

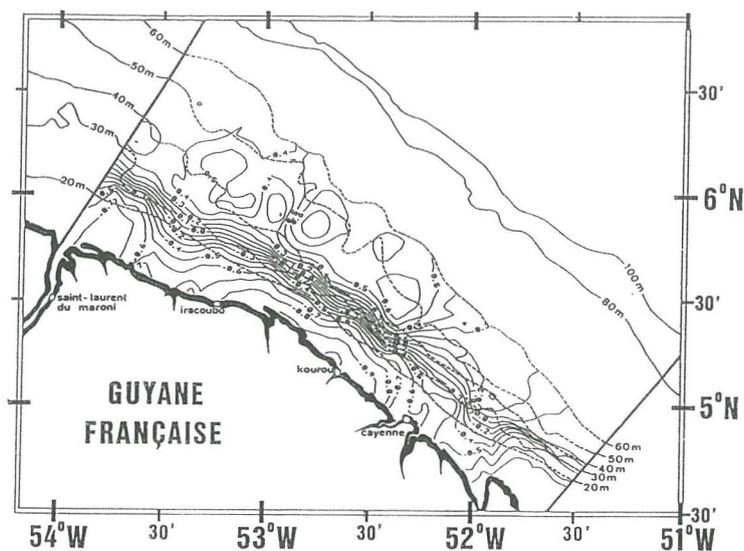
UNIVERSITE d'AIX MARSEILLE II  
U.E.R. OBSERVATOIRE des SCIENCES DE L'UNIVERS  
CENTRE d'OCEANOLOGIE de MARSEILLE

Laboratoire "Ressources Halieutiques" IFREMER Cayenne

DIPLOME D'ETUDES APPROFONDIES  
SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT MARIN  
Option Océanologie Physique

ELABORATION D'UN PROTOCOLE D'ANALYSES DE DONNEES  
POUR UNE TYPOLOGIE DES PEUPELEMENTS DEMERSAUX  
DU PLATEAU CONTINENTAL GUYANAIS

---



## REMERCIEMENTS.

Je tiens à remercier très sincèrement Ph. MOGUEDET, Directeur du laboratoire "Ressources Halieutiques" de l'IFREMER Cayenne, pour m'avoir d'une part, permis d'effectuer mon stage de D.E.A. dans le cadre de mon Service National en me confiant ce sujet d'étude, et d'autre part pour avoir assuré l'encadrement scientifique de ce travail.

Je tiens également à exprimer toute ma gratitude à I. DEKEYSER, responsable du D.E.A. (option physique) au Centre d'Océanologie de Marseille, pour m'avoir accepté en D.E.A., et ce malgré les conditions particulières.

De plus, je remercie Ch. COLIN Directeur du Centre ORSTOM de Cayenne pour m'avoir donné accès au centre de calcul de son Institut.

Les ingénieurs et techniciens du BRGM Guyane m'ont fait partager leurs connaissances dans le domaine de la cartographie des données, et en particulier de celui de l'emploi des techniques de krigeage. Qu'ils en soient ici remerciés.

Merci également à D. PELLETIER du laboratoire MAERHA (IFREMER Nantes) et à J. FERRARIS (chercheur ORSTOM affecté au laboratoire MAERHA) pour leurs revues critique de ce document, et à C. MANTE (C.O.M) pour ses conseils théoriques.

Enfin, un remerciement tout particulier à C. FROGET pour sa gentillesse et son action sur le plan administratif, ainsi qu'à toute l'équipe de la Station IFREMER de Cayenne.

*Les campagnes qui ont permis d'acquérir les données analysées dans ce travail ont été financées par l'Union Européenne (F.E.D.E.R. Guyane DG XVI), et le Fond Inter-régional Caraïbe (F.I.C.).*

## SOMMAIRE.

	page
<b>I. CONTEXTE DE L'ETUDE ET PROBLEMATIQUE GENERALE.</b>	<b>3</b>
<b>II. ACQUISITION DES DONNEES.</b>	<b>6</b>
<b>III. PROTOCOLE D'ANALYSE DES DONNEES.</b>	<b>8</b>
<b>III.1. Rappel des principes généraux des méthodes d'ordination.</b>	<b>8</b>
<b>III.2. Choix des méthodes d'ordination.</b>	<b>9</b>
<b>III.2.1. Méthodes utilisant les données quantitatives.</b>	<b>10</b>
<i>III.2.1.1. Analyse en Composantes Principales non normée sur données transformées</i>	<b>10</b>
<i>III.2.1.2. Analyse en Composantes Principales sur données transformées</i>	<b>10</b>
<b>III.2.2. Méthodes utilisant les données qualitatives.</b>	<b>11</b>
<i>III.2.2.1. Analyse Factorielle sur Tableau de Distances ou Analyse en Composantes Principales particulière</i>	<b>11</b>
<i>III.2.2.2. Analyse Factorielle des Correspondances Multiples</i>	<b>12</b>
<b>III.3. Choix des méthodes de classification.</b>	<b>13</b>
<b>III.4. Les méthodes de géostatistique.</b>	<b>14</b>
<b>IV. RESULTATS.</b>	<b>17</b>
<b>IV. 1. Campagne de mai.</b>	<b>18</b>
<b>IV. 1.1. Analyse en Composantes Principales non normées sur données transformées.</b>	<b>18</b>
<b>IV. 1.2. Analyse en composantes principales normée sur données transformées.</b>	<b>19</b>
<b>IV. 1.3. Analyse Factorielle sur Tableau de Distances (Ochïai).</b>	<b>20</b>
<b>IV. 1.4. Analyse Factorielle des Correspondances Multiples.</b>	<b>21</b>
<b>IV. 1.5. Cartographie de la répartition de la crevette <i>Penaeus subtilis</i>.</b>	<b>22</b>
<b>IV.2. Campagne d'octobre.</b>	<b>25</b>
<b>IV. 2.1. Analyse en Composantes Principales non-normées sur données transformées.</b>	<b>25</b>
<b>IV. 2.2. Analyse Factorielle des Correspondances Multiples.</b>	<b>26</b>
<b>IV. 2.3. Cartographie de la répartition de la crevette <i>Penaeus subtilis</i>.</b>	<b>27</b>
<b>V. DISCUSSION.</b>	<b>29</b>
<b>VI. CONCLUSION.</b>	<b>36</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.</b>	<b>38</b>
<b>FIGURES ET TABLEAUX</b>	<b>41</b>

## I. CONTEXTE DE L'ETUDE ET PROBLEMATIQUE GENERALE.

Département français d'Outre-Mer en Amérique du sud, situé sur le vaste plateau guyano-brésilien qui s'étend de l'Orénoque à l'Amazone, limité au sud est par le fleuve Oyapock (frontière avec le Brésil) et au nord ouest par le Maroni (frontière avec le Surinam), la Guyane française dispose d'une façade maritime de près de 350 km, et d'une Zone Economique Exclusive d'environ 120 000 km<sup>2</sup>.

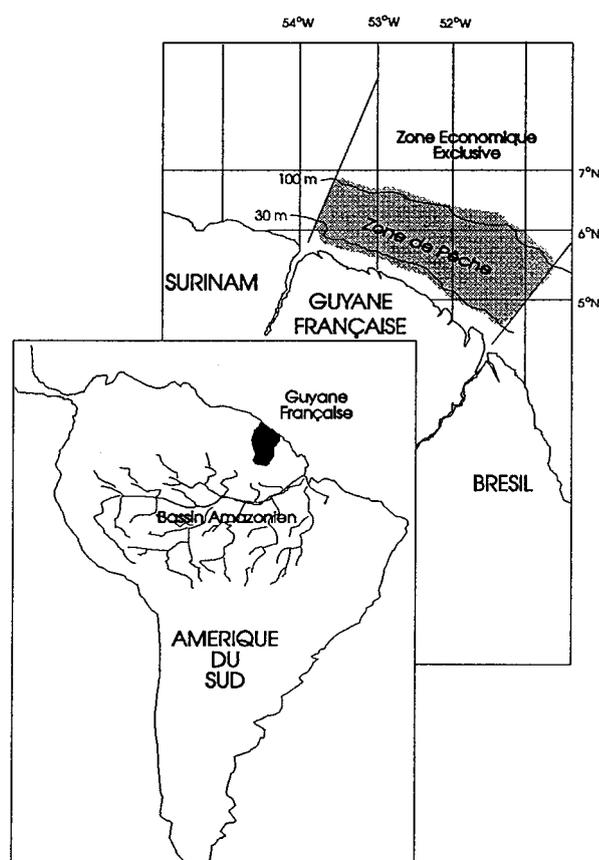


Figure 1. Situation géographique de la zone d'étude.

La côte de la Guyane française s'inscrit dans le vaste ensemble des "côtes des trois Guyanes" française, hollandaise et anglaise. De par leur situation géographique s'ouvrant à la fois vers l'Atlantique équatorial et les Caraïbes, ces côtes occupent une position charnière au coeur des grands systèmes intertropicaux de circulation atmosphérique et océanique de la partie septentrionale de l'Amérique du sud. Elles s'étendent sur près de 1600 kilomètres entre l'Amazone et l'Orénoque, et sont soumises à la sédimentation amazonienne (Prost, 1990). Il en résulte une vase littorale à échelle régionale, véritable delta atténué de l'Amazone qui, en Guyane française et au Surinam, se prolonge jusqu'à environ 20 kilomètres du rivage et vers des fonds de 25 à 30 mètres (Rine et Ginsburg, 1985).

La dynamique littorale est très active. De vastes bancs de vase migrent lentement et continuellement du sud-est vers le nord-ouest sous l'action des courants et des houles dominants. Il en résulte une alternance dans le temps et dans l'espace de côtes d'accrétion formées essentiellement par des vases d'origine amazonienne, et de côtes d'érosion façonnées par des sables d'origine locale ou par la mangrove en récession (Prost, 1990).

Les eaux de l'Amazone sont entraînées dès leur sortie du delta par le courant nord-ouest des Guyanes. Le fort débit de ce fleuve ( $180.10^3$  m<sup>3</sup>/sec en moyenne) conditionne les processus généraux de turbidité et de salinité des eaux côtières guyanaises. Les écosystèmes de mangroves et de marais dominent le paysage de la plaine côtière.

Outre l'influence de l'Amazone, la variabilité saisonnière régionale des débits fluviaux, induite par la pluviométrie, entraîne une fluctuation intra-annuelle importante de la salinité des eaux côtières. Cependant, à l'exception de l'Oyapock et du Maroni, cet impact des fleuves guyanais sur le milieu marin semble limité (Abbes *et al.*, 1972).

Le climat de la Guyane est équatorial (chaud et humide), et se caractérise par une constance de température (27-30°) mais une forte variabilité pluviométrique. Les oscillations des précipitations annuelles définissent une saison "des pluies", de décembre à juin, et une saison "sèche" de juillet à novembre :

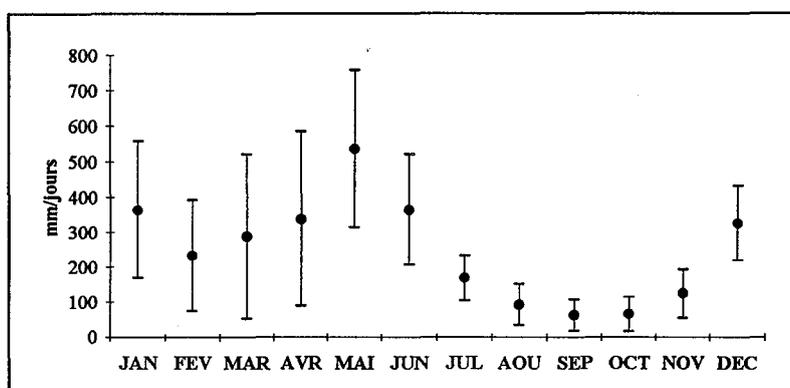


Figure 2. Pluviométrie mensuelle moyenne (mm/jours), et écart type, enregistrée à Cayenne de 1980 à 1993.

Les variabilités intra et interannuelles de la température de l'eau de mer sont faibles (de 24 à 27°C) et présentent un gradient fond-surface négligeable (Abbes *et al.*, 1972).

Trois activités de pêche sont traditionnellement pratiquées en Guyane, une pêche artisanale de poissons côtiers, une pêche de vivaneaux par des ligneurs vénézuéliens et enfin une pêche industrielle de crevettes pénéides, cette dernière constituant l'activité halieutique principale. En effet, l'exploitation de la ressource crevette du plateau continental guyanais a une forte incidence sur l'économie locale, puisque les prises annuelles de la flottille (environ 4000 tonnes, pour une valeur de 300 millions de francs) représentent plus de 90% du total des valeurs des produits de la pêche débarqués en Guyane.

Le système d'exploitation crevette guyanais est considéré comme simple. La flottille très homogène est composée d'environ soixante-dix chalutiers de type "floridien". La pêche crevette est monospécifique, l'espèce *Penaeus subtilis* ("brown shrimp") constituant 95% des débarquements. L'engin de pêche utilisé par les crevettes est un chalut de fond, par nature non sélectif. Ainsi, comme dans la majorité des pêcheries crevette de ce type, les prises accessoires sont très importantes (90% environ des captures), leur quasi-totalité étant rejetée à la mer (Lemoine *et al.*, 1982; Vendeville, 1984).

La composition de ces prises accessoires n'est avant tout qu'un reflet des peuplements démersaux accessibles à cet engin. En outre, cette pêche est basée sur un stock au renouvellement rapide et variable. Les variabilités intra- et inter-annuelles de l'abondance des

individus appartenant aux différentes composantes des premières phases du cycle (larves, post-larves, juvéniles) sont généralement considérées comme très fortes. Ce phénomène est exacerbé par le double changement de milieu au cours du cycle, passage d'un habitat en eau salée à celui en eau saumâtre, puis retour au premier (Lhomme, 1992).

Une gestion optimisée de cette pêcherie passe par une meilleure connaissance de la structure des peuplements démersaux du plateau de la Guyane française et par une meilleure compréhension des mécanismes de recrutement des crevettes pénéides.

Le présent travail s'intègre dans une étude plus générale conduite par l'IFREMER dont l'objectif est double. Il s'agit d'une part d'établir sur une échelle de temps pluriannuelle la typologie des peuplements démersaux afin d'examiner le lien de la crevette *P. subtilis* avec les autres espèces. D'autre part, cette étude propose de cartographier la répartition spatio-temporelle des adultes et des juvéniles (individus de longueur céphalothoracique inférieure à 28 mm) de *P. subtilis*, ces derniers constituant la phase recrutée dans la pêcherie.

Les mesures d'associations ou de dissemblances faunistiques sont à la base de la typologie des peuplements (Legendre, 1984). Déterminées en fonction des caractéristiques des données récoltées, ces mesures de ressemblance entre prélèvements constitueront, dans notre cas, l'élément décisif du choix des techniques d'analyse de données.

Pour obtenir une typologie de la zone d'étude, il sera fait appel à un outil mathématique purement algébrique, sans aucune hypothèse restrictive liée à la distribution des variables. Pour décrire, ordonner et synthétiser des observations multidimensionnelles, notre choix s'est porté sur trois techniques d'analyse de données : l'Analyse en Composantes Principales (Cailliez, 1982; Cibois, 1991; Bouroche et Saporta, 1992), l'Analyse Factorielle sur Tableau de Distances (Gower, 1966; Cailliez et Pagès, 1982) et l'Analyse Factorielle des Correspondances Multiples (Benzécri, 1984; Saporta, 1990; Escoffier et Pages, 1990). L'interprétation des relations liant les espèces entre elles et la synthèse des résultats sous forme de cartes seront obtenues à l'aide de techniques de classification, et plus particulièrement, celles de Classification Ascendante Hiérarchique (Legendre, 1984; Bouroche et Saporta, 1992).

Pour cartographier la répartition du stock de crevettes Pénéides des techniques de géostatistique (Matheron, 1965) ont été utilisées. Ces méthodes, appliquées à la biologie marine, ont ouvert la voie à de nouvelles approches dans l'étude des populations halieutiques en introduisant le concept de distribution spatiale dans les estimations d'abondance de stocks (Petitgas, 1991). Ces procédés d'analyse de distributions spatiales constituent une démarche complémentaire aux méthodes traditionnelles d'analyse de données en tenant compte des phénomènes d'autocorrélation spatiale entre échantillons.

## II. ACQUISITION DES DONNEES.

Les données ont été acquises à partir de campagnes de prospection réalisées à bord d'un crevettier affrété à cette occasion par l'IFREMER. Les connaissances succinctes concernant d'une part les fonds de la zone d'étude (compte tenu de leur dynamique particulière dans la zone côtière induite par la migration des bancs de vase apportés par l'Amazone), et d'autre part la répartition des espèces démersales, puisque les principaux travaux dans la région ont surtout traité de la phase exploitée des ressources marines, nous ont conduits à adopter *a priori* un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié (E.A.S.) (Fig. 3).

Le plateau continental de la Z.E.E guyanaise a été prospecté sur l'ensemble des fonds de 0 à 60 m. L'aire étudiée, qui s'étend depuis le fleuve Oyapock jusqu'au Maroni, a été découpée en cinq strates bathymétriques et en quatre secteurs géographiques. Vingt strates unitaires de prospection ont ainsi été définies (Fig. 3).

Dans chacune de celles-ci, un certain nombre de traits de chalutage ont été tirés de manière aléatoire, avec un minimum de deux traits par strate pour être en mesure de calculer une variance intrastrate. Tous ces traits ont été réalisés de jour. Chacun avait une durée standard de 30 minutes de chalutage rectiligne sur le fond à une vitesse d'environ 3 noeuds. A chacune des stations de chalutage, trois types de données ont été récoltées :

- les paramètres relatifs à l'opération de chalutage (position géographique, heure et durée du trait, sonde, cap, état de la mer, etc...),
- les indices d'abondance pondérale (kg/30min) et numérique (nombre d'individus/30min). Tous les animaux récoltés dans le chalut tribord ont été triés par espèce (ou à défaut par famille pour certains poissons), pesés, et dénombrés,
- la structure en taille des captures de certaines espèces. Ainsi par exemple, un échantillon de chaque espèce de crevette a été mesuré (mesure du céphalothorax au pied à coulisse, au millimètre inférieur), les individus ayant été préalablement triés selon leur sexe, et pour les femelles selon leur stade de maturité sexuelle.

Afin de pouvoir analyser la variabilité saisonnière, une première campagne a été conduite au cours de la période des pluies (mai), et une seconde durant la saison sèche (octobre). Pour ne pas introduire de biais méthodologique supplémentaire, le protocole d'échantillonnage a été reconduit de façon identique lors des deux campagnes.

L'inventaire exhaustif du contenu des 186 traits de chalut (91 en mai, 95 en octobre) a permis de recenser un total de 113 espèces différentes (90 en mai, 100 en octobre) appartenant à 55 familles (49 en mai, 54 en octobre). Il s'agit de crevettes (5 espèces), d'autres crustacés (4

espèces de crabes et 1 espèce de langouste), de céphalopodes (2 espèces), de tortues (1 espèce) et principalement de poissons (100 espèces) (Tab. 1 et 1.bis).

D'un point de vue qualitatif, peu de variations saisonnières ont été constatées entre mai et octobre, puisque sur 113 espèces répertoriées, 82 sont communes aux deux campagnes.

Les matrices stations-espèces à traiter sont donc de dimension 91\*90 en mai, et 95\*100 en octobre. Ces matrices initiales contiennent beaucoup de valeurs nulles (espèces rares), de plus les valeurs ont une forte variabilité, certaines espèces ayant une biomasse élevée.

### III. PROTOCOLE D'ANALYSE DES DONNEES.

#### III.1. Rappel des principes généraux des méthodes d'ordination.

Les méthodes d'ordination ou d'analyse d'inertie sont toutes basées sur le même principe. Elles consistent à extraire la plus grande quantité d'information contenue dans un tableau de données pour fournir des représentations graphiques susceptibles de faciliter l'interprétation des résultats (Legendre, 1984). Les structures du tableau de données sont recherchées à la fois selon l'organisation des individus en lignes, et selon celle des variables en colonnes.

La représentation graphique d'un espace euclidien étant purement conceptuelle au-delà de trois dimensions, les méthodes d'ordination visent à résumer la majeure partie de l'information contenue dans une matrice de données par la recherche de sous-espaces de dimension minimale. Généralement plans ou axes factoriels, ces espaces réduits permettent d'observer au mieux la dispersion des individus (lignes du tableau). Un axe factoriel est caractérisé par un taux d'inertie qui exprime le pourcentage de l'information globale (variance) qu'il "explique". Le premier axe trouvé est celui de plus grande inertie, c'est-à-dire celui qui résume le mieux la dispersion du nuage de points (*i.e.* l'inertie du nuage). Le second, perpendiculaire au premier et d'inertie plus faible, résume l'information du nuage de points dans une autre direction. Le découpage du nuage d'individus induit par la recherche des axes principaux se poursuit ainsi jusqu'à ce que la dispersion totale du nuage soit expliquée.

Au-delà de la simple représentation des configurations-individus, les structures dégagées peuvent généralement être visualisées en fonction des variables en colonnes. Les axes factoriels trouvés précédemment sont considérés comme déterminant un facteur, soit une nouvelle variable "abstraite" (coordonnée principale), combinaison linéaire des variables actives d'origine (Gondeaux, 1988). L'intérêt est alors de mesurer le degré de liaison linéaire entre les variables d'origine et les coordonnées principales, toujours par l'intermédiaire de représentations graphiques (exemple : cercle des corrélations ou analyse d'inertie menée sur les variables).

Les deux configurations lignes-colonnes du tableau ne sont naturellement pas indépendantes. Le principe de dualité entre l'espace euclidien des individus et celui des variables établit un lien étroit entre les structures de chaque nuage. La représentation simultanée du nuage des individus et de celle des variables permet ainsi d'associer à chaque axe principal des caractères faunistiques propres.

Dans notre cas, la typologie des stations sera déterminée par les associations entre espèces. Les méthodes seront choisies en relation avec ce schéma de dualité. De plus, les caractéristiques de nos matrices (beaucoup de valeurs nulles et forte variabilité des valeurs) risquant de modifier les structures initiales lors des projections en espace réduit, il conviendra d'adapter la mesure de ressemblance entre points aux types de données. En effet, la mise en

évidence d'une structure des données n'est possible qu'après le choix d'une topologie ou l'adaptation d'une mesure de ressemblance entre descripteurs (*i.e.* une distance, ou une dissimilarité) à un problème donné. Cette option est celle qui a le plus d'impact sur les résultats écologiques (Chardy *et al.*, 1976; Barnes, 1952; Ibanez, 1971; Blanc *et al.*, 1976; Cailleux et Pages, 1982; Escoffier et Pages, 1990).

De ce fait, la mesure de la ressemblance entre les points d'un même espace vectoriel (individus ou variables) sera déterminée en fonction de plusieurs facteurs importants :

- l'absence de deux espèces rares dans une même station n'indique pas forcément que ces espèces se ressemblent, ou que le milieu leur soit défavorable. Ce phénomène peut être simplement lié à un artefact stochastique ou au protocole d'échantillonnage. La mesure de distance ne devra donc pas prendre en compte la "double-absence" comme significative sur le plan écologique,

- la mesure d'association entre espèces ne devrait pas favoriser les espèces de trop forte biomasse, et ainsi ne pas faire ressortir que les caractères associés à ces espèces,

- les mesures de distance entre individus devraient éviter d'introduire des modifications structurelles trop importantes, en affectant les relations d'ordre existant au sein de l'écosystème par déformation des projections en espace réduit (exemple : choix d'une distance ne respectant pas l'inégalité triangulaire). Les méthodes choisies permettront de représenter complètement le nuage de points en espace euclidien (valeurs propres obtenues toutes positives).

### III.2. Choix des méthodes d'ordination.

Les méthodes retenues ici satisfont toutes au principe de dualité. Leur différence est uniquement due au choix de la mesure de ressemblance qu'elles utilisent, et qui satisfait plus ou moins aux conditions énoncées précédemment. Elles se partagent en deux catégories en fonction de la nature des données : quantitatives ou qualitatives. Ces deux approches devront respectivement permettre :

- de déterminer les relations "numériques" entre espèces, afin de mettre en évidence les espèces de forte biomasse, risquant *a priori* d'influer sur les résultats,

- d'affiner les relations entre espèces par la mesure de leur présence dans les stations, sans considérer leur importance relative.

Les résultats croisés de ces analyses apporteront des informations complémentaires, en affinant les synopsis obtenues des deux différentes manières.

### III.2.1. Méthodes utilisant les données quantitatives.

#### III.2.1.1. Analyse en Composantes Principales non normée sur données transformées.

Le tableau de données est ici transformé en ramenant chaque ligne (individu) à la racine carrée d'une distribution. La diagonalisation de la matrice de variance-covariance du tableau transformé (A.C.P. non normée) permet d'obtenir une visualisation de la distance d'Hellinger (Amanieu et *al.*, 1981; Lecoutre et Tassi, 1987).

Soit la distance d'Hellinger entre deux probabilités  $P_1 = \frac{p_{1j}}{p_{1.}}$  et  $P_2 = \frac{p_{2j}}{p_{2.}}$ , elle est définie comme suit :

$$D^2(i_1, i_2) = \sum_{j=1}^{Ncol} \left( \sqrt{\frac{p_{1j}}{p_{1.}}} - \sqrt{\frac{p_{2j}}{p_{2.}}} \right)^2$$

avec :  $p_{ij}$ ,  $j^{\text{ième}}$  composante du vecteur ligne  $i$ ,  
 $p_{i.}$ , somme des éléments de la ligne  $i$ .

