

Chapitre 10

Modélisation d'accompagnement

10.1. Introduction

Depuis la création au CIRAD en 1993 de l'équipe de recherche GREEN par Jacques Weber et la mise en place ultérieure de faisceaux de collaborations (ici désignés comme les chercheurs ComMod), plusieurs chercheurs ont développé des activités de modélisation dans le but de mieux comprendre les interactions entre dynamiques sociales et écologiques. L'un des principes de base était d'aller au-delà des approches disciplinaires abordant les problèmes sous un angle prédéfini, certains voyant « un système écologique soumis à des perturbations anthropiques » là où d'autres voient un « système social assujéti à des contraintes naturelles ». Les premiers décrivent en détail les dynamiques d'évolution des ressources et considèrent la gestion de ces ressources en terme de modifications dues à l'activité humaine et de leurs effets à terme sur l'écosystème. Les dynamiques sociales sont représentées en fonction du type d'exploitation de la ressource qu'elles engendrent. Dans le second cas, les chercheurs se focalisent en général sur les problèmes d'usage de la ressource en partant du principe que les agents économiques isolés cherchent à maximiser les bénéfices obtenus à partir de l'exploitation d'une ressource limitée. L'usage collectif d'une ressource commune est donc placé sous le signe de la compétition.

Par rapport aux approches écologiques et économiques, qui toutes deux formalisent les situations de compétition ou d'interaction en se basant sur des hypothèses d'équilibre et d'optimisation, les chercheurs ComMod portent un nouveau

regard sur la gestion des ressources renouvelables. Ils intègrent en effet dynamiques écologiques

et sociales en concevant l'ensemble comme un unique système aux interactions qui ne se limitent pas à une seule dimension. Les processus de prise de décision sont au cœur de leur analyse. Contrairement aux approches conventionnelles considérant la prise de décision comme un calcul rationnel fait par un agent disposant d'informations plus ou moins limitées, ces chercheurs voient le processus de prise de décision comme une série d'interactions entre des acteurs ayant différents objectifs, différentes perceptions et niveaux ou types d'information, et ayant différents poids dans les négociations. La figure 1 illustre ce cadre de pensée.

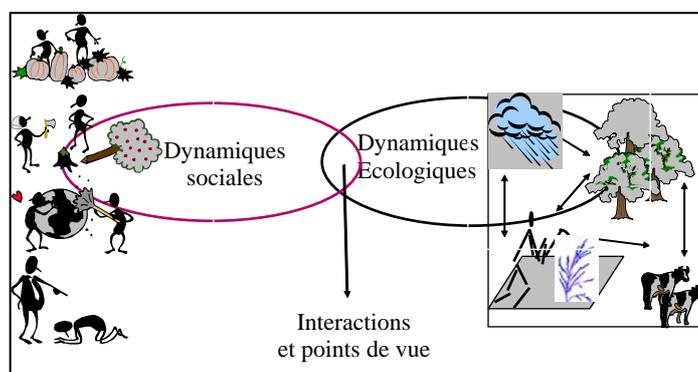


Figure 10.1. Représentation schématique de l'objet d'étude

Face à un tel système, l'approche postule que les processus sociaux peuvent être vus comme le produit d'interactions entre différents points de vue sur l'environnement. Pour comprendre la dynamique, il faut donc délimiter l'environnement et groupes sociaux pertinents et expliciter les perceptions des acteurs. Dans ce travail, un outil de modélisation s'est révélé fort utile. Nous avons choisi d'utiliser et de développer des outils que l'on appelle les « systèmes multi-agents ». Leur objectif est de comprendre comment sont coordonnés différents processus en interaction. Selon Ferber (voir chapitre 1) un *agent* est une entité physique ou virtuelle, opérant dans un environnement, capable de percevoir et d'agir sur cet environnement, et pouvant communiquer avec d'autres agents. Cet agent présente un comportement autonome que l'on peut voir comme une conséquence des connaissances dont il dispose, de ses interactions avec les autres agents, et du but qu'il poursuit. Un Système Multi-Agent (SMA) est un ensemble de processus informatiques opérant simultanément, c'est-à-dire un ensemble d'agents qui évoluent en même temps, partagent les mêmes ressources, et communiquent entre eux. La

comparaison avec la représentation schématique d'un SMA de la figure 1.1 illustre le lien conceptuel qui existe entre les SMA et la définition de notre objet de recherche présenté sur la figure 10.1.

