

Pour rendre compte du fonctionnement et de la cohésion de l'exploitation il est apparu important de représenter le processus de décision d'une part, le type d'action sur lequel ils interviennent d'autre part. La formalisation des processus de décision permet d'aborder plusieurs niveaux de question:

Aspect théorique

- Quelles sont les situations où il est nécessaire de prendre une décision ?
- Quelles sont les composantes d'une décision individuelle concernant l'usage d'une ressource naturelle renouvelable ?

Aspect méthodologique

- Quel est l'apport des formalismes multi-agent vis à vis de ces problématiques ?
- Quel est l'apport de la Systémique vis à vis de ces problématiques ?

Aspect opérationnel

- Quelles sont les conséquences d'une décision au niveau de l'individu et à celui de l'exploitation ?

I. Analyse du phénomène

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). L'alternative conduit ici à 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 avoir deux fonctions: une fonction de chaînage avant (« que se passe-t-il si ? ») ou une fonction de chaînage arrière (« que faut-il faire pour ? »).

II. Représentation du processus

Approche cybernétique

Au coeur du problème de la dynamique de l'exploitation se trouve l'effort, le travail, l'activité. En cybernétique, le moteur, le coordinateur et l'organisateur de ces actions est le centre de décision. La cybernétique représente l'activité comme une circulation de flux entre différents éléments. Les centres de décisions agissent sur un système opérant (ex: l'agent) 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 présenter le même schéma de décision transposé de l'agent à l'ensemble du système de gestion. Le formalisme est le même, seuls les exemples changent.

systeme operant



systeme de pilotage
ou de commande
centre de decision

systeme operant



systeme de pilotage
ou de commande
centre de decision

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 tenants 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).

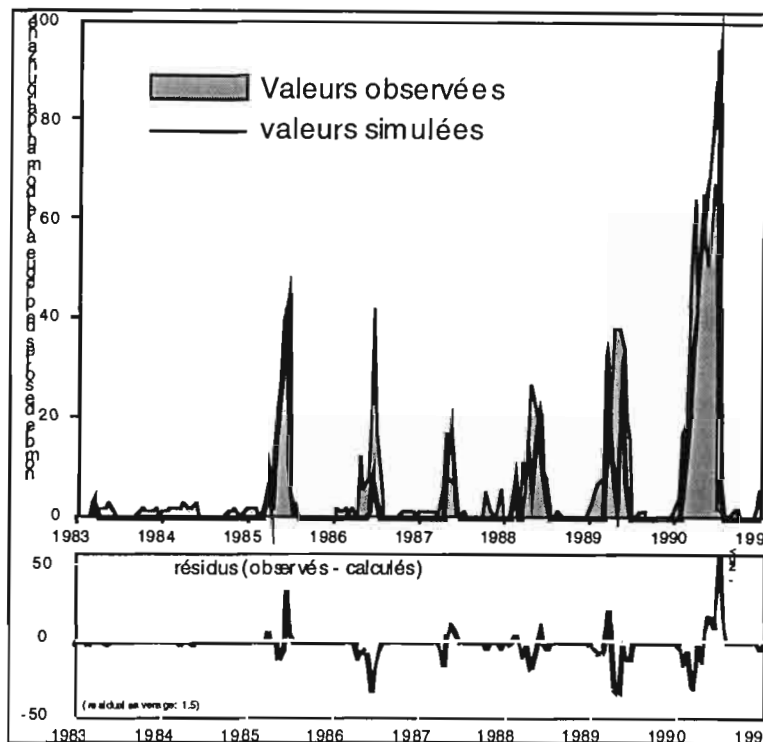


Figure 3 Simulation de la dynamique inter-annuelle de la pêche aux filets dormant à Kayar (tiré de Le Fur, 1995b).

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

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.

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. 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.

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, 1994b). 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.

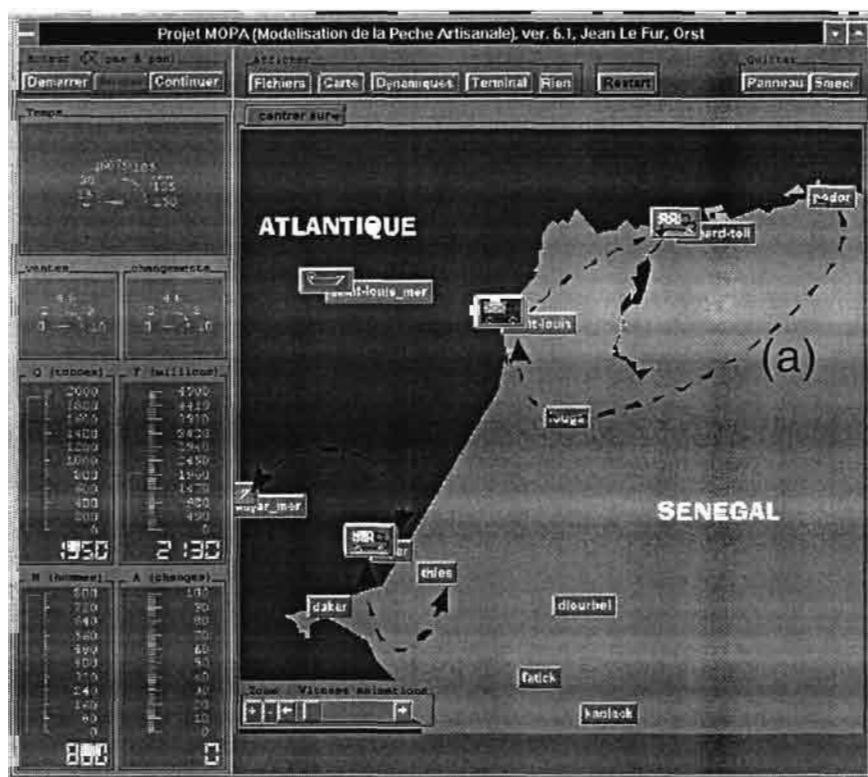
L'exemple de la Figure 4 décrit le modèle représentant les actions réalisées par une communauté de mareyeur(ses) se déplaçant vers un port où ils/elles cherchent à se réapprovisionner.

