

MODÉLISATION NATURE-SOCIÉTÉ : APPROCHE PLURIDISCIPLINAIRE DANS UNE RÉSERVE DE BIOSPHERE INSULAIRE

F. GOURMELON*, **F. BIRET***, **F. CHLOUS-DUCHARME****, **M. ROUAN***, **C. KERBIRIOU******, **H. LEVREL*****, **Y. GUERMEUR******, **M. ETIENNE*******

*Geomer (UMR 6554 CNRS – LETG), IUEM/UBO

** CRBC (UMR 6536 CNRS), UBO

*** Muséum National d'Histoire Naturelle

**** CEMO, Ouessant

***** INRA, Unité d'Ecodéveloppement, Avignon

RÉSUMÉ

Cette contribution résume les principaux résultats acquis dans le cadre d'un projet de recherche concernant quatre réserves de biosphère françaises, sur le thème « Organisation de l'accès aux ressources et biodiversité, application aux réserves de biosphère françaises ». Elle présente la démarche pluridisciplinaire et collective mise en place sur l'île d'Ouessant (Réserve de Biosphère de la Mer d'Iroise) pour répondre à la problématique posée. L'objectif est d'appréhender le fonctionnement de l'environnement insulaire par la modélisation des interactions entre les dynamiques naturelles et les dynamiques sociales. La modélisation multi-agents (SMA) est utilisée pour la conception d'un prototype qui implique la collecte de multiples données telles que les diverses pratiques humaines (fréquentation touristique, évolution du nombre et du type de résidents secondaires, élevage, étrépage...), l'évaluation des cheptels et de leur occupation des milieux, les processus dynamiques de la végétation... Divers scénarios prospectifs sont proposés qui permettent de simuler les dynamiques potentielles et donc d'apporter des éléments de connaissance aux scientifiques, des informations susceptibles d'orienter la prise de décision des gestionnaires et une sensibilisation de la population locale aux enjeux de la négociation environnementale. C'est dans cette perspective, qu'en parallèle à la démarche de modélisation, un jeu de rôles est proposé à la population ouessantine.

MOTS CLÉS : modélisation, prospective, réserve de biosphère, scénario

ABSTRACT : AN ENVIRONMENTAL MODEL BASED ON A PLURIDISCIPLINAR STUDY DEDICATED TO AN INSULAR BIOSPHERE RESERVE

The study deals with the ecological complexity into four french biosphere reserves. The pluridisciplinar approach associates several environmental sciences and gathers researchers, engineers and administrators. The paper concerns one of this biosphere reserve: the Ushant Island, part of the Mer d'Iroise Biosphere Reserve (Brittany, France) where recent land-use changes have brought about fallow lands and its consequences on biodiversity. Many data are collecting on land-uses and land-covers, on the vegetation dynamic process and on the livestock. From these knowledges, a conceptual model is built. Then a multi-agents system (MAS) is implemented with the Cormas platform. Different scenarios simulate future plausible situations which bring information for land management and which makes the local population aware of the stakes of the environmental negociation. For this purpose a role playing game in a participatory modelling process is proposed to the Ushant population. The main results of this study are the benefits of a pluridisciplinar methodology to design a environmental model and the use of this model for enhancing land management and the population participation.

KEY WORDS : biosphere reserve, scenario, simulation model

1. Introduction

A partir du 20^{ème} siècle, les progrès industriels et technologiques ont provoqué une pression croissante de l'homme sur l'environnement et ses ressources. Les espaces conquis se sont multipliés, à l'image de la zone côtière qui concentre actuellement les deux tiers de la population mondiale à moins de soixante kilomètres de la mer, notamment dans huit des dix plus grandes mégapoles de la planète. Ces changements, localement de grande ampleur, ne sont pas sans conséquences paysagères et écologiques. Ainsi la réduction spatiale des habitats et la surexploitation de certaines espèces ont conduit inéluctablement à une altération de la biodiversité (Barbault R., Chevassus-au-Louis B., 2004). Cette prise de conscience internationale émerge depuis une quarantaine d'années. Elle s'est traduite par la multiplication d'engagements vis-à-vis de la société : conventions, labels environnementaux, dispositifs de gestion réglementaire... et par des concepts tels que le développement durable, des principes de gouvernance et de précaution... C'est dans ce contexte que le programme MAB de l'UNESCO a mis en place dans les années 1970 le réseau mondial des réserves de biosphère. Représentatifs de la diversité des situations naturelles, culturelles, économiques et environnementales, les territoires labellisés ont pour objectif d'accroître la conservation mondiale et de faciliter la mise en œuvre de stratégies de planification nationales et internationales. La recherche, le suivi à long terme, l'éducation et la formation sont des priorités au sein du réseau. La mise en application concrète du concept de réserve de biosphère est fondée notamment sur la recherche de synergies avec les politiques de gestion locale.

