

Modélisation de décisions individuelles dans une exploitation halieutique¹

Jean Le Fur²

Introduction

Le projet MOPA (Modélisation de la Pêche Artisanale) vise à modéliser l'exploitation halieutique artisanale sénégalaise pour simuler sa dynamique. Le modèle développé est fondé à la fois sur une approche systémique de l'exploitation et la représentation au niveau local (communautés) des acteurs intervenant dans sa dynamique. Pour construire ce modèle, une représentation fondée sur un formalisme multi-agent (Ferber, 1989, 1995) a été retenue et développée.

Dans ce projet, l'exploitation artisanale englobe la composante productive (pêche) et la commercialisation (mareyage). Cet ensemble est ici considéré comme un système, c'est à dire un ensemble de constituants en interaction. L'organisation (aspects structurels et dynamiques) de l'exploitation est fondée sur une finalité globale : exploiter une ressource c'est à dire ici, prélever du poisson et le convertir en argent en le mettant à disposition de consommateurs. Des structures et des mécanismes se sont développés autour de cette finalité. Parmi ces éléments, certains sont spécifiques et liés au caractère naturel et renouvelable de la ressource. C'est le cas des décisions prises par les différents acteurs lors de leur activité. Ces décisions constituent, individuellement et collectivement, un élément important de l'organisation et de la dynamique de l'exploitation artisanale.

Une étude préliminaire réalisée au sein du projet (Gaye, 1992) a tenté de recenser les déterminants socio-culturels des comportements de pêche des communautés lébou et guet-ndariennes au Nord du Sénégal. On y note les relations de pouvoir (autoritarisme du père, associations entre frères), la motivation des équipages, les relations de co-dominance (agriculture - pêche), l'accès à l'information, les rapports à l'argent (ex : crédits), les rapports à la pêche (diversité technologique, choix d'espèce). Chacun de ces déterminants est particulièrement étudié au regard du comportement de migration qui distingue les deux communautés étudiées (les saint-louisiens sont migrants, les kayarois sédentaires). Selon les contextes ces déterminants constituent des sources de variation et donc des alternatives que les agents doivent considérer.

Pour rendre compte du fonctionnement et de la cohésion du secteur, il est apparu important de représenter le processus de décision d'une part, le type d'action sur lequel il intervient d'autre part. La formalisation des processus de décision a alors permis d'aborder plusieurs niveaux de questions.

Sur un plan théorique, on se demande ainsi quelles sont les situations où il est nécessaire de prendre une décision et quelles sont les composantes de la décision individuelle dans le cas particulier de l'usage d'une ressource naturelle renouvelable. Sur le plan méthodologique, quel est l'apport de la systémique et du formalisme multi-agents à ces problématiques ? En termes opérationnels enfin, il importe de s'interroger sur les conséquences d'une décision au niveau de l'individu et à celui de l'exploitation.

¹ Référence de l'article : *Le Fur, J. (2000) Modélisation de décisions individuelles dans une exploitation halieutique. In Gillon, Y., Chaboud, C., Boutrais, J. et C.Mullon (eds.) Du bon usage des ressources renouvelables. IRD Ed., coll. latitudes 23, pp.345-358.*

² ORSTOM-HEA, BP 5045, 34032 Montpellier. Tel. 67.61.74.46, Fax. 67.54.78.00, Email: lefur@orstom.rio.net

Analyse du processus

La représentation du fonctionnement global de l'exploitation conduit à distinguer deux types de situations où prend place une décision. La première correspond à un choix d'actions potentielles permises par un environnement (ex: choix d'une espèce, choix d'un lieu). La décision correspond ici à la satisfaction d'un critère: maximisation, optimisation, minimax, maximin, ... (e.g., Chaboud, 1995) sur un ensemble d'indicateurs (coûts, bénéfiques). La deuxième situation se rencontre lorsqu'intervient une négociation (ex: discussion d'un prix entre agents). Le processus est ici un échange et la décision correspond alors à un seuil à partir duquel on fera cesser l'interaction.

Dans ces deux cas, la décision peut fonctionner en chaînage avant (« que se passe-t-il si ? ») ou en chaînage arrière (« que faut-il faire pour ? »).

Quelle que soit sa nature et son objectif, qu'elle soit consciente ou non, instantanée ou réfléchie, une décision est un processus élaboré. Pour formaliser ce processus, il est utile de le décomposer. Divers schémas peuvent être proposés pour ce faire³. De notre point de vue, la décision implique:

- un objectif qui peut être finalisé (atteindre un but) ou causal, provoqué (ex : quitter l'état courant). La connaissance de l'objectif poursuivi est essentielle car elle permet à l'agent de définir et d'évaluer un niveau de satisfaction nécessaire à la phase terminale du processus de décision (Lauriol, 1994).
- la constitution d'un choix, c'est à dire le recensement des alternatives disponibles. Ce recensement peut être plus ou moins complet en fonction de l'information dont peut disposer l'agent. La nature et la qualité de l'information joueront ici un rôle crucial. Un cas fréquent et a priori plus simple de décision est celui où le choix se résume à une alternative (ex: pêcher/ne pas pêcher, accepter/refuser).
- la définition d'un critère, ou d'un ensemble de critères permettant de comparer ces alternatives. La connaissance du critère utilisé pour prendre telle ou telle décision est particulièrement difficile. De multiples critères peuvent jouer simultanément; les critères ne sont pas toujours rationnels (le plus beau, le premier, le dernier, etc.). Ils dépendent étroitement de l'agent (le plus rentable, le plus imposant, le plus voyant, le moins voyant) et de son environnement (le même que les autres, le plus différent de celui des autres, etc.). Le critère diffère encore selon la nature du choix à faire et l'objectif à atteindre (choisir le meilleur ou rejeter les moins bons)⁴.
- la définition d'une méthode (optimisation, hasard) permettant de retenir une solution dans le choix. Parvenir à un compromis acceptable constitue le préalable à toute action (Crozier et Friedberg, 1977).

³ D'après Bousquet (1994), le processus de prise de décision est séparé en quatre phases distinctes qui sont: la représentation du monde, la perception d'information pour renseigner cette représentation, la sélection parmi les alternatives et l'action effectivement réalisée (In Lambert, 1996).

⁴ Finalement, à ce niveau de la formalisation, on se trouve confronté à de nombreux modèles possibles et, sans critère rigoureux, à un choix difficile.

