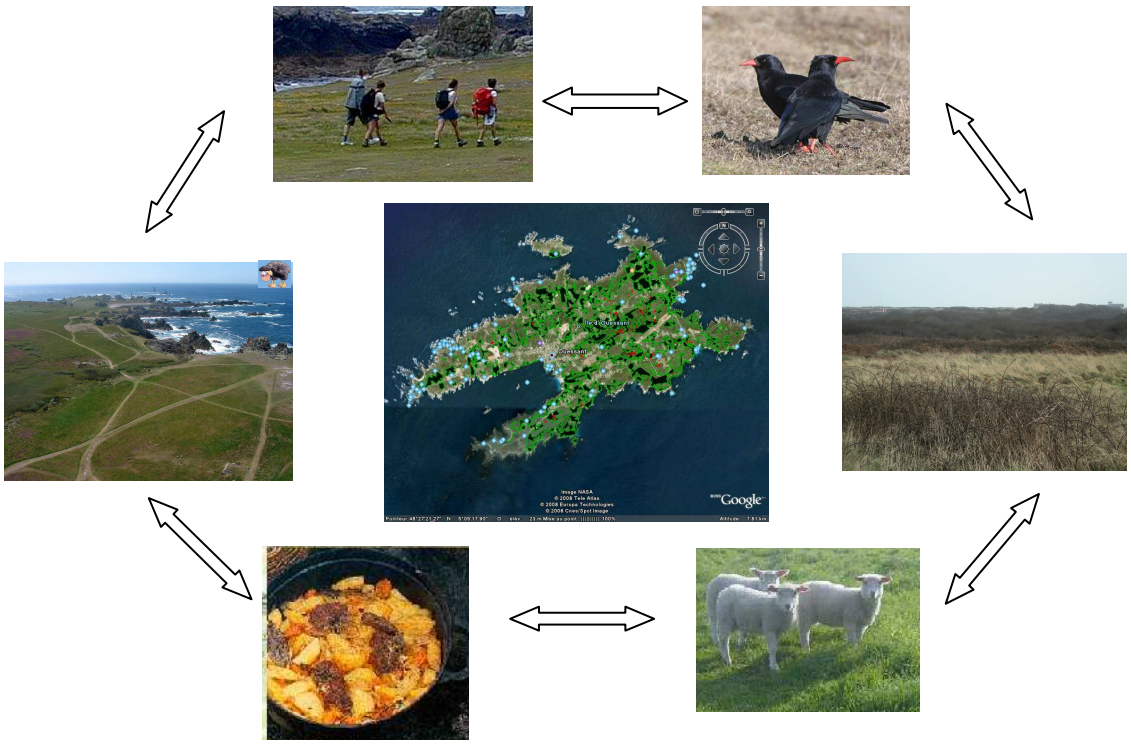
Master 1 Sciences de la Mer et du Littoral
Mention Expertise et Gestion de l'Environnement Littoral (EGEL)

La simulation multi-agents pour l'aide à la gestion d'un territoire sous contraintes



Le modèle ouessantin

Présenté et soutenu par Quentin Texier
11 Septembre 2008

Structure d'accueil : Océanopolis
Maître de stage : Françoise Gourmelon
Correspondant universitaire : Françoise Gourmelon

Résumé

Ouessant est soumise à deux dynamiques socioéconomiques principales qui sont l'abandon des pratiques agro-pastorales et l'augmentation de la fréquentation touristique. Cet espace sous contraintes se compose d'agents sociaux et naturels qui vont interagir plus ou moins directement les uns avec les autres pour faire évoluer le milieu. L'ensemble de ces relations sont représentées au sein d'un modèle conceptuel (le modèle ouessantin) qui, couplé à un prototype informatique, permet de faire de la prospective environnementale. Les simulations multi-agents sont alimentées de scénarios exploratoires. Autour d'une équipe pluridisciplinaire, cette contribution présente la démarche de co-construction de scénarios exploratoires avec les différents acteurs et gestionnaires du milieu ouessantin. Cette démarche participative permet aux acteurs et gestionnaires de s'accoutumer à un nouvel outil de gestion développé par des scientifiques.

Mots clés : **Scénarios exploratoires, co-construction, simulation multi-agents, prospective environnementale, concertation**

Remerciements

Un merci général pour l'ensemble des personnes qui ont travaillé de près ou de loin sur le projet Media et sans qui la réalisation des scénarios exploratoires n'aurait pas été possible,

Merci à Françoise Gourmelon et Mathias Rouan qui ont su me guider et me soutenir tout au long de ce stage,

Merci aussi à Valérie, Céline et Antoine qui m'ont accompagnés pendant cet été « humide » à l'IUEM.

Liste des figures

FIGURE 1 : *LES ETAPES D'UNE DEMARCHE DE MODELISATION* 9

FIGURE 2 : *REPRESENTATION IMAGEE D'UN SYSTEME MULTI-AGENTS* 11

FIGURE 3 : *METAPHORE MULTI AGENTS* 12

FIGURE 4 : *CARTE DE LOCALISATION DE L'ILE D'OUESSANT ET ACCES* 18

FIGURE 5 : *PRINCIPAUX STATUTS DE PROTECTION* 19

FIGURE 6 : *EVOLUTION DE LA POPULATION OUESSANTINE DE LA FIN DU 17EME SIECLE A NOS JOURS* 21

FIGURE 7 : *PROPAGATION DE LA FRICHE A OUESSANT DU 19EME SIECLE A NOS JOURS ;* 22

FIGURE 8 : *LES DIFFERENTS PARTENAIRES DU PROJET IFB.* 24

FIGURE 9 : *MODEL CONCEPTUEL DU « SYSTEME OUESSANT »* 29

FIGURE 10 : *REPRESENTATION DE LA POINTE SUD DE L'ILE D'OUESSANT DANS LE MODELE* 30

FIGURE 11 : *SCHEMA SYNTHETISANT LA METHODOLOGIE DE TRAVAIL DANS L'ELABORATION DES SCENARIOS EXPLORATOIRES* 33

FIGURE 12 : LE CRAVE A BEC ROUGE 34

FIGURE 13 : *LOCALISATION (EN JAUNE) DES ZONES FAUCHEES POUR LE SCENARIO B* 35

FIGURE 14 : *LOCALISATION (EN JAUNE) DES ZONES FAUCHEES POUR LE SCENARIO C* 35

FIGURE 15 : *LOCALISATION (EN JAUNE) DES ZONES FAUCHEES POUR LE SCENARIO D* 35

FIGURE 16 : *LOCALISATION (EN JAUNE) DES ZONES FAUCHEES POUR LE SCENARIO E* 35

FIGURE 17 : *EVOLUTION DES EFFECTIFS DE LA POPULATION DE CRAVE SELON LES SCENARIOS* 36

FIGURE 18 : *LES ESPECES VEGETALES ETUDIEES* 36

FIGURE 19 : *EVOLUTION DES INDICATEURS DE BIODIVERSITE EN FONCTION DES SCENARIOS* 37

FIGURE 20 : *RESULTAT DE SIMULATION SCENARIO 1* 38

FIGURE 21 : *RESULTATS DE SIMULATIONS SCENARIOS 3 ET 4* 39

FIGURE 22 : *BILAN DES SCENARIOS* 45

Sommaire

INTRODUCTION **5**

PREMIERE PARTIE

ETAT DE L'ART « LA PROSPECTIVE ENVIRONNEMENTALE »

I. L'ESSOR DE LA PROSPECTIVE ENVIRONNEMENTALE 7
II. LES OUTILS INFORMATIQUES DE SIMULATION 8
1) La modélisation 8
2) Les systèmes multi agents (SMA) 10
3) La modélisation à base de scénarios 13
4) La modélisation d'accompagnement 14

DEUXIEME PARTIE

LE PROJET MEDIA

I. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE 18
1) Situation géographique et statuts de protection 18
2) Les dynamiques socioéconomiques 20
II. CONTEXTE SCIENTIFIQUE 24
1) Le projet IFB 24
2) Le projet MEDIA 25

TROISIEME PARTIE

L'ETUDE « ELABORATION DE SCENARIOS EXPLORATOIRES »

I. ORGANISATION DE L'ETUDE 32
II. MATERIEL : LES SCENARIOS EXISTANTS 33
III. METHODE : UN TRAVAIL AVEC LES DIFFERENTS ACTEURS 39
1) Le Centre d'Etude du Milieu d'Ouessant (CEMO) 40
2) Le Parc Naturel Régional d'Armorique (PNRA) 41
3) La mairie d'Ouessant 43
IV. RESULTATS ET PERSPECTIVES 43

CONCLUSION **47**

Introduction

Les dynamiques socio-économiques observables depuis le 20ème siècle ne sont pas sans conséquences sur le paysage et l'écologie du territoire ouessantin. L'abandon de l'agriculture laisse derrière lui des zones non gérées, vouées à un enfrichement certain. Cette fermeture du milieu peut entraîner la disparition d'espèces à fort intérêt patrimonial comme le Crave à bec rouge. Ces modifications, à long terme, peuvent contrarier l'économie locale : le tourisme.

Un collectif pluridisciplinaire travaille depuis de nombreuses années sur la dynamique d'enfrichement de l'île d'Ouessant. Cette concertation entre chercheurs et acteurs du milieu vise à la mise en place d'une gestion collective de l'espace à l'aide des outils des Technologies de l'Information Géographique (TIG). Le projet MEDIA (Modélisation multi-agents et jEu de rôles des outils de méDIation et d'Apprentissage au service du développement durable) s'insère dans une étude soutenue par l'Institut Français de la Biodiversité (IFB) qui a pour thème *l'Organisation de l'accès aux ressources et biodiversité, application aux réserves de biosphère françaises*. Dans le cadre de ce projet un modèle conceptuel et un prototype informatique ont été créés sur Ouessant afin de réaliser de la simulation multi-agents. Le programme ASOSC de la Région Bretagne a ensuite pris le relais du projet Media dans l'objectif d'intégrer à la démarche trois catégories d'acteurs (gestionnaires, acteurs locaux et scolaires) afin de leurs proposer des outils opérationnels de gestion, de médiation et d'apprentissage. La rédaction des scénarios exploratoires concerne un des trois contextes opérationnels du programme ASOSC : *La simulation multi-agents pour l'aide à la gestion d'un territoire sous contraintes.*

Un état de l'art sur la prospective environnementale et l'ensemble des outils informatiques utilisés pour la simulation défini en premier lieu la base pour la mise en place de scénarios. La deuxième partie intéresse le contexte du programme c'est-à-dire une description du site d'étude (Ouessant) et du projet Media. Le dernier volet concerne la démarche utilisée pour la co-construction des scénarios exploratoires avec les gestionnaires et acteurs du milieu.

Première partie

Etat de l'art « la prospective environnementale »

I. L'essor de la prospective environnementale

La prospective, selon le *Trésor de la langue française* est la « discipline qui se propose de concevoir et de représenter les mutations et les formes possible d'organisation socio-économique d'une société ou d'un secteur d'activité dans un avenir éloigné, et de définir des choix et des objectifs à long terme pour les prévisions à court et moyen terme ».
L'art de la conjecture n'est pas pratiqué dans l'objectif de prédire le futur. Les études prospectives incitent plutôt les acteurs, les décideurs à prendre part au développement du futur en leur soumettant des visions de l'avenir dans le cadre de politiques scientifiques et technologiques. Ces projections sont façonnées à l'aide de scénarios cohérents de la société à des horizons plus ou moins lointains. Les scénarios, soumis à l'opinion publique, aux chercheurs, aux décideurs, … entraînent (d'une manière générale) la discussion qui permet de choisir les voies d'avenir. C'est donc un moyen d'améliorer la concertation sociale entre les différents acteurs. Selon Bertrand de Jouvenel, « la méthode des scénarios est l'application pratique de l'art de la conjecture ».
On vient de présenter succinctement une grande famille des instruments de la prospective qu'est la méthode des scénarios. Par ailleurs, les études prospectives peuvent êtres enrichies par l'utilisation d'outils informatiques d'analyse, de synthèse, de simulation ou alors, par les méthodes de consultation, d'animation d'un processus participatif. Tous ces outils sont utilisés indépendamment ou combinés. « La littérature de la prospective insiste aussi sur le fait que le plus souvent une démarche prospective suppose que l'on combine différents outils (par exemple la rédaction de scénarios et la réalisation de simulations informatiques) » (Mermet, 2005).

La prospective ne date pas d'aujourd'hui. Elle s'est enrichie et a gagné une certaine valeur scientifique au cours du temps. On peut distinguer différentes époques (avec un contexte particulier associé : guerre, reconstruction, changement global…) où l'art de la conjecture est pratiqué dans le cadre de domaines bien spécifiques.

Les origines de la prospective remontent au XIX^{ème} siècle et au début du XX^{ème} siècle avec les récits d'anticipation. Jules Verne et Georges Orwell constituent deux exemples bien connus. Mais ces récits restent d'ordre littéraire, en référence au premier sens du mot scénario : « décor ». Comme l'écrit Bertrand de Jouvenel (1964, P.346) : « on prévoit toujours, sans richesse de données sans conscience de méthodes, sans critique et sans coopération. Il devient urgent de donner à cette activité naturelle et individuelle un caractère coopératif, organique, et soumis à de croissantes exigences intellectuelles ».
Il faut attendre les années 1930 pour que l'on commence à parler de prospective. Effectivement, c'est en 1929 que Hoover, président des Etats Unis d'Amérique, lance son étude sur les *Recent social trends* dans laquelle, selon Cazes, entre en pratique « l'idée fondamentale [selon laquelle] l'action de planification doit pouvoir s'appuyer sur un savoir adéquat en matière de fait sociaux ». Cette étude marque « un tournant dans l'histoire de la prospective ». C'est après la seconde guerre mondiale, dans les années 1944-1948, que cette discipline prend un essor considérable. En effet, des scénarios militaires vont être élaborés afin d'identifier les facteurs clefs (progrès technologiques, guerre froide, …) susceptibles d'éclairer les orientations stratégiques des Etats-Unis (Schwartz, 1998).
C'est dans les années 1960 et 1970 que la prospective va sortir du champ militaire pour se développer dans les grandes entreprises ainsi que dans les grandes institutions publiques. En France, Bertrand de Jouvenel et Gaston Berger (l'inventeur du mot « prospective ») vont être les protagonistes d'un mouvement de pensée très actif dans les années 1950.

Ce mouvement va s'attacher à la reconstruction d'un pays appauvri par la guerre. Comme le club de Rome, le Global Scenario Group et la World Water Vision, l'école française de prospective va regrouper différents acteurs (économiques, politico administratifs et scientifiques) pour lancer de grands exercices de scénarios ou de modélisation globaux.
La fin des années 1970 et les années 1980 sont des années plus creuses en matière de prospective. A la fin des années 1980 de nouveaux types de recherche se développent notamment dans le domaine de l'environnement, produisant des références comme le modèle IMAGE, le Global Scenario Group, la World Water Vision.
Depuis la fin des années 1990, on assiste à une véritable explosion quantitative des travaux de prospective dans de nombreux domaines au premier rang desquels l'environnement et le développement durable. Les sujets comme l'économie de l'énergie, le changement climatique ou la démographie sont très largement exploités ce qui en fait de véritables champs de recherches prospectives spécialisées. De plus, en matière d'environnement, « la prospective peut être considérée comme une démarche qui interpelle et favorise l'interdisciplinarité » (Mermet, 2005). En effet, plusieurs systèmes (sociaux, techniques, naturels) et sciences (sociales, de la nature, de la chimie, de la physique, de l'ingénieur) se croisent et se complètent.

II. Les outils informatiques de simulation

Dans la partie précédente, on a mis en exergue le fait que la prospective environnementale se construit et est illustrée par différents outils et méthodes. On note les scénarios exploratoires, les outils informatiques (d'analyse, de synthèse, de simulation) et les méthodes de consultation, d'animation d'un processus participatif.
La simulation informatique peut être assimilée, d'après Fishwick, à l'association de trois activités. Il y a tout d'abord la conception du modèle d'un système réel ou théorique, l'exécution de ce modèle sur un ordinateur et pour terminer, l'analyse des résultats de cette exécution.

1) La modélisation

A l'aide d'un outil informatique de simulation, le modélisateur va créer des modèles de simulation et mettre en scène les différents scénarios dans l'objectif de convaincre, de faire réagir un auditoire. Les buts de ces exercices de simulation sont multiples pour les modélisateurs : présenter leurs travaux auprès de leurs pairs, démarcher des utilisateurs potentiels, développer des présentations pédagogiques destinées à un plus large public. Certains auteurs n'hésitent pas à dire que « « L'objet modèle » matérialise et médiatise les échanges entre chercheurs et gestionnaires en étant simultanément l'objet des recherches et le lieu de l'échange des questionnements et des connaissances » (Mermet, 2005).

« La conception du modèle associe la réalité à une représentation de celle-ci, en utilisant des données la plupart du temps formalisées » (Fishwick, 1995). Il peut s'agir d'observations réelles (valeurs numériques) ou de connaissances sur le sujet. Ces entrées sont traduites en algorithmes qui seront exécutés dans le but de produire des données compatibles avec les observations. A partir des observations « terrain » ou des connaissances acquises sur le système, le modélisateur va retranscrire sur le modèle l'ensemble des entités élémentaires, agents ou objets ainsi que leurs relations. Avec ce modèle ainsi créé, on peut « lancer une simulation » et obtenir une réalité artificielle.

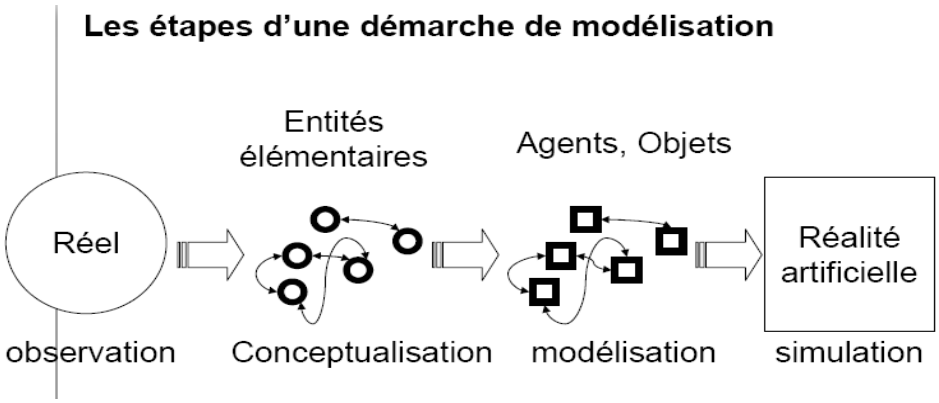


Figure 1 : ***les étapes d'une démarche de modélisation par M.Rouan***

Le modèle possède deux utilisations principales. Tout d'abord, il peut faire office d'instrument scientifique car il conduit à une description et une compréhension de la structure et du fonctionnement des systèmes. Dans le domaine de la recherche, le modèle va tester les différentes hypothèses émises par les scientifiques. Dans un second temps, ce modèle peut être un outil de gestion. Alimenté par des scénarios exploratoires celui-ci va fournir, après simulation, une certaine vision du futur. A partir des résultats obtenus le gestionnaire pourra mettre en application des choix de gestion. Exploité comme ceci, le modèle constitue un outil d'aide à la décision.

On distingue alors différents types de modèles avec des fonctions particulières :

- **Les modèles physiques** : ce sont des maquettes destinées à fournir une représentation matérielle proche de l'objet modélisé.
- **Les modèles conceptuels** : c'est une représentation schématique des objets d'un système et de leurs relations.
- **Les modèles mathématiques** : c'est la représentation d'un système à l'aide de fonctions mathématiques (approche empirique ou théorique).
- **Les modèles récursifs** : ils ont pour objectif de décrire un système en un temps donné par l'emploi de règles de transition d'état des entités composant ce système.

Les modèles mathématiques et récursifs peuvent être déterministes ou stochastiques. Dans le premier cas, le résultat est une conséquence directe des conditions initiales du modèle. Concernant les modèles stochastiques, l'introduction d'évènements aléatoires constitue un élément central du modèle ce qui permet de modéliser des systèmes complexes.
La difficulté dans la modélisation de systèmes complexes est « la prise en compte conjointe du temps et de l'espace, mais également la combinaison de mécanismes agissant à plusieurs échelles » (Rouan, 2006). En effet, dans ces modèles, plusieurs objets coexistent et sont en relation malgré leurs différents niveaux scalaires c'est-à-dire des valeurs numériques différentes. De plus, ces objets ne sont pas nécessairement soumis au même étalonnage temporel ce qui rajoute une difficulté à la conception du modèle.
L'espace va constituer un élément central dans la modélisation puisqu'il constitue un élément structurant des modèles et permet de passer d'une description systémique statique à un environnement de modélisation dynamique. Mais chaque pas de temps va donc suggérer un état physionomique de l'espace et des objets qu'il englobe.

Il faut donc, dans la conception du modèle, établir les connexions entre les échelles spatiales et temporelles. Ceci n'est pas sans accrocs car la variabilité des échelles de temps oriente la nature des interactions spatio-temporelle. Au final, c'est l'espace qui prime générant un léger déséquilibre dans le couplage temps/espace.

Aujourd'hui la modélisation est une pratique très courante, notamment en géographie. Trois champs de recherche se détachent : la modélisation des entités spatio-temporelles et des interactions spatiales (entrée spatiale), la modélisation à base de scénarios (aide à la décision) et la modélisation des interactions homme/milieu (entrée risque). Ces différentes applications font appel à des techniques de modélisation très diversifiées et de plus en plus perfectionnées (en fonction des progrès de l'informatique). Puis, la conception du modèle dépend très largement du système que l'on veut étudier ainsi que de ce que l'on (commanditaire, chercheur, gestionnaire, modélisateur…) veut représenter, approfondir dans ce système. Par exemple, si l'on souhaite faire de la prospective environnementale, la difficulté réside dans la pluridisciplinarité de ce domaine d'étude. De fait, dans une problématique environnementale de nombreux agents vont intervenir, être en relation. Le modélisateur se doit donc, pour effectuer des conjectures, prendre en compte l'ensemble ou une partie des agents dans le modèle de simulation. Il doit pour cela faire appel à des techniques de modélisation très spécifiques : les systèmes multi-agents (SMA) utilisant des logiciels informatiques eux aussi spécifiques et perfectionnés. Toujours en guise d'illustration, les SMA sont souvent utilisés dans le cadre d'une modélisation d'accompagnement car la prise en compte d'une multitude d'agents dans la construction du modèle complexe permet d'avoir une certaine crédibilité face au gestionnaire. Le modélisateur n'a pas pour volonté de prédire le futur mais doit quand même représenter une vision plus ou moins réaliste de l'avenir.

2) Les systèmes multi agents (SMA)

Un système multi-agents peut être défini comme « un ensemble organisé d'agents ». Cela signifie que dans un système multi-agents, il existe une ou plusieurs organisations qui structurent les règles de cohabitation et de travail collectif entre agents (définition des différents rôles, partages de ressources, dépendances entre tâches, protocoles de coordination, de résolution de conflits, etc.) Un agent est « une entité logicielle ou physique à qui est attribuée une certaine mission qu'elle est capable d'accomplir de manière autonome et en coopération avec d'autres agents » (Briot et Demazeau, 2001).
Michel Etienne, directeur de recherche à l'Institut National de Recherche Agricole (INRA) à Avignon et spécialiste en écologie définit les SMA de la manière suivante : « Les systèmes multi-agents constituent un outil particulièrement performant pour représenter des systèmes aussi complexes et pour rendre compte des différentes composantes de l'environnement, des relations entre groupes sociaux et des interactions entre les pratiques des acteurs du système et les principales dynamiques écologiques ».
D'une manière générale, les systèmes multi agents sont une technique de l'intelligence artificielle permettant de modéliser des agents ayant une représentation de leur environnement et pouvant agir sur cet environnement.