Notre projet¹ vise à étudier l'interaction entre la fermeture des milieux ouverts et l'émergence de nouvelles pratiques et attentes sociales sur la valeur environnementale de ces milieux. La réflexion s'appuie sur une démarche interdisciplinaire menée parallèlement dans quatre réserves de biosphère françaises qui sont confrontées à la fermeture progressive des milieux ouverts et ses conséquences paysagères, écologiques et sociales. Le but est de comprendre les processus en jeu et de fournir une base scientifique solide aux gestionnaires et aux collectivités territoriales afin de les aider à proposer une organisation raisonnée et socialement acceptable de l'accès aux ressources. L'étude met à profit les technologies de l'information géographique (TIG) et des systèmes multi-agents (SMA) pour la production de connaissances, l'élaboration de scénarios et l'aide à la négociation environnementale. Elle s'inscrit, par ses différentes facettes, dans une démarche de modélisation d'accompagnement (D'Aquino P. *et al.*, 2001; collectif ComMod, 2005). Cette contribution n'aborde que la méthodologie et les résultats acquis sur le site de l'île d'Ouessant où l'accent a été mis sur l'impact du développement des activités touristiques sur la frange côtière de l'île et de la fermeture croissante de certains milieux sous-utilisés par le pâturage traditionnel ovin.

2. Contexte géographique

L'île d'Ouessant est la plus grande île habitée de la Réserve de Biosphère de la Mer d'Iroise (1555 ha). Entièrement exploitée par l'homme jusqu'au début du 20^{ème} siècle, elle a subi, à partir de 1911, une chute démographique très importante, de 2661 habitants en 1911 à 1065 habitants en 1990, qui s'est accompagnée d'une déprise agricole conduisant à la disparition des terres cultivées (Bioret F. *et al.*, 1994 ; Brigand L. *et al.*, 1992 ; Gourmelon F. *et al.*, 1995, 2001). Seule une activité traditionnelle d'élevage ovin se maintient encore sous une forme alternant élevage au piquet et gestion extensive selon le système de la vaine pâture. Dans ce contexte de sous-pâturage, l'enfrichement qui s'exprime par la colonisation de tous les milieux par des formations de ronciers, de fougères, de fourrés ou de landes, est devenu un problème environnemental et sa gestion un enjeu important de la préservation de la diversité biologique et de la qualité paysagère. En fait l'enfrichement résulte du passage d'une activité à dominante agricole à une activité à dominante touristique. En effet actuellement l'économie provient, en grande partie, des activités de service liées notamment au tourisme, en pleine croissance depuis les années 1980 avec un flux annuel de l'ordre de 150 000 visiteurs. Cette mutation entraîne une redistribution des pressions d'usage sur le territoire avec un accroissement de l'utilisation des zones en bordure de falaise (circuits pédestres, parcours cyclistes, récolte de mottes pour la cuisson du plat traditionnel, le ragoût dans les mottes, dans les restaurants) et la redistribution de la pression de pâturage à proximité des lieux d'habitation au détriment d'une utilisation collective de la vaine pâture. De plus, cette fréquentation, essentiellement saisonnière motivée par l'attrait du littoral ouessant, combinée à l'embroussaillage de

1. Organisation de l'accès aux ressources et biodiversité, application aux réserves de biosphère françaises, sous la direction de M. Etienne (INRA Avignon). Programme de l'Institut français de la Biodiversité (IFB) « Dynamique de la biodiversité et modalités d'accès aux milieux et aux ressources ».

l'intérieur de l'île canalise les flux de touristes sur la frange côtière, entraînant des perturbations diverses telles que le dérangement de certains oiseaux nicheurs d'intérêt patrimonial (Crave à bec rouge nichant dans les falaises) et la dégradation de la végétation littorale.

L'étude s'est déroulée en quatre étapes selon une démarche relativement classique de prospective environnementale (Mermet L., 2005) : élaboration d'un modèle conceptuel, développement d'un prototype informatique, réalisation de scénarios plausibles, mise en œuvre d'un jeu de rôles.

