

Table des Matières

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
------------------------------------	----------

CHAPITRE 1 : POURQUOI S'INTÉRESSER AUX ÉVOLUTIONS DES PAYSAGES DES TERRITOIRES RURAUX ?	8
--	----------

1. LES RAISONS D'UN REGAIN D'INTÉRÊT POUR LE PAYSAGE	9
11. Les méfaits d'une agriculture productiviste.....	9
12. Un nouveau regard sur les territoires ruraux.....	11
13. La politisation de l'environnement	12
131. Les politiques de l'aménagement et du développement du territoire	13
132. Les politiques de l'environnement.....	13
133. Les politiques de l'agriculture	14
2. CAS PARTICULIER DES TERRITOIRES RURAUX DU MASSIF CENTRAL	17
21. Un ensemble de territoires ruraux herbagers sensibles.....	19
211. Des territoires herbagers : une ressource fourragère obligatoire	19
212. Des territoires sensibles : l'importance du paysage	20
22. Les paysages de ces territoires ruraux particuliers.....	22
221. De quels paysages parle-t-on ?	22
222. Quelles évolutions récentes de ces paysages ?.....	26
223. Quelles attentes de la société pour ces paysages ?	28

CHAPITRE 2 : LA PROBLÉMATIQUE DES PAYSAGES DES TERRITOIRE RURAUX SOUS LE REGARD DES AGRONOMES	32
--	-----------

1. LES PAYSAGES, RÉVÉLATEURS DES ACTIVITÉS AGRICOLES	33
11. La portion de territoire : le paysage des systèmes agraires.....	34
111. De l'unité physionomique aux systèmes agraires	34
112. Des types de paysages aux types de systèmes de production agricole.....	36
12. Le système de production agricole : l'organisation spatiale des usages	39
13. La parcelle agricole : l'itinéraire technique	40
2. ADÉQUATION DE CES RECHERCHES À LA DEMANDE PAYSAGÈRE ?	43
21. Des outils de compréhension des dynamiques des grands types de paysage.....	43
22. Questionnements en suspens face à la diversité des paysages locaux	45
3. CONTRIBUER À CES QUESTIONNEMENTS	49

31. Considérer l'agriculteur comme un individu sensible au paysage.....	49
32. Prendre en compte la temporalité pluriannuelle du paysage.....	50
33. Vers un modèle des évolutions du paysage d'une portion de territoire rural.....	51

CHAPITRE 3 : LA CONSTRUCTION DE LA DÉMARCHE DE MODÉLISATION : CHOIX MÉTHODOLOGIQUES ET POSTULATS 54

1. POURQUOI UNE DÉMARCHE DE MODÉLISATION ?	55
11. Que signifie construire un modèle ?	56
12. Modélisation et problématique environnementale	58
13. Modélisation et problématique paysagère	60
2. LES OBJECTIFS DE LA MODÉLISATION MENÉE.....	64
21. Proposer un nouveau modèle de l'interface paysage / agriculture.....	65
22. Tester l'hypothèse d'une stratégie paysagère de l'agriculteur.....	65
23. Construire un outil de recherche.....	66
3. LES POSTULATS FONDAMENTAUX DE LA MODÉLISATION MENÉE	68
31. Un paysage simplifié à la physionomie des parcelles agricoles.....	68
311. La simplification de la couche de végétation.....	69
312. La simplification de la couche des structures agraires.....	71
32. La sensibilité au paysage de l'agriculteur, une clé des formes paysagères.....	73
321. La difficulté de s'appuyer sur les typologies d'agriculteurs existantes.....	74
322. La difficulté d'accéder aux motivations paysagères des agriculteurs	78
323. La définition de deux comportements paysagers empiriques.....	81
4. CHOIX MÉTHODOLOGIQUES DE LA MODÉLISATION MENÉE.....	83
41. Une méthode : la modélisation orientée objet.....	83
42. Un formalisme : l'Unified Modelling Language (UML).....	84
421. La représentation statique : le diagramme de classes.....	85
422. La représentation dynamique : les diagrammes d'états et d'activités	86

CHAPITRE 4 : LE MODÈLE PAYSAGRI 89

1. REPRÉSENTATION DU TERRITOIRE ET DE SA VÉGÉTATION	90
11. Du territoire physique aux attributs des parcelles agricoles.....	92
111. La morphologie	92
112. Les potentialités agronomiques	93
113. Les structures foncières	94
12. De la couverture végétale aux États Fonctionnels Physionomiques (EFP).....	97
121. La tentative de l'intégration d'un modèle de la dynamique végétale.....	97
122. L'État Fonctionnel Physionomique (EFP).....	99
123. Le modèle de végétation du territoire	101
13. Formalisation conceptuelle statique.....	102

2. REPRÉSENTATION DES ACTIVITÉS AGRICOLES DU TERRITOIRE	104
21. La structure du système de production agricole.....	105
211. L'agriculteur : le système décisionnel	107
212. Autres composants du système opérant	115
213. Formalisation conceptuelle statique.....	117
22. Le fonctionnement du système de production agricole.....	119
221. Planification de la campagne agricole	121
222. Affectation des usages aux parcelles agricoles	124
223. Évaluation du résultat phytosociologique sur le parcellaire.....	126
224. Entretien et Défrichage : des pratiques de correction.....	128
225. Bilan de la campagne agricole	130
226. Formalisation conceptuelle.....	133

CHAPITRE 5 : EXPÉRIMENTATION PAR SIMULATIONS DU MODÈLE PAYSAGRI

136

1. UN SIMULATEUR À PARTIR DU MODÈLE PAYSAGRI	137
11. La représentation du temps et de l'espace	137
111. La représentation du temps.....	138
112. L'horizon temporel de simulation.....	138
113. Les représentations spatiales.....	140
12. Une simulation à événements discrets	141
13. Python, un langage de programmation adapté	142
2. LE DÉROULÉ D'UNE SIMULATION	143
21. L'initialisation du simulateur.....	143
22. La simulation	145
23. Les sorties de simulation	146
231. Le journal des événements de simulation	146
232. Le tableau de bord final	147
233. Les résultats synthétiques	149
234. Les données cartographiques.....	149
3. LE PLAN D'EXPÉRIMENTATION DU SIMULATEUR PAYSAGRI.....	151
31. Chadrat : vérification, calibration et choix des facteurs de simulation	151
311. Le territoire <i>Chadrat</i>	151
312. Le système de production agricole	153
313. Les simulations.....	154
32. TerraX : production de données de simulation	167
321. Le territoire <i>TerraX</i>	167
322. Les systèmes de production agricole	169
323. Les simulations.....	172

CHAPITRE 6 : ÉLÉMENTS DE DISCUSSION À PROPOS D'UNE MODÉLISATION EXPÉRIMENTALE	179
1. UNE POSTURE RÉSOLUMENT AGRONOMIQUE	180
11. Le système de production agricole piloté par un individu	181
12. Un paysage à la portée du regard de l'agriculteur	184
2. LE MODÈLE PAYSAGRI : ORIGINAL, ABOUTI ET EXPÉRIMENTAL	188
21. Un modèle adapté aux objectifs de ce travail	188
22. Retour sur les originalités du modèle PAYSAGRI	190
221. La typologie des agriculteurs basée sur la sensibilité au paysage	190
222. L'État Physionomique Fonctionnel (EFP).....	193
223. Les pratiques d'ajustement du système de production agricole	197
23. Une validation partielle.....	201
231. Quelques notions de validation.....	202
232. Éléments de validation du modèle PAYSAGRI	203
CONCLUSION GÉNÉRALE	209
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	215
ANNEXES	

Table des Figures

Figure 1.1 : Agricultures et Paysages français	10
Figure 1.2 : L’iceberg “Problématique Paysagère”	16
Figure 1.3 : Le Massif central : un espace agricole et forestier	17
Figure 1.4 : Le Massif central : une agriculture diversifiée à dominante bovine	18
Figure 1.5 : Le système Paysage de Brossard & Wieber.....	23
Figure 1.6 : Des paysages de valeur différente ?	26
Figure 1.7 : Perception des évolutions paysagères dans les Alpes du nord.....	29
Figure 2.1 : Un système d’indicateurs visuels pour guider l’analyse du paysage	36
Figure 2.2 : Le modèle paysagique simplifié	37
Figure 2.3 : Exemple de caractérisation d’une unité paysagère selon la méthode des UAP	38
Figure 2.4 : Exemple d’un “agricultural landscape” : la huerta	39
Figure 2.5 : Itinéraire physiologique d’une prairie de fauche, pâturée en arrière-saison	41
Figure 2.6 : Diagramme des itinéraires physiologiques des parcelles agricoles d’un paysage	42
Figure 2.7 : Identification des “points noirs paysagers” européens à l’horizon 2030	45
Figure 3.1 : Les grandes étapes d’une démarche de modélisation	57
Figure 3.2 : Un exemple de territoire rural herbager : la commune de Ceyssat (Puy-de-Dôme)	70
Figure 3.3 : Du paysage vu au paysage modélisé.....	72
Figure 3.4 : Conceptualisation de la construction d’un “ <i>farming style</i> ”	76
Figure 3.5 : Exemple de “ <i>farming styles</i> ” obtenus auprès d’agriculteurs autrichiens	77
Figure 3.6 : Exemple de répartition des dimensions mobilisées par les agriculteurs	79
Figure 3.7 : La notion de sensibilité au paysage.....	80
Figure 3.8 : Le diagramme de classes	85
Figure 3.9 : Le diagramme d’états-transitions.....	86
Figure 3.10 : Le diagramme d’activités.....	87
Figure 4.1 : De l’hétérogénéité du territoire à l’homogénéité relative des parcelles agricoles	92
Figure 4.2 : Du Modèle Numérique de Terrain aux classes de pente des parcelles agricoles	93
Figure 4.3 : De la carte des terres agricoles au potentiel agronomique des parcelles agricoles	94
Figure 4.4 : Construction d’une topologie de parcelles agricoles	95
Figure 4.5 : Ergonomie des parcelles agricoles selon leur forme.....	96

Figure 4.6 : De la végétation réelle aux EFP des parcelles agricoles	102
Figure 4.7 : Diagramme de classes du territoire du modèle PAYSAGRI	103
Figure 4.8 : Fermeture “imagée” du modèle du système de production agricole.....	107
Figure 4.9 : Indice de mécanisation selon l’ergonomie des parcelles agricoles.....	109
Figure 4.10 : Classement des parcelles agricoles selon la distance au siège d’exploitation.....	110
Figure 4.11 : Indice de mécanisation selon la pente des parcelles agricoles	111
Figure 4.12 : Indice de mécanisation final des parcelles agricoles.....	111
Figure 4.13 : Expression des finalités paysagères selon les sensibilités au paysage	113
Figure 4.14 : Corps de règles de décision correspondant aux deux sensibilités au paysage	115
Figure 4.15 : Diagramme de classes intermédiaire du modèle PAYSAGRI	117
Figure 4.16 : Principaux processus intégrés au sein du modèle PAYSAGRI	119
Figure 4.17 : Organisation de la campagne agricole selon les périodes	120
Figure 4.18 : Conditions d’implantation d’herbe supplémentaire selon la sensibilité au paysage	122
Figure 4.19 : Diagramme d’activité du processus de planification	123
Figure 4.20 : Critères de choix des parcelles agricoles selon les usages à affecter	125
Figure 4.21 : Diagramme d’états de la parcelle agricole du modèle PAYSAGRI.....	126
Figure 4.22 : Évaluation des EFP selon la sensibilité au paysage	128
Figure 4.23 : Modalités des pratiques d’entretien et de défrichage du modèle PAYSAGRI	130
Figure 4.24 : Diagramme d’activité de la campagne agricole du modèle PAYSAGRI.....	133
Figure 4.25 : Diagramme de classes complet du modèle PAYSAGRI.....	134
Figure 5.1 : De l’espace réel continu au modèle spatial géré par le simulateur PAYSAGRI.....	141
Figure 5.2 : Le simulateur PAYSAGRI : interactions utilisateur / logiciel lors d’une simulation	143
Figure 5.3 : Chronologie de la simulation	146
Figure 5.4 : Exemple de tableau de bord final d’une simulation.....	147
Figure 5.5 : Exemple de cartes d’usages d’une campagne agricole du simulateur PAYSAGRI.....	150
Figure 5.6 : Exemple de cartes d’EFP d’une campagne agricole du simulateur PAYSAGRI	150
Figure 5.7 : Principales caractéristiques des parcelles agricoles du territoire Chadrat.....	152
Figure 5.8 : Résumé des facteurs de simulation et de leurs modalités	155
Figure 5.9 : Tableau synthétique de l’analyse de variance factorielle.....	156
Figure 5.10 : Effet du facteur de simulation <i>type_agriculteur</i> AGRI	157
Figure 5.11 : Différence de conduite du système de production agricole selon le facteur de simulation <i>type_agriculteur</i> AGRI	159
Figure 5.12 : Effet du facteur de simulation <i>charge_animale_spa</i> CSPA	160
Figure 5.13 : Effet du facteur de simulation <i>efp_initiaux</i> INIT	161
Figure 5.14 : Effet du facteur de simulation <i>ratio_fourrage</i> RFOU	162
Figure 5.15 : Effet du facteur de simulation <i>contrainte</i> CONT.....	163
Figure 5.16 : Les parcelles agricoles du territoire TerraX.....	168

Figure 5.17 : Description du territoire TerraX avec contraintes.....	168
Figure 5.18 : EFP initiaux du territoire TerraX : uniquement [PP-1-Hm]	169
Figure 5.19 : Localisation des sièges des systèmes de production agricole du territoire TerraX.....	170
Figure 5.20 : Les parcellaires des systèmes de production agricole du territoire TerraX	171
Figure 5.21 : Tableau des résultats synthétiques des simulations sur le territoire TerraX	172
Figure 5.22 : Physionomie du territoire TerraX selon la proportion d’agriculteurs SpA.....	173
Figure 5.23 : Effet des contraintes sur la modification des EFP finaux selon le type d’agriculteur	175
Figure 5.24 : Différence de l’effet des contraintes selon le type d’agriculteur	176
Figure 5.25 : Effet de la configuration du parcellaire.....	177
Figure 6.1 : Physionomies de parcelles agricoles imaginables à partir de l’EFP	194
Figure 6.2 : Exemples de physionomies différenciées par une amélioration de la rugosité.....	196
Figure 6.3 : Une adaptation progressive de la conduite du système de production agricole.....	199
Figure 6.4 : Localisation des contraintes et des EFP finaux sur le territoire TerraX.....	205
Figure 6.5 : Correspondance entre le risque d’abandon simulé et les caractéristiques réelles	206

Table des Sigles

AOC :	Appellation d'Origine Contrôlée
CAD :	Contrat d'Agriculture Durable
CTE :	Contrat Territorial d'Exploitation
DATAR :	Délégation à l'Aménagement du Territoire et à l'Action Régionale
EFP :	État Fonctionnel Physionomique
Hm :	Homogène (relatif à l'EFP)
Ht :	Hétérogène (relatif à l'EFP)
IGN :	Institut Géographique National
LUCC :	Land Use and Land Cover Change program
MNT :	Modèle Numérique de Terrain
Nh :	No herbe (relatif à l'EFP)
OTEX :	Orientation Technico-Économique des EXploitations agricoles
PAC :	Politique Agricole Commune
PNR :	Parc Naturel Régional
PNRVA :	Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne
PP :	Prairie Permanente (relatif à l'EFP)
PT :	Prairie Temporaire (relatif à l'EFP)
RGA :	Recensement Général Agricole
SAU :	Surface Agricole Utile
SIG :	Système d'Informations Géographiques
SIV :	Système d'Indicateurs Visibles
SpA :	Sensibilité au paysage A
SpZ :	Sensibilité au paysage Z
STH :	Surface Toujours en Herbe
UAP :	Unité Agro-Physionomique
UML :	Unified Modeling Language
UBG :	Unité Gros Bovin

Introduction générale

Le modèle PAYSAGRI, présenté au sein de ce travail, propose une représentation de l'effet des différentes sensibilités au paysage des agriculteurs sur les évolutions paysagères d'une portion de territoire rural. Il est issu d'une réflexion agronomique originale, intégrant une dimension esthétique, propre à l'agriculteur, comme facteur d'organisation des activités agricoles.

Pourquoi l'agronomie s'intéresse-t-elle à la problématique paysagère ?

Selon la définition du PETIT LAROUSSE,

“l'agriculture est une activité économique ayant pour objet d'obtenir les végétaux et les animaux utiles à l'homme, et en particulier, ceux qui sont destinés à son alimentation”.

L'agriculture française est un bon élève. Depuis une cinquantaine d'années, maints progrès scientifiques et techniques n'ont cessé d'accroître la productivité des systèmes de production agricole. Les rendements ont atteint des seuils inespérés, dépassant les attentes d'autosuffisance alimentaire du pays, contraignant même parfois au contingentement des productions afin de protéger les marchés. Mais l'agriculture se limite-t-elle à cette définition technico-économique ? N'existe-t-il pas d'autres fonctions liées à cette activité ? Le LAROUSSE AGRICOLE n'offre, étonnamment, pas plus de détails : le terme “agriculture” n'est pas défini ! Quid des externalités de l'agriculture ? Des aménités négatives, si souvent citées sous la forme d'une longue litanie : pollution des sols, érosion des sols, pollution des eaux, insécurité sanitaire et alimentaire liée aux élevages d'animaux et/ou à la création de plantes génétiquement modifiées... ? Des aménités positives, si souvent réclamées, sans que leur lien avec les activités agricoles n'apparaisse explicite pour la société : les produits de qualité, les paysages ruraux, le maintien des tissus sociaux ruraux ainsi que de leurs traditions... ? L'agriculture est, aujourd'hui encore, au cœur de la société, mais de façon plus discrète et, peut-être, plus méconnue qu'autrefois. Au sein d'un contexte de recomposition sociologique de la société rurale, les activités agricoles sont devenues un sujet de débats et d'interrogations. Les questionnements concernent le financement de l'agriculture, la sécurité sanitaire et alimentaire des populations, la gestion des territoires ruraux et/ou la protection de l'environnement. Ils soulèvent régulièrement la question de la responsabilité de la profession agricole, laissant les agriculteurs avec un sentiment d'incompréhension et de remise en cause de leur légitimité.

L'agronome se situe à l'interface entre la société et la sphère professionnelle agricole. Il a pour mission de contribuer à une meilleure connaissance des processus de production agricole, des trajectoires des systèmes de production agricole, ainsi que de leur adaptation permanente aux attentes de la société et aux exigences d'une économie de marché mondialisée. Cette compréhension du raisonnement et des façons de faire des agriculteurs, ainsi que sa vulgarisation, sont indispensables à une meilleure objectivité des débats, seule voie garantissant l'élaboration de modes de production partagés, viables et durables.

La réflexion agronomique proposée au fil de ce travail s'inscrit dans cette démarche. Elle porte sur l'explicitation des processus à l'origine d'une aménité particulière des activités agricoles : les paysages.

Le premier chapitre, usant d'un regard pluridisciplinaire, évoque les raisons majeures du regain d'intérêt de la société pour les paysages ruraux. Ces derniers sont aujourd'hui "marchandés" sous la forme de cadres de vie, d'espaces de loisirs, d'environnements de détente et/ou de nature ; certains ont même acquis le statut d'icônes à préserver. Mais les évolutions de ces paysages ruraux sont avant tout l'image vivante des activités agricoles installées au sein des territoires ruraux : quelques uns se banalisent sous l'effet de la modernisation des matériels agricoles et du surdimensionnement des structures spatiales agricoles ; d'autres se ferment, image mourante de territoires ruraux en déprise, délaissés par l'agriculture, trop pauvres et trop contraignants pour supporter une activité agricole rentable ; enfin, fait moins remarqué, d'autres se maintiennent, synonymes d'un dynamisme persistant de la sphère professionnelle agricole. La gestion et la préservation de ces paysages ruraux, plébiscitées par la société, impliquent de comprendre comment ces derniers sont façonnés. L'agronome peut intervenir pour aider à établir le lien entre les formes paysagères qui s'offrent au regard et les façons de faire des agriculteurs. Il peut fournir des explications rationnelles à l'impact des pratiques agricoles sur les différentes composantes du paysage, contribuant à éclairer le débat de société.

Comment l'agronome étudie-t-il la façon des paysages ruraux ?

La recherche de facteurs explicatifs des formes des paysages ruraux a obligé les agronomes à apprendre à regarder le territoire rural, cheminement présenté au fil du second chapitre. Les agronomes, considérant le paysage comme un puzzle de parcelles agricoles, ont conceptualisé la nécessité d'une analyse spatiale des activités agricoles, englobant le territoire, la multiplicité des éléments paysagers et la complexité de leur imbrication. Ils proposent la méthode du diagnostic paysager. La parcelle agricole est considérée comme une pièce élémentaire du territoire observé. Les processus biologiques qu'elle supporte peuvent être influencés par l'ensemble des autres parcelles agricoles et/ou éléments paysagers de ce territoire. Les usages appliqués à cette parcelle agricole sont considérés comme les facteurs élémentaires de la

modification des formes du paysage rural ; ils peuvent être déterminés par des décisions liées au fonctionnement global du système de production agricole et/ou à des phénomènes sociaux du groupe professionnel local auquel appartient l'agriculteur. Cette formalisation a ouvert la voie d'une nouvelle agronomie intégrant l'espace : la géoagronomie.

Mais, cette approche agronomique du paysage semble avoir retourné la question préalable : du statut d'objet étudié à comprendre, le paysage est devenu un outil de l'agronome. Il est un moyen de lire les activités agricoles passées et présentes, de mettre en évidence leur organisation spatiale et d'étudier la configuration des espaces agricoles. Les principaux résultats de ces recherches sont d'ailleurs autant explicatifs de l'organisation spatiale des pratiques agricoles que des formes paysagères observées : ils soulignent l'existence de correspondances entre des unités géographiques paysagères, portions de territoire aux composantes paysagères homogènes, et des types de systèmes de production agricole. Ces recherches, dont d'autres exemples utilisant les mêmes méthodes sont menés en Europe, apportent les premiers éléments rationnels d'explication des évolutions perçues des paysages ruraux. Ils ouvrent la voie à des démarches de prospective paysagère sur de grands ensembles géographiques, à partir de l'étude des effets des politiques publiques sectorielles nationales et/ou européennes sur les évolutions des différents types de systèmes de production agricole et leurs conséquences sur les paysages.

Néanmoins, la généralisation de ces résultats n'est concevable qu'à l'échelle de grands ensembles géographiques. Les correspondances expliquent uniquement l'existence de certains paysages par l'orientation technico-économique des systèmes de production agricole. Elles n'apportent pas d'élément de compréhension à l'échelle plus fine, la parcelle agricole, où l'étude des pratiques agricoles ayant un impact paysager direct (fauche de refus, entretien de haies, abandon de parcelles agricoles...) fait apparaître de nombreuses disparités entre agriculteurs. Cette limite principale du diagnostic paysager invite à la recherche d'autres méthodes d'analyse des liens entre les évolutions respectives des formes paysagères et des pratiques agricoles.

Quelle originalité ce travail apporte-t-il à cette recherche agronomique paysagère ?

Ancrée au sein des concepts agronomiques, la réflexion menée dans ce travail s'inspire à la fois de l'émergence d'une demande sociale de gestion des paysages à l'échelle locale et de cette limite des démarches agronomiques paysagères. Elle repose sur un point de vue original de l'interface entre les évolutions des paysages ruraux et les activités agricoles, dont les fondements sont extraits d'éléments des discours des agriculteurs. La citation ci-dessous, extraite des paroles d'un viticulteur bordelais, illustre la teneur des propos qui interpellent l'agronome :

“En ce qui concerne le paysage, l’agriculteur a un rôle essentiel à remplir puisqu’il est à la fois acteur et spectateur... Plus que le passant qui apprécie avec neutralité ce que l’œil trouve beau, l’agriculteur prend d’autant plus de plaisir à regarder un beau paysage qu’il l’a aménagé, qu’il a mis de la peine, de la passion et tout son cœur pour le réaliser et cela tous les jours, aussi bien pendant ses heures de repos que pendant ses heures de travail.”

Deux éléments fondamentaux, habituellement absents des démarches agronomiques paysagères, sont exprimés dans cette phrase : (i) l’agriculteur est “acteur et spectateur” du paysage rural : il regarde le paysage à la fois comme le produit de son activité agricole, c’est-à-dire de l’application des pratiques agricoles qu’il a choisies, et comme une image qu’il juge selon sa conception esthétique de la physionomie de ses parcelles agricoles ; (ii) les notions de “plaisir” et de “beau paysage” : elles soulignent l’émotion et la subjectivité liées à la dimension esthétique du paysage, obligeant l’acceptation de l’existence, pour un même paysage, de différentes attentes propres aux goûts de chaque individu. Ces considérations suggèrent un postulat, fil conducteur de la réflexion menée au sein de ce travail :

L’agriculteur est un individu à part entière. Il possède, comme tout à chacun, sa propre conception du paysage, correspondant à ses attentes de cadre de vie, d’esthétique de son territoire et/ou à d’autres aspirations personnelles. Acteur du paysage, au sens où il décide de la mise en œuvre d’opérations techniques ayant des conséquences directes ou indirectes sur les éléments paysagers, il est concevable que son idéal de paysage influence sa stratégie spatiale, c’est-à-dire l’organisation de ses pratiques agricoles au sein de son espace de production.

Ce postulat implique un regard particulier sur les évolutions des paysages ruraux. Il recentre la réflexion sur l’agriculteur, considéré comme un individu plus ou moins sensible au paysage, alors qu’il est plus habituellement considéré, au sein des travaux agronomiques, comme un chef d’entreprise, c’est-à-dire principalement doté de compétences décisionnelles technico-économiques. Il est à l’origine de la thèse suivante, défendue et discutée au sein de ce travail :

Les agriculteurs d’un territoire rural représentent une diversité de sensibilités au paysage. Une sensibilité au paysage correspond à une conception particulière du paysage, qui se manifeste par l’existence de finalités paysagères au sein de la stratégie de l’agriculteur, c’est-à-dire de la recherche d’une certaine physionomie des parcelles agricoles. Elle influence l’agriculteur dans le choix, la nature, l’organisation spatiale et les modalités de mise en œuvre de ses pratiques agricoles. Ainsi, le même système de production agricole, avec une gestion technico-économique identique, pourrait, selon la sensibilité au paysage de l’agriculteur qui le pilote, produire différentes physionomies de ses parcelles agricoles. Ces différences, observées à l’échelle du territoire, c’est-à-dire de l’assemblage des parcelles agricoles de plusieurs systèmes de production agricole, pourraient être à l’origine de l’existence de différents paysages ruraux.

Quelle méthodologie est adoptée pour vérifier la pertinence de cette hypothèse ?

L'objectif principal de ce travail est la vérification de la pertinence de l'hypothèse du rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans les évolutions du paysage d'une portion de territoire rural. Tester cette hypothèse implique la comparaison de comportements d'agriculteurs, plus particulièrement la nature, les modalités et l'organisation spatiale de leurs pratiques agricoles, correspondant à différentes conceptions du paysage. Or, face à la difficulté de généraliser les discours des agriculteurs concernant leurs pratiques paysagères, il semble délicat d'utiliser et/ou de réaliser une typologie d'agriculteurs répondant à ces critères de conception paysagère.

Ce travail propose une alternative : une démarche de modélisation par simulation, dont l'objectif est de comparer virtuellement deux comportements d'agriculteurs empiriques, c'est-à-dire extrapolés de différents discours d'enquêtes concernant les pratiques paysagères et de la connaissance des pratiques agricoles des systèmes herbagers du Massif central. Deux sensibilités au paysage, caricaturalement opposées, sont élaborées pour les besoins de cette démarche : (i) la sensibilité au paysage SpA : elle représente un agriculteur sensible à un paysage ouvert, dont l'objectif premier est l'utilisation du maximum de la surface de son parcellaire, afin de maîtriser l'ensemble de la dynamique naturelle de végétation présente sur ses parcelles agricoles ; (ii) la sensibilité au paysage SpZ : elle représente un agriculteur sensible à l'esthétique des parcelles agricoles qu'il utilise régulièrement, dont l'objectif premier est la valorisation maximale des meilleures surfaces de son parcellaire.

Une démarche de modélisation orientée objets est conduite. Elle permet la représentation de l'interface entre les évolutions d'un paysage agricole et le fonctionnement de systèmes bovins laitiers, en intégrant la sensibilité au paysage des agriculteurs et ses conséquences sur le fonctionnement des systèmes de production agricole. Le modèle PAYSAGRI est centré sur l'interaction dynamique entre les décisions des agriculteurs et l'évolution de la physionomie des parcelles agricoles. Il représente une simplification de l'organisation spatio-temporelle des pratiques de production courante (fauche pâture) et des pratiques d'ajustement (mode de conduite global du système de production agricole, défrichage, gyrobroyage), mises en œuvre par l'agriculteur pour contrôler la dynamique de végétation naturelle.

Comment est déroulée cette démarche de modélisation au fil du manuscrit ?

Dans un premier temps, une présentation de la démarche de modélisation permet d'explicitier la façon dont l'interface entre les évolutions du paysage rural et les activités agricoles sont transcrites sous la forme du modèle PAYSAGRI. Les choix des objets du modèle, de leur organisation fonctionnelle, des processus

inhérents à leurs relations, ainsi que les simplifications imposées par le point de vue choisi, sont détaillés selon deux grandes parties :

- ✱ Une modélisation du système de production agricole, centrée sur l'agriculteur, intégrant (i) des règles de production courante, définies selon le type de production agricole – type bovins lait développé au sein du travail –, dont l'objectif est l'organisation et l'application des usages agricoles, (ii) des règles d'ajustement de la physionomie des parcelles agricoles et du mode de conduite global du système de production agricole, dépendantes de la sensibilité au paysage de l'agriculteur, dont l'objectif est la recherche d'un équilibre entre la réalisation de la production agricole et la fabrication d'une physionomie du parcellaire correspondant aux attentes de l'agriculteur. Elle permet la représentation, sur une campagne agricole, de l'organisation spatio-temporelle des pratiques de production courante et des pratiques d'entretien mécanique.
- ✱ Une modélisation du territoire sous la forme d'une collection de parcelles agricoles, chacune intégrant (i) des caractéristiques définissant sa capacité agronomique, information utile à l'agriculteur pour l'organisation spatiale de ses pratiques agricoles, (ii) un État Fonctionnel Physionomique (EFP) renseignant l'agriculteur sur sa capacité fourragère, information indispensable au choix du type de prélèvement fourrager envisageable, et sur la physionomie du couvert végétal, information nécessaire pour l'évaluation de l'adéquation de la parcelle agricole avec la physionomie attendue du parcellaire.

Dans un deuxième temps, un plan d'expérimentation virtuelle est suivi, à l'aide d'un outil de recherche, le simulateur développé à partir du modèle PAYSAGRI. Il a pour objectif (i) la vérification de la cohérence du fonctionnement du système de production agricole intégré au sein du modèle PAYSAGRI, c'est-à-dire une vérification et une validation de ses règles de fonctionnement, à partir de 44 simulations sur le territoire *Chadrat* ne comportant qu'un seul système de production agricole, (ii) la production de données pouvant affirmer ou infirmer l'hypothèse du rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans les évolutions du paysage rural, à partir de 10 simulations sur le territoire *TerraX* comportant 20 systèmes de production agricoles, avec des proportions variables des deux types d'agriculteurs testés. Les résultats de ces simulations permettent de premières conclusions, relatives à la validité du modèle PAYSAGRI et au rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans les évolutions simulées de la physionomie des parcelles agricoles.

Enfin, une discussion générale permet une distanciation de la réflexion menée, revenant sur la particularité du point de vue adopté. Elle suggère une évolution des recherches agronomiques, confrontées aujourd'hui à la nécessité d'une meilleure compréhension de la façon dont la problématique paysagère est perçue et

intégrée au sein du processus décisionnel de l'agriculteur. Elle s'appuie sur une critique du modèle PAYSAGRI portant sur la pertinence et l'efficacité des simplifications réalisées. Cette appréciation de la modélisation menée permet de revenir sur (i) l'utilisation d'une typologie empirique d'agriculteurs selon leur sensibilité au paysage, (ii) la définition d'un État Fonctionnel Physionomique (EFP) de la parcelle agricole, (iii) l'intégration de pratiques d'ajustement au sein du fonctionnement du système de production agricole. Elle souligne certaines améliorations nécessaires dans l'objectif d'une modélisation plus "réaliste" de l'interface entre les évolutions du paysage d'une portion de territoire rural et les activités agricoles. En dernier lieu, elle soulève le problème de la validation du modèle PAYSAGRI, rappelant qu'il est uniquement un outil expérimental, dédié aux objectifs de la recherche menée au sein de ce travail.

Chapitre 1

Pourquoi s'intéresser aux évolutions des paysages des territoires ruraux ?

Depuis une vingtaine d'années, les populations citadines ont redécouvert les campagnes. En quête de nouveaux espaces de loisirs, de détente et/ou de villégiature, ces nouveaux ruraux manifestent des attentes diverses : paysage de qualité, nature, biodiversité, agriculture traditionnelle, produits de terroir, produits de qualité, diversité des activités de loisirs...

Dans ce contexte, le paysage s'est progressivement imposé comme synonyme d'un cadre de vie à préserver. Mais, l'ambivalence de sa nature, à la fois image subjective et esthétique d'un territoire et réalité matérielle issue de l'interaction permanente entre des processus biophysiques et des activités technico-économiques, soulève incompréhensions et débats entre ses utilisateurs et ses producteurs.

Les territoires ruraux herbagers sensibles, tel le Massif central français, représentent un modèle amplifié de cette situation. Leurs paysages, devenus atouts de développement local, sont aujourd'hui considérés comme des objets à protéger. Or, ces paysages ne sont pas figés, mais résultent des choix techniques et économiques quotidiens, réfléchis au sein des systèmes de production agricole présents sur ces territoires. Cette dualité de l'enjeu paysager est à l'origine d'une confrontation récurrente entre les attentes paysagères des populations locales et le savoir-faire et la légitimité de la profession agricole à gérer les espaces ruraux. Elle suggère de nouvelles réflexions dans l'objectif d'inventer un mode de gestion concerté et durable de ces territoires ruraux.

1. LES RAISONS D'UN REGAIN D'INTÉRÊT POUR LE PAYSAGE

GODELIER explique que l'homme modifie la nature pour produire de la société (GODELIER M., 1984). Les modifications anthropiques imposées aux ressources naturelles seraient le reflet des mutations d'une société sans cesse réinventée. Ce postulat peut être transposé à la problématique paysagère : le regain d'intérêt pour le paysage, survenu depuis ces dernières décennies, semble corrélé à une évolution de la perception des territoires ruraux, de leurs espaces et de leurs activités par les populations rurales (BUIJS A.E. *et al.*, 2006).

11. Les méfaits d'une agriculture productiviste

Lors de la seconde moitié du vingtième siècle, la plupart des pays industrialisés encouragent une agriculture productiviste. L'objectif est une production de masse. Cette stratégie, développée à l'aide d'outils politiques, tels l'Agricultural Adjustment Act aux États-Unis ou la Politique Agricole Commune (PAC) en Europe, vise à répondre aux attentes de la société. Il convient d'atteindre l'autosuffisance alimentaire des pays, de garantir un niveau de revenu supérieur à la sphère professionnelle agricole, de favoriser l'accès aux denrées alimentaires à l'ensemble de la population et de conquérir les marchés mondiaux (DEVERRE C., 2002). Pendant cette période, les préoccupations paysagères, pourtant inscrites comme attributions¹ de l'État français depuis la loi de 1930 (MICHELIN Y., 2000b; FNSAFER, 2004), ne sont pas à l'ordre du jour. Il en résulte une phase de développement agricole intense et rapide, la Révolution verte, pendant laquelle les progrès techniques dans les domaines du machinisme, de la fertilisation organique et de l'amélioration des plantes sont destinés au moindre gain de productivité.

Mais, malgré sa réussite et ses résultats quantitatifs plus qu'encourageants, ce modèle de production agricole industrielle et intensive est rapidement critiqué. Dès le début des années soixante-dix, DUMONT, agronome français, met en garde contre ses risques environnementaux. La société prend alors lentement conscience des conséquences de cette agriculture sur le milieu : pollutions des sols et des eaux, érosion des sols, résistances développées par les adventices, les maladies et/ou les ravageurs, risques liés à la mise en culture de variétés végétales transgéniques et diminution de la biodiversité par la destruction de certains écosystèmes avec leur faune et leur flore (DEVERRE C., 2002). Plus récemment, ce sont des crises alimentaires successives, comme le bœuf aux hormones, l'encéphalopathie spongiforme bovine, la maladie de Kreutzfeldt-Jakob, les dioxines du poulet, la fièvre aphteuse du mouton ou encore la menace de

¹ La loi française de 1930, relative à la protection des monuments naturels inscrits comme "*perspectives et paysages*", permet le classement de plus de 7 500 sites présentant un intérêt paysager. Toute modification sur l'un de ces sites nécessite un accord ministériel.

la grippe aviaire, qui jettent un nouveau discrédit sur la qualité des produits agricoles provenant de systèmes de production agricole fortement dépendants des techniques de production industrielle. Paradoxalement, les charges financières liées à l'agriculture et supportées par la société, ne cessent d'augmenter ; les fonds européens² financent des stocks d'excédents alimentaires coûteux et l'enveloppe globale des subventions progresse, tandis que l'effectif des agriculteurs diminue (BOURGEOIS L. et LACOMBE P., 2001).

Du point de vue paysager, l'empreinte de ce productivisme est très visible, même si elle n'est pas immédiatement remarquée par la société. Les remembrements successifs et la recherche permanente de grandes surfaces planes pour la mécanisation conduisent à la disparition de nombreux éléments paysagers (boqueteaux, arbres, haies, microreliefs...) banalisant complètement les spécificités locales. Comme l'illustrent les photographies de la Figure 1.1, certaines régions, principalement vouées à la céréaliculture, deviennent des paysages d'openfields (MEEUS J.H.A. *et al.*, 1990; PELTRE J., 1994), tandis que d'autres, plutôt caractérisées par des terrains à potentiel agronomique plus faible, se couvrent de friches et/ou de bois artificiels sur les parcelles contraignantes, non mécanisables et/ou peu rentables, rapidement exclues des systèmes de cultures (MEEUS J.H.A. *et al.*, 1990; ROCCON M.H., 1991). Enfin, d'autres types d'agricultures génèrent des paysages plus complexes avec une densité plus ou moins forte d'éléments paysagers imbriqués au sein des surfaces de production. Chaque agriculture semble imposer sa propre signature paysagère, à la fois image et histoire de la ruralité d'un territoire (PEDROLI B. *et al.*, 2007).

Figure 1.1 : Agricultures et Paysages français

De paysages banalisés,
dénusés de tout élément paysager ou fermés...



Photographies de Y. Arthus-Bertrand



...à des paysages complexes,
agencements de multiples
éléments paysagers variés...



...chaque agriculture semble façonner sa propre image.

² Le budget de l'Europe pour l'année 2006 est de 121 milliards d'euros. 36% sont destinés au financement de l'agriculture et 11%

Tous ces éléments évoqués sont autant de facteurs encourageant une modification du regard de la société sur l'agriculture et l'affirmation de nouvelles attentes envers la sphère professionnelle agricole (LÉGER F., 2001; DERAËVE E., 2003). La fonction première attendue reste la fourniture de biens alimentaires et de matières premières. Néanmoins, la société manifeste aujourd'hui le souhait que cette production réponde à des exigences de qualité et de sécurité pour la santé humaine, et qu'elle soit réalisée dans un cadre durable³, c'est-à-dire dans le respect de l'équilibre biologique des milieux, dans la recherche de la viabilité socio-économique des zones rurales et dans un souci de conservation des paysages patrimoniaux (ALARD V. *et al.*, 2002; DONADIEU P., 2002).

12. Un nouveau regard sur les territoires ruraux

Ce changement d'attitude de la société vis-à-vis de l'agriculture n'est pas uniquement le fait d'une prise de conscience des méfaits de celle-ci sur l'environnement. Il correspond aussi à une modification des structures internes de la société, et plus particulièrement des populations citadines. Ces dernières, par désir de s'éloigner de l'oppression des villes, redécouvrent et s'approprient progressivement les espaces ruraux, incitant un élargissement de leurs fonctions : loisirs de nature, accueil vert, villégiatures et parfois résidence principale. Progressivement, elles tentent de façonner ces espaces, réduisant ces derniers à un nouveau construit social, dénommé "*la campagne*" (FLEURY A. et GUIOMAR X., 2001). Selon une étude de la Délégation à l'Aménagement du Territoire et à l'Action Régionale (DATAR), ce phénomène concerne une grande partie du territoire national français : environ soixante-dix départements retrouvent un solde migratoire positif entre 1980 et 1990 (DATAR, 2003). Cette véritable recomposition sociologique des territoires ruraux, d'autant plus forte que ceux-ci se situent à proximité de pôles urbains, fait émerger de nouveaux enjeux que l'on peut définir selon trois points de vue (PERRIER-CORNET P., 2001, 2003) :

- ✖ Une campagne synonyme de ressource : l'espace rural est considéré comme le support d'activités économiques, c'est-à-dire que ses ressources sont l'objet d'une exploitation et d'une valorisation économique. Trois catégories de ressources sont distinguées : les ressources physiques appropriables (sols, sous-sols...) principalement valorisées par les activités agricoles, forestières et minières, les ressources physiques non appropriables (paysages, cours d'eau, air...) et les ressources spécifiques

au développement rural et à l'environnement, ce qui représente 45% du budget de l'Europe pour la gestion et la protection des territoires ruraux.

³ En juin 1992, à Rio de Janeiro (Brésil), la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, connue sous le nom de "Sommet Planète Terre", a adopté la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement dans l'objectif de faire progresser les droits et les responsabilités des pays dans le domaine de l'environnement. Cette déclaration soulève deux grandes préoccupations : la détérioration de l'environnement, notamment de sa capacité à entretenir la vie, et l'interdépendance manifeste entre le progrès économique à long terme et la nécessité d'une protection de l'environnement. Elle est à l'origine du concept de "*développement durable*".

(cultures, savoir-faire, gastronomies...) plus particulièrement supports d'activités d'accueil et de loisirs.

- ✖ Une campagne synonyme de cadre de vie : l'espace rural est considérée comme le support d'usages résidentiels et récréatifs. Selon les populations de nouveaux venus, l'attractivité d'un espace rural se décline d'après deux critères principaux : l'offre résidentielle et récréative et la qualité du paysage. Cette demande paysagère, bien que très peu formalisée, est régulièrement exprimée. Elle pourrait être traduite par la recherche de formes agricoles particulières, traditionnelles et symboliques (vaches au pré, vignes, burons...), parfois peu compatibles avec les produits de l'agriculture moderne (JANIN C., 1995; FLEURY A. et GUIOMAR X., 2001). Elle semble transcrire une volonté explicite de patrimonialisation de la campagne, c'est-à-dire une mise en scène des objets de la nature et des anciennes pratiques agricoles, comme si l'on souhaitait faire de la campagne le musée de la ville (RAUTENBERG M. *et al.*, 2000).
- ✖ Une campagne synonyme de nature : l'espace rural est considéré comme le siège des fonctionnements biologiques. Il est un support à protéger pour les générations futures : conservation de la biodiversité, protection contre les risques naturels... Cet enjeu fait l'objet de nombreuses associations de protection de l'environnement qui, longtemps cantonnées au sein des Parcs Naturels Régionaux (PNR), s'approprient, de façon parfois très prégnante, certaines portions de l'espace.

Cette présentation des enjeux et usages présents sur l'espace rural pourrait laisser à penser que celui-ci est segmenté, chaque usage ayant sa place. La réalité est autre. L'arrivée de nouvelles populations, si elle est dynamisante, est aussi la source de nombreux conflits. Elle produit une multiplication des usages et enjeux sur un espace non extensible. Or, les populations locales, appartenant généralement à la sphère professionnelle agricole depuis plusieurs générations, reconnaissent avant tout cet espace comme un outil de travail ; elles ne comprennent pas toujours le point de vue esthétisant de la demande paysagère et acceptent difficilement les souhaits de protection de certains périmètres (GUISIPELLI E. et FLEURY P., 2003). Il en résulte une confrontation permanente au cours de laquelle la sphère professionnelle agricole, de moins en moins représentée et représentative au sein des institutions politiques locales, se sent attaquée sur la légitimité de ses pratiques de gestion de l'espace.

13. La politisation de l'environnement

Ces nouvelles attentes sociétales sont relayées par les gestionnaires et décideurs politiques locaux sous la forme de projets de développement local. Le paysage, par sa capacité à permettre à chacun de reconnaître une part de son identité (DUBY G., 1991), se révèle un bon média. Il devient rapidement un étendard de

légitimation de nombreuses politiques locales (LELLI L., 2000; MOQUAY P. *et al.*, 2004) : recherche identitaire, sauvegarde du patrimoine, promotion des produits de terroir...

Mais, la problématique paysagère n'apparaît réellement exprimée comme un objet politique qu'au cours des années quatre-vingt-dix. Effectivement, trop souvent considérée sans distinction de la problématique environnementale (MICHELIN Y., 2000b), elle n'a pas fait l'objet de disposition particulière. Nous pouvons tout de même nous attarder sur les évolutions de trois politiques sectorielles françaises concernant les espaces ruraux, au cours desquelles la question paysagère s'est développée, soit de façon sous-jacente, soit comme une finalité envisagée mais pas toujours explicite (MOQUAY P. *et al.*, 2004).

131. Les politiques de l'aménagement et du développement du territoire

En 1966, le colloque de Lurs⁴ fait émerger la nécessité d'un rapprochement entre l'homme et la nature, et de la protection de certains espaces ruraux ou citadins (BARON-YELLÈS N., 2005). Il est à l'origine de la création des Parcs Naturels Régionaux (PNR) en 1967, ayant pour mission la protection des milieux naturels. C'est la première législation française, depuis celle de 1930, qui propose indirectement la protection de certains paysages. Il faut néanmoins attendre 1993 pour que le paysage fasse son entrée dans le vocabulaire de textes politiques : la loi Paysage assigne pour mission aux PNR la coordination des actions d'aménagement et de développement autour de la mise en valeur des patrimoines naturels et culturels (DAVALLON J. *et al.*, 1997). Plus tard, la loi d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire de 1999 étend les compétences des PNR au-delà des espaces emblématiques. En 2000, la loi pour la solidarité et le renouvellement urbains fournit de nombreux outils de planification de l'espace rural ordinaire (Schéma de COhérence Territoriale à l'échelle intercommunale (SCOT), Plan Local d'Urbanisme (PLU), Contrat Local de Développement (CLD)...) dont l'objectif est la recherche d'une *“répartition harmonieuse des différentes activités nécessaires au bon fonctionnement d'une société”* (MAPAAR, 2002).

132. Les politiques de l'environnement

La loi Littoral de 1986 et les directives européennes Habitats, Faune, Flore et Oiseaux de 1994 apparaissent comme un véritable arsenal juridique légitimant la protection des espèces et des milieux. Leur mise en œuvre est réalisée par le biais du réseau Natura 2000. L'originalité de ce dernier est la définition de zones à protéger, au sein desquelles les différents acteurs concernés doivent aboutir à la construction d'un document d'objectifs consensuel et préconiser un cahier des charges pour une gestion

⁴ Le colloque de Lurs, intitulé “Les journées nationales d'études sur les Parcs” est organisé sur l'initiative de la DATAR.

concertée de ces espaces. Le paysage n'est pas, encore une fois, la finalité proprement dite, mais la protection des habitats des espèces du littoral et des espaces ruraux nécessite, par exemple, la conservation de petits éléments végétaux (haies, bosquets...) structurant le paysage. De la même manière, environnement et paysage étant souvent étroitement liés dans les esprits, de nombreuses mesures de protection environnementale ont des répercussions paysagères (FNSAFER, 2004).

133. Les politiques de l'agriculture

Pendant la Révolution verte, les préoccupations paysagères ne sont pas présentes au sein des politiques agricoles. À partir des années quatre-vingt-dix, sous la pression d'organisations internationales comme l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture⁵ et/ou la Conférence des Nations Unies pour le Commerce et le Développement (CNUCED) (LAURENT C., 2000), l'apparition d'une dimension environnementale dans la PAC remédie à ce manque.

1331. Le renforcement de la pression environnementale

Au plan européen, les premières orientations environnementales apparaissent en 1985 avec l'introduction de l'Article 19 au sein de la PAC. La préoccupation paysagère est présente de façon explicite : ce texte s'intéresse effectivement aux *“zones ayant un intérêt reconnu du point de vue de l'écologie et du paysage”* (PELLEGRINI N., 1995). Mais, il faut attendre 1992 pour qu'il soit réellement mis en œuvre avec la création et l'application des Mesures Agri-Environnementales (MAE). Celles-ci ne sont néanmoins pas toujours adaptées à la diversité des systèmes de production agricole : elles n'ont, par exemple, qu'un très faible succès auprès des systèmes de céréaliculture et d'arboriculture, pourtant générateurs d'importants risques environnementaux. Ainsi, si elles suggèrent de nombreux questionnements intéressants sur les rapports entre les activités agricoles et la protection de l'environnement, elles n'apportent pas les modifications attendues sur la conduite des systèmes de production agricole (STEYAERT P., 2001).

La seconde impulsion est donnée par le Sommet de Rio de 1992, où sur fond de discussions sur le développement durable en agriculture, le concept de multifonctionnalité apparaît pour la première fois. Rejeté du point de vue politique par les États-Unis et les pays du groupe de Cairns⁶, ce concept est défendu par les pays européens qui l'inscrivent concrètement en 1999 au sein de la loi d'orientation agricole comme second pilier de la PAC (BÉRANGER C., 2001). Le principal outil de cette réforme est le Contrat Territorial d'Exploitation (CTE), remplacé depuis 2003 par le Contrat d'Agriculture Durable

⁵ Dénomination française de la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

⁶ Le Groupe de Cairns est composé de 18 pays : Afrique du Sud, Argentine, Australie, Bolivie, Brésil, Canada, Chili, Colombie, Costa Rica, Guatemala, Indonésie, Malaisie, Nouvelle-Zélande, Pakistan, Paraguay, Philippines, Thaïlande, Uruguay. Ces pays, exportateurs agricoles, se sont regroupés afin d'inscrire en priorité les marchés agricoles dans les négociations commerciales internationales.

(CAD). Cette contractualisation, basée sur le volontariat, est proposée à l'agriculteur sous la forme de l'association obligatoire d'un volet socio-économique et d'un volet environnemental. Ce dernier propose un certain nombre de mesures à finalité paysagère, directe ou indirecte, mais clairement exprimée : extensification des pratiques de pâturage pour le maintien des espaces herbagers, plantation et entretien de linéaires de haies, création de surfaces d'îlots buissonnants... (MAP, 2005).

1332. Le changement de statut de l'agriculture

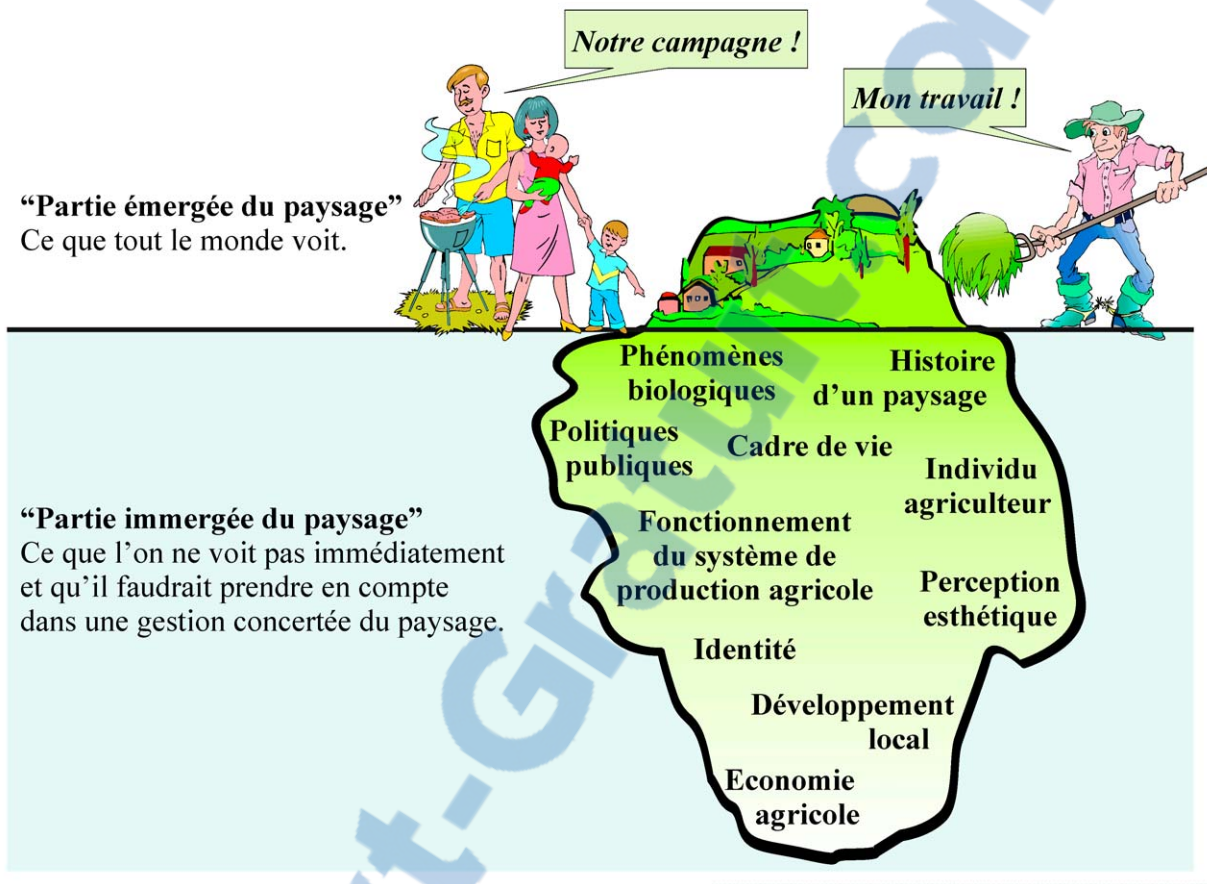
La mise en œuvre de ces différentes lois et directives passe par l'application d'outils de communication et de transfert vers le terrain (Opérations Groupées d'Aménagement Foncier (OGAF), Opérations Locales Agri-Environnementales (OLAE), Plans de Développement Durable (PDD), Zones Agricoles Protégées (ZAP)...), la plupart à l'origine de mesures types des CTE et/ou CAD. Toutes ces démarches concourent à une évaluation et à de multiples discussions des pratiques de gestion de l'espace rural mises en œuvre par les agriculteurs. Véritable rupture du principe de cogestion des affaires agricoles⁷, elles repositionnent l'agriculteur comme un expert parmi d'autres et remettent en cause sa légitimité et son accès privilégié à l'espace rural (ALPHANDERY P. et BILLAUD J.P., 1996).

Ces nouveaux rapports entre la société et la sphère professionnelle agricole sont à l'origine de réflexions sur le droit de la société à attendre des systèmes de production agricole des aménités positives, en contrepartie des subventions publiques accordées. Mais, souvent construite uniquement à partir du point de vue environnementaliste, cette attente de la société est perçue, par les agriculteurs, comme trop éloignée du contexte technico-économique auquel ils sont confrontés. Cette incompréhension tend à remettre en cause l'adhésion de la sphère professionnelle agricole à ces politiques et risque de mettre en péril les finalités originales de ces lois (LÉGER F., 2001)

Ces évolutions parallèles du regard de la société sur les activités agricoles et leurs conséquences environnementales, alimentaires et sanitaires et de la place des espaces ruraux peuvent paraître éloignées de la problématique paysagère. Or, le paysage peut être apparenté, comme l'image la Figure 1.2, à la seule partie émergée de l'iceberg. Il est à la fois la conséquence facilement visible des activités agricoles et la première image perçue d'un territoire par les populations. Point de rencontre d'une offre et d'une demande, il est l'objet de convergence des discussions confrontant la sphère professionnelle agricole et les acteurs du développement des territoires ruraux.

⁷ La cogestion de l'agriculture a été instaurée par Édgard PISANI, ministre de l'Agriculture français de 1961 à 1966. Elle signifie le traitement des affaires de politique agricole entre l'État et les syndicats agricoles, en particulier la Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles (FNSEA).

Figure 1.2 : L'iceberg "Problématique Paysagère"



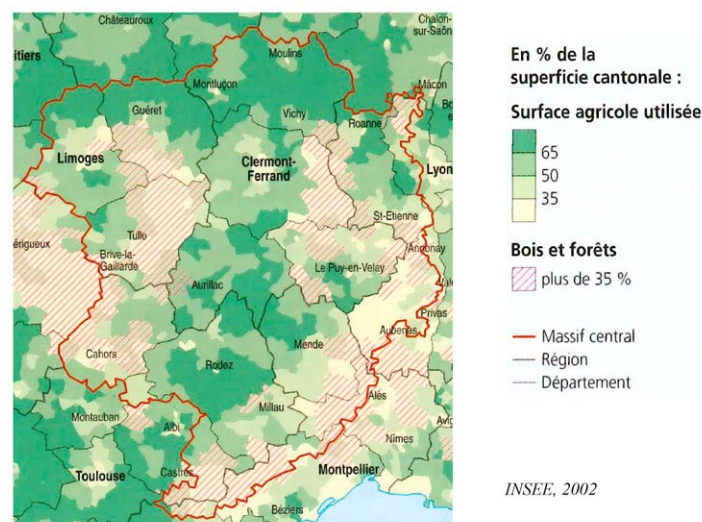
Les éléments d'une gestion concertée de la problématique paysagère sont à rechercher au sein de la partie immergée de l'iceberg. Ils doivent permettre de comprendre les mécanismes à l'origine de la production des paysages et d'appréhender plus précisément les attentes paysagères de la société. Dans ce dessein, il semble indispensable d'explorer (i) le fonctionnement des systèmes de production agricole, incluant l'intentionnalité et la conscience paysagères des agriculteurs, ainsi que les influences sociétales subies par ces derniers, (ii) la définition, en termes de physionomie des composantes matérielles du paysage, des attentes paysagères sociétales.

Ce travail porte précisément sur l'étude et la compréhension du rôle des systèmes de production agricole, plus particulièrement des agriculteurs en tant qu'agents économiques et individus sensibles au paysage, dans l'évolution des paysages ruraux.

2. CAS PARTICULIER DES TERRITOIRES RURAUX DU MASSIF CENTRAL

Le Massif central français est un ensemble de moyennes montagnes d'altitude modérée, ce qui en fait un territoire étalé, au relief mou, composé, par opposition à la haute montagne, d'un seul étage (FEL A., 1983). Il présente une densité moyenne de population assez faible, environ 50 hab. / km². La densité moyenne urbaine et périurbaine est de 122 hab. / km² contre 23 hab. / km² en zones rurales. Avec seulement une trentaine de pôles urbains, cet ensemble ne bénéficie que d'une faible influence urbaine : seulement 60% de la population et 66% des actifs vivent et travaillent dans les villes (INSEE, 2002). Comme l'illustre la carte de la Figure 1.3, le Massif central est avant tout le support d'activités agricoles et forestières : 50% des surfaces constituent la Surface Agricole Utile (SAU) – zones de couleur verte –, et 25% de l'espace restant sont en forêts – zones hachurées de couleur rouge – (INSEE, 2002).

Figure 1.3 : Le Massif central : un espace agricole et forestier



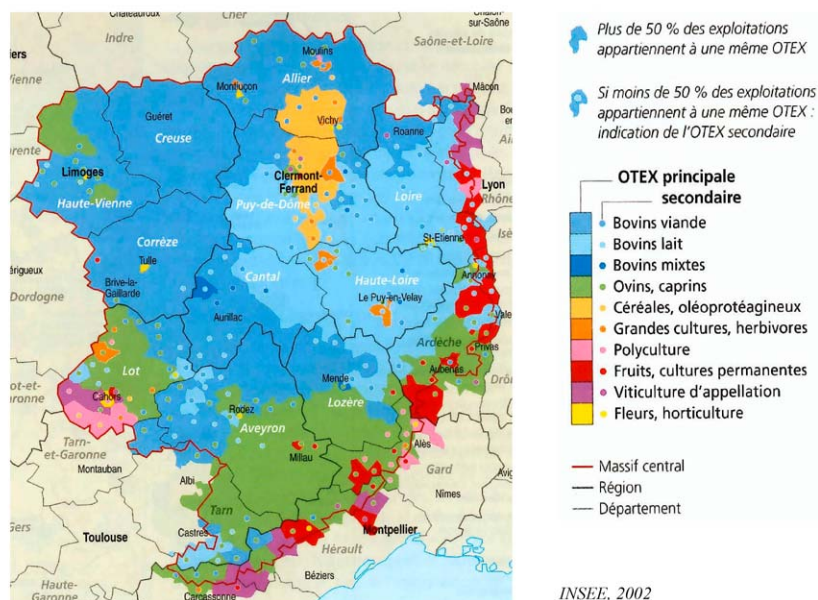
Support de nombreux travaux et réflexions scientifiques pluridisciplinaires sur le thème de la gestion et de l'aménagement du territoire, le Massif central est considéré, d'après le Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) Territoires ruraux sensibles du Massif central⁸, comme un modèle représentatif des problématiques des zones de moyennes montagnes françaises et européennes.

Néanmoins, il masque, derrière cette homogénéité apparente, une grande diversité des conditions pédoclimatiques, des couverts végétaux et, par adaptation, des systèmes de production agricole

⁸ Le GIS Territoires Ruraux Sensibles du Massif central regroupe 8 organismes (CEMAGREF, ENGREF, ENITAC, INRA, Université d'Auvergne, Université Blaise Pascal, Université Jean Monnet et Université de Limoges.). Il s'intéresse à différentes thématiques : les espaces, les hommes et leurs activités, les politiques et les outils de représentation et de concertation.

(BRUNSCHWIG G. *et al.*, 2000; INSEE, 2002). La carte de la Figure 1.4 souligne la prédominance des productions bovines, mais également l'existence d'une grande diversité des Orientations Technico-économiques des EXploitations agricoles (OTEX).

Figure 1.4 : Le Massif central : une agriculture diversifiée à dominante bovine



Certains territoires de cet ensemble, sur lesquels la contrainte pédoclimatique est plus prégnante, sont plus particulièrement intéressants du point de vue de l'étude des interactions entre les systèmes de production agricole et les préoccupations paysagères. En effet, les systèmes de production agricole, présentant une faible marge de manœuvre, adaptent en permanence leur mode de conduite et leurs pratiques pour se maintenir au sein du tissu économique. Cette déformation régulière du tissu agraire génère des mutations paysagères rapides et visibles (MICHELIN Y., 2000b). Ce contexte difficile est représentatif des territoires ruraux herbagers sensibles. Il rend plus explicites les interactions entre les adaptations des systèmes de production agricole et les évolutions des paysages, ce qui présente un intérêt pour l'étude et l'analyse de l'organisation spatiale des activités agricoles et de ses liens avec les évolutions du paysage.

Les territoires ruraux herbagers sensibles du Massif central représentent un support de réflexion adapté aux besoins de ce travail. Différentes études, conduites par les membres de l'équipe de recherche sur ce type de territoires au sein du département du Puy-de-Dôme (Communauté de communes Sancy-Artense, vallée de la *Monne*, commune de Ceyssat), seront citées comme ressource à la réflexion menée.

21. Un ensemble de territoires ruraux herbagers sensibles

Les territoires ruraux sont habituellement étudiés et caractérisés par les géographes ruraux. L'objectif n'est pas ici une discussion académique concernant les définitions, les critères de classification ou les typologies de territoires. Il s'agit seulement de présenter les grandes caractéristiques de ce type de territoires.

Selon les définitions, le territoire représente une étendue de terres, plus ou moins nettement délimitée, qui présente une certaine unité ou un caractère particulier. Par exemple, cette unité peut être le fait de l'homogénéité des composantes matérielles pour la géographie physique, des composantes faunistiques et floristiques pour les écologues. Du point de vue de la géographie rurale, le territoire représente un espace où s'est établie une collectivité humaine bornant celui-ci de frontières, le soumettant à une autorité politique ou lui imposant une activité particulière (TLFI, 2005).

À partir de ces éléments, le territoire rural peut être considéré comme un espace, que la nature et les activités humaines ont façonné (BRUNET P., 1984). Dans le cas des évolutions des paysages des territoires ruraux, la nature est représentée par la dynamique de végétation spontanée et les activités humaines principalement par les pratiques agricoles mises en œuvre au sein des systèmes de production agricole et forestière.

Inscrit au sein d'une démarche agronomique, ce travail se focalise sur l'étude des évolutions des paysages liées aux activités agricoles.

211. Des territoires herbagers : une ressource fourragère obligatoire

S'intéresser au rôle des activités agricoles dans les évolutions des paysages implique que ces activités constituent un facteur important, voire majeur, de la modification de l'espace rural. Elles doivent représenter une emprise spatiale recouvrant la majeure partie du territoire étudié (JANIN C., 1995). Si tel n'était pas le cas, les modifications des paysages dues aux activités agricoles seraient minimales, peu visibles. Elles n'expliqueraient guère la dynamique paysagère.

Cette contrainte a porté l'intérêt de ce travail vers des territoires dont la couverture est à dominante herbagère, considérée comme une ressource fourragère obligatoire des systèmes de production agricole. Le Massif central, dont plus de 60% de la SAU sont composés de Surfaces Toujours en Herbe (STH) (INSEE, 2002), se présente comme un terrain d'étude adéquat. La couverture végétale prédominante de

ses espaces est constituée d'étendues prairiales. Deux types de prairies se rencontrent principalement : (i) les prairies temporaires dont la composition floristique est définie, choisie et semée par l'agriculteur ; (ii) les prairies permanentes⁹ dont la composition floristique dépend de la combinaison du substrat, de son histoire agro-écologique et des conditions pédoclimatiques. La physionomie de ces prairies varie selon la pression de prélèvement exercée par les pratiques de pâturage et de récolte mises en œuvre au sein des systèmes de production agricole. Il existe une large gamme de physionomies, dont la palette peut varier de couverts homogènes et ras à des couverts très hétérogènes résultant d'un assemblage plus ou moins dense de zones rases et de zones buissonnantes. Cet aspect physionomique est intéressant du point de vue de l'étude des formes du paysage. Il confère une diversité d'éléments paysagers, dont les variations physionomiques peuvent être rapides et visibles.

212. Des territoires sensibles : l'importance du paysage

La notion de "sensibilité" des territoires ruraux apparaît au début des années quatre-vingt-dix, remplaçant progressivement celle de "fragilité". Cette transformation du vocabulaire tend à modifier le message transmis par la société à l'égard de ces territoires ; elle illustre un changement de perception de ces espaces par les populations.

2121. Un cercle pernicieux : banalité et fragilité

Jusque récemment, les géographes ruraux définissent les territoires ruraux de moyennes montagnes, dont le Massif central, comme des espaces soumis à de nombreux handicaps : contexte pédoclimatique difficile et peu muable, exode rural, isolement des populations, difficulté de transport, faible niveau de vie et agriculture en crise. Déjà tributaires d'une image négative abondamment relayée au sein de la société¹⁰, ces territoires subissent ce pessimisme jusque dans les années quatre-vingt. VITTE constate les difficultés à développer les activités touristiques sur des territoires considérés comme banals et sans intérêt face à l'attractivité des Alpes. FEL remarque une évolution instable et imprévisible de l'agriculture : d'abord handicapée par les contraintes physiques, l'âge des agriculteurs et la faiblesse des résultats techniques, elle semble cantonnée dans une agriculture paysanne ; puis elle s'engage fortement dans la modernisation et la recherche d'une meilleure productivité, et finalement aujourd'hui, au même titre que celle des autres territoires ruraux, elle subit la crise (CERAMAC, 1990). Ces éléments illustrent l'instabilité et la fragilité

⁹ Selon la définition officielle de l'INSEE, les prairies permanentes sont "*les terres consacrées à la production d'herbe, ensencée ou naturelle, qui ne font pas partie du système de rotation des cultures de l'exploitation depuis 5 ans ou davantage*". Elles gardent leur statut lors de resemis, s'il y a continuité herbacée dans l'année. Par défaut, les autres prairies sont des prairies temporaires.

¹⁰ Un exemple de l'image des territoires ruraux relayée par la littérature "*...dans ce monde rural où tout est le prix de la sueur, où le cœur s'endurcit comme les mains, à force de peiner, les grands-parents, le père et la mère même deviennent à charge (...) eux-mêmes se sentent inutiles.*" (Extrait du "Livre de raison" de Joseph de PESQUIDOUX, romancier français du début du siècle).

des territoires ruraux de moyennes montagnes, souvent considérés comme l'archétype des problèmes de développement et d'aménagement.

2122. Un équilibre sensible basé sur l'esthétique

Dans le courant des années quatre-vingt, sous l'effet de la réussite économique du massif du Jura, de la crise subie par les territoires ruraux alpins et des évolutions des sociétés citadines présentées précédemment, les territoires ruraux de moyennes montagnes sont redécouverts sous un autre angle de vue : grands espaces verts, accueillants, parsemés d'une multitude de patrimoine bâti, ils peuvent être le cadre d'un tourisme doux et reposant (PERRIER-CORNET P., 2003). De plus, dans un contexte marqué par les préoccupations environnementales, ces territoires deviennent des espaces à protéger des actions de l'homme : espaces naturels, cours d'eau, habitats d'espèces animales emblématiques, paysages remarquables... Ils deviennent des territoires dits "*sensibles*". Cette dénomination, moins catastrophiste, ne change néanmoins pas la réalité. Selon la typologie des campagnes de la DATAR, les territoires ruraux herbagers sensibles correspondent à la "*campagne sensible*". Il s'agit de "*territoires à processus complexes de marginalisation avec un appauvrissement économique, social, démographique et spatial et une très forte diversification des activités*" (DATAR, 2003).

Cette notion de sensibilité véhicule deux idées : (i) ces territoires sont un ensemble de ressources à protéger ; (ii) la sauvegarde de ces territoires repose sur un équilibre instable entre activités agricoles, aménagement du territoire et tourisme, autant de secteurs dont les évolutions sont peu prévisibles au sein d'espaces où les contraintes s'exercent fortement. DIRY, concluant un ouvrage collectif sur l'Auvergne rurale, souligne cet aspect, signifiant que deux scénarios opposés de l'évolution des territoires ruraux sensibles auvergnats sont autant envisageables l'un que l'autre (CERAMAC, 1990) :

- ✖ Un scénario optimiste : l'activité agricole parvient à entretenir l'ensemble des finages, encourageant le développement des activités touristiques et économiques. Ceci permet le maintien, voire la relance, du dynamisme du tissu rural.
- ✖ Un scénario pessimiste : l'incapacité de l'agriculture rurale à s'insérer dans une économie de marché conduit à la disparition de la plupart des structures agraires, plongeant les territoires dans une dynamique d'enfrichement. Ce dernier phénomène diminue l'attractivité des territoires, conduisant à un processus de désertification.

Au-delà de la notion d'instabilité, ces deux scénarios rappellent la persistance du poids de l'agriculture dans le développement socio-économique des territoires ruraux sensibles. Néanmoins, si les territoires ruraux ont longtemps été pensés et organisés autour des activités agricoles, certains estiment aujourd'hui que "*l'agricole ne fait plus le rural*" (PERRIER-CORNET P., 2001). La légitimité d'un soutien à l'agriculture au sein de ces territoires réside uniquement dans l'emprise spatiale de celle-ci. En effet,

encore largement dominante tant du point de vue de la propriété que de l'usage¹¹, elle est l'acteur principal de l'évolution de l'occupation des sols, composante majeure de l'équation des évolutions des paysages et de l'attrait esthétique des territoires ruraux herbagers sensibles.

22. Les paysages de ces territoires ruraux particuliers

La définition d'un paysage est une opération complexe, essentiellement variable selon le point de vue de l'observateur. Il est possible de caractériser sa structure biologique, son organisation spatiale, son esthétique, sa valeur... Les territoires ruraux herbagers sensibles présentent des paysages particuliers, essentiellement agraires, dont cette partie s'attache à décrire quelques caractéristiques principales, mêlant une approche géographique, permettant de comprendre sa structure, et une approche sociologique, dans l'objectif d'essayer de cerner leurs enjeux.

221. De quels paysages parle-t-on ?

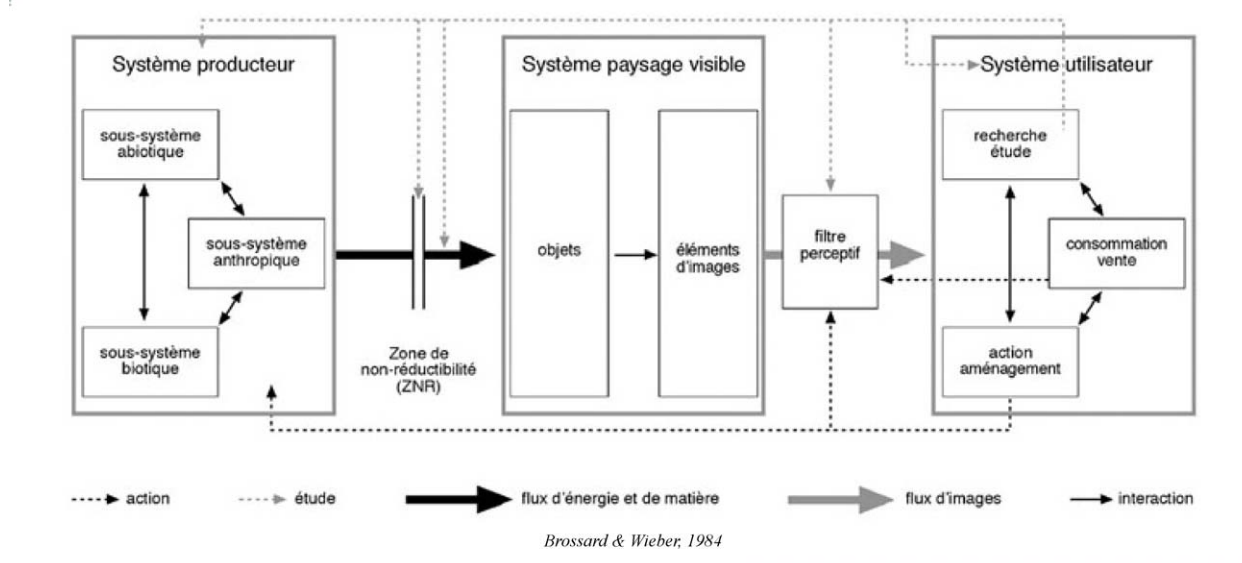
En 2000, MICHELIN débute son Habilitation à Diriger des Recherches (HDR) en s'interrogeant sur la nécessité de travaux supplémentaires sur le concept de paysage, déjà largement étudié et discuté par les géographes (MICHELIN Y., 2000b). Selon une posture similaire, la notion de paysage ne sera pas débattue dans ce travail. Seuls quelques éléments de définition, indispensables à la compréhension de l'approche menée, seront présentés. L'objectif est d'identifier le type de paysage abordé et la posture choisie face aux questionnements qu'il pourrait suggérer.

2211. D'après la définition du paysage...

Le paysage est dual. Il possède une dimension objective, au sens où il est l'image d'un espace réel façonné par des activités humaines et des processus naturels. Mais, il présente aussi une dimension subjective : chaque observateur, selon son système de représentation, a sa propre perception du paysage (LENCLUD G., 1995; DANIEL T.C., 2001). Cette dualité entre réalisme et sensible a été traduite sous la forme de l'interaction permanente de trois systèmes, détaillée au sein de la Figure 1.5 : le système producteur du paysage, le système paysage visible et le système utilisateur du paysage (BROSSARD T. et WIEBER J.C., 1984).

¹¹ D'après les résultats du Recensement Général Agricole (RGA) de 2000, parmi les 33 millions d'hectares du territoire national français à usage agricole, 17 millions appartiennent directement aux agriculteurs. Les 16 millions d'hectares restants sont mis à disposition des agriculteurs selon différents modes de fermage pouvant provenir d'autres agriculteurs, d'agriculteurs à la retraite ou d'autres propriétaires n'appartenant pas à la sphère professionnelle agricole.

Figure 1.5 : Le système Paysage de Brossard & Wieber



Le système producteur, considéré comme un géosystème territorial (BEROUTCHACHVILI N. et BERTRAND G., 1978), représente les mécanismes de construction du paysage. Différents facteurs interviennent : des processus naturels (sous-systèmes biotiques et abiotiques), générateurs d'éléments comme les formes du relief et les peuplements végétaux, et des activités humaines, perturbatrices des dynamiques naturelles (sous-systèmes anthropiques). L'assemblage des entités façonnées forme le système paysage visible, c'est-à-dire le paysage, qui pourra être vu d'autant de façons qu'il existe d'observateurs et de filtres perceptifs. Ces différentes représentations du paysage, résumées au sein du système utilisateur du paysage ont conduit à l'expression de diverses méthodes d'appréhension du paysage :

- ✖ Les approches morphologiques : principalement orientées sur la description des formes végétales, elles sont initiées par les naturalistes allemands et permettent l'élaboration de nombreuses typologies des couverts végétaux, comme TERUTI¹² (SLAK M.F. et VIDAL C., 1995). Elles fournissent les bases du suivi et de l'analyse de l'évolution des paysages. Néanmoins, elles présentent une limite récurrente : principalement centrées sur l'étude des composantes matérielles du paysage, elles s'attachent à une conception réductrice, n'intégrant ni l'homme, ni la dimension sensible de l'image paysagère.
- ✖ Les approches évaluatives : ayant une vocation plus large que la seule compréhension des dynamiques paysagères, ces approches s'intéressent plus particulièrement à l'évaluation de la qualité du paysage, celui-ci étant considéré comme une ressource. Trois types de critères de qualité paysagère ont conduit à l'élaboration de méthodes d'études spécifiques : (i) la valeur écologique, apparue dans les travaux

¹² L'enquête TERUTI permet chaque année, grâce à une observation directe par enquêteur de plus 550 000 points repérés avec précision, de connaître l'occupation de l'ensemble du sol français tant du point de vue physique (blé, route, construction...) que du point de vue fonctionnel (agriculture, habitat, réseau de communication...). Sa méthode d'échantillonnage a été renouvelée en 1993, date depuis laquelle les séries sont considérées cohérentes.

britanniques (MC HARG I., 1969), puis développée en France (BAUDRY J., 1986), au travers de l'écologie du paysage ; (ii) la valeur scénique, extraite de travaux britanniques concernant la "*scenic beauty*" (DANIEL T.C., 2001), c'est-à-dire les qualités esthétiques du paysage, intégrée dans les démarches d'aménagement paysagiste (FISCHESSER B., 1985) ; (iii) la valeur identitaire où le paysage est considéré comme le reflet des sociétés (LUGINBÜHL Y., 1989; SAUTTER G., 1991).

- ✖ Les approches s'intéressant à la fois aux dimensions matérielles et subjectives du paysage : elles sont plus récentes. Généralement, elles sont organisées autour de deux étapes fondamentales : une analyse classique des composantes matérielles du paysage, soit visuelle, à partir de l'observation des caractéristiques de terrains (MICHELIN Y., 2000a), soit instrumentalisée par le biais d'outils informatiques (JOLIVEAU T., 1998), et un inventaire des perceptions de ces éléments matériels par les populations locales à l'aide de méthodes et d'outils empruntés aux sciences sociales (NEURAY G., 1982; LUGINBÜHL Y., 1989; LELLI L., 2000). L'intérêt des scientifiques pour l'analyse systémique et les travaux interdisciplinaires a encouragé le développement de ces approches, aujourd'hui régulièrement utilisées par les géographes et les agronomes.

Cette diversité des perceptions et des méthodes d'analyse du paysage n'illustre qu'une partie de la variété des points de vue et des attentes pouvant être exprimée à propos de la problématique paysagère. Elle laisse néanmoins présager de la complexité d'aborder la gestion des paysages. En effet, au-delà des connaissances indispensables des composantes matérielles du paysage et de leur dynamique, obtenables par des études techniques, l'action sur le paysage nécessitera une attention particulière aux valeurs culturelles entretenues par les populations locales avec leur paysage.

Il sera admis, dans le cadre de ce travail, que les modifications paysagères d'origine anthropique doivent être considérées comme le résultat de la combinaison des modifications des pratiques des sous-systèmes producteurs, plus particulièrement les agriculteurs, et des évolutions sociales de ces acteurs au sein de la société locale (AMBROISE R. *et al.*, 2000). Le paysage sera abordé à la fois comme un objet matériel construit et régi par des principes physiques, biologiques et techniques, et comme une image susceptible d'être perçue et interprétée de différentes façons.

2212. Des paysages dynamiques

Les territoires ruraux herbagers sensibles du Massif central présentent des paysages particuliers, caractérisés par la prépondérance spatiale de deux composantes matérielles : le relief, imposant ses formes comme supports, et les étendues herbagères, véritable puzzle de surfaces prairiales aux textures variées.

Le relief, peu dynamique lors de périodes temporelles inférieures au millier d'années, est néanmoins une composante importante de ce paysage. En premier lieu, il conditionne la visibilité, c'est-à-dire une part de l'esthétique et des dimensions subjectives attribuées à un paysage : impression d'ouverture, d'espace et de liberté suggérée par la vue d'une grande vallée ou sentiment d'étouffement produit par l'escarpement des versants d'une gorge. En second lieu, il influence considérablement le panel des activités possibles, c'est-à-dire l'existence de systèmes producteurs et de systèmes utilisateurs du paysage. Au sein des territoires ruraux herbagers sensibles, le système producteur du paysage étudié se limite à l'agriculture. Le relief régit en grande partie la localisation et la répartition des activités agricoles, définissant des zones d'actions privilégiées (plateaux, fonds de vallée), des zones d'activités secondaires (pentes faibles et moyennes) et des zones inutilisables (pentes fortes, vallées escarpées) (MALPEL L., 2001; THINON P., 2002).

La surface prairiale représente la majeure partie de l'espace de ces territoires ruraux herbagers sensibles. Elle coexiste avec de nombreux autres éléments paysagers : le réseau hydrographique (rivière, fossés...), des éléments végétaux linéaires ou ponctuels (haies, bosquets, arbres isolés...), le réseau de communication (chemins, routes...), l'habitat, ainsi que d'autres éléments indicateurs des pratiques des systèmes utilisateurs (clôtures, stockage de fourrage, nourrisseurs, balisage de chemins de randonnées...). Bien que la plupart de ces éléments aient une très faible emprise spatiale en comparaison de celle des surfaces enherbées, ils sont des composantes importantes du paysage, tant pour la physionomie qu'ils façonnent, que pour l'image qu'ils véhiculent.

Les différents paysages sont le résultat de l'assemblage des différentes formes de ces composantes selon différents modes d'organisation spatiale (DEFFONTAINES J.P., 1994). Ces formes présentent une dynamique étroitement liée à la fréquence et à l'intensivité des pratiques agricoles appliquées (DEFFONTAINES J.P., 1996). De fait, les évolutions des paysages des territoires ruraux herbagers sensibles dépendent fortement des conditions pédoclimatiques et du contexte économique, politique, juridique et social de la sphère professionnelle agricole.

Dans le cadre de ce travail, il est considéré comme peu réaliste de chercher à figer les paysages (GAUCHER S., 1995), ceux-ci étant le fruit de l'interaction permanente de multiples dynamiques (PEDROLI B. *et al.*, 2007).

2213. Des paysages ordinaires

Le paysage des territoires ruraux herbagers sensibles présente une autre caractéristique, non négligeable dans le cadre de réflexions sur la physionomie des territoires. Il s'agit d'un paysage commun, que l'on croise le matin et le soir lors du trajet domicile-travail, que l'on traverse et que l'on voit régulièrement, avec habitude, sans qu'il nous émerveille forcément. Comme l'illustrent les photographies de la Figure 1.6, c'est un "*paysage ordinaire*", par opposition aux paysages remarquables, emblématiques,

identifiés, classés comme monuments du patrimoine, visités et ayant souvent fait l'objet de retouches paysagères. Moins rare, il est plus banal et possède une valeur d'usage plus faible. (LELLI L., 2000)

Figure 1.6 : Des paysages de valeur différente ?



Pourtant, ce paysage mérite un intérêt particulier.

En premier lieu, parce que derrière cette banalité, c'est un véritable livre d'histoire donné à lire (DEFFONTAINES J.P., 1996). Cadre de vie des populations rurales, il est avant tout un ensemble de traces de l'histoire des populations locales et de l'évolution de l'agriculture (murets, talus, rases...). Encore relativement vierge de toute intervention paysagère, il permet d'analyser et de comprendre les mécanismes de ses évolutions et de faire le lien entre ceux-ci et les transformations de ses systèmes producteurs, en particulier des systèmes de production agricole.

En second lieu, parce que bien qu'ordinaire, ce paysage est aujourd'hui devenu le cœur d'une demande sociale, la finalité de politiques sectorielles, l'argument commercial de nombreux produits et/ou un des critères de mesure du développement durable. Serait-il, comme le fait remarquer LELLI, en train de devenir le "*paysage extraordinaire de demain*" ? Pour le moment, il semble une voie opportune, et peut-être incontournable, de revalorisation des territoires ruraux herbagers sensibles.

222. Quelles évolutions récentes de ces paysages ?

Comme nous l'avons expliqué auparavant, le regain d'intérêt de la société pour le paysage provient pour partie de la modernisation de l'agriculture qui a accéléré les changements d'occupation du sol et rendu plus visibles les mutations physiologiques.

Deux politiques sectorielles ont particulièrement influencé les flux de surfaces entre les différents types d'usage du territoire : la loi d'orientation agricole de 1962 a encouragé l'intensification des espaces les plus productifs du territoire et les deux lois forestières, votées successivement en 1946 et 1963, ont incité aux reboisements. Lors de la seconde moitié du vingtième siècle, la SAU du territoire français recule de 15%, soit de près 5 millions d'hectares, au profit des surfaces boisées et d'autres utilisations comme l'extension des zones urbaines (AGRESTE, 2001; INRA *et al.*, 2003). Les surfaces laissées-pour-compte par cette agriculture moderne sont principalement celles qui présentent une situation pédoclimatique contraignante (altitude, pente, climat froid, humidité...), une faible potentialité agronomique et/ou appartenant à des espaces non remembrés.

Ce phénomène est relativement marqué au sein des territoires ruraux herbagers sensibles. FEL, lors d'un rapide inventaire des changements paysagers du sein du Massif central entre 1950 et 1980, indique une amputation de 7% de la SAU, soit environ 125 000 hectares. Ces surfaces connaissent différents devenir : les clairières agricoles montagnardes (exemple : Livradois-Forez) sont boisées, enserrant villages et dernières clairières agricoles ; les espaces pentus et les terrains maigres, c'est-à-dire ceux combinant de fortes contraintes d'utilisation et de faibles potentialités agronomiques (exemple : zones de transition entre la plaine et la montagne), subissent lentement une succession conduisant à la friche (pré de fauche >> pacage >> genêts envahissants >> lande semi-boisée) ; d'autres espaces, dans la périphérie des villes, perdent progressivement leur ruralité pour être convertis à l'urbain. Quant à l'espace qui conserve sa vocation agricole (exemple : vastes herbages du Cantal, bocage Limougeaut, plaines céréalières de Limagne), il est intensifié, amélioré, débarrassé du moindre frein au progrès technique, au risque de façonner un paysage banal (BRUNET P., 1984).

Mais, ces évolutions chiffrées sont-elles alarmantes au point de s'inquiéter de la fermeture du paysage des territoires ruraux herbagers sensibles ?

La surface perdue par l'agriculture, dont FEL fait état, ne représente que 5% du territoire auvergnat. Il apparaît alors restrictif d'aborder les évolutions paysagères par l'unique point de vue quantitatif des indicateurs statistiques. En effet, il semble que la dimension sensible du paysage se répercute aussi dans la perception de ses évolutions. Elle pourrait expliquer que le développement de friches au sein des espaces communaux et des pelouses d'altitude et l'apparition de boisements en timbre-poste¹³ aient suscité, au cours de la décennie soixante-dix, les premières évocations de la notion de "*fermeture du paysage*"

¹³ L'expression "*timbres-poste*" est utilisée par FEL : "*paysage appelé reboisement en timbre-poste aux petits boqueteaux intercalés dans les parcelles cultivées*". Elle illustre la répartition spatiale anarchique des boisements artificiels et l'aspect décousu du paysage qui en résulte.

(DEFFONTAINES J.P., 1977), augurant les perspectives pessimistes d'une "*France en friche*¹⁴" (INRA *et al.*, 2003). De plus, certains auteurs remarquent le fait que lorsque certaines populations rurales se sentent enfermées et isolées par la recrudescence récente de zones boisées encerclant et assombrissant leur cadre de vie, les inquiétudes concernant l'avenir de la physionomie des territoires ruraux sont beaucoup plus marquées, allant jusqu'à une traduction de celle-ci au sein des sphères institutionnelles agricole et politique. Ces situations, à connotation catastrophiste, sont à l'origine d'une remise en cause de la légitimité du métier d'agriculteur et de sa capacité à entretenir les espaces des territoires ruraux. La crise de la profession agricole, subie par les territoires ruraux herbagers sensibles où les phénomènes d'abandon et de reboisement de surfaces semblent plus visibles, est qualifiée de "*déprise agricole*". Cette expression illustre l'échec de l'homme sur la nature, qui conduit inexorablement l'ensemble de la société rurale vers une situation décadente : isolement, vieillissement des populations, départ des jeunes... (ROCCON M.H., 1991)

Finalement, au-delà de la réalité physionomique de la progression des landes et des surfaces embroussaillées au sein d'anciennes surfaces cultivées, la problématique des évolutions des paysages des territoires ruraux herbagers sensibles souligne une inquiétude marquée de la société face au recul des activités agricoles, seul facteur d'entretien et d'organisation de l'espace, c'est-à-dire seul système producteur du paysage. Celle-ci est d'autant plus forte au sein des populations rurales, conscientes des conséquences de ce déclin physionomique sur le dynamisme du tissu rural et sa capacité à l'accueil de nouvelles populations (LE FLOCH S. et ANNE-SOPHIE D., 2005).

223. Quelles attentes de la société pour ces paysages ?

Du fait de cette dualité du discours sur les transformations quantitatives des paysages, certains chercheurs ont tenté d'aborder la problématique des évolutions paysagères par leur aspect qualitatif. Ils ont cherché à identifier le paysage souhaité. Or, malgré l'affirmation d'un regain d'intérêt pour le paysage, la recherche d'un cadre de vie agréable, l'utilisation récurrente du paysage comme outil de légitimation des projets, des politiques et de certains produits locaux, la caractérisation de la demande paysagère reste un exercice difficile et aux résultats incertains. Les réponses des différents acteurs, bien souvent peu précises, sont à analyser en regard de leur rapport au territoire.

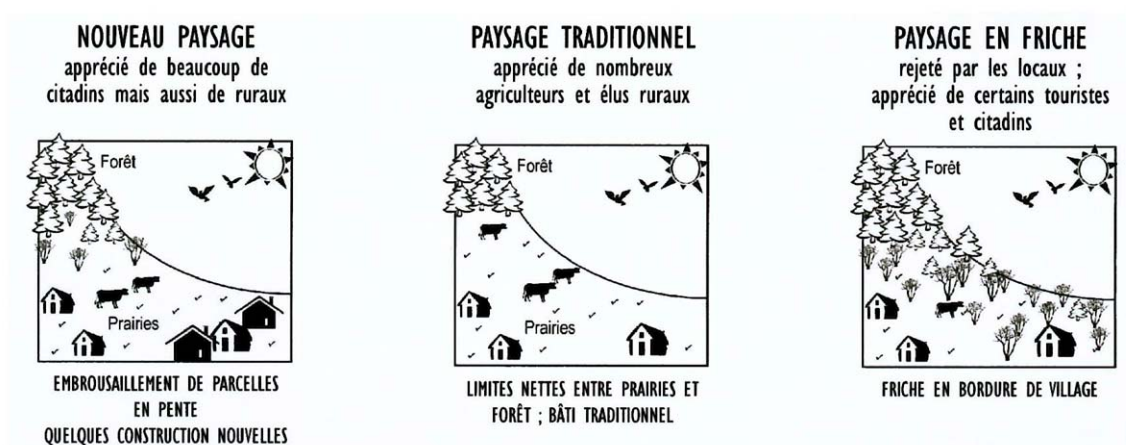
Néanmoins, si l'on se réfère aux travaux des sociologues sur les territoires ruraux herbagers sensibles (LE FLOCH S. et ANNE-SOPHIE D., 2005), il semble que les goûts convergent vers des "*paysages ouverts*". Il s'agit de "*paysages où l'on peut voir*", c'est-à-dire ceux qui recèlent de panoramas et de points de vue

¹⁴ "La France en friche" est un ouvrage du journaliste ÉRIC FORTTORINO, publié aux éditions Lieu Commun en 1989. Il dépeint la situation de crise des territoires ruraux, faisant état d'une sorte de psychose.

avec de grandes étendues offertes au regard. Le paysage ouvert est considéré comme esthétique, par opposition à l'ambiance sombre d'un paysage fermé. Il doit permettre de ressentir une impression de liberté, de communion avec la nature. Néanmoins, certaines personnes enquêtées expliquent qu'elles n'apprécient les paysages ouverts que par opposition aux paysages fermés rencontrés auparavant. Un paysage ouvert ne s'apprécierait que si l'on peut le comparer à d'autres espaces plus fermés. Le paysage idéal serait-il l'alternance d'espaces boisés et d'espaces ouverts, sorte de mosaïque paysagère ?

