

Dynamique du système Pêche Artisanale et intelligence artificielle: Le Projet M O P A.

J. Le Fur.

RÉSUMÉ :

La pêche artisanale au Sénégal est reconnue comme un système dynamique complexe dans lequel les facteurs écologiques, biologiques, économiques, sociologiques interagissent pour produire une dynamique d'ensemble. Pour faire face à la complexité du domaine étudié, une méthodologie est présentée pour modéliser la dynamique globale du système pêche artisanale.

Le modèle conceptuel repose sur l'utilisation de l'approche dite systémique. Elle permet de définir, dans ce travail, une perception structurelle et fonctionnelle de l'objet d'étude sous la forme d'un ensemble de réseaux interconnectés au sein desquels circulent différents types de flux (poissons, monnaie, acteurs humains, information). La traduction formelle de ce modèle exploite les potentialités de l'intelligence artificielle et plus particulièrement de l'approche objet.

Une application du modèle est présentée dans laquelle est simulée, sur une période de dix années, la dynamique de la pêche artisanale sénégalaise dite "aux filets dormants". L'évolution comparée des séries observées et simulées indique une bonne cohérence entre la réalité appréhendée et le modèle.

Cette approche méthodologique apparaît porteuse d'informations intéressantes lorsque l'on aborde le problème de la représentation des interactions entre une ressource et son usage. Les résultats obtenus peuvent être utilisés dans plusieurs domaines dont, notamment, celui de la caractérisation de l'effort de pêche dans une communauté de pêcheurs structurellement et fonctionnellement composite; information souvent pertinente dans le cadre de l'évaluation des ressources en pêche artisanale.

ABSTRACT :

The Senegalese artisanal fishery is recognised as a complex dynamic system. Actually, the global dynamic is partly due to interaction between ecological, biological, economical and sociological factors. To face such a complexity, a methodology is presented to model the whole dynamics of the artisanal fishery system.

The conceptual model uses the systemic approach : the structural and functional perception of the studied object is viewed as a set of interconnected networks inside which circulate different kind of matter fluxes (fishes, currencies, human actors, information). The formal translation of this model takes advantage of the artificial intelligence technics, and especially the object oriented approach.

An application of the model is presented where ten years of gillnets fishery activity is simulated. Coherence is found between observed and estimated time series.

Such a methodological approach carries valuable information, particularly when faced to the problem of representing the interactions between a resource and its use. The results that it can provide may be used in several domains. This is the case of the fishing effort characterisation in a structurally and functionally composite fishing community. This last information is often valuable in the frame of artisanal fisheries' resource evaluation.

INTRODUCTION

En termes d'objet de recherche, la pêche artisanale est reconnue comme un système complexe. En effet, lorsqu'une perturbation intervient, la biologie, l'économie, la sociologie interfèrent le plus souvent pour finalement aboutir à une réponse multicomposantes. Une voie de recherche intéressante apparaît alors dans laquelle l'étude de l'interaction entre les différents domaines (biologiques, sociologiques, économiques, etc.) permettrait de mieux appréhender les conséquences de ces perturbations. Dans le domaine de la représentation des connaissances, cette problé-

matique soulève de nombreux problèmes méthodologiques et nécessite de nouvelles approches, de nouveaux outils.

Des réajustements ont été constatés à ce sujet dans les modèles halieutiques. Ils consistent soit à intégrer une composante économique dans un modèle de dynamique de population (Laloë et Samba, 1991), soit l'inverse (Meuriot, 1987), soit encore à préciser les estimations de production grâce à certains paramètres écologiques (Cury et Roy, 1987, Fréon *et al.*, 1988), etc. Ces nouvelles approches apparaissent prometteuses mais peut-être insuffisantes. En effet, elles semblent être de nature plus juxtaposée que pluridisciplinaire, utilisant le plus souvent un modèle comme producteur des données d'entrée d'un autre. Il semble que peu d'approches aient réellement tenté d'appréhender la dynamique de l'interaction proprement dite entre les différents sous-systèmes. Ainsi, en termes de modélisation, une vision synthétique semble encore manquer à l'expertise scientifique de la pêche.

