

Quelques réflexions sur l'apport de la modélisation dans les recherches-système

Molle François¹ ; Valette François²

¹ ORSTOM, 911, avenue d'Agropolis, BP 5045, 34032 Montpellier cedex 1, France

² CNRS, Centre d'écotechnique, Domaine de La Valette, 859, rue J.F. Breton, 34090 Montpellier, France

Résumé

La modélisation, sous une grande diversité d'approches, concerne aussi bien les systèmes biophysiques que les systèmes anthropiques. Elle peut constituer un instrument utile pour les approches systémiques en milieu rural, notamment par son rôle d'interface disciplinaire. Une réflexion épistémologique doit contribuer à mieux en cerner les potentialités et les limites.

Mots clés

Analyse systémique, système, modélisation, validation, prédiction, épistémologie, complexité, aide à la décision, système expert, programmation linéaire.

Abstract

Some reflexions on the contribution made by modeling in systems research.

Modeling, with its wide variety of approaches, concerns both biophysical and man-made systems. It may be a useful technique in a systems approach to rural areas, in particular as an interdisciplinary interface. An epistemological analysis should enable its potential and its limits to be more clearly understood.

Introduction

Les processus de développement rural mettent en jeu des acteurs nombreux, dont les objectifs, stratégies et comportements sont en interaction constante. Des approches trop exclusivement techniques, le plus souvent monodisciplinaires, se sont révélées inefficaces pour résoudre la complexité et la diversité des problèmes rencontrés. L'incertitude issue de la crise économique actuelle est venue compliquer cet exercice en s'ajoutant à celle, plus classique en agriculture, du climat.

De nouvelles approches ont vu le jour dans les années soixante-dix (recherche-développement, recherche participative, recherche-action chez les francophones, *farming system research* chez les anglophones), remplaçant l'homme au

centre des problématiques de développement. On cherche à comprendre les processus de décision de l'agriculteur (Sebillotte et Soler, 1990) : ses schémas de pensée, son outil de production, son environnement socio-économique. Le processus de développement n'est plus simplement technique et linéaire, il devient la résultante de comportements humains dont il convient de comprendre le sens pour agir.

La modélisation, comprise dans ce qui suit comme la représentation d'une problématique donnée par un formalisme logico-mathématique¹, constitue un outil présent dans un nombre croissant de recherches. Est-elle une voie privilégiée pour aborder la complexité, l'outil indispensable d'une approche systémique ? Cet article propose, à partir d'une distinction très simple de trois types de modèle, quelques réflexions sur les conditions d'utilisation et les limites de la modélisation, plus particulièrement dans son approche des systèmes anthropisés.

Essai de classification

La littérature offre de nombreux exemples de classification des différents types de modèle, selon divers critères de nature ou de finalité (par exemple, Walliser, 1977). On propose ici, pour ce qui concerne le développement rural, de n'en distinguer que deux catégories (figure 1) : les "biophysiques" d'une part, et les "modèles mixtes", d'autre part, qui concernent les milieux anthropiques.

Les modèles biophysiques

Ils correspondent à des systèmes essentiellement perçus comme "naturels" (forêt, rivière, canal...) pour lesquels on s'attache surtout à représenter ce qui est déterminé par la nature ou les lois physiques, en amont ou en aval de l'action des hommes, vue comme exogène. On peut distinguer dans ce cadre :

¹ On exclut ainsi de notre propos des modèles au sens large (représentations du réel ou de la connaissance telles que cartes ou langages).



