

MODÉLISATION DES RELATIONS ENTRE L'ACTIVITÉ AGRICOLE ET LE TERRITOIRE : ESSAI DE PRÉDICTION DE L'UTILISATION DES PARCELLES AGRICOLES DANS DOUZE COMMUNES DE LA HAUTE-MARNE

Pascal THINON

Etienne LANDAIS

INRA-SAD

Versailles

Pascal PIERRET

UPRESA 6049 du CNRS, THEMA

Besançon

Christophe PERROT

Institut de l'Elevage

Paris

Résumé

Cette communication présente un modèle de prédiction de l'utilisation des parcelles agricoles en fonction de certaines de leurs caractéristiques physiques (pente, type de sol...) et géométriques (taille, forme), de leur distance au siège de l'exploitation et de leur appartenance à un type donné d'exploitation. Ce modèle s'inscrit dans le cadre plus général du programme de recherche « MAP » (Modélisation, Agriculture et Paysage), en cours de réalisation à l'unité SAD (Systèmes Agraires et Développement) de l'INRA de Versailles, dont certains choix méthodologiques sont en cours de validation et dont les résultats obtenus sont encore partiels.

La première partie de cette communication présente les grandes lignes du programme « MAP ». La deuxième partie présente le modèle de prédiction de l'utilisation agricole mis au point pour quelque 1100 parcelles échantillonnées dans 12 communes du département de la Haute-Marne.

Mots-Clés

Activité agricole - Analyse factorielle discriminante - Modélisation - Organisation de l'espace - Paysage

Haute-Marne

1. Le programme de recherche « MAP »

1.1. De nouvelles fonctions pour l'agriculture

L'agriculture européenne n'a plus comme seule fonction la production, en quantité suffisante, de biens de qualité pour l'alimentation humaine et animale. Compte tenu des attentes exprimées par la société, les politiques européennes, nationales ou régionales lui assignent désormais de nouvelles fonctions :

- fonctions sociales comme la cohésion entre régions, et, au sein des régions, la création d'emplois en zones rurales ;

– fonctions environnementales et territoriales comme la préservation de la qualité de l’eau, de l’air et des sols, l’occupation et l’aménagement du territoire, la production de paysages « de qualité », le maintien de la biodiversité...

1.2. La problématique

Ces nouvelles fonctions environnementales et territoriales ne peuvent être abordées sans prendre en compte la répartition spatiale des activités agricoles. Dans une optique spécifique de gestion paysagère, l’objectif du programme MAP consiste à modéliser les relations qui existent entre les systèmes techniques de production (état actuel et trajectoires en cours) mis en œuvre par les exploitations agricoles et les structures et dynamiques qui en découlent pour les territoires agricoles (maillage parcellaire, nature des couverts et des usages) et donc les paysages produits [4].

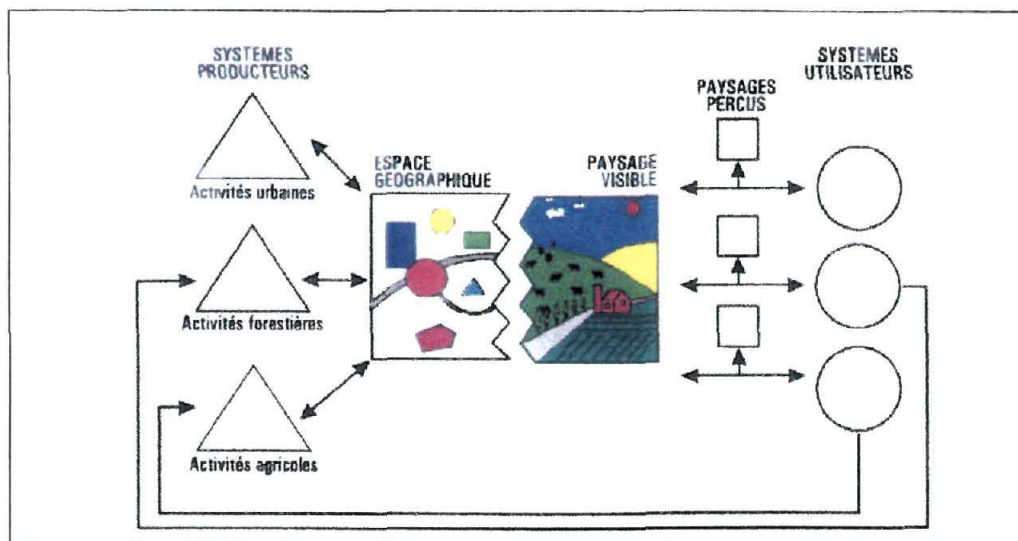
Paradoxalement, bien que l’agriculture, du fait de son importante emprise territoriale, constitue le principal système producteur du paysage rural, ces relations ont été relativement peu étudiées jusqu’à présent. La démarche que nous nous proposons de développer devrait contribuer à combler ces lacunes et fournir des outils de médiation entre les acteurs agricoles d’une part (agriculteurs, représentants de la profession, organismes de développement...) et la société, autour de cette fonction paysagère de l’agriculture, grâce à une meilleure formalisation des relations entre une « offre » généralement non concertée et non intentionnelle de la part des agriculteurs et une « demande » variée et souvent floue en matière de paysages. Cette démarche doit permettre de répondre, à une échelle régionale (périmètre d’un parc naturel ou de mise en place de mesures zonées, département...), à différents types de questionnements :

- comment se modifie un paysage en fonction de différents scénarios d’évolution des exploitations établis à partir d’hypothèses diverses sur les dynamiques de l’environnement technique, social, économique et réglementaire de l’activité agricole ?
- comment modifier les systèmes de production agricole de manière à induire tel ou tel type de changement du paysage ?

