

L'APPORT DE LA MODELISATION AUX QUESTIONS D'AMENAGEMENT DE LA PECHE DANS LE DELTA CENTRAL DU NIGER

Pierre MORAND et François BOUSQUET

I. 1-Introduction: Origines et ambitions de la modélisation dans le cadre du processus de recherche du GP DCN.

Le projet de l'A.I. DURR de « modélisation de la ressource ichthyque et de la pêche dans le Delta Central du Niger » trouve son origine au sein d'un processus de recherche bien précis: le GP DCN. Initié en 1986, ce programme a été défini par Quensière (1989) comme « un programme pluridisciplinaire de recherche, finalisé vers le développement [...] [car visant à] répondre à une inquiétude des autorités nationales maliennes quant au devenir de la pêche dans le Delta Central du Niger ».

Précisons cependant que la branche « modélisation » du GP DCN n'a pas été suscitée, elle, par une demande pressante des « gestionnaires »⁶⁵. C'est pourquoi d'ailleurs elle n'a été initiée qu'en 1990, soit quatre ans après le début du GP DCN, et c'est pourquoi aussi les fonds ont dû être trouvés ailleurs, en l'occurrence du côté de l'A.I. DURR. C'est tout ceci qui a permis à ce projet de modélisation de se développer assez librement, sans que lui soit imposée une exigence immédiate de résultat précis par rapport à telle ou telle question d'aménagement ou de développement. Notons que cette situation contraste fortement avec celle dans laquelle se trouve souvent

⁶⁵ Par commodité, on conviendra d'appeler « gestionnaires » tous les décideurs et acteurs intervenant sur le secteur pêche, et qui sont donc supposés être intéressés par les résultats de la recherche dans ce domaine: ce sont par exemple les bailleurs de fond, les autorités nationales (ministères concernés), les organismes publics de l'encadrement et du développement (avec ou sans compétence de police), les ONG de terrain, les associations de producteurs...

placée la modélisation en recherche halieutique marine - où la fonction d'expertise directe au plus près des préoccupations du décideur est souvent obligatoire (Gascuel, 1995). Voici donc, de façon résumée, les circonstances bien particulières dans lesquelles le projet de « modélisation de la ressource et des pêches du DCN » a vu le jour.

On peut donc dire que les ambitions de ce projet de modélisation étaient avant tout des ambitions « de recherche ». Ajoutons que ces ambitions peuvent être groupées en deux niveaux:

- un premier niveau d'ambition, formulé dans le document de projet (1991, p.6) sous les termes « modélisation dynamique d'une ressource subissant des impacts halieutiques, à échelle fine » ressortait essentiellement de la problématique de la « dynamique des populations exploitées » (Laurec et le Guen, 1978) et des objectifs traditionnellement rattachés, à savoir, en priorité, l'étude de la réponse de la production (les captures) à l'intensité de l'exploitation (l'effort ou mortalité imposée). Il s'agissait simplement de « faire mieux » que l'existant en la matière, et surtout de parvenir à intégrer dans cette problématique classique les connaissances que l'on a de la richesse structurelle des pêches artisanales continentales et de leur environnement: fragmentation de l'espace en milieux différents plus ou moins interconnectés, changements saisonniers de la « taille » de ces milieux, mobilité des poissons entre ces milieux, répartition très contrastée de l'effort de pêche en fonction des saisons et des milieux etc... Et les souplesses simulatoires permises par l'I.A. (*versus* les rigidités des modèles basés exclusivement sur des structures mathématiques) offraient des horizons techniques nouveaux dans ce sens...
- un deuxième niveau d'ambition, que nous qualifierons de plus élevé mais aussi de plus hasardeux, était de favoriser la rencontre (*i.e.* « la mise en interaction ») de connaissances issues de plusieurs champs disciplinaires, à savoir, principalement, les Sciences de l'Environnement et de la Vie d'une part, et les Sciences de la Société d'autre part (plus précisément: l'économie et l'anthropologie). Cette rencontre pose de nombreux problèmes, liés notamment à l'hétérogénéité des types de connaissances produites (de part et d'autres, mais aussi à l'intérieur de chacun des deux champs). Par exemple, certaines connaissances s'expriment sous forme de lois mathématiques alors que d'autres restent sous formes de règles qualitatives, certaines tendant à la globalisation, en agrégeant les propriétés de nombreux comportements (ou objets) alors que d'autres préfèrent s'attacher à une compréhension fine des singularités. Il y a aussi des connaissances que l'on trouve rarement exprimées, mais dont l'existence se révèle indispensable

pour la compréhension : elles sont qualifiées de connaissances de "bon sens". Il s'agissait donc de développer, d'utiliser et discuter des outils et des méthodes de simulation servant à représenter ces différents types de connaissances et ensuite à simuler un écosystème anthropisé, plus précisément une « bi-dynamique ressource/pêcheur » (selon les termes du document de projet). Là aussi, c'est la souplesse et la puissance des représentations permises par l'I.A. (et en particulier les simulations multi-agents) qui semblaient autoriser des avancées importantes par rapport aux travaux menés antérieurement dans la même voie (notamment ceux de Laloë et Samba - 1989- pour ce qui concerne les pêches artisanales).