Commune à la plupart des catégories d'acteurs rencontrés au sein des territoires ruraux herbagers sensibles (agriculteurs / non agriculteurs ; résidents / touristes) (FRIEDBERG C. *et al.*, 2000), il paraît explicite que cette question paysagère mêle attentes physiologiques et symboliques. Le paysage est avant tout un enjeu social, une image que chaque individu souhaiterait percevoir et/ou donner de son territoire (BUIJS A.E. *et al.*, 2006). Des travaux menés en Basse-Normandie à la recherche des friches ont illustré ce fait : si les discours généraux s'inquiétaient d'une déprise agricole, souvent associée à l'apparition massive de friches, les enquêtes ont révélé, non pas cette dynamique d'enfrichement exacerbée, mais plutôt une situation économique agricole difficile, avec un recul du prix de la terre agricole, une diminution des surfaces en prairies permanentes et finalement l'omniprésence du sentiment d'une profession agricole en crise (LAURENT C. *et al.*, 1995). Cette situation socio-économique actuelle, assez courante de l'agriculture française et plus particulièrement marquée au sein des territoires ruraux herbagers sensibles, conduit à l'apparition d'espaces moins bien entretenus, moins exclusivement ruraux, correspondant au "*nouveau paysage*" de la Figure 1.7 décrit par GUISEPELLI et FLEURY dans les Alpes du Nord. L'émergence de cette nouvelle physionomie du territoire, mal vécue par la sphère professionnelle agricole, se traduit souvent par un pessimisme paysager, exprimé par des termes forts comme "*fermeture du paysage*" et/ou "*déprise agricole*", alors qu'elle ne déplaît pas vraiment aux autres populations de touristes et/ou de nouveaux venus (GUISEPELLI E. et FLEURY P., 2003).

Figure 1.7 : Perception des évolutions paysagères dans les Alpes du nord



Guisipelli & Fleury, 2003

Ainsi, l'expression de la fermeture du paysage, si elle révèle une réelle évolution de l'organisation de l'occupation du sol, ne peut être associée systématiquement à un phénomène de reboisement massif ou d'embroussaillage étendu des territoires ruraux herbagers sensibles. En outre, elle est à considérer comme l'expression d'une véritable mutation des fonctions des espaces ruraux. D'une part, elle révèle le malaise d'une sphère professionnelle agricole en difficulté, que la perte de maîtrise des espaces ruraux, qu'elle soit matérialisée par l'apparition de zones moins entretenues ou simplement institutionnelle, rend encore plus pessimiste. D'autre part, elle rappelle la présence de nouvelles populations au sein de ces territoires qui, dans un souci de préservation de leur cadre de vie et de l'environnement, souhaitent prendre part à la gestion de ces espaces.

Enfin, si la tendance générale semble se diriger vers des paysages ouverts, elle n'est pas très claire. Il est aisé d'imaginer qu'il n'y ait pas qu'un seul paysage idéal. Peut-être faut-il simplement rechercher les motivations et les objectifs de la société dans une volonté plus générale, vouée à un intérêt collectif, comme ceux exprimés en préambule de la Convention européenne du paysage¹⁵ :

"...Notant que le paysage participe de manière importante à l'intérêt général, sur les plans culturel, écologique, environnemental et social, et qu'il constitue une ressource favorable à l'activité économique, dont une protection, une gestion et un aménagement appropriés peuvent contribuer à la création d'emplois,

Conscients que le paysage concourt à l'élaboration des cultures locales et qu'il représente une composante fondamentale du patrimoine culturel et naturel de l'Europe, contribuant à l'épanouissement des êtres humains et à la consolidation de l'identité européenne,

Reconnaissant que le paysage est partout un élément important de la qualité de vie des populations : dans les milieux urbains et dans les campagnes, dans les territoires dégradés comme dans ceux de grande qualité, dans les espaces remarquables comme dans ceux du quotidien,

Notant que les évolutions des techniques de productions agricole, sylvicole, industrielle et minière et des pratiques en matière d'aménagement du territoire, d'urbanisme, de transport, de réseaux, de tourisme et de loisirs, et, plus généralement, les changements économiques mondiaux continuent, dans beaucoup de cas, à accélérer la transformation des paysages,

Persuadés que le paysage constitue un élément essentiel du bien-être individuel et social, et que sa protection, sa gestion et son aménagement impliquent des droits et des responsabilités pour chacun..."

¹⁵ La Convention européenne du paysage a été ouverte à la signature des états membres du Conseil de l'Europe, à l'adhésion de la Communauté Européenne et États européens non membres, le 20 octobre 2000 à Florence. Aujourd'hui, 27 pays ont ratifié cette convention et 8 pays l'ont simplement signée.

Les territoires ruraux herbagers sensibles, comme le Massif central français, sont une représentation amplifiée de la situation générale des territoires ruraux. Leurs paysages complexes et fluctuants témoignent de la difficulté permanente de leurs systèmes producteurs, principalement les systèmes de production agricole, à se maintenir dans une économie de plus en plus prégnante. Ce contexte est un support d'étude intéressant pour ce travail : le niveau de contrainte élevé du milieu et la faible marge de manœuvre des différents acteurs exacerbent la problématique de la gestion des paysages ruraux. Il ne permet pas la mise en évidence d'une demande paysagère explicite, qui peut-être n'existe pas, mais il illustre l'ambiguïté qui rend difficile la gestion du paysage.

Le paysage est un co-produit – une aménité – des activités agricoles. Aujourd'hui, sa dynamique, corrélée aux adaptations permanentes des systèmes de production agricole, s'accélère, devenant plus visible. La société, sensible à cette transformation de la campagne, semble souhaiter ralentir les processus à l'œuvre : il faudrait préserver, conserver et peut-être inciter les agriculteurs à l'entretien, voire à la production, de certaines formes paysagères. Or, s'il est du bon sens qu'on ne s'improvise pas paysagiste, il est fondamental de comprendre qu'on ne peut dissocier le paysage de la réalité technique et socio-économique de la sphère professionnelle agricole. Produire du paysage, en tant que finalité, impliquerait dans un premier temps de sensibiliser les agriculteurs, puis par une évolution progressive des systèmes de production agricole, d'inciter à l'apparition, à côté des fonctions de production traditionnelle, d'une fonction paysagère identifiée.

Interpellé par ces questionnements, l'agronome peut intervenir, d'une part pour aider à l'objectivation des débats en apportant la connaissance du fonctionnement des systèmes de production agricole, et d'autre part pour accompagner leurs transformations si cela s'avère nécessaire.

Chapitre 2

La problématique des paysages des territoire ruraux sous le regard des agronomes

Du point de vue de l'agronomie, les évolutions des paysages n'étaient pas, a priori, un objet de recherche. Ce sont les questionnements soulevés par cette problématique au sein de la société, ainsi que l'implication de la sphère professionnelle agricole dans les débats, qui ont incité les agronomes à étudier le rôle des systèmes de production agricole dans la dynamique paysagère.

L'espace, support des éléments paysagers, mais aussi réceptacle des activités agricoles, est devenu un objet d'étude agronomique. Il a suscité l'analyse spatiale des activités agricoles et de leurs évolutions, poussant les agronomes à explorer et à emboîter différents niveaux d'organisation fonctionnelle : le système agraire, le système de production agricole et la parcelle d'utilisation agricole. Ces réflexions ont donné naissance à une discipline à l'interface de l'agronomie et de la géographie : la géoagronomie.

La principale approche développée, le diagnostic paysager en agriculture, permet une mise en correspondance des types de systèmes de production agricole avec des types d'unités physiologiques, portions de territoire aux composantes paysagères relativement homogènes. Elle apporte les premiers éléments d'explication de la production des paysages par les activités agricoles.

Néanmoins, ces travaux, s'ils proposent des clés de lecture de l'avenir paysager à l'échelle de grands ensembles géographiques, sont trop souvent dissociés de l'agriculteur, décideur des pratiques agricoles qui façonnent les paysages au quotidien. Face à ce constat, ce travail propose une démarche d'étude recentrée sur l'agriculteur, en tant qu'individu, émettant l'hypothèse du rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans les évolutions des paysages.

1. LES PAYSAGES, RÉVÉLATEURS DES ACTIVITÉS AGRICOLES

Un paysage est défini par DEFFONTAINES comme “une partie d’un pays, une portion d’espace, perceptible à un observateur, où s’inscrit une combinaison de faits visibles et invisibles, d’actions, dont nous ne percevons à un moment que le résultat global” (DEFFONTAINES J.P., 1977).

Ce point de vue suggère à l’agronome l’étude du paysage, non comme objet de recherche, mais comme moyen de lecture des activités agricoles et de leur diversité (DEFFONTAINES J.P., 1986, 1996b). La méthode appliquée à cet objectif, le diagnostic paysager en agriculture (DEFFONTAINES J.P., 2001b), s’inscrit pleinement dans le cadre de la recherche-système¹ menée par les agronomes (DE BONNEVAL L., 1993). Elle permet l’exploration des activités agricoles selon différents niveaux d’organisation fonctionnelle : (i) une approche territoriale conduisant à la mise en évidence de structures spatiales sur une petite portion de territoire ; (ii) une approche systémique dont l’objectif est la recherche de facteurs d’organisation spatiale au sein du parcellaire du système de production agricole (DEFFONTAINES J.P., 1996a). Son application diachronique permet de révéler la diversité des réponses des agriculteurs aux facteurs pédoclimatiques du milieu et aux incertitudes croissantes conjoncturelles (évolutions des marchés, réglementations contractuelles, crises...) qui pèsent sur la trajectoire des systèmes de production agricole (GIRARD N. *et al.*, 1996).

La géoagronomie est une science diagonale issue de cette rencontre de l’agronomie et de la géographie sur un même territoire (BERTRAND G., 2002). Ayant pour objectif une meilleure prise en compte de l’espace au sein des systèmes de production agricole, elle répond à ce véritable enjeu scientifique : identifier, analyser et comprendre les dynamiques des organisations spatiales agricoles, véritable film en direct du renouvellement du fonctionnement des systèmes de production agricole (LARDON S. *et al.*, 1990).

Cette démarche a poussé les agronomes à regarder au-delà des limites géographiques de la parcelle agricole². L’emprise spatiale des phénomènes biologiques liés à la dynamique paysagère, plus précisément des processus agro-écologiques liés au développement de la végétation (LOISEAU P. et DE MONTARD F.X., 1986), impose de dépasser les zonages géographiques des unités administratives et des unités de gestion (BELLON S. *et al.*, 2002). De la même façon, considérer que le paysage puisse être le résultat de stratégies spatiales, mises en œuvre au sein de systèmes de production agricole pilotés par des individus, (LANDAIS

¹ La recherche-système désigne l’étude des systèmes agraires et des systèmes de production agricole. Elle est proche de la terminologie américaine des “*Farming Systems*”. Développées à la suite d’une prise de conscience de l’inadéquation entre les objectifs d’innovation proposés aux agriculteurs et les résultats obtenus par ceux-ci, ces approches présentent généralement les caractéristiques suivantes : un objectif finalisé de développement des systèmes de production agricole, la prise en compte de tous les systèmes de production agricole d’une unité territoriale, un point de vue holistique du système de production agricole et l’utilisation de la modélisation systémique.

² La dénomination “*parcelle agricole*” est parfois ambiguë. Au sein de ce document, elle sous-entend la plus petite unité de gestion élémentaire de l’activité agricole par les agriculteurs, soit la parcelle d’utilisation courante de l’agriculteur.

E. et DEFFONTAINES J.P., 1988), suggère l'étude du fonctionnement du système de production agricole au sein de la globalité de son environnement. Il s'agit de prendre en compte l'ensemble des données technico-économiques relatives à l'activité de production, le positionnement géographique du système de production agricole au sein du territoire, mais aussi la place et le rôle social de l'agriculteur au sein du tissu rural et la perception qu'il a de ce que doit être et doit produire son métier (SÉBILLOTTE M., 2002).

Dans ce cadre d'étude, l'analyse des interactions entre les activités agricoles et les évolutions du paysage nécessite la prise en compte de plusieurs échelles spatiales et temporelles. La difficulté réside dans leur choix, puis dans leur emboîtement, qui doivent permettre la mise en lumière et l'apport de connaissances sur les processus étudiés. Dans le cas de l'agronome, l'objectif n'est ni une conceptualisation de l'objet paysage, qui relève plutôt de la géographie (WIEBER J.C., 2002), ni une démarche visant à la prédiction paysagère, plutôt attendue pour l'aménagement du territoire (MICHELIN Y., 2000). Il s'agit de la mise en évidence des relations entre les évolutions d'un paysage et l'objet d'étude courant de l'agronome, le fonctionnement des systèmes de production agricole. À partir de cet objectif, trois échelles spatiales, propres aux concepts agronomiques, ont été balayées par les agronomes : le système agraire, le système de production agricole et la parcelle agricole.

11. La portion de territoire : le paysage des systèmes agraires

L'échelle géographique la plus petite usitée par les agronomes est celle que l'on nomme couramment "le territoire". Il s'agit généralement d'une portion de territoire délimitée pour les besoins des travaux, non pas selon des limites administratives, mais selon celles imposées par les facteurs étudiés : regroupement de systèmes de production agricole de même type, facteurs naturels liés à la pédologie et/ou la climatologie, Appellation d'Origine Contrôlée (AOC)...

11.1. De l'unité physionomique aux systèmes agraires

On ne peut caractériser de "paysage" la vue d'une simple parcelle agricole. Le regard embrasse naturellement un panorama plus large que les contours de la parcelle agricole³. Il s'attarde en réalité sur "*une portion de territoire*" (DEFFONTAINES J.P., 1986). Ainsi, même pour un agronome, l'image perçue, ayant pour premier plan une parcelle agricole donnée, comprend d'autres éléments : certains appartiennent à l'espace interne de la parcelle agricole (marques de l'application de pratiques agricoles, traces de la présence d'animaux, troupeau au pâturage, bosquets, arbres isolés...), d'autres se rapportent à l'espace de

³ Ce travail est réalisé dans le cadre des territoires ruraux herbagers sensibles du Massif central, où les parcelles agricoles ont une surface moyenne d'environ 3 hectares. Cette remarque ne pourrait s'appliquer à d'autres zones agricoles du monde où certaines parcelles agricoles peuvent atteindre plusieurs centaines, voire plusieurs milliers d'hectares.

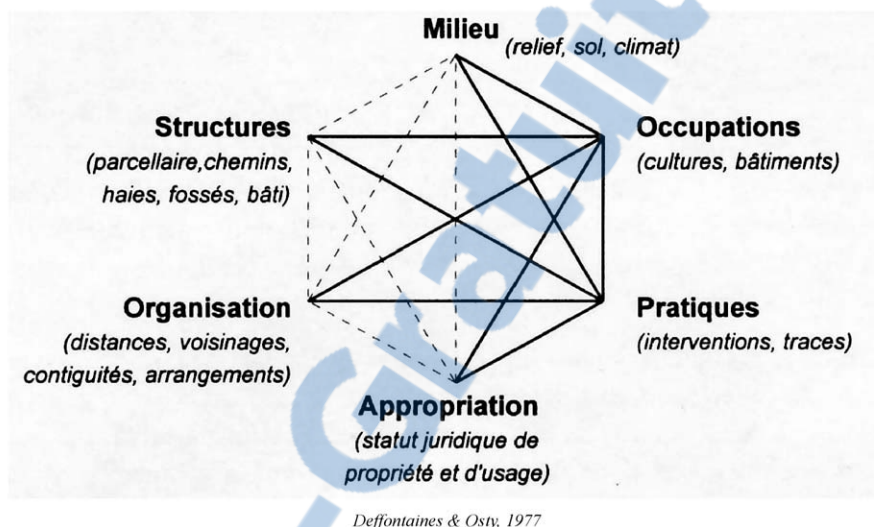
voisinage de la parcelle agricole (haies, fossés, talus, chemin, autres parcelles...) et enfin, d'autres encore, font partie de l'espace externe de la parcelle agricole (autres parcelles, bois, bâti...) (DEFFONTAINES J.P., 1982). L'agronome ne peut s'intéresser au paysage sans tenir compte de l'ensemble de ces éléments et de l'influence de cet environnement sur la physionomie de la parcelle agricole observée. La première raison réside dans la nature de la mécanique paysagère : les processus biologiques de l'évolution de la végétation (avancée de fronts pionniers, dissémination de semences d'essences voisines par différents vecteurs...) ne s'arrêtent évidemment pas aux limites de la parcelle agricole, mais sont continus. La seconde raison dépend de la situation de cette parcelle agricole au sein du territoire : son appartenance à un système de production agricole donné, sa localisation dans une zone à contraintes plus ou moins fortes, sa soumission à des conditions contractuelles et/ou une perception particulière de celle-ci par le groupe professionnel local. Tous ces points soulignent la nécessité, pour l'analyse du rôle des systèmes de production agricole dans les évolutions d'un paysage, d'un recours à une échelle plus petite, c'est-à-dire à un niveau d'organisation supérieur au système de production agricole (THENAIL C. et BAUDRY J., 1994; SÉBILLOTTE M., 2002) : le système agraire.

Emprunté aux géographes (AXES F., 1996; DEFFONTAINES J.P., 2001b), le concept de système agraire apparaît chez les agronomes avec cette nécessité de prise en compte de facteurs externes au système de production agricole pour l'analyse du fonctionnement de ce même système. Il légitime l'échelle supérieure au système de production agricole comme un niveau d'étude en soi (JOUVE P., 1988). Dans le cas de l'analyse paysagère, il permet à l'agronome de travailler à l'échelle d'un paysage – échelle variable selon le point de vue choisi, mais globalement définie comme une étendue proche de celle d'un hameau, de quelques communes ou d'une partie de canton (DEFFONTAINES J.P., 1977; DUVERNOY I. *et al.*, 1994) – tout en ayant pour objectif la compréhension du fonctionnement des systèmes de production agricole et de leur rôle dans les évolutions de ce paysage. Il suggère de nouveaux objets d'étude, inhérents à ce nouvel espace de recherche : articulations entre les systèmes biotechniques et les systèmes socioculturels (VISSAC B. et HENGTEA A., 1979), relations entre agriculteurs, relations entre les agriculteurs et les non agriculteurs, flux entre les systèmes de production agricole (travail, matériel, foncier...) et/ou prise en compte des dimensions spatiales des phénomènes techniques et sociaux, comme la diffusion des savoirs et des techniques (DUVERNOY I. *et al.*, 1994). Identifié, le système agraire peut ensuite être rapproché d'autres découpages du territoire, qu'ils soient économiques, politiques, juridiques ou autres, afin de rechercher des correspondances (JOLLIVET M., 1988).

Dans la démarche du diagnostic paysager en agriculture, DEFFONTAINES propose de rapprocher le système agraire de l'unité physionomique, portion de territoire présentant une homogénéité relative des composantes paysagères, afin de permettre une analyse de la diversité, de la localisation et de l'évolution des usages et des interventions techniques agricoles. Il construit à cet effet le Système d'Indicateurs Visuels (SIV), combinaison de six indicateurs visuels, présentés au sein de la Figure 2.1 : l'occupation du sol, les pratiques agricoles, le milieu, les structures agraires, les relations et l'appropriation. Celui-ci

permet de délimiter des unités physionomiques (DEFFONTAINES J.P. et OSTY P.L., 1977). Principal essai méthodologique agronomique de mise en correspondance entre le système agraire et les composantes d'un paysage, cette démarche permet la mise en relation de typologies de systèmes de production agricole avec des unités physionomiques. Elle oriente l'agronome sur les éléments importants à étudier au sein des niveaux d'organisation inférieurs – le système de production agricole et la parcelle agricole – pour une meilleure compréhension du fonctionnement des systèmes de production agricole.

Figure 2.1 : Un système d'indicateurs visuels pour guider l'analyse du paysage



112. Des types de paysages aux types de systèmes de production agricole

L'analyse des paysages des Vosges du sud, menée par le groupe de recherche INRA-ENSAA (INRA et ENSAA, 1977), fait partie des premiers travaux ayant montré l'intérêt de l'entrée par le paysage pour l'analyse et la compréhension du fonctionnement des systèmes de production agricole. De l'analyse de quelques critères des structures paysagères, tels la proportion et l'agencement des espaces agricoles, urbains et boisés et la configuration des parcelles agricoles, les auteurs définissent des terroirs, unités d'homogénéité relative conjointe des composantes paysagères et des structures agricoles. Ensuite, une analyse plus fine de l'organisation des systèmes de production agricole, basés sur un modèle simplifié d'interprétation paysagique présenté au sein de la Figure 2.2, est réalisée par une succession d'aller-retour entre l'échelle du paysage, l'échelle de la décision de l'agriculteur et l'échelle de l'application des pratiques agricoles. Elle permet d'établir des correspondances entre les projets des agriculteurs – choix stratégiques de conduite des animaux et de gestion des ressources végétales selon une combinaison des différentes composantes du système de production agricole (travail, race animale, potentialités du parcellaire...) – et leurs conséquences sur la physionomie du territoire. Ces dernières encouragent les

Figure 2.2 : Le modèle paysagique simplifié

```
graph TD; A[L'ACTIVITÉ AGRICOLE] -- "modifie" --> M[MILIEU]; M -- "influence" --> P[LE PAYSAGE]; P -- "Forme et transforme" --> A; A -- "Exercent et modifient" --> L[LES AGRICULTEURS]; L -- "Influence" --> A; L -- "Influence" --> E[L'ENVIRONNEMENT SOCIO-ÉCONOMIQUE]; E -- "Influence" --> P; P -- "Influence" --> E;
```

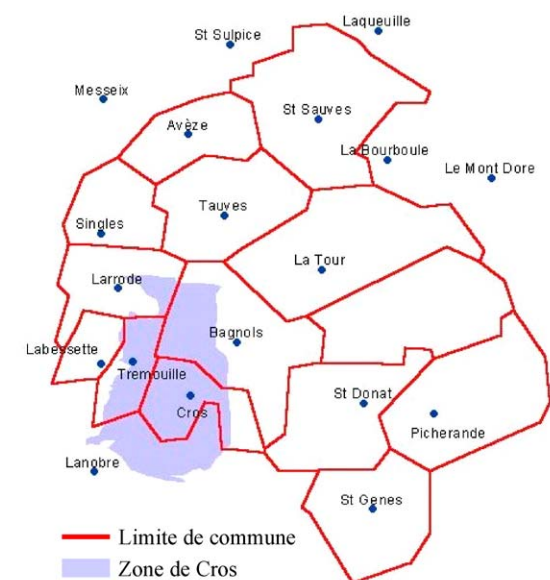
The diagram illustrates the simplified landscape model with the following components and interactions:

- L'ACTIVITÉ AGRICOLE** (Agricultural Activity) and **LE PAYSAGE** (Landscape) have a reciprocal relationship: L'ACTIVITÉ AGRICOLE *modifie* (modifies) **MILIEU** (Environment), which *influence* (influences) **LE PAYSAGE**. Conversely, **LE PAYSAGE** *Forme et transforme* (shapes and transforms) **L'ACTIVITÉ AGRICOLE**.
- LES AGRICULTEURS** (Farmers) *Exercent et modifient* (exercise and modify) **L'ACTIVITÉ AGRICOLE**. There is also a self-loop labeled *Influence* on **LES AGRICULTEURS**.
- L'ENVIRONNEMENT SOCIO-ÉCONOMIQUE** (Socio-economic Environment) *Influence* (influences) **LES AGRICULTEURS** and **LE PAYSAGE**. **LE PAYSAGE** also *Influence* (influences) **L'ENVIRONNEMENT SOCIO-ÉCONOMIQUE**.

Observée à plusieurs reprises sur différents terrains d'études, cette correspondance est un moyen de faire ressortir des facteurs d'organisation spatiale des activités agricoles au sein d'une région donnée : les caractéristiques pédoclimatiques des terrains, la structure du parcellaire agricole, la présence d'une ville à proximité... Ces éléments sont autant de pistes d'analyse pour une meilleure compréhension de la stratégie d'organisation et d'utilisation de l'espace par les agriculteurs.

La Figure 2.3 propose une fiche signalétique d'une unité paysagère, définie au sein de la communauté de communes Sancy-Artense, dans le Puy-de-Dôme, à partir de cette méthode d'observation et d'analyse du paysage (DÉPIGNY S., 2001).

Figure 2.3 : Exemple de caractérisation d'une unité paysagère selon la méthode des UAP



L'observation des paysages de la communauté de communes Sancy-Artense a permis de repérer différents types d'unités géographiques homogènes du point de vue des caractéristiques paysagères et de la configuration des systèmes de production agricole. Chacune de ces unités a été caractérisée comme le montre cet exemple de la fiche de la zone de Cros.

Zone de Cros

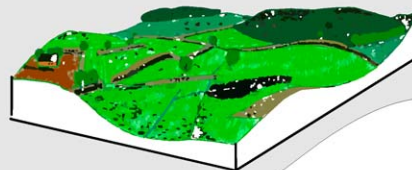


RELIEF : zone de type alvéoles, alternance de creux et bosses, formes arrondies sans grande variation d'altitude.

VÉGÉTATION : très variée, on y trouve tous les types et stades de végétation : herbe, genêts, fougères, milieux humides, bois... Zone marquée par une forte présence de « broussailles ».

SYSTÈMES : exploitations agricoles présentes, systèmes mixtes, nombreux chevaux. La forte pression de la végétation nécessiterait de forts chargements pour lutter.

Petites parcelles en déprise avancée, avec haies non taillées, clôtures anciennes mais parfois renouvelées, murets de pierre qui s'effondrent...

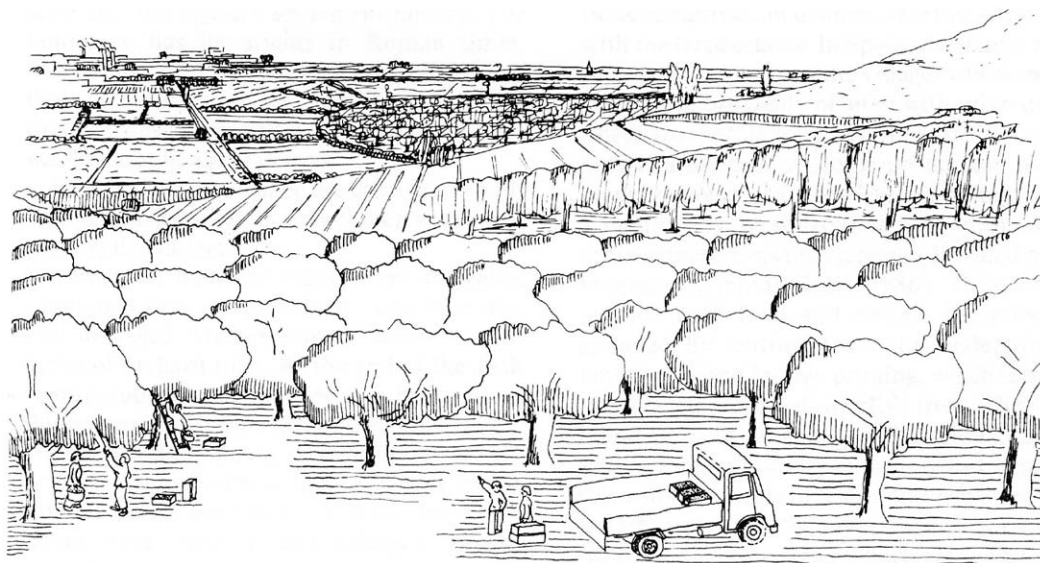


Dépigny, 2001

À une échelle supérieure, la typologie des paysages européens, réalisée par une unité de recherche de l'université néerlandaise de Wageningen dans le cadre d'une étude prospective de l'avenir des paysages européens, est un autre exemple de mise en correspondance des unités paysagères avec une relative homogénéité des facteurs agricoles (MEEUS J.H.A. *et al.*, 1990). Défini comme un “*agricultural landscape*”, chacun des trente types de paysages, dont un exemple est illustré par la Figure 2.4, est caractérisé selon une combinaison des critères pédoclimatiques, des couverts végétaux et des caractéristiques des structures agraires : le climat, la topographie, les potentialités des sols, la structure et l'agencement des parcellaires des systèmes de production agricole, les types de cultures, la proportion de bois et le degré de connectivité des éléments paysagers. Ces grands types de paysages ont permis aux auteurs de discuter de l'impact de différents scénarios de politique agricole européenne sur les trajectoires des systèmes de production agricole et sur les évolutions des paysages européens.



Figure 2.4 : Exemple d'un "agricultural landscape" : la huerta



On the seaside boundaries of the vast, dry Mediterranean open land, regions of intensive cultivation are found. They are intersected by irrigation ditches and are often terraced. Vegetables and fruit of all kinds are grown. These are the oases of the Mediterranean. The huertas have apparently expanded in the last 10 to 20 years, especially in France and Spain, where large irrigation projects have been realized, principally on Fluvisols alongside rivers. These soils belong to the most intensively farmed soils of Europe, especially while the level topography is well suited to irrigation.

Meeus et al., 1990

12. Le système de production agricole : l'organisation spatiale des usages

L'analyse d'un paysage permet à l'agronome d'appréhender l'organisation spatiale agricole d'une portion de territoire. Mais, certains auteurs ont conscience que celle-ci conduit principalement à la mise en évidence du rôle du milieu physique, c'est-à-dire des conditions pédoclimatiques, dans l'attribution des usages agricoles (THENAIL C. et BAUDRY J., 1994; VELDKAMP A. et FRESCO L.O., 1997; VELDKAMP A. *et al.*, 2001; REGER B. *et al.*, 2007). L'exemple des UAP définies par THINON dans le pays de Bray illustre cette analyse : le découpage physionomique qu'il réalise se calque en grande partie sur les limites des zones géologiques (THINON P., 2002). Pour dépasser ce cadre biophysique de l'organisation de l'activité agricole et appréhender d'autres déterminants liés au fonctionnement du système de production agricole, DEFFONTAINES préconise une succession d'aller-retour entre l'agencement des structures agraires à l'échelle du paysage et les échelles inférieures, plus communes à l'agronome : le système de production agricole et la parcelle agricole (DEFFONTAINES J.P., 1986, 2001b). Cette démarche s'inspire des méthodes de la recherche-système : quelle que soit l'entrée de l'étude, le système de production agricole, considéré dans son ensemble, reste la clef de voûte de l'identification des objectifs de l'agriculteur et des règles d'organisation et de décision stratégique de l'activité agricole (BROSSIER J. *et al.*, 1990).

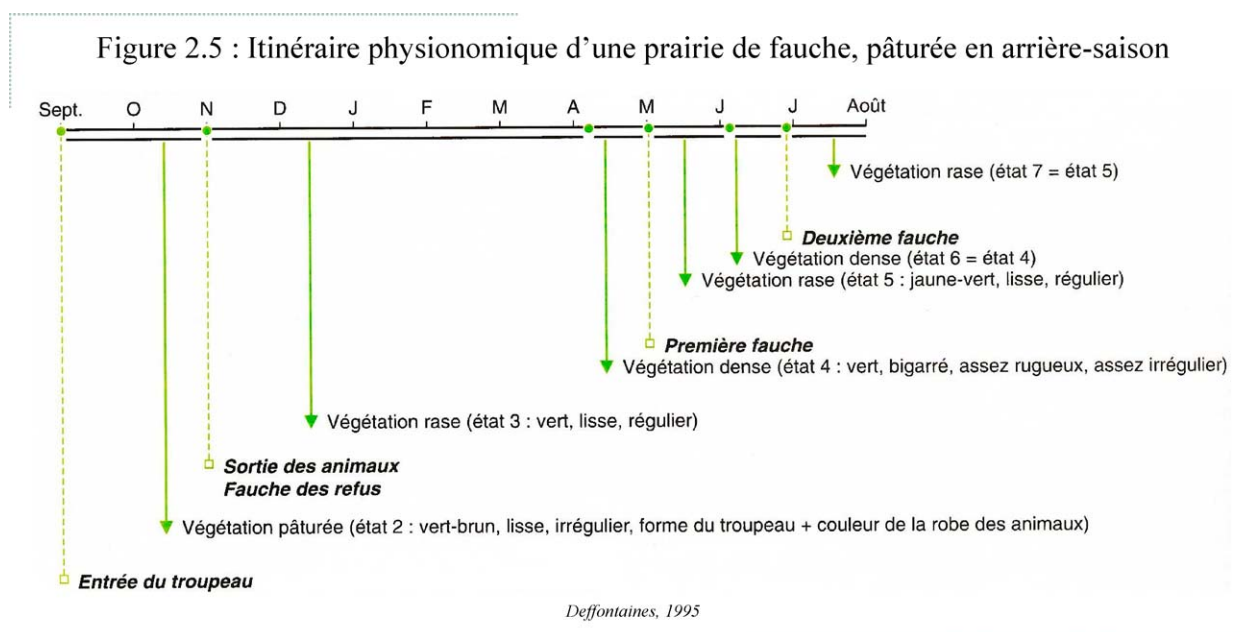
Du point de vue de l'analyse paysagère, le système de production agricole est peu visible. Il est difficile de repérer, au sein d'un paysage, le parcellaire d'un système de production agricole donné (DEFFONTAINES J.P., 1995). Au sein de l'unité physionomique, le regard ne distingue qu'un puzzle d'unités élémentaires de textures variées : les parcelles agricoles, imbriquées les unes dans les autres. Il est néanmoins indispensable, lors de la démarche d'analyse paysagère, de s'attarder sur le système de production agricole et son parcellaire, en tant que niveau d'organisation intermédiaire. MORLON & BENOIT rappellent, en effet, que, contrairement à de nombreux travaux agronomiques, l'agriculteur ne considère pas les parcelles agricoles de son système de production agricole une à une, mais chacune en fonction de sa place au sein du parcellaire. Il considère et gère le parcellaire comme un tout (MORLON P. et BENOIT M., 1990). Les déterminants de l'utilisation d'une parcelle agricole donnée, c'est-à-dire de la mise en œuvre des facteurs de sa physionomie, relèvent autant de ses potentialités propres, que des caractéristiques des autres parcelles agricoles du système de production agricole (BENOIT M. *et al.*, 2002). De la même manière, de nombreux travaux d'agronomes, portant sur des thématiques différentes (l'organisation du travail, la gestion du système fourrager, la gestion du pâturage, les choix de mécanisation...) donnent la mesure du rôle prépondérant du parcellaire dans le fonctionnement global du système de production agricole (JOSIEN E. *et al.*, 1994; DEFFONTAINES J.P., 1996b; GIRARD N. *et al.*, 1996; BERNHARD C., 2002).

Le système de production agricole est un niveau d'organisation indispensable à prendre en compte dans une démarche de mise en correspondance des unités physionomiques et du fonctionnement des systèmes de production agricole. Il permet l'identification et la hiérarchisation des déterminants généraux à l'origine de la mise en œuvre des pratiques agricoles. Néanmoins, il n'est qu'une étape intermédiaire qui encourage l'agronome à naviguer entre le paysage et la parcelle agricole pour appréhender les pratiques agricoles, les motivations des modalités de leur mise en œuvre et leur conséquence sur les couverts végétaux (DEFFONTAINES J.P., 2001b).

13. La parcelle agricole : l'itinéraire technique

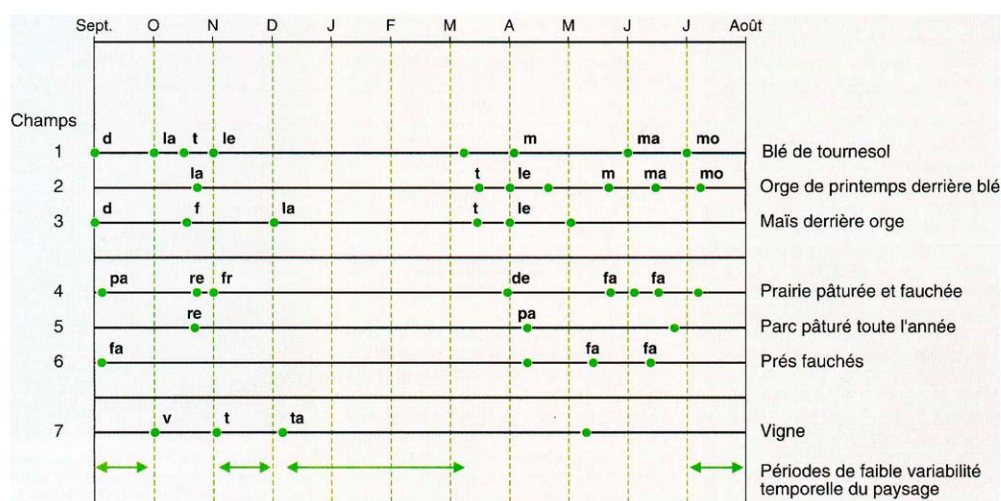
L'unité de contraste la plus fine observée au sein d'un paysage rural, décrite comme "*une pièce boisée, cultivée ou en herbe du puzzle*" du paysage (DEFFONTAINES J.P., 1986), est généralement l'unité de gestion élémentaire de l'activité agricole. Il s'agit de la parcelle agricole au sens agronomique, c'est-à-dire d'une portion d'espace, intégrée au sein d'un système de production agricole, ayant reçue de façon synchrone l'application d'un même itinéraire technique (OSTY P.L., 1989; DEFFONTAINES J.P., 1995). Appliquée sur un support végétal de nature quelconque – espèce annuelle cultivée dans un but spéculatif ou fourrager, espèce pluriannuelle herbagère... – cette succession de pratiques agricoles peut être considérée comme une forme de gestion de la végétation (ALBALADEJO C. et ELLSASSER K., 1988). Elle produit une modification de l'état de la ressource, souvent rendu lisible par une variation des composantes

de la physionomie de celle-ci : la couleur, la texture (surface lisse ou rugueuse), la structure (homogénéité, ordonnement, géométrie), la présence de marques ou d'objets... Ce résultat visible a conduit DEFFONTAINES à la définition du concept d'*"itinéraire physionomique"*, schéma de variation des états physionomiques successifs d'une même parcelle agricole au cours de la campagne agricole, dont un exemple est présenté Figure 2.5 (DEFFONTAINES J.P., 1995). L'étude des modalités de transition entre les différents états physionomiques ramène à l'étude de l'itinéraire technique mené sur la parcelle agricole observée et à la compréhension des facteurs de sa mise en œuvre.



Le paysage n'est autre que l'agrégation de l'ensemble des physionomies de chacune des parcelles agricoles, organisées dans l'espace et imbriquées avec les bordures de parcelles, le bâti et la forêt (DEFFONTAINES J.P., 1995). Sur un temps court, c'est-à-dire de l'ordre de la succession de quelques saisons ou de quelques campagnes agricoles, la forêt et le bâti variant peu – sauf accident climatique (tempête, feu...) ou action volontaire brutale (boisement, coupe, construction...) –, le paysage rural peut être considéré comme une mosaïque d'occupations du sol (DEFFONTAINES J.P., 2001b), dépendant étroitement des itinéraires techniques mis en œuvre sur chacune des parcelles agricoles des systèmes de production agricole. La dynamique du paysage peut être représentée par l'assemblage des itinéraires physionomiques. Cet essai de modélisation des relations entre les composantes agricoles et un paysage, dont la Figure 2.6 illustre un exemple, permet d'évaluer la dynamique du paysage en fonction de la fréquence et des modalités des interventions techniques agricoles, représentées sur la figure par les lettres. Il ramène l'agronome à la parcelle agricole et à l'étude des pratiques agricoles. (DEFFONTAINES J.P., 1995, 1996a)

Figure 2.6 : Diagramme des itinéraires phytosociologiques des parcelles agricoles d'un paysage



● Changement d'état :
 – par interventions techniques : d : déchaumage ; de : déprimage (pâturage précoce par le troupeau) ; f : fumier (épandage) ; fa : fauche ; fr : fauche refus ; la : labour ; mo : moisson ; pa : pâturage ; re : rentrée du troupeau ; t : travaux superficiels du sol ; ta : taille ; v : vendange ;
 – sans intervention technique : le : levée ; m : montaison ; ma : maturité.

Deffontaines, 1995

Finalement, l'analyse du paysage menée par les agronomes semble principalement destinée à la compréhension de la répartition et de l'organisation des activités agricoles sur une portion de territoire. Elle nécessite la prise en compte de différentes échelles spatiales, mais ramène systématiquement l'agronome à l'échelle du parcellaire et de la parcelle agricole, niveaux d'organisation du fonctionnement du système de production agricole et de la mise en œuvre des pratiques agricoles.

Elle apporte deux avancées majeures. Du point de vue agronomique, elle permet une meilleure prise en compte de l'espace au sein du système de production agricole (OSTY P.L. *et al.*, 1998). D'un point de vue plus général, elle est à l'origine d'une démonstration et d'une formulation scientifique des relations supposées entre les activités agricoles et les évolutions des paysages des territoires ruraux.

2. ADÉQUATION DE CES RECHERCHES À LA DEMANDE PAYSAGÈRE ?

Du point de vue de l'agronomie, l'analyse du paysage est une démarche originale d'étude des systèmes de production agricole, de l'organisation de leurs activités dans l'espace et des conséquences de celles-ci sur les éléments du paysage. Elle permet d'établir le lien entre des grands types de paysages et des grands types de systèmes de production agricole. La mise en évidence de ces correspondances est une première voie de réflexion pour la préservation des paysages des territoires ruraux. Il est néanmoins important de s'interroger sur la contribution réelle de ces recherches, tant aux questionnements sociétaux sur l'avenir des paysages ruraux, que du point de vue des concepts agronomiques. Deux échelles spatiales présentent des réponses différentes. C'est sur cette différence que se sont construits les questionnements de ce travail, ainsi que son hypothèse majeure.

21. Des outils de compréhension des dynamiques des grands types de paysage

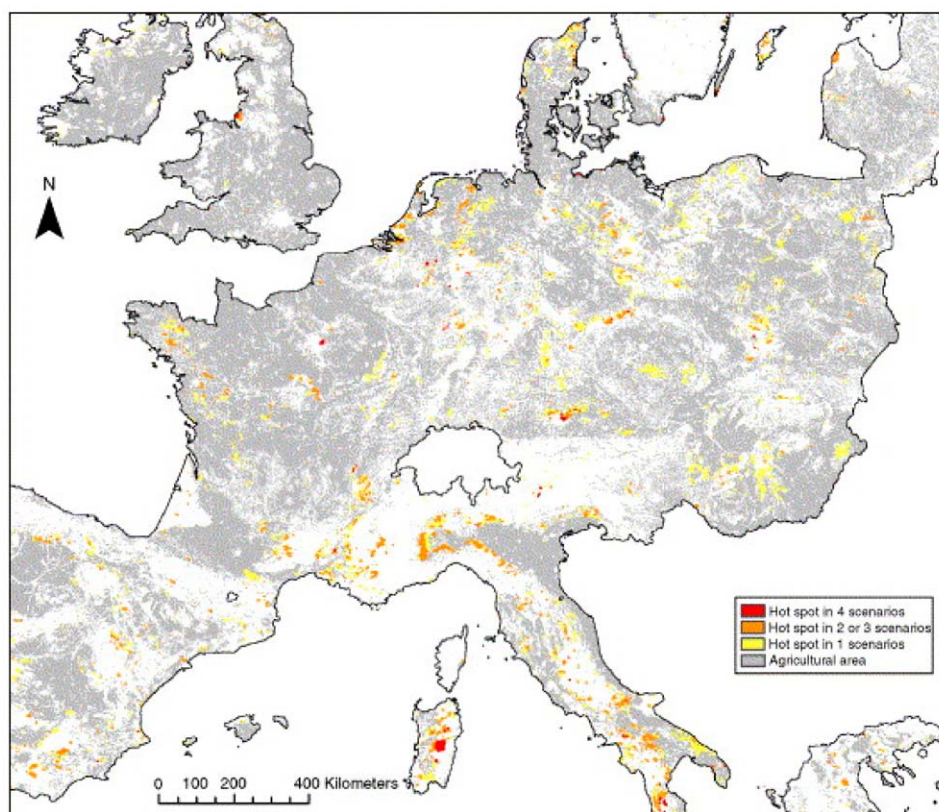
Les travaux des agronomes sur le paysage confirment l'hypothèse que les activités agricoles sont le facteur principal de la modification des paysages des territoires ruraux. Par maintes démonstrations issues de différents terrains d'étude, ils affirment l'existence attendue de corrélations entre certains types de systèmes de production agricole et certaines unités paysagères, ou, à l'échelle des pratiques agricoles, entre un itinéraire technique et l'itinéraire physionomique d'une parcelle agricole. Mais, outre quelques cas d'étude pour lesquels l'ensemble des parcelles des systèmes de production agricole est renseigné – ce qui est rare en raison de la multiplicité des enquêtes à mener et de la difficulté liée à la régularité des données collectées –, ces acquis fournissent des explications uniquement généralisables à l'échelle de grands ensembles territoriaux. Ils concernent principalement les modifications de grands types de paysages, comme ceux définis à l'échelle régionale française (BRUNET P., 1984), sur de grandes unités géographiques comme la Gallatin Valley au Montana (ASPINALL R., 2004), sur des pays entiers comme les Pays-Bas (DE NIJS T.C.M. *et al.*, 2004) ou encore à l'échelle de l'Europe (MEEUS J.H.A. *et al.*, 1990). De plus, généralement cantonnée à une vision technico-économique des systèmes de production agricole, c'est-à-dire ne prenant en compte que les objectifs de production de l'agriculteur, cette connaissance des interactions des activités agricoles sur le paysage ne permet que l'appréhension des transformations conjoncturelles des paysages (DEFFONTAINES J.P., 2001a). Par exemple, au sein du travail de BRUNET sur l'ensemble du territoire français, les évolutions des paysages de chacune des régions sont abordées du point de vue de la transformation des systèmes de production agricole entre 1950 et 1980 (BRUNET P., 1984). Le défrichement rapide de la Champagne pouilleuse française est ainsi expliqué par l'apparition des engrais et l'encouragement à leur utilisation par les conseillers agricoles (DOREL G. et DUMENIL C.,

1984). La disparition de la plupart des systèmes ovins du département Puy-de-Dôme au profit de la production laitière bovine est un autre exemple, mis en avant par MICHELIN, pour l'explication du reboisement progressif des versants de la Chaîne des Puys auvergnate, devenus trop contraignants pour ce nouveau type de systèmes de production agricole (MICHELIN Y., 1995). Selon le même point de vue, les études paysagères actuelles s'appuient sur des changements paysagers remarquables, conséquences directes de politiques publiques et/ou d'une transformation radicale des systèmes de production agricole. On peut prendre l'exemple de la réapparition massive des vignes, depuis une dizaine d'années, sur les côtes catalanes grâce à un programme de restructuration viticole de l'Union Européenne (COTS-FOLCH R. *et al.*, 2006).

Par conséquent, les études prospectives concernant les paysages ruraux sont brossées à partir des mêmes critères généraux : elles s'appliquent à de grands ensembles géographiques (région administrative, territoire national ou continent) et sont principalement construites à partir de la combinaison complexe de différents facteurs technico-économiques. Les travaux des universités nord européennes, menant régulièrement des recherches prospectives, sont de bons exemples, construits uniquement à partir de scénarios technico-économiques de la sphère professionnelle agricole. Les travaux de MIETTINEN, concernant les conséquences paysagères du découplage des aides dans le cadre de la PAC, prédisent une augmentation des surfaces en déprise et une baisse de la diversité des systèmes de production agricole (MIETTINEN A., 2004). Un autre exemple est donné par une étude néerlandaise qui, par une combinaison des caractéristiques géomorphologiques et pédoclimatiques, des trajectoires supposées des systèmes de production agricole, de l'évolution des marchés agricoles et de la démographie rurale, met en exergue les zones à fort risque paysager de l'Europe d'ici 2030, dont la carte de la Figure 2.7 fournit un aperçu (VERBURG P.H. *et al.*, 2006).

Cette correspondance entre les grands types de paysages et les grands types de systèmes de production agricole est intéressante à l'échelle de grands ensembles. Elle permet d'objectiver les débats, apportant une explication scientifique, principalement d'ordre technico-économique, aux évolutions paysagères. Elle renseigne sur le fait qu'une politique de conservation des paysages aurait peu de chances d'aboutir à des résultats probants si elle ne prenait pas en compte les systèmes de production agricole et la réalité technico-économique au sein de laquelle ils existent. De la même manière, si l'objectif de la société est de parvenir à une action concrète sur les composantes du paysage, toute politique agricole doit aujourd'hui prendre en compte ces aspects paysagers. D'une façon plus générale, elle renforce l'idée que la politique paysagère doit être envisagée comme le résultat d'une coordination de politiques publiques à fort caractère spatial (INRA *et al.*, 2003).

Figure 2.7 : Identification des “points noirs paysagers” européens à l’horizon 2030



Verburg et al, 2006

22. Questionnements en suspens face à la diversité des paysages locaux

Si l'intérêt de ces travaux agronomiques est perceptible à l'échelle des grands ensembles géographiques, il existe, à l'échelle locale – parcelles agricoles, parcellaires de quelques exploitations agricoles, commune... – une diversité paysagère difficile à expliquer. Celle-ci, peu comprise, est difficilement influençable. Les démarches agronomiques, notamment la construction de l'itinéraire physiologique des parcelles agricoles (DEFFONTAINES J.P. et OSTY P.L., 1977) et l'application des démarches de l'écologie du paysage (BAUDRY J. *et al.*, 1998), permettent d'étudier les formes des différentes composantes d'un paysage et de faire le lien avec les modalités des pratiques agricoles responsables. Mais, à cette échelle, nombreux exemples de localisation des usages et d'application de certaines pratiques ne peuvent s'expliquer selon le seul point de vue de la cohérence technico-économique du système de production agricole (LANDAIS E. et BALENT G., 1993; PRIMDAHL J., 1999).

Le travail mené par CAMACHO, au sein de la vallée d'Abondance, en Haute-Savoie, est l'un des plus détaillé concernant l'étude des logiques d'entretien des agriculteurs (CAMACHO O., 2004). Son auteur

avait pour objectif la compréhension des règles de mise en œuvre et de répartition spatiale des pratiques d'entretien au sein des systèmes de production agricole. Il espérait expliquer celles-ci à partir de l'étude de la répartition spatiale des activités agricoles des systèmes de production agricole, c'est-à-dire en recherchant des corrélations entre les logiques de production et les parcelles agricoles entretenues. Suite à ses enquêtes, il parvient à expliquer par la catégorie d'animaux au pâturage (troupeau laitier, troupeau allaitant) près de 60% des surfaces entretenues. En outre, il exprime la difficulté rencontrée pour les 40% de parcelles agricoles restantes. Si des hypothèses relatives à un système de production agricole donné peuvent être identifiées (âge de l'agriculteur, distance des bâtiments d'élevage, fragmentation et dispersion du parcellaire, fermage...), elles ne sont pas forcément valables sur un autre. Face à cette partie de l'entretien inexpliquée, deux remarques sont intéressantes du point de vue la réflexion menée dans ce travail :

- ✱ Les décisions d'entretien, à l'origine de la transformation des paysages, semblent principalement relever de fonctionnements individuels des agriculteurs. Les règles de gestion collective des espaces – entretien des communaux, choix de la date de montée à l'estive en fonction de l'état des ressources... – autrefois en vigueur, ont disparu, laissant chaque agriculteur libre de mettre en œuvre les pratiques qu'il souhaite.
- ✱ Une partie des décisions liées à la mise en œuvre et à la répartition spatiale des pratiques d'entretien reste difficile à expliquer sans faire intervenir d'autres raisons patrimoniales, liées à l'individu : la considération de l'entretien par l'agriculteur, l'ordre de l'opportunité de ses pratiques (professionnel, moral), la perception de la propagation des ligneux par l'agriculteur...

Ces points soulignent que la cohérence technico-économique du système de production agricole et les méthodes d'évaluation habituelles des pratiques agricoles ne sont pas suffisantes pour expliquer, par exemple, *“pourquoi certains agriculteurs fauchent un petit talus alors qu'ils ne semblent pas en avoir besoin”*.

D'autres travaux d'agronomes traitant, soit de l'organisation spatiale des activités agricoles, soit des modalités d'entretien des parcelles des systèmes de production agricole, soulignent des différences entre agriculteurs, difficiles à expliquer par le raisonnement habituel de la cohérence générale des systèmes de production agricole.

L'étude de l'utilisation du territoire en élevage bovin extensif limousin permet de mettre en évidence l'existence d'une perception propre à l'éleveur, à l'origine de différences entre agriculteurs, lors du raisonnement des modalités de mise en œuvre des pratiques de gestion de l'espace (JOSIEN E. *et al.*, 1994). De la même façon, l'étude des finages lorrains permet aux agronomes de montrer le fait que chaque agriculteur puisse avoir sa propre perception des potentialités techniques d'une parcelle agricole donnée, à

l'origine de la différence des seuils de faisabilité des opérations techniques entre agriculteurs (MORLON P. et BENOIT M., 1990). Ces mêmes disparités, mises en évidence au sein du Pays de Bray sous la forme de deux occupations du sol très différentes de deux villages présentant le même niveau de contraintes pédoclimatiques, sont analysées comme provenant certainement des systèmes de pensées des agriculteurs (MATHIEU A. et THINON P., 2002). Cette théorie des systèmes d'élevage locaux, abordée sous l'angle de la socio-anthropologie, est testée sur les divergences observées en terme de dynamique de l'élevage ovin de deux communes voisines du département des Hautes-Alpes ; elle apporte des éléments d'explication aux usages et à leur répartition au sein des deux territoires étudiés (LASSEUR J., 2002). Une autre étude, menée dans les montagnes du Forez, en Auvergne, prête une attention particulière au rapport de l'agriculteur avec les fonctions de l'espace où il exerce son activité ; elle identifie des comportements différents vis-à-vis de l'entretien des parcelles agricoles, selon que les agriculteurs exercent leur activité agricole à temps plein ou seulement comme une seconde activité (RAPEY H. *et al.*, 2002).

Dans un travail à portée paysagère plus explicite, mené dans le cadre de questionnements précurseurs à ce travail, le même type de réflexions a été soulevé, incitant à considérer la diversité des agriculteurs. Des enquêtes ont été réalisées auprès des agriculteurs de la vallée de la *Monne*, petit territoire proche de Clermont-Ferrand, afin d'identifier les motivations paysagères des agriculteurs à l'origine de la mise en œuvre des pratiques agricoles ayant un impact paysager (DÉPIGNY S. et CAYRE P., 2002). Des pratiques étonnantes et/ou certaines parties du discours des agriculteurs, en apparence peu cohérentes avec l'équilibre du système de production agricole observé, ont été repérées. Par exemple, un agriculteur, ayant atteint et largement dépassé sa capacité de travail, contraint de diminuer le temps libre accordé à sa famille et à ses loisirs, consacre un temps considérable à l'implantation de piquets de clôture sur des affleurements granitiques seulement pour voir ses clôtures alignées au cordeau. Pourquoi ne pas simplement contourner ces obstacles où, de toutes manières, l'herbe ne poussera pas ? Un autre agriculteur explique qu'il ne met son troupeau en pâture que sur les parcelles agricoles situées devant la maison de sa mère, pourtant parmi les rares bonnes parcelles de fauche au sein de son parcellaire, simplement parce que l'agriculture a été toute la vie de celle-ci et que ça lui fait encore plaisir de surveiller le troupeau de sa fenêtre. La conséquence est que cet agriculteur se retrouve à faucher des parcelles agricoles en pente, peu productives, où il ne peut mécaniser de façon homogène. Ces parcelles agricoles sont finalement moins bien entretenues que si elles étaient pâturées. Quelles raisons peuvent pousser les agriculteurs à cette gestion de leur système de production agricole ?

Face à ces relevés successifs d'incompréhensions du point de vue technico-économique et à l'inadaptation des modèles agronomiques actuels pour expliquer les configurations spatiales observées, différentes voies de recherche à développer sont suggérées : (i) dépasser le cadre théorique technico-économique des modèles décisionnels agricoles (OSTY P.L. *et al.*, 1998) et développer de nouveaux modèles d'action intégrant une cohérence fonctionnelle et une cohérence stratégique du système de production agricole,

c'est-à-dire prenant en compte les objectifs à long terme de l'agriculteur (PELTRE J., 1994; THENAIL C. et BAUDRY J., 1994; GIRARD N. *et al.*, 1996) ; (ii) s'intéresser plus précisément à la façon dont l'agriculteur perçoit le territoire et le rôle de son métier, c'est-à-dire développer une connaissance du système de représentation des agriculteurs (BEEDELL J.D.C. et REHMAN T., 1999; DÉPIGNY S. *et al.*, 2002; MATHIEU A. et THINON P., 2002) ; (iii) mesurer l'influence des systèmes locaux de pensées, source d'influence de la stratégie de l'agriculteur (DUBOST M. et LIZET B., 1995; BELLON S. *et al.*, 2002).

Ainsi, comme lors de la période de modernisation de l'agriculture du siècle dernier, les agronomes sont confrontés à la diversité des pratiques agricoles mises en œuvre (BROSSIER J. *et al.*, 1990). Mais, cette fois, il semble qu'il ne s'agisse plus simplement d'étudier l'adaptation des systèmes techniques aux contraintes pédoclimatiques ou de susciter la diffusion et la mise en œuvre plus rapide des dernières innovations. Une véritable compréhension du système de représentation de l'agriculteur est nécessaire. Il faut pour cela étudier la diversité des agriculteurs, en tant que diversité d'individus, du point de vue de leurs rapports avec l'espace qu'ils utilisent et fonction des attentes qu'ils ont de leur métier (SÉBILLOTTE M., 2002).

Cette difficulté à identifier les motivations réelles des pratiques agricoles ayant un impact paysager, volontaire ou non, souligne et explique la difficulté des décideurs politiques locaux à mettre en œuvre des politiques adaptées (MICHELIN Y., 2000). Gérer les paysages des territoires ruraux, si tant est qu'il existe une demande paysagère clairement exprimée, ne passera pas uniquement par l'application de mesures obligatoires ou incitatives. Elle nécessitera avant tout une évolution des systèmes de représentation de la sphère professionnelle agricole, permettant par exemple la reconnaissance par l'agriculteur de son rôle de producteur de paysage.

3. CONTRIBUER À CES QUESTIONNEMENTS

Malgré les difficultés à identifier précisément les motivations réelles de l'agriculteur pour la production de telle ou telle forme paysagère, les agronomes doivent participer aux débats actuels concernant la gestion des paysages des territoires ruraux. D'une part, ils sont les principaux représentants de la sphère professionnelle agricole ; leur apport de connaissances sur le fonctionnement des systèmes de production agricole est un facteur d'objectivité indispensable face à une remise en cause fréquente du mode de gestion de l'espace rural par les agriculteurs. D'autre part, le rôle de l'agronome se situe à l'interface de la théorie et de l'action (BENOIT M. *et al.*, 2002; SÉBILLOTTE M., 2002). Il faut poursuivre la quête de la compréhension des déterminants de la mise en œuvre des pratiques agricoles ayant un impact paysager. En effet, selon l'évolution de la demande paysagère sociétale, cette connaissance sera le ciment d'un conseil aux agriculteurs et à la société. Elle permettra d'éclairer le débat concernant la mission de l'agriculteur, rappelant qu'on ne peut déconnecter le visuel du fonctionnel (DEFFONTAINES J.P., 1986), et d'accompagner une éventuelle mutation des systèmes de représentation des agriculteurs nécessaire à l'intégration au sein des systèmes de production agricole d'une production volontaire de formes paysagères (DEFFONTAINES J.P., 1994).

D'un point de vue général, ce travail s'inscrit au sein de cet enjeu d'amélioration de la connaissance des motivations de la production paysagère des systèmes de production agricole. Il propose une réflexion sur la prise en compte, au sein des modèles agronomiques, de deux composantes majeures : la sensibilité au paysage de l'agriculteur et la temporalité des mutations paysagères. Ces deux éléments, rarement pris en compte au sein des travaux agronomiques s'intéressant au paysage, apparaissent comme deux composantes essentielles d'une bonne compréhension des potentialités de production paysagère des systèmes de production agricole.

31. Considérer l'agriculteur comme un individu sensible au paysage

Un point est assez étonnant à la lecture des différents travaux agronomiques, et plus précisément de ceux traitant de la question paysagère : le manque de considération, non systématique mais assez récurrent, de l'individualité de l'agriculteur. L'agriculteur n'est souvent considéré que comme un *agricola oeconomicus* parfait. À la suite des travaux ayant montré l'existence d'autres considérations à prendre en compte, notamment concernant la compréhension du processus de décision pour la création d'organisations spatiales et/ou pour la mise en œuvre de pratiques d'entretien, deux arguments semblent justifier que l'individualité de l'agriculteur est l'une des clés de la diversité des situations observées :

- ✕ La nature du paysage. Le paysage, comme nous l'avons vu auparavant, est communément considéré comme un objet dual par les scientifiques, quel que soit leur champ disciplinaire. Il est une réalité matérielle, résultat de la confrontation de processus naturels et anthropiques, mais il est aussi une image de cette réalité perçue par un individu et transcrite selon son propre système de représentation. Or, tout producteur de paysage, qu'il soit agriculteur, paysagiste, architecte ou autre, est avant tout un individu : il perçoit le paysage à sa façon, c'est-à-dire selon son propre point de vue. De fait, il est probable que les modifications apportées aux éléments paysagers par cet individu soient influencées par son système de représentation (BLANC-PAMARD C. et MILLEVILLE P., 1985; GAUCHER S., 1995). Il est concevable qu'elles concourent à la production d'un paysage idéal, vision de cet individu de ce que devrait être le paysage.
- ✕ La définition agronomique du système de production agricole. Le concept de système complexe piloté, intégrant la famille de l'agriculteur comme une composante du système de production agricole (LANDAIS E. et DEFFONTAINES J.P., 1988), est une reconnaissance de la position de l'agriculteur à la croisée des moyens de production à sa disposition et de la responsabilité patrimoniale dont il a la charge (MILLEVILLE P., 1984; BROSSIER J. *et al.*, 1990). Elle oriente les agronomes vers une analyse des pratiques agricoles prenant en compte (i) un volet technique privilégiant les processus de production dans un contexte agro-écologique avec les contraintes que les agriculteurs peuvent ou savent plus ou moins transcender, (ii) un volet psychosocial intégrant le point de vue de l'agriculteur, souvent résultat de l'influence des normes produites par la société locale (BONNEMAIRE J., 1988). Ainsi, les agronomes reconnaissent la nécessité d'intégrer dans leurs réflexions des dimensions non technico-économiques, faisant référence à une conception, propre à l'agriculteur, du réel sur lequel il intervient (LANDAIS E. et BALENT G., 1993).

Face à ces éléments, il semble nécessaire de mettre en œuvre une approche agronomique de la question paysagère, intégrant plus fortement l'agriculteur en tant qu'individu. Au regard de la sensibilité liée à l'objet paysage et de la multiplicité des dimensions mobilisées pour la mise en œuvre des pratiques agricoles, la compréhension des motivations des agriculteurs pour l'exécution d'une stratégie paysagère, explicite ou non, doit passer par une analyse de l'impact de la perception paysagère de l'agriculteur sur sa décision. Cette voie permettrait l'identification de nouveaux éléments d'explication de la diversité paysagère observée et apporterait des éléments d'évaluation de la potentialité paysagère des systèmes de production agricole.

32. Prendre en compte la temporalité pluriannuelle du paysage

Selon CAPILLON & SÉBILLOTE, comprendre le fonctionnement du système de production agricole consiste à appréhender *“comment un ensemble de contraintes en interrelation va jouer sur le processus de*

production, et par là, imaginer des systèmes de cultures ou d'élevage adaptés, correspondant aux objectifs des agriculteurs" (CAPILLON A. et SÉBILLOTTE M., 1980). Ces auteurs se représentent le processus de décision de l'agriculteur selon trois niveaux d'objectifs : (i) un niveau global : il correspond à l'ensemble des fonctions que l'agriculteur donne à son exploitation agricole (revenu, condition de travail, perspectives de succession...); (ii) un niveau stratégique : il englobe les orientations à moyen terme dont la finalité est d'aboutir à un système de production déterminé ; (iii) un niveau tactique : il rassemble l'ensemble des choix effectués à court terme qui, selon les moyens de production et les techniques à disposition, lui permettent la mise en œuvre de la campagne de production. Ce point de vue nécessite la prise en compte d'une stratégie pluriannuelle de l'agriculteur. Il est construit sur l'hypothèse d'une cohérence continue dans le temps du comportement de l'agriculteur, c'est-à-dire de l'existence d'un processus d'apprentissage et d'un comportement adaptatif de l'agriculteur (SIMON H.A., 1997). Cette hypothèse induit qu'il existe, chez l'agriculteur, des procédures d'évaluation des pratiques agricoles, comme celles proposées par les agronomes, selon leur opportunité, leurs modalités de mise en œuvre et leur efficacité relative par rapport à l'objectif initial fixé (LANDAIS E. et DEFFONTAINES J.P., 1988).

L'hypothèse d'une stratégie paysagère de l'agriculteur, construite sur le fait que celui-ci envisage la production d'un certain type de paysage par goût personnel, par influence du groupe professionnel local et/ou par volonté de transmission d'un patrimoine paysager, ne peut se concevoir sans cette temporalité. En effet, la dynamique du paysage provient de la vitesse d'évolution des différentes formes qui le composent. Or, il existe des formes plutôt stables, comme les configurations et aménagements du parcellaire, et des formes fluctuant selon le rythme des interventions techniques qu'elles reçoivent (DEFFONTAINES J.P., 2002). Certaines formes peuvent se modifier brutalement (plantation, arrachage, défrichage, taille...) tandis que d'autres évolutions, beaucoup plus progressives, ne seront perceptibles que quelques années plus tard (prairies gérées en pâturage extensif). De fait, au sein des modèles de gestion des activités agricoles dans un objectif paysager, il semblerait intéressant d'opter pour une approche pluriannuelle des activités agricoles. Ceci est corroboré par les préconisations de conduite des systèmes herbagers extensifs (DURU M. et HUBERT B., 2003), non pas dans un objectif de comparaison annuelle, mais pour cumuler les impacts des interventions techniques d'une année sur l'autre. Il faudrait ainsi établir un itinéraire physionomique pluriannuel des parcelles agricoles et le mettre en correspondance avec la régularité et la fréquence des interventions techniques réalisées pendant cette même période.

33. Vers un modèle des évolutions du paysage d'une portion de territoire rural

Au regard de ces éléments, ce travail a pour objectif de proposer un modèle de l'évolution d'un paysage rural prenant en compte la perception du paysage des agriculteurs de la portion de territoire étudiée. Il se construit sur l'hypothèse de l'existence d'une stratégie paysagère, propre à chaque agriculteur et fonction

de ses attentes paysagères personnelles. Le système de production agricole, défini par les concepts agronomiques classiques, n'est pas remis en cause ; il est considéré comme une entité technique dont l'objectif premier et obligatoire est la production de biens agricoles, mais son fonctionnement courant est influencé par l'existence d'une stratégie paysagère de l'agriculteur. Ce modèle d'organisation des interactions entre les systèmes de production agricole et les éléments paysagers sera soumis à une expérimentation virtuelle. En premier lieu, ceci permettra de discuter de la pertinence de l'hypothèse de l'existence d'une stratégie paysagère de l'agriculteur. En second lieu, cette démarche devrait fournir des éléments de réflexion quant à la gestion pluriannuelle des activités agricoles pour une meilleure compréhension de l'impact des systèmes de production agricole sur les éléments d'un paysage rural.

Les travaux agronomiques concernant la problématique paysagère se sont construits à partir de l'analyse de l'organisation spatiale des pratiques agricoles, celle-ci étant considérée comme le facteur essentiel de la modification des paysages des territoires ruraux. Ils aboutissent à la mise en correspondance de grands types de paysages avec des grands types de systèmes de production agricole ; principalement basées sur les contraintes pédoclimatiques et le contexte technico-économique, ces relations apportent des éléments d'explication des dynamiques paysagères à l'échelle des grands ensembles géographiques. À titre d'intervention paysagère, ils permettent d'envisager une incitation par le biais de leviers économiques nationaux et/ou communautaires.

Mais, à l'échelle locale, les formes paysagères sont beaucoup plus fluctuantes ; ce type de relations semble moins explicite. En effet, si à l'échelle de la parcelle agricole, la corrélation entre un itinéraire physionomique et un itinéraire technique paraît évidente, la complexité des formes paysagères et la diversité des modes d'action des agriculteurs rendent difficile la généralisation des modèles. L'hypothèse de l'existence d'autres déterminants à l'origine de la diversité des formes paysagères est avancée, mais peu exploitée.

Ce travail propose d'explorer cette dernière voie. Il préconise une démarche intégrant l'individu et sa perception du paysage. Une stratégie paysagère, dépendante de cette perception du paysage, pourrait être mise en œuvre par l'agriculteur. Ce dernier définirait, plus ou moins volontairement, une finalité paysagère au fonctionnement de son système de production agricole.

Chapitre 3

La construction de la démarche de modélisation : choix méthodologiques et postulats

La modélisation et la simulation sont aujourd'hui des outils courants du chercheur pour la représentation, l'étude et la compréhension des systèmes complexes. Ils sont devenus incontournables du traitement des problématiques environnementales ; ils permettent une étude approfondie et renouvelée des écosystèmes et de leurs interactions avec les activités anthropiques.

La problématique paysagère n'échappe pas à ce phénomène. Néanmoins, s'il existe une multiplicité de logiciels dits "de modélisation paysagère", visant à des rendus paysagers de plus en plus réalistes, les modèles permettant la compréhension du fonctionnement des dynamiques paysagères sont rares. Deux voies coexistent : (i) une entrée technico-économique, principalement exploitable à l'échelle de grands ensembles géographiques et ayant une finalité prospective ; (ii) une entrée écologique, intéressante et aboutie, mais trop souvent déconnectée de l'existence de perturbations anthropiques des écosystèmes.

À l'échelle du territoire local, la situation est plus complexe. L'existence de dimensions sensibles au sein du raisonnement des agriculteurs rend les généralisations délicates. Il n'existe pas a priori de modèle de comportement paysager de l'agriculteur, alors que de nombreux travaux plaident pour une meilleure compréhension de sa stratégie paysagère.

Ce travail tente de répondre à ce besoin. Il propose une modélisation empirique de l'interface entre les évolutions d'un paysage rural et les activités agricoles. L'objectif est de tester l'hypothèse du rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans les évolutions d'un paysage rural.

1. POURQUOI UNE DÉMARCHE DE MODÉLISATION ?

L'étude des systèmes complexes, principalement liée à la prise en compte de problématiques de plus en plus proches de la réalité et du fonctionnement des systèmes biologiques, a fait naître des doutes quant aux méthodes et aux concepts utilisés par les communautés de chercheurs. La démarche analytique¹, communément admise et mise en œuvre, ne semble pas complètement efficace pour appréhender et expliquer cette complexité grandissante. Des réactions à l'encontre d'un modèle scientifique unique et de son incomplétude face à certains questionnements² ont fait émerger l'approche systémique³, posture de recherche plus globalisante. Construite, comme son nom l'indique, à partir du concept de système – *“un système est un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but...”* (DE ROSNAY J., 1975) –, cette démarche de recherche a permis le développement de méthodes plus particulièrement utilisables pour l'étude de la complexité (LAPOINTE J., 1993).

Deux outils principaux sont au cœur de la démarche d'analyse systémique : (i) les théories : chacune d'entre-elles constitue un point de vue particulier sur un système observé, suggérant diverses hypothèses de sa structure, de son fonctionnement et de ses relations avec l'extérieur ; elles sont généralement issues d'explorations statistiques du système étudié ; (ii) la modélisation : elle est un moyen de formalisation conceptuelle d'une partie de la réalité d'un système, exprimée sous la forme d'une ou de plusieurs théories, et permet, par le biais de l'outil informatique, l'expérimentation de cette hypothèse d'organisation et de sa pertinence, parfois difficilement réalisable en conditions réelles (VAN ITTERSUM M.K. et DONATELLI M., 2003).

¹ La démarche analytique expérimentale, préconisée par Aristote et rendue opérationnelle par Descartes avec le “Discours de la méthode”, est communément considérée comme la démarche scientifique par excellence. Elle est aussi appelée “démarche rationaliste” ou “démarche réductionniste”. Elle est à l'origine d'un savoir créé par une approche rigoureuse, contrôlable et susceptible d'une remise en question continue de ses principes, de ses lois et de ses théories.

² Quatre scientifiques sont plus particulièrement connus pour leurs doutes émis à l'encontre de la démarche analytique et de sa capacité à permettre l'accès à une explication satisfaisante de la complexité : COMMONER (1972), CHECKLAND (1976), LE MOIGNE (1977) et WATZLAWICK (1980).

³ L'analyse systémique est construite, comme son nom l'indique, à partir du concept de système. Elle s'efforce de relier les ensembles au lieu de les isoler, s'appuie sur la perception globale plutôt que sur l'analyse détaillée, considère les interactions plutôt que les éléments, insiste sur l'étude des transactions qui ont lieu aux points d'interface entre le système et l'environnement et nous donne une vision axée sur les aspects dynamiques et interactifs des ensembles qui composent la réalité.

11. Que signifie construire un modèle ?

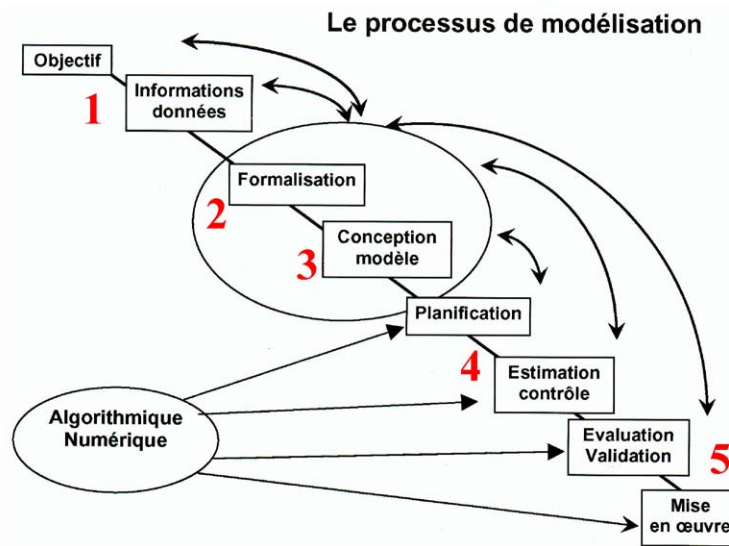
La modélisation⁴ (INRA, 2005) est une méthode de formalisation. Elle peut être conceptuelle, mathématique, graphique ou informatique. Elle permet une représentation simplifiée d'un système, c'est-à-dire d'un certain nombre d'objets et de leurs relations, selon une abstraction de la réalité. Ceci implique, la plupart du temps, de choisir un point de vue particulier sur cette réalité et/ou sur les questionnements qu'elle engendre. Elle conduit à la conceptualisation d'un modèle, représentation spécifique de cette réalité observée, n'intégrant que les éléments de cette réalité utiles aux objectifs du modélisateur (COQUILLARD P. et HILL D., 1997). Ce processus de simplification, parfois mal compris car il nécessite une distanciation de la réalité, est le cœur de la démarche de modélisation : *“les modèles sont des représentations partielles, au bon sens du terme, c'est-à-dire qu'au sein de multiples possibilités d'expression et de représentation, ils sont le choix d'un parti pris”* (BOULEAU N., 2000).

Modéliser implique une définition a priori des objectifs assignés au modèle à réaliser. Souvent multiples et liés entre eux, ces objectifs peuvent présenter deux finalités principales différentes : (i) la connaissance : il s'agit de représenter une partie de la réalité observée, soit pour améliorer sa formalisation et sa vulgarisation (enseignement, communication), soit pour en permettre une meilleure compréhension et une généralisation (analyse d'une grande quantité de données, test d'hypothèses de structuration et/ou de fonctionnement, mise en évidence de propriétés...); (ii) l'action : il s'agit de construire des outils représentant le plus fidèlement possible un système réel étudié, permettant des expérimentations de son fonctionnement et pouvant constituer une aide à sa gestion (diagnostic, prédiction, décision...).

Le processus de modélisation consiste à mobiliser la connaissance du système étudié. Cette dernière est le regroupement d'informations de description des objets et de leurs relations, sous la forme de caractéristiques, de séries de données issues de l'observation, de mesures et/ou d'enregistrements temporels, d'informations fonctionnelles issues d'expertises... Fonction du type de modèle, des objectifs fixés et du type d'informations traitées, ce processus n'est généralement pas linéaire, mais plutôt construit par une succession d'aller-retour entre les différentes phases de la démarche modélisatrice décrites au sein de la Figure 3.1.

⁴ Il s'agit, dans le cadre de ce travail, de s'intéresser plus particulièrement à la modélisation telle qu'elle est perçue et pratiquée par les chercheurs s'intéressant aux problématiques agronomiques et/ou environnementales.

Figure 3.1 : Les grandes étapes d'une démarche de modélisation



INRA, 2005

L'étape 1 constitue la phase primordiale de définition des objectifs du modèle à réaliser et le recensement des données disponibles sur le système étudié.

L'étape 2 permet, à partir des objectifs définis, de choisir le niveau de détail du modèle. Elle conduit à la construction du modèle conceptuel. L'analyse systémique est principalement mobilisée, souvent appuyée de méthodes d'analyses statistiques et/ou mathématiques, ainsi que de formalisations graphiques, comme l'Unified Modeling Language (UML).

L'étape 3 est la phase de concrétisation du modèle, c'est-à-dire, généralement, son implémentation informatique. Elle requiert, fonction du type de modèle à réaliser, des compétences en développement informatique plus ou moins approfondies, selon le(s) langage(s) choisi(s), la nature et la structure des données à manipuler et la possibilité de recours à des outils d'aide à l'implémentation⁵ (McCOWN R.L. *et al.*, 1996; BRISSON N. *et al.*, 1998; GUTKNECHT O. et FERBER J., 2000; DE COLIGNY F. *et al.*, 2003; LE

⁵ La notion de plate-forme d'aide à l'implémentation informatique semble présenter différentes significations selon qu'elle est utilisée par des informaticiens et/ou développeurs ou par des thématiciens.

Du point de vue des informaticiens, il s'agit d'une boîte à outils facilitant l'implémentation de simulateurs, privilégiant principalement la rapidité de développement, la normalisation des méthodes utilisées et leur réutilisabilité. MADKIT est, par exemple, une plate-forme développée en langage Java, permettant la conception de programmes multi-agents (GUTKNECHT, O. & FERBER, M., 2000).

Du point de vue des thématiciens, comme par exemple les agronomes, il s'agit de simulateurs développés exclusivement pour les besoins de leur thématique, permettant, au sein de celle-ci, une diversité de simulations, afin de capitaliser les acquis de plusieurs démarches de modélisation, de réutiliser les modules déjà développés et validés et d'obtenir une certaine connectivité de leurs données d'entrées et de sorties. Plusieurs plates-formes destinées aux travaux sur les modèles de culture peuvent ainsi être citées : STICS (BRISSON, N. *et al.*, 1998), CAPSIS (DE COLIGNY, F. *et al.*, 2003) ou encore APSIM (McCOWN, R.L. *et al.*, 1996). Concernant la modélisation des problématiques environnementales abordées par les agronomes, le projet le plus abouti semble être la plate-forme CORMAS (LE PAGE, C. *et al.*, 2003), même s'il en existe de nombreux autres, dont, par exemple, le projet du Land Use and Land Cover Change (LUCC) program (LAMBIN, E.F. & GEIST, H.J., 2006), dont l'objectif est de construire un outil dédié aux simulations paysagères.

PAGE C. *et al.*, 2003; LAMBIN E.F. et GEIST H.J., 2006). Elle soulève aussi des questionnements techniques, tels la vitesse de calcul et/ou les problèmes de discrétisation des données.

L'étape 4 peut être assimilée à une phase de calibration du modèle et de validation qualitative de l'architecture du modèle et de ses règles de fonctionnement. Elle a pour objectif son optimisation. Elle suggère parfois le retour à des collectes de données, de l'expérimentation et/ou des expertises.

L'étape 5 consiste à la validation totale du modèle et à la définition de son domaine de validité pour une utilisation ultérieure. Cette étape, relativement maîtrisée pour des modèles numériques, notamment grâce à l'utilisation de méthodes statistiques, suscite questionnements et débats dans le cadre de modèles intégrant une plus forte complexité. L'analyse du comportement de ces modèles, soit de nature très complexe, tant dans leur architecture que dans la nature et la structure des données qu'ils intègrent, soit principalement construits à partir de données empiriques, reste très difficile et se cantonne souvent à des comparaisons à dire d'experts.

Ces étapes représentent le cheminement idéal pour l'obtention d'un modèle dans les meilleures conditions. Néanmoins, tous les types de travaux et de modèles à réaliser ne se prêtent pas toujours à chacune de ces étapes. De plus, la complexité des problématiques actuelles soulève de nouveaux questionnements – données (acquisition, précision, coût, quantité...), phénomènes spatialisés et dynamiques (voisinage, configuration...), gestion et prévisions des risques (répétitivité, références...)... – qui incitent à un renouvellement et à une adaptation des approches de modélisation.

12. Modélisation et problématique environnementale

La compréhension et la maîtrise du fonctionnement des écosystèmes sont devenues progressivement des enjeux planétaires. Elles impliquent une production de connaissances sur les composantes de ces écosystèmes, ainsi que sur les processus, naturels ou anthropiques, à l'origine de leurs dynamiques. Les chercheurs œuvrant à cette tâche sont confrontés à une forte complexité. Multiplicité des composantes et de leur nature, imbrication spatiale et temporelle des processus et rôle des différents acteurs – en considérant qu'il n'existe pratiquement plus d'écosystèmes non anthropiques – sont autant de facteurs qui rendent difficiles cette production de connaissances (COQUILLARD P. et HILL D., 1997). Certes, du point de vue disciplinaire, l'accumulation des données de nombreuses années d'observation a suggéré l'explicitation de diverses théories, chacune expliquant une partie de la réalité observée. Mais, lors de l'essai de la mise au point d'outils d'aide à la gestion de ces écosystèmes, c'est-à-dire lorsque les chercheurs essaient d'intégrer les connaissances accumulées dans un objectif d'objectivation des débats sociétaux ou d'aide à la décision, le constat est récurrent : les théories, issues de recherches trop souvent cloisonnées au sein d'une discipline donnée, ne suffisent pas à fournir les éléments d'inflexion nécessaires

à la maîtrise des systèmes étudiés. Elles ne représentent qu'un infime rouage de la dynamique globale des systèmes, souvent lui-même influencé par d'autres interactions des différents composants des systèmes, non prises en compte dans ces théories partielles.

À titre d'exemple, le modèle BUTORSTAR, développé dans le cadre du projet Life-Nature et destiné à améliorer la gestion des roselières de Camargue pour la conservation du Butor étoilé (*Botaurus stellaris*), une espèce de héron protégée, illustre cette multiplicité de connaissances à mobiliser dans les problématiques de gestion environnementale. Il est le support d'un jeu de rôles dont les objectifs sont de favoriser progressivement la prise de conscience (i) des interdépendances biologiques et hydrologiques, et de leurs dynamiques à différentes échelles spatio-temporelles, (ii) des aspects technico-économiques et socioculturels des différents usages des roselières, (iii) de l'intérêt et des limites de la concertation et de la négociation pour la gestion des espaces naturels non protégés par des mesures réglementaires (MATHEVET R. *et al.*, 2005). Pouvant apparaître comme ambitieux, ces objectifs donnent un aperçu de la diversité des connaissances que les chercheurs et les gestionnaires doivent mobiliser pour une gestion adéquate des écosystèmes.

La modélisation est un moyen de définir une vision globale du système étudié, commune à chacun des points de vue disciplinaire. Elle permet de s'entendre sur un nouveau modèle simplifié de la réalité étudiée, c'est-à-dire sur un "*objet commun*" caractérisé par un vocabulaire partagé (ROUCHIER J. et REQUIER-DESJARDINS M., 1998). Les évolutions de ce nouveau modèle sont le résultat de la réunion des règles de fonctionnement appartenant à différents socles disciplinaires, mais, cette fois, selon des hypothèses communes. La modélisation peut être présentée comme un média facilitant l'accès à l'interdisciplinarité (FRANC A. et SANDERS L., 1998; BOUSQUET F. et LE PAGE C., 2004).

Au-delà de cet intérêt conceptuel, la démarche de modélisation – communément envisagée par les chercheurs des disciplines biologiques comme la réalisation d'un modèle, obligatoirement suivie de son implémentation informatique pour effectuer des simulations – s'est imposée pour des nécessités pratiques. Le regain d'intérêt sociétal pour les préoccupations environnementales, principalement issu du constat que nombre de phénomènes dommageables nécessitent une intervention rapide (LAMOTTE M., 1995), a généré une demande pressante de compréhension, d'explications et de conseils auprès des scientifiques. Or, les écosystèmes sur lesquels porte cette attention de la société sont dynamiques. Leurs évolutions, résultats des interactions entre la multiplicité des processus biologiques et anthropiques, sont extrêmement corrélées à la modernisation de la société contemporaine. Elles sont aujourd'hui de plus en plus rapides et brutales, influencées par un renouvellement permanent des techniques. Ce contexte incite à la mise en œuvre de méthodes de recherche rapides, permettant de produire une connaissance d'actualité.

L'exemple des problèmes environnementaux liés à l'agriculture est parlant : après des milliers d'années d'activités agricoles développées au fil des sociétés, seule la modernisation accentuée des cinquante dernières années a eu des conséquences démesurées sur les écosystèmes. Les méthodes d'expérimentation de plein champ, qui pouvait s'attarder sur plusieurs années, font aujourd'hui progressivement place à des modèles et à des simulations informatiques, plus rapides pour le test et la validation des hypothèses avancées par les agronomes. (KEATING B.A. et MCCOWN R.L., 2001; VAN ITTERSUM M.K. et DONATELLI M., 2003; RELIER J.P., 2005)

La modélisation et la simulation informatique apportent deux solutions à ce contexte changeant : (i) une expérimentation virtuelle : elles sont un véritable banc d'essai des théories, des modèles d'organisation de connaissances et des hypothèses scientifiques, qui affranchit le chercheur, d'une part, de la temporalité naturelle, souvent trop longue, et d'autre part, de l'irréversibilité de l'expérimentation. La compréhension des phénomènes peut être plus rapide et les théories sont en meilleure adéquation au contexte présent ; (ii) la possibilité d'une prédiction : elles peuvent permettre, associées à un processus de validation rigoureux, la simulation de l'impact de futurs scénarios de gestion avant leur mise en application, fournissant ainsi des médias (évolution d'indicateurs, visions réalistes paysagères, cartes...) pour les discussions entre les gestionnaires et les représentants de la société. (COQUILLARD P. et HILL D., 1997; RELIER J.P., 2005)

13. Modélisation et problématique paysagère

Ce travail s'intéresse plus spécifiquement aux évolutions des paysages des territoires ruraux. Il a pour objectif de montrer la nécessité de prendre en compte les motivations autres que technico-économiques de l'agriculteur, plus précisément sa perception du paysage, dans la mise en œuvre des pratiques agricoles ayant un impact paysager.

Ce court intitulé, en écho avec les considérations d'auteurs ayant appliqué une démarche de modélisation à l'interface entre les évolutions des paysages et les activités agricoles (LARDON S. *et al.*, 1998; POIX C. et MICHELIN Y., 1998; HILL D. *et al.*, 2000; THENAIL C. et BAUDRY J., 2001; DÉPIGNY S. et MICHELIN Y., 2006), souligne la complexité du système étudié. Il fait référence à l'existence de composantes de différentes natures (éléments matériels du paysage, systèmes de production agricole, agriculteurs), de processus variés (dynamique paysagère, décision de l'agriculteur, perception par l'agriculteur...) mettant en jeu diverses échelles spatiales et temporelles (parcelle agricole, territoire, durée de l'évolution du paysage, chronologie de l'application des pratiques agricoles...).

La mise en œuvre d'une démarche de modélisation de ce système paysager est un moyen d'aborder sa complexité selon un point de vue particulier, situé à l'interface des différents champs disciplinaires nécessaires à la compréhension de l'ensemble de la dynamique paysagère. Elle permet de choisir, parmi la multiplicité de ses composantes, les plus pertinentes à étudier pour apporter des éléments d'explication aux phénomènes observés et à expliquer. Elle fournit un cadre à la construction d'une grille de lecture originale de chacun des processus concernés – les processus constituent les principales relations entre les différents éléments du système –, dont l'objectif est de justifier la focalisation du modèle sur certaines règles de fonctionnement, permettant d'enrichir la compréhension du phénomène observé et à expliquer. Dans le même temps, ces choix renseignent sur les échelles spatiales et temporelles les plus pertinentes à considérer. Dans un vocabulaire plus spécifique à la modélisation, cette démarche de simplification de la réalité observée en fonction des objectifs à atteindre, étape fondamentale, correspond à la définition des niveaux d'abstraction et de détail du modèle (COQUILLARD P. et HILL D., 1997).

Les modèles d'agronomes traitant de l'interface entre les évolutions des paysages et les activités agricoles sont focalisés sur les processus qui, pour leurs auteurs, représentent les composantes principales des évolutions des paysages ruraux. Certains s'intéressent aux évolutions socio-économiques des systèmes agraires (JANIN C. *et al.*, 1993; ZUNGA Q. *et al.*, 1998) alors que d'autres préfèrent chercher les causes des dynamiques paysagères observées au sein des modalités techniques du fonctionnement des systèmes de production agricole, que ce soit à l'échelle du parcellaire (THENAIL C. et BAUDRY J., 2001) ou à l'échelle des interactions entre le troupeau et les dynamiques écologiques (LARDON S. *et al.*, 1998; HILL D. *et al.*, 2000). Ces différents choix de modélisation, issus de regards particuliers portés sur la réalité observée, ont des conséquences sur les composantes et les processus retenus au sein des modèles réalisés. À titre d'exemple, selon le regard porté, l'animal pourra présenter des statuts différents dans les modèles réalisés : il pourra être absent, uniquement considéré comme un facteur quantitatif moyen de prélèvement de la ressource végétale, ou être, au contraire une composante fondamentale si les interrogations se situent à l'échelle des interactions herbe / animal (HUBERT B., 1988; LARDON S. *et al.*, 1998). De la même façon, l'agriculteur pourra être absent de certains modèles, uniquement évoqué et/ou relégué au statut d'intelligence garante de la cohérence technico-économique du système de production agricole, ou, au contraire, être considéré comme le cœur des processus de décision retenus. Ces distinctions majeures entraînent des constructions très différentes des modèles : les modèles centrés sur les interactions herbe / animal devront présenter un niveau de détail élevé des modalités de croissance de l'herbe, de prélèvement des végétaux, de déplacement des animaux, paramètres non considérés ou simplement abordés à l'aide de variables très globales dans un modèle centré sur l'agriculteur. Au-delà de ces deux exemples, il faut être conscient de l'impact des choix de modélisation réalisés, ceux-ci pouvant impliquer, soit le développement, soit, au contraire, la justification de la simplification de nombreux processus.

Au sein de ces travaux portant sur la modélisation des relations existantes entre les évolutions du paysage et le fonctionnement des systèmes de production agricole, la modélisation et la simulation informatique semblent apporter une aide précieuse au contournement de certains écueils :

- ✱ La difficulté de recueil de certaines informations : les problèmes de collecte et d'analyse de données, liés à la diversité des composantes du paysage et la multiplicité des pratiques agricoles ayant un impact volontaire ou non sur les formes des éléments paysagers, peuvent être, du point de vue quantitatif, limités par la démarche simplificatrice. Les objectifs et les choix généraux permettent d'orienter les collectes uniquement sur les composantes et les processus à intégrer dans le modèle. En outre, l'étude du processus de décision de l'agriculteur, indispensable à la mise en lumière de ses motivations liées à sa perception du paysage, reste difficile (GAUCHER S., 1995; DÉPIGNY S. et CAYRE P., 2002). Elle fait appel aux méthodes des sciences sociales, comme l'enquête directe et l'analyse des discours et des systèmes de représentations des individus (ARBORIO A.M. et FOURNIER P., 1999), méthodes coûteuses en temps et aux résultats parfois difficilement utilisables dans un modèle (MURRAY-PRIOR R., 1998; BEEDELL J.D.C. et REHMAN T., 1999).

La modélisation peut être une solution à ces difficultés : elle offre la possibilité d'explicitier des théories liées à la perception paysagère de l'agriculteur, de les transcrire sous la forme d'hypothèses et de tester leur pertinence par le biais de la simulation. Cette démarche, caractérisée de modélisation par simulation⁶, est un moyen de vérifier certaines hypothèses empiriques du système observé. Elle permet à la fois une première validation des règles de fonctionnement proposées et l'orientation des travaux futurs vers l'approfondissement des processus nécessaires à une meilleure représentation de la réalité observée (COQUILLARD P. et HILL D., 1997; VAN ITTERSUM M.K. et DONATELLI M., 2003).

- ✱ La temporalité du paysage : la diversité des composantes matérielles du paysage, multipliée à la diversité des pratiques agricoles, fournit un panel important de couples élément paysager / pratique agricole. Chacun présente différents niveaux de temporalité : (i) la vitesse de modification naturelle de l'élément paysager : les éléments paysagers végétaux présentent une dynamique naturelle de croissance et de dissémination, variable selon les espèces et les conditions pédoclimatiques. Il existe une temporalité spécifique à chaque type de végétal, nécessaire à prendre en compte pour l'observation de la modification des formes végétales (saison pour une plante annuelle, plusieurs années pour un arbre...) ; (ii) la durée d'application d'une pratique agricole : elle peut être immédiate (indicateur de ressource herbagère déclenchant la fauche) ou programmée sur le long terme, résultante d'une stratégie (objectif de gestion de maintien de la friche à une proportion du parcellaire suscitant un entretien pluriannuel de certaines parcelles) ; (iii) le temps nécessaire à la visibilité de l'impact d'une pratique agricole sur les éléments paysagers : il peut être instantané (la fauche remet la ressource herbagère à

⁶ La modélisation par simulation est une des trois principales méthodes de modélisation. Comparée aux deux autres méthodes, la modélisation analytique et la modélisation stochastique, elle apporte principalement la possibilité de modéliser des phénomènes non déterministes, non probabilistes et pas obligatoirement continus dans l'espace et dans le temps.

son état initial) ou représenter le cumul de plusieurs campagnes agricoles (pâture extensive d'une prairie conduisant à son enrichissement progressif, visible seulement après quelques années).

La simulation est un moyen de mettre en musique ces différentes temporalités et de repérer les effets de leurs différentes combinaisons (répétition d'une pratique sans impact particulier, répétition d'une pratique avec cumul des conséquences, pratique agricole rare à impact très fort, pratique agricole courante n'ayant pas d'impact particulier...). Ceci est un avantage considérable comparativement à l'étude du passé, c'est-à-dire d'une succession d'images du territoire construites à partir d'une autre réalité technique et socio-économique des systèmes agraires. La simulation offre la possibilité d'une part, de reproduire cette réalité passée pour rechercher les explications des phénomènes à l'origine des paysages actuels (POIX C. et MICHELIN Y., 1998; CALVO-IGLESIAS M.S. *et al.*, 2006), et d'autre part, d'essayer d'anticiper l'impact de scénarios de gestion envisagés (JANIN C. *et al.*, 1993; VERBURG P.H. *et al.*, 2006).