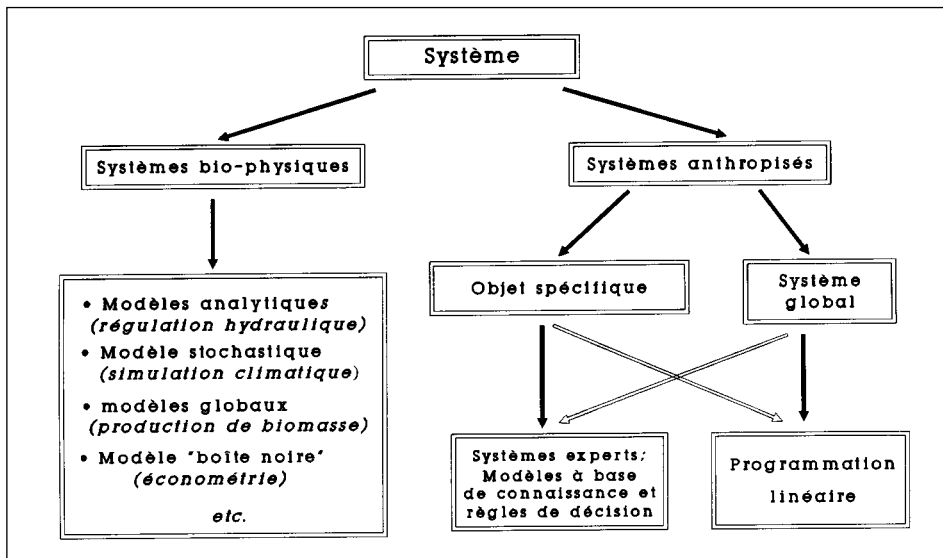


Figure 1. Les différentes catégories de modèles.

- des modèles analytiques détaillés, représentant le fonctionnement de systèmes comme une plante, ou un réseau hydraulique, selon des lois théoriques, empiriques ou idéalisées², dont le but est de faciliter le contrôle de phénomènes liés à ces systèmes (régulation d'une vanne) ou de le prévoir (évolution d'une biomasse) ;
- des modèles globaux, qui décrivent des phénomènes physiques complexes sans prétention d'explication des processus. Le système est alors représenté par un formalisme rudimentaire surparamétré (modèles hydrologiques pluie-débit), ou considéré comme une boîte noire, et l'on cherche alors seulement à décrire les relations entre input et output (économétrie).

Les modèles mixtes

Ils concernent des systèmes anthropiques et ambitionnent en particulier d'intégrer des aspects "humains", stratégies, expérience, organisation, interaction avec l'environnement, etc. On peut séparer ce type de modèle en deux catégories.

Dans le modèle mixte spécifique (décisionnel), la modélisation se restreint à la formalisation de problèmes pour lesquels des actions sont envisageables en nombre limité et dans un cadre de rationalité souvent fortement contrainte. On simule alors, après l'avoir analysée, la logique de décision des acteurs (cas des stratégies de pêche au Sénégal ; Laloe et Samba, 1991) ou de l'organisation du travail en double culture au Sénégal (application du modèle Otelos³ ; Le Gal, 1993) ou du spécialiste (systèmes experts ; aide à la décision).

Le modèle mixte global (prospectif) concerne des systèmes assez grands (système agricole ou halieutique, bassin d'emploi, région) aux champs de décision très ouverts, justifiant des approches de type macro (systèmes multidécideurs, choix multicritères). Ils s'appuient le plus souvent sur la programmation linéaire (moyennant certaines hypothèses assez contraignantes), les exemples de modélisation globale dyna-

² Par exemple, le modèle classique prédateur-proie de Lotka-Volterra.

³ A partir des règles de gestion réelles des paysans et d'une simulation climatique, Otelos reproduit le mode d'organisation du travail (par exemple, sur la double culture rizicole au Sénégal).

mique étant plus rares et se heurtant à d'importantes difficultés (voir ci-après : "Quels modèles pour une approche systémique ?").

Caractérisation du problème posé et choix du modèle

Le choix et l'élaboration du modèle sont a priori gouvernés par la nature de l'objet d'étude (phénomène, système biophysique ou anthropisé, etc.). Plusieurs autres facteurs, étrangers au système, interviennent néanmoins :

- l'objectif qu'on se fixe : représentation des connaissances, identification de contraintes, "expérimentation virtuelle", optimisation, communication, conseil individualisé, etc. ;
- la nature du chercheur, sa discipline, ses intentions, sa manière de voir les choses, l'organisme dont il dépend ou qui finance l'étude, etc. ;
- les données disponibles, ou celles qu'il est possible (ou pas) d'acquérir.