Dans ce cadre, plusieurs types d'activités ont été développés par ce groupe :

1. Des modèles abstraits, aussi appelés sociétés artificielles, qui sont destinés à comprendre les propriétés génériques issues des interactions entre différents processus : des modèles d'échanges marchands et non marchands [ROU 98], [ROU 01], de dynamiques de gestion des ressources [ANT 98] ou de dynamiques spatiales [BON 00], [BON 01], [BOU 98] ;

2. Des modèles appliqués à des problèmes concrets pour comprendre les dynamiques de gestion des ressources dans différents contextes. Les applications ont concerné des problèmes de gestion de l'eau et des sols [BAR 98], [BAR 00], [BAR 01] [BEC 03b], [DUC 04], [FEU 03], [MAT 03], [PER 04], de gestion de la faune sauvage [BOU 01], de gestion des forêts [ETI 03]. ;

3. Une plate-forme de simulation (CORMAS, COMmon-pool Resources and Multi-Agent Systems). Cette plate-forme a été développée par abstractions généralisantes visant à réifier les aspects génériques communs à plusieurs applications développées ;

4. Une méthode pour l'usage de la modélisation qui fait l'objet et de cet article. Cette méthode fut proposée en 1996 [BOU 99] et des travaux sur l'usage de cette méthode et les différentes techniques utilisées ont aussi été accomplis [BEC 03a], [DAR 04]. Un numéro spécial de revue lui est consacré [BAR 03]. Une charte déontologique qui précise la posture des chercheurs impliqués dans cette démarche et le cadre d'utilisation qu'ils s'engagent à respecter [COM 03], [COL 05].

10.2. Principes et objectifs de la modélisation d'accompagnement

Différentes approches pour l'aide à la gestion collective des écosystèmes ont été développées ces dernières années, et elles ont inspiré la conception de la méthode ComMod.

- Le principe de *gestion adaptative* considère que la gestion des écosystèmes nécessite des régulations et des contrôles flexibles, variés et redondants, qui permettent des réponses correctives et des tests expérimentaux relatifs à une réalité toujours changeante. Même si la gestion adaptative a été conçue par des écologues, ils reconnaissent que la capacité adaptative dépend des connaissances – et donc de leur genèse et de leur libre partage – et de la capacité à reconnaître des cibles d'intervention et de construire un répertoire d'options pour la gestion des ressources. Des interactions avec les acteurs sont, pour ce faire, requises. Ce processus social de génération et d'échange de connaissances peut conduire à de

nouvelles formes d'interactions et à de nouvelles formes de dévolution de contrôle sur la gestion des ressources naturelles ;

- La *co-gestion* est définie comme un partenariat au sein duquel des communautés, des utilisateurs de ressources, des agences gouvernementales, des associations et d'autres acteurs, partagent, de façon appropriée à chaque contexte, de l'autorité et de la responsabilité sur la gestion de territoires spécifiques ou d'un ensemble de ressources ;

- La *gestion patrimoniale* est une approche censée contribuer à la compréhension et aux pratiques de co-gestion. « Patrimoniale » est définie par Ollagnon [OLL 91] comme « tous les éléments matériels et non matériels qui contribuent à maintenir et développer l'identité et l'autonomie de leurs détenteurs dans le temps et l'espace, tout en s'adaptant dans un environnement changeant ». Une représentation patrimoniale d'un territoire, d'une zone, d'un ensemble de ressources associe les gestionnaires passés, actuels et futurs, concentre sur les obligations des détenteurs plus que sur leurs droits, et promeut une vision partagée de la durabilité qui réconcilie les besoins et opinions des différents acteurs. La médiation est une méthode de négociation qui amène une tierce partie neutre afin de faciliter les accords entre les participants ; cela permet de traduire les vues de chacun sur les enjeux et problèmes afin qu'elles soient comprises.

Gérer ne consiste pas seulement à accroître l'adaptabilité d'un écosystème ; il faut aussi prendre en compte les processus sociaux qui sous-tendent cet état écologique. En d'autres mots, *ce sont les solutions qui émergent dans l'interaction qui importent*. De là découle un agenda d'intervention différent, incluant de la médiation pour résoudre les conflits, la facilitation de l'apprentissage, et des approches participatives associant les acteurs dans la négociation de l'action collective. Dans ce contexte, la modélisation informatique devient un *outil d'apprentissage partagé* plutôt qu'un outil de pilotage. Un usage classique de la simulation est la prédiction mais ce n'est pas l'option ici retenue. L'horizon lointain des systèmes complexes, comme ceux que nous devons aborder dans la gestion des ressources naturelles, ne peut être prédit dans les champs économiques et sociaux, selon Weber et Bailly [WEB 93] : « *Because the very long term is beyond the scope of prediction, if we wish to take it into account in the analysis of environmental problems, we must give ourselves very long-term reference points or objectives to guide the possible or impossible pathways of development. The long-term approach must inevitably be based on scenarios.* »