L'approche dite systémique (Von Bertalanffy, 1968, De Rosnay, 1975, Walliser, 1977, Lemoigne, 1987), dont le champ potentiel d'application dépasse largement celui de l'halieutique, cherche à combler cette lacune. Fondée sur une approche globalisée des systèmes, elle cherche à intégrer dans une seule compréhension l'ensemble des domaines et leurs interactions. Elle introduit l'interdépendance comme l'un des éléments moteurs de la dynamique et impose la prise en compte de concepts peu étudiés mais pregnants tels que, par exemple, la rétroaction, la mémorisation, la transmission de l'information, la décision ou le transfert d'échelle. Enfin, elle prend en compte explicitement la complexité comme une caractéristique intrinsèque et fondamentale de la structure et du fonctionnement des systèmes (Morin, 1977, Lemoigne, 1987). Il apparaît que cette approche traduit bien la perception que l'on a actuellement de la structure et du fonctionnement des systèmes d'exploitation halieutique artisanaux (Quensière, 1991, 1993) et mérite donc d'être considérée.

Pour représenter l'objet d'étude sous cet angle et répondre aux contraintes conceptuelles qu'elle sous-tend, il est nécessaire d'utiliser des outils adaptés, capables entre autres de favoriser la représentation modulaire des différentes composantes, l'interaction multiple, la flexibilité des interrelations, etc. Parce qu'elles fournissent des réponses à ces questions, les techniques de base de l'intelligence artificielle et notamment la représentation objet (Bailly *et al.*, 1987, Massini *et al.*, 1989) se présentent comme des approches instrumentales intéressantes dans ce cadre. Dans le contexte des exploitations halieutiques particulièrement, de telles approches ont vu le jour et ont conduit à la production d'informations nouvelles et pertinentes (Bousquet et Cambier, 1991, Bousquet *et al.*, 1992).

Le projet MOPA (MOdélisation de la Pêche Artisanale au Sénégal) vise à explorer quelques uns de ces outils pour tenter d'appréhender la complexité de la pêche artisanale au Sénégal. Cette note a pour objet de présenter, à travers les résultats du projet MOPA, un exemple d'application de l'approche systémique et de l'utilisation de la représentation objet au problème de la compréhension et de la modélisation d'un système complexe tel que se révèle le Système Pêche Artisanale (SPA) au Sénégal.

PRÉSENTATION DU MODÈLE

Dans le modèle proposé, le SPA est structurellement assimilé à un ensemble complexe de réseaux interconnectés reliant tous ses éléments constitutifs. Le schéma sur lequel est fondé la description du SPA va reposer alors sur la description des différents flux d'éléments qui circulent au sein de ces réseaux ainsi que des composants entre lesquels ces éléments circulent.

Dans le SPA, on peut en effet considérer plusieurs types de matière circulant entre les différents composants. Dans l'approche retenue ont ainsi été représentés des flux de poisson, de monnaie, d'acteurs humains et d'information (mais il peut aussi s'agir de bateaux, de travail, de sels nutritifs ou de température). Chaque type de 'fluide' est impliqué dans un réseau d'échange qui lui est propre et peut s'interconnecter avec un autre, la 'matière' étant alors convertie ou échangée. Dans le modèle, quatre réseaux, supposés a priori déterminants, ont été retenus.

Le premier de ces réseaux, présenté sur la figure 1 représente les flux de poissons qui se réalisent au sein du système. On distingue tout d'abord des éléments/phases qui sont susceptibles de contenir une certaine quantité de poissons. Certains de ces composants ont un comportement particulier, il s'agit (i) des stocks de poissons (stocks naturels dans ce cas); desquels l'élément circulant ne peut que sortir, (ii) des puits (consommation, pertes) qui au contraire sont des éléments terminaux du système d'où les poissons ne peuvent plus être remis en circulation; enfin (iii) des réservoirs qui jouent en quelque sorte un rôle de tampon et peuvent, dans une mesure à déterminer, réguler les déséquilibres qui interviennent entre les différents flux (dans le cas particulier de la filière protéique, la transformation du poisson frais en poisson séché plus facilement conservé peut dans certains cas absorber les surplus invendus). Entre ces différents composants circulent les poissons.

La condition triviale nécessaire à cette circulation est l'approvisionnement du compartiment initial. Une fois cette condition réalisée, la circulation d'un compartiment à un autre sera conditionnée par des 'vannes' contrôlant les débits des différents flux.

Pour représenter la circulation dans le réseau il sera nécessaire de:

- définir les composants avec leur capacités et les facteurs qui conditionnent cette capacité,
- définir les paramètres qui conditionnent le niveau d'ouverture des vannes,
- pouvoir renseigner ces paramètres à chaque étape de la simulation.