La modélisation de systèmes anthropisés, discutée ci-après, comporte donc une composante subjective variable, pleinement reconnue en analyse systémique ou dans le cadre de l'épistémologie constructiviste (on ne prétend pas appréhender toute la réalité, dont la complexité est postulée irréductible, mais — plus modestement — acquérir de la connaissance sur un objet par une démarche qui est avant tout un choix), mais aussi contingente (moyens ou information disponibles, recherche sous contrat, volonté de prouver une théorie, etc.). Par contre, on ne considérera pas ici le fondement interactionniste du constructivisme dans les problèmes qui seront posés.

Conditions et précautions d'usage

Validation et prédictivité

Le degré de fiabilité d'un modèle peut être défini par sa capacité à représenter un système ou un problème donnés. Sa validation⁴ permet d'apprécier cette fiabilité à laquelle est directement lié le "pouvoir prédictif" du modèle. La possibilité de tester le modèle (quantifier l'écart entre les résultats qui en sont issus et la réalité observée) et de le caler (réduire ou annuler cet écart) est l'un des avantages des modèles biophysiques (et parfois de modèles mixtes simples)⁵.

⁴ Validation prend parfois des sens différents : on entend ici, dans un sens volontairement large, l'ensemble des preuves et arguments qui peuvent être présentés pour estimer le degré de fiabilité du modèle. Le calage, ou la calibration, constitue un des aspects possibles de la validation.

⁵ Comme dans le cas de l'analyse de la pêche artisanale au Sénégal (Laloe et Samba, 1991), où l'on cherche à reconstituer les sorties et les prises observées à partir des stratégies de pêche.

Elle ne suffit toutefois pas à assurer la validité du modèle. Le calage, comme on le croit trop souvent, n'est pas une preuve suffisante de la validité du modèle mais seulement un argument nécessaire quand il est possible : il prouve que le modèle décrit bien ce qui a été observé, sans garantir la validité des variantes pour lesquelles il sera sollicité.

Parce qu'ils reposent sur un système axiomatique critiquable (économie) et/ou une approche mathématique poussant au réductionnisme (programmation linéaire), soit encore parce qu'ils comportent suffisamment de paramètres de contrôle pour être infailliblement rendus compatibles avec une réalité moyenne observée, de tels modèles globaux — comme d'ailleurs les modèles biologiques complexes de type écologique — ont un couplage avec la réalité qui reste précaire et difficile à évaluer. De plus, dès qu'un système étudié se complexifie un tant soit peu et que, pour tenter de le maîtriser, nous le réduisons à un "squelette conceptuel", la question se pose, comme le note Bertalanffy (1973), *"de savoir si nous n'avons pas supprimé des parties vitales de son anatomie"* : la "zone d'ombre" du système conduit à être réservé quant à la capacité prédictive du modèle.

Dans le cas des systèmes anthropisés, le danger résulte, outre de l'impossibilité de quantifier une partie des interactions considérées, de l'association au sein d'un même modèle de sciences de la nature, qui concernent des objets inertes ou biologiques dont la téléonomie est relativement simple, et de sciences sociales, qui sont confrontées aux espaces de liberté infiniment supérieurs qui caractérisent l'espèce humaine.

Il y a, en fait, un continuum entre des modèles physiques pour lesquels on est assuré de connaître à peu près tout sur le système, ou de n'avoir pas oublié de variable importante, et un système anthropisé complexe où cette certitude s'évanouit. Plus on se rapproche de ce deuxième pôle, plus l'évaluation du degré de prédictivité du modèle est subjective. Celui-ci est estimé par les experts ou chercheurs capables d'en apprécier la qualité, dans une constante et longue confrontation faite d'allers-retours entre la connaissance du terrain et l'usage du modèle. Comme le soulignent Godard et Legay (1992), *"on a quitté l'univers de la prédiction, qui s'accorde bien à l'idée de loi scientifique, pour l'univers de la prospective, tendue vers l'exploration des possibles et des cohérences qui les contraignent malgré leur diversité"*. Le "profil bas" et conciliant de l'épistémologie systémique ainsi que sa relativisation et subjectivisation de l'acte de connaissance se "payent" par une grande difficulté dans l'évaluation de l'utilité et de la qualité de la connaissance produite.

