







Doctorat ParisTech

RÉSUMÉ DE THÈSE

pour obtenir le grade de docteur délivré par

L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech)

Spécialité : Sciences Agronomiques et de l'Environnement

présentée et soutenue publiquement par

Elisa Marraccini

le 10 Décembre 2010

La caractérisation des fonctions agro-environnementales : Une approche par l'agronomie des territoires

Co-Directeur de thèse: Enrico BONARI Co-Directeur de thèse : Sylvie LARDON

Jury

Stefano BOCCHI, Di.Pro.Ve, *Università di Milano* (*Italia*)
Enrico BONARI, Land Lab, *Scuola Superiore Sant'Anna*, *Pisa* (*Italia*)
Sylvie LARDON, UMR Métafort,INRA et AgroParisTech (France)
Philippe MARTIN, UMR SAD-APT, AgroParisTech (France)
Teresa PINTO-CORREIA, ICAM, *Universidade de Evora* (Portugal)
Mariassunta GALLI, Land Lab, *Scuola Superiore Sant'Anna*, *Pisa* (*Italia*)
Hélène RAPEY, UMR Métafort, Cemagref, Clermont-Ferrand (France)

Examinateur
Directeur de thèse
Directrice de thèse
Examinateur
Examinatrice
Invitée
Invitée

AgroParisTech - UMR Métafort 24, Avenue des Landais, 63171 Aubière (France) Scuola Superiore Sant'Anna – Land Lab Piazza dei Martiri della Libertà 33, 56100 Pisa (Italia)

Index

INDEX	2
LISTE DES FIGURES	3
LISTE DES TABLEAUX	4
AVANT PROPOS	5
INTRODUCTION GENERALE	6
PREMIERE PARTIE - ÉTAT DE L'ART SUR LA CARACTERISATION DES FONCTIONS	
AGRO-ENVIRONNEMENTALES	7
1.1 CONTEXTE DE L'ANALYSE DES FONCTIONS AGRO-ENVIRONNEMENTALES	7
1.2 LES APPROCHES AGRONOMIQUES DE CES FONCTIONS	8
1.3 DES APPROCHES AGRONOMIQUES RELATIVES AU TERRITOIRE	9
1.4 Enjeux et objectif de la these	11
DEUXIEME PARTIE - LA METHODE DE CARACTERISATION DES FONCTIONS AGRO-	
ENVIRONNEMENTALES DES TERRITOIRES	12
2.1 LES CHOIX QUI ORIENTENT LA DEMARCHE DE CARACTERISATION DES FONCTIONS	12
2.2 LES OBJECTIFS ET PRINCIPES GENERAUX DE METHODE	15
2.3 LES DEUX TERRITOIRES SUPPORTS DE LA DEMARCHE	18
2.4 LES DONNEES MOBILISEES	19
TROISIEME PARTIE - RESULTATS SUR LA CARACTERISATION DES FONCTIONS AGR	0-
ENVIRONNEMENTALES	22
3.1 NIVEAU DU TERRITOIRE DE PROGRAMMATION AGRO-ENVIRONNEMENTALE	22
3.2 NIVEAU DE L'AGRO-ECOZONE	28
3.3 NIVEAU DU TISSU D'EXPLOITATIONS	35
DISCUSSION	43
DISCUSSION DES RESULTATS : LA CARACTERISATION DES FONCTIONS AGRO-ENVIRONNEMENTALES	44
LA CONTRIBUTION A L'AGRONOMIE DES TERRITOIRES	49
PERSPECTIVES	53
CONCLUSION	54
RIRI IOCRAPHIE CITEE	56

Liste des figures

FIGURE 1 : CADRE D'ANALYSE DE L'AGRONOMIE DES TERRITOIRES	10
FIGURE 2 : SCHÉMA D'ENSEMBLE DE LA MÉTHODE MISE EN ŒUVRE DANS LA THÈSE.	16
FIGURE 3: LOCALISATION DES DEUX CAS D'ÉTUDE	19
FIGURE 4 : CONDITIONS DE RÉALISATION DES FONCTIONS AGRO-ENVIRONNEMENTALES ET LEURS	
DESCRIPTEURS, POUR LA COLLINA INTERNA GROSSETANA.	29
FIGURE 5: DISTRIBUTION SPATIALE DES QUATRE CLASSES DE VALEURS POUR LES SIX DESCRIPTEURS DE	
CONDITIONS DE RÉALISATION DES FONCTIONS DANS LA COLLINA INTERNA GROSSETANA.	31
FIGURE 6 : CONDITIONS DE RÉALISATION DES FONCTIONS AGRO-ENVIRONNEMENTALES ET EXEMPLES DE	Ξ
DESCRIPTEURS, POUR LE CAS DE CINIGIANO (COLLINA INTERNA GROSSETANA)	36
FIGURE 7 : CONFIGURATIONS SPATIALES DE L'OCCUPATION DU SOL À CINIGIANO.	39
FIGURE 8: LOCALISATION DES CONFIGURATIONS SPATIALES DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LA ZONE	
d'étude de <i>Cinigiano</i>	40
FIGURE 9 : COMPARAISON DES TYPES DE RÉALISATION DES FONCTIONS AGRO-ENVIRONNEMENTALES AU	Γ
NIVEAU DE L'AGRO-ÉCOZONE ET DU TISSU D'EXPLOITATION POUR LES DEUX CAS D'ÉTUDE	45
FIGURE 10 : ADAPTATION DES RELATIONS ÉTUDIÉES AU SCHÉMA TRIPODE ILLUSTRANT LES RELATIONS E	EN
AGRONOMIE DES TERRITOIRES	50

Liste des tableaux

Tableau 1: Niveaux spatiaux, concepts mobilisés et analyses développées dans la thèse 21
TABLEAU 2 : CARACTÉRISTIQUES DES SECTEURS HOMOGÈNES POUR LES FONCTIONS AGRO-
ENVIRONNEMENTALES EN PROVINCE DE <i>GROSSETO</i>
TABLEAU 3 : CARACTÉRISTIQUES DES QUATRE COMBINAISONS DE SIX DESCRIPTEURS DE RÉALISATION DES
FONCTIONS DANS LA <i>COLLINA INTERNA GROSSETANA</i>
TABLEAU 4 : CARACTÉRISTIQUES DES CINQ COMBINAISONS DES DESCRIPTEURS DE RÉALISATION DES
FONCTIONS À CINIGIANO
Tableau 5 : Comparaison des informations apportées par différentes variables prédictives de
LA RÉALISATION DES FONCTIONS DANS LES DEUX CAS D'ÉTUDE

Avant propos

Cette thèse a été réalisée dans le cadre d'une cotutelle entre l'Ecole Doctorale ABIES de AgroParisTech (Paris, France) et l'Ecole Doctorale Agricoltura, Alimentazione, Ambiente de la Scuola Superiore Sant'Anna (Pise, Italie), avec une codirection scientifique assurée par Sylvie Lardon (UMR Métafort, AgroParisTech & INRA, Clermont-Ferrand, France) et Enrico Bonari (Land Lab Scuola Superiore Sant'Anna, Pise, Italie). Le suivi scientifique a été assuré par Hélène Rapey (UMR Métafort, Cemagref) et Mariassunta Galli (Land Lab, Scuola Superiore Sant'Anna). L'accueil et le financement ont été assurés par le Cemagref – Service des relations internationales (France) et la Scuola Superiore Sant'Anna (Italie). Un comité de thèse franco-italien a participé à la discussion et l'orientation du travail durant 4 rencontres annuelles au cours de la thèse; il était composé par Marc Benoît (INRA-SAD ASTER, Mirecourt), Paolo Barberi et Camilla Moonen (Land Lab, Scuola Superiore Sant'Anna, Pise), Patrick Caron (CIRAD-Environnement et Sociétés), Gisella Cortesi (Dipartimento di Scienze dell'Uomo e dell'Ambiente, Université de Pise), Nicola Silvestri (Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema, Université de Pisa), Claudine Thenail (INRA-SAD Paysage, Rennes).

Comme convenu entre les deux écoles doctorales dans le cadre de la convention de cotutelle, le mémoire principal de thèse a été rédigé en italien ; il comporte des insertions de texte rédigé en français pour les légendes de figures et tableaux, ainsi que pour des résumés de paragraphe. Un résumé long en français a été rédigé en reprenant la structure du document principal, et permet de ce fait des renvois avec le mémoire de base, ses tableaux et figures ; son contenu est donné dans la suite du texte.

Introduction générale

L'émergence des questions environnementales et de la gestion des ressources naturelles a accru l'intérêt pour les différentes fonctions environnementales attribuées à l'agriculture (FAO, 1999; OECD, 2001; Union Européenne, 2002; FAO, 2007). La mise en place du paradigme de la multifonctionnalité dans les politiques de soutien aux exploitations agricoles et de gestion des territoires a produit de nouvelles exigences : a) la définition d'outils pour soutenir les exploitations agricoles plus respectueuses de l'environnement ; b) des évaluations environnementales ex-ante et ex-post à la mise en place des outils d'orientation et de programmation des territoires ; c) l'élaboration de scenarii alternatifs pour évaluer les effets sur l'agriculture et l'environnement de la mise en place de différentes mesures sectorielles. En particulier dans la révision récente des mesures de la PAC 2007-2013 et dans les indications pour sa mise en place après 2013, deux tendances émergent : d'abord une territorialisation des interventions et ensuite un soutien basé non seulement sur l'adhésion à des pratiques agricoles, mais aussi sur l'efficacité de l'adoption de ces pratiques. De ce fait, la communauté scientifique est de plus en plus sollicitée pour appuyer les collectivités territoriales dans la mise en place de ces politiques à l'aide d'outils de diagnostic, d'évaluation, de suivi des activités et pratiques agricoles. La contribution de l'agronomie à ces besoins concernant les territoires est récente, tout particulièrement au travers de la prise en compte des questions environnementales. Il en résulte de nouvelles approches et de nouveaux courants disciplinaires, comme ceux de la géo-agronomie ou de l'agronomie des territoires. Dans cette thèse, nous proposons une méthode ayant comme objectif la caractérisation des fonctions agro-environnementales de l'agriculture dans un territoire. La thèse est structurée en quatre parties. La première partie donne l'état de l'art sur la caractérisation des fonctions agro-environnementales et souligne les limites actuelles de la production scientifique en agronomie et les apports possibles d'une approche d'agronomie des territoires pour y répondre. La deuxième partie présente la méthode générale de caractérisation des fonctions développée à différents niveaux spatiaux, et les cas d'étude qui soutiennent sa mise en place. La troisième partie contient les résultats de la mise en œuvre de la méthode, concernant l'identification et la caractérisation des fonctions agro-environnementales à chacun des niveaux spatiaux. Dans la quatrième partie, les résultats obtenus dans les deux cas d'étude et la méthodologie sont discutés ; des perspectives sont présentées en termes de définition et d'évaluation des politiques agro-environnementales.

Première partie - État de l'art sur la caractérisation des fonctions agro-environnementales

Dans un premier temps, nous ferons le point sur les enjeux de la caractérisation des fonctions agro-environnementales dans une perspective de définition et d'évaluation des politiques agro-environnementales. Dans un deuxième temps, nous analyserons plus particulièrement la contribution de l'agronomie (au sens général) à cette caractérisation, pour ensuite passer aux possibilités d'analyse ouvertes par l'agronomie des territoires. Ceci nous permettra, dans un dernier temps, de préciser l'objectif de cette thèse.

1.1 Contexte de l'analyse des fonctions agro-environnementales

La gestion des territoires doit de plus en plus souvent faire face à la question de l'évaluation des fonctions agro-environnementales. Cette évaluation présente plusieurs difficultés. La première provient de la multiplicité des politiques territoriales concernant un même territoire. Par exemple, pour une fonction environnementale, il y a souvent plusieurs interventions publiques relevant des cadres européens, nationaux, régionaux ou locaux ; il y a aussi différents types d'acteurs du territoire qui sont concernés par la mise en place de ces politiques dont la compétence est mono ou plurisectorielle. Une deuxième difficulté provient de certaines limites des outils d'évaluation liées à leur absence de définition préliminaire partagée et validée concernant la notion de fonction (Pinto-Correia et al., 2004; Vejre et al., 2007), ainsi qu'à leur difficulté de prise en compte d'activités et de milieux divers au sein des territoires (Willemen, 2010), liées enfin au manque de connaissances scientifiques quant à l'interaction entre différentes fonctions (Neumann et al., 2009). En conséquence, les méthodes d'évaluation des fonctions ne font pas l'unanimité (Vejre et al., 2007). Une autre difficulté de cette évaluation provient du manque de données standard couvrant l'ensemble des agro-écosystèmes des territoires européens ; même si des données sont en cours d'harmonisation dans l'Union Européenne (cf. Eurostat), leur agrégation reste à des niveaux très larges tels que les Nomenclature of Territorial Units for Statistics (NUTS) 2 ou 3, ne pouvant répondre aux besoins des collectivités territoriales pour la mise en œuvre de leurs politiques.

Le manque de précision et de cadrage concernant la définition d'une fonction agroenvironnementale nous a conduits à approfondir ce point : comment se définit une telle fonction dans la littérature ? Dans les documents de politiques territoriales et dans la bibliographie scientifique, nous relevons différents usages et sens donnés à ce concept.

Dans le domaine scientifique, l'usage et le contour le plus répandu correspondent à celui des services et fonctions éco-systémiques, tels qu'on le trouve dans les approches de l'ecological economics (de Groot et al., 2002). Au sein de telles approches, la place et le rôle des activités agricoles sont très hétérogènes, celles-ci étant tantôt un élément général de contexte, tantôt un élément spécifique de définition de la fonction. Ce type d'approche permet d'appréhender différents niveaux spatiaux (continental, national, régional), différents écosystèmes (naturels, semi-naturels, agro-écosystèmes) mais présente par contre une prise en compte très limitée des diverses composantes des activités agricoles au sein des territoires (de Groot, 2006; Willemen et al., 2009; Kienast et al., 2010). L'évaluation finale des fonctions est de type qualitative, ou quantitative monétaire, ou nonmonétaire. Elle s'appuie : soit sur les dires de différentes porteurs d'intérêts concernant leur perception de l'état des ressources environnementales, soit sur des méthodes d'évaluation issues de l'économie de l'environnement (Hein et al., 2006), soit sur l'usage de modèles ou d'indicateurs agro-environnementaux calculés à partir de données sorties de modèles biotechniques, d'inventaires existants ou de relevés de terrain (Payraudeau et van der Werf, 2005).

1.2 Les approches agronomiques de ces fonctions

En agronomie, les fonctions agro-environnementales sont rarement abordées dans une perspective d'évaluation. Par contre, des agronomes mettent en avant le rôle et la place de leur discipline pour comprendre et gérer ces fonctions (Gras et al., 1989 ; Deffontaines, 1991 ; Cavazza, 1997 ; Benoît et al., 2006 ; Doré, 2006).

Quels apports spécifiques de l'agronomie vis-à-vis des fonctions agro-environnementales ? L'agronomie porte souvent une vision systémique sur les activités agricoles dont dépendent les fonctions (cf. systèmes agraires, de production, de culture). De ce fait, elle donne une place importante à l'ensemble des actes techniques des agriculteurs (itinéraires techniques, pratiques agricoles), concernant les divers usages agricoles du sol (couvert et occupation du sol, intensité et finalité des usages) et leurs contextes et finalités de mise en œuvre. Ces informations se réfèrent souvent à un espace réduit (parcelle, parcellaire...) et à une période relativement courte (saison, campagne agricole...), ainsi qu'à des éléments de l'environnement naturel, économique ou social précis qui sont façonnés par, et qui façonnent, ces pratiques.

Une analyse bibliométrique permet de porter un regard relativement objectif sur les contributions scientifiques de l'agronomie à l'étude des fonctions agro-environnementales.