II. 2- Réalisations et résultats du projet de modélisation.

Nous allons voir maintenant, de façon résumée, comment ces deux ambitions ont été poursuivies à travers les réalisations et les résultats successifs du projet, puis quelles en ont été les retombées en termes de réponse aux préoccupations de la gestion et du développement.

2.1. Le simulateur et le contenu de base du modèle.

Nous avons élaboré un générateur de simulations. Ce n'est pas l'écosystème que nous avons voulu représenter mais l'écosystème vu par différents chercheurs. Les systèmes multi-agents nous fournissent des méthodes de modélisation, à la fois pour simuler les différents agents de l'écosystème anthropisé et pour représenter différents points de vue disciplinaires sur le fonctionnement de cet écosystème. Le générateur de simulations que nous avons créé est séparé en trois parties:

- un monde artificiel qui représente différentes parties de l'espace dans lequel on place des agents qui se déplacent et interagissent.
- des sources de connaissances (Knowledge Sources: KS). Il s'agit d'ensembles de règles de production qui représentent une partie des connaissances expertes sur le fonctionnement du monde artificiel. Ces règles s'appliquent au monde artificiel et le modifient. Ces sources de connaissances peuvent aussi s'exprimer sous forme de modèles mathématiques.

- une structure de contrôle. Cette structure est séparée en deux niveaux: la stratégie et les tâches. Chacun de ces niveaux est informé des changements du monde artificiel. Lors de certains changements, la stratégie active des tâches, qui activent elles mêmes des sources de connaissances. Celles-ci transforment le monde artificiel. Les agents vont réagir à ces changements et certaines de ces réactions constitueront des événements pour la structure de contrôle et ainsi de suite...

Totalement implémenté en langage orienté-objet Smalltalk sur station de travail Unix ce générateur de simulations peut être utilisé pour modéliser et simuler des écosystèmes anthropisés. Il permet de notamment de simuler des interactions entre des agents.

C'est ainsi que le DCN a pu être représenté dans ses caractéristiques essentielles, à savoir une mosaïque de milieux, ou plutôt un kaléidoscope de milieux qui changent au cours des saisons.

Dans un premier temps, nous avons créé un écosystème artificiel composé de deux fragments d'espaces; l'un des deux représente un bras de fleuve permanent, l'autre représente une plaine d'inondation. Les milieux de type plaine offrent beaucoup de nourriture à la crue, et très peu à l'étiage, car il ne reste alors que quelques mares éparses. Le cycle est le même pour le fleuve mais l'amplitude est beaucoup moins forte: en étiage le fleuve est plus riche que la plaine d'inondation, et c'est l'inverse lors des hautes eaux. Le nombre d'espèces de poissons dans le DCN approche la centaine, mais nous n'en avons modélisé que trois « fictives », dont les caractéristiques ont été définies pour être représentatives des grands types de stratégies adaptatives adoptées par les poissons pour manger, grandir et se reproduire dans l'environnement variable des fleuves tropicaux (Benech et Quensièrre, 1987). La première espèce (A) est de petite taille: elle pond et migre en fonction du signal de crue (vers la plaine à la montée des eaux, puis vers le fleuve à la décrue). Ses oeufs sont nombreux et petits. La seconde espèce (B) est un prédateur ichthyophage qui se reproduit systématiquement en début de crue mais migre de façon opportuniste (elle quitte l'endroit où elle se trouve lorsqu'elle n'y trouve pas assez de proies). La troisième espèce (C) est plus grande, elle se reproduit lorsqu'elle est en bonne condition trophique, ce qui peut arriver plusieurs fois par an. Sa ponte n'est pas numériquement abondante, mais les oeufs sont gros. En cas de disette ou de surpopulation locale, elle va chercher ailleurs de meilleures conditions trophiques sans se soucier de la saison ni du signal de crue.

Au début de toutes les simulations, on laisse s'établir un équilibre dynamique stable entre ces trois espèces et leur environnement saisonnier (c'est-à-dire les cycles « d'offre de nourriture » que nous avons évoqués plus haut). On peut ensuite commencer des expériences simulatoires plus intéressantes, en faisant subir à cet écosystème un (ou des) *stress* anthropique(s).

2.2. Les scénarios simulés: résultats commentés.

Toutes ces expériences ont été menées autour d'une même idée de scénario: l'intensification d'exploitation (par unité de surface s'entend). Cette intensification est en effet le dénominateur commun des conséquences des différents changements et des nouvelles contraintes qui ont affecté la pêche durant ces dernières décennies: changements climatiques avec la sécheresse (réduction de la surface des milieux aquatiques), changements sociaux (affaiblissement relatif des modes de gestion coutumiers), évolution démographique et développement des échanges (accroissement de la demande), politiques développementalistes successives (crédits à l'équipement...), changements techniques mettant à profit de nouveaux matériaux et de nouveaux engins plus efficaces.

En modifiant les formes sous lesquelles cette intensification est représentée, nous avons effectué plusieurs jeux d'expériences simulatoires.