L'illusion mécaniste

Si le recours à la formalisation logico-mathématique peut apparaître comme une conséquence de l'usage de l'ordinateur, il traduit sans doute également une foi sous-jacente dans l'idée mécaniste⁶, à la fois rassurante et efficace, et la prégnance de la conviction galiléenne selon laquelle *"le grand livre de la nature est écrit en langage mathématique"*. En ce sens, la modélisation systémique a pu parfois apparaître comme la résurgence au sein de la complexité de

l'idée d'une connaissance exhaustive du réel. Une telle vision a parfois été inspirée par les modèles cybernétiques qui, comme le soulignent Crozier et Friedberg (1977), *"donnent l'impression de pouvoir fonder une interprétation de phénomènes humains sur un raisonnement de sciences exactes"*.

Les modèles ne réussissent à intégrer que de manière grossière et à grand-peine les processus d'auto-organisation, la prise en compte de nouveaux buts et moyens, l'apprentissage ou l'attitude face au risque, ainsi que des discontinuités comme les phénomènes d'innovation ou les changements brusques de l'environnement. *"La nouveauté, remarque Larrère (1987), vient toujours des limites du champ visuel. Elle n'est jamais intelligible par le système"*.

C'est en ce sens que le passage à un formalisme logico-mathématique pour un système mixte entraîne nécessairement une certaine réification, ou fixation, du réel, tout en rétablissant — au sein de la complexité — une vision mécaniste dont on aura parfois du mal à ne pas faire dériver une foi prédictiviste.

Notons aussi que le recours au formalisme logico-mathématique est une aubaine pour toutes les théories utilitaristes qui prétendent réduire les choix des acteurs à quelques paramètres simplistes, ainsi que pour les approches qui affectionnent les indicateurs multicritères, et fait la part belle aux évangiles économiques qui excellent à ficeler notre homo oeconomicus dans un sarcophage d'équations...

Niveau d'analyse

Le modélisateur est parfois entraîné dans une spirale de complexité qui le conduit à détailler sa représentation de manière progressive et presque infinie, un peu comme un emboîtement sans fin de poupées russes que la curiosité nous pousse à ouvrir l'une après l'autre. Ceci est évidemment fréquent dans les modèles mixtes où la complexité des choix, stratégies et activités est telle que vouloir rendre compte — quantitativement — de certains phénomènes conduit à cette spirale (toujours vorace en temps-chercheur), mais aussi dans les domaines bio-écologiques, à cause du grand nombre de variables en interaction (en programmation linéaire, par exemple, on est amené à désagréger les catégories du modèle).

Ces "fuites en avant" conduisent à introduire un nombre croissant de variables et de relations idéalisées, gouvernées par des paramètres auxquels on attribuera des valeurs plausibles, en insistant sur le fait que notre ignorance est partiellement compensée par la possibilité qu'offre le modèle de tester la sensibilité des paramètres de contrôle ainsi introduits. Or, il est clair qu'au-delà de trois ou quatre il devient rapidement impossible de tester la sensibilité croisée de ces paramètres, ce qui réduit d'autant la possibilité de contrôler la fiabilité du modèle.

En pratique, l'application de la règle centrale en analyse des systèmes qui veut qu'il faille *"s'arrêter au niveau d'analyse qui convient à la nature de l'objet qu'on a choisi d'étudier et aux questions que l'on s'est posées sur cet objet"* (Lapierre, 1992) n'est pas chose aisée, sachant qu'on a le choix entre ignorer ce qu'on ne sait pas mesurer et "idéali-ser" ce qui n'est pas connu, ce qui conduit à surparamétrer le modèle.