A la condition que l'opération de modélisation ait réussi à s'intégrer dans un processus de coordination validé par les acteurs, les règles qui résultent des interactions entre acteurs qui incorporent les perceptions spécifiques sont légitimées aux yeux de tous les acteurs. C'est sur la base d'une conception partagée de l'évolution de la situation présente que les acteurs peuvent décider d'objectifs à très long terme. Ainsi, des scénarios permettant que ces objectifs soient atteints peuvent être discutés. L'ensemble de l'approche de médiation présuppose de rendre explicite la situation initiale. A ce stade, les acteurs sont clairement informés sur les enjeux

qui les divisent et sur leurs interdépendances au sein des solutions au problème ayant nécessité une médiation. Le défi de l'étape initiale est de permettre aux acteurs d'exprimer leurs perceptions et de la situation et de son évolution. Quand une « cartographie des perceptions », toutes aussi légitimes et subjectives, a été établie et discutée, on demande aux acteurs de discuter l'acceptabilité de la continuation des tendances actuelles.

Les modèles multi-agents, comme toute autre forme de représentation du système à gérer, peuvent être utilisés pour accroître la connaissance scientifique sur les processus écologiques et sociaux en jeu. La création collective d'un monde artificiel commun sert ainsi à créer une *représentation partagée* qui est un pré-requis pour simuler différents scénarios identifiés par les acteurs, le scientifique étant parmi eux. Dans ce cadre, toute décision, en particulier collective, dépend du contexte et doit être considérée comme une étape particulière d'un processus de gestion continu d'un enjeu complexe. Comme le dit Roling [ROL 96] : « sur la base de leurs intentions et expérience, des gens construisent la réalité de façon créative avec leur langage, leur travail, et la technologie. Les mêmes personnes changent leur réalité au cours du temps afin de s'ajuster à des circonstances changeantes ».

En bref, le principe central de la démarche ComMod est de développer des modèles de simulation intégrant différents points de vue d'acteur et de les utiliser dans le contexte de *plate-formes d'apprentissage collectif*. C'est une démarche de modélisation dans laquelle des acteurs participent pleinement dans la construction des modèles afin d'améliorer leur pertinence et d'accroître leur utilisation pour l'évaluation collective de scénarios. Les principaux objectifs de ComMod sont de faciliter le dialogue, l'apprentissage partagé et la prise de décision collective au sein d'une recherche-action interdisciplinaire et impliquée, visant à renforcer la capacité de gestion adaptative des communautés locales. En utilisant une telle démarche, nous espérons être en meilleure position pour aborder la complexité croissante des problèmes de gestion des ressources naturelles, leurs caractéristiques évolutives, et la rapidité croissante des changements organisationnels

10.3. Méthodologie de modélisation d'accompagnement : l'utilisation combinée de simulations multi-agents et de jeux de rôles

Les outils de simulation multi-agents furent sélectionnés en raison de la proximité de leurs principes avec les représentations qu'avaient les chercheurs de leur objet de recherche. Les agents agissent sur l'environnement commun en le transformant et modifient ainsi la perception qu'en ont les autres agents. Ce faisant, ils génèrent ce que les économistes appellent des « externalités », qui sont combinées à la dynamique écologique propre de cet environnement. Si la démarche suivie permet aussi de mobiliser collectivement ces représentations, lors de la co-construction d'un modèle conceptuel ou lors de la participation à un jeu de rôles, il

peut également y avoir enrichissement ou réajustement des perceptions de chacun à partir des points de vue explicités par les autres agents.

