

Pédagogie active et enseignement de la biodiversité par la modélisation d'accompagnement

Michel ETIENNE
(Directeur de recherches, INRA Avignon)

Résumé :

Les questions liées à la biodiversité s'appuient sur des savoirs souvent pluridisciplinaires emprunts d'incertitudes et de controverses. Initier des élèves ou des étudiants à la complexité des processus de décision en univers incertain, voire polémique, est une voie prometteuse pour former à l'écocitoyenneté et au développement durable. Notre objet est d'analyser l'adaptation puis la transposition vers l'enseignement d'une démarche de modélisation participative mise au point par des chercheurs pour traiter de questions de gestion de la biodiversité. Les problématiques didactiques liées à cette transposition sont abordées sous plusieurs angles : l'introduction de la problématisation en éducation, la transposition didactique de savoirs élaborés par des scientifiques et, enfin, l'élaboration pour l'enseignement de jeux et situations didactiques.

Mots-clés :

Pédagogie active, Action située, Biodiversité, Modélisation, Accompagnement

Abstract:

Issues related to biodiversity are based on multidisciplinary knowledge where uncertainty and controversy take place. Initiating pupils or students to the complexity of decision processes in an uncertain environment is a promissory way to get them better concerned with eco-citizenship and sustainable development. We analyze how to adapt and transfer to education a participatory modeling approach developed by researchers to deal with biodiversity management issues. Three aspects of the didactic problems linked with this transfer are discussed: introducing problematic issues in education, transferring scientific knowledge in a didactical way, and elaborating didactical role-playing games.

Key-words:

Active pedagogy, Situated action, Biodiversity, Companion modeling

Introduction

L'enseignement de la biodiversité peut se faire selon deux voies diamétralement opposées en termes d'objectifs et de concepts mobilisés. La première propose généralement d'aborder de façon descriptive 3 échelles (site web Eduscol) ou 3 niveaux (Lecointre, 2009). L'enseignant va alors mettre l'accent sur la variation génétique (au sein d'une population, entre les populations, associée à des adaptations aux conditions locales), sur la variété des espèces dans un écosystème ou dans toute la biosphère et enfin sur la variété des écosystèmes de la biosphère. Cette approche prend rarement *Homo sapiens* comme partie intégrante de la biodiversité ou quand elle considère l'être humain, c'est comme un agent perturbateur. La biodiversité est alors considérée comme soumise à la menace de 4 facteurs humains principaux : la destruction des habitats à cause de l'agriculture, des exploitations forestières et minières et de la pollution de l'environnement, l'introduction d'espèces nouvelles dans des aires géographiques où elles étaient absentes, la surexploitation de certaines espèces végétales ou animales, et enfin les perturbations dans les chaînes alimentaires.

La deuxième voie est de mettre en débat trois conceptions de la biodiversité (Blondel, 2005) : un concept abstrait plus ou moins synonyme de « variété de la vie », une hiérarchie d'entités biologiques et les agents et processus qui les relient et font fonctionner les systèmes socio-écologiques, et enfin une construction sociale, économique et politique dont les enjeux relèvent principalement des interactions étroites qui existent entre la nature et les sociétés humaines. L'objectif est de comprendre comment les gens utilisent les plantes, les animaux, ou toute autre composante du milieu naturel, mais aussi comment les conceptions et représentations qu'ils se font du milieu naturel influencent la façon dont ils l'utilisent.

Cette deuxième voie ne considère plus seulement la biodiversité comme une collection d'entités vivantes mais essentiellement comme des réseaux d'interactions entre ces entités, y compris les êtres humains. Elle s'appuie sur des savoirs pluridisciplinaires, empreints d'incertitudes et de controverses dans la mesure où il n'existe pas a priori de solution unique et que plusieurs arrangements sont possibles. L'objet de cet article est d'analyser le transfert d'une démarche dite de modélisation d'accompagnement en vue d'une aide à la compréhension de la biodiversité en tant que réseau d'interactions entre natures et sociétés.

