

# Variabilité de la pêche artisanale sénégalaise et statistique exploratoire

Jocelyne Ferraris<sup>a</sup>

Alassane Samba<sup>b</sup>

## Résumé

La pêche artisanale au Sénégal est suivie depuis plus d'une décennie par le Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye selon un cadre de description défini par un protocole d'échantillonnage stratifié à plusieurs niveaux. Variabilité et adaptabilité, qui caractérisent ce type de pêcherie multi-spécifique et multi-engin, nécessitent d'approfondir l'étude des activités de pêche et de mieux identifier les sources de variation et les interactions du phénomène pris dans sa globalité. L'exploration de la structure des données disponibles par les méthodes d'analyse statistique multidimensionnelle permet de fournir un résumé-synthèse du cadre de description et de mieux appréhender les discontinuités spatio-temporelles et/ou fonctionnelles du système. Par l'analyse typologique des unités de pêche, les tactiques de pêche sont dégagées et de nouvelles hypothèses de travail sont émises sur les stratégies adoptées par les pêcheurs artisans. Le but de la communication est d'illustrer la place et l'apport de la statistique descriptive dans l'ensemble de la démarche méthodologique et de souligner l'interaction enrichissante entre l'outil exploratoire et la thématique. La démarche est appliquée sur des données de Pêche Artisanale de la côte nord du Sénégal.

---

<sup>a</sup>Biostatisticienne, ORSTOM, Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye BP 2241 DAKAR (Sénégal)

<sup>b</sup>Biologiste des pêches, ISRA, Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye BP 2241 DAKAR (Sénégal)

# 1 Introduction

La problématique sous-jacente à cette communication est de nature méthodologique et concerne l'élaboration d'un schéma d'analyse en vue de l'exploitation d'une base de données sur la pêche artisanale au Sénégal. La démarche proposée est basée sur des outils de statistique descriptive multidimensionnelle et vise à illustrer comment les méthodes d'Analyses de Données modifient les premières étapes du traitement des données et permettent de définir une méthodologie et des concepts nouveaux. Cette démarche méthodologique intègre l'outil statistique en tant qu'outil de description et de synthèse et a pour objectifs :

- explorer la structure des données selon une démarche hiérarchisée allant du général au particulier et visant à dégager l'essentiel de l'accessoire ;
- fournir une approche globale à partir de l'étude d'un grand nombre de données caractérisées par des multivariées ;
- assurer une procédure rapide d'assimilation de l'information par l'obtention de représentations graphiques suggestives ;
- traduire les associations statistiques en terme géométrique (calcul de distances) sans faire de choix arbitraires liés aux hypothèses sur la distribution des variables.

L'analyse exploratoire, qui répond avant tout à un but descriptif, permet de mieux appréhender la variabilité des données et d'en dégager les variables structurantes. Par une bonne description des données multidimensionnelles, on cherche à avoir une meilleure compréhension des phénomènes et de la dynamique du système étudié. Cette étape descriptive permet également de mieux s'intégrer dans la problématique propre à la thématique et de s'impliquer dans la démarche scientifique par la mise en évidence de phénomènes insoupçonnés et l'élaboration de nouvelles questions. "Les typologies (classification des individus [...]), les outils de visualisation (plans factoriels) permettent de jeter un regard plus "macroscopique" sur l'information : l'utilisateur n'est plus le "nez" sur les chiffres [...]. Non seulement le choix des modèles n'est plus fait de façon aveugle en fonction des hypothèses de base, mais ces hypothèses pourront souvent être critiquées, d'autres hypothèses pourront être suggérées" (Lebart, 1988). La démarche subséquente à cette première étape consistera en la collecte d'informations supplémentaires dans le but de répondre aux nouvelles questions soulevées et en l'élaboration d'un nouveau schéma d'analyse basé sur des outils de statistique confirmatoire permettant de valider les hypothèses de travail. Suite à un résumé optimal de l'information, les règles de fonctionnement et de structuration de la pêche artisanale seront formalisées par statistique inférentielle et modélisation statistique et intégrées dans un système expert développé pour les fins de la simulation du "système pêche artisanale" (Lefur, 1990).

## 2 Contexte de l'étude

L'analyse des données de 1975 à 1987 du Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye a permis de mettre en évidence la vitalité de la pêche artisanale sénégalaise et de conforter l'hypothèse que la variabilité générale des conditions du

milieu est contrebalancée par l'adaptabilité des pêcheurs (Laloë et Samba, 1990). Les données sur la pêche artisanale, collectées selon un protocole d'échantillonnage défini en regards de la problématique halieutique (Laloë, présent volume), ont permis de soulever les difficultés d'établir et de modéliser, pour ce type de pêcherie multispécifique-multiengin, les relations entre pression et activité de pêche et état de la ressource. Afin de mieux comprendre la réactivité des pêcheurs face aux fluctuations de leur environnement, il devient alors nécessaire de mieux décrire l'activité et la dynamique de la pêcherie et de prendre en compte l'existence de la variabilité de l'impact de l'activité de chaque unité de pêche en étudiant plus finement les tactiques (choix d'un engin, d'une espèce cible, d'un lieu de pêche) et les stratégies (choix des tactiques dans le temps et dans l'espace) des pêcheurs artisans.

Dans le cadre de la démarche méthodologique proposée, seules les données concernant l'activité de pêche sont analysées (efforts et rendements de pêche) ; les variables potentiellement explicatives des processus mis en évidence (environnement naturel, social, économique etc.) seront confrontées ultérieurement aux phénomènes dégagés au cours de cette première étape. La démarche est structurée à partir d'un lot restreint de l'information disponible et sera par la suite généralisée à l'ensemble des ports et des années suivis par le CRODT. Seules les données les plus récentes sont analysées afin de dégager les premières conclusions sur les redondances et divergences observées par rapports aux phénomènes décrits entre 1975 et 1987 (Laloë & Samba 1990).

### 3 Les données

La base de données considérée dans ce travail (figure 1) concerne la pêche du littoral maritime sénégalais du sud de la Petite Côte au nord de la Grande Côte. Les productions globales de la pêche artisanale sénégalaise sont estimées à partir du recensement du **parc piroguier** (environ 4500 pirogues), suivi depuis 1981, et du calcul des facteurs d'extrapolation régionale appliqués aux données échantillonnées sur les principaux points de débarquement. Le suivi de la pêcherie répond à un plan d'échantillonnage stratifié selon le lieu de débarquement (8 points principaux), l'engin de pêche (24 types d'engin) et la quinzaine. L'activité est mesurée en termes d'*efforts de pêche* (nombre de sorties) et de *prises par sortie* (PUE : Prise par Unité d'Effort). A Kayar en 1989 (port sur lequel portera plus particulièrement notre étude), 80500 sorties de pêche ont été comptabilisées dont 5000 ont été échantillonnées pour l'évaluation des débarquements. Les prises par sortie de pêche sont quantifiées par espèce à partir d'une liste d'une centaine d'unités taxonomiques. Cette information de base est ensuite concentrée à l'aide des estimateurs calculés par strate (engin x port x quinzaine), moyenne des PUE et total des efforts de pêche, dont le produit donne une estimation des captures pour l'engin, le port et la quinzaine considérés. La sommation sur les strates concentre de nouveau cette information en enlevant l'effet temporel (données annuelles), d'engin (prise globale) ou de port (estimation par région).

