

## METHODES D'ANALYSE ET DE REPRESENTATION D'UN SYSTEME D'EXPLOITATION : SYNERGIES ET REDONDANCES

Jocelyne Ferraris, Jean Le Fur

ORSTOM, CRODT  
BP 2241, Dakar - Sénégal

---

### RESUME

Le système d'exploitation de la pêche artisanale au Sénégal est l'objet, depuis plusieurs années, de recherches méthodologiques ayant pour but d'en mieux comprendre la structure et le fonctionnement. La confrontation de différentes méthodes sur un même objet d'études permet d'esquisser une comparaison de leurs apports respectifs et des interactions possibles qu'elles permettent. On traitera des techniques d'enquêtes, d'archivage, d'analyse statistique, graphique et symbolique et de modélisation objet, qui ont toutes été employées pour comprendre la dynamique du "Système Pêche Artisanale" au Sénégal.

### 1 - INTRODUCTION

Les programmes de recherche sur la pêche artisanale menés par le Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye traduisent l'importance de ce secteur halieutique dans la politique de développement économique et social du Sénégal. Avec un parc piroguier de 4800 unités, la pêche artisanale assure 250 000 tonnes de débarquements et représente 75% de la production maritime (CRODT, 1993). Les différentes études thématiques ont permis de cerner les principaux facteurs biologiques, socio-économiques et environnementaux qui conditionnent la dynamique du système d'exploitation et souligné les propriétés d'adaptabilité et de réactivité de cette pêcherie face à la variabilité de son environnement. Comprendre la structure et le fonctionnement du "**Système Pêche Artisanale**" nécessite d'intégrer les résultats de ces différents programmes disciplinaires et de développer de nouvelles démarches basées sur les disciplines de représentation des connaissances. La recherche de synergies et redondances entre différentes méthodes d'analyse et de représentation des connaissances est à la base du programme de recherche mené au CRODT depuis

le début des années 90 sur la dynamique de ce système d'exploitation\*. Le fil conducteur de la démarche et les interactions méthodologiques sont illustrés à partir de quelques exemples particuliers.

## 2 - ETAT DES LIEUX

Suite à la synthèse des différentes études sur la pêche artisanale et à l'analyse des données disponibles de 1975 à 1987, Laloë et Samba (1989) ont montré que les schémas d'exploitation des espèces ne pouvaient pas être expliqués à partir des modèles de dynamique de population classiques. Un modèle synthétique est proposé qui intègre le choix du pêcheur pour expliquer la relation entre effort nominal et effort effectif (Laloë et Samba, 1991). Par les notions de **tactique** de pêche, qui englobe le choix d'un engin de pêche, d'une localisation géographique et d'une espèce-cible, et de **stratégie** de pêche qui combine plusieurs tactiques, le modèle respecte les critères multi-espèces et multi-engins caractéristiques des pêcheries artisanales. Basé sur un modèle global de production dans lequel est introduit une règle de décision pour l'adoption des tactiques de pêche, le modèle distingue deux éléments moteurs : la variation de biomasse de la ressource et le calcul de l'effort nominal de chaque tactique de pêche (figure 1). Ce modèle introduit à l'aide de quelques équations mathématiques les notions de **rentabilité** des tactiques de pêche, de **mémoire** du pêcheur et de **tactiques alternatives**. Ce premier outil d'exploration du comportement de la pêcherie souligne la nécessité de décrire la dynamique de l'exploitation aussi bien que celle de la ressource, l'activité nominale d'une unité de pêche pouvant générer différents efforts effectifs. La variabilité des unités de pêche, qui met en évidence les limites des statistiques obtenues dans les enquêtes de routine pour analyser les mortalités subies par les différents stocks, nécessite de rechercher de nouveaux cadres de synthèse mieux adaptés aux questions sur la dynamique du système d'exploitation (Laloë, 1992). Les tactiques et stratégies de pêche doivent être précisées et mieux formalisées, ainsi que le processus de décision du pêcheur artisan.

Etape indispensable à la description d'une pêcherie (Morizur *et al.* 1992, Durand *et al.* 1991, Gondeaux 1988, CEE 1987), la classification des flottilles en fonction des tactiques (ou métiers) implique de connaître l'activité des unités de pêche au cours du temps. Les données quotidiennes récoltées pour les efforts de pêche de Joal sur la Petite Côte du Sénégal (Gérard M., 1985) ont permis d'illustrer l'intérêt d'un suivi d'unités de pêche pour l'étude du comportement dynamique de la pêcherie et de réaliser un premier essai de modélisation par intelligence artificielle. Le principe consistait à simuler le comportement global de la pêcherie à partir (i) de la composition

---

\* Les différentes composantes de ce programme de recherche ont bénéficié de financements du Ministère de la Recherche et de la Technologie, de l'ORSTOM et de l'action incitative "Dynamique et Usage des Ressources Renouvelables" et du comité "Méthodes-Modèles-Théories" du programme Environnement du CNRS.

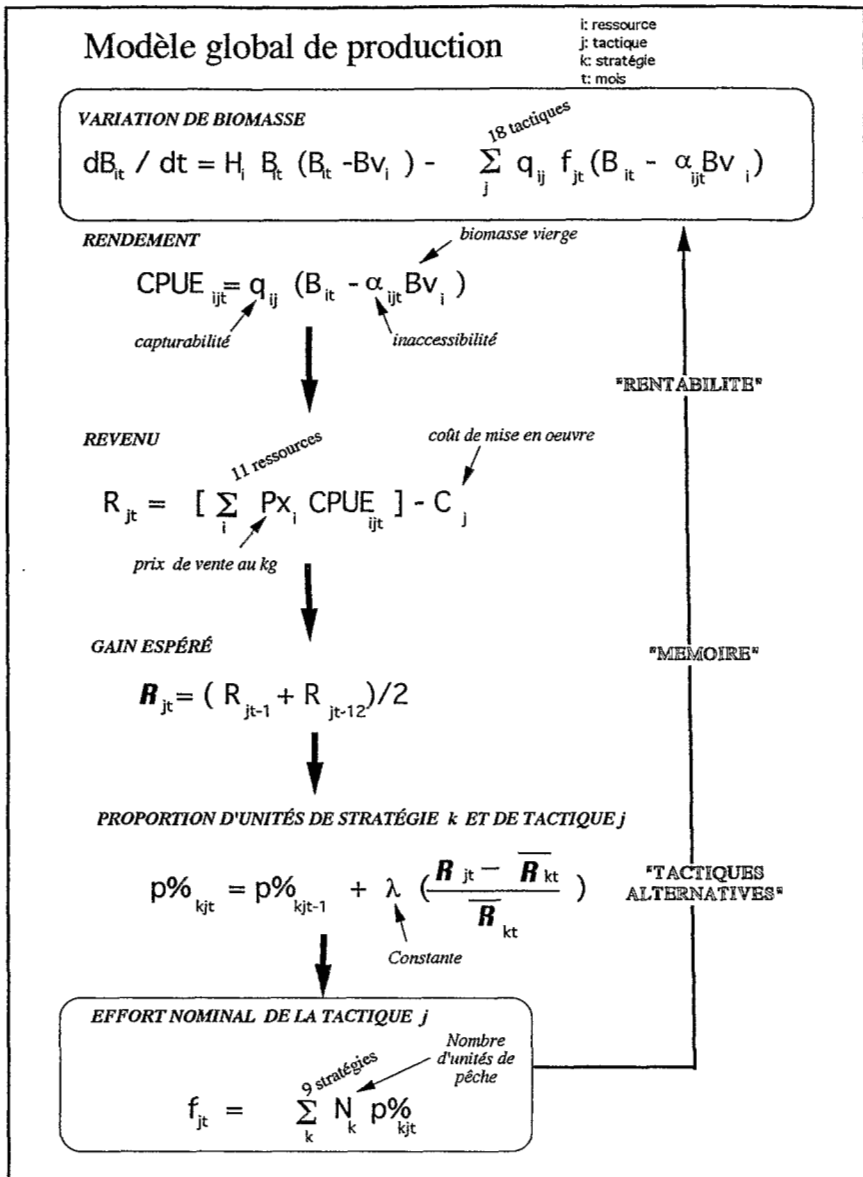


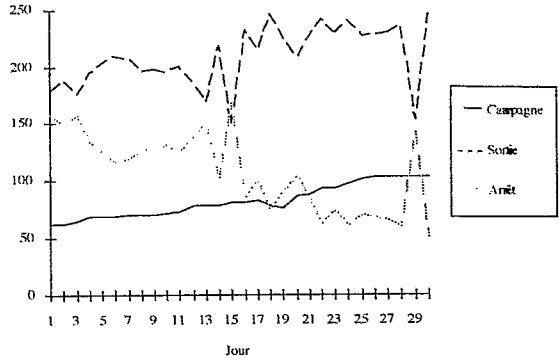
Figure 1 : Etapes du modèle de simulation de la pêche artisanale sénégalaise proposé par Laloë et Samba (1989) : La proportion d'unités de pêche de stratégie k utilisant la tactique j au temps t est déterminée par le calcul du rendement de pêche de cette tactique (CPUE<sub>ijt</sub>) - rendement fonction de la capturabilité et de l'inaccessibilité de la ressource à la tactique -, du gain espéré par le pêcheur (R<sub>jt</sub>) - gain fonction du prix de vente, du rendement de la ressource, du coût de mise en oeuvre de la tactique et du gain obtenu un an auparavant - et de la comparaison du gain de cette tactique j au gain moyen attendu avec les autres tactiques disponibles au sein de la stratégie du pêcheur. et

des caractéristiques du parc piroguier et (ii) du processus de décision des pêcheurs soumis à la variabilité de leur environnement. Les données de juin 1988 sur l'activité quotidienne des 400 unités du parc piroguier ont été saisies et soumises à des analyses de classification automatique (Ferraris *et al.*, 1991). Les unités de pêche sont décrites par quelques variables synthétiques résumant d'une part le nombre de jours passés en sortie de pêche, en arrêt et en campagne de pêche externe à Joal, et d'autre part le nombre d'engins de pêche utilisés au cours du mois. L'évolution des variables synthétiques montre l'augmentation du nombre de pêcheurs en migration et une diminution du nombre de pirogues inactives. L'activité mensuelle des unités de pêche révèle un parc piroguier structuré en 5 classes (Figure 2a). La même approche est appliquée aux trois groupes d'unités de pêche les plus actives décrites par le nombre de jours passés dans chacune des techniques de pêche. La structure composite issue de la typologie traduit la diversité de la pêcherie. Le profil temporel du nombre d'unités par engin révèle un transfert des efforts de pêche au cours du mois au profit de la ligne poulpe (Figure 2b).