Cette démarche a été construite par un collectif de chercheurs, le collectif ComMod³, pour résoudre des situations réelles complexes et potentiellement conflictuelles sur des questions environnementales (Etienne, 2010). Elle s'appuie sur une série de méthodes bien rodées (Daré et al., 2009) : méthode ARDI pour formaliser une représentation commune d'un système complexe (Etienne, 2009), jeu de rôles pour mettre les acteurs en situation pour leur faire vivre la complexité (Mathevet et al., 2008), modèles de simulation multi-agents donnant à voir la dynamique du système selon différentes façons de le gérer (Gourmelon et al., 2008; Anselme et al., 2010). Elle s'est construit un cadre théorique (Collectif ComMod, 2009) puisant ses sources dans les théories de l'agir communicationnel (Habermas, 1987), de l'action située (Suchman, 1987), de l'apprentissage organisationnel (Koenig, 1994) et expérientiel (Kolb, 1985), et mobilisant les concepts de la grammaire de la justification (Boltansky & Thévenot, 1991), d'objet frontière (Star, 1989) ou d'objet intermédiaire (Vinck, 1999).

L'analyse porte sur le transfert de la démarche dans trois directions : l'enseignement supérieur, l'enseignement agricole et le grand public. Dans l'enseignement supérieur, la cible visée correspond à des masters 2 universitaires dans le domaine de la gestion de la biodiversité ou des interactions entre milieux, cultures et sociétés, et à des 3^o années de formations d'ingénieur agronome ou forestier. Dans l'enseignement agricole, le transfert a pris la forme d'une expérimentation sur la faisabilité de mise en place des outils méthodologiques et d'utilisation des modèles informatiques dans diverses filières de l'enseignement agricole au niveau BTS et bac. Vers le grand public, il s'est agi de sensibiliser à la gestion de la biodiversité et aux interactions homme-nature toute personne participant à des journées portes ouvertes ou des festivals grand public.

Nous proposons dans un premier temps de présenter de manière synthétique la démarche de modélisation d'accompagnement. Dans un second temps, nous détaillons les modalités de transfert vers l'enseignement supérieur, l'enseignement agricole et le grand public. Enfin, nous analysons les démarches pédagogiques mises en œuvre sous trois angles : l'introduction

³ Le collectif ComMod regroupe des chercheurs français de diverses institutions (Cirad, INRA, CNRS, Cemagref) mais aussi de divers pays qui « travaillent depuis un certain nombre d'années dans le domaine de la gestion des ressources renouvelables, en utilisant divers outils, et en particulier la simulation multi-agents et les jeux de rôles, afin d'aborder les thèmes scientifiques concernant la propriété commune, les processus de coordination entre acteurs, les processus de décision collective, etc. Le recours à des modèles et à des jeux a été un moyen de franchir les frontières disciplinaires, et de prendre en considération la nature complexe des systèmes étudiés. » <http://www.commod.org>

de la problématisation en éducation, la transposition didactique des savoirs issus du collectif ComMod, et l'utilisation de jeux de rôles en situations didactiques.

La modélisation d'accompagnement

Le collectif ComMod a développé des modélisations pour appréhender la complexité des systèmes où interviennent de nombreux acteurs ayant des enjeux variables et parfois contradictoires sur des questions liées à la gestion des ressources naturelles renouvelables (Gurung et al., 2006), et en particulier de la biodiversité (Etienne et al., 2003; Anselme et al., 2010; Rouan et al., 2010). La démarche de modélisation d'accompagnement tente ainsi d'allier problématisation et action, en faisant d'abord comprendre aux acteurs concernés le fonctionnement du système complexe dans lequel ils vivent ou produisent, puis en les aidant à évaluer les effets de leurs actions sur ce système selon une ou des problématiques particulières. Elle s'appuie pour cela, d'une part, sur une modélisation informatique du système, co-construite à partir de savoirs scientifiques, techniques ou empiriques, et d'autre part, sur une simulation avec les acteurs de la dynamique de leur système, souvent sous forme ludique, qui permet de mettre en évidence les logiques des acteurs et les effets de leurs décisions sur le fonctionnement du système (Etienne, 2010). Cette démarche est habituellement utilisée, en situation réelle, pour accompagner les prises de décisions collectives sur des objets environnementaux complexes et potentiellement conflictuels. Elle se positionne clairement dans le champ d'une posture post-normale (Funtowicz & Ravetz, 1993) dans laquelle l'implication des acteurs dans le processus participatif est plus importante pour la mise en œuvre d'un résultat de ce processus que le résultat lui-même.