Le premier groupe de simulations consiste à étudier un écosystème auquel on impose un « effort de pêche » qui est traduit par une simple quantité de mortalité imposée aux poissons. Cette mortalité par pêche augmente d'année en année. En résultat on obtient une courbe d'évolution des captures (la somme des poissons « morts par pêche ») qui suit une forme très caractéristique et robuste: après une montée, les captures plafonnent, atteignant un « plateau » qui se prolonge sur une large gamme d'accroissement d'effort. Pendant tout la durée de ce plateau, les seules phénomènes halieutiques qui trahissent la progression du processus d'intensification d'exploitation sont la diminution de la taille moyenne des captures et (bien sûr) la chute des captures par unité d'effort. Et s'il est vrai qu'il y a bien pour finir un effondrement, cela n'arrive que tardivement, c'est-à-dire à un niveau très élevé de l'effort (deux à six fois plus élevé que le niveau qui permet d'atteindre le plateau). Ce genre de forme réponse est effectivement celui observé par les halieutes et écologues qui travaillent sur les fleuves africains (Welcomme, 1989) ou même, d'ailleurs, sur les lagunes tropicales (Laë, sous presse). On peut donc dire que la simulation, réalisée essentiellement à partir de connais-

sances portant sur un niveau d'organisation assez fin (les individus poissons) conduit à une réponse validée à un niveau supérieur, que l'on peut définir comme « l'assemblage des populations exploitées » de l'écosystème Delta.

La validation précédente ne concerne cependant que les indicateurs « captures globales » et « structure de taille des captures » car, en ce qui concerne la richesse spécifique, on doit déplorer la disparition de deux espèces (sur trois) au cours de cet expérience d'intensification d'exploitation. Et ceci ne correspond pas du tout à ce que disent les écologues, qui observent au contraire un maintien d'une très grande biodiversité et aucune disparition d'espèces au cours des dernières décennies. Une hypothèse d'explication de cette robustesse écologique invoque le mécanisme suivant: dans la plupart des zones humides, l'espace naturel est très fragmenté et hétérogène, ce qui fait qu'il existe toujours des refuges dans lesquels peuvent se maintenir un certain nombre d'individus d'une population, même lorsque celle-ci est globalement effondrée. Et ces individus peuvent ensuite recoloniser tout l'espace si les conditions s'y prêtent.

Il fallait donc compliquer légèrement la simulation pour tenir compte de ce mécanisme. Nous avons donc fragmenté davantage l'environnement en distinguant deux sous-ensembles fleuve-plaine, de proportions respectives 3/4 et 1/4, connectés l'un à l'autre par leurs portions de fleuve respectives. Précisons que le plus petit de ces deux sous-ensembles n'est pas accessible à la pêche. En simulant à nouveau un effort de pêche croissant, les résultats montrent cette fois que la richesse spécifique est conservée (les trois espèces subsistent même à des niveaux d'efforts très élevés). D'autre part, l'indicateur « capture global », bien que montrant encore un plateau puis une rupture en fin de ce plateau, présente des formes globalement plus douces, surtout au niveau de la chute, qui est plus progressive et non absolue (elle tangente finalement un plancher non nul).

Dans un deuxième groupe de simulations, nous représentons des pêcheurs avec des processus de prise de décision. Il ne s'agit plus alors d'une augmentation d'un effort de pêche global (un vecteur mortalité) mais d'une augmentation de la population de pêcheurs. Nous envisageons trois scénarios de simulation qui correspondent à trois hypothèses (*assumption*) portant sur le type de processus de décision des pêcheurs par rapport à la mise en oeuvre de l'action de pêche (choix de la technique et choix du lieu de la pêche). Ces trois types de processus de décision correspondent à différentes façons d'envisager la relation entre les hommes et les ressources renouvelables :

- accès libre (chacun des pêcheurs cherche à maximiser ses profits et toutes les actions sur le milieu sont autorisées. Seule la capacité d'investissement détermine l'accès à la ressource)
- règles sociales identitaires contrôlant l'accès aux portions d'espace: la population est séparée en deux groupes qui n'ont pas les mêmes règles d'accès. Un des groupes n'a pas accès aux biotopes de type « plaine ». L'autre n'a pas accès au fleuve à l'étiage
- aires relativement protégées: deux portions d'espace (sur quatre) ne peuvent recevoir plus de 5 pêcheurs à la fois. Une fois ces places occupées, les autres pêcheurs ne peuvent plus y « entrer » et doivent pêcher ailleurs.

Ces expériences de « pêche dynamique » se déroulent sur le même fond de processus écosystémique (environnement + poissons), que celui défini précédemment, à savoir quatre milieux différents, deux de type permanent (plaine) et deux de type temporaire (fleuve), où vivent les trois espèces de poissons précédemment décrites. Pour chacune des trois sortes de processus de décision, nous avons effectué des expériences simulatoires multiples (*i.e.* répétées en série) de façon à vérifier la robustesse des résultats - en rappelant que des événements stochastiques (représentés par des tirages aléatoires dans des lois) interviennent à de multiples étapes dans les simulations. Nous avons ensuite analysé les résultats en comparant les résultats de ces trois séries d'expériences selon plusieurs critères:

- le critère « captures globales »: la durée de vie de la pêcherie est plus longue pour les simulations à accès socialement différencié que pour un accès totalement libre. Quant aux simulations à places limitées, elles montrent des captures durables à un niveau élevé.
- le critère « revenus des ménages de pêcheurs » : ils sont homogènes dans la simulation à accès libre mais par contre lorsque l'accès est socialement réglé les deux groupes G1 et G2 se séparent très nettement. Dans la dernière série (l'accès « à place »), le caractère aléatoire et renouvelé du choix des accédants aux bonnes places crée une légère hétérogénéité des trajectoires. [Il n'en aurait pas été de même avec un accès « payant » aux bonnes places, car alors on aurait sans doute observé des trajectoires de revenus plus divergentes.]