- ✕ La spatialité du paysage : la considération de la multiplicité des interactions entre les éléments paysagers et les pratiques agricoles génère un différentiel spatial. La localisation, la distribution et l'emprise spatiale respectives des pratiques agricoles et des éléments paysagers sont des points importants à considérer pour l'explication des évolutions d'un paysage. Mais, s'il semble du bon sens que la situation A (un seul agriculteur du territoire implante quelques centaines de mètres de haies sur son parcellaire) et la situation B (tous les agriculteurs du territoire décident de clôturer leurs parcelles à l'aide de haies) conduisent à des paysages différents, il est parfois difficile de mesurer les effets d'agrégation de certaines pratiques agricoles et d'identifier les seuils permettant de visualiser une différence significative et/ou de répondre à un objectif donné.

La simulation, construite dans l'objectif d'une prise en compte des effets spatiaux, est un moyen de mesurer les effets de cette diversité, de tester différentes proportions des comportements étudiés et d'identifier des valeurs significatives (COQUILLARD P. et HILL D., 1997; LARDON S. *et al.*, 2001; SANDERS L., 2001).

La modélisation et la simulation informatique semblent des outils indispensables à la représentation de la multiplicité des phénomènes spatiaux et temporels de l'interface entre les évolutions des paysages ruraux et le fonctionnement des systèmes de production agricole. Elles apportent une ouverture conceptuelle par la possibilité de formalisation d'un objet de recherche interdisciplinaire. Au sein de ce travail, elles devraient permettre le mélange des connaissances de plusieurs disciplines concourant à la description d'un seul phénomène : l'impact de la perception du paysage par les agriculteurs (sciences sociales) sur la mise en œuvre de pratiques agricoles (agronomie) et ses conséquences sur un paysage rural (géographie). Elles offrent également la possibilité de simuler cet impact en prenant en compte la temporalité et la spatialité des dynamiques paysagères, suggérant l'appréhension d'effets d'agrégation spatiale et/ou de cumuls pluriannuels des pratiques agricoles sur les formes paysagères (SANDERS L., 2001).

2. LES OBJECTIFS DE LA MODÉLISATION MENÉE

Il existe de nombreux travaux déjà menés sur le thème des relations entre le fonctionnement des systèmes de production agricole et les évolutions des paysages des territoires ruraux. Ces travaux constituent une ressource extrêmement riche pour la description des composantes du paysage et des processus intervenant dans sa dynamique (mode de dissémination et de croissance des végétaux, fonctionnement technico-économique des systèmes de production agricole, unités physiologiques et typologies de systèmes de production agricole...). Mais, ils révèlent aussi la difficulté d'aborder et de traiter une problématique nécessitant une telle accumulation de savoirs : la pluridisciplinarité et l'interdisciplinarité semblent indispensables. En témoigne l'embarras des chercheurs et des gestionnaires des territoires lors de l'essai d'une gestion concrète des paysages (MICHELIN Y., 2000b) : les difficultés liées à l'intégration de cette variété de connaissances rendent improbable, voire quasiment impossible, la prédiction des évolutions des paysages et/ou la mise en évidence attendue de leviers d'intervention pour infléchir les évolutions paysagères futures.

L'enjeu de recherches sur la problématique paysagère ne semble pas se situer dans la production de nouvelles connaissances sur les composantes ou les processus du paysage. Il apparaît plutôt fondamental de s'orienter vers la recherche de nouveaux modes d'organisation de cet ensemble d'acquis. Deux voies, répondant à cette volonté d'organisation de la connaissance accumulée, peuvent être explorées selon les objectifs assignés au travail : (i) la recherche de modes d'organisation empirique, destinée à la production d'une nouvelle connaissance transversale, construite à partir de la combinaison de règles établies, issues des diverses disciplines, et d'hypothèses de fonctionnement du système étudié ; (ii) la recherche de modes d'organisation fonctionnelle, envisagée à partir de connaissances validées, pouvant être utilisées sur des cas réels, dans l'objectif d'un apport de compréhension, voire d'éléments de réponse, aux questionnements de la société.

À partir de ce point de vue sur l'enjeu des recherches traitant de la problématique des évolutions des paysages des territoires ruraux, ce travail a été construit autour d'un double objectif : (i) proposer un modèle original de l'interface entre les évolutions du paysage rural et le fonctionnement des systèmes de production agricole, incluant les savoirs existants et positionnant fortement l'agriculteur au centre de la décision ; (ii) tester la pertinence de l'hypothèse du rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs, par une expérimentation virtuelle permise par la simulation. Ce travail se classe ainsi prioritairement dans la première voie de recherche citée ci-dessus, c'est-à-dire la recherche d'une nouvelle organisation empirique des connaissances accumulées.

21. Proposer un nouveau modèle de l'interface paysage / agriculture

Le premier objectif de ce travail est de proposer un nouveau modèle de l'interface entre les évolutions des paysages des territoires ruraux et le fonctionnement des systèmes de production agricole, permettant de prendre en compte le rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans les évolutions du paysage.

Il s'agit d'intégrer au sein d'un même modèle des connaissances agronomiques sur le fonctionnement des systèmes de production agricole, des connaissances géographiques sur les composantes du paysage et leurs formes, des connaissances écologiques sur les dynamiques de végétation et des connaissances issues des sciences sociales sur la dimension sensible du paysage et sa perception par l'agriculteur. L'originalité du modèle réside dans une articulation de ces connaissances centrée sur l'agriculteur ; ce dernier est considéré comme un individu sensible au paysage, attentif à l'impact de son activité sur les composantes paysagères. À la différence de nombreux modèles agronomiques, le système de production agricole n'est pas uniquement abordé du point de vue de son équilibre technico-économique ; il est considéré dans sa globalité de système complexe piloté, intégrant l'agriculteur comme un individu avec un projet (LANDAIS E. et DEFFONTAINES J.P., 1988).

Les processus retenus de cette interface, perçus comme étant les plus adéquats pour représenter et expliquer le rôle de la sensibilité au paysage de l'agriculteur dans la mise en œuvre de ses pratiques agricoles, sont (i) les modalités de répartition spatiale et d'application des pratiques agricoles de production courante : elles représentent l'équilibre entre les différents moyens de production du système de production agricole et constituent un indicateur de la façon dont l'agriculteur perçoit son territoire d'exploitation, (ii) le processus de décision à l'origine des modalités et de la mise en œuvre des pratiques d'entretien, pouvant être les indicateurs d'une stratégie paysagère de l'agriculteur, (iii) les conséquences de ces différentes pratiques sur les formes des éléments paysagers sur lesquels elles s'appliquent.

22. Tester l'hypothèse d'une stratégie paysagère de l'agriculteur

Le second objectif, découlant du point de vue porté sur l'interface entre les évolutions des paysages des territoires ruraux et le fonctionnement des systèmes de production agricole, est le test, par une expérimentation virtuelle de simulation, de l'hypothèse du rôle de la sensibilité au paysage de l'agriculteur dans la mise en œuvre de ses pratiques agricoles. Il permettra de vérifier la pertinence de l'hypothèse de l'existence d'une stratégie paysagère de l'agriculteur, ayant des conséquences sur les évolutions du paysage.

L'agriculteur est considéré dans ce modèle comme un individu sensible au paysage qu'il voit et qu'il produit. Ceci conduit à supposer que sa représentation du paysage idéal influence la mise en œuvre de ses pratiques, certaines pouvant présenter une finalité paysagère (BLANC-PAMARD C. et MILLEVILLE P., 1985; GAUCHER S., 1995). Cette hypothèse est difficilement vérifiable sur un terrain d'étude pour deux raisons majeures : (i) le paysage étant souvent assimilé à la question environnementale, les différents travaux menés auprès des agriculteurs montrent une réticence de ceux-ci à aborder la question du paysage, ne prenant pas le risque d'une évaluation extérieure supplémentaire de l'impact de leur activité (DEFFONTAINES J.P., 2002) ; (ii) différents travaux, dont l'objectif était l'identification des motivations de l'agriculteur pour mettre en œuvre des pratiques à impact paysager, ont permis de mesurer la difficulté d'accéder au système de représentation des agriculteurs, d'autant plus lorsqu'il s'agit de la perception ou de l'action sur un support aussi sensible que le paysage (MURRAY-PRIOR R., 1998; CAYRE P. *et al.*, 2004). La voie la plus adéquate et la plus rigoureuse pour la vérification de l'hypothèse énoncée impliquerait la réalisation d'une enquête avec les méthodes des sciences sociales : elle est coûteuse en temps et elle ne fournit pas toujours des résultats généralisables, difficiles à intégrer au sein d'un modèle.

Face à ces éléments, ce travail propose un modèle empirique, intégrant des agriculteurs capables d'exprimer leur conception du paysage, de mettre en œuvre des pratiques agricoles correspondant à leur propre objectif paysager et d'évaluer leur impact sur la physionomie de leur parcellaire. Des simulations, à partir de ce modèle, permettront l'expérimentation virtuelle de cette représentation de l'interface entre les évolutions du paysage et les activités agricoles. Elles donneront la possibilité de mettre en évidence si l'existence de ces différentes sensibilités au paysage des agriculteurs conditionne les évolutions d'un paysage rural. Si tel est le cas, pourront être testés plusieurs scénarios, n'ayant aucune conséquence sur la réalité observée, mais pouvant apporter des informations quant au rôle quantitatif et qualitatif de cette sensibilité au paysage des agriculteurs. Les facteurs mesurés seront l'influence de différents niveaux de sensibilité au paysage des agriculteurs et de différentes proportions et/ou distributions spatiales de ces niveaux de sensibilité au paysage des agriculteurs.

23. Construire un outil de recherche

Les modèles développés par les agronomes peuvent être classés en deux grandes familles selon leur mode d'utilisation finale : les outils d'aide à la décision et les outils de recherche (VAN ITTERSUM M.K. et DONATELLI M., 2003).

Les modèles d'aide à la décision ont pour objectif général d'assister leurs utilisateurs finaux (agriculteurs, conseillers agricoles, gestionnaires des territoires...) dans leurs choix. À partir de fonctions prédictives nécessairement robustes, ils permettent de représenter les évolutions d'un certain nombre d'indicateurs, conséquences des décisions prises et des pratiques mises en œuvre sur les composantes étudiées du

système (KEATING B.A. et MCCOWN R.L., 2001). Leur construction implique un processus de validation extrêmement rigoureux. Du point de vue agronomique, ce type de modèle se présente comme une voie intéressante pour l'étude des périodes de transition entre différents états des systèmes de production agricole (réorganisation des composantes du système de production agricole) ou pour l'optimisation d'atelier (planification du temps de travail, succession des cultures...). Mais, face au manque de pertinence de certaines réponses et à la méfiance des agriculteurs, il reste peu utilisé sur le terrain (ANDRIEU N., 2004).

Les modèles de recherche ont pour objectif général un appui aux chercheurs. Indicateurs des insuffisances des connaissances scientifiques, ils permettent de guider les recherches futures, focalisant celles-ci sur les composantes et les processus à décrire plus précisément. Ils sont un banc d'expérimentation virtuelle, offrant la possibilité d'explorer les systèmes, d'élaborer des hypothèses de fonctionnement, d'éprouver celles-ci à partir d'une large gamme de paramétrages et de tester leur pertinence. Cette souplesse, avantageuse du point de vue du gain de temps qu'elle génère, permet la mise en évidence de processus du système non explorés par les méthodes classiques (ANDRIEU N., 2004).

La question initiale de ce travail implique la réalisation d'un modèle de recherche. L'objectif est de tester l'hypothèse du rôle de la sensibilité au paysage de l'agriculteur par la mise en œuvre de différents paramétrages. Ce choix influence les modalités d'implémentation du logiciel de simulation. Le produit fini, ayant pour unique destination des chercheurs travaillant sur cette problématique, ne nécessitera pas le même processus de validation. De plus, dans le cadre de ce travail, les finitions logicielles (interface, procédures d'initialisation, d'import et d'export de données...) ne feront pas l'objet d'une attention particulière : elles doivent seulement permettre une utilisation fonctionnelle du logiciel.

3. LES POSTULATS FONDAMENTAUX DE LA MODÉLISATION MENÉE

L'objectif général de la démarche de modélisation menée est de proposer une représentation de l'interface entre les évolutions d'un paysage rural et le fonctionnement des systèmes de production agricole. Le modèle de cette interface doit être conçu en fonction de la question initiale de ce travail : tester la pertinence de l'hypothèse du rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs sur les évolutions du paysage d'une petite portion de territoire.

L'étendue des champs disciplinaires concernés et des informations susceptibles d'être représentées au sein d'un tel modèle conduisent à rechercher, comme le préconisent certains auteurs ayant modélisé des systèmes agronomiques (MONTEITH J.L., 1996; SINCLAIR T.R. et SELIGMAN N.G., 1996), les niveaux d'abstraction et de détail les plus appropriés, c'est-à-dire les plus simples permettant d'apporter une réponse au problème posé. En effet, l'objectif de la démarche de modélisation est à l'inverse de notre tendance naturelle : il consiste à réduire l'accumulation d'incertitudes.

La démarche de modélisation présentée dans le cadre de ce travail repose sur deux simplifications majeures. La première, issue d'un regard d'agronome sur le paysage rural, précise le point de vue choisi sur la définition du paysage rural et de ses évolutions. La seconde, spécifiquement élaborée à partir de la question initiale de ce travail, définit une posture scientifique particulière, situant l'agriculteur, en tant qu'individu pouvant être sensible au paysage, au centre de l'interface entre les évolutions de ce paysage et les pratiques agricoles mises en œuvre par l'agriculteur.

31. Un paysage simplifié à la physionomie des parcelles agricoles

Les premiers regards portés sur un paysage, dans le but de mener une analyse paysagère, relèvent principalement des méthodes de la géographie (DEFFONTAINES J.P., 1985; MICHELIN Y., 2000b). Ils ont pour objectif d'identifier les différentes composantes de cette image du territoire, de comprendre la façon dont elles sont assemblées et de distinguer leur participation, active ou passive, aux différentes dynamiques observées. Ils peuvent conduire à deux façons de considérer le paysage :

- ✱ Le paysage comme assemblage vertical, c'est-à-dire comme une superposition de couches⁷. Il est en premier lieu façonné par le relief et les réseaux hydrographiques. Ce socle, peu mobile, puisqu'il dépend de phénomènes à l'œuvre sur des milliers ou des millions d'années, est le réceptacle de

⁷ La notion de couche de paysage peut sembler peu scientifique. Elle fait écho à l'utilisation récurrente du "shape", terme anglophone extrait de la terminologie des logiciels de cartographies, définissant une couche d'informations d'un Système d'Informations Géographiques (SIG).

multiples couches de différentes natures, que l'on peut imaginer superposées. On peut citer, par exemple, une couche arable d'épaisseur variable présentant des potentialités agronomiques plus ou moins élevées, une couche végétale de hauteur, de densité et de diversité variables et/ou une couche de structures humaines plus ou moins organisée et concentrée. Chacune de ces couches peut être caractérisée selon des typologies permettant de classer ses composants (nature des sols, faciès végétaux, classement des formes et des organisations des structures humaines...) et selon sa propre dynamique, fonction de processus généralement continus (évolutions des sols, dynamique végétale spontanée, extension d'une cité urbaine, tracé des voies de communication...).

- ✖ Le paysage comme un assemblage horizontal, c'est-à-dire un puzzle d'éléments variés imbriqués les uns avec les autres. Si l'on se déplace de façon horizontale au sein du paysage, on rencontre des éléments qui appartiennent tantôt à l'une des couches mentionnées ci-dessus, tantôt à une autre. Selon l'observateur et son filtre psychosociologique, tous les éléments rencontrés ne susciteront pas le même niveau d'attention. Ainsi, les géographes identifieront des modules paysagers, les pédologues s'intéresseront aux limites des pédopaysages, les écologues seront attentifs aux faciès végétaux... De la même façon, les processus retenus par le regard de l'agronome seront particuliers. Par exemple, les écologues identifieront les phénomènes biologiques à l'origine de la rareté ou de l'abondance d'une espèce, tandis que l'agronome recherchera les processus agricoles, c'est-à-dire les pratiques agricoles, ayant produit les formes observées.

Dans le cadre de ce travail, principalement orienté par la lecture de travaux d'agronomes⁸ et de géoagronomes (DEFFONTAINES J.P., 1977; INRA et ENSSAA, 1977; DEFFONTAINES J.P., 1986; LOISEAU P. et DE MONTARD F.X., 1986; BALENT G. *et al.*, 1993; MICHELIN Y., 2000a), l'observation des paysages des territoires ruraux herbagers sensibles conduit à identifier et retenir deux couches principales : une couche de végétation et une couche de structures agraires, chacune observée selon le point de vue particulier de l'agronome et selon l'angle de questionnement donné par la question initiale de ce travail.

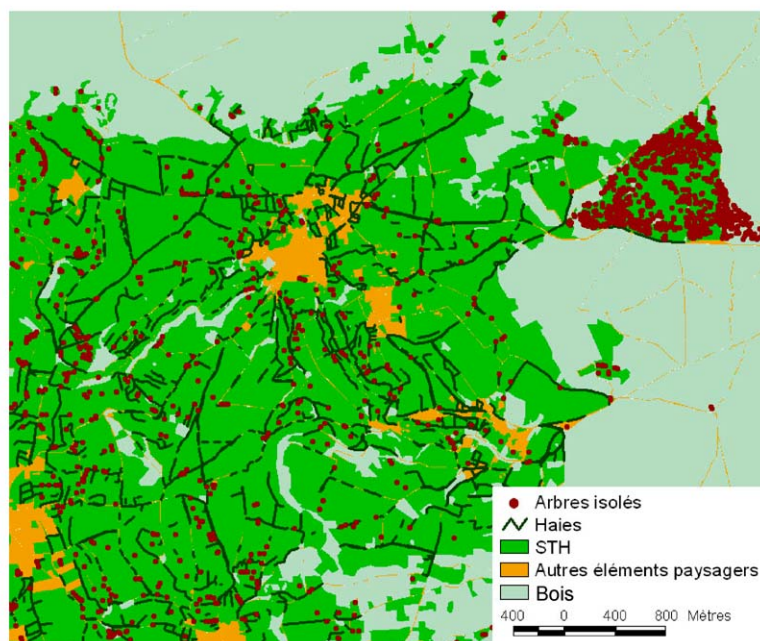
311. La simplification de la couche de végétation

Les territoires ruraux herbagers ont été définis auparavant comme de grandes étendues herbagères, imbriquées avec quelques zones boisées et urbanisées. La carte de la commune de Ceysat dans le département du Puy-de-Dôme, présentée au sein de la Figure 3.2, est issue d'une analyse des différentes

⁸ La plupart des travaux agronomiques traitant de la question paysagère ont été menés à partir de zones de polyculture-élevage, souvent en conditions de sous-chargement (Vosges, Massif central...). Les approches développées sont très fortement influencées par le point de vue des zootechniciens, considérant la végétation comme un élément naturel dynamique que l'on peut maîtriser par la gestion du troupeau. Bien entendu, en zone de céréaliculture, cette approche est inadaptée. Néanmoins, le paysage peut aussi être considéré comme le résultat des interactions entre une dynamique végétale artificielle, constituée de cultures annuelles ou bisannuelles, et les pratiques agricoles mises en œuvre pour façonner celle-ci.

composantes d'un paysage rural (NOTE P., 2005) ; elle permet de préciser les principaux éléments constituant une couche de végétation représentative des territoires ruraux herbagers. Elle illustre la nette prédominance surfacique de deux composantes : les Surfaces Toujours en Herbe (STH) et les surfaces boisées.

Figure 3.2 : Un exemple de territoire rural herbager : la commune de Ceyssat (Puy-de-Dôme)



Note, 2002

Les autres éléments (haies, arbres isolés...) ne représentent qu'une faible proportion de la surface du territoire. De plus, en considération de la question traitée, ils représentent des pratiques agricoles spécifiques (plantation, arrachage et/ou taille de haies et d'arbres isolés, entretien de talus...), parfois relativement déconnectées des pratiques de production courante des systèmes de production agricole⁹. Ainsi, bien que leur impact sur le paysage soit important du point de vue de la visibilité, ils ne sont pas intégrés à la démarche de modélisation mise en œuvre dans ce travail pour plusieurs raisons :

- ✱ La modélisation mise en œuvre s'intéresse plus précisément aux surfaces agricoles utilisées pour la réalisation de la production agricole, c'est-à-dire aux parcelles agricoles.

⁹ Des travaux agronomiques ont montré l'intérêt, pour l'agriculteur, de l'entretien des éléments paysagers ponctuels ou linéaires (haies, bosquets, arbres...) pour le maintien en état des parcelles agricoles (lutte contre la dissémination des fronts pionniers) et/ou pour faciliter le travail de l'agriculteur (surveillance des animaux dans les exploitations allaitantes limousines). Mais, contrairement à certaines anciennes pratiques, comme la taille des frênes pour l'affouragement estival des animaux, les pratiques d'entretien actuelles ne concourent plus aussi directement à la production agricole. Elles ne sont donc pas considérées comme des pratiques de production courante, c'est-à-dire indispensables à la réalisation de la production, au sein de la démarche de modélisation menée.

- ✖ Ces éléments linéaires et ponctuels, aux formes très variées, sont très visibles au sein du paysage ; ils sont beaucoup trop liés à la dimension sensible du paysage et, d'un point de vue plus général, à la considération environnementale (conservation des paysages traditionnels de bocage, préservation de la biodiversité...)(BAUDRY J. *et al.*, 1998).
- ✖ L'intégration de ces éléments dans le modèle impliquerait un niveau de détail très élevé, tant des composantes élémentaires du paysage à intégrer, que des pratiques agricoles à décrire ; face à la complexité engendrée et à l'incertitude ajoutée aux règles de fonctionnement du modèle, il est peu probable que cet enrichissement représente un réel apport de connaissance et/ou de compréhension de l'interface étudiée.

Les surfaces boisées présentent la même problématique. Leur dynamique, calée sur des pas de temps plus longs que celle des surfaces en herbe, ne dépend pas des pratiques de production des systèmes de production agricole. Certes, certaines parcelles boisées peuvent être gérées par des agriculteurs, mais cette gestion n'est pas intégrée dans le modèle, trop éloignée de la question initiale et du fonctionnement habituel du système de production agricole.

Finalement, le modèle ne prend en compte que les surfaces en herbe. La diversité et la variabilité des physionomies de ces surfaces en herbe constituent les éléments de la dynamique du paysage du modèle. La variation de la physionomie des surfaces en herbe est la principale variable étudiée.

312. La simplification de la couche des structures agraires

Les surfaces en herbe des territoires ruraux herbagers sont la ressource obligatoire des systèmes de production agricole. L'évolution de leur état physionomique est étroitement corrélée à l'intensité et aux types de pratiques agricoles qu'elles reçoivent (LOISEAU P. et DE MONTARD F.X., 1986; LANDAIS E. et BALENT G., 1993). Les travaux agronomiques traitant du paysage, présentés plus avant, ont montré qu'il était difficile de distinguer les systèmes de production agricole au sein du paysage (DEFFONTAINES J.P., 1995). En outre, la parcelle agricole est considérée comme l'unité élémentaire de contraste la plus facilement repérable (DEFFONTAINES J.P., 1986). Elle est définie comme la composante élémentaire de la couche des structures agraires, homogène du point de vue des objectifs de production qui lui sont assignés (GRAS R., 1989; CAMACHO O., 2004) et homogène du point de vue de l'application d'un itinéraire technique particulier. Au regard de la question traitée, cette échelle spatiale, par sa position particulière au sein du fonctionnement des systèmes de production agricole, est privilégiée. Les éléments linéaires et ponctuels du paysage n'étant pas pris en compte dans le modèle, la parcelle agricole est le plus petit élément spatial sur lequel est étudié le raisonnement de l'agriculteur.

La parcelle agricole est un objet central du modèle. Échelle pivot de la simultanéité des regards entre le champ, espace fonctionnel d'application des pratiques agricoles, et le territoire, étendue nécessaire à l'observation du paysage (SÉBILLOTTE M., 2002), elle représente le facteur de décision de l'agriculteur, en tant que contributrice de l'opportunité des pratiques agricoles qui lui sont appliquée (LANDAIS E. et DEFFONTAINES J.P., 1988), la variable modifiée et une pièce élémentaire du puzzle du paysage représenté par le modèle.

Finalement, l'association de l'intérêt particulier de ce travail pour les territoires ruraux herbagers et de l'orientation de la question traitée conditionne fortement le regard porté sur le paysage. Le modèle construit représente une simplification du “*Grand Paysage*”¹⁰, dépouillé d'une grande partie de ses éléments. Le paysage du modèle est uniquement composé de surfaces herbagères, composante principale des territoires ruraux herbagers et la plus susceptible de transformations physionomiques sous l'effet des pratiques agricoles courantes des systèmes de production agricole. Il est organisé sous la forme d'un puzzle de parcelles agricoles, niveau d'organisation spatiale élémentaire de ces pratiques agricoles. La Figure 3.3 illustre cette simplification majeure : le paysage vu d'une portion du territoire *Chadrat*, commune du département du Puy-de-Dôme utilisée comme support d'illustration de la modélisation menée, est simplifiée sous la forme d'un puzzle de parcelles agricoles imbriquées les unes aux autres, les autres éléments paysagers n'étant pas intégrés au modèle. Le paysage du modèle peut être caractérisé de paysage agricole.

Figure 3.3 : Du paysage vu au paysage modélisé



Le paysage embrassé par le regard :
une image complexe où s'imbriquent
de multiples éléments paysagers.



Le paysage sous l'angle de vue du modèle :
un puzzle de parcelles agricoles.

¹⁰ Dénomination extraite du site Internet “Le site de l'indicateur du Paysage” signifiant le paysage dans son ensemble, c'est-à-dire considéré avec sa complexité naturelle, sans restriction géographique, ni disciplinaire.

32. La sensibilité au paysage de l'agriculteur, une clé des formes paysagères

Les principaux travaux d'agronomes proposant une modélisation du rôle du fonctionnement des systèmes de production agricole dans les évolutions des paysages sont principalement centrés sur l'impact de critères technico-économiques de la sphère professionnelle agricole, comme l'orientation des systèmes techniques agricoles, les évolutions de la démographie rurale, la place de la mécanisation et/ou les tendances des marchés mondiaux. De fait, la plupart des études prospectives menées dans le cadre de ces recherches se traduisent par des simulations des évolutions probables des grands types de paysages à l'échelle régionale, nationale ou continentale. Ces modèles, ainsi que l'ensemble des connaissances produites concernant les liens entre les typologies de systèmes de production agricole et les unités paysagères, sont difficiles à utiliser et à reproduire à l'échelle locale, pourtant la plus en quête d'éléments de compréhension et d'aide à une gestion collective concertée des dynamiques paysagères.

L'hypothèse sous-jacente à ce travail, précisée lors de l'explication des objectifs assignés à la démarche de modélisation, repose sur le constat que la plupart de ces travaux ne prennent pas en compte la diversité des individualités que représente l'ensemble des agriculteurs. Le paysage étant un objet avec une très forte dimension sensible, il semble pertinent de supposer que chaque agriculteur, avant tout considéré comme un individu – et non uniquement comme un agent indifférencié au comportement uniforme –, a sa propre perception du paysage au sein duquel il vit et assure les activités liées à sa profession. Si cette perception, caractérisée au sein de ce travail comme une sensibilité de l'agriculteur au paysage, existe, elle influence certainement les attentes de l'agriculteur ; indirectement, elle influence également la perception que ce dernier possède des effets que ses pratiques agricoles produisent sur ce paysage. On peut imaginer que cette perception soit à l'origine de la mise en œuvre d'une stratégie paysagère pouvant influencer la mise en œuvre et l'organisation des pratiques agricoles courantes. La sensibilité au paysage de l'agriculteur serait un facteur de la modification des physionomies des parcelles agricoles.

A priori, d'un point de vue méthodologique, tester cette hypothèse semble relativement simple. Une voie évidente, selon la démarche engagée dans ce travail, serait la construction d'un modèle permettant de tester, par la simulation, les conséquences de différents niveaux de sensibilité au paysage des agriculteurs sur une même portion de territoire. Or, si cette notion de sensibilité au paysage est extrapolée à partir de diverses remarques de chercheurs affirmant l'existence d'autres déterminants chez l'agriculteur que les motivations technico-économiques, une telle typologie d'agriculteurs ne semble pas exister. L'intégration de cette notion de sensibilité paysagère comme facteur du modèle nécessite donc, dans un premier temps, la construction d'une typologie empirique d'agriculteurs, en regard de leur perception du paysage.

321. La difficulté de s'appuyer sur les typologies d'agriculteurs existantes

Quelle que soit la problématique abordée, la plupart des typologies d'agriculteurs réalisés par des agronomes sont principalement construites à partir de critères fonctionnels et/ou technico-économiques (PERROT C. et LANDAIS E., 1993). Même lors de questionnements liés au paysage, cette façon de faire persiste, même si les noms des typologies utilisées varient. Les *“projets des agriculteurs”* définis et étudiés par les chercheurs au sein des systèmes de production agricole des Vosges, puis mis en relation avec des types d'organisation spatiale des activités agricoles, c'est-à-dire des unités physionomiques, ne sont pas très différents : leurs critères non techniques se limitent à l'âge et l'existence d'une succession (INRA et ENSSAA, 1977). Néanmoins, ponctuellement et de façon peu explicite, il apparaît quelques remarques signalant l'existence d'autres critères de motivations des pratiques des agriculteurs.

Ainsi, en 1988, BONNEMAIRE, lors du compte-rendu d'un atelier de réflexion sur la diversité de fonctionnement des systèmes de production agricole, analyse les travaux de LE PAPE et RÉMY concernant l'étude de groupes d'agriculteurs biologiques et souligne la pertinence d'une entrée psychosociale pour l'étude des pratiques agricoles (BONNEMAIRE J., 1988) : *“Les groupes d'agriculteurs biologiques se sont constitués à la fois autour de pratiques productives et d'une éthique : l'agriculture biologique restitue aux yeux des producteurs une vision globale qui combine science, technique, économie, idéologie, morale et métaphysique dans un ensemble cohérent ; elle leur permet par conséquent de réinterpréter et assumer leurs pratiques d'agriculteurs.”* Que signifie, pour ces auteurs, l'utilisation des mots *“idéologie”*, *“morale”* et *“métaphysique”* ? Ne peut-on en déduire l'expression de déterminants humains, liés à l'histoire de ces agriculteurs, à l'influence de leurs entourages respectifs et/ou à la vision qu'ils ont de la qualité des produits que leur profession devrait fournir à la société ?

De la même manière, différents travaux d'universités nord-européennes, cherchant à comprendre et mettre en évidence les déterminants de la participation d'agriculteurs à des modes de production plus respectueux de l'environnement, expriment la difficulté de se confronter à de nouveaux types de critères de décision. L'application d'une approche comportementale des agriculteurs, afin de comprendre leurs motivations pour participer au Cambrian Mountains ESA scheme¹¹, conduit ses auteurs à conclure que l'existence de déterminants sociologiques et psychologiques ne fait aucun doute, mais que ceux-ci sont inaccessibles par les méthodes statistiques classiques, habituellement utilisées pour la réalisation de typologies (WILSON G.A., 1997).

¹¹ L'ESA scheme (Environmentally Sensitive Areas scheme) est l'un des programmes de préservation des espaces sensibles du point de vue environnemental les plus répandus de l'Europe. Inventé au Royaume Uni en 1986, puis appliqué dans plusieurs pays d'Europe (Danemark, France, Italie et Espagne), il couvre aujourd'hui près de 34 000 km². Il consiste à une rémunération financière de l'agriculteur, qui, en contrepartie, s'engage au maintien de formes d'agriculture traditionnelles, à la mise en œuvre de pratiques respectueuses de l'environnement et à une conduite extensive des espaces vulnérables (sous-chargement, fauche tardive...).

Une autre étude, dont l'objectif est de comprendre pourquoi certains agriculteurs s'intéressent à l'environnement, est construite à partir de la théorie du comportement – Theory of Planned Behaviour – de AJZEN. Au fait de l'imbrication des nombreuses motivations de l'agriculteur (contraintes pédo-climatiques, tendance des marchés, préoccupation environnementale, influence des politiques incitatives, personnalité de l'agriculteur...), les auteurs concluent néanmoins à une très forte complexité du raisonnement de l'agriculteur et à la difficulté de son étude (temps à consacrer aux enquêtes, difficulté d'interprétation des discours...) (BEEDELL J.D.C. et REHMAN T., 1999).

Depuis le milieu des années quatre-vingt, une réflexion conceptuelle, principalement menée à l'initiative de VAN DER PLOEG, relaie cette nécessité de considération des déterminants multidimensionnels à l'origine de la mise en œuvre des pratiques des agriculteurs. Il s'agit de l'hypothèse de l'existence de “*styles of farming*”¹² (VAN DER PLOEG J.D., 1993), permettant d'expliquer la diversité des façons de faire des agriculteurs. Un “*style of farming*” est défini comme une façon d'organiser et de gérer le système de production agricole, globalement reconnue comme acceptable par le groupe professionnel local. Il n'exprime pas seulement la recherche d'une cohérence technico-économique du système de production agricole, mais d'un mode de conduite adapté aux moyens de production à la disposition de l'agriculteur et considéré comme correspondant aux normes de la société locale, tant du point de vue de la façon de faire, que des résultats agricoles et des externalités (VAN DER PLOEG J.D., 1993; VANCLAY F. *et al.*, 2006).

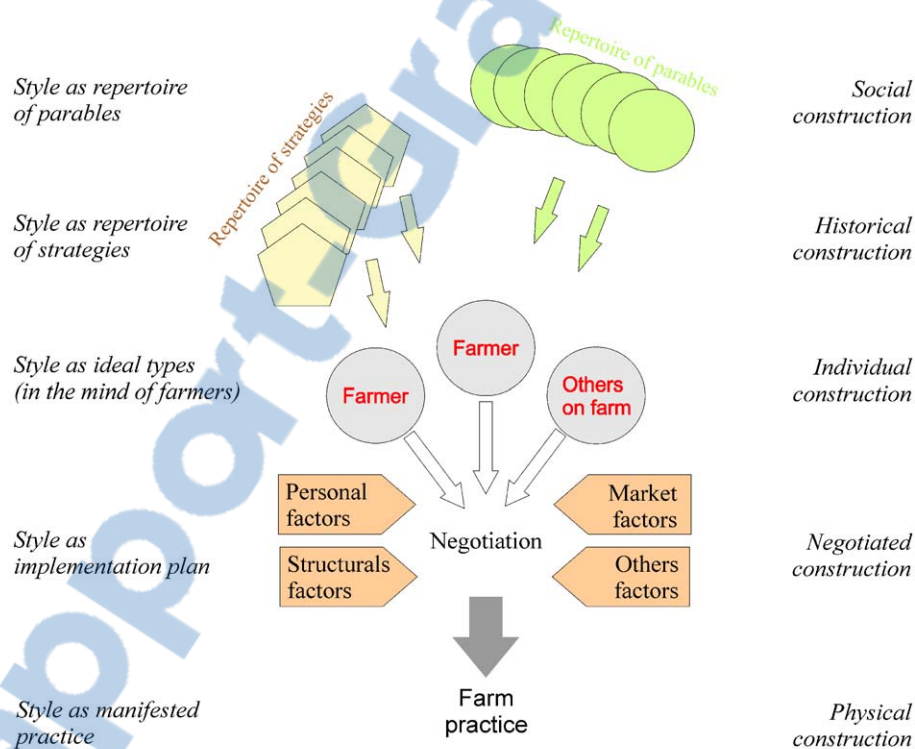
“Farming style refers to a cultural repertoire, a composite of normative and strategic ideas about how farming should be done. A style involves a specific way of organising the farm enterprise: farmer practice and development are shaped by cultural repertoire, which in turn are tested, affirmed and if necessary adjusted through practice. Therefore a style of farming is a concrete form of praxis, a particular unity of thinking and doing, of theory and practice.” (VAN DER PLOEG, 1994)

Repris et mis à l'épreuve par plusieurs travaux australiens, principalement menés par VANCLAY, ces “*styles of farming*” semblent difficiles à identifier de façon systématique au sein d'un terrain d'étude. Les discours des agriculteurs, dont l'analyse reste souvent subjective, rendent difficile le classement d'un individu au sein de telle ou telle catégorie. De plus, il semble que les agriculteurs ne s'identifient pas parfaitement à un style défini. Pour cet auteur, si l'existence des “*styles of farming*” ne fait aucun doute, ainsi que leur utilité quant à l'explication de la diversité des façons de faire des agriculteurs, chaque style doit être imaginé comme une possibilité conceptuelle de combinaison de différents éléments de décision

¹² Un “*style of farming*” pourrait être traduit comme étant une façon de mettre en œuvre des pratiques agricoles et/ou de gérer l'ensemble du système de production agricole. Ce serait une façon de faire de l'agriculteur, intégrant toutes les dimensions du raisonnement de l'agriculteur, techniques et non techniques. Par souci de respect du sens original sous-entendu par les auteurs, la terminologie anglophone est conservée dans ce texte.

appartenant aux cinq dimensions suivantes, illustrées au sein de la Figure 3.4 : (i) “*the social construction*” : les normes et savoirs, techniques et culturels, diffusés au sein du groupe professionnel local ; (ii) “*the historical construction*” : l’apprentissage des savoir-faire (techniques, commerciaux, organisationnels...) les plus adaptés face à une situation donnée ; (iii) “*the individual construction*” : l’objectif d’organisation globale du système de production agricole vers lequel tend l’agriculteur, influencé par son idéal de système de production agricole et par ce que devrait être son métier ; (iv) “*the negotiated construction*” : les arbitrages de fonctionnement, résultats de la différence entre cet idéal d’organisation du système de production agricole et la réalité (contrainte familiale, points de vue différents des associés, réalisation des contrats engagés, cours des marchés...), (v) “*the physical construction*” : l’évaluation, réalisée par l’agriculteur ou perçue de la part d’autres acteurs, agriculteurs ou non, de ses propres pratiques (VANCLAY F. *et al.*, 2006).

Figure 3.4 : Conceptualisation de la construction d’un “*farming style*”



D'après Vanclay et al, 2006

Discutable, difficile à construire à partir d’un terrain réel, à valider et à généraliser, cette méthode des “*styles of farming*” est intéressante du point de vue conceptuel par rapport aux objectifs du modèle envisagé dans ce travail. Elle prend en compte les déterminants des pratiques selon un point de vue multidimensionnel. Cette méthodologie a été en partie reprise par des chercheurs autrichiens pour expliquer la diversité des paysages à partir de “*farming styles*”, terme très proche de la dénomination de VAN DER PLOEG, définissant des groupes d’agriculteurs ayant un mode de conduite de leur système de

production agricole, intégrant plus ou moins un intérêt paysager (SCHMITZBERGER I. *et al.*, 2005). Comme pour VAN DER PLOEG, l'hypothèse directrice du travail est le fait de considérer l'agriculteur comme un acteur du paysage plutôt que comme un agent passif, ne répondant qu'à une logique technico-économique, elle-même sous le joug des politiques publiques. Chaque agriculteur est classé dans l'un des "*farming style*", selon la combinaison de deux types de critères, obtenus par des enquêtes agro-sociologiques : (i) des critères technico-économiques : temps de travail, objectifs de production, moyen de production mécanique, histoire du système de production agricole, projet pour le futur du système de production agricole, situation économique et dépendance aux subventions ; (ii) des critères liés à la personnalité de l'agriculteur : âge, niveau de formation, perspectives de succession et points de vue concernant l'agriculture, le paysage, la nature et la préservation de l'environnement et des paysages (SCHMITZBERGER I. *et al.*, 2005). Le tableau de la Figure 3.5, qui souligne d'une couleur bleue les lignes faisant référence à ces critères propres à l'individu, fournit un exemple des "*farming styles*" obtenus par les auteurs de ce travail.

Figure 3.5 : Exemple de "*farming styles*" obtenus auprès d'agriculteurs autrichiens

Farming style classification from Austria

	Yield optimiser	Traditionalist	Innovative	Support optimiser	Idealist	Part-time farmer	Forced farmer	Social farmer
<i>Farming characteristic</i>	Maximum yields, efficiency, modern machinery	Traditional management	High quality products, niches, flexibility	Extensive management, align to regulation	Personal ideals above economic consideration	Lack of time, efficiency, high mecanisation	Little interest, rationalisation	Lack of time, efficiency, high mecanisation
<i>Market orientation</i>	High global market	Low	High regional market	Low	Low	-	Low	-
<i>Less productive areas</i>	Are abandoned	Are still cultivated	Differing	Are abandoned	Are cultivated	Are abandoned	Are abandoned	Are abandoned
<i>Profit margin</i>	High	Low	High	Low	Low	Low	Low	-
<i>Support dependency</i>	Low	High	Low	High	High	High	High	-
<i>Farm size</i>	Large	Small	-	Large	Small	Small	-	-
<i>Age</i>	-	Old	Young	-	-	Not old	-	Not old
<i>Future</i>	Farm enlargement	Succession often uncertain	Optimistic	Succession often uncertain	-	-	No succession	-
<i>Attitude towards... agriculture</i>	Profession	Tradition	Vocation	Food production is unimportant	Personal self-realisation	Identification with agriculture	Negative involuntary farmer	Possibility to combine family and job
<i>Attitude towards... landscape</i>	Place of production	Place for living and working	Place for living and working	Keeping the landscape open	Place for living and working	Place for living and working	No interest	Place for living and working
<i>Attitude towards... nature conservation</i>	Negative	Negative	Indifferent to positive	Positive	Very positive	Indifferent to negative	No interest	Differing

D'après Schmitzberger et al, 2005

Ce travail, au-delà du cas d'étude, est intéressant du point de vue de la problématique paysagère. Il illustre la nécessité de prendre en compte les dimensions liées à l'individu pour la compréhension de la stratégie spatiale de l'agriculteur. En outre, l'auteur précise que la plupart des corrélations sont peu significatives : l'influence des déterminants liés à l'individu n'est pas toujours explicite dans la mise en œuvre des pratiques agricoles. Par exemple, le groupe des "*support optimisers*", le seul à exprimer la volonté de maintenir le paysage ouvert, abandonnent pourtant les terrains les moins bons, laissant une marge d'enfrichement possible.

322. La difficulté d'accéder aux motivations paysagères des agriculteurs

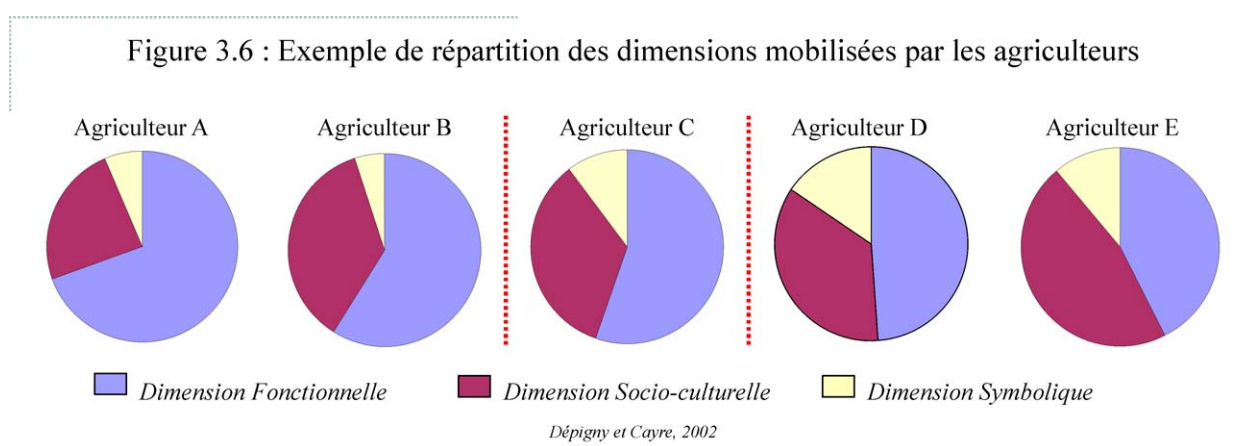
Dans la poursuite de cet objectif de contribution à une meilleure compréhension des déterminants des pratiques ayant un impact paysager, une étude des composantes paysagères et des facteurs de leurs formes a été menée sur le territoire de la vallée de la *Monne*, située à une vingtaine de kilomètres de Clermont-Ferrand (DÉPIGNY S. et CAYRE P., 2002; DÉPIGNY S. *et al.*, 2002). Considérée comme une unité paysagère au sein de la diversité paysagère de ce territoire, une zone a été choisie comme support d'enquête. Elle comporte une vingtaine de systèmes de production agricole ; spécialisés dans la production laitière bovine, ces systèmes de production agricole, s'ils présentent des caractéristiques structurelles différentes, subissent globalement le même niveau de contraintes pédoclimatiques et géomorphologiques.

L'étude s'est organisée autour de trois temps forts :

- ✱ Une analyse des dimensions matérielles du paysage permettant d'établir une typologie des objets élémentaires du paysage (parcelles agricoles, haies, arbres, bosquets...) sur lesquels l'agriculteur est susceptible d'agir. Celle-ci, principalement construite d'après les méthodes de l'analyse paysagère géographique, a montré la diversité de formes existantes pour un même objet paysager au sein de cette apparente homogénéité paysagère.
- ✱ Deux entretiens avec l'agriculteur où il lui était demandé une description rapide de son système d'exploitation, puis, à partir des photographies des objets paysagers, une appréciation et une justification de ces formes paysagères. Ce dernier point avait pour objectif de pousser l'agriculteur à exprimer les pratiques agricoles et leurs déterminants à l'origine de la production de ces formes. Le premier entretien était basé uniquement sur le discours. Le second entretien proposait à l'agriculteur une mise en situation virtuelle, par le choix de mesures paysagères à appliquer sur son territoire d'exploitation.

Comme certains travaux d'agronomes le mentionnent, il est apparu que l'agriculteur n'a pas a priori une culture du paysage (DEFFONTAINES J.P., 2005). Les photographies des objets paysagers ont été des médias indispensables ; déconnectées du reste du paysage, elles ont permis d'aborder à la fois les facteurs de modification des objets du paysage, c'est-à-dire les pratiques agricoles mises en œuvre sur ces objets, les déterminants de ces pratiques, qu'ils soient liés à motivation paysagère ou non, et la réalité esthétique de l'objet, c'est-à-dire la perception qu'a l'agriculteur de la physionomie de cet objet.

Les principaux résultats de cette étude présentent l'originalité d'extraire et de distinguer, au sein du discours de l'agriculteur, des arguments de différentes natures, explicatifs de la mise en œuvre de certaines pratiques agricoles ayant un impact, volontaire ou non, sur les éléments du paysage. L'identification de dix motivations principales, que l'on peut rassembler selon trois grandes dimensions (fonctionnelle, socioculturelle et symbolique), est une affirmation supplémentaire de l'existence de déterminants autres que technico-économiques dans la mise en œuvre des pratiques agricoles ayant un impact paysager. Les graphiques de la Figure 3.6 proposent des exemples de répartition de ces trois dimensions au sein des discours des agriculteurs portant sur la gestion globale de leur système de production agricole ; ils révèlent l'existence de critères non techniques, propres à l'individualité de l'agriculteur, dans la réflexion des modalités de mise en œuvre des pratiques agricoles.



Trop restreint du point de vue de l'effectif enquêté, ce travail ne permet pas d'identifier des groupes de comportements d'agriculteurs vis-à-vis du paysage. Il suggère seulement l'existence de postures différentes. Par exemple, certains agriculteurs ne manifestent aucun intérêt pour la question paysagère, uniquement intéressés par l'objectif de production agricole et de rentabilité de leur profession ; d'autres associent à leur métier certaines valeurs culturelles et/ou savoir-faire transmis par les générations précédentes, comme la taille des haies, l'entretien de petits éléments paysagers, nécessaires à l'existence d'une bonne image du métier d'agriculteur ; d'autres sont désolés de ne pouvoir contenir cette pression de végétation même s'ils n'ont pas la solution.

Ces différences exprimées, uniquement liées aux individus puisque les systèmes de production agricole sont similaires, ont des conséquences sur la façon de faire des agriculteurs ; à moyen terme, elles sont responsables d'une partie des formes paysagères des territoires ruraux. Ces résultats infirment la nécessité de la prise en compte de déterminants non technico-économiques dans le traitement des problématiques paysagères. L'agriculteur doit être considéré comme un individu, avec sa propre perception du paysage et du territoire au sein duquel il vit, c'est-à-dire comme un acteur actif et volontaire de la fabrication des paysages.

Les différents travaux réalisés et/ou étudiés révèlent une grande diversité des motivations paysagères, autres que technico-économiques, exprimées par les agriculteurs. Caractérisées comme pouvant appartenir à un registre de dimension socioculturelle et/ou symbolique (DÉPIGNY S. *et al.*, 2002), elles ne sont néanmoins pas totalement explicites. Le schéma de la Figure 3.7 explique comment, à partir de ce foisonnement de motivations paysagères – listées dans la colonne de gauche –, il est possible d’imaginer l’existence d’une multitude de sensibilités au paysage – nommées par les lettres A,... F,...X – représentées par les disques centraux ; chacune serait à l’origine d’une stratégie spatiale – construite à partir des questionnements de la colonne de droite –, s’appliquant sur différents objets du parcellaire (parcelles agricoles, friche...) et/ou correspondant à une représentation du résultat que doivent produire les activités agricoles (abandon, valorisation de l’espace...).

L'hypothèse de ce travail est construite sur le fait que l'ensemble de ces motivations paysagères autres que technico-économiques est présent au sein du système de représentation de chaque agriculteur, de façon plus ou moins réduite ou exacerbée. Certains agriculteurs apportent une importance capitale à la préservation d'une certaine image de leur territoire, qu'elle soit dirigée par des goûts esthétiques et/ou une volonté de transmettre un patrimoine hérité de plusieurs générations, tandis que d'autres n'attachent aucun intérêt à ces aspects. De la même façon, certains agriculteurs perçoivent plutôt le paysage comme une vitrine de leur métier et de leur savoir-faire, tandis que d'autres ne le considèrent que comme le résultat normal de leur activité, duquel ils ne se soucient guère. Les multiples combinaisons de ces différents degrés de motivation peuvent être considérées comme autant de sensibilités au paysage pouvant s'exprimer au sein de la sphère professionnelle agricole. Chacune conduit le(s) agriculteur(s) concerné(s) à mettre en œuvre une stratégie paysagère spécifique, dans l'objectif de satisfaire au mieux ses propres attentes.

323. La définition de deux comportements paysagers empiriques

À partir des résultats partiels obtenus lors des enquêtes de terrain concernant les motivations des agriculteurs pour la mise en œuvre de pratiques paysagères, présentées ci-dessus, ainsi que des exemples des travaux développant le concept des “*farming styles*”, exposés ci avant, il ne semble pas envisageable de construire une réelle typologie d’agriculteurs basée sur leur rapport à la problématique paysagère. Il apparaît qu’elle serait difficilement validable et qu’elle tiendrait sans doute plus du cas particulier que d’une généralisation de règles de fonctionnement.

De fait, au lieu de multiplier de nouvelles enquêtes auprès d’agriculteurs, de mobiliser un lourd corpus de connaissances appartenant aux sciences sociales, seule voie permettant d’aboutir à la mise en évidence des motivations des agriculteurs, une typologie simplifiée, construite uniquement sur l’opposition de deux comportements d’agriculteurs concernant l’attention portée à la question paysagère, s’est avérée une voie d’étude raisonnable. L’objectif est de tester cette typologie empirique à l’aide de la modélisation et de la simulation, dans le but (i) de vérifier la pertinence de cette hypothèse de travail par la mise en évidence d’une différence significative de l’impact de ces deux comportements paysagers sur la physionomie des parcelles agricoles, (ii) de mettre en évidence les processus sur lesquels il faudrait approfondir les recherches pour construire une réelle typologie d’agriculteurs basée sur leur sensibilité au paysage.

Volontairement choisis comme relativement opposés du point de vue des conceptions paysagères auxquels ils se réfèrent, ces deux comportements n’ont pas véritablement été observés sur le terrain ; ils sont chacun une sorte de caricature de l’association de différents comportements et/ou remarques rencontrées au sein de la littérature – référence à la typologie réalisée par SCHMITZBERGER *et al.* (Annexe 3.1) – et/ou lors de travaux sur différents terrains d’études. Chaque comportement est considéré comme l’expression d’une sensibilité au paysage :

- ✱ La sensibilité au paysage A (SpA) fait référence à un comportement très attentif vis-à-vis de la problématique paysagère, de l’environnement au sens large, et plus particulièrement à la préservation d’un paysage ouvert, tel décrit par SCHMITZBERGER *et al.* au sein des catégories d’agriculteurs “*traditionalist*” ou “*support optimisers*”. Ce type d’agriculteurs porte une importance considérable à l’emprise de sa profession sur le territoire, considérant comme un recul de celle-ci toute apparition de surfaces abandonnées. La stratégie paysagère associée se résume à une lutte permanente pour le maintien du maximum de surfaces utilisées, même de façon extensive et/ou avec des moyens non mécanisés.

- ✖ La sensibilité au paysage Z (SpZ) fait référence à une certaine indifférence au paysage au sens large. La physionomie du territoire, en tant que cadre de vie et/ou patrimoine à préserver, n'est pas un élément pris en compte par ce type d'agriculteurs ; le territoire est exclusivement un support de production, comme décrit par SCHMITZBERGER *et al.* au sein de la catégorie d'agriculteurs "*yield optimiser*". L'existence de surfaces agricoles abandonnées n'est pas un problème. En outre, la physionomie des parcelles agricoles utilisées par ce type d'agriculteurs est extrêmement importante : elle est un révélateur de leur savoir-faire et de la technicité de leur profession. La stratégie paysagère associée vise à l'obtention d'une surface de production entretenue, valorisée au maximum de ses potentialités.

Ces deux sensibilités au paysage – plus amplement développées au sein du chapitre suivant par rapport aux objets spatiaux intégrés au modèle et aux processus que leurs stratégies paysagères nécessitent de définir – représentent un cadre théorique susceptible d'apporter des éléments de réponse aux questionnements traités dans ce travail. Elles sont le principal facteur étudié de la démarche de modélisation et de simulation menée. La comparaison des conséquences des deux comportements paysagers, associés respectivement à ces deux sensibilités au paysage, devrait permettre une démonstration de l'existence et du rôle des motivations autres que technico-économiques des agriculteurs au sein des évolutions des paysages ruraux.

4. CHOIX MÉTHODOLOGIQUES DE LA MODÉLISATION MENÉE

Modéliser consiste, comme ceci a été expliqué précédemment, à représenter une partie de la réalité observée. Lors des premières étapes du processus de modélisation, il est préférable de ne pas se préoccuper de l'implémentation informatique ; il convient d'essayer uniquement de déterminer les objets présents et utiles au sein de la problématique traitée et d'isoler les données et les processus à l'origine de leurs interactions. Dans le cadre de ce travail, la méthode choisie est une approche de modélisation orientée objet, qui sera transcrite à l'aide du formalisme UML. Ces deux méthodes sont présentées succinctement au sein des pages suivantes, afin de rendre la suite du propos plus compréhensible aux lecteurs peu coutumiers de la modélisation informatique.

4.1. Une méthode : la modélisation orientée objet

La modélisation orientée objet, basée sur une analyse orientée objet – Object-Oriented Analysis (OOA) (YOURDON E. et CONSTANTINE L., 1979) – du système étudié, puise ses origines dans la résolution de problèmes liés au développement d'applications logicielles complexes, principalement destinées à des travaux de simulation (travail en équipe, démarche commune et uniformisée, assemblage des différentes parties de codes développées...). La première conceptualisation de cette méthode d'analyse, visant à l'abstraction d'une partie de la réalité observée sous la forme d'entités informatiques appelées des objets, apparaît en 1967 avec le langage SIMULA (DAHL O.J. ET NYGAARD K., 1966), qui implémente le concept de classe d'objets. Les autres principaux concepts n'apparaissent que dix années plus tard avec le langage SMALLTALK (GOLDBERG A. et KAY A., 1976), qui implémente l'encapsulation, l'agrégation et l'héritage, formes d'organisation des classes entre elles. (HILL D., 1993; BACHELET R., 1997)

L'objet est une entité caractérisée par deux ensembles d'informations issus d'une abstraction de la réalité selon le point de vue du modélisateur (BOOCH G., 1991) : les attributs correspondent aux données synthétiques des caractéristiques essentielles et les méthodes définissent son comportement. Le concept d'encapsulation de l'objet protège l'ensemble de ces informations : un objet ne peut être modifié par une entité extérieure à lui-même, seuls les messages émis ou reçus par ses propres méthodes sont susceptibles de modifier ses propres attributs. (COQUILLARD P. et HILL D., 1997)

La représentation d'un système sous la forme d'un ensemble d'objets communicants implique la construction d'une organisation relationnelle entre ces objets. Le concept de classe permet de regrouper une collection d'objets ressemblants, c'est-à-dire dont les attributs et les méthodes présentent de fortes similarités. Le concept d'héritage permet une classification hiérarchique de ces classes : une superclasse généralise les caractéristiques communes à plusieurs objets et ses sous-classes, ne recensant que les

caractéristiques différenciées de ces objets, héritent de ce corpus commun. Ainsi, une superclasse **Arbre** pourrait contenir un certain nombre de caractéristiques définissant un objet arbre, et ses sous-classes, par exemple, **Résineux** et **Feuillus**, hériteraient de ses caractéristiques, tout en spécialisant certaines caractéristiques comme le type de feuillage ou les fonctions de renouvellement de ce feuillage. Cette organisation hiérarchique est à l'origine du polymorphisme permis par la méthode de modélisation objet, c'est-à-dire qu'elle simplifie l'implémentation informatique.

L'approche de modélisation orientée objets est particulièrement adaptée à la modélisation de problématiques environnementales intégrant l'espace et des comportements individuels. Lisible et réutilisable par la modularité qu'elle offre dans son implémentation, elle est aussi une méthode efficace de communication entre des informaticiens et des experts du domaine biologique traité, leur fournissant un langage commun et un outil de recensement exhaustif et hiérarchisé des éléments et des comportements du système à modéliser. (COQUILLARD P. et HILL D., 1997)

42. Un formalisme : l'Unified Modelling Language (UML)

UML se présente comme un outil complémentaire du processus de modélisation orienté objet. Issu de la volonté de BOOCH et RUMBAUGH de synthétiser une méthode de modélisation commune à partir de la diversité des méthodes orientées objet existantes¹³, il apparaît en 1995 sous la forme d'un langage permettant de transcrire les résultats du processus de modélisation (BOOCH G. *et al.*, 2000). Il est important de noter qu'il est proposé comme un langage et non comme une méthode de modélisation.

Le principe du langage UML est de permettre de formaliser tous les aspects à prendre en compte pour la réalisation d'un logiciel. Trois types de vues sont mobilisables : (i) la vue fonctionnelle : elle représente les interactions entre les utilisateurs et le système modélisé, nécessairement de façon chronologique, à l'aide des diagrammes de séquences et/ou des cas d'utilisation ; (ii) la vue statique : elle décrit la structure du système modélisé, c'est-à-dire les objets, leurs relations, leurs caractéristiques et leurs comportements, sous la forme de diagrammes de classes et/ou de packages ; (iii) la vue dynamique : elle permet de représenter la dynamique des objets du système, c'est-à-dire l'évolution de leur état au fil du temps, ainsi que les processus à l'origine de cette dynamique, d'où l'utilisation de diagrammes d'états et/ou de diagrammes d'activités. (MULLER P.A., 1997; SIGAUD O., 2005; ROQUES P., 2006)

Ce travail a pour vocation principale la description du modèle réalisé, c'est-à-dire une proposition visuelle d'une conception particulière de la réalité observée. Une présentation technique détaillée, utile à

¹³ Dans les années 1990, on recense plus d'une cinquantaine de méthodes de modélisation orientée objet. Trois principales sont à l'origine d'UML : l'Object Modeling Technique (OMT) de RUMBAUGH, la méthode BOOCH de BOOCH et l'Object Oriented Software Engineering (OOSE) de JACOBSON.

l'implémentation informatique du simulateur réalisé, n'est pas l'objet ; de fait, seuls les diagrammes et les éléments du formalisme UML utiles à la compréhension de cette représentation du système et utilisés dans ce travail sont présentés¹⁴ : le diagramme de classe, le diagramme d'activités et le diagramme d'états.

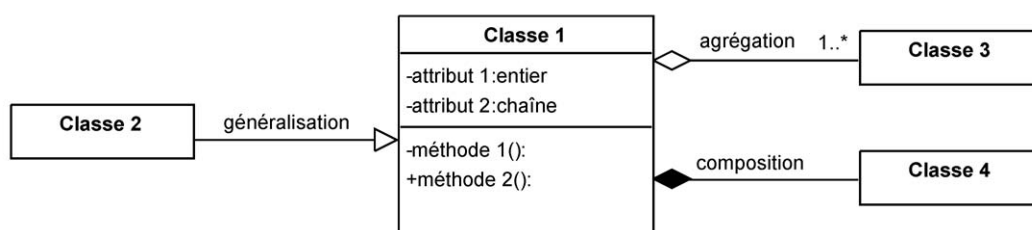
421. La représentation statique : le diagramme de classes

Le diagramme de classes, dont la Figure 3.8 donne un aperçu, décrit la structure statique d'un système, c'est-à-dire les classes et leurs relations.

Une classe peut être considérée comme une représentation abstraite d'un ensemble d'objets du domaine étudié. Outre son nom, elle est composée de deux parties :

- ✱ Ses attributs : ils rassemblent les caractéristiques propres des objets instanciés. Selon les conventions, chaque attribut est défini par son nom, son type de données (entier, chaîne de caractères, liste, booléen...), sa valeur initiale et sa visibilité¹⁵ (public, privé, protégé).
- ✱ Ses méthodes : elles rassemblent les opérations que la classe peut réaliser sous l'effet de messages échangés avec d'autres classes. Selon les conventions, chaque méthode est définie par sa visibilité, son nom, une liste de paramètres et le type de retour généré (lecture de données, modification de données...).

Figure 3.8 : Le diagramme de classes



Les relations entre les classes sont appelées des associations. Une association, dessinée par un trait rectiligne entre deux classes, peut comporter plusieurs informations importantes. Au sein de ce travail, apparaissent (i) la notion de multiplicité¹⁶ : chaque extrémité d'une association peut comporter une indication de multiplicité qui indique combien d'objets de la classe considérée peuvent être associés à un

¹⁴ Le formalisme UML est très riche. Ne sont abordés succinctement ici que les éléments de terminologie et de graphisme utilisés pour la construction des différents diagrammes présentés dans ce travail.

¹⁵ La visibilité indique qui peut avoir accès et/ou modifier les propriétés décrites.

¹⁶ Valeurs des multiplicités conventionnelles : (1) : un et un seul ; (0..1) : zéro ou un ; (*) : zéro à plusieurs ; (2..*) : deux à plusieurs. Lorsqu'il y a absence de multiplicité, il est considéré qu'il s'agit de la multiplicité (1).

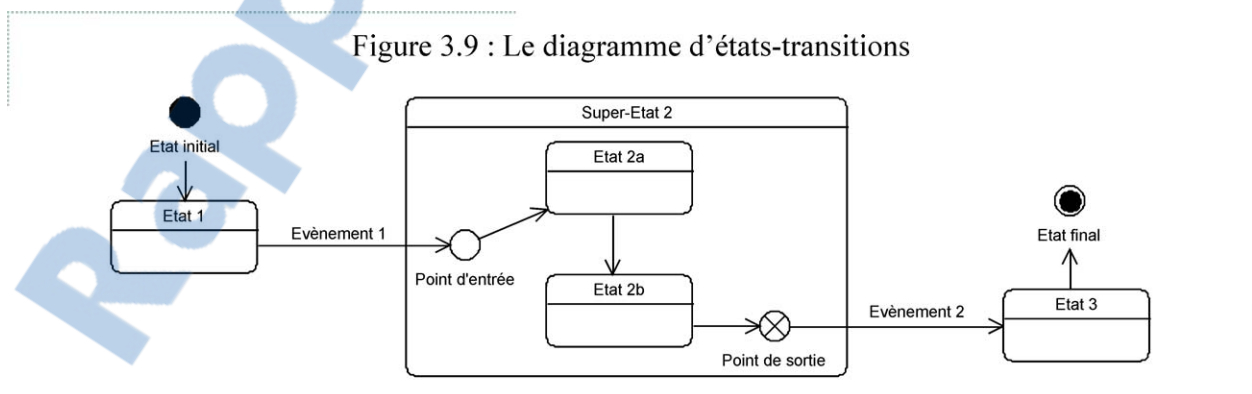
objet de l'autre classe, (ii) la notion de contrainte : toute information entre accolades indique une contrainte sur l'association qui peut-être de différentes natures, – par exemple, la contrainte {ordonnée} signifie l'obligation d'un ordonnancement des objets de la collection.

Des types d'associations spécifiques sont aussi régulièrement utilisées par le langage UML, permettant d'organiser les classes entre elles. Au sein de ce travail, apparaissent (i) l'agrégation : représentée par un losange vide, cette association représente une relation dominante entre une classe et une autre, c'est-à-dire que cette classe fait partie d'une autre, (ii) la composition : représentée par un losange plein, cette association est une agrégation particulière où la classe dominante n'existe pas sans l'autre classe considérée, (iii) la généralisation ou l'héritage : représentée par un triangle vide, cette association indique une relation hiérarchique entre deux classes.

422. La représentation dynamique : les diagrammes d'états et d'activités

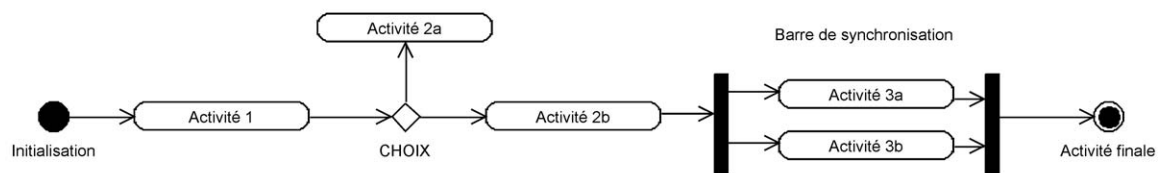
Le diagramme d'états, dont la Figure 3.9 donne un aperçu, décrit tous les états possibles d'un objet durant son cycle de vie, c'est-à-dire de son état initial, représenté par un cercle noir, à son état final, représenté par un cercle blanc entouré d'un cercle noir. Entre ces deux états, il existe des états intermédiaires matérialisés par des rectangles arrondis portant le nom de l'état. La transition d'un état à un autre est représentée par une flèche portant le sens de la transition, ainsi que l'évènement qui la déclenche. Au sein de ce travail, la complexité d'un objet a impliqué l'utilisation d'un super-état, généralisation de plusieurs états. Le diagramme d'état est finalement un graphe dirigé de la dynamique d'un objet particulier du modèle.

Figure 3.9 : Le diagramme d'états-transitions



Le diagramme d'activité, dont la Figure 3.10 donne un aperçu, est un cas particulier de diagramme d'états, qui représente non plus la dynamique d'un objet mais le comportement interne d'une méthode ou d'une partie du système modélisé pendant une période donnée. Il se présente sous la forme d'une série de rectangles arrondis, les activités, ordonnées entre elles selon des transitions. Les transitions peuvent comporter des conditions nécessaires à la réalisation de l'activité suivante ; celles-ci sont soit inscrites sur la transition, soit matérialisées sous la forme d'un losange vide, indiquant un choix. Normalement réalisées dans un ordre chronologique précis, plusieurs activités sont parfois amenées à se réaliser en parallèle ; ce phénomène est matérialisée par des barres de synchronisation. Le diagramme d'état est finalement un graphe dirigé de la dynamique d'une partie du système.

Figure 3.10 : Le diagramme d'activités



La démarche de modélisation mise en œuvre au sein de ce travail a pour vocation l'amélioration de la connaissance de l'interface entre les évolutions des paysages ruraux et les activités agricoles.

Elle est fondée sur deux objectifs principaux : (i) proposer un nouveau modèle de l'interface entre les évolutions du paysage et le fonctionnement des systèmes de production agricole, centré sur l'agriculteur, en tant qu'individu susceptible d'être influencé par sa sensibilité au paysage ; (ii) tester la pertinence de l'hypothèse du rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans les évolutions des paysages ruraux.

Cette démarche de modélisation empirique repose sur la description de deux sensibilités au paysage relativement opposées du point de vue de la conception du paysage, définies pour les besoins de ce travail. Elle devrait permettre la comparaison de l'impact des deux stratégies paysagères, respectivement associées aux deux sensibilités au paysage, sur la physionomie des parcelles agricoles d'un territoire rural.

Chapitre 4

Le modèle PAYSAGRI

À la suite de l'énoncé des questionnements sur lesquels s'est construit ce travail, ainsi que des corpus théoriques au sein desquels s'inscrit la réflexion menée, ce chapitre concrétise de premiers éléments de réponse par une présentation détaillée du modèle PAYSAGRI.

La première vocation de ce modèle est une proposition de formalisation de l'interface entre les évolutions d'un paysage rural et les activités agricoles. Ancré au sein des concepts agronomiques définissant le système de production agricole, le modèle PAYSAGRI développe plus particulièrement le sous-système décisionnel représenté par l'agriculteur. Ce dernier, considéré comme un individu plus ou moins sensible au paysage, est à l'initiative d'une stratégie paysagère, déclinée sous la forme de pratiques d'entretien et/ou d'ajustement du mode de conduite global du système de production agricole, venant corriger la physionomie des parcelles agricoles afin qu'elle corresponde à ses attentes paysagères personnelles.

La seconde vocation de ce modèle est la construction du simulateur PAYSAGRI. L'implémentation de cet outil de recherche a pour objectifs (i) la vérification de la cohérence de l'organisation fonctionnelle proposée par le modèle PAYSAGRI, (ii) la démonstration, grâce à la comparaison de résultats de simulations, de la pertinence de l'hypothèse de travail, c'est-à-dire du rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans les évolutions du paysage rural.

La présentation du modèle PAYSAGRI est réalisée à l'aide du formalisme UML, outil facilitant l'implémentation informatique. Elle est illustrée par l'utilisation du territoire Chadrat, portion d'une commune du département Puy-de-Dôme, utilisée comme support physique de construction du modèle PAYSAGRI.

1. REPRÉSENTATION DU TERRITOIRE ET DE SA VÉGÉTATION

Dans un premier temps, il est nécessaire de préciser la signification du terme “territoire”, utilisé régulièrement au fil de ce chapitre. Entité géographique, dont la définition a été rapidement abordée auparavant, seulement deux aspects sont retenus dans le modèle : (i) le territoire en tant qu’unité administrative et fonctionnelle, pouvant correspondre à un tissu agraire et présentant une certaine homogénéité des composantes et des règles de fonctionnement des systèmes de production agricole ; (ii) le territoire en tant qu’entité spatiale supérieure, dénommée dans ce travail “portion de territoire”, mentionnant uniquement l’étendue de territoire la plus large sur laquelle portent les travaux de recherche.

L’aspect administratif et fonctionnel est envisagé et prévu dans le modèle, mais il est très peu développé. Dans les travaux traitant des problématiques environnementales et/ou agricoles, deux arguments principaux conduisent au choix et à la définition d’un territoire comme support des observations et des analyses : (i) l’entité administrative et politique (région, département, communauté de communes, commune) sur laquelle sont définies et s’appliquent de façon homogène des règles de fonctionnement spécifiques (arrêtés préfectoraux, tarifs, subventions, incitations communales...) ; (ii) l’existence d’une organisation fonctionnelle particulière des activités agricoles, dont les zonages ne correspondent pas aux limites des entités administratives et politiques (site Natura 2000, PNR, AOC...), sur laquelle peuvent être en vigueur des cahiers des charges de production. Le modèle est conçu de façon à prendre en compte ces deux cas de figure, le territoire étant une entité supérieure dont les caractéristiques peuvent s’étendre à l’ensemble des entités inférieures, qu’elles soient spatiales ou fonctionnelles.

L’aspect spatial du territoire est beaucoup plus développé dans le modèle. L’espace, ses caractéristiques et la façon dont il est perçu et géré par les agriculteurs sont au cœur de la question traitée. Le modèle intègre donc une description relativement détaillée des caractéristiques spatiales du territoire.

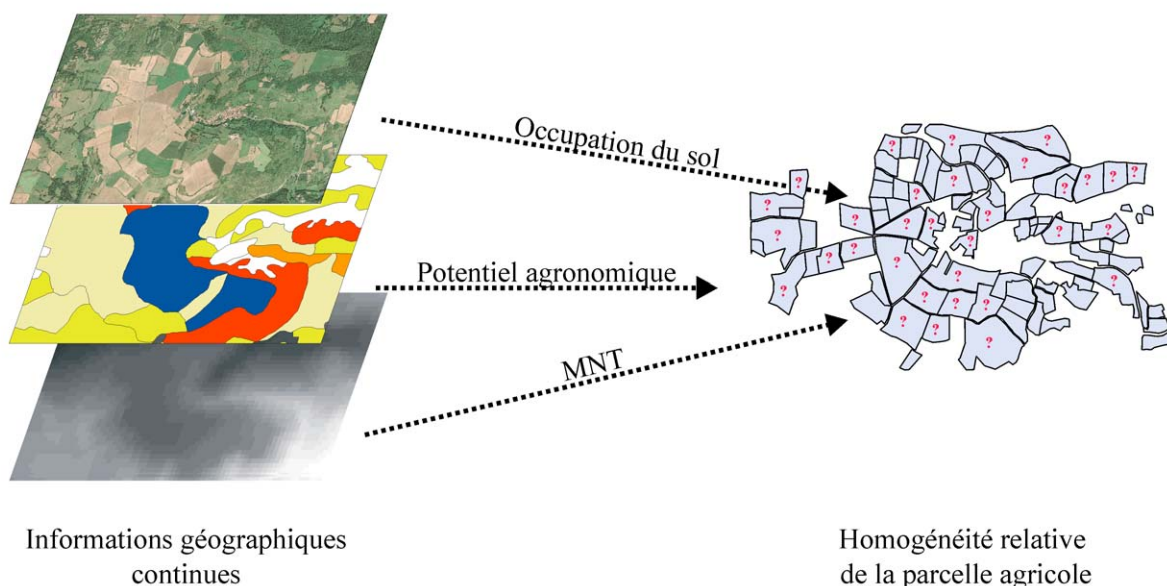
Dans un deuxième temps, il est utile de préciser le statut du territoire *Chadrat* au sein de ce travail. Il représente une portion du territoire de la commune de Chadrat située dans le département du Puy-de-Dôme. Il correspond aux parcellaires de 2 exploitations agricoles, organisés autour du village, soit environ 300 ha répartis au sein de 94 parcelles agricoles. Il a fait l’objet de nombreuses études de l’équipe de recherche, ainsi que de modules d’étudiants, notamment sur ses caractéristiques pédologiques et agronomiques et ses éléments paysagers (AOUDJALI TAHIR T. *et al.*, 2002; BARRIÈRE K. *et al.*, 2003). Cette base de données a été un critère de choix du territoire *Chadrat* comme support physique de la démarche de modélisation menée. En outre, l’objectif n’est pas une modélisation de ce territoire particulier, dont les systèmes de production agricole ne correspondent pas aux besoins du travail ; il est seulement un support de travail, utilisé pour la construction et la calibration du modèle PAYSAGRI.

Le modèle a pour vocation de représenter une portion de territoire rural, son paysage agricole et les facteurs des évolutions de ce paysage, dont ceux influencés par la sensibilité au paysage des agriculteurs. Il ne s'agit pas uniquement de représenter les grandes composantes du paysage agricole, ses phénomènes biologiques et écologiques et ses interactions avec les activités agricoles. Le modèle doit être construit de façon à apporter un éclairage sur le rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans la façon du paysage agricole. Il est donc nécessaire de produire un modèle du territoire et de son paysage, proche de l'image perçue par les agriculteurs, c'est-à-dire rassemblant un ensemble minimaliste de caractéristiques leur permettant de décider et d'organiser leurs pratiques de production et leurs pratiques d'entretien.

Deux caractéristiques principales du territoire sont mobilisées par les agriculteurs et doivent être intégrées dans le modèle pour répondre à cet objectif : (i) sa capacité à permettre la production de la ressource en herbe, indispensable au fonctionnement des systèmes de production agricole, définie par la combinaison de l'ensemble de ses caractéristiques morphologiques et physiques – il faudrait ajouter les caractéristiques climatiques, mais le travail ne prend pas en compte cet aspect, considérant le climat comme optimal à la production de la ressource herbagère – ; (ii) l'état de sa couverture végétale, indicateur de la disponibilité et de la qualité de la ressource en herbe, mais aussi de la dynamique de végétation, processus qui, à terme, dégrade la qualité de cette même ressource en herbe et transforme la physionomie du territoire.

D'un point de vue géographique, ces caractéristiques sont identifiées soit sous la forme de gradients (altitude, pente, séries écologiques...), soit sous la forme de découpages spatiaux spécifiques (roches-mères, types de sols...). Les agriculteurs, face à cette hétérogénéité des caractéristiques physiques de leurs territoires d'exploitation, combinent l'ensemble des informations à l'échelle de leurs unités de gestion, les parcelles agricoles, afin de leur attribuer une homogénéité relative. Ils peuvent ainsi évaluer chacune de leurs parcelles agricoles, les classer les unes par rapport aux autres et définir les parcelles agricoles les plus adéquates à l'application de tel ou tel itinéraire technique. La première étape de la modélisation, illustrée par la Figure 4.1, consiste à transférer ces caractéristiques du territoire, utiles aux agriculteurs, à l'échelle des parcelles agricoles. L'objectif est d'obtenir, à partir d'un ensemble minimaliste d'indicateurs, une valeur du potentiel et des aptitudes de chacune des parcelles agricoles. Cette première phase de modélisation n'est qu'une étape, ne prenant pas en compte le point de vue des agriculteurs, c'est-à-dire la façon dont ils évalueraient les parcelles agricoles par rapport à l'ensemble de leur territoire d'exploitation. Une seconde étape de modélisation, plus spécifiquement dédiée au fonctionnement du système de production agricole, précisera cet aspect.

Figure 4.1 : De l'hétérogénéité du territoire à l'homogénéité relative des parcelles agricoles



11. Du territoire physique aux attributs des parcelles agricoles

Deux caractéristiques physiques sont indispensables aux agriculteurs pour évaluer les aptitudes de leurs parcelles agricoles : la morphologie, conditionnant principalement la localisation des opérations mécaniques, et les potentialités agronomiques, intervenant dans le choix et le développement des espèces végétales.

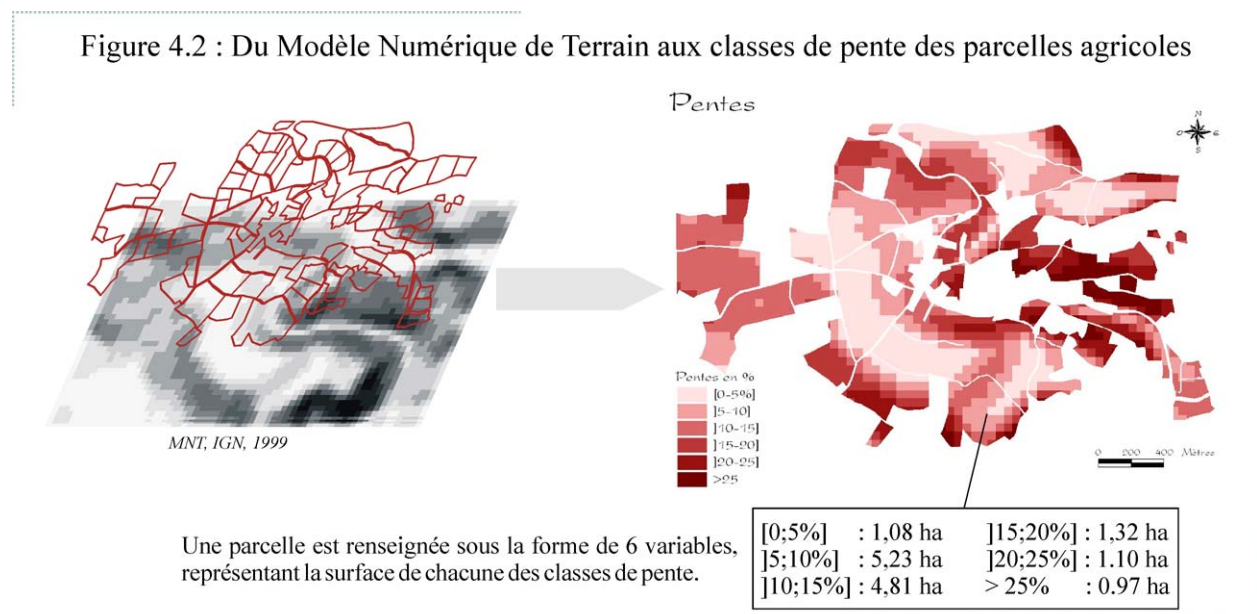
11.1. La morphologie

Le relief est une caractéristique importante pour les activités agricoles. Il est en partie à l'origine de conditions pédoclimatiques plus ou moins favorables à l'implantation, puis au développement, de certaines espèces végétales. La contrainte la plus importante provient de la pente. Elle limite la mécanisation et, à l'origine d'investissements en équipements spécifiques onéreux (tracteurs à centre de gravité abaissé, à quatre roues motrices...), diminue fortement la compétitivité des surfaces concernées. D'après un certain nombre de documents d'expertise technique¹, il semble qu'une pente supérieure à 30% soit considérée comme dangereuse et difficilement mécanisable. Les agriculteurs doivent disposer de cette

¹ Il ne semble pas exister d'informations précises quant à la pente maximale mécanisable par les agriculteurs. Une des explications est que ceci dépend de l'équipement à la disposition des agriculteurs, mais aussi de leur perception de la pente, variable selon l'habitude et la prudence. Néanmoins, les préconisations de diverses Chambres d'Agriculture, ainsi que la plupart des traitements réalisés pour des études agricoles, positionnent la limite autour des pentes de 30%.

information pour évaluer l'aptitude de leurs parcelles à la mécanisation. Le modèle intègre donc la pente de chacune des parcelles agricoles.

Cette information existe sous la forme de Modèles Numériques de Terrain (MNT), représentations topographiques d'une zone terrestre sous la forme d'un maillage, obtenues par la mesure de l'interférométrie ou de la stéréoscopie des images aériennes². Description plus ou moins fine de la forme des terrains, ces données numériques peuvent être traitées pour obtenir d'autres valeurs comme, par exemple, la pente ou l'orientation. Dans le modèle du territoire *Chadrat*, la pente est calculée à partir du MNT du Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne³ (PRNVA). Comme le montre la Figure 4.2, chacune des parcelles agricoles est renseignée sous la forme d'un maillage de 50 mètres de côté. Chaque maille est classée au sein d'une des six classes de pente définies, s'étalant de 0 à 25% selon un pas de 5% – la dernière classe inclut l'ensemble des pentes supérieures à 25%, considérées comme difficilement mécanisables.



112. Les potentialités agronomiques

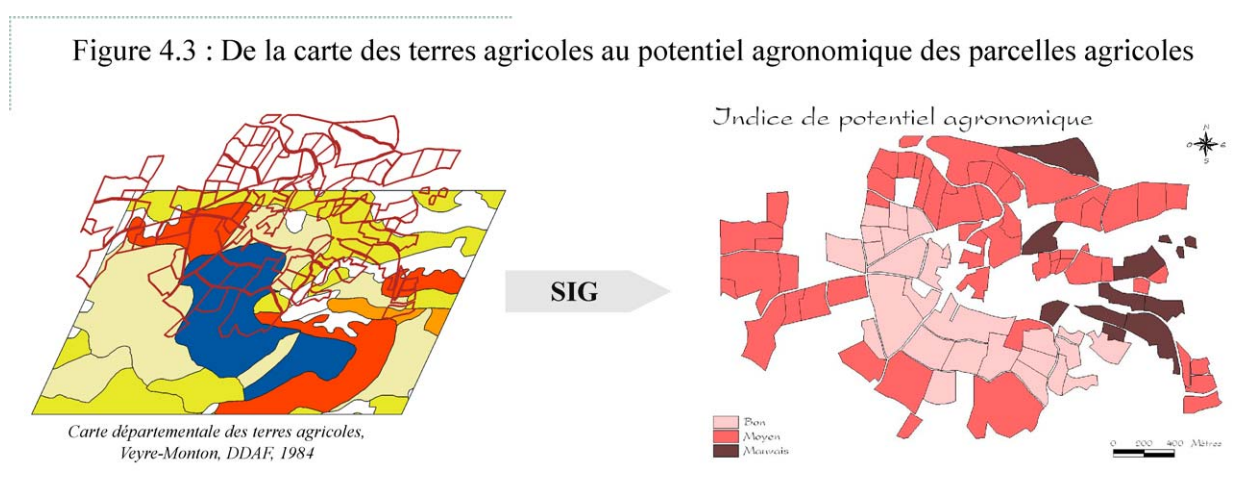
Les potentialités agronomiques des sols sont au cœur de l'organisation des activités agricoles au sein d'un territoire. Définies par de multiples caractéristiques intrinsèques (type de sol, structure, texture, épaisseur, porosité, humidité...), elles varient en permanence sous l'effet des forces extérieures (érosion climatique,

² En France, le MNT est produit par l'Institut Géographique National (IGN). L'ensemble des MNT disponibles constitue la base de données BDALTI®. Leur échelle de précision varie de 1:50 000 à 1:1 000 000.

³ MNT d'une résolution de 50 mètres, extrait de BDALTI® - IGN - 1999

végétation, activités agricoles...). Afin de choisir des cultures adaptées, de mettre en œuvre des itinéraires techniques efficaces, tant pour la culture que pour le maintien d'une fertilité optimale, les agriculteurs doivent connaître de façon précise les caractéristiques des sols de leur territoire d'exploitation. Le modèle intègre donc le potentiel agronomique de chacune des parcelles agricoles.

Différents moyens de connaissance du potentiel agronomique des sols existent. Leur panel s'étend des références à dire d'experts, principalement disponibles au sein des services techniques agricoles, correspondant à la caractérisation des sols d'un département ou d'une petite région agricole, à l'étude locale en plein champ par le biais de profils culturaux et d'analyses de sol. Dans le modèle du territoire *Chadrat*, l'information utilisée est issue de la carte départementale des terres agricoles de Veyre-Monton⁴. Celle-ci fournit sous la forme de six classes générales, un indicateur de la productivité des terres agricoles, construit à partir de multiples informations (type de sol, profondeur, humidité, pierrosité, réserve en eau...). Simplifiée en trois classes principales – productivité forte, moyenne ou faible –, cette information permet, comme le montre la Figure 4.3, d'attribuer à chacune des parcelles agricoles la classe dominante du point de vue de la surface.



113. Les structures foncières

Les caractéristiques des structures foncières, principalement définies par l'organisation spatiale intrinsèque et extrinsèque des unités fonctionnelles agricoles, sont des facteurs importants de l'ergonomie des activités agricoles, c'est-à-dire de la facilité d'accès, d'utilisation et de mécanisation. Les agriculteurs, malgré l'existence d'outils d'aménagement rural, comme le remembrement, dont les objectifs sont la recherche d'une meilleure adaptation des structures foncières aux techniques modernes de mécanisation,

⁴ Cartes départementales des terres agricoles, Veyre-Monton, Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt (DDAF), 1984.

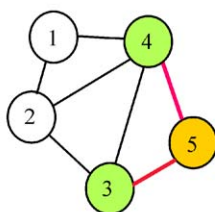
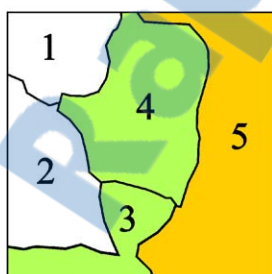
restent souvent tributaires de la configuration de leurs territoires d'exploitation. Au sein de territoires de moyennes montagnes, l'affectation des usages aux parcelles agricoles est régulièrement influencée par cette configuration (MALPEL L., 2001; BERNHARD C., 2002). Le modèle intègre donc trois indicateurs permettant de caractériser la configuration du territoire : une topologie du territoire, une accessibilité et un indice de forme de chacune des parcelles agricoles.

1131. La topologie

L'organisation spatiale des activités agricoles est gérée par les agriculteurs fonction des potentialités des parcelles agricoles, mais aussi selon des critères d'organisation de leur temps de travail, prenant souvent en compte la proximité relative des parcelles agricoles. Les notions d'îlot – groupe de parcelles voisines séparées des autres parcelles du territoire d'exploitation par des obstacles (rivière, route, distance...) – et de bloc – groupe de parcelles voisines sur lesquelles s'appliquent un itinéraire technique similaire – illustrent cette recherche d'organisation (JOSIEN E. *et al.*, 1994). Le modèle intègre cette notion de voisinage des parcelles agricoles du territoire sous la forme d'une topologie, modélisation graphique d'un problème permettant l'utilisation d'algorithmes spécifiques, appelés méthodes de recherche opérationnelle (recherche du chemin le plus court, recherche des objets présents dans le voisinage d'un autre objet...) (POIX C. et LAURINI R., 1994). Chacune des parcelles agricoles possède un certain nombre de parcelles voisines dans son environnement proche, défini selon les préférences des agriculteurs. L'information est obtenue à partir d'un traitement géographique de la couche vectorielle représentant les structures foncières du territoire. Comme le montre la Figure 4.4, un buffer paramétrable permet de déterminer les parcelles agricoles voisines d'une parcelle agricole donnée et de construire sa topologie.

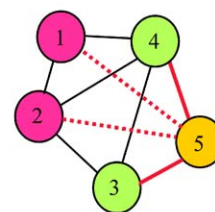
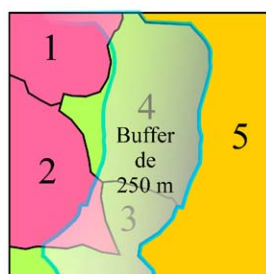
Figure 4.4 : Construction d'une topologie de parcelles agricoles

La topologie est un graphe représentant les relations entre différents objets. Dans le cas des parcelles agricoles, une relation signifie qu'il y a voisinage.



Cas 1 : voisinage par contiguïté

La parcelle 5 possède deux voisines : les parcelles 3 et 4. La topologie indique ces deux relations, mais exclut tout échange avec les parcelles 1 et 2.



Cas 2 : voisinage par buffer de 250 mètres

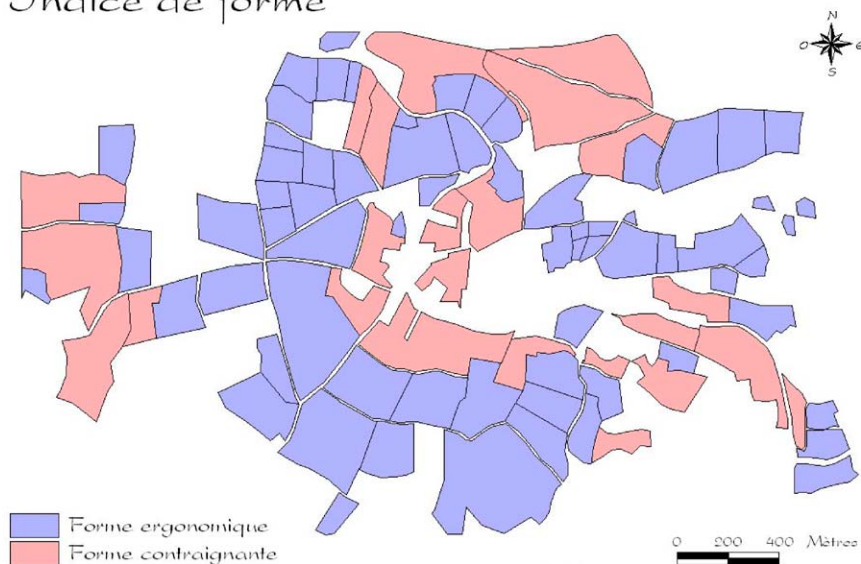
La parcelle 5 possède, par l'intermédiaire du buffer, des possibilités d'échanges avec les quatre autres parcelles du territoire. La topologie indique des relations vers les parcelles 1, 2, 3 et 4.

1132. L'accessibilité et la forme

Le territoire peut présenter certaines zones très difficilement accessibles aux engins mécaniques, soit sous l'effet de conditions physiques contraignantes, soit à cause de l'absence ou de la disparition du réseau de communication (route, chemin...). Ces zones sont plus particulièrement sensibles à l'abandon. Le modèle intègre cette information d'accessibilité aux parcelles agricoles, sous la forme d'une variable booléenne. La surface et la forme des parcelles agricoles sont deux critères importants de l'ergonomie du travail des agriculteurs. Une parcelle agricole de petite surface et de forme très découpée sera difficilement mécanisable. Le modèle intègre donc cette information sous la forme d'un indice de forme, calculé à partir de la surface et du périmètre des parcelles agricoles, comme préconisé par l'indice P2A de MATHERON (MATHERON G., 1970). La valeur de l'indice permet de distinguer des parcelles agricoles de forme proche du carré, présentant des conditions optimales pour la mécanisation, ou très éloignée du carré – forme extrêmement plate ou composée de multiples branches comme une étoile – difficilement mécanisable. La Figure 4.5 montre la distinction des parcelles du territoire *Chadrat* selon leur indice de forme

Figure 4.5 : Ergonomie des parcelles agricoles selon leur forme

Indice de forme



12. De la couverture végétale aux États Fonctionnels Physionomiques (EFP)

D'après les éléments de définition des territoires ruraux herbagers, le couvert végétal est principalement de nature herbacée, au sens où la majorité des surfaces sont des prairies. Néanmoins, cette unicité de la nature du couvert végétal ne signifie pas forcément homogénéité de sa physionomie. En effet, ajoutés aux aptitudes physiques et potentialités agronomiques du territoire, de nombreux facteurs (type de prairie, composition floristique, âge du couvert, pression de prélèvement, pratiques d'entretien...) interviennent dans le développement de la végétation et dans la quantité et la qualité de la ressource en herbe. Les agriculteurs, par leur capacité d'évaluation de cette hétérogénéité quantitative et qualitative de la ressource en herbe, peuvent planifier les opérations techniques nécessaires à la production d'herbe et/ou à l'entretien des parcelles agricoles de leur territoire d'exploitation. Le modèle intègre donc un certain nombre d'informations permettant de renseigner à la fois l'état de la ressource en herbe et la physionomie des parcelles agricoles.