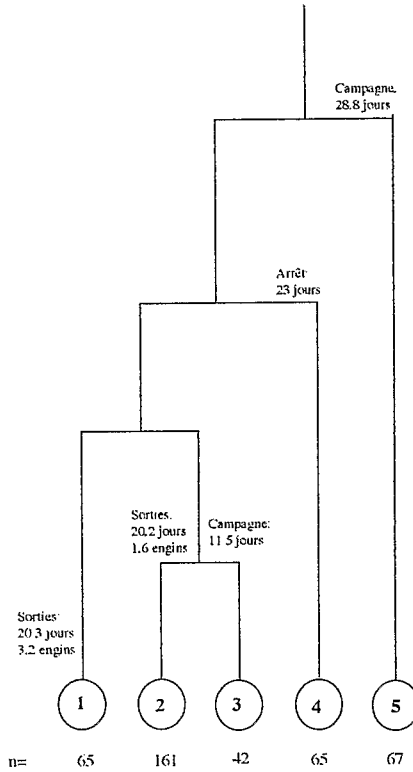
La décomposition du parc piroguier en entités à comportement similaire et l'identification des facteurs discriminants de ces comportements (origine de l'unité, prix, ressources, jours fériés, météo, etc.) sont à la base d'un essai de modélisation réalisé à partir du générateur de système expert SNARK-OPEN (Sarr, 1991). La modélisation, au jour le jour, du processus de décision du pêcheur artisan permet de retrouver les profils observés avec les variables synthétiques. Les résultats de cet exercice ne sont pas intéressants en soi, les règles de procédure obtenues par essai/erreur pour converger vers les profils observés n'ayant pas été validées, mais la démarche mérite d'être soulignée pour plusieurs raisons :

- cette réflexion a nécessité la mise en place d'un groupe pluridisciplinaire formé d'un biologiste, un économiste, un statisticien, un modélisateur et un informaticien ;
- la confrontation de la connaissance de chacun a favorisé une meilleure appréhension de la structure et du fonctionnement de la pêcherie de Joal et l'identification des facteurs influençant la prise de décision du pêcheur artisan ;
- le profil du nombre de pirogues actives n'a cependant pu être retracé qu'à partir d'un transfert de l'étude sur l'arrêt de pêche : il était en effet plus facile de trouver des règles de production de la non pêche, et de modéliser une fonction de repos, que d'identifier les causes de sortie en mer ;
- il n'a pas été possible de retracer le profil des efforts par engin de pêche de la figure 2b. La confrontation exhaustive, puis synthétique, de la connaissance et des méthodes a permis de dégager les lacunes existant dans le corpus d'informations disponibles et d'engager de nouvelles voies de recherche plus appropriées à la problématique ;
- il est enfin remarquable que la conduite séparée de l'analyse statistique, de la réflexion des spécialistes et de la modélisation par intelligence artificielle n'auraient pu conduire à ces résultats.

**Evolution du nombre d'unités de pêche par catégorie d'activité**

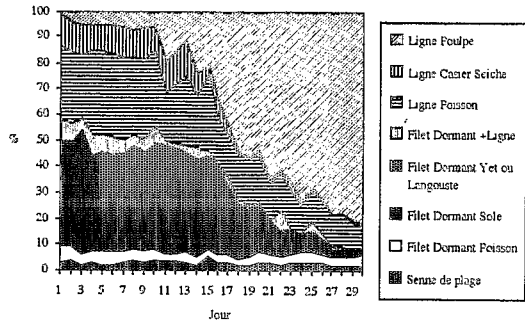


**Typologie des unités de pêche selon l'activité mensuelle**

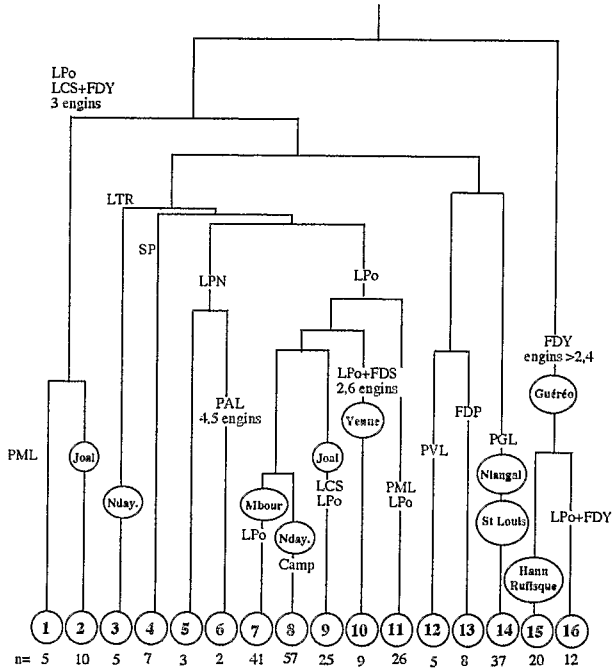


**Figure 2a :** Dynamique et structure du parc piroguier de Joal en juin 1988 décrites par le nombre de pirogues et le nombre de jours/pirogue en fonction de variables synthétiques sur l'activité de pêche (sortie, arrêt, campagne de pêche, nombre d'engins).

**Evolution du nombre d'unités de pêche par catégorie d'activité**



**Typologie des unités de pêche selon l'activité mensuelle**



- FDP: Filet Dormant Poisson
- FDS: Filet Dormant Sole
- FDY: Filet Dormant Yet
- LCS: Ligne-Casier-Seiche
- LPN: Ligne Poisson Nocturne
- LPo: Ligne Poulpe
- LTR: Ligne Traîne
- PAL: Palangre
- PGL: Pirogue Glacière Ligne
- PML: Pirogue Moteur Ligne
- PVL: Pirogue Voile Ligne
- SP: Senne Plage
- Yenne: Campagne de pêche

Figure 2b : Dynamique et structure du parc piroguier de Joal en juin 1988 décrites par le nombre de pirogues et le nombre de jours/pirogue en fonction du type de pêche.

Les perspectives offertes dans l'analyse de la structure et du fonctionnement du système d'exploitation par l'approche pluridisciplinaire et par la recherche de synergies entre l'analyse des données, la modélisation mathématique et les techniques d'intelligence artificielle ont conduit à la définition de la démarche illustrée à la figure 3. De l'acquisition à la représentation des connaissances, les différentes étapes méthodologiques imposent une dérive du monde réel vers un monde formel qui traduit notre capacité d'appréhension de ce système complexe et dynamique qu'est la pêche artisanale sénégalaise.

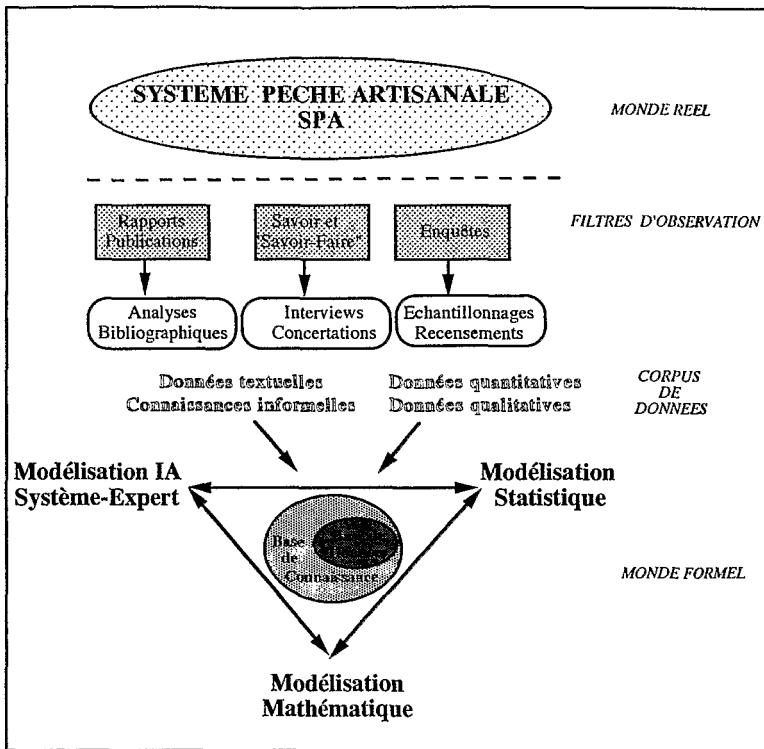


Figure 3 : Acquisition et formalisation des connaissances du système d'exploitation halieutique "la pêche artisanale au Sénégal".