3. Méthode et résultats

3.1. Le modèle conceptuel

Autour de la problématique ouessantine, un collectif de chercheurs représentant différentes disciplines (géographie, écologie, ethnologie, économie, ornithologie et informatique) s'est mis en place. Au cours de réunions régulières, chacun a apporté ses connaissances des processus et du milieu ouessantin, contribuant à l'élaboration d'un modèle conceptuel, première étape de toute démarche de modélisation. Ce modèle est composé d'un ensemble de schémas normalisés, validés par le collectif et permettant d'identifier les éléments du système : les acteurs, les ressources, leurs interactions et leurs dynamiques. Le modèle a été affiné et validé à chaque étape, et l'abandon ou l'ajout de certaines entités, discuté et justifié. La modélisation conceptuelle a permis non seulement de mettre en commun les connaissances acquises antérieurement sur le fonctionnement et l'évolution du système ouessantin mais aussi de révéler les lacunes en termes de connaissances et d'informations. De manière à les combler, six études ont été menées en parallèle dans trois disciplines associées au projet (géographie, agronomie, ethnologie). Elles ont permis de préciser les différents processus en jeu sur l'île d'Ouessant et de calibrer le modèle conceptuel en conséquence.

3.2. Le prototype

La modélisation multi-agents est utilisée pour la conception d'un prototype qui sert ensuite de support à l'élaboration de scénarios plausibles de manière à simuler l'impact des pratiques (agricoles, touristiques) sur la dynamique des ressources naturelles et de mettre en évidence d'éventuels conflits d'usages (production/conservation) afin d'envisager des stratégies d'actions. La plate-forme CORMAS (COMmon-pool Resources and Multi-Agent Systems), élaborée par le CIRAD (Bousquet F. *et al.*, 1998) a été utilisée avec succès dans de nombreuses applications environnementales concernant notamment la gestion des ressources naturelles (D'Aquino P. *et al.*, 2001). Les dynamiques naturelles (végétation, population du Crave à bec rouge, vaine pâture) et les dynamiques sociales (comportement des éleveurs, activités d'étrépage et touristiques, résidents secondaires) sont prises en compte dans le prototype consacré à l'île d'Ouessant.

3.3. Les scénarios

Les scénarios à base de modèles constituent un ensemble de méthodes adapté aux démarches de prospective environnementale du fait de la complexité des systèmes sociaux-écologiques qui implique le nécessaire recours aux Technologies de l'Information Géographique (TIG). Les scénarios sont des séquences d'événements hypothétiques construites pour mettre en évidence les processus causaux et les enjeux de décision (Poux X., 2005). Parmi les différents types de scénarios existants, nous avons élaboré plusieurs scénarios exploratoires (forecasting). Ils sont proposés à partir de l'état de référence synthétique (en l'occurrence, la situation ouessantine en 2002) et consistent à envisager des « futurs plausibles » en fonction d'hypothèses sur les variables en action. Les scénarios ont été élaborés par le collectif de chercheurs en concertation avec le gestionnaire de la Réserve de Biosphère de la Mer d'Iroise (CEMO, Parc Naturel Régional d'Armorique). L'horizon temporel choisi est de quinze ans. Il tient compte de la non-stationnarité des changements d'utilisation des sols (Lambin E. *et al.*, 1999) et permet le développement du stade terminal du processus d'embroussaillage (fourré à prunelliers).

3.3.1. Exemple de scénario tendanciel

Ce scénario est fondé sur l'hypothèse de la conservation des dynamiques en cours, à savoir :

- la décroissance du cheptel ovin en relation avec le vieillissement de la population ouessantine,

- la croissance du nombre de résidents secondaires,
- le maintien de la fréquentation touristique actuelle.

3.3.2. Exemple de scénario événementiel

Ce type de scénario simule des événements susceptibles d'intervenir en cours de simulation tendancielle tels que :

- l'abandon de l'élevage bovin lors du départ à la retraite de l'exploitant,
- l'installation d'un troupeau ovin privé lorsque le cheptel n'est plus suffisant pour assurer les besoins en viande de la population,
- l'installation d'un troupeau ovin public, géré par le Parc Naturel Régional d'Armorique, lorsque le cheptel n'est plus suffisant pour entretenir la végétation littorale,
- la mise en œuvre d'une réglementation de l'activité d'étrépage en cas de croissance du nombre de touristes en période estivale et corrélativement de la pression d'étrépage (liée à la consommation du ragoût dans les mottes),
- le réinvestissement de la taxe Barnier, prélevée sur le transport maritime, dans les opérations de débroussaillage et d'entretien de certains secteurs jugés prioritaires par le CEMO/PNRA,
- la demande de la population au parc ou à la commune de restaurer les espaces socialement valorisés.