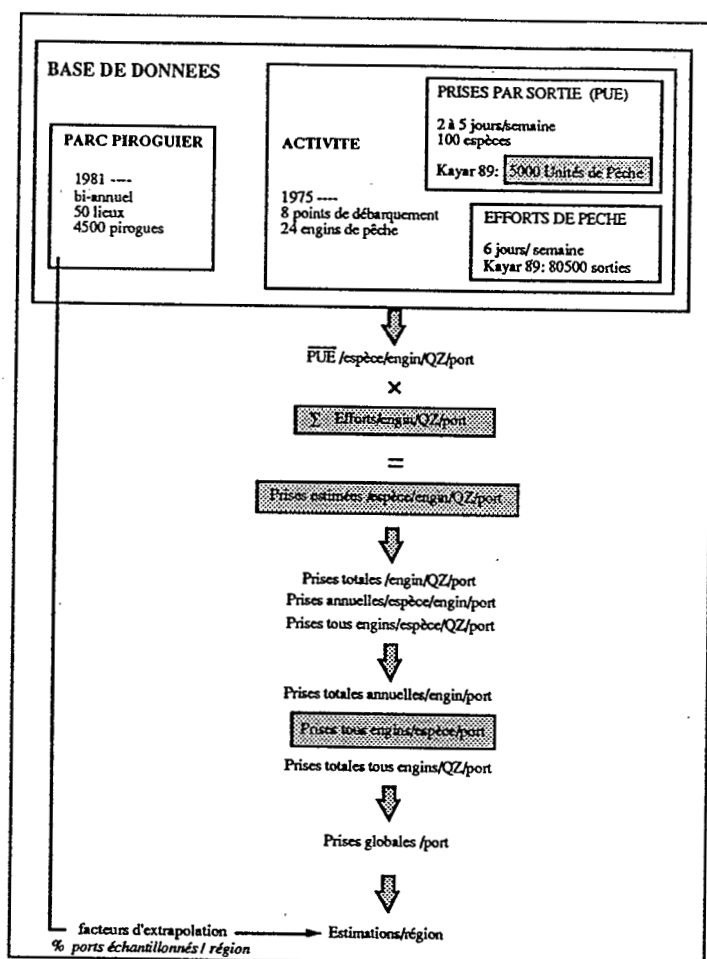


Figure 1 : Présentation de la base de données "pêche artisanale" du CRODT

## 4 Schéma d'analyse

La démarche proposée est inverse au gradient de concentration de l'information, allant des données les plus générales aux données les plus détaillées. Le schéma d'analyse, constitué de quatre étapes basées sur des matrices construites au niveau des zones ombrées de la figure 1, vise à analyser : 1- la variabilité spatio-temporelle des prises annuelles par espèce pour tous les ports suivis entre 1987 et 1990, 2- la variabilité temporelle de l'activité de Kayar entre 1988 et 1990 (efforts et captures par espèce et par quinzaine) et 3- la variabilité des rendements individuels de pêche à Kayar en 1989. La représentation géométrique des similitudes entre les lignes et les colonnes des tableaux de données à décrire, suite au calcul des distances (ou des similarités), est réduite au prix d'une perte d'information minimale à l'aide de deux familles de méthodes : les méthodes factorielles et les méthodes de classification.

## 4.1 Analyse de la variabilité spatio-temporelle (1987-1990)

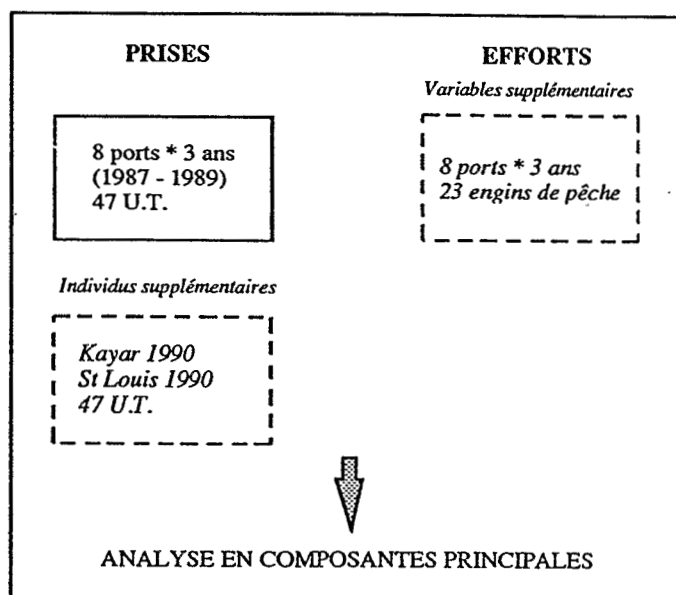


Figure 2 : Première étape du schéma d'analyse

L'analyse en composantes principales est utilisée ici en tant qu'outil de visualisation et de synthèse dans le but de présenter rapidement les caractéristiques principales de la pêche artisanale sénégalaise. Les données brutes sont transformées en logarithme, afin de normaliser les distributions des variables, et l'analyse est appliquée sur la matrice des corrélations, les données centrées-réduites permettant de donner le même poids à toutes les variables. Chaque port-année est décrit par son profil de production totale (prises estimées, tous engins confondus) de 47 unités taxonomiques (U.T. : espèces ou regroupement d'espèces). La recherche des axes factoriels est réalisée à partir des ports suivis entre 1987 et 1989 (3 observations par port), les années 90 étant disponibles uniquement pour deux ports : Saint-Louis et Kayar. Ces deux observations sont projetées en individus supplémentaires, par le calcul des formules de transition, afin de visualiser leurs relations avec les années précédentes.

Soit  $Y$  le tableau de données centrées de  $n$  individus et  $p$  variables,

Soit  $D$  la matrice diagonale des masses  $m_i$  des  $n$  individus,  $m_i = \frac{1}{n}$

Soit  $L = [diag({}^tYDY)]^{-\frac{1}{2}}$  et  $Q = {}^tLL$

l'ACP de  $(Y \ Q \ D)$  conduit à rechercher les  $r$  triplets

$$(\lambda_\alpha \in R, \phi_\alpha \in R^p \text{ et } \Psi_\alpha \in R^n)$$

définis par :

$${}^tYDYQ \phi_\alpha = \lambda_\alpha \phi_\alpha$$

$$\Psi_\alpha = \frac{YQ \phi_\alpha}{\sqrt{\lambda_\alpha}} \text{ d'où l'on tire : } \phi_\alpha = \frac{{}^tYD \Psi_\alpha}{\sqrt{\lambda_\alpha}} \text{ (formules de transition)}$$

$$\lambda_1 \geq \lambda_2, \dots, \geq \lambda_r$$

Soit  $\tilde{\Psi}^\alpha = \sqrt{\lambda_\alpha} \Psi^\alpha$  les composantes principales

et  $\tilde{\phi}_\alpha = \sqrt{\lambda_\alpha} \phi_\alpha$  les axes principaux

qui permettent de trouver les coordonnées des individus et des variables supplémentaires :

$$\Psi_{n+1}^\alpha = Y_{n+1} Q \phi_\alpha \text{ et } \phi_{\alpha,p+1} = {}^tY^{p+1} D \Psi^\alpha$$

Le plan des individus illustre la trajectoire entre les années successives d'un même port et le degré de ressemblance entre les différents ports. Toujours par la technique des points supplémentaires, les variables d'efforts (nombre de sorties par port-année et type d'engin) sont projetées dans le plan des variables afin de visualiser la relation entre les prises et l'importance d'utilisation des engins de pêche. L'analyse est réalisée à l'aide du logiciel SPAD.N (Système Portable pour l'Analyse des Données, SPAD.N, 1987).