Pour cela, nous avons comptabilisé l'utilisation de concepts clefs de l'agronomie dans des travaux concernant des fonctions agro-environnementales. Les résultats montrent que les contributions sont fragmentées et hétérogènes en terme de référents théoriques (référence à la durabilité, la multifonctionnalité ou la qualité environnementale, selon les travaux) et en terme de fonctions prises en compte (préservation de l'eau, du sol, du paysage...). Ils mettent aussi en évidence que l'attention portée à ces fonctions est principalement au niveau de la parcelle ou de l'exploitation. Cependant, les quelques travaux concernant des niveaux plus englobants s'intéressent souvent à l'ensemble des fonctions de l'agriculture – économiques, environnementales et sociales -, ou aux processus agro-écologiques déterminants les fonctions (érosion du sol, dissémination d'espèces...). Dans ces travaux, des concepts relevant de l'écologie du paysage et de la géographie sont couramment utilisés (usages du sol, mosaïque d'usages, éléments paysagers). Vejre et al. (2007) expliquent cela par le fait qu'ils présentent des interfaces entre agriculture et territoire, entre l'agronomie et d'autres disciplines.

1.3 Des approches agronomiques relatives au territoire

Depuis quelques décennies, en agronomie, comme dans d'autres disciplines telles que l'écologie et la planification, de plus en plus de travaux font référence au territoire, même si le sens donné et l'utilisation faite de ce concept reste très variable selon les auteurs et selon l'origine linguistique. C'est ainsi que les agronomes francophones relient souvent le mot de landscape au mot français de paysage, mais rarement celui de territoire ; quant aux agronomes anglophones, ils utilisent rarement le mot de territory concernant des espaces appropriées, même s'il commence à apparaître. Une analyse bibliométrique permet d'identifier les contributions spécifiques de l'agronomie dans les recherches s'intéressant aux territoires. Une analyse approfondie a été réalisée à partir de quelques articles sélectionnés associant des mots-clefs de l'agronomie (tels que : système de culture, système de production, rotation culturale) avec celui de territoire. Deux grands types de recherche ont émergé : l'un concernant les processus agro-écologiques, l'autre les processus de décision d'agriculteurs ou de gestionnaires locaux. Le premier type est constitué de travaux relatifs aux effets des activités agricoles sur les processus environnementaux et sur ce qu'il en résulte pour l'environnement. Le deuxième type concerne plutôt des travaux relatifs aux effets des politiques agro-environnementales sur les activités agricoles, et aux leviers d'actions en termes de changements de pratiques des agriculteurs. Concernant l'évaluation des effets des systèmes et pratiques agricoles,

les recherches présentent deux orientations majeures : l'une concerne les effets par rapport aux ressources agro-environnementales, l'autre les effets sur la structuration et l'organisation spatiale du territoire.

Ces différents constats issus de l'analyse bibliographique nous ont amenés à représenter schématiquement les différentes contributions de l'agronomie à l'analyse des fonctions agro-environnementales, et à clarifier ce que nous entendons par "agronomie des territoires". De notre point de vue, ce courant de l'agronomie prend en compte plus particulièrement trois objets de recherche : les systèmes et pratiques agricoles, les processus agro-environnementaux et les configurations spatiales de l'occupation du sol ; il s'intéresse à ce qui relie ces objets, soit en tant que ressource, soit en tant que processus de transformation (Figure 1).

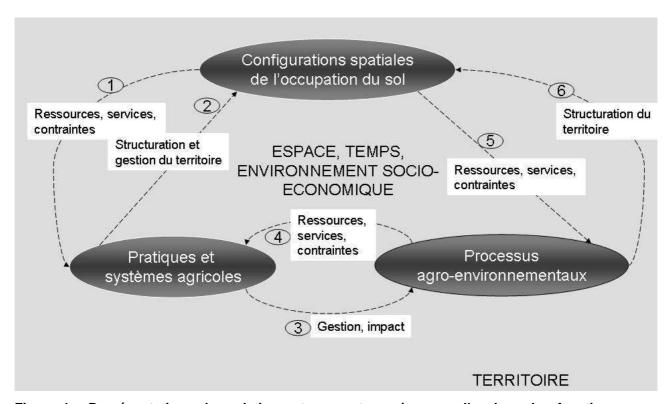


Figure 1 : Représentations des relations et concepts en jeu pour l'analyse des fonctions agroenvironnementales par une approche d'agronomie des territoires (élaboration dans le cadre du comité de thèse ; communication dans Rapey et al., 2008 ; Moonen et al., 2010).

Actuellement, les différentes recherches correspondant à ces objets et à leurs liens ne proviennent pas exclusivement d'agronomes. Ces derniers abordent surtout les relations entre pratiques agricoles et processus agro-environnementaux, ou entre pratiques agricoles et configurations spatiales de l'occupation du sol (Mottet, 2005). D'autres aspects sont traités en écologie du paysage (relations entre les configurations spatiales et les processus environnementaux) ou en géographie (relations entre systèmes agricoles et

configurations spatiales de l'occupation du sol). Nous considérons ce cadre d'analyse comme particulièrement approprié pour la caractérisation des fonctions agro-environnementales, étant donné ses objets d'analyse principaux et les liens sur lesquels se concentrent l'attention (structuration du territoire / activités agricoles / processus agro-environnementaux).

1.4 Enjeux et objectif de la thèse

Nous avons souligné précédemment la nécessité et la difficulté de traiter des multiples fonctions agro-environnementales au niveau du territoire dans le contexte scientifique, agricole et sociétal actuel. Ceci met en lumière un besoin d'évaluation, et notamment de méthode d'évaluation, des diverses contributions des activités agricoles aux fonctions agro-environnementales inscrites dans des politiques territorialisées ; il s'agit notamment de pouvoir préciser la spatialisation de ces contributions au sein des territoires.

Pour cela, la thèse développe une approche normative de fonctions agroenvironnementales, c'est-à-dire que nous prendrons en compte les fonctions sur la base des objectifs inscrits dans des politiques agro-environnementales concernant les territoires étudiés. Le sens et l'attention donnés à la notion de fonction agro-environnementale sont ici fortement agronomiques ; nous considérons en effet qu'il s'agit d'une relation entre des attentes d'acteurs de type environnementale, relatives à la gestion des ressources naturelles (eau, air, sol, habitat, paysage), et des entités spatiales qui sont le lieu d'interactions entre les activités agricoles et les processus environnementaux (parcelle, territoire d'exploitation, groupe de parcelles voisines). Ces fonctions peuvent être plus ou moins réalisées selon la capacité de ces entités spatiales à répondre à ces attentes.

Notre objectif est donc de mettre au point (concevoir et tester) une évaluation de la réalisation des fonctions agro-environnementales dans un territoire soumis à un ensemble de politiques agro-environnementales territorialisées ; il s'agit pour cela d'identifier des indicateurs spatiaux en mesure de discriminer les secteurs se distinguant par leur réalisation des fonctions au sein d'un territoire.

Deuxième partie - La méthode de caractérisation des fonctions agro-environnementales des territoires

La présentation de la méthode est composée de quatre chapitres. Le premier présentera les choix, les hypothèses et les questions de départ qui ont été structurants pour bâtir la démarche de caractérisation des fonctions agro-environnementales dans un territoire. Le deuxième chapitre explicitera les objectifs et les principes des étapes de la caractérisation. Le troisième chapitre présentera les deux territoires retenus pour tester et affiner la mise en œuvre de la méthode dans des contextes européens contrastés du point de vue agricole, environnemental et territorial. Le dernier chapitre présentera les types de données utilisées et les adaptations qui ont été nécessaires pour chacune des étapes de la démarche.

2.1 Les choix qui orientent la démarche de caractérisation des fonctions

2.1.1 Définition des principaux concepts utilisés

Plusieurs des mots et des concepts nécessaires pour présenter la caractérisation des fonctions prennent des sens différents selon les utilisateurs et leur positionnement professionnel ou scientifique ; parfois, aussi, les utilisateurs n'explicitent pas les liens avec les activités agricoles. Ceci nous a conduits dans un premier temps à préciser le sens retenu pour ces concepts centraux de la thèse, tels que ressources, attentes et fonctions agro-environnementales, réalisation de fonctions ou configurations spatiales de l'occupation du sol.

Comme nous l'avons évoqué en fin de première partie, le concept de fonction agroenvironnementale prend pour nous le sens d'une relation entre une attente
environnementale (exprimée par des acteurs ne faisant pas obligatoirement un lien
explicite avec l'agriculture) relative à la gestion de ressources naturelles (eau, air, sol,
habitat, paysage) et des entités spatiales qui sont connues (par des experts des questions
agricoles ou environnementales, tels que des agronomes ou des écologues) pour être le
lieu d'interactions entre les activités agricoles et les processus environnementaux
(parcelles de bord de rivière ou en lisière de forêts ou de zones habitées). Contrairement à
la plupart des définitions existantes de ces fonctions, les activités agricoles sont ici
explicitement constitutives de ces fonctions et de leur réalisation. La réalisation d'une
fonction signifie alors que des caractéristiques spatiales de parcelles agricoles (pratiques,

milieu) créent les conditions pour satisfaire les attentes exprimées. Différentes approches de la *réalisation des fonctions* existent ; en s'appuyant sur le travail de Merot et al., (2006) nous considérons que la réalisation des fonctions est soit a) "*potentielle*", quand elle se base sur des indicateurs indirects ou des hypothèses simplifiées quant à la contribution des pratiques agricoles et du milieu pour satisfaire des attentes environnementales , b) "effective", quand elle se base sur des mesures indirectes de fonctionnement agroenvironnemental ou des indicateurs de pratiques agricoles et de milieu, c) "efficace", quand elle se base sur des mesures de fonctionnement des processus agroenvironnementaux.

Ces définitions intègrent et donnent donc un rôle important aux interactions entre les pratiques agricoles et les milieux dans lesquels elles sont exercées.

Pour ce qui est des *configurations spatiales de l'occupation du sol*, il s'agit à l'origine d'un concept de l'écologie du paysage, défini par Forman (1995). Nous considérons ici qu'il s'agit d'une combinaison répétée dans l'espace, à un instant donné, de différents modes d'occupation agricole du sol (cultures annuelles, prairies temporaires ou permanentes), autour d'éléments spatiaux fixes qui sont source de contraintes ou de services pour les agriculteurs (murets, arbres, routes, rivières). Comme précédemment, cette définition donne une place importante aux interactions entre les pratiques agricoles et les territoires dans lesquelles elles interviennent.

2.1.2 Définition des objectifs de la thèse

En fonction du type d'objectif donné à la caractérisation des fonctions (décrire, comprendre ou accompagner), la démarche n'a pas à explorer les mêmes niveaux ou points d'approfondissements, ni à s'appuyer sur les mêmes références ou postulats ; il est donc important de préciser à ce niveau les objectifs de la thèse.

Notre priorité est de montrer la faisabilité et l'intérêt d'une caractérisation articulant les différents niveaux d'organisation des activités agricoles qui participent à l'élaboration des fonctions agro-environnementales dans un territoire : du niveau le plus englobant tel que le territoire d'intervention d'une politique agro-environnementale, au niveau le plus élémentaire de cette organisation telle que la parcelle d'usage. Il ne s'agit pas d'apporter des connaissances sur les processus environnementaux et leurs interactions avec les activités agricoles comme le font le plus souvent les travaux d'agronomes. De ce fait, pour le niveau du territoire d'intervention, nous avons mobilisé des données de caractérisation spatiale provenant de bases existantes, afin d'évaluer la variabilité des fonctions dans un

tel territoire. Pour le niveau de la parcelle agricole, nous avons utilisé des données issues de nos enquêtes, effectuées sur des secteurs restreints et sélectionnés à partir de la caractérisation au niveau le plus englobant. Les résultats produits sont donc très spécifiques au territoire analysé, et leur généricité doit être testée et discutée par des comparaisons avec ceux d'autres territoires.

Du point de vue temporel, étant données les sources d'information mobilisées, la caractérisation développée ne peut portée que sur une période bien spécifique qui présente une validité de l'ensemble des données (i.e. : une campagne agricole pour laquelle on dispose de données existantes et de données d'enquête, tout en étant inscrite dans une période d'application d'une politique) ; elle ne permet donc pas, pour le moment, de traiter de variations annuelles dues aux modifications d'attentes environnementales ou aux changements de pratiques agricoles.

Enfin, la démarche vise à permettre la validation d'une hypothèse qui permettrait ultérieurement de faciliter l'appréhension de la variabilité spatiale des fonctions et de leur réalisation dans un territoire, par le biais d'une simple caractérisation de configurations spatiales de l'occupation du sol. Pour permettre cela, nous voulons d'abord vérifier l'existence de configurations spatiales de l'occupation du sol, spécifiques à un territoire, qui distinguent les réalisations des fonctions dans ce territoire ; ces configurations permettraient alors de caractériser la variabilité spatiale de la réalisation des fonctions dans le territoire sans nécessairement considérer toutes les conditions de milieux et de pratiques liées à ces fonctions.

2.1.3 Questions traitées

Les éléments précédents permettent de formuler plus précisément la question centrale de la thèse : comment caractériser la réalisation des fonctions agro-environnementales dans un territoire, en intégrant les différents niveaux auxquels elles se définissent, afin d'en appréhender les variations de réalisation au sein de ce territoire ?

Pour répondre à cette question, plusieurs questions méthodologiques se posent quant à l'identification des fonctions agro-environnementales dans un territoire : quels éléments de référence pour identifier ces fonctions, les attentes, les activités agricoles et les espaces concernés ? A quels niveaux et à quelles périodes ?

D'autres questions méthodologiques concernent la caractérisation de la réalisation des fonctions : quels critères et quelles sources utiliser ? A quels niveaux et quelles périodes ? Comment dépasser l'hétérogénéité des références disponibles ? Comment considérer

l'interaction entre des fonctions différentes ou entre des conditions de réalisation des fonctions ?

Des questions se rapportent à l'identification des configurations spatiales de l'occupation du sol : comment les distinguer ? A quels niveaux ? Quelle validité ou reproductibilité dans le temps ? Comment les localiser ?

Enfin, des questions portent sur la mise en relation des configurations spatiales de l'occupation du sol et de la réalisation des fonctions agro-environnementales : comment tester ces liens dans un territoire ? A quel niveau spatial ? Pour quel domaine de validité ? Nous ne détaillerons pas point par point les réponses à ces questions dans la suite de ce document. Il s'agit seulement de souligner ici l'importance, et d'expliciter la nature, des questions méthodologiques qui se posent dans une perspective de caractérisation des fonctions agro-environnementales dans un territoire ; ces différents aspects sont le plus souvent traités de manière très implicite dans les approches existantes.

2.2 Les objectifs et principes généraux de méthode

2.2.1 Principes d'ensemble

La méthode distingue et relie trois niveaux de caractérisation des fonctions (Figure 2). Le niveau le plus englobant est celui correspondant au lieu de décision pour la programmation des politiques agro-environnementales ; on peut à ce niveau identifier les fonctions agro-environnementales à partir de documents d'orientations existants (type NUTS 3). Un niveau intermédiaire infrarégional correspond à des agro-écozones, qui sont des secteurs homogènes du point de vue de la réalisation potentielle des fonctions agro-environnementales (sur la base d'indicateurs issus de bases de données). Il y a enfin le niveau le plus fin et le plus proche de celui classiquement abordé par l'agronome ; il s'agit du tissu d'exploitations, lieu d'interactions entre les activités agricoles et le milieu, qui conditionnent la réalisation effective des fonctions et qui fait apparaître des configurations spatiales de l'occupation du sol. C'est donc à ce niveau que nous testerons l'hypothèse concernant les liens entre la réalisation des fonctions agro-environnementales et les configurations spatiales de l'occupation du sol.

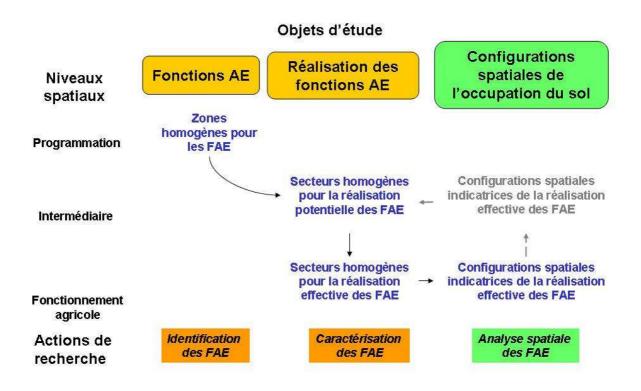


Figure 2 : Schéma d'ensemble de la méthode mise en œuvre dans la thèse.