1.3. Le cadre conceptuel

La figure 1, inspirée des travaux des géographes de l’Université de Besançon [1], précise le cadre conceptuel du programme MAP.

Figure 1 : Cadre conceptuel du programme MAP



(d’après Brossard et Wieber, 1984)

Le « sous-système producteur du paysage » auquel nous nous intéressons est l'activité agricole qui contribue à la production de l'espace géographique au même titre que les activités forestières, les activités urbaines... Les exploitations agricoles, considérées dans leur environnement économique, social, technique et spatial constituent l'unité élémentaire de production de paysage. Elles contribuent à la « production du paysage » à travers le maillage parcellaire en constante évolution qu'elles façonnent, les pratiques mises en œuvre, le choix des couverts végétaux, les aménagements particuliers de l'espace agricole (bâtiments d'exploitation, haies, bosquets...).

L'espace géographique considéré ici d'un point de vue analytique et simplificateur, est formé d'un ensemble d'objets (parcelles cultivées, prés, bois, landes, bâti, routes et chemins, sièges d'exploitations...), entretenant entre eux des relations spatiales et fonctionnelles (distance, proximité, utilisation de la parcelle p par l'exploitation e) et localisés dans un espace physique particulier (position géographique, topographie, nature des terrains...). Dans ce schéma, l'espace géographique n'est pas considéré seulement comme un espace produit de l'activité agricole mais également comme support et comme facteur, par son organisation, de l'activité agricole.

Les paysages visibles se déduisent directement des caractéristiques de l'espace géographique. Un paysage visible peut se définir comme une image particulière de l'espace géographique prise à un instant donné par l'objectif d'un appareil photo selon des paramètres de prise de vue déterminés (focale, direction, azimut, hauteur...), comme une portion de l'espace géographique « potentiellement offerte à la vue ».

Le paysage visible ne devient paysage perçu qu'à partir du moment où il est regardé par un sujet. Un paysage perçu est donc une représentation mentale d'un individu ou d'un groupe d'individus disposant d'un « filtre perceptif » particulier. Ce filtre sélectionne certains éléments du paysage visible et leur associe des jugements de valeur, des émotions... Un système utilisateur du paysage est composé d'un ensemble d'individus et de leurs filtres perceptifs. Les utilisateurs peuvent se limiter à la « contemplation » des paysages visibles mais peuvent aussi, directement ou indirectement, influencer sur leur production. Les enjeux économiques et sociaux qui portent sur la « qualité » des paysages perçus sont d'autant plus importants que certains systèmes utilisateurs disposent de moyens d'action plus puissants que les systèmes producteurs. Des conflits peuvent apparaître lorsque que des projets paysagers sont incompatibles entre eux ou avec des projets autres que paysagers.

1.4. La démarche de modélisation

Si, à terme, le programme MAP a pour ambition de traiter l'ensemble des champs couverts par la figure 1, nous nous limitons pour l'instant à la modélisation de l'activité agricole et de ses dynamiques, à la formalisation de certaines règles de production des composantes agricoles du paysage et à la traduction des objets de l'espace géographique en termes de paysages visibles.

Le modèle global est basé sur une architecture modulaire, résultant du couplage d'un ensemble de sous-modèles, dont la plupart ont été conçus pour d'autres finalités. La recherche entreprise dans le cadre du programme MAP consiste donc à adapter ces modèles et à les articuler entre eux. Les principaux sous-modèles sont les suivants :

- modèle de la diversité régionale du fonctionnement des exploitations agricoles : nous utilisons une méthode qui consiste à définir des types de fonctionnement d'exploitation à dire d'experts, puis, en utilisant les approches de la logique floue, à construire une clé typologique permettant de calculer pour chaque exploitation un coefficient de ressemblance à chaque type d'exploitation défini par les experts [6] ;
- méthode d'analyse des évolutions de l'activité agricole et simulateur de trajectoires : basée sur le suivi technico-économique d'un échantillon d'exploitations, la méthode repose sur l'analyse des trajectoires de ces exploitations dans l'espace multidimensionnel de la typologie de fonctionnement. La mise en évidence de ces trajectoires permet de simuler, pour des exploitations-types, les évolutions jugées les plus probables, en fonction d'hypothèses sur l'évolution à court et moyen terme de l'environnement des exploitations ;
- modèle régional agricole : la parcelle agricole est considérée comme l'élément de base de l'espace géographique étudié. Malheureusement, il n'est généralement pas possible de couvrir, à l'échelle parcellaire, l'ensemble de la région étudiée. Il est donc nécessaire d'opérer un échantillonnage des parcelles qui soit représentatif de la diversité des conditions de milieu et des systèmes agricoles mis en œuvre. Pour construire un modèle de la diversité régionale des agricultures locales, nous disposons d'une méthode de réalisation de typologies des combinaisons des types d'exploitations présentes dans les communes [5] [8] et d'un découpage

