

# Modéliser les dynamiques paysagères pour accompagner un projet d'aménagement du territoire : le cas du Causse Méjean

***M. Etienne<sup>a</sup> , C. Le Page<sup>b</sup>***

*<sup>a</sup> INRA, Unité d'Ecodéveloppement, Site Agroparc, 84914 Avignon Cedex 9, France  
([etienne@avignon.inra.fr](mailto:etienne@avignon.inra.fr))*

*<sup>b</sup> Cirad, Programme Green, 34398 Montpellier Cedex 5, France ([lepage@cirad.fr](mailto:lepage@cirad.fr))*

**Résumé:** *Un modèle multi-agent a été développé pour faire réagir les différents acteurs du Causse Méjean à la dynamique probable de leur territoire sous l'effet du développement des accrues spontanées de pins issus de boisements naturels de pin sylvestre ou de reboisements FFN de pins noirs. Afin de stimuler l'émergence de scénarios possibles de gestion concertée du territoire, des points de vue contrastés sur la dynamique des ressources ont été élaborés avec chaque partenaire. Dans une première étape, ils ont été construits et validés individuellement, avec chaque catégorie d'acteurs (forestiers, agriculteurs, agents du Parc National des Cévennes). Ensuite, ils ont été confrontés au regard et à l'avis des autres acteurs afin de favoriser la construction de scénarios d'aménagement basés à la fois sur les exigences individuelles de chaque groupe d'acteurs et l'impact du processus d'enrésinement sur la collectivité. Dans cette démarche d'accompagnement, la modélisation a été utilisée de trois façons : en tant que support pédagogique pour faire prendre conscience du problème de l'enrésinement (modélisation des dynamiques paysagères), en tant qu'outil de médiation entre les partenaires (jeu de rôle) et en tant qu'outil d'aide à la décision pour la mise en place d'un plan local d'aménagement concerté (scénarios d'aménagement).*

**Mots-clés:** *Aménagement du territoire; Scénarios; Système multi-agent; Modélisation d'accompagnement; Dynamique des ressources naturelles*

## INTRODUCTION

L'intégration de modèles de simulation dans l'aide à la décision collective pour la gestion de ressources naturelles est une des particularités de la gestion adaptative (Holling, 1978). Mais l'utilisation de ces modèles pour stimuler la participation des acteurs dans l'élaboration de scénarios d'aménagement est beaucoup plus rare (Costanza and Ruth, 1998; Bousquet et al., 2002).

Un modèle multi-agent a été développé pour faire réagir les différents acteurs du Causse Méjan à la dynamique probable de leur territoire sous l'effet du développement des accrus spontanés de pins issus de boisements naturels de pin sylvestre ou de reboisements FFN de pins noirs. Afin de stimuler l'émergence de scénarios possibles de gestion concertée du territoire, des points de vue contrastés sur la dynamique des ressources ont été élaborés avec chaque partenaire.

Après une brève présentation du contexte de l'étude et de la structure du modèle, la démarche d'accompagnement utilisée est présentée et discutée. En particulier, l'accent est mis sur les différentes façons d'utiliser la simulation des dynamiques paysagères : en tant que support pédagogique pour faire prendre conscience du problème de l'enrésinement, en tant qu'outil de médiation entre les partenaires et en tant qu'outil d'aide à la décision pour la mise en place d'un plan local d'aménagement concerté.

## CONTEXTE

Situé au sud-est du Massif Central, le Causse Méjan a connu une longue histoire d'utilisation humaine basée sur l'élevage, la céréaliculture et l'exploitation du bois. Cette gestion combinée à des conditions particulières de climat et de sol a généré des milieux d'apparence steppique à forte diversité biologique (O'Rourke, 1999) et caractérisés par des paysages très ouverts (Lepart et al., 2000). Des changements récents dans les systèmes d'élevage (Osty et al, 1994) et les programmes de reboisement mis en place dans les années 1970 ont fortement modulé les dynamiques paysagères en favorisant les accrus spontanés de pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) et de pin noir (*P. Nigra austriaca*) à différentes échelles de temps et d'espace (Etienne, 2001).

Les agriculteurs, les forestiers, et le Parc National des Cévennes (et dans une moindre mesure les chasseurs) interagissent sur ce territoire bien qu'ils soient différemment concernés par le processus d'enrésinement qui affecte leur objectifs de gestion de façon très contrastée (production ovine, production de bois, conservation de la nature). Ainsi, les accrus de pin affectent essentiellement les éleveurs dont la production est fortement basée sur l'utilisation des parcours, en limitant progressivement la production fourragère, au fur et à mesure que les peuplements se ferment. Au contraire, ils génèrent de nouveaux espaces boisés sur lesquels les forestiers revendiquent un droit de regard ou proposent une gestion appropriée. Cette dynamique signifie aussi un passage des terres d'un statut de landes à un statut forestier, ce qui, en Lozère, signifie un fort accroissement de la taxe foncière (qui passerait en moyenne de 2 à 15 € par hectare et par an). Enfin, l'extension des pins fragmente et réduit de façon drastique la surface en pelouses du Causse, or celles-ci constituent un des rares habitats naturels de ce type et de cette extension en Europe de l'Ouest avec tout ce que cela signifie en terme d'enjeux pour le flore, la faune et la biodiversité.

## LE MODELE

Le principe de base de la conception du modèle multi-agent (SMA) était que les différentes catégories d'acteurs participant à la gestion des ressources naturelles (agriculteurs, forestiers et naturalistes) étaient tous concernés par les accrus de pins sylvestres ou de pins noirs mais à des échelles de temps et d'espace très variables. Le modèle devait également servir d'outil d'accompagnement à l'élaboration, la discussion puis la mise en oeuvre d'un projet d'aménagement visant à maîtriser la dynamique d'enrésinement du paysage. Pour cela une démarche d'accompagnement (Bousquet et al., 2002) couplant modèle multi-agent, jeu de rôle et simulations a été mise en oeuvre. Elle s'est appuyée sur le développement d'un SMA à partir de la plateforme Cormas (Bousquet et al., 1998) et d'une représentation réaliste de la partie "nue" du Causse Mejan.

### **Le territoire**

Les ressources naturelles ont été représentées à partir des documents cartographiques disponibles au PNC concernant la topographie, la végétation, le foncier et les enjeux patrimoniaux (faune, flore et paysage). La topographie a été décrite par la position des crêtes et l'identification des bassins de dispersion potentiels des graines de pin. La végétation a été représentée par la cartographie réalisée en 1999 par le service scientifique du PNC (Parc National des Cévennes, 1999), et traduite en terme de structure en combinant les différentes strates (arbre, arbuste ou herbe). Etant donné leur rôle dans le processus d'enrésinement, les forêts ont fait l'objet d'une caractérisation plus fine, en précisant l'espèce dominante, l'âge et la densité des peuplements forestiers. Les activités agricoles ont été définies par la structure foncière des exploitations agricoles, la localisation de la bergerie, la pression de pâturage sur les parcours et la localisation des terres cultivées. Le patrimoine naturel a été décrit à partir d'une série de cartes réalisées par le PNC et localisant les espèces végétales, le domaine vital des espèces animales et les principales unités paysagères constituant l'objectif majeur de conservation du PNC (Jestin and Rousselle, 1997).