### 3 - LA DEMARCHE

#### 3.1 - Le système d'information

L'acquisition des connaissances sur la pêche artisanale nécessite de confronter les différentes sources d'information et de les structurer en un système qui dépend d'une part des méthodes de collecte et de stockage des données et d'autre part de l'angle sous lequel les méthodes d'analyse et de représentation appréhendent le corpus de données. L'information disponible au CRODT sur la pêche artisanale se révèle très riche et très diversifiée et s'exprime sous différentes formes : résultats d'enquêtes, littératures ou connaissances informelles non publiées. La perception du système d'exploitation résulte alors des filtres appliqués au monde réel par chacun des observateurs de la pêche et des méthodes d'acquisition des données qui dépendent de la source et de la nature de l'information :

- **Analyse bibliographique** des rapports et publications disponibles (documents internes, publications scientifiques, littérature grise, rapports de mission, etc.). Les nombreuses études et analyses effectuées par les chercheurs, experts ou autres investigateurs de la pêche artisanale représentent une somme de connaissances particulièrement riche. La sémantique de ces informations textuelles doit être prise en compte dans la représentation du système d'exploitation.
- **Entrevues et concertations** visant à extraire l'information contenue dans le "Savoir et Savoir-Faire" des scientifiques et des techniciens du CRODT, ainsi que des acteurs du système (pêcheurs, mareyeurs, etc.). Cette connaissance informelle sur la pêche artisanale est recueillie à l'aide de questionnaires ouverts et par la constitution de groupes de travail pluridisciplinaires permettant aux différentes disciplines de mettre leurs concepts en commun.
- **Enquêtes statistiques.** Les enquêtes de routine mises en place par le CRODT depuis la fin des années 70 sur les aspects biologiques (péchart, 1982) et socio-économiques (Weber, 1982) représentent une quantité importante de données informatisées : - recensements bi-annuels du parc piroguier ; - échantillonnages des captures, des efforts et des prix de vente sur les principales plages de débarquement. L'approfondissement des connaissances sur certains points précis a également nécessité au fur et à mesure du déroulement de la recherche la mise en place d'enquêtes ponctuelles sur l'histoire économique, technique et sociale de la pêcherie, les communautés de pêcheurs, la commercialisation, la technologie des engins de pêche, etc.

La confrontation des différentes sources d'information se concrétise sous la forme d'un corpus de données de nature textuelle et numérique (quantitatives et qualitatives). L'intégration de ces connaissances éparses acquises par les différents champs disciplinaires et collectées de façon cloisonnée pose le problème du stockage et du traitement de l'information. Grâce aux concepts de base de données, base de



connaissance et au développement des méthodes d'analyse de données et d'intelligence artificielle, les sciences de l'informatique offre un nouveau cadre de formalisation qui permet de mieux appréhender la complexité du monde réel et d'étendre le concept de données qui n'est plus seulement relié au traitement numérique (Jambu, 1989). Les différents fichiers de données numériques du CRODT, fichiers accumulés mais non structurés au cours du temps, constituent la "banque de données" de laquelle sera extraite l'information quantitative et qualitative soumise aux traitements numériques et graphiques. La base de connaissance, plus globale, intègre l'information textuelle et la connaissance informelle grâce aux formalismes et traitements développés dans le cadre de l'intelligence artificielle, notamment par l'utilisation des langages orientés objets et par la définition des règles procédurales des systèmes experts. Cet ensemble de connaissances "pseudo-triviales" mais non formalisées dont disposent les experts enrichit l'analyse numérique de la connaissance apportée par le spécialiste du domaine.

### 3.2 - Formalisation des connaissances

L'acquisition et la représentation des connaissances sur la pêche artisanale sénégalaise, et donc le passage au monde formel résultant de nos constructions intellectuelles, est basée sur la recherche d'une interaction entre **l'analyse des données**, la **modélisation mathématique** et **l'intelligence artificielle**. Basées sur les outils mathématiques et informatiques, ces trois approches contribuent aux différentes étapes du processus de modélisation (Pavé, 1989). L'analyse statistique intervient dans l'acquisition des connaissances tirées des données existantes, l'ajustement du modèle et l'estimation des paramètres et la validation de la modélisation par confrontation des données simulées aux données observées. L'analyse statistique et la modélisation mathématique, dont la frontière n'est pas très nette puisque ces deux approches utilisent le langage mathématique et la notion de modèle, peuvent être distinguées par leur finalité : l'approche statistique vise l'analyse de la variabilité du phénomène et la confrontation des données à un modèle mathématique préétabli ; la modélisation mathématique est orientée vers la description d'un fonctionnement spécifique et l'élaboration d'un modèle théorique. Cependant l'analyse statistique et la modélisation ne doivent pas être perçues comme des techniques concurrentes ou complémentaires mais comme les constituants d'un continuum (Lebreton, 1992). Deux philosophies d'approche se distinguent en statistique : la statistique exploratoire qui vise l'étude de la structure des données sans hypothèse *a priori* et la statistique confirmatoire qui permet de tester une hypothèse à partir d'une loi de probabilité ; la phase exploratoire précède généralement la phase confirmatoire mais les deux sont nécessaires à la démarche d'analyse de données (Tukey, 1980). L'exploration de la structure des données par la statistique multidimensionnelle vise à se rapprocher et obtenir une vision synthétique et globale des données de base et à mieux cerner les interactions entre les phénomènes observés. Le résumé graphique, qui aide à saisir les éléments caractéristiques d'une série de données et à visualiser leur variabilité avant toute forme de simplification,

présente différentes formes : diagrammes ; réseaux illustrant les relations entre les éléments tels que les dendrogrammes des analyses typologiques ; cartes constituant une puissante forme de mémorisation et fournissant de l'ensemble des données numériques un résumé des faits essentiels, telles que les représentations géométriques des analyses factorielles. Si le traitement des bases de données nécessite un traitement numérique, l'extraction d'information explicite est cependant de nature symbolique. Inspirée par les langages orientés objets, l'analyse de données symboliques favorise la représentation formelle de la connaissance dans le cadre de la modélisation par intelligence artificielle. L'approche symbolique enrichit la problématique de l'analyse des données classiques en élargissant son cadre d'application alors que l'approche numérique est nécessaire à l'intelligence artificielle notamment pour l'aide à la construction des bases de connaissance (Kodratoff et Diday, 1991). L'interaction entre statistique et intelligence artificielle peut également se situer dans les problèmes reliés à l'incertitude - apport de la la statistique à l'IA - ou dans l'élaboration de stratégies d'analyse des données - apport de l'IA à la statistique - (Gale, 1986). La modélisation par intelligence artificielle, avec particulièrement l'approche système expert, est basée sur des objets et des raisonnements (mécanismes/processus), sur des relations entre les objets et sur des liens entre les objets et les raisonnements. Elle favorise l'utilisation de données incertaines et de raisonnements non algorithmiques et permet de se rapprocher des modèles de processus cognitifs de l'homme . L'intégration d'une structure hiérarchique autorise de plus la gestion de contextes et points de vue différents favorisant une approche systémique et pluridisciplinaire.

#### **4 - OPERATIONS DE RECHERCHE**

De l'élaboration du système d'information et des possibilités offertes pour l'acquisition et la représentation des connaissances sur la dynamique du système d'exploitation, trois opérations de recherche sont définies et menées en parallèle depuis le début du programme.

##### **4.1 - Structuration et exploitation des bases de données**

La "banque de données" sur la pêche artisanale sénégalaise est constituée de couches d'informations accumulées au cours du temps et récoltées par différentes disciplines et différents protocoles. Les disparités entre ces couches révèlent souvent des incohérences au niveau des données et un manque d'harmonisation dans le stockage de l'information. Ce constat a nécessité dans un premier temps un travail important de mise en forme de l'information au point de vue de :

- la validation des données,
- l'harmonisation des systèmes de codage,
- la réalisation de structures d'accueil de données des différentes sources,
- le développement de protocoles d'interface entre les différentes bases.

Une chaîne de traitement informatique a été développée pour vérifier et restructurer intégralement l'ensemble des données de prises et d'efforts de pêche artisanale récoltées depuis la fin des années 70 (Ferraris *et al.*, 1993). Cette base de données, ainsi que celles sur les prix et les recensements constituent une des grandes richesses du CRODT permettant des analyses rétrospectives sur la dynamique du système d'exploitation. Ce premier travail sur la qualité et l'accessibilité de l'information est une étape fastidieuse mais indispensable à l'acquisition des connaissances. Un bon moyen de validation de l'information passe cependant par l'utilisation des données. Leur analyse et leur confrontation dans le temps, l'espace ou les différents thèmes abordés favorisent en effet la détection d'erreurs, de lacunes ou d'incompatibilités dans l'information. L'exploration de la structure des données par analyse graphique et statistique multidimensionnelle vise l'émission de nouvelles hypothèses de travail, l'identification des facteurs structurants des données, la construction de variables synthétiques et l'aide à la construction de la base de connaissance.