D'autres critères (comme la composition spécifique des captures) peuvent être utilisés pour comparer l'évolution des captures lors des trois séries d'expériences simulatoires. Nous ne détaillerons pas ici les résultats de ces analyses.

Au-delà des différences décrites ci-dessus, un trait commun est partagé par toutes les expériences simulatoires: il y a dans tous les cas à un appauvrissement général (baisse du revenu moyen) de la population de pêcheurs, et cela est dû au fait que les pêcheurs sont toujours plus nombreux et ne peuvent pas sortir de la pêcherie⁶⁶. Cependant, dans le cas où il y a une différenciation sociale d'accès à l'espace, ce processus d'appauvrissement est globalement ralenti; mais on observe en contrepartie une plus grande hétérogénéité de la distribution des revenus en situation de "crise avancée".

III. 3- Les résultats de la modélisation utilisés pour répondre aux préoccupations des gestionnaires.

Comme nous l'avons déjà (implicitement) avoué plus haut, il serait fort exagéré d'affirmer que les expériences simulatoires ont été conçues pour répondre précisément à des questions particulières qui nous auraient été préalablement posées par les « gestionnaires ». Il eût d'ailleurs été difficile de faire autrement, dans la mesure où, d'une façon générale, la communauté des gestionnaires explicite assez peu les questions qu'elle se pose (alors qu'elle est par contre prolixe sur le registre du « ce qu'il faudrait faire »). Nous parlerons donc plutôt de « préoccupations » présentes dans le discours des gestionnaires et nous allons tenter de montrer quels nouveaux éclairages nos simulations ont apporté par rapport à ces préoccupations.

La préoccupation dominante des textes administratifs (émis par les politiques, experts et gestionnaires) traitant de la pêche au Mali concerne la question de la conservation ou de la « protection » de la ressource (voir notamment Fay, 1993). Cette préoccupation se fonde sur une inquiétude née de constats hâtifs de « diminution des ressources ichtyologiques » (la plus vieille citation remonte à plus d'un demi-

⁶⁶ De ce point de vue, il manque à ces simulations les mécanismes régulateurs (économiques et démographiques) susceptibles de ralentir ou contrôler le processus d'intensification d'exploitation. Et il est clair que, dans la réalité, ces mécanismes arrêtent le processus avant que la majorité des revenus annuels ne deviennent négatifs.

siècle!) et elle aboutit à mettre en avant la nécessité de prendre des mesures pour « préserver le potentiel existant ». Associée à cela revient de façon récurrente (surtout depuis l'Indépendance) l'idée d'une « gestion rationnelle » qui pourrait être mise en place de façon à concilier les nécessités productivistes (il faut que le secteur se développe) et le souci conservationniste. On rejoint ainsi la traditionnelle problématique biface de l'halieutique, que l'on retrouve dans le monde entier: « comment développer la pêche tout en conservant la ressource qui est la condition première de la perpétuation de la pêche ».

Sur tous ces points, l'écologie (et en particulier la modélisation à base de connaissances écologiques) nous a permis d'apporter des éléments utiles de réponse et de clarification, actualisés par rapport au contexte précis du Delta Central du Niger et de ses pêcheries.

Pour commencer, revenons à quelques définitions de la modélisation halieutique ou « dynamique des populations aquatiques exploitées » (Laurec et le Guen, 1981). Cette discipline introduit le concept de « stock », masse vivante qui subit un prélèvement (par l'homme) d'un côté tout en se renouvelant de l'autre par croissance et par reproduction. Elle introduit aussi la « gestion rationnelle » qui consiste à faire en sorte que le prélèvement appliqué au stock soit élevé (ou même maximal) sans toutefois dépasser les capacités de renouvellement, de telle façon que l'exploitation à venir ne soit pas compromise. Bien sûr, les écologues et les halieutes savent depuis longtemps (cf. modèle de Schaefer, 1954) qu'un stock amenuisé par la pression de pêche réagit positivement en accélérant son renouvellement, ce qui fait que l'on peut pêcher beaucoup (et même davantage) sur un stock amenuisé, et ce de façon tout à fait équilibrée, c'est-à-dire durable. Cependant, l'accélération du renouvellement du stock ayant des limites, il existe un seuil de pression (ou effort) de pêche à ne pas franchir car, au-delà, le stock devient tellement affaibli qu'il fournira au contraire de moins en moins de captures, et ceci quelques soient les nouveaux surcroûts d'efforts déployés: c'est la situation de surexploitation, que l'on cherche à éviter en confinant l'effort au-dessous du seuil d'effort précité..! (voir aussi Gascuel pour une revue de l'évolution des idées sur ce thème, 1995).

