



**HAL**  
open science

# Milieu et réorganisation territoriale des activités agricoles à long terme dans le bassin versant du Madon : 1830-2002. Deux siècles de dynamique agraire

Clément Etienne

► **To cite this version:**

Clément Etienne. Milieu et réorganisation territoriale des activités agricoles à long terme dans le bassin versant du Madon : 1830-2002. Deux siècles de dynamique agraire. Sciences du Vivant [q-bio]. 2008. hal-02818751

**HAL Id: hal-02818751**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02818751>**

Submitted on 6 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Station INRA SAD-ASTER  
662 avenue Louis Buffet  
88500 Mirecourt

Nancy-Université  
*Université  
Henri Poincaré*

Mémoire en vue d'obtenir le Master 2 GGC spécialité  
«Connaissance et Gestion des Sols et des Eaux»  
parcours Professionnel

---

**Milieu et réorganisation territoriale des activités  
agricoles à long terme dans le bassin versant du  
Madon : 1830 – 2002**  
*Deux siècles de dynamique agraire*

Environment and long term territorial reorganization of agricultural  
activities in Madon's versant basin: from 1830 to 2002  
*Two centuries of agrarian dynamics*

Clément ETIENNE

Maîtres de stage :

Marc BENOÎT et Jean-Luc DUPOUEY

Responsables de la spécialité CGSE :

Corinne LEYVAL, Anne POSZWA et Jean-Louis MOREL

Soutenance le 22 septembre 2008

## SOMMAIRE

<b>Remerciements</b>	3
<b>Introduction</b>	4
<i>Les systèmes de culture au XIX<sup>ème</sup> siècle en Lorraine</i>	5
<i>L'apport des écrits de Mathieu de Dombasle (1777 – 1843)</i>	7
<i>Les systèmes de culture actuels dans le bassin versant du Madon</i>	8
<i>Les différents niveaux d'organisation des décisions régissant la localisation des activités agricoles au sein des territoires</i>	10
<b>Matériel et méthodes</b>	11
<i>Méthodologie de recherche des facteurs du milieu influençant l'organisation territoriale des activités agricoles</i>	11
<i>Etude diachronique de l'occupation du sol : 1830 – 2002</i>	11
<i>Choix de l'échelle d'étude</i>	12
<i>Description de la zone d'étude</i>	12
<i>Les paramètres du milieu pris en compte par les agriculteurs dans leur démarche d'organisation territoriale des activités agricoles</i>	13
<i>Les facteurs explicatifs de l'occupation et des changements d'occupation du sol retenus pour cette étude</i>	14
<i>Données utilisées</i>	15
<i>Etude de la nomenclature de la carte de l'Etat-Major de 1830</i>	15
<i>Etude de l'organisation territoriale des systèmes de culture dans le bassin versant du Madon en 1830 et 2002</i>	16
<i>Etude des facteurs influençant la localisation des changements de l'occupation des sols dans le bassin versant du Madon entre 1830 et 2002</i>	16
<i>Classification à l'aide du modèle de Markov caché</i>	17
<b>Résultats</b>	17
<i>Un nouveau thème reconnu sur la carte de l'Etat-Major de 1830</i>	17
<i>Organisation passée et actuelle des systèmes de culture dans le bassin versant du Madon</i>	18
<i>Influence des facteurs du milieu sur les changements d'organisation territoriale des activités agricoles</i>	19
<i>Classification à l'aide du modèle de Markov caché</i>	20
<b>Discussion</b>	21
<i>Nomenclature de la carte de l'ETM</i>	21
<i>Les changements d'organisation territoriale des activités agricoles</i>	21
<i>L'intérêt de l'utilisation du modèle de Markov caché pour cette étude</i>	23
<i>Limites de cette étude, problèmes rencontrés</i>	23
<b>Conclusion</b>	25
<b>Liste des figures et des annexes</b>	26
<b>Bibliographie</b>	27
<b>Liste des abréviations</b>	28
<b>Annexes</b>	29 et sq

## Remerciements

En premier lieu je tiens à remercier Marc Benoît et Jean-Luc Dupouey pour l'encadrement, le bon déroulement de ce stage sur un sujet peu habituel mais particulièrement intéressant et enrichissant.

Je remercie Catherine Mignolet, notre directrice d'unité, de m'avoir accueilli au sein de la l'unité de recherche INRA SAD de Mirecourt durant les six mois de ce stage.

Je remercie Liliane Ogé, Valérie Bichet et Corine Poinot du secrétariat pour avoir toujours facilité les démarches administratives.

Je remercie Elisabeth Bienaimé, Régine Cosserat, Colette Favre et Vincent Badeau pour leur participation respective dans mes travaux concernant les cartes de l'Etat Major, les données du bassin versant du Madon et les traitements sous SIG.

Je remercie Jean-Marie Trommenschlager pour sa disponibilité permanente pour résoudre mes problèmes informatiques.

Je remercie El Khali Lazrak pour son aide éclairée aux prémises de la réalisation de la base de donnée sur le Madon qui m'a permis de surmonter nombre de problèmes techniques.

Je remercie Jean-François Mari pour notre collaboration dans le traitement des données du bassin versant du Madon à l'aide de son algorithme basé sur le modèle des chaînes de Markov cachées. Cela a été pour moi l'occasion d'acquérir une première expérience de travail pluridisciplinaire.

Je remercie Etienne Gaujour pour l'initiation au logiciel R qu'il m'a généreusement apportée ainsi que pour les sorties de relevés de biodiversité toujours dans la (très) bonne humeur.

Je remercie le personnel des Archives départementales des Vosges, en particulier Isabelle Chavé, pour leur accueil et leur collaboration fructueuse pour mes recherches sur les plans par masse de culture et le cadastre napoléonien.

Je remercie Fabien Knittel pour le temps qu'il m'a consacré et nos échanges sur les écrits de Mathieu de Dombasle.

Je remercie tous les membres de l'installation expérimentale qui m'ont permis de mieux connaître et comprendre le projet mis en place à la station de Mirecourt, que ce soit de façon globale ou dans son déroulement quotidien.

Je remercie Pierre Yves Bernard pour la journée tour de source qui en plus d'être instructive fut très agréable.

Je remercie Claude Bazard pour le co-voiturage régulier à destination de Nancy.

Et un grand merci à tous les stagiaires du local et assimilés pour les bons moments que nous avons partagé ensemble. Entre autres Damien pour son humour décapant, Thomas pour l'expression sa passion pour l'ornithologie, Alice pour son dévouement à l'entretien du local, Ambroise pour ses discussions métaphysiques, Guigui pour son originalité, Mathilde pour sa spontanéité, Etienne pour notre collaboration dans la recherche agronomique parallèle, Xavier pour les remakes des Deschiens, Céline pour le charmant week-end passé tous ensemble au Hohneck...

Ce stage a été financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) dans le cadre du projet fédérateur Agriculture et Développement Durable (ADD) – Conception d'Observatoires de Pratiques Territorialisées (COPT).

Ce stage s'inscrit également dans le projet de la Zone Atelier du bassin de la Moselle (ZAM).

## Introduction

La vulnérabilité des nappes d'eau aux risques de pollution est reliée au fonctionnement hydrogéologique du site (Albinet et Margat 1975). Les activités agricoles sont à l'origine de l'épandage de substances qui peuvent polluer les nappes : fumures minérales et organiques, pesticides. Les activités agricoles réalisées à la surface du sol vont par voie de conséquence directement dicter la qualité des eaux émises par le territoire concerné.

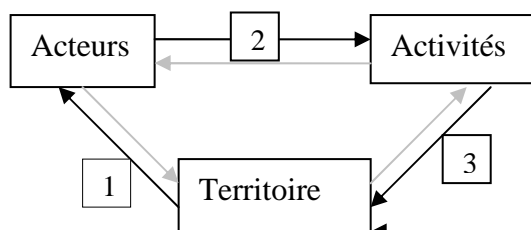
Dans des situations où les ressources en eau sont en jeu, la modification des systèmes de culture (assolés et prairiaux) est la principale voie d'amélioration à long terme de ces ressources. Les surfaces forestières, étant de tout temps, considérées comme favorables à la qualité des eaux.

On définit l'organisation territoriale des activités agricoles comme la répartition spatiale des occupations du sol (terre cultivée, prairie, forêt, bâti, etc.) au sein d'un territoire.

Par ailleurs des activités agricoles inadaptées au milieu peuvent conduire entre autre à une dégradation de la qualité des sols et à une réduction de la biodiversité.

Le changement d'utilisation des sols est un des principaux facteurs de dégradation mais également d'amélioration des écosystèmes. De nombreux travaux ont portés sur les causes de ces changements, en particulier dans le cadre du projet mondial Land Use and Cover Changes (LUCC) (Lambin *et al.* 2001). Mais assez peu ont portés sur le rôle des caractéristiques du milieu sur l'organisation territoriale des changements.

Le modèle tri-pôles de Jean Pierre Deffontaines schématise les interrelations complexes entre ce qu'il définit comme les acteurs, le territoire et les activités. Les acteurs sont les agriculteurs qui dirigent les exploitations agricoles. Le territoire est le support de l'activité agricole, il comprend les bâtiments et parcellaire de l'exploitation. Les activités correspondent à la partie opératoire de l'exploitation agricole, il s'agit des opérations techniques réalisées pour la conduite des élevages et des cultures. L'entrée de ce schéma se fait par le territoire.



**Figure 1 : Modèle tri-pôles Acteurs - Activités – Territoires** (d'après Deffontaines)

- 1 : les propriétés physiques et géographiques du territoire conditionnent les décisions des agriculteurs
- 2 : l'agriculteur choisit un système de production en intégrant 1)
- 3 : l'exécution des actes techniques modifie les propriétés du territoire

L'étude des activités agricoles et de leur organisation spatiale est une voie privilégiée d'explication de la qualité des eaux. Connaître les règles de décision des agriculteurs pour la réalisation des actes techniques doit permettre d'avancer des orientations de recherche pour tenter de remédier aux problèmes environnementaux engendrés par les activités agricoles.

Cependant avant d'avancer des scénarii de réorganisation des territoires il est nécessaire de comprendre la démarche des agriculteurs dans la mise en place leur système de culture.

La zone d'étude retenue correspond au bassin versant du Madon (1032 km<sup>2</sup>). Il cumule plusieurs avantages : il est bien connu grâce à des études précédentes (F Masutti, V. Perlberg, A. Bidet & R. Lavez, INRA SAD Mirecourt), il est représentatif de la Petite Région Agricole (PRA) Plateau lorrain Sud, et il est le théâtre de potentielles réorganisations en vue de préserver la ressource en eau (SAGE en initiation sur la nappe du Grès du Trias Inférieur). La localisation du bassin versant du Madon en Lorraine est présentée en Annexe 1.

L'objectif de ce travail est de déterminer selon quelles caractéristiques du milieu les agriculteurs ont réorganisé leurs systèmes de culture au sein de territoires pour répondre à leurs nouveaux objectifs de production?

Par ailleurs ce travail est préliminaire à une étude de la rémanence des activités agricoles anciennes sur le fonctionnement actuel des écosystèmes, d'où l'intérêt qui sera porté sur l'étude des pratiques agricoles au XIX<sup>ème</sup> siècle.

L'influence des caractéristiques du milieu sur les décisions des agriculteurs est recherchée à partir d'une approche statistique, les grands nombres permettent d'évaluer les variables les plus explicatives de l'organisation territoriale des occupations du sol. Ce que l'on peut espérer obtenir de cette étude correspond à des régularités d'organisation et non pas des règles de décision. Etant donné la diversité relative des exploitations agricoles et des agriculteurs il n'est pas possible d'avancer de règles absolues. Ni d'expliquer pour chaque parcelle tous les facteurs qui ont pesé et pèsent sur l'attribution de leur occupation du sol.

Des causes probables du changement de l'occupation des sols dans le bassin versant du Madon seront avancées, bien que ce ne soit pas l'objectif premier de cette étude. Ces informations n'ont pas été historiquement enregistrées. Cette approche est essentielle, elle montre l'importance du contexte sur les orientations de changement et instruit les degrés de liberté dont dispose à une date donnée une société rurale pour organiser son territoire.

#### *Les systèmes de culture au XIX<sup>ème</sup> siècle en Lorraine :*

L'agriculture est l'activité majoritaire au sein de la population, majoritairement rurale. Les terres labourées sont majoritaires, elles couvrent environ 67,5% du territoire. Les prairies sont peu abondantes (11,5% du territoire), l'élevage est de ce fait limité en nombre de têtes. Les animaux élevés sont principalement des chevaux de trait, vaches, bœufs, moutons et cochons. (Moriceau 1999) La faible quantité d'animaux de ferme ne permet d'obtenir que peu de fumure organique par le biais des fumiers et purins. La forêt couvre 15% du territoire, son exploitation est intensive pour fournir principalement du bois de chauffage.

Le fonctionnement du système agraire est contraint par les usages collectifs. Le finage communal est organisé de sorte qu'il n'existe pas de chemin d'accès à chaque parcelle, le plus souvent il est nécessaire de traverser plusieurs parcelles voisines pour se rendre sur une parcelle. Un assolement collectif où toutes les parcelles d'un même secteur reçoivent la même culture permet de limiter ce problème, cela correspond à

une sole. Les opérations techniques (labour, semis, récolte) sont réalisées en même temps pour l'ensemble de la sole à partir de dates publiées dans des bans.