Cette distance présente les avantages suivants :

- elle ne dépend que des paramètres distributifs propres à chaque échantillon (comparaison de distribution),
- $D^2(i_1, i_2) \leq 2$ , ce qui permet de limiter la dispersion du nuage de points lors des projections,
- elle permet de réduire la taille des matrices à analyser grâce au principe d'équivalence distributionnelle,
- elle traduit le fait intuitif qu'une petite différence entre des valeurs faibles en moyenne est aussi importante qu'une grande différence entre des valeurs fortes en moyenne.

#### III.2.1.2. Analyse en Composantes Principales sur données transformées.

L'A.C.P. est décrite optimalement pour des données quantitatives homogènes. Cette méthode requiert au moins la stabilité des variances pour éviter des distorsions lors des projections sur les plans factoriels (Ibanez, 1972; Benzécri et Benzécri, 1984). Les données initiales sont donc soumises à une transformation logarithmique, pour redonner du poids aux variables de faible valeur numérique.

Cette A.C.P. est réalisée sur des données réduites. La distance calculée entre individus log-normés est alors la distance euclidienne classique munie de la métrique  $\mathbf{M} = \mathbf{D}_{1/8}^2$ , métrique diagonale des inverses des variances :

$$d^2(\mathbf{e}_i, \mathbf{e}_j) = (\mathbf{e}_i - \mathbf{e}_j)' \mathbf{M} (\mathbf{e}_i - \mathbf{e}_j)$$

avec :  $\mathbf{e}_i$  , vecteur individu  $i$ .

Elle présente en outre l'avantage de pouvoir représenter les variables sous forme de cercle de corrélation et de stabiliser la variabilité des données.

### III.2.2. Méthodes utilisant les données qualitatives.

#### III.2.2.1. Analyse Factorielle sur Tableau de Distances ou Analyse en Composantes Principales particulière.

L'Analyse Factorielle sur Tableau de Distances (A.F.T.D., Gower (1966)) permet de déterminer, en espace réduit, les principales directions de dispersion d'une représentation euclidienne centrée, à partir d'une matrice carrée, symétrique et semi définie positive. Pour éviter le problème du "double zéro", le tableau de données peut être recodé à l'aide de coefficients de similarité dits *asymétriques* qui ne considèrent pas la double absence comme significative dans la comparaison entre espèces. Les coefficients de similarité peuvent être ramenés à des coefficients de dissimilarité par une simple relation linéaire, et permettent d'obtenir une matrice inter-distance.

L'utilisation de l'A.F.T.D. induit donc une "perte des variables" au cours de l'analyse, puisque la matrice de distance se présente comme un tableau à deux entrées identiques (matrice symétrique avec des 0 sur la diagonale). Le principe de dualité, qui constituait un outil très puissant dans les analyses précédentes, est perdu. Pour palier à ce problème, on ramène l'analyse en coordonnées principales à une A.C.P. particulière (Blanc et al., 1976). Pour cela, le tableau de données binaires est recodé à l'aide de l'indice de similarité d'Ochiaï (Blanc et al., 1976; Caillez et Pages 1982; Legendre, 1984) :

$$S_o = \frac{a}{\sqrt{(a+b)(a+c)}}$$

avec, en notant 0, l'absence et 1, la présence de l'espèce à une station donnée :

a = nombre de couples (1,1),  
 b = nombre de couples (0,1),  
 c = nombre de couples (1,0).

Cet indice de similarité permet de :

- ne pas considérer l'absence d'espèce dans le calcul des distances,
- garder une configuration duale individus-variables en ramenant l'analyse sur tableau de distance à une A.C.P. particulière.

L'A.C.P. est alors réalisée (Blanc *et al.*, 1976), non normée, sur le tableau de données binaires après :

- division de chaque terme d'une ligne par  $\sqrt{p_i}$  avec  $p_i$ , somme de la ligne  $i$ ,
- centrage de chaque espèce.

### III.2.2.2. Analyse Factorielle des Correspondances Multiples (A.F.C.M.).

L'A.F.C.M. est une extension de l'Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C.). Elle permet l'analyse d'individus caractérisés par des variables nominales codées en modalités. Elle peut être présentée comme une A.F.C. appliquée à un tableau de données dont les variables en colonnes ont été divisées en classes distinctes et codées sous forme logique (0 ou 1).

A la différence de l'A.C.P., l'A.F.C.M. utilise la distance du  $\chi^2$  pour comparer les variables ou les individus entre eux. Pour les individus, la distance est la suivante :

$$d_{\chi^2}^2(i_1, i_2) = \sum_{j=1}^{Ncol} \frac{P}{P_j} \left( \frac{P_{i_1j}}{P_{i_1.}} - \frac{P_{i_2j}}{P_{i_2.}} \right)^2$$

- avec :  $Ncol$  : nombre de variables,  
 $P$  : nombre total de points,  
 $(p_{ij})$  :  $j^{\text{ème}}$  composante du vecteur ligne  $i$ ,  
 $p_i$  : somme des éléments de la ligne  $i$ ,  
 $p_j$  : somme des éléments de la colonne  $j$ .

Cette métrique lui confère de multiples propriétés dont :

- une bonne robustesse face au découpage en modalités,
- une analyse symétrique sur les lignes et les colonnes du tableau de données,
- une sensibilité plus importante aux espèces de faible abondance,
- la préservation des relations de distance inter-individus lors des projections sur les sous-espaces principaux,
- la mise en évidence possible de relations non-linéaires entre caractères.

Il s'agit alors d'effectuer une double A.C.P. sur les lignes et les colonnes du tableau disjonctif considéré comme un tableau de contingence. Les distances entre points de l'espace initial sont modifiées par le calcul de la distance du  $\chi^2$  (Bouroche et Saporta, 1992). Les propriétés induites par cette métrique et les relations simples liant les deux espaces de travail

(Dervin, 1988) (principe barycentrique), permettent de situer les individus et les modalités des variables sur le même graphique. Comme pour les A.C.P., les représentations graphiques issues de l'A.F.C.M. ne sont qu'un support à l'interprétation des résultats. Les analyses d'inertie décrites précédemment ne sont qu'une première étape dans l'exploration de nos matrices. La synthèse et les représentations des résultats sont donc couplés aux méthodes de classification.

### III.3. Choix des méthodes de classification.

Les méthodes de classification ont pour objet le regroupement d'individus (stations ou espèces) possédant des caractères communs en un nombre optimal de classes distinctes homogènes. Dans cette étude, seules seront considérées les méthodes dites de Classification Ascendante Hiérarchique (C.A.H.) qui consistent à créer une suite de partitions en classes de moins en moins fines, emboîtées les unes dans les autres. Le critère algorithmique, liant les individus par leur ressemblance, détermine alors un arbre de classification ou dendrogramme, obtenu de manière ascendante, partant d'un individu vers la totalité des objets. Le critère utilisé ici est celui de Ward (Caillez et Pages, 1982; Bouroche et Saporta, 1992).

#### *Le critère de Ward.*

Deux classes seront d'autant plus distinctes qu'elles seront respectivement homogènes (*i. e.* inertie intra-classe faible) et le plus éloignées possible l'une de l'autre (*i. e.* inertie inter-classe importante). La fusion de deux classes augmente l'inertie (*i.e.* l'information "se disperse"); le critère de regroupement consiste alors à réunir les deux classes pour lesquelles la variation d'inertie sera minimale (*i.e.* minimisation de la variation d'inertie intra-classe). A chaque pas du programme les individus sont agrégés en classes, et de proche en proche vont former un arbre hiérarchique. La coupure de l'arbre à un niveau donné partitionne le dendrogramme en un nombre optimal de classes de stations définies par les modalités-espèces les plus caractéristiques.

Le lien entre les analyses factorielles et les méthodes de C.A.H. se traduit par la classification des stations en fonction de leurs coordonnées sur les premiers axes factoriels et permet ainsi de clarifier les structures que ces derniers dégagent.

Employée en conjonction avec des méthodes d'ordination, la méthode de classification hiérarchique, selon le critère de Ward, est un excellent complément aux analyses factorielles puisqu'elle reproduit de façon exacte les relations entre les paires d'objets les plus rapprochés, à partir d'un critère d'optimisation de l'inertie assez naturel (Saporta, 1990). Cette méthode reste donc la plus complémentaire quant aux effets de contraction spatiale dus aux méthodes d'ordinations (Legendre, 1984).

De plus, la procédure de classification rend possible, non plus visuellement mais par le calcul, l'affectation de chaque individu à une classe. Ainsi, il devient aisé d'obtenir la cartographie de la typologie des stations par simple report des classes de stations sur la zone étudiée.

***En résumé :***

Sur chacune de nos deux matrices de données (stations/espèces) le protocole de traitement a été le suivant :

1. Données quantitatives : A.C.P. non normée avec distance d'Hellinger,  
A.C.P. classique sur données log-normées.
2. Données qualitatives : A.C.P. particulière utilisant un indice de dissimilarité (Indice d'Ochiaï),  
A.F.C.M. en deux modalités (présence/absence).
3. Croisement avec des méthodes de classification (critère de Ward) de manière à conforter les résultats.
4. Synthèse avec report des stations sur la zone étudiée et interprétation en fonction des caractères.

**III.4. Les méthodes de géostatistique.**

Pour analyser les distributions d'abondance de la crevette *Penaeus subtilis*, la technique de krigeage linéaire a été utilisée. Cette méthode permet de calculer des estimations de densité et une variance d'erreur associée à l'estimation sur une zone donnée. Il est possible de calculer de telles estimations à chaque point d'intersection d'une grille fixée par l'utilisateur, pour pouvoir ensuite dessiner avec précision les contours d'isodensité et d'isovariance. La carte des isovariances est très utile pour localiser les zones de fiabilité de prédiction de krigeage des points. Les résultats mettent ainsi en évidence à la fois une prédiction d'abondance de la ressource et une précision dans son estimation.

Le krigeage consiste en fait à :

- analyser et modéliser la covariance entre les échantillons en la considérant comme une fonction de la distance entre les positions géographiques des stations, à l'aide d'un modèle adéquat (ajustement d'un modèle au variogramme expérimental),

- calculer les poids optimaux qui vont être attribués à chaque échantillon lors de la prédiction d'un indice d'abondance moyen, en minimisant la variance estimée sur une zone donnée.

Initialement, divers variogrammes sont calculés sur la zone, dans le but de localiser des structures spatiales particulières. Le long de ces lignes d'estimation, on fixe une distance et un angle de variation (tolérance) qui serviront à déterminer le nombre de points à considérer dans le voisinage de la direction d'estimation. La semi-variance  $\Gamma(h)$ , quantité fonction de la distance  $h$ , est égale à la variance entre des échantillons indépendants moins la covariance caractérisée à

une distance  $h$ . Un estimateur de  $\Gamma(h)$  est calculé grâce aux données expérimentales pour obtenir les premiers points du variogramme :

$$\Gamma^*(h) = (1/2n) \cdot \sum_{i=1}^N [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

où :

-  $Z(x_i)$  et  $Z(x_i+h)$  sont les indices d'abondance au point  $x_i$  et au point distant de la portée  $h$  de  $x_i$ ,

-  $n$  est le nombre de paires de stations échantillonnées à la distance  $h$ ,

-  $N$  est le nombre total de stations échantillonnées.

Ensuite un modèle est ajusté au mieux à la configuration des points pris en compte sur le variogramme expérimental. Ce modèle va être utilisé pour une série de calculs de la variance des estimations et des poids associés aux unités d'échantillonnage dans le calcul des moyennes. Le plus commun des modèles en géostatistique est le modèle sphérique, modèle qui est largement employé sur des données écologiques (Petitgas, 1991). Il est défini comme suit :

$$\Gamma(h) = C_0 + C \cdot \left( \frac{3}{2} \cdot \frac{h}{a} - \frac{1}{2} \cdot \frac{h^3}{a^3} \right)$$

où :

-  $C_0$  est appelé effet de pépite. Cette discontinuité à l'origine est due au fait que  $\Gamma(h)$  ne tend pas toujours vers zéro avec  $h$ , cela en raison d'artefacts comme par exemple la forte variabilité des données sur des stations proches (erreurs de mesures),

-  $C$  est la valeur de palier où se stabilisent les données, valeur asymptotique de la semi-variance qui sera atteinte lorsque  $h = a$  (échelle).  $h$  représente alors la valeur maximale de la distance à laquelle les effets spatiaux entre échantillons sont détectables (*i.e.* la covariance spatiale s'annule au-delà d'une certaine échelle  $a$ ).

Le variogramme  $\Gamma(h)$  décrit la structure entre des points distants de  $h$ . Le modèle ajusté au variogramme est supposé être généralisé à toute la zone, et ne pas dépendre des particularités de certaines valeurs de  $x_i$ . Il est donc nécessaire d'émettre des hypothèses de stationnarité. Ainsi, on suppose l'invariance par translation dans l'espace d'étude des moments d'ordre un et deux.

Le modèle ajusté au variogramme, les données expérimentales sont utilisées pour minimiser la variance estimée sur l'aire de travail aux stations données. Pour kriger, on attribue des poids à chaque unité d'échantillonnage et l'estimation de la densité moyenne devient à l'endroit krigé :

$$Z^*(x_i) = \sum_{i=1}^N w_i \cdot Z(x_i)$$

avec :

- N : nombre total d'échantillons,

-  $w_i$  : poids attribué à l'échantillon  $x_i$ , avec, en général,  $w_i=1/N$  et  $\sum_{i=1}^N w_i = 1$ .

Les valeurs d'estimation sont calculées aux mailles d'une grille fixée par l'utilisateur sur la zone de travail.

## IV. RESULTATS.

*"L'analyse factorielle n'est pas une théorie transcendante de portée universelle."*

*"On ne peut avoir quantifié dans une analyse factorielle tout ce qui est important. L'analyse factorielle n'est vraie qu'à un instant donné (c'est une photographie), elle ne tient aucun compte de l'historicité."*

Margalef, 1967 (in Ibanez, 1971).

Les résultats obtenus, aux vues des analyses présentées précédemment, ne sont qu'une vision instantanée de phénomènes évolutifs dans le temps et l'espace. Ils seront interprétés en tenant compte des faibles connaissances relatives aux facteurs environnementaux de la zone.

L'élaboration du protocole d'analyse de nos données a été conduite selon une succession d'étapes dépendantes. L'utilisation successive des méthodes statistiques a donc permis le franchissement de niveaux de filtres dans l'étude de la structure de l'écosystème. Dans cette optique, les résultats ont été retenus selon les critères suivants :

- les plans factoriels présentés sont les plus représentatifs de caractères écologiques ou de structures particulières. Ils ont été choisis sur leur capacité à discriminer et à synthétiser l'information la plus exhaustive possible (fort taux d'inertie). Les axes factoriels significatifs ont été sélectionnés selon des critères empiriques. Sur chaque éboulis des valeurs propres, présentés simultanément avec les plans principaux, l'existence d'un coude a été détectée (exemple : Fig. 4) et les valeurs propres situées au-delà de cette cassure ont été considérées comme suffisamment faibles pour être négligées,

- dans certains cas, l'affectation d'une masse nulle à des individus ou des variables (*i.e.* mise en supplémentaire) a pu être utilisée pour vérifier la particularité de certaines structures. Les corrélations entre les variables actives et supplémentaires avaient alors un rôle significatif dans l'interprétation des axes,

- lorsque les plans factoriels mettent en évidence un facteur écologique particulier, une classification ascendante hiérarchique a été effectuée sur les coordonnées des premiers axes factoriels. Le choix de ces coordonnées dépend du nombre d'axes explicables et surtout de la quantité suffisante d'inertie résumée. Une fois les différentes classes obtenues représentées dans l'espace factoriel, les groupements d'individus sont plus facilement interprétables grâce au tracé des ellipsoïdes d'inertie de chaque classe. En effet, celles-ci caractérisent les principales directions de dispersion de la classe dans le sous-espace considéré. La sélection des classes caractéristiques a alors été déterminée selon des critères similaires à la sélection des axes principaux. La présence d'un coude sur les histogrammes des indices de niveaux (Fig. 13) a déterminé la troncature optimale de l'arbre hiérarchique.

## IV. 1. Campagne de mai.

### IV. 1.1. Analyse en Composantes Principales non normée sur données transformées .

- Distance d'Hellinger
- Diagonalisation de la matrice de variance-covariance du tableau transformé
- Origine des représentations: barycentre du nuage de points

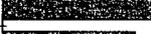
V. P.	% cumulé	% de variance	
0.239	33.76	33.76	
0.072	43.91	10.15	
0.063	52.86	8.95	
0.054	60.55	7.68	
0.028	64.48	3.94	
0.024	67.87	3.39	
0.020	70.69	2.83	
0.019	73.43	2.74	
0.016	75.72	2.29	
0.014	77.66	1.94	

Figure. 4. Eboulis des dix premières valeurs propres.

L'éboulis des valeurs propres caractérise très nettement le premier axe qui résume un tiers de l'inertie totale. La décroissance des valeurs propres sur les trois axes suivants (27% de variance expliquée) est monotone (de 10% à 8%). Dans un espace à quatre dimensions, l'inertie résumée dépasse 60%.

**Le fort taux d'inertie du premier axe (34%)** est expliqué par l'éloignement des stations de part et d'autre du centre de gravité (Fig. 5).

La classification ascendante hiérarchique (C.A.H.), réalisée à partir des coordonnées factorielles des individus, a permis d'isoler deux grands groupes de stations. Le premier axe oppose celles du large à celles de la zone côtière. Les stations s'opposent dans une structure circulaire, induite par les propriétés de la distance utilisée (Fig. 5 a).

La ventilation des espèces sur le premier plan principal (Fig. 5 b) distingue celles de plus forte biomasse. Le reste du taxocène est situé au barycentre de la représentation.

Les stations de la zone côtière (0-30 mètres) sont principalement associées aux espèces (ou familles) suivantes : *Macrodon ancylodon*, *Stellifer rastrifer*, les Clupeidae, *Dasyatis americana*, *Xyphopeneus kroyeri*, *Gimmura micrura*, *Nebris microps*, *Bagre bagre*, *Penaeus subtilis*, *Anchoa spinifer*.

Celles de la zone hauturière (30-60 mètres) apparaissent associées aux espèces : *Chloroscombrus chrisurus*, *Lutjanus synagris*, *Orthopristis ruber*, *Syacium papillosum*.

**Le deuxième axe** (11% d'inertie) précise la répartition des principales espèces de la strate bathymétrique 0-30 mètres, en opposant les Dasyatidae, Ariidae, certains Peneidae (*Xyphopenaeus Kroyeri*) qui sont en zone très côtière (zone estuarienne 0-20 mètres), aux Sciaenidae, Clupeidae et Penaeidae (*Penaeus subtilis*) plus au large.

**Le troisième axe** (8% de l'inertie totale) stratifie la zone hauturière (30-60 mètres) selon deux strates qui contiennent respectivement pour la première (40-60 mètres) les Lutjanidae, Pomadasyidae, Gerreidae, et pour la seconde (30-40 mètres) les Mullidae et Carangidae.

Les particularités associées à la distance d'Hellinger ont permis d'appliquer un premier filtre à nos données, et ainsi d'identifier un certain nombre d'espèces structurantes. Pour essayer d'intégrer toutes les espèces dans une typologie exhaustive de la zone étudiée, il convient donc de pondérer leur importance pour diminuer la variabilité des données.

#### IV. 1.2. Analyse en Composantes Principales normées sur données transformées.

- Tableau log-normé
- Métrique  $D_{1/k^2}$
- Diagonalisation de la matrice des corrélations du tableau transformé
- Représentations barycentriques du nuage des points

V. P.	% cumulé	% de variance	
15.79	17.35	17.35	
7.51	25.60	8.25	
4.51	30.55	4.95	
4.16	35.13	4.58	
3.62	39.10	3.98	
3.22	42.64	3.54	
2.74	45.66	3.01	
2.55	48.46	2.80	
2.38	51.07	2.62	
2.26	53.56	2.49	

Figure 6. Eboulis des dix premières valeurs propres.

**Le premier axe** (17% de l'inertie totale) oppose, à ses extrémités, les stations côtières (0-30 m) à celles du large (40-60 m). La structure écologique dégagée ici est identique à celle mise en évidence précédemment. La normalisation des données brutes par transformation logarithmique, avec une pondération des individus par l'inverse de leur variance, a permis de caractériser un nombre supérieur d'espèces en zone côtière (Sciaenidae, Ariidae, Batrachoididae) et d'isoler un contingent d'espèces plus important dans les stations du large (Carangidae, Priacanthidae, Lutjanidae) (Fig.7).

**Les autres axes** n'apportent pas d'information complémentaire.

Le travail sur matrice de corrélation a gommé les effets trop structurants de l'analyse précédente, en redonnant de l'importance aux espèces de moyenne biomasse. Ceci explique la baisse d'inertie sur les premiers axes.

#### IV. 1.3. Analyse Factorielle sur Tableau de Distances (Ochiaï).

- Distance associée à l'indice de similarité d'Ochiaï
- Diagonalisation de la matrice de variance-covariance du tableau transformé
- Représentations barycentriques du nuage de points

V. P.	% cumulé	% de variance	
0.1993	28.64	28.64	
0.0711	38.86	10.22	
0.0341	43.76	4.90	
0.0288	47.89	4.13	
0.0256	51.58	3.68	
0.0230	54.88	3.30	
0.0177	57.41	2.54	
0.0172	59.88	2.47	
0.0156	62.12	2.24	
0.0144	64.19	2.07	

Figure 8. Eboulis des dix premières valeurs propres.

En résumant 33% de l'information sur le **premier axe**, et 53% dans un espace à trois dimensions, le premier plan de cette analyse présente une structure circulaire analogue à celle de l'analyse factorielle réalisée avec la distance d'Hellinger (Fig. 9). Par contre, la perte de variabilité des données par le recodage en binaire a entraîné une meilleure ventilation des points sur les plans principaux. En revanche, les associations entre espèces de faible biomasse et la totalité du taxocène restent difficilement interprétables.

L'utilisation d'un indice permettant de ne pas considérer la "double-absence" comme significative n'a donc pas contribué à apporter d'informations complémentaires. Le recodage en binaire du tableau de données, suivi du recalcul quantitatif des indices de distance, a diminué la qualité de la matrice initiale, introduisant une perte de la structure écologique, dans le cas des espèces peu fréquentes. Seul le très fort caractère d'opposition côte/large est toujours mis en évidence.

#### IV. 1.4. Analyse Factorielle des Correspondances Multiples.

- Distance du  $\chi^2$
- Représentations barycentriques du nuage de points

V. P.	% cumulé	% de variance	
0.204	20.43	20.43	
0.096	29.99	9.56	
0.047	34.71	4.72	
0.045	39.19	4.48	
0.038	42.97	3.79	
0.034	46.41	3.44	
0.032	49.60	3.19	
0.028	52.38	2.78	
0.027	55.03	2.65	
0.025	57.50	2.47	

Figure 10. Eboulis des dix premières valeurs propres.

Les données se répartissent sur le premier plan factoriel le long d'un paraboloïde caractéristique d'un effet Guttman (Fig. 11).

**Le premier axe**, qui résume 18% de l'inertie totale, caractérise un gradient côte-large fonction de la bathymétrie, plus fin que celui observé dans les analyses précédentes. Une carte des isolignes des coordonnées des points sur ce premier axe met bien en évidence cette caractéristique (Fig. 12 a). Les lignes d'isovaleurs des coordonnées factorielles de chaque station sont ordonnées parallèlement aux isobathes. La structure dégagée est fortement corrélée à la bathymétrie. Les plus fortes valeurs du gradient de répartition (isolignes proches) sont localisées aux alentours de l'isobathe des 30 mètres.

**Le deuxième axe** (8% de la dispersion du nuage) s'interprète comme un facteur d'opposition des espèces réparties en moyenne sur une grande zone, de celles de très faible présence et caractérisées par des positions extrêmes (Fig. 11 a). Ceci explique la forme parabolique du nuage de points. Lorsque les espèces se raréfient, elles contribuent d'autant plus au deuxième axe, tout en gardant leur caractère de répartition associé à la bathymétrie croissante sur le premier axe. Cet aspect structurel marque un des défauts de l'analyse factorielle des correspondances multiples, qui consiste à donner une importance trop marquée aux espèces de "faible modalité". Le deuxième axe oppose plus particulièrement les stations de la zone 30-40 mètres à celles du large (> 50 mètres).

**Les axes suivants** n'apportent aucune information supplémentaire.

Pour affiner les interprétations des proximités entre points espèces et points stations, une classification ascendante hiérarchique a été réalisée en retenant les sept premières coordonnées factorielles des stations (50% de l'inertie totale).

L'histogramme des indices de niveaux présente deux cassures (noeud 179 et noeud 176) (Fig. 13). La troncature retenue partitionne le dendrogramme en 4 classes (noeud 174, 172, 177, 178), qui sont écologiquement interprétables. En effet, une partition à un degré inférieur, soit en 7 classes (noeud 176), ne fait ressortir que des caractéristiques de stations particulières.

Cette analyse présentant des résultats écologiques notables, la cartographie de la répartition des principaux groupes isolés par la classification ascendante hiérarchique a été obtenue en reportant sur la zone d'étude les stations appartenant à chaque classe (Fig. 14).

