

Master « Lettres, Arts, Sciences humaines et sociales »
Mention « Sciences sociales » - Spécialité « Géographie »
« SYSTEMES TERRITORIAUX, AIDE A LA DECISION, ENVIRONNEMENT »

**Jeux sérieux et enjeux environnementaux :
Concevoir un outil de simulation participative**

*Le cas de « BarOdyssee », un jeu de rôles sur les dynamiques socio-
environnementales de la déprise rurale à Séderon (Drôme)*



Marlène LAGARD

Ecole Normale Supérieure de Lyon

Mémoire de M1 soutenu le 28 juin 2016

Devant un jury composé de :

Directeur de mémoire : M. Pascal MARTY (UMR/CNRS 5600, Environnement, Ville, Société, ENS de Lyon)

Examineur : M. Romain GARCIER (UMR/CNRS 5600, Environnement, Ville, Société, ENS de Lyon)

« *Nous ne raisonnons que sur des modèles.* »

— Paul VALÉRY, *Cahiers*, I, 1973

Remerciements

Je remercie tout d'abord mon directeur de mémoire, Pascal Marty, pour son aide, sa patience et ses précieux conseils. Je remercie également mes tuteurs de stage, Nicolas Bécu, Brice Anselme, Eva Haëntjens et Richard Raymond, pour le temps et la confiance qu'ils m'ont accordés. Je remercie enfin tous les chercheurs et le personnel du LADYSS de m'avoir accueillie, encadrée et guidée au cours de mon stage.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance à Sylvie et Baptiste, pour leur hospitalité, leur générosité et leur gentillesse. Je les remercie de m'avoir considérée comme leur fille adoptive pendant trois mois. Sans leur soutien, ce mémoire aurait été bien différent.

Je remercie enfin celui qui m'épaule à chaque instant, ainsi que ma famille, qui m'encourage depuis toujours.

Sommaire

Remerciements	3
Sommaire	4
Introduction générale	5
I. La place récente de la simulation participative dans la géographie des enjeux environnementaux	8
A. Pour une géographie de l'environnement	8
B. Territorialiser les enjeux environnementaux.....	11
C. Représenter les territoires de l'environnement	15
D. Objectifs du mémoire : Penser et évaluer un outil de simulation participative	19
II. Du prototype à l'outil final, matériel et méthode pour la valorisation d'un outil de simulation ..	22
A. Un objet d'étude complexe : les dynamiques socio-environnementales de la déprise rurale à Séderon	22
B. Un prototype à valoriser : « BarOdysée »	23
C. Cadre de travail et méthodes : une recherche participative	29
III. Représenter des enjeux environnementaux dans un jeu sérieux : le cas de « BarOdysée »	32
A. Le système écologique et social : du réel au virtuel	32
B. Quelle sémiologie (géo)graphique ?	43
C. Concevoir une représentation dynamique : le cas des interactions.....	55
IV. La géographie ludique peut-elle fournir une « représentation efficace » des enjeux environnementaux localisés ?	64
A. Le « jeu sérieux » : un oxymore ?.....	64
B. Le jeu de rôles : un outil opérationnel pour la résolution des conflits environnementaux ?	70
C. La géographie ludique et pédagogique au service du développement durable.....	73
Conclusion générale	76
Bibliographie	78
Table des figures	83
Liste des tableaux, cartes et photographies	84
Liste des sigles et abréviations	85
Annexes	86

Introduction générale

“Scientific knowledge is as much an understanding of the diversity of situations for which a theory or its models are relevant as an understanding of its limits.”¹

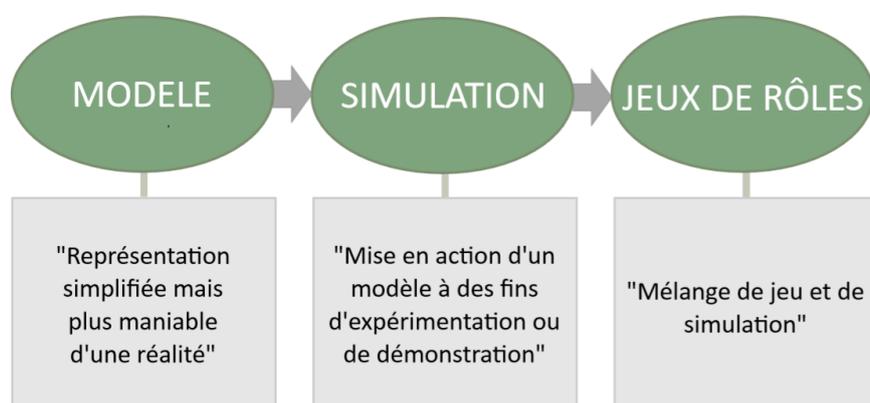
— Elinor OSTROM, *Governing the commons*, 1990

Dans une société démocratique fondée sur la communication entre les individus (Habermas, 1981), l'éthique de la discussion est garante de l'ordre politique. La gestion des biens communs (Ostrom, 1990) constitue cependant un défi qui remet en question la possibilité d'un dialogue ouvert, juste et symétrique, permettant l'expression de points de vue et d'intérêts divergents. L'environnement, à la fois manne de ressources naturelles et cadre de vie collectif, peut être considéré comme un bien commun dont la gestion collective est problématique. En effet, il existe des asymétries de pouvoir entre les citoyens, qui n'ont ni la même capacité d'agir, ni les mêmes connaissances. C'est pourquoi des groupes de chercheurs se consacrent à l'étude de la participation, ce « processus à travers lequel les acteurs influencent et partagent le contrôle sur le développement des initiatives, des décisions et des ressources qui les affectent » (Luyet, 2005). Alors que le fonctionnement économique et administratif actuel tend à privilégier une gestion centralisée et à court terme des affaires communes, la participation fait honneur à des valeurs sociales telles que le partage, la discussion et la prise en compte d'enjeux environnementaux à long terme. Or, la crise environnementale qui s'opère aujourd'hui à l'échelle globale exige de penser de nouveaux modes de gouvernance, prenant en compte les impératifs de responsabilité et de durabilité. Les changements environnementaux globaux, qui touchent le climat, la biodiversité et l'usage des sols, amplifient l'urgence et la complexité d'une gestion environnementale collective, durable et responsable. Dès lors, le rôle des chercheurs impliqués dans les processus participatifs est d'accompagner la prise de décision dans le sens d'une meilleure adaptation au contexte environnemental. Cet engagement s'insère dans le champ de la recherche-action, dont l'objectif est de transformer la réalité tout en produisant des connaissances. Dans ce domaine, la pratique de la simulation participative vise à étudier les interactions présentes et futures entre la société et l'environnement, essentiellement imprévisibles et complexes, en proposant des outils prenant en charge l'incertitude scientifique, la subjectivité des choix individuels et la pluralité de points de vue divergents.

¹ « La connaissance scientifique comprend aussi bien la diversité des situations auxquelles s'applique une théorie ou ses modèles, que la reconnaissance de ses limites [je traduis]. »

La réalisation d'un outil de simulation participative constitue ainsi une modalité de recherche-action en faveur d'une gestion concertée de l'environnement. Ce type de recherche s'appuie sur une méthodologie appelée « modélisation d'accompagnement » (Etienne *et al.*, 2010), qui implique tout d'abord l'élaboration d'un modèle dynamique du système de référence. Le système considéré est un système écologique et social (SES) (Ostrom *et al.*, 2007) qui englobe des agents humains et non-humains ainsi que leurs interactions. Cette approche par les interactions et les réseaux est connue en sciences sociales grâce à la sociologie de la traduction, ou « théorie de l'acteur-réseau » (ANT, « *Actor-Network Theory* ») (Akrich, Callon *et Latour*, 2013). Cette théorie suggère que l'espace social est structuré par les réseaux de relations et de médiations et non pas par des groupes sociaux. La réalité est donc un produit complexe de relations et d'interactions entre des agents humains et non-humains qu'il s'agit d'analyser. En informatique, le système multi-agents est une technique de modélisation qui vise à comprendre cette organisation en réseau. Jacques Ferber considère comme agent toute « [...] entité autonome, réelle ou abstraite, qui est capable d'agir sur elle-même et sur son environnement, qui, dans un univers multi-agents, peut communiquer avec d'autres agents, et dont le comportement est la conséquence de ses observations, de ses connaissances et des interactions avec les autres agents » (Ferber, 1995). La formalisation d'un système simplifié constitue la première étape pour la construction d'un outil de simulation participative. En effet, un jeu de simulation est un monde virtuel qui met en situation des acteurs dans un environnement constitué d'agents artificiels issus d'une modélisation. Il peut ainsi être utilisé à des fins d'aide à la décision puisqu'il permet à ses utilisateurs de tester plusieurs scénarii au sein du système écologique et social et d'observer les résultats à long terme de son mode de gestion. Praticué à plusieurs, sous la forme de jeux de rôles, la simulation prend un tour plus social et permet de mettre en valeur le rôle de tous les acteurs locaux dans la gestion d'un territoire. A l'issue de ces étapes (**Figure 1**), l'outil construit est soumis à une validation technique et sociale provenant de la société pour laquelle il a été conçu.

Figure 1. Les trois niveaux du jeu de simulation participative



LAGARD, 2016
D'après Daré, 2005

Ce mémoire s'inscrit dans la continuité de cette recherche-action en s'appuyant sur un cas particulier : celui du développement d'un outil de simulation participative portant sur les dynamiques socio-environnementales de la déprise rurale à Séderon, dans la Drôme. Situé dans la moyenne montagne des Préalpes du Sud, ce territoire offre à voir les conséquences locales du phénomène de déprise, telles que la fermeture des paysages aujourd'hui problématique pour de nombreux espaces ruraux. L'outil de simulation finalement obtenu est le produit d'un usage conjoint des systèmes multi-agents (SMA) et des jeux de rôles (JdR). Créé d'après le cas spécifique de Séderon, ce jeu a toutefois été pensé dans une perspective générique, afin de pouvoir être adapté à d'autres contextes territoriaux. Cette étude s'appuie sur un stage de trois mois effectué au sein du LADYSS (Laboratoire Dynamiques Sociales et Recomposition des Espaces) situé rue Valette à Paris, de février à mai 2016. La valorisation du prototype de « BarOdysée », l'outil de simulation présenté dans ce mémoire, s'insère dans un programme de recherche en cours intitulé « Valorisation simulation participative ». Ce projet est porté par une équipe de chercheurs membres du LabEx DynamiTe (Laboratoire d'Excellence Dynamiques Territoriales et Spatiales), répartie entre Paris et La Rochelle.

Au carrefour entre la géographie environnementale et l'aide à la décision, ce travail s'attache à montrer l'intérêt et les limites de l'utilisation de jeux sérieux pour améliorer la gestion des ressources à l'échelle locale. La première partie, consacrée à l'état de l'art, s'intéresse à la place récente accordée à la simulation participative dans le champ de la géographie environnementale. L'exposition du cadre méthodologie et du matériel mis à ma disposition pour cette étude constitue la deuxième partie. La troisième partie présente le résultat du processus de valorisation de BarOdysée et s'attache plus particulièrement à l'étude des modes de représentation des enjeux environnementaux sur un support ludique. Enfin, la quatrième et dernière partie sera dédiée à la discussion et à la mise en perspective des résultats, autour de la question de l'efficacité des jeux sérieux dans le domaine de la gestion environnementale.

I. La place récente de la simulation participative dans la géographie des enjeux environnementaux

A. Pour une géographie de l'environnement

1. Les changements environnementaux globaux, moteurs d'un renouveau de la géographie environnementale

En 2015, la Conférence de Paris (COP 21) a fait du changement climatique une actualité brûlante, du fait de l'ampleur médiatique de cet événement rassemblant les Etats signataires de la Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. L'origine anthropique du changement climatique, confirmée par le cinquième rapport (AR5) du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), justifie le traitement politique de cette question environnementale globale. Cependant, la surexposition médiatique de ce phénomène a le double défaut d'être cyclique, puisqu'elle est liée au rythme des sommets internationaux, et d'occulter la variété des changements environnementaux globaux. L'érosion de la biodiversité (Wilson, 1988), marquée notamment par la sixième extinction de masse que nous connaissons, ainsi que les changements d'utilisation des terres (Lambin, 2011) au détriment des milieux naturels sont d'autres problèmes environnementaux d'origine humaine. Ces phénomènes ont pour point commun une origine anthropique largement reconnue. Le changement climatique actuel, caractérisé par une modification des températures terrestres ainsi qu'une perturbation des précipitations, est le fait de la modification de la composition de l'atmosphère par les activités humaines, responsables de l'émission de gaz à effet de serre. L'érosion de la biodiversité, ou la diminution du nombre d'espèces recensées du fait de nombreuses extinctions, s'explique notamment par la destruction d'habitats naturels, la surexploitation de certaines populations ou encore par la pollution. Enfin, le changement d'utilisation des terres est intimement lié à l'industrialisation et aux mutations urbaines et agricoles opérées depuis le XIXe siècle.

Ces changements environnementaux globaux attirent donc l'attention sur les conséquences des activités humaines sur l'environnement : on parle souvent de dégradation de l'environnement, comme si l'environnement en question était uniquement un espace-support instrumentalisé par la société. Toutefois, la mise à jour des conséquences de ces changements la prise en compte de ces changements a modifié l'approche des relations homme-milieu en accentuant le caractère réciproque et complexe de ces rapports (Liu *et al.*, 2007). Au-delà du dualisme société-environnement, les chercheurs font aujourd'hui prévaloir les interactions entre la société et l'écosystème en parlant de système écologique et social (ou *socio-ecological systems*, SES) (Ostrom

et al., 2007). Cette expression désigne un système regroupant des agents humains et non-humains, l'Homme étant une composante d'un système plus large qui englobe la nature et toutes les relations qui se jouent autour d'elle. Cette nouvelle perspective a d'importantes conséquences épistémologiques puisqu'elle amène à associer les sciences sociales aux sciences de l'environnement (biologie, écologie, etc.) afin de penser le système écologique et social comme un objet unique et complexe (Redman, 2004). En effet, la dissociation nature-société fut le paradigme dominant jusqu'alors, en France notamment, tandis que la recherche anglo-saxonne privilégie une perméabilité des frontières entre les différentes disciplines. Dans leur *Dictionnaire de la Géographie* (2013), J. Lévy et M. Lussault insistent d'ailleurs sur l'origine anglo-saxonne du sens moderne du terme « environnement », qui se différencie du traditionnel « milieu », terme employé par les géographes vidaliens pour désigner le monde qui supporte et inclut les Hommes. En France, au cours du XXe siècle, les recherches portant sur le milieu et celles portant sur la société se différenciaient par leurs disciplines (par exemple, écologie, géomorphologie et biologie pour l'étude des milieux, sociologie et économie pour l'étude des sociétés) comme par leurs outils et méthodes. La géographie classique proposait néanmoins un couplage des sciences naturelles et des sciences sociales, mais le sens d'un déterminisme naturel aujourd'hui dépassé. Dès lors, les recherches sur les systèmes écologiques et sociaux constituent bien un renouveau de la géographie de l'environnement, en offrant une voie interdisciplinaire et innovante. Cependant, le renouveau de la géographie de l'environnement, amorcé dans les années 1970, a motivé le développement d'autres recherches portant notamment sur l'écologie du paysage (Forman et Godron, 1986), la *political ecology* (Peluso et Watts, 2001) ou encore la géographie de la conservation (Mathevet et Godet, 2015). La prise en compte des changements environnementaux globaux a donc encouragé une vitalité du champ des recherches scientifiques, mais elle a également soulevé des questions politiques concernant la réponse à ces changements. La géographie de l'environnement s'insère dans le champ des sciences sociales et suggère un rapprochement entre la sphère scientifique et la sphère politique afin de faire face aux enjeux environnementaux globaux.

2. La géographie au cœur de la gestion des enjeux environnementaux

L'urgence écologique est aujourd'hui un leitmotiv très répandu dans les travaux en géographie de l'environnement. Le discours de crise (Arnould et Simon, 2007) repose d'abord sur une mise en garde face à la catastrophe qui se produit, une accusation de l'Homme et de ses méfaits, ainsi que sur la globalisation qui amène à considérer les enjeux environnementaux à l'échelle globale. La communauté scientifique tend à s'accorder sur la vulnérabilité de nos sociétés, aujourd'hui en situation de crise écologique globale. Afin que cette prise de conscience aboutisse à une action

politique, il convient de comprendre la solidarité écologique (Mathevet, 2012) qui lie ensemble les écosystèmes et qui oblige les Hommes à se montrer solidaires entre eux. Dans *La Société du risque*, U. Beck (Beck, 2001) parle de la « solidarité des choses vivantes » et invoque un sens plus sociologique au terme de solidarité et d'interdépendance.. A cet égard, ceux qui sont les spécialistes des relations entre la société et l'environnement, les géographes, ont un rôle majeur face aux risques et aux enjeux.

L'apport de la géographie est en effet crucial et l'évolution de son rapport au milieu physique suggère un rapprochement vers la politique et l'action. En effet, la géographie est une science sociale qui étudie « l'homme et la société dans son milieu physique » (Veyret, 2011). Cependant, la prise en compte des enjeux environnementaux suggère d'abord une évaluation scientifique par des spécialistes de l'environnement. Au vu des importants changements que connaissent les milieux actuels, l'écologie dynamique (Zimmerer, 1994) ou la « *new ecology* » et la géographie sont amenées à se rapprocher. La nouvelle écologie propose un nouveau regard sur la nature et la considère comme un produit de l'histoire écologique et sociale. Elle insiste sur la dimension dynamique des processus écologiques, soumis à des variations temporelles et spatiales. L'écologie dynamique insiste d'ailleurs sur les incertitudes qui demeurent dans les réponses scientifiques apportées aux changements environnementaux. Cette remise en question du rôle des experts ouvre la voie aux sciences participatives qui permettent de décentraliser la gestion de l'environnement et d'ouvrir le champ scientifique à de nouveaux acteurs. La géographie humaine quant à elle privilégie une approche nuancée qui tente de se distancier des discours de crise (Arnould et Simon, 2007). Dès lors, les chercheurs évitent l'emploi de l'expression « crise environnementale » au profit des « enjeux environnementaux », moins univoques et simplificateurs.

Qu'est-ce qu'un « enjeu environnemental » ? Selon le dictionnaire Trésor de la Langue Française informatisé (TLFi), un enjeu désigne « ce que l'on peut gagner ou perdre dans n'importe quelle entreprise ». Peut-on dire qu'un enjeu environnemental renvoie directement à la présence d'une ressource sur un territoire (Jacquemin, 2012) ? L'emploi actuel de ce terme pour désigner la pollution maritime ou atmosphérique, la déforestation ou la surexploitation de certaines populations végétales ou animales montre en effet qu'on parle d'enjeu quand un élément naturel indispensable à la survie de l'Homme est concerné : l'air, l'eau, la forêt, etc. Une vision instrumentale de l'environnement mènerait à parler de tout ce qui rend des « services écosystémiques » (Fisher, 2009) à la société. Cependant, on dit également que la protection de la biodiversité est un enjeu environnemental. L'enjeu est donc souvent le fruit d'un manque (ex : érosion de la biodiversité) ou d'un trop-plein (ex : déforestation), donc d'un déséquilibre dans l'usage d'une ressource. La traduction anglaise, *environmental challenges*, rapproche l'enjeu du défi, qui désigne selon le TLFi toute « action d'affronter une chose » ou « incitation à la réalisation d'une chose difficile ». Un enjeu

désigne donc l'état d'un rapport entre la société et son environnement qui manifeste un déséquilibre pouvant entraîner un risque à court ou long terme et dont la résolution est complexe. Si l'origine anthropique du déséquilibre est souvent vérifiée, on peut imaginer des enjeux environnementaux résultant avant tout d'un dysfonctionnement de mécanismes non-humains, comme dans le cas d'une éruption volcanique extraordinaire. Il faut toutefois admettre que dans le monde contemporain, ce sont les organisations sociales qui sont à l'origine des trajectoires écosystémiques. En tout cas, un enjeu est un état situé dans l'espace et le temps et qui fait appel à l'action humaine au moment où il est découvert, ou lorsqu'il s'avère menaçant. Un enjeu environnemental est donc essentiellement politique puisqu'il fait appel à une gestion par des groupes humains aux intérêts souvent divergents. La géographie s'est donc donné pour mission d'identifier les enjeux environnementaux, de les expliquer et de proposer des solutions pour y faire face.

B. Territorialiser les enjeux environnementaux

1. Pourquoi spatialiser l'environnement ?

Le caractère planétaire des enjeux environnementaux semble faire appel à une échelle globale pour penser leur résolution. Cependant, les problèmes environnementaux surviennent dans des « [...] contextes écologiques et sociaux différenciés qui appellent des réponses contextualisées et territorialisées. » (Arnould et Simon, 2007). Dès lors, l'approche géographique des enjeux environnementaux pose d'abord la question des échelles pertinentes pour analyser ces enjeux.

En géographie, les échelles sont un outil d'analyse et de classification qui varie selon son champ d'application et l'objectif visé. Si l'objectif des « zones » (Arnould et Simon, 2007) était d'expliquer les processus physiques ou climatiques, quelle échelle peut-on convoquer dans une perspective de gestion environnementale ? Les recherches récentes tendent à privilégier l'échelle locale pour aborder les enjeux environnementaux, du fait du nouveau rôle accordé aux structures politiques locales. En effet, le défi actuel consiste à adapter les enjeux environnementaux à leur échelle de discussion et de délibération, à savoir l'échelle locale, notamment celle des communes ou des intercommunalités (Van Tilbeurgh, Le Dû-Blayo, 2009). Le rôle de la concertation est à prendre en compte puisqu'il motive ce rattachement des problématiques environnementales à l'échelle du débat public local. Au-delà de la résolution des conflits pour le partage des ressources ou l'aménagement du territoire, l'intérêt de cette approche est de lire l'environnement comme un enjeu d'« intérêt général localisé » (Van Tilbeurgh, Le Dû-Blayo, 2009). Cet intérêt général est le fruit de confrontations de différents acteurs, qui aboutit à un accord et à la construction collective d'un projet commun.

Toutefois, limiter l'approche des enjeux environnementaux aux échelles pratiques de décision risque de n'apporter qu'une vision partielle de l'objet étudié. Dès lors, l'échelle régionale semble assez souple pour pouvoir étudier les systèmes écologiques et sociaux (Bourgeron, 2009) et paraît mieux s'adapter aux contours des enjeux environnementaux. En effet, plutôt que de penser l'environnement à l'échelle des structures politiques, des chercheurs ont développé des méthodes de recherches (RASE, *regional analysis of socio-ecological systems*) (Bourgeron et al., 2009) visant à appréhender les phénomènes environnementaux à l'échelle régionale, plus proche de l'ampleur spatiale effective de des enjeux étudiés. Il s'agit en fait de prendre en compte l'hétérogénéité des systèmes en jeu, puisque chaque phénomène se déroule dans un contexte socio-écologique différent. Plus précisément, les systèmes écologiques et sociaux sont hiérarchisés, puisqu'on peut caractériser un enjeu environnemental plus ou moins finement selon l'objectif visé. Ils sont également dynamiques et on ne peut pas toujours prévoir leurs évolutions, ce qui rend leur délimitation plus ardue et implique la formation de scénarios pour le futur (Bourgeron, 2009). L'enjeu de la spatialisation est donc double : il concerne la définition et l'identification les enjeux environnementaux, mais aussi la nature de la réponse à apporter au problème identifié. L'une ou l'autre de ces entrées peut être privilégiée : si la recherche s'inclut dans un programme d'aide à la décision, l'échelle locale peut-être adoptée afin de clarifier la question, tandis qu'une recherche fondamentale tentera justement de déterminer l'échelle spatiale propre à l'enjeu environnemental étudié. La spatialisation des enjeux environnementaux peut donc s'effectuer par l'amont (recherche fondamentale) ou par l'aval (recherche appliquée), mais elle permet dans les deux cas de mieux saisir des phénomènes trop souvent abordés à la seule échelle globale.

2. Les territoires de l'environnement

En 1992, Claude et Georges Bertrand publiaient déjà *Territorialiser l'environnement, un objectif pour la géographie*, dans un contexte de renouveau de la géographie environnementale. Ils affirment que même si les recherches sur l'environnement ont souvent des « bases écologiques hors du champ de la géographie », l'avenir de la géographie tient à son engagement dans les problématiques environnementales. On pourrait même parler d'une « révolution copernicienne » pour désigner ce renouveau épistémologique apporté par la nouvelle conception de la nature en sciences sociales. Cette révolution permettrait de restaurer l'unité du vivant en sciences, grâce à la mise au premier plan des interactions entre les phénomènes (Bernard, 1992). Il ne s'agit pas pour la géographie de prendre en charge la totalité des recherches sur les enjeux environnementaux, mais d'affirmer l'identité de la discipline et son intérêt pour le domaine de l'environnement. En effet, le fait de territorialiser l'environnement permet de mettre à profit les outils méthodologiques et conceptuels

propres à la géographie. Selon Claude et Georges Bertrand, cette territorialisation se décline en six filières :

- Socialiser l'environnement, c'est-à-dire l'aborder sous l'angle des « stratégies sociales et des modes de représentation ».
- Spatialiser l'environnement, avec une approche quantitative ou qualitative.
- Anthropiser l'environnement, puisqu'il n'existe plus à proprement parler de milieux « naturels », il faut penser l'environnement à la lueur des aménagements qu'il a subis.
- Hybrider l'environnement, c'est-à-dire faire des recherches sémantiques pour qualifier l'environnement qui est un objet mixte, une interface.
- Historiser l'environnement, en considérant l'espace comme un lieu où la mémoire d'une société a été gravée.
- Patrimonialiser l'environnement, afin de concilier la recherche à l'action dans une perspective à long terme.

Ces propositions aboutissent finalement à un rapprochement entre la géographie et l'aménagement, puisque la grande mission de la géographie serait de territorialiser l'environnement au service d'un aménagement qui intègre une réflexion environnementaliste. Parmi les méthodes avancées par les deux chercheurs, on trouve une réhabilitation de la monographie, qui consisterait à comprendre l'environnement territorial d'un groupe social dans un objectif d'aide à la décision.

Le rôle de la territorialisation est là : penser l'environnement d'un point de vue territorial, c'est-à-dire à l'interface entre une portion de l'espace terrestre et le groupe social qui l'occupe, l'aménage et se l'approprie. Il existe bien une dimension instrumentaliste à l'usage du concept de territoire, puisqu'il est notamment employé pour désigner l'espace habité qui fournit les ressources nécessaires à la vie d'un groupe. Spécialiste de la « territorialité », C. Raffestin insiste sur la différence entre l'espace et le territoire, à l'intersection du naturel et de l'humain :

L'écogenèse territoriale est la chronique d'un « corps à corps », l'histoire d'une relation dans laquelle nature et culture fusionnent. [...] Le territoire est une réordination de l'espace dont l'ordre est à chercher dans les systèmes informationnels dont dispose l'homme en tant qu'il appartient à une culture.
(Raffestin, 1986)

Cette attention portée à la culture montre le rôle du système de représentations dans la construction d'un territoire. Les arrangements territoriaux sont le fruit d'idées, de constructions mentales qui se traduisent dans l'appropriation d'une portion terrestre. La représentation du territoire se situe donc à l'origine de sa construction mais constitue également une condition de son existence matérielle : des cartes, des barrières, des frontières servent à « représenter » et matérialiser le territoire. L'enjeu principal de cette appropriation n'est autre que le pouvoir, allant de la jouissance exclusive des ressources du territoire jusqu'à son contrôle politique et militaire. La souveraineté d'un groupe social sur son territoire intéresse la géographie environnementale

puisqu'elle permet de comprendre les modalités de l'anthropisation du territoire. Ce contrôle politique pose en outre la question de la responsabilité d'un groupe social sur son territoire, essentielle pour penser la gestion environnementale.

Au cours du XX^e siècle, les Etats et les ONG se définissent comme les acteurs principaux de la protection de la nature (Arnould, Simon, 2007), la création de parc nationaux ou de réserves naturelles étant leurs principales réalisations. L'heure est à la sanctuarisation du patrimoine naturel par une délimitation de zones à protéger. Cette pratique, répandue à l'échelle globale, relève parfois de l'instrumentalisation de la nature à des fins politiques, certains acteurs politiques se servant de la conservation de la nature comme d'un argument pour exercer leur souveraineté sur un territoire. A ce titre, l'exemple des parcs nationaux en Afrique australe est sans équivoque (Arnould, Simon, 2007). Au-delà des critiques émises contre l'instrumentalisation politique des territoires de l'environnement, des écologistes ont remis en question la pertinence de la « mise sous cloche » de certains espaces naturels. En effet, les chercheurs en écologie du paysage (Burel et Baudry, 1999) : démontrent que l'hétérogénéité des milieux et des réseaux est essentielle à la biodiversité et permet notamment de faciliter la mobilité des espèces. La notion de « corridor écologique » alimente ainsi une nouvelle manière de gérer l'environnement de manière territorialisée. Toutefois, la prise en compte de l'environnement à l'échelle des territoires n'est pas toujours effectuée dans une perspective de conservation. En effet, avec la nouvelle demande sociale de durabilité, la gestion de l'environnement peut être une voie de développement territorial (Vollet, 2014) qui permettrait de concilier le développement économique et le respect de l'environnement. Cette dynamique s'observe notamment en ville, où de nombreux projets d'éco-quartiers ou d'aménagements durables font l'objet d'une concertation avec les acteurs d'un territoire, à l'échelle d'un lotissement, d'un quartier ou d'une commune entière.

3. Territorialiser pour responsabiliser

Le changement de paradigme, de la conservation de la nature à la gestion de l'environnement (Arnould, Simon, 2007), démultiplie le nombre d'acteurs en charge des questions environnementales. En effet, l'aménagement du territoire décidé et mis en œuvre par l'Etat central a été remplacé par une gestion co-animée par des acteurs privés, publics et des citoyens. Cette prise en charge évolutive peut-elle s'expliquer par « l'ingouvernabilité » (Theys, 1996) de l'environnement ?

Force est de constater que la spécificité des problèmes environnementaux les rend difficiles à gérer avec un système politique traditionnel (Salles, 2009). En effet, l'environnement dans sa globalité transgresse les échelles nationales, régionales ou communales, qui sont les échelles politiques traditionnelles. Les enjeux environnementaux se caractérisent le plus souvent par leur

transterritorialité (Salles, 2009), par la diversité des secteurs de recherche et de gestion que nécessite sa gestion, ainsi que par la désynchronisation des causes et des impacts. En effet, les temporalités des écosystèmes sont différentes de nos temporalités politiques et posent la question de l'acteur politique responsable des problèmes rencontrés. En outre, il existe un grand nombre d'incertitudes scientifiques et techniques au sujet de l'environnement, comme l'attestent les nombreuses controverses autour du changement climatique, par exemple. Comment gérer des problèmes multisectoriels et désynchronisés par rapport aux activités humaines ? L'invention de nouvelles formes de gouvernance (Bigras, 2009) constitue la réponse à ces difficultés. Face au décalage entre les enjeux environnementaux et les dimensions de nos structures sociales, de nouvelles formes politiques sont à imaginer, car les contraintes ne font pas oublier l'impératif éthique (Larrère, 2009) d'une gestion environnementale responsable. La responsabilité désigne « l'obligation faite à une personne de répondre de ses actes du fait du rôle, des charges qu'elle doit assumer et d'en supporter toutes les conséquences », d'après le TLFi. S'il semble difficile d'évaluer la part de responsabilité de chaque individu dans les multiples processus écologiques, la démocratie actuelle permet d'imaginer un contrat naturel et social où la responsabilité de chacun est engagée dans l'ici et maintenant. Sensibiliser l'individu en tant que citoyen consommateur et usager (Salles, 2009) peut faire émerger une éthique environnementale empreinte d'un impératif moral (Jonas, 1990). D'autres voies plus économiques et mécaniques ont été imaginées, donnant lieu à une marchandisation de la nature, comme le principe du pollueur-payeur. Plus largement, intégrer le principe de responsabilité dans un système de gouvernance est la voie actuelle la plus adoptée pour répondre aux enjeux environnementaux. A l'heure actuelle, la gouvernance a pour mission de gérer un monde incertain (Theys, 2009), complexe, où les hiérarchies sont bousculées et les conflits toujours plus importants. La gouvernabilité de l'environnement repose donc en partie sur la capacité d'une société à imaginer des modes de fonctionnement et des outils innovants permettant d'agir malgré les incertitudes et les conflits.

