
PROGRAMME ENVIRONNEMENT, VIE ET SOCIÉTÉS

LETTRES DES PROGRAMMES INTERDISCIPLINAIRES DE RECHERCHE DU CNRS



LETTRE N° 15 - JUIN 1996

CNRS

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

LES RENCONTRES DU PROGRAMME

Le Programme Environnement, Vie et Sociétés accorde une grande importance à l'organisation, la coordination, la prospective des recherches pluridisciplinaires dans le domaine de l'environnement. Dans cette optique il organise à partir de 1996, des rencontres autour de personnalités exerçant des responsabilités soit dans le domaine de la recherche, soit dans un domaine ayant besoin des résultats de la recherche en environnement.

Dans le premier cas, elles sont impliquées au sein des comités scientifiques du PIREVS ou dans le pilotage des grandes opérations de recherche financées par celui-ci ; ou bien elles ont à faire part d'une réflexion prospective, utile pour le développement de la recherche pluridisciplinaire dans le champ de l'environnement. Il peut également s'agir de chercheurs qui représentent la recherche en environnement d'autres organismes français ou étrangers. Enfin des chercheurs seront également sollicités pour présenter des résultats, des méthodes et des réflexions originales.

Dans le deuxième cas, il s'agit d'industriels, de responsables agricoles, d'agences de bassin, de responsables «environnement» de grandes métropoles, de médecins ou ingénieurs sanitaires, de décideurs, d'acteurs du développement, etc. Ils viennent présenter les problèmes auxquels ils sont confrontés et ce qu'ils attendent des organismes de recherche.

L'auditoire est pluridisciplinaire. L'exposé dure environ une heure, suivi d'une discussion.

Ces rencontres sont sur invitation. Les personnes qui souhaiteraient être invitées sont priées de nous écrire en précisant leur domaine d'intérêt en environnement. *Contact : Anne Rémy - Programme Environnement, Vie et Sociétés*

En 1995 (le 21 juin, à l'université Paris 6), Jean Le Fur, chercheur à l'ORSTOM, nous a présenté son travail sur la dynamique de la pêche artisanale au Sénégal, et plus particulièrement le modèle informatique qu'il a réalisé. Cette approche, intégrant explicitement et finement les dynamiques socio-économiques, nous a semblé novatrice. Un débat s'est ouvert à cette occasion sur ce type de modèle très «réaliste» et son utilisation à des fins cognitives ou de gestion.

Contrairement à toute attente, après l'introduction de la pêche industrielle en Afrique de l'Ouest, la pêche dite artisanale, mieux dénommée «pêche piroguière», n'a cessé de voir ses prises augmenter. Il s'agit d'un système subtil et adaptable, «complexe», de premier intérêt pour l'alimentation protéique, secteur d'exportation, etc. : on imagine sans peine l'intérêt de cette étude, de la compréhension des mécanismes socio-économiques et techniques qui permettent à ce système de subsister et de se développer. Au-delà de l'attrait cognitif, on devine également les aspects pratiques de l'étude des scénarios de gestion. A ces fins, la construction d'un modèle est une démarche certes difficile mais efficace pour représenter les connaissances, tester des hypothèses et à terme envisager un outil d'aide à la décision. Véritable recherche pour le développement, ce travail présenté par Jean Le Fur s'intègre dans un collectif de chercheurs de l'ORSTOM. Il illustre parfaitement une contribution d'excellente qualité scientifique, originale, et s'inscrivant en droite ligne dans les missions de cet institut.

