

**Couplage simple entre système d'information géographique
et modèle multi-agents**

**Annie Hofstetter
INRA - UMR LAMETA**



2èmes journées de recherches en sciences sociales

INRA SFER CIRAD

11 & 12 décembre 2008 – LILLE, France

1. Introduction

Le projet d'ensemble vise à construire un modèle pour analyser l'impact des politiques publiques sur la dynamique de végétation.

Le problème de modélisation est abordé comme un système complexe qui prend en compte la diversité des acteurs, les différentes interactions sur l'environnement physique et/ou social ou la hiérarchie spatiale. La mise en œuvre est conduite grâce à des outils adaptés à la représentation des relations agents-environnement hétérogènes que sont les simulateurs multi-agent (SMA), qui autorisent la représentation des interactions et de leurs effets sur la dynamique d'un système.

Pour initialiser la configuration spatiale, le couplage simple consiste à alimenter ce modèle à l'aide de données provenant d'un système d'information géographique (SIG). L'originalité de ce couplage réside surtout dans le fait d'utiliser le fond cadastral ainsi que les données associées.

2. Contexte

2.1. Cadre de l'analyse

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un programme¹ de recherches conduites au sein du Laboratoire Montpellierain d'Economie théorique et Appliquée, qui portait sur l'analyse de la dynamique naturelle de la végétation.

À la base, nous nous sommes inspirés du modèle ALAMO², qui décrit les interactions entre les activités humaines telles que l'agriculture ou la forêt, et la dynamique naturelle de la végétation. Notre modèle vise à analyser et évaluer l'impact des politiques publiques sur la dynamique des paysages.

L'objectif est de représenter la diffusion de l'innovation et de la végétation au sein d'une communauté d'agriculteurs afin de comprendre l'impact des politiques publiques sur la dynamique des paysages une fois l'espace structuré. Nous tenterons d'observer le rythme d'embroussaillage en prenant en compte les différents rythmes d'innovations et les adaptations à l'application d'une politique publique. Un modèle de type multi-agents nous apporte une réponse car il existe des interactions dans tous les sens.

Historiquement, des enquêtes sur le terrain ont permis de construire une réflexion sur la dynamique du paysage. De précédentes approches ont conduit à une représentation géographique du paysage au niveau des lieux-dits définis comme unité de base structurant également la population. Le lieu-dit est un espace utilisé par une population regroupée dans un hameau.

Le polygone de Thiessen décrit le périmètre d'action autour d'un lieu-dit auquel il est rattaché. Il établit le lien entre le hameau et son espace. Chaque lieu-dit peut être caractérisé par un certain nombre de troupeaux, une population et un espace exploité. Il existe des terrains sectionnaux collectifs dont la description est exprimée en ces termes : *la propriété collective des habitants du hameau*.

Autour de cette définition, la structure sociale renforce le lieu-dit comme territoire d'exploitation.

Le cadre de l'étude est le Causse du Sauveterre où la production du lait de brebis est principalement

1 Cette recherche sur l'impact des politiques sur la dynamique des paysages au sud du Massif central a été financée par le Ministère de l'écologie et du développement durable et s'inscrit dans le programme *Politiques publiques et paysages : analyse, évaluation, comparaisons*.

2 Agricultural Landscape Model, R. Lifran

destinée à la production fromagère. Sur cette zone nous pouvons observer :

- une certaine concentration des élevages qui conduit à un abandon plus ou moins durable de fractions de territoires et entraîne une diminution de la population ;
- la modification des modes d'alimentation des troupeaux qui semble à l'origine du développement du boisement naturel ou artificiel. L'amélioration génétique a entraîné l'obtention de races plus sensibles à l'alimentation. Afin de répondre à ce nouveau besoin, l'intensification a dû se faire en se concentrant sur les meilleures terres au détriment des landes moins productives.

La dynamique du paysage est ainsi respectivement rattachée à la dynamique de la population d'une part, et à la dynamique des techniques et des pratiques, d'autre part.

Nous évoquerons la notion de transect qui représente une sélection des lieux-dits sur le Causse. Ce transect s'étend de l'ouest à l'est et couvre une partie des communes de Saint-Georges-de-Lévejac, La malène, La Canourgue, Laval-du-Tarn, Sainte-Enimie et Ispagnac. Cette zone d'étude est constituée de 10000 parcelles sur 20000 hectares.

Par ailleurs, les politiques publiques peuvent être définies selon trois niveaux :

les politiques publiques agissant directement sur la dynamique des paysages ;

les politiques publiques agissant sur les pratiques d'utilisation de l'espace (utilisation ou non des parcours, pratiques d'intensification de l'élevage, etc.) ;

les politiques publiques d'aménagement agissant sur la redéfinition des usages de la propriété collective (selon les communes, les sectionnaux peuvent représenter jusqu'à environ un quart du territoire.

