



## MEMOIRE

Contribution au développement d'un jeu de rôle,  
basé sur un modèle de Simulation Multi-Agents,  
appliqué à la gestion des roselières  
et à la conservation du Butor étoilé (*Botaurus stellaris*).



Présenté par : **GIGOT Guillaume**

Spécialisation : **Agronomie et Environnement (AGER)**

Pour l'obtention du **Diplôme d'Ingénieur Agronome de l'INA-PG**

Maître de stage: **Christophe LE PAGE (CIRAD)**

Enseignant - Responsable: **Stéphane de TOURDONNET**

Soutenu le: **25 Septembre 2002**

## Merci ...

beaucoup à *Christophe Le Page* de m'avoir accueilli dans cette équipe sympathique et de m'avoir sensibilisé "en douceur" à la programmation en "Petit Parlé",

à *Raphaël Mathevet* qui m'a ouvert les portes de la Tour du Valat et par la même occasion une mine de connaissances sur les zones humides méditerranéennes,

à *Michel Etienne* - alias "Michael Stevens" - merci de diffuser autant d'énergie et de motivation autour de soi ! Je ne pourrai jamais oublier toutes ces discussions animées et chaleureuses,

à *Peter Bommel* d'avoir été si présent, et d'avoir toujours répondu avec le sourire à mes détresses informatiques,

à *Martine Antona* pour sa gentillesse, son écoute et ses remarques pertinentes,

à *Cédric* d'être suisse, sympathique, enjoué et d'apprécier autant que moi France-Inter,

à *Fred* d'être revenu du Canada,

à *Béa R.*, *Jean-Pierre M.*, *Sophie P.*, ...

## PLAN

	Pages
AVANT PROPOS.	5
<u>I. Introduction.</u>	6
a- La problématique de la gestion des zones humides.	6
b- Le contexte et le programme LIFE Nature Butor étoilé.	8
<u>II. Des outils de modélisation pour la gestion des ressources naturelles.</u>	10
a- Des Systèmes Multi-Agents aux Jeux de rôle.	10
b- La plate-forme CORMAS.	13
<u>III. Descriptif du modèle/jeu de rôle "ButorStar".</u>	15
a- Rappel des principaux objectifs du projet.	16
b- Le choix de l'environnement de jeu.	17
c- Présentation du modèle.	18
1. <i>Le territoire de jeu.</i>	19
2. <i>L'occupation du sol.</i>	20
3. <i>Le point de vue "Altitude".</i>	22
4. <i>La météo.</i>	23
5. <i>Le point de vue "Niveaux d'Eau" .</i>	23
6. <i>La dynamique du territoire.</i>	24
d- Les règles du jeu de rôle.	26
1. <i>Le point de vue "Foncier".</i>	27
2. <i>Le point de vue "Enclos".</i>	28

e) Le déroulement du jeu.	29
1. <i>Les rôles.</i>	29
2. <i>Les actions possibles.</i>	30
3. <i>La gestion de l'eau.</i>	31
4. <i>Les interfaces et les tableaux de bords.</i>	33
5. <i>Les indicateurs.</i>	35
6. <i>Le déroulement d'une partie.</i>	36
7. <i>"Eau" et "espace", des ressources conflictuelles.</i>	38
<u>IV. La démarche de conception.</u>	40
<u>V. Les perspectives.</u>	47
<u>VI. Conclusion.</u>	49
BIBLIOGRAPHIE.	51
ANNEXES.	53

## **Avant propos**

Ce travail correspond à un stage d'une durée de six mois – de Mars à Septembre 2002 - qui complète la formation spécialisée en "Agronomie et Environnement" de l'Institut National Agronomique de Paris - Grignon (INA-PG). Il s'agit d'un stage de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur délivré par l'INA-PG.

La principale structure d'accueil fut le CIRAD de Montpellier (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement), au sein de l'équipe TERA (Territoires, Environnement et Acteurs) et plus précisément le programme ERE (Espaces et Ressources).

Ce travail fut principalement co-encadré par Christophe Le Page, chargé de recherche au CIRAD-TERA, et par Raphaël Mathevet, chargé de recherche à la Station Biologique de la Tour du Valat. Organisme privé de recherche, la Tour du Valat a la forme juridique d'une fondation à but non lucratif, la Fondation Sansouire, reconnue d'utilité publique depuis 1978. La station est située au cœur de la Camargue, au sud de la ville d'Arles, et ses principaux axes d'activités concernent la recherche en écologie et la gestion des zones humides méditerranéennes.

Le projet concerne la problématique de sensibilisation et d'aide à la gestion des zones humides et des sites potentiellement propices au Butor étoilé en France. Il s'agit plus exactement de concevoir un "jeu de rôle" basé sur un modèle informatique, destiné à sensibiliser un large public aux interdépendances hydrauliques, spatiales et fonctionnelles imposées par ce type d'écosystème. Ce jeu prend sa place au sein du module pédagogique du programme Européen LIFE Nature Butor étoilé, dont la mise en oeuvre a été confiée à l'association des Amis du Marais du Vigueirat, sous la responsabilité de Sophie Proréol, spécialiste en éducation à l'environnement. Associé au CIRAD et à la Tour du Valat, Michel Etienne, chercheur à l'unité Eco développement de l'INRA d'Avignon, a également beaucoup contribué à ce projet en nous faisant profiter de sa riche expérience relative au couplage de modèles multi-agents et de jeux de rôle.

---

## I. Introduction.

### **a- La problématique de la gestion des zones humides.**

*De la complexité d'une diversité d'acteurs et d'un multi-usage de ressources naturelles communes.*

Les zones humides<sup>1</sup> figurent parmi les milieux les plus productifs du monde. Elles abritent une grande biodiversité et, en tant que zones de régulation des flux d'eau, elles constituent un élément essentiel de la gestion des bassins versants. Elles assurent de nombreuses fonctions pour l'homme et son environnement (Skinner et Zalewski, 1996). Il existe en France vastes zones humides à forte valeur patrimoniale, comme la Brière aux portes de la Bretagne ou la Camargue dans le sud du pays.

Les zones humides contribuent notamment à la production d'une eau de qualité, et elles ont toujours constitué un potentiel d'exploitation très diversifié qui dépend de la gestion et de la conservation de ressources naturelles : poissons, crustacés, coquillages, gibier d'eau, sel, roseaux, pâturages pour le bétail, etc. Elles offrent ainsi aux populations des ressources capitales qui pourraient être gérées dans la perspective d'un développement raisonné et durable. Il s'agit pourtant d'un type d'écosystème menacé, victime en particulier de la complexité de l'usage des richesses de cet environnement (Skinner et Zalewski, 1996). Essentiellement dépendants de la gestion de l'eau, ces territoires sont les centres d'activités d'une diversité d'acteurs (chasse, pêche, cultures, exploitation du roseau ...), qui agissent sur un ensemble de ressources communes. Ce "multi-usage" des ressources naturelles aboutit souvent à une situation complexe, pouvant devenir particulièrement problématique.

Au sein des zones humides, *« chaque activité est à même d'exiger une gestion spécifique du milieu souvent pas ou peu compatible avec les autres. La gestion de l'eau apparaît comme un enjeu commun et conflictuel entre les différents acteurs. Espaces fortement anthropisés, les milieux aquatiques ne sont plus seulement régis par les processus écologiques et hydrologiques, mais également par un réseau complexe de relations entre les communautés humaines et les institutions »* (Mathevet, 2000, p.10). L'analyse de cette situation requiert une bonne connaissance des relations entre l'espace, l'eau et la société. Les enjeux du devenir des zones humides ne se réduisent pas à la gestion des espaces naturels ou à la qualité de l'eau, ils dépendent également des rapports que l'homme entretient avec son territoire et les ressources naturelles dont il assure la gestion ((Bousquet, 1994 ; Mathevet, 2000). Il s'agit de prendre conscience des problèmes d'accès aux ressources, ainsi que des modes d'appropriation et des processus de décision qui ont lieu sur tout espace géographique dépendant de l'usage appliqué par un groupe social.

---

<sup>1</sup> D'après l'UICN, les zones humides sont considérées comme « toutes zones de marais, marécages, tourbières ou eaux libres, qu'elles soient naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, que l'eau soit stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, incluant les zones d'eaux marines, littorales dont la profondeur ne dépasse pas six mètres à marée basse ».

L'eau apparaît donc comme une ressource centrale dans le multi-usage des zones humides, et tout un écosystème y est très étroitement associé. Par exemple, les roselières - groupement végétal dominé par le roseau (*Phragmites sp.*) - sont des éléments importants du paysage des milieux humides : elles hébergent une faune variée, elles remplissent des rôles particuliers dans l'écosystème et plusieurs activités économiques ou de loisirs en dépendent. Une roselière joue le rôle d'écotone autour d'un marais ou d'un étang, un système intermédiaire entre le milieu terrestre et le milieu aquatique. Ce type d'interface a une fonction de filtre (nutriments, polluants) et protège les berges. Beaucoup d'espèces d'insectes et d'oiseaux dépendent de cet environnement pour tout ou partie de leur cycle biologique (Sinnassamy & Mauchamp, 2000). De plus, il existe divers usages socio-économiques du roseau et de la roselière (coupe, pâturage, etc.) qui peuvent être compatibles avec la conservation des zones humides (Mathevet, 2000).

Les roselières constituent donc un habitat essentiel pour la conservation de nombreuses espèces animales menacées et sont soumises à de fortes pressions anthropiques directes - comme l'exploitation du roseau, le pâturage, la gestion des niveaux d'eau, etc. - ou bien à des pressions anthropiques indirectes, conséquences de l'agriculture et de la gestion de l'eau sur le bassin versant (Poulin, B. sous presse). De ce fait, les peuplements d'oiseaux se reproduisant dans les zones humides, et particulièrement inféodés aux roselières, constituent un enjeu patrimonial capital. C'est le cas des hérons pourprés (*Ardea purpurea*) et des butors étoilés (*Botaurus stellaris*), deux espèces sensibles aux actions, aux calendriers de gestion et aux niveaux d'eau appliqués dans les roselières qu'ils utilisent comme sites de reproduction, de nidification et d'alimentation (Sinnassamy & Mauchamp, 2000 – p. 64-65). On peut alors se demander si l'installation de certaines espèces d'oiseaux peut être encouragée par un type de gestion de la roselière (Barbraud & Mathevet, 2000). Dans ce cadre, l'intensité de la coupe et les niveaux d'eau sont les paramètres de gestion les plus importants (les exigences du butor vis à vis de cette végétation sont décrites dans la fiche de synthèse n°1, page 61).

L'importance écologique de ces milieux et le multi-usage de ces ressources naturelles communes n'est pas forcément claire et perceptible par tous. Du fait d'une compréhension partielle de ce système ou d'un manque de communication entre acteurs locaux, des situations problématiques peuvent apparaître. La gestion commune de ces ressources naturelles nécessite encore une démarche d'étude approfondie. Des recherches doivent encore être menées sur cette complexité des usages et de la dynamique d'évolution, selon des processus écologiques et des pressions socio-économiques. Un gros travail reste également à faire sur la perception de ces territoires, par les acteurs locaux eux-mêmes mais aussi par le reste de la population, qui connaît de plus en plus ces écosystèmes par le développement des loisirs associés à la nature. Des démarches sont actuellement mises en place avec des objectifs de protection et de conservation de ces écosystèmes, mais également dans des perspectives de développement de méthodes pédagogiques associées à une dynamique sensibilisation à ces problématiques.

## b- Contexte et le programme LIFE Nature Butor étoilé.

L' Instrument Financier pour l'Environnement (LIFE) est le seul outil financier de l'Union Européenne entièrement dédié à la protection de l'environnement. Il se compose de trois grandes parties : LIFE Nature, LIFE Environnement et LIFE Pays Tiers. Le programme LIFE Nature, instauré en 1992, est spécialement conçu pour soutenir l'application des Directives européennes "Oiseaux sauvages" de 1979 et "Habitats, Faune, Flore" de 1992, qui doivent déboucher sur la mise en place du réseau Natura 2000. Les projets soutenus par le programme LIFE Nature sont financés à 50% par la Direction Générale de l'Environnement de l'Union Européenne, et 50% par des fonds nationaux (Etat, collectivités locales, fonds privés, autres...).

En France, le programme LIFE Nature a financé depuis 1992 plus de 45 projets de conservation de la nature. Il a notamment contribué à la mise en place de moyens de conservation du Grand Tétrás dans les forêts du Jura et à la protection des habitats de l'Aigle de Bonelli dans le sud de la France. Il existe même un programme expérimental de conservation de l'Outarde canepetière et de la faune associée en France, qui constitue l'un des premiers projets LIFE Nature visant à protéger un oiseau menacé dans des espaces d'agriculture intensive.

La Station Biologique de la Tour du Valat participe au programme européen LIFE Nature concernant la restauration et la gestion des habitats du **Butor étoilé** en France (cf. Fiche de synthèse n°1, page 61). Il intéresse sept sites naturels. Ce programme a débuté en septembre 2001 et s'échelonne sur quatre années. Il devrait être terminé début 2005 et concerne deux sites dans le complexe deltaïque du Rhône, l'écocomplexe Charnier-Scamandre en Petite Camargue gardoise et le site des marais du Vigueirat en Camargue orientale. Ce dernier est un espace naturel protégé du Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres. Dans ce cadre, la Station Biologique de la Tour du Valat - est chargée de la mise en place d'un plan de recherche précis sur l'écologie du Butor étoilé, ainsi que du développement d'une cartographie des usages (à l'aide d'un SIG), et du suivi de l'exploitation mécanique du roseau dont l'usage principal est la couverture des toitures en chaume (Mathevet, sous presse).

Il existe également un module pédagogique au sein du LIFE Butor. C'est un module transversal qui concerne l'ensemble des sept sites participants à ce programme. Il comprend le développement de méthodes de sensibilisation et d'éducation en environnement, comprenant la mise en place d'un jeu de rôle appliqué à *la gestion des roselières en tant qu'habitats propices à l'installation du butor étoilé* (cf. Fiche de synthèse n°2, page 63).

Le jeu de rôle à mettre au point doit être simple et générique afin de pouvoir être proposé à un large public, aussi bien des lycéens que des acteurs socioéconomiques usagers de zones humides (chasseurs, éleveurs, agriculteurs, pêcheurs, etc.), ou encore des gestionnaires de réserves naturelles. Une des finalités serait d'obtenir un outil adaptable à différents types de zones humides et pouvant servir à la sensibilisation aux problèmes de gestion des ressources naturelles comme à l'aide aux processus de négociation.

Le jeu de rôle doit permettre de rendre facilement accessible la modélisation des interactions des acteurs, de partager rapidement une représentation de la dynamique écologique et des processus de gestion des niveaux d'eau, et finalement de laisser libre cours à l'imagination des joueurs pour mettre au point une stratégie de négociation et d'action concertée.

Ce projet a pour but la conception d'un jeu de rôle, associé à un modèle informatique, qui est appliqué à la gestion des roselères propices au butor étoilé : **ButorStar**. Ce jeu doit permettre de décrire un territoire par le biais d'un automate cellulaire<sup>2</sup> (une grille spatiale évolutive) capable de simuler la dynamique de la végétation ou de l'occupation du sol, en fonction de la gestion appliquée sur le milieu. L'intervention de l'homme est représentée par les décisions des joueurs sur les entités modélisées qu'ils ont l'habitude de piloter, s'ils sont agriculteur, chasseur, ou tout autre acteur en zone humide. Cette dynamique dépend des négociations menées par les joueurs au fur et à mesure que le territoire change tout au long d'une partie.

A terme, le jeu de rôle doit être complet et directement utilisable par les usagers grâce à une interface informatique accessible.

Il s'agit en fait d'un travail collectif de simplification d'une réalité complexe qui a permis d'élaborer un modèle fonctionnel sur lequel se superposent une dynamique d'évolution d'un milieu et les interfaces d'un jeu à but pédagogique. Mon travail personnel a consisté à centraliser et à associer les contributions de chacune des personnes participant à ce projet. Plus particulièrement, j'ai assisté Ch. Le Page sur la partie technique de programmation du modèle, tout en collaborant avec R. Mathevet sur la validation et la conception de la dynamique d'évolution du milieu, la définition des indicateurs biologiques et des systèmes de fonctionnement des différentes actions des joueurs (coûts, gains, type de pression, valeurs seuil d'exploitation, etc.). Michel Etienne a participé à toutes les étapes de conception, et il a en particulier contribué à simplifier le jeu dans le but de le rendre compréhensible et ludique.

Dans ce qui suit, je vais brièvement présenter les techniques développées pour aborder ce type de problématique de gestion des ressources naturelles, mais je décrirai surtout la démarche de conception et exposerai l'état d'avancement du modèle et du jeu de rôle ButorStar.

---

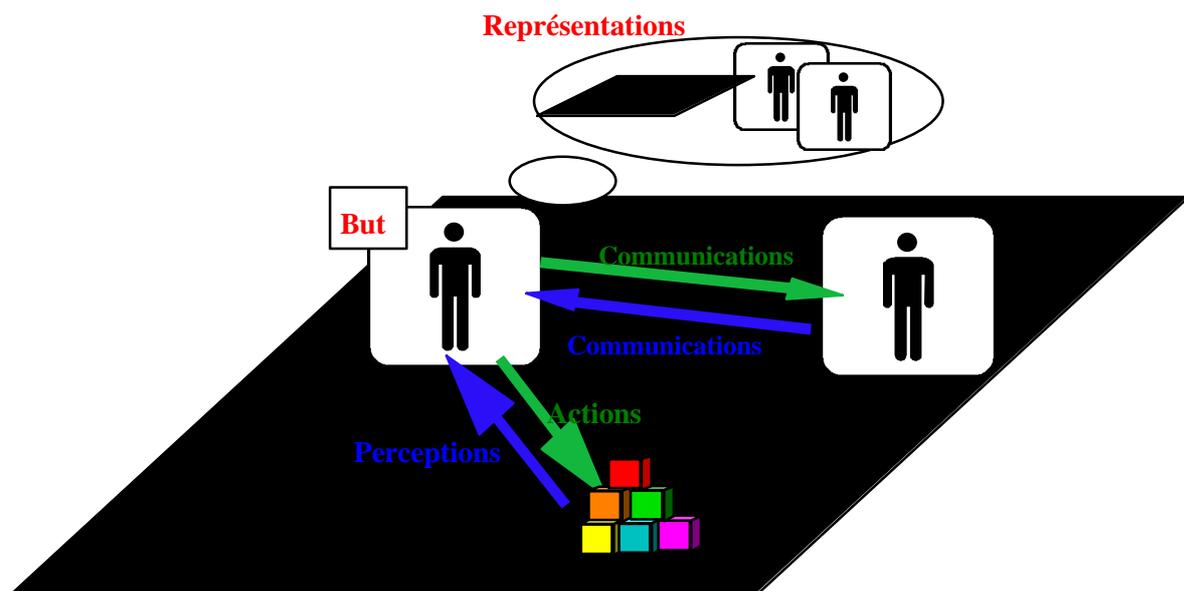
<sup>2</sup> Un automate cellulaire est un ensemble de cellules contiguës évoluant selon des fonctions de transition qui déterminent l'état à venir de chaque cellule en fonction de son état actuel et de celui des cellules voisines (Wolfram, 1986).

## II. Des outils de modélisation pour la gestion des ressources naturelles.

### **a- Des Systèmes Multi-Agent aux Jeux de rôle.**

Ce projet fait appel aux concepts de simulation de sociétés en interaction avec leur environnement. Dans les sciences de l'environnement, il existe une grande diversité de techniques de modélisation, appliquées dans la simulation des dynamiques évolutives des écosystèmes. Parmi les familles de modèles, les "Systèmes Multi-Agents" (SMA) occupent une place croissante. Ces modèles sont utilisés pour renforcer les connaissances scientifiques sur des processus écologiques et sociaux.

Un Système Multi-Agents est un système composé d'un espace et d'un ensemble d'objets situé dans cet espace, parmi lesquels les agents<sup>3</sup> sont actifs; il met en place (1) un ensemble de relations entre les objets, (2) un ensemble d'opérations par lesquelles les agents traitent les objets et (3) des opérateurs chargés de l'application de ces opérations et de l'évolution du système (Ferber, 1995, figure n°1). Les SMA permettent de créer des sociétés virtuelles pour simuler comment elles influencent le milieu dans lequel elles évoluent (sur l'état de ressources naturelles par exemple).

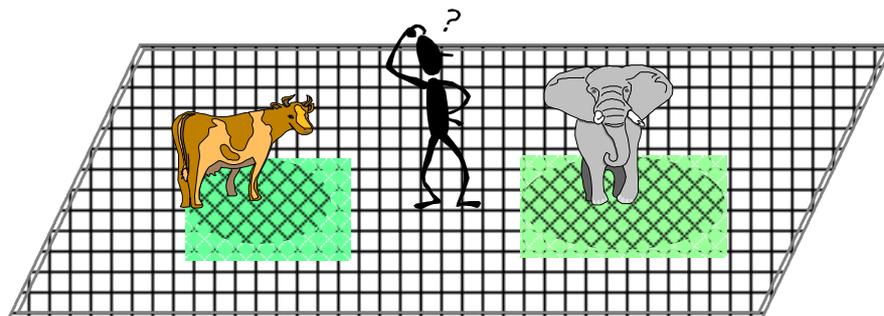


**Figure n°1. Représentation schématique d'un Système Multi-Agent (d'après Ferber, 1995)**

<sup>3</sup> C'est à dire des entités autonomes du monde artificiel créé par informatique (Ferber, 1995).

Il s'agit donc de construire des représentations informatiques de dynamiques rencontrées dans la réalité, et en particulier les interactions entre dynamiques écologiques et dynamiques sociales. Les SMA correspondent à un ensemble de processus informatiques qui se déroulent en même temps, et qui mettent en scène des agents, considérés comme autonomes puisqu'ils sont capables de s'adapter à un environnement qui change (Bousquet et al., 1999). Les agents sont amenés à évoluer, à partager des ressources communes et à communiquer entre eux. Selon les objectifs, un agent peut être une représentation d'un agent économique, d'un acteur d'un milieu, d'un groupe d'acteur, d'un animal, de l'ensemble d'une ressource, ou de protocole en vue de la résolution d'un problème (Barreteau, 1998, p. 70). Les SMA peuvent donc donner lieu à la formalisation informatique de la coordination entre des agents d'un système, grâce à une diversité de caractéristiques de contrôle, telles que les relations de hiérarchie, la synchronisation d'actions, la communication entre agents et la syntaxe des messages.