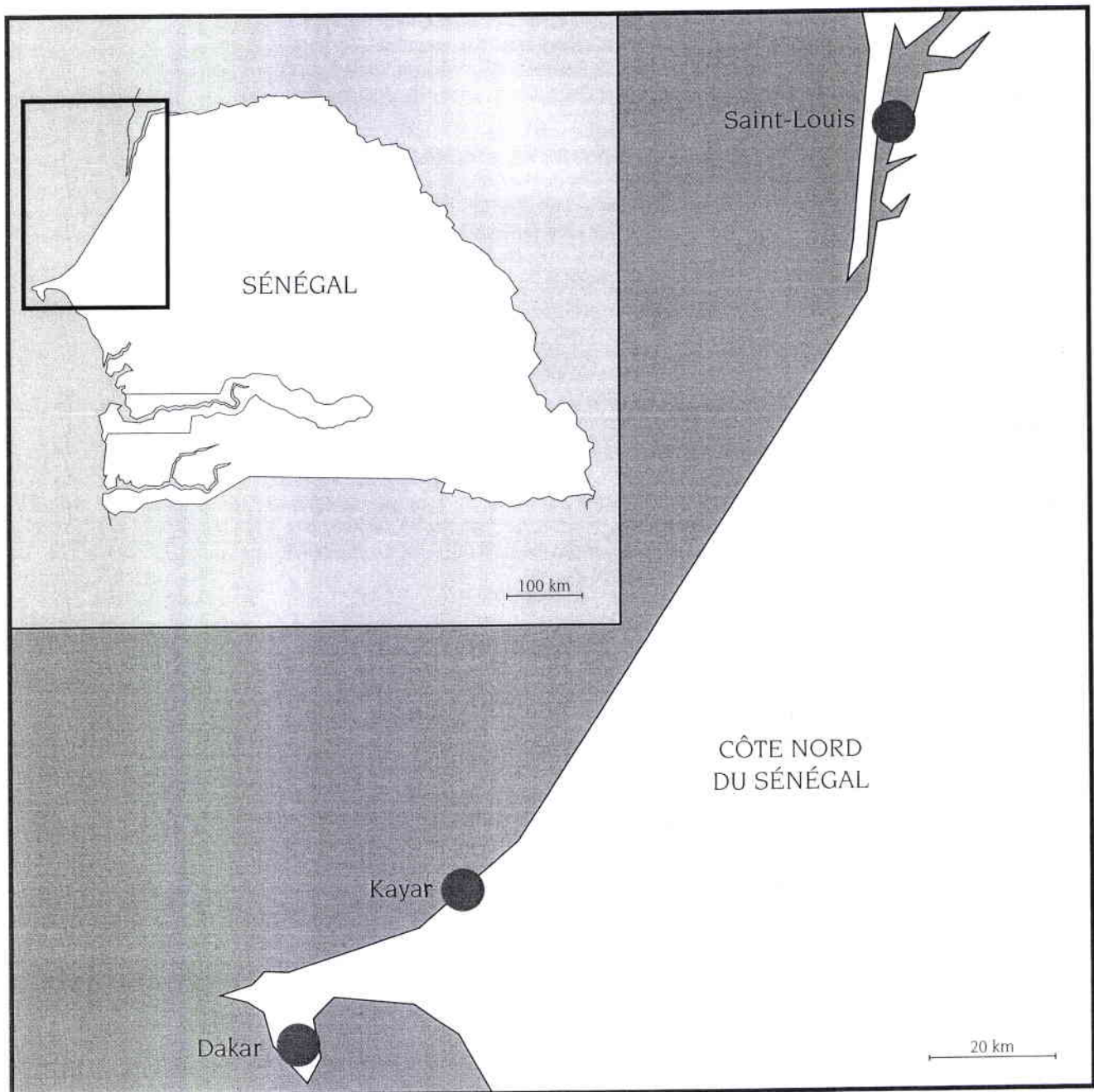
Simulation de la dynamique d'une exploitation à l'aide de modèles multi-agents : le cas de la pêche artisanale au Sénégal

JEAN LE FUR

Cette recherche est née de questions liées à la gestion des pêches, à l'usage de ressources renouvelables ainsi qu'à la représentation des connaissances. Elle vise à une modélisation informatique de l'exploitation artisanale des ressources marines au Sénégal.