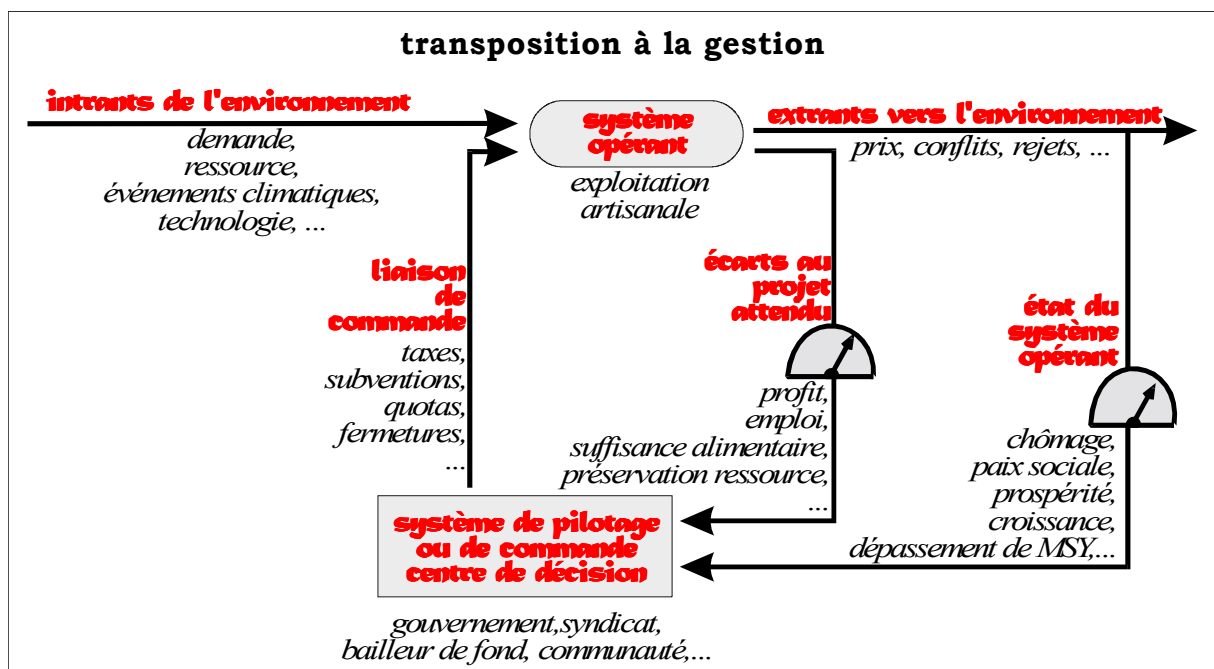
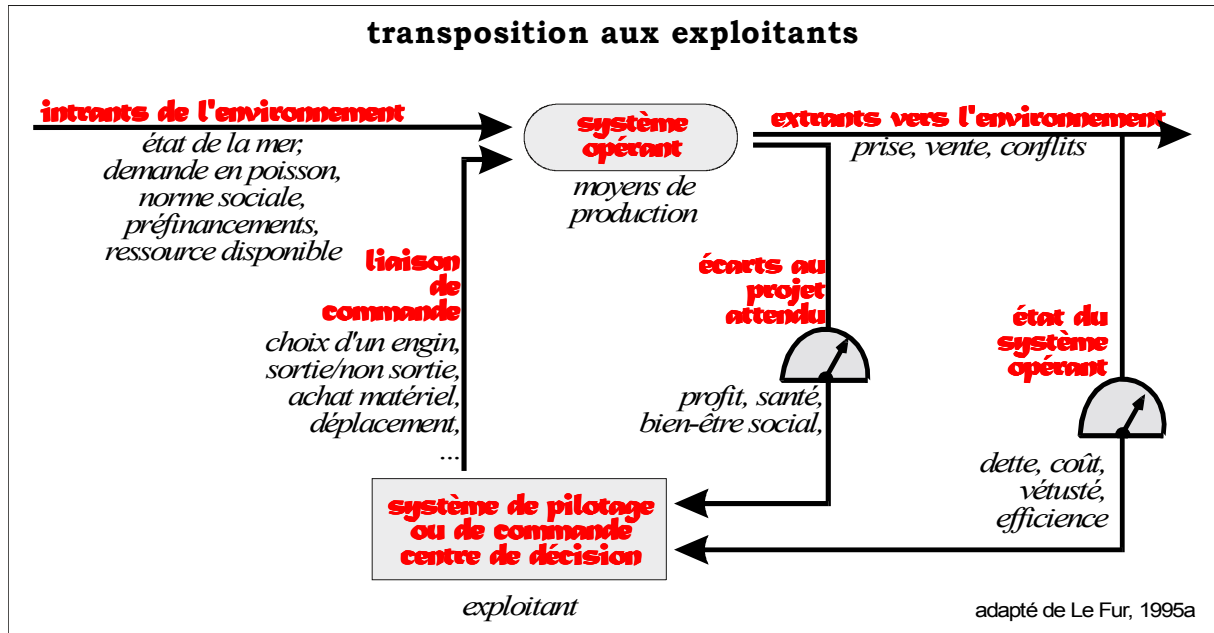
Représentation du phénomène

Approche cybernétique

Au coeur de la dynamique de l'exploitation artisanale se trouvent l'effort, le travail, l'activité. En cybernétique l'activité d'un système est aussi représentée comme une circulation de flux (e.g., de personnes, de poisson, d'argent, d'information) entre différents éléments. Les moteurs, les coordinateurs et les régulateurs de ces flux sont les centres de décision (Saint-Paul, 1992). Ils agissent sur un système opérant (ex: les moyens de production) en comparant les intrants de l'environnement aux « extrants » produits. Les critères utilisés pour ce faire sont l'état du système opérant (dette, coût, efficacité) et les écarts entre les résultats et le projet ou objectif attendu (profit, santé, bien-être social). Selon cette approche, les centres de décision constituent une entrée générique à la modélisation des systèmes. Sur la Figure 1 par exemple, on a essayé de transposer ce modèle cybernétique de décision à l'agent et au système de gestion. Le schéma est le même, et le modèle apparaît robuste à la transposition.