La figure n°2 présente les principaux éléments d'un SMA, voué à modéliser la gestion de ressources naturelles par des agents au sein d'un environnement donné. Il s'agit de construire une **grille spatiale** constituée d'entités (cellules) pouvant être porteuses de ressources naturelles évoluant dynamiquement. Cette grille est aussi un support topologique, sur lequel on place différents **agents**, utilisant ou gérant les ressources portées par l'environnement. Ces agents peuvent avoir des relations de voisinage particulières, dans les sens où un agent situé sur une cellule peut connaître ses voisins et avoir des interactions avec eux. En fait, il s'agit d'un support dynamique qui permet de simuler une gestion des ressources naturelles par des agents au niveau cellulaire. On peut alors facilement mettre en interaction une dynamique écologique et une dynamique socio-économique.



**Figure n°2. Représentation d'une grille spatiale support de ressources naturelles, modélisables par un SMA.**

Avec la création d'un monde artificiel, on définit une représentation qui peut être partagée par tous, sur laquelle on peut simuler différents scénarios. Le processus de décision est dans ce cas considéré comme un ensemble d'interactions entre des acteurs ayant des poids et des représentations différentes (Bousquet *et al.*, 2002). Ainsi, avec cette vision commune d'un système environnement / société les SMA s'avèrent des outils puissants pour les études sur la décision collective. Ceci ne correspond pas à des techniques de modélisation de prédiction, mais plutôt d'accompagnement, dans le cadre général d'aide à la décision collective. Cette réflexion fait référence à la "démarche patrimoniale", selon laquelle le très long terme n'est pas prévisible dans le champ économique et social, même s'il est partiellement décidable (Ollagnon, 1989). Cette imprévisibilité fait obstacle à la démarche de prédiction, et sous-entend une approche différente de la modélisation qui accompagnerait alors le processus social de décision au lieu de lui suggérer des objectifs à atteindre. Dans cette perspective, il s'agit de favoriser la médiation entre acteurs<sup>4</sup> d'un milieu, par une prise de conscience des multiples perceptions d'un territoire et des divers objectifs qui doivent être discutés pour la gestion des ressources naturelles. Grâce à ces techniques de modélisation, des scénarios peuvent être imaginés, simulés puis discutés, afin de permettre aux acteurs de décider des tendances d'évolution à favoriser. Dans cette réflexion, il est nécessaire de tenir compte de l'hétérogénéité de l'espace, tant au niveau de sa composition que de sa structuration. De plus, différents niveaux de perception de cet espace sont possibles. C'est donc l'articulation des différents niveaux hiérarchiques entre société et espace qu'il s'agit de caractériser. L'espace peut jouer un rôle médiateur, dans le sens où l'on peut construire un raisonnement cohérent entre un espace produit par une société et un espace contraignant les individus.

Comme l'explique d'Aquino *et al.* (2000) une façon de procéder est de mettre en relation l'approche patrimoniale et la situation expérimentale par le jeu de rôle. Certains jeux ont déjà été exploités dans des processus de négociation en aménagement du territoire et ils peuvent faciliter la communication au sein d'un système complexe (Mermet, 1992, Barreteau, 1998). Etienne est parvenu à de très bons résultats avec le modèle et jeu de rôle Méjan, qui met en scène des éleveurs, des forestiers et des gestionnaires du Parc National des Cévennes (Bousquet *et al.*, 2002). Le modèle permet de simuler des scénarios d'enrésinement progressif d'un écosystème naturel à forte valeur patrimoniale, le Causse Méjan dans les Cévennes. Plusieurs agriculteurs participent désormais à cette opération, et ils parviennent actuellement à mettre en œuvre une réflexion collective, avec le Parc National, pour faire face à un problème d'enrésinement des pâturages. Le processus de sensibilisation des différents acteurs, basé sur la combinaison d'un modèle multi-agent autonome et d'un jeu de rôle utilisant une version simplifiée du SMA, a abouti à la signature de plans locaux d'aménagement concerté (PLAC) par différents groupes d'agriculteurs.

---

<sup>4</sup> Les acteurs sont « ceux qui agissent » sur le territoire, acteurs locaux, acteurs économiques, acteurs socio-économiques, acteurs socio-professionnels, acteurs de terrain, tout acteur (quel que soit son statut, sa fonction) dispose d'une personnalité qui structure ses expériences individuelles et d'une compétence territoriale (politique, juridique, géographique, sociale et culturelle). L'acteur agit dans un cadre spatial et temporel au sein d'un système d'action évolutif qui permet de construire des décisions et de transformer collectivement les objets spatiaux. L'acteur négocie continuellement sa place par des jeux de pouvoir et provoque des interactions (Mathevet *et al.* ButorStar in prep).

Ce type d'application souligne tout l'intérêt de la gestion des dynamiques spatiales grâce aux SMA, qui permettent de définir et de représenter explicitement des agents en évolution et en interaction sur un territoire. Dans cette optique, la technique de modélisation par Systèmes Multi-Agents s'applique particulièrement bien pour aborder le contexte socio-économique et écologique du multi-usage des zones humides. Toute une diversité d'acteurs (agriculteur, chasseur, exploitant de roseau ...) et de ressources naturelles (eau, populations d'oiseaux ...) pourront correspondre à des agents d'un modèle simulant la dynamique d'évolution de l'occupation du sol (roselière, prairie humide, forêt, étang ...).

### **b- La plate-forme CORMAS.**

Au sein du programme Espaces et Ressources, une équipe du CIRAD TERA développe un environnement de définition de systèmes multi-agents dédié à la gestion des ressources naturelles : CORMAS (Le Page, 2001).

CORMAS ( *Common-pool Resources and Multi-Agents Systems* ) est une plate-forme de programmation qui permet de définir le support spatial des agents à partir d'entités spatiales génériques et hiérarchisées. Si ces entités comportent des ressources, des protocoles prédéfinis permettront d'en gérer la dynamique d'allocation, selon les actions et les demandes des agents du système modélisé, qui correspondent aux usagers de ces ressources. Des modèles construits à partir de CORMAS permettent ainsi de simuler des usages multiples et concurrentiels d'une même ressource naturelle.

#### *Les atouts de CORMAS<sup>5</sup> :*

- Simplicité, grâce à une interface utilisateur de construction de modèle, à base d'outils et de raccourcis prédéfinis et accessibles (cf. Fiche n°3, page 64).
- Souplesse et adaptabilité, grâce à un environnement de programmation en langage orienté objet Smalltalk : VisualWorks. Cincom, la compagnie commercialisant ce produit, autorise le téléchargement d'une version gratuite à des fins d'éducation et de recherche.

#### *Les étapes de construction d'un modèle avec CORMAS.*

Il faut d'abord définir les entités qui vont constituer le modèle. Elles vont en définir la structure, représenteront les différents agents, ressources et autres éléments du système modélisé. Il s'agit d'entités informatiques caractérisées par un état interne, capables de faire évoluer cet état en activant des méthodes et pouvant communiquer par l'envoi de messages (il s'agit donc d'*agents*, au sens décrit précédemment).

La seconde étape concerne la définition d'un contrôle et d'un ordonnancement des activités de ces entités. En fait, lors d'une simulation classique sous CORMAS, il existe une méthode de contrôle globale, automatiquement exécutée à chaque pas de temps. Ce dernier correspond à la plus petite unité de temps durant laquelle toutes les

---

<sup>5</sup> On peut également télécharger CORMAS depuis son site Internet (<http://CORMAS.cirad.fr>).

entités sont susceptibles d'évoluer. Cette méthode globale revient à décrire un ordre hiérarchique d'exécution de toutes les méthodes d'évolution de chacune des entités du modèle au cours d'un pas temps.

Enfin, la dernière étape consiste à définir les "points de vue" sur les entités qui permettront d'observer le déroulement et les résultats des simulations. On peut ainsi obtenir l'affichage d'une grille spatiale colorée, d'un ensemble de graphiques ou bien d'une représentation des envois de messages entre agents.

Comme nous l'avons déjà dit, l'objectif principal d'un tel outil n'est pas de concevoir des modèles de prédiction précis et complexes, mais d'orienter les utilisateurs vers une nouvelle façon de concevoir leur modèle, dans l'optique d'une nouvelle perception d'un socio-système et d'un écosystème associé. Cette démarche peut constituer ainsi un mode d'accompagnement à la décision collective.

### III. Descriptif du modèle / jeu de rôle "ButorStar".

La conception de ButorStar<sup>6</sup> est essentiellement basée sur l'articulation entre le *modèle* sous-jacent – fondé sur la représentativité et la dynamique du milieu - et le *jeu* - imposant des contraintes de manipulation. Une originalité du projet est d'utiliser une plate-forme de développement de modèles biologiques et socio-économiques pour servir de support à un jeu de rôle.

Dans ce rapport, je ne m'attarderai pas sur la structure et les modes de programmation du modèle, qui relève surtout de la discipline de l'informatique (la fiche n° 4, page 65, contient quelques diagrammes UML qui présentent la structure et la dynamique générale du modèle). Je présenterai plutôt quelques aspects conceptuels du modèle et les caractéristiques du jeu. La démarche de conception dépend complètement des allers-retours multiples entre la mise en place de la structure du modèle et la construction du déroulement du jeu.

Il est impératif de concevoir un modèle globalement réaliste et représentatif du milieu. Il s'agit de modéliser certains mécanismes des dynamiques paysagères qui sont dépendantes des activités humaines. Un minimum de représentativité est nécessaire si l'on attend qu'une séance de jeu devienne enrichissante, dans le sens où l'on veut exploiter l'analyse des comportements des joueurs ou des stratégies développées, ou encore étudier les résultats des simulations en fin de partie pour enrichir nos connaissances sur la perception et la gestion des milieux humides. Le processus de modélisation et de simplification doit de ce fait, tenir compte d'un minimum de réalisme, indispensable dans la composition de l'espace virtuel comme dans sa dynamique d'évolution.

La notion de jeu sous-entend de créer des règles et un environnement pour cadrer le déroulement des parties, il s'agit d'un *système de jeu* fonctionnel. Ceci impose de répondre à certaines exigences qui comprennent surtout une accessibilité et une appropriation du système de jeu relativement simples. La manipulation des interfaces doit être facilitée et permettre de maintenir un certain aspect ludique. Les joueurs doivent se sentir à l'aise, pour s'imprégner des rôles proposés et pour adapter leurs comportements aux objectifs des acteurs incarnés dans le jeu tout au long d'une partie. Il est nécessaire de bien doser le contenu et le déroulement d'une partie pour la rendre attrayante et éviter toute forme d'ennui ou de détachement des joueurs, dans quel cas les objectifs pédagogiques en seraient affectés.

La particularité de cette démarche repose donc sur le fait qu'il s'agit de mener de front la construction d'un modèle et la création d'un jeu, possédant chacun des perspectives de développement et des objectifs différents, mais imposant aussi chacun des contraintes de conception spécifiques.

---

<sup>6</sup> Système Territorial d'Aide à la gestion des Roselières (intitulé provisoire).

### **a- Rappel des principaux objectifs du projet.**

Le jeu ButorStar s'adresse aux lycéens, étudiants (BTS GPN, ingénieurs, DESS), des acteurs de la gestion de milieux humides et des gestionnaires de zones naturelles protégées. Il a pour but une prise de conscience, de la part des joueurs, des interdépendances biologiques, hydrauliques et spatiales auxquelles peut être confronté un acteur sur un territoire donné. Il s'agit pour le joueur de se rendre compte des contraintes imposées par le milieu (relief et gestion de l'eau, effets de la dynamique naturelle...), mais également par le multi-usage d'une ressource naturelle qui affecte la gestion concertée de celle-ci. De plus, les processus de concertation/négociation doivent apparaître comme les étapes clés des mécanismes de prise de décision.

Ce jeu doit pouvoir atteindre plusieurs perspectives :

- avoir une finalité pédagogique auprès des classes de seconde et de première ;
- avoir une finalité pédagogique liée à une formation professionnelle (BTS, élèves ingénieurs) ;
- servir d'outil d'aide à la concertation, si certains gestionnaires de sites sont intéressés par cette démarche.

Les objectifs sont donc divers et variés, et l'enjeu d'un tel projet revient à concevoir un produit qui permette de les concilier au mieux. L'interface du jeu doit être assez générale pour permettre d'adapter le discours d'accompagnement en fonction des objectifs, et selon une complexité adaptée au public cible.

La conception du modèle écologique sous-jacent a principalement reposé sur des données acquises en milieu méditerranéen, notamment en région camarguaise, grâce au travail des chercheurs de la station biologique de la Tour du Valat. Néanmoins, des commentaires extérieurs sont venus étoffer ce modèle, par le biais de discussions avec des partenaires venant d'autres réserves naturelles en France (cf. *Personnes impliquées dans le projet*, page 50). L'enjeu principal de cette réalisation est de concevoir un jeu de rôle générique, pouvant s'adapter à une diversité de zones humides, tout en étant centré sur la gestion des roselières en tant qu'habitats du butor étoilé.

## **b- Le choix de l'environnement de jeu.**

Cette question de l'environnement de programmation est évidemment intervenue au tout début de la conception de ButorStar. Il s'agissait de trouver un environnement informatique et un langage de programmation adéquat au développement d'un jeu, mais aussi et surtout de modèles écologiques et socio-économiques pertinents. Les possibilités ont vite été restreintes aux cas connus de jeux de rôle de ce type déjà développés et aux alternatives proposées par l'équipe du CIRAD TERA qui a mis au point la plate-forme de simulation CORMAS.

Après réflexion il est apparu que le choix devait se faire entre Excel et CORMAS, deux systèmes très différents :

- Excel en langage Visual Basic, logiciel propriétaire et commercial (Microsoft);
- CORMAS dans un environnement VisualWorks (dont il existe une version non commerciale et libre d'accès), utilisant un langage orienté objet, SmallTalk.

Excel a déjà été appliqué pour la mise en place de jeux de rôle et a démontré l'intérêt de son utilisation et son efficacité avec Sylvopast (Etienne, (soumis), d'Aquino *et Al.*, 2000). C'est un jeu de rôle basé sur la gestion des impacts des aménagements sylvo-pastoraux dans le cadre de plans de prévention des incendies de forêt. Excel présente entre autre l'avantage d'être un logiciel très répandu et relativement accessible.

Le principal atout de la plate-forme CORMAS est d'être complètement voué aux simulations des dynamiques de gestion des ressources naturelles. Cela permet évidemment un travail plus ouvert et à la fois plus précis, en particulier pour manipuler les interactions entre les agents du modèle ou encore pour gérer les relations de voisinage entre les éléments (ou cellules) d'une grille spatiale. C'est une interface mieux adaptée à l'usage des processus de diffusion (voisinage cellulaire) et de gestion de blocs (agrégats<sup>7</sup> de cellules); c'est essentiel puisque dans notre cas une base de visualisation spatiale est nécessaire. L'intérêt des agrégats est de pouvoir ainsi représenter des unités de gestion *spécifiques* à chaque type d'usage de dimension (surface) *variable*. On peut ainsi définir des parcelles de cultures, des parcs de pâturage, des parcelles de roselières ... De plus, la grille spatiale nous permet d'afficher différents points de vue, comme des "couches" superposables par caractéristique du milieu ou par type d'usage. On peut ainsi distinguer les différentes dimensions d'un territoire (la végétation, les niveaux d'eau, l'altitude...) et avoir certaine perception du multi-usage grâce à cette superposition de couches.

Nous avons donc choisi de développer ButorStar sur la plate-forme de programmation CORMAS.

---

<sup>7</sup> On désigne par ce terme générique une entité spatiale composée dont les éléments constituant vérifient une contrainte de contiguïté. Cela revient à faire sur une grille spatiale des "groupes" de cellules suivant une condition précise, d'une même valeur par exemple. L'avantage est de pouvoir gérer un bloc de cellules en entier, au lieu d'appliquer une méthode ou une action sur les cellules une par une.

### **c- Présentation du modèle.**

Au sein du modèle le pas de temps choisi pour les simulations est la **saison**, c'est le niveau d'évolution de la météo dans le jeu. Néanmoins, les joueurs saisissent leurs actions et autres aménagements du territoire, au début de chaque tour de jeu, autrement dit chaque **année**, au début de l'été (tous les quatre pas de temps du modèle). Les processus de négociation et de décision se réalisent ainsi chaque année. De plus, des bilans concernant les divers indicateurs enregistrés seront disponibles à la fin de chaque tour de jeu (cf. figure en annexe, page 55).

Par ailleurs, il est indispensable de pouvoir enregistrer les parties jouées, afin d'observer les évolutions du territoire. D'un point de vue pédagogique, on pourrait se servir de scénarios prédéfinis, préenregistrés, comme exemples et supports de discussion sur des situations extrêmes de gestion et d'évolution.

Ce modèle correspond donc principalement à une représentation minimaliste mais réaliste d'un écosystème de zone humide, fortement basé la dynamique des roselières, habitats propices au butor étoilé et au héron pourpré.

Dans ce qui suit, sont présentées les principales caractéristiques statiques et dynamiques du modèle sous jacent au jeu de rôle ButorStar. Il s'agit en particulier de la représentation du relief, de la création des séries climatiques, de la représentation des niveaux d'eau, de l'occupation du sol et de la dynamique d'évolution du territoire.

### 1. Le territoire de jeu.

Il s'agit d'une grille de 400 cellules (20 sur 20), représentant un hectare chacune. La superficie totale va donc correspondre à 400 hectares.

L'espace de jeu repose sur une grille spatiale archétypique qui représente les principales caractéristiques du milieu (l'altitude, les niveaux d'eau, l'occupation du sol, l'occupation foncière, les délimitations de parcelles). Celles-ci sont représentées par autant d'"attributs". Les attributs sont des entités spatiales, qui définissent l'ensemble des caractéristiques de l'espace, ils permettent de concevoir les différents "points de vue" à partir des éléments de l'environnement que nous allons faire apparaître pour la visualisation du milieu (relief, végétation, niveaux d'eau, faune, ...). Cette grille représente un territoire de jeu archétypique puisqu'il permet, grâce au modèle sous-jacent, de rassembler les principaux éléments de la gestion des zones humides, afin de permettre d'acquérir une portée générale et un usage varié du modèle.

Le territoire de jeu ainsi défini représente un archétype de **zone humide littorale**. On y perçoit un gradient descendant (de haut en bas de la grille) suivant le relief en terrasses, où se succèdent plus ou moins des forêts, des prairies, puis des roselières, des roselières dégradées et enfin l'étang (eau libre). De plus, quelques parcelles de forêts participent à l'hétérogénéité de ce milieu.

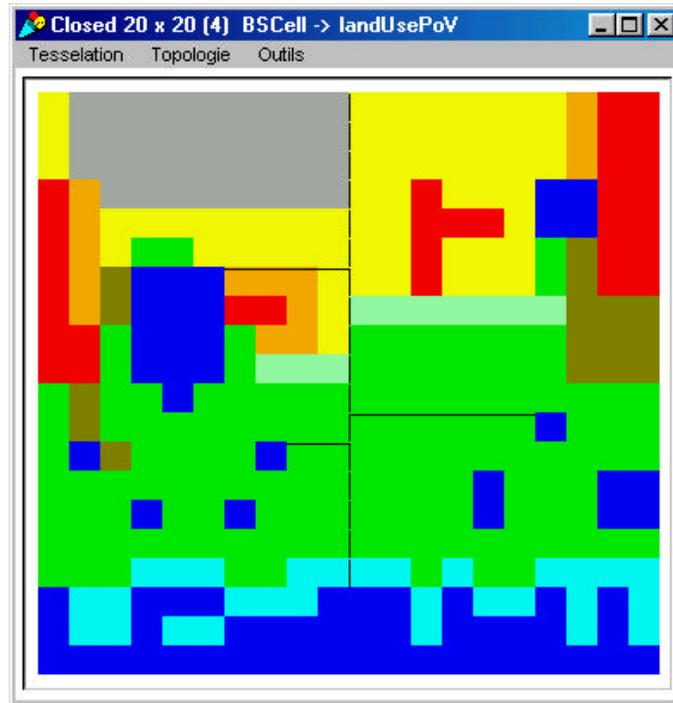
*Remarque :* Par la suite, si l'on envisage des perfectionnements au sein du jeu, on pourrait concevoir d'autres types de zones humides (zone humide continentale par exemple). Ceci permettrait d'adapter l'espace de jeu à un contexte local, afin de mettre en évidence des différences de gestion entre plusieurs types de milieu humide.

Sur ce territoire, nous avons précisé l'existence d'un canal central relié à une prise d'eau (une pompe, par exemple), qui correspond à un aménagement réalisé par les acteurs locaux pouvant s'intégrer dans un réseau hydraulique plus vaste. Il n'est pas nécessaire de visualiser la prise d'eau. Un réseau d'endiguements existe déjà en partie en début de jeu. Cela fait en quelque sorte partie de l'historique du territoire et permettra aux joueurs d'avoir une base de départ pour envisager des aménagements hydrauliques en cours de partie.

*Remarque :* On peut noter qu'il a été choisi de faire apparaître sur tous les points de vue les aménagements hydrauliques présents, canaux ou digues, puisqu'ils correspondent à la fois à des éléments essentiels de la gestion locale et à des aménagements lourds du milieu. Ils sont indispensables à la gestion de ce type milieu humide anthropisé.

## 2. Le point de vue "Occupation du Sol".

L'occupation du sol a été définie selon le cas théorique d'une **zone humide littorale**. Les milieux retenus correspondent principalement aux successions végétales de l'eau libre à la forêt.