## 4.2 Analyse de la variabilité temporelle de Kayar (1988-1990)

L'analyse de la variabilité intra-annuelle est effectuée à partir de l'exemple de Kayar décrit entre 1988 et 1990 par la somme des efforts de pêche et des captures par quinzaine. Le but de l'analyse consiste à trouver des périodes de stabilité au sein de la pêcherie à partir de l'étude des fluctuations des efforts et de la production. L'analyse est effectuée par la **méthode de groupement chronologique** avec contrainte temporelle de Legendre *et al.* (1985), proposée dans le progiciel d'écologie numérique "R" (Legendre, 1985). Le principe consiste à déterminer des classes de quinze semaines contiguës caractérisées par des captures multispécifiques équivalentes. La ressemblance entre deux quinze semaines  $i$  et  $j$  décrites par la multivariable est calculée à l'aide de l'*indice de similarité de Gower* (Gower, 1971), basé sur la somme des écarts relatifs calculés pour chaque variable :

$$S(x_i, x_j) = \frac{\sum_{k=1}^p W_{ij}^k S^k(x_i, x_j)}{\sum_{k=1}^p W_{ij}^k}$$

avec :

$$S^k(x_i, x_j) = 1 - \frac{[|x_i^k - x_j^k|]}{R^k}$$

avec :

$x_i^k$  : capture de l'espèce  $k$  à la quinzaine  $i$

$R^k$  : écart maximum de l'espèce  $k$  entre deux quinzaines

$W_{ij}^k$  : delta de Kronecker, poids de l'espèce  $k$  dans

la comparaison des quinzaines  $i$  et  $j = 1$

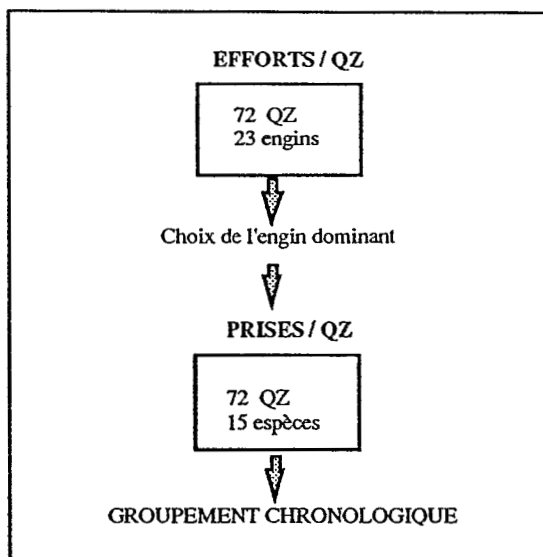


Figure 3 : Deuxième étape du schéma d'analyse

La matrice de similarité est soumise à la *méthode de groupement à liens inter-médiaires* (Legendre & Legendre, 1984) ou méthode à liens proportionnels (Sneath, 1966) avec un critère de connexité de 50% : proportion de liens nécessaire pour permettre la fusion des groupes pour le seuil de similarité requis. Avec la contrainte de contiguité temporelle, seules les quinzaines adjacentes peuvent fusionner aux différentes étapes de la classification hiérarchique. A chaque étape du groupement, un test de permutation est effectué pour décider si la fusion est autorisée à l'aide d'un critère statistique basé sur l'étude des distances intra et intergroupes. Ce test, appliqué a posteriori sur les classes de la partition finale, permet de tester la relation entre les groupes, indépendamment de la séquence temporelle (une probabilité supérieure à 5% indique que deux groupes non successifs peuvent fusionner). La probabilité de ressemblance entre les groupes est portée dans une nouvelle matrice de similarité soumise à un algorithme de classification hiérarchique basé sur la **stratégie d'agrégation de variance inter-classe**, proposé par le logiciel LEAS (Logiciel d'Enseignement et d'Analyses statistiques, LEAS, 1987).

La distance entre une nouvelle classe issue de la fusion des classes  $i$  et  $j$  et une classe  $k$ , de poids respectifs  $n_i$ ,  $n_j$  et  $n_k$ , se calcule par la formule de récurrence suivante :

$$d(i \cup j) = \frac{n_i + n_k}{n_i + n_j + n_k} d(i, k) + \frac{n_j + n_k}{n_i + n_j + n_k} d(j, k) - \frac{n_k}{n_i + n_j + n_k} d(i, j)$$

La typologie des séquences de la série temporelle dégagées par le groupement chronologique permettra de visualiser la ressemblance entre les différentes périodes.

### 4.3 Analyse de la variabilité des rendements de pêche des pirogues-lignes de Kayar (1989).

#### 4.3.1 Typologie des unités de pêche

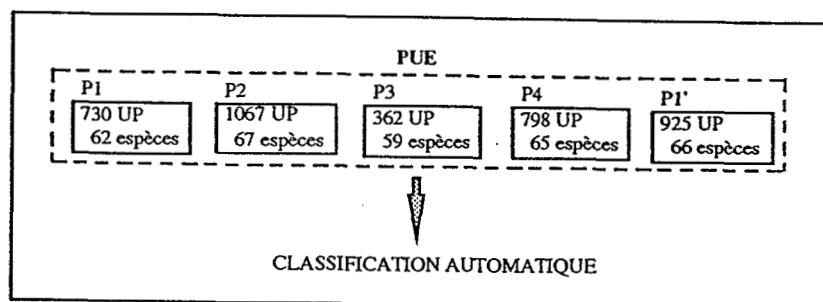


Figure 4 : Troisième étape du schéma d'analyse 3

L'étude de la variabilité des unités de pêche à partir des données les plus détaillées est réalisée sur les périodes homogènes dégagées au cours de l'étape précédente. L'analyse est effectuée sur les données brutes transformées en logarithme, afin de tenir compte du poids de chaque espèce. Toutes les espèces présentes au cours de la période sont conservées ce qui évite de faire une présélection arbitraire des espèces les plus importantes : les espèces plus rares mais discriminantes sont prises ainsi en compte dans l'analyse. La classification des unités de pêche est basée sur un algorithme de classification mixte, adapté pour les grands tableaux de données et proposé par le logiciel SPAD.N, constitué des étapes suivantes :

- partitionnement initial en quelques dizaines de classes par la technique des **Nuées Dynamiques** (Diday, 1971) ;
- agrégation hiérarchique des classes obtenues, basée sur la **méthode de Ward** (Ward, 1963) ;
- coupure de l'arbre et optimisation de la partition par réaffectation des individus par la méthode des **Nuées Dynamiques**.

Le tirage aléatoire de quelques dizaines d'individus permet de définir le centre provisoire des classes ; les autres individus sont affectés au centre le plus proche au sens de la distance euclidienne et un nouveau centre de classe est calculé. Par un algorithme itératif, le processus de réaffectation des individus à la classe la plus proche est répété. La qualité de la partition est mesurée par l'inertie intraclasse qui doit diminuer à chaque itération.