La vaine pâture est une contrainte collective supplémentaire, elle autorise la pâture du troupeau dans les parcelles de céréales après leur récolte.

Les parcelles culturales sont généralement de forme allongée et de faible largeur. Cette géométrie résulte du partage successif des parcelles entre les héritiers d'une famille. Cela facilite les opérations de travail du sol en réduisant le nombre de demi-tour. Par contre ce rapport périmètre / surface élevé ne permet pas de les clore pour le parcage des animaux. Le fil barbelé n'est apparu que plus tardivement après la Première Guerre Mondiale.



**Figure 2: Géométrie du parcellaire lorrain au XIXème siècle. Exemple de la commune d'Esley, section C3 cadastre napoléonien (1829).**

Le finage des communes lorraines était divisé en trois soles, y alternaient tous les ans selon l'ordre suivant : jachère, froment fumé et céréales de printemps. Le froment est le nom donné anciennement au blé.

Au XIX<sup>ème</sup> siècle la jachère correspond à un nombre répété de labours, le premier est donné à l'automne suivant la récolte de la céréale de printemps. Se succèdent ensuite un nombre variable de labours au cours de l'année jusqu'à la fin de l'été qui précède le semis du blé.

Les labours répétés ont d'une part pour fonction de réduire le stock de graines d'adventices par le technique du faux semis. Le faux semis consiste en une préparation mécanique du sol pour mettre les graines qu'il contient en conditions favorables de germination. Une fois les adventices à un stade de plantule le sol est de nouveau travaillé pour les déraciner et ainsi les détruire. La répétition de cette pratique avant un semis permet de réduire sensiblement le stock de graines d'adventices. D'autre part le travail intensif du sol lors de la jachère favorise la minéralisation des matières organiques par aération du sol. Ainsi la culture de froment qui suit la jachère dispose d'un sol où la présence d'adventices sera limitée et disposant d'une plus grande quantité d'éléments minéraux disponibles pour l'alimentation de la culture. Cette pratique laissait le sol nu l'hiver, on peut imaginer que les problèmes d'érosion étaient déjà d'actualité à l'époque...

Le semis du froment a lieu du mois de septembre jusqu'à la fin du mois d'octobre avant les premières gelées importantes. Des sillons sont creusés avant

l'hiver pour assurer le drainage des eaux dans les parcelles et ainsi éviter l'asphyxie des plantes. La récolte du froment a lieu au mois d'août, ensuite les parcelles sont laissées à la vaine pâture.

Le premier labour d'automne met fin à la vaine pâture, il est la première étape de préparation du sol pour la culture de printemps suivante : avoine, sarrasin. Ces plantes ont un cycle de végétation court, approximativement cent jours d'où leur nom de *trémois*. Les semis ont lieu au mois d'avril après de nouveaux travaux préparatoires du sol. Après la récolte se finit le cycle de l'assolement triennal, revient alors une jachère et ainsi de suite.

Les prairies occupaient de faibles surfaces, elles étaient fauchées à partir de la fin du mois de juin afin de réaliser des stocks de fourrages pour l'hiver sous forme de foin (Lafite 1904). A cette époque de l'année les plantes devaient être à un état de maturité avancé, les exports en éléments minéraux sont limités. Dès le foin ramassé les prairies étaient pâturées par l'ensemble des animaux de la commune. Si la pousse de l'herbe était suffisante pour nourrir le troupeau une seconde récolte de fourrage pouvait avoir lieu à la fin de l'été, le regain.

Les prairies ne recevaient pas de fertilisation organique, les fumiers étaient réservés à la culture du froment. Seuls les débordements de ruisseaux et de rivières fertilisaient. Le rendement des prairies était de l'ordre de 2,7 t/Ha. (Lafite 1904)

Les prairies artificielles (trèfle, sainfoin, luzerne) étaient encore peu répandues au XIX<sup>ème</sup> siècle bien que leur capacité à produire des fourrages en quantité importante était déjà reconnue. Leur culture n'était probablement pas maîtrisée, selon Lafite (1904) des luzernières étaient conservées plus de 20 ans. Or après trois années d'exploitation leur productivité décroît rapidement.

Les surfaces utilisées pour la culture de la vigne étaient non négligeables. Pour la Plaine des Vosges, d'après Lafite (1904), les surfaces de vignes sont les suivantes : 2961 Ha en 1789, 4490 Ha en 1834, 5022 Ha en 1852, 4878 Ha en 1862, 5670 Ha en 1882, 5715 Ha en 1892 et 5677 Ha en 1900.

Les parcelles étaient préférentiellement situées sur les coteaux exposés au Sud : ensoleillement, protection des gelées et brumes beaucoup plus courantes dans les bas fonds. La production était destinée à la consommation locale, le vin était généralement de qualité médiocre.

L'assolement triennal a longtemps été utilisé, bien que peu productif il était relativement fiable permettant d'assurer des récoltes régulières. Le système agraire en Lorraine au XIX<sup>ème</sup> siècle est une articulation de cultures de vente (froment et avoine) et d'élevages vivriers.

#### *L'apport des écrits de Mathieu de Dombasle (1777 – 1843) :*

Mathieu de Dombasle portait un vif intérêt pour l'agriculture. Il jugeait l'agriculture française de son époque archaïque car ne permettant pas d'assurer des productions suffisamment importantes. Le manque de fumier et la rotation des cultures en place sont à l'origine de la faible productivité des cultures.

Dans la ferme dite exemplaire de Roville devant Bayon (54) exploitée de 1823 à 1843 par Mathieu de Dombasle a été mis en place un système de culture intégrant des plantes fourragères. Les cultures fourragères alimentaient le troupeau d'animaux de la ferme en complément des prairies permanentes, les fumiers abondants



permettaient de fertiliser les cultures. Ce système était directement inspiré des systèmes déjà existants en Belgique, Hollande et Angleterre.

Mathieu de Dombasle a également diversifié ses cultures en intégrant des plantes sarclées comme la betterave et la pomme de terre. Leur implantation en lignes espacées permet leur binage plusieurs fois au cours de la saison, ce qui permet de réduire avec efficacité l'infestation des parcelles par les adventices. Le recours systématique à la jachère dans l'assolement a été abandonné. Seules parcelles trop envahies par les « mauvaises herbes » vivaces (chiendent, chardon) subissent une année de jachère, les surfaces improductives sont réduites au minimum.

L'assolement mis en place sur la ferme de Roville a été dénommé alterne en opposition à l'assolement triennal. (Knittel 2007)

Par ailleurs Mathieu de Dombasle possédait à Roville devant Bayon un atelier de fabrication de matériel agricole. Les outils étaient mis au point sur la ferme et étaient commercialisés dans la région. La renommée de Mathieu de Dombasle est en grande partie due à la charrue sans avant train dont il a repris le concept, encore couramment appelée « charrue Dombasle ».

Les conditions cultures dans lesquelles se trouvait Mathieu de Dombasle au XIXème siècle sont proches du cahiers des charges de l'Agriculture Biologique, les intrants de synthèse (engrais, pesticides) n'existaient pas encore. Les expérimentations menées par Dombasle présentent un intérêt particulier pour les recherches actuelles visant à concevoir des systèmes de cultures économes en intrants. Ce qui est le cas à la Station expérimentale INRA de Mirecourt où ce stage a été réalisé.

De ce point de vue les écrits les plus intéressants de Mathieu de Dombasle sont les *Annales agricoles de Roville* (8 tomes et 1 supplément) ainsi que le *Calendrier du bon cultivateur*, y sont décrites avec une relative précision les techniques culturales mises en œuvre et les méthodes d'élevage.

Un passage remarquable retrouvé dans les *Annales agricoles de Roville* indique que Mathieu de Dombasle a réalisé des essais de semis de blé sans labour en 1828, lesquels auraient été concluants. Dombasle a bien formalisé l'intérêt du semis sans labour : économie de la dépense de travail du sol, ensemencement rapide de surfaces importantes à des périodes où l'accessibilité aux parcelles est réduite. Cette découverte relativise le caractère innovant donné aux techniques de culture sans labour qui connaissent un développement important depuis une dizaine d'années.

#### *Les systèmes de culture actuels dans le bassin versant du Madon :*

La répartition entre les différentes occupations du sol a profondément changé depuis le XIXème siècle dans le bassin versant du Madon. Les terres cultivées n'occupent désormais plus que 31,0% du bassin versant. Les prairies quant à elles occupent 37,5%. Les surfaces forestières ont également progressé, elles couvrent 24,0% du territoire.

Les exploitations agricoles sont en majorité de type polyculture-élevage laitier bovin et dans une moindre mesure bovin allaitant.

La production prioritaire est le lait, elle impose la répartition des surfaces disponibles entre productions fourragères et de vente. Les surfaces fourragères pour l'alimentation des animaux sont importantes. Il s'agit de prairies, permanentes et

temporaires, et de maïs conservé sous forme d'ensilage. Les productions de vente sont des cultures céréalières, essentiellement blé, orge et colza. Une partie du grain est cependant destinée à l'alimentation des animaux. La paille produite est utilisée pour la litière des animaux.

Dans le bassin versant du Madon la répartition entre les différentes cultures est par ordre décroissant des surfaces concernées : blé (9968 Ha), maïs (4475 Ha), orge (3745 Ha) et colza (2637 Ha). (Données RGA 2000).

La répartition entre cultures fourragères et cultures de vente au sein des exploitations varie en fonction des superficies disponibles. Généralement plus la surface de l'exploitation est importante plus les cultures de vente occupent de place dans les productions en rapport à ce qui est attribué à l'élevage.

Les principales évolutions techniques entre 1830 et 2002 sont l'apparition des pâturages clôturés (fil barbelé), la motorisation de la traction pour les travaux des champs et de transport, l'apparition des engrais minéraux, des produits de traitement de synthèse (insecticide, fongicide, désherbant) et les améliorations génétiques par sélection. Elles sont en grande partie à l'origine de l'augmentation des rendements en céréales. Ces pratiques sont actuellement remises en cause du fait des problèmes environnementaux qu'elles engendrent (pollution des eaux, biodiversité...)

Les itinéraires techniques des cultures et des prairies peuvent être très variés. En Lorraine, Benoît (1988) en recense 20 rien que pour les prairies. Les différences concernent principalement le niveau de fertilisation (dose/Ha), la nature du fertilisant (organique et/ou minéral), le type de récolte (pâturation, ensilage, foin) et leur époque de réalisation au cours de la saison (précoce, tardif).

Ainsi pour des couverts identiques il existe une importante variabilité des techniques/pratiques, d'où forte variabilité des impacts environnementaux potentiels. Cette variabilité de pratiques va essentiellement affecter les flux d'éléments minéraux, pouvant conduire à long terme à un transfert de fertilité. Des zones sont enrichies en éléments minéraux suite à l'apport répété de fertilisants, à l'opposé des zones sont appauvries par exportation de biomasse végétale sans apports en retour.

Les changements de l'occupation du sol que l'on observe ne peuvent pas être dissociés du changement de contexte profond qui a eu lieu entre 1830 et 2000.

Les origines de ces changements semblent plus être d'ordre socio-économique que technique. D'une part on observe à l'époque une diminution de la main d'œuvre disponible des suites de l'industrialisation de la région (industrie textile et sidérurgique) et des importantes pertes humaines de la Première Guerre Mondiale. Dans le même temps on observe une baisse continue du prix du blé du fait d'importations d'origine Sud américaine et l'apparition des débouchés lait et viande en raison de l'augmentation du niveau de vie en lien avec l'industrialisation de la région.

L'organisation des systèmes n'a été modifiée qu'à partir de la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle suite aux premiers remembrements. Le regroupement des surfaces agricoles de chaque paysan au sein de parcelles de plus grande taille et plus groupées a mis fin aux obligations d'assolement collectif. Cela a permis la modification des systèmes de culture entraînant d'importantes réorganisations spatiales des activités agricoles. Ces changements ont permis le basculement progressif l'orientation de production agricole du bassin versant du Madon de la céréaliculture vers la polyculture-élevage où chaque paysan peut organiser avec plus de liberté son système de culture.

*Les différents niveaux d'organisation des décisions régissant la localisation des activités agricoles au sein des territoires :*

L'attribution de l'occupation des sols des parcelles est réalisée par l'agriculteur, cependant il est soumis à de nombreuses contraintes aussi bien internes qu'externes à son exploitation agricole. Dans cette démarche on peut distinguer deux étapes :

- Le choix du type de production réalisé sur l'exploitation. L'agriculteur envisage les types de production réalisables sur son exploitation, selon les aptitudes de son territoire et les moyens techniques dont il peut faire appel pour surmonter les contraintes du milieu.

Ce premier niveau d'organisation détermine les productions prioritaires sur l'exploitation, il s'agit généralement de l'activité qui dégage la part la plus importante des revenus de l'exploitation.

- Le choix de l'usage des parcelles agricoles au sein de l'exploitation. A partir des caractéristiques de chaque parcelle l'agriculteur leur attribue une occupation pour mener à bien ses objectifs de production.

L'organisation des activités agricoles à l'échelle de l'exploitation agricole résulte des décisions prises par l'agriculteur. Celui-ci est par ailleurs soumis à des facteurs extérieurs sur lesquels il ne peut pas exercer d'influence directe : réglementation environnementale, politiques agricoles, etc.