### Point de vue n°1. Distribution initiale des différentes occupations du sol.

Cette image est en quelque sorte la « carte » qui correspond au territoire de jeu, et qui comporte les différents types de couvert végétal :

l'eau libre	Blue
les cultures irriguées ou inondées (riz ou maïs par exemple)	Grey
les prairies humides (de type scirpaies pâturées – <i>Scirpus sp.</i> )	Yellow
les prairies colonisées par les arbres et les buissons	Orange
les prairies colonisées par les roseaux	Green
les roselières installées stables ( <i>Phragmites australis Trin.</i> )	Light Green
les roselières buissonnantes (colonisées par les saules ou les frênes)	Brown
les roselières "mitées" (50% de roseaux, 50% d'eau libre)	Cyan
les parcelles de forêt (saules, frênes ou tamaris dans le sud de la France)	Red

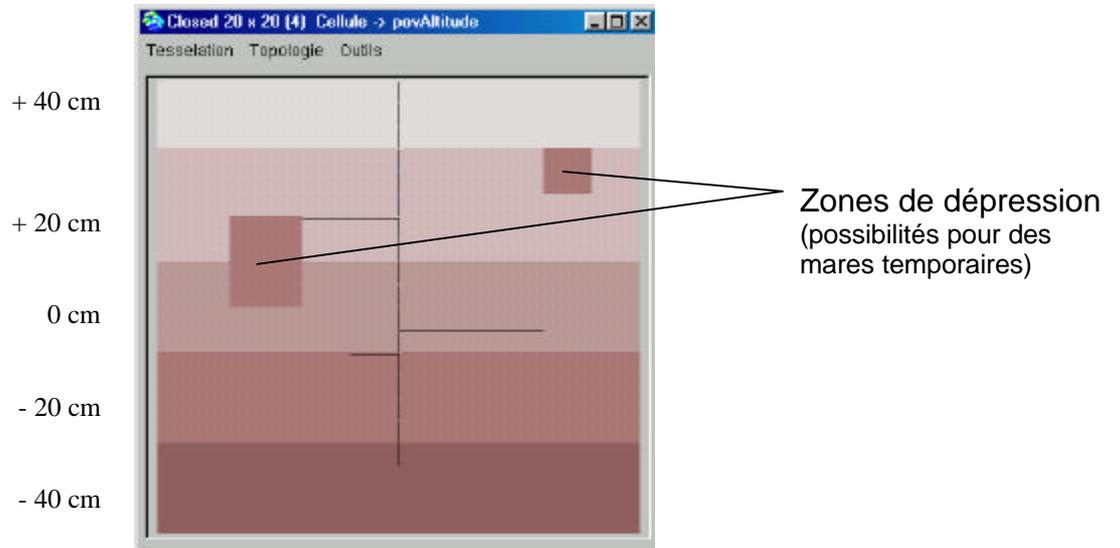
Cette occupation du sol va être soumise à la météo et aux actions des joueurs, et ceci résulte en une dynamique de végétation, codée au sein du modèle, qui permettra de simuler l'évolution de ces ensembles de végétation. Plus loin, un figure représente l'ensemble de cette dynamique en détail en fonction des actions de l'homme (figure n°5, page 25).

*Remarque* : Dans l'optique d'évolution du jeu, on peut par la suite envisager d'adapter cette occupation du sol en fonction des sites sur lesquels le jeu sera appliqué. Par exemple, on pourrait choisir de représenter de grandes surfaces de roselières sur des sites du Sud de la France et de plus petites unités de roselières sur des sites du Nord.

### 3. Le point de vue "Altitude".

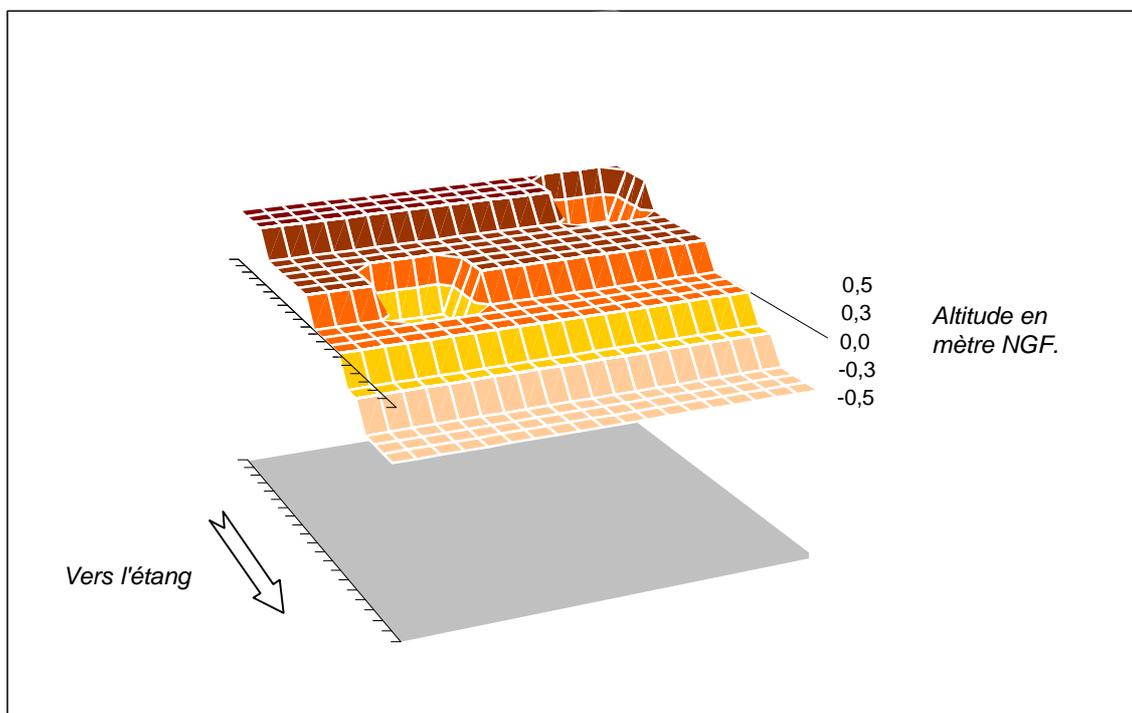
Le relief est pris en compte et représenté de cette manière :

(en centimètres NGF : Nivellement Général de la France, le niveau de la mer est à 0 cm NGF)



### Point de vue n°2. Relief et altitudes sur le territoire de jeu.

Il est important de prendre en compte ce paramètre afin de déterminer les hauteurs d'eau locales (sur chaque cellules) en fonction de la hauteur de la lame d'eau de l'étang (figure n°3).



**Figure n°3. Représentation 3D du relief du territoire de jeu.**

### 3. La météo.

La *météo* est une variable indispensable qui pourra intervenir comme une contrainte pour la gestion du milieu (pouvant influencer les phénomènes de crue et de décrue, les baisses et les montées du niveau de l'étang). Elle évoluera à l'échelle de la saison et changera donc régulièrement quatre fois dans un tour de jeu (une année).

Trois années types ont été enregistrées : une année "sèche", une année "moyenne" et une année "humide".

Elles influencent le territoire au niveau de la ressource en eau. Autrement dit, les niveaux d'eau vont être majorés ou minorés en fonction du type d'année en cours.

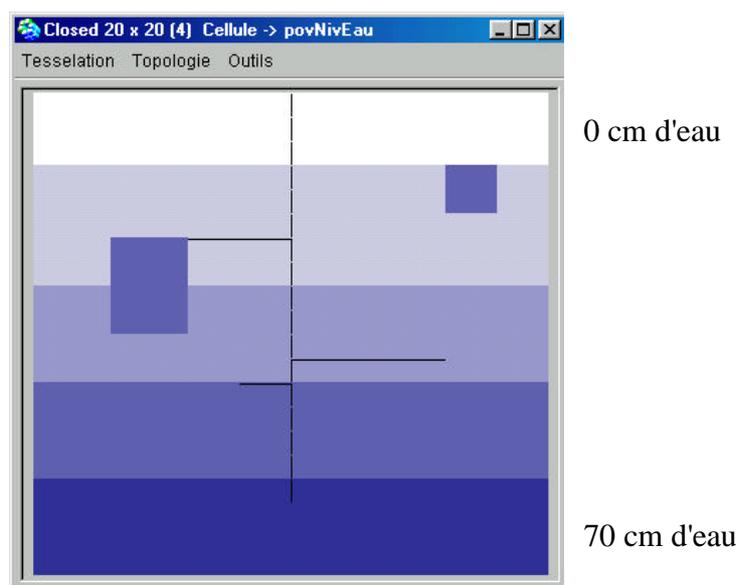
Année	Modificateurs	Probabilité d'occurrence
SECHE	-10 cm au printemps, -20 cm l'été.	0.2
MOYENNE	rien	0.5
HUMIDE	+10 cm l'hiver, +10 cm au printemps.	0.3

Ces modifications influencent le niveau de l'étang.

Au sein du modèle, des séries climatiques ont été définies, avec un tirage aléatoire des 3 types d'années climatiques et le respect de la probabilité d'occurrence décrite dans le tableau précédent.

### 4. Le point de vue "Niveaux d'Eau" :

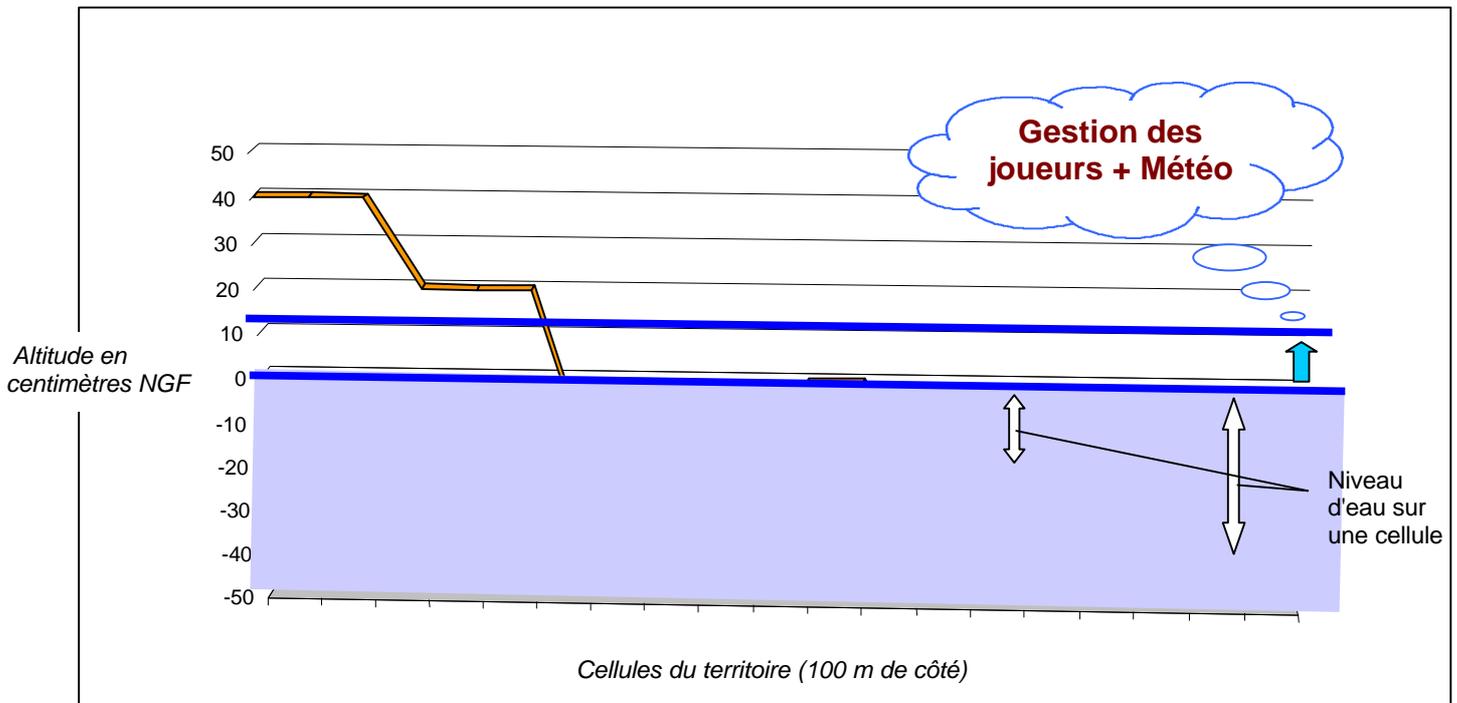
Dans le code, l'attribut "nivEau" permet une représentation des différents niveaux d'eau sur l'ensemble du territoire. Autrement dit, il est représenté la quantité d'eau présente sur chaque cellule de l'espace de jeu. Ces niveaux sont exprimés en centimètres sur le point de vue.



### **Point de vue n°3. Représentation des niveau d'eau sur le territoire.**

*Il s'agit ici par exemple, d'une vue des niveaux d'eau résultant de la mise en place de la lame d'eau de l'étang à 30 cm NGF (Nivellement Général de la France).*

La figure (n°4) suivante présente la règle de mise en place de la lame d'eau sur le territoire. Le niveau de l'étang sera donc géré par les joueurs grâce au canal central qui débouche dans celui-ci, mais dépendra également, comme nous l'avons vu précédemment, du climat et des précipitations.



**Figure n° 4. Coupe longitudinale du territoire de jeu (relief théorique).  
Représentation de la gestion de l'étang.**

### 5. La dynamique du territoire.

La dynamique relative à la végétation et au bilan hydraulique peut être gérée par le modèle de CORMAS au niveau **cellulaire** : des indicateurs concernant l'eau et la végétation, une fois mis à jour, peuvent servir à redéfinir la nouvelle occupation du sol et les nouveaux niveaux d'eau pour chacune des cellules.

La dynamique globale du modèle peut se présenter sous la forme détaillée décrite par la figure suivante (figure n°5). Ceci a été implémenté dans le code sous CORMAS sous forme de méthodes générales faisant évoluer l'occupation du sol sous l'influence d'actions et selon des conditions de niveaux d'eau sur plusieurs tour de jeu (année). Le modèle est conçu pour mémoriser les actions et les niveaux d'eau sur chaque cellule de la grille spatiale, ce qui permet de récupérer ces informations afin de modifier l'occupation du sol de chaque cellule en fonction des conditions du modèle.

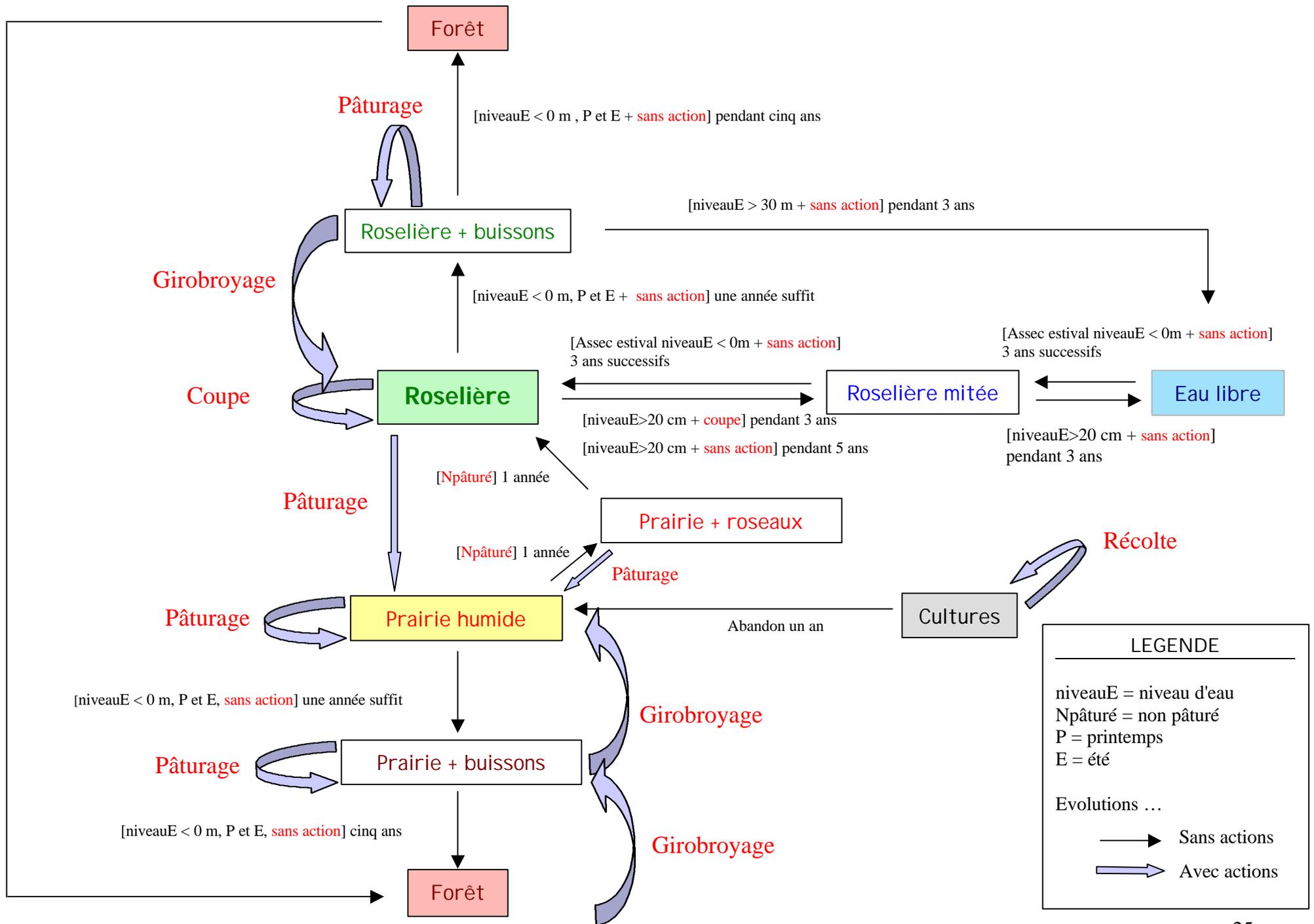


Figure n°5 Dvnamique végétale en fonction des actions anthropiques – Cas théorique des zones humides.

#### d- Les règles du jeu de rôle.

##### EN BREF

*Le fonctionnement du jeu est présenté de façon synthétique dans le Livre des règles.*

ButorStar nécessite **trois joueurs** et au moins **un animateur**.

L'animateur est chargé de présenter et de faire respecter les règles tout au long de la partie, surtout en ce qui concerne les phases de négociations qui représentent les moments forts du jeu. Les joueurs, qui vont agir sur une **zone humide littorale**, choisissent librement leurs **rôles** parmi plusieurs possibilités :

Un joueur va incarner **un propriétaire privé**, qui gère au moins deux activités sur son territoire.

Les deux autres joueurs vont chacun endosser un rôle, de façon libre, sur le reste du territoire qui constitue **une propriété collective** (réserve communale, etc.).

Les rôles possibles sont : chasseur, éleveur, exploitant de roseau, agriculteur (culture du riz ou du maïs), et protecteur de la nature.

Chaque rôle permet de mettre en place un certain nombre d'**actions** sur le milieu, utiles à l'activité d'exploitation choisie. Ils devront également prendre le temps de **négoier** tous ensemble afin d'établir le mode de **gestion des niveaux d'eau** de l'étang.

Pour les joueurs, le but est de parvenir à appliquer une gestion du milieu, en fonction du rôle choisi, qui permette de **maintenir son activité** et de **parvenir à ses objectifs**.

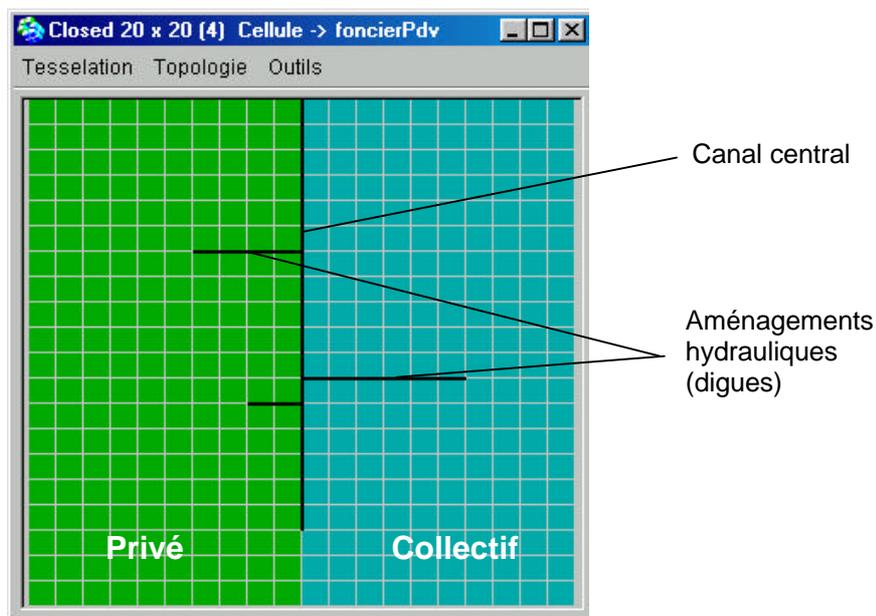
Il est évident que chacun des rôles détient des objectifs et des moyens différents. C'est ce qui rend la gestion de ce type de territoire complexe voire même conflictuelle, à partir du moment où des ressources naturelles – comme l'eau - sont communes à plusieurs acteurs d'un territoire.

### 1. Le point de vue "Foncier" :

L'attribut "foncier" fait référence à la structure foncière prédéfinie dans le jeu. Deux types de propriétés partagent l'espace de jeu. Elles couvrent 200 hectares chacune, autrement 200 cellules du territoire virtuel de jeu.

La moitié droite est une propriété collective (en vert sur le point de vue), elle est gérée par deux joueurs.

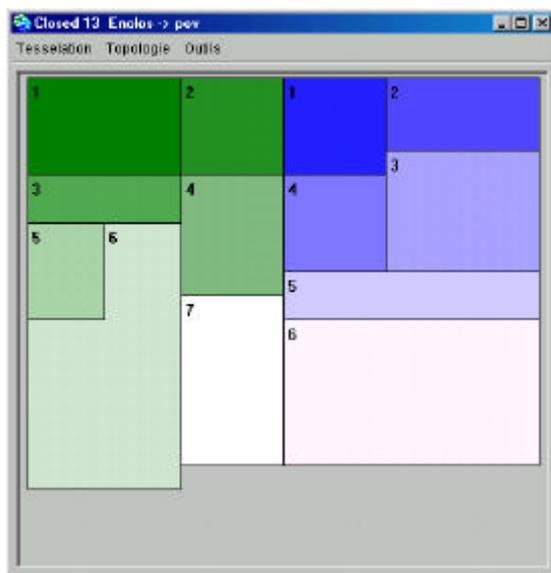
La moitié gauche est une propriété privée (en bleu sur le point de vue) dont la gestion revient au joueur incarnant le propriétaire.



**Point de vue n°4. La distribution foncière du territoire.**

## 2. Le point de vue "Enclos" :

Dans le cas où l'un des joueurs endosserait le rôle d'un éleveur, il faut que celui puisse répartir sa pression de pâturage sur le territoire qui lui correspond. Ainsi, les "enclos" correspondent aux parcelles de l'espace de jeu, qui peuvent être gérées par le pâturage. Ils ont été implémentés, grâce à CORMAS, sous forme d'agrégats (groupe de cellules). Il s'agit d'enclos, fixes durant toute la durée du jeu, sur lesquels un éleveur va déterminer le nombre de têtes de bétail affectées à chaque tour de jeu. Le modèle sous-jacent prendra en charge la redistribution de la pression de pâturage dans chaque enclos en fonction des niveaux d'eau et de la valeur pastorale des occupations du sol présentes.