Toutes ces données ont été importées dans la grille de l'automate cellulaire de la plateforme Cormas avec une précision de 4 ha pour le modèle initial, puis de 1 ha pour le modèle de simulation. La taille initiale du pixel était un compromis entre l'échelle minimale nécessaire pour rendre compte correctement du processus d'enrésinement (200m x 200m) et le temps nécessaire pour lancer la simulation d'une dynamique paysagère sur 50 ans. Le passage à un modèle plus opérationnel permettant de tester la mise en oeuvre du plan local d'aménagement concerté (PLAC) a obligé à affiner la taille du pixel à 1 ha afin de pouvoir représenter précisément les actions programmées par les agriculteurs.

### **Les dynamiques paysagères**

Grâce à l'automate cellulaire, il a été possible de faire évoluer le paysage du Causse en fonction de la dissémination naturelle des pins, et des pratiques de gestion pastorale ou forestière de chaque acteur représenté. Pour cela, un modèle écologique basé sur les lois de dispersion du pin sylvestre et du pin noir en fonction de l'âge du semencier, du vent dominant et de la position topographique du boisement a été élaboré (Etienne, 2001). Il a été complété en introduisant un taux de survie des plantules de pin lié à la pression de pâturage, ou à des interventions mécaniques.

## **Les agriculteurs**

Trente sept agriculteurs ont été intégrés au modèle multi-agent à partir d'une base de données précisant leur système de production, la répartition de la pression de pâturage sur les parcours, leur sensibilité aux problèmes environnementaux, la disponibilité d'un gyrobroyeur, leur attitude face à l'enrésinement, l'année de leur départ à la retraite et le système de production le plus probable de leur successeur. La stratégie de gestion des parcours a été élaborée à partir de leur système de production (viande ou lait, intensif ou extensif), de la taille du troupeau, la distance à la bergerie et du taux de recouvrement des pins sur les parcours. Leur réaction face à l'enrésinement a été modélisée en tenant compte du temps de travail disponible, du montant de la taxe foncière, de la valorisation potentielle du bois sur pied et de la productivité des parcours. Bien évidemment, la pression de pâturage est ajustée chaque année en fonction des changements de productivité des parcours liés au développement des pins. De même, la décision d'intervenir ou non sur les pins dépend du temps de travail et de l'équipement disponibles comme de la possibilité de recevoir une aide financière du PNC ou de l'administration. Ce dernier point a été traduit sous la forme d'un module de négociation dans lequel la qualité des pratiques environnementales des agriculteurs, la participation volontaire des agriculteurs aux travaux, la fréquence de collaboration et la force de travail disponible ont été les quatre critères pris en compte.

## **Les forestiers**

Le modèle génère deux types de forestiers. L'un représente un technicien de la DDAF qui s'occupe de la gestion des reboisements de pin noir et en particulier du respect de la réglementation à laquelle ils sont soumis (remboursement de la dette, programmation des éclaircies, reboisement après la coupe finale). L'autre représente un technicien du CRPF qui encourage l'exploitation des peuplements de pin sylvestre en proposant des solutions techniques et en facilitant la mise en œuvre de la « filière pâte à papier ».

En accord avec les règles de sylviculture définies par les techniciens contactés (Cohen, 2001), les bois ont été découpés en parquets dont la forme et la taille sont automatiquement définis par le modèle selon trois critères: les arbres doivent appartenir à une même classe d'âge, les cellules doivent être contiguës et le parquet doit couvrir une surface minimale établie en fonction de la taille de la forêt et des capacités d'exploitation de l'entreprise de bûcheronage.

Les forestiers choisissent leur stratégie de gestion en fonction de l'espèce dominante, l'âge des parquets, la quantité de bois sur pied et le nombre de journées de travail disponible. Pendant les phases de négociation avec les autres partenaires, ils adaptent leurs décisions en évaluant les quatre critères suivants : valeur patrimoniale des bassins de dispersion, degré d'enrésinement des crêtes, niveau de compensation des pertes de revenu, possibilités de financement du PNC.

## **Les naturalistes**

Les agents du Parc National ont pour but la maîtrise de l'enrésinement, en priorité sur les zones à forte valeur patrimoniale (faune et flore) aussi bien en zone centrale qu'en zone périphérique. Ils agissent aussi en faveur du maintien de paysages ouverts sur les unités paysagères qu'ils considèrent comme les plus emblématiques du Causse. Pour réaliser cet objectif, ils ont une enveloppe financière annuelle fixe mais ils peuvent choisir deux voies. Soit ils interviennent sur les zones à enjeux patrimoniaux majeurs qui s'enrésinent. Dans ce cas ils nettoient les cellules correspondantes dès qu'elles sont envahies par des pins de plus de 10 ans et proposent aux forestiers de couper les lignes

de pins adultes qui se trouvent sur les crêtes surplombant des paysages de steppe. Soit ils cherchent à coopérer avec les agriculteurs. Dans ce cas, ils sélectionnent les agriculteurs dont les pratiques semblent les plus soigneuses de l'environnement et leur proposent de cofinancer le contrôle de l'enrésinement sur leurs terres de parcours.

## LES SCENARIOS

### Laisser faire la nature ([scénario 1](#))

Lors des discussions collectives, les forestiers ont insisté sur le fait que les accrues de pin sont le résultat d'un processus naturel qui fait évoluer les prairies (premiers stades de la succession) vers les forêts naturelles ou subspontanées (stades finaux de la succession). Ils ont également souligné que pour eux, la vitesse d'avancée de ce processus démontrait l'incapacité des agriculteurs de gérer correctement leur parcours. Dans le scénario 1, la dynamique du paysage dépend donc exclusivement de la position des arbres semenciers.

Le pâturage est considéré comme un moyen inefficace pour contrôler l'installation des jeunes pins, et chaque fois qu'une portion de territoire est occupée par un peuplement de pins de plus de vingt ans, il passe sous statut forestier. La seule concession faite au PNC est de ne plus proposer de nouveau reboisement sur le territoire du Causse.

Voir [l'animation](#)

### Laisser faire les acteurs locaux ([scénario 2](#))

D'autres intervenants ont soutenu que les acteurs locaux étaient capables de s'adapter à la progression des pins (comme sur la partie boisée du Causse) et sauraient réagir quand les pins commenceraient à constituer un obstacle à leurs activités. Les agriculteurs ont signalé qu'ils contrôlèrent les pins là, et seulement là où leur couvert concurrencerait la production d'herbe nécessaire à la bonne alimentation du troupeau et à condition d'avoir du temps de libre pour le faire.