Une caractéristique importante du modèle est le pas de temps sur lequel repose le processus de diffusion de la végétation. Grâce à la photo-interprétation, nous pouvons traduire la dynamique du paysage et son évolution sur une période suffisamment pertinente.

De décennies en décennies apparaissent de nouvelles innovations, telles que l'alimentation concentrée entraînant l'utilisation des céréales sur les meilleures terres. Les parcours sont alors moins utilisés permettant à la broussaille de s'installer. On comprend que l'intensification porte à la fois sur la gestion de cet espace et sur la gestion des troupeaux.

Sur des milliers d'hectares, le Causse de Sauveterre ne possède que très peu d'éléments d'artificialisation notables hormis quelques zones urbanisées et des cultures. Le caractère très dispersé de ses activités procure au site un aspect naturel marqué. Il constitue une entité paysagère originale et pittoresque : pelouses rares s'étendant à l'infini, vastes espaces déserts vallonnés, paysage ruiniforme dolomitique, etc.

La principale menace de dégradation repose sur les boisements qui, s'ils se multiplient, modifieront complètement la perception du paysage et annuleront l'aspect désertique et ouvert qui caractérise et qui fait le charme du Causse.

Encadré 1 : Le Causse de Sauveterre

Le Causse de Sauveterre est l'un des deux grands causses de Lozère avec le Causse Méjan. D'une superficie totale de l'ordre de 30000 hectares, il s'étend entre les deux grandes rivières de ce département en s'abaissant au nord-ouest vers le Lot et au sud vers le Tarn. Au milieu de cette masse calcaire, le plateau présente de petites dépressions ou dolines où sont cultivées céréales ou cultures fourragères. Aménagées avec des pavés elles constituent également les lavognes où viennent s'abreuver les animaux. Le plateau montre aujourd'hui un paysage végétal profondément modifié par la vie pastorale ; la forêt originelle a laissé la place à de vastes pelouses et landes plus ou moins piquées de buis et genévrier. Des futaies de pins noir et sylvestre sont visibles surtout dans la partie occidentale. Ce plateau est fortement marqué par les activités d'élevage ovin. Par ailleurs, on dénombre de nombreuses habitations dispersées et des hameaux qui témoignent, malgré l'exode rural, d'une activité agricole encore importante.

2.2. Les données du SIG : analyser et décrire la dynamique des paysages

Un précieux travail d'interprétation a été réalisé sur la zone d'étude à partir des photos aériennes de 1963, 1977, 1989 et 2000³. Nous avons d'abord identifié les éléments structurants (champs, pelouses, parcours, bois) et leurs changements au cours des quatre dernières décennies. Puis nous avons identifié le rôle fondamental d'une gestion de l'espace par les habitants des hameaux. Ce rôle est lié aux contraintes posées par la production laitière. Les premières analyses montrent que la dynamique de l'embroussaillage est partie des territoires sectionnaux. Les transformations du paysage recouvrent un double mouvement de progression des boisements et de réouvertures, combinées selon des logiques propres à chaque hameau. L'existence d'une propriété foncière collective importante dans chaque hameau et la façon dont les habitants gèrent ses usages est fondamentale pour comprendre ces logiques.

2.3. L'originalité du SMA : structure hiérarchique des entités

Selon Ferber, un système multi-agents se définit par plusieurs éléments dont l'espace représenté par les entités spatiales. Dans notre modèle, outre le fait que la grille spatiale repose sur la grille cadastrale issue du SIG, l'originalité tient à la hiérarchie spatiale de ces entités. La parcelle cadastrale représente l'entité spatiale élémentaire. Le lieu-dit est une agrégation de parcelles élémentaires. Il connaît ses parcelles. L'espace communal est une agrégation de lieux-dits et connaît ses lieux-dits. Et enfin la zone d'étude représente l'ensemble des parcelles.

Le modèle met en jeu des agents qui réagissent et interagissent ; toutefois il n'y a pas de véritable dynamique de la population (les agents ont une vie simple et il n'y a pas de modèle démographique). Seule la réaffectation des parcelles lorsqu'un agent meurt, traduit une certaine dynamique de l'espace. De fait l'*habitant* pérenne conserve ses attributs et se renouvelle. Parallèlement à la structure hiérarchique des entités spatiales, les agents sont structurés en groupes au niveau des lieux-dits ainsi qu'au niveau des communes.

3. Le couplage simple

3.1. Aspects techniques

SIG : Arcview sur PC sous Windows 98

SMA : Cormas sur PC sous Linux Mandrake

3 Les techniques classiques de juxtaposition des photographies aériennes ont été utilisées grâce aux fonctionnalités d'orthorectification lors de la superposition des photos sur le fonds cadastral.