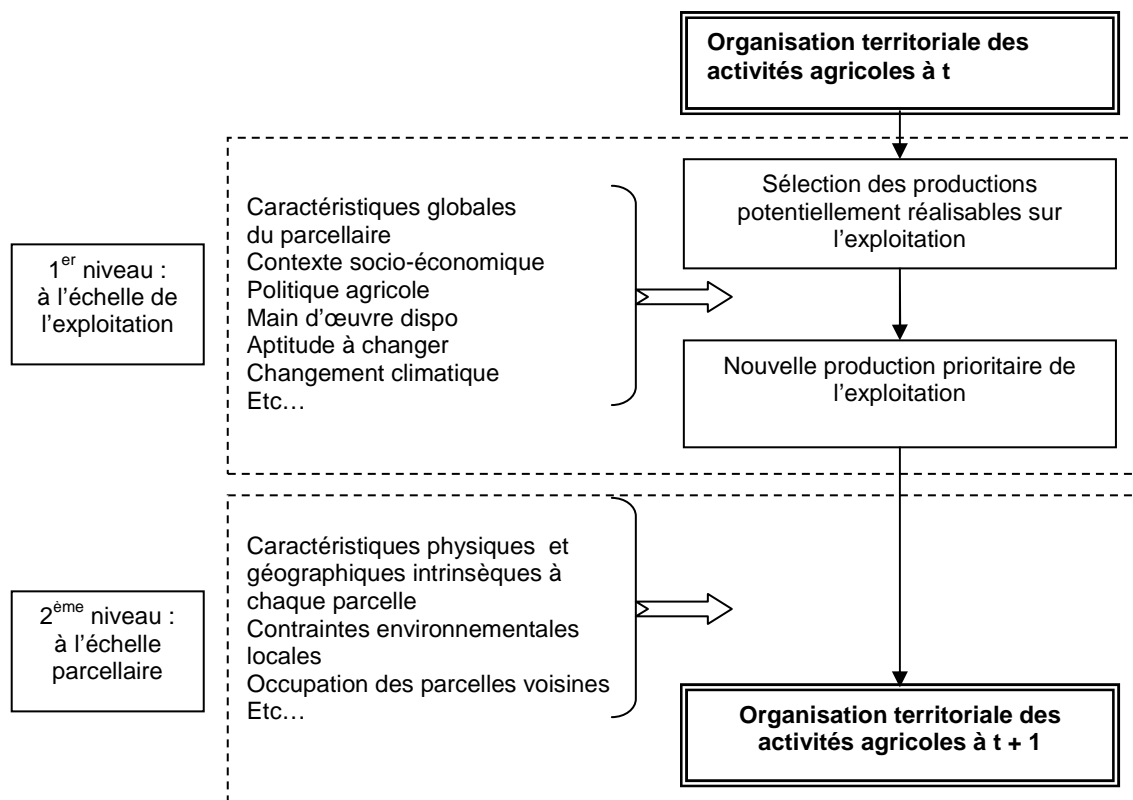
Comme on s'intéresse ici à l'occupation du sol et non pas à son usage on peut considérer que l'agriculteur a, pour de chacune de ses parcelles, le choix de l'occupation culture et prairie.

Dans le cas particulier des d'exploitations de polyculture-élevage laitier le choix de l'occupation des sols entre culture et prairie se fait selon :

- Niveau de production de lait par vache visé : système herbager, maïs ou mixte avec apport en quantité variable de concentré (farines, tourteaux).
- Aptitude du parcellaire : accessibilité au printemps pour l'implantation de la culture de maïs, distance par rapport à l'exploitation, réserves hydriques du sol, portance des parcelles en conditions humide (récolte du maïs à l'automne)

Selon Morlon et Benoît (1990) le choix de l'usage se fait de façon relative entre les différentes parcelles d'une exploitation et non de façon absolue par rapport aux propriétés physiques et géographiques des parcelles (type de sol, distance à l'exploitation, voies de communication, etc.). L'agriculteur a une vision intégrée de son territoire, il prend en compte les facteurs du milieu de façon globale pour organiser ses productions. Cela revient à réaliser une classification des contraintes du milieu pour les différentes parcelles disponibles au sein de l'exploitation.

D'autres facteurs que les caractéristiques physiques et géographiques du milieu interviennent dans l'organisation territoriale des activités agricoles. Le choix de la production prioritaire de l'exploitation implique la répartition des surfaces entre les différentes occupations du sol. Or ce choix de production prioritaire est largement influencé par le contexte socio-économique, la disponibilité en main d'œuvre, etc. De ce fait les caractéristiques physiques et géographiques du milieu ne peuvent expliquer totalement à elles seules l'organisation territoriale des systèmes de cultures.



**Figure 3 : Modélisation des facteurs influençant à différents niveaux l'organisation des activités agricoles dans les territoires**

## Matériel et méthodes

*Méthodologie de recherche des facteurs du milieu influençant l'organisation territoriale des activités agricoles :*

L'étude des facteurs d'attribution territoriale des occupations du sol est possible à partir de trois approches différentes :

- à dire d'expert. Dans ce cas on enquête des spécialistes du sujet (chercheur) ;
- à partir de résultats d'enquêtes auprès d'agriculteurs. Des enquêtes ont été réalisées auprès d'agriculteurs dans le bassin versant du Madon par d'anciens stagiaires de l'INRA SAD de Mirecourt ;
- à partir des données existantes à l'aide d'une étude statistique. Cette méthode nécessite au préalable un choix des variables à utiliser parmi les données disponibles ou qui peuvent être recueillies.

Une combinaison de ces différentes méthodes a été utilisée. Des informations à dire d'expert et des résultats d'enquêtes auprès d'agriculteurs sont utilisées pour choisir les facteurs pertinents d'attribution de la localisation des activités agricoles. Ensuite une étude statistique sur les sources de données disponibles est réalisée pour rechercher les régularités d'organisation.

*Etude diachronique de l'occupation du sol : 1830 – 2002 :*

On fait le choix de travailler sur une période de temps longue, on postule qu'il est ainsi plus probable d'observer des états d'occupation du sol différents. Cela permet de caractériser avec plus de facilité le rôle des facteurs du milieu sur l'organisation des activités au sein de territoires. Cependant ce choix méthodologique conduit à une dépendance vis-à-vis des sources de données, notamment pour ce qui est des données anciennes. Cela est d'autant plus vrai si l'on cherche des données géoréférencées, très rares à l'époque du fait du faible développement des techniques cartographiques.

Les données anciennes utilisées proviennent des minutes couleur de la carte de l'Etat-Major (ETM) au 1/40 000<sup>ème</sup>, cette source présente plusieurs avantages par rapport aux autres cartes disponibles (Dupouey et al. 2007). (voir la carte en Annexe 2)

Les données contemporaines (2002) d'occupation du sol proviennent du traitement d'une image de télédétection de 2002 par F Masutti (Stage Master SILAT 2003 à l'INRA de Mirecourt). (voir la carte Annexe 3)

Les classes d'occupations du sol retenues : terre cultivée, forêt, prairie, vignes et vergers, bâti, routes, eau et autre.

*Choix de l'échelle d'étude :*

L'échelle retenue pour cette étude est celle d'un petit bassin versant. On ne descend pas en dessous de l'échelle communale. L'objectif est de regarder l'organisation spatiale des occupations du sol, et non pas les successions culturales et pratiques agricoles à l'échelle parcellaire. L'échelle des données disponibles n'y serait d'ailleurs pas adaptée.

Par ailleurs la recherche de régularités d'organisation territoriale nécessite d'avoir une couverture suffisamment importante du bassin versant à étudier pour que les résultats statistiques soient significatifs.

*Description de la zone d'étude :*

Le bassin versant du Madon couvre une zone de 50 km par 20 km (1032 km<sup>2</sup>) située au sud de Nancy sur les départements des Vosges et de la Meurthe et Moselle. Il est bordé à l'est par la vallée de la Moselle et au sud par les formations gréseuses des Basses Vosges. Le Madon prend sa source au pied du Ménamont, parcourt 98 km au travers des plateaux du Xaintois et se jette dans la Moselle à Pont Saint Vincent au sud-ouest de Nancy. Le relief est légèrement ondulé, l'altitude est comprise entre 220 et 550 mètres. Le climat est semi-continental, il est caractérisé par un contraste important entre des hivers longs assez rigoureux (moyenne de 0,7 °C en janvier) et des étés qui peuvent être très chauds (moyenne de 17,3°C en juillet) et parfois orageux. Les précipitations sont moyennes (Mirecourt : moyenne 842 mm/an) et réparties de façon assez régulière au cours de l'année. C'est une région rurale où dominent les exploitations agricoles de polyculture-élevage, les prairies et les cultures couvrent actuellement 75% du territoire.

Le bassin versant du Madon fait partie de trois Petites Régions Agricoles (PRA). La PRA du Plateau lorrain Sud qui couvre la majorité de sa surface (93,6%), la PRA de la Vôge et la PRA de le Haye très faiblement représentées (respectivement 4,2% et 2,2%).

*Les paramètres du milieu pris en compte par les agriculteurs dans leur démarche d'organisation territoriale des activités agricoles :*

Cette synthèse des paramètres pris en compte par les agriculteurs dans leur démarche d'organisation territoriale de leur système de culture à été réalisée à partir des informations disponibles dans la bibliographie, de dires d'expert et du dépouillement d'enquêtes réalisées auprès d'agriculteurs du bassin versant du Madon. Ces informations concernent essentiellement les activités agricoles actuelles, de ce fait vont donner des explications sur l'organisation actuelle et les motivations des changements pour conduire à cet état.

- La distance des parcelles aux bâtiments de l'exploitation :

La distance séparant les parcelles du siège de l'exploitation est d'autant plus contraignante que l'agriculteur doit s'y rendre fréquemment, et pour des travaux de courte durée.

Pour la pâture des vaches laitières une distance de 1000 mètres de la pâture à la salle de traite est généralement considérée comme un maximum. Au-delà la distance à parcourir pour effectuer les deux traites quotidiennes est trop importante pour les animaux.

Les stocks de fourrage (foin et ensilage d'herbe ou de maïs) sont préférentiellement produits à proximité des bâtiments pour limiter les coûts de transport. Si l'agriculteur dispose d'un groupe de parcelles éloignées mise en place dans toutes de la même culture pour limiter au maximum les déplacements, d'autant plus vrai en zone périurbaine où la circulation avec les engins est difficile. (Soulard 2005)

- Accessibilité :

La contrainte n'est pas dans la distance à parcourir mais la durée/difficulté à se rendre à la parcelle. Pour les parcelles difficiles d'accès l'agriculteur va préférer une occupation du sol qui demande le moins de se rendre sur place.

La présence d'obstacles entre le pré et les bâtiments de l'exploitation est un facteur discriminant pour pâture des vaches laitières. C'est en général le cas avec les routes dont la circulation automobile est conséquente.

- Surface/géométrie des parcelles :

Les parcelles de petite taille sont peu adaptées à la mécanisation des travaux agricoles, elles nécessitent un nombre de manœuvres important en rapport à la surface travaillée. De même les parcelles de forme triangulaire sont peu compatibles avec le labour, elles rendent le nombre de demi-tours importants. Dans ce cas de figure le travail est pénible pour le chauffeur et dans la mesure du possible l'occupation du sol prairie sera privilégiée pour éviter cette contrainte.

- La pente

Une pente trop forte est une contrainte pour la mécanisation des activités agricoles en raison du risque de retournement du matériel, c'est en particulier le cas lors des récoltes. De plus le risque d'érosion est plus important pour les terrains en pente et cultivé, l'agriculteur cherche à limiter au maximum ce risque par une occupation du sol adaptée.

- Le type de sol :

L'agriculteur associe aux sols de son exploitation la quantité de travail nécessaire pour mettre en place des cultures. Le critère pris en compte est la texture du sol.

Le type de sol conditionne également le potentiel de rendement du couvert en place et par conséquent sa rentabilité économique.

- Le fonctionnement hydrique du sol :

Un paramètre pris en compte par l'agriculteur est la « vitesse de ressuyage » du sol. Elle correspond à la durée nécessaire pour que le sol retrouve un état d'humidité compatible avec les opérations de travail du sol.

Par ailleurs la réserve utile en eau est prise en compte dans le choix de l'occupation du sol. Ce paramètre conditionne pour partie le potentiel de rendement du couvert végétal, les terres dites « séchantes » sont peu favorables aux cultures du fait d'une faible réserve utile.

La localisation et l'âge des drainages peuvent beaucoup jouer sur ce facteur. Cependant aucune source de données ne contient les plans des drains, ils ont pu être implantés par des générations différentes. Les agriculteurs eux-mêmes ne le savent pas avec une bonne précision.

- La pierrosité :

Les pierres trop nombreuses empêchent l'utilisation de certains outils de travail du sol et posent problème lors de la récolte des fourrages et des céréales.

Certains des facteurs cités précédemment étaient probablement déjà valables au XIX<sup>ème</sup> siècle. Toutefois les états ou valeurs pris par ces facteurs n'ont pas les mêmes conséquences sur les décisions prises par les agriculteurs. C'est par exemple le cas de la distance de la parcelle au village, la motorisation du transport permet de se rendre plus rapidement à l'endroit souhaité.

Les paramètres pris en compte par les agriculteurs pour l'organisation territoriale de leurs activités ne trouvent pas toujours de traduction en termes scientifiques, d'où la difficulté de les intégrer dans une base de données.

Lors d'une enquête l'agriculteur ne livre pas le déroulement réel de ses activités. Il explique le déroulement théorique de ses activités sans faire part de leur variabilité pour s'adapter au contexte du moment (météo, pointe de travail, etc.).