C. Représenter les territoires de l'environnement

1. Les représentations géographiques de l'environnement

La dialectique entre les représentations socio-spatiales et la construction des territoires intéresse les sciences sociales, notamment la géographie. Les sociétés aménagent leur environnement en fonction de l'interprétation qu'elles en font (Berque, 1994) et de représentations sociales collectives (Dupré, 2006). Dans son étude sur la gestion des forêts touristiques, S. Dupré justifie l'utilisation des représentations géographiques pour aménager l'environnement. L'étude des

représentations suggère une approche qualitative qui permettrait d'aborder le territoire dans sa double dimension matérielle et immatérielle. En effet, la « représentation » est une notion polysémique qui désigne en philosophie et en psychologie le « fait de se représenter quelque chose, l'acte par lequel un objet devient présent à l'esprit » (TLFi), on parle alors de représentation mentale, qui peut s'avérer sociale et collective quand elle est partagée au sein d'un groupe social et y joue un rôle structurant. En ce sens, la géographie culturelle a donné une grande importance à l'étude de ces structures mentales en privilégiant une approche phénoménologique du territoire comme « totalité » (Rosemberg, 2003), subjective avant d'être objective. La représentation constitue une dialectique entre le concret et l'abstrait, l'objet et le sujet. En effet, la représentation est plus qu'une simple action mentale, notamment quand elle désigne toute « action de rendre quelque chose ou quelqu'un présent sous la forme d'un substitut ou en recourant à un artifice » ou ce substitut. Une carte est en ce sens la représentation géographique par excellence, puisqu'elle donne à voir un objet qui n'est pas présent au moyen d'un artefact. Dès lors, la représentation est une médiation. Dans le contexte géographique, elle part d'une réalité matérielle avant d'être rendue abstraite puis représentée par un objet. Toute représentation géographique du territoire aurait donc pour objectif de le rendre présent, en ayant conscience qu'il existe bien une matérialité originelle du territoire, sans quoi il ne serait pas « re-présenté », mais simplement présenté. En ce sens, G. Di Méo (1990) affirme que la matérialité du territoire constitue le fondement des représentations qui en sont faites : « La représentation trouve son origine dans l'objet. Elle part de l'espace, des dispositifs spatiaux ». Entre objectivité et subjectivité, la représentation constitue donc une notion hybride mais néanmoins indispensable pour comprendre et analyser l'environnement, ainsi que pour conditionner une pratique territoriale. En effet, le recours abondant à la cartographie et aux outils informatiques a permis le développement de différentes méthodes de représentation des enjeux environnementaux. Afin d'évaluer des impacts futurs, la modélisation, la projection et la simulation visent à identifier la dynamique fondamentale d'un phénomène et tâcher de représenter son évolution à plus ou moins long terme. Or, la représentation d'un objet mouvant et multidimensionnel nécessite des outils techniques perfectionnés, ce qui explique le recours à des sciences telles que les mathématiques ou l'informatique. L'attention portée au système de signes utilisé (sémiologie) se justifie par les exigences scientifiques et éthiques auxquelles sont soumis les chercheurs environnementalistes. En effet, la représentation géographique peut se transformer en jeu de manipulation (Monmonier, 1993) aussi dangereux qu'insatisfaisant d'un point de vue scientifique. Dans le traitement d'un sujet aussi politique que l'environnement, la question de la sémiologie graphique employée dans les représentations revêt donc une importance majeure.

2. La représentation par les modèles

La forme de représentation qui nous intéresse ici est le modèle, qui désigne « une production de l'esprit visant à représenter symboliquement un phénomène » (Le Moigne, 1993). L'adverbe « symboliquement » revêt une importance majeure puisqu'un modèle n'a pas de but mimétique, il ne s'agit pas de représenter un phénomène de manière exhaustive. Le modèle est lié au phénomène par des correspondances, un système de signes. Pour R. Brunet (Mappemonde 86/4), « modéliser un espace revient à rechercher ses structures et ses dynamiques fondamentales. Ce n'est *ni résumer, ni généraliser, c'est-à-dire poncer peu à peu les "aspérités" jusqu'à produire une figure géométrique ; encore moins caricaturer.* » Bien que la chorématique soit différente de la modélisation systémique, on trouve dans les deux cas des présupposés communs. D'abord, la complexité se situerait dans la nature, dans les phénomènes naturels et spatiaux étudiés. Le modèle serait donc une représentation analytique visant à faciliter la compréhension d'un système. Puisque « nous ne raisonnons que sur des modèles » (Valéry, 1973), la représentation par des modèles tient une place centrale dans l'activité scientifique puisqu'elle rend les résultats intelligibles et communicables. Paul Valéry disait ne pas croire aux explications, mais aux représentations : « [...] j'ai cru qu'il fallait chercher des représentations sur lesquelles opérer, comme on travaille sur une carte, ou l'ingénieur sur une épure... et qui puissent servir à faire » (Valéry, 1942). La modélisation permettrait donc à la fois de construire et d'exposer des connaissances, ce qui est essentiel quand on traite de phénomènes dynamiques difficiles à saisir. L'usage des modèles en géographie environnementale est justifié par le paradigme des systèmes écologiques et sociaux (Ostrom *et al.*, 2007), qui assimile les phénomènes environnementaux à des systèmes complexes (Goreaud *et al.*, 2005). Par ailleurs, en insistant sur les relations entre les éléments du système, la modélisation permet de restituer la solidarité qui existe entre les phénomènes, rappelant ainsi le concept de « solidarité écologique » (Mathevet, 2012). Le processus de modélisation est souvent lié à un projet et constitue un support de simulation, grâce à son caractère actif et dynamique. La simulation consiste à prédire le comportement du phénomène représenté par le modèle selon différents scénarios. Aujourd'hui, cette opération est souvent réalisée par ordinateur, ce qui peut faire du modèle un artefact intelligent. Au sein de la discipline informatique, la voie de l'Intelligence Artificielle Distribuée a permis le développement de systèmes multi-agents, dont l'objectif est de représenter le fonctionnement collectif de plusieurs agents afin de comprendre la nature des interactions qui les lie (Drogoul, 1993). De la sorte, le système multi-agents permet de penser une dynamique collective qui peut être ignorée par les agents en questions. La simulation participative, qui intègre des acteurs réels à la simulation, est employée comme un outil de résolution des conflits (Guyot, 2006). La simulation participative a pour avantage de permettre une valorisation des résultats auprès d'un public mais aussi d'améliorer la connaissance sur le système, en intégrant les savoirs techniques des acteurs sollicités. Elle constitue donc une

expérience scientifique qui permet d'éclairer les phénomènes étudiés ainsi que les comportements et stratégies des participants, ajoutant ainsi une dimension sociale à la simulation multi-agents. Les joueurs humains sont mis en situation et doivent interagir avec des agents mimés par l'outil de simulation et sont ensuite invités à verbaliser leur expérience à la suite de la séance (Guyot, 2006). Cette méthode renvoie aux principes de la recherche-action participative (Wadsworth, 1998), largement orientée vers la pratique et la co-construction du savoir. Employée dans une perspective d'aide à la décision, la simulation participative devient un outil opérationnel et politique adapté à la résolution de conflits environnementaux.

3. Des représentations au service de la recherche-action

Le processus d'écologisation des pratiques d'aménagement a renforcé la dialectique entre les représentations sociales et scientifiques de l'environnement et l'action publique. Certaines échelles biogéographiques sont prises en compte dans la gestion du territoire, tandis que les échelles publiques traditionnelles (commune, région, nation) sont devenues des cadres de pensée des enjeux environnementaux. L'environnement est un bien commun (Ostrom, 2011) propice à au dialogue démocratique sur le partage des ressources et la gestion de l'environnement dans sa globalité. Or, la modélisation et la simulation rompent le clivage qui existait entre la science, qui étudie l'extériorité de faits objectifs (Latour, 1999) et les représentations, essentiellement culturelles et variables. Dès lors, le traitement politique des questions environnementales semble pouvoir être médiatisé par des outils représentatifs. La représentation peut être abordée sous une double métaphore diplomatique et théâtrale (Ladrière *et al.*, 2016). La représentation théâtrale « suggère l'idée de mise en présence » (Ladrière, 2016) d'une situation à des spectateurs. La métaphore diplomatique renvoie quant à elle au « [...] transfert d'attribution en vertu duquel une personne peut agir en nom et place d'une autre, servir de tenant-lieu à la personne qu'elle représente » (Ladrière, 2016). Concrètement, la représentation « diplomatique » de la nature n'est pas nouvelle, puisqu'elle a déjà été prise en charge par des ONG (Aubertin, 2005) qui mettent les territoires en réseaux et décloisonnent les espaces pour traiter de l'environnement, puisqu'il ne connaît pas de frontières. Le caractère englobant de l'ONG reflète en quelque sorte la globalité de l'environnement. Toutefois, on retrouve une fusion de ces deux métaphores théâtrales et diplomatiques dans la simulation participative, qui met en présence une situation face à des joueurs qui vont représenter des agents humains. Dans le cas d'attribution de rôles, la simulation participative prend la forme d'un jeu sérieux. Elle organise la rencontre de deux types de présence (Ladrière, 2016) : la présence de joueurs réels et la présence médiatisée d'un environnement à gérer, dans beaucoup de ses applications (Chlous-Ducharme, Gourmelon, Rouan, 2008). Représenter, rejouer et résoudre semblent être trois composantes majeures de la simulation participative, qui s'inscrit comme un outil de recherche impliquée. La

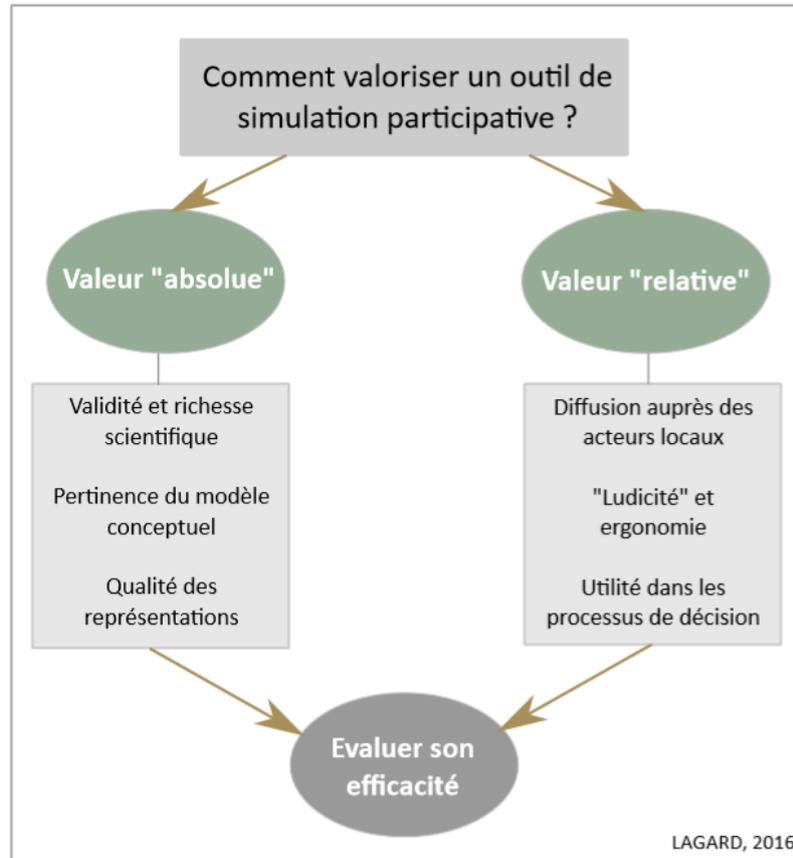
qualité de l'outil de simulation participative ne se mesure pas tant à sa capacité à produire un résultat (une décision), mais à la qualité du processus de délibération (Habermas, 1981) qu'il a permis. En somme, la simulation participative constitue bel et bien un dispositif de représentation et de médiation à des fins d'aide à la décision, ce qui la place à l'interface entre la science et la politique.

D. Objectifs du mémoire : Penser et évaluer un outil de simulation participative

1. Un questionnement pratique et théorique : comment valoriser un outil de simulation participative ?

La place de la simulation participative dans la géographie de l'environnement est centrale dans la mesure où elle est un outil de formalisation et de connaissance des dynamiques des systèmes écologiques et sociaux et où elle propose un positionnement scientifique dépendant d'une demande sociale et politique. Ce mémoire porte particulièrement sur les étapes de conception et de formalisation d'un outil de simulation participative en ayant pour objectif de le valoriser et de le perfectionner. La valorisation d'un prototype existant conduit à un double questionnement pratique et théorique. D'abord, d'un point de vue pratique, il est attendu d'un produit final qu'il puisse être présenté à des acteurs locaux, tout en sachant qu'une autre personne que son concepteur se chargera de l'animation de la séance. Le jeu doit donc être calibré, complet et sa prise en main par un tiers ne doit pas poser problème. Cet impératif pratique porte sur l'environnement du jeu et son appropriation sociale par le public visé. Il s'agit donc de penser l'outil de simulation participative d'un point de vue externe et utilitariste. Ce premier point renvoie à une approche relativiste de la valeur (**Figure 2**), en admettant que la valeur relative d'un objet dépend de la considération et du crédit qui lui sont apportés par autrui. En même temps, la conception du jeu de rôles nourrit un questionnement théorique sur la validité scientifique du modèle réalisé, ainsi que sur sa valeur intrinsèque, au-delà de sa valorisation sociale. D'un point de vue épistémologique, cette mission pose la question de la capacité des outils de simulation participative à représenter les enjeux environnementaux. On peut alors se référer à la notion de valeur absolue de l'outil de simulation (**Figure 2**), en insistant sur ses qualités et sa puissance, bien qu'il semble difficile de la mesurer objectivement. En somme, la notion d'efficacité de l'outil produit est centrale et conjugue les approches relative et absolue de la notion de valeur. On peut ainsi admettre que le premier critère d'évaluation du jeu de rôles réside en sa capacité à produire des effets. Idéalement, un outil efficace permettrait d'améliorer qualitativement les processus de décision. Cette recherche ne présente pas d'évaluation à long terme de l'efficacité de l'outil produit, mais les tests effectués ont permis de connaître sa réception et son appréciation par d'autres scientifiques.

Figure 2. La démarche de valorisation d'un outil de simulation participative



Le processus de valorisation du modèle permet ainsi d'interroger les rapports entre un socio-écosystème réel et le modèle virtuel créé pour résoudre les conflits de gestion et d'aménagement du territoire concerné. Le passage par le modèle, la représentation et le jeu pose la question de l'efficacité réelle des mondes virtuels dans la résolution des problématiques environnementales, dans un contexte où la recherche sur l'environnement et les changements globaux revêt une importance majeure.

2. Hypothèses de recherche

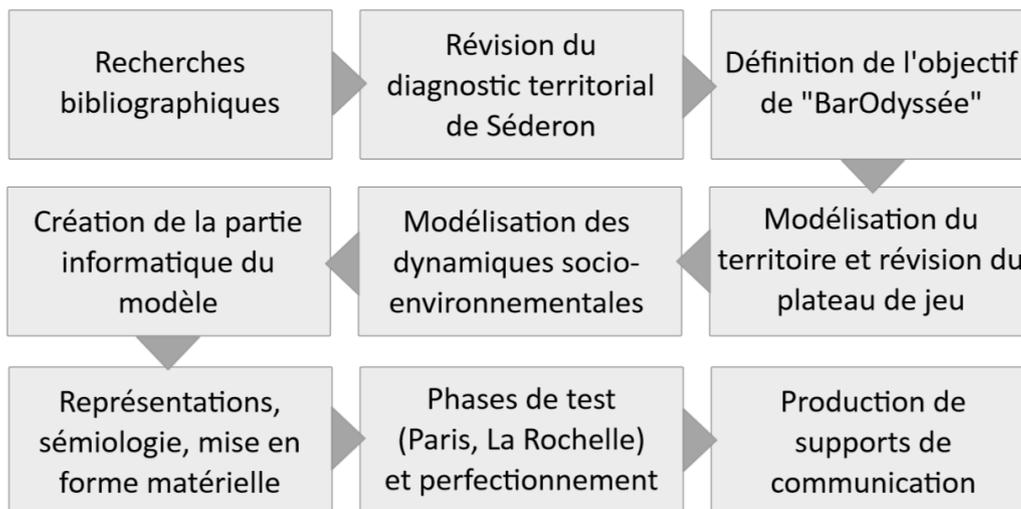
Le mémoire a pour objectif de répondre aux questions suivantes : quels sont les objectifs et les propriétés d'un outil de simulation ? Comment parvenir à améliorer l'efficacité d'un jeu de rôles ? Quelles méthodes employer pour valoriser un prototype ? En quoi l'outil de simulation participative permet-il de représenter des enjeux environnementaux ? Comment penser un artefact conçu dans un objectif d'aide à la décision ? Ces questions s'appuient sur les hypothèses de recherche suivantes :

Tableau 1. Hypothèses de recherche

HYPOTHESES DE RECHERCHE	
1	L'outil de simulation participative a pour objectif d'orienter les acteurs vers des solutions durables, respectueuses de l'environnement et socialement acceptables.
2	La pratique du jeu de rôles encourage l'approche des enjeux environnementaux sous un angle politique et social.
3	L'adoption de techniques de représentation géographique dans la conception d'un outil de simulation participative permet d'améliorer son efficacité.
4	L'approche paysagère facilite l'appropriation des enjeux environnementaux par les participants d'un atelier de simulation participative.
5	Les contraintes techniques constituent le principal obstacle de la représentation d'un système écologique et social complexe.

Ces hypothèses ont été mises à l'épreuve au cours des trois mois de mon stage. Les étapes de la valorisation de l'outil de simulation participative (**Figure 3**) ont mené à la restitution d'un outil final aux chercheurs du LabEx ainsi qu'à la production d'outils de communication visant à diffuser le jeu de rôles finalement obtenu (**Annexes**). Cette partition en séquences est le résultat de mon appropriation d'une méthode adaptée à la recherche-action : la modélisation d'accompagnement. Le processus de modélisation a constitué l'essentiel de mon travail de recherche et a permis d'aboutir à une version exploitable du jeu de rôles, enrichie par des phases de test successives.

Figure 3. Les étapes de la valorisation de BarOdysée



LAGARD, 2016

II. Du prototype à l’outil final, matériel et méthode pour la valorisation d’un outil de simulation

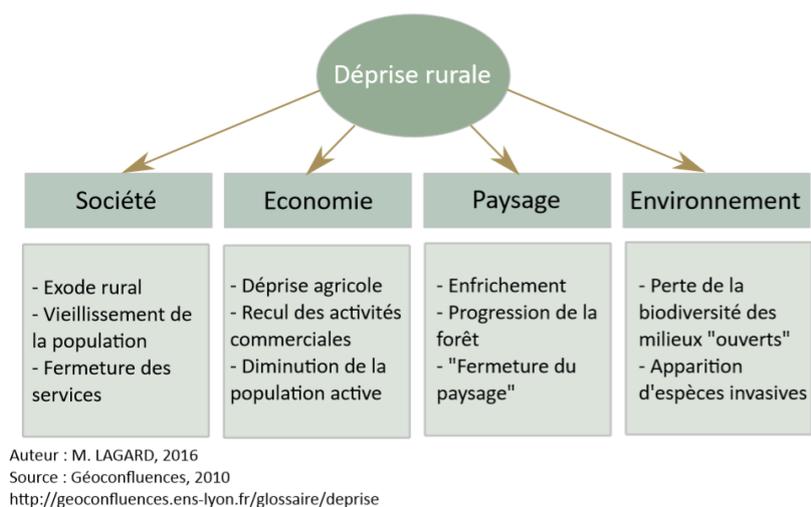
A. Un objet d’étude complexe : les dynamiques socio-environnementales de la déprise rurale à Séderon

Le terrain étudié dans ce mémoire, la commune de Séderon (Drôme), constitue avant tout un territoire-exemple pour une étude spécifiquement centrée sur les enjeux environnementaux liés au processus de déprise rurale. En effet, l’outil de simulation participative qui se situe au cœur de cette recherche vise plus à modéliser des dynamiques génériques plutôt qu’un territoire spécifique. Le prototype de BarOdyssee est donc à l’origine un jeu de simulation autour du thème de la « fermeture des paysages ». Cette expression désigne « l’extension spatiale de la végétation spontanée ou des boisements volontaires » (Le Floch *et al.*, 2005) en milieu rural. La notion de « fermeture » renvoie cependant à une acception plus sociale de ce phénomène spatial, en suggérant un processus d’abandon et la présence d’une menace liée au couvert forestier envahissant. En effet, parler de « fermeture » revient à considérer cette dynamique végétale comme une anomalie par rapport aux paysages « ouverts » et renvoie donc à une conception normative du paysage (Marty *et al.*, 2000), c’est-à-dire à l’ensemble des « représentations de ce que doit être le paysage ». D’après le *Dictionnaire de la géographie et de l’espace des sociétés*, le paysage désigne « l’agencement matériel d’espace – naturel et social – en tant qu’il est appréhendé visuellement, de manière horizontale ou oblique, par un observateur », il est une « représentation située » (Lévy et Lussault, 2003). Cette définition subjectiviste, adaptée à la géographie culturelle, diffère de celle proposées par les tenants de l’écologie du paysage, qui considèrent le paysage comme « un niveau d’organisation des systèmes écologiques, supérieur à l’écosystème ; il se caractérise par son hétérogénéité et sa dynamique gouvernée en partie par les activités humaines. Il existe indépendamment de la perception. » (Burel et Baudry, 1999). Qu’il soit considéré de manière objective ou subjective, le paysage traduit bien l’impact des sociétés sur leur environnement ainsi que la complexité des interactions socio-écologiques. L’appréhension d’un concept tel que la fermeture du paysage fait donc appel à des analyses écologiques et sociales poussées.

Cependant, le modèle présenté dans BarOdyssee est avant tout un produit pédagogique qui a été conçu dans une perspective de simplification du système étudié. En effet, l’analyse écologique de la fermeture du paysage à Séderon a abouti à l’identification de deux dynamiques majeures, à savoir l’enrichissement lié à la déprise agricole et l’enrésinement du territoire provoqué par la colonisation du pin noir, qui favorise l’apparition d’animaux sauvages. L’aspect social de la fermeture du paysage

n'étant que peu abordé, il a fallu repenser l'intégration des dynamiques sociales et économiques au jeu de rôles. L'élargissement du thème de jeu à celui de la déprise rurale a donc permis d'embrasser une plus grande partie de ces dynamiques, tout en évacuant l'impression de disqualification du paysage forestier suggérée par l'expression de « fermeture ». La déprise rurale constitue en effet une problématique majeure des espaces ruraux français et ses multiples manifestations (**Figure 4**) affectent durablement les territoires qu'elle touche.

Figure 4. Les manifestations de la déprise rurale en France



La valorisation du prototype de BarOdysée a donc nécessité une refonte du modèle conceptuel situé au centre du jeu de rôles, impliquant un élargissement de l'objet d'étude à la déprise rurale, au détriment de la « fermeture du paysage ». Cette modification a eu de nombreuses conséquences sur l'élaboration générale du jeu, comme la création de nouveaux indicateurs, de nouvelles règles du jeu et de nouvelles interactions entre les joueurs et le plateau de jeu. Les enjeux environnementaux suscités par le phénomène de la déprise rurale ont constitué le nœud central du processus de modélisation et de traduction d'une problématique socio-environnementale en jeu de rôles.

B. Un prototype à valoriser : « BarOdysée »

1. Les objectifs de « BarOdysée »

Un modèle au service d'un processus de simulation participative n'est pas un outil neutre. Dans le cas de BarOdysée, le modèle a été conçu et calibré dans le but de montrer la complexité des interactions entre la société et l'environnement dans un contexte de déprise rurale. Cet outil d'aide à la décision présente donc une composante pédagogique puisqu'il véhicule un certain positionnement scientifique sur une question environnementale. A la fin d'une séance de simulation, le scientifique qui anime l'atelier expose ces objectifs pédagogiques aux participants et leur demande

s'ils pensent que le jeu de rôles permet de les transmettre. Formulés simplement, ces postulats constituent donc les points que l'outil de simulation doit démontrer :

- 1) En France, les zones rurales marginalisées connaissent des difficultés spécifiques – démographiques, économiques, sociales, paysagères, environnementales – qui sont interdépendantes.
- 2) Le maintien des services publics en milieu rural constitue un enjeu majeur pour lutter contre la déprise
- 3) Le maintien de l'activité agricole est un enjeu essentiel pour le maintien socio-économique des communes en déprise. Cela dit, la question de la diversification des activités (tourisme vert, agriculture labellisée, etc.) est envisagée comme une solution.
- 4) Dans les zones concernées par la « fermeture du paysage », le rapport à la forêt est ambivalent. D'une part, l'abandon des friches et des forêts présente des inconvénients pour les usagers du territoire (prolifération de la faune sauvage, nuisible aux activités agricoles ; augmentation de certains risques naturels). D'autre part, la forêt peut être un atout à valoriser, à se réapproprier (ouverture aux habitants, filière bois, protection de la biodiversité).
- 5) Le développement rural nécessite la collaboration de tous les acteurs locaux afin d'assurer une juste répartition des ressources. La circulation de l'information est un point capital.
- 6) L'échelle locale de la commune est une échelle pertinente pour la revitalisation d'une zone rurale. Toutefois, une commune déconnectée de son ensemble régional sera limitée dans son développement par la faible ampleur des projets envisagés ou le manque de sources de financements (Etat, collectivités territoriales, UE).
- 7) L'adoption d'activités respectueuses de l'environnement permet à la fois de redynamiser la commune et de préserver le patrimoine naturel pour les générations futures. La qualité du cadre de vie est primordiale pour l'attractivité du territoire.
- 8) La promotion d'un paysage naturel préservé est un levier pour renforcer l'attractivité du territoire.

Ces objectifs ont été formulés au cours de la formalisation de l'outil de simulation participative et ne faisaient donc pas partie du prototype de BarOdyssee. Au fur et à mesure de sa réalisation, cette liste a donc servi de matrice à la valorisation du jeu de rôles existant.

2. Présentation et analyse du prototype

Ce travail de recherche a pour particularité de s'appuyer sur une enquête de terrain préalablement réalisée par un groupe d'étudiants du master Bioterre (Université Paris 1 – La Sorbonne). Leur stage de terrain effectué en 2014 a donné lieu à un rapport portant sur la perception du patrimoine naturel par les habitants du Parc Naturel Régional des Baronnies Provençales. Des entretiens et plus d'une centaine de questionnaires ont alimenté leur approche qualitative de ce territoire. Cette enquête a permis de faire émerger une problématique intéressante à exploiter dans un jeu de rôle : la question de la valorisation des paysages et du patrimoine naturel dans une

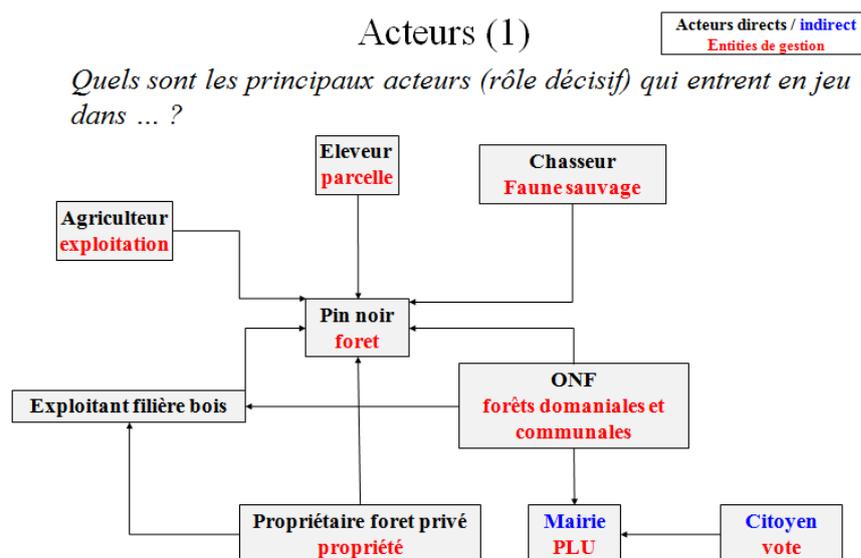
commune en déprise soumise à un phénomène de fermeture du paysage. L'analyse de cette enquête n'a cependant été que le point de départ de mon étude. En effet, au vu du caractère opérationnel de la mission qui m'était confiée, mon attention s'est portée majoritairement sur l'analyse du prototype de « BarOdysée », l'outil participatif conçu par les étudiants à l'aide d'enseignants chercheurs.

La question centrale du prototype était alors « comment la commune de Séderon peut-elle s'adapter à la fermeture du paysage à l'horizon des 70 prochaines années ? ». La présentation du contexte permet d'identifier les enjeux environnementaux étudiés :

La commune de Séderon, au sud des Baronnies, est un territoire présentant plusieurs spécificités à commencer par une forte déprise agricole. La conséquence directe de la mise en friche est la reforestation, et notamment le développement des forêts de pins. Le pin noir, introduit par l'ONF pour lutter contre l'érosion des sols, est une essence présentant une dynamique particulièrement rapide de colonisation. Elle participe pour beaucoup à la fermeture des milieux sur le territoire des Baronnies. Ce développement forestier bénéficie aux espèces nuisibles telles le sanglier ainsi qu'au loup, problématique pour les éleveurs et cultivateurs. La politique de la commune et plus largement du territoire des Baronnies vise l'augmentation de l'attractivité de la région. Elle tend donc à concilier aménagement et protection des paysages naturels. Elle doit également composer avec les directives imposées par son Plan Local d'Urbanisme et respecter les proportions d'espace bâti. En cette période pré-électorale, l'opinion publique pèse beaucoup sur les décisions de la Mairie de Séderon. (Extrait des documents du prototype de BarOdysée réalisé par les étudiants du master Bioterre, 2014)

Pensé sous la forme d'un jeu de rôles, BarOdysée met en scène des acteurs centraux impliqués dans la problématique de fermeture du paysage (**Figure 5**).