La plateforme de traitement étant différente, les fichiers d'échange doivent être au format ASCII pour Unix

Depuis le SIG, l'échange se fait par la procédure d'export au format MIF/MID⁴ via MapInfo, puis le chargement de la grille spatiale s'effectue sur Cormas.

3.2. Initialisation

Dans le cas d'une configuration spatiale fournie par un SIG, Cormas travaille sur des entités spatiales vectorielles que sont les polygones. Une grille régulière est souvent utilisée dans les modèles multi-agents soit pour représenter des automates cellulaires, soit pour simplifier la représentation spatiale. Nous avons malgré tout voulu tester une grille régulière de 95x110, soit le nombre quasi identique de nos parcelles initiales. Se pose alors principalement le problème de la représentation virtuelle pour laquelle le front de progression de l'embroussaillage ne peut plus s'expliquer d'ouest en est. Par ailleurs, les voisins ne sont plus ceux que l'on visualise, soit parce qu'on prend un voisinage constant et identique de 4 ou 8 cellules, soit parce que la représentation de la véritable liste des voisins ne correspond plus à ce que l'on observe sur une grille régulière. Les résultats obtenus étaient quant à eux proches de ceux qu'on obtenait sur une grille irrégulière.

Dans notre cas un couplage simple suffit car il n'y a pas de retours dans le SIG, d'une part il n'y a pas de mélange entre les données observées et les données simulées, d'autre part le chargement de la grille spatiale proche du cadastre dans le SMA permet de rendre compte directement des résultats de simulations. Ce principe économise également les ressources en calcul lors des échanges dans le cas d'un couplage dynamique.

Le fichier MIF contient les polygones, tandis que le fichier MID contient les données attributaires. Le fichier COR assure la correspondance entre le fichier de données et le SMA.

La figure 1 illustre le chargement de la grille spatiale dans Cormas. Nous avons choisi le point de vue du couvert dominant en début de période qui initialise le fond cadastral avec l'état de la végétation observée en 1963 correspondant au début de nos simulations.

4 Le format MIF/MID (Mapinfo Interchange Format/ Mapinfo Interchange Data) est un format natif de Mapinfo qui permet d'échanger des données graphiques et des données attributaires (non graphiques).