La première étape de la méthode a pour but de segmenter le "territoire de programmation" (NUTS 3) en zones présentant les mêmes fonctions agro-environnementales. Il s'agit ensuite, dans une deuxième étape, d'identifier des secteurs présentant une même réalisation potentielle des fonctions du fait des caractéristiques générales de l'occupation du sol et des milieux (cf. niveau "intermédiaire" ci-dessus). On opère donc progressivement un changement d'échelle de nature descendante (down-scaling). A l'inverse, la caractérisation qui s'opère au niveau du fonctionnement agricole, dans une troisième étape, identifiant des configurations spatiales de l'occupation du sol significatives d'un type de réalisation des fonctions, vise à permettre un changement d'échelle ascendant (up-scaling) vers le niveau infrarégional ("intermédiaire"). Dans cette étape, il s'agit de repérer des entités spatiales allant au delà d'ensembles de parcelles d'exploitation; ces entités spatiales présentent la caractéristique d'être liées à des éléments spatiaux -naturels ou pas-, de correspondre à des configurations spatiales indicatrices d'une réalisation potentielle de fonctions.

2.2.2 Les 3 étapes de base

Chacun des trois niveaux spatiaux comprend un regard particulier sur les fonctions agroenvironnementales et constitue une étape de la caractérisation de ces fonctions.

La première étape (au niveau NUTS 3) concerne l'identification et la localisation des fonctions agro-environnementales. Du fait de la définition retenue pour une fonction, on s'intéresse aux attentes environnementales concernant le territoire et son agriculture (identification et localisation). Les documents d'orientation et de programmation agro-environnementale servent de source d'information et de référence, au travers des enjeux environnementaux qu'ils décrivent pour le territoire. On s'intéresse aussi à l'identification et à la spatialisation des activités agricoles par le biais de données sur les systèmes agraires dans le territoire. Ils sont caractérisés à partir de données sur l'ensemble des exploitations agricoles provenant des recensements agricoles. Deux types de zonages sont produits (attentes environnementales et systèmes agraires) et sont croisés afin de distinguer des zones homogènes en terme d'attentes et de systèmes agraires, et donc en terme de fonctions agro-environnementales.

La deuxième étape porte sur l'identification et la localisation de secteurs ayant la même réalisation potentielle des fonctions agro-environnementales. Pour cela, nous avons repéré dans la bibliographie les principales conditions géophysiques et agronomiques (ces dernières étant caractérisées par le bais de l'occupation du sol du fait d'un manque de données à ce niveau) de réalisation des fonctions ciblées. Ceci permet d'identifier et de discriminer les descripteurs de réalisation des fonctions particulièrement pertinents pour segmenter le territoire étudié en agro-écozones. Chacune de ces zones correspond à un type de réalisation potentielle des fonctions.

La troisième étape vise à identifier des configurations spatiales de l'occupation du sol correspondant à un type de réalisation effective des fonctions. Pour cela, on renseigne d'abord les conditions agronomiques de réalisation des fonctions au niveau de parcelles d'exploitations enquêtées. On procède ensuite à la caractérisation fine de la réalisation des fonctions agro-environnementales pour les parcellaires des exploitations enquêtées. On identifie alors les principales occupations du sol, leur organisation dans l'espace et leurs relations de proximité avec d'autres éléments spatiaux (e.g. haies, routes, étangs), dans la zone exploitée par les agriculteurs enquêtés, à partir d'interprétation de photos aériennes et d'analyse de base de données spatiales existantes. Enfin, on teste les

correspondances entre types de réalisation des fonctions et configurations spatiales de l'occupation du sol par analyse spatiale et statistique.

Chacun de ces niveaux apporte donc une part de connaissances spécifiques sur les fonctions, leur localisation et leur réalisation dans le territoire.

2.3 Les deux territoires supports de la démarche

Nous avons choisi deux territoires pour tester et affiner la mise en œuvre de la méthode dans des contextes européens contrastés du point de vue agricole, environnemental et territorial, connus des personnes et institutions encadrant la thèse. L'objectif de la thèse étant surtout méthodologique, les cas d'étude n'ont pas pour finalité de produire une analyse exhaustive de la réalisation des fonctions agro-environnementales ou de confronter différentes réalisations de ces fonctions. Il s'agit de tester et de montrer la pertinence et la faisabilité de la méthode dans des contextes agricoles, environnementaux et politiques différents.

Les territoires concernés sont des entités administratives de type NUTS 3, correspondant à un département français, le Puy-de-Dôme en région Auvergne (France), et à une province italienne, celle de *Grosseto* en région Toscane (Italie) (Figure 3). Il s'agit de deux territoires situés en zone respectivement continentale et méditerranéenne ; ils sont caractérisés par une diversité importante de milieux : morphologie (alternance de plaines, collines et montagnes), climat (secteurs plus humides et séchants, gradients de précipitations), pédologie. Pour ces deux territoires, l'occupation de l'espace est à agricole et faiblement urbaine, avec des politiques agricoles environnementales mettant fortement l'accent sur la préservation des ressources naturelles, la valorisation des productions agricoles de qualité et du paysage pour le développement des espaces ruraux. Du point de vue agricole, le cas français se caractérise par une dominante de prairies permanentes et d'élevages bovins (viande, lait) extensifs, d'une surface moyenne de 45 ha ; le cas italien présente une dominante de cultures avec des exploitations de petite taille (surface moyenne : 11,5 ha) en polyculture et polyculture-élevage.



Figure 3 : Localisation des deux territoires d'étude : le département du Puy-de-Dôme en France (gauche) et la province de *Grosseto* en Italie (droite).

2.4 Les données mobilisées

Plusieurs types de données ont été mobilisés. Certaines étaient déjà directement disponibles, d'autres à élaborer, d'autres encore à récolter.

Concernant les données déjà disponibles, elles provenaient des recensements agricoles et de modèles numériques de terrain.

Concernant les données à élaborer, elles provenaient de bases de données spatiales concernant l'occupation du sol (e.g. *Corine Land Cover*), l'hydrographie ou la qualité des sols. Les données récoltées portaient sur les activités agricoles (systèmes agraires et systèmes techniques), l'occupation du sol (analyse de photos aériennes), et d'autres éléments spatiaux partiellement disponibles (réseau routier, haies, plans d'eau).

Une partie des informations ont été obtenues par entretien auprès d'acteurs locaux de l'agriculture (conseillers agricoles, responsables de coopératives, éleveurs, cultivateurs...). Ces entretiens se sont déclinés selon trois formes correspondant à chaque niveau structurant la thèse. Les entretiens effectués au niveau du NUTS 3 avaient pour objectif de conforter le choix des variables utilisées pour décrire l'organisation des activités agricoles et de valider la sélection d'attentes environnementales effectuée à partir des documents d'orientation et programmation territoriales. Nous avons mis au point la grille d'entretien, mais nous n'avons effectué ces entretiens que pour le territoire italien (tache correspondant à un projet de recherche mené en parallèle de la thèse). Les entretiens au niveau infrarégional avaient pour but d'une part la confrontation des résultats de la caractérisation de la réalisation des fonctions (identification d'agro-écozones) avec les acteurs locaux, d'autre part une aide dans la sélection des secteurs et des agriculteurs à enquêter sur les pratiques agricoles. Ces entretiens ont été effectués pour les deux territoires étudiés; nous avons sélectionné des acteurs relevant plutôt des collectivités territoriales pour le cas français et des coopératives agricoles pour le cas italien, chacun

ayant respectivement une bonne expertise de ce niveau spatial. La dernière série d'entretiens a concerné les exploitations agricoles et visait à identifier et localiser les itinéraires techniques mis en œuvre, afin de permettre le calcul des descripteurs de conditions agronomiques de réalisation des fonctions agro-environnementales.

L'approche développée se caractérise par la prise en compte et l'articulation de trois niveaux d'information et d'analyse des fonctions agro-environnementales. Chaque niveau considéré s'intéresse aux fonctions de manière particulière, selon son objectif et ses conditions d'information possibles.

Tableau 1: Niveaux spatiaux, concepts mobilisés et analyses développées dans la thèse.

Tableau 1: Niveaux spatiaux, concepts mobilisés et analyses développées dans la thèse.								
	Niveau de programmation			Niveau intermédiaire		Niveau de		
	(NUTS 3)		(agro-écozone)		fonctionnement agricole (tissu d'exploitations)			
Niveau spatial d'analyse et représentation cartographique					(ussu u ex	Johannis)		
Objectif de la caractérisation	Sélectionner les fonctions à caractériser pour chaque territoire		Identifier des zones homogènes de réalisation potentielle des fonctions		Opérationnaliser la caractérisation de la réalisation effective des fonctions			
T 444	Commune/canton		Portion d'espace de 250 ha (pixel)		Parcelle agricole / unité d'usage du sol			
Entités élémentaires	52 cantons	27 communes	470 pixels / 6 cantons	353 pixels / 5 communes	572 ha enquêtés / 12 pixels	479 ha enquêtés / 6 pixels		
Concepts mobilisés	agro-environner	ementale, fonction nentale, système aire	Réalisation potentielle des fonctions agro-environnementales, condition géophysique et agronomique de réalisation des fonctions, occupation du sol		Réalisation effective des fonctions agro-environnementales, conditions géophysiques et agronomiques de réalisation des fonctions, configuration spatiale de l'occupation du sol, système de culture, itinéraire technique			
Acteurs- ressources	Responsables de service agricole ou environnemental d'institutions – département, collectivité territoriale, parc naturel-		Responsables de structure de développement ou de service agricole –coopérative, association de producteurs, commune-		Agriculteurs			
Documents- ressources	Plans locaux d'orientation et de programmation agro-environnementale (2000-2006), entretiens avec experts, recensements généraux de l'agriculture (2000), base de données spatiales (limites administratives)		Entretiens avec experts, bases de données spatiales (occupation du sol, qualité du sol, hydrographie, morphologie du territoire)		agriculteur photographic bases de spatiales (hy	données		
Types d'analyses effectuées	Analyse de contenu, analyse spatiale (zonage), analyses statistiques (statistiques descriptives, analyse en Composantes Principales, Classification Ascendante Hiérarchique, test de Fischer)		Analyse spatiale (zonage, fragmentation), analyses statistique (statistiques descriptives, analyse en Composantes Principales, Classification Ascendante Hiérarchique, test de Fischer, MANOVA)		Analyse spatiale (photo- interprétation, zonage, fragmentation), analyse système de culture, évaluation d'indicateurs (bilan azote, bilan matière organique), modélisation graphique (configuration spatiale), analyses statistiques (statistiques descriptives, analyse en Composantes Principales, Classification Ascendante Hiérarchique, test de Fischer, MANOVA, test du Chi-carré, test de Wilcoxon, Régression multinomiale)			

Troisième partie - Résultats sur la caractérisation des fonctions agro-environnementales

Cette partie est structurée en trois chapitres, relevant successivement de chacun des trois niveaux spatiaux pris en compte dans la démarche. Le premier chapitre présentera, pour chaque territoire de type NUTS 3 (province de Grosseto et département du Puy-de-Dôme). l'élaboration et les résultats de l'identification des fonctions environnementales mettant en évidence la variété de combinaisons des fonctions dans chacun d'eux. Le deuxième chapitre caractérisera la réalisation potentielle des fonctions dans des agro-écozones de chacun des territoires (Collina interna grossetana et Combrailles), mettant en évidence des variations distinctes de cette caractéristique entre chaque cas d'étude (en termes de localisation et de qualité de réalisation). Le troisième chapitre traitera de la caractérisation des conditions de réalisation effective des fonctions au sein d'un tissu d'exploitations et des configurations spatiales de l'occupation du sol liées à cette réalisation. Dans ce dernier chapitre, les zones d'étude ont été sélectionnées, pour le cas français, dans un secteur homogène pour la réalisation potentielle des fonctions (dans une commune au cœur des Combrailles : Condat-en-Combrailles), et, pour le cas italien, dans un secteur présentant deux types de réalisation potentielle des fonctions (dans une commune au cœur de la Collina interna grossetana : Cinigiano), du fait des différences de variabilité des fonctions mis en évidence dans chacune des agroécozones.

Dans la présentation qui suit, nous ne détaillons que les résultats du cas italien, les résultats du cas d'étude français se trouvant dans le mémoire principal. Par contre, la conclusion de cette troisième partie donnera les principaux éléments dégagés des deux études de cas.

3.1 Niveau du territoire de programmation agro-environnementale

A ce niveau, l'identification des fonctions agro-environnementales comprend trois phases et produit trois types de résultats relatifs à : une identification des attentes environnementales concernant l'agriculture dans le territoire, une caractérisation des systèmes agraires dans le territoire, une identification des fonctions agro-environnementales et des zones homogènes du point de vue de ces fonctions.

3.1.1 Les attentes environnementales

Pour identifier et localiser les attentes environnementales concernant l'agriculture dans les deux territoires étudiés, nous avons d'abord analysé les principaux documents de politique, d'orientation et de programmation concernant l'environnement et agriculture. Nous avons ensuite sélectionné les documents issus de politiques européennes, nationales et régionales qui énonçaient des enjeux relatifs aux ressources naturelles (eau, paysage, sol, air, habitat, notamment). Enfin, nous avons réalisé une analyse de contenu de ces documents concernant les enjeux environnementaux transcrits, leur localisation et leur mise en lien avec les activités agricoles (références à des éléments spatiaux supports d'activités agricoles, à des systèmes de production ou à des pratiques agricoles).

Concernant la province de Grosseto, les deux documents sélectionnés et analysés sont relatifs à deux politiques territoriales distinctes : le PRAA (Piano Regionale di Azione Ambientale 2004-2006) concernant l'état de l'environnement et le PLSR (Piano Locale di Sviluppo Rurale 2000-2006) concernant le développement rural. Les attentes environnementales identifiées portent sur les ressources de type eau, sol et paysage (e.g. préservation des eaux de surface, conservation des sols) ; ces attentes se différencient dans le territoire plus par la nature de leurs combinaisons que par leur contenu (Marraccini et al., 2009). Ceci provient en partie de l'adoption par les institutions définissant les politiques d'une grille de caractérisation des attentes très conditionnée par la grille européenne des enjeux environnementaux ; de ce fait, la caractérisation régionale reste très générique et relève peu les spécificités locales, sauf pour la ressource hydrique. Dans le cas particulier de l'eau pour le territoire italien étudié, des précisions sont en effet données sur les processus environnementaux concernés (salinisation des eaux de surface, lixiviation). On aboutit à un découpage en six types de zones supportant des combinaisons spécifiques d'attentes. L'ensemble du territoire étudié comprend au total six zones : dans trois cas, il s'agit d'espaces correspondant à une ou deux communes ; dans trois autres cas, il s'agit d'ensemble plus vastes de plus de deux communes voisines formant un ensemble homogène assez étendu et continu. Dans les documents étudiés, les éléments relatifs aux activités agricoles sont très généraux. Leur contenu est souvent relatif aux pratiques agricoles (fertilisation et irrigation), plus rarement aux systèmes de production (types d'agriculture intégrée ou biologique). La référence à la dimension spatiale des activités agricoles est très rare (un cas concernant la localisation des activités pastorales).

L'analyse des attentes met donc en évidence la diversité des espaces concernés au sein du territoire ; cependant leur définition et leur précision géographique restent très générales. La mise en parallèle de cette analyse avec une caractérisation des systèmes agraires du territoire apporte des précisions nécessaires pour dégager ultérieurement les fonctions agro-environnementales.

3.1.2 Les activités agricoles

L'objectif était d'identifier et de localiser les principaux systèmes agraires dans le territoire, sur la base de caractéristiques importantes vis-à-vis des attentes environnementales.