de l'espace régional en unités agro-physionomiques [9] qui permet de prendre en compte la diversité des milieux physiques et des structures agraires. Ce modèle régional doit servir aussi de cadre d'extrapolation au modèle parcelle décrit ci-après ;

– modèle parcelle : il permet de déterminer le mode d'utilisation le plus probable de chaque parcelle en fonction de certaines caractéristiques de celle-ci comme la pente, le type de sol, la taille, la forme, la distance au siège ou le type d'exploitation de rattachement... Ce modèle est dynamique puisqu'il est possible de faire varier, en entrée du modèle, les caractéristiques des parcelles, comme la distance aux bâtiments techniques d'élevage lorsque ceux-ci se re-localisent à l'extérieur du village, ou comme le type d'exploitation de rattachement lorsqu'une parcelle change de main. Actuellement, ce modèle est mis en œuvre à l'aide d'une analyse factorielle discriminante.

La démarche suppose également la construction d'une base de données géographiques gérée à l'aide d'un système d'information géographique et nécessite le développement d'outils de traitement adaptés.

Les principales données intégrées à la base portent :

- sur les exploitations agricoles (variables caractérisant les systèmes de production, issues d'enquêtes directes en exploitation ; description des pôles typologiques et de leurs évolutions préférentielles) ;
- sur les parcelles agricoles (contour géométrique et géo-référencement, histoire culturelle récente, caractéristiques physiques, exploitation de rattachement) ;
- sur les objets paysagers attachés aux parcelles (haie, clôture, murger) qui dépendent de l'utilisation de celles-ci et du type d'exploitation de rattachement [12] ;
- sur des données géographiques extérieures au modèle (modèle numérique de terrain, autres occupations du sol).

Les outils de traitement des données doivent permettre de calculer aisément, pour toute nouvelle exploitation intégrée ou modifiée dans la base, un type de fonctionnement, de simuler des trajectoires, de mettre au point et calibrer le modèle parcelle, de calculer les résultats de simulation du modèle et de représenter ces résultats sous forme de cartes ou d'images de synthèse offrant un rendu paysager réaliste.

2. Le modèle parcelle appliqué à 12 communes du département de la Haute-Marne

2.1. Le terrain d'étude

Le département de la Haute-Marne, situé en périphérie du Bassin parisien, est traversé par une série de côtes orientées nord-est/sud-ouest qui le découpent en cinq sous-ensembles géomorphologiques, du nord au sud : une dépression marneuse (Champagne humide), une auréole marno-calcaire (Haut-Pays et Barrois), des plateaux calcaires (Montagne et plateau de Langres), une auréole marneuse (Bassigny) et une auréole de grès du Trias (Pays de l'Amance et de l'Apance).

Schématiquement, les régions du Der (Champagne humide) et du Grand Bassigny (Bassigny, Pays d'Amance et d'Apance, Vingeanne) sont marquées par une très nette orientation technico-économique bovins-lait et bovins-viande. A l'inverse, dans les régions du Grand Barrois (Perthois, Vallage, Barrois, Barrois-Vallée) et de la Montagne, les orientations grande culture et culture-élevage dominent largement.