*Figurent les différents enclos de pâturage de la zone collective en bleu et de la zone privée en vert.*

### **Point de vue n°5. Délimitation des enclos de pâturage.**

L'ensemble des points de vue que nous venons de décrire (parties c- et d-) caractérisent donc le territoire de jeu, et permettent de définir les éléments qui dépendront du milieu et ceux qui résulteront d'actions anthropiques.

## e- Le déroulement du jeu.

### 1. Les rôles :

Il s'agit des rôles endossés par les joueurs, qui vont donc représenter des acteurs intervenant sur leur environnement.

En premier lieu, on se restreint à trois joueurs en interaction lors d'une partie :

- un sur une "propriété privée"
- deux sur une zone "collective".

Les joueurs de la zone collective vont endosser chacun un seul et unique rôle, tandis que le joueur de la propriété privée devra choisir deux ou trois activités à assumer au cours de la partie. Autrement dit, le joueur privé endosse un rôle à multiple facettes, et il gère au moins deux activités sur sa propriété, comme bon lui semble. Ainsi, plusieurs combinaisons sont possibles.

La liste suivante correspond aux rôles possibles dans le jeu :

- **Chasseur** (privé ou communal)
- **Exploitant de roseaux**
- **Protecteur de la nature** (représentant d'association, d'une réserve, ...)
- **Agriculteur** (sur la propriété privée, cultures de maïs ou de riz)
- **Eleveur** (troupeau de bovins)

*Par exemple* : on peut envisager le cas classique d'un naturaliste, représentant une association de protection de la nature, et d'un exploitant de roseaux sur la zone collective, plus un propriétaire privé, sur la partie privée du territoire, pouvant opter pour les activités de chasse et d'élevage.

Par la suite, lorsque le jeu aura été suffisamment éprouvé, il sera peut être possible d'intégrer quatre à six joueurs, voire plus si la fonctionnalité du jeu le permet. De plus, d'autres types de rôles sont également concevables. Il est envisageable de définir un rôle "pisciculteur", afin que le jeu corresponde mieux à des sites où la pêche tient une place essentielle. Il faudra néanmoins évaluer les risques d'un trop grand nombre de joueurs et d'une trop grande diversité de rôles, qui pourront compliquer et ralentir le déroulement du jeu.

Un certain nombre d'activités et d'aménagements possibles ont été mis en place, spécifiques pour chacun des types d'acteurs (pâturage, chasse, coupe, récolte, construction d'une digue, girobroyeur ...). Ces actions sur le milieu pourront être décidées chaque année (à chaque tour de jeu), et saisies grâce aux fenêtres d'enregistrement proposées.

## 2. Les actions possibles :

En cours de partie, les joueurs pourront prendre en charge de nouveaux aménagements et exploiter les ressources du milieu. Ceci représente évidemment des coûts qui seront pris en compte dans le mécanisme du jeu. Les possibilités d'actions de chacun des joueurs dépendront nécessairement de leurs moyens respectifs.

Voici une liste des actions et exploitations possibles :

**AMENAGEMENTS :** endiguement, girobroyage.

**EXPLOITATIONS :** coupe du roseau, chasse, pâturage.

Ces *actions* vont être appliquées sur des portions du territoire, soit à l'échelle de la cellule soit à celle d'**agrégats** de cellules (comme des clos de pâturage), afin de simplifier la gestion et les choix réalisés par les joueurs. Tous les aménagements sont réalisables par tous les types d'acteurs, tandis que les exploitations correspondent exactement aux types d'exploitants du jeu.

Il y a deux cas particuliers :

L'agriculteur possède une action supplémentaire : c'est la possibilité d'*acheter du bétail* (action "Achat de bétail").

Pour l'éleveur, il existe l'action de *mettre en culture* une parcelle de son territoire (action "Mise en culture"); Soit cela lui permet de transformer une occupation du sol de toute sorte (sauf forêt ou eau libre) en culture, et cela lui coûte; soit il peut remettre en culture et récolter une cellule qui est déjà cultivée (couleur grise), dans ce cas c'est une action qui lui rapporte de l'argent.

En ce qui concerne le cas particulier du *pâturage*, par souci de simplification, nous nous limitons dans ce jeu au seul cas du cheptel bovin. La taille du troupeau peut donc augmenter, grâce à l'action réservée à l'éleveur (achat de bétail). Le joueur devra seulement sélectionner les parcelles (enclos de pâturage) sur lesquelles il désire répartir son troupeau, et au moment de la saisie, la valeur pastorale des enclos sera rappelée. Ces valeurs seront fonction du type de gestion de l'étang que le joueur s'attend à voir appliqué. Pour avoir ces prévisions, le joueur pourra cocher, sur l'interface, l'option de gestion de l'étang qu'il pense voir émerger après la négociation en fin de tour de jeu. Bref, il s'agit de choisir les parcelles sur lesquelles on exerce une pression de pâturage ainsi que l'intensité de cette charge sur chacune d'entre-elles (choix du nombre de têtes).

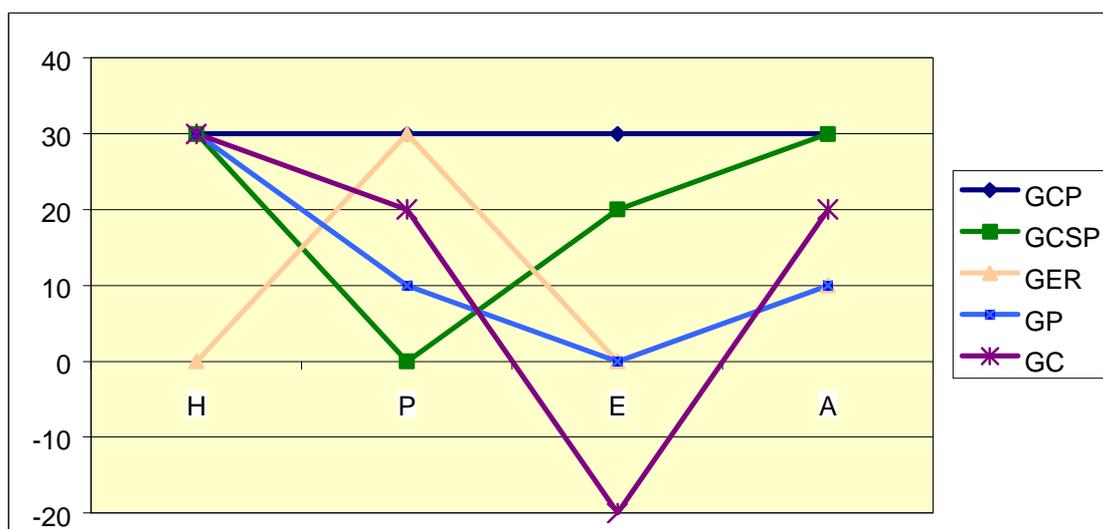
Deux tableaux récapitulatifs présentent les diverses actions possibles pour chacun des types d'acteur en annexes (pages 56 et 57).

### 3. La gestion de l'eau :

L'unité de mesure des niveaux d'eau est le centimètre NGF<sup>8</sup>.

Chacun des joueurs, en fonction de son rôle et de ses objectifs, va être amené à participer au choix de la gestion du niveau de l'étang pour les quatre saisons de l'année à venir. C'est une étape primordiale dans la gestion d'un milieu humide, recouvert en partie de roselières et de prairies humides. Il s'agit donc d'agir sur une ressource commune: l'eau. Par conséquent, les joueurs vont prendre des décisions afin d'atteindre leurs objectifs, mais seront confrontés aux décisions des autres agents. Ceci doit entraîner des phases de réflexion, de concertation et de négociation pour faire un choix en ce qui concerne le niveau de l'étang.

Des « calendriers » clé en main sont proposés, comme des forfaits spécifiques à des activités, contenant une succession ordonnée de niveaux d'eau. Ces actions interviennent à l'échelle des cellules et cela revient à fixer des niveaux précis pour chaque période de l'année, en fonction de besoins classiques pour telle ou telle activité.



En centimètres d'eau NGF

**Figure n°6. Calendriers de gestion des hauteurs d'eau, selon plusieurs types de stratégies.**

**GCP** = Gestion Cynégétique Permanente, **GCSP** = Gestion Cynégétique Semi-Permanente, **GER** = Gestion Exploitation du Roseau, **GP** = Gestion Pastorale, **GC** = Gestion Conservatoire ; (H = hiver, P = printemps, E = été, A = automne).

Cette gestion correspond au choix du niveau d'une lame d'eau sur l'ensemble du territoire de jeu. Il s'agit en fait du choix d'un calendrier qui va définir le niveau de l'étang, appliqué grâce au débit du canal central. Cette décision est le résultat du processus de négociation entre l'acteur privé et les acteurs du collectif. C'est l'étape essentielle du jeu, et le choix est saisi sur une fenêtre spécifique.

<sup>8</sup> Nivellement Général de la France (0 correspond alors au niveau de la mer).

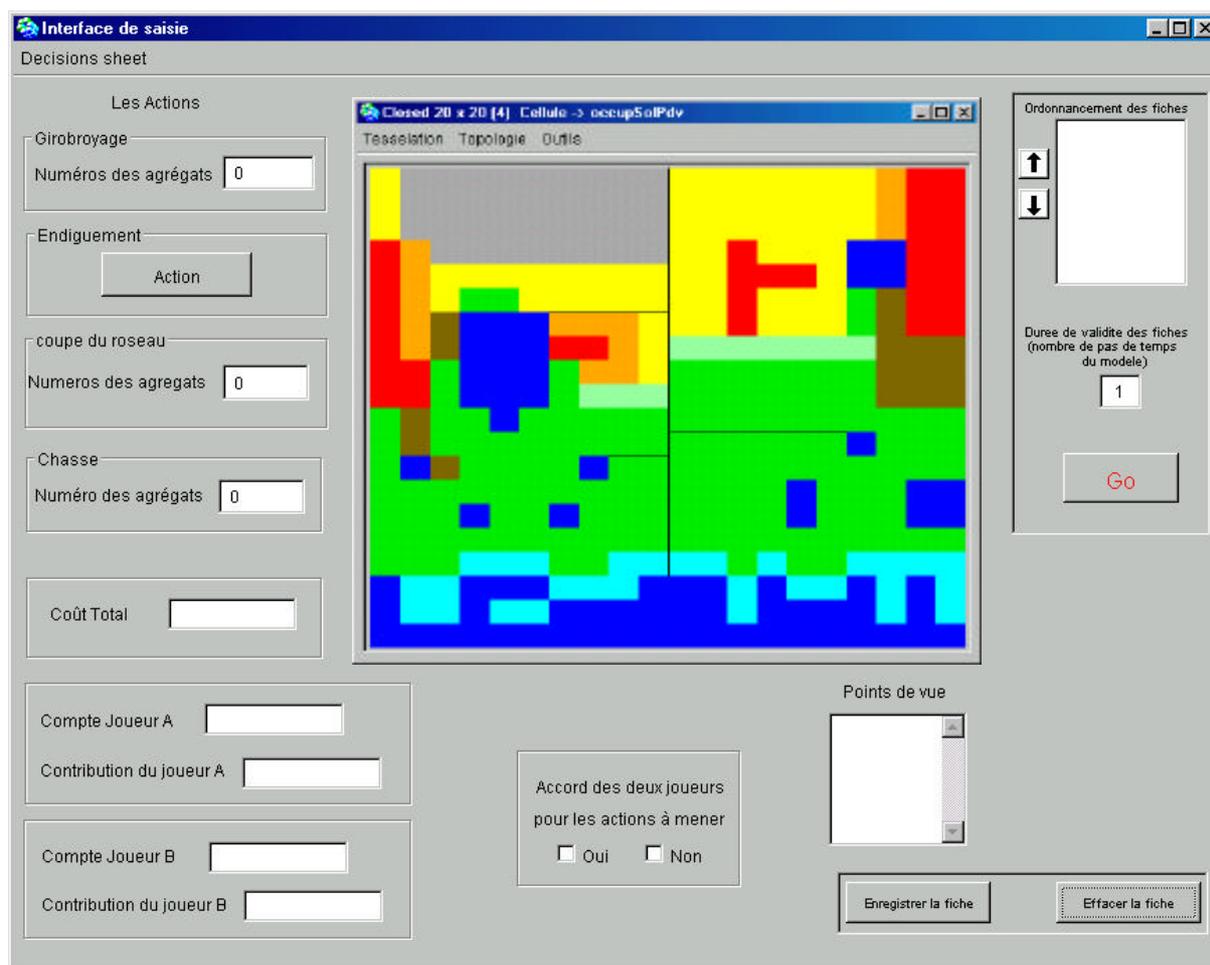
Cette décision se prend après avoir choisi les actions, en deuxième étape d'un tour de jeu (cf. déroulement d'une partie page 36). C'est l'étape essentielle du jeu, où les trois joueurs négocient tous ensemble, au sujet de la gestion d'une ressource commune, représenté par l'étang. Il faut retenir que c'est l'élément qui va impliquer des interdépendances entre les joueurs, puisque l'étang influence les deux propriétés en même temps. Ce sont les endiguements qui permettent de s'affranchir de phénomène. Mais ces aménagements représentent un investissement lourd.

En cours de partie, les joueurs vont peut-être créer des zones aménagées totalement indépendantes de l'influence de l'étang. Ce sont des Unités Hydrauliques Fonctionnelles, closes grâce des endiguements. A l'intérieur de celles-ci, ils peuvent appliquer la gestion qu'ils désirent, c'est à dire qu'ils peuvent choisir un calendrier de gestion des niveaux d'eau chaque année. Ce niveau "local", est contrôlable grâce aux aménagements hydrauliques (digues) permettant d'apporter de l'eau (sans digue connectée au canal central on ne peut pas appliquer de calendrier de gestion locale).

C'est dans un troisième temps du tour jeu, que les joueurs vont pouvoir affecter un calendrier de leur choix sur leurs Unités Hydrauliques Fonctionnelles, s'ils en possèdent (cf. page 36).

#### 4. Les interfaces et les tableaux de bords :

A chaque tour, les joueurs remplissent une **interface de saisie** (fenêtre I). Elle rassemble les diverses actions envisageables sur le territoire. Il y aura en fait une interface accessible pour le joueur interprétant l'acteur privé et une autre pour le ou les acteurs de la zone collective. Cette interface, mémorisant les actions prévues et effectuées, sera disponible tout le temps de réflexion et de négociation entre joueurs, et sera validée une fois toutes les actions saisies, afin de lancer le prochain tour de jeu.

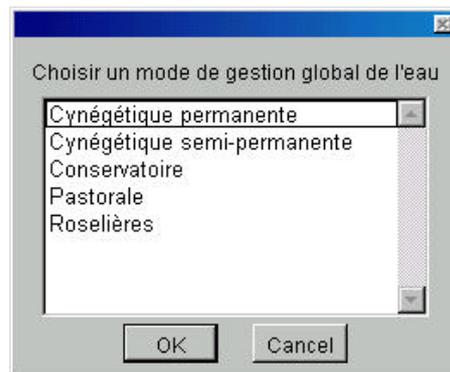


#### **Fenêtre I. Interface de saisie des actions et de la gestion locale de l'eau**

(exemple de l'interface pour les joueurs du collectif, avec les rôles de chasseur et d'exploitant de roseau)

La fenêtre de saisie II correspond à l'étape essentielle du jeu, qui consiste en une phase de négociation des niveaux d'eau de l'étang (gestion "globale") entre les joueurs du collectif et le joueur propriétaire privé. Le principe est de permettre **dix minutes de négociation** entre joueurs, puis de saisir les niveaux sélectionnés suite à un compromis.

S'il n'y a pas de compromis, nous proposerons une gestion dite "moyenne" qui sera conçue de façon arbitraire, avec une série de niveaux d'eau qui n'arrangera aucun des joueurs. Il en résultera un impact sur le territoire qui ne devrait être profitable à personne et qui pourra être la source de nouveaux conflits entre les joueurs.



### **Fenêtre II. Interface de saisie de la gestion globale de l'eau (niveau de l'étang)**

C'est une phase importante du jeu qui devra être testée et calibrée minutieusement afin de parvenir au résultats attendus, en ce qui concerne les temps de négociation et les différents compromis possibles.

*Remarque :*

Une troisième fenêtre est en conception afin de pouvoir appliquer les calendriers de gestion sur les Unités Hydrauliques Fonctionnelles. Elle correspondra à la troisième étape d'un tour de jeu.

## 5. Les indicateurs :

Les indicateurs sont affichés en fin de tour de jeu, un fois que le territoire a fini d'évolué sur un an. Ils permettront notamment de fournir une information sur l'évolution du territoire de jeu selon plusieurs critères (écologiques, financier, artificialisation, ...), ainsi que la mise à jour des tableaux de bords des joueurs. Ceux-ci sont des supports (sur papier) facilitant le suivi de la partie et le choix des stratégies selon le rôle interprété.

En fait, nous avons créé des **indicateurs spécifiques** directement reliés aux objectifs théoriques des différents acteurs (cf. tableaux récapitulatifs en annexe, page 56). Ils sont consultés par les acteurs auxquels ils correspondent.

De plus, sont disponibles des **indicateurs globaux** ou généraux, qui ne se rapporteront pas spécialement à un type d'acteur, mais plutôt à une vue de l'ensemble du territoire. Ils pourront amener des informations supplémentaires et communes à tous pendant le jeu, ou bien permettre d'approfondir la discussion de fin de partie sur les résultats obtenus. Ils pourront être consultés par tous les joueurs.

Voici la liste des indicateurs communs retenus :

"**Artificialisation du milieu**" = Proportion du territoire aménagée pour la maîtrise de l'eau ou linéaire total d'endiguement sur tout le territoire de jeu.

"**Valeur patrimoniale globale**" = Somme des valeurs patrimoniales des espèces d'oiseaux sur tout le territoire de jeu.

"**Butor étoilé**" = Nombre de chanteurs sur tout le territoire de jeu.

"**Evolution de la roselière**" = Superficie totale de roselières (les trois types) sur tout le territoire de jeu (proportion surface des 3 types de roselières / surface totale).

Les espèces oiseaux qui servent au calcul des valeurs patrimoniales sont présentées succinctement dans la fiche de synthèse n°5 (page 70).

Les joueurs peuvent mettre donc à jour un "**tableau de bord**", contenant une sélection d'indicateurs spécifiques au(x) rôle(s) joué(s). Ce tableau de bord apparaît comme une présentation des résultats de l'évolution des **indicateurs spécifiques** tout au long de la partie. Il y a une parution des résultats à la fin de chaque tour de jeu et les tableaux de bord sont remplis par les joueurs eux-mêmes, afin de les responsabiliser tout au long de la partie. Les résultats sur ces indicateurs spécifiques permettent de suivre l'évolution du milieu par les chiffres, ainsi que de vérifier l'efficacité des stratégies mises en place et des accords passés par les joueurs.

## 6. Le déroulement d'une partie

Après initialisation de la plate-forme CORMAS, il faut ouvrir le modèle correspondant à ButorStar, ensuite il est possible de démarrer une partie, et cela revient tout d'abord à charger l'environnement de jeu.

La première étape consiste à choisir les rôles sur chacune des zones du territoire (zones foncières "collective" et "privée"). Ensuite, le premier tour de jeu peut débuter. Dans ce premier tour d'appropriation, on ne se préoccupe pas du niveau de l'étang, cela permet aux joueurs de se familiariser avec le territoire et les différents points de vue, ainsi que découvrir les interfaces qu'ils devront manipuler tout au long de la partie. De façon générale le tour de jeu se découpe en trois étapes qui correspondent pour les joueurs aux différents moments d'actions ou d'interactions (cf. annexe, page 54). Les joueurs commencent d'abord par choisir les actions d'exploitations et d'aménagement qu'ils réalisent sur leur territoire, puis vont se concerter et négocier tous ensemble pour appliquer un calendrier de gestion à l'étang. L'étape suivante consiste, pour chacun des joueurs, à choisir un calendrier de gestion pour les Unités Hydrauliques Fonctionnelles s'ils en ont aménagées sur leur territoire. La dernière étape correspond à l'affichage des résultats sur les indicateurs spécifiques et globaux, après évolution du territoire pendant une année.

---

### Premier tour de jeu d'appropriation.

Observation du territoire et réflexion.

\***Actions** : Saisie des pour le joueur "privé".  
Concertation/Négociation, accord ou désaccord des joueurs du "collectif". Contribution des deux acteurs. Saisie.

Affichage de la météo.

Evolution du territoire (vue sur les niveaux d'eau).

Affichage des indicateurs spécifiques et globaux.

Affichage du territoire.

### Second tour de jeu – Choix initiaux de la gestion de l'eau.

Observation du territoire et réflexion.

\***Actions** : Saisie des actions pour le joueur "privé".  
Concertation/Négociation, accord ou désaccord des joueurs du "collectif". Contribution des deux acteurs. Saisie.

\***Gestion de l'étang** : Négociation de tous les joueurs pour la gestion de l'étang.

\***Gestion des Zones Hydrauliques Fonctionnelles** (s'il y en a).

Affichage de la météo.

Evolution du territoire (vue sur les niveaux d'eau).

Affichage du territoire et des indicateurs spécifiques et globaux.

### Etc....

### Fin de la partie.

On peut arrêter la partie à la fin de n'importe quel tour de jeu (mais il est préférable de jouer un minimum de trois à cinq tours, afin de commencer à percevoir des changements significatifs dans l'occupation du sol).

Enregistrement et analyse.

Il est prévu de réaliser un enregistrement informatique des parties, afin d'accumuler des données sur les stratégies mises en place et les résultats concernant l'évolution du milieu. Grâce à CORMAS, cela nous peut nous permettre de faire défiler et d'observer les étapes d'une partie qui aura été jouée, et ceci viendra alimenter les phases d'analyses et de discussions après les phases de jeu. Nous avons éventuellement envisagé un enregistrement vidéo des attitudes des joueurs et plus précisément des phases de négociations, dans le but de poursuivre une analyse comportementale a posteriori (ce qui a déjà été appliqué dans d'autres projets).