Le deuxième réseau déterminant concerne les flux de monnaie. Ce réseau, utilisant une représentation analogue au précédent y est étroitement relié. Il s'agit là de l'autre aspect essentiel de la représentation, dans lequel est pris en compte la possibilité de conversion d'un élément dans un autre (e.g., conversion de poisson en monnaie). Une grande partie de la définition des paramètres, donc de l'ouverture des 'vannes' incombe aux modalités de réalisation de ces conversions. Toujours sur le même modèle, deux autres réseaux sont encore nécessaires pour décrire le fonction-

nement correct du système. Il s'agit (i) des flux d'information qui circulent entre les différents acteurs du système, leur permettant d'évaluer une situation donnée, puis de prendre des décisions dans le sens d'augmenter ou de diminuer les flux d'argent et de poissons par exemple; (ii) des flux spatiaux d'acteurs entre les divers centres d'intérêt dont les caractéristiques (argent, poisson, information) en font de plus ou moins grands attracteurs pour les acteurs.

Enfin, un cinquième schéma complète le tout, définissant les interactions qui existent entre les différentes communautés mises en jeu. Il ne s'agit plus là exactement de flux de tel ou tel élément mais plutôt de relations privilégiées entre certains éléments du système: les caractéristiques et les acquis d'un élément/acteur à un temps donné conditionnant suivant ces directions privilégiées les décisions que pourront prendre les éléments/acteurs auxquels il est connecté (Exemple: On décrit ainsi qu'un pêcheur filtrera les contraintes des différents mareyeurs en présence pour prendre en compte, lors de sa phase de prise de décision, uniquement les contraintes des mareyeurs avec lesquels il traite habituellement).

L'objectif à remplir pour modéliser le SPA consiste donc à représenter ces cinq schémas dans leurs aspects structurels et fonctionnels et de définir une stratégie de mise en oeuvre de leur fonctionnement.

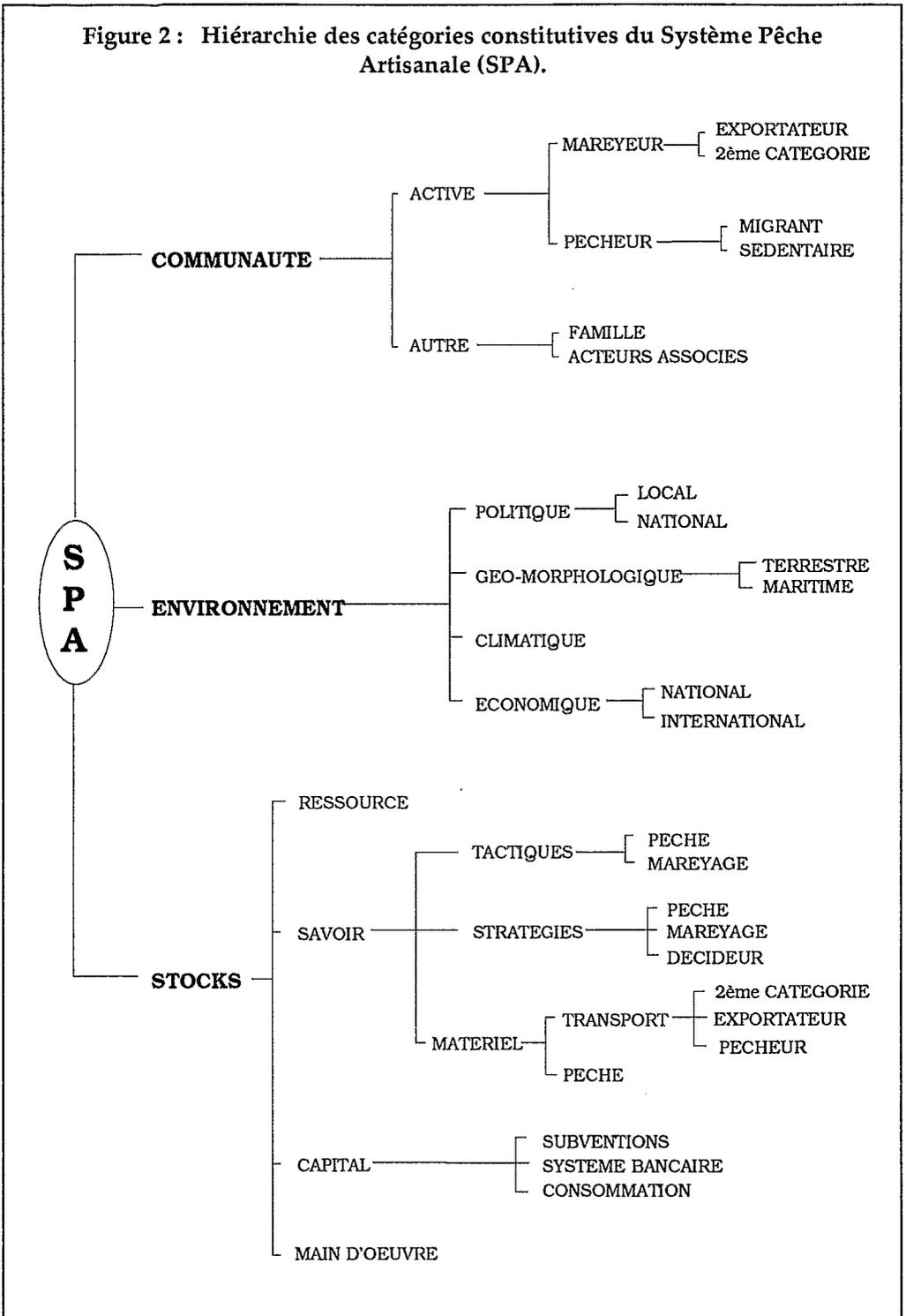
Intervient alors la notion d'outils de représentation. La conceptualisation du système sous forme d'un ensemble de réseaux laisse clairement apparaître l'importance donnée par l'approche systémique à l'organisation structurelle des différentes composantes entre elles. La recherche d'outils adaptés à ce besoin de représentation particulier va mettre en avant de nouvelles techniques de programmation dont particulièrement celle dite "orientée objet" qui a été retenue dans le projet MOPA.