2.2. Modélisation de la diversité régionale du fonctionnement des exploitations agricoles

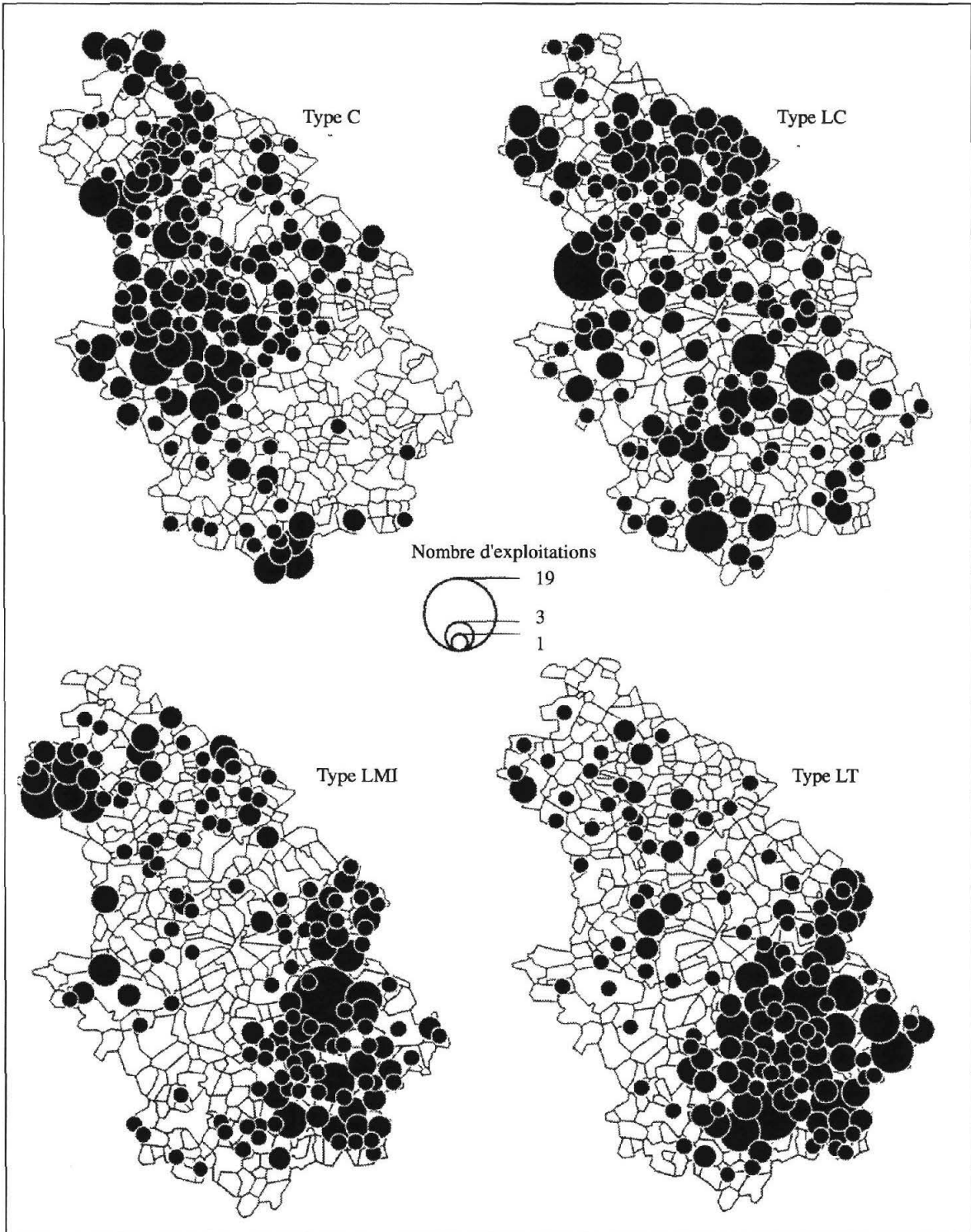
On dispose d'une typologie de fonctionnement des exploitations agricoles construite à dire d'experts en 1987 et actualisée en 1992. Au total, 15 types ont été définis par les experts en 1987 et deux ont été ajoutés en 1992 pour prendre en compte les évolutions nouvelles [7].

La figure 2 montre, à titre d'exemple, la répartition spatiale de quatre de ces types :

- type C (exploitations céréalières spécialisées, sans élevage) présent dans les zones les plus favorables (Grand Bassigny et Montagne) ;

- type LC (exploitations présentant deux ateliers de taille importante, l'un de cultures de vente céréales-colza, l'autre de production laitière) réparti de manière assez homogène sur le territoire départemental ;
- type LT (petites exploitations traditionnelles, laitières et non modernisées) essentiellement dans le Bassigny ;
- type LMI (exploitations laitières modernisées dans une logique « productiviste ») bien représenté dans le Der et dans le Bassigny.

Figure 2 : Répartition spatiale de quatre types d'exploitation dans le département de la Haute-Marne