#### 4.2 - Projet MOPA - MODélisation de la Pêche Artisanale -

A partir de la connaissance acquise au CRODT et des bases de données disponibles, un projet de modélisation de la dynamique du système pêche artisanale a été engagé (Le Fur, 1990). L'approche retenue considère la variabilité des facteurs de l'environnement, les contextes instables qu'elle crée, la réactivité et l'adaptabilité des acteurs qui y sont soumis. Sous cet angle, le projet de modélisation envisage une perception globale de la dynamique traduite comme un ensemble de dynamiques constamment perturbées puis corrigées de chaque constituant. Cette approche a conduit à privilégier quatre directions méthodologiques :

- l'approche systémique qui cherche à intégrer dans une seule compréhension l'ensemble des composantes du système et leurs interactions ;
- l'approche système expert qui fournit un mode d'expression générique, dans lequel les connaissances des différents domaines s'expriment en un langage commun, et de raisonnements non algorithmiques qui permettent d'approcher les processus de décision des pêcheurs artisans ;
- la représentation dite "orientée-objet", qui favorise la représentation modulaire des différentes composantes, l'interaction multiple et la flexibilité des inter-relations ;
- la décomposition fonctionnelle de la représentation sous la forme d'études de cas de perturbations pouvant conduire aux émergences et résiliences observées dans le fonctionnement général du système et progresser vers la complexité ;

Ces choix méthodologiques ont été retenus afin de permettre l'homogénéisation des concepts utilisés par les différentes disciplines et favoriser une approche décloisonnée, indispensable pour la prise en compte des facteurs dont la pression simultanée produit conjointement un effet donné sur le système. Pratiquement, le projet MOPA vise à décrire la nature, la structure et les états des constituants du "système pêche artisanale" et à modéliser les relations entre les différents composants. La modélisation est ainsi basée sur l'analyse des structures (détecteurs, centres de décision, réseaux),

de la nature de l'information et des temps de réponse. Elle aborde les concepts de rétroaction, mémorisation, transmission de l'information et transfert d'échelles. Le schéma "détection-évaluation-décision-actualisation-action" est appliqué à chaque groupe d'acteurs. Les règles de fonctionnement et les modalités de réaction du système dégagées à partir des études de cas sont ensuite testées à travers leur reproductibilité sur de nouveaux cas de perturbation de nature différente. Le premier cas étudié concerne l'émergence de la pêche au filet dormant de Kayar (Le Fur 1993 a,b).

### 4.3 - Collecte de nouvelles informations

La mise en commun d'informations de nature et d'origine différentes, l'analyse des données et la simulation des processus mettent en évidence des lacunes dans le système d'information qui nécessitent la collecte de nouvelles données. L'identification et formalisation des tactiques et stratégies de pêche et la modélisation de la pêche au filet dormant de Kayar ont ainsi impliqué les actions suivantes :

- **Suivi d'unités de pêche** : le modèle de Laloë-Samba décrivant plus particulièrement le comportement des pêcheurs de la côte nord du Sénégal, 200 unités de pêche originaires de cette région et réparties dans les sept principaux points de débarquement du littoral ont été suivies sur un cycle annuel (Ferraris, 1991). Outre le profil d'activités quotidiennes des unités de pêche, quatre mois d'enquête sur la motivation et les choix tactiques du pêcheur ont été menées au cours de l'année. Le questionnaire comporte des variables résumant les intentions avant la sortie de pêche - sur l'engin, le lieu et les espèces-cibles -, les aspects factuels de la sortie de pêche (notamment les espèces ramenées) et une appréciation globale sur la sortie de pêche vis à vis de la ressource, du marché et des conditions environnementales. Des questions ouvertes permettent de noter toutes les observations pertinentes pour expliquer les raisons de changement tactique des pêcheurs et leurs intentions à moyen et long terme.

- **Enquête sociologique** : l'importance des déterminants socio-culturels des tactiques des communautés léboues et guet-ndariennes est étudiée à partir d'entretiens non directifs menés par un sociologue auprès de groupes de pêcheurs dans le but de cerner les contraintes et motivations sociales des pêcheurs en regard des stratégies de pêche (Gaye, 1992). Les éléments tactiques concernent les migrations, la spécialisation ou polyvalence technique et les espèces-cibles. Le choix de la population cible vise à préciser les motivations et modalités de prise de décision stratégique qui prennent corps notamment à l'intérieur de l'ensemble familial chez les pêcheurs originaires de la côte nord. Les aspects sur la formation des pêcheurs, la circulation de l'information et le renouvellement des unités de pêche sont abordés avec une référence particulière à la pêche au filet dormant.

- **Enquête sur le mareyage** : le système de mareyage à l'exportation lié à la pêche artisanale est étudié afin de mieux cerner la fonction de demande pour les espèces nobles - notamment la sole recherchée par les filets dormants - et de développer un nouveau module du projet MOPA concernant cet élément moteur de la dynamique du système d'exploitation (Sarr, 1993).

- **Entrevues diverses** : certains aspects factuels sur le comportement de la pêcherie sont précisés à partir d'entrevues informelles auprès des pêcheurs, enquêteurs, chercheurs. La confrontation des différentes sources d'information a permis ainsi d'enrichir la connaissance sur les conflits de pêche et la naissance de la pêcherie au filet dormant de Kayar (Le Fur, 1992a).

## 5 - INTERACTIONS METHODOLOGIQUES

Les premiers résultats de recherche permettent d'illustrer trois types d'interactions méthodologiques : confrontation, chaînage et coopération :

- Le premier exemple confronte les résultats d'une analyse statistique avec ceux d'une enquête sociologique et souligne la coopération entre deux méthodes d'acquisition des connaissances ; l'analyse des données confirme statistiquement l'analyse sociologique menée à l'aide de questionnaires ouverts auprès de quelques groupes de pêcheurs alors que les points dégagés par le sociologue favorise l'interprétation des résultats statistiques.
- Le deuxième exemple illustre la confrontation de résultats statistiques obtenus à partir de différents jeux de données et la coopération entre approches numérique et symbolique ; l'analyse numérique fournit des indicateurs statistiques à l'approche symbolique qui génère une connaissance utilisable à la phase d'interprétation de la classification automatique.
- Le troisième exemple confronte différents jeux de données et confirme les résultats graphiques par les conclusions des entrevues informelles. Illustrant le chaînage entre la représentation graphique sur différentes échelles d'observations et la simulation des phénomènes observés, il souligne la coopération entre les approches, le processus de modélisation accompagnant l'acquisition des connaissances.

### 5.1 - Analyse statistique / Enquête sociologique

53 pêcheurs basés à Kayar ont été suivis au cours des enquêtes sur les unités de pêche mises en place en décembre 1991. Chaque unité est décrite par des caractéristiques générales concernant le capitaine, la pirogue, les habitudes de pêche, etc. Un résumé de ces variables qualitatives est obtenu par analyse des correspondances multiples. Le premier plan factoriel dégage synthétiquement les

caractéristiques principales des fiches-pêcheurs (figure 4). Les associations entre les modalités des différentes variables permettent de retrouver et de conforter certains points dégagés en parallèle dans l'enquête menée par le sociologue auprès des communautés léboues et guet-ndariennes de Kayar et Saint-Louis. La position des individus sur le plan factoriel met en évidence la disparité entre les deux communautés. Les pirogues inférieures à 6 mètres et supérieures ou égales à 8 mètres sont caractéristiques des pêcheurs saint-louisiens : de l'analyse du sociologue, il ressort que les petites unités, associées à un moteur de 8 CV, correspondent aux pêcheurs dont la migration est due aux conditions de navigation difficile de la région de Saint-Louis alors que les plus grandes pirogues appartiennent aux pêcheurs pratiquant leurs campagnes de pêche sur la côte nord où la barre est particulièrement marquée. Le gradient d'âge associé à l'axe II confirme que les capitaines des unités kayaroises sont globalement plus jeunes et non propriétaires de la pirogue. Les saint-louisiens se révèlent des adeptes de la polyvalence technique, pouvant utiliser jusqu'à cinq engins de pêche différents notamment le filet dormant, contrairement au pêcheur kayarois spécialisé dans un ou deux engins et pratiquant souvent une deuxième activité, l'agriculture, en dehors de la pêche. Les deux communautés se distinguent également par les lieux des campagnes de pêche. L'étude du plan des individus permet d'identifier des comportements atypiques tels que la position de quelques pêcheurs saint-louisiens au niveau des pêcheurs kayarois. Le retour aux données et l'analyse monographique réalisée par le sociologue révèlent que ces pêcheurs "atypiques" sont des saint-louisiens nés à Kayar et fortement intégrés à la communauté léboue, se différenciant alors des migrants venus à Kayar uniquement pendant la saison froide. Les méthodes de statistique descriptive multidimensionnelle permettent d'appréhender la variabilité de la population statistique inventoriée tout en donnant une vision globale et en respectant le statut individuel de chaque élément de l'échantillon. L'analyse factorielle constitue une méthode privilégiée des sciences sociales ; "le processus de recherche des facteurs est un des outils qui servent à fabriquer des concepts [...]. Il fournit une structuration objectivable, fusion exacte entre un empirisme statistique et le dégagement de "formes" de compréhension qui constituent son seul but" (Moles 1990).