Figure 1 approche cybernétique des centres de décision (adapté de Saint-Paul, 1992)

terminologie cybernétique / Terminologie halieutique



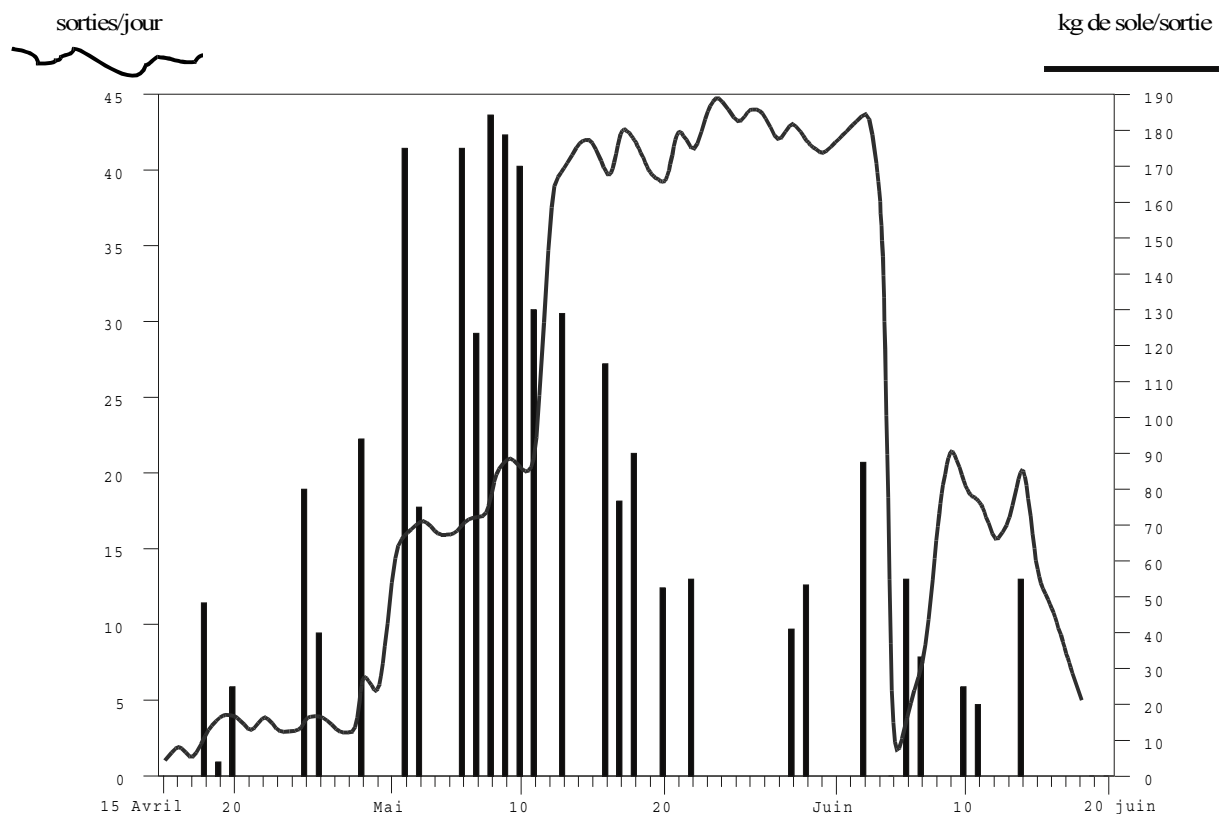
Les échelles d'expression de ces centres de décision sont petites comparées aux effets qu'ils produisent. In situ, on ne peut souvent qu'étudier les effets des décisions (effort de pêche, rendements, prix, migrations, conflits, etc.) et non le fonctionnement du centre de décision lui-même. Lorsque l'information n'existe pas on ne travaille donc que sur l'effet des décisions, c'est à dire à un niveau plus global où l'on ne peut que supposer le mode de fonctionnement des centres de décision. Les systèmes multi-agents s'avèrent ici des formalismes particulièrement utiles puisqu'ils proposent des mécanismes adaptés à cette approche cybernétique (composants actifs en communication avec leur environnement). Nous avons d'abord abordé la décision sous cet aspect avec

un premier modèle qui a été appliqué à la représentation d'un changement de la ressource dans une pêcherie.

Un premier modèle: la décision face au changement.

Lorsqu'une exploitation se trouve dans un état donné et qu'une variable change, l'exploitation peut avoir un comportement dynamique et passer globalement d'un état à un autre. Ce phénomène peut être interprété comme l'effet collectif d'un ensemble de centres de décision: les acteurs de l'exploitation. Sur la figure 2, on a représenté les fluctuations conjointes, observées *in situ*, des rendements des filets dormants en sole à Kayar avec le nombre de sorties par jour (effort) des pirogues à filet.

Figure 2: Evolution des rendements en sole et du nombre de pirogues (à filet dormant) ciblant cette espèce à Kayar en 1985 (données CRODT).



Durant cette période, une augmentation des rendements (barres noires), qui n'avait jamais été constatée jusqu'alors, produit une augmentation de l'effort en deux paliers. Le premier, début mai, correspondrait aux sorties des pêcheurs présents ou proches du site dès la constatation de l'augmentation des rendements. Le deuxième, aux alentours du 13 mai, correspondrait à l'arrivée de pêcheurs d'autres ports venant profiter de cette nouvelle ressource. Le nombre de sorties de filets dormants atteint à cette date un niveau jamais égalé dans ce port. Cet effort se maintient un mois malgré la chute des rendements en sole. La chute de l'effort le 8 juin correspond à un conflit violent survenu entre les saint-louisiens migrants pêcheurs de sole et les kayarois sédentaires pêcheurs à la ligne.

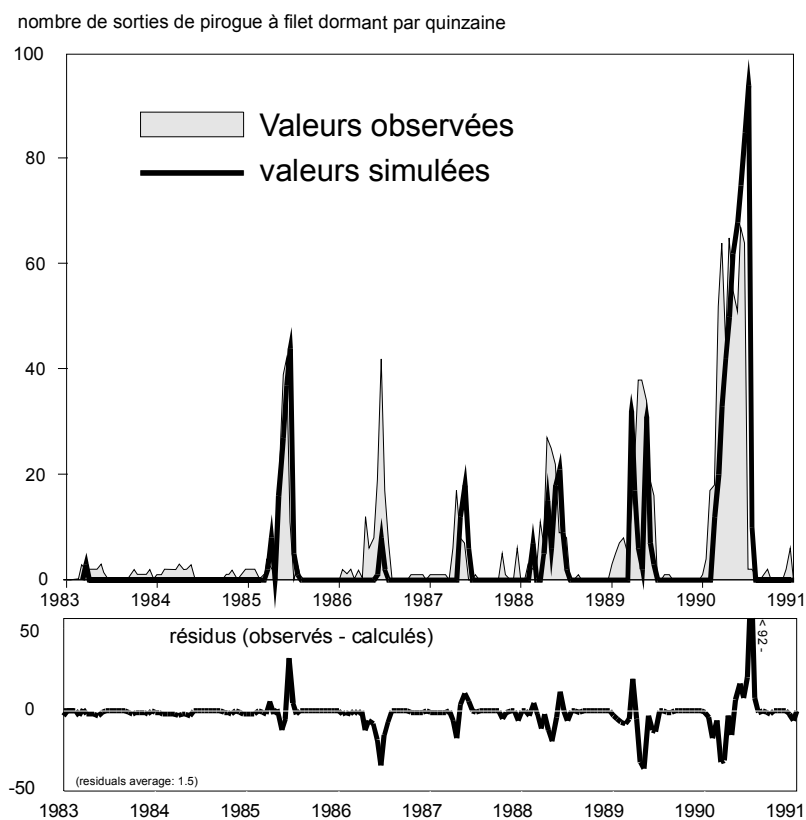
Le phénomène 'augmentation du rendement' (histogramme) a une courbe de réponse en cloche. Il débute aux alentours du 20 avril, le mode se situe aux alentours du 10 mai, la fin proche du 20 juin. La courbe de réponse de l'effort filet traduit une montée en puissance de l'effort par paliers jusqu'à un maximum à partir du 12 mai. L'effort se stabilise jusqu'au 8 juin où le conflit éclate. L'effort reprend ensuite et s'atténue rapidement pour s'arrêter le 19 juin. Les différences entre les courbes de réponse du rendement (changement) et de l'effort traduisent le fonctionnement de la

décision. Il semble exister des seuils à partir duquel la décision basculera d'un côté à l'autre; on constate un temps de réponse entre l'arrivée du changement et la réponse de l'exploitation.