Plus précisément, Ferber (1995) définit un SMA comme un système composé des éléments suivants :

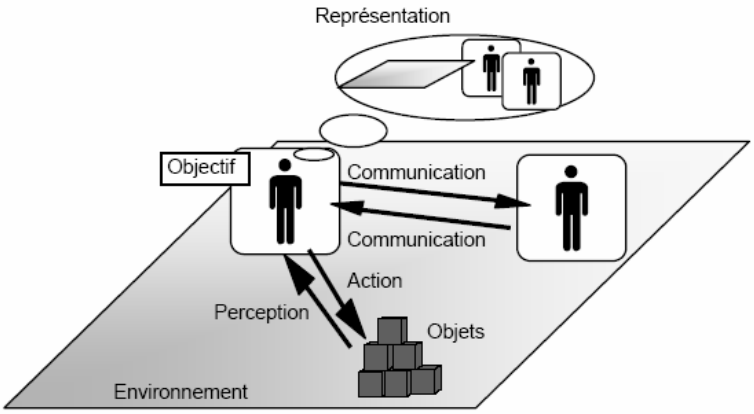


Figure 2 : ***Représentation imagée d'un système multi-agents ; Source : Ferber 1995***

- **Un environnement E**, c'est-à-dire un espace disposant généralement d'une métrique,
- **Un ensemble d'objets O**. Ces objets sont situés, c'est-à-dire que, pour tout objet, il est possible, à un moment donné, d'associer une position dans E. Ces objets sont passifs, c'est-à-dire qu'ils peuvent être perçus, créés, détruits et modifiés par les agents,
- **Un ensemble A d'agents**, qui sont des objets particuliers, lesquels représentent les entités actives du système,
- **Un ensemble de relations R** qui unissent des objets entre eux,
- **Un ensemble d'opérations Op** permettant aux agents de A de percevoir, produire, consommer, transformer et manipuler des objets de O,
- **Des opérateurs** chargés de représenter l'application de ces opérations et la réaction du monde à cette tentative de modification, que l'on appellera les lois de l'univers.

Ainsi, les agents interagissent avec leur environnement et avec les autres agents en fonction de leurs représentations. Différents types d'agents peuvent être modélisés, chacun ayant une représentation propre de son environnement. Dans les SMA, et dans la modélisation orientée agent en général, deux approches sont possibles pour modéliser les représentations :

- La première, consiste à exploiter des théories et des modèles conceptuels préexistant du concept de représentation provenant des sciences cognitives, de la sociologie, de l'économie, (…) et à les implémenter dans un modèle informatique.
- La deuxième, est une démarche qu'on pourrait qualifier de naturaliste. Elle consiste à construire un modèle informatique de la représentation à partir de l'observation sur le terrain.

Les systèmes multi agents se positionnent entre la programmation (ce sont des logiciels), l'intelligence artificielle (leur autonomie de décision) et les systèmes répartis (leur décentralisation). Historiquement, on peut replacer le concept d'agent et de système multi-agents dans l'histoire de l'intelligence artificielle (IA) et de la programmation. En effet, la notion d'agent est apparue en même temps que l'intelligence artificielle. A l'époque, cette discipline (l'IA) ne se basait que sur la modélisation des capacités intelligentes d'une seule et unique entité pour résoudre des problèmes. Pour bien comprendre, on aurait pu appeler cela de la « simulation à un seul agent ». Il en a résulté une première génération de programmes informatiques évolués : les systèmes experts.

A la fin des années 1970 on a commencé à coordonner plusieurs agents rationnels pour résoudre des problèmes. On a alors commencé à parler de « systèmes multi-agents » ou d' « intelligence artificielle distribuée (IAD) » pour s'opposer à l'IA.

Parmi les premières applications développées à l'aide de la technologie multi-agents, on retrouve une application dans le contrôle du trafic aérien et une autre dans la surveillance de véhicules motorisés. Pour le contrôle du trafic aérien, *Cammarata* a étudié des stratégies de coopération pour pouvoir résoudre les conflits entre les plans d'un groupe d'agents. La surveillance de véhicules motorisés tournait, quant à elle, autour du système *DCMT (Distributed Vehicle Monitoring Task)* qui avait comme tache principale d'identifier quel type de véhicule circulait dans telle zone dans l'objectif d'établir une description des mouvements des véhicules.
Cet avantage à être modulé, adaptable, fait du SMA le support de choix pour la simulation de systèmes complexes dans tous les domaines. Effectivement, les SMA se développent notamment en sociologie, biologie, physique, chimie, économie, …
Par exemple, en physique, « les scientifiques vont chercher à recréer avec l'aide de procédés informatiques des solutions stables et viables en ce calquant sur des phénomènes physiques naturels. La formation des plantes, le mouvement des vagues, les motifs des nuages… constituent individuellement des agents qui dialoguent entre eux pour obtenir une stabilité personnelle et globale » (Limsi, 2005).
La simulation est aussi utilisée en biologie. En biologie cellulaire, l'objectif est d'étudier le comportement d'un système biologique. Pour cela, on peut faire des expériences dans l'organisme vivant (in vivo), effectuer des expérimentations dans un système biologique reproduit artificiellement en laboratoire (in vitro) ou alors faire un essai virtuel à partir d'un modèle informatique. Afin d'illustrer cette dernière possibilité, il faut imaginer que la cellule représente un agent réactif et que le système multi cellulaires prendra la forme d'un système multi-agents.

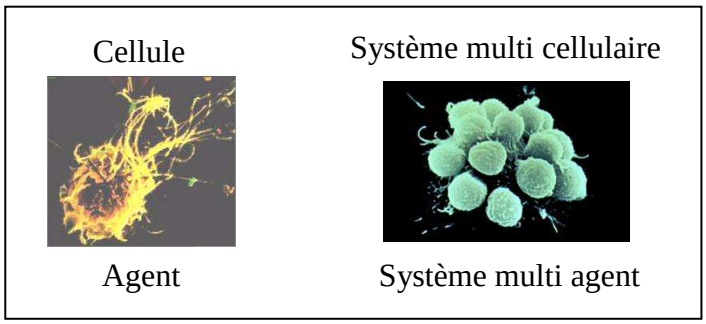


Figure 3 : ***Métaphore multi agents ; Source : www.limsi.fr***

La socio ethnologie est aussi une science faisant appel à la simulation. Les premiers exemples datent de 1960 mais la simulation a vraiment commencé dans les années 1990. C'est un excellent moyen pour comprendre les processus sociaux. « Les sociologues peuvent construire des modèles très simples qui se focalisent sur des aspects minimes du monde social et observer leurs théories sur une société artificielle qu'ils ont construite » (Limsi, 2005). On utilise notamment les SMA pour étudier les migrations de populations, les dynamiques d'opinions dans un réseau social.
On terminera ce tour d'horizon par un bref aperçu de la simulation de phénomènes naturels. La modélisation et la simulation de systèmes naturels à l'aide de systèmes multi-agents sont pluridisciplinaires : l'informaticien apporte sa connaissance de l'informatique, développe des travaux nouveaux pour répondre à des questions que se posent des chercheurs d'une autre discipline. Ce travail repose sur un dialogue constant entre les disciplines.

On recense aujourd'hui de nombreux laboratoires et équipes qui travaillent sur le sujet des simulations de phénomènes naturels :

- On peut présenter tout d'abord l'équipe SMA du Cirad qui a pour objectif de « Contribuer au développement rural des pays tropicaux et subtropicaux par des recherches, des réalisations expérimentales, des actions de formation, en France et à l'étranger, l'information scientifique et technique principalement dans les secteurs agricoles, forestiers et agroalimentaire… ». L'équipe SMA a développé la plate forme Cormas qui est un environnement de programmation permettant la construction de modèles de simulation multi-agents pour la gestion des ressources renouvelables. La plate forme Cormas est l'une des plus utilisée et est sans cesse référencée par la littérature du domaine mais nous l'allons montrer tout à l'heure. En effet, cette plate forme a été utilisée dans le cadre du projet MEDIA.
- On a aussi l'équipe SMAC (Systèmes Multi Agents Coopératifs) de l'IRIT (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse) qui s'intéresse à la conception d'applications ouvertes et complexes pour lesquelles il n'y a pas de solutions algorithmiques connues (par exemple, la prévision de crues, le commerce électronique, la simulation de fourmis…).
- On peut terminer en citant l'équipe MIRIAD du LIP6, le laboratoire d'Ingénierie pour les Systèmes Complexes (LISC ; fait partie du Cemagref) et le Centre Européen de Réalité Virtuelle (CERV).

En terme d'exemples de simulation de phénomènes naturels, le Laboratoire d'Ingénierie pour les Systèmes Complexes a travaillé sur l'Analyse de la structure spatiale en forêt tropicale, le CIRAD a élaboré un outil d'aide à la décision et d'accompagnement de projets d'aménagements de prévention des incendies de forêt et l'équipe SMAC de l'IRIT à travaillée sur le projet STAFF (Software Tool for Adaptive Flood Forecast) concernant les inondations.

Les SMA sont donc utilisés dans de nombreux domaines (sociologie, physique, biologie,…) et accompagnent des modèles (modèle spécifique d'un système) pour faire office d'outils scientifiques ou de gestions. Dans ce dernier cas, on fait appel à un champ de recherche bien particulier : la modélisation à base de scénarios.

3) La modélisation à base de scénarios

C'est après la Seconde Guerre Mondiale, dans le cadre de la RAND corporation (Research ANd Development), bureau d'étude au service de l'Etat américain, que les scénarios vont se définir progressivement comme des outils systématiques d'exploration du futur. En 1960, Herman Khan, l'une des figures historiques de la prospective aux Etats-Unis, fût le premier à utiliser le mot de « scénario ».
Très tôt, des travaux significatifs traitent de l'environnement (Ward et Dubos, 1964 ; Carson, 1964), essentiellement sous l'angle des pressions accrues sur les ressources naturelles, préfigurant les travaux du Club de Rome. Récemment, l'intégration de scénarios dans la prospective environnementale va connaître un nouvel essor, notamment dans les domaines de l'énergie, des transports et du réchauffement climatique (van Asselt et al., 1998).

Mais avant tout, il prévaut de définir ce qu'est un scénario et quelles sont les différentes familles de scénarios. « Les scénarios sont des séquences d'événements hypothétiques construites pour mettre en évidence les processus causaux et les enjeux de décision » (Poux, 2005).

Les scénarios « sont une des méthodes les plus anciennes et les plus caractéristiques de la prospective. En termes généraux, ils peuvent être définis comme des récits cohérents construits sur des principes méthodiques. Ces récits décrivent une ou plusieurs anticipations plausibles du futur, relativement à un sujet donné (l'environnement, l'économie, les représentations sociales…) » (Mermet, 2005).
Lorsque l'on parle de méthodologie on désigne les structures fondamentales et les principes de bases qui vont être utilisés pour élaborer les scénarios. La difficulté d'établir une méthodologie repose sur la diversité des modèles qui vont être créés. Vient ensuite s'additionner à cette difficulté les nombreux laboratoires qui travaillent avec des plates formes différentes. « Dans les faits on peut observer une grande diversité dans les méthodes mises en œuvre et les produits obtenus » (Hatem, 1993 ; van Asselt et al., 1998). Cette diversité amène certains auteurs à considérer que « les bases méthodologiques ne sont pas stabilisées » (Chermak et al., 2001) et qu'il convient alors de considérer que « le développement des scénarios relève davantage du domaine de l'art que celui d'une approche scientifique » (Schwartz, 1998 ; Mack, 2001).
On peut établir une première distinction dans les scénarios dans le sens où certains vont mettre en scène des « images », on parle alors de description synchronique et d'autres vont rendre compte d'un « cheminement » reliant entre elles deux images, on parle ici d'une description diachronique. Les deux bornes temporelles, l'une dans le présent et l'autre dans le futur, définissent ce qu'on appelle l' « horizon temporel ». L'image initiale constitue la « base » du scénario. « Formellement, la base consiste en un récit du présent et du passé du système, étayé sur des données variées (statistiques, cartes, simulations, …). La base a plusieurs fonctions : elle fournit un état de référence synthétique qui permet de mesurer le chemin que décrira le scénario » (Mermet, 2005). Il existe deux familles de scénarios. La première, est la famille dite « scénarios exploratoires » ou « forecasting ». A partir de la base, les scénarios envisagent des projections selon des hypothèses. On peut considérer une sous famille : les « scénarios tendanciels ». Ils « envisagent les conséquences de la continuation des tendances mises en évidence dans la base, par une démarche conservatrice des dynamiques en cours » (Mermet, 2005). Une deuxième, sous famille des scénarios exploratoires est celle de « scénarios contrastés exploratoires », qui « envisagent des hypothèses contrastées sur une ou plusieurs variables clefs de cheminement et examinent les images, également contrastées selon toute probabilité, qui en résultent » (Mermet, 2005).
La deuxième famille de scénarios est celle des « scénarios normatifs », ou « backcasting », qui « consistent à partir des images du futur à « remonter » jusqu'au présent, en concevant des cheminements plausibles qui permettent de relier ces images projetées à la situation présente » (Mermet, 2005).

Pour le lecteur, le scénario prospectif est un support de réflexion. Ce scénario peut entrer dans le cadre d'un débat participatif où le lecteur va construire un scénario avec des hypothèses différentes pour obtenir « sa » perception du futur. La mise en scène de scénarios prospectifs doit « stimuler le lecteur ». P. Schwartz (1998, pp. 205-206) écrit : « comment juger si un scénario a été efficace ? […] le vrai test est de savoir si quelqu'un a été conduit à changer de comportement parce qu'il a perçu le futur autrement ».

4) La modélisation d'accompagnement

La définition de Michel Etienne est la suivante : « La modélisation d'accompagnement est une démarche permettant de faciliter des processus collectifs de décision, en proposant un travail d'explicitation des points de vue et des critères subjectifs auxquels se réfèrent implicitement, voire inconsciemment, les différentes parties prenantes » (Etienne, 2005).

La démarche d'accompagnement est très souvent utilisée dans les systèmes qui ont tendance à être évolutifs, itératifs et continus ce qui signifie qu'il faut proposer un accompagnement évolutif, itératif et continu. Par exemple, à propos des recherches sur la gestion des ressources renouvelables et de l'environnement, Michel Etienne dit : « Elles nous mettent donc face à des objets d'étude complexes et dynamiques, qui sont aussi objets d'enjeux et d'actions multiples. D'où notre choix de faire des recherches dites « impliquées » » (Etienne, 2005).
Un des objectifs de la modélisation d'accompagnement est d'enrichir le processus de prise de décision, que ce soit sous son aspect technique (informations, qualité technique des actions entreprises...) ou sous son aspect sociologique (plus grande concertation, renforcement du pouvoir de l'acteur dans la décision...). Au préalable, la modélisation d'accompagnement permet d'améliorer les connaissances des acteurs/décideurs, facilite la concertation entre acteurs par l'intermédiaire d'un cadre de discussion et de partage de l'information et aide à la négociation, visant ici un rapprochement de points de vue divergents dans une situation de conflit donnée.
La modélisation d'accompagnement s'insère dans un processus de médiation. Elle intervient donc en amont de la décision technique, lorsqu'il s'agit d'appuyer la réflexion des différents acteurs concernés, en vue de parvenir à une représentation partagée de la problématique et des voies possibles pour engager un processus de prise en charge. Les acteurs apprennent collectivement en créant, modifiant ou observant les simulations. Car « simuler, c'est agir sur le processus de décision, en créant ou modifiant des représentations. La modélisation d'accompagnement conduit les acteurs à partager des représentations et des simulations, comprenant les actions possibles (règles, aménagement...) qu'ils envisagent sur le milieu » (Etienne, 2005). « C'est à partir d'une conception partagée sur l'évolution de la situation présente que les acteurs peuvent « décider » des objectifs de très long terme, sur la base desquels les scénarios qui permettraient de les atteindre pourront être discutés » (Bousquet, 2000).

Contrairement à un travail de modélisation, la modélisation d'accompagnement intègre une dimension que l'on appelle « participative ». Cette dimension correspond à l'interaction entre des différents types d'acteurs (chercheurs, experts, prospectivistes, hommes politiques, citoyens,…) autour d'un modèle spécifique de recherche, de gestion ou de politique publique. « L'idée de la participation des citoyens, c'est comme manger des épinards : en principe, tout le monde est pour car c'est bénéfique… » (Arnstein, 1969). Dans tous les cas, la participation concerne aussi le fait d'impliquer ceux qui, jusque là, n'étaient pas impliqués.
En prospective participative, le principe fondamental peut être décliné par cinq caractéristiques. « On parlera de prospective participative pour désigner des programmes qui organisent la participation autour des questionnements sur le futur, attachent une importance centrale aux acteurs, mettent en œuvre la participation en amont dans le processus de la recherche ou de la politique publique, mettent l'accent sur l'animation de la discussion et sur la communication entre les participants, et recherchent activement un équilibre entre le processus et le contenu » (Mermet, 2005).
« Le domaine de l'environnement est particulièrement riche en expériences participatives, aussi bien en matière de recherche que de politique publique » (Mermet, 2005). Les expériences et la littérature disponibles ont considérablement explosé dans les années 1990 et différentes méthodes ont été élaborées, testées, théorisées (Renn et al., 1995 ; Coenen et al., 1998 ; Fisher, 2000). La plupart d'entre elles l'ont été à des fins de politiques publiques, en particulier dans le cadre du mouvement de la gouvernance environnementale.

En dehors du domaine de l'action publique, la participation s'est aussi faite une place au sein de la science post-normale (Ravetz et Funtowicz, 1991 ; Ravetz, 1999) ou de la science de « plein air » (Callon et al., 2001) avec l'émergence de la gouvernance.
« Le développement du cadre de l'Evaluation intégrée est fortement lié à celui dit de la science « post normale ». Ce concept a été développé par Ravetz et Funtowicz pour analyser le rôle joué par les scientifiques dans des processus de décision impliquant simultanément de fortes incertitudes et d'importants « enjeux sociétaux » » (Mermet, 2005).
Mais attention, la participation n'est pas toujours bénéfique. Elle ne garantit pas le succès d'une étude. « Toujours est-il qu'il ne suffit pas de proclamer la participation pour améliorer la gestion environnementale (pas plus d'ailleurs que la recherche). Il faut rechercher une « participation significative » » (Fisher, 2000). La réussite d'une étude participative tient notamment au fait de rassembler les bonnes personnes autour d'un travail prospectif pour déboucher sur une meilleure capacité d'anticipation et sur des actions plus pertinentes. Pour assurer cette réussite, différents outils de la prospective peuvent être utilisés. Parmi ces outils, les scénarios exploratoires. Ils semblent particulièrement adaptés à une utilisation par les acteurs de profils très différents. En 1990, une méthode d'ateliers de prospective à base de scénarios a été proposée dans le cadre du projet « Danish Board of Technology (DBT) ». Anderson définit ces ateliers comme « des réunions locales où des scénarios sont utilisés pour stimuler l'élaboration de visions d'avenir et pour encourager le dialogue entre décideurs politiques, experts, hommes d'affaires et citoyens ». Dans d'autres programmes, l'objectif sera d'élaborer des scénarios contrastés en suivant une approche participative (« visions intégrées pour une Europe durable » (Van Asselt, 2001). D'autres outils existent comme les jeux de rôles, les débats ou l'animation de groupe.

Deuxième partie

Le projet MEDIA

I. Contexte géographique

1) Situation géographique et statuts de protection

Le site d'étude pour ce projet est l'île d'Ouessant. Il s'agit d'une île de 1541 Ha située à 20 Kms de la pointe occidentale de la Bretagne (48°28' N, 5°5' W). Elle intègre le département du Finistère (29) et correspond à la plus grande île habitée de la Réserve de Biosphère de la Mer d'Iroise. Elle mesure 8 Kms de long pour 4 Kms de large. Elle revêt une forme particulière (s'apparente à une pince de homard) du fait de l'érosion différentielle entre le granit et le micaschiste. Ces deux roches métamorphiques et plutoniques n'ont pas la même dureté. En effet, le micaschiste (au centre de l'île) est plus tendre que le granit (les deux « bandes » au nord et au sud de l'île) et, soumis à la houle dominante et au vent sera érodé plus rapidement que le granit. Son relief est très accentué, de hautes falaises bordent la côte Est, tandis que la côte est plus basse à l'Ouest (Joets, 2005).

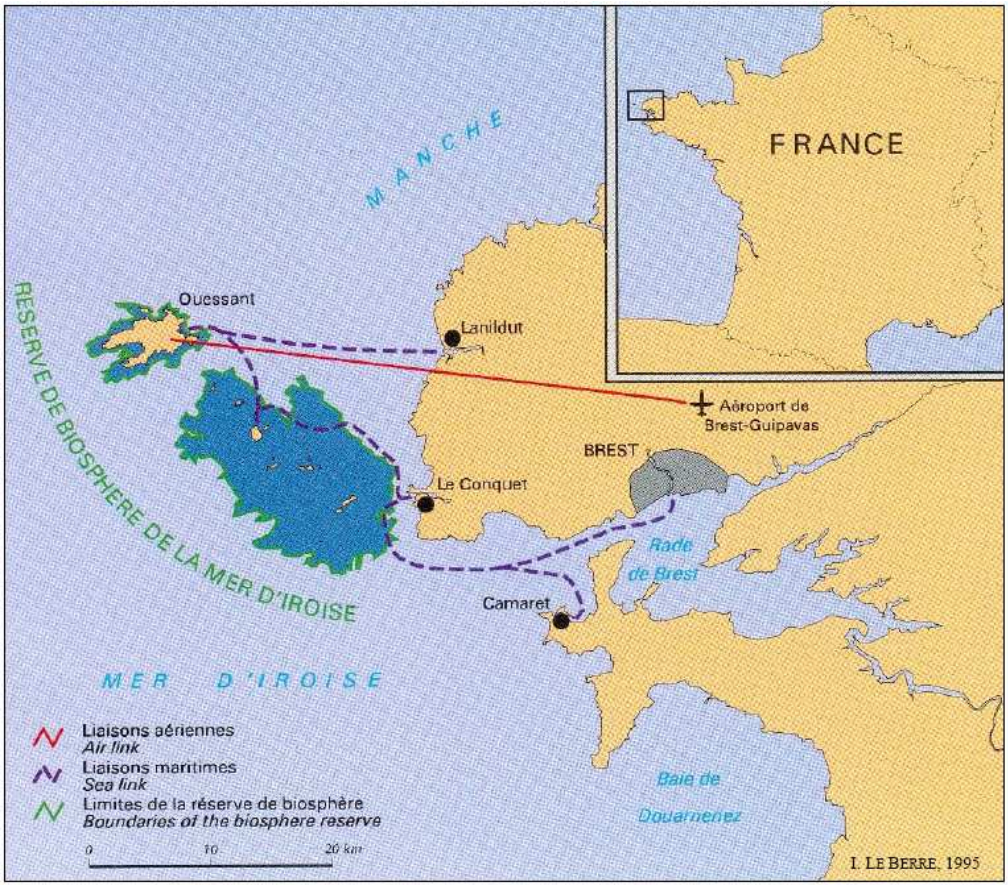


Figure 4 : ***Carte de localisation de l'île d'Ouessant et accès ; Source : Le Berre***

En matière de statuts de protection, « la mer d'Iroise, et plus particulièrement Ouessant et l'archipel de Molène, bénéficient de nombreux labels et statuts de protection qui reconnaissent la qualité de conservation de ses habitats et la représentativité au niveau du domaine Atlantique de ses écosystèmes (un des plus grands champs d'algues d'Europe). Ils soulignent également l'importance de l'île à l'échelle nationale pour la reproduction de mammifères et d'oiseaux marins ainsi que pour les communautés végétales littorales[1]. Parmi eux figurent entre autres des structures et des labels comme le Parc Naturel Régional d'Armorique, les Sites classés et Réserve de Biosphère » (Kerbiriou, 2006).