121. La tentation de l'intégration d'un modèle de la dynamique végétale

Identifier la multiplicité des diagnostics, du brin d'herbe au paysage, réalisés en même temps par les agriculteurs (HUBERT B. et GIRAULT N., 1988) est complexe : analyse de la croissance de l'herbe (rapidité de croissance, hauteur de l'herbe, biomasse, date d'épiaison, début de sénescence...), adaptation au climat (date de mise à l'herbe, date de rentrée en stabulation, complémentation au pré...), organisation du territoire d'exploitation selon les aptitudes du couvert herbacé à répondre aux besoins de pâturage et de récolte de fourrages (type de pâturage, circuit de pâturage, conduite plus ou moins extensive, vitesse de rotation...), entretien des parcelles agricoles (fertilisation, hersage, regain, fauche de refus, gyrobroyage...)... Les techniques, les savoir-faire, la connaissance des parcelles agricoles et l'habitude confèrent aux agriculteurs une capacité d'analyse très précise de la ressource en herbe disponible au sein de leur territoire d'exploitation.

Les chercheurs ont essayé d'approcher et de comprendre cette efficacité d'analyse par une multitude de travaux concernant l'étude des couverts herbacés des prairies. Mais, les sujets d'étude ne sont généralement pas aussi englobants que le processus de décision des agriculteurs. Ils sont très précis, souvent déconnectés des activités agricoles, et très éloignés du territoire, l'échelle du paysage. Deux grands axes thématiques peuvent être identifiés :

- ✱ Les recherches abordant le couvert herbacé comme une ressource fourragère. Nombreux travaux, principalement d'origine agroécologique, portent sur une description quantitative et qualitative des couverts herbacés (espèces fourragères, structure et composition des peuplements, croissance, biomasse, qualité, sénescence...). Les objectifs sont variables : accroissement des connaissances sur le

fonctionnement des couverts prairiaux, apport de conseils aux agriculteurs et/ou recherche de modes de conduite optimisés des prairies. Selon les cas, ils ont donné lieu à la construction de modèles de la croissance de l'herbe (PÂTUR'IN, HERB'ITCF, GRAZPLAN, modèle de AMSTRONG, modèle de CROS, modèle de MCCALL...), intégrant de façon plus ou moins détaillée les composantes pédoclimatiques à l'origine de cette production herbagère (ANDRIEU N., 2004).

- ✕ Les recherches abordant le couvert herbacé comme un écosystème doté d'une dynamique de végétation naturelle. Comprendre comment les couverts prairiaux, soumis aux pratiques pastorales depuis parfois plusieurs centaines d'années (MULLER S., 1996), évolueraient en cas d'intensité plus faible ou d'absence de ces activités agricoles est un enjeu d'actualité de notre société, conduit par le regain d'intérêt pour les évolutions paysagères des territoires ruraux. Écologues, agro-écologues et géographes sont à l'origine de travaux divers, construits à partir de l'hypothèse d'un boisement naturel, plus ou moins rapide, des surfaces agricoles abandonnées. Ils ont permis l'élaboration de typologies de physionomies végétales, comme celle de PICART & FLEURY dans les Alpes du nord (CAMACHO O., 2004) et de modèles d'évolution des peuplements végétaux des prairies, intégrant de façon plus ou moins approfondie les conditions pédoclimatiques et l'histoire pastorale de la prairie (COQUILLARD P. et HILL D., 1997; BUREL F. et BAUDRY J., 1999; ETIENNE M., 2001; ORTH D. *et al.*, 2003).

Ces modèles sont des opportunités séduisantes pour satisfaire la volonté de réalisme maximal accompagnant généralement les démarches de modélisation. Il est tentant de choisir l'un d'entre eux pour représenter la dynamique de végétation du territoire modélisé. Serait-ce un choix envisageable et judicieux ?

Dans un premier temps, il faut considérer le domaine de validité de chacun de ces modèles. Généralement, chaque modèle est validé pour une zone géographique précise, c'est-à-dire pour des couverts végétaux spécifiques et dans le cadre de conditions pédoclimatiques particulières (ANDRIEU N., 2004). Ces particularités, si elles sont différentes des caractéristiques du territoire modélisé, rendent le modèle inutilisable, ou, le cas échéant, les résultats issus de son utilisation, inexploitable. Dans un deuxième temps, ces modèles prennent en compte un panel d'échelles très grandes, allant de l'organe de la plante à la parcelle agricole. Ils intègrent une multitude de données très précises, laborieuses à collecter et dont les effets risquent de ne pas être visibles à l'échelle des évolutions du paysage du territoire.

Finalement, ces modèles semblent peu adaptés à une utilisation dans le cadre de la modélisation menée ; leur niveau de détail est trop élevé par rapport aux objectifs poursuivis. La complexité engendrée par leur intégration serait supérieure à leur apport d'éléments d'explications supplémentaires aux questionnements posés en début de travail.

122. L'État Fonctionnel Physionomique (EFP)

Face à l'inadéquation des modèles existants aux objectifs de la modélisation menée, la représentation de la dynamique de végétation est envisagée sous la forme d'états statiques, désignés comme des États Fonctionnels Physionomiques (EFP). Un EFP représente une sorte de photographie de la situation du couvert végétal à un moment donné. Il intègre un ensemble minimaliste d'informations indispensables aux agriculteurs pour organiser et affecter les pratiques de production et/ou les pratiques d'entretien liées au fonctionnement des systèmes de production agricole. Moins précise, car ne faisant pas référence à des données écologiques, la notion d'EFP ressemble à celle de stade de végétation, décrite par le modèle de succession des prairies des Alpes du Nord de PICART & FLEURY (CAMACHO O., 2004).

De la même façon que l'ensemble des caractéristiques physiques du territoire est modélisé à l'échelle des parcelles agricoles, l'objectif premier de l'EFP est de transférer les informations caractérisant le couvert de végétation du territoire vers les parcelles agricoles. Selon les objectifs de la modélisation menée, chacune des parcelles agricoles, afin d'être utilisée de façon optimale au sein du territoire d'exploitation, doit fournir deux informations essentielles aux agriculteurs : (i) Fait-elle partie de la ressource en herbe disponible du territoire d'exploitation et, si oui, quelles sont ses caractéristiques fourragères ? (ii) Quelle est la physionomie générale de son couvert végétal ? Pour répondre à ces questions, l'EFP est une combinaison de trois indicateurs de l'état du couvert végétal : sa fonctionnalité agronomique, sa durée d'existence et sa rugosité.

1221. La fonctionnalité agronomique

Le couvert herbacé d'une prairie, selon ses caractéristiques (composition floristique, qualité herbagère, croissance...), peut être plus ou moins adapté aux différents usages pastoraux. Les deux grands types de prairies reconnus par l'administration, les prairies temporaires et les prairies permanentes, permettent une distinction générale de la nature du couvert herbacé, selon son origine et sa fréquence de renouvellement. Les prairies temporaires présentent des mélanges floristiques choisis par les agriculteurs, ressemés au moins une fois tous les cinq ans et généralement adaptés soit à la production de fourrages de qualité, soit à la mise en place de surfaces de pâturage présentant un apport nutritionnel spécifique. Les prairies permanentes présentent une flore plus ou moins naturelle, c'est-à-dire dont l'origine est généralement liée aux successions écologiques locales ; elles peuvent avoir été semées il y a plus de 10 ans. Si cette distinction de la nature du couvert herbacé ne prédispose pas de façon absolue à certains usages, il semble possible d'avancer l'idée que les prairies temporaires sont en priorité destinées à la récolte de fourrages, tandis que les prairies permanentes restent principalement dédiées à la pâture. (DE BONNEVAL L., 1993; MAZOYER M., 2002)

Cette idée est à la base du premier indicateur de l'EFP : la fonctionnalité agronomique, c'est-à-dire le fait que la nature de leur couvert herbacé prédispose certaines parcelles agricoles à certains usages. Dans le modèle, la fonctionnalité agronomique présente trois modalités :

- ✖ Prairie Permanente [PP] : cette modalité caractérise un couvert herbacé de qualité fourragère moyenne, plutôt d'origine naturelle, jamais retournée et/ou ressemé. Elle peut faire référence à l'existence de contraintes de production et de mécanisation (humidité, portance, irrégularités de croissance...), prédisposant plus fortement les couverts herbacés ainsi définis à la pâture.
- ✖ Prairie Temporaire [PT] : cette modalité caractérise un couvert herbacé de haute qualité fourragère, fournie par une composition floristique en adéquation avec les besoins des systèmes de production agricole. D'origine artificielle, ce couvert végétal est choisi par les agriculteurs et ressemé au moins une fois tous les cinq ans avec retournement du couvert précédent. Principalement présents sur des surfaces mécanisables présentant de bonnes potentialités agronomiques, une partie importante des couverts herbacés définis par cette fonctionnalité agronomique est prédisposée à la récolte de fourrages.
- ✖ No herbe [Nh] : cette modalité caractérise l'ensemble des autres couverts végétaux, différents de couverts herbacés directement disponibles pour les besoins des systèmes de production agricole. Le modèle se limite en effet à la gestion de la STH. Il n'intègre pas l'éventuelle existence de cultures spéculatives ou de cultures fourragères annuelles. À partir d'un terrain réel, une surface cultivée, une surface en herbe abandonnée depuis plus d'une année ou une surface enfrichée depuis plusieurs années sera renseignée de la même façon sous cette modalité, signifiant leur indisponibilité pour les besoins en ressource herbagère des systèmes de production agricole.

1222. La durée d'existence

Les modalités définies pour la fonctionnalité agronomique du couvert végétal ne représentent pas, à elles seules, une information suffisante.

Un premier exemple : la qualité d'un couvert [PT] varie fonction de sa durée d'existence ; les agriculteurs doivent connaître l'âge de ces couverts afin d'instaurer un système de renouvellement et/ou de rotation entre les différentes surfaces à leur disposition.

Un second exemple : un couvert [Nh] peut représenter une surface abandonnée ; les potentialités et la physionomie de ce couvert étant extrêmement différentes selon la durée cumulée de l'abandon, il est primordial que les agriculteurs puissent identifier soit une jachère, soit une friche d'une dizaine d'années.

Le second indicateur de l'EFP est donc l'âge de la fonctionnalité agronomique, en nombre d'années.

1223. La rugosité

Le modèle du territoire réalisé n'est pas à l'usage unique de l'organisation des pratiques de production des systèmes de production agricole. Il doit intégrer des indicateurs de physionomie des couverts végétaux, soit pour renseigner sur l'état physionomique d'une partie des composantes du paysage du territoire, soit pour faire réagir les agriculteurs et, selon leur sensibilité au paysage, les inciter à la mise en œuvre de pratiques d'entretien.

Les couverts végétaux des parcelles agricoles, observés à une certaine distance au sein du paysage, peuvent être considérés comme globalement homogènes du point de vue leur physionomie générale. Il est néanmoins possible de caractériser cette physionomie selon sa couleur, sa texture (couvert plus ou moins lisse ou rugueux) et sa structure (caractère plus ou moins homogène, régulier, maîtrisé des motifs élémentaires) (DEFFONTAINES J.P., 1995). Ces informations sont rassemblées sous la forme du troisième indicateur de l'EFP, la rugosité du couvert végétal. Seules deux modalités sont présentes dans le modèle :

- ✱ Homogène [Hm] : cette modalité caractérise des couverts végétaux plutôt lisses, à structure régulière et de couleur uniforme. Elle est principalement utilisée pour signifier une utilisation ou un entretien régulier des couverts [PP] et [PT].
- ✱ Hétérogène [Ht] : cette modalité caractérise des couverts végétaux plutôt rugueux, à structure très irrégulière et de couleurs mélangées. Elle est principalement utilisée pour les couverts [Nh] qui, sous les effets de l'abandon, présentent rapidement plusieurs strates végétales d'espèces variables. Elle peut aussi signaler une sous-utilisation ou un manque d'entretien des couverts [PP] et [PT].

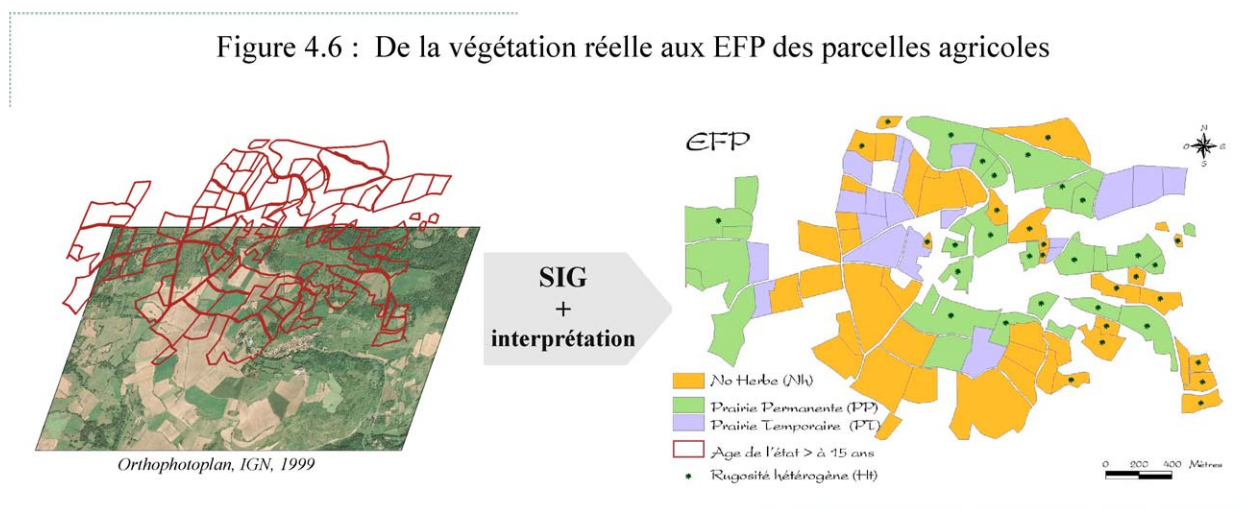
123. Le modèle de végétation du territoire

Différents moyens de connaissance de la végétation existent. Généralement, la première étape consiste à s'appuyer sur l'existence de données aériennes ou satellitaires interprétées sous la forme de cartes d'utilisation du sol, comme CORINE Land Cover en Europe⁵, ou réinterprétées par ses propres soins à partir de connaissances spécifiques en écologie ou en phytosociologie. Une seconde étape de validation par des sondages sur le terrain permet d'affiner les limites des ensembles identifiés et de garantir leur nature.

⁵ La base de données géographiques CORINE Land Cover est produite dans le cadre du programme européen CORINE de coordination de l'information sur l'environnement. Cet inventaire biophysique de l'occupation des terres est réalisé à partir d'images satellitaires de l'année 2000.

Dans le modèle du territoire *Chadrat*, l'information utilisée est issue de l'orthophotoplan du PNRVA⁶. Elle a été complétée par plusieurs enquêtes sur le terrain, permettant de vérifier les couverts végétaux identifiés et d'ajuster leur simplification sous la forme d'EFP, présentée par la Figure 4.6.

Figure 4.6 : De la végétation réelle aux EFP des parcelles agricoles



Le territoire *Chadrat* n'est pas exclusivement recouvert de prairies. Certaines surfaces de très bonnes potentialités agronomiques sont utilisées par les agriculteurs pour la mise en place de cultures spéculatives. Conformément aux choix de modélisation, la simplification des couverts végétaux des parcelles agricoles sous la forme d'EFP n'intègre pas les cultures spéculatives ; lors de la caractérisation initiale à partir du terrain, la plupart de ces parcelles agricoles sont donc renseignées sous l'EFP [Nh-1-Hm], c'est-à-dire (i) une fonctionnalité agronomique [Nh], relative à l'absence de ressource fourragère immédiatement disponible, (ii) une durée d'existence d'une année [1], étant donné le retournement ayant eu lieu l'année précédente, (iii) une rugosité homogène [Hm], précisant une parcelle agricole entretenue.

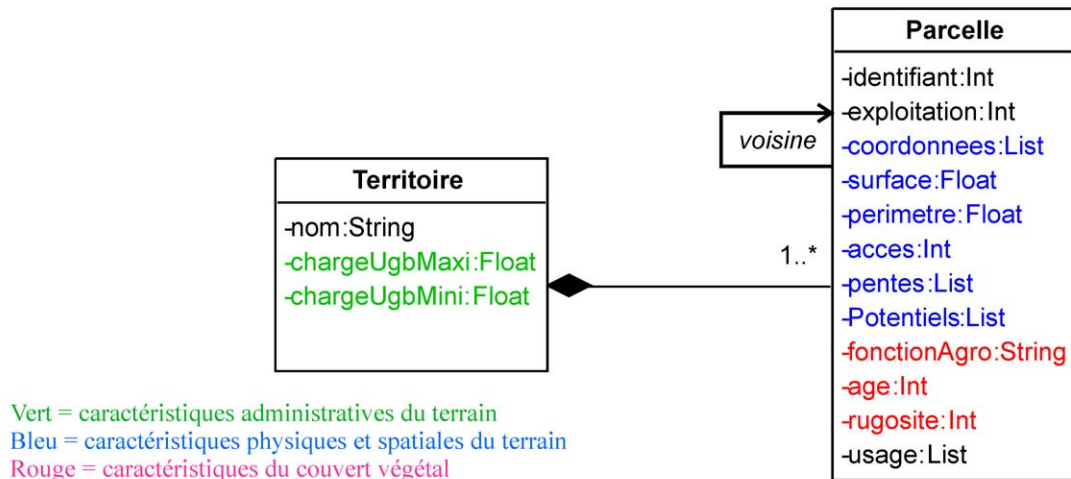
13. Formalisation conceptuelle statique

La formalisation conceptuelle des caractéristiques du territoire et des parcelles agricoles permet de représenter de façon complète et synthétique le modèle du territoire intégré au modèle PAYSAGRI. Elle est une représentation simplifiée du territoire, n'incluant que les éléments et les relations de la réalité observée, considérés comme essentiels et indispensables à la question traitée.

⁶ Photos aériennes couleur au 1/25 000 de la mission aérienne FD19-63 - IGN, 1999

Le diagramme de classes est le plus adapté à la représentation des informations traitées. La modélisation menée est donc résumée au sein du diagramme de classes de la Figure 4.7.

Figure 4.7 : Diagramme de classes du territoire du modèle PAYSAGRI



La classe **Territoire** représente à la fois l’entité supérieure administrative et spatiale, identifiée uniquement par son attribut *nom*. Du point de vue administratif, elle est caractérisée par les attributs de couleur verte, *chargeUgbMini* et *chargeUgbMaxi*, représentant les préconisations techniques en vigueur concernant le chargement animal à l’hectare⁷. Du point de vue spatial, sa relation de composition avec la classe **Parcelle** signifie qu’elle est un agrégat d’une ou plusieurs parcelles agricoles.

La classe **Parcelle** représente l’objet parcelle agricole, rendu unique par son attribut *identifiant*. Les attributs de couleur bleue représentent l’ensemble des caractéristiques physiques de la parcelle agricole. Les attributs de couleur rouge sont les trois indicateurs permettant de construire l’EFP. Enfin, deux attributs de couleur noire n’ont pas encore été abordés : *exploitation*, signalant l’appartenance de la parcelle agricole à un système de production agricole, et *usage*, permettant de renseigner les différents usages affectés à cette parcelle agricole au cours d’une année. Ils seront plus explicités lors de l’explication de la modélisation des activités agricoles. La relation “voisine” indique qu’une parcelle agricole donnée connaît la liste des parcelles agricoles présentes dans son voisinage.

⁷ Le niveau de chargement n’est pas ici le sujet de discussion. Il s’agit uniquement de décrire les attributs de la classe **Territoire**. Les niveaux de chargement définis ne seront abordés que dans la description des simulations.

2. REPRÉSENTATION DES ACTIVITÉS AGRICOLES DU TERRITOIRE

La première étape de la modélisation menée a fourni une représentation simplifiée de l'ensemble des parcelles agricoles du territoire, tant dans la description de leurs potentialités et aptitudes, indispensable à la compréhension de l'organisation spatiale des activités agricoles, que de leur physionomie, facteur visuel à partir duquel les agriculteurs sont susceptibles de mettre en œuvre une stratégie paysagère. Ce paragraphe présente la seconde étape de la modélisation menée : une représentation simplifiée des activités agricoles mises en œuvre sur ce territoire.

Ces activités agricoles sont la conséquence du fonctionnement synchrone des systèmes de production agricole utilisant les parcelles agricoles du territoire. Elles présentent une double caractéristique. D'une part, elles sont décidées, organisées et appliquées sous l'influence des caractéristiques des parcelles agricoles (aptitudes physiques, potentialités agronomiques, structure foncière, couvert végétal, climat...). D'autre part, elles sont à l'origine de la modification de ces mêmes caractéristiques des parcelles agricoles (opérations d'aménagement des structures foncières, amélioration/dégradation des potentialités agronomiques, modification du niveau de la ressource herbagère...). Deux simplifications générales, concernant cette description, sont adoptées dans la modélisation menée :

- ✱ La simplification de la diversité du tissu agricole à un seul type de systèmes de production agricole, le système bovin laitier. Au sein des territoires ruraux herbagers choisis comme supports de réflexion de ce travail, la proportion de systèmes bovins laitiers est largement dominante (AGRESTE, 2004). De fait, afin de limiter la complexité du modèle et d'éviter la mise en évidence d'effets non liés à la question traitée, comme l'impact de la diversité des types de systèmes de production agricole sur l'organisation spatiale des activités agricoles, l'unicité des systèmes de production agricole représentés est privilégiée. Au sein du modèle PAYSAGRI, le tissu agricole est donc uniquement composé de systèmes bovins laitiers.
- ✱ La simplification des conséquences des activités agricoles sur les caractéristiques des parcelles agricoles du territoire. Les activités agricoles représentées au sein du modèle ne prennent pas en compte les opérations spécifiques d'aménagements et/ou d'amélioration des structures foncières et de leurs potentialités. De fait, seules les variations des caractéristiques du couvert végétal, c'est-à-dire les modifications des EFP des parcelles agricoles, sont représentées dans le modèle PAYSAGRI.

Enfin, les objectifs attendus de la modélisation menée conduisent à une simplification générale supplémentaire. La vocation du modèle PAYSAGRI n'est pas d'explicitier les différences paysagères dues à

l'existence, au sein du territoire modélisé, d'une diversité des modes de conduite technique et économique des systèmes bovins laitiers. Chaque système de production agricole du modèle est considéré, du point de vue technico-économique, comme identique. Il est admis un fonctionnement technico-économique optimal, économiquement viable et ne subissant aucune limite des facteurs de production (main d'œuvre, équipement, bâtiments...).

À partir de ces considérations, la représentation des activités agricoles du territoire peut être conçue comme la juxtaposition de plusieurs entités d'un unique modèle de fonctionnement du système de production agricole bovin laitier, unité fonctionnelle élémentaire des activités agricoles du modèle PAYSAGRI.

21. La structure du système de production agricole

Nombreux travaux agronomiques, enracinés dans une démarche conceptuelle élaborée, se sont attelés à la description des composants et des relations constituant le système de production agricole (BROSSIER J. *et al.*, 1990; MARSHALL E. *et al.*, 1994). Il en résulte deux concepts fondamentaux : le système complexe piloté et le système famille-exploitation. Les intitulés de ces derniers évoquent deux éléments à l'origine de la complexité du système de production agricole : l'enchevêtrement des sous-systèmes identifiables (système opérant, système décisionnel, système de culture, système d'élevage, système fourrager...) et le pilotage de l'ensemble par un individu, l'agriculteur, susceptible d'être influencé par son individualité et son entourage personnel et/ou professionnel. Cet ensemble complexe et indissociable est devenu une telle évidence qu'il semble difficile pour un agronome de ne prendre en compte, dans ses travaux, qu'une partie du système de production agricole. Pourtant, si cette simplification conduit à une perte d'informations et à une caricature du système de production agricole, elle est parfois la seule voie permettant d'atteindre la compréhension de certains phénomènes (SINCLAIR T.R. et SELIGMAN N., 2000), qui jusqu'ici étaient, soit considérés comme les résultats du fonctionnement de l'ensemble du système, soit prêtés par méconnaissance à d'autres déterminants.

Dans le cas de la modélisation de problématiques agronomiques et paysagères, cette tentation d'intégrer de nombreux composants du système de production agricole, avec un niveau de détail élevé, est sans cesse présente. Différents exemples, relevés lors des discussions de pilotage de ce travail, peuvent être cités : la vache est une composante paysagère signifiante pour les éleveurs et les zootechniciens, tout comme les nourrisseurs, les clôtures et/ou les bottes de foin ; les haies et bordures de champs sont importantes à considérer du point de vue des agro-écologues pour leur rôle dans la dynamique de végétation spontanée ; l'entretien des abords de ferme est un facteur notable pour les agents de développement, la finesse du pilotage du pâturage (temps de pâturage/parcelle, date de mise à l'herbe, chargement animal instantané...) est un facteur considérable de la physionomie de la parcelle pâturée selon les spécialistes du système

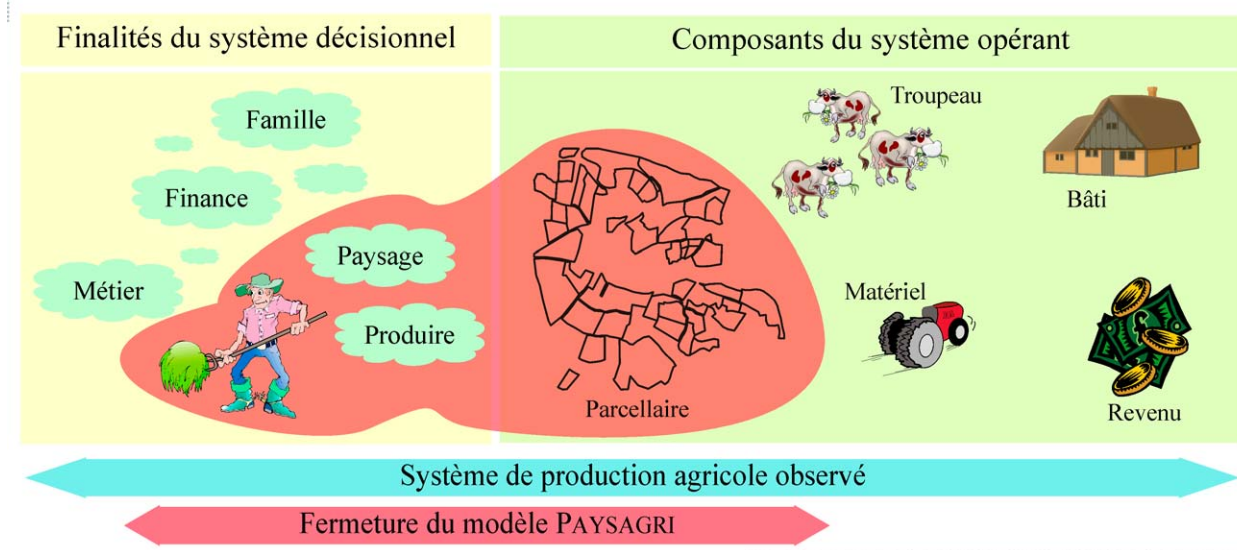
fourrager... Tous ces éléments ont bien entendu leur importance au sein de la dynamique des évolutions du paysage. Mais, de la même façon que le processus de la mitose n'aurait pas sa place, malgré son importance incontestable, dans un modèle de diffusion épidémique au sein d'une population, ils ne présentent pas tous un intérêt pour toutes les modélisations menées sur la production du paysage par les activités agricoles.

Ces quelques remarques, si elles ne justifient pas les simplifications présentées ci-après, permettent de préciser la fermeture, le niveau d'abstraction et le niveau de détail du modèle PAYSAGRI, c'est-à-dire de définir ce qui est modélisé et ce qui ne l'est pas, les échelles spatiales et temporelles balayées et les variables utiles. (COQUILLARD P. et HILL D., 1997)

L'objectif du modèle PAYSAGRI est de mettre l'accent sur l'influence de la sensibilité paysagère des agriculteurs, phénomène subodoré par nombreux chercheurs mais quasiment inconnu, sur l'organisation spatiale des activités agricoles et la physionomie des parcelles agricoles du territoire. Seuls les composants et les processus du système de production agricole indispensables à la réalisation de cet objectif sont représentés dans la modélisation menée.

Le système de production agricole du modèle PAYSAGRI, illustré au sein de la Figure 4.8, est donc uniquement composé d'un agriculteur, représentant le système décisionnel, et d'un territoire d'exploitation, le parcellaire, qui est un assemblage de certaines parcelles agricoles du territoire. D'autres éléments, qui, comme le parcellaire appartiennent au système opérant du système de production agricole (MARSHALL E. *et al.*, 1994), sont intégrés sous la forme de simples variables (troupeau, production herbagère, calendrier de campagne...), mais ne peuvent être considérés comme modélisés. La majeure partie des processus modélisés du système de production agricole concerne uniquement la perception et l'analyse des potentialités du parcellaire, dans l'objectif d'organiser et d'affecter des usages et/ou des pratiques d'entretien aux différentes parcelles agricoles.

Figure 4.8 : Fermeture “imagée” du modèle du système de production agricole



211. L'agriculteur : le système décisionnel

L'agriculteur est la composante fondamentale du système de production agricole du modèle PAYSAGRI.

Il représente le système décisionnel, centre névralgique où se déroule le processus de décision selon trois étapes : (i) l'analyse de la situation : réception et interprétation des informations concernant l'état des composantes du système et de son fonctionnement global ; (ii) la construction des déterminants des décisions : recherche de cohérence entre la situation et les finalités de l'agriculteur, qu'elles soient siennes ou résultat d'une influence extérieure ; (iii) l'expression de règles de décision : définition d'un corpus de décisions permettant de répondre aux différentes situations (BROSSIER J. *et al.*, 1990; ATTONATY J.M. et SOLER L.G., 1992; MARSHALL E. *et al.*, 1994).

Seules les décisions afférentes aux processus indispensables à la représentation du rôle de la sensibilité au paysage de l'agriculteur sont représentées. Celles-ci sont principalement les décisions d'affectation d'usages et/ou de pratiques d'entretien au sein du parcellaire. Comme défini par la structure du processus décisionnel, elles mobilisent : (i) des informations : les caractéristiques du parcellaire, renseignées à l'échelle de chaque parcelle agricole ; (ii) des déterminants : la combinaison des objectifs de production herbagère, obligatoire au fonctionnement et à l'équilibre du système de production agricole, et de finalité paysagère, dictée par la sensibilité au paysage de l'agriculteur ; (iii) des règles de décisions : une stratégie, apparentée à un mode de conduite des surfaces du parcellaire, rassemblant un ensemble de règles d'actions et de réactions à différentes situations.



2111. Ses informations : les caractéristiques du parcellaire

Le modèle du territoire, présenté précédemment, intègre de façon précise les caractéristiques des parcelles agricoles – surface, accessibilité, forme, pentes, potentiel agronomique, végétation, physionomie – requises pour représenter le processus de décision du modèle PAYSAGRI. Mais, ces informations, sous cette forme uniquement descriptive du territoire, ne traduisent pas fidèlement le point de vue des agriculteurs sur leurs parcelles agricoles. En effet, un postulat de ce travail est de considérer que l'agriculteur utilise un référentiel pour évaluer les caractéristiques d'une parcelle agricole donnée. Ce référentiel est la diversité relative de son parcellaire, interprétée fonction de l'ensemble du système de production agricole. La caractérisation d'une parcelle agricole donnée n'a de sens que par rapport à un système de production agricole donné, c'est-à-dire à une configuration particulière du parcellaire et une organisation spécifique des activités agricoles (MALPEL L., 2001).

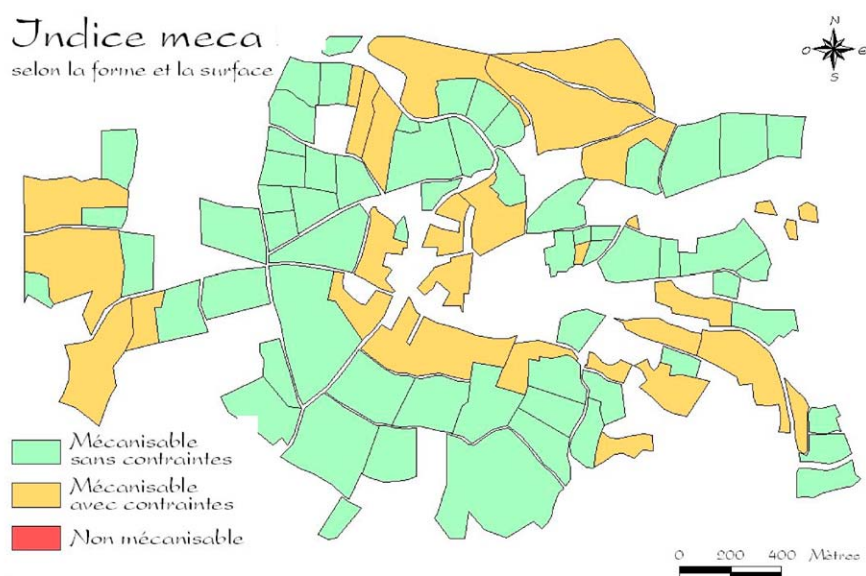
Le modèle PAYSAGRI intègre cette perception propre à l'agriculteur des parcelles agricoles de son parcellaire. L'adaptation des caractéristiques originales des parcelles agricoles, définies à partir du territoire, au système de production agricole est réalisée pour les structures foncières et la morphologie. Elle permet de classer les parcelles agricoles selon un potentiel de mécanisation. Ce dernier peut prendre les valeurs “*Non mécanisable*”, “*Mécanisable avec contraintes*” ou “*Mécanisable sans contraintes*”.

a - Les structures foncières

L'ergonomie des parcelles agricoles, résultat de la combinaison de la surface et de la forme, est perçue par l'agriculteur selon l'ergonomie relative de son parcellaire. Ainsi, une parcelle agricole concave – de forme peu adaptée à la mécanisation – d'environ deux hectares est considérée comme commune au sein d'un parcellaire présentant ce type de parcelles agricoles avec récurrence, tandis qu'elle est perçue comme parcelle agricole extraordinaire au sein d'un parcellaire composé uniquement de parcelles agricoles carrées de cinq hectares. Dans le premier cas, elle est utilisée sans problème, tandis que dans le second, elle est jugée peu adaptée.

Développée pour les besoins de la modélisation menée, une méthode de calcul, appelée “Indice de mécanisation 1” (Annexe 4.1), permet d'ajuster les caractéristiques ergonomiques définies à l'échelle du territoire à celle du système de production agricole. Chaque parcelle agricole est ainsi réévaluée selon les caractéristiques globales du parcellaire du système de production agricole auquel elle appartient. La Figure 4.9 montre le résultat de ce traitement sur le territoire *Chadrat*.

Figure 4.9 : Indice de mécanisation selon l'ergonomie des parcelles agricoles



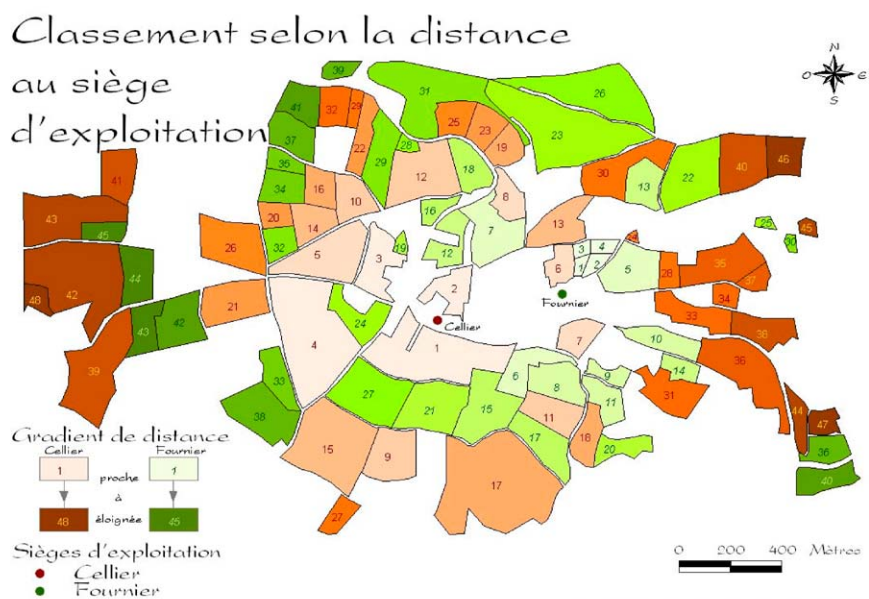
Deux autres éléments propres à la structure du parcellaire interviennent dans le processus de décision de l'agriculteur. Le voisinage des parcelles agricoles entre elles et la distance des parcelles agricoles au siège du système de production agricole. Ils sont des déterminants forts de l'organisation spatiale des activités agricoles au sein du parcellaire, influençant principalement le temps de déplacement des animaux et des engins agricoles.

Le voisinage est représenté à l'échelle du territoire sous la forme d'une topologie. Le modèle PAYSAGRI adapte celle-ci à la structure des parcellaires, permettant à chaque agriculteur de connaître uniquement les voisinages de ses parcelles agricoles.

La distance est dépendante du système de production agricole à laquelle est rattachée la parcelle agricole et de l'emplacement de son siège d'exploitation. Elle n'était donc pas une information renseignée à l'échelle du territoire. Elle peut être calculée soit en distance réelle, modélisée par traitement géographique à partir du cumul des segments des voies de communication réellement empruntées, soit en distance loxodromique⁸, obtenue par la différence des coordonnées du siège d'exploitation et du centre de la parcelle agricole. Le modèle PAYSAGRI utilise la seconde méthode afin de classer les parcelles agricoles en fonction de leur éloignement au siège d'exploitation. La Figure 4.10 propose une visualisation des parcelles agricoles du territoire *Chadrat*, classées selon la distance au siège d'exploitation auquel elles sont rattachées.

⁸ Distance à vol d'oiseau, obtenue par tracé d'une droite entre deux points d'une carte.

Figure 4.10 : Classement des parcelles agricoles selon la distance au siège d'exploitation

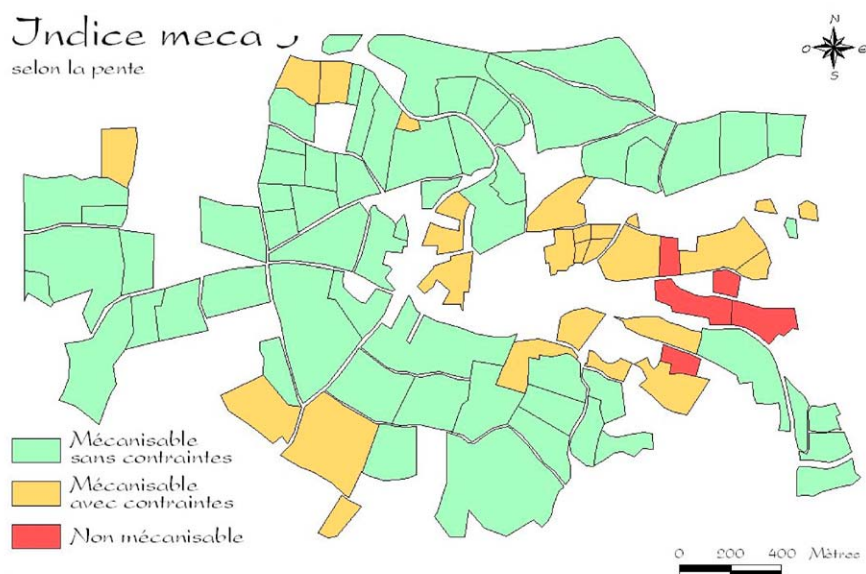


b - La morphologie

De la même façon que l'ergonomie de la parcelle agricole, la pente est un critère présentant une certaine subjectivité liée à la configuration des autres parcelles agricoles du système de production agricole et à la témérité de l'agriculteur. Une parcelle agricole de pente moyenne est considérée comme commune au sein d'un parcellaire présentant régulièrement ce niveau de pente, tandis qu'elle est perçue comme extraordinaire au sein d'un parcellaire de plaine. Dans le premier cas, elle est utilisée sans problème, tandis que dans le second, elle est jugée peu adaptée au système de production agricole.

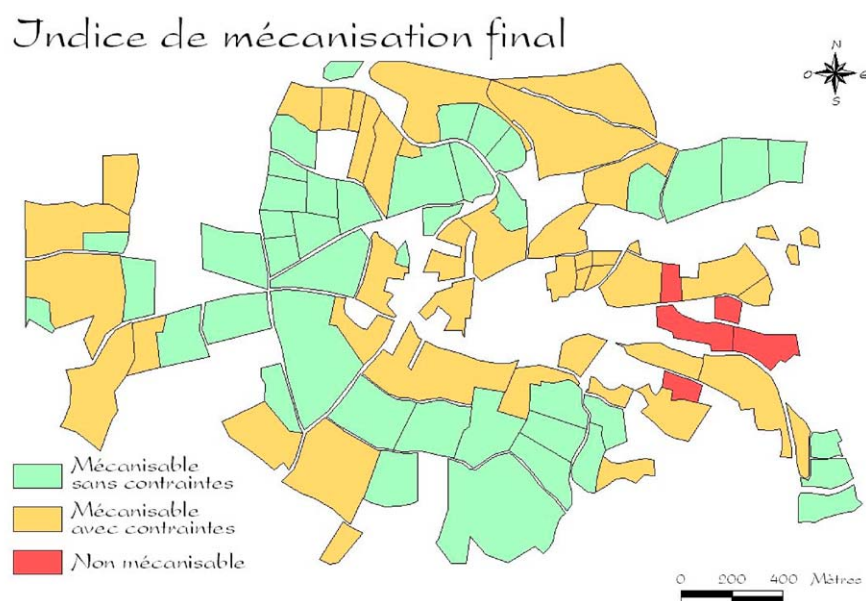
Développée pour les besoins de la modélisation menée, une méthode de calcul, appelée "Indice de mécanisation 2" (Annexe 4.2), permet d'ajuster les caractéristiques de pente définies à partir du territoire, au parcellaire du système de production agricole auquel chaque parcelle agricole est rattachée. La Figure 4.11 montre le résultat de ce traitement sur le territoire *Chadrat*.

Figure 4.11 : Indice de mécanisation selon la pente des parcelles agricoles



Finalement, les différents indices de mécanisation définis pour chacune des parcelles agricoles ont croisés (Annexe 4.3), permettant d'obtenir une information finale de caractérisation des parcelles agricoles du territoire, comme le montre la Figure 4.12. Cette carte donne l'image, perçue par les agriculteurs, des aptitudes et des potentialités des parcelles agricoles du territoire, c'est-à-dire interprétées selon la configuration globale de leurs parcellaires. Elle est à la base du processus de décision des affectations des usages au sein des parcelles agricoles.

Figure 4.12 : Indice de mécanisation final des parcelles agricoles



2112. Ses déterminants : produire de l’herbe et une physionomie du couvert végétal

Le modèle PAYSAGRI a pour vocation de représenter l’influence de la sensibilité au paysage des agriculteurs sur le fonctionnement des systèmes de production agricole et ses conséquences sur le paysage du territoire modélisé, c’est-à-dire sur la physionomie des parcelles agricoles de ce territoire. De façon plus précise, selon les éléments de définition de la sensibilité au paysage présentées au chapitre précédent, il a pour objectif de tester l’hypothèse d’une différence significative de résultat physionomique selon deux sensibilités au paysage caricaturalement opposées. Ces choix conduisent à l’identification et à la modélisation de deux finalités principales du système de production agricole à l’origine du processus de décision représenté.

a - Une production herbagère obligatoire

Au sein du modèle PAYSAGRI, la production d’herbe permettant de satisfaire aux besoins générés par le troupeau est considérée comme la finalité première et obligatoire du fonctionnement du système de production agricole. Elle est indépendante de la sensibilité au paysage de l’agriculteur et s’exprime toujours de la même façon, sous la forme d’une garantie de la cohérence du système de production agricole. Le manquement à cette finalité entraîne l’invalidité du modèle PAYSAGRI dans le contexte testé, considérant le fait que le fonctionnement représenté n’est pas viable au sein de la réalité technico-économique.

b - La satisfaction de l’agriculteur vis-à-vis de la physionomie de son parcellaire

La satisfaction de l’agriculteur, vis-à-vis du résultat physionomique produit sur son parcellaire sous l’effet des pratiques agricoles qu’il a mis en œuvre, est le fondement du fonctionnement du système de production agricole du modèle PAYSAGRI. L’agriculteur, selon sa sensibilité au paysage, espère un certain résultat physionomique, correspondant à qu’il pourrait définir comme un “travail satisfaisant”. Cette sensibilité au paysage, définie au chapitre précédent, présente très certainement une multitude de déclinaisons, mais n’a jamais été réellement explicitée sous la forme de typologies. De fait, le modèle PAYSAGRI se limite à tester la pertinence de l’hypothèse du rôle de cette sensibilité au paysage. Il propose de comparer l’impact de deux finalités paysagères A et Z, expressions respectives des deux sensibilités au paysage SpA et SpZ. Ces deux finalités paysagères, présentées au sein de la Figure 4.13, sont construites à partir de points de vue d’agriculteurs concernant leur perception du paysage et, plus particulièrement, la physionomie qu’ils attendent produire sur leurs parcelles agricoles.

Figure 4.13 : Expression des finalités paysagères selon les sensibilités au paysage

	Sensibilité au paysage A (SpA)	Sensibilité au paysage Z (SpZ)
Conception relative au paysage	< cadre de vie > "Le paysage est notre cadre de vie. On voit les troupeaux dans les prés, c'est beau ! Dommage que certains aient boisés ! On verra même plus les voisins bientôt..."	- "Le paysage, c'est pas mon affaire !"
Conception relative à la physionomie des parcelles agricoles	< présence d'agriculture > "Le pire, c'est le boisement ou les friches d'une dizaine d'années ! Ça montre l'échec de l'agriculture face à la nature..."	< savoir-faire des agriculteurs > "Un travail bien fait est une parcelle agricole bien entretenue ! Mais, on ne peut le faire que dans les parcelles mécanisables, ailleurs... il ne faut pas s'entêter !"
Traduction en finalité paysagère : conséquences sur les EFP du parcellaire		
No Herbe (Nh)	le moins possible limiter leur vieillissement	aucune importance
Prairie Permanente (PP)	état préféré rugosité sans importance	seulement parcelles à potentiel moyen rugosité homogène (Hm) de préférence
Prairie Temporaire (PT)	seulement parcelles à fort potentiel rugosité homogène (Hm) de préférence	état préféré rugosité homogène (Hm) obligatoire

Les deux sensibilités au paysage SpA et SpZ conduisent à l'expression de finalités paysagères différentes.

La sensibilité au paysage SpA tend à la production d'un paysage ouvert du point de vue visuel, c'est-à-dire présentant le moins possible de surfaces boisées ou de friches anciennes, pouvant engendrer une impression d'étouffement et d'obscurité de l'ambiance du cadre de vie. L'objectif n'est pas l'obtention de couverts végétaux raz, présentant un aspect très homogène et une rugosité lisse ; une mosaïque structurale et végétale du couvert d'une parcelle agricole n'est pas un problème, tant que celle-ci n'affecte pas sa pénétrabilité.

La sensibilité au paysage SpZ conduit à la recherche d'un paysage vitrine du savoir-faire de l'agriculteur. La physionomie des parcelles agricoles doit donner l'image d'un travail bien fait et d'un territoire entretenu. L'exigence de couverts végétaux raz et très homogènes implique la valorisation maximale des surfaces à fort potentiel, ne présentant pas de contraintes limitant la mécanisation. En outre, les parcelles agricoles difficilement mécanisables et/ou à faible potentiel agronomique ne doivent être à l'origine d'une perte de temps : si elles ne sont pas indispensables au système de production agricole, elles sont abandonnées, leur devenir physionomique n'ayant aucune importance. À cette sensibilité au paysage correspond principalement un paysage alternant des surfaces boisées et/ou enfrichées avec des surfaces en herbe minutieusement exploitées et entretenues.

2113. Ses règles de décision : organisation, affectation et entretien

L'agriculteur, en cohérence avec les finalités fixées au fonctionnement du système de production agricole, établit une liste de règles de décision, ayant pour vocation la concrétisation, sous la forme de pratiques agricoles, de ses objectifs. Dans le cas du modèle PAYSAGRI, ces règles de décision ont pour but la réalisation de la production herbagère et la façon d'une physionomie du parcellaire acceptable par l'agriculteur. Elles sont de deux natures : (i) les règles d'action, qui rassemblent les instructions de mise en œuvre des opérations techniques courantes, souvent répétitives, comme l'attribution d'un usage à une parcelle agricole ; (ii) les règles d'ajustement, qui représentent les réactions envisagées en cas d'incohérence ou d'échec du système de production agricole face aux objectifs fixés, comme la production d'une physionomie non adaptée aux exigences de l'agriculteur.

Plusieurs informations sont à l'origine de la construction des règles de décision intégrées au sein du modèle PAYSAGRI. Les règles d'affectation des usages de production herbagère, de gestion du niveau d'intensification du système de production agricole et d'organisation spatiale du parcellaire sont principalement issues des cas-type du référentiel de fonctionnement des systèmes bovins laitiers du Massif central⁹ (REUILLON J.L. et VIOLLEAU S., 1998)(Annexe 4.4). Les résultats d'enquêtes ayant pour objectif la compréhension de l'organisation spatiale des activités agricoles des systèmes bovins laitiers du Massif central (BERNHARD C., 2002)(Annexe 4.5) ont aussi été une source de données généralisables. Les règles plus spécifiques à l'entretien et à une quelconque réaction paysagère de l'agriculteur ont été imaginé de façon virtuelle, à partir d'éléments de discussion retenus lors d'enquêtes auprès d'agriculteurs sur le thème de leur perception du paysage (DÉPIGNY S. et CAYRE P., 2002).

Ce corps de règles de décision, duquel découlent des pratiques agricoles, est un cadre générique, adaptable selon la sensibilité au paysage de l'agriculteur. La modélisation orientée objet permet d'envisager la possibilité de développer d'autres variantes de ce corps de règles selon d'autres sensibilités au paysage. Au sein du modèle PAYSAGRI, deux propositions de ce corps de règles sont construites, permettant de caractériser les stratégies paysagères associées aux deux sensibilités au paysage testées. La Figure 4.14 met en exergue leurs différences majeures d'une part, à l'échelle du mode de conduite global du système de production agricole, et d'autre part, à l'échelle des parcelles agricoles.

⁹ Principalement les cas-type BL10, BL11, BL12 et BL13 du réseau d'élevage Bovin-Lait d'Auvergne-Lozère.

Figure 4.14 : Corps de règles de décision correspondant aux deux sensibilités au paysage

	Sensibilité au paysage A (SpA)	Sensibilité au paysage Z (SpZ)
Modalités des règles d'action		
Niveau d'intensification du système	variable	intensification maximale
Réponse à la contrainte du parcellaire	intégration maximale	évitement maximal
Modalités des règles d'ajustement		
Conditions d'entretien # entretien léger # entretien lourd	PT récentes Nh avec plusieurs années d'abandon	PT et PP à fort potentiel -
Conditions de réorganisation du parcellaire	permanente <i>Objectif : utilisation régulière de toutes les surfaces du parcellaire</i>	jusqu'à organisation spatiale optimale <i>Objectif : équilibre entre un niveau d'intensification maximal et une contrainte minimale</i>

La stratégie liée à la sensibilité au paysage SpA est principalement guidée par la volonté d'une valorisation de l'ensemble des surfaces à la disposition du système de production agricole. Les pratiques de production et les pratiques d'entretien, associées à un mode de conduite global extensif du système de production agricole, sont organisées de façon à limiter l'avancée de la dynamique de végétation.

La stratégie liée à la sensibilité au paysage SpZ est uniquement orientée vers la minimisation des surfaces utilisées, privilégiant les parcelles agricoles à fort potentiel agronomique et ergonomique, afin de limiter les contraintes. La recherche de l'organisation spatiale optimale est subordonnée à un mode de conduite global intensif du système de production agricole. Les pratiques d'entretien sont destinées au maintien de la qualité herbagère et esthétique des meilleures parcelles agricoles.

212. Autres composants du système opérant

Le système opérant du système de production agricole représente, selon sa définition, l'ensemble des processus pilotés. Il rassemble les processus biotechniques et économiques, les opérations concrètes, relatives à la gestion des activités productives de biens et de services agricoles et non agricoles, et leur combinaison en temps réel : gestion des flux de matières, de travail, d'équipement, de monnaie, d'informations, que le système de production agricole importe ou prélève, qu'il stocke, transforme, ou transporte et qu'il exporte ou restitue dans son environnement (MARSHALL E. *et al.*, 1994).

Au sein du modèle PAYSAGRI, il est restreint aux interactions entre le parcellaire, support de la ressource en herbe et de la physionomie des éléments paysagers, le troupeau, générateur de besoins en surfaces fourragères, et l'agriculteur, décideur de la localisation et de la mise en œuvre de pratiques d'entretien. Cet aspect dynamique du fonctionnement du système de production agricole, dont les processus sont détaillés ultérieurement, implique l'intégration au modèle PAYSAGRI des trois composants : l'agriculteur, le

parcellaire et le troupeau. Ce paragraphe a pour vocation d'expliciter la représentation du dernier composant non présenté du modèle, le troupeau. Ceci permettra, dans le même temps, de présenter quelques variables du système opérant, dédiées à la caractérisation de l'alimentation du troupeau et à l'expression des niveaux de rendement en herbe des parcelles agricoles.

2121. Le troupeau

L'objectif du modèle PAYSAGRI est uniquement de représenter la pression de prélèvement exercée par les besoins du troupeau sur les ressources en herbe du parcellaire. Une modélisation avec un niveau de détail élevé du troupeau, dont l'unité élémentaire pourrait être l'animal, ne correspondrait pas à l'échelle du modèle, construit à partir de l'hypothèse de l'homogénéité du couvert végétal d'une parcelle agricole. De fait, le chargement animal global du troupeau, estimé sous la forme du nombre d'Unités Gros Bovin (UGB) et le taux de renouvellement de l'effectif de vaches en lactation (r) sont les seuls éléments intégrés au modèle identifiant le troupeau. Ils permettent néanmoins de représenter :

- ✱ la structure classique d'un troupeau bovin laitier, composée de vaches en lactation (VI) et de génisses de 0 à 3 ans (G_1 , G_2 , G_3), selon les proportions proposées par le système de trois formules suivant :

$$VI = \frac{UGB}{1+1,7r}$$

$$G_1 = G_2 = G_3$$

$$UGB = VI + 0,8G_3 + 0,6G_2 + 0,3G_1$$

- ✱ le chargement animal global des deux lots qui, selon le point de vue le plus simple sur l'organisation spatiale d'un troupeau bovin laitier, sont généralement constitués par les éleveurs : le lot des vaches en lactation (L_v), contraint par une proximité maximale de la salle de traite, et le lot de génisses (L_g). Les deux formules suivantes permettent ce calcul.

$$L_v = VI$$

$$L_g = G_1 + G_2 + G_3$$

2122. L'alimentation du troupeau et le niveau de rendement des parcelles agricoles

Cette représentation simplifiée du troupeau implique une représentation adaptée de son mode d'alimentation. Il n'est pas possible de gérer les rations animales ; il est admis que l'agriculteur gère de façon optimale l'alimentation et apporte les complémentations nécessaires à une production laitière d'un niveau qualitatif et quantitatif correct. Ce niveau de détail n'aurait d'ailleurs pas d'intérêt pour le modèle qui repose seulement sur l'observation des conséquences des prélèvements en herbe, qu'ils soient réalisés

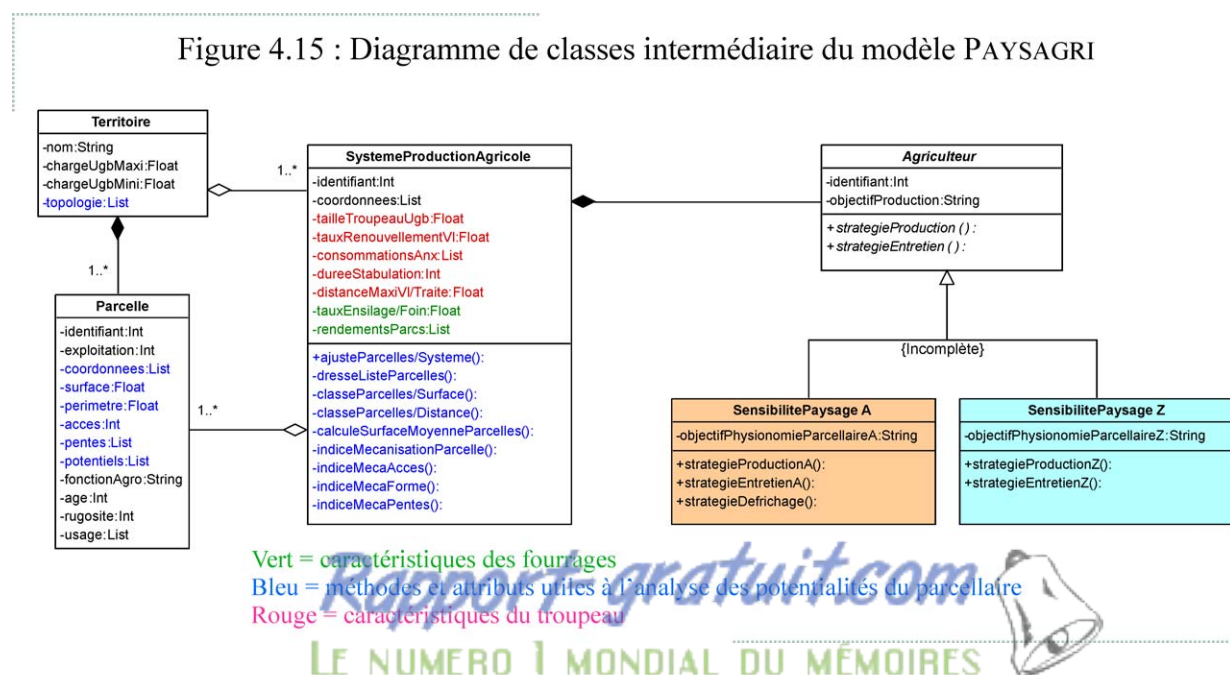
sous la forme de pâturage ou de récolte de fourrages, sur l'état du couvert végétal des parcelles agricoles. Deux natures de besoins du troupeau sont distinguées :

- ✖ Les besoins en fourrages secs : ils représentent l'alimentation du troupeau pendant la période de stabulation. Ils sont basés sur une consommation moyenne journalière tous fourrages secs confondus par UGB. À partir du rendement en herbe des parcelles agricoles, issu des référentiels techniques des réseaux d'élevage et adapté au niveau d'intensification choisi par l'agriculteur, et de la durée de la période de stabulation, ils permettent de déterminer la surface minimale appropriée à la réalisation du stock de fourrages nécessaire au troupeau pour l'année.
- ✖ Les besoins en pâturage : ils représentent l'alimentation du troupeau pendant la période de mise à l'herbe. Ils sont définis à partir des potentialités herbagères des parcelles agricoles, dépendant des cycles végétatifs des espèces herbacées au fil des saisons, répertoriées au sein des référentiels techniques des réseaux d'élevage sous la forme d'un chargement animal optimal à l'hectare. Ainsi, selon les cycles de la pousse de l'herbe, une surface minimale de pâture appropriée à la taille du troupeau peut être déterminée.

213. Formalisation conceptuelle statique

La formalisation conceptuelle de la structure du système de production agricole permet de représenter de façon complète et synthétique le modèle du système de production agricole intégré au modèle PAYSAGRI. Elle est une représentation simplifiée d'un système de production agricole, n'incluant que les éléments et les relations de la réalité observée considérés comme essentiels et indispensables à la question traitée. Le diagramme de classes du modèle PAYSAGRI, présenté Figure 4.15, s'enrichit de quatre classes.

Figure 4.15 : Diagramme de classes intermédiaire du modèle PAYSAGRI



La classe **SystemeProductionAgricole** représente le système opérant du système de production agricole, c'est-à-dire l'ensemble des composants et informations nécessaires au système décisionnel, comme par exemple l'attribut *coordonnees*, utile au calcul des distances entre le siège d'exploitation et les parcelles agricoles. Ses attributs de couleur bordeaux synthétisent le troupeau, son organisation et sa consommation. Ses attributs de couleur verte représentent les caractéristiques fourragères. Ses méthodes de couleur bleue, en lien avec les attributs de même couleur de la classe **Parcelle**, constituent les opérations d'ajustement des caractéristiques des parcelles selon leur place au sein du système de production agricole ; des algorithmes simples, comme *dresseListeParcelles*, et d'autres plus complexes, comme *indiceMecaPentes*, reprennent les traitements des caractéristiques des parcelles agricoles présentés précédemment, à l'origine de l'élaboration des informations utiles au système décisionnel. En tant que représentation du système opérant, le système de production agricole comporte un certain nombre de parcelles agricoles constituant le parcellaire, ce qui justifie sa relation d'agrégation avec la classe **Parcelle**, et est obligatoirement piloté par un agriculteur, ce qui justifie sa relation de composition avec la classe **Agriculteur**. Enfin, il fait partie d'un ensemble plus vaste, un tissu agraire, avec lequel il peut échanger des informations ; ceci explique sa relation d'agrégation avec la classe **Territoire**.

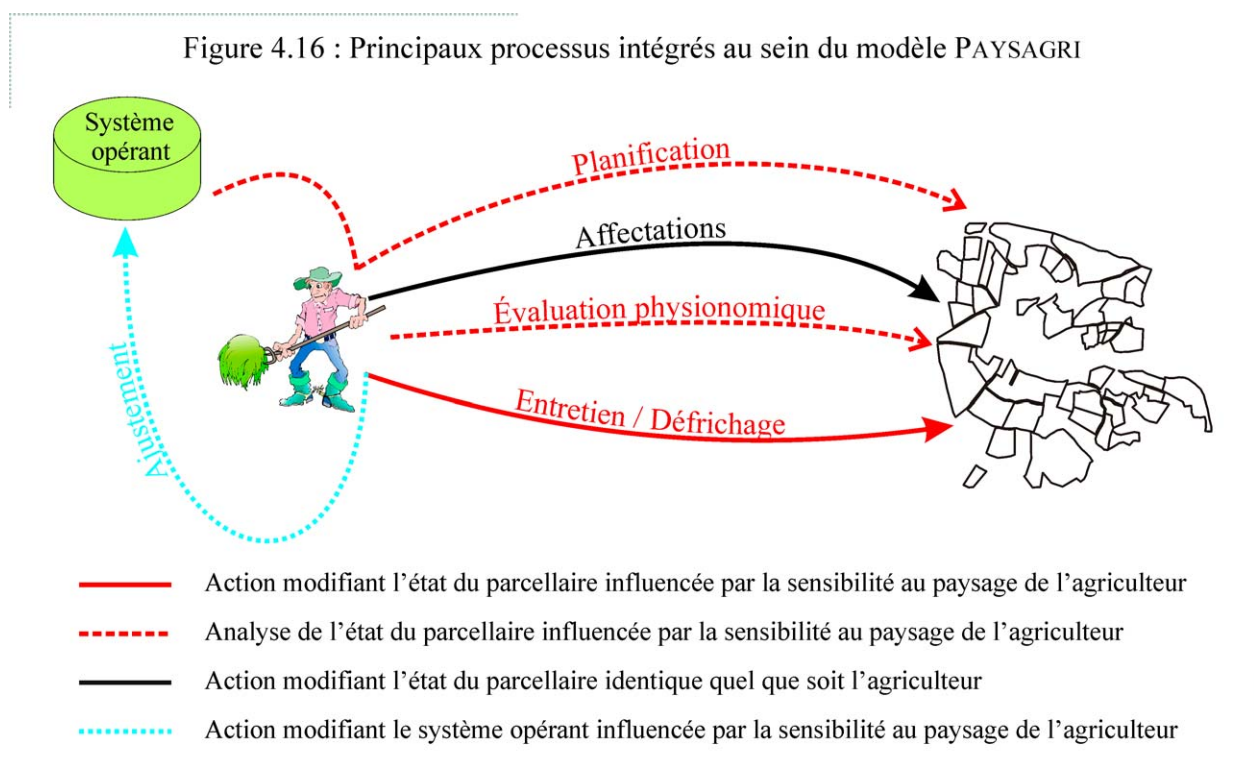
La classe **Agriculteur** représente le système décisionnel générique du système de production agricole. Elle est une classe abstraite, non instanciable. Elle ne comporte que les caractéristiques générales définissant l'agriculteur, c'est-à-dire deux attributs, son *identifiant* et l'expression de la finalité obligatoire de tout système de production agricole : la nécessité de réaliser l'activité de production *objectifProduction*. Deux méthodes abstraites définissent la structure classique du système de décision : *strategieProduction*, un corps de règles garantissant la réalisation de la production en herbe, et *strategieEntretien*, un corps de règles permettant la mise en œuvre de pratiques d'entretien ; spécifiques de la sensibilité au paysage de l'agriculteur, le corps de ces méthodes est défini uniquement dans les classes concrètes héritées de celle-ci.

Les classes **SensibilitePaysage A** et **SensibilitePaysage Z** identifient les deux sensibilités au paysage testées au sein du modèle PAYSAGRI. La contrainte {incomplète} de la relation de généralisation entre ces classes et la classe **Agriculteur** souligne la possibilité de développer une multitude d'autres sensibilités au paysage. Ces classes possèdent leurs spécificités sous la forme d'attributs particuliers, comme *strategiePhysionomieParcellaireX* représentant la finalité paysagère liée à ce niveau de sensibilité au paysage, ainsi que sous la forme de méthodes communes surchargées, comme *strategieProductionX*, existante pour chacune des sensibilités au paysage mais exprimée différemment, ou de méthodes spécifiques, comme *strategieDefrichage*, uniquement présente pour la sensibilité au paysage SpA.

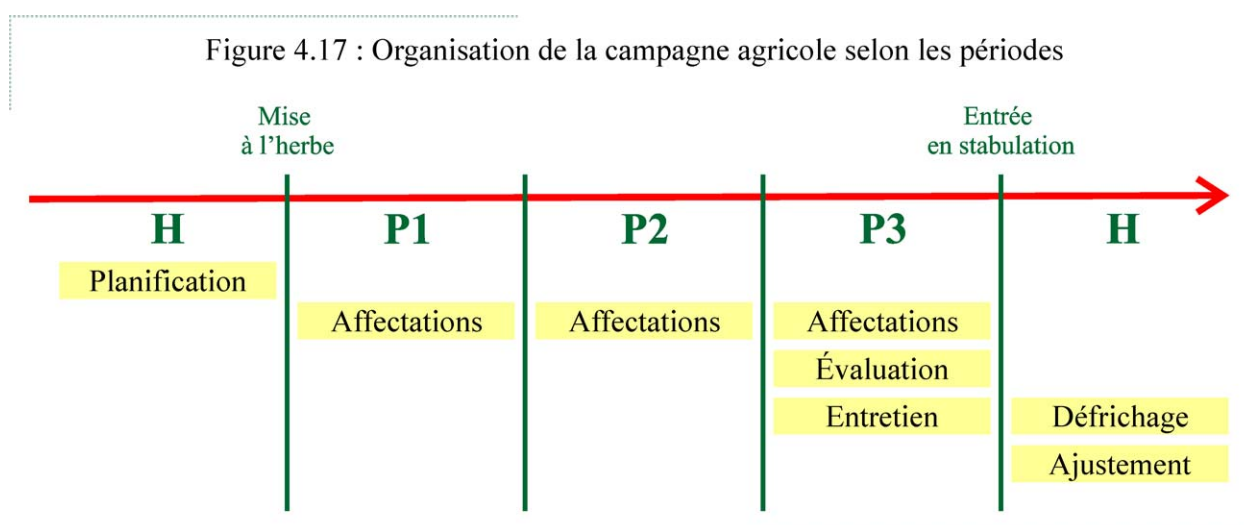
22. Le fonctionnement du système de production agricole

Le modèle PAYSAGRI représente l'impact de la sensibilité au paysage des agriculteurs sur la physionomie des parcelles agricoles du territoire. La physionomie des parcelles agricoles est le résultat de l'application d'une succession d'opérations techniques, pensée et organisée dans l'objectif de répondre aux deux finalités du système de production agricole : une production d'herbe obligatoire et une physionomie des parcelles agricoles en accord avec la sensibilité au paysage de l'agriculteur. La modélisation proposée du fonctionnement du système de production agricole déroule une transcription de cet itinéraire technique et physionomique, ainsi que de ses principales modalités, avec la volonté de mettre en lumière les processus influencés par la sensibilité au paysage de l'agriculteur.

Cinq étapes, soulignées au sein de la Figure 4.16 par les cinq flèches, sont identifiées : (i) la planification de la campagne agricole, phase d'évaluation de l'équilibre entre les potentialités du parcellaire et les besoins en fourrages, dont certaines adaptations dépendent de la sensibilité au paysage de l'agriculteur ; (ii) les affectations des usages aux parcelles agricoles selon une logique liée au type de production agricole ; (iii) l'évaluation de la physionomie des parcelles agricoles produite et sa comparaison avec les objectifs paysagers de l'agriculteur ; (iv) la mise en œuvre, si nécessaire, de pratiques d'entretien, dont les modalités dépendent de la sensibilité au paysage de l'agriculteur ; (v) l'ajustement du mode de conduite global du système de production selon les événements survenus au cours de la campagne agricole : il s'agit de rendre le système de production agricole le plus opérant possible pour tendre vers un équilibre satisfaisant les deux finalités définies du système de production agricole.



La prise en compte du temps est un point important de la représentation du fonctionnement du système de production agricole. Chaque jour, l'agriculteur met en œuvre des opérations techniques contribuant à la réalisation de ses objectifs, comme la traite et l'alimentation des animaux. Mais, un pas de temps quotidien n'est pas nécessaire à la modélisation menée ; il impliquerait l'intégration de multiples opérations répétitives, génératrices d'un niveau de détail très élevé, n'apportant pas d'informations supplémentaires sur la variable observée, l'état physiologique des parcelles agricoles. La campagne agricole, définie comme l'ensemble des décisions, des actions et des réactions d'une année de fonctionnement du système de production agricole est donc seulement découpée selon quatre périodes, respectivement nommées H, P1, P2 et P3, représentées sur la Figure 4.17.



Il existe trois périodes estivales, respectivement P1, P2 et P3, bornées par les dates de mise à l'herbe et d'entrée en stabulation du troupeau, renseignées par l'attribut *duréeStabulation* de la classe **SystemeProductionAgricole** ; la durée de chacune de ces périodes est fonction des cycles de croissance des ressources herbagères et des prélèvements effectués par le troupeau, renseignés par l'attribut *consommationAnx* de la classe **SystemeProductionAgricole**. Ces trois périodes correspondent au temps d'utilisation des surfaces en herbe disponibles du parcellaire du système de production agricole pour la pâture du troupeau et pour la récolte des fourrages ; lors de chacune, l'agriculteur choisit les parcelles agricoles les plus adaptées aux pratiques agricoles à mettre en œuvre.

La période hivernale H est le siège de deux types de processus : (i) le troupeau consomme les fourrages accumulés pendant les trois autres périodes ; (ii) l'agriculteur évalue l'impact de la campagne agricole venant de se dérouler, applique des corrections de physiologie par la mise en œuvre de pratiques d'entretien et/ou de défrichage et améliore la configuration de son système de production agricole afin de le rendre plus opérant lors de la campagne agricole suivante.

221. Planification de la campagne agricole

La planification de la campagne agricole est à l'origine de la réalisation de la production, finalité première du système de production agricole. Mise en œuvre pendant la période H, c'est-à-dire pendant la saison hivernale, elle consiste à anticiper, en amont du déroulement effectif de la campagne agricole, de la capacité des ressources du parcellaire à satisfaire aux besoins alimentaires du troupeau. En cas d'inadaptation du parcellaire, elle initie, dans la limite des possibilités du système de production agricole, l'augmentation de la surface en herbe disponible, selon différentes modalités influencées par la sensibilité au paysage de l'agriculteur.

2211. Évaluation des ressources du parcellaire

Le parcellaire représente la ressource en herbe du système de production agricole. Afin de permettre l'alimentation du troupeau, deux conditions doivent être réunies : (i) l'existence d'une surface en herbe totale suffisante à la couverture de l'ensemble des besoins du troupeau de la campagne agricole, pâturage et récolte de fourrages cumulés ; (ii) l'existence au sein de cette surface en herbe totale d'une proportion de parcelles agricoles mécanisables suffisante à la récolte des fourrages nécessaires à l'alimentation du troupeau pendant la période de stabulation.

La surface en herbe totale est calculée à partir des EFP du parcellaire. Elle est constituée de l'ensemble des parcelles agricoles de fonctionnalité agronomique [PP] et [PT], quels que soient leur âge et leur rugosité.

La surface en herbe mécanisable est l'ensemble des parcelles agricoles de la surface en herbe totale dont la méthode *indiceMecanisationParcelle* renvoie les modalités “*Mécanisable sans contrainte*” ou “*Mécanisable avec contraintes*”.

2212. Évaluation des besoins du troupeau

La représentation du troupeau et de son mode d'alimentation a été décrite lors de la présentation des composants du système opérant du modèle. Les besoins du troupeau sont systématiquement traduits sous la forme de surfaces de pâturage et de récolte de fourrages (Annexe 4.6).

Les besoins en fourrages sont simplifiés sous la forme d'une quantité de matière sèche globale, incluant sans distinction ensilage et foin. Ils correspondent à une surface à récolter, obligatoirement mécanisable, répartie entre les périodes P1 et P2, ce qui offre la possibilité maximale de deux coupes annuelles par parcelle agricole.

Les besoins en pâture sont calculés sous la forme de surfaces à pâturer. Chacune des périodes P1, P2 et P3 correspond à un cycle de la croissance de l’herbe et représente un niveau de chargement animal recevable par les couverts végétaux ; cette information permet de définir la surface nécessaire à la pâture de l’ensemble du troupeau pendant cette période. Cette surface est calculée selon deux lots, gérés de façon distincte du point de vue de l’organisation spatiale : (i) un lot de vaches en lactation, obligatoirement maintenu à proximité du siège d’exploitation pour conserver l’accessibilité de la salle de traite – sauf dans le cas de l’utilisation d’une salle de traite mobile – ; (ii) un lot des autres animaux du troupeau, principalement les génisses, sur lequel ne pèse aucune contrainte spatiale.

2213. Équilibre besoins-ressources et adaptations autorisées

La réussite de la finalité première du système de production agricole est conditionnée par l’équilibre entre les ressources offertes par le parcellaire et les besoins des animaux.

Un équilibre atteint signifie que l’agriculteur a vérifié avec succès la cohérence de son système de production agricole. La planification est terminée. Elle devient effective par l’affectation des usages.

Un équilibre non atteint signifie que les ressources du parcellaire ne suffiront pas, lors de la campagne suivante, à alimenter le troupeau. L’agriculteur doit, dans la limite des possibilités de son système de production agricole, réagir, c’est-à-dire vérifier l’opportunité d’augmenter la surface en herbe. Cette étape d’ajustement fait intervenir sa stratégie de production, liée à sa sensibilité au paysage. Les conditions de recherche et d’implantation de nouvelles surfaces en herbe, présentées au sein de la Figure 4.18, sont différentes selon la sensibilité au paysage de l’agriculteur concerné.

Figure 4.18 : Conditions d’implantation d’herbe supplémentaire selon la sensibilité au paysage

	Sensibilité au paysage A (SpA)	Sensibilité au paysage Z (SpZ)
Modalités de recherche d’une nouvelle parcelle à implanter en herbe		
Surface	-	la plus élevée possible
Distance	éloignement progressif au siège d’exploitation	-
Mécanisation	mécanisation sans / avec contrainte(s)	mécanisation sans contrainte
Age maximal de l’état [Nh]	15 ans	10 ans
Potentiel agronomique	-	le plus élevé possible
Autres critères...	-	création d’îlots de parcelles sans contrainte à fort potentiel agronomique
Modalités en cas d’échec de la procédure précédente		
	Aménagement d’une parcelle non mécanisable, d’état [Nh] < 15 ans (<i>parcours</i>) pour pâturage extensif	-

La stratégie de production A tend à l'utilisation de la plus grande quantité de parcelles agricoles, pour maintenir un niveau d'entretien correct sur l'ensemble du parcellaire. La nouvelle parcelle agricole implantée en herbe ne répond pas à des critères particuliers, étant recherchée d'abord à proximité du siège d'exploitation en s'éloignant progressivement. En cas d'absence de parcelle agricole mécanisable, l'agriculteur peut opter pour l'aménagement de parcours ou de landes à rendement moindre ; cette solution permet d'augmenter la ressource en herbe disponible et de limiter la dynamique de végétation des parcelles agricoles parfois inutilisées.

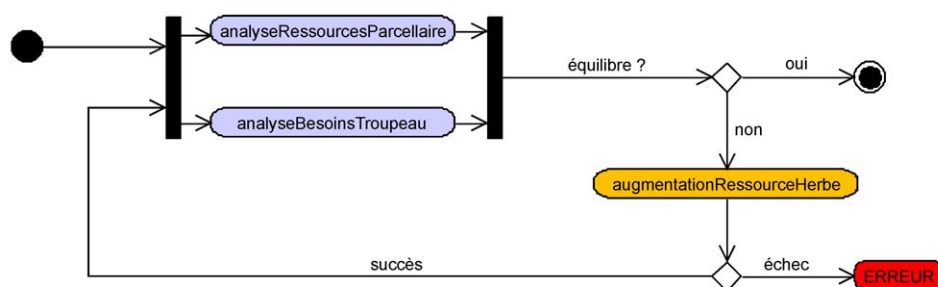
La stratégie de production Z tend vers une optimisation de l'organisation spatiale du parcellaire et une diminution de la contrainte au travail, optant pour le rassemblement de parcelles agricoles de haut potentiel agronomique sous la forme d'îlots. La nouvelle parcelle agricole implantée en herbe conditionnera peut-être, selon sa surface et son potentiel, l'abandon d'autres parcelles agricoles moins productives du parcellaire.

Cette réorganisation du parcellaire implique une nouvelle analyse du parcellaire dans son ensemble, c'est-à-dire une répétition de la planification. En cas d'impossibilité à atteindre l'équilibre, le modèle est considéré comme invalide dans le contexte testé, ne permettant pas de réaliser la seule finalité obligatoire du système de production agricole.

2214. Formalisation conceptuelle dynamique

La formalisation conceptuelle du fonctionnement du système de production agricole, dont les étapes seront présentées progressivement, permet de représenter de façon complète et synthétique la structure dynamique du modèle du système de production agricole intégrée au sein du modèle PAYSAGRI. Elle est une représentation simplifiée du fonctionnement du système de production agricole, n'incluant que les processus de la réalité observée considérés comme essentiels et indispensables à la question traitée. Le diagramme d'activités est le plus adapté aux informations présentées. La Figure 4.19 présente le diagramme d'activités du processus de planification.

Figure 4.19 : Diagramme d'activité du processus de planification



222. Affectation des usages aux parcelles agricoles

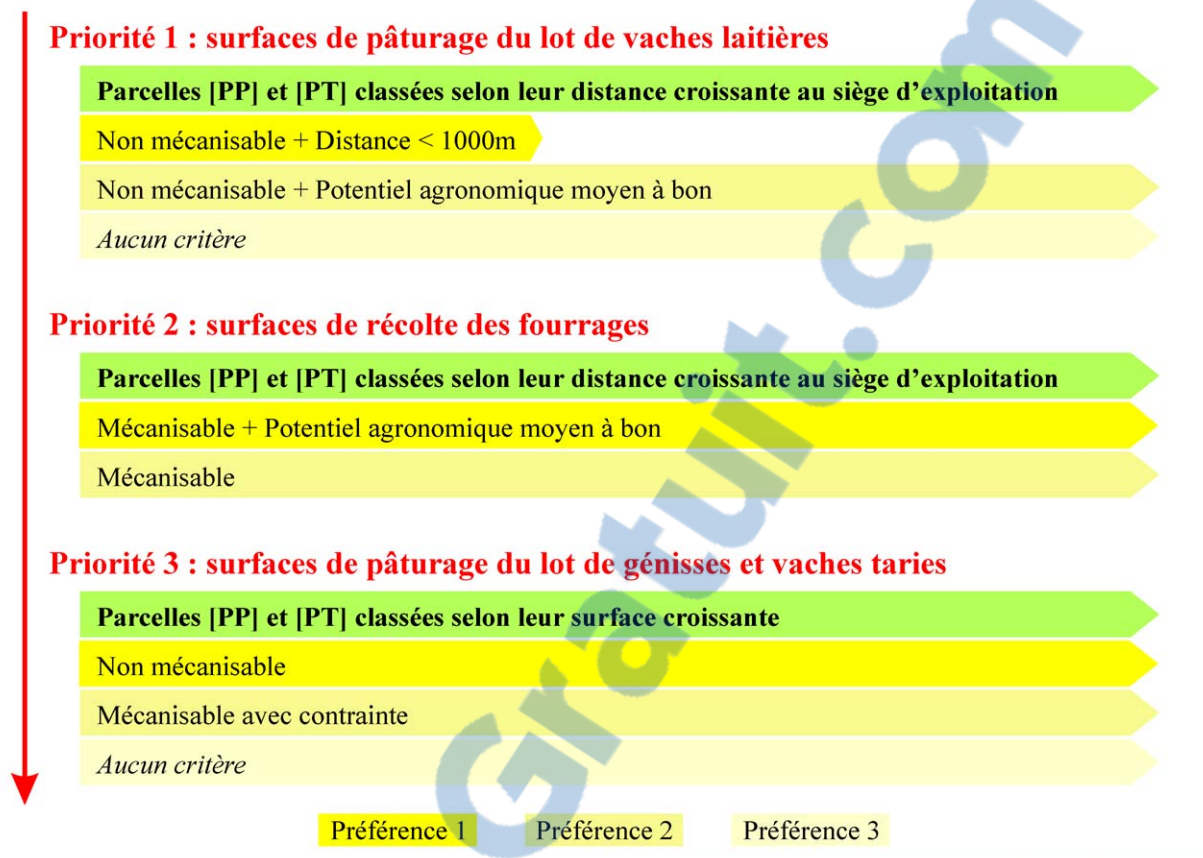
L'affectation des usages aux parcelles agricoles est la réalisation concrète de la planification. Elle signifie l'application d'une pratique agricole définie sur une parcelle agricole donnée. Cette pratique est soit une activité de pâturage par un des lots d'animaux, soit la récolte de fourrage.

Le processus d'affectation est, dans le cadre de la question traitée, le premier facteur de variation de l'EFP des parcelles agricoles : il est à l'origine des modifications de la physionomie du parcellaire dues à la mise en œuvre des pratiques de production. En effet, comme expliqué auparavant, l'agriculteur est considéré comme un parfait gestionnaire technique de son système de production agricole ; sa sensibilité au paysage n'intervient pas sur les règles fondamentales d'organisation spatiale des usages, celles-ci étant généralement le résultat d'un compromis entre les contraintes liées à l'activité laitière et les aptitudes et potentialités du parcellaire.

L'organisation spatiale des troupeaux laitiers a fait l'objet de multiples études, certaines conceptuelles (LANDAIS E. et BALENT G., 1993; OSTY P.L. *et al.*, 1998), d'autres plus techniques (COZIC P., 1987; VIOLLEAU S., 1998; BRUNSCHWIG G. *et al.*, 2000; CROS M.J. *et al.*, 2003; JOSIEN E., 2004), ayant pour objectif une meilleure compréhension de l'utilisation de l'espace par les agriculteurs. Il résulte de ces travaux l'expression d'une grande diversité des façons de faire, issue de la combinaison des contraintes physiques de l'espace cultivé, auxquelles s'adapte plus ou moins chaque agriculteur – phénomène que le modèle PAYSAGRI essaye de représenter avec l'ajustement des caractéristiques des parcelles agricoles selon le système de production agricole –, et des finalités globales données par l'agriculteur à son système de production agricole. Le modèle d'organisation spatiale des pratiques d'exploitation des fourrages (Annexe 4.5), proposé par BERNHARD à la suite d'enquêtes auprès de systèmes d'élevage laitiers du Massif central (BERNHARD C., 2002; BRUNSCHWIG G. *et al.*, 2002), a été retenu comme base de construction des règles d'affectation des usages du modèle PAYSAGRI.

L'affectation des usages est réalisée pour chacune des périodes P1, P2 et P3. Les périodes P1 et P2 reçoivent des pratiques de pâturage et des pratiques de récolte de fourrage. La période P3 reçoit uniquement des pratiques de pâturage. Quelle que soit la période, la chronologie du déroulement de l'affectation des usages, illustrée Figure 4.20, est identique, dictée par les priorités fourragères du système d'élevage laitier : l'agriculteur choisit d'abord les parcelles agricoles destinées au pâturage du lot de vaches laitières, contraint par la proximité obligatoire de la salle de traite, puis les parcelles agricoles permettant la récolte des fourrages et enfin les parcelles agricoles destinées au pâturage du lot des génisses.

Figure 4.20 : Critères de choix des parcelles agricoles selon les usages à affecter



Les parcelles agricoles destinées au pâturage du lot de vaches laitières sont choisies à proximité des bâtiments de l'exploitation agricole. Elles sont de préférence de qualité agronomique moyenne à forte, afin de supporter un piétinement et un prélèvement répété. Le choix de parcelles agricoles non mécanisable est un moyen d'entretenir certaines surfaces proches des bâtiments de l'exploitation agricole.

Les parcelles agricoles affectées à la récolte des fourrages sont mécanisables et présentent de préférence un potentiel agronomique permettant un bon rendement. Elles sont à une distance moyenne – par rapport à l'ensemble du parcellaire – des bâtiments de l'exploitation agricole, limitant ainsi les temps de circulation des matériels.

Les parcelles agricoles choisies pour le pâturage du lot de génisses ne présentent pas de critères particuliers. Elles permettent de valoriser certaines surfaces parfois éloignées, pouvant accueillir durablement un lot d'animaux.

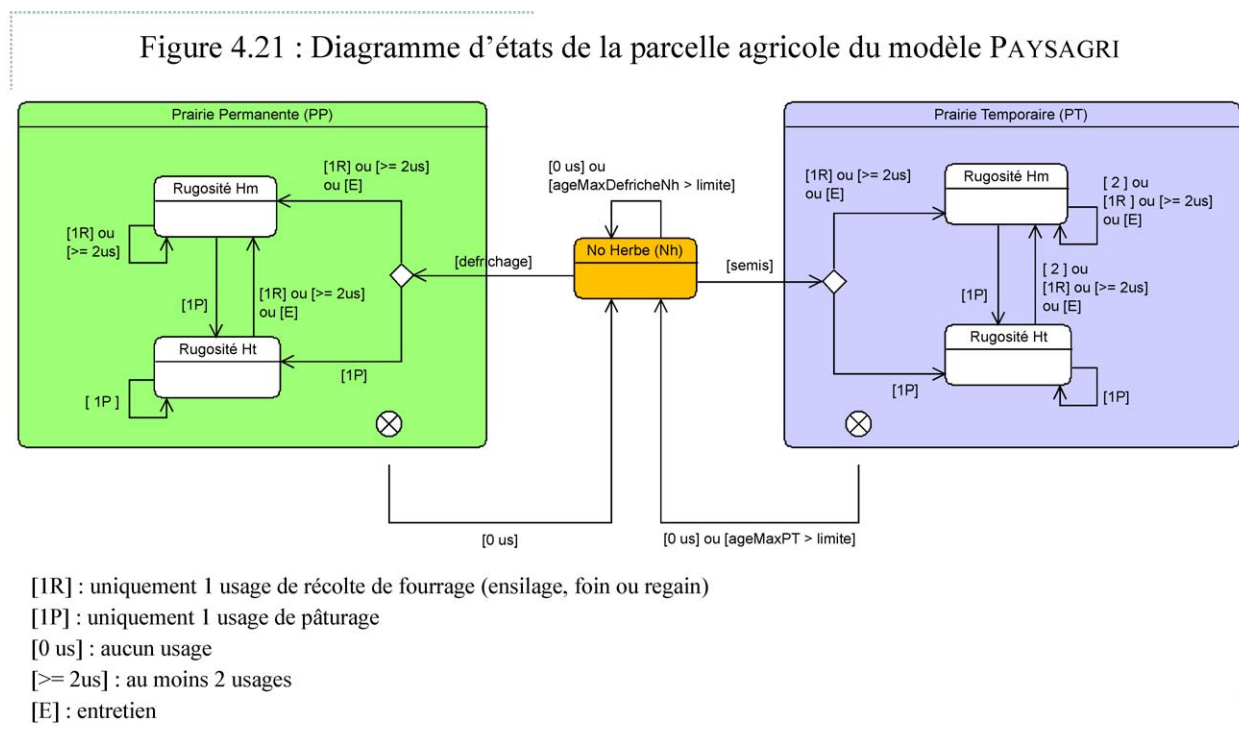
223. Évaluation du résultat phytosociologique sur le parcellaire

Cette étape représente le cœur du modèle PAYSAGRI, ainsi que son originalité. Elle traite directement de l'impact des pratiques agricoles mises en œuvre au fil de la campagne agricole sur la phytosociologie des parcelles agricoles et, plus particulièrement, de l'évaluation de cette phytosociologie par l'agriculteur.

2231. La variable observée : l'EFP des parcelles agricoles

Les pratiques agricoles, affectées à chacune des parcelles agricoles sous la forme d'une succession d'usages, respectivement un usage pour chacune des périodes P1, P2 et P3, modifient les caractéristiques fonctionnelles et phytosociologiques du couvert herbacé des parcelles agricoles. La ressource en herbe est soit diminuée du point de vue quantitatif suite au prélèvement plus ou moins important des pratiques d'exploitation fourragère, soit altérée du point de vue qualitatif par l'absence de limitation de sa dynamique de végétation. Ces modifications ont une influence directe sur la phytosociologie du couvert herbacé.

Au sein du modèle, ces informations sont transcrites sous la forme des EFP, dont la définition a été abordée lors de la présentation de la modélisation du territoire. Chaque EFP évolue sous l'effet de la succession d'usages reçue, dont l'éventail des possibilités est détaillé sous la forme d'un tableau des successions d'usages possibles (Annexe 4.7). Le diagramme d'états de la Figure 4.21 présente ces modalités d'évolution de l'EFP, c'est-à-dire de l'objet parcelle agricole, à l'aide du formalisme UML.



Les deux fonctionnalités agronomiques [PP] et [PT], respectivement représentées par les super-états vert et bleu, présentent globalement le même type d'évolution. Une forte pression de pratiques agricoles, c'est-à-dire au moins deux usages appliqués sur la parcelle agricole durant la campagne agricole ou une activité de récolte de fourrage, représentant une coupe régulière de l'ensemble du couvert végétal, permet de conserver l'état de la ressource herbagère et d'obtenir une rugosité homogène, représentée par l'état *Rugosité Hm*. Une pression plus faible de pratiques agricoles, comme un seul pâturage durant la campagne agricole, conduit à une rugosité plus hétérogène, représentée par l'état *Rugosité Ht*. L'absence totale d'usage, signifiée par les événements $[0\ us]$ ou $[ageMaxPT > limite]$ et $[0\ us]$ provenant des souches des super-états, implique le glissement de la parcelle agricole vers la fonctionnalité agronomique [Nh], synonyme de jachère provisoire ou de parcelle agricole ne participant plus de la ressource en herbe.

Seule la création de ces deux fonctionnalités agronomiques présente des modalités différentes.

La fonctionnalité agronomique [PT] apparaît à la suite d'une activité de semis réalisée sur la fonctionnalité [Nh] ; correspondant au processus de rotation des prairies temporaires ou à la procédure d'augmentation de la surface en herbe mise en œuvre au cours de la planification, cette fonctionnalité peut être créée quel que soit l'agriculteur.

En outre, l'activité de défrichage à l'origine de la création de la fonctionnalité agronomique [PP] n'est mise en œuvre que par un agriculteur possédant une stratégie de défrichage, c'est-à-dire, au sein du modèle PAYSAGRI, un agriculteur de sensibilité paysagère SpA.

Enfin, le diagramme stipule la possibilité de pratiques d'entretien, signalées par l'évènement $[E]$, permettant la persistance des super-états et de l'homogénéité de leur état *Rugosité Hm*. Leurs modalités seront détaillées au sein des paragraphes suivants.

2232. L'évaluation de la modification des EFP

Le diagramme d'états de la parcelle agricole et le tableau des successions d'usages possibles sont la base d'une procédure d'estimation de la modification de l'ensemble des EFP des parcelles agricoles. À la suite de l'affectation de la période P3, le modèle renseigne chaque agriculteur du territoire sur les modifications des EFP des parcelles agricole de son parcellaire, c'est-à-dire sur la physionomie résultante de la mise en œuvre des pratiques de production.

Comme l'illustre la Figure 4.22, selon sa sensibilité au paysage et, plus précisément, la finalité paysagère définie pour son système de production agricole, l'agriculteur identifie les parcelles agricoles dont l'EFP présente un risque physionomique, c'est-à-dire dont la physionomie n'est pas conforme à ses attentes.