*Les facteurs explicatifs de l'occupation et des changements d'occupation du sol retenus pour cette étude :*

Pour cette étude les facteurs qui ont été retenus sont :

- la distance au village
- distance au cours d'eau
- la distance à la route
- le type de sol
- la position topographique
- l'altitude
- l'exposition

La position topographique correspond à une position relative entre les différentes zones du relief. Ce paramètre est plus adapté dans le cadre de cette étude que la pente (exprimée en degrés ou en pourcentage) car il permet de différencier un fond de

vallon d'un plateau, lesquels peuvent avoir des valeurs de pente similaires. Elle est calculée à partir du modèle numérique de terrain (MNT) et de l'extension Topographic Position Index (TPI) v. 1.2 (<http://www.iennessent.com/arcview/tpi.htm>) fonctionnant sous ArcView 3.3. Cet indice permet de déduire des informations sur le fonctionnement hydrique du sol complémentaires à la carte pédologique. Le haut de pente sera généralement plus sec qu'un bas fond qui recueille les eaux naturelles de drainage du versant.

*Données utilisées :*

- Image de télédétection de 2002 (source : F Masutti, stage Master SILAT 2003)
- Cartes de l'Etat-Major au 1/40 000<sup>ème</sup> ; feuillets : 69 NE, 69 SE, 84 NE, 84 SE, 85 NO, 85 SO vectorisées et géoréférencées (source : IGN et INRA Nancy)
- Esquisse de la carte pédologique de Lorraine au 1/250 000<sup>ème</sup> (source : ENSAIA-SAFE 1980)
- Plan par masse de culture au 1/5000<sup>ème</sup> des communes d'Ambacourt (88), Esley (88), Gohrey (88), Pierrefitte (88), Puzieux (88), Villers (88) et Vroville (88). (source : Archives 88)
- Cadastre napoléonien parcellaire des communes de Esley, Gohrey, Pierrefitte et Villers. (Archives 88)
- Carte topographique IGN au 1/25 000<sup>ème</sup> de la zone du bassin versant du Madon
- MNT au 1/50 000 (source BD Alti©)
- Réseau hydrologique du bassin versant du Madon (source : BD Carthage©)
- Réseau routier principal (source : BD Carto)
- Carte des zones inondables du bassin versant du Madon (source : DIREN)

*Etude de la nomenclature de la carte de l'Etat-Major au 1/40 000ème :*

La carte de l'Etat-Major (ETM) ne possède pas de légende clairement éditée. Les occupations du sol qui sont associées aux thèmes reconnus ont été établies à partir de déductions. On observe une bonne homogénéité de représentation entre les feuillets, on suppose par conséquent que la nomenclature est stable.

On cherche à vérifier que les occupations représentées sur la carte de l'ETM correspondent aux occupations effectives à l'époque de la levée des cartes. Cette vérification n'est cependant pas réalisable directement, elle ne peut se faire que par comparaison à d'autres sources qui lui sont contemporaines et dont la légende d'occupation du sol est connue.

Cette comparaison peut se faire avec le cadastre napoléonien, il est contemporain de la carte de l'ETM. Celui-ci a connu deux phases d'élaboration : tout d'abord par masse de culture à l'échelle communale de 1802 à 1807 sans prendre en compte les surfaces par propriétaires. Puis à partir de 1807 ce principe a été abandonné au profit d'une distinction basée sur la délimitation parcellaire et le propriétaire. La réalisation du cadastre napoléonien était motivée par la mise en place d'une imposition fiscale selon la nature de l'occupation du sol. Or au cours de l'histoire tout processus déclaratif fiscal a toujours été riche en ruses de contournement pour limiter l'imposition. On peut s'attendre à ce que des informations d'occupation du sol contenues dans le cadastre soient erronées.

Le travail pour établir la carte de l'occupation des sols de chaque commune à partir du cadastre napoléonien parcellaire serait long et fastidieux : reprendre le plan parcellaire de chaque section de la commune puis rechercher pour chaque parcelle



son type d'utilisation dans la matrice pour reconstruire peu à peu le plan de la commune.

Les plans par masse de culture sont quant à eux beaucoup plus facilement exploitables car l'occupation du sol est directement donnée par la lecture de la carte. Les figurés utilisés sont facilement distinguables entre eux et la nomenclature est directement écrite sur chaque carte. Des exemples de la carte de l'Etat-Major, du cadastre napoléonien et de plan par masse de culture sont consignés en Annexe 4, 5 et 6.

Les plans par masse de culture de sept communes de la partie vosgienne du bassin versant du Madon ont été comparés à la carte de l'ETM pour rechercher d'éventuelles différences d'occupation du sol. Le cadastre napoléonien parcellaire a ensuite été utilisé pour vérifier les cas où l'occupation des sols entre les deux sources est différente.

*Etude de l'organisation territoriale des systèmes de culture dans le bassin versant du Madon en 1830 et 2002 :*

A partir des données spatialisées sous Système d'Information Géographique (SIG) on réalise un échantillonnage des occupations du sol en 1830 et 2002 ainsi que pour les différents facteurs retenus. Un maillage de points, de coordonnées X et Y connues, d'un pas de 100 mètres par 100 mètres est utilisé. Une jointure spatiale est réalisée entre le maillage de points et les différentes couches d'information d'intérêt. Les données sont regroupées dans une matrice unique, elles sont de type qualitatives et quantitatives. Le contenu détaillé de la matrice se trouve en Annexe 7. Chaque point représente 1 hectare, après avoir supprimé les champs dont il manque une ou plusieurs valeurs la matrice contient 93 846 points.

Le traitement statistique de ces données est réalisé avec le logiciel libre R pour rechercher des régularités d'organisation du territoire. Nous avons regardé :

- La répartition entre les différentes occupations en 1830 et en 2002
- Les changements de l'occupation des sols (matrice de contingence 1830 - 2002)
- La répartition de l'occupation du sol selon la distance au village, au cours d'eau, (à la route), la nature du sol, l'altitude (moyenne)
- La répartition de l'occupation du sol selon la distance (disques concentriques)
- La répartition de l'occupation du sol selon la nature du sol et la position topographique

*Etude des facteurs influençant la localisation des changements de l'occupation du sol dans le bassin versant du Madon entre 1830 et 2002 :*

Notre intérêt porte sur les changements d'occupation du sol d'origine agricole, par conséquent nous faisons le choix méthodologique de regarder uniquement les changements de l'occupation des sols pour les occupations terre labourée, forêt et prairie. De plus ces occupations couvrent la surface la plus importante dans le bassin versant du Madon. On obtient, à partir de ces occupations, neuf combinaisons possibles de changement : Culture-culture ; culture-prairie ; culture-forêt ; forêt-forêt ; forêt-culture ; forêt-prairie ; prairie-prairie ; prairie-culture ; prairie-forêt. Tous les autres

changement contenant au moins une occupation différente de terre, forêt et prairie sont classés comme « autre ».

Comme nous l'avons montré précédemment les pratiques agricoles dans le bassin versant du Madon ont profondément changé depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle. De ce fait on considère que les changements d'états culture-culture, prairie-prairie et forêt-forêt correspondent à des changements de l'occupation des sols.

#### *Classification à l'aide du modèle de Markov caché :*

Ce travail a été réalisé en collaboration avec Jean François Mari, enseignant-chercheur au LORIA (UMR CNRS LORIA-ORPAILLEUR). Un algorithme initialement développé pour rechercher des régularités de successions culturales, dans le bassin de la Seine (Mignolet et al, 2004), en Lorraine (Benoît et al, 2001) et dans la plaine de Chizé (79) a été appliqué données du bassin versant du Madon. Cet algorithme est basé sur le modèle de Markov caché (Hidden Markov Model).

Les variables qui ont été retenues pour réaliser ce traitement sont les mêmes que précédemment, à l'exception de la distance à la route. Les variables doivent impérativement être de type qualitatives, avec pour chacune d'elle un nombre de modalités proche. Les variables continues sont converties en variables qualitatives, les valeurs des bornes retenues sont choisies pour être cohérentes par rapport aux décisions des agriculteurs. Leur détail se trouve en Annexe 8.

## Résultats

#### *Un nouveau thème reconnu sur la carte de l'Etat-Major de 1830 :*

Suite à la comparaison des plans par masse de culture (PMC) avec la carte de l'Etat-Major (ETM) on observe une correspondance entre les zones dont l'occupation du sol est qualifiée de « pâturage » sur les PMC et des zones d'une couleur « lavis bleu » sur l'ETM.



**Figure 4: Correspondance entre a) les zones de pâturage des PMC et b) des zones de lavis bleu de la carte de l'ETM. Exemple de la commune de Villers (88).**

Jusqu'à présent ce figuré particulier était confondu avec celui représentant les prairies. Le cadastre napoléonien permet de connaître le mode de faire valoir des zones de lavis bleu, il s'est avéré que pour les cas rencontrés il s'agissait toujours de pâquis communaux. Les pâquis correspondent à des territoires communaux soumis à la pâture collective sous la surveillance de bergers du village. Ils sont ouverts à

l'ensemble des animaux des habitants, ils permettaient aux familles ne disposant pas de ressources foncières de subvenir partiellement à leurs besoins alimentaires.

*Organisation territoriale passée et actuelle des systèmes de culture dans le bassin versant du Madon :*

En 1830 les surfaces de terre cultivée sont importantes pour compenser les faibles rendements des céréales. En conséquence on retrouve cette occupation du sol sur des zones avec des paramètres de milieu très variables : type de sol, position topographique, pente, etc. Des traces de l'occupation ancienne des sols sont encore visibles. Dans certaines prairies le relief formé par les billons de labour trahi l'occupation ancienne du sol, en l'occurrence de la terre cultivée.

A l'inverse les occupations prairie, forêt et vigne sont localisées de façon plus spécifique au sein du territoire selon certains paramètres physiques et géographiques du milieu. Les prairies se trouvent dans les zones où le labour des terres n'est pas envisageable : dans les zones inondables à proximité des cours d'eau et dans les bas fonds humides en raison d'un drainage naturel insuffisant.

Les forêts se situent essentiellement sur les zones les plus élevées du territoire et sur les bords de plateaux abrupts. La forêt correspond à l'occupation du sol dont la distance moyenne au village est la plus importante.

Les vignes se trouvent sur les versants en pente exposés au Sud, elles sont situées à proximité des villages.

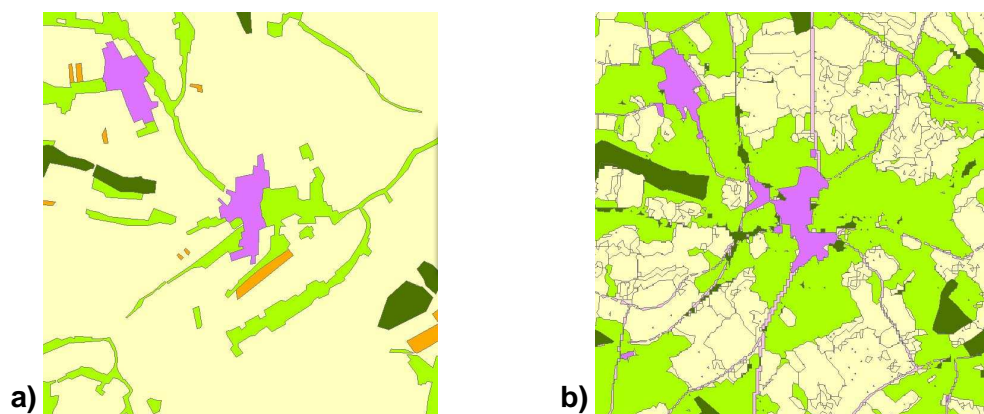
En 2002, les occupations du sol ne sont plus segmentées au sein du territoire selon les mêmes caractéristiques du milieu. La localisation des prairies n'est plus limitée aux abords des cours d'eau, par exemple on en rencontre désormais sur des zones en pente.

Le pourtour des villages du bassin versant du Madon est généralement occupé par de la prairie, des terres cultivées peuvent malgré tout être rencontrées mais sur des surfaces peu conséquentes. Les forêts se situent toujours à distance des villages sur les zones les plus en altitude. La distance moyenne qui les sépare des villages tend cependant à diminuer en raison de l'expansion des surfaces forestières autour des massifs existants en 1830. Les cultures se trouvent majoritairement dans la zone interstitielle entre les prairies proches des villages et les forêts. La distance au village est moins liée à l'usage des sols en 2002 (12,6% de variance expliquée) qu'en 1830 (15,1% de variance expliquée).

a)		1830	2002	b)		1830	2002
Distance au village (mètres)		Forêt 1235 <sup>a</sup>	Forêt 1048 <sup>a</sup>	Distance à l'eau (mètres)		Forêt 519 <sup>a</sup>	Forêt 459 <sup>a</sup>
		Culture 757 <sup>b</sup>	Culture 865 <sup>b</sup>			Culture 401 <sup>b</sup>	Culture 446 <sup>a</sup>
		Prairie 600 <sup>c</sup>	Prairie 625 <sup>c</sup>			Vigne- Vergers 358 <sup>c</sup>	Vigne-vergers 361 <sup>b</sup>
		Vigne-Vergers 509 <sup>d</sup>	Vigne-Vergers 275 <sup>d</sup>			Prairie 165 <sup>d</sup>	Prairie 303 <sup>c</sup>
c)		1830	2002				
Altitude (mètres)		Forêt 350 <sup>a</sup>	Forêt 344 <sup>a</sup>				
		Culture 322 <sup>b</sup>	Vigne-vergers 333 <sup>b</sup>				
		Vigne-vergers 316 <sup>c</sup>	Culture 317 <sup>c</sup>				
		Prairie 293 <sup>d</sup>	Prairie 315 <sup>c</sup>				

**Figure 5 : a) Distance au village moyenne, b) distance à l'eau moyenne et c) altitude moyenne pour les occupations du sol les plus représentées en 1830 et 2002.**

Remarque : la classe d'occupation des sols « vignes-vergers » n'a pas réellement la même signification en 1830 et en 2002. En 1830, les surfaces considérées comme telles sont essentiellement de la vigne alors qu'actuellement il s'agit plutôt de vergers de mirabelliers. Les résultats de ces traitements statistiques sont à relativiser pour cette classe d'occupation.