Nos simulations ont « revisité » cette problématique en l'actualisant au contexte d'une ressource produite par un écosystème fluvial tropical: environnement fragmenté, présence de zones peu ou pas accessibles à la pêche, périodes de l'année où les poissons sont moins faciles à capturer, forte saisonnalité. Nos résultats ne bouleversent pas totalement le schéma classique exposé plus haut, mais ils introduisent des éléments nouveaux lourds de conséquences: à partir du

seuil d'effort pour lequel on atteint le maximum de captures, on peut encore *et encore* obtenir la même quantité de captures avec un effort toujours plus grand. Tout se passe en effet comme si l'écosystème montrait une grande capacité à fournir à la pêche un flux de captures approximativement constant⁶⁷, et cela quelque soit l'effort déployé ou presque: c'est la réponse « en plateau » (et non pas en forme de parabole comme dans la théorie classique). Et l'on comprendra que si le plateau est vraiment long (c'est-à-dire si les captures restent quasi-constantes pour une gamme d'effort s'étendant sur un facteur X3 à X6, comme nous l'avons observé dans maintes simulations), alors le contrôle de l'effort ne s'impose plus comme la clé d'une « gestion rationnelle » définie dans les termes décrits plus haut. Un autre résultat important apparaît lorsque l'environnement est fragmenté avec la présence de zones peu ou pas accessibles (et il y en a toujours dans une région comme le Delta Central). Dans ce cas de figure, on observe que, même quand les captures finissent par diminuer (au terme du plateau), cette diminution ne prend pas la forme d'un effondrement drastique et définitif: les espèces sont toujours là et il suffirait d'un coup de pouce (une petite baisse de l'effort par exemple) pour revenir à la situation du plateau.

A partir de ces résultats, nous aboutissons à deux conclusions, qui peuvent servir de recommandations pour la gestion et l'aménagement des pêches. Nous les détaillons dans les paragraphes suivants.

La première conclusion est que, dans un contexte fluvio-tropical tel que le DCN, vouloir définir et faire respecter une limite quantitative d'effort ne présente guère d'intérêt du point de vue de la stricte problématique de gestion de la ressource (que ce soit pour maximiser les captures ou pour garantir la conservation de la ressource). Nos résultats du deuxième groupe de simulations confirment d'ailleurs que, en cas de forte intensification de l'exploitation, les pêcheurs commencent à rencontrer de graves problèmes de revenus individuels bien avant que les captures totales ne chutent et, *a fortiori*, bien avant que le « potentiel » de reconstitution de la ressource ne soit sérieusement atteint par la pêche (si tant est qu'il puisse l'être). Dans la réalité, ces problèmes de revenus sont encore aggravés par de vai-

⁶⁷ Cette « constance » du flux de captures est bien-sûr relative à la taille de l'écosystème et, plus généralement, aux conditions environnementales. En améliorant ces dernières (par exemple en augmentant l'offre de nourriture) on obtient très facilement (par simulation) un plateau plus élevé (voir Morand et Bousquet, 1994).

nes escalades d'investissement ou de courses à la ressource: les pêcheurs s'équipent et travaillent de plus en plus (la campagne de pêche s'allonge) sans finalement que leurs prises totales ne puissent augmenter (où alors, ils prennent davantage mais au détriments de leurs voisins, ce qui n'est pas mieux). Les gestionnaires devraient donc se soucier en priorité du revenu moyen et de la paix sociale chez les pêcheurs, en les incitant à ne pas entrer dans l'engrenage des investissements/endettements croissants ni dans un jeu d'interconcurrence débridée pour l'accès aux zones de pêche. Pour cela, les gestionnaires peuvent aider les pêcheurs à instaurer ou à réinstaurer, entre eux, des systèmes de gestion par régulation qualitative du déploiement de l'effort⁶⁸, de façon à favoriser un partage moins conflictuel et plus économique (pour eux) du flux annuel de production (flux qui est donné et fixé par l'environnement). Le deuxième groupe de nos simulations, dans lesquels interviennent des pêcheurs actifs et prenant des décisions, apportent d'ailleurs des indications complémentaires sur la façon dont peut se concevoir ce partage et sur les conséquences que cela entraîne sur les revenus des pêcheurs:

- avec un accès totalement libre, il n'y a pas du tout de régulation et les pêcheurs se lancent dans un suréquipement effréné qui les appauvrit tous rapidement.
- des règles « identitaires » fixes d'accès à l'espace et aux technologies permettent un meilleur maintien des revenus mais avec d'importantes hétérogénéités. Et celles-ci seront tôt ou tard sources de tensions et de remises en cause des règles de partage.
- des règles d'accès « à places limitées » permettent un maintien intermédiaire des revenus, mais avec une plus grande homogénéité. Ceci à condition que l'accès aux « places limitées » fassent l'objet d'un retirage fréquent au cours du temps.