Figure 5. Premier schéma d'acteurs du prototype de BarOdysée (réalisé collectivement par les étudiants du master Bioterre, promotion 2013-2014, 2014)

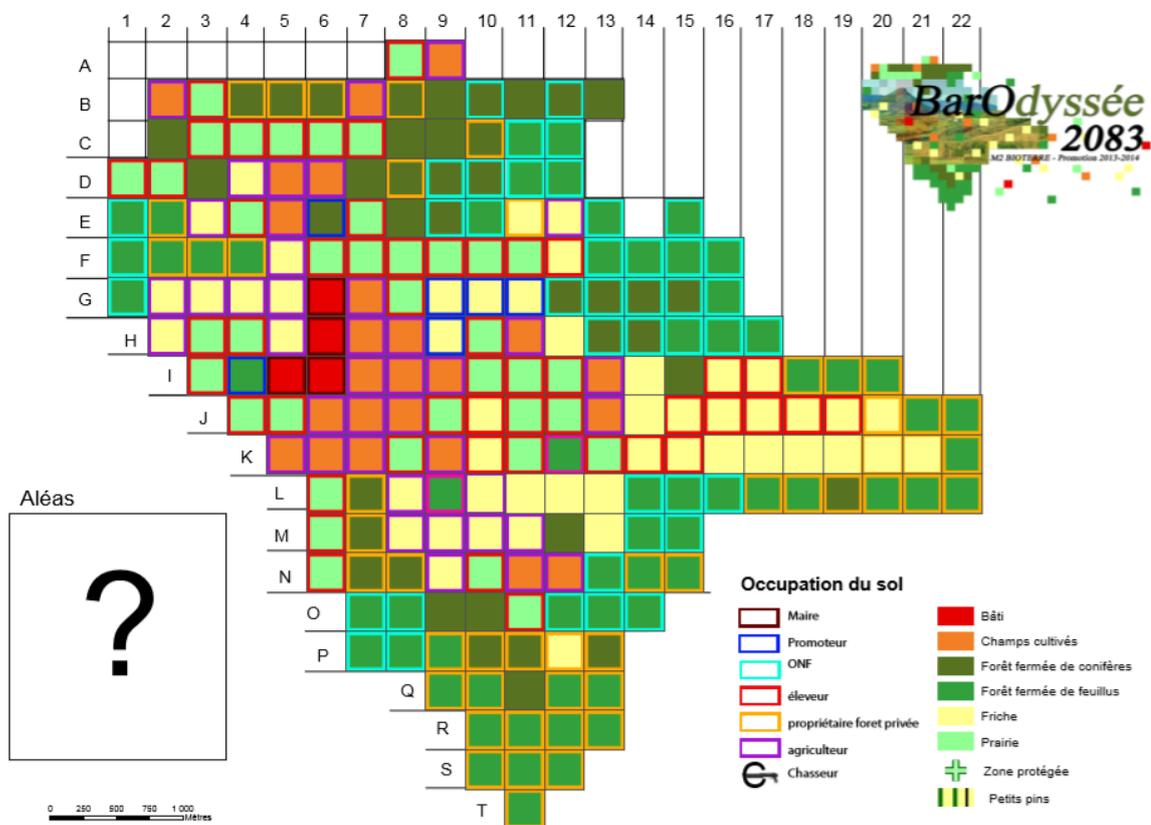


Les participants sont donc invités à endosser des rôles (chasseur, agriculteur, éleveur, etc.) tandis que les dynamiques des agents non-humains (pin noir) et des rôles non-joués (UE, citoyen, etc.) sont contrôlés par les maîtres du jeu. Les rôles retenus sont ceux qui sont impliqués le plus

directement dans la gestion du paysage et des forêts. Toutefois, le prototype final propose un rôle qui n'est pas présent dans ce schéma, celui du promoteur immobilier, et ne compte plus d'exploitant filière bois ni de chasseur. En effet, des phases de test ont permis aux étudiants d'améliorer le jeu et d'aboutir à une liste de rôles cohérente et solide.

La simulation s'étend sur une durée fictive de 70 ans, formée de 7 tours représentant chacun une décennie. Au cours de chaque tour, les participants doivent choisir 3 actions à accomplir parmi celles qui leur sont proposées, en s'appuyant sur un plateau de jeu évolutif proche de l'automate cellulaire (**Figure 6**) et des indicateurs. Ils disposent chacun d'une cagnotte de départ dont le montant est inégal d'un acteur à l'autre. Par exemple, le promoteur immobilier dispose d'un capital initial de 600 crédits, soit six fois plus que l'agriculteur, qui n'a que 100 crédits.

Figure 6. Plateau de jeu du prototype de BarOdysée (étudiants Bioterre 2013-2014)



Les indicateurs imaginés par les étudiants sont au nombre de deux : l'indice de diversité paysagère et l'indice de composition du paysage. Le premier, compris entre 0 et 1, indique la distance entre le paysage du plateau de jeu en cours de partie (Px) et le paysage idéal de Séderon (Pi), défini par les étudiants comme un paysage divers et moins boisé. Si l'indice est de 1, le paysage idéal est atteint. L'élaboration de cet indice repose sur une hypothèse très discutable selon laquelle il existerait une proportion idéale entre les différents types d'occupation du sol recensés sur le plateau de jeu (**Figure 6**) (Forêt de conifères, Forêt de feuillus, Petit pins, Bâti, Champs cultivés, Prairies et

Friches). Le paysage idéal retenu présenterait moins d'espaces naturels (forêts, friches, petits pins) et davantage d'espaces artificialisés (champs, bâti, prairies), comme le montre le tableau explicatif (**Tableau 2**). Le deuxième indicateur (**Tableau 3**) vise à évaluer le degré d'ouverture du paysage au cours de la partie. Il est également calculé à partir du nombre de cases de chaque type d'occupation du sol, en partant du principe que chaque type de parcelle relève soit du paysage ouvert, soit du paysage fermé (ex : le champ cultivé relève du paysage ouvert tandis que la forêt renvoie au paysage fermé).

Tableaux 2 et 3. Indicateurs du prototype de BarOdyssee (étudiants master Bioterre 2013-2014)

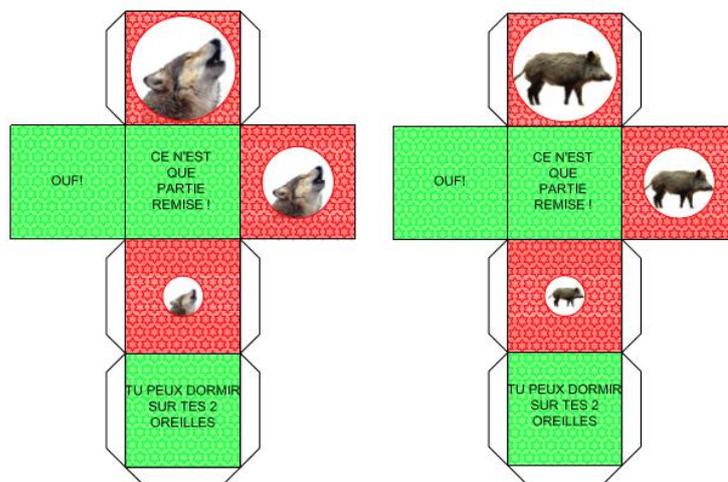
Tableau 1. Diversité paysagère								
	FERME		OUVERT				Total	Indice
	FORET	BATI	FRICHE	PRAIRIE	PETIT PIN	CHAMP		
Diversité Idéale	56	17	16	56	18	56	219	1,00
Année								
0	106	4	48	37	0	24	219	0,68
10	102	8	57	27	18	7	219	0,63
20	107	12	39	31	11	19	219	0,68
30	101	15	39	29	12	23	219	0,71
40	97	20	46	32	18	6	219	0,67
50	98	22	38	33	11	17	219	0,71

Tableau 2. Composition du paysage				
	FERME	OUVERT	Total	Indice
Composition idéale	73	146	219	1
Année				
0	110	109	219	0,74
10	110	109	219	0,74
20	119	100	219	0,68
30	116	103	219	0,70
40	117	102	219	0,70
50	120	99	219	0,68

Le calcul des indicateurs repose sur l'élément principal du modèle : le plateau de jeu. Il représente la commune de Séderon, le territoire de référence, à l'aide de cellules colorées selon le type d'occupation du sol. Chaque case représente une parcelle de 300m de côté, classifiée d'après les données CORINE Land Cover et des photographies aériennes. Chaque parcelle est placée sous le

contrôle d'un des acteurs. La composition du plateau évolue au gré des actions des joueurs mais est également soumise à des aléas (sécheresse, incendie, invasion biologique, tempête et mise en réserve) et des dynamiques naturelles, telles que la colonisation du pin et l'enfrichement des parcelles agricoles non exploitées par les joueurs. Le voisinage entre les parcelles est donc une donnée importante, puisqu'elle détermine la trajectoire de l'extension du pin noir. La présence des animaux sauvages, le loup et le sanglier, est aléatoire. Le nombre d'individus de chaque espèce est déterminé à chaque tour par un tir au dé (**Figure 7**). Les cases rouges entraînent l'apparition d'un, deux ou trois animaux sauvages, tandis que les cases vertes signifient qu'il n'y aura pas de loup ou de sanglier sur le plateau de jeu pour le tour à venir. Les animaux ne sont pas spatialisés, ils n'ont pas de place sur le plateau de jeu. Leur présence implique simplement une perte financière pour les éleveurs et les agriculteurs.

Figure 7. Patrons des dés du prototype de BarOdyssee (étudiants master Bioterre 2013-2014)



Les aléas naturels sont également tirés au sort à chaque tour à l'aide de cartes présentées face cachée. Ils ont pour conséquence une immobilisation de certaines cases du jeu pendant un tour, ainsi que leur transformation en friches. L'absence de corrélation entre les dynamiques naturelles et l'état du plateau de jeu s'est présenté comme un problème à résoudre afin d'améliorer les interactions au sein du jeu.

Le prototype de BarOdyssee est le produit final d'un module de quatre mois encadré par des spécialistes de l'environnement et mené à bien par des étudiants créatifs, ce qui lui confère de nombreuses qualités. Cependant, sa finalisation et sa valorisation ont nécessité un travail collectif visant à corriger ses défauts tout en respectant les étapes d'un processus de modélisation d'accompagnement.

C. Cadre de travail et méthodes : une recherche participative

1. Une participation à un projet en cours : « Valorisation simulation participative »

Ce mémoire s'inscrit donc dans un programme de recherche en cours, portant sur la valorisation de prototypes de jeu de rôles autour de questions environnementales, la déprise rurale étant le thème abordé dans BarOdyssee. Le projet « Valorisation Simulation Participative » est porté par le LabEx DynamiTe (Laboratoire d'Excellence Dynamiques Territoriales et Spatiales) et plus particulièrement par le groupe de travail « Modélisation, simulation et accompagnement des décisions ». Le LabEx constitue un regroupement multidisciplinaire de chercheurs en histoire, géographie, sociologie, archéologie et économie autour du thème de la territorialité. Il fédère dix-huit laboratoires et trois cents chercheurs qui souhaitent faire valoir leur expertise scientifique auprès d'acteurs économiques et d'instances décisionnelles. Il abrite ainsi le groupe de travail « Modélisation, simulation et accompagnement des décisions » dont la mission est de modéliser et formaliser des jeux de rôles spatialisés, dans l'objectif d'une appropriation de ces outils par les instances de décision. Au sein de ce groupe de travail, plusieurs chercheurs encadrent un module à l'Université Paris-I Sorbonne, dans le cadre du master Bioterre (Biodiversité Territoire Environnement) dirigé par Laurent Simon (UMR 7533 - LADYSS - Laboratoire Dynamiques Sociales et recomposition des espaces) et Pierre Pech (UMR 8591 - Laboratoire de Géographie Physique Pierre Birot) et qui promeut une formation scientifique pluridisciplinaire alliant géographie, droit, économie et écologie. Chaque année, un module d'une durée de 4 mois est dédié à une enquête terrain ainsi qu'à l'élaboration d'un prototype de simulation participative d'après les données récoltées. Il s'agit principalement de jeux de rôles portant sur des problématiques environnementales comme la préservation de la biodiversité dans le cadre d'aménagement de grandes infrastructures ou bien l'impact de l'essor touristique d'une commune rurale sur ses espaces protégés.

Bien que l'objectif de ce module soit avant tout pédagogique, les prototypes produits par les étudiants peuvent constituer de véritables outils d'aide à la décision, à condition d'être finalisés. Conscients du potentiel de ces prototypes, Nicolas Bécu (LIENSs - Littoral ENvironnement et Sociétés - UMR 7266, associé à PRODIG – UMR 8586) et Brice Anselme (PRODIG - Pôle de recherche pour l'organisation et la diffusion de l'information géographique - UMR 8586) se sont associés à Eva Haëntjens (ingénieur d'études au laboratoire PRODIG) pour réaliser le projet « Valorisation simulation participative », dans le cadre du LabEx DynamiTe. La valorisation de ces prototypes s'est réalisée en deux temps, sur une durée de quatre mois : premièrement, l'ajustement et la finalisation de deux jeux de rôles imaginés par les étudiants du master Bioterre, deuxièmement, la production de supports de communication afin de diffuser ce travail et faire valoir le savoir-faire du LabEx DynamiTe en matière de conception d'outils de simulation participative. L'objectif final de ce projet

est de rapprocher les scientifiques des gestionnaires et des décideurs. En effet, l'appropriation de ces outils de simulation participative par les acteurs décisionnels publics ou privés (collectivités territoriales, entreprises, associations) permettrait de mieux intégrer les savoirs environnementaux dans les processus d'aménagement. Ces jeux sérieux permettent notamment de faciliter le dialogue entre des acteurs aux intérêts divergents tout en apportant une expertise scientifique sur les questions environnementales concernées par le débat.

2. Une méthodologie adaptée à la recherche-action

Afin de mener à bien la valorisation du jeu BarOdyssee, il a été nécessaire d'assimiler puis d'appliquer la méthodologie propre à la modélisation d'accompagnement, dans un souci de rigueur scientifique. Cette démarche a été récemment mise formalisée en charte par le collectif ComMod (*companion modelling*) sous l'impulsion de Michel Etienne (Etienne *et al.*, 2010). Elle est née il y a vingt ans avec les travaux d'un groupe de chercheurs au sujet de la gestion des ressources renouvelables qui furent suivis par d'autres recherches portant sur les interactions au sein des systèmes écologiques et sociaux. L'objectif de cette démarche est d'analyser des systèmes complexes mettant en jeu différents acteurs autour de problématiques environnementales, afin de proposer des outils de facilitation des processus de décision territoriaux. C'est pourquoi on parle de modélisation d'accompagnement. Les modèles sont conçus comme des constructions conceptuelles représentatives d'une réalité complexe et visent à accompagner les processus de décision. La démarche ComMod associe donc la recherche et l'action, ce qui explique l'originalité de cette méthode qui suit sept grandes étapes (Etienne *et al.*, 2010) :

1. Sensibilisation des acteurs concernés par la question choisie à la démarche ComMod
2. Inventaire des connaissances, scientifiques ou non, liées à la question
3. Conception du modèle
4. Choix de l'outil (informatique ou « papier ») et implémentation du modèle
5. Vérification, validation et calibrage du modèle avec les acteurs locaux
6. Simulations exploratoires avec les acteurs locaux
7. Diffusion auprès des acteurs n'ayant pas participé à la démarche.

Le processus de modélisation participative est itératif, puisqu'il alterne des phases de conception et des phases de test selon une logique de coconstruction du modèle. Un des enjeux de cette démarche est de parvenir à construire une représentation partagée du système en question afin que chaque acteur puisse exprimer son point de vue grâce à ce support unique construit collectivement. En effet, la modélisation d'accompagnement prévoit une place particulière pour le chercheur qui doit adopter une « posture scientifique » (Etienne *et al.*, 2010). Il s'agit de délaiss

suprématie du chercheur au profit d'une coconstruction du savoir, en faisant de la prise en compte des savoirs des acteurs non-scientifiques une priorité.

3. Une mise en œuvre sous contraintes

La valorisation du prototype du jeu BarOdyssee, qui fait l'objet de ce mémoire, a été contrainte par différents facteurs. En premier lieu, le temps, car les trois mois de mon stage n'ont pas été suffisants pour assurer la maturation complète de cet outil de simulation participative. En effet, un processus de modélisation participative s'étend généralement sur des mois voire des années, puisque la durée du projet s'ajuste souvent sur la durée du processus de décision. Ainsi a-t-il fallu sept années pour que le projet mené par l'équipe de Costanza soit achevé (Costanza et al., 1998). Le développement de BarOdyssee et SimTEPOS, le jeu portant sur les énergies renouvelables exclusivement développé par Eva Haëntjens, reposent sur la commande d'un laboratoire et non d'acteurs politiques. Dès lors, une durée de quatre mois fut accordée à Eva Haëntjens, dont trois mois en ma présence. Notre travail se distingue donc d'un processus ordinaire de modélisation d'accompagnement par sa déconnexion vis-à-vis des acteurs locaux en charge du territoire modélisé. En effet, le LabEx a mené ce projet dans le but de valoriser son savoir-faire auprès d'acteurs politiques, dans la perspective de collaborations futures dans le cadre de processus de modélisation d'accompagnement. La présentation de BarOdyssee aux acteurs locaux de Séderon ne faisant pas partie de la commande, la suppression de ces étapes de test en conditions réelles constitue un autre point faible de ce travail de recherche, puisqu'il ôte le bénéfice de la confrontation du modèle et du territoire, du fictif et du réel. Les jeux ont donc été testés auprès d'étudiants, de chercheurs et de membres de la communauté ComMod, à Paris et à La Rochelle. Dès lors, le cloisonnement à la communauté scientifique constitue la seconde limite de cette recherche se voulant participative. Toutefois, l'identification des limites de cette étude ne doit pas occulter la richesse du parcours suivi pendant ces quelques mois, qui a permis de nourrir la réflexion sur la formalisation et la valorisation d'outils de simulation participative.

III. Représenter des enjeux environnementaux dans un jeu sérieux : le cas de « BarOdyssée »

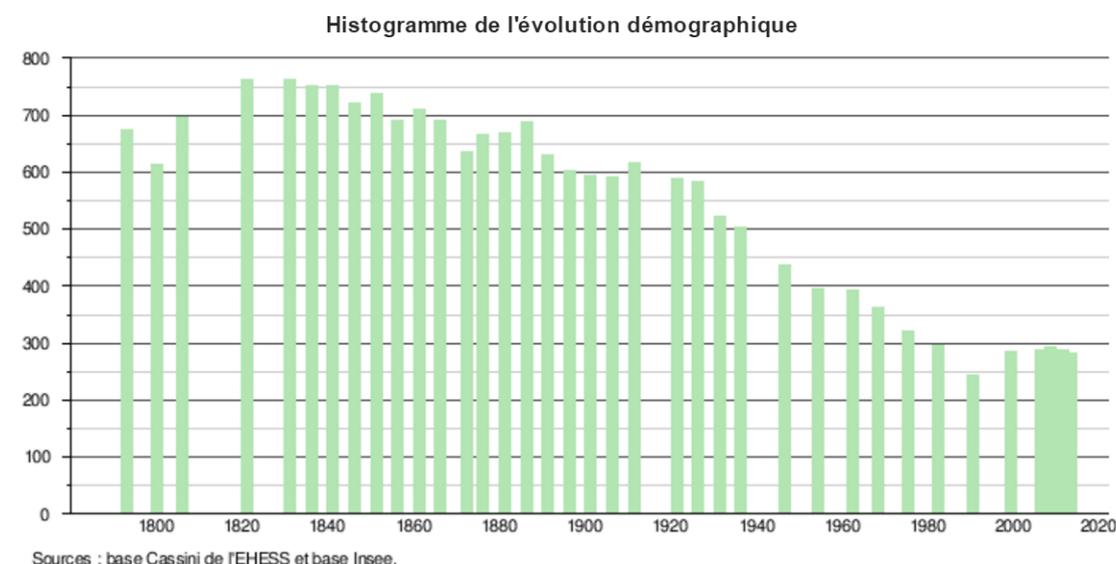
A. Le système écologique et social : du réel au virtuel

1. Du terrain au territoire-exemple

Le choix de Séderon comme commune de référence pour le jeu de simulation découle de l'expérience du terrain qu'ont eue les étudiants du master BioTerre en 2014. L'enquête qu'ils ont menée leur a permis d'identifier les caractéristiques majeures d'un territoire en déprise et de choisir une commune-exemple. Séderon est une commune de la Drôme comptant 280 habitants (INSEE, 2013). Certains critères ont présidé à sa sélection, afin que la commune traitée dans le jeu puisse être comparable à d'autres :

- **Critère démographique** : une faible densité de population ainsi qu'un exode rural, comme le montre cet histogramme de l'évolution démographique à Séderon.

Figure 8. Histogramme de l'évolution démographique à Séderon à partir des données Cassini de l'EHESS et INSEE (Source : Wikipédia)



- **Critère socio-économique** : zone rurale en marge de l'industrialisation et des pôles urbains, traditionnellement tournée vers l'agropastoralisme mais touchée par la déprise agricole comme l'atteste cet extrait des données Agreste qui montre une réduction de moitié du nombre d'exploitations ainsi qu'une division par quatre de la SAU sur l'ensemble des exploitations agricoles entre 1988 et 2010 à Séderon :

Figure 9. Extrait de données Agreste pour Séderon. Source : Ministère en charge de l'agriculture, recensements agricoles

Dimension économique

	Exploitations			Superficie agricole utilisée (ha)		
	1988	2000	2010	1988	2000	2010
Ensemble des exploitations agricoles	16	17	8	784	691	212
dont moyennes et grandes exploitations	3	5	s	338	466	s

- **Critère paysager et environnemental** : un enrichissement visible ainsi qu'une progression de la forêt, en l'occurrence du fait de la colonisation du pin noir (**Photo 1 et 2**):

Photo 1. Lande, ancienne pâture, juillet 2009, Séderon. Auteur : Pierre Pech

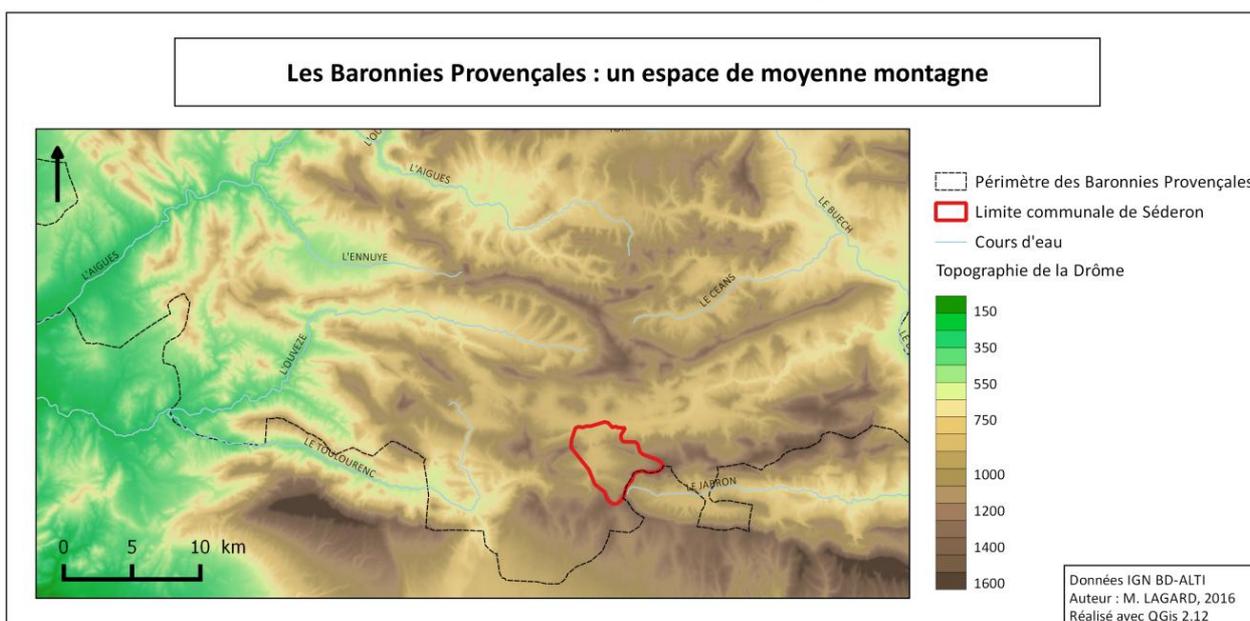


Photo 2. Reconquête forestière, automne 2013, Séderon. Auteur : Pierre Pech



- **Critère géographique** : ce critère ne porte pas sur la localisation de la commune en France mais sur les caractéristiques physiques du site (topographie, hydrographie) qui peuvent constituer des « contraintes naturelles ». Le village de Séderon se situe sur un site de cluse, à l'entrée d'un anticlinal perché dans le massif préalpin des Baronnies (Carte 1). Avec une altitude comprise entre 751m et 1484m, la commune permet d'aborder plus spécifiquement les problématiques de moyenne montagne :

Carte 1. Les Baronnies Provençales, un espace de moyenne montagne (LAGARD, 2016)



Séderon présente les grands traits communs aux espaces ruraux en déprise. Elle fait partie des communes éligibles aux Zones de Revitalisation Rurale² (ZRR), un dispositif gouvernemental visant à aider les communes qui rencontrent des difficultés économiques et démographiques. Une exonération fiscale et sociale est appliquée aux entreprises venant s'installer dans ces zones. L'analyse de ce dispositif permet de voir un exemple de réponse politique au phénomène de la déprise rurale et d'en saisir l'ampleur spatiale. En effet, la carte des communes classées en ZRR (Carte 2) révèle l'importance des espaces ruraux en difficulté, en France.

² Elles ont été créées par la loi d'Orientation pour l'Aménagement et le Développement du territoire (LOADT) du 4 février 1995. La liste des communes classées en ZRR est revue chaque année.

Carte 2. Carte des communes classées en Zone de Revitalisation Rurale en 2014. Source : Observatoire des territoires



L'étendue des ZRR (en vert) évoque les contours de la « diagonale du vide », expression héritée du géographe Roger Béteille qui parlait de la « France du vide » en 1981, il y a plus de trente ans. La déprise rurale apparaît donc comme un processus ancien qu'il est difficile d'enrayer, malgré les efforts des acteurs locaux et de l'Etat central.

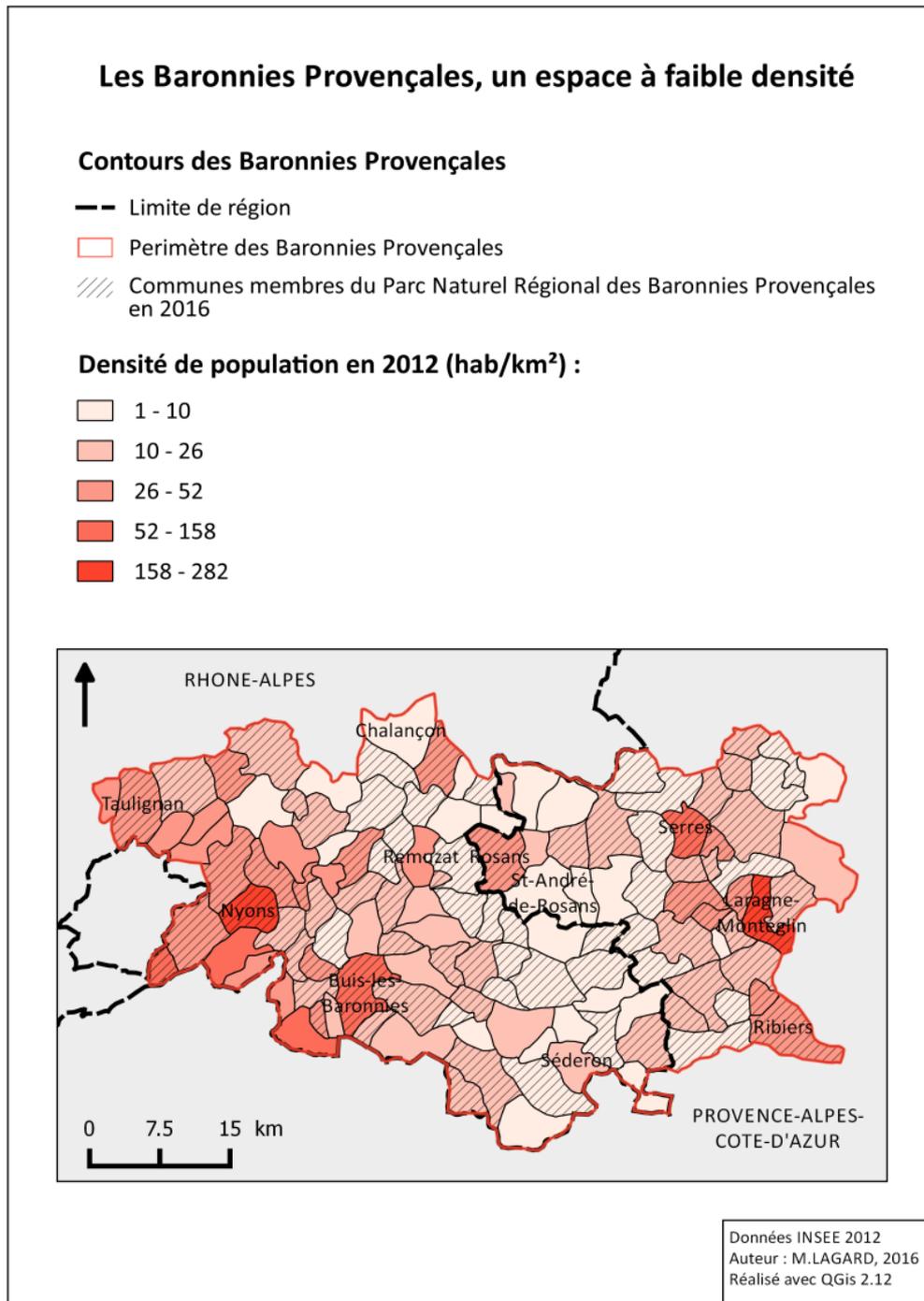
Si la commune de Séderon présente des traits communs aux territoires en déprise, ce qui explique qu'elle ait été choisie comme système de référence, elle présente une organisation spécifique qu'il convient de mettre en lumière. En effet, si la modélisation vise à ne faire apparaître que les grandes structures d'un système écologique et social, il était nécessaire pour les besoins du jeu de s'attarder sur l'agencement spatial spécifique de la commune. Si le modèle de la commune aplanit toutes les rugosités du terrain, le risque est de concevoir un jeu simple. Or, la simulation participative fait appel à des territoires modélisés, non à des plateaux de jeu isotropes et neutres.

C'est pourquoi l'étude de la spécificité des interactions entre les acteurs locaux et leur environnement à l'échelle de cette commune rurale constitue une étape importante.

A priori, Séderon est une commune rurale de la Drôme présentant de fortes similitudes avec n'importe quelle autre commune rurale française : une faible densité démographique avec 13,9 habitants au km² en 2012 (INSEE), un solde naturel négatif (- 0,9 % entre 2007 et 2012), ou encore une très faible industrialisation (7,7 % des établissements en 2012). En effet, Séderon a une situation marginale, à l'est du couloir rhodanien, à 180km de Lyon et 100km de Marseille. Elle ne se situe pas dans l'aire d'influence d'un pôle urbain de proximité mais dans une zone marginale et faiblement peuplée des Préalpes du Sud. La carte des densités de population par commune (**Carte 3**) montre le caractère rural de la région de Séderon. Nyons et Laragne-Montéglin sont les communes les plus densément peuplées de ce secteur avec environ 200hab/km². Cependant, les communes dont la densité de population est inférieure à 10hab/km² sont bien plus nombreuses, comme St-André-de-Rosans ou Chalançon. Cet espace rural et montagneux est pourtant bien identifié comme un territoire. En effet, Séderon s'insère dans un sous-ensemble régional naturel et historique appelé les « Baronnies Provençales », et se situe d'ailleurs au sein du périmètre du Parc Naturel Régional éponyme. Ce PNR constitue un « territoire environnemental » cohérent dont la biodiversité est favorisée par une variété de reliefs et différentes influences climatiques. Le massif des Baronnies, qui donne son nom au parc, est situé dans les Préalpes du Sud (**Carte 1**) et présente un paysage fait de vallées et de moyennes montagnes calcaires. Il est limité à l'est par la vallée du Buëch, au sud par le mont Ventoux et la montagne de Lure. Le rapport des étudiants du master Bioterre relève le caractère exceptionnel de l'environnement des Baronnies, dont plus de 60% du territoire est couvert par des ZNIEFF³ de type II et plus de 16% de type I et qui compte 9 sites Natura 2000. Ces richesses biologiques sont liées à l'existence de vastes espaces naturels, notamment de forêts, dont la gestion est une problématique sociale, politique et environnementale. A l'échelle locale, la gestion des espaces naturels constitue un enjeu environnemental, et ce d'autant plus que les Baronnies Provençales se sont engagées dans la voie de la préservation et de la valorisation du patrimoine naturel.

³ Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques, Faunistiques et Floristiques. Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2003-2016. Inventaire National du Patrimoine Naturel, Site web : <https://inpn.mnhn.fr>. Le 26 mai 2016.

Carte 3. Les Baronnies Provençales, un espace à faible densité (LAGARD, 2016)



2. Des enjeux environnementaux localisés

Le phénomène de déprise rurale abordé dans le jeu de rôles s'insère dans un contexte général de mutation des espaces ruraux français. En effet, on a pu constater en France et en Europe un effet de tri entre les territoires depuis un siècle, au profit des espaces urbains, littoraux, et des espaces ruraux productifs. L'urbanisation et l'industrialisation ont été des facteurs de renforcement de ce

processus à long terme, parvenant à terme à laisser de côté les espaces ruraux les moins valorisés.