**Figure 6: Expansion des surfaces de prairie à proximité immédiate des villages de 1830 a) à nos jours b) (2002).** Exemple de la commune de Diarville (54).  
Légende : violet : bâti ; vert clair : prairie ; jaune : cultures ; vert foncé : forêt.

*Influence des facteurs du milieu sur les changements d'organisation territoriale des activités agricoles :*

Dans un souci de synthèse, seuls les résultats les plus pertinents sont présentés. Ils concernent l'influence de la distance au village, du type de sol et de la position topographique sur les changements de l'occupation des sols dans le bassin versant du Madon.

On regarde ici la répartition des changements de l'occupation des sols selon des classes de distances au village. Chacune de ces classes ne couvre pas une surface égale, de ce fait on regarde le pourcentage relatif des changements dans chacune d'elles.

Distance au village (m)	Forêt vers			Prairie vers			Culture vers			Autres
	Forêt	Prairie	Culture	Forêt	Prairie	Culture	Forêt	Prairie	Culture	
0- 500	1,8%	0,2%	0,2%	1,5%	12,5%	2,5%	5,5%	39,7%	21,3%	14,8%
500 - 1000	10,4%	0,7%	0,6%	1,7%	6,7%	2,3%	8,6%	30,5%	32,6%	5,9%
1000 - 1500	26,7%	1,4%	1,1%	1,4%	3,4%	1,9%	10,6%	19,3%	29,8%	4,5%
1500 - 2000	37,2%	2,1%	1,6%	0,8%	1,7%	2,4%	8,9%	12,9%	29,1%	3,1%
2000 et +	41,0%	0,8%	6,2%	0,4%	0,6%	2,0%	4,6%	11,0%	30,9%	2,5%

**Figure 7 : Répartition des changements de l'occupation du sol selon de la distance au village.**

On observe que pour les classes de distance au village de 0 à 500 et de 500 à 1000 mètres le changement d'occupation du sol est la conversion de terres cultivées en prairie. Ils représentent respectivement 39,7% et 30,5% des changements observés pour ces classes.

On observe que le changement culture vers culture s'est produit de manière équivalente entre les différentes classes étudiées (environ 30% des changements dans chaque classe), à l'exception de la classe 0 à 500 mètres où il est moindre (21,3%).

Les changements autres que ceux concernant les forêts, prairies et cultures ont le plus eu lieu dans la classe de distance 0 à 500 mètres. Ils concernent principalement l'expansion des surfaces bâties autour des villages depuis 1830.

En ce qui concerne l'influence du type de sol sur les changements de l'occupation des sols on constate que les changements culture vers prairie sont plus abondants, en valeur relative, sur les sols à dominante argileuse (argilo-limoneux et argileux hydromorphe). On constate également que le changement culture vers culture est majoritaire (44,4%) sur le sol brun calcaire superficiel.

	Forêt vers			Prairie vers			Culture vers			Autres
	Forêt	Prairie	Culture	Forêt	Prairie	Culture	Forêt	Prairie	Culture	
<b>a) Type de sol</b>										
Brun calcaire superf	33,4%	1,1%	0,1%	1,0%	2,1%	0,2%	22,9%	15,3%	11,4%	12,6%
Argilo-limoneux	10,0%	0,9%	0,4%	1,1%	8,8%	3,3%	5,6%	37,0%	21,0%	12,0%
Argileux hydromorphe	22,0%	1,2%	0,5%	1,8%	5,0%	0,7%	11,7%	31,3%	15,6%	10,3%
Brun calcaire superf.	9,5%	0,5%	1,3%	0,8%	5,2%	2,6%	4,5%	23,6%	44,4%	7,6%
Alluvions pseudo gley	1,9%	0,2%	0,6%	4,2%	20,4%	4,1%	7,1%	26,2%	16,6%	18,8%
Brun acide	13,8%	1,0%	0,2%	2,9%	10,2%	2,1%	9,6%	32,5%	18,4%	9,2%
<b>b) Position topographique</b>										
Sommet	27,3%	0,9%	1,2%	0,2%	0,3%	0,3%	7,8%	22,7%	32,9%	6,4%
Haut de pente	20,6%	0,9%	0,9%	0,3%	0,4%	0,3%	8,1%	22,2%	38,8%	7,6%
Pente	13,8%	0,7%	0,2%	0,6%	1,7%	0,4%	15,0%	38,2%	14,3%	15,1%
Replat	11,6%	0,8%	1,1%	0,6%	5,2%	2,6%	3,9%	28,1%	37,6%	8,5%
Bas de pente	7,2%	0,7%	0,4%	4,5%	22,9%	5,8%	7,0%	27,2%	11,1%	13,2%
Vallée	5,1%	0,5%	0,1%	7,8%	26,1%	4,4%	12,7%	24,9%	6,4%	11,9%

**Figure 8 : Répartition des changements de l'occupation du sol (a) par type de sol et (b) par position topographique.**

En ce qui concerne l'influence de la position topographique sur les changements de l'occupation des sols on constate les changements culture vers culture sont plus fréquents au niveau des sommets, des hauts de pente et des zones de replat (respectivement 32,9%, 38,8% et 37,6%). Ces zones correspondent aux parties du territoire les moins sujettes à l'excès d'eau. Les changements de l'occupation du sol majoritaires dans les zones en pente correspondent au passage de culture à prairie. Les changements culture vers forêt sont par ailleurs non négligeables pour cette zone (15,0%).

#### *Classification à l'aide du modèle de Markov caché :*

L'algorithme fournit comme résultats une classification en différents états, on caractérise chaque état par la combinaison des facteurs étudiés la plus fréquente. On observe au sein du bassin versant du Madon une différenciation en zones selon la nature des changements en relation avec les différents paramètres du milieu (Type de sol, distance au village, distance à l'eau, position topographique). Les changements de l'occupation du sol ne se sont pas fait de façon homogène au sein du bassin versant du Madon.

On distingue des zones où le passage de culture à prairie est majoritaire et des zones où il s'agit du changement culture vers culture. Pour deux zones de même

répartition des occupations du sol en 1830 on observe une différence de conversion culture vers prairie est de plus de 10%.

Le type de sol est un critère ayant du poids dans la classification. Les zones qui sont le plus restées en culture ont les sols les plus superficiels les plus faciles à être travaillés (de type argilo-calcaire par exemple) alors que les zones avec passage culture vers prairie plus marqué sont plutôt sur des terres argileuses plus exigeantes en travail. Cette classification montre également la proximité au village des conversions culture vers prairie, et préférentiellement sur les terres en pente. La carte obtenue suite à cette classification est consignée en Annexe 9.

## Discussion

### *Nomenclature de la carte de l'Etat-Major :*

L'interprétation de la nature de l'occupation des sols pour les zones de « lavis bleu » de la carte de l'Etat-Major n'est pas évidente. Différentes hypothèses peuvent être émises à son sujet :

\*représente une différence de pratique par rapport au pré (une occupation du sol associée à des pratiques agricoles données) : zone enherbée uniquement pâturée et non pas fauchée pour la première coupe comme les prés (correspond aux pâturages des PMC, où la légende indique explicitement l'absence de fauche) ;

\*représente une différence de la nature de la végétation couvrant le sol par rapport aux prés situés dans les fonds à proximité des cours d'eau. Zone enherbée en voie de boisement ? Cela serait compatible (cause et conséquence) avec des pratiques différentes ;

\*différence de statut foncier des surfaces enherbées : communal vs. privé.... et ainsi la différence serait totale : statut, pratique, flux des éléments, et couverts présents !

Les zones de pâturage sont des zones d'export des éléments, les animaux y pâturaient la journée puis étaient rapatriés à proximité du village pour la nuit : les déjections permettaient de fertiliser les parcelles à proximité du village.

D'autre part des différences de représentation de l'occupation des sols ont pu être détectées. Ces variations entre les deux cartes peuvent être selon les cas:

- Un changement réel de l'occupation du sol : passage de pâturage à culture suite au labour des terres ou à l'inverse implantation d'une prairie sur des terres labourables.
- Un changement des pratiques agricoles : passage de pâture exclusive vers pré fauché.
- Une précision de la nomenclature : maintien de la distinction pâture vs. pré sur la carte de l'ETM.

La comparaison PMC / ETM a été réalisée uniquement pour des communes des Vosges, aucun PMC de la partie meurthe-et-mosellane du bassin versant du Madon n'a pu être retrouvée aux Archives 54.

### *Les changements d'organisation des activités agricoles :*

Entre 1830 et 2000 il y eu passage d'un système de production nécessitant beaucoup de travail pour l'exécution des activités de culture à un système agricole où la répartition entre culture et prairie est plus équilibrée. Les travaux des champs sont très gourmands en temps (surtout à l'époque avec la traction animale..) par rapport à des surfaces en herbe pâturées et récoltées en fourrages.

Cette conversion a été permise par l'apparition d'une demande en lait et viande d'embouche à partir de la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle et qui s'est poursuivie ensuite.

La motorisation des travaux agricoles après les années 1950 n'a dans un premier temps pas changé la tendance des changements de l'occupation des sols dans le bassin versant du Madon. Cet exemple montre que la technique n'est pas le facteur premier et absolu qui oriente les systèmes de culture. Ici il semble plutôt que le facteur prépondérant soit d'ordre socio-économique en lien avec la conjoncture. Malgré tout la diminution des surfaces en herbe à partir de 1975 peut être en partie imputée à l'augmentation du nombre de tracteurs à 4 roues motrices plus aptes à réaliser les opérations de travail du sol en conditions difficiles.

On peut se demander quelle est la relation entre les caractéristiques du parcellaire et le système de production visé par l'agriculteur, système=f(parcellaire) ou parcellaire=f(système) ?

Les remembrements réalisés depuis les années 1970 ont conduit à des réorganisations locales des activités agricoles. Avant la réalisation des remembrements les systèmes de cultures étaient constitués d'un parcellaire devenu inadapté aux nouvelles pratiques agricoles. Les parcelles étaient de petite taille et/ou de forme contraignante car résultant de l'agrégation de plusieurs exploitations. Les remembrements ont permis d'adapter le parcellaire aux contraintes techniques des systèmes de production en place sans toutefois les remettre en cause. Les parcelles sont désormais plus longues, de surface plus importante, de forme rectangulaire. Cela permet d'optimiser les opérations techniques réalisées dans chacune des parcelles. Cependant les conséquences des remembrements sont souvent néfastes, destruction de haies, de zones humides, etc..

L'organisation ne peut pas être expliquée par un seul facteur, une approche globale est nécessaire. Les effets des différents facteurs peuvent agir en synergie ou au contraire se compenser mutuellement.

Les cultures sont plus contraignantes que les prairies, les surfaces qui sont restées en culture sont celles sur les endroits les plus plats alors que les zones en pente ont été majoritairement été converties en prairie.

Les facteurs du milieu qui semblent avoir le plus de poids pour l'attribution de l'occupation du sol sont :

- Distance à l'exploitation, dans le cas des prairies pour la pâture des vaches laitières ;
- Type de sol, pour le choix entre prairie et culture : plus les terres sont difficiles à travailler moins il y aura de cultures ;
- Position topographique, son importance est d'autant plus grande que le sol est argileux pour les zones de bas fond, leur humidité est trop importante sur une majeure partie de l'année.

Si l'on observe une augmentation des besoins en surfaces cultivables on peut penser que les parcelles de prairie qui seront préférentiellement retournées sont celles qui sont le moins en pente et avec des conditions d'humidité les moins défavorables.

Cependant des avancées techniques peuvent potentiellement compenser ces difficultés de mise en œuvre et faire évoluer différemment l'organisation territoriale des systèmes de culture. C'est par exemple le cas des moissonneuses-batteuses avec correction des dévers qui autorisent des récoltes dans des parcelles avec une pente latérale de 20%. Cette évolution technique peut réduire l'influence de la pente sur les choix d'organisation territoriale de l'occupation des sols.

A l'inverse si la tendance est à la diminution des surfaces en cultures au profit des prairies les changements risquent de se faire préférentiellement, mais pas de

manière obligatoire, sur les parcelles qui imposent le plus de contraintes pour réaliser les activités agricoles de culture. C'est en particulier le cas de la pente, de l'excès d'eau et de la distance au village, à la manière des changements qui ont eu lieu de 1830 à nos jours. Actuellement la demande mondiale en céréales tend à augmenter, ce qui va à l'encontre de cette dernière hypothèse. Néanmoins la culture de céréales sur les terres difficiles à travailler pourrait devenir non rentable en raison de l'augmentation irrémédiable du coût de l'énergie (carburants et engrais). Ce qui finalement conduirait les agriculteurs à limiter les surfaces de terre cultivée au sein de leurs exploitations.