REPRÉSENTATION INFORMATIQUE DU SYSTÈME

Du point de vue informatique, le principe du modèle fondé sur l'approche objet consiste tout d'abord à définir chacun des constituants repérés dans le système, i.e. dans les réseaux (ports, pêcheurs, exportateurs, espèces, tactiques, etc.), comme autant d'objets différenciés, chaque objet ayant des caractéristiques et un comportement propres. Ainsi, pour tous les schémas qui ont été définis, chaque composant est représenté, au niveau du système expert, par un 'objet', caractérisé par des 'attributs' valables. Ces attributs (ou champs) permettent de renseigner un composant donné sur les flux par lesquels il est concerné et les 'vannes' sur lesquels il est susceptible d'agir. Par exemple, pour une communauté de pêcheurs, définie en tant qu'objet, les champs pourront se présenter sous la forme de variables quantifiables (quantité de poissons, sommes d'argent), de champs d'autres objets (stratégie, tactiques, espèces et sites exploités) ou encore de micro-programmes définissant des moyens d'accès à une information donnée (par exemple les relations privilégiées entre certains types d'acteurs).

Hiérarchie et héritage: afin de mieux organiser la représentation, les objets dont les caractéristiques sont identiques peuvent être rassemblés dans des catégories. Un

Figure 2 : Hiérarchie des catégories constitutives du Système Pêche Artisanale (SPA).



dernier niveau de structuration permet enfin de factoriser certaines caractéristiques des objets par la définition de hiérarchies au sein des catégories:

Dans le cas particulier du système que nous tentons de représenter, un tel ensemble de hiérarchies a été établi, présenté sur le schéma de la figure 2. Sur ce schéma, trois grandes catégories ont donc été définies; les communautés, les environnements et les stocks. Le principe général de fonctionnement de ce système est centré sur les acteurs (i.e. les communautés humaines): en fonction de l'environnement dans lequel ils se trouvent, des ressources dont ils disposent, du résultat des choix qu'ils ont effectués précédemment et enfin de l'information à laquelle ils ont accès, ces acteurs vont pouvoir accéder à une partie des connaissances potentiellement disponibles (stock "savoir") et se pourvoir en tactiques et stratégies dans un premier temps. Puis, pourvus des moyens d'action qu'ils auront retenus, ils pourront puiser dans les stocks de matière existant (poissons, argent, matériel) afin d'agir dans le pas de temps suivant et modifier leur environnement (qui joue donc à la fois le rôle de déterminant et d'objet de l'action).

La mise en oeuvre de ce modèle implique enfin une spécification fonctionnelle de chacun des transferts possibles entre les différents objets. Un exemple de simulation portant sur les transferts d'acteurs entre communautés de pêcheurs servira de support à ce propos.

SIMULATION DE LA DYNAMIQUE DU SYSTÈME:

L'exemple de la pêcherie aux filets dormants à Kayar.