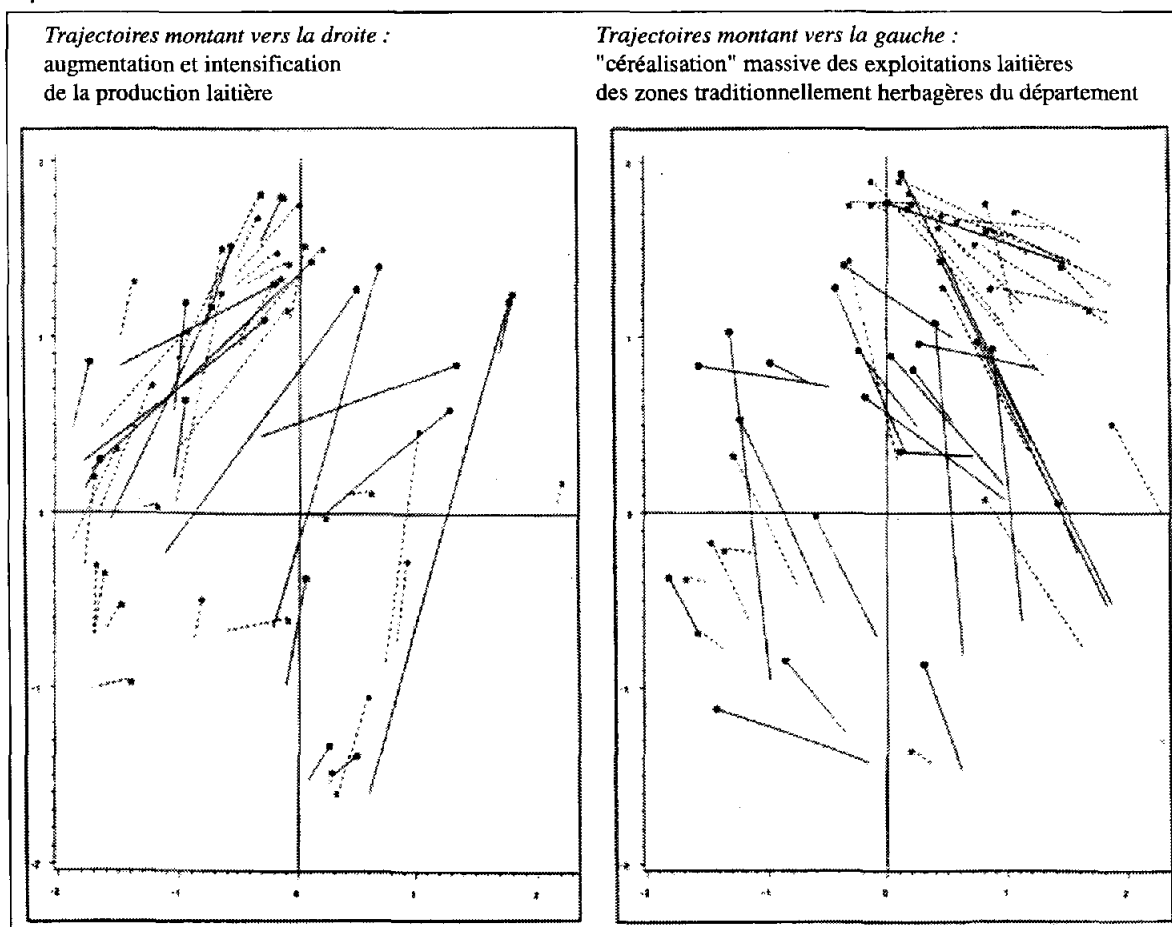
Par souci de simplification pour la construction du modèle parcelle, un regroupement des 15 types initiaux en 8 grands types a été réalisé [8] :

Tableau 1 : Modalités simplifiées de la variable « type d'exploitation » (8 postes)

1. Sociétaire lait-viande-céréales
2. Céréales-vaches allaitantes
3. Lait intensif-céréales
4. Céréaliers avec ou sans viande
5. Lait traditionnel-céréales
6. Lait intensif spécialisé
7. Herbager lait
8. Herbager viande

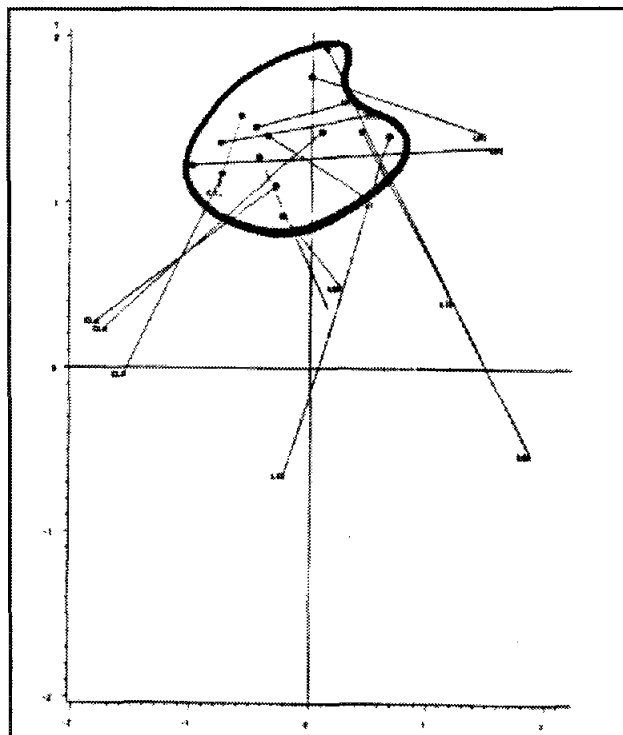
L'analyse des trajectoires d'exploitations entre 1987 et 1992 a permis de mettre en évidence un certain nombre d'évolutions préférentielles [7] comme le montre la figure 3. Chaque graphique représente la projection, en 1987 et en 1992, d'un sous-ensemble particulier d'exploitations agricoles dans le plan factoriel typologique. La position de 1992, symbolisée par un point, est reliée par un trait à la position de 1987. Sur ce plan factoriel, qui permet de représenter a posteriori les proximités et oppositions entre les différents types laitiers, l'axe horizontal oppose les types « polyculture-élevage » (à gauche) aux types « élevage » (à droite) ; l'axe vertical est un axe de dimension et d'intensification orienté du bas vers le haut.