En termes de gestion, les changements sectoriels introduits dans l'exploitation artisanale peuvent entraîner des effets induits, et imprévus, sur d'autres secteurs non ciblés par la mesure de gestion (Chauveau et Samba, 1990). D'autre part, on peut penser que les besoins et les mesures de gestion peuvent porter sur plusieurs objectifs simultanément (ex. : conservation de la ressource, emploi, croissance économique, satisfaction alimentaire). Proposer, à travers un modèle, des scénarios de gestion, implique la prise en considération de ces effets induits et de ces objectifs multiples. Il apparaît ainsi utile d'explorer les interactions existant entre les différentes composantes (technologiques, biologiques, économiques, sociales) qui interviennent dans l'exploitation artisanale sénégalaise.

En termes d'usage des ressources, les groupes humains chargés de l'exploitation (pêcheurs, mareyeurs) peu-



vent constituer le lien concret entre les dynamiques, biologiques, techniques, économiques et sociales. Pour aborder ce moteur principal de la dynamique de l'exploitation, on vise à rendre compte des processus de choix, de négociation et d'action qu'ils mettent en œuvre. Ces processus définissent leur capacité de réponse, individuelle ou collective, induisant une résistance ou une adaptation, à différentes perturbations (mesures de gestion, changements naturels ou économiques).

En termes de représentation, cette problématique nécessite la prise en compte de plusieurs types de connaissances (économique, biologique, sociologique, technique, écologique) et de formalismes dans lesquels ces connaissances s'expriment (bases de données, littérature, connaissances expertes, expérience des acteurs, bon sens).

Méthode

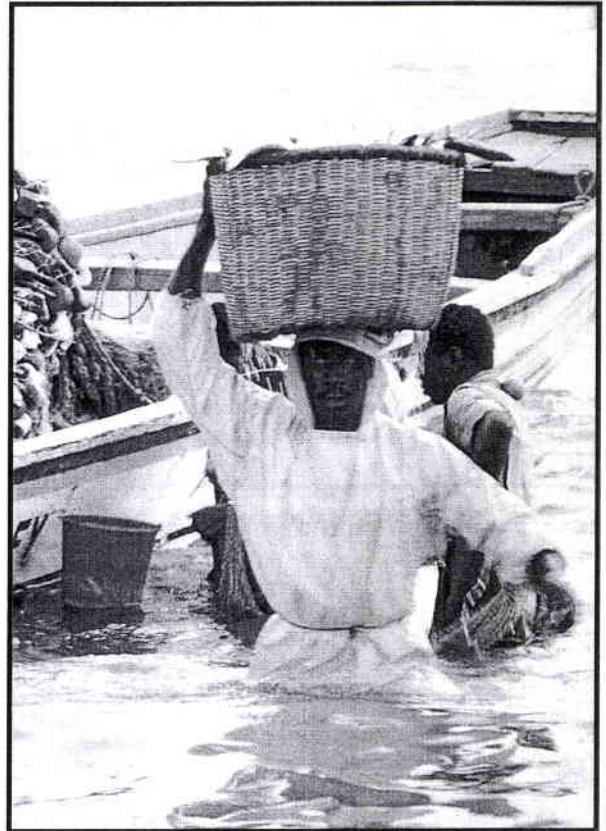
Pour aborder ce problème composite, le modèle développé est fondé sur une perception systémique du domaine (Bertalanffy Von 1968 ; Le Gallou et Bouchon Meunier, 1992). Selon cette approche, l'exploitation est représentée par quatre types de flux : flux de poissons, de monnaie, de personnes et de travail. Chaque composant de l'exploitation (site, acteur, matériel, stock, etc.) est impliqué dans la réalisation et l'interconnexion de ces flux (ex. : argent transformé en poissons, travail en argent). L'activité des composants et leurs interactions concourent à la réalisation des dynamiques globales (monétaire, productive) de l'exploitation.