La deuxième de nos conclusions part de la constatation que les remarquables propriétés dynamiques de la ressource que nous venons de décrire sont apparues (dans nos simulations) grâce aux caractères structurels de cette zone humide et de son écosystème: ces caractères sont d'ordre biologique (la diversité des espèces et leur souplesse

⁶⁸ La Direction Nationale des Ressources Forestières Faunistiques et Halieutiques (DNRFFH) et l'Opération Pêche de Mopti (OPM) réalisent actuellement dans le Delta deux projets de ce type, en bénéficiant de l'appui et des conseils de plusieurs chercheurs de l'ex GP DCN.

adaptative), écologique (la diversité des milieux), géomorphologique et hydrologique (car c'est de là que naissent les processus qui entretiennent la richesse des milieux). C'est tout cela qui détermine le « potentiel de production », lequel se matérialise notamment par le niveau du plateau (*i.e.* le volume du flux annuel de captures en situation d'exploitation intensive quelconque , *cf. supra*). On peut donc considérer ces caractères structurels comme un véritable patrimoine⁶⁹ et préciser que c'est cela qui doit être protégé et conservé. Ainsi, pour éviter que ce patrimoine soit endommagé et que les qualités dynamiques de la ressource face à l'exploitation s'en trouvent diminuées à l'avenir, les gestionnaires doivent porter une attention inquiète à toute chose susceptible de modifier de façon importante le fonctionnement de l'écosystème: les grands barrages amont qui atténuent l'amplitude du cycle des crues, les éventuels projets de chenalisation du fleuve, les petits aménagements hydroagricoles qui se multiplient et dont les effets sur la surface d'inondation utilisable par les poissons sont mal connus, les pollutions chimiques éventuelles (qui peuvent provenir notamment de la riziculture), la construction de nouvelles routes ou ports qui réduiraient l'enclavement de certaines zones et encourageraient de fait une homogénéisation vers le haut de la répartition de l'effort⁷⁰, mais aussi les processus naturels d'ensablement (liés à la désertification des régions environnantes) qui peuvent isoler trop fortement certaines parties de l'hydrosystème et gêner la mobilité des poissons etc...

En prenant appui sur les résultats de la modélisation, on a donc pu hiérarchiser la question de la gestion et de l'aménagement des pêches du DCN en deux niveaux bien distincts:

- une « gestion intra-annuelle » qui consiste à arbitrer le partage du flux fini de production donné chaque année par l'écosystème (ou du moins à aider les pêcheurs à établir et à maintenir les règles de ce partage), et ceci dans le souci de limiter les débauches excessives d'efforts et d'investissements, sources de pertes de revenus..

⁶⁹ Un patrimoine est un capital transmis de génération à génération. De toute évidence, le stock de poissons « dans l'eau » ne peut pas en être un, puisque les poissons ne vivent guère plus de quelques mois à quelques années. L'écosystème Delta et ses mécanismes producteurs a par contre tous les attributs d'un patrimoine.

⁷⁰ Si la situation évoluait effectivement vers une telle homogénéisation spatiale (à la hausse) de l'effort, alors la solution de la mise en place de réserves devrait être envisagée. Cette solution a d'ailleurs déjà été expérimentée dans le Delta.

- une gestion « à long terme » qui consiste à veiller sur les structures productives de l'écosystème, sur leur conservation, sur leur entretien (voire sur leur amélioration), de façon à ce que le volume annuel de flux à partager reste aussi important (ou augmente même) dans les années à venir.

Quant à la gestion à moyen terme, celle qui se soucie de préserver les captures de l'an prochain en limitant l'effort de pêche d'aujourd'hui, nous avons vu qu'elle était largement hors de propos dans le contexte actuel du Delta Central du Niger.

IV. 4- Le rôle de la modélisation et de ses résultats illustrés pour mieux communiquer en direction des gestionnaires.

Indépendamment de l'appui à la réflexion des chercheurs, qui ressort ensuite dans leurs conclusions scientifiques et leurs recommandations aux gestionnaires, il faut souligner que la modélisation et ses résultats « illustrés » ont joué dans le cadre du GP DCN un rôle beaucoup plus direct d'appui à la communication. Ainsi, lorsque les questions « de ressource » ont été affichées à l'ordre du jour de l'atelier final de remise des résultats devant les autorités maliennes et le bailleur de fond, c'est la modélisation qui a été désignée pour exposer, avec ses moyens de communication propres, et notamment la présentation de courbes simulées.

Il s'agissait d'introduire d'abord les notions de biomasse naturelle « B » (stock), de productivité écologique (P/B), de captures et de captures par effort, de phénomènes compensatoires... Il s'agissait ensuite de faire comprendre à l'auditoire pourquoi il est possible d'accepter comme valides des propositions apparemment aussi contradictoires que « il y a effectivement moins de poissons dans l'eau, et aussi moins de poissons capturés par filet posé, et bien sûr moins de poissons capturés dans la région toute entière (par rapport aux années antérieures à la sécheresse), mais cela ne veut pas dire qu'il y a surexploitation car la quantité totale de poissons capturés par an et par unité de surface aquatique est très élevée et se trouve sans doute actuellement au maximum jamais atteint ».

On a aussi utilisé l'augmentation continue de la productivité P/B tout au long des simulations d'intensification d'exploitation pour faire passer cette idée « étonnante » selon laquelle la nature est plus généreuse qu'une banque et qu'elle augmente généreusement les taux d'intérêts lorsque l'on entame un « capital » (le stock B), ce qui

fait que les intérêts se maintienne en masse et que l'on n'a donc pas, dans une certaine mesure, à se préoccuper du « juste » niveau des prélèvements.