Soit  $d(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_i^k - x_j^k)^2}$  la distance euclidienne

Soit  $P = (P_1, \dots, P_c)$  une partition en  $c$  classes avec

$\mu_1 = \sum_{i: x_i \in P_1} m_i$  le poids de la classe  $P_1$

et  $g_1 = \frac{1}{\mu_1} \sum_{x_i \in P_1} m_i x_i$  le centre de gravité de la classe  $P_1$

$g = \sum_{i=1}^n m_i x_i$  le centre de gravité du nuage de points

A cette partition  $P$  sont associées trois inerties, avec la relation fondamentale  $T = B + W$  (théorème de Huygens) :

L'inertie totale :  $T = \sum_{i=1}^n m_i d^2(x_i, g)$

L'inertie interclasse :  $B = \sum_{l=1}^c \mu_l d^2(g_l, g)$

L'inertie intraclasse :  $W = \sum_{l=1}^c \sum_{x_i \in P_l} m_i d^2(x_i, g_l)$

L'agrégation hiérarchique des classes est effectuée à partir d'un critère de fusion basé sur une perte d'inertie interclasse minimale.

Le nombre de classes pertinentes est déterminé suite à l'analyse de l'arbre hiérarchique et la partition finale est optimisée par réaffectation des individus. La qualité de la partition est mesurée par le pourcentage d'inertie interclasse sur l'inertie totale du nuage de points, traduisant la part de variabilité expliquée dans la partition finale.

Pour l'interprétation des structures mises en évidence, chaque classe est caractérisée par des variables significatives déterminées par un critère analogue à la valeur absolue d'une variable  $z$  centrée-réduite (Lebart *et al.*, 1984). Un critère supérieur à  $|2|$  indique une différence significative à 5% entre les valeurs de la variable dans la classe par rapport aux valeurs dans l'ensemble des données. Pour les variables quantitatives, ce critère est basé sur la comparaison des moyennes et pour les variables qualitatives sur les pourcentages de chaque modalité dans la population globale et dans la population de la classe.

Chaque classe obtenue dans l'analyse des différentes phases de l'année 1989 est caractérisée par le profil moyen des espèces présentes, (l'espèce dominante donne le nom à la classe) et par un cortège d'espèces significatives présentant une abondance moyenne au sein de la classe supérieure ou inférieure à la moyenne générale observée dans l'ensemble des données.

#### 4.3.2 Analyse des "tactiques" de pêche

Les classes obtenues à l'étape précédente sont caractérisées par leur profil moyen (abondance moyenne des 26 espèces les plus discriminantes) et comparées les unes aux autres par **analyse en composantes principales** réalisée sur la matrice des corrélations. L'analyse des plans des individus et des variables permet de visualiser le cortège spécifique de chaque classe et la ressemblance entre les classes de même nom des différentes phases. Chaque classe est également caractérisée par sa fréquentation dans les différents lieux de pêche. Ce tableau de fréquence est

analysé par l'analyse des correspondances (Benzecri, 1973) avec projection en points supplémentaires des classes de profondeur.

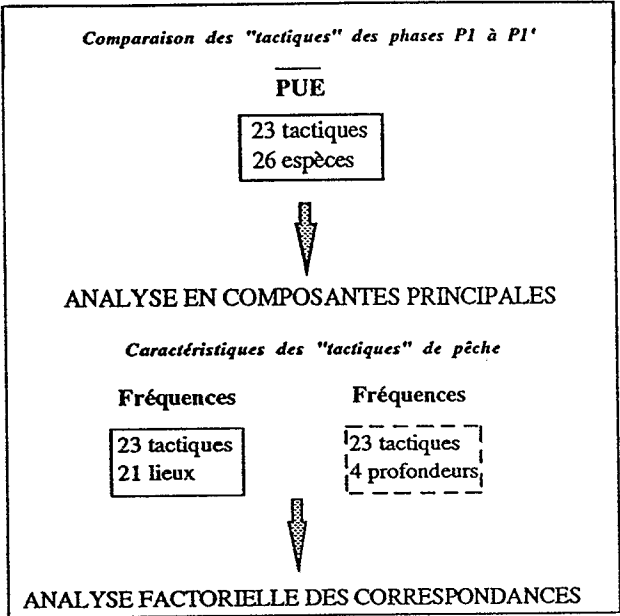


Figure 5 : Quatrième étape du schéma d'analyse

La distance entre deux points-lignes  $i$  et  $i'$  et deux points colonnes  $j$  et  $j'$  est donnée par la distance du  $\chi^2$  :

Soit  $f_i^j$ , le terme général de la table dont les éléments sont divisés par l'effectif total.

$$d^2(i,i') = \sum_{j=1}^p \frac{1}{f.^j} \left[ \frac{f_i^j}{f_i.} - \frac{f_{i'}^j}{f_{i'}.} \right]^2$$

et

$$d^2(j,j') = \sum_{i=1}^n \frac{1}{f_i.} \left[ \frac{f_i^j}{f.^j} - \frac{f_i^{j'}}{f.^{j'}} \right]^2$$

La représentation simultanée des lignes et des colonnes du tableau de fréquences permet de comprendre pourquoi une hypothèse d'indépendance entre le type de prises et le lieu de pêche serait rejetée avec le classique test de Khi-2. La mise en évidence d'une relation entre les groupes d'unités de pêche établis sur la base des prises et les lieux et classes de profondeur permettra d'appuyer l'hypothèse de l'existence d'un choix tactique du pêcheur artisan.