La dynamique de l'effort peut être traduite par un seul type de décision: aller ou ne pas aller pêcher au filet. Seuls les propriétaires de filets sont concernés par cette décision. Les autres, pêcheurs à la ligne, ne peuvent que constater les bons ou mauvais résultats des pêcheurs de sole. Leur intervention dans la dynamique n'est cependant pas négligeable. Elle est soit indirecte car leur pratique constitue une alternative que les pêcheurs au filet peuvent considérer, soit directe puisque en déclenchant le conflit du 8 juin les pêcheurs à la ligne ont réduit l'effort filet à néant. Concernant les pêcheurs au filet proprement dit le processus de décision complet doit être mis en oeuvre: élaboration des alternatives (pêcher, ne pas pêcher au filet, migrer ne pas migrer dans ce cas), définition de critères de comparaison des alternatives (coûts, demande, offre, prix, rendements, effectifs, confiances); évaluation des choix en fonction de l'objectif recherché et des contraintes existantes (profit, santé, bien-être social).

Ce modèle ne rendant compte que de décisions et de déplacements a été formalisé (Le Fur, 1995b). Avec ces seuls mécanismes, il s'est avéré possible de simuler la dynamique de cette pêche sur plusieurs années (voir Figure 3).

Figure 3 Simulation de la dynamique inter-annuelle de la pêche aux filets dormant à Kayar (tiré de Le Fur, 1995b).



Approche systémique

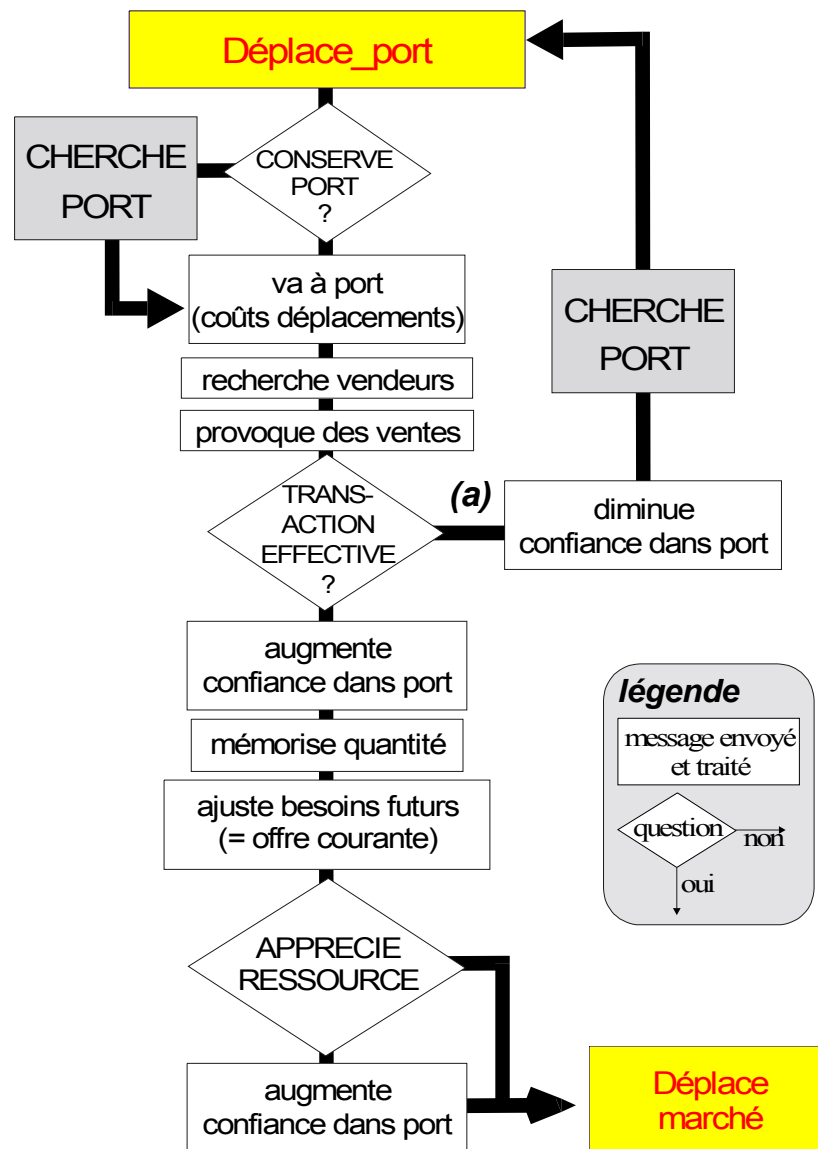
L'agent se trouve en fait dans un environnement polymorphe et poly-fonctionnel qu'il prend en compte. Des interactions (informations, actions, dépendances) existent entre les différents éléments de cet environnement ainsi qu'entre ces éléments et l'agent. L'agent, inséré alors dans un système, se trouve confronté à plusieurs niveaux de décision en fonction du contexte dans lequel il se trouve et des objectifs qu'il cherche à atteindre. Nous avons tenté de formaliser cette perception à travers un nouveau modèle.

En retenant le formalisme multi-agents, on a tenté de représenter les différentes composantes qui constituent le système d'exploitation ainsi que les interrelations existants entre les différents éléments qui la constituent (Le Fur, 1997). Dans la version actuelle du modèle (Le Fur, 1996a,b), les agents sont pêcheurs ou mareyeurs; ils se déplacent dans des zones marines, des ports et des marchés, utilisent des engins de pêche, des pirogues, des véhicules; pêchent, vendent, achètent des espèces. Les agents réalisent des négociations et des transactions avec d'autres acteurs, des évaluations et des décisions portant sur les déplacements vers l'un ou l'autre type de site.