Figure 4.22 : Évaluation des EFP selon la sensibilité au paysage

Sensibilité au paysage A (SpA)		Sensibilité au paysage Z (SpZ)	
Risque	EFP	Risque	
Perte de surface entretenue par agriculture Fermeture du paysage	 Nh-x-Ht	 -	
-	 PP-x-Ht	 Uniquement si potentiel agronomique élevé Dégradation de la ressource herbagère	
-	 PP-x-Hm	 -	
Uniquement si implantation récente Dégradation de la ressource herbagère	 PT-x-Ht	 Dégradation de la ressource herbagère Mauvaise image du travail de l'agriculteur	
-	 PT-x-Hm		

 EFP conforme  EFP non conforme

La sensibilité au paysage SpA est à l'origine d'une attention particulière de l'agriculteur aux parcelles agricoles de fonctionnalité agronomique [Nh] ; ces parcelles agricoles, dont la dynamique est contraire aux objectifs de l'agriculteur, représentent un risque de fermeture du parcellaire à plus ou moins long terme. Toute autre fonctionnalité agronomique signifie une utilisation au moins partielle de la parcelle agricole, contrecarrant la dynamique de végétation. Seules certaines parcelles agricoles de fonctionnalité agronomique [PT] récemment implantées, stratégiques du point de vue de la constitution de la ressource en herbe, sont signalées à risque lorsque leur rugosité est hétérogène [Ht], indicateur d'une pression d'exploitation fourragère trop faible pouvant nuire à leur potentiel herbager.

La sensibilité au paysage SpZ ne prend en compte que les risques liés à une trop faible pression d'exploitation fourragère des parcelles agricoles à fort potentiel agronomique, c'est-à-dire principalement celles de fonctionnalité agronomique [PT] et [PP] associée à un potentiel agronomique élevé. Le risque identifié est une dégradation de la quantité et de la qualité de la ressource en herbe. Ces parcelles agricoles, cœur du système de production agricole, sont aussi considérées comme la vitrine du savoir-faire de l'agriculteur : leur entretien est primordial du point de vue de l'image associée au travail de l'agriculteur.

224. Entretien et Défrichage : des pratiques de correction

La procédure d'évaluation de la physionomie du parcellaire permet l'identification des parcelles agricoles non conformes aux attentes physionomiques de l'agriculteur, c'est-à-dire le recensement des parcelles agricoles nécessairement candidates, selon la sensibilité au paysage de l'agriculteur, à l'application d'une procédure de correction de leur état physionomique. L'objectif de l'agriculteur est d'approcher au maximum la physionomie générale désirée pour son parcellaire ; en outre, contrairement à la stratégie de

production définie comme une réalisation obligatoire du fonctionnement cohérent du système de production agricole, le résultat des stratégies d'entretien et de défrichage n'est pas réductible. Deux raisons principales président à ce choix : (i) la seule finalité indispensable à l'existence et à la cohérence d'un système de production agricole, tel que représenté dans le modèle PAYSAGRI, est la réalisation de la production herbagère, définie comme prioritaire ; les autres finalités peuvent être considérées comme des externalités, plus ou moins importantes selon les agriculteurs, mais dans tous les cas, non indispensables à l'existence du système de production agricole ; (ii) l'entretien des parcelles agricoles et le maintien d'un certain type de paysage doivent être perçus comme des objectifs à long terme, conditionnés par la succession de certains usages, leur répétition et leur régularité au sein d'un contexte pluriannuel (LANDAIS E. et BALENT G., 1993; CAMACHO O., 2004).

Le temps et les moyens technico-économiques accordés par les agriculteurs à l'entretien de leurs parcelles agricoles sont très difficiles à apprécier. Certaines opérations sont réalisées à temps perdu, avec les moyens techniques dont disposent les agriculteurs (fossés, talus, chemins, haies, abords de ferme...) ; elles ne sont jamais réellement comptabilisées. La fauche de refus requiert parfois une certaine disponibilité, mais, souvent associée à une récolte de regain de fourrage, elle n'est pas forcément enregistrée comme de l'entretien. Seules les opérations d'entretien lourd, c'est-à-dire de défrichage, sont repérables car elles sont facturées par les entreprises extérieures qui sont intervenues ; là encore, le type et la puissance du matériel utilisé et le type de couverts végétaux à raser constituent une grande variation du temps passé (1h à 10h / ha) et du coût d'intervention.

Au sein du modèle PAYSAGRI, le temps accordé par un agriculteur pour l'entretien de ses parcelles agricoles durant une campagne agricole est transcrit, à partir des informations techniques obtenues lors de discussions avec des experts d'entreprises spécialisées dans le gyrobroyage, sous la forme d'une surface maximale pouvant être entretenue annuellement, toutes interventions d'entretien mécaniques confondues, pondérée par la sensibilité au paysage de l'agriculteur. Toutes les parcelles agricoles identifiées comme non conformes ne feront donc pas systématiquement l'objet de pratiques de correction. Deux types de pratiques de correction, dont les conséquences sont repérables sur le diagramme d'états de la parcelle agricole présenté auparavant. Leurs modalités, détaillées ci-dessous, sont résumées au sein du tableau de la Figure 4.23.

- ✖ L'entretien léger [E] : il s'agit d'un gyrobroyage de fin de campagne agricole, réalisé à la fin de la période P3, assimilable à une fauche de refus sans prise en compte de la quantité de foin supplémentaire apportée. Principalement destiné aux parcelles agricoles en herbe, c'est-à-dire aux fonctionnalités agronomiques [PP] et [PT], il permet le maintien d'une rugosité homogène [Hm]. Les deux sensibilités au paysage définies au sein du modèle PAYSAGRI intègrent cette pratique au sein de leur stratégie d'entretien, mais les modalités d'intervention diffèrent : l'agriculteur de sensibilité au

paysage SpA n'entretient que s'il y a risque d'enrichissement sur une parcelle agricole de fonctionnalité agronomique [PT] récemment implantée, tandis que l'agriculteur de sensibilité au paysage SpZ intervient de façon systématique sur toutes les parcelles agricoles de fonctionnalité agronomique [PT] non rases.

- ✕ L'entretien lourd [défrichage] : il s'agit d'un gyrobroyage lourd, nécessitant soit un matériel spécifique puissant, soit l'intervention d'une entreprise extérieure, dont la finalité est la destruction des ligneux apparus, de façon plus ou moins dense, sur une parcelle agricole suite à son inutilisation prolongée. Cette pratique est uniquement applicable sur les fonctionnalité agronomique [Nh], avec une préférence décroissante selon que la distance des parcelles agricoles au siège de l'exploitation augmente. Au sein du modèle PAYSAGRI, elle est intégrée au sein de la stratégie de défrichage, uniquement existante pour l'agriculteur de sensibilité au paysage SpA. Le défrichage est réalisé en début de période H.

Figure 4.23 : Modalités des pratiques d'entretien et de défrichage du modèle PAYSAGRI

Sensibilité au paysage A (SpA)			Sensibilité au paysage Z (SpZ)	
Conditions	Réaction	EFP	Réaction	Conditions
Temps disponible	Défrichage	Nh-x-Ht	aucune	-
-	aucune	PP-x-Ht	Entretien	Temps disponible Potentiel agronomique élevé
-	aucune	PP-x-Hm	aucune	-
Temps disponible PT implantée récemment	Entretien	PT-x-Ht	Entretien	Temps disponible
-	aucune	PT-x-Hm	aucune	-

225. Bilan de la campagne agricole

La dernière étape du fonctionnement du système de production agricole du modèle PAYSAGRI se compose de trois procédures principales : (i) la mise à jour des EFP du parcellaire ; (ii) la réalisation du bilan des moyens mobilisés lors de la campagne pour atteindre les finalités définies ; (iii) la définition des ajustements nécessaires au mode de conduite global du système de production agricole pour que le succès de ces finalités soit obtenu plus efficacement lors de la campagne suivante.

2251. Mise à jour des EFP du parcellaire

Selon les transitions du diagramme d'état de la parcelle agricole, la succession des usages et des pratiques d'entretien et/ou de défrichage appliqués sur une parcelle agricole permet de définir l'évolution résultante de son EFP. À la fin de chaque campagne agricole, le nouvel EFP définitif de chaque parcelle agricole est enregistré, constituant une nouvelle physionomie du parcellaire. Cet état final du parcellaire constitue la configuration initiale du parcellaire de la campagne suivante.

2252. Moyens mobilisés pour atteindre les finalités

Le succès anticipé de la finalité principale du système de production agricole, c'est-à-dire la possibilité de réalisation de la production herbagère, est obligatoire au démarrage de la campagne agricole. Acquis dès la procédure de planification, elle est donc effective si la procédure de bilan existe.

Le bilan permet le calcul et l'enregistrement d'informations caractérisant les moyens mobilisés pour concrétiser cette réussite : (i) la stratégie de production adoptée, c'est-à-dire le niveau d'intensification global des surfaces du système de production agricole, matérialisé sous la forme des variables de consommations fourragères et de rendements ; (ii) le chargement animal global du système de production agricole, c'est-à-dire le rapport entre la charge animale totale et les surfaces utilisées pour la réalisation de la production herbagère totale.

L'évaluation du niveau de réussite de la finalité paysagère, c'est-à-dire de l'obtention d'une physionomie du parcellaire satisfaisant aux attentes de l'agriculteur, ne peut être envisagée sur une seule année. Le modèle n'intègre pas d'évaluation finale de la réussite à cette finalité. En outre, il permet le calcul et l'enregistrement des activités d'entretien et/ou de défrichage mises en œuvre pour répondre à cet objectif, sous la forme d'un cumul de la surface entretenue, soit d'un point de vue global sur l'ensemble du parcellaire, soit selon les différents types de pratiques d'ajustement de la physionomie.

2253. Ajustement de la stratégie de production de la campagne suivante

Au sein du modèle PAYSAGRI, la stratégie de production du système de production agricole présente une certaine dualité. Elle représente à la fois (i) l'ensemble des composantes de la production herbagère, sous la forme d'un niveau d'intensification des surfaces fourragères, étroitement lié au profil de l'agriculteur, à sa perception du métier et à ses objectifs vis-à-vis du territoire, c'est-à-dire, au sein du modèle, à sa sensibilité au paysage, (ii) un moyen d'infléchir l'évolution physionomique du parcellaire, puisque, comme le traduisent les transitions du diagramme d'états de la parcelle agricole, le facteur principal de variation des EFP du parcellaire est la combinaison des types d'usages, de leur fréquence et de leur

intensité de prélèvement en herbe, paramètres constituant la stratégie de production. La stratégie de production est donc un véritable levier du système de production agricole, autant pour la recherche d'une valorisation optimale des ressources du parcellaire, que pour la production d'une physionomie particulière du parcellaire.

De fait, en fin de campagne, elle est systématiquement évaluée et adaptée, c'est-à-dire que son niveau d'intensification est soit diminué, soit augmenté, fonction des résultats de la campagne précédente et des attentes liés au type d'agriculteur pilote du système de production agricole. Trois facteurs d'évolution de la stratégie de production existent :

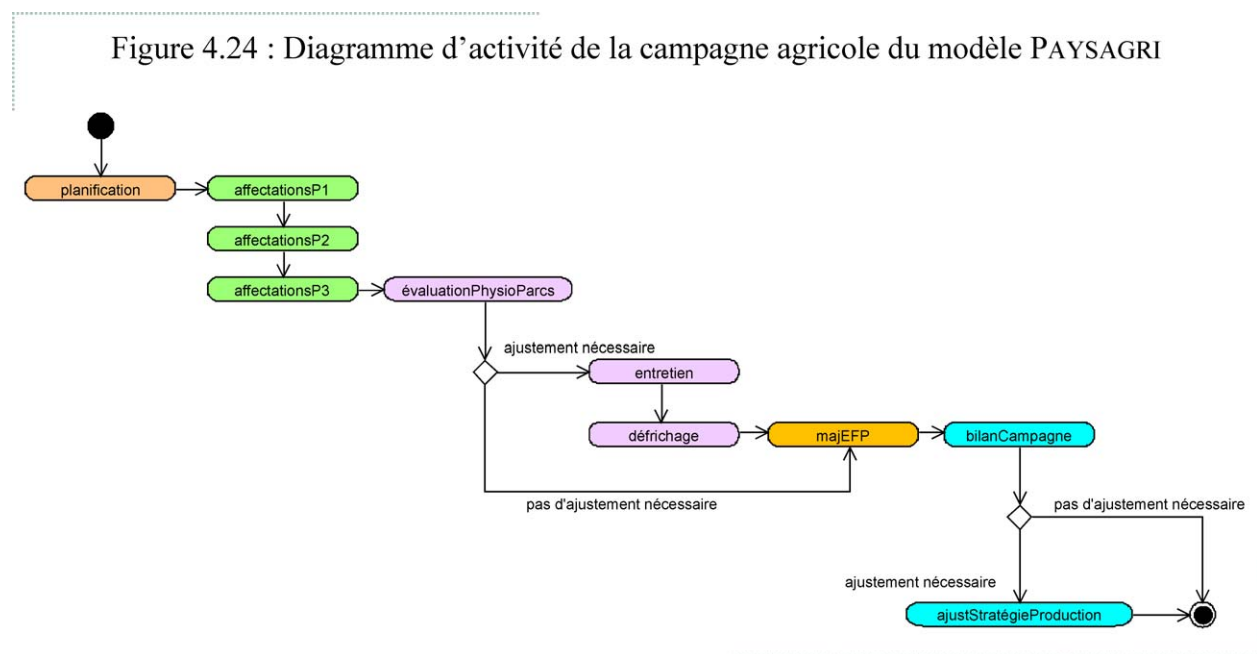
- ✱ Les préconisations techniques liées au territoire. Lors de la description de la classe **Territoire**, deux variables ont été décrites comme étant les chargements minimal et maximal, définis à dire d'experts selon les conditions pédoclimatiques du territoire réel étudié. Lorsque le chargement animal global calculé lors de la campagne précédente se situe à l'extérieur de l'intervalle défini par ces deux valeurs, l'ajustement consiste à rechercher la meilleure tendance – intensification ou extensification – permettant de le repositionner à l'intérieur de l'intervalle. Cette procédure permet d'éviter des chargements trop faibles ou trop élevés, soit géographiquement, soit techniquement, incohérents.
- ✱ La sensibilité au paysage de l'agriculteur. La stratégie de production est différente selon le type d'agriculteur, c'est-à-dire selon sa sensibilité au paysage. Au sein du modèle PAYSAGRI, le test de deux sensibilités au paysage très opposées a conduit à la définition de deux stratégies de production très différentes : la stratégie de production Z a pour objectif l'intensification maximale permise par les meilleures surfaces du territoire, tandis que la stratégie de production A conduit seulement à utiliser le maximum de surfaces, tout en maintenant le chargement animal global au sein des valeurs préconisées. La comparaison de ces objectifs avec le chargement animal global de la campagne précédente permet d'ajuster, si nécessaire, le niveau d'intensification.
- ✱ La surface entretenue. Les pratiques d'entretien et/ou de défrichage mises en œuvre par l'agriculteur pour atteindre ses attentes permettent soit le maintien en état de surfaces déjà en herbe, soit la création de surfaces en herbe supplémentaires ; dans les deux cas, l'effort consenti doit être accompagné d'une réorganisation spatiale des activités d'exploitation fourragère et d'une adaptation du niveau d'intensification des surfaces fourragères, afin de pérenniser au maximum l'investissement réalisé. La surface entretenue lors d'une campagne permet de calculer l'extensification nécessaire à son intégration au sein des parcelles agricoles utilisées.

La stratégie de production est considérée comme une gestion globale des animaux et des surfaces fourragères. Les procédures d'intensification ou d'extensification sont considérées comme globales, c'est-à-dire modifiant l'ensemble des paramètres de production du système opérant. Les productions fourragères, incluant les intrants nécessaires à leur réalisation, sont adaptées par la variation des valeurs

des rendements. Le chargement animal global du système de production agricole est adaptée par la variation des consommations fourragères des animaux ; en outre, la structure du troupeau est invariante.

226. Formalisation conceptuelle

Le diagramme d'activité de la Figure 4.24 permet une représentation globale des opérations techniques de la campagne agricole du système de production agricole du modèle PAYSAGRI, décrites tout au long des paragraphes précédents.

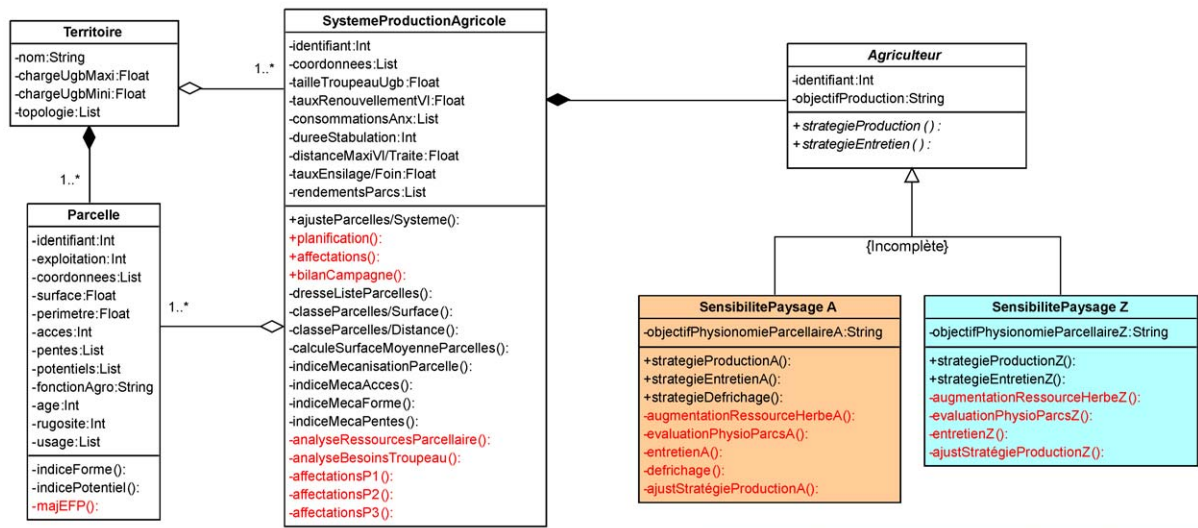


Les méthodes correspondantes viennent s'ajouter au diagramme de classes de la Figure 4.25.

Les méthodes communes à tous les systèmes de production agricole, c'est-à-dire indépendantes de l'agriculteur, se situent au sein de la classe **SystemeProductionAgricole** ; il s'agit des procédures de planification, d'affectation des usages par période et de bilan de la campagne agricole.

Les méthodes liées à la sensibilité au paysage de l'agriculteur sont rangées dans les classes héritées de la classe **Agriculteur**, selon le type d'agriculteur qu'elles définissent ; il s'agit des procédures permettant d'augmenter la surface en herbe du parcellaire, d'évaluer la physionomie des parcelles agricoles et d'ajustement de la physionomie des parcelles agricoles et du mode de conduite global du système de production agricole.

Figure 4.25 : Diagramme de classes complet du modèle PAYSAGRI



Le modèle PAYSAGRI est la formalisation d'une représentation originale de l'interface entre les évolutions d'un paysage rural et les activités agricoles. Issu d'un point de vue particulier porté sur cette interface, il est conçu de façon à améliorer la connaissance des dynamiques des paysages ruraux, focalisant cette recherche sur le rôle de la sensibilité au paysage de l'agriculteur.

La première partie du modèle est une représentation spatiale simplifiée du territoire, intégrant la physionomie des parcelles agricoles. Le concept d'État Fonctionnel Physionomique (EFP) de la parcelle agricole rassemble les informations indispensables à l'agriculteur, à la fois pour la réalisation de la production herbagère, nécessaire à l'équilibre de son système de production agricole, et pour satisfaire ses objectifs de physionomie de son parcellaire. Il se présente comme un lien entre les préoccupations techniques et les attentes esthétiques de l'agriculteur.

La seconde partie du modèle est une représentation du système de production agricole, centrée sur l'agriculteur. Chaque agriculteur, considéré comme techniquement et économiquement optimal, se différencie par sa sensibilité au paysage. Outre la réalisation de ses objectifs de production herbagère, indispensables à la cohérence du fonctionnement du système de production agricole, il met en œuvre des pratiques d'entretien et/ou d'ajustement de son système de production agricole, dictées par cette sensibilité au paysage, lui permettant de produire une physionomie souhaitée de son parcellaire.

Formalisé selon une méthode de modélisation orientée objet, le modèle PAYSAGRI est conçu de façon à être évolutif : il peut être enrichi d'autres types de systèmes de production agricole et d'autres sensibilités au paysage, chacune à l'origine d'un nouveau corpus de règles à finalité paysagère.

Chapitre 5

Expérimentation par simulations du modèle PAYSAGRI

Le modèle PAYSAGRI formalise une représentation de l'interface entre les évolutions d'un paysage rural et les activités agricoles. Il repose sur l'hypothèse du rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans la mise en œuvre de stratégies spatiales comportant une finalité paysagère.

Le simulateur PAYSAGRI est un outil de cette recherche. Développé à partir de cette représentation particulière, il a pour objectifs (i) la vérification de la cohérence du fonctionnement du système de production agricole intégré au sein du modèle PAYSAGRI, c'est-à-dire une validation qualitative partielle de ses règles de fonctionnement, (ii) la production de données pouvant affirmer ou infirmer l'hypothèse de travail, c'est-à-dire l'existence du rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans les évolutions du paysage d'une portion de territoire rural.

Le plan d'expérimentation de simulation du modèle PAYSAGRI est construit autour de ces deux objectifs.

La première phase de simulation, réalisée sur le territoire Chadrat, teste le fonctionnement d'un unique système de production agricole bovin laitier. Elle est conçue pour étudier les interactions entre la sensibilité au paysage de l'agriculteur, facteur principal de simulation, et les autres facteurs du fonctionnement du système de production agricole influençant l'organisation spatiale des activités agricoles.

La seconde phase de simulation, réalisée sur le territoire TerraX, repositionne le travail à l'échelle du paysage. Elle se focalise sur les effets de différentes proportions des deux types d'agriculteurs sur la physionomie d'un territoire rural. Les résultats produits sont discutés selon leur apport de connaissance sur le rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans les évolutions simulées du paysage du territoire TerraX.

1. UN SIMULATEUR À PARTIR DU MODÈLE PAYSAGRI

Implémenter un simulateur à partir du modèle PAYSAGRI, c'est-à-dire transcrire ses objets et ses règles de fonctionnement en langage informatique, n'est pas la finalité première de la démarche de ce travail. En effet, l'objectif principal attendu n'est pas la production d'un logiciel de simulation des évolutions paysagères opérationnel à destination d'utilisateurs potentiels pour d'éventuelles démarches prospectives ; il réside plutôt dans l'apport de nouvelles connaissances, qu'elles soient théoriques, organisationnelles et/ou fonctionnelles, de l'interface entre les évolutions d'un paysage rural et les activités agricoles. Néanmoins, la complexité du phénomène modélisé, la multiplicité des règles de décision qu'il met en jeu, son emprise spatiale et sa temporalité suggèrent le recours à un outil de recherche basé sur la simulation. Cette voie permet d'obtenir une visualisation du fonctionnement du modèle et de ses effets, dans la durée et à l'échelle d'une portion de territoire rural au sein de laquelle coexistent plusieurs systèmes de production agricole ; elle est un moyen d'étude et de compréhension des modifications de la physionomie des parcelles agricoles de la portion de territoire sous l'effet des facteurs étudiés dans la modélisation menée : la sensibilité au paysage des agriculteurs.

Au-delà de cette vocation de mise en musique du modèle PAYSAGRI, les principaux objectifs de la réalisation du simulateur sont (i) une validation partielle qualitative du modèle, c'est-à-dire la vérification de la cohérence générale des règles de fonctionnement du modèle et la calibration de ses paramètres principaux, (ii) la vérification de la pertinence de l'hypothèse de travail, c'est-à-dire l'évaluation de la capacité du modèle à apporter des éléments infirmant/affirmant le rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans les évolutions de la physionomie des parcelles agricoles d'une portion de territoire rural, à partir de l'analyse de données de simulation produites par différents scénarios expérimentaux.

Ainsi, sans entrer dans les détails informatiques du développement du simulateur, la nécessité de la construction de cet outil de simulation implique l'arrêt momentané sur quelques choix fondamentaux de ce travail, ayant des répercussions sur les choix techniques lors de l'implémentation informatique.

11. La représentation du temps et de l'espace

Les choix de représentation du temps et de l'espace sont des facteurs cruciaux à définir au sein d'une démarche de modélisation, ayant ensuite des conséquences sur les méthodes et techniques de simulation utilisables. Ils conditionnent (i) la finesse des données nécessaires à la réalisation des simulations, c'est-à-

dire qu'ils impliquent une réflexion quant à l'adéquation des données avec leur possession et/ou leur collecte, (ii) la multiplicité et la fréquence des opérations que devra réaliser le simulateur, soit la puissance et le temps de calcul nécessaires.

111. La représentation du temps

Le modèle PAYSAGRI intègre (i) les processus décisionnels des agriculteurs, qui interviennent au début de chacune des quatre périodes définies au sein de la campagne agricole, soit quatre fois au cours d'une année, (ii) les processus d'évolution physiologique des parcelles agricoles, c'est-à-dire les règles de modification des EFP, résultantes de la succession des pratiques agricoles sur l'ensemble de la campagne agricole et uniquement modifiées à la fin de celle-ci, soit une seule fois par année. Il ne représente pas de processus continus, mais une succession d'événements, répartis dans le temps selon deux fréquences, la plus petite étant la période, l'équivalent d'un trimestre, et la plus grande étant la campagne agricole, l'année. D'un point de vue informatique, il s'agit d'une discrétisation du temps, c'est-à-dire que les événements de la simulation se déroulent selon un pas de temps défini, soit par une horloge, c'est-à-dire selon un intervalle chronologique régulier, soit par un échéancier où les événements sont inscrits chronologiquement (COQUILLARD P. et HILL D., 1997).

Certains événements intégrés au modèle PAYSAGRI ne se déroulent pas systématiquement, comme par exemple l'ajustement physiologique des parcelles agricoles par entretien mécanique qui n'est mis en œuvre que si l'agriculteur considère qu'il n'a pas atteint ses objectifs ; chaque période ne présente donc pas toujours le même nombre d'événements et ne nécessite pas forcément le même temps de calcul.

Finalement, l'existence de deux pas de temps de simulation différents, ainsi que la dissymétrie du nombre d'événements à réaliser à chacune des périodes, conduit à choisir une discrétisation du temps dirigée par les événements.

112. L'horizon temporel de simulation

Outre le choix du pas de temps de simulation, il est nécessaire de définir une durée de la simulation. Elle dépend, en premier lieu, des résultats de simulation attendus et de leur utilisation escomptée, mais aussi des possibilités matérielles à disposition.

Le modèle PAYSAGRI est conçu pour tester l'hypothèse que la sensibilité au paysage des agriculteurs est un facteur des évolutions de la physiologie des parcelles. Les données de simulation produites doivent permettre la lecture de deux phénomènes importants relatifs à cette hypothèse : (i) l'effet physiologique à long terme sur les parcelles, c'est-à-dire les effets cumulés, à la suite de plusieurs campagnes agricoles, de la succession des pratiques agricoles et de leur ajustement ; (ii) l'apparition d'états

physionomiques stables des parcelles agricoles, s'ils existent, synonymes de la mise en évidence de modes d'utilisation des parcellaires jugés satisfaisants par les agriculteurs, indiquant l'atteinte d'un équilibre entre les objectifs de production herbagère obligatoires et leurs souhaits en terme de physionomie de leurs parcellaires. Le temps de simulation total doit permettre à la fois la visualisation des changements majeurs de la physionomie des parcelles agricoles, comme le passage d'une couverture végétale herbacée rase à une couverture végétale présentant une lignification avancée, et l'adaptation progressive des systèmes de production agricole, résultat de la recherche d'une situation d'équilibre pour chacun des agriculteurs.

Du point de vue de la physionomie de la végétation, le laps de temps considéré comme nécessaire à l'évolution d'une série écologique classique de la moyenne montagne tempérée d'un stade de végétation rase à un stade de végétation lignifiée très visible dans le paysage est de l'ordre d'une quinzaine d'années (FISCHESSER B. et DUPUIS-TATE M.F., 1996).

Du point de vue de la conduite des systèmes de production agricole, il s'agit de considérer une conduite pluriannuelle des surfaces herbagères, permettant l'observation de ses régulations. Si peu de références existent en ce domaine, il semble que l'on puisse borner cette durée en considérant (i) la multiplicité des facteurs sur lesquels doit intervenir progressivement l'agriculteur pour adapter son système de production agricole (conditions pédoclimatiques, environnement socio-économique, matériels et techniques à disposition, financement, main d'œuvre...), impliquant une réflexion et un pilotage à moyen et long terme, souvent associé à une période de rodage (DURU M. *et al.*, 1989), soit plusieurs campagnes agricoles successives, (ii) l'instabilité permanente des conditions socio-économiques et l'éphémérité des contrats avec subventions publiques auxquels sont aujourd'hui liés les agriculteurs, sources de modifications majeures du fonctionnement des systèmes de production agricole, qui rendent peu réaliste le fait de considérer comme figées les règles de gestion et de décision du système de production agricole sur plus qu'une dizaine d'années. Tenant compte de ces éléments, il semble cohérent, dans le cadre du modèle PAYSAGRI, de s'intéresser à l'effet d'une succession d'une dizaine de campagnes agricoles sur la physionomie des parcelles agricoles du territoire.

Du point informatique, il est important de prendre en considération d'éventuels effets liés aux conditions initiales de la simulation, appelés "warm-up", qui peuvent fortement influencer les premiers résultats. Il est généralement conseillé d'augmenter sensiblement le temps de simulation nécessaire, afin de pouvoir mettre de côté ces premiers résultats (COQUILLARD P. et HILL D., 1997).

Finalement, au regard de l'ensemble de ces considérations, la durée de simulation jugée optimale pour les questionnements liés au modèle PAYSAGRI est de vingt années.

113. Les représentations spatiales

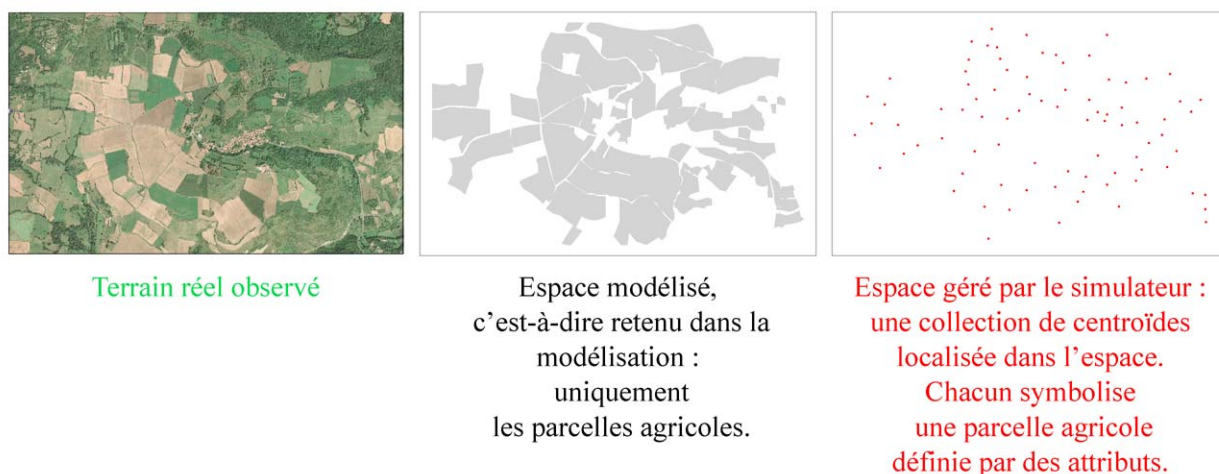
L'intégration des phénomènes spatiaux est généralement la bête noire des modélisateurs s'intéressant à la représentation des systèmes naturels. Confrontés à la continuité des processus biologiques observés, ils doivent gérer un espace continu, souvent à l'origine d'une forte augmentation de la complexité liée à l'imbrication des échelles spatio-temporelles et au recueil et à l'intégration de la multiplicité des données nécessaire à chacune de ces échelles (SANDERS L., 2001).

Malgré cette complexité, il apparaît généralement comme une évidence qu'une modélisation des évolutions du paysage s'attache à l'intégration de cette continuité spatiale. Du point de vue d'une modélisation écologique, il serait en effet primordial de prendre en compte la dynamique spatiale des éléments végétaux composant le paysage (avancée de fronts pionniers, dissémination de semences, compétition entre espèces...). Or, comme ceci a été explicité auparavant, le modèle PAYSAGRI présente une simplification majeure de cette dynamique végétale : les EFP sont des états statiques, considérés comme homogènes au sein d'une même parcelle agricole et indépendants des EFP des parcelles agricoles voisines.

Ce choix de représentation affranchit de l'implémentation d'un espace continu et du choix de la meilleure méthode de discrétisation de l'espace sous la forme de mailles élémentaires, phase généralement nécessaire à la représentation des processus biologiques sur un espace continu. En effet, dans la plupart des travaux de modélisation de systèmes naturels étudiés, l'espace, généralement considéré uniquement comme le support continu des processus modélisés, est représenté sous la forme d'une grille de mailles élémentaires ; selon les modèles, ces pavages peuvent présenter des formes (triangle, carrée, hexagonale) et des tailles variables (LAURINI R., 1989). Elles changent d'état, soit sous l'effet d'actions qui leur sont appliquées (exemple : prélèvement d'une partie de la ressource forestière représentée par une maille (BONNEFOY J.L. *et al.*, 2001)), soit sous l'effet de phénomènes liés à des règles de voisinage généralement définies à l'aide de la technique de simulation par automates cellulaires (WEIMAR J.R., 1997) (exemple : diffusion d'espèces végétales de façon naturelle selon la dissémination des semences (ETIENNE M., 2003)).

Au sein du modèle PAYSAGRI, l'espace est uniquement représenté, comme décrit lors de la présentation du modèle du territoire, par une collection d'objets parcelles, géographiquement référencés par les coordonnées de leurs centroïdes et organisés les uns par rapport aux autres selon les informations de voisinage contenues au sein d'une topologie. La Figure 5.1 illustre cette simplification montrant un territoire rural réel et sa représentation symbolique gérée par le simulateur.

Figure 5.1 : De l'espace réel continu au modèle spatial géré par le simulateur PAYSAGRI



Ce choix implique la manipulation des données initiales avec un SIG, ce qui nécessite de posséder la compétence et/ou l'intervention de personnes ressources dans ce domaine. En outre, il présente certains avantages comme l'utilisation de données parcellaires réelles, la possibilité d'une visualisation des données cartographiques à chaque étape de la simulation et l'utilisation de la puissance du SIG pour l'analyse des résultats de simulation. Selon la typologie des couplages de modèles avec des SIG de MANDL, cette association peut être caractérisée de couplage lâche, c'est-à-dire que les deux systèmes restent complètement indépendants, avec néanmoins la possibilité d'échanges de données, même si elle reste parfois quelque peu fastidieuse et peu dynamique (MAILLÉ E. et ESPINASSE B., 2005).

12. Une simulation à événements discrets

Les algorithmes, implémentés pour la représentation des processus intégrés au sein du modèle PAYSAGRI, sont principalement des règles de décision. Ils peuvent être classés selon trois catégories : (i) des algorithmes de calculs simples à l'origine, d'une part, de la définition des besoins en ressource fourragère, selon la charge animale du troupeau et les consommations animales aux différentes périodes de la campagne agricole, et, d'autre part, de la ressource fourragère disponible sur le parcellaire, selon les rendements herbagers du territoire ; (ii) des algorithmes de classement et/ou de comparaison qui permettent à l'agriculteur de choisir les parcelles agricoles les plus adaptées aux pratiques agricoles qu'il souhaite mettre en œuvre (distance au siège d'exploitation agricole, potentialités agronomiques, contraintes physiques...) ; (iii) des algorithmes de lecture du tableau des successions d'usages possibles pour une parcelle agricole donnée sur une campagne agricole entière afin de déterminer les évolutions physiologiques des parcelles agricoles, c'est-à-dire les transitions entre les différents EFP. L'ensemble de ces algorithmes est basé sur des calculs simples et déterministes, au sens où il ne comporte pas de phénomènes aléatoires.

À partir de ces derniers éléments, des choix de gestion du temps et de l'espace et de la taxonomie des méthodes de modélisation (COQUILLARD P. ET HILL D., 1997), le modèle PAYSAGRI peut être classé dans la famille des modèles de simulation discrète sans composante analytique. La technique de simulation la plus adaptée à sa structure est la simulation à événements discrets.

13. *Python*, un langage de programmation adapté

Dans le cadre de ce travail, le choix du langage de programmation repose sur (i) son adéquation avec la méthode de modélisation orientée objets et la technique de simulation des événements discrets, (ii) l'accessibilité de sa programmation, c'est-à-dire la facilité de son apprentissage, à une personne néophyte en matière de développement informatique.

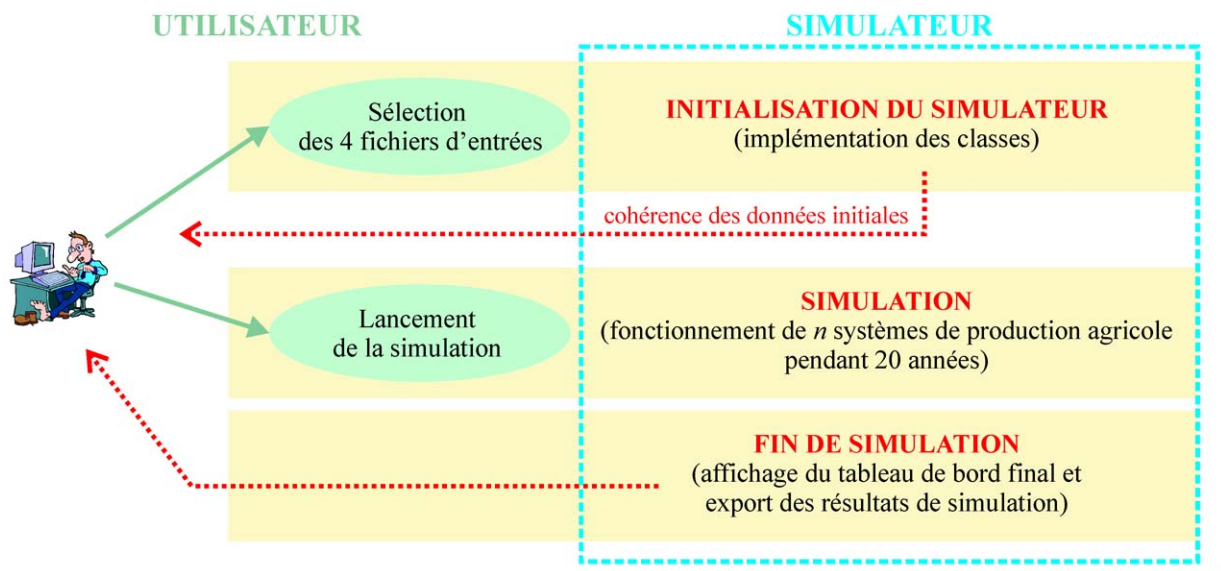
Le langage *Python* s'est présenté comme un choix intéressant. Il est tout d'abord un langage de programmation orienté objet, ce qui correspond à la structure du modèle PAYSAGRI. Il est une alternative hybride entre les langages de scripts (*Tcl*, *Scheme*, *Perl*) et les langages de programmation système (*Java*, *C*, *C++*), ce qui lui confère à la fois la simplicité d'utilisation des premiers, tout en lui conservant des fonctionnalités relativement robustes proches des seconds. Il présente une syntaxe simple, ce qui favorise, comme souhaité, un apprentissage relativement aisé. Libre, portable sur la plupart des systèmes d'exploitation, il offre une facilité d'utilisation puisque ses scripts, automatiquement compilés, sont directement exécutables. (LUTZ M. et ASCHER D., 2001)

Ces différents aspects rendent ce langage de programmation particulièrement intéressant pour le développement rapide de prototypes de logiciels, ce qui correspond au cas de figure de l'implémentation du simulateur à partir du modèle PAYSAGRI, ayant principalement vocation à être un outil de recherche.

2. LE DÉROULÉ D'UNE SIMULATION

Avant de préciser le plan d'expérimentation de simulation mis en œuvre à partir du modèle PAYSAGRI, il convient de s'attarder sur les grandes étapes d'une simulation, détaillées au sein de la Figure 5.2 : (i) l'initialisation du simulateur, pendant laquelle l'utilisateur est invité à choisir, sous contrôle de cohérence, les données d'entrée de la simulation ; (ii) la simulation proprement dite, déclenchée par l'utilisateur, au cours de laquelle les n systèmes de production agricole du territoire fonctionnent pendant une durée de vingt années consécutives ; (iii) la fin de simulation, moment auquel le simulateur affiche le bilan de la simulation, enregistre et exporte les sorties détaillées.

Figure 5.2 : Le simulateur PAYSAGRI : interactions utilisateur / logiciel lors d'une simulation



21. L'initialisation du simulateur

L'ensemble des données nécessaires à la réalisation d'une simulation est fourni au simulateur sous la forme de fichiers au format texte. La sélection de ces fichiers par l'utilisateur entraîne leur lecture par le programme et permet, en cas de cohérence des données, l'initialisation du simulateur, c'est-à-dire l'instanciation informatique des objets et le renseignement de leurs attributs. Quatre types de fichiers doivent être chargés.

Le premier fichier *territoire.psg*, présenté en Annexe 5.1, comporte le nom du territoire utilisé pour la simulation, ainsi que les valeurs minimale et maximale de chargement animal moyen à l'hectare autorisé sur ce territoire. Ce fichier est relativement restreint. Conçu dans l'objectif d'intégrer au modèle des informations émanant de politiques publiques, comme des interdictions et/ou obligations contractuelles, s'appliquant sur l'ensemble du territoire, il est resté à l'état embryonnaire puisque cet aspect n'a finalement pas été développé dans l'état actuel du modèle PAYSAGRI.

Le second fichier *parcelles.psg*, présenté en Annexe 5.2, rassemble les données descriptives des parcelles agricoles composant le territoire. Chacune des parcelles agricoles est définie précisément selon vingt-deux champs contenant : une information géographique simplifiée (coordonnées spatiales du centroïde, périmètre et surface), une information de pente sous la forme d'une répartition de la surface de la parcelle agricole selon six classes de pente, une information du potentiel agronomique sous la forme d'une répartition de la surface selon quatre classes de potentiel agronomique, une description de la couverture végétale par les trois champs composant l'EFP (fonctionnalité agronomique, durée de persistance et rugosité) et le système de production agricole à laquelle elle est rattachée. Ce fichier contient les variables descriptives de l'EFP, modifiées par la simulation. Extrait d'une base de données SIG, il présente une structure un peu particulière qui permet, à la fin de la simulation, de l'importer à nouveau au sein d'un SIG et de visualiser les résultats cartographiques produits par la simulation. Deux types d'états initiaux ont été utilisés lors des simulations : un état initial plutôt réaliste "*réel*", c'est-à-dire pouvant correspondre à des situations observées sur le terrain, et un état initial homogène "*ttPP*", c'est-à-dire où toutes les parcelles agricoles ont le même EFP initial de type [PP-1-Hm].

Le troisième fichier *topologie.psg*, présenté en Annexe 5.3, est un complément au fichier précédent et à la description de l'organisation spatiale des parcelles agricoles au sein du territoire. Issu d'un traitement à partir d'un SIG, il fournit les informations de voisinage entre les parcelles agricoles, sous la forme d'une topologie. Plusieurs buffers différents ont été utilisés pour la construction de la topologie des parcelles agricoles ; un buffer de 250 mètres indique qu'une parcelle agricole est considérée voisine d'une autre si leurs bordures se situent à moins de 250 mètres de distance.

Le quatrième fichier *exploitations.psg*, présenté en Annexe 5.4, fournit le nombre de systèmes de production agricole présents sur le territoire et définit, pour chacun d'entre eux, les informations indispensables à la représentation de leur fonctionnement. Ces caractéristiques, rassemblées au sein de seize champs, définissent : la position géographique du siège d'exploitation au sein du territoire, la sensibilité au paysage de l'agriculteur, c'est-à-dire le type d'agriculteur, la taille moyenne du troupeau, les consommations saisonnières des animaux en fourrages et/ou en herbe pâturée, quelques informations sur le mode de conduite du troupeau et des surfaces (taux de renouvellement du troupeau, durée de stabulation hivernale, proportion de l'ensilage dans la quantité de fourrages récoltée) et les rendements des surfaces fourragères selon la période de récolte.

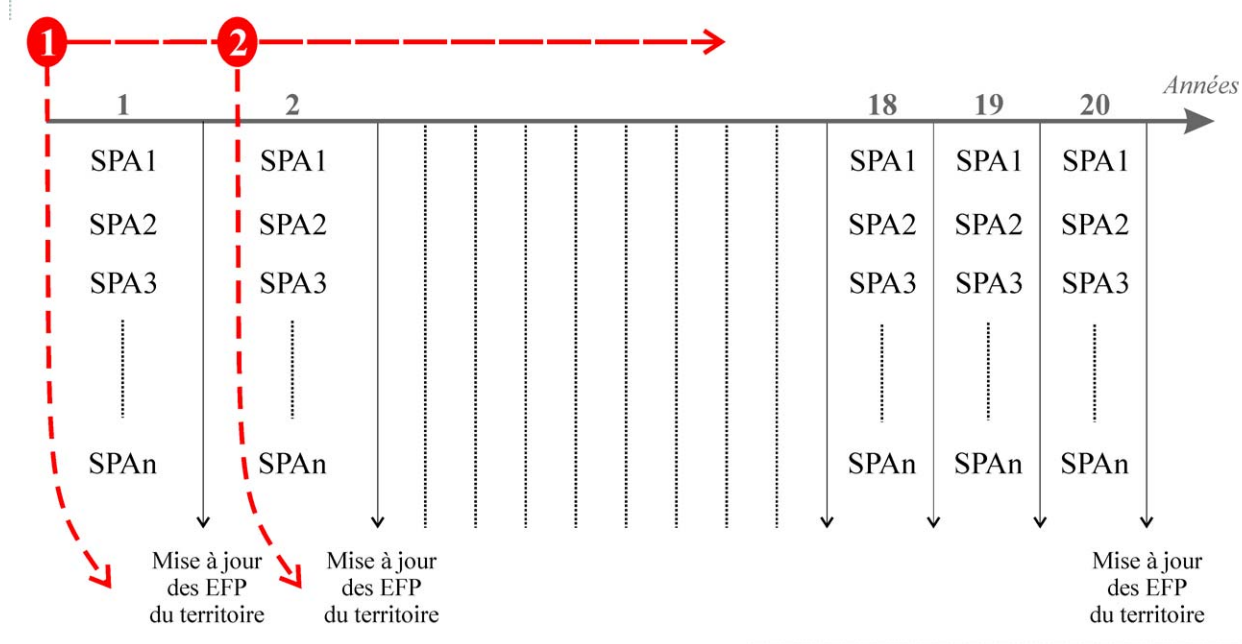
22. La simulation

Le déclenchement de la simulation entraîne la mise en musique du fonctionnement des n systèmes de production agricole présents sur le territoire chargé au sein du simulateur pendant vingt années, soit vingt campagnes agricoles.

Lors de chaque campagne agricole, chaque agriculteur essaie, comme décrit lors de la description du fonctionnement du système de production agricole représenté au sein du modèle PAYSAGRI, de réaliser ses deux objectifs principaux, c'est-à-dire la réalisation de la production fourragère nécessaire à l'alimentation du troupeau et la production d'une physionomie de son parcellaire la plus proche possible de ses attentes personnelles. Il met chronologiquement en œuvre les opérations de planification, d'affectation des usages, d'évaluation de la physionomie produite sur son parcellaire et, si nécessaire, d'entretien et d'ajustement de sa stratégie de production pour la campagne agricole suivante. À la fin de chaque campagne agricole, les conséquences de l'ensemble des pratiques agricoles mises en œuvre par l'ensemble des agriculteurs du territoire sont traduites sous la forme d'une modification des états des parcelles agricoles du territoire ; les trois variables constituant l'EFP sont modifiées et enregistrées comme nouvel état initial de la campagne agricole suivante.

Dans la réalité, au cours d'une campagne agricole donnée, les n systèmes de production agricole d'un territoire réalisent généralement leurs pratiques agricoles au même moment, c'est-à-dire de façon simultanée. Du point de vue informatique, ce phénomène peut être représenté par l'utilisation d'une machine séquentielle ou de plusieurs machines en parallèle, dans l'objectif de réaliser les opérations au même temps (COQUILLARD P. et HILL D., 1997) ; ceci n'a d'intérêt que dans le cas d'interactions entre les agents, c'est-à-dire dans le cas où, par exemple, les pratiques mises en œuvre par un agriculteur donné seraient conditionnées par les conséquences des pratiques mises en œuvre, au même moment, par un autre agriculteur. Or, la version actuelle du modèle PAYSAGRI n'intègre aucune interaction entre les agriculteurs du territoire, c'est-à-dire que la simulation de la réalisation de la campagne agricole par un agriculteur donné est totalement indépendante de celle d'un autre agriculteur pour la même campagne agricole. Ainsi, comme l'illustrent les flèches rouges de la Figure 5.3, la simulation se déroule dans l'ordre chronologique des années, au sein desquelles les systèmes de production agricole sont traités selon l'ordre croissant de leurs identifiants.

Figure 5.3 : Chronologie de la simulation



23. Les sorties de simulation

La simulation produit de multiples données, principalement stockées sous la forme de fichiers au format texte, pouvant être organisées selon quatre catégories : le journal des évènements de simulation, le tableau de bord final, les résultats synthétiques et les données cartographiques directement exportables vers un SIG.

231. Le journal des évènements de simulation

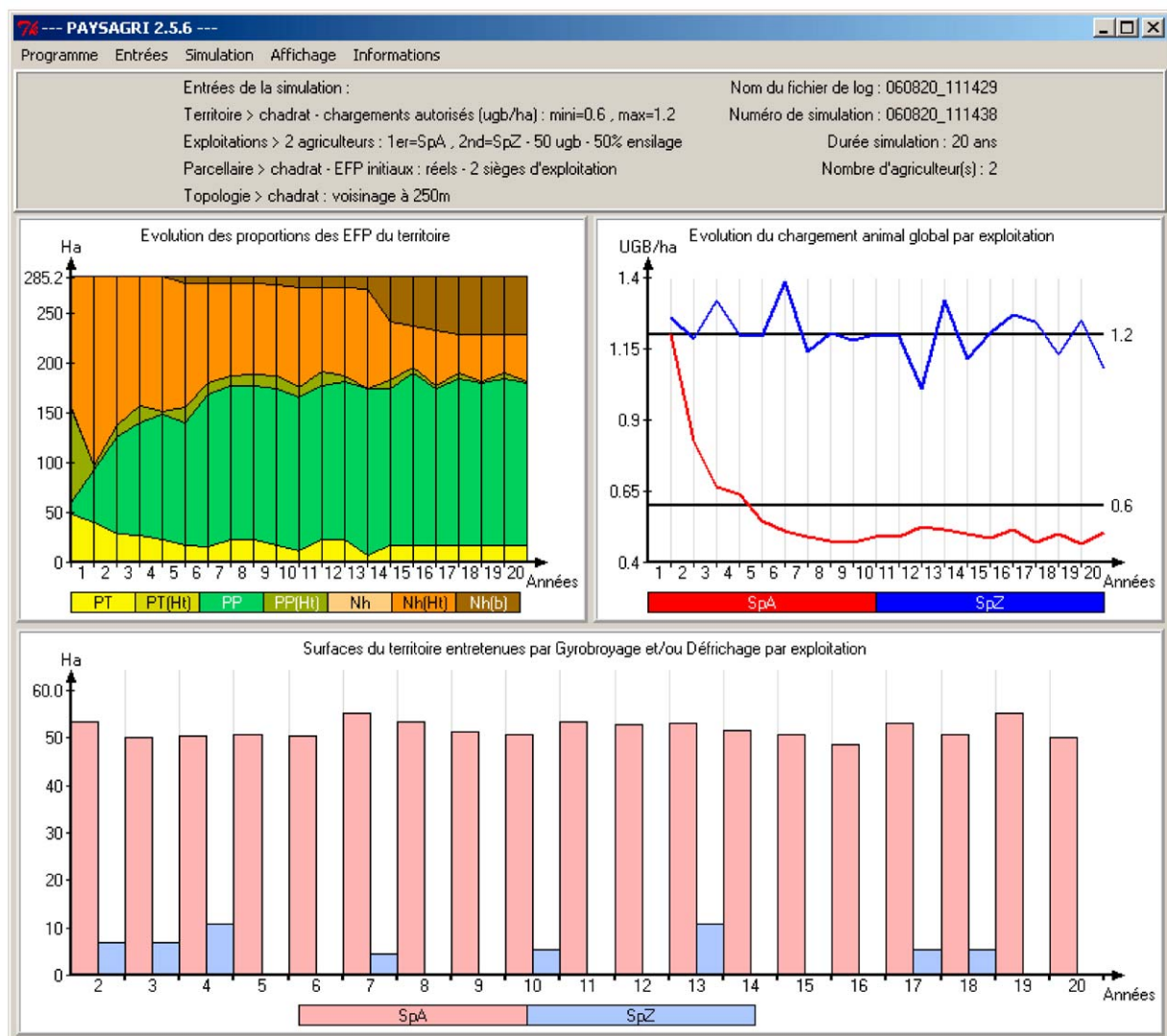
Le journal des évènements¹ de simulation contient, comme le montre l'Annexe 5.5, l'enregistrement de toutes les opérations réalisées par le simulateur au cours de la simulation. Il est très utile lors des phases de vérification et de paramétrage du modèle, mais ne présente pas un réel intérêt du point de vue de l'exploitation des résultats.

¹ Plus communément appelé, en langage informatique, le "fichier de log"

232. Le tableau de bord final

Le tableau de bord final, dont la Figure 5.4 fournit une illustration, est le premier résultat fourni par le simulateur. Récapitulatif succinct des informations initiales de la simulation (*encadré grisé haut*), il offre une synthèse graphique et chronologique de trois variables principales : l'évolution physionomique annuelle du territoire sous la forme des proportions des différents EFP (*graphique haut gauche*), l'évolution annuelle du chargement animal moyen de chaque système de production agricole (*graphique haut droite*) et les surfaces entretenues mécaniquement et annuellement par chaque système de production agricole (*graphique bas*). Ces éléments représentent un premier aperçu de la tendance des résultats de la simulation.

Figure 5.4 : Exemple de tableau de bord final d'une simulation



Le récapitulatif des informations d'initialisation de la simulation rappelle les principales caractéristiques des fichiers d'entrées de simulation : le territoire et ses chargements animal moyens minimal et maximal autorisés, le nombre de systèmes de production agricole présents sur le territoire, la sensibilité au paysage des agriculteurs, la taille des troupeaux, le rapport fourrager, le type d'état initial des EFP des parcelles agricoles du territoire et la distance de voisinage utilisée pour la construction de la topologie.

Le graphique *“Évolution des proportions des EFP du territoire”* retrace l'évolution annuelle de la physionomie du territoire. Elle est représentée par la répartition de la surface totale du territoire selon les six EFP possibles, ajoutés d'un septième [Nh-b] permettant de visualiser la surface du territoire devenue boisée et inutilisable pour les activités agricoles dans le cadre de la simulation. Chaque ligne noire verticale correspond à un état final d'une année, la colonne intérieure entre deux lignes signalant les variations de surfaces survenues au cours de cette année. Les couleurs jaune et verte mettent en évidence la proportion de surface en herbe utilisée plus ou moins régulièrement, la couleur orange indique la surface non utilisée depuis une période récente et la couleur marron signifie un début de boisement irréversible. Ce graphique permet aussi de visualiser la phase d'adaptation des systèmes de production agricole, c'est-à-dire la phase de recherche d'une organisation spatiale optimale par rapport à la réalisation de leurs objectifs ; au sein de la simulation présentée, on peut remarquer que cette phase dure au moins huit années.

Le graphique *“Évolution du chargement animal global par exploitation”* retrace l'évolution annuelle du chargement animal moyen de chacun des systèmes de production agricole. Il donne une indication sur le mode de conduite des systèmes de production agricole. Les courbes bleues représentent les systèmes de production agricole pilotés par des agriculteurs de sensibilité au paysage SpZ et les courbes rouges, les systèmes de production agricole pilotés par des agriculteurs de sensibilité au paysage SpA. Au sein de la simulation présentée, on peut noter deux conduites très différentes, l'une tendant à extensifier au maximum son mode de conduite, tandis que l'autre cherche à se maintenir au niveau du seuil de chargement maximal autorisé de 1,2 UGB/ha. Comme le précédent, ce graphique indique lorsque les systèmes de production agricole parviennent à trouver une situation équilibrée et à stabiliser leur mode de conduite.

Le graphique *“Surfaces du territoire entretenues par Girobroyage et/ou Défrichage par exploitation”* indique pour chaque année la surface entretenue mécaniquement par les agriculteurs, soit pour augmenter la surface fourragère disponible, soit dans un souci d'entretien de leur parcellaire. Les barres bleues représentent les surfaces entretenues par des systèmes de production agricole pilotés par des agriculteurs de sensibilité au paysage SpZ et les barres roses, celles entretenues par des systèmes de production agricole pilotés par des agriculteurs de sensibilité au paysage SpA. Au sein de la simulation présentée, on peut encore noter deux modes d'entretien très différents, très présent et persistant dans le cas du système de production agricole piloté par un agriculteur de sensibilité au paysage SpA et quasiment absent dans le cas du système de production agricole piloté par un agriculteur de sensibilité au paysage SpZ.

233. Les résultats synthétiques

Dans l'objectif de pouvoir réaliser des traitements de données, les principales variables de simulation sont exportées sous la forme de fichiers synthétiques au format texte. Quatre fichiers principaux sont créés au fil de la simulation.

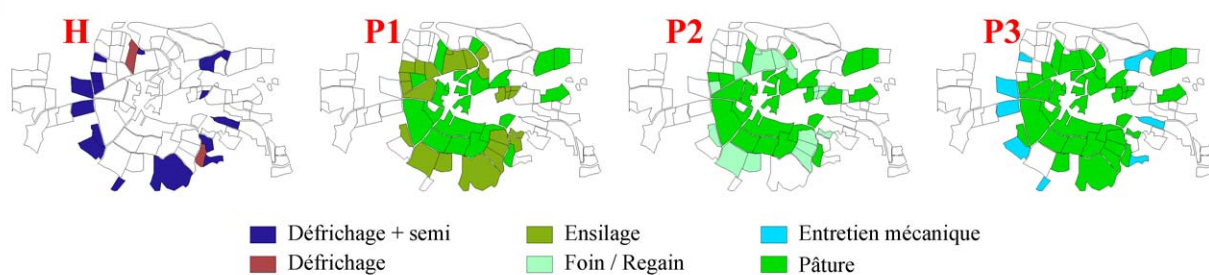
- ✖ L'enregistrement des proportions annuelles des surfaces des EFP au sein du territoire, présenté en Annexe 5.6, réplique des données utilisées pour la création du graphique "*Évolution des proportions des EFP du territoire*" du tableau de bord final, présenté précédemment.
- ✖ L'enregistrement des chargements animal moyens annuels de chaque système de production agricole, présenté en Annexe 5.7, réplique des données utilisées pour la création du graphique "*Évolution du chargement animal global par exploitation*" du tableau de bord final, présenté précédemment.
- ✖ L'enregistrement des surfaces annuelles entretenues par chacun des systèmes de production agricole, présenté en Annexe 5.8, segmenté selon les trois types d'entretien à la disposition des agriculteurs (girobroyage, débroussaillage par les animaux (sylvopastoralisme) et défrichage mécanique). Le graphique "*Surfaces du territoire entretenues par Girobroyage et/ou Défrichage par exploitation*" du tableau de bord final, présenté précédemment, est extrait de ce fichier, sans distinction entre les différents types d'entretien.
- ✖ L'enregistrement des usages affectés à chacune des parcelles agricoles du territoire par période, sur l'ensemble de la simulation. Présenté en Annexe 5.9, ce fichier est relativement lourd, puisque pour un territoire de 100 parcelles, il recense 8 000 usages. Il est une base de données intéressante, par exemple, pour l'étude de la carrière d'une parcelle agricole et la mise en relation de celle-ci avec l'évolution de sa physionomie.

234. Les données cartographiques

Un intérêt majeur du simulateur PAYSAGRI est son couplage avec un SIG. Il permet une expression cartographique de certains résultats. Deux types de données sont transférées vers un SIG.

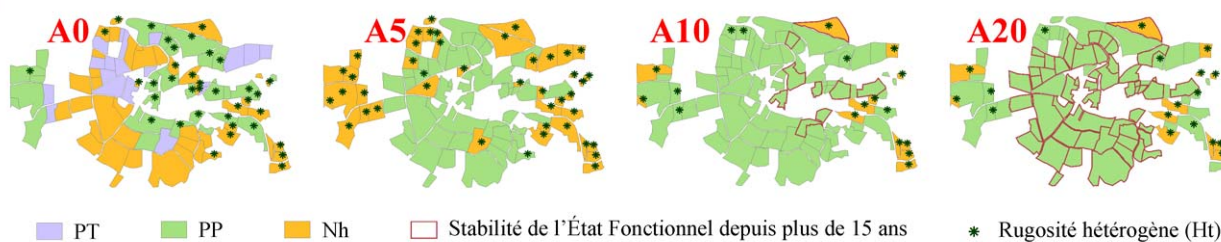
- ✖ Les usages affectés aux parcelles agricoles à chacune des périodes de la campagne agricole. Chaque simulation génère 80 fichiers exportables vers le SIG, permettant la visualisation des usages de chaque période de la simulation. Cette cartographie des usages, dont la Figure 5.5 fournit un exemple pour une campagne agricole, permet la visualisation de la répartition spatiale des pratiques agricoles au sein du territoire. Elle peut être une base de données intéressante pour la mise en œuvre d'analyses spatiales dans l'objectif d'une compréhension de l'organisation spatiale des pratiques agricoles.

Figure 5.5 : Exemples de cartes d'usages d'une campagne agricole du simulateur PAYSAGRI



✖ Les EFP du territoire. L'EFP de chacune des parcelles agricoles du territoire, est, comme cela a été expliqué, modifié à la fin de chaque campagne agricole selon la succession des usages reçue. La description des modalités de fonctionnement du modèle PAYSAGRI a suscité jusqu'ici un centrage sur l'échelle de la parcelle agricole, unité élémentaire de la prise de décision de l'agriculteur et de l'application d'une succession d'usages à l'origine de la modification de son EFP. Mais, la question initiale porte sur l'hypothèse du rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs sur les évolutions du paysage d'un territoire rural, c'est-à-dire des effets agrégés des modifications des EFP de l'ensemble des parcelles agricoles de ce territoire sous l'effet des fonctionnements parallèles des différents systèmes de production agricoles. La cartographie des EFP du territoire et de leurs évolutions au fil des années, associée aux graphiques présentés précédemment quantifiant ces modifications de la physionomie du territoire, est une échelle plus appropriée à la mise en évidence des effets spatiaux étudiés (zones toujours utilisées, zones tampon, zones régulièrement entretenues, zones abandonnées...). Chaque simulation génère ainsi 20 fichiers exportables vers le SIG, permettant la visualisation de la physionomie du territoire à différents moments de la simulation, comme l'illustre l'exemple des cartes présentées par la Figure 5.6. Elles peuvent être une base de données intéressante pour la mise en œuvre d'analyses spatiales dans l'objectif d'une compréhension des évolutions paysagères liées à l'organisation spatiale des pratiques agricoles.

Figure 5.6 : Exemple de cartes d'EFP d'une campagne agricole du simulateur PAYSAGRI



3. LE PLAN D'EXPÉRIMENTATION DU SIMULATEUR PAYSAGRI

La conception d'un simulateur a généralement pour objectif la production de résultats de simulation et leur exploitation afin de répondre à des hypothèses de travail et/ou de produire des données prospectives. Cette étape ne peut être atteinte qu'à la suite d'une vérification et d'une validation de la cohérence du fonctionnement du simulateur. Le plan d'expérimentation de simulation permet la hiérarchie de différents tests, c'est-à-dire l'organisation de différents scénarios de simulation, permettant progressivement le passage de simulations de validation à la production de résultats opérationnels. (COQUILLARD P. et HILL D., 1997)

Au sein de ce travail, le plan d'expérimentation de simulation repose sur deux jeux de données différents, qui permettent (i) une phase de vérification, validation qualitative partielle et choix des facteurs de variation de la simulation, réalisée à partir du territoire *Chadrat*, terrain réel composé d'une centaine de parcelles agricoles, dont l'objectif est l'observation du fonctionnement du système de production agricole représenté par le modèle PAYSAGRI, (ii) une phase de production de données à l'échelle du territoire *TerraX*, terrain virtuel composé de 2 000 parcelles agricoles, dont la surface plus importante permet l'observation d'effets d'agrégation du fonctionnement de plusieurs systèmes de production agricole sur sa physiologie.

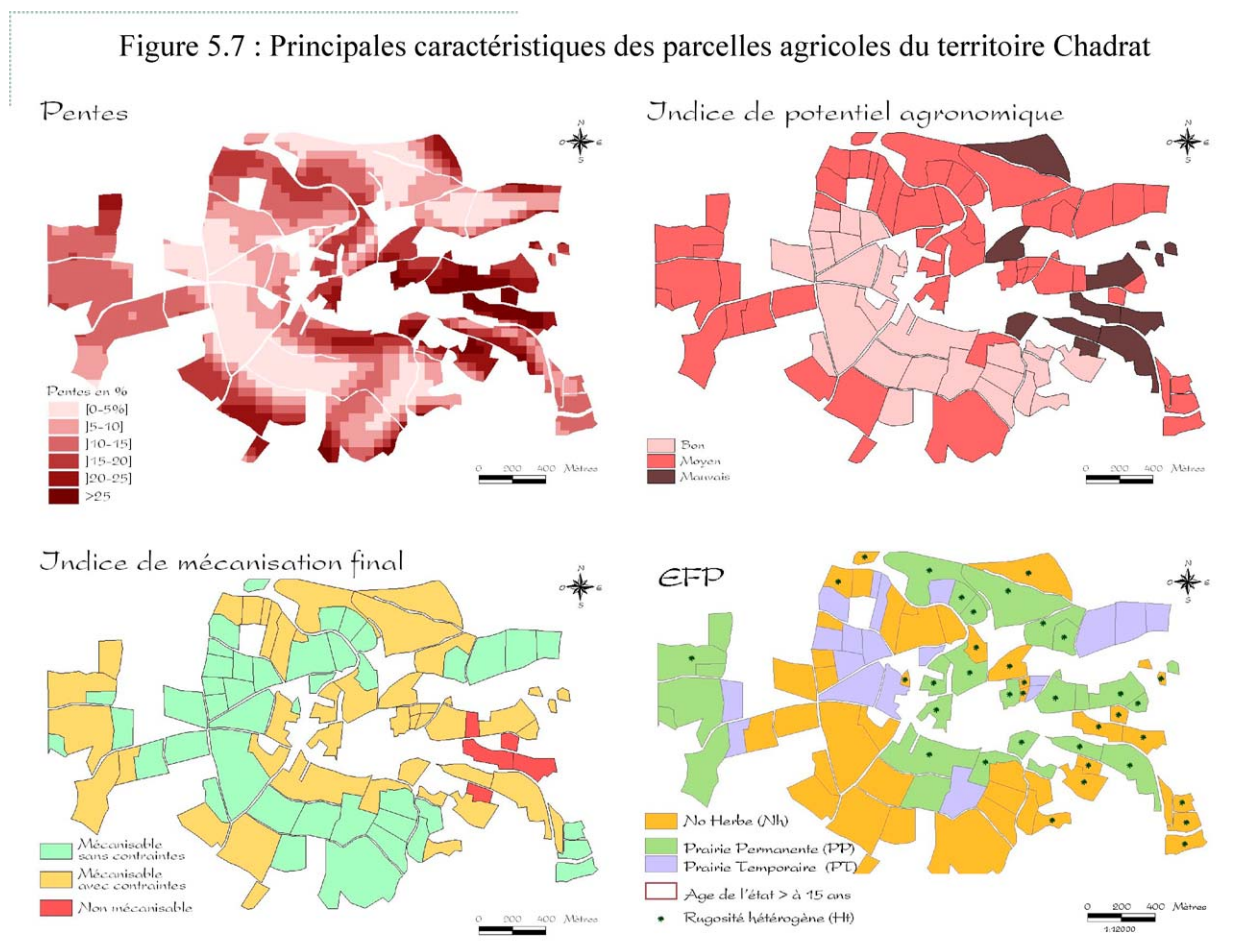
31. Chadrat : vérification, calibration et choix des facteurs de simulation

Cette première étape du plan d'expérimentation de simulation a pour objectifs principaux (i) la validation de la cohérence du fonctionnement du système de production agricole représenté par le modèle PAYSAGRI ; (ii) la définition des facteurs les plus adaptés à la production de résultats à partir du simulateur. Elle est construite de façon à observer principalement le fonctionnement d'un unique système de production agricole et ses variations induites par les différentes modalités des facteurs de la simulation.

311. Le territoire Chadrat

Cette première phase de simulation, partie du processus de construction du modèle PAYSAGRI, utilise le territoire *Chadrat*. Chacune des 94 parcelles agricoles de ce territoire est caractérisée à partir des observations de terrain réalisées et/ou des documents d'expertise locale existants, comme détaillé lors de la présentation de la modélisation du territoire au sein de la description du modèle PAYSAGRI.

La Figure 5.7 résume les principales caractéristiques des parcelles agricoles sous la forme de la carte des pentes, de la carte du potentiel agronomique, de la carte de l'indice de mécanisation et de la carte des EFP des parcelles agricoles.



D'après ces différentes données, le territoire *Chadrat* présente une hétérogénéité intéressante pour les tests de simulation. Outre une forte variabilité des caractéristiques des parcelles agricoles – surface moyenne d'environ 3 ha avec un minimum de 0,16 ha et un maximum de 14,52 ha, formes très variables –, il regroupe trois zones aux potentialités agricoles très différentes : une cuvette (*zone centre ouest*) de terrains de bon potentiel agronomique et peu contraignants, le versant d'un plateau (*zone nord*) relativement pentu et de faible potentiel agronomique et une petite vallée (*zone centre est*) où un enchevêtrement de petites parcelles cumulent multiples contraintes de pente, d'accès et de faible potentiel agronomique. Ces deux dernières zones présentent des couverts végétaux plus hétérogènes, moins entretenus, que la zone de cuvette.

Les caractéristiques physiques et la couverture végétale du territoire sont généralement des facteurs ayant une influence forte et un rôle structurant dans l'organisation spatiale des activités agricoles. Ils sont donc des éléments importants à prendre en compte au sein des simulations. Les effets des caractéristiques initiales du territoire *Chadrat* doivent être évalués. Il s'agit (i) de vérifier la sensibilité des règles de fonctionnement du modèle PAYSAGRI aux caractéristiques initiales du territoire *Chadrat*, (ii) d'isoler les effets des caractéristiques initiales du territoire *Chadrat* sur les modifications de la physionomie des parcelles agricoles du territoire, afin de ne pas les confondre avec d'autres effets liés à d'autres facteurs. Ces caractéristiques initiales du territoire *Chadrat* ont donc été traduites sous la forme de deux facteurs de simulation à tester :

- ✖ Un facteur *contrainte* CONT : il représente l'ensemble des caractéristiques physiques des parcelles agricoles du territoire, c'est-à-dire à la fois la pente et le potentiel agronomique. Il comporte deux modalités : (i) CONT-*avcon* qui représente les conditions réelles du terrain, extraites des observations ; (ii) CONT-*sscon* qui représente l'absence totale de contrainte, soit des parcelles agricoles équivalentes, sans pente et avec un potentiel agronomique optimal. Ce facteur implique la création de deux fichiers d'entrée *parcellaire.psg* différents, l'un avec les valeurs réelles, l'autre avec des valeurs abondant dans le sens d'une absence totale de contrainte.
- ✖ Un facteur *efp_initial* INIT : il représente l'état physionomique des parcelles agricoles du territoire au début de la simulation. En effet, si les caractéristiques physiques du territoire sont structurantes de l'organisation des pratiques agricoles, la végétation est aussi un facteur influençant l'agriculteur, d'autant plus si celui-ci recherche à atteindre un objectif physionomique sur son parcellaire. Ce facteur comporte deux modalités : (i) INIT-*reel* qui représente la couverture végétale réelle du terrain, extraite des observations ; (ii) INIT-*tpp* qui représente un état initial homogène où chacune des parcelles agricoles est caractérisée par le même EFP [PP-1-Hm], une couverture végétale herbacée, de rugosité homogène et de même âge initial. Ce facteur implique la création de deux fichiers *parcellaire.psg* différents, l'un avec les EFP réels, l'autre uniquement renseigné avec des EFP [PP-1-Hm].

312. Le système de production agricole

Le fonctionnement d'un système de production agricole est lié à de nombreux facteurs, dont une majorité pourrait être des facteurs de simulation à tester – puisque modifiables par le biais de la configuration des fichiers d'entrées *exploitation.psg* du simulateur –. Mais, afin de ne pas multiplier le nombre de simulations, seulement les facteurs présentant un intérêt majeur pour la question traitée, plus particulièrement pour l'entretien des parcelles agricoles du parcellaire selon les modalités de fonctionnement du système de production agricole définies au sein du modèle PAYSAGRI, ont été retenus :

- ✖ Un facteur *typeagriculteur* AGRI : il représente la sensibilité au paysage de l'agriculteur, c'est-à-dire la stratégie paysagère intégrée au sein des règles de conduite du système de production agricole. Il comporte deux modalités : (i) AGRI-A qui représente un agriculteur de sensibilité au paysage SpA, plutôt sensible au paysage de son territoire ; (ii) AGRI-Z qui représente un agriculteur de sensibilité au paysage SpZ, plutôt sensible à l'esthétique de ses parcelles agricoles préférées, c'est-à-dire celles de fort potentiel agronomique. Ce facteur implique la création de plusieurs fichiers d'entrée *exploitations.psg* différents, certains avec uniquement des agriculteurs de type SpA, d'autres avec uniquement des agriculteurs de type SpZ et enfin, d'autres avec un mélange des deux types d'agriculteurs.
- ✖ Un facteur *chargeanimale_spa* CSPA : il représente la charge animale initiale du système de production agricole sous la forme d'un nombre moyen d'UGB. Il comporte deux modalités : (i) CSPA-sous qui représente un système de production agricole dont la charge animale est largement inférieure à ses possibilités fourragères, c'est-à-dire un troupeau de petite taille par rapport aux surfaces disponibles² ; (ii) CSPA-equil qui représente un système de production agricole dont la charge animale est en adéquation avec ses capacités fourragères. Ce facteur implique la création de plusieurs fichiers d'entrée *exploitations.psg* différents, certains avec des systèmes de production agricole sous chargés, d'autres avec des systèmes de production agricoles surchargés.
- ✖ Un facteur *ratiofourrage* RFOU : il représente la répartition entre la quantité de fourrages récoltés au printemps (période P1), principalement de type ensilage d'herbe, et celle récoltée plus tardivement (période P2), de type foin et/ou regain. Cette répartition des récoltes influence l'utilisation des parcelles agricoles mécanisables et à fort potentiel agronomique ; elle est un facteur important de l'utilisation de l'espace agricole. Il comporte trois modalités : (i) RFOU-25 : 25% de la quantité de fourrages est récoltée au printemps ; (ii) RFOU-50 : 50% de la quantité de fourrages est récoltée au printemps ; (iii) RFOU-75 : 75% de la quantité de fourrages est récoltée au printemps. Ce facteur implique la création de plusieurs fichiers d'entrée *exploitations.psg* différents, présentant les différents cas de figure d'organisation des récoltes pour chacun des systèmes de production agricole.

313. Les simulations

Cette première phase du plan d'expérimentation de simulation est relativement importante du point de vue du calibrage des variables et des règles de fonctionnement du modèle PAYSAGRI. La multitude d'allers-retours entre les premiers résultats de simulation et la réalité observée ne fait pas l'objet d'une description détaillée au sein de ce travail ; elle est néanmoins importante à noter, puisqu'elle est à l'origine du

² L'adéquation de la taille du troupeau est évaluée en référence aux cas-types locaux, c'est-à-dire selon un fonctionnement courant du système de production agricole et selon des chargements animaux moyens à l'hectare généralement pratiqués sur cette zone géographique, conditions initiales de toute simulation.

paramétrage des algorithmes développés à partir du modèle PAYSAGRI, ainsi que de la vérification de la cohérence globale des résultats produits par le fonctionnement du simulateur.

À titre d'exemple, cette première phase de simulation est à l'origine de la définition d'une zone de validité des résultats produits par le fonctionnement du simulateur. En effet, au cours des simulations, il est apparu que certaines règles de fonctionnement du système de production agricole laissaient une trop grande liberté à l'agriculteur, lui permettant la mise en œuvre d'ajustements peu réalistes de son système de production agricole (sous-chargement animal extrême ne permettant plus l'entretien des couverts végétaux par les animaux au sens où il avait été défini dans le modèle ; adjonction de consommations fourragères trop faibles pour une couverture correcte des besoins du troupeau...); ces valeurs extrêmes, non conformes à une situation envisageable dans la réalité, remettaient en cause les résultats produits par les simulations. Des algorithmes de contrôle ont été développés et permettent, en cas d'apparition de ces valeurs, de considérer la simulation, c'est-à-dire la combinaison correspondante des différents facteurs testés, comme non "réaliste" et non représentable par le modèle PAYSAGRI, et d'avorter la poursuite de sa simulation.

La première phase de simulation représente le fonctionnement d'un unique système de production agricole sur le territoire *Chadrat*, considéré comme un unique parcellaire. Elle combine toutes les modalités des facteurs de simulation résumés au sein du tableau de la Figure 5.8.

Figure 5.8 : Résumé des facteurs de simulation et de leurs modalités

Facteurs liés au territoire		Facteurs liés au système de production agricole		
EFP initiaux INIT	Contrainte physique CONT	Type d'agriculteur AGRI	Charge animale CSPA	Ratio de fourrage RFOU
2 modalités : tpp reel	2 modalités : sscon avcon	2 modalités : spa spz	2 modalités : sous equi	3 modalités : 25% 50% 75%

Comme l'explique l'Annexe 5.10, elle implique 48 simulations. Excluant 4 simulations avortées, cette première phase de simulation fournit 44 résultats, dont le tableau synthétique est présenté en Annexe 5.11. L'exploitation de ces données est réalisée selon (i) une analyse de la variance des variables représentant les proportions des EFP finaux, afin de mesurer les effets des différents facteurs testés, (ii) une analyse visuelle des cartes des EFP finaux, afin de discuter et d'approfondir les résultats statistiques. Ces deux phases d'analyse permettent de dégager certains enseignements, utiles à l'orientation de la seconde phase du plan d'expérimentation de simulation.

3131. Approche statistique de l'ensemble des résultats de simulation

Les variables synthétiques des proportions des EFP finaux sont testées par plusieurs analyses statistiques, réalisées à partir du logiciel STATISTICA, dans l'objectif de mettre en évidence les effets des différents facteurs de simulation testés.

Dans un premier temps, les données enregistrées pour chacune des variables sont soumises, de façon indépendante, à une analyse de variance effets principaux³, permettant la mise en évidence des effets indépendants des différents facteurs testés. Les tableaux synthétiques de ces analyses, présentés en Annexe 5.12, indiquent un effet très significatif⁴ des facteurs de simulation AGRI et CSPA sur les proportions des EFP finaux et un effet très significatif des facteurs de simulation AGRI, INIT et CONT sur la surface entretenue par l'agriculteur. En outre, le facteur de simulation RFOU ne semble présenter aucun effet.

Dans un deuxième temps, les facteurs de simulation isolés comme significatifs, AGRI, INIT, CONT et CSPA, sont conservés pour un traitement par une analyse de variance factorielle, permettant de mettre en évidence les éventuelles interactions entre facteurs. La Figure 5.9 présente le tableau synthétique de cette seconde phase d'analyse statistique.

Figure 5.9 : Tableau synthétique de l'analyse de variance factorielle

Facteur	Test de Wilks	Test de Fischer	Effet dl	Erreur dl	Probabilité
AGRI	0,003561	1748,9	4	25	0,0000
INIT	0,264942	17,34	4	25	0,0000
CONT	0,646632	3,42	4	25	0,0232
CSPA	0,010331	598,72	4	25	0,0000
AGRI*INIT	0,305416	14,21	4	25	0,0000
AGRI*CONT	0,487938	6,56	4	25	0,0009
INIT*CONT	0,688124	2,83	4	25	0,0458
AGRI*CSPA	0,085173	67,13	4	25	0,0000
INIT*CSPA	0,511346	5,97	4	25	0,0016
CONT*CSPA	0,869673	0,94	4	25	0,4589
AGRI*INIT*CONT	0,578636	4,55	4	25	0,0067
AGRI*INIT*CSPA	0,357778	11,22	4	25	0,0000
AGRI*CONT*CSPA	0,773595	1,83	4	25	0,1547
INIT*CONT*CSPA	0,524368	5,67	4	25	0,0021
AGRI*INIT*CONT*CSPA	0,566792	4,78	4	25	0,0053

■ Effet très significatif ■ Effet significatif □ Effet non significatif

³ Le nombre de degrés de liberté (48) étant supérieur au nombre d'individus étudiés (44), il n'est pas possible de réaliser une analyse de variance factorielle, nécessaire à la mise en évidence d'éventuelles interactions entre tous les facteurs de simulation. Dans un premier temps, plusieurs analyses de variances effets principaux séparées sont donc réalisées, afin d'isoler les facteurs de simulation n'ayant pas d'effet significatif. Dans un deuxième temps, seuls les facteurs de simulation ayant un effet significatif dans la modification des EFP sont traités à l'aide d'une analyse de variance factorielle.

⁴ Probabilité du test de FISCHER inférieure à 0,01.

L'analyse de variance factorielle confirme les résultats des analyses de variance précédentes. D'un strict point de vue statistique, les quatre facteurs de simulation, ainsi que leurs interactions, ont des effets significatifs sur les proportions des EFP finaux du territoire : AGRI, le type d'agriculteur selon sa sensibilité au paysage, INIT, l'état initial des EFP du territoire, CONT, le niveau de contrainte physique du territoire et CSPA, la charge animale initiale du système de production agricole.

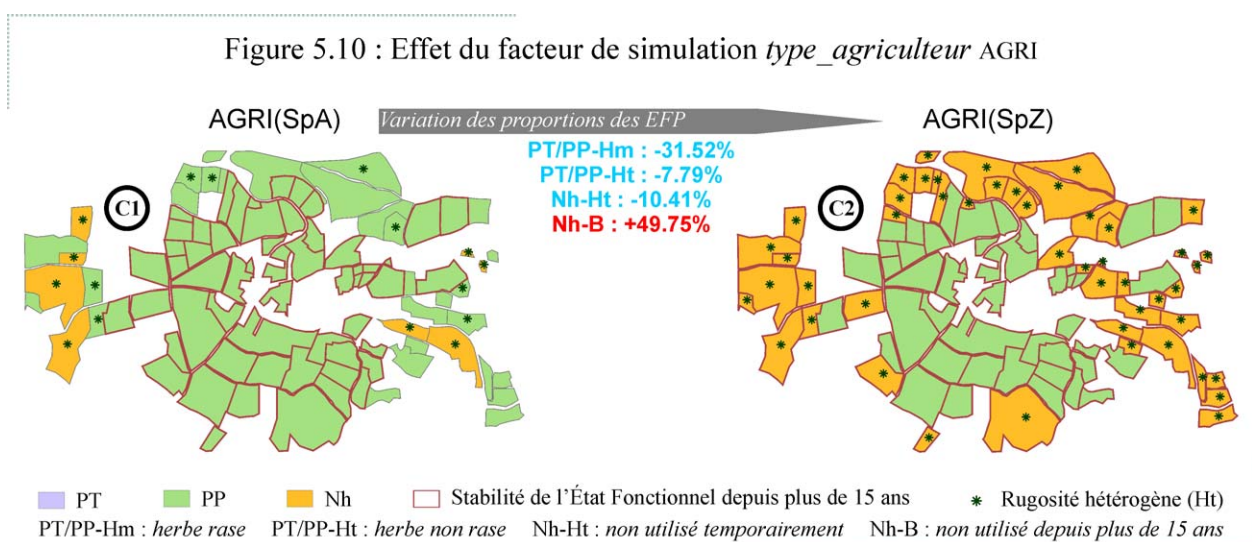
L'existence de nombreuses interactions significatives entre les différents facteurs de simulation indique que les effets principaux de chacun des facteurs de simulation sont liés aux modalités des autres facteurs de simulation ; l'approche cartographique des proportions des EFP finaux est nécessaire pour approfondir ces relations entre les différentes modalités des facteurs de simulation.

3132. Approche cartographique visuelle des effets des facteurs de simulation

L'analyse visuelle des cartes des EFP finaux du territoire issues des simulations est réalisée à partir de l'ensemble des cartes des simulations obtenues. Dans le cadre de ce manuscrit, seulement quelques exemples sont présentés afin d'illustrer le propos et de pouvoir discuter des effets et de l'intérêt des facteurs de simulation testés.

Le facteur *type agriculteur* AGRI

La Figure 5.10 met en parallèle les cartes des EFP finaux du territoire issues de simulations ayant pour seule différence les modalités du facteur de simulation AGRI, c'est-à-dire la sensibilité au paysage de l'agriculteur pilote du système de production agricole.



Les deux cartes, associées à la variation des proportions des EFP finaux du territoire, traduisent, de façon très nette, la différence de proportion des différents EFP finaux du territoire selon le type d'agriculteur. La carte C1, correspondant à l'agriculteur SpA, contient une majorité d'EFP [PP] correspondant à des surfaces herbagères régulièrement utilisées, tandis que la carte C2, correspondant à l'agriculteur SpZ, montre presque autant d'EFP [PP] que d'EFP [Nh], soulignant une utilisation plus réduite des parcelles agricoles du territoire.

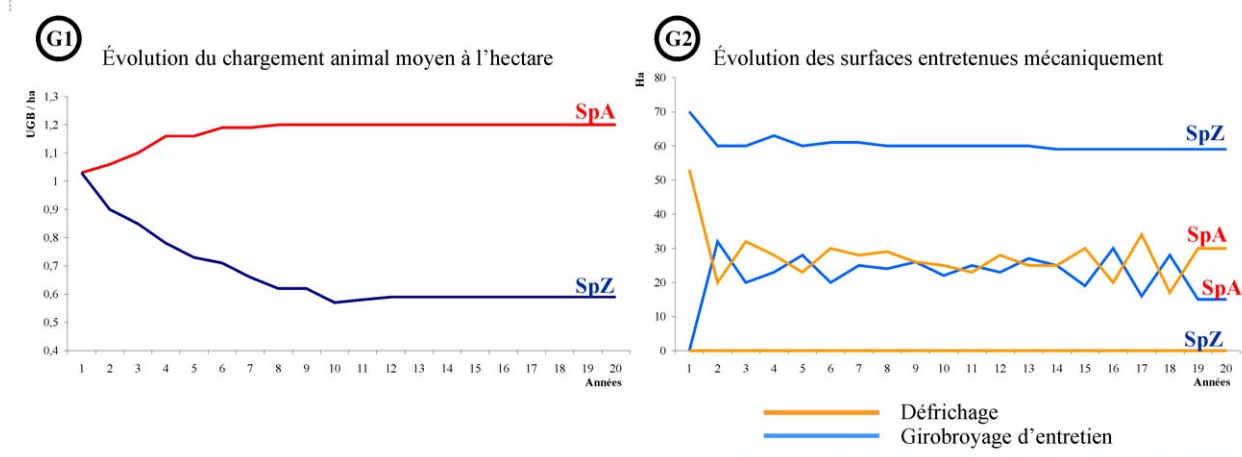
Deux observations sont intéressantes à noter :

- ✖ Les bordures bordeaux de certaines parcelles agricoles : elles signalent une persistance de l'EFP depuis plus de 15 années consécutives ; elles permettent de visualiser les surfaces du territoire toujours exploitées et/ou les surfaces du territoire systématiquement inutilisées. Ainsi, la carte C2 signale une utilisation relativement figée du territoire, tandis que la carte C1 indique, sur les parcelles agricoles de la couronne extérieure du territoire, une utilisation moins régulière et/ou plus récente ; par exemple, ceci pourrait signifier que les parcelles agricoles d'EFP [Nh] présentent un état d'abandon peu avancé, voire peut-être provisoire.
- ✖ La présence d'astérisques verts au sein de certaines parcelles agricoles⁵ : elle indique une certaine rugosité de l'EFP, c'est-à-dire une physionomie hétérogène du couvert végétal, dont l'origine est l'absence totale ou l'irrégularité des pratiques agricole et/ou de l'entretien. La différence notable entre les deux cartes est l'absence d'astérisques au sein de la carte C2 : l'agriculteur SpZ apporte un soin particulier à l'entretien des surfaces en herbe par un gyrobroyage régulier des refus.

Ces différences majeures sont le fait des deux stratégies spatiales opposées, dictées par la sensibilité au paysage de l'agriculteur, définis comme le facteur principal du modèle PAYSAGRI. La Figure 5.11 illustre, à l'aide des indicateurs globaux du fonctionnement du système de production agricole, les grandes différences de la conduite du système de production agricole mises en œuvre par ces deux types d'agriculteur. Les différences de proportions des EFP finaux entre les deux cartes sont en corrélation avec les différences enregistrées au sein des résultats synthétiques des stratégies spatiales mises en œuvre par les deux types d'agriculteurs. Elles s'expliquent principalement par (i) deux modes de valorisation différents des surfaces disponibles du parcellaire, mis en évidence par le chargement animal moyen à l'hectare, dont l'évolution est visible sur la graphique G1, (ii) deux stratégies d'ajustement physionomique du parcellaire différentes, illustrées par le graphique G2.

⁵ L'astérisque vert au sein des parcelles agricoles d'EFP [Nh] est logique : ces parcelles agricoles sont non utilisées et présentent donc un couvert végétal de physionomie hétérogène. Il renforce la symbolique d'abandon de la parcelle agricole.

Figure 5.11 : Différence de conduite du système de production agricole selon le facteur de simulation *type_agriculteur* AGRI



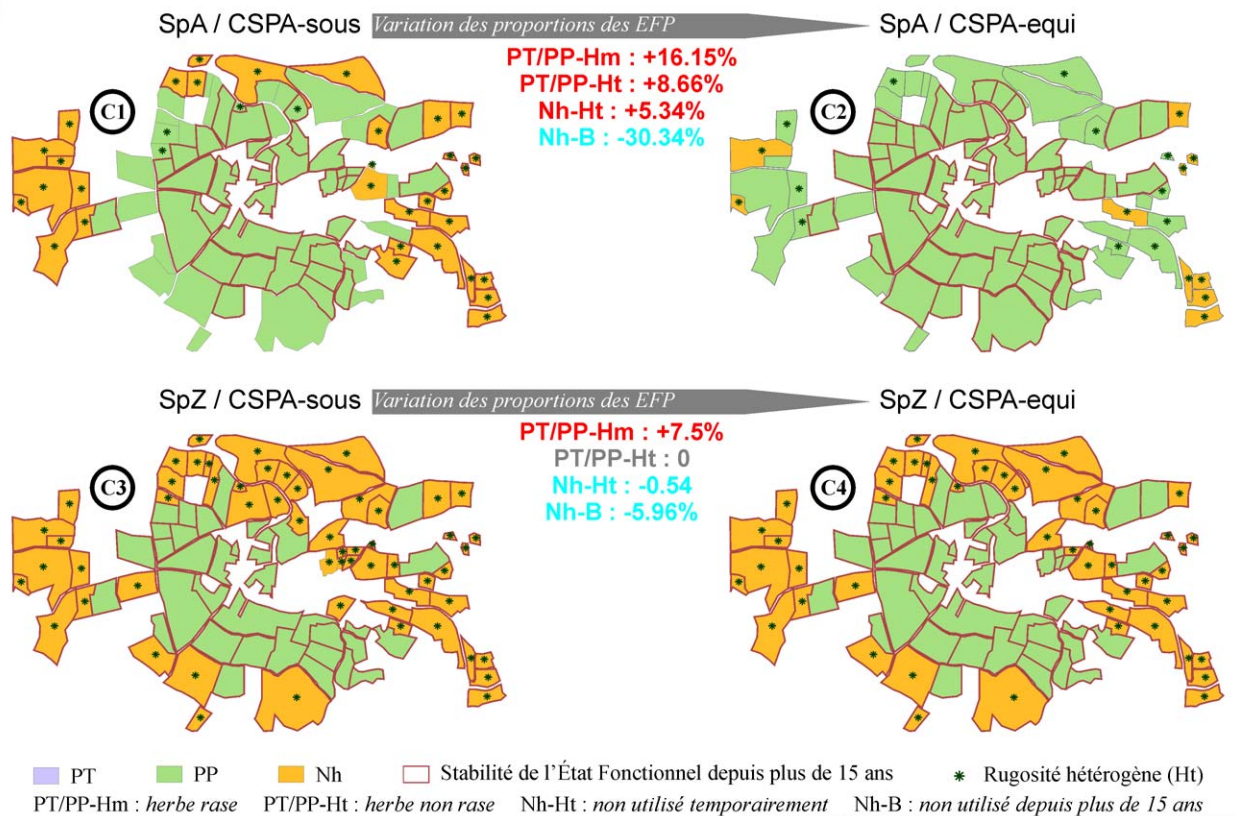
Conformément aux règles de construction du modèle, l'agriculteur SpA valorise au maximum l'ensemble de la surface disponible de son parcellaire à l'aide d'une conduite extensive des surfaces fourragères et d'un entretien permanent sous la forme soit de défrichage, soit d'un gyrobroyage régulier des parcelles agricoles non utilisées. A contrario, l'agriculteur SpZ n'utilise que la surface minimale nécessaire à la production fourragère et met en œuvre une conduite plus intensive des surfaces fourragères, assistée d'un gyrobroyage très régulier de ces mêmes surfaces afin d'en préserver le potentiel fourrager ; il laisse l'autre partie de son parcellaire, jugée inutile à son système de production agricole, à l'abandon, sans défrichage.

Le facteur charge animale spa CSPA

La Figure 5.12 met en parallèle les cartes des EFP finaux du territoire issues de simulations ayant pour seule différence les modalités du facteur de simulation CSPA, c'est-à-dire la charge animale initiale du système de production agricole, correspondant à la taille moyenne du troupeau que doit nourrir le système de production agricole. Chaque ligne de cartes présente une série de deux simulations du même système de production agricole, dont la charge animale initiale double de gauche à droite. Les cartes C1 et C2 présentent le cas d'un système de production agricole piloté par un agriculteur SpA, tandis que les cartes C3 et C4 présentent celui d'un système de production agricole piloté par un agriculteur SpZ.