Figure 3 : Exemples de trajectoires préférentielles d'évolution des exploitations entre 1987 et 1992 dans le département de la Haute-Marne



Effet d'attraction du pôle "LC" :

La convergence de nombreuses trajectoires d'exploitations laitières qui changent de type de fonctionnement rend compte de l'effet d'attraction de certains "modèles" en production laitière



2.3. Le modèle parcelle

2.3.1. Echantillonnage des communes

Le modèle régional agricole, prévu dans la démarche générale du programme MAP, n'a pas encore été achevé dans le département de la Haute-Marne. Néanmoins, l'existence d'une typologie communale des combinaisons des types d'exploitations présents dans les communes a permis de raisonner sur un échantillon de douze communes pour la mise en œuvre du modèle parcelle. Cet échantillon est représentatif des communes du département dans lesquelles dominent les activités d'élevage.

2.3.2. Constitution de la base de données

Une enquête exhaustive menée auprès des agriculteurs de ces 12 communes a permis de constituer une base de données parcellaires regroupant plus de 1100 parcelles culturales et une base de données exploitations. Ces enquêtes ont permis de rattacher chacune des 69 exploitations enquêtées à l'un des types de la typologie de fonctionnement et de disposer, pour chaque parcelle, d'informations précises concernant son utilisation (successions de culture sur 4 ans), son tracé dans l'espace et certaines caractéristiques physiques (pente, nature des terrains, sensibilité à la sécheresse, hydromorphie...). L'analyse des successions de cultures observées dans ces parcelles a permis d'identifier 8 modalités principales d'utilisation des parcelles, que détaille le tableau 2.

Tableau 2 : Modalités d'utilisation des parcelles

1. Pâturage vaches laitières
2. Pâturage autres herbivores
3. Fauche exclusive
4. Céréales à paille
5. Maïs monoculture
6. Rotation maïs-céréale paille
7. Rotation colza/blé/orge
8. Rotation prairie temporaire-céréale paille

2.3.3. Objectif et choix du modèle

L'objectif est de disposer d'un modèle capable de prédire, pour chaque parcelle i de l'échantillon, le mode d'utilisation le plus probable en fonction des variables d'entrée du modèle (variables dites explicatives) présentées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Variables explicatives utilisées dans le modèle

Variables parcellaires indépendantes de l'exploitation de rattachement : – type de sol, type d'îlot, distance au village, pente, surface, caractère hydromorphe, forme, allongement, caractère séchant.
Variables parcellaires liées à l'exploitation de rattachement : – distance au siège, type de fonctionnement

Le modèle statistique utilisé est une analyse factorielle discriminante qui permet de calculer, pour chaque parcelle i de l'échantillon, un vecteur de probabilités P_{ij} qui correspond à la probabilité de chaque utilisation j ($1 \leq j \leq 8$). De plus, cette analyse permet de déterminer les variables explicatives qui discriminent le plus un mode d'utilisation et donc de les hiérarchiser. Nous sommes dans un cas limite d'application de cette méthode, initialement développée pour traiter des variables explicatives quantitatives, alors que nous l'utilisons sur des variables qualitatives et quantitatives, transformées en variables booléennes issues d'un recodage disjonctif complet. On peut cependant montrer que cette application et les résultats obtenus conservent un sens [2].

Puisque le modèle permet de calculer l'ensemble des probabilités P_{ij} , il est possible de « prédire » pour chaque parcelle l'utilisation qui correspond à la modalité d'utilisation présentant la probabilité la plus forte. Connaissant aussi l'utilisation réelle, on peut déterminer si une parcelle est bien « prédite » ou mal « prédite » et donc calculer une qualité d'ensemble du modèle, égale au pourcentage de parcelles bien classées.

Compte tenu du nombre restreint de parcelles (1100 au total), il n'était pas possible, comme il est d'usage de le faire dans ce type d'analyse, d'ajuster le modèle sur un échantillon pour ensuite l'appliquer aux parcelles hors échantillon et calculer ainsi, sur ces parcelles, un indice fiable de qualité de prédiction du modèle. Néanmoins, pour valider ce modèle « dans les normes », nous avons opté pour la solution dite de validation croisée [11]. Celle-ci consiste à réaliser autant d'analyses élémentaires qu'il y a de parcelles, de manière à pouvoir calculer chaque vecteur P_{ij} à partir d'un modèle ajusté sur l'ensemble des parcelles diminué de la parcelle i .

