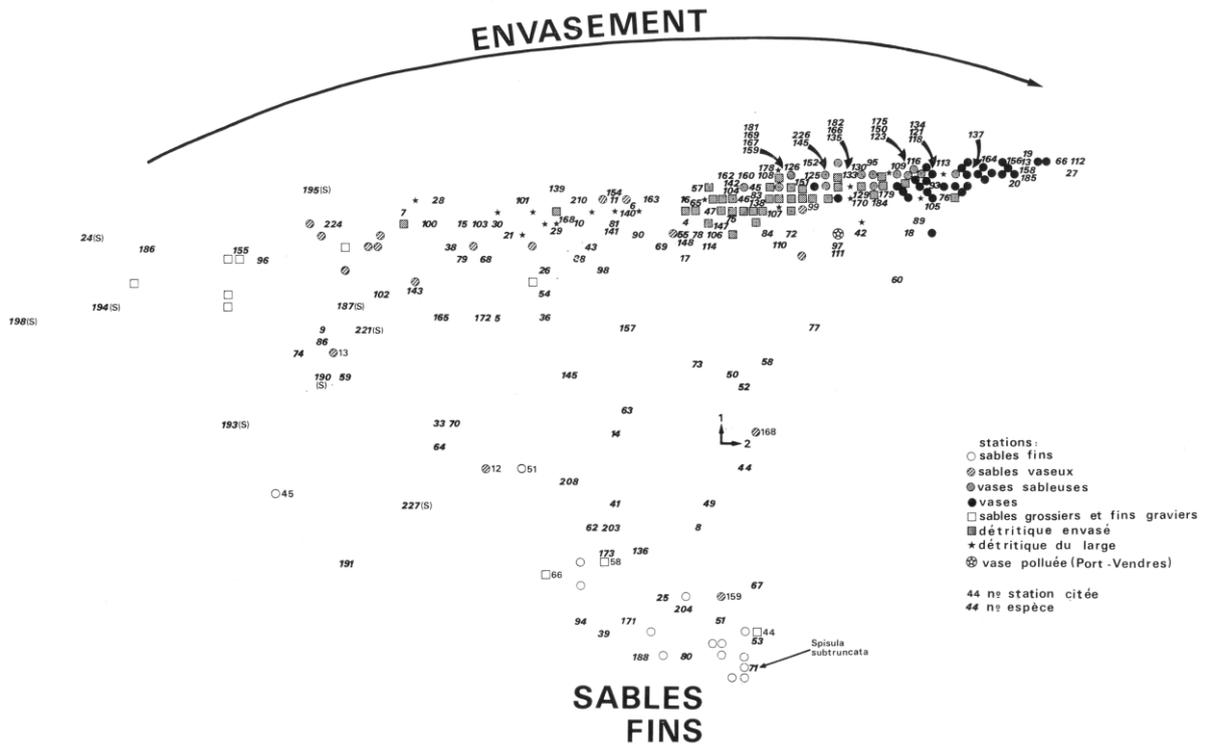


Fig. 2

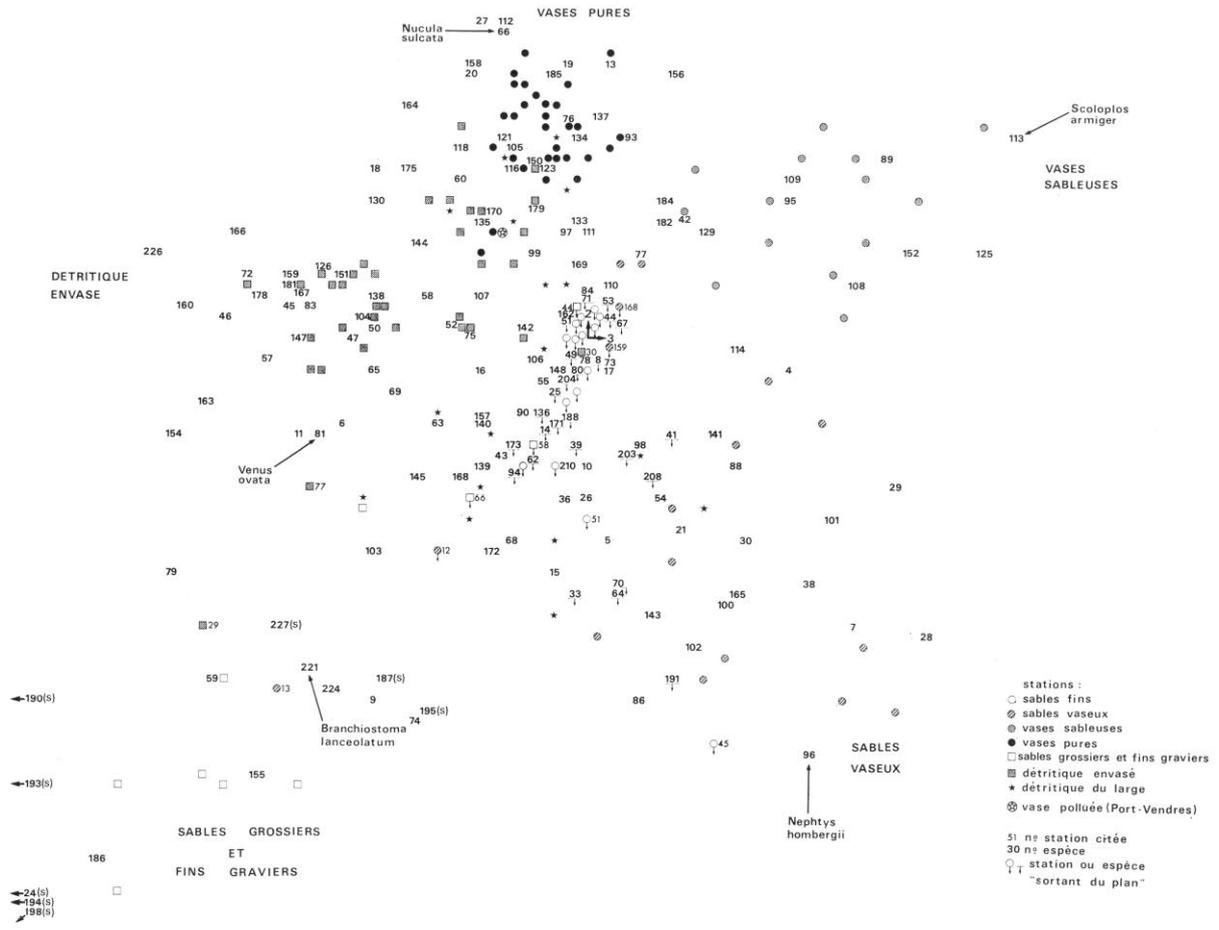


Fig. 3