Chaque partie devra être supervisée par un animateur, qui expliquera les règles, les modes de représentation utilisés et les potentialités des joueurs. Il devra connaître suffisamment bien la plate-forme CORMAS, support informatique de ButorStar, afin de faciliter l'appropriation par les joueurs de cet environnement de jeu. Il joue un rôle décisif dans l'animation de la discussion de fin de jeu sur l'analyse des comportements et des résultats des parties. L'analyse des parties pourrait d'ailleurs se faire à deux niveaux :

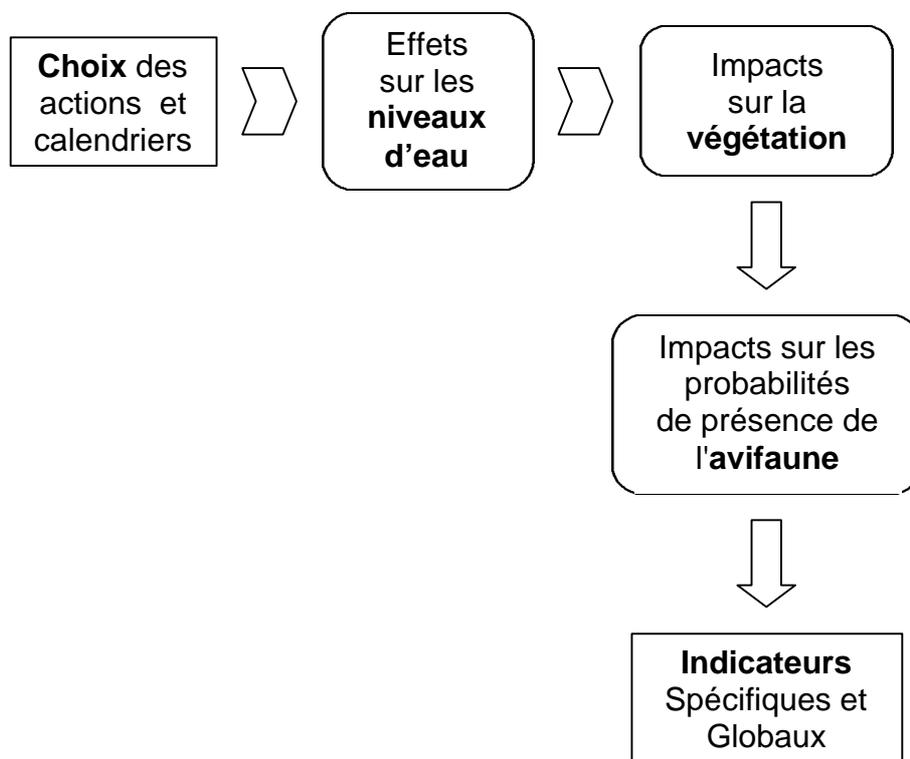
- A "chaud", juste après la partie, avec les joueurs, au travers d'une discussion collective directement axée sur leurs comportements et leurs choix. Qui a le sentiment d'avoir réussi ? D'avoir échoué ? Pourquoi, la faute à qui ou à quoi ? ...

- A "froid", par l'analyse des données enregistrées.

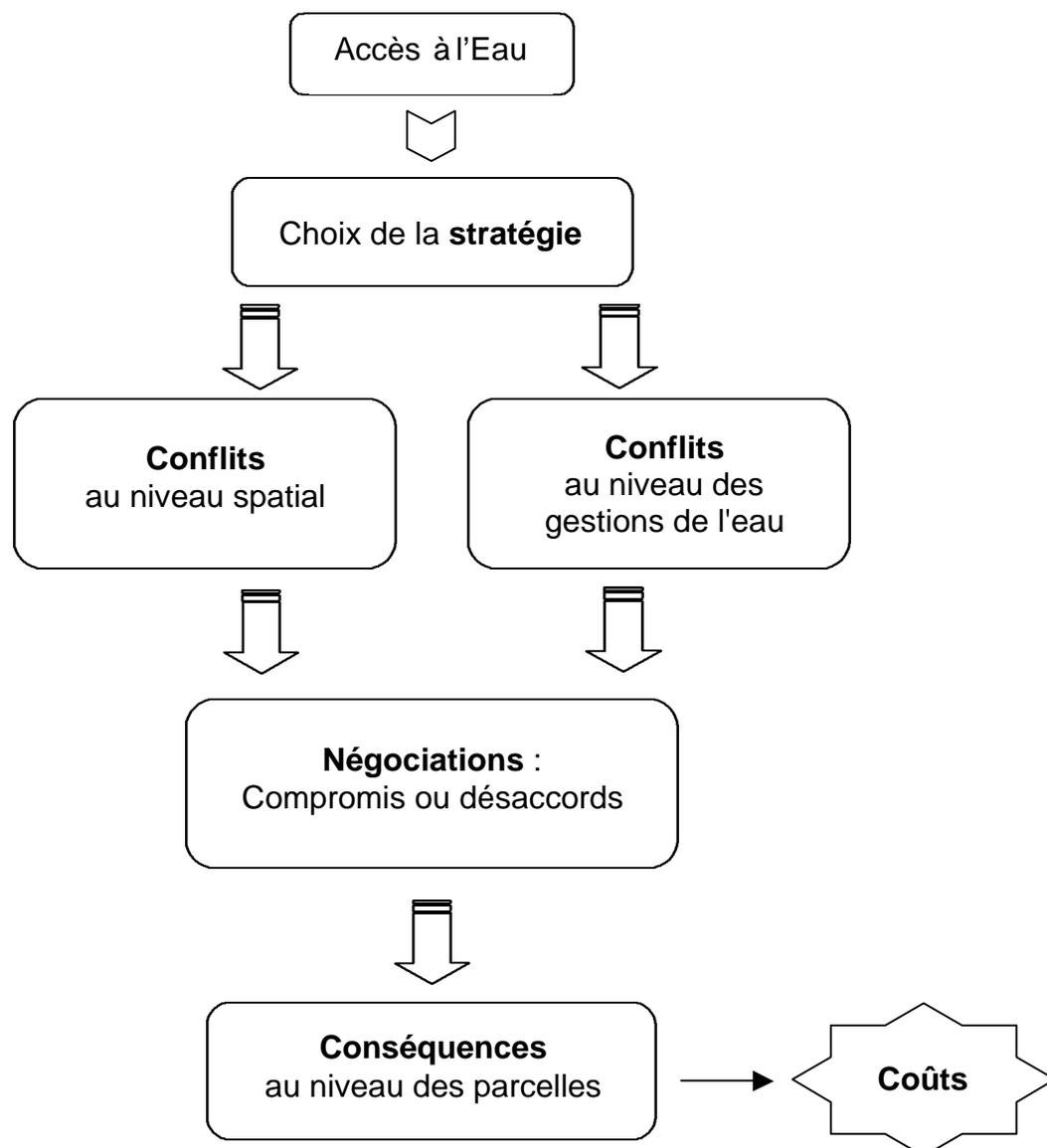
## 7. "Eau" et "espace", des ressources conflictuelles.

Le principe du jeu est essentiellement axé sur la gestion commune des niveaux d'eau, facteur clé influençant l'évolution de ce type de territoire en zone humide. Ce jeu doit montrer que cette ressource commune peut être une au centre de conflits même si elle n'est pas limitante.

Les deux figures qui suivent présentent les principaux processus problématiques impliqués dans la gestion d'une zone humide. Cela correspond en fait aux étapes que l'on s'attend à rencontrer au cours d'une partie à ButorStar.



**Figure 7 – Cascade des impacts des stratégies appliquées en cours de jeu.**



**Figure 8. Déroulement du processus de choix.**

Il s'agit d'une gestion commune du milieu, basée sur une ressource spatiale "individuelle" et une ressource en eau "collective". Les différents acteurs, à un certain moment, doivent s'entendre et se mettre d'accord pour en prendre une décision, c'est à dire réaliser des actions. Les choix vont se porter principalement sur les parcelles à inonder et les périodes d'inondation, ainsi que sur les aménagements (digues et girobroyage) et les exploitations (chasse, coupe, ...) à réaliser. Le système de jeu est très simplifié par rapport à la réalité, mais les différentes caractéristiques du milieu et les dynamiques d'aménagement et d'exploitations doivent néanmoins mettre en évidence les principales difficultés qui résident dans la gestion commune d'une zone humide.

#### **IV. La démarche de conception.**

Le jeu de rôle développé ici repose sur un modèle simplifié des processus écologiques, spatiaux et socio-économiques concourant au fonctionnement des roselières. Il est basé sur l'articulation de trois modèles : un modèle hydrologique, un modèle écologique de la dynamique des milieux naturels et agricoles, et un modèle de négociation entre trois acteurs.

L'effort principal repose sur la simplification d'un processus écologique (évolution d'un milieu contraint par la gestion de l'eau et les actions de l'homme) et la création d'une dynamique de négociation. Ce jeu cherche à formaliser une réalité explicite simplifiée : la configuration spatiale, les types de participants et les entités utilisés dans le jeu correspondent à une forme de modèle dynamique de ce qui a été observé dans la réalité.

Dans ButorStar, le modèle écologique qui est à la base de la dynamique des ressources naturelles (fourrage, sagne ou roseau, gibier d'eau, avifaune protégée) et des milieux (successions végétales) est une adaptation simplifiée du modèle RHBSIM<sup>9</sup> développé dans le cadre d'un projet soutenu par l'Institut Français de la Biodiversité (IFB) et reposant sur les travaux scientifiques en ornithologie et en écologie végétale des équipes de la Station Biologique de la Tour du Valat. De plus, les fonctions de gains et de gestion des différents rôles sont le fruit des travaux sur les différents usages des zones humides de R. Mathevet en collaboration avec R. Lifran du LAMETA (INRA).

Nous avons donc pu construire un modèle SMA sur la plate-forme CORMAS, qui modélise un archétype de zone humide et sa dynamique simplifiée d'évolution. Le point important c'est que ce modèle a été élaboré en même temps que les règles du jeu. Les deux conceptions ont été menées en parallèle, de manière à articuler au mieux jeu et modèle. Les objectifs de ButorStar ont imposé des contraintes sur la programmation du modèle, et la plate-forme CORMAS a permis de répondre aux exigences d'un tel jeu de rôle. A partir de la réalité très complexe de la gestion de roselières, le modèle mis en place a permis d'agrémenter le jeu d'un espace virtuel simple et d'une dynamique écologique plus facile à comprendre. Le jeu ne peut pas tourner sans le SMA, mais les joueurs ne font aucun usage direct de celui-ci. En fait ils l'alimentent, dans le sens où ils saisissent, par le biais des interfaces, des actions, qui sont ensuite appliquées sur le territoire virtuel, ensuite c'est la dynamique modélisée qui se charge de faire évoluer ce milieu.

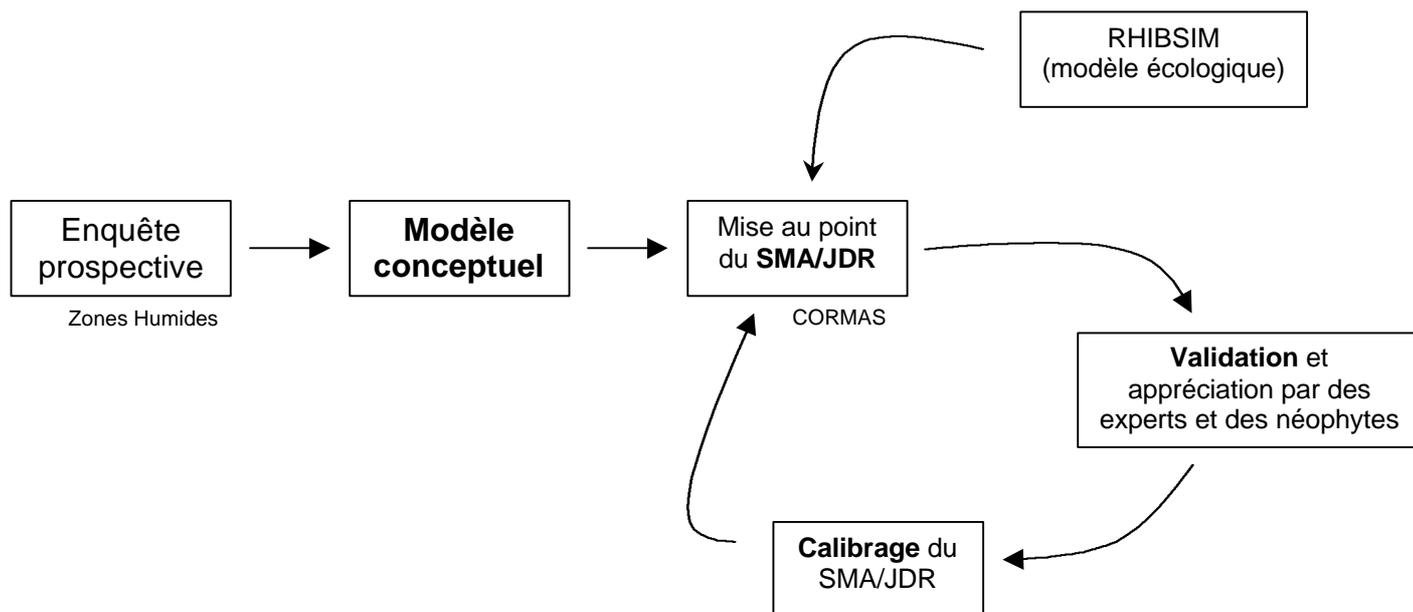
La figure 9 décrit brièvement les grandes étapes de la conception de ce jeu. La principale difficulté repose sur le processus de simplification. Il s'agit de formaliser simplement une réalité complexe, tout en définissant une dynamique d'évolution, mais ces choix de simplification ne doivent pas affaiblir les objectifs de départ. Le jeu doit amener les joueurs face à une situation problématique, peut-être même un peu caricaturale, mais pouvant faciliter une prise de conscience sur la gestion d'un espace partagé et de ressources naturelles communes. Il faut garder à l'esprit que le but est d'amener les joueurs à négocier. Néanmoins, puisque nous avons choisi la méthode d'un jeu de rôle nous devons offrir aux joueurs un certain degré de liberté. L'idée est donc de concevoir un jeu simple et compréhensible, qui amènera les

---

<sup>9</sup> Reed Harvesting Impacts on Bird Diversity Simulator

joueurs à se poser des questions sur la problématique décrite, sans trop être dirigiste, afin de faire émerger des comportements relativement réalistes.

La construction du jeu final va nécessairement passer par des phases essentielles de calibrage et de tests. Il s'agira par exemple d'apprécier le réalisme de l'évolution du territoire, la pertinence des indicateurs et de percevoir la complexité superflue du jeu. Il faudra ainsi une validation du jeu et du modèle à deux niveaux : réalisme du modèle, mais aussi confirmation des hypothèses de comportement des joueurs pendant le jeu (théoriquement, on s'attend à ce que le but d'un joueur soit d'"optimiser" son activité).



**Figure 9. Etapes de la démarche générale de conception de ButorStar.**

Au fur et à mesure de la conception du jeu et du modèle sous-jacent nous sommes plusieurs fois revenus sur les idées initiales, nous avons mis en application un processus de simplification régulier, afin de trouver la formule du jeu qui pourra nous permettre de réaliser les premiers tests, autrement dit les premières parties et le début du calibrage. Plusieurs réunions et discussions collectives nous ont permis d'y parvenir. Un des principaux soucis est de faciliter l'appropriation du jeu par les joueurs.

Dans cette optique, nous avons changé des caractéristiques importantes de ButorStar, initialement prévues autrement. Nous pouvons en citer quelques exemples :

*Le calendrier du jeu.* Initialement prévues sur un cycle de quatre saisons démarrant au début de l'hiver et se terminant à la fin de l'automne (cycle des récoltes), les simulations d'une année sont désormais basées sur un cycle été/printemps, afin de terminer une simulation par un point de vue du territoire à la fin du printemps. C'est la

saison qui correspond à la présence des oiseaux à forte valeur patrimoniale dans les roselières (butor, héron pourpré, passereaux); ainsi les joueurs n'auront pas de mal à associer une distribution de la végétation avec la présence ou l'absence d'oiseaux qui leur servent d'indicateurs.

*Réduction du nombre de joueurs.* Nous pensions d'abord faire un jeu avec plus grand nombre de joueurs, de 3 à 6, voire 8 ou plus, dans l'idée de représenter un plus grand nombre d'acteurs sur le territoire. Mais nous nous sommes rendus compte que cela allait rendre les processus de négociation très longs et très complexes. La durée d'une partie serait beaucoup trop longue. Nous avons donc réduit le nombre de joueurs au minimum de trois, représentant suffisamment d'acteurs et d'activités pour être pris dans des mécanismes de gestion et de négociation intéressants.

*L'espace de jeu.* Au début, nous avons conçu deux cartes. L'une représentant une zone humide littorale (celle qui est actuellement utilisée dans le jeu) et l'autre représentant une zone humide continentale. Cette dernière était plus hétérogène dans l'occupation du sol comme dans le relief, qui était plus complexe. Ceci devait nous permettre de pouvoir proposer un environnement de jeu adapté à la problématique environnementale, en particulier à la pisciculture extensive des régions d'étang comme la Brenne, le Forez ou la Dombes. Mais nous avons préféré mettre au point ButorStar avec une carte plus simple, afin de voir si les joueurs peuvent déjà s'approprier et comprendre correctement le jeu avec un territoire accessible. Si le jeu s'avère facilement jouable, une prochaine étape consistera à l'adapter pour la situation continentale, et à le proposer avec plusieurs fonds de carte prêts à l'emploi.

*La gestion de l'eau.* En ce qui concerne les niveaux d'eau, la première idée consistait à laisser les joueurs fixer eux même les niveaux, en centimètre d'eau, sur chaque cellule de la grille, pour chaque saison. On se rend bien compte qu'il s'agit d'une performance difficile si l'on est novice dans ce domaine et que c'est une manipulation très longue de l'interface de jeu. C'est pourquoi nous avons opté pour des calendriers de gestion "clefs en mains", correspondant à des gestions optimales pour chaque type d'activités.

De plus, nous pensions au début créer une "*gestion locale de l'eau*", qui devait correspondre à la mise en eau de certaines cellules du territoire. Elle devait se faire sur chaque propriété de façon indépendante.

Au lieu de faire une sélection cellule par cellule à gérer, nous avons également défini des zones entières du territoire sur lesquelles il est possible d'appliquer les calendriers : des Zones Hydrauliques Fonctionnelles. Puisque la gestion locale n'est applicable que grâce à la présence de digues, nous avons opté pour une sélection des digues puis une application d'un calendrier choisi sur chacune des portions de linéaire sélectionnées.

Désormais, il n'y a plus de "gestion locale" de l'eau, car cela compliquait le déroulement jeu et nécessitait une implémentation du code très complexe. Maintenant, le jeu se focalise sur la négociation à trois pour le niveau de l'étang, et les joueurs peuvent rendre indépendantes (de l'influence de l'étang) certaines parties du territoire à force d'aménagements (digues), pour créer des zones hydrauliques fonctionnelles. Sur celles-ci un joueur peut appliquer un calendrier de son choix. Cela lui permet d'être plus indépendant vis à vis des autres joueurs et de spécialiser une partie de son territoire. Néanmoins, c'est un investissement lourd.

*Définition des activités possibles.* Nous avons premièrement défini quatre rôles ou activités : chasseur, exploitant de roseau, protecteur de la nature, et agriculteur. Au départ, ce dernier rôle devait gérer, en même temps que les aménagements communs et de la gestion de l'eau, une activité de récolte en plus d'un troupeau pour le pâturage. Cela semblait beaucoup pour un seul joueur. Donc, pour simplifier et raccourcir les temps de réflexion et d'action, nous avons partagé ce rôle en deux : il y a désormais un agriculteur (qui gère une culture inondée de type riz ou maïs) et un éleveur (qui gère un troupeau de bovins). Il s'agit en fait de ne pas surcharger les joueurs avec trop d'actions ou de choses à gérer afin de garder l'esprit clair pour les phases de négociation sur l'eau. De plus, nous pensions ajouter des rôles concernant les activités de pisciculture ou d'exploitation du sel. Mais nous nous sommes en fait limités aux acteurs les plus généraux et communs aux sites impliqués dans le Life Nature Butor étoilé, dans un souci de simplicité. D'autres rôles pourront être rajoutés par la suite, associés à de nouvelles cartes elles-mêmes adaptées à de nouvelles situations, si la fonctionnalité du jeu le permet.

*Déroulement des tours de jeu.* Il est nécessaire de structurer un tour de jeu, et de trouver un ordre pertinent pour l'ensemble des actions à réaliser. Il y a plusieurs phases à placer : les actions (aménagements et exploitations) sur le milieu, la gestion locale de l'eau, la négociation pour la gestion de l'étang. Puis, une phase d'observation des résultats et de récupération des indicateurs. Désormais, dans l'état actuel du jeu, la gestion locale (indépendamment sur chaque propriétés) de l'eau ne concerne plus que les Unités Hydrauliques Fonctionnelles (si les joueurs en ont aménagées), en troisième étape du tour de jeu. Nous avons pour l'instant retenu la configuration décrite en page 36. Il sera néanmoins nécessaire de la tester pour en évaluer l'efficacité.

#### *Explication de la dynamique.*

A partir de la dynamique d'évolution du territoire, présentée dans la figure 5 (page 25) - elle s'adresse surtout aux concepteurs du modèle ou à d'autres scientifiques - il a fallu concevoir une représentation plus simple destinée à un public moins avertis. En effet, nous avons besoin d'une représentation plus facile à comprendre, afin que les joueurs puissent s'approprier rapidement le fonctionnement de ce territoire virtuel, mais néanmoins basé sur des mécanismes réalistes. Nous avons conçu les deux représentations qui suivent (figures 10 et 11) et qui illustrent de manières différentes la dynamique d'évolution. Le tableau (figure 1) correspondrait plus à un aide-mémoire, auquel les joueurs pourraient se référer durant la partie, tandis que la figure 11 pourrait être utilisée lors d'une présentation d'introduction à la problématique du jeu.

Le travail sur l'iconographie de la figure 11 n'est pas encore terminé. Il reste à trouver des images correspondant bien aux éléments des zones humides sur lesquelles nous travaillons. Par exemple, le dessin actuel correspondant aux roselières représente un roseau du genre *Typha*, par la suite nous utiliserons une image de phragmites. De plus, des choix restent à faire en ce qui concerne la représentation des unités de végétation : on peut choisir de représenter un couvert végétal soit par l'image d'une composition ou d'un ensemble d'éléments d'une végétation donnée (c'est actuellement le cas pour les prairies humides et les cultures), soit par l'image d'un seul élément ou d'un seul individu (c'est actuellement le cas pour les forêts et les roselières). C'est en quelque sorte le même problème pour la représentation des actions possibles : une représentation soit par l'instrument qui permet de réaliser l'action (la tondeuse, la vache, le tracteur), soit par une image du résultat obtenu (soleil sur terrain sec).