La modélisation d'accompagnement s'appuie sur différentes façons de combiner trois outils qui font son originalité par rapport aux autres démarches participatives utilisées dans le domaine de la gestion des ressources naturelles renouvelables (Etienne & Bousquet, 2009). Le premier outil est une méthode de formalisation individuelle ou collective des connaissances sur les relations entre les objets constitutifs d'un système (Etienne et al., 2011). Il consiste à tracer collectivement des diagrammes, simples schémas de type entités/rerelations où sont positionnés la ou les ressources ainsi que les acteurs sélectionnés, et sur lequel on signifie par des flèches labellisées d'un verbe chaque relation d'un acteur à un autre, ainsi que chaque relation d'un acteur à une ressource (Etienne, 2009). Ce format informel, basé sur des termes

« naturels » (qui doivent n'être ni polysémiques, ni trop génériques, ni porteurs de jugement de valeur), permet de donner un premier aperçu visuel des éléments constitutifs du modèle et de leurs interactions. Il présente l'avantage d'être aisément appréhendable par des acteurs qui n'ont jamais pratiqué la modélisation (Le Page et al., 2010).

Le deuxième outil est un modèle informatique, de type multi-agents (Bousquet & Le Page, 2004), qui permet de représenter les interactions entre dynamiques écologiques et dynamiques sociales, et de simuler les changements probables d'un territoire en termes de structure, de composition, de juxtaposition ou de superposition d'usages. Les systèmes multi-agents considèrent un territoire comme un ensemble d'objets sur lesquels des agents prennent des décisions en fonction de la perception qu'ils s'en font et des échanges qu'ils ont à leur sujet avec les autres catégories d'agents. Ils ont également la capacité de représenter cet éventail de perceptions en proposant des points de vue sur le système construits à partir d'une palette d'indicateurs jugés pertinents par les différents acteurs concernés par le devenir de ce territoire (Etienne et al., 2003).

Enfin, les jeux de rôles ont pour but de mettre en situation les principaux acteurs du développement pour leur faire vivre la complexité du système avec lequel ils interagissent, et les sensibiliser aux processus et procédures qui sont à l'origine de la question qui est au centre du jeu. L'objectif du jeu est de rendre la modélisation du fonctionnement de l'interaction entre usagers facilement accessible, de partager rapidement une représentation du ou des processus mis en jeu, tout en laissant libre cours à l'inventivité des joueurs pour mettre au point une stratégie d'action ou de négociation (d'Aquino et al., 2003). Les participants sont immergés dans un système soumis à des règles de dynamiques écologiques simples mais suffisamment précises pour rendre correctement compte de l'impact des modalités de gestion. Ils sont également conduits à spatialiser leurs activités et à consacrer un temps donné du jeu à la discussion et aux échanges aussi bien entre rôles similaires, qu'entre rôles antagoniques (négociation multiple). Ils sont enfin projetés dans le futur, le modèle qui sert souvent de support au jeu de rôles, simulant les dynamiques engendrées par les actions décidées individuellement ou collectivement par les joueurs.

L'analyse à chaud avec les participants qui suit toute session de jeu est un moment clef car il permet de mieux comprendre les motivations qui justifient les comportements, et de discuter le lien entre le modèle joué et la réalité. Il s'agit d'une simulation de situations existantes dans le monde réel mais située hors de tout enjeu opérationnel immédiat. Ceci permet la prise de distance et la montée en généralité. L'analyse va porter sur les stratégies mises œuvre de façon réfléchie ou improvisées, face à une situation inopinée ou inattendue. Elle va aussi

porter sur les décisions associées ; sur les points de vue mobilisés et les indicateurs utilisés ; sur le ressenti des phases de négociation et les arguments développés (mots pour expliciter, mots pour convaincre, mots pour partager).

En France, le groupe ComMod a appliqué sa démarche sur des problématiques variées (allocation des terres agricoles, gestion de l'eau, conservation de la biodiversité, prévention des incendies) et dans des environnements très divers (pelouses steppiques des grands causses, forêt méditerranéenne, grandes plaines céréalières, roselières méditerranéennes, zones périurbaines...). Ces études de cas ont impliqué des acteurs appartenant à de multiples groupes sociaux (éleveurs, forestiers, chasseurs, touristes...), et s'exprimant à différents niveaux de décision (local, communal, régional).

La transposition dans l'enseignement

L'enseignement supérieur

Les formations académiques courtes (4 à 6 heures) se déroulent sous la forme d'ateliers interactifs basés sur la présentation d'expériences vécues (expliquer comment un système complexe donné a été modélisé), couplées avec la manipulation d'un modèle facile à appréhender (du type forêt/feu/pompiers) ou d'un jeu de rôles rapide à mettre en œuvre (récolte d'une ressource par un type d'acteur). L'exercice pédagogique consiste ensuite à complexifier petit à petit la situation, soit en rendant la représentation des acteurs ou des ressources de plus en plus sophistiquée, soit en introduisant de nouveaux types d'acteurs ou de ressources en jeu.