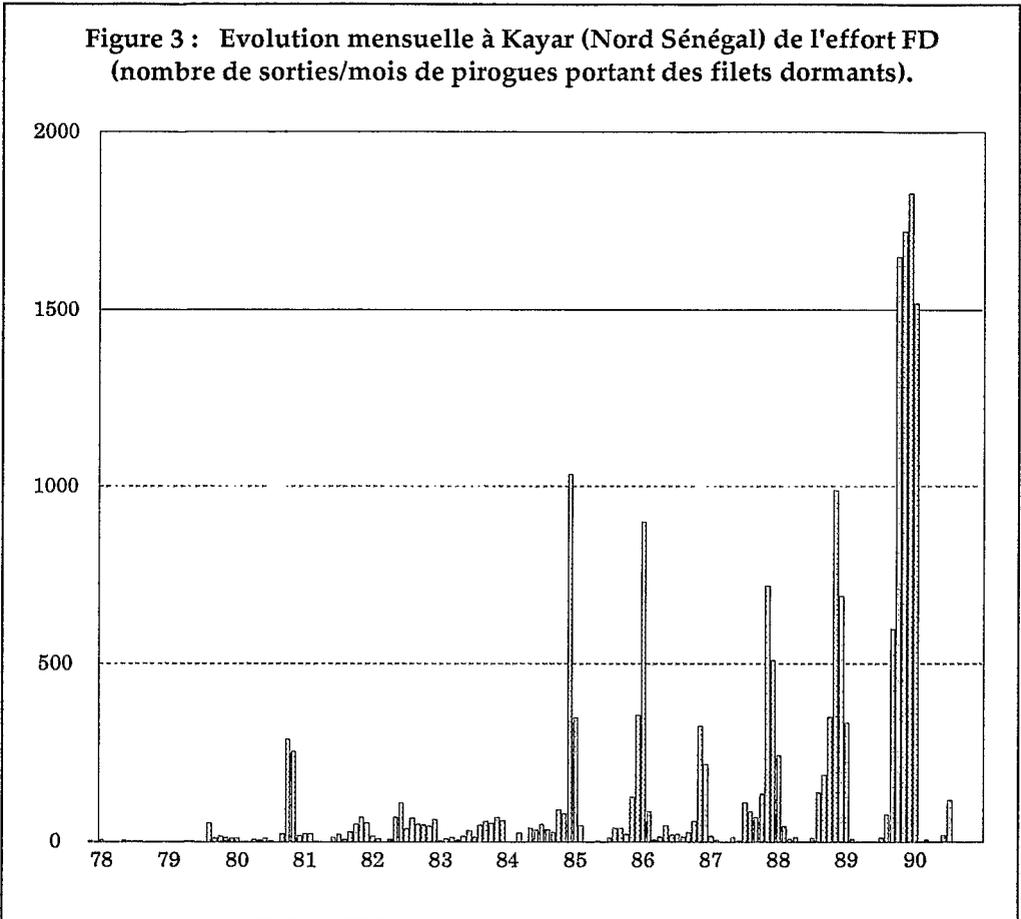
La pêcherie dont l'évolution a été retenue pour cette étude est celle des filets dormants (FD) sur le site de Kayar situé au nord de Dakar sur la Grande Côte du Sénégal. On distingue au Sénégal, sur la côte nord ou Grande Côte, deux saisons bien distinctes dans l'année; une saison froide (de novembre à mai/juin) et une saison chaude; la première étant le siège, sur le plan général, d'une activité de pêche bien supérieure. La pêche au filet dormant à Kayar, est pratiquée par des pêcheurs migrants, issus de la ville de Saint-Louis plus au nord. La saison de pêche est courte, de l'ordre de 2 à 3 mois centrée autour du mois de mai. Les espèces les plus communément ramenées par les pirogues qui utilisent ce type d'engin à Kayar sont en général des espèces à forte valeur commerciale.

La figure 3 présente l'évolution à Kayar du nombre de sorties des pirogues portant des filets dormants, variable de référence que l'on se propose d'expliquer, pour la période allant de l'année 1980 à 1990.

L'évolution de la pêcherie présente une composante saisonnière très marquée. D'une année sur l'autre l'intensité de l'effort présente cependant des fluctuations importantes. On observe tout d'abord un pic en 1981 qui correspond, d'après les enquêtes effectuées auprès des pêcheurs, à une aide ponctuelle fournie à quelques pêcheurs par les mareyeurs. Il semble en effet que les usines exportatrices de la capitale aient conçu un intérêt pour le développement d'une pêcherie de FD dans le port de Kayar cette année là et aient tenté par le biais d'aides financières de stimuler quelques pêcheurs pour qu'ils pratiquent cette tactique de pêche (Pour des raisons de

communication, les mareyeurs sont, d'après les personnes enquêtées, plus enclins à introduire des modifications en passant par les pêcheurs).

Figure 3 : Evolution mensuelle à Kayar (Nord Sénégal) de l'effort FD (nombre de sorties/mois de pirogues portant des filets dormants).