Citons Roger Brunet, qui nous livre une définition intéressante de la déprise rurale :

Dépeuplement avec abandon d'une part sensible des activités et de la maîtrise des terres. La déprise d'une région est un processus par lequel les habitants s'en vont, la densité de population diminue, l'intensité de la mise en valeur du sol diminue. Ces contrées présentent de nombreuses traces d'abandon des terres, de retour à la friche. Les équipements disparaissent peu à peu, la structure de relations se défait, ce qui peut aller, à l'extrême, jusqu'à l'effondrement du système social. » (*Les Mots de la géographie, dictionnaire critique*, 1993)

Bien qu'âgée de plus de vingt ans, cette définition semble appropriée pour caractériser certains espaces ruraux français d'aujourd'hui. En effet, l'actualité de cette définition s'explique par l'ancienneté du processus de déprise rurale, qui s'inscrit comme une composante majeure de l'évolution des campagnes françaises. La déprise se manifeste démographiquement par un exode rural, or, il a parfois débuté dès 1846 du fait de la Révolution Industrielle et de la nouvelle attractivité des villes. Cet exode ancien, qui se poursuit encore aujourd'hui, a pour conséquences le vieillissement de la population locale ainsi que la raréfaction des services publics dont le coût ne peut plus être supporté. La faible rentabilité des installations peut expliquer le sous-équipement de ces espaces ruraux, qui ne peut qu'aggraver le processus de déprise. L'économie rurale s'affaïsse, poussée par la déprise agricole – abandon total ou partiel des activités agricoles – qui fait perdre d'importantes sources de revenus et de lien social. Ces évolutions se traduisent dans les paysages ruraux par l'apparition de friches et une tendance au reboisement qui peuvent avoir des conséquences environnementales en perturbant le fonctionnement écosystémique local. Dans le cas de Séderon, la déprise rurale se traduit par un enrésinement qui modifie les habitats naturels et favorise certains prédateurs. L'enrésinement traduit une forme d'interaction « société-paysage » (Muxart *et al.*, 2003) qui a fait l'objet d'études sur le Causse Méjean notamment. On sait en effet que « [...] le pin sylvestre est une espèce colonisatrice capable, à la fois par dissémination à courte distance (à partir des lisières) et à longue distance, de coloniser rapidement les landes et les pelouses. » (Muxart *et al.*, 2003). Or, la progression des forêts de conifères est liée à une modification du système agraire et n'est donc pas une dynamique écologique indépendante. Elle résulte d'un changement des pratiques agricoles, pastorales notamment, caractérisé par une diminution de l'intensité des activités. En effet, « l'abandon des défrichements temporaires d'une part et la diminution de la pression de pâturage d'autre part permettent l'installation d'un nombre croissant de pins entrant à leur tour en reproduction vers 15 ans. » Or, les forêts de conifères sont généralement denses et fermées, créant un rideau opaque. En l'absence de gestion humaine, la progression des espèces ligneuses devient donc un processus inexorable qui alimente la crainte d'une « fermeture du paysage ». Dès lors, la déprise rurale concentre divers enjeux

environnementaux très liés. Les conséquences du changement d'utilisation des terres sont d'ordre écologique – érosion de la biodiversité locale, renforcement de certains risques naturels, comme les incendies – et social : comment empêcher l'abandon du territoire en déprise ? La valorisation du patrimoine naturel est-il une solution durable ? Ces enjeux peuvent être rendus plus complexes par la prise en compte des effets du changement climatique. Par exemple, l'assèchement local d'un territoire comme Séderon peut renforcer le risque d'incendie déjà accru par la modification du couvert végétal. Ce qui était le fruit d'un processus long peut donc devenir un enjeu environnemental prioritaire et dont la prise en charge politique relève de l'urgence.

3. La modélisation des dynamiques environnementales

A l'origine, le jeu « BarOdyssée » retraçait le parcours (l'odyssée) des habitants de Séderon à l'horizon des 70 prochaines années (donc de 2013, date de conception du jeu, à 2083, visible sur le logo). L'objectif annoncé du jeu était de lutter contre la fermeture du paysage, ce qui a motivé les étudiants à élaborer un indicateur d'ouverture du paysage (**Tableaux 2 et 3**) afin d'aider les participants à atteindre cet objectif. Afin de permettre une simulation de la fermeture du paysage à Séderon, ils ont inclus à leur modèle une dynamique du pin noir, qui a servi de base à la conception des tours de jeu : 7 tours d'une durée fictive de 10 ans.

Le pin noir d'Autriche (*Pinus nigra*) a fait l'objet de plantations à la fin du XIXe siècle dans le but de lutter contre l'érosion des versants pauvres, et plus récemment dans les années 1980, fut introduit au cours de programmes de replantation par l'ONF afin de stabiliser les terrains de montagne menacés par l'érosion. Par ailleurs, le pin noir d'Autriche se trouve très bien adapté au milieu sec et représente une réelle concurrence pour les autres espèces forestières. (Extrait des documents du prototype de BarOdyssée, 2014)

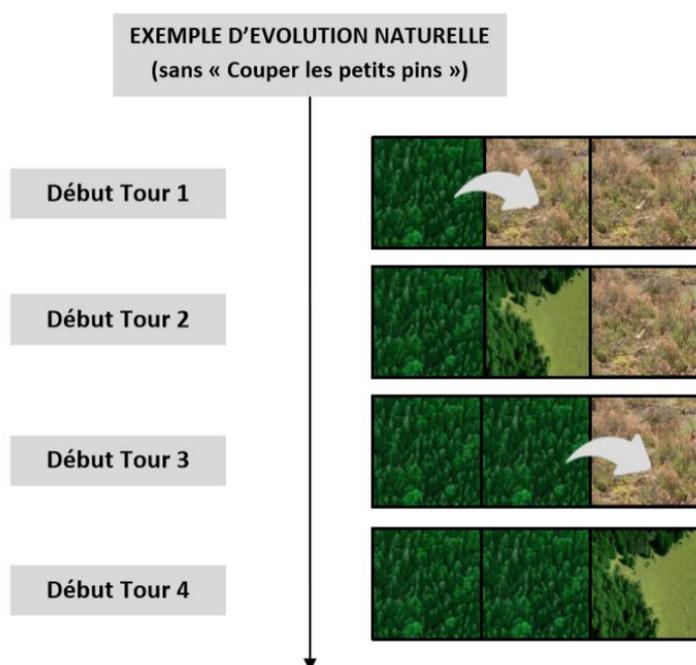
Bien que son introduction soit donc d'origine humaine, le pin noir colonise les territoires et cause un phénomène de fermeture du paysage contre laquelle les hommes peinent à lutter. Le modèle devait donc rendre compte de cette dynamique à l'aide du plateau de jeu, qui prend la forme d'une grille spatiale dont chaque case relève d'un type de couverture du sol.

Le pin noir dissémine à 80% jusqu'à 40m, à 20% de 40m à 80m et à 2% à plus de 80m. Or chaque case de notre plateau de jeu, associée à une entité paysagère, mesure 300m. Nous nous sommes attachés à représenter de façon simplifiée la dissémination des pins noirs à chaque tour. Nous avons donc décidé que 50% des cases qui étaient en lisière des forêts de pins noirs et une case située à plus de 600m choisie aléatoirement deviendraient au tour suivant des "petits pins noirs" : stade intermédiaire où le pin n'a pas atteint la maturité sexuelle et ne peut donc pas encore disséminer. Ainsi au tour suivant deux cas se distinguent : – soit la case "petits pins" a été entretenue et la case redevient comme elle était. – soit il n'y a pas eu d'entretien (coupes) des petits pins et ils peuvent à leur tour disséminer.

L'étape "petit pin" permet aux différents acteurs d'éviter la reforestation de leurs terres en leur laissant un tour pour agir avant que ces "nouveaux pins" soient adultes et puissent disséminer. (Extrait des documents du prototype de BarOdyssee, 2014)

Cette dynamique, restée inchangée dans la version finale de BarOdyssee, a l'avantage de proposer deux types de représentation des pins (« Forêt fermée de conifères » et « Petits pins »), permettant de visualiser les étapes de la colonisation et permettre aux joueurs de gérer la forêt. L'action « Couper les petits pins » n'est disponible que pour le participant qui joue le rôle de l'ONF, mais d'autres joueurs peuvent le convaincre d'exécuter cette action. En l'absence de coupe, la forêt de conifères s'étend rapidement sur le plateau de jeu (**Figure 10**), venant coloniser les cases « Fiches » qui ont tendance à se multiplier du fait de l'abandon des terres par l'agriculteur et l'éleveur.

Figure 10. Schéma de la dynamique du pin noir dans la version finale de BarOdyssee

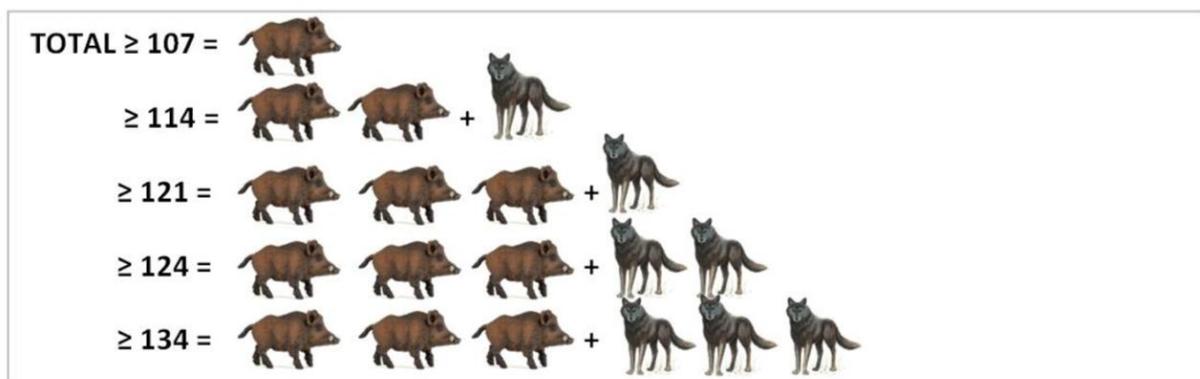


La dynamique du pin noir d'Autriche joue un rôle sur le développement de la faune forestière, notamment sur la prolifération du loup et des gros gibiers (sangliers, cervidés) pouvant être nuisible à l'activité des éleveurs. En effet, le loup peut s'attaquer aux troupeaux ovins présents à Séderon, tandis que les sangliers peuvent détruire les cultures. Dans le jeu, la présence d'animaux sauvages est corrélée au couvert forestier (Feuillus + Conifères + Petits Pins). A l'issue de chaque tour, au moment de la mise à jour du plateau, l'animateur comptabilise le nombre de cases « Forêts ». Le nombre d'animaux à poser sur des cases du plateau, pour le tour suivant, est déterminé par le nombre total de cases « Forêt » :

Les règles concernant la faune sauvage sont les suivantes :

- Il ne peut y avoir qu'un seul animal par case.
- Il est impossible d'exploiter ses champs dans l'aire d'action d'un sanglier ou ses prairies dans l'aire d'action du loup.
- On compte 1 sanglier à partir de 107 cases « Forêt » (Feuillus, Conifères et Petits pins confondus), 2 à partir de 114 cases et 3 à partir de 121 cases (**Figure 11**).
- On compte 1 loup à partir de 114 cases « Forêt », 2 à partir de 124 cases et 3 à partir de 134 cases (**Figure 11**).

Figure 11. Présence de la faune sauvage en fonction du nombre de cases « Forêt » dans le jeu BarOdysée



- Les animaux peuvent se côtoyer et se situent toujours en lisière de forêt (sur 1 case forêt en contact avec des champs pour le sanglier, ou en contact avec des pions « Moutons » pour le loup). Ils peuvent se déplacer de 5 cases à chaque tour. Si les agriculteurs et éleveurs sont en difficulté et qu'il y a plus de 2 animaux sur le plateau, il est possible de les placer en forêt, loin des exploitations.

Si la faune sauvage nuit particulièrement aux activités agricoles et pastorales, tous les acteurs⁴ sont concernés par cette dissémination du pin, puisqu'ils possèdent tous des parcelles en friche en début de partie. De même, tous peuvent subir les conséquences des aléas naturels auxquels le territoire est soumis. En effet, le prototype du jeu prévoyait le tirage au sort d'une carte « Aléa » au début de chaque tour.

Les types d'aléas choisis relèvent des aléas naturels (sécheresse, incendie, tempête), sanitaires (parasite du gui) ou encore « naturalistes » (zones protégées). Dans le bassin méditerranéen, la plantation de conifères à différents étages multiplie les risques d'éclosion d'incendies lors des périodes de sécheresse estivale. Les Baronnie se localisent en l'occurrence entre l'axe rhodanien et la vallée de la Durance et sont reconnues pour ses multiples influences, qu'elles soient alpines, dauphinoises ou méditerranéennes. Naturellement, la tempête s'est imposée comme aléa car elle amène d'autres enjeux : elle s'applique aux forêts et aux cultures des agriculteurs qui pourraient être ravagées par une tempête d'intensité

⁴ Le terme « acteur » est retenu pour parler des acteurs fictifs qui constituent des rôles à jouer (ex : le Maire, l'Agriculteur, l'Éleveur, etc.) L'emploi d'une majuscule en début de nom souligne l'appartenance de l'acteur au monde fictif du jeu.

plus ou moins forte. En ce qui concerne l'aléa sanitaire, l'attaque du gui a été retenue en référence aux infestations qui ont fait suite au reboisement des années 1970 dans la Haute-Provence. Cet hémiparasite véhiculé par les grives draines ou par la fauvette à tête noire provoque des contaminations sévères sur le pin noir d'Autriche. Enfin, l'aléa zone protégée permet de confronter les acteurs à une nouvelle dynamique qui pourrait être celle du parc naturel régional (P.N.R) dans la réalité des Baronnies, ou d'une zone Natura 2000, où la commune de Séderon pourrait intégrer le dispositif. (Extrait des documents du prototype de BarOdyssee)

Les modifications apportées à ces aléas reposent sur leur définition, leur mode d'introduction dans le jeu, ainsi que sur leurs conséquences. D'abord, l'inondation a été ajoutée aux aléas puisque certains épisodes ont été recensés à la des années 1990 à Séderon. Par contre, l'aléa « naturaliste » a été supprimé au profit d'une action mise à la disposition de l'ONF : « Créer une réserve naturelle ». Le but était d'intégrer la question de la conservation à la stratégie des joueurs et de ne pas en faire un événement subi. Par ailleurs, les aléas ne sont plus sous la forme de cartes tirées au sort, mais sont ont des probabilités différenciées et corrélées à l'état du territoire, donc du plateau de jeu (voir **Annexes**). La fréquence variable des risques a été traduite dans le jeu par l'usage d'un dé à dix faces. Puisqu'un tour équivaut à dix années, la probabilité qu'un risque se concrétise a été exprimée par une valeur $x/10$. Par exemple, la sécheresse a une probabilité de $4/10$ à chaque tour. Le tirage au sort des aléas s'effectue selon un ordre inscrit sur la « Fiche de Gestion des Risques Naturels » (voir **Annexes**) et doit être observé à l'issue de chaque tour. Quant aux conséquences de ces aléas, il était prévu dans le prototype que chaque risque touche les cases du plateau selon leur couverture de sol, et non selon leur localisation sur le plateau. Dans la version finale, les cases touchées sur le plateau ont été prédéfinies à l'aide de données cartographiques fournies par le département de la Drôme. Un modèle cartographique des risques à Séderon est fourni au joueur « Maire », ce qui lui permet de mettre en place une politique de prévention. L'introduction d'une spatialisation du risque permet ainsi une traduction plus territorialisée des enjeux environnementaux. Les risques se matérialisent sur le plateau à l'aide de plots « Aléas » pour le tour suivant le tirage. Les cases concernées sont immobilisées pour le tour, c'est-à-dire qu'aucun des joueurs ne peut agir ou tirer profit de ces cases. A l'issue de ce tour, les plots laissent place à des cases « Friches » à nouveau utilisables par les participants.

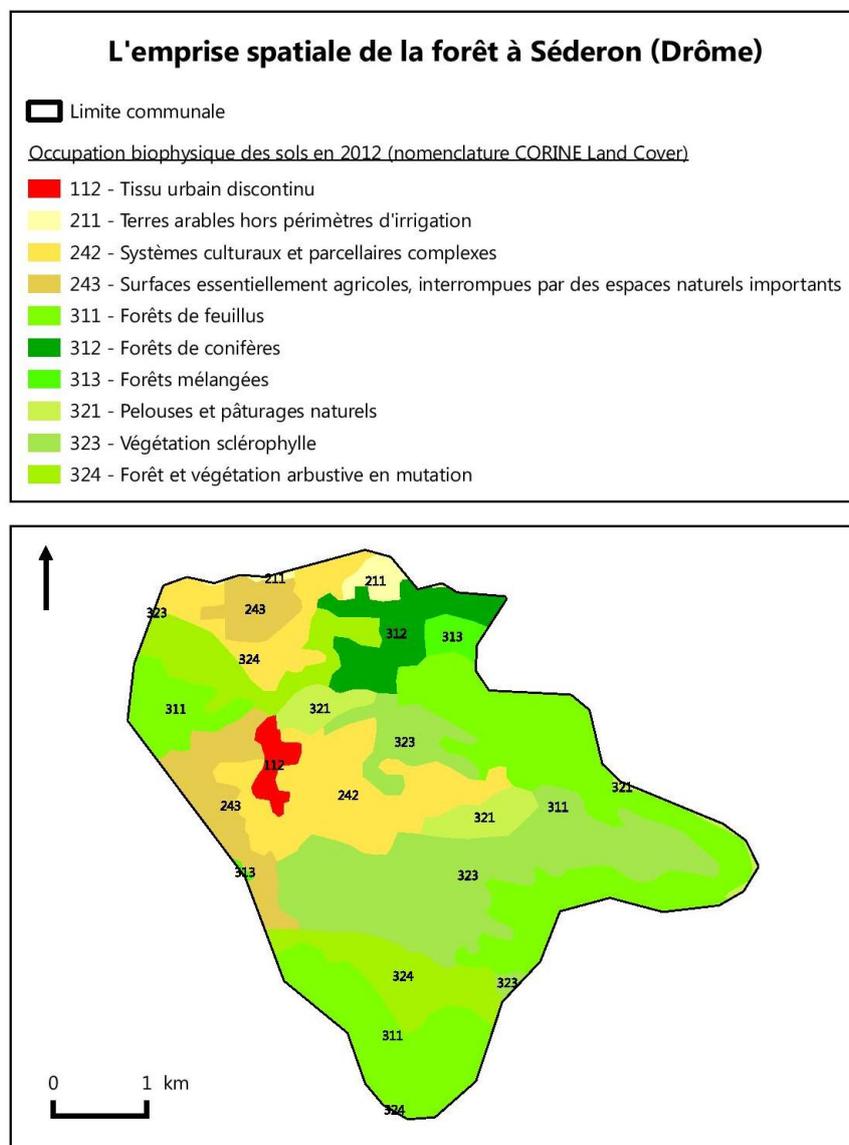
L'élaboration de ces dynamiques naturelles fictives à partir d'une étude de terrain permet donc de traduire les enjeux environnementaux de manière évolutive et spatialisée et de montrer les manifestations environnementales de la déprise rurale. Or, puisque le modèle est une représentation symbolique d'une réalité, la réflexion sur la sémiologie graphique a constitué une étape majeure de la formalisation de l'outil de simulation participative qu'est BarOdyssee.

B. Quelle sémiologie (géo)graphique ?

1. De la carte au plateau de jeu

La carte est la représentation conventionnelle d'un territoire en géographie et constitue un point de départ intéressant pour élaborer un modèle. L'occupation des sols est une variable majeure dans l'étude de la déprise rurale, puisqu'elle permet d'appréhender les dynamiques d'enfrichement et de reboisement qui caractérisent ce phénomène. C'est pourquoi le plateau de jeu par les étudiants du master Bioterre repose en fait sur une grille spatiale dont les cases (ou cellules) se différencient par leur type d'occupation du sol. La classification de ces couvertures a suivi la nomenclature de CORINE Land Cover (**Carte 4**), tout en subissant certaines simplifications pour améliorer l'ergonomie du jeu et la lisibilité du plateau.

Carte 4. L'emprise spatiale de la forêt à Séderon (Drôme), (LAGARD, 2016)



Réalisé avec QGIS 2.12

Source : Base de données géographiques CORINE Land Cover 2012, <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/>

Auteur : M. LAGARD, 2016

Cependant, le prototype du plateau de jeu présentait deux défauts de représentation : une classification par couleurs portant à confusion, ainsi qu'un marquage des propriétés perturbant la lecture des couvertures de sol. Concernant les couleurs de la grille spatiale, l'adoption d'une gamme de verts pour les forêts et du rouge pour le bâti est conforme à l'usage. Cependant, la représentation des champs en orange et des friches en jaune perturbe l'intuition du lecteur qui peut reconnaître une gamme de couleurs chaudes (du rouge au jaune), comme si les éléments désignés étaient de la même nature. Les champs signalés en orange autour du village représenté en rouge pourraient être mal interprétés et associés à une autre forme d'urbanité. Dès lors, la sémiologie graphique du plateau de jeu a été repensée de rendre la représentation plus accessible. Afin de clarifier la différence entre les représentations de couverture de sol tout en améliorant l'associativité des symboles, il nous a paru pertinent de mêler une approche chromatique à une approche par la texture. En effet, la nouvelle palette de couleurs semble moins contrastée que celle du prototype (**Figure 13**), mais l'ajout de textures permet une lecture plus intuitive des couvertures de sol (**Figure 12**).

Figure 12. Palette chromatique du plateau de jeu de BarOdyssee

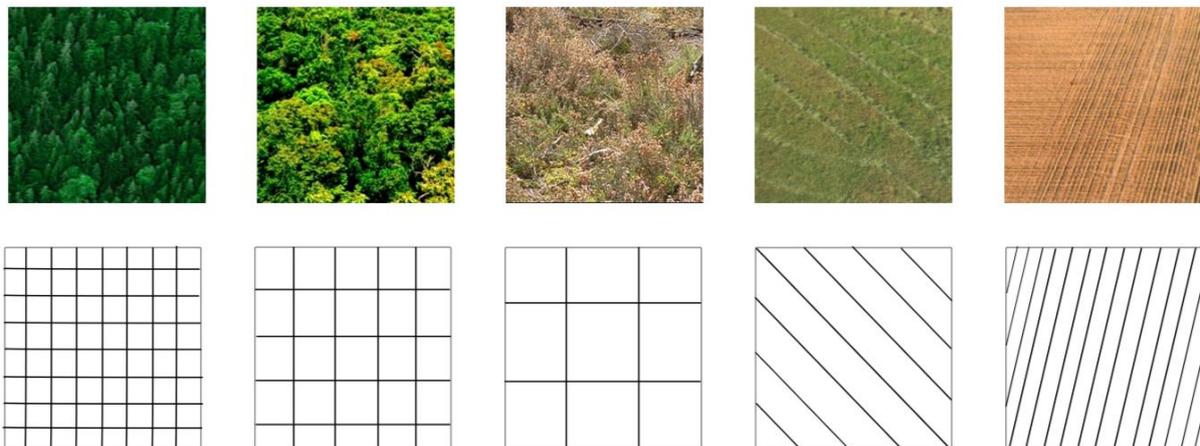


Figure 13. Transformation de la légende du plateau de jeu de BarOdyssee (Occupation des sols)



La nouvelle légende est construite à partir de photographies aériennes mettant en valeur des couvertures de sol homogènes, mis à part les « Petits pins », dont l'image vise à traduire la dynamique naturelle de colonisation du pin, ce qui explique qu'elle montre une lisière de forêt de conifères aux contours nets et arrondis. Ces cases ont été imprimées dans les deux sens, afin de pouvoir les ajouter sur le plateau dans le sens qui correspond à la dissémination, c'est-à-dire en joignant la partie boisée de la case « Petits pins » à la case « Forêt fermée de conifères », pour créer une impression de continuité et de progression. Un seul type d'occupation du sol échappe à cette représentation par photographies aériennes : le bâti. En effet, les photographies aériennes de villages ont été testées mais n'ont pas donné de résultat satisfaisant, ce qui explique un changement de mode de représentation. Le bâti est donc représenté par un symbole, celui d'une maison, afin de suggérer l'idée d'un bâti discontinu et de faible hauteur, propre aux espaces ruraux. Ce symbole est d'autant plus pertinent que l'ajout de nouvelles cases « Bâti » au cours de la partie dépend de l'action du promoteur immobilier, qui construit principalement des maisons individuelles. Le fond gris renvoie à l'artificialisation du sol en rappelant la couleur du béton. De la sorte, on accentue la différenciation entre d'une part les sols artificialisés et d'autre part les sols agricoles et naturels. En effet, les sols agricoles et naturels sont représentés par une photographie aérienne choisie pour son homogénéité chromatique (**Figure 14**) ainsi que pour sa texture, voire son motif, dont la répétition sur la grille spatiale crée un assemblage cohérent sur le plateau de jeu.

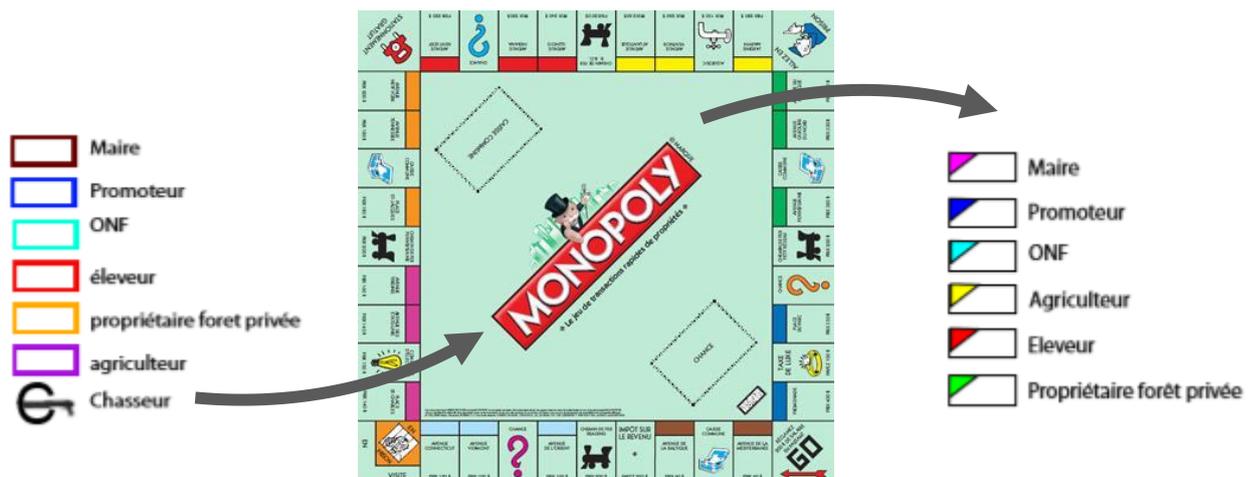
Figure 14. Motifs suggérés par la légende du plateau de jeu de BarOdysée (Occupation des sols)



On remarque que les sols naturels rappellent des motifs de damier plus ou moins serré, suggérant différentes densités de végétation. Les sols agricoles révèlent un motif de hachures dans deux sens différents, qui fait allusion au passage d'une machine agricole. Ces deux types de motifs, damier et hachures, permettent l'associativité des symboles en distinguant les sols naturels d'une part et les sols agricoles d'autre part.

L'autre variable importante du plateau de jeu, la propriété des parcelles, a également subi une transformation. La représentation des propriétés par un contour coloré complet, comme dans le prototype du jeu, perturbe la lecture du plateau car elle juxtapose les couleurs des contours et ne permet pas de visualiser la continuité des types d'occupation du sol quand elle existe. Le célèbre jeu de société *Monopoly* (Figure 15) m'a inspiré un type de marquage moins invasif, libérant ainsi plus d'espace sur chaque case.

Figure 15. Transformation de la légende du plateau de jeu de BarOdyssee inspirée du Monopoly (Propriété des parcelles)



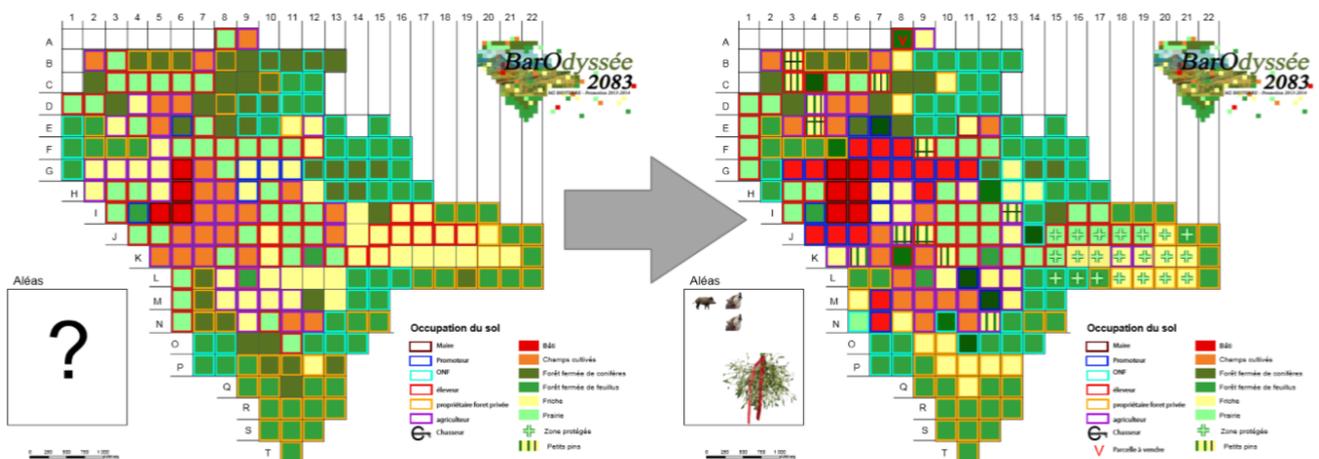
Comme sur le plateau de jeu du *Monopoly*, le marquage coloré de BarOdyssee se situe sur la partie haute des cases, mais ne concerne que le coin supérieur gauche. Les triangles du plateau de jeu sont plus facilement interchangeables, en cas d'achat ou de vente de parcelles entre deux joueurs. Cependant, la réduction de l'emprise spatiale des marquages de propriété doit être compensée par l'adoption de couleurs nettes et identifiables. Nous avons donc privilégié les couleurs primaires (jaune, magenta, cyan) ainsi que les couleurs les plus répandues du cercle chromatique (Figure 16), à savoir le vert, le rouge et le bleu indigo proche du violet. L'attribution des couleurs aux différents rôles à jouer s'est effectuée dans un souci de complémentarité chromatique et/ou de contraste visuel : par exemple, l'éleveur (en rouge) possède des parcelles de prairies (en vert), or, ces deux couleurs sont diamétralement opposées sur le cercle chromatique, ce qui les rend complémentaires. De même, les forêts de conifères sont représentées par une couleur vert sombre qui contraste avec le bleu cyan attribué à l'ONF. Chaque joueur peut ainsi repérer les zones du plateau de jeu qu'il contrôle en identifiant les nuages de symboles de sa couleur.

Figure 16. Cercle chromatique (Johannes Itten, 1961)



Le diagnostic territorial des Baronniees effectué par les étudiants du master Bioterre met l'accent sur la spécificité topographique de cet environnement, caractérisé par de la moyenne montagne. Cependant, le plateau de jeu qu'ils ont imaginé présente un espace isotrope. En effet, toutes les cases de la grille spatiale présentent les mêmes propriétés et les mêmes possibilités. Quand on observe le résultat du test que les étudiants ont réalisé en interne, on remarque la conséquence de cette absence de contraintes (Figure 17) : lors de la partie, le promoteur immobilier a acheté et bâti 18 cases, alors que le noyau rural d'origine ne recouvre que 4 cases. Leur modèle permet donc de quadrupler la taille du village à l'horizon des 70 prochaines années, ce qui semblerait peu probable en réalité, au vu de la faiblesse démographique et la marginalité de Séderon. De plus, le résultat de la simulation montre un étalement urbain « en tache d'huile » alors que le village est localisé dans un site de cluse, ce qui rend cette morphologie irréalisable.