Dans les formations plus longues (2 à 4 jours), l'approche pédagogique est centrée sur l'analyse détaillée d'une étude de cas réelle déjà aboutie. Les étudiants vont d'abord essayer de comprendre un système complexe en le représentant sous la forme d'un modèle conceptuel décrivant, de façon dynamique, les interactions entre acteurs et ressources sur un territoire donné. Ils vont ensuite, soit visualiser ces dynamiques simulées au moyen d'un modèle multi-agents et proposer des alternatives de gestion (exercice sur des scénarios d'aménagement), soit jouer le rôle des acteurs représentés dans le modèle et vivre les interactions avec les autres

acteurs et sur l'environnement pendant la mise en place de leur aménagement (session de jeu de rôles).

Des jeux pédagogiques ComMod ont été développés spécifiquement dans cet objectif et ont été adaptés aux thématiques dominantes traitées dans les cursus dans lesquels les membres du collectif ComMod enseignent. Ils peuvent être répartis en trois catégories selon ce qui a guidé leur conception : pour enseigner ; pour organiser des ateliers avec les acteurs d'un système particulier, mais par la suite utilisé tel quel dans des sessions de formation, à objectif ambivalent. La première catégorie regroupe des jeux soit génériques et abstraits mais facilement associables à un contexte donné, des jeux adaptés à la spécialisation des étudiants soit créés de toutes pièces, soit inspirés d'un jeu conçu pour les acteurs d'un système étudié, ou contextualisé à partir d'un jeu plus abstrait (Etienne et al., 2010).

L'enseignement agricole

L'originalité de l'expérimentation menée avec l'enseignement technique agricole français réside à la fois dans la volonté de tester une utilisation pédagogique généralisée, et de proposer trois axes pédagogiques potentiels aux enseignants :

- 1) formaliser une représentation commune d'un système complexe (méthode ARDI)
- 2) mettre les apprenants en situation pour leur faire vivre cette complexité (jeu de rôles)
- 3) utiliser une modélisation de cette complexité pour imaginer des gestions alternatives (scénarii)

Le projet est une initiative de SupAgro Florac et de la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (FRB). Il a impliqué un groupe pilote d'enseignants du secondaire agricole volontaires pour s'emparer des supports et des méthodes élaborées par le collectif ComMod, en tester tout ou partie avec leurs élèves et mutualiser leurs expériences. SupAgro Florac, la FRB et plusieurs chercheurs du collectif ComMod se sont proposés d'accompagner ce groupe pour faire des apports, organiser des regroupements et la mutualisation des expériences, suivre et accompagner les applications sur le terrain, adapter les supports et en produire éventuellement de nouveaux, et enfin, promouvoir et diffuser les expériences et produits pertinents. Des inspecteurs pédagogiques de l'enseignement agricole, des bureaux de la D.G.E.R. et des opérateurs de l'appui autres que SupAgro Florac ont également été associés à la réflexion. Les premiers résultats de cette expérimentation font l'objet d'une autre communication à ce colloque (Simonneaux et al., 2011).

Le transfert s'est globalement déroulé en trois temps. Un premier temps a consisté en une transposition quasi à l'identique des formations académiques réalisées par les chercheurs du collectif ComMod. Elle a consisté à la mise en œuvre intégrale, sur 2 jours, d'une séquence associant un atelier ARDI, un jeu de rôles et un exercice de simulation, à partir d'une étude de cas adaptée à l'enseignement de la gestion de la biodiversité : MejanJeuBiodiv. Cette séquence a été complétée par la présentation d'un éventail d'applications soit traitant de problématiques qui pourraient intéresser ces enseignants, soit faisant appel à des modèles abstraits largement décontextualisés. Enfin, un atelier pratique de manipulation de la plateforme informatique a permis de démystifier en partie la présence d'ordinateurs et la crainte de l'informatique. Pour les enseignants ayant accepté de poursuivre l'expérimentation, un deuxième temps a consisté à observer un chercheur du collectif ComMod lors d'une session d'enseignement avec de vrais étudiants, et sur une application ayant du sens par rapport aux matières traitées dans leur lycée agricole ou par rapport aux terrains sur lesquels ils emmènent leurs élèves. Enfin, tous les enseignants s'étant investis dans cette seconde phase ont décidé d'aller jusqu'au bout en adaptant et mettant en œuvre dans leur propre enseignement un ou plusieurs des outils proposés. Toutefois aucun des participants n'a retenu la proposition qui consistait à créer, ex nihilo, un jeu pédagogique ComMod répondant spécifiquement à une de leurs attentes particulières.