Les espèces se répartissent globalement en deux grands groupes. Les **espèces côtières** (Ariidae et certains Scianidae) s'opposent aux **espèces hauturières** (Lutjanidae, Pomadasidae, Carangidae) situées strictement au-delà de la zone des trente mètres, et elles-mêmes réparties en deux sous-groupes. Le plus au large (40-60 mètres) est caractéristique d'un contingent d'espèces de faible biomasse. Parmi les espèces côtières, un groupe composé notamment de certains Scianeidae et de Pomadasidae apparaît préférentiellement lié à la zone de transition (25-30 mètres).

#### IV. 1.5. Cartographie de la répartition de la crevette *Penaeus subtilis*.

La morphologie générale du plateau continental de la Guyane française est peu variable. Le seul caractère particulier est la structure des isobathes en gradient côte/large parallèle à la côte, ce gradient diminuant de l'est vers l'ouest. Ainsi, les deux directions moyennes susceptibles de résumer la structure spatiale du plateau sont  $135^\circ$  (direction moyenne des isobathes et de la côte), et  $45^\circ$  (perpendiculaire à la direction précédente), le  $0^\circ$  correspondant à l'horizontale. Les principales classes de la totalité des individus ont été identifiées sur la zone d'étude à l'aide d'une courbe de fréquence expérimentale cumulée.

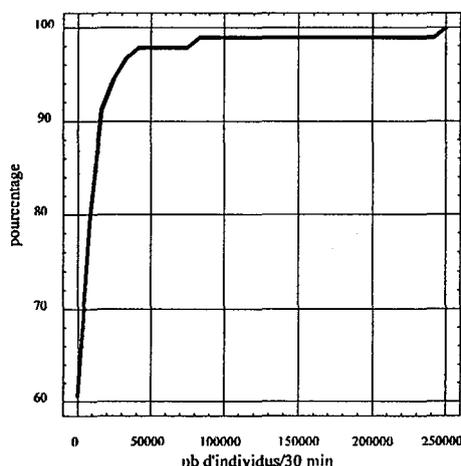


Figure 15. Courbe de fréquence cumulée des valeurs expérimentales.

La proportion de valeurs faibles ou nulles est très importante ( $> 60\%$ ), surtout pour les stations de profondeur supérieure à 30 mètres. Ce nombre élevé de valeurs nulles n'implique pas forcément une répartition pépétique de la ressource. Il est ici dû à un échantillonnage important de stations situées hors de la zone de principale répartition de *Penaeus subtilis*. Ces valeurs correspondent donc à un "effet de bord" ("spatial border effect"; Petitgas et Poulard, 1989). Le nombre de stations où les valeurs sont élevées est faible (de l'ordre de 4%). Ces stations sont groupées pour la plupart au large du Maroni et de la zone comprise entre Cayenne et l'Oyapock. Le modèle spatial peut être corrélé aux stations dont les indices d'abondance varient entre 5000 et 15000 individus (32 % des données).

Ainsi, la direction privilégiée pour estimer la semi-variance, et adapter un modèle théorique global sur les données expérimentales obtenues en mai et en octobre, a été choisie le long d'un axe sud-ouest nord-est ( $45^\circ$  dans le sens trigonométrique à partir de l'axe des abscisses, soit presque perpendiculairement aux isobathes) (Fig. 16). D'autres variogrammes ont été calculés dans des directions différentes mais aucune corrélation spatiale n'a pu être détectée.

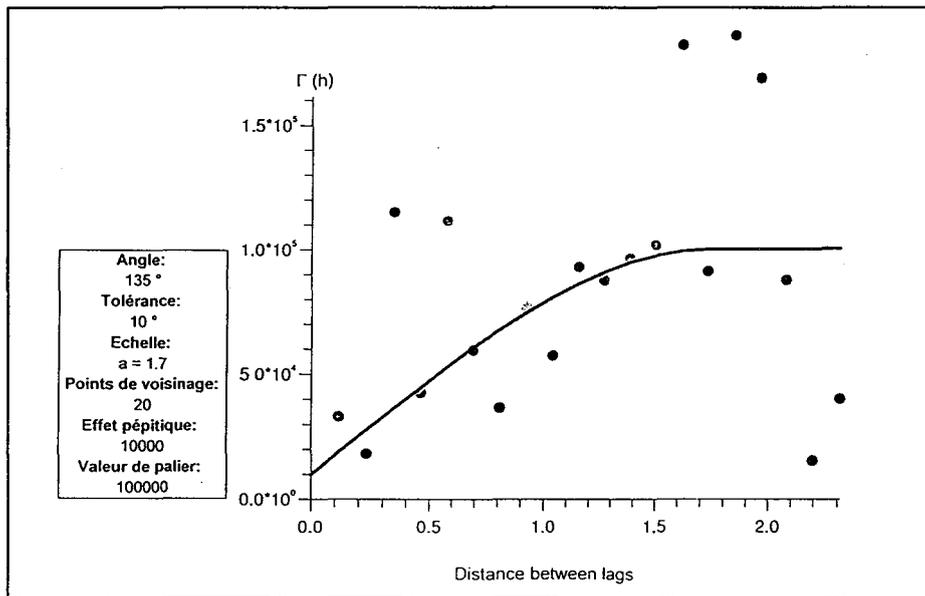


Figure 16. Variogramme expérimental et modèle sphérique ajusté (mai 1993).

Le variogramme global a été estimé dans la direction du groupe de stations au large de l'Oyapock. Le variogramme expérimental choisi décrit une structure spatiale moyenne sur toute la zone, et qui est en moyenne valide sur tout le champ considéré. Les valeurs nulles "de bordure" font diverger le variogramme, ce qui n'a pas forcément d'effet dans la mesure où la partie essentielle de ce dernier se situe à l'origine (*i.e.* pour de petites distances).

Le krigeage a été effectué aux noeuds d'une grille d'environ 7km/7km avec un nombre donné d'échantillons à chaque voisinage des estimations. Les limites de l'interpolation sont la ligne de côte et l'isobathe des 60 mètres. La tendance décelée par les statistiques de base est respectée par la méthode de krigeage. Les principales zones de répartition de la crevette *Penaeus subtilis* identifiées par cette technique correspondent à l'analyse empirique des données brutes. Les plus grandes valeurs de biomasses sont bien observées au large des deux grands fleuves de Guyane. Ainsi, la crevette est principalement localisée dans la strate 0-40 mètres, avec des pics de répartition maximale dans la zone 20-40 mètres au large des deux grands fleuves Maroni, Oyapock, et secondairement au large du fleuve Sinnamary (strate 20-30 mètres) (Fig. 17.A). Les lignes d'isovaleurs sont orientées dans la direction d'estimation du variogramme. Le krigeage donne un poids plus important aux stations positionnées le long de la direction  $45^\circ$  (anisotropie dans la direction parallèle aux isobathes). Ceci a pour effet de déformer les isolignes, et de montrer un gradient très fort (isolignes rapprochées) lorsque l'on se déplace parallèlement aux isobathes. Au nord de l'isobathe 40 mètres, les valeurs de krigeage sont négatives. Ces valeurs aberrantes correspondent à une inadaptation du

variogramme global aux zones où la crevette est absente ("Bordering zero region effect"; Petitgas et Poulard, 1989).

Les recrues se répartissent préférentiellement dans les trois zones déjà identifiées pour l'ensemble du stock (au large du Maroni, de l'Oyapock et du Sinnamary) (Fig. 17.b). Un gradient croissant de répartition large/côte est mis en évidence lorsque l'on cartographie les pourcentages de recrues par rapport à la biomasse totale.

La carte des isovariances est présentée figure 18. La variance d'erreur est d'autant plus forte que la distance de l'estimation aux points expérimentaux est grande. Les zones où les données sont absentes sont donc mises en évidence, cela est en partie induit par la non-optimisation du plan d'échantillonnage.

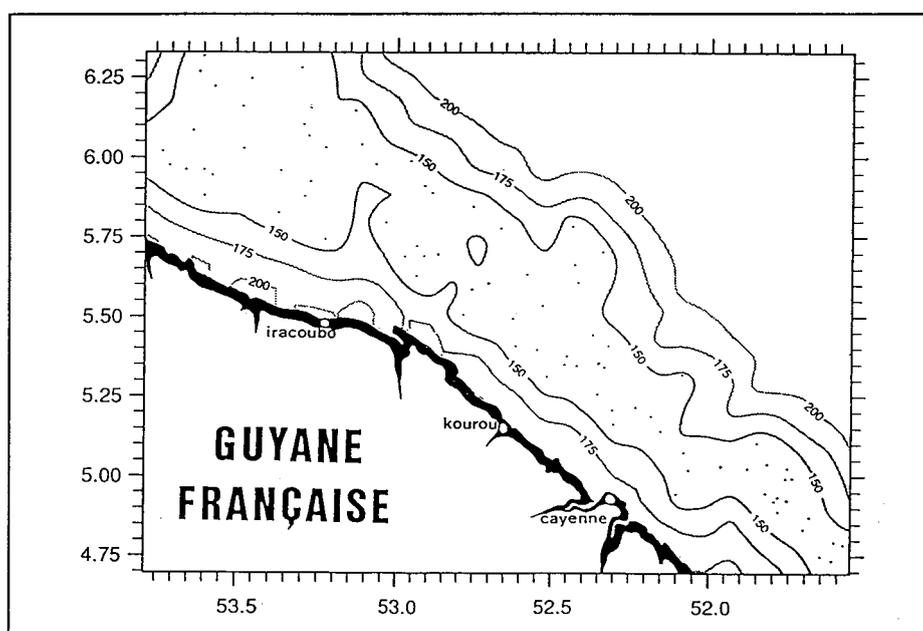


Figure 18. Carte des isovaleurs de la variance d'estimation de krigeage pour la totalité du stock (mai 1993).

## IV.2. Campagne d'octobre.

Le protocole d'analyse des données de cette campagne a été simplifié en tenant compte des résultats acquis précédemment. Les techniques retenues sont celles qui ont permis d'identifier les espèces les plus structurantes, et qui ont fourni une typologie la plus exhaustive possible.

### IV. 2.1. Analyse en Composantes Principales non-normée sur données transformées .

- Distance d'Hellinger
- Diagonalisation de la matrice de variance-covariance du tableau transformé
- Représentations barycentriques du nuage de points

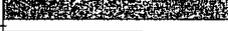
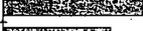
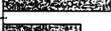
V. P.	% cumulé	% de variance	
0.2155	28.56	28.56	
0.1004	41.87	13.31	
0.0866	53.35	11.48	
0.0537	60.46	7.12	
0.0416	65.98	5.51	
0.0301	69.96	3.99	
0.0256	73.36	3.40	
0.0242	76.57	3.21	
0.0210	79.34	2.78	
0.0165	81.53	2.19	

Figure 19. Eboulis des dix premières valeurs propres.

La structure dégagée par cette analyse est similaire à celle utilisant les données de mai (distribution circulaire des points sur le premier plan factoriel). La composition des espèces fortement structurantes est identique à celle de mai, avec en plus *Selene vomer* (Fig. 20 a).

La classification ascendante hiérarchique (C.A.H.), appliquée aux coordonnées factorielles des individus, partitionne le plan en quatre principales zones (plan des individus) (Fig. 20 a). L'opposition de la zone marine du large à la zone côtière est toujours nettement marquée (premier axe). Cependant la stratification de ces deux zones semble être plus nette qu'en mai.

La zone côtière est séparée en deux sous groupes, le premier largement associé à *Macrodon ancylodon*, *Penaeus subtilis*, et *Stellifer rastrifer* (strate 20-30 mètres), et le second à *Dasyatis americana*, *Arius grandicassis*, *Arius rugispinis*, *Gymnura micrura* et *Xyphopenaeus Kroyeri* (strate 10-20 mètres).

La zone du large (bathymétrie supérieure à trente mètres) est scindée en deux grandes strates limitées respectivement par l'isobathe des 40 mètres. Les espèces associées aux stations

plus au large (40-60 mètres) sont *Lutjanus synagris*, *Orthopristis ruber*, et pour les autres (30-40 mètres) *Upeneus parvus*, *Chloroscombrus chrisurus*, *Sphiraena guachancho*, et *Selene vomer* (Fig. 20 b).

#### IV. 2.2. Analyse Factorielle des Correspondances Multiples.

- Distance du  $\chi^2$
- Représentations barycentriques du nuage de points

V. P.	% cumulé	% de variance	
0.2006	20.81	20.81	
0.0737	28.46	7.65	
0.0441	33.04	4.58	
0.0435	37.55	4.52	
0.0355	41.23	3.68	
0.0342	44.77	3.54	
0.0309	47.98	3.20	
0.0280	50.88	2.90	
0.0272	53.70	2.82	
0.0255	56.34	2.64	

Figure 21. Eboulis des dix premières valeurs propres.

Le premier axe résume 20 % de l'inertie totale. Il montre les mêmes caractéristiques de répartition qu'en mai, après que certaines stations aient été traitées en variable supplémentaire. Ces stations sont situées au large de l'embouchure du Maroni, et caractérisées par la présence d'un contingent d'espèces rares Serranidae, Priacanthidae, Batrachoididae, Tetraodontidae.

La différence marquante avec les résultats obtenus en mai concerne le groupe d'espèces identifié précédemment dans la zone de transition entre les eaux saumâtres et marines. La répartition de ces espèces est plus corrélée à la partie négative du premier axe, soit la zone côtière. Le Sciaenidae *Macrodon ancylodon* se retrouve dans le groupe d'espèce très côtières (10-20 mètres), et la crevette *Penaeus subtilis* est isolée au sein d'un groupe caractérisé par l'absence d'espèces du large (Lutjanidae, Gerreidae, Triglidae, Carangidae, Mullidae).

Alors qu'en mai la stratification globale de la zone semblait marquée par l'isobathe des 30 mètres (symétrie autour de part et d'autre de l'axe 2 (Fig. 22), en octobre les stations côtières (10-20 mètres) sont isolées et opposées au reste des stations.

La carte des isovaleurs du premier axe factoriel montre la répartition des espèces selon le gradient bathymétrique (Fig. 12 b). La plus forte valeur de ce gradient se situe plus à la côte, ce qui caractérise la dynamique des espèces côtières par rapport à ce qui a été observé en mai.

La classification ascendante hiérarchique appliquée aux 10 premiers axes factoriels (56% de l'inertie totale) montre deux niveaux de troncutures possibles qui partitionnent respectivement l'arbre hiérarchique en trois ou sept groupes de stations. L'histogramme des indices de niveau marque un net changement de pente au noeud 160, puis une seconde

discontinuité dans la décroissance au noeud 162 (Fig. 23). Seul le premier seuil de troncature donne des résultats qui sont écologiquement interprétables. En effet, la troncature en 7 classes ne met en exergue que des groupements de significations écologiques difficilement interprétables.

Comme pour la campagne précédente, les différents groupes isolés par la C.A.H. sont reportés sur la zone d'étude (Fig. 24).

#### IV. 2.3. Cartographie de la répartition de la crevette *Penaeus subtilis*.

L'analyse empirique des données brutes montre des caractéristiques similaires à celles de la campagne précédente (Fig. 25 a). Au-delà de l'isobathe des trente mètres, la proportion des valeurs de faible biomasse est forte (> 80 %). Les stations les plus côtières (0-20 mètres) constituent aussi une zone de "zéro de bordure". Le nombre de stations où la biomasse des espèces est très élevée, est faible (2% du total). Les indices d'abondance numérique des stations intermédiaires varient entre 5000 et 60000 individus par 30 minutes.

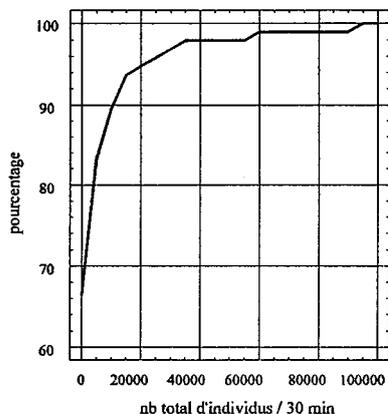
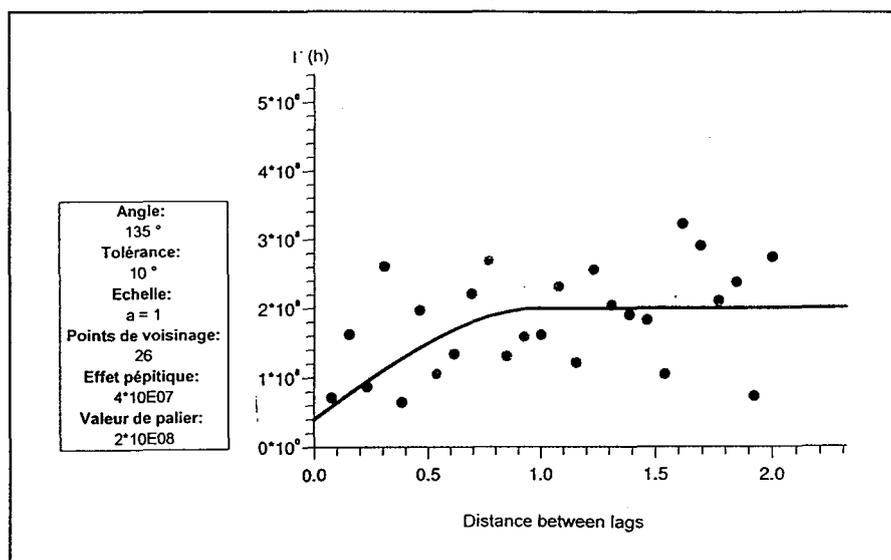


Figure 25 a. Courbe de fréquence cumulée des valeurs expérimentales.

Le variogramme expérimental est estimé dans la même direction que pour mai (Fig 25 b). Le modèle sphérique ajusté présente cependant une distance "a" de stabilisation de la semi-variance inférieure à celle de cette direction. Les données sont moins corrélées entre elles, et il a donc été délicat d'ajuster ce modèle sans considérer un effet pépétique pur (*i.e.* aucune corrélation spatiale, répartition aléatoire de la ressource). Cependant, il apparaît que la répartition de la ressource semble globalement associée aux mêmes zones qu'en mai.



**Figure 25 b.** Variogramme expérimental et modèle sphérique ajusté (octobre 1993).

Les mailles de la grille retenue pour le krigeage ont 7 km de côté. Les résultats obtenus concordent avec l'analyse empirique des données brutes. Les zones d'abondance maximale de répartition des crevettes sont localisées au large des estuaires du Maroni et de l'Oyapock. Ces zones sont plus marquées qu'en mai, et ce malgré la baisse de 50% des effectifs échantillonnés. La répartition des crevettes apparaît généralement associée aux strates 20-40 mètres, sauf au large de l'Oyapock (Fig. 26 a).

La cartographie des recrues est semblable à celle obtenue en considérant l'ensemble du stock. Par rapport aux résultats de mai, leur éloignement de la côte est caractéristique. L'aire de répartition est localisée dans les strates bathymétriques 20-40 mètres (Fig. 26 b).

## V. DISCUSSION.

### 1) Typologie des peuplements démersaux.

L'écosystème démersal guyanais se caractérise par sa grande richesse faunistique, sa diversité n'étant cependant pas du niveau de celle des écosystèmes tropicaux "classiques" (Durand, 1960). Cet écosystème peut être qualifié d'écosystème "mature" au regard des diagrammes rang-fréquence estimés (Fig. 27). L'indice global de diversité (Shannon-Weaver) calculé sur l'ensemble de la zone étudiée est élevé ( $>4$ ). En revanche, l'indice de régularité est faible, ce qui signifie que le peuplement démersal est constitué d'un nombre élevé d'espèces globalement peu abondantes (Moguedet et al., 1994).

Les différentes analyses factorielles, qui ont été conduites pour caractériser les associations des peuplements démersaux et cartographier leurs répartitions, dégagent toutes les mêmes structures générales. Les différences concernent les groupements identifiés à l'intérieur de ces structures (Fig. 14 et 24).

Le caractère majeur qui ressort de ces analyses est l'opposition entre d'un côté les **peuplements côtiers (strates de 0 à 30 mètres)** associés aux Sciaenidae (*Cynoscion virescens*, *Nebris microps*, *Macrodon ancylodon*, *Stellifer rastrifer*), Ariidae (*Bagre bagre*, *Arius parkeri*, *Arius rugispinis*), Batrachoididae (*Batrachoides surinamensis*), Clupeidae (*Anchoa spinifer*), Dasyatidae (*Dasyatis americana*), Peneidae (*Xyphopenaeus kroyeri*, *Penaeus subtilis*), et Gimmuridae (*Gimmura micrura*), et de l'autre les **peuplements hauturiers (strates de 30 à 60 mètres)** associés aux Lutjanidae (*Lutjanus purpureus*, *Lutjanus synagris*), Gerreidae (*Eucinostomus argenteus*), Carangidae (*Chloroscombrus chrisurus*, *Selene vomer*), Pomadasysidae (*Orthopristis ruber*), Bothidae (*Syacium papillosum*), et Mullidae (*Upeneus parvus*).

Au sein du peuplement côtier, un groupe d'espèces se répartit préférentiellement dans les strates de 25 à 30 mètres, à la marge de l'aire de distribution du peuplement hauturier. Ce groupe est composé de certains Sciaenidae, Peneidae (*Penaeus subtilis*) Pomadasysidae (*Genyatremus luteus*, *Pomadasys corvinaeformis*), Engraulidae (*Anchoa spinifer*, *Anchoviella lepidentostole*).

En ce qui concerne les espèces hauturières, leur répartition est stratifiée selon deux grands groupes, le premier dans la zone bathymétrique 30-40 mètres et le second dans celle plus profonde (40-60 mètres). Ce dernier groupe est essentiellement composé d'espèces de faible biomasse, se répartissant généralement de façon plus homogène sur toute la zone.

La composition des espèces structurantes des deux peuplements côtiers et hauturiers est globalement identique entre mai et octobre. Seul un rapprochement de certaines d'entre elles vers la côte (réduction de l'aire de répartition de la strate 0-30 mètres à celle de 0-20 mètres) est observé (Fig. 14 et 24).

Dans chacun des peuplements identifiés, côtier (eaux turbides et saumâtres), hauturier (eau marine du large), la variabilité de l'abondance pondérale des espèces est faible (Moguedet et al., 1994). Cependant, si les groupes côtier et hauturier contiennent un nombre équivalent d'espèces, celles qui sont liées à la zone d'interface eaux saumâtres/eaux marines sont peu nombreuses mais de biomasse élevée (*Penaeus subtilis*, *Bagre bagre*, *Macrodon ancylodon* par exemple).

La cartographie sédimentologique des fonds du plateau continental montre que la strate bathymétrique 25-30 mètres constitue l'interface entre les faciès sédimentologiques vaseux du littoral et ceux sableux du large formé de sédiments plus grossiers (Fig. 28). Ceci peut être expliqué par le fait que l'énorme dépôt alluvionnaire de l'Amazone, sous forme de sédimentation fine, ne s'étend pas au-delà de 20 kilomètres du rivage (Abbes et al., 1972; Moguedet, 1974; Prost, 1980; Rine et Ginsburg, 1985; Pujos et Odin, 1986).

En outre, cette strate (25-30 mètres) correspond à une zone d'interface entre les eaux côtières dessalées et les eaux salines du large. Toutefois, la localisation de cette zone fluctue de façon saisonnière sous l'influence du débit des fleuves, lié quant à lui à la pluviométrie (Pujos et Odin., 1986).

Les espèces démersales de la bande côtière apparaissent donc adaptées à un milieu d'eaux turbides et saumâtres, de faciès sédimentaire de faible granulométrie (vase). Le préférendum de répartition de ces espèces (majoritairement composé de Sciaenidae, et d'Ariidae) fluctue saisonnièrement en fonction du débit des fleuves côtiers. Ainsi, à la saison des pluies, elles tendent à se répartir sur toute la strate bathymétrique de 0 à 30 mètres, et même au-delà dans la partie est de la Guyane, sous l'influence du panache de l'Oyapock. Au contraire, durant la saison sèche les faibles débits fluviaux induisent un mouvement vers la côte, notamment pour les Sciaenidae, Ariidae, Bratrachoididae, et Gimnuridae. Le préférendum de répartition de ces espèces (ou familles) se situe alors dans la strate 0-20 mètres.

Les espèces hauturières sont quant elles strictement cantonnées aux eaux marines du large non soumises à l'influence des apports fluctuants des fleuves locaux, ni à celui plus régulier de l'Amazone. Le faciès sédimentologique de ce milieu est de granulométrie variable et plus grossière (sable, sable grossier, sable coquillier). Parmi ces espèces hauturières, certaines semblent plus être particulièrement liées à la zone d'interface avec les eaux saumâtres et leur spectre de répartition est irrégulier, le maximum d'abondance se situant au large des deux principaux fleuves Guyanais vers 30-40 mètres de profondeur. La variation spatio-temporelle de la répartition de ces espèces hauturières (Lutjanidae, Carangidae) est beaucoup moins marquée que celle des espèces côtières.

La zone de transition entre les eaux saumâtres et marines, de faciès sédimentologique irrégulier (Moguedet, 1974), semble donc jouer un rôle particulier dans la distribution des espèces puisque dans chacun des deux peuplements identifiés ici certaines d'entre elles montrent un préférendum de répartition lié à cette zone.

Les résultats obtenus ici corroborent et complètent les rares travaux conduits dans cette région (Durand, 1960; Venaille, 1979). En effet, l'analyse descriptive des peuplements démersaux du plateau de la Guyane avait conduit à différencier, en fonction de la profondeur, de la salinité et des faciès sédimentologiques, plusieurs types de peuplements. Parmi ceux-ci, le

principal est celui de la zone "estuarienne", peuplement qualifié ici de côtier. Certaines espèces comme les Scianidae et les Ariidae sont indicatrices des peuplements des grands estuaires situés en eaux tropicales et caractérisés par leurs eaux saumâtres et turbides d'une part, et leurs fonds vaseux d'autre part. Les Sciaenidae représentent même la liaison entre la faune des eaux purement côtières ou d'estuaire, et celle des eaux salines et claires du large (Lutjanidae, Carangidae, Gerreidae, Serranidae).