Dans ce modèle, l'agent pêcheur ou mareyeur constitue un sous-modèle qui interagit avec son environnement. L'agent (une sorte de robot informatique) dispose de connaissances sur son domaine (espèces, véhicules, sites, prix, quantités, etc.). Il connaît aussi des méthodes telles que, pour un pêcheur: *pêche, déplace_port, vend, évalue_confiance* etc., pour un mareyeur: *achète, choix_marché*, etc. L'agent utilise ses connaissances en les combinant soit pour de l'action, soit pour de la décision (qui sont deux processus différents). La décision intervient soit lorsqu'une alternative se présente (plusieurs zones de pêche) soit lorsque le choix actuel n'est plus valable (e.g., pas de vente ou d'achat sur un site). L'accumulation de ces choix et des actions réalisées par chaque agent produit une dynamique multi-composantes dans laquelle agents et environnements interagissent.

Soit par exemple une communauté (agent) de mareyeurs(ses) ; si l'agent dispose encore de poisson, il essaie de trouver un marché pour le vendre, sinon il vise à s'approvisionner. La Figure 4 décrit ce deuxième cas. Selon le formalisme multi-agents, chaque action décrite sur la figure reflète un ensemble de messages que la communauté de mareyeurs s'envoie à elle-même.

Figure 4 Modèle d'action et de décision d'une phase de la simulation: un mareyeur vient s'approvisionner dans un port.



Si l'agent est satisfait du dernier port pratiqué, il s'y tient et ne prend donc pas de décision. S'il ne veut pas le conserver ou ne s'est pas encore déterminé, il va chercher un port qui lui convienne selon le modèle décrit en Encart 1.

Encart 1 Modélisation du choix d'un port par un mareyeur

L'agent recense tout d'abord les alternatives qui s'offrent à lui en considérant les ports pour lesquels il dispose d'une connaissance ; soit parce qu'il les a déjà fréquenté, soit que l'information lui ait été donnée. Pour chacune de ces alternatives, l'agent dispose d'un ensemble de critères qu'il peut quantifier. Dans cette version du modèle, pour ce type d'agent et ce type de décision, trois critères d'évaluation sont retenus: l'offre en poisson, la confiance acquise par la fréquentation du site, le coût de transport. Ces critères correspondent à des objectifs de nature différentes soit respectivement, remplir son camion, ne pas

prendre de risque, minimiser des coûts⁵. Ils ne sont donc pas comparables les uns avec les autres. Pour obtenir un critère global, les valeurs obtenues par chaque port sont centrées réduites pour chaque critère. Exprimées en écart-type, pour s'affranchir des unités et pouvoir comparer des F, kg, personnes, et cumulées par port pour prendre simultanément en compte l'ensemble des critères. On constitue ainsi des scores multi-critères pour chaque alternative. Une correction est apportée pour rendre compte des critères dont les grandes valeurs rendent l'alternative moins intéressante (ex: plus les coûts de transport sont importants, moins le site est intéressant) et éliminer les sites pour lesquels la non satisfaction du critère interdit de remplir l'objectif (ex: si l'offre en poisson est nulle, le port en question est éliminé automatiquement). Des valeurs d'opportunité sont ainsi élaborées pour chaque site. La décision finale retiendra le site ayant obtenu le meilleur score.

La standardisation des valeurs évite de faire des hypothèses qui privilégient un critère par rapport à un autre. Il est cependant possible d'affiner ce processus en donnant un poids pour chacun de ces critères. Cela permet d'instancier des communautés favorisant plus ou moins certains critères (ex: prendre des risques, gagner de l'argent, remplir son camion). L'intérêt de cette formalisation supplémentaire n'existe cependant que dans la mesure où l'on dispose de la connaissance permettant de caractériser et distinguer l'un ou l'autre type de communauté.

Si le meilleur port retenu est le port dans lequel se trouve l'agent mareyeur, la décision est 'pas de changement'. L'agent ne trouvant pas de meilleure alternative, la seule solution à sa disposition est de rester au port et de se mettre en attente pour se déplacer vers un port ce qui correspond à attendre que les conditions dans l'un ou l'autre port s'améliorent vis à vis des exigences de cette communauté.

Ce processus peut-être appliqué alors que la communauté se trouve déjà dans un port (si elle n'a pas obtenu de poisson par exemple). A ce stade, soit elle ne trouve pas de meilleur port et reste à attendre le retour d'autres pêcheurs; soit elle se détermine pour une meilleure alternative et se déplace alors vers ce nouveau port.

Arrivé au port, l'agent recherche les pêcheurs qui disposent des espèces qu'il désire acquérir. Il provoque alors la vente de ces pêcheurs. Intervient ici un autre processus de négociation qui vise à représenter le marchandage entre l'acquéreur et le vendeur, comme cela se passe sur les centres de débarquements de la pêche artisanale au Sénégal. Ce modèle, non représenté ici, est décrit dans d'autres publications (Le Fur, 1996b, 1997). Il fait intervenir des décisions (accepter, proposer un prix) qui sont formalisées sous la forme du choix d'un mode dans une distribution de probabilité.

Si une transaction a pu avoir lieu entre l'agent mareyeur et des pêcheurs, le mareyeur procède alors à diverses évaluations. Son « adhérence » pour le site augmente, il mémorise la quantité acquise (e.g., il le note sur son carnet), il réajuste ses besoins ultérieurs en fonction de l'offre qu'il a observé dans le port, apprécie globalement la ressource (i.e., compare la quantité de poisson acquise au temps t à la quantité acquise au temps $t - 1$). Il modifie de nouveau sa confiance pour le site en conséquence de cette appréciation. Ces évaluations réalisées, il se met alors en attente pour se déplacer vers un marché.

Quand la communauté de mareyeurs n'est pas parvenue à s'approvisionner ((a) Figure 4), son adhérence pour le site diminue et elle tente de trouver un nouveau port selon le schéma indiqué dans l'Encart 1. Si elle trouve une meilleure alternative, elle s'y déplace. Par cette action, la com-

⁵ D'autres critères ont été testés tels que les prix des espèces, les dépenses à prévoir en fonction des besoins, le nombre de mareyeurs déjà présents (i.e., la demande), etc. Les critères sont ajoutés et supprimés de façon empirique. Leur maintien ou leur suppression sont basés sur des critères liés à la parcimonie et la cohérence du modèle général de l'exploitation.