« Deuxième Parc Naturel Régional de France à avoir été créé (1969), le PNR d'Armorique regroupe une quarantaine de communes continentales (communes du centre Finistère, de la Presqu'île de Crozon) et insulaires (Ouessant, Sein et Molène). Le PNRA s'est doté, sur Ouessant, en partie grâce à la taxe Barnier, d'une équipe d'entretien des paysages depuis 1998 » (Kerbiriou, 2006).
Le PNRA est chargé de la gestion de la Réserve de Biosphère de la Mer d'Iroise, créée en 1988. Cette réserve s'étend en mer autour de l'archipel de Molène et d'Ouessant (limite isobathe des 20 mètres).La réserve comprend trois zones avec des statuts différents :

- Une **aire centrale** qui doit assurer à long terme la conservation des valeurs de la réserve de biosphère (paysages, écosystèmes, espèces...). Les activités dans cette zone se limitent donc au monitoring de la biodiversité. En Iroise, cette aire centrale concerne essentiellement certaines îles et îlots de l'archipel de Molène, classés en Réserve Naturelle d'Etat (Kerbiriou, 2006).
- Une **zone tampon** qui entoure ou jouxte l'aire centrale. Les activités dans cette zone sont peu perturbatrices. Il peut s'agir de recherches visant à mettre au point des pratiques d'utilisation des ressources naturelles respectueuses de la biodiversité, ou portant sur la gestion ou la réhabilitation des écosystèmes. A Ouessant, cette zone correspond à la délimitation des Sites Classés (Kerbiriou, 2006).
- Une **aire de transition** qui comprend le reste de l'île. Cet espace est le siège des activités économiques et sociales, qui doivent s'orienter vers un développement durable, au bénéfice et avec la participation de la population locale (Kerbiriou, 2006).

Concernant les autres statuts de protection, les sites classés correspondent à la bande côtière de 250 mètres de large de l'ensemble du littoral d'Ouessant. Il s'agit d'un statut très restrictif puisque les arrêtés ministériels prévoient une interdiction totale d'urbanisation. La mer d'Iroise est également incluse dans le réseau Natura 2000, dont l'instauration en 1992 par l'Europe est destinée à conserver les habitats naturels ainsi que la faune et la flore sauvage.

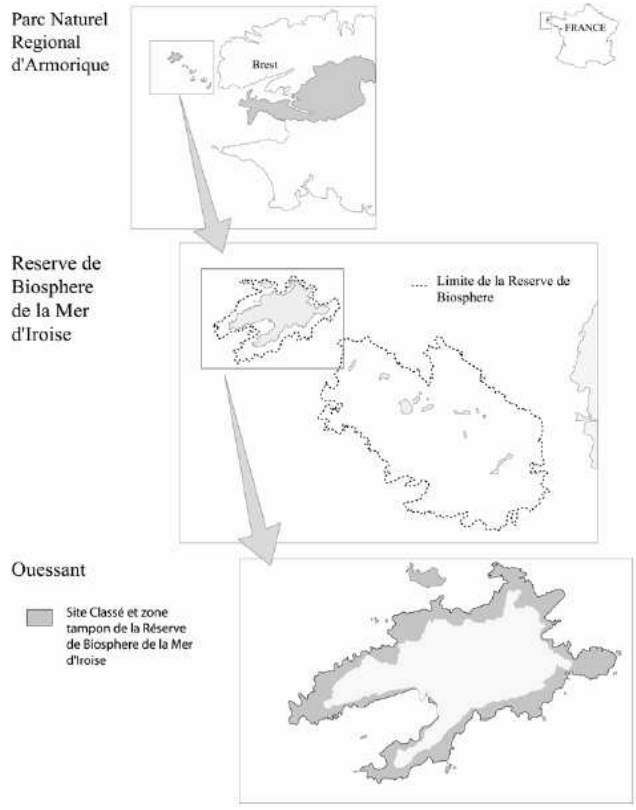


Figure 5 : ***Principaux statuts de protection ; Source : Kerbiriou***

2) Les dynamiques socioéconomiques

Les deux principales dynamiques socioéconomiques clairement identifiées sur cet espace protégé sont d'une part **l'abandon des pratiques agro-pastorales** à partir de la seconde moitié du XXème siècle et d'autre part **l'augmentation de la fréquentation touristique** à partir de la fin des années 1980 (Kerbiriou, 2006).

Eu égard aux pratiques agro-pastorales, si on regarde en arrière on remarque, par des écrits du 17ème siècle, que l'île était très productive. « Le père Maunoir présent en 1641 pour une mission déclare que l'île se révèle très productive : les petits chevaux, vaches et brebis abondent et les excédents des cultures se vendent sur le continent » (Joets, 2005). A cette époque Ouessant disposait donc de ressources opulentes et était décrite comme un véritable paradis.
Mais le 23 Juillet 1764 l'île est rachetée par Louis XV en raison de sa position stratégique dans la Manche. Dès lors, les hommes sont envoyés à bord des vaisseaux royaux. Ceci n'est pas sans provoquer quelques particularités dans la démographie Ouessantine. « Alors que la population est en croissance significative jusque dans les années 1770, la fin du XVIIIe siècle est marquée par un ralentissement de la croissance, puis par une inversion de la tendance jusqu'aux années 1820 » (E.Gourie, 2004). Effectivement, Ouessant étant en marge du continent et fonctionnant avec une économie fermée il était nécessaire d'apporter un pécule financier supplémentaire. « L'engagement dans la Marine, qu'elle soit marchande ou militaire, est, dès lors, devenu très rapidement la vocation première, si ce n'est unique, de la gente masculine de Ouessant. Cette vocation a perduré pendant très longtemps (BRIGAND *et al*, 1986). Les hommes en mer, se sont « les femmes [qui] doivent donc, seules, faire fonctionner l'économie de l'île et vouer leur vie au travail de la terre. C'est, dès lors, sur la femme cultivatrice que repose le bon déroulement de la vie insulaire et la vitalité de l'économie ouessantine. Comme dans toutes les campagnes françaises, la Ouessantine voue sa vie à l'agriculture, plus par obligation que par goût pour le travail de la terre » (E.Gourie, 2004). « D'ailleurs, pour les soulager de cette peine et rendre leurs tâches plus agréables, les femmes ont développé sur l'île le travail communautaire » (GESTIN *et al*, 1982).
Au milieu du XIXe siècle, « environ 785 hectares sont consacrés aux cultures, et approximativement 725 hectares restent en pâtures ou en landes » (LUCAS C, 1993). L'apogée de l'activité agricole est atteinte au début du 20ème siècle, environ au même moment que l'apogée démographique. Il faut produire davantage pour une population toujours plus nombreuse. L'extension maximale des terres agricoles permet une exploitation de l'île dans son intégralité.
L'entre deux guerres annonce le déclin de l'activité agricole. En 1930, « sur environ 600 hectares de terres déclarées cultivables, seulement 259,47 hectares sont encore cultivés, soit moins de la moitié […] L'après Deuxième Guerre mondiale voit l'économie et la société françaises en totale reconstruction et restructuration. Les mœurs évoluent vite, et la modernité pénètre de plus en plus facilement et rapidement le quotidien des ménages» (E.Gourie, 2004). Avec l'arrivée des nouveaux moyens de communication comme la télévision et la radio, c'est un monde moderne qui s'ouvre à la population, inspiré du mode de vie à l'américaine et des différents rêves qui lui sont associés. Les jeunes ouessantins vont alors partir pour le continent et laisser de coté un futur inévitable sur l'île : la marine pour les jeunes hommes, l'agriculture et la tenue du foyer pour les jeunes femmes. Cet exode n'est pas une exception car il rejoint, à l'époque, le mouvement national des Français de la campagne vers les grandes villes.

« Elle [l'île d'Ouessant] a subi, à partir de 1911, une chute démographique importante, passant d'une population de 2661 habitants en 1911 à 1065 habitants en 1990, qui est accompagnée d'une déprise agricole conduisant à la disparition des terres cultivées » (Brigand et Al. , 1992). En 2005, au dernier recensement, le nombre d'habitants était de 859.

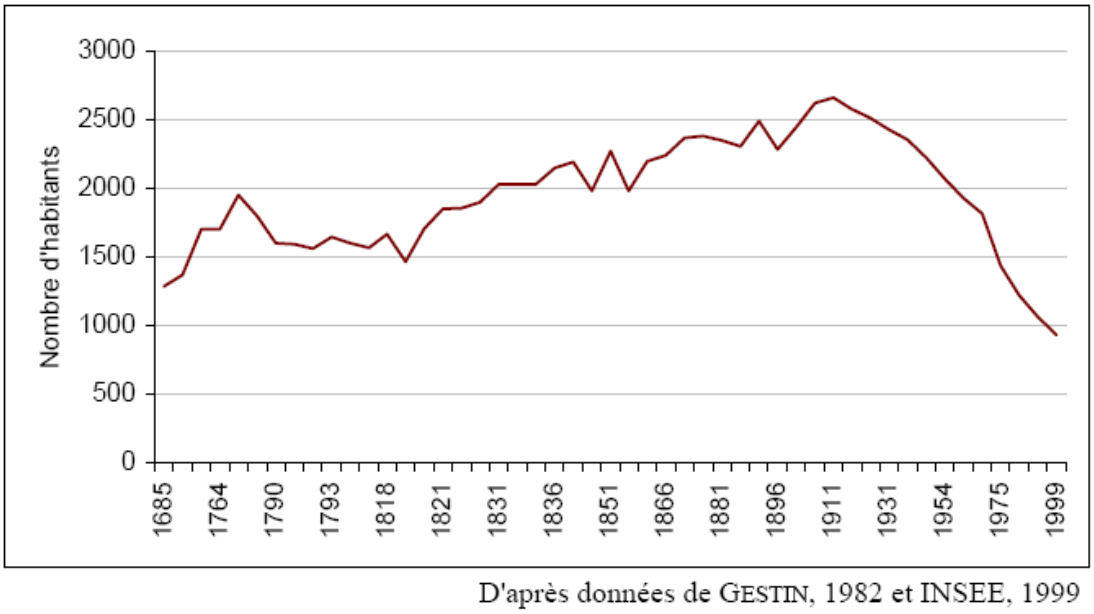


Figure 6 : ***Evolution de la population ouessantine de la fin du 17ème siècle à nos jours ; Source : Gestin***

En conséquence, le déclin de l'agriculture va entraîner des modifications notables sur l'environnement Ouessantin. Avec l'abandon des terres agricoles, une dynamique naturelle va se mettre en place. « Les parcelles anciennement cultivées sont recolonisées par une végétation de type prairial que le pâturage ovin, lorsqu'il est suffisant, maintient à ce stade. Ces espaces se retrouvent essentiellement autour des secteurs habités et des rares îlots résiduels de cultures, mais également à l'intérieur de la ceinture littorale » (BRIGAND *et al.*, 1986).

Aujourd'hui, l'élevage ovin est le témoin le plus marquant de l'époque où l'île vivait de ses propres ressources. Cette activité se maintient encore sous une forme alternant l'élevage au piquet et une gestion extensive selon le système de la vaine pâture. Mais avec une population de plus en plus vieille et de moins en moins nombreuse, l'élevage ovin est en pleine régression. Malgré tout, on note sur Ouessant depuis quelques années le retour marqué des élevages équin et caprin. De plus, il subsiste encore un agriculteur (Joël Le Person) qui élève un troupeau bovin. « Sa particularité est d'avoir réintroduit, depuis le milieu des années 1990, un troupeau de bovins. Son cheptel regroupe actuellement environ 70 vaches de race blonde Aquitaine » (DREVILLON, 2004). Mais toute cette pression de pâturage ne couvre qu'une infime partie du territoire et ne peut contrer la dynamique naturelle. « Dans ce contexte de sous-pâturage, l'enfrichement qui s'exprime par la colonisation de tous les milieux par des formations de ronciers, de fougères, de fourrés ou de landes, est devenu un problème environnemental et sa gestion un enjeu important de la préservation de la diversité biologique et de la qualité paysagère (Bioret et Al., 1994, Brigand et Al., 1992, Gourmelon et Al., 1995, 2001). « Pratiquement inexistantes dans les années 1950, les friches colonisaient environ 40% de l'espace insulaire en 1992 » (Gourmelon et al., 1995). Les secteurs sous pâturés évoluent rapidement vers une végétation secondaire. Les formations de broussailles, de ptéridaies, puis, à un stade ultime de fourrés à pruneliers (*Prunus spinosa*) et de saulaies, colonisent peu à peu le milieu insulaire. Cette fermeture progressive du milieu conduit à la dégradation de la diversification des biotopes ouessantins. L'avifaune est plus particulièrement menacée.

On note pourtant des actions individuelles et du PNRA pour défricher et entretenir certains secteurs de l'île. Mais ces initiatives sont encore insuffisantes pour stopper l'enfrichement.

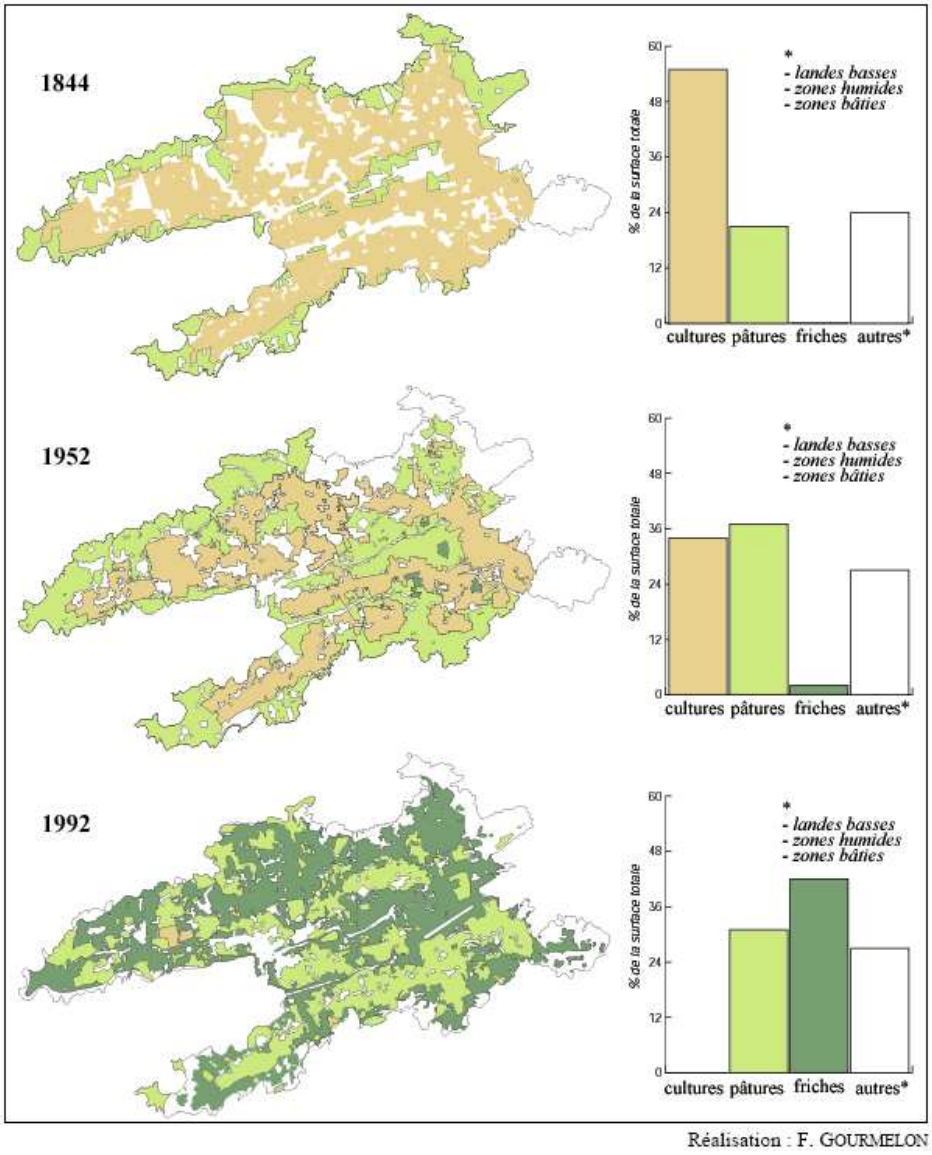


Figure 7 : ***Propagation de la friche à Ouessant du 19ème siècle à nos jours ; Source : Atlas de la réserve de biosphère de la mer d'Iroise***

En fait, l'enfrichement résulte du passage d'une activité dominante agricole à une activité à dominante touristique. « Le manque d'opportunités d'emplois, le développement des transports, l'augmentation des prix des logements liée à l'accroissement du nombre de résidences secondaires, la disparition des emplois dans la marine marchande, le développement de la société de loisir sont autant de facteurs qui ont structuré une économie aujourd'hui tournée vers le tourisme » (Levrel, 2006). Ouessant est très prisée car elle représente pour les touristes une destination dépaysante et un espace sauvage. « Le nombre de passagers annuel des compagnies de transport maritime est ainsi passé de 5000 en 1950 à pratiquement 150 000 en 2005. Depuis vingt ans, l'augmentation est régulière avec 2500 passagers en plus chaque année et un pic de fréquentation en été » (Kerbiriou, 2006). « Ainsi ce sont près de 1 000 passagers qui débarquent chaque jour pendant la période estivale, entre le 15 juillet et le 15 août, pour la plupart seulement de passage, ne restant pas plus d'une journée sur place » (Joets, 2005).

Devenu une ressource indispensable, le tourisme permet l'installation de nombreuses infrastructures pour l'accueil et la découverte de l'île. « La location de vélos est très demandée par les touristes ; quatre locations de vélos sont à leur disposition. De nombreux sentiers pédestres sont fréquemment empruntés par les cyclistes sur les côtes de l'île. Cinq compagnies de taxis-minibus font les navettes permettant de relier la gare maritime du Stiff au bourg de Lampaul et proposent également des visites de l'île, décrivant les lieux touristiques et les coutumes ouessantines. Le nombre de restaurants et de traiteurs a augmenté ; il existe dix restaurants, crêperies et restaurations rapides, plus deux traiteurs. Un vendeur de kebabs, une viennoiserie sont venus s'y ajouter récemment. Pour l'hébergement prolongé des hôtels, des chambres d'hôtes, des gîtes sont à la disposition des vacanciers, ainsi que le camping, l'auberge de jeunesse, le CEMO (Centre d'Etudes du Milieu Ouessantin) et le gîte équestre. Ces diverses formes d'hébergements permettent de se loger selon les goûts de chacun. Pour les loisirs, les touristes peuvent choisir entre la randonnée, l'équitation, la plongée ou encore le tour de l'île en calèche. Deux musées, le musée des phares et balises et l'écomusée du Niou, permettent aux visiteurs de découvrir le patrimoine culturel de l'île » (Joets, 2005). On remarque aussi que de nombreuses maisons sont fermées une bonne partie de l'année. Ces maisons appartiennent à des Ouessantins qui ont hérité de la résidence familiale ou à des touristes fortunés. « Les résidents secondaires qui représentent environ 50% de la population […] » (Chlous-Ducharme et al).

Avec l'essor du tourisme face à l'activité agricole, on assiste à une « redistribution des pressions d'usage sur le territoire avec un accroissement de l'utilisation des zones en bordure de falaise (circuits pédestres, parcours cyclistes, récolte de mottes de pelouse) et la redistribution de la pression de pâturage à proximité des lieux d'habitation au détriment d'une utilisation collective de la vaine pâture. De plus, cette fréquentation, essentiellement saisonnière, combinée à l'embroussaillement de l'intérieur de l'île, canalise les flux de touristes sur la frange côtière, entraînant des perturbations diverses telles que la dégradation de la végétation littorale et le dérangement de certains oiseaux nicheurs d'intérêt patrimonial, comme par exemple de Crave à bec rouge » (Kerbiriou, 2006 ; Kerbiriou et al., 2006). Indirectement, les activités touristiques impactent aussi l'environnement de part la consommation du ragoût dans les mottes. Il s'agit d'un plat traditionnel dont la cuisson nécessite des « mottes » utilisées comme combustible. Les « mottes » sont des touffes de pelouse et de lande (prises avec la partie superficielle du sol) prélevées sur la frange littorale dégradant considérablement cette zone protégée. La technique de prélèvement s'appelle l'étrépage. « Cette pratique, dans le passé courante pour chaque famille, s'est déplacée de la sphère domestique à la sphère commerciale. Si quelques ouessantins pratiquent encore l'étrépage pour leur besoins personnels, des étrépeurs « professionnels » ramassent les mottes de terre et de pelouse rase pour permettent aux restaurateurs de proposer aux touristes –très friands de consommer « local »- de goûter à la spécialité ouessantine » (Joets, 2005). L'étrépage fait même l'objet d'un commerce puisque « la motte est évaluée entre 28 centimes d'euros et 1 euros » (Joets, 2005). Selon l'office du tourisme, sur 1000 passagers qui débarquent par jour, entre 5 à 10% mangent du ragoût.