Un travail analogue au nôtre, conduit dans les eaux estuariennes du delta de l'Orénoque (Cervigon, 1985), a mis en évidence des phénomènes identiques à ceux observés en Guyane. Egalement sous l'influence de l'Amazone, les eaux côtières vénézuéliennes reçoivent des apports en eau douce, variables selon la saison, de grands fleuves tels que l'Orénoque. Les caractéristiques hydrologiques et les faciès sédimentologiques du plateau Vénézuélien dans sa partie est sont très voisins de ceux de la Guyane. Dans la zone côtière, les eaux sont saumâtres et turbides, le faciès sédimentologique vaseux. Au large, les eaux sont claires et salines, les fonds sableux (de fin à grossier). L'isobathe des 25 mètres marque la séparation entre les eaux côtières et celles du large. L'analyse des peuplements démersaux a mis en évidence plusieurs types distincts, classés en fonction de la capacité des espèces à supporter la salinité du milieu. On retrouve ainsi, selon les qualificatifs de l'auteur, les peuplements "estuariens" : Sciaenidae, Ariidae, Batrachoididae, Soleidae, Peneidae (*Xyphopenaeus kroyeri*); les peuplements d'espèces du large et celui des espèces intermédiaires: Ariidae, *Bagre bagre*, Carangidae, Engraulidae -*Anchoa spinifer* et *Anchoiella lepidentostole*.

## 2) Répartition de la crevette *Penaeus subtilis*.

La typologie des peuplements démersaux du plateau de la Guyane a permis de mettre en évidence la place occupée par la crevette *Penaeus subtilis*. Ces résultats confirment les connaissances fragmentaires de son cycle biologique :

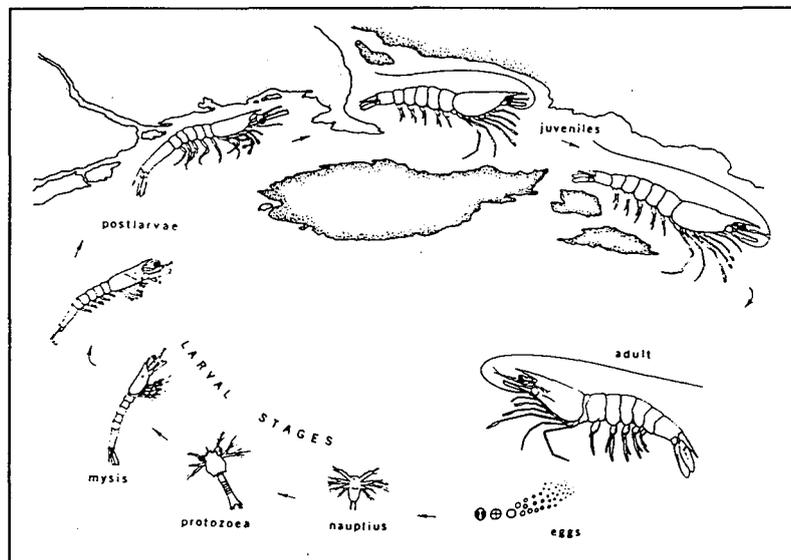


Figure 29. Représentation schématique du cycle biologique de la crevette *Penaeus subtilis* (Anonyme, 1978).

le préférendum de répartition des adultes se situant dans les strates de profondeur 20 à 50 mètres (Dintheer et Rose, 1989). Nos analyses ont permis d'identifier et de préciser leur répartition dans la zone de transition entre les écosystèmes côtier et hauturier, c'est-à-dire à l'interface des eaux côtières dessalées et des eaux salines du large (également interface faciès sédimentologiques vaseux et sableux).

La cartographie de répartition des individus marque un gradient côte/large en mai, et confirme ainsi les observations de Garcia et *al.* (1984) (Fig. 17). L'utilisation de la technique de krigeage, a permis de compléter et d'affiner les travaux précédents en introduisant une approche spatiale dans les analyses. Ainsi, trois zones préférentielles de distribution ont pu être identifiées, dans les parties extrêmes de la zone étudiée, soit au large des deux principaux fleuves de Guyane et dans la partie centrale au large du fleuve Sinnamary. En octobre, ces zones de distributions particulières sont plus marquées.

Le mécanisme de recrutement des juvéniles dans la pêcherie est encore mal connu (Venaille, 1979; Garcia et *al.* 1985; Lhomme, 1992). Les résultats présentés ici (Fig. 13 et 20) confirment bien une migration de la côte vers le large. De plus, le gradient de répartition des recrues, est plus net en mai qu'en octobre. Cependant, jusqu'à présent, il était communément admis que la limite de répartition de ces recrues était l'isobathe 30 mètres, ces dernières se répartissant uniformément le long de la côte (Dintheer et Rose, 1989). Les cartographies obtenues en analysant les données des campagnes de mai et d'octobre mettent en évidence une répartition non-monotone puisque de fortes concentrations de recrues ont été identifiées au large des deux principaux fleuves de Guyane, et cela jusqu'à des profondeurs pouvant atteindre 40 mètres.

### 3) Méthodologie.

Sur le plan méthodologique, l'utilisation combinée d'analyses d'inertie et de techniques de classifications hiérarchiques a donné des résultats conformes aux connaissances de la biologie des espèces considérées. Si l'emploi de techniques diverses a pu produire des résultats intermédiaires apparemment différents, ceci est seulement lié aux options retenues dans l'utilisation de ces techniques :

Données	Matrice de données brutes				Matrice recodée en modalités présence/absence		Axes factoriels des analyses d'inertie
	A.C.P. non normée avec distance d'Hellinger		A.C.P. normée avec tableau log-normé		A.F.T.D. d'Ochiaï	A.F.C.M.	
Qualité	OUI		OUI		OUI	OUI	
Mesure de ressemblance	Distance d'Hellinger	Covariance	métrique $D_{1/S^2}$	Corrélation	Distance d'Ochiaï	Distance du KHI-2	Minimisation de la variation d'inertie
sensibilité à la variabilité des espèces	++	++	-	--	--	--	
influence de la variabilité des échantillons sur les résultats	--	++	+	+	--	--	
sensibilité à la "double absence" des espèces	++	+	+	-	--	--	
variation d'inertie sur les premiers axes	++		--		+	-	
ventilation des points sur les plans factoriels	++	--	+	-	+	++	
Facilité d'interprétation	++	++	-	-	-	++	++
Gain d'information sur la totalité du taxocène	-	++	-	-	--	++	++

Tableau 2. Impact des méthodes sur les résultats écologiques. (-- : pas d'impact, - : peu d'impact, + : impact notable, ++ : fort impact).

L'emploi de structures duales semble approprié pour attribuer à chaque groupe d'observation un caractère spécifique. Mais la détermination des groupements potentiels sur les plans s'avère difficile pour les analyses où les discriminations sont mauvaises (nuage compact autour du centre de gravité, mauvaise projection sur les plans). L'emploi simultané des méthodes d'ordination et de classification peut être une des solutions à ce problème.

La distance euclidienne classique utilisée après transformation du tableau des données par la racine carré d'une distribution est sensible aux écarts entre distributions des échantillons. L'hétérogénéité des données, même après correction par la transformation d'Hellinger, induit de fortes distorsions lors des projections en espace réduit. Seules les espèces de plus fortes biomasses affectent la structure du nuage de points : l'A.C.P. non normée avec distance d'Hellinger s'est révélée peu adaptée à l'obtention d'une typologie exhaustive des stations. Par contre, la distance euclidienne classique, employée sur le tableau de données en log10 centré réduit, favorise la ventilation des points sur les premiers plans factoriels et l'interprétation des axes à l'aide des variables (corrélation). Dans notre cas, il semble donc évident que l'hétérogénéité des données soit le principal facteur responsable des distorsions structurelles dans les diverses analyses (déjà observé par Ibanez, 1971; Ibanez et Seguin, 1972). Les

analyses effectuées sur les données quantitatives ont apporté de l'information quant aux structures "numériques" entre espèces. Selon les caractéristiques des distances utilisées précédemment, seul le caractère structurant des espèces de forte biomasse a été identifié (opposition des stations côtières à celles du large), cela même après transformation normalisante. L'emploi du "couple", méthodes sur données quantitatives/méthodes sur données recodées qualitativement s'est donc avéré indispensable.

L'analyse factorielle des correspondances multiples (A.F.C.M.) est d'un emploi plus souple que l'A.C.P. L'homogénéisation des données par codage des variables initiales a "gommé" leur variabilité. Même si le niveau de précision des données qualitatives est moindre que celui des données quantitatives, l'A.F.C.M. est tout à fait adaptée à la recherche d'une structure d'ordre dans le taxocène analysé. Les relations d'occupation d'espace des variables sont plus nettes, et ce malgré la perte d'information due aux recodage des données. L'A.F.C.M. est apparue comme le meilleur outil d'ordination, ses résultats se rapprochant le plus des connaissances écologiques déjà acquises (Durand, 1960; Vendeville, 1984; Cervigon, 1985). En fait, la distance du  $\chi^2$  est bien adaptée aux types de traitement conduit ici. La pondération des effets des modalités atténue l'influence des espèces qui sont fréquemment présentes (corrélées ici aux espèces de forte biomasse). De plus, cette distance est un coefficient de ressemblance asymétrique et donc les structures ne sont pas modifiées par la "double absence" des modalités. Enfin, l'introduction de variables supplémentaires (campagne d'octobre) de masse nulle semble mieux adaptée à l'étude des caractéristiques introduites par une variable trop influente sur les structures de l'écosystème, que l'utilisation d'autres méthodes sur tableau de données transformées en vue de stabiliser exagérément les variances.

L'emploi d'un indice de similarité asymétrique (Ochiaï) dans la recherche de la structure du taxocène, n'a pas apporté d'information complémentaire. Ceci peut être lié au fait que l'absence d'espèces dans certaines zones apporte autant d'information que leur présence. L'indice d'Ochiaï a été choisi pour faciliter l'adaptation de l'A.F.T.D. à une configuration duale individus-variables, et à une représentation euclidienne des individus (valeurs propres toutes positives), plutôt que sur ses qualités à discriminer l'ensemble des caractéristiques écologiques. Il aurait peut être été souhaitable de tester d'autres indices de similarité (Gower, 1971; Jaccard *in* Legendre, 1977) et d'interpréter les axes factoriels à l'aide d'autres techniques. Par exemple, la recherche des stations très proches des axes (en termes de contribution) et l'inventaire des espèces contenues dans celles-ci peuvent éclairer les caractéristiques des axes principaux. Il est aussi possible de calculer les corrélations entre ces facteurs et les variables brutes.

Pour la cartographie par krigeage de l'espèce *Penaeus subtilis*, le problème principal a été d'estimer une biomasse sur une région non échantillonnée, à partir des biomasses des stations échantillonnées à son voisinage, en prenant en compte le facteur de corrélation entre ces stations (variogramme). La forte variabilité des données liée à la concentration de cette espèce dans certaines zones (abondance élevée en certains points, rare en beaucoup d'autres) a rendu difficile le choix d'un modèle de structure spatiale (variogramme). La précision des isolignes est donc discutable. L'hétérogénéité spatiale des variances sur la zone d'étude pose la question de l'adaptation de la méthode quant au choix des hypothèses de stationnarité, et surtout, de la forme des données initiales pour l'emploi de ces techniques. Ce problème aurait pu être évité par une stratification en zones plus homogènes, et une adaptation de modèles locaux et mieux adaptés aux caractéristiques des données. Ainsi, l'utilisation de la technique de krigeage sur des données récoltées selon un plan d'échantillonnage conçu dans un autre but ne paraît pas toujours adéquate. La cartographie de la variance d'erreur liée à l'estimation permet

de situer les zones d'interpolation peu fiable et de situer les limites du protocole d'échantillonnage adopté ici.

Le plan d'échantillonnage aléatoire stratifié a été choisi *a priori*, en tenant simplement compte des connaissances de la zone étudiée (bathymétrie ...) et des coûts d'échantillonnage. Il pourrait être optimisé en prenant comme critère de stratification les faciès sédimentologiques et/ou des structures de peuplement associées et identifiées ici de manière à réduire la variance des estimateurs (espèces).

Les résultats croisés des analyses montrent que les espèces de faible fréquence pondérale ont peu d'incidence sur la recherche des associations entre les groupes écologiquement significatifs. Un premier filtre des données récoltées pourrait donc être appliqué par A.C.P. avec distance d'Hellinger pour mettre en évidence les espèces de principale inertie, ou les groupes structurants. A partir de ces groupes ainsi sélectionnés, une A.F.C.M. sur le tableau de valeurs codé en plusieurs modalités pourrait être menée, technique difficilement applicable jusqu'à présent, puisque le codage en plus de deux modalités sur une centaine d'espèces s'avère être une opération délicate. Ces modalités pourront être recherchées de manière à mettre en évidence des relations non-linéaires entre variables structurantes (recherche de relations linéaires entre "fonctions" discrètes non linéaires). La représentation duale station-espèce sur un même plan pourra alors être réalisée. De ce fait, les variations d'une campagne à l'autre pourront être plus facilement mise en évidence.

## VI. CONCLUSION.

*"Il n'existe pas une vérité mais plusieurs facettes à celle-ci. A partir de cela, il n'existe pas une méthode optimale d'accès à la vérité, mais un ensemble de problèmes écologiques intéressants."*

Blanc et Laurec, 1976.

Le travail conduit ici a permis d'élaborer et d'appliquer un protocole de traitement de données pour obtenir une typologie des peuplements démersaux du plateau continental de la Guyane Française. Ce protocole a consisté à appliquer une série de filtres sur les données en utilisant des techniques d'analyses d'inertie, de classification, et de géostatistique. Le choix de ces techniques a été orienté par la nature des données initiales caractérisées par leur forte variabilité et leurs nombreuses valeurs nulles.

Quatre techniques d'analyses d'inertie ont été retenues pour leurs qualités à adapter leurs mesures de proximité entre prélèvements à la forme des données, et leurs complémentarités quant à leur application à des données initiales de nature différente (qualitatives et quantitatives).

De plus, une technique de classification hiérarchique a été utilisée pour permettre de faciliter l'interprétation des axes factoriels, et obtenir une cartographie de la zone d'étude. Cette technique a été choisie pour sa capacité de discrimination des objets proche de celui des analyses d'inertie.

L'analyse de l'impact de l'application de ces méthodes sur les résultats nous a amené à améliorer le protocole d'analyse en l'adaptant à la particularité de nos données (Tab. 3). Ainsi, des méthodes utilisant les données quantitatives, seules l'A.C.P. non normée avec distance d'Hellinger a été retenue pour ses qualités à isoler les espèces fortement structurantes. En effet, il a été montré que les espèces non structurantes n'avaient que peu d'influence sur la typologie des stations obtenue. Après l'application de ce premier filtre, il convient de recoder qualitativement ou semi-quantitativement la sélection obtenue de manière à affiner les synopsis entre ces différents groupes structurants. La cartographie plus précise de ces principales espèces est obtenue en croisant les résultats des analyses avec la technique de classification choisie, le critère de Ward s'étant révélé le plus complémentaire des analyses en composantes principales. Pour cartographier la distribution de la crevette *P. subtilis* les méthodes de géostatistique ont été employées en prenant soin d'adapter un modèle de distribution spatial, non global, mais en traitant partiellement les zones de principal intérêt (tout en prenant en compte les limites de leur application dans le cas présent).

L'influence de l'Amazonie et des fleuves guyanais sur l'écosystème démersal est forte. En effet, elle a induite la différenciation de deux peuplements démersaux, le premier qualifié de côtier (ou d'estuarien selon les auteurs), et le second d'hauturier. Ces deux peuplements sont séparés par la strate de profondeur 25-30 mètres. Cette strate joue le rôle de zone "tampon" entre les eaux côtières dessalées et les eaux marines du large, les faciès sédimentologiques associés étant respectivement vaseux (influence des dépôts alluvionnaires de l'Amazonie) et

sableux (fin à grossier). Au sein de chacun de ces deux peuplements deux groupes sont respectivement distingués par leurs préférences de répartition liés à cette zone de transition.

La typologie des peuplements démersaux du plateau de la Guyane a également permis de mettre en évidence la place occupée par la crevette *Penaeus subtilis*. Cette espèce qui a un cycle biologique amphibiotique (passage du milieu marin au milieu saumâtre, puis retour au premier) semble avoir un préférendum de répartition dans la zone d'interface évoquée plus haut, tout au moins pour la phase recrutée. La technique de cartographie par krigeage a permis d'identifier des zones privilégiées de répartition, et ce au large des trois grands fleuves de la Guyane (Maroni, Oyapock et Sinnamary).

Enfin, la connaissance du mécanisme de recrutement de cette espèce a été complétée, puisque de fortes concentrations de recrues au large des fleuves Maroni, Oyapock, et à un degré moindre Sinnamary, ont été mises en évidence, sur des fonds atteignant jusqu'à 40 mètres. Cela est contraire à ce qui était communément admis jusqu'à présent (répartition des recrues limitées par l'isobathes 30 mètres).

Les résultats obtenus ici sont très voisins de ceux conduits dans des régions côtières de pays proches (Vénézuéla) soumises à l'influence de facteurs environnementaux identiques (débit de l'Amazone, régime des fleuves côtiers importants et variables).

La variabilité interannuelle des principaux caractères écologiques observés ici, notamment la structure des peuplements démersaux et leur dynamique spatiale intra-annuelle, devra être analysée. A ce titre, la série de campagnes entamée en 1993 est poursuivie en 1994 selon le même protocole méthodologique.

La localisation de zones préférentielles de répartition des recrues pourrait laisser suggérer l'existence d'aires de distribution particulières des nourriceries des juvéniles de *P. subtilis*. Les travaux conduits par les biologistes du Centre ORSTOM de Cayenne devraient confirmer ou infirmer ces résultats.

Enfin, une meilleure compréhension des phénomènes observés, et l'interprétation des particularités décelées, ne pourront être réalisées que par une connaissance précise des caractères environnementaux du plateau continental de la Guyane française, et notamment de la courantologie côtière et des paramètres physico-chimiques des eaux marines et saumâtres (salinité, turbidité, température...). Cela devrait faire l'objet de prochaines études menées conjointement par l'ORSTOM et l'IFREMER.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- Abbes R., Y. Aldebert, D. Dorel, C. Leroy, R. Le Men, J. Prado, C. Saint Félix, 1972.** Reconnaissance des fonds de pêche de la Guyane Française. Campagne de la Thalassa. Région Antilles-Guyane. *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, n°210 janvier 1972 : 22 p.
- Amanieu M., P.L. Gonzalez, O. Guelorget, 1981.** Critères de choix d'un modèle de distribution d'abondances. *Acta Oecologica / Ecol. Gener.* 2 : 265-286.
- Anonyme, 1978.** FAO species identification sheets for fishery purposes, western central atlantic. *Ed. Marine Resources Service, Fishery Resources and Environment Division, FAO Fisheries dpt, Vol.6.*
- Barnes H., 1952.** The use of transformation in marine biological statistics. *J. Cons. int. expl. mer*, XVIII (1) : 61-71.
- Benzecri J.P. et F. Benzecri, 1984.** Pratique de l'analyse des données. Analyse des correspondances et classification. Exposé élémentaire. Tome I et II. *Dunod Ed., Paris* : 456 p.
- Blanc F., P. Chardy, A. Laurec, J.P. Reys, 1976.** Choix des métriques qualitatives en analyse d'inertie. Implications en écologie marine benthique. *Mar. Biol. (Berl.)* 35:49-67.
- Blanc F. et A. Laurec, 1976.** De l'heuristique au thaumaturgique en traitement des données d'écologie marine. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, vol. XIV, n°2, 1976 : 107-117.
- Bouroche J.M. et G. Saporta, 1992.** L'analyse de données. *Presse universitaire de France Ed.* : 127 p.
- Bouysse P., H. R. Kudrass, F. Le Lann, 1977.** Reconnaissance sédimentologique du plateau continental de la Guyane française. *Mission GUYAMER 1975, B.R.G.M Doc. interne* : 40 p.
- Cailleux A. et J.P. Pages, 1959.** Etudes sur l'érosion et la sédimentation en Guyane. IV<sup>e</sup> Conf. Géol. des Guyanes, Cayenne. *Mém. Carte géol. Fr.* : 29-32.
- Cailliez F. et J.F. Pages, 1982.** Introduction à l'analyse des données. *SMASH Ed.* : 600 p.
- Cervigon F., 1985.** La ictiofauna de las aguas costeras estuarinas del delta del Rio Orinoco en la costa Atlantica occidental. *Caribe, chap. 5* : 57-78.

- Chardy P., M. Glémarec, A. Laurec, 1976.** Application of inertia methods to benthic marine ecology : practical implications of the basic options. *Estuarine and coastal marine Science* 4 : 179-205.
- Cibois P., 1991.** L'analyse factorielle. *Presse universitaire de France Ed.* : 127 p.
- Dervin C., 1988.** Comment interpréter les résultats d'une A.C.F.M.? *Doc. STAT-ITCF* : 75 p.
- Dintheer C. et J. Rosé, 1989.** Distribution spatio-temporelle de *Penaeus subtilis* au large de la Guyane française. *Rapp. Int. IFREMER. DRV-RH Cayenne* : 90 p.
- Durand J., 1960.** Les éléments principaux de la faune et leurs relations avec le fond. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.* 3 : 93 p.
- Escofier-Cordier B., 1969.** L'analyse factorielle des correspondances. *Cah. Bur. univ. Rech. Rech. Opér. Paris* 13 : 25-59.
- Escofier B. et J.P. Pages, 1990.** Analyses factorielles simples et multiples. *Dunod Ed.* : 267p.
- Garcia S., E. Lebrun, M. Lemoine, 1984.** Le recrutement de la crevette *Penaeus subtilis* en Guyane Française. *Rapport Techn. I.S.T.P.M.* n° 9 : 42 p.
- Garcia S., E. Lebrun, M. Lemoine, 1985.** Seasonal and long term variability of recruitment in French Guiana shrimp fishery on *Penaeus subtilis*. *F.A.O. Fishery report, 327 Supp.* : 242-250.
- Gondeaux E., 1988.** Elaboration d'une stratégie d'analyse des activités halieutiques des flottilles artisanales côtières. Approche méthodologique appliquée au cas du Mor-Braz. *Thèse de Doctorat. Université d'Aix-Marseille II* : 287 p.
- Gower J.C., 1966.** Some distance properties of latent root and vectors methods used in multivariate analysis. *Biometrika* 53 : 325-338.
- Gower J.C., 1971.** A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics* 27: 857-871.
- Ibanez F., 1971.** Effet des transformations des données dans l'analyse factorielle en écologie planctonique. *Cah. océanogr.* 23 : 545-561.
- Ibanez F., 1972.** Interprétation des données écologiques par l'analyse des composantes principales : écologie planctonique de la mer du Nord. *J. Cons. int. Explor. Mer* 34 : 323-340.
- Ibanez F. et G. Seguin, 1972.** Etude du cycle annuel du zooplancton d'Abidjan. Comparaison de plusieurs méthodes d'analyse multivariable : composantes principales, correspondances, coordonnées principales. *Invest. Pesq.* 36 : 81-108.
- Lecoutre J.P. et P. Tassi, 1987.** Statistique non paramétrique et robustesse. *Economica* : 455 p.

- Legendre P. et A. Chorodowski, 1977.** A generalization of Jaccard's association coefficient for Q-analysis of multi-state ecological data matrices. *Ekol. Pol.* 25 : 297-308.
- Legendre L. et P. Legendre, 1984.** Ecologie numérique. *Masson Ed, Paris*, 2 vol. : 260 et 335 p.
- Lemoine M., Ph. Vendeville, C. Ladurelle, 1982.** Examen des prises accessoires de la Guyane française. *Science et pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, (324) : 11p.
- Lhomme F., 1992.** Le recrutement des post-larves de la crevette *Penaeus subtilis* (Perez Farfante, 1967) dans deux estuaires de la Guyane Française. *Ann. Instit. Océanogr.*, Paris, 1992, 68 (1-2): 169-178.
- Matheron G., 1965.** Les variables régionalisées et leurs estimations. *Masson Ed. Paris.* : 526 p.
- Moguedet G., 1974.** Influence de l'Amazone sur le plateau continental de la Guyane Française. *Mem. Inst. Geol. Bassin Aquitain*, 7 : 279-285.
- Moguedet Ph., D. Nérini, F. Guéguen, 1994.** Evaluation du volume et cartographie des captures accessoires de la pêcherie de crevettes péneïdes en Guyane française. *Rapport final contrat. CEE DG XIV 92/3504* : 100 p.
- Petitgas P., 1991.** Contributions géostatistiques à la biologie des pêches maritimes. Thèse de de Doctorat. Ecole Nationale Supérieure des Mines. Paris : 218 p.
- Petitgas P. et J.C. Poulard, 1989.** Applying stationary geostatistics to fisheries: a study on hake in the Bay of Biscay. *I.C.E.S. C.M. 1989/G*, 62 : 12 p.
- Prost M.T., 1990.** Les côtes des Guyanes. *ORSTOM, doc. interne, programme environnement côtier, géomorphologie et sédimentologie* : 213 p.
- Pujos M. et G.S. Odin., 1986.** La sédimentation au quaternaire terminal sur la plate forme continentale de la Guyane française. *Oceanologia Acta, 1986, Vol. 9 - n° 4* : 20 p.
- Rine J.M. et R.N. Ginsburg, 1985.** Deposit facies of the mudshoreface in Surinam, south America. A mud analogue to sandy shallow marine deposits. *Journ of sedimentary petrology* 5, 5 : 633-652.
- Saporta G., 1990.** Probabilités. Analyse des données et statistique. *Edition Technip. Paris* : 493 p.
- Venaille L., 1979.** La pêcherie de crevettes péneïdes du plateau Guyano-Brésilien. *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches maritimes* (297) : 18 p.
- Vendeville Ph., 1984.** La pêcherie de crevettes tropicales de Guyane Française. Le problème des captures accessoires : estimations et implications. *Thèse de docteur-ingénieur (Sciences Agronomiques), Institut National Polytechnique de Toulouse* : 291 p.