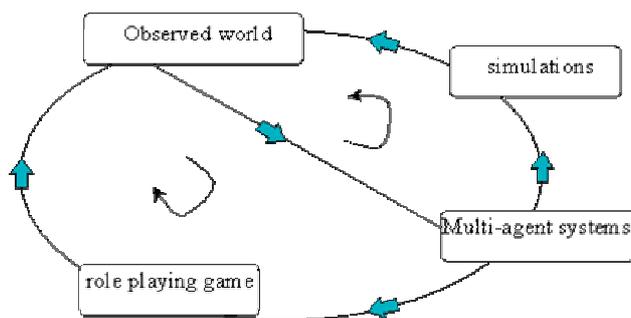


Figure 10.2. La modélisation d'accompagnement et ses différentes étapes, Source : [BAR 98]

Nous avons utilisé ces outils de simulation multi-agents dans le processus ComMod décrit dans la figure 10.2 [BAR 98]. Il est composé de trois étapes qui peuvent être répétées autant de fois que nécessaire :

1. *Formulation des questions clés* : des travaux de recherche sur le terrain et dans la littérature fournissent les informations nécessaires et aident à formuler les hypothèses explicites de modélisation en soulevant un ensemble initial de questions clés qui seront examinées en utilisant le modèle ;
2. *Modélisation* : la connaissance initiale est formalisée de façon à pouvoir être utilisée dans un simulateur ;
3. *Simulation* : un ensemble de simulations est conduit selon un protocole expérimental strict, afin, d'une part, d'améliorer la compréhension du système et, d'autre part, d'identifier de nouvelles questions clés permettant de diriger les recherches sur le terrain.

Nous appelons ce processus « modélisation d'accompagnement » car il est utilisé dans le processus de médiation (la dimension sociale de l'accompagnement) et qu'il co-évolue avec ce processus social (dans ses dimensions temporelles et adaptatives). Une fois ce terme défini, le modèle est utilisé en interaction avec les partis prenants du processus de médiation. La forme du protocole est alors à établir. En accord avec les principes mentionnés plus haut, un modèle, qui n'est qu'une forme de représentation parmi d'autres, doit en effet être présenté aux utilisateurs de la façon la plus explicite et la plus transparente possible afin d'éviter tout effet « boîte noire » qui réduirait sa crédibilité. Pour présenter le modèle nous nous sommes inspirés du travail de nombreux chercheurs en gestion environnementale qui développaient et utilisaient les *Jeux de Rôles* (JdR) dans des cadres d'apprentissage collectif ou d'action collective.

De façon intuitive, en effet, *un modèle de simulation multi-agents peut être vu comme un JdR simulé par l'ordinateur*. Nous avons par conséquent proposé de mettre en place des JdR similaires aux modèles multi-agents (ce ne sont pas les seuls outils possibles pour une démarche ComMod qui est avant tout l'expression d'une posture, mais c'est un ensemble d'outils qui fait l'objet de recherches privilégiées), avec comme objectif d'inviter les acteurs à y participer afin qu'ils :

- comprennent les simplifications opérées par la modélisation et plus précisément la différence entre ce qui est modélisé et les phénomènes réels ;
- le valident en examinant les comportements individuels des agents, en comprenant les propriétés du système émergeant de leurs interactions, et en en proposant des modifications (voir chapitre 4) ;
- soient capables de suivre des simulations multi-agents sur l'ordinateur et proposent de nouveaux scénarios à évaluer et discuter suite à ces simulations.

Différentes applications ont alors été mises sur pied afin d'évaluer dans quelle mesure les modèles pouvaient être utilisés comme supports pour la prise de décision collective et la conception de plans d'action précis, ainsi que pour explorer les usages participatifs de ces outils. En 1998, Barreteau a ainsi proposé une première application portant sur la viabilité d'un schéma d'irrigation au Sénégal [BAR 01]. Il a simplifié un modèle multi-agents relativement complexe pour en faire un JdR et l'a utilisé avec de nombreux intervenants, proposant par la suite un nouveau modèle multi-agents permettant aux chercheurs d'explorer différents scénari en interaction avec ces intervenants. Peu de temps après, D'Aquino [AQU 02], [AQU 03] s'est également appuyé sur un JdR couplé à un modèle multi-agents, dans la vallée du fleuve Sénégal, dans une perspective un peu différente : son objectif était que les intervenants conçoivent un JdR en collaboration avec les chercheurs et de le traduire ensuite en un modèle multi-agents afin de pouvoir tester différents scénari. Il a été atteint après trois jours d'ateliers participatifs avec différents utilisateurs des ressources et décideurs locaux. Une équipe [BOI 03], [CAS 05], a parallèlement démarré des applications similaires d'étude des changements d'utilisation du sol dans les montagnes du Nord Vietnam et conçu leur propre processus appelé « SAMBA ». Les travaux d'Aubert *et al.* [AUB 02], sur la gestion des ressources phytogénétiques à Madagascar et ceux d'Etienne [ETI 03] dans le cadre de la planification de la gestion sylvopastorale sont deux exemples d'applications associant à des degrés divers les simulations multi-agents et les JdR. A mesure que les études de cas et le nombre de chercheurs impliqués augmentaient, une petite communauté d'utilisateurs cherchant à partager son savoir et son expérience autour de ce type de recherches commençait à se former. C'est à ce moment qu'émergèrent des questions fondamentales relatives à la démarche éthique et méthodologique envisagée. En effet, comme dans toutes les autres approches participatives pour l'aide à la gestion des ressources, le statut et la légitimité du processus proposé et des chercheurs qui l'utilisaient pouvaient être mis en cause. Suite au développement