# 5 Résultats

## 5.1 Analyse de la variabilité spatio-temporelle

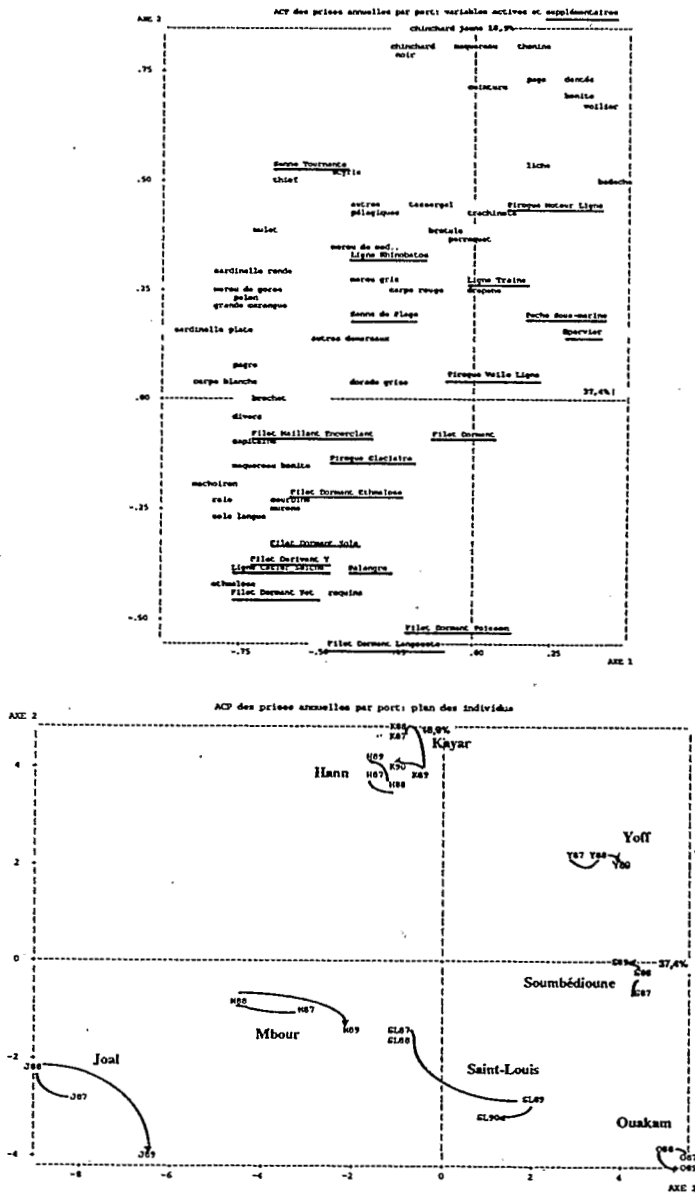


Figure 6 : Description de la variabilité spatio-temporelle de la pêche artisanale sénégalaise de 1987 à 1990 par analyse en composantes principales des captures et des efforts de pêche

L'ACP met en évidence une variabilité spatiale supérieure à la variabilité temporelle (figure 6) : 56% de la variabilité totale est représentée sur les deux premiers axes factoriels. Cette description globale confirme la pertinence de la stratification du plan d'échantillonnage par la mise en évidence de la spécificité des lieux de pêche aux différents engins de pêche. L'ensemble des ports montre une relative stabilité au cours des ans sauf le port de Saint-Louis qui présente un "décrochage" entre 1988 et 1989. Ceci sera à expliquer à partir de l'importance relative des différentes prises et donc par un changement dans la composition spécifique des prises, changement qui s'expliquerait par un transfert d'efforts de pêche entre les différents engins (explication à relier potentiellement avec le conflit sénégal-mauritanien du printemps 89). Notre objectif présent n'étant pas axé sur l'explication de ces phénomènes (étape ultérieure), nous nous contenterons pour l'instant de cette présentation générale de la pêche artisanale sénégalaise par la mise en évidence des discontinuités spatio-temporelles et des spécificités de prises et d'engins des différents points de débarquement.

## 5.2 Analyse de la variabilité temporelle de Kayar 1988-1990

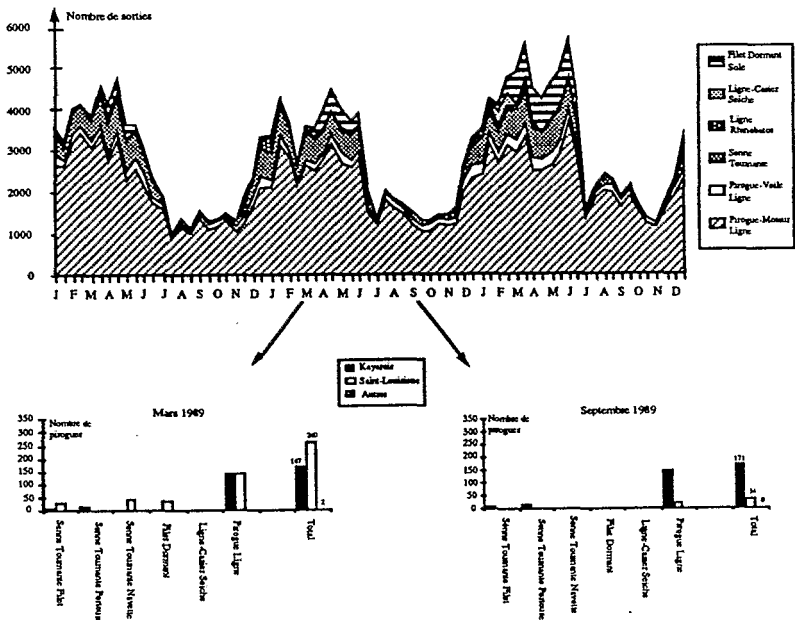


Figure 7 : Evolution des efforts de pêche de Kayar de 1988 à 1990 et de la composition du parc piroguier (recensement 89)

La figure 7 illustre l'évolution temporelle du nombre de sorties par engin de pêche à Kayar : ce profil met en évidence les deux saisons de pêche reliées aux saisons froide et chaude dues au phénomène de remontée des eaux froides (Upwelling). L'analyse des données du recensement de 1989 permet de relier la baisse des efforts de pêche de la saison chaude à un changement du parc piro-

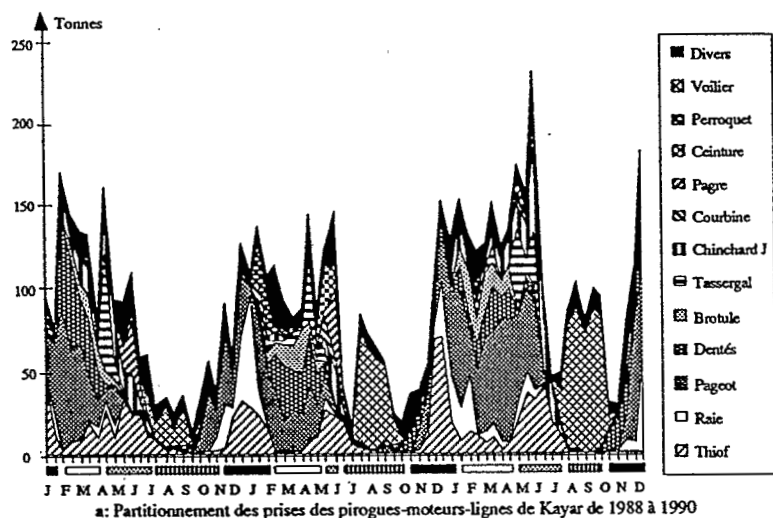
guier dû aux migrations de pêcheurs : en mars 1989, 429 pirogues actives ont été recensées contre 205 en septembre, en rapport avec le départ des pêcheurs originaires de Saint-Louis. Les données du recensement mettent de plus en évidence la spécialisation d'engin de pêche suivant l'origine des pêcheurs : les pêcheurs originaires de Saint-Louis étant d'avantage spécialisés dans les sennes tournantes et les filets dormants. On constate également une augmentation des efforts de pêche en 1990 due essentiellement aux filets dormants et sennes tournantes : ce phénomène serait à relier avec l'impact du conflit sénégal-mauritanien qui a provoqué une migration des pêcheurs de Saint-Louis (fermeture des zones de pêche au nord de Saint-louis) vers le sud.