La comparaison des cartes C1 et C2 met en évidence une forte différence de proportion des EFP finaux du territoire, principalement une forte augmentation de la proportion des EFP [PP] au sein de carte C2. Cette différence correspond à l'augmentation de la taille du troupeau, permettant à l'agriculteur l'utilisation d'une plus grande surface de son parcellaire. Dans le cas de cet agriculteur de type SpA, l'augmentation de la surface nécessaire à la production fourragère libère certaines parcelles agricoles d'un entretien par gyrobroyage annuel obligatoire, augmentant ainsi la capacité d'entretien et de défrichage du système de production agricole et permettant l'entrée au sein du système de production de nouvelles parcelles agricoles plus éloignées ; ceci explique la disparition de la plupart des EFP [Nh] entre les cartes C1 et C2.

Figure 5.12 : Effet du facteur de simulation *charge_animale_spa* CSPA

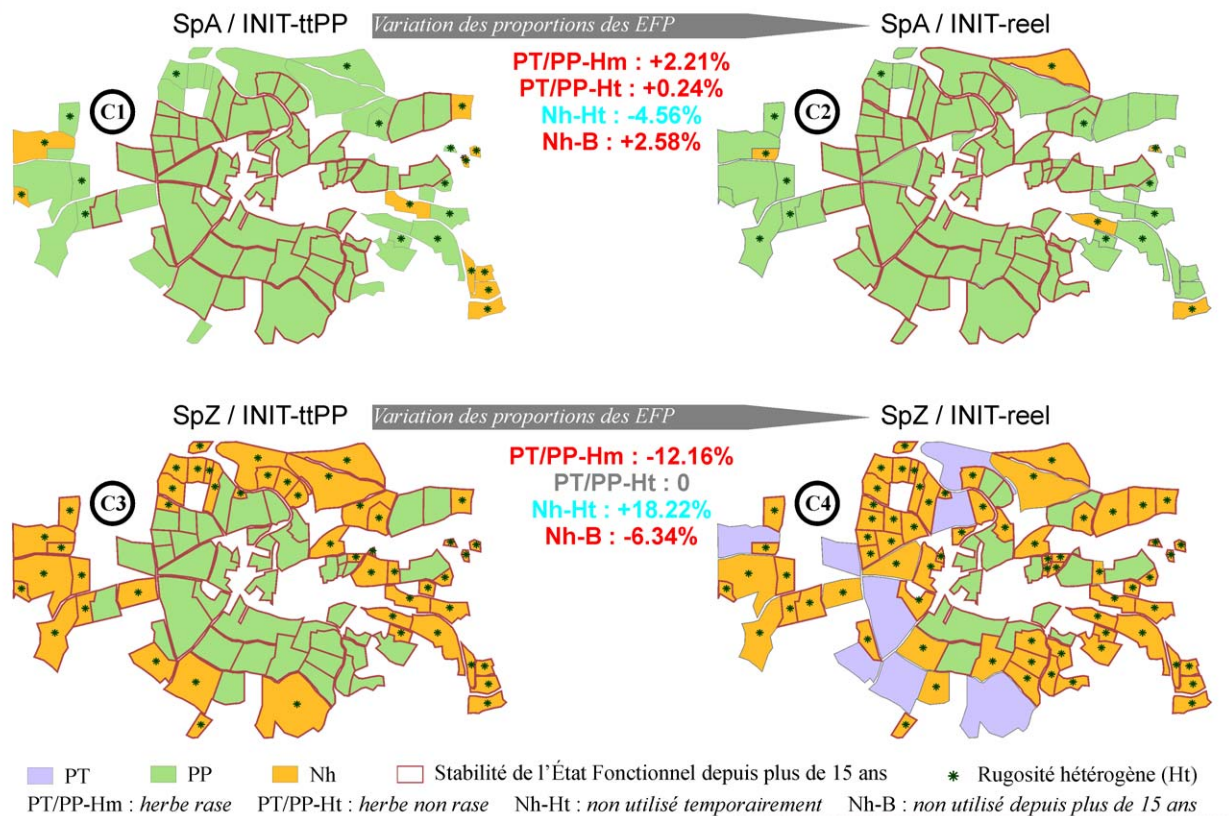


En outre, la différence entre les cartes C3 et C4 est peu visible et reste, selon la variation des proportions des EFP du territoire, relativement restreinte face à l'augmentation du troupeau subie. Il semble que le système de production agricole piloté par un agriculteur SpZ soit peu sensible à la variation de ce facteur, sans doute du fait de sa capacité à conduire les surfaces utilisées de façon relativement intensive, ce qui permet leur valorisation maximale et l'amortissement de l'augmentation d'effectif du troupeau.

Le facteur *efp_initial* INIT

La Figure 5.13 met en parallèle les cartes des EFP finaux du territoire issues de simulations ayant pour seule différence les modalités du facteur de simulation INIT, c'est-à-dire l'état initial physionomique du territoire, correspondant aux types initiaux et à la répartition des EFP au sein du parcellaire. Chaque ligne de cartes présente une série de deux simulations du même système de production agricole, dont la carte de gauche correspond à un état initial homogène composé uniquement d'EFP [PP], tandis que la carte de droite correspond à un état initial plus diversifié. Les cartes C1 et C2 présentent le cas d'un système de production agricole piloté par un agriculteur SpA, tandis que les cartes C3 et C4 présentent celui d'un système de production agricole piloté par un agriculteur SpZ.

Figure 5.13 : Effet du facteur de simulation *efp_initiaux* INIT

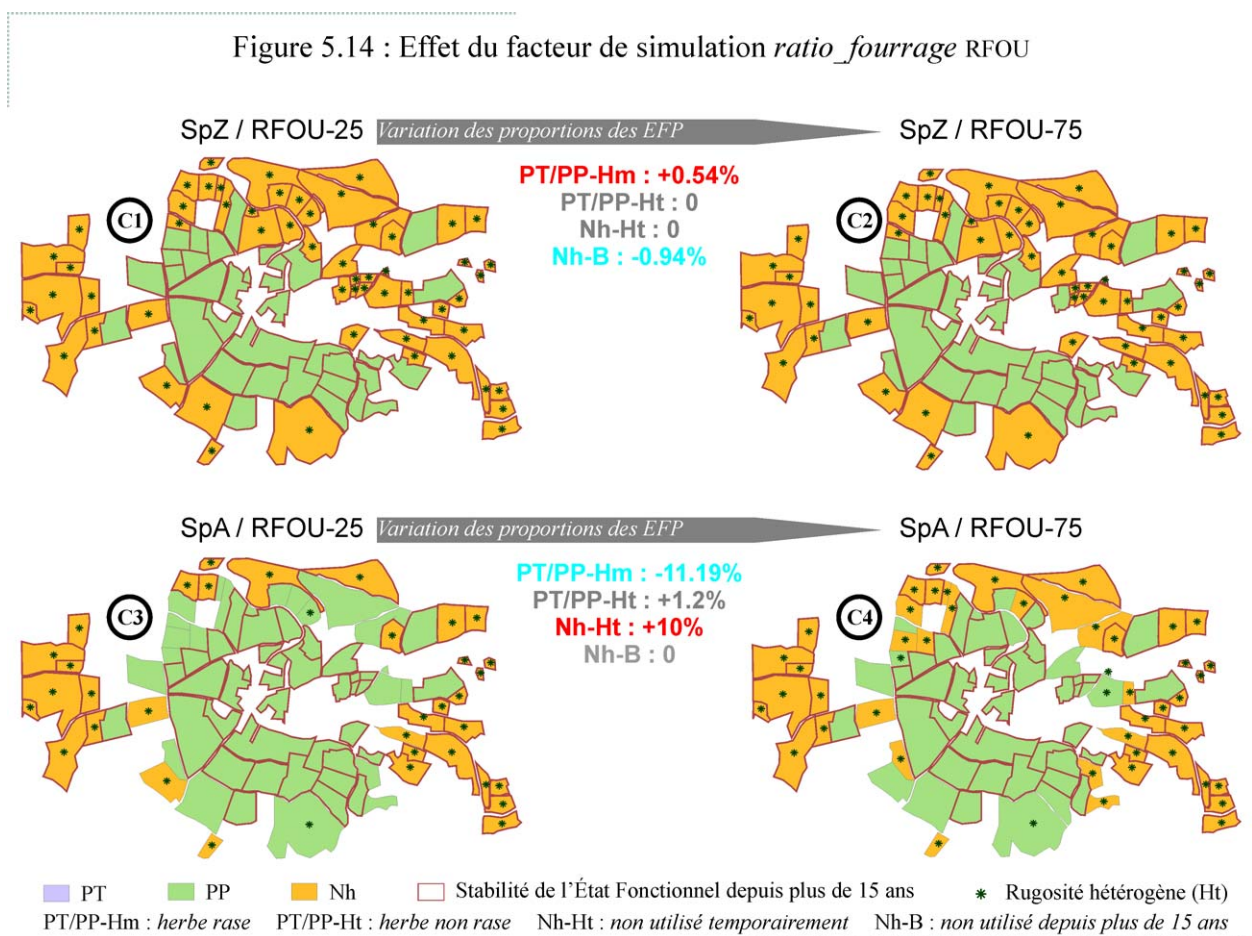


La comparaison des cartes C1 et C2 ne révèle pas de différence significative de la répartition des EFP finaux. Cette tendance, confirmée par la variation des proportions des EFP du territoire, indique que le système de production agricole piloté par un agriculteur SpA est peu sensible aux variations de ce facteur de simulation. L'objectif de ce type d'agriculteur étant l'utilisation maximale de la surface disponible de son parcellaire, il tend, quels que soient les EFP présents sur son parcellaire à l'origine, à un parcellaire uniquement composé d'EFP [PP], plus adaptés à une conduite plutôt extensive.

En outre, les cartes C3 et C4 présentent plus de différences, notamment avec l'apparition de parcelles agricoles violettes signalant l'EFP [PT], synonymes de parcelles agricoles à haut potentiel fourrager, retournées régulièrement. Dans le cas de l'agriculteur SpZ, ces parcelles agricoles sont la priorité du système de production agricole : elles sont peu contraignantes et permettent une intensification de leur conduite. Il est intéressant de remarquer qu'elles sont situées au sein de l'ensemble du parcellaire, sans prise en compte de la contrainte de distance ; les EFP [PT] sont entretenus par gyrobroyage si nécessaire pour conserver au système de production agricole son haut potentiel fourrager. Un système de production agricole piloté par un agriculteur SpZ est donc plus sensible à l'état initial de la végétation puisqu'il conditionne plus fortement l'avenir de chacune des parcelles agricoles selon la valeur de son EFP ; selon la stratégie de ce type d'agriculteur, il est en effet plus simple d'entretenir une configuration de parcellaire de haut potentiel fourrager, même dispersée, plutôt que de chercher à défricher et/ou entretenir des parcelles agricoles plus proches, mais de moins bonne qualité agronomique.

Le facteur *ratio fourrage* RFOU

La Figure 5.14 met en parallèle les cartes des EFP finaux du territoire issues de simulations ayant pour seule différence la variation des modalités du facteur RFOU, c'est-à-dire la proportion de fourrages récoltés au printemps. Chaque ligne de cartes présente une série de deux simulations du même système de production agricole, dont la proportion de fourrages récoltés au printemps augmente de gauche à droite. Les cartes C1 et C2 présentent le cas d'un système de production agricole piloté par un agriculteur SpZ, tandis que les cartes C3 et C4 présentent celui d'un système de production agricole piloté par un agriculteur SpA.



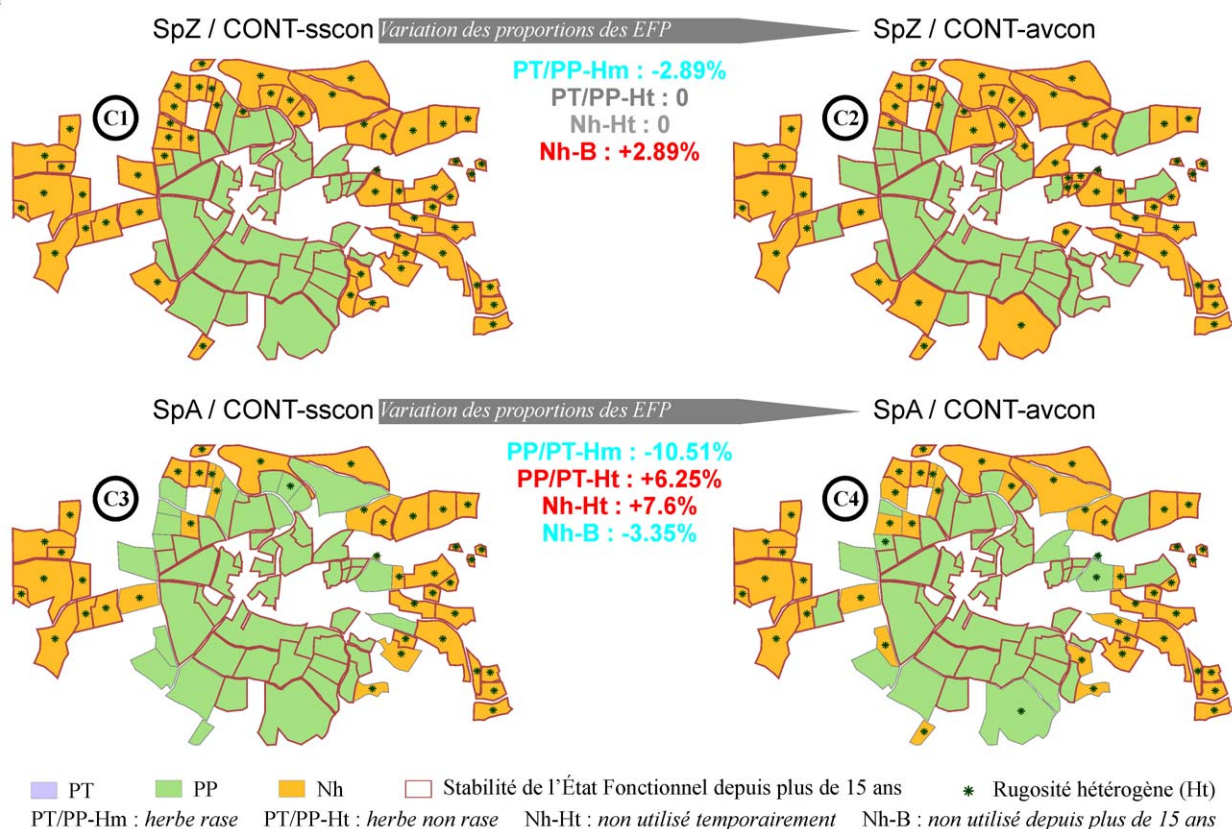
La comparaison des cartes C1 et C2 ne permet pas la mise en évidence d'une différence notable de l'organisation spatiale des EFP finaux entre les différentes modalités de récolte du fourrage. De plus, la variation des proportions des EFP finaux du territoire confirme que l'utilisation des parcelles agricoles par l'agriculteur SpZ n'est que très faiblement perturbée par les variations des modalités du facteur de simulation RFOU. Une explication simple peut être avancée : ce ratio implique une répartition différente des récoltes au fil du temps, mais ne remet pas en cause les calculs des surfaces nécessaires ; ainsi, à la fin de la campagne agricole, au sein d'un système de production agricole qui optimise la surface, la même surface aura été utilisée, ne modifiant pas l'utilisation globale annuelle du parcellaire.

En outre, la comparaison des cartes C3 et C4 permet de mettre en évidence des différences dans la partie supérieure du territoire. Certaines parcelles agricoles présentent un EFP [PP] sur la carte C3, tandis qu'elles présentent un EFP [Nh] dans l'autre ; les variations des proportions des EFP finaux soulignent une différence de 11,2% entre les proportions d'EFP [PT/PP-Hm], c'est-à-dire les surfaces en herbe entretenues rases, et d'EFP [PT/PT-Ht] et/ou d'EFP [Nh-Ht], c'est-à-dire les surfaces en herbe non entretenues rases et /ou les surfaces non utilisées. Cette différence, mal expliquée à ce stade de ce travail, pourrait provenir de l'ordonnancement des usages au sein des parcelles agricoles.

Le facteur *contrainte* CONT

La Figure 5.15 met en parallèle les cartes des EFP finaux du territoire issues de simulations ayant pour seule différence la variation des modalités du facteur du simulation CONT, c'est-à-dire la présence ou l'absence de contraintes physiques sur le territoire. Chaque ligne de cartes présente une série de deux simulations du même système de production agricole. Les cartes C1 et C3 présentent le résultat de la simulation sans contrainte, tandis que les cartes C2 et C4 présentent le résultat de la simulation avec contraintes. La première ligne de cartes correspond au cas d'un système de production agricole piloté par un agriculteur SpZ, tandis que la seconde correspond à celui d'un système de production agricole piloté par un agriculteur SpA.

Figure 5.15 : Effet du facteur de simulation *contrainte* CONT



La comparaison des cartes C1 et C2 montre une légère différence de l'organisation spatiale des EFP finaux selon l'existence de contraintes. En cas d'absence de contrainte, les EFP [PP] de la carte C1 sont situés de façon circulaire autour des sièges d'exploitation, situés au centre de la carte ; toutes les parcelles agricoles offrant dans ce cas les mêmes qualités pédologiques, seule leur distance au siège d'exploitation est considérée dans les règles de décisions d'affectation des usages et d'entretien des parcelles agricoles. En outre, la présence de contraintes implique, pour l'agriculteur SpZ dont l'objectif est une minimisation de cette contrainte, un choix plus judicieux des parcelles agricoles, même s'il doit aller plus loin, ce qui explique la différence notée sur la carte C2. Cependant, la variation des proportions des EFP finaux, très faible, indique qu'il y a simplement échange de parcelles agricoles, c'est-à-dire modification de la localisation des usages, mais non du mode de conduite de la surface utilisée.

Il est aussi à noter que les contraintes du territoire *Chadrat* sont principalement localisées en bordure, c'est-à-dire au sein des parcelles agricoles de la couronne extérieure du territoire, les plus distantes du siège d'exploitation situé au centre du territoire ; les meilleures parcelles agricoles sont donc à proximité du siège d'exploitation. Ce fait explique certainement une partie de la faible sensibilité observée du système de production agricole piloté par un agriculteur SpZ à ce facteur de simulation ; si la contrainte se trouvait répartie au sein de l'ensemble du territoire, la réorganisation des EFP finaux serait sans doute plus forte et plus visible, même si, dans le cas de cette stratégie spatiale optimisée, leurs proportions resteraient globalement identiques.

Entre les cartes C3 et C4, une différence relativement similaire de l'organisation spatiale des EFP finaux est observable. Elle est en partie due aux mêmes raisons que dans le cas précédent. Mais, les variations des proportions des EFP finaux sont beaucoup plus fortes, ce qui souligne une sensibilité plus forte de la stratégie spatiale de l'agriculteur SpA à ces contraintes. En effet, celui-ci essaie de mettre en valeur et d'utiliser au maximum les surfaces à sa disposition, quelles que soient les contraintes rencontrées. Face à des parcelles agricoles contraignantes, il adopte simplement d'autres modes de valorisation de la surface, parfois uniquement à partir des animaux dans le cas de parcelles agricoles non mécanisables, et accepte une physionomie des couverts végétaux moins aboutie ; ceci explique l'apparition de parcelles agricoles avec un astérisque, signifiant des surfaces en herbe utilisées de façon irrégulière et/ou non entretenues rases par gyrobroyage. Les contraintes sont, dans le cas de ce type d'agriculteur, contournées par une modification de la conduite de la surface, produisant une physionomie moins aboutie, c'est-à-dire plus hétérogène des parcelles agricoles concernées.

3133. Synthèse et orientations pour le plan d'expérimentation de simulation

L'analyse des différents résultats de cette première étape du plan d'expérimentation de simulation permet une validation qualitative partielle du modèle PAYSAGRI. Les données produites par le simulateur, à partir des différentes combinaisons des modalités des facteurs de simulation, apparaissent cohérentes. Le fonctionnement du système de production agricole représente de façon satisfaisante le comportement d'un

système de production agricole réel, en prenant en considération les simplifications intégrées au modèle. La répartition des activités agricoles au sein du territoire *Chadrat* est relativement proche de la configuration des activités agricoles observées sur le terrain, ce qui signifie que les règles d’allocations des usages intégrées au modèle sont cohérentes et convenablement calibrées et que les contraintes du territoire sont correctement prises en compte au sein des décisions de l’agriculteur ; à titre d’exemple, les surfaces très contraignantes, comme les zones centre-est et nord du territoire *Chadrat*, aboutissent de façon récurrente, lors des simulations, à une situation d’abandon, matérialisée par des EFP [Nh], relativement conforme aux observations de terrain qui mettent en évidence une sous-utilisation et/ou un abandon total de ces parcelles agricoles.

L’étude des résultats de simulation permet une discussion quant au choix des facteurs de simulation. D’un point de vue général, les cinq facteurs de simulation influencent les données finales, avec une interaction récurrente du facteur *typeagriculteur* AGRI avec les autres ; ceci confirme une interaction permanente de la sensibilité au paysage de l’agriculteur avec le fonctionnement courant du système de production agricole. Néanmoins, tous les effets relevés ne présentent pas le même niveau d’intérêt pour les questionnements poursuivis par ce travail.

Le facteur de simulation *typeagriculteur* AGRI est à l’origine de l’effet le plus explicite et visible. Construit à partir de l’hypothèse d’une diversité de sensibilités au paysage des agriculteurs pouvant se manifester par une diversité des physionomies du parcellaire d’un même système de production agricole, il traduit la différence attendue entre les deux types d’agriculteurs définis. Néanmoins, ce résultat est à nuancer ; les deux types d’agriculteurs sont caricaturalement opposés, ainsi que leurs stratégies spatiales et paysagères. De fait, l’intérêt de ce facteur ne peut se limiter à la mise en évidence de cette différence de comportement ; dans une démarche de démonstration de la cohérence de l’hypothèse de travail, il est fondamental de remonter à l’échelle du paysage d’un petit territoire, c’est-à-dire de tester l’impact de la diversité des sensibilités au paysage de plusieurs agriculteurs sur la physionomie paysagère d’un petit territoire. La seconde phase du plan d’expérimentation de simulation tentera d’utiliser ce facteur de simulation afin de montrer les effets de la répartition et/ou de la proportion des différents types d’agriculteurs sur la physionomie d’un petit territoire.

Le facteur de simulation *chargeanimale_spa* CSPA produit un effet visible, dont les raisons sont facilement expliquées. La corrélation entre la taille du troupeau et la surface utilisée d’un parcellaire est relativement évidente : à système fermé, c’est-à-dire, comme dans le cas du modèle PAYSAGRI, lorsque le système s’équilibre de façon intrinsèque⁶, plus la taille du troupeau est élevée, plus le système de production agricole nécessite une surface herbagère importante. Les simulations illustrent uniquement ce

⁶ Au sein du modèle PAYSAGRI, de nombreux cas de figure des systèmes fourragers ne sont pas représentés : achat de fourrages, complémentation variable, estivage...

fait, soulignant que le mode de conduite du système de production agricole, lié au type d'agriculteur, influence la proportion selon laquelle le système de production réagit. Utile pour démontrer la cohérence du modèle PAYSAGRI, ce facteur de simulation ne sera pas conservé dans la seconde phase du plan d'expérimentation de simulation. En outre, une charge animale moyenne légèrement inférieure à la charge optimale sera affectée à chacun des systèmes de production agricole, afin d'observer le comportement de l'agriculteur en conditions de sous-chargement.

Le facteur de simulation *efp_initial* INIT produit un effet visible, c'est-à-dire que la configuration initiale des EFP du territoire conditionne les résultats de simulations. L'EFP d'une parcelle agricole étant un des critères observés par l'agriculteur pour évaluer le potentiel fourrager et physionomique du système de production agricole, cet effet de l'état initial est compréhensible. L'existence de cet effet est un argument supplémentaire à la démonstration de la cohérence du fonctionnement du modèle PAYSAGRI. En outre, ce facteur de simulation n'a d'intérêt que si l'objectif des simulations est de mettre en évidence les trajectoires paysagères possibles d'un petit territoire et/ou de discuter de l'opportunité d'actions paysagères face à telle ou telle configuration paysagère initiale. Dans le cadre de ce travail, l'objectif est le test de l'hypothèse du rôle de la sensibilité au paysage sur la physionomie de son parcellaire ; ce facteur de simulation ne présente donc pas d'autre intérêt que son rôle dans la validation des règles de fonctionnement du modèle. Aussi, afin de ne pas masquer d'autres effets, la seconde phase du plan d'expérimentation de simulation se limitera à l'utilisation de l'état initial homogène.

Le facteur de simulation *ratio-fourrage* RFOU a pour conséquence un effet peu visible, mais révélé par l'analyse des proportions des différents EFP. Plutôt inattendus, ces résultats interpellent. En effet, selon la plupart des études techniques, la diminution ou l'abandon des fourrages ensilés au sein de systèmes de production agricole laitier du Massif central implique généralement une tendance à l'extensification globale du système de production agricole, notamment un agrandissement de la surface utilisée, dont l'origine est un chargement animal global limité et une diminution des intrants (JOSIEN E. *et al.*, 2003). Or, les résultats de simulation n'indiquent pas de différences majeures entre une faible et une forte proportion de récolte de fourrages ensilés ; seule l'organisation spatiale des usages est perturbée. La forte simplification des règles et des paramétrages concernant les fourrages et leur récolte, le chargement animal global du système de production agricole et l'absence d'une modélisation de la croissance de l'herbe sont certainement à l'origine de ces résultats ; elles ne permettent pas de montrer l'impact d'une gestion fine des fourrages sur l'utilisation du territoire. Face à ce constat, ce facteur de simulation ne sera pas utilisé dans la seconde phase du plan de simulation ; seule la valeur moyenne de 50% du ratio de récolte fourrage sera affectée à chacun des systèmes de production agricole.

Le facteur de simulation *contrainte* CONT provoque un effet sur les résultats de simulation. Attendu, il est néanmoins à nuancer du fait d'une configuration particulière des contraintes physiques du territoire *Chadrat* ; en effet, les simulations ayant toutes été réalisées à partir d'une configuration fixe du territoire et du siège d'exploitation, il semble que l'effet des contraintes sur l'utilisation des parcelles agricoles soit

masqué par le fait que les meilleures parcelles agricoles se situent à proximité du siège d'exploitation et que les parcelles agricoles à contrainte se situent à une plus grande distance du siège d'exploitation. Une autre configuration aurait peut-être fourni d'autres résultats. De fait, les contraintes du parcellaire étant une clef majeure de l'organisation spatiale des activités agricoles, ce facteur de simulation sera conservé lors de la seconde phase du plan d'expérimentation de simulation ; l'utilisation d'un autre territoire de simulation, avec une répartition plus aléatoire des contraintes physiques, permettra peut-être de mieux mesurer son effet.

32. *TerraX* : production de données de simulation

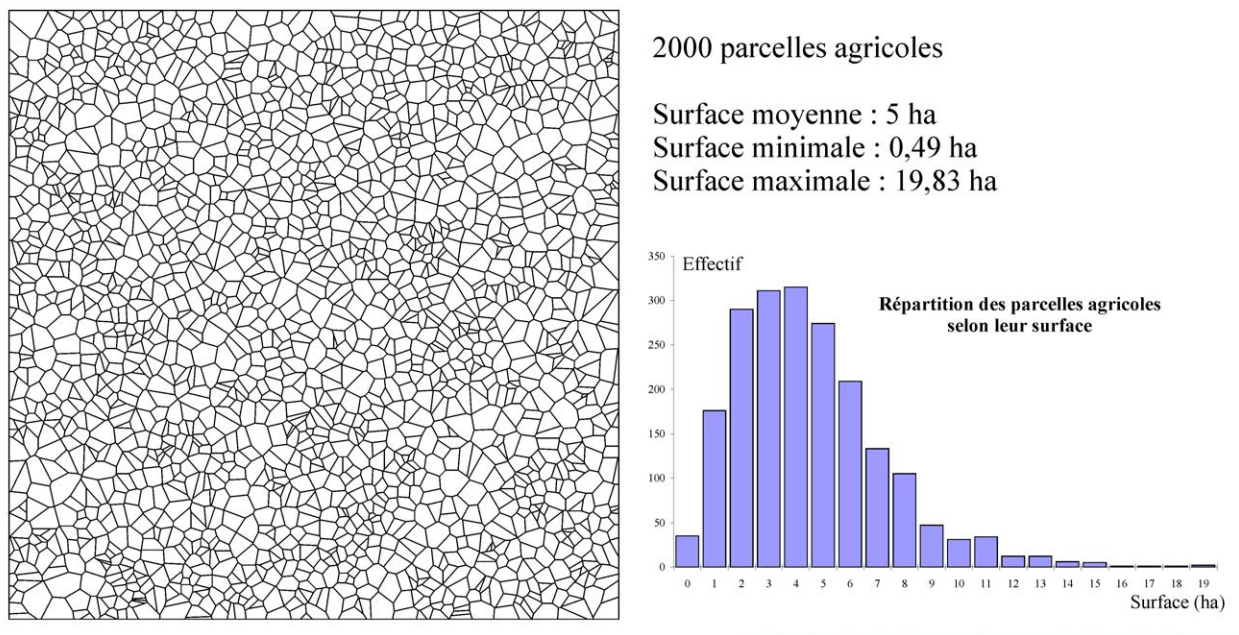
Cette seconde étape du plan d'expérimentation de simulation présente une première voie d'utilisation du simulateur développé à partir du modèle PAYSAGRI. Elle a pour objectif la production de données infirmant ou affirmant l'hypothèse de travail. Elle est construite à partir d'un territoire relativement vaste, pouvant s'apparenter à quelques communes ou à une petite région paysagère, au sein duquel la diversité des sensibilités au paysage des agriculteurs est considérée comme le facteur principal de l'évolution de la physionomie des parcelles agricoles.

321. Le territoire *TerraX*

Le territoire *TerraX* est un terrain virtuel construit pour les besoins de ce travail à partir du logiciel ARCVIEW. Il a été généré à partir d'un nuage de points aléatoires, représentant les centroïdes des parcelles agricoles souhaitées, sur lequel a été appliqué la méthode des polygones de THIESSEN ; cette opération, basée sur la tessellation de DIRICHLET, permet par interpolation la construction d'un maillage à partir de points (POIX C. et SEFIHA E., 1999) : elle construit des polygones. Les polygones obtenus sont les parcelles agricoles du territoire.

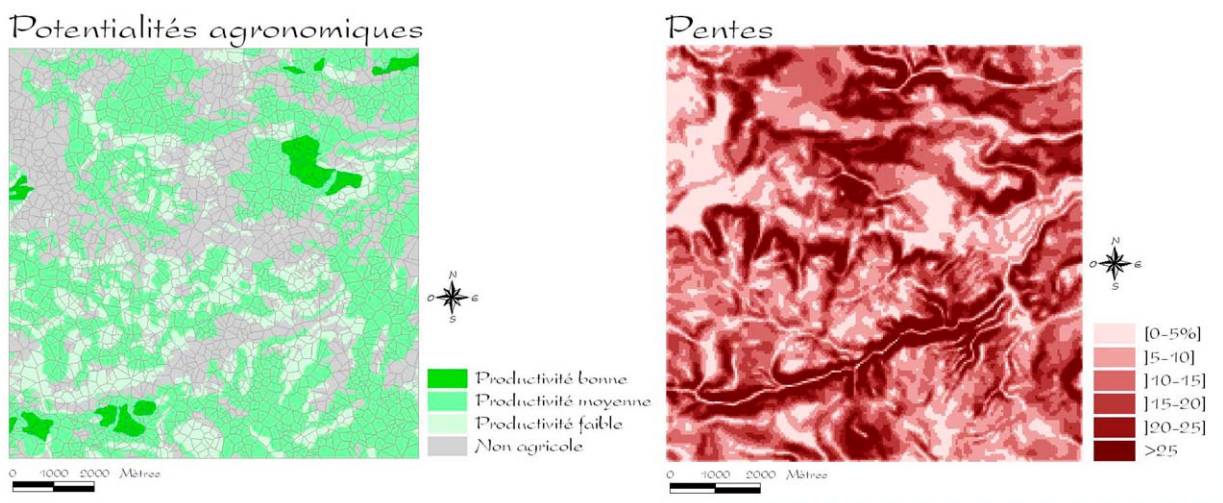
Le territoire *TerraX* représente un territoire carré de 10 000 hectares, composé de 2 000 parcelles agricoles contiguës, c'est-à-dire que, comme le montre la Figure 5.16, toute portion d'espace appartient obligatoirement à une parcelle agricole. Du point de vue spatial, le modèle PAYSAGRI intègre, comme nous l'avons expliqué auparavant, uniquement les parcelles agricoles ; dans le cas de l'utilisation d'un territoire virtuel, il n'était donc pas nécessaire de construire d'autres éléments spatiaux. La surface moyenne des parcelles agricoles est de 5 hectares, avec une dispersion, exprimée au sein du graphique, de 0,49 à 19,83 hectares.

Figure 5.16 : Les parcelles agricoles du territoire TerraX



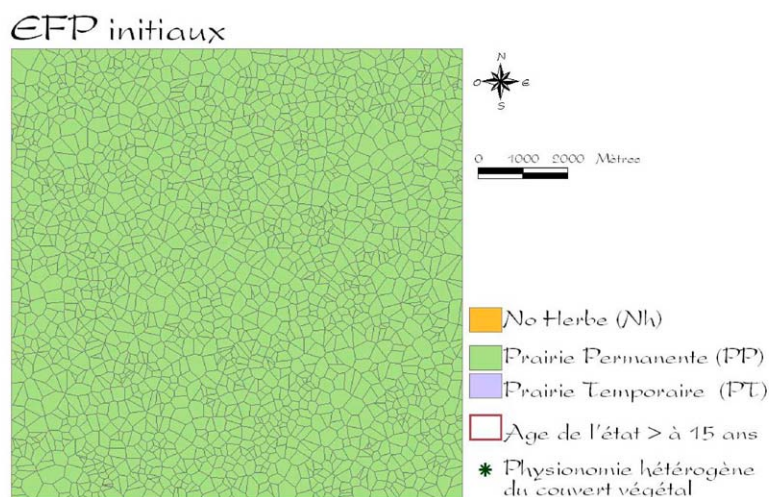
Le territoire *TerraX* est construit selon les modalités définies par le modèle PAYSAGRI. Chacune de ses parcelles agricoles est décrite par ses caractéristiques géographiques, morphologiques, agronomiques et une description de son couvert végétal. Le territoire *TerraX* peut être associé à deux jeux de données différents, chacun traduisant une situation agronomique et morphologique particulière. Le premier jeu de données représente un territoire exempt de toute contrainte, c'est-à-dire que chaque parcelle agricole est caractérisée par une pente nulle et par un potentiel agronomique élevé. Le second jeu de données, construit à partir de données réelles de différents territoires du Massif central, représente un territoire de moyennes montagnes, empreint de fortes contraintes de pente et d'un potentiel agronomique très variable, illustré par la Figure 5.17.

Figure 5.17 : Description du territoire TerraX avec contraintes



La physionomie du territoire *TerraX*, traduite par la réunion des EFP de toutes les parcelles agricoles, est réduite à une homogénéité initiale parfaite, comme l'illustre la Figure 5.18. Chaque parcelle agricole est caractérisée par un EFP [PP-1-Hm], c'est-à-dire un couvert végétal herbacé, ras, d'âge initial identique.

Figure 5.18 : EFP initiaux du territoire TerraX : uniquement [PP-1-Hm]



Finalement, parmi les caractéristiques du territoire *TerraX*, seul le niveau de contrainte physique et agronomique est une variable de simulation. L'objectif est d'une part, de fournir une situation témoin, c'est-à-dire d'observer le fonctionnement des systèmes de production agricole sans contrainte, et d'autre part, d'évaluer la sensibilité des stratégies spatiales des différents types d'agriculteurs aux contraintes morphologiques et agronomiques du territoire.

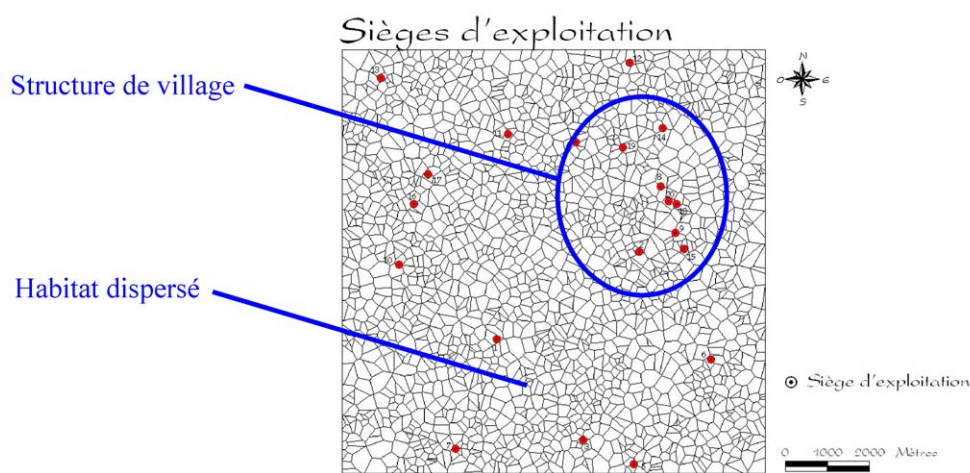
Le facteur de simulation *contrainte* CONT possède donc deux modalités : (i) CONT-avcon qui représente le territoire avec contraintes de pentes et variabilité du potentiel agronomique ; (ii) CONT-sscon qui représente le territoire sans contrainte. Ces modalités impliquent la création de deux fichiers d'entrée *parcellaire.psg* différents.

322. Les systèmes de production agricole

Les systèmes de production agricole du territoire *TerraX* sont virtuels, créés pour les besoins des simulations. L'étendue du territoire permettait d'envisager une centaine de systèmes de production agricole d'une surface moyenne comprise entre 50 et 100 hectares, relativement représentatifs des systèmes de production agricole du Massif central ; mais, les premiers rendus de simulation ont montré qu'un tel nombre de systèmes de production agricole restituait les résultats de façon peu lisible. De fait, seuls 20 systèmes de production agricole, quelque peu surdimensionnés, sont représentés.

Les sièges des systèmes de production agricole ont été générés à partir du logiciel ARCVIEW ; plusieurs méthodes de génération de points ont été testées (distribution homogène formant un maillage plus ou moins lâche, nuage central, génération aléatoire...) ; la configuration spatiale retenue, considérée la plus proche des situations rencontrées au sein du Massif central, représentée au sein de la Figure 5.19, comporte (i) une zone nord-est avec des sièges d'exploitation très regroupés, rappelant la structure d'un village, (ii) une zone sud-ouest avec des sièges d'exploitation plutôt dispersés, rappelant un habitat dispersé de campagne.

Figure 5.19 : Localisation des sièges des systèmes de production agricole du territoire TerraX



L'affectation des parcelles agricoles du territoire à chacun des sièges d'exploitation, dans le but de construire les parcellaires des systèmes de production agricole, a également fait l'objet de différents tests (Annexe 5.13) : affectation aléatoire (tirage au sort d'une parcelle agricole et d'un numéro de siège d'exploitation pour construire des couples), affectation selon la distance (chaque parcelle agricole est affectée au siège d'exploitation le plus proche) et affectation fonction d'une probabilité fondée sur la distance (la probabilité d'une parcelle agricole d'être associée à un siège d'exploitation donné est d'autant plus forte que celui-ci est proche). Cette dernière solution a été retenue ; elle est intéressante car elle permet la construction (i) de parcellaires mélangés et imbriqués les uns dans les autres dans la zone nord-est, configuration foncière rencontrée dans la réalité sur des zones non remembrées, (ii) de parcellaires très regroupés et différenciés dans la zone sud-ouest, configuration foncière de zones ayant subi des opérations d'aménagement et de remembrement. La présence de cette double organisation spatiale des parcellaires des systèmes de production agricole est intéressante pour la prise en compte des effets de la configuration foncière sur la physionomie paysagère du territoire, facteur reconnu par maints travaux (MORLON P. et BENOIT M., 1990; THENAIL C. et BAUDRY J., 2004). La Figure 5.20 montre la configuration des parcellaires retenue pour la réalisation des simulations.

Figure 5.20 : Les parcellaires des systèmes de production agricole du territoire TerraX



N° SPA	Surface (ha)	Nb. Parcelles	Cheptel (UGB)
1	690,10	230	227
2	517,62	173	170
3	517,12	172	170
4	496,34	165	163
5	513,93	171	170
6	630,37	210	208
7	644,90	215	213
8	367,86	123	121
9	455,65	152	151
10	733,61	245	243
11	587,87	196	194
12	420,89	140	138
13	558,09	186	184
14	446,13	149	146
15	385,81	129	127
16	433,84	145	143
17	484,28	161	160
18	371,81	124	122
19	381,36	127	125
20	362,51	121	119

○ Siège d'exploitation

Comme le montrent les valeurs du tableau, la surface moyenne des systèmes de production agricole construits est de 500 hectares, ce qui est largement surdimensionné par rapport à la surface moyenne des systèmes de production agricole rencontrés au sein du Massif central. Néanmoins, l'objectif du modèle PAYSAGRI étant de visualiser les effets de la diversité des sensibilités au paysage des agriculteurs, de la contrainte du terrain et de la configuration des parcellaires, ce fait ne semble pas un problème⁷.

La taille des troupeaux de chacun des systèmes de production agricole est calculée de façon à mettre l'agriculteur face à une situation de sous-chargement, afin d'observer sa stratégie d'utilisation et/ou d'abandon des parcelles agricoles. Contrairement à la première phase de simulation, aucune caractéristique de la structure et/ou du fonctionnement des systèmes de production agricole ne donne lieu à un facteur de simulation. Il s'agit de systèmes de production agricole bovins laitiers, identiques du point de vue de leur fonctionnement.

Seule la proportion des deux types d'agriculteurs, c'est-à-dire des deux sensibilités au paysage, présents sur le territoire varie d'une simulation à l'autre. Elle est représentée par le facteur de simulation *proportion_spA* PSPA, qui possède cinq modalités, chacune correspondant à la proportion d'agriculteurs SpA au sein des 20 agriculteurs représentés : (i) PSPA-0 correspond à l'absence d'agriculteurs SpA sur le

⁷ Le dimensionnement des systèmes de production agricole tel qu'il est réalisé pour les besoins de simulation apparaît peu réaliste du point de vue du fonctionnement de systèmes bovins laitiers, si l'on considère l'organisation du travail, la gestion du troupeau... Les règles de fonctionnement du modèle PAYSAGRI sont d'ailleurs basées sur des cas-type du Massif central présentant des caractéristiques plus "normales". Néanmoins, l'intérêt du modèle PAYSAGRI ne portant pas directement sur ces aspects du fonctionnement des systèmes de production agricole, il semble que cette disproportion ne remette pas en cause les hypothèses du travail et les objectifs poursuivis par les simulations. Les résultats seront seulement considérés comme des résultats virtuels expérimentaux, déconnectés de toute réalité.

territoire, (ii) PSPA-25 correspond à 5 agriculteurs SpA sur le territoire, (iii) PSPA-50 correspond à 10 agriculteurs SpA sur le territoire, (iv) PSPA-75 correspond à 15 agriculteurs SpA sur le territoire, (v) PSPA-100 correspond à 20 agriculteurs SpA sur le territoire, soit l'absence d'agriculteurs SpZ. Les sièges d'exploitation ayant été générés de façon aléatoire, l'augmentation de la proportion d'agriculteurs SpA se fait simplement selon l'ordre croissant de leurs identifiants.

323. Les simulations

La seconde phase de simulation combine seulement les modalités des deux facteurs de simulation, présentés ci-dessus : (i) la proportion d'agriculteurs SpA au sein du territoire, *proportion_spa* PSPA ; (ii) le niveau de contrainte du territoire TerraX, *contrainte* CONT.

En effet, comme ceci a été expliqué lors de la synthèse de la première phase de simulation du plan d'expérimentation, les facteurs de simulation *charge_animale_spa* CSPA, *ratio-fourrage* RFOU et *efp_init* INIT sont abandonnés, remplacés par des valeurs fixes : la charge animale initiale du système de production agricole est calculée de façon à mettre le système de production agricole en condition légèrement sous chargée, situation la plus propice à l'étude de la réorganisation des usages au sein du parcellaire ; les récoltes de fourrages sont réparties de façon identique entre le printemps, période P1 du modèle, et l'été, période P2 du modèle ; l'état initial de la physionomie du territoire est unique et homogène.

Cette seconde phase de simulation implique 10 simulations. Aucune simulation n'a été avortée. Le tableau de la Figure 5.21 présente chacune des simulations avec ses principaux résultats synthétiques, c'est-à-dire les proportions des différents EFP finaux du territoire, ainsi que le calcul des différences entre ces différentes proportions.

Figure 5.21 : Tableau des résultats synthétiques des simulations sur le territoire TerraX

% SpA	SANS contrainte				AVEC contrainte				Différence due à la contrainte			
	PT/PP-Hm	PT/PP-Ht	Nh-Ht	Nh-B	PT/PP-Hm	PT/PP-Ht	Nh-Ht	Nh-B	PT/PP-Hm	PT/PP-Ht	Nh-Ht	Nh-B
0	39,4	0,36	0,22	60,08	36,44	0,16	1,25	62,15	+2,96	+0,20	-1,03	-2,07
différence	+3,73	+2,03	+2,17	-8,00	+4,85	+1,07	+1,94	-7,86				
25	43,13	2,39	2,39	52,08	41,29	1,23	3,19	54,29	+1,84	+1,16	-0,80	-2,21
différence	+3,96	+2,17	+0,91	-7,03	+4,94	+1,02	+0,78	-6,74				
50	47,09	4,56	3,3	45,05	46,23	2,25	3,97	47,55	+0,86	+2,31	-0,67	-2,50
différence	+3,62	+2,26	+0,89	-6,78	+5,11	+0,51	+1,32	-6,95				
75	50,71	6,82	4,19	38,27	51,34	2,76	5,29	40,6	-0,63	+4,06	-1,10	-2,33
différence	+6,09	+1,18	+1,35	-8,57	+8,30	+0,41	+1,58	-10,28				
100	56,8	8	5,54	29,7	59,64	3,17	6,87	30,32	-2,84	+4,83	-1,33	-0,62
différence	+17,40	+7,64	+5,32	-30,38	+23,20	+3,01	+5,62	-31,83				

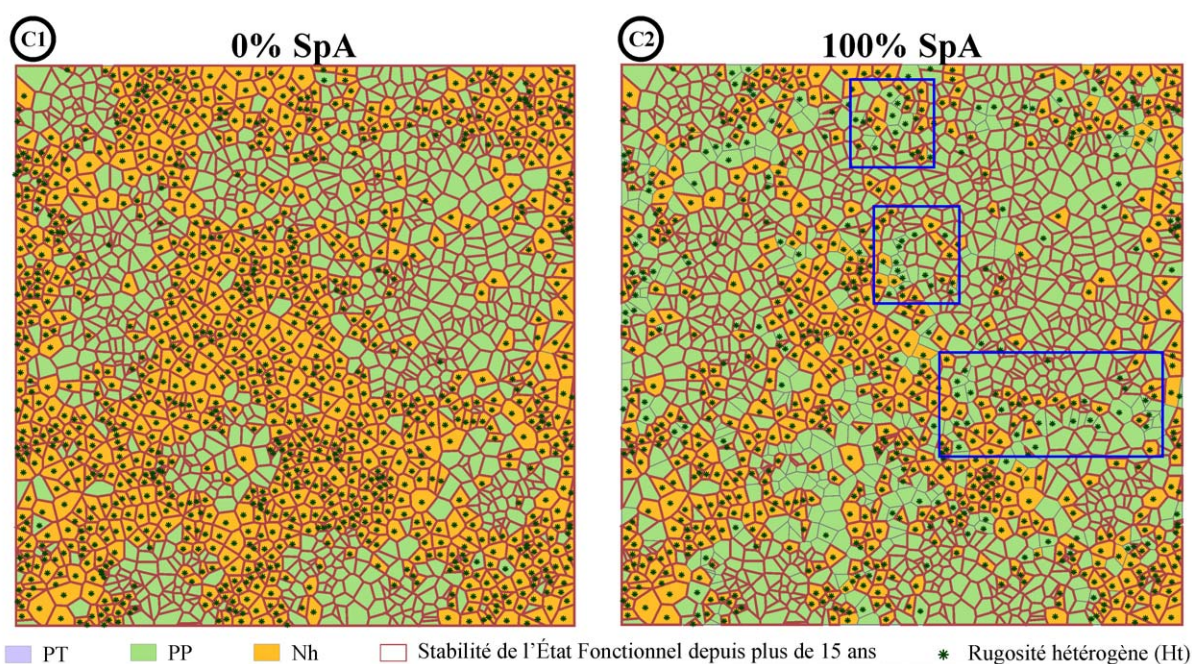
PT/PP-Hm : herbe rase PT/PP-Ht : herbe non rase Nh-Ht : non utilisé temporairement Nh-B : non utilisé depuis plus de 15 ans

L'exploitation de ces résultats, associée à une analyse visuelle des cartes des EFP finaux, permet de mettre en évidence (i) un effet significatif du facteur de simulation *proportion_spA* PSPA, c'est-à-dire les différences observées dues à la variation de la proportion des agriculteurs SpA au sein du territoire, (ii) le poids des contraintes morphologiques et agronomiques sur l'utilisation des parcelles agricoles, (iii) l'importance de la configuration du parcellaire dans la physionomie du territoire.

L'effet du facteur *proportion_spA* PSPA

Les valeurs du tableau des résultats synthétiques des simulations indiquent, quelles que soient les contraintes du territoire, une augmentation de la surface des EFP [PT/PP-Hm], c'est-à-dire de la surface en herbe utilisées et/ou entretenue, proportionnelle à l'augmentation du nombre d'agriculteurs SpA présents au sein du territoire. La lecture verticale du tableau, où chaque ligne correspond à l'ajout de 5 agriculteurs SpA, permet de visualiser un gain d'environ 6% de surfaces en herbe utilisées et/ou entretenues, au déficit des surfaces abandonnées ; finalement, une différence portant sur 30 % des surfaces du territoire est enregistrée entre un territoire uniquement géré par des agriculteurs SpA et un territoire uniquement géré par des agriculteurs SpZ. Cette différence significative, illustrée par les cartes de la Figure 5.22, s'explique par la différence de stratégie spatiale et paysagère entre les deux types d'agriculteurs ; comme dans la première phase de simulation, les résultats synthétiques de cette seconde phase de simulation indiquent un chargement animal global annuel plus faible à l'hectare, ainsi qu'un défrichage et un gyrobroyage systématique des parcelles agricoles sous utilisées au sein des systèmes de production agricole pilotés par des agriculteurs SpA.

Figure 5.22 : Physionomie du territoire TerraX selon la proportion d'agriculteurs SpA



Ces cartes permettent de visualiser l'effet des différents types d'agriculteurs à l'échelle du territoire, au sein de laquelle les évolutions paysagères, c'est-à-dire la physionomie produite par la réunion de l'ensemble des EFP des parcelles agricoles, peuvent être abordées. Ainsi, à partir de la physionomie générale de ces deux cartes, le constat peut être fait que les EFP [Nh] sont plus nombreux et plus regroupés dans la carte C1, correspondant à une utilisation exclusive des parcelles agricoles par des agriculteurs SpZ, que dans la carte C2, correspondant à une utilisation exclusive des parcelles agricoles par des agriculteurs SpA ; le paysage de la carte C1 peut être imaginé plus fermé que celui de la carte C2. Mais, la rugosité des parcelles agricoles, symbolisée par un astérisque vert lorsqu'elle est hétérogène, est un critère qui vient nuancer cette remarque. En effet, la carte C1 ne présente quasiment aucun astérisque au sein des EFP [PT/PP], tandis que la carte C2 en compte de nombreux, particulièrement mis en évidence au sein des rectangles bleus. De fait, si le paysage de la carte C2 peut être considéré plus ouvert, il faut noter qu'il est le résultat de l'assemblage de parcelles agricoles dont certaines présentent un couvert végétal hétérogène, entretenu plus ou moins régulièrement, ce qui doit, dans certaines zones, lui donner du relief et restreindre les points de vue, propres des paysages ouverts.

Le poids des contraintes morphologiques et agronomiques

L'analyse des valeurs du tableau des résultats synthétiques des simulations de la Figure 5.21 ne permet pas la mise en évidence d'une différence significative de résultats selon le niveau de contrainte. En effet, comme le montrent les valeurs du troisième bloc de résultats "*Différence due à la contrainte*", que les contraintes soient présentes ou non, les proportions des différents EFP finaux ne varient que très faiblement.

En outre, l'analyse des cartes des EFP finaux, dont la Figure 5.22 fournit les extrêmes, permet d'affirmer (i) que si les proportions des EFP ne changent pas, leur localisation est modifiée, ce qui signifie que les activités agricoles sont réorganisées selon les contraintes rencontrées par les agriculteurs au sein de leurs parcellaires, (ii) que les deux types de stratégies spatiales, liées à la sensibilité au paysage de l'agriculteur, intégrées au modèle PAYSAGRI ne présentent pas la même sensibilité aux contraintes. La Figure 5.23 fournit un agrandissement des modifications des EFP finaux des parcellaires de deux systèmes de production agricole, liées au changement de type d'agriculteur et à la présence ou non des contraintes morphologiques et agronomiques sur le territoire *TerraX*.

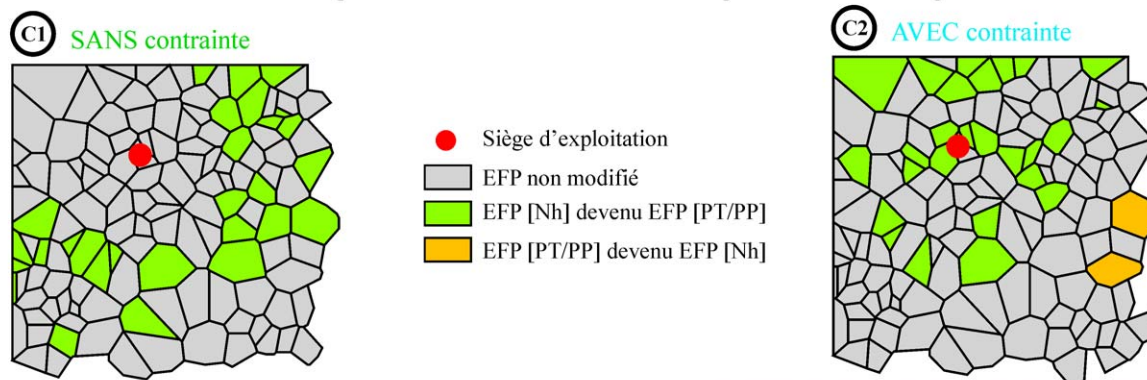
Les cartes C1 et C2 correspondent aux différences des EFP finaux observées au sein du parcellaire d'un même système de production agricole, selon que celui-ci est piloté par un agriculteur SpZ ou par un agriculteur SpA. La carte C1 correspond aux différences observées dans la situation d'un territoire sans contrainte, tandis que la carte C2 correspond aux différences observées dans la situation d'un territoire avec contraintes.

Figure 5.23 : Effet des contraintes sur la modification des EFP finaux selon le type d'agriculteur

Chacune des cartes souligne les différences d'EFP finaux observées selon que le même système de production agricole est piloté par un agriculteur SpZ ou par un agriculteur SpA ; les parcelles agricoles colorées indiquent les parcelles agricoles utilisées et/ou abandonnées par l'agriculteur SpA alors qu'elles ne l'étaient pas par l'agriculteur SpZ. À système de production agricole équivalent et à niveau de contrainte équivalent, elles ont changé de statut, d'usage et, de fait, de physionomie résultante.

La carte C1 correspond aux différences observées lorsque la contrainte est inexistante.

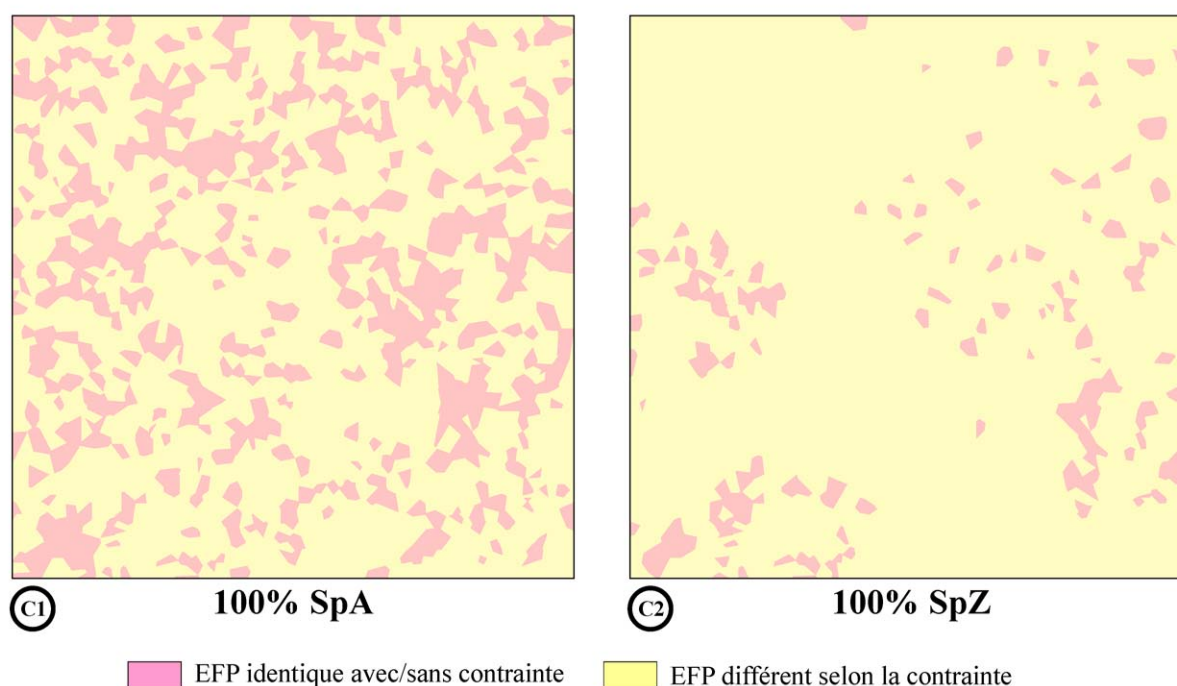
La carte C2 correspond aux différences observées lorsque la contrainte est présente.



Lors de l'absence de contrainte, il apparaît que l'agriculteur SpA, qui utilise et/ou entretient par gyrobroyage une plus grande surface que son prédécesseur, recherche cette surface supplémentaire dans une zone circulaire autour du siège d'exploitation, matérialisé par le point rouge ; en effet, toutes les parcelles agricoles offrant les mêmes potentialités, la seule contrainte pesant sur les activités agricoles est la distance des parcelles agricoles au siège d'exploitation. En outre, dans le cas de l'existence de contraintes, le même agriculteur compose avec celles-ci, évitant les parcelles agricoles trop contraignantes au profit d'autres plus facilement exploitables et/ou utilisant d'autres modes de valorisation comme un pâturage extensif pour le maintien du niveau de végétation ; cette adaptation des pratiques agricoles a des conséquences sur la physionomie des parcelles agricoles, ce qui explique les différences observées entre un parcellaire sans contrainte et un parcellaire avec contrainte.

La Figure 5.24 illustre ce phénomène à l'échelle de l'ensemble du territoire *TerraX*, c'est-à-dire à l'échelle du paysage. Elle souligne que cette adaptation est beaucoup plus marquée lorsque les systèmes de production agricole sont pilotés par des agriculteurs SpZ, individus cherchant à minimiser au maximum les contraintes pesant sur leur mode de production ; en effet, le nombre parcelles agricoles ayant changé de statut, d'usages et de physionomie finale, selon que la contrainte existe ou non, est beaucoup plus important au sein de la carte C2, correspondant à un territoire exclusivement utilisé par des agriculteurs SpZ.

Figure 5.24 : Différence de l'effet des contraintes selon le type d'agriculteur



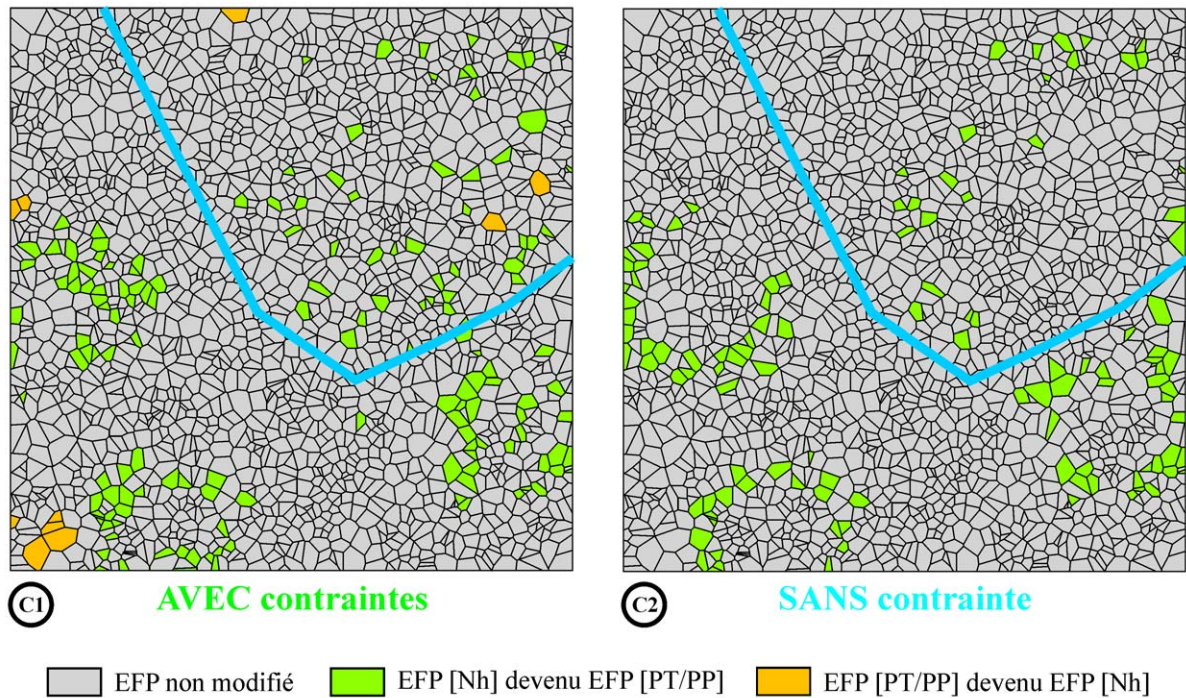
Le rôle de la configuration du parcellaire

Comme cela a été expliqué lors de la description du territoire *TerraX*, deux configurations spatiales des parcellaires des systèmes de production agricole sont représentées : (i) des parcellaires composés principalement de parcelles agricoles contiguës et regroupées, au sein d'une zone où les sièges d'exploitation sont dispersés dans le territoire ; (ii) des parcellaires mélangés et imbriqués les uns dans les autres, c'est-à-dire, pour un parcellaire donné, des parcelles agricoles dispersées, au sein d'une zone où les sièges d'exploitation sont regroupés, agglomérés comme au sein d'un village.

La Figure 5.25 souligne que cette différence de configuration spatiale des parcellaires se retrouve au sein des résultats de simulation. Les cartes C1 et C2 montrent les modifications des EFP finaux observées sur le territoire *TerraX* lors de l'augmentation de la proportion d'agriculteurs SpA de 25%, c'est-à-dire de l'ajout de 5 agriculteurs SpA, au sein du territoire ; la carte C1 représente cette situation sur un territoire avec contraintes, tandis que la carte C2 représente la même situation sur un territoire sans contrainte. La ligne bleue sépare les deux types de configurations de parcellaires présentes au sein du territoire, distinguant des parcellaires principalement regroupées à sa gauche et des parcellaires plutôt dispersés et imbriqués les uns dans les autres à sa droite.



Figure 5.25 : Effet de la configuration du parcellaire



Le constat intéressant est le fait que cette même ligne puisse être utilisée pour la lecture des résultats. En effet, que les contraintes existent ou non, les parcelles agricoles vertes ou oranges, qui représentent les parcelles agricoles dont les EFP sont modifiés lors de l'augmentation de la proportion d'agriculteurs SpA, ne sont pas réparties de la même façon selon qu'elles se trouvent d'un côté ou de l'autre de cette ligne : du côté gauche, elles sont regroupées et forment des zones circulaires, laissant imaginer l'emprise spatiale du parcellaire du système de production agricole concerné, tandis que du côté droit, elles sont totalement dispersées, rendant quasiment impossible, sans l'information géographique du siège d'exploitation, de reconstruire visuellement leur parcellaire d'attache.

Au-delà de ce cas particulier des parcelles agricoles concernées, ce phénomène est important car il rappelle l'importance de la configuration des parcellaires des systèmes de production agricole dans une réflexion portant sur les évolutions paysagères d'une portion de territoire. En effet, les modifications physiologiques identifiées à gauche de la ligne bleue seraient certainement visibles dans un paysage réel, élargissant et/ou créant de nouveaux espaces ouverts, tandis que celles mises en évidence à droite de la ligne bleue seraient sans doute noyées au milieu du paysage habituel, peu visibles à l'échelle du paysage.

Le simulateur PAYSAGRI est un outil incontournable de la démarche de modélisation mise en œuvre au sein de ce travail.

Il permet (i) la calibration des différents paramètres et règles représentant les processus modélisés, (ii) la vérification de la cohérence du fonctionnement du système de production agricole représenté, c'est-à-dire une validation qualitative partielle du modèle PAYSAGRI, (iii) la production de données permettant, d'une part, une première démonstration de la pertinence de l'hypothèse du rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans les évolutions de la physionomie d'un territoire rural.

Dans un premier temps, les résultats de la première phase de simulation, représentant le fonctionnement d'un unique système de production agricole bovin laitier, valident la représentation fournie par le modèle PAYSAGRI ; elle est cohérente avec la réalité observée et les données techniques connues. Ils permettent également l'isolement de facteurs de simulation significatifs, tels la sensibilité au paysage de l'agriculteur et les contraintes physiques et agronomiques du territoire.

Dans un deuxième temps, les résultats de la seconde phase de simulation, représentant le fonctionnement de plusieurs systèmes de production agricole au sein d'une portion de territoire rural, soulignent, à système de production agricole et à niveau de contrainte équivalents, la production de paysages différents selon la variation de la proportion d'agriculteurs "sensibles au paysage". Leur analyse montre que la stratégie paysagère de chaque agriculteur, définie selon sa sensibilité au paysage, interagit avec les contraintes physiques et agronomiques des parcelles agricoles, produisant différentes stratégies d'utilisation des surfaces et conduisant à différentes physionomies du territoire.

Ainsi, malgré une construction théorique et l'utilisation de données empiriques, en particulier concernant les deux types d'agriculteurs testés, les éléments fournis par les simulations permettent d'approfondir les questionnements abordés par ce travail. Ils suggèrent l'intérêt, voire la nécessité, lors du traitement des problématiques paysagères des territoires ruraux, de prendre en compte l'agriculteur en tant qu'individu, à la fois tributaire des contraintes technico-économiques pesant sur son système de production agricole et de ses attentes personnelles concernant son métier et les territoires qu'il façonne.

Chapitre 6

Éléments de discussion à propos d'une modélisation expérimentale

Le propos de cette discussion invite, dans un premier temps, à la réflexion sur le point de vue défendu et porté sur l'interface entre les évolutions du paysage d'une portion de territoire rural et les activités agricoles. Il discute, dans un deuxième temps, de la démarche de modélisation visant à formaliser et à tester cette conception du fonctionnement des systèmes de production agricole.

La réflexion souligne, malgré une problématique pluridisciplinaire, une démarche résolument agronomique. Elle replace le point de vue adopté au sein des concepts agronomiques classiques, insistant sur la nécessité de conceptions novatrices du fonctionnement des systèmes de production agricole. Le modèle PAYSAGRI est proposé comme l'expérimentation d'une conception originale d'un système de production agricole, intégrant l'individu-agriculteur, ses attentes paysagères et sa perception du paysage comme facteurs de l'organisation spatiale des activités agricoles.

La discussion concernant le modèle PAYSAGRI permet un retour sur la pertinence et l'efficacité de la démarche de modélisation menée. Elle s'appuie sur l'évaluation de trois composantes majeures du modèle : (i) la typologie des agriculteurs selon leur sensibilité au paysage ; (ii) l'EFPP, un État Fonctionnel Physionomique de la parcelle agricole ; (iii) les pratiques d'ajustement du système de production agricole. Elle précise l'originalité et l'intérêt de certaines simplifications, suggérant également les améliorations nécessaires à une modélisation plus réaliste de l'interface entre les évolutions du paysage d'une portion de territoire rural et les activités agricoles. Ces limites évoquées soulèvent le problème d'une validation difficile du modèle PAYSAGRI.

1. UNE POSTURE RÉSOLUMENT AGRONOMIQUE

Au fil de ce premier temps de discussion, il semble intéressant de revenir sur le point de vue particulier adopté comme fil conducteur de la démarche menée dans ce travail : un regard d'agronome sur les paysages des territoires ruraux, ajusté sur la façon dont les agriculteurs imaginent et perçoivent ces paysages. Cette posture, centrée sur l'agriculteur en tant qu'individu plus ou moins sensible au paysage, est originale, au sens où elle porte sur certaines dimensions non fonctionnelles du processus de décision. Elle est néanmoins résolument ancrée au sein des concepts agronomiques fondamentaux.

Traiter de la problématique paysagère m'a d'abord semblé une réelle opportunité, qui me permettrait de mêler différents acquis, de découvrir de nouvelles disciplines, ainsi que d'autres points de vue et concepts que ceux de l'agronome. Influencée par la lecture de multiples travaux interdisciplinaires, ma première approche des questionnements traités s'est avérée très large, très englobante, comme si un tel travail nécessitait une recherche pluripotente. La combinaison des apports de l'agronomie, de la géographie, de l'écologie, des sciences sociales, ainsi que de leurs diverses déclinaisons respectives, me semblait une nécessité évidente. Intimement, je nourrissais l'idée d'un super modèle, arc-bouté au-dessus des multiples échelles spatiales et temporelles, intégrant tous les processus de la dynamique paysagère, qu'ils soient biotechniques, décisionnels et/ou cognitifs.

Avec le recul acquis sur ce travail, cette idée originelle s'est transformée, laissant place au fait qu'un ancrage disciplinaire fort était indispensable, qu'on ne pouvait traiter d'une problématique aussi large et, en partie subjective, sans se forcer à adopter un point de vue très particulier. L'agronome est agronome ; il n'est ni géographe, ni écologue, ni ethnologue. Volontairement, j'ai donc essayé de traduire la substance théorique de ma question de recherche – à mon sens de nature interdisciplinaire – soit à partir des concepts agronomiques existants, soit de la façon dont elle aurait pu être abordée et réfléchie par des agriculteurs.

L'objectif de ce travail était de s'intéresser à l'hypothèse du rôle d'une sensibilité au paysage, propre à l'agriculteur, comme facteur influençant la nature, les modalités et l'organisation spatiale de ses pratiques agricoles au sein du parcellaire de son système de production agricole. Cette hypothèse impliquait (i) un travail centré sur l'agriculteur, avec une approche originale, considérant l'individu sensible à son environnement, plutôt que l'*homo œconomicus* habituellement envisagé au sein des travaux agronomiques, (ii) une définition du paysage particulière, issue du regard porté par l'agriculteur sur la physionomie de son parcellaire, considérée comme facteur de décision et de mise en œuvre de ses

pratiques agricoles ayant des conséquences paysagères, c'est-à-dire à la fois de ses pratiques de production et de ses pratiques d'entretien.

11. Le système de production agricole piloté par un individu

Le système de production agricole, analysé selon l'approche systémique par les agronomes, est représenté comme un système complexe piloté (INRA et ENSAA, 1973). L'agriculteur est considéré, au sein de ce système, comme le centre de décision et de gestion de l'exploitation agricole : *“si l'on considère l'agriculteur comme décideur et acteur, on s'intéresse au projet global qu'il entretient avec sa famille, aux objectifs plus sectoriels qu'il se fixe à court et moyen terme dans la poursuite de son projet”* (LANDAIS E. et DEFFONTAINES J.P., 1988). Ce projet global est à l'origine du modèle d'action de l'agriculteur, formalisation conceptuelle de son processus de décision et schéma de réflexion qui préside à l'évaluation de l'état de son système de production agricole et à la mise en œuvre de réponses techniques adaptées à ses objectifs (SÉBILLOTTE M. et SOLER L.G., 1990). Le modèle PAYSAGRI, issu de la démarche de réflexion menée au sein de ce travail, intègre ces deux concepts agronomiques fondamentaux, selon le point de vue original que l'individualité de l'agriculteur est un facteur de variation du fonctionnement du système de production agricole.

Au sein de la plupart des travaux de modélisation agronomique, la représentation de la position et du rôle de l'agriculteur au sein du système de production agricole reste relativement théorique. Les modèles agronomiques n'intègrent que rarement l'agriculteur sous la forme d'une entité décisionnelle concrète ; ce dernier est soit réduit à un comportement déterministe définissant les modalités de choix et d'organisation de plusieurs séquences de pratiques agricoles, soit uniquement sous-entendu comme le garant d'une cohérence globale du fonctionnement du système de production agricole, sans formalisation explicite des processus (MARTIN-CLOUAIRE R. *et al.*, 2006; PACAUD T., 2007). Cette pratique peut en partie s'expliquer par la primauté donnée au point de vue technico-économique au sein des démarches agronomiques habituelles. L'étude des pratiques agricoles reste généralement empreinte d'une vision gestionnaire et optimisante de la conduite des ateliers du système de production agricole ; les critères d'évaluation des pratiques agricoles reposent principalement sur l'efficacité agronomique (rendement, structure du sol, peuplement végétal...), l'efficacité organisationnelle et structurelle (moyens de production, pénibilité, temps de travail, main d'œuvre...) et l'efficacité économique (notion de *“pratiques de trésorerie”*) du système de production agricole (GRAS R., 1989). Hors quelques agronomes qui soulignent l'existence d'une part non rationnelle au sein du processus de décision de l'agriculteur – peut-être devrait-on dire “plus difficilement explicable” selon les critères dits “rationnels” cités ci-dessus – (BONNEMAIRE J., 1988; BROSSIER J. *et al.*, 1990; DEFFONTAINES J.P., 1995), la perception des pratiques

agricoles et de leur conséquences est quasiment toujours évoquée sous l'angle de vue de la gestion technico-économique et de l'optimisation du fonctionnement du système de production agricole.

Cette posture se fonde sur une considération partielle de l'agriculteur. Les différences de conduite des systèmes de production agricole, explorées habituellement par les travaux agronomiques, ne relèvent que très rarement de choix liés à l'individu, à ses préférences et/ou à ses valeurs personnelles (MARTIN-CLOUAIRE R. *et al.*, 2006) ; elles ne traitent généralement que des effets de la diversité des combinaisons spatiales et temporelles des techniques et des pratiques agricoles, transcrites par les agronomes sous la forme de critères techniques, de référentiels et/ou de typologies des façons de faire. Au sein de cette connaissance technique, l'agriculteur n'existe pas en tant qu'individu ; il est uniquement considéré comme un agent technique et économique, dont les compétences sont mises au service de l'optimisation de la gestion des différents ateliers du système de production agricole, dans l'objectif d'une productibilité maximale et d'une pénibilité minimale.

Les questionnements traités au sein de ce travail suscitent une approche différente du fonctionnement du système de production agricole. La recherche d'un paysage idéal par les agriculteurs implique une référence à leur individualité, c'est-à-dire à l'expression de leurs attentes, de leurs goûts personnels et/ou de la symbolique qu'ils associent à l'image de leur territoire (BLANC-PAMARD C. et MILLEVILLE P., 1985; GAUCHER S., 1995). Ces éléments sont indispensables à la définition de leur objectif paysager, à l'évaluation de sa réalisation et la conception de moyens à mettre en œuvre pour atteindre cet objectif. L'adoption d'un tel point de vue n'implique plus uniquement de représenter un agriculteur exclusivement producteur agricole, sous-entendu par un corpus de règles de décision techniques à ordonner et/ou à hiérarchiser ; elle requiert d'intégrer au modèle de fonctionnement du système de production agricole, un agriculteur, à la fois gestionnaire technico-économique et individu doté d'une sensibilité au paysage. Ce décideur à double compétence est à l'origine de la combinaison des pratiques de production, a priori dénuées d'objectifs paysagers, et des pratiques d'entretien, a priori dénuées d'objectifs de production. Le modèle PAYSAGRI formalise cette représentation en proposant une organisation originale des décisions de l'agriculteur, distinguant (i) des décisions automatiques, optimisées et définies selon le type de système de production agricole, ayant pour objectif la réalisation de la production, c'est-à-dire à l'origine du choix, de l'organisation et de la localisation des pratiques de production, (ii) des décisions ponctuelles, propres à l'agriculteur, définies selon sa sensibilité au paysage, ayant pour objectif la production d'une physionomie particulière du parcellaire du système de production agricole, c'est-à-dire à l'origine du choix, de l'organisation et de la fréquence des pratiques d'entretien. Ce choix signifie que les différences de fonctionnement des systèmes de production agricole observées sont exclusivement dues à l'individualité de l'agriculteur, c'est-à-dire à sa sensibilité au paysage, chaque agriculteur étant considéré comme techniquement, économiquement et fonctionnellement identique.

Cette façon de concevoir le système de production agricole, si elle est en partie originale, n'est pas réellement novatrice. Elle s'appuie sur le concept de système complexe piloté du système de production agricole ; la démarche de réflexion menée apporte simplement une caractérisation originale de son système décisionnel, intégrant un facteur autre que technico-économique, la sensibilité au paysage de l'agriculteur. Ceci implique l'existence d'une procédure d'évaluation de la physionomie des parcelles agricoles et d'une procédure d'ajustement, si nécessaire, sous la forme d'une réorganisation spatiale des pratiques agricoles et/ou de la mise en œuvre de pratiques d'entretien ; ceci correspond au modèle d'action de l'agriculteur développé au sein des concepts agronomiques.

Finalement, le modèle PAYSAGRI intègre un système décisionnel classique du point de vue agronomique ; son originalité est d'intégrer, comme préconisé par GARCIA, la composante humaine, dans l'objectif d'aboutir à une représentation plus réaliste et de mieux comprendre les interactions entre les agriculteurs, les systèmes de production agricole et leur environnement (GARCIA F. *et al.*, 2005).

Cette façon d'envisager l'étude des interactions entre les activités agricoles et le territoire, polarisée sur la perception que les agriculteurs se font de ce que doit être et de ce que doit produire leur métier et de leur environnement de travail, est à mon sens une évolution souhaitable des travaux agronomiques. Il est indéniable que les facteurs de l'équilibre technico-économique des systèmes de production agricole méritent, aujourd'hui encore, une production de connaissances ; l'amélioration des méthodes de production, l'optimisation des pratiques agricoles et l'utilisation de techniques innovantes représentent une voie vers une agriculture plus respectueuse de l'environnement et plus sécuritaire du point de vue de la santé des populations. Néanmoins, face aux nouvelles demandes de la société, aux réflexions sur l'avenir et l'organisation de l'agriculture mondiale et à la définition de politiques environnementales, souvent incitatives, il paraît indispensable de s'intéresser plus fortement à la façon dont ces préoccupations sont perçues et intégrées par l'agriculteur, en tant que gestionnaire du système de production agricole, mais aussi en tant qu'individu ; l'intérêt qu'il porte à son territoire, cadre de vie et support de son métier, la conscience qu'il a de son rôle dans les mécanismes d'évolution de ce territoire et sa sensibilité à la question environnementale sont autant de facteurs de son adhésion à ces politiques (WILSON G.A., 1997; PEDROLI B., *et al.*, 2006; WEISS K. *et al.*, 2006; KNOWLER D. et BRADSHAW B., 2007). Ainsi, comme les agronomes se sont progressivement approprié l'échelle du territoire (SÉBILLOTTE M., 2002), ils doivent aujourd'hui développer une connaissance du processus mental du gestionnaire du système de production agricole, afin d'accéder à une meilleure compréhension et à une représentation plus réaliste de son processus de décision. Cette connaissance permettrait une meilleure compréhension du raisonnement des agriculteurs, tant dans leurs choix technico-économiques, souvent dictés par la nécessité de rester compétitifs au sein d'une économie de marché de plus en plus prégnante, que dans leur collaboration plus ou moins étroite aux démarches environnementales, souvent empreinte d'une part d'irrationnel.

12. Un paysage à la portée du regard de l'agriculteur

Les premiers chapitres de ce travail rappellent que la notion de paysage a été principalement définie par les géographes. Le modèle de BROSSARD et WIEBER est certainement la synthèse la plus explicite de ce champ disciplinaire (BROSSARD T. et WIEBER J.C., 1984). Le paysage est considéré comme l'assemblage de multiples objets, chacun possédant sa nature et sa dynamique propres, sur lesquelles les activités anthropiques, si elles existent, s'appliquent et influencent l'évolution naturelle des formes.

Les agronomes, lorsqu'ils se sont intéressés aux paysages ruraux, ont généralement adopté cette définition générique, mais ont interprété celle-ci, recherchant le point de vue le plus adéquat aux besoins de leurs différents questionnements. Ainsi, selon l'angle d'entrée choisi, les objets élémentaires du paysage rural sont devenus (i) de grandes unités physionomiques déterminées par l'homogénéité des types de systèmes de production agricole et des façons de faire des agriculteurs, dans le cadre de recherches étudiant l'organisation spatiale des activités agricoles – le “land use pattern” selon la dénomination anglophone –, dans l'objectif de prospectives paysagères à l'échelle de grands territoires (ROUNSEVELL M.D.A. *et al.*, 2003; BUSCH G., 2006; VERBURG P.H. *et al.*, 2006), (ii) des UAP et/ou des parcelles agricoles dans le cadre de recherches, principalement françaises, s'intéressant à l'organisation spatiale des activités agricoles à l'échelle du système de culture et/ou de la portion de territoire (INRA et ENSSAA, 1977; DEFFONTAINES J.P., 1986; THENAIL C. et BAUDRY J., 2001; THINON P., 2002), (iii) des faciès végétaux et/ou des éléments végétaux particuliers, comme les bordures de champs, dans le cadre de recherches avec une entrée écologique, comme celles appartenant à l'écologie du paysage – la “landscape ecology” selon la dénomination anglophone – (BAUDRY J., 1986; BAUDRY J. et THENAIL C., 2004), ou celles, principalement conduites par des pastoralistes, s'intéressant plus précisément à l'entretien du paysage par les animaux (LANDAIS E. et BALENT G., 1993; DAGET P. et GODRON M., 1995; COHEN M., 2001; CAMACHO O., 2004), (iv) des éléments flous, indéfinis, au fil de travaux dont les auteurs se sont affranchis d'une définition explicite des composantes du paysage, utilisant uniquement son prétexte comme objectif de recherche, principalement dans le cas de la lutte contre l'embroussaillage (GIBON A. *et al.*, 1988; CHABERT L., 1994; MEURET M., 2003). Cette diversité des conceptions du paysage, relevée au sein des travaux de la sphère agronomique, souligne la difficulté de s'approprier un objet aussi complexe et subjectif que le paysage, ainsi que d'en définir, de façon pertinente, les différentes composantes. Contrairement à la teneur des discussions de nombreux groupes de travail sur cette thématique, ce fait ne devrait être à l'origine d'une critique imputable aux agronomes. Il ne relève pas de l'agronomie de s'appesantir sur un débat d'idées conceptuelles dans l'objectif de choisir une vision du paysage plutôt qu'une autre ; l'enjeu ne réside pas dans la meilleure et/ou la plus complète des définitions du paysage, de sa structure et de sa dynamique, mais dans le choix des objets élémentaires les plus pertinents, permettant l'étude, la compréhension et la création de connaissances nécessaires à l'aide à la

gestion de l'interface entre les activités agricoles et les évolutions des formes des composantes des paysages ruraux.

Comme nombreux des travaux agronomiques cités, la démarche de réflexion menée au sein de ce travail a d'abord été influencée par cette conception géographique du paysage. Un paysage rural ne semblait pouvoir être considéré autrement que comme un continuum, composé de l'assemblage de multiples objets, principalement d'origine végétale, agencés les uns avec les autres. Ses évolutions ne pouvaient être conçues qu'au travers d'une certaine complexité, faisant intervenir parallèlement des processus biologiques continus de croissance, de développement et de dissémination des espèces végétales et des processus agronomiques localisés de prélèvement et/ou de réduction d'une partie de cette matière végétale. Sa représentation était idéalement conçue sous la forme d'un substrat végétal continu et dynamique, d'une échelle spatiale plus ou moins fine, dont la ressource serait usée de façon hétérogène par les prélèvements liés aux activités agronomiques (LARDON S. *et al.*, 1998; HILL D. *et al.*, 2000; BONNEFOY J.L. *et al.*, 2001; ETIENNE M., 2003; BONAUDO T. *et al.*, 2005; DÉPIGNY S. et MICHELIN Y., 2006). Progressivement, la démarche de modélisation entreprise, se focalisant sur les pratiques agricoles mises en œuvre sous l'influence de la perception du paysage par l'agriculteur, a suggéré une remise en cause de cette conception du paysage. Les questionnements abordés impliquent uniquement les composantes paysagères regardées, évaluées et modifiées par l'agriculteur ; de la même façon, ils requièrent seulement l'identification de leurs caractéristiques essentielles au processus de décision de l'agriculteur, c'est-à-dire les informations nécessaires à l'évaluation et à l'ajustement de leurs formes. Ce choix de la considération exclusive du paysage vu et modifiable par l'agriculteur a conduit à la définition et à la représentation d'un paysage agricole discontinu, uniquement basé sur l'assemblage plus ou moins contigu des couverts végétaux des parcelles agricoles gérées par l'agriculteur.

Cette conception du paysage peut paraître assez éloignée du paysage au sens large. Elle est néanmoins une entrée pertinente du point de vue agronomique, proche du raisonnement de l'agriculteur, intégrant les éléments du paysage qu'il voit et gère (DEFFONTAINES J.P., 1995). Elle tisse un lien entre les évolutions du paysage et les activités agricoles, recentrant la problématique paysagère sur la parcelle agricole, entité spatiale de décision de l'agriculteur et d'application des pratiques agricoles. Elle conserve aussi les relations avec les échelles supérieures, faisant intervenir l'évaluation de la physionomie de la parcelle agricole au sein de l'ensemble du parcellaire, c'est-à-dire à l'échelle visuelle du paysage et à l'échelle décisionnelle du système de production agricole, centre névralgique de mise en œuvre d'une stratégie paysagère.

Néanmoins, cette conception agronomique du paysage, c'est-à-dire traitant des relations pouvant exister entre l'agriculteur, les pratiques agricoles et les éléments paysagers, pourrait être plus élaborée ; deux restrictions majeures du modèle PAYSAGRI méritent d'être observées, leur influence au sein des questionnements traités pouvant être non négligeable.



L'absence d'intégration des éléments paysagers internes et bordants de la parcelle agricole

Au sein de territoires herbagers comme ceux du Massif central, une parcelle agricole est rarement une simple surface dépourvue d'une haie, d'une clôture, d'un fossé, d'un talus, d'un chemin bordant ou d'un quelconque élément de bordure ; de même, les parcelles agricoles réservées à la pâture des animaux incluent parfois un ou plusieurs bosquets ou morceaux de haie, soit volontairement laissés par les éleveurs pour constituer un abri végétal aux animaux, soit existant en raison d'un ancien talus ou d'un affleurement rocheux limitant l'entretien mécanique, parfois aussi sans raison apparente ou explicite. Ces éléments, hormis leur rôle agronomique, s'il existe, sont importants du point de vue de la structure paysagère : ils représentent la majeure partie de la dimension verticale du paysage, celle qui détermine, sous l'effet des saisons, la visibilité. Ils représentent aussi un intérêt environnemental fort, contribuant au maintien d'une certaine biodiversité, à la lutte contre l'érosion ou contre certains ravageurs (BAUDRY J., 1986; NOTE P., 2005). Ces deux points laissent à penser que leur prise en compte au sein des réflexions menées dans ce travail pourrait être intéressante. D'une part, l'agriculteur perçoit fortement cette dimension verticale du paysage ; selon sa sensibilité au paysage, elle pourrait être à l'origine de la mise en œuvre de pratiques d'entretien spécifiques sur ses bordures de parcelles agricoles (plantation, taille, arrachage de haies), dans l'objectif "*de voir plus loin*", "*de surveiller les animaux*", "*d'être caché des voisins*", autant de raisons évoquées au sein des discours des agriculteurs (DÉPIGNY S. et CAYRE P., 2002). D'autre part, les intérêts environnementaux de ces éléments paysagers sont certainement mis en équilibre au sein de la décision de l'agriculteur avec les aspects ergonomiques liés à l'absence de tout obstacle à la mécanisation ; la sensibilité à l'environnement, comme la sensibilité au paysage, pourrait être une motivation non fonctionnelle, parmi les autres motivations, au maintien de ces éléments et à leur entretien (DERAEVE E., 2003).

Ainsi, ces éléments de la parcelle agricole représentent des composantes paysagères essentielles à la structure du paysage d'un territoire rural, qui mériteraient leur place au sein d'une démarche de modélisation telle que celle menée dans ce travail. Ils permettraient d'apporter une explication plus approfondie aux relations entre la dynamique des paysages des territoires ruraux et les activités agricoles. En outre, les pratiques d'entretien associées à ces éléments paysagers semblent souvent déconnectées d'une logique de production ; la mise en évidence des motivations des agriculteurs à l'origine de leur mise en œuvre risque d'être relativement complexe, celles-ci étant certainement issues en majeure partie de déterminants socioculturels et symboliques (DÉPIGNY S. *et al.*, 2002).

L'homogénéité relative de la parcelle agricole

Au sein du modèle PAYSAGRI, la parcelle agricole est considérée comme l'entité spatiale élémentaire de gestion de l'agriculteur ; une pratique agricole est donc appliquée systématiquement sur la totalité de la surface d'une parcelle agricole. Ainsi, l'EFP, indicateur construit au sein du modèle PAYSAGRI pour représenter la physionomie de la parcelle agricole, renvoie une image homogène du couvert végétal, c'est-

à-dire identique sur l'ensemble de la surface de la parcelle agricole. Cette simplification ne correspond pas à l'ensemble des situations rencontrées au sein des modes de gestion des parcelles agricoles. D'une part, certains agriculteurs sectorisent leurs parcelles agricoles, soit afin de gérer les lots d'animaux au sein de trop grandes parcelles agricoles, dans l'objectif d'un entretien localisé ou homogène du couvert végétal, soit afin de mettre en œuvre plusieurs usages au sein d'une même parcelle agricole, parfois à cause d'une hétérogénéité de la contrainte (MALPEL L., 2001) ; cette situation, en conditions de sous-chargement animal du système de production agricole, pourrait avoir un impact sur la physionomie générale du parcellaire, laissant apparaître des zones volontairement abandonnées et des zones plus ou moins bien entretenues, au sein de certaines parcelles agricoles (DAGET P. et GODRON M., 1995). D'autre part, selon le même raisonnement, la conduite des systèmes herbagers extensifs pourrait être aussi un mode de gestion à l'origine de multiples physionomies du couvert végétal : zones préférées des animaux plus entretenues en conditions de pâturage libre, zones plus entretenues que d'autres si le berger impose un circuit et/ou des parcs de contention localisés et/ou zones abandonnées pour diverses raisons techniques, organisationnelles et/ou préférentielles (DE MONTARD F.X., 1991; LANDAIS E. et BALENT G., 1993).

Difficiles à représenter au sein d'une modélisation n'intégrant pas les dynamiques de croissance des strates végétales, comme le modèle PAYSAGRI, ces phénomènes pourraient être néanmoins intéressants à étudier plus précisément du point de la physionomie des territoires ruraux. Ils permettraient l'identification des facteurs à l'origine d'une hétérogénéité des couverts végétaux au sein d'une même parcelle agricole. Dans le même temps, ils apporteraient une meilleure compréhension des processus de décisions à l'origine des différents modes d'organisation et de gestion de l'espace fourrager, ayant des conséquences sur la physionomie des parcelles agricoles.

Finalement, construit à partir de deux thématiques originales du point de vue d'une recherche agronomique, les dynamiques des paysages ruraux et l'existence d'une sensibilité au paysage de l'agriculteur, le modèle PAYSAGRI est le fruit d'une démarche résolument ancrée au sein des concepts agronomiques classiques. Il suggère l'approfondissement des connaissances du sous-système décisionnel du système de production agricole, afin de mieux intégrer les motivations non fonctionnelles de l'agriculteur, à l'origine de la production des externalités des activités agricoles, comme le paysage.

2. LE MODÈLE PAYSAGRI : ORIGINAL, ABOUTI ET EXPÉRIMENTAL

Ce deuxième temps de discussion est consacré à un retour sur le modèle PAYSAGRI. En premier lieu, il rappelle l'intérêt de la construction d'un tel modèle face aux questionnements traités. En second lieu, le propos se focalise sur trois originalités du modèle PAYSAGRI, présentant leurs aspects novateurs et suggérant des améliorations nécessaires et/ou des pistes d'approfondissement des connaissances associées : (i) l'utilisation d'une typologie empirique d'agriculteurs selon leur sensibilité au paysage ; (ii) la définition d'un État Fonctionnel Physionomique (EFP) du couvert végétal, indicateur du potentiel agronomique et paysager de la parcelle agricole ; (iii) l'intégration des pratiques d'entretien au sein du fonctionnement du système de production agricole. Enfin, le problème de la validation d'un tel modèle et de ses conséquences en termes d'utilisation sera abordé.