**FIGURES ET TABLEAUX.**

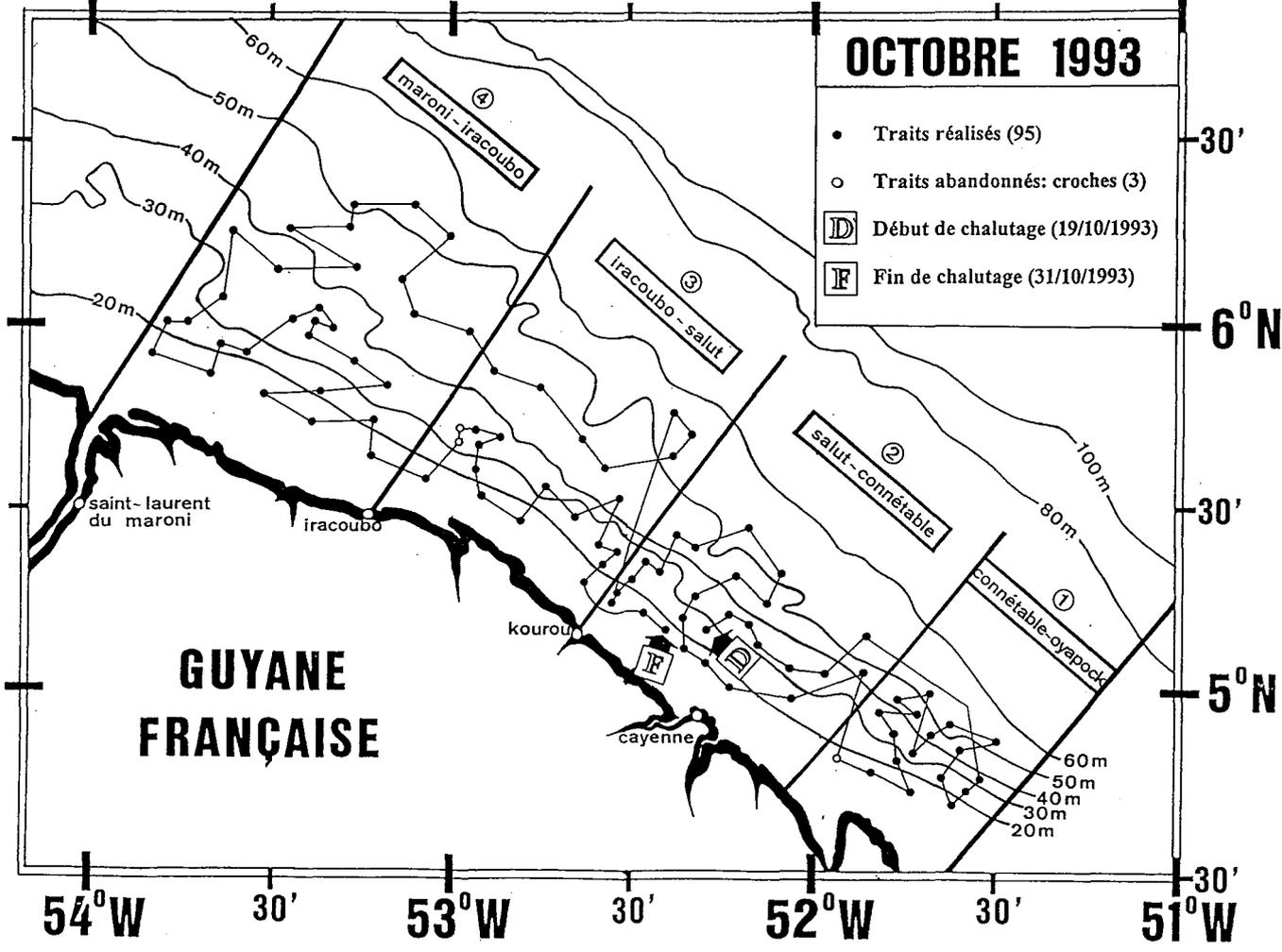
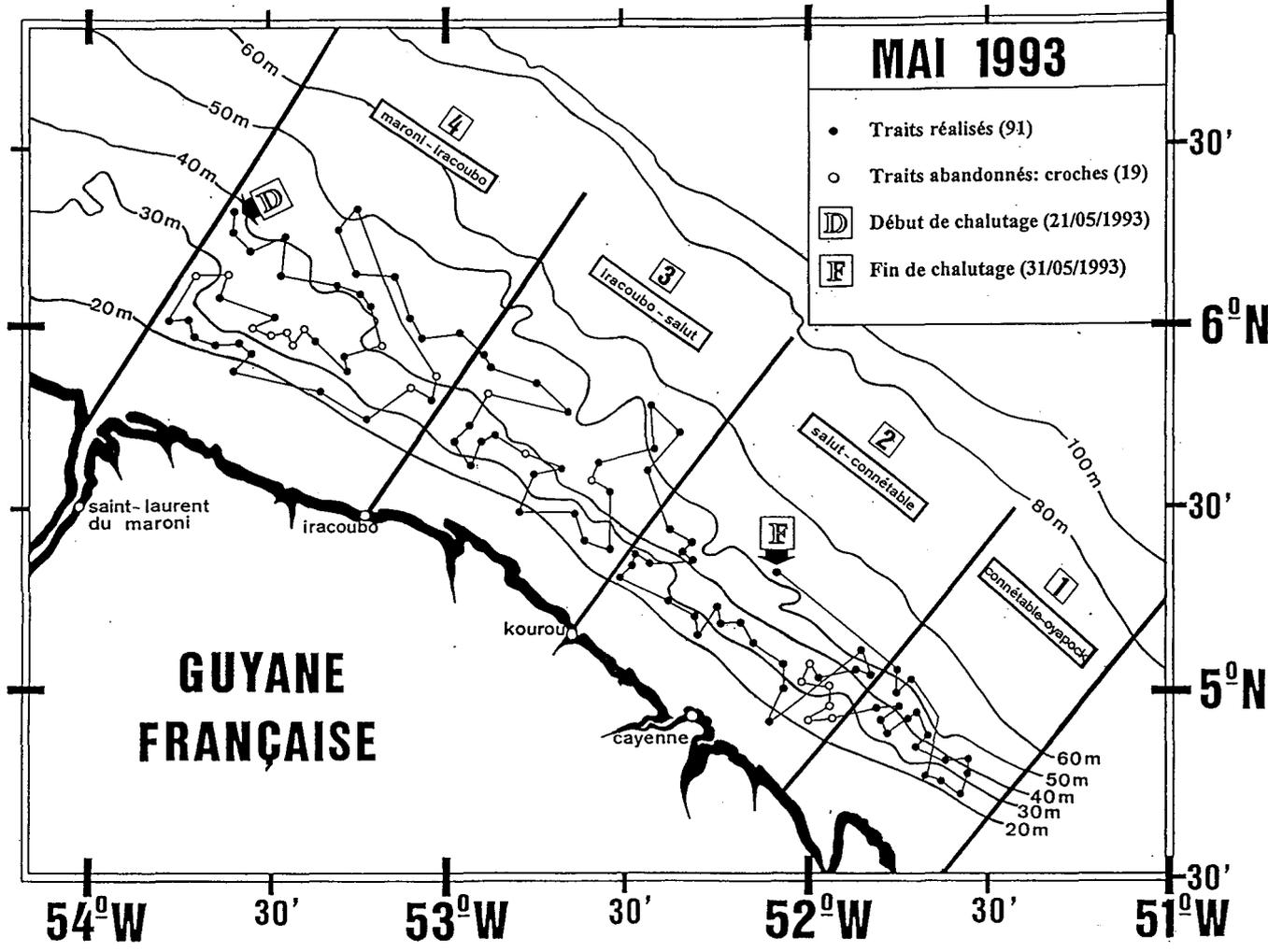
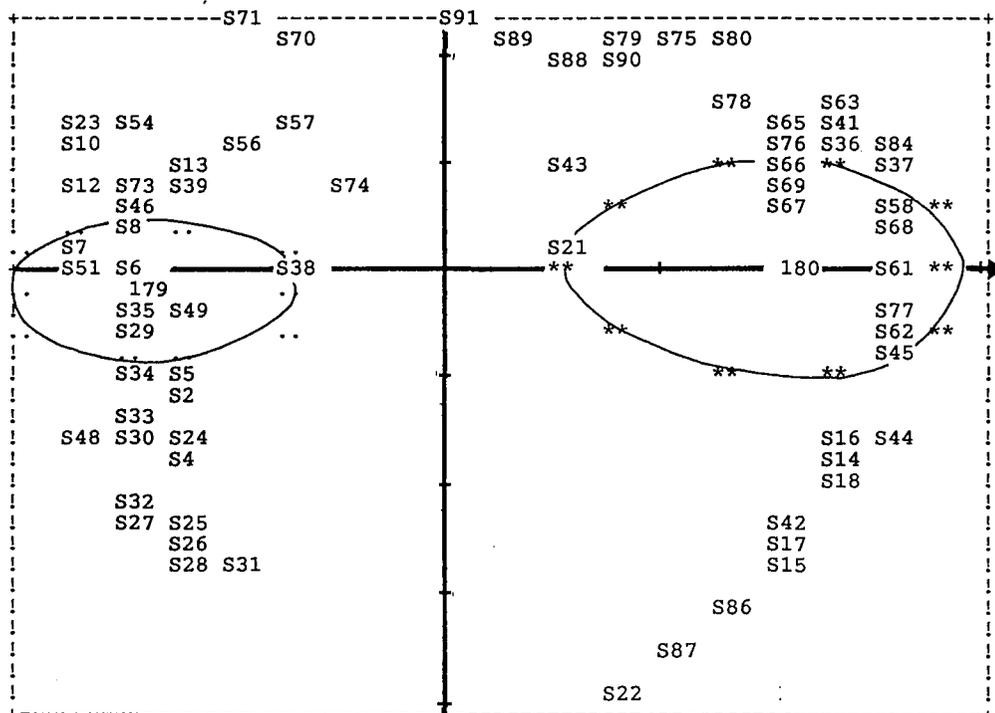


Figure 3. Stratification utilisée et positions des stations de chalutages.  
 (1) Campagne de mai 1993. (2) Campagne d'octobre 1993 .

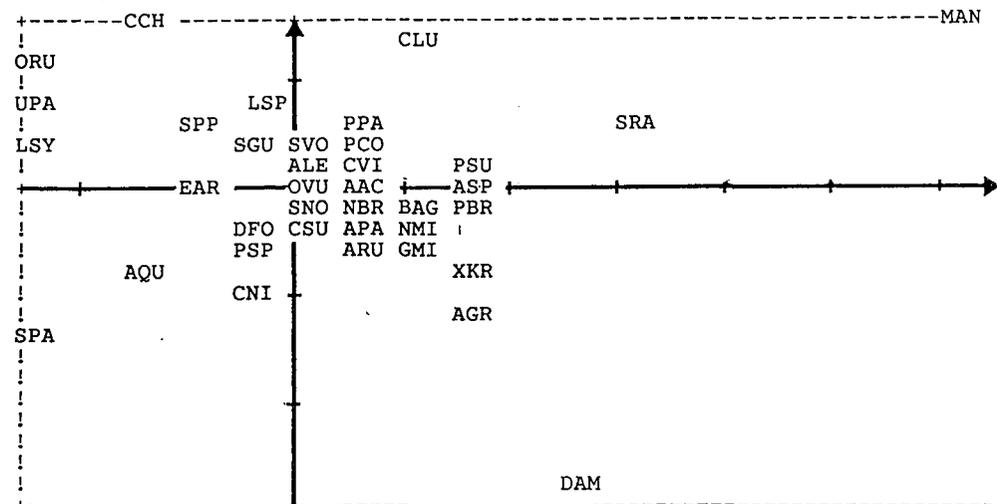
Figure 5.A. Plan factoriel (1/2) des individus



Echelle : 1 unité X = 0.04 1 unité Y = 0.06  
 Nombre de points superposés : 20

S82 (S65) S55 (S10) S83 (S36) S64 (\*\* ) S72 (S13) S40 (S12) S9 (. . ) S11 (. . )  
 S59 (S18) S3 (179) S85 (S18) S53 (. . ) S19 (180) S50 (S6 ) S47 (. . ) S20 (S14)  
 S52 (S51) S81 (S77) S1 (. . ) S60 (S45)

Figure 5.B. Plan factoriel (1/2) des espèces

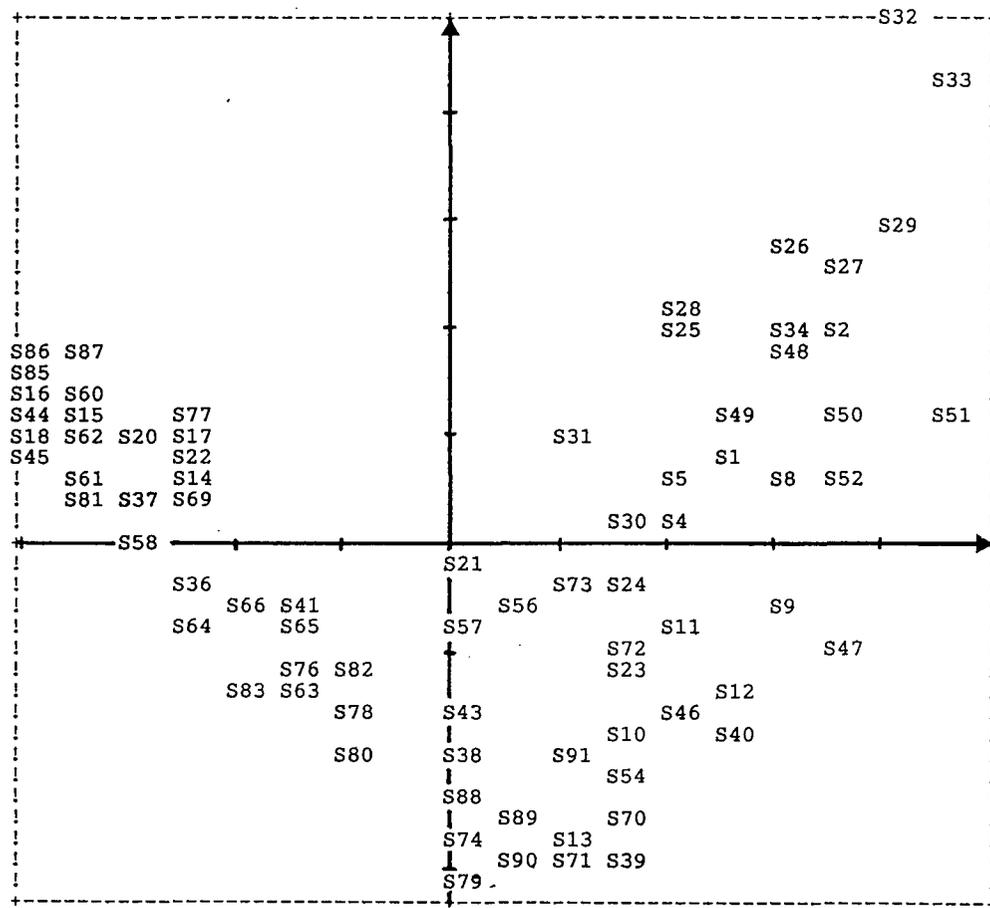


Echelle : 1 unité X = 0.05 1 unité Y = 0.08  
 Nombre de points superposés : 54

SFO (LSP) CNO (SVO) CSI (SVO) TLE (CVI) SBR (ALE) CCI (ALE) SPL (CVI) LLA (ALE)  
 COR (OVU) MCA (OVU) MHI (OVU) STU (OVU) AVU (OVU) GOC (OVU) POL (OVU) OSA (OVU)  
 SDE (OVU) DRA (OVU) SPH (OVU) PAR (OVU) CBO (OVU) CRY (OVU) CHI (OVU) SCR (OVU)  
 SHI (SNO) CAN (SNO) HAM (OVU) LPU (OVU) HPL (OVU) HST (OVU) MFU (OVU) CPE (OVU)  
 BSU (NBR) ONA (SNO) PMA (OVU) CFA (OVU) COC (OVU) CGU (OVU) PAR (OVU) HCA (OVU)  
 RAU (DFO) RPE (PSP) ACH (OVU) GNU (OVU) CPS (OVU) STE (OVU) PSC (OVU) HBO (SNO)  
 PEL (NBR) LBR (NBR) SCS (SNO) ENA (SNO) AMO (SNO) ASH (SNO)

Figure 5. Plans factoriels 1/2 de l'A.C.P. non normée avec distance d'Hellinger et report des principales classes de la C.A.H. réalisée sur les axes factoriels (ellipsoïdes d'inertie, Fig. 5 a) (mai 1993).

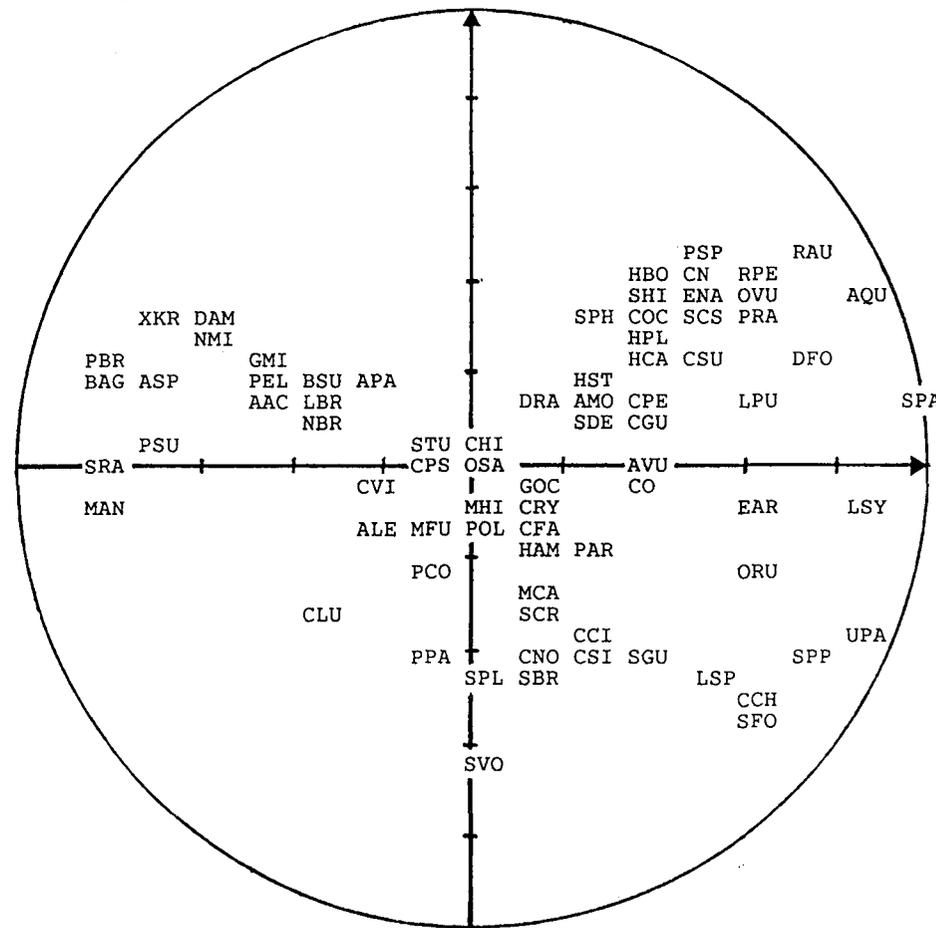
Figure 7 A. Plan factoriel 1/2 des individus.



Echelle : 1 unité X = 1.544  
 Nombre de points superposés : 13

S42 (S15)    S19 (S17)    S59 (S18)    S68 (S18)    S3 (S1)  
 S7 (S1)    S67 (S14)    S84 (S36)    S35 (S23)    S53 (S12)  
 S75 (S74)    S6 (S1)    S55 (S54)

Figure 7 B. cercle des corrélations 1/2.

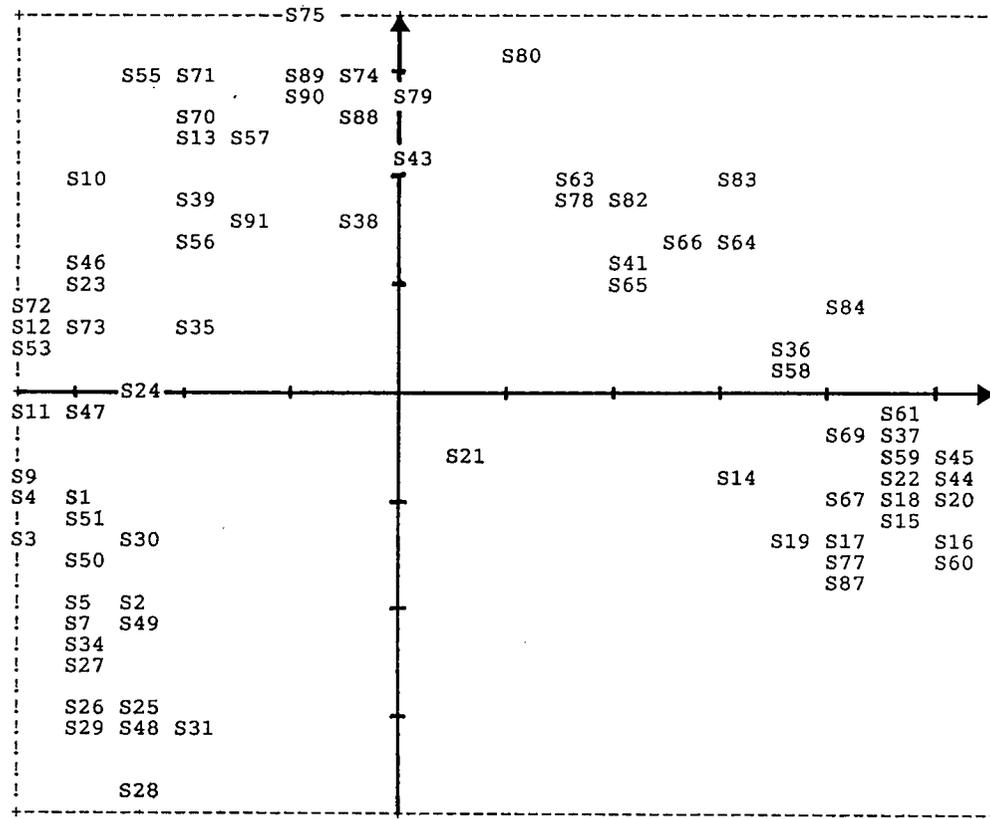


Echelle : 1 unité X = 0.2  
 Nombre de points superposés : 14

SNO (PSP)    CAN (SHI)    ONA (SHI)    AGR (XKR)    CBO (SPH)  
 ARU (GMI)    ASH (AMO)    PSC (SDE)    TLE (PSU)    STE (CHI)  
 GNU (CRY)    LLA (SBR)    PMA (SPH)    ACH (CRY)

Figure 7. Plans factoriels 1/2 de l'A.C.P. sur tableau log-normé (mai 1993).

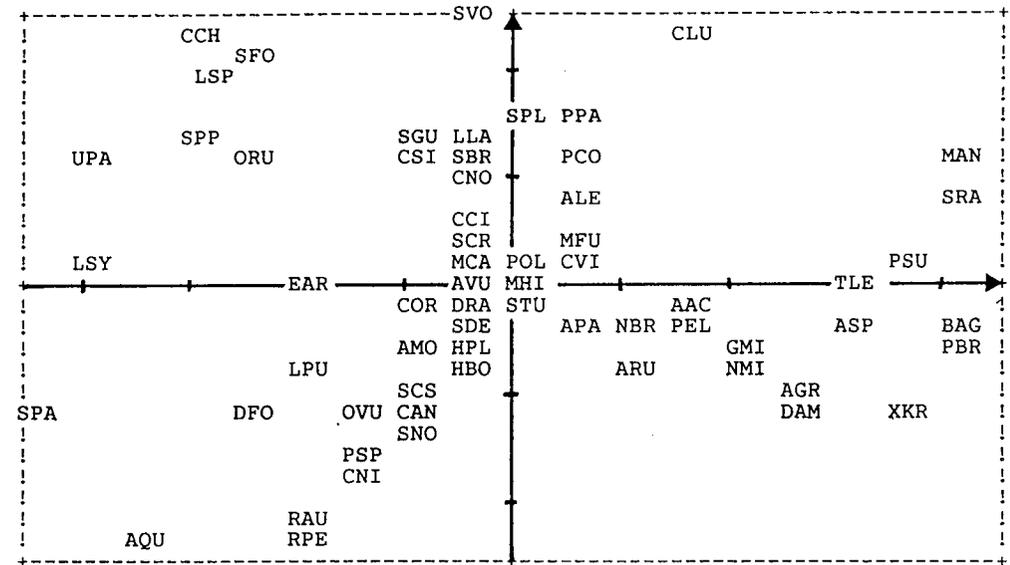
Figure 9 A. Plan factoriel 1/2 des individus.