Il est intéressant d'utiliser ainsi la modélisation pour combattre certaines évidences intuitives et pour amener certains gestionnaires à s'interroger sur la validité des métaphores moralisatrices dont ils aiment souvent se servir pour conforter leurs options ultra-règlementaristes (qui ont tendance, heureusement, à reculer depuis quelques années).

Et il s'agissait enfin, plus généralement, de montrer que l'on peut rechercher des idées pour améliorer la situation de la pêche et des pêcheurs sans forcément mettre en avant la question de la protection du stock de poisson.

V. 5- L'utilisation des résultats de la modélisation pour concevoir un outil d'aide à la gestion: un observatoire...

Dans les années 50 et 60, les pêcheurs étaient les habitants les plus « riches » du Delta (Fay, 1994). Mais depuis les années 1979, marquées par un déficit pluviométrique persistant, ces mêmes pêcheurs se plaignent constamment de la dégradation des prises et de leurs revenus. Un organisme public de développement et d'encadrement comme l'OPM (présent en permanence sur les zones de production depuis vingt ans) confirme cette évolution globalement négative de la situation des pêcheurs. Les analyses de Bauman (1994) expliquent cela en montrant que la hausse relative de la valeur du poisson (+ 40 % en regard des autres denrées alimentaires) entre 1962 et 1986 n'a pas pu compenser, loin de là, la chute des prises par pêcheur. Cette chute a dû atteindre un facteur 4 environ, puisque la production totale est tombée de 90000 à 45000 t pendant que la population de pêcheurs passait de 100000 et 200000 personnes. Pourtant, les études du GP DCN des années 86-92 ont montré que le Delta restait, toutes choses égales, une très grande région de pêche, non seulement par les sommes de quantités « débarquées » mais aussi et surtout par la production rapportée à la surface durablement inondée (0,12 t/ha - Laë et al., 1994). D'ailleurs, dès qu'une bonne crue est revenue, fin 1994, on a vu la production faire un bon remarquable (avec des prises moyennes par sortie qui sont passées par exemple de 15-20 à 75-80 kg pour les filets dérivants en décrue, IER - 1996), bon qui a été malheureusement contrecarré l'année suivante (1995) par une crue plus faible, laquelle a entraîné une certaine rechute des captures par effort

(27 kg par sortie pour les filets dérivants en décrue, IER - *ibid.*). Toutefois, cette variation négative récente se trouvait largement compensée, aux dernières nouvelles, par le quasi doublement des prix payés au producteur entre 1995 et 1996 (IER, *ibid.*), et ceci en relation, sans doute, avec le développement rapide de la filière de commercialisation.

Cette brève rétrospective montre que la pêche deltaïque est un secteur en évolution rapide et permanente, animé d'un fort dynamisme propre mais aussi très dépendant des fluctuations de l'environnement et de la conjoncture macro-économique régionale. Or les décideurs et gestionnaires maliens ont besoin de connaître année par année cette évolution pour mesurer l'impact réel de leurs projets et, plus généralement, de leurs politiques de développement. D'autant plus que celles-ci sont aujourd'hui en évolution rapide, avec le vote de nouvelles lois sur la gestion des ressources naturelles dans le cadre de la décentralisation d'une partie des pouvoirs de l'état aux collectivités locales.

C'est pourquoi, à la suite des recommandations formulées par l'équipe du GP DCN (Quensière et al. 1994), nous avons participé à la mise en place d'un Système de Suivi permanent de la Pêche dans le DCN, basé au centre IER⁷¹ de Mopti, et ayant pour objectif d'acquérir et de traiter de l'information sur la pêche, puis de la restituer et de la diffuser sous forme d'un bulletin périodique auprès des gestionnaires et instances de décision. Compte tenu du fait qu'un suivi des quantités commercialisées au départ de Mopti existait déjà (grâce à l'OPM), nous avons choisi de nous intéresser tout particulièrement à l'étape de production et à tous les processus qui, localement la décrivent. Ce choix d'objectif (Morand et Kodio, 1996) nous place en première ligne pour observer tout ce qui se déroule au niveau de la « gestion intra-annuelle » telle que nous l'avons définie à la suite des résultats de modélisation (§ 3).

Il s'agit notamment d'évaluer, année après année, les changements dans la façon dont les pêcheurs s'accaparent (ou, plus raisonnablement, se partagent) le flux annuel de production qui leur est littéralement *mis à disposition* tout au long de la décrue et de l'étiage par les phénomènes successifs de concentration du poisson. Pour ce suivi, tous les objets, variables et processus qui étaient essentiels dans les simulations (et plus particulièrement dans les simulations du deuxième groupe) reviennent logiquement à l'ordre du jour: choix

⁷¹ IER: Institut d'Economie Rurale (en charge de la recherche agronomique *lato sensu* au Mali).