Ce pic d'activité n'est pas reconduit les années suivantes, pour lesquelles on constate une activité quasiment inexistante jusqu'en 1985. Cette année là, une très forte augmentation de l'effort peut être constatée. Le même phénomène se produit en 1986, puis l'effort chute fortement en 1987. De 1987 à 1990, l'effort progresse ensuite très régulièrement d'année en année, témoignant peut-être l'émergence progressive d'une nouvelle composante FD dans la pêcherie de Kayar. On peut aussi noter que lors des années 1985 et 1988 deux violents conflits entre pêcheurs pratiquant les FD et pêcheurs autochtones pratiquant d'autres types de pêche ont eu lieu à Kayar à propos de cette nouvelle pêche auparavant insignifiante sur ce site.

De prime abord, la dynamique de la pêcherie apparaît assez perturbée et différentes réponses peuvent être observées selon la nature et le contexte dans lequel se produisent les perturbations: il semble ainsi que l'on puisse observer dans cette

dynamique à la fois des perturbations non entretenues; en 1981; la stimulation "artificielle" du système n'a pas fourni de résultats suffisamment intéressants pour les exploitants qui n'ont pas cherché à maintenir cette activité. La pêcherie est ainsi revenue lors de la saison suivante dans son état habituel. Ce phénomène est une expression de la capacité de résilience du système qui traduit une des possibles modalités de réponse du système pêche aux perturbations auxquelles il est soumis.

Le deuxième type de réponse possible du système apparaît à la fin de la série par une perturbation qui, débutant en 1985, conduit les années suivantes à un investissement des pêcheurs dans l'activité filet dormant. Cette activité semble fluctuante au cours des trois premières années (1985 à 1987) puis, l'augmentation progressive constatée dans les quatre dernières années de la période semble indiquer l'installation d'un nouveau régime de fonctionnement de la pêcherie, adoptant définitivement cette activité (bifurcation).

Pour revenir au problème de la modélisation; il réside principalement, pour ce cas d'étude, dans la compréhension et la représentation des processus de décision des communautés de pêcheurs qui vont ou non décider d'adopter la tactique de pêche au filet dormant en fonction du contexte dans lequel ils se trouvent. En d'autres termes, il s'agit de définir des liens pertinents entre les objets afin de reproduire les transferts de tactiques observés parmi les communautés de pêcheurs.

Le schéma retenu pour représenter la réaction des composantes du système à une perturbation de ce dernier peut s'exprimer par la séquence "détection - évaluation (+information)- décision - actualisation - action". Les liens informatiques réalisés entre les différents objets pour répondre à ce schéma, vont aboutir à un processus qui peut être littéralement décrit de la façon suivante.