Dans le scénario 2, les zones sur lesquels les agriculteurs nettoient les pins sont donc définies en fonction du statut foncier des parcelles, des attentes du système de production par rapport aux parcours et du temps de travail disponible. La dynamique des paysages tient compte de la position des semenciers mais considère également que les pins sont totalement contrôlés dans les zones cultivées et que le nombre de pins qui arrivent à s'installer dans une zone de parcours dépend de la pression de pâturage exercée sur cette zone. Pour les reboisements de pin noir, une sylviculture classique est appliquée selon les normes de la DDAF et en respectant la réglementation du Fonds Forestier National. Pour les boisements de pin sylvestre de plus de 40 ans, plusieurs placettes de 5 ha sont récoltées sur plusieurs propriétés jusqu'à atteindre un volume annuel de bois correspondant à la quantité moyenne récoltées pour la filière « pâte à papier » sur le Causse au cours de ces dernières années.

Voir [l'animation](#)

### **Sauvegarder la nature ([scénario 3](#))**

La majorité des naturalistes du PNC ont considéré que leurs actions devaient porter de façon prioritaire sur les zones présentant les plus forts enjeux patrimoniaux en empêchant que des pins s'installent sur ces zones. Dans le scénario 3, le PNC finance l'éradication des pins sur les zones présentant les plus forts enjeux, les parcelles traitées étant choisies par ordre décroissant de leur valeur patrimoniale et leur nombre étant fonction de l'argent disponible et du coût des travaux.

Les dynamiques paysagères tiennent compte de ces travaux, de la pression de pâturage des troupeaux et de la sylviculture classique des boisements.

Voir [l'animation](#)

### **Recréer la nature ([scénario 4](#))**

Une minorité de naturalistes est allé jusqu'à proposer de rendre au Causse Méjan l'aspect qu'il avait au XIX<sup>e</sup> siècle, en essayant de reconstituer les conditions optimales de maintien des « habitats steppiques » qui font l'originalité du Causse, voire de retour de certaines espèces emblématiques comme l'outarde ou la perdrix grise. Bien que ce scénario 4 soit socialement très conflictuel et donc difficilement envisageable, il a tout de même été élaboré pour vérifier s'il était possible de restaurer, quel qu'en soit le coût social et économique, un des deux paysages majeurs de steppe encore présent en Europe de l'Ouest

Dans le scénario 4, tous les boisements existants sont éliminés une première fois au démarrage de la simulation, puis une deuxième fois quand ils se sont régénérés à partir du stock de graines présent dans le sol. La dynamique du paysage est alors basée sur la capacité de régénération des boisements au moment de l'intervention, sur le développement des jeunes pins et sur la colonisation des espaces ainsi ouverts par la prairie naturelle. Le modèle fait également l'hypothèse que les nouvelles zones de steppe sont systématiquement intégrées dans l'espace de parcours des exploitations agricoles.

Voir [l'animation](#)

### **Associer forestiers et naturalistes**

Certaines discussions ont amené à envisager une possibilité de compromis entre naturalistes et forestiers basé sur une intervention précoce sur les pins situés sur des crêtes dominant des bassins de dispersion non encore boisés et à forte valeur patrimoniale. Ces crêtes ont été retenues comme des entités de gestion stratégiques dans la mesure où la coupe des pins avant qu'ils ne soient fertiles permettrait d'empêcher le démarrage de la pluie de graines sur le bassin situé sous le vent de la crête. Même si ce scénario est basé sur un compromis délicat entre forestiers et naturalistes, il a été supposé que sa faisabilité reposait sur l'éventualité d'une compensation de la perte de revenu pour le forestier et de son financement par le naturaliste ou les pouvoirs public. Il a permis de tester combien d'agriculteurs et de propriétaires forestiers privés étaient prêts à jouer le jeu. Dans le scénario 5, les agriculteurs appliquent une pression de pâturage soutenue sur les bassins de dispersion dont les crêtes ont été traitées et les forestiers acceptent de renoncer à la production de bois sur les lignes de plantation situées sur les crêtes stratégiques moyennant une compensation financière basée sur le manque à gagner calculé par rapport à une gestion sylvicole classique.

## **Associer agriculteurs et naturalistes ([scénario 6](#))**

Une deuxième option de coopération entre acteurs est venue du constat fait par plusieurs acteurs que l'impact de certaines pratiques agricoles pouvait être bénéfique à la sauvegarde d'espèces menacées. Le PNC a alors envisagé, sur le modèle des mesures agri-environnementales prises par l'Union Européenne de mettre en place un programme de financement pour soutenir les agriculteurs dont les pratiques garantissaient une pression soutenue sur les parcours

Dans le scénario 6, les agriculteurs sont classés en fonction de la « qualité environnementale » de leurs pratiques, puis le PNC leur propose de cofinancer le contrôle (manuel ou mécanique si l'agriculteur dispose d'un gyrobroyeur) des pins sur leur exploitation. La dynamique du paysage tient compte de la localisation spatiale de ces travaux qui dépend de la localisation des exploitations agricoles sélectionnées, de la difficulté de coupe des pins et du financement disponible chaque année.

Voir [l'animation](#)

## **Restaurer durablement la steppe ([scénario 7](#)) et ([scénario 8](#))**

Les représentants des agriculteurs et des forestiers ont également proposé de tester des scénarios considérés comme plus pragmatiques et plus réalistes car basés sur une échelle de temps plus longue. Il s'agissait de restaurer progressivement l'espace en steppe mais sans remettre en cause les investissements forestiers passés, en favorisant la mise en place d'aménagements sylvopastoraux. Deux options ont été retenues, mais toutes deux permettent de retourner aisément à un paysage de steppe après la coupe finale de la parcelle.

Les forestiers ont défendu une gestion sylvopastorale centrée sur la production de bois, à partir d'une éclaircie initiale forte suivie d'une éclaircie complémentaire au bout d'une vingtaine d'années. Dans le scénario 7, cette sylviculture est appliquée, sur des parquets de 20 ha, aux boisements de pin noir dont les propriétaires ont accepté ce mode de gestion et où il existe à proximité un éleveur intéressé à pâturer ce type de parcours boisé

La dynamique des paysages prévoit systématiquement un retour à la prairie naturelle après la coupe finale programmée quand les arbres conservés ont autour de soixante ans.

La Chambre d'Agriculture a défendu une gestion sylvo -pastorale centrée sur la production d'herbe, à partir d'une éclaircie initiale forte, suivie, environ tous les dix ans d'éclaircies successives permettant de maintenir un niveau soutenu de productivité fourragère du parcours boisé

Dans le scénario 8, cette sylviculture est réservée aux boisements situés sur des terrains appartenant ou en bail à des éleveurs intéressés à pâturer ce type de parcours boisé. La dynamique des paysages prévoit systématiquement un retour à la prairie naturelle après la coupe finale programmée quand les arbres conservés ont autour de cinquante ans.