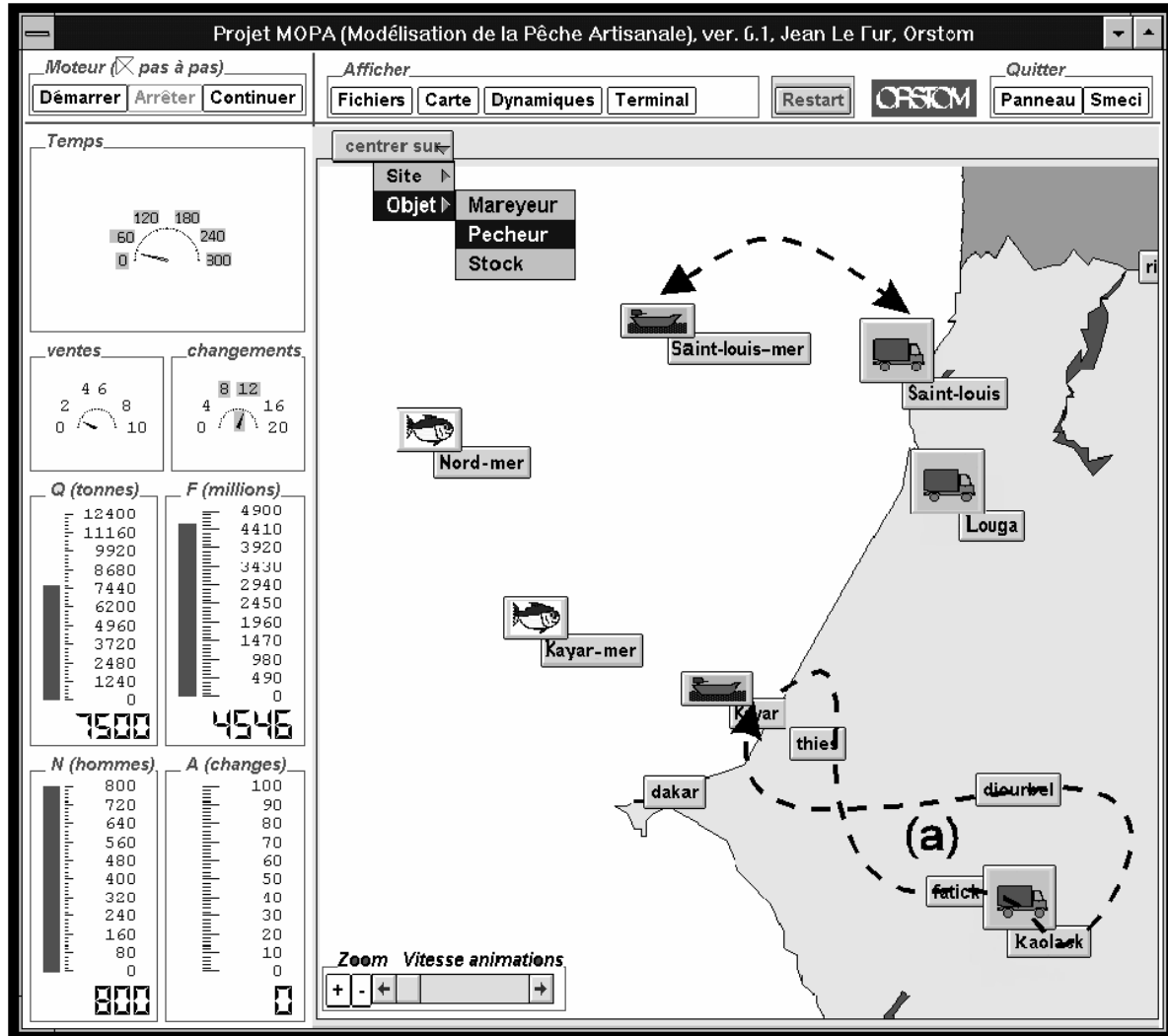
munauté déplace son centre d'activité vers ce nouveau port. Elle remet donc en cause (pour des raisons géographiques) le marché dans lequel elle ira vendre. Le déplacement vers un nouveau port conduit à reproduire l'ensemble du schéma décrit.

Il y a donc des décisions qui impliquent des choix parmi plusieurs possibilités et des décisions de type binaire (oui/non) où l'évaluation est directe et le choix immédiat. Ces décisions sont le plus souvent liées à la satisfaction d'une seule contrainte (avoir/ne pas avoir de poisson) alors que les autres choix mettent en oeuvre et combinent plusieurs critères (coûts, confiances, gains). En reproduisant ce type d'algorithme pour les déplacements vers les marchés ainsi que pour les déplacements des pêcheurs vers les ports ou les zones de pêche, on aboutit globalement à la simulation d'une exploitation dans laquelle divers types d'agents agissent et interagissent.

Le scénario simulé sur la Figure 5 traite de l'exploitation artisanale de la côte Nord du Sénégal. Il se compose de 9 communautés de mareyeurs, 7 de pêcheurs, 10 populations de consommateurs. L'exploitation porte sur 4 espèces. 3 engins de pêche sont disponibles ainsi que 6 types de véhicules, bateaux ou automobiles. Les acteurs peuvent évoluer dans 15 sites: 3 zones marines, 2 ports et 10 marchés. Ce scénario a été obtenu par modifications successives de cette composition jusqu'à obtenir une exploitation dont les indicateurs globaux restent stables. On reprend alors les mêmes agents dans un environnement neuf c'est à dire sans tenir compte de l'évolution des prix, des prises, des consommations. Une nouvelle simulation est alors effectuée sur 160 pas de temps d'une durée théorique de 15 jours.

Figure 5 Représentation d'un écran du simulateur.