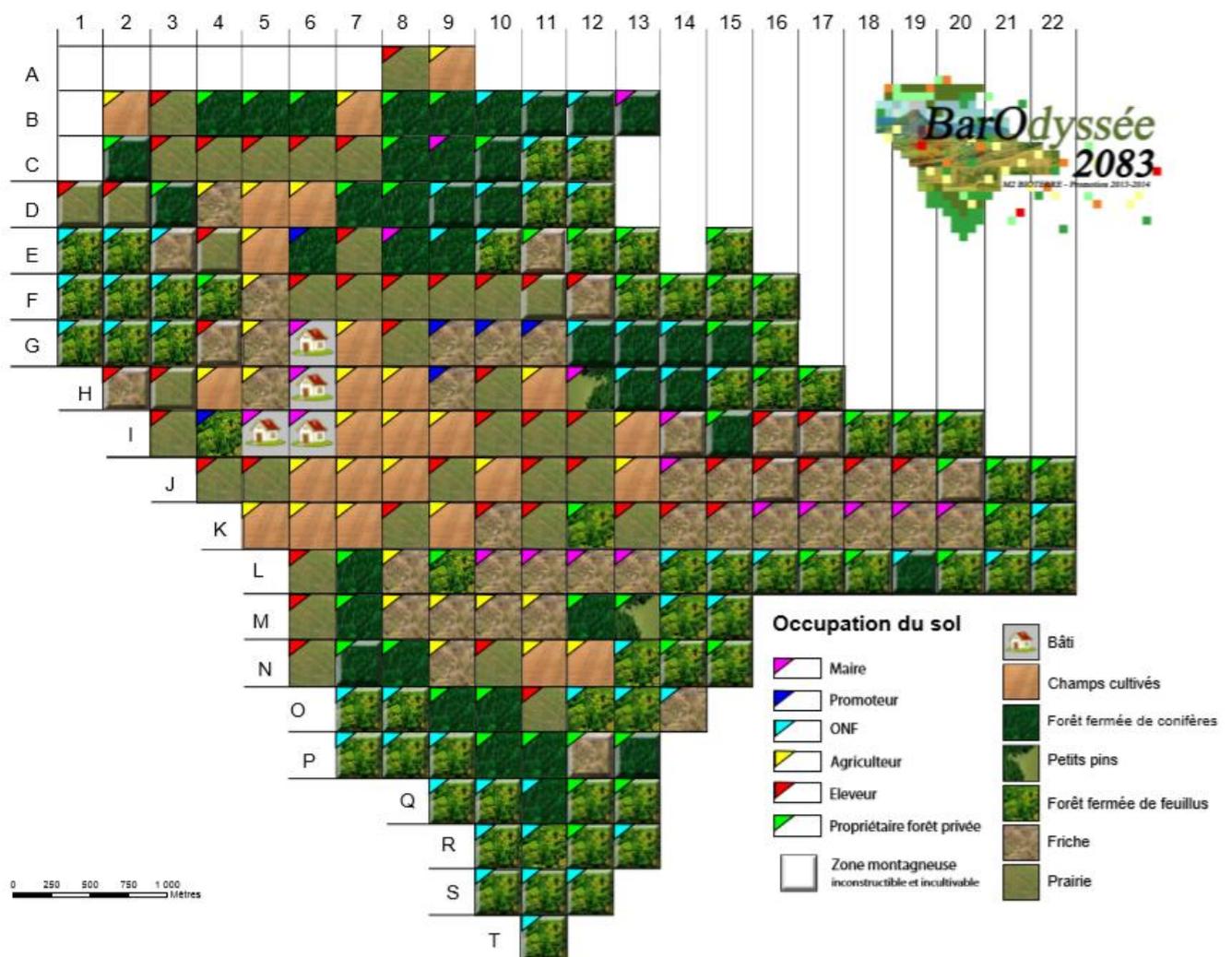
Figure 17. Résultat du test du prototype de BarOdyssee par les étudiants du master Bioterre (2014)



L'introduction de contraintes paraissait donc essentielle pour améliorer la qualité du modèle. Cependant, il nous était techniquement impossible de réaliser une maquette 3D ou un modèle informatique 3D. De plus, le plateau de jeu présentait déjà deux variables (Occupation du sol et Propriétés). L'introduction de la topographie ne devait donc pas perturber la lecture du plateau. J'ai donc simplifié la variable topographique en distinguant deux types de cases : celles situées en zone

montagneuse et celles qui ne le sont pas. Le but de cette simplification est d'introduire des contraintes topographiques qui empêchent par endroit l'action de certains acteurs et ainsi permettre aux joueurs d'affiner leurs stratégies en fonction de données géographiques. Finalement, les cases situées en zone montagneuses sont marquées d'un effet 3D qui donne l'illusion d'une surélévation et deviennent inconstructibles et incultivables (**Figure 18**). Ce glissement conceptuel d'un espace isotrope à un espace anisotrope et hétérogène permet de modéliser la différenciation spatiale que subissent les territoires.

Figure 18. Plateau de jeu final de BarOdyssee (LAGARD, 2016, réalisé avec Inkscape)

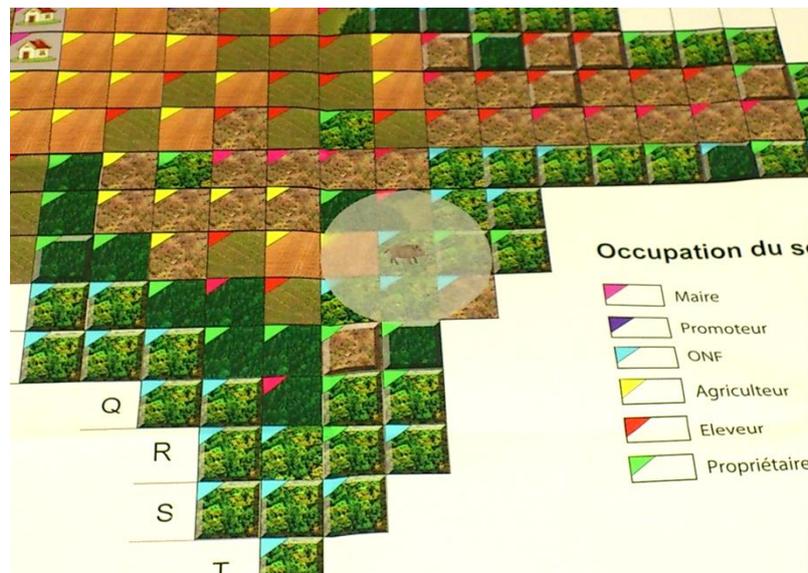


2. Le plateau de jeu comme territoire

Le plateau de jeu se situe au cœur du modèle, puisqu'il permet la spatialisation des éléments du jeu et des actions des joueurs. Les actions des joueurs sont presque toutes spatialisées, c'est-à-dire qu'elles transforment une ou plusieurs cases de la grille. Les stratégies des participants doivent donc tenir compte de l'hétérogénéité du territoire. Par exemple, l'Eleveur et l'Agriculteur sont des rôles qui font appel à une vision large du plateau de jeu car les parcelles agricoles sont nombreuses,

mais certaines sont en lisière de forêt de conifères, ce qui les rend plus vulnérables à la colonisation du pin. En effet, si un joueur n'exploite pas ses parcelles agricoles pendant un tour, elles se transforment en « Fiches » et peuvent être colonisées par les petits pins selon la distance qui les sépare de la case « Forêt de conifères » la plus proche. Par ailleurs, la version finale du jeu prévoit une spatialisation des animaux sauvages sur le plateau de jeu. (**Figure 19**).

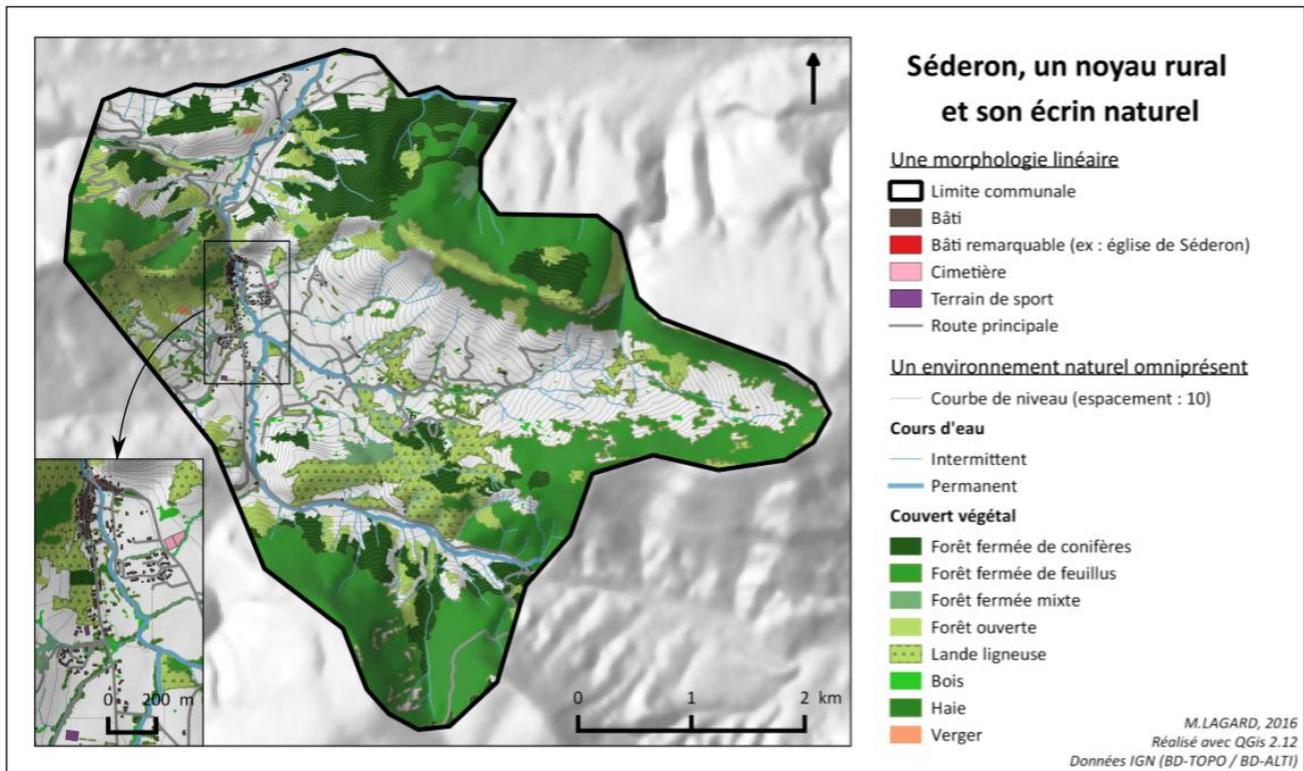
Figure 19. La spatialisation des animaux sauvages dans BarOdyssee (LAGARD, 2016)



Cette photographie du plateau de jeu en début de partie montre la présence d'un sanglier, qui a pour conséquence d'empêcher l'agriculteur de cultiver la parcelle qui se situe dans l'aire d'attaque (calque transparent) du sanglier. Le rôle de l'Eleveur est quant à lui concerné par la présence des loups. La présence d'animaux sauvages en lisière de forêt peut conditionner une stratégie de repli des acteurs agricoles vers le centre du plateau, près du village. Cependant, cette stratégie observée pendant les tests a pour conséquences d'aggraver la fermeture du paysage puisqu'elle accentue l'enfrichement et le reboisement des parcelles.

Les zones montagneuses et la faune sauvage peuvent constituer des contraintes pour les joueurs et sont visibles pour tous les participants. Leur introduction dans le modèle vise à accentuer le mimétisme entre le plateau de jeu et le territoire de Séderon. En effet, la commune de Séderon présente une vallée centrale et des hauteurs plus prononcées sur ses contours (**Carte 5**). Le fond de vallée constitue donc l'espace le plus approprié à l'implantation d'activités humaines, de constructions et de réseaux de transport, ce qui en fait l'axe central du territoire communal. Les espaces boisés et escarpés apparaissent à l'inverse comme des espaces périphériques, bien qu'ils constituent un élément identitaire du paysage séderonnais.

Carte 5. Séderon, un noyau rural et son écrin naturel (LAGARD, 2016)



Cette carte synthétique de Séderon a servi d'appui à la création de deux cartogrammes dont l'objectif est de renforcer la dimension spatiale de la stratégie des joueurs. Cependant, contrairement au relief et aux animaux sauvages, qui sont visibles pour tous les joueurs, ces cartogrammes (portant le titre de « carte », plus familier pour les participants) font partie des informations personnelles mises à la disposition de certains joueurs uniquement. Le Promoteur dispose d'un cartogramme des zones constructibles et des coûts de construction à Séderon (**Figure 20**), élaboré à partir de cette carte de Séderon. Le coût prend principalement en compte le relief et la présence de routes. Ce document permet de restituer virtuellement l'attractivité des espaces bien reliés aux réseaux urbains (routes, eau, électricité, etc.) et constructibles à moindre frais. Cependant, il en résulte une pression foncière sur les territoires agricoles pouvant entraîner un processus de mitage. De la sorte, le plateau de jeu permet de reconstituer des jeux de pouvoir autour du contrôle du territoire. Cependant, la construction de biens immobiliers est soumise à l'accord du Maire, qui dispose quant à lui du cartogramme des zones soumises à des risques naturels. Le second document vise à informer le Maire de la situation géographique des zones inondables, soumises à la sécheresse ou aux feux de forêts. Ce cartogramme (**Figure 21**) a été réalisé à partir de données IGN puisqu'il n'existe malheureusement pas de carte des risques naturels à Séderon consultable librement. Le joueur qui incarne le Maire est libre de diffuser ou non les informations dont il dispose, il est donc responsable d'une éventuelle politique de prévention des risques naturels.

Figure 20. Cartogramme du coût et de la constructibilité des parcelles dans BarOdysée (LAGARD, 2016)

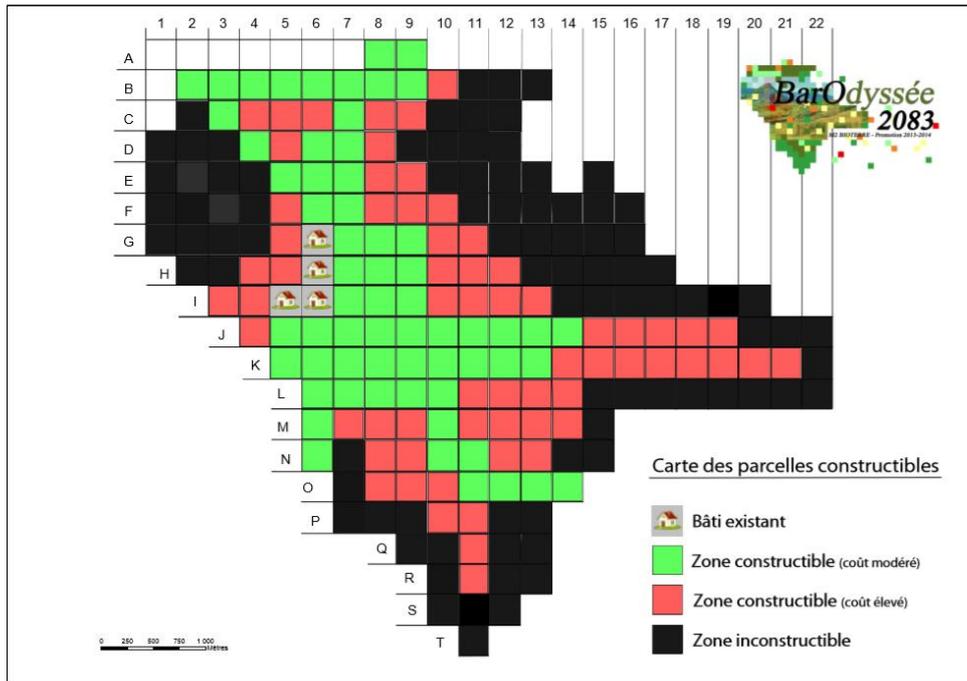
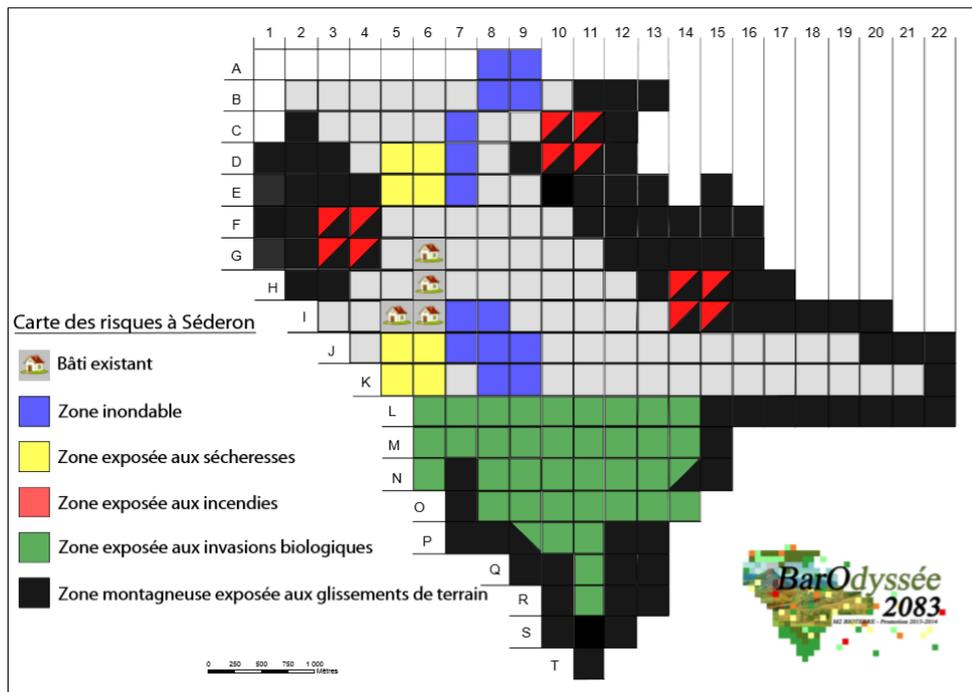


Figure 21. Cartogramme des risques naturels dans BarOdysée (LAGARD, 2016)



Les zones représentées dans les deux cartogrammes ne sont pas superposables, afin d'amener les participants à croiser eux-mêmes les deux variables et se rendre compte de la complexité du territoire en jeu. Le choix des couleurs utilisées pour réaliser ces cartogrammes répond à une volonté de simplifier l'information afin de la rendre accessible à tous et rapidement assimilable. Le cartogramme des coûts peut rappeler le fonctionnement d'un feu tricolore, le vert ayant une

connotation positive et permissive tandis que le rouge suggère un danger. Le second cartogramme se réfère à un usage conventionnel des couleurs : le vert pour la végétation, le bleu pour l'hydrographie, les couleurs chaudes pour les risques de sécheresse et d'incendie. Dans les deux documents, le noyau rural a été signalé afin de servir de point de repère pour la lecture.

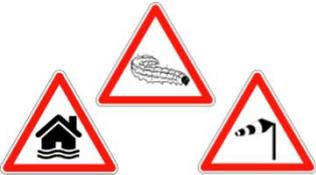
Le plateau de jeu de BarOdysée propose donc une application du principe de différenciation spatiale au monde virtuel. Il permet ainsi de renforcer la prise en compte des irrégularités du territoire dans la mise en place de stratégies d'exploitation agricole ou d'aménagement. De plus, la possession exclusive de certaines informations par des joueurs permet de rendre compte des asymétries de pouvoir qui se nouent autour de la gestion de l'environnement.

3. Champ sémantique et sémiologique du jeu

Contrairement au prototype de BarOdysée, qui prévoyait une projection numérique du plateau de jeu, sa version finale le place définitivement dans la catégorie des jeux de plateau. En effet, la grande majorité des actions à effectuer par les joueurs implique une spatialisation sur le plateau. Nous avons fait ce choix dans le but d'améliorer la ludicité et l'interactivité de l'atelier de simulation. De plus, les tests nous ont montré que l'absence de manipulation du plateau de la part des joueurs amenait à une moindre appropriation des enjeux environnementaux et spatiaux contenus dans le jeu. A chaque tour, les joueurs devaient noter les actions effectuées sur une fiche en indiquant les coordonnées des cases concernées par ces actions. Quand l'action concernait une grande partie du plateau (ex : Exploiter ses champs), le joueur n'indiquait que les coordonnées des cases exclues par cette action. Afin d'améliorer l'interactivité du plateau de jeu, il a été nécessaire d'imaginer un système de symboles et de pions à disposer sur les cases.

Ces accessoires à manipuler devaient répondre à certains critères : le sens (le symbole est-il approprié ?), la taille (l'accessoire ne nuit-il pas à la lisibilité du plateau ?), la forme (faut-il privilégier un pion plat, en relief, un bâtonnet ?), la couleur (est-elle représentative ? Est-elle lisible sur le plateau dans son ensemble ?). Chacune des pièces conçues vient agrandir le matériel de jeu ainsi que son champ sémantique, puisque chaque nouveau pion porte un nom, afin de rendre son appropriation par les joueurs plus facile. Il était également important de penser toutes ces pièces globalement, les unes par rapport aux autres, afin d'éviter des déséquilibres ou des conflits sur le plateau. Le résultat obtenu (**Tableau 4**) constitue donc la famille de symboles de BarOdysée.

Tableau 4. Pièces et symboles du jeu BarOdyssee

PIECE	NOM	TYPE	RÔLE
	« Mouton »	Figurine (Pion central)	Matérialise l'action « Exploiter ses prairies »
	« Fermier »	Figurine (Pion central)	Matérialise l'action « Exploiter ses champs »
	« Panneau Vendu »	Jeton rectangle plat (Bannière centrale)	Matérialise l'action « Vendre un bien immobilier »
	« Périmètre d'exploitation forestière »	Jeton rectangle plat (Contour de case)	Matérialise l'action « Aménager la forêt en vue d'une exploitation »
	« Périmètre réserve naturelle »	Jeton rectangle plat (Contour de case)	Matérialise l'action « Créer une réserve naturelle »
	« Périmètre de zone autorisée pour la cueillette »	Jeton rectangle plat (Contour de case)	Matérialise l'action « Autoriser la cueillette »
	« Plot aléa »	Tuile sur socle (Pion central)	Matérialise la survenue d'un risque naturel
	« Loup » et « Sanglier »	Figurine plate (Pion central)	Matérialise la présence d'un animal sauvage
	« Plot opportunité »	Tuile sur socle (Pion central)	Matérialise un aménagement « Carte opportunité »

Le concept le plus développé dans ce champ sémiologique est l'associativité des symboles. En effet, vu le nombre important de pièces qui entre en jeu au cours d'une partie, il était nécessaire de pouvoir distinguer et associer les types de symboles sans difficulté. Nous avons donc privilégié l'ergonomie de jeu des participants ayant un rôle agricole ou pastoral, puisqu'ils sont amenés à déplacer leurs pions à chaque tour. Le « Fermier » est une figurine qui fait référence à la force de travail humaine. Il aurait été possible de choisir une figurine représentant une machine agricole, mais cela aurait suggéré une agriculture très mécanisée, qui ne correspond pas à la variété des pratiques agricoles de Séderon. La couleur jaune de la figurine a été choisie pour s'associer avec la couleur des triangles marquant la propriété de l'Agriculteur sur le plateau. Ce joueur bénéficie ainsi d'une couleur qui lui est propre et qui facilite sa lecture du plateau. Dans la même famille que le « Fermier », le pion « Mouton » représente l'élevage ovin très présent à Séderon. L'accumulation de pions blancs sur le plateau permet au joueur de visualiser son troupeau virtuel. Les autres figurines, « Sanglier » et « Loup » sont planes pour deux raisons : elles sont collées sur un disque de papier calque représentant l'aire d'attaque de l'animal et elles ne sont pas manipulables par les joueurs, puisque c'est au maître du jeu d'effectuer les entrées, les sorties et les déplacements de ces figurines. La famille des jetons rectangulaires plats sert à représenter les différents usages de la forêt, caractérisés par le balisage de zones réservées à une fonction économique, sociale ou écologique de la forêt. Les couleurs et motifs visent à signifier ces usages : les hachures rouges et blanches rappellent les périmètres de travaux ou dangereux, les feuilles vertes suggèrent la préservation de la forêt, et les motifs taupe miment la forme et la couleur des champignons, dont la cueillette est permise par le joueur. Enfin, les deux dernières familles de plots représentent les aléas naturels et les plots « opportunités ». Les aléas sont tous représentés par des tuiles en forme de panneau de signalisation indiquant un danger, et présentant sur ses deux faces un pictogramme parfois inventé. Ces tuiles sont insérées dans des socles noirs, qui se différencient des socles blancs utilisés pour les plots « opportunités ». Les « cartes opportunités » sont un dispositif qui intervient dans le jeu à mi-parcours et permet aux joueurs d'améliorer qualitativement leur activité. Par exemple, le plot présenté dans le tableau (**Tableau 4**) matérialise l'aménagement d'un chemin de randonnée par un acteur forestier.

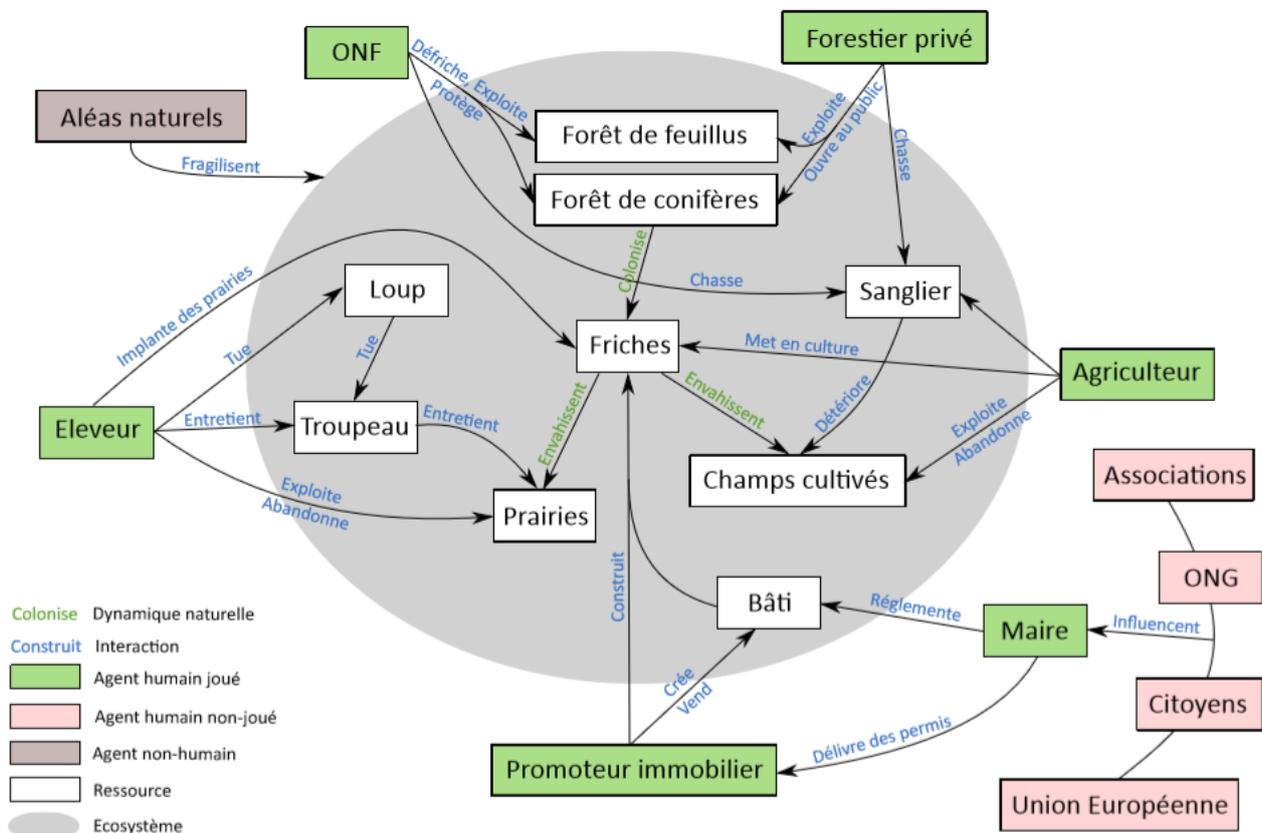
L'ensemble des pièces de BarOdyssee vient enrichir le champ sémantique et sémiologique du jeu, en permettant à chaque action de matérialiser ses actions sur le plateau, donc de prendre conscience de son propre impact sur le territoire. Les symboles adoptés contribuent également à rendre le jeu attractif et ludique, afin de rendre l'atelier de simulation interactif et dynamique. La représentation d'un système écologique et social dans un jeu de rôles nécessite en effet d'accorder une place particulière aux interactions.

C. Concevoir une représentation dynamique : le cas des interactions

1. Jeux d'acteurs, actions de joueurs

La modélisation d'un système écologique et social à l'échelle locale peut être synthétisée par un diagramme ARDI (Acteurs Ressources Dynamiques Interactions). Ce type de représentation vise à faire apparaître les agents humains et non-humains qui interagissent au sein d'un territoire donné, en plaçant les enjeux environnementaux au centre des interactions. Dans le cas de Séderon, territoire de référence de cette étude, le modèle réalisé (**Figure 22**) reste limité par les possibilités qu'offre un jeu de rôles. En effet, n'ont été retenus dans le diagramme ARDI que les éléments pouvant trouver leur place au sein d'un jeu de rôles. La prise en compte de la finalité opérationnelle de l'outil de simulation participative permet de mieux gérer la complexité du socio-écosystème à modéliser. Ce diagramme permet d'analyser les dynamiques naturelles d'enfrichement et de colonisation du pin noir et de voir le rôle des acteurs locaux dans l'accentuation ou l'enrayement de ces processus. Il a pour avantage de privilégier une représentation dynamique du système écologique et social.

Figure 22. Diagramme ARDI de BarOdyssee (LAGARD, 2016)



Cependant, ce modèle conceptuel met l'accent sur les relations entre les acteurs locaux et les ressources naturelles, d'où une organisation concentrique, ce qui place donc l'étude des jeux d'acteurs au second plan. Or, les enjeux environnementaux impliquent souvent des conflits d'usage des ressources entre les différents acteurs locaux. Par exemple, l'Agriculteur et l'Éleveur peuvent entrer en conflit avec le Promoteur pour la possession de parcelles situées dans la vallée, nous renvoyant à la question de la pression foncière exercée sur les terres agricoles. D'un autre côté, la biodiversité est un enjeu qui concerne en particulier l'ONF et le Propriétaire de forêts privées, qui doivent trouver un équilibre entre le développement d'une filière-bois, la mise en tourisme de la forêt et la préservation du patrimoine naturel. Afin de faire émerger les dimensions politiques et sociales des problématiques de gestion de l'environnement, les rôles à jouer ont été étoffés. Alors que le prototype de BarOdyssee ne prévoyait que deux actions disponibles pour l'ONF (couper et planter), la version finale lui en propose sept. De plus, le nombre limite d'actions réalisables à chaque tour est passé de 3 à 4. Ce déploiement des rôles est essentiel pour rapprocher la simulation des scénarios imaginables. En effet, chaque joueur peut donc pleinement décider de son parcours en ayant de nombreuses options à sa disposition (**Tableau 5**). Cette ouverture laisse de l'espace à l'expression des représentations personnelles des participants. Le jeu doit en effet permettre au joueur de mettre en pratique le mode de gestion de l'environnement qui lui convient. La simulation peut donc aboutir à une multiplicité de résultats dépendant directement de la stratégie des acteurs incarnés par les joueurs.