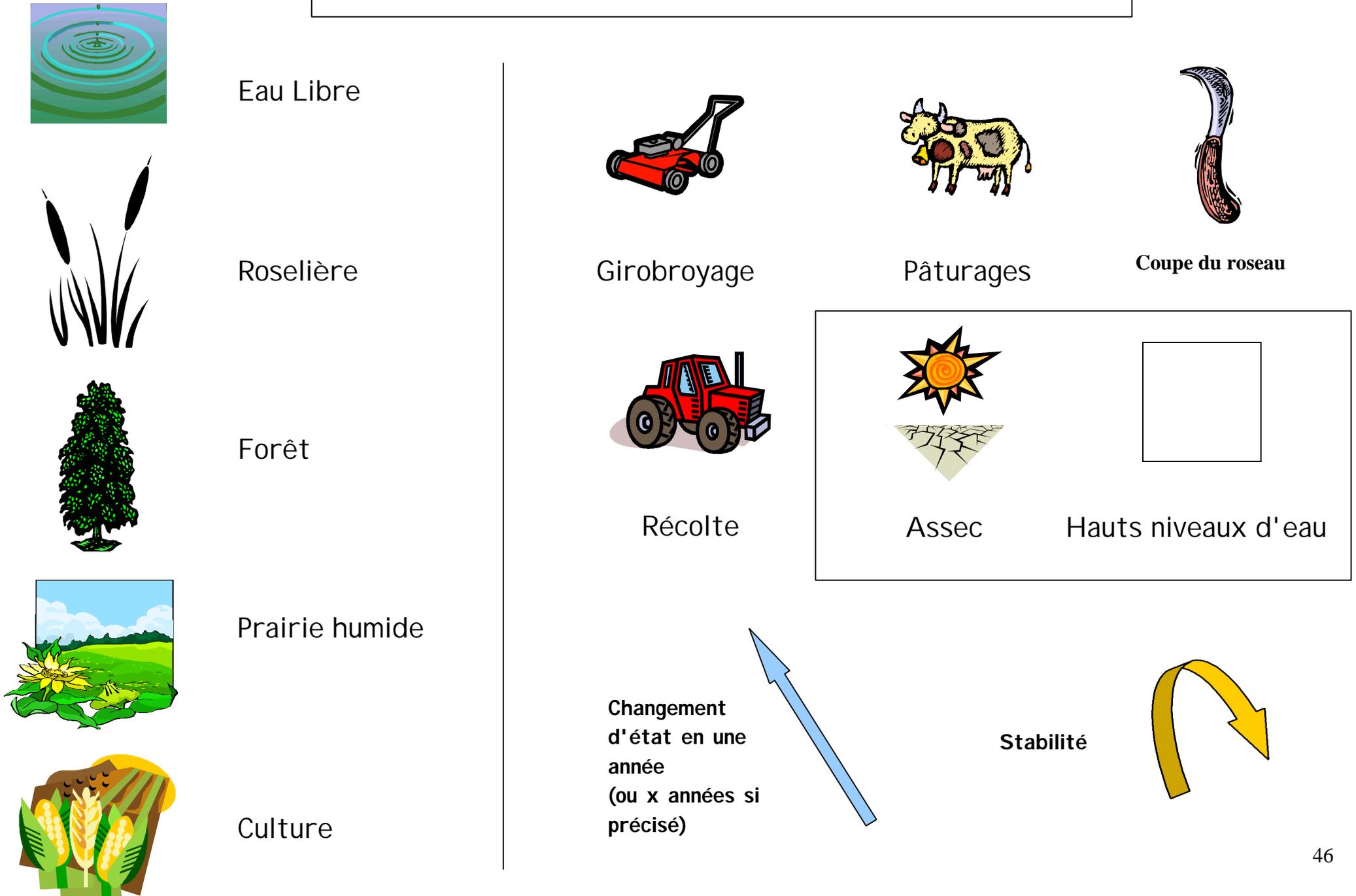
Ces trois figures représentent exactement le même modèle de transformation du territoire dans le temps, mais avec des degrés de précisions différents et avec des symboliques différentes. Ceci illustre le processus d'articulation mis en place entre les éléments du modèle SMA et la représentation de celle-ci dans le jeu.

		ACTIONS					
		Giro	Coupe	Pâturage	Mise en Culture	RIEN	RIEN
OCCUPATIONS DU SOL	Eau Libre					3 ans	
	Culture					1 an	1 an
	Prairie				1 an	1 an	1 an
	Prairie Buissons	1 an			1 an	5 ans	1 an
	Prairie Roseaux			1 an	1 an	1 an	1 an
	Roseaux			1 an	1 an	1 an	3 à 5 ans
	Roseaux Buissons	1 an			1 an	5 ans	3 ans
	Roseaux Mités				1 an	3 ans	3 ans
	Forêt	1 an					
	Commentaires					Sec	Humide

**Figure 10. Tableau récapitulatif de la dynamique d'occupation du sol selon les actions des joueurs**

**Figure 11.**

Légende de la dynamique d'évolution du territoire,  
selon les interventions de l'homme.





## IV. Les perspectives.

Le jeu de rôle ButorStar, après application, devrait permettre d'améliorer les connaissances sur les comportements et les stratégies de certains acteurs des zones humides. Ainsi, l'expérience "jeu de rôle" pourrait venir enrichir un autre modèle SMA plus complet, mais dont la conception reposerait seulement sur des enquêtes, des données bibliographiques ou de terrain. Le jeu de rôle constitue dans ce cas une source d'information, de connaissances supplémentaires.

Il s'agirait là d'un objectif fondamental, qui sous-entend un enregistrement des données (concernant les comportements, les stratégies des joueurs, les évolutions du milieu, etc.) lors des séances de jeu, afin de pouvoir améliorer ce modèle SMA. Ce dernier est un modèle plus complet et plus réaliste devant répondre à des objectifs précis sur les changements d'usages, la spécialisation de l'espace, ou encore les effets sur la biodiversité dans ces milieux humides.

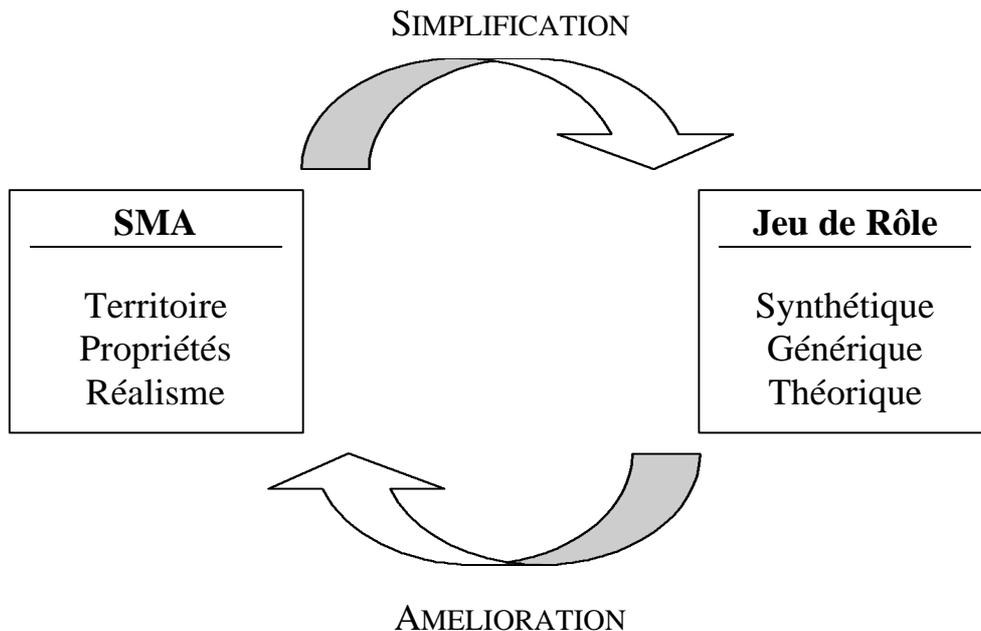
La Station Biologique Tour du Valat est impliquée dans un projet de l'Institut Français de la Biodiversité (IFB) concernant les " Interactions stratégiques, dynamique des usages et de la biodiversité dans les zones humides du delta du Rhône : approche par le couplage de modèles biologiques et économiques ". Ce projet est mis en place pour une durée de deux ans. Dans ce cas, le but est de développer la modélisation des aspects multi-usages et gestion de la biodiversité, au travers notamment de la mise en place d'un modèle de Simulation Multi-Agents (SMA).

Ce projet repose en fait sur l'hypothèse que les interactions stratégiques entre les différents acteurs de la gestion des ressources communes poussent ces derniers (1) à s'autonomiser pour minimiser les interactions, et (2) à spécialiser les espaces, ce qui conduit à la fragmentation des habitats et à la perte de leur spécificité méditerranéenne. Ces stratégies portant sur la propriété et l'espace restent cependant d'une portée limitée, et ne peuvent suffire à réduire les interdépendances. Il est intéressant d'en donner une approche théorique grâce aux SMA et en terme de théorie des jeux par exemple, avant d'élaborer des politiques de conservation.

Dans ce cadre, c'est le modèle RHIBSIM, développé par R. Mathevet et qui a déjà servi à fournir la dynamique écologique de notre modèle, qui pourrait bénéficier de l'analyse des parties de ButorStar. Par l'étude des stratégies développées au cours des parties, il est possible de faire émerger une typologie des comportements. Ainsi, en faisant jouer de véritables acteurs de zones humides (chasseurs, agriculteurs, exploitants de roseau...), il serait enrichissant de pouvoir décrire des stratégies types pour chacun d'entre eux ou encore de pouvoir distinguer les éléments les plus perturbateurs ou les plus utiles pour leurs activités. Un bilan sur les négociations pourrait faire apparaître des points sensibles ou des points de blocages difficiles à cerner dans la réalité. En utilisant ces éventuelles connaissances il serait possible d'envisager de nouvelles perspectives de concertation ou de création de dynamique pour la conservation de ces écosystèmes très dépendants de la main de l'homme.

Il s'agit donc dans cette perspective de conception de définir un double objectif au projet ButorStar :

Tout d'abord la *mise au point d'un outil pédagogique de sensibilisation et de concertation basé sur un jeu de rôle*, puis *un retour sur la modélisation du système, grâce aux techniques de Simulation Multi-Agents, afin d'étudier les impacts sur la biodiversité des changements d'usages en zones humides.*



**Figure X. Interactions entre Systèmes Multi-Agents (SMA) et Jeu de Rôle (JDR).**

Cette figure présente l'enrichissement mutuel qu'il peut y avoir entre ces deux approches, autrement dit la dynamique entre la simplification d'un SMA pour le rendre accessible à des joueurs et le processus d'amélioration de celui-ci grâce aux connaissances acquises sur les comportements et les stratégies possibles des acteurs du socio-système, représentés par les joueurs d'un Jeu de rôle.

A partir de là, on peut également envisager de soumettre aux acteurs locaux les résultats de scénarios simulés avec le SMA amélioré, afin de favoriser autrement la discussion sur différentes alternatives. Nous retrouvons le concept de modélisation d'accompagnement, qui n'est pas destinée à proposer des solutions à un problème, mais plutôt d'améliorer l'efficacité d'un processus de prise de décision collective. Selon d'Aquino (2000), la séquence de jeu de rôle suivi d'une séance de simulation est pertinente. Ceci peut permettre de mettre en évidence des scénarios envisageables par la collectivité. En fait, les personnes acquièrent grâce au jeu une idée de ce qu'est le modèle, puis elles sont capables de suivre les simulations, et de bien comprendre le rapport de simplification entre modèle et réalité. Comme le but n'est pas de prédire mais d'initier et d'enrichir des discussions, ce couplage SMA/JDR, face à des acteurs locaux, peut servir à identifier et à formaliser des problèmes pour les discuter.

## **V. Conclusion.**

Le modèle, support du jeu, est relativement compliqué : il comporte plusieurs échelles emboîtées (relief/foncier/activités) et plusieurs dynamiques imbriquées (hydraulique/écologique/socio-économique), qui doivent faire apparaître des résultats d'évolution pertinents, significatifs et réalistes. La phase de conception n'est pas encore terminée et le projet rentre dans une phase intéressante et laborieuse de calibrage. La validation des processus écologiques et des modes de représentations consistera dans les prochaines semaines à discuter des résultats de scénarios avec les experts mobilisés puis avec les acteurs locaux (chasseurs, propriétaires, gestionnaires d'espaces naturels protégés, exploitants de roseau, éleveurs, etc.). Ainsi, nous avons commencé par simuler des scénarios extrêmes de gestion de l'étang, sans intégrer d'actions sur le milieu, afin de vérifier la réponse de la dynamique d'évolution du milieu. Les résultats sont satisfaisants pour la dynamique de la végétation, néanmoins, il reste encore un long travail de calibrage des indicateurs de présence et d'installation des espèces d'oiseaux, qui ne fournissent pas encore de résultats réalistes et pertinents. Nous testerons également des scénarios comprenant tous les éléments de gestions stéréotypées (ensemble d'actions et de gestions de l'eau) afin de voir si le territoire évolue dans un sens réaliste correspondant aux activités appliquées. Une prochaine étape serait de jouer une partie test sans possibilités d'actions, juste pour évaluer l'ordonnancement des étapes du jeu et les temps impartis à la saisie et aux négociations pour la gestion de l'eau. Puis, une suite logique serait d'y intégrer les actions afin d'évaluer la facilité à jouer à ButorStar lorsqu'il s'agit de manier l'ensemble des potentialités de jeu (actions, négociations et gestions de l'eau).

L'originalité de notre démarche est la conception d'un modèle SMA entièrement voué à être associé à un jeu de rôle. Chaque étape de construction du modèle a été réfléchi aux travers des objectifs du jeu. Les joueurs vont être intégrés et agir dans la dynamique du modèle grâce aux interfaces de saisies des actions et de des gestions de l'eau, qui représentent des "portes d'entrées" dans le modèle de ButorStar.

En comparaison avec d'autres projets (Bousquet et al. 1999, Bousquet et al. 2002, Etienne (soumis)) qui sont basé sur un degré d'abstraction fort et un degré de détail faible, notre projet c'est tout de suite plongé dans la mise en place d'une représentation assez fine et précise du milieu modélisé. La particularité est de devoir répondre à un objectif pédagogique précis. Néanmoins, il est recherché un grand potentiel d'adaptabilité, et on peut même imaginer plusieurs versions du jeu, avec une complexité croissante fonction des objectifs et du public cible. On peut envisager qu'il sera possible de se servir de ButorStar pour mettre en évidence différentes choses : la dynamique de gestion de l'eau ou les processus de négociation, ou encore la dynamique d'évolution de la végétation.

Il faut retenir un objectif important de cette démarche, qui est d'inciter les joueurs à voir et à comprendre le comportement de l'Autre dans un cadre communication différent de la réalité. Il s'agit d'une situation inhabituelle, dans le contexte d'un jeu qui devrait être propice aux échanges et aux discussions puisqu'il s'agit d'un cadre relativement ludique, où les enjeux ne dépassent pas le résultat d'une partie. Il n'y a ni vainqueur ni vaincu, tout au plus des joueurs peuvent être influencés voire manipulés par d'autres, et au travers des processus de négociations certaines personnes parviendront à s'imposer. Néanmoins, un joueur va lui-même se fixer un objectif, à savoir logiquement, maintenir ou accroître son potentiel d'activité. Ceci

dépend évidemment des caractères personnels des joueurs et de leurs connaissances sur la problématique.

Les défis de ce projet sont variés et résident principalement dans le processus de simplification de la complexité des zones humides. On retrouve une partie de cette complexité dans le modèle, qui reste à calibrer de façon réaliste et fonctionnelle. Mais il est également difficile de transmettre ces connaissances au travers d'un jeu, tout en incitant les joueurs à se poser des questions sur cette complexité de structure et de gestion de ces socio-écosystèmes. On doit prévoir les difficultés de compréhension des joueurs et faire face aux problèmes techniques, dans le sens où il faut manier un langage informatique et une plate-forme de programmation. Puisque c'est CORMAS qui va servir de support au jeu ButorStar, il faudra prévoir de rendre cet outil accessible et maniable par les animateurs de séances de jeu et les joueurs eux-mêmes. Enfin, les premières parties qui seront jouées nous permettront de vérifier si le système de jeu actuellement conçu est adapté pour répondre aux objectifs initialement prévus (temps de jeu, processus de négociation, pertinence des indicateurs, simplicité et rapidité d'appropriation, etc.).

---

Personnes impliquées dans le projet :

*Responsables du projet* : Sophie Proréol<sup>1</sup> & Raphaël Mathevet<sup>2</sup> ;

*Modélisation SMA et Jeu de Rôle* : Guillaume Gigot<sup>3</sup>, Christophe Le Page<sup>5</sup>, Michel Etienne<sup>4</sup>, Raphaël Mathevet<sup>2</sup>, Martine Antona<sup>5</sup> ;

*Ecologie végétale* : André Mauchamp<sup>2</sup>, François Mesléard<sup>2</sup> ;

*Ecologie des passereaux et hérons paludicoles* : Brigitte Poulin<sup>2</sup>, Gaëtan Lefebvre<sup>2</sup>, Christophe Barbraud<sup>6</sup> ;

*Usages et gestion* : Jean-Laurent Lucchesi<sup>1</sup>, Raphaël Mathevet<sup>2</sup> ;

1 Association des Amis du Marais du Vigueirat ;

2 Station Biologique de la Tour du Valat ;

3 Institut National Agronomique de Paris - Grignon ;

4 INRA SAD dépt. Eco-développement – Avignon ;

5 CIRAD TERA prog. Espaces et Ressources ;

6 CNRS Chizé ;

## BIBLIOGRAPHIE

AQUINO (D'), P., M. ETIENNE, O. BARRETEAU, C. LE PAGE ET F. BOUSQUET (2000). Jeux de rôles et simulations multi-agents : un usage combiné pour une modélisation d'accompagnement des processus de décision sur la gestion de ressources naturelles. Ed. CIRAD.

BARBRAUD, C. & R. MATHEVET, (2000). Is commercial reed harvesting compatible with breeding purple herons *Ardea purpurea* in the Camargue, southern France ? *Environmental Conservation* 27 (4), p334-340.

BARBRAUD, C., MATHEVET, R. & HAFNER, H., (2002). Testing ecological hypotheses on colony dynamics using a probabilistic framework in a purple heron (*Ardea purpurea*) population. Soumis à *Oecologia*.

BARRETEAU, O., (1998). Un système multi-agent pour exploré la viabilité des systèmes irrigués : dynamiques des interactions et modes d'organisation. Thèse de doctorat Ecole Nationale, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts.

BOUSQUET, F., O. BARRETEAU, P. AQUINO (D'), M. ETIENNE, S. BOISSAU, S. AUBERT, C. LE PAGE, D. BABIN AND J.-C. CASTELLA (2002). Multi-agent systems and role games : collective learning processes for ecosystem management. *Complexity and Ecosystem Management: The Theory and Practice of Multi-agent Approaches*. M. Janssen, Edward Elgar Publishers.

BOUSQUET, F., O. BARRETEAU, C. LE PAGE, C. MULLON AND J. WEBER (1999). An environmental approach : the use of multi-agent simulations. *Advances in environmental and ecological modelling*, Blasco F. (ed), Elsevier, Paris, p 113-122.

ETIENNE, M., (). SYLVOPAST a multiple target role-playing game to assess negotiation processes in silvopastoral management planning. soumis à JASSS (*Journal of Artificial Societies and Social Simulation*).

FERBER, J., (1995). Les systèmes multi-agents, vers une intelligence collective. InterEditions.

LEFEBVRE G. & B. POULIN (*Soumis*). Accuracy of bittern location by acoustic triangulation.

LE PAGE, C., F. BOUSQUET, P. BOMMEL, C. BARON ET S. LARDON (2001). CORMAS : un environnement de développement de systèmes multi-agents dédié à la gestion des ressources naturelles. *Technique et science informatiques*.

MATHEVET R., TAMISIER A., (2002). Creation of a nature reserve, its effects on hunting management and waterfowl distribution in the Camargue (southern France). *Biodiversity and Conservation* 11: 209-519.

MATHEVET R., MESLEARD F., (2002). The origins and functioning of the private wildfowling lease system in a major Mediterranean wetland: the Camargue (Rhône delta, southern France). *Land Use Policy* (*sous presse*).

MATHEVET, R., (2000). Usages des zones humides camarguaises : enjeux et dynamique des interactions Environnement/Usagers/Territoire. Thèse de doctorat en géographie et aménagement. Université Lyon3.

MATHEVET, R., (1999). L'approche multi-agents comme outil de simulation de la gestion des marais de chasse dans les exploitations agricoles camarguaises in N. Ferrand (sous la dir.). *Modèles et systèmes multi-agents pour la gestion de l'environnement et des territoires*. Cemagref Editions, pp. 327-347.

MERMET, L. (1992). Stratégies pour la gestion de l'environnement. L'Harmattan, Paris.

OLLAGNON H. (1989). Une approche patrimoniale de la qualité du milieu naturel. In *Du rural à l'environnement, la question de la Nature aujourd'hui* de N. Mathieu et M. Jollivet, L'Harmattan, Paris, p 258-268.

POULIN, B. & G. LEFEBVRE (*soumis*). Optimal sampling of booming Bitterns *Botaurus stellaris*.

POULIN, B. & G. LEFEBVRE (*sous presse*). Effect of winter cutting on the passerine breeding assemblage in French Mediterranean reedbeds. Biodiversity and Conservation

POULIN, B., LEFEBVRE G. & A. MAUCHAMP (*soumis*). Habitat requirement of passerines and reedbed management in southern France.

POULIN, B. (*sous presse*). Introduction: Reedbed management and conservation in Europe. Proceeding of the 2<sup>nd</sup> International Wildlife Management Congress, Godollo, Hungary.