Echelle : 1 unité X = 0.32 1 unité Y = 0.035  
 Nombre de points superposés : 26

- S54 (S10) S76 (S66) S40 (S23) S81 (S61) S68 (S59)
- S52 (S4) S62 (S20) S6 (S3) S8 (S3) S85 (S60)
- S33 (S26) S32 (S28) S42 (S18) S86 (S60)

Figure 9 B. Plan factoriel 1/2 des variables.



Echelle : 1 unité X = 0.52 1 unité Y = 0.035  
 Nombre de points superposés : 28

- |           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| GOC (AVU) | CRY (AVU) | OSA (MHI) | HAM (AVU) | CFA (AVU) |
| ACH (AVU) | GNU (AVU) | CPS (MHI) | SPH (DRA) | CBO (DRA) |
| HST (DRA) | CPE (DRA) | PMA (DRA) | CGU (DRA) | STE (STU) |
| LBR (NBR) | ASH (SDE) | BSU (APA) | COC (HPL) | HCA (HPL) |
| ONA (HBO) | ENA (SCS) | CSU (OVU) | PAR (OVU) | PAR (AVU) |
| CHI (STU) | PSC (DRA) | SHI (HPL) |           |           |

Figure 9. Plans factoriels 1/2 de l'Analyse Factorielle sur Tableau de Distances d'Ochiaï (mai 1993).



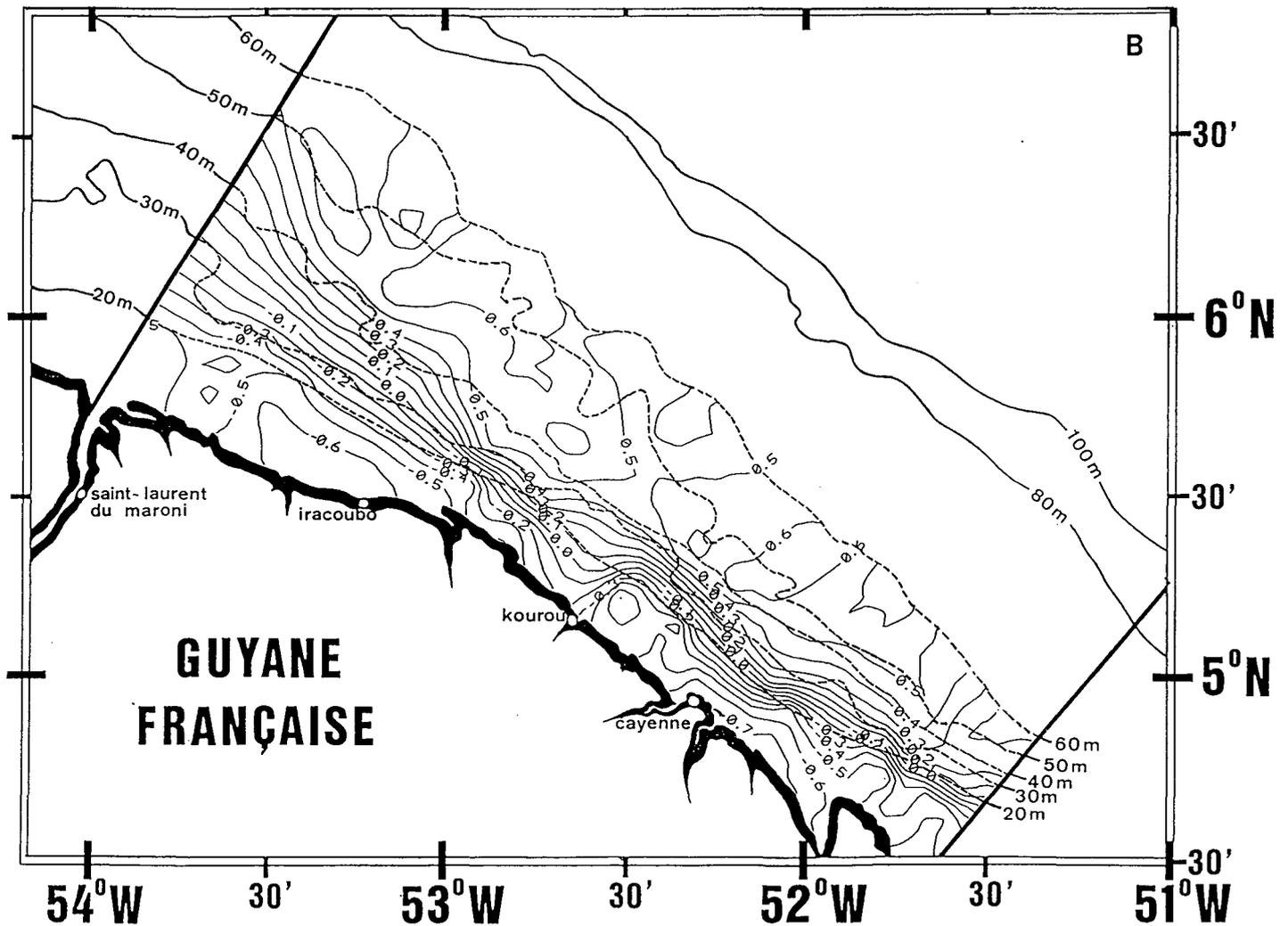
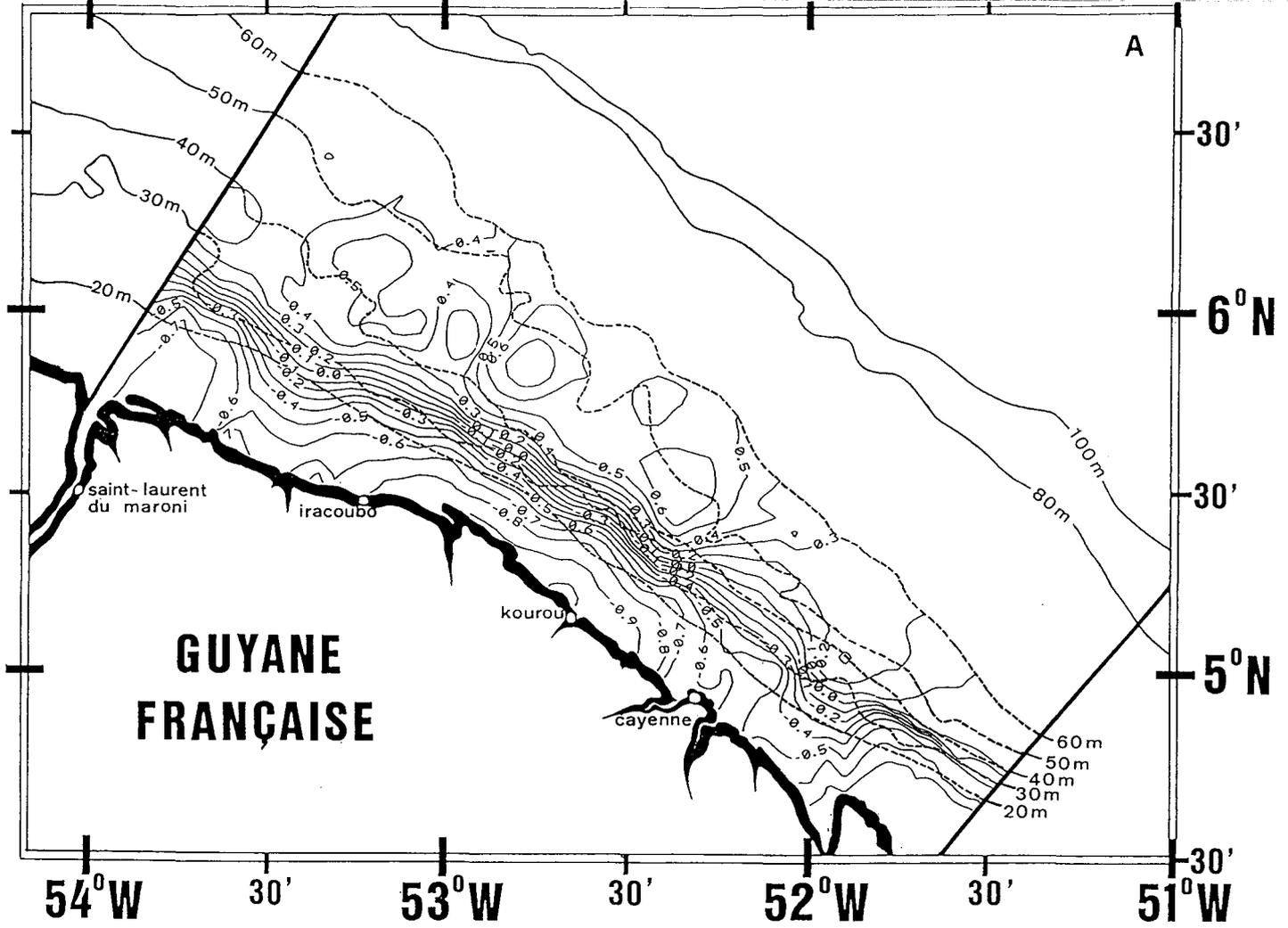


Figure 12. Cartographie des isovaleurs des coordonnées des stations sur le premier axe factoriel. (A) mai 1993, (B) octobre 1993. Isolignes pleines : interpolations des valeurs sur l'axe factoriel. Isolignes en pointillés : lignes bathymétriques.

noeud	ainé	benjamin	taille	indice de niveau	histogramme des indices de niveau
164	142	140	8	0.278	
165	149	148	8	0.286	
166	134	S33	3	0.302	
167	153	151	13	0.380	
168	158	150	5	0.445	
169	152	166	5	0.463	
170	159	145	12	0.478	
171	157	163	26	0.524	
172	160	164	15	0.556	
173	161	162	6	0.612	
174	S21	170	13	1.018	
175	167	165	21	1.143	
176	172	169	20	1.681	
177	175	173	27	2.042	
178	176	168	25	2.275	
179	171	174	39	3.776	
180	178	177	52	6.204	
181	180	179	91	15.400	

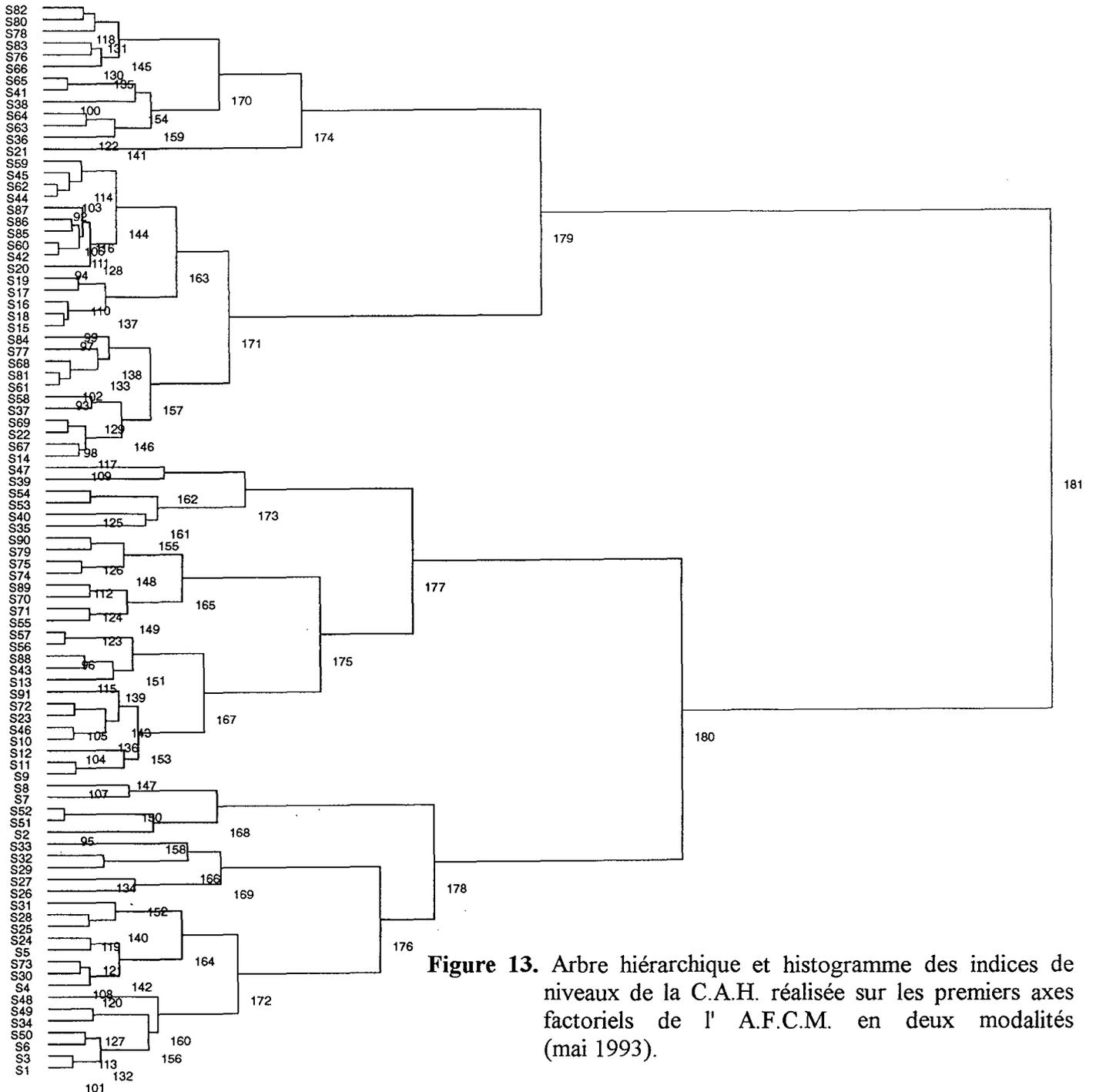


Figure 13. Arbre hiérarchique et histogramme des indices de niveaux de la C.A.H. réalisée sur les premiers axes factoriels de l' A.F.C.M. en deux modalités (mai 1993).

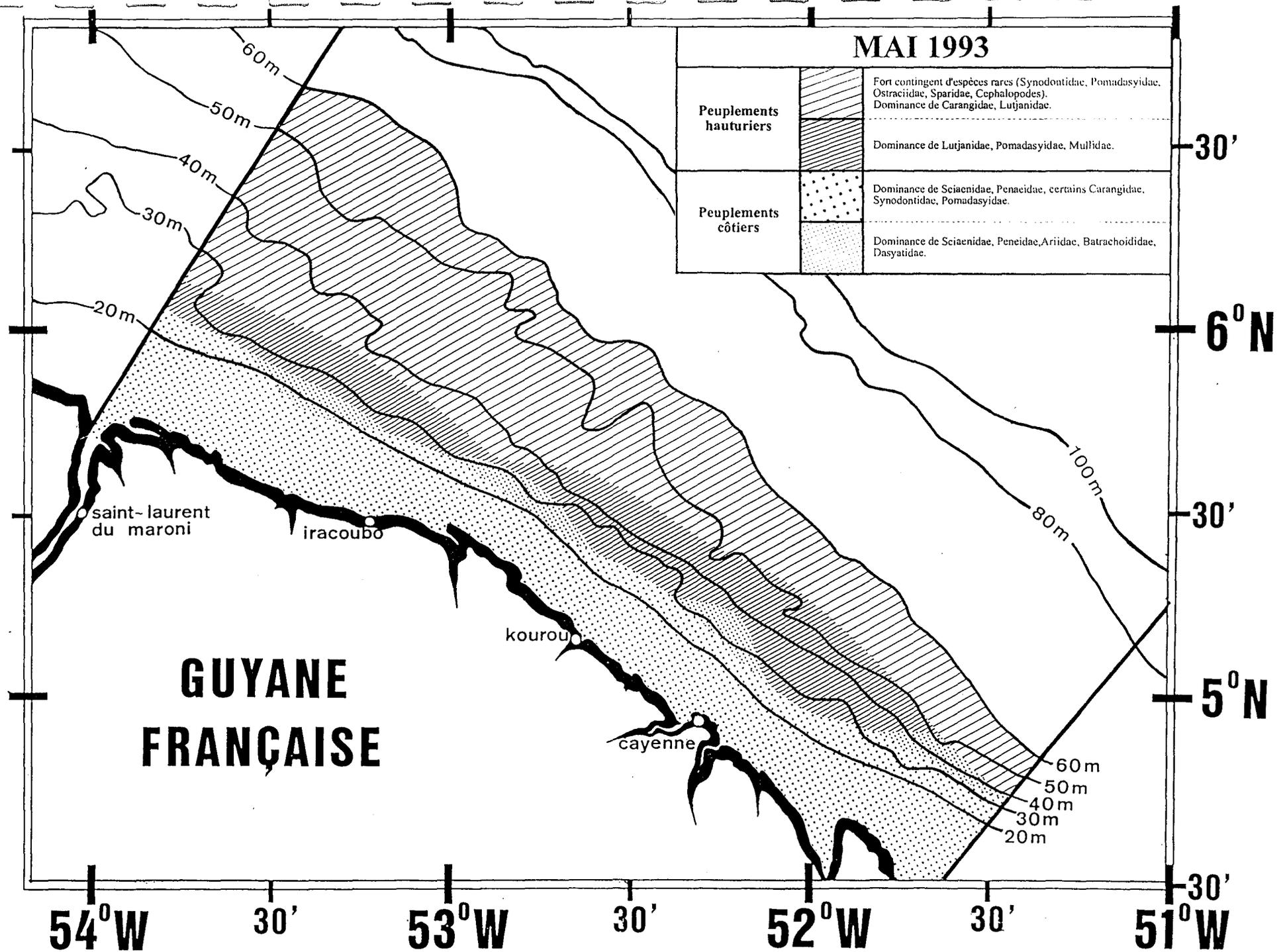


Figure 14. Typologie des stations à partir des classes de la C.A.H. réalisée sur les coordonnées factorielles de l'A.F.C.M. en deux modalités (mai 1993).

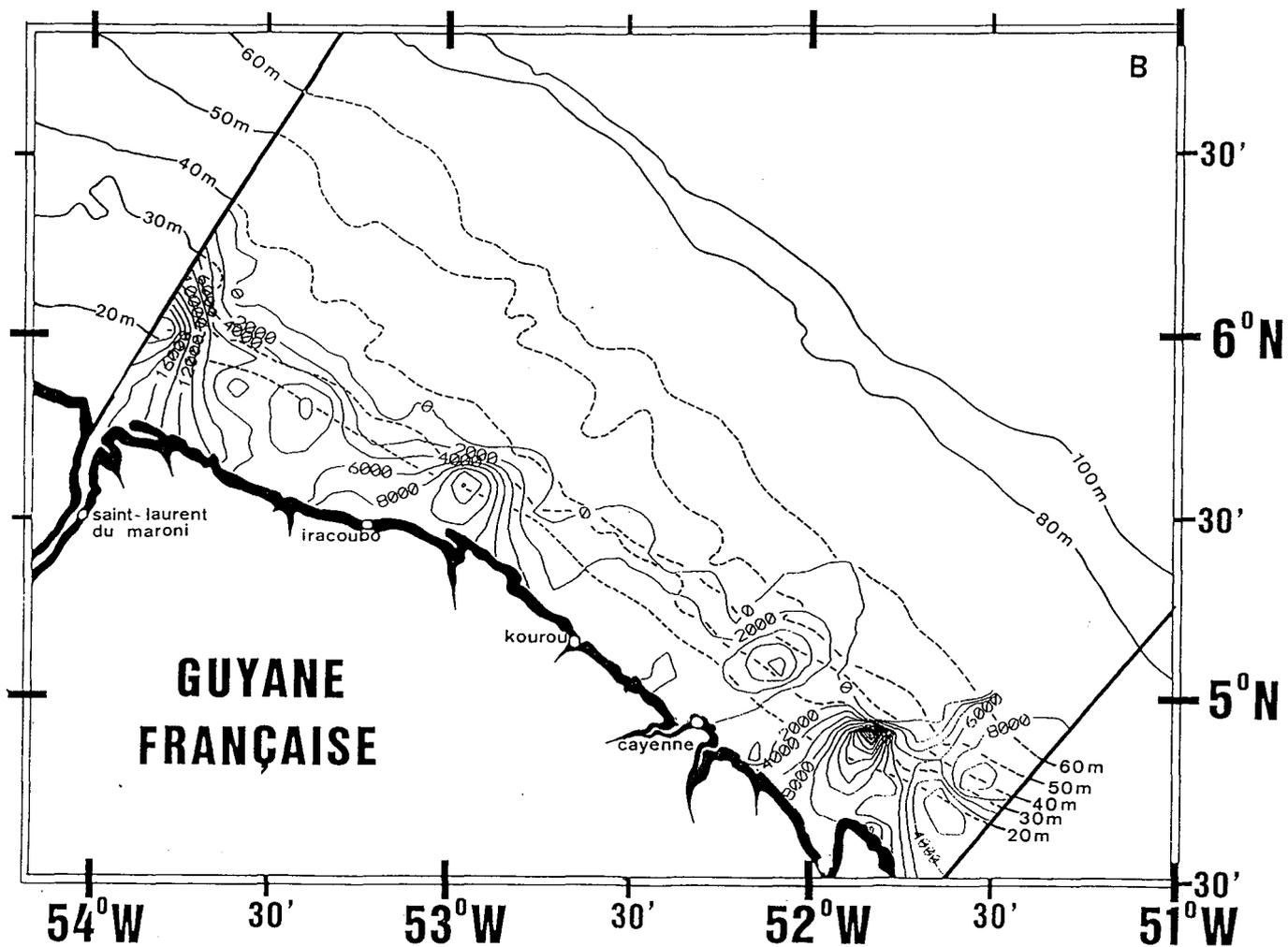
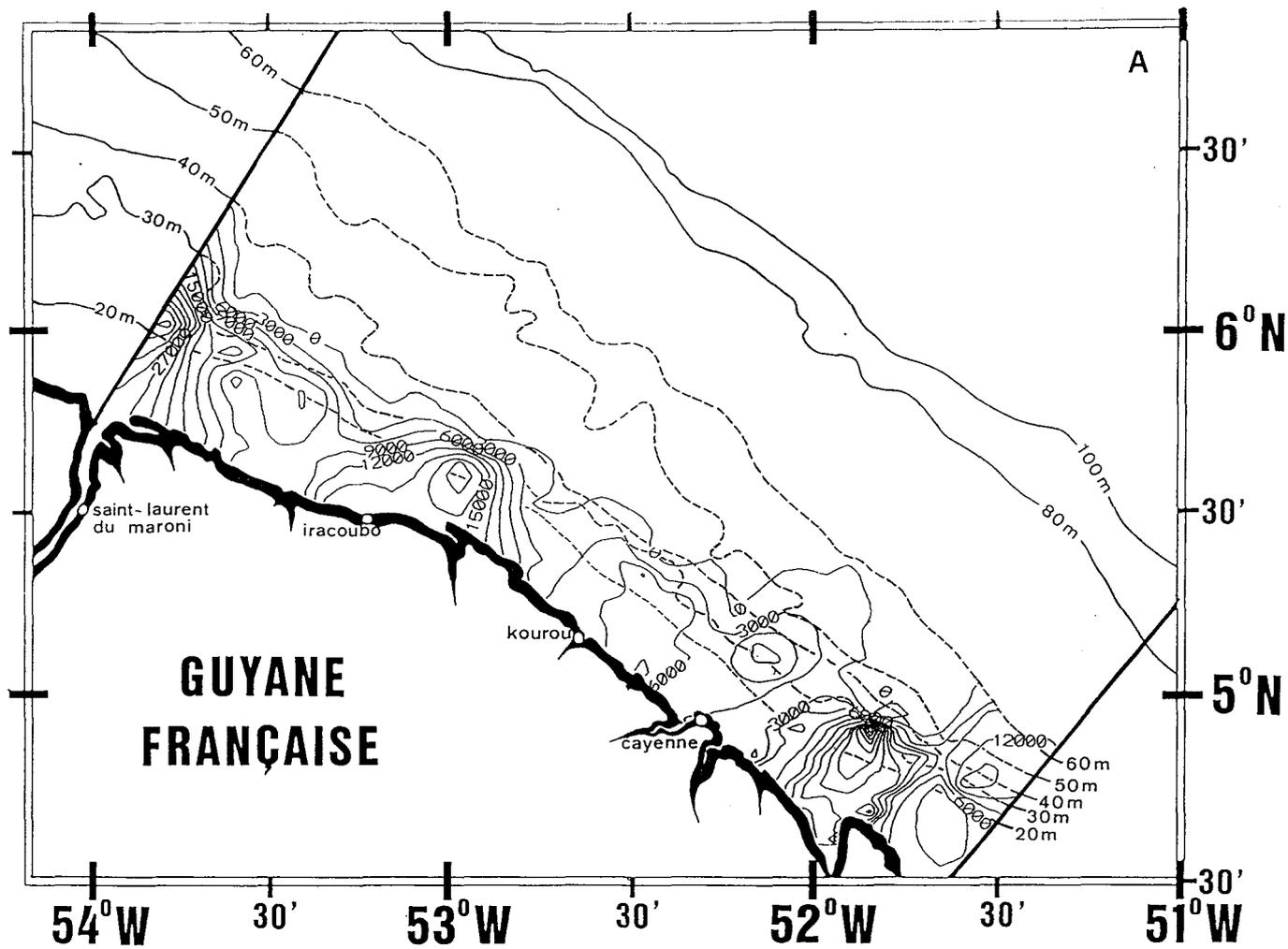
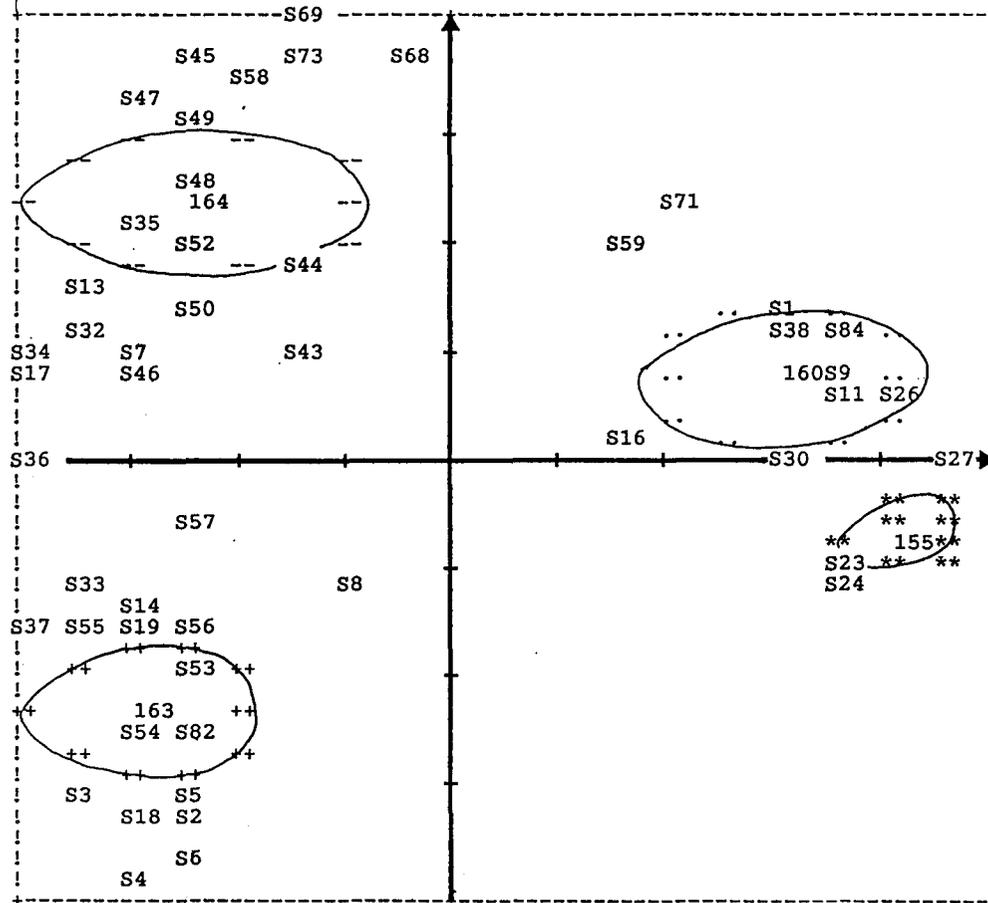


Figure 17. Cartographie des estimations de densité par krigeage de *Penaeus subtilis* (nombre d'individus total, Fig. 17 a; recrues, Fig. 17 b) (mai 1993).