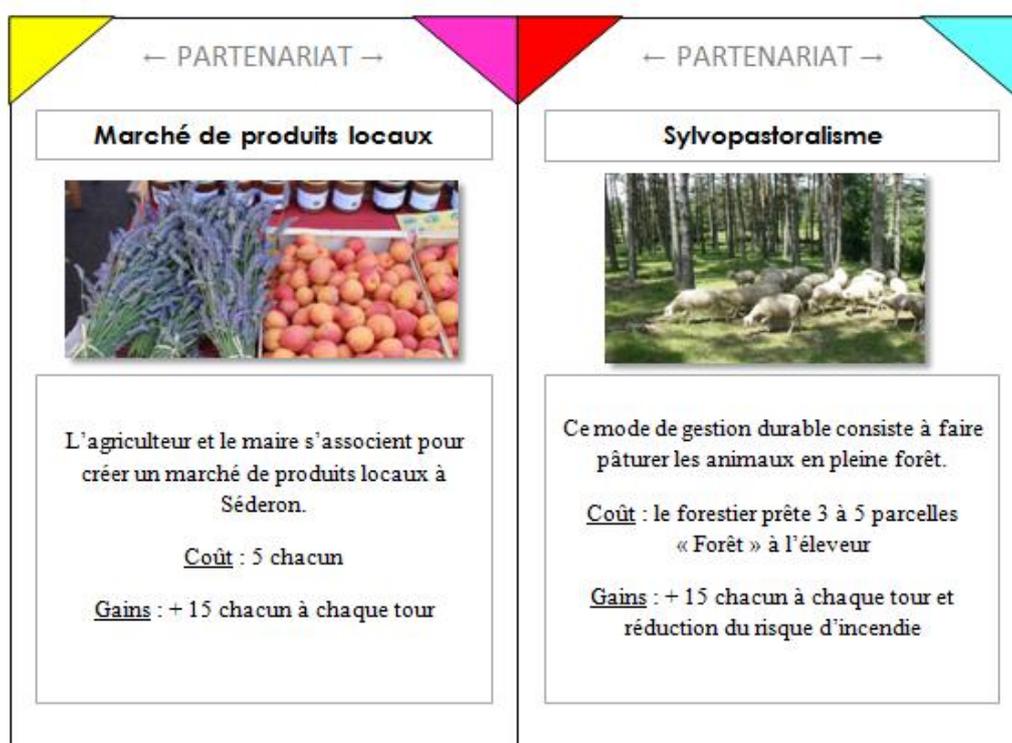
Afin de rendre chaque atelier de simulation unique, un dispositif de « Cartes opportunités » permet de faire varier le jeu et les actions disponibles pour les joueurs. Ces cartes sont au nombre de 17 et apparaissent à l'issue des trois premiers tours : une partie des cartes est débloquée automatiquement, tandis qu'une autre partie intègre la partie sur conditions. Par exemple, la carte « Label Agriculture Biologique » est disponible directement à partir du troisième tour, alors que la carte « Création d'une zone d'activités » n'est disponible que si l'indicateur « Dynamisme commercial » est supérieur à 6. Ces cartes possèdent chacune un titre, un coût et des gains. Elles ont pour objectif de faire varier les échelles temporelles des stratégies des joueurs, puisque certaines cartes offrent des gains presque immédiats alors que d'autres ne sont rentables qu'après 2 tours (soit 20 ans). Les aménagements permis par ces cartes ont une influence visible sur l'environnement, l'économie, l'attractivité du territoire ou encore le bien-être des habitants. Ils sont le plus souvent matérialisés et localisés sur le plateau de jeu, sauf lorsque l'évolution concerne simplement le coût et le gain de certaines actions (ex : la carte « Label Forêt durable » coûte 20 crédits et augmente de 30 crédits les bénéfices de l'action « Exploiter la forêt », déjà existante dans le jeu des forestiers).

Tableau 5. Rôles à jouer et actions disponibles dans BarOdyssee

ACTEUR	ACTIONS DISPONIBLES	CAGNOTTE INITIALE
Maire	Acheter parcelle(s) Vendre parcelle(s) Investir dans les services Exproprier Délivrer un/des permis de construire Subventionner une activité	300
Promoteur immobilier	Acheter parcelle(s) Vendre parcelle(s) Construire un bien Vendre un bien Défricher et construire un bien	500
Agriculteur	Acheter parcelle(s) Vendre parcelle(s) Exploiter ses champs Mettre en culture Tuer le sanglier sans autorisation	100
Eleveur	Acheter parcelle(s) Vendre parcelle(s) Exploiter ses prairies Planter des prairies Tuer le loup sans autorisation	100
ONF	Boiser Défricher Couper les petits pins Aménager la forêt en vue d'une exploitation Exploiter la forêt Créer une réserve naturelle Chasser	350
Propriétaire de forêts privées	Acheter parcelle(s) Vendre parcelle(s) Boiser Aménager la forêt en vue d'une exploitation Exploiter la forêt Autoriser la cueillette Chasser	350

Certaines cartes ont pour particularité de nécessiter l'accord de deux acteurs. Ces cartes « Partenariat » (**Figure 23**) visent à proposer aux joueurs d'imaginer des stratégies collectives, suggérant ainsi que l'entente et le compromis peuvent être plus intéressants que la poursuite d'une stratégie individuelle. Au cours des phases de test, ces cartes ont suscité un réel engouement et ont révélé la capacité des participants à interagir et prendre des décisions collectives. Ce dispositif, totalement inexistant dans le prototype du jeu, offre un large éventail de possibilités aux joueurs et permet d'imaginer des solutions pour lutter contre la déprise rurale. La mesure de l'impact de toutes les actions du jeu sur l'environnement et la société est prise en charge par les indicateurs de BarOdysée.

Figure 23. Deux cartes opportunités du jeu BarOdysée

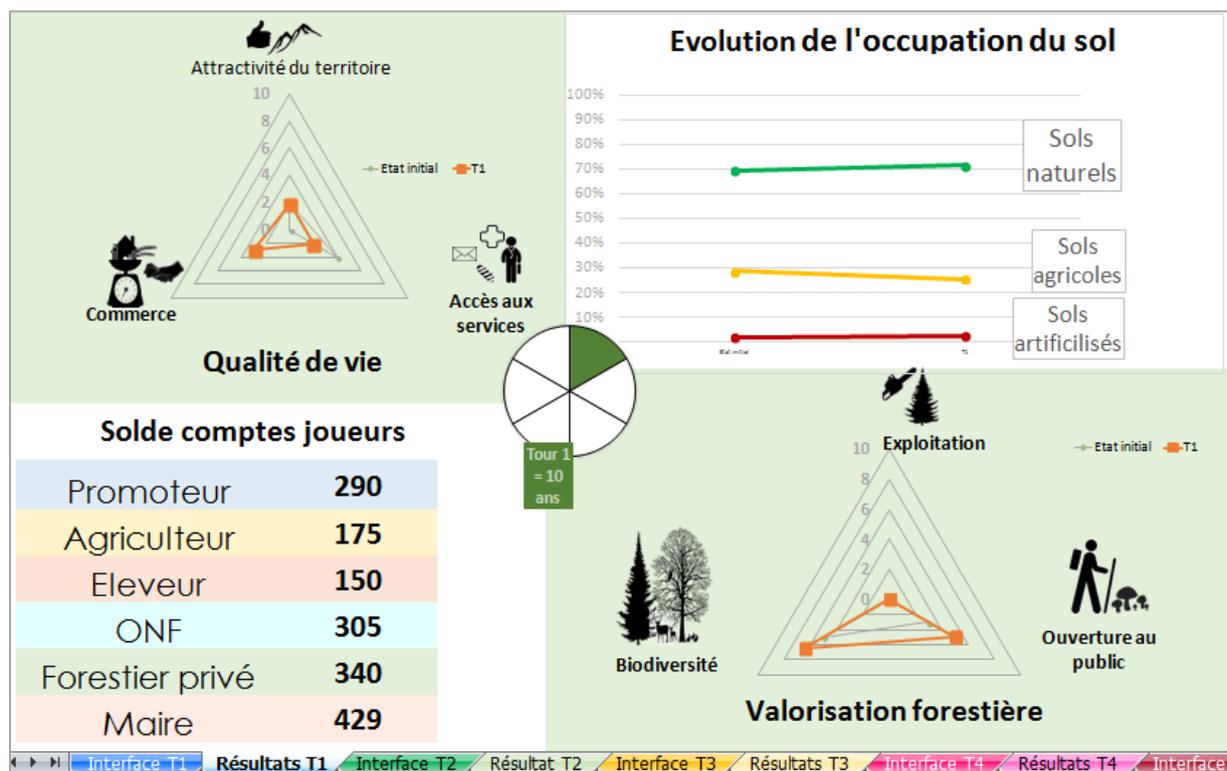


2. Interpréter les interactions : construire des indicateurs

Avec un quota de quatre actions par joueur et par tour, on compte donc un total de 24 actions à saisir dans l'interface informatique à chaque tour, soit 144 pour une partie complète comptant 6 tours. Le fichier de gestion informatique, formalisé par Eva Haëntjens, est composé d'un volet « Interface » et d'un volet « Résultats » pour chaque tour. Le premier onglet sert à saisir les actions de chaque joueur à l'issue de chaque tour. Les informations enregistrées entraînent une mise à jour automatique de l'onglet « Résultats » qui présente quant à lui l'évolution des indicateurs du jeu. Les deux indicateurs initialement présents dans le prototype du jeu ont disparu au profit de nouveaux. Ces nouveaux indicateurs sont au nombre de quatre et permettent d'évaluer les dynamiques socio-environnementales du territoire au fur et à mesure de la simulation. Chaque action effectuée prend

donc tout son sens grâce à la mesure de son impact sur le territoire. A l'issue de chaque tour, les indicateurs graphiques (**Figure 24**) sont projetés numériquement et les participants sont invités à les interpréter.

Figure 24. Capture d'écran de l'interface informatique de BarOdyssee au cours d'une simulation



L'indicateur graphique de l'occupation du sol est fondé sur la nomenclature CORINE Land Cover, qui a été adaptée pour les besoins du jeu (**Tableau 6**). Il exprime trois grands types d'occupation du sol (espaces artificialisés, territoires agricoles et milieux naturels) en pourcentage de la superficie totale du territoire communal. L'évolution des courbes obtenues dans le graphique permet d'appréhender l'évolution du paysage au cours de la simulation. Cet indicateur quantitatif complète ainsi l'approche sensible du paysage que proposent le plateau de jeu et le diaporama photographique de Séderon présenté en début d'atelier.

L'interface informatique propose deux indicateurs qualitatifs : la qualité de vie et la valorisation forestière. Ces deux indicateurs multidimensionnels, représentés par des radars, sont composés de trois variables exprimées par un indice de 1 à 10. L'évolution de chaque variable dépend directement des actions effectuées par les joueurs. Chaque variable peut avoir une tendance ascendante ou descendante, selon les actions choisies par les participants. Par exemple, la biodiversité forestière peut être améliorée par la création d'une réserve naturelle et détériorée par l'exploitation intensive de la forêt. L'indicateur « Qualité de vie » sert à évaluer la dynamique sociale du territoire par l'intermédiaire de variables telles que l'accès aux services, problématique en milieu

rural, ou encore l'attractivité du territoire, intéressante pour un territoire qui a l'opportunité de valoriser son patrimoine naturel dans une perspective touristique.

Tableau 6. Construction de l'indicateur « Occupation des sols »

TYPE D'OCCUPATION DES SOLS	CORRESPONDANCE DANS BARODYSSEE
Espaces artificialisés : zones urbanisées, industrielles et commerciales, réseaux de transport, espaces verts artificialisés.	Cases « Bâti »
Territoires agricoles : terres arables, cultures permanentes, prairies.	Cases « Champs cultivés » Cases « Prairies »
Milieux naturels : forêts, pelouses, landes et broussailles, végétation sclérophylle, plages, roches nues, zones incendiées, glaciers et neiges éternelles, marais, tourbières, cours d'eau, les plans d'eau, mers et océans.	Cases « Forêt fermée de feuillus » Cases « Forêt fermée de conifères » Cases « Petits Pins » Cases « Friches »

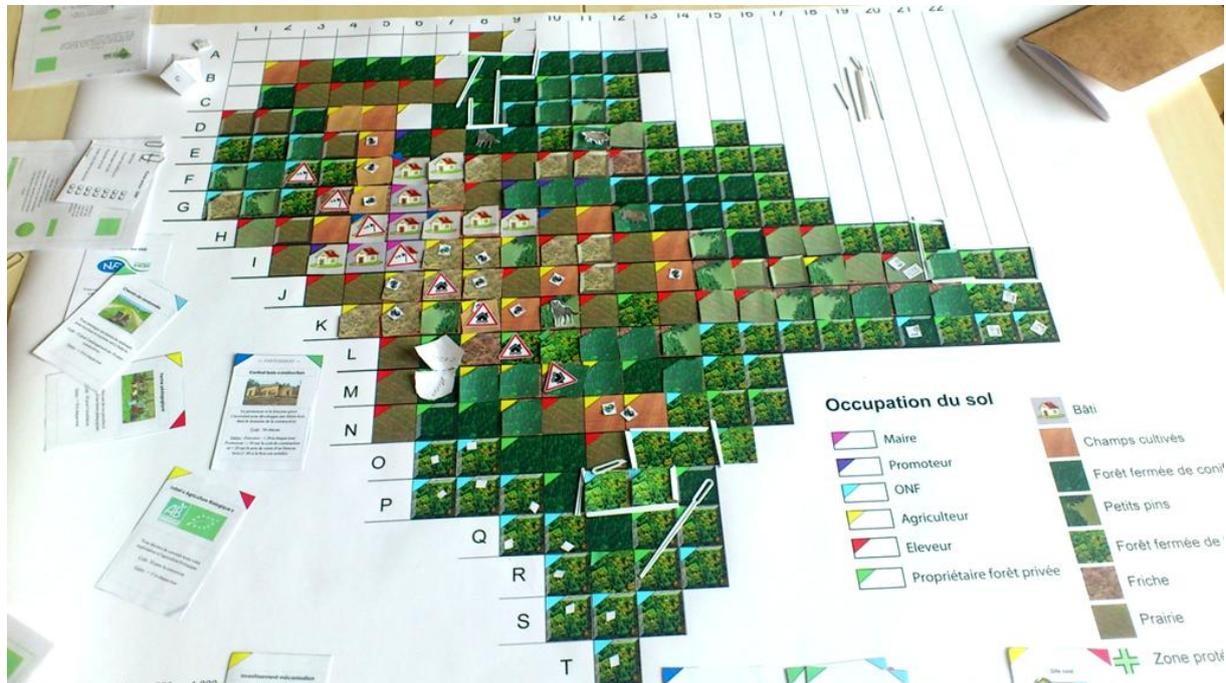
Le calcul de chacune des variables a fait l'objet de nombreux calibrages au rythme des phases de test, afin d'obtenir une évaluation correcte des dynamiques socio-environnementales du territoire modélisé. Notons que le dispositif des « Cartes opportunités » entraîne également des variations de chaque indicateur, ce qui les rend sensibles à tous types d'interactions. Au total, la version finale de BarOdyssée propose une partie informatique complexe, adaptée à une évaluation dynamique et multifactorielle des interactions qui s'opèrent au cours de la simulation.

3. Résultats des tests

Le développement de BarOdyssée a suivi la démarche de la modélisation d'accompagnement, axée sur un processus itératif alternant les phases d'élaboration avec les phases de test. Deux grandes sessions de tests ont été organisées à Paris et La Rochelle, complétées par de multiples tests réalisés en interne, au sein du laboratoire. La première session, organisée par Nicolas Bécu dans les locaux de l'Université de La Rochelle, a rassemblé des chercheurs et des étudiants dont le travail porte sur l'environnement. Ce test, réalisé à mi-parcours durant le mois de mars, a permis de valider le modèle conceptuel et les mécanismes de BarOdyssée. En effet, il nous a permis de vérifier le bon ajustement des dynamiques naturelles et sociales comprises dans le modèle. Durant cette séance, le modèle a rempli sa mission pédagogique en montrant les conséquences socio-environnementales de la déprise rurale. Les joueurs ont tous affirmé avoir perçu le processus de fermeture du paysage

(**Photo 3**), exacerbé par l'organisation spatiale de la commune, bordée de forêts de conifères qui empiètent sur les terres agricoles laissées à l'abandon.

Photo 3. Résultat du test réalisé à La Rochelle (LAGARD, 2016)



La simulation a montré une nette contraction des territoires agricoles, une extension modérée du noyau rural en « doigts de gants » et une valorisation forestière ne tenant pas compte des lisières de forêts, laissant ainsi le processus de colonisation du pin suivre son cours. En effet, les participants incarnant l'Agriculteur et l'Éleveur ont connu des difficultés financières les amenant à abandonner une partie de leurs possessions. À l'inverse, le Promoteur et les acteurs forestiers ont prospéré et ont pu mener à bien la stratégie qu'ils avaient imaginée au début de la partie. Le Maire a pris soin d'investir dans les services publics afin d'assurer une bonne qualité de vie aux habitants, et nous a d'ailleurs suggéré de créer une nouvelle action : « Subventionner une activité ». En effet, le participant en charge de ce rôle a regretté de ne pas pouvoir servir l'intérêt général en soutenant les acteurs locaux les plus en difficulté. Cette nouvelle option fait partie des nombreuses améliorations que ce test a permis d'apporter à BarOdyssee.

Le test réalisé au mois d'avril à Paris a fait appel à des membres de la communauté ComMod, qui ont mis à profit leur expérience et leurs connaissances pour évaluer le modèle et nous aider à le perfectionner. La séance a confirmé la validité et le bon fonctionnement de BarOdyssee et nous a permis de corriger les derniers défauts du jeu. En revanche, cet atelier a mis à l'épreuve toutes les pièces en bois et les tuiles servant aux joueurs à matérialiser leurs actions sur le plateau, nous faisant prendre conscience du niveau de saturation du plateau de jeu au cours de la partie (**Photo 4**). Le

plateau a donc été agrandi et réimprimé afin que les accessoires soient à l'échelle des cases de la grille spatiale.

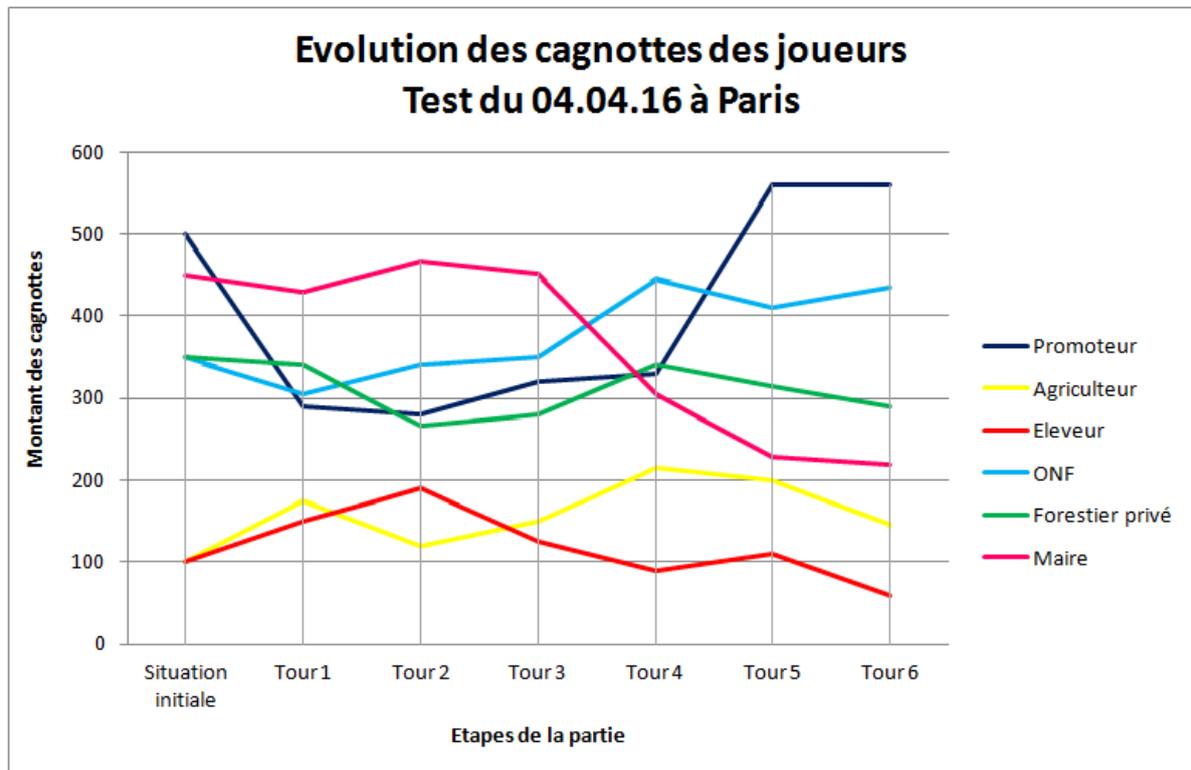
Photo 4. Résultat du test réalisé à Paris (LAGARD, 2016)



L'analyse du graphique montrant l'évolution des comptes des joueurs (**Figure 25**) révèle une représentation accentuée des différenciations sociales entre les acteurs locaux. En effet, le modèle tient compte des asymétries de pouvoir qui existent entre les différents acteurs du territoire et les restitue par le biais des cagnottes initiales des joueurs. De même, les perspectives de gains ou de pertes ne sont pas les mêmes pour tous les joueurs. Ce biais est volontairement introduit dans le jeu afin de faire prendre conscience aux joueurs des inégalités de pouvoir entre les acteurs d'un même territoire. On constate ainsi que la cagnotte du Promoteur diminue en milieu de partie du fait de la construction de biens immobiliers, mais le retour sur investissement s'effectue en fin de partie, faisant de lui l'acteur le plus riche parmi les six. Les deux acteurs forestiers connaissent une stabilité financière. En revanche, le Maire perd la moitié de son capital en cours de partie, les dépenses nécessaires au maintien des services publics étant supérieures aux recettes fiscales. L'Agriculteur et l'Eleveur montrent quant à eux une certaine stabilité, voire une légère diminution de leur cagnotte au cours de la partie. Les joueurs incarnant ces rôles lors du test effectué à La Rochelle sont parvenus à un épuisement total de leurs ressources financières, les amenant à abandonner leur exploitation. L'analyse de ces parcours individuels permet de rendre compte de l'hétérogénéité des situations et des pratiques des acteurs cohabitant au sein d'un même territoire. Ces différences alimentent une divergence des perceptions du territoire et des enjeux environnementaux. BarOdyssee est donc

conçu comme un outil de simulation participative qui restitue ces asymétries tout en permettant l'émergence de terrains d'entente et de solutions communes.

Figure 25. Evolution des cagnottes des joueurs lors du test à Paris (LAGARD, 2016)



En somme, la modélisation du territoire proposée par BarOdyssee accorde une place importante à la représentation dynamique des interactions. Le système écologique et social est appréhendé sous l'angle des relations qui lient les agents humains et non-humains d'un territoire. La représentation graphique, matérielle et informatique qui en est faite vise à ouvrir la voie à une représentation, au sens théâtral, des interactions sociales entre les acteurs locaux, incarnés par des joueurs. Le jeu de rôles fait donc appel à une simplification, voire à une caricature des interactions non-fictives. Dès lors, la fiabilité de la simulation devient problématique et pose la question de son efficacité dans les processus de décision.

IV. La géographie ludique peut-elle fournir une « représentation efficace » des enjeux environnementaux localisés ?

A. Le « jeu sérieux » : un oxymore ?

1. Le jeu, un « espace à part » (Huizinga, 1938)

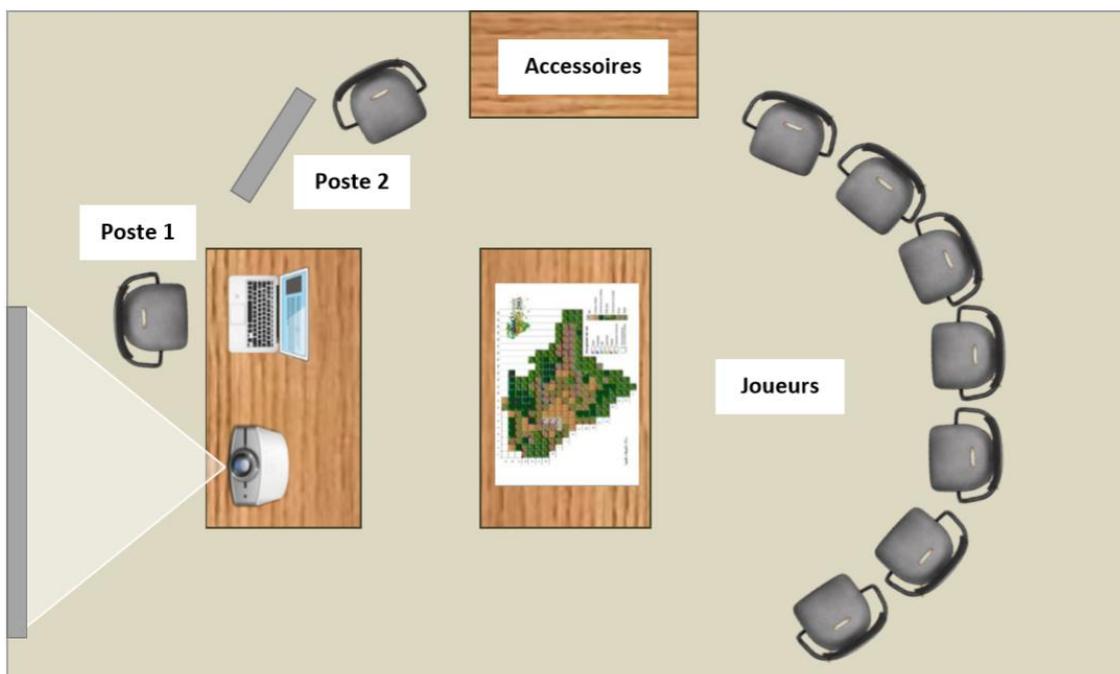
Si la modélisation et la simulation sont des méthodes courantes en géographie environnementale, le développement de jeux de rôles est limité à certains groupes de chercheurs, tels que les membres de la communauté ComMod. En effet, on peut remettre en question la place du jeu dans le domaine scientifique et l'aide à la décision, puisque le jeu se définit d'abord comme une activité « désintéressée, destinée à faire passer agréablement le temps à celui qui s'y livre » (TLFi). Comment une activité spontanée, libre et divertissante peut-elle s'inscrire dans un processus de construction du savoir scientifique et dans des processus décisionnels, marqués du sceau de la nécessité et du devoir ? En géographie culturelle, le jeu est considéré comme un « espace à part », expression empruntée à l'historien hollandais Johan Huizinga, convaincu de la fonction sociale du jeu (Huizinga, 1938). En effet, le jeu se caractérise par sa séparation avec le monde quotidien, il est juxtaposé à la réalité usagère (Leclerc, 2012). Il se situe donc hors de la sphère de la nécessité et de la contrainte. Pour s'accomplir, il nécessite des limites spatiales et temporelles ainsi que l'établissement de règles. Le jeu est en effet un espace autonome au sens où il constitue un monde régi par des règles différentes de celles qui commandent le comportement des hommes hors du jeu. Il se distingue des pratiques quotidiennes, de la même façon que l'action sacrée (Huizinga, 1938). La pratique universelle du jeu semble donc tenir du rite : bien qu'elle soit libre et consentie, elle est vécue par les joueurs comme une nécessité à partir du moment où ils sont dans l'espace du jeu. Les participants acceptent de s'assujettir à des règles et de respecter l'ordre qui prévaut dans l'espace et le temps nécessairement circonscrits de l'activité ludique.

BarOdyssee respecte cette définition sociale et culturelle du jeu. Le comportement des participants lors des tests a d'ailleurs bien montré leur inscription dans l'espace ludique. BarOdyssee réemploie tous les artifices propres aux jeux de société : le plateau de jeu, les cartes, le dé, les pions, les jetons. Il rassemble les codes de plusieurs familles de jeu : les pions et le plateau propres aux jeux de stratégie, comme les échecs ou le jeu de go ; le dé, propre aux jeux de hasard comme la roulette ou le loto ; les cartes à jouer, nécessaires à la pratique du jeu de cartes. Tous ces éléments suggèrent aux participants que BarOdyssee s'inscrit dans la tradition des jeux de société.

Le déroulement d'une séance de simulation s'inspire également des codes du jeu, puisqu'il s'opère dans un espace circonscrit et structuré (**Figure 26**). Le jeu, au sens matériel, se situe en

position centrale et polarise l'attention des joueurs, disposés en arc de cercle autour de la table centrale et face à l'écran de projection. Il sert également de frontière entre l'espace des joueurs et l'espace des maîtres du jeu, considéré comme un espace de hors-jeu. En effet, les deux animateurs de l'atelier ont chacun un rôle à part, qui les extrait en partie de l'espace ludique. L'un est attaché à la gestion informatique du modèle tandis que l'autre gère les transformations du plateau à l'issue de chaque tour. L'atelier se déroule par étapes : lors de l'activité introductive, les participants sont invités à s'asseoir et interpréter un diaporama photographique de Séderon, ensuite, ils ont la possibilité d'être debout et de se déplacer tout au long du jeu de rôles.

Figure 26. Disposition spatiale de la salle pour l'atelier de simulation (LAGARD, 2016)



Cependant, les séances se déroulent le plus souvent dans les locaux d'un laboratoire ou d'une université, rappelant ainsi la visée scientifique du jeu aux participants. La simulation participative peut donc transformer une salle en espace hybride, entre l'espace ludique dédié au divertissement et l'espace académique dédié à la science. Bien qu'il réemploie les codes du jeu de société, BarOdysée constitue un entre-deux et joue avec la frontière de l'espace ludique.

2. La distorsion du temps et de l'espace

Le jeu entretient donc une relation ambiguë avec l'espace, puisqu'il fait appel au concept de marge, par rapport au monde quotidien, mais également au concept de centralité, au sein de l'espace ludique qu'il constitue. Le modèle lui-même opère une distorsion de l'espace, en amenant les participants à considérer une grille spatiale de format A0 comme un territoire fictif à gérer. En effet, le plateau de jeu est un espace artificiel qui déforme le territoire de référence par un changement d'échelle et un mode de représentation particulier. Si le jeu d'échelles est commun aux

représentations conventionnelles du territoire que sont les cartes, la modélisation en grille spatiale est adaptée à la nécessité du jeu mais demande aux joueurs d'ajuster leur perception à cette représentation plus rare. La simplification extrême présentée par le plateau aurait pu être évitée si l'outil de simulation participative avait été conçu par ordinateur, comme un jeu vidéo. En effet, la modélisation de territoires grâce à l'outil informatique a été largement exercée depuis les années 1990, donnant naissance à de célèbres jeux vidéo tels que *Sim City* et *Civilization* (Minassian et Rufat, 2008). *Sim City* est un jeu de gestion qui fait du joueur l'aménageur d'une ville sur le modèle nord-américain tandis que *Civilization* est avant tout un jeu de conquête territoriale. Les jeux vidéo ont l'avantage de permettre des modélisations plus complexes et une simulation plus réaliste. Cependant, leur développement nécessite une maîtrise informatique de haut niveau, les rendant plus difficiles d'accès. C'est pourquoi BarOdyssee propose un modèle semi-informatisé mais dont les représentations spatiales sont prises en charge sur papier.

La frontière qui sépare l'espace ludique de l'espace quotidien est à la fois spatiale et temporelle. En effet, le jeu présente une temporalité propre, celle d'un monde virtuel. Le temps a une valeur relative et il s'expérimente différemment dans le jeu et hors du jeu. BarOdyssee propose une simulation sur soixante ans en l'espace de trois heures. Cette durée fictive du jeu est rythmée par une succession de six cycles (**Figure 27**), représentant chacun une décennie. Chaque tour est structuré par une chronologie propre (**Figure 28**). Cette partition du temps s'ajuste sur le rythme naturel de croissance du pin : un pin noir atteint sa maturité au bout de 20 ans. Mais l'intérêt de cette partition est plus grand. En effet, la simulation participative s'adresse à une société dont le fonctionnement est structuré par des cycles. De la vie courante, où le temps est décrit en jours, semaines, mois, années et saisons, à la sphère politique, faite de mandats, de projets et d'échéances successives, le cycle a un rôle social certain. Dans le cadre d'une simulation, il permet aux participants d'alterner des phases d'action avec des phases de bilan. De la sorte, il leur est possible de structurer leurs stratégies dans le temps.