21. Un modèle adapté aux objectifs de ce travail

La réflexion menée au sein de ce travail repose sur une conception originale de l'interface entre les évolutions du paysage d'une portion de territoire rural et les activités agricoles. Elle se fonde sur l'hypothèse de l'existence d'une diversité des sensibilités au paysage des agriculteurs à l'origine d'une partie des évolutions des paysages ruraux. Il s'agit principalement d'une démarche empirique. La sensibilité au paysage de l'agriculteur et son rôle au sein du processus décisionnel, à l'origine de la mise en œuvre des pratiques agricoles, n'ont pas été réellement à partir d'observations de terrain ; ces éléments ne sont que l'extrapolation de cas particuliers rencontrés, de parties de discours d'agriculteurs enquêtés (DÉPIGNY S. et CAYRE P., 2002) et/ou d'éléments de réflexion issus de travaux à dominante sociale traitant des paysages ruraux (ROCCON M.H., 1991; GAUCHER S., 1995; FRIEDBERG C. *et al.*, 2000; LE FLOCH S. et ANNE-SOPHIE D., 2005). Cette méconnaissance des phénomènes étudiés est à l'origine de la construction des objectifs de la recherche conduite au sein de ce travail : (i) proposer une nouvelle formalisation des processus d'évolution des paysages ruraux, intégrant l'individualité de l'agriculteur, afin d'enrichir et/ou de suggérer des voies d'approfondissement de la connaissance de ces processus ; (ii) vérifier la pertinence de cette représentation de l'interface entre les évolutions du paysage d'une portion de territoire rural et les activités agricoles.

La démarche à mettre en œuvre pour répondre à de tels objectifs se heurtait à (i) la complexité de l'interface étudiée, faisant intervenir différentes échelles spatiales (territoire, parcellaire, parcelle agricole) et temporelles (durée d'évolution d'un paysage, campagne agricole, succession des pratiques agricoles) et des processus de nature différente (dynamique végétale, perception du paysage, décision de l'agriculteur, impact d'une pratique agricole), (ii) l'absence de données suffisantes pour une analyse statistique et une

généralisation des comportements des agriculteurs, (iii) la difficulté d'une collecte de données supplémentaires, entraînant une trop longue durée d'enquête selon les méthodes des sciences sociales et risquant de se confronter à la subjectivité véhiculée par le paysage.

La démarche de modélisation est apparue comme une alternative intéressante ; elle a permis de prendre du recul sur une réalité complexe et peu dynamique sur des temps courts. Elle a fourni une méthodologie d'analyse, ainsi que des outils de formalisation, nécessaires à la représentation d'un système complexe ; l'interface étudiée a ainsi pu être transcrite, selon une modélisation orientée objet particulièrement adaptée à la représentation des phénomènes spatiaux, sous la forme de schémas UML constituant le modèle PAYSAGRI. Ces éléments de description des objets et des processus étudiés sont à la base de la conception d'outils de recherche, des logiciels informatiques, permettant la réalisation de simulations ; ces prolongations dans le temps des modèles donnent la possibilité d'un large panel d'expérimentations virtuelles, soit dans l'objectif d'une vérification de la cohérence structurelle et fonctionnelle des modèles construits, soit dans l'objectif du test de différentes hypothèses de fonctionnement et/ou de la comparaison de différents scénarios (COQUILLARD P. et HILL D., 1997). Ces deux finalités correspondant aux attentes de ce travail, la démarche de modélisation adoptée impliquait l'implémentation informatique du modèle PAYSAGRI et le test de sa pertinence par le biais d'un plan d'expérimentation par simulations.

Le modèle PAYSAGRI est en premier lieu la formalisation d'une conception "partisane", adoptée et défendue au sein de ce travail, de l'interface entre les évolutions du paysage d'une portion de territoire rural et les activités agricoles. Ses simplifications tiennent du fait qu'il n'intègre et ne représente que les objets et les processus nécessaires aux questionnements traités, c'est-à-dire à la validation de l'hypothèse du rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans les évolutions du paysage d'un territoire rural. Il répond, en ce sens, à la première partie des objectifs de ce travail.

Le simulateur informatique PAYSAGRI est un outil de recherche développé à partir du modèle PAYSAGRI. Il offre la possibilité, irréalisable seulement par une observation et/ou par une expérimentation réelles, de la représentation pluriannuelle du fonctionnement de plusieurs systèmes de production agricole ; celle-ci est indispensable à l'enregistrement, la visualisation – par le biais d'un couplage SIG – et l'analyse des successions des pratiques agricoles sur chacune des parcelles agricoles d'un territoire et de leurs conséquences paysagères sur ce territoire. À titre d'illustration de l'intérêt de cette puissance logicielle, une simulation de 20 années sur le territoire *TerraX*, comportant 2 000 parcelles agricoles, correspond à l'organisation spatio-temporelle de 16 000 usages agricoles ; cette activité agricole est traitée seulement en quelques dizaines de minutes par le simulateur PAYSAGRI exécuté sur un ordinateur doté d'un processeur d'1,5 Ghz et d'au moins 512 Mo de mémoire vive. Le simulateur PAYSAGRI offre ainsi de nombreux avantages, mis en évidence par la réalisation du plan d'expérimentation par simulations. Les différents résultats de simulation permettent (i) la vérification de la cohérence du fonctionnement du système de production agricole représenté par le modèle PAYSAGRI, c'est-à-dire sa correspondance avec la réalité

observée, (ii) l'observation de différences significatives de l'organisation spatiale des activités agricoles et de la physionomie finale des territoires selon différentes proportions testées des deux types d'agriculteurs, abondant dans le sens d'une affirmation de l'hypothèse de travail, (iii) l'identification d'interactions imprévues entre différents processus intégrés au modèle, tels que l'influence combinée de la sensibilité au paysage des agriculteurs et des contraintes physiques et structurelles du parcellaire sur l'organisation des activités agricoles. Le simulateur PAYSAGRI répond ainsi à la seconde partie des objectifs de ce travail. Il propose une démonstration de la pertinence de l'hypothèse du rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans les évolutions des paysages ruraux, donnant son sens à la réflexion menée.

22. Retour sur les originalités du modèle PAYSAGRI

La construction du modèle PAYSAGRI présente trois particularités : (i) l'utilisation d'une typologie empirique d'agriculteurs selon leur sensibilité au paysage ; (ii) la définition d'un État Fonctionnel Physionomique (EFP) du couvert végétal, indicateur du potentiel agronomique et paysager de la parcelle agricole ; (iii) l'intégration de pratiques d'ajustement au sein du fonctionnement du système de production agricole. Au sein de ce propos, chacune est relue selon ses notions fondatrices, afin de préciser son intérêt et l'originalité apportée à la recherche menée, mais aussi de spécifier certaines de ses limites notées et de proposer des pistes d'amélioration envisageables.

221. La typologie des agriculteurs basée sur la sensibilité au paysage

Le modèle PAYSAGRI intègre deux types d'agriculteurs, chacun correspondant à une sensibilité au paysage. L'agriculteur de sensibilité paysagère SpA présente une attitude attentive vis-à-vis de la problématique paysagère ; il est défini comme un individu sensible aux paysages ouverts, dont le métier est un moyen d'entretenir les espaces ruraux. L'agriculteur de sensibilité paysagère SpZ est relativement indifférent au paysage au sens large ; il s'intéresse uniquement à la physionomie de ses parcelles agricoles utilisées, considérant celle-ci comme la démonstration de son savoir-faire. Ces deux types d'agriculteurs empiriques suggèrent l'existence d'une diversité de sensibilités au paysage au sein des agriculteurs d'un territoire, qu'il serait possible d'exprimer selon une typologie. Chaque agriculteur pourrait ainsi être "rangé" au sein d'une sensibilité au paysage particulière, déterminante de son comportement vis-à-vis des éléments paysagers présents sur son parcellaire, c'est-à-dire du mode de conduite global de son système de production agricole par rapport à l'espace, de l'organisation spatiale de ses pratiques agricoles et de la combinaison éventuelle de pratiques de production et de pratiques d'entretien.

2211. Intérêt et originalité

L'intérêt de l'utilisation d'une typologie des agriculteurs selon leur sensibilité au paysage est principalement agronomique. Il réside dans l'amélioration de la connaissance de l'interface entre les évolutions du paysage d'une portion de territoire rural et les activités agricoles, selon le point de vue particulier que l'individu, ses attentes paysagères personnelles, son rapport à son territoire et son cercle d'influence sont à l'origine d'une partie des évolutions des paysages des territoires ruraux. L'existence d'une telle typologie des agriculteurs, testée et validée, permettrait une meilleure compréhension de l'attitude des agriculteurs vis-à-vis de la problématique paysagère et du rôle qu'ils estiment devoir et/ou pouvoir prendre au sein de la gestion des territoires ruraux. Comme dans le cas des travaux de WILSON destinés à la compréhension des motivations des agriculteurs pour leur participation au Cambrian Mountains ESA scheme (WILSON G.A., 1997), elle serait une aide à l'élaboration et à l'application de politiques publiques à finalité paysagère, suggérant les leviers d'une prise de conscience et d'une collaboration des agriculteurs à de tels outils de gestion.

L'originalité agronomique, déjà explicitée auparavant, est concomitante. Elle repose sur une conception particulière du fonctionnement du système de production agricole, au sein duquel les motivations personnelles de l'agriculteur, autres que technico-économiques, contribuent au processus décisionnel. Au sein du modèle PAYSAGRI, l'agriculteur choisit le mode de conduite global de son système de production agricole par rapport à l'espace (chargement animal global, impact sur le paysage) et recherche l'organisation spatiale des pratiques agricoles la plus adéquate à la réalisation de ses objectifs ; il s'agit d'un réel pilotage, au sein duquel les décisions relèvent de l'individualité de l'agriculteur, les modalités techniques des pratiques agricoles, extraites de références définies selon le type de production agricole, étant reléguées à un système autonome et automatique.

Cette position de l'agriculteur au sein du système de production agricole est établie au sein de la structure du modèle PAYSAGRI. L'agriculteur est représenté par une classe d'objets à part entière, généralisation de classes d'objets **SensibilitePaysage**, chacune représentant un type d'agriculteur, c'est-à-dire une sensibilité au paysage. Chaque classe **SensibilitePaysage** décrit un comportement de l'agriculteur vis-à-vis du fonctionnement global de son système de production agricole par rapport à l'espace et des éléments paysagers présents sur son parcellaire. Le modèle PAYSAGRI intègre actuellement deux classes **SensibilitePaysage**, correspondant aux deux types d'agriculteurs testés, respectivement l'agriculteur de type SpA et l'agriculteur de type SpZ. Cette organisation du modèle PAYSAGRI est intéressante ; elle permet d'une part, la modification du comportement de l'agriculteur lié à sa sensibilité au paysage, c'est-à-dire à ses attentes personnelles, sans remettre en cause les modalités techniques des pratiques agricoles renseignées au sein d'une classe indépendante **SystemeProductionAgricole**, et d'autre part, l'ajout des nouveaux types d'agriculteurs souhaités. Elle garantit ainsi une certaine évolutivité au modèle PAYSAGRI.

2212. Limites et améliorations envisageables

D'après les résultats de simulation du plan d'expérimentation du modèle PAYSAGRI, l'utilisation d'une typologie d'agriculteurs selon la sensibilité au paysage semble une voie pertinente de l'étude des évolutions des paysages ruraux. La comparaison des résultats paysagers du territoire *Chadrat*, selon que l'unique agriculteur est de type SpA ou SpZ, ou du territoire *TerraX*, selon différentes proportions de ces deux types d'agriculteurs au sein des systèmes de production agricole, suggère l'existence de plusieurs stratégies spatiales, satisfaisant de façon identique les besoins de production agricole, mais conduisant à des physionomies différentes des parcelles agricoles. La sensibilité au paysage de l'agriculteur serait un facteur concevable des évolutions des paysages ruraux. Néanmoins, la portée de ces résultats est à relativiser. Ils ne sont qu'une démonstration du rôle envisagé de la sensibilité au paysage des agriculteurs au sein des évolutions d'un paysage rural. En effet, les deux types d'agriculteurs représentés au sein du modèle PAYSAGRI sont empiriques et caricaturaux, imaginés nécessairement en opposition, pour les besoins du test de deux conceptions différentes du paysage. Certes, ces deux sensibilités au paysage représentent des comportements paysagers réalistes, mais ils ne s'appuient pas sur des critères objectifs et/ou une généralisation suffisante de résultats d'enquêtes. Ainsi, dans ces conditions expérimentales, il semble qu'il soit difficile d'apporter un quelconque crédit à l'identification d'un agriculteur réel à l'une ou l'autre de ces deux sensibilités au paysage, fait rendant impossible une validation par confrontation du modèle PAYSAGRI.

Dans l'intérêt de l'amélioration du modèle PAYSAGRI et dans la perspective d'une continuité de la recherche menée, la construction d'une typologie des agriculteurs selon leur sensibilité au paysage paraît nécessaire et opérante pour une meilleure compréhension du processus décisionnel de l'agriculteur. Selon les réflexions émises au fil de ce travail, il semble qu'elle devrait reposer à la fois sur une caractérisation classique de l'agriculteur, basée sur des critères objectifs et aisément identifiables, et sur une caractérisation "sensible" de l'agriculteur selon son attitude face à la problématique paysagère.

- ✱ Les critères objectifs, repérés comme facteurs significatifs par des agronomes ayant traité des problématiques similaires (INRA et ENSSAA, 1977; WILSON G.A., 1997; PRIMDAHL J., 1999; RAPEY H. *et al.*, 2002; CAMACHO O., 2004), pourraient être : l'âge, le niveau de formation, la succession, l'appartenance à différentes organisations professionnelles agricoles, les moyens d'information, l'existence d'une seconde activité professionnelle, le temps de travail disponible... ; ils seraient à l'origine d'une première ébauche de la personnalité de l'agriculteur, qui, complétée par une approche globale du système de production agricole (BENOIT M., 1988; MARSHALL E. *et al.*, 1994), permettrait l'identification de la trajectoire impulsée au système de production agricole.

- ✖ Les critères à l'origine de la définition de l'attitude de l'agriculteur face à la problématique paysagère sont plus difficiles à définir ; ils doivent être repérables pour chacun des agriculteurs et présenter la plus faible subjectivité possible. Une proposition, dont les fondements sont issus d'un travail réalisé dans l'objectif de l'identification des motivations des agriculteurs à l'origine de la mise en œuvre de leurs pratiques paysagères (DÉPIGNY S. et CAYRE P., 2002), serait d'envisager des enquêtes traitant différentes échelles du paysage ; elles auraient ainsi la capacité à décoder plusieurs types de perceptions du paysage par l'agriculteur, selon les éléments abordés et/ou observés : (i) une perception du paysage à l'échelle du territoire d'étude : elle devrait permettre à l'agriculteur d'exprimer ses préférences personnelles pour tel ou tel type de paysage (ouvert, fermé, bocage, openfield...), ainsi que les valeurs symboliques et/ou culturelles qu'il associe éventuellement à ces paysages ou à certains de leurs éléments ; (ii) une perception du paysage à l'échelle de la parcelle agricole : basée sur l'étude de la physionomie du couvert végétal et des éléments paysagers bordants, elle devrait permettre à l'agriculteur d'exprimer sa conception esthétique de son métier, c'est-à-dire l'intérêt qu'il porte au niveau d'entretien des surfaces agricoles et de leurs éléments paysagers.

Cette façon de procéder devrait permettre d'accéder à une partie de la perception du paysage par l'agriculteur et de la caractériser, soit de façon globale comme le fait SCHMITZBERGER avec des critères très généraux ("*attitude towards agriculture*", "*attitude towards lanscape*", "*attitude towards nature conservation*") (SCHMITZBERGER I. *et al.*, 2005), soit de façon plus précise selon des critères identifiés lors des enquêtes. L'objectif est de construire une typologie validable, c'est-à-dire au sein de laquelle les agriculteurs puissent se reconnaître et s'identifier à l'un des types définis.

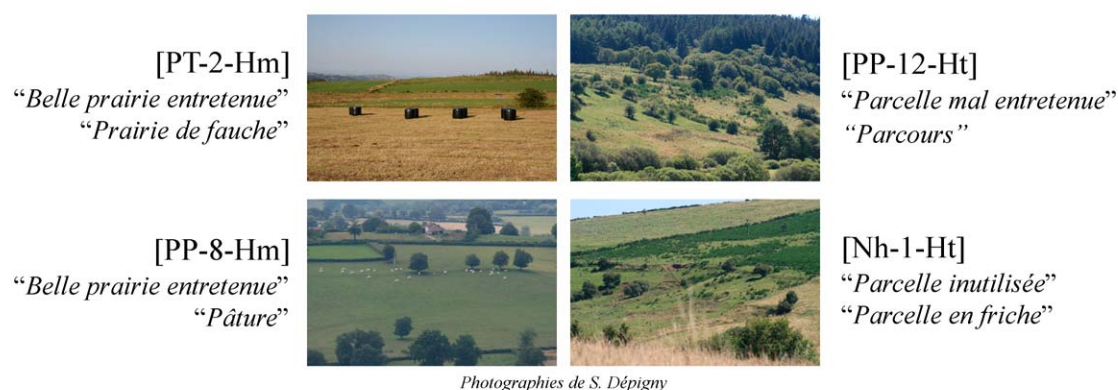
222. L'État Physionomique Fonctionnel (EFP)

Au sein du modèle PAYSAGRI, la parcelle agricole est le cœur de l'interface entre les évolutions du paysage du territoire rural et les activités agricoles ; elle représente l'échelle la plus fine de la confrontation entre la dynamique végétale et les pratiques agricoles. Elle est l'unité spatiale élémentaire de la décision de l'agriculteur, de l'application des pratiques agricoles et du paysage. L'agriculteur, pilote d'un système de production agricole associant un objectif de production fourragère et une finalité paysagère, doit connaître le potentiel fourrager et le potentiel paysager de chacune des parcelles agricoles de son parcellaire. L'EFP est un indicateur simplifié de ces informations. Il résulte de la combinaison de trois caractéristiques de la parcelle agricole : (i) la fonctionnalité agronomique ; (ii) la durée d'existence de la fonctionnalité agronomique ; (iii) la rugosité du couvert végétal. Chaque parcelle agricole du modèle PAYSAGRI est ainsi caractérisée par son EFP, noté sous la forme [fonctionnalité agronomique - âge - rugosité].

2221. Intérêt et originalité

D'un point de vue agronomique, l'EFP est un descripteur simplifié et original de la parcelle agricole. Il est simplifié au sens où il caractérise avec minimalisme le potentiel fourrager de la parcelle agricole, principalement par la distinction des prairies temporaires à fort potentiel fourrager [PT] et des prairies permanentes à potentiel fourrager moindre [PP] ; la fonctionnalité agronomique, conjuguée avec l'âge du couvert végétal, est prise en compte pour la répartition des pratiques de production courantes (ensilage, fauche, regain, pâture), ainsi que pour le maintien d'une ressource fourragère de qualité par le renouvellement des prairies temporaires. Il est original au sens où il intègre une description physionomique de la parcelle agricole ; la fonctionnalité agronomique indique un type de couvert végétal qui, selon son âge et la rugosité de sa surface, peut faire référence à une certaine physionomie, utile à l'agriculteur pour juger de l'adéquation de cette parcelle agricole avec l'objectif physionomique à atteindre sur le parcellaire. La Figure 6.1 fournit quelques exemples de physionomies de parcelles agricoles imaginables d'après l'EFP, ainsi que les mots des agriculteurs pour caractériser ces parcelles agricoles.

Figure 6.1 : Physionomies de parcelles agricoles imaginables à partir de l'EFP



Du point de vue de la démarche de modélisation, le choix de l'EFP repose sur le parti pris d'une indépendance au territoire physique. Contrairement à la majorité des modèles agronomiques intégrant une confrontation entre une dynamique de végétation et des pratiques de gestion de la ressource herbagère (LARDON S. *et al.*, 1998; HILL D. *et al.*, 2000; BONNEFOY J.L. *et al.*, 2001; DURU M. et HUBERT B., 2003; ANDRIEU N., 2004; BONAUDO T. *et al.*, 2005; THOMSON A.M. et SIMPSON I.A., 2006), l'EFP affranchit le modèle PAYSAGRI de la continuité obligatoire du territoire et de l'intégration de multiples informations pédoclimatiques, deux éléments habituellement nécessaires à la représentation des processus biologiques de croissance et de dissémination des végétaux. En effet, d'une part, il est un état statique, exempt de dynamique interne et d'effet de voisinage, et d'autre part, il est indépendant des conditions

pédoclimatiques, uniquement défini par le type de couvert végétal, son historique et la forme générale de la surface de celui-ci. Il libère le modèle PAYSAGRI de la nécessité d'une validation géographique, cantonnant généralement les modèles à une zone géographique spécifique. La physionomie réelle d'une parcelle agricole n'est pas considérée comme indispensable aux objectifs de la modélisation menée ; elle pourra néanmoins être obtenue de façon précise, soit par une observation directe sur le terrain, soit par l'utilisation d'un modèle écologique adapté au terrain étudié, tels ceux développés par PREVOSTO pour la diffusion du *Pin sylvestre* au sein des prairies abandonnées du Massif central (PREVOSTO B. *et al.*, 2003) ou BALENT pour la représentation de la dynamique végétation pyrénéenne (BALENT G. et FILY M., 1991).

L'EFP semble une notion intéressante pour l'agronome s'intéressant à la problématique paysagère. Il conjugue l'utilité agronomique de la parcelle agricole avec sa physionomie. Il pourrait être un outil de discussion avec l'agriculteur, permettant par ce statut de trait d'union entre les pratiques agricoles et leurs impacts sur la physionomie du couvert végétal des parcelles agricoles, de maintenir une certaine objectivité au sein du discours.

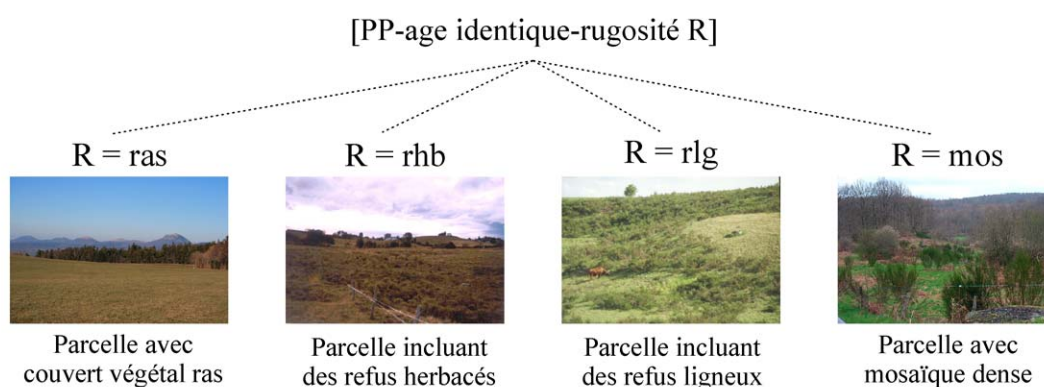
2222. Limites et améliorations envisageables

Intéressant et répondant aux objectifs de la modélisation menée, l'EFP pourrait néanmoins présenter quelques améliorations afin d'apporter un plus grand réalisme au modèle PAYSAGRI.

La première restriction perfectible de cet indicateur concerne l'aspect physionomique de la parcelle agricole, plus particulièrement la rugosité du couvert végétal. Cette information reste relativement simplifiée, cantonnée à deux valeurs "Homogène" ou "Hétérogène". La différence entre une prairie permanente sous-utilisée incluant soit quelques refus, soit une véritable mosaïque d'éléments paysagers, n'est pas explicite ; ces deux parcelles agricoles posséderont le même EFP [PP-age-Ht]. Or, du point de vue de la physionomie de la parcelle agricole, de son usage et/ou des modalités de son entretien, ces deux cas de figure ne présentent pas les mêmes conséquences : la physionomie de la première prairie pourra être simplement ajustée par une fauche de regain et la qualité de l'herbe ne sera pas affectée, tandis que l'ajustement de la physionomie de la seconde prairie nécessitera un gyrobroyage lourd et la qualité de l'herbe sera certainement affectée pour plusieurs années consécutives.

Il semble qu'un redéploiement des valeurs de cet indicateur de rugosité pourrait être intéressant. Une palette de valeurs plus large que simplement "Homogène" ou "Hétérogène" indiquerait avec plus de précision le type d'hétérogénéité présenté par le couvert végétal. Une première proposition consisterait à distinguer (i) une parcelle agricole au couvert végétal ras, notée [ras], (ii) une parcelle agricole incluant des refus herbacés, notée [rhb], (iii) une parcelle agricole incluant des refus lignifiés, notée [rlg], (iv) une parcelle agricole présentant une mosaïque dense d'éléments paysagers divers, notée [mos]. La Figure 6.2 montre des exemples de physionomies que pourraient différencier ce nouvel indicateur de rugosité.

Figure 6.2 : Exemples de physionomies différenciées par une amélioration de la rugosité



Photographies de S. Dépigny

La seconde restriction gênante de cet indicateur concerne les informations sur le potentiel fourrager de la parcelle agricole. En effet, s'il permet de distinguer, comme expliqué ci-dessus, les "bonnes prairies" des "prairies moins bonnes", il pourrait être affiné par l'intégration d'une information plus fine sur la quantité et la qualité du couvert herbacé, c'est-à-dire par une meilleure prise en compte de la ressource fourragère offerte par la parcelle agricole. Le modèle PAYSAGRI intègre des caractéristiques relativement détaillées des potentialités agronomiques des parcelles agricoles ; ces informations pourraient être utilisées et conjuguées avec une simplification d'un modèle de croissance de l'herbe existant, tel PATUR'IN (DELABY L. *et al.*, 2001), HERB'ITCF (HARDY A. *et al.*, 2001) ou le modèle de CROS (CROS M.J. *et al.*, 2003), de la même façon qu'ANDRIEU le fait au sein de son modèle de sensibilité du système fourrager aux aléas climatiques (ANDRIEU N., 2004). Cette amélioration permettrait une classification des parcelles agricoles selon leur qualité fourragère, donnant la possibilité d'une gestion plus fine des surfaces fourragères ; elle apporterait plus de réalisme à l'organisation spatiale des pratiques de production courante du système, facteur important de la physionomie des parcelles agricoles.

La troisième amélioration envisageable concerne l'ajout d'informations générales concernant les dynamiques végétales du territoire étudié au sein de la classe **Territoire** du modèle PAYSAGRI. L'objectif consisterait à indiquer plus précisément à l'agriculteur la signification des EFP [Nh]. En effet, sans remettre en cause l'intérêt d'un découplage de l'EFP de la zone géographique, le type de dynamique végétale présent au sein du territoire modélisé (pelouse, lande à callunes, lande à genêts, série écologique de milieu humide...) pourrait être intéressant à connaître pour affiner les seuils d'intervention des pratiques d'entretien de l'agriculteur, figés au stade actuel de développement du modèle PAYSAGRI. À titre d'exemple, un gyrobroyage lourd pourrait être déclenché à un stade différent de l'EFP selon que la parcelle agricole est une lande à genêts ou une pelouse.

223. Les pratiques d'ajustement du système de production agricole

Le système de production agricole représenté au sein du modèle PAYSAGRI intègre deux types de pratiques agricoles : (i) les pratiques de production courantes, automatiques et figées, dépendantes du type de production agricole et destinées à la réalisation de la production fourragère ; (ii) les pratiques d'ajustement, définies selon la sensibilité au paysage de l'agriculteur et destinées à la réalisation de l'objectif paysager de l'agriculteur.

Les pratiques d'ajustement ne sont pas mises en œuvre de façon systématique. Elles sont conditionnées par l'évaluation de la physionomie des parcelles agricoles à la fin de la campagne agricole, opération dépendante des objectifs paysagers définis par la sensibilité au paysage de l'agriculteur. La détection de parcelles agricoles présentant un EFP non conforme aux souhaits de l'agriculteur entraîne (i) la mise en œuvre de pratiques d'entretien – défrichage, gyrobroyage ou entretien par les animaux – des parcelles agricoles concernées, dans la limite du temps imparti à cette tâche par l'agriculteur, (ii) l'ajustement progressif du mode de conduite global du système de production agricole, c'est-à-dire du niveau d'intensification des surfaces fourragères, dans l'objectif d'atteindre à moyen terme une adéquation plus forte entre la réalisation de la production fourragère et la production de la physionomie attendue du parcellaire.

2231. Intérêt et originalité

Les pratiques d'ajustement intégrées au sein du modèle PAYSAGRI renforcent le point de vue porté au sein de ce travail sur l'interface entre les évolutions du paysage du territoire rural et les activités agricoles. Contrairement au parti pris largement adopté par les agronomes, elles ne sont pas conçues selon un objectif unique d'amélioration de la production agricole, soit par la correction des pratiques de production n'ayant pas produit les résultats escomptés (PAPY F., 2001), soit par le maintien de la qualité fourragère des couverts herbacés, raison la plus rationnelle avancée de la mise en œuvre des pratiques d'entretien du système fourrager par les agriculteurs (DURU M. *et al.*, 1988; CAMACHO O., 2004). En effet, malgré une contribution implicite au maintien des surfaces herbagères productives, le principal déterminant des pratiques d'ajustement du modèle PAYSAGRI est la production d'une physionomie du parcellaire en adéquation avec la sensibilité au paysage de l'agriculteur. Cette conception des pratiques d'ajustement du système de production agricole implique l'existence, au sein du projet global de l'agriculteur, de finalités environnementales. Elle s'inspire des théories développées par les agronomes "pastoralistes" qui, souhaitant contribuer aux réflexions concernant la problématique paysagère des territoires ruraux, suggèrent l'animal comme outil d'entretien des surfaces agricoles et discutent de l'intérêt d'une gestion extensive du système fourrager (LANDAIS E. et BALENT G., 1993; LASSEUR J., 2002; OSTY P.L. *et al.*, 2005). Elle dépasse néanmoins le cadre conceptuel de ces travaux, représentant des pratiques d'ajustement

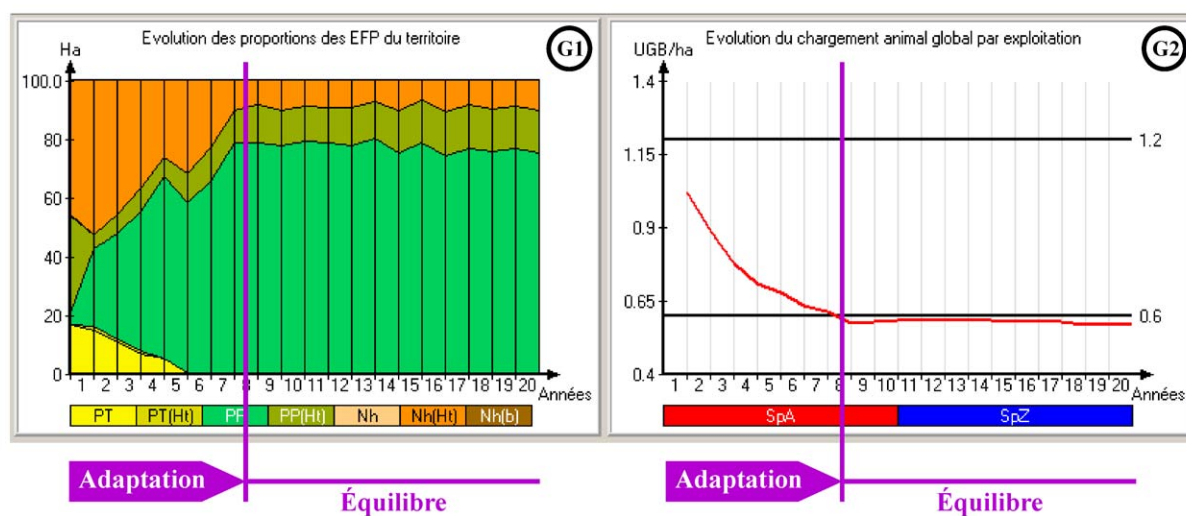
déconnectées de l'objectif de production, uniquement motivées par les attentes personnelles de l'agriculteur ; elle implique l'existence d'une volonté de l'agriculteur d'entretenir ses parcelles agricoles sans autre motivation que sa satisfaction personnelle.

Les pratiques d'entretien du modèle PAYSAGRI s'inscrivent pleinement dans ce choix de représentation du fonctionnement du système de production agricole. Leur mise en œuvre est uniquement basée sur la volonté de l'agriculteur de corriger la physionomie des parcelles agricoles ne correspondant pas à ses attentes. Elles sont déconnectées de la réalisation de la production fourragère ; les simplifications réalisées n'intègrent pas, par exemple, la comptabilisation des quantités de fourrages obtenues par la fauche des refus herbacés sur les prairies. De la même façon, le temps imparti par l'agriculteur à cet entretien est indépendant du fonctionnement global du système de production agricole, uniquement lié à la sensibilité au paysage de l'individu. L'hypothèse initiale est qu'un agriculteur, concevant la physionomie de son parcellaire comme une finalité de l'exercice de sa profession, consacrera le temps nécessaire à la réalisation de cet objectif personnel.

Les pratiques d'ajustement du mode de conduite global du système de production agricole sont conçues de façon identique. Elles impulsent une réorganisation spatiale des pratiques de production courante, soit par extensification, soit par intensification, des surfaces fourragères, dans l'unique objectif d'un fonctionnement global du système de production agricole plus approprié à la réalisation simultanée de la production fourragère et de la physionomie attendue du parcellaire. Cette conception introduit la notion d'une gestion pluriannuelle des surfaces du système de production agricole, reprenant l'idée, développée par LANDAIS, d'une adaptation progressive des pratiques des agriculteurs afin de trouver une solution acceptable à leur projet (LANDAIS E. et BALENT G., 1993).

Le modèle PAYSAGRI représente un système de production agricole adaptatif pluriannuel. À la fin de chaque campagne agricole, l'agriculteur évalue les performances de son système de production agricole par rapport à ses objectifs ; il corrige ponctuellement les inadéquations, mais tente, au fil des années, de tendre vers une situation d'équilibre, si elle existe, permettant la réalisation de l'ensemble de ses objectifs. Les résultats synthétiques d'une simulation, présentés sur la Figure 6.3, illustrent cette adaptation de la conduite du système de production agricole. Le graphique G2 retrace une diminution progressive du chargement animal global du système de production agricole pendant 8 années successives, puis sa stabilisation. Le graphique G1 montre les conséquences de cet ajustement sur les proportions des différents EFP du parcellaire de ce même système de production agricole ; la stabilisation intervient lors de la même année, signe d'une corrélation forte entre le mode de conduite du système de production agricole et les surfaces utilisées et/ou entretenues.

Figure 6.3 : Une adaptation progressive de la conduite du système de production agricole



2232. Limites et améliorations envisageables

La construction des pratiques d'ajustement du modèle PAYSAGRI, plus particulièrement des pratiques d'entretien, est un point discutable de la représentation proposée du système de production agricole. Les modalités de mise en œuvre de ces pratiques d'entretien sont relativement méconnues, tant du point de vue technique (type et puissance du matériel, temps de travail, coût, intervention d'une entreprise...), que du point de vue des réelles motivations des agriculteurs, difficilement accessibles par l'enquête agronomique classique (DÉPIGNY S. et CAYRE P., 2002; CAMACHO O., 2004). Leur représentation au sein du modèle PAYSAGRI s'est donc avérée relativement laborieuse.

Les motivations des pratiques d'ajustement

L'aspect des motivations de l'agriculteur est en partie résolu par la conception du fonctionnement du système de production agricole choisie et défendue au sein de ce travail. Il s'agit d'un choix de point de vue et de modélisation. Néanmoins, malgré une posture centrée sur la sensibilité au paysage, il reste discutable. À titre d'exemple, lors d'enquêtes auprès d'agriculteurs de Haute-Savoie, CAMACHO recense des motivations agronomiques, principalement un objectif de préservation de la qualité fourragère des prairies, à l'origine de l'entretien d'environ 60 % des surfaces agricoles (CAMACHO O., 2004). Le découplage total des pratiques de production courante et des pratiques d'entretien au sein du modèle PAYSAGRI est certainement trop radical. Une solution envisageable serait la distinction de pratiques d'entretien agronomiques, nécessaires au maintien de la qualité des prairies, et de pratiques d'entretien paysagères, uniquement dédiées à la production de la physionomie du parcellaire recherchée par l'agriculteur. Cette voie permettrait une meilleure mise en évidence des surfaces entretenues uniquement

dans un but de conservation de la physionomie du parcellaire, c'est-à-dire, par extrapolation, dans un souci de préservation des paysages des territoires ruraux.

Au sein du modèle PAYSAGRI, les motivations paysagères des agriculteurs s'expriment sous la forme de leur sensibilité au paysage. Chacune de ses sensibilités au paysage est traduite sous la forme d'une liste des EFP préférés et/ou bannis par l'agriculteur, au sein de son propre parcellaire. Cette conception peut paraître restrictive du point de vue de la conception du paysage. En effet, l'agriculteur ne perçoit pas seulement la physionomie de ses parcelles agricoles, mais la physionomie des parcelles agricoles d'une portion de territoire, dont certaines peuvent être incluses au sein d'autres systèmes de production agricole (DEFFONTAINES J.P., 1986). Au-delà de ses attentes personnelles, il est envisageable que les façons de faire des autres agriculteurs du territoire, c'est-à-dire son groupe professionnel local, puissent l'inciter et l'influencer à l'évolution de ses propres pratiques et/ou à la mise en œuvre de nouvelles pratiques (FRASLIN J.H., 1986; ABRIC J.C., 1987; CANDAU J., 1999). Une voie d'amélioration de la procédure de mise en œuvre des pratiques d'ajustement pourrait s'inspirer de cette théorie ; un regard plus large sur les EFP du territoire, permettrait à l'agriculteur une évaluation de son produit paysager, d'une part face à ses attentes personnelles, et d'autre part face aux produits de ses homologues. Ceci apporterait une certaine flexibilité aux différents types d'agriculteurs définis, qui pourraient évoluer sous l'effet d'un certain mimétisme. Cette voie serait intéressante, notamment dans l'étude de la réceptivité des agriculteurs d'un territoire à certaines politiques incitatives.

Les modalités techniques des pratiques d'entretien

Le paramétrage des modalités techniques des pratiques d'entretien a présenté quelques difficultés, certainement dommageables au réalisme du modèle PAYSAGRI. Le principal point discutable est la définition d'une capacité d'entretien de l'agriculteur lors d'une campagne agricole. Les agriculteurs ne comptabilisent pas réellement le temps passé à l'entretien ; généralement, l'information recueillie lors d'enquêtes se cantonne à des réponses du type *“je n'ai pas le temps de faire l'entretien”* ou *“j'entretiens quand j'ai un peu de temps”* (CAMACHO O., 2004; CAYRE P. *et al.*, 2004). La modélisation menée s'est ainsi heurté à la définition de la capacité d'entretien annuelle, à la fois dépendante du type de couverts végétaux à entretenir, du matériel utilisé, du temps disponible, de la main d'œuvre présente et de la sensibilité au paysage de l'agriculteur.

Au sein du modèle PAYSAGRI, la sensibilité au paysage de l'agriculteur a été retenu comme facteur de cette capacité d'entretien : un agriculteur de type SpA peut entretenir 50 ha de tous types de couverts végétaux inférieurs à 15 années consécutives d'inutilisation, tandis qu'un agriculteur de type SpZ peut entretenir 50 ha de tous types de couverts végétaux inférieurs à 10 années consécutives d'inutilisation. Ce paramétrage semble, d'après les résultats de simulation, trop optimiste par rapport aux données recueillies auprès d'experts (BENET M., 1978; COLAS S. et HÉBERT M., 2000). Il est relativement cohérent pour les

agriculteurs de type SpZ, qui utilisent exclusivement le gyrobroyage léger pour l'entretien des bonnes prairies ; cette opération nécessite un matériel léger, souvent possédé par les agriculteurs, et représente un temps de travail assez restreint (environ 1 à 2 heures / ha). En outre, il autorise un entretien trop important pour les agriculteurs de type SpA, qui interviennent sur des parcelles agricoles inutilisées depuis une période plus longue, pouvant présenter des broussailles moyennes¹ ; ces opérations représentent un temps de travail très élevé (environ 6 heures / ha), sous réserve de posséder le type de matériel adéquat. Ces derniers éléments apparaissent peu réalistes au sein du fonctionnement du système de production agricole ; ils représentent une somme de travail annuelle trop importante pour l'agriculteur.

Ce point ne remet pas en cause les résultats de simulation, principalement dédiés à proposer une démonstration du rôle de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans les évolutions paysagères d'un territoire rural. D'une part, un agriculteur de type SpA tentera, quelles que soient les modalités des pratiques d'entretien à sa disposition, d'entretenir au maximum ses surfaces ; la différence physiologique de son parcellaire, liée à d'autres facteurs que l'entretien comme la conduite globale de son système de production agricole, restera significative. D'autre part, cette incohérence du modèle PAYSAGRI est discutable au sein d'une modélisation représentant un système de production agricole "normal", c'est-à-dire au sein duquel la production est la finalité centrale et obligatoire. Elle soulève la question d'autres types de systèmes de production agricole envisagés sous un angle de vue différent : cet entretien surdimensionné serait plus adapté au cas des "*exploitants ruraux*" (MULLER C., 1987), agriculteurs pour lesquels la finalité principale du système de production pourrait être une contribution à l'entretien des territoires ruraux. Dans ce cadre, le modèle PAYSAGRI, avec un paramétrage affiné, pourrait être un outil apportant des éléments de discussion intéressants sur l'articulation entre des pratiques de production et des pratiques d'entretien, déconnectées d'une finalité de production.

23. Une validation partielle

La validation des modèles est un sujet controversé. La difficulté du processus de validation conforte certains auteurs, soit dans l'idée que la validation est impossible puisqu'un modèle n'est autre qu'une collection d'hypothèses, soit dans l'idée qu'elle ne peut être que partielle puisqu'il existera toujours une source d'erreurs liée à l'imprécision des données et aux simplifications réalisées (RYKIEL E.J., 1996). Néanmoins, la validité scientifique d'une démarche de modélisation implique au minimum l'évaluation de la cohérence du modèle réalisé vis-à-vis du système réel étudié, ainsi que des objectifs attenants aux questionnements à l'origine du modèle construit (SINCLAIR T.R. et SELIGMAN N., 2000). Le modèle

¹ Selon les termes utilisés par BENET : mélange irrégulier de ronces, fougères, ajoncs, bruyères, genêts et avec présence d'arbustes sous la forme de petits bosquets.

PAYSAGRI, en grande partie basé sur des connaissances empiriques, est difficilement validable ; le propos qui suit suggère tout de même quelques éléments accréditant une validation qualitative partielle.

231. Quelques notions de validation

La validation d'un modèle est une étape essentielle. La validité d'un travail de modélisation repose sur l'acceptation de la correspondance du modèle conceptuel construit avec le système réel étudié et de la précision des résultats produits par les simulations. L'objectif d'utilisation du modèle est un élément déterminant du processus de validation. Les modèles de prédiction et/ou d'aide à la décision nécessitent un processus de validation très précis, confirmant la pertinence et la précision des résultats de simulations. En outre, les modèles de recherche, destinés à formaliser les nouvelles connaissances d'un système réel étudié, sont plutôt évalués selon leur capacité à reproduire de façon suffisamment acceptable le comportement du système réel étudié pour tester des hypothèses d'organisation et/ou de fonctionnement. (BROWN T.N. et KULASIRI D., 1996; PASSIOURA J.B., 1996; RYKIEL E.J., 1996; KLEIJNEN J.P.C. et SARGENT R.G., 2000; SINCLAIR T.R. et SELIGMAN N., 2000)

L'acceptation d'un modèle repose sur (i) la validation opérationnelle, c'est-à-dire la correspondance entre le fonctionnement du modèle et celui du système réel étudié, (ii) la validation conceptuelle, c'est-à-dire la correspondance entre la structure du modèle et celle du système réel étudié, généralement vérifiée par la pertinence et la capacité de justification des simplifications choisies, (iii) la validation des données d'entrées et de sorties (RYKIEL E.J., 1996).

Il existe différentes techniques de validation auxquelles les chercheurs peuvent se référer pour valider leurs modèles (COQUILLARD P. et HILL D., 1997) :

- ✱ La validation par confrontation : elle est basée sur l'évaluation de la cohérence du modèle et de son fonctionnement par des experts du système réel étudié.
- ✱ La validation par répétitivité : elle consiste à comparer le modèle avec d'autres modèles du système réel étudié ou avec des observations et/ou des mesures du système réel lui-même.
- ✱ La validation fonctionnelle : elle vise à exploiter le modèle comme instrument de mesure et d'expérimentation afin de s'assurer de son bon fonctionnement. Elle repose principalement sur (i) le test de validité des événements, permettant de comparer les événements générés par le modèle à ceux du système réel étudié, (ii) le test de validité structurelle, destiné à vérifier la pertinence des résultats produits et la correspondance de la structure du modèle avec celle du système réel étudié, (iii) le test des valeurs extrêmes, qui permet d'assurer que le modèle reste cohérent quelles que soient les valeurs des paramètres, (iv) le test de sensibilité, qui permet de vérifier que le modèle reste cohérent malgré les variations de certains facteurs, comme par exemple les états initiaux.

- ✖ La validation graphique : elle est basée sur l’affichage de données à différents pas de temps sous forme de différents graphiques (courbes, histogrammes...), offrant une vision dynamique du fonctionnement du modèle, parfois plus lisible et plus explicite que les données de sorties finales.
- ✖ La validation statistique : elle consiste à la comparaison de résultats de simulation à des séries de mesures réelles du système étudié et/ou à l’établissement d’intervalles de confiance dans le cas de modèles stochastiques.

232. Éléments de validation du modèle PAYSAGRI

Le modèle PAYSAGRI est avant tout un modèle de recherche. Il a pour vocation principale de formaliser une représentation choisie de l’interface entre les évolutions du paysage d’une portion de territoire rural et les activités agricoles. Il est aussi un outil de test de l’hypothèse portée par cette représentation du fonctionnement du système de production agricole. Selon la classification proposée par RYCKIEL, il correspond à un modèle théorique destiné à l’amélioration des connaissances ; dans l’idéal, il nécessite une validation conceptuelle et fonctionnelle, essentiellement basées sur une validation par confrontation et un test de validité des événements (RYKIEL E.J., 1996). Le processus de validation a été principalement réalisé au cours du développement du modèle, associé aux procédures de vérification et de calibration des valeurs des attributs et des méthodes des classes du modèle.

2321. La validation conceptuelle

La validation conceptuelle du modèle PAYSAGRI est à la fois simple et complexe.

D’une part, elle peut être considérée comme acquise par répétitivité, au sens où le modèle PAYSAGRI est similaire à d’autres modèles du système de production agricole, issus de l’analyse systémique largement développée et admise par les agronomes. La structure du modèle PAYSAGRI correspond aux sous-systèmes généralement identifiés par les agronomes au sein de l’exploitation agricole : un sous-système décisionnel et un sous-système fourrager, associés à un sous-système “ressource” ou “territoire”, représentant le support des activités agricoles et sur lequel s’expriment leurs conséquences (LE BER F. *et al.*, 1998; SANDERS L., 2001; MARTIN-CLOUAIRE R. *et al.*, 2006; PACAUD T., 2007).

D’autre part, l’originalité du modèle PAYSAGRI entraîne une décomposition du sous-système décisionnel : les pratiques de production courante sont déterminées de façon indépendante de l’agriculteur, tandis que les pratiques d’ajustement sont définies selon la sensibilité au paysage de l’agriculteur. Ce choix de représentation implique une validation des différents comportements des agriculteurs, c’est-à-dire des différents types d’agriculteurs représentés au sein du modèle. La typologie des agriculteurs selon la sensibilité au paysage est empirique ; les deux types d’agriculteurs ne correspondent pas à des comportements réellement observés, mais plutôt à une synthèse de différentes pratiques agricoles et/ou

conceptions du paysage recensées lors de divers travaux. De fait, leur validation par confrontation avec des agriculteurs est difficilement envisageable ; chaque agriculteur s'identifierait à l'une ou l'autre des catégories, sans qu'elle ne représente réellement son véritable comportement et ses pratiques agricoles. La comparaison des résultats de simulation avec la physionomie réelle des parcelles agricoles de ces agriculteurs n'aurait pas vraiment de sens. Cette partie du modèle PAYSAGRI, actuellement trop peu développée, n'est donc pas validable ; l'amélioration de la typologie des agriculteurs serait une étape indispensable à réaliser pour une véritable validation.

2322. La validation fonctionnelle

La validation fonctionnelle du modèle PAYSAGRI a pu être réalisée tout au long du processus de modélisation. Elle comporte (i) une validation par confrontation et par répétitivité du fonctionnement courant du système de production agricole, c'est-à-dire des procédures de réalisation de la production fourragère, (ii) une validation par répétitivité de l'impact paysager du fonctionnement des systèmes de production agricole.

Validation du fonctionnement courant du système de production agricole

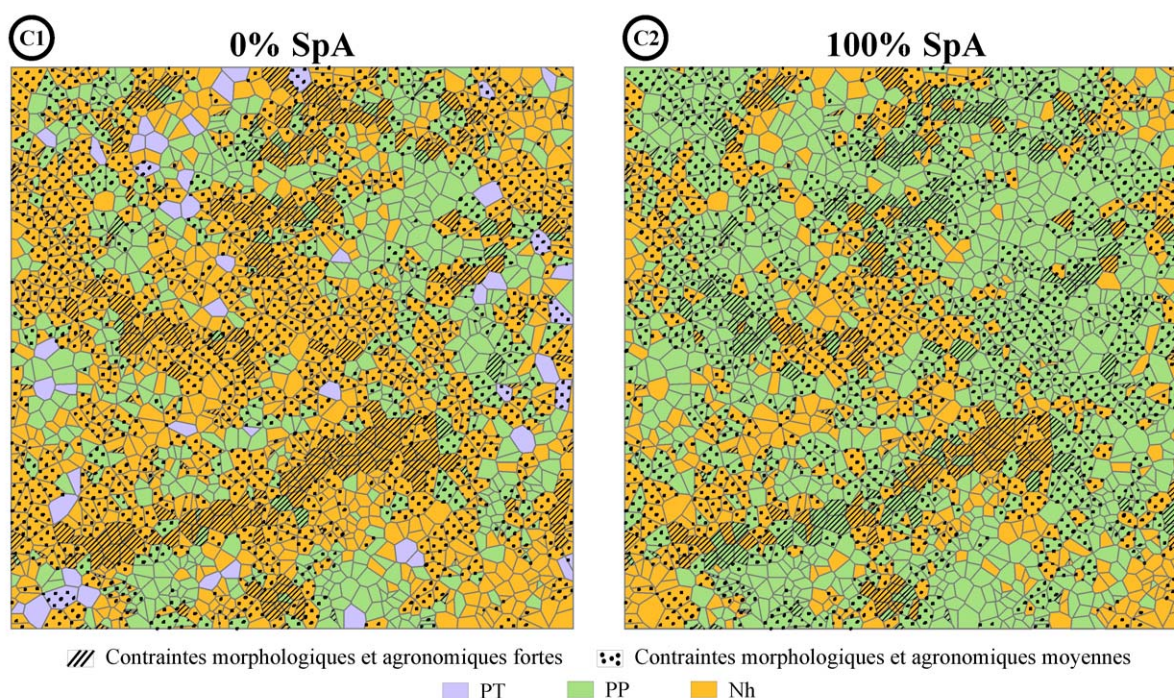
Le fonctionnement courant du système de production agricole, en particulier du système fourrager, est relativement bien identifié des agronomes. Les cas-types du référentiel de fonctionnement des systèmes bovins laitiers du Massif central (REUILLON J.L. et VIOLLEAU S., 1998) fournissent des données d'experts utilisées pour la vérification, le calibrage et la validation des attributs et des méthodes du modèle PAYSAGRI. Les principaux calculs réalisés par le modèle PAYSAGRI, représentant la réalisation de la production fourragère – besoins fourragers du troupeau selon les différentes périodes de l'année, rendements des surfaces fourragères – ont pu être comparés et vérifiés manuellement selon différents jeux de données. Les différents paramètres des méthodes, ainsi que les constantes globales, ont été affinés lors des tests de simulation, en particulier sur le territoire *Chadrat* (première phase du plan d'expérimentation par simulations), jusqu'à l'obtention d'un fonctionnement satisfaisant du modèle PAYSAGRI. Cette partie du modèle peut donc être considérée comme valide, au regard des données d'experts.

Cette partie du fonctionnement du système de production agricole inclut aussi les procédures d'allocation des usages agricoles au sein des parcelles agricoles. La validation de ces procédures a été réalisée par confrontation et par répétitivité à partir des observations réalisées sur le territoire *Chadrat*. Les résultats de simulation, en particulier les journaux des événements de simulation, les cartes des usages et les cartes des EFP finaux, ont été comparés par des observations de terrain avec les usages agricoles envisageables selon les caractéristiques des parcelles agricoles du territoire. En gardant à l'esprit que l'allocation exacte des usages agricole d'un système de production agricole repose sur de multiples critères et qu'elle est adaptée par l'agriculteur selon le déroulement de la campagne agricole, c'est-à-dire qu'elle reste difficilement

généralisable, le modèle PAYSAGRI fournit une représentation cohérente de l'utilisation globale du territoire.

À titre d'exemple, la Figure 6.4 illustre la cohérence des sorties de simulation par rapport aux contraintes du territoire *TerraX*. La carte C1 représente les EFP finaux lorsque le territoire est uniquement géré par des agriculteurs de type SpZ. La carte C2 représente les EFP finaux lorsque le territoire est uniquement géré par des agriculteurs de type SpA. Dans les deux cas, la majorité des parcelles agricoles caractérisées par des contraintes fortes et un potentiel agronomique faible, présentent des EFP finaux de type [Nh], soulignant leur sous-utilisation et/ou leur abandon. Le modèle PAYSAGRI intègre donc de façon correcte la contrainte des parcelles agricoles au sein des procédures d'allocation des usages agricoles.

Figure 6.4 : Localisation des contraintes et des EFP finaux sur le territoire TerraX



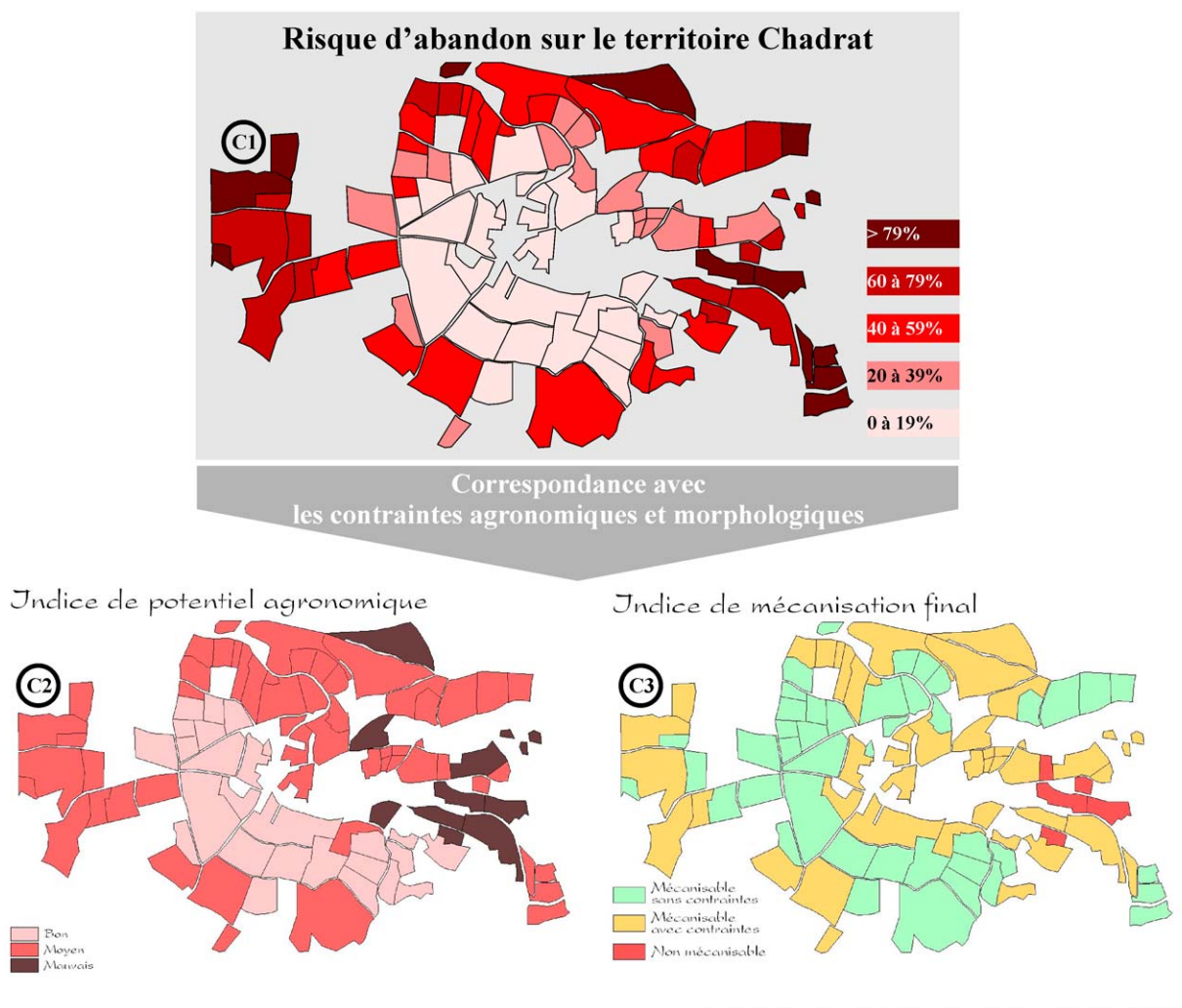
Validation de l'impact paysager des systèmes de production agricole

La validation de l'impact paysager des systèmes de production agricole, représenté par le modèle PAYSAGRI, est plus difficilement envisageable. Elle se heurte d'une part, aux limites évoquées de la typologie des agriculteurs utilisées, qui excluent toute comparaison avec la réalité, et d'autre part, aux évolutions du paysage, qui ne peuvent être expérimentées. Néanmoins, afin de vérifier la pertinence des procédures d'organisation spatiale et d'entretien des parcelles agricoles, une comparaison entre les résultats de simulation et l'utilisation des parcelles agricoles du territoire *Chadrat* a été réalisée : l'objectif

était de vérifier que les parcelles agricoles sous-utilisées et/ou non utilisées dans le cadre du modèle PAYSAGRI correspondaient aux parcelles agricoles à risque d'abandon élevé dans la réalité, c'est-à-dire à potentiel agronomique très faible et à contraintes fortes.

La carte C1 de la Figure 6.5 montre le niveau du risque d'abandon des parcelles agricoles du territoire *Chadrat*, calculé d'après les résultats de simulation de la première phase du plan d'expérimentation ; la valeur du risque d'abandon correspond au pourcentage des simulations aboutissant à un EFP [Nh], synonyme de parcelle agricole non utilisée. Les cartes C2 et C3 fournissent des éléments de comparaison avec les caractéristiques morphologiques et agronomiques du territoire *Chadrat*. Les zones à fort risque d'abandon simulées correspondent aux parcelles agricoles à fortes contraintes et à faible potentiel agronomique. Ce fait est un élément supplémentaire qui souligne la cohérence du fonctionnement des systèmes de production agricole représentés par le modèle PAYSAGRI.

Figure 6.5 : Correspondance entre le risque d'abandon simulé et les caractéristiques réelles



Finalement, seules certaines parties du modèle PAYSAGRI peuvent être validées, au sens où leur correspondance avec les processus réels étudiés peut être jugée satisfaisante. En outre, une validation d'ensemble du modèle est, à ce stade de développement, difficilement envisageable ; la typologie des agriculteurs utilisée et le comportement "paysager" des agriculteurs, représenté par les pratiques d'ajustement, étant trop simplifiés, le fonctionnement général du modèle est difficilement comparable avec des données réelles observées. Il s'agit ainsi seulement d'une validation qualitative partielle du modèle PAYSAGRI. Ce point ne remet pas en cause le travail réalisé : le modèle PAYSAGRI répond aux objectifs pour lesquels il a été construit. Cette validation partielle souligne seulement des restrictions envers une utilisation alternative du modèle PAYSAGRI, pour laquelle l'affinage de certains paramètres et l'amélioration de certaines composantes, dont la typologie des agriculteurs, seraient indispensables selon les objectifs à atteindre.

La démarche de modélisation conduite au sein de ce travail repose sur une conception originale de l'interface entre les évolutions du paysage d'une portion de territoire rural et les activités agricoles. Ancrée au sein des concepts agronomiques classiques définissant le système de production agricole, elle a pour objectif de souligner l'importance d'une intégration plus forte des motivations non fonctionnelles des agriculteurs, c'est-à-dire de leurs attentes personnelles non technico-économiques, au sein des modèles agronomiques.

Le modèle PAYSAGRI est un outil de recherche destiné à démontrer la pertinence et l'intérêt de cette conception du système de production agricole. Il propose une représentation de l'évolution d'un paysage rural sous l'effet du fonctionnement de systèmes de production agricole ayant à la fois un objectif de production agricole et une finalité paysagère.

Expérimental, ce modèle comporte actuellement de nombreux points discutables et améliorables, autant d'incitations de sujets de recherche à poursuivre. La typologie des agriculteurs selon la sensibilité au paysage est un exemple empirique d'appréhension de la diversité des agriculteurs selon des critères non fonctionnels, indispensables à prendre en compte dans la collaboration des agriculteurs aux problématiques paysagères. L'EFP se présente comme un exemple de descripteur de la parcelle agricole permettant d'aborder la question paysagère selon des termes expressifs pour l'agriculteur, contournant en partie la subjectivité liée aux discours sur le paysage. Les pratiques d'ajustement, sous-entendu la stratégie d'entretien des agriculteurs, suggère par sa trop grande méconnaissance une voie d'étude fondamentale pour la compréhension du potentiel d'entretien de l'espace des systèmes de production agricole.

Finalement, malgré des simplifications considérables et un processus de validation restreint, le modèle PAYSAGRI répond aux objectifs attendus au sein de ce travail. Il montre la pertinence de la représentation du fonctionnement des systèmes de production agricole proposée. Les résultats de simulation, estimés cohérents, suggèrent l'intérêt de l'étude de la sensibilité au paysage des agriculteurs pour une meilleure compréhension des différentes organisations paysagères observées.

Conclusion générale

Inscrit au sein d'une recherche agronomique paysagère, principalement initiée par les travaux des géoagronomes, ce travail essaie de contribuer à l'amélioration des connaissances sur l'interface entre les évolutions du paysage rural et les activités agricoles. Il se fonde sur l'hypothèse de l'existence d'une sensibilité au paysage de l'agriculteur, considérée comme un élément notable du processus de décision à l'origine de la stratégie spatiale du système de production agricole. La démarche de modélisation menée formalise cette conception du fonctionnement du système de production agricole et de son impact sur la physionomie des parcelles agricoles ; elle intègre la diversité des sensibilités au paysage des agriculteurs d'un territoire comme un facteur explicatif de l'existence de différentes physionomies paysagères de ce territoire. Le modèle PAYSAGRI, outil de recherche dédié à cette réflexion, participe à l'expérimentation virtuelle de cette hypothèse. Il vérifie la cohérence de l'organisation proposée des connaissances et permet une démonstration de l'effet de la diversité des sensibilités au paysage des agriculteurs sur la physionomie paysagère de territoires virtuels. Cette démarche expérimentale suggère un élargissement des modèles agronomiques et/ou paysagiques, par une intégration plus forte du comportement des agriculteurs, lié pour partie à des facteurs humains. Cette voie semble indispensable à une meilleure compréhension des interactions entre les systèmes de production agricole et les agroécosystèmes.

Le modèle PAYSAGRI, une conception originale de la problématique agro-paysagère

Le modèle PAYSAGRI est la formalisation de la conception défendue au sein de ce travail de l'interface entre les évolutions du paysage d'une portion de territoire rural et les activités agricoles. Il représente les évolutions du paysage d'une portion de territoire rural herbager – territoire dont la majorité de l'espace est de nature prairiale – sous l'effet du fonctionnement de systèmes de production agricole bovins laitiers – type de production représentatif du Massif central, choisi pour support des réflexions. Il repose sur l'hypothèse que les évolutions de ce paysage relèvent de la combinaison de pratiques de production courante obligatoires, destinées à la réalisation de la production fourragère, et de pratiques d'ajustement facultatives, destinées à la production d'une physionomie particulière du parcellaire en adéquation avec les aspirations personnelles de l'agriculteur.

Ce choix de représentation s'appuie sur la modélisation de trois composantes principales : (i) le territoire, simplifié sous la forme d'une collection de parcelles agricoles ; (ii) le système de production agricole, incluant les processus de production agricole courante obligatoires ; (iii) l'agriculteur, dont la sensibilité au paysage oriente la stratégie paysagère du système de production agricole.

Le territoire est à la fois le support des activités agricoles et des éléments paysagers ; sa morphologie, sa structure foncière, son potentiel agronomique et la nature de ses couverts végétaux sont des caractéristiques déterminantes de son utilisation et de sa gestion par les agriculteurs. Il est intégré au modèle PAYSAGRI sous la forme d'une collection de parcelles agricoles, unités de gestion élémentaires des agriculteurs. Chaque parcelle agricole est représentée de façon à permettre à l'agriculteur qui la gère de l'insérer de façon optimale au sein de son système de production agricole. Son potentiel d'utilisation, défini par une analyse de ses contraintes intrinsèques, est renseigné par des informations morphologiques, géographiques et agronomiques. Son potentiel fourrager et paysager est défini par les caractéristiques du couvert végétal, résumées par l'État Fonctionnel Physionomique (EFP) ; cet indicateur regroupe les informations nécessaires à l'agriculteur à la fois pour l'intégration de la parcelle agricole au sein du système fourrager et pour l'analyse de sa contribution à la physionomie souhaitée du parcellaire : (i) la fonctionnalité agronomique, indicateur du type de prairie et de ses potentialités fourragères ; (ii) l'âge de cette fonctionnalité agronomique ; (iii) la rugosité, indicateur de la physionomie du couvert végétal. Le paysage du territoire est simplifié sous la forme d'un paysage agricole, perçu et modifiable par les agriculteurs ; il est représenté par l'assemblage des EFP des parcelles agricoles.

Le système de production agricole est l'ensemble des structures de production pilotées par l'agriculteur. Il inclut une collection des parcelles agricoles et un troupeau de bovins laitiers. Il est régi selon l'objectif principal et obligatoire de réalisation de la production fourragère, c'est-à-dire l'atteinte d'un équilibre entre l'offre fourragère permise par les parcelles agricoles et les besoins du troupeau aux différentes périodes de l'année. Au sein du modèle PAYSAGRI, l'agriculteur est considéré comme techniquement et économiquement optimal ; les processus de réalisation de la production fourragère sont représentés par des règles figées, considérées comme représentatives d'un fonctionnement idéal du système de production agricole et issues de références techniques locales. Elles permettent l'analyse des contraintes et des potentialités des parcelles agricoles, le calcul des besoins alimentaires du troupeau et l'affectation des usages fourragers aux parcelles agricoles. La mise en œuvre des pratiques de production courante constitue la première étape de modification des EFP du territoire.

L'agriculteur est le cœur du modèle PAYSAGRI. Entité supérieure du système de production agricole, il représente les motivations non fonctionnelles, c'est-à-dire autres que technico-économiques, à l'origine du pilotage du système de production agricole. Il est défini selon la sensibilité au paysage de l'individu : chaque agriculteur, identifié selon une sensibilité au paysage issue d'une typologie empirique, adopte la stratégie spatiale la plus adéquate à répondre à ses attentes personnelles en termes de physionomie de ses parcelles agricoles et de son territoire. Cette stratégie se traduit par la préférence de certains EFP, ainsi que par le choix d'un mode de conduite global du système de production agricole, plus ou moins flexible vis-à-vis du niveau d'intensification des surfaces fourragères et de la gestion des contraintes du parcellaire. Elle conditionne l'évaluation du résultat physionomique produit sur le parcellaire par les pratiques de production courante, ainsi que la mise en œuvre des pratiques d'ajustement. Les pratiques d'ajustement peuvent être (i) des pratiques d'entretien mécanique, visant à une correction immédiate des EFP de

certaines parcelles agricoles, (ii) un ajustement pluriannuel progressif du mode de conduite global du système de production agricole dans l'objectif d'atteindre, avec un minimum de corrections, un équilibre entre les objectifs de production fourragère et les attentes paysagères de l'agriculteur. La mise en œuvre des pratiques d'entretien constitue la seconde étape de modification des EFP du territoire.

Cette structure du modèle PAYSAGRI constitue une représentation originale de l'interface entre les évolutions d'un paysage rural et les activités agricoles : elle permet d'exprimer l'impact de la diversité des sensibilités au paysage des agriculteurs du territoire. La formalisation du rôle de la sensibilité au paysage de l'agriculteur dans l'organisation spatiale des activités agricoles constitue une démarche originale du point de vue agronomique ; ancrée sur une conception classique du système de production agricole, elle franchit l'unique vision technico-économique de son fonctionnement, généralement développée au sein des modèles agronomiques. Le paysage est intégré comme une finalité du système de production agricole ; l'agriculteur, en tant qu'individu à l'écoute de ses attentes personnelles, influence le fonctionnement "normal" de son système de production agricole pour répondre à cette finalité. Malgré son caractère simplifié, l'EFP se présente comme un indicateur efficace, représentant le point de rencontre, au sein de la décision de l'agriculteur, des objectifs inhérents à son rôle de producteur et de ses préoccupations paysagères ; affiné, il permettrait de contourner l'écueil d'une trop grande subjectivité du discours paysager des agriculteurs.

L'apport des résultats d'une expérimentation virtuelle

Le modèle PAYSAGRI repose sur l'hypothèse du rôle de la diversité des sensibilités au paysage des agriculteurs dans les évolutions du paysage d'une portion de territoire rural. L'existence de cette diversité semble admise au sein de différents travaux paysagiques ; elle reste néanmoins méconnue et difficile à expliciter, soit à cause de la subjectivité des discours des agriculteurs concernant le paysage, soit face à la lourdeur des enquêtes à mener pour recueillir des informations relevant du système de représentation des agriculteurs. Face à cette carence d'informations, ce travail propose une démonstration expérimentale de l'importance de la prise en compte de tels critères pour améliorer la connaissance des interactions entre les évolutions du paysage rural et les activités agricoles. Le simulateur développé à partir du modèle PAYSAGRI permet l'expérimentation virtuelle des effets paysagers d'une typologie empirique des agriculteurs selon leur sensibilité au paysage.

Deux sensibilités au paysage sont proposées, extrapolées d'après l'analyse de différents discours d'agriculteurs et/ou l'observation de différentes pratiques agricoles. Elles donnent existence à deux types d'agriculteurs, développés et intégrés au sein du modèle PAYSAGRI : (i) un premier type d'agriculteur de sensibilité au paysage SpA, caricature d'un individu "très sensible au paysage du territoire", dont l'objectif principal consiste à maintenir le territoire exempt de surfaces inutilisées par les activités agricoles ; (ii) un

second type d'agriculteur de sensibilité au paysage SpZ, caricature d'un individu "insensible au paysage du territoire", dont l'objectif principal est la minimisation des contraintes et l'intensification des meilleures surfaces à sa disposition.

Le plan d'expérimentation de simulation consistait à simuler (i) le fonctionnement d'un seul système de production agricole sur son parcellaire, représenté par le territoire réel *Chadrat* d'une centaine de parcelles agricoles, (ii) le fonctionnement synchrone de vingt systèmes de production agricole sur un territoire rural, représenté par le territoire virtuel *TerraX* composé de deux milles parcelles agricoles.

La première phase d'expérimentation compte 44 simulations. La sensibilité au paysage est le principal facteur de simulation testé. Elle est associée à d'autres facteurs de simulation, correspondant à différentes modalités du fonctionnement du système de production agricole, afin d'étudier d'éventuelles interactions. En premier lieu, elle a permis la calibration, la vérification et une validation partielle du fonctionnement du système de production agricole représenté par le modèle PAYSAGRI. Les sorties de simulation ont pu être comparées avec succès, soit à des références techniques des systèmes bovins laitiers du Massif central, soit avec des données et des observations du terrain *Chadrat*. En second lieu, les résultats de simulation signalent l'existence d'un effet significatif de la sensibilité au paysage de l'agriculteur sur la physionomie finale du territoire, assez fortement corrélé à la répartition des contraintes morphologiques du territoire.

La seconde phase d'expérimentation compte 10 simulations. La proportion des deux types de sensibilités au paysage au sein des agriculteurs du territoire et les contraintes morphologiques et foncières du territoire sont les deux facteurs de simulation testés. Les résultats de simulation montrent également des différences significatives de la physionomie finale du territoire selon les différentes proportions des deux types d'agriculteurs : les agriculteurs de sensibilité au paysage SpA utilisent une part beaucoup plus importante des surfaces, ce qui semble conduire à un paysage plus ouvert. La corrélation de cet effet avec la répartition des contraintes morphologiques et la configuration foncière du territoire est à nouveau présente, ce qui appuie la cohérence du fonctionnement du système de production agricole représenté par le modèle PAYSAGRI.

Finalement, le modèle PAYSAGRI répond aux objectifs à l'origine de sa construction. Il permet de valider la cohérence de la représentation proposée de l'interface entre les évolutions du paysage rural et les activités agricoles. Le fonctionnement des systèmes de production agricole représenté est pertinent et correspond de façon satisfaisante aux systèmes réels connus. Néanmoins, cette validation est seulement qualitative et partielle : les deux types d'agriculteurs et la stratégie spatiale associée à chacune des sensibilités au paysage ne reposent pas sur des données généralisées, comparables à une quelconque réalité de terrain et/ou à des données d'expertise. Les différences paysagères du territoire distinctement

exprimées par les simulations sont difficilement validables et doivent être interprétées avec prudence. D'un point de vue empirique, elles affirment l'hypothèse de travail, confirmant le rôle essentiel de la sensibilité au paysage des agriculteurs dans les évolutions du paysage des territoires simulés. D'un point de vue méthodique, ces résultats de simulation peuvent uniquement être considérés comme une démonstration expérimentale de la pertinence de cette hypothèse de sensibilité au paysage. L'explication d'une partie des évolutions du paysage rural selon des critères non fonctionnels, autres que technico-économiques, est envisageable et semble judicieuse. Mais, afin d'être effective, elle requiert une meilleure connaissance des motivations paysagères des agriculteurs, ainsi que de leur comportement vis-à-vis de cette problématique ; la construction d'une véritable typologie des agriculteurs selon ces critères serait alors envisageable et permettrait une validation plus complète du fonctionnement du modèle PAYSAGRI.

La perspective d'une intégration de l'individu dans les recherches environnementales

Le modèle PAYSAGRI est un outil de recherche, résultat des réflexions menées au sein de ce travail ; son intérêt réside autant dans la formalisation qu'il propose des interactions entre les agroécosystèmes et le fonctionnement des systèmes de production agricole, que dans les résultats de simulation qu'il permet. Cette conception du système de production agricole, intégrant l'agriculteur selon son individualité et ses attentes personnelles, est novatrice. Elle dépasse le cadre théorique, trop souvent uniquement technico-économique, des principaux modèles agronomiques et/ou paysagiques. Certes, l'intégration de motivations non fonctionnelles de l'agriculteur et d'une finalité paysagère au sein du système de production agricole reste quelque peu fruste au sein de cette modélisation ; elle oriente néanmoins vers plusieurs pistes de recherches indispensables à l'amélioration de la compréhension des interactions entre les évolutions du paysage rural et les activités agricoles. Deux voies de recherche sont directement suggérées par l'objectif de ce travail et l'expression de ses limites.

La pertinence de l'utilisation d'une typologie des agriculteurs selon leur sensibilité au paysage invite à une recherche pluridisciplinaire concernant l'étude de la diversité des comportements paysagers des agriculteurs et de leurs systèmes de représentation vis-à-vis du paysage. La compréhension de la façon dont les agriculteurs perçoivent le paysage, tant du point de vue de l'exercice de leur profession, que de leur point de vue personnel, c'est-à-dire en tant qu'individus en quête d'un paysage idéal, est fondamentale. Elle permettrait une discussion plus objective du rôle des agriculteurs au sein des territoires ruraux, ainsi qu'une meilleure compréhension de leur contribution aux évolutions des paysages.

La méconnaissance des pratiques d'entretien mises en œuvre par les agriculteurs est une seconde sollicitation des agronomes. Utiles au maintien de la qualité des ressources fourragères des parcelles agricoles, les pratiques d'entretien peuvent parfois être déconnectées des objectifs de production agricole. Une connaissance plus approfondie des motivations des agriculteurs pour la mise en œuvre de ces pratiques d'entretien, ainsi que de leurs modalités techniques, serait intéressante dans l'objectif de définir

un potentiel d'entretien des systèmes de production agricole. Quelle proportion des territoires ruraux les agriculteurs entretiennent-ils aujourd'hui volontairement, sans objectif de production ? L'idée d'agriculteurs "*jardiniers de l'espace*", persistante de certaines sphères intellectuelles, est-elle envisageable ? Si oui, quelle proportion des territoires ruraux pourrait-on entretenir et quel en serait le bilan économique ? Face à une demande sociale de gestion des territoires ruraux, de préservation des campagnes et de leurs paysages identitaires, il semble inéluctable d'apporter des réponses à ces différentes questions ; elles sont nécessaires à la construction de projets de gestion des territoires ruraux cohérents, intégrant à la fois la réalité technico-économique des systèmes de production agricole et la volonté des agriculteurs à une évolution de leur profession.

Cette conception anthropocentrée du fonctionnement du système de production agricole, intégrant l'intérêt pour le paysage des agriculteurs, est transférable à d'autres problématiques environnementales, aujourd'hui inscrites dans les préoccupations et/ou sollicitations de la sphère professionnelle agricole. La préservation de la biodiversité, la lutte contre les pollutions d'origine phytosanitaire, la mise en place de systèmes de production agricole innovants, plus respectueux de l'environnement, telles l'agriculture raisonnée et/ou l'agriculture biologique, sont autant d'évolutions, au sein desquelles persistent une part d'irrationnel, des freins culturels et/ou des préjugés. La volonté des agriculteurs est pourtant primordiale à cette transformation progressive des systèmes de production agricole. Il paraît indispensable de s'intéresser plus fortement à la façon dont ces préoccupations sont perçues et intégrées par les agriculteurs, en tant que gestionnaires de systèmes de production agricole, mais aussi en tant qu'individus ; l'intérêt qu'ils portent à leur territoire, cadre de vie et support de leur métier, la conscience qu'ils ont de leur rôle dans les mécanismes d'évolution de ce territoire et leur sensibilité aux questions environnementales sont autant de facteurs de leur adhésion à ces nouveaux modes de production. Cette connaissance est indispensable à une meilleure compréhension du raisonnement des agriculteurs, tant dans leurs choix technico-économiques, souvent dictés par la nécessité de rester compétitifs au sein d'une économie de marché de plus en plus prégnante, que dans leur collaboration plus ou moins étroite aux programmes incitatifs environnementaux.

Références bibliographiques

- ABRIC, J. C. (1987). Coopération, compétition et relations sociales, Éditions Delval, Cousset (Suisse), 220 p.
- AGRESTE (2001). L'utilisation du territoire en 2001. Nouvelle série de 1992 à 2001, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Éditions, 141, 70 p.
- AGRESTE (2004). L'utilisation du territoire en 2004. Nouvelle série de 1992 à 2004, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Éditions, 169, 65 p.
- ALARD, V., BÉRANGER, C., et JOURNET, M. (2002). À la recherche d'une agriculture durable. Étude de systèmes herbagers économes en Bretagne, INRA Éditions, 340 p.
- ALBALADEJO, C., et ELLSASSER, K. (1988). Des échelles de travail adaptées à l'étude systémique du territoire. L'exemple des Cévennes du Sud et des activités d'élevage de la vallée de Taleyrac. In De la touffe d'herbe au paysage (B. HUBERT et N. GIRAULT Éd.), INRA-SAD, Paris, pp. 29-39.
- ALPHANDERY, P., et BILLAUD, J. P. (1996). L'agri-environnement, une production d'avenir ? *Études Rurales*, 141-142, pp. 21-43.
- AMBROISE, R., BONNAUD, F., et BRUNET-VINCK, V. (2000). Agriculteurs et Paysages. Dix exemples de projets de paysage en agriculture, Educagri, Dijon, 207 p.
- ANDRIEU, N. (2004). Diversité du territoire de l'exploitation d'élevage et sensibilité du système fourrager aux aléas climatiques : étude empirique et modélisation, Thèse de doctorat, INA Paris-Grignon, 320 p.
- AOUDJALI TAHIR, T., BAS, E., DAVID, Y., DUCHANGE, S., GRANADO, C., GUICHARD, A., JULIEN, A., LEGRAND, B., LEMAIRE, B., MILLORD, F., OBADIA, G., PARDESSUS, C., PIFFADY, A., POLLARO, V., POURNIN, C., SERRES, M., et TARDIEU, L. (2002). Module Sol : étude du site de Chadrat. ENITA de Clermont-Ferrand, 69 p.
- ARBORIO, A. M., et FOURNIER, P. (1999). L'enquête et ses méthodes : l'observation directe, Éditions Nathan, Paris, 128 p.
- ASPINALL, R. (2004). Modelling land use change with generalized linear models. A multi-model analysis of change between 1860 and 2000 in Gallatin Valley, Montana. *Journal of Environmental Management* 72 (1-2), pp. 91-103.
- ATTONATY, J. M., et SOLER, L. G. (1992). Aide à la décision et gestion stratégique. Un modèle pour l'exploitation agricole. *Revue française de Gestion* 88, pp. 45-54.
- AXES, F. (1996). Approche spatiale de la dynamique agricole : utilisation de la télédétection et des systèmes d'information géographique pour la gestion des périmètres irrigués, Thèse de doctorat, Université Paris VII, Paris, 202 p.
- BACHELET, R. (1997). Les représentations en génie logiciel : des méthodes classiques à l'orienté objet. *Direction et gestion des entreprises*, pp. 164-165.
- BALENT, G., DURU, M., et MAGDA, D. (1993). Pratiques de gestion et dynamique de la végétation des prairies permanentes. Une méthode pour le diagnostic agro-écologique. Une application aux prairies de l'Aubrac et de la vallée de l'Aveyron. *Études et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement* 27, pp. 283-301.
- BALENT, G., et FILY, M. (1991). Dynamique de la végétation selon les pratiques des agriculteurs. Une modélisation à partir des données recueillies dans une vallée des Pyrénées centrales. *Études et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement* 23, pp. 1-48.
- BARON-YELLÈS, N. (2005). Fédération, régions et territorialité de réseaux : variations autour des Parcs Naturels Régionaux. In Les grands thèmes du festival international de géographie 2005. Le monde en réseaux. Lieux visibles, liens invisibles, Saint-Dié des Vosges.
- BARRIÈRE, K., BERTHIER, Y., BEUTIN, P., BORELLI, F., BOUTANT, S., CHICOYNEAU DE LAVALETTE, R., CUADRA, M., DAUGA, B., DAULNY, C., DÉNIER, D., LEVÊQUE, A., MARSAC, S., POMMIER, V., QUESNE, B., SAMEDI, J., et VAUJOUR, J. (2003). Module Sol : étude de deux sites, St Genès-la-Tourette et Chadrat. ENITA de Clermont-Ferrand, 100 p.
- BAUDRY, J. (1986). Approche écologique du paysage. In Lecture du paysage, INRAP, Fourcher, pp. 23-32.

- BAUDRY, J., JOUIN, A., et THENAIL, C. (1998). La diversité des bordures de champ dans les exploitations agricoles de pays de bocage. *Études et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement* 31, pp. 117-134.
- BAUDRY, J., et THENAIL, C. (2004). Interaction between farming systems, riparian zones, and landscape patterns: a case study in western France. *Landscape and Urban Planning* 67, pp. 121-129.
- BEEDELL, J. D. C., et REHMAN, T. (1999). Explaining farmers' conservation behaviour: Why do farmers behave the way they do? *Journal of Environmental Management* 57, pp. 165-176.
- BELLON, S., ETIENNE, M., LÉCRIVAIN, E., et NAVARETTE, M. (2002). Activités agricoles, territoires et questions d'environnement : quelles entités d'action ? In *Agronomes et Territoires*, Deuxième édition des entretiens du Pradel (P. PRÉVOST Éd.), L'Harmattan, Paris, pp. 199-211.
- BENET, M. (1978). Coût des chantiers de débroussaillage. In *La France Agricole*, p. 69.
- BENOIT, M. (1988). Diagnostic global d'exploitation agricole : une proposition méthodologique. *Études et Recherches* 12, 48 p.
- BENOIT, M., LEFRANC, C., BERNARD, P. Y., et HUSSON, J. P. (2002). De l'assolement observé à l'assolement à expliquer : agronomes et géographes à la croisée des préoccupations environnementales et paysagères. Rendu d'expériences "transfrontalières". In *Agronomes et Territoires*, Deuxième édition des entretiens du Pradel (P. PRÉVOST Éd.), L'Harmattan, Paris, pp. 229-242.
- BÉRANGER, C. (2001). De la multifonctionnalité au contrat territorial d'exploitation. *Ingénieries*, N° spécial, pp. 5-7.
- BERNHARD, C. (2002). Analyse spatiale du parcellaire et de ses contraintes dans les systèmes d'élevage laitier de montagne, Mémoire de fin d'études d'Ingénieur des Techniques Agricoles, ENITA de Clermont-Ferrand, 43 p.
- BEROUTCHACHVILI, N., et BERTRAND, G. (1978). Le Géosystème ou "Système territorial naturel". *RGPSO* 49, pp. 167-178.
- BERTRAND, G. (2002). La géoagronomie, un nouveau territoire ? In *Agronomes et Territoires*. Deuxième édition des Entretiens du Pradel (P. PRÉVOST Éd.), L'Harmattan, Paris, pp. 25-34.
- BLANC-PAMARD, C., et MILLEVILLE, P. (1985). Pratiques paysannes, perception du milieu et systèmes agraires. In *Dynamique des systèmes agraires. À travers champs*. Agronomes et géographes (ORSTOM Éd.), pp. 101-138.
- BONAUDO, T., BOMMEL, P., et TOURRAND, J. F. (2005). Modélisation des fronts pionniers de la Transamazonienne. In *CABM-HEMA-SMAGET - 2005 - Joint Conference on Multi-Agent Modeling for Environmental Management*, Bourg-St-Maurice (France), 22 p.
- BONNEFOY, J. L., BOUSQUET, F., et ROUCHIER, J. (2001). Modélisation d'une interaction individus, espace, société par les systèmes multi-agents : pâture en forêt virtuelle. *L'espace géographique* 1, pp. 13-25.
- BONNEMAIRE, J. (1988). Diversité et fonctionnement des exploitations. In *Pour une agriculture diversifiée* (M. JOLLIVET Éd.), L'Harmattan, Paris, pp. 92-103.
- BOOCH, G. (1991). *Object-Oriented Design with applications*, Benjamin / Cummings Editions.
- BOOCH, G., RUMBAUGH, J. et JACOBSON, I. (2000). *Le guide de l'utilisateur UML*, Eyrolles, 552 p.
- BOULEAU, N. (2000). *Philosophies des mathématiques et de la modélisation*, L'Harmattan, Paris, 365 p.
- BOURGEOIS, L., et LACOMBE, P. (2001). Agricultures et territoires : prospective DATAR. Quelle logique de politique mettre en œuvre ? *Comptes-rendus de l'Académie d'Agriculture Française* 87, pp. 19-33.
- BOUSQUET, F., et LE PAGE, C. (2004). Multi-agent simulations and ecosystem management: a review. *Ecological Modelling* 176, pp. 313-332.
- BRISSE, N., MARY, B., RIPOCHE, D., JEUFRROY, M. H., RUGET, F., GATE, P., DEVIENNE-BARRET, F., ANTONIOLETTI, R., DURR, C., NICOUILLAUD, B., RICHARD, G., BEAUDOIN, N., RECOUS, S., TAYOT, X., PLENET, D., CELLIER, P., MACHET, J. M., MEYNARD, J. M., et DELÉCOLLE, R. (1998). STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balance. *Agronomie* 18, pp. 311-346.
- BROSSARD, T., et WIEBER, J. C. (1984). Le paysage, trois définitions, un mode d'analyse et de cartographie. *L'espace géographique* 1, pp. 5-12.
- BROSSIER, J., VISSAC, B., et LE MOIGNE, J. L. (1990). *Modélisation systémique et système agraire. Décision et organisation*, INRA, Paris, 365 p.
- BROWN, T. N., et KULASIRI, D. (1996). Validating models of complex, stochastic, biological systems. *Ecological Modelling* 86, pp. 129-134.
- BRUNET, P. (1984). *Cartes des mutations de l'espace rural français 1950-1980*, CNRS, 130 p.
- BRUNSCHWIG, G., BERNHARD, C., MALPEL, L., et CHEVILLOT, B. (2002). Les contraintes du parcellaire dans le fonctionnement des systèmes fourragers d'exploitations laitières. In *Rencontre Recherches Ruminants* 9, pp. 119.

- BRUNSCHWIG, G., SIBRA, C., CHEVILLOT, B., MICHELIN, Y., DELBRUEL, B., VALADIER, G., et PUTHOD, R. (2000). Terroirs d'élevage laitier du Massif central : identification et caractérisation, Collection Études, Clermont-Ferrand, 223 p.
- BUREL, F., et BAUDRY, J. (1999). Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications, Éditions Tec & Doc, Paris, 360 p.
- BUIJS, A.E., PEDROLI, B. et LUGINBUHL, Y. (2006). From hiking through farmland to farming in a leisure landscape: changing social perceptions of the European landscape, *Landscape Ecology* 21, pp. 375-389.
- BUSCH, G. (2006). Future European agricultural landscapes. What can we learn from existing quantitative land use scenario studies? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 114, pp. 121-140.
- CALVO-IGLESIAS, M. S., CRECENTE-MASEDA, R., et FRA-PALEO, U. (2006). Exploring farmer's knowledge as a source of information on past and present cultural landscapes: A case study from NW Spain. *Landscape and Urban Planning* 78 (4), pp. 334-343.
- CAMACHO, O. (2004). L'alimentation des troupeaux peut-elle empêcher le boisement spontané des espaces ruraux dans les Alpes du Nord ? Organisation spatiale des pratiques fourragères et d'entretien mécanique des prairies permanentes dans la vallée d'Abondance, Thèse de doctorat, INA Paris-Grignon, Paris, 334 p.
- CANDAU, J. (1999). Usage du concept d'espace public pour une lecture critique des processus de concertation. Le cas des OLAE en Aquitaine. *Économie Rurale* 252, pp. 9-15.
- CAPILLON, A., et SÉBILLOTTE, M. (1980). Étude des systèmes de production des exploitations agricoles. Une typologie. In Séminaire Caraïbe sur les systèmes de production agricole, Méthodologie de recherche (IICA-INRA Éd.), Pointe-à-Pitre, 18 p.
- CAYRE, P., DÉPIGNY, S., et MICHELIN, Y. (2004). Multifonctionnalité de l'agriculture : quelles motivations de l'agriculteur ? *Les Cahiers de la Multifonctionnalité* 5, pp. 31-41.
- CERAMAC (1990). L'Auvergne rurale, Clermont-Ferrand, 210 p.
- CHABERT, L. (1994). Évolution des paysages et des structures agricoles dans le pays de Thônes (Haute-Savoie). In L'Avenir des paysages ruraux européens : entre gestion des héritages et dynamique du changement (J. BERTHEMONT Éd.), CNRS Éditions, Lyon, pp. 223-232.
- COHEN, M. (2001). Gestion sylvopastorale des pins sur le Causse Méjean : une approche multi-agents du maintien des milieux ouverts. INRA Ecodéveloppement, Avignon, 48 p.
- COLAS, S., et HÉBERT, M. (2000). Le coût de la gestion courante des principaux milieux naturels ouverts. *Espaces Naturels de France*, 7 p.
- COQUILLARD, P., et HILL, D. (1997). Modélisation et simulation d'écosystèmes. Des modèles déterministes aux simulations à événements discrets, Masson, Paris, 275 p.
- COTS-FOLCH, R., MARTINEZ-CASASNOVAS, J. A., et RAMOS, M. C. (2006). Land terracing for new vineyard plantations in the north-eastern Spanish Mediterranean region: Landscape effects of the EU Council Regulation policy for vineyards' restructuring. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 115, pp. 88-96.
- COZIC, P. (1987). Une méthode de diagnostic pastoral : de la composition de la végétation à la charge animale à préconiser. *Exploitation de pelouses et landes subalpines par des bovins et des ovins* 211, pp. 173-197.
- CROS, M. J., DURU, M., GARCIA, F., et MARTIN-CLOUAIRE, R. (2003). A biophysical dairy farm model to evaluate rotational grazing management strategies. *Agronomie* 23, pp. 105-122.
- DAGET, P., et GODRON, M. (1995). Pastoralisme : troupeaux, espaces et sociétés, Hatier, 510 p.
- DAHL, O. J., et NYGAARD, K. (1966). Simula: an algol-based simulation language. *Communication of the ACM* 9, pp. 671-678.
- DANIEL, T. C. (2001). Whither scenic beauty? Visual landscape quality assessment in the 21st century. *Landscape and Urban Planning* 54, pp. 267-281.
- DATAR (2003). Quelle France rurale pour 2020 ? Contribution à une nouvelle politique de développement rural durable, Paris, 59 p.
- DAVALLON, J., MICOUD, A., et TARDY, C. (1997). Vers une évolution de la notion de patrimoine ? Réflexions à propos du patrimoine rural. In L'esprit des lieux. Le patrimoine et la cité, Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble, pp. 195-205.
- DE BONNEVAL, L. (1993). Systèmes agraires, Systèmes de production. Vocabulaire français-anglais, INRA, Paris, 285 p.
- DE COLIGNY, F., ANCELIN, P., CORNU, G., COURBAUD, B., DREYFUS, P., GOREAUD, F., GOURLET-FLEURY, S., MEREDIEU, C., et SAINT-ANDRÉ, L. (2003). Capsis: Computer-Aided Projection for Strategies in Silviculture:

- Advantages of a shared forest-modelling platform. In *Modelling Forest Systems* (A. AMARO, D. REED et P. SOARES, Eds.), CABI Publishing, pp. 319-323.
- DE MONTARD, F. X. (1991). Réflexions sur la dynamique de la végétation des prairies en moyenne montagne du Massif Central. *Fourrages* 125, pp. 85-103.
- DE NIJS, T. C. M., DE NIET, R., et CROMMENTUIJN, L. (2004). Constructing land-use maps of the Netherlands in 2030. *Journal of Environmental Management* 72, pp. 35-42.
- DE ROSNAY, J. (1975). Le macroscopie. Vers une vision globale, Éditions du Seuil, Paris, 305 p.
- DEFFONTAINES, J. P. (1977). Analyse du paysage et étude régionale des systèmes de production agricole. *Économie Rurale* 98, pp. 1-13.
- DEFFONTAINES, J. P. (1982). Activités agricoles, espace et paysage. *Cahiers de l'INRAP* 29, pp. 3-24.
- DEFFONTAINES, J. P. (1985). Étude de l'activité agricole et analyse du paysage. *Espace géographique* 1, pp. 37-47.
- DEFFONTAINES, J. P. (1986). Un point de vue d'agronome sur le paysage. Une méthode d'analyse du paysage pour l'étude de l'activité agricole. In *Lecture du paysage*, Fourcher, INRAP, pp. 33-43.
- DEFFONTAINES, J. P. (1994). L'agriculteur-artisan producteur de formes. *Natures, Sciences et Sociétés* 2 (4), pp. 337-342.
- DEFFONTAINES, J. P. (1995). Dynamique physionomique d'un paysage rural. Essai de modélisation de la composante agricole. *Cahiers d'Études et de Recherches Francophones Agricultures* 4, pp. 434-439.
- DEFFONTAINES, J. P. (1996a). Du paysage comme moyen de connaissance de l'activité agricole à l'activité agricole comme moyen de production du paysage. L'agriculteur producteur de formes. Un point de vue d'agronome. *Comptes-rendus de l'Académie d'Agriculture Française* 82, pp. 57-69.
- DEFFONTAINES, J. P. (1996b). Enjeux spatiaux en agronomie. *Comptes-rendus de l'Académie d'Agriculture Française* 82, pp. 5-13.
- DEFFONTAINES, J. P. (2001a). L'agriculture dans sa fonction de production de paysage. *Bulletin des Paysagistes du Secteur Public et ParaPublic* 2, pp. 10-16.
- DEFFONTAINES, J. P. (2001b). Le diagnostic paysager en agriculture. *Aménagement et Nature* 141, pp. 9-23.
- DEFFONTAINES, J. P. (2002). Les agronomes entre agriculteurs et usagers du paysage. In *Agronomes et Territoires*. Deuxième édition des Entretiens du Pradel (P. PRÉVOST Éd.), L'Harmattan, Paris, pp. 435-441.
- DEFFONTAINES, J. P., et OSTY, P. L. (1977). Des systèmes de production aux systèmes agraires. *Espace géographique* 3, pp. 195-199.
- DELABY, L., PEYRAUD, J., et FAVERDIN, P. (2001). Patur'IN : le pâturage des vaches laitières assistée par ordinateur. *Fourrages* 149, pp. 385-398.
- DÉPIGNY S. (2001). Modélisation multi-scalaire de la dynamique d'enfrichement en Artense. Réflexion sur le problème des emboîtements d'échelles. Mémoire d'Ingénieur des Techniques Agricoles, 40 p.
- DÉPIGNY, S., et CAYRE, P. (2002). Une méthode agro-ethnologique pour l'étude des pratiques agricoles à impact paysager. Première application à un territoire du plateau des Dômes. Mémoire de DEA, INA Paris-Grignon, 41 p.
- DÉPIGNY, S., CAYRE, P., et MICHELIN, Y. (2002). Vers une approche agro-ethnologique au service de la gestion des territoires ruraux. In *Agronomes et Territoires*, Deuxième édition des entretiens du Pradel (P. PRÉVOST Éd.), L'Harmattan, Paris, pp. 133-144.
- DÉPIGNY, S., et MICHELIN, Y. (2007). SHRUB BATTLE: a game for better understanding the making of landscape. *Simulation and Gaming* 38 (2), pp. 263-277.
- DERAEVE, E. (2003). Multifonctionnalité de l'agriculture sur le territoire des marais du Cotentin et du Bessin. Éléments pour une évaluation des politiques agricoles et agro-environnementales. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur Agronome, ENSA de Rennes, 130 p.
- DEVERRE, C. (2002). Les nouveaux liens sociaux au territoire. In *Agronomes et territoires*, Deuxième édition des Entretiens du Pradel (P. PRÉVOST Éd.), L'Harmattan, Paris, pp. 57-70.
- DONADIEU, P. (2002). La Société paysagiste, Actes Sud, 149 p.
- DOREL, G., et DUMENIL, C. (1984). Champagne. In *Carte des mutations de l'espace rural français 1950-1980* (P. BRUNET Éd.), CNRS, Caen, pp. 49-53.
- DUBOST, M., et LIZET, B. (1995). Pour une ethnologie des paysages. In *Paysages au pluriel : pour une ethnologie des paysages* (M. PATRIMOINE Éd.), Maison des Sciences de l'Homme, Paris, pp. 240.
- DUBY, G. (1991). Quelques notes pour une histoire de la sensibilité aux paysages. *Études Rurales* 121-124, pp. 15-20.