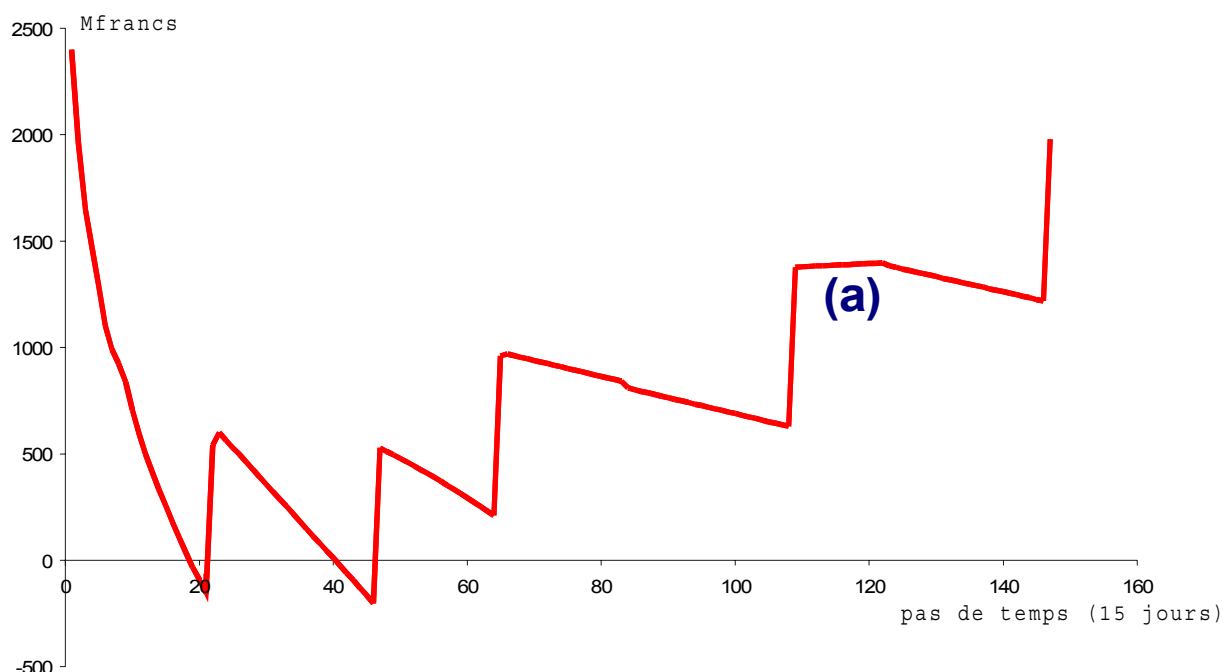
Sur cette copie d'écran est présenté un fond de carte de la côte nord du Sénégal. Les objets représentés dans l'exploitation sont posés sous la forme de boutons réactifs à la souris. Les objets ports, marchés et zones marines sont figés cependant que les agents mareyeurs (camions) et pêcheurs (pirogues) se déplacent au gré des choix et des actions qu'ils décident. Divers indicateurs sont tracés à gauche soit, de haut en bas, le temps, le nombre de ventes et le nombre de changements des agents au cours du pas de temps courant, les flux qui circulent dans l'exploitation c'est à dire les poissons, l'argent, les communautés et le travail (Cf. projet initial, Le Fur, 1994). les boutons au sommet de l'écran donnent accès au moteur de la simulation et à d'autres éléments de l'interface.



Lorsque l'exploitation se stabilise, elle est composée d'agents qui ont rencontré ou trouvé les conditions satisfaisant leurs besoins (ressources, gains) et leur survie (déficit). On peut alors observer divers types de comportements (Figure 5): En (a), un agent mareyeur approvisionne successivement les marchés de Richard Toll, Podor et Louga (il réalise une tournée). A Kayar (en bas à gauche), un pêcheur vend toujours au même mareyeur: ils réalisent mutuellement suffisamment d'échanges pour que leurs critères de satisfaction respectifs (*évalue_ressource*, *évalue_gains*) soient satisfaits à chaque fois. A Saint-Louis, un autre agent attaché à son site ne trouvera pas de vendeur pour les espèces qu'il recherche. Il restera au port sans rien faire pendant toute la durée de la simulation; il ne gagnera pas d'argent, il n'en perdra pas.

Au fur et à mesure des actions et des décisions, la connaissance des agents s'améliore. Ce changement (qualitatif et quantitatif) va permettre aux agents de faire de meilleurs choix. Un résultat de simulation est présenté sur la Figure 6.

**Figure 6 avoir net total de l'exploitation simulée
(tiré de Le Fur, 1996b).**



Le total de l'avoir net en francs de chaque agent est représenté au cours du temps. Cette variable globale permet d'apprécier si l'exploitation est déficitaire ou bénéficiaire. Au début de la simulation, les agents perdent beaucoup d'argent et l'exploitation est déficitaire. A t_{21} , la variable remonte brutalement. Une règle stipule qu'à partir du moment où un agent dépasse un certain déficit (10^5 Francs CFA), il quitte l'exploitation (chômage, transfert vers la filière agricole, ...) ⁶. A t_{21} , un agent, le plus déficitaire, quitte l'exploitation. La richesse globale de l'exploitation augmente, allégée de ce déficit. Elle recommence ensuite sa chute. Au cours du temps, plusieurs agents quittent l'exploitation; ce sont les plus déficitaires ou, autrement dit, les moins bien adaptés à leur environnement. La population s'affine ainsi au cours du temps. La pente déficitaire devient plus faible, jusqu'à devenir positive en (a) (puis rechuter ensuite). La diminution de la pente de déficit peut traduire une meilleure adaptation de l'ensemble des agents à leur environnement. Ce résultat traduit l'effet de l'action collective dans un environnement. Dans ce phénomène global d'auto-adaptation de l'exploitation à son environnement, la qualité des décisions est importante mais la pression et la qualité de l'environnement sur et dans lequel sont prises ces décisions le sont probablement autant.

Discussion

Le moment où est pris la décision constitue un élément important de l'adaptabilité de l'agent : Dans le premier modèle, avant chaque action, les agents effectuent un inventaire de la situation puis, systématiquement, un choix de l'alternative optimisant les critères. Les agents cherchent à chaque fois la meilleure zone de pêche, le meilleur marché, la meilleure tactique, etc. Mais l'optimisation systématique n'est peut-être pas représentative de la réalité ⁷.

⁶ D'autres simulations permettent aussi l'entrée d'acteurs dans le système ou encore conservent le nombre d'acteurs constants (pas d'entrée ni de sortie).

⁷ Bien que les pêcheurs sénégalais discutent beaucoup, ils ne semblent pas passer leur temps à se demander ce qui est le mieux pour eux.

Dans le deuxième modèle, nous avons transposé un principe d'inertie (Cury, 1994, Lepage et Cury, 1997) au cadre de la décision individuelle des agents: soit un objectif donné (*e.g.*, l'agent mareyeur cherche à acheter du poisson), tant que cet objectif peut être atteint, l'agent reproduit ce comportement (*i.e.*, il revient s'approvisionner dans le même port) sans rechercher s'il existe des ports où la réalisation du critère est « meilleure ». Ce n'est que lorsque l'action souhaitée a échoué (pas de vente), donc en situation de crise, que l'agent recherche une alternative à son choix ((a), Figure 4) .

Lorsque l'on observe le comportement de l'exploitation, ses performances économiques et l'adéquation des interactions construites par l'un ou l'autre modèle, les différences obtenues ne permettent pas de discerner si une stratégie est meilleure que l'autre. A l'alternative qui consiste à prendre une décision dès qu'un choix apparaît s'oppose celle qui trie et sélectionne les décisions à prendre en fonction de l'importance du contexte et de l'enjeu. En d'autres termes, le choix optimal préalable à toute action ne constitue pas forcément un comportement plus efficace que le choix optimal utilisé uniquement en situation de crise. Une décision prise au bon moment constituerait donc une alternative « économe » à des décisions systématiques et répétées.