L'organisation territoriale actuelle des activités agricoles est généralement schématisée par le modèle concentrique de Von Thünen. Il repose sur une hypothèse forte : le profit repose sur l'utilisation optimale des surfaces et des coûts de transport. Il s'agit d'une vision économique et théorique. Or c'est l'agriculteur qui organise son système de culture d'où une mise en place largement influencée par les contraintes pratiques liées aux opérations techniques. On peut penser que le choix de l'usage du sol se fait en fonction de la quantité de travail nécessaire et des contraintes intrinsèques à la parcelle. Le choix d'organisation des activités est fait de sorte que plus on s'éloigne du village moins l'occupation du sol nécessite d'opérations technique et donc de travail.

Le choix des facteurs du milieu influençant la localisation des activités est fait à partir d'un point de vue actuel, d'où une certaine subjectivité de ces choix.... Il est par conséquent à prendre en compte que d'autres facteurs jouant un rôle non négligeable ont pu être ignorés et/ou que peuvent émerger de nouveaux facteurs, par exemple en conséquence du changement climatique.

#### *L'intérêt de l'utilisation du modèle de Markov caché pour cette étude :*

L'utilisation de ce modèle permet de confirmer les résultats précédemment obtenus par une approche statistique. Il permet de mettre en évidence l'évolution différentielle de la répartition de l'occupation des sols principalement selon leur nature. Bien que cette classification soit non supervisée il peut y avoir une incidence des choix de l'expérimentateur sur les résultats obtenus. En particulier dans notre situation lors du choix des bornes des classes pour convertir les variables continues en variables qualitatives (distance au village, distance à l'eau, altitude).

#### *Limites de cette étude, problèmes rencontrés :*

Il n'a pas été possible d'acquérir les données de l'occupation des sols de l'ensemble du bassin versant du Madon en 1830 et en 2002. Les données manquantes sont pour 1830 la zone correspondant au feuillet 70 SO de la carte de l'Etat Major et en 2002 la partie extrême Sud du bassin versant, où s'arrête les scènes SPOT. 93 983 points sont totalement renseignés sur 103 646 points, soit 90% de couverture pour cette étude, ce qui reste acceptable en terme de représentativité.

Il aurait été particulièrement intéressant d'inclure dans cette étude des informations à des dates intermédiaires entre 1830 et 2002 relatives à l'occupation des sols pour étudier la dynamique spatiale des changements.



Les données de la répartition des occupations sont disponibles par l'intermédiaire du recensement général agricole (RGA). Cependant ces données ne sont pas géoréférencées, elles ne contiennent pas d'information sur la localisation des occupations au sein du territoire.

Le maximum des surfaces en herbe dans le bassin versant du Madon a eu lieu vers l'année 1975, depuis cette période des prairies ont été labourées pour être remises en culture. L'acquisition de données correspondant à cette période serait particulièrement intéressante. Il serait ainsi possible d'étudier le rôle des facteurs du milieu pour le choix des parcelles de prairie remises en culture. Des images de télédétection du satellite SPOT sont disponibles à partir de l'année 1986, moyennant un long travail de traitement d'image il serait possible de connaître l'occupation des sols à des dates intermédiaires. Par ailleurs des enquêtes auprès d'agriculteurs en actifs à l'époque pourraient compléter ces recherches à approche statistiques.

La méthodologie de la réalisation de l'esquisse de la carte pédologique de Lorraine n'est pas connue. Cette carte a pu être construite à partir de cartes de végétation d'où la bonne correspondance que l'on observe entre les types de sol et les couverts.

La notion d'obstacle entre les exploitations et les parcelles n'a pas été prise en compte dans cette étude bien que celle-ci intervienne dans les décisions des agriculteurs. La raison principale est la difficulté technique de calcul et d'intégration dans la base de données. De plus ce type de données semble peu compatible avec l'échelle d'étude retenue, il serait plus adapté à une étude à l'échelle de l'exploitation au sein d'une ou de plusieurs communes.

Il existe des corrélations entre plusieurs des facteurs retenus, cela est lié à la nature même de la répartition des composants du territoire entre eux : distribution des cours d'eau, du relief, du semis de village. Les villes et villages ont le plus souvent été implantés dans les zones offrant les conditions de milieu les plus favorables pour l'Homme, ce qui conditionne la répartition spatiale des activités. De ce fait pour valider sans équivoque les résultats obtenus dans cette étude il conviendrait de générer aléatoirement des cartes dont les surfaces par occupation du sol sont identiques aux cartes utilisées. Cela permettrait de vérifier que l'organisation des activités agricoles que nous avons constatée n'est pas due exclusivement à l'organisation des composants du territoire.

Un travail transversal est nécessaire pour prendre en compte au mieux les différents facteurs qui interagissent sur l'organisation territoriale des systèmes de culture : agronomie, géographie, sciences sociales, économie, etc.. Les compétences nécessaires sont nombreuses, de ce fait un groupe de travail réunissant des personnes de chacune des disciplines concernées serait plus apte à réaliser à cette démarche globale.

## Conclusion

### **En deux siècles l'agriculture modifie considérablement ses règles d'utilisation d'un territoire.**

Entre 1830 et 2002 les orientations de productions agricoles ont changé dans le bassin versant du Madon. On observe le passage d'un système à faible niveau de production à un système plus intensif grâce à l'utilisation d'intrants. Mais non sans effets sur la qualité du milieu et des eaux.

Les changements de l'occupation des sols dans le bassin versant du Madon n'ont pas eu lieu de façon homogène entre 1830 et 2002, des zones se sont différenciées par des orientations agricoles légèrement différentes principalement en fonction de la nature des sols.

Les prairies se retrouvent majoritairement à proximité des villages et des cours d'eau. La position topographique a également un rôle important dans les changements observés, les zones qui sont restées en culture se situent principalement sur les zones de replat où la pente est la plus faible. Alors que les zones de culture converties en prairies sont plus majoritairement en pente.

#### *Valorisation de ce travail, perspectives :*

Ce travail est en cours d'affiliation à un COST Action européen dont l'intitulé est Establishing a European Network in Land Change Science – monitoring, modelling and understanding land-change in Europe. La coordination est assurée par le Global Land Project (GLP).

Une partie des travaux réalisés durant ce stage seront publiés dans un article intitulé « Les changements d'utilisation des terres : entre régularités régionales et règles d'exploitants » à paraître dans la Revue Forestière Française.

La base de données des occupations du sol en 1830 et 2002 et des propriétés physiques du milieu peut être le support d'autres travaux.

Koerner (1997) a montré que les activités agricoles anciennes ont un effet à long terme sur les propriétés physico-chimiques des sols et sur la biodiversité des forêts de la montagne vosgienne. Dans le bassin versant du Madon d'importantes surfaces de prairies se développent sur d'anciennes terres de cultivées. A l'instar de ce qui a été réalisé pour la forêt vosgienne il serait intéressant de comparer la biodiversité des prairies récentes à celles se développant sur d'anciennes terres cultivées. A partir d'un échantillonnage (stratification *a priori* par type de sol, position topographique) on compare la biodiversité des prairies anciennes et récentes.

Par ailleurs dans le bassin versant du Madon des surfaces importantes de forêt se développent sur d'anciennes vignes (plus de 1000 Ha). La comparaison de la biodiversité de ces zones à celle des forêts anciennes et « récentes » et la recherche de cultivars anciens sur ces zones pourraient également avoir un intérêt scientifique. Selon même principe il est également possible de rechercher l'effet à long terme des activités agricoles sur la texture des sols lié à l'érosion (Szilassi et al. 2006).

**Liste des figures :**

Figure 1 : Modèle tri-pôles acteurs-activités-territoire (d'après JP Deffontaines).	4
Figure 2 : Géométrie du parcellaire lorrain au XIX <sup>ème</sup> siècle. Exemple de la commune d'Esley, section C3 cadastre napoléonien (1829).	6
Figure 3 : Modélisation des facteurs influençant à différents niveaux l'organisation des activités agricoles dans les territoires.	11
Figure 4 : Correspondance entre a) les zones de pâturage des PMC et b) des zones de lavis bleu de la carte de l'ETM b). Exemple de la commune de Villers (88).	17
Figure 5 : a) Distance au village moyenne, b) distance à l'eau moyenne et c) altitude moyenne pour les occupations du sol les plus représentées en 1830 et 2002.	18
Figure 6 : Expansion des surfaces de prairie à proximité immédiate des villages de 1830 a) à nos jours b) (2002). Exemple de la commune de Diarville (54).	19
Figure 7: Répartition des changements de l'occupation du sol selon de la distance au village.	19
Figure 8 : Répartition des changements de l'occupation du sol a) par type de sol et b) par position topographique.	20

**Liste des annexes :**

Annexe 1 : Localisation du bassin versant du Madon en Lorraine.	29
Annexe 2 : Carte de l'occupation des sols en 1830 dans le bassin versant du Madon d'après la carte de l'Etat-Major.	30
Annexe 3 : Carte de l'occupation des sols en 2002 dans le bassin versant du Madon d'après l'image de télédétection traitée par F Masutti. (Stage Master SILAT).	31
Annexe 4 : Exemple de feuillet de la carte de l'Etat-Major au 1/40 000ème, feuillet 69 SE (1833).	32
Annexe 5 : Exemple de feuillet du cadastre napoléonien à l'échelle parcellaire. Commune de Esley (88), section C 3 <sup>ème</sup> feuille (1829).	33
Annexe 6 : Exemple de plan par masse de culture (PMC). Commune de Villers (88) (1806).	34
Annexe 7 : Notice de la base de donnée du bassin versant du Madon.	
Annexe 8 : Détail des classes utilisées pour la classification à l'aide du modèle de Markov.	37
Annexe 9 : Carte des états obtenus par classification des données du bassin versant du Madon à l'aide du Modèle de Markov caché.	38

## Bibliographie

Albinet M, Margat J 1975 Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des nappes d'eau souterraine. *International Association of Hydrological Sciences*, 103, 58-70.

Benoît M 1985 La gestion territoriale des activités agricoles. L'exploitation et le village : deux échelles d'analyse en zone d'élevage. Cas de la Lorraine (région de Neufchâteau). INA-PG

Benoît M 1988 « La diversité des prairies permanentes et les raisonnements de leur fertilisation ». *3<sup>e</sup> colloque du COMIFER, Nancy, 22-23 juin, 199-201 pp.*

Benoît M 1990 La gestion territoriale de l'activité agricole dans un village lorrain. *Mappe Monde*, 4, 15-17.

Benoît M, Le Ber F, Mari JF 2001 Recherche des successions de cultures et de leurs évolutions : analyse des données Ter-Utili en Lorraine. *Agreste, Vision Lorraine-Alsace*, 31, 23-30.

Bender O, Boehemer H, Jens D, Schumacher K 2005 Using GIS to analyse long term cultural landscape change in Southern Germany. *Landscape and urban planning*, 70, 111-125.

Dombasle (de) CJAM 1824-1837 Annales agricoles de Roville. 8 tomes et supplément. *Mme Huzard, Paris.*

Dombasle (de) CJAM 1830 Le calendrier du bon cultivateur. *Mme Huzard, Paris, 476 pp.*

Dupouey JL, Bachacou J, Cosserat R, Aberdam S, Vallauri D, Chappart G, Corvisier de Villèle MA 2007 Vers la réalisation d'une carte géoréférencée des cartes anciennes de France. *Monde des Cartes*, 191, 85-98.

Knittel F 2007 Mathieu de Dombasle Agronomie et innovation 1750-1850. Université de Nancy-II, Nancy.

Koerner W, Benoît M, Dambrine E, Dupouey JL 1997 Influence des anciennes pratiques agricoles sur la végétation et les sols des forêts reboisées dans le Massif Vosgien. *Revue Forestière Française*, 51-2, 113-372.

Lambin EF, Turner BL, Geist HJ, Agbola SB, Angelsen A, Bruce JW, Coomes OT, Dirzo R, Fischer G, Folke C, George PS, Homewood K, Imbernon J, Leemans R, Li X, Moran EF, Mortimore M, Ramakrishnan PS, Richards JF, Skånes H, Steffen W, Stone GD, Svedin U, Veldkamp TA, Vogel C, Xu J 2001 The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11-4, 261-269

Lafite C 1904 L'agriculture dans les Vosges. *Matot-Braine, Reims, 559 pp.*

Masutti F 2004 Qualité des eaux superficielles et assolement dans le bassin versant du Madon (Lorraine) Apport de la télédétection dans la description de l'occupation agricole du sol - Application à la cartographie du risque potentiel de pollution diffuse. *Rapport de stage Master SILAT, 77pp.*

Mignolet C, Schott C, Benoit M 2004 Spatial dynamics of agricultural practices on a basin territory : a retrospective study to implement models simulating nitrate flow. The case of the Seine basin. *Agronomie*, 24, 219-236.

Morlon P, Benoît M 1990 Etude méthodologique d'un parcellaire d'exploitation agricole en tant que système. *Agronomie*, 6, 499-508.

Morlon P, Sigaut F 2008 La troublante histoire de la jachère. Pratiques des cultivateurs, concepts de lettrés et enjeux sociaux. *QUAE, Versailles, 325 pp.*

Moriceau JJ 1999 L'élevage sous l'Ancien Régime (XVI – XVIIIème siècle). *SEDES, Paris, 256 pp.*

Soulard 2005 Les agriculteurs et la pollution des eaux. Proposition d'une géographie des pratiques. *Natures Sciences Sociétés*, 13, 154-164.