Etant donné la part dominante du compartiment herbe dans cette option, la taxe foncière des parcelles ainsi traitées n'a plus été affectée à la catégorie « bois » mais à la catégorie « landes ». Enfin, dans la mesure où les agriculteurs ont insisté sur le fait que cette sylviculture était très coûteuse en temps de travail et n'apportait aucun revenu à la première intervention, elle n'a été simulée que quand l'agriculteur commençait à pâturer du manque d'herbe sur ses parcours.

Voir [l'animation7](#) et [l'animation 8](#)

## LES POINTS DE VUE

Afin de suivre l'impact de ces scénarios sur les dynamiques paysagères, un éventail de points de vue a été élaboré à partir des indicateurs mentionnés comme pertinents par chacun des acteurs ayant participé à ce projet (Etienne et al, 2003). Ces points de vue traduisent ce que chacun a l'habitude ou l'envie de voir dans le paysage qu'il gère, qu'il administre ou dans lequel il vit. Ils permettent de visualiser une dynamique paysagère, une dynamique d'action ou une dynamique de production, soit sous la forme de cartes animées, soit sous la forme de graphes dynamiques. Les animations ci-après ([Figure 1](#), [Figure 2](#), [Figure 3](#), [Figure 4](#)) donnent un aperçu de la variété de points de vue mobilisés et enrichis au cours des différentes phases du projet.

Une série de points de vue a été construite pour faciliter la compréhension du processus d'enrésinement en distinguant clairement l'aspect physiologique (les pins se voient dans le paysage), de l'aspect fonctionnel (de jeunes plants de pins se sont installés dans la parcelle). Une autre a été construite pour localiser les enjeux patrimoniaux de faune, de flore ou de paysage, pour en produire une représentation synthétique. Une autre permet de rendre compte des travaux effectués et de leur localisation, soit selon le regard du sylviculteur, soit selon le regard du naturaliste. Certains points de vue ont cherché à traduire un regard particulier comme par exemple l'évolution du niveau de risque d'enrésinement à partir des crêtes, ou la transmission des exploitations agricoles après succession.

## LA MEDIATION

Une fois le processus écologique, le territoire et les principales entités de gestion correctement représentés, il était nécessaire de vérifier si les acteurs considéraient plausibles les comportements simulés dans le modèle. Pour cela, au lieu de faire discuter les gens devant les simulations, nous avons préféré leur faire vivre la simulation en les faisant participer à un jeu de rôles restituant le contexte du Causse Méjan.

L'objectif du jeu était de rendre facilement accessible la modélisation du fonctionnement de l'interaction entre forestiers, agriculteurs et naturalistes, de partager rapidement une représentation du processus d'enrésinement tout en laissant libre cours à l'inventivité des joueurs pour mettre au point une stratégie d'action ou de négociation.

Pour cela, le territoire est décrit par le biais d'un automate cellulaire capable de simuler la dynamique de la végétation en fonction de la gestion appliquée par les joueurs, sur les entités qu'ils ont l'habitude de piloter et en fonction du résultat des négociations qu'ils mènent au fur et à mesure que le territoire change. Pour simplifier le contexte, le support spatial du jeu est un territoire fictif sur lequel on retrouve les principales caractéristiques du Causse Méjean (exploitations agricoles, reboisements de pin noir, accrus de pin sylvestre) mais sur une surface plus réduite. Pour que chaque joueur-agriculteur ait les mêmes contraintes, les exploitations agricoles sont toutes de la même taille et ont à peu près les mêmes caractéristiques (surface cultivée, surface de parcours, nombre de parcs). Seules la localisation de l'exploitation et la proportion de cellules boisées ou embroussaillées varient. Les joueurs-naturalistes peuvent raisonner sur la totalité du territoire, alors que les joueurs-forestiers ne sont concernés que par les forêts et que chaque joueur-agriculteur ne connaît que le territoire de son exploitation.

Afin de faire prendre conscience aux acteurs locaux de la dynamique naturelle en cours et à venir, les joueurs sont soumis à des règles de dynamique de végétation simples mais



suffisamment précises pour rendre correctement compte de l'impact des modalités de gestion. Ils sont également contraints à spatialiser leurs activités et à consacrer un temps donné du jeu à la discussion et aux échanges aussi bien entre rôles similaires, qu'entre rôles antagonistes (négociation multiple). Ils sont enfin projetés dans le futur, le modèle qui sert de support au jeu de rôle, simulant les dynamiques paysagères engendrées par les actions décidées individuellement ou collectivement par les joueurs.

Cinq séances de jeu de rôle ont été organisées sur le Causse même afin de mobiliser le plus grand nombre possible d'agriculteurs (18) et de techniciens (11). Elles ont largement facilité la concertation entre acteurs soumis à une même dynamique écologique, ont fait émerger des comportements innovants en stimulant l'imagination des joueurs dans l'élaboration de stratégies de maîtrise de la dynamique des pins et ont donné l'opportunité à chacun de mieux connaître le métier et les contraintes spatio-temporelles de l'autre.