des techniques et des engins, lieux et milieux utilisés, renouvellement (ou non) des occupants des places sur certains sites privilégiés (lieux de passage ou de grande concentration du poisson), partage objectif de l'espace de pêche entre différents groupes, durée des phases ou saisons de pêche (par rapport à une technique ou par rapport à une zone). Tous ces objets et toutes ces variables sont suivis de façon factuelle, c'est-à-dire en privilégiant l'observation directe. Quant à la synthèse agrégée de tout cela, c'est tout d'abord l'effort en tant que nombre total de sorties de pêche, dont nous avons vu qu'il était une des variables principales d'entrée dans la théorie halieutique (et dans toutes nos simulations), et c'est aussi les captures moyennes par unité d'effort, dont nous avons montré par simulation que, toutes choses égales par ailleurs, la baisse pouvait indiquer un certain manque de régulation dans le comportement des pêcheurs et leurs interactions plutôt qu'une atteinte réelle et durable à la ressource. Finalement, un recueil d'information sur les prix d'achat du poisson pratiqués par les commerçants-collecteurs auprès du producteur permet de compléter l'évaluation de l'évolution du revenu des pêcheurs. Comme ce suivi a lieu sur des zones où se déroulent des expériences de développement (« tests de gestion décentralisée ») mais aussi autour de ces zones et ailleurs, les informations analysées et restituées doivent intéresser au plus haut point les organismes gestionnaires pour leur permettre d'évaluer la pertinence et la réussite de leurs interventions.

VI. Conclusion

En matière de gestion des ressources renouvelables, la modélisation s'est longtemps cantonnée dans un rôle d'appui à la théorisation la plus généralisante (et donc la plus éloignée des situations toujours singulières du monde réel). A travers la réalisation et les résultats de ce projet, il apparaît que de nouvelles approches, plus souples, plus riches et privilégiant la simulation sur la résolution analytique, pouvaient au contraire explorer des situations bien concrètes et précises ainsi que des questions actualisées par rapport à ces situations. Tout en gardant une certaine distance (épistémologiquement nécessaire) entre modélisation et examen du monde réel, nous pensons avoir ainsi montré que les retombées qualitatives possibles de la modélisation ne sont pas minces dans un programme de recherche finalisé, et ce tant pour formuler de nouvelles recommandations en matière de gestion que pour élaborer de nouveaux outils tels que des observatoires.

VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baumann E. (1994): *Systèmes de production et d'activités: le Kewa*. in *La Pêche dans le Delta Central du Niger*. J. Quensière (ed). IER-ORSTOM-Karthala. pp. 349-361.
- Benech V. et J. Quensière (1987): *Dynamique des peuplements ichtyologiques de la région du Lac Tchad (1966-1978). Influence de la sécheresse sahélienne*. Thèse Doc. d'Etat de l'Université des Sciences et Techniques de Lille.
- Fay Cl. (1993): *Pêcheurs, administrateurs et chercheurs dans le Delta Central du Niger*. Comm. au Coll. de Bergen, Août 1993 (Norvège)
- Fay Cl. (1994): *Organisation sociale et culturelle de la pêche: morphologie et grandes mutations*. in *La Pêche dans le Delta Central du Niger*. J. Quensière (ed). IER-ORSTOM-Karthala. pp 191-207
- Gascuel, (1995): *Dynamiques complexes et relations simples: limites et pertinence des modèles de dynamique des populations pour la gestion des systèmes halieutiques*. in *Questions sur la Dynamique de l'exploitation halieutique*, F. Laloë, H. Rey et J.L. Durand (eds). pp. 353-386
- IER (1996): *Suivi de la Pêche dans le Delta Central du Niger: premiers résultats*. in *P.V. de la 5eme Session du Comité Technique Régional de la Recherche Agronomique: Programme Ressources Halieutiques*. pp. 2-17

- Laë R., M. Maïga, J. Raffray et J.J. Troubat (1994): *Evolution de la pêche*. in *La Pêche dans le Delta Central du Niger*. J. Quensière (ed). IER-ORSTOM-Karthala. pp 143-163
- Laloë F. et A. Samba (1989): *La pêche artisanale au Sénégal: ressource et stratégies de pêche*. Editions de l'ORSTOM. Coll. Etudes et Thèses 395 pp . 1990.
- Laurec A. et G. Le Guen (1978 et 1981): *Dynamique des populations marines exploitées. t.1: Concepts et modèles*. Public. CNEXO, *Rapports Scientifiques et Techniques n°45*, 118 pp.
- Morand P. et A. Kodio (1996): *Mise en place d'un Système de Suivi de la Pêche dans le Delta Central du Niger: concepts et méthodes*. Doc. multigr. IER-ORSTOM. 50 p. + annexes
- Quensière (1989): *L'étude de la pêche dans le Delta Central du Niger: une approche pluridisciplinaire*. in *Symp. Int. ORSTOM-IFREMER, J.R. Durand, J. Lemoalle et J. Weber (eds). La recherche face à la pêche artisanale*. ORSTOM editions, 1991.
- Quensière J et al. (1994): *Conclusions et recommandations*. in *La Pêche dans le Delta Central du Niger*. J. Quensière (ed). IER-ORSTOM-Karthala. pp. 439-447.
- Welcomme R.L., R.A. Ryder et J.A. Sedell (1989): *Dynamics of fish assemblages in river systems - a synthesis*. pp. 567-577 in D.P. Dodge (ed.) *Proceedings of the International Large River Symposium*. can. Spec.Publ. Fish. Aquat. Sci., 106.