Le type "pirogues moteur-lignes" étant l'engin dominant de Kayar, les captures totales de ces unités de pêche sont analysées dans le but de mieux comprendre la dynamique de cette partie de la pêcherie : les prises estimées, produit des PUE\* efforts, reflètent d'une part la disponibilité de la ressource et d'autre part l'activité des pêcheurs. Par le groupement chronologique, la série temporelle des prises des espèces principales (une espèce principale représente au moins 5% du total annuel) est partitionnée en 13 séquences (figure 8.a) au niveau de similarité 0,754. L'analyse typologique de ces 13 groupes de quinze (figure 8.c) met en évidence l'existence de quatre phases annuelles : ainsi la première phase de l'année 88 (P1-88, deux quinze de janvier) ne montre pas de différences significatives avec la première phase de 89 (P1- 89, deuxième quinze de novembre 88 à fin février 89), de 90 (P1-90, deuxième quinze d'octobre à deuxième quinze de janvier) ou de la première phase du cycle suivant (P1-91, débutant à la mi-octobre 90). On note de plus une ressemblance entre les phases 1 et 3 de chaque cycle annuel qui se caractérisent par un pic d'abondance du thiof (mérout), phénomène à relier à la migration et à la disponibilité de cette espèce. L'analyse des prises permet donc de préciser les périodes mises en évidence dans l'étude des efforts et de révéler un cycle annuel en 4 phases. Les dates de début et fin de phases et leur durée (figure 8.b) seront à mettre en relation avec les phénomènes expliquant la disponibilité de la ressource (variabilités environnementales).

### 5.3 Analyse de la variabilité des rendements de pêche

L'analyse des rendements individuels des pirogues moteur-lignes est effectuée pour chaque période de stabilité de la pêcherie mise en évidence à l'étape précédente. La démarche est illustrée à partir du cas de la phase 1 de l'année civile 1989. La phase 1 du cycle annuel 88/89 est en fait incomplète puisque seules les données disponibles du 1er janvier 89 au 15 février 1989 sont analysées : 730 unités de pêche ont été échantillonnées durant cette période, caractérisée par un ensemble de 62 espèces.

La typologie des unités de pêche, sur la base de la composition spécifique de leur rendement individuel, permet de dégager cinq classes (figure 9). Chaque classe est caractérisée par son effectif, son inertie intra-classe et sa distance par rapport au centre de gravité du nuage de points. La partition permet de représenter 48,6% de la variabilité observée au sein des unités de pêche. Les classes C2 à C5, relativement homogènes, se distinguent nettement par rapport à l'ensemble des données alors que la classe C1 regroupe 408 unités de pêche présentant un profil moyen.



|      | PHASE 1<br>■        | PHASE 2<br>□        | PHASE 3<br>▨        | PHASE 4<br>▩        |
|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| An 1 | -/-/- - 31/01/88    | 01/02/88 - 15/04/88 | 16/04/88 - 15/07/88 | 16/07/88 - 15/11/88 |
| An 2 | 16/11/88 - 15/02/89 | 16/02/89 - 15/05/89 | 16/05/89 - 15/06/89 | 15/06/89 - 15/10/89 |
| An 3 | 16/10/89 - 15/01/90 | 16/01/90 - 30/04/90 | 01/05/90 - 31/07/90 | 01/08/90 - 15/10/90 |
| An 4 | 16/10/90 - -/-/-    |                     |                     |                     |

b: Dates de début et fin de phase des 4 périodes déterminées dans le cycle annuel des prises

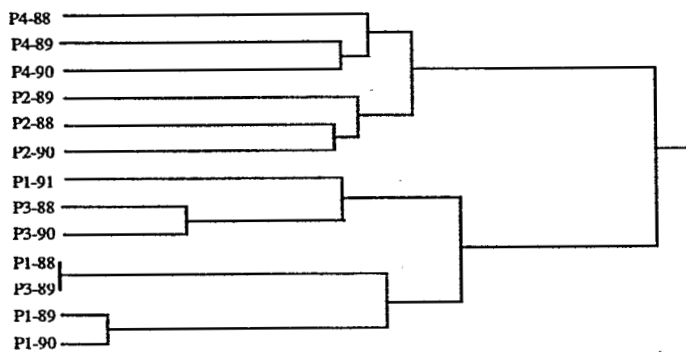


Figure 8 : Analyse de la série temporelle des prises des pirogues moteur-lignes de Kayar de 1988 à 1990 par groupement chronologique.

Ce profil montre cependant des différences significatives par rapport à l'ensemble des unités puisque cette classe se caractérise par 8 espèces présentant une abondance moyenne (exprimée en log) supérieure à l'abondance moyenne générale et par 10 espèces ayant une abondance inférieure. Ce groupe d'unités de pêche se distingue par des prises axées sur les mérours avec un déficit marqué pour les pageots, perroquets, raies, dentés, brotules, chinchards, etc. L'histogramme de la figure 9 illustre le profil moyen de ces prises : la classe, caractérisée par l'espèce dominante, est dénommée "tactique-thiof" sur la base de l'existence d'un choix tactique du pêcheur artisan pour cette espèce cible. Les variables supplémentaires montrent une différence significative pour la durée de pêche et l'heure du débarquement (temps de pêche plus court par rapport à l'ensemble des unités, retour de pêche plus tôt : temps exprimé en demi-heures). Pour les variables qualitatives, on note un effet de lieu et de profondeur (fonds de 25 à 75 mètres) : ces relations laissent présager d'un effet tactique de la part du pêcheur dans le fait de ramener ce type de prises.

## 5.4 Analyse des "tactiques" de pêche

Les classes de "tactique" mises en évidence dans l'analyse des cinq phases de 1989 (23 "tactiques" dénommées par l'espèce dominante) sont caractérisées par le profil moyen des 21 espèces les plus discriminantes. L'analyse en composantes principales, utilisée de nouveau comme outil de synthèse, permet de visualiser les relations entre les classes et leurs espèces caractéristiques (figure 10) : 35,8% de la variabilité des prises est illustrée sur le premier plan factoriel. On distingue trois grandes tendances : les classes de "tactique-thiof", "tactique-dentés/brotule" et "tactique-pageot". Les "tactiques" intermédiaires ciblées sur la ceinture, le perroquet ou la raie montrent une certaine affinité avec, respectivement, les "tactiques" axées sur les dentés, pageot ou thiofs : la pertinence de ces profils-types de rendements sera donc à étudier en regard des motivations des pêcheurs afin de savoir s'il s'agit bien de choix tactique ou de prises occasionnelles liées aux autres "tactiques" de pêche.

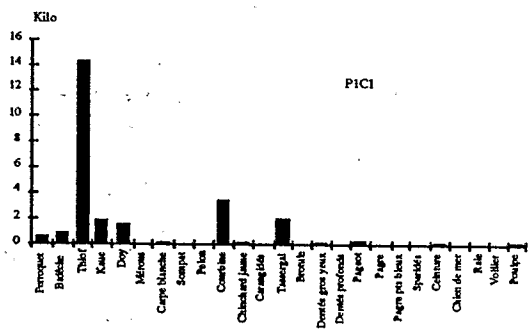
La relation entre les lieux et profondeurs de pêche et les classes de "tactique" est illustrée sur le plan factoriel de l'analyse des correspondances (figure 11) qui résume 53,2% du tableau de fréquences. Certains lieux de pêche s'avèrent reliés de façon très nette avec le rendement des unités de pêche. On retrouve une certaine association entre les "tactiques" de même nom des différentes phases et les trois grandes tendances de l'analyse précédente : lieux à pageot, à dentés (espèces profondes) et à espèces démersales thiof et raie. Ceci va donc dans le sens d'une confirmation d'un choix tactique de la part des pêcheurs.

## 6 Conclusion

Le pourcentage de pirogues échantillonnées par quinzaine et par "tactique" (on inclut ici une "tactique-rendement nul" qui correspond au nombre de pirogues non classées en raison d'une prise nulle : ce qui, bien sûr, ne correspond pas à un choix tactique de la part des pêcheurs ! ) est appliqué au nombre de sorties des pirogues moteur-lignes de Kayar en 1989.