Elle est la seule
à avoir obtenu
le prix Nobel de
la paix en 1914
pour ses efforts
en faveur de la
paix internationale
et de la coopération
entre les nations.
Elle a été la première
à recevoir ce prix
et la seule femme
à l'avoir obtenu.

Elle est la seule
à avoir obtenu
le prix Nobel de
la paix en 1914
pour ses efforts
en faveur de la
paix internationale
et de la coopération
entre les nations.
Elle a été la première
à recevoir ce prix
et la seule femme
à l'avoir obtenu.

Elle est la seule
à avoir obtenu
le prix Nobel de
la paix en 1914
pour ses efforts
en faveur de la
paix internationale
et de la coopération
entre les nations.
Elle a été la première
à recevoir ce prix
et la seule femme
à l'avoir obtenu.

Elle est la seule
à avoir obtenu
le prix Nobel de
la paix en 1914
pour ses efforts
en faveur de la
paix internationale
et de la coopération
entre les nations.
Elle a été la première
à recevoir ce prix
et la seule femme
à l'avoir obtenu.



teurs sont tracés à gauche soit, de haut en bas, le temps, le nombre de ventes et le nombre de changement 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, 1994a). les boutons au sommet de l'écran donnent accès au moteur de la simulation et à d'autres éléments de l'interface.

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.

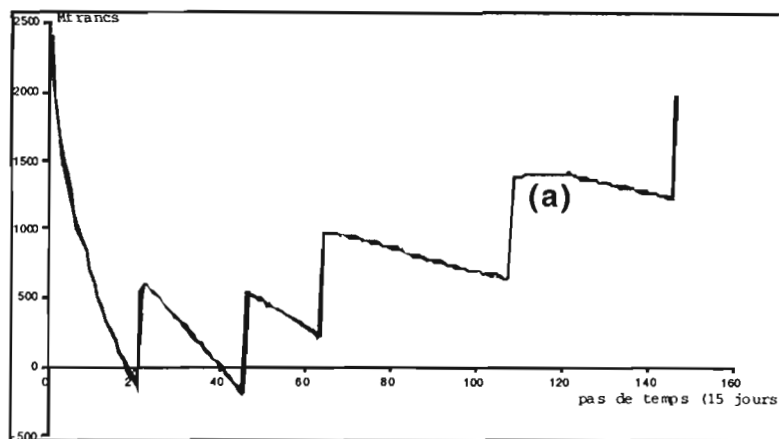


Figure 6 richesse totale de l'exploitation simulée (tiré de Le Fur, 1996b).

Le total de l'avoir 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 (1E5 Francs), il quitte l'exploitation (chômage, transfert vers la filière agricole, ...). 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: selon Cury (1994), le comportement de retour à leur lieu de naissance par certains animaux migrateurs (homing) s'expliquerait par une stratégie de réplication à l'identique des conditions de leur naissance. Le point important ici est le caractère obstiné de ce comportement. Dans le deuxième modèle, nous avons transposé ce principe au cadre de la décision individuelle d'agents humains: soit un critère de satisfaction donné (e.g., l'agent mareyeur cherche à acheter du poisson), tant que ce critère est satisfait, l'agent reproduira ce comportement (i.e., la prochaine fois, il reviendra 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) .

Dans le modèle précédent, 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.

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 crise⁶¹. 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: La 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

⁶¹ Bien que les pêcheurs sénégalais discutent beaucoup, ils ne passent pas leur temps à se demander ce qui est le mieux pour eux.

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, même 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 beaucoup plus sophistiqués que ceux représentés (ex: effectuer une tournée). 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.

III. Conclusion

L'approche dynamique rend compte des agents et de leur action 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 pourrait se traduire par 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 pouvoir représenter la mémorisation par ces agents de leur action passée. Cette approche inter-temporelle reste à développer.

IV. Bibliographie

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,

- 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.
- 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.