Pour cela, à partir des éléments relevés sur les activités agricoles dans les documents utilisés pour identifier les attentes, nous avons sélectionné quelques descripteurs de systèmes agraires liés à ces attentes (nature, intensité et fragmentation de l'occupation du sol ; types d'exploitants agricoles, facteurs de production employés). Nous les avons ensuite quantifiés pour chacune des entités administratives de base informées par les recensements agricoles (communes pour l'Italie, cantons pour la France). Parmi ces descripteurs, nous avons réalisé une sélection afin de retenir uniquement ceux qui présentaient une variabilité spatiale forte et spécifique dans le territoire (fort coefficient de variation, faible corrélation vis-à-vis des autres descripteurs). Nous avons ensuite effectué une Classification Ascendante Hiérarchique des entités caractérisées (communes pour la province de *Grosseto*, cantons pour le département du Puy-de-Dôme) sur la base de ces descripteurs, considérant qu'ils discriminaient les systèmes agraires du point de vue de leur système de production et du point de vue de leurs liens vis-à-vis des attentes environnementales du territoire. Chaque classe identifiée a été spatialisée.

Des adaptations ont été nécessaires pour chacun des territoires en fonction des sources de données disponibles et des contextes agricoles. C'est ainsi que l'entité administrative utilisée est la commune pour le cas italien, le canton pour le cas français, les communes italiennes étant dix fois plus grandes qu'en France. De plus, la province de *Grosseto* présente une forte part et diversité de systèmes en polycultures, le département du Puyde-Dôme présente lui plus de systèmes herbagers et de diversité parmi ces systèmes ; en conséquence, les descripteurs d'occupation du sol n'ont pas pris la même forme selon les territoires.

La caractérisation des activités agricoles dans la province de *Grosseto* met en évidence que les systèmes agraires se différencient surtout par leur pourcentage de surfaces agricoles, la nature des usages agricoles du sol (cultures fourragères / industrielles /

permanentes entretenues), la taille des exploitations, le type et l'intensité de l'élevage (bovin ou ovin/caprin). La diversité des types de systèmes est plus marquée à proximité des zones littorales et de montagne que dans les zones intermédiaires de collines. Dans le cas du littoral, malgré de fortes potentialités agricoles, la situation de plaine côtière à forte pression touristique réduit la part des surfaces agricoles et entraine un mitage de ces surfaces. Dans le cas des secteurs de montagnes les moins accessibles, la part des surfaces agricoles est faible et s'explique par une forte déprise ayant conduit à une forte présence des forêts, alors que les secteurs de montagne accessibles conservent une forte part de surface agricole. Les secteurs de collines présentent des entités d'espaces agricoles de grande dimension ; ils sont de trois types : les *Colline Metallifere*, moyennement agricole avec des exploitations diversifiées et de l'élevage intensif, la *Collina interna grossetana*, très agricole avec des grandes exploitations diversifiées et de l'élevage extensif, la *Collina amiatina*, avec des communes très boisées et des activités agricoles orientées vers les cultures fourragères et l'élevage extensif.

On distingue donc, dans la province de *Grosseto*, des systèmes agraires qui marquent différemment l'espace en lien avec la morphologie du territoire (plaine, colline, montagne) et les dynamiques socio-économiques locales (cf. tourisme en zone littorale, enclavement en montagne). Ceci se traduit dans le territoire par des différences de spécialisation, d'intensification et de poids de l'agriculture sur l'espace.

3.1.3 Les fonctions agro-environnementales

Dans chacun des territoires étudiés, les limites des deux zonages produits précédemment, concernant les attentes et concernant les systèmes agraires, ne se superposent pas. Ceci signifie qu'un secteur porteur d'une même combinaison d'attentes environnementales contient une diversité de systèmes agraires concernés, et qu'ils existent donc des infrazones homogènes du point de vue des attentes et des systèmes agraires. Ceci nous amène à délimiter ces secteurs homogènes du point de vue des attentes et des systèmes agraires, correspondant à des secteurs homogènes en termes de fonctions agroenvironnementales. Ceci aboutit à 12 zones différentes dans la province de *Grosseto* (cf. Tableau 2). La plupart d'entre elles ne sont formées que d'une ou deux communes. Cependant, on distingue deux cas de vastes zones continues. Il s'agit des *Colline Metallifere*, dans le nord de la province, caractérisées par des systèmes peu agricoles avec des exploitations diversifiées et de l'élevage extensif, et présentant des attentes concernant le sol et le paysage. Il s'agit aussi de la *Collina interna grossetana*, dans le

centre-sud de la province, avec des systèmes fortement agricoles, de grandes exploitations avec des cultures diversifiées et de l'élevage extensif, et des attentes portant sur le sol, le paysage et les eaux de surface.

Tableau 2 : Caractéristiques des secteurs homogènes pour les fonctions agro-environnementales en province de *Grosseto*. En rouge, le secteur sélectionné pour l'analyse ultérieure de la réalisation potentielle de ces fonctions.

Localisation	Communes	Superficie	Systèmes agraires	Fonctions agro-environnementales	
	Monterotondo, Montieri	211 km ²	Très boisées, avec une surface importante en cultures fourragères et de l'élevage extensif	Conservation du sol et de la diversité des paysages	
	Scarlino, Follonica	145 km ²	Moyennement agricoles, avec exploitations diversifiées et élevage intensif	Préservation de la quantité des eaux et sa qualité par la salinisation, conservation du sol et de la diversité des paysages	
	Massa Marittima, Gavorrano, Roccalbegna	731 km ²	Moyennement agricoles, avec des exploitations diversifiées et élevage intensif	Conservation du sol et de la diversité des paysages	
	Paganico, Castiglion della Pescaia	412 km ²	Moyennement agricoles, avec des exploitations diversifiées et élevage intensif	Conservation de la diversité des paysages	
	Grosseto	474 km ²	Très agricoles avec grandes exploitations orientées vers les cultures industrielles irriguées et un élevage bovin intensif	Conservation de la diversité des paysages	
	Cinigiano, Campagnatico, Scansano, Manciano, Sorano	1144 km²	Très agricoles avec des grandes exploitations diversifiées orientées vers l'élevage extensif	Préservation de la qualité des eaux de surface, conservation du sol et de la diversité des paysages	
	Arcidosso, Castel del Piano, Roccastrada, Castell'Azzara	427 km ²	Très boisées, avec une surface importante en cultures fourragères et de l'élevage extensif	Préservation de la qualité des eaux de surface, conservation du sol et de la diversité des paysages	
	Magliano in Toscana, Pitigliano	353 km ²	Très agricoles avec des grandes exploitations diversifiées orientées vers l'élevage extensif	Conservation de la diversité des paysages	
	Monte Argentario, Isola del Giglio	82 km ²	Peu agricoles avec des petites exploitations orientées vers les cultures permanentes entretenues (vigne, oliveraies)	Préservation des nappes de la salinisation et des eaux de surface par l'eutrophisation	
	Capalbio	187 km ²	Très agricoles avec des grandes exploitations diversifiées orientées vers l'élevage extensif	Préservation des nappes de la salinisation et des eaux de surface vis- à-vis de l'eutrophisation	
	Orbetello	227 km ²	Très agricoles avec des grandes exploitations orientées vers les cultures industrielles irriguées et un élevage bovin intensif	Préservation de la qualité des eaux de surface de la salinisation	

Synthèse

La caractérisation des fonctions agro-environnementales au niveau des territoires de programmation met en évidence l'hétérogénéité des attentes environnementales concernant l'agriculture, en termes de combinaisons d'attentes et de localisation. Les liens exprimés vis-à-vis des activités agricoles restent très généraux tout en ciblant quelques éléments très précis tels que des éléments spatiaux, des systèmes ou des pratiques agricoles.

Les types et la répartition des activités agricoles varient aussi fortement dans ces territoires de programmation, et sont très liés à la morphologie et à la dynamique socio-économique du lieu ; les usages du sol et l'intensité de ces usages suffisent bien souvent à distinguer les zones agricoles dans le territoire.

Différentes combinaisons de fonctions agro-environnementales ressortent de l'analyse des deux territoires, soit parce qu'une même ressource, ou une même activité agricole, concerne plusieurs attentes, soit parce que plusieurs ressources, ou plusieurs systèmes agricoles, concernent une même attente. Malgré cette variabilité, les combinaisons de fonctions sont apparues spatialement bien définies et avec une plus forte homogénéité dans les secteurs les plus ruraux comparativement aux aires périurbaines - plus différenciées et fragmentées -.

3.2 Niveau de l'agro-écozone

A partir de l'analyse faite au niveau du territoire de programmation, nous avons pu identifier des zones homogènes du point de vue de la définition de leurs fonctions agro-environnementales à un niveau infrarégional ; ceci nous a conduits à introduire et utiliser la notion d'agro-écozone. Il était donc nécessaire d'étudier la variabilité interne des conditions agricoles et de milieu pouvant induire des variations de réalisation potentielle des fonctions au sein de ces zones. Ceci nous a conduits d'abord à identifier les conditions et les descripteurs des conditions de réalisation des fonctions de ces zones, puis à distinguer des types de réalisation potentielle des fonctions pouvant caractériser globalement ces agro-écozones.

3.2.1 Conditions de réalisation des fonctions et leurs descripteurs

Les conditions de réalisation des trois fonctions agro-environnementales concernant les agro-écozones italiennes ont été étudiées. Le secteur concerné par la caractérisation

approfondie des conditions est une des aires homogènes les plus étendues pour ces fonctions ; il s'agit de la *Collina interna grossetana* qui est aussi fortement occupée par l'agriculture (Tableau 2). Les fonctions agro-environnementales sont la préservation de la qualité des eaux de surface vis—à-vis des nitrates, la conservation de la diversité des paysages et la conservation du sol. Des conditions géophysiques et agronomiques relatives à la réalisation de ces fonctions ont été identifiées dans la bibliographie, complétée par des points de vue d'experts. Une sélection de descripteurs de ces conditions a été produite. Pour chaque descripteur, nous avons distingué à quel niveau leur contribution était plus ou moins favorable à la réalisation de chacune des trois fonctions ; nous avons aussi identifié les sources de données nécessaires et disponibles correspondantes (Figure 4).

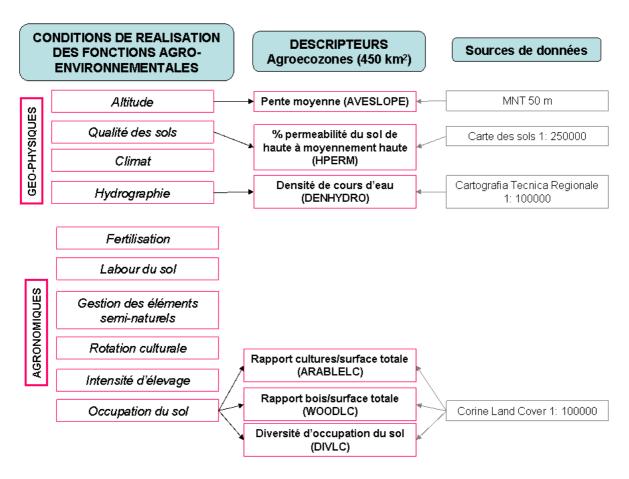


Figure 4 : Conditions de réalisation des fonctions agro-environnementales et leurs descripteurs, au sein de la *Collina interna grossetana*.

Parmi tous les descripteurs de conditions, nous avons privilégié ceux qui étaient significatifs de conditions de plusieurs fonctions (e.g.: ratio *surface en cultures / surface totale* significatif de conditions agronomiques intervenant dans la préservation de la qualité des eaux de surface, la conservation de la diversité des paysages et de celle du sol) ; ce

choix visait à considérer le plus possible les relations entre fonctions au travers de leurs conditions de réalisation "partagées".

Au niveau de l'agro-ecozone, les descripteurs de conditions agronomiques ont peu de sources de données correspondantes ; les pratiques agricoles ne font pas ou peu l'objet d'inventaires ou de recensements contrairement aux modes d'occupation du sol. Pour dépasser cette limite et s'adapter aux sources de données disponibles, nous avons finalement retenu des descripteurs de l'occupation du sol ; pour chaque type d'occupation, nous avons défini des hypothèses sur leur lien avec les pratiques agricoles conditionnant la réalisation des fonctions (par exemple : à l'occupation du sol par des cultures, on a fait correspondre les cultures dominantes de la zone et leurs pratiques les plus courantes concernant la fertilisation ou le labour du sol). Chaque descripteur a été estimé pour chaque pixel -équivalent à 250 ha- inscrit dans la zone (353 pixels pour la *Collina interna grossetana*) en mobilisant les différentes sources d'information accessibles pour cette zone. Pour chaque descripteur, les valeurs estimées ont fait l'objet d'une classification en quartile de valeur croissante ; nous avons ensuite cartographié ces 4 classes (Figure 5).

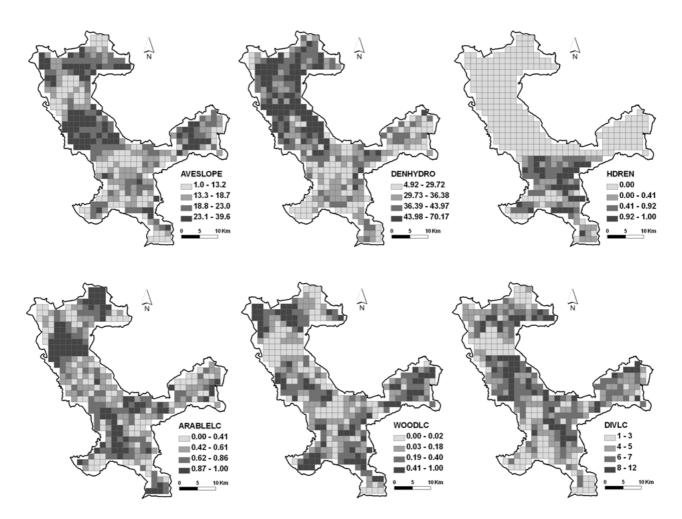


Figure 5 : Distribution spatiale des quartiles de valeurs pour les six descripteurs de conditions de réalisation des fonctions, dans la *Collina interna grossetana*.

Il ressort de cette classification et de sa cartographie différentes informations sur les conditions générales de réalisation des fonctions dans cette zone et leur variabilité.

La zone se caractérise par une occupation du sol principalement orientée vers les cultures (60% de la surface totale de la zone), largement constituées de céréales d'hiver. Les conditions géophysiques se caractérisent par une faible perméabilité du sol (seulement 17% de la surface dans les 2 classes supérieures de perméabilité), une pente importante (18% en moyenne) et un réseau assez dense en cours d'eau (37 m/ha en moyenne). L'ensemble de ces éléments traduisent des conditions assez défavorables pour la préservation des eaux de surface vis-à-vis des nitrates dans la zone.

Le taux de boisement est modéré (24% de la surface totale de la zone) mais très variable selon les secteurs. Etant donné son rôle important dans chacune des trois fonctions qui concernent la zone (effet tampon face au processus d'érosion et à la contamination des eaux de surface, contribution à la diversité de mosaïques d'occupations du sol), il s'agit d'un descripteur important qui pèsera dans la différenciation de la réalisation potentielle des fonctions dans la zone.

La diversité d'occupation du sol est globalement forte ; ceci laisse supposer une diversité de conditions agronomiques au niveau des parcelles, ou groupes de parcelles, qui nous intéressera ultérieurement.

En termes de localisation et de distribution spatiale des conditions, la cartographie des descripteurs met en évidence trois secteurs distincts dans l'agro-écozone. Le premier se distingue par de fortes pentes, une densité élevée de cours d'eau et une faible perméabilité des sols ; il se situe dans la partie septentrionale de la zone. Le deuxième ressemble fortement au précédent mais sa diversité d'occupation du sol est beaucoup plus marquée ; il se situe au centre de la zone. Le troisième se distingue par un taux de boisement important, une faible densité de cours d'eau et une forte perméabilité du sol ; il se situe dans la partie méridionale.

Les descripteurs mettent donc en évidence une diversité prononcée de conditions de réalisation des fonctions. Il importe donc d'analyser si ces différences de conditions aboutissent à des réalisations distinctes des fonctions dans la zone.