Plusieurs combinaisons de scénarios élémentaires sont réalisées. Leurs conséquences sur l'ensemble des variables (embroussaillage des milieux, population de Crave à bec rouge..) sont évaluées grâce à des indicateurs de suivis représentés par des graphiques et des cartes thématiques.

3.4. Le jeu de rôles

Dans un souci de transfert des connaissances et d'aide à la gestion environnementale, un jeu de rôles a été élaboré² par les chercheurs et le gestionnaire en exploitant les connaissances acquises au cours du projet et les possibilités offertes par la plate-forme CORMAS (Barreteau O., Bousquet F., 2001 ; D'Aquino P. *et al.*, 2001, 2002). La traduction du prototype en jeu de rôles a impliqué des simplifications concernant principalement le territoire pris en compte (représentation abstraite d'un territoire littoral) et les règles (pas de prise en compte de la dynamique du Crave à bec rouge). La séance, d'une durée approximative de trois heures, s'appuie sur la présentation du jeu par un chercheur, le jeu qui se déroule en dix tours et l'analyse du jeu par l'ensemble des protagonistes. Les séances de jeu ont été organisées avec le gestionnaire de la réserve de biosphère, en concertation avec les élus de la commune. Elles ont rassemblé simultanément une dizaine de ouessantins qui ont joué leur propre rôle. L'objectif était d'apporter des précisions au modèle quant au comportement et aux actions des usagers, de sensibiliser la population au processus d'enfrichement et de présenter aux acteurs de la gestion une démarche de modélisation d'accompagnement. Réunis autour d'un tapis de jeu représentant un territoire composé de broussailles, de prairies, de landes et de pelouses littorales, les joueurs (résidents secondaires, élus, éleveurs...) disposent de cartes d'actions (étréper, faucher, commander des mottes...). Après chaque tour, les milieux évoluent en fonction des actions des joueurs (embroussaillage des parcelles non pâturées, entretien de parcelles fauchées, mise à nu de la frange bordière...) conduisant la population locale à développer des stratégies individuelles ou collectives pour maintenir (ou pas) un milieu ouvert.

4. Discussion, conclusion

Plus que les résultats, c'est la démarche de modélisation qui fait l'originalité de ce projet. Elle a en effet permis de réunir autour d'une plate-forme commune différentes compétences et des points de vue variés qui ont permis la conception d'un modèle de réalité, évidemment simplifié mais pertinent dans ses variables et les relations qu'elles entretiennent les unes avec les autres. Les interactions entre les dynamiques sociales et les dynamiques naturelles ont été modélisées, mettant en évidence les actions et rétroactions des différentes variables. Ainsi les relations existant entre la fréquentation touristique estivale, l'activité d'étrépage de la pelouse littorale et la population de crave (dérangement et entretien d'un territoire d'alimentation favorable) ont été précisées. De même, les conséquences du vieillissement de la population locale sur l'activité traditionnelle d'élevage ovin et sur l'installation de nouveaux résidents secondaires et corrélativement sur la fermeture

2. Projet soutenu par la Fondation de France.

progressive des milieux sont également mises en évidence. Le jeu de rôles a permis de présenter à la population les résultats de la recherche sous une forme active. Les séances ont révélé à quel point la perception de l'enfrichement par les différentes catégories d'usagers était diverse en fonction du lien qu'elles entretiennent avec le territoire. De plus il apparaît clairement que les acteurs ont une vision circonscrite de l'espace qu'ils ont construite en fonction de leurs caractéristiques sociales, d'où la nécessité de replacer la discussion dans un cadre territorial (l'île dans son ensemble) notamment à l'aide de restitutions cartographiques et de photographies aériennes retraçant l'historique de l'évolution paysagère et adaptées au regard des acteurs comme le préconisent Joliveau et Michelin (Joliveau T., Michelin Y., 2001).