Le grand public

Dans le cadre de la Fête de la Science et, plus récemment, d'une collaboration avec le collectif des Petits Débrouillards, un effort de transposition supplémentaire a été mené en ajustant les outils pédagogiques proposés à un format plus court et à un public d'âge varié. Les trois axes pédagogiques ont été conservés mais ils ont été adaptés aux contraintes imposées par le cadre d'un festival (Festival de la biodiversité, Fête de la Science) et la programmation associée. La méthode ARDI a ainsi été proposée comme un moyen de discuter des différents points de vue sur deux ou trois "objets de biodiversité" rencontrés lors d'une brève sortie de terrain. Acteurs, ressources et dynamiques étaient directement et individuellement observés sur le terrain alors que le diagramme d'interactions était l'objet d'un atelier collectif en salle. Une deuxième option encore plus "édulcorée" a consisté à compléter un diagramme d'interactions sur les différentes représentations d'un arbre (un pin, un chêne), à partir d'un plateau de jeu reproduisant un schéma explicitant les interactions mais ne donnant aucune information sur

les acteurs et les ressources, qui sont proposés aux participants sous la formes de photos à tirer ou à deviner. L'exercice reste collectif (2, 3, 4 ou 6 personnes par plateau de jeu) et propose une version simplifiée jouable par des enfants. Seuls les jeux de rôles proposés n'ont fait l'objet d'aucune adaptation, si ce n'est de faire correspondre la problématique traitée avec la thématique du festival.

Discussion

L'éducation par la problématisation

L'un des enjeux du transfert de la démarche ComMod à l'enseignement est d'initier les apprenants à un mode de raisonnement qui combine enjeux sociaux et environnementaux dans des situations complexes. Ce mode de raisonnement est mis en pratique dans le cadre de la résolution d'un problème selon trois processus d'apprentissage. Un exercice progressif de formalisation aide à construire une représentation partagée d'un enjeu de biodiversité. L'observation de simulations informatiques spatialisées facilite la compréhension des dynamiques écologiques et socioéconomiques, et de leurs interactions. Cet exercice alterne recherche d'informations et d'indicateurs, interprétation des observations par la formulation d'hypothèses, et test de ces hypothèses. Enfin, une mise en situation permet de se mettre à la place des "vrais" acteurs pour saisir leurs moyens d'action, comprendre leur rationalité, mener une négociation, prendre des décisions et mesurer leurs effets sur la biodiversité.

La démarche pédagogique proposée privilégie donc bien une recherche de signification des données engageant des activités d'argumentation et visant des possibilités d'action, plutôt qu'une recherche de données à caractère documentaire (Fleury & Fabre, 2005). Elle engage pour cela les apprenants dans un raisonnement socio-scientifique non formel (Sadler et al., 2004) qui permet de prendre en compte des enjeux multiples, et d'accepter l'hypothèse qu'il n'existe pas une seule solution indiscutable, parce que les raisons invoquées peuvent admettre des points de vue opposés. Le raisonnement se doit donc de reconnaître la complexité inhérente à la question étudiée, d'examiner la question depuis plusieurs points de vue, d'admettre des reformulations de la question chemin faisant, d'identifier les risques et les incertitudes, et de faire preuve d'un certain scepticisme vis à vis des informations présentées.

Il peut même aller jusqu'à prendre en compte des valeurs culturelles ou des principes éthiques dans les prises de décision.

La transposition didactique

L'usage de la modélisation a pour objectif de faire évoluer les représentations des élèves sur le fonctionnement d'un système socio-écologique. Contrairement aux jeux vidéos dans lesquels la phase de modélisation informatique est totalement opaque, l'exercice de co-construction basé sur la méthode ARDI permet aux apprenants de comprendre le fonctionnement du système et garantit une totale transparence sur ce que contient le modèle. Ensuite, le jeu de rôles et le débriefing qui doit absolument lui être associé ont pour objectif de faire vivre puis expliciter ce fonctionnement notamment en complexifiant la construction initiale du fonctionnement du système, en particulier en faisant discuter sur la diversité de comportement des joueurs et sur les différences entre comportements individuels et comportements collectifs. L'éducation aux choix inclut non seulement l'identification des arguments des différents opposants, mais aussi l'analyse des intérêts des différents acteurs. La démarche permet également de mettre en commun les apprentissages et de repérer à quelles connaissances de base l'apprenant a fait appel et quelles sont celles qui lui ont manqué. Une fois cet apprentissage acquis, la phase de simulation va stimuler l'imagination et la créativité de l'apprenant, et va lui donner l'opportunité de tester ou mettre à l'épreuve le modèle en tant qu'outil d'évaluation d'un scénario ou de réflexion sur une prospective territoriale.