## **5.2 - Analyse numérique / Approche symbolique**

Les données obtenues à Kayar du 15 décembre 91 au 15 janvier 92, dans le cadre du suivi des unités de pêche et des enquêtes de routine sur les prises au débarquement, sont soumises à des analyses typologiques dans le but de dégager des comportements types de pêche (Figure 5). Les enquêtes de motivation menées auprès des pêcheurs suivis quotidiennement au cours de cette période permettent de préciser

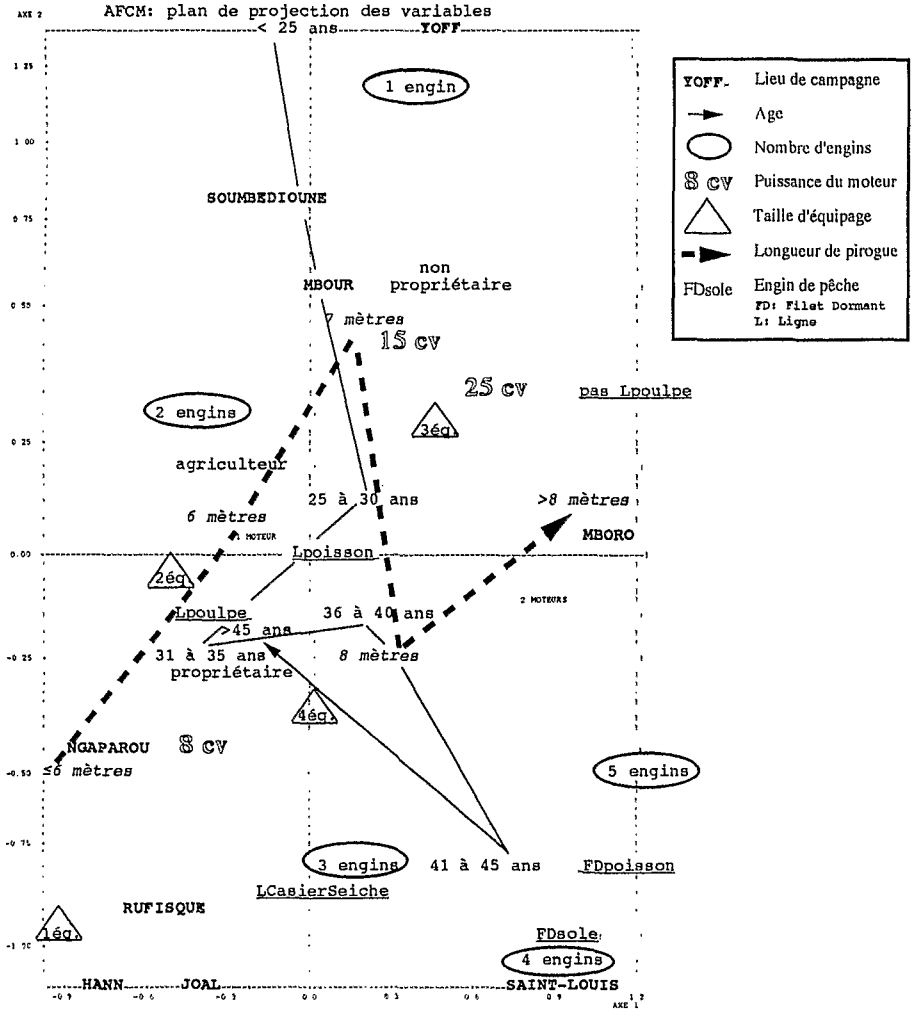


Figure 4 : Résumé graphique des fiches-pêcheurs du suivi des unités de pêche de Kayar par Analyse des Correspondances Multiples.

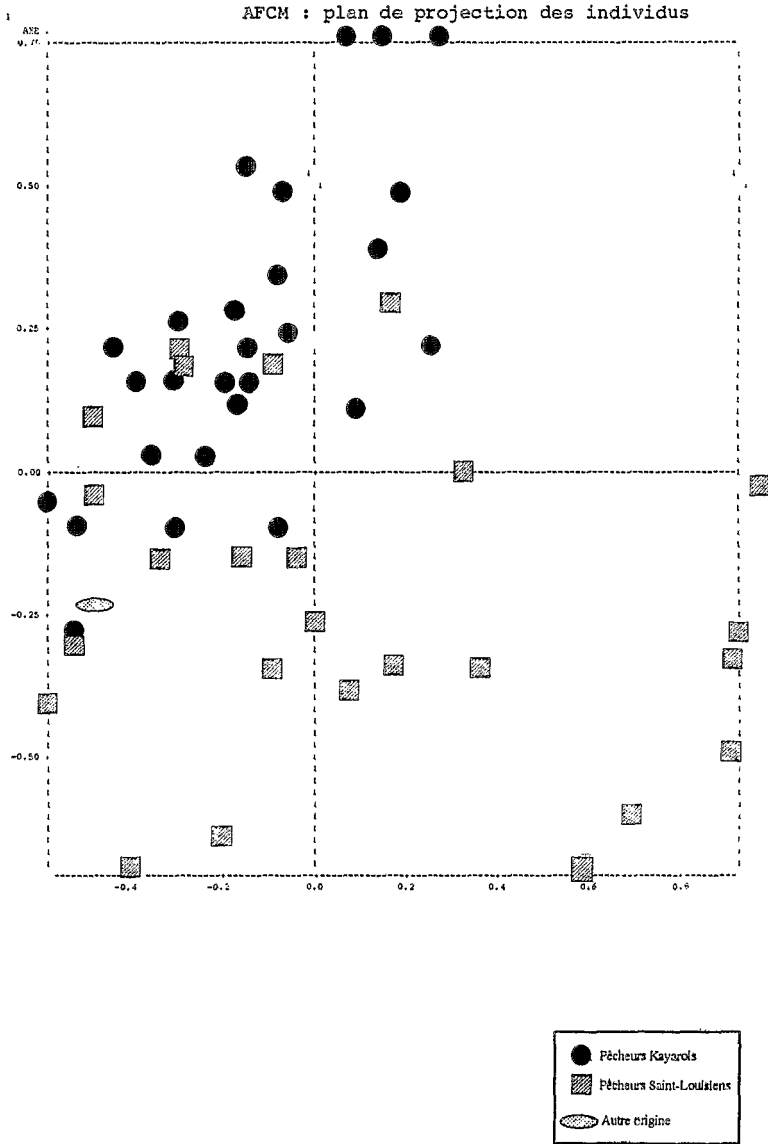


Figure 4 : Suite

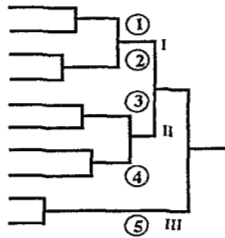


SUIVI UNITES DE PECHE

15 pêcheurs  
200 sorties de mer  
15/12/91 - 29/12/91  
(descriptions sortie de pêche)

13 pêcheurs  
284 sorties de mer  
15/12/91 - 15/1/92  
(descriptions sortie de pêche)

Classification Ascendante Hiérarchique



Description des classes

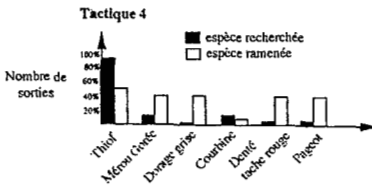
Classe 4 n=62

Variables caractéristiques	Modalités caractéristiques	Pourcentages	
		CLA/MOD	MOD/CLA
Espèce-cible 1	thiof	86.8	95.2
Engin	PML <12 CV	47.5	90.3
Lieu de pêche	Mboro	100.0	32.3
Lieu de pêche	Niari Raya	100.0	14.5
Lieu de pêche	Inconnu	72.7	12.9
Espèce-cible 2	courbine	72.7	12.9
Espèce-cible 2	Mérou de Gorée	100	8.1

Formalisation symbolique

Tactique 4  
 [espèce cible 1 = thiof]  
 ^ [espèce cible 2 = {0.13 (courbine), 0.08 (mérou de Gorée), 0.79 (aucune)}]  
 ^ [engin = {0.90 (PML ≥ 12 CV), 0.10 (PML < 12 CV)}]  
 ^ [lieu = {0.32 (Mboro), 0.15 (Niari Raya), 0.13 (inconnu), 0.40 (autre)}]

Calcul des extensions



ENQUETES DE ROUTINE

384 sorties de mer  
15/12/91 - 15/1/92  
42 espèces  
(Présence/absence)

Classification Ascendante Hiérarchique

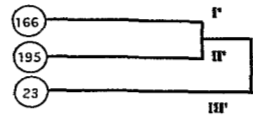


Figure 5 : Identification et formalisation des tactiques de pêche par confrontation des résultats obtenus sur différents jeux de données.