## **LE PLAN LOCAL D'AMENAGEMENT CONCERTÉ**

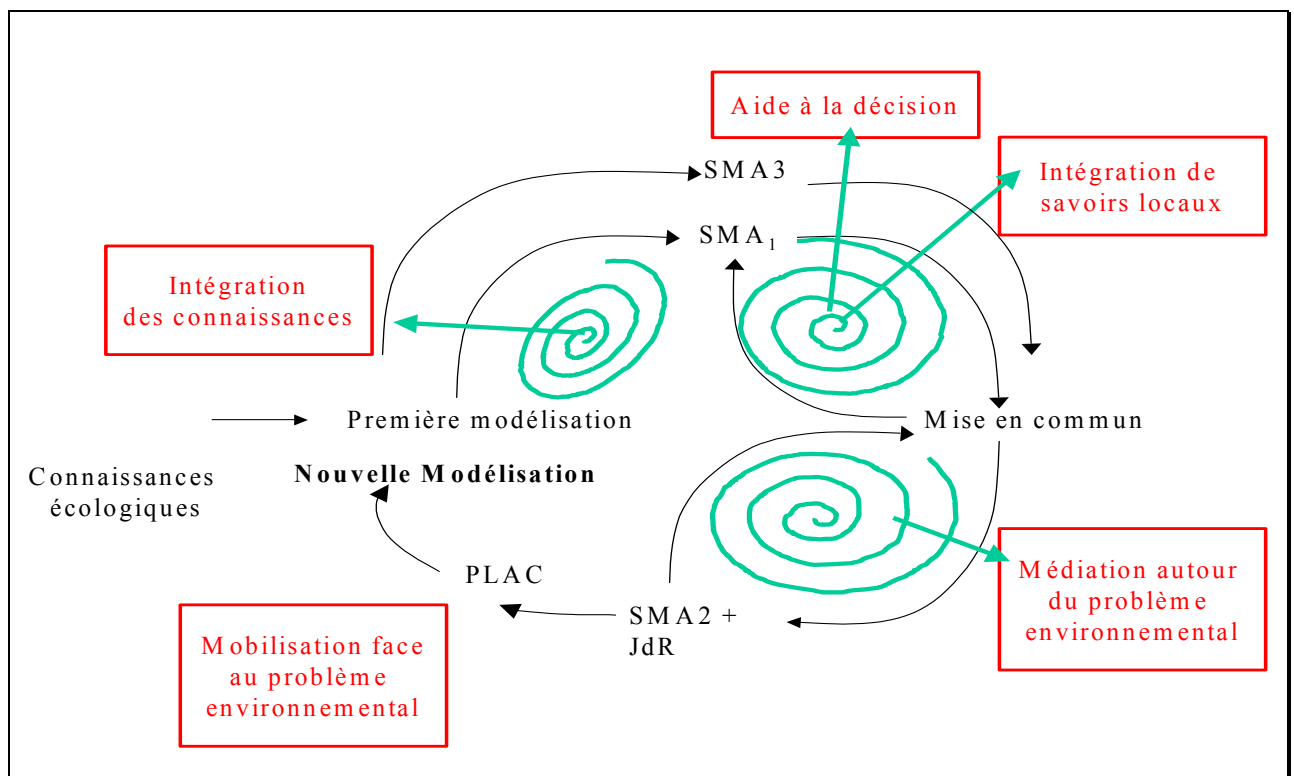
La prise de conscience du problème par les partenaires et l'intérêt manifesté pour les scénarios privilégiant une approche collective de la maîtrise de l'enrésinement ont amené la Chambre d'Agriculture, le Parc National des Cévennes et les Services Forestiers à rechercher un financement pour aborder conjointement la question de la fermeture des milieux sur le Causse Méjan. A l'initiative de la Communauté de Communes, un Plan Local d'Aménagement Concerté a été mis en place afin de déterminer les agriculteurs volontaires, les zones à traiter en priorité, les interventions techniques les plus opportunes et les moyens financiers à dégager.

Une fois ce travail d'inventaire terminé, plusieurs partenaires ont souhaité bénéficier de l'appui des simulations paysagères pour évaluer l'impact des travaux programmés dans le PLAC. Il a alors été nécessaire d'adapter le modèle multi-agent à cette demande d'une part en le rendant plus précis en terme de résolution spatiale (passage à une maille de 1 ha), d'autre part en affinant certaines informations sur les pratiques des agents (localisation précise des travaux, règles de sylviculture, affectation du chargement ovin selon les quartiers de pâturage définis par l'éleveur). Les premières simulations sont en cours. Elles ont souligné l'importance de regrouper les agriculteurs voisins pour définir une stratégie concertée avant d'élaborer les dossiers individuels. Elles ont aussi montré la nécessité, pour assurer une maîtrise durable du processus d'enrésinement, d'envisager une action soutenue au-delà de la durée du PLAC.

## CONCLUSIONS

Dans cette démarche d'accompagnement, la modélisation a été utilisée de trois façons : en tant que support pédagogique pour faire prendre conscience du problème de l'enrésinement (modélisation des dynamiques paysagères), en tant qu'outil de médiation entre les partenaires (jeu de rôle) et en tant qu'outil d'aide à la décision pour la mise en place d'un plan local d'aménagement concerté (scénarios d'aménagement).

Le couplage entre un modèle multi-agent et un jeu de rôle a été un moyen performant pour comparer l'effet de différentes politiques d'aménagement du territoire sur l'état de la Nature et sur la dynamique des activités agricoles et forestières (travail sur les scénarios), favoriser une prise de conscience collective des problèmes environnementaux et repérer les conflits potentiels entre acteurs (séances de jeu de rôle) et aider à la prise en compte du long terme dans les négociations collectives sur l'aménagement des espaces dits naturels (mise en place du PLAC).



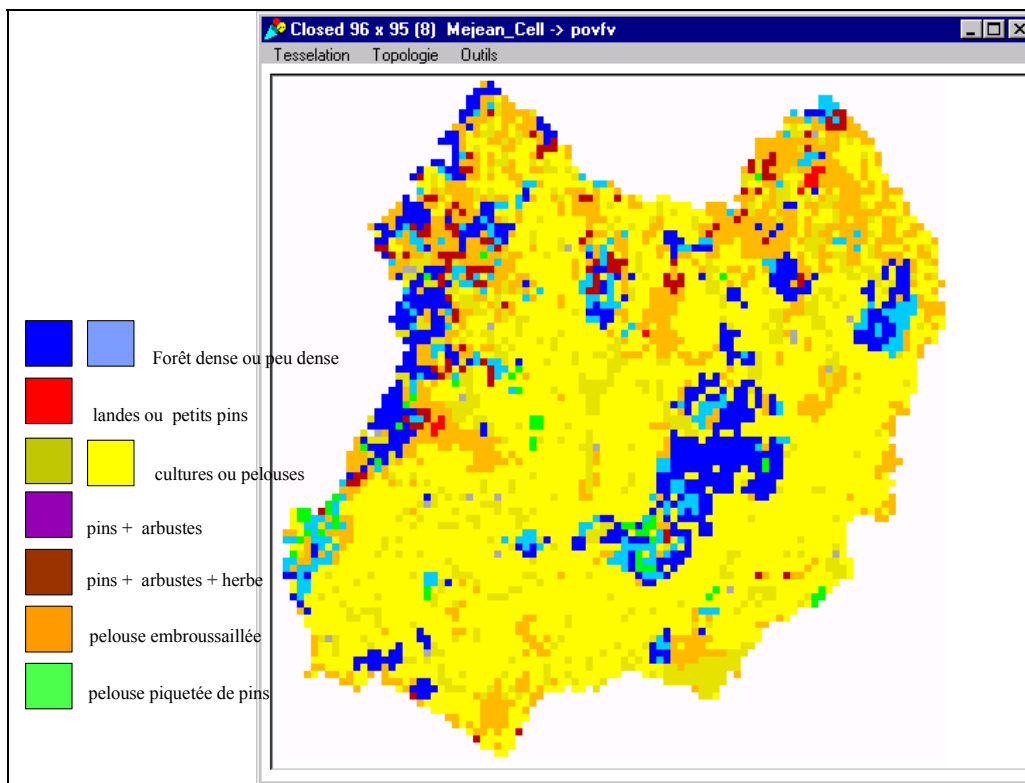
## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les agriculteurs du Causse Méjan, l'équipe du Service Scientifique, l'antenne Causse et C. Cognet du Parc National des Cévennes, les collègues du CRPF, de la DDAF et de la Chambre d'Agriculture de la Lozère qui ont participé aux séances de travail et aux débats collectifs qui ont enrichi ce travail.