2.4. Quelques résultats

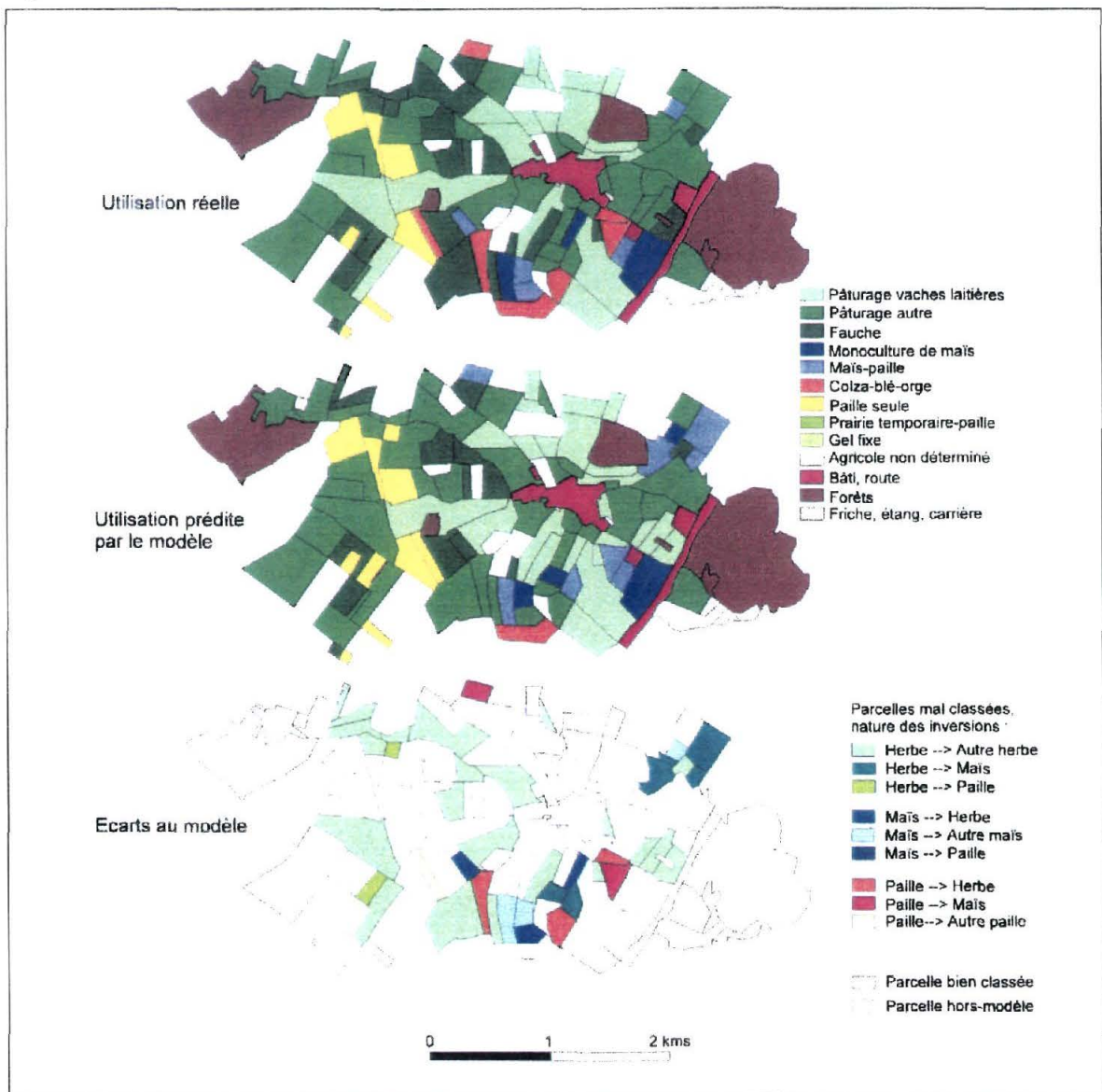
Cette première analyse a permis tout d'abord de hiérarchiser le pouvoir discriminant des variables explicatives utilisées. Le type de sol arrive nettement en tête, suivi par le type d'îlot, la distance au village, la pente puis la surface et l'hydromorphie et enfin la forme, l'élongation et la sensibilité à la sécheresse. La prise en compte de la variable « type d'exploitation de rattachement de la parcelle » améliore sensiblement le modèle. Nous

avons donné à cette variable, un statut particulier puisqu'une analyse factorielle discriminante a été réalisée pour chacun des 8 types d'exploitation en présence.

Selon la méthode dite de validation croisée, nous obtenons un pourcentage de parcelles bien classées de 41 %. Ce pourcentage atteint 62 % si la méthode dite de validation croisée n'est pas utilisée.

Ces niveaux d'erreurs peuvent sembler considérables. Nous procédons actuellement à l'analyse des résultats du modèle. Un premier examen montre qu'il faut distinguer plusieurs types d'erreur : erreurs à portée limitée lorsque le modèle prédit une utilisation « proche » de l'utilisation réelle (confusion entre différents modes de pâturage par exemple) ; erreurs liées à une certaine souplesse d'utilisation des parcelles lorsque le modèle, qui retient seulement l'utilisation la plus forte, ne tient pas compte des cas où deux probabilités d'utilisation sont voisines (par exemple, le modèle a retenu l'utilisation 6 probable à 44 % et a rejeté l'utilisation réelle 5 probable à 43 %) ; enfin, les « vraies » erreurs particulièrement fortes pour certains types d'exploitation et certains modes d'utilisation. La figure 4 présente les résultats du modèle obtenus pour les parcelles de la commune de G, commune herbagère du Bassigny.