et formaliser les tactiques de pêche des communautés léboues et saint-louisiennes. Les sorties de pêche sont groupées sur la base des espèces-cibles, du lieu, de l'engin de pêche et de la taille de l'équipage. (A) Les 284 sorties de mer de 13 pêcheurs suivis pendant 30 jours donnent 5 classes de tactique. (B) Les classes sont décrites sur la base de critères statistiques, fournis par le logiciel SPAD (1987), dégagant les modalités discriminantes et les degrés d'homogénéité et de spécificité des classes : pour la classe 4, 95.2% des 62 sorties de pêche correspondent à des pêcheurs ayant l'intention de rechercher le thiof (critère MOD/CLA= effectif de la classe ayant la modalité/effectif total de la classe) ; 86.8% des pêcheurs de thiof se retrouvent effectivement dans cette classe (critère CLA/MOD : effectif de la classe ayant la modalité/effectif total de la modalité). Cette première phase numérique permet de déterminer une partition en classes homogènes de jours-pêcheurs sur la base de variables qualitatives décrivant les choix du pêcheur. (C) La tactique de pêche est ensuite exprimée dans le cadre du formalisme symbolique (Diday, 1992). La clarté du formalisme des objets symboliques, qui entrent rigoureusement dans le cadre de ceux utilisés par les langages orientés-objets, permet d'exprimer les connaissances sous une forme explicite s'inscrivant dans l'optique du projet MOPA. Un objet symbolique est décrit à l'aide d'une conjonction de propositions logiques portant sur les valeurs prises par les différentes variables. Les tactiques de pêche de Kayar sont exprimées à l'aide des objets symboliques modaux de l'approche probabiliste (Perinel, 1992). (D) L'extension de l'objet symbolique, soit l'ensemble des individus pour lesquels il existe une adéquation suffisamment élevée avec l'objet tactique, est déterminée afin d'avoir un recouvrement maximal avec les classes d'origine obtenues dans l'analyse numérique. Le calcul des extensions est appliqué à un deuxième lot de pêcheurs afin de reconsidérer la formulation symbolique en fonction du nombre de jours-pêcheurs associés à aucun objet symbolique ou appartenant à plusieurs extensions. Les tactiques de pêche sont alors décrites par le profil des espèces effectivement capturées. Ainsi pour la tactique "thiof", 95% de pêcheurs recherchent le thiof mais seuls 50% ramènent de cette espèce qui est associée avec le mérrou de gorée, la dorade grise, le denté à tache rouge ou le pageot. Ces résultats sont ensuite confrontés à l'analyse typologique réalisée sur les pirogues échantillonnées à Kayar dans le cadre des enquêtes de routine sur les prises. Par l'étude des rendements de pêche, il apparaît possible d'appréhender les moyens mis en oeuvre par les unités de pêche, le faciès de la prise reflétant la sélectivité de l'engin, l'habitat des espèces et donc le lieu de pêche et le choix de l'espèce-cible (Ferraris et Samba, 1992). (E) Les 384 sorties de mer observées entre le 15/12/91 et le 15/01/92 sont décrites par le cortège spécifique des prises et soumises à une analyse de classification automatique. Elles révèlent 3 types d'associations d'espèces : les trois branches du dendrogramme montrent un parallèle avec les trois premières branches de l'arbre hiérarchique obtenu dans l'analyse typologique précédente, soit une combinaison d'espèces caractéristiques des tactiques orientées sur le pageot, sur le thiof ou sur le denté à gros yeux. Par confrontation des différents jeux de données, on cherche ainsi à confirmer l'existence des tactiques de pêche. L'association entre les tactiques et les rendements de pêche

permettra d'enrichir l'analyse sur les causes de changement tactique et de préciser les relations entre effort nominal et effort effectif.

### 5.3 - Représentation graphique / Simulation

Le premier cas de perturbation choisi dans le cadre du projet MOPA concerne l'émergence de la pêcherie au filet dormant à Kayar. L'acquisition des connaissances sur le phénomène passe dans un premier temps par la représentation graphique de l'information contenue dans les bases de données (Le Fur, 1992b). La force du graphisme pour extraire et représenter les éléments pertinents du phénomène étudié est illustré à partir de quelques exemples particuliers (Figure 6) :

- Les **diagrammes en pointe de tarte** montrent la composition spécifique des captures des filets dormants de Kayar. deux espèces importantes prédominent annuellement dans les prises, l'otolithé et la sole, soit deux espèces-cibles à prendre en considération dans l'étude de rentabilité du filet dormant.

- La variabilité inter-annuelle des efforts de filet dormant (soit le nombre de sorties/mois), illustrée par un **diagramme bivarié**, illustre l'émergence de la pêcherie : le phénomène a débuté de façon marquée en 1985, s'est maintenu l'année suivante avec une chute en 1987, pour accuser graduellement une augmentation marquée des efforts jusqu'en 1990. L'évolution parallèle des prix de vente de la sole traduit la demande soutenue pour cette espèce. Cette relation va dans le sens du maintien, voire de la croissance, de cette pêcherie mais ne permet pas d'expliquer les fluctuations inter-annuelles observées au niveau des efforts.

- L'étude détaillée de la naissance du phénomène en 1985 passe par l'analyse de la variabilité intra-annuelle. Le pas de temps inhérent au système d'enquête sur la pêche artisanale, un des critères de stratification du plan d'échantillonnage, correspond à la quinzaine. La variabilité interne à ce pas de temps peut être visualisée par la représentation des caractéristiques statistiques de la série de données observées sur 15 jours, telles que moyenne, médiane, quartile, centile. L'interprétation des **diagrammes de dispersion** se révèle riche en information. Les rendements de sole des filets dormants montrent à la dernière quinzaine d'avril des valeurs extrêmes de l'ordre de 100 kg, période qui correspond au début de la saison de la sole. A la première quinzaine de mai, le troisième quartile de 200 kg indique que 25% des pirogues échantillonnées ont ramené des prises très avantageuses pouvant aller jusqu'à 350 kg. Seules 25% des pirogues présentent des rendements inférieurs à 50 kg. De la mi-mai à la fin juin, on observe une moins grande variabilité avec en moyenne des prises de l'ordre de 100 kg. Certaines pirogues ramènent encore des captures de 150 kg.

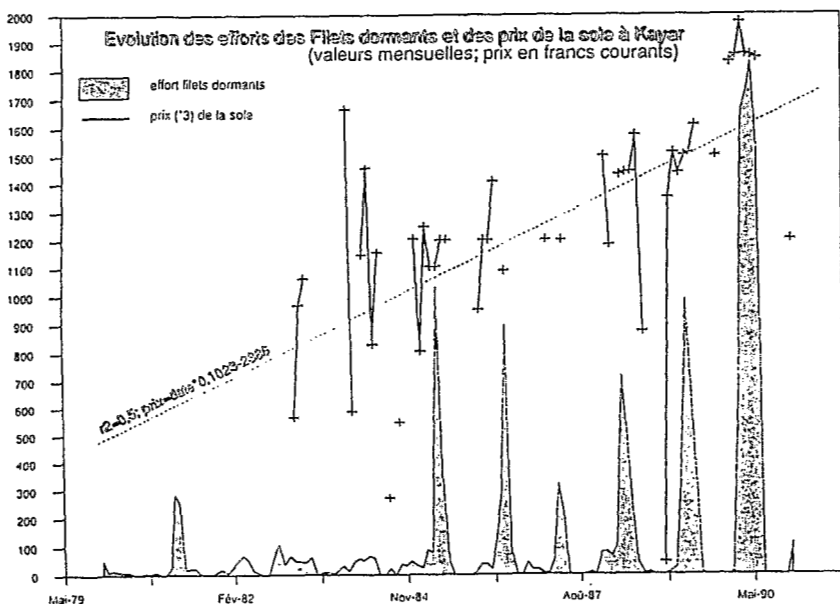
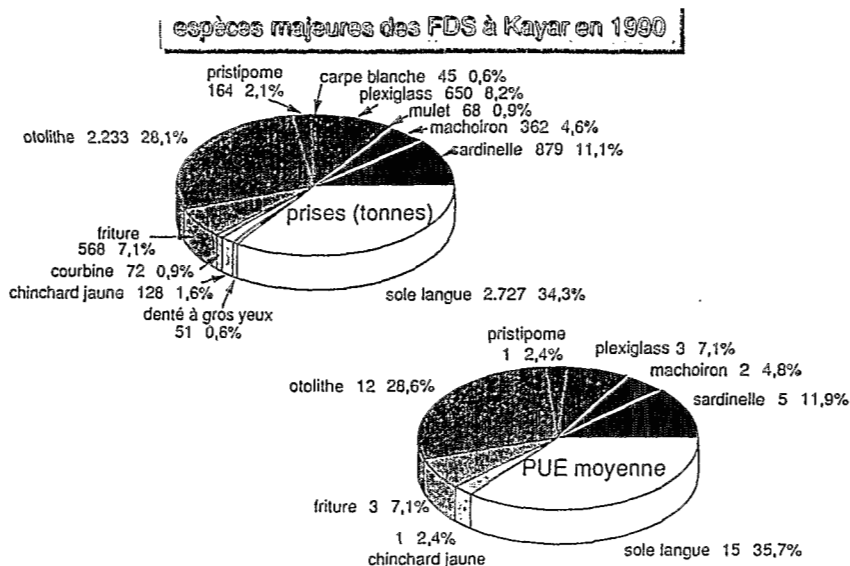


Figure 6 : Acquisition des connaissances sur la pêche de filet dormant à Kayar par différentes représentations graphiques.