3.2.2 Réalisation potentielle des fonctions

L'ensemble des descripteurs de conditions des fonctions a permis de qualifier et distinguer la réalisation potentielle des fonctions à l'intérieur de la zone. On a mis en évidence des ensembles de conditions plus ou moins favorables aux trois fonctions.

Nous avons d'abord identifié les combinaisons des classes des 6 descripteurs, puis nous les avons qualifiées et regroupées par similitude de contributions aux trois fonctions. Pour cela, dans un premier temps, nous avons affecté à chaque quartile de chaque descripteur, selon sa valeur moyenne et le type de contribution à chaque fonction, un qualificatif quant à la réalisation de chaque fonction (très favorable / moyennement favorable / peu favorable) en se basant sur la bibliographie et les références locales. Ensuite, une Classification Ascendante Hiérarchique a permis de regrouper les différentes combinaisons de qualificatifs qui aboutissaient à un même type de contribution vis-à-vis des trois fonctions. Pour chacune des quatre classes issues de la CAH (cf. Tableau 3), nous avons fait correspondre une valeur moyenne des 6 descripteurs ; ces valeurs moyennes ont permis de qualifier la contribution de chaque entité spatiale élémentaire concernant les trois fonctions. Nous nous sommes ensuite intéressés à la localisation de classes et à la forme et l'étendue des surfaces occupées par chaque classe ; il en ressort une spatialisation spécifique à chaque réalisation potentielle des 3 fonctions (cf. abondance, cohésion, fragmentation de l'espace concernant chaque classe).

Tableau 3 : Caractéristiques des quatre combinaisons de six descripteurs de réalisation des fonctions dans la *Collina interna grossetana*.

fonctions dans la <i>Collina Interna grossetana</i> .						
	Collines à dominante de cultures	Collines à haute perméabilité des sols	Collines boisées	Collina interna grossetana		
Surface approximative	197 km^2	147 km^2	215 km^2	322 km^2		
Localisation						
Réalisation potentielle fonction eau	Peu favorable	Moyennement favorable	Moyennement favorable	Peu favorable		
Réalisation potentielle	Moyennement	Moyennement	Moyennement	Moyennement		
fonction sol	favorable	favorable	favorable	favorable		
Réalisation potentielle fonction paysage	Peu favorable	Moyennement favorable	Moyennement favorable	Moyennement favorable		
AVESLOPE ¹	10,6 (4,0)	15,2 (5,0)	25,5 (4,9)	19,7 (4,5)		
DENHYDRO	33,9 (10,1)	31,8 (6,9)	36,9 (11,3)	41,2 (12,3)		
HPERM	0,0 (0,1)	0,8 (0,2)	0,1 (0,2)	0,0 (0,1)		
DIVLC	3,2 (1,8)	5,4 (2,1)	5,9 (2,4)	5,8 (1,8)		
ARABLELC	0,9 (0,1)	0,6 (0,3)	0,3 (0,2)	0,6 (0,2)		
WOODLC	0,0 (0,1)	0,2 (0,2)	0,5 (0,2)	0,2 (0,1)		

Ceci permet d'identifier quatre types de secteurs dans l'agro-écozone de la *Collina interna grossetana* qui se distinguent par leur réalisation potentielle des fonctions (Tableau 3).

Le premier correspond aux collines à dominante de cultures, présentant des conditions géophysiques particulièrement favorables pour les activités agricoles ; il se situe dans la partie septentrionale de la zone et couvre 22% de sa surface. Le deuxième est celui des collines à haute perméabilité des sols, se caractérisant par une forte diversité d'occupation du sol. Il se concentre dans la partie méridionale de la *Collina interna grossetana* et couvre 17% de sa surface. Le troisième type est en collines boisées, se caractérisant par des conditions géophysiques défavorables pour l'activité agricole et une forte part d'espaces naturels. Il est très morcelé et se distribue dans l'ensemble de la zone, et correspond à 19% de sa surface. Le quatrième type, que nous avons qualifié de type *Collina interna grossetana*, est le plus fréquent (42% de la surface) et présente des conditions biophysiques et d'occupation du sol intermédiaires. Il est morcelé et est présent dans l'ensemble de la zone d'étude.

Pour chacun de ces types, la combinaison des 6 descripteurs correspond à une contribution particulière à la réalisation des fonctions de la *Collina interna grossetana*.

¹ Pour chaque pixel AVESLOPE indique la pente moyenne, DENHYDRO la densité de cours d'eau, HPERM le pourcentage de surface avec perméabilité du sol de haute à moyennement haute, DIVLC le nombre de différentes classes d'occupation du sol non-adjacentes, ARABLELC la part de surface en cultures, WOODLC la part de surface en bois.

Nous avons mis en évidence que ceci correspondait à trois types de réalisation potentielle des fonctions : moyennement favorable pour les trois fonctions, moyennement favorable pour deux fonctions et peu favorable pour une, moyennement favorable pour une fonction et peu favorable pour deux. Le type à haute perméabilité du sol et celui des collines boisées présente des conditions moyennement favorables à la réalisation des trois fonctions. Au contraire, le type des collines à dominante de cultures est très favorable à la réalisation des fonctions de préservation de la qualité des eaux et de conservation du sol, alors qu'elle contribue moyennement à la réalisation de la conservation de la diversité des paysages. Enfin, le type mixte *Collina interna grossetana* est peu favorable à la conservation du sol et moyennement favorable pour les deux autres fonctions (Tableau 3).

Synthèse

L'analyse des conditions de réalisation des fonctions agro-environnementales au niveau d'agro-écozones, telles que la *Collina interna grossetana* en Italie, et les Combrailles en France, présente plusieurs intérêts.

Elle a permis de montrer la nécessité de descripteurs appropriés à chaque zone pour une même fonction (cas des fonctions de préservation de la qualité des eaux de surface et conservation de la diversité des paysages dont les conditions ne sont pas toutes aussi variables dans l'une et l'autre zone). Dans les Combrailles, les descripteurs les plus discriminants de la variabilité interne des conditions de réalisation des fonctions sont ceux relatifs aux conditions géophysiques (75% de variance expliquée), alors que dans la *Collina interna grossetana* ils sont moins discriminants (50% de variance expliquée). L'analyse a aussi montré qu'il y a souvent des effets antagonistes entre conditions, et qu'il y a quasiment jamais 6 descripteurs correspondant à des conditions toutes favorables pour les 3 fonctions (quand un descripteur prend une valeur traduisant une condition favorable, il y a souvent un autre descripteur traduisant une condition défavorable). Ceci complexifie la qualification d'ensembles de conditions de réalisations des fonctions.

On remarque aussi que certaines fonctions, telles que la fonction de conservation de la diversité des paysages, présentent des conditions qui aboutissent à une réalisation potentielle le plus souvent intermédiaire, rarement favorable ou défavorable. S'agit-il d'un effet induit par nos choix méthodologiques ou s'agit-il d'une réalité induite par le caractère polysémique de cette notion et de la fonction associée ? La question reste ouverte.

La spatialisation des types de réalisation potentielle apparait très différente entre les deux zones étudiées. Dans les Combrailles, les entités spatiales de même type sont grandes mais de type contrastés, alors que dans la *Collina interna grossetana*, la fragmentation des types est forte mais leurs contrastes moins marqués. Cependant, on trouve des formes d'entités communes aux types des deux zones (formes en plage, corridor ou ilot) ; la fréquence de ces formes est plus ou moins forte selon la zone (plus de grandes plages dans les Combrailles et plus de petites plages, corridors et îlots dans la *Collina interna grossetana*) ; ceci traduit des différences de variabilité spatiale quant à la réalisation des fonctions entre les deux zones.

3.3 Niveau du tissu d'exploitations

L'analyse des agro-écozones a montré que les conditions agronomiques et géophysiques contribuaient de manière variable et souvent contradictoire à la réalisation des fonctions au sein de ces zones dans des portions d'espaces de quelques centaines d'hectares. Face à cette complexité, l'analyse approfondie de ces conditions et de la réalisation effective des fonctions a été développée au niveau du tissu d'exploitations de quelques centaines d'hectares ; elle permet de mieux cerner la signification et l'effet des diverses conditions identifiées au niveau de l'agro-écozone. Cette analyse permet aussi de confronter la caractérisation faite précédemment sur la base de descripteurs relativement généraux (proches de ceux utilisés dans le land-planning, par exemple) et celle faite sur la base d'observations et d'enquêtes agronomiques de terrain.

L'analyse du tissu d'exploitations comprend plusieurs phases.

Nous caractérisons d'abord la réalisation effective des fonctions en ciblant une portion d'espace agricole d'une commune de la *Collina interna grossetana* et des Combrailles (communes de *Cinigiano* et de Condat-en-Combrailles). Nous en identifions et localisons ensuite les configurations spatiales de l'occupation du sol. Nous confrontons ensuite les résultats des deux caractérisations de l'espace agricole, et nous dégageons les liens les plus significatifs entre les caractéristiques issues de chacune des deux démarches. Une nouvelle caractérisation de la réalisation des fonctions apparait possible, et plus opérationnelle, par l'intermédiaire de quelques caractéristiques des configurations spatiales.

3.3.1 Réalisation effective des fonctions

Les thématiques de caractérisation des fonctions sont ici les mêmes qu'au niveau de l'agro-écozone ; par contre, les échelles et descripteurs varient en lien avec les caractéristiques des données de base mobilisables (Figure 6). L'ensemble de l'espace

caractérisé comprend seulement 1500 ha, et l'information concernant cette espace ne correspond qu'aux parcelles d'exploitations-types de la petite zone, et non à l'ensemble de l'espace agricole comme précédemment (au total : 480 ha inscrits dans les 1500 ha).

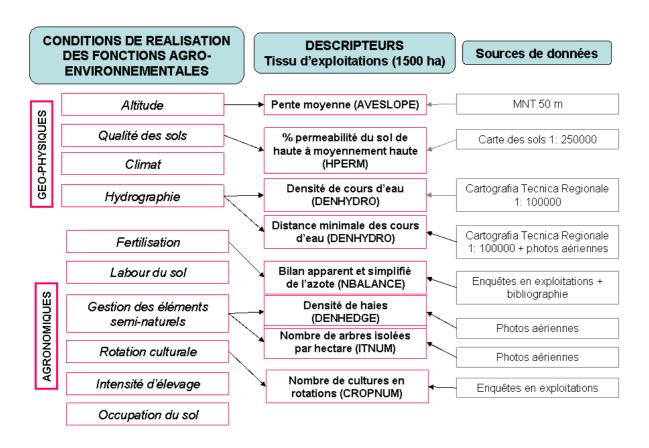


Figure 6 : Conditions de réalisation des fonctions agro-environnementales et exemples de descripteurs, pour le cas de *Cinigiano* (*Collina interna grossetana*).

Les conditions agronomiques relevées sont plus fines et proviennent d'enquêtes de terrain récentes (2008). L'attention portée à la variabilité de chacun des descripteurs a demandé de changer de méthode de classification pour ce niveau d'analyse où les écarts sont moins importants (utilisation du critère de Jenks au lieu des quartiles). Des conditions communes de réalisation des fonctions caractérisent la portion d'espace étudiée de *Cinigiano*. Le bilan apparent de l'azote est souvent excédentaire (+ 50 kg/ha par an en moyenne par parcelle), alors que les conditions géophysiques favorables au transport des nitrates dans les eaux de surface sont multiples et fréquentes (pente, faible perméabilité des sols, densité élevée de cours d'eau, fortes précipitations de printemps et d'automne). Le bilan de la matière organique est fortement déficitaire (-1315 kg/ha par an en moyenne par parcelle), tandis que les conditions géophysiques sont favorables à l'érosion et à la perte de matière organique du sol. Le nombre de cultures dans une rotation est particulièrement élevé. La mosaïque de cultures est complexe, chaque culture avoisinant

une forte diversité d'autres cultures ; ceci est favorable à la diversité de la mosaïque paysagère.

La Classification Ascendante Hiérarchique des parcelles caractérisées met en évidence cinq combinaisons de conditions correspondant finalement à trois types de réalisation effective des fonctions (Tableau 4). Ces types se distinguent surtout pour les fonctions préservation de la qualité des eaux et conservation du sol, la conservation de la diversité des paysages étant par contre semblable et le plus souvent moyennement favorable.

Tableau 4 : Caractéristiques des cinq combinaisons des descripteurs de réalisation des fonctions à *Cinigiano* (valeur moyenne du type et groupe d'appartenance issue de la comparaison de l'ensemble

des moyennes).

Combinaison	T1	T2	T3 T4		T5		
Surface	51 ha	152 ha	104 ha	40 ha	2 ha		
Localisation							
Réalisation effective fonction eau	Très favorable	Moyennement favorable	Moyennement favorable	Très favorable	Moyennement favorable		
Réalisation effective fonction sol	Moyennement favorable	Très favorable	Très favorable	Moyennement favorable	Moyennement favorable		
Réalisation effective fonction paysage	Moyennement favorable						
AVESLOPE ²	11a	16b	16b	17b	17b		
DISTHYDRO	21c	13bc	4a	2ab	84d		
DISTHEDGE	25b	4a	5a	0a	28b		
AVEPERM	2,8bc	2,6b	3c	2,6b	1,2a		
DENHYDRO	8a	25ab	52c	47bc	0a		
DENHEDGE	69a	109a	75a	74a	186b		
DENPATH	0,28b	0,27b	0,12a	0,22ab	0,12ab		
FIELDVIS	41b	55b	12a	88c	59bc		
NBALANCE	-11a	52c	-29a	-7ab	28bc		
CBALANCE	-41c	-906a	-451b	-1181a	-820a		
CROPNUM	0,91b	0,80ab	0,71a	2c	1,33c		
LCNUM	2,8b	2,9b	2,6ab	1,82a	2,17ab		
ITNUM	0,41a	1,63b	0,70a	0,27a	0a		

² Pour chaque parcelle : AVESLOPE indique la pente moyenne ; DISTHYDRO et DISTHEDGE la distance minimale avec un cour d'eau et une haie ; AVEPERM la classe moyenne de perméabilité du sol, DENHYDRO, DENHEDGE, DENPATH la densité de cours d'eau, de haies, de routes, FIELDVIS la visibilité par des points panoramiques, NBALANCE et CBALANCE le bilan d'azote et de carbone, LCNUM le nombre d'occupation du sol différente avoisinante, ITNUM le nombre d'arbres isolés.

Certaines caractéristiques spatiales des parcelles présentent des différences significatives entre les types ; il s'agit de la localisation des parcelles, leur mode d'occupation du sol, leur mode de faire-valoir (p<0,001), l'orientation productive de l'exploitation utilisatrice (p<0,01). Ce résultat nous a conduits à approfondir l'analyse des configurations spatiales de l'occupation du sol et de ses liens avec la réalisation des fonctions.

3.3.2 Configurations spatiales de l'occupation du sol

L'identification des configurations spatiales s'est faite à partir d'observations de terrain, d'analyses de photographies aériennes et du contenu des enquêtes en exploitation. Quatre configurations ressortent pour *Cinigiano* (Figure 7), que l'on appelle *Bord de rivière cultivé* (CS1), *Vergers domestiques* (CS2), *Périphérie de retenue collinaire* (CS3), *Clairière cultivée* (CS4). Pour chacune d'elle, on a mis en évidence les spécificités d'agencement des occupations du sol. Des tests statistiques ont permis de ne pas en rester à une appréciation qualitative de ces spécificités (tests du Chi-carré et de Wilcoxon). Le niveau de signification de la relation existant entre la configuration et le critère d'agencement considéré est souvent élevé (10 test significatifs sur les 13 effectués).

Une fois ces relations identifiées, nous avons pu spatialiser les configurations spatiales identifiées dans l'ensemble du tissu d'exploitations. Des différences de distribution spatiale et de voisinage apparaissent dans l'espace caractérisé (Figure 8). Le type *Bord de rivière cultivé* (CS1) est très fréquent (57% de la surface étudiée) du fait de la prépondérance des cultures dans cette zone et des nombreux cours d'eau présents. Ce type présente souvent des recoupements avec l'espace occupé par les types *Périphérie de retenue collinaire* (CS3) et *Clairière cultivée* (CS4). Les types *Vergers domestiques* (CS2), *Périphérie de retenue collinaire* (CS3) et *Clairière cultivée* (CS4) présentent par contre peu de recoupements entre eux.