⁶ Le mot mécaniste est employé ici pour garder l'idée que les processus sont modélisés comme un enchaînement d'actions qui produisent un résultat à partir d'un état initial donné ("idéologie du tableur").

L'apport des modèles

Le rôle du modèle : évolution de sa perception

Le développement des méthodes de recherche opérationnelle et d'aide à la décision au cours des années soixante, dans un contexte de forte croissance économique, a contribué à favoriser un emploi des modèles selon un mode que l'on qualifie souvent de normatif.

Pour devancer les critiques concernant un tel usage, de nombreux chercheurs spécifient que leurs modèles ne sont pas prédictifs et les présentent avec plus de précautions : l'exercice est appréhendé comme *“une prospective très ouverte à but de concertation”* (Loquay-Cheneau et Matarasso, 1991), une *“quête d'hypothèses de travail pour recommander”* (Roy, 1992). Cette prudence ne suffit cependant pas à éliminer la contradiction qui resurgit au moment de l'utilisation du modèle : car ce que celui-ci produit est bien une prévision⁷, obtenue sous diverses hypothèses, et ceci indépendamment du statut que l'on accorde à cette prévision. Le fait que, en dernière instance, l'on se serve de ces résultats — car sinon à quoi bon avoir fait un modèle — pour orienter une réflexion, tester un changement ou prendre une décision, bref pour l'action, ne revient-il pas à accorder de facto une valeur prédictive au modèle ? Ne limite-t-on pas ainsi la portée de l'humilité que l'on entend concéder au statut épistémologique de la connaissance ainsi produite ?

Dans les cas de modèles dont on contrôle mal la fiabilité, cette contradiction incite les modélisateurs à présenter leur démarche comme une représentation de la connaissance et à mettre l'accent sur sa valeur heuristique. Dans certains cas, toutefois, cet intérêt heuristique peut devenir négatif car on ne peut éliminer le risque de voir notre raisonnement induit en erreur par un modèle dont la fiabilité nous échappe.

Quand on reconnaît ce risque, enfin, on peut être amené à limiter le modèle à un rôle médiatique⁸ de moyen de communication, autour d'une problématique donnée, entre le concepteur et les acteurs. Cette évolution — en 25 ans — du normatif au prospectif, puis à l'heuristique, voire au médiatique, qui caractérise un certain nombre d'approches modélisatrices, montre bien le recul que de nombreux chercheurs ont pris vis-à-vis des modèles. C'est dans un tel cadre général qu'on peut sans doute replacer la succession des paradigmes de comportement qui ont orienté les recherches de l'INRA-Grignon au cours des trois dernières décennies : rationalité pure, rationalité limitée et rationalité adaptative (Attonaty 1994).

Ces constatations entraînent une question fondamentale : la modélisation de systèmes mixtes, pour formaliser le problème sous forme logico-mathématique et gagner en efficacité mécaniste, conduit à réduire l'information que présenterait un modèle verbal plus qualitatif. Cette réduction peut-elle se faire tout en assurant la fiabilité des résultats du modèle ?

⁷ Au sens d'une information sur une configuration virtuelle de l'univers des possibles.

⁸ Au sens de médiateur, mais peut-être aussi parfois dans le sens classique du terme.

En ce sens, il pourrait s'avérer peu productif de s'appuyer sur le “transfert d'autorité” (à partir des sciences dures) dont bénéficient globalement les modèles et céder trop facilement à l'idée courante que les problèmes sont trop complexes pour qu'on puisse les aborder sans moyens informatiques (ce qui est évident dans de nombreux problèmes biophysiques), pour finalement trop miser sur le modèle pour guider notre réflexion. Le dilemme souvent évoqué du “ne rien dire” ou “essayer de dire quelque chose en sachant qu'on se trompe forcément un peu (ou beaucoup)” ou le recours — devant une complexité qui déroute — à des modèles “imparfaits mais qui ont le mérite d'exister” sont des expressions caractéristiques de cette tendance. Même si le modèle est souvent présenté comme un outil parmi d'autres, la place qu'on lui accorde en pratique peut conduire à minimiser la faculté synthétique de l'intelligence humaine et faire oublier les progrès que, selon Couty (1989), l'on peut réaliser en sciences sociales en “écrivant bien”.