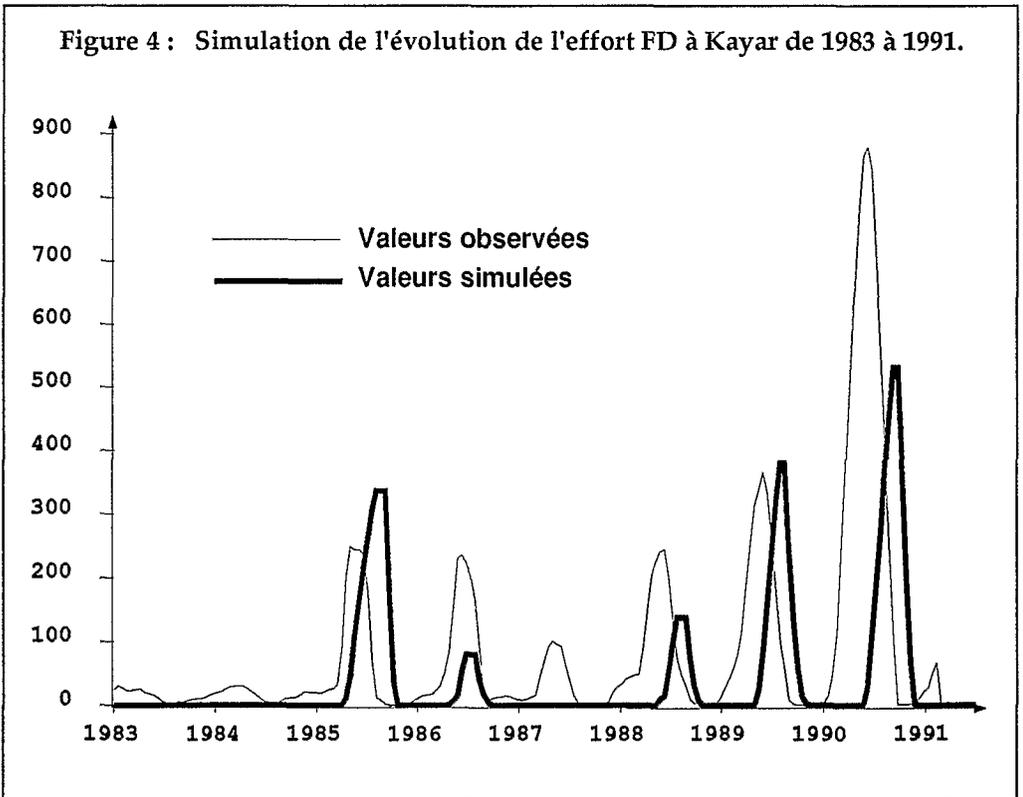
Dans le cas des communautés qui sont l'objet de cette partie de la modélisation, le réseau d'interactions tissé par la communauté va lui permettre d'être informée d'une quelconque modification des composantes avec lesquelles elle est reliée (*détection*). La communauté va alors évaluer l'apport de cette information par rapport à sa situation présente (*évaluation*). Elle peut éventuellement rechercher un complément d'information si nécessaire auprès d'autres objets (*information*). Une fois cette évaluation réalisée, la communauté prendra la décision de changer ou non de comportement selon que la nouvelle situation le justifie ou non (*décision*). Une fois la décision prise, la communauté devra actualiser ses caractéristiques de telle façon à ce qu'elle ait les moyens de réaliser l'action désirée (achat de matériel, déplacement, etc.) (*actualisation*). L'action projetée proprement dite pourra alors être réalisée (*action*). L'ensemble des actions réalisées par chacun des objets du système va alors conduire à un changement de contexte traduit par la modification des caractéristiques de certains objets constitutifs du système. Cette nouvelle situation va être à nouveau perçue par les différents acteurs qui reprendront une nouvelle fois le schéma détection / ... / action.

Dans le modèle élaboré, il était nécessaire de simuler une simultanéité de ces différentes phases dans la mesure où, à un pas de temps donné, un acteur reçoit un grand nombre d'informations différentes. Un mécanisme d'attente permet de répondre à cette contrainte et consiste à ne pas envisager d'action, pour un constituant

donné du système, sans qu'il ait été informé de l'ensemble des modifications du système auxquelles il peut avoir accès.

Dans le cadre de la modélisation des réponses des exploitants aux perturbations de leur environnement, le noeud du problème se situe dans la phase évaluation lors de laquelle il est nécessaire de représenter dans quelle mesure les acteurs vont profiter d'une perturbation (condition d'une bifurcation) ou ne pas la prendre en compte (résilience). Au fil des versions successives du modèle, et en fonction de la connaissance acquise, différents critères d'évaluation par les exploitants des perturbations détectées ont été représentés: Il s'agit à l'heure actuelle des processus de décision affectés par (i) la valeur monétaire des différentes tactiques, i.e. le prix de vente brut de la prise totale d'une pirogue pratiquant la tactique concernée (ii) le risque de passer d'une tactique à une autre (iii) l'habitude acquise par chaque communauté pour chacune des tactiques praticables et (iv) la connaissance passée qu'ont les différentes communautés des profils saisonniers d'intérêt de chacune des tactiques (ce dernier aspect est en cours de développement).

Pour chacun de ces déterminants, des simulations ont été réalisées pour tenter de reproduire l'évolution de l'effort FD sur la décennie 80, i.e. la variable de référence. Le dernier résultat obtenu est présenté sur la figure 4.



La série calculée correspond à une prévision pas à pas (un pas égal quinze jours) de la variable étudiée. On peut noter que:

- l'ordre de grandeur de la prévision est égal à celui des valeurs observées,
- les mécanismes représentés parviennent à traduire l'émergence progressive de la pêcherie vers la fin de la décennie avec un nombre de plus en plus grand de pêcheurs qui adoptent la tactique FD (alors que la valeur monétaire de la tactique n'augmente pas dans des proportions équivalentes).
- la chute d'effort en 1987 a pu être reproduite (elle n'est pas due à une baisse de rendement ou de prix de ventes des espèces mais à une correspondance exacte, cette année là, de la pleine saison FD et de la pleine saison de la tactique "ligne", tactique adoptée par la population "réservoir" de pêcheurs FD.

On notera cependant un décalage temporel qui n'a pu encore être réduit (qui s'explique en termes de mécanismes représentés mais pas en terme de phénomène réel). D'autre part, l'émergence observée de la pêcherie à la fin de la décennie est beaucoup plus importante que celle qui a été calculée.