de ce premier ensemble d'applications, ce groupe de chercheurs décida de la rédaction d'une charte dédiée à ComMod afin de clarifier sa position et de guider les futurs utilisateurs de la démarche. Cette charte est disponible à l'adresse suivante : <http://www.commod.org/charte.html>. Elle a été publiée dans la revue *JASSS* [COM 03] ainsi que dans la revue *NSS* où elle est commentée [COL 05]. Les principaux points de ce court document sont résumés et examinés dans les paragraphes suivants.

La Charte ComMod stipule que l'ensemble des hypothèses qui sous-tendent la modélisation doit être mis à l'épreuve empiriquement. Aucune hypothèse implicite n'est tolérée tant au niveau conceptuel qu'expérimental, ce qui implique la mise en place de procédures de mise en évidence éventuelle de telles hypothèses. L'impact de la modélisation d'accompagnement sur l'environnement étudié doit être pris en considération dès les premières étapes de sa mise en œuvre, aussi bien en termes d'objectifs de recherche, de la qualité de la démarche, d'indicateurs quantifiables, ou de critères de suivi-évaluation. Une attention particulière doit être portée sur les processus de validation de cette démarche de recherche, sachant qu'il n'existe pas de théorie générale de la validation des modèles (voir chapitre 4) et que les procédures utilisées dans les modèles bio-physico-mathématiques sont difficilement applicables. La Charte propose également de distinguer deux contextes d'application de la démarche ComMod : (1) la production de connaissances sur des systèmes complexes, et (2) l'accompagnement de processus collectifs de décision. Alors que la première orientation correspond à de la recherche sur des systèmes *via* une forme particulière de relation au terrain, la seconde correspond à de la recherche sur des méthodes visant à faciliter la gestion concertée de ces systèmes.

1. Dans le premier cas, l'enjeu primordial de la démarche d'accompagnement est alors une *meilleure connaissance de ces processus* plutôt qu'un itinéraire de gestion « clé en main » des ressources renouvelables. Cela se traduit par une conception particulière de la relation du modèle au terrain : ce n'est pas une simplification de la connaissance des acteurs qui est recherchée à travers lui, mais un outil facilitant la reconnaissance mutuelle par l'ensemble des acteurs de la représentation que chacun d'eux se fait du problème étudié. Cette reconnaissance mutuelle s'appuie sur des indicateurs construits progressivement, en commun, au cours de la démarche et qui constituent les fondements de la modélisation d'accompagnement ;
2. Dans le second cas, la modélisation d'accompagnement s'insère clairement dans un processus de *médiation*, même si elle ne couvre pas à elle seule l'ensemble du processus. Elle intervient en amont de la décision technique, lorsqu'il s'agit d'appuyer la réflexion des différents acteurs concernés, en vue de parvenir à une représentation partagée de la problématique et des voies possibles pour engager un processus de prise en charge. Les acteurs apprennent collectivement en créant, modifiant ou observant les simulations. Cependant, ComMod ne prend pas en charge les autres étapes possibles du

processus, qui concerneraient une expertise plus quantifiée (taille d'un aménagement, production estimée).

Une caractéristique essentielle de la méthodologie ComMod est l'utilisation souple et conjointe de différents outils scientifiques en fonction du contexte d'intervention : jeu de rôle, simulation multi-agents, système d'information géographique, étude ethnographique, enquête sociologique. Ce « bricolage » méthodologique est la meilleure garantie d'un enracinement profond du processus expérimental dans le terrain [WAE 05]. Dans tous les cas, l'étape clé est l'élaboration du modèle conceptuel initial. Parfois, cette conception s'appuie directement sur l'utilisation du jeu de rôle. Mais en règle générale, la conceptualisation s'appuie sur un travail collectif et transdisciplinaire nourri à partir de tables rondes, de revues bibliographiques, d'enquêtes de terrain, voire d'expériences. L'utilisation d'un formalisme graphique de conception tel que UML (*Unified Modeling Language*), à la fois polysémique et visuel, peut se révéler déterminant à ce stade de la démarche. Il contraint en effet les concepteurs à une certaine rigueur dans le formalisme des éléments du modèle, tout en garantissant une approche modulaire et conviviale du processus de création. La construction du modèle informatique éventuel est alors grandement facilitée. Les phases de validation collective sont également facilitées par l'usage de diagrammes standardisés.