VARIABILITE PAR QUINZAINE DES RENDEMENTS DE SOLE DES FILETS DORMANTS DE KAYAR (1985)

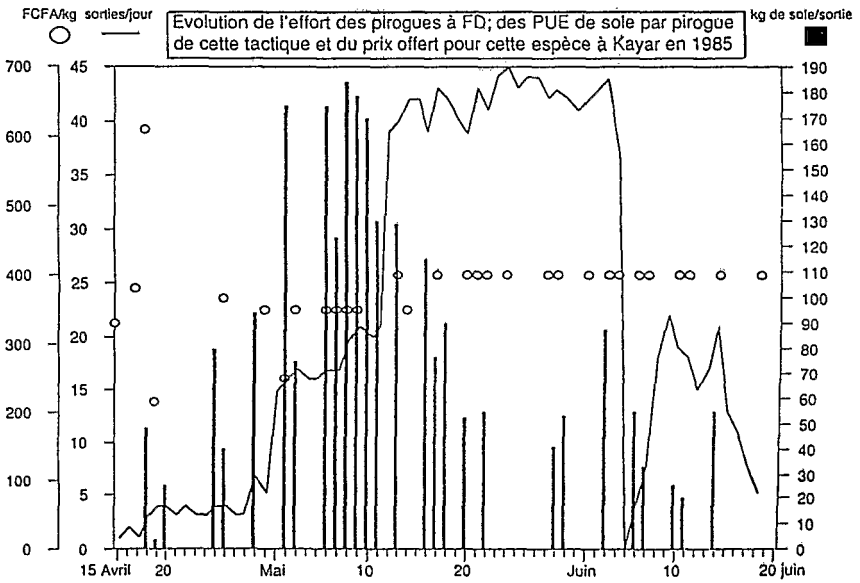
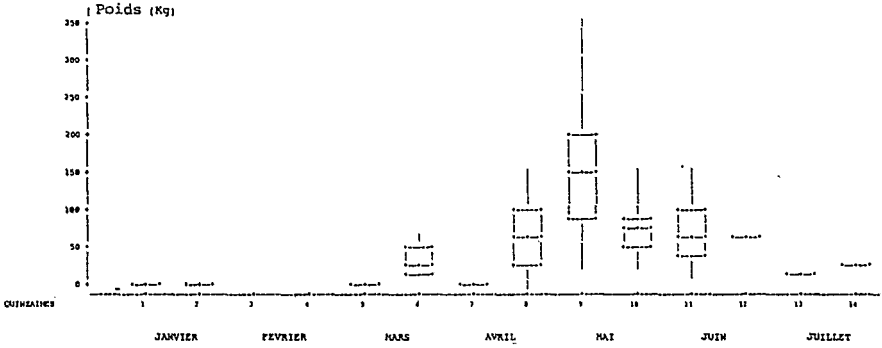


Figure 6 : Suite

- L'analyse fine au jour le jour et la confrontation des différentes sources de données permettent de mieux comprendre l'émergence du phénomène. La représentation chronologique des données sur l'activité et la rentabilité de pêche révèle des relations entre les données de différentes sources pertinentes à l'étude du processus : - Le nombre de sorties de filet dormant (**diagramme de surface** respectant le continuum des estimations quotidiennes) montre une premier pic de l'effort au début mai (une quinzaine de sorties), une forte augmentation à partir du 12 mai (plus de 40 sorties par jour), un arrêt d'activité le 5 juin et une reprise par une vingtaine d'unités jusqu'au 18 juin ; - la prise moyenne de sole par pirogue échantillonnée (PUE) (**diagrammes en bâton** respectant la discontinuité dans l'échantillonnage des données) montre des rendements de l'ordre de 50 kg quelques jours avant la première montée des efforts, une forte augmentation de l'ordre de 180 kg la première quinzaine de mai précédant la montée des efforts de pêche, puis une chute importante des PUE se maintenant autour de 50 kg jusqu'à la fin de la période ; chute qui n'explique pas les fluctuations des efforts ; - Les **valeurs ponctuelles** des prix de vente de la sole au moment du débarquement (chaque point correspond à la moyenne journalière) montre deux périodes : avant le 10 mai où la sole est vendue en moyenne 350 FCFA/kg et après le 10 mai avec une augmentation et une stabilisation des prix à 400 FCFA/kg. Cette représentation graphique au jour le jour permet d'illustrer et d'appuyer les informations obtenues auprès des pêcheurs au cours des entrevues informelles : suite à des captures accidentelles de quelques soles, quelques pêcheurs stochastes saint-louisiens en campagne à Kayar auraient prospecté les lieux de pêche propices à la sole ; les très forts rendements de ces pêcheurs auraient incité le changement de tactiques de pêche et la migration de nouveaux saint-louisiens (la pêche au filet dormant n'étant pas pratiquée par la communauté léboue de Kayar) ; l'augmentation du prix de vente a permis de maintenir l'activité de pêche malgré la chute des rendements ; la chute des efforts le 5 juin et les jours suivants est reliée à l'apparition d'un conflit violent entre kayarois et saint-louisiens.

Le processus de simulation est résumé visuellement sur l'écran de l'ordinateur du modélisateur (figure 7). Le multifenêtrage de l'environnement informatique permet de retracer les différentes étapes de la modélisation de l'émergence de la pêcherie au filet dormant de Kayar. La représentation fonctionnelle du système est centrée sur les communautés humaines en fonction de leur environnement et des ressources dont ils disposent (*arbre des catégories en bas à droite de l'écran*). Le "système pêche artisanale" (SPA) est décomposé dans ces trois catégories qui sont elles-mêmes sous-divisées en plusieurs sous-catégories, tel que "pêcheur", contenant chacune plusieurs objets ayant les mêmes variables caractéristiques. Chaque objet porte son comportement et peut élaborer son réseau d'interactions avec les autres objets. Dans la liste des objets définis dans le SPA (*fenêtre centrale de l'écran*), on distingue l'objet "pmlky-1" qui correspond à un groupe de pêcheurs possédant certaines caractéristiques. La description de l'objet "pmlky-1" (*en haut à droite de l'écran*) indique l'effectif de cette catégorie au temps t de la simulation [261 individus], son lieu d'attache [Kayar], son caractère [cartésien], les tactiques disponibles dans sa stratégie

[la ligne et le filet dormant à Kayar], la valeur au temps t des tactiques disponibles [3111,401 unités pour la ligne, 0,001 unités pour le filet dormant] et l'habitude du pêcheur dans la pratique de ses tactiques [17,91 années pour la ligne et 1,1 année pour le filet dormant]. En fonction de l'information disponible, les acteurs du système puisent dans les stocks afin d'agir sur le pas de temps suivant et modifier leur environnement. L'évolution dans la distribution des communautés donnent de nouvelles propriétés au système global, sans intervention de la part d'un opérateur externe. L'évolution des effectifs des différentes catégories de pêcheurs et le temps écoulé peuvent être suivis au cours de la simulation par jauge et cadran (*fenêtre inférieure de l'écran*). Enfin, le résultat de la simulation est visualisé par le graphique de l'évolution des variables au cours du temps (*fenêtre supérieure gauche*), tels que les profils des efforts de filet dormant simulés, confrontés au profil des efforts observés.

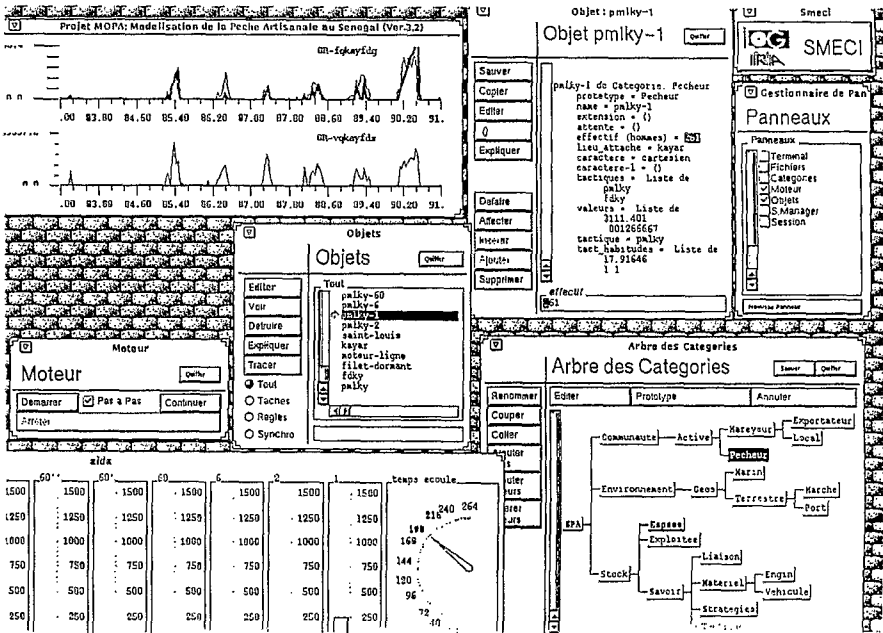


Figure 7 : Ecran multifenêtrage de l'environnement informatique du système expert simulant l'émergence de la pêche au filant dormant de Kayar.