Phase 1  
 Date 1/01/89 - 15/02/89  
 % inertie = 48,62%  
 730 Unités de Pêche x 62 Espèces

| Classe | Effectif | Inertie<br>Intraclass | Distance | PIC1 |
|--------|----------|-----------------------|----------|------|
| PIC1   | 408      | 4,21                  | 1,78     | PIC1 |
| PIC2   | 50       | 0,55                  | 12,05    | PIC2 |
| PIC3   | 52       | 0,21                  | 17,86    | PIC3 |
| PIC4   | 65       | 0,49                  | 10,74    | PIC4 |
| PIC5   | 155      | 0,96                  | 9,63     | PIC5 |



| VARIABLES CARACTERISTIQUES |                    |                     |
|----------------------------|--------------------|---------------------|
|                            | MOYENNES<br>Classe | CRITERES<br>Général |
| Thief                      | 2,11               | 1,27                |
| Mérou de Mérimonde (Kase)  | 0,17               | 0,22                |
| Mérou de Océan (Doy)       | 0,44               | 0,31                |
| Bathie                     | 0,25               | 0,15                |
| Tangoul                    | 0,28               | 0,18                |
| Denté gris                 | 0,16               | 0,11                |
| Carrashe                   | 0,26               | 0,16                |
| Cape blanche               | 0,06               | 0,04                |
| Thomax                     | 0,04               | 0,08                |
| Carrashe                   | 0,00               | 0,03                |
| Denté à gros yeux          | 0,02               | 0,06                |
| Brouh                      | 0,06               | 0,13                |
| Chachard jaune             | 0,06               | 0,15                |
| Brouh                      | 0,02               | 0,16                |
| Denté profonde             | 0,00               | 0,15                |
| Rale                       | 0,01               | 0,32                |
| Perroquet                  | 0,20               | 0,65                |
| Pagot                      | 0,13               | 0,92                |
| Date                       | 12,8               | 13,8                |
| Heure                      | 27,3               | 28,3                |
| Total des espèces          | 10,4               | 46,9                |

| MODALITES CARACTERISTIQUES |                               |       |         |
|----------------------------|-------------------------------|-------|---------|
| LEUX                       | POURCENTAGE<br>GLOBAL INTERNE | POURC | CALIBRE |
| Bourep                     | 11,64                         | 19,12 | 63      |
| Diamant                    | 12,74                         | 19,12 | 81      |
| Léon, Kase, Léon           | 4,72                          | 6,00  | 33      |
| Mérou                      | 2,60                          | 4,66  | 19      |
| Goy                        | 16,63                         | 20,34 | 117     |
| Karypéline                 | 17,78                         | 3,19  | 13      |
| Rale                       | 6,16                          | 8,33  | 45      |
| PROFONDEUR                 |                               |       |         |
| 50-75 m                    | 4,66                          | 8,00  | 34      |
| 25-50 m                    | 76,44                         | 81,82 | 558     |

Figure 9 : Analyse par classification automatique des rendements individuels des pirogues moteur-lignes de Kayar de la phase 1 de l'année 1989 : interprétation de la première classe d'unités de pêche et caractérisation de la "tactique" de pêche associée.





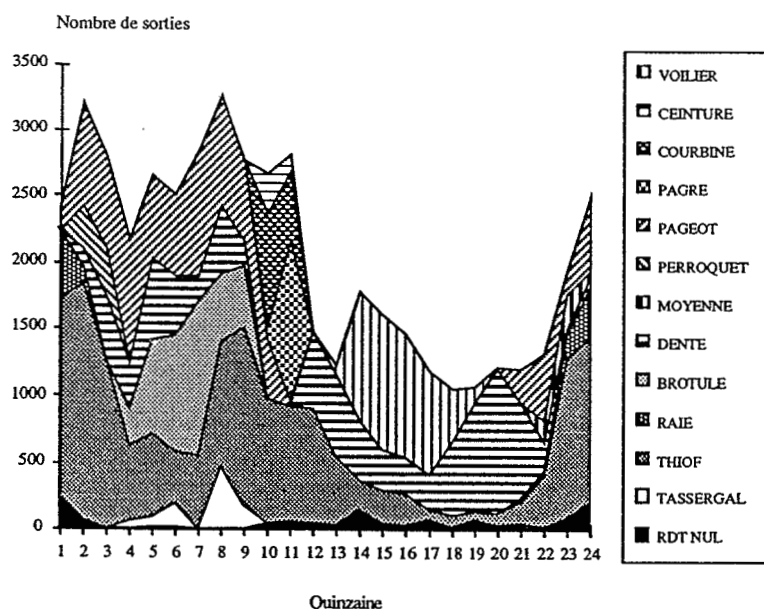


Figure 12 : Répartition du nombre de sorties des pirogues moteur-lignes entre les différentes "tactiques" de pêche (Kayar 1989)

La figure 12, fournit un résumé de la dynamique de ce secteur de la pêche au cours de l'année et révèle un transfert des efforts de pêche entre les différentes "tactiques" : ainsi entre fin janvier et fin mars, le nombre de pêcheurs ayant ramené du thiof (et donc, selon notre hypothèse, ayant cherché du thiof) est en régression au profit de la recherche de la brotule et du pageot. Le nombre total de sorties ayant diminué, on peut soupçonner une baisse du nombre de pirogues actives due à une migration des pêcheurs vers le sud ou un effet, par exemple, des conditions climatiques réduisant le nombre de sorties. Le nombre de pêcheurs ayant ramené du thiof réaugmente en mai en relation, sans doute, avec la migration de cette espèce vers le nord (Champagnat et Domain, 1979). En juin, on note un transfert très net de la recherche du pageot vers celle de la courbine et du pagre, espèces caractéristiques des eaux plus chaudes ; ceci traduit sans doute une plus grande disponibilité de ces ressources en relation avec la relaxation de l'Upwelling. Il sera intéressant de mettre en relation ces évolutions avec les profils de rendement de chaque "tactique" : en effet, au cours de ce mois de juin, les pirogues ayant ramené du pageot présentent des rendements aussi importants que celle de la période précédente (les 33 pirogues échantillonnées en phase 3 et classées dans la "tactique-pageot" ont ramené en moyenne 30 kilos de pageot par sortie, alors que durant la phase 2, la "tactique-pageot" présente un profil moyen de 35 kilos de pageot). Outre la disponibilité de la ressource, le transfert d'efforts de pêche vers la recherche de la courbine et du pagre pourrait s'expliquer par des critères économiques puisque les prix de vente de la courbine et du pagre sont plus élevés que celui du pageot (Chaboud *et al.*, à paraître). Durant la saison chaude, les tactiques de pêche se partagent entre la recherche du voilier, des dentés et du thiof puis un nouveau cycle annuel recommence à partir du mois de décembre.