II. Contexte scientifique

1) Le projet IFB

Le projet MEDIA (Modélisation multi-agents et jEu de rôles des outils de méDIation et d'Apprentissage au service du développement durable) s'insère dans une étude soutenue par l'Institut Français de la Biodiversité (IFB), dans le cadre de l'appel à proposition de recherche « Dynamique de la biodiversité et modalités d'accès aux milieux et aux ressources ». « Coordonné par l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), il avait pour thème *l'Organisation de l'accès aux ressources et biodiversité, application aux réserves de biosphère françaises* […]» (Gourmelon, 2007).
Le projet IFB « a pour objectif de tester l'utilisation de modèles multi-agents pour évaluer l'interaction entre la fermeture des milieux ouverts et l'émergence de nouvelles attentes sociales sur la valeur environnementale de ces milieux » (www.biosphere-vosges). Il permet aux acteurs de « formaliser les principales interactions entre dynamique écologique et dynamiques sociales sur leur territoire et à en spatialiser les enjeux. Les systèmes multi-agents constituent un outil particulièrement performant pour représenter des systèmes aussi complexes et pour rendre compte des différentes composantes de l'environnement, des relations entre groupes sociaux et des interactions entre les pratiques des acteurs du système et les principales dynamiques écologiques » (Etienne, 2007).
Ce projet a été mené par un collectif de chercheurs et d'acteurs de l'action publique. Il regroupe des techniciens de 4 réserves de biosphère (le Lubéron, la Mer d'Iroise, le Ventoux, les Vosges du Nord) et des chercheurs de 5 universités et 6 centres de recherche

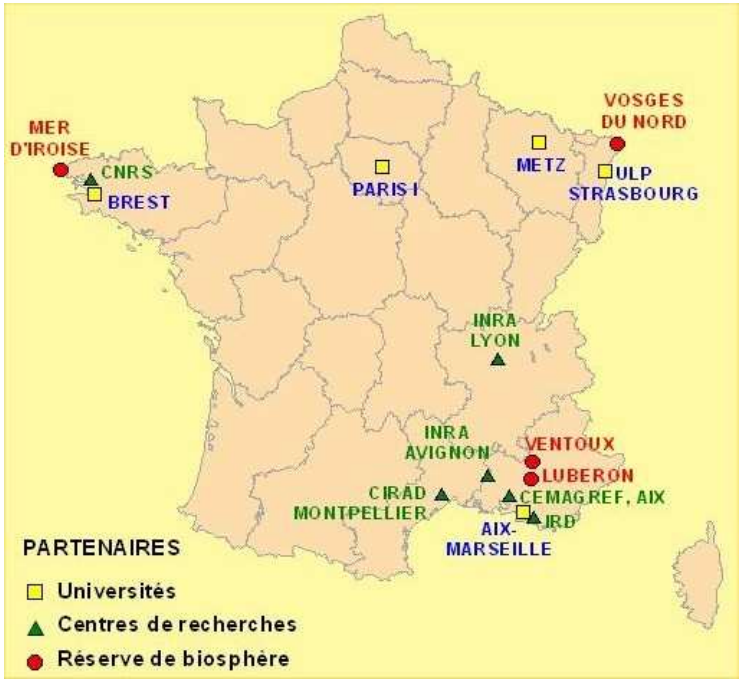


Figure 8 : ***Les différents partenaires du projet IFB ; Source : www.biosphere-vosges.***

Le label international de réserve de biosphère a été créé en 1970. Trois fonctions sont associées à ce label : la conservation de la biodiversité, le développement économique durable et l'éducation en matière d'environnement. Toutes les réserves de biosphère s'inscrivent dans un réseau mondial, Man And Biosphère, émanant de l'UNESCO. Aucun statut juridique ou réglementaire n'y est associé.

En ce qui concerne les 4 réserves participant au projet IFB, elles « ont toutes en effet connu une histoire commune concernant l'usage de l'espace : forte utilisation au XIXe siècle, abandon généralisé entre les deux guerres mondiales, déclin des systèmes d'élevages traditionnels, émergence d'un enjeu de « conservation de la biodiversité» depuis les années 1980, développement depuis 50 ans des espèces ligneuses, source de profondes modifications de la biodiversité (génétique, spécifique et paysagère), et enfin arrivée de nouvelles catégories d'habitants. Ces points communs concernant l'histoire des interactions société-nature et le questionnement autour de l'impact de l'enfrichement (ou de l'embroussaillement) sur la biodiversité s'inscrivent toutefois dans une grande diversité de situations sociales et écologiques » (Etienne, 2007)

- En mer d'Iroise, réserve de biosphère créée en 1988, une île océanique est soumise à un embroussaillement généralisé et abrite une population originale de craves à bec rouge, très sensible au développement des activités touristiques.
- Dans les Vosges du Nord, réserve de biosphère créée en 1989, une immense forêt est entrecoupée d'étroites vallées enherbées, constituées de prairies humides originales, dont l'arrêt de la gestion traditionnelle en pré de fauche remet en cause la diversité floristique et faunistique.
- Au Ventoux, réserve de biosphère créée en 1990, une montagne, au milieu des garrigues, abrite une flore et une faune exceptionnelles, mais est le théâtre d'une expansion spectaculaire des forêts de cèdre et de sapin et de ses conséquences sur la qualité génétique des peuplements en cours d'installation.
- Dans le Luberon, réserve de biosphère créée en 1997, les garrigues se ferment au profit des forêts de cèdre et de pin d'Alep, réduisant ainsi la mosaïque de paysages méditerranéens, tout en augmentant le risque d'incendie.

2) Le projet MEDIA

a) Présentation

Le projet MEDIA (Modélisation multi-agents et jEu de rôles des outils de méDIation et d'Apprentissage au service du développement durable) intéresse la réserve de biosphère de la mer d'Iroise. Il concerne la modélisation des dynamiques naturelles et sociales sur l'île d'Ouessant dans un contexte de fermeture paysagère occasionnée par les changements intervenus dans les pratiques depuis plusieurs décennies (déprise agricole, déclin des systèmes d'élevage traditionnel, croissance des activités de service liées au tourisme, objectifs de conservation…). Aujourd'hui, de vastes secteurs de l'île sont enfrichés et la gestion durable de ce processus oblige à décrire et analyser les usages et les représentations des divers usagers. Comme évoqué précédemment, « l'objectif est de mieux comprendre les interactions qui interviennent entre les dynamiques végétales et les dynamiques sociales de manière à proposer un outil de gestion qui s'inscrive dans une démarche concertée et intégrée prônée par le programme MaB » (Chlous-Ducharme et al.). Et si la question de la participation et de la durabilité n'est pas discutée, demeure la question du « comment » (Gaudin, 1998), de la méthodologie à mettre en place pour construire cette gestion concertée.

Pour la mise en œuvre de ce projet, un groupe interdisciplinaire s'est formé. Cette équipe se compose de chercheur et d'acteurs de l'action publique, spécialistes de la géographie, de l'écologie, de l'ethnologie, de l'économie, de la modélisation et de l'ornithologie.

Le collectif de travail a, aux prémices du projet, étudié le « système ouessantin » pour élaborer un modèle conceptuel qui constitue la base de la simulation multi-agents. Ensuite, « la simulation multi-agents a été utilisée pour la conception d'un prototype informatique piloté par la plate-forme CORMAS (COmmon-pool Resources and Multi-Agent Systems), choisie pour sa flexibilité et son aptitude à répondre à des problématiques territoriales. Quelques scénarios exploratoires ont été testés par les scientifiques » (Kerbiriou, 2006 ; Gourmelon *et al.,* 2007). Ils simulent l'évolution des milieux en fonction de différentes options (déclin ou croissance du pâturage, entretien de la pelouse littorale…). En parallèle, un jeu de rôles a été conçu. Ce jeu de rôles a été réalisé avec le soutien de la Fondation de France, à des fins de sensibilisation des acteurs locaux à la modélisation d'accompagnement. Il a été testé lors de deux séances organisées sur l'île d'Ouessant en 2005 et 2006. Les résultats de l'ensemble du projet, ses apports et ses limites, sont présentés dans Gourmelon *et al.* (2006, 2007) et Chlous-Ducharme *et al.* (2007).
Fort des acquis méthodologiques, des connaissances et des données produites par les scientifiques, le programme ASOSC de la Région de Bretagne a ensuite pris le relais du projet MEDIA. « Dans cette nouvelle étape, l'objectif est d'intégrer à la démarche trois catégories d'acteurs (gestionnaires, acteurs locaux et scolaires) afin de leur proposer des outils opérationnels de gestion, de médiation et d'apprentissage. Deux laboratoires de recherche (Géomer (UMR 6554 CNRS-LETG) et Géoarchitecture (EA 2219)) de l'Université de Bretagne Occidentale et trois organismes du tiers-secteur scientifique (Océanopolis, Parc Naturel Régional d'Armorique et Centre d'Etude du Milieu d'Ouessant) sont associés dans cette proposition, fruit de leur réflexion collective » (Gourmelon, 2007). Par ce projet de recherche, l'objectif est de poursuivre la réflexion engagée et de valoriser les produits de la recherche. Pour cela, le modèle conceptuel et le prototype informatique sont réutilisés et adaptés à trois contextes opérationnels permettant ainsi l'appropriation des connaissances et d'outils scientifiques par la société civile. Ces trois contextes opérationnels sont décrits dans l'appel à projet du conseil régional :

- **La simulation multi-agents pour l'aide à la gestion d'un territoire sous contraintes. :** *en collaboration avec le PNRA et le CEMO, les stratégies et les modalités de gestion conservatoire de la biodiversité et des paysages de l'île d'Ouessant (interventionnistes ou non) seront simulées de manière à anticiper leurs effets sur le milieu et sur les activités. Ces scénarios exploratoires proposés par les gestionnaires auront pour support le prototype développé avec la plate-forme CORMAS. Cette méthode d'appréhension s'inscrit dans une démarche prospective puisqu'elle privilégie l'utilisation de modèles informatiques pour simuler les impacts possibles de l'action publique avant sa mise en œuvre sur le terrain.*
- **La modélisation d'accompagnement pour une aide à la médiation :** *dans une deuxième étape, et dans un but de contribution à la médiation environnementale, les conditions de l'utilisation des résultats des scénarios exploratoires et/ou du jeu de rôles seront étudiées. Le but étant que le gestionnaire s'approprie la démarche en toute indépendance des scientifiques qui l'ont initiée. En établissant un lien tangible entre les dynamiques naturelles et les dynamiques sociales et en produisant une représentation spatiale associée à l'action des pratiques humaines sur le milieu, la méthode mise en œuvre pourrait permettre de confronter différents points de vue et contribuer ainsi aux processus de négociation territoriale. Dans le même esprit, une réflexion critique du jeu de rôles tel qu'il a été conçu par les scientifiques sera menée avec les gestionnaires et les joueurs des deux parties précédentes, dans le but de l'aménager en portant l'attention sur les interactions entre les pratiques individuelles et leur impact à court et moyen termes sur les dynamiques écologiques et sociales du territoire.*

- **Le jeu de rôles pour aider à la sensibilisation et à l'apprentissage des jeunes générations aux enjeux du développement durable :** *l'éducation est une priorité de l'Education nationale mais aussi de nombreux organismes comme les collectivités territoriales, les centres de culture scientifique et technique, certains programmes tels que « Homme et biosphère » de l'Unesco ou les associations de protection de l'environnement. Dans le cadre de ce projet, le but est d'initier le jeune public aux interactions entre systèmes sociaux et systèmes écologiques. L'approche ludique permettra de sensibiliser les jeunes aux processus environnementaux se déroulant à de multiples échelles spatio-temporelles et de développer leur capacité à mettre en application le concept de développement durable. Celui-ci étant lié à la délibération entre des acteurs hétérogènes, l'objectif du jeu est non seulement de favoriser les apprentissages nécessaires à une concertation qui n'exclut pas les plus démunis que ce soit au niveau des connaissances ou des compétences, mais aussi de permettre l'appropriation des nouvelles normes et valeurs. Dans cette optique, le jeu sera adapté à ce public, au niveau des règles, de la mise en œuvre et des supports de discussion alimentant les débriefings qu'ils soient réalisés immédiatement après le jeu ou en salle. Océanopolis, centre de culture scientifique, technique et industrielle, sera un des sites où le jeu sera testé. Un travail d'adaptation de cet outil de sensibilisation et d'apprentissage aux enjeux du développement durable sera réalisé par l'équipe du service éducatif et les conseillers relais « Art et culture » de l'Education nationale présents au sein d'Océanopolis. Si le site d'Ouessant a permis de construire le modèle à la base du jeu de rôle, le jeu doit pouvoir être transféré et utilisé dans un cadre géographique plus large pour sensibiliser le public aux questions environnementales et aux processus de délibération. La méthode proposée sera donc suffisamment souple pour être transposée à n'importe quel territoire ; l'objectif à terme étant d'opérer un transfert d'outils réutilisables par la sphère éducative indépendamment des scientifiques et du site d'application initial. Des contacts ont déjà été pris dans ce sens avec l'école primaire d'Ouessant.*

« D'une certaine manière, ce projet valorisera les démarches et résultats scientifiques acquis par un groupe de chercheurs relevant de différentes disciplines environnementales dans le cadre d'un projet de recherche à vocation finalisée. Cette proposition a pour objectif de réfléchir aux conditions de l'appropriation de ces résultats par la société civile pour l'aide à la gestion de territoires anthropisés, la médiation environnementale et l'éducation. A travers les forums de discussion, les ateliers techniques et les réunions plénières programmées, les échanges entre scientifiques et acteurs du tiers secteur seront constants.
En termes de transfert vers le jeune public, la démarche sera testée et évaluée à Océanopolis, dans un premier temps lors de la semaine du développement durable, et auprès des scolaires. A l'issue du projet, il est prévu de transférer le jeu de rôles vers d'autres publics et sur d'autres territoires » (Gourmelon, 2007).

b) La réalisation du modèle conceptuel

En 2003, dans chaque réserve de biosphère, un groupe de réflexion réunissant chercheurs et techniciens a participé à la co-construction du modèle conceptuel en choisissant le site d'étude et la question centrale à aborder. « L'originalité de la démarche a consisté à centrer le travail de formalisation sur les interactions entre dynamiques naturelles et dynamiques sociales, et à confronter collectivement la vision que chercheurs et gestionnaires se font des ressources naturelles et de leur dynamique, en fonction de leurs objectifs propres et selon des critères qui leur sont particuliers » (Etienne, 2007).

Cette démarche commune vise à développer parallèlement un modèle multi-agents autour des relations entre acteurs et ressources dans un contexte d'abandon des terres. Pour cela, le collectif doit répondre aux quatre questions suivantes :

- Quelles sont les principales ressources du territoire et les informations essentielles à connaître pour en garantir une utilisation durable ?
- Quels sont les principaux acteurs qui semblent pouvoir ou devoir jouer un rôle décisif dans la gestion de ce territoire ?
- Quelles sont les principales dynamiques écologiques en jeu, en quoi ces dynamiques sont-elles affectées par ces acteurs ?
- Comment chaque acteur retenu utilise les ressources qu'il convoite ?

Autour de la problématique ouessantine, le collectif de chercheurs (géographes, écologues, ethnologues, économistes, ornithologues et informaticiens) a travaillé à l'élaboration du modèle ouessantin. C'est au prix de nombreuses réunions que les experts, parfois accompagnés par le gestionnaire de la Réserve, ont façonné le modèle. Un des principes, dans la méthodologie de travail, est que les différents savoirs sont placés sur un pied d'égalité ce qui permet aux agents humains et non humains (troupeaux d'ovins et de bovins) d'être traités de la même façon. « La modélisation conceptuelle a permis non seulement de mettre en commun les connaissances acquises antérieurement sur le fonctionnement et l'évolution du système ouessantin mais aussi de révéler les lacunes externes de connaissances et d'informations » (Gourmelon et al., 2007). Pour combler ces lacunes, plusieurs études complémentaires portant sur l'occupation de l'espace par les troupeaux (moutons, chèvres, chevaux, vaches), les dynamiques de végétation, l'activité d'étrépage, l'élaboration d'une typologie des résidents secondaires et les zones d'alimentation du Crave à bec rouge ont été réalisées. Ce travail complémentaire permet de préciser les processus en jeu et calibrer le modèle conceptuel en conséquence afin d'établir une situation initiale. « Le chercheur débute avec un premier modèle, qui a la vertu de le contraindre à expliciter ses préconceptions tant théoriques que vis-à-vis du terrain. Puis, la confrontation à la réalité lui fait réviser et reconstruire ce premier modèle, en prenant progressivement mieux en compte non seulement le terrain, mais aussi les questions que se posent les acteurs » (Etienne, 2007).
Précisément, le modèle ouessantin est « composé d'un ensemble de schémas normalisés, validés par le collectif et permettant d'identifier les éléments du système : les acteurs, les ressources, leurs interactions et leurs dynamiques » (Gourmelon et al., 2007). Il s'est construit en quatre étapes : (Chlous-Ducharme et al.)

- Identification des acteurs qui favorisent ou limitent le processus d'enfrichement. Ces acteurs peuvent être des individus (éleveur…), des institutions (CEMO…) ou des entités animales (troupeau de moutons…). Leurs actions peuvent être directes ou indirectes. Les interactions entre les différents acteurs sont définies ainsi que entités de gestion pertinentes (frange littorale, broussaille, vaine pâture…).
- Identification de la dynamique du couvert végétal et de la dynamique de population de Crave à bec rouge.
- Construction des interactions entre les acteurs et les ressources puis du diagramme de séquence global à partir du modèle conceptuel.
- Définition des entités retenues (Comportements et attributs).

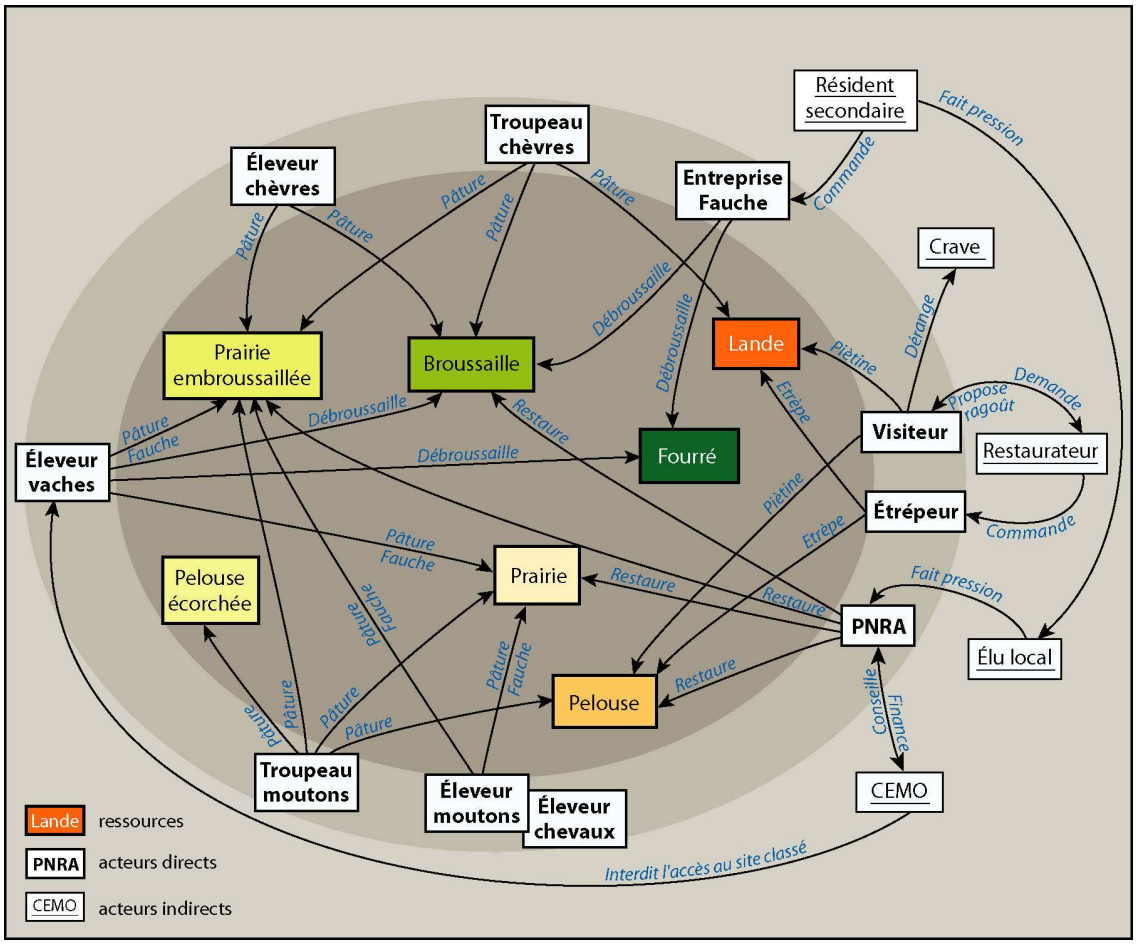


Figure 9 : ***Model conceptuel du « système Ouessant » ; Source : Gourmelon et al.***

On peut identifier sur ce modèle les acteurs directs en gras, les acteurs indirects en soulignés et les entités de gestion en couleurs. Les interactions entre les acteurs entre eux et entre les acteurs et les ressources sont représentées par des flèches et des verbes d'action.
Pour terminer avec ce modèle, il est important de préciser que ce dernier « n'est pas considéré comme un outil prédictif, ce n'est pas une simplification de la connaissance des acteurs qui est recherchée […] mais un outil qui permet aux divers acteurs d'appréhender les usages et représentations de leurs « voisins » » (Collectif ComMod, 2005).

c) Le prototype informatique

« Dans un deuxième temps, la modélisation multi-agents est utilisée pour la conception d'un prototype informatique qui sert ensuite de support à l'élaboration de scénarios plausibles de manière à simuler l'impact des pratiques humaines sur la dynamique des ressources naturelles et de mettre en évidence d'éventuels conflits d'usages tels que ceux susceptibles d'intervenir entre des priorités de production et de conservation. La plate-forme CORMAS (COmmon-pool Resources and Multi-Agent Systems) a été choisie pour sa flexibilité et son aptitude à répondre à des problématiques territoriales. Elaborée par le CIRAD, CORMAS (Bousquet et al., 1998) a été utilisée avec succès dans de nombreuses applications concernant la gestion des ressources renouvelables, les filières de ressources naturelles et les échanges économiques, et les dynamiques d'occupation de l'espace (D'Aquino et al., 2001) ».

« Dans le modèle ouessantin, la plate-forme CORMAS est couplée à un système d'information géographique (SIG) dédié à l'île d'Ouessant (Gourmelon et al., 1995b) selon une dynamique simple, c'est-à-dire que le SIG fournit les données d'initialisation pour la configuration spatiale et les caractéristiques des agents. Les couches vectorielles qui décrivent différents thèmes (végétation, pâturage, chemins, maisons, nids, sites classés, fauche du parc,…) sont agrégées et rasterisées en une matrice (369 lignes sur 549 colonnes) dont la résolution spatiale est fixée à 14,1 mètres. L'île d'Ouessant est donc représentée dans le modèle par 76 000 cellules de 200 m^2. Ce choix résulte d'un compromis entre la puissance du calculateur, la modélisation ad hoc de certaines dynamiques et une représentation acceptable des objets géographiques. »

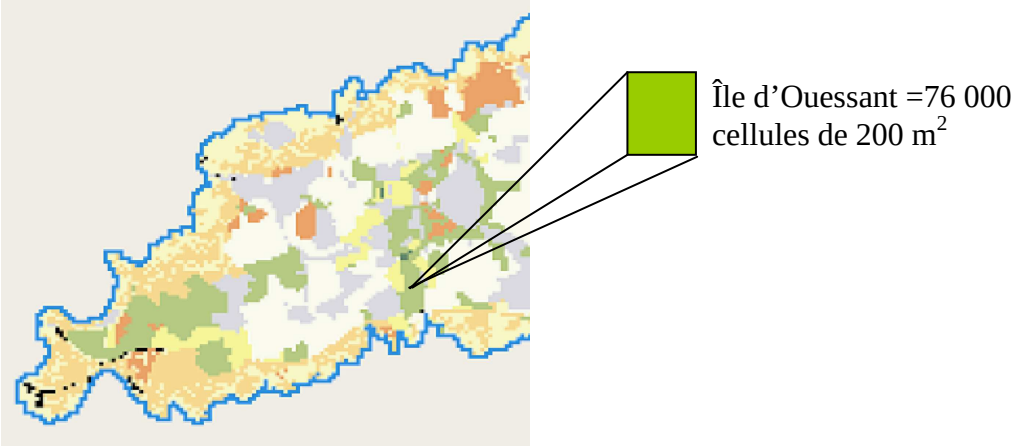


Figure 10 : ***Représentation de la pointe sud de l'île d'Ouessant dans le modèle***

« Deux principaux types de dynamiques sont pris en compte dans le prototype : les dynamiques naturelles (processus d'enfrichement, population du Crave à bec rouge et construction de ses territoires, vaine pâture des troupeaux de moutons et de chèvres) et les dynamiques sociales (comportement des éleveurs de moutons, de vaches, de chèvres et de chevaux, activité d'étrépage, activités touristiques, évolution de la population) » (Gourmelon et al., 2007). Ces dynamiques s'expriment sur trois pas de temps de 4 mois :

- Le premier pas de temps, de février à mai, correspond à la première période de pâturage ovin à l'attache et à la basse saison touristique.
- Le second pas de temps, de juin à septembre, correspond à la période de reproduction du Crave, à la seconde période de pâturage ovin à l'attache et à la haute saison touristique.
- D'octobre à janvier (troisième pas de temps), le troupeau ovin est en vaine pâture et la fréquentation touristique est mineure.