Figure 4 : Utilisation réelle et utilisation prédite des parcelles de la commune de G et écarts au modèle



Pour ces deux scénarios, la répartition des terres des exploitations qui disparaissent a été raisonnée en fonction de la localisation des sièges et des parcelles des exploitations candidates à leur reprise. Les quotas laitiers ont été répartis au prorata des terres reprises, conformément à la réglementation. Les caractéristiques des parcelles ainsi modifiées ont alors été réintégréées dans le modèle afin de calculer de nouvelles probabilités d'utilisation.

Le scénario 1 spécialise les parcelles à pente faible ou nulle et relativement éloignées du village, dans des rotations à base de maïs, les parcelles pâturées étant plutôt regroupées à proximité du bâti. Le scénario 2 prévoit un paysage à forte composante herbagère ; l'importance des surfaces nécessaires au pâturage des vaches laitières augmente les distances entre les sièges d'exploitations (situés au centre du village) et les parcelles utilisées en « pâturage vaches laitières » (fig. 6).

Figure 6 : Scénarios d'évolution de l'utilisation des parcelles de la commune de G



Les résultats obtenus sont encore partiels et largement perfectibles. Néanmoins, ils semblent confirmer la faisabilité de la démarche entreprise et sont encourageants. De nombreux développements et améliorations du modèle général restent nécessaires sur de nouveaux terrains d'étude : améliorer le module de simulation des trajectoires des types d'exploitation ; affiner le modèle parcelle en essayant de diminuer les taux d'erreur, notamment en introduisant des contraintes d'assolement au niveau de l'exploitation ; développer la démarche de construction du modèle régional agricole servant de cadre d'échantillonnage et d'extrapolation au modèle parcelle ; rendre opérationnel le module de rendu réaliste des paysages visibles et intégrer dans ce module la prise en compte des éléments paysagers attachés aux parcelles et des itinéraires physiologiques qui associent, à

chaque mode d'utilisation des parcelles, un état physionomique variable en fonction des périodes de l'année et des itinéraires techniques mis en œuvre [3].

Une fois la démarche affinée et complétée, il sera nécessaire de soumettre le modèle à l'épreuve de ses utilisateurs potentiels en vue de construire, avec eux, un outil opérationnel d'aide à la gestion paysagère.

Bibliographie

- [1] BROSSARD T., WIEBER J.C., 1984 : « Le Paysage : trois définitions, un mode d'analyse et de cartographie », *L'espace géographique*, n° 1, pp. 5-12
- [2] CELEUX G., NAKACHE J.P., 1994 : *Analyse discriminante sur variables qualitatives*, Paris, Polytechnica, 253 pages
- [3] DEFFONTAINES J.P., 1995 : « Dynamiques physionomiques d'un paysage rural. Essai de modélisation de la composante agricole », *Cahiers d'Agriculture*, 4, pp. 434-439
- [4] LANDAIS E., PERROT C., PIERRET P., MAIGROT J.L., MIGNOLET C., ZANCHI E., 1996 : « Systèmes techniques agricoles, organisation de l'espace rural et production de paysage. Le projet MAP (Modélisation Agriculture et Territoire) », *Actes des journées du programme environnement, vie et sociétés du CNRS « Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement »*, Paris, janvier 1996, pp. 105- 114
- [5] MIGNOLET C., 1995 : *Modélisation spatiale d'une agriculture régionale : diversité à différentes échelles*, Mémoire de DEA, Université Lyon I, 31 pages
- [6] PERROT C., 1991 : *Un système d'information construit à dire d'experts pour le conseil technico-économique aux éleveurs bovins*, Thèse doctorat INA-PG Paris, INRA-SAD, Institut de l'Élevage, 215 pages + annexes
- [7] PERROT C., PIERRET P., LANDAIS E., 1995 : « L'analyse des trajectoires des exploitations agricoles. Une méthode pour actualiser les méthodes typologiques et étudier l'évolution de l'agriculture locale », *Économie rurale*, n° 228, pp. 35-47
- [8] PIERRET P., 1996 : *Activité agricole, organisation de l'espace rural et production de paysages. Une démarche de modélisation multi-échelle testée dans le département de la Haute-Marne*, Thèse de doctorat en géographie, Université de Bourgogne, Dijon, ENESAD, 234 pages + 77 pages annexes
- [9] PIERRET P., PERROT C., THINON P., JOLY D., LANDAIS E., 1996 : « De l'activité agricole au paysage. Une démarche de modélisation », *Actes 3e Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, INRA-Institut de l'Élevage, Paris. 4-5 décembre 1996, pp. 1-12
- [10] THINON P., SAVINI I., DEFFONTAINES J.P., 1995 : *Relations territoire, agriculture et urbanisation. Recherche d'unités de gestion territoriale, le cas du Vexin-Français*, INRA-SAD, Versailles
- [11] TOMASSONNE R., 1988 : *Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle discriminante ?*, ITCF, 56 pages ronéot.
- [12] ZANCHI E., 1995 : *Modélisation d'organisations parcellaires, occupations du sol et éléments visuels dans des communes de la Haute-Marne*, Mémoire pour l'obtention d'un DEA, Université de Franche-Comté, 34 pages + annexes