La modélisation d'accompagnement stimule ainsi un certain nombre d'apprentissages conscients, susceptibles d'élargir les connaissances sur la gestion de la biodiversité. Elle introduit des modes de partage des connaissances, d'apprentissage et de décision entre enseignant et apprenant innovants par rapport au cadre standard de l'enseignement français. Les apprenants sont fortement incités à s'impliquer et à expérimenter de nouvelles formes de communication, basées sur des interactions entre acteurs et entre acteurs et systèmes, ce qui facilite un apprentissage par l'expérience (Daré et al., 2010). Ces échanges permettent à la fois un apprentissage des enjeux et des problèmes complexes liés à la gestion de la biodiversité, une meilleure compréhension des autres et de leurs intérêts, mais aussi l'explicitation des cadres de référence de chacun. Comme dans les phases de co-construction menées dans un processus ComMod entre les acteurs locaux, les techniciens et les chercheurs,

la transposition didactique refuse de séparer les différents types de savoirs avec d'un côté des détenteurs de la connaissance (les maîtres) et des utilisateurs (les élèves) de l'autre. Le modèle intègre les savoirs locaux, dont les "vrais" acteurs de terrain sont porteurs.

Il reste à résoudre le problème du choix des situations qui doivent à la fois pouvoir apporter des connaissances dûment référencées dans les programmes et les directives de l'académie concernée, et faire réfléchir sur des contenus théoriques ou des éléments pragmatiques en fonction du choix par l'enseignant d'un degré d'abstraction et de complexité variable. Les critères de choix peuvent être multiples. On peut privilégier une étude de cas traitant d'enjeux environnementaux identiques à ceux couramment rencontrés dans la région où se déroule la formation ou l'évènement grand public. On peut donner la préférence aux logiques d'acteurs et sélectionner des contextes professionnels proches de ceux étudiés par les élèves ou les étudiants. On peut choisir une étude de cas abstraite pour gagner en généralité et forcer les apprenants à porter leur réflexion sur des aspects plus globaux de la gestion de la biodiversité (partage des ressources, mesure de la biodiversité, effet de l'organisation spatiale).

L'enseignement par le jeu

L'apprentissage par le jeu est une autre constante de la démarche pédagogique. Il propose lors d'une mise en situation ludique, de combiner la compréhension de fonctionnements écologiques, de la complexité des interactions entre nature et sociétés, et de l'intérêt de la concertation voire de la coopération entre acteurs impliqués dans le jeu. Il permet de positionner l'apprenant dans un contexte original, révélateur d'attitudes, de comportements, d'actions situées. Mais l'apprentissage n'est permis que dans la mesure où, lors du débriefing, des modalités pédagogiques particulières permettent un acte réflexif, une conceptualisation progressive tenant compte de la capacité d'abstraction de l'apprenant. De plus, faire jouer à des étudiants un jeu qui a été joué par les acteurs du système de référence ouvre des perspectives particulièrement intéressantes pour aborder, lors du débriefing, la question du lien à la réalité. Ainsi, au travers d'un jeu comme SylvoPast basé sur une représentation plutôt abstraite d'un massif forestier méditerranéen, les étudiants endossant le rôle du forestier, du berger ou des chasseurs ont mis en œuvre dans le cadre du jeu des stratégies similaires à celles que les vrais acteurs mobilisent dans la réalité (Etienne, 2003).