Le prototype informatique de l'île d'Ouessant va donc servir de support à l'élaboration de scénarios plausibles. Les simulations pourront couvrir 10 à 20 années, si les données et hypothèses sur les dynamiques sociales restent valides la période de temps (dont chaque année et divisée en 3 pas de temps). Les scénarios « sont proposés à partir de l'état de référence synthétique, en l'occurrence, la situation ouessantine en 2002, et consistent à envisager des « futurs plausibles » en fonction d'hypothèses sur les variables en action » (F.Gourmelon et al., 2007).

Troisième partie

L’étude « Elaboration de scénarios exploratoires »

I. Organisation de l'étude

Cette troisième et dernière partie intéresse l'élaboration des scénarios exploratoires dans le cadre du projet MEDIA. Parmi les trois contextes opérationnels (Voir la partie 2 : Le projet MEDIA-Présentation) qui enrichissent le projet, l'élaboration des scénarios s'insère dans la partie « *la simulation multi-agents pour l'aide à la gestion d'un territoire sous contraintes* ». En collaboration avec le PNRA, le CEMO et la mairie d'Ouessant, des scénarios exploratoires vont être simulés de manière à anticiper les effets des stratégies et modalités de gestion conservatoire sur la biodiversité et les paysages d'Ouessant. Ces simulations seront possibles par l'exploitation du modèle conceptuel du « système ouessantin » et du prototype informatique associé (Voir la partie 2 : Le projet MEDIA-Le modèle conceptuel/Le prototype informatique) développé avec la plate-forme CORMAS. L'objectif principal est de simuler les impacts possibles de l'action publique avant sa mise en œuvre sur le terrain.

En matière d'organisation et de méthodologie de travail, un état des lieux des scénarios exploratoires existants et utilisant le prototype informatique de Ouessant a été réalisé dans un premier temps. Ces scénarios ont été classés et synthétisés sous forme de diaporama en vue d'une présentation au PNRA, au CEMO et à la mairie. L'objectif de cette revue est de stimuler la créativité des partenaires dans l'élaboration de scénarios exploratoires. Donc, dans un second temps, vient la phase entretiens. Cette démarche doit se réaliser individuellement avec chaque organisme. Un premier entretien est organisé où les scénarios existants sont présentés. Chacune des simulations est critiquée ce qui permet d'argumenter la discussion et de dégager des informations. A partir de cet échange et des modalités de gestion de l'organisme, des ébauches de scénarios peuvent être rédigées. En ce qui concerne les rôles, la personne qui présente le diaporama doit être neutre dans la critique des scénarios existants afin de ne pas influencer l'autre parti dans sa réflexion et dans ses choix de modes de gestion. Il s'agit d'une démarche participative.
Un travail avec le modélisateur est ensuite nécessaire pour exploiter et analyser les résultats obtenus lors des entretiens. Le chercheur va étudier les données et va statuer quant à la possibilité ou non d'intégrer ces informations dans le système multi-agents. Il s'agit en quelque sorte de l'étude de faisabilité des scénarios exploratoires discutés dans la phase précédente. Si le résultat est positif, le modélisateur va établir une liste de renseignements complémentaires à obtenir pour réaliser une simulation à partir des scénarios proposés. Intervient alors la deuxième campagne d'entretiens dans le but d'affiner les scénarios à l'aide des renseignements fournis par le modélisateur. Au final, ce dernier intègre les scénarios dans le système multi-agents et effectue des simulations qui couvrent 10 à 20 années.

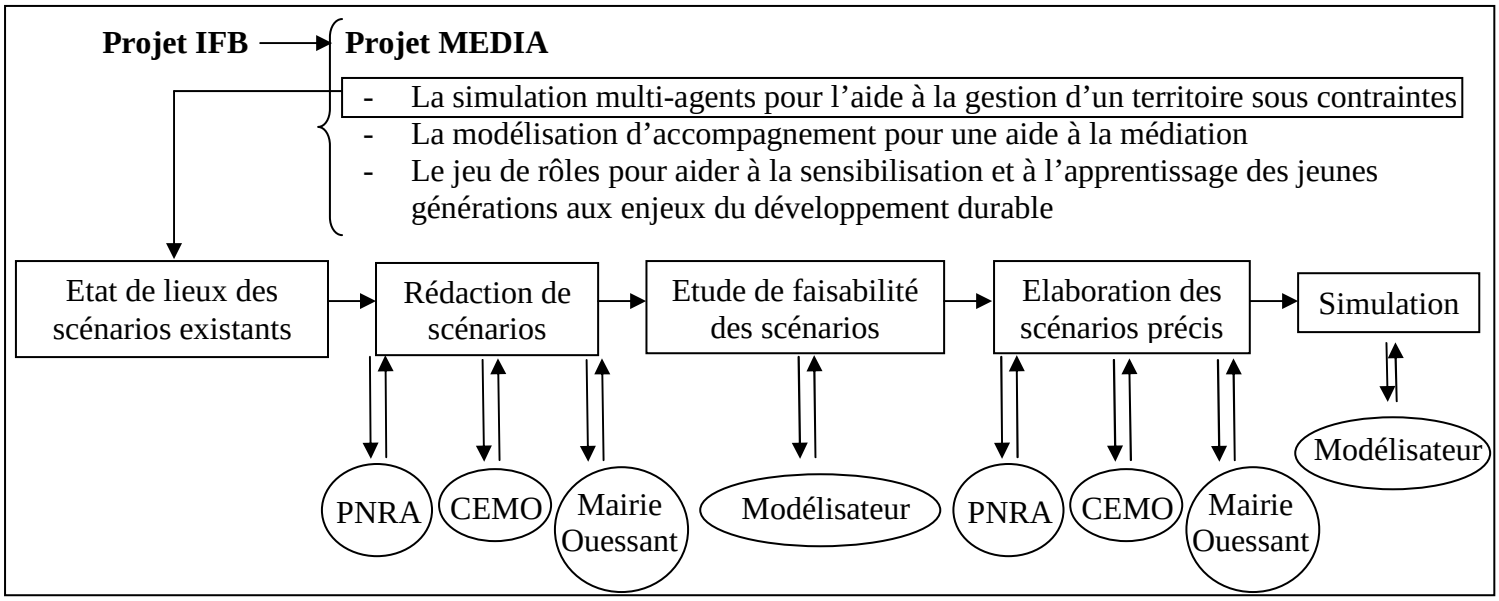


Figure 11 : ***Schéma synthétisant la méthodologie de travail dans l'élaboration des scénarios exploratoires***

II. Matériel : les scénarios existants

Les scénarios utilisant le modèle ouessantin ont été recensés dans trois études différentes :

- Impact des changements d'usage sur la viabilité d'une population menacée dans un espace multi-protégé : le Crave à bec rouge (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*) sur l'île d'Ouessant (C. Kerbiriou, 2006)
- Modélisation multi-agents de l'impact du tourisme sur l'île d'Ouessant (H. Dupont, 2007)
- Eléments de prospective environnementale dans une réserve de biosphère (F. Gourmelon et al., 2007)

Les scénarios doivent être clairement identifiés dans le but de faciliter leur compréhension vis-à-vis des différents partis (PNRA, CEMO et la mairie d'Ouessant). Pour cela, les simulations ont été classées selon différents critères :

- Quels agents naturels et sociaux sont étudiés ?
- L'horizon de la simulation.
- Les pas de temps utilisés.
- La localisation géographique de la simulation.
- Le nombre et la ou les spécialité(es) du ou des rédacteur(s).

Impact des changements d'usage sur la variabilité d'une population menacée dans un espace multi-protégé : le Crave à bec rouge (Pyrrhocorax pyrrhocorax).

Christian Kerbiriou (docteur ornithologue au muséum national d'histoire naturelle) a élaboré des scénarios afin de représenter l'impact que peut avoir le PNRA (l'agent social) par son action de fauche sur la population de Crave à bec rouge qui est une espèce à forte valeur patrimoniale (agent naturel).

En effet, « le Crave à bec rouge est une espèce protégée en France et figure surtout sur l'Annexe II de la Convention de Berne (article 1 de l'arrêté modifié du 17/04/81), et sur l'Annexe I de la Directive de la Communauté européenne 79/409 concernant l'avifaune. »

Il s'agit d'un petit corvidé (250 à 360g) social particulièrement remarquable par son bec et ses pattes rouges. « Le Crave niche exclusivement dans des cavités de falaises, des gouffres et exceptionnellement dans des bâtiments abandonnés » (Bignal et al. 1997, Bullock et al. 1983, Cramp & Perrins 1994). « Il s'alimente presque exclusivement dans les habitats ouverts tels que les vires, les affleurements rocheux, les pelouses sèches, les prairies, les landes rases voire parfois dans les labours et cultures en début de semis » (Bignal et al. 1997). « Il est essentiellement insectivore et chasse principalement à vue des invertébrés actifs au sol » (Bignal et al. 1997, Cramp & Perrins 1994, McCracken *et al.*1992, Meyer 1994). « En France, il niche dans quelques falaises du littoral de Bretagne (Dont l'île de Ouessant), dans le Massif central (Larzac méridional, Grands Causses), dans les Alpes (de la Savoie aux Alpes maritimes, et tout particulièrement en Maurienne, dans les Hautes-Alpes et le Nord du Mercantour) et dans l'ensemble de la chaîne pyrénéenne » (Kerbiriou, 2006).

Figure 12 : Le Crave à bec rouge ; Photos : A. Audevard

Pour le Parc Naturel Régional d'Armorique, cet oiseau représente une espèce à forte valeur patrimoniale. Elle est reconnue comme un élément représentatif d'un des paysages qui font l'originalité du Parc, les falaises maritimes.
Aujourd'hui, sur Ouessant, les dynamiques socio-économiques font que les milieux d'alimentation du Crave sont peu à peu gagnés par les friches et morcelés par l'urbanisation et les sentiers littoraux. Pour lutter contre l'enfrichement, le PNRA bénéficie de la taxe Barnier (taxe forfaitaire sur les billets de transport en période estivale) qui a pour vocation d'aider à la préservation du site. Avec cet argent, « le PNRA s'est doté d'une équipe qui se consacre à l'entretien des paysages avec comme objectif de lutter contre l'enfrichement au travers de la fauche régulière des zones envahies par les fougères et les ronces » (Kerbiriou, 2006). Ces zones de fauches sont choisies selon différents critères : (cf. séquence du PNRA Annexe III)

- Ces zones doivent être impérativement situées en Sites classés (contrainte légale liée à la taxe Barnier). Les zones considérées comme « sales », c'est-à-dire enfrichées constituent la cible de ce programme
- L'élimination des fourrés à fougères, ronces et prunelliers contribue à réduire les risques d'incendies. Les zones situées à proximité des habitations sont alors prioritaires
- Enfin cette gestion doit "augmenter la valeur patrimoniale du site". Le Crave a été désigné ici comme l'estimateur principal de la valeur patrimoniale : L'objectif est alors de restaurer des formations herbacées rases, habitat favorable au Crave

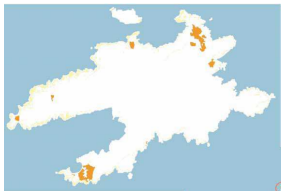
Les différents scénarios qui vont être présentés proposent des pressions de fauche différentes sur des zones d'alimentation de Crave distinctes et plus ou moins nombreuses. L'objectif est d'évaluer l'impact de ces mesures de gestion sur la population de Crave à bec rouge sur l'île d'Ouessant. Dans un souci de clarté, dans chacun des scénarios, la fréquentation touristique est considérée comme stable au niveau actuel et il n'y a pas d'évolution des habitats (ni enfrichement, ni érosion, ni création de chemins).

Les scénarios font l'objet de simulations sur un horizon de 30 ans avec trois pas de temps de quatre mois pour chaque année (voir la deuxième partie : le prototype informatique). Toutes les études sont localisées sur la frange littorale puisque c'est l'endroit préférentiel du Crave pour se nourrir (pelouse écorchée).

Scénario A :
Le PNRA ne gère aucun site.

- « Le scénario sans intervention du gestionnaire (Scénario A) prédit une population qui diminuerait lentement pour atteindre une quasi stabilité autour d'un peu plus d'une trentaine d'individus » (Kerbiriou, 2006).

Scénario B :
Le PNRA gère les sites actuels. Ces zones (34ha) sont considérées dès *t0* comme des espaces d'habitats favorables aux Craves.



- « Les mesures de gestion entreprises actuellement (Scénario B) auraient pour conséquence de stabiliser la population à son niveau actuel » (Kerbiriou, 2006).

Figure 13 : ***Localisation (en jaune) des zones fauchées pour le scénario B ; Source : C.Kerbiriou***

Scénario C :
Le PNRA redistribue l'ensemble de son effort de gestion (34 ha) sur l'ensemble des nids. Les zones fauchées sont localisées à proximité du nid et par ordre de priorité sur des prairies sous pâturées, des landes, des friches à fougères, des fourrés à prunelliers

- « Assez logiquement, le Scénario C […] apparaît être le scénario le plus avantageux pour la population et se traduirait par une augmentation de la population initiale d'un facteur 2. Cependant, cela impliquerait une fragmentation considérable des espaces gérés. Ce type de mesure ne se traduirait donc pas forcément par le maintien de grands espaces visuellement « propres » (impact paysager plutôt négatif) et limiterait assez peu les risques d'incendie » (Kerbiriou, 2006).

Figure 14 : ***Localisation (en jaune) des zones fauchées pour le scénario C ; Source : C.Kerbiriou***

Scénarios D :
Identique au scénario B, à l'exception de l'effort en termes de surface. Cette fois ci seuls11ha (1/3 de l'effort précédent) sont consacrés à la problématique du Crave. Une surface de 0,7 ha est gérée à proximité de chacun des sites potentiels (n=17).

Figure 15 : ***Localisation (en jaune) des zones fauchées pour le Scénario D ; Source : C.Kerbiriou***

Scénario E :
La proximité des 5 nids parmi les plus médiocres en fonction de leur qualité (surfaces de pelouses rases à proximité du nid) est gérée. 2,2 ha d'habitats favorables sont ainsi créés à proximité de ces 5 sites soit un effort total de gestion identique au scénario D.

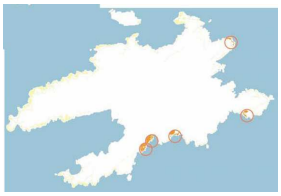


Figure 16 : ***Localisation (en jaune) des zones fauchées pour le scénario E ; Source : C.Kerbiriou***

- Les scénarios D et E, qui n'envisagent de consacrer qu'un tiers de l'effort actuel à cette problématique, semblent plus réalistes. Selon ces scénarios, la population s'accroît sensiblement et se stabilise autour d'un effectif compris entre 70 et 75 individus (fig. V-15). En termes de fragmentation des espaces gérés, le Scénario E qui prévoit de se focaliser sur 5 nids est par contre beaucoup plus avantageux que le D (fig. V-16). Les espaces gérés sont dans ce cas plus grands et l'impact en termes paysager serait plus visible.

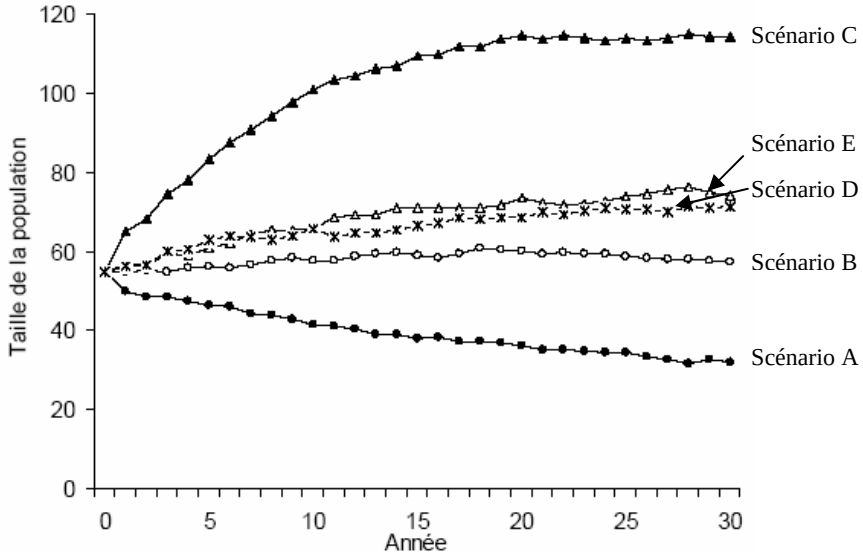


Figure 17 : ***Evolution des effectifs de la population de Crave selon les scénarios ; Source : C.Kerbiriou***

Modélisation multi-agents de l'impact du tourisme sur l'île d'Ouessant

Hélène Dupont a travaillé, quant à elle, sur l'impact des différentes catégories de touristes (journalier, séjour court, vacancier) sur la biodiversité à différentes échelles. En effet, elle aborde l'indicateur de richesse spécifique (échelle des communautés de plantes), les espèces végétales menacées (populations d'espèces de plantes « liste rouge ») et le Crave à bec rouge (échelle de l'individu). Les touristes vont donc constituer l'agent social tandis que la biodiversité représentera l'agent naturel.

L'indice de richesse spécifique a été réalisé à partir de relevés botaniques et est estimé par de grands groupements végétaux. « Des correspondances ont été établies entre la richesse spécifique et une valeur du couvert. Ainsi cet indicateur à été implémenté en tant qu'attribut de cellule qui varie selon le type de végétation en premier lieu et le couvert en second lieu, ces deux éléments étant également des attributs de cellules » (H.Dupont, 2007).

Les espèces végétales menacées sont des plantes inféodées à la pelouse écorchée, sur des zones soumises à la fréquentation humaine et au piétinement. Les espèces étudiées sont les suivantes :

Ophioglossum lusitanicum

Heterodermia leucomelos

Centaurium maritimum

Isoetes histrix

Teloschistes flavicans

Figure 18 : ***Les espèces végétales étudiées ; Source : H.Dupont***

En ce qui concerne l'agent social, une enquête a été effectuée recensant 135 questionnaires réalisés avec la méthode des entretiens semi-directifs. Cette étude a permis de déterminer une typologie des différents touristes avec leurs caractéristiques utilisées pour la modélisation. « L'impact par catégorie de touriste est fonction de leur répartition, de leur consommation de ragoût et du temps qu'ils passent sur l'île » (H.Dupont, 2007). Les « journaliers » vont passer la journée sur l'île, les « séjours courts » passent 2 à 3 jours sur l'île tandis que les « vacanciers » restent 4 jours et plus. Lors des entretiens, une carte de l'île est présentée aux touristes afin de reconstituer leurs itinéraires. Pour la consommation en ragoût de l'agent social, « le restaurateur reçoit une demande de ragoût par catégorie de touriste et par pas de temps » (H.Dupont, 2007). De part son activité, l'étrépeur (qui reçoit la commande) va piétiner le sol au niveau de la frange littoral.

Dans la réalisation des scénarios, Hélène Dupont (étudiante du master mention Ecologie, Biodiversité Evolution), a fait varier en proportion les différentes catégories de touristes et a regardé l'impact de ces derniers sur les différents indicateurs de biodiversité. Les simulations sont effectuées sur un horizon de 10 ans et localisées sur la frange littorale.

Scénario 1 : 30% journalier ; 50% séjour court ; 20% vacancier
Scénario 2 : 60% journalier ; 25% séjour court ; 15% vacancier
Scénario 3 : 80/ journalier ; 15% séjour court ; 5% vacancier
Scénario 4 : 44,5% journalier ; 38,5% séjour court ; 17% vacancier

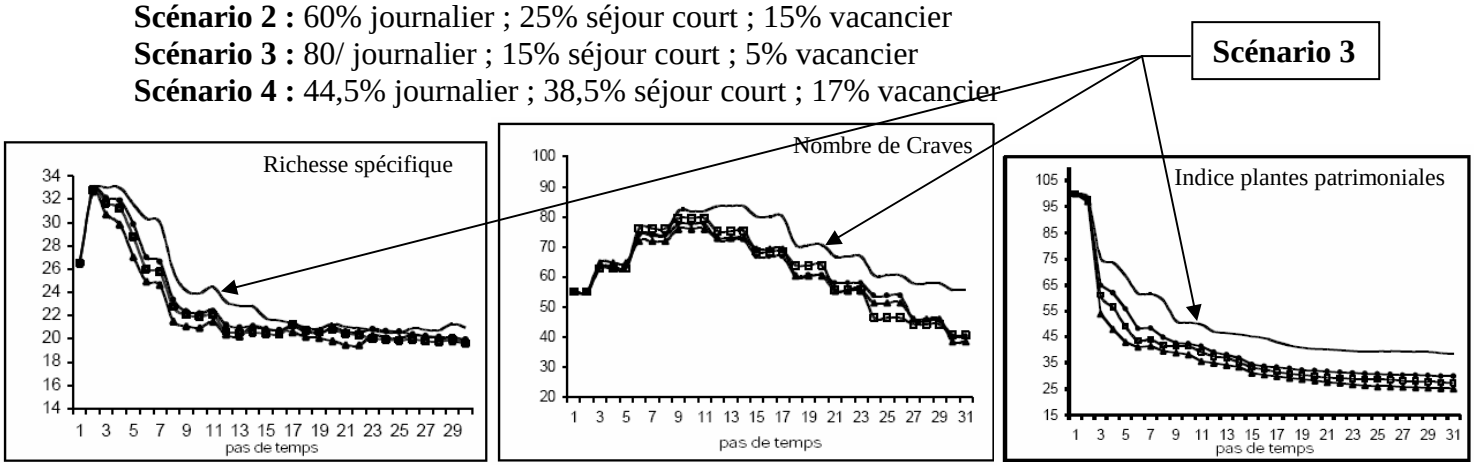


Figure 19 : ***Evolution des indicateurs de biodiversité en fonction des scénarios ; Source : H.Dupont***

« Il n'y a pas de différence significative observable entre les impacts des différents scénarios pour l'ensemble des indicateurs étudiés. Cependant, la courbe moyenne correspondant aux proportions 80% de 'journaliers', 15% de 'séjour court' et 5% de 'vacanciers' se démarque des autres qui sont quasi-similaires. Ces proportions semblent plus favorables pour l'ensemble des indicateurs bien que les différences ne soient pas significatives. […] L'impact est pondéré par un effort en termes de temps : le nombre de jours de piétinement » (H.Dupont, 2007).