CONCLUSION

Bien qu'encore très grossier et perfectible, le modèle élaboré produit des résultats intéressants. En termes de représentation de la dynamique de l'usage d'une ressource renouvelable, et plus généralement de la permanence d'un système dans un milieu changeant, il semble que l'approche conceptuelle retenue (structures, réseaux, informations, tactiques, etc.) et les choix méthodologiques qui en ont découlé (approche objet, intelligence artificielle, schéma détection/.../action, etc.) constituent une voie de recherche intéressante pour pouvoir aborder le problème de la représentation des interactions entre une ressource et son usage. D'autre part, cette approche, qui reste à notre avis très générique, peut certainement s'avérer pertinente dans un cadre plus général que le strict domaine de la pêche artisanale.

En permettant d'évaluer l'existence et les modalités de transferts de communauté d'une tactique à une autre, ces modèles peuvent apporter un complément descriptif de la distribution de l'effort pouvant s'avérer utiles à certains modèles d'évaluation de ressource.

L'exemple qui a été présenté ne doit enfin se concevoir que comme un 'zoom' sur un des processus déterminant la dynamique globale du système. En effet, la modularité de l'approche retenue permet de renseigner progressivement les transferts sur les autres plans non présentés ici tels que le réseau monétaire ou 'protéique'. On doit ainsi aboutir à terme à un modèle global de la dynamique du système pêche artisanale pour lequel l'ensemble des composantes se trouverait en interaction.



RÉFÉRENCES

- Bailly, C.; Challine, J.F.; Ferri, H.C.; Gloess, P.Y., Marchesin, B. (1987) Les langages orientés objet. *Cepadues Ed.*, 223p.
- Bousquet, F., et C. Cambier (1991). Transfert d'échelle et univers multi-agents: le cas de la pêche dans le Delta Central du Niger. Pages 405-423 in: *Proceedings, Seminfo 4: le transfert d'échelle*, Mullon, C., scientific editor. Collection colloques et séminaires, ORSTOM publications, Paris.
- Bousquet, F., C. Cambier, C. Mullon, et J. Quensière (1992). Simulating fishermen society. In: *Proceedings, Simulating Societies Symposium, University of Surrey, April 1992*.
- Cury, P., Roy, C. (1987) Upwelling et pêche des espèces pélagiques côtières de Côte d'Ivoire: une approche globale. *Oceanologica Acta*, 1987, n°3: 347-357.
- De Rosnay, J. (1975) Le macroscopie (vers une vision globale). *Seuil (Ed.); collection points; 339p*.
- Fréon, P., Mullon, C., Pichon, G. (1988) CLIM-PROD: A fully interactive expert-system software for choosing and adjusting a global production model which accounts for changes in environmental factors. In: *Int. Symp. Long term Changes Mar. Fish Pop, Vigo. (T.Wyatt and M.G. Larrañeta Eds.)*, pp.481-528.
- Laloë, F.; Samba, A. (1991) A simulation model of artisanal fisheries of Senegal. *ICES mar. Sci. Symp.*, 193, 1991, paper 35, 5p.
- Le Moigne, J.L. (1987) La modélisation des systèmes complexes. *Dunod, coll. AFCET systèmes, 1987, 178p*.
- Masini, G.; Napoli, A.; Colnet, D.; Léonard, D.; Tombre, K. (1989) Les langages à objets (langages de classes, langages de frames, langages d'acteurs). *Interéditions, 584p*.
- Meuriot, E. (1987) Les modèles bio-économiques d'exploitation des pêcheries. Démarches et enseignements. *Rapport économiques et juridiques de l'IFREMER, n°4, 103p*.
- Morin, E. (1977) La méthode. *Editions du seuil, Paris, t.1, 1977*.
- Quensière, J. (1991) Systémique et pluridisciplinarité: l'exemple du programme d'étude de la pêche dans le delta intérieur du Niger. In: *C.Mullon (Ed.): Séminfor 4, Le transfert d'échelle; 4^e séminaire informatique de l'Orstom, Brest, 11-13 sept. 1990, pp.475-492*
- Quensière, J. (1993) Halieutique et pêcheries artisanales. *Natures, Sciences, Sociétés, vol.1, n°3, 1993, 211-228*.
- Von Bertalanffy, (L.) (1968) Théorie générale des systèmes. *Paris, Dunod, 1973*.
- Walliser, B. (1977) Systèmes et modèles (Introduction critique à l'analyse des systèmes). *Paris, Seuil, 1977, 248p*.