Code (nom)	Représentation schématique d'une configuration spatiale de l'occupation du sol	Eléments descriptifs de cette configuration	Test statistique de signification des éléments descriptifs (Tests Chi-carré et Wilcoxon)
		Les parcelles proches des cours d'eau sont majoritairement des cultures	p = 7,56e-30 ***
CS1 (Bord de rivière cultivé)		Le rapport périmètre/surface des bois proches des cours d'eau est plus élevé que celui des bois éloignés.	p = 1,30e-07 ***
		Les surfaces des parcelles en cultures proches des cours d'eau sont plus grandes que les autres parcelles en cultures	p = 2,2e-16 ***
	à - * /	Les parcelles en vigne et oliveraies sont en majorité proches des routes et de l'habitat	p = 0,006 ***
CS2 (Vergers domestiques)		Les parcelles en vigne et oliveraies proches des routes et de l'habitat sont plus petites que les autres.	p = 0,97
		La longueur des haies est plus importante à proximité des routes et de l'habitat.	p = 0,005 ***
		Les parcelles proches des retenues collinaires sont en majorité en cultures ou en friche.	p = 0,0014 ***
CS3 (Périphérie de retenue collinaire)		Les parcelles en cultures proches des retenues collinaires ont une surface moyenne plus grande que les autres	p = 0,865
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		Le nombre de haies et d'arbres isolés à proximité des retenues collinaires est inférieur aux autres secteurs.	p = 3,9594e-245 ***
		Les surfaces en cultures se trouvent en majorité à proximité de bois présentant un faible rapport périmètre/surface	p = 0,0003 ***
CS4 (Clairière cultivée)		rapport périmètre/surface Les parcelles proches de bois avec un faible rapport périmètre/surface présentent un nombre plus élevé d'arbres isolés. p = 1,42279e-39	
	gurations anatisles de l'accumation	Les surfaces des parcelles en cultures proches de bois à faible rapport périmètre/surface sont plus importantes que celles des autres surfaces en cultures.	p = 0,4476

Figure 7: Configurations spatiales de l'occupation du sol à Cinigiano.

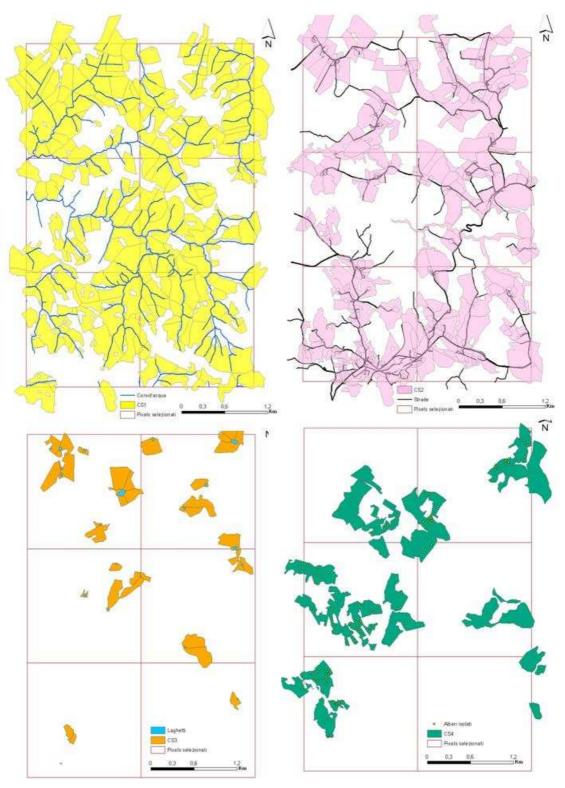


Figure 8 : Spatialisation des configurations spatiales de l'occupation du sol dans la zone d'étude de *Cinigiano*. En haut : *Bord de rivière cultivé* (CS1, carte de gauche) et *Vergers domestiques* (CS2, carte de droite). En bas : *Périphérie de retenue collinaire* (CS3, carte de gauche) ; *Clairière cultivée* (CS4, carte de droite)

3.3.3 Les configurations spatiales de l'occupation du sol sont-elles indicatrices de la réalisation effective des fonctions ?

A partir des données issues des deux phases précédentes, nous avons testé la relation existant entre la réalisation des fonctions et les configurations spatiales de l'occupation du sol dans l'espace analysé à *Cinigiano*.

Pour chaque configuration, il y a toujours, parmi les parcelles concernées, un type de réalisation très fréquent ; il correspond à celui relevé le plus souvent dans l'espace étudié (très favorable pour la fonction de conservation du sol et intermédiaire pour les autres). La fréquence des deux autres types discrimine par contre les configurations, sans nécessairement discriminer la réalisation effective de ces configurations. En effet, le *Bord de rivière cultivé* (CS1) est relativement spécifique en termes de réalisation des fonctions ; il diffère de CS2, CS3, CS4, et correspond à trois types de réalisation des fonctions T2, T3 et T5 (Tableau 4). Les *Vergers domestiques* (CS2) et la *Clairière cultivée* (CS4) correspondent à deux types de réalisation effective des fonctions, dont un est commun au *Bord de rivière* (T2 et T3).

Ceci signifie que la configuration la plus courante correspond à une réalisation spécifique des fonctions dans la zone étudiée. Les 3 autres configurations, minoritaires, correspondent pour deux d'entre elles à une réalisation spécifique de fonctions. Ces résultats montrent finalement que trois des quatre configurations distinguent les types de réalisations des fonctions dans l'espace étudié (CS1, CS2 et CS4).

Des tests de régression multinomiale ont aussi permis de qualifier la valeur prédictive des configurations spatiales vis-à-vis de la réalisation des fonctions. La valeur prédictive n'est satisfaisante (p=0,40) que pour un type de réalisation (favorable pour la fonction sol et moyennement favorable pour les fonctions eau et paysage), alors que la valeur prédictive est améliorée pour les deux autres types de réalisation lorsque l'on ajoute les variables concernant le faire-valoir des parcelles et la localisation des exploitations utilisatrices des parcelles (p=0,89).

Synthèse

Dans les deux portions d'espaces agricoles étudiées à *Cinigiano* et Condat-en-Combrailles (respectivement 1500 et 3000 hectares), les types de réalisation des fonctions mis en évidence sont peu différents avec cependant des distributions spatiales spécifiques.

Concernant les configurations spatiales, on observe plus souvent des recoupements de configurations dans le cas de *Cinigiano* que dans celui de Condat-en-Combrailles. Ceci indique probablement l'existence de configurations supplémentaires à *Cinigiano*, correspondant à ces intersections, qui seraient des zones d'interfaces entre différents éléments fixes du paysage et qui combineraient une part seulement de caractéristiques des configurations initiales.

La qualité prédictive des configurations spatiales pour la réalisation effective des fonctions n'est pas totalement satisfaisante pour les deux zones étudiées. Des perspectives d'amélioration sont possibles par l'ajout de quelques caractéristiques d'exploitation et de milieu aux conditions géophysiques et agronomiques initiales (pente dans le cas de Condat-en-Combrailles, localisation des exploitations et mode de faire-valoir des parcelles dans le cas de *Cinigiano*). Ces différences de perspectives d'amélioration entre les cas français et italien révèle que très probablement les règles et critères d'attribution des usages et des pratiques agricoles sont différents entre les régions, mais restent à préciser et à confronter. Finalement, les types de configurations spatiales de l'occupation du sol associés à quelques éléments morphologiques ou structurelles du tissu d'exploitation (relativement accessibles en terme d'information) permettent d'expliquer près de 90% de la variabilité des types de réalisation effective des fonctions agro-environnementales. Dans les deux cas d'étude, la caractérisation de la réalisation des fonctions peut se faire à un autre niveau que celui de l'exploitation ; il s'agit d'un niveau qui englobe des portions de tissu d'exploitations, décrites par leurs configurations spatiales.

Discussion

Cette recherche a eu comme objectif le développement d'une méthode de caractérisation des fonctions agro-environnementales dans un territoire. Cette méthode devait être capable : de considérer des fonctions multiples et la contribution des activités agricoles à la réalisation de ces fonctions, et de vérifier que des indicateurs spatiaux de cette réalisation -de type configuration spatiale de l'occupation du sol- étaient identifiables et pertinents. L'objectif n'était donc pas de fournir un outil et des indicateurs utilisables pour les acteurs en charge de la gestion de l'environnement ; il était de préciser les référents théoriques et la méthodologie pertinente pour cela. Pour répondre à cet objectif nous nous sommes appuyés sur l'étude de deux territoires européens, analysés à trois de leurs niveaux spatiaux (entité global : NUTS 3 ; entité intermédiaire : agro-écozone ; entité fine : tissu d'exploitations). L'analyse effectuée à ces niveaux avait pour but : l'identification des fonctions (cf NUTS 3), leur caractérisation en termes de réalisation potentielle (cf agroécozone), puis leur caractérisation en termes de réalisation effective (cf tissu d'exploitations). Pour chacun de ces niveaux le degré et la forme d'intégration des informations sur les activités agricoles a été différent, relevant des systèmes agraires pour le NUTS 3), de l'occupation du sol pour l'agro-écozone, des systèmes de cultures pour le tissu d'exploitations.

La discussion présentée dans cette partie ne vise pas à reprendre finement chacun des points abordés précédemment ; il s'agit plutôt d'analyser dans quelle mesure nous avons répondu à nos objectifs de départ. Nous avons pu caractériser la réalisation des fonctions agro-environnementales et quantifier le poids des configurations spatiales de l'occupation du sol dans cette réalisation pour deux territoires européens. Cependant, les résultats obtenus sont parfois différents entre les deux cas d'étude, et donc la montée en généricité de la démarche et des résultats reste à développer. De plus, nous avons fait un certain nombre de choix et de simplifications pour élaborer la méthode qui doivent être discutés. Ces points de discussion méthodologique feront l'objet d'un premier chapitre ; dans un deuxième chapitre, nous discuterons de l'apport de cette thèse pour l'agronomie des territoires. Dans un troisième chapitre, nous traiterons des questions ouvertes par ce travail et des pistes possibles en termes de recherche et d'opérationnalisation.

Discussion des résultats : la caractérisation des fonctions agroenvironnementales

Nous discutons dans ce chapitre trois points de résultats. D'abord, concernant la caractérisation des fonctions, nous nous intéressons à ce qui se dégage au niveau de l'agro-écozone et du tissu d'exploitation et aux relations entre ces deux niveaux. Ensuite, nous mettons en évidence la valeur ajoutée issue de la prise en compte des configurations spatiales de l'occupation du sol pour caractériser la réalisation des fonctions agro-environnementales. Enfin, nous analysons l'apport du travail pour la mise en œuvre des politiques agro-environnementales.

Caractérisation de la réalisation des fonctions

Concernant l'agro-écozone, nous avons mis en évidence la variabilité de réalisation des fonctions agro-environnementales ; cette variabilité concerne les niveaux de réalisations ("très favorable", "moyennement favorable", "peu favorable") et les combinaisons de niveaux relatives à plusieurs fonctions.

Dans le cas français, nous avons mis en évidence que pour l'ensemble de l'agro-écozone il y a toujours au moins une fonction de niveau "favorable", même si la fonction concernée varie selon les secteurs de la zone. Cette réalisation concerne la fonction de préservation de la qualité des eaux de surface dans tout le secteur occidental (50% de la surface de l'agro-écozone Combrailles) et les fonctions de maintien de l'ouverture du paysage et de la conservation de la diversité des paysages dans le secteur oriental (respectivement 19% et 31% de la surface). Nous en concluons que les activités agricoles fournissent des services agro-environnementaux (cf. fonctions avec niveau "favorable") qui concernent différemment l'ensemble du territoire des Combrailles (eau ou paysage).

Dans le cas italien, au contraire, aucune fonction n'est réalisée, et dans la plupart des cas, elles présentent un niveau de réalisation potentielle intermédiaire. Ceci nous amène à nous interroger sur d'éventuelles limites de la méthode pour ce type de territoire (choix des descripteurs, résolution des données utilisées, taille des pixels).

Concernant les combinaisons de réalisations des fonctions, nous relevons un cas seulement de synergie entre fonctions où la plupart des descripteurs traduisent des conditions identiques pour la réalisation des fonctions. Dans le cas français, la combinaison est alors globalement favorable, dans le cas italien globalement défavorable. Ceci nous conforte dans l'idée qu'il faut d'abord clarifier, et notamment spatialiser, les

objectifs de gestion du territoire, avant toute caractérisation de la réalisation des fonctions; la caractérisation de la contribution des activités agricoles à la réalisation des fonctions et les interactions entre les fonctions sont fortement conditionnées par cette phase préliminaire.

Au niveau du tissu d'exploitation, comme au niveau de l'agro-écozone, nous avons identifié différentes réalisations des fonctions, en termes de niveaux et de combinaisons. Le nombre des descripteurs étant élevé, il y a souvent des compensations entre les descripteurs. Les indicateurs relatifs aux haies et cours d'eau, qui traduisent la présence d'éléments structurels à gestion partagée ou collective, influencent toutefois fortement le type de réalisation effective des fonctions. Nous avons encore relevé dans le cas français, au niveau du tissu d'exploitations, une réalisation favorable pour la fonction préservation de la qualité des eaux de surface pour l'ensemble du territoire, alors que les fonctions de maintien de l'ouverture du paysage et de la conservation de la diversité des paysages sont majoritairement de niveau moyennement favorable. Une situation plus complexe est observée dans le cas italien ; les fonctions de préservation de la qualité des eaux de surface et de conservation du sol ne sont favorables que sur des petits secteurs distincts. Ceci nous amène à comparer la réalisation des fonctions aux niveaux de l'agro-écozone et du tissu d'exploitation (Figure 9).

	Cas d'étude français					Cas d'étude italien													
Agro-écozone	Plateau d'altitude					Colline à dominante de cultures				Collina interna grossetana									
Fonctions	Ea	ıu		sage erture)		sage rsité)	E	au	S	ol		sage rsité)	Ea	Eau		Sol		Paysage (diversité)	
Réalisation des fonctions																	1		
Tissu d'exploitations	Condat-en Combrailles				Cinigiano Cinigiano														
Fonctions	Ea	ıu		sage erture)		sage rsité)	Eau		Sol Paysage (diversité)			Eau		Sol		Paysage (diversité)			
Réalisation des fonctions	T1 ³	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T2	T3	T2	T3	T2	Т3	

Figure 9 : Comparaison des types de réalisation des fonctions agro-environnementales concernant l'agro-écozone et le tissu d'exploitation pour les deux cas d'étude. En vert nous indiquons une fonction dont le niveau de réalisation est "favorable", en orange une fonction "moyennement favorable", en rouge une fonction "peu favorable".

Nous pouvons dégager deux points importants de cette comparaison.

En premier, on constate qu'il y a des différences dans les relations entre caractérisation produite pour l'agro-écozone et caractérisation produite pour le tissu d'exploitations ; ces

_

³ Avec Tn nous indiquons les types de réalisation des fonctions (cf. Tableau 3 pour le cas italien).

deux caractérisations sont très proches dans le cas français et plus différentes dans le cas italien. Ceci peut indiquer que dans les secteurs plus homogènes en termes de géomorphologie et d'utilisation du sol, tels que les Combrailles, une caractérisation au niveau infrarégional peu suffire et être relativement significatif de ce qui se passe au niveau du tissu d'exploitation. Il y aurait donc dans ce cas une proximité importante entre réalisation potentielle et réalisation effective des fonctions.

En deuxième, on note que les types de réalisation des fonctions sont plus favorables quand il s'agit du tissu, comparativement à ce qu'on observe dans l'agro-écozone, dans le cas italien. Nous en concluons qu'une caractérisation des fonctions agro-environnementales basée exclusivement sur des descripteurs d'occupation du sol (réalisation potentielle / agro-écozone) est moins favorable que celle basée sur des descripteurs relevant du fonctionnement des exploitations (réalisation effective / tissu d'exploitations). En conséquence, pour les terrains à forte variabilité d'occupation du sol, une caractérisation de la réalisation effective des fonctions sera particulièrement nécessaire pour discriminer plus exactement les niveaux de réalisation des fonctions.