Eléments de prospective environnementale dans une réserve de biosphère

L'équipe pluridisciplinaire en charge de ce projet a rédigé des scénarios qui mettent en évidence le rôle des deux principales dynamiques socioéconomiques (abandon des pratiques agro-pastorales et augmentation de la fréquentation touristique) sur l'enfrichement et la population de Craves (agents naturels). Les scénarios développés combinent des scénarios élémentaires, tendanciels et éventuellement évènementiels.

« Les scénarios tendanciels sont fondés sur l'hypothèse de la conservation des dynamiques en cours mises en évidence par les différentes études préalables, telles que la décroissance du cheptel ovin en relation avec le vieillissement de la population ouessantine, le maintien de la fréquentation touristique actuelle (entre 120 000 et 150 000 annuellement depuis 1998, d'après les données de l'Office du Tourisme et des compagnies de transport). Les scénarios élémentaires événementiels simulent des événements susceptibles d'intervenir en cours de simulation tendancielle » (F.Gourmelon et al., 2007).
Par exemple : (F.Gourmelon et al., 2007)

- L'abandon de l'élevage bovin lors du départ à la retraite de l'unique exploitant de l'île, dans une dizaine d'années
- L'installation d'un troupeau ovin privé lorsque le cheptel ne sera plus suffisant pour assurer les besoins en viande de la population
- L'installation d'un troupeau ovin public, géré par le Parc Naturel Régional d'Armorique, lorsque le cheptel ne sera plus suffisant pour entretenir la végétation littorale

Les scénarios ont été élaborés par une équipe pluridisciplinaire de chercheurs (géographes, modélisateurs, ethnologues, biologistes…) en concertation avec le gestionnaire de la Réserve de Biosphère de la Mer d'Iroise. L'horizon temporel choisi est de quinze ans et la simulation intéresse l'ensemble de l'île et non plus, comme les deux études précédentes, seulement la frange littorale. Les 4 scénarios développés sont basés sur les scénarios tendanciels qui sont fondés sur les dynamiques en cours citées précédemment (décroissance cheptel ovin et maintient de la fréquentation touristique).

Scénario 1 :
Elevage bovin abandonné en 2012, du fait du départ à la retraite de l'éleveur.

- Entre 2002 et 2012 les surfaces en broussailles progressent de 430 à 520 Ha et atteignent un maximum en 2014 avec 600 Ha soit la moitié de la surface de la végétation sur l'île. La population de Craves s'effondre inexorablement, conséquence de la fermeture des milieux ouverts. De plus, cet embroussaillement concentre les touristes sur la frange côtière.

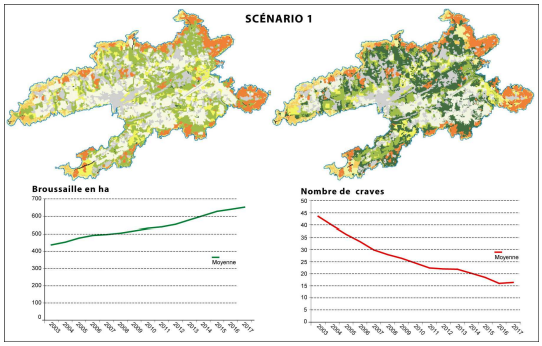


Figure 20 : ***Résultat de simulation scénario 1 ;***
Source : Gourmelon et al.

Scénario 2 :
Reprise du cheptel bovin par un éleveur plus jeune.

- Entre 2002 et 2016, les broussailles passent de 430 à 600 Ha. « Le maintien de l'élevage bovin tel qu'il est pratiqué en 2002 a un faible impact sur l'embroussaillement qui progresse en l'absence d'entretien des espaces ouverts par les moutons. Dans ce scénario, comme dans le précédent, la population de Crave décroît jusqu'à atteindre le seuil critique d'une dizaine d'individus en 2016 » (F.Gourmelon et al., 2007).

Scénario 3 :
Maintient de l'élevage bovin et implantation d'un troupeau ovin privé de 500 moutons en enclos mobiles avec ajout de 20 moutons supplémentaires par an.

- Mise en place de 500 moutons supplémentaires en 2009, année au cours de laquelle le seuil de moutons sur l'île atteint 300 bêtes. Entre 2001 et 2016, la broussaille est maintenue à moins de 400 Ha. Malgré tout, les habitats ouverts sont essentiellement localisés dans le centre de l'île ce qui n'est pas bénéfique pour la population de Craves.

Scénario 4 :
Maintient de l'élevage bovin et création en 2002 d'un troupeau ovin de 300 bêtes localisé au niveau des sites classés (frange littorale) et géré par le PNRA.

- On assiste à une croissance régulière (en superficie) de la broussaille entre 2002 et 2014 (colonisation de 600 Ha) localisée dans le centre de l'île. Le maintient de vastes étendues d'habitats ouverts sur le littoral permet un maintient de la population de Crave à son niveau actuel, soit une quarantaine d'individus.

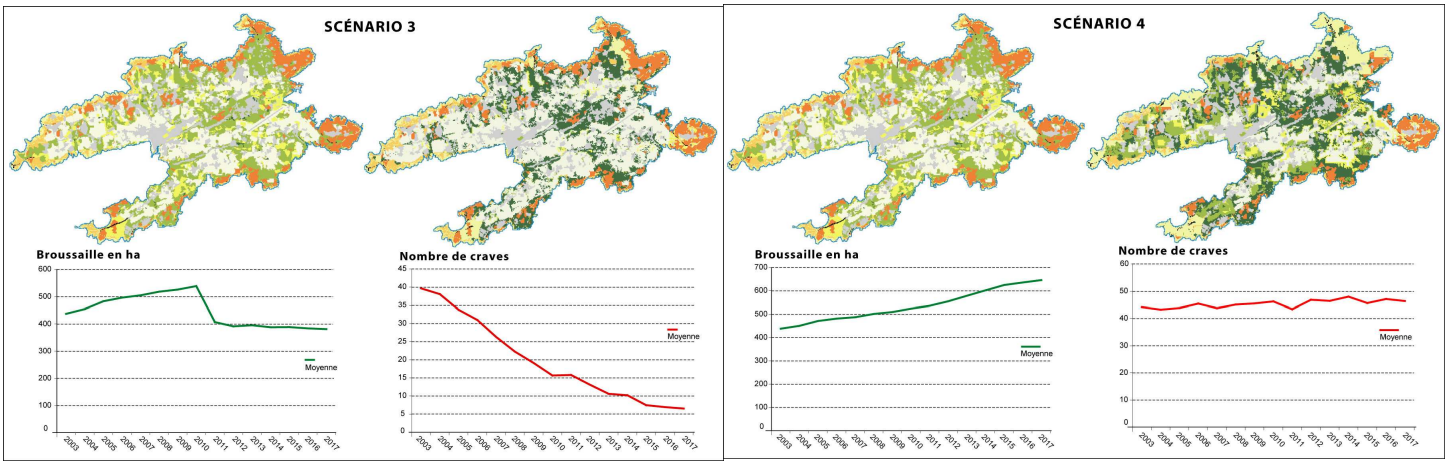


Figure 21 : ***Résultats de simulations scénarios 3 et 4 ; Source : Gourmelon et al.***

La présentation de ces 13 scénarios, différents de part les agents étudiés, la localisation des scénarios, les « scénaristes » (en nombre et en disciplines), a pour objectif de faire réagir les partis (PNRA, CEMO et mairie) pour les impliquer directement dans la rédaction de nouveaux scénarios. La présentation doit ouvrir les yeux sur les multiples possibilités qu'offre la simulation multi-agents. Elle ouvre un champ d'investigation énorme car le modèle peut intégrer de nouveaux paramètres, d'autres peuvent être modifiés, supprimés… . De plus, on peut « lancer » des simulations sur un horizon que l'on choisit, sur une zone d'étude que l'on définit et avec 3 paramètres comme avec 15. Un groupe de travail ou un chercheur/gestionnaire travaillant seul peut ainsi laisser libre court à son imagination.

III. Méthode : un travail avec les différents acteurs

Cette partie méthode correspond aux deux phases d'entretiens qui sont décrites dans le paragraphe « organisation de l'étude » de la troisième partie. La co-construction de scénarios exploratoires avec le parc d'Armorique, le CEMO et la mairie d'Ouessant va s'agencer autour de l'organisation de deux réunions principales.
La première réunion comprend la présentation des scénarios existants. Elle a pour objectif la rédaction d'un ou plusieurs scénarios en fonction des modalités de gestion de l'organisme. Pour faire réagir la personne interrogée, la présentation doit être interactive. Il faut laisser le temps à chacun des partis d'intervenir sur le diaporama. De plus, afin de motiver sa participation à l'élaboration de scénarios, un questionnaire a été réalisé. En premier lieu, ce dernier interroge l'ensemble des simulations déjà réalisées :

- La présentation a été claire ? Avez-vous des questions ?
- Quelles sont vos remarques par rapport aux scénarii présentés ? Vous paraissent t'il réalistes ?
- Lesquels vous paraissent les plus appropriés ?

Puis plusieurs questions interviennent relatives aux objectifs des différents partis interrogés, à la volonté qu'ils ont à faire de la prospective environnementale, à leur motivation dans la rédaction de scénarios :

- Selon vous, est t'il possible de développer ce genre de démarche dans le milieu professionnel ?
- Quels sont vos objectifs professionnels ? Quel serait l'intérêt pour vous de faire de nouveaux scénarii ?
- Souhaitez-vous travailler sur une thématique particulière ? sur un secteur spécifique de l'île ?

OU

- Souhaitez-vous travailler sur plusieurs thèmes, sur l'évolution de l'île en général ?
- Souhaitez vous développer le thème de la friche, du tourisme, du type de pâture (type d'animal, technique de pâture,…), de l'étrépage, …

OU

- Souhaitez-vous développer de nouveaux thèmes, créer de nouveaux paramètres qui répondent plus à vos objectifs ?
- Comment voyez vous ou désirez vous que soit l'île dans 15 ans ?
- Avez-vous des données à disposition que l'on pourrait exploiter ?

Les 3 partis que sont le Centre d'Etude du Milieu d'Ouessant, le Parc Naturel Régional d'Armorique et la mairie de la commune d'Ouessant ont participé, à tour de rôle, à cette réunion.

1) Le Centre d'Etude du Milieu d'Ouessant (CEMO)

Le CEMO, équipement du Parc Naturel Régional d'Armorique, a ouvert ses portes à l'automne 1984. « Association loi 1901, le CEMO assure plusieurs missions. Il gère un centre d'hébergement, propriété du Parc Naturel Régional d'Armorique, qui accueille un public varié (chercheurs, ornithologues, scolaires, randonneurs…). L'équipe du CEMO, de par ses compétences dans le domaine de l'écologie, du naturalisme et du management environnemental, est amenée à travailler sur des thématiques comme le suivi des migrations de l'avifaune ou encore l'étude de l'évolution des milieux. Le CEMO assure aussi une mission d'éducation à l'environnement auprès de divers publics dont une majorité de scolaires. Les thématiques abordées au cours d'actions diverses sont la connaissance de la faune et de la flore, le développement durable, les pollutions, la gestion des ressources naturelles… » (Gourmelon, 2007)

François Quénot, animateur naturaliste au sein du CEMO a participé à l'élaboration de scénarios dans le cadre du projet MEDIA. L'entretien s'est déroulé dans les locaux du CEMO à Ouessant le 14 mai 2008.
Pendant la présentation, différents points de détails ont été discutés, notamment sur les scénarios de Christian Kerbiriou et d'Hélène Dupont. François paraît sceptique quant à la crédibilité de l'étude menée par Hélène Dupont. Il critique particulièrement le choix des indicateurs. Il accorde d'avantage sa confiance à Christian Kerbiriou qui connaît très bien l'île et a travaillé plusieurs années sur son sujet contrairement à Hélène qui a travaillé que quelques mois sur l'île dans le cadre d'un stage.
Puis, le questionnaire a été soumis au naturaliste. Selon lui, le CEMO tient un rôle de conseiller et souhaite servir de garde fou pour le Parc. Par exemple, si tel indicateur atteint une valeur critique, le CEMO en informe le parc qui agit en conséquence. Le CEMO est un partenaire technique du PNRA. Ses objectifs convergent avec ceux du parc d'Armorique.

F.Quénot est motivé quant à la rédaction de scénarios exploratoires. Pour lui, il s'agit *« d'un outil de gestion »*. Il veut jouer le rôle de veille écologique par rapport au PNRA. *« Pour le long terme il est intéressant de travailler avec des indicateurs qui vont servir de veille écologique afin d'alerter le parc qui va déclencher des actions de gestion »*. De plus, il voudrait réaliser des scénarios qui couvrent l'ensemble de l'île. *« Les scénarios visant l'ensemble de l'île semblent plus intéressants / honnêtes / réalistes »*. En ce qui concerne les indicateurs, F.Quénot veut utiliser des oiseaux qui sont caractéristiques de chaque stade végétal, comme ce qui est fait pour le jeu de rôle (Y.Le Fur, 2008). En référence à ce qui est réalisé par C. Kerbiriou avec le Crave à bec rouge comme indicateur, le CEMO envisage d'utiliser d'autres espèces animales qui vivent dans différents milieux afin de rendre compte de la biodiversité sur l'ensemble de l'île. Ces indicateurs seraient exclusivement des oiseaux : Alouette des champs ; Tarier pâtre ; Fauvette pitchou ; Fauvette grisette. F.Quénot souhaite particulièrement simuler l'impact de l'enfrichement sur ces différents indicateurs avec comme sonde le nombre de couples d'oiseaux de chaque espèce. De plus, il précise que *« les données sont présentes au CEMO. On connaît le nombre de couples sur l'île depuis 1980/1984 avec une localisation plus ou moins précise »*. Pour terminer, F.Quénot envisage des simulations sur un horizon de 20 ans.

2) Le Parc Naturel Régional d'Armorique (PNRA)

« Créé en 1969, le PNRA s'étend sur 172 000 hectares, dont 60 000 hectares en espace maritime. Il compte 52 000 habitants, répartis sur 39 communes adhérentes. Son territoire présente une grande variété de paysages, de milieux et d'activités représentative de la diversité paysagère, écologique, économique et culturelle de la Bretagne. Le PNRA inscrit ses actions dans les objectifs généraux des parcs dont la mission première est de « protéger et de mettre en valeur un patrimoine remarquable » mais aussi de « participer à l'accueil, l'éducation et l'information du public, au développement économique, social et culturel, à la qualité de la vie, et réaliser des actions expérimentales ou exemplaires. » » (Gourmelon, 2007)

Deux services distincts ont été rencontrés pour le projet. Tout d'abord, Delphine Kermel, responsable du service « îles », accompagnée de Cédric et Aurélien, les deux agents du parc chargés de l'entretien du paysage. Dans un second temps, Jean Yves Kermarec du service environnement.

Le 14 Mai 2008, Delphine, Cédric et Aurélien ont participé à l'élaboration des scénarios exploratoires dans le cadre d'une réunion organisée sur Ouessant. Aucun commentaire n'a été fait lors de la présentation. Néanmoins, ils ont répondu au questionnaire.
Selon eux, le PNRA revêt plusieurs rôles :

- Effectuer une gestion concertée de l'île.
- Sensibiliser les acteurs, les décideurs.
- Obtenir un équilibre dans la dynamique végétale tout en conservant sur l'île une mixité paysagère afin de maintenir une forte richesse spécifique. Une remarque a été : *« le but n'est pas de tout défricher »*.
- Dans une démarche de conservation du patrimoine, maintenir *« le paysage d'antan »*, maintenir le nombre de couples de Craves.
- Défricher sur le site classé : annuellement, 80,93 Ha sont défrichés en plusieurs passages.

Les scénarios exploratoires sont considérés comme un outil de médiation, de sensibilisation utilisé pour motiver des prises de décision au niveau de la municipalité. Le PNRA a la volonté de créer des scénarios intégrant une multitude d'agents afin d'être en cohérence avec un de leurs objectifs qu'est la gestion concertée de l'île.

Par ailleurs, ces simulations se doivent d'être réalistes afin d'obtenir une certaine crédibilité face aux élus. Différents thèmes intéressent ce groupe de travail, comme la pression touristique, le dérangement, le piétinement (pédestre et cycliste). L'une des volontés du parc est de créer des scénarios englobant l'ensemble de l'île mais aussi des scénarios ciblés sur le centre de l'île. Ainsi, plusieurs scénarios ont été retranscrits sur papier :

- Réalisation d'un scénario dans l'objectif de désengorger le littoral et ainsi éviter le piétinement trop « intensif » de la frange littoral et le dérangement de l'avifaune. Création de sentiers pédagogiques sur la botanique et le patrimoine avec un balisage dans le centre de l'île. Ces sentiers seront principalement utilisés par les vacanciers qui restent plusieurs jours à Ouessant (vacancier, séjour cours). Le CEMO et l'association des lavoirs participent à la réalisation de ces parcours.
- Comment va évoluer l'enfrichement sur Ouessant si on intègre un cultivateur biologique dans le centre de l'île ? Ce genre d'initiative est soutenu par le PNRA. On peut intégrer dans ce scénario la mise en place d'une nouvelle carte dans les restaurants avec les produits de l'agriculteur pour concurrencer le ragoût sous les mottes.
- Comment évolue le milieu si on diminue le nombre de résidents secondaires et si ces résidents sont remplacés par des résidents permanents (analyse comportementale) ?
- Mettre en place un balisage léger 2 mois dans l'année où le parc interdira l'accès à une zone protégée aux touristes. Comment évoluera le milieu (végétation, espèce à fort intérêt patrimonial) ? Ce scénario permettrai, entre autre, d'évaluer l'impact des piétons et véhicules sur le milieu en terme d'érosion du littoral et de biodiversité.
- Réaliser des scénarios sur l'étrépage : Que se passe t il si l'étrépage augmente dans les années à venir ? Comment évoluera le milieu si l'étrépage est fait « proprement » ?

Lors de cette réunion il a été difficile de faire ressortir des scénarios bien précis sur une thématique bien particulière. La volonté du parc est de poursuivre une gestion concertée de l'île donc la mise en place de scénarios qui soient vraiment généraux avec la prise en compte de tous les agents sociaux (tous les acteurs du milieu, tourisme, défrichage par le PNRA/particuliers/chasseurs/éleveur, pâturage par les chevaux/moutons/chèvres/vaches et l'étrépage) et les agents naturels (dynamique végétale, le Crave à bec rouge plus l'insertion de nouveaux indicateurs).

Le 3 Juin 2008, le projet a été présenté à Jean Yves Kermarec du service Environnement au sein du PNRA. La réunion s'est tenue dans les locaux de la maison du PNRA au Faou. Monsieur Kermarec est très intéressé par les scénarios développés par C.Kerbiriou et F.Gourmelon. Quelques pistes l'intéressent dans l'élaboration de scénarios :

- Comment évolue le milieu si on place sur des « secteurs clefs » plusieurs troupeaux ovins gérés par le PNRA ?
- Comment évolue le milieu si on installe sur l'île un cultivateur biologique ?
- Développer des scénarios comme ceux mis en place par C.Kerbiriou.

Monsieur Kermarec est motivé par le projet mais indisposé à développer des scénarios car il veut des actions en concertation avec la mairie. Or, d'après JY.Kermarec, *« aujourd'hui le dialogue est inexistant. De plus, il existe toujours le problème du foncier sur Ouessant. Puis, le parc est très limité en termes de moyens. Il n'y a aucune aide de la mairie et les salaires des agents plus le matériel n'est pas totalement financé par la taxe Barnier. Par exemple, sur Molène, une partie du budget de la mairie est dédiée aux actions du Parc.*
Pour le moment, un des objectifs du Parc est de maintenir ces actions ce qui est une prouesse économiquement parlant ».

Concernant l'enfrichement, pour le Parc il s'agit d'un problème général et non une spécificité îlienne ou Ouessantine. *« Si il n'y a pas de retour à la terre, il n'y aura pas de solution »* (d'où la proposition de mettre en place un scénario avec un cultivateur bio)
Monsieur Kermarec souhaite une implication des gens de l'île. *« Il faut les sensibiliser à la problématique de l'enfrichement, à la fermeture du paysage »*. Puis, une fois les îliens informés on peut mettre en place un programme, des aides. De plus *« il est important de sensibiliser les habitants, les touristes à certains enjeux comme le Crave ou l'érosion de la zone côtière pour élaborer ensuite des mesures directives »*. Or, sur Ouessant, ce travail n'a pas été fait. Pour donner l'exemple du ragoût, *« personne n'a été capable d'arrêter le phénomène. Le PNRA, dans l'histoire, est autant fautif que la mairie. Il faudrait pourtant être plus directif et travailler en partenariat avec la municipalité »*. Le parc est pour la mise en place de sanctions mais le problème c'est qu'il faut en amont de l'information et de la sensibilisation. *« Il s'agit d'un problème de fond car depuis le début le PNRA n'a jamais travaillé en partenariat avec l'équipe municipale »*.

3) La mairie d'Ouessant

Un élu de la mairie d'Ouessant a aussi répondu positivement à l'invitation. Cette personne a pour mission principale, dans sa fonction de conseiller municipal, de lutter contre l'enfrichement de l'île. La réunion s'est tenue dans les locaux du CEMO. Le représentant de la mairie n'a eu aucun commentaire sur les scénarios existants et n'a pas voulu participer à l'élaboration de scénarios. En guise d'explication, il précise qu'il ne voit pas l'intérêt de ce projet et ne trouve pas l'utilité pour la mairie d'élaborer des scénarios. Malgré la volonté, dans le projet, de bien différencier le jeu de rôle et l'élaboration des scénarios exploratoires, la mairie fait encore l'amalgame entre ces deux contextes opérationnels du projet. Le conseiller municipal précise : *« J'ai déjà vu tout ça, les scénarios »* ou encore « *on a déjà joué la dernière fois que vous êtes venus sur Ouessant »*. La mairie n'attend pas ce genre d'initiative de la part des « scientifiques ». Elle attend des informations concernant la dynamique de végétation. L'élu précise : *« par exemple, ce qu'on voudrait savoir c'est le temps que met une zone fauchée pour s'embroussailler »*.
De plus, cette réunion a été l'occasion, pour l'élu, de critiquer ouvertement les agents du Parc Naturel Régional d'Armorique. *« A chaque fois que je les croise ils sont en train de lire le journal »* ou encore *« après leur boulot je les vois faire leur footing. Cela prouve qu'ils ne sont pas fatigués. Moi, après une journée de boulot, je n'ai pas la force de faire un footing »*
Malgré tout, il a quand même précisé pendant cet entretien qu'il allait organiser une réunion avec la responsable du service « îles » au sein du PNRA pour discuter des objectifs de la mairie par rapport à la friche.

IV. Résultats et perspectives

L'ensemble des scénarios définis avec le PNRA et le CEMO sont soumis au modélisateur qui valide ou non ces derniers. Pour les scénarios réalisables, il va faire ressortir les données manquantes. Un second entretien est alors organisé avec le parc et le CEMO pour compléter les scénarios. Une fois les scénarios précis en main, les simulations pourront être mises en place.