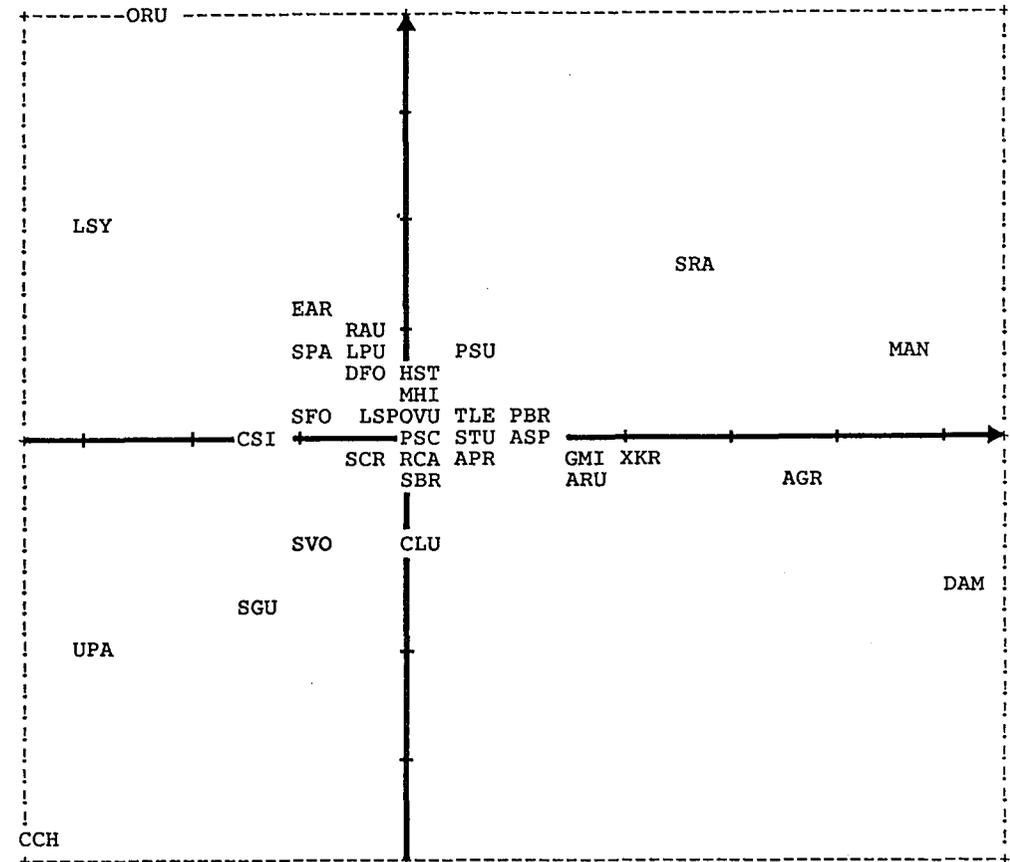
Figure 20 a. Plan factoriel (1/2) des individus.



Echelle : 1 unité X = 0.037 1 unité Y = 0.056  
 Nombre de points superposés : 36

S72 (S69)	S60 (S45)	S70 (S68)	S74 (-)	S81 (164)	S51 (S44)
S65 (..)	S39 (S38)	S40 (..)	S61 (..)	S21 (..)	S28 (**)
S64 (**)	S67 (**)	S42 (**)	S62 (**)	S76 (**)	S80 (**)
S41 (**)	S63 (**)	S66 (**)	S75 (**)	** (**)	** (**)
S10 (**)	S22 (**)	S29 (S23)	S77 (**)	S79 (**)	S78 (S24)
S83 (S14)	S12 (++)	S25 (++)	S15 (++)	S20 (++)	S31 (S2)

Figure 20 b. Plan factoriel (1/2) des variables.

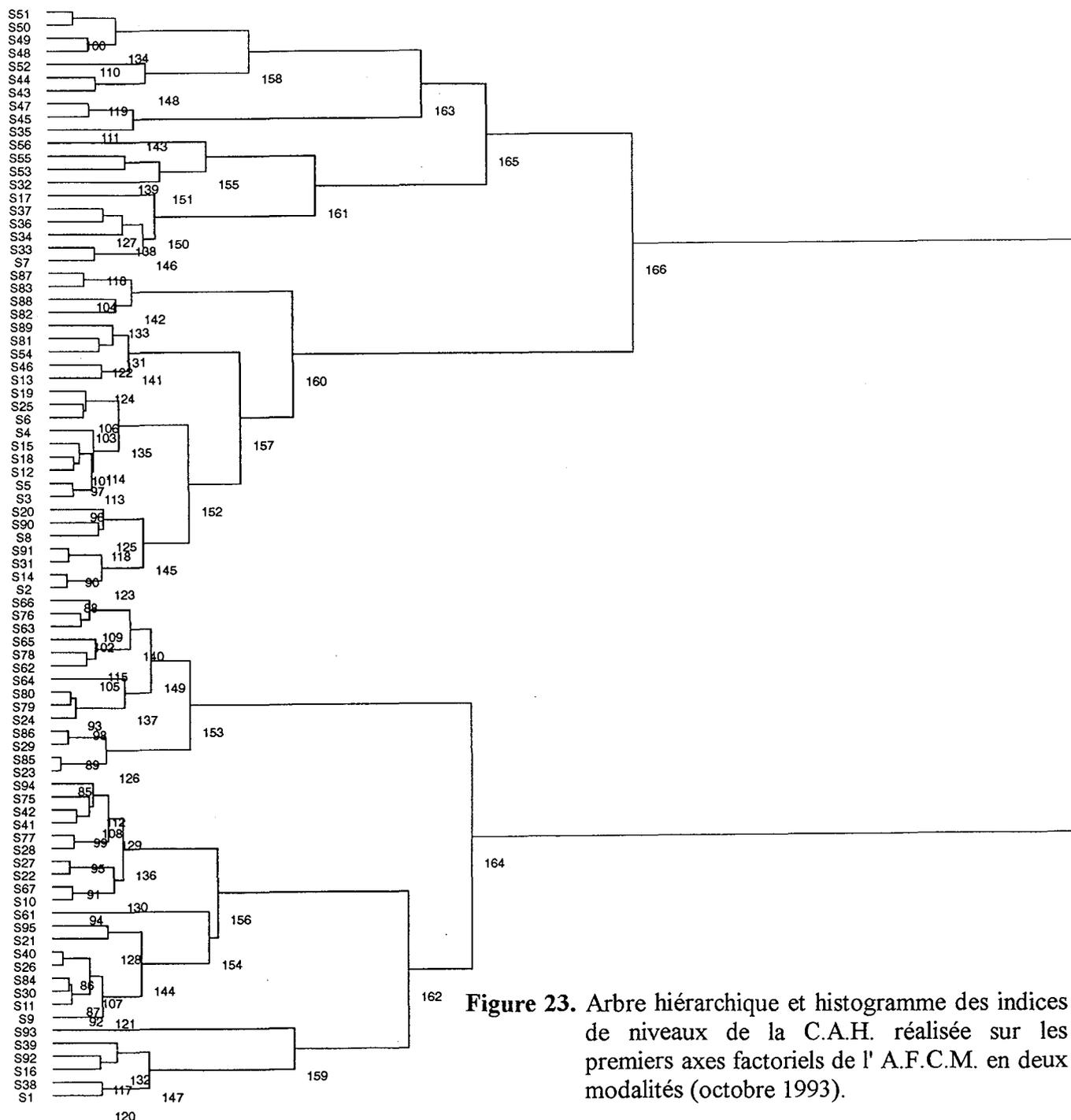
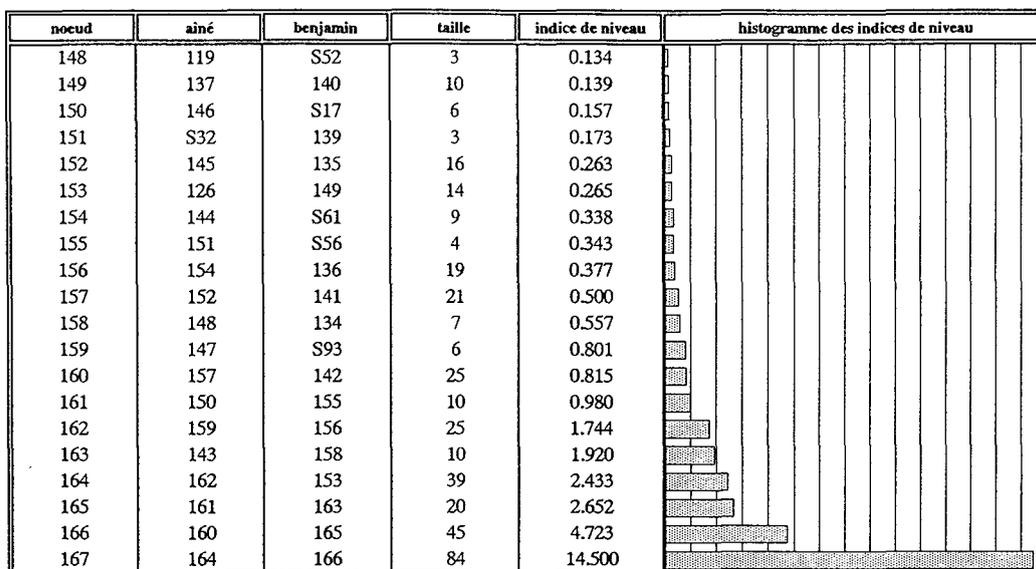


Echelle : 1 unité X = 0.044 1 unité Y = 0.064  
 Nombre de points superposés : 53

PRA (DFO)	SPP (DFO)	AQU (HST)	RPE (MHI)	POL (MHI)	PCO (MHI)	LLA (PSC)
CPE (MHI)	CFA (MHI)	ENA (MHI)	PEB (OVU)	PLA (OVU)	PSP (OVU)	BSU (STU)
NBR (OVU)	AVU (OVU)	FTA (OVU)	GOC (OVU)	DRA (OVU)	SPH (OVU)	PPL (PSC)
CRY (OVU)	PFR (OVU)	HBO (OVU)	HPL (OVU)	HAU (OVU)	MFU (OVU)	ONO (STU)
COC (OVU)	ACH (OVU)	PPA (OVU)	SCS (OVU)	BOC (OVU)	CAN (OVU)	APA (APR)
ALE (STU)	TMY (PSC)	SNO (PSC)	BAG (ASP)	CEN (STU)	OSA (PSC)	
HAM (PSC)	CNO (PSC)	GLU (PSC)	CVI (STU)	NMI (ASP)	PEL (STU)	
LBR (PSC)	HCA (PSC)	CCI (PSC)	AAC (STU)	SPL (PSC)	SHI (PSC)	

Figure 20. Plan factoriels 1/2 de l'A.C.P. non normée avec distance d'Hellinger et report des principales classes de la C.A.H. réalisée sur les axes factoriels (ellipsoïdes d'inertie, Fig. 20 a) (octobre 1993).





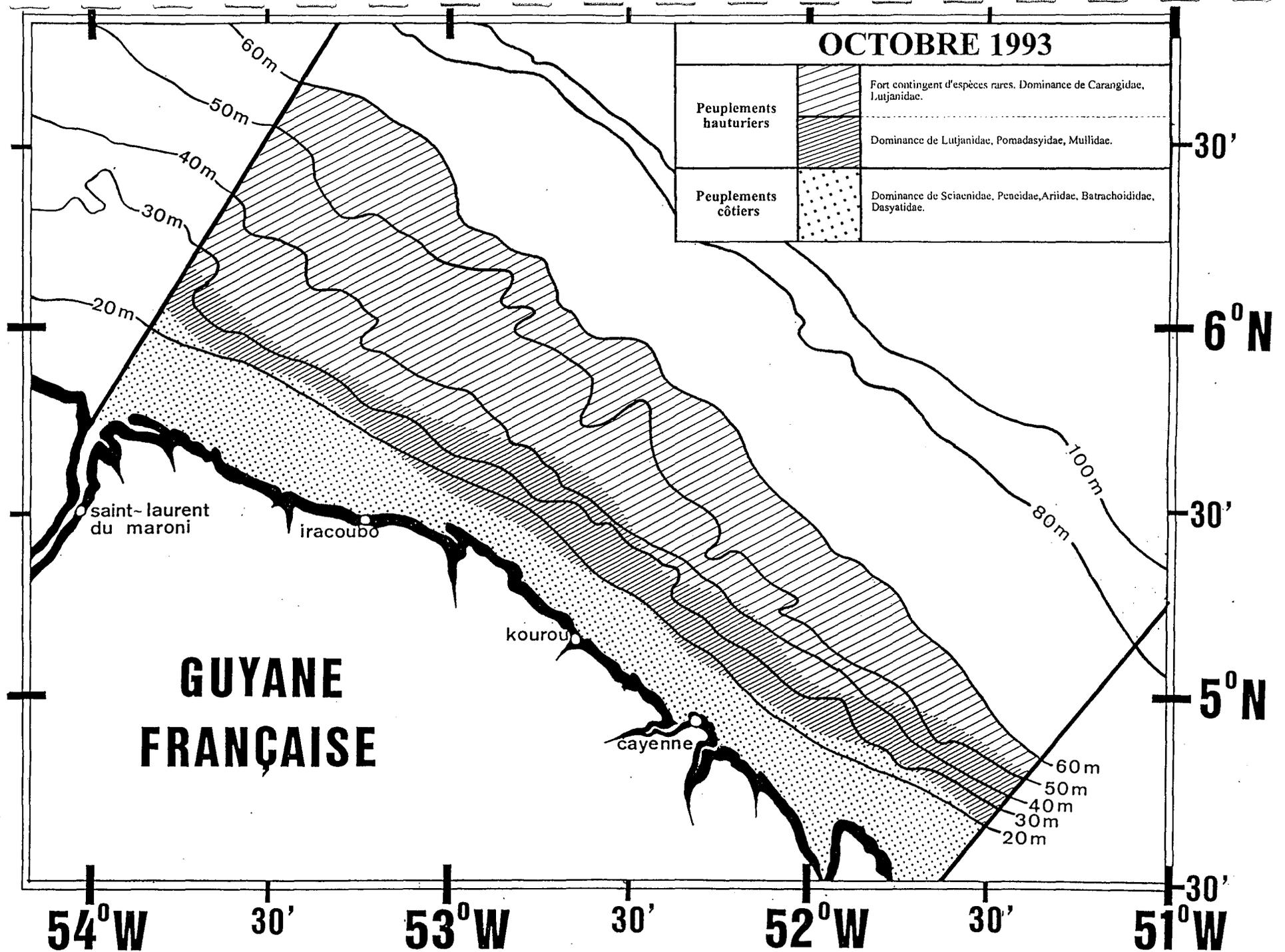


Figure 24. Typologie des stations à partir des classes de la C.A.H. réalisée sur les coordonnées factorielles de l'A.F.C.M. en deux modalités (octobre 1993).

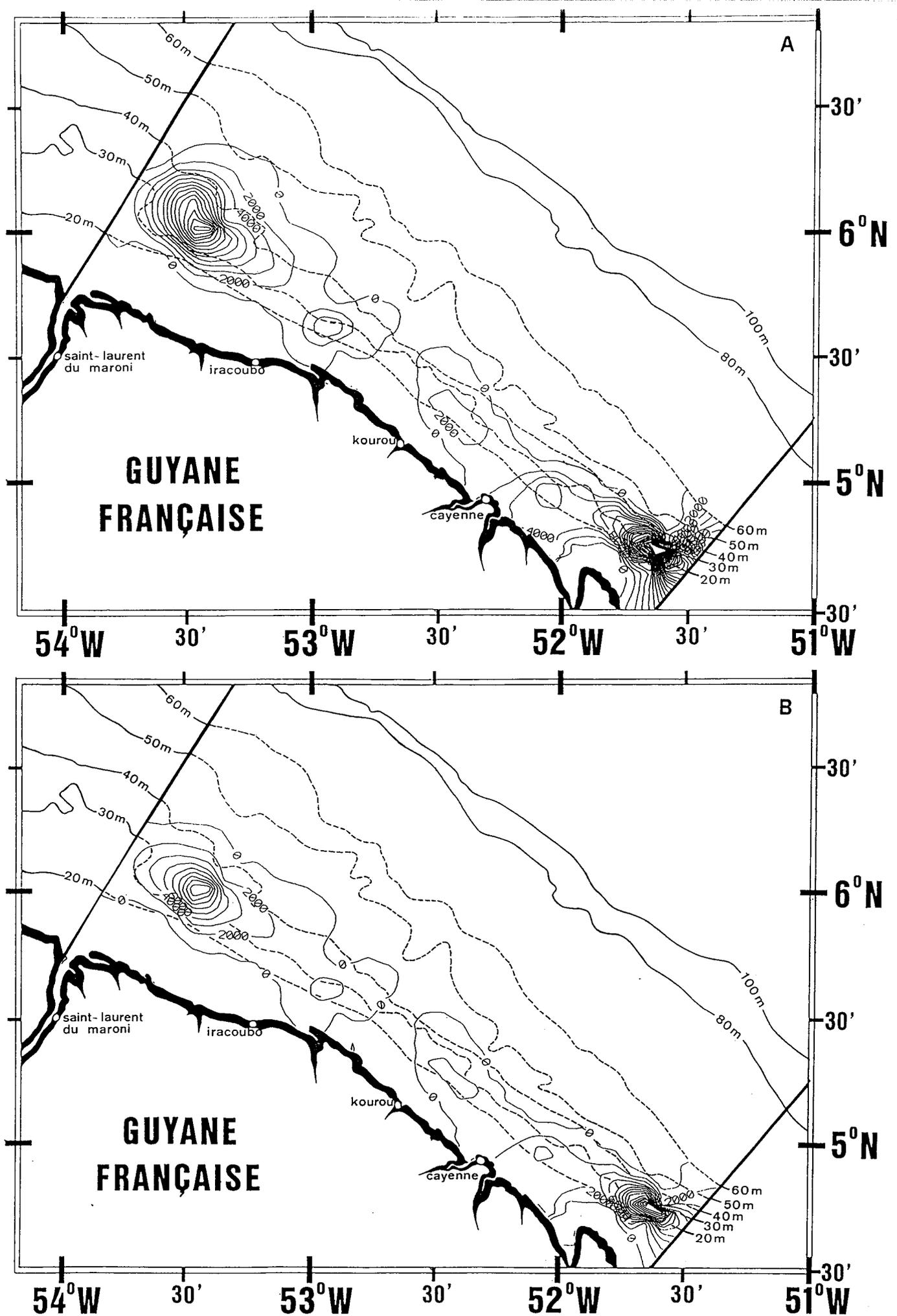
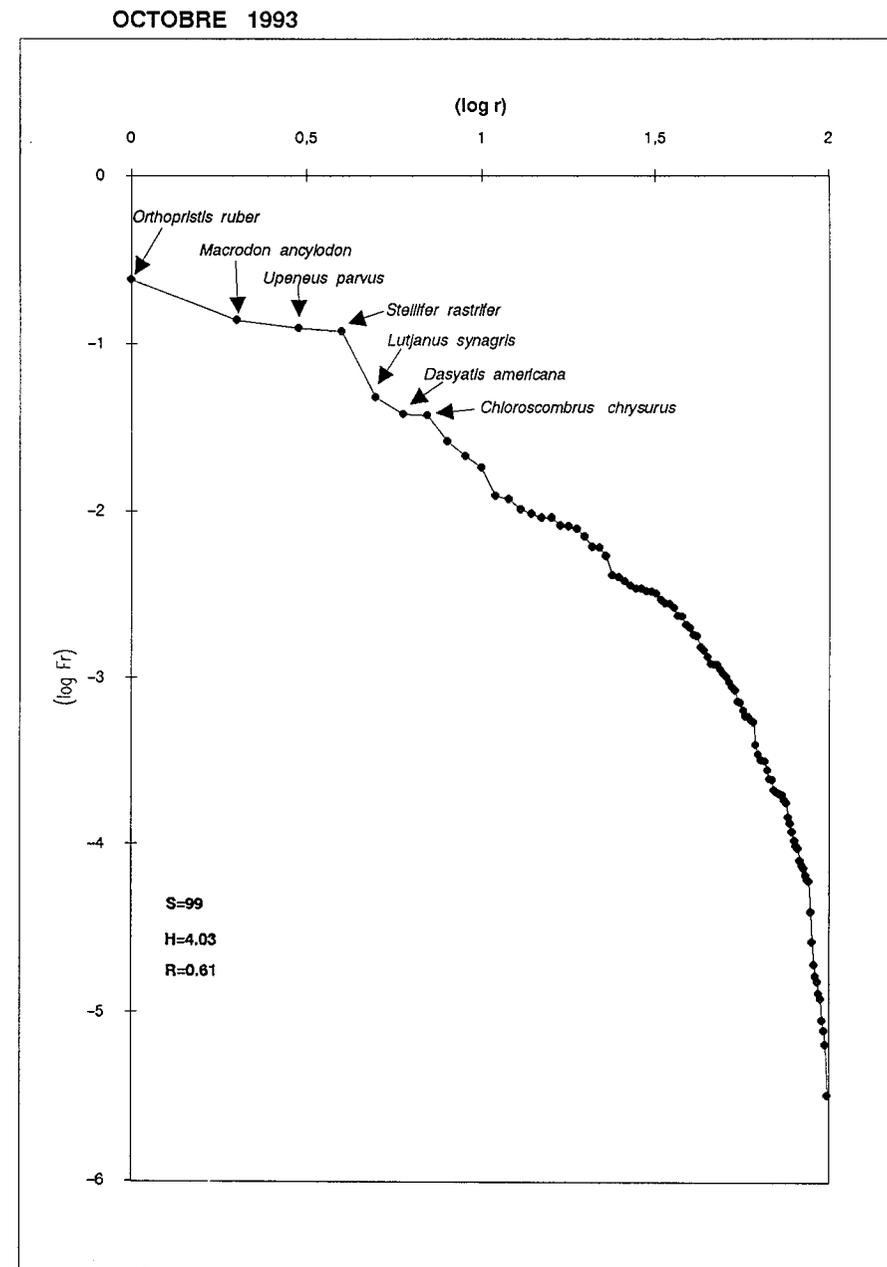
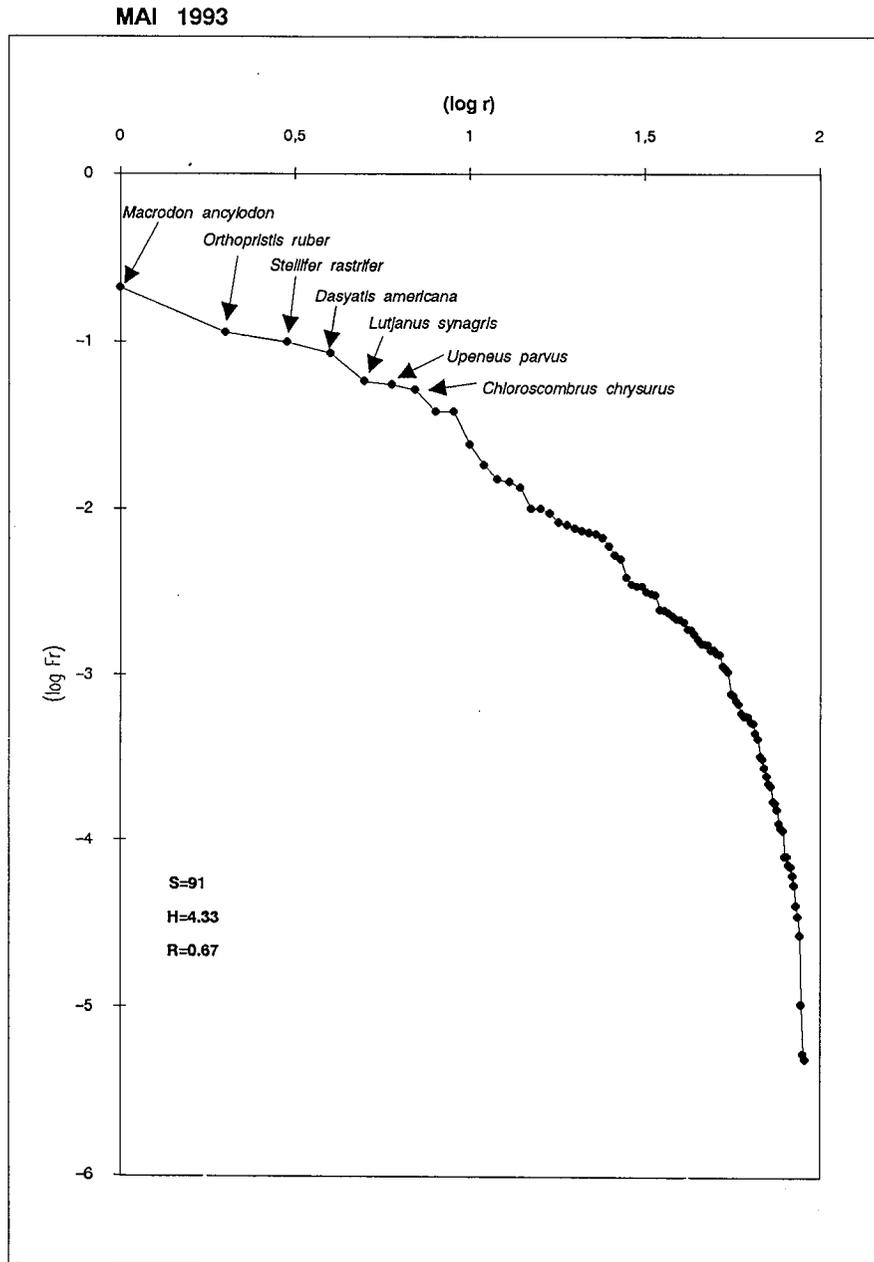


Figure 26. Cartographie des estimations de densité par krigeage de *Penaeus subtilis* (nombre d'individus total, Fig. 26 a; recues, Fig. 26 b) (octobre 1993).