Lorsque le modèle conceptuel initial est le même, l'un des outils méthodologiques sert alors de support à l'autre. Par exemple, la simulation multi-agents peut fournir un environnement dynamique aux rôlistes, ou inversement, le jeu de rôle peut servir de cadre explicatif au contenu du modèle informatique. Lorsque les modèles initiaux sont différents, chaque outil méthodologique participe à la phase de conception et d'analyse du problème : le jeu de rôle facilite le partage et la modification du modèle conceptuel collectif, alors que la simulation multi-agents permet la mise en œuvre rapide des différents scénarios proposés par les acteurs. Un processus de co-construction à la fois du modèle et du jeu se met en place à la faveur du processus itératif de la démarche ComMod.

La modélisation d'accompagnement – telle que proposée par les signataires de la Charte – offre des principes méthodologiques et un choix d'outils méthodologiques, mais n'impose en aucune façon un schéma procédural rigide [LEP 04]. Ainsi, [AQU 02] présente une comparaison de cinq expériences différentes de modélisation d'accompagnement. Cette souplesse méthodologique répond en grande partie aux contraintes d'une gestion adaptative de la démarche scientifique qui doit s'inscrire dans un contexte social et environnemental déterminé. Dans ce contexte, le chercheur lui-même – ou l'équipe de recherche – devient un acteur du processus participatif parmi d'autres mais la rigueur de la démarche qu'il propose facilite l'explicitation et la formalisation des processus en jeu, tout comme l'utilisation d'un modèle informatique comme objet intermédiaire facilite la concertation.

10.4. Bibliographie

- [ANT 98] ANTONA M., BOUSQUET F., LE PAGE C., WEBER J., KARSENTY A., GUIZOL P., “Economic Theory of Renewable Resource Management: a Multi-Agent System Approach”, *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, vol.1534, p. 61-78, 1998.
- [AQU 02] AQUINO(D’) P., LE PAGE C., BOUSQUET F., BAH A., “A novel mediating participatory modelling: the ‘self-design’ process to accompany collective decision making”, *Int.J. Agricultural Resources, Governance and Ecology*, vol.2, n°1, p. 59-74, 2002.
- [AQU 03] AQUINO (D’) P., LE PAGE C., BOUSQUET F., BAH A., “Using Self-Designed Role-Playing Games and a Multi-Agent System to Empower a Local Decision-Making Process for Land Use Management: The SelfCormas Experiment in Senegal”, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.6, n°3, 2003.
- [AUB 02] AUBERT S., LE PAGE C., JOLY H., RAZAFINDRAIBE R., RANAIVOSON J., RALALAOHERIVONY S., N’DAYE I. AND BABIN D. “Conception, adaptation and diffusion of a computer-assisted role game about phytogenetic resources management at a rural level in Madagascar”. in Proceedings of: 7th biennial conference of the International Society for Ecological Economics, edited by. Sousse (Tunisia), March 8-10, 2002
- [BAR 98] BARRETEAU O., « Un Système Multi-Agent pour explorer la viabilité des systèmes irrigués : dynamique des interactions et modes d’organisation », PhD thesis, Montpellier, Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, 260 p., 1998.
- [BAR 00] BARRETEAU O., BOUSQUET F., “SHADOC: a Multi-Agent Model to tackle viability of irrigated systems”, *Annals of Operations Research*, vol.94, p. 139-162, 2000.
- [BAR 01] BARRETEAU O., BOUSQUET F., ATTONATY J.-M., “Role-playing games for opening the black box of multi-agent systems: method and lessons of its application to Senegal River Valley irrigated systems”, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.4, n°2, 2001.
- [BAR 03] BARRETEAU O., “The joint use of role-playing games and models regarding negotiation processes: characterization of associations”, *Journal of Artificial Societies and Simulation*, vol.6, n°2, 2003.
- [BEC 03a] BECU N., BOUSQUET F., BARRETEAU O., PEREZ P., WALKER B., « A methodology for eliciting and modelling stakeholders’ representations with Agent-Based Modelling”, in: Hales D., Edmonds B., Norling E. Rouchier J. (eds.), *Multi-Agent-Based Simulation III. 4th International Workshop, MABS 2003*, Springer, p. 131-148, 2003.
- [BEC 03b] BECU N., PEREZ P., WALKER B., BARRETEAU O., LE PAGE C., “Agent-based simulation of a small catchment water management in northern Thailand: Description of the CatchScape model”, *Ecological Modelling*, vol. 170, n°2-3, p. 319-331, 2003.
- [BOI 03] BOISSAU S., CASTELLA J.-C., “Constructing a common representation of local institutions and land-use systems through simulation gaming and multiagent modeling in rural areas of northern Vietnam : the Samba-week methodology”, *Simulation & Gaming*, vol.34, n°3, p. 342-357, 2003.
- [BON 00] Bonin M., Le Page C., « SIG, SMA, connaissances et gestion de l’espace. Le cas du Massif du Tanargue », *Revue de Géomatique*, vol.10, n°1, p. 131-155, 2000.