La part la plus obscure de la réflexion, qui relève de l'intuition, de l'intelligence synthétique globale, n'est pas forcément réduite par l'usage de modèles. Curieusement, on peut même penser que plus on ira loin dans la représentation et la modélisation du comportement et plus le danger sera grand de penser que le modèle est apte à représenter ou manipuler le réel ; il est vraisemblable que la complexité des comportements, jointe à celle des interactions entre acteurs et à nos limitations dans la connaissance de l'évolution de l'environnement du système, définisse une limite à nos investigations, qui en dernière instance est celle de l'histoire (événementielle) et de la vie (complexité inépuisable). A partir d'un certain stade, malheureusement difficile à cerner, un modèle donné n'apporte sans doute pas plus d'information qu'un modèle verbal et la réification du réel qu'il entraîne rend même sa valeur heuristique incertaine.

Des modèles pour quels acteurs ?

Une modélisation peut être entreprise pour des objectifs de recherche, pour éclairer un décideur (niveau macro), ou encore pour fournir une information utile à un acteur (paysan, gestionnaire de canal, conseiller agricole, etc.). A ces trois types d'utilisateurs correspondent des modèles soumis implicitement à une exigence de fiabilité croissante. La plus grande complexité des objets d'étude (comme les systèmes mixtes) tend à diminuer cette fiabilité et donc à déplacer la finalité de l'outil vers la sphère du chercheur.

Pour celui-ci, la modélisation constitue sans nul doute un moyen de “mise à plat de la connaissance” qui permet d'identifier certaines lacunes, de mieux orienter les recherches et, dans le cas de recherches multidisciplinaires portant sur des systèmes mixtes, de confronter, en tentant de les articuler, les connaissances produites par les diverses disciplines. Ce rôle d'interface apparaît comme très fructueux.

Ceci étant, on peut se demander dans quelle mesure le souci de représentation d'un système peut être indépendant d'une volonté d'action sur lui, notamment dans les problématiques de recherche finalisée qui nous intéressent ici ; dans quelle mesure également on peut, a posteriori, dissocier un discours enrichi par le modèle des résultats fournis par ce modèle... lui-même enrichi par le discours. De plus, malgré toutes les précautions oratoires d'usage, les modéli-

sateurs, de par l'illusion produite par la manipulation "jubilaire" et virtuelle de réalités souvent complexes que leur permettent leurs outils, peuvent être enclins inconsciemment à identifier le monde et leur modèle. Cette tendance se renforce quand le temps passé devant l'ordinateur devient écrasant (et il le devient vite) par rapport au temps passé sur le terrain qui, lui, enjoint davantage à la modestie. On perçoit qu'il sera difficile de lever l'ambiguïté qui accompagne l'utilisation de résultats issus de modèles heuristiques par des organismes de décision (bailleur de fonds, ministère, etc.), parfois soulagés de pouvoir justifier leur action par l'autorité présumée de modèles, sachant que ces derniers ne sont pas toujours neutres sur le plan idéologique, comme on le voit dans le domaine de l'économie.

Au niveau micro des acteurs individuels (ou à de petits groupes), les problèmes posés sont différents : le conseiller se doit de répondre à des attentes en utilisant des outils dont la fiabilité est plus grande et mieux connue, et doit s'assurer de la compatibilité de ses propositions avec les contraintes et les objectifs de l'agent concerné. Une bonne connaissance du milieu est nécessaire pour acquérir la certitude que tous les paramètres ont été pris en compte et que les recommandations qu'on en tirera seront préférables à des pratiques façonnées par un long empirisme.

Les démarches qui partent de la représentation des modèles d'action des acteurs et qui s'intéressent à des problèmes spécifiques (comme le cas d'Otelo) échappent à ces difficultés et constituent une manière d'associer modélisation et démarche interactive. Dans les pays en développement, on ne peut toutefois pas négliger la difficulté que peut représenter l'introduction de l'ordinateur dans le dialogue avec les acteurs, ce qui implique de "tropicaliser" son usage.