Sur cette problématique, le recours à la modélisation et aux automates cellulaires est intéressant à plus d'un titre. Ils apportent une dimension temporelle aux SIG et les complètent efficacement. Les scénarios fondés sur une réalité décrite par de nombreuses données fournissent des projections à court terme, et mettent en scène différents usagers de l'espace dans un contexte virtuel mais proche de la réalité. En collaboration avec les gestionnaires, des stratégies d'actions peuvent ainsi être simulées de manière à anticiper leurs effets sur l'occupation des sols et par voie de conséquence sur d'autres éléments du système. Cette méthode d'appréhension s'inscrit dans une démarche de précaution puisqu'elle privilégie l'utilisation de modèles informatiques pour simuler les impacts possibles de l'action publique avant sa mise en œuvre sur le terrain. En établissant un lien tangible entre les dynamiques naturelles et les dynamiques sociales et en produisant une représentation spatiale associée à l'action des pratiques humaines sur le milieu, la méthode mise en œuvre permet de confronter différents points de vue (populaires et scientifiques) et peut contribuer aux processus de négociation territoriale à condition que les décideurs se l'approprient. Ce type d'approche favoriserait l'apprentissage et la médiation (Bousquet F., Le Page C., 2004), fonctions relativement récentes attribuées aux TIG qui jusqu'à présent étaient plutôt assimilées à des outils de pilotage et de décision.

6. Bibliographie

- Barbault R., Chevassus-au-Louis B. 2004. *Biodiversité et changements globaux : enjeux de société et défis pour la recherche*. Publication de l'Association pour la diffusion de la pensée française (adpf), 241 p.
- Barreteau O., Bousquet F., 2001. Des systèmes irrigués virtuels aux systèmes irrigués réels : retour par les jeux de rôles. *In* Lardon *et al.* : Représentations spatiales et représentations territoriales, Hermès, p. 163-174.
- Bioret F., Gourmelon F., Le Berre I., 1994. Analyse spatiale du processus d'enfrichement sur l'île d'Ouessant. *Noroi*, t. 41, n° 164, p. 547-558.
- Bousquet F., Le Page C., 2004. Multi-agent simulations and ecosystem management: a review. *Ecological Modelling*, n° 176 (2004), p. 313-332.
- Bousquet F., Bakam I., Proton H., Le Page C., 1998. Cormas : common-pool resources and multi-agent Systems. *Computer System*, n° 1416, p. 826-838.
- Brigand L., Bioret F., Le Démézet M., 1992. Landscapes and environments on the island of Ouessant (Brittany, France): from the traditional maintenance to the management of abandoned areas. *Environmental Management*, n° 16(5), p. 613-618.
- Collectif ComMod, 2005. La modélisation comme outil d'accompagnement. *Natures, Sciences et Sociétés*, n° 13, p. 165-168.
- D'Aquino P., Barreteau O., Etienne M., Boissau S., Aubert S., Bousquet F., Le Page C., Darré W., 2002. The role playing games in an ABM participatory modelling process: outcomes from five experiments. *In* proceedings of the international Environmental Modelling and Software Society Conference, Lugano (Suisse), p. 275-280.
- D'Aquino P., Etienne M., Barreteau O., Le Page C., Bousquet F., 2001. Jeux de rôles et simulations multi-agents : un usage combiné pour une modélisation d'accompagnement des processus de décision sur la gestion des ressources naturelles. *In* Trebul : *Le pilotage des agro-écosystèmes : complémentarités terrain-modélisation et aide à la décision*, CIRAD.
- Gourmelon F., Bioret F., Le Berre I., 2001. Historic land-use changes and implications for management of a small protected island. *Journal of Coastal Conservation*, n° 7, p. 41-48.
- Gourmelon F., Bioret F., Brigand L., 1995. SIG et usage des sols : l'île d'Ouessant de 1952 à 1992. *Mappemonde*, n° 4, p. 6-10.
- Joliveau T., Michelin Y., 2001. Modèles d'analyse et de représentation pour la prospective paysagère concertée : deux exemples en zone rurale. *In* Lardon *et al.* : Représentations spatiales et représentations territoriales, Hermès, p. 239-266.
- Lambin E., Baulies X., Bockstael N., Fischer G., Krug T., Leemans R., Moran E.F., Rindfuss R.R., Skole D., Turner II B.L., Vogel C., 1999. Land-Use and Land-Cover change: implementation strategy. IGBP Report n° 48/IHDP Report n° 10, IGBP.

Mermet L., 2005. *Etudier les écologies futures, un chantier ouvert pour les recherches prospectives environnementales*. Peter Lang, Bruxelles, Ecopolis (5), 411 p.

Poux X., 2005. Fonctions, construction et évaluation des scénarios prospectifs. *In Mermet, Etudier les écologies futures : un chantier ouvert pour les recherches prospectives environnementales*. Peter Lang, Bruxelles, Ecopolis (5), p. 151-186.