En plus des difficultés classiques de maîtrise des débordements potentiels liés à la mise en place d'une activité ludique qui doit garder un aspect sérieux, plusieurs problèmes ont été mentionnés. Ils sont soit de type organisationnel, soit de type notionnel. Les jeux de rôles ComMod imposent en effet généralement une organisation particulière de la salle de cours, la mise à disposition d'un matériel plus ou moins sophistiqué et une disponibilité en temps conséquente (minimum 2 heures pour les jeux sur la biodiversité). Ils font également appel à des notions spécifiques à la fois sur les enjeux de biodiversité (espèce emblématique, diversité génétique,...) et sur les pratiques socio-professionnelles associées (débroussaillage, semis en milieu forestier, pratiques de chasse, sylviculture) qui peuvent demander soit un travail préalable de l'enseignant, soit l'élaboration de consignes adaptées au curriculum des apprenants. Mais l'excès de consignes ne doit pas inhiber la créativité ou la spontanéité. Ces savoirs locaux, souvent très techniques, doivent être mobilisés pour comprendre les logiques d'acteurs, ou la dynamique des ressources. Plutôt que de retenir ces éléments comme des obstacles didactiques, l'idée est de les considérer comme des éléments de savoir à questionner et découvrir par les « joueurs ». Il faut pour cela que l'enseignant soit capable de les expliciter, ce qui requière une transposition de la connaissance scientifique vers du savoir enseignable, un apprentissage préalable de ce savoir par l'enseignant, voire une adaptation du jeu au contexte local que l'enseignant maîtrise. Par rapport à une situation d'enseignement ordinaire, la dévolution du problème par l'enseignant est très partielle. En situation réelle, ces savoirs locaux peuvent être aussi des appuis à l'apprentissage en permettant de mettre en lumière des pratiques locales dans d'autres situations et éviter des généralisations abusives.

Conclusion

La modélisation participative comme moyen efficace de pédagogie active est donc au centre de la démarche proposée par le collectif ComMod. Nous faisons l'hypothèse que la co-conception d'un modèle puis l'utilisation partagée de simulations de ce modèle facilitent la compréhension de systèmes complexes, et encouragent la réflexion collective sur des alternatives de gestion (Hare et al., 2003). Enseigner par la modélisation stimule à la fois la capacité d'abstraction de l'apprenant via le travail de formalisation, et sa capacité d'imagination via les facilités de projection vers le futur (Lane, 1992). Les évaluations standardisées mises en œuvre sur plusieurs formations à la modélisation d'accompagnement

ont montré à la fois l'efficacité pédagogique des outils proposés, et la variété des domaines d'apprentissage observés (Etienne et al., 2008). Le plaisir d'apprendre en faisant, d'apprendre en jouant et d'apprendre en simulant est mentionné de façon récurrente par les apprenants. La prise de conscience de la complexité des interactions entre activités humaines et dynamiques écologiques est souvent identifiée comme un point fort de la démarche pédagogique. Enfin, de nombreux participants annoncent avoir découvert le besoin de concertation dans ce genre de problématique, et la faculté d'un modèle informatique à servir de support de concertation entre des acteurs multiples.

Il ne faut pas négliger pour autant les contraintes techniques liées à l'utilisation d'équipements informatiques qui peuvent constituer des obstacles, à la fois en terme de besoin en matériel (il faut au minimum un ordinateur par groupe), et de maîtrise partielle de la plateforme de simulation. Bien que la plateforme Cormas développée par le collectif ComMod soit en libre accès, son installation est difficilement gérable par un enseignant sans l'appui d'un informaticien. De même, la maîtrise des jeux de rôles informatisés ou des modèles de simulation impose un certain entraînement, même si des interfaces conviviales ont été développées pour répondre spécifiquement aux besoins des enseignants.

Bibliographie

Anselme, B., et al. (2010). Modelling of spatial dynamics and biodiversity conservation on Lure mountain (France). *Environmental Modelling and Software*, 25(11), pp.1385-1398.

Aquino (d'), P., et al. (2003) 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*, 6 (3), <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/3/5.html>>

Blondel, J. (2005). Biodiversité et sciences de la nature. Les biodiversités, objets, théories, pratiques. Paris, France: CNRS Editions.

Boltanski, L., & Thévenot, L. (1991). De la Justification, les économies de la Grandeur. Paris, France: Gallimard.

Bousquet, F., & Le Page C. (2004). Multi-agent simulations and ecosystem management: a review. *Ecological Modelling*, 176 (3-4), pp.313-332.

Collectif ComMod (2009). La posture d'accompagnement des processus de prise de décision : les références et les questions transdisciplinaires. Dans D. Hervé & F. Laloë (eds), *Modélisation de l'environnement : entre natures et sociétés*, pp. 71-89. Versailles, France: Quae éditions.

Daré, W., et al. (2009). Repères méthodologiques pour la mise en œuvre d'une démarche de modélisation d'accompagnement. Laudun, France: Cardère éditions.

Daré, W., et al. (2010). Apprentissage des interdépendances et des dynamiques. Dans M. Etienne (ed), *La modélisation d'accompagnement : une démarche participative en appui au développement durable*, pp. 223-250. Versailles, France: Quae éditions.

Etienne M. (2003). SYLVOPAST a multiple target role-playing game to assess negotiation processes in silvopastoral management planning. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, [en ligne], 6 (2), <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/5.html>>.