La technique informatique utilisée pour élaborer ce point de vue est fondée sur une représentation «objet» (Masini et al., 1989). On distingue ainsi dans l'exploitation des objets de type «lieu» (ports, marchés, zones marines), «stock» (espèces, engins, véhicules) et «communauté» (pêcheurs, mareyeurs, consommateurs). Sur cette structure, est développé un formalisme multi-agents (Ferber, 1989). Selon cette approche, chaque acteur intervenant dans l'exploitation est simulé comme un objet autonome, doté de comportements, capable de reconnaître les modifications de son environnement (i. e. les autres objets avec lesquels il est en interaction) et de réagir à celles-ci.

Modèle

A partir des diverses connaissances disponibles, les différents constituants de l'exploitation sont intégrés dans une structure globale. On décrit ci-dessous l'exploitation artisanale, telle qu'elle est représentée par le modèle.

La ressource naturelle se distingue en plusieurs groupes d'espèces exploitées. L'action de pêche est effectuée par divers types de filets, de lignes, ou des casiers. Les navires se distinguent par différents types de moteurs. Des tactiques de pêche offrent diverses sortes de comportements aux pêcheurs (ex. : filet dormant depuis le port de Kayar, senne tournante depuis le port de Saint-Louis).



Porteur débarquant le poisson. Entre la pirogue qui débarque et le camion du mareyeur, s'intercalent de nombreux petits métiers. La pêche artisanale procure ainsi de nombreux emplois. © JEAN LE FUR.

Trois types de site sont définis : des zones marines, des ports et des marchés. Chaque type est défini par plusieurs caractéristiques comme, par exemple pour un port, les communautés de mareyeurs et de pêcheurs présentes, les prix de vente et d'achat des espèces ; pour une zone marine, les espèces présentes, les rendements pour un engin de pêche donné.

Chaque communauté de mareyeurs est caractérisée par les espèces qu'elle cherche à acheter, ses besoins pour chacune de ces espèces, la capacité de ses camions, les ports et les marchés qu'elle fréquente. De la même façon, les pêcheurs disposent d'engins de pêche, de pirogues, ciblent certaines espèces, connaissent certains ports et certaines zones de pêche.

Toutes les communautés disposent d'une quantité d'argent ainsi que d'une quantité de chacune des espèces qu'elles pêchent, achètent, vendent, consomment ou donnent. Elles connaissent ainsi leur «actif» (francs) et leur «disponible» (poissons). Elles conservent en outre une mémoire des coûts engagés (francs dépensés en transport, achat) et de leurs besoins (quantités désirées). En utilisant et en échangeant ces informations, les communautés peuvent offrir un prix, marchander un prix et selon les cas, acheter ou vendre du poisson.

Les acteurs principaux du système (pêcheurs, mareyeurs) font des choix sur leur action à venir (pour une communauté de pêcheurs, choisir une tactique de



Halage d'une pirogue sur la plage de Kayar. En arrière-plan, à l'heure des débarquements, la ville se retrouve sur la plage. © JEAN LE FUR.

pêche ; pour une communauté de mareyeurs, choisir un port de ravitaillement ou choisir un marché). Pour effectuer ces choix, une combinaison de critères est utilisée pour comparer les différentes alternatives valides (ex. : coûts de transport, prix, gains, pertes, besoins, confiances). Chaque communauté est dotée d'un « caractère » qui pondère l'importance qu'elle donne à ces critères (ex. : « je préfère de bons prix et ne pas aller loin », « je vais où j'ai confiance mais je ne veux pas perdre », « je cherche de bons rendements pour différentes espèces », « je vais dans les ports les mieux fournis en mareyeurs », etc.)

Le résultat de ces choix conduit les communautés à divers déplacements qui les distribuent dans les différents sites. Ces déplacements induisent alors, selon les sites, les actions de pêche, de vente, d'achat. Ces actions influent sur les montants de poisson, d'argent, de travail, dans les divers sites où évoluent les pêcheurs (ports et zones marines) et les mareyeurs (ports et marchés). Ces changements de leur environnement conditionnent à leur tour les choix ultérieurs auxquels seront confrontées les communautés.