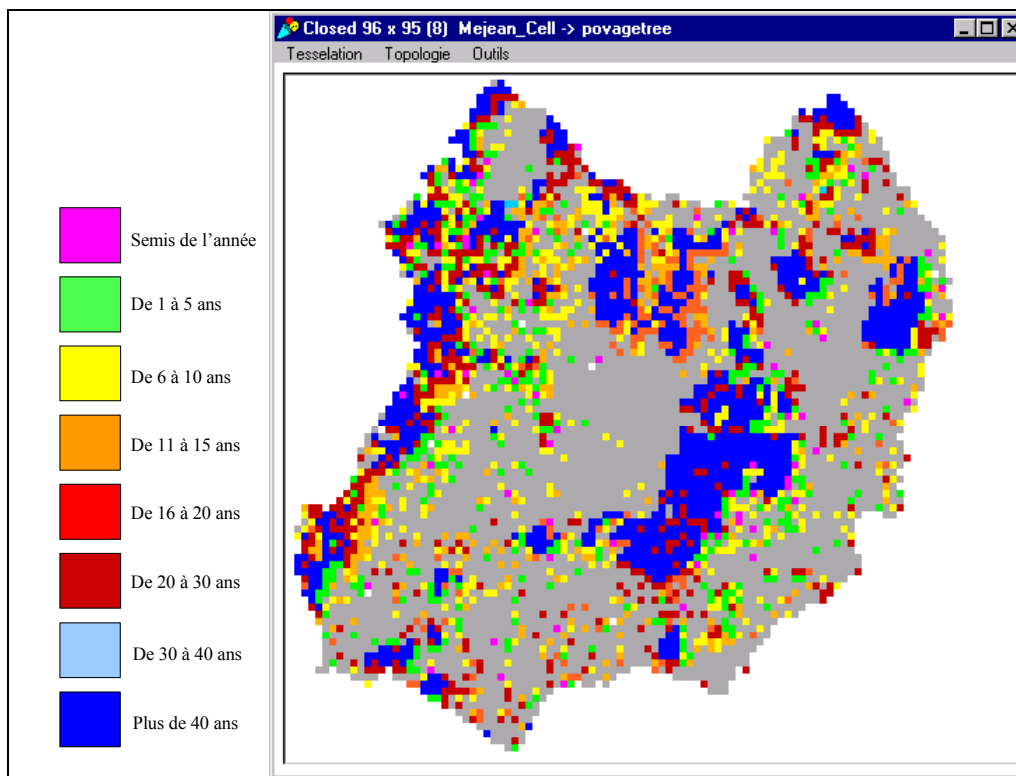
Ce projet a bénéficié de financements provenant du programme Recréer la Nature et de l'ACI Ecologie quantitative.

## REFERENCES

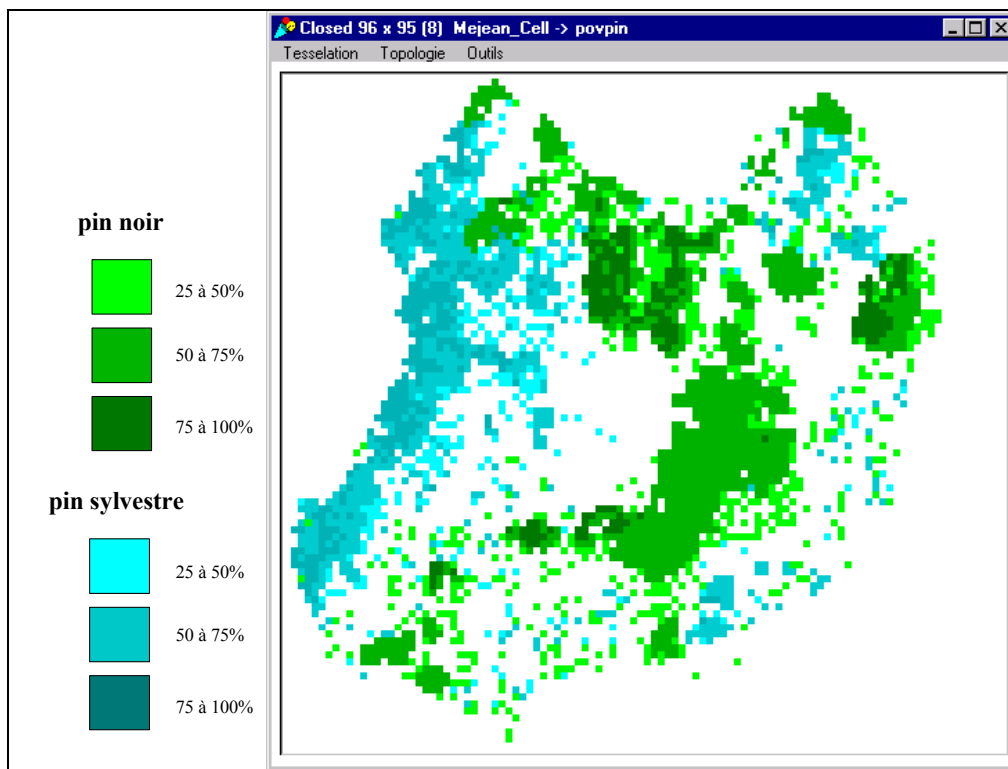
- Bousquet F, Bakam I, Proton H, Le Page C (1998) Cormas : Common-Pool Resources and Multi-Agent Systems. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 1416, pp. 826-837.
- Bousquet F, Barreteau O, d'Aquino P, Etienne M, Boissau S, Aubert S, Le Page C, Babin D, Castilla JC (2002), "Multi-agent systems and role games : an approach for ecosystem co-management". In Janssen M (Ed), *Complexity and ecosystem management: the theory and practice of multi-agent approaches*, Elgar Publishers, Northampton, pp. 248-285.
- Cohen M (2001) Gestion sylvopastorale des pins sur le Causse Méjan : une approche multi-agents du maintien des milieux ouverts. Mémoire INA-PG, Paris, 52 p.
- Costanza R, Ruth M (1998) Using dynamic modeling to scope environmental problems and build consensus. *Environmental Management*, 22, pp. 183-195.
- Etienne M (2001) Pine trees - invaders or forerunners in Mediterranean-type ecosystems: a controversial point of view. *Journal of Mediterranean Ecology*, 2(3-4), pp. 221-232.
- Etienne M, Le Page C, Cohen M. (2003). A step-by-step approach to building land management scenarios based on multiple viewpoints on multi-agent system simulations. *Journal of Artificial Societies & Social Simulations* 6(2) (<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/2.html>)
- Holling C (1978) *Adaptive environmental assessment and management*, John Wiley, London.
- Jestin P et Rousselle P (1997) *Catalogue de la flore du Parc National des Cévennes*. Parc National des Cévennes, Florac.
- Lepart J, Marty, Rousset O (2000) Les conceptions normatives du paysage. Le cas des Grands Causses. *Natures, Sciences et Sociétés*, 8(4), pp. 16-25.
- O'Rourke E (1999) The Causse Méjan : changing relationships between agriculture, environment and society within a French National Park. *Landscape Research*, 24(2), pp. 141-165.
- Osty P-L, Lardon S, Lhuillier C (1994) Systèmes techniques et gestion de l'espace : quelle qualité de l'organisation spatiale ? Les élevages ovins du Causse Méjan. *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, 28, pp.211-218.