Etienne, M. (2009) Co-construction d'un modèle d'accompagnement selon la méthode ARDI: guide méthodologique. Laudun, France: Cardère éditions.

Etienne, M. (2010). La modélisation d'accompagnement : une démarche participative en appui au développement durable. Versailles, France: Quae éditions.

Etienne M., et al. (2010). ARDI: a co-construction method for participatory modeling in natural resources management. *Ecology & Society*, 16(1): 44, [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art44/>

Etienne, M., et al., (2008). Teaching companion modelling to agronomy students : an original way to integrate concepts in agriculture and environment. [Communication écrite]. 8. European IFSA Symposium. Empowerment of the rural actors ; 2008/07/06-10 ; Clermont-Ferrand (FRA). 2008. 5 p.

Etienne, M., et al. (2003). 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*, 6 (2), <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/2.html>>.

Etienne, M., et al. (2010). Transférer la démarche de modélisation d'accompagnement. Dans M. Etienne (ed), *La modélisation d'accompagnement : une démarche participative en appui au développement durable*, (pp. 277-293). Versailles, France: Quae éditions.

Etienne, M., & Bousquet, F. (2009). Accompagner le développement : les différentes étapes d'une démarche de modélisation d'accompagnement. Dans P. Béguin & M. Cerf (eds),: *Dynamique des savoirs, dynamique des changements*, (pp. 175-190). Paris, France: Octarès.

Fleury, B., & Fabre, M. (2005). Psychanalyse de la connaissance et problématisation des pratiques pédagogiques : la longue marche vers le processus "apprendre". *Recherche et Formation*, 48, pp.75-90.

Funtowicz, S.O., & Ravetz, J.R. (1993). Science for the post-normal age. *Futures*, 25 (7), pp.739-755.

Gourmelon, F., et al. (2008). Eléments de prospective environnementale dans une réserve de biosphère. *Cybergeó*, article 429, <http://www.cybergeó.eu/index20343.html>

Gurung, T.R., et al. (2006). Companion modeling, conflict resolution, and institution building: sharing irrigation water in the Lingmutyechu Watershed, Bhutan. *Ecology and Society*, 11 (2), <<http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art36/>>.

Habermas, J. (1987). *Théorie de l'agir communicationnel*. Paris, France: Fayard.

Hare, M.P., et al. (2003). Participatory modelling in natural resource management: a comparison of four case studies. *Integrated Assessment*, 4 (2), pp.62-72.

Koenig, G. (1994). Apprentissage organisationnel : un état des lieux. *Revue Française de Gestion* 85, pp.76-83.

Kolb, D.A. (1984). *Experiential Learning: Experiences as Source of Learning and Development*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

Lane, D.C. (1992). Modelling as learning: a consultancy methodology for enhancing learning in management teams. *European Journal of Operational Research*, 59, pp.64-84.

Lecointre, G. (2009). *Guide critique de l'évolution*. Paris, France: Belin.

Le Page, C., et al. (2010). Des modèles pour partager des représentations. Dans M. Etienne (ed), *La modélisation d'accompagnement : une démarche participative en appui au développement durable*, pp. 71-101. Versailles, France: Quae éditions.

Mathevet, R., et al. (2008). Des roselières et des hommes : ButorStar, un jeu de rôles pour l'aide à la gestion collective. *Revue Internationale de Géomatique*, 18(3), pp.375-395.

Rouan, M., et al. (2010). A co-modelling process of social and natural dynamics on the isle of Ouessant: Sheep, turf and bikes. *Environmental Modelling and Software*, 25(11), pp.1399-1412.

Sadler, T.D., et al. (2004). Student conceptualisations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26 (4), pp.387-410.

Simonneaux, L., et al. (2011). Intérêts et limites de la valorisation des modélisations d'accompagnement pour une éducation au développement durable.

Souchère, V., et al. (2010). Co-constructing with stakeholders a role-playing game to initiate collective management of erosive runoff risks at the watershed scale. *Environmental Modelling and Software*, 25(11), pp.1359-1370.

Star, S. L., & Griesemer J. R. (1989). Institutional ecology, 'translations' and boundary objects: amateurs and professionals in Berkeley's museum of vertebrate zoology. *Social Studies of Science*, 19(3), pp.387-420.

Suchman, L. (1987). *Plans and Situated Actions: the Problem of Human/Machine Communication*. Cambridge University Press.

Vinck, D. (1999). Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. *Revue Française de Sociologie*, 40(2), pp.385-414.