Relations entre réalisation des fonctions et configurations spatiales de l'occupation du sol

Une comparaison de la capacité prédictive d'informations relatives à la réalisation des fonctions a été réalisée pour les deux cas d'étude (Tableau 5). Nous avons privilégié une comparaison par information de base, et n'avons pas comparé les divers couples ou combinaisons d'information (occupation et configuration, occupation et pente, configuration et pente, etc.).

Nous concluons de la comparaison qu'à Condat-en-Combrailles, les configurations spatiales de l'occupation du sol n'apportent pas de valeur ajoutée pour la caractérisation de la réalisation effective des fonctions ; ceci conforte nos conclusions précédentes quant au fait que l'occupation du sol est suffisante pour estimer les types de réalisation effective des fonctions, et qu'une caractérisation au niveau infrarégional est suffisante. Au contraire, dans le cas de *Cinigiano*, les configurations spatiales et d'autres facteurs concernant la localisation et le mode de faire-valoir des parcelles apportent une valeur ajoutée (en termes de capacité prédictive et de qualité de la prédiction) pour la caractérisation des fonctions au niveau du tissu d'exploitations (par rapport à l'occupation du sol ou à la pente prise isolément). Dans ce cas, les configurations spatiales de l'occupation du sol,

associées à quelques indicateurs relatifs aux exploitations agricoles, pourraient donc représenter un indicateur efficace pour identifier des entités spatiales de gestion agroenvironnementale dans le territoire. De tels entités ne sont pas de nature exclusivement agricole (parcelles de différentes exploitations incluant des éléments naturels en lisière tels que haies et cours d'eau) ni de nature exclusivement environnementale (bassin versant, vallée) ; ce type d'entités spatiales a été identifié et analysé aussi par Lardon et al. (2001).

Tableau 5 : Comparaison des informations apportées par différentes variables prédictives de la réalisation des fonctions dans les deux cas d'étude.

réalisation des fonctions dans les deux cas d'étude.										
	Condat-en-Comb	railles (30	Cinigiano (1500 ha)							
	Capacité prédictivo (Multinomial Logit 10 répétitions)		Qualité de la prédiction	Capacité prédic (Multinomial Logi répétitions	Qualité de la prédiction					
Occupation du sol	p=0,89		100% T1 ⁴ , 0% T2 ⁵	p=0,54	$0\% \text{ T1}^6$, $100\% \text{ T2}^7$, $0\% \text{ T3}^8$					
Configuration spatiale de l'occupation du sol	p=0,89		100% T1; 0% T2	p=0,65	6%T1, 99% T2, 0% T3					
Pente	p=0,89		99% T1; 1% T2	p=0,72	48% T1, 97% T2, 0% T3					
Pratiques agricoles	UBAFIELD ⁹	p=0,89	100% T1;	NBALANCE	p=0,65	0% T1, 100% T2, 0% T3				
Frauques agricoles	OBAI ILLD		0% T2	CBALANCE	p=0,69	29% T1, 99% T2, 0% T3				
Localisation des exploitations agricoles	p=0,89		100% T1, 0% T2	p=0,78		13% T1, 93% T2, 82% T3				
Gestion des exploitations	Types d'agriculteurs (professionnels, double- actifs, retraités)	p=0,89	100% T1, 0% T2	Mode de faire valoir des parcelles	p=0,78	0% T1, 100% T2, 81% T3				

⁴ T1, pour le cas de Condat-en-Combrailles, type présentant une réalisation favorable de la fonction eau et moyennement favorable pour les fonctions de préservation de l'ouverture des paysages et conservation de leur diversité.

⁵ T2, pour le cas de Condat-en-Combrailles, type présentant une réalisation favorable de la fonction eau, peu favorable pour la conservation de la diversité du paysage et moyennement favorable pour l'ouverture du paysage.

⁶ T1, pour le cas de *Cinigiano*, type présentant une réalisation peu favorable de la fonction eau et de conservation du paysage et une réalisation moyennement favorable pour la conservation du sol.

⁷ T2, pour le cas de *Cinigiano*, type présentant une réalisation moyennement favorable de la fonction eau, favorable pour la conservation du sol, moyennement favorable pour la diversité du paysage.

⁸ T3, pour le cas de *Cinigiano*, toutes les fonctions sont moyennement favorables.

⁹ UBAFIELD = Chargement animal par hectares du surface fourragère calculée à la parcelle.

Limites et validation des résultats

Les trois principaux éléments pouvant affecter la qualité de nos résultats sont les sources de données utilisées, le manque de pondération des descripteurs et le manque de validation.

Du point de vue des sources de données, nous avons choisi d'utiliser des éléments facilement accessibles, dont la précision n'est peut être pas totalement suffisante. Toutefois, surtout au niveau des agro-écozones, il s'agit souvent de données couramment utilisées par les gestionnaires des territoires (e.g. pente, qualité du sol, occupation du sol). Une amélioration de la précision et de la fréquence d'actualisation des bases de données disponibles (cf. technologies de télédétection) ou la diffusion de données agricoles agrégées à un niveau infra-communale (pour l'Italie, notamment) pourraient permettre de surmonter cette limite.

Concernant la pondération des descripteurs, nous ne l'avons pas développé étant donné que nous ne disposons pas d'informations croisées suffisantes sur les relations entre niveaux de réalisation des fonctions et processus agro-environnementaux. Une approche pour améliorer ce point consisterait à interroger différents acteurs et à intégrer leur expertise pour l'attribution du poids, tel que le proposent Castoldi et Bechini (2009), ou à améliorer ce point sur la base de l'importance relative de la surface à enjeu comme suggéré par Kienast et al. (2010).

Quant à la validation des résultats, elle apparait difficile du fait d'un manque d'informations simultanément aux trois niveaux considérés. Toutefois, au niveau de l'agro-écozone, une comparaison qualitative avec des cartographies réalisées dans le cadre de politiques territoriales, nous a permis de tirer quelques éléments quant à la validité, voire la valeur ajoutée de nos résultats. Il ressort en effet que nous apportons des informations quant à la variabilité de réalisation des fonctions qui ne se limitent pas à la variabilité de l'occupation du sol comme c'est souvent le cas dans ces documents. De plus, nous ne nous limitons pas à l'espace strictement agricole, et considérons tous les espaces compris et environnant des éléments naturels tels que des cours d'eau. De ce fait, les interactions entre espaces agricoles et naturels sont mieux prises en compte.

Apports pour les politiques de gestion du territoire

Les trois niveaux d'analyse de la thèse apportent des éléments pouvant contribuer à mieux définir des politiques agro-environnementales.

Au niveau NUTS 3, nous avons montré que pour des fonctions agro-environnementales similaires, les systèmes agraires peuvent être très différents. Il est donc important que les politiques prennent mieux en compte à ce niveau ces différents systèmes. La variabilité spatiale des fonctions constatée à ce niveau conduit à renforcer et affiner la territorialisation des politiques.

Au niveau de l'agro-écozone, la variabilité de la réalisation des fonctions apporte des éléments de réflexion pour les acteurs impliqués dans une gestion combinée des activités agricoles et de l'environnement (collectivités territoriales, coopératives agricoles et groupement de producteurs, parcs) ; ces éléments portent sur la localisation et le contenu des mesures pour améliorer la réalisation des fonctions.

Enfin, au niveau du tissu d'exploitation, il est possible d'identifier à la fois les parcelles d'exploitations favorables à la réalisation effective des fonctions et celles où un changement de pratiques est possible en lien avec les caractéristiques du milieu. A ce niveau, les configurations spatiales pourraient constituer un support dans des actions de médiation, ou dans des démarches participatives, entre producteurs et gestionnaires du territoire, étant donné que ces entités spatiales ont du sens pour ces deux types d'acteurs.

La contribution à l'agronomie des territoires

La discussion porte sur deux points : les liens et l'intérêt de l'approche vis-à-vis de l'agronomie des territoires, les liens et l'intérêt pour l'agronomie "fondamentale".

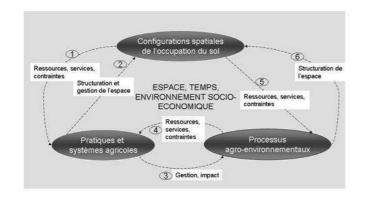
Opérationnalité d'une approche en agronomie des territoires

Nous avons au départ fait le choix de traiter la question de la caractérisation des fonctions agro-environnementales à partir d'une approche d'agronomie des territoires. Pour cela, nous avons proposé un schéma de base pour représenter ce champ disciplinaire (Figure 1); il considérait et représentait des relations entre pratiques et systèmes agricoles, processus agro-environnementaux et configurations spatiales de l'occupation du sol. Pour rendre notre approche opérationnelle, nous avons décliné ce schéma avec nos objets de recherche et les trois niveaux d'organisation considérés. A chaque étape, des relations spécifiques entre ces objets ont été prises en compte (Figure 11).

Concernant les systèmes et pratiques agricoles, ils ont été déclinés à chacun des trois niveaux sous forme de systèmes agraires (niveau NUTS 3), d'occupations du sol (niveau agro-écozone), et systèmes de cultures (niveau tissu d'exploitations). Chacune de ces informations étaient en lien avec celles de niveau supérieur, puisque la nature et l'entité

spatiale des informations concernées ont été fixées sur la base des résultats du niveau supérieur. Par exemple, au niveau des agro-écozones, l'occupation du sol a été identifiée en fonction d'éléments de la caractérisation des systèmes agricoles, et au niveau du tissu d'exploitations, les systèmes de cultures enquêtées ont concerné les occupations du sol dominantes mises en évidence par l'analyse des agro-écozones.

Les configurations spatiales de l'occupation du sol, bien que présentes au niveau NUTS 3, ont été étudiées plus spécifiquement au niveau du tissu d'exploitation. Nous avons toutefois montré précédemment qu'elles pourraient aussi être traités au niveau de l'agro-écozone dans des territoires à forte diversité d'occupation du sol et de milieu, et qu'elles ont alors aider à identifier des secteurs présentant un même type de réalisation des fonctions. Concernant les processus agro-environnementaux, ils ont été pris en compte à tous les niveaux, mais pas de manière explicite, car les connaissances sur ces processus ont servi pour la caractérisation de la réalisation des fonctions.



- ← Schéma tripode générique des relations entre pratiques et systèmes agricoles, processus agro-environnementaux et configurations spatiales de l'occupation du sol
- ↓ Schéma tripode adapté aux objets et niveaux d'organisation de la thèse

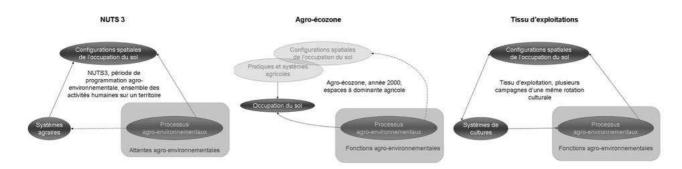


Figure 10 : Déclinaisons des relations de base relevant de l'agronomie des territoires dans le cadre de la méthode proposée : chaque niveau concerne des relations spécifiques inscrites dans le schéma de base.

C'est justement en regardant le rôle que jouent dans la thèse les processus agroenvironnementaux que nous avons pu vérifier l'adaptabilité du tripode à différents objets de recherche. En effet, nous nous sommes servis des informations concernant ces processus d'une part pour mieux décliner les attentes environnementales, d'autre part pour caractériser la réalisation des fonctions.

Retour sur une approche agronomique

Cette thèse utilise des concepts ou des démarches qui dépassent le champ strict de l'agronomie et se situe à la croisée de plusieurs disciplines s'intéressant aux territoires, telles que la sociologie rurale (cf. identification des attentes environnementales), la géographie (cf. caractérisation d'entités spatiales), l'écologie du paysage (cf. caractérisation de configurations spatiales de l'occupation du sol), la planification (cf. caractérisation de fonctions réalisées dans le territoire). Elle relève toutefois bien d'une approche agronomique du fait du grand nombre de concepts mobilisés dans cette discipline (systèmes agraires, exploitations agricoles, pratiques agricoles).

En termes de productions et de perspectives, cette thèse concerne aussi l'agronomie sur différents points ; elle met en évidence le besoin de la généralisation des résultats de modélisation à des niveaux plus englobants que celui de la parcelle et de l'exploitation agricole (e.g. Faivre et al., 2004 ; Sebillotte, 2006 ; Clermont-Dauphin et al., 2008), elle donne des pistes pour l'identification d'entités spatiales significatives pour la gestion des territoires (e.g. Deffontaines, 1998 ; Lardon et al., 2001 ; Joannon, 2004 ; Thenail et Baudry, 2005), elle ouvre des perspectives de production de résultats scientifiques en appui à d'autres acteurs que les agriculteurs (e.g. van Ittersum et al., 2008 ; Sterk et al. 2009), et de prise en compte des potentialités agricoles des territoires (e.g. Deffontaines, 1998 ; Bocchi et Castrignanó, 2007).

Pour la généralisation des résultats de modélisation, nous avons suivi une démarche inverse à celle normalement utilisée par les agronomes, c'est-à-dire une démarche descendante de segmentation progressive de l'espace et non d'agrégation. Partant d'un territoire large, le NUTS 3, nous avons affiné l'analyse jusqu'au niveau du fonctionnement des exploitations agricoles pour tester l'hypothèse sur les relations entre type de réalisation des fonctions et configurations spatiales de l'occupation du sol. Á partir des résultats obtenus à ce niveau, nous montrons qu'il est possible d'avoir une démarche ascendante avec une remontée en généricité au niveau d'agro-écozones (Figure 2). Ces agro-écozones n'ont pas été sélectionnées à priori sur la base de quelques éléments liés aux questions à traiter comme c'est souvent le cas (e.g. Herzog et al. (2005), elles

proviennent d'une analyse systématique et objective réalisée à un niveau plus englobant. Ceci met en évidence l'intérêt pour les agronomes d'une phase préliminaire d'analyse au niveau les plus englobant pour faciliter la montée en généricité des résultats obtenus sur des niveaux fins d'analyse.

Pour la production d'entités spatiales significatives pour la gestion agroenvironnementales, d'après la littérature, elle a concerné jusqu'à présent des processus agro-environnementaux très spécifiques, tels que la gestion des parcelles en bordure de rivière (Thenail et Baudry, 2005), la maîtrise des processus d'érosion dans les bassins versant, la prise en compte du paysage et de l'agriculture (Deffontaines, 2006).

Dans la thèse, nous avons pris en compte plusieurs fonctions agro-environnementales et identifié des entités spatiales, sous forme de configurations spatiales de l'occupation du sol qui, dans certains cas (e.g. en situation de forte diversité d'occupation du sol et de milieu), sont significatives de niveaux de réalisation de plusieurs fonctions agroenvironnementales. Bien qu'il s'agisse là de premiers résultats et limités à un secteur d'un cas d'étude, cette recherche ouvre des pistes pour l'identification de zones "iso-multi fonctionnelles" mobilisables pour la gestion des ressources naturelles dans les territoires à dominante agricole. Dans ce sens, cette recherche participe à l'appui à des acteurs du territoire au-delà des agriculteurs ou groupements d'agriculteurs. Nous avons montré précédemment que la méthode développée peut apporter des résultats à la fois pour les collectivités territoriales, en termes d'arguments pour une territorialisation des politiques, pour des acteurs intermédiaires, afin de localiser des secteurs pour l'adoption de différentes mesures agro-environnementales, et pour les agriculteurs, afin de fournir des éléments concernant les choix d'intensification ou d'extensification de parcelles d' exploitation (e.g. petites parcelles défavorables pour la fermeture du paysage dans le cas français).

Enfin, par rapport à une approche classique en agronomie, la prise en compte des potentialités agricoles des territoires (Rossiter, 1996; Deffontaines, 1998) est ici revisitée dans ce travail avec une prise en compte des fonctions de production et des fonctions environnementales qui leurs sont associées.