Szilassi P, Jordan G, van Rompaey A, Csillag G 2006 Impacts of historical land use changes on erosion and agricultural soil properties in the Kali Basin at Lake Balaton, Hungary. *Catena*, 68, 96-108.

**Liste des abréviations :**

ETM : carte dite de l'Etat-Major

GLP : Global Land Project

Ha : hectare

INRA: Institut National de la Recherche Agronomique

INRIA : Institut National de la Recherche en Informatique et Automatique

MNT : Modèle numérique de terrain

PMC : plan par masse de culture

PRA : Petite Région Agricole

RGA : Recensement Général Agricole

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SIG : Système d'Information Géographique

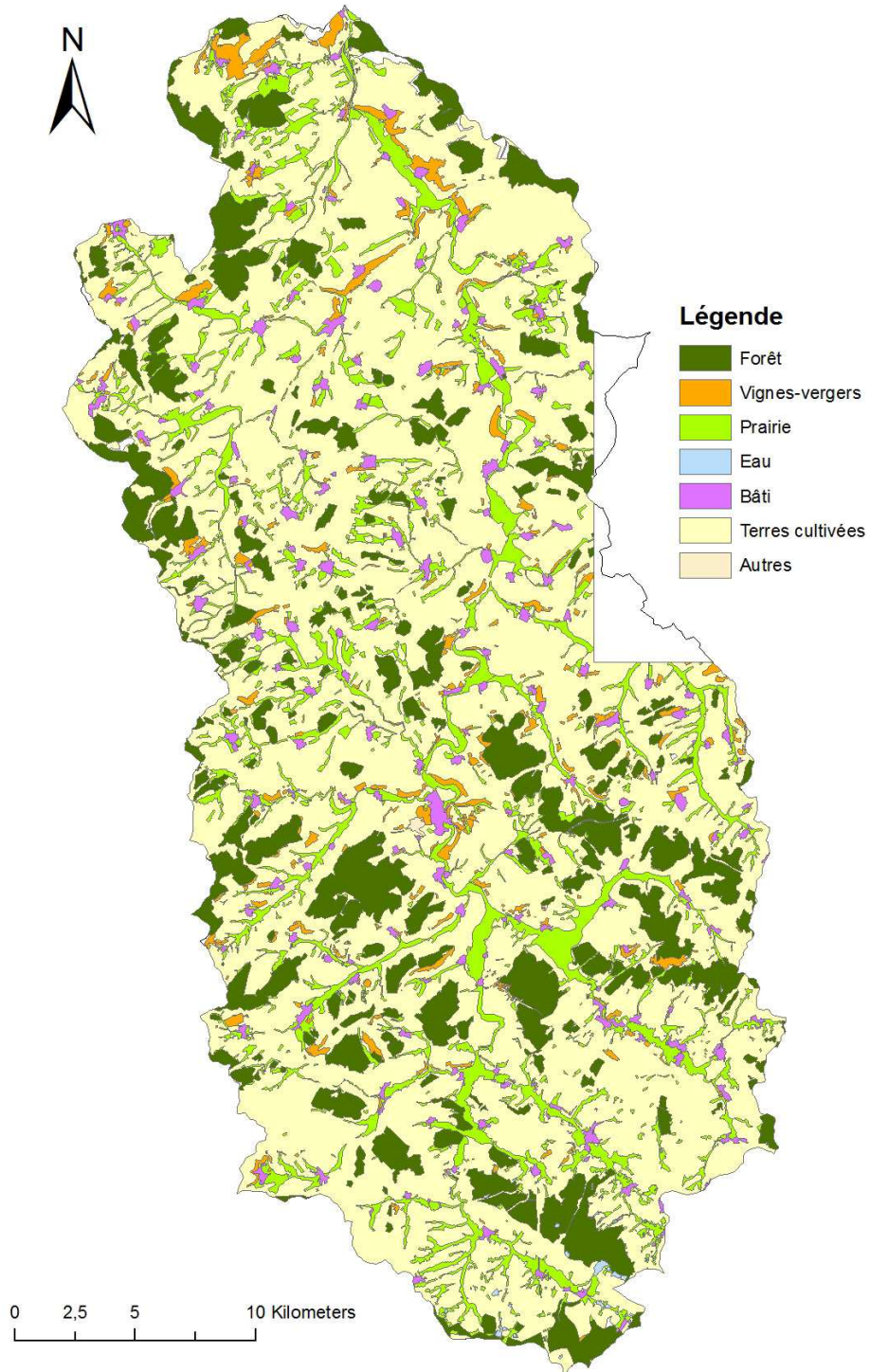
## ANNEXES

### Annexe 1 : Localisation du bassin versant du Madon en Lorraine.

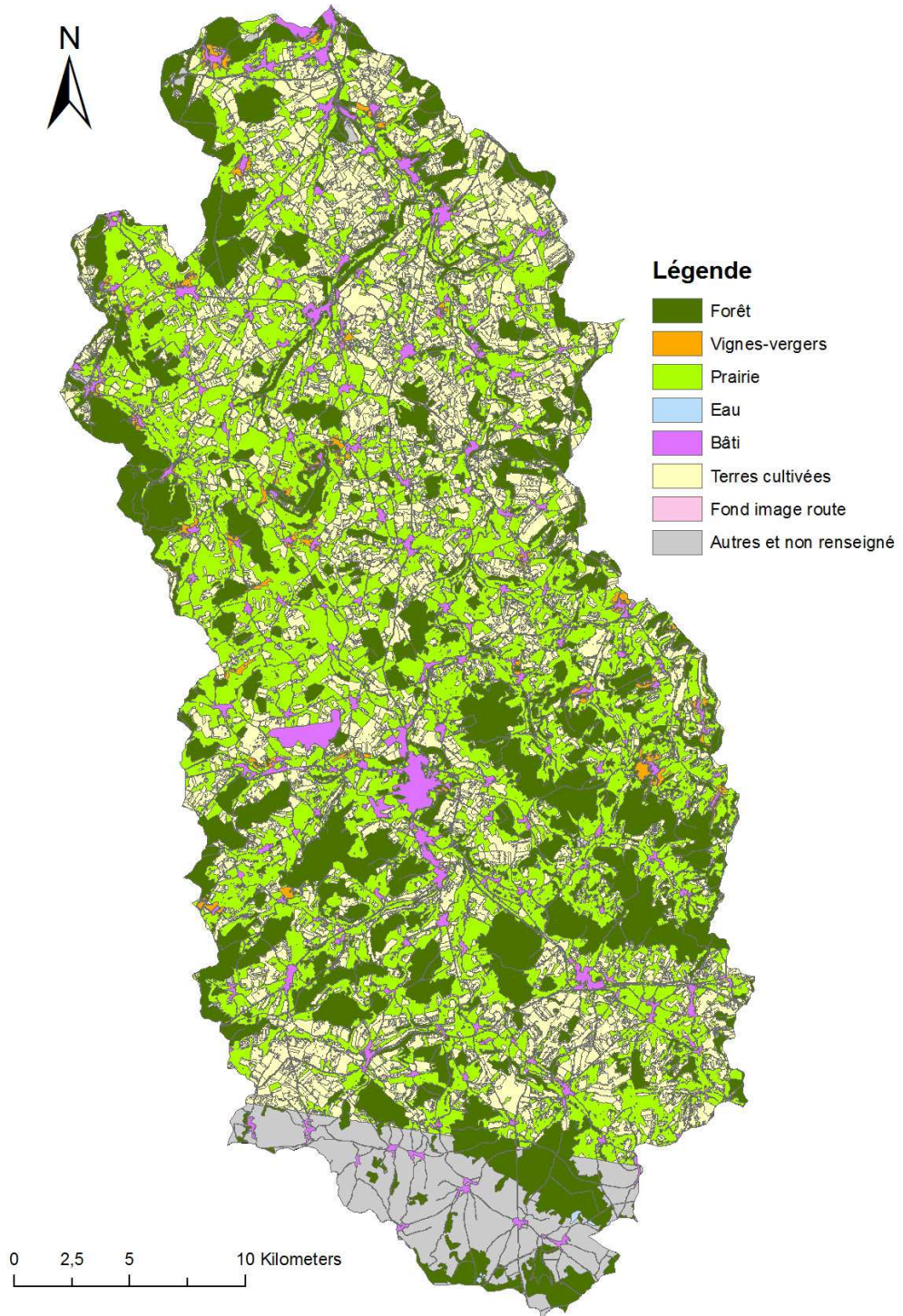
Le bassin versant du Madon se situe à cheval sur les départements des Vosges et de la Meurthe et Moselle. Sa superficie est de 1032 km<sup>2</sup>.



**Annexe 2 : Carte de l'occupation des sols en 1830 dans le bassin versant du Madon d'après la carte de l'Etat-Major.**



**Annexe 3 : Carte de l'occupation des sols en 2002 dans le bassin versant du Madon d'après l'image de télédétection traitée par F Masutti. (Stage Master SILAT).**

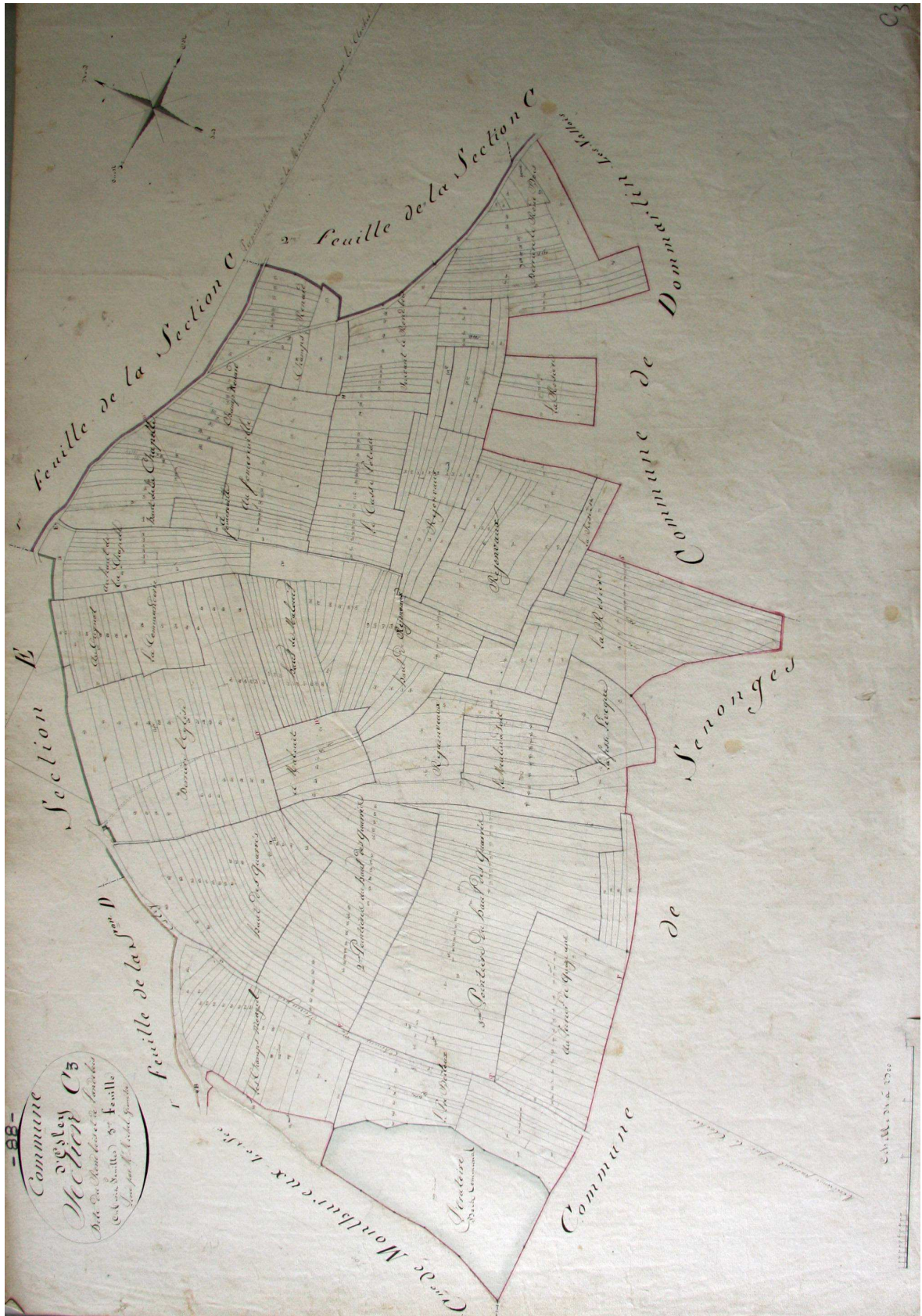




**Annexe 4 : Exemple de feuillet de la carte de l'Etat-Major au 1/40 000ème, Secteur de Nancy feuillet 69 SE (1833).**



**Annexe 5 : Exemple de feuillet du cadastre napoléonien à l'échelle parcellaire. Commune de Esley (88), section C 3ème feuille (1829). Reproduction avec l'autorisation des Archives départementales des Vosges.**



**Annexe 6 : Exemple de plan par masse de culture (PMC). Commune de Villers (88).** Reproduction avec l'autorisation des Archives départementales des Vosges.