- [BON 01] BONNEFOY J.-L., BOUSQUET F., ROUCHIER J., « Modélisation d'une interaction individus, espace, société par les systèmes multi-agents : pâture en forêt virtuelle », *L'espace géographique*, vol.1, p. 13-25, 2001.
- [BOU 98] BOUSQUET F., GAUTIER D., « Comparaison de deux approches de modélisation des dynamiques spatiales par simulation multi-agents : les approches spatiales et acteurs », *CyberGéo*, vol.89, 1998.
- [BOU 99] BOUSQUET F., BARRETEAU O., LE PAGE C., MULLON C., WEBER J., "An environmental modelling approach. The use of multi-agents simulations", in Blasco F. Weill A. Paris F. (eds.), *Advances in Environmental and Ecological Modelling*, Elsevier, p. 113-122, 1999.
- [BOU 01] BOUSQUET F., LE PAGE C., BAKAM I., TAKFORAYAN A., "Multi-agent simulations of hunting wild meat in a village in eastern Cameroon", *Ecological Modelling*, vol.138, p. 331-346, 2001.
- [CAS 05] CASTELLA J.C., NGOC TRUNG T., BOISSAU S., "Participatory simulation of land-use changes in the northern mountains of Vietnam: the combined use of an agent-based model, a role-playing game, and a geographic information system", *Ecology and Society*, vol.10, n°1, p. 27, 2005.
- [COL 05] COLLECTIF COMMOD, « La modélisation comme outil d'accompagnement », *Natures Sciences Sociétés*, vol.13, p. 165-168, 2005.
- [COM 03] COMMOD GROUP, "Our Companion Modelling", *Journal of Artificial Societies and Simulation*, vol.6, n°1, 2003.
- [DAR 04] DARE W., « Comportements des acteurs dans le jeu et dans la réalité, indépendance ou correspondance ? : Analyse sociologique de l'utilisation de jeux de rôles en aide à la concertation pour la gestion de l'eau (Vallée du fleuve Sénégal) », Thèse de doctorat, Paris, Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, 326 p., 2004.
- [DUC 04] DUCROT R., LE PAGE C., BOMMEL P., KUPER M., "Articulating land and water dynamics with urbanization: an attempt to model natural resources management at the urban edge", *Computers, Environment and Urban Systems*, vol.28, n°1-2, p. 85-106, 2004.
- [ETI 03] ETIENNE M., LE PAGE C., COHEN M., « A Step-by-step Approach to Building Land Management Scenarios Based on Multiple Viewpoints on Multi-agent System Simulations », *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.6, n°2, 2003.
- [FEU 03] FEUILLETTE S., BOUSQUET F., LE GOULVEN P., "SINUSE: a multi-agent model to negotiate water demand management on a free access water table", *Environmental Modelling and Software*, vol.18, n°5, p. 413-427, 2003.
- [LEP 04] LE PAGE C., D'AQUINO P., ETIENNE M., BOUSQUET F., « Processus participatifs de conception et d'usage de simulations multi-agents. Application à la gestion des ressources renouvelables », in O. Boissier, Z. Guessoum (eds.), *Systèmes multi-agents défis scientifiques et nouveaux usages. Actes des JFSMA 2004*, Paris, Hermès, p.33-46, 2004.
- [MAT 03] MATHEVET R., BOUSQUET F., LE PAGE C., ANTONA M., "Agent-based simulations of interactions between duck population, farming decisions and leasing of hunting rights in the Camargue (Southern France)", *Ecological modelling*, vol.165, n°2-3, p. 107-126, 2003.
- [OLL 91] OLLAGNON H., « Vers une gestion patrimoniale de la protection et de la qualité biologique des forêts », *Forest, trees and people Newsletter*, n°3, p.2-35, 1991.