Résultats pour le CEMO

- **Mettre en place d'autres indicateurs que le Crave à bec rouge pour rendre compte de la biodiversité sur l'ensemble de l'île.**

Pour le modélisateur, la mise en place d'indicateurs comme l'alouette des champs, le tarrier pâtre, la fauvette pitchou ou la fauvette grisette paraît compliquée car elle nécessite la réalisation d'une étude poussée comparable à celle du Crave. Le modèle est construit sur des données scientifiques très poussées et si on veut que ce modèle garde un certain réalisme, une certaine crédibilité il faut un travail de recherche derrière chaque indicateur. Les données du CEMO (nombre de couples et localisation plus ou moins précise) paraissent trop justes pour être intégrées.
Une étude doit alors se mettre en place dans l'objectif de créer de nouveaux indicateurs à la manière de ce qui est fait pour le Crave. Ces indicateurs pourront alors compléter le modèle ouessantin. Cette étude va donc être réalisée dans le cadre d'un projet développé en partenariat avec le muséum national d'histoire naturelle.

Résultats pour le PNRA
Plusieurs scénarios ont vu le jour pendant la réunion avec le PNRA.

- **Scénario pour désengorger le littoral.**

Ce scénario nécessite de tracer des sentiers précis et des parkings dans le centre de l'île à l'aide d'un Système d'Information Géographique en collaboration avec le PNRA. Il faut aussi pouvoir estimer sur le nombre de touristes le pourcentage qui ira en bordure de l'île et le pourcentage qui ira dans le centre d'Ouessant. Certains parkings seront à supprimer sur le littoral.
Ce scénario est donc techniquement réalisable. En partenariat avec les agents du Parc, un sentier dans le centre de l'île et des parkings ont été numérisés. Les autres points de détails restent à préciser.

- **Scénario sur la mise en place d'un cultivateur biologique.**

Ce scénario n'est pas réalisable pour le moment. Si on veut garder une certaine crédibilité et lancer une simulation qui soit réaliste, ce scénario doit faire l'objet d'une étude poussée.

- **Remplacement des résidents secondaires par des résidents permanents.**

Pour la mise en place d'une simulation à partir de ce scénario, il faut tout d'abord préciser l'agent permanent et quel est l'impact de ce dernier sur le milieu. Cela implique de définir sa perception de la friche, du type de pâturage et du ragoût sous la motte. Dans ce scénario on peut faire varier le nombre de résidents permanents (à la hausse) et de résidents secondaires (à la baisse) et analyser comment évolue le milieu avec la mise en place de sondes sur le type végétal. En termes de données, le modèle comporte en 2002, 155 éleveurs de moutons, 380 résidents secondaires, 5 restaurateurs et 5 étrépeurs.
Cependant, on peut se poser la question quant à l'impact des résidents permanents sur l'enfrichement de l'île puisque ces derniers sont principalement localisés dans le centre, à Lampaul, dans une zone « bâti ». De plus, on peut aussi s'interroger sur la pertinence de réaliser ce genre de scénario. Ce n'est pas le parc qui va gérer l'immobilier sur Ouessant. Pour terminer, le PNRA souhaite avoir une certaine crédibilité face aux élus et ce genre de scénario n'est donc pas à leur avantage.

- **Limitation de la fréquentation touristique sur certaines zones protégées par la mise en place d'un balisage.**

Ce scénario exige de définir en premier lieu les indicateurs ou sondes à mettre en place afin de juger de l'évolution du milieu suite à la fermeture de certaines zones aux touristes (type de végétation, piétinement, surface de sol nu…). Puis, il faut définir des proportions de touristes qui vont emprunter les sentiers, les parkings à supprimer, les zones qui seront fermées au public, les sentiers à créer pour centraliser les touristes et un pourcentage de touristes qui iront, malgré l'interdiction, sur la zone fermée. Tous ces paramètres sont à définir avec le PNRA.
Ce scénario peut aboutir à une simulation si les paramètres définis si dessus sont précisés. En collaboration avec les agents du Parc et avec l'aide d'un Système d'Information Géographique les zones interdites au public ont été numérisées. Les autres points de détails restent à préciser.

- **Scénario sur l'étrépage.**

Afin de rédiger un scénario précis sur l'étrépage, il faut définir et faire varier le nombre de touristes qui commandent du ragoût sous la motte. En matière d'information, le modèle est déjà renseigné sur cette donnée. Le nombre de ragoûts commandés l'été par les touristes varie entre 50 et 200 par restaurateurs sachant qu'il y a 5 restaurateurs. Pour un ragoût il faut 50 mottes. Ces données sont à vérifier et à mettre à jour. Il faut aussi définir ce qu'est un étrépage fait « proprement ».
Ce scénario est réalisable. Actuellement aucun travail de fond n'a été réalisé pour rédiger ce scénario.

Scénario	Réalisable	Non réalisable	Elaboration du scénario			Remarques
			Non commencée	En cours	Terminée	
Mettre en place d'autres indicateurs que le Crave à bec rouge pour rendre compte de la biodiversité sur l'ensemble de l'île						Projet avec le Muséum National d'Histoire Naturelle
Scénario pour désengorger le littoral						
Scénario sur la mise en place d'un cultivateur biologique						Nécessite la mise en place d'une étude
Remplacement des résidents secondaires par des résidents permanents						Scénario non réaliste
Limitation de la fréquentation touristique sur certaines zones protégées par la mise en place d'un balisage						
Scénario sur l'étrépage						

Figure 22 : ***Bilan des scénarios***

Sur les 6 scénarios, seulement 4 pourront être réalisés. Cela peut s'expliquer par la non participation de la mairie à la construction de scénarios. Malheureusement, ce blocage de la municipalité s'est aussi manifesté lors des séances des jeux de rôles, troisième contexte opérationnel du projet MEDIA. « Connaissant le principe de la réunion, le conseiller municipal s'est cependant comporté avec une attitude de repli et de négation. Essayant tout d'abord de déstabiliser en critiquant les règles du jeu […] Il a refusé toutes les propositions d'actions avancées par les joueurs, évoquant les impossibilités d'actions de la mairie à entreprendre quoique ce soit, en particulier par manque de moyens financiers » (Y.Le Fur, 2008). Selon Y.Le Fur, ce refus peut s'expliquer par l'origine insulaire ou non des interlocuteurs de l'équipe municipale et par la montée de l'individualisme. En effet, le projet MEDIA sera d'autant plus discrédité par la mairie qu'il est mis en place par « des chercheurs » qui viennent du « continent ». Les propos tenus par l'équipe municipale laisse à croire qu'il n'y a pas de problème vis-à-vis de l'enfrichement et que la mairie peut très bien se débrouiller seule.

De plus, comme a pu le dire Jean Yves Kermarec en parlant de la mairie : *« aujourd'hui le dialogue est inexistant »*. La mairie ne fait pas non plus l'éloge du PNRA. Ce non dialogue entre la mairie et le PNRA a été mis en évidence lors des sessions de jeux de rôles. En parlant de l'enfrichement sur Ouessant, le conseiller municipal « rejette la responsabilité sur le PNRA, qui utilise l'argent de la taxe Barnier (taxe sur les transports maritimes) pour n'en faire d'après lui que peu de choses » (Y.Le Fur, 2008). La représentante du PNRA, très enthousiaste et volontaire dans le projet MEDIA, « s'est heurtée au refus systématique du conseiller municipal alors qu'elle était très volontaire pour proposer des actions en coopération » (Y.Le Fur, 2008).
Les séances de jeu de rôles ont eu pour conséquence de démotiver un temps soit peu la responsable du service « îles » au sein du Parc. C'est avec ce sentiment de résiliation qu'elle a participé à la deuxième réunion sur l'élaboration des scénarios exploratoires. Aucune valeur ajoutée n'est ressortie de cette réunion ce qui peut expliquer qu'aujourd'hui aucun des scénarios n'est complètement achevé.

En matière de perspective, il faut peut être « laisser couler l'eau sous les ponts » avant de reprendre la rédaction des scénarios exploratoires avec le PNRA. Comme le souligne Y.Le Fur il faudrait peut être « inviter le pouvoir à prendre part à la concertation ». Cela peut se matérialiser, dans la rédaction des scénarios exploratoires, par une réunion rassemblant le maire d'Ouessant, la directrice du Parc Naturel Régional d'Armorique, le directeur du CEMO et des chercheurs participant au projet et jouant aussi le rôle de médiateur. Ensemble ils participeraient à la co-construction de scénarios exploratoires autour d'objectifs communs. Cette réunion peut être organisée dans le cadre de la mise en place de la nouvelle charte du PNRA.
Le scénario développé avec le CEMO est en bonne voie puisqu'il a fait l'objet d'un appel à projet qui a vu une réponse favorable de la part du Muséum National d'Histoire Naturelle.

Tous ces scénarios, s'ils aboutissent, peuvent être valorisés par l'introduction de la 3 dimension dans le prototype informatique. Ce paramètre a pour objectif de faciliter l'interprétation de la simulation par une meilleure perception des paramètres évolutifs (dynamique de végétation). Pour le cas Ouessantin, la 3D permet de rendre compte de l'état d'enfrichement d'une manière plus persuasive. Cela permet de mieux faire réagir les partis afin de développer des solutions de gestion en commun. La mise en place de la 3D est possible aujourd'hui par l'intermédiaire de Google Earth (Annexe : protocole 3D Google Earth). Malheureusement, il s'agit d'une représentation « statique ». Cela veut dire que l'on obtient une image 3D en début de simulation que l'on peut comparer avec une image 3D en fin de simulation. Le travail doit maintenant porter sur une représentation dynamique en 3D de paramètres évolutifs comme la dynamique de végétation par exemple.

Avec la rédaction de scénarios exploratoires on répond à l'un des objectifs du projet MEDIA qu'est la mise en place d'une démarche participative. Mais l'aboutissement de cette démarche est une appropriation par le gestionnaire de ces outils et cela en toute indépendance des scientifiques qui l'ont initiée. Cette étude fait l'objet du deuxième contexte opérationnel du projet MEDIA : « *La modélisation d'accompagnement pour une aide à la médiation »*. Cette démarche participative est donc un premier pas vers une appropriation par le PNRA, le CEMO et la mairie d'un outil de gestion initié par des chercheurs.

Conclusion

La co-construction des scénarios exploratoires à partir du modèle ouessantin s'est réalisée en partenariat avec des gestionnaires et des acteurs du milieu. On touche ici à un transfert des connaissances de la sphère scientifique à la sphère professionnelle. En pratique, le Parc Naturel Régional d'Armorique, le Centre d'étude du milieu d'Ouessant et la mairie d'Ouessant ont participé au projet Media.

Le travail réalisé au niveau des scénarios exploratoires a donné des résultats différents selon les partis interrogés. Malgré tout, on remarque bien que sur ce même territoire les acteurs sont en étroite relation. Le CEMO va vouloir créer des scénarios dans l'intérêt d'alerter le Parc sur l'évolution d'une population d'oiseaux avec la mise en place de telle gestion. De même, pendant la durée du programme, le Parc a changé de comportement. Très enthousiaste au début de l'étude, il a montré un certain recul dans la collaboration lorsque la mairie a manifesté son refus de s'investir dans cette démarche collective. En conséquence on obtient une étude qui n'abouti pas au résultat final escompté. Effectivement, aucun scénario développé avec le PNRA n'a donné lieu à une simulation tandis que la mairie n'a même pas souhaité une co-construction. Seul le scénario rédigé avec le CEMO fera l'objet d'une étude plus approfondie.
Avec cet exemple on peut voir que la modélisation d'accompagnement n'est pas une chose facile, et encore moins le transfert d'outils de gestion réalisés par des scientifiques et à destination des gestionnaires. Ce qui a mené l'élaboration des scénarios exploratoires à l'échec est entre autre le manque de communication entre le PNRA et la mairie. Un laps de temps est nécessaire avant de poursuivre cette démarche d'accompagnement sur Ouessant afin d'analyser les résultats tant au point de vue des scénarios que du jeu de rôle. Actuellement, que ce soit de la part du parc ou de la mairie il y a un trop fort amalgame entre le jeu de rôle et l'élaboration des scénarios exploratoires qui sont deux contextes opérationnels bien différents. Or, l'échec des séances de jeux de rôles, réalisées en parallèle des scénarios, a entaché la motivation des gestionnaires, emprunts à de lourdes désillusions. Dans ce contexte, réaliser des scénarios est devenu quelque peu compliqué.

Il est peut être intéressant, dans le futur, de travailler avec le pouvoir décisionnel de chacun des partis. En effet, une réunion pourrait être organisée entre le maire d'Ouessant et la directrice du PNRA. Ensemble ils pourraient définir des objectifs communs dans la réalisation de scénarios exploratoires. De même, une séparation est nécessaire entre le jeu de rôle et la simulation multi-agents. Le jeu de rôle pourrait être exclusivement utilisé dans le cadre de l'apprentissage des jeunes générations aux enjeux du développement durable et ce en partenariat avec Océanopolis. La simulation multi-agents pourrait quant à elle n'être dédiée qu'à l'usage des gestionnaires et acteurs pour aboutir au final à une réelle appropriation de cet outil de gestion.

Bibliographie

Barreteau O. (1998). Un système multi-agents pour explorer la viabilité de systèmes irrigués : dynamique des interactions et modes d'organisation. *Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'ENGREF*, 263 pages.

Barreteau O. (2007). Modèle et processus de décision collective : entre compréhension et facilitation de la gestion concertée de la ressource en eau. *Mémoire pour l'obtention de l'habilitation à diriger des recherches, spécialité informatique,* 84 pages.

Bousquet F. (2001). Modélisation d'accompagnement – simulation multi-agent et gestion de ressources naturelles et renouvelables. *Mémoire pour l'obtention et l'habilitation à diriger les recherches de l'université de Lyon I,* 71 pages.

Bousquet F. and al. (2001). Modélisation d'accompagnement : systèmes multi-agents et gestion de ressources renouvelables. *Actes de colloque international : quel environnement au 21ème siècle ?*

Brigand L. (sous la direction de). (1986). Les changements écologiques, économiques et sociologiques dans les îles du Ponant : Le cas de Batz, Ouessant et Groix. *Université de Bretagne Occidentale,* 200 pages.

Charte Commod (2004). La modélisation comme outil d'accompagnement. *Charte Commod,* 6 pages

Chlous-Ducharme F., Gourmelon F., Rouan M. (2007). Interaction société-environnement : modélisation et jeu de rôles dans le cadre d'une gestion durable sur l'île d'Ouessant. *Institut de Géoarchitecture, Géomer (UMR 6554 CNRS – LETG),* 18 pages.

Chlous-Ducherme F., Bellec S. (2007). Les résidents secondaires à Ouessant : acteurs de la fabrication des paysages. *Colloque Landes,* 8 pages.

Cormas. Agent-based participatory simulations. Merging multi-agent systems and role-playing games. *Journal of artificial societies and social simulation,* **Vol. 9; 4.** 15 pages.

Demazeau Y. (2002). Magma : Systèmes multi-agents. *CNRS,* 14 pages.

Duboz et al. (2003). Individual-based model to enrich an aggregate model. *Laboratoire d'Informatique du Littoral (LIL),* 8 pages.

Dupont Hélène. (2007). Modélisation multi-agents de l'impact du tourisme sur l'île d'Ouessant. *Mémoire de 2ème de master mention écologie biodiversité évolution spécialité ingénierie écologique et gestion des écosystèmes,* 46 pages.

Etienne M, Le Page C. (2002). Modéliser les dynamiques paysagères pour accompagner un projet d'aménagement du territoire : le cas du Causse Mejean. *Colloque – Gérer les paysages de montagne pour un développement concerté et durable,* 15 pages.

Etienne M. (2007). La modélisation d'accompagnement : un outil de dialogue et de concertation dans les réserves de biosphère. *Réserves de biosphère – notes technique – biodiversité et acteurs : des itinéraires de concertation,* P. 44-51

Fourier J. (2003). Modèle multi-agents pour l'aide à la décision et à la négociation en aménagement du territoire. *Thèse pour l'obtention du doctorat spécialité informatique,* 305 pages.

Gourie E. (2004). Contribution à l'étude de l'occupation de l'espace ouessantin par les moutons. *Mémoire de maîtrise de géographie,* 183 pages.

Gourmelon F. (responsable scientifique) (2007). Modélisation multi-agents et jeux de rôles des outils de médiation et d'apprentissage au service du développement durable. *Appel à projet conseil régional 2007. Programme ASOSC (Action pour l'appropriation sociale des sciences),* 11 pages.

Gourmelon G. et al. (2007). Eléments de prospective environnementale dans une réserve de biosphère. *Géomer (UMR 6554 CNRS – LETG), Université Bretagne Occidentale, Institut Universitaire Européen de la Mer,* 16 pages.

Gourmelon F., Bioret F., Brigand L. (1995). SIG et usage des sols : l'ile d'Ouessant de 1952 à 1992. *Mappemonde,* **4**, p. 6-10.

Gourmelon F. (sous la direction de). (1996). Atlas de la réserve de biosphère de la Mer d'Iroise. Exploitation cartographique de la base d'information géographique Sigouessant. *Parc Naturel Régional d'Armorique,* 95 pages.

Gourmelon F., Bioret F., Chlous-Ducharme F., Rouan M., Kerbiriou C., Levrel H., Guermeur Y., Etienne M. (2006). Modélisation Nature-Société : approche pluridisciplinaire dans une réserve de Biosphère insulaire. Interactions Nature-Société, analyse et modèles. UMR6554 LETG, *Colloque La Baule,* 6 pages.

Joets A. (2005). Le ramassage de mottes à Ouessant : enjeux et valorisation d'un patrimoine culturel et naturel. *Master 1 culture et société,* 126 pages.

J. Hermann A. (2001). Applied and theorical considerations for constructing spacially explicit individual-based models of marine larval fish that include multiple trophic levels. *Journal of marine sciences,* **58**, P. 1030-1041.

Kerbiriou C. (2006). Impact des changements d'usage sur la viabilité d'une population menacée dans un espace multi-protégé : le Crave à bec rouge (Pyrrhocorax pyrrochorax) sur l'île d'Ouessant. *Thèse d'Ecologie, Muséum National d'Histoire Naturelle,* 163 pages.

Le Fur Y. (2008). La concertation pour une gestion collective de l'espace d'Ouessant (29) – Mise en œuvre, évaluation et perspectives. *Mémoire Master Pro ERPUR, Université de Rennes 1,* 50 pages.

Mermet L. (2005). Etudier des écologies futures : un chantier ouvert pour les recherches prospectives environnementales. *Collection EcoPolis,* 411 pages.

Lapointe M. (2005). Comprendre et effectuer des projections en cartographie numérique. *Université Laval. Faculté de foresterie et de géomatique. Département des sciences du bois et de la forêt,* p. 16-24.

Pabst S. (2007). Représentation simplifiée des bâtiments en 3D et des parcelles à l'aide de Google Earth. *Système d'information du territoire-Géomatique Suisse,* P.562-565.

Parenthoën M. (2004). Animation phénoménologique de la mer. Une approche inactive. *Thèse au Centre de Réalité Virtuelle,* 41-71 ; 183-211 ; 237-241.

Simon C. (2004). Approche multi-agents pour une gestion pastorale et forestière concertée. *Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des eaux et forêts de l'ENGREF,* 76 pages.

Tisseau J. (2004). Réalité virtuelle et complexité - expérimentation *in virtuo* des systèmes complexes. *Centre Européen de Réalité Virtuelle (CERV),* 26 pages.

Tissot C. et Rouan M. (2006). Nouvelles approches en modélisation. *Cours Master 2 EGEL,* 7 pages.

Villa F. (2001). Integrating modelling architecture : declarative fromework for multi-paradigm, multiscale ecological modelling. *Ecological modelling,* **137**, P.23-42.

ANNEXE

Annexe

Utilisation de l'extension Shape to KML sur ArcGis 3.2

Objectif :
Représentation simplifiée des bâtiments en 3D à l'aide de Google Earth.

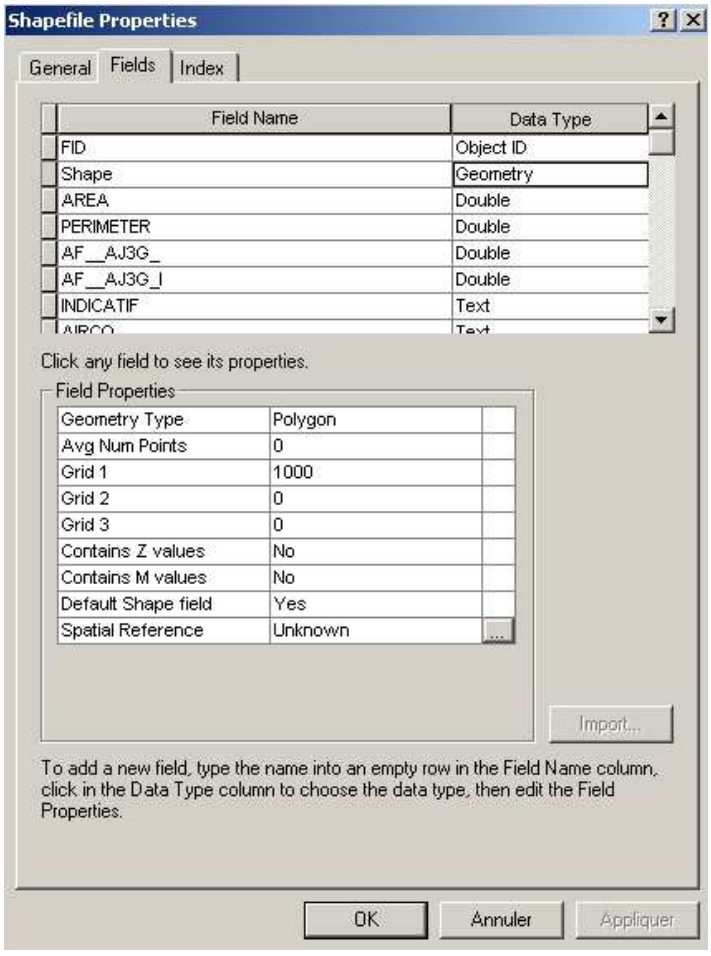
Etapes à suivre :

A. Définir la projection des données

Avec ArcGis 8.* :

Dans Démarrer, Programmes, ArcGis, ouvrir ArcCatalog. Sélectionner le «shapefile» désiré, cliquer dessus avec le bouton de droite et cliquer sur «Propriétés».