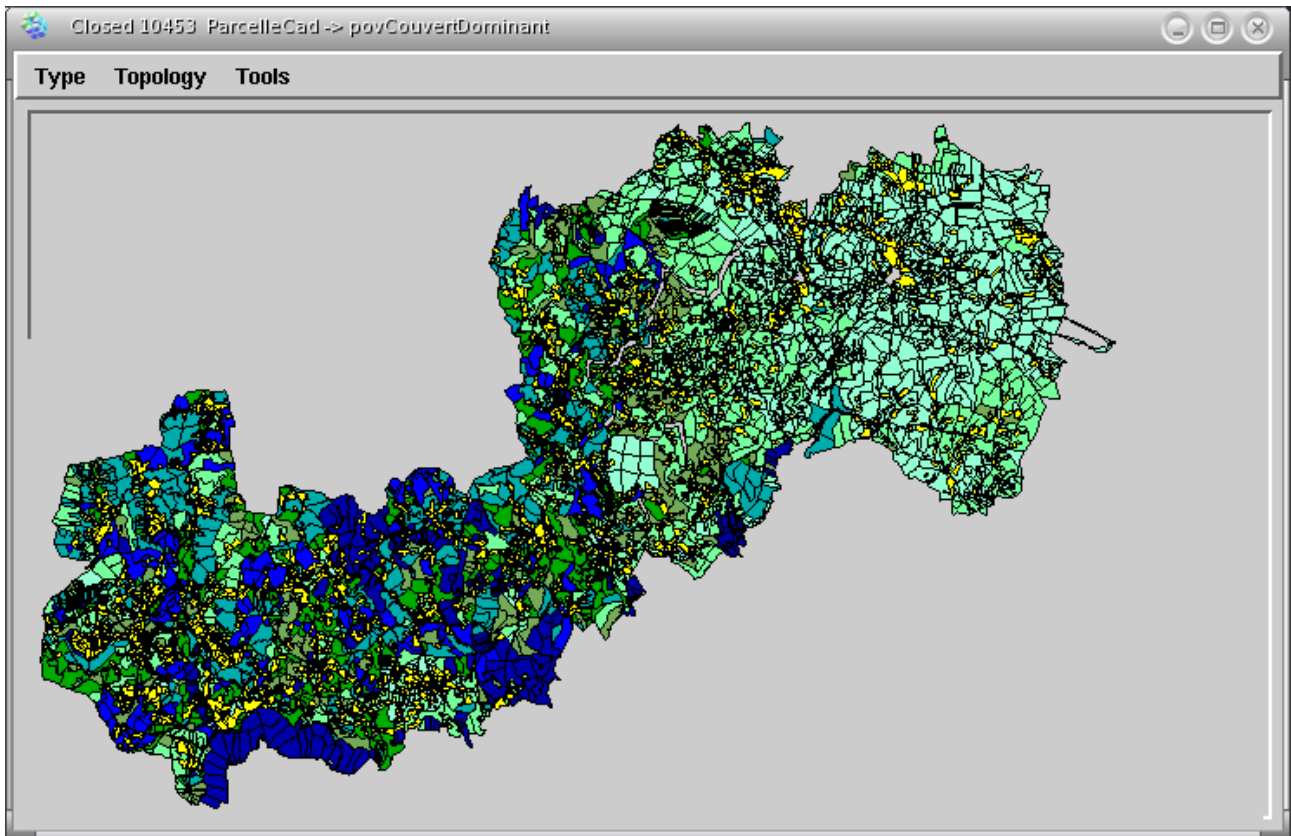


Figure 1 : copie d'écran de Cormas, point de vue sur l'attribut couvertDominant suite à l'initialisation de la grille spatiale

3.3. Traitement spécifique du voisinage

Le chargement de la grille ne s'effectue avec l'initialisation du voisinage que lorsqu'on le demande au moment de l'initialisation. Il est d'usage d'initialiser la grille, de calculer le voisinage puis de le sauvegarder. Le chargement des voisins au sens des voisins contigus calculés une première fois dans cormas sera utilisé à l'initialisation de la grille spatiale à chaque lancement de l'application par des méthodes appropriées.

Des scripts ont été écrits en Avenue, un langage semi compilé orienté objet spécifique à Arcview, pour compléter la définition du voisinage par rapport aux traitements que nous voulions effectuer. En effet lorsqu'un chemin sépare deux parcelles, elles ne sont pas considérées comme voisines si elles ne présentent aucune contigüité. Le script *voisinage* nous a permis de prendre en compte le voisinage dans un rayon d'action autour du centre de gravité de chaque parcelle. Cela nous permet également de contourner la difficulté liée au nombre parfois important de parcelles voisines lorsqu'on est dans un fond de vallée avec une multitude de petites parcelles.

4. Conclusion

Bien qu'une grille irrégulière ne soit pas souvent utilisée dans les systèmes multi-agents, nous l'avons privilégiée à la grille régulière plus théorique quant à l'interprétation des résultats. Lorsque les données ne sont pas amenées à être modifiées dans le système d'information géographique, le couplage simple est facile à gérer lors de l'initialisation de la grille spatiale du système multi-agents. Dans le cas de notre modélisation, il représente un bon compromis en offrant la possibilité de visualiser directement les résultats des simulations lors des retours sur le terrain aux côtés des décideurs locaux, tout en optimisant les calculs intermédiaires sans échanges inutiles avec le système d'information géographique.

Références

- Bommel, P., Lardon, S. (2000). Un simulateur pour explorer les interactions entre dynamiques de végétation et de pâturage. Impact des stratégies sur les configurations spatiales. Géomatique **1**(1) : 1-10.
- Chassany, J.-P. (1989). L'élevage ovin caussenard face aux marchés (1945-1985) : atouts et faiblesses actuels. Annales du Parc national des Cévennes, **4** : 55-89.
- Chassany, J.-P., C. Crosnier, M. Cohen, S. Lardon, C. Lhuillier, et P.-L. Osty, 2002, Réhabilitation et restauration de pelouses sèches en voie de fermeture sur le Causse Méjan : quels enjeux pour une recherche en partenariat ? Revue d'écologie (Terre et Vie), pp. 31-49
- Lardon, S., & P.-L. Osty (2003). Les éleveurs et leurs impacts sur le paysage. Politiques publiques et dynamiques des paysages au sud du Massif central. R. Lifran. Montpellier, INRA, UMR LAMETA : 46-54.
- Lepart, J., P. Marty, et al. (2000). Les conceptions normatives du paysage. Le cas des grands causses. Natures Sciences Sociétés, **4** : 16-25.
- Lifran, R., A. Hofstetter, & P. Bommel (2003). Politiques publiques et dynamique des paysages : analyse de leurs rapports par un modèle multi-agents spatialisés. Politiques publiques et dynamiques des paysages au sud du Massif central. Montpellier, INRA, UMR LAMETA : 110-164.
- Lifran, R., A. Hofstetter (2002). Atlas paysager du Causse de Sauveterre, INRA, UMR LAMETA, 36p.
- Lifran, R., Editeur (2003). Politiques publiques et dynamiques des paysages au sud du Massif central. Montpellier, INRA , UMR LAMETA : 168p.
- Marres, P. (1935). Les Grands Causses : étude de géographie physique et humaine. Tours, Arrault.