**Figure 27.** Diagrammes rang–fréquence (coordonnées log–log) estimés pour les strates de profondeur 20–60 mètres en mai et octobre 1993 (d'après Moguedet et al., 1994). (S = nombre d'espèces, H = indice de diversité de Shannon, R = indice de régularité).

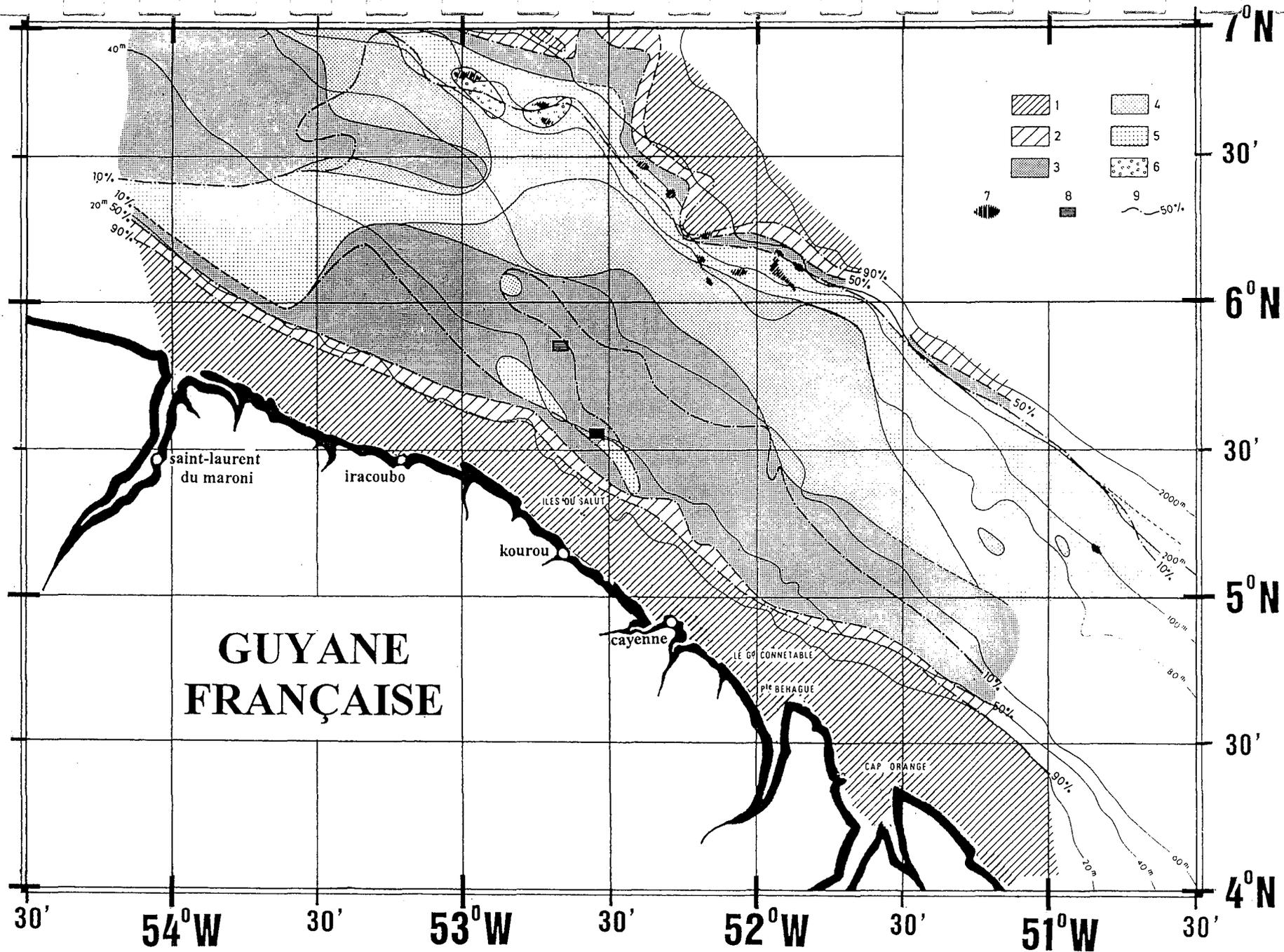


Figure 28. Répartition des faciès granulométriques sur le plateau continental de la Guyane (D'après Bouysson *et al.*, 1975). (1) Vases argileuses : > 90 % de particules < 50 microns. (2) Vases silteuses : entre 90 % et 50 % de particules < 50 microns. (3) Sables très fins (de 50 à 125 microns). (4) Sables fins (de 125 à 250 microns). (5) Sables moyens et grossiers (de 250 à 2000 microns). (6) Graviers (de 2 à 20 mm). (7) Affleurements de roches reconnus. (8) Affleurements d'argile anté-holocène. (9) Isovaleurs des lutites (10, 50 et 90 %).

ESPECES	NOMS VERNACULAIRES	CODAGE ESPECES	PRINCIPALES CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES LOCALISATION GLOBALE DES ESPECES
<b>CEPHALOPODES</b>			
<b>Loliginidae</b> <i>Loligo spp.</i>	Calmars	LSP	
<b>Octopodidae</b> <i>Octopus vulgaris</i>	Pleuvre	OVU	
<b>CRUSTACES</b>			
<b>Penaeidae</b> <i>Penaeus subtilis</i> <i>Penaeus brasiliensis</i> <i>Penaeus notialis</i> <i>Penaeus schmitti</i> <i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	Crevette café Crevette royale rose Crevette roché du Sud Crevette Igubam du Sud Crevette sea-bob	<b>PSU</b> PEB PNO PSC XKR	Espèces à grand spectre de répartition. <i>Penaeus brasiliensis</i> se situe au delà de notre zone d'étude. <i>Penaeus subtilis</i> est caractéristique de la strate bathymétrique 20-40 mètres.
<b>Pallinuridae</b> <i>Panulirus laeviscauda</i>	Langouste indienne	PLA	
<b>Calappidae</b> <i>Callinectes ornatus</i> <i>Calappa sulcata</i> <i>Calappa nuda</i>	Crabe gris Crabe -	COR CSU CNI	
<b>Portunidae</b> <i>Portunus spinimanus</i>	-	PSP	
<b>POISSONS</b>			
<b>Trakidae</b> <i>Mustellus higmani</i> <i>Mustellus canis</i>	Emissole ti-yeux Emissole douce	MHI MCA	
<b>Sphyrnidae</b> <i>Sphyrna tudes</i>	Requin marteau	STU	
<b>Rhinobatidae</b> <i>Rhinobatos percellens</i>	Guitare de mer	RPE	
<b>Dasyatidae</b> <i>Dasyatis americana</i>	Pastenague américaine	<b>DAM</b>	Espèce caractéristique de la strate 0-20 mètres.
<b>Gymnuridae</b> <i>Gymnura micrura</i>	Pastenague allée	<b>GMI</b>	
<b>Torpedinidae</b> <i>Narcine brasiliensis</i>	Torpille	NBR	
<b>Albulidae</b> <i>Albula vulpes</i>	Banane de mer	AVU	
<b>Clupeidae</b>	Sardines et harengues	CLU	
<b>Engraulidae</b> <i>Anchoa mitchilli</i> <i>Anchoa mitchilli</i> <i>Anchoa mitchilli</i>	Anchois de fond Anchois gras	ASP ALE	
<b>Synodontidae</b> <i>Trachynotus myops</i> <i>Synodus foetens</i> <i>Saurida normani</i>	Poisson lézard - -	TMY SFO SNO	Fonds sableux, parfois vaseux. 40-90 mètres
<b>Fistulariidae</b> <i>Fistularia tabacaria</i>	?	FTA	
<b>Ariidae</b> <i>Bagre bagre</i> <i>Arius grandcassisi</i> <i>Arius proops</i> <i>Arius parkeri</i> <i>Arius rugispinis</i>	Mâchoiron coco Mâchoiron rondé Mâchoiron crucifix (blanc) Mâchoiron jaune Mâchoiron petit-gueule	<b>BAG</b> <b>AGR</b> <b>APR</b> <b>APA</b> <b>ARU</b>	Espèces caractéristiques d'une zone estuarienne. 0-20 mètres
<b>Muraenidae</b> <i>Gymnothorax ocellatus</i>	Murène ocellée	GOC	
<b>Sphyrnidae</b> <i>Sphyrna guachancho</i>	Bécune guachanche	SGU	
<b>Polyneimidae</b> <i>Polydactylus oligodon</i>	Barbure à sept barbillons	POL	
<b>Centropomidae</b> <i>Centropomus ensiferus</i>	Crossie épée (Loubine)	CEN	
<b>Serranidae</b> <i>Diplacrum formosum</i> <i>Serranus dewegeri</i> <i>Diplacrum radiale</i> <i>Serranus phoebe</i> <i>Mycteroperca cidii</i>	Serran de sable Serran vierge Serran - Badèche blanche	DFO SDE DRA SPH MCI	Espèces présentes en eau de salinité moyenne à normale. Caractéristique de faciès néritique ou à granulométrie grossière (sables). 30-60 mètres.
<b>Priacanthidae</b> <i>Priacanthus arenatus</i> <i>Cookeolus boops</i>	Beaucalre soleil ?	PRA CBO	
<b>Carangidae</b> <i>Caranx hippos</i> <i>Caranx cryos</i> <i>Selar crumenophthalmus</i> <i>Selene vomer</i> <i>Chloroscombrus chrysurus</i> <i>Oligoplites salens</i> <i>Hemicaranx amblyrhynchus</i>	Carangue crevalle Carangue couball Selar coullsou Musso panache Sapater Sauteur castin Carangue nez court	<b>CHI</b> CRY SCR SVO CCH OSA HAM	Espèces caractéristiques d'eaux marines relativement claire. Fond sablo-vaseux. Présente surtout en zone hauturière (35-50 mètres).
<b>Lutjanidae</b> <i>Lutjanus purpureus</i> <i>Lutjanus synagris</i> <i>Rhomboplites aurorubens</i> <i>Pristipomoides freemani</i>	Vivaneau rouge Vivaneau rayé Vivaneau ti-yeux Colas	LPU LSY RAU PFR	Espèces caractéristiques d'eaux marines du large. Préférence de répartition sur des faciès néritique ou grossier.
<b>Gerreidae</b> <i>Eucinostomus argenteus</i>	Blanche argentée	<b>EAR</b>	Famille voisine des Lutjanidae aux caractéristiques similaires.

**Tableau 1.** Inventaire faunistique des captures réalisées lors des campagnes de chalutage (familles, espèces, noms vernaculaires, codages utilisés pour les analyses). Les espèces en caractères gras correspondent aux espèces de principale biomasse.

ESPECES	NOMS VERNACULAIRES	CODAGE ESPECES	PRINCIPALES CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES LOCALISATION GLOBALE DES ESPECES
<b>POISSONS (suite)</b>			
<b>Pomadasyidae</b>			
<i>Conodon nobilis</i>	Cagna rayée	CNO	Espèces présentes généralement en zone marine (30-50 mètres). Caractéristique de fond néritique à grossier.
<i>Orthopristis ruber</i>	Gorette corocoro	ORU	
<i>Haemulon boschmae</i>	Gorette rul	HBO	
<i>Haemulon plumieri</i>	Gorette blanche	HPL	
<i>Haemulon steindachneri</i>	Gorette chercher	HST	
<i>Haemulon aurolineatum</i>	Gorette tomate	HAU	
<i>Pomadasy corvinaeformis</i>	Grondeur gris	PCO	
<i>Genyatremus luteus</i>	Lippu ti-croupla	GLU	
<i>Anisotremus virgihcus</i>	Lippu rondeau	AVI	
<b>Sciaenidae</b>			
<i>Cynoscion virescens</i>	Acoupa aiguille (ou cambucu)	CVI	Espèces caractéristiques de la zone côtière. Grande faculté d'adaptation aux variations de salinité pour certaines d'entre elles (Macrodon ancylodon, Cynoscion virescens). Caractéristiques de fond vaseux, eaux turbides.
<i>Cynoscion similis</i>	Acoupa tonquiche	CSI	
<i>Nebriis microps</i>	Acoupa céleste (= courbine ti-yeux)	NMI	
<i>Macrodon ancylodon</i>	Acoupa chasseur	MAN	
<i>Micropogonias furnieri</i>	Tambour rayé (Courbine)	MFU	
<i>Stellifer rastriifer</i>	Magister fourche	SRA	
<i>Paralichthys brasiliensis</i>	Bourrugue Marie Louise	PBR	
<i>Paralichthys elegans</i>	Bourrugue coquette	PEL	
<i>Larimus breviceps</i>	Verrue ti-tête	LBR	
<b>Spardae</b>			
<i>Calamus penna</i>	Daubenet bélier	CPE	
<b>Mullidae</b>			
<i>Upeneus parvus</i>	Rouget- souris mignon	UPA	Forte présence très au large (40-50 mètres). Biotope préférentiellement lié aux eaux salines et propres. Fond à granulométrie grossière (sables, sables grossiers, détritique)
<i>Pseudupeneus maculatus</i>	Rouget-barbet tacheté	PMA	
<b>Ephippidae</b>			
<i>Chaetodipterus faber</i>	Disque portugais	CFA	
<b>Chaetodontidae</b>			
<i>Chaetodon ocellatus</i>	Chaetodon	COC	Strate 30-50 mètres.
<i>Chaetodon guyanensis</i>	"	CGU	
<b>Labridae</b>			
<i>Halkoeres caudalis</i>	Poisson perroquet	HCA	
<b>Pomacanthidae</b>			
<i>Pomacanthus arcuatus</i>	Demoiselle blanche	PAR	
<b>Acanthuridae</b>			
<i>Acanthurus chirurgus</i>	Chirurgien docteur	ACH	
<b>Trichuridae</b>			
<i>Trichurus lepturus</i>	Poisson-sabre	TLE	
<b>Scombridae</b>			
<i>Scomberomorus brasiliensis</i>	Thazard tacheté	SBR	
<b>Stromateidae</b>			
<i>Peprilus paru</i>	Stromaté lune	PPA	
<b>Scorpaenidae</b>			
<i>Scorpaena spp.</i>	Rascasses	SCS	Situées aux delà de 30 mètres de fond.
<b>Triglidae</b>			
<i>Pfionotus spp.</i>	Grondins	SPP	Caractéristique d'eaux marines du large (30-50 mètres)
<b>Dactylopteridae</b>			
<i>Dactylopterus voltans</i>	Poule de mer	DVO	
<b>Bothidae</b>			
<i>Cyclosetta chittendeni</i>	Perpelre	CCI	Espèces marines du large (35-50 mètres)
<i>Syacium papillosum</i>	Sole	SPA	
<i>Bothus ocellatus</i>	"	BOC	
<b>Soleidae</b>			
<i>Achirus achirus</i>	Sole	AAC	Espèces côtières.
<i>Gymnachirus nudus</i>	"	GNU	
<b>Cynoglossidae</b>			
<i>Symphurus plagusia</i>	Langue joue cendre	SPL	
<b>Rachycentridae</b>			
<i>Rachycentron canadum</i>	Cobla (Mafou)	RCA	
<b>Echeneididae</b>			
<i>Echeneis naucrates</i>	Poisson-pilote	ENA	
<b>Monacanthidae</b>			
<i>Stephanolepis hispidus</i>	Bourse	SHI	
<i>Aluterus monoceros</i>	"	AMO	
<i>Aluterus shoepfi</i>	Bourse orange	ASH	
<b>Tetraodontidae</b>			
<i>Lagocephalus laevigatus</i>	Compère Isse	LLA	Espèces généralement côtières de type estuarienne (0-35 mètres). Fond vaseux à sablo-vaseux.
<i>Sphaeroides testudineus</i>	Compère corotuche	STE	
<i>Sphaeroides dorsalis</i>	Compère	SDO	
<i>Colomesus psittacus</i>	"	CPS	
<b>Diodontidae</b>			
<i>Chikomycteris antillarum</i>	Porc-épic	CAN	
<b>Ostraciidae</b>			
<i>Acanthostracion quadricornis</i>	Coffre taureau	AQU	Espèce caractéristique de fond sableux.
<b>Batrachoididae</b>			
<i>Batrachoides surinamensis</i>	Crapaud guyanais	BSU	Espèces caractéristiques de la zone côtière (0-20 mètres). Fond très vaseux.
<i>Porichthys plectrodon</i>	Crapaud	PPL	
<i>Thalassophryne nattereri</i>	"	TNA	
<b>Ogcocephalidae</b>			
<i>Ogcocephalus nasutus</i>	?	ONA	Présente au delà de 40 mètres.
<i>Ogcocephalus notatus</i>	?	ONO	
<b>Antennariidae</b>			
<i>Phrynelox scaber</i>	?	PSC	

Tableau 1 bis. Suite.

### Echantillonnage Aléatoire Stratifié

Optimisation possible du plan d'échantillonnage en stratifiant la zone d'étude en fonction des caractéristiques dégagées par les analyses menées précédemment (sédimentologie, structure des peuplements).

Matrice initiale (stations/espèces) des indices d'abondance pondéraux de chaque espèce

### Analyse en Composantes Principales non normée avec distance d'Hellinger

L'étude de la totalité du taxocène est effectuée à l'aide de cette technique. Elle a permis de mettre en exergue le fait que les espèces faibles pondéralement n'avaient que peu d'importance dans la structure de l'écosystème.

Détermination des espèces structurantes

### Analyse Factorielle des Correspondances Multiples sur tableau recodé en plusieurs modalités

L'étude de la répartition des espèces structurantes à l'aide d'une A.F.C.M. codée en plusieurs modalités pourrait éclaircir la structure de leur répartition en affinant les synopsis obtenues avec codage en deux modalités. Il conviendrait de croiser les espèces avec les facteurs environnementaux (température, salinité,...), non disponibles actuellement, pour valider les hypothèses énoncées jusqu'ici.

### Classification Ascendante Hiérarchique

Aide à l'interprétation des résultats en utilisant une C.A.H. sur les axes factoriels de l'Analyse des Correspondances Multiples des espèces structurantes.

### Techniques de Krigeage

La répartition du stock d'une espèce particulière (ici, *Penaeus subtilis*) est étudiée en utilisant la technique de krigeage. Les estimations de krigeage sont améliorées en stratifiant la zone selon les principales caractéristiques de distribution de l'espèce étudiée.

Typologie des peuplements

### Cartographie de répartition des espèces structurantes

Report, sur la zone d'étude, des classes de stations obtenues avec la C.A.H. précédente.

### Cartographie des distributions d'abondance de l'espèce étudiée

Distribution et estimation de la biomasse de l'espèce étudiée

Tableau 3. Protocole d'analyse optimisé des données.

## RESUME.

Deux campagnes de chalutage (mai et octobre 1993) ont été réalisées par l'IFREMER, l'objectif étant d'obtenir une typologie des peuplements démersaux du plateau continental de la Guyane française et de cartographier la répartition de la crevette *Penaeus subtilis* (espèce cible de la pêche crevettière guyanaise). Un protocole d'analyse de données a été élaboré à cet effet. Des techniques d'analyse d'inertie et de classification ont servi à la détermination des principales structures des peuplements démersaux et une méthode de géostatistique a été employée pour cartographier la répartition de *Penaeus subtilis* et en particulier celle des recrues dans la pêche.

L'influence de l'Amazone et des fleuves guyanais sur l'écosystème démersal est forte, leur impact semble induire une différenciation de deux peuplements démersaux; l'un côtier, l'autre hauturier. Ces deux peuplements sont séparés par la strate de profondeur 25-30 mètres qui jouerait le rôle de zone "tampon" entre les eaux côtières dessalées et les eaux marines du large, dont les faciès sédimentologiques associés sont respectivement vaseux (influence des dépôts alluvionnaires de l'Amazone) et sableux (fin à grossier).

La crevette *Penaeus subtilis* semble avoir un préférendum de répartition dans cette zone d'interface. La technique de cartographie par krigeage a permis d'identifier des zones privilégiées de distribution au large des trois grands fleuves de Guyane, le Maroni, l'Oyapock, et la Sinnamary. Cette étude a permis de plus de compléter les connaissances par ailleurs encore partielle du mécanisme de recrutement de cette espèce, puisque de fortes concentrations de recrues ont été identifiées au large des fleuves Maroni et Oyapock, sur des fonds atteignant 40 mètres.

**Mots clés :** Guyane, Typologie, Analyses d'inertie, Géostatistique, Peuplements démersaux, Crevette *Penaeus subtilis*.

## ABSTRACT.

Two trawl surveys (1993 may, october) have been conducted by the IFREMER in order to carry out a typology of demersal populations and to map the spatial distribution of the penaeid shrimp *Penaeus subtilis* (French Guyana shrimp fishery fleet target species) over the French Guyana continental shelf. For this purpose, a particular data analyses procedure was designed. On one hand, inertia and cluster analysis were used to determine the main structures of demersal communities. On the other hand, mapping of *Penaeus subtilis* distribution, and especially of the recruits in the fishery, was obtained through geostatistic technique.

Impacts of the Amazon and Guyana rivers on the demersal ecosystem are strong. They induce separation between the demersal communities, in-shore and off-shore species. The 25-30 meters strata may be considered as a "buffer" area, between briny shallow waters and off-shore marine waters, respectively associated with muddy (Amazon alluvionary influence) and sandy (fine to rough) sedimentological facies.

For *Penaeus subtilis*, results show a spatial distribution gradient with respect to depth, and a particular distribution pattern within the transition zone. Three preferential distribution areas have been identified off the main Guyane rivers: Maroni, Oyapock and Sinnamary. The *Penaeus subtilis* recruitment mechanism have been completed, large concentrations of recruits being pointed out off the Maroni and Oyapock rivers, up to 40 meters in depth.

**Key words :** French Guyana, Typology, Inertia analysis, Geostatistic Technics, Brown shrimp *Penaeus subtilis*.