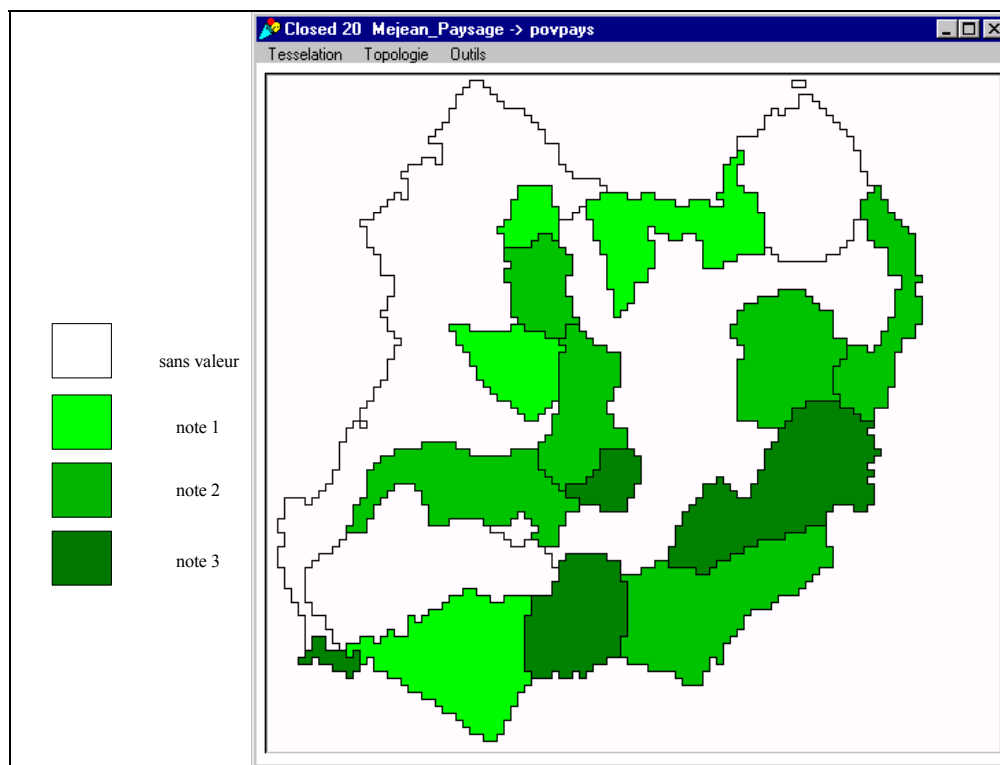
**Figure 1:** Le point de vue sur la végétation