En agençant ces divers comportements, on définit des cycles d'activité qui sont (i) pour un pêcheur : pêche, déplacement, vente, déplacement, pêche ; (ii) pour un mareyeur : vente, déplacement, achat, déplacement, vente ; (iii) pour un consommateur : achat, consommation, capitalisation, achat ; (iv) pour les diverses espèces : production, production. Ces cycles sont connectés grâce aux transactions qui s'effectuent dans les zones marines, les ports ou les marchés. On simule ainsi, par pas de temps, la dynamique de l'exploitation modélisée⁵.

⁵ Pour représenter les résultats de ce modèle, divers éléments d'interface ont été produits. Des cartes tracent la dynamique de la distribution des différentes quantités (poisson, argent, effectifs) dans les différents marchés, ports et zones marines du Sénégal. Diverses jauges permettent de suivre les fluctuations instantanées de divers paramètres (ex. : prix, rendements). Les acteurs produisent des textes explicatifs de chacune de leurs actions. L'évolution de différentes quantités sélectionnées, globales ou locales, peuvent être obtenues en fin de simulations.

L'interaction qui lie les acteurs d'une représentation multi-agents (Ferber, 1994) et la réalité complexe que l'on cherche à représenter posent des problèmes pour la calibration et la validation. Il est par exemple difficile d'isoler un caractère ou un mécanisme pour le calibrer ou en étudier la sensibilité.

Une première validation s'effectue par comparaison des dynamiques produites avec un schéma logique de ces activités (les acteurs pêchent, les mareyeurs mareyent, les acteurs choisissent, les sites se vident et se remplissent, des transactions s'effectuent, les prix fluctuent). Bien que la cohérence semble respectée, le modèle ne reproduit pas les niveaux observés dans la réalité (ex. : les prix simulés peuvent différer d'un facteur quatre par rapport aux valeurs réellement observées). Le modèle permet cependant d'étudier les performances combinées de l'exploitation en termes monétaires, de production, de travail, ainsi que les effets multi-sectoriels de divers types de perturbations.

Résultats de simulations

Divers scénarios de simulation ont été établis à partir des informations statistiques disponibles sur la pêche artisanale sénégalaise (Chaboud et Kébé, 1990, CRODT⁶, 1989, 1990). Ces informations permettent de décrire les sites, les engins, les véhicules, les espèces, les communautés, (et pour les pêcheurs, les tactiques disponibles). Les simulations reproduisent à chaque pas de temps l'ensemble des cycles : au début des simulations, on constate une forte activité, liée à l'exploration par les acteurs de leur nouvel environnement et des alternatives offertes. Une fois les choix établis, l'activité diminue progressivement car les acteurs, en déficit, quittent successivement l'exploitation. La chute du nombre d'acteurs conduit à un système plus stable. Les différents acteurs de ce scénario deviennent alors bénéficiaires. Ce passage d'une exploitation diversifiée et instable à une exploitation réduite, spécialisée, bénéficiaire, plus durable (mais peut-être moins adaptable) a déjà été décrit dans un autre contexte halieutique (Mc Glade et Allen, 1984).

On étudie le comportement de l'exploitation simulée en introduisant divers changements dont on peut donner deux exemples.

La simulation d'une augmentation de la consommation ne se répercute positivement que sur les mareyeurs, non pas sur les pêcheurs. Ce phénomène a été rencontré lors de la récente dévaluation du franc CFA. A la suite de l'augmentation subséquente du volume des exportations, les mareyeurs n'ont pas répercuté l'augmentation des prix de vente à l'exportation sur les prix d'achat pratiqués aux pêcheurs. C'est une grève des pêcheurs qui a permis de redresser la situation.