- [PER 04] PEREZ P., DRAY A., LE PAGE C., D'AQUINO P., WHITE I., "Lagoon, Agents and Kava: a Companion Modelling Experience in the Pacific", in Van Dijkum C., Blasius J., Kleijer H., Van Hilten B. (eds.), *Recent Developments and Applications in Social Research Methodology, Proc. of the 6th International Conference on Logic and Methodology*, Amsterdam, Netherlands, 17-20 Aug 2004, RC33, SISWO, NI, 2004.
- [ROL 96] ROLING N., "Towards an interactive agricultural science", *European Journal of Agricultural Education and Extension*, vol.2 n°4, p. 35-48, 1996.
- [ROU 98] ROUCHIER J., BOUSQUET F., "Non-merchant Economy and multi-agents systems, an analysis of structuring exchanges", *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, vol.1534, p.111-124, 1998.
- [ROU 01] ROUCHIER J., O'CONNOR M., BOUSQUET F., "The creation of a reputation in an artificial society organised by a gift system", *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.4, n°2, 2001.
- [WAE 05] WAECHTER-LARRONDO V., « Plaidoyer pour le bricolage et l'enracinement des methodes d'enquete dans le terrain: l'exemple d'une recherche sur le changement dans les services publics locaux », *Bull. Method. Socio.*, vol.88, p. 31-50, 2005.
- [WEB 93] WEBER J., BAILLY D., « Prévoir c'est gouverner », *Natures, sciences, sociétés*, vol.1 n°1, 1993.

Collectif ComMod : Martine Antona (Cirad-Tera-Green, Montpellier), Sigrid Aubert (Cirad-Tera-Green, La Réunion), Cécile Barnaud (Univ. Paris X et Cirad-Tera-Green, Thaïlande), Olivier Barreteau (Cemagref, UMR G-Eau, Montpellier), Nicolas Bécu (Univ. Hohenheim, Allemagne), Stanislas Boissau (Univ. Wageninge, Pays-Bas), Pierre Bommel (Cirad-Tera-Green, Brésil), Aurélie Botta (Cirad-Tera-Green, La Réunion), François Bousquet (Cirad-Tera-Green, Montpellier), Jean-Christophe Castella (IRD, Montpellier), Patrick D'Aquino (Cirad-Tera-Green, Nlle Calédonie), William's Daré (Cirad-Tera-Green, La Réunion), Matthieu Dionnet (Cirad, UMR G-Eau, Montpellier), Anne Dray (Cirad Umr G-Eau et Australian National University, Australie), Alexis Drogoul (IRD, Bondy), Raphaèle Ducrot (Cirad Umr G-Eau, Brésil), Michel Etienne (INRA-SAD, Avignon), Stefano Farolfi (Cirad-Tera-Green), Nils Ferrand (Cemagref, UMR G-Eau, Montpellier), Annick Gibon (INRA, Toulouse), Denis Gautier (Cirad-Forêt, Mali), Tayan Raj Gurung (Ministère Agriculture, Bhoutan), Erwann Lagabrielle (Cirad-Tera-Green, La Réunion), Grégoire Leclerc (Cirad-Tera-Green, Sénégal), Christophe Le Page (Cirad-Tera-Green, Univ. de Chulalongkorn, Thaïlande), Raphaël Mathevet (CNRS-CEFE, Montpellier), Claude Monteil (ENSA, Toulouse), Jean-Pierre Müller (Cirad-Tera-Green, Montpellier), Warong Naivinit (Univ. Ubon Ratchatani, Thaïlande), Pascal Perez (Cirad Umr G-Eau et Australian National University, Australie), Panomsak Promburom (Univ. Chiang-Maï, Thaïlande), Juliette Rouchier (GREQAM-CNRS et University of Kyoto, Japon), Véronique Souchère (INRA-Grignon), Guy Trébuil (Cirad-Tera-Green, Univ. de Chulalongkorn, Thaïlande), Jacques Weber (Cirad Institut Français de la Biodiversité, Paris).