**Figure 2:** Le point de vue sur l'âge des arbres



**Figure 3:** Le point de vue sur les peuplements forestiers



**Figure 4:** Le point de vue des naturalistes sur le paysage

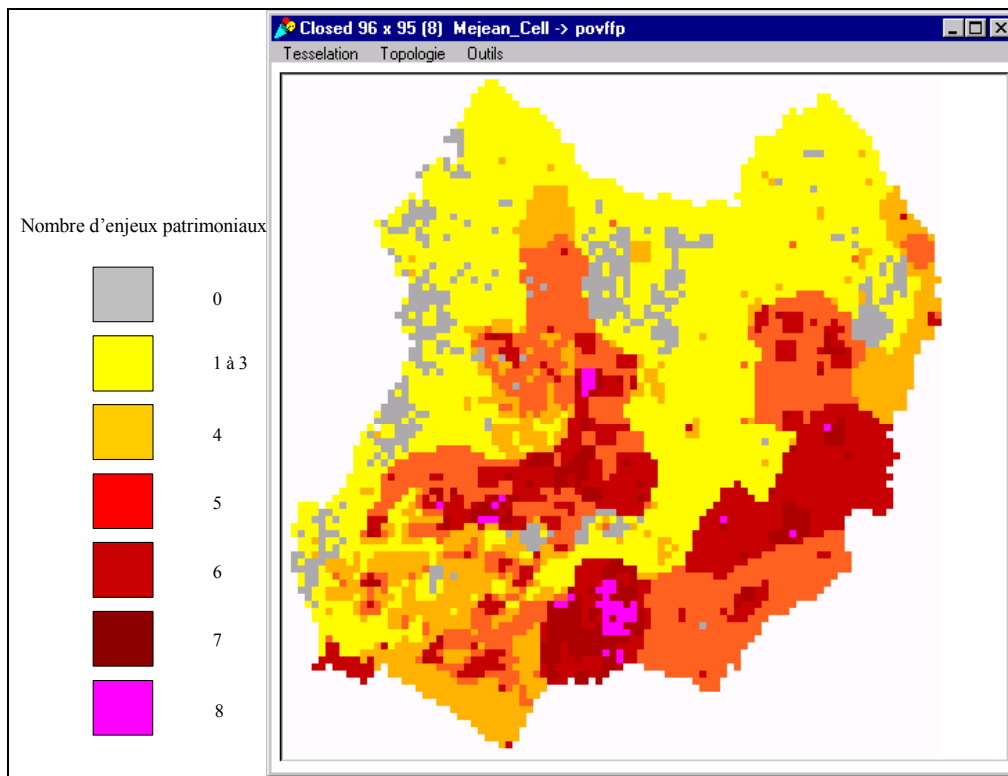


Figure 5: Le point de vue synthétique sur le patrimoine naturel

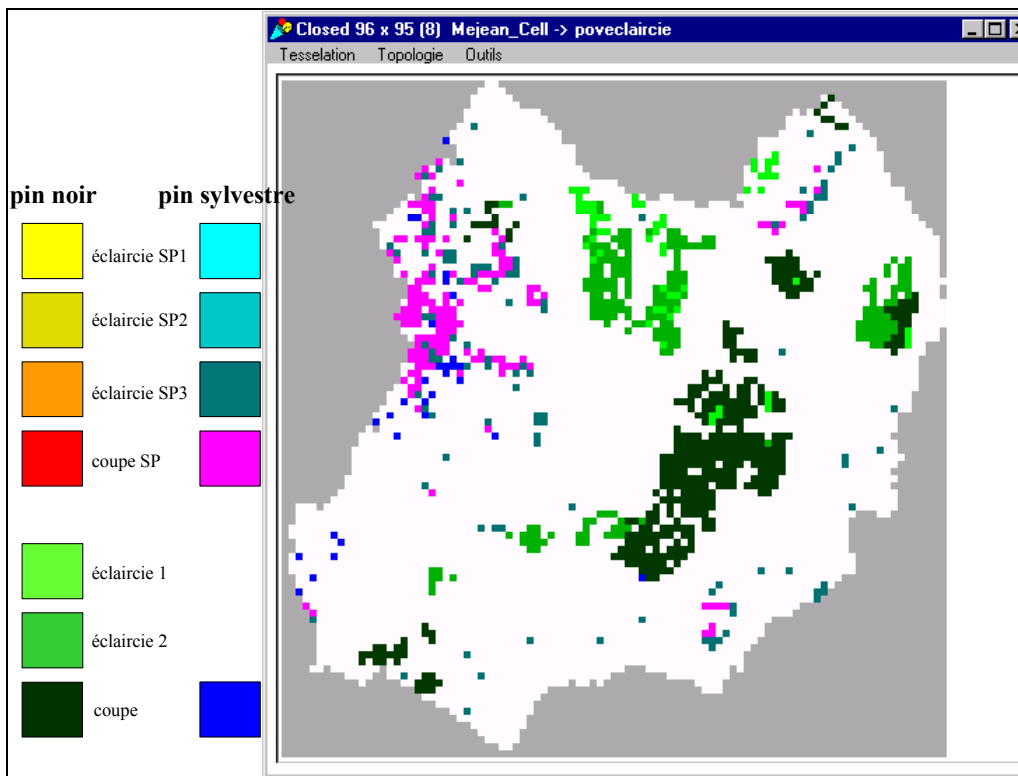


Figure 6: Le point de vue sur la sylviculture

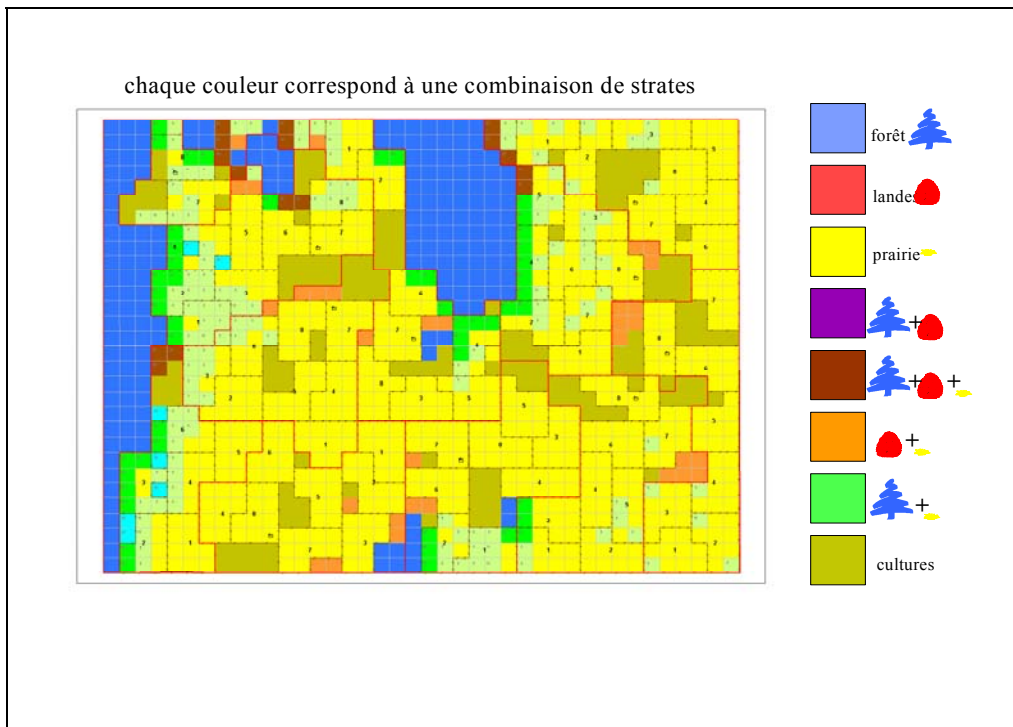


Figure 7: Le territoire des joueurs-naturalistes

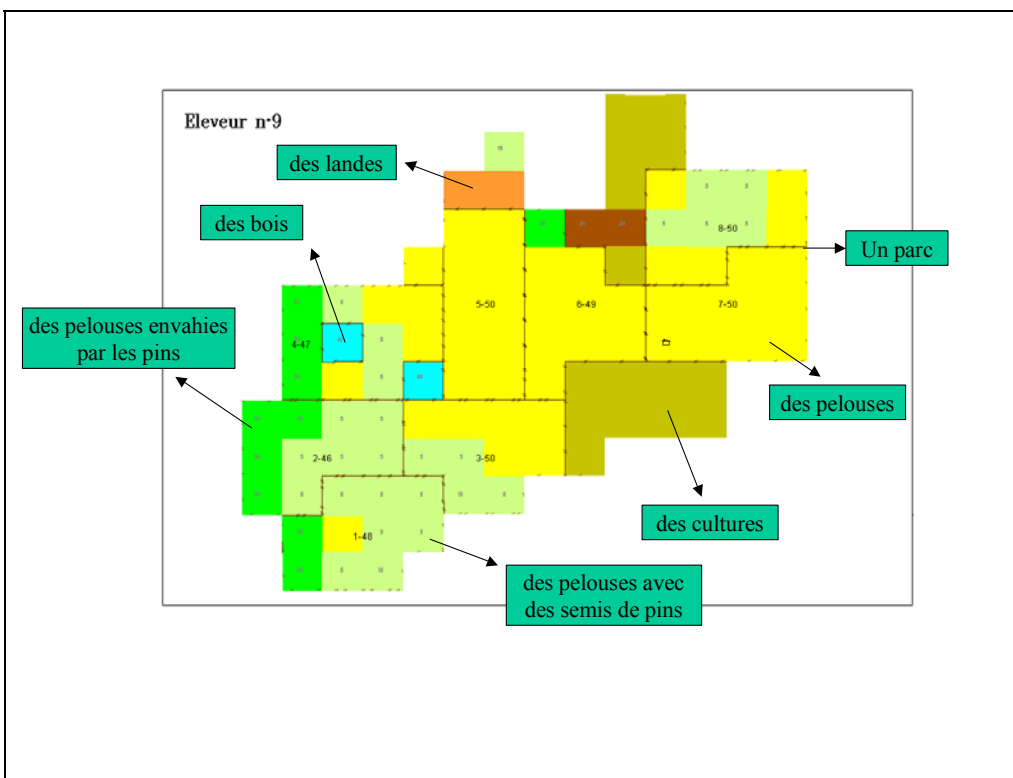


Figure 8: Le territoire d'un des joueurs-agriculteurs