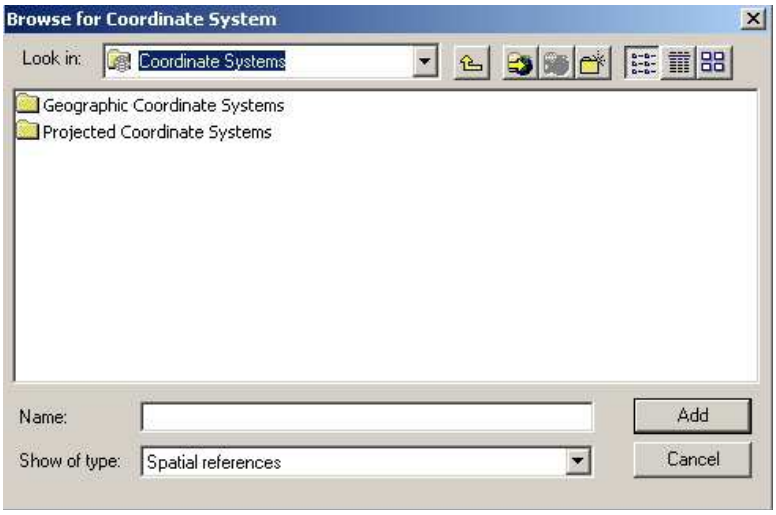
Dans cette boîte de dialogue, cliquer l'onglet « champs ». Cliquer sur le mot «Géométrie». Les propriétés du champ « Shape » apparaissent dans la partie du bas. Cliquer sur le bouton « 3 petits points », à droite de «Référence spatiale».

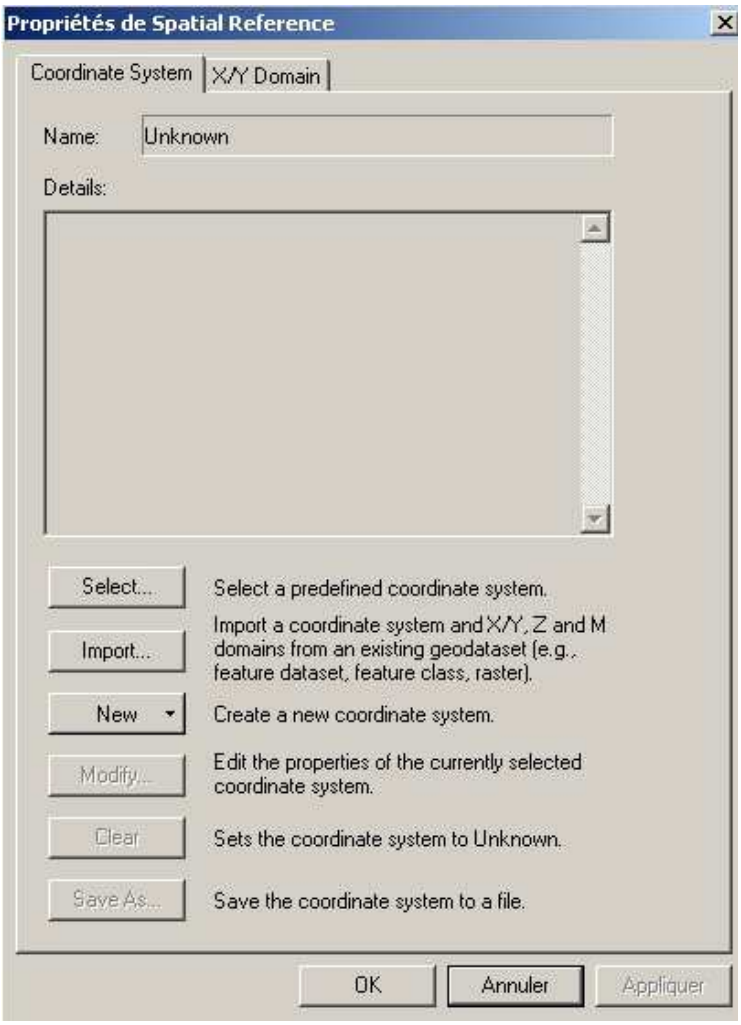


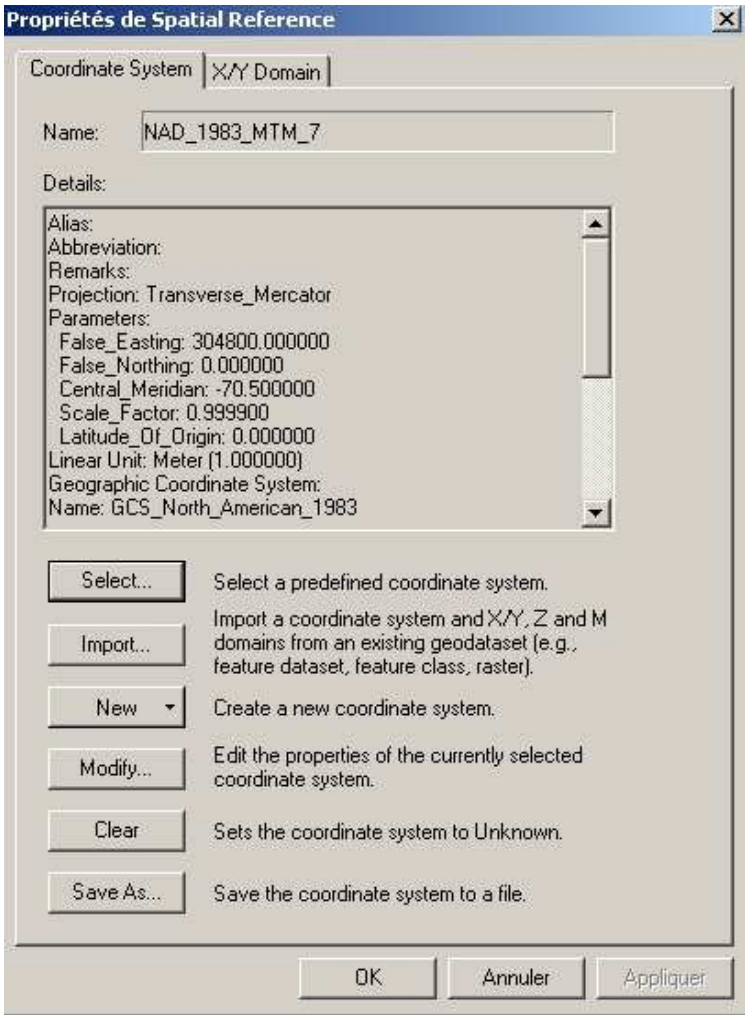
Dans cette boîte de dialogue, cliquer sur « Sélection… » pour aller choisir la projection en cours.

Aller dans « Systèmes de coordonnées projetés ». Vous aurez plusieurs choix. Comme système de coordonnées projeté de base, je vous suggère d'aller dans le répertoire « grilles nationales » puis dans le répertoire « France » et de choisir « NTF Lambert II Carto.prj ».

Cliquer sur « Ajouter ». Vous verrez les paramètres de la projection dans la partie détail. Cliquer sur « Appliquer » puis « OK » dans cette fenêtre et dans la suivante.

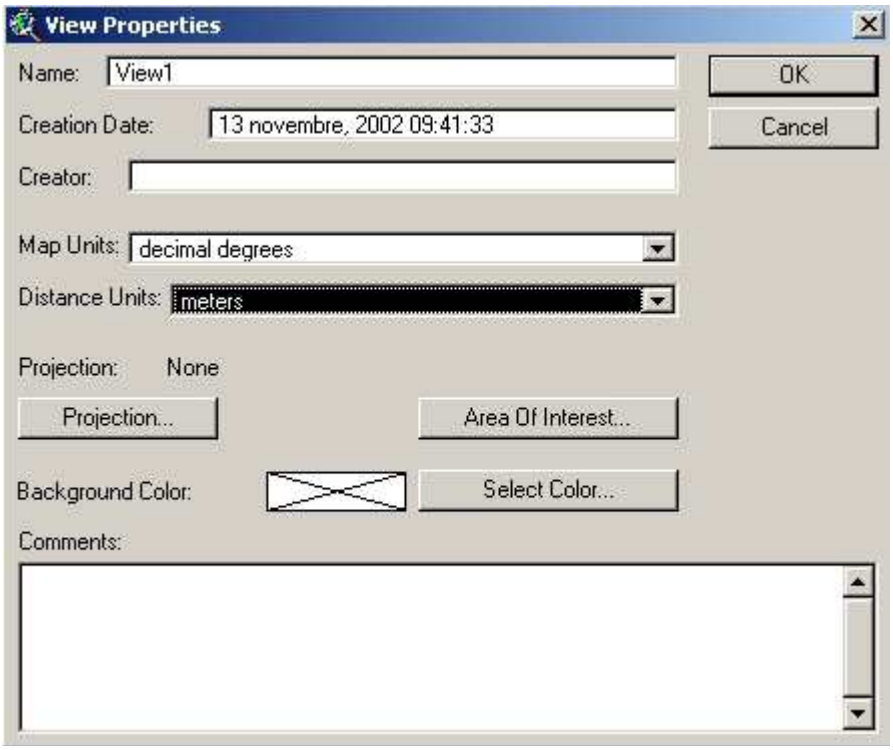






Avec ArcGis 3.2 :

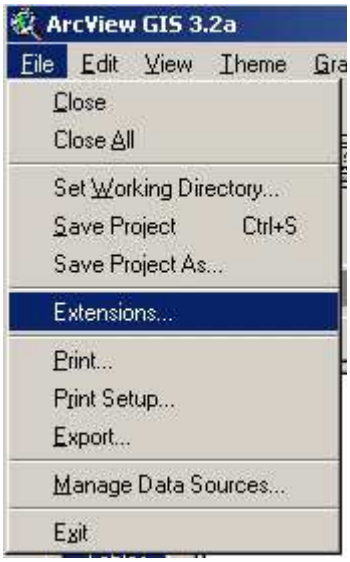
IMPORTANT : Vous devez au préalable connaître le système de coordonnées de votre thème à projeter et de celui dans lequel vous voulez convertir vos données. ArcView n'a pas la capacité de le trouver. Le logiciel ne peut afficher non plus le non de la projection s'il y en a une. Si vous ne le connaissez pas, vous devez consulter les métadonnées ou vous renseigner auprès de la personne ou organisme qui vous a fourni ce jeu de données. Par contre, il est important d'indiquer au système quelles sont les unités de la carte (Map Units) dans la boîte «View Properties ».

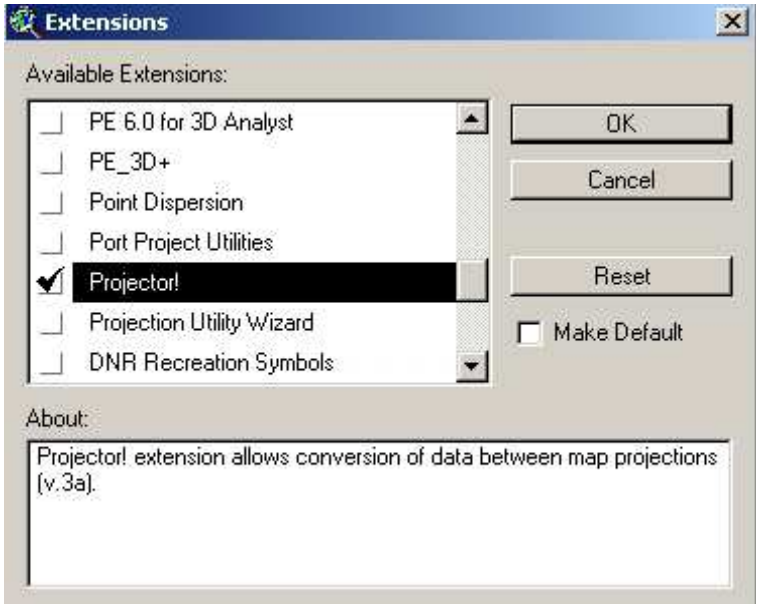


Étapes à suivre :

1. Dans les propriétés de la vue, vous devez indiquer au système les unités de votre carte. Dans ce cas ci, les données sont en degrés décimaux. C'est le système de coordonnées géographique. Le bouton de projection situé dans cette boite de dialogue permet de visualiser ces données dans différentes projections cartographiques mais aucune nouvelle série de données ne peut être générée lors de ces projections. Vos données doivent être obligatoirement en coordonnées géographiques (degrés démaux) pour utiliser cette fonction.

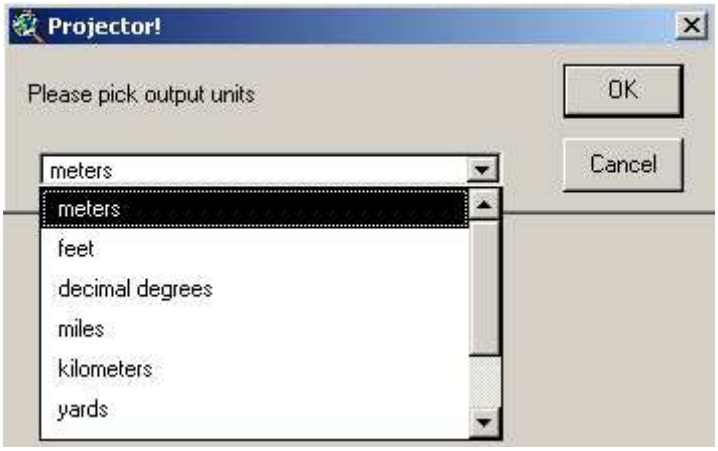
2. Par défaut, ArcVew n'a pas l'outil de projection. Il faut charger une extension au système pour ajouter cette fonctionnalité. Allez dans le menu « File », « Extensions…» et choisir « Projector ». Cliquer sur « OK ». Si elle n'est pas dans la liste, allez dans l'Explorateur de Windows dans le répertoire « ESRI\AV)GIS30\ARCVIEW\SAMPLES\EXT » et copier tous les fichiers *.avx dans le répertoire « ESRI\AV)GIS30\ARCVIEW\EXT32 ». Retourner dans ArcView, File, Extension et « Projector » sera maintenant disponible.



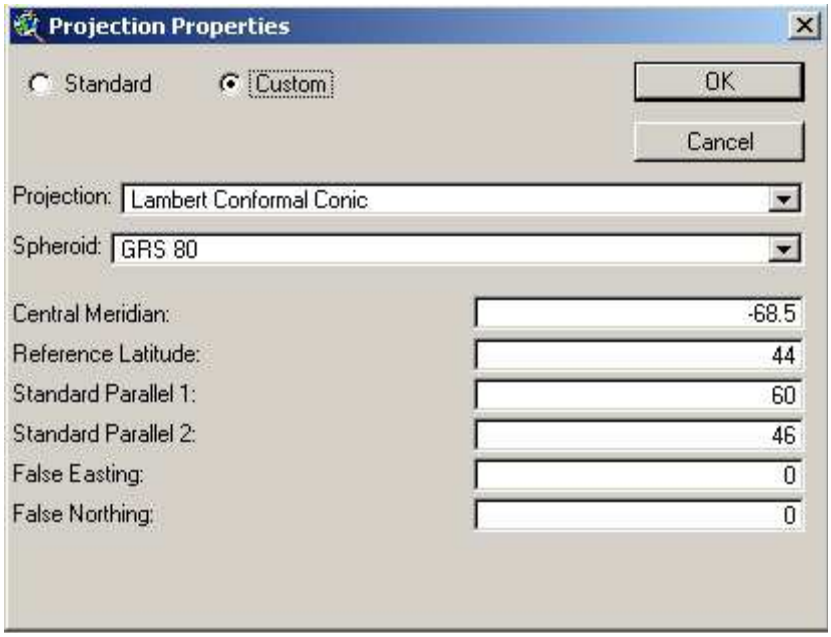


3. Un nouveau bouton s'est rajouté à droite de la barre d'outils. Cliquer sur ce bouton pour démarrer la conversion des données.

4. Inscrire dans quel type d'unités vous voulez convertir vos données.

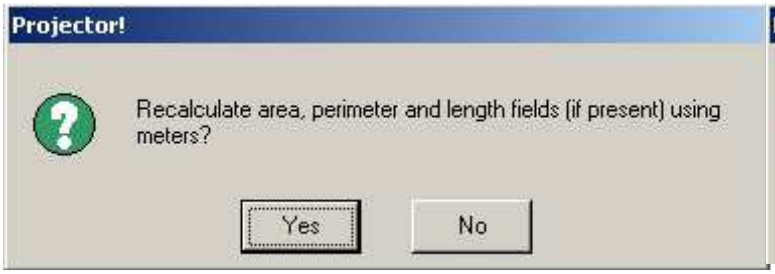


5. Dans la boîte de dialogue suivante, vous devez entrer tous les paramètres de la projection désirée. Dans le cas de la projection conique de Lambert datum NAD83, voici les paramètres à utiliser : Cliquez sur « Custom ». Dans « Projection », choisir « Lambert Conformal Conic ». Dans « Spheroid », choisir GRS80 (NAD83). Les autres paramètres (ceux de la figure de droite) doivent être entrés manuellement. Cliquer sur « OK »

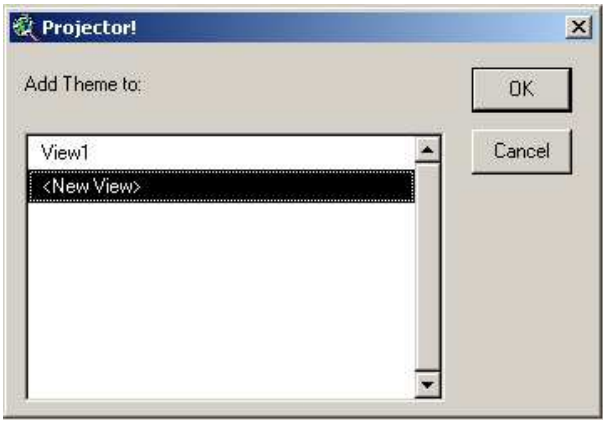


6. Le système vous demandera ensuite si vous voulez refaire les calculs des champs de superficie, de périmètre, et de longueur en utilisant les unités choisies. Cliquer sur « Yes ».

7. Cliquer sur « Yes » si vous voulez tout de suite ajouter ces données projetées à une vue.



8. Choisir dans quelle vue vous voulez voir ces données. Il est important de choisir une vue différente pour les données projetées. Vous ne pourrez pas voir dans la même vue des données en système de coordonnées géographiques et en projection conique.



9. Donnez un nom au nouveau « shapefile » qui sera créé avec les données projetées.

10. Vous avez maintenant 2 jeux de données distincts du même territoire dans deux projections différentes.

B. Créer dans le shapefile un champ Hauteur

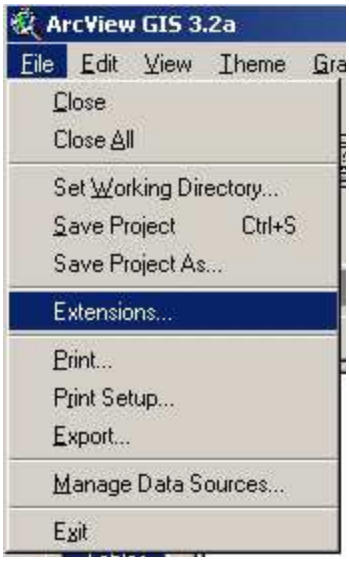
Avec ArcGis 8.* :

Ouvrir le shapefile avec ArcGis 8.*
Ouvrir la table attributaire, cliquer sur « option » puis cliquer sur « Ajouter un champ… ». Une nouvelle fenêtre à renseigner apparaît.

Nom : Hauteur
Type : Entier court
Longueur : Dépend de la hauteur des bâtiments représentés.
EX : taper 2 pour 26m et taper 3 pour126m

Cliquer sur « OK ».
Ensuite il faut ouvrir une session de mise à jour et renseigner le champ pour chaque bâtiment.

C. Créer un fichier KML



Avec ArcGis 3.2 :

Pour pouvoir utiliser l'extension shape to KML il faut tout d'abord la charger. Aller dans le menu « Fichier », « Extensions…» et choisir « Shape to KML ». Cliquer sur « OK ». Si elle n'est pas dans la liste, allez dans l'Explorateur de Windows dans le répertoire « ESRI\AV)GIS30\ARCVIEW\SAMPLES\EXT » et copier tous les fichiers *.avx dans le répertoire « ESRI\AV)GIS30\ARCVIEW\EXT32 ». Retourner dans ArcView, Fichier, Extension et « shape to KML » sera maintenant disponible.

Deux boutons se sont rajoutés à droite de la barre d'outils.
Cliquer sur celui qui s'appelle **« Préférences »** (logo=fichier tenu dans une main) : une nouvelle fenêtre à renseigner apparaît.

☐ Open Google Earth ⟶ A cocher si on veut que Google Earth s'ouvre automatiquement.

Scale (lat/lon) : **6**

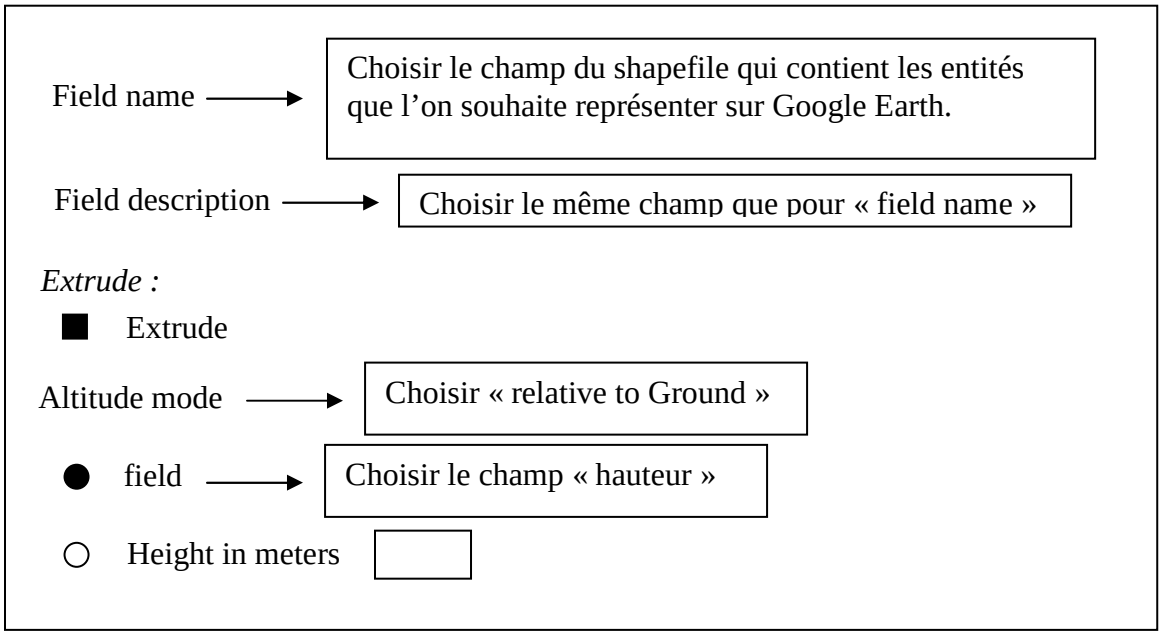
☐ Open foler

Projection

	Inpout		Output	
IC :	**27582**		OC :	**4326**
	→ *Code* : PE_PCS_NTF_FRANCE_II		→ *Code* : WGS 1984	
IG :	**8093**		IG :	
	→ *Code*: PE_GT_NTF_TO_WGS_1984			

Cliquer sur « OK ».

Cliquer maintenant sur le deuxième bouton qui s'appelle **« shape to KML »** (logo=Google Earth) : une nouvelle fenêtre à renseigner apparaît.



Pour terminer, cliquer sur « OK » et enregistrer le document qui est maintenant sous format KML et directement compatible avec Google Earth.

Si Google Earth ne s'ouvre pas automatiquement, ouvrir Google Earth, cliquer sur « fichier », « ouvrir… » et aller chercher le fichier KML fraîchement créé.