Le passage de la frontière du jeu est un moment important, marqué dans BarOdyssee par deux seuils temporels : l'activité introductive et le débriefing (**Figure 27**). L'activité introductive a pour objectif de présenter le territoire à gérer et de donner un aperçu des paysages qui le caractérisent. Le diaporama (**Figure 29**) laisse donc une place importante aux photographies prises à Séderon, montrant les différents aspects de ce territoire : la moyenne montagne, l'agriculture, la forêt, le tourisme, le village endormi, les lotissements, l'élevage, etc. A l'issue de la présentation, chaque participant est invité à choisir deux photos qui caractérisent le mieux selon lui un espace rural de moyenne montagne et à justifier son choix.

Figure 27. Chronologie de BarOdyssee (LAGARD, 2016)

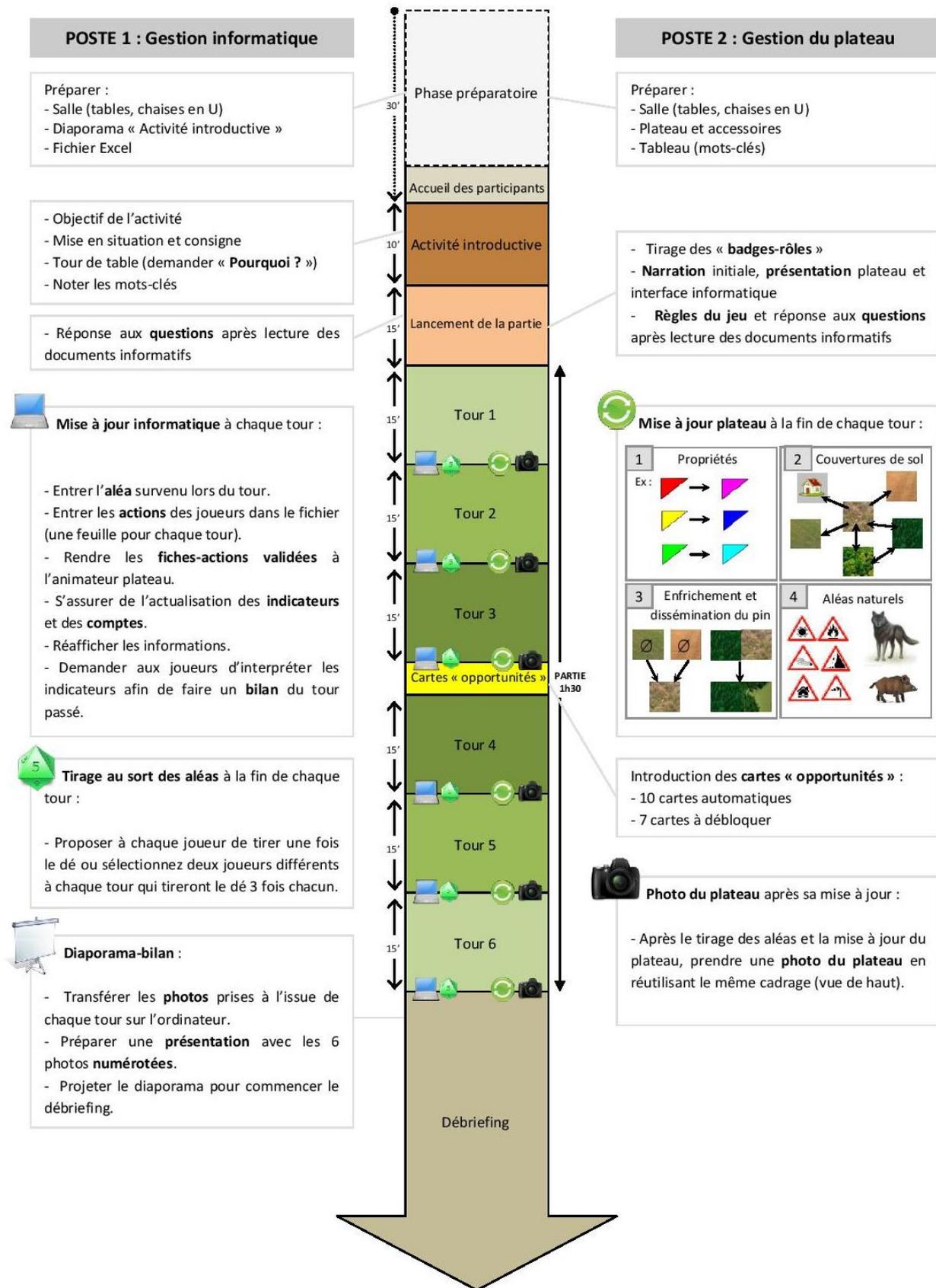
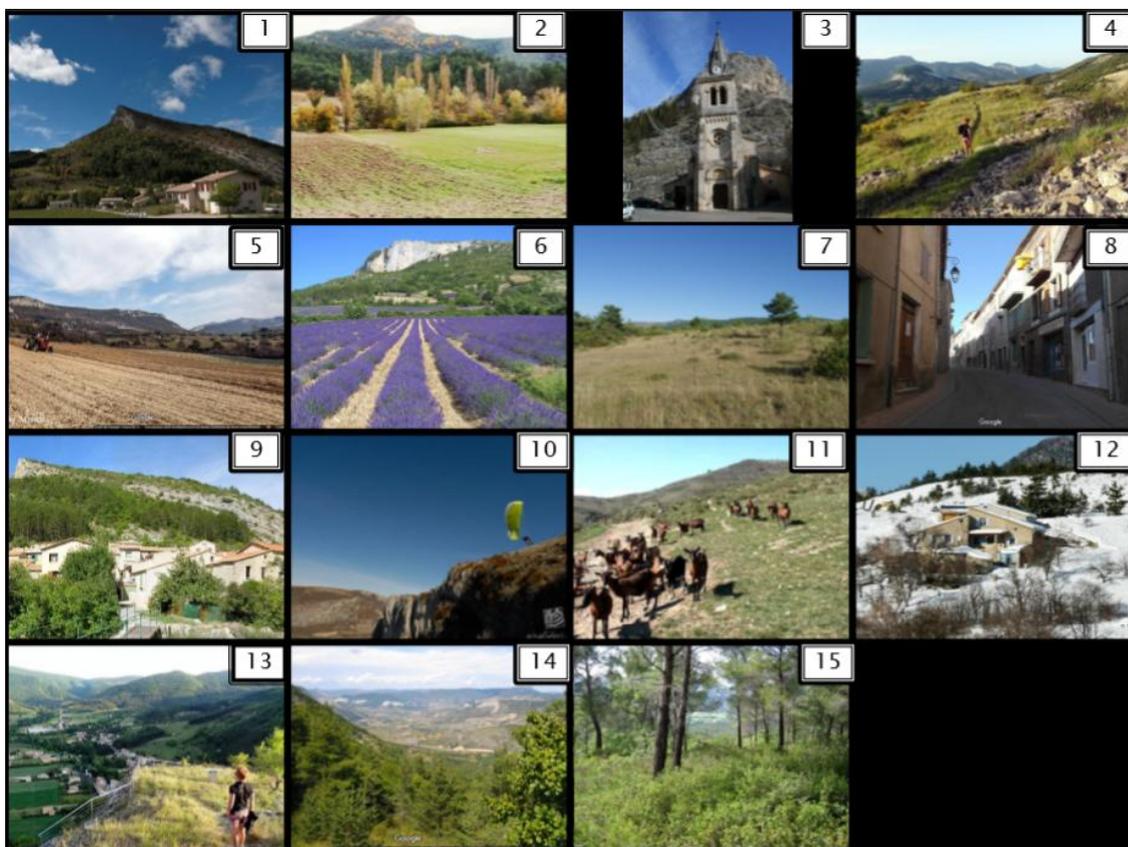


Figure 28. Déroulement d'un tour dans BarOdyssee (LAGARD, 2016)



Figure 29. Planche photographique présentée à la fin de l'activité introductive



Cette étape permet ainsi de mettre à jour les représentations qu'ont les joueurs du monde rural, pour ensuite mieux les mettre à l'épreuve au cours de la simulation. Elle offre surtout une approche sensible des paysages perçus à hauteur d'homme, avant de passer à la représentation plus abstraite qu'est le modèle. Certaines photos renvoient directement aux enjeux environnementaux étudiés dans le jeu, comme la 7, montrant l'enrichissement d'une ancienne prairie ou encore la 14 et la 15 qui illustrent la fermeture du paysage. Les images les plus fréquemment sélectionnées par les joueurs sont la 13 et la 8. En effet, les participants ont été sensibles à la dimension sociale de la déprise rurale, illustrée par le village endormi, volets fermés et rue déserte. Ils ont aussi apprécié la vue surplombante que présente la photo 13, qui permet d'embrasser d'un regard le village et son environnement. Globalement, les tests ont montré une bonne appropriation des enjeux environnementaux grâce à cette approche sensible des paysages. Seule une participante a perçu une déconnexion entre cette activité et le jeu de rôles lui-même.

Tous les joueurs peuvent en effet exprimer leurs impressions à l'issue de la partie au cours du débriefing. Lors des tests de BarOdyssee, le débriefing nous a permis de connaître l'avis et les conseils des participants, afin d'améliorer le jeu. Dans la perspective d'une simulation avec des acteurs locaux, ce bilan servirait davantage à savoir si l'outil de simulation a rempli les objectifs pédagogiques qui lui sont attribués. En somme, l'activité introductive et le débriefing sont deux phases symétriques servant de seuil à l'entrée et à la sortie du jeu. Elles constituent des entre-deux au cours desquels les participants se trouvent hors du jeu et hors de leurs rôles.

3. Identité et responsabilité du joueur-acteur

En théâtre, le jeu désigne la manière de jouer propre à chaque comédien. Des parallèles entre la simulation participative et l'art théâtral peuvent être établis dans la mesure où les deux sont des représentations souvent mimétiques de la réalité au sens de non-fiction. Au théâtre, acteur et le personnage sont confondus, suscitant une ambiguïté décrite par Diderot dans le *Paradoxe du comédien* en 1830. En un sens, le jeu de rôles restitue cette ambiguïté en amenant les participants à endosser des rôles définis selon une profession. Ils doivent donc agir et décider en qualité de Maire, ONF ou Eleveur, en ayant conscience qu'ils représentent de manière métonymique une institution ou un corps de métier. Au cours de l'atelier, chacun des joueurs porte un badge indiquant son rôle et non pas son identité réelle. Cette représentation quasi-théâtrale se déroule en présence des maîtres du jeu, qui jouent le rôle des spectateurs et des metteurs en scène. Cette métaphore théâtrale appliquée aux jeux de rôles peut également amener à repenser la nature des interactions sociales quasi-rituelles (Goffman, 1974) qui caractérisent notre vie quotidienne. Les travaux sociologiques d'Erving Goffman suggèrent en effet que la vie en société impose à chacun de jouer le rôle qui est attribué, sous peine d'être considéré comme déviant et d'être exclu de la société. En ce sens, le jeu

de rôles serait une représentation de la vie sociale, mais où les mécanismes et les règles seraient assumés.

Cependant, il existe bien une différence fondamentale entre le théâtre et la simulation participative : leur finalité. D'un côté, le théâtral a une finalité principalement artistique et désintéressée, de l'autre, la simulation participative est avant tout utile et opérationnelle. Le but d'un jeu sérieux est extérieur à lui-même, contrairement à la pièce théâtrale qui peut être considérée comme un objet artistique autotélique. Les participants à la simulation ont conscience de cet objectif à la fois scientifique et politique, ce qui oriente leur jeu. Les personnes participant à un processus de simulation participative n'ont pas de script à apprendre : ils créent eux-mêmes le parcours de l'acteur qu'ils incarnent. Ils jouissent ainsi d'une liberté dans la composition de leur jeu. En ce sens, la simulation participative semble éloignée des processus de décision qu'elle représente. En effet, le jeu est une pratique libre tandis que la prise de décision en situation réelle est contrainte, que ce soit par des échéances ou des négociations conflictuelles. Le jeu a le pouvoir de libérer ceux qui s'y adonnent du poids de la responsabilité de leurs décisions fictives. Or, la notion de responsabilité est centrale lorsqu'il s'agit de prendre en charge politiquement des enjeux environnementaux. Le jeu de rôles, aussi sérieux soit-il, semble ôter ce sentiment de responsabilité aux joueurs, par le caractère fictif qu'il donne au territoire, aux actions et aux enjeux.

La simulation participative s'instaure comme un autre régime de réalité, parallèle à celui qu'expérimentent les décideurs. Le jeu de rôles peut-il restituer un substitut de « responsabilité » afin de rendre la simulation efficace ? La puissance du sens symbolique des actions fictives est-elle suffisante pour influencer les débats réels ? Les accords conclus dans le jeu peuvent-ils se concrétiser hors du jeu ?

B. Le jeu de rôles : un outil opérationnel pour la résolution des conflits environnementaux ?

1. Quelle appropriation par les instances décisionnelles ?

La simulation multi-agents participative est un outil de résolution créative de conflits autour d'enjeux environnement. Elle consiste à recréer virtuellement le contexte territorial dans lequel les décideurs doivent opérer des choix stratégiques. Elle constitue donc un type de recherche-action participative (Wadsworth, 1998) orienté vers un objectif politique certain. Cependant, il semble que ces outils de simulation participative restent sous-utilisés par les instances décisionnelles. En effet, leur adoption par les élus, les citoyens et les experts ne semble pas évidente si l'on en croit la faible résonance médiatique de ces processus participatifs. Si la consultation citoyenne et la participation connaissent un développement important ces dernières années, la simulation sous forme de jeux

sérieux reste inconnue du grand public. Les outils imaginés par des chercheurs subissent un effet d'entonnoir, c'est-à-dire que seuls certains d'entre eux parviennent à être adoptés dans des processus de décision. Les outils ayant été efficacement mis en œuvre sur le terrain constituent ainsi des « îlots de succès » (Pretty, 1998). Il n'existe pas en effet de lien permanent entre les groupes de chercheurs développant des outils de simulation participative et les cadres politiques. Or, ce lien pourrait permettre l'expérimentation systématique de processus participatifs. Au lieu de cela, les projets réussis résultent de la volonté propre d'un groupe de chercheurs et d'acteurs locaux, ce qui explique le caractère sporadique de l'appropriation de ces outils par les décideurs.

Le groupe ComMod constitue le principal réseau de chercheurs impliqués dans la recherche-action participative en France comme à l'étranger. La vitalité de ce réseau leur permet de conduire de nombreux projets auprès d'acteurs locaux. Le projet nîmois mené par Michel Etienne, « NîmetPasLeFeu », visant à prévenir le risque d'incendie de forêt, constitue un exemple de réussite du processus de modélisation d'accompagnement. En effet, le Conseil Général du Gard a souhaité adapter aux Cévennes gardoises le jeu de rôles originellement destiné à Nîmes Métropole. L'objectif de ce jeu de rôles est de sensibiliser les élus au risque d'incendie de forêt à l'interface entre les zones urbaines et naturelles, pour ainsi leur faire prendre conscience de l'importance majeure de leur politique d'urbanisation. La réadaptation de cet outil à un autre contexte pose ainsi la question de sa modulabilité, qui pourrait être une propriété indispensable de tout outil de simulation participative.

2. Singularité et généricité d'un jeu de simulation

Dans le cas de BarOdyssee, peut-on dire que la validité du modèle ne se vérifie que dans le contexte territorial qui a servi à sa création ? La dualité entre la singularité et la généricité des outils de simulation participative est une question centrale dans les recherches sur la modélisation d'accompagnement (Etienne *et al.*, 2010). En effet, chaque outil doit être à la fois adapté au territoire pour lequel il a été créé, et assez flexible pour être réadapté dans un autre contexte comparable. D'un côté, un modèle dont la validité ne se vérifie que dans son territoire de référence peut être considéré comme un « modèle jetable » (Etienne *et al.*, 2010), tandis que le défaut inverse, celui d'un modèle générique ne peut que rarement être utilisé tel quel. Un modèle générique ne peut servir qu'à produire d'autres modèles particuliers, adaptés à des situations locales.

La nécessité constante d'une adéquation entre le modèle et le territoire local a suscité des réactions négatives chez des chercheurs reprochant aux démarches participatives un « excès de localisme » (Mathevet et Godet, 2015). En effet, la modélisation d'accompagnement fait le pari d'une résolution à l'échelle locale de questions qui dépendent souvent d'une échelle globale. L'interdépendance qui existe entre les différents niveaux d'organisation pose la question de la capacité des acteurs à résoudre localement des problèmes liés à d'autres échelles. Une focalisation

sur l'échelle locale reviendrait à occulter des dynamiques plus englobantes et pourrait aggraver la marginalité du territoire qui fait le pari d'une résolution autonome de ses problèmes sociaux et environnementaux.

Bien qu'il n'ait pas pu être expérimenté auprès des acteurs locaux, le modèle de BarOdyssee a été pensé dans un objectif de conciliation de la singularité et de la genericité. En effet, le modèle graphique, représenté par le plateau de jeu, restitue la morphologie de la commune, l'emplacement exact du village de Séderon et son relief caractéristique. Cette volonté de correspondance s'explique par la nécessité de rendre le simulacre le plus proche possible de la réalité que connaissent les acteurs sur le terrain. Cette ressemblance entre le monde réel et le monde virtuel peut encourager les acteurs à introduire leurs connaissances sur la commune réelle pour mener à bien la simulation. Des recherches démontrent en effet l'intérêt d'une proximité entre le jeu et la non-fiction (Daré, 2005) dans l'appropriation de l'outil par les participants. Par ailleurs, le réalisme de la représentation peut rassurer les participants sur la capacité de l'outil à résoudre leurs problèmes spécifiques (Etienne *et al.*, 2010). Cependant, BarOdyssee tient son caractère générique de plusieurs facteurs. D'abord, la distance qu'il génère entre le monde virtuel et le territoire de référence, du fait de la représentation sous forme de grille spatiale, plus abstraite qu'une maquette 3D par exemple. Ce support montre le caractère mathématique et simplifié de la représentation, en la rapprochant plus de l'automate cellulaire que de la réalité virtuelle d'un jeu vidéo. En second lieu, les acteurs à incarner dans le jeu sont rendus anonymes et leur activité est résumée à des traits essentiels. Par exemple, nous avons exclu du jeu les spécificités agricoles trop marquées telles que la culture de la lavande, propre à la Drôme et aux espaces méditerranéens. BarOdyssee est donc un outil conçu pour être adaptable à d'autres communes de moyenne montagne en situation de déprise rurale. Cependant, la diffusion de cet outil auprès d'autres partenaires est un processus qui succède à mon stage et qui est pris en charge par les chercheurs membres du LabEx, ce qui ne me permet pas de conclure aujourd'hui sur la réelle adaptabilité de BarOdyssee.

3. Participation et pouvoir : un clivage persistant

La mise en place de processus participatifs présuppose une inégale répartition du pouvoir de décision au sein du territoire étudié. En effet, l'idée même de rassembler une pluralité d'acteurs locaux autour d'une question environnementale vise à contrebalancer une centralisation du pouvoir entre les mains des décideurs, notamment des élus. Le chercheur, souvent extérieur à la société étudiée, entend ainsi rééquilibrer les rapports de force en adaptant un système multi-agents en jeux de rôles en évitant la surreprésentation d'un type d'acteur. Cette démarche se rapproche de celle des chercheurs en géographie sociale, souvent attachés à l'étude des inégalités sociales. Les processus participatifs suggèrent ainsi une idée d'*empowerment*.

Cependant, la fidélité du jeu par rapport au système de référence implique une prise en compte de ces inégalités de départ. Ainsi BarOdyssee accorde-t-il des cagnottes initiales différentes pour chaque joueur, afin de représenter l'inégale capacité d'agir de chaque acteur. En un sens, les acteurs sont hiérarchisés *a priori* selon leur condition au sein du territoire de référence. Dans ce cas, l'outil de simulation ne contribue-t-il pas à confirmer ces inégalités au lieu de les atténuer ? Par ailleurs, la simplification que nécessite le jeu limite le nombre d'acteurs à incarner au cours du jeu de rôles. Mais les acteurs sélectionnés sont-ils représentatifs de l'ensemble complexe d'acteurs qui interagissent au sein du territoire étudié ? En effet, BarOdyssee limite à un seul rôle l'ensemble des agriculteurs, des éleveurs, des propriétaires de forêts, etc. Le joueur qui endosse ainsi le rôle métonymique de l'Agriculteur ou du Propriétaire de forêts privées devient le représentant d'un ensemble d'acteurs perçu comme homogène par le modélisateur. Or, l'existence de communautés homogènes constitue un mythe qui ne résiste pas aux études sociologiques qui montrent l'importance majeure des parcours individuels (Mathevet et Godet, 2015). En soumettant un outil de simulation participatif contenant de tels biais, le chercheur ne saurait donc contrebalancer les asymétries de pouvoir entre les acteurs. Toutefois, le jeu peut prévoir une recomposition des rapports de forces en amenant les joueurs à se considérer les uns et les autres comme les parties égales d'un tout. Cet objectif est pris en charge dans BarOdyssee par le dispositif des « Cartes opportunités » collectives, qui souligne et renforce l'interdépendance des acteurs.

C. La géographie ludique et pédagogique au service du développement durable

1. Echelles temporelles de la gestion de l'environnement

L'urgence de la crise écologique actuelle appelle à une prise en charge efficace des problèmes environnementaux par les instances possédant la plus grande capacité d'agir. Les décideurs doivent donc se soumettre à l'impératif d'efficacité afin d'éviter des catastrophes et répondre à la demande sociale d'une gestion responsable de l'environnement (Salles, 2006). L'efficacité désigne toute capacité à produire des effets constatables dans un temps imparti. Or, les processus participatifs sont amenés à produire des effets à court ou moyen terme, puisque leur durée s'ajuste sur celle des processus décisionnels. De plus, chaque projet a souvent un objectif local et défini, comme l'aménagement d'une ligne ferroviaire, la construction d'un lotissement ou l'implantation d'un parc éolien. Les jeux de simulation sont alors considérés comme des outils permettant de résoudre une question technique et située.

La dimension englobante de l'environnement peut toutefois faire appel à d'autres échelles temporelles pour penser une gestion durable des ressources. En effet, on peut également penser l'environnement à long terme et de manière globale afin de prévenir les futurs enjeux

environnementaux. Cette approche ne se substitue pas à la prise en charge immédiate d'enjeux spécifiques, mais peut constituer une perspective pour l'avenir. Le modèle démocratique occidental donne une place importante à l'individualité des citoyens et à leur implication personnelle dans la gestion de l'environnement. Il serait dès lors intéressant pour les chercheurs de contribuer à l'information et à la responsabilisation des générations futures. Cette perspective amènerait à revoir l'échelle temporelle d'évaluation de l'efficacité d'un outil de simulation. En effet, s'il est employé comme outil pédagogique, il vise des effets à long terme et s'adresse à une part plus grande de la population, si ce n'est la population dans un ensemble. L'utilisation d'outils de simulation dans un cadre pédagogique pourrait être un puissant vecteur d'éducation au développement durable.

2. L'éducation au développement durable par le jeu

En quelques années, l'éducation au développement durable (EDD) a trouvé une place dans les programmes scolaires français, venant remplacer l'éducation à l'environnement (EE). L'éducation au développement durable insiste davantage sur les relations entre l'environnement et les questions socio-économiques (Julien *et al.*, 2014) et fait appel à des projections vers le futur. Ce nouvel enseignement a la particularité de faire entrer l'incertitude scientifique dans le domaine scolaire. En effet, l'enseignement actuel est fondé sur « [...] la transmission de connaissances sur le passé et le présent, connaissances ayant souvent le statut de vérités » (Julien *et al.*, 2014). Les hypothèses et les incertitudes n'ont donc pas aujourd'hui une place assurée au sein du système pédagogique. Or, le fait d'instaurer une réflexion sur l'avenir peut amener les jeunes générations à moins craindre ce futur incertain et inquiétant. Ce travail de projection pourrait ainsi amener les élèves à changer leurs représentations du futur ainsi que leur rapport à l'environnement. A terme, l'enseignement pourrait permettre aux élèves de devenir des citoyens informés, responsables et conscients de l'importance des enjeux environnementaux de notre époque. Concernant les modalités de l'introduction de l'environnement dans l'enseignement général, on peut penser qu'une approche transversale et interdisciplinaire serait la plus efficace (Bigras, 2009).

Les outils de simulation pourraient donc être mis à profit de l'éducation au développement durable, dans la mesure où ils permettent de composer avec les incertitudes scientifiques liées à l'étude du futur. En effet, le degré de simplification du modèle peut être modulé selon le public auquel il est adressé, rendant ainsi cette approche accessible pour un jeune public. Par ailleurs, l'intérêt pédagogique du jeu n'est plus à démontrer, puisqu'il constitue la première méthode d'apprentissage chez les enfants. Un jeu de simulation, à base de jeu de rôles ou non, placerait les élèves en situation d'apprentis chercheurs, prêts à interagir avec un modèle et apprendre d'eux-mêmes en observant les conséquences directes de leurs actions. Il privilégie dans un premier temps une approche empirique de la connaissance, fondée sur l'expérience personnelle. Présenté à des

élèves plus âgés, l'outil de simulation pourrait être coconstruit avec eux, les amenant à penser leur outil d'apprentissage. Placer les élèves en situation active de recherche et d'expérimentation serait ainsi un moyen de leur faire prendre conscience de leur responsabilité face aux enjeux environnementaux auxquels ils sont amenés à faire face.

Cet usage pédagogique des outils de simulation participative contribuerait donc à les valoriser à large échelle et sur le long terme, complétant ainsi leur mission première d'accompagnement et d'aide à la décision. Quand ils font l'objet d'une appropriation par les acteurs locaux, ces outils démontrent déjà leur efficacité, mais il me semble qu'ils pourraient dévoiler tout leur potentiel grâce à une utilisation plus systématique en milieu scolaire, au vu de l'intérêt pédagogique de la pratique du jeu sérieux.

Conclusion générale

A l'issue de ce développement, il est possible de dresser un bilan synthétique des résultats de ce travail sous la forme d'un tableau reprenant les hypothèses de recherche (**Tableau 7**).

Tableau 7. Bilan des résultats de la recherche

	HYPOTHESE	ETAT	JUSTIFICATION
1	L'outil de simulation participative a pour objectif d'orienter les acteurs vers des solutions durables, respectueuses de l'environnement et socialement acceptables.	Invalidée	L'outil de simulation participative a pour objectif de mener les acteurs à une situation d'équilibre qu'ils imaginent eux-mêmes. La simulation participative ne privilégie pas le point de vue du chercheur.
2	La pratique du jeu de rôles encourage l'approche des enjeux environnementaux sous un angle politique et social.	Validée	L'intégration de dynamiques sociales au jeu « BarOdysée » a permis aux joueurs de mieux percevoir les interactions entre la société et l'environnement.
3	L'adoption de techniques de représentation géographique dans la conception d'un outil de simulation participative permet d'améliorer son efficacité.	Validée	Les représentations spatialisées (« cartographiques ») sont appréciées et intégrées aux stratégies des joueurs.
4	L'approche paysagère facilite l'appropriation des enjeux environnementaux par les participants d'un atelier de simulation participative.	Partiellement validée	L'approche paysagère proposée par le jeu « BarOdysée » a fait l'objet de désaccords, notamment au sujet de la pertinence de l'analyse de paysages par le biais d'un diaporama photographique du territoire étudié.
5	Les contraintes techniques constituent le principal obstacle de la modélisation d'un socio-écosystème complexe.	Partiellement validée	La délimitation de l'objet d'étude et la définition de l'objectif du modèle constituent des difficultés majeures auxquelles viennent s'ajouter les contraintes techniques, à chaque étape du processus.

En définitive, la simulation participative s'insère dans la recherche-action en s'appuyant sur une théorie de la connaissance qui met en avant le rôle des modèles. La formalisation de modèles dynamiques permet ainsi de représenter, rejouer et résoudre des conflits ancrés dans une réalité complexe à l'aide d'artifices simples et ludiques. Selon Freud, « l'opposé du jeu n'est pas le sérieux mais la réalité » (Freud, 1919). Malgré son caractère virtuel et imaginaire, l'activité ludique n'a rien de futile. Le jeu est un espace récréatif à deux niveaux. Il présente d'une part un caractère divertissant bien connu, mais permet d'autre part de recréer un monde, comme le suggère l'ambivalence du terme « récréation » (du lat. *recreationem*, de *recreare*, recréer). Plus que tout autre jeu, le jeu de simulation fait appel à notre créativité pour repenser le monde actuel. Mis au service de la science et de l'aide à la décision, le jeu sérieux devient un moyen paradoxal mais efficace de formalisation des connaissances et de création de futurs possibles. Cet outil de projection offre donc la possibilité d'élargir le champ des recherches à l'étude des systèmes écologiques et sociaux futurs, indispensable à une gestion environnementale à long terme. Le rapprochement entre la science et la démocratie qui apparaît dans les processus participatifs constitue une voie intéressante pour enrichir la géographie de l'environnement. En privilégiant la co-construction du savoir, cette démarche peut suivre un objectif scientifique tout en agissant en faveur d'une prise en compte des écosystèmes par les décideurs.

Malgré les avantages que présente le jeu de rôles, « véritable système multi-agents humain » (Etienne *et al.*, 2010), son intégration aux processus de décision reste aujourd'hui limitée. En effet, les chercheurs qui se dédient à la construction d'outils de simulation participative doivent prouver la légitimité de leur démarche aux décideurs. Il n'est pas rare que l'originalité de cette méthode ludique suscite des interrogations. Par ailleurs, il est nécessaire de maîtriser l'outil technique que constitue le jeu de simulation, souvent imaginé par un chercheur pour un territoire spécifique, mais réadapté par d'autres chercheurs à d'autres contextes. La question du futur des jeux de simulation se pose pleinement pour BarOdyssee, qui sera présenté à d'autres communes rurales que Séderon au cours de l'année à venir. La conception de l'outil ne constitue en effet qu'une première étape, à laquelle succède la diffusion du jeu aujourd'hui prise en main par les chercheurs du LabEx Dynamite, chargés de faire vivre BarOdyssee. Cette confrontation du modèle avec la réalité sera donc l'ultime mise à l'épreuve du jeu, révélant son potentiel de même que ses limites.

Bibliographie

AKRICH Madeleine, CALLON Michel et LATOUR Bruno (eds.), *Sociologie de la traduction : Textes fondateurs*, Paris, Presses des Mines (coll. « Sciences sociales »), 2013, 401 p.

ARNOULD Paul, SIMON Laurent et DUTILH Jean-François, *Géographie de l'environnement*, Paris, Belin, 2007, 303 p.

AUBERTIN Catherine, *Représenter la nature ? ONG et biodiversité*, s.l., IRD Editions, 2013, 216 p.

BECK Ulrich, *La société du risque: sur la voie d'une autre modernité*, s.l., Aubier, 2001, 521 p.

BERTRAND Claude et BERTRAND Georges, *Territorialiser l'environnement: un objectif pour la géographie*, s.l., UFR "Géographie et aménagement, Institut Daniel Faucher, Université de Toulouse-Le Mirail, 1992, 34 p.

BIGRAS Bernard, « Gouvernance et environnement : engagement politique, social et économique pour le présent et pour la société de demain », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 9 novembre 2009, Hors série 6.

BOURGERON Patrick S., HUMPHRIES Hope C. et RIBOLI-SASCO Livio, « Regional analysis of social-ecological systems », *Natures Sciences Sociétés*, 1 mars 2009, vol. 17, n° 2, p. 185-193.

BRUNET Roger, « La carte-modèle et les chorèmes », 1988, *Chorèmes et modèles*, p. 2-6.

BUREL Françoise et BAUDRY Jacques, *Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*, Paris, Tec & Doc Lavoisier, 1999, 360 p.

CHLOUS-DUCHARME Frédérique, GOURMELON Françoise et ROUAN Mathias, « Modélisation et jeu de rôles sur l'île d'Ouessant : questions de sociologie », *Socio-logos . Revue de l'association française de sociologie*, 15 janvier 2008, n° 3.