L'exploration de la structure des données de pêche, par la statistique descriptive multidimensionnelle, a permis de fournir certains éléments sur la dynamique de la

pêcherie. La discrimination des points de débarquement selon le type de prises et d'efforts confirme l'existence d'une spécificité spatiale qui doit être prise en compte dans l'étude des stratégies de pêche : les capacités adaptatives de la pêche artisanale doivent être analysées en regard de ces spécificités, qu'elles soient reliées au potentiel biologique, à la migration et la spécialisation technologique des pêcheurs (Chaboud & Kebe, 1991) ou aux lois du marché. L'existence, à Kayar, d'un cycle annuel en quatre phases, qui semble se répéter au cours des années, doit être mis en relation avec la variabilité temporelle des facteurs de l'environnement, notamment la durée et l'intensité de l'Upwelling expliquant la migration des espèces (Cury & Roy 1988, Roy 1990, Samba & Laloë 1991). La disponibilité de la ressource doit de plus être contre-balançée par les possibilités d'écoulement des produits pour justifier l'apparition d'une tactique de pêche. Ainsi, la "tactique-brotule" mise en évidence en 89 s'avère être un phénomène nouveau : bien que présente dans les débarquements, cette espèce n'était pas ramenée de façon significative avant 1987 ; ceci serait à relier à la présence de mareyeurs et à une augmentation de l'offre et de la demande. Le même phénomène est actuellement observé à Kayar avec l'apparition d'une nouvelle tactique reliée au développement du poulpe.

Le regroupement des unités de pêche en fonction de la composition spécifique des prises est basé sur l'hypothèse qu'à un choix tactique du pêcheur artisan (choix du lieu de pêche, de l'espèce cible, etc) correspond un profil de capture. La classification en tactiques de pêche étant effectuée à partir de la multivariable biologique, cette démarche répond à une approche écologique basée sur l'étude de la communauté plurispécifique associée à l'espèce ciblée par le pêcheur et à un habitat donné. Les espèces accompagnatrices permettent alors de mieux identifier la tactique du pêcheur et de classer les unités de pêche par catégories plus fines que celles élaborées sur la seule base du lieu ou de l'engin de pêche. L'identification des pirogues échantillonnées à une tactique de pêche permet de quantifier l'évolution de la pêche entre les différentes tactiques et de relier cette évolution avec les facteurs de l'environnement de la pêche. L'hypothèse de base sur l'existence d'un choix tactique du pêcheur artisan associé à ces rendements-types devra cependant être confirmée : un nouveau système d'enquête sera mis en place basé sur le suivi des unités de pêche et l'analyse des motivations du pêcheur. L'étude de l'agencement dans le temps et dans l'espace des différentes tactiques de pêche permettra de mieux cerner les stratégies des pêcheurs artisans sénégalais, nécessaires pour la modélisation de la pêche (Laloë & Samba, 1991).

L'exploration de la structure d'un grand nombre de données par les méthodes d'Analyse de Données a permis de préciser les hypothèses de travail et de mieux s'immiscer dans le domaine de la recherche en pêche artisanale. Par ses outils de synthèse et de visualisation, l'analyse statistique multidimensionnelle contribue à mieux identifier les sources de variabilité spatiale, temporelle et/ou fonctionnelle du système pêche, variabilité à relier avec les capacités adaptatives des pêcheurs artisans. Le traitement proposé, par la mise en évidence de campagnes de pêche et de modifications des tactiques de pêche, a confirmé la nécessité d'affiner le cadre de description de la pêche en tenant compte de la variabilité tactique "intra-unité de pêche", rejetant l'hypothèse d'un équilibre conditionné par l'existence de l'homogénéité tactique de chaque unité de pêche (Laloë 1990).

## Références bibliographiques

- Benzécri J.P. & coll (1973). La Taxinomie Vol. 1, L'analyse des Correspondances Vol 2, DUNOD, Paris.
- Chaboud C. & coll. (1991). Synthèse des prix enquêtés par le CRODT sur les principales espèces débarquées et commercialisées au Sénégal., Arch. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiarroye (à paraître).
- Chaboud C. et M. Kebe (1991). Migratory movements in marine fisheries, Senegal. A quantitative study. in Fishermen's migrations in west Africa. M. Haakonsen & M. C. Diaw. Programme de Développement Intégré des Pêches Artisanales en Afrique de l'OUEST, FAO.p 52-74.
- Champagnat C. et F. Domain (1979). Migration des poissons démerseaux le long des côtes ouest africaines de 10° à 24° de latitude nord. Doc. Scient. Cent. Rech. Oceanogr. Dakar- Thiaroye. 68 : 78-110.
- Cury P. et C. Roy (1988). Migration saisonnière du thiof (*Epinephelus aeneus*) au Sénégal : influence des upwellings sénégalais et mauritanien. Oceanologica acta, Vol 11, n° 1, p 25-36.
- Diday E., 1971. La méthode des Nuées Dynamiques. Revue Stat. Appl., vol.19, n° 2, p19-34.
- Gower, J.C. (1971). A general coefficient of similarity and some of its properties. Biometrics 27 : 857-871.
- Laloë F (1990) La statistique à l'ORSTOM : une indiscipline impliquée. Laboratoire HOT Montpellier ORSTOM.
- Laloë F., A. Samba (1989) La pêche artisanale au Sénégal : ressource et stratégies de pêche. Thèse. Université de Paris- Sud Orsay 461 p.
- Laloë F., A. Samba (1991). A simulation model of artisanal fisheries of Senegal. ICES mar. Sci. Symp., 193.
- LEAS (1987). Logiciel d'Enseignement et d'Analyse Statistique. Université de Biométrie, 9 place Pierre Viala, 34060 Montpellier.
- Lebart, L. (1988). "L'analyse des correspondances et le traitement des données d'enquêtes". Actes de l'Ecole d'été sur l'analyse des données, juin 1988. SCAD-CIRADE. Université du Québec à Montréal.
- Lebart L., A. Morineau and K.M. Warwick, (1984). Multivariate descriptive statistical analysis, J. Wiley and Sons, New York, 231.
- Lefur J. (1990). Projet MOPA : Modélisation de la Pêche Artisanale au Sénégal. Document multig., 27 p.
- Legendre P., (1985), The R package for multivariate data analysis ; Dpt des Sciences biologiques. Université de Montréal, CP 6128, Suc A. Montréal, Québec H3C 3J7.

- Legendre L. et P. Legendre (1984). Ecologie numérique. 2d ed. Collection d'écologie. n° 13. Masson, Paris et les Presses de l'Université du Québec.
- Legendre P., S. Dallot & L. Legendre (1985). Succession of species within a community : chronological clustering, with application to marine and freshwater zooplankton. *American naturalist*, 125 (2) : 257-288.
- Roy C. (1990). Réponse des stocks de poissons pélagiques à la dynamique des Upwellings en Afrique de l'Ouest : analyse et modélisation. Thèse, Université de Bretagne Occidentale, 149 p.
- Samba A. et F. Laloë (1991). Upwelling sénégal-mauritanien et pêche du tassergal (*Pomatomus saltator*) sur la côte nord du Sénégal in *Pêcheries ouest-africaines, variabilité, instabilité et changement*. Ph. Cury et C. Roy. Edit. ORSTOM, Paris. p 307-310.
- Sneath, P. H. A. (1966). A comparison of different clustering methods as applied to randomly-spaced points. *Classif. Soc. Bull.* 1 : 2-18.
- SPAD.N (1987) ; Système portable pour l'Analyse des Données. CISIA Ed., 25 Ave de l'Europe 92310 Sèvres.
- Ward, J.H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *JASA*. Vol. 58.