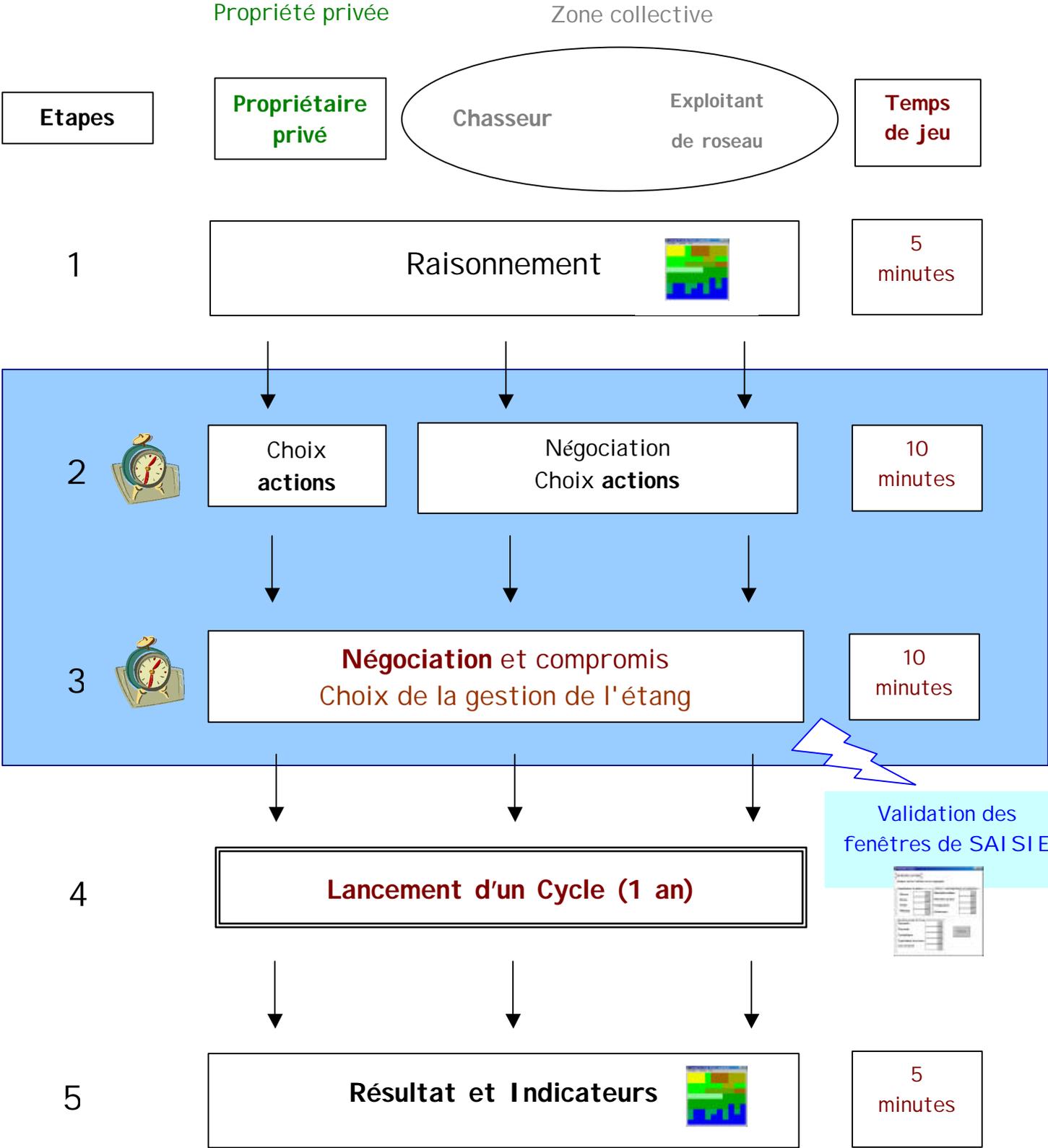
SINNASSAMY J.M. & A. MAUCHAMP (2000). Roselières : Gestion fonctionnelle et patrimoniale. ATEN edit., Fondation EDF, Réserves Naturelles de France & Station Biologique de la Tour du Valat publ., Cahiers Techniques N° 63.

WOLFRAM, S. (1986). Theory and application of cellular automata. World scientific.

# ANNEXES

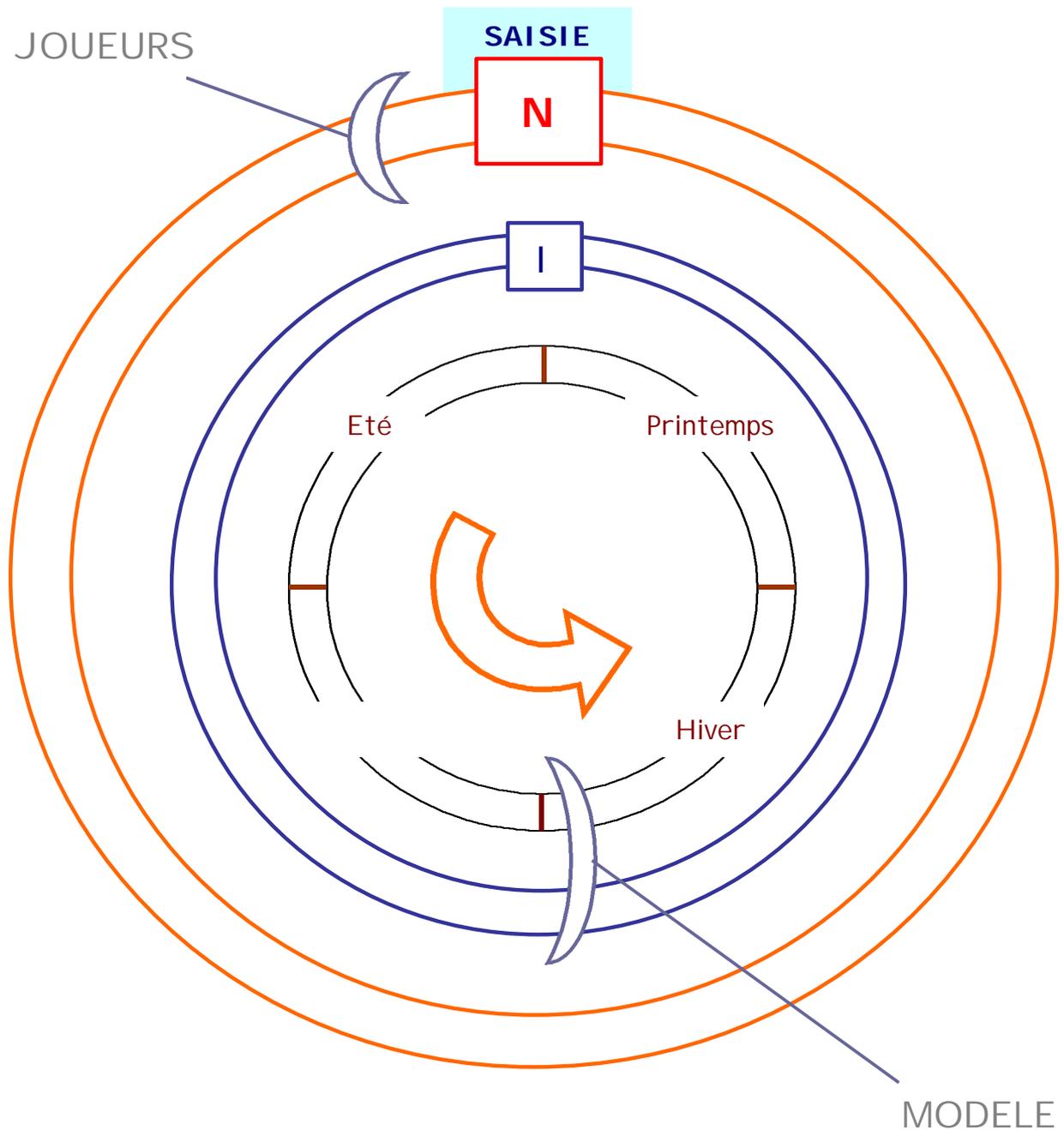
# Déroulement d'un tour de jeu

Exemple :



## Les Cycles du Jeu

- **N** = Processus de Choix et de Négociation ( pour 1 an )
- **I** = Bilan cumulé sur les Indicateurs ( au bout d'1 an )
- **Les Saisons** (Hiver, Printemps, Eté, Automne), reflètent les changements climatiques réguliers (météo).



## Tableau de jeu récapitulatif (1)

ACTEURS	Actions (coûts)	Objectifs	Indicateurs Spécifiques <i>(facteurs influents)</i>
Exploitant de roseau	Endiguement (150) Girobroyage (40/80) Coupe*	Maintenir ou accroître les superficies en roselière favorable à la récolte	Capital Roseau <i>(ha/nb de cellules)</i>
Chasseur	Endiguement (150) Girobroyage (40/80) Chasse privée* Chasse collective	Augmenter la valeur cynégétique de ses zones humides (espaces inondés alloués à la chasse = partout sauf Forêt et Culture)  Maintenir voire augmenter son tableau de chasse (effort de chasse uniforme)	Capital Valeur cynégétique <i>(capacité d'accueil du gibier en ha/nb de cellules)</i> Tableau de chasse <i>(chasse)</i>
Protecteur de la nature	Endiguement (150) Girobroyage (40/80)	Augmenter la diversité de la végétation (sans les cultures !)  Maintenir ou accroître les superficies en roselière favorable au Butor étoilé et à l'avifaune associée	Capital Diversité paysagère globale <i>(occupation du sol)</i> BUTOR ETOILE SUR SON territoire <i>(nb de chanteurs)</i> Avifaune sur son territoire <i>(valeur patrimoniale)</i>
Agriculteur <i>(uniquement dans le privé)</i>	Endiguement (150) Girobroyage (40/80) Mise en culture* <i>(200/ha, sauf sur culture)</i>	Maintenir ou accroître les superficies de culture	Capital Culture <i>(ha/nb de cellules)</i>
Eleveur	Endiguement (150) Girobroyage (40/80) <b>Achat de bétail</b> <i>(5/tête)</i> Pâturage*	Augmenter la valeur pastorale de ses zones humides  M aintenir voire augmenter son troupeau	Capital Valeur pastorale <i>(occupation du sol)</i> Taille du troupeau <i>(achat de bétail)</i>

\* actions rapportant du capital

(Unité monétaire fictive)

**Endiguement** : Coût de 150 / 100m de linéaire (= un côté d'une cellule)

**Girobroyage** : Coûts de 40/ha, et de 80/ha sur la forêt.

**CAPITAL** de départ = 300

## Tableau de jeu récapitulatif (2)

ACTEURS	Augmentation du capital	Gains	Seuils
Exploitant de roseau	Coupe (si niveau d'eau < 10 cm)	3/ha (1 à 5/ha, pour 10 à 50 ha exploités)	Mini : 10 ha Maxi : 100 ha Exploitable par tour
Chasseur	Chasse privée*	?/canard tué	Mini : 10 ha Maxi : 100 ha Exploitable par tour
Protecteur de la nature	Subventions**	100	Diversité paysagère : ? <b>BUTOR ETOILE</b> : ? Valeur patrimoniale : ?
Agriculteur	Mise en culture (sur culture)	(15) 30/ha	Mini : 20 ha Maxi : 100 ha Exploitable par tour
Eleveur (Troupeau initial : 30)	Pâturage (si niveau d'eau < 20 cm)	10/tête	Si troupeau < 20 Disparition !

\* Il n'y a que la chasse "Privée" qui rapporte du capital. Un chasseur sur la zone collective dépend des subventions allouées au compte commun.

\*\* Le protecteur de la nature peut recevoir une subvention de l'état, chaque année si ses indicateurs sont maintenus au-dessus du seuil minimum de départ. C'est le potentiel de base du milieu. Si un des indicateurs descend en dessous de cette valeur, la subvention n'est pas délivrée.

## Tableaux de bord des joueurs selon les activités (1/3).

Nom du joueur :

Foncier :

### TABLEAU DE BORD du chasseur

Tour de jeu	Chasse		
	Valeur cynégétique	Tableau	Capital
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Nom du joueur :

Foncier :

### TABLEAU DE BORD de l'exploitant de roseau

Tour de jeu	Exploitation du roseaux	
	Surface en roselière	Capital
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

## Tableaux de bord des joueurs selon les activités (2/3).

Nom du joueur :

Foncier :

### TABLEAU DE BORD du protecteur de la nature

Tour de jeu	Protection de la nature		
	Diversité paysagère	<u>BUTOR</u>	Capital
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Nom du joueur :

Foncier :

### TABLEAU DE BORD de l'éleveur

Tour de jeu	Pâturage		
	Valeur pastorale	Troupeau	Capital
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

## Tableaux de bord des joueurs selon les activités (3/3).

Nom du joueur :

Foncier :

### TABLEAU DE BORD de l'agriculteur

Tour de jeu	Récolte	
	Culture	Capital
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Le Butor étoilé (*Botaurus stellaris*)



C. Henninger



© Communauté européenne, 1995-2002

Famille : Hérons (*Ardeidae*).

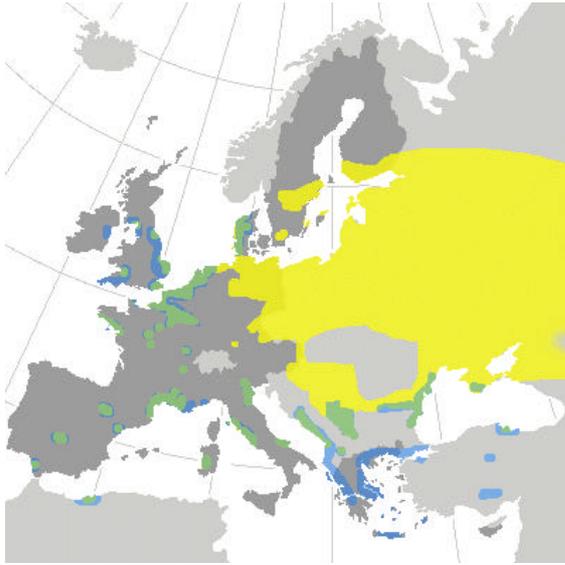
Ordre : Echassiers (*Ciconiiformes*).

Taille : Grand héron (75 cm) d'allure ramassé à pattes courtes, gros cou et plumes lâches.

Nid : En brindilles et roseaux, en plate-forme légèrement au dessus de l'eau.

Commentaire : Le Butor étoilé est un héron paludicole qui fréquente essentiellement les roselières (massifs de roseaux *Phragmites sp.*). Sa population nationale a été divisée par deux au cours de ces trente dernières années. C'est une espèce discrète et difficile à observer en raison de ce type de végétation dense et du mimétisme de son plumage avec ces végétaux émergents. La détection de la présence ou de l'absence de mâles chanteurs de butor sur un site de nidification est généralement réalisée grâce à son chant caractéristique (boom).

## Fiche numéro 1. (2/2)



Carte de distribution du  
Butor étoilé

jaune = oiseau estivant

vert = oiseau résident

bleu = oiseau hivernant

© Communautés européennes, 1995-2002

### Paramètres importants de gestions des roselières pour le Butor étoilé:

---

- superficies en roselière supérieure à 10 ha ;
- niveaux d'eau stables peu profonds (< 20 cm) jusqu'à l'envol des jeunes ;
- la pression de coupe ou de pâturage ne doit pas être excessive ;
- rôle important des roselières dans l'hivernage des populations venues du nord de l'Europe, mais les critères favorables sont encore mal connus.

### Références :

---

Poulin, B. & G. Lefebvre (*Submitted*). Optimal sampling of booming Bitterns *Botaurus stellaris*.

Lefebvre G. & B. Poulin (*Submitted*). Accuracy of bittern location by acoustic triangulation.

Sinnassamy J.M. & Mauchamp A. (2000). Roselières : Gestion fonctionnelle et patrimoniale. ATEN edit., Fondation EDF, Réserves Naturelles de France & Station Biologique de la Tour du Valat publ., Cahiers Techniques N° 63. (p 65).

European Union Action Plan for 8 Priority Birds Species – Bittern (2001)

Site de la Commission Européenne :

[http://europa.eu.int/comm/environment/nature/directive/botaurus\\_stellaris\\_fr.htm](http://europa.eu.int/comm/environment/nature/directive/botaurus_stellaris_fr.htm)

## Contexte du projet :

*Dans le cadre du programme LIFE Nature Butor Etoilé (2001/2005), le choix a été fait de mener une réflexion autour d'outils pédagogiques communs à l'ensemble des opérateurs locaux inscrits dans ce programme (sept zones humides de France métropolitaine).*

Quatre modules pédagogiques sont développés :

- ✓ **MODULE.1** : Activités ludiques et sensorielles - Public : enfants (6 / 8 ans) ;
- ✓ **MODULE.2** : Jeu de l'oie du Butor étoilé - Public : enfants (9 / 13 ans) ;
- ✓ **MODULE.3** : Ateliers pluridisciplinaires et jeux de rôles - Public : adolescents (14 / 17 ans) ;
- ✓ **MODULE.4** : Aménagement (sentier de découverte) et outils d'interprétation - Public : visiteurs de 17 à 77 ans.

Ces outils s'inscrivent dans une perspective éducative, ils doivent donc contribuer au développement de l'individu. Dans ce cadre, nous souhaitons mettre en avant :

- ✓ des objectifs **notionnels** (acquisition de connaissances portant sur l'environnement dans son sens le plus large) : biologie, écologie, géographie physique et humaine... ;
- ✓ des objectifs **méthodologiques** (acquisition de savoir-faire, de méthodes) : utilisation d'outils d'exploration, acquisition de la démarche scientifique, utilisation d'outil d'analyse... ;
- ✓ des objectifs **comportementaux** (acquisition de savoir être) : attitude d'écoute, de tolérance, sens critique et également prise de conscience des valeurs qui sous-tendent ces comportements...

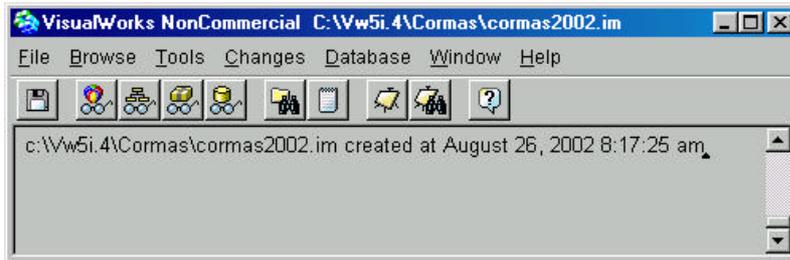
*Si le Butor étoilé apparaît comme le fil conducteur du programme pédagogique, nous souhaitons aborder l'environnement de cette espèce sous l'angle le plus large possible. Milieu de vie et caractéristiques abiotiques, proies et prédateurs, cycle de vie (reproduction migration et hivernage), gestion des milieux et impacts des activités humaines seront autant d'éléments à prendre en compte dans la thématique du Butor étoilé.*

Les finalités des actions proposées dans les modules pourront se décliner de la façon suivante:

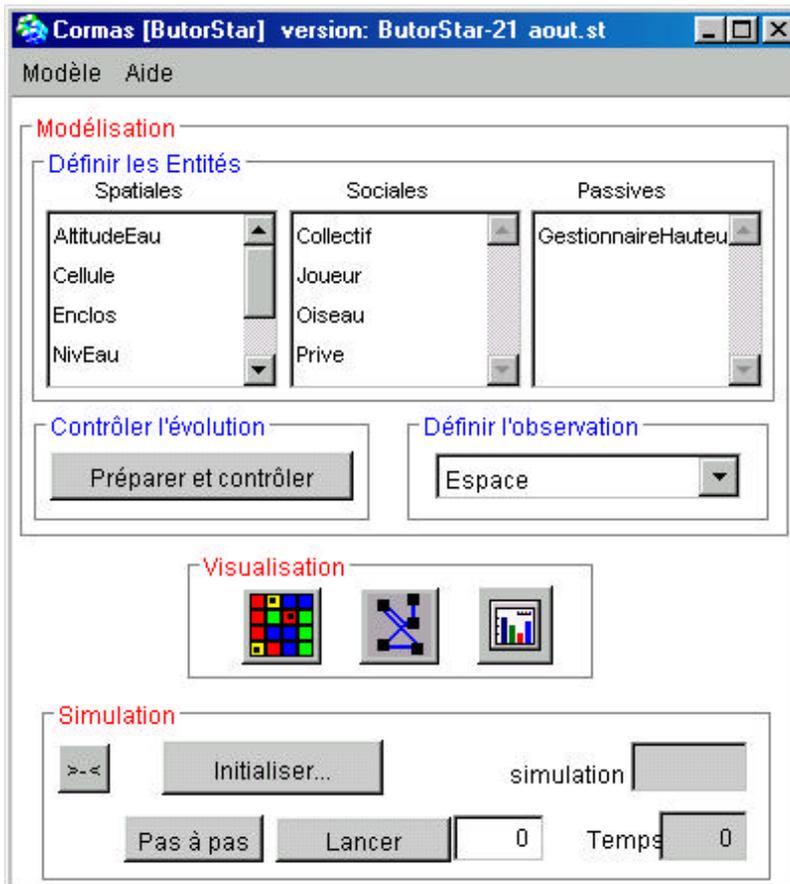
- ✓ **rendre accessible au public un espace naturel** dans un cadre récréatif, de découverte ou de sensibilisation ;
- ✓ **faire connaître le Butor étoilé et son écosystème** afin de permettre au public de mieux appréhender les milieux humides et les espèces sauvages ;
- ✓ **permettre au public de mieux appréhender l'ensemble des acteurs socioéconomiques ainsi que les relations qu'ils entretiennent avec les milieux** (connaissance des acteurs, des logiques et de leurs effets sur les processus écologiques) ;
- ✓ **favoriser les situations permettant à chacun de s'inscrire dans une démarche de réflexion collective autour des perspectives d'utilisation des milieux, faire prendre conscience à un public ciblé des enjeux liés à la gestion d'un territoire et de l'intérêt de la concertation des acteurs autour de ces enjeux.**