- DURU, M., GIBON, A., et OSTY, P. L. (1988). Pour une approche renouvelée du système fourrager. *In* Pour une agriculture diversifiée. Arguments, questions, recherches (M. JOLLIVET Éd.), L'Harmattan, Paris, pp. 33-58.
- DURU, M., et HUBERT, B. (2003). Management of grazing systems: from decision and biophysical models to principles for action. *Agronomie* 23, pp. 689-703.
- DURU, M., NOCQUET, J., et BOURGEOIS, A. (1989). Le système fourrager : un concept opératoire ? *Fourrages* 115, pp. 251-272.
- DUVERNOY, I., LARDON, S., ALBALADEJO, C., BENOIT, M., MUHAR, M. C., et TRIBOULET, P. (1994). Approche spatiale et fonctionnelle des relations entre activités agricoles et territoires. Construction d'une méthode de diagnostic. *In* Recherches "Systèmes en agriculture et développement durable", Montpellier, pp. 230-235.
- ETIENNE, M. (2001). Pine trees, invaders or forerunners in Mediterranean-type ecosystems: a controversial point of view. *Journal of Mediterranean Ecology* 3-4, pp. 221-232.
- ETIENNE, M. (2003). SYLVOPAST: a multiple target role-playing game to assess negotiation in sylvopastoral management planning. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 6 (2).
- FEL, A. (1983). Atlas et Géographie du Massif Central, Flammarion, Paris, 348 p.
- FISCHESSER, B. (1985). Propositions pour une méthodologie de la recherche en paysagisme d'aménagement. Cemagref, Grenoble.
- FISCHESSER, B., et DUPUIS-TATE, M. F. (1996). Le guide illustré de l'écologie, Éditions de La Martinière, 320 p.
- FLEURY, A., et GUIOMAR, X. (2001). Quels projets, quelles fonctions pour l'agriculture périurbaine d'Île-de-France ? *In* Espaces ouverts sous pression urbaine, Gent (Belgique), pp. 308-321.
- FNSAFER (2004). La fin des paysages ? Livre blanc pour une gestion ménagère de nos espaces ruraux, Paris, 47 p.
- FRANC, A., et SANDERS, L. (1998). Modèles et systèmes multi-agents en écologie et en géographie: état de l'art et comparaison avec les approches classiques. *In* Modèles et systèmes multi-agents pour la gestion de l'environnement et des territoires (N. FERRAND Éd.), Cemagref Éditions, pp. 17-34.
- FRASLIN, J. H. (1986). Analyse d'un réseau d'éleveurs : comment changent les pratiques fourragères dans un village de Haute-Saône. *Agriscopes* 7.
- FRIEDBERG, C., COHEN, M., et MATHIEU, N. (2000). Faut-il qu'un paysage soit ouvert ou fermé ? L'exemple de la pelouse sèche du Causse Méjean. *Natures, Sciences et Sociétés* 8, pp. 26-42.
- GARCIA, F., GUERRIN, F., MARTIN-CLOUAIRE, R., et RELIER, J. P. (2005). The human side of agricultural production management. The missing focus in simulation approaches. *In* Advances and applications for management and decision making. Proceedings of the MODSIM 2005 International Congress on Modelling and Simulation, 12-15 December 2005, Melbourne, Australia, pp. 203-209.
- GAUCHER, S. (1995). Savoirs, savoir-faire et technique d'entretien du paysage, Fédération des Parcs Naturels Régionaux, 217 p.
- GIBON, A., ROUX, M., et VALLERAND, F. (1988). Éleveur, troupeau et espace fourrager. Contribution à l'approche des systèmes d'élevage. *Études et Recherches* 11, pp. 7-10.
- GIRARD, M. C., et GIRARD, C. M. (1999). Les agropayages. *In* Traitement des données de télédétection (M. C. GIRARD et C. M. GIRARD Éd.), Dunod, Paris.
- GIRARD, N., LARDON, S., LASSEUR, J., et OSTY, P. L. (1996). Comment les éleveurs intègrent-ils l'espace dans leurs stratégies ? Une proposition d'analyse et de représentation. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants* 3, pp. 37-40.
- GODELIER, M. (1984). L'idée et le Matériel. Pensées, économies, sociétés, Fayard, Paris, 349 p.
- GOLDBERG, A., et KAY, A. (1976). Smalltalk-72 instruction manual. Technical Report SSL 76-6. Xerox Palo.
- GRAS, R. (1989). Le fait technique en agronomie, L'Harmattan, Paris, 183 p.
- GUISIPPELLI, E., et FLEURY, P. (2003). Paysages et agriculture dans les Alpes du Nord.
- GUTKNECHT, O., et FERBER, J. (2000). The MadKit agent plateforme architecture.
- HARDY, A., LE BRIS, X., et PELLETIER, P. (2001). Herb'ITCF : une méthode d'aide à la gestion du pâturage. *Fourrages* 167, pp. 399-415.
- HILL D.R.C. (1993). Analyse orientée objets & modélisation par simulation, Éditions Addison-Wesley, France, Poitiers, 362 p.
- HILL D.R.C., MECHOUD, S., CAMPOS, A., COQUILLARD, P., GUEUGNOT, J., ORTH, D., MICHELIN, Y., POIX, C., L'HOMME, G., CARRÈRE, P., LAFARGE, M., LOISEAU, P., MICOL, D., BRUN, J. P., DECUQ, F., DUMONT, B.,

- PETIT, M., et TEUMAS, M. (2000). Modélisation de l'entretien du paysage par des herbivores en moyenne montagne : une approche multi-agents. *Ingénieries* 21, pp. 63-75.
- HUBERT, B. (1988). Le débroussaillage et l'entretien par la dent de l'animal. In *Guide technique du forestier méditerranéen français*, Cemagref, Aix-en-Provence, pp. 14.
- HUBERT, B., et GIRAULT, N. (1988). De la touffe d'herbe au paysage. Échelles et organisations, INRA Publications, Paris, 336 p.
- INRA (2005). La modélisation à l'INRA. INRA, Paris, 63 p.
- INRA, CEMAGREF, et CIRAD (2003). Politiques publiques et dynamiques des paysages au sud du Massif central. Rapport final, 170 p.
- INRA, et ENSAA (1973). Conditions du choix des techniques de production et évolution des exploitations agricoles. Région de Rambervilliers (Vosges), *Études* 4.
- INRA, et ENSAA (1977). Pays, Paysans, Paysages dans le Vosges du Sud. INRA-ENSAA, 192 p.
- INSEE (2002). Atlas du Massif Central.
- JANIN, C. (1995). Gérer le développement local à travers le miroir du paysage. Approche méthodologique de l'économie du paysage. *Revue de Géographie Alpine* 15, pp. 31-68.
- JANIN, C., JOSSELIN, D., et LAFORGUE, C. (1993). Val de Lans-en-Vercors : simulations de l'évolution d'un paysage. *Mappemonde* 4, pp. 16-17.
- JOLIVEAU, T. (1998). Les outils informatiques et la gestion du paysage : entre concertation virtuelle et virtualisation déconcertante ? In *Le paysage*, St-Etienne (France), pp. 9.
- JOLLIVET, M. (1988). Pour une agriculture diversifiée, L'Harmattan, Paris, 336 p.
- JOSIEN, E. (2004). Ébauche d'un modèle du système fourrager intégrant la variabilité spatio-temporelle. Application au cas de l'arrêt de l'ensilage pour une exploitation fictive.
- JOSIEN, E., CHASSARD, P., BALLOT, N., REUILLON, J. L., et GAREL, J. (2003). Étude de faisabilité de l'évolution du cahier des charges en AOC fromagère : bilan d'un partenariat entre recherche et profession dans le cas du Saint-Nectaire, *Rencontres Recherches Ruminants* 10, pp. 207-210.
- JOSIEN, E., DEDIEU, B., et CHASSAING, C. (1994). Étude de l'utilisation du territoire en élevage herbager. L'exemple du réseau extensif bovin Limousin. *Fourrages* 138, pp. 115-135.
- JOUBE, P. (1988). Quelques réflexions sur la spécificité et l'identification des systèmes agraires. *Les Cahiers de la Recherche Développement* 20, pp. 5-16.
- KEATING, B. A., et MCCOWN, R. L. (2001). Advances in farming systems analysis and intervention. *Agricultural systems* 70, pp. 555-579.
- KLEIJNEN, J. P. C., et SARGENT, R. G. (2000). A methodology for fitting and validating metamodels in simulation. *European Journal of Operational Research* 120, pp. 14-29.
- KNOWLER, D., et BRADSHAW, B. (2007). Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research. *Food Policy* 32, pp. 25-48.
- LAMBIN, E. F., et GEIST, H. J. (2006). Land-Use and Land-Cover Change, Global change, The IGBP Series, 222 p.
- LAMOTTE, M. (1995). À propos de la biodiversité. *Le Courrier de l'environnement* 24, pp. 8.
- LANDAIS, E., et BALENT, G. (1993). Introduction à l'étude des systèmes d'élevage extensif. In *Pratiques d'élevage extensif. Identifier, modéliser, évaluer*, INRA Éditions, Versailles, pp. 13-34.
- LANDAIS, E., et DEFFONTAINES, J. P. (1988). Les pratiques des agriculteurs. Point de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique. *Études Rurales* 109, pp. 125-158.
- LAPOINTE, J. (1993). L'approche systémique et la technologie de l'information, *Educatechnologiques* 1.
- LARDON, S., BARON, C., BOMMEL, P., BOUSQUET, F., LE PAGE, C., LIFRAN, R., MONESTIEZ, P., et REITZ, P. (1998). Modéliser les configurations et les stratégies spatiales dans un système multi-agents pour la maîtrise de dynamiques d'embroussaillage. In *Systèmes Multi-Agents pour la Gestion de l'Environnement et des Territoires* (N. FERRAND Éd.), Cemagref Éditions, Clermont-Ferrand, pp. 169-185.
- LARDON, S., DEFFONTAINES, J. P., BAUDRY, J., et BENOIT, M. (1990). L'espace est aussi ailleurs. In *Modélisation systémique et systèmes agraires* (J. BROSSIER, B. VISSAC et J. L. LE MOIGNE Éd.), INRA Éditions, pp. 321-338.
- LARDON, S., MAUREL, P., et PIVETEAU, V. (2001). Représentations spatiales et développement territorial, Éditions Hermès, 437 p.

- LASSEUR, J. (2002). Caractériser les pratiques d'élevage et les conceptions des éleveurs pour comprendre l'usage d'un territoire local. In *Agronomes et Territoires. Deuxième édition des Entretiens du Pradel* (P. PRÉVOST Éd.), L'Harmattan, Paris, pp. 283-293.
- LAURENT, C. (2000). La multifonctionnalité de l'agriculture. In *Towards an agreement between Europe and Mercosur* (M. F. DURAND, P. GIORDANO et A. VALLADAO Éd.), Presses de Sciences Polytechniques, pp. 10.
- LAURENT, C., BAUDRY, J., et DENIS, D. (1995). Activité agricole et dynamiques de l'espace rural : quelle déprise agricole en Basse-Normandie ?
- LAURINI, R. (1989). Ingénierie des connaissances spatiales, Hermès, 64 p.
- LE BER, F., DURY, A., CHEVRIER, V., et BENOIT, M. (1998). Simuler l'organisation spatiale d'un territoire agricole : différentes approches. In *Modèles et systèmes multi-agents pour la gestion de l'environnement et des territoires* (N. FERRAND Éd.), Cemagref Éditions, pp. 239-254.
- LE FLOCH, S., et ANNE-SOPHIE, D. (2005). La "fermeture du paysage" : au-delà de l'esthétique, les enjeux d'un espace ouvert rural. 11 p.
- LE PAGE, C., BOUSQUET, F., BAKAM, I., BAH, A., et BARON, C. (2000). CORMAS: a multiagent simulation toolkit to model natural and social dynamics at multiple scales. In *The ecology of scales*, Wageningen, Pays-Bas, 27-30 juin 2000.
- LÉGER, F. (2001). Mise en œuvre territoriale de la multifonctionnalité de l'agriculture dans un échantillon de projets collectifs CTE. *Ingénieries* N° spécial, pp. 11-20.
- LELLI, L. (2000). Le paysage ordinaire : l'exemple du Nord Comminges (Haute-Garonne, France). Essai méthodologique et pratique. Thèse de doctorat, Université de Toulouse 2, 325 p.
- LENCLUD, G. (1995). Ethnologie et paysage. In *Paysages au pluriel pour une approche ethnologique du paysage*, Éditions du Musée de l'Homme, Paris, pp. 3-17.
- LOISEAU, P., et DE MONTARD, F. X. (1986). Amélioration des friches, des landes et gestion pastorale. *Fourrages* N° spécial, pp. 84-117.
- LUGINBÜHL, Y. (1989). Au-delà des clichés, la photographie du paysage au service de l'analyse. *Revue STRATES* 4, pp. 11-16.
- LUTZ, M., et ASCHER, D. (2001). Introduction à Python, O'Reilly, Paris, 368 p.
- MAILLÉ, E., et ESPINASSE, B. (2005). Du couplage de systèmes à l'intégration spatio-temporelle dans les systèmes d'aide à la décision spatiale. In *CABM-HEMA-SMAGET - 2005 - Joint Conference on Multi-Agent Modeling for Environmental Management*, Bourg-St-Maurice (France), 14 p.
- MALPEL, L. (2001). Les contraintes relatives du parcellaire dans le fonctionnement des systèmes fourragers d'exploitations laitières du Massif Central. Proposition de représentation et d'analyse, Mémoire de fin d'études d'Ingénieur des Travaux Agricoles, ENITA de Clermont-Ferrand, 40 p.
- MAP (2005). Plan de Développement Rural National, Paris, 335 p.
- MAPAAR (2002). L'agriculture et la forêt dans le paysage, Paris, 105 p.
- MARSHALL, E., BONNEVIALE, J. R., et FRANCFORT, I. (1994). Fonctionnement et diagnostic global de l'exploitation agricole, ENESA de Dijon, 173 p.
- MARTIN-CLOUAIRE, R., DURU, M., COURNUT, S., et JOSIEN, E. (2006). Modèles dynamiques du fonctionnement des élevages dans leurs dimensions spatiales, biotechniques et socio-économiques. Programme ADD TRANS, Revue bibliographique WP4 D2 final, 12 p.
- MATHERON, G. (1970). La théorie des variables généralisées et ses applications. *Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématiques de Fontainebleau* 5.
- MATHEVET, R., LE PAGE, C., ETIENNE, M., GIGOT, G., LEFEBVRE, G., POULIN, B., et MAUCHAMP, P. (2005). ButorStar: a role-playing game for collective awareness of reedbed wise use, *Simulating & Gaming* 38 (2), pp. 233-262.
- MATHIEU, A., et THINON, P. (2002). Différentes manières de concevoir les usages agricoles de l'espace. In *Agronomes et Territoires. Deuxième édition des Entretiens du Pradel* (P. PRÉVOST Éd.), L'Harmattan, Paris, pp. 269-282.
- MAZOYER, M. (2002). Larousse Agricole. Le monde paysan au XXIème siècle, Larousse, 767 p.
- MC HARG, I. (1969). Design with nature, *Les cahiers de l'IAURIF* 58-59.
- MCCOWN, R. L., HAMMER, G. L., HARGREAVES, J. N. G., HOLZWORTH, D. P., et FREEBAIRN, D. M. (1996). APSIM: A novel software system for model development, model testing and simulation in agricultural systems research. *Agricultural systems* 50, pp. 255-271.

- MEEUS, J. H. A., WIJERMANS, M. P., et VROOM, M. J. (1990). Agricultural landscapes in Europe and their transformation. *Landscape and Urban Planning* 18 (3-4), pp. 289-352.
- MEURET, M. (2003). Les règles de l'art : garder des troupeaux au pâturage et organiser un menu pour stimuler l'appétit, *Études et Recherches Systèmes Agraires et Développement* 27, pp. 199-216.
- MICHELIN, Y. (1995). Les Jardins de Vulcain, paysages d'hier, d'aujourd'hui et de demain, Éditions de la MSH, Paris.
- MICHELIN, Y. (2000a). Le bloc-diagramme : une clé de compréhension des représentations du paysage chez les agriculteurs ? Mise au point d'une méthode d'enquête préalable à une gestion concertée du paysage en Artense (Massif central français). *Cybergéo* 118.
- MICHELIN, Y. (2000b). Le paysage rural : entre agronomie et développement local. Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Toulouse-Le Mirail, 238 p.
- MIETTINEN, A. (2004). On diversity effects of alternative agricultural policy reforms in Finland: an agricultural sector modelling approach. *Agricultural and Food Science* 13, pp. 229-246.
- MILLEVILLE, P. (1984). Acte technique et itinéraire technique : une méthode d'enquête à l'échelle du terroir villageois. *Les Cahiers de la Recherche Développement* 3-4, pp. 77-83.
- MONTEITH, J. L. (1996). The quest for balance in crop modeling. *Agronomy Journal* 88, pp. 695-697.
- MOQUAY, P., AZNAR, O., CANDAU, J., GUÉRIN, M., et MICHELIN, Y. (2004). Paysage de territoire, paysage décor, paysage identité. Réseaux, modèles et représentations mobilisés dans le processus de discussion de politiques paysagères intercommunales, 12 p.
- MORLON, P., et BENOIT, M. (1990). Étude méthodologique d'un parcellaire d'exploitation agricole en tant que système. *Agronomie* 6, pp. 499-508.
- MULLER, C. (1987). Un métier né de la crise : exploitant rural. *Sociologie du travail* 4, pp. 459-475.
- MULLER, P. A. (1997). Modélisation objet avec UML, Édition Eyrolles, Paris, 421 p.
- MULLER, S. (1996). Déterminisme et évolution de la biodiversité des écosystèmes prairiaux. *Acta botanica Gallica* 4, pp. 223-228.
- MURRAY-PRIOR, R. (1998). Modelling farmer behaviour: a personal construct theory interpretation of hierarchical decision models. *Agricultural systems* 57, pp. 541-556.
- NEURAY, G. (1982). Des paysages. Pour qui ? Pourquoi ? Comment ? Les Presses Agronomiques de Gembloux, Gembloux, 590 p.
- NOTE, P. (2005). Influence des pratiques agricoles et des structures paysagères sur les pullulations de Campagnol terrestre en Auvergne. In IALE France, Marseille, 10 p.
- ORTH, D., PICON-COCHARD, C., et PRÉVOSTO, B. (2003). Dynamique d'invasion par les petits ligneux de prairies sous-exploitées de moyenne montagne du Massif Central : le cas du Genêt à balais. Rapport final, ENITA, INRA, Cemagref.
- OSTY, P. L. (1989). Le fait technique en agronomie. Points de vue et questions sur quelques concepts. In Modélisation systémique et système agraire. Décision et organisation (J. BROSSIER, B. VISSAC et J. L. LE MOIGNE Éd.), INRA, Paris, pp. 19-27.
- OSTY, P. L., LARDON, S., et DE SAINTE-MARIE, C. (1998). Comment analyser les transformations de l'activité productrice des agriculteurs ? Propositions à partir des systèmes techniques de production. *Études et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement* 31, pp. 397-413.
- OSTY, P. L., MAGDA, D., et MEURET, M. (2005). Quels dispositifs pour une gestion concertée des ressources dans les écosystèmes pastoraux ? Une équipe d'agronomes, écologues et zootechniciens construit des propositions de recherche. In Agronomes et Territoires. Deuxième édition des Entretiens du Pradel (P. PRÉVOST Éd.), L'Harmattan, Paris, pp. 119-132.
- PACAUD, T. (2007). Modélisation des systèmes d'élevage. Programme ADD TRANS, Revue bibliographique, 44 p.
- PAPY, F. (2001). Interdépendance des systèmes de cultures dans l'exploitation agricole. In Modélisation des agro-écosystèmes et aide à la décision (G. MALÉZIEUX, G. TRÉBUIL et M. JAEGER Éd.), CIRAD-INRA, pp. 51-74.
- PASSIOURA, J. B. (1996). Simulation models: science, snake oil, education or engineering. *Agronomy Journal* 88, pp. 690-694.
- PEDROLI, B., PINTO-CORREIA, T., et CORNISH, P. (2006). Landscape - what's in it? Trends in European landscape science and priority themes for concerted research, *Landscape Ecology* 21, pp. 421-430.
- PEDROLI, B., VAN DOORN, A., DE BLUST, G., PARACCHINI, M.L., WASCHER, D. and BUNCE, F. (2007). Europe's living landscapes. Essays exploring our identity in the countryside, KNNV Publishing, Wageningen, 432 p.

- PELLEGRINI, N. (1995). Les mesures agri-environnementales. *Le Courrier de l'environnement* 25, pp. 128-129.
- PELTRE, J. (1994). Les transformations du paysage et de l'habitat rural sous l'effet de la modernisation de l'agriculture. L'exemple lorrain. In *L'Avenir des paysages ruraux européens : entre gestion des héritages et dynamique du changement* (J. BERTHEMONT Éd.), CNRS Éditions, Lyon, pp. 211-214.
- PERRIER-CORNET, P. (2001). La dynamique des espaces ruraux dans la société française : un cadre d'analyse. *Études et prospective* 3, pp. 61-74.
- PERRIER-CORNET, P. (2003). Quelles perspectives pour les campagnes françaises ? *Projet* 274, pp. 42-50.
- PERROT, C., et LANDAIS, E. (1993). Exploitations agricoles : pourquoi poursuivre la recherche sur les méthodes typologiques ? *Les Cahiers de la Recherche Développement* 33, pp. 13-23.
- POIX, C., et LAURINI, R. (1994). A geometric reasoning tool based on a successive improvement approach. *The Computer Journal* 5, pp. 377-384.
- POIX, C., et MICHELIN, Y. (1998). Utilisation d'un modèle multi-agents dans un système de simulation d'évolutions paysagères. In *Systèmes Multi-Agents pour la Gestion de l'Environnement et des Territoires* (N. FERRAND Éd.), Cemagref, Clermont-Ferrand, pp. 187-192.
- POIX, C., et SEFIHA, E. (1999). GenMNT : un outil simple pour la génération de modèles numériques de terrains, *Cybergéo* 77.
- PREVOSTO, B., HILL, D.R.C. et COQUILLARD, P. (2003). Individual-based modelling of *Pinus sylvestris* invasion after grazing abandonment in French Massif Central, *Plant Ecology* 168, pp. 121-137.
- PRIMDAHL, J. (1999). Agricultural landscapes as places of production and for living in owner's versus producer's decision making and the implications for planning. *Landscape and Urban Planning* 46, pp. 143-150.
- RAPEY, H., FIORELLI, C., JOSIEN, E., LARDON, S., et SERVIÈRE, G. (2002). Variabilité spatiale et temporelle des exploitations et usages agricoles sur un territoire : première étude de cas en Auvergne et perspectives de recherche sur la multifonctionnalité de l'agriculture. In *Agronomes et Territoires. Deuxième édition des Entretiens du Pradel* (P. PRÉVOST Éd.), L'Harmattan, Paris, pp. 363-382.
- RAUTENBERG, M., MICOUD, A., BÉRARD, L., et MARCHENAY, P. (2000). Campagne de tous nos désirs, Édition de la Maison des sciences et de l'homme, Paris, 194 p.
- REGER, B., OTTE, A., et WALDHARDT, R. (2007). Identifying patterns of land-cover change and their physical attributes in a marginal European landscape. *Landscape and Urban Planning* 81, pp. 104-113.
- RELLIER, J. P. (2005). DIESE : un outil de modélisation et de simulation de systèmes d'intérêt agronomique, INRA, Paris, 28 p.
- REUILLON, J. L., et VIOLLEAU, S. (1998). Un outil de gestion des systèmes herbagers en élevage bovin : le référentiel fourrager Auvergne-Lozère. *Fourrages* 156, pp. 603-609.
- ROCCON, M. H. (1991). De l'espace cultivé à l'inculte : logique des évolutions. *Revue de Géographie de Lyon* 66, pp. 23-26.
- ROQUES, P. (2006). UML 2 par la pratique. Études de cas et exercices corrigés, Eyrolles, 358 p.
- ROUCHIER, J., et REQUIER-DESJARDINS, M. (1998). La modélisation comme soutien à l'interdisciplinarité dans la recherche-développement. In *Modèles et systèmes multi-agents pour la gestion de l'environnement et des territoires* (N. FERRAND Éd.), Cemagref Éditions, pp. 221-238.
- ROUNSEVELL, M. D. A., ANNETTS, J. E., AUDSLEY, E., MAYR, T., et REGINSTER, I. (2003). Modelling the spatial distribution of agricultural land use at the regional scale. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 95, pp. 465-479.
- RYKIEL, E. J. (1996). Testing ecological models: the meaning of validation. *Ecological Modelling* 90, pp. 229-244.
- SANDERS, L. (2001). Modèles en analyse spatiale, Hermès Science, Paris, 330 p.
- SAUTTER, G. (1991). Paysagismes. *Études Rurales* 121-124, pp. 15-20.
- SCHMITZBERGER, I., WRBKA, T., STEURER, B., ASCHENBRENNER, G., PETERSEIL, J., et ZECHMEISTER, H. G. (2005). How farming styles influence biodiversity maintenance in Austrian agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 108, pp. 274-290.
- SÉBILLOTTE, M. (2002). Agronomes et territoires. Les trois métiers des agronomes. In *Agronomes et Territoires. Deuxième édition des Entretiens du Pradel* (P. PRÉVOST Éd.), L'Harmattan, Paris, pp. 479-497.
- SÉBILLOTTE, M., et SOLER, L. G. (1990). Les processus de décision des agriculteurs. In *Modélisation systémique et système agraire* (J. BROSSIER, B. VISSAC et J. L. LE MOIGNE Éd.), INRA, pp. 93-118.
- SIGAUD, O. (2005). Introduction à la modélisation orientée objets avec UML.
- SIMON, H. A. (1997). Models of bounded rationality, M.I.T. Press, Cambridge.

- SINCLAIR, T. R., et SELIGMAN, N. (2000). Criteria for publishing papers on crop modeling. *Field Crops Research* 68, pp. 165-172.
- SINCLAIR, T. R., et SELIGMAN, N. G. (1996). Crop modeling: from infancy to maturity. *Agronomy Journal* 88, pp. 698-704.
- SLAK, M.-F., et VIDAL, C. (1995). TER-UTI, indicateur de paysage. *Revue Agreste* 21.
- STEYAERT, P. (2001). Associer objectifs environnementaux et pratiques agricoles. Les mesures agri-environnementales à l'épreuve du terrain. *FaçSade* 4.
- THENAIL, C., et BAUDRY, J. (1994). Méthode d'étude des relations entre activités agricoles et paysages. In *Symposium Recherches-système en agriculture et développement rural*, Montpellier, pp. 316-321.
- THENAIL, C., et BAUDRY, J. (2001). Modélisation des systèmes techniques agricoles contribuant aux dynamiques des structures paysagères de la parcelle à l'exploitation agricole et au paysage. In *Étude des changements d'utilisation et d'occupation du sol: échelles et modèles* (L. HUBERT-MOY Éd.), Rennes, pp. 16-24.
- THENAIL, C., et BAUDRY, J. (2004). Variation of farm spatial land use pattern according to the structure of the hedgerow network (bocage) landscape: a case study in northeast Brittany. *Agriculture Ecosystems & Environment* 101, pp. 53-72.
- THINON, P. (2002). Les unités agro-physionomiques : des entités spatiales pour l'analyse des usages agricoles du territoire. In *Agronomes et Territoires, Deuxième édition des entretiens du Pradel* (P. PRÉVOST Éd.), L'Harmattan, Paris, pp. 183-198.
- THOMSON, A. M., et SIMPSON, I. A. (2006). A grazing model for simulating the impact of historical land management decisions in sensitive landscapes: Model design and validation. *Environmental Modelling & Software* 21, pp. 1096-1113.
- TLFI (2005). Trésor de la Langue Française Informatisé.
- VAN DER PLOEG, J. D. (1993). Rural sociology and the new agrarian question. *Sociologia Ruralis* 2, pp. 240-260.
- VAN ITTERSUM, M. K., et DONATELLI, M. (2003). Modelling cropping systems. Highlights of the symposium and preface to the special issues. *European Journal of Agronomy* 18, pp. 187-197.
- VANCLAY, F., HOWDEN, P., MESITI, L., et GLYDE, S. (2006). The social and intellectual construction of farming styles: testing Dutch ideas in Australian agriculture. *Sociologia Ruralis* 46, pp. 61-82.
- VELDKAMP, A., et FRESCO, L. O. (1997). Exploring land use scenarios, an alternative approach based on actual land use. *Agricultural systems* 55 (1), pp. 1-17.
- VELDKAMP, A., KOK, K., DE KONING, G. H. J., SCHOORL, J. M., SONNEVELD, M. P. W., et VERBURG, P. H. (2001). Multi-scale system approaches in agronomic research at the landscape level. *Soil and Tillage Research* 58 (3-4), pp. 129-140.
- VERBURG, P. H., SCHULP, C. J. E., WITTE, N., et VELDKAMP, A. (2006). Downscaling of land use change scenarios to assess the dynamics of European landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 114 (1), pp. 39-56.
- VIOLLEAU, S. (1998). L'ensilage d'herbe dans les systèmes bovins laitiers du nord du Massif Central (cas du Puy-de-Dôme). *Fourrages* 156, pp. 495-499.
- VISSAC, B., et HENGTEIN, A. (1979). Présentation du département de recherche sur les Systèmes Agraires et le Développement. Éléments pour une problématique de recherche sur les Systèmes Agraires et le Développement, pp. 6-12.
- WEIMAR, J. R. (1997). Simulation with cellular automata, Logos-Verlag, Berlin.
- WEISS, K., MOSER, G., et GERMANN, C. (2006). Perception de l'environnement, conceptions du métier et pratiques culturelles des agriculteurs face au développement durable. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology* 56 (2), pp. 73-81.
- WIEBER, J. C. (2002). Le paysage, objet géographique obscur ou trop évident ? ENS LSH.
- WILSON, G. A. (1997). Factors Influencing Farmer Participation in the Environmentally Sensitive Areas Scheme. *Journal of Environmental Management* 50 (1), pp. 67-93.
- YOURDON, E., et CONSTANTINE, L. (1979). Structured Design, Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- ZUNGA, Q., VAGINI, A., LE PAGE, C., TOURÉ, I., LIEURAIN, E., et BOUSQUET, F. (1998). Coupler Systèmes d'Information Géographique et Systèmes Multi-Agents pour modéliser les dynamiques de transformation des paysages. In *Systèmes Multi-Agents pour la Gestion de l'Environnement et des Territoires* (N. FERRAND Éd.), Cemagref Éditions, Clermont-Ferrand, pp. 193-206.

Table des Annexes

Annexe 3.1 : Caractérisation des quatre principaux types d'agriculteurs définis en Autriche, vis-à-vis de leur attitude face au paysage.

Annexe 4.1 : Méthode de calcul de l'Indice de mécanisation 1

Annexe 4.2 : Méthode de calcul de l'Indice de mécanisation 2

Annexe 4.3 : Calcul de l'Indice de mécanisation final

Annexe 4.4 : Exemple de cas-type : le BL 11

Annexe 4.5 : Schéma d'organisation spatiale des pratiques d'exploitation des fourrages

Annexe 4.6 : Détail du calcul des besoins des animaux au sein du modèle PAYSAGRI

Annexe 4.7 : Détails des successions d'usages possibles au sein du modèle PAYSAGRI

Annexe 5.1 : Exemple d'un fichier d'entrée *territoire.psg* du simulateur PAYSAGRI

Annexe 5.2 : Exemple d'un fichier d'entrée *parcellaire.psg* du simulateur PAYSAGRI

Annexe 5.3 : Exemple d'un fichier d'entrée *topologie.psg* du simulateur PAYSAGRI

Annexe 5.4 : Exemple d'un fichier d'entrée *exploitation.psg* du simulateur PAYSAGRI

Annexe 5.5 : Exemple d'une partie (une année) d'un journal des événements du simulateur PAYSAGRI

Annexe 5.6 : Exemple d'un fichier de sortie *efp.psg* du simulateur PAYSAGRI

Annexe 5.7 : Exemple d'un fichier de sortie *chargements.psg* du simulateur PAYSAGRI

Annexe 5.8 : Exemple d'un fichier de sortie *entretien.psg* du simulateur PAYSAGRI

Annexe 5.9 : Exemple d'un fichier de sortie *usages.psg* du simulateur PAYSAGRI

Annexe 5.10 : Détails des modalités des facteurs de simulation testés dans la première phase de simulation sur le territoire Chadrat

Annexe 5.11 : Résultats de la première phase de simulation sur le territoire Chadrat

Annexe 5.12 : Résultats des analyses statistiques sur les effets de principaux facteurs de simulation

Annexe 5.13 : Exemple de configurations parcellaires obtenues selon les méthodes d'affectation testées, à partir d'une distribution homogène des sièges d'exploitation

Annexe 3.1

Caractérisation des quatre principaux types d'agriculteurs définis en Autriche, vis-à-vis de leur attitude face au paysage.

*D'après Schmitzberger et al., 2005
Agriculture, Ecosystems and Environment 108*

The **yield optimiser** is mainly oriented towards maximising yield. Efficient farm management includes farm enlargement, optimisation of external production means and the use of modern machinery. Yield optimisers produce for the global market, and show no interest in direct marketing on the regional market. They show a strong tendency to abandon labour intensive or less productive areas. Their economic situation is strong, with the proportion of public support below average and the profit margin above average. "Farming is a profession and not a vocation" expresses their attitude towards agriculture. The landscape is seen primarily as "a place of production"; thus, reduced to economic parameters. Nature conservation is seen as interference or "expropriation" and therefore not appreciated.

The **traditionalist** is mainly found in mountain areas and marginalised regions. Such farmers identify highly with traditional rural culture and prefer well-established management strategies to increasing yields. They show low flexibility in adopting new developments. Traditionalists are generally old farmers, many of them already retired, others farm part time. Remarkable for nature conservation is the fact that many of these traditional farmers continue to cultivate labour intensive and unproductive areas. The attitude towards nature conservation is basically negative, although they often practice conservation work incidentally, which is entirely due to the traditional farming methods and the use of outdated machinery. The economic situation of traditionalist farmers is comparatively weak with a high support dependency. In many cases traditionalist farmers have no successors and if they do, they have low commitment to the traditional lifestyle and may give up farming altogether.

It is mainly young farmers that belong to the **innovatives**. Not surprisingly, their general attitude is optimistic, open minded towards new ideas and developments and highly flexible. They are willing to co-operate with other farmers, but also with consumers and conservation authorities. They explore market niches and produce for smaller regional and local markets. They produce high quality products and dedicate their work strongly to consumer demands, which often leads to high labour expenditure and personal engagement. Several branches of income may be combined. Innovative concepts including organic farming or seminars on farm, school on farm, holiday on farm, etc. are widespread among this group. The attitude towards landscape and nature conservation is heterogeneous but basically positive as nature conservation may be seen as an opportunity on a diversified market and may even be used as part of the individual marketing concept. The economic situation of innovative farmers is characterised by a lower dependency of support and profit margins tend to be above average. For innovative farmers, farming is not only a profession but a vocation.

The aim of farmers belonging to the **support optimisers** is to get as much financial support from the government as possible with minimum expenditure. Farm management is aligned to specifications and regulations of support programmes, e.g. set aside or destocking. Yield from agricultural production is not a primary concern. Farm size is above average, but with extensive management, and there is a tendency to abandon labour intensive areas. In many cases farmers lack a successor. The perception of landscape and nature is simple in that farming is necessary to keep the landscape open and tidy. The attitude towards nature conservation is basically positive as long as incentives are adequate. Their economic situation includes a high dependency on subsidies while the profit margin is below average. The quote "Set aside is the only way of farming in our region" characterises their attitude towards farming.

Annexe 4.1

Méthode de calcul de l'Indice de mécanisation 1

L'indice de forme F , proposé par MATHERON, est intéressant pour évaluer le potentiel de mécanisation d'une parcelle agricole. Mais, seul, il ne semble pas assez représentatif de la réalité observée sur le terrain ; en effet, l'information qu'il fournit est d'autant plus vraie que la surface de la parcelle agricole est faible.

De fait, il est combiné avec la surface de la parcelle agricole pour obtenir une information plus précise permettant d'évaluer le potentiel de mécanisation de la parcelle agricole.

Mais, la notion de surface de la parcelle agricole pouvant, elle-même, être subjective, car étroitement liée à la configuration globale du parcellaire du système de production agricole étudié, deux seuils, respectivement le premier quartile de la série des surfaces des parcelles agricoles du système de production agricole et le troisième quartile, permettent d'objectiver celle-ci. Les surfaces plus petites que le premier quartile sont considérées comme très fortement pénalisées par l'indice de forme F , tandis que celles plus grandes que le quatrième quartile, ne sont pas affectées par leur forme.

1
$$F = \frac{\text{Périmètre}(m)}{\sqrt{10000 * \text{Surface}(ha) * 4}}$$

$F < 1.2$: parcelle de forme correcte (avoisinant le carré)
 $F > 1.2$: parcelle de forme plutôt allongée, tordue

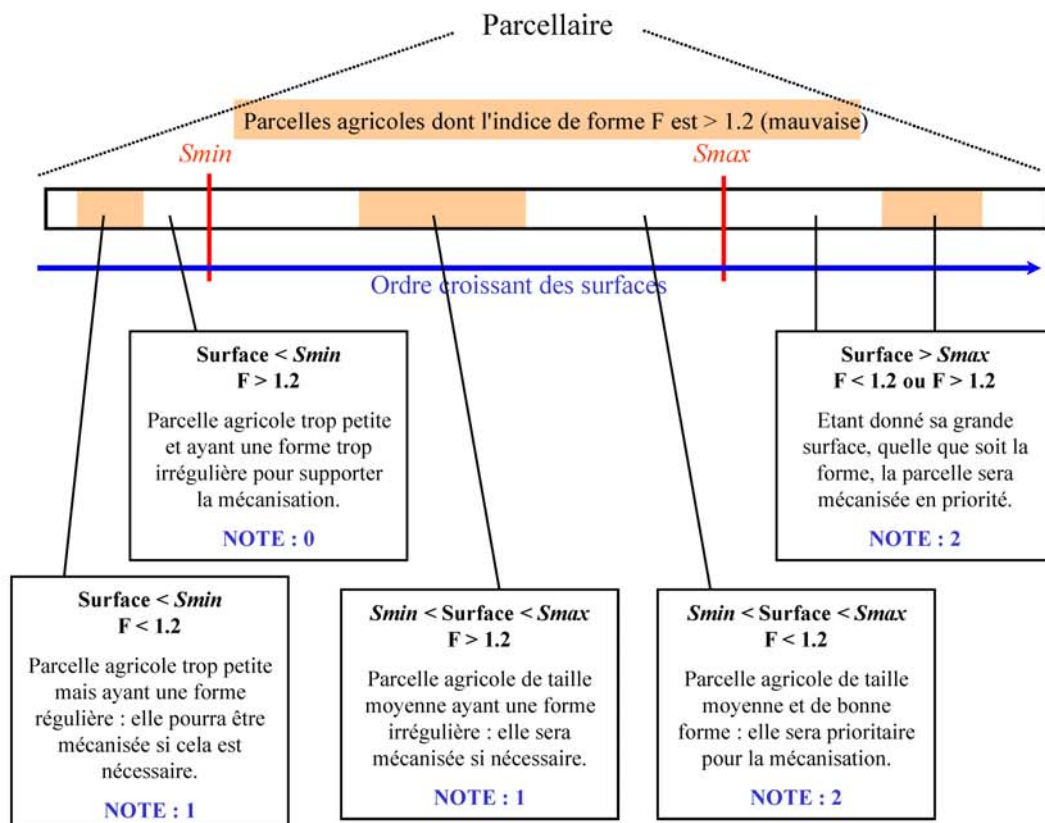
N° parcelle	1	2	3	...	71	72	73
Surface (ha)	0,56	1,25	3,25	...	2,3	0,21	6,2

2

S_{min} = Quartile 1 de la série "Surface"

S_{max} = Quartile 3 de la série "Surface"

3



Annexe 4.2

Méthode de calcul de l'Indice de mécanisation 2

Il est important de considérer le fait que selon la configuration du parcellaire du système de production agricole, la perception de la pente peut changer. Chaque agriculteur possède ainsi sa propre vision de la contrainte de pente. Par exemple, au sein d'un parcellaire de plaine, une parcelle agricole présentant une pente de 5 à 10% est exceptionnelle alors qu'au sein d'un parcellaire de montagne, elle se présente plutôt comme une parcelle agricole plate.

Afin de tenir compte de cet aspect, la méthode de calcul développée est systématiquement étalonnée sur la configuration du parcellaire du système de production agricole étudié. Chaque classe de pente est plus ou moins pondérée selon sa rareté au sein de l'ensemble du parcellaire : plus une classe de pente élevée est rare, plus elle est considérée comme contraignante. Ensuite, l'analyse des valeurs des surfaces des différentes classes de pente permet d'attribuer une note moyenne à la parcelle agricole.

Analyse de l'ensemble du parcellaire et définition des coefficients de pondération

1

	Surface	% Surface totale	% cumulé	Pondération
Pente < 5	72,76	24%	24%	1
Pente [5;10[	62,35	21%	45%	1
Pente [10;15[	77,74	26%	71%	2
Pente [15;20[	38,15	13%	84%	2
Pente [20;25[	23,98	8%	92%	2
Pente > 25	23,98	8%	100%	3

→ Toujours $c_1=1$
 } si cumul < 50% : $c_i=1$
 } sinon $c_i=2$
 → Toujours $c_6=3$

Caractérisation d'une parcelle agricole donnée

	Surface
Pente < 5	2,75
Pente [5;10[	1,12
Pente [10;15[	1,13
Pente [15;20[	1,01
Pente [20;25[	1,35
Pente > 25	0

2

$$SI \quad (P_1 * c_1 + P_2 * c_2 + P_3 * c_3) < (P_4 * c_4 + P_5 * c_5)$$

Note : 1

Parcelle agricole mécanisable avec contrainte

$$SI \quad (P_1 * c_1 + P_2 * c_2 + P_3 * c_3) > (P_4 * c_4 + P_5 * c_5)$$

Note : 2

Parcelle agricole mécanisable sans contrainte

$$SI \quad P_6 * c_6 > \frac{\sum (P_i * c_i)}{2}$$

Note : 0

Parcelle agricole non mécanisable

Annexe 4.3

Calcul de l'Indice de mécanisation final

Indice Ergonomie	Indice Pente	Indice Accessibilité	Indice FINAL
M1=0	M2=0	M3=0	$M = 0*0*0 = 0$
		M3=1	$M = 0*0*1 = 0$
	M2=1	M3=0	$M = 0*1*0 = 0$
		M3=1	$M = 0*1*1 = 0$
	M2=2	M3=0	$M = 0*2*0 = 0$
		M3=1	$M = 0*2*1 = 0$
M1=1	M2=0	M3=0	$M = 1*0*0 = 0$
		M3=1	$M = 1*0*1 = 0$
	M2=1	M3=0	$M = 1*1*0 = 0$
		M3=1	$M = 1*1*1 = 1$
	M2=2	M3=0	$M = 1*2*0 = 0$
		M3=1	$M = 1*2*1 = 2$
M1=2	M2=0	M3=0	$M = 2*0*0 = 0$
		M3=1	$M = 2*0*1 = 0$
	M2=1	M3=0	$M = 2*1*0 = 0$
		M3=1	$M = 2*1*1 = 2$
	M2=2	M3=0	$M = 2*2*0 = 0$
		M3=1	$M = 2*2*1 = 4$

Résumé des valeurs de l'indice M de mécanisation

0 : parcelle non mécanisable

1 ou 2 : parcelle à contraintes mais mécanisable si besoin

4 : parcelle sans contrainte majeure prioritairement mécanisable

Exemple de cas-type : le BL 11

LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Schéma d'organisation spatiale des pratiques d'exploitation des fourrages



Annexe 4.6

Détail du calcul des besoins des animaux au sein du modèle PAYSAGRI

TailleTroupeau	40	Ugb	duréeHiver	180	jours
consoUgbJourHiver	15	kg Ms / Ugb / jour			
consoUgbP1	0,35	ha / Ugb	rdtP1	3,5	T Ms / ha
consoUgbP2	0,5	ha / Ugb	rdtP2	2,4	T Ms / ha
consoUgbP3	0,7	ha / Ugb			

P1

ratio de la récolte de fourrage	0,66		soit	71,28	T Ms
besoin en surface récoltée	20,37	ha			
besoin en pâture VL	10	ha			
besoin en pâture reste	4,00	ha			
BESOIN CUMULE PERIODE :	34,37	ha			
dont	20,37	mécanisables OU labourables			

P2

ratio de la récolte de fourrage	0,34		soit	36,72	T Ms
besoin en surface récoltée	15,30	ha			
besoin en pâture VL	14,29	ha			
besoin en pâture reste	5,71	ha			
BESOIN CUMULE PERIODE :	35,30	ha			
dont	15,30	mécanisables OU labourables			

P3

besoin en pâture VL	20,00	ha
besoin en pâture reste	8,00	ha
BESOIN CUMULE PERIODE :	28,00	ha

Surface PP ou PT méca ou labo sur l'EA1 :

Surface PP ou PT cumulée sur l'EA1 :

30,78	OK	
47,56	OK	

Surface PP ou PT méca ou labo sur l'EA1 :

Surface PP ou PT cumulée sur l'EA1 :

21,32	OK	
42,62	OK	

Annexe 4.7

Détails des successions d'usages possibles au sein du modèle PAYSAGRI

EF initial	Rugosité initiale	Usage H	Usage P1	Usage P2	Usage P3	EF résultant	Rugosité résultante
PP	Hm / Ht	rien	rien	rien	rien	Nh	-
PP	Hm / Ht	rien	rien	rien	entretien	PP	Hm
PP	Hm / Ht	rien	rien	rien	pature	PP	Ht
PP	Hm / Ht	rien	rien	rien	entretien	PP	Hm
PP	Hm / Ht	rien	rien	foin	rien	PP	Hm
PP	Hm / Ht	rien	rien	foin	pature	PP	Hm
PP	Hm / Ht	rien	rien	pature	rien	PP	Ht
PP	Hm / Ht	rien	rien	pature	entretien	PP	Hm
PP	Hm / Ht	rien	rien	pature	pature	PP	Hm
PP	Hm / Ht	rien	ensilage	rien	rien	PP	Hm
PP	Hm / Ht	rien	ensilage	rien	pature	PP	Hm
PP	Hm / Ht	rien	ensilage	regain	rien	PP	Hm
PP	Hm / Ht	rien	ensilage	regain	pature	PP	Hm
PP	Hm / Ht	rien	ensilage	pature	rien	PP	Hm
PP	Hm / Ht	rien	ensilage	pature	pature	PP	Hm
PP	Hm / Ht	rien	pature	rien	rien	PP	Ht
PP	Hm / Ht	rien	pature	rien	entretien	PP	Hm
PP	Hm / Ht	rien	pature	rien	pature	PP	Hm
PP	Hm / Ht	rien	pature	regain	rien	PP	Hm
PP	Hm / Ht	rien	pature	regain	pature	PP	Hm
PP	Hm / Ht	rien	pature	pature	rien	PP	Hm
PP	Hm / Ht	rien	pature	pature	pature	PP	Hm
PT	Hm / Ht	rien	rien	rien	rien	Nh	-
PT	Hm / Ht	rien	rien	rien	entretien	PT	Hm
PT	Hm / Ht	rien	rien	rien	pature	PT	Ht
PT	Hm / Ht	rien	rien	rien	entretien	PT	Hm
PT	Hm / Ht	rien	rien	foin	rien	PT	Hm
PT	Hm / Ht	rien	rien	foin	pature	PT	Hm
PT	Hm / Ht	rien	rien	pature	rien	PT	Ht
PT	Hm / Ht	rien	rien	pature	entretien	PT	Hm
PT	Hm / Ht	rien	rien	pature	pature	PT	Hm
PT	Hm / Ht	rien	ensilage	rien	rien	PT	Hm
PT	Hm / Ht	rien	ensilage	rien	pature	PT	Hm
PT	Hm / Ht	rien	ensilage	regain	rien	PT	Hm
PT	Hm / Ht	rien	ensilage	regain	pature	PT	Hm
PT	Hm / Ht	rien	ensilage	pature	rien	PT	Hm
PT	Hm / Ht	rien	ensilage	pature	pature	PT	Hm
PT	Hm / Ht	rien	pature	rien	rien	PT	Ht
PT	Hm / Ht	rien	pature	rien	entretien	PT	Hm
PT	Hm / Ht	rien	pature	rien	pature	PT	Hm
PT	Hm / Ht	rien	pature	regain	rien	PT	Hm
PT	Hm / Ht	rien	pature	regain	pature	PT	Hm
PT	Hm / Ht	rien	pature	pature	rien	PT	Hm
PT	Hm / Ht	rien	pature	pature	pature	PT	Hm

Nh	-	rien	rien	rien	rien	Nh	-
Nh	-	defriche+semis	rien	rien	rien	Nh	-
Nh	-	defriche+semis	rien	rien	entretien	PT	Hm
Nh	-	defriche+semis	rien	rien	pature	PT	Ht
Nh	-	defriche+semis	rien	rien	entretien	PT	Hm
Nh	-	defriche+semis	rien	foin	rien	PT	Hm
Nh	-	defriche+semis	rien	foin	pature	PT	Hm
Nh	-	defriche+semis	rien	pature	rien	PT	Ht
Nh	-	defriche+semis	rien	pature	entretien	PT	Hm
Nh	-	defriche+semis	rien	pature	pature	PT	Hm
Nh	-	defriche+semis	ensilage	rien	rien	PT	Hm
Nh	-	defriche+semis	ensilage	rien	pature	PT	Hm
Nh	-	defriche+semis	ensilage	regain	rien	PT	Hm
Nh	-	defriche+semis	ensilage	regain	pature	PT	Hm
Nh	-	defriche+semis	ensilage	pature	rien	PT	Hm
Nh	-	defriche+semis	ensilage	pature	pature	PT	Hm
Nh	-	defriche+semis	pature	rien	rien	PT	Ht
Nh	-	defriche+semis	pature	rien	entretien	PT	Hm
Nh	-	defriche+semis	pature	rien	pature	PT	Hm
Nh	-	defriche+semis	pature	regain	rien	PT	Hm
Nh	-	defriche+semis	pature	regain	pature	PT	Hm
Nh	-	defriche+semis	pature	pature	rien	PT	Hm
Nh	-	defriche+semis	pature	pature	pature	PT	Hm
Nh	-	defriche	rien	rien	rien	Nh	-
Nh	-	defriche	rien	rien	entretien	PP	Hm
Nh	-	defriche	rien	rien	pature	PP	Ht
Nh	-	defriche	rien	foin	rien	PP	Hm
Nh	-	defriche	rien	foin	pature	PP	Hm
Nh	-	defriche	rien	pature	rien	PP	Ht
Nh	-	defriche	rien	pature	pature	PP	Hm
Nh	-	defriche	ensilage	rien	rien	PP	Hm
Nh	-	defriche	ensilage	rien	pature	PP	Hm
Nh	-	defriche	ensilage	regain	rien	PP	Hm
Nh	-	defriche	ensilage	regain	pature	PP	Hm
Nh	-	defriche	ensilage	pature	rien	PP	Hm
Nh	-	defriche	ensilage	pature	pature	PP	Hm
Nh	-	defriche	pature	rien	rien	PP	Ht
Nh	-	defriche	pature	rien	pature	PP	Hm
Nh	-	defriche	pature	regain	rien	PP	Hm
Nh	-	defriche	pature	regain	pature	PP	Hm
Nh	-	defriche	pature	pature	rien	PP	Hm
Nh	-	defriche	pature	pature	pature	PP	Hm
Nh	-	sylvopasto	rien	rien	rien	Nh	-
Nh	-	sylvopasto	rien	rien	pature	PP	Ht
Nh	-	sylvopasto	rien	pature	rien	PP	Ht
Nh	-	sylvopasto	rien	pature	pature	PP	Ht
Nh	-	sylvopasto	pature	rien	rien	PP	Ht
Nh	-	sylvopasto	pature	rien	pature	PP	Ht
Nh	-	sylvopasto	pature	pature	rien	PP	Ht
Nh	-	sylvopasto	pature	pature	pature	PP	Ht

Annexe 5.1

Exemple d'un fichier d'entrée *territoire.psg* du simulateur PAYSAGRI

chadrat - chargements autorisés (ugb/ha) : mini=0.6 , max=1.2

nom, chgtMini, chgtMax

chadrat, 0.6, 1.2

LÉGENDE :

bleu >> entête

vert >> noms des colonnes

nom : nom du territoire (chaîne de caractères)

chgtMini : chargement animal moyen à l'hectare minimal autorisé (ugb/ha)(décimal)

chgtMax : chargement animal moyen à l'hectare maximal autorisé (ugb/ha)(décimal)

rouge >> données

Chaque ligne décrit un territoire.

Annexe 5.2

Exemple d'un fichier d'entrée *parcellaire.psg* du simulateur PAYSAGRI

chadrat - sans contrainte - EFP initiaux : réels - 2 sièges d'exploitation

Area,Perimeter,D_init_,D_init_id,Proprio,Vegetation,Age,X_coord,Y_coord,Acces,Pente1,Pente2,Pente3,
Pente4,Pente5,Pente6,Po1,Po2,Po3,Po99,Aire_ha,Mosaique

79215.69,1900.078,2,1,1,PP,10,657705,2076121,1,7.921569,0,0,0,0,7.921569,0,0,0,7.92,1
8626.813,395.8065,3,2,1,AB,2,657325,2076200,1,0.8626813,0,0,0,0,0.8626813,0,0,0,0.86,1
73747.42,1532.711,4,3,1,AB,10,658292,2076106,1,7.374742,0,0,0,0,7.374742,0,0,0,7.37,1
107096.7,1666.188,5,4,1,PP,10,658172,2076000,1,10.70967,0,0,0,0,10.70967,0,0,0,10.71,1
21897.83,622.1905,6,5,1,AB,5,657168,2076054,1,2.189783,0,0,0,0,2.189783,0,0,0,2.19,1
19067.6,578.9156,7,6,1,AB,1,657307,2076046,1,1.90676,0,0,0,0,1.90676,0,0,0,1.91,1
7050.852,401.5174,8,7,1,PT,2,657387,2076039,1,0.7050852,0,0,0,0,0.7050852,0,0,0,0.71,2
20743.09,790.2938,9,8,1,PT,2,657422,2075930,1,2.074309,0,0,0,0,2.074309,0,0,0,2.07,2
18658.86,566.3049,10,9,1,PT,3,657771,2076008,1,1.865886,0,0,0,0,1.865886,0,0,0,1.87,2
18790.7,555.6459,11,10,1,PP,10,657897,2075961,1,1.87907,0,0,0,0,1.87907,0,0,0,1.88,1
32864.75,917.9094,12,11,1,AB,1,657481,2075830,1,3.286475,0,0,0,0,3.286475,0,0,0,3.29,1
(...)

LÉGENDE :

bleu >> entête

vert >> noms des colonnes

- # Area : surface (m²)(décimal)
- # Perimeter : périmètre (m)(décimal)
- # D_init_ : identifiant SIG (entier)
- # D_init_id : identifiant réel (entier)
- # Proprio : identifiant du propriétaire (entier)
- # Vegetation : état fonctionnel de l'EFP (chaîne de 2 caractères)
- # Age : âge de l'état fonctionnel de l'EFP (entier)
- # X_coord : abscisse Lambert II du centroïde (entier)
- # Y_coord : ordonnée Lambert II du centroïde (entier)
- # Acces : indice d'accessibilité (entier)
- # Pente1 : surface de pente comprise entre 0 et 4.99% (ha)(décimal)
- # Pente2 : surface de pente comprise entre 5 et 9.99% (ha)(décimal)
- # Pente3 : surface de pente comprise entre 10 et 14.99% (ha)(décimal)
- # Pente4 : surface de pente comprise entre 15 et 19.99% (ha)(décimal)
- # Pente5 : surface de pente comprise entre 20 et 24.99% (ha)(décimal)
- # Pente6 : surface de pente comprise entre 25 et 100% (ha)(décimal)
- # Po1 : surface de potentiel agronomique bon (ha)(décimal)
- # Po2 : surface de potentiel agronomique moyen (ha)(décimal)
- # Po3 : surface de potentiel agronomique mauvais (ha)(décimal)
- # Po99 : surface de potentiel agronomique autre ou non renseigné (ha)(décimal)
- # Aire_ha : surface (ha)(décimal)
- # Mosaique : rugosité de l'EFP (entier)

rouge >> données

Chaque ligne décrit une parcelle agricole.

Annexe 5.3

Exemple d'un fichier d'entrée *topologie.psg* du simulateur PAYSAGRI

chadrat : voisinage à 250m

2, 3
2, 4
2, 5
2, 6
2, 7
2, 8
2, 9
2, 10
2, 11
2, 12
2, 14
2, 15
2, 19
2, 20
2, 21
2, 26
2, 29
2, 32
3, 6
3, 7
3, 8
3, 9
3, 12
3, 13

LÉGENDE :

bleu >> entête

rouge >> données

Chaque ligne donne les identifiants réels de deux parcelles agricoles voisines.

Annexe 5.4

Exemple d'un fichier d'entrée *exploitation.psg* du simulateur PAYSAGRI

2 agriculteurs : 2 SpZ - 70 ugb - 25% ensilage

numero,typeAgri,coordX,coordY,distatraite,NbUgb,RatioFourrage,Renouvellement,dureeHiver,consougbp1,consougbp2,consougbp3,consougbhiver,rdtp1,rdt1p2,rdt2p2

1,spa,657707,2075164,1000,70,0.25,0.25,180,0.3,0.4,0.7,15,3.8,4,2.2

2,spz,658190,2075274,1000,70,0.25,0.25,180,0.3,0.4,0.7,15,3.8,4,2.2

LÉGENDE :

bleu >> entête

vert >> noms des colonnes

- # numero : identifiant du système de production agricole (entier)
- # typeAgri : type de sensibilité au paysage (chaîne de 3 caractères)
- # coordX : abscisse Lambert II du siège d'exploitation (entier)
- # coordY : ordonnée Lambert II du siège d'exploitation (entier)
- # distatraite : distance maximale des vaches laitières au siège de l'exploitation (m)(entier)
- # NbUgb : nombre d'UGB total du système de production agricole (ugb)(entier)
- # RatioFourrage : part de l'ensilage dans les fourrages (décimal)
- # Renouvellement : taux de renouvellement du troupeau (décimal)
- # dureeHiver : nombre de jours de stabulation pendant l'hiver (jour)(entier)
- # consougbp1 : surface de pâture nécessaire pour 1 UGB au printemps (ha/ugb)(décimal)
- # consougbp2 : surface de pâture nécessaire pour 1 UGB en été (ha/ugb)(décimal)
- # consougbp3 : surface de pâture nécessaire pour 1 UGB en automne (ha/ugb)(décimal)
- # consougbhiver : quantité quotidienne de matière sèche nécessaire pour 1 UGB pendant l'hiver (kg/ugb/jour)(entier)
- # rdtp1 : rendement d'un ensilage (t/ha)(décimal)
- # rdt1p2 : rendement d'un foin (t/ha)(décimal)
- # rdt2p2 : rendement d'un regain (t/ha)(décimal)

rouge >> données

- # Chaque ligne décrit un système de production agricole.

Annexe 5.5

Exemple d'une partie (une année) d'un journal des événements du simulateur PAYSAGRI

```
*****
* PAYSAGRI 2.5.6 *
*   C. Poix      *
*   S. Dépigny   *
*   M. Bonhomme  *
*****
```

```
*****
Simulation 060820_110954
*****
```

chadrat - chargements autorisés (ugb/ha) : mini=0.6 , max=1.2

chadrat - EFP initiaux : réels - 2 sièges d'exploitation

chadrat : voisinage à 250m

2 agriculteurs : 2 SpZ - 50 ugb - 25% ensilage

Agriculteur 1 cree : SpZ

Rappel des valeurs d'erreur toleree : +/- 1.73 ha soit +/- 6.94 TMS

Agriculteur 2 cree : SpZ

Rappel des valeurs d'erreur toleree : +/- 1.32 ha soit +/- 5.28 TMS

----- ANNEE 1 -----

EXPLOITATION 1

ANNEE NORMALE

Agriculteur 1 : c'est ma premiere annee -> pas de defrichage !

Agriculteur 1 : Planification...

Caracterisation de la pente de l'exploitation: 1

Analyse des besoins du troupeau :

Consommations ha/ugb : H(15) - P1(0.30) - P2(0.40) - P3(0.70)

Rendements TMS/ha : ensilage(3.80) - foin(4.00) - regain(2.20)

P1 : patureVI -> 10.53 ha | ensilage -> 8.88 ha | patureGv -> 4.47 ha

P2 : patureVI -> 14.04 ha | fourrages -> 101.25 TMS | patureGv -> 5.96 ha

P3 : patureVI -> 24.56 ha | patureGv -> 10.44 ha

Analyse du parcellaire :

Surface Totale en Herbe (STH) -> 81.16 ha dont 78.49 ha mecanisables

Analyse des objectifs donnees a l'agriculteur :

Chargement minimum autorise sur le territoire : 0.60 UGB/ha

Chargement maximum autorise sur le territoire : 1.20 UGB/ha

Agriculteur 1 : Affectations...

Affectation PRINTEMPS

p11 --> patureVI

p66 --> patureVI
Objectif P1-pature-vl atteint : 11.24 ha realises pour 10.53 ha necessaires
Erreur cumulee : 0.71 ha
p57 --> ensilage
p40 --> ensilage
p39 --> ensilage
Objectif P1-ensilage atteint : 10.90 ha realises pour 8.88 ha necessaires
Erreur cumulee : 2.73 ha
p56 --> patureGv
p23 --> patureGv
p38 --> patureGv
p43 --> patureGv
Objectif P1-pature-gv atteint : 4.20 ha realises pour 4.47 ha necessaires
Erreur cumulee : 2.46 ha

Affectation ETE

p11 --> patureVI
p66 --> patureVI
p57 --> patureVI
p43 --> patureVI
p38 --> patureVI
Objectif P2-pature-vl atteint : 14.19 ha realises pour 14.04 ha necessaires
Erreur cumulee : 2.61 ha
p40 --> regain
p39 --> regain
p51 --> foin
p28 --> foin
p34 --> foin
p25 --> foin
p14 --> foin
p9 --> foin
p10 --> foin
p53 --> foin
p20 --> foin
p8 --> foin
p62 --> foin
Objectif P2-fourrages atteint : 101.17 TMS realises pour 101.25 TMS necessaires
Erreur cumulee : 2.59 ha
p56 --> patureGv
p23 --> patureGv
p45 --> patureGv
Objectif P2-pature-gv atteint : 7.68 ha realises pour 5.96 ha necessaires
Erreur cumulee : 4.30 ha

Affectation AUTOMNE

p11 --> patureVI
p66 --> patureVI
p57 --> patureVI
p40 --> patureVI
p39 --> patureVI
p51 --> patureVI
p14 --> patureVI
Objectif P3-pature-vl atteint : 25.45 ha realises pour 24.56 ha necessaires
Erreur cumulee : 5.19 ha
p56 --> patureGv
p23 --> patureGv
p38 --> patureGv
p28 --> patureGv
p34 --> patureGv
p43 --> patureGv
p53 --> patureGv
p8 --> patureGv
Objectif P3-pature-gv atteint : 10.64 ha realises pour 10.44 ha necessaires

Erreur cumulee : 5.39 ha

Agriculteur 1 : entretient ses PT...

Fauche de refus sur P45

Surface entretenue cette annee : 4.08 ha

Agriculteur 1 : Bilans...

Chargement annuel reel = 0.98 UGB/ha

Chargement annuel corrige = 1.10 UGB/ha

=> Intensification

EXPLOITATION 2

ANNEE NORMALE

Agriculteur 2 : c'est ma premiere annee -> pas de defrichage !

Agriculteur 2 : Planification...

Caracterisation de la pente de l'exploitation: 1

Analyse des besoins du troupeau :

Consommations ha/ugb : H(15) - P1(0.30) - P2(0.40) - P3(0.70)

Rendements TMS/ha : ensilage(3.80) - foin(4.00) - regain(2.20)

P1 : patureVI -> 10.53 ha | ensilage -> 8.88 ha | patureGv -> 4.47 ha

P2 : patureVI -> 14.04 ha | fourrages -> 101.25 TMS | patureGv -> 5.96 ha

P3 : patureVI -> 24.56 ha | patureGv -> 10.44 ha

Analyse du parcellaire :

Surface Totale en Herbe (STH) -> 64.39 ha dont 60.63 ha mecanisables

Analyse des objectifs donnees a l'agriculteur :

Chargement minimum autorise sur le territoire : 0.60 UGB/ha

Chargement maximum autorise sur le territoire : 1.20 UGB/ha

Agriculteur 2 : Affectations...

Affectation PRINTEMPS

p70 --> patureVI

p54 --> patureVI

p47 --> patureVI

p49 --> patureVI

p73 --> patureVI

p76 --> patureVI

Objectif P1-pature-vl atteint : 10.92 ha realises pour 10.53 ha necessaires

Erreur cumulee : 0.39 ha

p29 --> ensilage

p35 --> ensilage

p24 --> ensilage

Objectif P1-ensilage atteint : 8.93 ha realises pour 8.88 ha necessaires

Erreur cumulee : 0.44 ha

p79 --> patureGv

Objectif P1-pature-gv atteint : 4.72 ha realises pour 4.47 ha necessaires

Erreur cumulee : 0.69 ha

Affectation ETE

p70 --> patureVI

p54 --> patureVI

p47 --> patureVI

p49 --> patureVI

p73 --> patureVI

p29 --> patureVI

Objectif P2-pature-vl atteint : 14.28 ha realises pour 14.04 ha necessaires

Erreur cumulee : 0.93 ha

p76 --> regain

p35 --> regain
p24 --> regain
p79 --> regain
p32 --> foin
p81 --> foin
p18 --> foin
p5 --> foin

Objectif P2-fourrages atteint : 109.24 TMS realises pour 101.25 TMS necessaires

Erreur cumulee : 3.51 ha

p2 --> patureGv

Objectif P2-pature-gv atteint : 7.92 ha realises pour 5.96 ha necessaires

Erreur cumulee : 5.47 ha

Affectation AUTOMNE

p70 --> patureVI
p54 --> patureVI
p47 --> patureVI
p49 --> patureVI
p73 --> patureVI
p29 --> patureVI
p76 --> patureVI
p35 --> patureVI
p24 --> patureVI
p79 --> patureVI

Objectif P3-pature-vl atteint : 24.57 ha realises pour 24.56 ha necessaires

Erreur cumulee : 5.47 ha

p81 --> patureGv

p2 --> patureGv

Objectif P3-pature-gv atteint : 12.51 ha realises pour 10.44 ha necessaires

Erreur cumulee : 7.55 ha

Agriculteur 2 : entretient ses PT...

Surface entretenue cette annee : 0.00 ha

Agriculteur 2 : Bilans...

Chargement annuel reel = 0.92 UGB/ha

Chargement annuel corrige = 1.07 UGB/ha

=> Intensification

Annexe 5.6

Exemple d'un fichier de sortie *efp.psg* du simulateur PAYSAGRI

```
pt,pth,pp,pph,nu,nuh,nub
16.69,0,3.95,33.01,0.56,43.07,2.72
10.93,0,20.17,0,0,66.18,2.72
11.8,0,20.17,0,0,65.3,2.72
9.67,0,20.17,0,0,67.44,2.72
14.76,0,20.17,0,0,60.97,4.1
14.76,0,20.17,0,0,60.2,4.87
13.65,0,20.17,0,0,59.74,6.43
11.28,0,20.17,0,0,61,7.56
16.37,0,20.17,0,0,53.93,9.53
14.76,0,20.17,0,0,31.28,33.79
12.1,0,20.17,0,0,18.64,49.09
11.28,0,20.17,0,0,15.24,53.31
16.37,0,20.17,0,0,6.95,56.51
11,0,20.17,0,0,12.32,56.51
14.24,0,20.17,0,0,9.08,56.51
9.67,0,20.17,0,0,13.65,56.51
14.71,0,20.17,0,0,7.05,58.07
14.52,0,20.17,0,0,7.25,58.07
14,0,20.17,0,0,7.76,58.07
9.42,0,20.17,0,0,12.34,58.07
14.76,0,20.17,0,0,7.01,58.07
```

LÉGENDE :

vert >> noms des colonnes

- # pt : surface en EFP [PT-Hm] (ha)
- # pth : surface en EFP [PT-Ht] (ha)
- # pp : surface en EFP [PP-Hm] (ha)
- # pph : surface en EFP [PP-Ht] (ha)
- # nu : surface en EFP [Nh-Hm] (ha)
- # nuh : surface en EFP [Nh-Ht] récupérable pour le système de production agricole (ha)
- # nub : surface en EFP [Nh-Ht] irrécupérable pour le système de production agricole (ha)

rouge >> données

- # Chaque ligne décrit le bilan des EFP à la fin d'une année.

Annexe 5.7

Exemple d'un fichier de sortie *chargements.psg* du simulateur PAYSAGRI

1.10,1.07
1.26,1.15
1.17,1.19
1.07,1.04
1.43,1.08
1.10,1.12
1.27,1.17
1.18,1.15
1.19,1.17
1.20,1.22
1.15,1.19
1.25,1.20
1.17,1.21
1.15,1.19
1.26,1.18
1.17,1.19
1.21,1.20
1.17,1.20
1.20,1.21
1.15,1.19

LÉGENDE :

rouge >> données

Chaque ligne décrit le chargement animal annuel moyen (UGB/ha) de chaque système de production agricole, selon l'ordre croissant de leurs identifiants.

Annexe 5.8

Exemple d'un fichier de sortie *entretien.psg* du simulateur PAYSAGRI

```
Gy1,Pa1,De1,Gy2,Pa2,De2
0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00
4.08,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00
0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00
9.96,0.00,0.00,9.87,0.00,0.00
0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00
24.37,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00
0.00,0.00,0.00,7.92,0.00,0.00
1.14,0.00,0.00,7.92,0.00,0.00
11.10,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00
8.15,0.00,0.00,18.63,0.00,0.00
11.10,0.00,0.00,7.92,0.00,0.00
9.96,0.00,0.00,7.92,0.00,0.00
1.14,0.00,0.00,12.36,0.00,0.00
19.64,0.00,0.00,4.44,0.00,0.00
1.53,0.00,0.00,4.44,0.00,0.00
11.10,0.00,0.00,18.63,0.00,0.00
2.67,0.00,0.00,7.92,0.00,0.00
11.49,0.00,0.00,7.92,0.00,0.00
9.68,0.00,0.00,12.36,0.00,0.00
12.63,0.00,0.00,4.44,0.00,0.00
```

LÉGENDE :

vert >> noms des colonnes

Gy1 : surface entretenue par gyrobroyage par l'agriculteur 1 (ha)

Pa1 : surface entretenue par sylvopastoralisme par l'agriculteur 1 (ha)

De1 : surface entretenue par défrichage par l'agriculteur 1 (ha)

(série répétée autant de fois qu'il existe de systèmes de production agricole)

rouge >> données

Chaque colonne correspond aux surfaces entretenues année par année.

Annexe 5.9

Exemple d'un fichier de sortie *usages.psg* du simulateur PAYSAGRI

ANNEE 1

Exploitation 1

66,rien,pature,pature,pature
57,rien,ensilage,pature,pature
40,rien,ensilage,regain,pature
58,rien,rien,rien,rien
39,rien,ensilage,regain,pature
51,rien,rien,foin,pature
69,rien,rien,rien,rien
26,rien,rien,rien,rien
89,rien,rien,rien,rien
84,rien,rien,rien,rien
28,rien,rien,foin,pature
21,rien,rien,rien,rien
31,rien,rien,rien,rien
34,rien,rien,foin,pature
85,rien,rien,rien,rien
90,rien,rien,rien,rien
25,rien,rien,foin,rien
86,rien,rien,rien,rien
14,rien,rien,foin,pature
33,rien,rien,rien,rien
59,rien,rien,rien,rien
9,rien,rien,foin,rien
11,rien,pature,pature,pature
43,rien,pature,pature,pature
10,rien,rien,foin,rien
36,rien,rien,rien,rien
94,rien,rien,rien,rien
53,rien,rien,foin,pature
20,rien,rien,foin,rien
8,rien,rien,foin,pature
78,rien,rien,rien,rien
7,rien,rien,rien,rien
64,rien,rien,rien,rien
60,rien,rien,rien,rien
45,rien,rien,pature,entretien
71,rien,rien,rien,rien
56,rien,pature,pature,pature
68,rien,rien,rien,rien
16,rien,rien,rien,rien
67,rien,rien,rien,rien
23,rien,pature,pature,pature
50,rien,rien,rien,rien
83,rien,rien,rien,rien
30,rien,rien,rien,rien
38,rien,pature,pature,pature
17,rien,rien,rien,rien
87,rien,rien,rien,rien
62,rien,rien,foin,rien

Exploitation 2

55,rien,rien,rien,rien
54,rien,pature,pature,pature
48,rien,rien,rien,rien

47,rien,pature,pature,pature
49,rien,pature,pature,pature
73,rien,pature,pature,pature
29,rien,ensilage,pature,pature
77,rien,rien,rien,rien
76,rien,pature,regain,pature
70,rien,pature,pature,pature
80,rien,rien,rien,rien
35,rien,ensilage,regain,pature
74,rien,rien,rien,rien
24,rien,ensilage,regain,pature
79,rien,pature,regain,pature
88,rien,rien,rien,rien
32,rien,rien,foin,rien
19,rien,rien,rien,rien
44,rien,rien,rien,rien
91,rien,rien,rien,rien
81,rien,rien,foin,pature
18,rien,rien,foin,rien
5,rien,rien,foin,rien
61,rien,rien,rien,rien
37,rien,rien,rien,rien
4,rien,rien,rien,rien
75,rien,rien,rien,rien
15,rien,rien,rien,rien
12,rien,rien,rien,rien
46,rien,rien,rien,rien
2,rien,rien,pature,pature
42,rien,rien,rien,rien
72,rien,rien,rien,rien
27,rien,rien,rien,rien
22,rien,rien,rien,rien
92,rien,rien,rien,rien
13,rien,rien,rien,rien
82,rien,rien,rien,rien
3,rien,rien,rien,rien
93,rien,rien,rien,rien
6,rien,rien,rien,rien
63,rien,rien,rien,rien
65,rien,rien,rien,rien
52,rien,rien,rien,rien
41,rien,rien,rien,rien

LÉGENDE :

rouge >> données

Chaque ligne décrit une parcelle agricole : son identifiant, l'usage de la période hivernale H, l'usage de la période P1, l'usage de la période P2 et l'usage de la période P3.
(bloc de données répété autant de fois qu'il existe d'années de simulation)

Annexe 5.10

Détail des modalités des facteurs de simulation testés dans la première phase de simulation sur le territoire Chadrat

Territoire		Système de production agricole			
Facteur INIT	Facteur CONT	Facteur AGRI	Facteur CSPA	Facteur RFOU	
INIT- <i>tpp</i> EFP herbe	CONT- <i>sscon</i> Contrainte absente	AGRI-A SpA	CSPA-sous Sous chargement	RFOU-25 25% ensilage	simu1
				RFOU-50 50% ensilage	simu2
				RFOU-75 75% ensilage	simu3
			CSPA- <i>equi</i> Chargement optimal	RFOU-25 25% ensilage	simu4
				RFOU-50 50% ensilage	simu5
				RFOU-75 75% ensilage	simu6
		AGRI-Z SpZ	CSPA-sous Sous chargement	RFOU-25 25% ensilage	simu7
				RFOU-50 50% ensilage	simu8
				RFOU-75 75% ensilage	simu9
			CSPA- <i>equi</i> Chargement optimal	RFOU-25 25% ensilage	simu10
				RFOU-50 50% ensilage	simu11
				RFOU-75 75% ensilage	simu12
	CONT- <i>avcon</i> Contrainte réelle	AGRI-A SpA	CSPA-sous Sous chargement	RFOU-25 25% ensilage	simu13
				RFOU-50 50% ensilage	simu14
				RFOU-75 75% ensilage	simu15
			CSPA- <i>equi</i> Chargement optimal	RFOU-25 25% ensilage	simu16
				RFOU-50 50% ensilage	simu17
				RFOU-75 75% ensilage	simu18
		AGRI-Z SpZ	CSPA-sous Sous chargement	RFOU-25 25% ensilage	simu19
				RFOU-50 50% ensilage	simu20
				RFOU-75 75% ensilage	simu21
			CSPA- <i>equi</i> Chargement optimal	RFOU-25 25% ensilage	simu22
				RFOU-50 50% ensilage	simu23
				RFOU-75 75% ensilage	simu24
INIT- <i>reel</i> EFP réels	CONT- <i>sscon</i> Contrainte absente	AGRI-A SpA	CSPA-sous Sous chargement	RFOU-25 25% ensilage	simu25
				RFOU-50 50% ensilage	simu26
				RFOU-75 75% ensilage	simu27
			CSPA- <i>equi</i> Chargement optimal	RFOU-25 25% ensilage	simu28
				RFOU-50 50% ensilage	simu29
				RFOU-75 75% ensilage	simu30
		AGRI-Z SpZ	CSPA-sous Sous chargement	RFOU-25 25% ensilage	simu31
				RFOU-50 50% ensilage	simu32
				RFOU-75 75% ensilage	simu33
			CSPA- <i>equi</i> Chargement optimal	RFOU-25 25% ensilage	simu34
				RFOU-50 50% ensilage	simu35
				RFOU-75 75% ensilage	simu36
	CONT- <i>avcon</i> Contrainte réelle	AGRI-A SpA	CSPA-sous Sous chargement	RFOU-25 25% ensilage	simu37
				RFOU-50 50% ensilage	simu38
				RFOU-75 75% ensilage	simu39
			CSPA- <i>equi</i> Chargement optimal	RFOU-25 25% ensilage	simu40
				RFOU-50 50% ensilage	simu41
				RFOU-75 75% ensilage	simu42
		AGRI-Z SpZ	CSPA-sous Sous chargement	RFOU-25 25% ensilage	simu43
				RFOU-50 50% ensilage	simu44
				RFOU-75 75% ensilage	simu45
			CSPA- <i>equi</i> Chargement optimal	RFOU-25 25% ensilage	simu46
				RFOU-50 50% ensilage	simu47
				RFOU-75 75% ensilage	simu48

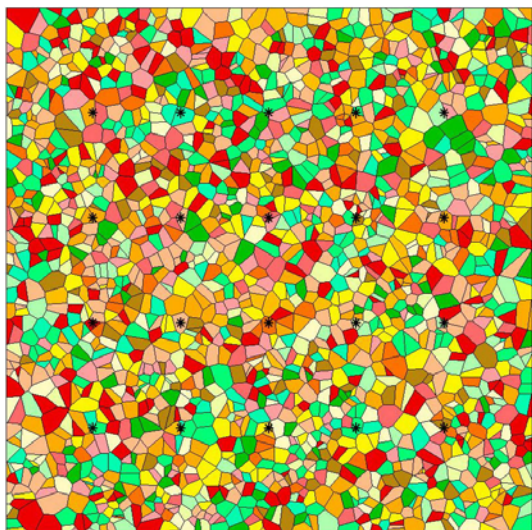
Annexe 5.11

Résultats de la première phase de simulation sur le territoire Chadrat

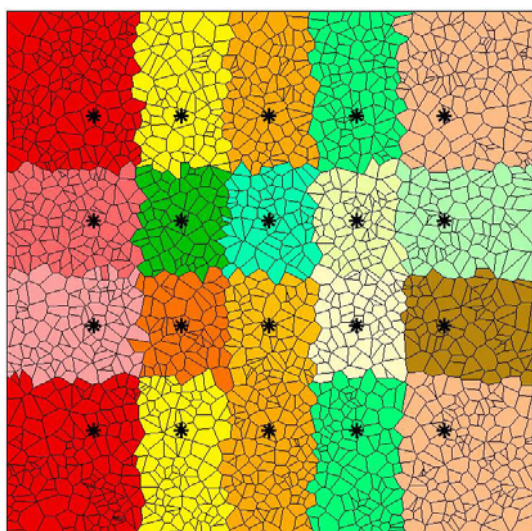
	[PT/PP-Hm] (% territoire)	[PT/PP-Ht] (% territoire)	[Nh-Ht] (% territoire)	[Nh-Ht] > âge (% territoire)	Surface entretenue (ha)
simu1	54,76	5,22	9,11	30,91	53,64
simu2	51,71	0,92	13,69	33,69	53,05
simu3	59,04	0,66	6,62	33,69	52,67
simu4	76,92	16,18	6,9	0	50,61
simu5	77,38	9,89	12,73	0	51,6
simu6	82,06	7,49	10,45	0	52,11
simu7	44,22	0	0	55,78	65,89
simu8	44,22	0	0	55,78	65,81
simu9	44,22	0	0	55,78	64,6
simu10	57,85	0	0	42,15	60,4
simu11	56,21	0	0	43,79	62,54
simu12	56,21	0	0	43,79	57,41
simu13	59,72	5,71	4,22	30,34	53,21
simu14	66,3	1,98	1,37	30,34	53,13
simu15	48,53	6,91	14,22	30,34	52,71
simu16	81,77	7,79	10,44	0	52
simu17	82,65	10,64	6,71	0	52
simu18	78,08	6,32	12,57	3,04	50,3
simu19	40,79	0	0	59,61	46,67
simu20	40,79	0,54	0	58,67	53,02
simu21	41,33	0	0	58,67	53,63
simu22	50,25	0	0	49,75	26,24
simu23	47,29	0	0	52,71	21,72
simu24	47,29	0	0	52,71	21,13
simu25	53,84	5,22	10,03	30,91	53,56
simu26	56,27	0,66	12,16	30,91	53,25
simu27	57,82	0,43	8,06	33,69	51,72
simu28	75,04	14,63	10,33	0	50,87
simu29	78,37	9,99	10,87	0,77	51,73
simu30	85,68	6,01	5,72	2,58	49,82
simu31	34,32	0	0	65,68	44,38
simu32	34,32	0	0	65,68	44,73
simu33	34,48	0	0	65,52	44,54
simu34	45,01	0	4,01	50,98	30,82
simu35					
simu36					
simu37	55,81	5,21	11,36	27,62	53,9
simu38	56,65	1,13	8,84	33,88	53,38
simu39	57,15	2,07	7,4	33,38	53,85
simu40	79,21	8,14	10,07	2,58	49,47
simu41	84,86	10,4	2,15	2,58	49,07
simu42	83,83	5,69	7,9	2,58	49,77
simu43	27,14	0	3,49	69,37	7,38
simu44	18,77	0	8,85	72,38	9,26
simu45					
simu46	38,09	0	18,22	43,69	18,93
simu47					
simu48	38,5	0	13,58	47,92	11,67

Annexe 5.13

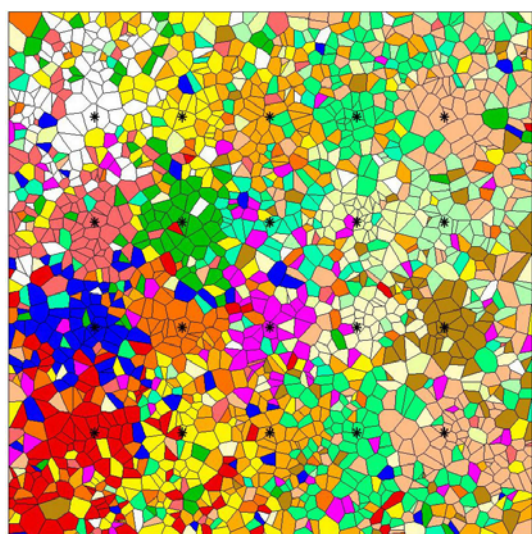
Exemple de configurations parcellaires obtenues selon les méthodes d'affectation testées, à partir d'une distribution homogène des sièges d'exploitation



Méthode affectant la parcelle agricole de façon aléatoire : siège d'exploitation tiré au sort.



Méthode affectant la parcelle agricole au siège d'exploitation le plus proche.



Méthode affectant la parcelle agricole selon une probabilité basée sur l'inverse de sa distance au carré au siège d'exploitation. Une parcelle a une probabilité d'autant plus forte d'être affectée à un siège d'exploitation donné que celui-ci est proche.

Annexe 5.12

Résultats des analyses statistiques sur les effets des principaux facteurs de simulation

Effet des facteurs de simulation sur la variable *SurfaceEntretenue*

Facteur	ddl	Wald Stat.	Probabilité
AGRI	1	7,895	0,0049
INIT	1	7,958	0,0047
CONT	1	10,193	0,0014
CSPA	1	2,868	0,0903
RFOU	2	0,122	0,9406

D'après analyse de variance effets principaux (STATISTICA)

Effet des facteurs de simulation sur la variable *[PT/PP-Hm]*

Facteur	ddl	Wald Stat.	Probabilité
AGRI	1	208,82	0,0000
INIT	1	3,65	0,0559
CONT	1	0,47	0,4951
CSPA	1	128,86	0,0000
RFOU	2	0,81	0,6671

D'après analyse de variance effets principaux (STATISTICA)

Effet des facteurs de simulation sur la variable *[PT/PP-Ht]*

Facteur	ddl	Wald Stat.	Probabilité
AGRI	1	59,16	0,0000
INIT	1	0,24743	0,6218
CONT	1	0,25308	0,6179
CSPA	1	19,06528	0,0000
RFOU	2	2,57192	0,8998

D'après analyse de variance effets principaux (STATISTICA)

Effet des facteurs de simulation sur la variable *[Nh-Ht]*

Facteur	ddl	Wald Stat.	Probabilité
AGRI	1	10,95233	0,0009
INIT	1	0,39436	0,5300
CONT	1	0,04656	0,8291
CSPA	1	0,14724	0,7011
RFOU	2	0,20407	0,9029

D'après analyse de variance effets principaux (STATISTICA)

Effet des facteurs de simulation sur la variable *[Nh-Ht] > age*

Facteur	ddl	Wald Stat.	Probabilité
AGRI	1	78,25	0,0000
INIT	1	0,291	0,5894
CONT	1	2,316	0,1280
CSPA	1	24,953	0,0000
RFOU	2	0,916	0,6324

D'après analyse de variance effets principaux (STATISTICA)

Titre : Le modèle PAYSAGRI. Expérimentation de la sensibilité au paysage des agriculteurs comme facteur des évolutions du paysage rural.

Résumé : Le regain d'intérêt de la société pour les paysages ruraux implique une meilleure connaissance des pratiques paysagères des agriculteurs. Le modèle PAYSAGRI propose une représentation originale des évolutions d'un paysage rural sous l'effet des activités agricoles : il suggère l'hypothèse d'une sensibilité au paysage de l'agriculteur comme facteur de l'entretien des couverts végétaux des surfaces agricoles.

La parcelle agricole, unité élémentaire choisie du paysage, est définie par un État Fonctionnel Physionomique (EFP), qui renseigne l'agriculteur sur ses potentialités fourragères et paysagères. Chaque système de production agricole est à la fois associé à un objectif de production et à une finalité paysagère, dictée par la sensibilité au paysage de l'agriculteur. Les pratiques de production courante, considérées optimales, modifient les EFP du parcellaire. Chaque année, les pratiques d'entretien permettent de corriger les physionomies des parcelles agricoles inadaptées aux attentes paysagères de l'agriculteur ; elles initient également une modification pluriannuelle de la conduite du système de production agricole, afin de répondre plus justement aux objectifs fixés.

Les simulations réalisées testent l'impact paysager de différentes populations d'agriculteurs sur un territoire virtuel comportant vingt exploitations agricoles. Chaque population représente une proportion donnée des deux types d'agriculteurs, respectivement deux sensibilités au paysage opposées. Les différences significatives observées soulignent la pertinence de considérer la sensibilité au paysage des agriculteurs comme un facteur important de la modification des paysages ruraux.

Mot-clés : paysage ; sensibilité au paysage ; agriculteur ; système de production agricole ; entretien ; modélisation ; simulation.

Title : The PAYSAGRI model. An experiment of farmers' landscape sensitivity as a factor of agricultural landscape changes.

Abstract : Renewed interest in the general public for rural landscape implies improving the knowledge of landscaping practices among farmers. The PAYSAGRI model offers an innovative representation of the relationship between landscape dynamics and agricultural activities. It suggests that farmer sensitivity to landscape-related issues is a factor in the maintenance of the vegetation cover in farming areas.

As the basic landscape unit, the agricultural plot is defined by its Functional Appearance Status (FAS), which informs the farmer of plot potential in terms of landscape and fodder. Each farming system is associated with both production and landscaping goals, the latter depending on the farmer's individual sensitivity to the landscape. While considered optimal, ordinary production practices impact the FAS. Every year, maintenance allows correcting the appearance of those plots that do not reflect the farmer's landscaping expectations. Also, maintenance activities initiate a multi-year change in the farming system, so that set goals are reached more efficiently.

The simulations performed test the landscaping impact of various farming populations in a virtual environment including twenty farms. Each population is comprised of two types of farmers, in given proportions, with opposing landscape sensitivities. Significant differences observed emphasize the importance of landscape sensitivity as a major factor regarding the evolution of rural landscapes.

Keywords : landscape ; landscape sensitivity ; farmer ; farming system ; maintenance ; modeling ; simulation.