Quels modèles pour une approche systémique ?

Des tentatives de modélisation globale dynamique ont parfois été annoncées et tentées, mais toutes semblent s'être heurtées à des difficultés ayant motivé une révision des ambitions initiales. Ainsi, au Sénégal, *"une problématique globale et systémique avait présidé à la définition du projet de modélisation (de la pêche artisanale) et à la conceptualisation du modèle terminal. Suite à une dérive progressive, la quasi-exclusivité de l'effort consacré à développer le modèle d'exploitation s'est concentrée sur la représentation du comportement des pêcheurs. (...) Lorsqu'il s'agit de systèmes aussi complexes qu'un système d'exploitation halieutique, le problème prend une autre dimension et ne semble plus à la portée de nos moyens d'investigation"* (Le Fur, 1993).

Comme dans le cas du programme PEPERT⁹ où, commentent Godard et Legay (1992), *"l'ambition initiale d'une modélisation écologico-économique intégrée a cédé la place à la seule analyse des impacts du changement économique sur le milieu"*, produisant ainsi *"un modèle économique qui tient compte de quelques variables écologiques"*, de telles tentatives semblent s'être toujours soldées par la prédominance d'une discipline. Quand il s'agit de formaliser le mo-

dèle et parce que la quantification des flux et la description des relations causales posent problème, il est fréquent de voir l'économie imposer une "monétarisation" du modèle. On retrouve également l'ambition d'une intégration des savoirs des différentes disciplines dans un même modèle explicatif, ainsi qu'une évolution vers un modèle heuristique, dans le programme "Halieutique delta central du Niger" de l'ORSTOM (Bousquet, 1994). Les modèles globaux complexes ne permettent souvent que de retrouver les grandes causalités et tendances du système (c'est-à-dire celles qu'on a entrées dans le modèle) et ne sont pas toujours assez consistants pour apporter une vision quantitative complémentaire qui soit fiable.

En France, l'approche globale, ou gestion stratégique de l'exploitation, se limite souvent aux choix relatifs au système productif. Dans un contexte d'exploitations rurales dont les activités peuvent être comparées à celle d'une entreprise (Bassin parisien par exemple), on est amené à considérer un modèle d'action qui se modélise en fait par une comptabilité analytique, qui devient prospective quand on teste des décisions d'investissement ou de production (Attonaty, 1994). En reconnaissant la prépondérance et la relative autonomie de l'activité économique, on opère un glissement qu'il peut être contestable de transposer à des sociétés du Sud, où les décisions concernant une sphère productive moins développée sont davantage individualisées, et plus étroitement liées aux sphères sociales et culturelles.

Il faut également mentionner des tentatives en intelligence artificielle distribuée (IAD) de décrire le comportement intelligent de groupes à partir de règles de comportement et d'interaction entre leurs individus. Il semble qu'à l'heure actuelle cette voie soit davantage prometteuse dans des domaines comme l'éthologie (Drogoul, 1993).

Les exemples de modélisation à base de connaissance de systèmes anthropiques concernent en général des objets spécifiques. Cette constatation est très significative puisqu'elle reflète le fait que "l'extraction" d'un modèle d'action n'est en général possible que lorsque le problème posé n'embrasse pas la sphère des possibles du système anthropisé, mais quand on en considère une activité spécifique, souvent réglée par des contraintes et une rationalité technique assez fortes : ainsi Otelo, dans son application au Sénégal, ne s'intéresse pas aux raisons qui poussent les agriculteurs à faire ou non une double culture rizicole mais — une fois celle-ci décidée — à l'amélioration de sa réalisation dans un cadre de contraintes climatiques et organisationnelles données. Plutôt qu'une modélisation globale trop ambitieuse, l'expérience suggère qu'il est en général préférable de recourir à une combinaison de modèles plus modestes qui contribueront à la compréhension globale du système.