Perspectives

Plusieurs suites peuvent être données à cette recherche, principalement à cause de son caractère méthodologique et exploratoire ; nous en énonçons ici trois qui nous semblent plus rapidement souhaitables et faisables. Elles concernent : 1) le test de la relation entre réalisation des fonctions et configurations spatiales dans d'autres secteurs des agro-écozones prises en compte, afin de compléter et conforter nos conclusions sur ce lien dans des secteurs très hétérogènes, 2) la validation plus large de la différence entre territoires méditerranéens et continentaux, concernant la relation entre des types de réalisation des fonctions et des configurations spatiales, 3) la confrontation des résultats obtenus sur les fonctions avec les acteurs locaux.

La première perspective semble particulièrement possible dans le cas italien. En effet, une thèse vient d'être terminée sur la caractérisation de la fonction conservation du sol au niveau d'un bassin versant dans l'agro-écozone (Debolini, 2010). Les données disponibles portent sur l'occupation du sol d'environ 17000 ha et sur 23 exploitations agricoles représentatives de ce secteur.

La deuxième perspective relative aux différences entre secteurs méditerranéens et continentaux, est à mettre à l'épreuve sur une diversité de systèmes agraires en zone méditerranéenne. En effet, les systèmes pastoraux méditerranéens présentent des contraintes fourragères et d'utilisation des surfaces qui peuvent finalement aboutir à des résultats similaires aux systèmes d'élevage continentaux observés ; les systèmes méditerranéens considérés jusqu'à présent dans cette thèse sont plutôt de type polyculture-élevage avec des élevages principalement hors-sol.

Enfin, les résultats sont à communiquer et débattre avec les acteurs de terrains. En effet, des confrontations ponctuelles ont été effectuées, mais pas de manière systématique. Trois éléments pourraient être objets de confrontation pour permettre une validation des résultats obtenus : les attentes environnementales et fonctions agro-environnementales identifiées, la réalisation des fonctions, le rôle et l'efficacité des configurations spatiales de l'occupation du sol comme entité spatiale de référence pour les questions environnementales.

Conclusion

Cette thèse est fondée sur le constat que des outils sont nécessaires, dans le cadre des récentes politiques agro-environnementales européennes, pour évaluer et différencier la territoires et des activités agricoles contribution des aux fonctions environnementales. Toutefois, à cause d'un manque de connaissances des relations entre différentes fonctions ainsi que d'un manque de données adaptées sur les activités agricoles et les milieux dans les territoires, cette contribution reste difficile à appréhender. En partant d'une approche d'agronome et prenant en compte la dimension territoriale des systèmes et activités agricoles, des processus et fonctions agro-environnementales et des configurations spatiales de l'occupation du sol, nous avons proposé une méthode de caractérisation des fonctions agro-environnementales. Cette méthode n'a pas eu l'ambition de produire un outil pour la mise en place ou le suivi de politiques, mais de tester si les configurations spatiales de l'occupation du sol pouvaient aider à différencier les niveaux de réalisation des fonctions dans les territoires.

Nous avons travaillé à trois niveaux spatiaux et dans deux cas d'étude européens en région continentale et méditerranéenne (département du Puy-de-Dôme en France et province de *Grosseto* en Italie). Nous avons montré que les configurations spatiales de l'occupation du sol représentent une valeur ajoutée pour différencier la réalisation des fonctions agro-environnementales, au niveau du tissu d'exploitation, seulement dans le cas d'une forte variabilité des occupations du sol et des caractéristiques de milieu, typiques des régions méditerranéennes. Dans les autres cas, une analyse à un niveau infrarégional (agro-écozone) semble apporter des éléments suffisants de différenciation de cette réalisation. Ceci indique qu'il existe des cas où l'on peut s'abstraire du niveau d'analyse relatif au fonctionnement de l'exploitation, et où les données sont difficiles à obtenir ; on en reste alors à une caractérisation large de l'occupation du sol et des caractéristiques du milieu physique. Dans certains cas, il est important de prendre en compte le niveau de l'exploitation agricole ; la connaissance complémentaire des configurations spatiales de l'occupation du sol est un indicateur de la réalisation des fonctions agro-environnementales par les exploitations. Ces configurations spatiales pouvant être identifiées à différentes échelles, elles pourraient aider à la mise en place de des politiques territoriales. Nous n'avons pas traité dans ce travail le niveau de signification des configurations spatiales de l'occupation du sol identifiées dans de larges territoires, ni testé leur mise à l'épreuve par des gestionnaires locaux : ces deux aspects restent à développer.

Sur le plan méthodologique et conceptuel, cette thèse a contribué à mieux définir les bases d'une approche territoriale des fonctions environnementales de l'agriculture en positionnant les pratiques et systèmes agraires au cœur des dynamiques agroenvironnementales. Elle a permis de redéfinir le rôle de l'agronomie dans cette thématique qui est actuellement largement dominée par des approches en économie appliquée (cf. ecological economics). En effet, l'agronomie considère d'une part les activités agricoles comme des activités humaines d'agriculteurs, d'autre part elle a développé une étude des écosystèmes agraires allant au delà des écosystèmes naturels et semi-naturels, comme lieu de pratiques agricoles et donc de la gestion des ressources naturelles.

La prise en compte de l'occupation du sol et des configurations spatiales de l'occupation du sol pour caractériser la réalisation des fonctions permettent de rapprocher des approches écologiques et spatiales avec une approche agronomique ; ceci constitue donc un outil de dialogue à la fois scientifique entre différentes disciplines et avec les acteurs en charge de la programmation agro-environnementale des territoires.

Bibliographie citée

Benoît M., Deffontaines J. P., Lardon S. (2006). Acteurs et territoires locaux – vers une géoagronomie de l'aménagement. Quae Editions.

Bocchi S., Castrignanó A. (2007). Identification of different potential production areas for corn in Italy through multitemporal yield map analysis. Field Crops Research 102: 185-197.

Castoldi N., Bechini L. (2009). Integrated sustainability assessment of cropping systems with agro-ecological and economic indicators in northern Italy. European Journal of Agronomy 32: 59-72

Clermont-Dauphin C., Crozat Y., David C., Loyce C., Makowski D., Meynard J.-M., Valantin-Morison M., Jeuffroy M.-H., Malézieux E., Doré T. (2008). Methodological progress in on-farm regional agronomic diagnosis - A review. Agronomy for Sustainable Development 28: 151-161.

Debolini M. (2010). Evoluzione dell'agricoltura e problematiche di conservazione del suolo nei territori agricoli mediterranei. Tesi di Perfezionamento in Scienze Agrarie, Scuola Superiore Sant'Anna (Pisa), 165 pp.

Deffontaines J. P. (1991). L'agronomie, science du champ. Le champ, lieu d'interdisciplinarité : de l'écophysiologie aux sciences humaines. Agronomie 11 : 581-591.

Deffontaines J. P. (1998). Enjeux spatiaux en agronomie. In : Deffontaines J. P. (Ed.) Les sentiers d'un géoagronome. Editions Arguments, 64-71

Deffontaines J. P. (2006). Analyse du paysage. In : Benoît M., Lardon S., Deffontaines J. P. (Eds.) Acteurs et territoires locaux – Vers une géoagronomie de l'aménagement. Editions Quae, 69-83.

De Groot, R. (2006). Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. Landscape and Urban Planning 75:175-186.

De Groot, R. S., Wilson, A. M., and Boumans, R. N. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystems functions, goods and services. Ecological Economics 41: 393-408.

Doré T. (2006). Introduction générale. In: Doré T., Le Bail M., Martin P., Ney B., Roger-Estrade J. (Eds.) L'agronomie aujourd'hui. Éditions QUAE, Versailles, 23-29.

Faivre R., Leenhardt D., Voltz M., Wallach D., Dedieu G., Papy F., Benoît M. (2004). Spatialising crop models. Agronomie 24 : 205-217.

Forman R. T. T. (1995). Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press.

Hein L., van Koppen K., De Groot R. S., van Ierland E. C. (2006) Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. Ecological Economics 57: 209-228.

Herzog F., Steiner B., Bailey D., Baudry J., Billeter R., Bukacek R., De Blust G., De Cock R., Dirksen J., Dormann C. F., De Filippi R., Frossard E., Liira J., Schmidt T., Stöckli R., Thenail C., van Wingerden W., Bugter R. (2006). Assessing the intensity of temperate European agriculture at the landscape scale. European Journal of Agronomy 24: 165-181.

Kienast F., Bolliger J., Potschin M., De Groot R. S., Verburg P. H., Heller I., Washer D., Haines-Young R. (2009). Assessing landscape functions with broad-scale environmental data: insights gained from a prototype development in Europe. Environmental Management 44:1099-1120.

Lardon S., Deffontaines J. P., Osty P. L. (2001). Pour une agronomie du territoire : prendre en compte l'espace pour accompagner le changement technique. Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture, 1-4 : 187-198.

Marraccini E., Galli M., Rapey H., Lardon S., Bonari E. (2009). Multiple agro-environmental functions targeted by decision-makers: a compared approach in two European regions. Proceedings of the European International Association for Landscape Ecology (IALE) Conference, Salzburg, July 2009, 167-172

Merot P., Hubert-Moy L., Gascuel-Odoux C., Clement B., Durand P., Baudry J., Thenail C. (2006). A method for improving the management of controversial wetland. Environmental Management 37:258-27.

Moonen A. C., Galli M., Lardon S., Rapey H., Silvestri N., Benoît M., Thenail C., Marraccini E., Rizzo D., Debolini M., Barberi P., Bonari E. (2010). A Winter School in landscape agronomy and the synergies it creates. Proceedings of the 9th European IFSA Symposium, 4-7 July 2010, Vienna (Austria), 2176-2183.

Mottet A. (2005). Transformations des systèmes d'élevage depuis 1950 et conséquences pour la dynamique des paysages dans les Pyrénées. Contribution à l'étude du phénomène d'abandon de terres agricoles en montagne à partir de l'exemple de quatre communes des Hautes-Pyrénées. Thèse en Sciences Agronomiques, Institut National Polytechnique de Toulouse, 327 pp.

Neumann B., Lütz M., Schüpbach B., Szerencsits E. (2009). Spatial modelling for the development of agri-environmental programs. Regional and Environmental Change 9:197-207.

OECD (2001). Multifunctionality: towards an analytical framework. OECD, Paris. Consultato online il 19 Ottobre 2010 al sito Internet: http://www.oecd.org/dataoecd/43/31/1894469.pdf

Payraudeau S., Hayo M. G. van der Werf (2005). Environmental impact assessment for a farming region: a review of methods. Agriculture, Ecosystems and Environment 107: 1-19.

Pinto-Correia T., Haines-Young R., Parris K. (2004). Values and assessment of multifunctional landscapes. Dans: Brandt J., Vejre H. (Eds), Multifunctional landscapes, Vol. I - Theory, Values and History, WIT press, 273-276.

Rossiter D. G. (1996). A theoretical framework for land evaluation. Geoderma 72:165-190.

Sebillotte M. (2006). Penser et agir en agronome. Dans : Doré T., Le Bail M., Martin P., Ney B., Roger-Estrade J. (Eds), L'agronomie aujourd'hui. Éditions QUAE, 1-21.

Sterk B, Carberry P, Leeuwis C., van Ittersum M.K., Howden M., Meinke H., van Keulen H., Rossing W.A.H (2009). The interface between land use systems research and policy: Multiple arrangements and leverages. Land Use Policy 26: 434-442.

Thenail C., Baudry J. (2005). Farm riparian land use and management: driving factors and tensions between technical and ecological functions. Environmental Management 36: 640-653.

Willemen L., Verburg P. H., Hein L., van Mensvoort M. E. F. (2008). Spatial characterization of landscape functions. Landscape and Urban Planning 88: 34-43.

Van Ittersum M. K., Ewert F., Heckelei T., Wery J., Alkan Olsson J., Andersen E., Bezlepkina I., Brouwer F., Donatelli M., Flichman G., Olsson L., Rizzoli A. E., van der Wal T., Wien J. E., Wolf J. (2008). Integrated assessment of agricultural systems – A component-based framework for the European Union (SEAMLESS). Agricultural Systems 96: 150-165.

Vejre H., Abildtrup J., Andersen E., Andersen P. S., Brandt J., Busck A., Dalgaard T., Hasler B., Huusom H., Kristensen L. S., Kristensen S. P., Præstholm S. (2007) Multifunctional agriculture and multifunctional landscapes - land use as interface. In: Mander Ü., Wiggering H. Helming K. (Eds), Multifunctional Land Use. Meeting Future Demands for Landscape Goods and Services. Springer Verlag, Berlin, 93-104.

Résumé : Plusieurs enjeux concernant les ressources environnementales mobilisées par l'agriculture sont l'objet de politiques européennes. Leur implémentation régionale est difficile du fait d'un manque d'outils et de données pour évaluer en même temps des fonctions agroenvironnementales (FAE) et différentes activités agricoles. En analysant les relations entre systèmes de production, processus agro-environnementaux et configurations spatiales de l'usage du sol, nous faisons l'hypothèse qu'il existe un lien entre ces configurations spatiales et la réalisation des FAE, résultant de conditions influencant ces processus. Notre méthode se caractérise par la prise en compte de multiples fonctions, l'articulation de plusieurs niveaux spatiaux, l'utilisation d'analyses spatiales, une confrontation au terrain par des approches empiriques sur deux régions. Nous l'avons testée dans deux NUTS 3, le département du Puy-de-Dôme (France) et la province de Grosseto (Italie) ayant en commun une hétérogénéité de conditions agro-environnementales (plaines céréalières / élevage extensif en montagne) et d'importantes différences (climat, occupation du sol). Ces régions montrent une réalisation semblable des FAE aux niveaux de la petite région et d'entités paysagères. Le cas français présente une forte variabilité de réalisation des FAE, relativement groupées dans l'espace ; de ce fait, la prise en compte des configurations spatiales apporte peu de nuances supplémentaires pour appréhender la réalisation des FAE dans des espaces restreint. Dans le cas italien au contraire, la réalisation des FAE est très variable dans l'espace et cette variabilité est liée aux configurations spatiales qui améliorent la caractérisation de la réalisation des FAE. En conclusion, les configurations spatiales de l'usage du sol semblent plus utiles à la caractérisation de la réalisation des FAE dans des régions où la variabilité spatiale des FAE est importante, comme en zone méditerranéenne.

Mots-clés : fonctions agro-environnementales, usage du sol, analyse multi-niveaux, analyse spatiale, territoire.

Abstract: European agro-environmental policies target several environmental resources used for farming. Difficulties in considering multiple agro-environmental functions (AEF) and farming activities, along with lack of databases, hinder the implementation of such policies at regional scale. Hence we propose a method to qualify AEF fulfilment at landscape and regional scales. Starting from the relationships among farming systems, agro-environmental processes and land use patterns, we suppose a link between land use patterns and AEF fulfilment obtained from biophysical conditions influencing such processes. The method was multiple functions oriented, because of the current agro-environmental policies; at multiple levels, because of the complex relationships between our research subjects; spatially-explicit, to be reproducible for different time spans; empirical, because partially based on assumed relationships between descriptors of AEF fulfilment. We have tested the method in two European NUTS3: Puy-de-Dome (France) and Grosseto Province (Italy), presenting similar agro-environmental heterogeneity (e.g. varying from arable crops plains to extensive livestock mountains) and different conditions (e.g. soil quality, land use, climate). Even though facing some different AEF, both areas presented a good correspondence between the AEF fulfilment at the farming region and landscape scales. In the French case, we found a higher composition variability of AEF fulfilment but a small spatial variability resulting in a quite homogeneous contribution of farms to AEF and in a poor added value of land use patterns. In the Italian case, we found a correspondence between land use patterns and AEF fulfilment resulting in an high predictive value of land use patterns, overcoming farm technical data. We conclude that land use patterns may be a promising tool to assess AEF only when there is a high AEF spatial variability, which is typical of Mediterranean areas.

Keywords: agro-environmental functions, land-use, multi-scale analysis, spatial analysis, landscape.