### Fiche numéro 3.

## La plate-forme CORMAS



Interface de l'environnement VisualWorks sous Windows



Interface de contrôle de CORMAS sous Windows

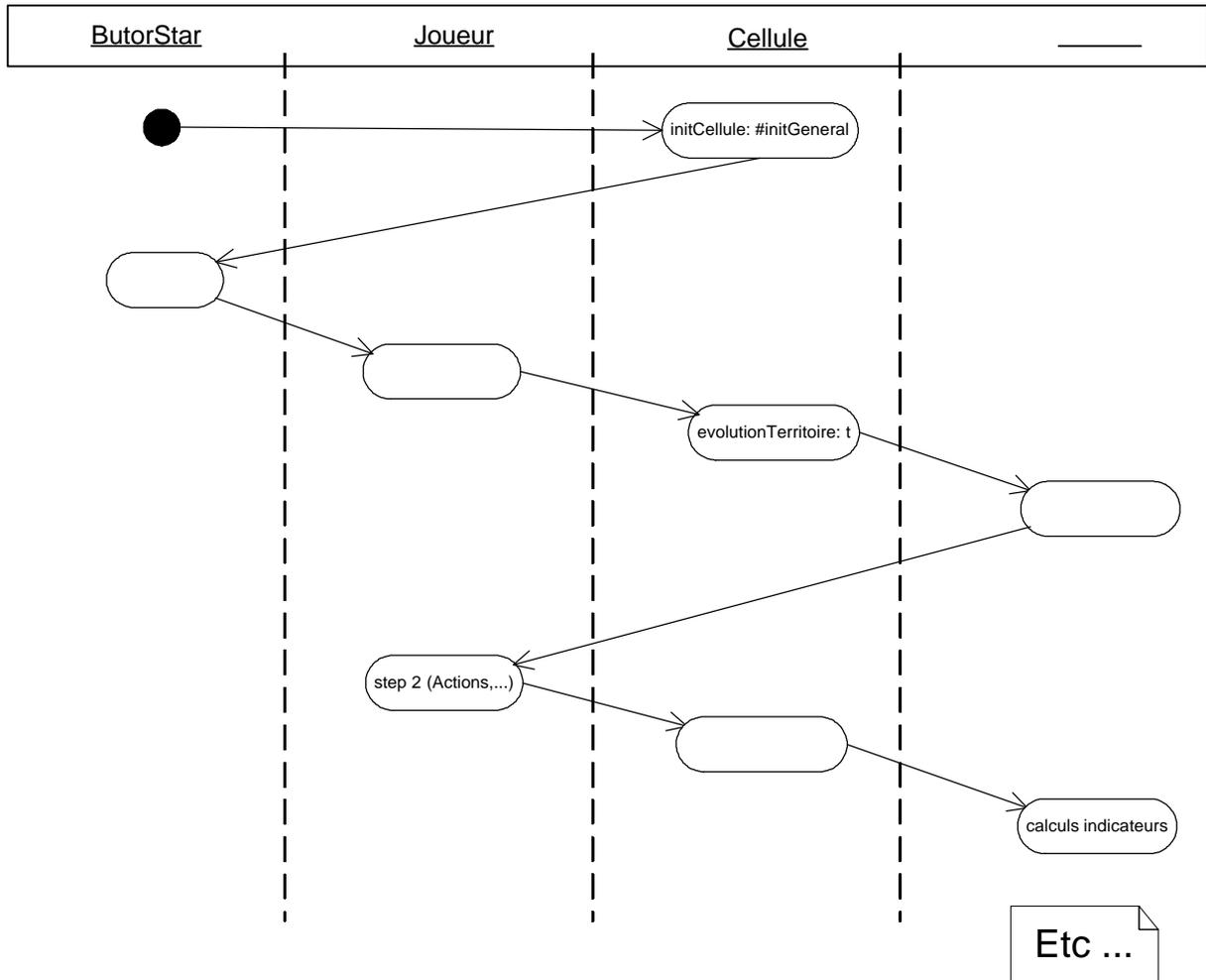
### Références :

LE PAGE, C., F. BOUSQUET, P. BOMMEL, C. BARON ET S. LARDON (2001). CORMAS : un environnement de développement de systèmes multi-agents dédié à la gestion des ressources naturelles. Technique et science informatiques.

Site Web du CIRAD : [www.cormas.cirad.fr](http://www.cormas.cirad.fr)

**La structure du modèle de ButorStar**  
*Diagrammes UML (Unified Modelling Language)*

Diagramme d'activités  
Evolution générale du modèle/Jeu de Rôle  
**ButorStar**



**Diagramme de séquence en vue externe  
du jeu de rôle **ButorStar**  
(Lancement d'une partie)**

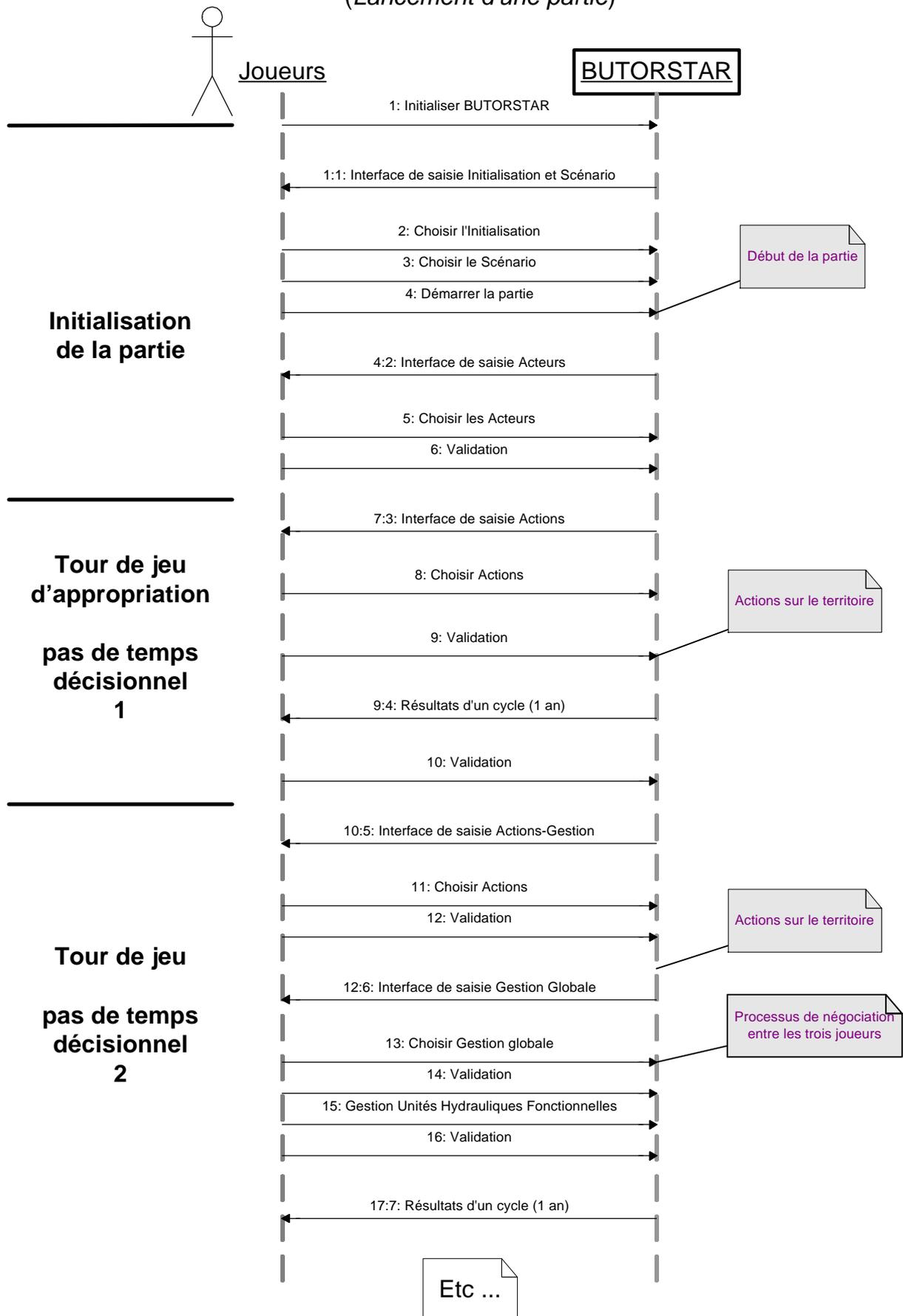
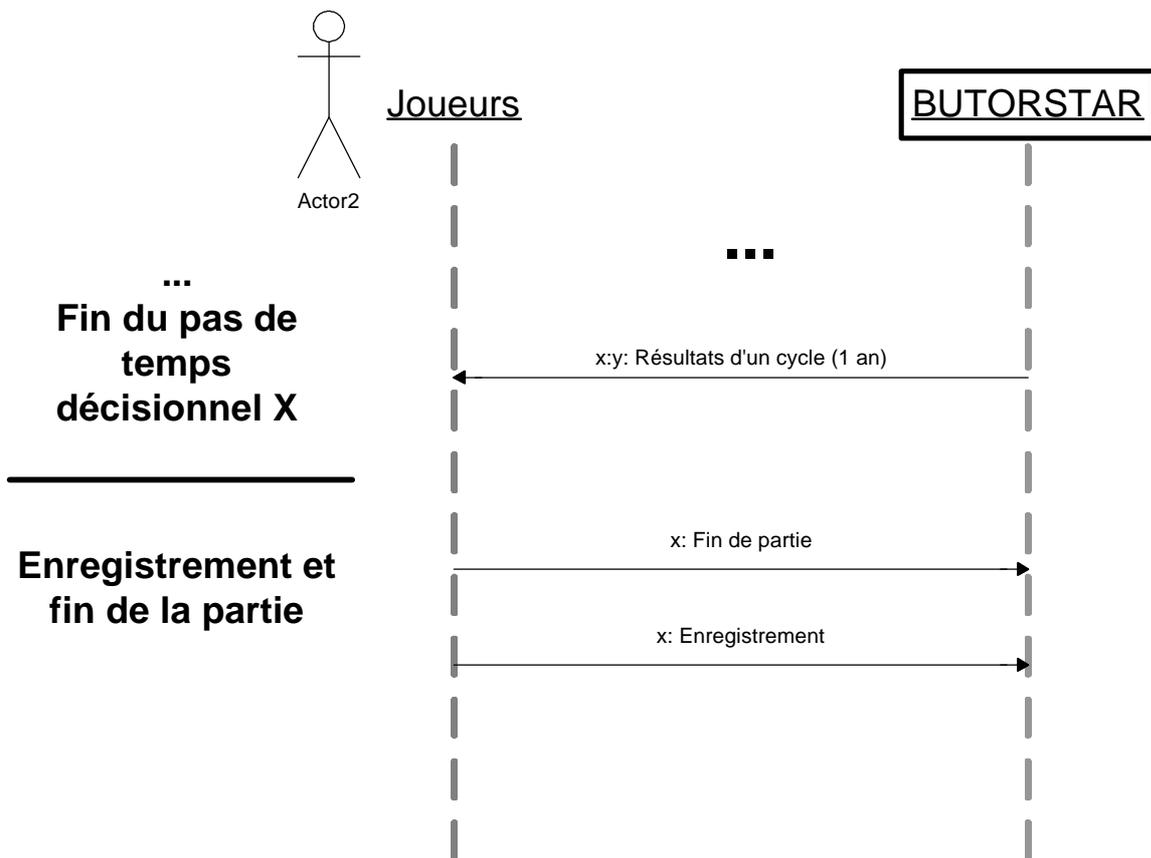
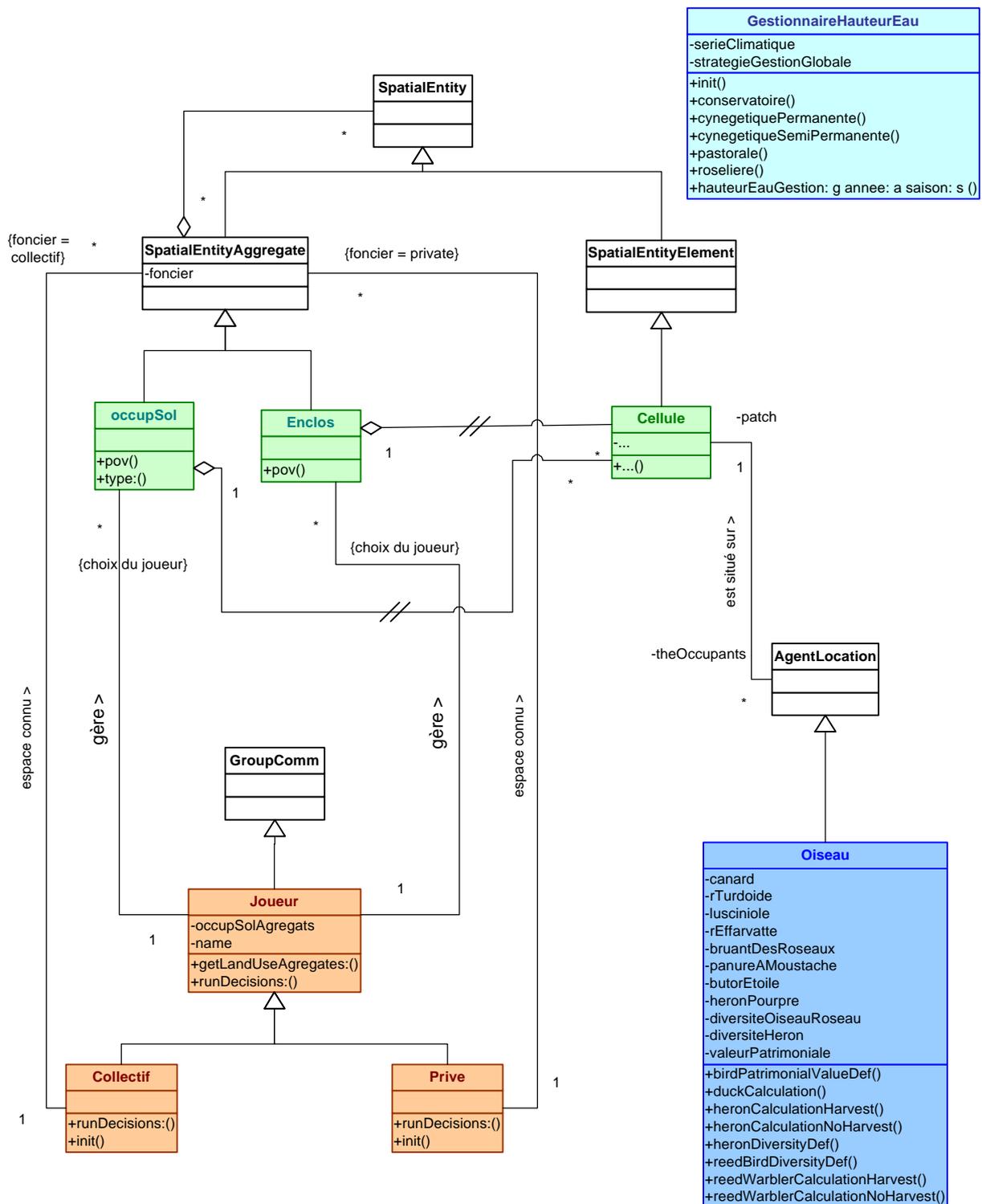


Diagramme de séquence du jeu en vue externe  
de rôle **ButorStar**  
*(Fin d'une partie)*

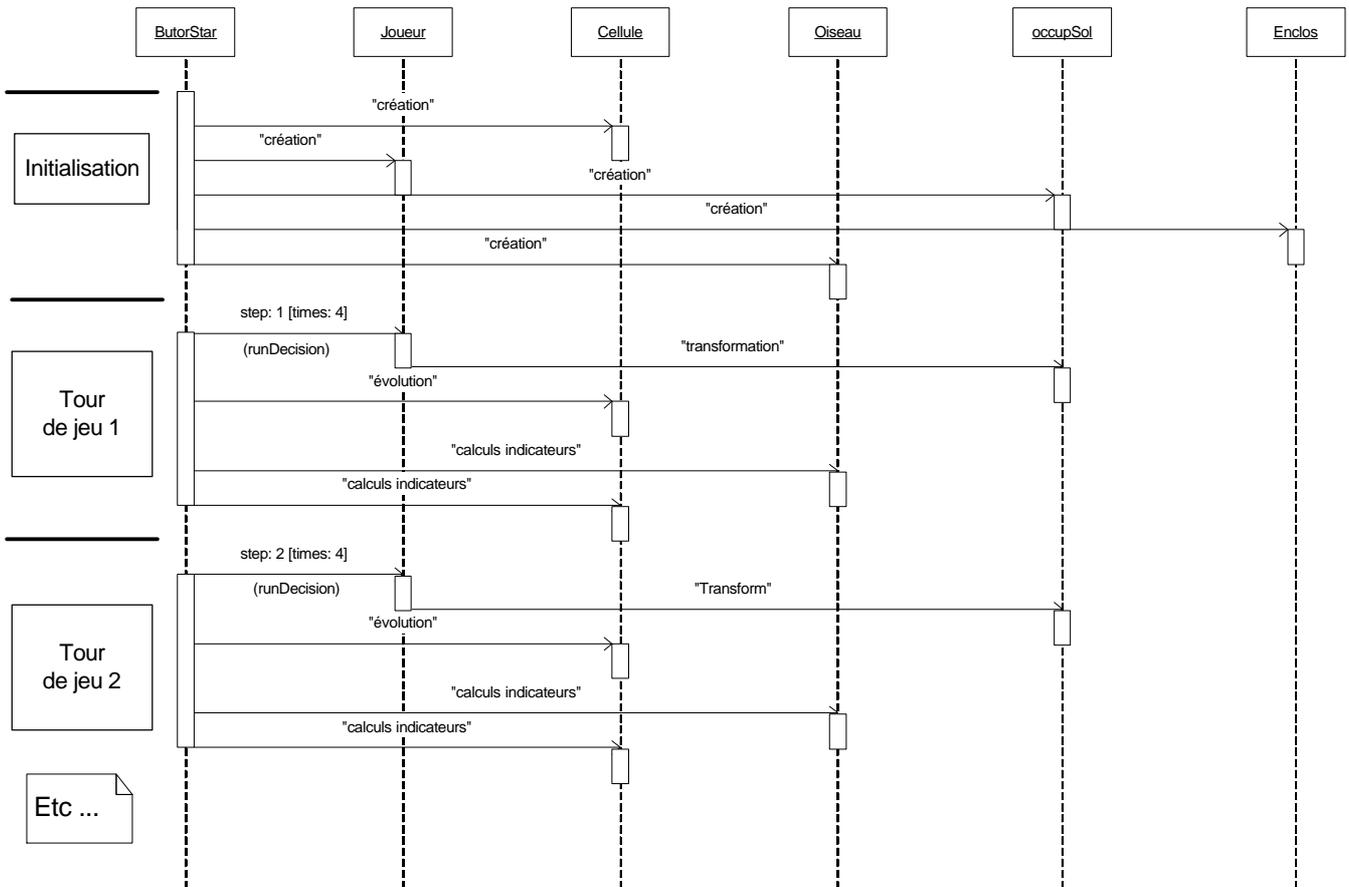


## Diagramme de classe Structure du modèle ButorStar



*Commentaire* : la classe Cellule comporte de nombreux attributs et de nombreuses méthodes, de ce fait ils n'ont pas été représentés. Globalement, ils permettent de gérer les processus d'écoulement de l'eau, l'évolution de l'occupation du sol, la mémorisation des actions et des niveaux d'eau sur chaque cellule et de signifier la présence ou l'absence de digue.

Diagramme de séquence  
 Evolution du modèle/Jeu de Rôle  
**ButorStar**  
*Déroulement général du jeu*



Les espèces d'oiseaux dans ButorStar



Photo  
Brigitte POULIN

Panure à Moustache (*Panurus biarmicus*) Timaliidés ;



Photo  
Brigitte POULIN

Lusciniolle à Moustache (*Acrocephalus melanopogon*) Sylviidés ;



Photo  
Brigitte POULIN

Rousserole turdä de (*Acrocephalus arundinaceus*) et Rousserole effarvate (*Acrocephalus scirpaceus*) Sylviidés ;

Fiche numéro 5. (2/2)



Bruant des roseaux (*Emberiza schoeniclus*) Embéridés;



Héron pourpré (*Ardea purpurea*) Ciconiiformes;

Source Web.  
[www.organbidexka.org](http://www.organbidexka.org)

## Abstract

**Wetlands** represent a very diversified potential of exploitation for man. Future of these ecosystems mainly depends on management and conservation of the natural resources. Very dependent on the management of water, these territories are the center of activities for a diversity of local actors (hunter, farmer, breeder, reed harvester ...). This "multi-use" of the natural resources often leads to complex situations and even conflicts. In this system, reedbeds represent the principal breeding habitat for **bittern** (*botaurus stellaris*), rare and threatened species in France.

Within the framework of the European program LIFE Nature Bittern, we design a teaching tool for introduction on the wetlands topic: a **role-playing game** applied to the management of reedbeds as privileged habitats for bittern installation. The game system is based on the cohabitation of several exploitation activities. Moreover, negotiation process appears as a key factor to apply water management. So, we can plan to use this game to facilitate discussions and collective decisions. We chose **Multi-Agent System** to formalize our model, thanks to the CORMAS simulation platform. Our step rests on a simplification process of wetlands complexity, and on the articulation of a modeling method with a role-playing game creation.

**Key words** : Wetlands, water, reedbed, bittern, role-playing game, model, Multi-Agent System (MAS).

## Résumé

Les **zones humides** ont toujours constitué un potentiel d'exploitation très diversifié pour l'homme. La pérennité de ces écosystèmes remarquables dépend principalement de la gestion et de la conservation des ressources naturelles qui les composent. Essentiellement dépendants de la gestion de l'eau, ces territoires sont le centre d'activités d'une diversité d'acteurs locaux (chasseur, agriculteur, éleveur, exploitant de roseaux...). Ce multi-usage des ressources naturelles aboutit souvent à des situations complexes et conflictuelles. Au sein de ce système, les roselières représentent le principal habitat de nidification du **butor étoilé** (*botaurus stellaris*), espèce rare et menacée en France.

Dans le cadre du programme européen LIFE Nature Butor étoilé, nous mettons en place un outil de sensibilisation à la problématique des zones humides : un **jeu de rôle** appliqué à la gestion des roselières en tant qu'habitats propices à l'installation du butor étoilé. Le système de jeu est basé sur la cohabitation de plusieurs activités d'exploitations. De plus, le processus de négociation apparaît comme le facteur clé pour la gestion de la ressource en eau. De ce fait, nous pouvons également envisager d'utiliser ce jeu comme un outil de concertation et d'aide à la décision collective. Le modèle sous-jacent est formalisé par un **Système Multi-Agents**, développé grâce à la plate-forme de simulation CORMAS. L'essentiel de notre démarche repose sur un processus de simplification de la complexité des zones humides, ainsi que sur l'articulation d'une technique de modélisation avec la création d'un jeu de rôle.

**Mots clés** : Zones humides, eau, roselières, butor étoilé, jeu de rôle, modèle, Système Multi-Agents (SMA).