Conclusion

Le recours à la modélisation informatique dans les disciplines biophysiques se généralise de manière significative. Il permet le traitement de problèmes de complexité croissante et offre des possibilités d'expérimentation virtuelle. Son extension à des systèmes anthropiques pose des problèmes

⁹ "Le modèle PEPERT vise la connaissance du devenir possible, en fonction de différentes politiques d'action, d'un espace rural marginalisé (les Cévennes)".

liés au statut du processus mécaniste et de la prédictivité dans les sciences sociales, ainsi qu'à l'écart mouvant et obscur qui sépare la complexité du réel de la finitude simplificatrice du modèle et au manque de critère objectif pour juger de la fiabilité de celui-ci.

La modélisation des systèmes mixtes est une pratique encore récente qui doit s'accompagner d'un égal développement de la réflexion épistémologique sur son rôle dans la recherche interdisciplinaire, ses limites et ses non-dits. Dans cette optique, les deux pas "en arrière" du glissement normatif/prospectif/heuristique peuvent apparaître comme autant de pas en avant.

Le recours à l'ordinateur, même pour des systèmes a priori biophysiques, peut conforter l'idéologie du "one best way" et de l'optimum technique ou économique ("autorité" de l'ordinateur, éloignement du terrain quand "on passe de l'autre côté de l'écran", réduction de la téléonomie du système à des critères utilitaristes) alors que l'approche système tend justement à s'en éloigner. Il faut donc de préférence rechercher des utilisations qui puissent impliquer les acteurs et leurs systèmes de représentation, rechercher l'articulation de plusieurs modèles dédiés à des problèmes spécifiques ou à des sous-systèmes.

Références bibliographiques

Attonaty J.M., 1994. *Gestion de l'entreprise agricole et instrumentation*. 6 p., mimogr.

- Bertalanffy L., 1973. *La théorie générale des systèmes*. Paris, France, Dunod, 298 p.
- Bousquet F., 1994. *Des milieux, des poissons, des Hommes : étude par simulation multi-agents*. Thèse de doctorat, 224 p.
- Couty P., 1989. Similitudes, simulacres et absence. In : *Seminfor 2*, ORSTOM, p. 385-426.
- Crozier M., Friedberg E., 1977. *L'acteur et le système*. Paris, France, Le Seuil, 500 p.
- Drogoul A. 1993. *De la simulation multi-agents à la résolution collective de problèmes (une étude de l'émergence de structures d'organisation dans les systèmes multi-agents)*. Thèse de doctorat, université de Paris VI, France, 358 p.
- Godard O., Legay J.M., 1992. Modélisation et simulation : une approche de la prédictivité. In : *Sciences de la nature, sciences de la société*, M. Jollivet éd., p. 491-507.
- Laloe F., Samba A., 1990. *La pêche artisanale au Sénégal : ressource et stratégies de pêche*. Thèse, université Paris Sud, France, 395 p.
- Lapierre J.W., 1992. *L'analyse des systèmes*. 230 p.
- Larrère R., 1987. Sciences sociales et sciences de la nature : la pluridisciplinarité, entre la synthèse et le commerce des idées, In : *Pour une agriculture diversifiée*, M. Jollivet éd., Paris, France, L'Harmattan, p. 288-298.
- Le Fur J., 1993. Practicabilité de l'approche système pour la modélisation d'un système d'exploitation halieutique. Forum Halieumetrics, Rennes, France, juillet 1993, 25 p.
- Le Gal P.Y., 1993. Processus de décision et innovation, Séminaire Innovations et sociétés, Montpellier, France.
- Loquay-Cheneau A., Matarosso P., 1991. Une représentation globale et systémique des zones rurales du tiers monde. *Les Cahiers de la recherche-développement*, 29 : 45-63.
- Sebillote M., Soler L.G., 1990. Les processus de décision des agriculteurs. In : *Modélisation systémique et système agraire*, J. Brossier et al. éd., Paris, France, INRA.
- Walliser B., 1977. *Systèmes et modèles*. Paris, France, Le Seuil, 250 p.