**Annexe 7 : Notice de la base de donnée du bassin versant du Madon.**

X : coordonnées en X

Y : coordonnées en Y

OCC\_ETM : occupation du sol sur la carte de l'Etat-Major

OCC\_ETM\_S : occupation du sol sur la carte de l'Etat-Major avec la nomenclature simplifiée

ID\_ETM : identifiant unique par polygone d'origine sur la carte de l'Etat-Major

AREA\_ETM : surface du polygone d'origine sur la carte de l'Etat-Major

PERIMETER\_ETM : périmètre du polygone d'origine sur la carte de l'Etat-Major

OCC\_2002 : occupation du sol sur l'image satellite de 2002

OCC\_2002\_S : occupation du sol sur l'image satellite de 2002 avec la nomenclature simplifiée (identique à OCC\_ETM\_S)

CODE\_CHANGEMENT : nature du changement d'occupation du sol (code : voir nomenclature).

SOL\_ESQ : type de sol selon l'esquisse de la carte pédologique de la Lorraine au 1/250 000ème (code : voir nomenclature)

ALTITUDE : altitude (en mètres).

DIST\_VILL : distance au village le plus proche (en mètres), selon le tracé vectorisé de la carte de l'Etat-Major.

DIST\_EAU : distance au cours d'eau le plus proche (en mètres).

DIST\_ROUTE : distance à la route la plus proche (en mètres).

PENTE : classe de pente (degrés) (code : voir nomenclature)

EXPOSITION : classe d'exposition (code : voir nomenclature)

SLP\_500: Classe de position topographique relative ; paramètres : cercle de 500m de rayon (code : voir nomenclature) (calculé grâce à l'extension d'Arcview 3.2 disponible à l'adresse suivante : <http://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm>)

INONDABLE : zone inondable si =1, sinon rien.

Nomenclature du champ OCC\_ETM :

1 : Forêt

2 : Vigne

3 : Prairie

4 : Etang + Lac

5 : Verger planté sur prairie

6 : Verger cultivé

7 : Village

10 : « Doute Mirecourt »

11 : Cultures

12 : Verger sur champ de culture

13 : Pâquis

19 : Inconnu

Nomenclature du champ OCC\_2002 :

0 : Pas de donnée (correspond à des points tombant exactement sur le limite entre deux polygones)

1 : Non classé

2 : Avoine

3 : Orge d'hiver

4 : Ripisylve – vergers

5 : Orge de printemps

6 : Colza

7 : Maïs

8 : Blé

9 : Tournesol

10 : Prairie

11 : Fond image route

12 : Bâti

13 : Forêt

14 : Eau

15 : Carrière

16 : Broussailles

17 : Vignes - vergers

18 : Féverole

19 : Pois

Nomenclature simplifiée de l'occupation des sols : champs OCC ETM S et OCC 2002 S

1 : Forêt	7 : Bâti
2 : Vigne – vergers	11 : Cultures
3 : Prairie	20 : Fond image route
4 : Eau	21 : Autre

Simplifiée	1	2	3	4	7	11	20	21
ETM (1830)	1	2 ; 5 ; 6 ; 12	3 ; 13	4	7	11	-	10 ; 19
2002 Masutti	4 ; 13 ; 16	17	10	14	12	2 ; 3 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 18 ; 19	11	1 ; 15

Nomenclature du champ CODE CHANGEMENT (occupation ETM-2002) :

81 : culture - forêt	38 : prairie - culture
83 : culture - prairie	11 : forêt - forêt
18 : forêt - culture	33 : prairie – prairie
13 : forêt - prairie	88 : culture - culture
31 : prairie - forêt	999 : autres changements

Nomenclature du champ SOL ESQ :

1 « brun calcique superficiel » rendzine	2 « argilo- limoneux »	3 « hydromorphe , argileux »	4 « brun calcaire »	5 « alluvions pseudo gley »	6 « brun acide »
12	16 ; 17 ; 18 ; 19 ; 23	22 ; 24 ; 25 ; 27	20 ; 29 ; 35	39 ; 41	30 ; 32

12 – Brun calcique superficiel

16 – Sols colluviaux : bruns calcaires caillouteux, bruns argilo-limoneux

17 – Bruns superficiels – Bruns lessivés hydromorphes limono-argileux – Bruns colluviaux argilo-limoneux – Bruns calciques limono-sableux

18 – Bruns superficiels hydromorphes – Bruns lessivés hydromorphes argilo limoneux

19 – Bruns lessivés hydromorphes limono-argileux – Lessivés hydromorphes

20 – Association : bruns calcaires, bruns calciques superficiels, bruns calciques marmorisés, bruns superficiels hydromorphes, bruns lessivés hydromorphes argilo-limoneux

22 – Bruns acides sableux, bruns acides faiblement hydromorphes

23 – Bruns calcaires caillouteux, bruns superficiels sur argile, bruns marmorisés argilo-sableux, bruns acides

24 – Bruns marmorisés argilo-sableux

25 – Pélosols brunifiés, hydromorphes argileux

27 – Pélosols brunifiés, hydromorphes argileux, bruns calci-magnésique superficiels

29 – Bruns calco-magnésiens superficiels, bruns calci-magnésiques superficiels

30 – Bruns superficiels hydromorphes, lessivés hydromorphes limoneux

32 – Bruns acides, bruns acides faiblement hydromorphes, colluviaux sablo-caillouteux

35 – Bruns acides, lessivés hydromorphes limono-sableux, hydromorphes sablo-argileux

39 – Hydromorphe à pseudo-gley de surface argileux

41 – Hydromorphe à pseudo-gley de profondeur sableux

Nomenclature du champ PENTE : (classification Natural Breaks (Jenks))

1 : 0 - 2,32  
2 : 2,32 – 4,77  
3 : 4,77 – 7,86  
4 : 7,86 – 12,24  
5 : 12,24 – 32,85

Nomenclature du champ EXPOSITION :

1 : Flat	6 : South
2 : North	7 : Southwest
3 : Northeast	8 : West
4 : East	9 : Northwest
5 : Southeast	10 : North

Nomenclature des champs SLP 500

1 : Ridge	5 : Lower slope
2 : Upper slope	6 : Valley
3 : Middle slope	
4 : Flat slope	

**Annexe 8 : Détail des classes utilisées pour la classification à l'aide du modèle de Markov.**

Classes de distance au village utilisées (mètres) :

0 – 331  
331-600  
600-857  
857-1170  
1170-3539

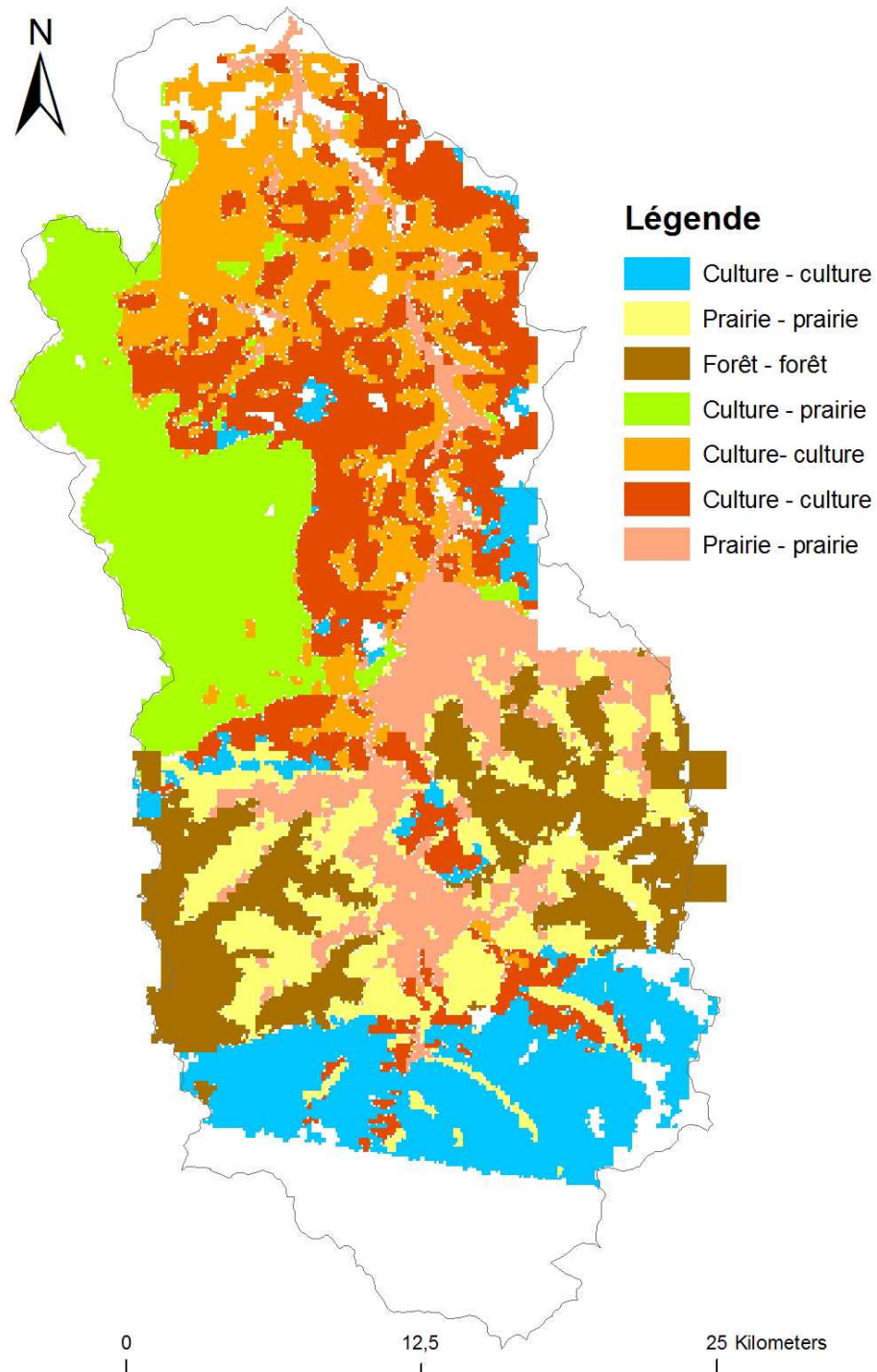
Classes de distance à l'eau utilisées (mètres) :

0-116  
116-247  
247-402  
402-621  
621-2694

Altitude (mètres) :

289-315  
315-340  
340-372  
372-535

**Annexe 9 : Carte des états obtenus par classification des données du bassin versant du Madon à l'aide du Modèle de Markov caché.**



## **Summary**

Key words : agriculture, territorial planning, long-term, old map, Lorraine.

The study of agricultural activities types and their spatial organization is a favorable way to explain the waters quality. Knowing the farmer's decision rules for technical acts realization allow putting forward research orientations in the aim of revolving environmental problems engendered by agricultural activities.

This work aims to study the role of physical and geographical environment (soil type, topographical position, distance to the village, etc. ...) on activities in farmer's decisions to organize their farm's cultivation system. In order to better characterize the importance of each of these parameters, a long term study was decided to be realized. So, my survey will extend from 1800 to 2000.

The old data used are Geological Survey map from 1830 which give good information and accuracy about the soils' occupation. The actual data come from the processing of a 2002 remote sensing picture.

From these available and spatialized data, a sampling of the different factors was realized with SIG according to a 100 meter squared length meshing. These data were collected in a database to allow their statistical analyze.

In 1830, the Madon's versant basin was essentially steered to cereal culture: ploughable soils occupied 67.5% of the basin. From now, ploughable soils and grassland take up surfaces approximately equivalents (30% each).

According to the soil nature, it was shown that the change distribution is significantly different. The most surface and light soils are still cultivated whereas the soils with clayey chief characteristic are more likely converted into grassland.

Grasslands are mainly located next to villages and soils still in culture are more isolated in the country. Cultivated soils are generally flat while the grassland conversions are more frequently sloping.



## Résumé

Mots clés : agriculture, gestion territoriale, long terme, cartes anciennes, Lorraine.

L'étude du type d'activités agricoles et leur organisation spatiale est une voie privilégiée d'explication de la qualité des eaux. Connaître les règles de décision des agriculteurs pour la réalisation des actes techniques permettrait d'avancer des orientations de recherche pour tenter de remédier aux problèmes environnementaux engendrés par les activités agricoles.

Ce travail vise à étudier le rôle des propriétés physiques et géographiques du milieu (type de sol, position topographique, distance au village, etc..) dans les décisions des agriculteurs pour organiser le système de culture de leur exploitation. Pour mieux caractériser l'importance de chacun de ces paramètres il a été décidé de réaliser une étude sur le long terme : 1800 – 2000.

Les données anciennes utilisées sont les cartes de l'Etat-Major de 1830 qui renseignent avec une bonne précision l'occupation des sols. Les données actuelles de l'occupation du sol sont issues du traitement d'une image de télédétection de 2002.

A partir des données disponibles et spatialisées il a été réalisé sous SIG un échantillonnage des différents facteurs, selon un maillage carré d'un pas de 100 mètres. Ces données ont été regroupées dans une base de données pour permettre leur analyse statistique.

En 1830 le bassin versant du Madon était essentiellement tourné vers la céréaliculture, les terres labourables occupaient 67,5% du bassin. Désormais les terres labourables et les prairies occupent des surfaces approximativement équivalentes (30% chacune).

Il a pu être montré qu'en fonction de la nature du sol la répartition des changements est significativement différente. Les sols les plus superficiels et légers sont restés en culture alors que les sols à dominante argileuse ont plus largement été convertis en prairie.

Les prairies se situent majoritairement à proximité des villages et les terres restées en culture sont généralement à plat. Alors que les conversions en prairie ont plus eu lieu en pente.