Importances comparées du processus de décision et du contexte dans lequel il s'opère: cette modélisation, de par sa nature (et sa fonction) simplificatrice, ne traite que de comportements rationnels. Cette réduction constitue-t-elle un biais important pour répondre aux objectifs que l'on se fixe à travers la modélisation ? Il nous semble que non. En effet, il est d'abord vain de viser à représenter un agent dans toute sa complexité humaine à l'aide d'un programme informatique. Par contre, les systèmes multi-agents permettent de produire une connaissance sur l'effet collectif de comportements simples et rationnels. A travers les processus de décision très simples qui ont été représentés, on a pu observer, à un niveau global, des comportements qui sont habituellement perçus comme le résultat de processus intellectuels plus sophistiqués que ceux représentés (ex: effectuer une tournée, « fidélisation » entre pêcheurs et mareyeurs). Toute la connaissance produite par ce type de modèle n'est donc pas issue d'une représentation correcte ou suffisamment sophistiquée du processus de décision mais plutôt de la prise en compte de la décision dans un contexte, dans un environnement, à un moment particulier. L'opportunité (spatiale, temporelle et contextuelle) de la décision serait donc tout aussi importante que le déroulement du processus lui-même.

DIAPPOSITIVES 1 & 2

Deux communautés de mareyeuses et de mareyeurs attendant le retour des pêcheurs : des perceptions, des objectifs, des décisions différentes ?

Conclusion

L'approche dynamique rend compte des agents et de leurs actions en tant que composants et processus individualisés placés en un point sur l'axe du temps. L'approche systémique rend compte de l'exploitation comme un ensemble de composants en interaction à un temps donné et dans un état donné. Cependant, la complexité observée de ces domaines et des acteurs qui y agissent est le produit d'une évolution (Legay, 1986, Allen and McGlade, 1987). Cette évolution traduit une accumulation d'événements en interdépendance sur l'échelle du temps. Chaque événement conditionne les suivants et ne s'explique que par la réalisation cumulée des précédents. Le produit de cette accumulation (peut-être cyclique) de décisions, d'actions et de résultats produit l'organisation de l'exploitation halieutique : une construction. Selon cette perception un modèle de décision doit aussi prendre en compte les processus qui ont conduit l'acteur à ce point où il doit prendre une décision. Un modèle apte à formaliser cette organisation doit par exemple pou-

voir représenter la mémorisation par ces agents de leur action passée. Cette approche inter-temporelle reste à développer.

Remerciements

L'auteur tient à remercier Hélène Rey, Christian Chaboud et Dominique Hervé pour leur relecture attentive et leurs commentaires sur le texte.

Références

- Allen, P.M., and J.M. McGlade (1987) Modelling complex systems; fisheries examples. Cranfield international ecotechnology research center; rep. from the third united nations university global learning division workshop, Cranfield, UK, 26-30th oct., 1987, 125p. et *European J. of Operational Research*, 30, 1987:147-167.
- Bousquet, F. (1994) Des milieux, des poissons, des hommes: étude par simulation multi-agents. Le cas de la pêche dans le delta central du Niger. Thèse de Doctorat, Univ. Cl. Bernard, LYON I, 175p.
- Chaboud, C. (1995) Risques et incertitudes dans les pêches: le point de vue de l'économiste. In: *Questions sur la dynamique de l'exploitation halieutique*. Laloë, F., Durand, J.L. et Rey, H. (Eds.), Orstom, coll. Colloques et Séminaires, 1995: 297-330
- Crozier, M., et M. Friedberg (1977) *L'acteur et le système*. Seuil (Ed.), coll. points, Paris 498p.
- Cury, P. (1994) - *Obstinate Nature: an ecology of individuals: Thoughts on reproductive behavior and biodiversity*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci (Perspectives)*. Vol. 51 (7): 1664-1673.
- Ferber, J. (1989) - *Objets et agents: une étude des structures de représentation et de communication en intelligence artificielle*. Thèse doctorat, Univ. Paris VI, 498p.
- Ferber, J. (1995) *Les systèmes multi-agents. Vers une intelligence collective*. InterEditions, 522p.
- Gaye, A.B. (1992) - *Déterminants socio-culturels des tactiques de pêche des communautés lébou et guet-ndariennes sur la côte nord du Sénégal*. Rapp. Stage C.R.O.D.T., juillet 1992.
- Lambert, P. (1996) *Développement d'un simulateur multi-agents pour l'étude de la migration estuarienne des civelles en Gironde*. Mémoire stage DEA Environnement, Temps, Espaces, Sociétés, Univ. Orléans, sep. 1996, 40p.
- Lauriol, J. (1994) *Approches cognitives de la décision et représentations sociales*. *Rev. Internat. Systémique*, vol.8(2), 1994: 139-166.
- Le Fur, J. (1994) - *Dynamique du système pêche artisanale et intelligence artificielle: le projet MOPA*. In: Barry-Gérard, M., Diouf, T. et Fonteneau, A. (Eds.) *L'évaluation des ressources exploitables par la pêche artisanale sénégalaise*. Orstom Ed., coll. Colloques et séminaires, t.2:405-417.
- Le Fur, J. (1995a) - *Apports et difficultés d'une modélisation systémique des exploitations halieutiques*. In: Gascuel, D., Durand, J.L. et Fonteneau, A. (1995) *Les recherches françaises en évaluation quantitative et modélisation des ressources et des systèmes halieutiques*. Orstom Ed., coll. Colloques et séminaires, 375-405.

- Le Fur, J. (1995b) - 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 Fur, J. (1996a) - Simulation de la dynamique d'une exploitation à l'aide de modèles multi-agents: le cas de la pêche artisanale au Sénégal. *Lettre du Programme Environnement, Vie et Sociétés*, n°15, juin 1996, 15-19.
- Le Fur, J. (1996b) - Simulating a fishery exploitation: Application to the small-scale fishery in Senegal. In: IIFET'96, proc. Sym. Marrakech, Morocco, jul.1996, 15p.
- Le Fur, J. (1997) - Modeling fishery activity facing change: Application to the Senegalese artisanal exploitation system. In: *Global vs local changes*, Cury, P, Durand, M.H., Mendelsson, R. and C.Roy Eds., (*in press*).
- Lepage, C. et Cury, P (1997). Population viability and spatial fish reproductive strategies in constant and changing environments: an individual-based modelling approach. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 51 (9)
- Legay, J.M. (1986) Méthodes et modèles dans l'étude des systèmes complexes. *Les cahiers de la recherche, développement*, n°11, aout 1986, 6p. (introduction présentée au colloque national du ministère de la recherche et de la technologie: "diversification des modèles de développement rural: questions et méthodes").
- Saint Paul, L. (1992) Eléments de cybernétique. In: *Systémique: théorie et applications*. Le Gallou, F., et B. Bouchon-Meunier (coordonnateurs), Lavoisier TecDoc (Ed.), Paris, 1992:25-45.

Montpellier, 26 novembre 1997.