Dans une autre simulation, une baisse drastique des rendements des sardinelles conduit les pêcheurs à la senne à se rabattre sur la pêche de carangues, seule

⁶ CRODT : Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye

autre espèce capturable par leur filet. Aucun changement d'activité n'est cependant constaté. Ce phénomène a été décrit pour l'exploitation du tassergal : espèce principale de la pêche artisanale sénégalaise à la fin des années 80, elle a presque disparu des captures sans provoquer de baisse d'activité dans l'exploitation des pêcheurs à la ligne qui ciblaient cette espèce (Laloë et Samba, 1990).

Conclusion

Malgré les problèmes qui restent posés (calibration, validation), cette approche permet de clarifier l'organisation et le fonctionnement d'une exploitation. La combinaison d'une représentation locale (formalisme multi-agents) et d'une approche globale (Systémique) permet d'aborder progressivement la complexité de l'exploitation tout en conservant la cohérence nécessaire à la recombinaison du système dans son ensemble. Cette démarche peut être proposée pour modéliser un système complexe comme l'exploitation d'une ressource naturelle.

Ce travail a été soutenu par le comité MMT du PIREVS et l'action incitative «Dynamique et Usage des Ressources Renouvelables» de l'ORSTOM. Il est poursuivi au sein du programme «Dynamique des exploitations et pratiques de gestion» (ORSTOM/TOA/UR15/GP4).

Contact : Jean Le Fur
ORSTOM-HEA • BP 5045 • 34032 Montpellier
Tél. : 67 61 74 46 • Fax : 67 54 78 00
E-mail : lefur@orstom.rio.net

Références

- Bertalanffy, Von, L. (1968) - *Théorie générale des systèmes*. Trad. française, Bordas, 1973, Dunod, Ed., 1991, 298 p.
- Chaboud C., Kébé M., (1990) - *Commercialisation du poisson de mer dans les régions intérieures du Sénégal* (données statistiques). CRODT-ISRA, contrat FAO 695 TCP/SEN/6653(t), septembre 1990, 300 p.
- Chauveau, J. P. et Samba, A. (1990) - *Un développement sans développeurs ? Historique de la pêche artisanale maritime et des politiques de développement de la pêche au Sénégal*. Doc. ISRA, série Réflexions et Perspectives, 1990, 20 p.
- CRODT (1989) - *Statistiques de la pêche artisanale maritime sénégalaise en 1987*. Arch. Centr. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye, n° 175, juillet 1989, 85 p.
- CRODT (1990) - *Recensements de la pêche artisanale maritime sénégalaise entre Djifère et Saint-Louis mai et septembre 1987*. Arch. Centr. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye, n° 181, juillet 1990, 49 p.
- Ferber, J. (1989) - *Objets et agents : une étude des structures de représentation et de communication en intelligence artificielle*. Thèse doctorat, Univ. Paris VI, 498 p.
- Ferber, J. (1994) - *La Kénétique : des systèmes multi-agents à une science de l'interaction*. *Rev. Internat. Systémique*, vol 8, n°1, 1994 : 13-28
- Laloë, F. et A. Samba (1990) - *La pêche artisanale au Sénégal : ressource et stratégies de pêche*. Etude et Thèses, Paris, Orstom ed., 395 p.
- Le Fur, J. (1995) - *Modeling adaptive fishery activities facing fluctuating environments : an artificial intelligence approach*. *AI Applications in natural Resources, Agriculture, and Environmental Sciences*, 9 (1) : 85-97.
- Le Gallou, F. et B. Bouchon-Meunier (1992) - *Systémique : théorie et applications*, Lavoisier, Paris, 341 p.
- Mc Glade, J. M. et Allen, P. M. (1984) - *The fishing industry as a complex system*. In Mahon, R. (Ed.) *Towards the inclusion of fishery interactions in management advice*. *Can. Tech. Fish. Aquat. Sci.*, 1347, 1984 : 209-216.
- Masini, G., Napoli, A., Colnet, D., Léonard, et K. Tombre (1989) - *Les langages à objet* (langages de classes, langages de frames, langages d'acteurs). *Interéditions*, 584 p.