## **6 - CONCLUSION**

Les premiers essais de modélisation sur l'émergence de la pêche au filet dormant de Kayar ont permis de retracer les principales fluctuations du profil d'efforts observés. La dernière version du modèle (Le Fur, 1993c) tient compte d'une fonction de rentabilité comparant les valeurs des différentes tactiques, d'une fonction de risque basée sur le nombre de pêcheurs pratiquant les tactiques et d'une fonction de mémoire qui tient compte de l'expérience acquise dans chacune des tactiques. A ce stade de la simulation, les prix et les rendements de pêche sont directement lus dans la base de données et correspondent donc à des données d'entrée au modèle effectivement observées sur le terrain. A un stade ultérieur, ces données seront générées automatiquement à partir de procédures établies par des modèles mathématiques qui seront couplées au système expert sous forme d'attribut des objets ou de prémisses de règles (Sarr, 1992). Un couplage entre la dynamique de la ressource et la dynamique du système d'exploitation est prévu à partir du modèle de Laloë-Samba : le système expert fournira les efforts nominaux des tactiques de pêche au modèle de production qui générera les rendements associés aux tactiques.

L'évolution des connaissances, des moyens de stockage de la connaissance et de la pensée scientifique implique une révision des méthodes d'approche et d'appréhension des phénomènes étudiés. La démarche d'analyse et de représentation des connaissances sur la pêche artisanale sénégalaise respecte les principales étapes de la démarche scientifique, soit :

- **L'observation** : un nouveau regard doit être porté constamment sur le système d'exploitation halieutique suite à la critique des cadres de synthèse existants, à la prise en compte du "système-pêche" et au renouvellement des questions liées à notre vision générale de la réalité.

- **La description des phénomènes observés et l'émission d'hypothèses** : la confrontation des apports des différentes disciplines implique de développer une vision synthétique et intégrée des phénomènes, démarche favorisée par la force du graphisme et les méthodes de statistiques descriptives multidimensionnelles.

- **L'élaboration du modèle** dans une perspective hypothético-déductive : l'outil de simulation permet de respecter la variabilité et l'individualité des constituants du système et de simuler l'émergence de propriétés globales par combinaison et interaction de phénomènes simples. De nature perfectible, le système expert permet une démarche progressive vers la complexité.

- **La confirmation des hypothèses** par confrontation des prédictions du modèle avec le "monde réel" et par analyses statistiques visant à mettre à l'épreuve les déductions du modèle.



La confrontation simultanée (ou légèrement différée) de méthodes de représentations différentes sur un même objet et/ou une même problématique produit inévitablement quelques résultats redondants qui sont inhérents à la proximité des objectifs. Elle s'avère néanmoins apte à produire une synergie et constitue par là une source de connaissances originales difficilement accessibles autrement.

## REFERENCES

- C.E.E., 1987. Assessment of technical interactions in mixed fisheries. C.E.E. Internal Information on Fisheries, 15, 75 p.
- CRODT, 1993. Statistiques de la pêche maritime sénégalaise en 1990. Arch. Cent. Rech. Océanogr. de Dakar-Thiaroye, n°191,
- Diday E., 1992. Probabilist, possibilist and belief objects for a knowledge analysis. Cahiers de mathématiques de la décision. Ceremade, Université Paris IX-Dauphine, 28 p.
- Durand J.L., H. Farrugio et M. Lemoine, 1991. Analyse et gestion des pêcheries côtières. Nécessité d'une nouvelle démarche? In "La recherche face à la pêche artisanale". Symposium Orstom-Ifrermer, juillet 1989, Montpellier, J.R. Durand, J. Lemoalle et J. Weber (eds). Paris Tome II, pp : 671-679.
- Ferraris J., 1991. Suivi des unités de pêche de la Grande Côte du Sénégal. Protocole d'enquête. Doc. Int. Programme "Pêche Artisanale", Cent. Rech. Océanogr. de Dakar-Thiaroye.
- Ferraris J., Bakhayokho M., Niang F., Faye M. et Ndiaye I. 1991. Analyse statistique du parc piroguier de Joal et étude de la mixité des engins de pêche : cas de juin 1988. Rapport de recherche, Cent. Rech. Océanogr. de Dakar-Thiaroye, 55 p.
- Ferraris J., V. Fonteneau, A. Sy Bo, 1993. Structuration de la base de données "Pêche Artisanale" et chaîne de traitement informatique. Archive Scient. Cent. Rech. Océanogr. de Dakar-Thiaroye, n°192, 208 p.
- Ferraris J et Samba A., 1992. Variabilité de la pêche artisanale sénégalaise et statistique exploratoire. SEMINFOR 5, septembre 1991, Montpellier, Orstom, pp : 169-190.
- Gale W.A., 1986. Artificial Intelligence and Statistics. William A. Gale ED., AT&T Bell Laboratories Addison-Wesley, 418 p.
- Gaye A, 1992. Les déterminants socio-culturels des tactiques de pêche des communautés Léboues et Guet Ndarienne. Rapport de recherche. Projet MOPA. Cent. Rech. Océanogr. de Dakar-Thiaroye.
- Gérard M., 1985. Contribution à la connaissance de la pêche artisanale sur la Petite Côte. Description et étude critique du système d'enquête à Mbour et Joal. Arch. Cent. Rech. Océanogr. de Dakar-Thiaroye, n° 37, 40 p.

- Gondeaux E., 1988. Analyse typologique de la flotille du Mor-Braz. Rapport Ifremer, DRV-88.022, 40 p.
- Jambu M., 1989. Exploration informatique et statistique des données. Dunod, 505 p.
- Kodratoff Y. et E. Diday, 1991. Induction symbolique et numérique à partir de données. CEPADUES-Éditions, Toulouse, 460 p.
- Laloë F. et A. Samba, 1990. La pêche artisanale au Sénégal : ressource et stratégie de pêche. Etudes et Thèses, Paris, Orstom, 461 p.
- Laloë F. et A. Samba, 1991. A simulation model of artisanal fisheries of Senegal. ICES mar. Sci. Symp., 193, pp : 281-286.
- Laloë F., 1992. Collecte d'information sur la pêche artisanale au Sénégal. Seminform 5, septembre 91. Montpellier, Orstom, pp : 37-44,
- Lebreton J.D., 1992. A propos du continuum statistique-modélisation en écologie. Seminform 5, septembre 91. Montpellier, Orstom, pp : 451-456.
- Le Fur J., 1990. Projet MOPA. Modélisation de la pêche artisanale au Sénégal. Document multig. Orstom, 27 p.
- Le Fur J., 1992a. Les pêches aux filets dormants sur la Grande Côte : Compte rendu d'enquêtes informelles effectuées sur le terrain. Doc. Int. Projet MOPA. Cent. Rech. Océanogr. de Dakar-Thiaroye, 13 p.
- Le Fur J., 1992b. Projet MOPA ; un premier cas d'étude : la pêcherie de filet dormant à Kayar. Rapp. Int. Cent. Rech. Océanogr. de Dakar-Thiaroye, 26 p.
- Le Fur J., 1993a. Projet de recherche MOPA. Rapport d'activité 1992. La lettre de DURR N°2, Orstom, Paris, pp : 15-20
- Le Fur J., 1993b. Dynamique du système Pêche Artisanale et intelligence artificielle : projet MOPA. In " Méthodologie d'évaluation des ressources exploitables par la pêche artisanale au Sénégal". Symposium CRODT, février 1993, Dakar, 7 p.
- Le Fur J., 1993c. Modelling adaptive fishery activities facing fluctuating environments : an artificial intelligence approach. Intern. Workshop "AI in Agriculture, Natural Resources and Environmental Sciences". August 29-3 sept. 1993, Chambéry. Accepted in AI Applications, Natural resources, Agriculture and Environmental Sciences.
- Moles A.A., 1990. Les sciences de l'imprécis. Seuil, Paris, 303 p.
- Morizur Y., P. Berthou, D. Latroite et G. Veron, 1992. Les pêches artisanales de la manche occidentale. Flottes et ressources halieutiques. Ifremer ISBN 2-905434-38-4, 175 p.
- Pavé A., 1989. Biométrie, modélisation et intelligence artificielle. The Journal for the Integrated Study of Artificial Intelligence, Cognitive Science and Applied Epistemology. Vol. 6, N°2/3, pp. 153-176.
- Péchart, 1982. Les enquêtes sur la pêche artisanale sénégalaise au Centre de Recherche océanographique de Dakar-Thiaroye. Arch. Cent. Rech. Océanogr. de Dakar-Thiaroye, 112 p.

- Perinel E., 1992. Analyse numérique/symbolique des tactiques de pêche artisanale au Sénégal. DEA de Université Paris-IX Dauphine, 74p.
- Sarr M. R., 1991. Modélisation par l'intelligence artificielle du comportement du pêcheur artisan de Joal. Mémoire de stage. Institut Africain d'informatique (Gabon). Cent. Rech. Océanogr. de Dakar-Thiaroye, 46p.
- Sarr M. R., 1992. Représentation des choix tactiques/stratégiques des communautés de pêcheurs : application au cas de la pêcherie aux filets dormants à Kayar. Rapport interne. Cent. Rech. Océanogr. de Dakar-Thiaroye, 43 p.
- Sarr M. R., 1993. Acquisition et modélisation de la connaissance du système de mareyage à l'exportation lié à la pêche artisanale. DEA. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 30 p.
- SPAD, 1987. Système portable pour l'analyse des données. CISIA, 25 av. de l'Europe, F-92310. Sèvres, 235 p.
- Weber J., 1982. Les enquêtes socio-économiques au Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye. Arch. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye, N°110, 87 p.
- Tukey J.W., 1980. We need both exploratory and confirmatory. The American Statistician, Vol. 34, No.1, pp. 23-25.