CIATTONI Annette et VEYRET Yvette, *Géo-environnement*, 3e édition., s.l., Armand Colin, 2011, 181 p.

COLLECTIF et BERQUE Augustin, *Cinq propositions pour une théorie du paysage*, Seyssel, Editions Champ Vallon, 1994, 123 p.

COSTANZA Robert et RUTH Matthias, « Using Dynamic Modeling to Scope Environmental Problems and Build Consensus », *Environmental Management*, mars 1998, vol. 22, n° 2, p. 183-195.

DARE William, *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*, Sociologie, ENGREF (AgroParisTech), Paris, 2005.

DIDEROT Denis, *Paradoxe sur le comédien*, s.l., A. Sauteleat, 1830, 116 p.

DI MEO Guy, « De l'espace subjectif à l'espace objectif : l'itinéraire du labyrinthe », *Espace géographique*, 1990, vol. 19, n° 4, p. 359-373.

DROGOUL Alexis, *De la simulation multi-agents à la résolution collective de problèmes : une étude de l'émergence de structures d'organisation dans les systèmes multi-agents*, s.l., Paris 6, 1993.

DUPRE Sophie, « Perceptions et représentations géographiques : un outil pour aménager les forêts touristifiées ? », *Téoros. Revue de recherche en tourisme*, 1 mai 2006, vol. 25, n° 2, p. 53-61.

ETIENNE Michel et COLLECTIF, *La modélisation d'accompagnement : une démarche participative en appui au développement durable*, Versailles, Quae éditions, 2010, 367 p.

FERBER Jacques, *Les Systèmes multi-agents: vers une intelligence collective*, s.l., InterEditions, 1995, 522 p.

FISHER Brendan, TURNER R. Kerry et MORLING Paul, « Defining and classifying ecosystem services for decision making », *Ecological Economics*, 15 janvier 2009, vol. 68, n° 3, p. 643-653.

FLOCH Sophie Le, DEVANNE Anne-Sophie et DEFFONTAINES Jean-Pierre, « La « fermeture du paysage » : au-delà du phénomène, petite chronique d'une construction sociale », *L'Espace géographique*, 1 mars 2005, tome 34, n° 1, p. 49-64.

FOLKE Carl, « Social-ecological systems and adaptive governance of the commons », *Ecological Research*, 14 décembre 2006, vol. 22, n° 1, p. 14-15.

FORMAN Richard T. T. et GODRON Michel, *Landscape Ecology*, s.l., Wiley, 1986, 644 p.

FREUD Sigmund, *L'inquiétante étrangeté et autres essais*, Paris, Gallimard, 1988.

GOFFMAN Erving, *Les Rites d'interaction*, Paris, Les Editions de Minuit, 1974, 236 p.

GOREAUD François, COLIGNY F. de, COURBAUD Benoit, DHOTE J. F., DREYFUS Ph et PEROT Thomas, « La modélisation : un outil pour la gestion et l'aménagement en forêt. », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 1 septembre 2005, Volume 6 Numéro 2.

GUYOT Paul, *Simulations multi-agents participatives : faire interagir agents et humains pour modéliser, explorer et reproduire les comportements collectifs*, s.l., Paris 6, 2006.

HABERMAS Jürgen, *The Theory of Communicative Action, Volume 1: Reason and the Rationalization of Society*, traduit par Thomas McCarthy, Boston, Beacon Press, 1985, 465 p.

HUIZINGA Johan, *Homo ludens*, Paris, Gallimard, 1988.

JACQUEMIN Liliane, *Cartographie des enjeux environnementaux en Alsace*, Université de Strasbourg, s.l., 2012, 121 p.

JONAS Hans et GREISCH Jean, *Le principe de responsabilité : Une éthique pour la civilisation technologique*, Paris, Flammarion, 2013.

JULIEN Marie-Pierre, CHALMEAU Raphaël, VERGNOLLE-MAINAR Christine, LENA Jean-Yves et CALVET Anne, « Concevoir le futur d'un territoire dans une perspective d'éducation au développement durable », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 10 mai 2014, Volume 14 Numéro 1.

LAMBIN Eric F. et MEYFROIDT Patrick, « Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1 mars 2011, vol. 108, n° 9, p. 3465-3472.

LARRERE Catherine et LARRERE Raphaël, *Du bon usage de la nature : Pour une philosophie de l'environnement*, Paris, Flammarion, 2009.

LATOUR Bruno, *Politiques de la nature*, Paris, La Découverte, 2004.

LECLERC Natalia, « L'espace ludique, un espace à part », *Géographie et cultures*, 20 septembre 2012, n° 82, p. 9-24.

LIU Jianguo, DIETZ Thomas, CARPENTER Stephen R., ALBERTI Marina, FOLKE Carl, MORAN Emilio, PELL Alice N., DEADMAN Peter, KRATZ Timothy, LUBCHENCO Jane, OSTROM Elinor, OUYANG Zhiyun, PROVENCHER William, REDMAN Charles L., SCHNEIDER Stephen H. et TAYLOR William W., « Complexity of Coupled Human and Natural Systems », *Science*, 14 septembre 2007, vol. 317, n° 5844, p. 1513-1516.

LUYET Vincent, *Bases méthodologiques de la participation lors de projets ayant des impacts sur le paysage. Cas d'application: La plaine du Rhône valaisanne*, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, s.l., 2005.

MALEZIEUX Eric, TREBUIL Guy et JAEGER Marc, *Modélisation des agroécosystèmes et aide à la décision*, s.l., Quae, 2001, 571 p.

MARTY Pascal, LEPART Jacques, PELAQUIER Elie et VERNET Jean-Louis, « Espaces boisés et espaces ouverts : les temporalités d'une fluctuation. Le cas du Causse Méjan (Massif Central, France). », 2004.

MARTY Pascal, LEPART Jacques et ROUSSET Olivier, « Les conceptions normatives du paysage. Le cas des Grands Causses », *Natures Sciences Sociétés*, 2000, vol. 8, n° 4, p. 16-25.

MATHEVET Raphaël, *La Solidarité écologique*, Actes Sud Nature., s.l., (coll. « Hors collection »), 2012.

MATHEVET Raphaël, THOMPSON John, DELANOË Olivia, CHEYLAN Marc, GIL-FOURRIER Chantal, BONNIN Marie et 81763 R. Mathevet, « La solidarité écologique : un nouveau concept pour une gestion intégrée des parcs nationaux et des territoires », *Natures Sciences Sociétés*, 1 décembre 2010, vol. 18, n° 4, p. 424-433.

(LE) MOIGNE Jean-Louis, *La modélisation des systèmes complexes*, Paris, Dunod, 1999, 178 p.

MONMONIER Mark, *Comment faire mentir les cartes ou Du mauvais usage de la géographie*, Paris, Flammarion, 1993, 232 p.

OSTROM Elinor, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*, s.l., Cambridge University Press, 1990, 302 p.

PELUSO Nancy Lee et WATTS Michael, *Violent Environments*, s.l., Cornell University Press, 2001, 468 p.

PREVOST Philippe, CAPITAINE Mathieu, GAUTIER-PELISSIER François, MICHELIN Yves, JEANNEAUX Philippe, FORT Fatima, JAVELLE Aurélie, MOÏTI-MAÏZI Pascale, LERICHE Françoise, BRUNSWIG Gilles, FOURNIER Stéphane, LAPEYRONIE Paul et JOSIEN Étienne, « Le terroir, un concept pour l'action dans le développement des territoires », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 10 mai 2014, Volume 14 Numéro 1.

RAFFESTIN Claude, « Ecogenèse territoriale et territorialité », 1986, p. 175-185.

RAPHAËL MATHEVET, *Pour une géographie de la conservation*, Paris, Editions L'Harmattan, 2015, 404 p.

REDMAN Charles L., GROVE J. Morgan et KUBY Lauren H., « Integrating Social Science into the Long-Term Ecological Research (LTER) Network: Social Dimensions of Ecological Change and Ecological Dimensions of Social Change », *Ecosystems*, 2 mars 2004, vol. 7, n° 2, p. 161-171.

RETAILLE, LEVY Jacques et LUSSAULT Michel, *Dictionnaire de la géographie*, Paris, Belin, 2003, 1033 p.

ROSEMBERG Muriel, « Contribution à une réflexion géographique sur les représentations et l'espace », *Géocarrefour*, 1 janvier 2003, vol. 78, n° 1, p. 71-77.

SALLES Denis, « Environnement : la gouvernance par la responsabilité ? », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 9 novembre 2009, Hors série 6.

SALLES Denis, *Les défis de l'environnement : Démocratie et efficacité*, Paris, Editions Syllepse, 2006, 250 p.

TATIANA MUXART, FRANCK-DOMINIQUE VIVIEN, BRUNO VILLALBA, JOËLLE BURNOUF, COLLECTIF, *Des milieux et des hommes : fragments d'histoires croisées*, s.l.

TER MINASSIAN Hovig et RUFAT Samuel, « Et si les jeux vidéo servaient à comprendre la géographie ? », *Cybergeog : European Journal of Geography*, 27 mars 2008.

THEYS Jacques, « La Gouvernance, entre innovation et impuissance », *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, 1 novembre 2002, Dossier 2.

TILBEURGH Véronique Van et DU-BLAYO Laurence Le, « Le rôle des collectivités territoriales dans l'adaptation des enjeux environnementaux globaux à l'échelle locale », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 9 novembre 2009, Hors série 6.

VALERY Paul, *Paul Valéry : Cahiers, tome I*, Ed. par Judith Robinson-Valéry., Paris, Gallimard, 1973.

VALETTE Elodie, AZNAR Olivier, HRABANSKI Marie, MAURY Caroline, CARON Armelle et DECAMPS Mélanie, « Émergence de la notion de service environnemental dans les politiques agricoles en France : l'ébauche d'un changement de paradigme ? », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 15 décembre 2012, Volume 12 numéro 3.

VOLLET Dominique, « Introduction : les enjeux environnementaux au cœur du développement territorial », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 15 décembre 2014, Hors-série 20.

WADSWORTH Yoland, « What is Participatory Action Research ? », 1998.

WILSON E. O., SCIENCES Commission on Life, STUDIES Division on Earth and Life et INSTITUTION National Academy of Sciences/Smithsonian, *Biodiversity*, s.l., National Academies Press, 1988, 534 p.

Webographie

INPN - Documentation ZNIEFF, <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/documentation/znieff>, consulté le 31 mai 2016.

Universalis : CONNAISSANCE, <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/connaissance/>, consulté le 26 mai 2016.

SMBP, *Parc naturel régional des Baronnies provençales*, <http://www.baronnies-provencales.fr>, consulté le 16 mai 2016.

Table des figures

Figure 1. Les trois niveaux du jeu de simulation participative	6
Figure 2. La démarche de valorisation d'un outil de simulation participative	20
Figure 3. Les étapes de la valorisation de BarOdyssee	21
Figure 4. Les manifestations de la déprise rurale en France.....	23
Figure 5. Premier schéma d'acteurs du prototype de BarOdyssee (réalisé collectivement par les étudiants du master Bioterre, promotion 2013-2014, 2014).....	25
Figure 6. Plateau de jeu du prototype de BarOdyssee (étudiants Bioterre 2013-2014).....	26
Figure 7. Patrons des dés du prototype de BarOdyssee (étudiants master Bioterre 2013-2014)	28
Figure 8. Histogramme de l'évolution démographique à Séderon à partir des données Cassini de l'EHESS et INSEE (Source : Wikipédia).....	32
Figure 9. Extrait de données Agreste pour Séderon. Source : Ministère en charge de l'agriculture, recensements agricoles.....	33
Figure 10. Schéma de la dynamique du pin noir dans la version finale de BarOdyssee	40
Figure 11. Présence de la faune sauvage en fonction du nombre de cases « Forêt » dans le jeu BarOdyssee	41
Figure 12. Palette chromatique du plateau de jeu de BarOdyssee.....	44
Figure 13. Transformation de la légende du plateau de jeu de BarOdyssee (Occupation des sols).....	44
Figure 14. Motifs suggérés par la légende du plateau de jeu de BarOdyssee (Occupation des sols).....	45
Figure 15. Transformation de la légende du plateau de jeu de BarOdyssee inspirée du Monopoly (Propriété des parcelles)	46
Figure 16. Cercle chromatique (Johannes Itten, 1961)	47
Figure 17. Résultat du test du prototype de BarOdyssee par les étudiants du master Bioterre (2014).....	47
Figure 18. Plateau de jeu final de BarOdyssee (LAGARD, 2016, réalisé avec Inkscape)	48
Figure 19. La spatialisation des animaux sauvages dans BarOdyssee (LAGARD, 2016)	49
Figure 20. Cartogramme du coût et de la constructibilité des parcelles dans BarOdyssee (LAGARD, 2016).....	51
Figure 21. Cartogramme des risques naturels dans BarOdyssee (LAGARD, 2016)	51
Figure 22. Diagramme ARDI de BarOdyssee (LAGARD, 2016).....	55
Figure 23. Deux cartes opportunités du jeu BarOdyssee	58
Figure 24. Capture d'écran de l'interface informatique de BarOdyssee au cours d'une simulation	59
Figure 25. Evolution des cagnottes des joueurs lors du test à Paris (LAGARD, 2016).....	63
Figure 26. Disposition spatiale de la salle pour l'atelier de simulation (LAGARD, 2016)	65
Figure 27. Chronologie de BarOdyssee (LAGARD, 2016).....	67
Figure 28. Déroulement d'un tour dans BarOdyssee (LAGARD, 2016)	68
Figure 29. Planche photographique présentée à la fin de l'activité introductive	68

Liste des tableaux, cartes et photographies

Liste des tableaux

Tableau 1. Hypothèses de recherche.....	21
Tableaux 2 et 3 : Indicateurs du prototype de BarOdyssee (étudiants master Bioterre 2013-2014)....	27
Tableau 4. Pièces et symboles du jeu BarOdyssee.....	53
Tableau 5. Rôles à jouer et actions disponibles dans BarOdyssee.....	55
Tableau 6. Construction de l'indicateur « Occupation des sols ».....	60

Liste des photographies

Photo 1. Lande, ancienne pâture, juillet 2009, Séderon. Auteur : Pierre Pech.....	33
Photo 2. Reconquête forestière, automne 2013, Séderon. Auteur : Pierre Pech.....	33
Photo 3. Résultat du test réalisé à La Rochelle (LAGARD, 2016).....	61
Photo 4. Résultat du test réalisé à Paris (LAGARD, 2016).....	62

Liste des cartes

Carte 1. Les Baronnies Provençales, un espace de moyenne montagne (LAGARD, 2016).....	34
Carte 2. Carte des communes classées en Zone de Revitalisation Rurale en 2014.....	35
Carte 3. Les Baronnies Provençales, un espace à faible densité (LAGARD, 2016).....	37
Carte 4. L'emprise spatiale de la forêt à Séderon (Drôme), (LAGARD, 2016).....	43
Carte 5. Séderon, un noyau rural et son écrin naturel (LAGARD, 2016).....	50

Liste des sigles et abréviations

ANT : *Actor Network Theory*, théorie de l'acteur-réseau

ARDI : Acteurs Ressources Dynamiques Interactions

ComMod : *Companion Modelling*, modélisation d'accompagnement

EDD : Education au Développement Durable

EE : Education à l'Environnement

JdR : Jeux de Rôles

ONF : Office National des Forêts

RASE: *Regional Analysis of Socio-Ecological systems*, analyse régionale de systèmes écologiques et sociaux

SES : Système Ecologique et Social

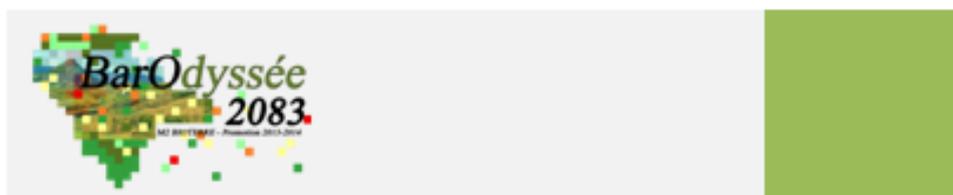
SMA : Système Multi-Agents

TLFi : Trésor de la Langue Française informatisé

ZRR : Zone de Revitalisation Rurale

Annexes

Fiches-acteurs de BarOdysée :



Le Maire de Séderon

En tant que maire d'une commune rurale, vous avez la mission d'assurer une bonne qualité de vie à vos concitoyens. Vous avez la possibilité de délivrer des permis de construire, ce qui vous donne un grand pouvoir en matière d'urbanisme. A vous d'identifier les besoins de la commune et de les satisfaire tant que possible !

Actions :

- **Acheter parcelle(s)** : action valable sur une ou deux parcelles.
- **Vendre parcelle(s)** : action valable sur une ou deux parcelles.
- **Investir dans les services** : cette action ne transforme pas le plateau de jeu mais agit sur l'indicateur « Qualité de vie ».
- **Exproprier** : action valable sur une parcelle, si l'achat est impossible.
- **Délivrer un/ des permis de construire** : action valable pour plusieurs constructions dans un même tour.
- **Subventionner une activité** : si un des autres joueurs rencontre des difficultés, vous pouvez lui donner de l'argent.

4 actions
par tour

Trésorerie :

Cagnotte initiale	Recettes	Valeur	Dépenses	Valeur
300	Vendre parcelle(s)	+ 50	Acheter parcelle(s)	- 50
	Revenus fiscaux	Index	Investir	- 50
	Permis de construire	0	Exproprier	- 60
			Subventionner	Libre



Le Promoteur immobilier

Votre profession consiste à répondre à la demande des nouveaux arrivants à Séderon. En tant que promoteur-constructeur, vous avez toutes les cartes en main pour accroître l'attractivité de la commune et faire prospérer votre activité. Mais attention, vous devez impérativement obtenir un permis de construire auprès du maire avant de vous lancer dans une nouvelle construction !

Actions :

- **Acheter parcelle(s)** : action valable sur une ou deux parcelles.
- **Vendre parcelle(s)** : action valable sur une ou deux parcelles.
- **Construire un bien** : nécessite l'obtention d'un permis de construire auprès du maire. Il est possible d'acheter et de bâtir une même parcelle en un tour.
- **Vendre un bien immobilier** : possible au tour suivant la construction.
- **Défricher et construire un bien** : concerne les parcelles « Forêt ».

4 actions
par tour

Trésorerie :

Cagnotte initiale	Recettes	Valeur	Dépenses	Valeur
500	Vendre parcelle(s)	+ 50	Acheter parcelle(s)	- 50
	Vendre un bien	+ 100	Construire un bien	Carte prix
			Défricher et construire	Carte prix + 10



L'Office National des Forêts (ONF)

Vous êtes chargé(e) de la gestion des forêts publiques à Séderon. Vous exploitez raisonnablement vos forêts à des fins commerciales et vous disposez de droits spécifiques concernant la gestion de l'environnement. Vous protégez la forêt et la biodiversité tout en assurant une mission de sensibilisation. Vous pouvez réguler la colonisation des pins sur toute la commune.

Actions :

- **Boiser** : possible sur 3 parcelles maximum, hors « Forêt ».
- **Défricher** : possible sur 2 parcelles maximum qui deviennent alors des « Friches ».
- **Couper les petits pins** : possible sur 3 parcelles maximum, sur toute la commune.
- **Aménager la forêt en vue d'une exploitation**
- **Exploiter la forêt** : uniquement sur la zone aménagée.
- **Créer une réserve naturelle** : vous réservez un lot de 4 parcelles à la protection de la biodiversité.
- **Chasser**

4 actions
par tour

Trésorerie :

Cagnotte initiale	Recettes	Valeur	Dépenses	Valeur
350	Exploiter la forêt	Index	Boiser	Index
	Défricher (limitée)	+ 5	Aménager	- 40
	Chasser	0	Couper les petits pins	- 10
	Créer une réserve naturelle	+ 10 (chaque tour)		



L'Agriculteur

A Séderon, vos champs s'étendent à perte de vue et vous occupez des terrains parfois convoités. Afin de maintenir votre activité, vous devez gérer votre exploitation le mieux possible, en tenant compte de votre trésorerie...

Actions :

- **Acheter parcelle(s)** : action valable sur une ou deux parcelles.
- **Vendre parcelle(s)** : action valable sur une ou deux parcelles.
- **Exploiter ses champs** : vous ne pouvez exploiter vos champs qu'une seule fois par tour.
- **Mettre en culture** : possible sur 3 parcelles « Friches » maximum.
- **Tuer le sanglier sans autorisation**

4 actions
par tour

Trésorerie :

Cagnotte initiale	Recettes	Valeur	Dépenses	Valeur
100	Vendre parcelle(s)	+ 50	Acheter parcelle(s)	- 50
	Exploiter ses champs	Index	Mettre en culture	- 30
			Tuer sanglier sans autorisation	- 30



L'Eleveur

Vos troupeaux sont très précieux et vous avez besoin de prairies pour satisfaire leurs besoins. Afin de maintenir votre activité, vous devez gérer votre exploitation le mieux possible, en tenant compte de votre trésorerie...

Actions :

- **Acheter parcelle(s)** : action valable sur une ou deux parcelles.
- **Vendre parcelle(s)** : action valable sur une ou deux parcelles.
- **Exploiter ses prairies** : vous ne pouvez exploiter vos prairies qu'une seule fois par tour.
- **Planter des prairies** : possible sur 3 parcelles « Friches » maximum.
- **Tuer le loup sans autorisation**

4 actions
par tour

Trésorerie :

Cagnotte initiale	Recettes	Valeur	Dépenses	Valeur
100	Vendre parcelle(s)	+ 50	Acheter parcelle(s)	- 50
	Exploiter prairies	Index	Planter prairie	- 30
			Tuer loup sans autorisation	- 30



Le Propriétaire de forêts privées

Vous êtes attaché(e) à vos forêts car elles assurent vos revenus. En effet, vous avez le pouvoir de couper et vendre du bois (« Exploiter ») ainsi que de choisir la taille et la forme de vos forêts. Vous avez le choix d'y autoriser l'accès pour agrandir vos revenus. Vous disposez également du droit de chasse sur vos propriétés.

Actions :

- **Acheter parcelle(s)** : action valable sur une ou deux parcelles.
- **Vendre parcelle(s)** : action valable sur une ou deux parcelles.
- **Boiser** : possible sur 3 parcelles maximum, hors « Forêt ».
- **Aménager la forêt en vue d'une exploitation**
- **Exploiter la forêt** : uniquement sur la zone aménagée.
- **Autoriser la cueillette** : vous autorisez le public à cueillir des champignons et des truffes sur 4 cases en relief.
- **Chasser**

4 actions
par tour

Trésorerie :

Cagnotte initiale	Recettes	Valeur	Dépenses	Valeur
350	Exploiter la forêt	Index	Boiser	Index
	Vendre parcelle(s)	+ 50	Aménager	- 40
	Chasser	0	Acheter parcelle(s)	- 50
	Autoriser la cueillette	+ 10 (chaque tour)		

Exemples de fiches-actions :

<p align="center">FICHE ACTION : MAIRE Tour n°1  4 x</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Acheter parcelle(s) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Coordonnées _____ Vendeur(s) _____ ▪ Vendre parcelle(s) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Coordonnées _____ Acheteur(s) _____ ▪ Investir dans les services <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ▪ Exproprier <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Coordonnées _____ Acteur exproprié _____ ▪ Délivrer permis de construire <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Coordonnées _____ ▪ Subventionner <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Montant(s) _____ Bénéficiaire(s) _____ 	<p align="center">FICHE ACTION : PROMOTEUR Tour n°1  4 x</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Acheter parcelle(s) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Coordonnées _____ Vendeur(s) _____ ▪ Vendre parcelle(s) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Coordonnées _____ Acheteur(s) _____ ▪ Construire un/des bien(s) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Coordonnées _____ 1. _____ Type terrain : other / moyen 2. _____ Type terrain : other / moyen ▪ Vendre un bien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Coordonnées _____ ▪ Défricher et construire un bien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Coordonnées _____ 1. _____ Type terrain : other / moyen 2. _____ Type terrain : other / moyen
<p align="center">FICHE ACTION : AGRICULTEUR Tour n°1  4 x</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Acheter parcelle(s) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Coordonnées _____ Vendeur(s) _____ ▪ Vendre parcelle(s) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Coordonnées _____ Acheteur(s) _____ ▪ Exploiter ses champs <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Nombre de parcelles _____ ▪ Mettre en culture <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Nombre de parcelles _____ Coordonnées _____ ▪ Tuer le sanglier sans autorisation <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 	<p align="center">FICHE ACTION : ELEVEUR Tour n°1  4 x</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Acheter parcelle(s) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Coordonnées _____ Vendeur(s) _____ ▪ Vendre parcelle(s) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Coordonnées _____ Acheteur(s) _____ ▪ Exploiter ses prairies <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Nombre de parcelles _____ ▪ Planter des prairies <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Nombre de parcelles _____ Coordonnées _____ ▪ Tuer le loup sans autorisation <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Gestion des risques naturels :



ORDRE A RESPECTER LORS DU TIRAGE AU SORT :

1. **Sécheresse** : probabilité 4/10. Cases concernées : D5, D6, E5, E6 (ou) J5, J6, K5, K6.
2. **Incendie de forêt** : Cases concernées : F3, F4, G3, G4 (ou) C10, C11, D10, D11 (ou) H14, H15, I14, I15.

	Pas de sécheresse	Sécheresse passée (tour précédent)	Sécheresse présente
Forêt peu fréquentée (indice < 5)	1/10	3/10	5/10
Forêt fréquentée (indice > 5)	2/10	6/10	8/10

3. **Invasion biologique** : Cases concernées : O9, O10, P9, P10 (ou) M13, M14, N13, N14.

Enrésinement modéré : < 50 cases Conifères (Forêt fermée de conifères + Petits pins)	Enrésinement fort : > 50 cases Conifères (Forêt fermée de conifères + Petits pins)
2/10	4/10

4. **Glissement de terrain** : Case(s) défrichée(s) + 2 autour (ou en contrebas) / 4 cases en tout.

Défrichement de case(s) relief	Pas de case relief défrichée
4/10	1/10

5. **Inondation** : probabilité 2/10. Cases concernées : A8, A9, C7, J7, (ou) A8, B8, E7, D7 (ou) I7, J8, K8, K9 (ou) A9, B9, I8, K8.

6. **Tempête** : probabilité 1/10. Cases concernées : F3, G4, H5, I6, J7, K8, L9 (ou) G6, H7, I8, J9, K10, L11, M12.



RAPPEL DES REGLES

- Le tirage au sort des aléas naturels s'effectue à la fin de chaque tour et n'a de conséquences que sur le tour à venir. Si un ou des aléas sont tirés au sort, l'animateur place les plots sur les cases concernées (plusieurs zones au choix). Ces cases sont alors **immobilisées** pour le tour suivant, c'est-à-dire qu'**aucune action des joueurs ne peut les concerner**. A la fin de chaque tour et avant le tirage des nouveaux aléas, l'animateur retire les plots et **transforme les cases en « Friches »**.
- Chaque aléa naturel a une **probabilité stable ou variable de $x/10$** . L'aléa survient dans le jeu si le dé affiche une **valeur de 1 à x** . Exemple : la probabilité qu'une sécheresse survienne est de $4/10$, donc si le dé affiche 1, 2, 3 ou 4, la sécheresse a bien lieu. A l'inverse, si le dé affiche 5, 6, 7, 8, 9 ou 10, l'aléa est évité.
- Le tirage peut être effectué par **tous les joueurs**, chacun leur tour, ou bien par **deux joueurs** désignés par l'animateur et qui tireront 3 aléas chacun. **Les aléas doivent être systématiquement tirés dans l'ordre, de 1 à 6.**
- On ne peut compter que **2 aléas naturels au maximum par tour**, sauf si l'aléa désigné est une **Invasion biologique** ou une **Tempête**, car ces aléas ne peuvent pas se cumuler avec d'autres aléas de la liste. Dès lors, **le tirage au sort est terminé :**
 - **quand les 6 aléas ont été tirés au dé**
 - **OU dès que 2 aléas ont été désignés**
 - **OU en cas d'Invasion biologique ou de Tempête**



- La présence de la faune sauvage sur le plateau est corrélée au couvert forestier.
- Il est impossible d'exploiter ses champs dans l'aire d'action d'un sanglier ou ses prairies dans l'aire d'action du loup.
- On compte **1 sanglier à partir de 107 cases « Forêt »** (Feuillus, Conifères et Petits pins confondus), **2 à partir de 114 cases** et **3 à partir de 121 cases.**
- On compte **1 loup à partir de 114 cases « Forêt »**, **2 à partir de 124 cases** et **3 à partir de 134 cases.**
- Les animaux peuvent se côtoyer et se situent toujours en **lisière de forêt** (sur 1 case forêt en contact avec des champs pour le sanglier, ou en contact avec des pions « Moutons » pour le loup). Ils peuvent se déplacer de 5 cases à chaque tour. Si les agriculteurs et éleveurs sont en difficulté et qu'il y a plus de 2 animaux sur le plateau, il est possible de les placer **en forêt**, loin des exploitations.



BarOdyssee

Outil de simulation participative

Le jeu sérieux "BarOdyssee" est le fruit de la collaboration entre les étudiants du Master Bioterre (Paris I - La Sorbonne) et les chercheurs du LabEx Dynamite. Né d'un travail de simulation multi-agents, ce jeu de rôles semi-informatisé met en scène un territoire en situation de déprise rurale, au coeur des Baronnies Provençales.

Un territoire, un plateau de jeu

Vivez une expérience d'immersion dans les paysages de Séderon, une commune de la Drôme provençale

Des acteurs locaux

Jouez le rôle du maire, d'un agriculteur, d'un éleveur, du promoteur immobilier, de l'ONF ou encore d'un forestier privé

Un objectif commun

Faites face aux défis sociaux et environnementaux de la déprise rurale, à l'horizon des 60 prochaines années

Des indicateurs pour la prise de décision

Des indications sur la qualité de vie dans votre commune, les types d'occupations du sol et la valorisation forestière vous guideront dans vos choix

Un environnement à gérer

Vos actions ont des impacts sur l'environnement. Vous devez les évaluer et en déduire la meilleure insertion de vos activités dans l'écosystème

De nouvelles voies à inventer

Soyez créatifs en inventant collectivement de nouveaux modes de gestion pour le futur

Contacts :
 - Nicolas BECU, Chercheur au CNRS
 nicolas.becu@univ-lr.fr
 - Brice ANSELME, Chercheur au CNRS
 Brice.Anselme@univ-paris1.fr

Le jeu en quelques chiffres :
 à partir de 6 joueurs
 2 animateurs
 module total de 3h
 simulation sur 60 ans

Résumé

Ce mémoire de recherche vise à présenter l'intérêt et les limites de la simulation participative dans l'aide à la décision. En effet, la simulation participative est apparue récemment dans les recherches portant sur la gestion de l'environnement. La modélisation d'accompagnement constitue l'axe méthodologique qui a permis la réalisation d'un outil spécifique, BarOdyssee, portant sur les dynamiques socio-environnementales de la déprise rurale à Séderon (Drôme). Ce mémoire tâche donc de montrer comment représenter des enjeux environnementaux à l'aide d'un outil qui associe les systèmes multi-agents au jeu de rôles. Cependant, la pratique des jeux sérieux reste encore une voie en cours d'appropriation par les décideurs, mais dont l'efficacité pédagogique est certaine.

Mots-clés : simulation participative, système multi-agents, jeux de rôles, jeux sérieux, gestion environnementale, modélisation, représentation.

Abstract

This research work is about the advantages and limits of participatory simulations in decision support. Indeed, participatory simulations have recently been introduced in research on environmental management. Companion-modelling approach helped me developing a specific tool: BarOdyssee, about the socio-environmental dynamics of rural decline in Séderon (Drôme). This research work tries to show how agent-based models and role-playing games can represent environmental stakes. However, serious gaming is not yet part of policy-makers habits, despite its educational effectiveness.

Key words: participatory simulations, agent-based models, role-playing games, serious gaming, environmental management, modelling, representation.